

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ
ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ»**

ΖΩΗΣ ΚΟΝΤΟΣ

Εξεταστική επιτροπή:

**ΤΡΥΦΩΝΑΣ ΔΑΡΑΣ
ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗΣ
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΑΡΟΥΧΑΚΗΣ**

Χανιά

Νοέμβριος, 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Τρύφωνα Δάρα για το γεγονός ότι μου έδειξε εμπιστοσύνη αναθέτοντάς μου ένα ενδιαφέρον και σημαντικό θέμα διπλωματικής. Η καθοδήγησή του στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας ήταν πολύ καθοριστική ενώ η συνεργασία μου μαζί του ήταν εξαιρετική. Καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας ήταν δίπλα μου πρόθυμος να μου λύσει κάθε απορία όπως ένας σωστός καθηγητής οφείλει να κάνει. Θέλω να τον ευχαριστήσω λοιπόν για την ομαλή διεξαγωγή αυτής της εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, τον πατέρα μου Θύμιο Κοντό, την μητέρα μου Κατερίνα Γιώτη και την αδερφή μου τη Βιβή. Χωρίς την στήριξή τους, κάθε μορφής στήριξη, δεν θα ήταν δυνατή η απόκτηση του πτυχίου μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου Αργύρη, Αλέξανδρο, Γιάννη, Ζωή, Ελένη, Νίκο, Γιώργο, Ιάσονα, Άννα, Αναστασία για τα υπέροχα χρόνια που περάσαμε μαζί.

Τέλος ένα ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές του Πολυτεχνείου Κρήτης που επιτελούν σημαντικό έργο προετοιμάζοντας εμάς τους φοιτητές για το μελλοντικό μας επάγγελμα και που με βοήθησαν να εξελιχθώ σαν άνθρωπος.

Ειλικρινά,
Ζώης Κοντός

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τι σχέση μπορεί να έχουν οι «ματωμένες σταγόνες» που, όπως γράφει ο Όμηρος, έριξε ο Δίας για να εκδικηθεί το σκοτωμό του Σαρπηδόνα με την κόκκινη βροχή που καταγράφηκε το 1901 στη βόρεια Γερμανία και τις συνεχείς διακοπές ρεύματος που σημειώθηκαν το Μάρτιο στην Καλαμάτα; Πρόκειται για διαφορετικές εκφάνσεις του ίδιου φαινομένου: της μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα στην Ευρώπη. Το φαινόμενο αυτό δεν είναι καινούριο. Σύννεφα σκόνης κυκλοφορούν στην υδρόγειο από τότε που υπήρξε στεριά και άνεμος για να τη φυσήξει. Η αρχαιότερη αναφορά έγινε από τον Όμηρο στην Ιλιάδα ως ματωμένη βροχή και ήταν ένα μέσο εκδίκησης του Δία για το σκοτωμό του γιου του Σαρπηδόνα από τον Πάτροκλο. Αναφορές για μελέτες μεταφερόμενης σκόνης υπάρχουν από το 1800 και μετά και βασίζονται σε γεωπόνους και γεωλόγους της εποχής.

Μέχρι σήμερα έχουν γίνει μελέτες όσον αφορά την μεταφερόμενη σκόνη από την Αφρική και τις επιπτώσεις που έχει αυτό το φαινόμενο στον άνθρωπο αλλά και στο περιβάλλον. Αυτό το φαινόμενο μελετάται από ερευνητές από το 1980 περίπου σε περιοχές κυρίως της Ευρώπης και της Μεσογείου καθώς εκείνες τις περιοχές επηρεάζει περισσότερο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η καταγραφή ερευνών και στατιστικών στοιχείων που αφορούν την αφρικανική σκόνη και τις επιπτώσεις της στον άνθρωπο και την υγεία του. Η καταγραφή στοιχείων της σκόνης όπως η συγκέντρωση της σε διάφορες περιοχές, η σύστασή της, η πορεία που ακολουθεί, οι πηγές προέλευσης της, οι παράγοντες που εξαρτάται, οι επιπτώσεις που προκαλεί, στον άνθρωπο. Οι περιοχές μελέτης είναι η Ελλάδα και η Ευρώπη.

Το αρχικό μέρος της έρευνας αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της ατμόσφαιρας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα είδη των σωματιδίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και τι προκαλεί το καθ' ένα στον άνθρωπο.

Στο επόμενο μέρος της έρευνας ασχολούμαστε με την αφρικανική σκόνη. Η αφρικανική σκόνη που αποτελεί μια μορφή ρύπανσης του αέρα της Ελλάδας και της Ευρώπης μεταφέρεται με μια συγκεκριμένη πορεία. Εξαρτάται από κάποιους παράγοντες. Έχει συγκεκριμένες πηγές ρύπανσης. Μία από αυτές τις πηγές είναι και η έρημος Σαχάρα. Η μεγαλύτερη πηγή σωματιδίων σκόνης που φτάνουν πολλές φορές έως τη Σκανδιναβία. Μετά την αναφορά στην έρημο Σαχάρα το αντικείμενο μελέτης γίνεται η χημική σύσταση της αφρικανικής σκόνης καθώς περιέχει πολλά βλαβερά και επικίνδυνα για την υγεία μέταλλα και παθογόνους μικροοργανισμούς.

Στη συνέχεια γίνεται καταγραφή των πολλαπλών επιδράσεων είτε στον άνθρωπο είτε στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις στην υγεία του είναι αρκετά ανησυχητικές αλλά στο περιβάλλον υπάρχουν περιπτώσεις όπου η μεταφορά σκόνης έχει θετικό αντίκτυπο. Προτείνονται κάποιες μορφές προστασίας ενώ γίνεται και μια αναφορά στην υπάρχουσα ρύθμιση νομοθεσίας.

Το επόμενο στάδιο είναι η παράθεση σημαντικών ερευνών που έγιναν στον παρελθόν και βοήθησαν στην καταγραφή πολλών παραγόντων εκτίμησης της αφρικανικής σκόνης όπως : τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης PM σε περιοχές της μεσογείου, της Ευρώπης και της Ελλάδας, ποσοστά θνησιμότητας που συνδέονται με την αφρικανική Σκόνη, ποσοστά συχνότητας επεισοδίων

σκόνης. (Έρευνες Έρευνα για τα ποσοστά συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης από τη Σαχάρα στην Ελλάδα, έρευνα για επεισόδια αφρικανικής σκόνης στη λεκάνη της Μεσογείου από το 2001-2011:Συγκέντρωση σωματιδίων PM₁₀, έρευνα για τις επιπτώσεις της σκόνης της Σαχάρας στην υγεία του ανθρώπου).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ – ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ.....	10
1.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΩΤΕΡΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	10
1.2.1 ΞΗΡΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΑΕΡΑΣ	11
2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	15
2.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
2.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	15
2.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	16
2.2.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ	17
2.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗ ΣΚΟΝΗΣ.....	19
2.2.4 ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	20
2.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΡΜ	22
3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ ΩΣ ΠΗΓΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	25
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΓΕΝΙΚΑ	25
3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ.....	27
3.3 ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	29
3.4 ΠΟΡΕΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ	30
3.5 ΕΡΗΜΟΣ ΣΑΧΑΡΑ.....	32
3.6 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	35
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ.....	43
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΓΕΝΙΚΑ.....	43
4.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ	44
4.2.1 ΜΟΛΥΒΔΟΣ.....	45
4.2.2 ΑΡΣΕΝΙΚΟ.....	47
4.2.3 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	48
4.2.4 ΧΡΩΜΙΟ	49
4.2.5 ΚΑΙΣΙΟ	52
4.2.6 ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	53
5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ.....	57
5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ.....	57
5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	59
5.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	60

5.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗ ΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ ΠΑΝΙΔΑ.....	61
5.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΑ.....	63
5.6 ΘΕΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	64
6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ-ΛΥΣΕΙΣ.....	67
7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ:ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	69
8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ.....	70
8.1 ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	70
8.2 ΕΡΕΥΝΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ 2001 – 2011:ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀ ,ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ	84
8.3 ΕΡΕΥΝΑ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ --- ΑΝΘΡΩΠΟΥ	103
8.4 Η NASA ΜΕΛΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ.....	117
8.5 Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ «ΣΚΟΤΩΝΕΙ» 3,3 ΕΚ. ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΕΤΗΣΙΩΣ.	1199
9^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ :	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	1233
-	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	127

7

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ.1 ΕΙΣΠΝΟΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM _{2,5} ΚΑΙ PM ₁₀	21
ΕΙΚΟΝΑ.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	23
ΕΙΚΟΝΑ.3 Η ΣΚΟΝΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ	26
ΕΙΚΟΝΑ.4 ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ ΠΑΝΩ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΡΟΧΗ....	27
ΕΙΚΟΝΑ.5 ΤΡΟΧΙΑ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ.6 ΚΑΤΑΙΓΙΔΑ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΡΗΜΟ ΣΑΧΑΡΑ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ.7 ΚΑΤΑΙΓΙΔΑ ΣΚΟΝΗΣ	32

ΕΙΚΟΝΑ.8 ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ.9 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙ- -ΚΗ ΕΥΡΩΠΗ.....	36
ΕΙΚΟΝΑ.10 ΣΥΝΝΕΦΑ ΣΚΟΝΗΣ	38
ΕΙΚΟΝΑ.11 ΣΤΑΘΜΟΣ ΦΟΙΝΟΚΑΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ.....	39
ΕΙΚΟΝΑ.12 ΧΑΡΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ,	40
ΕΙΚΟΝΑ.13 ΣΤΑΘΜΟΣ ΦΟΙΝΟΚΑΛΙΑΣ	41
ΕΙΚΟΝΑ.14 ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΦΟΙΝΟΚΑΛΙΑ	42
ΕΙΚΟΝΑ.15 ΣΠΡΕΙ ΕΙΣΠΝΟΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΑΣΘΜΑ	58
ΕΙΚΟΝΑ.16 ΕΙΣΠΝΟΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀ ΚΑΙ PM _{2,5} ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ	59
ΕΙΚΟΝΑ.17 ΚΑΤΕΣΤΡΑΜΜΕΝΕΣ ΣΟΔΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ.....	61
ΕΙΚΟΝΑ.18 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΣΟΔΕΙΩΝ	63
ΕΙΚΟΝΑ.19 ΚΟΡΑΛΙΟΓΕΝΝΕΣΗ	65
ΕΙΚΟΝΑ.20 ΜΑΣΚΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΝΑΓΚΑΙΑ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ.21 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ, ΕΙΔΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ (RB:ΑΙΘΡΙΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ , SUB: ΥΠΟ-- -ΓΕΙΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ), ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	85
ΕΙΚΟΝΑ.22 Η ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	88
ΕΙΚΟΝΑ.23 ΤΙΜΕΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ	91
ΕΙΚΟΝΑ.24 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ.....	92
ΕΙΚΟΝΑ.25 ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΙΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ.....	93
ΕΙΚΟΝΑ.26 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΙΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ.....	94
ΕΙΚΟΝΑ.27 ΧΑΡΤΗΣ ΜΕ ΓΕΩΠΟΛΙΤΙΚΑ ΥΨΗ ΣΤΑ 850mb	100
ΕΙΚΟΝΑ.28 ΜΕΣΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ	101
ΕΙΚΟΝΑ.29 ΤΙΜΕΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀	102
ΕΙΚΟΝΑ.31 Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΜΑΖΑΣ (μg/m ³) ΤΗΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΑ PM ₁₀ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	105
ΕΙΚΟΝΑ.32 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΡΙΟΥ ΑΝΤΙΡΙΟΥ	130
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.1 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	72
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.2 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	73
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.3 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀	73
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.4 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	74
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.5 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ.....	75

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.6 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ.....	75
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.7 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ.....	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.8 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ,.....	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.9 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ.....	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.10 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.11 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΓΙΑ	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.12 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.13 ΕΚΑΤΟΣΤΗΜΟΡΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	79
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.14 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	81
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.15 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	81
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.16 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	82
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.17 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	82
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.18 ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀	91
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.19 ΕΞΙΣΩΣΗ	93
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.20 ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	95
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.21-22 ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ .	95
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.23 ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕ	96
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.24 ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ.....	97
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.25 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΕΤΙΣΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΕΝΤΑ-- ΣΗ.....	98
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.26 ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM ₁₀	98
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.27 ΜΕΣΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ	113
 ΠΙΝΑΚΑΣ.1 Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΞΗΡΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ.....	11
ΠΙΝΑΚΑΣ.2 ΛΟΓΟΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	80
ΠΙΝΑΚΑΣ.3 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ	109

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ – ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ατμόσφαιρα, το αεριώδες περίβλημα που περιβάλλει ένα ουράνιο σώμα όπως η Γη, συγκρατείται λόγω της βαρύτητας της Γης και φτάνει σε ύψος 3.500 km. Αποτελείται από ένα μείγμα διαφόρων αερίων το οποίο αλλάζει σύσταση και θερμοκρασία ανάλογα με το ύψος του. Στην ατμόσφαιρα της Γης οφείλεται η ύπαρξη ζωής στον πλανήτη μας εφόσον αυτή απορροφά ένα μεγάλο τμήμα της υπεριώδους ακτινοβολίας μειώνοντας τις διαφορές τιμές των ακραίων θερμοκρασιών που θα υπήρχαν μεταξύ ημέρας και νύχτας χωρίς αυτή. Βασικοί παράγοντες που συμβάλουν στη διατήρηση της γήινης ζωής αποτελούν η διαστρωμάτωση και η χημική σύστασή της.

Η διαστρωμάτωση της ατμόσφαιρας βασίστηκε στο γεγονός πως το κάθε στρώμα απορροφά διαφορετικά μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας.

1.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΩΤΕΡΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Από τις πολυάριθμες χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα μέρη της γης, κατά το δυνατό μακριά από κατοικημένους χώρους ή ζώνες με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, διαπιστώθηκε ότι η ατμόσφαιρα της γης στα κατώτερα στρώματα της αποτελείται από ξηρό «καθαρό» ατμοσφαιρικό αέρα, από υδρατμούς και από ατμοσφαιρικά αιωρήματα.

1.2.1 ΞΗΡΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΑΕΡΑΣ

Ο ξηρός «καθαρός» ατμοσφαιρικός αέρας είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας που είναι απαλλαγμένος από υδρατμούς και κάθε είδους αερολύματα. Ο ξηρός αέρας περιέχει και άλλα αέρια με πολύ μικρές και μεταβλητές ποσότητες. π.χ οξείδια του Αζώτου (NO , N_2O_4 , N_2O_5 , NO_2), το διοξείδιο του θείου (SO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2), η αμμωνία (NH_3), το Νιτρικό οξύ (HNO_3), το θειώδες οξύ (H_2SO_4), το Ραδόνιο (Rn) και το Ιώδιο (I).

Τέλος, στην ατμόσφαιρα παρουσιάζονται και ραδιενεργά στοιχεία που προέρχονται από το γήινο φλοιό και τα διάφορα κατάλοιπα. Οι ακτινοβολίες τους ρυθμίζουν, μερικώς, το σχηματισμό ιόντων στην ατμόσφαιρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ.1 Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΞΗΡΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ

Αέρια	Σύμβολα	Περιεκτικότητα		Πυκνότητα σε g/m^3	Μοριακό βάρος	Κρίσιμη θερμοκρ.
		Κατ' όγκο	Κατά βάρος			
Άζωτο	N	78.08	75.51	1250	28,016	-147.2
Οξυγόνο	O	20.95	23.14	1429	32.000	-118.9
Αργό	Ar	0.93	1.3	1786	39.944	-122.0
Διοξ. άνθρακος	CO_2	0.03	~0.5	1977	44.010	31.0
Νέο	Ne	$(18.18) \times 10^{-4}$	120×10^{-5}	900	20.183	-228.0
Ήλιο	He	$(5.24) \times 10^{-4}$	8.10^{-5}	178	4.003	-258.0
Μεθάνιο	CH_4	$\sim 2.2 \times 10^{-4}$	—	717	16.04	—
Κρυπτό	Kr	$(1.14) \times 10^{-4}$	29.10^{-5}	3736	83.7	-63.0
Οξείδ. Αζώτου	N_2O	$(0.5 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	—	1978	44.016	—
Υδρογόνο	H_2	$\sim 0.5 \times 10^{-4}$	0.35×10^{-5}	90	2.016	-239.0
Ξένο	Xe	$(0.087) \times 10^{-4}$	3.6×10^{-5}	5891	131.3	16.6
Όζο	O_3	$(0 - 0.07) \times 10^{-4}$ έως $(1 - 3) \times 10^{-4}$	$\sim 0.17 \times 10^{-5}$	2140	48.0	5.0

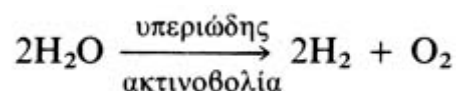
Τα τέσσερα πρώτα στοιχεία του Πίνακα αποτελούν το 99% των αερίων του ξηρού αέρα.

ΑΖΩΤΟ

Το άζωτο όντας το αφθονότερο ατμοσφαιρικό αέριο, βρίσκεται σχεδόν στο σύνολο του στην ατμόσφαιρα και μόνο πολύ μικρά ποσά του βρίσκονται στη βιόσφαιρα και σε μικρές αποθέσεις βιολογικής προέλευσης. Το Άζωτο (N₂) και το Αργό (A) είναι αδρανή αέρια και χρησιμεύουν κυρίως στην αραίωση του οξυγόνου.

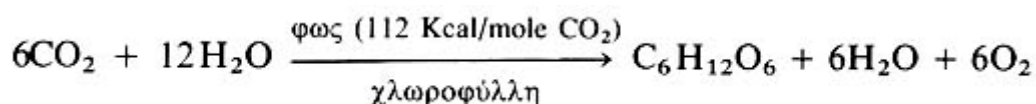
ΟΞΥΓΟΝΟ

Το οξυγόνο είναι το πιο διαδεδομένο αέριο της ατμόσφαιρας μετά από το άζωτο. Το οξυγόνο καταναλώνεται και ανανεώνεται συνεχώς με τη συμβολή χημικών αντιδράσεων της Λιθόσφαιρας, της Βιόσφαιρας και των υδρατμών. Το οξυγόνο εισέρχεται στην ατμόσφαιρα από δύο πηγές. Η μια είναι η φωτοδιάσπαση του νερού, σύμφωνα με την αντίδραση:

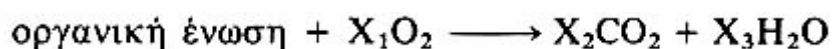


και που λαμβάνει χώρα στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Το παραγόμενο H₂ διαφεύγει τελικά στο κοσμικό διάστημα.

Η άλλη πηγή είναι με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης που συνδέεται με τη συσσώρευση της οργανικής ύλης, κυρίως του άνθρακα, στο φυτικό κόσμο. Η φωτοσύνθεση χρησιμοποιεί ορατό φως που δε δεσμεύεται από την αυξανόμενη συγκέντρωση του οξυγόνου που παράγεται με τη φωτοδιάσπαση στα μεγάλη ύψη. Στη διεργασία της φωτοσύνθεσης λαμβάνει χώρα η αντίδραση:



Φυσικά μια ποσότητα του οξυγόνου της ατμόσφαιρας δεσμεύεται από τη Βιόσφαιρα κατά τις καύσεις:



Το οξυγόνο που υπάρχει, σήμερα, στην ατμόσφαιρα θεωρείται ότι είναι όλο βιολογικής προέλευσης, γιατί από τη μια μεριά το οξυγόνο που παράγεται από τη φωτοδιάσπαση είναι μικρής ποσότητας και από την άλλη μεριά, η αρχική ποσότητα του οξυγόνου, αν δεν υπήρχε η βιολογική προέλευση, θα ξοδευόταν αμέσως κατά τη διάβρωση των πετρωμάτων. Επιπρόσθετα, ο μέσος χρόνος παραμονής ενός ατόμου στην ατμόσφαιρα είναι της τάξης των 1000 χρόνων.

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Πέρα από τα βασικά συστατικά του ξηρού καθαρού ατμοσφαιρικού αέρα (N_2 , O_2 , A) σημαντικό ρόλο στη θερμο-οικονομία του πλανήτη μας παίζει και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Η περιεκτικότητα του (περίπου 0.03% κατά όγκο) μέσα στην ατμόσφαιρα μεταβάλλεται χρονικά και τοπικά. Οι φυσικές δεξαμενές του CO_2 είναι οι ωκεανοί, τα ιζηματογενή ανθρακικά πετρώματα, η βιόσφαιρα και η ατμόσφαιρα.

Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην ατμόσφαιρα:

- Με τις διεργασίες των ζωντανών οργανισμών της ξηράς και της θάλασσας
- Με την αποσύνθεση των οργανικών στοιχείων μέσα στο έδαφος
- Με τις καύσεις της οργανικής ύλης όπως άνθρακας, πετρέλαιο, ξύλα, υγραέριο κλπ.

- Με φυσικές πηγές όπως εκρήξεις ηφαιστείων, αέρια των θερμοπηγών, διάβρωση των ανθρακικών πετρωμάτων κλπ.

Η δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα γίνεται με τη βοήθεια των παρακάτω διαδικασιών:

- Τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, που μετακινεί ετήσια τα 3% της ολικής πλανητικής ποσότητας του CO₂.
- Στους ωκεανούς, το CO₂ διαλύεται μέσα στο νερό και ένα μέρος αυτού χρησιμεύει για τη δημιουργία των ανθρακικών ενώσεων (υπό μορφή σκελετών και κελυφών των θαλάσσιων οργανισμών, κλπ.), ενώ το υπόλοιπο, περίπου 1%, διατηρείται διαλυμένο στο νερό.
- Στην ξηρά, νεκρά οργανικά υλικά μετατρέπονται σε χούμο που μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο απόθεμα καυσίμων στο απώτερο μέλλον.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τι είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση; Επίσημος ορισμός της ρύπανσης , (οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 96/61 για την διαχείριση της ποιότητας του αέρα):

« Ρύπος » , κάθε ουσία η οποία διοχετεύεται αμέσως ή εμμέσως από τον άνθρωπο στον αέρα του περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή και στο περιβάλλον στο σύνολό του.

« Περιβάλλον αέρας», ο εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας.

2.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις της στην ποιότητα του αέρα και στο περιβάλλον αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα στην Ελλάδα και παγκοσμίως . Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι το διοξείδιο και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO_2 , CO), οι μη μεθανικές οργανικές ενώσεις (Non Methene Volatile Organic Compounds, NMVOCs), το μεθάνιο (CH_4), τα οξείδια και το υπεροξείδιο του αζώτου (NO_x , N_2O), η αμμωνία (NH_3), το διοξείδιο του θείου (SO_2), τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter, PM), τα βαρέα μέταλλα (Heavy Metals, HM) και οι παραμένοντες οργανικοί ρύποι (Persistent Organic Pollutants, POPs). Οι εκπομπές τους είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών και φυσικών διεργασιών και προκαλούν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σε αυτές περιλαμβάνονται η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, η αύξηση της οξύτητας των υδάτινων αποδεκτών και των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, οι φθορές σε κτίρια και άλλες ανθρώπινες κατασκευές, η καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος στη στρατόσφαιρα, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μέσω της εντατικοποίησης του φαινομένου του

θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές και τέλος η έκθεση του ανθρώπου και των οικοσυστημάτων σε επικίνδυνες χημικές ενώσεις (EMEP/CORINAIR, 2002).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση προέρχεται από διαφορετικές πηγές (ανθρωπογενείς και φυσικές). Στις ανθρωπογενείς πηγές συγκαταλέγονται κυρίως η βιομηχανία, τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τα αυτοκίνητα, ενώ φυσικές πηγές είναι για παράδειγμα η σκόνη από το έδαφος, οι σωματιδιακοί και οι αέριοι ρύποι από φωτιές. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι εισέρχονται στο ανθρώπινο σώμα κυρίως μέσω της αναπνοής, αλλά και δευτερογενώς με επαφή με το δέρμα. Είναι κατανοητό, ότι οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων λόγω της εναπόθεσης των σωματιδίων εξαρτώνται από την περιοχή της εναπόθεσης μέσα στο αναπνευστικό σύστημα, αλλά και από τη συγκέντρωση, το μέγεθος και τη χημική τους σύσταση.

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση της εναπόθεσης των σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα θα ορίσουμε δύο σημαντικές παραμέτρους: την έκθεση και τη δόση.

2.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Οι φυσικές ιδιότητες των σωματιδίων με τη μεγαλύτερη επίδραση στη συμπεριφορά τους στο αναπνευστικό σύστημα είναι η μάζα και το πλήθος τους καθώς και οι κατανομές τους συναρτήσει του μεγέθους. Το μέγεθος ενός σωματιδίου εκφράζεται με την διάμετρο του, για την οποία υπάρχουν αρκετοί ορισμοί. Για σφαιρικό σωματίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η φυσική διάμετρος του ενώ σωματίδια άλλων σχημάτων μπορούν να χαρακτηριστούν από την ισοδύναμη κατά όγκο διάμετρο (d_e) που είναι η διάμετρος ενός σφαιρικού σωματιδίου που έχει τον ίδιο όγκο με αυτά. Η ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρος είναι μια πολύ χρήσιμη παράμετρος που εκφράζει το μέγεθος των σωματιδίων με ομοιόμορφο τρόπο. Πρόκειται για τη διάμετρο μιας σφαίρας με πυκνότητα 1gr/cm^3 που έχει την ίδια ταχύτητα καθίζησης με το υπό εξέταση σωματίδιο. Η αεροδυναμική διάμετρος είναι πολύ χρήσιμη, επειδή σχετίζεται τόσο με το χρόνο παραμονής των σωματιδίων στην Ατμόσφαιρα, όσο και με την απόθεση τους στο αναπνευστικό σύστημα.

2.2.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες προκαλούν να εκπέμπονται στην Ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες ρύπων σε αέρια και σε σωματιδιακή μορφή. Η ατμοσφαιρική ρύπανση από τον άνθρωπο θεωρείται ως η σημαντικότερη παράμετρος υποβάθμισης της ποιότητας του αέρα. Εκτός από τους συμβατικούς αέριους ρύπους εκπέμπεται και ένα μεγάλο πλήθος επικίνδυνων και τοξικών ενώσεων για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Οι αέριοι ρύποι εκλύονται από όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι κύριες πηγές αέριων ρύπων περιλαμβάνουν τους σταθμούς παραγωγής και μετατροπής ενέργειας, τα μέσα μεταφοράς, τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και τέλος τις καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται κυρίως από τη βιομηχανική καύση, την παραγωγή ενέργειας, την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων και τις μεταφορές. Οι εκπομπές κάθε ρύπου εξαρτώνται από τον τύπο και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εκάστοτε πηγής.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΒΙΟΣΦΑΙΡΑ-ΓΕΩΣΦΑΙΡΑ

Από τη βιόσφαιρα εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες αέριων και σωματιδιακών ρύπων στην Ατμόσφαιρα. Αυτές οι εκλυόμενες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων από τις φυσικές πηγές σε παγκόσμια κλίμακα είναι πολύ υψηλότερες από αυτές που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Seinfeld and Pandis, 1998). Πρωτογενή αιωρούμενα σωματίδια είναι η σκόνη από το έδαφος (π.χ. επαναιώριση σωματιδίων σκόνης λόγω διάβρωσης από τον άνεμο), αιωρούμενα σωματίδια που προέρχονται από εκρήξεις ηφαιστείων, θραύσματα μετεωριτών, θαλασσινό αλάτι, καθώς και αιωρούμενα σωματίδια από πυρκαγιές δασών.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΑΛΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Οι θάλασσες και οι ωκεανοί αποτελούν σημαντική πηγή πρωτογενών ρύπων όπως του μονοξειδίου του άνθρακα και της θειικής ρίζας, λόγω των χημικών αντιδράσεων και μετατροπών που συμβαίνουν στη μάζα τους. Αποτελούν συνεχή πηγή σωματιδιακού φορτίου με τη μορφή σωματιδίων άλατος (NaCl) για την ατμόσφαιρα. Τα σωματίδια θαλασσινού άλατος ποικίλουν σε μέγεθος (0,05-10 mm διάμετρο) και χρόνο παραμονής στην Ατμόσφαιρα.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Οι εκπομπές των αέριων και των σωματιδιακών ρύπων από το έδαφος μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ποιότητα του αέρα μιας περιοχής. Ειδικότερα το έδαφος αποτελεί μια τεράστια πηγή σωματιδίων προς την Ατμόσφαιρα λόγω της επαναιώρησης της σκόνης εξαιτίας της μηχανικής καταπόνησης του και φυσικά μέσω της διάβρωσης της επιφάνειας του από τον άνεμο. Όταν μάλιστα το έδαφος είναι ρυπασμένο, τότε εκπέμπει μεγάλες ποσότητες επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία ρυπαντών. Αέριοι ρύποι (όπως τα οξείδια του αζώτου) εκπέμπονται από το έδαφος με ρυθμούς πολύ μικρότερους σε σχέση με τα σωματίδια. Ωστόσο οι φυσικές εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NO_x) από το έδαφος μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στα επίπεδα οξειδίων του αζώτου στην Ατμόσφαιρα ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές (Skiba κ.α., 1992, Simpson κ.α., 1995). Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αρχικά ο τρόπος παραγωγής των οξειδίων του αζώτου από μη αγροτικές περιοχές και δίνεται μια εκτίμηση των εκπομπών του για την Ελλάδα.

Οι εκπομπές σκόνης από το έδαφος είναι αποτέλεσμα της επαναιώρησης των σωματιδίων από μια εκτεθειμένη περιοχή λόγω του ανέμου ή των μηχανικών διεργασιών στην Ατμόσφαιρα. Εάν μια περιοχή είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένη, τότε η δυνατότητα αιώρησης των σωματιδίων εξαρτάται από παραμέτρους, όπως είναι τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους, ο περιβάλλον αέρας, η τύρβη και οι τοπικά μηχανικές δραστηριότητες/διαταράξεις του εδάφους (Droppo και Buck, 1996).

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ

Σε παγκόσμια κλίμακα η καύση της βιομάζας σε οποιασδήποτε μορφή εκτιμάται πως συνεισφέρει σημαντικά στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Οι φωτιές ωστόσο είναι μια αναπόσπαστη και φυσική διεργασία των δασικών οικοσυστημάτων. Οφείλονται κυρίως σε κεραυνούς, ενώ το ίδιο το δασικό οικοσύστημα δημιουργεί τις ιδανικές συνθήκες έναρξης φωτιάς ανά διαστήματα ως μια διαδικασία ανανέωσης και εξάπλωσης του. Εκτιμήσεις όμως πάνω στα αίτια των δασικών πυρκαγιών στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Ελλάδα καταδεικνύουν, ότι αυτές οφείλονται κυρίως σε ανθρώπινη παρέμβαση. Εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) (ως C) από την καύση της βιομάζας είναι ετησίως 3.550 Tg και μόνο τα 117 Tg C προέρχονται από πυρκαγιές σε εύκρατες και βόρειες περιοχές, με ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτών να λαμβάνει χώρα στην Ευρώπη.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΑΖΩΤΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου από το έδαφος εκτιμάται πως αποτελούν το 16% της συνολικής τους συγκέντρωσης που υπάρχει στην τροπόσφαιρα σε παγκόσμιο επίπεδο. Αν και η ποσότητα τους μπορεί να επηρεαστεί από τις ανθρώπινες δραστηριότητες οι διεργασίες αυτές θεωρούνται καθαρά φυσικές.

2.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΙΩΡΗΣΗ ΣΚΟΝΗΣ

Οι εκπομπές σκόνης εξαρτώνται από το μέγεθος των σωματιδίων, τις συνθήκες της επιφάνειας από όπου εκπέμπονται, την ταχύτητα του ανέμου, την υγρασία της Ατμόσφαιρας και της επιφάνειας και από την ύπαρξη δραστηριοτήτων ικανών να προκαλέσουν επαναιώρηση σκόνης σε μια περιοχή. Ο ρυθμός εκπομπής σκόνης και τα μέτρα περιορισμού της σχετίζονται με τις ιδιότητες της περιοχής, όπως αναλύεται παρακάτω (Watson και Chow, 2000). Ανθρώπινες δραστηριότητες που θεωρούνται ως μηχανική καταπόνηση του εδάφους και μπορούν να προκαλέσουν την εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων σκόνης είναι η

κυκλοφορία των οχημάτων , οι βιομηχανικές διεργασίες και οι κατασκευαστικές εργασίες. Η κυκλοφορία των οχημάτων είναι η κύρια πηγή σκόνης σε αστικές περιοχές. Το σχήμα, η ταχύτητα κίνησης, το βάρος και ο αριθμός τροχών ενός οχήματος επιδρούν σε διαφορετικές επιφάνειες δρόμων μεταβάλλοντας το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων, το φορτίο ιλύος, την υγρασία και κατά συνέπεια την επίδραση του ανέμου. Μεταξύ των ελαστικών των οχημάτων και του οδοστρώματος δημιουργείται μια διατμητική δύναμη που ανυψώνει τα σωματίδια που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους στον αέρα . Επιπλέον δημιουργείται μια τυρβώδης ροή , που δρα όπως και ο άνεμος στα αιωρούμενα σωματίδια . Άλλες επιδράσεις της κυκλοφορίας οχημάτων σε μια περιοχή , όπως η μεταφορά του υλικού της επιφάνειας ,

2.2.4 ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι αν μελετηθούν με τον τρόπο που παράγονται μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: πρωτογενείς και δευτερογενείς.

Οι πρωτογενείς ρύποι σχηματίζονται κοντά στις πηγές ρύπανσης. Τέτοιοι είναι κυρίως το Διοξείδιο του Θείου(SO_2), το Υδρόθειο(H_2S), Υδρογονάνθρακες, Οξείδια του Αζώτου(NO_x), Μονοξείδιο του Άνθρακα(CO), Μόλυβδος(Pb), Αμίαντος, Αιωρούμενα Σωματίδια, Καπνός.

Δευτερογενείς είναι οι ρύποι που σχηματίζονται με χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα και προκύπτουν από τους πρωτογενείς. Παράγονται από πολύπλοκες αντιδράσεις μεταξύ οξειδίων του αζώτου, οξυγόνου και υδρογονανθράκων με την επίδραση του ηλιακού φωτός και είναι το Όζον, Οξείδια του Αζώτου, διάφορες Αλδεΐδες και Κετόνες, πολύπλοκα προϊόντα γνωστά ως PAN (Νιτρικά Υπεροξυακετύλια) πολλά από τα οποία είναι καρκινογόνα. Δευτερογενείς ρύποι θεωρούνται επίσης τα προϊόντα οξειδώσεως των πρωτογενών που περιέχουν Θείο (Τριοξείδιο του Θείου, Θεϊκό Οξύ, Θεϊκά άλατα).

Οι κυριότερες μορφές ατμοσφαιρικών αιωρημάτων είναι:

-Σκόνη (dust): σχηματίζεται από διάβρωση ή κατακερματισμό στερεών υλικών, και είναι στερεά σωματίδια μεγάλου σχετικά μεγέθους ($D_p > 1\mu m$).

-Ομίχλη (fog): ορατά υδροσταγονίδια σε διασπορά στην ατμόσφαιρα, συνήθως κοντά στο έδαφος.

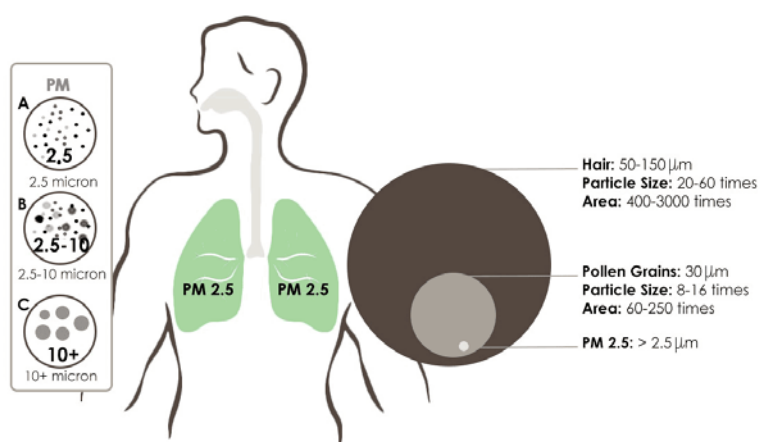
-Κάπνα (fume): σωματίδια που προκύπτουν από συμπύκνωση ατμών, κυρίως από πτητικές ουσίες, ή ως αποτέλεσμα οξειδωτικών αντιδράσεων ($D_p < 1\mu m$).

-Αχλός (haze): μικρά σωματίδια ($D_p < 1\mu m$), μείγμα υδροσταγονιδίων, ρύπων και σκόνης. Μειώνουν την ορατότητα.

-Νέφος (smog): συνδυασμός ομίχλης και καπνού

-Καπνός (smoke): μικρά ($D_p > 0.01\mu m$) σωματίδια που προέρχονται από ατελή καύση κυρίως άνθρακα ή άλλων καυσίμων, σε ικανή συγκέντρωση ώστε να είναι ορατά.

-Αιθάλη (soot): συσσώρευση σωματιδίων άνθρακα που δημιουργούνται από την ατελή καύση ανθρακικών ενώσεων.



ΕΙΚΟΝΑ.1 ΕΙΣΠΝΟΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ $PM_{2.5}$ ΚΑΙ PM_{10} .ΤΑ $PM_{2.5}$ ΕΙΣΧΩΡΟΥΝ ΣΤΟΥΣ ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ,ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

2.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ PM

Τα αιωρούμενα σωματίδια (Suspended Particulate Matter, SPM) αποτελούν κάθε σώμα, στερεό ή υγρό, εκτός του ύδατος, που βρίσκεται σε διασπορά και έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 0,0002 μm και μικρότερη από 500 μm περίπου. Η σκόνη, ο καπνός, η ιπτάμενη τέφρα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων. Κάποια σωματίδια είναι αρκετά μεγάλα ή σκουρόχρωμα, ώστε καθίστανται ορατά σαν καπνός, ενώ άλλα είναι τόσο μικρά που δύναται να ανιχνευθούν μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

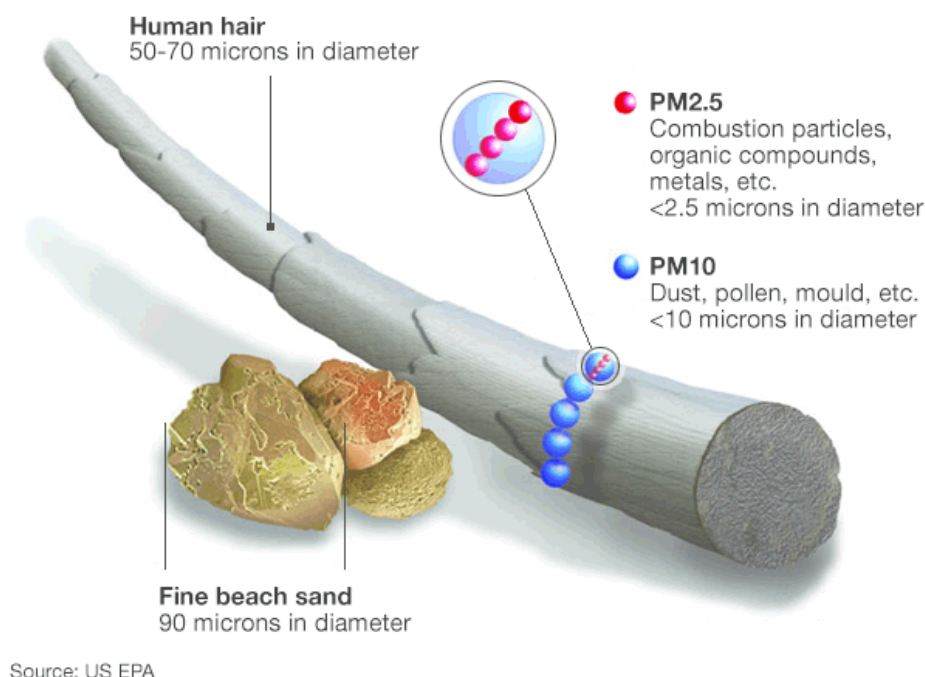
Ορισμένα σωματίδια διαφεύγουν απευθείας από τις πηγές τους, όπως οι καπνοδόχοι και τα αυτοκίνητα. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, αέρια όπως CO, SO₂, NO_x, και VOC αντιδρούν με διάφορες ενώσεις του αέρα και δημιουργούν έτσι τα λεπτόκοκκα σωματίδια. Η φύση τους και η χημική σύστασή τους ποικίλλει, και εξαρτάται από την τοποθεσία, την εποχή του χρόνου και τις καιρικές συνθήκες. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων σε καθαρή ατμόσφαιρα είναι της τάξεως των 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα αιωρούμενα σωματίδια βέβαια δεν είναι ένας ενιαίος ρύπος, αλλά μάλλον είναι ένα μείγμα πολλών ρύπων. Μέτρο της προσροφητικής ικανότητας των σωματιδίων αποτελεί η ειδική επιφάνειά τους, η οποία αυξάνει όσο μειώνεται η διάμετρος των σωματιδίων. Αυτό συγκλίνει και με τις τελευταία δημοσιευμένες έρευνες σύμφωνα με τις οποίες τα πιο επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία σωματίδια είναι αυτά με την μικρότερη διάμετρο. Αρχικά, οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων αναφερόταν στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (Total Suspended Particulates, TSP), δίχως να γίνεται διαφοροποίηση αυτών ανάλογα με το μέγεθός τους. Η προσέγγιση αυτή ωστόσο, εξελίχθηκε με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την ανακάλυψη των διαφορετικών επιπτώσεων των σωματιδίων ανάλογα με τη διάμετρό τους.

Το πρωταρχικό μέτρο TSP αντικαταστάθηκε με το PM_{10} , το οποίο αναφέρεται μόνο σε αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου 10 μm ή και μικρότερης (10 μm). Μελέτες που αφορούν στην μεταφορά και τον μετασχηματισμό των αιωρούμενων σωματιδίων προτείνουν τον ακόλουθο διαχωρισμό:

Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μεταξύ 2.5 - 10.0 μm , χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκα σωματίδια, $PM_{2.5-10}$ ("coarse" particles). Τα χονδρόκοκκα σωματίδια έχουν διάφορες πηγές προέλευσης, όπως από τη σκόνη μεταφερόμενη με τον άνεμο, από οχήματα τα οποία κινούνται σε άστρωτους δρόμους, από μηχανήματα βιομηχανιών συμπίεσεως, λιωσίματος και τροχισμού διαφόρων υλικών, αλέσματος, κ.ά.. Σχηματίζονται υπό την επίδραση, κυρίως, μηχανικών δυνάμεων, όπως η τριβή και η σύνθλιψη. Σωματίδια σκόνης ή χώματος προέρχονται από την κίνηση του ανέμου, ή από άλλες μηχανικές δράσεις της περιοχής. Γύρη και σπόρια απαντώνται ως μέρη των χονδρόκοκκων σωματιδίων, και κυριαρχούν ιδιαιτέρως υλικά γεωλογικής προελεύσεως.



ΕΙΚΟΝΑ.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Τα PM₁₀ επομένως, αποτελούνται από λεπτομερώς διαχωρισμένη ανόργανη ύλη-ορυκτά, όπως Οξειδία του Αργιλίου, Πυρίτιο, Σίδηρο και Κάλιο .

Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 2.5 μm (<2.5μm) αναφέρονται ως λεπτόκοκκα σωματίδια, PM_{2.5}(fine particles). Ως μέτρο σύγκρισης, να αναφερθεί πως μία ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο περίπου 70 μm. Αποδίδονται στα σχηματιζόμενα από την αέρια φάση σωματίδια, με διαδοχικές συσσωρεύσεις, συμπύκνωση, μεταφορά ή καύση, και αρχικά έχουν διάμετρο περίπου 0.05 μm. Αναφέρονται ως πολύ λεπτόκοκκα σωματίδια (ultra fine) ή πυρήνες σωματιδίων (nuclei mode ή very fine nuclei). Τα σωματίδια αυτά έχουν την τάση να συσσωρεύονται περαιτέρω, σχηματίζοντας τα χαρακτηριζόμενα ως συσσωρευμένα σωματίδια (accumulation mode), διαμέτρου γύρω στα 0.5 μm και τα οποία είναι σχετικά σταθερά στον αέρα.. Τα πολύ λεπτόκοκκα σωματίδια τα οποία συνενώνονται, υπό φυσιολογικές βεβαίως ατμοσφαιρικές συνθήκες, προς συσσωρευμένα, δεν μπορούν να φτάσουν σε μέγεθος χονδρόκοκκων σωματιδίων.

Τα PM_{2.5} προκύπτουν από πολλές, διαφορετικές πηγές, όπως από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, από διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και από οικιακές εστίες φωτιάς, τζάκια, φούρνοι κ.ά., κι έτσι η σύστασή τους ποικίλλει. Δημιουργούνται επίσης από αέρια πυρανάφλεξης, τα οποία μετατρέπονται με χημικό τρόπο σε σωματίδια.

Λόγω της προελεύσεώς τους από αέρια, αποτελούνται από ανόργανα ιόντα όπως: Θειικά (SO₄²⁻), Νιτρικά (NO₃⁻), Αμμωνία (NH₃), Άνθρακα (C), όπως προκύπτει από την καύση, οργανικά αερολύματα, μέταλλα, και γενικότερα άλλα προϊόντα καύσεως.

Τα ελάχιστα όρια διαχωρισμού λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων σωματιδίων δεν απαντούν πάντοτε στην ίδια διάμετρο. Σε θαλασσινό αέρα, το ελάχιστο μπορεί να είναι λίγο κάτω του 1.0 m της διαμέτρου (αεροδυναμική διάμετρος Dp για μονάδα πυκνότητας σφαίρας), ενώ τυπικές τιμές σε περισσότερο μολυσμένο αέρα είναι εγγύτερες του 1.0m. Το ελάχιστο μπορεί να είναι μέχρι 2.5 m στην ομίχλη, στα σύννεφα, ή σε άλλες υψηλής σχετικής υγρασίας συνθήκες. Τα αιωρούμενα σωματίδια των οποίων προσδιορίζεται η μάζα και τα οποία υπόκεινται σε χημική ανάλυση, έχουν διάμετρο Dp<2.5m (χαρακτηρίζονται ως

PM_{2.5}) και αναφέρονται ως PM₁₀. Η διάμετρος των 2.5 m έχει επιλεχθεί ώστε να διαχωρίζονται τα χονδρόκοκκα σωματίδια. Συνεπώς, η διαφορά μεταξύ PM₁₀ και PM_{2.5} (PM_{10-2.5}) αντιστοιχεί μόνο στα χονδρόκοκκα, ενώ τα PM_{2.5} αναφέρονται στα λεπτόκοκκα αιωρούμενα σωματίδια. Καθώς το όριο των ιδιαιτέρων λεπτόκοκκων σωματιδίων (διάμετρος<0.1m) εμπεριέχεται εδώ, η μάζα αυτών θεωρείται πάντοτε αμελητέα.

Οι επιδράσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι σημαντικές και ποικιλόμορφες σε όλους τους τομείς του περιβάλλοντος, ενώ ειδικότερα στην υγεία εξαρτώνται από τη διάμετρό τους, τη χημική τους σύσταση καθώς και από την ύπαρξη άλλων ρύπων, με τους οποίους δρουν μαζί.

3^οΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ ΩΣ ΠΗΓΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΓΕΝΙΚΑ

Στις 6 Μαρτίου, τα φώτα στην Καλαμάτα τρεμόπαιξαν πολλές φορές πριν σβήσουν εντελώς. Το σύννεφο σκόνης που είχε σκεπάσει την πόλη είχε «πλήξει» και τους πυλώνες της ΔΕΗ, προκαλώντας αλλεπάλληλα μπλακ άουτ. Τα πράγματα δεν ήταν καλύτερα στην Αθήνα. Εκείνη την ημέρα, οι επιστήμονες του Πανεπιστημίου Αθηνών «μέτρησαν» επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ της τάξης των 550 μικρογραμμαρίων ανά κυβικό μέτρο (μg/m³), όταν την προηγούμενη ημέρα δεν ξεπερνούσαν τα 17 μg/m³. Η αύξηση ξεπερνούσε το 3.000% και βέβαια κατά πολύ και το όριο συναγερμού για ημερήσιες συγκεντρώσεις (μόλις 50 μg/m³).

Το τριήμερο 5-7 Μαρτίου 2009, καταγράφηκε το τελευταίο μεγάλο κρούσμα μεταφοράς σκόνης από τη «μαύρη ήπειρο» στη νότια Ευρώπη, γεγονός που

έθεσε σε συναγερμό μετεωρολόγους, κλιματολόγους και τις Αρχές. Γιατί, μπορεί το φαινόμενο να μην είναι πρωτόγνωρο, τα τελευταία χρόνια όμως έχει γίνει επικίνδυνο.



ΕΙΚΟΝΑ.3 Η ΣΚΟΝΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΩΝ ΠΟΛΕΜΩΝ ΕΠΙΣΤΡΕΦΕΙ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ ΩΣ ΤΟΞΙΚΗ

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η έντονη θέρμανση της επιφάνειας έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τυρβωδών κινήσεων του ατμοσφαιρικού αέρα, οι οποίες οδηγούν σε αιώρηση σωματιδίων σκόνης. Μάλιστα, κατά τη διάρκεια πολύ θερμών ημερών του Καλοκαιριού, τα σωματίδια της σκόνης είναι δυνατό να φτάσουν ακόμα και σε ύψη της τάξης των 4-5 km. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η ισχυρή τύρβη δίνει τη θέση της στην ανάπτυξη ενός ευσταθούς ατμοσφαιρικού στρώματος, οπότε και παρεμποδίζεται η εναπόθεση στο έδαφος των σωματιδίων σκόνης που εξαναγκάστηκαν σε αιώρηση κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μέσω αυτού του μηχανισμού (ισχυρή τύρβη την ημέρα, ευστάθεια τη νύχτα), τα σωματίδια σκόνης συσσωρεύονται τελικά πάνω από μία ορισμένη γεωγραφική περιοχή για μεγάλα χρονικά διαστήματα, της τάξης των μερικών εβδομάδων. Αυτός ο εγκλωβισμός της σκόνης στην ανώτερη τροπόσφαιρα οδηγεί στη δημιουργία της λεγόμενης “ξηρής αιθαλομίχλης”. Κάτω από τις κατάλληλες ατμοσφαιρικές συνθήκες, το “υλικό” από μία τέτοια δεξαμενή σκόνης είναι δυνατό να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις.



ΕΙΚΟΝΑ.4 ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ ΠΑΝΩ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΡΟΧΗ

3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

Όπως είναι γνωστό στη μεγάλης κλίμακας μεταφορά σκόνης, τα σωματίδια καθιζάνουν ανάλογα με το βάρος τους. Από τις εξισώσεις του Stokes, παρατηρούμε ότι η ταχύτητα κατακρήμνισης των σωματιδίων είναι ανάλογη με το τετράγωνο της διαμέτρου των σωματιδίων. Σε ανάλογα συμπεράσματα είχε καταλήξει και ο Udden (1898), ο οποίος με πειράματα έδειξε ότι ένας μέσος άνεμος είναι δυνατό να μεταφέρει σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μέχρι $100\mu\text{m}$.

Συνεπώς τα μεγάλα σωματίδια δεν καταφέρνουν να διανύσουν μακρινές αποστάσεις λόγω της βαρυτικής καθίζησης, ενώ αντίθετα ένα μέρος της αερομεταφερόμενης σκόνης αποτελείται από τόσο μικρής διαμέτρου ατμοσφαιρικά αιωρήματα, τα οποία είναι δυνατό να παραμείνουν αιωρούμενα για αρκετά έτη, ή ακόμη να μη καθιζάνουν ποτέ.

Για να εντοπίσουμε την πηγή των αιωρούμενων σωματιδίων θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα. Οπότε αν ακολουθήσουμε την αντίστροφη πορεία του ανέμου που μεταφέρει τη σκόνη, θα καταλήξουμε στην περιοχή από την οποία πραγματοποιήθηκε η εκπομπή τους.

Ωστόσο στα σωματίδια πολύ μικρής διαμέτρου, που καλύπτουν πολύ μεγάλες αποστάσεις μέσω του ανέμου, είναι αρκετά δύσκολο να εντοπίσουμε την πηγή εκπομπής τους. Ο Udden (1896) κατάφερε να ακολουθήσει την αντίστροφη πορεία καταιγίδων σκόνης των Δυτικών Ηνωμένων Πολιτειών και να εντοπίσει σκόνη η οποία είχε ταξιδέψει για τουλάχιστο 400 μίλια.

Η απόσταση που διανύουν τα αιωρούμενα σωματίδια (αεροδυναμικής διαμέτρου 1 – 10μm), καθώς και η χρονική διάρκεια της εναιώρησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την υγρασία της ατμόσφαιρας και την απόπλυσή της από την βροχή. Συνεπώς το ταξίδι της αερομεταφερόμενης σκόνης είναι άμεσα συνδεδεμένο με τον κύκλο του νερού.

Υπάρχουν σύγχρονοι ατμοσφαιρικοί δείκτες οι οποίοι μετρούν την ολική στήλη εξάτμισης του νερού σε σχέση με το ρυθμό καθίζησης του πάνω από τους ωκεανούς. Το εύρος αυτής της παραμέτρου καθορίζει την υγρασία της ατμόσφαιρας η οποία είναι απολύτως σχετική με την απομάκρυνση της αιωρούμενης σκόνης από την ατμόσφαιρα

Τα θαλάσσια «σπρέι» (αιωρούμενα σωματίδια νερού), που εμπλουτίζουν με υγρασία την ατμόσφαιρα, αιωρούνται σε αυτήν από 2 έως 20 ημέρες. Στο βόρειο ημισφαίριο, οι υδρατμοί προέρχονται από την βόρεια Αμερική και την Ανατολική Ασία.

Μια σχετικά στενή ζώνη υψηλής απομάκρυνσης της υγρασίας της ατμόσφαιρας βρίσκεται πάνω από τον Ειρηνικό και Ατλαντικό ωκεανό, ανάμεσα στους δύο τροπικούς. Ο χαμηλότερος ρυθμός απομάκρυνσης παρουσιάζεται στις υποτροπικές περιοχές και των δύο ημισφαιρίων, πάνω από τους ωκεανούς. Στις περιοχές αυτές ο χρόνος εν αιώρησης του νερού φτάνει στις 20 ημέρες.

Η συγκέντρωση της σκόνης καθορίζεται και από το χρόνο παραμονής του νερού στην ατμόσφαιρα. Έτσι σε περιοχές με μικρό χρόνο παραμονής του νερού, έχουμε μικρές τιμές συγκέντρωσης σκόνης λόγω της υγρής εναπόθεσης. Η

μεγάλη ανομοιογένεια στο χρόνο παραμονής του νερού που παρουσιάζει ο πλανήτης από περιοχή σε περιοχή, οδηγεί σε εξίσου ανομοιογενή χωρική κατανομή της εναπόθεσης και της συγκέντρωσης σκόνης στην ατμόσφαιρα.

Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι ο μέσος όρος αερομεταφερόμενων σωματιδίων, έχουν διάμετρο μικρότερη των 10 μ m. Τα σωματίδια διαμέτρου κάτω του 1 μ m, παρουσιάζουν ισχυρές μοριακές δυνάμεις που εμποδίζουν τη μηχανική διασπορά μέσω του ανέμου. Οπότε το μέγεθος των σωματιδίων σκόνης που μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις έχουν αεροδυναμική διάμετρο 1 – 10 μ m με μέση διάμετρο 3 – 5 μ m.

Οι επιστήμονες στα τέλη του 18ου αιώνα θεωρούσαν ότι κύρια αιτία για τη μεταφορά αιωρούμενης σκόνης ήταν η τριβή του ανέμου με το έδαφος (Free 1911). Ωστόσο στα σύγχρονα μοντέλα διασποράς της σκόνης, αυτή η παράμετρος συνυπολογίζεται μαζί με μετεωρολογικούς παράγοντες με σκοπό την ασφαλέστερη προσομοίωση και πρόγνωση των εκπομπών, της μεταφοράς και εναπόθεσης της σκόνης (Westphal 2003, Nickovic et al. 2001).

3.3 ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η περιβαλλοντική μελέτη των επιπτώσεων της σκόνης απαιτεί την αναφορά των κυριότερων πηγών προέλευσης της στην ατμόσφαιρα. Οι βασικές πηγές κατά κύριο λόγο είναι οι έρημοι οι οποίες καλύπτουν το 20% του πλανήτη, έχουν θερμό, ξηρό κλίμα, μεγάλο ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος και κατ' επέκταση περιορισμένη χλωρίδα και πανίδα καθώς και οι ηφαιστειογενείς περιοχές. Οι μεγαλύτερες έρημοι της Γης, είναι:

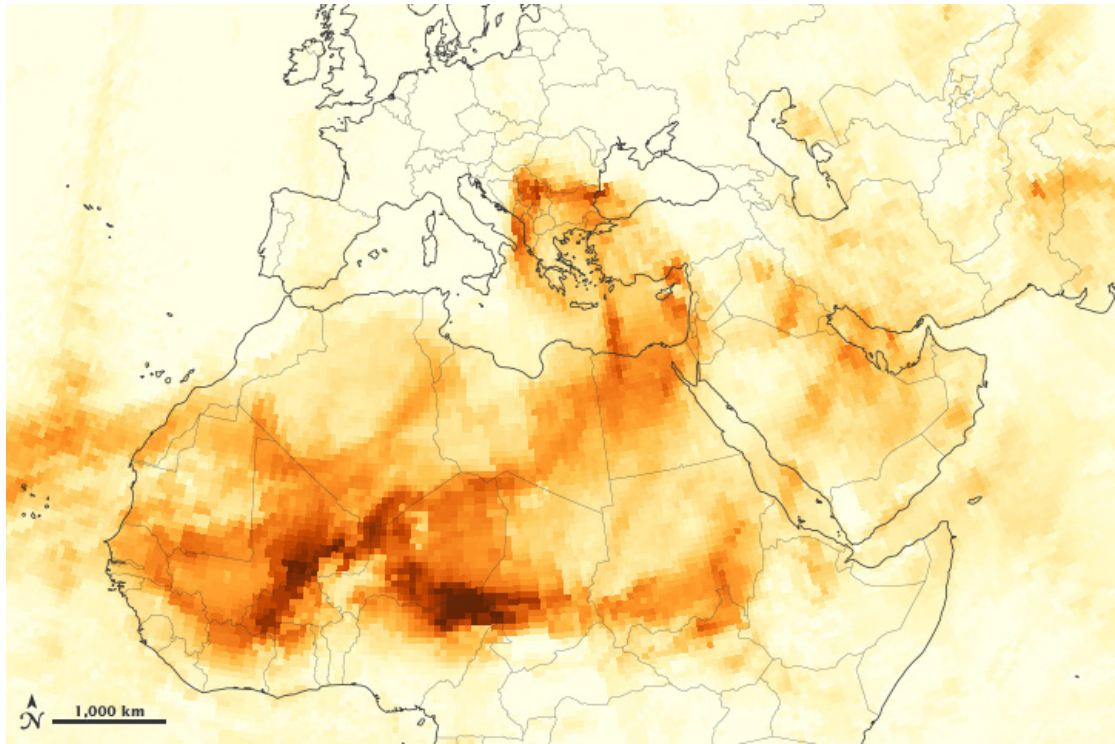
1. Η έρημος Σαχάρα, η μεγαλύτερη στο πλανήτη, στη βόρεια Αφρική
2. Η έρημος Ατακάμα στη Χιλή
3. Η έρημος Καλαχάρη στο νοτιοανατολικό άκρο της Αφρικής
4. Η έρημος που καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της Αραβικής χερσονήσου
5. Η έρημος Turkestan στη νότια Ρωσία
6. Η έρημος Thar στις βορειοδυτικές Ινδίες
7. Η έρημος που καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της κεντρικής και δυτικής Αυστραλίας
8. Η έρημος στα βορειοανατολικά της Αραβικής χερσονήσου, στο Ιράν

9. Η ηπειρωτική έρημος Takla Makan-Gobi στη Κεντρική Ασία
10. Η έρημος της Ναμίμπιας, στις νοτιοδυτικές ακτές της Αφρικής
11. Η έρημος του Μεξικού στις νοτιοδυτικές ακτές της Βορείου Αμερικής.
12. Η έρημος της Παταγονίας στα βορειοανατολικά της Νοτίου Αμερικής

3.4 ΠΟΡΕΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ

Η σκόνη της Σαχάρας μεταφέρεται συνήθως από τις πηγές της κατά μήκος τριών διευθύνσεων:

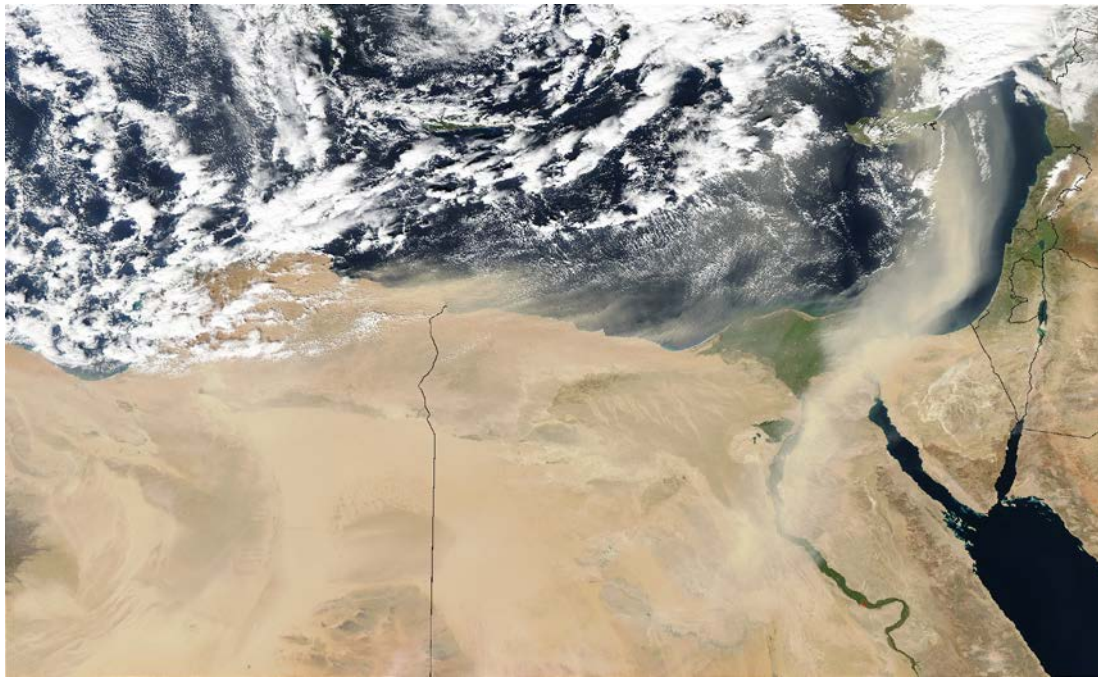
- Πάνω από την Ανατολική Μεσόγειο (Herut and Krom, 1996; Kubilay et al., 2000) και φτάνοντας έως τη Μέση Ανατολή (Ganor et al., 1991).
- Προς Βορρά πάνω από τη Μεσόγειο Θάλασσα (Loye-Pilot et al., 1986), με προορισμό τη Νότια Ευρώπη (Avila et al., 1997; Rodriguez et al., 2001) και μερικές φορές έως τη Σκανδιναβία (Franzen et al., 1994)
- Δυτικά πάνω από το Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό (Carlson and Prospero, 1972; Moulin et al., 1997), με προορισμό τη Βόρεια (Perry et al., 1997) και τη Νότια (Swap et al., 1992) Αμερική.



ΕΙΚΟΝΑ.5 ΤΡΟΧΙΑ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ



ΕΙΚΟΝΑ.6 ΚΑΤΑΓΙΔΑ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΡΗΜΟ ΣΑΧΑΡΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΕΙ ΤΗ ΣΚΟΝΗ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ,ΒΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΑΙΓΥΠΤΟΥ,2005



ΕΙΚΟΝΑ.7 ΚΑΤΑΙΓΙΔΑ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΡΗΜΟ ΣΑΧΑΡΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΚΟΝΗΣ
ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ,2003

3.5 ΕΡΗΜΟΣ ΣΑΧΑΡΑ

Πρόκειται για τη μεγαλύτερη έρημο του κόσμου η οποία βρίσκεται στην Β. Αφρική. Στην τοπική διάλεκτο, το όνομά της είναι σαχρά και σημαίνει έκταση με χρώμα περίπου ξανθό, περιοχή ακαλλιέργητη και πάρα πολύ μεγάλη. Διασχίζει την Αφρική από τον Ατλαντικό Ωκεανό στην Ερυθρά θάλασσα και συνεχίζεται στα ανατολικά με την αραβική έρημο.

Εκτείνεται σε 4.000 χλμ. από τον Ατλαντικό στην κοιλάδα του Νείλου και σε 1.500 ως 1.800 χλμ. από Βορρά προς Νότο. Η Σαχάρα βρίσκεται στη ζώνη του ΒΑ αληγούς, που εμποδίζει την πτώση βροχών. Μόνο στην περιοχή της Μεσογείου ή του Σουδάν πέφτουν βροχές - όχι πολλές - και υπάρχει μια σχετική βλάστηση. Υπάρχουν και μέρη με συνθήκες σχετικά καλές για διαβίωση, όπου υπάρχουν πόλεις.

Η Σαχάρα είναι μια έκταση όπου, οι βροχές σπάνια κάνουν την εμφάνισή τους. Υπάρχουν μέρη όπου έχει να βρέξει περίπου δέκα χρόνια. Είναι ακατοίκητη κι

ανεκμετάλλευτη περιοχή. Η ξηρασία του αέρα είναι πολύ μεγάλη κι αυτό γιατί υπάρχει μεγάλη εξάτμιση.

Υπάρχουν περιπτώσεις, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, που, ενώ τη μέρα η θερμοκρασία ανεβαίνει στους 50° C, το βράδυ κατεβαίνει κάτω από το μηδέν. Οι άνεμοι - που είναι αρκετά δυνατοί και συχνοί - δημιουργούν ανεμοστρόβιλους. Μία θύελλα ανεμοστρόβιλου είναι γνωστή με το όνομα τζιμπλί ή χαμψίν ή και χαρματάν. Αλλά εκτός από την επίπεδη αμμώδη έκταση, η Σαχάρα έχει και αρκετά βουνά.

Συνολικά, η έκτασή της αντιστοιχεί σε κάτι παραπάνω από το ένα τέταρτο της αφρικανικής ηπείρου, καλύπτοντας τμήματα από δέκα διαφορετικά κράτη, ενώ ο πληθυσμός της δεν ξεπερνά τα 2 εκατομμύρια. Είναι η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στον κόσμο (περίπου 4.300 ώρες το χρόνο), και είναι σχεδόν μόνιμα ξερή.

Τα πενήντα τελευταία χρόνια οι αμμοθύελλες με προέλευση τη Σαχάρα έχουν δεκαπλασιαστεί. Όμως, οι αμμοθύελλες που μεταφέρουν σκόνη χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά δεν προέρχονται μόνο από τη Σαχάρα. Σε έκθεση για τις ξηρές περιοχές του πλανήτη η οποία ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο 2005 αναφέρεται ότι αμμοθύελλες από την έρημο Gobi στην Ασία επηρεάζουν την Κίνα, την Κορέα και την Ιαπωνία, ακόμα και την ποιότητα της ατμόσφαιρας στη Βόρεια Αμερική. Καταστρέφει επίσης τους κοραλλιογενείς υφάλους στην Καραϊβική αφού η σκόνη κλείνει τους πόρους τους.

Έχει υπολογιστεί πως η μισή σχεδόν ποσότητα αιωρούμενων σωματιδίων έχει προέλευση την έρημο της Σαχάρας καθιστώντας την έτσι μια από τις σπουδαιότερες πηγές σωματιδίων της ατμόσφαιρας. Είναι πιθανό να επηρεάσει τις πρωτογενείς θαλάσσιες βιολογικές διεργασίες και αυτό διότι όταν η σκόνη εναποτίθεται στο βυθό και την επιφάνεια των θαλασσών διαθέτει θρεπτικά άλατα για την περάτωση των διεργασιών αυτών. Τα αερολύματα σκόνης της Σαχάρας επηρεάζουν την ποσότητα των θρεπτικών συστατικών στο γήινο και στο ωκεάνιο οικοσύστημα. Η σκόνη έχει τη δυνατότητα να διανύσει χιλιάδες χιλιόμετρα και να φτάσει ακόμα και στους κοραλλιογενείς υφάλους της Καραϊβικής, όπου έχει παρατηρηθεί διάδοση επιδημικών ασθενειών, όταν έχουμε επεισόδια σκόνης της Σαχάρας. Με αυτόν τον τρόπο επηρεάζεται η ζωτικότητα των υφάλων.

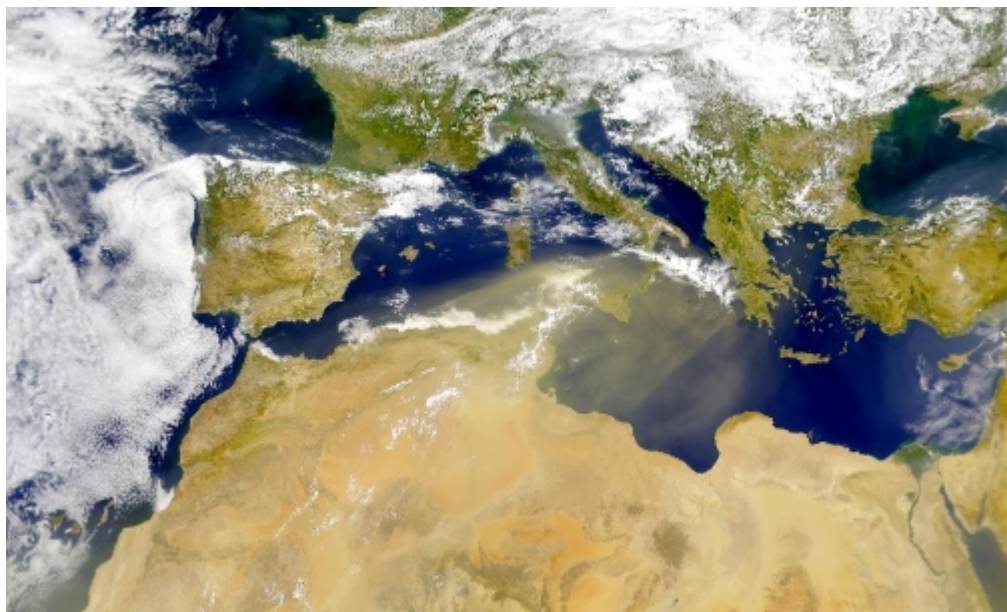
Άξιο αναφοράς ακόμα, είναι ότι καθώς η σκόνη της Σαχάρας επικάθεται πάνω στο έδαφος, είναι δυνατόν να μεταβάλλει και να επαναδιαμορφώσει τη μορφολογία του. Αντίστοιχα η προσθήκη ιζήματος στη Μεσόγειο θάλασσα, μπορεί να χαρακτηρίσει (σε βαθμό πάνω από 50%) την παράκτια μορφολογία της λεκάνης (Guerzoni , 1999).

Μελέτες έδειξαν πως επεισόδια σκόνης της Σαχάρας προκαλούν ψύξη ή θέρμανση της ατμόσφαιρας, σε εξάρτηση με το πλήθος και το μέγεθος των μεταλλικών στοιχείων που περιέχονται στη σκόνη. Τέλος παράγοντες ψύξης και θέρμανσης είναι τα σύννεφα και η λευκαύγεια του εδάφους. Τα αιωρούμενα σωματίδια παίζουν το ρόλο πυρήνων συμπύκνωσης υδρατμών και σχηματίζουν νέφη. Το ύψος και το οπτικό τους πάχος καθορίζουν την επίδρασή τους στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία (Fouquart ,1987),(Nicholson,2000), (Quijano, 2000).

Η μεγαλύτερη όμως πηγή σκόνης στον κόσμο είναι η κοιλάτητα Bodilee στο Τσάντ, η οποία βρίσκεται μεταξύ της λίμνης Τσαντ, που σήμερα είναι στο 1/20 του μεγέθους που είχε το 1960, και της Σαχάρας. Από την κοιλάτητα απελευθερώνονται 1.270 εκατομμύρια τόνοι σκόνης το χρόνο, 10 φορές περισσότερη από όταν άρχισαν οι μετρήσεις το 1947.

Συνολικά υπολογίζεται ότι παγκοσμίως η σκόνη που κυκλοφορεί στην ατμόσφαιρα φτάνει τα 2-3 δισεκατομμύρια τόνους το χρόνο. Η κατάσταση επιδεινώνεται με την αποψίλωση των δασών και τη θέρμανση του πλανήτη που επιφέρουν τις κλιματικές αλλαγές, με αποτέλεσμα τη μείωση των βροχών σε πολλές περιοχές του πλανήτη.

3.6 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



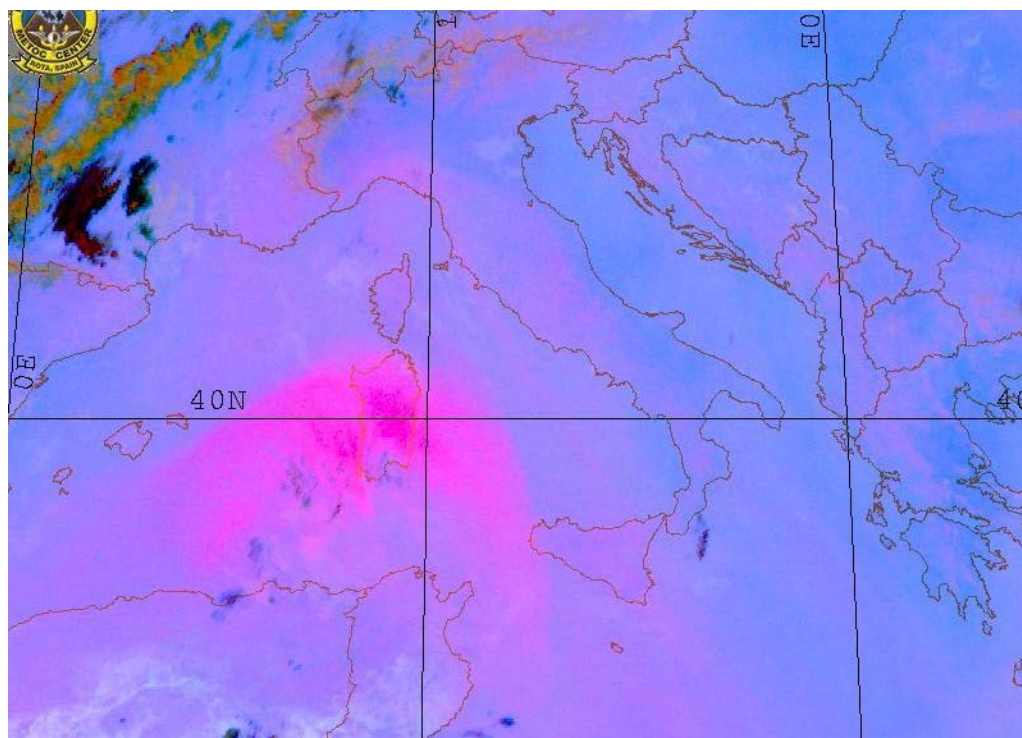
ΕΙΚΟΝΑ.8 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Νέες έρευνες Ελλήνων και ξένων επιστημόνων εντόπισαν μια ολόκληρη λίστα από επικίνδυνα βαρέα μέταλλα τα οποία περιέχονται στην αφρικανική σκόνη, που εισβάλλει στην Ελλάδα ολοένα και πιο συχνά τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας του κυριότερου φαινομένου της ερημοποίησης που καταγράφεται στη Σαχάρα.

Σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια του 2013 στην Αθήνα και τη Χαλκιδική, η σκόνη που ταξιδεύει από την Αφρική μεταφέρει στη χώρα μας δηλητηριώδεις ουσίες, όπως είναι ο μόλυβδος(Pb), ο ψευδάργυρος(Zn), το χρώμιο(Cr), το βανάδιο(V), το αρσενικό(Ar) και το νικέλιο(Ni), διοξίνες και πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες αλλά και υπολείμματα βιομηχανικών ρύπων και καυσαερίων σε αρκετά μεγάλες περιεκτικότητες. Συγκεκριμένα, σε επεισόδια μεγάλης εμφάνισης σκόνης στην ατμόσφαιρα της Αθήνας, σε κάθε γραμμάριο σκόνης βρέθηκαν 173 μgr μόλυβδου, 60 μgr ψευδάργυρου, 10 μgr χρωμίου και 6 μgr βαναδίου. Την ίδια περίοδο στη Χαλκιδική, οι μετρήσεις

έδειξαν ότι σε κάθε γραμμάριο σκόνης υπήρχε πολύ υψηλή περιεκτικότητα ψευδάργυρου, της τάξεως των 221 μgr , ενώ ο μόλυβδος μετρήθηκε στα 20 μgr , το χρώμιο στα 5 μgr και το βανάδιο στα 12 μgr .

Το ζήτημα προκαλεί τεράστια ανησυχία στην επιστημονική κοινότητα για τις επιπτώσεις που έχει η μεταφορά της «τοξικής» αφρικανικής σκόνης στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον, καθώς η αφρικανική σκόνη εμφανίζεται πλέον σε όλα τα μήκη και πλάτη της Ελλάδας, ενώ αναμένεται να αυξηθεί ακόμα περισσότερο στο μέλλον.



ΕΙΚΟΝΑ.9 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ.

Μάλιστα, η αφρικανική σκόνη συσχετίζεται ήδη με τα προβλήματα υγείας του ελληνικού πληθυσμού, καθώς έχει παρατηρηθεί πως σε ημέρες με έντονες συγκεντρώσεις σκόνης αυξάνονται οι εισαγωγές στα νοσοκομεία με ασθενείς

που αντιμετωπίζουν αναπνευστικά και καρδιολογικά προβλήματα. Οι επικίνδυνες ουσίες φτάνουν στη χώρα μας σε ένα μέγεθος που κάνει εύκολη την είσοδό τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Ταξιδεύοντας πολλά χιλιόμετρα, αυτό που φτάνει τελικά στην Ελλάδα είναι τα πολύ μικρότερα σωματίδια σκόνης, διαμέτρου από δύο έως το πολύ τέσσερα μικρόμετρα. Έτσι, τα σωματίδια αυτά με τις επικίνδυνες ουσίες ενδέχεται να εισέλθουν πολύ εύκολα στο αναπνευστικό σύστημα ενός ανθρώπου.

Οι επιστήμονες δίνουν πλέον για πρώτη φορά την εξήγηση για τα αυξημένα επεισόδια εμφάνισης σκόνης στον ουρανό των χωρών της Μεσογείου, η οποία δεν είναι άλλη από την ερημοποίηση, που αποτελεί μία από τις πιο δραματικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

Στη Σαχάρα, η ερημοποίηση προχωρά με ανυπολόγιστα ταχείς ρυθμούς, με αποτέλεσμα οι έρημες περιοχές να επεκτείνονται εις βάρος των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, αυξάνοντας τις ποσότητες της σκόνης που μπορεί να μεταφερθούν στην ατμόσφαιρα.

Οι επιστήμονες του Πανεπιστημίου Αθηνών, του Πανεπιστημίου της Καρλσρούης και του Εβραϊκού Πανεπιστημίου της Ιερουσαλήμ, που συμμετέχουν στις έρευνες μέτρησης των επικίνδυνων ουσιών της αφρικανικής σκόνης, εκφράζουν τη βεβαιότητα ότι, λόγω της συνεχιζόμενης ερημοποίησης, η μεταφερόμενη σκόνη θα αυξάνεται σε ετήσια βάση.

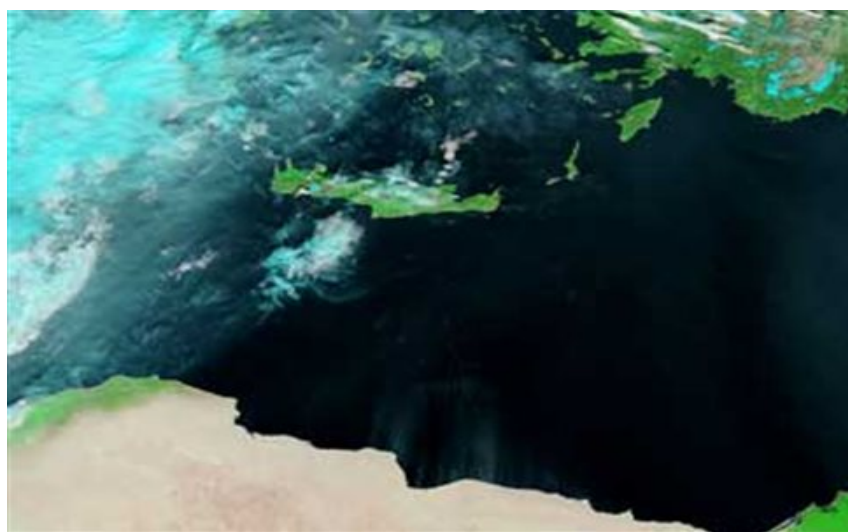
Αυτό είναι αδύνατον να μην έχει αποτέλεσμα την αύξηση της αφρικανικής σκόνης που μεταφέρεται στην περιοχή της Μεσογείου αλλά και αλλού», αναφέρει ο καθηγητής του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθανάσιος Γκοντελίτσας.

Βασικός αποδέκτης της αφρικανικής σκόνης είναι οι περιοχές της νότιας Ελλάδας καθώς η σκόνη συγκεντρώνεται πλέον πολύ συχνά στην Πελοπόννησο αλλά η πιο επιβαρυνμένη περιοχή της χώρας μας είναι η Κρήτη. Το 2006 στον

σταθμό της Φοινοκαλιάς, μέσα σε ένα κυβικό μέτρο ατμόσφαιρας, είχαν μετρηθεί μέχρι και 2.500 μικρογραμμάρια σκόνης.

Αυτή η συγκέντρωση είναι αρκετά υψηλή καθώς στα πρόσφατα επεισόδια αφρικανικής σκόνης στην Αθήνα, που εκτονώθηκαν μέσω της λασποβροχής, οι συγκεντρώσεις δεν ξεπερνούσαν τα 300 μικρογραμμάρια.

Αξίζει να αναφερθεί, πάντως, ότι σε μια έρευνα που είχε δημοσιευτεί στο περιοδικό «Nature» το 1986 είχε υπολογιστεί ότι κάθε χρόνο μεταφέρονται τουλάχιστον 3,9 εκατ. τόνοι σκόνης από τη Σαχάρα προς τη Μεσόγειο ενώ ειδικότερα στην Κρήτη εκτιμάται ότι σε κάθε τετραγωνικό μέτρο εδάφους επικάθονται από 10 έως 100 γραμμάρια σκόνης από την Αφρική.

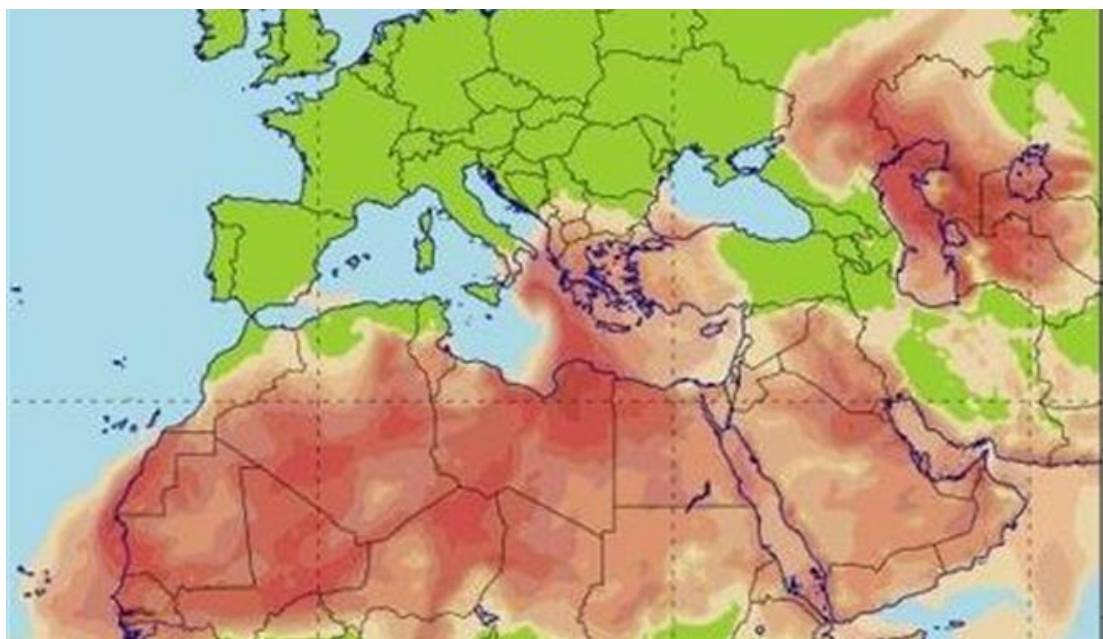


ΕΙΚΟΝΑ.10 ΣΥΝΝΕΦΑ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ Β. ΑΦΡΙΚΗ ΚΙΝΟΥΝΤΑΙ ΒΟΡΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΡΗΤΗ ΚΑΙ ΤΑ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ 20/02



ΕΙΚΟΝΑ.11 ΣΤΑΘΜΟΣ ΦΟΙΝΟΚΑΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

Ομάδες Ελλήνων και ξένων ερευνητών παρακολουθούν την πορεία της αφρικανικής σκόνης που φθάνει στην ατμόσφαιρα της χώρας χρησιμοποιώντας κατάλληλο επιστημονικό εξοπλισμό ενός ειδικού πειράματος στην Κρήτη. Στο πλαίσιο ανίχνευσης των αιωρούμενων σωματιδίων, που εκπέμπονται από φυσικές πηγές, όπως οι έρημοι και η θάλασσα, έχει διοργανωθεί από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) το ερευνητικό πρόγραμμα Charadmexp (Characterization of aerosol mixtures of desert and marine origin), που ξεκίνησε στις 15 Ιουνίου 2014 και θα διαρκέσει έως τις 15 Ιουλίου 2014. Το πείραμα διεξάγεται στον κεντρικό σταθμό ACTRIS στη Φινοκαλιά της Κρήτης. Αυτός είναι και ο κεντρικός σταθμός του δικτύου της Ελλάδας και παρακολουθεί εδώ και 20 χρόνια την ποιότητα της ατμόσφαιρας στη λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου.



