

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



826000265544



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

161

ΜΠΛΕ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΛΑΝΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ  
ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ ΚΑΙ  
ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΑ  
ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ  
ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΥΡΩΝΑΚΗΣ  
ΦΥΣΙΚΟΣ

Μ.Ε

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ -  
ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2006

Χρ.  
546



Handwritten annotations: a large oval, the letters 'M.F.' inside an oval, and another oval with a small 'a' to its left.



Handwritten text 'X6' and 'RTR' over a faint circular stamp.

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Βασίλειος Δ. Κατσούλης, Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Ιωάννης Πνευματικός, Λέκτορας Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Νικόλαος Χατζηαναστασίου, Λέκτορας Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου  
Ιωαννίνων



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

Πρόλογος	6
Περίληψη	7
Summary	8
Εισαγωγή	9

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1.1 Δορυφορικά δεδομένα αερολυμάτων	16
1.1.1 Δεδομένα Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)	16
1.1.2 Δεδομένα Global Aerosol Climatological Project (GACP)	17
1.1.3 Δεδομένα Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)	18
1.2 Επίγεια δεδομένα αερολυμάτων - Aerosol Robotic Network (AERONET)	18
1.3 Κλιματολογικά δεδομένα αερολυμάτων - Global Aerosol Data Set (GADS)	20

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1 Ανάλυση σε πλανητική κλίμακα	21
2.1.1 Πλανητική κατανομή ιδιοτήτων αερολυμάτων	21
2.1.1.1 Κλιματολογικά δεδομένα αερολυμάτων GADS	21
2.1.1.2 Δορυφορικά δεδομένα αερολυμάτων TOMS	22
2.1.1.3 Δορυφορικά δεδομένα αερολυμάτων GACP	24
2.1.1.4 Δορυφορικά δεδομένα αερολυμάτων MODIS	26
2.1.1.5 Σύγκριση μεταξύ ιδιοτήτων αερολυμάτων διαφορετικής προέλευσης	27
2.1.2 Αξιολόγηση οπτικού πάχους αερολυμάτων μέσω συγκρίσεων με δεδομένα AERONET	30
2.1.3 Αξιολόγηση ιδιοτήτων αερολυμάτων μέσω συγκρίσεων με δεδομένα AERONET	43
2.2 Ανάλυση για τη λεκάνη της Μεσογείου	48



2.2.1 Κατανομή φορτίου αερολυμάτων στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου	49
2.2.2 Μελέτη επεισοδίων αερολυμάτων	58
2.2.2.1 Σταθμός Imc Oristano	59
2.2.2.2. Σταθμός Lampedusa	64
2.2.2.3 Σταθμός Modena	68
2.2.2.4 Σταθμός Nes Ziona	72
2.2.2.5 Σταθμός Thala	75
2.2.2.6 Σταθμός Rome Tor Vergata	79
2.2.2.7 Σταθμός Sede Boker	83
2.2.2.8 Σταθμός Ispra	87
2.2.2.9 Σταθμός Venise	91
2.2.2.10 Σταθμός Dead Sea	95
2.2.2.11 Σταθμός Avignon	99
2.2.2.12 Σταθμός El Arenosillo	103
2.2.2.13 Σταθμός Ims Metu Erdemli	107
2.2.2.14 Σταθμός Forth Crete	111
2.2.3 Συγκεντρωτική μελέτη επεισοδίων αερολυμάτων στα 1020nm ανά σταθμό	116
2.2.4 Ακραία επεισόδια αερολυμάτων	124



<b>Συμπεράσματα</b>	<b>128</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>132</b>
<b>Παράρτημα-1</b>	<b>139</b>
<b>Παράρτημα-2</b>	<b>141</b>
<b>Παράρτημα-3</b>	<b>167</b>
<b>Παράρτημα-4</b>	<b>169</b>
<b>Λίστα ακρωνυμίων</b>	<b>172</b>



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Διπλωματική αυτή Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ) Μετεωρολογίας Κλιματολογίας και Φυσικής του Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, υπό την επίβλεψη του Λέκτορα κ. Νικόλαου Χατζηαναστασίου, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την επιστημονική κατάρτιση, την οποία μου παρείχε, την καλή και εποικοδομητική συνεργασία και τις χρήσιμες υποδείξεις του, καθ' όλην τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ευχαριστώ επίσης, τον Καθηγητή κ. Βασίλειο Κατσούλη, Διευθυντή του ΠΜΣ, για τη συμβολή του στη πρόοδό μου κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών και για την πολύτιμη συμβολή του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Ευχαριστώ το Λέκτορα κ. Ιωάννη Πνευματικό για τις υποδείξεις, διορθώσεις και την εν γένει συμβολή του στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Τέλος, ευχαριστώ και τα υπόλοιπα μέλη ΔΕΠ του Εργαστηρίου Μετεωρολογίας, τους Μεταπτυχιακούς Φοιτητές, ιδιαίτερα την Αναστασία Πασχαλίδου, την Σοφία Νικολαΐδη και τον Χρήστο Παπαδήμα και το υπόλοιπο προσωπικό του Τομέα Αστρογεωφυσικής για την συνεργασία και την καλή επικοινωνία που είχαμε κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

*Η εργασία αυτή αφιερώνεται στον πατέρα μου Αστέριο και στην μητέρα μου Δήμητρα.*





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετάται η χωροχρονική κατανομή των οπτικών ιδιοτήτων των αερολυμάτων σε πλανητική κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, μελετάμε το οπτικό πάχος και τον εκθετικό παράγοντα Angström. Οι παράγοντες αυτοί είναι σημαντικοί διότι περιγράφουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες των αερολυμάτων, καθώς και τον τρόπο αλληλεπίδρασής τους με την ακτινοβολία και κατ' επέκταση, την επίδρασή τους στο κλίμα του συστήματος Γης - Ατμόσφαιρας. Αρχικά, παρουσιάζονται κλιματολογικά δεδομένα οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 500 nm από τη βάση δεδομένων GADS (Global Aerosol Data Set), καθώς και αντίστοιχα δορυφορικά δεδομένα από τις βάσεις δεδομένων των TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), GACP (Global Aerosol Climatological Project) και MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Κατόπιν, επιχειρείται σύγκριση μεταξύ των παραπάνω δεδομένων διαφορετικής προέλευσης μεταξύ τους, ενώ επιχειρείται και επιμέρους αξιολόγησή τους μέσω συγκρίσεων με αντίστοιχα αξιόπιστα δεδομένα από επίγειες μετρήσεις εννέα Σταθμών του Παγκόσμιου Δικτύου Σταθμών AERONET (Aerosol Robotic Network), κατανεμημένων σε εννέα αντιπροσωπευτικές διαφορετικές περιοχές του πλανήτη.

Στη συνέχεια, η μελέτη εστιάζεται στην κλιματικά ευαίσθητη περιοχή της Λεκάνης της Μεσογείου. Μελετάται η κατανομή του οπτικού πάχους αερολυμάτων στο μήκος κύματος των 550 nm, τόσο από δορυφορικές πηγές προέλευσης, όσο και από δεκαπέντε (15) σταθμούς του δικτύου AERONET στην εν λόγω περιοχή. Κατόπιν προσδιορίζονται επεισόδια αερολυμάτων (με υψηλές τιμές οπτικού πάχους στα μήκη κύματος των 1020 nm και 440 nm) και μελετώνται τα χαρακτηριστικά τους, όπως η ένταση, η συχνότητα, η διάρκεια και ο χρονισμός τους. Προσδιορίζονται, επίσης, οι ανεμολογικές και οι συνοπτικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια των επεισοδίων, καθώς και η προέλευση των αερίων μαζών με τη χρήση ανάλυσης μοντέλου οπισθοπορείας. Τέλος, πραγματοποιείται μελέτη τριών περιπτώσεων ακραίων επεισοδίων αερολυμάτων στη Λεκάνη της Μεσογείου.



## SUMMARY

In this study, we investigate the spatial and temporal distribution of aerosol optical properties on global scale. More precisely, we study the aerosol optical thickness and the Angstrom wavelength exponent (or parameter). Such properties are very important since they describe the physical and chemical aerosol properties, as well as their interaction with radiation, and hence their effect on the climate of the Earth-atmosphere system. First, aerosol climatological optical properties at 500 nm are presented and discussed, as taken from the Global Aerosol Data Set (GADS), as well as from satellite databases, namely the Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), Global Aerosol Climatological Project (GACP) and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Subsequently, a comparison is performed between the above aerosol data from the different databases and corresponding reliable data from 9 stations of the surface-based global network Aerosol Robotic Network (AERONET) distributed over different climatic regions of the world.

In a next step, our study focuses on the climatologically sensitive region of Mediterranean basin. The distribution of aerosol optical thickness at 550 nm is studied, as taken both from satellite and surface-based measurement, namely from 15 stations of AERONET located in Mediterranean. A methodology is developed and applied in order to identify aerosol events (large optical thickness values at 1020 nm and 440 nm) taking place in these stations. Furthermore the characteristics of these events, namely their frequency, duration, timing and intensity are determined, as well as their characteristics such as the wind conditions and synoptic situations favoring the occurrence of aerosol events. In addition, the origin of air masses at various atmospheric levels during the aerosol events was determined by using back trajectory analysis. Finally, an analysis of 3 extreme aerosol events was performed by means of simulations obtained with a mesoscale model.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως ατμοσφαιρικά αερολύματα (aerosol particles) ορίζονται συμβατικά τα αιωρούμενα σωματίδια μέσα στον ατμοσφαιρικό αέρα, των οποίων η διάμετρος κυμαίνεται από 0.001 έως 10 μm. Τα σωματίδια αυτά είτε σχηματίζονται (προκύπτουν) από χημικές αντιδράσεις αερίων στην ατμόσφαιρα, είτε εκπέμπονται μέσω φυσικών ή ανθρωπογενών διαδικασιών στην επιφάνεια της Γης. Παρά το γεγονός ότι η μάζα τους αντιπροσωπεύει μόνο το  $10^{-9}$  της συνολικής μάζας της ατμόσφαιρας, η σημασία τους είναι εντούτοις πάρα πολύ μεγάλη δεδομένου ότι επηρεάζουν σημαντικά το ενεργειακό ισοζύγιο ακτινοβολίας, ιδιαίτερα των μικρών μηκών κύματος. Εξάλλου, η σημασία τους είναι μεγάλη και για πολλούς άλλους τομείς, όπως για παράδειγμα για τη χημεία της ατμόσφαιρας, την οπτική της ατμόσφαιρας, καθώς και τη φυσική των νεφών και το υδρολογικό ισοζύγιο, δεδομένου ότι τα αερολύματα χρησιμεύουν ως πυρήνες συμπύκνωσης των νεφών (cloud condensation nuclei, CCN). Ωστόσο, ο κύριος ρόλος των αερολυμάτων, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών, έχει εντοπισθεί στην επίδρασή τους στο κλίμα του συστήματος Γης – Ατμόσφαιρας, το οποίο επηρεάζουν (διαταράσσουν) μέσω των διαδικασιών της άμεσης (direct effect) και της έμμεσης (indirect effect) επίδρασης τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της ηλιακής ακτινοβολίας (IPCC, 2001).

Τα ατμοσφαιρικά αερολύματα διακρίνονται σε πρωτογενή, δηλαδή σε εκείνα τα οποία εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα και σε δευτερογενή, δηλαδή εκείνα τα οποία προκύπτουν ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων από πρόδρομες αέριες ενώσεις (precursor gases). Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τις πρόσφατα υπολογισθείσες ετήσιες εκπομπές πρωτογενών και δευτερογενών αερολυμάτων στην τροπόσφαιρα και στη στρατόσφαιρα, τόσο φυσικής όσο και ανθρωπογενούς προέλευσης. Στον Πίνακα 1 περιλαμβάνονται τα θειϊκά άλατα που προκύπτουν από την οξειδωση των θειϊκών ενώσεων, τα νιτρικά άλατα, τα οργανικά υλικά που προκύπτουν από την καύση βιομάζας και την οξειδωση οργανικών πτητικών ενώσεων (Volatile Organic Compounds, VOCs), την αιθάλη ως προϊόν καύσεως, και την ορυκτή σκόνη ως προϊόν διαδικασιών μεταφοράς με τον άνεμο (Andreae, 1994). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι, εκτός από τις διαδικασίες εισαγωγής, η αφαίρεση των αερολυμάτων από την ατμόσφαιρα πραγματοποιείται μέσω των διαδικασιών της εναπόθεσης (deposition), δηλαδή μεταφοράς στην επιφάνεια της Γης, ή τις διαδικασίες μετατροπής σε αέριο (Jonas et al., 1995). Οι διαδικασίες εναπόθεσης διακρίνονται σε διαδικασίες υγρής εναπόθεσης (wet deposition) και σε διαδικασίες ξηρής εναπόθεσης (dry deposition) στην επιφάνεια. Η αποδοτικότητα των διαδικασιών εναπόθεσης και ως εκ τούτου και ο χρόνος παραμονής (residence time) των αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως το σύνθετο αποτέλεσμα των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών του αερολύματος (π.χ. μέγεθος, σύσταση των σωματιδίων). Έτσι για παράδειγμα, τα λεπτά αερολύματα θειϊκού άλατος (με διάμετρο 0.01 έως 0.1 μm) τα οποία δημιουργούνται και παραμένουν κοντά στην επιφάνεια της Γης, έχουν μια μέση διάρκεια ζωής της τάξης των μερικών δευτερολέπτων έως αρκετών ημερών (Chamberlain, 1991). Αντίθετα, τα αερολύματα της ανώτερης τροπόσφαιρας έχουν ένα χρόνο παραμονής τάξεως εβδομάδων ή μηνών (Balkanski et al., 1993), ενώ τα στρατοσφαιρικά αερολύματα, τα οποία εισέρχονται στην ατμόσφαιρα μέσω μεγάλων ηφαιστειακών εκρήξεων (π.χ. El Chichon 1983, Pinatubo 1991), μπορούν να παραμείνουν εκεί μέχρι και ένα ή δύο έτη.

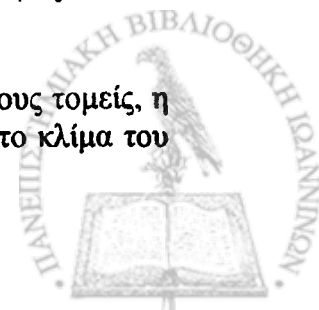


**Πίνακας 1. Πρόσφατες εκτιμήσεις μέσω ετήσιων παγκόσμιων εκπομπών αερολυμάτων σε μεγατόνους (από Andreae, 1994)**

Πηγή	Ροή	Είδος (μέγεθος) σωματιδίων
<b>Φυσικά Αερολύματα</b>		
<i>Πρωτογενή</i>		
Ορυκτά αερολύματα	1500	κυρίως χονδροειδή
Θαλάσσιο άλας	1300	χονδροειδή
Ηφαιστειακή σκόνη	33	χονδροειδή
Οργανικά αερολύματα	50	χονδροειδή
<i>Δευτερογενή</i>		
Θειικά άλατα από βιολογικά αέρια	90	λεπτά
Θειικά άλατα από ηφαιστεια	12	λεπτά
Οργανικά αερολύματα από VOCs	55	λεπτά
Νιτρικά άλατα	22	κυρίως χονδροειδή
<b>Σύνολο</b>	<b>3062</b>	
<b>Ανθρωπογενή Αερολύματα</b>		
<i>Πρωτογενή</i>		
Βιομηχανική αερολύματα	100	χονδροειδή και λεπτά
Αιθάλη	10	κυρίως λεπτά
Καύση βιομάζας	80	λεπτά
<i>Δευτερογενή</i>		
Θειικά άλατα	140	λεπτά
Οργανικά αερολύματα από VOCs	10	λεπτά
Νιτρικά άλατα	40	κυρίως χονδροειδή
<b>Σύνολο</b>	<b>380</b>	

\* Λεπτά αερολύματα: διάμετρος  $d < 1 \mu\text{m}$  , χονδροειδή αερολύματα: διάμετρος  $d > 1 \mu\text{m}$

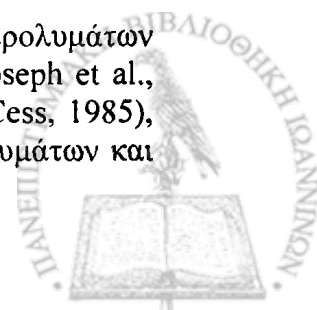
Όπως αναφέρθηκε, εκτός από τη σημασία των αερολυμάτων για άλλους τομείς, η σημασία των μικροσκοπικών αυτών σωματιδίων είναι πολύ μεγάλη για το κλίμα του



συστήματος Γης-Ατμόσφαιρας. Η θεώρηση των αερολυμάτων είναι σήμερα απολύτως απαραίτητη στις μελέτες κλιματικών μεταβολών, οι οποίες εξετάζουν πιθανές μεταβολές της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης και στην Ατμόσφαιρα, της κάλυψης των εκτάσεων πάγου – χιονιού, του ύψους της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας, της βροχής, της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων, καθώς και του φαινομένου της ερημοποίησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα αερολύματα επηρεάζουν με αποφασιστικό τρόπο το ενεργειακό ισοζύγιο ακτινοβολίας στην κορυφή της ατμόσφαιρας, μέσα στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια της Γης, επιδρώντας κατ' αυτόν τον τρόπο στη δυναμική της ατμόσφαιρας, στην εξάτμιση, στο ενεργειακό ισοζύγιο της επιφάνειας της Γης, στη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας και στο κλίμα. Επιπλέον, τα αερολύματα θεωρούνται ως πιθανός παράγοντας ο οποίος είναι υπεύθυνος για την ασυμφωνία μεταξύ θεωρητικών εκτιμήσεων και μετρήσεων ροών προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης. Τα αερολύματα επηρεάζουν το ισοζύγιο ακτινοβολίας του συστήματος Γης-Ατμόσφαιρας με δύο τρόπους. Κατά πρώτον, σκεδάζουν και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία, τροποποιώντας έτσι την πλανητική λευκαύγεια και ως εκ τούτου ελαττώνουν την ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης : το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως άμεση επίδραση των αερολυμάτων (direct effect, Charlson et al., 1991; 1992; IPCC, 2001). Κατά δεύτερον, τα αερολύματα δρουν ως πυρήνες συμπύκνωσης των νεφών CCN, τροποποιώντας έτσι τις μικροφυσικές και μικροχημικές ιδιότητες των νεφών και, ως εκ τούτου και τις οπτικές ιδιότητες και τις ιδιότητες ακτινοβολίας τους, π.χ. τη λευκαύγεια των νεφών (first indirect effect, Twomey, 1974; Jones et al., 1994; Schwartz, 1996; IPCC, 2001). Επιπλέον, τα αερολύματα μπορούν να ελαττώσουν την ικανότητα παραγωγής βροχής από τα νέφη και να αυξήσουν έτσι το χρόνο παραμονής των νεφών στην ατμόσφαιρα και κατά συνέπεια τη νεφοκάλυψη (second indirect effect, Charlson et al., 1992; IPCC, 2001). Τα φαινόμενα της άμεσης και της έμμεσης επίδρασης των αερολυμάτων δρουν συνδυαστικά και το συνολικό αποτέλεσμά τους θεωρείται ότι αναιρεί μερικώς, σε πλανητική κλίμακα, ή και μπορεί να υπερκαλύψει, σε τοπική κλίμακα, την τροποποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου των μεγάλων μηκών κύματος ακτινοβολίας, η οποία προκαλείται από την αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (IPCC, 2001).

Ωστόσο, η επίδραση των αερολυμάτων (στα μικρά μήκη κύματος της ακτινοβολίας) συμπεριφέρεται αρκετά διαφορετικά από την επίδραση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου, από πολλές – και σημαντικές – απόψεις. Μια κύρια διαφορά είναι ότι τα αερολύματα έχουν πολύ μικρότερο χρόνο ζωής ( $10^{-4}$  για τα σωματίδια φυσικής προέλευσης έως δεκάδες ημερών για τα ανθρωπογενή αερολύματα) από τα κυριότερα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου (δεκαετίες έως εκατονταετίες, π.χ. διοξείδιο του άνθρακα,  $\text{CO}_2$ , μεθάνιο,  $\text{CH}_4$ ). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις διεργασίες μικροφυσικής και τις διαδικασίες ανάμιξης, καθώς και την ανομοιογενή γεωγραφική κατανομή των πηγών εκπομπής των αερολυμάτων, συντελεί στο ότι τα αερολύματα χαρακτηρίζονται από μια μεγάλη μεταβλητότητα τόσο ως προς το χώρο όσο και προς το χρόνο. Κατά συνέπεια, ο ποσοτικός προσδιορισμός της επίδρασης των αερολυμάτων είναι πολύ περισσότερο περίπλοκος και ως εκ τούτου αβέβαιος, από τον αντίστοιχο ποσοτικό προσδιορισμό της επίδρασης των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου (IPCC, 2001).

Οι προσπάθειες εκτίμησης του μεγέθους της επίδρασης των αερολυμάτων ξεκίνησαν από τη δεκαετία του 1970 (Kahle and Deirmendjan, 1973; Joseph et al., 1976) και συνεχίστηκαν κατά τη δεκαετία του 1980 (π.χ. Coakley and Cess, 1985), χρησιμοποιώντας ωστόσο αρκετά υπερεκτιμημένες συγκεντρώσεις αερολυμάτων και



μεγάλη αβεβαιότητα ως προς τις ιδιότητες τους. Στη συνέχεια, οι προσπάθειες συνεχίστηκαν και οι εκτιμήσεις βελτιώθηκαν σχετικά. Πολλές σύγχρονες μελέτες επικεντρώθηκαν στα ανθρωπογενή (κυρίως σκεδάζοντα) θειϊκά αερολύματα, τα οποία πιστεύεται ότι προκαλούν ψύξη του πλανήτη (π.χ. Kiehl and Briegleb, 1993; Bacher and Anderson, 1995; Penner et al., 1998; Kiehl et al., 2000). Επίσης, πρόσφατα προσδόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα ορυκτά αερολύματα σκόνης, ιδιαίτερα λόγω του γεγονότος ότι αυτά αυξάνουν αποφασιστικά το συνολικό φορτίο των αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα και απορροφούν σημαντικά την ηλιακή ακτινοβολία, θερμαίνοντας έτσι την ατμόσφαιρα (π.χ. Li et al., 1996; Tegen et al., 1996). Εξάλλου, πρόσφατες μελέτες επικεντρώθηκαν στις οπτικές ιδιότητες και στις ιδιότητες ακτινοβολίας μίγματος θειϊκών και ανθρακούχων αερολυμάτων (π.χ. Heywood et al., 1997; Penner et al., 1998). Τέλος, έχουν δημοσιευθεί μια σειρά από εργασίες (βλ. Hatzianastasiou et al., 2004a) οι οποίες επικεντρώθηκαν στην επίδραση ακτινοβολίας των ανθρωπογενών θειϊκών αερολυμάτων, σωματιδίων οργανικού άνθρακα, ανθρακικών αερολυμάτων και σωματιδίων καύσης (ορυκτών καυσίμων και βιομάζας), νιτρικών αερολυμάτων, σκόνης και οργανικής ύλης. Ωστόσο, ως επί το πλείστον, οι περισσότερες μελέτες αναφέρονται σε συγκεκριμένους τύπους αερολυμάτων, ή έστω συνδυάζουν ένα αριθμό (έως τέσσερις) συγκεκριμένων τύπων αερολυμάτων. Όμως, όπως προαναφέρθηκε, λόγω της μεγάλης χωροχρονικής μεταβλητότητάς τους, μεμονωμένοι τύποι αερολυμάτων εμφανίζονται πολύ σπάνια μέσα στην ατμόσφαιρα. Αντίθετα, τα αερολύματα εμφανίζονται ως φασματικές κατανομές εσωτερικών και εξωτερικών μιγμάτων, πολλαπλών τύπων. Ως εκ τούτου, οι εκτιμήσεις της επίδρασης των αερολυμάτων στο ενεργειακό ισοζύγιο ενέχουν έναν πολύ σημαντικό παράγοντα αβεβαιότητας, ο οποίος πολλές φορές είναι ίσος ή και υπερβαίνει το μέγεθος των απόλυτων τιμών. Αυτό αποτυπώνεται στο Σχήμα 1.1, στο οποίο παρουσιάζονται οι πλέον σύγχρονες εκτιμήσεις της τροποποίησης των ροών ακτινοβολίας λόγω μεταβολής στις συγκεντρώσεις (ή στο μέγεθος) διαφόρων παραγόντων που είναι υπεύθυνοι για κλιματικές μεταβολές.

Είναι φανερό ότι τα αερολύματα ενέχουν τη μεγαλύτερη αβεβαιότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες. Αυτό καθιστά αυτονόητη την ιδιαίτερη και άμεση ανάγκη βελτίωσης των εκτιμήσεων των συνολικών συγκεντρώσεων αλλά και των ιδιοτήτων των αερολυμάτων σε πλανητική κλίμακα. Ανάμεσα σε όλα τα στοιχεία των αερολυμάτων που είναι υπεύθυνα και προσδιορίζουν τη φύση και το μέγεθος της κλιματικής τους επίδρασης, το οπτικό πάχος των αερολυμάτων (Aerosol Optical Thickness, AOT) είναι ο παράγοντας με τη μεγαλύτερη βαρύτητα (Hatzianastasiou et al., 2004b). Το οπτικό πάχος (εξασθένησης, σκέδασης, απορρόφησης) των αερολυμάτων ορίζεται ως το ολοκλήρωμα του αντίστοιχου συντελεστή εξασθένησης ( $\sigma_{ext}$ ), σκέδασης ( $\sigma_{sca}$ ) ή απορρόφησης ( $\sigma_{abs}$ ) σε όλο το φυσικό πάχος του στρώματος των αερολυμάτων και δίδεται από τις Εξισώσεις 1.1, 1.2 και 1.3

$$AOT_{ext}(\lambda) = \int_{z_1}^{z_2} \sigma_{ext}(\lambda, z) dz \quad (1.1)$$

$$AOT_{abs}(\lambda) = \int_{z_1}^{z_2} \sigma_{abs}(\lambda, z) dz \quad (1.2)$$

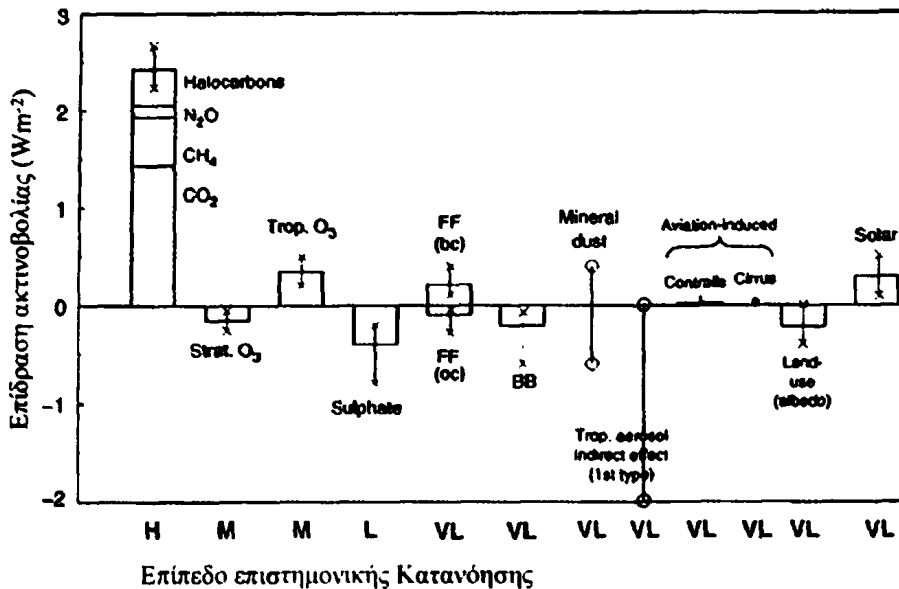
$$AOT_{sca}(\lambda) = \int_{z_1}^{z_2} \sigma_{sca}(\lambda, z) dz \quad (1.3)$$

όπου  $z_1$  και  $z_2$  είναι τα ύψη της βάσης και της κορυφής του στρώματος των αερολυμάτων. Ο παράγοντας αυτός εκφράζει την εκθετική μείωση της έντασης της



ηλιακής ακτινοβολίας η οποία προκαλείται από τη σκέδαση, την απορρόφηση ή τη συνολική εξασθένιση που προκαλείται από την παρουσία των αερολυμάτων.

Μέση ετήσια πλανητική επίδραση ακτινοβολίας (1750 μέχρι σήμερα)



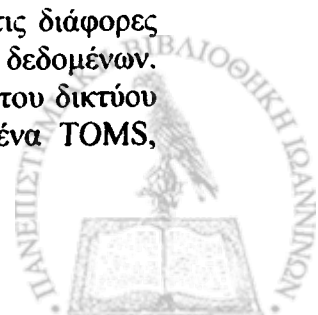
(H) Υψηλό (M) Μεσαίο (L) Χαμηλό (VL) Πολύ Χαμηλό

Σχήμα 1.1 Μέσες ετήσιες τιμές επίδρασης στην ακτινοβολία που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες για την περίοδο πριν από την βιομηχανική επανάσταση (1750) έως σήμερα (2000). Παρέχονται οι βέλτιστες τιμές εκτίμησης (ορθογώνια) καθώς και η σχετική αβεβαιότητα (κάθετες γραμμές), η οποία οφείλεται κυρίως στις αποκλίσεις των δημοσιευμένων τιμών. Όταν παρέχεται μόνον η κάθετη γραμμή, τότε καμία εκτίμηση δεν είναι δυνατή εξαιτίας της μεγάλης αβεβαιότητας.

Το πρόβλημα του προσδιορισμού του οπτικού πάχους των αερολυμάτων μπορεί να αντιμετωπισθεί με διάφορες μεθόδους. Μία από αυτές είναι η χρήση μοντέλων αερολυμάτων, τα οποία αναπαράγουν – προσομοιώνουν τις διαδικασίες εκπομπής και μετασχηματισμού – εξέλιξης των φασμάτων των αερολυμάτων μέσα στην ατμόσφαιρα. Όμως, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η μέθοδος αυτή δεν είναι ακόμη πλήρως αποτελεσματική λόγω του γεγονότος ότι, τα μοντέλα δεν είναι ικανά να αναπαραστήσουν με πλήρη επιτυχία την ποικιλία των μειγμάτων των διαφόρων τύπων αερολυμάτων. Ένα άλλο πολύτιμο εργαλείο για την επίλυση του προβλήματος αποτελούν οι επίγειες μετρήσεις, δεδομένου ότι παρέχουν πληροφορίες για τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των αερολυμάτων (π.χ. φασματική κατανομή, χημική σύσταση). Ιδιαίτερα κατά τα τελευταία χρόνια, η κατάσταση έχει βελτιωθεί σημαντικά με τη δημιουργία και εξάπλωση μεγάλων παγκόσμιων δικτύων επίγειων σταθμών και ιδιαίτερα του δικτύου AERONET (Aerosol Robotic Network), το οποίο περιλαμβάνει ένα συνεχώς αυξανόμενο αριθμό σταθμών. Ωστόσο, παρά τη γρήγορη εξάπλωσή του, δίκτυα αυτού του τύπου δεν είναι δυνατόν να επιλύσουν το πρόβλημα της πλανητικής κατανομής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων, λόγω των φυσικών περιορισμών τους, δηλαδή της ελλιπούς γεωγραφικής τους κάλυψης. Έτσι, ως μοναδική λύση, απομένουν οι δορυφορικές μετρήσεις, οι οποίες παρέχουν ικανοποιητική έως πλήρη γεωγραφική κάλυψη του πλανήτη μας. Βέβαια και οι δορυφορικές μετρήσεις παρουσιάζουν με τη σειρά τους προβλήματα. Για παράδειγμα, η εξαγωγή δεδομένων οπτικού πάχους αερολυμάτων από τις πρωτογενείς μετρήσεις ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα δύσκολη, κυρίως επάνω από εκτάσεις ξηράς και ιδιαίτερα χιονιού ή πάγου. Επιπλέον, το πρόβλημα καθίσταται

περισσότερο έντονο εφόσον πρόκειται για την εξαγωγή περισσότερο περίπλοκων ιδιοτήτων αερολυμάτων από το AOT. Εξάλλου, υπάρχουν προβλήματα που αφορούν στην εξαγωγή φασματικών τιμών AOT, καθώς και στη συνέχεια και την ομοιογένεια των τιμών AOT δορυφορικής προέλευσης. Ωστόσο, παρά τα προβλήματα αυτά, ακριβώς λόγω του γεγονότος ότι η συγκεκριμένη τεχνική είναι πολύ ελπιδοφόρα για την επίλυση του προβλήματος, έως σήμερα έχουν επενδυθεί πολλά και έχει πραγματοποιηθεί σημαντική πρόοδος στον τομέα του προσδιορισμού της πλανητικής κατανομής τιμών AOT από δορυφορικές παρατηρήσεις. Ιδιαίτερα κατά τα τελευταία χρόνια (μετά το 2000) έχουν κατασκευασθεί και εκτοξευθεί μέσω δορυφόρων προηγμένα ακτινομετρικά όργανα που πραγματοποιούν φασματικές μετρήσεις και παρέχουν τη δυνατότητα εξαγωγής φασματικών τιμών AOT.

Στα πλαίσια της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται αποτίμηση της πλανητικής κατανομής του φορτίου των αερολυμάτων μέσω των τιμών οπτικού πάχους τους (AOT). Αυτό πραγματοποιείται με τη χρήση αντίστοιχων δεδομένων που πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Κατά πρώτο λόγο, πρέπει τα δεδομένα αυτά να παρέχουν ικανοποιητική γεωγραφική κάλυψη (σε πλανητική κλίμακα). Επίσης, δεδομένης της σημαντικής χρονικής μεταβολής του φορτίου αερολυμάτων και της σπουδαιότητας των διαχρονικών αυτών μεταβολών, πρέπει τα δεδομένα AOT να παρέχουν ικανοποιητική χρονική κάλυψη, η οποία να προσεγγίζει κατά το δυνατόν την κλιματολογική κλίμακα (δεκαετίες). Ως εκ τούτου, επιλέχθηκε να γίνει κατ' αρχάς χρήση δεδομένων AOT από την παγκόσμια βάση δεδομένων Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS). Τα δεδομένα TOMS καλύπτουν την εκτεταμένη χρονική περίοδο από το 1979 έως το 2000. Επιπλέον, γίνεται χρήση δεδομένων AOT που ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων Global Aerosol Climatology Project (GACP). Τα δεδομένα GACP καλύπτουν τη χρονική περίοδο από το 1984 έως το 2000, ενώ παρέχονται μόνο για θαλάσσιες επιφάνειες, σε παγκόσμια κλίμακα. Τόσο τα δεδομένα AOT του TOMS όσο και του GACP παρέχονται για το ορατό μήκος κύματος 0.5 μm, το οποίο είναι αρκετά αντιπροσωπευτικό του φορτίου των αερολυμάτων, ενώ παρουσιάζει και το μέγιστο ενδιαφέρον από άποψης αλληλεπίδρασης των αερολυμάτων με την ηλιακή ακτινοβολία και επίδρασής τους στο κλίμα. Ακόμη, για την περίπτωση των δεδομένων TOMS, γίνεται επίσης χρήση των τιμών οπτικού πάχους στο κοντινό υπεριώδες (near - UV), δηλαδή στα 350 - 380 nm, ενώ για το GACP γίνεται χρήση του παράγοντα Angström. Γίνεται επίσης, χρήση και αντίστοιχων δεδομένων AOT από τη παγκόσμια κλιματολογική βάση δεδομένων αερολυμάτων Global Aerosol Data Set (GADS). Τα δεδομένα GADS παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του γεγονότος ότι είναι τα μόνα τα οποία παρέχουν και άλλα δεδομένα οπτικών ιδιοτήτων αερολυμάτων εκτός από οπτικό πάχος, όπως η ανακλαστικότητα απλής σκέδασης ή ο παράγοντας ασυμμετρίας των αερολυμάτων, δηλαδή δεδομένα τα οποία είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό της κλιματικής επίδρασης των αερολυμάτων. Επιπλέον, γίνεται χρήση και περισσότερων σύγχρονων δεδομένων τιμών AOT από τη παγκόσμια βάση δεδομένων Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), για τη χρονική περίοδο 2000 - 2004. Δεδομένης της διαφορετικής φύσης τόσο των χρησιμοποιούμενων οργάνων, όσο και των εφαρμοσθέντων αλγορίθμων και μεθόδων μετατροπής για την εξαγωγή των δεδομένων που χρησιμοποιούνται, πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των αντίστοιχων τιμών AOT από τις διάφορες βάσεις δεδομένων, στα πλαίσια της αξιολόγησης των παρεχόμενων δεδομένων. Τέλος, γίνεται χρήση δεδομένων AOT από επίγειες μετρήσεις σταθμών του δικτύου AERONET. Τα δεδομένα αυτά συγκρίνονται επιμέρους με τα δεδομένα TOMS, GACP, MODIS και GADS, με σκοπό την αξιολόγηση των τελευταίων.