ΕΙΚΟΝΑ.12 ΧΑΡΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ, ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΟ WRF ΑΠΟ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Η έρευνα χρηματοδοτείται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA) και την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του προγράμματος ACTRIS , ενώ υποστηρίζεται από το Κέντρο Δορυφορικών Παρατηρήσεων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ). Το δίκτυο υποδομών ACTRIS (Aerosols, Clouds, and Trace gases Research InfraStructure Network) αποτελείται από σταθμούς σε διάφορες χώρες και έχει ως στόχους τον εναρμονισμό των ατμοσφαιρικών μετρήσεων που πραγματοποιούνται στην Ευρώπη και τον ποιοτικό τους έλεγχο.

Ο σταθμός θεωρείται ιδανικός για την ανίχνευση της σωματιδιακής ρύπανσης από φυσικές πηγές όπως η σκόνη από τη Σαχάρα, τα θαλάσσια αιωρήματα και σωματίδια καπνού από πυρκαγιές. Πραγματοποιείται στο συγκεκριμένο μέρος λόγω της απομακρυσμένης από αστικά κέντρα τοποθεσίας του για να είναι αντικειμενικότερες οι μετρήσεις. Επίσης, συμμετέχουν το Πανεπιστήμιο Κρήτης, το _Γερμανικό Ινστιτούτο Ερευνών της Τροπόσφαιρας στη Λειψία (TROPOS), το Ινστιτούτο της Κύπρου, το Φινλανδικό Μετεωρολογικό Ινστιτούτο, το γαλλικό

Πανεπιστήμιο της Λιλ, το Μετεωρολογικό Παρατηρητήριο του Νταβός, το ισπανικό Κέντρο Υπερυπολογιστών της Βαρκελώνης, η Σχολή Επιστημών Γης και Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Georgia Tech των ΗΠΑ και η Μετεωρολογική Υπηρεσία της Βρετανίας.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στο σταθμό για τις ανάγκες του πειράματος, αποτελείται από προηγμένα συστήματα LIDAR, φωτόμετρα υψηλής διακριτικής ικανότητας και ειδικά όργανα επιτόπιων μετρήσεων. Ειδικότερα, η τεχνική LIDAR (Light Detection and Ranging) συνίσταται στη διάδοση ενός παλμού λέιζερ στην ατμόσφαιρα, στην αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με τα συστατικά της ατμόσφαιρας και στην ανίχνευση και ανάλυση του μέρους της ακτινοβολίας που επιστρέφει στο σύστημα.



ΕΙΚΟΝΑ.13 ΣΤΑΘΜΟΣ ΦΟΙΝΟΚΑΛΙΑΣ

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται από το έδαφος, αλλά και με τη χρήση ειδικών μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) που εκτελούν επιστημονικές πτήσεις στην ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου της Σητείας. Επειδή οι πληροφορίες που δίνουν οι επίγειες μετρήσεις, είναι περιορισμένες, το κενό έρχονται να

καλύψουν οι τεχνικές δορυφορικής τηλεπισκόπησης και η χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Η χρήση προηγμένων τεχνικών τηλεπισκόπησης από το διάστημα θα βοηθήσει σημαντικά τις παρατηρήσεις για τα αιωρούμενα σωματίδια και τα νέφη. Είναι επίσης η πρώτη φορά που χρησιμοποιούνται συστηματικά μετρήσεις μη επανδρωμένων αεροσκαφών στην Ευρώπη για αυτό το σκοπό και αναμένεται να ανοίξουν μία νέα σελίδα στις ατμοσφαιρικές επιστήμες.



ΕΙΚΟΝΑ.14 ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΦΟΙΝΟΚΑΛΙΑ ΚΡΗΤΗΣ ΤΟ 2009

4^ΟΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΓΕΝΙΚΑ

Οι αιτίες για την ύπαρξη των βαρέων μετάλλων στη φυσική αφρικανική σκόνη που προέρχεται κυρίως από τη Σαχάρα είναι πολλαπλές και οφείλονται στην αύξηση της ρυπογόνου δραστηριότητας στις χώρες της Βορείου Αφρικής.

Οι βομβαρδισμοί της Λιβύης φαίνεται ότι συνέβαλαν στην παραγωγή των επικίνδυνων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, υπάρχουν πόλεις, όπως το Κάιρο, με μεγάλη ατμοσφαιρική ρύπανση, ενώ στη Βόρεια Αφρική έχει αυξηθεί πολύ η κυκλοφορία οχημάτων, αλλά και οι χωματερές, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις καίγονται απελευθερώνοντας στην ατμόσφαιρα επικίνδυνους ρύπους.

Εμφανώς πυροδοτείται από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Από την ύπαρξη δηλαδή ενός βαρομετρικού συστήματος πάνω από τη βορειοδυτική Αφρική και τη δυτική Μεσόγειο και την ταυτόχρονη επικράτηση νοτιοδυτικών ανέμων. Οι συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες εμφανίζονται κυρίως την άνοιξη, γι' αυτό και το φαινόμενο παρουσιάζει έξαρση από αρχές Μαρτίου έως αρχές Ιουνίου.

Για να υπάρξει αυτό το φαινόμενο πρέπει να προηγηθεί ένας συνδυασμός βαρομετρικών συστημάτων ενώ για να υπολογιστεί το πόσο συχνά παρατηρείται αυτός ο συνδυασμός μπορεί πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν και οι κλιματικές αλλαγές. Παρόλα αυτά το ίδιο το φαινόμενο επιδρά στο κλίμα καθώς τα ξένα σωματίδια που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα μπορεί να θεωρηθούν πυρήνες δημιουργίας νεφών ή να προκαλέσουν συμπυκνώσεις υδρατμών με αποτέλεσμα να προκύψει καταιγίδα, να τροποποιήσουν δηλαδή τον καιρό.

4.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

Το πρόβλημα ξεκινά από τη σύσταση της ίδιας της σκόνης. Σύμφωνα με έρευνα του τμήματος Ορυκτολογίας και Ορυκτοχημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών, το 2009, η σκόνη που μεταφέρεται από την Αφρική στην Ελλάδα «κουβαλά» μαζί της εννέα βαρέα μέταλλα: μόλυβδο, αρσενικό, σίδηρο, μαγγάνιο, βανάδιο, νικέλιο, χρώμιο, χαλκό και ψευδάργυρο. Για την ύπαρξη των επικίνδυνων αυτών ουσιών στη μεταφερόμενη σκόνη ευθύνεται, κατά κύριο λόγο, η ανθρωπογενής μόλυνση στις αφρικανικές ερήμους, όπως η κίνηση οχημάτων, η απόρριψη αποβλήτων, κ.λπ.

Ωστόσο, φτάνοντας στις πόλεις της νότιας Ευρώπης, το πρόβλημα επιδεινώνεται. «Όταν φτάσει σε ένα αστικό περιβάλλον, λειτουργεί σαν πόλος έλξης για τους ρύπους», εξηγεί στο ΟΙΚΟ ο διευθυντής ερευνών του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και επικεφαλής της Ομάδας Ατμοσφαιρικής Έρευνας δρ Χάρης Καμπεζίδης. «Μόρια ρύπων επικάθονται πάνω της, κι έτσι αυτό που εισπνέουμε είναι ένα συσσωμάτωμα, στον πυρήνα του οποίου βρίσκεται η σκόνη και γύρω οι αθηναϊκοί ρύποι. Αυτό είναι το επικίνδυνο για τη δημόσια υγεία».

Και αυτό γιατί τα σωματίδια της αφρικανικής σκόνης που φτάνουν στην Ελλάδα είναι τα μικρότερα και τα ελαφρύτερα, διότι τα υπόλοιπα έχουν «κάτσει» στη διαδρομή. Η μορφολογία τους αυτή τα καθιστά απόλυτα εισπνεύσιμα και άρα επιβλαβή, ιδίως για τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα. Και όχι μόνο. Τα μικροσωματίδια, εισερχόμενα βαθιά στους πνεύμονες, μπαίνουν στην κυκλοφορία του αίματος και μπορούν να προσβάλουν μέχρι και την καρδιά. Δεν είναι τυχαίο ότι τις ημέρες «εισβολής» της σκόνης στις πόλεις, αυξάνονται οι εισαγωγές στα νοσοκομεία και τα κρούσματα θανάτων.

Η σκόνη μπορεί να περιέχει θείο, φωσφόρο, κάλλιο, νάτριο.

Σε μελέτη που δημοσιεύεται στο επιστημονικό περιοδικό Journal of Environmental Radioactivity το 2001, από ερευνητές του τμήματος Ατομικής και Πυρηνικής Φυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου αποδείχθηκε ότι η κόκκινη βροχή που παρατηρήθηκε τον Απρίλη του 2000 στη Θεσσαλονίκη περιείχε ραδιενεργά μέταλλα ^{135}Cs , ^7Be , ^{40}K . Η προέλευση του ^{135}Cs , είναι από το ατύχημα του Τσερνομπίλ και η ραδιενέργεια του σε δείγμα

από την κόκκινη βροχή ήταν 26.6 Bq kg^{-1} . (μονάδα μέτρησης της ραδιενέργειας).

4.2.1 ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Ο μόλυβδος είναι ένα από τα αρχαιότερα μέταλλα, και χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο πριν από 6.000 χρόνια. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, οι Ισραηλίτες, οι Ρωμαίοι, χρησιμοποιούσαν το- μόλυβδο για την κατασκευή δοχείων και άλλων αντικειμένων. Οι αρχαίοι θα πρέπει να γνώριζαν εν μέρει τις τοξικές ιδιότητες του μετάλλου. Ο Ιπποκράτης περιγράφει χαρακτηριστικό κοιλιακό κωλικό σε εργάτη μεταλλείου και ο Νίκανδρος, τον 2ο αιώνα π.Χ., παρατήρησε τη σχέση μεταξύ της έκθεσης στο μέταλλο και της παρουσίας ωχρότητας, δυσκοιλιότητας, κολικών και παράλυσης.

Ο μόλυβδος (Pb) ανήκει στα βαρέα μέταλλα, έχει ατομικό αριθμό 82 και βρίσκεται στην IV κύρια ομάδα του περιοδικού πίνακα. Το σημείο τήξης του είναι στους $327.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ενώ βράζει στους $1740 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Είναι αρκετά μαλακός και βρίσκεται ως σημαντικό παραπροϊόν σε περισσότερα από 200 μεταλλεύματα. (Μανουσάκης ,1999). Ο μόλυβδος απαντάται στη φύση κυρίως σε ανόργανη μορφή Pb(II) , και σπανιότερα ως Pb(IV), καθώς και σε οργανικές ενώσεις με 4 δεσμούς Pb-G (Φακριάδης, 2003). Η διαλυτότητα και το μέγεθος των σωματιδίων μόλυβδου παίζουν σημαντικό ρόλο στη γεωγραφική και φυσική κατανομή του, την απορρόφηση του σε ιζήματα και τη διάχυσή του στους ζωντανούς οργανισμούς.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

-Νευρικό σύστημα

Προσβάλλονται τόσο το κεντρικό όσο και το περιφερικό νευρικό σύστημα. Στις σοβαρές περιπτώσεις δηλητηρίασης κυριαρχούν οι βαριές εκδηλώσεις από το

Κ.Ν.Σ. και περιλαμβάνουν σπασμούς, παραλήρημα και κώμα. Στις ελαφρότερες περιπτώσεις τα συμπτώματα είναι πονοκέφαλοι, ζάλη, διαταραχές του ύπνου, της μνήμης και ευερεθιστότητα. Τα νευρολογικά ευρήματα στη δηλητηρίαση από μόλυβδο μπορεί να κυμαίνονται από πολύ ελαφρά μέχρι βαριά εγκεφαλοπάθεια.

-Επίδραση του μολύβδου στα νεφρά

Η προσβολή των νεφρών από τον μόλυβδο, ειδικώς κατά την οξεία φάση, χαρακτηρίζεται από καταστροφή των εγγύς εσπειραμένων σωληνάρων με σχηματισμό ενδοκυτταρικών σωματίων στα επιθηλιακά κύτταρα των σωληνάρων. Η δυσλειτουργία των σωληνάρων είναι αναστρέψιμη σε μικρού βαθμού έκθεση, ενώ η παρατεταμένη έκθεση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα διάχυτο διάμεσο ίνωση και νεφρική ανεπάρκεια.

-Γαστρεντερικό

Από τα συνηθέστερα συμπτώματα της δηλητηρίασης με μόλυβδο αφορούν το γαστρεντερικό σύστημα και περιλαμβάνουν ναυτία, ανορεξία, απώλεια βάρους και δυσπεψία.

-Αρθραλγίες

Παρατηρούνται κυρίως στη χρόνια δηλητηρίαση, αλλά είναι δυνατό να παρατηρηθούν και σε άτομα που έχουν εκτεθεί για λίγο χρονικό διάστημα. Είναι συνήθως ένα σύμπτωμα που δείχνει ότι η πυκνότητα του μολύβδου στο αίμα ανέρχεται.

-Επίδραση του μολύβδου επί του συστήματος της αναπαραγωγής. Η τοξική επίδραση του μολύβδου στο αναπαραγωγικό σύστημα πειραματόζωων είναι γνωστή. Στον άνθρωπο δεν έχει διευκρινισθεί ακόμη επαρκώς. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις αποβολών και γεννήσεις νεκρών εμβρύων σε γυναίκες που κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τους είχαν εκτεθεί σε μόλυβδο.

-Καρκινογόνος δράση

4.2.2 ΑΡΣΕΝΙΚΟ

Το αρσενικό ήταν γνωστό από την αρχαιότητα ακόμη και οι τοξικές του ιδιότητες αναφέρονται από πολλούς αρχαίους συγγραφείς. Ο Αριστοτέλης ανέφερε πρώτος τη σανδαράχη, ενώ ο Θεόφραστος τη λέξη αρσενικό .

Το αρσενικό βρίσκεται υπό διαφορετικές μορφές, από τις οποίες ορισμένες είναι τοξικές και ορισμένες όχι. Υπάρχει στο περιβάλλον και στις τροφές.

Τοξικές μορφές είναι το ανόργανο τρισθενές (As+3) και το πεντασθενές αρσενικό (As+5) και οι μεταβολίτες τους μονομεθυλοαρσίνιο (MMA) και διμεθυλοαρσίνιο (DMA). Στη φύση βρίσκεται ελεύθερο σε μικρές ποσότητες , ενώ σαν φυσικές πηγές αρσενικού είναι κυρίως οι ηφαιστιογενείς δράσεις και η σήψη της φυτικής ύλης. Καταλαμβάνει την 33η θέση του περιοδικού πίνακα και ανήκει στη VA ομάδα.

Οι συγκεντρώσεις του αρσενικού στην Ατμόσφαιρα κυμαίνονται από 1 έως 10 ng/m³ σε αστικές περιοχές και από λίγα νανογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο έως 30 ng/m³ σε μη πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Κοντά σε πηγές εκπομπής όπως σε χυτήρια μη σιδηρούχων μετάλλων και σε μονάδες παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν άνθρακα που περιέχει αρσενικό, οι συγκεντρώσεις του αρσενικού μπορούν να υπερβούν το 1,0 mg/m³.

Για τη συγκέντρωση στην Ατμόσφαιρα 1.0μg/m³ η εκτιμώμενη επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή είναι $1,5 \times 10^{-3}$. Συγκεντρώσεις αρσενικού στην Ατμόσφαιρα της τάξης των 0,66 ng/m³ επιφέρουν επικινδυνότητα για την ανθρώπινη ζωή της τάξης των 10^{-4} , 10^{-5} και 10^{-6} αντίστοιχα.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΡΣΕΝΙΚΟΥ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Το αρσενικό εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό με την αναπνοή , τις τροφές και την απορρόφηση από το δέρμα . Είναι δηλητήριο των κυττάρων, επειδή εμποδίζει την οξειδωτική τους ικανότητα. Η εισπνοή ενώσεων του αρσενικού

προκαλεί καρκίνο του πνεύμονα, ο οποίος έχει παρατηρηθεί σε εργαζομένους σε χυτήρια χαλκού, ορυχεία χρυσού και εργοστάσια παραγωγής παρασιτοκτόνων.

Η τοξικότητα των ενώσεων του αρσενικού εξαρτάται από διαφόρους παράγοντες, σπουδαιότεροι των οποίων θεωρούνται:

α) η διαλυτότητα

β) η ύπαρξη O_2 (το μόριο της ένωσης)

Από την κατάποση αρσενικού προκαλείται καρκίνος του δέρματος, του ήπατος, της ουροδόχου κύστης, του πνεύμονα καθώς και των νεφρών. Επίσης παρατηρούνται επιπτώσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα με αποτέλεσμα τη μείωση της συσταλτικότητας του μυοκαρδίου, επιπτώσεις στο γαστρεντερικό σύστημα με αποτέλεσμα την απόπτωση του βλεννογόνου και τη διαφυγή πλάσματος, καθώς και επιπτώσεις στο ανοσοποιητικό σύστημα με αποτέλεσμα την καταστολή παραγωγής αντισωμάτων από αυξημένη ποσότητα αρσενικού. Από το γαστρεντερικό σωλήνα απορροφάται το 90% των διαλυτών ανόργανων και των οργανικών ενώσεων του μετάλλου. Το αρσενικό ελαττώνει την ένταση των οξειδοαναγωγών, παρεμποδίζει τις ανταλλαγές των α -ερίων μεταξύ αίματος και ιστών, ενώ παράλληλα ασκεί παραλυτική επενέργεια στις λείες μυϊκές ίνες. Επίσης αντικαθιστά το φωσφόρο των οστών, όπου μπορεί και παραμένει επί έτη.

4.2.3 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Ο ψευδάργυρος είναι σχετικά εύθρυπτο μέταλλο με ελαφριά κυανή απόχρωση. Οξειδώνεται επιφανειακά στον αέρα. Είναι αρκετά δραστικό μέταλλο, προσβάλλεται από όλα τα οξέα και τις ισχυρές βάσεις. Στην Ινδία και στην Κίνα ήταν γνωστό πριν από τον 15ο αιώνα. Η ονομασία του είναι γερμανικής προέλευσης: "zink" ("τσίνγκος", υποδηλώνει συγγένεια με το "zinn": κασσίτερος). Ο ορείχαλκος (ή μπρούντζος ψευδαργύρου) είναι κράμα χαλκού-ψευδαργύρου γνωστό από την αρχαιότητα.

Η τοξικότητα του μετάλλου και των ανόργανων ενώσεών του είναι σχετικά μικρή, ωστόσο μερικές από τις ενώσεις του αποδείχθηκαν πειραματικά καρκινογόνες.

Η μεγαλύτερη ποσότητα του Zn χρησιμοποιείται για την κατασκευή συσκευών, δοχείων και σωλήνων που έρχονται σε επαφή με το ύδωρ ή εκτίθενται στον αέρα και για την επιψευδαργύρωση ελασμάτων σιδήρου (γαλβανισμένη λαμαρίνα). Μεγάλες ποσότητες χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κραμάτων ως ο ορείχαλκος (μπρούντζος ψευδαργύρου) καθώς επίσης και στην κατασκευή μπαταριών (Zn-C). Ως ZnO χρησιμοποιείται στα ελαστικά, φαρμακευτικά, ως χρώμα και ως σταθεροποιητής πολυμερών.

4.2.4 ΧΡΩΜΙΟ

Το χημικό στοιχείο Χρώμιο είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 24 και ατομικό βάρος 51,996 . έχει θερμοκρασία τήξης 1857 C° θερμοκρασία βρασμού 2672 C°. Το σύμβολό του είναι Cr. Είναι ένα μεταλλικό στοιχείο, άοσμο και σκληρό. Ανακαλύφθηκε το 1797 από τον Γάλλο Louis Vauquelin και ονομάστηκε chromium από την ελληνική λέξη «χρώμα», επειδή όλες οι ενώσεις του έχουν έντονο χρώμα και χρησιμοποιούνται κυρίως ως βαφές.

Το συναντάμε σε πολλές διαφορετικές μορφές. Οι κυριότερες όμως είναι:

- **Το μεταλλικό χρώμιο:** Χρησιμοποιείται στη μεταλλουργία κυρίως για την παρασκευή του ανοξείδωτου χάλυβα, αλλά και κραμάτων σιδήρου, αργιλίου κλπ.
- **Το τρισθενές χρώμιο ή Cr (III):** Συναντάται στη φύση ως ορυκτό (σιδηροχρωμίτης) και είναι ένα βασικό διατροφικό ιχνοστοιχείο που ενεργοποιεί την ινσουλίνη.
- **Το εξασθενές χρώμιο ή Cr (VI):** Είναι μια ένωση του χρωμίου ιδιαίτερα τοξική και καρκινογόνος. Το εξασθενές χρώμιο θεωρείται επικίνδυνο ακόμα και σε ελάχιστες ποσότητες. Δεν υπάρχει στη φύση ελεύθερο παρά μόνο σε κάποια σπάνια ορυκτά, όπως π.χ. στον κροκοΐτη, που συναντάται στη Σιβηρία. Γι' αυτό, όπου αλλού το συναντάμε, είναι

αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Παράγεται κυρίως από βιομηχανικές διεργασίες (π.χ. αποτέφρωση αποβλήτων, κατασκευή χάλυβα κλπ.).

Τα χρώματα των ενώσεων του χρωμίου και των διαλυμάτων τους ουσιαστικά καλύπτουν όλο το ορατό φάσμα: από το ιώδες (άλατα του Cr(III)) έως το βαθύ κόκκινο (ορισμένες ενώσεις του Cr(VI)). Είναι γνωστές ενώσεις του χρωμίου με αριθμούς οξείδωσης από -1 έως +6, ωστόσο οι πιο συνήθεις είναι οι ενώσεις του δισθενούς χρωμίου Cr(II) (ισχυρό αναγωγικό, ασταθές παρουσία οξυγόνου), του τρισθενούς χρωμίου Cr(III) (οι πλέον σταθερές ενώσεις του χρωμίου) και του εξασθενούς χρωμίου Cr(VI) (χρωμικά και διχρωμικά άλατα: σταθερές ενώσεις αλλά και σχετικώς ισχυρά οξειδωτικά). Το χρώμιο βρίσκεται στη φύση κυρίως ως τρισθενές, με κυριότερο ορυκτό τον χρωμίτη $\text{Fe(Mg)Cr}_2\text{O}_4$, που αποτελεί το βασικό μέταλλευμα χρωμίου. Υπάρχουν και ορισμένα σπάνια ορυκτά όπου το χρώμιο είναι εξασθενές από τα οποία το γνωστότερο είναι ο κροκοΐτης, με χημικό τύπο PbCrO_4 (χρωμικός μόλυβδος).

Η συγκέντρωση του ολικού χρωμίου γενικά στο περιβάλλον κυμαίνεται από 5 έως 200 ng/m^3 .

Έχει την τάση να προσροφάται στα αιωρούμενα σωματίδια και στο ίζημα και για το λόγο αυτό θεωρείται ως σχετικά αδρανές, λιγότερο βιοδιαθέσιμο και μειωμένης τοξικότητας ως προς τους υδρόβιους οργανισμούς.

Τρόποι επαφής:

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να εκτεθεί κάποιος σε χρώμιο και στη συνέχεια να εισαχθεί αυτό στον οργανισμό του. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της πόσης νερού, μέσω της εισπνοής μολυσμένου με χρώμιο αέρα και μέσω του δέρματος, όταν αυτό έρχεται σε επαφή με μολυσμένο νερό.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Το εξασθενές χρώμιο ή το χρώμιο (VI) είναι μια αναγνωρισμένη καρκινογόνος ουσία. Η έκθεση στο χρώμιο (VI) σε σκόνη συνδέεται με την αυξανόμενη εμφάνιση του καρκίνου πνευμόνων και είναι γνωστό ότι προκαλεί τον ερεθισμό του δέρματος (δερματίτιδα). Αντίθετα, υπάρχουν λίγα στοιχεία ότι το τρισθενές χρώμιο ή το χρώμιο (III) είναι τοξικό στους ανθρώπους.

Το εξασθενές χρώμιο είναι επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου και όχι το τρισθενές. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO - World Health Organisation), η Διεύθυνση Υγείας και Ανθρωπίνων Υπηρεσιών των ΗΠΑ (DHHS - Department of Health and Human Services), καθώς και η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA - Environmental Protection Agency) το έχουν κατατάξει στις καρκινογόνες ουσίες. Πειράματα που έγιναν σε ζώα έδειξαν ότι τα περισσότερα εμφάνισαν καρκίνο, άλλα στα νεφρά, άλλα στο συκώτι, άλλα στο στομάχι και άλλα στα έντερα. Παρ' όλα αυτά, δεν έχουν γίνει ακόμα επιδημιολογικές μελέτες που να το αποδεικνύουν.

- Αν το εξασθενές χρώμιο μπει σε μεγάλες ποσότητες στον οργανισμό μας μέσω της κατανάλωσης των μολυσμένων τροφών ή του πόσιμου νερού, είναι δυνατό να προκαλέσει στομαχικές διαταραχές και έλκη, βλάβες στα νεφρά και στο συκώτι. Προβλήματα υγείας είναι δυνατό να προκληθούν ακόμα και όταν κάποιος πίνει νερό με εξασθενές χρώμιο σε πολύ μικρές ποσότητες, αλλά συστηματικά επί χρόνια.

- Η εισπνοή όμως εξασθενούς χρωμίου, είτε σε μορφή αιωρούμενων μικροσωματιδίων είτε σε μορφή αεροζόλ (εισπνοή μικροσταγονιδίων νερού με εξασθενές χρώμιο), είναι ακόμα πιο επικίνδυνη. Και αυτό γιατί όταν εισπνέει κανείς τα σταγονίδια, δεν υπάρχει κάποιος αμυντικός μηχανισμός, και επομένως το εξασθενές χρώμιο δεν μετατρέπεται σε τρισθενές, όπως συμβαίνει με την κατάποση του, όπου τα όξινα γαστρικά υγρά εξουδετερώνουν ένα μέρος του. Η

καρκινογόνος ουσία εισέρχεται στη ρινική κοιλότητα και από εκεί καταλήγει στους πνεύμονες χωρίς να περάσει από κανένα φίλτρο προστασίας. Η βραχυχρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, όπως βήχα και δύσπνοια, ενώ η μακροχρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει βλάβες στην όσφρηση, βρογχίτιδα, πνευμονία, ακόμα και καρκίνο του πνεύμονα.

- Η επαφή επίσης εξασθενούς χρωμίου με το δέρμα είναι δυνατό να προκαλέσει αλλεργικές και τοξικές δερματοπάθειες. Όταν μάλιστα κάποιος κάνει μπάνιο με νερό που περιέχει εξασθενές χρώμιο, υφίσταται πολλαπλή έκθεση, καθώς, πέρα από τη διείσδυση της καρκινογόνου ουσίας από τους δερματικούς πόρους, εισπνέει και τα μικροσταγονίδια του νερού

4.2.5 ΚΑΙΣΙΟ

Μέταλλο της ομάδας των αλκαλίων, με χημικό σύμβολο Cs και όνομα προερχόμενο από την λατινική λέξη “caesius”, κυανούς, λόγω των χαρακτηριστικών κυανών γραμμών του φάσματός του. Υπήρξε το πρώτο στοιχείο που ανακαλύφθηκε με το φασματοσκόπιο, από τους R. Bunsen και G. Kirchhoff το 1860, κατά την ανάλυση μεταλλικού νερού στην Γερμανία.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙΣΙΟΥ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Μέχρι τώρα όσον αφορά τον ανθρώπινο οργανισμό και τις επιπτώσεις, υπάρχει σοβαρή έλλειψη στοιχείων, αναφερόμενων στην τοξική δράση του Cs, υποστηριζόμενων από πειράματα σε ανθρώπους. Τα ελάχιστα δεδομένα έχουν προκύψει από μελέτες σε πειραματόζωα. Σε πειράματα με ποντίκια, παρατηρήθηκαν υψηλή ερεθιστικότητα και έντονοι σπασμοί, όταν η περιεχόμενη ποσότητα K σε μια κανονική δίαιτα αντικαταστάθηκε με Cs, επήλθε δε θάνατος των πειραματόζωων, ύστερα από 10-17 ημέρες. Όσον

αφορά σε ενώσεις του Cs, τοξικότερη όλων είναι το CsOH με δόση LD 50 = 100 mg/kg, με όργανα προσβολής το στομάχι, το πάγκρεας, την σπλήνα, το ήπαρ και το λεπτό έντερο και κύρια κλινικά συμπτώματα διαταραχές στην συμπεριφορά, απάθεια, υπερδιέγερση, αυξημένο ρυθμό αναπνοής, δερματικές διαταραχές και βλεφαρόπτωση.

Ακολουθεί το CsI με LD50=2.386 mg/kg για κατάποση και LD50 = 1.400 mg/kg για εισπνοή, το οποίο προσβάλλει κυρίως το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα με καταστροφή των ιστών των βλεννογόνων μεμβρανών, το δέρμα και τον θυρεοειδή αδένα και κύρια κλινικά συμπτώματα ιωδισμό, δηλητηρίαση και δερματίτιδα. Το CsBr έχει LD 50 = 1400 mg/kg για εισπνοή και προσβάλλει κυρίως τα μάτια και το CsNO₃ έχει LD 50 = 1.200 mg/kg για την περίπτωση εισπνοής.

Οι περισσότερες χώρες δεν έχουν θεσπίσει μέγιστα συνιστώμενα όρια έκθεσης, αν και υπάρχουν εξαιρέσεις όπως η Ολλανδία. Όρια επίσης στην έκθεση σε Cs έχουν θεσπίσει αρμόδιοι διεθνείς οργανισμοί για διάφορες ηλικιακές και εργασιακές πληθυσμιακές ομάδες.

4.2.6 ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

AMIANΤΟΣ

Από επιδημιολογικές μελέτες και από πειραματικά αποτελέσματα έχει γίνει σαφές, ότι η εισπνοή αμιάντου προκαλεί αμιάντωση, καρκίνο του πνεύμονα και μεσοθηλίωμα. Οι καρκινογόνες ιδιότητες του αμιάντου οφείλονται στη γεωμετρία των ινών του και στην αξιοσημείωτη ανθεκτικότητα της δομής του.

Ο αμίαντος είναι αποδεδειγμένα καρκινογόνος για τον άνθρωπο. Δεν προτείνεται κανένα ασφαλές επίπεδο έκθεσης του ανθρώπου στον αμίαντο δεδομένου, ότι δεν υπάρχει γνωστό ασφαλές κατώφλι συγκέντρωσης. Λόγω αυτού η συγκέντρωση έκθεσης σε αμίαντο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

ΚΑΔΜΙΟ

Η έκθεση σε κάδμιο γίνεται κυρίως μέσω του καπνίσματος και μέσω της τροφής. Για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατόν να διεξαχθεί ανάλυση δόσης –απόκρισης για το κάδμιο στην Ατμόσφαιρα βασισμένη σε επιδημιολογικά δεδομένα.

Το κάδμιο, όταν απορροφάται είτε μέσω της εισπνοής είτε μέσω της βρώσης (της τροφής), αυξάνει τις μεταβολές των νεφρών. Οι εργάτες που εκτίθενται σε αυτές τις συγκεντρώσεις παρουσιάζουν αυξημένη νεφρική δυσλειτουργία (παρουσία χαμηλού μοριακού βάρους πρωτεΐνης στα ούρα) ή καρκίνο του πνεύμονα. Το όριο για πολυετή έκθεση με οκτάωρη καθημερινή έκθεση σε κάδμιο ανέρχεται σε $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η συνεχής έκθεση εφ' όρου ζωής δίνει μια τιμή γύρω στο $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα επίπεδα των συγκεντρώσεων καδμίου στην Ατμόσφαιρα των αστικών και των αγροτικών περιοχών ανέρχεται στο $1/5$ αυτής της τιμής.

ΜΑΓΝΗΣΙΟ

Σε αστικές και αγροτικές περιοχές, οι οποίες δεν είναι επιβαρυνμένες με μαγνήσιο, οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις μαγνησίου κυμαίνονται από $0,01$ - $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ πλησίον χυτηρίων μετάλλων τα επίπεδα αυτά αυξάνονται σε μέση ετήσια συγκέντρωση $0,2$ - $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Σε περιοχές, στις οποίες λειτουργούν βιομηχανίες σιδήρου και πυριτομαγνησίου, τα επίπεδα αυτά ανέρχονται σε $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και άνω, με συγκέντρωση έκθεσης 24ωρης διάρκειας για ένα άτομο ανώτερη των $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Η τοξική επίδραση του μαγνησίου διαφέρει ανάλογα με την έκθεση. Μέσω της απορρόφησης στο ανθρώπινο σώμα το μαγνήσιο έχει σχετικά υψηλή τοξικότητα σε τυπικά επίπεδα έκθεσης και θεωρείται σημαντικός διατροφικός ιχνηθέτης. Το μαγνήσιο είναι γνωστό ως τοξικό λόγω της απορρόφησης του στο ανθρώπινο σώμα. Η υψηλή συγκέντρωση μαγνησίου στο σώμα χαρακτηρίζεται από διάφορες ψυχιατρικές και κινητικές δυσλειτουργίες με γενική ομοιότητα με την ασθένεια Πάρκινσον, όσον αφορά τη δυσκολία ελέγχου κάποιων κινήσεων.

Βάσει των νευροτοξικών επιδράσεων που παρατηρήθηκαν σε εργαζόμενους και χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της εκτιμώμενης συγκέντρωσης, το επίπεδο επικινδυνότητας είναι τα $30\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το όριο ποιότητας και ασφάλειας για συγκέντρωση μαγνησίου στην Ατμόσφαιρα με συντελεστή ασφαλείας 50 είναι $0,15\mu\text{g}/\text{m}^3$.

ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ

Σε περιοχές μακριά από βιομηχανίες τα επίπεδα του υδραργύρου στην Ατμόσφαιρα είναι περίπου $2\text{-}4\text{ ng}/\text{m}^3$ και σε αστικές περιοχές είναι $10\text{ ng}/\text{m}^3$. Αυτό σημαίνει, ότι η ημερήσια ποσότητα που απορροφάται στο κυκλοφορικό σύστημα από την Ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της εισπνοής ανέρχεται σε $32\text{-}64\text{ ng}$ για απομακρυσμένες περιοχές και σε 160 ng περίπου για αστικές περιοχές. Η έκθεση σε υδράργυρο από τον ατμοσφαιρικό αέρα παρουσιάζεται ασήμαντη συγκρινόμενη με αυτή των οδοντιατρικών κραμάτων υδραργύρου δεδομένου, ότι η μέση ημερήσια πρόσληψη ατμών υδραργύρου από οδοντιατρικά σφραγίσματα κυμαίνεται μεταξύ 3.000 και 17.000 ng .

ΦΘΟΡΙΟ

Οι Ευρωπαίοι εκτίθενται στις διάφορες μορφές φθορίου με ποικίλους τρόπους. Σε αστικές περιοχές που περιλαμβάνουν και βιομηχανικές δραστηριότητες η τυπική ημερήσια πρόσληψη φθορίου μέσω της εισπνοής κυμαίνεται από $10\text{-}40\text{ }\mu\text{g}/\text{day}$ ($0,5\text{-}2,0\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) και σε κάποιες περιπτώσεις είναι ακόμα και $60\text{ }\mu\text{g}/\text{day}$ ($3,0\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$). Το φθόριο εκλύεται στην Ατμόσφαιρα τόσο σε αέρια όσο και σε σωματιδιακή μορφή, αλλά οι μελέτες τυπικά αναφέρονται ολικό φθόριο. Οι κύριες πηγές πρόσληψης φθορίου είναι η τροφή και το νερό. Εκτός από την έκθεση σε εργασιακό περιβάλλον που μπορεί να είναι σημαντική, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η έκθεση μέσω της εισπνοής είναι ασήμαντη.

Για έκθεση μίας ώρας το επίπεδο συγκέντρωσης ώστε να προστατευθεί ο άνθρωπος από κάθε ερεθισμό του αναπνευστικού είναι $0,6\text{mg}/\text{m}^3$ και το μέσο

επίπεδο για την προστασία κατά διαφόρων ερεθισμών από έκθεση στη διάρκεια όλης της ζωής είναι περίπου $1,6 \text{ mg/m}^3$. Η παρατεταμένη έκθεση ανθρώπων (εργαζομένων και παιδιών) σε συγκεντρώσεις φθορίου $0,1\text{--}0,5 \text{ mg/m}^3$ συνεπάγεται την εξασθένηση της πνευμονικής λειτουργίας και τη φθορίωση του σκελετού. Για επίπεδα αέριου φθορίου της τάξης των $16 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ δεν έχουν βρεθεί επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου.

ΥΔΡΟΘΕΙΟ

Εργαζόμενοι που εκτίθενται σε συγκεντρώσεις υδροθείου μεγαλύτερες των 30 mg/m^3 παρουσιάζουν διάχυτα νευρολογικά και διανοητικά συμπτώματα.

Ερεθισμός στα μάτια παρατηρείται, όταν η συγκέντρωση υδροθείου είναι 15 mg/m^3 . Σύμφωνα με την καμπύλη δόσης – απόκρισης σοβαρές βλάβες στα μάτια προκαλούνται, όταν η συγκέντρωση του υδροθείου είναι 70 mg/m^3 , οπότε προτείνεται συντελεστής ασφάλειας ίσος με 100. Αυτό συνεπάγεται την τιμή – όριο των $0,15 \text{ mg/m}^3$ με μέσο χρόνο έκθεσης 24 ώρες. Για την αποφυγή πρόκλησης δυσανεξίας στον πληθυσμό από το υδροθείο, οι συγκεντρώσεις του υδροθείου δεν πρέπει να υπερβαίνουν το $7 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ για περίοδο έκθεσης 30 λεπτών.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις της αφρικανικής σκόνης, αλλά και οι επικίνδυνες ουσίες που περιέχει, έχουν ήδη προκαλέσει συνέπειες στη δημόσια υγεία καθώς κάθε φορά που υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις σκόνης, αυξάνονται οι εισαγωγές στα νοσοκομεία.

Στην Κρήτη, έχει καταγραφεί αύξηση των εισαγωγών για αναπνευστικά και καρδιολογικά προβλήματα, ενώ στην Αθήνα σημειώνεται αύξηση στις νοσοκομειακές εισαγωγές για παιδικό άσθμα και αρρυθμίες.

Οι μετρήσεις για την ποιότητα της αφρικανικής σκόνης που μεταφέρεται στη χώρα μας έγιναν τον Απρίλιο του 2013 και εκτός από τα φυσικά στοιχεία που αποτελούν τη σκόνη της ερήμου εντοπίστηκαν και χημικές ουσίες που παράγονται από την ανθρωπογενή δραστηριότητα, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν μεγάλα προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία.

Κάθε φορά πλησιάζει το περίφημο σύννεφο σκόνης από την αφρικανική Σαχάρα ασθενείς με βρογχικό άσθμα, είτε αυτό είναι αλλεργικής αιτιολογίας είτε μη αλλεργικής αιτιολογίας, και με χρόνια αναπνευστική ανεπάρκεια και βρογχική υπερευαισθησία αναφέρουν επιδείνωση των συμπτωμάτων τους. Τα μικροσκοπικά σωματίδια τα οποία περιέχονται στη σκόνη είναι τοξικά και διεισδύουν στο αναπνευστικό σύστημα, περνούν στην κυκλοφορία του αίματος και μπορεί να προσβάλουν πολλά ζωτικά όργανα.

Τα σωματίδια σκόνης εισχωρούν στην αναπνευστική περιοχή των πνευμόνων, όπου εναποτίθενται στις πνευμονικές κυψελίδες και στους αεραγωγούς. Εκεί εγκλωβίζονται λόγω του μικρού τους μεγέθους και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους. Οι βασικοί μηχανισμοί της δράσης των σωματιδίων αυτών

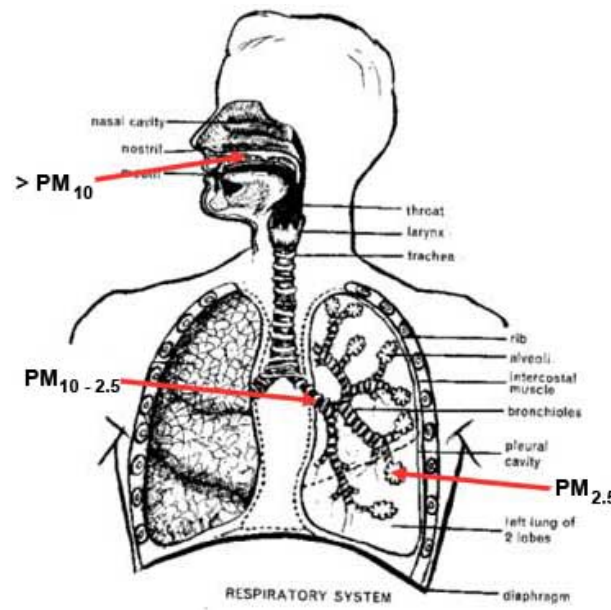
έχουν μελετηθεί και αποτελούν κυρίως μηχανισμούς οξυγονούχων ελεύθερων ριζών, καταστροφή αντιοξειδωτικών ενζυμικών συστημάτων καθώς και οξειδωτικού stress.



ΕΙΚΟΝΑ.15 ΣΠΡΕΙ ΕΙΣΠΝΟΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΑΣΘΜΑ

Εκτός από τις αλλεργίες και αναπνευστικά προβλήματα, η αφρικανική σκόνη ενοχοποιείται ακόμη και για καρδιαγγειακά. Ακόμη, η σκόνη μπορεί να προκαλέσει φλεγμονώδη αντίδραση στα μάτια και στο δέρμα και να επιδεινώσει τις υπάρχουσες αλλεργίες καθώς στην πορεία της από την Αφρική συμπαρασύρει βακτήρια, μύκητες, αλλεργιογόνες ουσίες από φυτά που έχουν ανθίσει σε άλλες περιοχές.

Οι πιο ευπαθείς ομάδες ατόμων, ομάδες ατόμων που είναι ανοσοκατασταλμένοι, ασθενείς με AIDS, ασθενείς που παίρνουν ανοσοκατασταλτική θεραπεία και μεταμοσχευμένοι είναι ακόμα πιο εύκολο να αρρωστήσουν ή να επιδεινωθεί η κατάστασή τους. Η σκόνη μπορεί να προκαλέσει διάφορες λοιμώξεις διότι μεταφέρει μαζί με τα σφαιρίδια μικρόβια και μύκητες.



ΕΙΚΟΝΑ.16 ΕΙΣΠΙΝΟΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ΚΑΙ $PM_{2.5}$ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Το φαινόμενο της αφρικανικής σκόνης είναι κάτι που ειδικά στην Ελλάδα έχουμε αρχίσει να ερευνούμε διεξοδικά μόλις τα τελευταία χρόνια.

5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Σύμφωνα με επιστημονικές μελέτες η μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα είναι μια φυσική πηγή διασποράς ρύπανσης, η οποία είναι υπεύθυνη για το 10-20% των επεισοδίων σωματιδιακής ρύπανσης σε Μεσογειακές χώρες. Κατά τη διάρκεια μάλιστα επεισοδίων μεταφοράς, η συμμετοχή της μεταφερόμενης σκόνης στα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1 , σε Μεσογειακές χώρες μπορεί να ξεπεράσει και το 60%. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεά ή υγρή φάση, που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ανάλογα με την προέλευση τους μπορεί να παρουσιάζουν ανομοιογένεια στη μορφή, μέγεθος, χημική σύσταση. Τα PM_{10} είναι σωματίδια με διάμετρο μέχρι 10 μικρά του μέτρου, 10

μm, και τα PM_{2.5}, PM₁ έχουν διάμετρο 2.5μm και 1μm αντίστοιχα. Όσο πιο μικρά είναι αυτά τα σωματίδια τόσο πιο πολύ αυξάνει η πιθανότητα εισχώρησης τους στον ανθρώπινο οργανισμό.

Σύμφωνα με το Τμήμα Επιθεώρηση Εργασίας τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μια από τις κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Κύπρο και ενισχύεται κυρίως από φυσικούς παράγοντες όπως τα περιστατικά σκόνης από τη Σαχάρα.

Επίσης τα αιωρούμενα σωματίδια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο κλιματικό σύστημα. Από τη μια, τα σωματίδια PM₁₀ ψύχουν τον πλανήτη λόγω του ότι ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία και από την άλλη μπορούν να απορροφήσουν την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη θέρμανση της ατμόσφαιρας. Λόγω της ικανότητας τους να απορροφούν και να ανακλούν την ακτινοβολία του ήλιου προκαλούν τη μείωση της ορατότητας.

5.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα αιωρούμενα σωματίδια μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα επικάθονται πάνω στην επιφάνεια φυτών και δέντρων, σε υδατικά συστήματα και στο έδαφος. Οι επιπτώσεις τους στα έμβια όντα είναι ανάλογα του μεγέθους, της σύστασης και της περιεκτικότητας σε τοξικά μέταλλα. Οι επιπτώσεις της σκόνης στα φυτά ξεκινούν από την παρεμπόδιση της φωτοσύνθεσης, τη μείωση της αναπνοής και πρόσληψης ουσιών από το έδαφος.

Η περίοδος που παρατηρείται η σκόνη στην ατμόσφαιρα συμπίπτει με την περίοδο της ανθοφορίας των οπωροφόρων δέντρων (άνοιξη) με αποτέλεσμα αυτή να επηρεάζεται σημαντικά, λόγω του ότι η σκόνη επικάθεται στα φυτά και εμποδίζει την ανάπτυξη τους. Συγκεκριμένα η επικοινωνία, η λειτουργία εκείνη κατά την οποία οι γυρεόκοκκοι μεταφέρονται στα στίγματα των υπέρων για να γίνει έτσι δυνατή η γονιμοποίηση και γενικότερα η αναπαραγωγή των φυτών,

παρεμποδίζεται λόγω της σκόνης. Η σκόνη λοιπόν εμποδίζει αυτή τη φυσική λειτουργία των φυτών λόγω του ότι επικάθεται στον ύπερο και από την άλλη αποτρέπει τις μέλισσες από το να πετάξουν και να μεταφέρουν τη γύρη από το ένα φυτό στο άλλο.

Τα βαρέα μέταλλα που βρίσκονται στα σωματίδια σκόνης είναι τοξικοί ρύποι για τα φυτά, τα δέντρα και τα εδάφη. Ιδιαίτερη σημασία έχει αποδοθεί από τους επιστήμονες στην τοξικότητα του αργιλίου στους μηχανισμούς με τους οποίους δρα στις ρίζες των δέντρων και των φυτών.

5.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗ ΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ ΠΑΝΙΔΑ



ΕΙΚΟΝΑ.17 ΚΑΤΕΣΤΡΑΜΜΕΝΕΣ ΣΟΔΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ

Η αφρικανική σκόνη περιέχει πολλά παθογόνα που μπορούν να βλάψουν τόσο τα φυτά, όσο και τα ζώα. Σε καλλιέργειες φυτών έχουν εντοπισθεί ασθένειες που προήλθαν από μικροοργανισμούς που μεταφέρθηκαν μαζί με την αφρικανική σκόνη. Καλλιέργειες μπανάνας και ζαχαροκάλαμου καταστράφηκαν στην Καραϊβική από μύκητες τα σπόρια των οποίων εικάζεται ότι μεταφέρθηκαν με τη σκόνη. Επίσης καλλιέργειες ρυζιού, φασολιών αλλά και δέντρων φρούτων ασθένησαν εξαιτίας βακτηρίων που περιέχονταν στην σκόνη (Kellogg κ.ά. 2003). Σε μελέτες που έχουν γίνει σε δείγματα αέρα από την Αφρική έχει βρεθεί ότι το 5-25% των μικροοργανισμών που περιέχονταν σ' αυτά μπορούν να βλάψουν τα φυτά. Παράδειγμα είναι το βακτήριο «ruminans» που προσβάλλει τις ροδακινιές και το βακτήριο «megaterium» που προκαλεί στα δέντρα την ασθένεια «wetwood» (Kellogg κ.ά. 2006). Όσον αφορά τα ζώα έχουν βρεθεί βακτήρια τα οποία προκαλούν ασθένειες σε πουλιά, χοίρους και βοοειδή. Οι μύκητες *Aspergillus* και *Cladosporium* και το βακτήριο *Salmonella* έχουν εντοπιστεί σε δείγματα σκόνης που είχε μεταφερθεί σε φάρμες ζώων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες στα ζώα. Κρούσματα αφθώδους πυρετού (foot-and-mouth-disease) στη Βρετανία αλλά και στην Αμερική έχουν συνδεθεί με μεταφορά της αφρικανικής σκόνης, αν και δεν έχει εντοπιστεί ο ιός σε δείγματα αέρα που προέρχονται από τη Σαχάρα. Η σύνδεση αυτή έγινε λόγω του ότι σε περιόδους με πολλά κρούσματα υπήρχε επεισόδιο σκόνης, αλλά χρειάζεται περεταίρω έρευνα για τη συσχέτιση της αφρικανικής σκόνης μ' αυτή την ασθένεια (Griffin κ.ά. 2001). Ο αφθώδης πυρετός προσβάλλει βοοειδή, αιγοπρόβατα και χοίρους και σπάνια μεταδίδεται σε άνθρωπο.



ΕΙΚΟΝΑ.18 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΣΟΔΕΙΩΝ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

5.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΜΕΛΙΣΣΟΚΟΜΙΑ

Οι τεράστιες ποσότητες επιβαρυμένης με βαρέα μέταλλα σκόνης η οποία ανέρχεται στους 3.116 τόνους για κάθε ώρα λειτουργίας των μεταλλείων και οι οποίες θα παράγονται κατά τη διάρκεια της εξόρυξης και απόθεσης του μεταλλεύματος, μετακινούμενες με τον άνεμο θα επικάθονται στο έδαφος, στο νερό, στα φυτά και στις μελιτώδεις εκκρίσεις της πεύκης και της δρυός δημιουργώντας έτσι ένα ιδιαίτερα αρνητικό και συνάμα τοξικό περιβάλλον για τη διατροφή και την επιβίωση των μελισσών. Η επιβαρυμένη σκόνη μπορεί να μεταφερθεί σε τεράστιες αποστάσεις δημιουργώντας περιοχές και ζώνες απαγορευτικές για τις μέλισσες. Κλασικές μελισσοκομικές περιοχές όπως είναι η Κασσάνδρα, η Σιθωνία, το Άθως ακόμη και η Θάσος, κινδυνεύουν να χαθούν οριστικά. Κλασικό παράδειγμα μεταφοράς σκόνης από μεγάλες αποστάσεις και αρνητικές επιπτώσεις στη μελισσοκομία είναι η κάλυψη των μελισσοκομικών φυτών της Κύπρου από σκόνη η οποία μεταφέρεται από την Αφρική.

Οι μέλισσες έχουν χρησιμοποιηθεί ως δείκτες ρύπανσης του περιβάλλοντος με βαρέα μέταλλα γιατί είναι σε θέση να συλλέξουν, να μεταφέρουν και να αποθηκεύσουν στο ενδιαίτημά τους επιβαρυμένα με βαρέα μέταλλα νέκταρ, γύρη και νερό. Η αυτοφυής βλάστηση αλλά και τα καλλιεργούμενα φυτά τα οποία αναπτύσσονται σε εδάφη ρυπασμένα με βαρέα μέταλλα, προσλαμβάνουν και συσσωρεύουν αυτά τα μέταλλα στους ιστούς, στο νέκταρ και στη γύρη. Οι μέλισσες συλλέγουν και μεταφέρουν το επιβαρυμένο νέκταρ και τη γύρη στην κυψέλη με αποτέλεσμα να ρυπαίνονται όλα τα προϊόντα τους, να μειώνεται ο πληθυσμός και τέλος να χάνεται ολόκληρο το μελίσσι.

5.6 ΘΕΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΑΝΑΖΩΓΟΝΗΣΗ ΔΑΣΩΝ ΚΑΙ ΩΚΕΑΝΩΝ

Επιστήμονες επισήμαναν ότι τα σύννεφα σκόνης από τη Σαχάρα αναζωογονούν μια πληθώρα οικοσυστημάτων με την εναπόθεση θρεπτικών συστατικών, π.χ. ο σίδηρος δρα ως λίπασμα για μεγάλες εκτάσεις του Ατλαντικού Ωκεανού, καθώς αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για το φυτοπλαγκτόν.

Άλλοι ερευνητές επισημαίνουν ότι η αφρικανική σκόνη που διασχίζει τον Ατλαντικό δρα ως λίπασμα για το τροπικό υγρό δάσος του Αμαζονίου. Τα αιωρούμενα σωματίδια «τρέφουν» το πλουσιότερο μεν δάσος του κόσμου, το οποίο όμως έχει παραδόξως και στην πραγματικότητα «λίγα θρεπτικά συστατικά».

Τέλος, η αιωρούμενη σκόνη επηρεάζει σημαντικά και το παγκόσμιο κλίμα, ανακλώντας ή απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία ανάλογα με την περίπτωση.

Μέρος της άμμου και της σκόνης που υπάρχει σε όλο τον πλανήτη, εξήγησε ο Ντάνιελ Μας της αμερικανικής Γεωλογικής Υπηρεσίας, παράγεται από τη δράση των κυμάτων στις ακτές.

Ωστόσο το μεγαλύτερο μέρος και σκόνης και της άμμου παράγεται από παγετώνες που θρυμματίζουν το υποκείμενο πέτρωμα στο αργή αλλά σαρωτική πορεία τους, ιδιαίτερα όταν η Γη διανύει περιόδους των παγετώνων.



ΕΙΚΟΝΑ.19 ΚΟΡΑΛΙΟΓΕΝΝΕΣΗ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

Βιογεωχημικός κύκλος και ρόλος της σκόνης στην ατμόσφαιρα και στον ωκεανό

Η διανομή των ατμοσφαιρικών σωματιδίων στον ωκεανό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο βιογεωχημικό κύκλο καθώς και στην ποιότητα των θαλασσίων υδάτων.

Τα διάφορα στοιχεία εναποτίθενται στην επιφάνεια της θάλασσας με ξηρή ή υγρή εναπόθεση τροφοδοτώντας έτσι τα πρώτα στρώματα της θαλάσσιας στήλης με θρεπτικά συστατικά. Η σημαντικότητα των θρεπτικών αυτών συστατικών γίνεται μεγάλη όταν:

- έχουμε μεγάλα σποραδικά επεισόδια υγρής κυρίως εναπόθεσης στην επιφάνεια της θάλασσας, ανθρωπογενούς και φυσικής SPM (Paerl, 1997; Prospero et al., 1996; Spokes et al., 2000),
- συναντάμε oligotροφικές θάλασσες
- παρατηρείται μικρό στρώμα ανάμειξης (θερινή περίοδος).

Τα επικίνδυνα στοιχεία και ενώσεις για τη θαλάσσια ζωή είναι ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και οι υδρογονοχλωράνθρακες που μεταφέρονται από την ατμόσφαιρα ενώ το άζωτο, ο φώσφορος και ο σίδηρος, είναι τα στοιχεία που δρουν ευεργετικά στην παραγωγή φυτοπλαγκτόν. Τρανταχτό παράδειγμα αποτελεί η Ανατολική Μεσόγειος που είναι oligotροφική θάλασσα με χαμηλά επίπεδα θρεπτικών αλάτων ακόμη και στα βαθιά νερά. Παρόλα αυτά όμως παρουσιάζει μία από τις σημαντικότερες ροές ατμοσφαιρικών μαζών εμπλουτισμένων με σκόνη Σαχάρας. Επομένως είναι πιθανό η εναπόθεση SPM να παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτή τη λεκάνη όσον αφορά τα θρεπτικά άλατα, γεγονός που έχει επιβεβαιωθεί με μελέτες, οι οποίες ενισχύονται από δορυφορικές εικόνες που δείχνουν την άμεση εξάρτηση της παραγωγής φυτοπλαγκτόν με την εναπόθεση SPM (Dulac et al., 1996; Saydam and Polat, 1999; Herut et al., 2002). (Jickells et al., 1998), (Kress and Herut, 2001), (Guerzoni et al., 1999; Herut et al., 2001), (Martin et al., 1989; Guerzoni et al., 1999; Kouvarakis et al., 2001)

Για τους λόγους αυτούς είναι πολύ σημαντική η μελέτη της διασποράς διάχυσης και επαναιώρησης της SPM στον ωκεανό καθώς και των σημαντικότερων πηγών και καταβοθρών. Συγκεκριμένα μελετάμε τη Μεσόγειο Θάλασσα διότι λόγω της γεωγραφικής της θέσης που βρίσκεται Βόρεια της μεγαλύτερης ερήμου στον κόσμο και κυριότερης πηγής SPM στην ατμόσφαιρα. Ένας επιπλέον παράγοντας είναι οι καταιγίδες σκόνης πάνω από τη Μεσόγειο οι οποίες είναι συχνές και έτσι καταγράφονται υψηλές συγκεντρώσεις σκόνης στην επιφάνειά της και σε αρκετές περιοχές. Τέλος βρίσκεται κοντά σε βιομηχανικές περιοχές όπου έχουμε έντονες ανθρωπογενείς εκπομπές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. (Schutz, 1981; D'Almeida, 1987; Swap, 1996), (Loye-Pilot and Martin, 1996; Herut and Krom, 1996; Guerzoni, 1997; Kubilay, 2000)

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ-ΛΥΣΕΙΣ

Σύμφωνα με το Ερευνητικό Κέντρο για την Προαγωγή Υγείας (ΕΚΕΠΥ) του υπουργείου Υγείας, τις ημέρες της «επίσκεψης» της σκόνης από την Αφρική, οι πολίτες που έχουν σοβαρά αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα θα πρέπει:

- Να περιορίζουν τις άσκοπες μετακινήσεις σε περιοχές στις οποίες υπάρχει επιβάρυνση της ατμόσφαιρας.
- Να αποφεύγουν την παρατεταμένη έκθεση και την έντονη δραστηριότητα σε υπαίθριους χώρους, όπου επικρατεί συνδυασμός υψηλών θερμοκρασιών, υγρασίας και επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας.
- Να παραμένουν σε καλά αεριζόμενους και κλιματιζόμενους χώρους.
- Σε περίπτωση εμφάνισης συμπτωμάτων δύσπνοιας, να απευθύνονται στον θεράποντα γιατρό τους ή σε εφημερεύον νοσοκομείο.



ΕΙΚΟΝΑ.20 ΜΑΣΚΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΝΑΓΚΑΙΑ

Για την αποφυγή της έκθεσης στην αφρικανική σκόνη, η παραμονή σε κλειστούς χώρους δεν είναι πάντα αρκετή. Επίσης έχει βρεθεί ότι κάτω υπό ορισμένες συνθήκες ο αέρας του εσωτερικού περιβάλλοντος μπορεί να είναι από 2 έως 10 φορές πιο μολυσμένος από εκείνον του εξωτερικού περιβάλλοντος καθώς αν εισχωρήσει η σκόνη στη συνέχεια ο αέρας δεν ανανεώνεται. Επομένως τα άτομα που αντιμετωπίζουν αναπνευστικά προβλήματα πρέπει να αερίζουν τακτικά τους κλειστούς χώρους, να καθαρίζουν τα φίλτρα του air-condition και αν τους

το επιτρέπει η οικονομική τους κατάσταση να αγοράσουν έναν ιονιστή-καθαριστή της ατμόσφαιρας. Ο ιονιστής απομακρύνει τη σκόνη και κάθε μικροσκοπικό σωματίδιο από τον αέρα ενώ αποσυνθέτει και τα βλαβερά μικρόβια και βακτήρια. Λειτουργεί παράγοντας αρνητικά ιόντα, τα οποία ενώνονται με τα θετικά ιόντα της σκόνης, με αποτέλεσμα να μεγαλώνει ο όγκος της, να βαραίνει και να κατακάθεται.

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Τις περασμένες δεκαετίες οι μελέτες επικεντρώνονταν κυρίως στις επιπτώσεις που έχουν τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSP) στην ανθρώπινη υγεία. Τα τελευταία όμως χρόνια διαπιστώθηκε ότι τα PM₁₀ και τα PM_{2.5} είναι από τους πιο επικίνδυνους ρύπους αφού προκαλούν ποικίλα προβλήματα, κυρίως σε ευπαθείς ομάδες πληθυσμού, όπως οι ηλικιωμένοι, οι ασθενείς και τα παιδιά. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία τα PM_{2.5} θεωρούνται τα πλέον επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, καθώς μπορούν να διεισδύσουν βαθύτερα στο αναπνευστικό σύστημα και συνεπώς να προκαλέσουν μεγαλύτερες βλάβες. Όσον αφορά τα PM₁₀ υπάρχει Ευρωπαϊκή νομοθεσία την οποία πρέπει να τηρούν όλα τα κράτη μέλη. Η ισχύουσα Ευρωπαϊκή Νομοθεσία (Κοινοτική Οδηγία 2008/50/EK) προβλέπει για τα PM₁₀ να μην υπερβαίνεται το όριο των 50 μg/m³ περισσότερες από 35 φορές το έτος (ημερήσιες υπερβάσεις), ενώ ο ετήσιος μέσος όρος θα πρέπει να κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα των 40 μg/m³. Η Κοινοτική Οδηγία 2008/50/EK που τέθηκε σε εφαρμογή 21 Μαΐου 2008 μετά από μακροχρόνια διαβούλευση αποτελεί φυσική συνέχεια της αντίστοιχης Κοινοτικής Οδηγίας 1999/30/EK. με μοναδική διαφοροποίηση ως προς τα PM_{2.5} για τα οποία δεν υπήρχε μνεία ως τότε.

Για τα PM_{2.5} η Ευρωπαϊκή Κοινότητα δεν έχει θεσπίσει ημερήσιο όριο, όμως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) προτείνει κάποια όρια.

Τα προτεινόμενα όρια από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας για τη ημερήσια συγκέντρωση σωματιδίων PM_{2.5} είναι 25 μg/m³ και η ετήσια 10 μg/m³

Για τη ημερήσια συγκέντρωση σωματιδίων PM₁₀ είναι 50 μg/m³ και η ετήσια τιμή συγκέντρωσης 20 μg/m³.

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ

8.1 ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Saharan dust levels in Greece and received inhalation doses

C. Mitsakou¹, G. Kallos¹, N. Papantoniou¹, C. Spyrou¹, S. Solomos¹, M. Astitha¹, and C. Housiadas² ¹National and Kapodistrian University of Athens, Department of Physics, Athens, Greece ²National Centre for Scientific Research "Demokritos", Inst. of Nuclear Technology and Radiation Protection, Athens, Greece

Received: 7 March 2008 – Published in Atmos. Chem. Phys. Discuss.: 16 June 2008 Revised: 29 October 2008 – Accepted: 31 October 2008 – Published: 9 December 2008)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έρημος Σαχάρα είναι η κύρια πηγή σκόνης στη γη, παράγοντας $2 \cdot 10^8$ τόνους/έτος. Η σκόνη, που οφείλεται στη διάβρωση του εδάφους από τον αέρα στη Βόρεια Αφρική, μεταφέρεται κάτω από κατάλληλες καιρικές συνθήκες στη Μεσόγειο και στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες. Τα μόρια της σκόνης επηρεάζουν τόσο την ατμόσφαιρα όσο και το κλίμα της περιοχής στην οποία μεταφέρονται (απορρόφηση/ διασπορά της ηλιακής ακτινοβολίας, ελάττωση της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης). Τις περασμένες δεκαετίες μελέτες έδειξαν σχέση ανάμεσα στα αιωρούμενα σωματίδια και την υγεία. Γι αυτό η Ε.Ε. θέσπισε (EC/30/1999) όρια στη συγκέντρωση των σωματιδίων PM₁₀ (μέση ετήσια συγκέντρωση σωματιδίων PM₁₀ < 40 μgm⁻³, ημερήσια συγκέντρωση σωματιδίων PM₁₀ < 50 μgm⁻³ για όχι περισσότερες από 35 μέρες το χρόνο.). Τα όρια αυτά ξεπερνιούνται, όταν υπάρχουν επεισόδια αφρικανικής σκόνης, περισσότερες μέρες το χρόνο στη Νότια Ευρώπη και ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές που η συνεισφορά από ανθρώπινες διαδικασίες είναι σημαντική. Έτσι οι πρόσφατες έρευνες επικεντρώνονται στην εκτίμηση της αποτελεσματών της αφρικανικής σκόνης στην ποιότητα του αέρα σε χώρες της Νότιας Ευρώπης (Ιταλία, Ισπανία). Σε μια από αυτές τις έρευνες βρέθηκε ότι

στο 50% των ημερών με υπέρβαση των ορίων των σωματιδίων, υπήρχε επεισόδιο αφρικανικής σκόνης. Τα όρια που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή ένωση ξεπερνιούνται, κυρίως στα αστικά κέντρα που δεν υπάρχει άλλη συνεισφορά από ατμοσφαιρικούς παράγοντες.

Στο πρώτο μέρος αυτής της έρευνας γίνεται προσπάθεια ποσοτικοποίησης των αποτελεσμάτων της μεταφοράς σκόνης στην ποιότητα του αέρα συγκεκριμένων Ελληνικών πόλεων (Ηράκλειο, Αθήνα, Πάτρα, Βόλος για τη χρονική περίοδο 2003-2006). Χρησιμοποιούνται δεδομένα από τη συγκέντρωση σωματιδίων PM₁₀ διαφόρων σταθμών μέτρησης και αποτελεσμάτων μοντέλων για την ποιότητα του αέρα (SKIRON modelling system). Η μεταφορά σκόνης συνεισφέρει περίπου σε ποσοστό 20% στον ετήσιο αριθμό ημερών που η συγκέντρωση ξεπερνά τα επιτρεπόμενα όρια.

Στο δεύτερο μέρος της έρευνας υπολογίζονται οι εισπνεόμενες δόσεις σκόνης από κατοίκους Ελληνικών πόλεων κάτω από διαφορετικές συνθήκες έκθεσης τους. Τα εισπνεόμενα σωματίδια επικάθονται σε διαφορετικά μέρη του αναπνευστικού συστήματος και ο προσδιορισμός της συγκέντρωσής τους στα μέρη αυτά είναι ουσιαστικός για τον υπολογισμό του κινδύνου εξ αιτίας της έκθεσης σε αυτά. Βρέθηκε ότι η συγκέντρωση αυτή ήταν μεγαλύτερη στο άνω αναπνευστικό σύστημα (εξωθωρακική περιοχή). Στην περίπτωση επεισοδίων σκόνης, τα εισπνεόμενα επίπεδα συγκρίνονται με τα εισπνεόμενα σωματίδια σε βαρεία μολυσμένες περιοχές και περιοχές καπνιζόντων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα από το σύστημα SKIRON και οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις σωματιδίων από τους σταθμούς παρατήρησης της ποιότητας του αέρα (του ΥΠΕΚΑ). Οι συσχετίσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα των μοντέλων και των συγκεντρώσεων των σωματιδίων μπορούν να δείξουν την συνεισφορά της σκόνης στην ποιότητα του αέρα των αστικών περιοχών. Η μελέτη διήρκεσε από το 2003-2006.

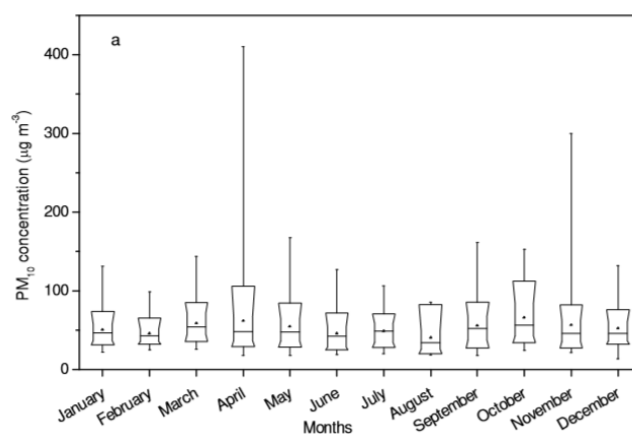
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Το ΥΠΕΚΑ αν και έχει ένα πυκνό δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα στην Αθήνα και στα μεγαλύτερα αστικά κέντρα, υπάρχουν μεγάλα «κενά»

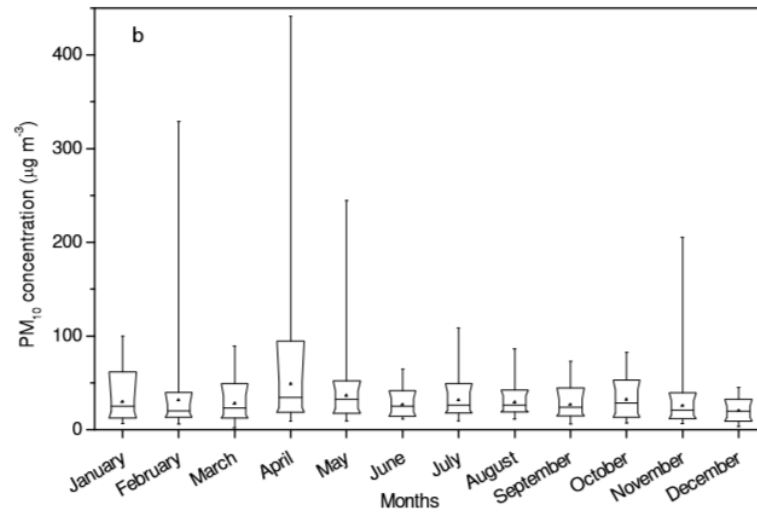
στην παρακολούθηση αυτή. Επελέγησαν λοιπόν 4 πόλεις με βάση την διαθεσιμότητα των δεδομένων (μήκος χρονοσειράς) και τη γεωγραφική θέση (τοποθεσία σταθμών και αντιπροσωπευτικότητα της ευρύτερης αστικής περιοχής). Οι πόλεις που επελέγησαν ήταν οι : Αθήνα, Πάτρα, Βόλος και Ηράκλειο. Στην Αθήνα ο σταθμός παρατήρησης βρισκόταν στους Θρακομακεδόνες περιοχή ημιαστική, επομένως η συνεισφορά των τοπικών PM σωματιδίων (λόγω κυκλοφοριακού, κατασκευαστικού τομέα κ.α.) στην ποιότητα του αέρα μπορεί να θεωρηθεί περιορισμένη. Στις υπόλοιπες πόλεις δεν υπάρχει σταθμός σε ημιαστικές περιοχές τους. Οι πόλεις αυτές είναι σχετικά μικρές (150000 -300000 κάτοικοι) και τα αποτελέσματα συνελέγησαν από τους αστικούς σταθμούς.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

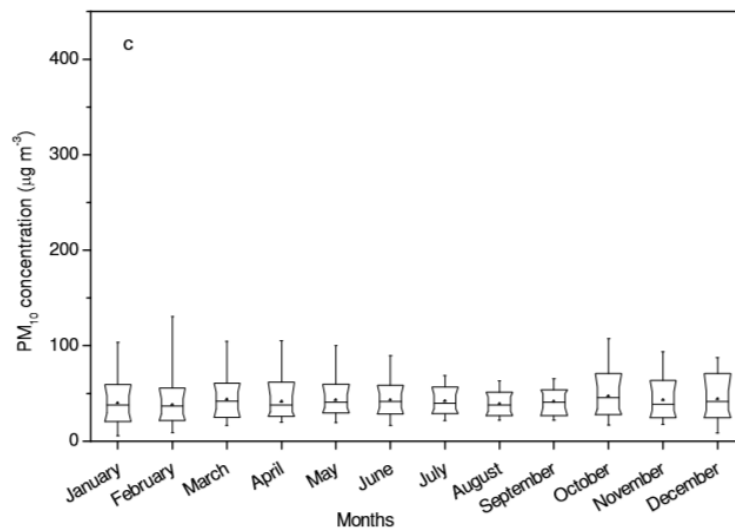
Αρχικά, για να προσδιορίσουμε την προέλευση των αστικών σωματιδίων ύλης, αναλύσαμε στατιστικά τις συγκεντρώσεις σωματιδίων PM₁₀ στους σταθμούς παρακολούθησης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα 4 θηκογράμματα που ακολουθούν. Τα θηκογράμματα δημιουργήθηκαν με τα δεδομένα των 4^{ων} ετών 2003-06.



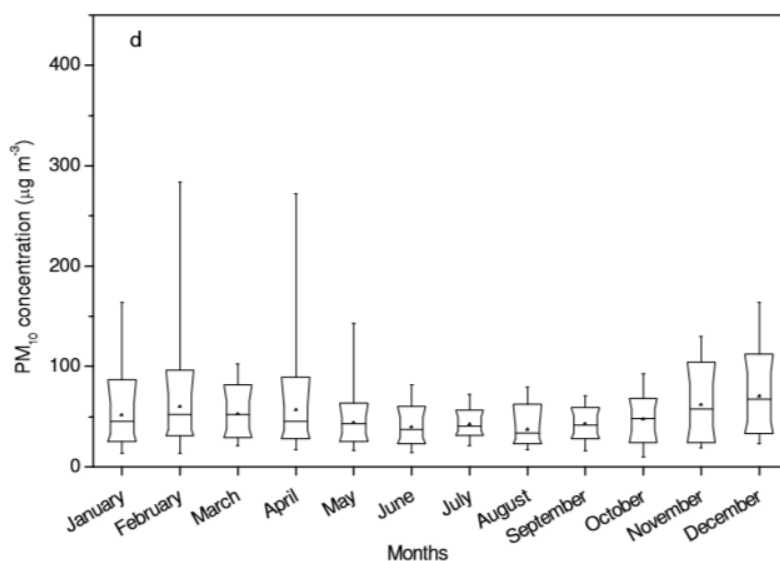
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.1 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 2003-2006.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.2 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ 2003-2006



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.3 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ 2003-2006



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.4 ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ 2003-2006

Οι μέγιστες τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων PM₁₀ συμβαίνουν κατά τις περιόδους μετάβασης (άνοιξη, φθινόπωρο) και λιγότερο το χειμώνα, ενώ οι ελάχιστες τιμές συμβαίνουν συνήθως το καλοκαίρι (λόγω της επικράτησης βορείων ανέμων).

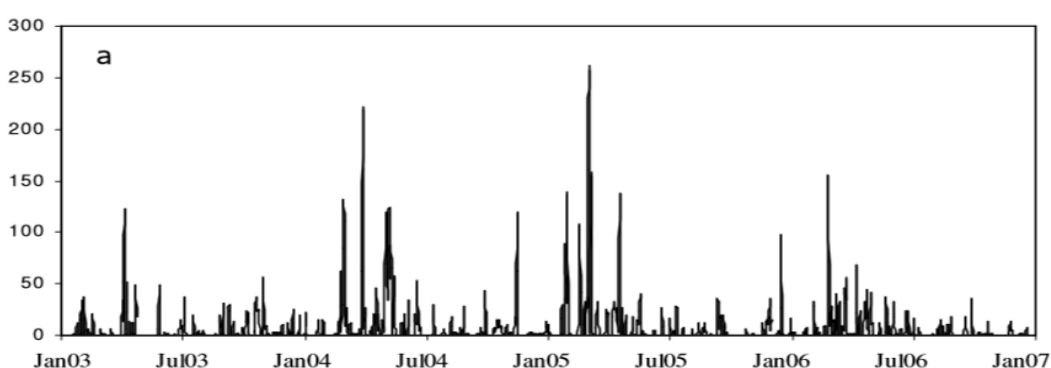
Στην Αθήνα, οι μέγιστες συγκεντρώσεις σωματιδίων PM₁₀ συμβαίνουν τον Απρίλη, όπου και οι συγκεντρώσεις αφρικανικής σκόνης είναι υψηλές (συγκεντρώσεις PM₁₀ ξεπέρασαν τα 400µg m⁻³ τον Απρίλιο στην Αθήνα και το Ηράκλειο).

Οι πιο σημαντικές πηγές σωματιδίων είναι οι φυσικές (αφρικανική σκόνη από Σαχάρα, θαλασσινό αλάτι, γύρη από τα πεύκα και τις ελιές κατά τη διάρκεια της άνοιξης) και ανθρωπογενείς (κεντρική θέρμανση, κυκλοφοριακό, βιομηχανίας). Η μέγιστη συγκέντρωση θαλασσινού αλατιού συμβαίνει τον χειμώνα (high sea spray production). Ακόμα, το μέγιστο της ρύπανσης από την κεντρική θέρμανση συμβαίνει και αυτό τον χειμώνα. Αυξημένος αριθμός επεισοδίων μεταφοράς σκόνης από την άλλη μεριά συμβαίνει την άνοιξη και το φθινόπωρο. Επομένως, σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση, οι μέγιστες τιμές συγκέντρωσης των σωματιδίων PM₁₀ οφείλονται κύρια στην μεταφορά σκόνης. Εδώ μπορούμε να σημειώσουμε, ότι υπάρχει συσσωρευμένη συνεισφορά στη συγκέντρωση από τοπικούς παράγοντες (π.χ. κυκλοφοριακό) αλλά η εποχικότητα δεν είναι

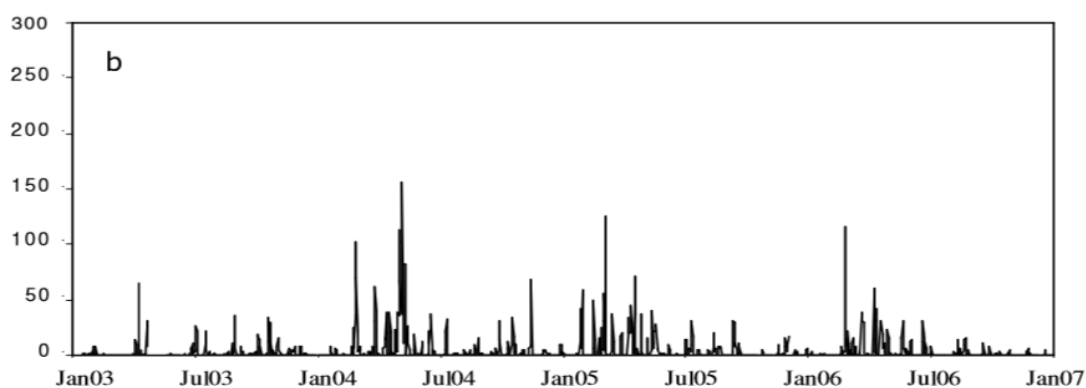
σημαντικός παράγοντας αν συγκριθεί με τις ποσότητες σκόνης που υπάρχουν κατά την διάρκεια των επεισοδίων σκόνης.

Η συγκέντρωση σωματιδίων σε μια πόλη 150000, στην κεντρική Ελλάδα (Βόλος) λαμβάνει τη μέγιστη της τιμή το χειμώνα. Ο Βόλος είναι η βορειότερη πόλη που επιλέγει και βρίσκεται σε απόσταση 400 χιλ από το Ηράκλειο. Είναι φανερό ότι η επίδραση της αφρικανικής σκόνης μειώνεται με το γεωγραφικό πλάτος, δηλαδή όσο μεγαλώνει η απόσταση από την πηγή. Έτσι η συνεισφορά των μορίων σκόνης στην ποιότητα του αέρα του Βόλου είναι όπως αναμενόταν περιορισμένη. Εκεί υπάρχουν άλλες τοπικές πηγές συνεισφοράς στη σκόνη (δύο βιομηχανικές ζώνες στα περίχωρα της πόλης).

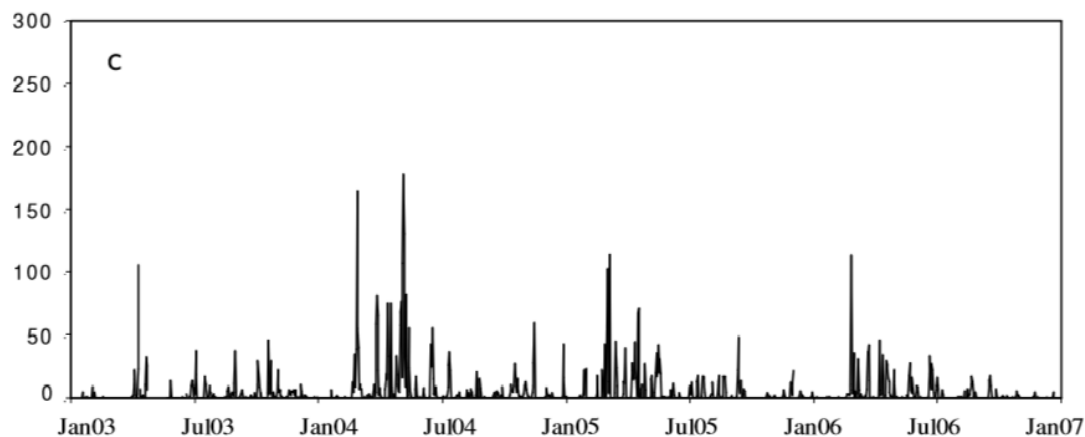
Ένας δεύτερος τρόπος για να δει κανείς τις περιόδους αυξημένης μεταφοράς σκόνης είναι με τη βοήθεια των προσομοιωμένων τιμών συγκεντρώσεων σκόνης (Skiron modeling system).



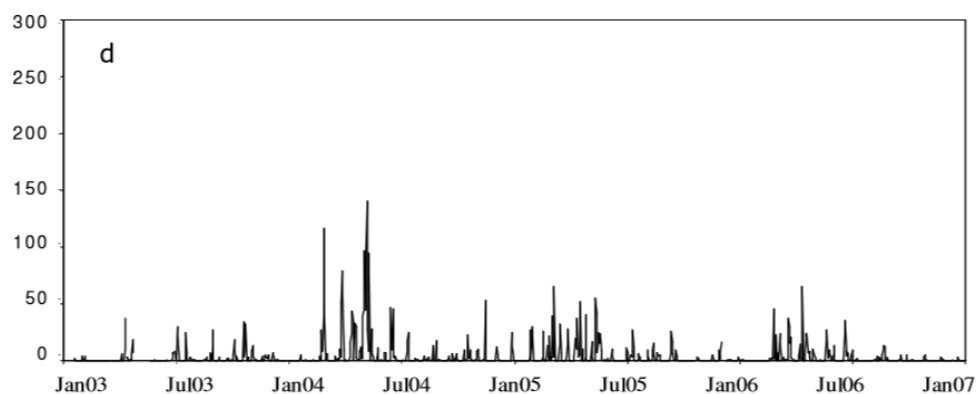
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.5 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2003-2006(ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.6 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΑΘΗΝΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2003-2006(ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.7 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2003-2006(ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ)

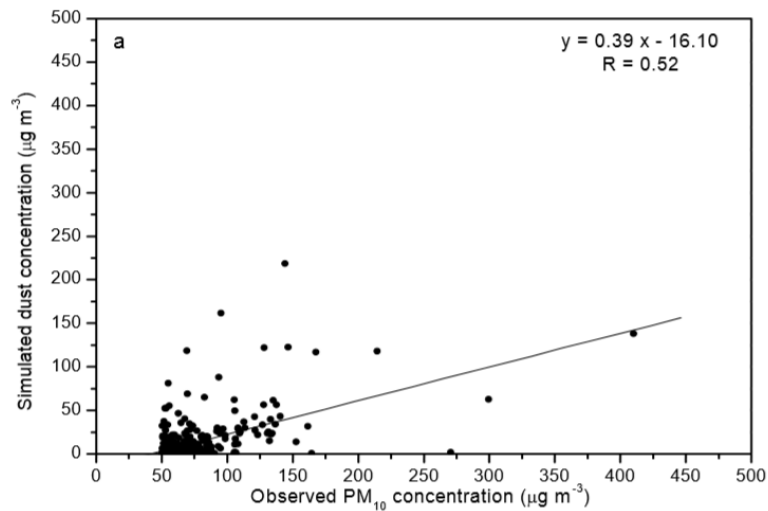


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.8 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2003-2006(ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ)

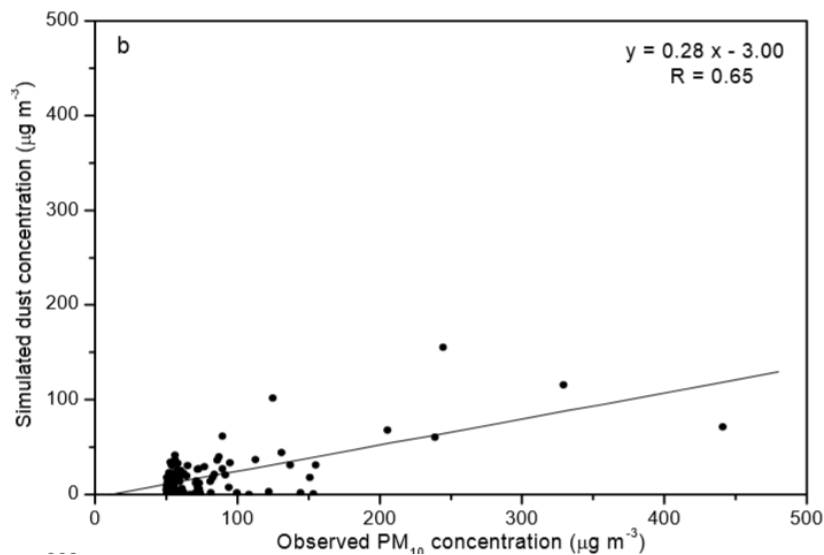
Και εδώ μπορούμε να δούμε ότι οι μέγιστες τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης συμβαίνουν το Μάιο, ενώ αυξημένες συγκεντρώσεις υπάρχουν τον Απρίλη και τον Ιούνιο. Δευτερεύουσες μέγιστες τιμές υπάρχουν τον Σεπτέμβρη και τον Οκτώβρη. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με το γεγονός των αυξημένων συγκεντρώσεων κατά την διάρκεια των μεταβατικών περιόδων.

Ακόμα, με τη βοήθεια των δεδομένων μπορούμε να κατασκευάσουμε (γραμμικά) μοντέλα των συγκεντρώσεων σκόνης (κοντά στο έδαφος) σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM_{10} (για την περίπτωση των ημερών που οι συγκεντρώσεις τους ξεπερνούν τα επιτρεπόμενα όρια). Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω 4 διαγράμματα διασκόρπισης. Στα διαγράμματα

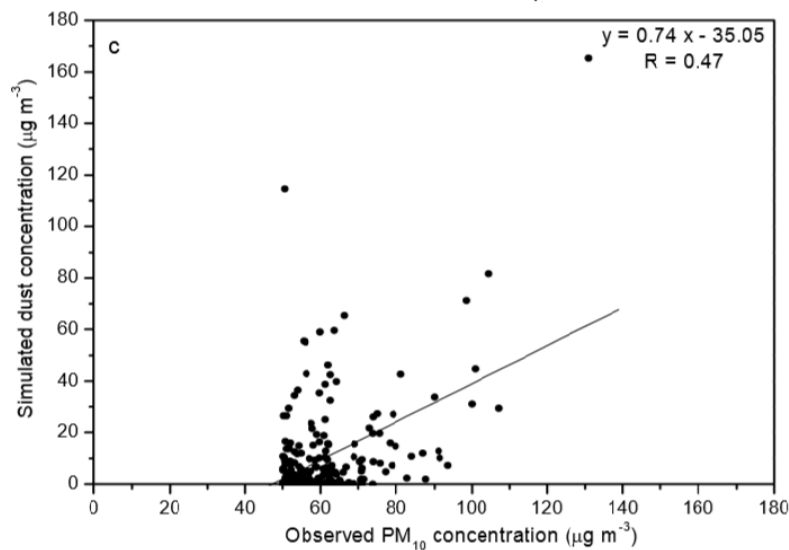
φαίνονται ακόμα οι αντίστοιχες ευθείες παλινδρόμησης και οι συντελεστές συσχέτισης.