Στο δεύτερο μέρος της, η εργασία επικεντρώνεται στην κλιματικά ευαίσθητη περιοχή της ευρύτερης λεκάνης της Μεσογείου. Αυτή η περιοχή μελέτης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το λόγο ότι, αφενός μεν αποτελεί μια σχεδόν κλειστή θάλασσα, για την οποία ο ρόλος του ισοζυγίου ακτινοβολίας είναι εξόχως σημαντικός για το εν γένει ενεργειακό ισοζύγιο, αφετέρου δε αποτελεί την πλέον κατάλληλη περιοχή μελέτης για την αποτίμηση της επίδρασης των αερολυμάτων στο κλίμα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η Μεσόγειος είναι μια από τις περιοχές με τη μικρότερη νεφοκάλυψη και άρα δέχεται τα υψηλότερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας παγκοσμίως. Κατά' αυτόν τον τρόπο, μεγιστοποιείται η επίδραση των αερολυμάτων, των οποίων εξάλλου οι συγκεντρώσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην περιοχή αυτή, δεδομένου ότι η Μεσόγειος αποτελεί «καταβόθρα» (δηλαδή περιοχή απόληξης) αερολυμάτων από διάφορες περιοχές προέλευσης (Lelieveld et al., 2002). Όλα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για μια περιοχή όπως η Μεσόγειος, της οποίας περιοχές απειλούνται από το φαινόμενο της ερημοποίησης. Ως εκ τούτου, δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στη μελέτη της χωροχρονικής κατανομής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση δεδομένων AOT από τις προαναφερθείσες βάσεις δεδομένων (TOMS, GACP, MODIS, GADS). Επιπλέον, πραγματοποιείται μια λεπτομερής μελέτη των χαρακτηριστικών των διαφόρων επεισοδίων ακραίων συγκεντρώσεων / φορτίων αερολυμάτων, για τον προσδιορισμό των οποίων εφαρμόζεται συγκεκριμένη μεθοδολογία. Για το σκοπό αυτό γίνεται εκτεταμένη χρήση δεδομένων από 15 σταθμούς του δικτύου AERONET, οι οποίοι είναι κατανομημένοι στην ευρύτερη δυνατή έκταση της λεκάνης της Μεσογείου. Τέλος, προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά των εκτιμηθέντων επεισοδίων αερολυμάτων, για παράδειγμα η συχνότητα, η διάρκεια και η ένταση τους, ενώ προσδιορίζονται ακόμα, οι επικρατούσες συνοπτικές συνθήκες οι οποίες ευνοούν την εμφάνιση αυτών των επεισοδίων, καθώς και η περιοχή προέλευσης των αερίων μαζών κατά τις ημέρες των επεισοδίων.

Στην επόμενη Ενότητα 2 περιγράφονται τα δεδομένα των οποίων έγινε χρήση στην παρούσα Εργασία, καθώς και η εφαρμοσθείσα μεθοδολογία. Στην Ενότητα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης που εφαρμόστηκε, τόσο σε πλανητική κλίμακα, όσο και στην περιοχή της Λεκάνης της Μεσογείου, ενώ στην Ενότητα 4 εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα.



## 1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα ενότητα, περιγράφονται τα δεδομένα των οποίων έγινε χρήση στην παρούσα μελέτη. Τα δεδομένα αυτά αποσκοπούν στην περιγραφή της συγκέντρωσης, ή πιο σωστά του φορτίου των αερολυμάτων μέσα στην ατμόσφαιρα. Επειδή το κύριο επιστημονικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην κλιματική επίδραση των αερολυμάτων, ή αλλιώς στην επίδρασή τους στο ισοζύγιο της ακτινοβολίας και δεδομένου ότι η αλληλεπίδραση κάθε συνιστώσας του συστήματος Γης – ατμόσφαιρας με την ακτινοβολία περιγράφεται / προσδιορίζεται από τη φυσική παράμετρο του οπτικού πάχους, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται δεδομένα οπτικού πάχους αερολυμάτων (AOT). Ωστόσο, ο προσδιορισμός αυτής της φυσικής παραμέτρου είναι αρκετά δύσκολος, όπως περιγράφηκε εκτεταμένα στην Εισαγωγή. Με δεδομένο ότι για τις ανάγκες της εργασίας αυτής απαιτούνται δεδομένα AOT σε πλανητική κλίμακα, επιλέχθηκε η χρήση δορυφορικών δεδομένων AOT. Επιπλέον, επειδή τα δεδομένα AOT πρέπει να καλύπτουν σχετικά μεγάλες χρονικές περιόδους, επιλέχθηκε τελικά να γίνει χρήση δεδομένων AOT από τις πλανητικές βάσεις δεδομένων TOMS, GACP και MODIS, οι οποίες χαρακτηρίζονται επιπλέον και από την εξαιρετική ποιότητα των δεδομένων τους. Συμπληρωματικά, γίνεται χρήση δεδομένων AOT και από την κλιματολογική βάση δεδομένων GADS, ενώ για την αξιολόγηση των παραπάνω δεδομένων, χρησιμοποιούνται και επίγειες μετρήσεις AOT από το δίκτυο σταθμών AERONET. Για λόγους διαθεσιμότητας αλλά και ομοιογένειας των δεδομένων AOT που ελήφθησαν από τις διάφορες πηγές προέλευσης, τα δεδομένα AOT που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στο μήκος κύματος των 0.5 μm. Το συγκεκριμένο μήκος κύματος είναι πολύ βολικό και επιλέχθηκε για το λόγο ότι αφενός μεν αποτυπώνει εύγλωττα και με τη μικρότερη δυνατή απώλεια πληροφορίας το «οπτικά ενδιαφέρον» φορτίο των αερολυμάτων, ενώ παράλληλα προσδιορίζει και τη φασματική περιοχή που χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επιπλέον, για τη βάση δεδομένων TOMS έγινε χρήση και δεδομένων AOT στο ονομαστικό μήκος κύματος των 0.38 μm, της κοντινής υπεριώδους ακτινοβολίας. Στην υποενότητα (1.1) περιγράφονται τα δεδομένα AOT δορυφορικής προέλευσης, ενώ στις υποενότητες 1.2 και 1.3, περιγράφονται τα επίγεια δεδομένα AOT του AERONET και τα κλιματολογικά δεδομένα AOT του GADS, αντίστοιχα.

### 1.1 Δορυφορικά Δεδομένα Αερολυμάτων

#### 1.1.1 Δεδομένα αερολυμάτων του Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)

Σε αντίθεση με τα συνήθη δεδομένα οπτικού πάχους αερολυμάτων (Stowe et al., 1997; Mishchenko et al., 1999), τα οποία ήταν διαθέσιμα μόνο πάνω από ωκεάνιες περιοχές, κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, έχει αναπτυχθεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο τηλεπισκόπησης για τον εντοπισμό και τον χαρακτηρισμό των αερολυμάτων (Herman et al., 1997; Torres et al., 1998). Η συγκεκριμένη τεχνική, κάνει χρήση δορυφορικών μετρήσεων ακτινοβολίας στη φασματική περιοχή  $\lambda=0.33-0.38$  μm (κοντινό υπεριώδες), οι οποίες ελήφθησαν από το όργανο TOMS το οποίο είναι τοποθετημένο στους δορυφόρους Nimbus-7 (1979-1992) και Earth Probe (1996-σήμερα) της NASA. Η χρησιμοποιούμενη τεχνική-αλγόριθμος ανεύρεσης (retrieval algorithm) κάνει χρήση δυο μεγάλων πλεονεκτημάτων που προσφέρει η παρατήρηση στο κοντινό υπεριώδες : α) τη μικρή ανακλαστικότητα όλων των τύπων επιφάνειας ξηράς, η οποία καθιστά δυνατή την ανεύρεση των αερολυμάτων πάνω από τις

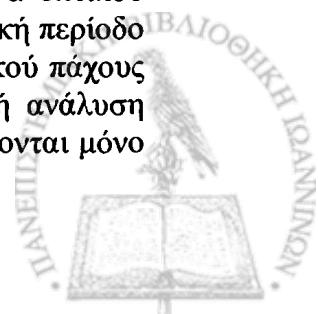


ηπίρους και β) τη μεγάλη ευαισθησία σε τύπους αερολυμάτων που απορροφούν στο υπεριώδες, η οποία επιτρέπει τον εύκολο διαχωρισμό των απορροφητικών σωματιδίων οργανικής προέλευσης και των σωματιδίων σκόνης, από τα έντονα σκεδάζοντα σωματίδια θείου και θαλασσίου άλατος.

Η πλήρης περιγραφή του αλγορίθμου ανεύρεσης, καθώς και των χρησιμοποιούμενων μοντέλων αερολυμάτων και των μελετών ευαισθησίας, παρέχονται από τους Herman et al., (1998) και Torres et al., (1998, 2002). Ταυτόχρονα, έχει αναπτυχθεί μια αντίστοιχη τεχνική ανεύρεσης του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στο ορατό μήκος κύματος  $\lambda=0.55 \mu\text{m}$ , χρησιμοποιώντας τη θεωρητική φασματική εξάρτηση του οπτικού πάχους των αερολυμάτων που περιέχουν τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα αερολυμάτων στον αλγόριθμο. Οι συγκεκριμένες τεχνικές ανεύρεσης έχουν εφαρμοστεί στο σύνολο των ληφθεισών παρατηρήσεων στην κοντινή υπεριώδη ακτινοβολία από τον αισθητήρα TOMS, ο οποίος σχεδιάστηκε αρχικά για την ανεύρεση των ποσοτήτων όζοντος στην ατμοσφαιρική στήλη. Οι μετρήσεις άρχισαν τον Οκτώβριο του 1978 με την τοποθέτηση του TOMS στο δορυφόρο Nimbus-7 και συνεχίστηκαν μέχρι τον Απρίλιο του 1993. Ένας δεύτερος αισθητήρας TOMS τοποθετήθηκε στο ρωσικό δορυφόρο Meteor-3 και λάμβανε μετρήσεις από τον Αύγουστο του 1991 μέχρι τον Δεκέμβριο του 1994. Ύστερα από ένα κενό μετρήσεων διαστήματος 18 μηνών, οι μετρήσεις του TOMS συνεχίστηκαν με την τοποθέτηση δυο νέων αισθητήρων στους δορυφόρους Earth Probe (EP) και Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS), ο οποίος ωστόσο καταστράφηκε ύστερα από επτά μήνες. Ο αισθητήρας του δορυφόρου EP συνεχίζει τη λήψη μετρήσεων. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του αλγορίθμου ανεύρεσης δίδονται στο  $\lambda=0.38\mu\text{m}$ , ενώ η εφαρμογή του αλγορίθμου έγινε στα δεδομένα TOMS-στάθμη 2, τα οποία έχουν χωρική ανάλυση στο ναδίρ ίση περίπου με  $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ , η οποία με την αύξηση της ζενίθειας γωνίας του Ήλιου γίνεται ίση με  $200 \text{ km} \times 200 \text{ km}$ . Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα οπτικού πάχους αερολυμάτων σε ανάλυση  $1.0^\circ \times 1.0^\circ$  (~  $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$ ) σε μέση μηνιαία κλίμακα για τη χρονική περίοδο 1979-2000. Η ιστοσελίδα του προγράμματος είναι διαθέσιμη στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://jwocky.gsfc.nasa.gov/>

### 1.1.2 Δεδομένα αερολυμάτων του Global Aerosol Climatological Project (GACP)

Το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Κλιματολογίας Αερολυμάτων (Global Aerosol Climatological Project, GACP) δημιουργήθηκε το 1998, αποτελώντας μέρος του Προγράμματος των Επιστημών Ακτινοβολίας (Radiation Sciences Program) της NASA και του Global Energy and Water Cycle Experiment (GEWEX). Οι κυριότεροι στόχοι του είναι: α) η ανάλυση των δορυφορικών μετρήσεων ακτινοβολίας και των μετρήσεων πεδίου, με σκοπό την εξαγωγή της πλανητικής κατανομής των αερολυμάτων, της μελέτης των ιδιοτήτων τους και της εποχικής και διαχρονικής μεταβολής τους και β) η πραγματοποίηση προχωρημένων μελετών προτυποποίησης (μοντελοποίησης) με αντικείμενο τη μελέτη του σχηματισμού και της μεταφοράς των αερολυμάτων. Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης του GACP δημιουργήθηκε μια 20ετής κλιματολογική βάση δεδομένων από δορυφορικές παρατηρήσεις, από μετρήσεις πεδίου και από αποτελέσματα μοντέλων. Πιο συγκεκριμένα, έχουν αξιολογηθεί ποιοτικά, και είναι διαθέσιμα μέσω του διαδικτύου δεδομένα οπτικού πάχους και εκθετικού παράγοντα Angström των αερολυμάτων για τη χρονική περίοδο από τον Ιούλιο του 1983 έως το Σεπτέμβριο του 2001. Τα δεδομένα οπτικού πάχους αερολυμάτων στο μήκος κύματος  $\lambda=0.55\mu\text{m}$  είναι διαθέσιμα σε χωρική ανάλυση  $1^\circ \times 1^\circ$  (περίπου  $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$ ) σε μέση μηνιαία βάση, ενώ οι τιμές δίδονται μόνο



πάνω από θαλάσσιες περιοχές. Η σχετική ιστοσελίδα του προγράμματος είναι διαθέσιμη στην ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://gacp.giss.nasa.gov/>

### 1.1.3 Δεδομένα αερολυμάτων του Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

Τα δεδομένα αερολυμάτων του MODIS επισκοπούν το οπτικό πάχος των αερολυμάτων πάνω από ωκεανούς για το σύνολο του πλανήτη και πάνω από εκτάσεις ξηράς για το μεγαλύτερο τμήμα των ηπείρων. Το MODIS αποτελεί ένα από τα πλέον σύγχρονα και προηγμένα επιστημονικά όργανα (ευρεία φασματική κάλυψη, υψηλή χωρική ανάλυση), το οποίο σχεδιάστηκε με σκοπό τη λήψη φασματικών μετρήσεων ακτινοβολίας για την εξαγωγή δεδομένων για όλες σχεδόν τις φυσικές παραμέτρους του συστήματος Γης-ατμόσφαιρας, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των διεργασιών της ατμόσφαιρας, του κλίματος και των κλιματικών αλλαγών. Το MODIS περιλαμβάνει δύο όργανα, εκ των οποίων το πρώτο εκτοξεύθηκε στις 18 Δεκεμβρίου 1999 στο δορυφόρο Terra και το δεύτερο στις 4 Μαΐου του 2002 στο δορυφόρο Aqua. Τα δεδομένα αερολυμάτων MODIS αποσκοπούν στη δημιουργία κλιματολογικής βάσεως δεδομένων αερολυμάτων, στη μελέτη των πηγών και των καταβόθρων διαφόρων τύπων αερολυμάτων (π.χ. θειικά, καύση της βιομάζας), στη μελέτη της αλληλεπίδρασης των αερολυμάτων με τα νέφη, καθώς και σε πολλούς άλλους επιστημονικούς σκοπούς. Πριν από το MODIS, οι δορυφορικές μετρήσεις ήταν κυρίως μονοχρωματικές ή πραγματοποιούνταν το πολύ σε δύο μήκη κύματος. Το MODIS αποτελεί στην ουσία την πρώτη προσπάθεια δημιουργίας βάσης δεδομένων AOT για όλον τον πλανήτη, περιλαμβάνοντας και εκτάσεις ξηράς μεγάλης ανακλαστικότητας. Οι αλγόριθμοι μετατροπής και εξαγωγής των δεδομένων AOT έχουν αναπτυχθεί από την επιστημονική ομάδα του MODIS, η οποία είναι ευρεία και διεθνής.

Οι δορυφόροι του προγράμματος MODIS βρίσκονται σε απόσταση 2330 km από τη Γη και καλύπτουν όλη την επιφάνειά της σε περίπου μια ημέρα. Τα όργανα MODIS πραγματοποιούν μετρήσεις σε 36 φασματικές ζώνες μεταξύ 0.4 και 14.4  $\mu\text{m}$  και παρέχουν δεδομένα σε τρία επίπεδα χωρικής ανάλυσης: 250 m, 500 m και 1000 m. Τα δεδομένα μεταφέρονται πρώτα στο σταθμό White Sands στο New Mexico και στη συνέχεια στο Earth Observing System (EOS) Data and Operations System (EDOS), το οποίο βρίσκεται στο Goddard Space Flight Center (GSFC). Τα δεδομένα MODIS παρέχονται σε διάφορα επίπεδα ανάλυσης. Τα αποτελέσματα του επιπέδου 3, των οποίων γίνεται χρήση στη μελέτη μας, παράγονται από το MODIS Adaptive Processing System (MODAPS). Παρέχεται ένας μεγάλος αριθμός (77) παραμέτρων που σχετίζονται με αερολύματα, εκ των οποίων στην παρούσα εργασία έγινε χρήση των μέσων μηνιαίων τιμών AOT στα 500 nm σε χωρική ανάλυση  $1^\circ \times 1^\circ$  γεωγραφικό μήκος και πλάτος, για την περίοδο 2000-2004. Η ιστοσελίδα του προγράμματος είναι διαθέσιμη στη διεύθυνση: <http://modis.gsfc.nasa.gov/>

### 1.2. Επίγεια δεδομένα αερολυμάτων Aerosol Robotic Network (AERONET)

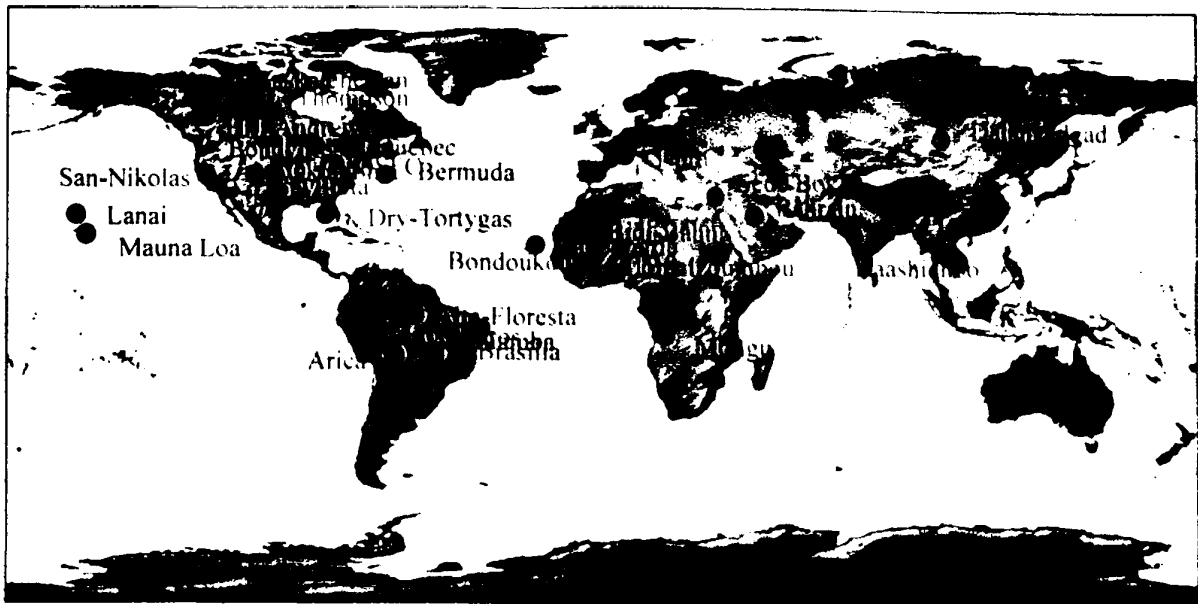
Το AERONET είναι ένα δίκτυο φασματοφωτομέτρων CIMEL (Torres et al., 2002; Holben et al., 1999), τα οποία πραγματοποιούν φασματικές μετρήσεις του οπτικού πάχους αερολυμάτων. Οι μετρήσεις λαμβάνονται ανά 15 λεπτά σε 8 μήκη κύματος ( $\lambda=0.34, 0.38, 0.44, 0.5, 0.67, 0.87, 0.94$  και  $1.02 \mu\text{m}$ ). Εκτός από το οπτικό πάχος, εξάγονται επίσης, η φασματική κατανομή του μεγέθους των αερολυμάτων, καθώς και ο δείκτης διάθλασης τους. Το δίκτυο AERONET περιλαμβάνει σήμερα

περισσότερους από 100 Σταθμούς παγκοσμίως. Ωστόσο, μόνο μερικοί από τους Σταθμούς αυτούς διαθέτουν συνεχείς μετρήσεις, οι οποίες καλύπτουν ολόκληρη τη διάρκεια του έτους. Από το σύνολο των Σταθμών του AERONET, στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που προέρχονται από 15 Σταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου (Σχήμα 1). Ο Πίνακας 1 παρέχει τη χρονική διάρκεια που καλύπτουν τα δεδομένα του κάθε Σταθμού. Όπως είναι φανερό, δεν υπάρχουν δεδομένα AERONET που να καλύπτουν τη χρονική περίοδο πριν από το Μάιο του 1993. Αυτό καθιστά αδύνατη την απευθείας επαλήθευση των δεδομένων του οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων του TOMS. Έτσι, η επαλήθευση των δεδομένων αυτών πραγματοποιείται κατ' ανάγκη σε επίπεδο ακρίβειας μέσης κλιματολογικής βάσης, δηλαδή συγκρίνονται οι υπολογισμένες μέσες μηνιαίες τιμές του οπτικού πάχους των αερολυμάτων, όπως αυτές εξήχθησαν από το σύνολο των ετών που υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα. Επίσης, επισημαίνεται ότι, στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στάθμης 2, τα οποία είναι ελεύθερα νεφών (cloud screened) και είναι αυτά με τη τελειότερη ποιότητα και όχι τα δεδομένα στάθμης 1 ή 1.5, τα οποία είναι κατώτερης ποιότητας.

Όλες οι μετρήσεις λαμβάνονται με φασματοφωτόμετρα CIMEL, τα οποία αποτελούν μέρος του παγκόσμιου δικτύου AERONET. Η αρχή λειτουργίας και οι προδιαγραφές των οργάνων παρέχονται από τους Holben et al. (1998). Τα αυτόματης λειτουργίας φωτόμετρα σάρωσης πραγματοποιούν μετρήσεις στα 8 προαναφερθέντα μήκη κύματος, με ένα πλήρες οπτικό πεδίο  $1.2^\circ$ , τουλάχιστον κάθε 15 λεπτά. Οι άμεσες μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας χρειάζονται 8 δευτερόλεπτα για να σαρώσουν τα 8 μήκη κύματος, ενώ τα φίλτρα τοποθετούνται αυτόματα στον ανιχνευτή. Μια ακολουθία από ομάδες τριών μετρήσεων, λαμβάνονται με χρονική απόσταση 30s μεταξύ τους, ώστε να προκύπτουν 3 μετρήσεις για κάθε μήκος κύματος μέσα σε 1 λεπτό. Αυτές οι μετρήσεις εξασθένησης ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τον υπολογισμό του οπτικού πάχους των αερολυμάτων σε κάθε μήκος κύματος, με εξαίρεση το κανάλι των 940nm το οποίο χρησιμοποιείται για την εύρεση του υετίσιμου ύδατος (σε cm). Η βαθμονόμηση των οργάνων πραγματοποιείται με καθορισμένη διαδικασία η οποία περιγράφεται από τους Holben et al. (1998) και Dubovik and King (2000). Η αβεβαιότητα των δεδομένων AOT, η οποία οφείλεται κυρίως στα σφάλματα βαθμονόμησης των οργάνων, είναι περίπου ίση με 0.01-0.02 (Holben et al., 2001).

Θα πρέπει να τονισθεί ότι τα δεδομένα AERONET χρησιμοποιήθηκαν για την επαλήθευση / αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων AOT. Ως εκ τούτου, στο πρώτο μέρος της Διπλωματικής Εργασίας επιλέχθηκαν 9 αντιπροσωπευτικοί σταθμοί AERONET, οι οποίοι αντιστοιχούν σε διαφορετικούς τύπους αερολυμάτων (π.χ. θαλάσσια, ηπειρωτικά, αστικά, σκόνη, καύση βιομάζας). Για κάποιους από τους Σταθμούς υπήρχαν προβλήματα διαθεσιμότητας δεδομένων AOT για ορισμένες χρονικές περιόδους. Έτσι, εκτός από τους αρχικά επιλεγθέντες 9 σταθμούς, επιλέχθηκαν άλλοι 20 σταθμοί AERONET. Στο σχήμα 1.2 παρέχεται η γεωγραφική θέση των 29 επιλεγθέντων σταθμών AERONET των οποίων δεδομένα AOT χρησιμοποιήθηκαν στη Διπλωματική Εργασία. Στους Πίνακες 2.1.2 και 2.1.3 παρέχονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες, το υψόμετρο και η χρονική περίοδο κάλυψης των μετρήσεων του καθενός από τους 29 σταθμούς AERONET. Η ιστοσελίδα του προγράμματος και τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στην ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>





Σχήμα 1.2 Γεωγραφική θέση των 29 σταθμών του δικτύου AERONET, των οποίων δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν στη Διπλωματική Εργασία.

### 1.3. Κλιματολογικά Δεδομένα Αερολυμάτων Global Aerosol Data Set (GADS)

Η πλανητική βάση δεδομένων GADS είναι μια εντελώς αναθεωρημένη και βελτιωμένη έκδοση της κλιματολογίας αερολυμάτων των d'Almeida et al. (1991). Τα δεδομένα αερολυμάτων GADS έχουν υπολογιστεί στη βάση μεσοποιημένων τιμών στο χώρο και στο χρόνο, ενώ χρησιμοποιούνται εκτεταμένα από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα. Τα αερολύματα περιγράφονται από 10 κύριες συνιστώσες αερολυμάτων, οι οποίες είναι αντιπροσωπευτικές για την ατμόσφαιρα και περιγράφονται από τη φασματική τους κατανομή και τους δείκτες διάθλασης ως συνάρτηση του μήκος κύματος. Οι συνιστώσες των αερολυμάτων στηρίζονται σε πραγματικά δεδομένα εκπομπής, σχηματισμού και εναπόθεσης σωματιδίων, ώστε να συνίστανται σε εσωτερικά και εξωτερικά μίγματα αερολυμάτων. Οι οπτικές ιδιότητες των αερολυμάτων (συντελεστές σκέδασης, απορρόφησης και εξασθένησης, ανακλαστικότητα απλής σκέδασης, παράγοντας ασυμμετρίας, συνάρτηση κατανομής φάσης και οπτικό πάχος) έχουν υπολογιστεί στη βάση της θεωρίας Mie, για 61 μήκη κύματος από το 0.25 έως τα 40  $\mu\text{m}$ . Οι τιμές αυτές παρέχονται για οκτώ (8) τυπικές τιμές σχετικής υγρασίας (0, 50, 70, 80, 90, 95, 98 και 99%) για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο, σε επίπεδο κυψελίδας  $5^\circ \times 5^\circ$  γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση μόνον των τιμών AOT στα 500 nm, οι οποίες όμως έχουν επαναυπολογιστεί για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο. Η ιστοσελίδα του προγράμματος GADS βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://www.lrz-muenchen.de/~uh234an/www/radaer/gads.html>

## 2. ΑΝΑΛΥΣΗ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης, πρώτα σε πλανητική κλίμακα (2.1) και κατόπιν για την ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου (2.2).

### 2.1 Ανάλυση σε πλανητική κλίμακα

Στην υποενότητα αυτή μελετάμε την πλανητική κατανομή του οπτικού πάχους (ΑΟΤ) των αερολυμάτων και την εποχική του μεταβολή (2.1.1). Αυτό πραγματοποιείται με τη χρήση δεδομένων ΑΟΤ τόσο από δορυφορικές παρατηρήσεις όσο και από κλιματολογικές βάσεις δεδομένων που στηρίχθηκαν σε επίγειες μετρήσεις και σε υπολογισμούς με μοντέλα. Στη συνέχεια, επιχειρείται η αξιολόγηση των διαφόρων δεδομένων ΑΟΤ μέσω συγκρίσεων με αξιόπιστα αντίστοιχα δεδομένα από επλεγμένους σταθμούς του παγκόσμιου δικτύου AERONET (2.1.2).

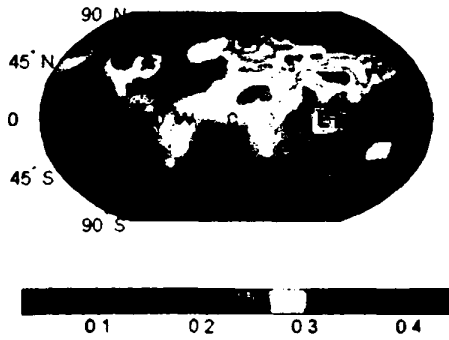
#### 2.1.1 Πλανητική κατανομή ιδιοτήτων αερολυμάτων

##### 2.1.1.1 Κλιματολογικά δεδομένα αερολυμάτων του GADS

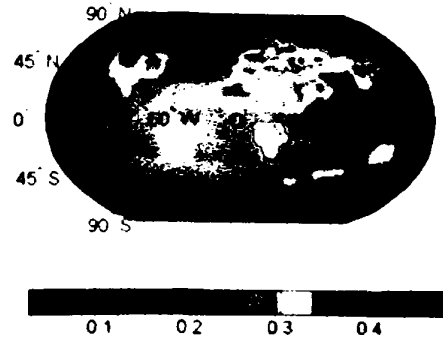
Στο Σχήμα 2.1.1.1 παρέχεται η πλανητική κατανομή των μεσοποιημένων τιμών ΑΟΤ<sub>500nm</sub> (για την περίοδο 1989-1993) για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο. Γενικά, παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές ΑΟΤ πάνω από εκτάσεις ξηράς σε σχέση με αντίστοιχες τιμές σε θαλάσσιες περιοχές. Ιδιαίτερα, μεγαλύτερες τιμές ΑΟΤ παρατηρούνται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές ή σε περιοχές με ρύπανση (π.χ. Ευρώπη, Βόρεια Αμερική, Νότια και ΝΑ Ασία), καθώς επίσης και πάνω από ερημικές περιοχές (π.χ. Βόρεια Αφρική). Ακόμη, συστηματικά υψηλές τιμές ΑΟΤ και για τους δύο μήνες παρατηρούνται πάνω από ερήμους, καθώς και πάνω από τον Τροπικό Ατλαντικό Ωκεανό, λόγω της μακράς μεταφοράς ορυκτών σωματιδίων σκόνης. Πάνω από τις ερήμους, το κυρίαρχο είδος αερολυμάτων είναι η σκόνη, εκτός από την περίοδο καύσης της βιομάζας (Ιανουάριος), όπου η παρουσία των ανθρακούχων αερολυμάτων είναι επίσης σημαντική (Chin et al., 2002). Οι μεγάλες τιμές ΑΟΤ στα μέσα βόρεια γεωγραφικά πλάτη (40° - 70° N) οφείλονται κυρίως σε ανθρωπογενείς εκπομπές αερολυμάτων. Αντίθετα, στο νότιο ημισφαίριο επικρατούν γενικά μικρότερες τιμές ΑΟΤ, κυρίως στις εξωτροπικές (extratropical) ζώνες, λόγω της μικρότερης αναλογίας ξηράς - θάλασσας και τις μικρότερες συγκεντρώσεις αερολυμάτων πάνω από θάλασσα σε σχέση με ηπειρωτικές εκτάσεις (Purpucher and Klett, 1997). Μεγάλες τιμές ΑΟΤ παρατηρούνται επίσης πάνω από τη χερσόνησο της Αραβίας και πάνω από την έρημο Gobi (Takemura et al., 2002). Παρατηρείται επίσης μεταφορά αερολυμάτων και στη Μεσόγειο από την Αφρική (Dulac et al., 1992). Οι τιμές ΑΟΤ πάνω από τη Σαχάρα είναι μεγαλύτερες κατά το θέρος (Ιούλιο) σε σχέση με το χειμώνα (Ιανουάριο), υποδηλώνοντας έναν ετήσιο κύκλο ο οποίος έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (π.χ. Torres et al., 2002). Ακόμη, μεγάλες τιμές ΑΟΤ παρατηρούνται κατά μήκος της θαλάσσιας ζώνης των καταιγίδων του νοτίου ημισφαιρίου (~60° S), ενώ μικρές τιμές ΑΟΤ παρατηρούνται στις πολικές περιοχές των δύο ημισφαιρίων.

2)





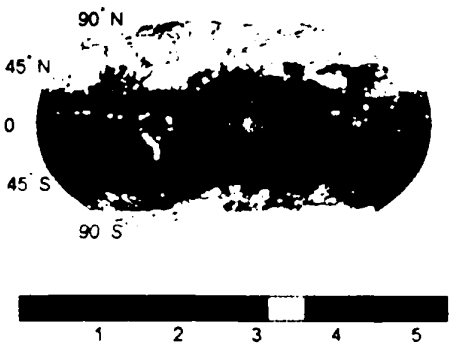
(α)



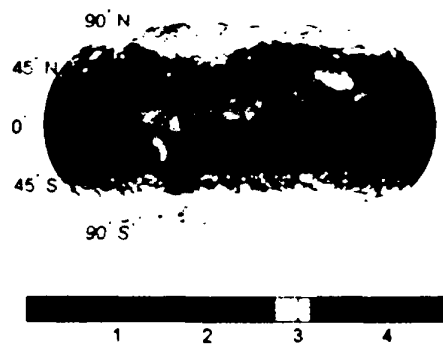
(β)

Σχήμα 2.1.1.1 Πλανητική κατανομή του οπτικού πάχους των αερολυμάτων (ΑΟΤ) στα 500 nm από τη βάση δεδομένων του GADS για τους μήνες (α) Ιανουάριο και (β) Ιούλιο.