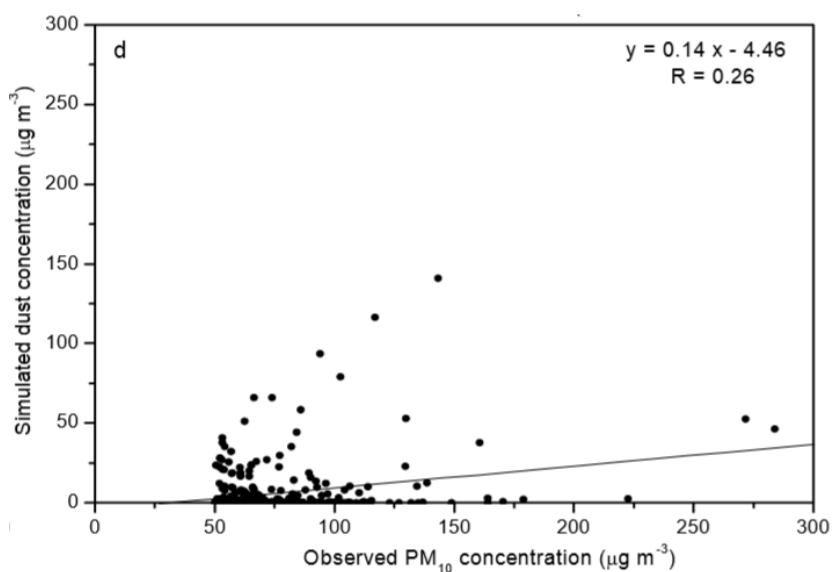
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.9 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.10 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.11 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.12 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ

Οι συντελεστές συσχέτισης κυμαίνονται από 0.78 (Ηράκλειο φθινόπωρο) μέχρι 0.26 (Βόλος). Η μικρή τιμή του συντελεστή (όλες τις εποχές του χρόνου) για το Βόλο, μας περιορίζει τη στατιστική εμπιστοσύνη της εκτίμησης της συγκέντρωσης σκόνης στην ποιότητα του αέρα. Η τιμή αυτή ίσως οφείλεται στα χαρακτηριστικά της περιοχής (ο Βόλος γειττονεί με βουνό που δέχεται

σημαντικές ποσότητες υγρασίας). Οι μεγαλύτερες τιμές αντίθετα έχουν παρατηρηθεί στο Ηράκλειο κατά την διάρκεια των εποχών μετάβασης (φθινόπωρο). Γενικότερα η σχέση μεταξύ των παραπάνω συγκεντρώσεων φαίνεται να είναι ασθενέστερη κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών (σε όλες τις περιοχές) που η μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα είναι περιορισμένης εξ αιτίας των ετήσιων βόρειων ανέμων.

	Autumn	Winter	Spring	Summer
Heraklion	$y=0.37x-18.92$, $R=0.78$	$y=0.21x-10.44$, $R=0.59$	$y=0.39x-7.80$, $R=0.46$	$y=0.19x-6.06$, $R=0.28$
Athens suburb	$y=0.34x-9.01$, $R=0.69$	n.a*	$y=0.25x+0.86$, $R=0.57$	n.a
Patra	$y=0.31x-12.42$, $R=0.37$	n.a	$y=0.76x-30.44$, $R=0.42$	$y=0.38x-14.62$, $R=0.32$
Volos	$y=0.12x-5.15$, $R=0.26$	$y=0.10x-5.27$, $R=0.26$	$y=0.21x-2.93$, $R=0.32$	$y=0.26x-12.03$, $R=0.30$

ΕΙΣΠΝΕΟΜΕΝΗ ΔΟΣΗ

Η ανθρώπινη έκθεση στη σκόνη από τη Σαχάρα, κάτω από διαφορετικές συγκεντρώσεις έκθεσης, εξετάζεται με τον υπολογισμό διαφόρων εκατοστημορίων των συγκεντρώσεων αερολυμάτων που δίνει το μοντέλο SKIRON. Υπολογίζουμε λοιπόν το 90^ο, 95^ο, 99,5^ο και 100^ο εκατοστημόριο και καθορίζουμε 4 τιμές συγκέντρωσης σκόνης ανάμεσα στα διαστήματα των εκατοστημορίων: 0-90, 90-95, 95-99.5, 99.5-100. Σε κάθε κατηγορία έκθεσης θεωρούμε ότι η συγκέντρωση σκόνης είναι ίση με τη μέγιστη τιμή. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τόσο τα επίπεδα έκθεσης στη σκόνη όσο και τα αντίστοιχα εισπνεόμενα. Όπως ίσως αναμενόταν, οι υψηλότερες τιμές των εκατοστημορίων συμβαίνουν στο Ηράκλειο και οι χαμηλότερες στο Βόλο.

Mass concentration ($\mu\text{g m}^{-3}$)					
Percentile	no. of days per year	Heraklion	Athens suburb	Patra	Volos
90%	308 (0–90)	20.6	11.8	12.7	8.9
95%	37 (90–95)	33.2	24.6	23.8	21.7
99.5%	18 (95–99.5)	136.7	81.7	102.6	65.9
100%	2 (99.5–100)	257.7	155.5	177.9	140.9

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.13 ΕΚΑΤΟΣΤΗΜΟΡΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ (ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΑΘΗΝΑ, ΠΑΤΡΑ, ΒΟΛΟΣ)

Το μειονέκτημα του μοντέλου SKIRON είναι ότι δεν δίνει μια αναλυτική κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων. Είναι μειονέκτημα γιατί η εναπόθεση αερολυμάτων στα διαφορετικά σημεία του αναπνευστικού συστήματος συνδέεται ισχυρά με το μέγεθος των εισπνεόμενων σωματιδίων. Η εναπόθεση των αερολυμάτων εξαρτάται ακόμα και από την υγροσκοπικότητά τους. Τέλος σε μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι φυσικοχημικές ιδιότητες των σωματιδίων σκόνης.

Στον πίνακα που ακολουθεί έχει υπολογιστεί ο λόγος της ποσότητας των σωματιδίων που εναποτίθενται στα διάφορα μέρη του αναπνευστικού συστήματος σε σχέση με τη συνολική εισπνεόμενη μάζα (ET =εξωθωρακική, TB=τραχειοβρογχική, Alveolar-AI=φατνιακή).

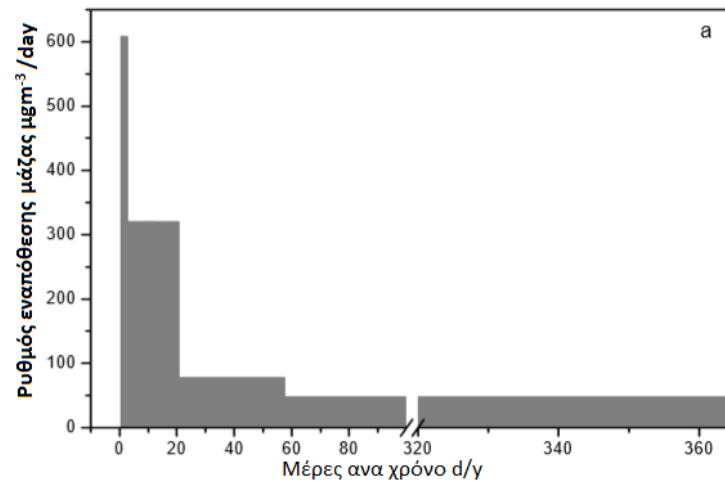
Respiratory tract regions	Mass deposited fraction
ET	0.64
TB	0.16
AI	0.10
Total	0.90

ΠΙΝΑΚΑΣ.2 ΛΟΓΟΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΠΟΥ ΕΝΑΠΟΤΙΘΕΝΤΑΙ ΣΕ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΙΣΠΝΕΟΜΕΝΗ ΜΑΖΑ

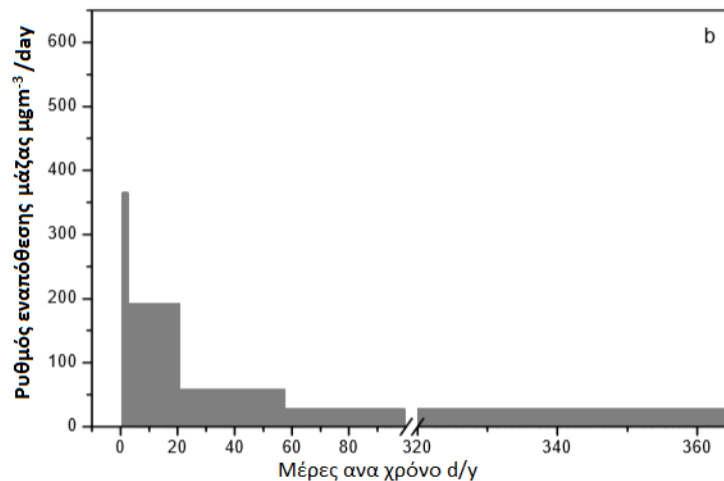
Από τον πίνακα είναι φανερό, ότι μεγαλύτερο μέρος της σκόνης εναποτίθεται στο άνω αναπνευστικό σύστημα. Όσο προχωρά κανείς προς τους πνεύμονες τόσο μικρότερη συγκέντρωση μεγάλων σωματιδίων σκόνης συναντά. Μόνον 10% των εισπνεόμενων σωματιδίων επικάθονται στην περιοχή AI.

Για να υπολογίσουμε αναλυτικότερα την εισπνεόμενη δόση της σκόνης από τη Σαχάρα, υπολογίσαμε τις εναποτιθέμενες στους πνεύμονες δόσεις για τις συνθήκες έκθεσης που περιγράψαμε παραπάνω, κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η μελέτη έδειξε ότι, εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις στους πνεύμονες παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των ακραίων επεισοδίων σκόνης (99.5 -100 εκατοστημόριο), με τιμές 600μg/ημέρα στην περιοχή του Ηρακλείου, ενώ στην περιοχή του Βόλου η συγκέντρωση ήταν κάτω από το μισό των ποσοτήτων που παρατηρούνται στις άλλες περιοχές. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίθηκαν με

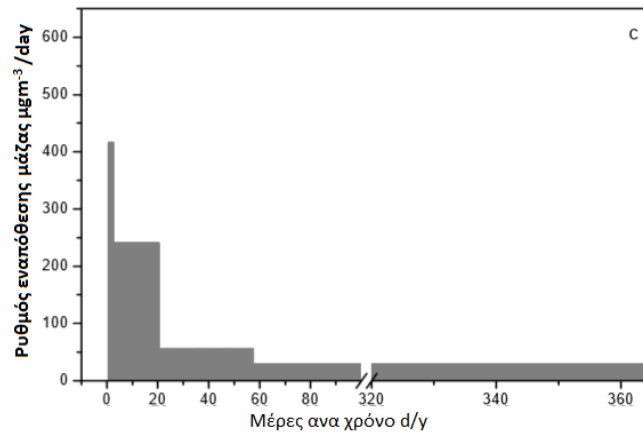
άλλες εργασίες. Η εναπόθεση σκόνης από έκθεση στο αέρα του μολυσμένου Λος Άντζελες είναι 294 $\mu\text{g}/\text{ημέρα}$, ενώ σε έκθεση σε περιβάλλον καπνιζόντων είναι 135-187 $\mu\text{g}/\text{ημέρα}$ για τους άνδρες και 76-106 $\mu\text{g}/\text{ημέρα}$ για τις γυναίκες. Έτσι η εισπνεόμενη δόση στην Πάτρα ή στο Ηράκλειο είναι ανάλογη αυτής του Λ.Α ή ενός περιβάλλοντος καπνιζόντων.



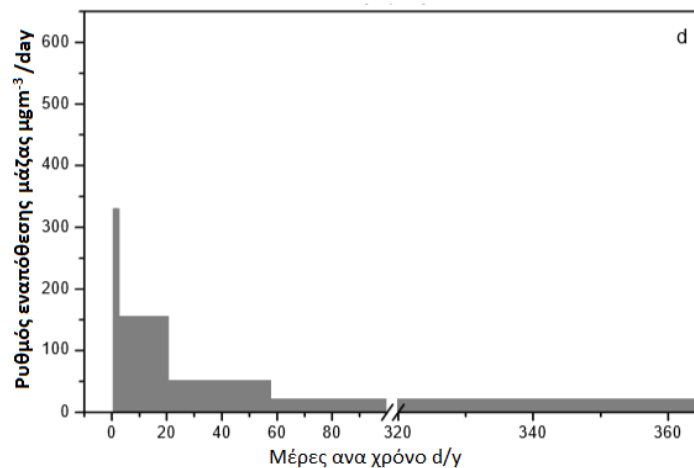
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.14 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΗΜΕΡΩΝ, ΠΕΡΙΟΧΗ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.15 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΗΜΕΡΩΝ, ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΘΗΝΑΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.16 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΗΜΕΡΩΝ, ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΑΤΡΑ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.17 ΤΙΜΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΗΜΕΡΩΝ, ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΟΛΟΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παραπάνω εργασία έγινε μια προσπάθεια να μετρηθούν τα επίπεδα σκόνης σε Ελληνικές αστικές περιοχές όπως και τα αντίστοιχα εισπνεόμενα επίπεδα σκόνης στις περιοχές αυτές. Η ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων της μεταφοράς σκόνης έγινε δυνατή με την ανάλυση των μετρήσεων των σωματιδίων PM₁₀ και των προβλέψεων από το μοντέλο SKIRON. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι η μεταφορά σκόνης παίρνει τις μέγιστες τιμές την άνοιξη και το φθινόπωρο, κάτι που επιβεβαιώνεται και από παλαιότερες έρευνες. Η συγκέντρωση των σωματιδίων σκόνης μειώνεται καθώς

κανείς προχωρά από το Νότο στο Βορρά (εξ αιτίας των μηχανισμών εναπόθεσης της σκόνης). Η συγκέντρωση σωματιδίων μειώνεται κατά τη μεταφορά της από την Αφρική καθώς πολλά σωματίδια καθιζάνουν και δεν φτάνουν σε αυτά τα μέρη. Η συνεισφορά σκόνης στον ετήσιο αριθμό ημερών που έχουμε υπέρβαση των επιτρεπτών ορίων της Ε.Ε., είναι της τάξης του 20% ενώ πολλές φορές φτάνει και 60%. Η μέση ετήσια συνεισφορά της σκόνης στη μέση ημερήσια συγκέντρωση των σωματιδίων PM_{10} ξεπερνάει τα 10% και για τα 4 χρόνια μελέτης. Η μικρή συσχέτιση ανάμεσα στις τιμές των PM_{10} και τις αντίστοιχες προσομοιωμένες τιμές σκόνης μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η γεωμορφολογική χαρακτηριστικά των περιοχών, τους βόρειους ετήσιους ανέμους ή ακόμα και στο μοντέλο που χρησιμοποιούμε.

Η εισπνεόμενη δόση σκόνης των Ελλήνων σε αυτές τις περιοχές εμφανίζει μεγαλύτερη συγκέντρωση στο άνω αναπνευστικό κομμάτι του ανθρώπου και στο θώρακα παρά στους πνεύμονες. Ακόμα υψηλότερες δόσεις παρατηρήθηκαν στις νοτιότερες περιοχές. Στο Ηράκλειο συγκέντρωση των σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα είχε αρκετά υψηλές τιμές, ενώ 400χλμ βορειότερα η δόση φτάνει στο μισό. Η εισπνεόμενη δόση κατά τη διάρκεια ακραίων επεισοδίων σκόνης μπορεί να συγκριθεί με αυτή μολυσμένων περιοχών ή περιοχών καπνιζόντων.

Τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να εφαρμοστούν στις περισσότερες αστικές Ευρωπαϊκές περιοχές της Μεσογείου, αφού τόσο τα επεισόδια σκόνης όσο και οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ανάλογες των Ελληνικών πόλεων. Δεν μπορούν να εφαρμοστούν στις περιοχές της Βόρειας Αφρικής όπου η κατάσταση αναμένεται να είναι χειρότερη εξ αιτίας των υψηλότερων συγκεντρώσεων σκόνης και της μεγαλύτερης συχνότητας των επεισοδίων αυτών.

8.2 ΕΡΕΥΝΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ 2001 – 2011: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀, ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

(African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001–2011: PM₁₀ concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology.)

J. Pey^{1,2}, X. Querol², A. Alastuey², F. Forastiere¹, and M. Stafoggia¹ ¹Department of Epidemiology Lazio Region, via S. Costanza, 53, 00198 Roma, Italy ²Institute of Environmental Assessment and Water Research, IDÆA-CSIC C/Jordi Girona, 18–26, 08034 Barcelona, Spain

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εμφάνιση επεισοδίων σκόνης μεταφερόμενης από την Αφρική στον κόλπο της Μεσογείου μελετάται εδώ και 11 χρόνια, από το 2001 έως και το 2011. Προκειμένου να κάνουμε μια εκτίμηση του αντίκτυπου αυτών των επεισοδίων με βάση τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων, συλλέχθηκαν δεδομένα για τα σωματίδια PM₁₀ από αίθριους και υπόγειους σταθμούς. Αφού εντοπίστηκε η καθημερινή επιρροή των επεισοδίων σκόνης χρησιμοποιήθηκε μια μεθοδολογία για την εκτίμηση της συνεισφοράς της φυσικής σκόνης στις καθημερινές συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM₁₀.

Βρέθηκε ότι τα επεισόδια αφρικανικής σκόνης είναι αισθητά πιο συχνά σε νοτιότερες περιοχές στη Μεσόγειο με ποσοστά από 30 σε 37% των ημερών ενός έτους, ενώ συμβαίνουν λιγότερο από 20% των ημ./έτος σε Βόρειες περιοχές της Μεσογείου. Στο κεντρικό μέρος των περιοχών της Μεσογείου παρουσιάζονται διακυμάνσεις ενώ εμφανίζουν και λίγο μεγαλύτερη συχνότητα σε πιο Νότιες περιοχές του κέντρου ενώ ανατολικά και Δυτικά του κέντρου της Μεσογείου επικρατούν παρόμοιες συχνότητες επεισοδίων μεταφερόμενης σκόνης. Η συνεισφορά της αφρικανικής σκόνης στη συγκέντρωση σωματιδίων PM₁₀ μειώνεται κλιμακωτά από τα Νότια προς τα Βόρεια ενώ με βάση τις μετρήσεις από τις θέσεις γεωγραφικού πλάτους είναι φανερό ότι η συνεισφορά αφρικανικής σκόνης είναι μεγαλύτερη 25° Ανατολικά και προς τα Δυτικά του κόλπου της Μεσογείου. Με βάσει αυτές τις μετρήσεις κατασκευάστηκε μια εξίσωση για την εκτίμηση της ετήσιας συνεισφοράς αφρικανικής σκόνης στα συνολικά σωματίδια με βάση το γεωγραφικό τους πλάτος και της θέσεις των σταθμών που επιλέχθηκαν.

Από 25° Ανατολικά και προς τις άλλες ανατολικές περιοχές υπάρχει υψηλότερη συνεισφορά σκόνης στη συγκέντρωση σωματιδίων επειδή η συχνότητα των επεισοδίων είναι μεγαλύτερη και η ένταση των επεισοδίων υψηλή, αλλά και λόγω άλλων κεντροανατολικών ερήμων ή του Negev. Σε βορειότερες περιοχές της κεντρικής Μεσογείου παρατηρήθηκε ελάχιστα υψηλότερη συχνότητα αλλά αρκετά επεισόδια ήταν μέτριας έντασης.

Με βάση τις εποχιακές διακυμάνσεις και κάποια χαρακτηριστικά έντασης είναι φανερό ότι το καλοκαίρι σε δυτικές περιοχές της Μεσογείου παρατηρείται με μεγαλύτερη συνεισφορά αφρικανικής σκόνης. Τα βαριά επεισόδια δεν είναι πολύ συχνά με καθημερινή συγκέντρωση σκόνης $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ σωματιδίων PM_{10} . Στο κεντρικό κομμάτι δεν υπάρχει κάποιο μοτίβο που να συμβαίνει και τα επεισόδια είναι μέτριας έντασης. Αρκετά μεγαλύτερη είναι η συνεισφορά αφρικανικής σκόνης στα σωματίδια PM_{10} την άνοιξη και το φθινόπωρο ειδικά στην Ανατολική πλευρά με επεισόδια μεγάλης έντασης να συμβαίνουν καθ'όλη τη διάρκεια της χρονιάς. Η αφρικανική σκόνη είναι η μεγαλύτερη πηγή σωματιδίων PM_{10} .

Οι μετρήσεις της πολυετούς αυτής μελέτης δείχνουν ότι η συνεισφορά της αφρικανικής σκόνης έχει πτωτική τάση από το 2006-2007 μέχρι το 2011 σε 4 από τις 17 περιοχές μελέτης στη ΒΔ θέση της Μεσογείου. Τέτοια μείωση είναι παράλληλη με αυτή της ΝΑΟ (North Atlantic Oscillation) το καλοκαίρι. Μια σημαντική καταλυτική αλλαγή στην κυκλοφορία του κύκλου της ατμόσφαιρας τα 5 τελευταία χρόνια επιτρέπει τη συχνότητα των επεισοδίων και τις ετήσιες συνεισφορές συγκέντρωσης σκόνης σωματιδίων PM_{10} στο ΒΔ μέρος της Μεσογείου. Αν μελετηθούν οι ακριβείς θερμοκρασίες και με βάση γεωπολιτικούς χάρτες στα 850hPa είναι φανερό ότι υπάρχει μια μεταφορά θερμών μαζών αέρα απ'την Αφρική στην κεντρική Μεσόγειο το 2007-2008 και προς τη ΒΔ αφρικάνικη ακτή και προς τα Κανάρια Νησιά το 2009-2011.

Country	Code	Type	Latitude	Longitude	Altitude (m a.s.l.)	Start	End	Method
SPAIN	MSY	RB	41°45'36" N	02°35'00" E	728	2002	2011	GRAV
	MON	RB	40°56'48" N	00°17'27" W	570	2001	2011	BETA
	ZAR	RB	39°05'10" N	01°06'07" W	885	2001	2011	GRAV
	VIZ	RB	37°14'18" N	03°28'28" W	1265	2001	2011	GRAV
	BAR	RB	38°28'33" N	06°55'22" W	393	2001	2011	GRAV
	SPM	RB	39°31'29" N	04°21'09" W	1241	2001	2011	GRAV
	BEL	SUB	39°33'50" N	02°37'22" E	117	2001	2011	BETA
FRANCE	GEN	RB	45°43'55" N	04°58'50" E	235	2001	2010	TEOM
	DRS	RB	44°31'15" N	05°05'24" E	460	2004	2010	TEOM
ITALY	FEB	RB	44°45'04" N	10°26'05" E	1020	2005	2010	BETA
	FON	RB	41°40'48" N	13°40'48" E	393	2001	2010	BETA
	LEC	RB	40°27'32" N	18°06'58" E	10	2009	2010	BETA
	CST	RB	39°03'52" N	08°27'26" E	270	2005	2010	BETA
	BOC	SUB	38°07'13" N	13°18'07" E	141	2001	2010	BETA
GREECE	PAN	SUB	40°35'20" N	23°01'54" E	363	2001	2010	BETA
	APK	SUB	37°59'36" N	23°49'10" E	290	2001	2010	BETA
	FKL	RB	35°20'00" N	25°40'00" E	150	2004	2010	GRAV
BULGARIA	ROJ	RB	41°41'45" N	24°44'19" E	1750	2005	2010	BETA
CYPRUS	AYM	RB	35°02'21" N	33°03'29" E	532	2003	2010	GRAV

ΕΙΚΟΝΑ.21 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ, ΕΙΔΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ (RB:ΑΙΘΡΙΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ , SUB: ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ), ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε παγκόσμια κλίμακα τα περισσότερα από τα σωματίδια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από φυσικές πηγές, ενώ η σκόνη από ορυκτά είναι τα δεύτερα στοιχείο και επόμενα σε κατάταξη είναι τα σταγονίδια θαλάσσης (IPCC,2007). Τα σωματίδια του φλοιού της Γης απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από ξηρές και ημίξηρες περιοχές που βρίσκονται σε μεσοτροπικές περιοχές του Βορείου ημισφαιρίου με το τρίγωνο Σαχάρα, Σαχέλ, Τσάντα να είναι οι μεγαλύτερες πηγές στη Βόρεια Αφρική (Prospero 2002, Morem 2006).EE

Γενικά οι Β.Α. άνεμοι και η μεσοτροποσφαιρική διαστρωμάτωση σκόνης Σαχάρας κυριαρχούν τη Β.Δ. αφρικανική ατμόσφαιρα. Νοτιότερα της ερήμου της Σαχάρας οι άνεμοι έχουν 1 κατεύθυνση προς τα Δυτικά. Κατά τη διάρκεια του έτους υπάρχει διακύμανση στη σκόνη πλούμιου ανάλογα τη θέση της ITCZ Ζώνης (Prospero 1981). Το χειμώνα όταν η ζώνη είναι στη νοτιότερη μετατόπιση η σκόνη από τη Σαχάρα και την έρημο Σαχέλ μεταφέρεται στον τροπικό ατλαντικό ωκεανό από Β.Α. ανέμους (Alonso, Perez, 2011). Το καλοκαίρι οι άνεμοι είναι πιο περιορισμένοι λόγω της Βόρειας μετατόπισης της ITCZ Ζώνης. Επιπρόσθετα υψηλή ακτινοβολία και θερμοκρασία στις ερήμους δημιουργεί επιφανειακούς ανέμους και μεγάλης κλίμακας διαδικασίες σύγκλισης που σηκώνουν τα σωματίδια αφρικανικής σκόνης σε μεγάλα ύψη έως 5km στην ατμόσφαιρα. Τέτοια σωματίδια ορυκτών μεταφέρονται σε μεγάλα υψόμετρα από την Έρημο Σαχάρα και τα στρώματα του αέρα και κινούνται σταδιακά προς τον τροπικό Ατλαντικό πάνω από τα όρια (Bergametti, 1989). Μια σημαντική ποσότητα αφρικανικής σκόνης μεταφέρεται στη Δυτική Μεσόγειο σχηματίζοντας μια δύνη γύρω από Β.Δ. Αφρική. Παρόλο που τα περισσότερα σωματίδια απ'την Αφρική κινούνται Δυτικά προς τον Ατλαντικό (Viann, 2002, Alastuey, 2005, Alonso Perez 2011) διανύοντας μεγάλες αποστάσεις και φτάνουν μέχρι μακρινές περιοχές της Καραϊβικής και της Αμερικής (Arimoto, 1997, Pros, 2002). Μια μεγάλη ποσότητα σκόνης φτάνει βορειότερα επηρεάζοντας έτσι την Μεσόγειο (Ganor Manane, 1989, Berg, 1989, Guerzoni and Chester, 1996, Querol, 1998, Rodriguez, 2001, Escudero, 2005, Gerasopoulos 2006, Kallos, 2006, Kocak, 2007, Mitsakou, 2008, Papadimas, 2008) και άλλες Ευρωπαϊκές περιοχές (Klein, 2010).

Η κινητικότητα της σκόνης μπορεί να μελετηθεί από τα επίγεια χαρακτηριστικά (Είναι σημαντικό να γίνει εκτίμηση της ποιότητας του αέρα και παράλληλα για τις επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, των περιβαλλοντικών καταστροφών, τη μείωση ορατότητας) ή ευρύτερα μελετώντας την ατμοσφαιρική στήλη (δηλαδή την εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής και ανταπόκρισης). Αυτά τα χαρακτηριστικά δεν χρειάζεται να συνδέονται μεταξύ τους. Με βάση τα επίγεια χαρακτηριστικά η αφρικανική σκόνη προς τη Μεσόγειο συμβαίνουν λόγω πολλών μετεωρολογικών αλλαγών που συμβαίνουν σε άλλες περιοχές (Rodriguez, 2001, Escudero, 2005, Gkikas 2009-2012). Ο Querol αναφέρει ότι τα επεισόδια σκόνης στη Δυτική και Κεντρική Μεσόγειο προκαλούνται από συστήματα χαμηλής πίεσης στον Ατλαντικό ή τη Βόρεια

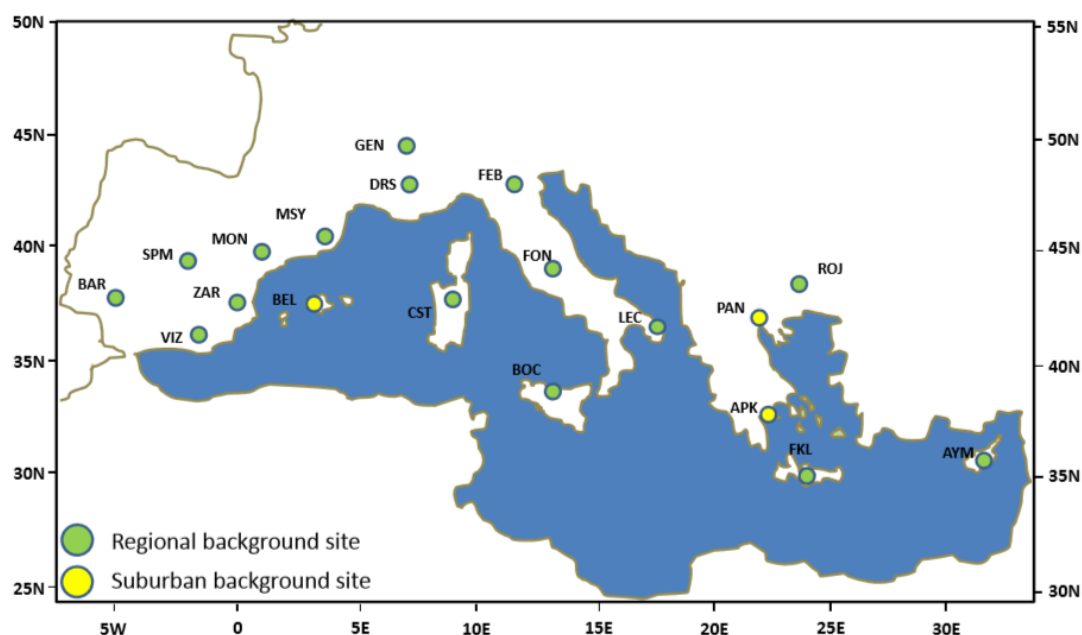
Αφρική, από υψηλές πιέσεις στη Μεσόγειο ή υψηλές πιέσεις στα Βόρεια στρώματα Β.Δ. της Αφρικής.

Τα επεισόδια στην ανατολική Μεσόγειο προέρχονται από κυκλώνες που κατευθύνονται Ανατολικά σε όλη τη μεσόγειο σε συνδυασμό με τις χαμηλές πιέσεις στη Βόρεια Αφρική και τις υψηλές πιέσεις στην Κεντρική Ανατολή. Υπάρχουν με λεπτομέρειες σε αναφορές του Escudero το 2005 για τις Δυτικές και Κεντρικές περιοχές ενώ του Kallos το 2006 αναφέρει για τις Ανατολικές περιοχές. Όσον αφορά τις επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου που προκαλεί η αφρικανική σκόνη, πρέπει να μελετηθεί η χημική και βιολογική σύνθεση της όπως μας έδειξε η έρευνα Karanasiou 2012. Τα σενάρια που θέλουν της σκόνης από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά της Μεσογείου δείχνουν ότι η εκπομπή σωματιδίων σε περιοχές της Ανατολικής Αφρικής σπάνια φτάνουν σε Δυτικές περιοχές της Μεσογείου. Αντιθέτως η σκόνη από Β.Δ. ερήμους συνήθως επηρεάζει τις Ανατολικές τοποθεσίες της Μεσογείου λόγω του φαινομένου μεταφοράς που δημιουργείται απ' τις χαμηλές πιέσεις. Παρόλο που υπάρχουν μεγάλες διαφορές στη φυσική σύσταση εδάφους από περιοχή σε περιοχή στη Βόρεια Αφρική (Moreno 2006) υπάρχουν διαφορές και στην ρύπανση των περιοχών λόγω του ανθρώπινου παράγοντα καθώς και της σύστασης των μ/ο, του κλίματος του οικοσυστήματος,(Arimoto, IPCC, Papadimitriou)

Παρατηρούνται ετήσιες διακυμάνσεις σε θερμοκρασία η ποσότητα βροχής. Αυτές οι διαφορές γίνονται με βάση των αλλαγών στην ατμόσφαιρα. Είναι επόμενο αυτές οι αλλαγές να επηρεάζουν και άλλα φαινόμενα όπως η ένταση των επεισοδίων σκόνης και η συχνότητα. Μετά από μελέτη πολλών δεδομένων για τις διακυμάνσεις που παρουσιάζουν μπορούμε να προβλέψουμε τις τάσεις ή την περιοδικότητά τους. Ο Cusack το 2012 παρατήρησε μια πτωτική τάση των σωματιδίων $PM_{2,5}$ των σταθμών των αίθριων περιοχών, της Β.Α. Ισπανίας που συνδέεται με τα μετεωρολογικά φαινόμενα καθώς και την εμφύτευση σε αυτές τις περιοχές. Η μείωση είναι εμφανής σε σταθμούς από τα βόρεια προς τα Νότια στη Δυτική και κεντρική Ευρώπη και οφείλεται σε αλλαγές στον κύκλο της ατμόσφαιρας πάνω από τον Β. Ατλαντικό ωκεανό.

Η αφρικανική σκόνη είναι σημαντική πηγή ρύπανσης καθώς συμβάλλει στην υπέρβαση των ορίων συγκέντρωσης PM_{10} τα $50\mu g m^{-3}$ (2008/50/ECD)(Middleton 2008, Mitsakou, 2008, Perez, 2008, Simenez, 2010, Mallone, 2011, Tobias, Sajani 2011) και προκαλεί αρνητικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, γι' αυτό και χρειάζεται η μελέτη τέτοιων επεισοδίων και ο έλεγχος στις τιμές συγκέντρωσης των σωματιδίων PM_{10} αφρικανικής σκόνης. Αυτή η έρευνα είναι μέρος ενός προγράμματος Ευρωπαϊκού πρότζεκτ LIFE MED Particles (Μεγέθη σωματιδίων και σύνθεση σε περιοχές της Μεσογείου) διαφοροποίηση στη γεωγραφική θέση και ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων στην υγεία απ' ότι η σκόνη σε διάφορα μεγέθη, στη χημική σύσταση ειδικά της αφρικανικής σκόνης. Αφού το κύριο αντικείμενο είναι η εκτίμηση των επιπτώσεων υγείας, τα αποτελέσματα της έρευνας είναι σημαντικά και απ' την οπτική της επιδημιολογίας. Τα αποτελέσματα θα χρειαστούν και για την εκτίμηση της διαφοράς των σωματιδίων PM_{10} απ' την Αφρική και των

σωματιδίων από ρύπανση απ' τις περιοχές λόγω του ανθρώπινου παράγοντα, και τις επιπτώσεις και των δύο στην υγεία.



ΕΙΚΟΝΑ.22 Η ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (ΜΕ ΚΙΤΡΙΝΟ ΟΙ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕ ΠΡΑΣΙΝΟ ΟΙ ΙΣΟΓΕΙΟΙ)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συλλογή δεδομένων

Για να εκτιμήσουμε τους παράγοντες που συνεισφέρουν στη συγκέντρωση σωματιδίων PM_{10} λάβαμε τιμές από 19 υπόγειους και ισόγειους σταθμούς σε όλη τη Μεσόγειο (7 στην Ισπανία, 2 στη Νότια Γαλλία, 5 στη Ιταλία, 3 στην Ελλάδα, 1 στην Βουλγαρία και 1 στην Κύπρο). Έτσι καλύπτουμε σχεδόν κάθε κατεύθυνση.

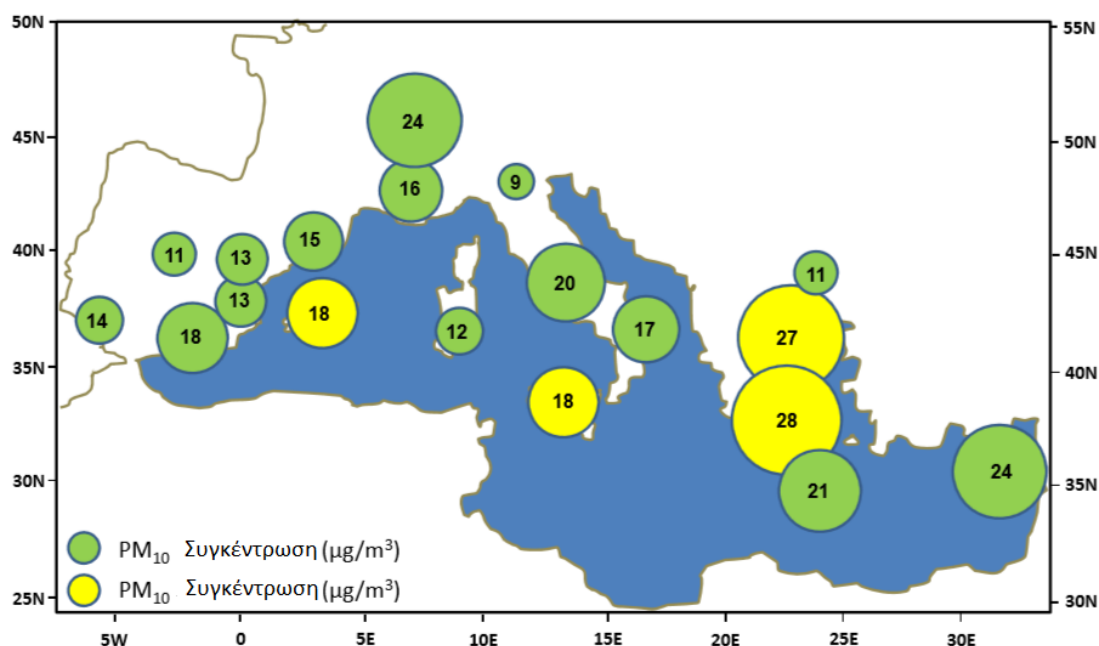
Η μεθοδολογία της έρευνας για την εκτίμηση της συγκέντρωσης χρησιμοποιήθηκε και παλαιότερα από τους Rodriguez, Escudero. Με αυτή τη μέθοδο καταγράφονται και αναγνωρίζονται όλα τα επεισόδια ξεσπάσματος αφρικανικής σκόνης ενώ περιέχουν και τη σύσταση του κάθε επεισοδίου. Η μεθοδολογία είναι βασισμένη σε στατιστικό μοντέλο και εφαρμόστηκε για τις τιμές των $PM_{2.5}$ και PM_{10} που έχουν βρεθεί από το 2001-2011. Αυτή τη μέθοδο

χρησιμοποιεί και η Ευρωπαϊκή Κομισιόν για την εξακρίβωση της τήρησης των θεσπισμένων ορίων και τη ποσοτικοποίηση των παραγόντων που συντελούν στη αφρικανική σκόνη.

Τα δεδομένα της έρευνας είναι από τις Ευρωπαϊκές βάσεις δεδομένων (EMEP Airbase)

ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

Οι μακροχρόνιες μετρήσεις συγκέντρωσης της αφρικανικής σκόνης που είναι χρήσιμες για την κατανόηση της κλιματικής τάσης που συνδέεται με τις αλλαγές των ατμοσφαιρικών φαινομένων. Για τις διαφορές των περιοχών που μπορεί να υπάρχουν από σταθμό σε σταθμό χρειάζεται περαιτέρω μελέτη. Παρακάτω φαίνονται οι μέσες ετήσιες τιμές συγκέντρωσης αφρικανικής σκόνης από το 2001- 2011 για τις επιλεγμένες περιοχές της Μεσογείου. Αν και δεν είναι εφικτό να βρούμε μια πλήρη βάση δεδομένων για τα σωματίδια PM₁₀ σε όλη τη Μεσόγειο για να δούμε τον συνολικό αντίκτυπο της σκόνης αλλά υπάρχουν δεδομένα για 7-11 χρόνια.



ΕΙΚΟΝΑ.23 ΤΙΜΕΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2001-2011

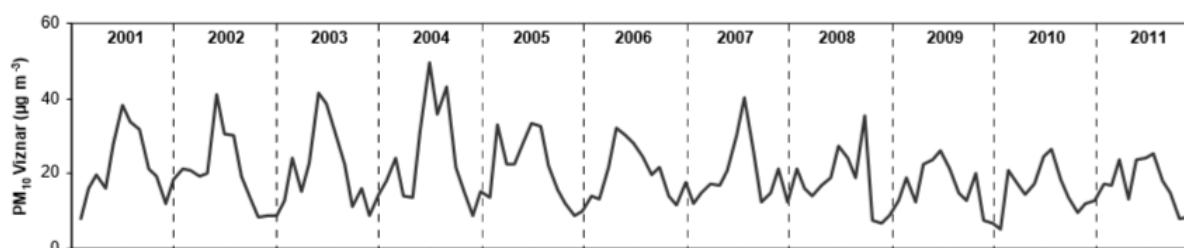
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

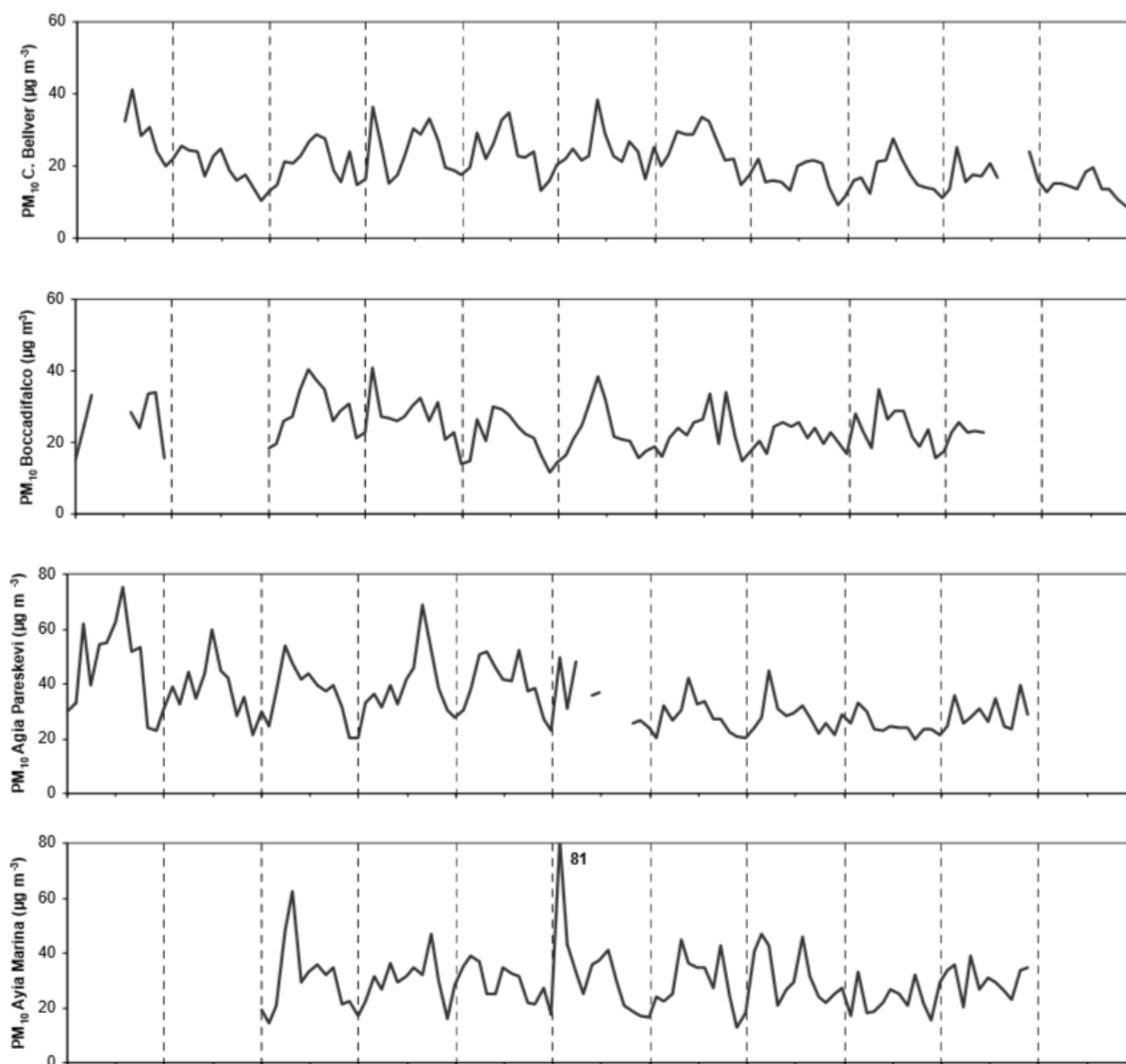
Τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων PM στη Μεσόγειο

Με βάση τη μέση ετήσια συγκέντρωση των σωματιδίων PM₁₀ στους σταθμούς που τοποθετήθηκαν σε όλη τη Μεσόγειο εκτιμάται ότι υπάρχει μια μεγάλη διακύμανση με τις Ανατολικές περιοχές να έχουν υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης (21-24 μg m⁻³). Στην περιοχή της Λιόν παρατηρήθηκε συγκεκριμένα αυτή η τιμή συγκέντρωσης. Οι χαμηλότερες σε συγκέντρωση σωματιδίων περιοχές βρέθηκαν αυτές σε μεγάλο υψόμετρο αυτές που βρίσκονταν Δυτικά και Βορειότερα. Τέτοιες περιοχές είναι το Σαν Πάμπλο στην Ισπανίας, το Φέμπιο Ιταλίας και η Ροδόπη Βουλγαρίας με τιμές συγκέντρωσης από 9 έως 11 μg m⁻³. Στις υπόλοιπες πόλεις υπήρχε μέτρια τιμή στη συγκέντρωση σωματιδίων με ελαφρά αυξημένες τιμές πόλεις που είναι πυκνοκατοικημένες ή έχουν βιομηχανίες.

Συγκεκριμένα οι συγκεντρώσεις :στη Ρώμη (20 μg m⁻³), στη Γρανάδα το Βίσαρ και τη Β. Αφρική (18 μg m⁻³), στη Λέτσε Ιταλίας (17 μg m⁻³), στη Μαρσέιγ (16 μg m⁻³) στη Βαρκελώνη (15 μg m⁻³), Σικελία και Μαγιόρκα (18 μg m⁻³), ενώ ανησυχητικές τιμές είχαν η Αθήνα και Θεσσαλονίκη με συγκεντρώσεις 27-28 μg m⁻³. Αυτές οι συγκεντρώσεις δείχνουν την κακή ποιότητα αέρα λόγω ρύπανσης του.

Είναι επίσης εμφανής μια τάση αύξησης σωματιδίων PM₁₀ σε περιοχές από τη Βορειοδυτική Μεσόγειο στη Νοτιοανατολική λόγω της μεταφοράς σκόνης από την έρημο Σαχάρα αλλά και λόγω χειρότερης ποιότητας αέρα λόγω ρύπανσης.



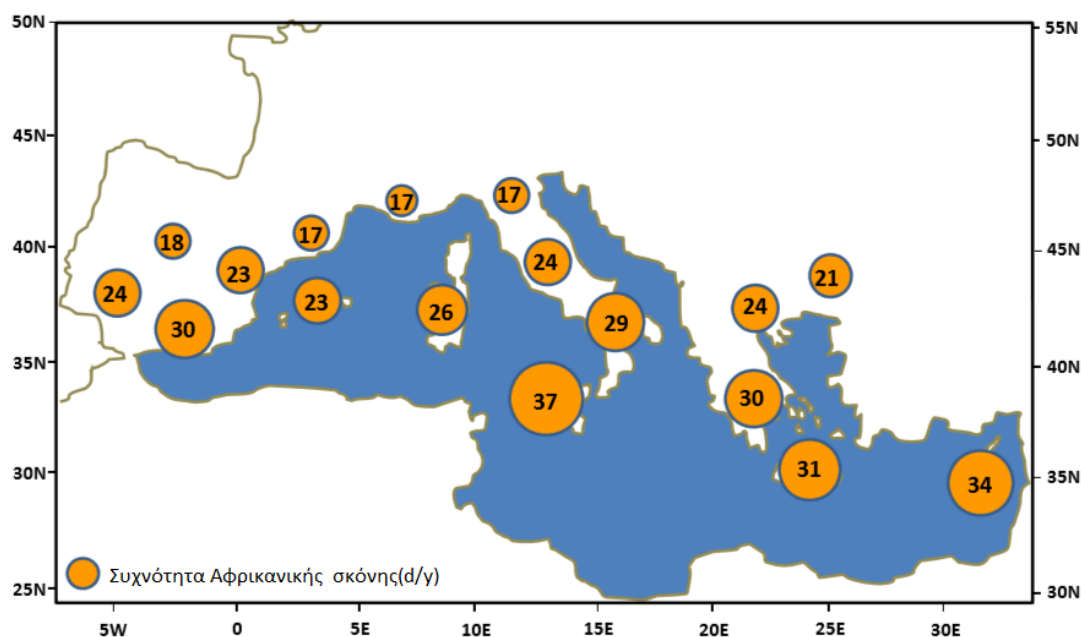


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.18 ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ($\mu g m^{-3}$) ΣΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2001-2011: ΒΙΣΝΑΡ (ΙΣΠΑΝΙΑ), (ΒΑΛΕΑΡΙΔΕΣ ΝΗΣΟΙ), (ΣΙΚΕΛΙΑ), ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ (ΑΘΗΝΑ), ΑΓΙΑ ΜΑΡΙΝΑ,(ΚΥΠΡΟΣ).

ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ

Η μελέτη δείχνει ότι όσο κινούμαστε από νότια μέρη σε βόρεια η συχνότητα επεισοδίων μεταφερόμενης αφρικανικής σκόνης μειώνεται. Με βάση τις περιοχές μελέτης τα χαμηλότερα ποσοστά συχνότητας παρατηρήθηκαν στην κεντρική και Βορειοανατολική Ισπανία, στη Βορειοανατολική Γαλλία και Βόρεια Ιταλία με 17-18 %.

Τα υψηλότερα ποσοστά συχνότητας παρατηρήθηκαν στη Σικελία με 37% και στην Κύπρο με 34%. Αρκετά υψηλά σημειώθηκαν και στη Νοτιοδυτική και Ανατολική Ιβηρική Χερσόνησο με 23-24% ενώ στη Βόρεια Ιταλία και στη βόρεια Ελλάδα το ποσοστό έφτασε το 24%.



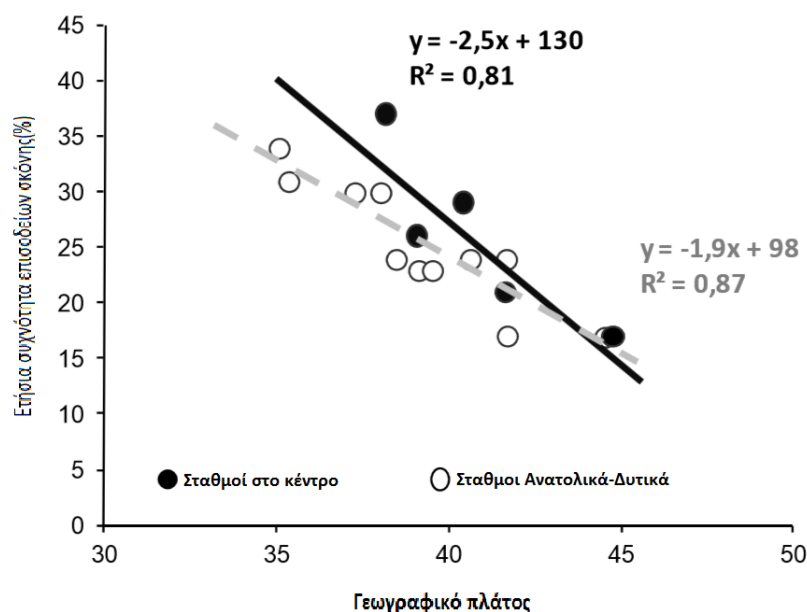
ΕΙΚΟΝΑ.24 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Μετά από ημερήσια παρατήρηση επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης και αναλύσεις των μέσων τιμών συγκέντρωσης γίνεται η εκτίμηση ότι για αυτά τα 10 χρόνια μελέτης υπάρχουν υψηλότερες τιμές στις περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου σε σχέση με αυτές της Δυτικής.

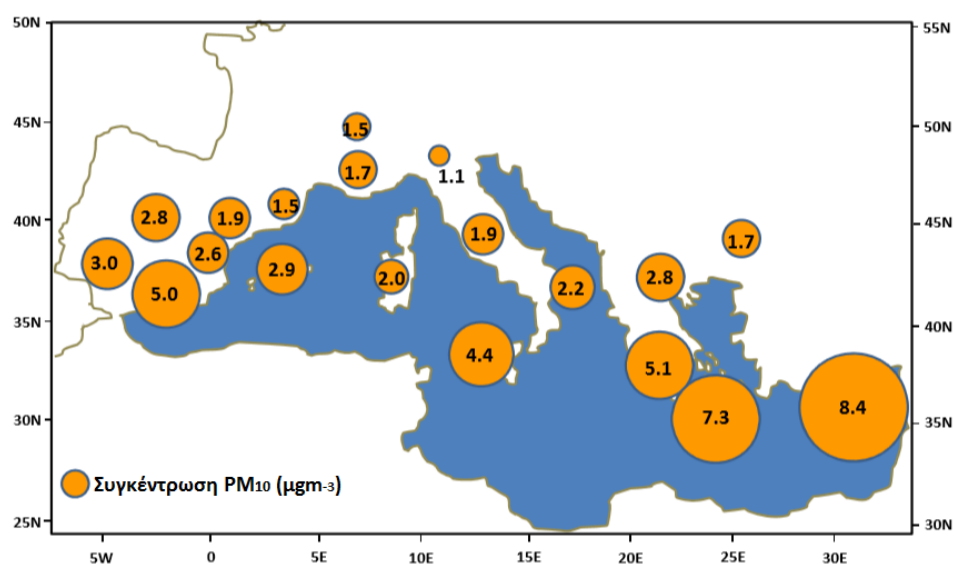
Μέγιστες ετήσιες τιμές βρέθηκαν στην Κύπρο με $8,4 \mu\text{gm}^{-3}$, στην Κρήτη με $7,3 \mu\text{gm}^{-3}$, ενώ ελάχιστες βρέθηκαν στη Β.Α. Ισπανία ,Ν.Α. Γαλλία και Β. Ιταλία με $1,1-1,5 \mu\text{gm}^{-3}$.

Οι υψηλές τιμές που έχουμε οφείλονται και στην επήρεια της ερήμου Σαχάρας άλλων ερήμων κεντροανατολικών όπως η έρημος Negev. Σε σχέση με τη συνολική συγκέντρωση σωματιδίων PM το ποσοστό σκόνης είναι 35-43 % στη Β.Α. Ισπανία, στην Κρήτη και στην Κύπρο, ενώ σε Κεντρική Ισπανία, Σαρδηνία και Βόρεια Ελλάδα είναι 19-25%. Μικρότερο ακόμα είναι Για τη Βαρκελώνη, τη

Μαρσείγ, τη Λυών, τη Ρώμη, τη Θεσ/κη με 6-10%. Αυτές οι πόλεις έχουν υψηλή συγκέντρωση σωματιδίων αλλά τα περισσότερα σωματίδια προέρχονται από βιομηχανίες, ανθρώπινες διεργασίες και οδική κίνηση.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.19 ΕΞΙΣΩΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ



ΕΙΚΟΝΑ.25 ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΙΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

ΕΝΤΑΣΗ

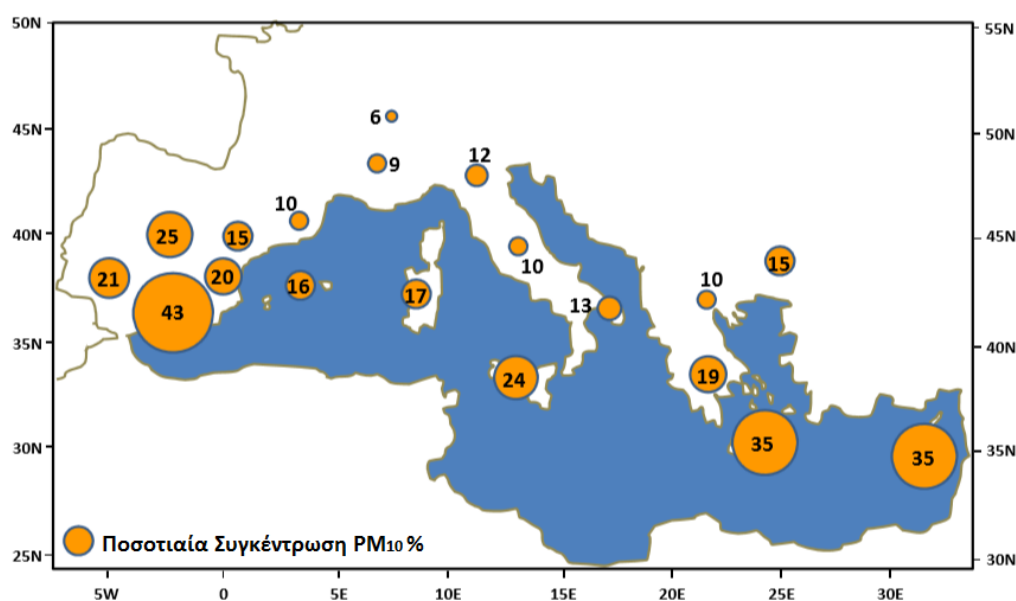
Η ένταση είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες για την εκτίμηση επεισοδίων μεταφερόμενης σκόνης και με τη βοήθεια παλαιότερων μετρήσεων μπορεί να γίνει πρόβλεψη σημαντικών δεδομένων για τα επεισόδια.

Για τη μέτρηση λήφθηκαν 9 εύρη τιμών συγκέντρωσης για κάθε τοποθεσία της Μεσογείου.

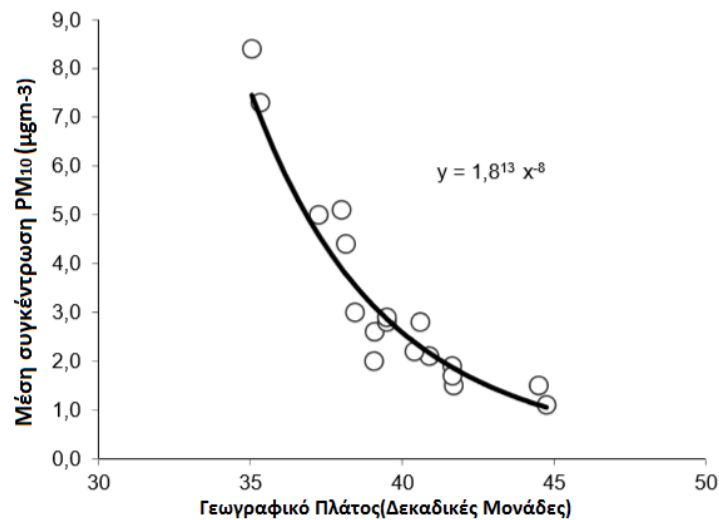
Στο εύρος με συγκέντρωση $>100 \mu\text{gm}^{-3}$: σε σχέση με συνολικό ποσοστό ήταν σχετικά μικρό άρα σπάνια υπήρχαν επεισόδια με συγκέντρωση μεγαλύτερη των $100 \mu\text{gm}^{-3}$. Είναι ελαφρά υψηλό το ποσοστό των Ελληνικών Νησιών και της Κύπρου περίπου 2-5%. Είναι ελάχιστο στη Σικελία 0-1% και σε παρόμοια γεωγραφικά πλάτη.

Στο εύρος των $30-99 \mu\text{gm}^{-3}$:που είναι η μέτρια συγκέντρωση σωματιδίων παρατηρούνται υψηλά ποσοστά σε νότιες περιοχές με 15-25% σε πιο βόρειες 10-15% και Βόρεια 5-10%. Παρόμοιες μετρήσεις ως προς δυτικά ανατολικά και κεντρικά της Μεσογείου.

Στο εύρος $1-10 \mu\text{gm}^{-3}$:αποτελείται κυρίως από Βόρειες περιοχές όπου όμως το 50-70 % των συνολικών σωματιδίων είναι σωματίδια σκόνης.

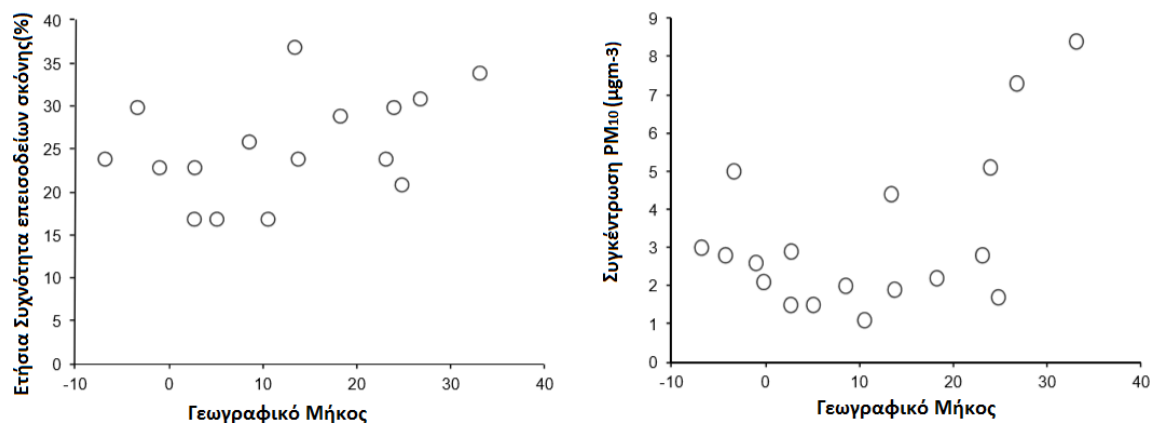


ΕΙΚΟΝΑ.26 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

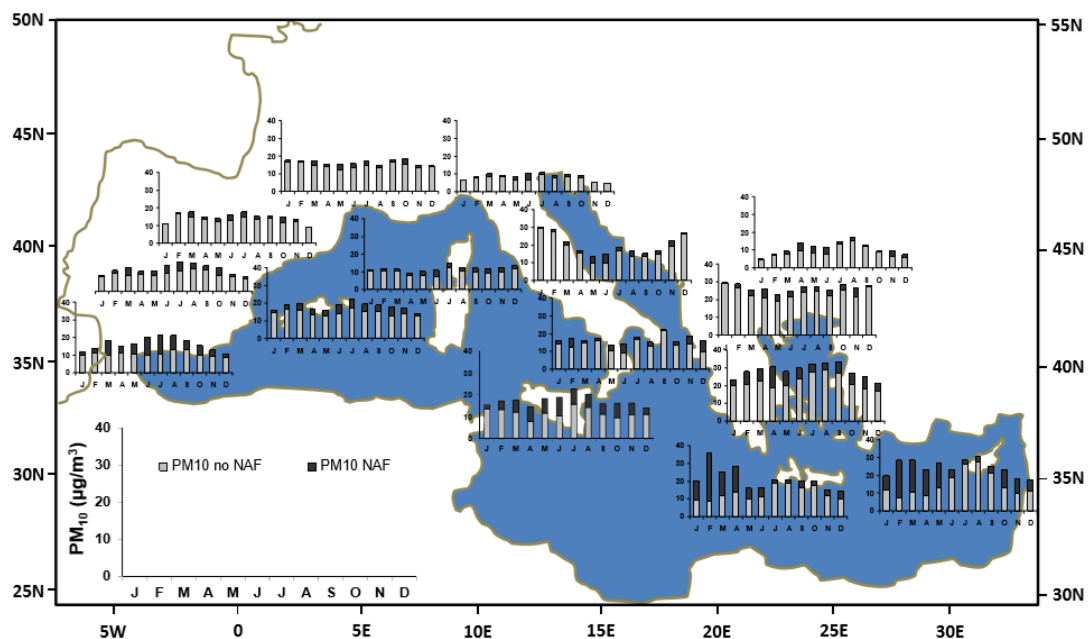


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.20 ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ ΤΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ.

Η ένταση είναι ανάλογη της πορείας της μάζας που μεταφέρεται από την Αφρική. Το υψόμετρο μιας τοποθεσίας παίζει ρόλο καθώς σε περιοχές με βουνά η πρόσβαση, του ανέμου που μεταφέρει σκόνη, είναι δύσκολη π.χ. η οροσειρά του Άτλα στην Αφρική έχει μήκος 2,5 χλμ και υψόμετρα που φτάνουν τα 4000 μέτρα. Εκεί η πορεία του ανέμου, που μεταφέρει σκόνη, δεν μπορεί να συνεχίσει και κατευθύνεται δυτικά η ανατολικά. Πρόκειται για ένα φυσικό εμπόδιο στην κυκλοφορία του ανέμου.

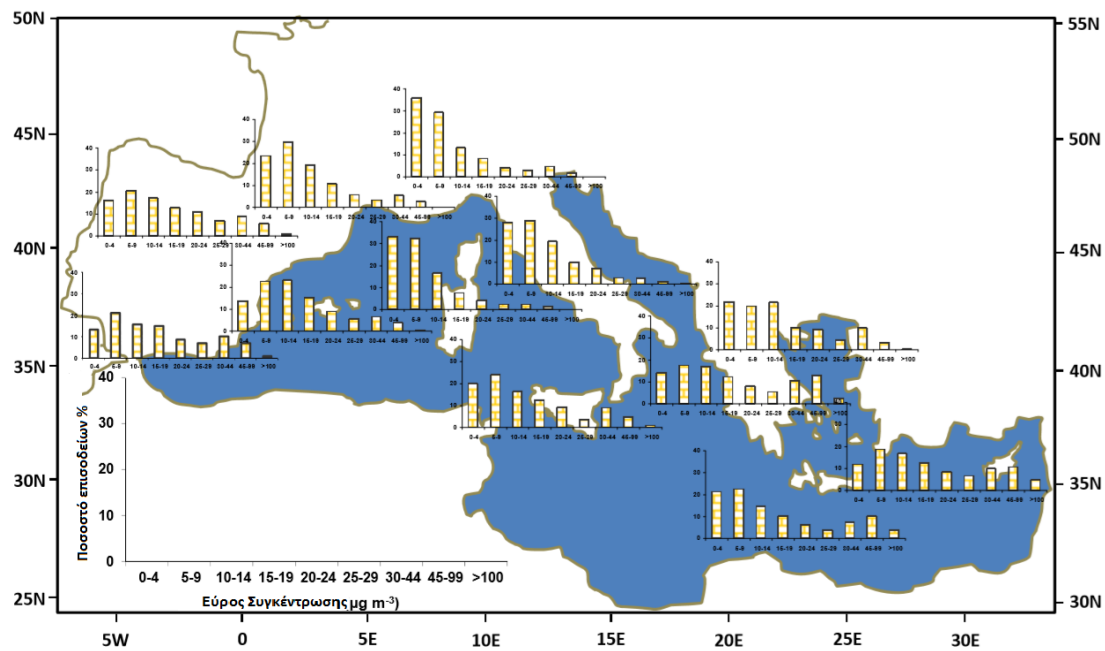


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.21-22 ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ



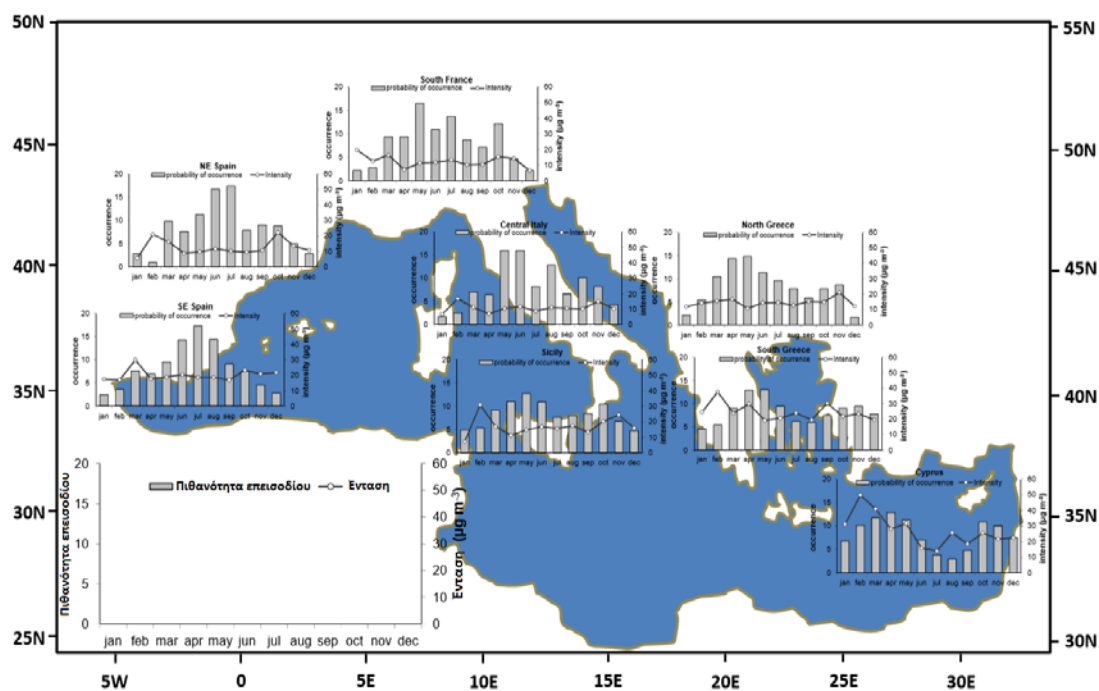
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.23 ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

Επεισόδια μεταφερόμενης σκόνης είναι πιο συχνά το καλοκαίρι στη δυτική και κεντρική περιοχή της Μεσογείου αν και μέτριας έντασης σε συγκέντρωση σωματιδίων. Στην ανατολική περιοχή της Μεσογείου είναι τελείως διαφορετικά. Η μεταφορά σκόνης γίνεται από ρεύματα αέρα που κινούνται ανατολικά της Μεσογείου και της Β. Αφρικής. Όσο κινούνται προς την κατεύθυνση της οροσειράς του Άτλα συνεχίζουν την ανατολική κατεύθυνση και επειδή δεν υπάρχει πρόσβαση ενισχύονται τα επεισόδια. Μικρής συνήθως έντασης ως προς τη συγκέντρωση σωματιδίων. Την άνοιξη και το φθινόπωρο είναι πιο συχνά τα φαινόμενα στην Ανατολική μεριά της Μεσογείου.

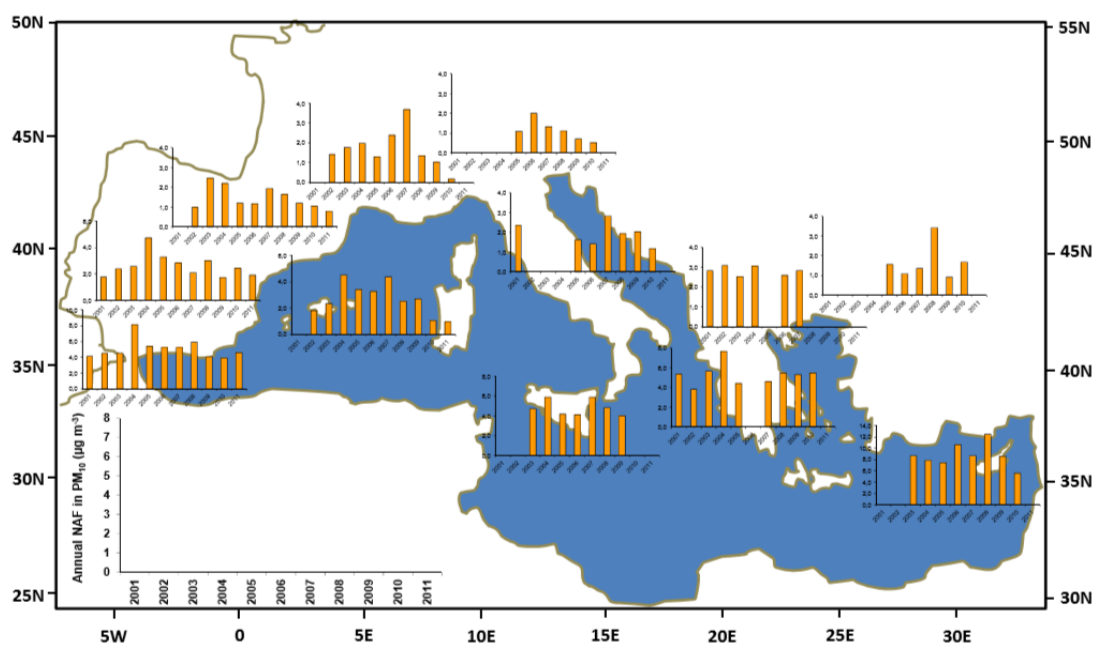


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.24 ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΥΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

Δεν υπάρχει σαφής σύνδεση της έντασης και της συχνότητας των επεισοδίων με την εποχιακή διακύμανση αλλά υπάρχει σαφής διακύμανση στις τιμές της έντασης μέσα στο έτος. Παρατηρείται μια συχνότερη ένταση τους μήνες Φεβρουάριο-Μάριο, Οκτώβριο-Νοέμβριο στη δυτικά και κεντρική Μεσόγειο ενώ οι τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων είναι υψηλότερες.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.25 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΕΤΙΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ



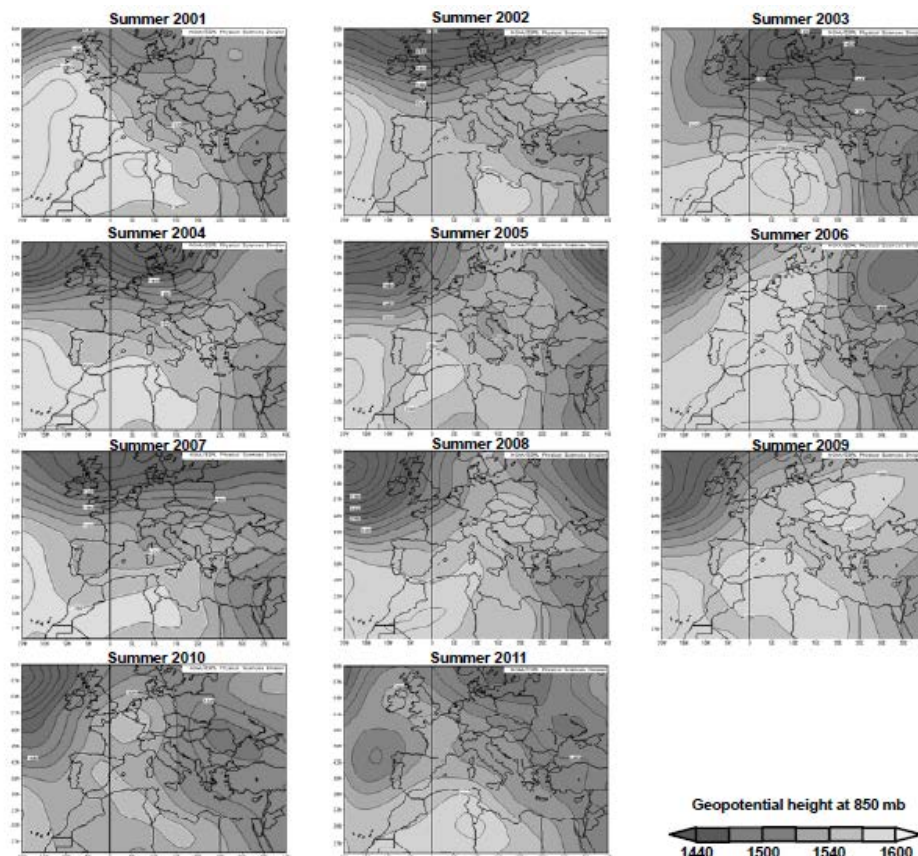
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.26 ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ

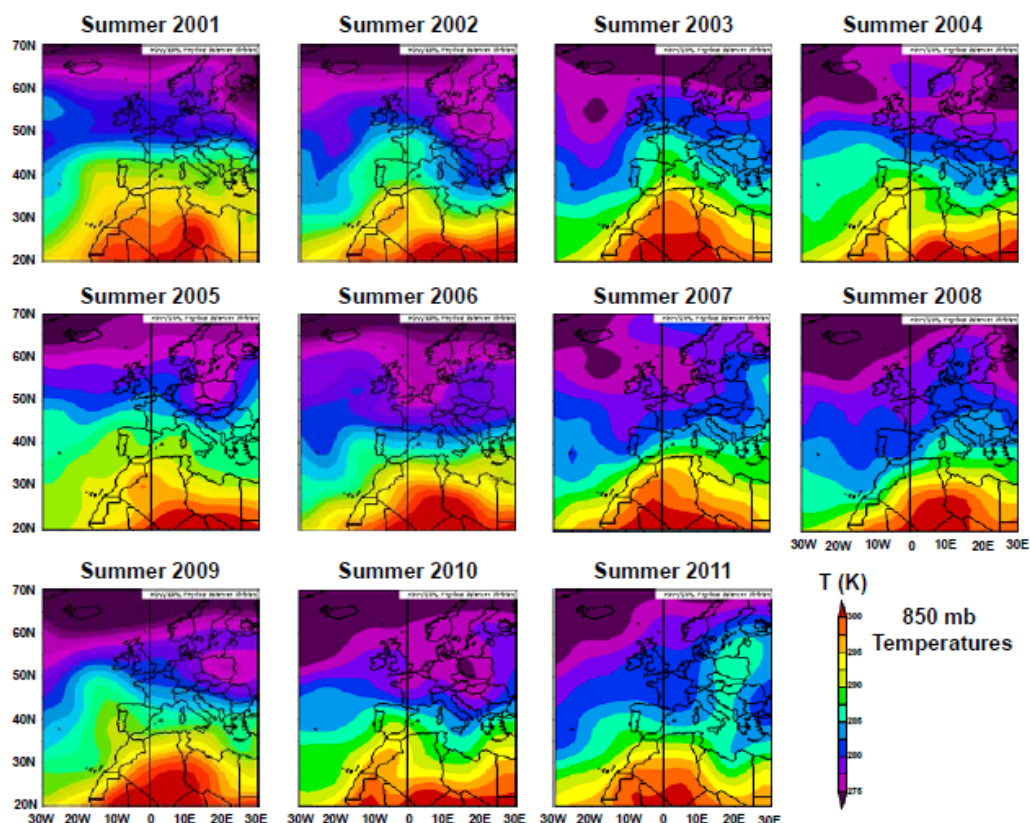
Η κατάσταση στις βόρειες τοποθεσίες της Δυτικής και κεντρικής Μεσογείου (Β.Α. Ισπανίας, Βαλεαρίδες Νήσοι, Ν.Α. Γαλλία και Βόρεια Ιταλία) διαφέρει από πριν. Σε αυτές τις περιοχές υπάρχει μια πτωτική τάση της συνεισφοράς της αφρικάνικης σκόνης στα σωματίδια PM_{10} από το 2006-2007 και μετά. Πριν από τότε υπάρχει μεγάλη συνεισφορά αφρικανικής σκόνης με αρκετά έντονα επεισόδια. Από το 2006-2007 ανάλογα με την περιοχή υπάρχει μια σταθερή μείωση στη συνολική συνεισφορά. Αυτή η τάση δεν παρατηρείται στις Νότιες περιοχές και δεν διαφαίνεται κάποια αλλαγή στις τιμές εκπομπής σκόνης σε αυτές. Υπάρχει ωστόσο μια διαφοροποίηση στην κίνηση της ατμόσφαιρας πάνω από αυτές τις περιοχές. Μια πρόσφατη έρευνα του Cusack έδειξε πως σχετίζεται αυτή η τάση με τη Βορειοατλαντική κύμανση (North Atlantic Oscillation, NAO). Ένα από τα πιο διάσημα σχέδια είναι η Ταλάντωση του Βόρειου Ατλαντικού (North Atlantic Oscillation, NAO), η οποία διαπραγματεύεται μεταβολές στην διαφορά ατμοσφαιρικής πίεσης σταθμών του Ατλαντικού ωκεανού, μεταξύ της Αρκτικής και του υποτροπικού Ατλαντικού. Το NAO index ευθύνεται για την ένταση στις δυτικές περιοχές κίνησης πάνω από το Βόρειο ατλαντικό (Barnston, Livezey, 1987) το οποίο με τη σειρά του καθορίζεται από δύο ατμοσφαιρικά συστήματα το Acores high και το Icelandic low. Το NAO index χρησιμοποιείται για την εκτίμηση ανωμαλιών στη θερμοκρασία και την κατακρήμνιση σε κεντρικές και δυτικές περιοχές της Ευρώπης και της Αμερικής την περίοδο του χειμώνα (Hurrell, 2003). Στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της εκπομπής σκόνης (Moulin, 1997). Το NAO index για την περίοδο του καλοκαιριού στη Β.Δ. Μεσόγειο υπολογίστηκε από το NOAA κέντρο (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>). Όπως και στο διάγραμμα είναι εμφανές ότι υπάρχει μια αλλαγή στο NAO index από το 2006 και έπειτα. Το 2001- 2005 η τιμή του NAO index το καλοκαίρι ήταν κοντά στο μηδέν ενώ το 2007-2007 μειώθηκε και άλλο με τη χαμηλότερη τιμή να είναι το 2011(-0.90). Αρνητική τιμή είχε πάλι την περίοδο του 1950. Φαίνεται ότι το 2006-2011 την περίοδο κυρίως του καλοκαιριού κυριαρχούν άτυπα ατμοσφαιρικά φαινόμενα με συγκεκριμένη τάση.

Με βάση το NAO index, το 2006-2011, το καλοκαίρι σε σχέση με την ετήσια συνεισφορά αφρικανικής σκόνης στα σωματίδια PM_{10} για τη Β.Α. Ισπανία, τη Ν.Α. Γαλλία, τις Βαλεαρίδες Νήσους και τη Β.Α. Ιταλία παρατηρείται μια σύνδεση. Η συσχέτιση για αυτές τις περιοχές είναι αυξημένη στην Ισπανία με $R^2=0,9$ σε σχέση με την Ν.Α. Γαλλία με $R^2=0,8$ ή τη Β. Ιταλία με $R^2=0,5$. Έτσι φτιάχνεται μια αρκετά μικρότερη επιρροή του NAO index προς τη μεριά της Ανατολής. Οι αρνητικές τιμές του NAO index συνδέονται με τη μετατόπιση της τροχιάς των περιστατικών καταιγίδας προς το Νότο. Γενικά το καλοκαίρι οι άνεμοι με δυτική κατεύθυνση πνέουν κάτω από 45° σε γεωγραφικό πλάτος αφήνοντας τη Μεσόγειο σε χαμηλής κλίμακας συνθήκες (Millait, 1997). Κατά τη διάρκεια των αρνητικών τιμών του NAO index παρατηρείται η κίνηση των Δυτικών ανέμων στο χαμηλότερο γεωγραφικό πλάτος, εμποδίζοντας έτσι τις υποτροπικές αέριες μάζες να φτάσουν τη Β.Δ. Μεσόγειο. Για να εντοπισμό της επιρροής της αφρικανικής σκόνης την καλοκαιρινή περίοδο χρησιμοποιήθηκαν χάρτες γεωπολιτικοί και χάρτες με ισοϋψείς στα 850hPa και μέσες θερμοκρασίες στα 850hPa το 2001-2011. Από το 2006 και μετά το Icelandic Low η επιρροή της

μεγάλωσε και μετατοπίστηκε και πιο Νοτιοανατολικά. Παράλληλα θερμές μάζες με σκόνη από ορυκτά αναδύθηκε από τη Β. Αφρική ακολουθώντας τροχιές άτυπες. Σε πολλές περιπτώσεις από το 2001- 2006 τέτοιες αέριες μάζες υπήρχαν στη Δυτική Μεσόγειο. Το 2007-2008 όμως συνέβη μια μετατόπιση θερμοκρασίας αέρα προς την κεντρική Μεσόγειο. Η Β.Α. Ισπανία και οι Βαlearίδες νήσοι επηρεάζονται ακόμα. Το 2009-2011 ο θερμός αέρας επηρέασε την Ιβηρική Peninsula αυξητικά με χαμηλό ρυθμό ωστόσο ενώ κινούνταν και Β.Δ. της Αφρικάνικης ηπείρου και των Κανάριων Νήσων.



ΕΙΚΟΝΑ.27 ΧΑΡΤΗΣ ΜΕ ΓΕΩΠΟΛΙΤΙΚΑ ΥΨΗ ΣΤΑ 850mb για την καλοκαιρινή περίοδο του 2001-2011.



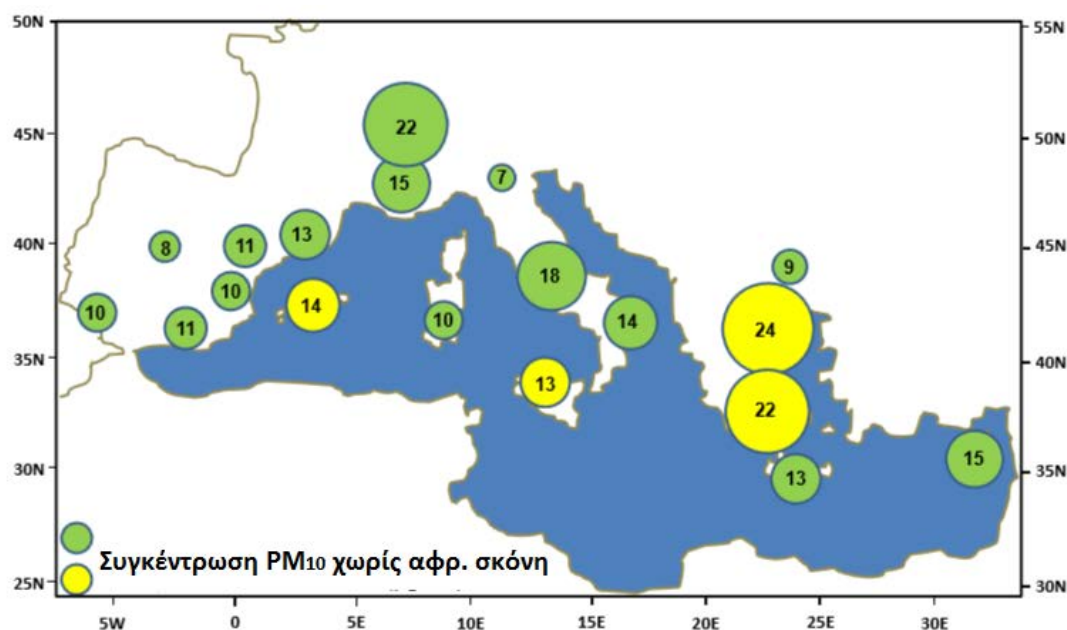
ΕΙΚΟΝΑ.28 ΜΕΣΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ (2001-2011) ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 850mb ΒΑΘΜΟΥΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έρευνα αυτή είναι για περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου και αφορά την μέτρηση συγκέντρωσης σωματιδίων PM₁₀ (Querol, 2009).