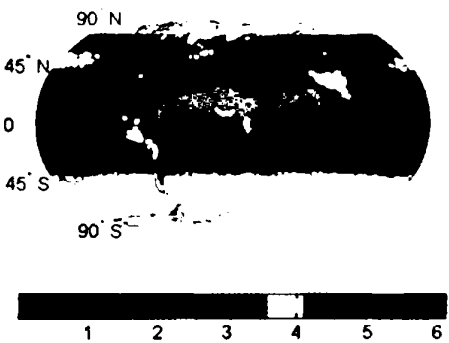
### 2.1.1.2 Δορυφορικά δεδομένα αερολυμάτων TOMS



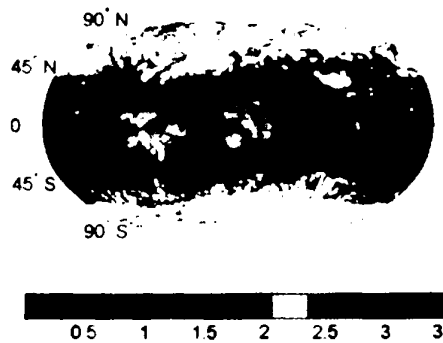
(α)



(β)



(γ)



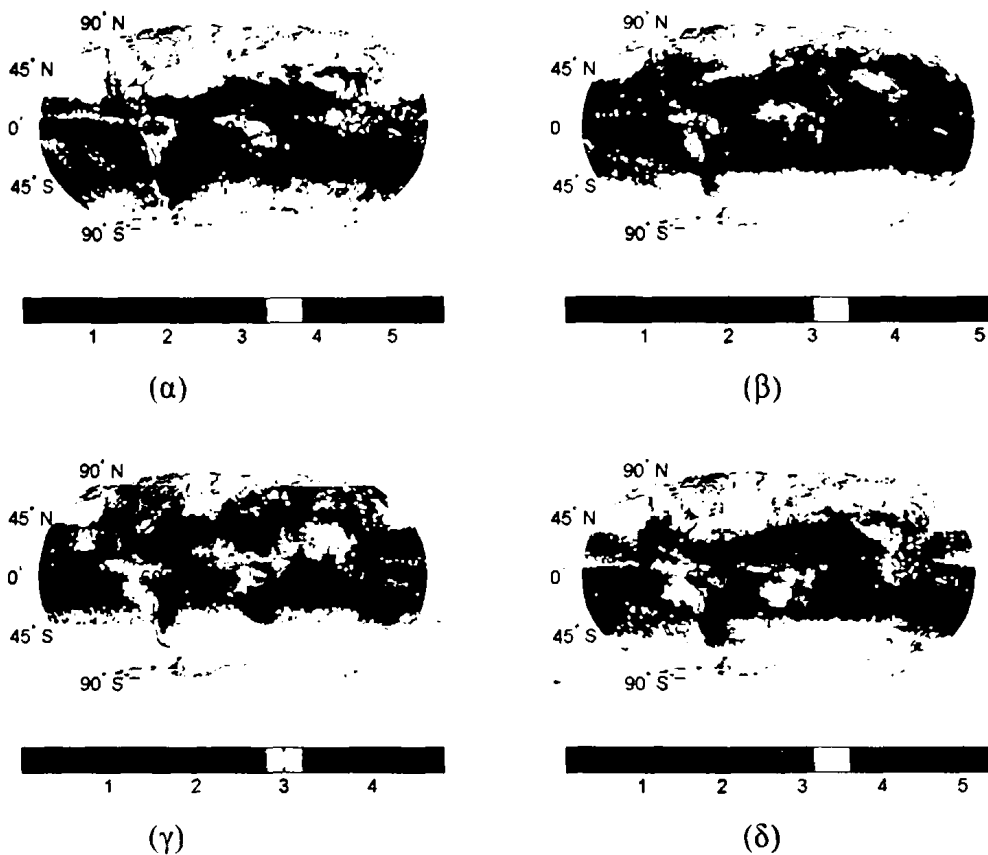
(δ)

Σχήμα 2.1.1.2.1 Πλανητική κατανομή των μεσοποιημένων τιμών (για την περίοδο 1979-1992 και 1996-2000) του οπτικού πάχους αερολυμάτων (ΑΟΤ) στα 500 nm από τη βάση δεδομένων του TOMS για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

Τα δορυφορικά δεδομένα του TOMS (Σχήμα 2.1.1.2.1) για τον μήνα Ιανουάριο αποκαλύπτουν μεγάλες τιμές  $AOT_{500nm}$  στην περιοχή Sub-Sahel στην Αφρική. Οι μεγάλες αυτές τιμές οφείλονται κυρίως στις διαδικασίες καύσης της βιομάζας στην εν λόγω περιοχή (Torres et al., 2002). Είναι εμφανές ότι το πέπλο καπνού το οποίο



δημιουργείται δυτικά και εκτείνεται στα ανοιχτά του Ατλαντικού Ωκεανού. Αντίστοιχα, μεγάλες τιμές  $AOT_{500nm}$  παρατηρούνται και στην περιοχή του Αμαζονίου. Κατά τον Απρίλιο, η παρουσία των αερολυμάτων είναι έντονη στο Β. Ημισφαίριο σε αντίθεση με το Νότιο. Παρατηρούνται μεγάλες τιμές AOT στην Κ. Αμερική, ΝΑ Ασία και την Κίνα, οι οποίες οφείλονται σε διαδικασίες καύσης της βιομάζας. Επίσης, παρατηρούνται μεγάλες τιμές AOT και στη Β. Αφρική, καθώς και στην Αραβική χερσόνησο, οι οποίες οφείλονται σε σωματίδια σκόνης. Το κυριότερο χαρακτηριστικό του καθεστώτος  $AOT_{500nm}$  κατά τον Ιούλιο, είναι η μεταφορά σκόνης από την Αφρική προς ανατολάς, υπεράνω του Ατλαντικού Ωκεανού, η οποία εκτείνεται έως περίπου τα ανοιχτά των ακτών της Αμερικής.



Σχήμα 2.1.1.2.2 Πλανητική κατανομή των μεσοποιημένων τιμών (για την περίοδο 1979-1992 και 1996-2000) του οπτικού πάχους αερολυμάτων (AOT) στα 380 nm από τη βάση δεδομένων του TOMS για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

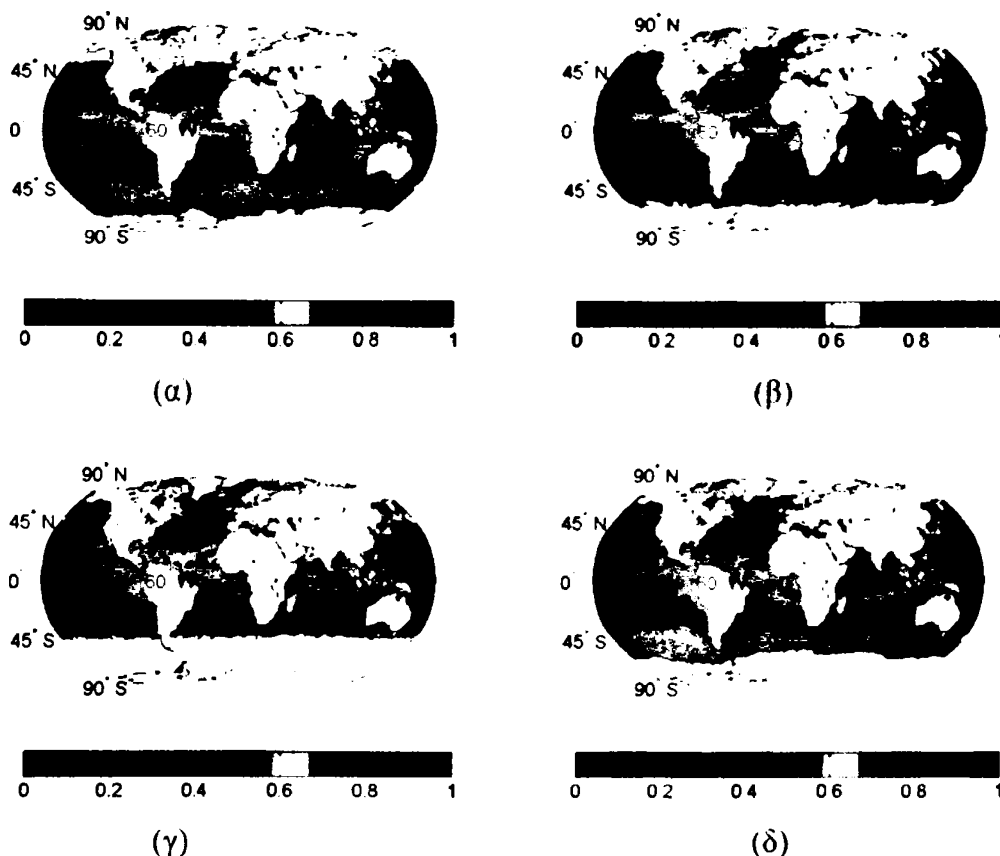
Επίσης, παρατηρείται έντονη διεργασία παραγωγής και μεταφοράς σκόνης στις ξηρές εκτάσεις της Αραβικής Χερσονήσου και στην Ινδία. Είναι ενδιαφέρον ότι παρατηρούνται μεγάλες τιμές  $AOT_{500nm}$  επάνω από εκτεταμένες εκτάσεις της ανατολικής Ρωσίας, οι οποίες οφείλονται σε δασικές πυρκαγιές (Torres et al., 2002). Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα των Torres et al. (2002) αναφέρονται στην περίοδο 1979-2001, ενώ τα δικά μας στην εκτενέστερη περίοδο η οποία περιλαμβάνει και την περίοδο των μετρήσεων των Earth Probe (1996-2000). Ακόμη, κατά τον Ιούλιο ξεκινά και η περίοδος καύσης της βιομάζας στην Κ. Αφρική, η οποία συνεχίζεται και κατά το μήνα Οκτώβριο. Κατά τον Οκτώβριο παρατηρούνται τιμές  $AOT_{500nm} > 0.4$  μόνο σε περιοχές της Κ. Αφρικής και του Αμαζονίου. Ένα κοινό χαρακτηριστικό για όλες τις εποχές είναι οι τιμές υποβάθρου ( $AOT_{500nm} < 0.18$ ) πάνω από ωκεάνιες περιοχές, με εξαίρεση τις περιπτώσεις μεταφοράς αερολυμάτων. Επίσης, εξαίρεση



αποτελεί η ζώνη καταιγίδων του Ν. Ημισφαιρίου (δυστυχώς όμως, αυτή καλύπτεται από μετρήσεις μόνον μερικώς κατά τον Ιανουάριο), η οποία χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερες τιμές  $AOT_{500nm}$  που οφείλονται σε θαλάσσια αερολύματα.

Σε ότι αφορά στην κατανομή του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στα 380 nm (κοντινό υπεριώδες), παρατηρούμε ότι αυτή παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με την κατανομή των 500nm, με τη διαφορά ότι -όπως είναι άλλωστε αναμενόμενο- οι τιμές  $AOT_{380nm}$  είναι μεγαλύτερες από τις τιμές  $AOT_{500nm}$ , φθάνοντας μέχρι και τιμές της τάξης του 1.0 σε περιοχές καύσης της βιομάζας, κυρίως περί τον Ισημερινό. Παρόλα αυτά, είναι ενδιαφέρον ότι από την κατανομή  $AOT_{380nm}$  απουσιάζουν περιοχές μεγίστων οι οποίες εμφανίζονται στην κατανομή  $AOT_{500nm}$ , όπως για παράδειγμα περιοχές της Βόρειας Αφρικής κατά τον Απρίλιο, γεγονός το οποίο αποδίδεται στην φασματική μεταβολή του οπτικού πάχους των αερολυμάτων συναρτήσει του μεγέθους και της σύστασης τους.

### 2.1.1.3 Δορυφορικά δεδομένα αερολυμάτων GACP

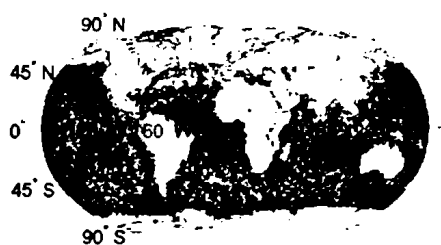


Σχήμα 2.1.1.3.1 Πλανητική κατανομή των μεσοποιημένων τιμών (για την περίοδο 1983-1993, 1996-2000) του οπτικού πάχους αερολυμάτων (AOT) στα 500 nm από τη βάση δεδομένων GACP, για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

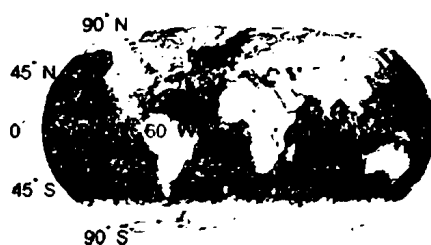
Η πλανητική κατανομή των τιμών  $AOT_{500nm}$  του GACP (Σχήμα 2.1.1.3) υποδηλώνει την απουσία τιμών AOT πάνω από ξηρά. Παρά το γεγονός αυτό, είναι ενδιαφέρον ότι η γεωγραφική κάλυψη των τιμών AOT του GACP είναι μεγαλύτερη από εκείνη του TOMS. Αυτό κάνει περισσότερο εμφανή κάποια χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα οι σχετικά μεγάλες τιμές  $AOT_{500nm}$  (έως περίπου 0.3) κατά μήκος της ζώνης των καταιγίδων του Ν. Ειρηνικού. Το χαρακτηριστικό αυτό, έστω και σε μικρότερο βαθμό, παρατηρείται και σε άλλες εποχές (π.χ. Οκτώβριο). Κατά τα

άλλα, διαπιστώνεται ότι οι τιμές  $AOT_{500nm}$  του GACP συμφωνούν ποιοτικά με εκείνες του TOMS, σε ότι αφορά στις ωκεάνιες εκτάσεις. Έτσι και τα δεδομένα  $AOT_{500nm}$  του GACP αποκαλύπτουν τις υψηλές τιμές AOT (έως και 0.5) στις περιπτώσεις μεταφοράς σκόνης ή καύσης της βιομάζας, είτε υπεράνω του Ατλαντικού, είτε του Ειρηνικού Ωκεανού, πάντοτε με κατεύθυνση προς δυσμάς. Ποσοτικά, διαφαίνεται μια αρκετά καλή συμφωνία μεταξύ των τιμών AOT του GACP και TOMS, αν και υπάρχουν θαλάσσιες περιοχές οι οποίες εμφανίζουν διαφορετικές τιμές, οι οποίες είναι κατά κόρον μεγαλύτερες για το TOMS σε σχέση με το GACP (όπως θα παρουσιασθεί σε επόμενη παράγραφο).

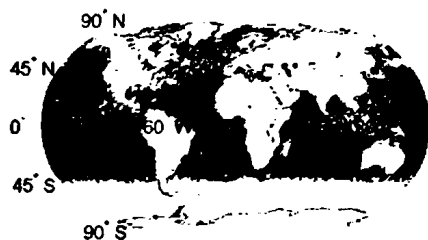
Η γεωγραφική κατανομή του παράγοντα Angström από τη βάση δεδομένων GACP, παρουσιάζει τιμές οι οποίες κυμαίνονται από 0.5 έως 1.5 για θαλάσσιες περιοχές του πλανήτη. Διαπιστώνονται γενικά τιμές οι οποίες είναι μικρότερες από 1.0, οι οποίες υποδηλώνουν σχετικά μεγάλου μεγέθους αερολύματα, ειδικά σε απομακρυσμένες ωκεάνιες περιοχές του Νοτίου Ημισφαιρίου (τον Απρίλιο), καθώς και σε περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται από μακρά μεταφορά μεγάλων σωματιδίων σκόνης, όπως για παράδειγμα στον κεντρικό Ατλαντικό Ωκεανό (μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα) ειδικά κατά τον Ιούλιο, καθώς και στην Αραβική θάλασσα κατά τον ίδιο μήνα. Αντίθετα, είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι σε ωκεάνιες περιοχές πλησίον των ηπείρων, ιδιαίτερα στο Βόρειο Ημισφαίριο, παρατηρούνται σχετικά μεγάλες τιμές του παράγοντα Angström (μεταξύ 1.0 και 1.5), οι οποίες αποδίδονται σε μεταφερόμενα λεπτά (μικρού μεγέθους) αερολύματα ανθρωπογενούς προέλευσης από πυκνοκατοικημένες και βιομηχανικά ανεπτυγμένες περιοχές (π.χ. Ευρώπη, Βόρεια Αμερική).



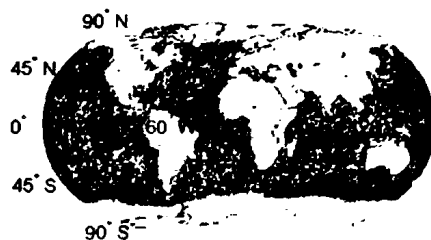
(α)



(β)



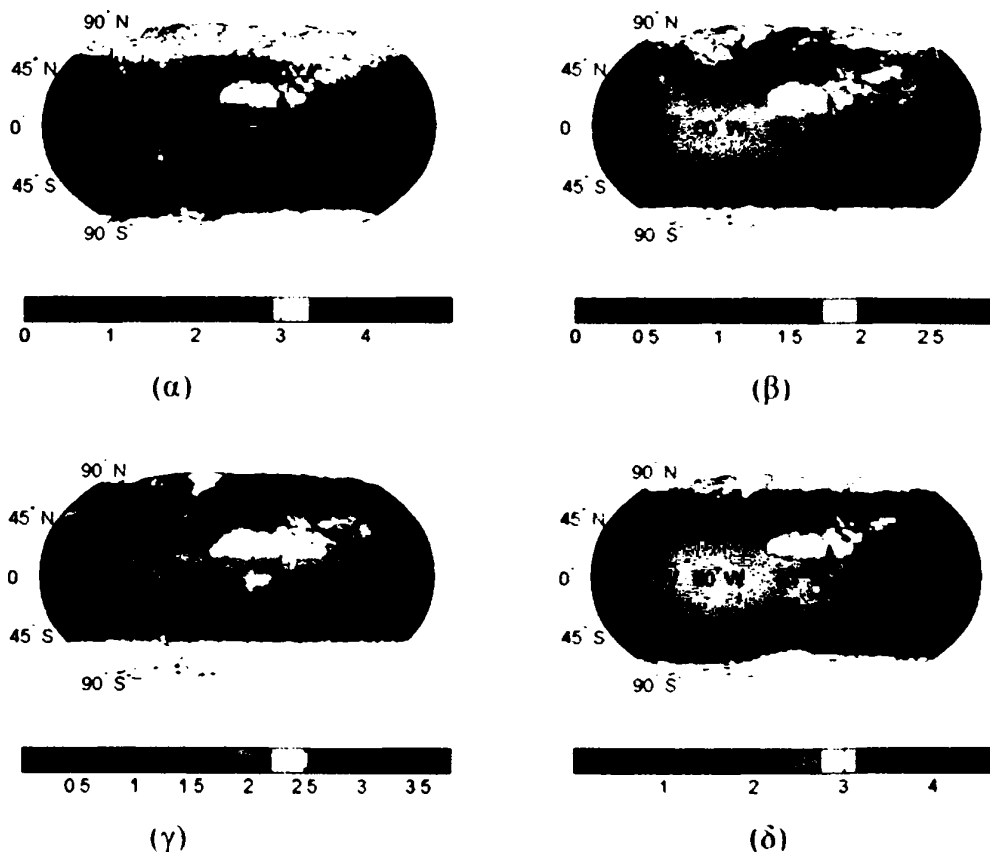
(γ)



(δ)

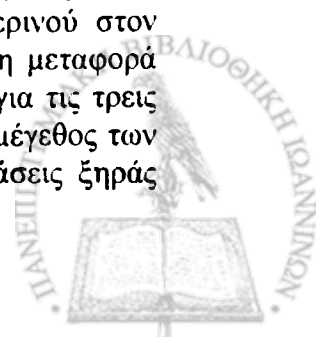
Σχήμα 2.1.1.3.2 Πλανητική κατανομή των μεσοποιημένων τιμών (για την περίοδο 1983-2000) του παράγοντα Angström των αερολυμάτων στα 470 nm – 670 nm από τη βάση δεδομένων GACP, για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

### 2.1.1.4 Δορυφορικά δεδομένα αερολυμάτων MODIS



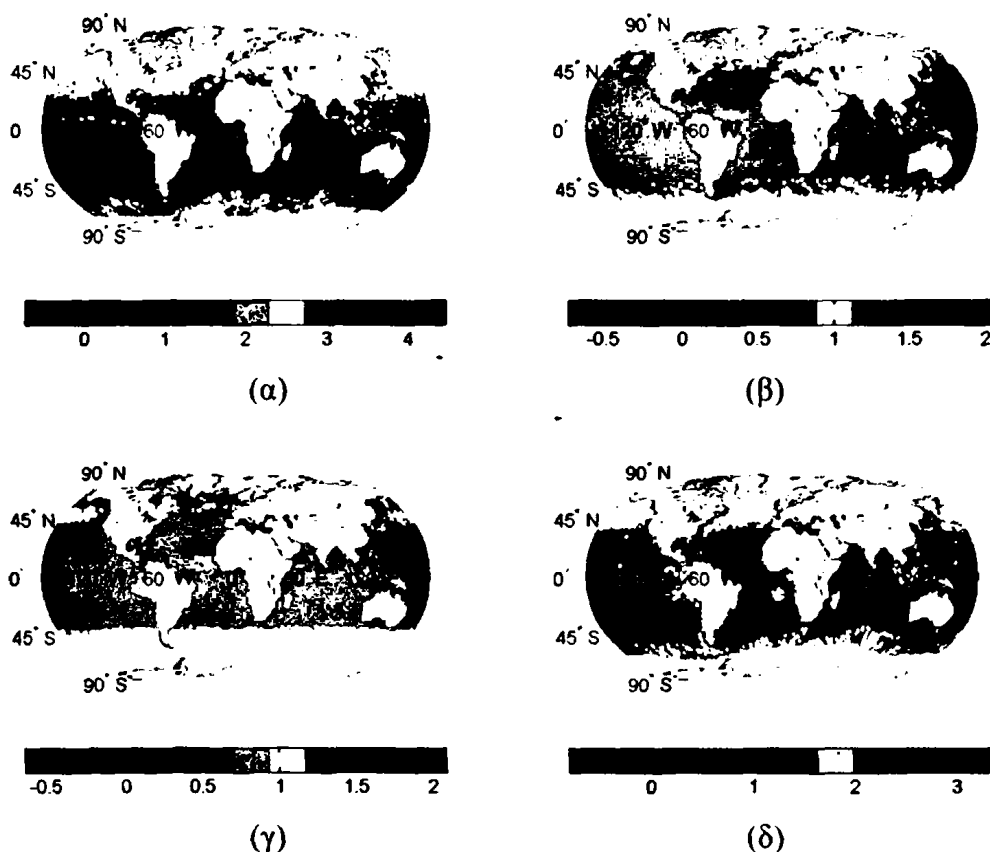
Σχήμα 2.1.1.4 Πλανητική κατανομή των μεσοποιημένων τιμών (για την περίοδο 2000-2004) του οπτικού πάχους αερολυμάτων (AOT) στα 500 nm από τη βάση δεδομένων MODIS, για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

Στο Σχήμα 2.1.1.4 παρουσιάζεται η μεσοποιημένη (για τα έτη 2000 - 2004) χωροχρονική κατανομή των δεδομένων  $AOT_{500nm}$  από τις πλέον σύγχρονες μετρήσεις MODIS των δορυφόρων Terra και Aqua. Οι μετρήσεις αυτές είναι πολύ σημαντικές διότι θεωρούνται οι πλέον αξιόπιστες και ως εκ τούτου, αποτελούν και ένα εργαλείο επαλήθευσης των υπολοίπων προηγούμενων δεδομένων  $AOT_{500nm}$ . Βέβαια, θα πρέπει να τονισθεί η διαφορετική χρονική περίοδος κάλυψης των διαφόρων δεδομένων  $AOT_{500nm}$ , δεδομένου ότι οι τιμές MODIS αναφέρονται στην πρόσφατη περίοδο 2000-2004, ενώ οι τιμές TOMS και GACP σε περιόδους έως το 2000. Παρόλα αυτά, αναμένεται μια γενική ποιοτική συμφωνία. Πράγματι, διαπιστώνεται μια γενικά καλή συμφωνία των τιμών  $AOT_{500nm}$  του MODIS με εκείνες των TOMS και GACP, κυρίως. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της γεωγραφικής κατανομής του οπτικού πάχους τα οποία αναφέρθηκαν για το TOMS και το GACP, εμφανίζονται και για το MODIS (π.χ. περιοχές καύσης της βιομάζας, μεταφορά σκόνης κ.λ.π.). Ωστόσο διαπιστώνονται και κάποιες διαφορές. Για παράδειγμα, η σχετικά μεγάλες τιμές  $AOT_{500nm}$  του GACP, οι οποίες εμφανίζονται κατά μήκος του Ισημερινού στον Ειρηνικό Ωκεανό, απουσιάζουν από την κατανομή MODIS. Αντίθετα, η μεταφορά σκόνης υπεράνω του Ατλαντικού Ωκεανού βρίσκεται σε συμφωνία και για τις τρεις βάσεις δεδομένων (TOMS, GACP, MODIS), έστω και με διαφορές στο μέγεθος των τιμών AOT. Υπάρχουν επίσης κάποιες άλλες διαφορές πάνω από εκτάσεις ξηράς



μεταξύ TOMS – MODIS. Για παράδειγμα, οι τιμές  $AOT_{500nm}$  του MODIS υποδηλώνουν μεγαλύτερα φορτία αερολυμάτων κατά τον Απρίλιο πάνω από εκτεταμένες περιοχές της Ρωσίας σε σχέση με το TOMS, καθώς και πάνω από περιοχές του Β. Καναδά. Ακόμη, κατά τον Ιούλιο, οι υψηλές τιμές  $AOT_{500nm}$  του TOMS πάνω από την Ανατολική Ρωσία δεν εμφανίζονται στην κατανομή του MODIS. Αντίθετα, το MODIS υποδεικνύει μεγάλες τιμές  $AOT_{500nm}$  (έως και 0.5) στην Ανατολική Κίνα, σε αντίθεση με το TOMS το οποίο εμφανίζει τιμές  $AOT_{500nm} < 0.3$ , κατά τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο. Όπως αναφέρθηκε, οι αιτίες των διαφορών αυτών χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης μελλοντικά και μπορεί να οφείλονται είτε στις διαφορετικές χρονικές περιόδους κάλυψης των βάσεων δεδομένων, είτε στις διαφορετικές τεχνικές των αλγορίθμων μετατροπής που χρησιμοποιούνται στα διάφορα δορυφορικά προγράμματα. Στην κατεύθυνση αυτή, θα βοηθούσε ιδιαίτερα μια σύγκριση στη βάση κοινής περιόδου κάλυψης, πράγμα βέβαια πολύ δύσκολο.

### 2.1.1.5 Σύγκριση μεταξύ οπτικού πάχους αερολυμάτων από διαφορετικές βάσεις δεδομένων



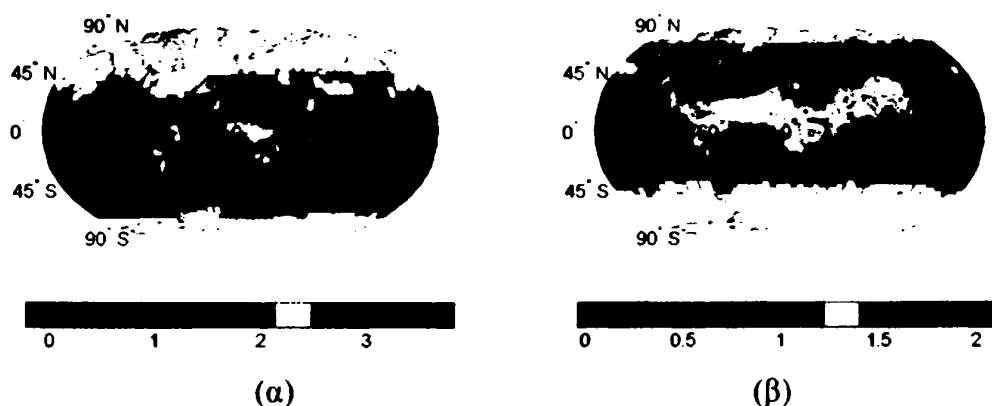
Σχήμα 2.1.1.5.1 Πλανητική κατανομή των διαφορών των τιμών (AOT) οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 500 nm, μεταξύ των βάσεων δεδομένων TOMS και GACP για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

Στα Σχήματα 2.1.1.5.1 – 2.1.1.5.4 παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των τιμών AOT από τις διαφορετικές βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία μας. Θα πρέπει να τονισθεί εξ αρχής ότι παρέχονται οι διαφορές χωρίς να επιχειρείται ενδελεχής μελέτη των λόγων ύπαρξης των διαφορών, πράγμα που αποτελεί μελλοντική προοπτική της παρούσας εργασίας. Ωστόσο, μπορεί να αναφερθεί ότι παράγοντες όπως οι διαφορετικοί αλγόριθμοι μετατροπής (υπολογισμού) των τιμών

ΑΟΤ, οι διαφορετικές χρονικές περιόδους κάλυψης των παρατηρήσεων, η διαφορετική ανάλυση των δορυφορικών οργάνων αποτελούν πιθανούς λόγους διαφορών στις τιμές ΑΟΤ μεταξύ των διαφορών βάσεων δεδομένων.

Στο σχήμα 2.1.5.1 παρέχονται οι διαφορές  $AOT_{500nm}$  μεταξύ των βάσεων δεδομένων TOMS και GACP. Οι διαφορές παρέχονται μόνον πάνω από θάλασσα δεδομένου ότι τα δεδομένα ΑΟΤ GACP δεν παρέχονται πάνω από εκτάσεις ξηράς. Διαπιστώνεται ότι καθ' όλη τη διάρκεια του έτους τα δεδομένα ΑΟΤ GACP έχουν σχετικά μικρές διαφορές από το TOMS, οι οποίες κυμαίνονται από -0.3 έως 0.3. Ωστόσο, κατά κόρον, οι διαφορές δεν υπερβαίνουν την τιμή 0.1. Οι μεγαλύτερες διαφορές TOMS-GACP εντοπίζονται στις θαλάσσιες περιοχές που χαρακτηρίζονται από μεταφορά σκόνης, π.χ. στα ανοιχτά των ακτών της Δ. Αφρικής διαμέσου του Ατλαντικού Ωκεανού, δηλαδή εκεί όπου παρατηρούνται και οι μεγαλύτερες τιμές ΑΟΤ. Σε μελλοντική εργασία, θα είναι ενδιαφέρον ο υπολογισμός των σχετικών διαφορών ΑΟΤ, εκτός των απολύτων διαφορών.

Αντίθετα με τις διαφορές  $AOT_{500nm}$  TOMS-GACP, οι οποίες είναι σχετικά μικρές, οι αντίστοιχες διαφορές TOMS-GADS (Σχήμα 2.5.1.2) είναι αρκετά μεγαλύτερες (κατά μια τάξη μεγέθους). Αυτό είναι γενικά αναμενόμενο, δεδομένου ότι το GADS είναι μια βάση δεδομένων η οποία δημιουργήθηκε με εντελώς διαφορετική φιλοσοφία από τις δορυφορικές βάσεις δεδομένων, π.χ. του TOMS. Έτσι, έχει στηριχθεί σε μετρήσεις, τόσο επίγειες όσο και δορυφορικές, οι οποίες είναι περισσότερο σποραδικές και έχουν μη συνεχή χρονική κάλυψη όπως οι μετρήσεις του TOMS. Παρά την ύπαρξη διαφορών  $|\Delta AOT_{500nm}| > 1.0$ , αυτές εντοπίζονται σε συγκεκριμένες κυψελίδες, ενώ γενικά οι διαφορές έχουν τιμές μικρότερες από 0.1, μάλιστα δε και από 0.5 για εκτεταμένες περιοχές του πλανήτη. Ωστόσο, ένα γενικό χαρακτηριστικό είναι ότι το TOMS υπερεκτιμά το οπτικό πάχος των αερολυμάτων, με εξαίρεση κάποιες περιοχές όπως οι έρημοι της Β. Αφρικής.

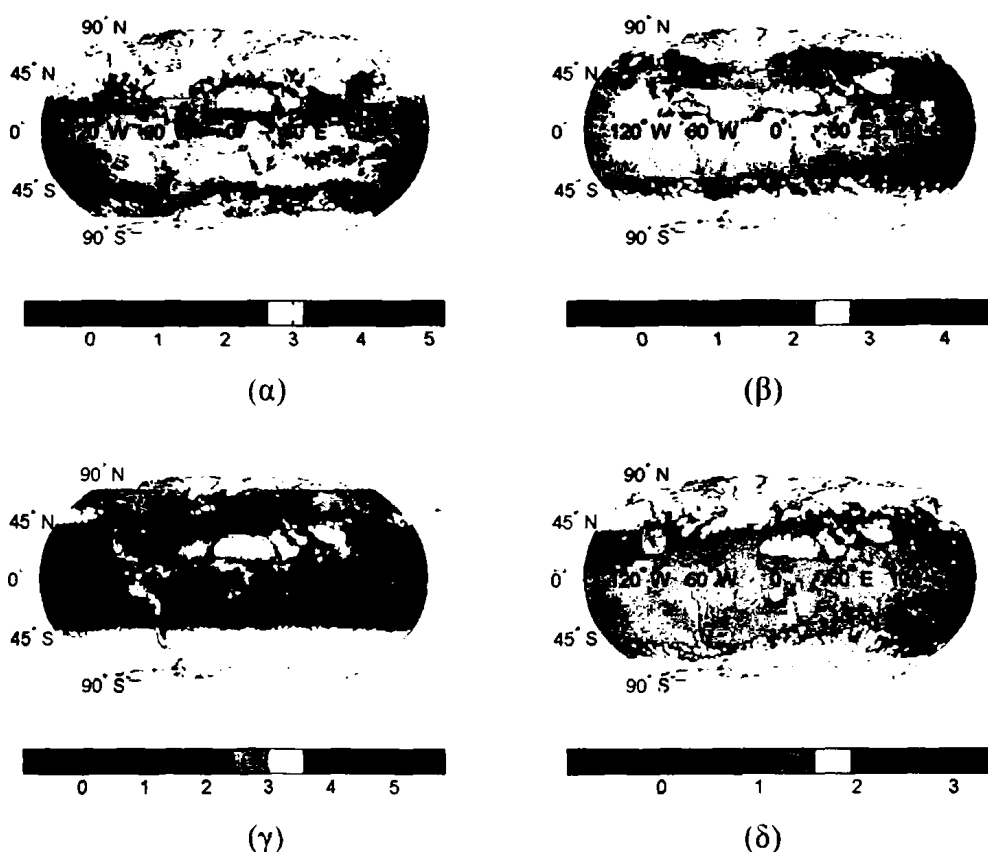


Σχήμα 2.1.1.5.2 Πλανητική κατανομή των διαφορών των τιμών (ΑΟΤ) οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 500 nm, μεταξύ των βάσεων δεδομένων TOMS και GADS για τους μήνες (α) Ιανουάριο και (β) Ιούλιο.

Οι διαφορές μεταξύ των βάσεων δεδομένων TOMS και MODIS είναι σχετικά μικρές και κυμαίνονται μεταξύ -0.2 και 0.2, ενώ σε μεγάλες περιοχές του πλανήτη οι διαφορές είναι και μικρότερες του 0.1. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν περιοχές στις οποίες εμφανίζονται συστηματικές διαφορές. Έτσι, για παράδειγμα, στον κεντρικό Ειρηνικό Ωκεανό οι τιμές  $AOT_{500nm}$  του TOMS είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές του MODIS κατά 0.1-0.15, ενώ κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στο βόρειο

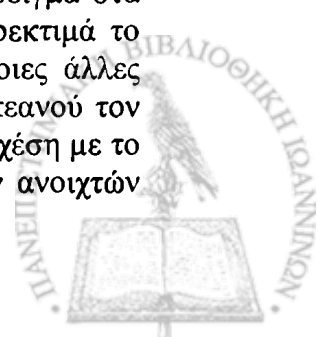


τμήμα της Νότιας Αμερικής, καθώς και στη Νότια Αφρική με εξαίρεση το μήνα Οκτώβριο. Αντίθετα, επάνω από κάποιες άλλες περιοχές, όπως για παράδειγμα η υποσαχάρια Αφρική, τμήματα της Ασίας αλλά και η Αραβική θάλασσα, το TOMS υποεκτιμά το οπτικό πάχος των αερολυμάτων σε σχέση με το MODIS. Οι αιτίες των διαφορών AOT μεταξύ TOMS και MODIS θα πρέπει να αναζητηθούν στις διαφορετικές περιόδους κάλυψης των δύο βάσεων δεδομένων και στις διαφορετικές τεχνικές (μεθόδους) ανεύρεσης (retrieval) του οπτικού πάχους των αερολυμάτων που χρησιμοποιούνται, καθώς επίσης και σε θέματα σχετικά με τη χρονική ανάλυση των μετρήσεων των αντίστοιχων δορυφόρων. Οι αιτίες των διαφορών είναι απαραίτητο να προσδιορισθούν και να αποσαφηνιστούν σε επόμενες μελέτες, καθώς διαφορές AOT<sub>500nm</sub> τάξεως του 0.1 είναι ικανές να προκαλέσουν σημαντικές μεταβολές στην επίδραση των αερολυμάτων στο ισοζύγιο ακτινοβολίας, ίσες με έως και περίπου 10Wm<sup>-2</sup> (Hatzianastassiou et al., 2004b).