Τα επεισόδια μεταφερόμενης αφρικανικής σκόνης συμβαίνουν σε διαφορετικές εποχές στις περιοχές της Μεσογείου και προκαλούνται από μετεωρολογικές αλλαγές και φαινόμενα από την Ανατολική έως και τη δυτική Μεσόγειο. Αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν και την ένταση των επεισοδίων. Με βάση τους φυσικούς μηχανισμούς μεταφοράς τα επεισόδια σε δυτικές περιοχές της Μεσογείου είναι περισσότερα το καλοκαίρι. Ενώ στο ανατολικό κομμάτι της Μεσογείου υπάρχει ραγδαία και γρήγορη μεταφορά που ενισχύεται από φυσικά φαινόμενα την Άνοιξη και το φθινόπωρο. Σοβαρά επεισόδια καταγράφονται ετησίως στην ανατολική πλευρά της Μεσογείου ενώ ελάχιστα έως καθόλου καταγράφονται στη κεντρική και δυτική μεριά.

Με βάση το γεωγραφικό πλάτος αλλάζει και η συγκέντρωση των σωματιδίων στις περιοχές της Μεσογείου. Η υψηλότερη είναι ανατολικά λόγω της πορείας που ακολουθεί η σκόνη από τις ερήμους της Αφρικής.



ΕΙΚΟΝΑ.29 ΤΙΜΕΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM_{10} ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

Η αφρικάνικη σκόνη αποτελεί το 45% των συνολικών σωματιδίων PM_{10} σε Ν.Α. Ισπανία, στην Ελλάδα και Κύπρο 35%. Αυτά τα ποσοστά συγκέντρωσης είναι τα υψηλότερα από κάθε άλλη περιοχή της Μεσογείου ενώ κάποιες μέρες με επεισόδια σκόνης μπορεί να φτάσουν και το 80%.

Περιοχές με μεγάλο υψόμετρο έχουν μικρότερα ποσοστά σωματιδίων PM_{10} 10-11% ενώ κεντρικές και ανατολικές περιοχές έχουν 13-15%.

Γενικότερα φαίνεται μία αύξηση στις τιμές συγκέντρωσης περίπου $3-4 \mu g m^{-3}$ από δυτικά προς το κέντρο και ανατολικά ενώ παρατηρείται και αύξηση σε σωματίδια αεροζόλ. Εκεί όμως μεσολαβούν και άλλοι παράγοντες. Πόλεις όπως Ρώμη, Μαρσείγ και Βαρκελώνη που ο ανθρώπινος παράγοντας είναι μεγάλος στην ρύπανση του αέρα οι τιμές συγκέντρωσης είναι της τάξης $13-22 \mu g m^{-3}$.

8.3 ΕΡΕΥΝΑ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Angeliki Karanasiou, Natalia Moreno, Teresa Moreno, Mar Viana, Frank de Leeuw, Xavier Querol

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη μελέτη των ατμοσφαιρικών αερολυμάτων εξαιτίας των τεκμηριωμένων επιπτώσεων τους στην ανθρώπινη υγεία. Ένας μεγάλος αριθμός επιδημιολογικών μελετών έδειξαν ότι τα ατμοσφαιρικά σωματίδια (PM) έχουν σαφώς συσχετιστεί με τον αριθμό των καθημερινών θανάτων καθώς και τον αριθμό ασθενών που τυγχάνουν νοσηλείας σαν αποτέλεσμα των αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων. Ωστόσο, ένας περιορισμένος αριθμός μελετών έχουν διεξαχθεί για να καθορίσουν τις επιπτώσεις στην υγεία που οφείλονται αποκλειστικά στην σκόνη που πηγάει από την Σαχάρα. Γι αυτό το λόγο, στόχος αυτής της εργασίας είναι η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για να καθορίσει εάν τα σωματίδια σκόνης PM που πηγάζουν από τη Σαχάρα έχουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, η μελέτη αυτή φανερώνει την ανάγκη προσδιορισμού των πιθανών επιπτώσεων της έκθεσης στη σκόνη της Σαχάρας. Αυτές οι επιδράσεις μπορεί να εξαρτώνται μεταξύ των άλλων και από τη χρονική μεταβλητότητα, τη συχνότητα, την πρόβλεψη του γεγονότος της σκόνης από τη Σαχάρα, τη συγκέντρωση των σωματιδίων PM, τη σύνθεση και το μέγεθος των σωματιδίων. Τα αποτελέσματα της τρέχουσας ανασκόπησης μπορεί να ληφθούν υπ όψιν για τον καθορισμό των στόχων και της στρατηγικής που θα ακολουθηθεί για την έκδοση της νέας Ευρωπαϊκής οδηγίας (2013) σχετικά με τα επίπεδα των ατμοσφαιρικών σωματιδίων.

Περιγραφή των επεισοδίων σκόνης από τη Σαχάρα

Σύννεφα σκόνης μπορεί να αυξήσουν σημαντικά τα επίπεδα των σωματιδίων PM του ατμοσφαιρικού αέρα που καταγράφονται από σταθμούς παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στη Νότια Ευρώπη, την Ανατολική Ασία και σε ορισμένα νησιά του Ατλαντικού. Η μεταφορά της σκόνης της Σαχάρας στην Ευρώπη έχει σαφή εποχικότητα, όντας πιο συχνή από το Φεβρουάριο έως τον Ιούνιο και από τα τέλη του φθινοπώρου μέχρι τις αρχές του χειμώνα, αν και τα επεισόδια σκόνης μπορεί να κατανέμονται σε όλο το έτος. Οι μεσογειακές χώρες επηρεάζονται περισσότερο από τη σκόνη της Σαχάρας.

Ο λόγος για αυτό είναι η χαμηλή βροχόπτωση στην λεκάνη της Μεσογείου που ευνοεί το μακρύ χρόνο παραμονής των PM στην ατμόσφαιρα με τη συνακόλουθη επίπτωση στην ποιότητα του αέρα.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι > 70% των υπερβάσεων της ημερήσιας οριακής τιμής PM₁₀ (2008/50/CE European Directive) στις περισσότερες (ηπειρωτικές) περιοχές της Ισπανίας έχουν αποδοθεί σε θύελλες σκόνης. Παρόμοια ευρήματα αναφέρονται στο Gerasopoulos Kocak et al. (2007) και Mitsakou et al. (2008) για τη λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου. Τα επίπεδα των σωματιδίων PM₁₀ κατά μήκος της Μεσογείου δείχνουν σαφείς αυξητικές τάσεις από το βορρά προς το νότο και από τη δυτική προς την ανατολική πλευρά της Λεκάνης της Μεσογείου. Αυτές οι τάσεις σχεδόν συμπίπτουν με το Αφρικανικό φορτίο σκόνης PM₁₀.

Προηγούμενα, οι Querol et al. (2009), ανέφεραν ότι υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης αυξημένων επιπέδων PM (> 100 µg / m³) στη λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου απ ό τι στη λεκάνη της Δυτικής Μεσογείου, αποδίδοντάς την στην συχνότερη εισβολή και ένταση της Αφρικής σκόνης.

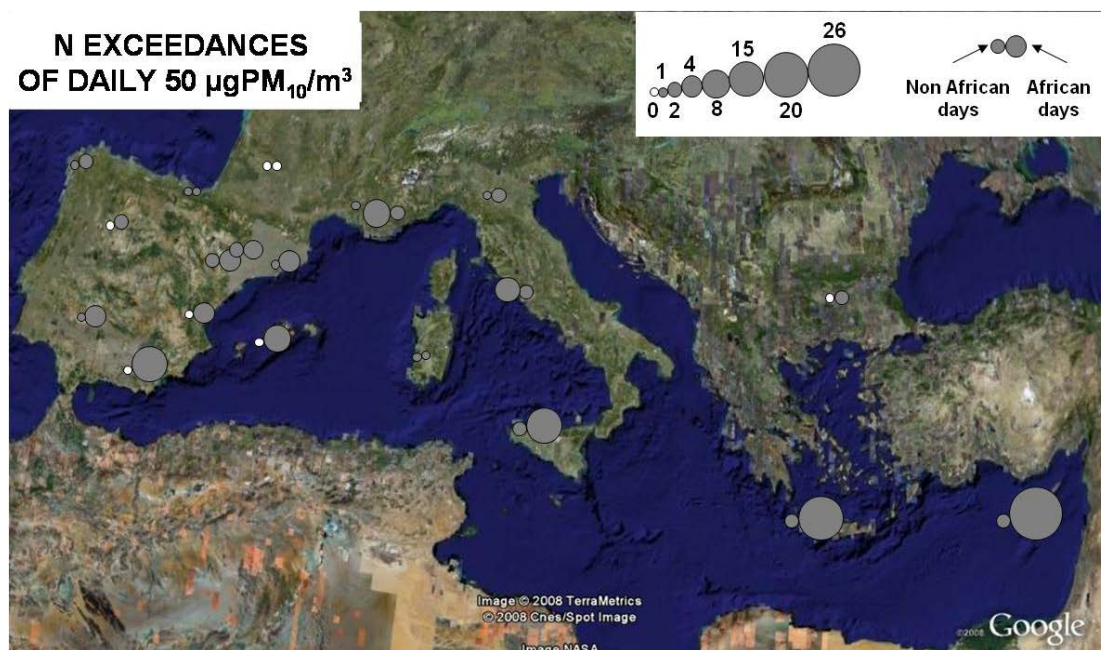
Τα χονδρόκοκκα σωματίδια αποτελούν το 48% του συνόλου των αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) και είναι σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο ≤ 10 µm (Goudie και Middleton, 2006), με την εναιωρηματική μεταφορά να είναι ο κύριος μηχανισμός μεταφοράς σκόνης.

Έτσι, η ιλύς αναμένεται να είναι ένα κυρίαρχο στοιχείο της σκόνης, επίσης άργιλος και κόκκοι άμμου μπορεί να είναι παρόντα στοιχεία καθώς λεπτά στρώματα σκόνης εκτείνονται σε ολοένα αυξανόμενα μακρύτερες αποστάσεις από τις περιοχές που πηγάζουν. Υπήρξε ένας σημαντικός αριθμός εργασιών για την χημική σύσταση του Αφρικανικού αερολύματος. Η χημική σύνθεση της σκόνης ως επί το πλείστον κυριαρχείται από SiO₂ (59,99%), Al₂O₃ (14,13%), Fe₂O₃ (6,85%), CaO (3,94%), MgO (2,60%) και K₂O (2,35%).

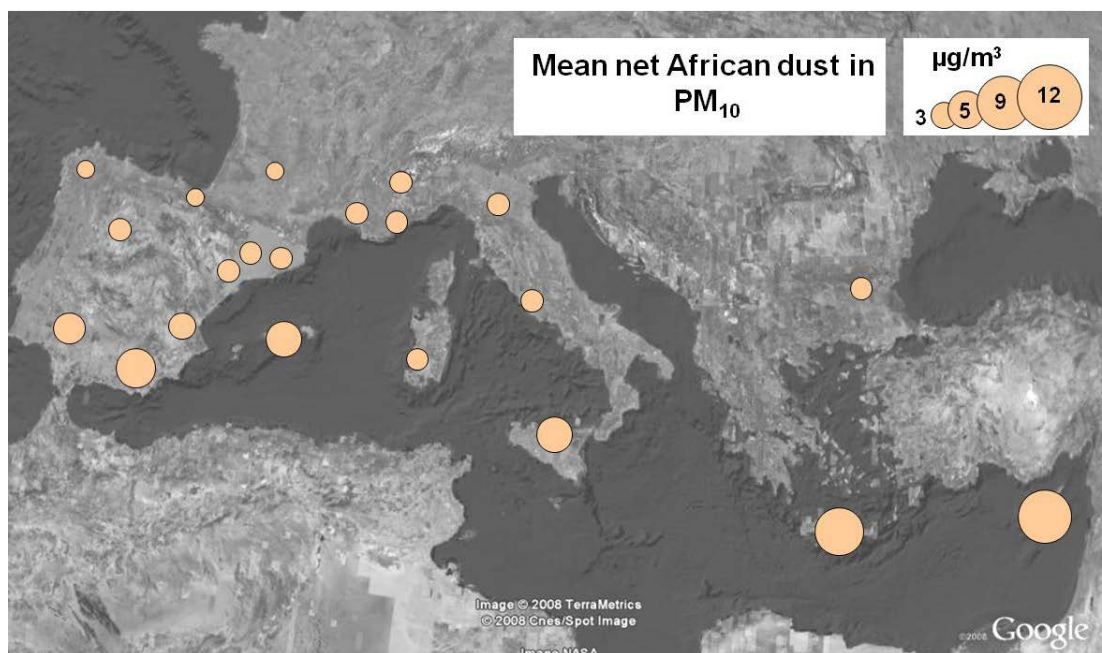
Ορυκτολογικά αυτή η σύνθεση σχετίζεται με την κυριαρχία του χαλαζία του μαγνητίτη/αιματίτη και των ανθρακικών. Στα λεπτότερα στρώματα αργίλου εντοπίζονται παλιγορσκήτης ή ατταπουλγίτης, ιλλίτης και καολινίτης, αν και υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην αφθονία των αργιλικών που εξαρτώνται από την περιοχή που προέρχεται η σκόνη. Έτσι, η σκόνη από τη Βόρεια και τη Δυτική Σαχάρα περιέχει άφθονο ιλλίτη, ενώ ο καολινίτης κατέχει δεσπόζουσα θέση στην σκόνη από τη Νότια και Κεντρική Σαχάρα (Goudie και Middleton, 2006).

Η σκόνη της Σαχάρας έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον λόγω των σημαντικών επιδράσεων στη δυναμική των θρεπτικών συστατικών και του βιογεωχημικού κύκλου, τόσο των ωκεάνιων όσο και των χερσαίων οικοσυστημάτων στη Βόρεια Αφρική και ακόμα μακρύτερα, εξαιτίας των συχνών μεταφορών της σε μεγάλες αποστάσεις, πέρα από τον Ατλαντικό Ωκεανό, τη Μεσόγειο και την Ερυθρά Θάλασσα, στην Αμερική, την Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή. Ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις σκόνης μπορεί επίσης να έχουν σημαντική κλιματική σημασία μέσα από μια σειρά πιθανών μηχανισμών, και η συχνότητα των επεισοδίων σκόνης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική κλιματική αλλαγή

(Goudie και Middleton, 2001). Τέλος, σύννεφα σκόνης μπορεί επίσης να προκαλέσουν επιπτώσεις στην υγεία λόγω των υψηλών επιπέδων PM και της μεταφοράς ανθρωπογενούς ρύπανσης καθώς και της πιθανής μεταφοράς μικροοργανισμών.



ΕΙΚΟΝΑ.30 ΧΑΡΤΗΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΗΜΕΡΙΣΙΩΝ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΟΥ PM₁₀ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΕΣ ΗΜΕΡΕΣ(ΔΕΞΙΟΣ ΚΥΚΛΟΣ) ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΗ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΥΚΛΟΣ).ΠΗΓΗ:Querol et al, 2009



ΕΙΚΟΝΑ.31 Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΜΑΖΑΣ (µg/m³) ΤΗΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΑ PM₁₀ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ, ΠΗΓΗ: Querol et al,2009.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ, ΤΗΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ

Σε αντίθεση με τη χημική σύνθεση και το πρότυπο μεταφοράς των επεισοδίων σκόνης, οι πιθανές επιπτώσεις στην υγεία έχουν σπάνια μελετηθεί. Στη βιβλιογραφία μόνο 12 μελέτες αναφέρουν τις επιπτώσεις στην υγεία, των σωματιδίων της σκόνης της Σαχάρας στην περιοχή της Ευρώπης. Όλες αυτές οι μελέτες έχουν διεξαχθεί στις νότιες Ευρωπαϊκές χώρες. Η πλειοψηφία τους είναι επιδημιολογικές μελέτες (Tobias et al, που έχουν διερευνήσει τη σχέση μεταξύ επεισοδίων σκόνης από τη Σαχάρα και θνησιμότητας / νοσηρότητας. Μία μελέτη είναι τοξικολογική και μελετά τη μικροβιακή ποιότητα των αερολυμάτων πάνω από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου κατά τη διάρκεια μια αφρικανικής θύελλας (Πολυμενάκου et al., 2008), ενώ μία άλλη μελέτη αναφέρεται στην ημερήσια δόση εισπνοής κατά τη διάρκεια των επεισοδίων (Μητσάκου et al., 2008). Τέλος, οι Dadvand et al. (2011) μελέτησαν τον αντίκτυπο των επεισοδίων σκόνης της Σαχάρας σε επιπλοκές της κύησης (προεκλαμψία και βακτηριουρία) και στις γεννήσεις (βάρος γέννησης και ηλικία κύησης κατά τον τοκετό). Οι Samoli et al. (2011β) έχουν διερευνήσει την παιδική έξαρση άσθματος που προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση και τα επεισόδια σκόνης ενώ οι Tobias et al. (2011) αναφέρθηκαν στον κίνδυνο για μηνιγγιτιδοκοκκική μηνιγγίτιδα εξαιτίας αυτής της σκόνης.

Επιδημιολογικές μελέτες έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση των επιπτώσεων στην υγεία εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι πλέον σύγχρονες επιδημιολογικές μελέτες που αφορούν τα σωματίδια και τις επιπτώσεις στην υγεία χρησιμοποιούν είτε ομάδες μελέτης ατόμων είτε προσέγγιση χρονοσειρών. Οι μελέτες χρονοσειρών αξιολογούν τις επιπτώσεις των βραχυπρόθεσμων μεταβολών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε οξείες επιπτώσεις στην υγεία, εκτιμώντας τις συσχετίσεις μεταξύ των διακυμάνσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέρα με την ημέρα και των μετρήσεων θνησιμότητας και νοσηρότητας εντός της ίδιας γεωγραφικής περιοχής. Έτσι, τα δεδομένα για την καθημερινή ανάλυση χρονοσειρών περιλαμβάνουν καθημερινές μετρήσεις για τον αριθμό των επεισοδίων που αφορούν την υγεία (π.χ. μέτρηση ημερήσιας θνησιμότητας / νοσηρότητας), συγκεντρώσεις PM (π.χ. μέσος όρος ανά 24 ώρες του PM₁₀) και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων (π.χ. όζον), και μεταβολές στις καιρικές συνθήκες (π.χ. ημερήσια θερμοκρασία) για μια δεδομένη περιοχή. Οι βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις από τη μελέτη των χρονοσειρών υπολογίζονται με τη χρήση μοντέλων παλινδρόμησης, όπου η

συγκέντρωση των PM περιλαμβάνεται στο μοντέλο με χρονική υστέρηση για 0 (τρέχουσα ημέρα) έως μερικές ημέρες.

Μοντέλα παλινδρόμησης χρησιμοποιούνται στην ανάλυση χρονοσειρών για να εκτιμηθεί η αύξηση του κινδύνου στην υγεία, όπως η θνησιμότητα, που συνδέεται με μια μονάδα αύξησης των επιπέδων ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα σε βραχυπρόθεσμη βάση.

Οι επιδημιολογικές μελέτες που αφορούν τις επιπτώσεις στην υγεία της σκόνης της Σαχάρας περιλαμβάνουν μελέτη χρονοσειρών για την καθημερινή θνησιμότητα/ νοσηρότητα μεταξύ ειδικών ηλικιακών ομάδων (πάνω από 75 ετών Jimenez et al 2010) ή για όλες τις ηλικίες (Samoli et al., 2011a; Sajani et al., 2010; Perez et al., 2008). Οι περιπτώσεις θνησιμότητας που εξετάστηκαν σε αυτές τις μελέτες έχουν σαν κύρια αιτία (εκτός από τα ατυχήματα), τα καρδιαγγειακά, τα αναπνευστικά και τα εγκεφαλικά επεισόδια. Μόνο μία μελέτη υπάρχει που εξέτασε τη συσχέτιση μεταξύ καθημερινής νοσηρότητας και θύελλας σκόνης (Middleton et al., 2008).

Ο Πίνακας που ακολουθεί παρέχει μια επισκόπηση των μελετών που διεξάγονται στην Ευρώπη και διερευνούν τις επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας των σωματιδίων σκόνης της Σαχάρας. Τα επεισόδια σκόνης προσδιορίστηκαν με τις ακόλουθες μεθόδους:

- Από τα υψηλά επίπεδα των σωματιδίων PM₁₀ (>100μg/m³) για περισσότερο από δύο συνεχόμενες ημέρες και χρησιμοποιώντας πληροφορίες που λαμβάνονται από το NRL, SKIRON and BSC-DREAM dust maps.
- από τον συνδυασμό των παρατηρήσεων Lidar με λειτουργικά μοντέλα και τις αλλαγές του λόγου PM₁₀/NO₂ (Malone et al., 2011)
- τον αριθμό της ωριαίας συγκέντρωσης των χονδρόκοκκων σωματιδίων του αερολύματος (διάμετρος > 1 μm), τα οποία θεωρούνται ότι είναι δείκτης των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης από την έρημο Σαχάρα.

Ο ημερήσιος μέσος όρος των επιπέδων PM (PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{10-2.5}) χρησιμοποιήθηκαν σαν ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι μεταβλητές ελέγχου συνήθως περιλαμβάνουν: άλλους περιβαλλοντικούς ρύπους, την τάση, την εποχικότητα, τις επιδημίες γρίπης, και αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των σειρών θνησιμότητας/ νοσηρότητας. Οι εκτιμώμενες επιπτώσεις αναφέρονται σαν ποσοστό αυξανόμενου κινδύνου για θάνατο (IR%), και 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (95% CI) που συνδέονται με ένα διατεταρτημοριακό φάσμα (25th – 75th εκατοστιαία percentiles - IR) αύξηση σε κάθε ρύπο.

Οι Tobias et al. (in press), Sajani et al. (2010), Perez et al. (2008) and Mallone et al. (2011) διερεύνουν τη συσχέτιση των επεισοδίων σκόνης της Σαχάρας και της συγκέντρωσης PM με τη θνησιμότητα, χρησιμοποιώντας μοντέλα

δεσμευμένης λογιστικής παλινδρόμησης με ρύθμιση για αρκετές μεταβλητές : θερμοκρασία, υγρασία, πίεση, εβδομάδες επιδημίας γρίπης, καύσωνες. Στη μελέτη των Jimenez et al. (2010), οι μεταβλητές ελέγχου ήταν: ατμοσφαιρικοί ρύποι (Χημικά, βιοτικά και ακουστικά) τάση, εποχικές διακυμάνσεις, επιδημίες γρίπης και αυτοσυσχετίσεις μεταξύ σειρών θνησιμότητας. Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα (GLMs) με παλινδρόμηση Poisson χρησιμοποιήθηκαν για να προσδιοριστεί ποσοτικά η προκύπτουσα σύνδεση μεταξύ των ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Παρομοίως οι Samoli et al. (2011a) χρησιμοποίησαν μοντέλα παλινδρόμησης Poisson για να διερευνηθεί η επίδραση των επεισοδίων της ερμηικής σκόνης στη θνησιμότητα, χρησιμοποιώντας μια μεταβλητή δείκτη και την αλληλεπίδρασή της με τις συγκεντρώσεις PM. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι μακροπρόθεσμες τάσεις και η εποχικότητα, καθώς και οι μετεωρολογικές μεταβλητές, θερμοκρασία, μέση ημερήσια υγρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, συσχέτιση και πιθανοί συγχυτικοί παράγοντες από άλλους ρύπους, SO₂, NO₂ ή O₃ οι οποίοι επίσης περιλαμβάνονται στο μοντέλο. Οι Middleton et al, 2008 αναφέρθηκαν στην επίδραση που είχαν οι μεταβολές των επιπέδων των ρύπων του αέρα στον αριθμό των ημερήσιων εισαγωγών στα νοσοκομεία με τη βοήθεια των μοντέλων παλινδρόμησης Poisson. Το μοντέλο έλεγξε τη μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη τάση, τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία. Η ταχύτητα του ανέμου, η καθίζηση και η βαρομετρική πίεση δεν θεωρήθηκαν συγχυτικοί παράγοντες της συσχέτισης μεταξύ ατμοσφαιρικών ρύπων και νοσηλείας. Οι Dadvand et al. (2011) χρησιμοποίησαν μοντέλα παλινδρόμησης για να μελετήσουν την επίδραση των επεισοδίων σκόνης της Σαχάρας σε επιπλοκές κατά την κύηση (προεκλαμψία και βακτηριουρία) και κατά την γέννηση (βάρος νεογνού και ηλικία κύησής του κατά τον τοκετό).

Reference	Location	Population	Outcome	Identification of Sahara dust days	PM fraction	Causes	% Risk per 10 µg/m ³ (95% CI) p-value	% Risk per 10 µg/m ³ IR% (95% CI)
							Sahara dust days	Non-Sahara dust days
Tobias et al., in press	Madrid, Spain	All ages	Mortality	Back trajectory analysis	PM _{2.5}	TotM	2.9 (-1.1, 6.9) 0.0812	2.6 (0.6, 4.6)
					PM _{2.5-10}	TotM	2.8 (0.1, 5.8) 0.016	0.6 (-1.1, 2.4)
Sajani et al., 2011	Emilia-Romagna, Italy, Aug 2002-Dec 2006	All ages	Mortality	PM number concentrations, back trajectory analysis	PM ₁₀	TotM	0.0 (-3.5, 3.6) 0.55	0.8 (0.0-1.6)
						CVD	-0.8 (-5.9, 4.6) 0.61	0.3 (-0.9, 1.5)
						RESP	-0.2 (-10.8, 11.5) 0.69	1.6 (-0.9, 1.4)
Mallone et al., 2011*	Rome, Italy, Feb 2001-Dec 2004	Age>35	Mortality	Lidar Observations, PM ₁₀ /NO ₂ >0.6	PM _{2.5}	TotM	3.2 (-1.1, 7.8) 0.31	0.9 (-1.1, 2.9)
						CAR	1.4 (-5.9, 9.2) 0.92	1.0 (-2.2, 4.3)
						CER	-3.2 (-11.7, 6.1) 0.51	-0.1 (-4.3, 4.3)
						CIRC	-0.9 (-7.0, 5.6) 0.53	1.2 (-1.6, 4.1)
						RESP	8.4 (-12.76, 34.5) 0.37	-2.2 (-12.7, 9.7)
					PM ₁₀	TotM	3.2 (-0.0, 6.5) 0.91	3.0 (1.3, 4.7)
						CAR	9.6 (3.81, 15.61) 0.02	2.1 (-0.8, 5.0)
						CER	1.7 (-5.05, 8.95) 0.72	3.2 (-1.8, 8.5)
						CIRC	5.9 (1.0, 11.0) 0.13	1.8 (-0.6, 4.3)
						RESP	2.7 (-12.8, 20.8) 0.80	5.0 (-2.8, 13.4)
					PM _{2.5-10}	TotM	2.1 (-1.1, 5.3) 0.50	3.3 (1.3, 5.4)
						CAR	9.7 (4.3, 15.5) 0.01	0.9 (-2.5, 4.3)
						CER	7.0 (1.2, 13.2) 0.53	4.6 (-0.2, 9.6)
						CIRC	7.9 (3.2, 12.9) 0.04	2.2 (-0.7, 5.3)

2010	2005			et al., 2007	PM ₁₀	RES TotM CIRC RESP	effects 2.7 (1.4, 4.1) <0.05 4.0 (1.7, 6.3) <0.05 3.5 (0.9, 6.1) <0.05	3.0 (0.0, No stati: signifi effects
Perez et al., 2008	Barcelona, Spain Mar. 2003-Dec. 2004	All ages	Mortality	Back trajectory analysis, PM _{10 remote} ≥ 0.5×PM _{10 urban}	PM _{2.5} PM _{2.5-10}	TotM	5.0 (0.5, 9.7) 0.56 8.4 (1.5, 15.8) 0.05	3.5 (1.6, 1.4 (0.8,
Middleton et al., 2008	Nicosia, Cyprus Jan 1995-Dec 2003	All ages	Morbidity	Meteorological observations (visibility), PM ₁₀ criteria (PM ₁₀ ≥100µg/m ³)	PM ₁₀	MORD CVD-MORD	4.8 (0.7, 9.0) NA 10.4 (-4.7, 27.9) NA	5.5 (3.5, highest l observe 6.3 (0.0, highest l observe
Samoli et al., 2011b	Athens, Greece 2001-2004	Age: 0-14	Morbidity	Back trajectory analysis, PM _{10 remote} /PM _{10 urban} > annual median value	PM ₁₀	PAA	4.1 (0.1, 8.3) 0.41	2.1 (-1.0
Tobias et al., 2011	Barcelona, Spain	All ages	Morbidity	NA	NA	MENG	39.2 (15.2, 68.1) <0.05	NA
Dadvand et al., 2011	Barcelona, Spain, 2003-2005		Pregnancy	PM ₁₀ , NO ₂ trends, back trajectory analysis	PM ₁₀	BW‡ GAD‡	-2.1 (-5.8, 1.7) 0.28 0.5 (0.4, 0.6) <0.01	NA NA

ΠΙΝΑΚΑΣ.3 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΚΟΝΗΣ ΤΗΣ ΣΑΧΑΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΤΗ ΝΟΣΗΡΟΤΗΤΑ, ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΓΚΥΜΟΣΥΝΗ

CI: Διάστημα Εμπιστοσύνης Confidence interval

NA: Μη διαθέσιμο Not available

p-value : p-value της αλληλεπίδρασης μεταξύ PM και του δείκτη της σκόνης της Σαχάρας εάν τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι <0.05 στατιστικά σημαντικά

Αίτια θνησιμότητας : CAR Καρδιακά, CER Εγκεφαλικά, CVD Καρδιαγγειακά, CIRC Κυκλοφορικά, RESP: Αναπνευστικά, TotM: Συνολική θνησιμότητα

MORD: Νοσηρότητα Morbidity, CVD-MORD: Καρδιοαγγειακή νοσηρότητα Cardiovascular morbidity, PAA: Εισαγωγές λόγω παιδικού άσθματος pediatric asthma admissions, BW: Βάρος γέννησης νεογνού Birth weight, GAD: ηλικία κύησης νεογνού gestational age at delivery, MENG: μηνιγγιτιδοκοκκική μηνιγγίτιδα meningococcal meningitis

* Mallone et al., 2011 εκτιμούν το αποτέλεσμα provide the effect estimate per 12.8 µg/m³, 10.8 µg/m³ and 19.8 µg/m³ for PM_{2.5}, PM_{2.5-10} and PM₁₀ αντίστοιχα

+ among the elderly, ηλικία>75 έτη

‡ regression coefficients :συντελεστές συσχέτισης για μια μέρα επεισοδίου, αύξηση για όλη την εγκυμοσύνη

Επιπτώσεις στην υγεία από λεπτόκοκκα σωματίδια

Μόνο τέσσερις εργασίες έχουν αναφερθεί στις επιπτώσεις στην υγεία των λεπτόκοκκων σωματιδίων της σκόνης της Σαχάρας. Αυτές οι μελέτες έδωσαν

παρόμοια αποτελέσματα και η συσχέτιση (αν υπάρχει) των λεπτών σωματιδίων με την ολική ή ειδική θνησιμότητα δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Στη Βαρκελώνη (Ισπανία), τα αποτελέσματα της βραχυπρόθεσμης έκθεσης σε $PM_{2.5}$ δεν ήταν στατιστικά σημαντικά (p για αλληλεπίδραση = 0,56) κατά τη διάρκεια των ημερών με σκόνη της Σαχάρας. Η ημερήσια αύξηση των $10 \mu g / m^3$ σε $PM_{2.5}$ αύξησε την ημερήσια θνησιμότητα κατά 5,0% (95% CI 0,5 - 9,7) κατά τη διάρκεια των ημερών με σκόνη της Σαχάρας σε σύγκριση με 3,5% (95% CI 1.6 έως 5.5) κατά τη διάρκεια των ημερών χωρίς τη σκόνη (Perez et al., 2008).

Η μελέτη του Jimenez et al., (2010) που διεξήχθη στη Μαδρίτη (Ισπανία), διαπίστωσε ότι οι ημερήσιες μέσες συγκεντρώσεις $PM_{2.5}$ εμφάνισαν μια σημαντική στατιστική συσχέτιση της ημερήσιας θνησιμότητας για τη συνολική θνησιμότητα, από αιτίες του κυκλοφορικού και αναπνευστικού συστήματος για τις μέρες χωρίς ερημική σκόνη ενώ δεν υπήρχε συσχέτιση για τις μέρες με σκόνη. Ομοίως, μια πρόσφατη μελέτη που διεξήχθη στην ίδια περιοχή (Μαδρίτη, Ισπανία) ανέφερε ότι οι επιπτώσεις για την υγεία των $PM_{2.5}$ δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια των ημερών με σκόνη της Σαχάρας (Tobias et al., In press).

Στη Ρώμη, (Ιταλία) οι Mallone et al. 2011 διαπίστωσαν ότι το αποτέλεσμα των $PM_{2.5}$ που εκτιμήθηκε κατά τη διάρκεια των ημερών με σκόνη ήταν θετικό για αιτίες φυσικής θνησιμότητας, καρδιακής και αναπνευστικής, αλλά όχι στατιστικά σημαντικό ($p > 0.05$) με p values των όρων αλληλεπίδρασης μεγαλύτερο από 0,15 και πάντα πάνω από 0,30.

Επιπτώσεις στην υγεία από τα χονδρόκοκκα σωματίδια

Όλες οι μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία που προκαλούνται από χονδρόκοκκα σωματίδια κατά τη διάρκεια επεισοδίων σκόνης αναφέρονται σε έκθεση σε PM_{10} ή $PM_{2.5-10}$. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μερικές φορές η ποσότητα των $PM_{2.5-10}$ υπολογίζεται αφαιρώντας από τη μέτρηση των $PM_{2.5}$ τη μέτρηση των PM_{10} . Το μειονέκτημα αυτού είναι ότι η μέτρηση των χονδρόκοκκων σωματιδίων επηρεάζεται από τα σφάλματα δύο μετρήσεων αντί μιας.

Παρά το γεγονός ότι όλες οι μελέτες καταλήγουν στο ίδιο συμπέρασμα σχετικά με τα λεπτόκοκκα σωματίδια τα αποτελέσματα για τα χονδρόκοκκα δεν συμφωνούν μεταξύ τους. Μερικές από τις δημοσιευμένες μελέτες αναφέρουν ότι τα χοντρά σωματίδια κατά τη διάρκεια των ημερών σκόνης της Σαχάρας αυξάνουν τη θνησιμότητα, ενώ άλλες μελέτες δεν βρίσκουν συσχέτιση μεταξύ θνησιμότητας και δείκτη PM χοντρόκοκκων σωματιδίων.

Η ανάλυση της νοσηρότητας στη Λευκωσία, Κύπρος (Middleton et al., 2008) έδειξε ένα αυξημένο κίνδυνο (10,4%) νοσηλείας ημέρες με θύελλα σκόνης, κυρίως λόγω καρδιαγγειακών αιτιών, αλλά το μέγεθος της επίδρασης ήταν

συγκρίσιμο με εκείνο που παρατηρήθηκε στο τεταρτημόριο των ημερών χωρίς ερημική σκόνη με τα υψηλότερα επίπεδα του PM_{10} (6.3%). Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι το συμπέρασμα από αυτές τις συσχετίσεις ήταν περιορισμένο εξαιτίας του μικρού αριθμού των ημερών με θύελλα ερημικής σκόνης κατά την περίοδο της μελέτης. Μια πρόσφατη μελέτη που διεξήχθη στην Αθήνα αναφέρει ότι η επίδραση των PM_{10} στη θνησιμότητα κατά τη διάρκεια των ημερών χωρίς επεισόδια σκόνης ήταν υψηλότερη από το αποτέλεσμα που διαπιστώνεται κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου της έρευνας και ουσιαστικά μηδενική κατά τη διάρκεια των ημερών με επεισόδια σκόνης. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι η κίνηση σχετικών σωματιδίων, που επικρατούν σε ημέρες χωρίς ερημική σκόνη, έχουν περισσότερες τοξικές επιδράσεις από αυτές που προέρχονται από τη μεταφορά σωματιδίων από μεγάλες αποστάσεις, όπως η σκόνη της Σαχάρας (Samoli et al., 2011a). Από την άλλη πλευρά, η ίδια ερευνητική ομάδα διαπίστωσε μια αύξηση του κινδύνου σχετικά με την έξαρση του παιδικού άσθματος εξαιτίας των επεισοδίων σκόνης της Σαχάρας (Samoli et al., 2011b). Οι Sajani et al. (2011) στην Emilia Romagna (Ιταλία) δεν βρήκαν κανένα αποδεικτικό στοιχείο τροποποίησης του αποτελέσματος των επεισοδίων σκόνης στη σχέση συγκέντρωσης - απόκρισης μεταξύ PM_{10} και καθημερινών θανάτων.

Η εργασία των Perez et al. (2008) έδειξε ότι τα χονδρόκοκκα σωματίδια των επεισοδίων σκόνης αύξησαν σημαντικά την ημερήσια θνησιμότητα στη Βαρκελώνη, στην Ισπανία. Μια καθημερινή αύξηση των $10 \mu g / m^3$ των $PM_{10-2.5}$ αύξησε την ημερήσια θνησιμότητα κατά 8,4% ($p = 0,05$) σε σύγκριση με το 1,4% που έχει καθορισθεί για τις ημέρες με απούσα την ερημική σκόνη. Η μελέτη των Tobias et al. χρησιμοποίησε την ίδια μεθοδολογία με τους Perez et al. (2008), και επίσης κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η επίπτωση στην υγεία των $PM_{10-2.5}$ ήταν υψηλότερη κατά τη διάρκεια των ημερών της Σαχάρας σκόνης από ότι κατά τη διάρκεια των ημερών μη-Σαχάρας σκόνης. Ομοίως, οι Mallone et al., 2011 βρήκαν ότι η συσχέτιση των $PM_{10-2.5}$ με την καρδιακή θνησιμότητα ήταν ισχυρότερη στις ημέρες με Σαχάρα σκόνη (9,73%, $p = 0,005$) σε σχέση με τις ημέρες με μη Σαχάρα σκόνη (0,86%). Στην ίδια μελέτη κατά τη διάρκεια των ημερών σκόνης, συγκέντρωσης PM_{10} προκλήθηκε αύξηση του 9,55% της καρδιακής θνησιμότητας σε σύγκριση με 2,09% στις ελεύθερες από σκόνη ημέρες, ($p = 0.02$). Οι Jimenez et al. (2010) διαπίστωσαν ότι οι καθημερινές συγκεντρώσεις σωματιδίων PM_{10} στη Μαδρίτη παρουσίασαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την καθημερινή θνησιμότητα από όλες τις αιτίες τις ημέρες με σκόνη της Σαχάρας, ενώ η συσχέτιση αυτή δεν αποδείχθηκε για τις ημέρες που ήταν ελεύθερες από τη σκόνη. Αυτές οι μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα επεισόδια σκόνης της Σαχάρας μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία και επεσήμαναν την αναγκαιότητα για περαιτέρω έρευνα

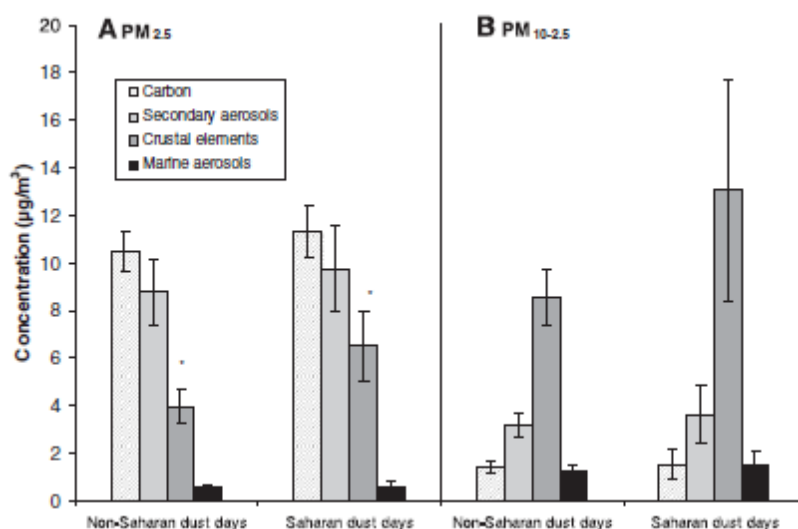
σχετικά με το ρόλο των χονδρόκοκκων σωματιδίων και του μηχανισμού με τον οποίο η σκόνη της Σαχάρας αυξάνει την θνησιμότητα.

Σχέση μεταξύ των χημικών ειδών και των επιπτώσεων στην υγεία

Όσον αφορά τις πιθανές επιπτώσεις συγκεκριμένων χημικών ειδών στις ανθρώπινες ασθένειες στην Ευρώπη, οι Perez et al., (2008) μελέτησαν τη χημική σύσταση των σωματιδίων για να εξηγήσουν τις μεταβολές των επιπτώσεων στην υγεία. Αυτοί βρήκαν τη χημική σύνθεση των $PM_{2,5}$ και PM_{10} , που συμπεριλαμβάνουν : μη ορυκτό άνθρακα (nmC), ολικό άνθρακα, θαλάσσιου αερόλυμα και του φλοιϊκό (νάτριο και χλώριο), ανόργανα δευτερογενή συστατικά (θειικά, νιτρικά, και αμμώνιο), καθώς και μέταλλα και ιχνοστοιχεία. Η χημική σύνθεση του $PM_{10-2.5}$ υπολογίστηκε με την αφαίρεση της χημικής σύνθεσης του $PM_{2,5}$ από PM_{10} . Η σύγκριση των μεταβολών της προσαρμοσμένης μάζας και της χημικής συγκέντρωσης κατά τη διάρκεια των ημερών με Σαχαρική σκόνη και μη διεξήχθη από πολυμεταβλητή γραμμική παλινδρόμηση. Το Σχήμα 3 δείχνει τη συγκέντρωση της μάζας των ειδών των μεγάλων ομάδων κατά τη διάρκεια των $PM_{2,5}$ κυριαρχείται από μη ορυκτό άνθρακα (40% της σωματιδιακής ύλης) και δευτερογενών ανόργανων αερολυμάτων (34%), με μικρότερες ποσότητες φλοιϊκών στοιχείων (23%). Σε αντίθεση, ο $PM_{10-2.5}$ κυριαρχείται από στοιχεία του φλοιού (65%), με μικρότερες ποσότητες δευτερογενών αερολυμάτων (18%), θαλάσσια αερολύματα (8%), και μη ορυκτό άνθρακα (8%). Η χημική σύνθεση ποικίλλει εξίσου στα $PM_{2,5}$ και $PM_{10-2.5}$ κατά τη διάρκεια των ημερών με Σαχάρια σκόνη. Επιπλέον, τα μέταλλα που εμπλέκονται στα μονοπάτια του οξειδωτικού στρες, όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, ο μόλυβδος και ο ψευδάργυρος ήταν παρομοίως άφθονα κατά τη διάρκεια των ημερών Σαχάριας σκόνης και ημερών μη-Σαχάριας σκόνης στο $PM_{10-2.5}$. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κάποιοι παράγοντες που συνδέονται με τον $PM_{10-2.5}$ και μεταφέρονται από Σαχάρια σκόνη, όπως παρασιτοκτόνα ή βιομηχανικά υποπροϊόντα, αν και δεν ανιχνεύονται, μπορεί να είναι υπεύθυνα για την αυξημένη θνητότητα. Επίσης προτείνουν ότι το βιογενές φορτίο των χονδρών σωματιδίων της Σαχάριας σκόνης είναι μια πιθανή εξήγηση για τις παρατηρούμενες επιπτώσεις. Αν και τα χονδρόκοκκα σωματίδια φαίνεται να είναι πιο επικίνδυνα κατά τη διάρκεια των ημερών με Σαχάρια σκόνη, οι διαφορές στη χημική σύνθεση δεν είναι ικανές να εξηγήσουν αυτές τις παρατηρήσεις.