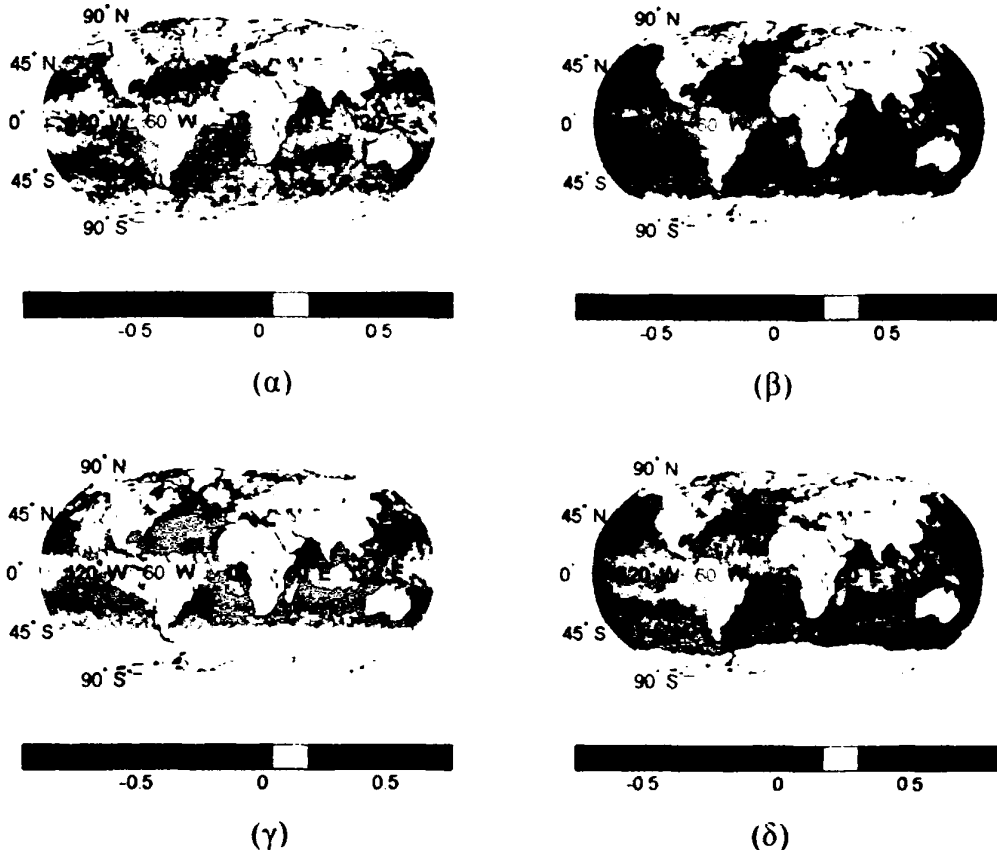


Σχήμα 2.1.1.5.3 Πλανητική κατανομή των διαφορών των τιμών (AOT) οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 500 nm, μεταξύ των βάσεων δεδομένων TOMS και MODIS για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

Η σύγκριση των τιμών AOT<sub>500nm</sub> μεταξύ GACP και MODIS αποκαλύπτει κοινά αλλά και αντίθετα χαρακτηριστικά σε σχέση με αυτά που προέκυψαν από τη σύγκριση TOMS – MODIS. Γενικά, είναι φανερό ότι οι διαφορές AOT<sub>500nm</sub> GACP – MODIS είναι μάλλον μικρότερες σε σχέση με τις διαφορές TOMS – MODIS πάνω από εκτεταμένες ωκεάνιες εκτάσεις. Σε κάποιες περιοχές, όπως για παράδειγμα στα ανοιχτά των ΒΔ ακτών της Νότιας Αμερικής τον Ιούλιο, το GACP υπερεκτιμά το AOT<sub>500nm</sub> σε σχέση με το MODIS (όπως και το TOMS), ενώ σε κάποιες άλλες περιοχές, π.χ. στα βόρεια τμήματα του Ατλαντικού και του Ειρηνικού Ωκεανού τον Ιούλιο και τον Απρίλιο, αντίστοιχα, το CACP υποεκτιμά το AOT<sub>500nm</sub> σε σχέση με το MODIS, παρουσιάζοντας ομοιότητες αλλά και διαφορές (περίπτωση των ανοιχτών



ακτών των ΒΔ ακτών της Αφρικής διαμέσου του Ατλαντικού Ωκεανού) σε σχέση με τη σύγκριση TOMS – MODIS.



Σχήμα 2.1.1.5.4 Πλανητική κατανομή των διαφορών των τιμών (AOT) οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 500 nm, μεταξύ των βάσεων δεδομένων GACP και MODIS για τους μήνες (α) Ιανουάριο, (β) Απρίλιο, (γ) Ιούλιο και (δ) Οκτώβριο.

## 2.1.2. Αξιολόγηση οπτικού πάχους αερολυμάτων μέσω συγκρίσεων με δεδομένα AERONET

Στην παράγραφο αυτή επιχειρείται αξιολόγηση των δεδομένων AOT από τις διάφορες βάσεις δεδομένων (GADS, TOMS, GACP, MODIS). Για το σκοπό αυτό, επιλέχθηκε ως σημείο αναφοράς η βάση δεδομένων από το παγκόσμιο δίκτυο AERONET. Οι μετρήσεις των σταθμών AERONET, θεωρούνται πολύς καλής ποιότητας, ενώ λαμβάνονται με συχνότητα της τάξης των 15 δευτερολέπτων. Στη συνέχεια, οι τιμές αυτές υφίστανται μεσοποίηση καθώς και συγκεκριμένες διαδικασίες ελέγχου-φιλτραρίσματος, ώστε προκύπτουν τελικά οι μέσες ημερήσιες και μηνιαίες τιμές AOT ανά Σταθμό (level 2.0), οι οποίες είναι διαθέσιμες μέσω του διαδικτύου. Για το σκοπό της αξιολόγησης, επιλέχθηκαν αρχικά 9 Σταθμοί οι οποίοι είναι αντιπροσωπευτικοί τύπων περιοχών του πλανήτη και τύπων αερολυμάτων. Οι Σταθμοί αυτοί με τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1.2, ενώ η θέση τους υποδεικνύεται στα Σχήμα 2.1.2. Η επιλογή των Σταθμών έγινε με τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η θεώρηση διαφορετικών τύπων περιβάλλοντος αερολυμάτων. Έτσι για παράδειγμα, περιλαμβάνονται Σταθμοί που βρίσκονται σε καθαρό απομακρυσμένο θαλάσσιο περιβάλλον (Mauna Loa), σταθμοί σε βιομηχανικά αστικά



κέντρα (GSFC), καθώς και Σταθμοί σε περιοχές με έντονη δραστηριότητα σκόνης (Banizoumbou) ή καύσης βιομάζας (Mongou). Στη συνέχεια, ακολουσθεί η παρουσίαση του καθενός Σταθμού ξεχωριστά.

Πίνακας 2.1.2 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των εννέα επιλεγέντων αντιπροσωπευτικών Σταθμών του δικτύου AERONET και χρονική περίοδος κάλυψης των μετρήσεων τους χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

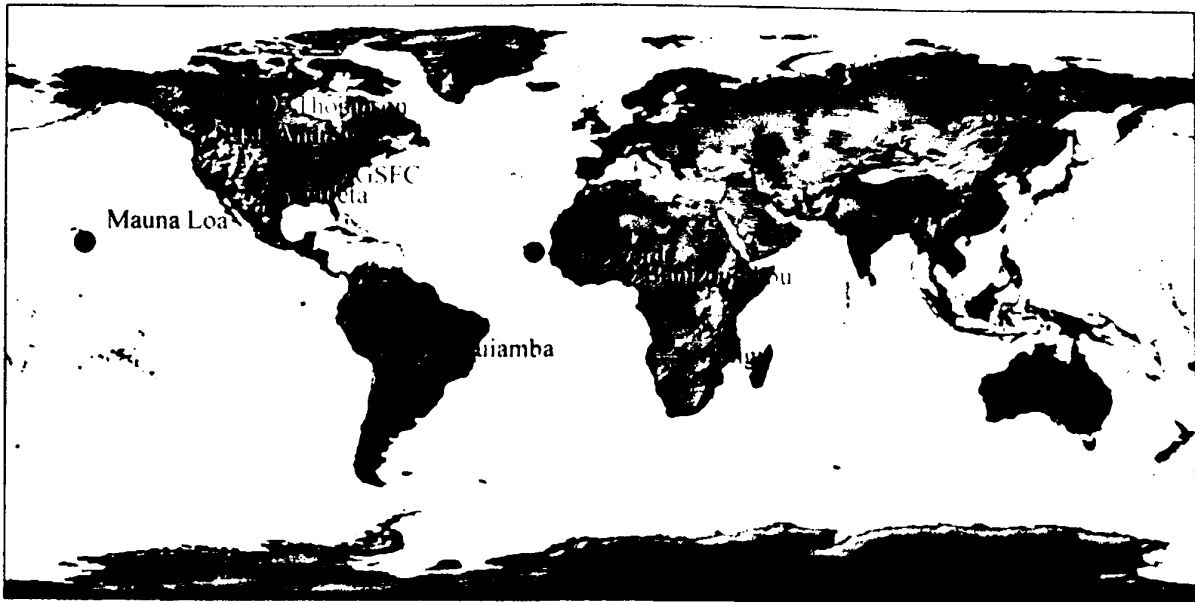
α/α	Σταθμός	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Υψόμετρο(m)	Χρονική περίοδος
1	Mauna Loa	19° 32' N	155° 34' W	3397	1994-1999
2	GSFC	39° 01' N	76° 52' W	50	1993-1999
3	Sevileta	34° 21' N	106° 53' W	1447	1994-1999
4	H.J. Andrews	44° 14' N	122° 13' W	830	1994-1999
5	Cape Verbe	16° 43' N	22° 56' W	60	1994-1999
6	Banizoumbou	32° 22' N	02° 39' E	250	1995-1997
7	Mongou	15° 15' S	23° 09' E	1107	1995-1998
8	Guiamba	15° 30' S	56° 00' W	250	1993-1995
9	Thompson	55° 47' N	97° 50' W	218	1994-1999

Θα πρέπει να τονισθεί ότι η σύγκριση πραγματοποιείται στη βάση μεσοποιημένων κλιματολογικών τιμών, δηλαδή τιμών οι οποίες έχουν μεσοποιηθεί για την περίοδο κάλυψης είτε των δορυφορικών δεδομένων AOT είτε των αντίστοιχων δεδομένων AERONET. Σε ότι αφορά στα δεδομένα AERONET οι περίοδοι κάλυψης των μετρήσεων παρέχονται στον Πίνακα 2.1.2. Οπωσδήποτε, αυτός ο τρόπος σύγκρισης δεν είναι ο πλέον ενδεδειγμένος, καθώς πρέπει να πραγματοποιηθεί σε πιο ρεαλιστική χρονική βάση, δηλαδή ανά μήνα και ανά έτος. Ωστόσο, αυτός ο απλούστερος τρόπος σύγκρισης επιλέχθηκε σαν ένα πρώτο βήμα, ενώ ο λεπτομερέστερος τρόπος παραμένει ως μελλοντική προοπτική της εργασίας αυτής. Παρόλα αυτά, πρέπει να τονίσουμε ότι οι όποιες διαφορές που οφείλονται στις διάφορες χρονικές περιόδους κάλυψης των τιμών AOT, γενικά, δεν αναμένεται να διαφοροποιήσουν δραματικά τα συμπεράσματα από την παρούσα εργασία. Εξάλλου, προκειμένου να καταστεί δυνατή η σύγκριση, για κάθε Σταθμό AERONET επιλέχθηκε η κυψελίδα της κάθε βάσεως δεδομένων AOT (TOMS, MODIS, GACP, GADS), της οποίας το κέντρο έχει τις εγγύτερες γεωγραφικές συντεταγμένες προς αυτές του Σταθμού AERONET.

Παρακάτω μελετάμε αντιπροσωπευτικούς σταθμούς του δικτύου AERONET για εννέα επιλεγμένες περιοχές που αντιπροσωπεύουν τα αερολύματα από το κάψιμο βιομαζών, σκόνη ερήμων, βιογονικός - υπόβαθρου και ανθρωπογενής - αστικές πηγές όπως φαίνονται στον Πίνακα 2.1.2 και η γεωγραφική τους θέση στο Σχήμα 2.1.2.

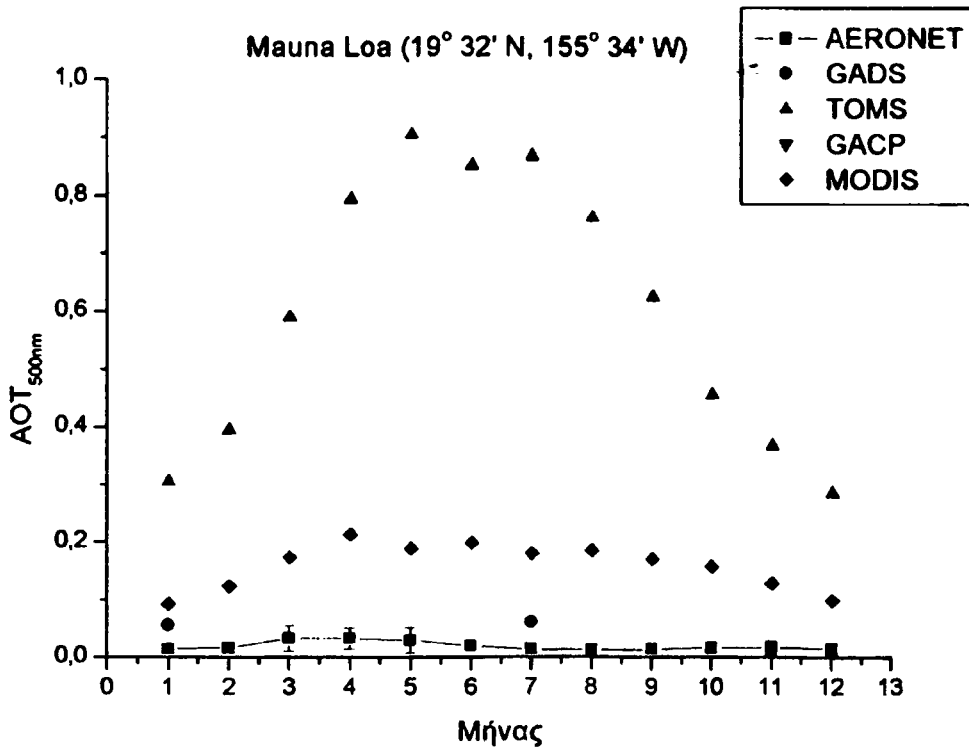
Μελετάμε για κάθε ένα σταθμό την τοπογραφία του, τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν και τις μέσες ετήσιες τιμές AOT τόσο από τα δεδομένα του AERONET όσο και από τα δεδομένα των βάσεων του TOMS, GACP, GADS και MODIS.





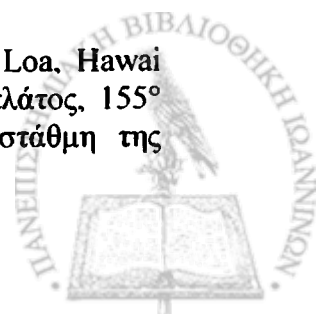
Σχήμα 2.1.2 Γεωγραφική θέση των εννέα (9) αντιπροσωπευτικών σταθμών του δικτύου AERONET των οποίων μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν για επαλήθευση των δορυφορικών δεδομένων οπτικού πάχους αερολυμάτων.

*Mauna Loa, Hawaii*



Σχήμα 2.1.2.1 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό Mauna Loa από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

Το ηλιακό φασματοφωτόμετρο τύπου Cimel του σταθμού Mauna Loa, Hawaii βρίσκεται στο Mauna Loa Observatory (MLO 19° 32'N γεωγραφικό πλάτος, 155° 34'W γεωγραφικό μήκος) που βρίσκεται 3400 m επάνω από τη στάθμη της



θάλασσας, στη βόρεια πλευρά του ομώνυμου ήπιας κλίσης ηφαιστείου (με κορυφή τα 4170 m). Η περιοχή τριγύρω καλύπτεται από γυμνό ηφαιστειογενή βράχο χωρίς βλάστηση ή χώμα και ως εκ τούτου με ελάχιστη τοπική παραγωγή αερολυμάτων. Επιπλέον, άλλοι παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στα πολύ μικρά φορτία αερολυμάτων στο MLO, είναι η θέση του στη μέση του Ειρηνικού Ωκεανού (απόσταση μεγαλύτερη από 3500km από την κοντινότερη ηπειρωτική περιοχή) και το ύψος του επάνω από το θαλάσσιο οριακό στρώμα. Το MLO θεωρείται η καλύτερη θέση για τη βαθμονόμηση των οργάνων μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω του εξαιρετικά μικρού, σε σταθερή βάση, οπτικού βάθους αερολυμάτων (Shaw, 1983). Εντούτοις, συνήθως μετά τις 9-10 am (τοπική ώρα) παρατηρείται ροή θαλάσσιου αέρα στο ύψος του παρατηρητήριου, η οποία προκύπτει από την αποσύνθεση του θαλάσσιου στρώματος αναστροφής, οδηγώντας συχνά σε γρήγορη χρονική μεταβολή και σε αύξηση της συγκέντρωσης των αερολυμάτων (Perry et al., 1999).

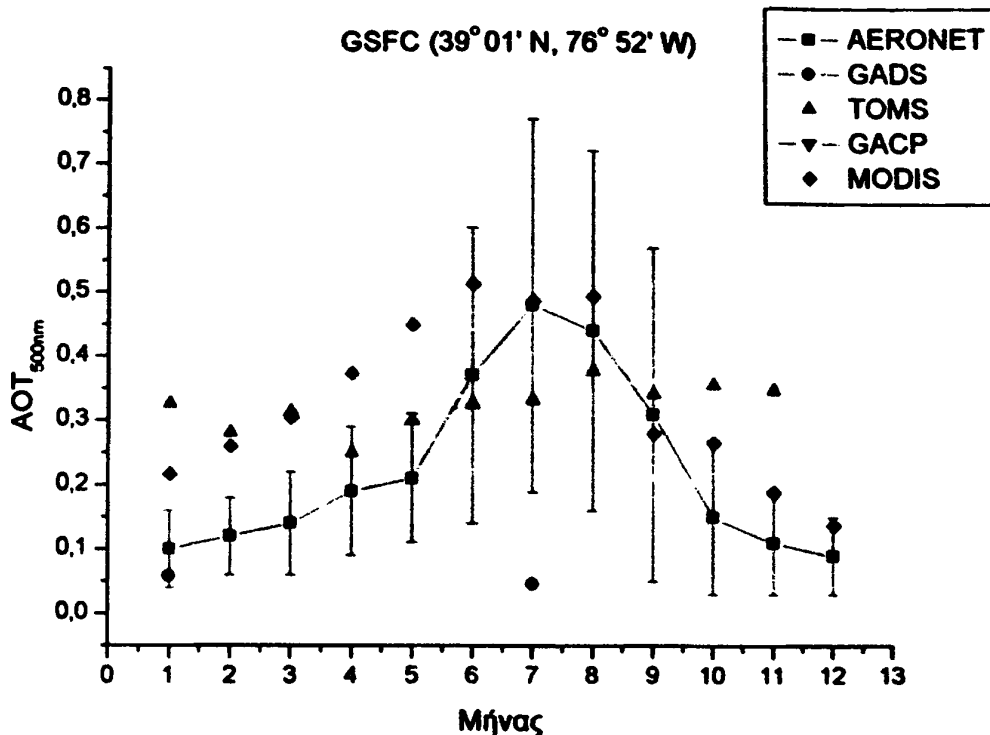
Η εποχιακή μεταβολή του μέσου μηνιαίου οπτικού βάθους αερολυμάτων βάσει του AERONET (Σχήμα 2.1.2.1) παρουσιάζει μέγιστες τιμές κατά τους μήνες της άνοιξης Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο. Αυτό το εποχιακό μέγιστο οφείλεται στη μεγάλη κλίμακα μεταφορά αερολυμάτων κυρίως από την Ασία, στο θαλάσσιο οριακό στρώμα (Perry et al., 1999; Shaw, 1980).

Στο Σχήμα 2.1.2.1 παρουσιάζεται η ενδοετήσια μεταβολή του  $AOT_{500nm}$  βάσει των δεδομένων TOMS, MODIS και GADS (δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα GACP). Είναι εμφανές ότι τα δεδομένα MODIS αναπαριστούν αρκετά καλά τον εποχικό κύκλο του AOT, έχοντας μέγιστες τιμές (~0.2) κατά τον μήνα Μάρτιο, ενώ οι τιμές AOT κυμαίνονται μεταξύ 0.1 (τον Ιανουάριο) και 0.2. Αντίθετα, οι τιμές AOT του TOMS είναι αρκετά υψηλότερες και κυμαίνονται από 0.3 (τον Ιανουάριο) έως 0.9 (το Μάιο). Οι διαφορές  $AOT_{500nm}$  μεταξύ TOMS και AERONET χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης σε μελλοντική έρευνα. Όσον αφορά στις τιμές του GADS, οι οποίες παρέχονται μόνο για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο, αυτές βρίσκονται σε αρκετά καλή συμφωνία με τις τιμές AERONET, καλύτερη δε σε σχέση με τις τιμές MODIS και, ιδιαίτερα TOMS

#### *GSFC, Greenbelt, Meryland*

Στο κέντρο διαστημικών πτήσεων Goddard Space Flight Center, GSFC, (39° 01' N γεωγραφικού πλάτους, 76° 52' W γεωγραφικού μήκους, υψόμετρο 50 m), το οποίο βρίσκεται στα περίχωρα της Washington D.C. περίπου 30 km νότια της βιομηχανικής Βαλτιμόρης, το καθεστώς των αερολυμάτων επηρεάζεται από συνοπτικές μετεωρολογικές συνθήκες. Μια νότια ροή που οφείλεται στο υψηλό των Βερμούδων είναι το κυρίαρχο χαρακτηριστικό γνώρισμα από τα τέλη της άνοιξης έως στις αρχές του φθινοπώρου και μια δυτική και βορειοδυτική ροή χαρακτηρίζουν τους υπόλοιπους μήνες. Η περισσότερο βαριά βιομηχανία βρίσκεται προς Βορρά και οι τοπικές εκπομπές οφείλονται κυρίως στα αυτοκίνητα των περίπου 2.3 εκατομμυρίων κατοίκων της μητροπολιτικής περιοχής. Στο τοπίο του Σταθμού κυριαρχούν φυλλοβόλα δέντρα με φύλλωμα από τα τέλη Απριλίου μέχρι τον Οκτώβριο.



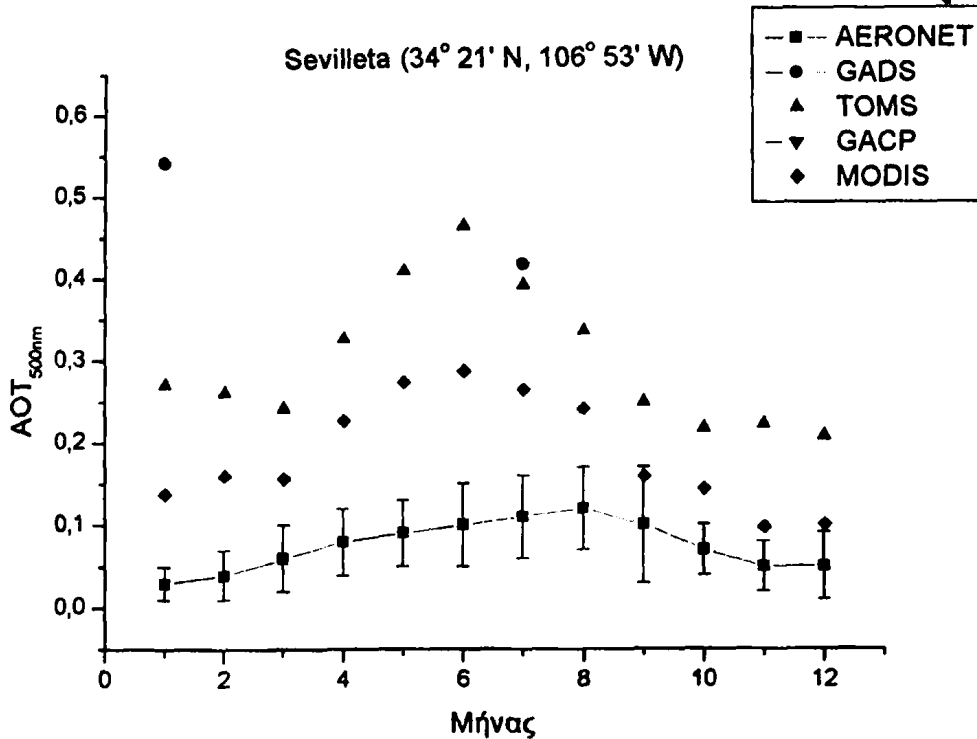


Σχήμα 2.1.2.2 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό GSFC από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

Το Σχήμα 2.1.2.2 παρουσιάζει τις μέσες μηνιαίες τιμές οπτικού βάθους αερολυμάτων στα 500 nm, μεσοποιημένες για την περίοδο των επτά ετών (1993-1999), στο GSFC. Το καθεστώς του οπτικού βάθους αερολυμάτων χαρακτηρίζεται από αυξημένες τιμές από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, με μέγιστες τιμές τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Ο επταετής μέσος όρος AOT για τον Ιούλιο είναι ίσος με 0.48. Αντίθετα, το οπτικό βάθος αερολυμάτων παρουσιάζει ελάχιστο κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών, με μέσες τιμές της τάξεως του 0.1 περίπου από τον Νοέμβριο έως τον Ιανουάριο.

Η εποχική διακύμανση των τιμών AOT<sub>500nm</sub> του AERONET βρίσκεται σε αρκετά καλή συμφωνία με την αντίστοιχη του MODIS, η οποία υποδεικνύει μέγιστο κατά το θέρος, περίπου ίσο με 0.5 και ελάχιστο το χειμώνα, ίσο με ~0.15 - 0.2. Αντίθετα οι τιμές του TOMS δεν παρουσιάζουν έντονη εποχική μεταβολή και κυμαίνονται μεταξύ 0.3 και 0.35, ενώ οι τιμές GADS βρίσκονται σε καλή συμφωνία τον Ιανουάριο (0.06), όχι όμως και τον Ιούλιο (0.05 έναντι 0.48). Οι μεγάλες διαφορές μεταξύ GADS και AERONET είναι δυνατό να οφείλονται στην πολύ διαφορετική γεωγραφική ανάλυση: οι τιμές AOT AERONET είναι σημειακές, ενώ οι τιμές GADS αναφέρονται σε κυψελίδα ανάλυσης ~300 x 300 km<sup>2</sup>, δηλαδή μια εκτεταμένη περιοχή μέσα στην οποία το οπτικό πάχος των αερολυμάτων είναι δυνατό να παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα. Συμπερασματικά και για το Σταθμό GSFC το MODIS παρέχει την καλύτερη συμφωνία.





Σχήμα 2.1.2.3 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό Sevilleta από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

Ο Σταθμός Sevilleta βρίσκεται σε μια ξηρή λεκάνη των νοτιοδυτικών ΗΠΑ, περίπου 1400 km ανατολικά του ειρηνικού ωκεανού (34° 21' N γεωγραφικό πλάτος, 106° 53' W γεωγραφικό μήκος, υψόμετρο 1447 m). Το ετήσιο καθεστώς βροχόπτωσης (240 mm/έτος) συνδυάζεται με ξηρούς και ψυχρούς χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριος – Φεβρουάριος), με ποσά βροχής 10-15 mm/μήνα, με μια μετάβαση στη θερμότερη ανεμώδη, αλλά γενικά ακόμη ξηρή, εαρινή περίοδο από το Μάρτιο έως το Μάιο. Την άνοιξη διαδέχεται ένας καυτός, ξηρός Ιούνιος και έπειτα μια θερμή αλλά υγρότερη περίοδος θερινού «μουσώνα» από τον Ιούλιο ως τον Αύγουστο και τις αρχές Σεπτεμβρίου (40 έως 45 mm/μήνα). Η θερινή βροχόπτωση εμφανίζεται γενικά με τη μορφή ισχυρών καταιγίδων, οι οποίες συχνά συνεισφέρουν το μισό του ετήσιου συνόλου βροχόπτωσης. Το φθινόπωρο χαρακτηρίζεται από μέτριες θερμοκρασίες με ξηρασία από τον Οκτώβριο έως μέχρι το Νοέμβριο (Moore, 1996). Τα φαινόμενα El Nino και La Nina επηρεάζουν το καθεστώς βροχόπτωσης της περιοχής (Dahm et al., 1994). Η αραιή βλάστηση, αποτελούμενη από χλόες και είδη θάμνων με ετήσιο χρόνο ζωής, είναι τυπική των μεγάλου υψόμετρου ερημικών ορεινών περιοχών. Η βλάστηση καθορίζεται γενικά από τη διαθέσιμη υγρασία και αποκρίνεται γρήγορα στις εποχιακές βροχοπτώσεις. Κατά συνέπεια, η ξηρασία κατά την άνοιξη πιθανώς συμβάλλει στην τοπική εκπομπή αερολυμάτων. Η κοντινότερη πόλη, Albuquerque, New Mexico, βρίσκεται 100 km βόρεια, έτσι ώστε δεν υπάρχουν τοπικές ανθρωπογενείς πηγές αερολυμάτων.

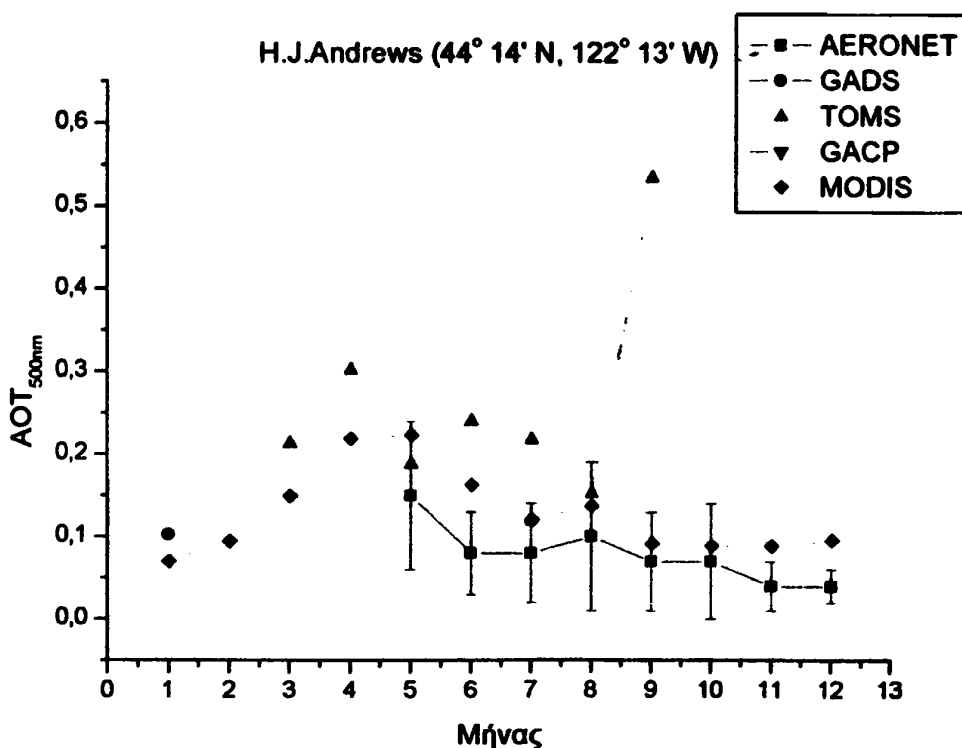
Οι μέσες μηνιαίες τιμές οπτικού βάθους αερολυμάτων παρουσιάζουν σαφή εποχιακή μεταβολή. Έτσι, βάσει των τιμών AERONET, παρατηρείται μια βαθμιαία αύξηση των τιμών AOT από τον Ιανουάριο (AOT=0.03) προς ένα ευρύ, αλλά με



σχετικά χαμηλές τιμές AOT θερινό μέγιστο (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος, AOT=0.11) το οποίο διαδέχεται μια βαθμιαία μείωση τιμών κατά το φθινόπωρο ως τα μέσα του χειμώνα με ελάχιστες τιμές (σχήμα 2.1.2.3). Η μέση ετήσια τιμή AOT=0.08 είναι μια από τις χαμηλότερες τιμές του δικτύου AERONET (Holben et al., 2001).

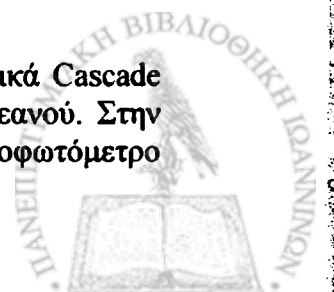
Παρατηρείται ότι τόσο οι τιμές TOMS όσο και αυτές του MODIS παρουσιάζουν διαφορές από εκείνες του AERONET, όχι μόνον ως προς το μέγεθος των τιμών, αλλά και την εποχική διακύμανση. Έτσι, υποδεικνύουν μεν μέγιστο κατά το θέρος, αλλά όχι προς το τέλος του (όπως το AERONET), αλλά στην αρχή του (Ιούνιος). Γενικά, οι τιμές AOT<sub>500nm</sub> του MODIS και ιδιαίτερα του TOMS, είναι υπερεκτιμημένες σε σχέση με αυτές του AERONET. Τέτοιες διαφορές, οι οποίες παρατηρήθηκαν και στις προηγούμενους Σταθμούς, χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης στο μέλλον. Ωστόσο, προς το παρόν μπορεί να αναφερθεί ως πιθανή αιτία η πολύ διαφορετική χρονική ανάλυση των μετρήσεων AOT. Για παράδειγμα, ενώ οι δορυφόροι του MODIS διέρχονται πάνω από την εν λόγω περιοχή δύο (2) φορές την ημέρα, οι μετρήσεις AERONET λαμβάνονται με συχνότητα 15 λεπτών. Επιπλέον, πρέπει να έχουμε υπόψιν ότι η χωρική ανάλυση των τιμών AOT<sub>500nm</sub> TOMS και MODIS είναι 100 km x 100 km.

*H.J. Andrews, Oregon*



Σχήμα 2.1.2.4 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό H.J. Andrews από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

Ο Σταθμός H.J. Andrews Experimental Forest, βρίσκεται στα κεντρικά Cascade Mountains του Oregon, περίπου 250 km ανατολικά του Ειρηνικού Ωκεανού. Στην περιοχή το υψόμετρο κυμαίνεται από 450 m έως 1600 m. Το φασματοφωτόμετρο



Cimel βρίσκεται σε μια κορυφή (γεωγραφικό πλάτος  $44^{\circ} 14' N$ , το γεωγραφικό μήκος  $122^{\circ} 13' W$ ) στα 830 m και συνήθως δεν επηρεάζεται από τοπικές θερμοκρασιακές αναστροφές βουνών-κοιλάδων. Η βροχόπτωση στην περιοχή είναι μεταβαλλόμενη, εξαρτώμενη από τις καταιγίδες του Ειρηνικού, οι οποίες τροποποιούνται λόγω της ορογραφίας της περιοχής. Χαρακτηριστικά, στην περιοχή κυμαίνεται από 2000 ως 3000 mm ετησίως, ενώ στη θέση του φασματοφωτόμετρου είναι ίση με 2290 mm. Οι βροχοπτώσεις σημειώνονται κυρίως από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάιο, με μια ξηρή περίοδο τριών έως τεσσάρων μηνών κατά το υπόλοιπο του έτους. Οι πηγές εκπομπής αερολυμάτων προέρχονται από τοπικές και περιφερειακές πυρκαγιές κατά τα τέλη του θέρους και το φθινόπωρο. Αερολύματα καύσης βιομάζας (από γεωργικές εκτάσεις χλόης) κατά το φθινόπωρο και βιομηχανικά και αστικά αερολύματα μεταφέρονται μέσω της κοιλάδας καθώς και από την κεντρική κοιλάδα της Καλιφόρνιας. Επίσης, έχει παρατηρηθεί και μεγάλη κλίμακας μεταφορά Ασιατικής σκόνης. Οι μετεωρολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται κυρίως από μια ισχυρή δυτική ροή από το Ειρηνικό Ωκεανό, περίπου 250 km δυτικά. Η ροή αυτή είναι ιδιαίτερα ισχυρή από το Δεκέμβριο έως το Μάρτιο και τότε λαμβάνουν χώρα οι ισχυρότερες βροχοπτώσεις. Από τον Ιούνιο μέχρι το Σεπτέμβριο, αναπτύσσονται ακινητοποιημένα συστήματα υψηλών πιέσεων, παρεμποδίζοντας τη μεταφορά αερολυμάτων από τον Ειρηνικό Ωκεανό. Θερμικά χαμηλά σε χαμηλό ύψος στην ατμόσφαιρα, τα οποία δημιουργούνται στην κεντρική κοιλάδα της Καλιφόρνιας αναπτύσσονται βόρεια προς το Όρεγκον, αυξάνοντας την επίδραση των τοπικών και περιφερειακών πηγών στο φορτίο αερολυμάτων κατά τη διάρκεια των στάσιμων συνθηκών.

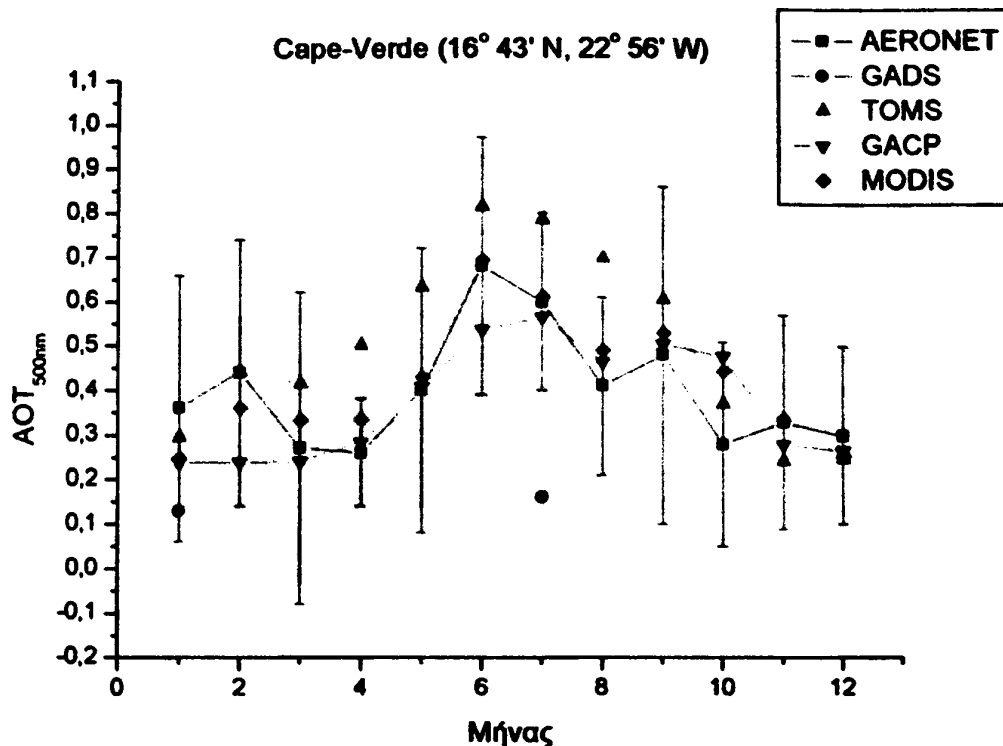
Σύμφωνα με τις μετρήσεις AERONET ο Σταθμός H.J. Andrews χαρακτηρίζεται από οπτικές ιδιότητες αερολυμάτων, οι οποίες είναι τυπικές των τιμών υποβάθρου για μέσα γεωγραφικά πλάτη, με θαλάσσια επιρροή (Σχήμα 2.1.2.4). Οι μέσες μηνιαίες τιμές AOT είναι χαμηλές (μικρότερες από 0.15), ενώ οι ελάχιστες τιμές (0.04) παρατηρούνται κατά την εκκίνηση της περιόδου των βροχοπτώσεων (Δεκέμβριος). Κατά τους μέσους θερινούς μήνες οι τιμές AOT προσεγγίζουν την τιμή 0.10. Τα επεισόδια καύσης της βιομάζας είναι εμφανή κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου του έτους (Μάιος-Σεπτέμβριος).

Παρατηρείται ότι τα δεδομένα MODIS παρουσιάζουν μια αρκετά ως πολύ καλή συμφωνία με αυτά του AERONET τόσο ως προς την εποχική μεταβολή των τιμών  $AOT_{500nm}$  (μέγιστα  $\sim 0.2$  στο τέλος της άνοιξης, Μάιο) όσο και ως προς το μέγεθος των τιμών. Επίσης, και τα δεδομένα GADS βρίσκονται σε καλή συμφωνία, ενώ τα δεδομένα TOMS εμφανίζουν κάποιες αποκλίσεις, ιδιαίτερα κατά το τέλος του θέρους.

### *Cape Verde*

Ο Σταθμός Sal Island Cape Verde ( $16^{\circ} 43' N$ ,  $22^{\circ} 56' W$ ) βρίσκεται περίπου 600km δυτικά του Ντακάρ, στη Σενεγάλη, στην περιοχή εκροής της σκόνης της Σαχάρας από τη δυτική Αφρική. Η κοντινότερη πόλη με περίπου 6,000 κατοίκους βρίσκεται περίπου 3km μακριά από την περιοχή του σταθμού. Η κύρια ανατολική διεύθυνση του ανέμου επηρεάζεται από τις ανεμοθύελλες της Σαχάρας και την προκαλούμενη μεταφορά σκόνης (Holben et al., 2001). Οι μέσες μηνιαίες τιμές AOT, μεσοποιημένες για την περίοδο 1994-1999, παρέχονται στο Σχήμα 2.1.2.5. Οι τιμές





Σχήμα 2.1.2.5 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό Cape Verde από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

του οπτικού πάχους αερολυμάτων είναι υψηλές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με μέγιστες τιμές (0.68) από Μάιο μέχρι Σεπτέμβριο και δευτερεύουσες μέγιστες τιμές κατά το δίμηνο Ιανουαρίου-Φεβρουαρίου). Οι ελάχιστες τιμές AOT<sub>500nm</sub> (0.26) παρατηρούνται κατά τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο. Κατά συνέπεια, οι μέσες μηνιαίες τιμές AOT<sub>500nm</sub> παρουσιάζουν σημαντική εποχική μεταβολή. Τα μεγάλα φορτία αερολυμάτων κατά το θέρος σε συνδυασμό με τις χαμηλές τιμές του παράγοντα Angstrom (Holben et al., 2001), υποδηλώνουν ότι η σκόνη κυριαρχεί στο καθεστώς των αερολυμάτων (συχνά επεισόδια σκόνης από τη Σαχάρα). Δορυφορικά δεδομένα, όπως αυτά του TOMS του GACP και του MODIS (Σχήμα 2.1.2.5) υποδεικνύουν έναν εποχιακό κύκλο αντίστοιχο του AERONET, με μέγιστο φορτίο αερολυμάτων κατά τις αρχές του θέρους. Τα δορυφορικά δεδομένα αναπαράγουν επίσης και το δευτερεύον μέγιστο AOT<sub>500nm</sub> κατά το Φεβρουάριο, με εξαίρεση το GACP. Οι σχετικά υψηλές τιμές AOT<sub>500nm</sub> κατά το χειμώνα συνδέονται επίσης με σκόνη η οποία μεταφέρεται σε χαμηλότερο ύψος και προέρχεται από άλλες πηγές (Chiapello et al., 1997). Η συμβολή του θαλάσσιου άλατος στην περίπτωση χαμηλών τιμών οπτικού πάχους (AOT = 0.2) μπορεί να αντιπροσωπεύει έως 30% της συνολικής τιμής οπτικού πάχους (Chiapello et al., 1999).

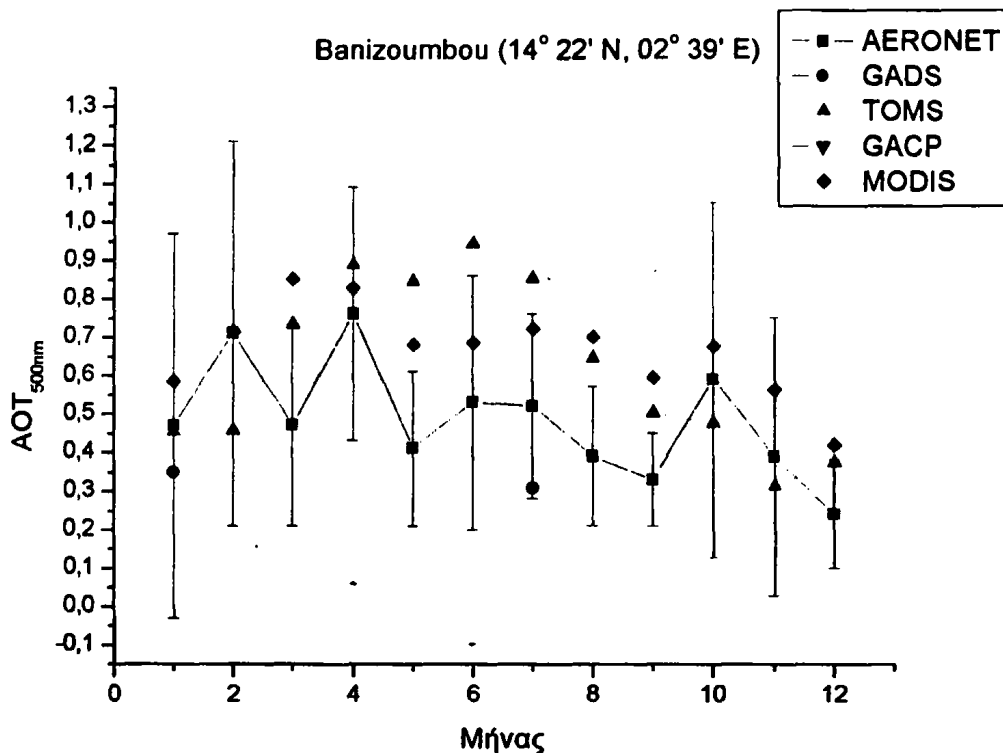
Τα αποτελέσματα του Σχήματος 2.1.2.5 υποδεικνύουν ότι το MODIS, βρίσκεται σε καλύτερη συμφωνία από το TOMS. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για το GACP, ενώ αντίθετα το GADS φαίνεται να αποτυγχάνει στην αναπαραγωγή του ετήσιου κύκλου του AOT<sub>500nm</sub>. Πάντως, όλες οι τιμές AOT<sub>500nm</sub> δορυφορικής προέλευσης βρίσκονται μέσα στο εύρος των τυπικών αποκλίσεων των τιμών AERONET.





### Banizoumbou, Niger

Ο σταθμός Banizoumbou, στη Νιγηρία ( $32^{\circ} 22' N$ ,  $02^{\circ} 39' E$ ) βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ της ερήμου Σαχάρας προς Βορρά και τη ζώνης Sudanian προς νότο. Το κλίμα επηρεάζεται από τον άνεμο Harmattan (ανατολικός ή νοτιοανατολικός άνεμος). Το Banizoumbou επηρεάζεται κυρίως από πηγές εκπομπής αερολυμάτων που βρίσκονται στη Νιγηρία, νότια Αλγερία, Λιβύη και Τσαντ. Τα φορτία σκόνης στην ατμόσφαιρα εξαρτώνται από μετεωρολογικές συνθήκες επιφανείας στις περιοχές των πηγών εκπομπής. Η περιοχή μπορεί επίσης να επηρεασθεί από την παρουσία αερολυμάτων που προέρχονται από καύση βιομάζας. Η χαρακτηριστική βλάστηση της περιοχής είναι τύπου σαβάνας, ενώ οι πυρκαγιές είναι σημαντικές κατά τη διάρκεια της περιόδου από Δεκέμβριο έως το Φεβρουάριο.



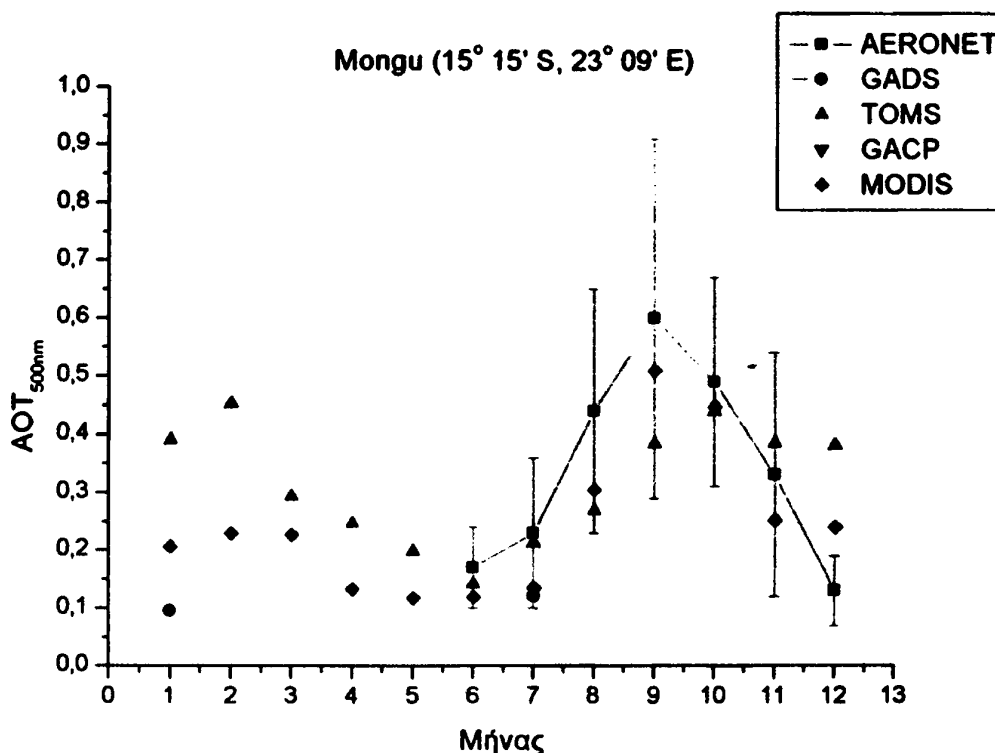
Σχήμα 2.1.2.6 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό Banizoumbou από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από μια ενιαία και συνήθως σύντομη περίοδο βροχών και εξαρτάται από την παρουσία της ενδοτροπικής ζώνης σύγκλισης (ITCZ). Η ITCZ αντιστοιχεί στη ζώνη μετάβασης μεταξύ των ξηρών αερίων μαζών που προέρχονται από το Βορρά και υγρού αέρα που προέρχεται από τις ισημερινές περιοχές. Η βροχόπτωση αυξάνεται όταν η ITCZ μετατοπίζεται προς βορρά και παρουσιάζει μέγιστο όταν η ITCZ φθάνει στην περιοχή. Δεν υπάρχουν σαφείς εποχιακές τάσεις των τιμών  $AOT_{500nm}$  καθώς οι τιμές είναι υψηλές καθόλη τη διάρκεια του έτους ( $AOT > 0.2$ ). Μέγιστες τιμές  $AOT_{500nm}$  παρατηρούνται τον Οκτώβριο, τον Φεβρουάριο και τον Απρίλιο. Οι υψηλότερες τιμές της παραμέτρου Angstrom τον Ιανουάριο αντιστοιχούν στην παρουσία καψίματος βιομάζας αερολύματος. Ο επικρατών τύπος αερολυμάτων είναι η σκόνη, που προέρχεται από την Σαχάρα και αντιστοιχεί στις μέγιστες τιμές  $AOT_{500nm}$  (και σε μικρές τιμές του



παράγοντα Angström, οι οποίες ωστόσο δεν παρουσιάζονται εδώ). Δευτερεύοντα μέγιστα  $AOT_{500nm}$  αντιστοιχούν σε σωματίδια καύσης της βιομάζας, γεγονός το οποίο υποδηλώνεται από υψηλότερες τιμές του παράγοντα Angström. Διαπιστώνεται για ακόμη μια φορά ότι τα δεδομένα AOT του MODIS βρίσκονται σε καλύτερη συμφωνία με αυτά του AERONET, σε σχέση με τα δεδομένα TOMS και GADS. Τέτοια προβλήματα υπερεκτίμησης των τιμών AOT από δορυφορικά δεδομένα όπως αυτά του TOMS, έχουν αναφερθεί από τους Torres et al. (2002) και έχουν αποδοθεί σε αιτίες όπως η μερική παρουσία νεφών στο εσωτερικό των κυψελίδων (Torres et al., 1998), καθώς και σε ελλιπή χωρική ανάλυση των παρατηρήσεων. Ωστόσο, παρατηρείται και πάλι μια ελαφρά υπερεκτίμηση των τιμών AOT από μέρους των δορυφορικών δεδομένων AOT.

### Mongu



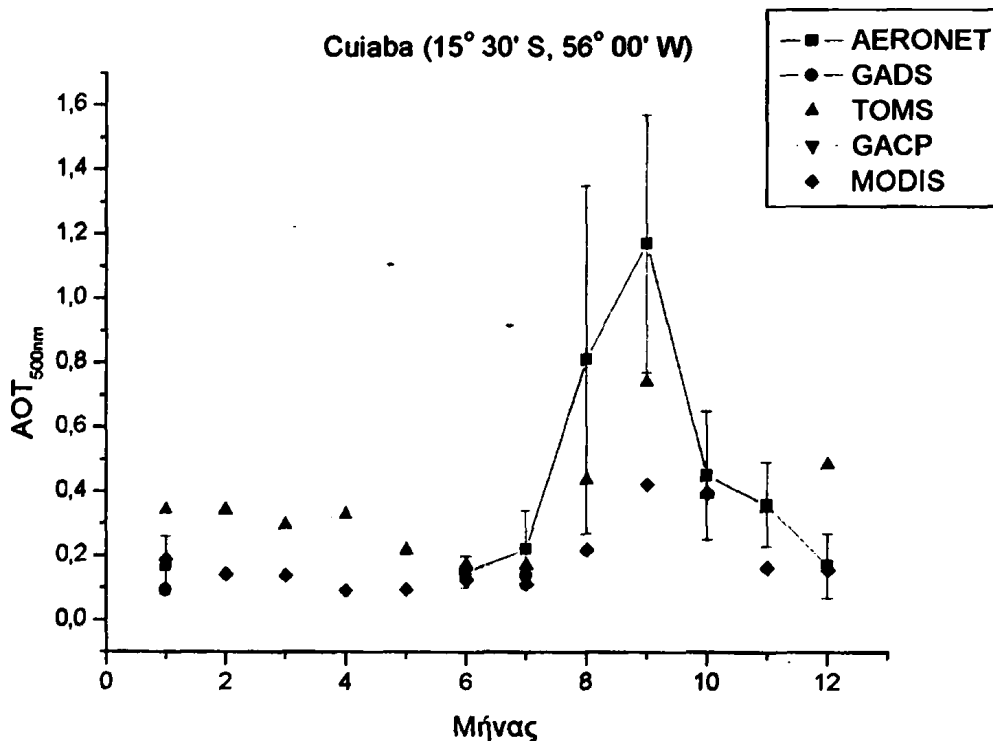
Σχήμα 2.1.2.7 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό Mongu από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

Ο Σταθμός Mongu στη Ζάμπια ( $15^{\circ} 15' S, 23^{\circ} 09' E$ , υψόμετρο 1107 m) βρίσκεται στη κεντροδυτική Ζάμπια, στην ανατολική άκρη της κοίτης του ποταμού Ζαμβέζη. Η περιφερειακή φυτική κάλυψη του Σταθμού είναι λιβάδι, εποχιακό έλος, και καλλιεργήσιμη γη, ανάλογα με την εποχή. Η ετήσια μεταβολή οπτικού βάθους εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη στη γεωργία καύση της βιομάζας, η οποία λαμβάνει κυρίως χώρα κατά το δεύτερο ήμισυ της ξηρής περιόδου του έτους και περιλαμβάνει επίσης την αρχή της υγρής περιόδου (Αύγουστος-Νοέμβριος). Η μέση βροχόπτωση για τους 7 ξηρούς μήνες του έτους (Απρίλιος – Οκτώβριος) αντιστοιχεί σε λιγότερο από 8% της συνολικής μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (969 mm.). Η συχνότητα εμφάνισης υψηλών φορτίων αερολυμάτων από καύση της βιομάζας μετρήθηκε από δορυφόρους σε μήκη κύματος της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας

από το ραδιόμετρο του TOMS (Herman et al., 1997). Οι μετρήσεις αυτές έδειξαν ότι η περιοχή με την εντονότερη παρουσία πυκνού καπνού βρίσκεται βόρεια της Ζάμπια και αντιστοιχεί στην περιοχή με τη μεγαλύτερη βιομάζα. Οι Gartsang et al. (1996) πραγματοποίησαν ανάλυση οπισθοπορειών (back trajectory) στη νότια Αφρική και έδειξαν 5 δυνατούς τρόπους μεταφοράς αερολυμάτων σε όλες τις κύριες διευθύνσεις από και προς τη δυτική Ζάμπια. Σημείωσαν επίσης ότι η καθιζάνουσα αντικυκλωνική κυκλοφορία είναι το κυρίαρχο χαρακτηριστικό γνώρισμα κατά τη διάρκεια μεγάλου μέρους της περιόδου καύσης της βιομάζας.

Οι μέσες μηνιαίες τιμές  $AOT_{500nm}$  του AERONET παρουσιάζουν μεγάλες τιμές οπτικού πάχους κατά την ξηρή περίοδο του έτους και ιδιαίτερα κατά το δεύτερο ήμισυ, όπως προαναφέρθηκε. Οι τιμές αυτές φθάνουν έως περίπου 0.6, ενώ οι ελάχιστες τιμές (Δεκέμβριος) είναι περίπου ίσες με 0.15, υπάρχει δηλαδή μια σημαντική ενδοετήσια μεταβολή. Παρατηρείται ότι τα δεδομένα  $AOT_{500nm}$  του MODIS βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τις αντίστοιχες τιμές του AERONET, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά, ενώ τα δεδομένα TOMS παρουσιάζουν λιγότερο καλή (αλλά όχι άσχημη) προσαρμογή στις μετρήσεις AERONET. Και τα δεδομένα MODIS και αυτά του TOMS βρίσκονται συστηματικά μέσα στο εύρος των τυπικών αποκλίσεων του AERONET.

#### Cuiaba, Βραζιλία



Σχήμα 2.1.2.8 Μέσες μηνιαίες τιμές  $AOT$  για τον Σταθμό Cuiaba από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές  $AOT$  έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

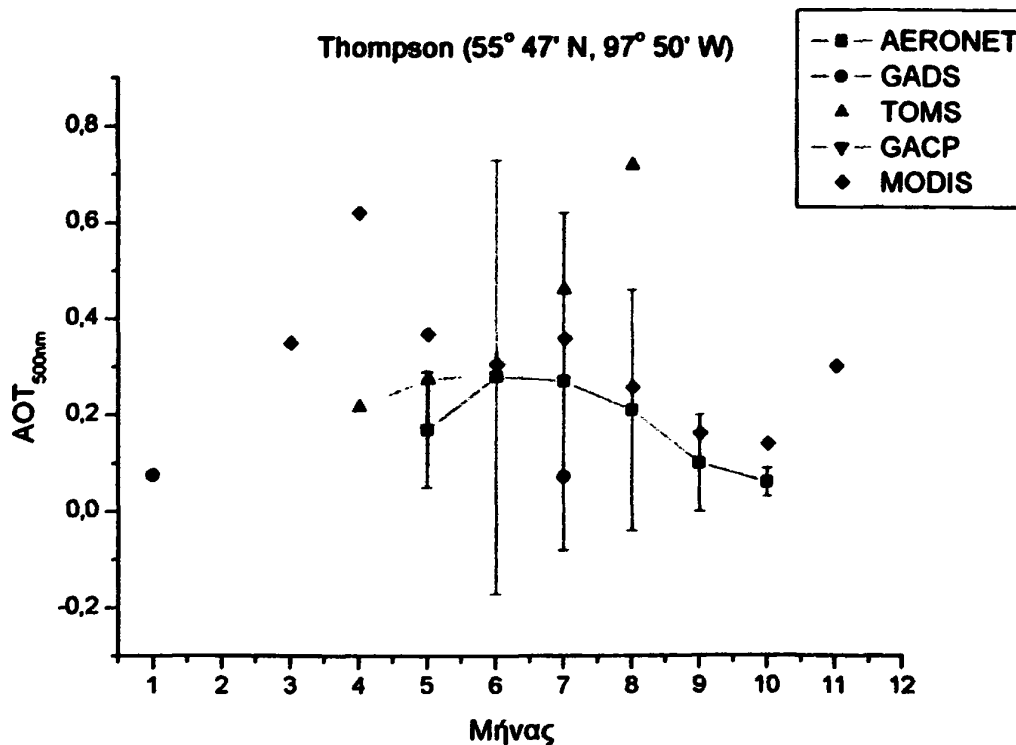
Ο σταθμός Cuiabá, στη Βραζιλία, βρίσκεται στην κεντρική Νότια Αμερική, ακριβώς νότια της Λεκάνης του Αμαζονίου ( $15^{\circ} 33' S$ ,  $56^{\circ} 00' W$ , ύψος 250 m), σε μια περιοχή της οποίας η βλάστηση είναι σαβάνα και η οποία έχει μετατραπεί κατά μεγάλο μέρος σε γεωργικό έδαφος. Η ετήσια καύση αυτής της σαβάνας και των



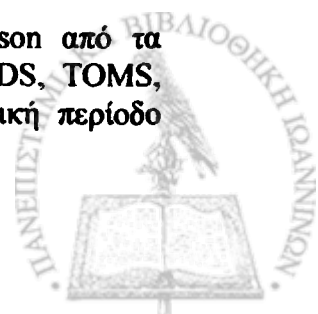
γεωργικών εδαφών είναι μια κοινή πρακτική που λαμβάνει χώρα πρωτίστως στο τέλος της ξηρής περιόδου (Αύγουστος-Σεπτέμβριος) αλλά που μπορεί να συνεχίζεται και κατά την περίοδο Οκτωβρίου - Νοεμβρίου ανάλογα με την περίοδο των βροχοπτώσεων. Επίσης, λαμβάνει χώρα και καύση τροπικών δασών προς Βορρά (~500 km) και καύση βοσκολιβάδων στο Pantanal (ο παγκόσμια μεγαλύτερος εποχιακά πλημμυρισμένος υγρότοπος) στα νότια (~100 km). Το ραδιόμετρο CIMEL ήταν τοποθετημένο ~10 km βόρεια της πόλης Cuiaba και επομένως ήταν επίσης δυνατό να επηρεάζεται από αστικά - βιομηχανικά αερολύματα.

Η μέση μηνιαία μεταβολή (3 ετών) των τιμών  $AOT_{500nm}$  στην Cuiaba (Σχήμα 2.1.2.8) δείχνει με σαφήνεια ότι τα μέγιστα των αιχμή των συγκεντρώσεων καπνού από τα αερολύματα καύσης της βιομάζας εμφανίζονται κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο (τιμές AOT έως και ~1.2). Εντούτοις, οι τιμές  $AOT_{500nm}$  δεν επανέρχονται σε επίπεδα υποβάθρου (0.2) παρά μόνον το Δεκέμβριο, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι υπάρχουν κάποιες τοπικές διαδικασίες καύσης ή και μεταφορά καπνού από άλλες περιοχές κατά τους μήνες Οκτώβριο-Νοέμβριο, δηλαδή την αρχή της περιόδου των βροχοπτώσεων. Από το Σχήμα 2.1.2.8 είναι φανερό ότι η εποχικότητα των τιμών  $AOT_{500nm}$  αναπαράγεται και από τα δορυφορικά δεδομένα TOMS και MODIS, αν και με μικρότερο μέγεθος τιμών, ιδιαίτερα για την περίπτωση του MODIS. Οι αιτίες της μεγάλης υποεκτίμησης του MODIS χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Βέβαια, μια πιθανή αιτία είναι οι διαφορετικές χρονικές περιόδους κάλυψης (1993-1995 για το AERONET, 2000-2004 για το MODIS) και η ύπαρξη σημαντικής διαχρονικής μεταβολής των τιμών  $AOT_{500nm}$ , όπως δείχνεται από τους Holben et al. (2001).

*Thompson, Manitoba, Καναδάς*



Σχήμα 2.1.2.9 Μέσες μηνιαίες τιμές AOT για τον Σταθμό Thompson από τα δεδομένα μετρήσεων AERONET και από τις βάσεις δεδομένων GADS, TOMS, GACP και MODIS. Οι τιμές AOT έχουν μεσοποιηθεί για τη χρονική περίοδο κάλυψης των δεδομένων σε κάθε περίπτωση.

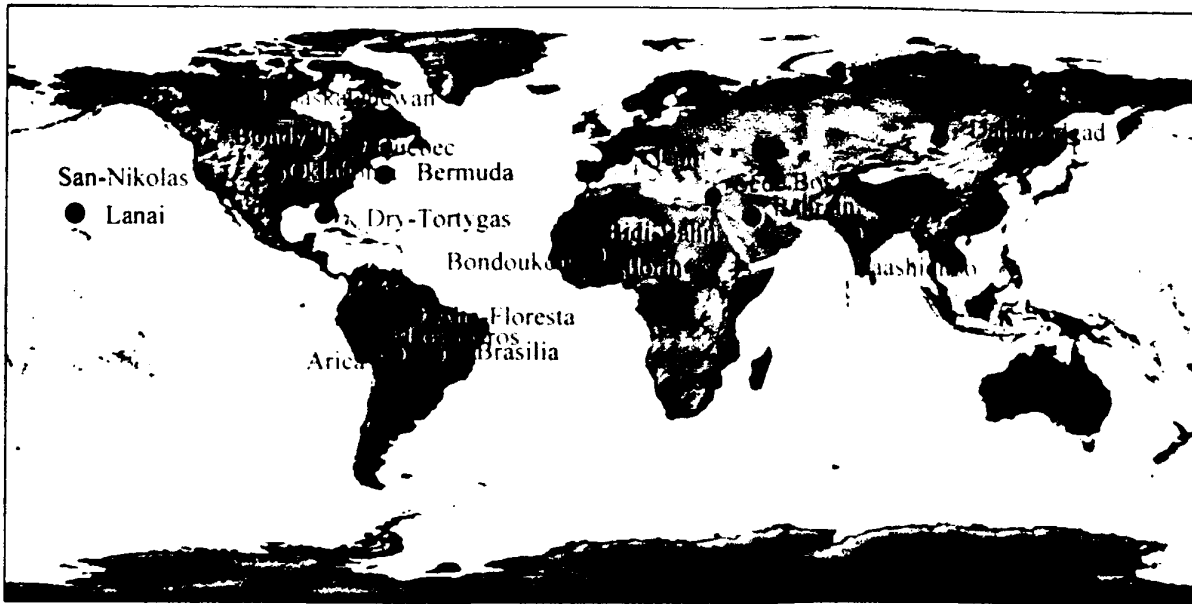


Ο Σταθμός Thompson, Manitoba (55° 47' N, 97° 50' W, υψόμετρο 218 m) βρίσκεται κοντά στη βόρεια δασική ζώνη του κεντρικού Καναδά. Η τοπική κάλυψη εδάφους κυριαρχείται από τρία είδη δασών με πολυάριθμες εκτάσεις λιμνών. Το κλίμα είναι χαρακτηριστικό μεσοηπειρωτικό μεγάλου γεωγραφικού πλάτους με τους μακρύς βαρείς χειμώνες και ισχυρή χιονόπτωση. Οι θερμές εαρινή και θερινή περίοδος χαρακτηρίζονται από μεγάλη μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα πολύ μεγάλες διαχρονικές μεταβολές στη συχνότητα των δασικών πυρκαγιών και την έκταση των καμένων περιοχών. Η εποχιακή και διαχρονική μεταβολή του οπτικού πάχους των αερολυμάτων καθορίζεται από τη συγκέντρωση των αερολυμάτων καύσης της βιομάζας από δασικές πυρκαγιές. Ωστόσο, εκτός από τα αερολύματα καύσης της βιομάζας υπάρχουν και άλλες πηγές εκπομπής αερολυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, στην πόλη Thompson υπάρχει μια μεγάλη βιομηχανική μονάδα νικελίου ενώ το ίδιο το δάσος είναι μια πηγή αερολυμάτων βιολογικής προέλευσης. Επιπλέον, αερολύματα μπορούν να μεταφερθούν στην περιοχή από μακρινές με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα αποτελέσματα του Σταθμού AERONET των Holben et al. (2001), υποδηλώνουν μια μεγάλη διαχρονική μεταβολή του οπτικού πάχους των αερολυμάτων, με μέγιστες τιμές κατά τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο. Οι μεσοποιημένες τιμές για τα έτη 1994-1999, υποδεικνύουν μέγιστες τιμές  $AOT_{500nm}$  (~0.3) κατά τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο και ελάχιστες τιμές (~0.15) κατά τον Οκτώβριο. Οι τιμές του AERONET βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τα δεδομένα MODIS, είναι όμως ενδιαφέρον ότι το MODIS υποδεικνύει πρωτεύοντα μέγιστα  $AOT_{500nm}$  (~0.6) κατά την άνοιξη (Απρίλιος). Αυτό είναι πολύ ενδιαφέρον δεδομένου ότι για την περίοδο Νοέμβριος-Απρίλιος το AERONET παρουσιάζει έλλειψη μετρήσεων. Οι τιμές  $AOT_{500nm}$  των TOMS και GADS δεν παρουσιάζουν καλή προσαρμογή στις μετρήσεις του AERONET.

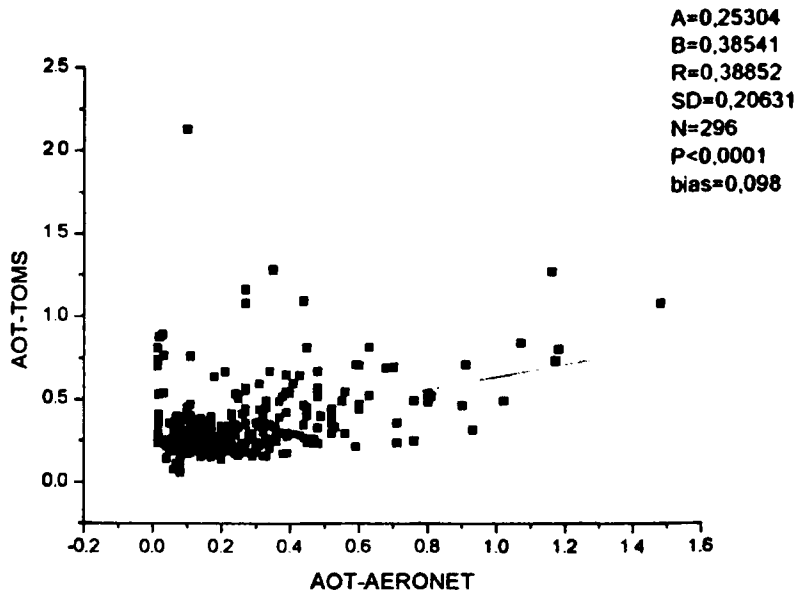
### 2.1.3. Αξιολόγηση ιδιοτήτων αερολυμάτων μέσω συγκρίσεων με δεδομένα AERONET

Εκτός από την αξιολόγηση των διαφόρων βάσεων δεδομένων  $AOT$  (TOMS, GADS, GACP, MODIS) μέσω συγκρίσεων με αντίστοιχες τιμές  $AOT$  για τους επιλεγθέντες 9 αντιπροσωπευτικούς Σταθμούς του δικτύου AERONET, η οποία πραγματοποιήθηκε και παρουσιάστηκε ξεχωριστά για κάθε Σταθμό, χρησιμοποιήθηκε και ένας διαφορετικός τρόπος αξιολόγησης, πιο συνοπτικός. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση της μεθόδου γραμμικής παρεμβολής για τη συνολική αξιολόγηση των βάσεων δεδομένων TOMS, GACP, MODIS και GADS μέσω σύγκρισης με τιμές του δικτύου σταθμών AERONET. Για το σκοπό αυτό και προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η σημασία των εξαγόμενων αποτελεσμάτων, επιλέχθηκαν περαιτέρω 20 Σταθμοί εκτός από τους 9 Σταθμούς για τους οποίους η διαδικασία σύγκρισης ήδη παρουσιάστηκε. Η επιλογή των επιπλέον Σταθμών έγινε με κριτήριο την όσο το δυνατό πληρέστερη γεωγραφική κάλυψη, σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα ικανού αριθμού δεδομένων. Ως κριτήριο τέθηκε η ύπαρξη τουλάχιστον δύο (2) ετών δεδομένων  $AOT_{500nm}$  ανά Σταθμό. Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά των επιπλέον 20 Σταθμών παρέχονται στον Πίνακα 2.1.3, ενώ η θέση τους υποδεικνύεται στο Σχήμα 2.1.3.1. Θα πρέπει να τονισθεί ότι, όπως και για τους αρχικούς 9 Σταθμούς AERONET, γίνεται χρήση μέσων μηνιαίων τιμών  $AOT_{500nm}$  μεσοποιημένων επί της περιόδου διαθέσιμων δεδομένων, ως ένα αρχικό βήμα. Σε μελλοντική έρευνα οι συγκρίσεις αυτές πρέπει να επαναληφθούν σε πραγματική χρονική βάση (δηλαδή ανά μήνα και ανά έτος).

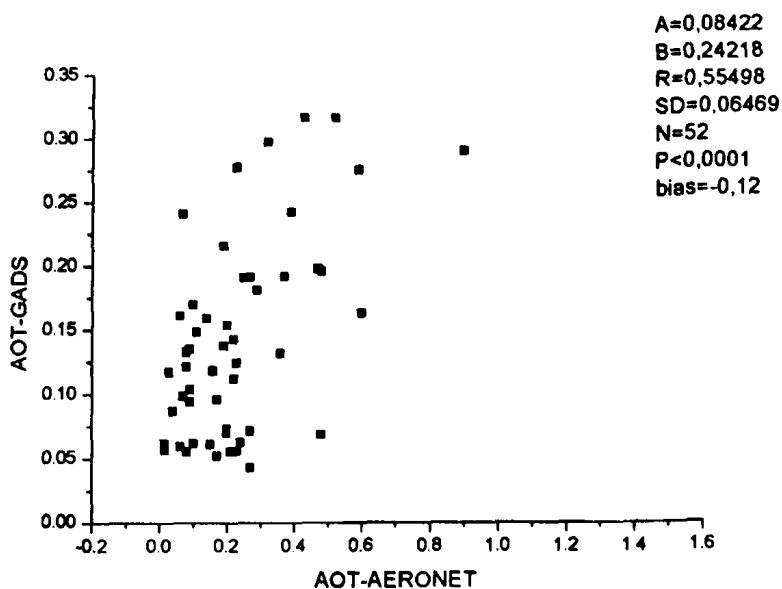




Σχήμα 2.1.3.1 Γεωγραφική θέση των 20 πρόσθετων αντιπροσωπευτικών Σταθμών του δικτύου AERONET των οποίων μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν για επαλήθευση των δορυφορικών δεδομένων οπτικού πάχους αερολυμάτων.