Περαιτέρω εργασίες θα πρέπει να διεξαχθούν όσον αφορά τη χημική σύνθεση του χονδρόκοκκου κλάσματος κατά τη διάρκεια των επεισοδίων Σαχάριας σκόνης. Η μελέτη των Perez et al., (2008) εγείρει ανησυχίες για πιθανή υποτίμηση της τοξικότητας από χονδρόκοκκα σωματίδια όταν προέρχονται από πηγές της ερήμου (Sandstorm and Forsberg, 2008). Αποδείξεις υπάρχουν από προηγούμενες μελέτες που δείχνουν ότι οι αλλεργίες και οι φλεγμονώδεις

επιδράσεις είναι ισχυρότερες από τα χονδρόκοκκα σωματίδια από ό, τι από τα λεπτόκοκκα σωματίδια (Harro et al. 2007, Alexis et al. 2006), ενώ οι Griffin et al., (2001) εντόπισαν την παρουσία βακτηρίων και μυκήτων σε σωματίδια Σαχάριας σκόνης. Η μελέτη των Polymenakou et al. (2008) αποκαλύπτει την παρουσία πολλών παθογόνων στο αερόλυμα κατά τη διάρκεια μιας έντονης εκδήλωσης Σαχάριας σκόνης στην Ανατολική Μεσόγειο.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.27 ΜΕΣΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ (ΜΕ 95% CI) ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ PM_{2.5} ΚΑΙ PM_{10-2.5} ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΜΗ-ΣΑΧΑΡΙΩΝ ΗΜΕΡΩΝ ΣΚΟΝΗΣ (n = 80) ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΑΧΑΡΙΩΝ ΗΜΕΡΩΝ (n = 9).

Ο αστερίσκος υποδεικνύει P value < 0.05 για σύγκριση με κάθε κλάσμα των συγκεντρώσεων μάζας προσαρμοσμένο κατά τη διάρκεια των Σαχάριων και μη Σαχάριων ημερών σκόνης. Πηγή: Perez et al, 2008

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΚΟΝΗ ΤΗΣ ΕΡΗΜΟΥ ΣΕ ΟΛΟ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία από τη σκόνη της ερήμου σε περιοχές εκτός της ευρωπαϊκής ηπείρου αρκετές μελέτες αναφέρονται, στη συσχέτιση μεταξύ των επεισοδίων της σκόνης και της θνητότητας, κυρίως από καρδιαγγειακά και αναπνευστικά αίτια. Η πλειοψηφία αυτών των μελετών αφορούν την Ασία, κυρίως την Ταϊβάν και την Κορέα και τη σκόνη της Ασιατικής ερήμου (De Longueville et al., 2010). Στην Ταϊπέι της Ταϊβάν, κατά τη διάρκεια των Μογγολικών επεισοδίων σκόνης μια αύξηση των 10 µg m⁻³ στο PM₁₀ αύξησε τη συνολική θνησιμότητα κατά 0,72% (Chen et al., 2004). Άλλες μελέτες στην Ασία αναφέρουν τον παράγοντα κινδύνου από την έκθεση στην Ασιατική σκόνη στις αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις (Mu et al., 2010; Cheng et al., 2008; Yoo et al., 2008; Meng and Lu, 2007; Kwon et al. 2002; Park et al., 2005). Ωστόσο, τα στοιχεία από τις μελέτες αυτές ήταν περιορισμένα, διότι οι εκτιμήσεις της έκθεσης είχαν ανεπαρκώς περιγραφεί και πιθανοί συγχυτικοί

παράγοντες είχαν ανεπαρκώς ελεγχθεί (Hashizume et al., 2010). Για την περιοχή της υπο-Σαχάριας Αφρικής μόνο μία μελέτη αναφέρεται στον πιθανό ρόλο της σκόνης με ορυκτολογικά μέταλλα στην αναπνευστική λειτουργία των παιδιών (Glew et al., 2004). Στο Brisbane, της Αυστραλίας, επεισόδια σκόνης της ερήμου συνδέθηκαν με μεταβολές στην σοβαρότητα του άσθματος (Rutherford et al., 1999). Όσον αφορά την Κεντρική Αμερική προηγούμενες μελέτες που εστίασαν σε επεισόδια παιδικού άσθματος και εισαγωγές έκτακτης ανάγκης στο νησί της Καραϊβικής Τρίνιταντ, δείχνουν αύξηση των αναπνευστικών κρουσμάτων σε σχέση με τις ημέρες της Σαχάριας σκόνης (Monteil 2008; Gyan et al. 2005). Ωστόσο, μια μεταγενέστερη μελέτη δεν επιβεβαίωσε τα ευρήματα αυτά (Prospero et al., 2008).

Μέτρα Πρόβλεψης και Άμβλυνσης του φαινομένου

Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις και επιστημονική συναίνεση ότι η κλιματική αλλαγή είναι πραγματική. Κατά τα τελευταία χρόνια, πολλές χώρες σε όλη την περιοχή της Ευρώπης έχουν βιώσει αύξηση του αριθμού των καυσώνων, των πλημμυρών και / ή της ξηρασίας (Ternbeth et al., 2007). Επιπλέον, αυτά τα καιρικά φαινόμενα προστίθενται στα υπάρχοντα προβλήματα της ερημοποίησης, ενώ εισάγουν επίσης νέες απειλές για την ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Ήπειρος έχει μεγάλες ξηρές περιοχές γύρω στα 299,7 Mha, ευαίσθητα στην ερημοποίηση (UNEP, 1991).

Οι διεργασίες ερημοποίησης επηρεάζουν το 8-10% του συνόλου της ευρωπαϊκής γης από χαμηλούς σε υψηλούς βαθμούς υποβίβασης. Οι κύριοι παράγοντες και οι αιτίες των διεργασιών ερημοποίησης που λαμβάνουν χώρα στην Ευρώπη είναι γεωμορφολογικές διαδικασίες διάβρωσης του εδάφους, μεταβολές στο υδατικό ισοζύγιο, υπερεκμετάλλευση των υδάτινων πόρων, αύξηση των δασικών πυρκαγιών, κ.α. Η περιοχή της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε διεργασίες ερημοποίησης λόγω των εύθραυστων περιβαλλοντικών συνθηκών. Θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να εξασφαλιστεί η σχετική προστασία της υγείας, καθώς η κλιματική αλλαγή και η διαδικασία της ερημοποίησης θα προκαλέσει πιθανώς αύξηση των επεισοδίων σκόνης. Η έρευνα θα πρέπει να γίνει στο δρόμο της μοντελοποίησης και της πρόβλεψης τόσο της ερημοποίησης της Λεκάνης της Μεσογείου όσο και της εμφάνισης των θυελλών σκόνης. Απαιτείται περαιτέρω εργασία για τα σημαντικά ερωτήματα που εγείρονται και αφορούν την παρακολούθηση, την πρόβλεψη και την πρόγνωση των επεισοδίων εισβολής σκόνης από τη Σαχάρα. Οι προβλέψεις για τη σκόνη θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση του κοινού, ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι για την υγεία. Μηνύματα ειδοποίησης και γενικές συστάσεις για το κοινό και ιδιαίτερα τους ηλικιωμένους,

όπως η μείωση των υπαίθριων δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια θυελλών σκόνης θα μπορούσε να βελτιώσει τη δημόσια υγεία.

Ένα άλλο θέμα προς εξέταση είναι η καθίζηση της αφρικανικής σκόνης κατά τη διάρκεια των επεισοδίων σκόνης που μπορεί να αυξήσει την επαναιώρηση σωματιδίων κατά τη διάρκεια ενός αριθμού ημερών μετά το επεισόδιο. Αυτές οι συνεισφορές επαναιώρησης μπορεί να ενισχύσουν σημαντικά τα επίπεδα PM για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ό, τι κατά τη διάρκεια της εισβολής της σκόνης. Για την καταπολέμηση της επαναιώρησης της σκόνης μετά από μεγάλης έντασης επεισόδια εισβολής αφρικανικής σκόνης, θα μπορούσαν να παρθούν μέτρα άμβλυνσης από τις εθνικές αρχές των χωρών που υποφέρουν από συχνά επεισόδια. Η σάρωση και ο καθαρισμός των οδών θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική μέθοδος στη μείωση των σωματιδίων σκόνης της Σαχάρας που είναι διαθέσιμα για επαναιώρηση. Πρόσφατες μελέτες παρέχουν αποδεικτικά στοιχεία ότι αυτές οι μέθοδοι μειώνουν την επαναιώρηση από το ασφαλτοστρωμένο οδόστρωμα (Karanasiou et al., 2011; Amato et al., 2010).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ευρώπη οι πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των επεισοδίων σκόνης έχουν σπάνια μελετηθεί. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δείχνει ότι η συσχέτιση των λεπτόκοκκων σωματιδίων με την ολική ή μερική αιτία πρόκλησης ημερήσιας θνησιμότητας δεν είναι σημαντική κατά τη διάρκεια των εισβολών σκόνης από τη Σαχάρα. Ωστόσο, όσον αφορά τα χονδρόκοκκα σωματίδια PM₁₀ ή PM_{2.5-10} δεν μπορεί να δοθεί μία σαφής απάντηση. Μερικές από τις δημοσιευμένες μελέτες αναφέρουν ότι το κλάσμα των χονδρόκοκκων σωματιδίων αυξάνει τη θνησιμότητα κατά τη διάρκεια των ημερών σκόνης της Σαχάρας, ενώ άλλες μελέτες δεν βρίσκουν συσχέτιση μεταξύ θνητότητας και χονδρόκοκκου PM. Οι λόγοι για αυτή την απόκλιση μεταξύ των δημοσιευμένων μελετών θα μπορούσαν να οφείλονται στα:

- στο διαφορετικό μέγεθος κλάσματος που μελετήθηκε (PM or PM_{2.5-10}) και στο διαφορετικό τρόπο που καθορίζεται η συγκέντρωση των χονδρόκοκκων σωματιδίων, π.χ.: PM_{2.5-10} υπολογίζεται αφαιρώντας μια άμεση μέτρηση του PM_{2.5} από μια άμεση μέτρηση του PM₁₀. Το μειονέκτημα αυτού του τρόπου είναι ότι η μέτρηση των χονδρόκοκκων σωματιδίων επηρεάζεται από δύο σφάλματα μετρήσεων αντί ενός. Οι μελέτες που αναφέρονται σε PM_{2.5-10} (Tobías et al., in press; Mallone et al., 2011; Perez et al., 2008) είναι σε συμφωνία, και μια ισχυρή συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ των επιπέδων συγκέντρωσης και της καθημερινής θνησιμότητας, ενώ οι μελέτες που εξετάζουν το PM₁₀ (Samoli et al., 2011a; Sajani et al., 2011; Middleton et al., 2008) βγάζουν διαφορετικά αποτελέσματα, η επίδραση της Σαχάρας σκόνης στην ημερήσια

θνησιμότητα δεν ήταν σημαντική. Από την άλλη πλευρά οι Jimenez et. al. 2010 διαπίστωσαν ότι οι συγκεντρώσεις PM_{10} εμφανίζουν μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την καθημερινή θνητότητα κατά τις ημέρες με Σαχάρια σκόνη, ενώ η συσχέτιση αυτή δεν αποδείχθηκε για τις ημέρες μη-Σαχάριας σκόνης.

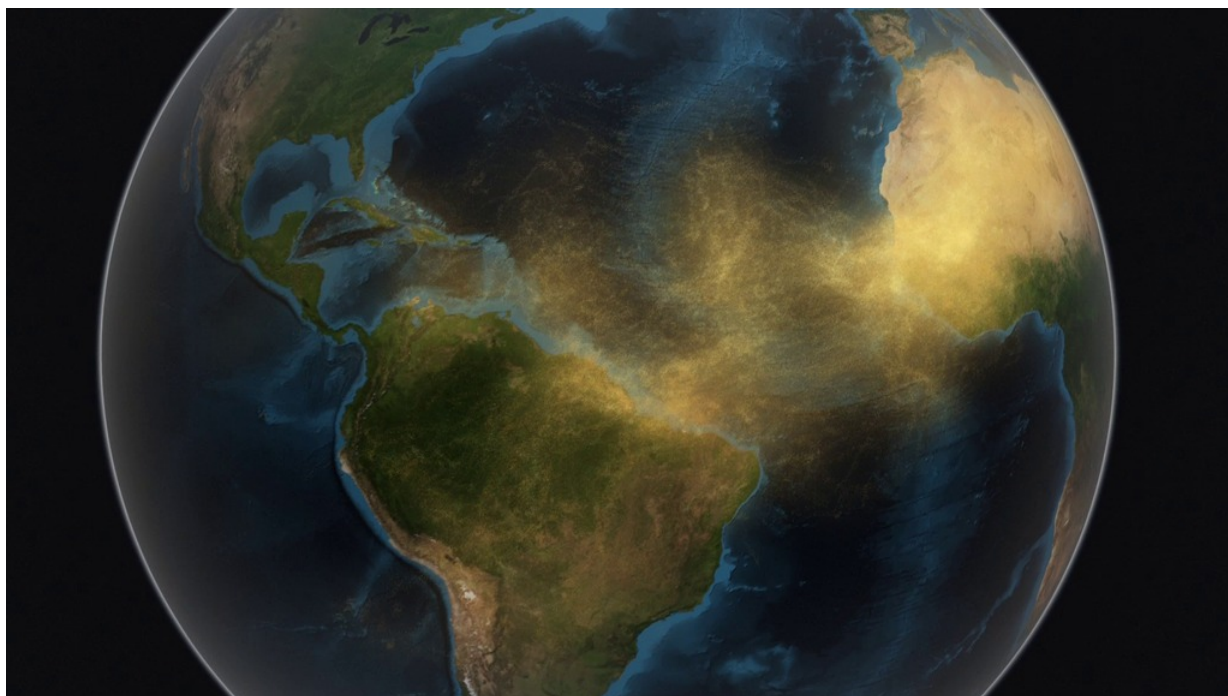
- Στις διαφορετικές χρονικές περιόδους που μελετήθηκαν, π.χ.: τα κύματα καύσωνα θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης, έτσι ώστε να πρέπει να εξαιρεθούν από τις βάσεις δεδομένων
- Στις διαφορετικές περιοχές μελέτης. Καθώς οι περιβαλλοντικές συνθήκες συχνά δεν κατανέμονται ομοιόμορφα χρονικά, η φύση των επεισοδίων σκόνης τις καθιστά δύσκολες για μελέτη. Οι επιδημιολογικές μελέτες απαιτούν επαρκή στατιστική ισχύ για την εξαγωγή οριακά σημαντικών επιπτώσεων, ενώ η χαμηλή συχνότητα των ημερών με σκόνη της Σαχάρας εμποδίζουν την ανάλυση της ειδικής αιτίας θνησιμότητας. Καθώς η εμφάνιση και η ένταση των εισβολών Σαχάριας σκόνης είναι υψηλότερη στη λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου απ' ό,τι στη λεκάνη της Δυτικής Μεσογείου η στατιστική ισχύς των επιδημιολογικών μελετών που διεξήχθησαν σε αυτές τις περιοχές είναι μάλλον διαφορετική. Ωστόσο, δύο μελέτες (Mallone et al. 2011 και Sajani et al. 2011) που και οι δύο διεξήχθησαν στην Ιταλία κατέληξαν σε διαφορετικά αποτελέσματα.
- Οι διαφορετικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό της επεισοδιακής ημέρας που περιλαμβάνουν συνδυασμούς ανάλυσης οπισθοτροχιών, PM_{10} επιπέδων συγκέντρωσης, παρατηρήσεις lidar και PM_{10}/NO_2 τιμές. Οι ερευνητές θα πρέπει να συνάψουν ένα κοινό πρωτόκολλο για τον ορισμό των επεισοδίων Σαχάριας σκόνης ώστε να παράξουν συγκρίσιμα αποτελέσματα.

Το κύριο συμπέρασμα αυτής της ανασκόπησης είναι ότι οι επιπτώσεις στην υγεία των επεισοδίων εισβολής Σαχάριας σκόνης πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω, ιδιαίτερα στις Νότιες περιοχές της Ευρώπης, οι οποίες επηρεάζονται περισσότερο από αυτά τα επεισόδια, χρησιμοποιώντας συγκρίσιμες μεθοδολογίες. Δεδομένου ότι υπάρχει κάποια απόδειξη για τους κινδύνους στην υγεία των χονδρόκοκκων σωματιδίων $PM_{2.5-10}$ κατά τη διάρκεια των επεισοδίων Σαχάριας σκόνης, οι μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να εστιάσουν στο χημικό χαρακτηρισμό των χονδρόκοκκων σωματιδίων κατά τη διάρκεια αυτών των επεισοδίων. Οι τοξικές επιδράσεις των χονδρόκοκκων σωματιδίων που προέρχονται από πηγές της ερήμου θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω.

Το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας μπορεί να θεωρηθεί ότι καθορίζει τους στόχους και τη στρατηγική της νέας Ευρωπαϊκής οδηγίας 2013 σχετικά με τα ατμοσφαιρικά επίπεδα σωματιδίων. Τα επεισόδια της σκόνης της Σαχάρα επηρεάζουν κυρίως τις χώρες της Μεσογείου. Μια εφαρμογή της κοινωνικής πολιτικής στην Ευρώπη είναι η προστασία της δημόσιας υγείας και οι ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης από σωματίδια πρέπει να είναι πιο αυστηρά

ελεγχόμενες σε περιοχές που επηρεάζονται περισσότερο από τη Σαχάρια σκόνη (Perez και Kunzli, 2011).

8.4 Η NASA ΜΕΛΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗ ΣΚΟΝΗ



Η NASA χρησιμοποιώντας το Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation, ή αλλιώς CALIPSO, μελέτησε το φαινόμενο της μεταφοράς αφρικανικής σκόνης από την έρημο Σαχάρα, για την χρονική περίοδο από το 2007 έως και το 2013. Τα συμπεράσματα που βγήκαν ήταν ενδιαφέροντα.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τη NASA, κάθε χρόνο μεταφέρονται 182 εκατομμύρια τόνοι σκόνης από την Σαχάρα προς τη Δύση. Διασχίζουν συνολικά 1600 μίλια, πάνω από τον Ατλαντικό και περίπου 27,7 εκατομμύρια τόνοι σκόνης προσγειώνονται στον Αμαζόνιο. Η ποσότητα σκόνης που μεταφέρεται με αυτόν τον τρόπο είναι το αντίστοιχο του όγκου υλικών που θα μπορούσαν να μεταφέρουν οδικώς 689.290 φορτηγά μεσαίου μεγέθους.

Η σκόνη που ταξιδεύει, μεταφέρει φώσφορο, ο οποίος προκύπτει από βράχους με υπολείμματα νεκρών μικροοργανισμών από μια περιοχή που ήταν αρχαία λίμνη στο Τσαντ. Ο φώσφορος που μεταφέρεται μέσω της αφρικανικής σκόνης στον Αμαζόνιο, προσφέρει πολύτιμα θρεπτικά χαρακτηριστικά και φυσικό λίπασμα στα φυτά της περιοχής, έχοντας έτσι ευεργετική επίδραση για την ζωή τους.

Το CALIPSO της NASA προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για το ύψος και άλλες διαστάσεις ενός φαινομένου που είναι ορατό από το διάστημα.

8.5 Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ «ΣΚΟΤΩΝΕΙ» 3,3 ΕΚ. ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΕΤΗΣΙΩΣ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση θα μπορούσε να αποτελεί την αιτία θανάτου για 6,6 εκατομμύρια ζωές μέχρι το 2050. Κάθε χρόνο 3,3 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως πεθαίνουν πρόωρα από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ένας αριθμός που αναμένεται να διπλασιαστεί μέχρι το 2050, αν οι εκπομπές συνεχίσουν να αυξάνονται με το σημερινό ρυθμό. Αυτό είναι το συμπέρασμα μελέτης που πραγματοποιήθηκε από ομάδα ερευνητών του Ινστιτούτου Κύπρου και του Ινστιτούτου Max Planck Institute for Chemistry στο Mainz της Γερμανίας. Παραδόξως, οι μεγαλύτερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν είναι η βιομηχανία και οι μεταφορές, αλλά οι μικρές οικιακές πυρκαγιές και η γεωργία.

Τα σοβαρά στοιχεία που προειδοποιούν για τις συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και προκύπτουν από την έρευνα που δημοσιεύει το επιστημονικό περιοδικό Nature έχουν λάβει διεθνή προβολή στα μεγαλύτερα ειδησεογραφικά δίκτυα και ΜΜΕ όπως το CNN, Washington Post, The Guardian και NBC News.

Η έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ιδιαίτερα έντονη στην Ασία, ιδίως στην Κίνα και την Ινδία, καταγράφοντας τα τρία τέταρτα των θανάτων που σχετίζονται με τη ρύπανση παγκοσμίως. Στο τρέχον τεύχος του περιοδικού Nature, μια ομάδα επιστημόνων με επικεφαλής τον Johannes Lelieveld, διευθυντή στο Ινστιτούτο Max Planck Institute for Chemistry (MPIC) και Καθηγητή στο Ινστιτούτο Κύπρου (ΙΚυ), ανέφερε ότι 1,4 εκατομμύρια άνθρωποι στην Κίνα και 650.000 στην Ινδία πεθαίνουν ετησίως λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επίσης, στην Ευρωπαϊκή Ένωση η έκθεση στα πολύ μικρά αιωρούμενα σωματίδια και το όζον αποτελεί την αιτία για το θάνατο 180.000 ανθρώπων ετησίως. Σε πολλές χώρες, η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για περίπου δέκα φορές περισσότερους θανάτους από τροχαία ατυχήματα.

Στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου, Μέσης Ανατολής και βόρειας Αφρικής, οι πρόωροι θάνατοι ανέρχονται σε περίπου 300.000 ετησίως, ενώ στην Κύπρο οι αντίστοιχοι αριθμοί είναι πολύ μικροί (περίπου 140 θάνατοι ανά έτος εκ των οποίων οι 80 οφείλονται σε ρύπανση από σκόνη).

Ο Καθηγητής Lelieveld, επικεφαλής της ομάδας των Ατμοσφαιρικών και Κλιματικών Μοντέλων του Ινστιτούτου Κύπρου, με τους συναδέλφους του κα Δέσποινα Γιανναδάκη (IKy), Ανδρέα Pozzer (MPIC) και άλλους συνεργάτες στις ΗΠΑ, την Κύπρο και τη Σαουδική Αραβία, διερεύνησαν για πρώτη φορά πως τα ποσοστά θνησιμότητας επηρεάζονται από διάφορες πηγές εκπομπών, όπως τη βιομηχανία, τις μεταφορές, τη γεωργία, τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, καθώς και από την οικιακή χρήση

ενέργειας, όπως γεννήτριες ντίζελ, μικρές σόμπες και ανοιχτά τζάκια ξύλου, που πολλοί άνθρωποι στην Ασία χρησιμοποιούν για θέρμανση και μαγείρεμα.

Τα εγκεφαλικά και καρδιακά επεισόδια αντιπροσωπεύουν τα τρία τέταρτα των πρόωρων θανάτων. Η ομάδα του Lelieveld επικεντρώθηκε στους πιο σημαντικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, τα λεπτά σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 2,5 μικρόμετρα και το όζον. Χρησιμοποίησαν ένα παγκόσμιο μοντέλο ατμοσφαιρικής χημείας για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ρύπων σε συνδυασμό με τα πιο πρόσφατα δεδομένα από επιδημιολογικές μελέτες. «Γνωρίζουμε αρκετά καλά από τις επιδημιολογικές μελέτες στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ πώς συγκεκριμένες συγκεντρώσεις ρύπων επηρεάζουν τα ποσοστά θνησιμότητας», δηλώνει ο Καθηγητής Johannes Lelieveld. Ωστόσο, επισημαίνει ότι τα στοιχεία αυτά δεν είναι αντιπροσωπευτικά πολλών μεγαλουπόλεων της Ασίας, όπου η ρύπανση του αέρα είναι πολύ υψηλότερη σε σχέση με ευρωπαϊκές και αμερικανικές πόλεις. Ως εκ τούτου, η ομάδα χρησιμοποίησε, μια εξειδικευμένη μέθοδο για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των ακραίων φαινομένων νέφους σε αυτές τις περιοχές.

«3,3 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν πρόωρα κάθε χρόνο ως αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτό είναι ένα τεράστιο ποσοστό θνησιμότητας», τονίζει ο Καθηγητής Lelieveld, σχολιάζοντας τα αποτελέσματα. Περίπου τα τρία

τέταρτα των θανάτων οφείλονται σε εγκεφαλικά επεισόδια και καρδιακές προσβολές, και 27% σε ασθένειες του αναπνευστικού και καρκίνο του πνεύμονα.

Σύμφωνα με επιδημιολογικές μελέτες, τα λεπτά σωματίδια οδηγούν σε εγκεφαλικές αγγειακές, καρδιακές και πνευμονικές παθήσεις και καρκίνο των πνευμόνων, ενώ το όζον τείνει να προκαλεί χρόνια βήχα και δύσπνοια. Τα μικροσκοπικά σωματίδια διεισδύουν βαθιά μέσα στους πνεύμονες και πιθανώς ακόμη και σε αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας τον κίνδυνο καρδιακής προσβολής και εγκεφαλικού επεισοδίου. Δεν είναι ακόμα σαφές πώς οι διάφοροι τύποι των λεπτών σωματιδίων, όπως η αιθάλη, θειικά άλατα, οργανικές ουσίες και λεπτά ορυκτά σωματίδια, διαφέρουν αναφορικά με τις τοξικές επιδράσεις τους.

Οι μικρές οικιακές πυρκαγιές είναι οι χειρότεροι ρυπαντές του αέρα

Ο Lelieveld και οι συνεργάτες του έμειναν έκπληκτοι όταν εξέτασαν τις επιμέρους πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. «Είναι γενικά παραδεκτό ότι η βιομηχανία και οι μεταφορές είναι οι χειρότεροι ρυπαντές του αέρα. Αλλά αυτό δεν είναι προφανώς η περίπτωση σε παγκόσμια κλίμακα», σημειώνει ο Lelieveld. Μεγάλο μέρος της αιθαλομίχλης στην Ινδία και την Κίνα προκαλείται από μικρές οικιακές πυρκαγιές. Συνολικά, το ένα τρίτο των πρόωρων θανάτων παγκοσμίως οφείλονται σε αυτή τη μη αποτελεσματική μορφή της καύσης.

Αντίθετα, η κύρια αιτία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη, τη Ρωσία, την Τουρκία, την Ιαπωνία και τις ανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες είναι, παραδόξως, η γεωργία. Η αμμωνία εισέρχεται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της χρήσης λιπασμάτων, και από την κτηνοτροφία. Στη συνέχεια, μια σειρά αντιδράσεων σχηματίζουν θειικό αμμώνιο και νιτρικό αμμώνιο, ουσίες που αποτελούν σημαντικό παράγοντα στο σχηματισμό μικρών αερομεταφερόμενων σωματιδίων. Στην πραγματικότητα, η γεωργία είναι η αιτία του ενός πέμπτου του συνόλου των θανάτων που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Σε ορισμένες χώρες, για παράδειγμα στην Ουκρανία, τη Ρωσία και τη Γερμανία, ο αριθμός αυτός ξεπερνά το 40%.

Άλλες σημαντικές πηγές είναι οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από ορυκτά καύσιμα, η βιομηχανία, η καύση βιομάζας και τα μηχανοκίνητα οχήματα. Στο σύνολό τους αποτελούν το ένα τρίτο των πρόωρων θανάτων. Μόλις το ένα πέμπτο των πρόωρων θανάτων οφείλονται σε φυσικές πηγές σκόνης, ιδιαίτερα από τις ερήμους της Βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής.

Επιπλέον, ο Lelieveld και οι συνάδελφοί του πρόβλεψαν πώς η κατάσταση αυτή μπορεί να αλλάξει τις επόμενες δεκαετίες. Υπέθεσαν ένα “business-as-usual” σενάριο στο οποίο οι εκπομπές συνεχίζουν να αυξάνονται με τους σημερινούς ρυθμούς και δεν ελέγχονται από νέες νομοθεσίες. Με βάση αυτή την παραδοχή, η θνησιμότητα που αποδίδεται στη ατμοσφαιρική ρύπανση στη Νότια Ασία και την Ανατολική Ασία, θα διπλασιαστεί μέχρι το 2050. Ο αριθμός των θανάτων που προκαλούνται από το νέφος παγκοσμίως θα μπορούσε να ανέλθει σε 6,6 εκατομμύρια ετησίως. Αντίστοιχα, στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ είναι πιθανόν να αυξηθεί ελαφρώς, ιδίως στις μεγάλες πόλεις.

9^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα δεδομένα προκύπτει πως υπάρχει μία αύξηση των επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης τα προηγούμενα χρόνια. Το 2005 έλαβαν χώρα 11 επεισόδια, ενώ το 2008, 25 επεισόδια. Η αύξηση φαίνεται και από το ότι το 2009 και το 2010 παρόλο που ήταν διαθέσιμα λιγότερα από τα μισά δεδομένα καταγράφηκαν 19 και 11 επεισόδια αντίστοιχα. Η μεγαλύτερη μέση ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε το 2009 και ήταν $1039,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$.

Με βάση τους ανέμους η αφρικανική σκόνη μπορεί να μεταφερθεί προς τρεις κατευθύνσεις : Ευρώπη, Αμερική, Μέση Ανατολή.

Η έρημος Σαχάρα αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή σωματιδίων ορυκτής προέλευσης στον κόσμο ενώ η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή προέλευσης αφρικανικής σκόνης είναι η κοιλάδα «Bodele» που βρίσκεται στην περιοχή που παλιά εκτεινόταν η λίμνη Τσαντ και λόγω της ερημοποίησης μετατράπηκε σε έρημο.

Η μεταφορά της σκόνης στην Ελλάδα είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης ενός βαρομετρικού συστήματος πάνω από τη βορειοδυτική Αφρική και τη δυτική Μεσόγειο και την ταυτόχρονη επικράτηση νοτιοδυτικών ανέμων.

Η σκόνη ανάλογα από την πηγή προέλευσης και την πορεία μεταφοράς της αποτελείται και από διαφορετικά χημικά στοιχεία. Τα μέταλλα που κυριαρχούν στην αφρικανική σκόνη είναι ο χαλαζίας (SiO_2), το οξείδιο του αργιλίου γνωστό ως αλουμίνα (Al_2O_3), το οξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_3), οξείδιο του μαγνησίου (MgO) και οξείδιο του ασβεστίου (CaO). Τα αιωρούμενα σωματίδια στη διαδρομή από την πηγή μέχρι να φτάσουν στην Ελλάδα, συσσωματώνονται με χημικές ρυπαντικές ενώσεις που υπάρχουν στα μεγάλα αστικά κέντρα με υψηλά επίπεδα ρύπανσης, όπως διάφορα οξείδια με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνα για την υγεία. Τα σωματίδια που φθάνουν στην Ελλάδα από τη Σαχάρα, είναι τα μικρότερα και ελαφρύτερα, διότι τα μεγαλύτερα, ως βαρύτερα, εναποτίθενται στη διαδρομή (ξηρή εναπόθεση). Οι ενδείξεις, για σοβαρές επιπτώσεις στο αναπνευστικό και καρδιαγγειακό σύστημα σε ευπαθείς ομάδες από την εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων, είναι εμφανής. Το ποσοστό των ανθρώπων που πάσχουν από άσθμα έχει πολλαπλασιαστεί λόγω των επεισοδίων σκόνης. Όσο

μικρότερο μέγεθος έχουν τα σωματίδια τόσο πιο επικίνδυνα είναι, γιατί εισχωρούν βαθύτερα στο αναπνευστικό σύστημα. Οι μικροοργανισμοί που ενσωματώνονται στα σωματίδια της σκόνης προστατεύονται από την υπεριώδη ακτινοβολία. Οι μ/ο που μεταφέρονται μέσω της σκόνης προκαλούν ασθένειες σε φυτά και ζώα. Κρούσματα αφθώδους πυρετού σε βοοειδή στη Βρετανία έχουν συνδεθεί με επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει τις εκπομπές σκόνης με τις αλλαγές που προκαλεί στο κλίμα και με την «κακή» χρήση της γης.

Η αφρικανική σκόνη επηρεάζει το κλίμα άμεσα, μεταβάλλοντας το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα μέσω της απορρόφησης και της σκέδασης της ηλιακής ακτινοβολίας και έμμεσα με διεργασίες που αλλάζουν τις φυσικές ιδιότητες των νεφών.

Η θετική συνεισφορά της σκόνης εμφανίζεται κατά τη μεταφορά σκόνης πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό τον εμπλουτίζει με θρεπτικά συστατικά, όπως με σίδηρο και φώσφορο. Τα συστατικά αυτά αποτελούν απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για το φυτοπλαγκτόν. Επίσης με θρεπτικά συστατικά εμπλουτίζεται μέσω της μεταφοράς της αφρικανικής σκόνης και το τροπικό δάσος του Αμαζονίου.

Η μεταφορά σκόνης όμως πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό έχει και αρνητικές επιδράσεις σ' αυτόν καθώς οι μεγάλες ποσότητες θρεπτικών προκαλούν υπερπληθυσμό των φυκιών, με αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση του διαθέσιμου οξυγόνου για τους υπόλοιπους θαλάσσιους οργανισμούς.

Το φαινόμενο μεταφοράς της σκόνης και τον μ/ο που περιέχει έχουν συνδεθεί με την πρόκληση του φαινομένου των “κόκκινων παλιρροιών” και την καταστροφή κοραλλιογενών υφάλων. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτάται ιδιαίτερα από την προέλευση των αερίων μαζών. Όταν αυτές προέρχονται από νότιες διευθύνσεις και κυρίως την Αφρική τόσο οι συγκεντρώσεις PM_{10} όσο και $PM_{2.5}$ είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Τα $PM_{2.5}$ είναι πολύ πιο επικίνδυνα από τα PM_{10} γιατί εισχωρούν βαθύτερα στο αναπνευστικό ενώ δεν έχει θεσπιστεί ημερήσιο όριο από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα παρά μόνο τιμή στόχος για την μέση ετήσια συγκέντρωση $PM_{2.5}$.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΕΡΕΥΝΕΣ

Η μεταφορά σκόνης εξαρτάται από την εποχιακή διακύμανση. Οι τιμές ήταν υψηλότερες κατά την μετάβαση των εποχών και ειδικά την άνοιξη και το φθινόπωρο. Άλλος παράγοντας που επηρεάζει τις τιμές είναι η γεωγραφική θέση της κάθε πόλης. Όσο πιο Βόρεια και απομακρυσμένα από την έρημο Σαχάρα τόσο χαμηλότερες οι τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης. Η συγκέντρωση σωματιδίων μειώνεται κατά τη μεταφορά της από την Αφρική καθώς πολλά σωματίδια καθιζάνουν και δεν φτάνουν σε αυτά τα μέρη. Η συνεισφορά σκόνης στην ετήσια συγκέντρωση που υπερβαίνει τα όρια της Ε.Ε. είναι σε ποσοστό της τάξης του 20% ενώ πολλές φορές φτάνει και 60%. Η μέση ημερήσια υπέρβαση ορίου σκόνης ξεπερνάει τα 10% και για τα 4 χρόνια μελέτης. Η αφρικάνικη σκόνη αποτελεί το 45% των συνολικών σωματιδίων PM₁₀ σε Ν.Α. Ισπανία, στην Ελλάδα και Κύπρο 35%. Αυτά τα ποσοστά συγκέντρωσης είναι τα υψηλότερα από κάθε άλλη περιοχή της Μεσογείου ενώ κάποιες μέρες με επεισόδια σκόνης μπορεί να φτάσουν και το 80%.

Περιοχές με μεγάλο υψόμετρο έχουν μικρότερα ποσοστά σωματιδίων PM₁₀ 10-11% ενώ κεντρικές και ανατολικές περιοχές έχουν 13-15%.

Γενικότερα φαίνεται μία αύξηση στις τιμές συγκέντρωσης περίπου 3-4 μgm^{-3} από δυτικά προς το κέντρο και ανατολικά ενώ παρατηρείται και αύξηση σε σωματίδια αεροζόλ. Εκεί όμως μεσολαβούν και άλλοι παράγοντες. Πόλεις όπως Ρώμη, Μαρσείγ και Βαρκελώνη που ο ανθρώπινος παράγοντας είναι μεγάλος στην ρύπανση του αέρα οι τιμές συγκέντρωσης είναι της τάξης 13-22 μgm^{-3} .

Ωστόσο κάποιες τιμές μπορεί να επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως τοποθεσία της κάθε περιοχής, από εποχιακούς ανέμους που διασκορπίζουν μέρος της σκόνης και από κλιματολογικά χαρακτηριστικά. Η εισπνε-όμενη δόση σκόνης των Ελλήνων σε αυτές τις περιοχές εμφάνιζε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο άνω αναπνευστικό κομμάτι του ανθρώπου και στο θώρακα παρά στους πνεύμονες.

Στην Ευρώπη τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης από την Αφρική δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς και χρειάζεται να πραγματοποιηθούν παραπάνω αναλύσεις και έρευνες ειδικά στις Νότιες περιοχές της Ευρώπης. Με βάση την έρευνα

φαίνεται ότι τα επεισόδια δεν αυξάνουν σε ανησυχητικό βαθμό τα ποσοστά θνησιμότητας καθώς στις περισσότερες περιοχές μελέτης τις ημέρες με επεισόδια μεταφερόμενης σκόνης και αυτές χωρίς δεν είχαν μεγάλη διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδίων PM. Η διαφορά όμως των σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2,5} πρέπει να μελετηθεί περεταίρω καθώς σε μερικές έρευνες αποδεικνύεται ότι τα τραχιά σωματίδια PM₁₀ αυξάνουν τα ποσοστά θανάτων ενώ άλλες υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει σαφής σύνδεση των δύο.

- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Saharan dust levels in Greece and received inhalation doses

C. Mitsakou¹, G. Kallos¹, N. Papantoniou¹, C. Spyrou¹, S. Solomos¹, M. Astitha¹, and C. Housiadas

¹National and Kapodistrian University of Athens, Department of Physics, Athens, Greece

²National Centre for Scientific Research “Demokritos”, Inst. of Nuclear Technology and Radiation Protection, Athens, Greece (www.atmos-chem-phys.net/8/7181/2008/)

- Desert Dust Exposure Is Associated with Increased Risk of Asthma Hospitalization in Children

Kumiko T. Kanatani^{1,2}, Isao Ito³, Wael K. Al-Delaimy⁴, Yuichi Adachi⁵, William C. Mathews⁶, Joe W. Ramsdell⁷, and the Toyama Asian Desert Dust and Asthma Study Team ¹Clinical Research Course, ⁴Department of Family and Preventive Medicine, ⁶Department of Medicine, and ⁷General Internal Medicine, University of California, San Diego, San Diego, California; ²Graduate School of Medicine, and ³Department of Respiratory Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan; and ⁵Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, University of Toyama, Toyama, Japan

- Ben-Ami Y., Koren I., Rudich Y., Artaxo P., Martin S.T. and Andreae M.O. (2010) **‘Transport of Saharan dust from the Bodele Depression to the Amazon Basin: a case study’** Atmos. Chem. Phys. Discuss., 10, 4345–4372, 2010.

- Gobbi Gian Paolo, Francesca Barnaba, Riccardo Giorgi, Alessandra Santacasa (1999) **‘Altitude-resolved properties of a Saharan dust event over the Mediterranean’** Istituto di Fisica dell Atmosfera.

- Carinanos, P. et al. (2004) **‘Analysis of the particles transported with dust-clouds reaching Cordoba’.**

- Gerasopoulos E., P. Kokkalis, V. Amiridis, E. Liakakou, C. Perez, K. Haustein, K. Eleftheratos, M. O. Andreae, T. W. Andreae, and C. S. Zerefos (2009) **'Dust specific extinction cross-sections over the Eastern Mediterranean using the BSC-DREAM model and sun photometer data: the case of urban environments'**.
- **Meteorological Patterns Associated with Intense Saharan Dust Outbreaks over Greece in Winter (P. T. Nastos) Laboratory of Climatology and Atmospheric Environment, University of Athens, Faculty of Geology and Geoenvironment, Panepistimiopolis, 15784 Athens, Greece**
- Gill, A.E., 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics*. Academic Press, New York, 662 pp.
- Goudie and Middleton, 2001, Saharan dust storms: nature and consequences, *Earth-Science Rev.*, 56, 179-204.
- D'Almeida, G. A., 1987, Desert aerosol characteristics and effects on climate, In: *Palaeclimatology and Palaemeteorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport*, Eds. M. Leinen and M. Sarnthein, NATO ASI Series, C, vol. 282, 311-338.
- Guerzoni, S., W. Landuzzi, R. Lenaz, G. Quarantotto, G. Cesari, D. Ranmpazzo, and E. Molinaroli, 1992, Mineral atmospheric particulate from south to northwest Mediterranean: seasonal variations and characteristics, *Water Pollution Res. Rep.*, 28, 483-493.
- Guerzoni, S., E. Molinaroli, and R. Chester, 1997, Saharan dust inputs to the western Mediterranean Sea: depositional patterns, geochemistry and sedimentological implications, *Deep-Sea Res. II*, 44, 631-654.
- C. Arden Pope III, Douglas W. Dockery: Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect, Air & Waste Manage. Assoc. 56, 709-742, 2006.
- D. Balis, V. Amiridis, S. Kazadzis, A. Papayannis, G. Tsaknakis, S. Tzortzakis, N. Kalivitis, M. Vrekoussis, M. Kanakidou, N. Mihalopoulos, G.

Chourdakis, S. Nickovic, C. P´erez, J. Baldasano, and M. Drakakis: Optical characteristics of desert dust over the East Mediterranean during summer: a case study, Ann. Geophys. 24, 807–821, 2006.

- Air Quality Guidelines Global Update 2005, WHO Press, Switzerland, 2005.

- Λαζαρίδης, Μ., (2005) **Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.**

-Λαζαρίδης Μ. (2008) **‘Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους’** Εκδόσεις Τζιόλα

- **‘Σημειώσεις Μαθήματος «Έλεγχος Ρύπανσης Αέρα»**, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά. (2015)

-ΜΟΛΥΒΔΟΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπύρος Δρίβας, Ειδικός Ιατρός Εργασίας – Υπεύθυνος Κέντρου Υγείας-Υγιεινής της Εργασίας ΕΛΙΝΥΑΕ Σπύρος Δοντάς, Δρ. Χημικός – Κέντρο Υγείας-Υγιεινής της Εργασίας ΕΛΙΝΥΑΕ

-www.air-quality.gr(AIR DATA MANAGEMENT SYSTEM)

-<http://www.eurokerdos.com/?p=15585>



ΕΙΚΟΝΑ.32 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΡΙΟΥ ΑΝΤΙΡΙΟΥ