Σχήμα 2.1.3.2 Διάγραμμα διασποράς των μέσων μηνιαίων τιμών AOT στα 500nm από τη δορυφορική βάση δεδομένων TOMS και των αντίστοιχων τιμών δικτύου Σταθμών AERONET, για τους 29 Σταθμούς του Πίνακα 2.1.3.

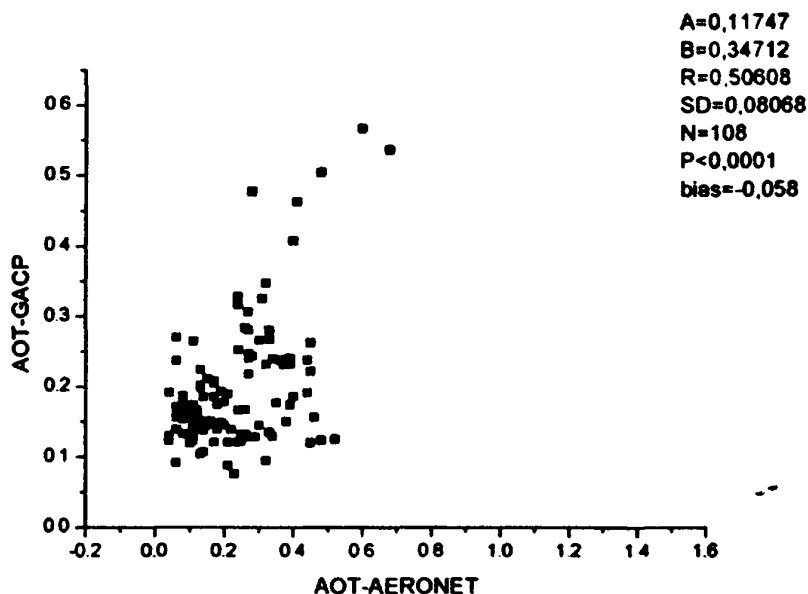


Σχήμα 2.1.3.3 Διάγραμμα διασποράς των μέσων μηνιαίων τιμών AOT στα 500nm από τη κλιματολογική βάση δεδομένων GADS και των αντίστοιχων τιμών δικτύου Σταθμών AERONET, για τους 29 Σταθμούς του Πίνακα 2.1.3.

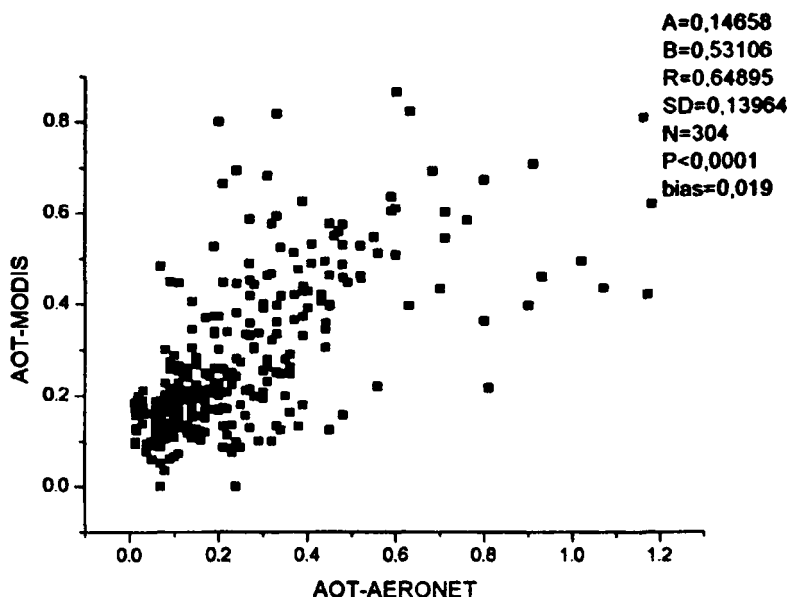
Από τα διαγράμματα διασποράς (Σχήματα 2.1.3.2-2.1.3.5) φαίνεται ότι τα δεδομένα AOT του GADS δεν έχουν πολύ καλή προσαρμογή στις τιμές των μετρήσεων του AERONET ( $R=0.49$ ), ενώ παρουσιάζουν σαφή υποεκτίμηση (αποχή μέσων τιμών  $AOT_{500nm}$  ίση με  $-0.12$ ). Αυτό είναι εν μέρει αναμενόμενο διότι: α) τα δεδομένα GADS είναι μέσες κλιματολογικές τιμές οι οποίες παρέχονται σε επίπεδο κυψελίδας με ανάλυση  $5^\circ \times 5^\circ$  γεωγραφικό πλάτος και μήκος, οι οποίες δύσκολα μπορούν να συγκριθούν με σημειακές μετρήσεις όπως αυτές του AERONET, β) οι μέσες τιμές του AERONET έχουν υπολογισθεί στη βάση διαθέσιμων μετρήσεων από πειραματικές καμπάνιες (περιστασιακά) ή από Σταθμούς με διάρκεια λειτουργίας σχετικά περιορισμένη και προγενέστερη των Σταθμών AERONET, ενώ οι μετρήσεις AERONET είναι περισσότερο σύγχρονες και με πολύ καλύτερη χρονική ανάλυση (συχνότητα 15min) και γ) τα δεδομένα GADS ενέχουν θεωρητικούς υπολογισμούς και υποθέσεις ενώ τα δεδομένα AERONET προέρχονται από άμεσες μετρήσεις. Αν και θα περίμενε κανείς το αντίθετο, Τα δεδομένα  $AOT_{500nm}$  του TOMS δεν επιτυγχάνουν, επίσης, καλή προσαρμογή στις τιμές AERONET ( $R=0.39$ ). Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι τα δεδομένα AOT-TOMS στα 500 nm έχουν εξαχθεί με αλγόριθμους μετατροπής από τα πρωτογενή δεδομένα AOT-TOMS στα 380 nm. Οι αλγόριθμοι αυτοί στηρίζονται βέβαια στην παραδοχή των θεωρητικών προτύπων που χρησιμοποιήθηκαν και για την εξαγωγή των τιμών  $AOT_{380nm}$ , όμως είναι δυνατό να επιφέρανε επιπλέον λάθη στις εκτιμήσεις των τιμών  $AOT_{500nm}$ . Βέβαια, άλλος λόγος μπορεί να είναι η γεωγραφική ανάλυση ( $1^\circ \times 1^\circ$ ) και κυρίως το γεγονός (το οποίο ισχύει και για όλα τα υπόλοιπα διαγράμματα διασποράς AOT) ότι η σύγκριση πραγματοποιείται στη βάση μεσοποιημένων τιμών και όχι χρησιμοποιώντας τιμές ανά μήνα και ανά έτος. Οι σχετικά μεγάλες διαφορές  $AOT_{500nm}$  του TOMS από το AERONET χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης μελλοντικά. Παρόλα τα προβλήματα που συνεχίζουν να υπάρχουν, η σύγκριση φαίνεται να είναι καλύτερη στην περίπτωση των δεδομένων GACP ( $R=0.51$ ). Οι αιτίες θα πρέπει να αναζητηθούν στην ποιότητα των χρησιμοποιούμενων αλγόριθμων μετατροπής στο GACP και κυρίως, στο γεγονός ότι στην περίπτωση του GACP περιέχονται τιμές οι οποίες αναφέρονται σε κυψελίδες που καλύπτονται κυρίως από θάλασσα (και όχι ξηρά) και όπως είναι



γνωστό (Haywood et al., 1999) η εξαγωγή τιμών AOT από δορυφορικές μετρήσεις ακτινοβολίας είναι ευκολότερη πάνω από εκτάσεις νερού (μικρότερης ανακλαστικότητας) σε σχέση με εκτάσεις ξηράς. Τέλος, εντυπωσιακή είναι η βελτίωση της συμφωνίας με τις τιμές AOT-AERONET σε ότι αφορά στις τιμές AOT του MODIS, οι οποίες παρέχουν ένα συντελεστή συσχέτισης ίσο με 0.65. Λαμβανομένων υπόψη των δυσκολιών του εγχειρήματος, που ήδη έχουν αναφερθεί, η συμφωνία κρίνεται αρκετά έως πολύ καλή, γεγονός το οποίο οφείλεται στη υψηλή ποιότητα των οργάνων, των μετρήσεων και των αλγορίθμων μετατροπής του MODIS, που θεωρούνται ως αιχμή στις μέρες μας.



Σχήμα 2.1.3.4 Διάγραμμα διασποράς των μέσων μηνιαίων τιμών AOT στα 500nm από τη δορυφορική βάση δεδομένων GACP και των αντίστοιχων τιμών δικτύου Σταθμών AERONET, για τους 29 Σταθμούς του Πίνακα 2.1.3.



Σχήμα 2.1.3.5 Διάγραμμα διασποράς των μέσων μηνιαίων τιμών AOT στα 500nm από τη δορυφορική βάση δεδομένων MODIS και των αντίστοιχων τιμών δικτύου Σταθμών AERONET, για τους 29 Σταθμούς του Πίνακα 2.1.3.





Πίνακας 2.1.3 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των επιλεγέντων 20 πρόσθετων σταθμών του δικτύου AERONET και χρονική περίοδο κάλυψης των μετρήσεων τους που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Εργασία.

α/α	Σταθμοί	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Ύψος (m)	Χρονική περίοδος
1	Lanai, USA	20° 49' N	156° 59' W	80	1995-1999
2	San Nicolas Island, USA	33° 15' N	119° 29' W	133	1998-2000
3	Dry Tortugas, USA	24° 36' N	82° 47' W	10	1996-1999
4	CART Site, USA	36° 36' N	97° 24' W	315	1994-1999
5	Bondville, USA	40° 03' N	88° 22' W	212	1996-1999
6	Sherbrooke, Canada	45° 22' N	71° 55' W	300	1995, 1998-2000
7	Waskesiu, Canada	53° 55' N	106° 04' W	550	1994-1999
8	Alta Floresta, Brazil	09° 55' S	56° 00' W	175	1993-1995, 1999
9	Brasilia, Brazil	15° 55' S	47° 54' W	1100	1993-1995
10	Los Fierros, Boliva	14° 33' S	60° 55' W	170	1996, 1998-1999
11	Arica, Chile	18° 28' S	70° 15' W	25	1998-1999
12	Bermuda	32° 22' N	64° 41' W	10	1996-1999
13	Ilorin, Nigeria	08° 19' N	04° 20' W	350	1998-1999
14	Bondoukoui, Burkina Faso	11° 50' N	03° 45' W	0	1996-1997
15	Bidi-Bahn, Burkina Faso	14° 03' N	02° 27' W	0	1996-1997
16	Sede Boker, Israel	30° 31' N	34° 28' E	480	1996, 1998-1999
17	Ispra, Italy	45° 48' N	08° 37' E	235	1997-1998
18	Bahrain	26° 19' N	50° 30' W	0	1998-1999
19	Kaashidhoo, Maldives	04° 57' N	73° 27' E	10	1998-1999
20	Dalanzadgad, Mongolia	43° 34' N	104° 25' E	1470	1997-2000



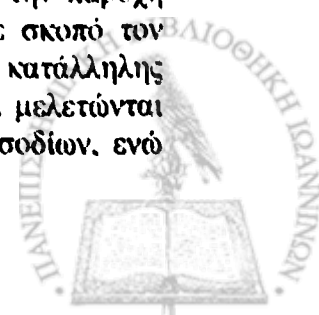
## 2.2 Ανάλυση για τη λεκάνη της Μεσογείου

Στο τμήμα αυτό της εργασίας μελετούμε την κατανομή του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στην ευαίσθητη κλιματικά περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου. Η εν λόγω περιοχή αποτελεί ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περιοχή μελέτης λόγω κυρίως δύο γεγονότων: α) απειλείται έντονα από επιπτώσεις πιθανών μεταβολών του κλίματος της Γης, όπως το φαινόμενο της ερημοποίησης, β) αποτελεί περιοχή στην οποία ο ρόλος των αερολυμάτων για το κλίμα είναι εξόχως σημαντικό, δεδομένου ότι μεγιστοποιείται η επίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων στο ενεργειακό ισοζύγιο. Το δεύτερο γεγονός οφείλεται στο ότι αφενός μεν η Μεσόγειος αποτελεί μια από τις περιοχές με τα μικρότερα ποσοστά νεφοκάλυψης και άρα τα υψηλότερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, αφετέρου δε η λεκάνη της Μεσογείου αποτελεί περιοχή κατάληξης και συνύπαρξης διάφορων ειδών αερολυμάτων (ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης) από διάφορες περιοχές προέλευσης γύρω από αυτήν (π.χ. Δυτική και Ανατολική Ευρώπη, Αφρική, Μέση Ανατολή).

Πίνακας 2.2 Οι Σταθμοί του δικτύου AERONET, των οποίων έγινε χρήση δεδομένων οπτικού πάχους αερολυμάτων για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης.

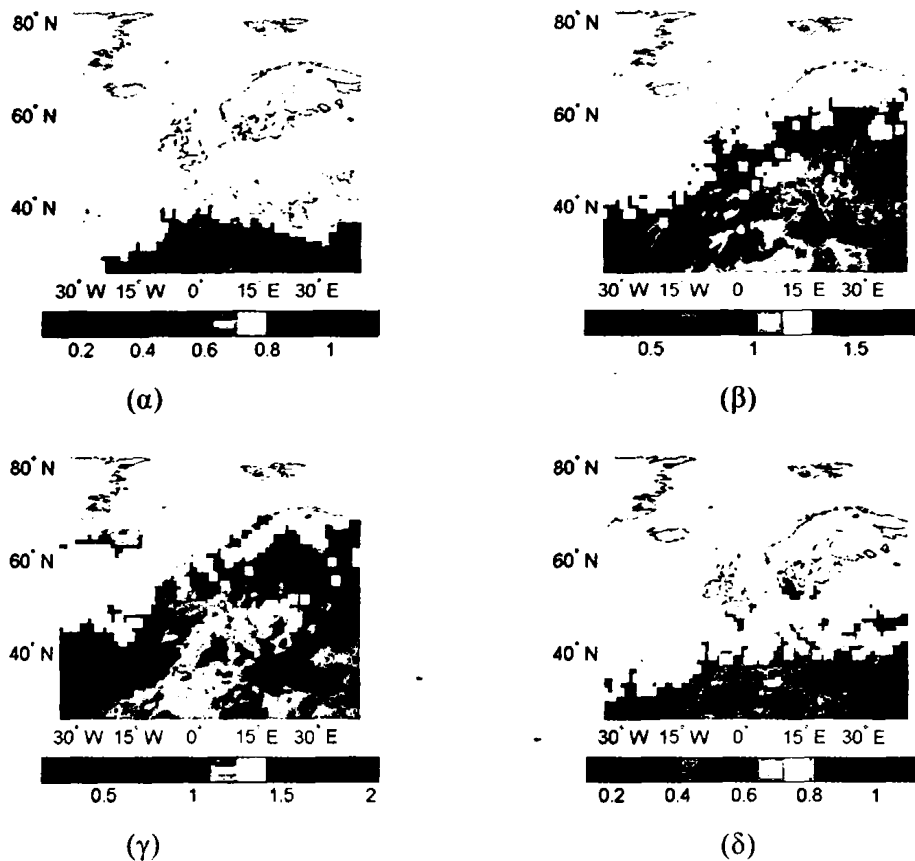
a/a	Σταθμός	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	Υψόμετρο (m)	Περίοδος Μετρήσεων
1	Aire Adour	43° 42' N	00° 15' E	80	1996,1997,2001
2	Ims Metu Erdemli	36° 33' N	34° 15' E	3	1999-2001,2003
3	Imc Oristano	39° 54' N	08° 30' E	10	2000-2003
4	Forth Crete	35° 19' N	25° 16' E	20	2003
5	El Arenosillo	37° 06' N	06° 44' W	0	2000-2003
6	Avignon	43° 55' N	04° 52' E	32	1999-2002
7	Dead Sea	31° 06' N	35° 27' E	-410	1999-2000
8	Rome Tor Vergata	41° 50' N	12° 38' E	130	2001-2002
9	Ispra	45° 48' N	08° 37' E	235	1997-2004
10	Venise	45° 18' N	12° 30' E	10	1999-2003
11	Thala	35° 32' N	08° 40' E	1091	2001
12	Nes Ziona	31° 55' N	34° 47' E	40	2000-2003
13	Modena	44° 37' N	10° 56' E	56	2000-2002
14	Lampedusa	35° 31' N	12° 37' E	45	2000-2001
15	Sede Boker	30° 51' N	34° 46' E	480	1996,1998-2003

Για τους σκοπούς της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν μέσες μηνιαίες τιμές οπτικού πάχους αερολυμάτων από 15 σταθμούς του δικτύου AERONET, καθώς και τιμές AOT από τις βάσεις δεδομένων TOMS, GADS, GACP και MODIS για την περιοχή της Μεσογείου και της Ευρώπης γενικότερα. Οι τιμές αυτές συγκρίθηκαν στη συνέχεια με τις μέσες τιμές AOT των 15 Σταθμών AERONET, με σκοπό την αξιολόγησή τους. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται δεδομένα τιμών AOT από 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET, οι οποίοι επελέγησαν με κριτήριο την παροχή αποδεκτής διαθέσιμης χρονοσειράς μέσω ημερησίων τιμών AOT, με σκοπό τον προσδιορισμό επεισοδίων (υψηλών τιμών AOT), μέσω της ανάπτυξης κατάλληλης μεθοδολογίας. Μετά τον προσδιορισμό των επεισοδίων αναλύονται και μελετώνται χαρακτηριστικά όπως η συχνότητα, η διάρκεια και η ένταση των επεισοδίων, ενώ



προσδιορίζονται οι μετεωρολογικές συνθήκες (διεύθυνση και ένταση ανέμου) καθώς και οι συνοπτικές καταστάσεις οι οποίες σχετίζονται με την ανάπτυξη τέτοιων επεισοδίων, ενώ προσδιορίζονται επίσης και οι περιοχές προέλευσης των αερολυμάτων κατά τη διάρκεια των ταυτοποιηθέντων επεισοδίων. Για την πραγματοποίηση της μελέτης αυτή γίνεται χρήση μέσω ημερήσιων τιμών AOT σε δύο μήκη κύματος, στα 1020 nm και στα 440 nm. Τέλος, πραγματοποιείται μελέτη και ανάλυση τριών ακραίων επεισοδίων αερολυμάτων πολύ υψηλών τιμών AOT.

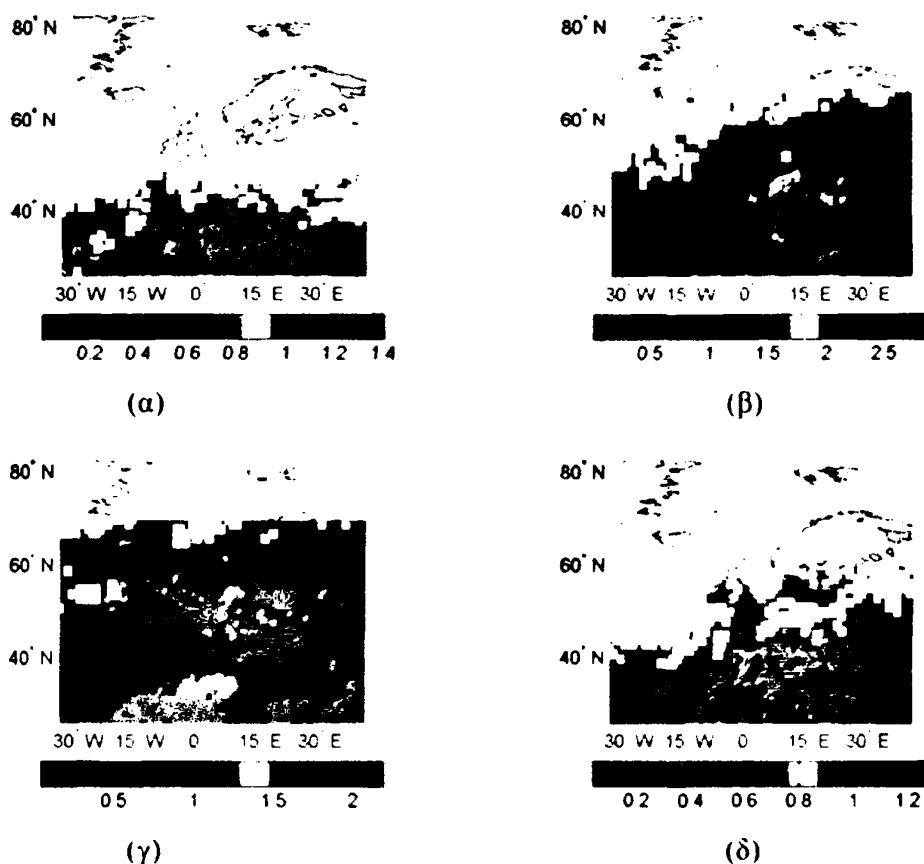
### 2.2.1 Κατανομή φορτίου αερολυμάτων



Σχήμα 2.2.1. Γεωγραφική κατανομή της μέσης τιμής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων TOMS στο μήκος κύματος  $\lambda=0.38 \mu\text{m}$  για την περίοδο 1979-1992 και 1996-2000, για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου και της Ευρώπης, κατά τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Απρίλιο, γ) Ιούλιο και δ) Οκτώβριο.

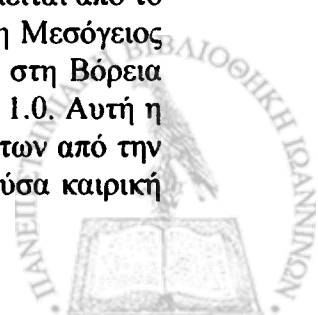
Για τη μελέτη της κατανομής του φορτίου των αερολυμάτων στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου, επιλέχθηκε η παράμετρος του οπτικού πάχους των αερολυμάτων. Τα διαθέσιμα δεδομένα του οπτικού πάχους των αερολυμάτων πάνω από τη Μεσόγειο ελήφθησαν από τις βάσεις δορυφορικών δεδομένων TOMS και GACP, επειδή τα δεδομένα αυτά παρέχουν ικανοποιητική χρονική κάλυψη (1979-2000 και 1983-2001, αντίστοιχα) σε αντίθεση με τα μεγαλύτερης ανάλυσης νεώτερα δεδομένα (π.χ. MODIS, βλ. Εισαγωγή), τα οποία όμως καλύπτουν μικρότερη χρονική περίοδο (2000-2004) και ως εκ τούτου δε μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες μιας κλιματολογικής κατανομής του φορτίου αερολυμάτων στη λεκάνη της Μεσογείου. Υπολογίστηκαν λοιπόν οι μέσες (κλιματολογικές) τιμές του οπτικού πάχους αερολυμάτων για κάθε μήνα, από το σύνολο των ετών με διαθέσιμα δεδομένα, για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου (και της Ευρώπης)

και παρέχεται η γεωγραφική κατανομή για τέσσερις αντιπροσωπευτικούς μήνες κάθε εποχής του έτους (Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο και Οκτώβριο). Οι περιοχές με ελλιπή δεδομένα (π.χ. λόγω παρουσίας νεφών ή χιονιού-πάγου) απεικονίζονται με άσπρο χρώμα.



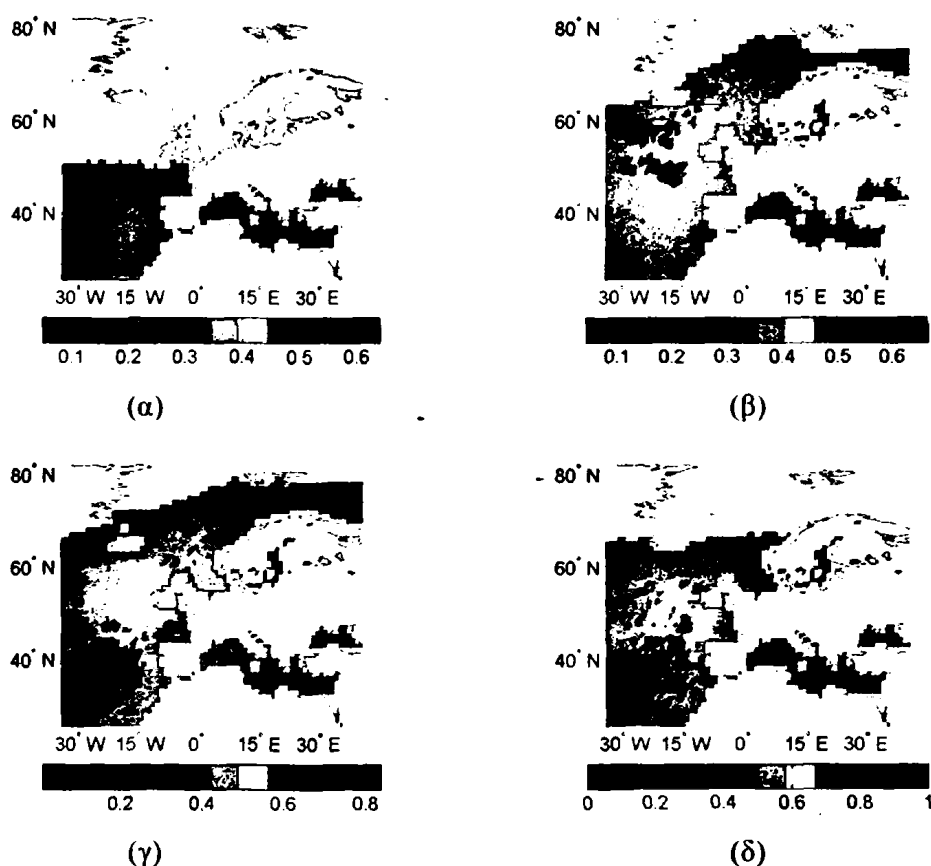
Σχήμα 2.2.2. Γεωγραφική κατανομή της μέσης τιμής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων TOMS, στο μήκος κύματος  $\lambda=0.55 \mu\text{m}$ , για την περίοδο 1979-1992 και 1996-2000, για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου και της Ευρώπης, κατά τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Απρίλιο, γ) Ιούλιο και δ) Οκτώβριο.

Το οπτικό πάχος των αερολυμάτων στο κοντινό υπεριώδες ( $\lambda=0.38\mu\text{m}$ ) για την περιοχή μελέτης (Σχήμα 2.2.1) κυμαίνεται μεταξύ 0 και 0.5 κατά το χειμώνα. Πιο συγκεκριμένα, πάνω από τη θάλασσα της Μεσογείου οι τιμές φθάνουν το 0.1, ενώ αντίθετα, πάνω από τη Βόρειο Αφρική και τη Μέση Ανατολή οι τιμές φθάνουν έως και 0.5 ή 0.35, αντίστοιχα. Αυτό είναι λογικό, αν ληφθεί υπόψιν ότι το οπτικό πάχος στο  $\lambda=0.38 \mu\text{m}$  αντιπροσωπεύει κυρίως, αερολύματα ανθρωπογενούς προέλευσης, π.χ. βιομηχανικής προέλευσης, ή αερολύματα καύσης της βιομάζας, καθώς επίσης και κάποια αερολύματα φυσικής προέλευσης, όπως σωματίδια σκόνης. Η έλλειψη δεδομένων βορειότερα των  $35^\circ - 40^\circ \text{N}$  κατά το χειμώνα, οφείλεται στη μόνιμη παρουσία νεφών στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, καθώς και στην παρουσία χιονιού ή πάγου στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Αντίστοιχα χαρακτηριστικά με αυτά του Ιανουαρίου επικρατούν και το Φεβρουάριο, ενώ η κατάσταση διαφοροποιείται από το Μάρτιο. Έτσι, από το Μάρτιο και κατά τη διάρκεια όλης της Άνοιξης, η Μεσόγειος καλύπτεται από αερολύματα με τιμές του  $\text{AOT}_{0.38\mu\text{m}}$  μέχρι και 0.6, ενώ στη Βόρεια Αφρική και στη Νότιο-Ανατολική Τουρκία οι τιμές φθάνουν περίπου το 1.0. Αυτή η αύξηση της τιμής του οπτικού πάχους οφείλεται σε μεταφορά αερολυμάτων από την Αφρική και τη Μέση Ανατολή, η οποία υποβοηθείται από την επικρατούσα καιρική



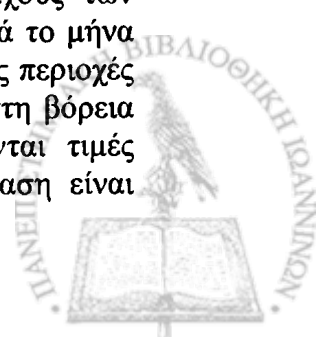
συνοπτική κυκλοφορία. Οι μεγαλύτερες τιμές του οπτικού πάχους των μεταφερόμενων αερολυμάτων παρατηρούνται πάνω από τη Κεντρική Μεσόγειο, και κυρίως στην περιοχή της ΝΑ Μεσογείου (ιδιαίτερα υπεράνω της χερσονήσου της Ανατολίας), συμπεριλαμβανόμενου και του Ελληνικού χώρου. Παρόμοια κατάσταση επικρατεί και κατά την περίοδο από το Μάιο έως τον Ιούλιο, με τη διαφορά ότι εκτός από την Κεντρική και τη ΝΑ Μεσόγειο και η Δυτική Μεσόγειος (Ιβηρική Χερσόνησος) χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές  $AOT_{0.38\mu m}$  (~0.7), γεγονός το οποίο οφείλεται στην επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών.

Η Ελληνική χερσόνησος κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, χαρακτηρίζεται γενικά από χαμηλότερες τιμές του  $AOT_{0.38\mu m}$  σε σχέση με τις παρακείμενες Χερσονήσους της Ιταλίας και της Ανατολίας, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη δράση των Ετησίων ανέμων. Από τον Αύγουστο και μέχρι το τέλος του έτους, παρατηρείται περίπου αντίστροφη μορφή, σε σχέση με αυτήν μεταξύ Ιανουαρίου-Ιουνίου, δηλαδή οι τιμές  $AOT_{0.38\mu m}$  μειώνονται πάνω από τη Μεσόγειο και περιορίζονται πάνω από την Αφρική και τη Μέση Ανατολή, και συνδυάζονται με μια γενική πτωτική τάση (έως περίπου 0.5).

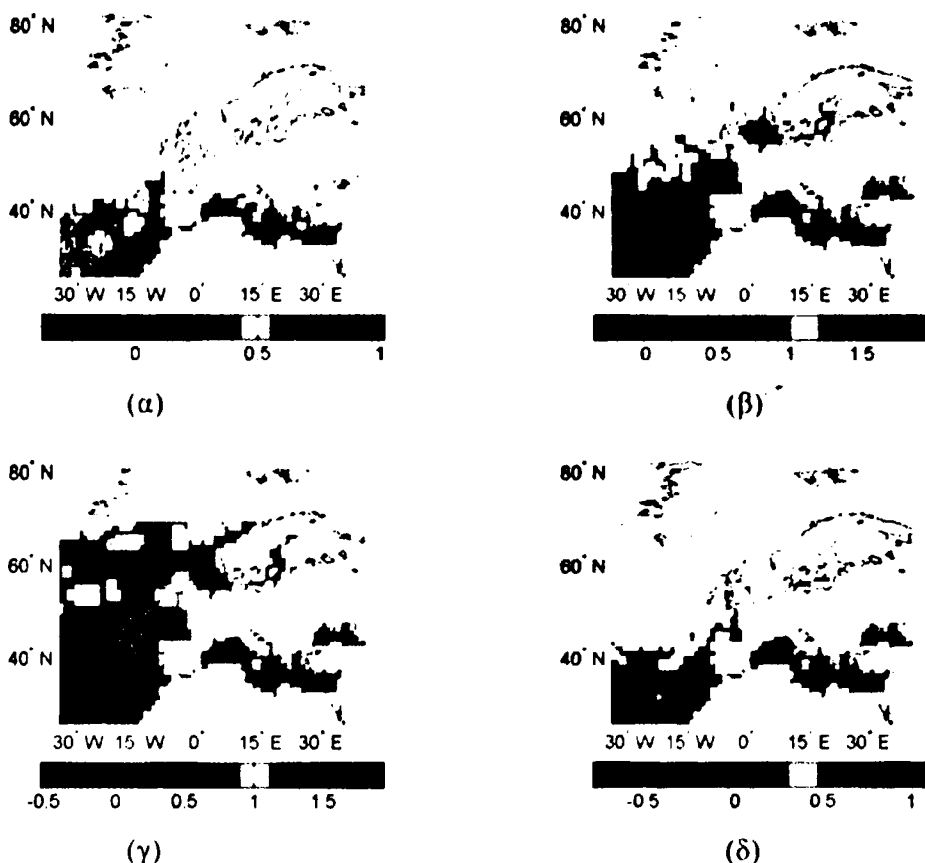


Σχήμα 2.2.3. Γεωγραφική κατανομή της μέσης τιμής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων GACP στο μήκος κύματος  $\lambda=0.55 \mu m$  για την περίοδο 1984-2000, στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου και της Ευρώπης για τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Απρίλιο, γ) Ιούλιο και δ) Οκτώβριο.

Η παραπάνω γεωγραφική κατανομή (Σχήμα 2.2.2) του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στο ορατό ( $AOT_{0.55\mu m}$ ) παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά: κατά το μήνα Ιανουάριο, επικρατούν κατά κανόνα τιμές  $AOT_{0.55\mu m} < 0.3$  στις περισσότερες περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου, με εξαίρεση κάποιες ηπειρωτικές περιοχές στη βόρεια πλευρά της λεκάνης και την κεντροδυτική Μεσόγειο όπου εμφανίζονται τιμές  $AOT_{0.55\mu m} \approx 0.4-0.5$ . Για τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο, η κατάσταση είναι



περίπου ανάλογη, με κύριο χαρακτηριστικό να εμφανίζονται κάποιες περιοχές με συστηματικά υψηλές τιμές, όπως η ΝΑ Γαλλία και η ΒΑ Αφρική. Γενικά, με εξαίρεση τη θαλάσσια περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου (που περιλαμβάνει την Κρήτη και την Κύπρο), η ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από τιμές  $AO_{T_{0.55\mu m}} \geq 0.4$ . Μετά από το μήνα Μάιο, η κατάσταση διαφοροποιείται. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές του ορατού οπτικού πάχους το μήνα Ιούνιο, ενώ διατηρούνται σχεδόν παρόμοιες με αυτές των μηνών Απριλίου-Μαΐου πάνω από την Ευρώπη, παρουσιάζουν μια σημαντική αύξηση στη Βόρειο Αφρική και τη Μέση Ανατολή, παραμένοντας όμως μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές  $AO_{T_{0.38\mu m}}$ . Το γεγονός αυτό συμφωνεί με τον ετήσιο κύκλο των σωματιδίων της σκόνης στην Αφρική, ο οποίος κύκλος παρουσιάζει θερινό μέγιστο (Torres et al., 2002). Από τον Αύγουστο και μέχρι το τέλος του έτους, παρατηρείται αντίστροφη πορεία.



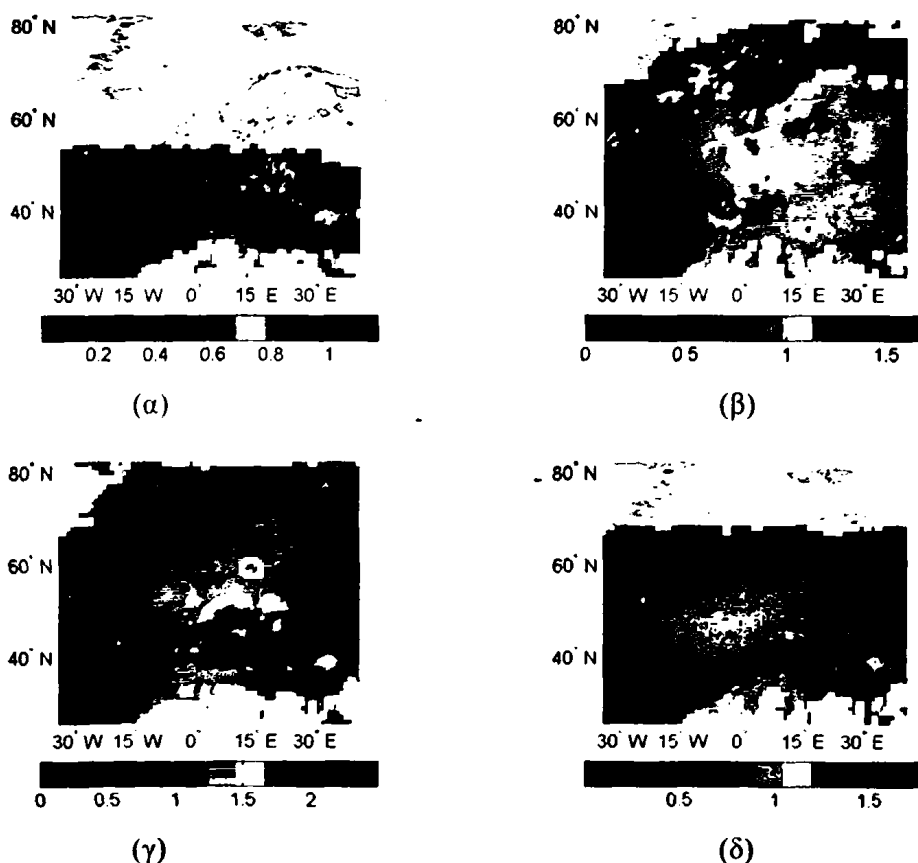
Σχήμα 2.2.4. Διαφορές μεταξύ των τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων  $AO_{T_{0.55\mu m}}$  από τις βάσεις δομένων TOMS και GACP, για τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Απρίλιο, γ) Ιούλιο και δ) Οκτώβριο.

Η μελέτη της γεωγραφικής κατανομής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στο μήκος κύματος  $\lambda=0.55 \mu m$  από τη βάση δεδομένων GACP, υποδηλώνει κάποια χαρακτηριστικά τα οποία ήδη έχουν προαναφερθεί στην προηγούμενη συζήτηση των αποτελεσμάτων του TOMS. Έτσι, για παράδειγμα, οι τιμές  $AO_{T_{0.55\mu m}}$  είναι γενικά μικρότερες στη Μεσόγειο κατά τη χειμερινή περίοδο σε σχέση με την εαρινή περίοδο (μεταφορά αερολυμάτων). Επισημαίνονται εδώ, τα ακόλουθα: α) το GACP παρέχει δεδομένα  $AO_{T_{0.55\mu m}}$  μόνον πάνω από θαλάσσιες περιοχές και όχι πάνω από ξηρά, και β) υπάρχουν σημαντικές διαφορές σε ό,τι αφορά στις τιμές  $AO_{T_{0.55\mu m}}$  πάνω από τη λεκάνη της Μεσογείου, όπως αυτές προκύπτουν από τις δύο βάσεις δεδομένων TOMS και GACP (βλ. Σχήμα 2.2.4). Αυτό οφείλεται στους διαφορετικούς αλγόριθμους ανεύρεσης του ορατού οπτικού πάχους αερολυμάτων που

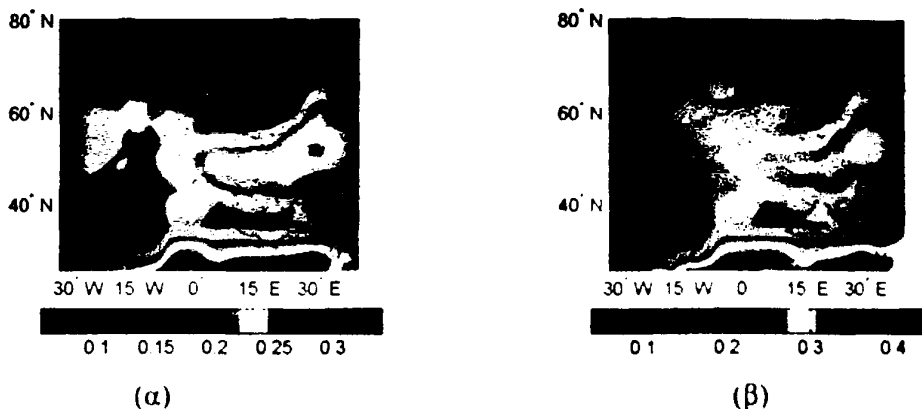


χρησιμοποιούν οι δύο βάσεις δεδομένων. Οπωσδήποτε, χρειάζεται περαιτέρω ενδελεχής μελέτη για τη διερεύνηση των αιτιών αυτών των διαφορών καθώς και την εξαγωγή οριστικών συμπερασμάτων ως προς το ποια βάση δεδομένων είναι η πλέον αξιόπιστη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω συγκρίσεων των τιμών  $AOT_{0.55\mu m}$  των δύο βάσεων δεδομένων με αξιόπιστες επίγειες μετρήσεις (έστω και αν αυτές είναι σχετικά περιορισμένες κατά τη χρονική περίοδο έως το 2000) από Σταθμούς της Μεσογείου (π.χ. AERONET).

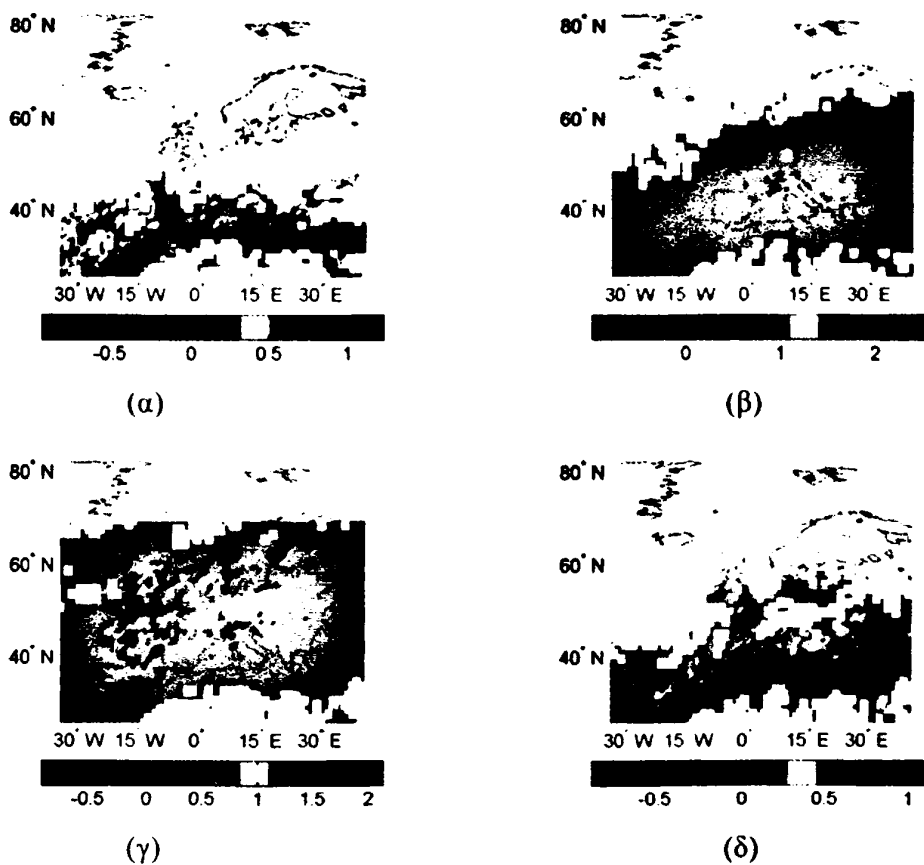
Ενδεικτικά, στα Σχήματα 2.2.5 - 2.2.10, παρέχονται οι αντίστοιχες κατανομές του οπτικού πάχους των αερολυμάτων στο ορατό, από τις βάσεις δεδομένων MODIS και GADS, καθώς και οι διαφορές τους από τις βάσεις δεδομένων TOMS και GACP. Είναι εμφανής η πολύ καλή ανάλυση και αξιοπιστία των δεδομένων MODIS, η οποία αναπαράγει χαρακτηριστικά της κατανομής των αερολυμάτων (π.χ. υψηλές τιμές στην Ανατολική Μεσόγειο κατά την Άνοιξη) τα οποία έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία.



Σχήμα 2.2.5. Γεωγραφική κατανομή της μέσης τιμής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων MODIS στο μήκος κύματος  $\lambda=0.55 \mu m$  για την περίοδο 2000-2004, στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου και της Ευρώπης κατά τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Απρίλιο, γ) Ιούλιο και δ) Οκτώβριο.

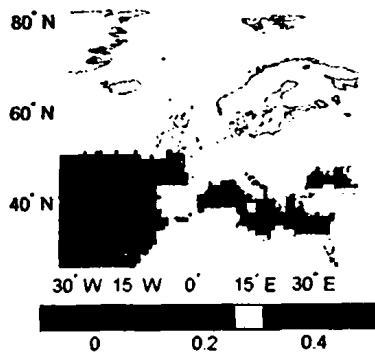


Σχήμα 2.2.6. Γεωγραφική κατανομή της μέσης τιμής του οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων GADS στο μήκος κύματος  $\lambda=0.55 \mu\text{m}$  για την περίοδο 1983-1993, στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου και της Ευρώπης κατά τους μήνες: α) Ιανουάριο και β) Ιούλιο.

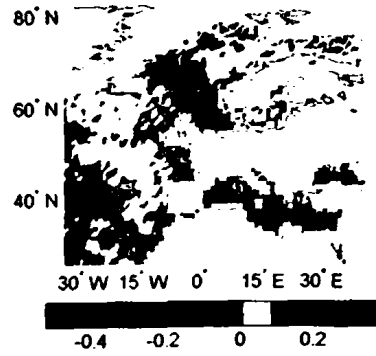


Σχήμα 2.2.7. Διαφορές μεταξύ των τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων  $AOT_{0.55\mu\text{m}}$  από τις βάσεις δομένων TOMS και MODIS, για τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Απρίλιο, γ) Ιούλιο και δ) Οκτώβριο.

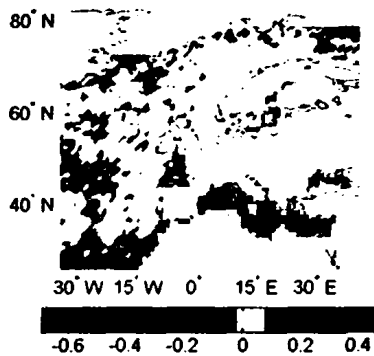




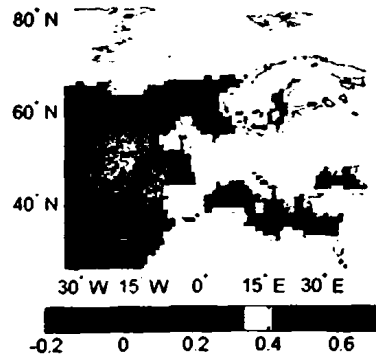
(α)



(β)

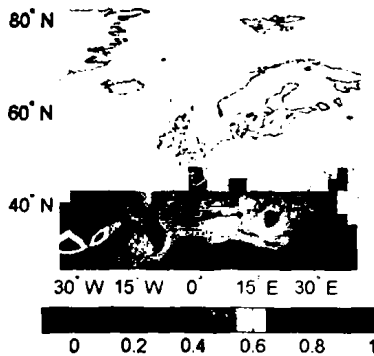


(γ)

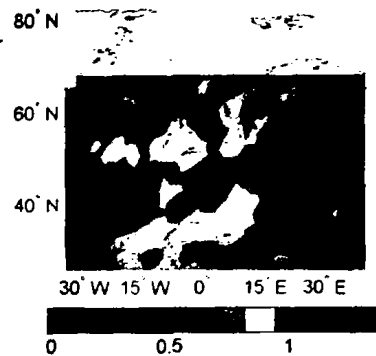


(δ)

Σχήμα 2.2.8. Διαφορές μεταξύ των τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων  $AOT_{0.55\mu m}$  από τις βάσεις δομένων GACP και MODIS, για τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Απρίλιο, γ) Ιούλιο και δ) Οκτώβριο.



(α)



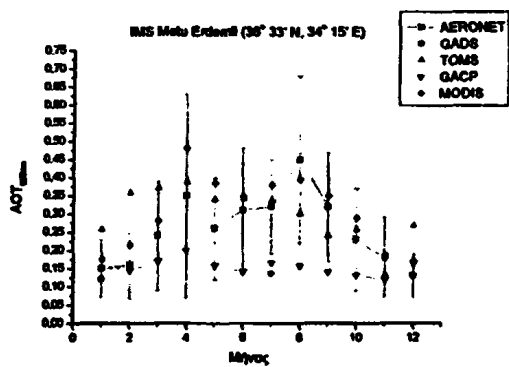
(β)

Σχήμα 2.2.9. Διαφορές μεταξύ των τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων  $AOT_{0.55\mu m}$  από τις βάσεις δομένων TOMS και GADS, για τους μήνες: α) Ιανουάριο και β) Ιούλιο.

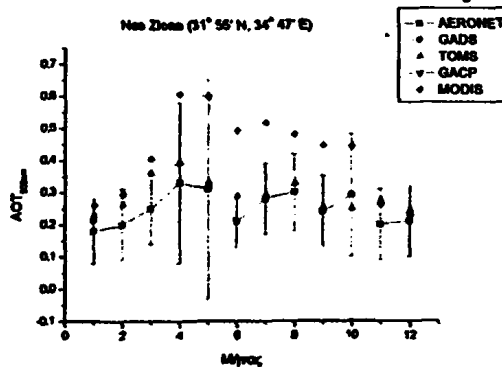
Στο Σχήμα 2.2.10, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας προκαταρκτικής ανάλυσης, η οποία πραγματοποιήθηκε για την επαλήθευση των δεδομένων  $AOT_{0.55\mu m}$  μέσω της σύγκρισης με αντίστοιχα δεδομένα του δικτύου AERONET από 15 Σταθμούς της Μεσογείου (βλ. Πίνακας 1). Η επαλήθευση δεν κατέστη δυνατή για τη βάση δεδομένων GACP στο Σταθμό Nes Ziona, επειδή το GACP παρέχει τιμές  $AOT_{0.55\mu m}$  μόνο για κυψελίδες οι οποίες καλύπτονται, τουλάχιστο μερικώς, από θάλασσα. Εξάλλου, τα διαθέσιμα δεδομένα  $AOT_{0.55\mu m}$  από το TOMS καλύπτουν τη

χρονική περίοδο 1979-1992, για την οποία δεν υπάρχουν δεδομένα AERONET, τα οποία είναι μεταγενέστερα του 1993. Αυτό αναφέρεται στη περίοδο κατά την οποία πραγματοποιήθηκε το συγκεκριμένο τμήμα της μελέτης. Έκτοτε, κατέστη δυνατή η παροχή των δεδομένων Earth Probe (EP) TOMS, των οποίων η χρονική κάλυψη (1996-2000) επικαλύπτεται με αυτή κάποιων Σταθμών του δικτύου AERONET. Ως εκ τούτου, είναι δυνατή η σύγκριση σε πραγματική βάση, η οποία και απομένει ως προοπτική της παρούσας μελέτης. Έτσι, κατ' ανάγκην, η σύγκριση πραγματοποιήθηκε σε ενδεικτική μέση κλιματολογική βάση, η οποία οπωσδήποτε δεν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα. Εξάλλου, θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα του TOMS είναι αντιπροσωπευτικά για μια περιοχή κυψελίδας με διαστάσεις περίπου 100km x 100km και έτσι, δύσκολα μπορούν να συγκριθούν με τα δεδομένα AERONET, τα οποία αντιστοιχούν σε τοπικές συνθήκες, ιδιαίτερα δεδομένης της μεγάλης μεταβλητότητας της συμπεριφοράς των αερολυμάτων. Ωστόσο, δεδομένων των παραπάνω ιδιαιτεροτήτων και δυσκολιών, τα αποτελέσματα της σύγκρισης μεταξύ TOMS και AERONET είναι μάλλον ενθαρρυντικά. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.10, για 6 αντιπροσωπευτικούς Σταθμούς της Μεσογείου (για τους οποίους παρέχεται επίσης και η τιμή της μέσης τυπικής απόκλισης του AERONET για κάθε μήνα), στις περισσότερες περιπτώσεις τα δεδομένα των TOMS και GACP βρίσκονται σε σχετικά καλή συμφωνία με αυτά του AERONET και συνήθως, βρίσκονται μέσα στο εύρος της τυπικής απόκλισης. Επίσης, σε αρκετές περιπτώσεις τα δεδομένα του GACP βρίσκονται σε καλύτερη συμφωνία με το AERONET σε σχέση με τα αντίστοιχα του TOMS. Αυτό είναι πιθανό να οφείλεται στην καλύτερη επικάλυψη των χρονικών περιόδων των GACP και AERONET. Εντούτοις, απαιτείται οπωσδήποτε μια περισσότερο αναλυτική μελέτη, η οποία κυρίως θα βασίζεται σε κοινή χρονική περίοδο για τα δεδομένα του TOMS και του AERONET.

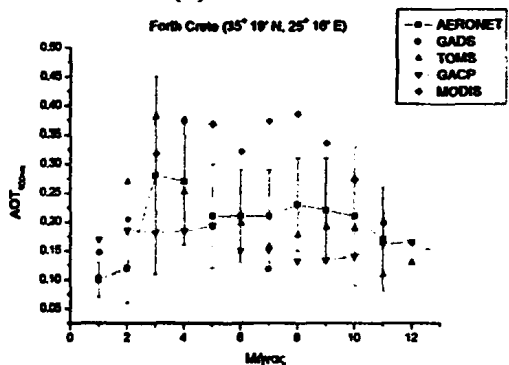




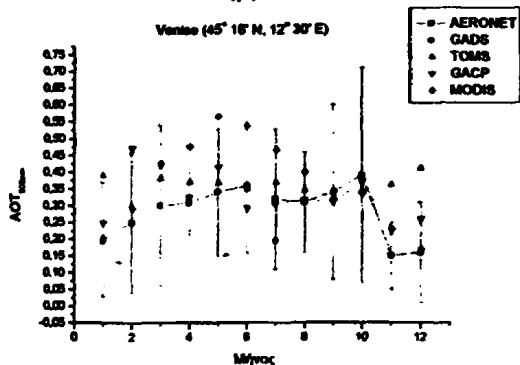
(α)



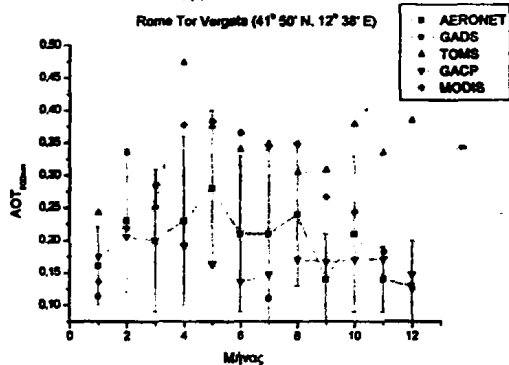
(β)



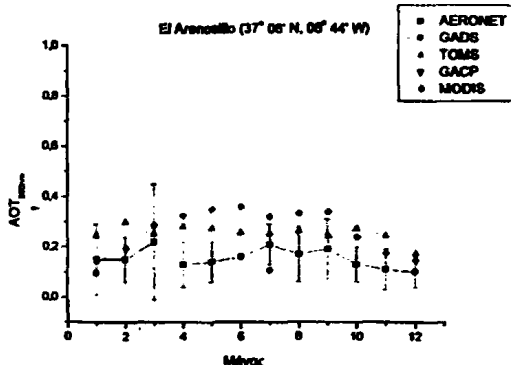
(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Σχήμα 2.2.10. Σύγκριση των μέσων μηνιαίων τιμών του ορατού οπτικού πάχους των αερολυμάτων ( $AOT_{0.55\mu m}$ ) από τις βάσεις δεδομένων TOMS, GACP, MODIS, GADS και AERONET για τους Σταθμούς: α) IMS-METU-Erdemli (Τουρκία), β) Nes-Ziona (Ισραήλ), γ) FORTH-Crete (Κρήτη), δ) Venise (Ιταλία), ε) Rome-Tor-Vergata (Ρώμη-Ιταλία) και στ) El-Arenosillo (Ισπανία).



## 2.2.2 Μελέτη επεισοδίων αερολυμάτων

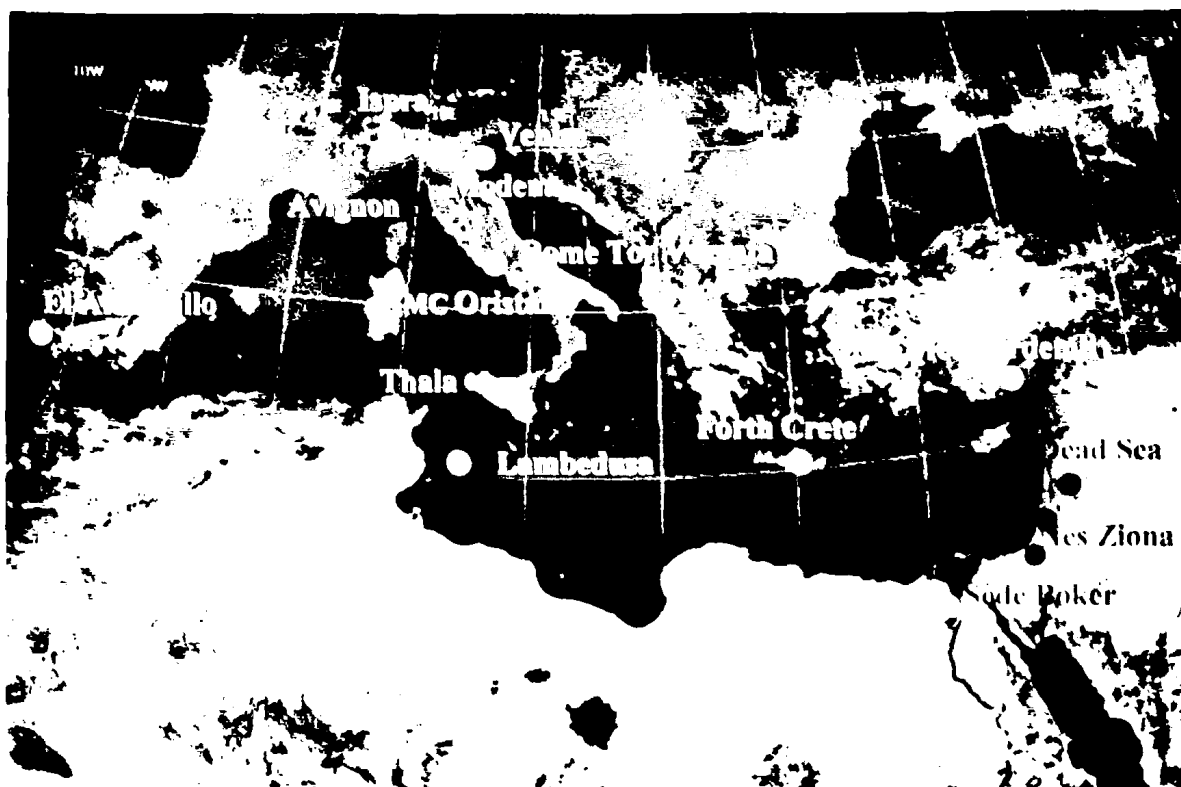
Στην παρούσα ενότητα μελετήθηκαν επεισόδια υψηλών φορτίων (συγκεντρώσεων) αερολυμάτων σε διάφορες περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι σε τέτοιες περιπτώσεις τα αερολύματα είναι δυνατό να έχουν ισχυρή επίδραση σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, καθώς και στο ισοζύγιο της ακτινοβολίας (π.χ. Leliveld et al., 2002; Hatzianastssiou et al., 2004) και κατ' επέκταση στη δυναμική της ατμόσφαιρας. Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε είναι η ακόλουθη. Χρησιμοποιήθηκαν μέσες ημερήσιες τιμές οπτικού πάχους των αερολυμάτων με δεδομένο ότι ένα ισχυρό επεισόδιο αερολυμάτων θα πρέπει να αποτυπώνεται όχι τόσο σε επίπεδο ωριαίων, αλλά ημερήσιων τιμών. Επίσης, δεδομένου ότι το οπτικό πάχος των αερολυμάτων μειώνεται σημαντικά με την αύξηση του μήκους κύματος, επιλέχθηκε να γίνει χρήση τιμών AOT στο μήκος κύματος των 1020 nm (1.02 μm, κοντινό υπέρυθρο), σε πρώτη φάση (παράγραφος 2.2.2.1) και στα 440 nm (πάρτημα 2). Κατά αυτόν τον τρόπο, καθορίζονται μέσω της εφαρμοσθείσας μεθοδολογίας τα επεισόδια μεγάλου μεγέθους αερολυμάτων (coarse mode), τα οποία είναι είτε σωματίδια σκόνης, είτε θαλάσσια αερολύματα (άλας), είτε συνδυασμός (μίγμα) των δύο (Pruppacher and Klett, 1997; Pandis and Seinfeld, 2003). Αντίθετα στην ανάλυση με χρήση μήκος κύματος 440 nm καθορίζονται τα μικρά σωματίδια όπως τα σωματίδια καπνού και οι βιομηχανικοί ρύποι. Βάσει των απαιτούμενων παραπάνω δεδομένων και των περιορισμών που επιβάλλουν, τα διαθέσιμα στοιχεία ελήφθησαν από Σταθμούς του παγκόσμιου Δικτύου AERONET, το οποίο εγκαθιδρύθηκε και επεκτείνεται συνεχώς, έχοντας ως σκοπό τη συνεχή παρακολούθηση του φορτίου των αερολυμάτων (αλλά και άλλων φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους) στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 2.2.2 Οι 14 Σταθμοί του δικτύου AERONET των οποίων δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό επεισοδίων αερολυμάτων στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου. Για κάθε Σταθμό παρέχονται τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά (γεωγραφικό μήκος και πλάτος, υψόμετρο) και οι ημερομηνίες έναρξης και λήξης των μετρήσεων.

α/α	Σταθμός	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Υψόμετρο	Έναρξη	Λήξη
1	Imc Oristano	39N	8E	10	30/05/2000	21/10/2003
2	Lampedusa	35N	12E	45	27/6/2000	18/7/2001
3	Modena	44N	10E	56	23/5/2000	15/8/2002
4	Nes Ziona	31N	34E	40	24/2/2000	15/9/2003
5	Thala	35N	8E	1091	23/3/2001	9/11/2001
6	Rome Tor Vergata	41N	12E	130	15/2/2001	24/4/2002
7	Sede Boker	30N	34E	480	25/1/1996	8/9/2003
8	Ispra	45N	8E	235	28/6/1997	9/3/2004
9	Venise	45N	12E	10	16/6/1999	23/6/2003
10	Dead Sea	31N	35E	-410	27/10/1999	3/1/2000
11	Avignon	43N	4E	32	8/12/1999	8/11/2002
12	El Arenosillo	37N	6W	0	16/2/2000	17/1/2003
13	Ims Metu Erdemli	36N	34E	3	12/11/1999	14/12/2003
14	Forth Crete	35N	25E	20	4/1/2003	20/11/2003



Ένας ικανός αριθμός Σταθμών AERONET βρίσκεται στη λεκάνη της Μεσογείου. Ωστόσο, για τους σκοπούς της ανάλυσης, από τους Σταθμούς αυτούς επιλέχθηκαν μόνον εκείνοι των οποίων τα ημερήσια δεδομένα (level 2.0), παρέχουν ικανοποιητική χρονική κάλυψη. Ως εκ τούτου, από τους Σταθμούς του Πίνακα 2.2, επιλέχθηκαν τελικά οι 14 Σταθμοί που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.2 και στο Σχήμα 2.2.2.

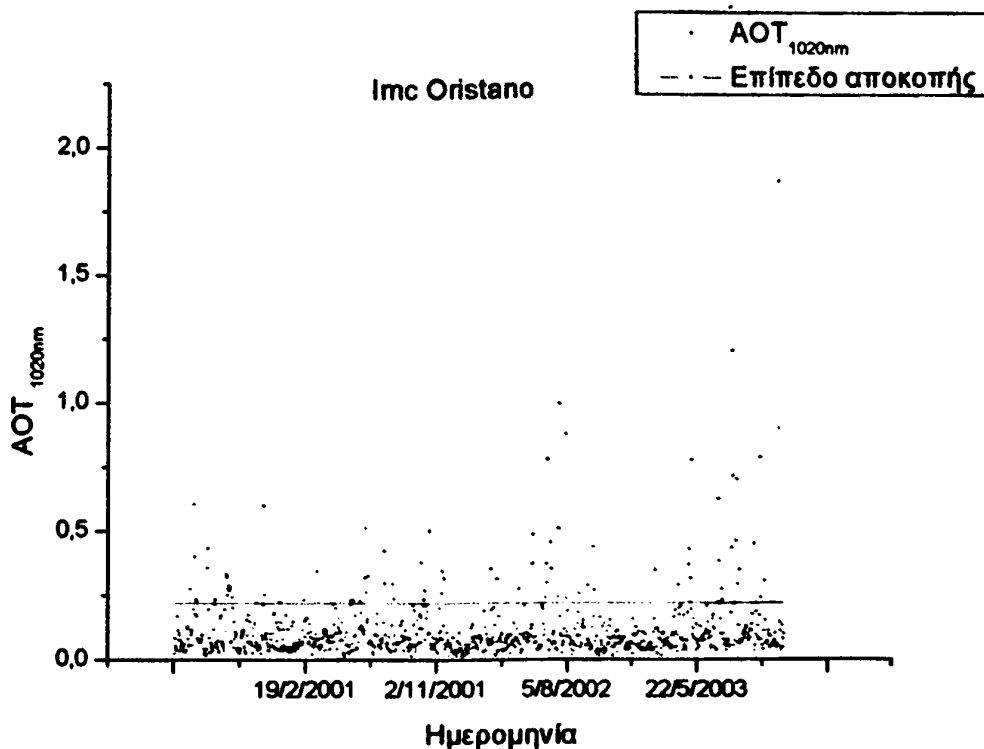


Σχήμα 2.2.2 Γεωγραφική θέση των 14 Σταθμών του δικτύου AERONET των οποίων δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό επεισοδίων αερολυμάτων στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου.

### 2.2.2.1 Σταθμός Imc Oristano

Ο Σταθμός αυτός του AERONET βρίσκεται στη δυτική ακτή της Σαρδηνίας (βλ. Σχήμα 2.2.2.1), έξι χιλιόμετρα από τη πόλη Oristano με συντεταγμένες γεωγραφικό πλάτος  $39^{\circ} 91'$  Βόρεια, γεωγραφικό μήκος  $8^{\circ} 50'$  Ανατολικά και υψόμετρο 10m. Είναι τοποθετημένος στην οροφή του Διεθνούς Θαλάσσιου Κέντρου (International Marine Center IMC) κοντά στο παραθαλάσσιο χωριό Torregrande. Ο κύριος ερευνητής (principal investigator) του σταθμού είναι ο Didier Tanré.

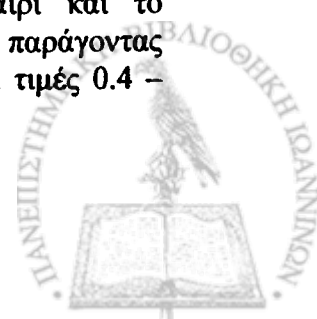


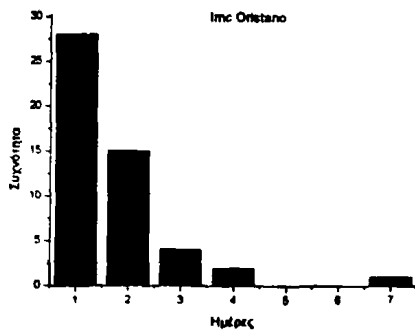


Σχήμα 2.2.2.1.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Imc Oristano του AERONET.

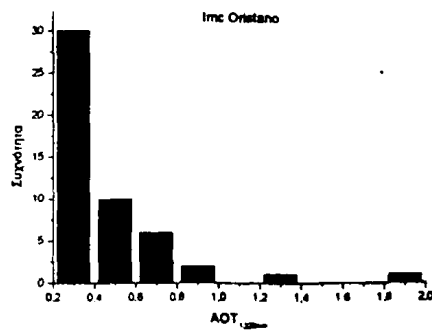
Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών οπτικού πάχους των αερολυμάτων στα 1020 nm για το Σταθμό Imc Oristano, αρχίζει από τις 30/05/2000 και εκτείνεται ως 21/10/2003, περιλαμβάνονται συνολικά 934 μέσες ημερήσιες τιμές. Τα δεδομένα αυτά είναι επεξεργασμένα δεδομένα επιπέδου (level) 2. Το AERONET παρέχει επίσης δεδομένα επιπέδου 1.0 και 1.5, τα οποία όμως είτε είναι πρωτογενή (raw), είτε δεν έχουν υποστεί ολοκληρωμένη διαδικασία αξιολόγησης και βελτιστοποίησης (οι οποίες περιγράφονται είτε στην ιστοσελίδα του AERONET, <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>, είτε στη βιβλιογραφία, π.χ. Dubovik et al. (1998). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το συγκεκριμένο Σταθμό καλύπτουν χρονική περίοδο 2.5 ετών και βάσει της εφαρμοσμένης μεθοδολογίας, προσδιορίστηκαν 50 επεισόδια αερολυμάτων.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων (Σχήμα 2.2.2.1.2) παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων (28) είναι 1 ημέρα ακολουθούν τα επεισόδια διάρκειας 2 ημερών (15), επεισόδια με διάρκεια 3 και 4 ημέρες (4 και 2 αντίστοιχα), ενώ παρατηρήθηκε και ένα επεισόδιο διάρκειας 7 ημερών. Συνολικά, το 86% των επεισοδίων έχουν διάρκεια μικρότερη ή ίση από 2 ημέρες και το 14% έχουν διάρκεια μεγαλύτερη ή ίση με 3 ημέρες. Κατά τη διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων (60%) επικρατούν τιμές  $AOT \sim 0.3$ . Για ένα άλλο 18% των επεισοδίων παρατηρούνται τιμές  $AOT < 0.9$ , ενώ υπάρχουν και δύο επεισόδια με τιμές  $AOT_{1020nm}$  ίσες με 1.3 και 1.9, αντίστοιχα. Η ανάλυση μας έδειξε ότι τα περισσότερα επεισόδια αερολυμάτων συμβαίνουν κατά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, με μέγιστα κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Ο παράγοντας Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων παρουσιάζει τιμές 0.4 – 0.5, ενώ δεν ξεπερνάει την τιμή 0.9 σε καμία περίπτωση.

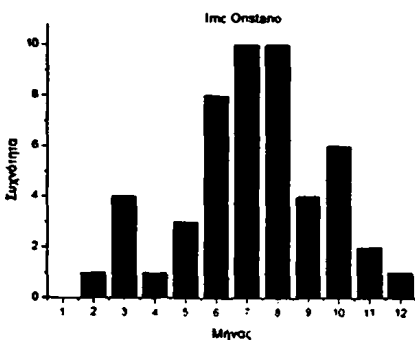




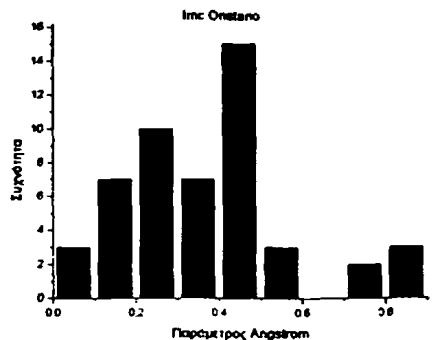
(α)



(β)

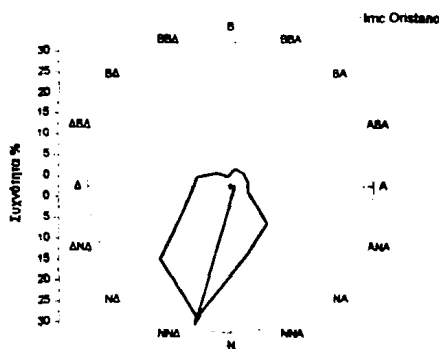


(γ)

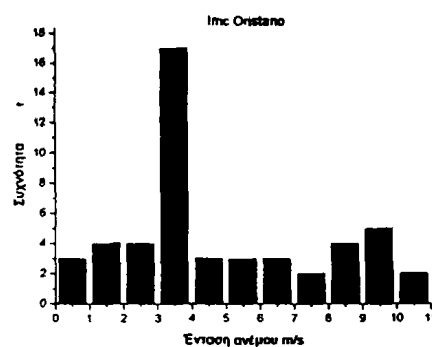


(δ)

Σχήμα 2.2.2.1.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Imc Oristano του AERONET.



(α)

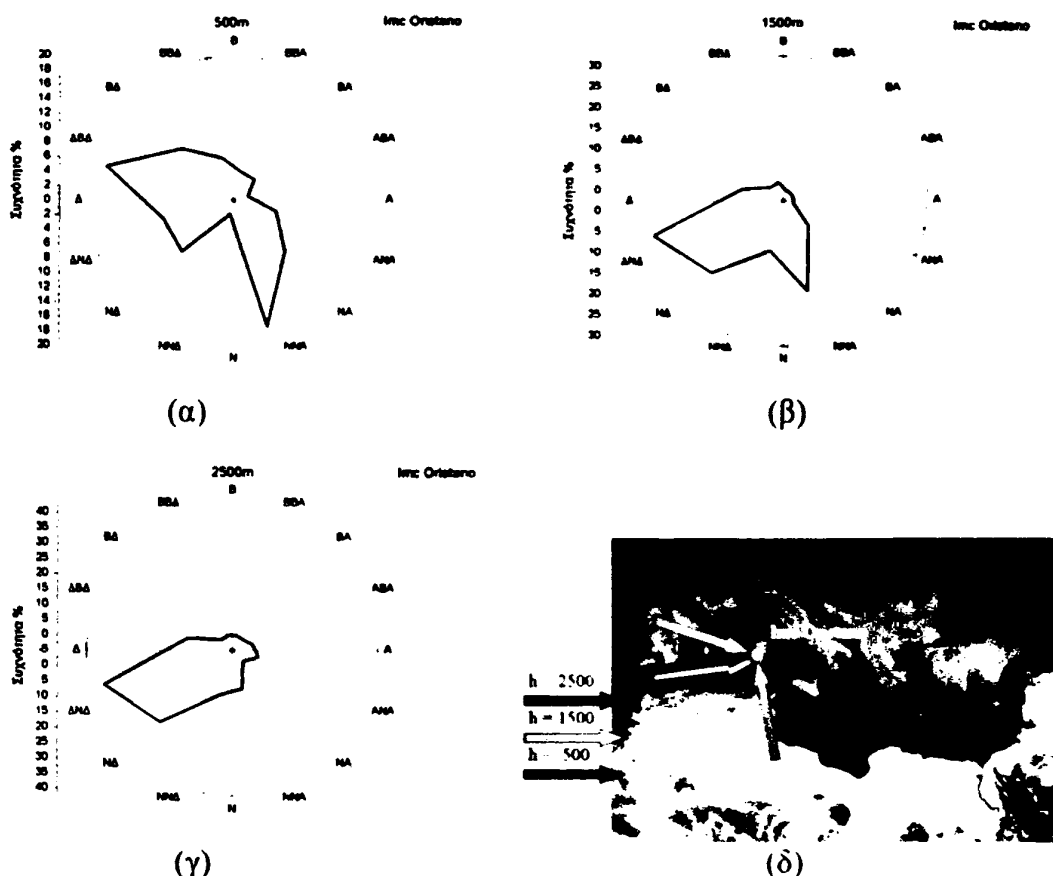


(β)

Σχήμα 2.2.2.1.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Imc Oristano κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμαίνεται από 0.5 ως και 10.5 m/s με ένα μέγιστο στην τιμή 3.5 m/s. Η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (στην ίδια στάθμη) είναι 240-270 μοίρες (NNA). Εδώ, θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα ο τρόπος υπολογισμού της διεύθυνσης του ανέμου με τη χρήση των ανεμολογικών δεδομένων NCEP. Η τιμή η οποία και προβάλλεται στο Σχήμα 2.2.2.1.3α, αντιστοιχεί στην ουσία στο διάνυσμα το οποίο έχει ως αρχή του το κέντρο του κύκλου. Το διάνυσμα αυτό είναι η συνισταμένη της συνιστώσας  $u$  του ανέμου (οριζόντια συνιστώσα στον άξονα  $x$ ) και της συνιστώσας  $v$  (οριζόντια συνιστώσα στον άξονα  $y$ ). Αν λοιπόν (όπως στην περίπτωση του Σχήματος 2.2.2.1.3) προκύπτει ένα διάνυσμα

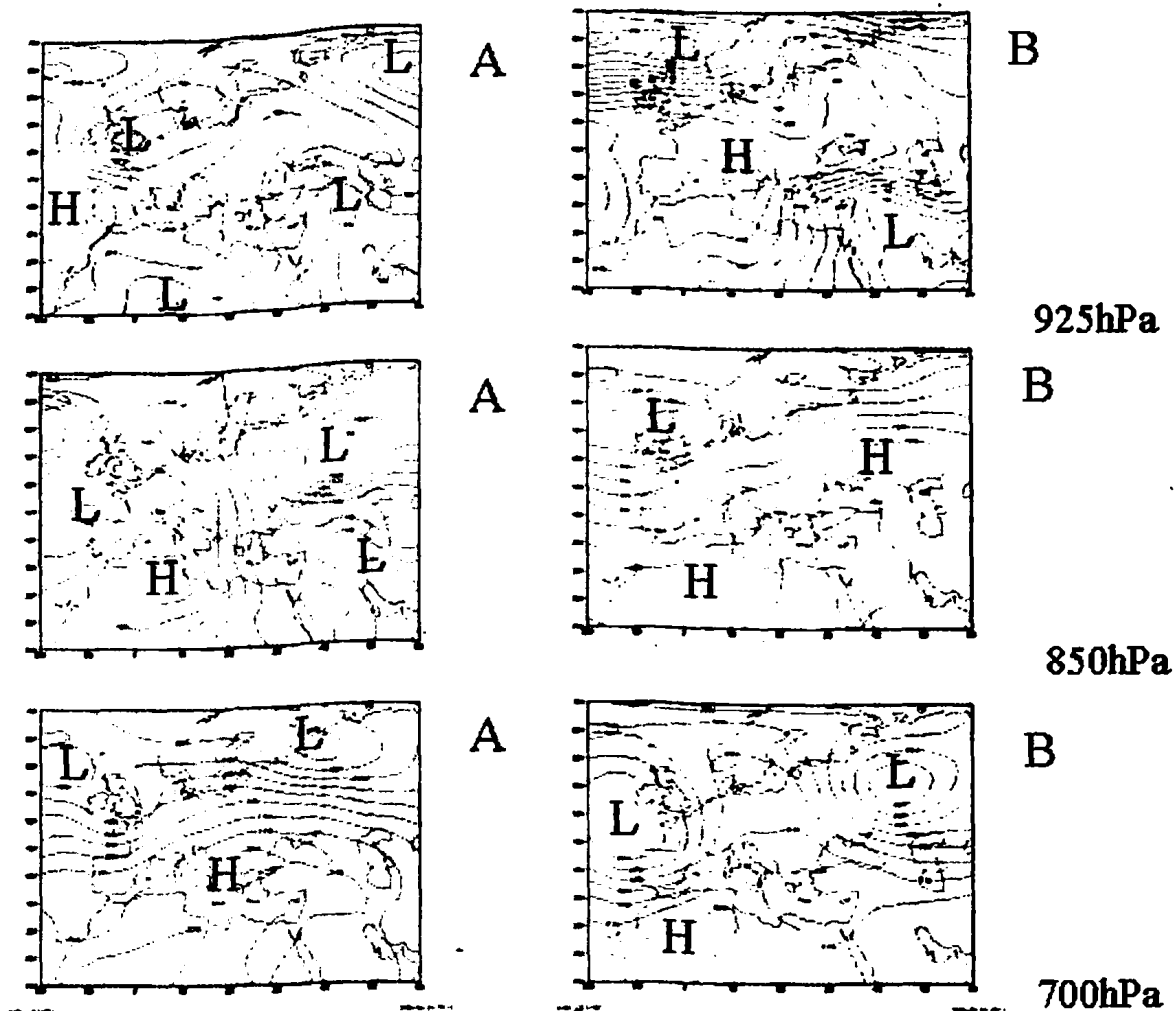
ΟΑ για τη διεύθυνση του ανέμου το οποίο σχηματίζει γωνία  $75^\circ$ , τότε η πραγματική διεύθυνση (προέλευσης) του ανέμου προκύπτει προσθέτοντας άλλες  $180^\circ$ , οπότε πρόκειται στην ουσία για άνεμο  $255^\circ$  (τομέας  $240^\circ - 270^\circ$ ), δηλαδή ΝΝΔ άνεμο. Αυτό είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνεται υπόψιν και στην ερμηνεία αντίστοιχων αποτελεσμάτων και για τους υπόλοιπους 13 Σταθμούς του AERONET στη Μεσόγειο.



Σχήμα 2.2.2.1.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Ipe Oristano και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Μέσω της ανάλυσης οπισθοπορίας (back trajectory analysis) αερίων μαζών για της ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Ipe Oristano, προσδιορίσθηκε ο τομέας προέλευσης των αερίων μαζών οι οποίες κατά την ημέρα των επεισοδίων βρίσκονται στα 500, 1500 και 2500 m. Τα αποτελέσματα του Σχήματος 2.2.2.1.4 δείχνουν ότι στο ύψος των 500 m η προέλευση των αερίων μαζών είναι πρωτίστως  $150^\circ - 180^\circ$  (ΔΒΔ) και δευτερευόντως  $270^\circ - 300^\circ$  (ΝΝΑ). Στα ύψη των 1500 m και 2500 m οι αέριες μάζες έχουν προέλευση κυρίως ΔΝΔ ( $180^\circ - 210^\circ$ ). Συνολικά, προκύπτει ότι οι αέριες μάζες που επικρατούν κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων είναι δυτικής και νότιας προέλευσης.





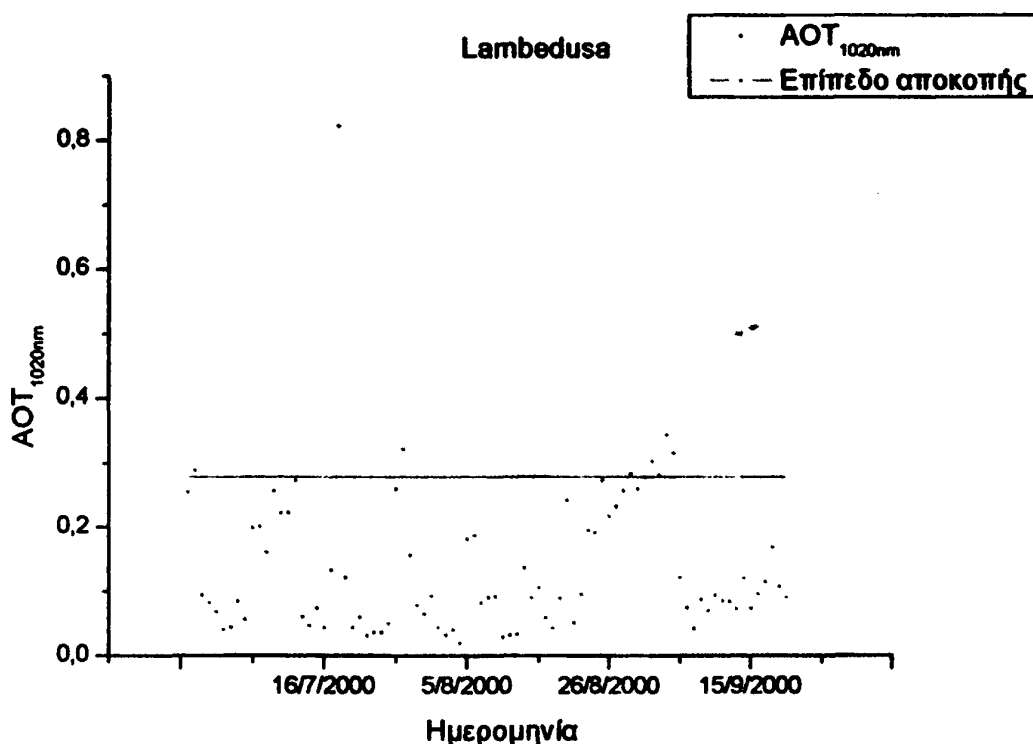
Σχήμα 2.2.2.1.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Imc Oristano του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

Στη συνέχεια, ακολουθούν τα αποτελέσματα της συνοπτικής ανάλυσης. Όπως αναφέρθηκε, για όλες τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, συγκεντρώθηκαν οι χάρτες πίεσης στα επίπεδα των 925, 850 και 700 hPa. Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση και ταξινόμηση των χαρτών, ώστε να προσδιοριστούν οι συνοπτικές καταστάσεις οι οποίες επικρατούν κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων. Ανάλογα με την περίπτωση του κάθε Σταθμού, προέκυψε αριθμός συνοπτικών τύπων ο οποίος διαφέρει από Σταθμό σε Σταθμό και ποικίλλει από 2 έως και 6. Για λόγους οικονομίας χώρου, παρατίθενται εδώ αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για τις 2 πρώτες (κύριες) κατηγορίες, για κάθε επίπεδο (στάθμη) της ατμόσφαιρας. Οι συνοπτικοί χάρτες για το Σταθμό Imc Oristano δείχνουν να υπάρχει κέντρο χαμηλών πιέσεων στη δυτική Ευρώπη και υψηλές πιέσεις (αντικυκλώνας) στα νότια και ανατολικά της Σαρδηνίας, που προκαλούν κυκλοφορία δυτικής ροής.



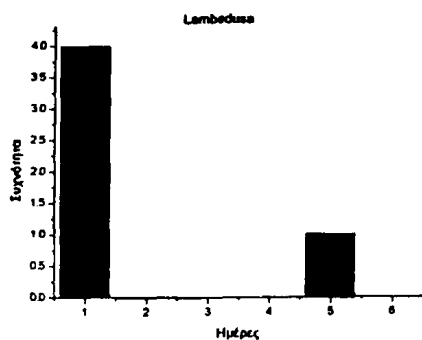
### 2.2.2.2. Σταθμός *Lampedusa*

Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος  $35^{\circ} 52'$  Βόρεια, γεωγραφικό μήκος  $12^{\circ} 63'$  Ανατολικά και υψόμετρο 45 m σε ένα μικρό νησί (επιφάνειας  $20 \text{ km}^2$ ) στο κέντρο της Μεσογείου, 133 km ανατολικά από τις Αφρικανικές ακτές (Τυνησία) και 205 km νότια της Σικελίας. Το ηλιακό φασματοφωτόμετρο είναι τοποθετημένο σε στρατιωτική βάση (LORAM) κοντά στο υψηλότερο δυτικό σημείο του νησιού (150m). Χάρη στη θέση του αυτή, μακριά από πηγές ανθρωπογενούς ρύπανσης, είναι σε θέση να μετρά τα φυσικής προέλευσης θαλάσσια αερολύματα και επεισόδια σκόνης από την έρημο Σαχάρα. Ο κύριοι ερευνητές του σταθμού είναι οι Sergio Pugnaghi και Renato Santangelo.

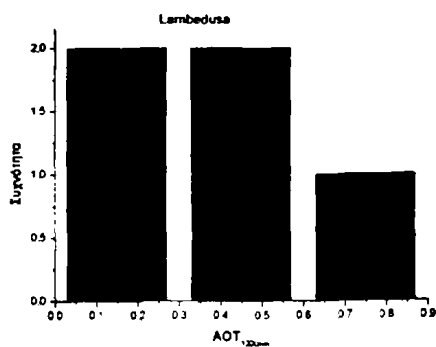


Σχήμα 2.2.2.2.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Lampedusa του AERONET.

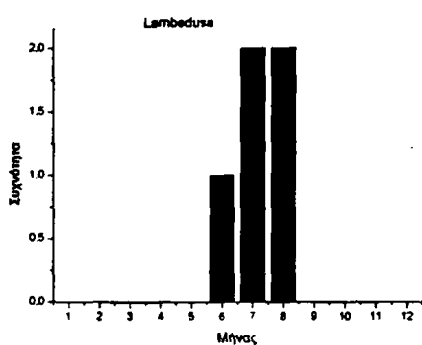
Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών AOT<sub>1020nm</sub> αρχίζει από 27/06/2000 και εκτείνεται ως 18/07/2001, αποτελούμενη από 85 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι διαθέσιμες ημερήσιες τιμές αντιστοιχούν σε 0.2 έτη και βρέθηκαν 5 επεισόδια.



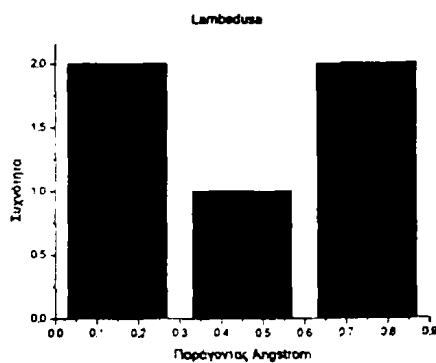
(α)



(β)



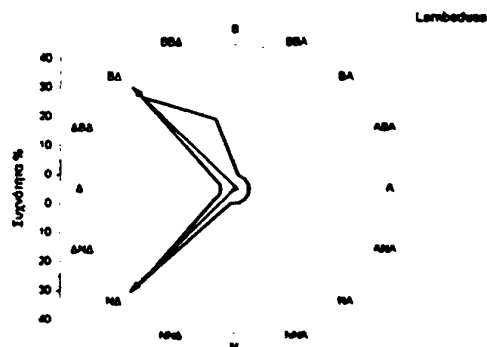
(γ)



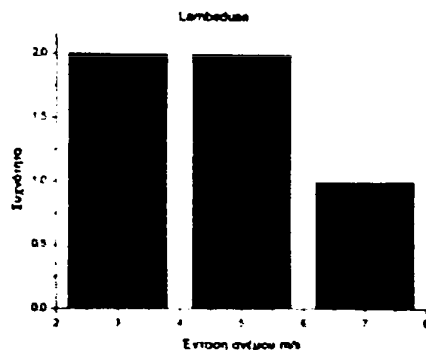
(δ)

Σχήμα 2.2.2.2.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Lambdusa του AERONET.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων (80%) είναι μία ημέρα ενώ μόνο ένα επεισόδιο διαρκεί 5 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων κυμαίνεται από 0.15 έως 0.75. Συμπερασματικά, παρατηρείται ότι τα επεισόδια αερολυμάτων στη Lambdusa είναι γενικά μικρότερης διάρκειας και έντασης σε σχέση με το Imc Oristano. Ωστόσο, θα πρέπει να τονισθεί ότι απαιτείται προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων του Σταθμού Lambdusa δεδομένου ότι οι μετρήσεις καλύπτουν μόνο 85 ημέρες, αριθμός αρκετά χαμηλός που δεν παρέχει ούτε συνολική κάλυψη όλων των εποχών του έτους. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα επεισόδια εμφανίζονται μόνον κατά τους θερινούς μήνες του έτους. Ο παράγοντας Angström εμφανίζει τιμές 0.15–0.75, τιμές χαρακτηριστικές για χονδρά αερολύματα (θαλάσσιο άλας ή σκόνη).



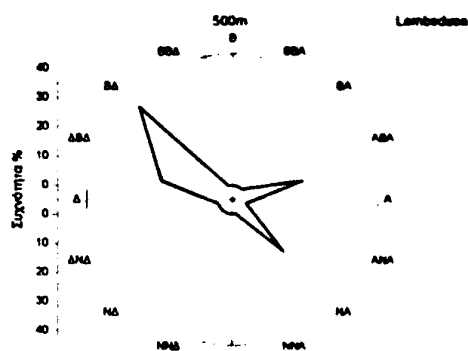
(α)



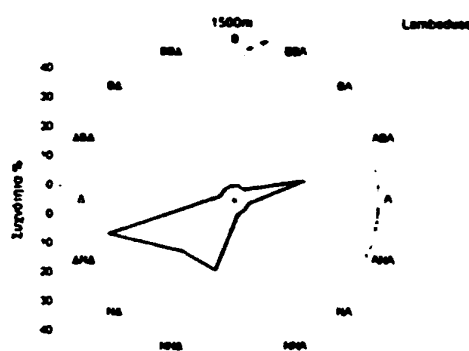
(β)

Σχήμα 2.2.2.2.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Lambdusa κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

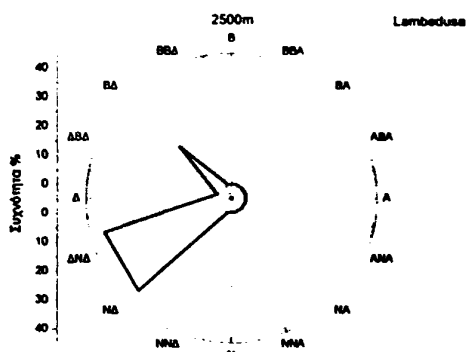
Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa βρέθηκε να είναι ίση με 3-7 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου, στη ίδια στάθμη, είναι NNE και NNW.



(α)



(β)

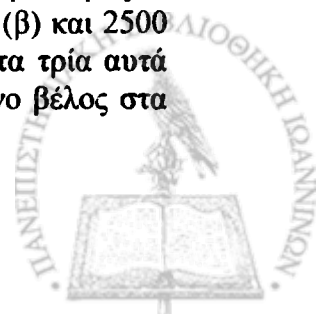


(γ)

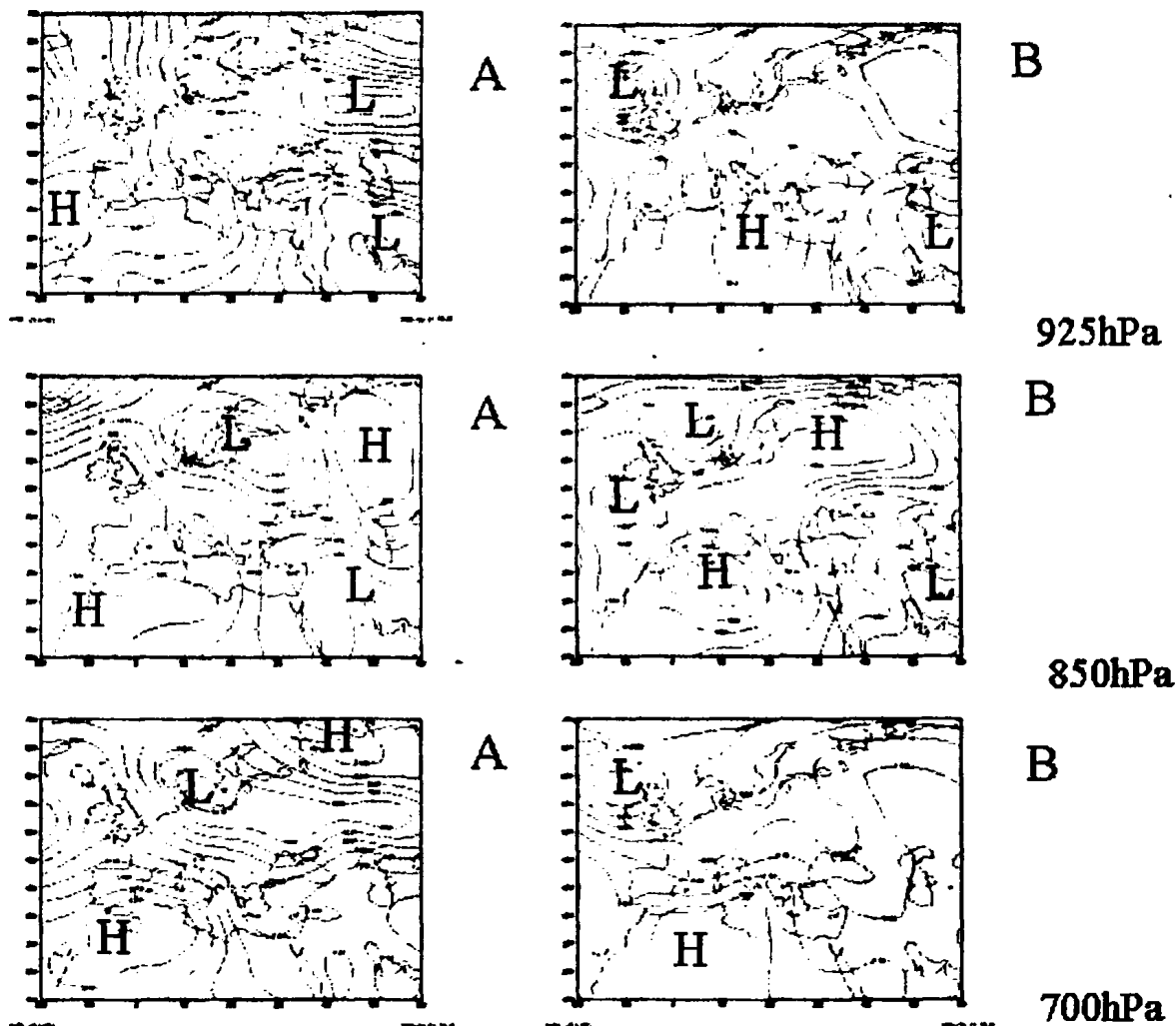


(δ)

Σχήμα 2.2.2.2.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Lambdusa και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).



Η προέλευση των αερίων μαζών στο ύψος των 500 m είναι πρωτίστως ΔΒΔ (135°), ενώ εμφανίζονται και ανατολικές διευθύνσεις, ενώ στο ύψος των 1500 m είναι κυρίως ΔΝΔ (195°) και ΝΝΔ. Σε ότι αφορά στο ύψος των 2500m, οι αέριες μάζες έχουν ΔΝΔ προέλευση (195°-235°). Συνολικά, συνάγεται ότι κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στη Lambedusa, οι αέριες μάζες είχαν κυρίως δυτική προέλευση.

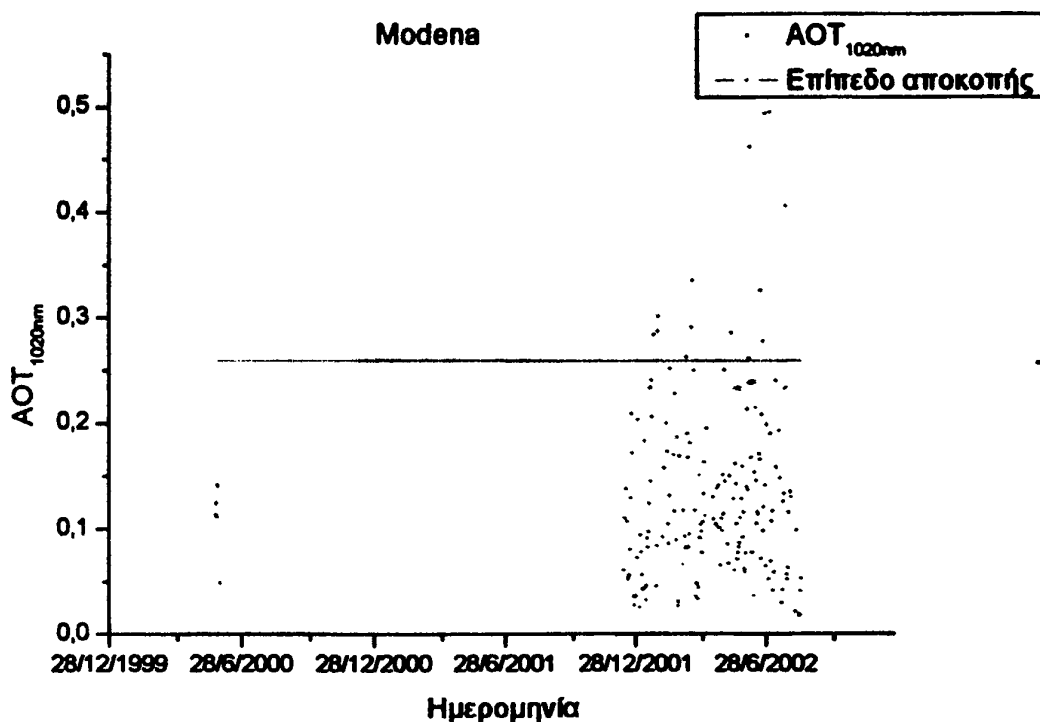


Σχήμα 2.2.2.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Lambedusa του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

Οι επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων, υποδεικνύουν την παρουσία αντικυκλώνα στη ΒΔ Αφρική και στον Ατλαντικό Ωκεανό (Αντικυκλώνας των Αζορών), ο οποίος σε συνδυασμό με την ύπαρξη χαμηλών πιέσεων στην Ανατολική Μεσόγειο, προκαλεί δυτική κυκλοφορία, γεγονός το οποίο βρίσκεται σε γενική συμφωνία με τα ευρήματα της ανεμολογικής ανάλυσης και της ανάλυσης οπισθοπροέλευσης που προηγήθηκαν.

### 2.2.2.3 Σταθμός Modena

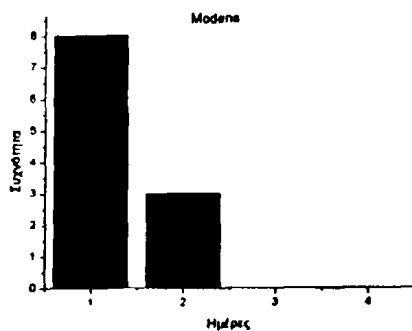
Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στην βόρεια Ιταλία, σε γεωγραφικό πλάτος 44° 63' Βόρεια, γεωγραφικό μήκος 10° 94' Ανατολικά, σε υψόμετρο 56 m στη μέση της κοιλάδας του Po, στην πόλη Modena (180,000 κάτοικοι) και είναι τοποθετημένος στην οροφή του τμήματος, Υλικών και Μηχανικής Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου της Modena. Η κοιλάδας του Po είναι η πιο βιομηχανοποιημένη περιοχή της Ιταλίας και οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν καλύπτουν ως επί το πλείστον την περίοδο Οκτωβρίου - Απριλίου, δηλαδή την περίοδο εκείνη κατά την οποία σημειώνονται τα χειρότερα επεισόδια αστικής ρύπανσης. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Renato Santagelo.



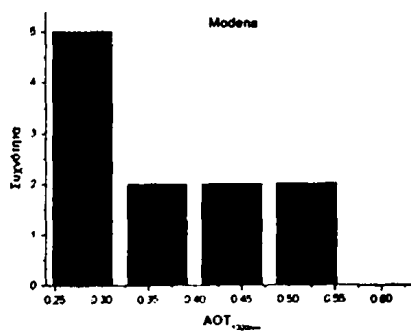
Σχήμα 2.2.2.3.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Modena του AERONET.

Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών AOT<sub>1020nm</sub> αρχίζει από τις 23/05/2000 και εκτείνεται ως τις 15/08/2002, αποτελούμενη από 180 μέσες ημερήσιες τιμές. Τα διαθέσιμα δεδομένα αντιστοιχούν σε 0.5 έτη και προσδιορίστηκαν συνολικά 11 επεισόδια αερολυμάτων στα 1020 nm.

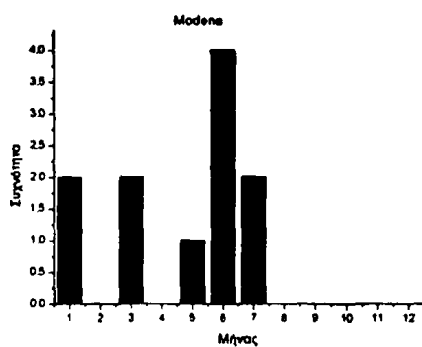




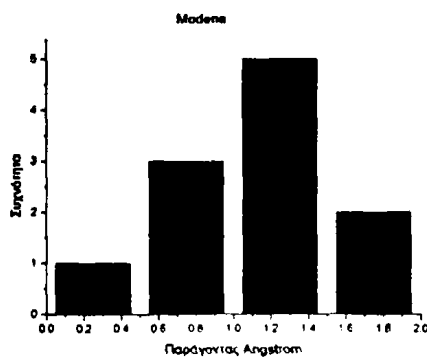
(α)



(β)



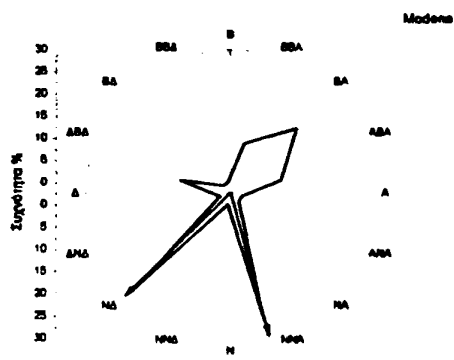
(γ)



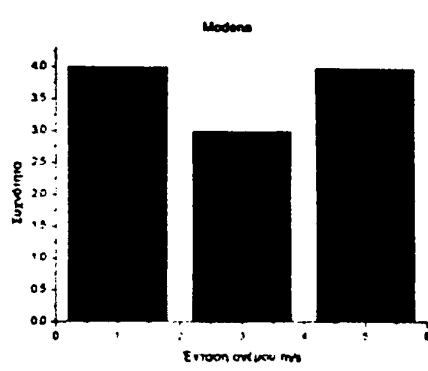
(δ)

Σχήμα 2.2.2.3.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Modena του AERONET.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων είναι εμφανές ότι η διάρκεια των 11 επεισοδίων αερολυμάτων είναι 1-2 ημέρες, δηλαδή είναι κυρίως μικρής διάρκειας. Η ένταση των επεισοδίων κυμαίνεται από 0.27 – 0.52, ενώ περίπου το 50% των επεισοδίων έχουν ένταση μικρότερη του 0.3. Τα περισσότερα επεισόδια σημειώθηκαν κατά τον Ιούνιο (4) και Ιούλιο (6), ενώ κάποια επεισόδια σημειώθηκαν επίσης το χειμώνα και την άνοιξη. Αυτό δεν έρχεται σε αντιδιαστολή με ότι ειπώθηκε εισαγωγικά για το Σταθμό Modena του AERONET, διότι εκεί αναφερθήκαμε σε επεισόδια αστικών λεπτών αερολυμάτων, ενώ εδώ τα επεισόδια που προσδιορίστηκαν μέσω των τιμών  $AOT_{1020nm}$  αναφέρονται σε χονδρά (coarse) αερολύματα. Είναι ενδιαφέρον ότι κατά τη διάρκεια των επεισοδίων παρατηρούνται τιμές του παράγοντα Angström που κυμαίνονται κυρίως από 0.7 έως ~1.8, δηλαδή σχετικά υψηλές τιμές για μεγάλου μεγέθους αερολύματα. Αυτό υποδεικνύει την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας.



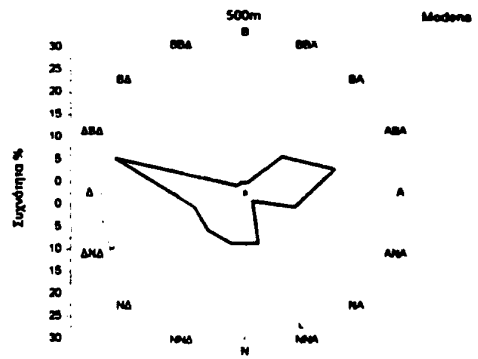
(α)



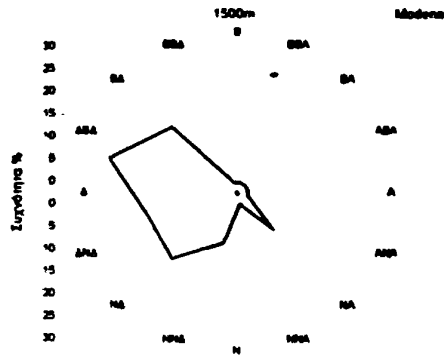
(β)

Σχήμα 2.2.2.3.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Modena κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

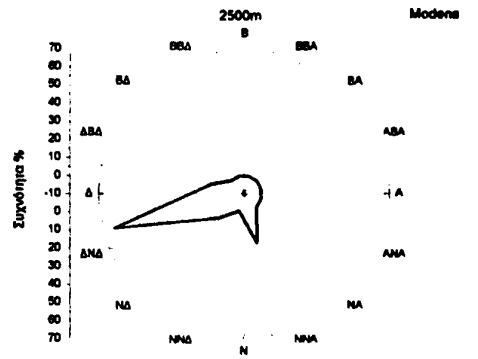
Κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων, η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa βρέθηκε να είναι ίση με 1-5 m/s, δηλαδή σχετικά ασθενής, με επικρατούσες διευθύνσεις τη NNA, τη ΝΔ και δευτερευόντως τη ΒΑ.



(α)



(β)



(γ)



(δ)

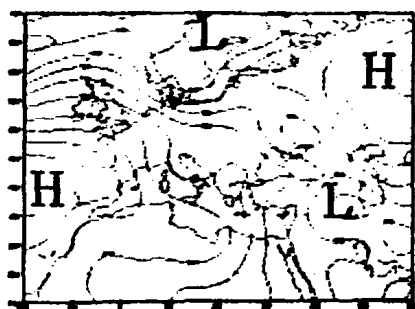
Σχήμα 2.2.2.3.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Modena και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).





Η προέλευση των αερίων μαζών στο ύψος των 500 m και 1500 m βρέθηκε να είναι κατά κύριο λόγο ΔΒΔ διεύθυνσης και δευτερευόντως ΝΔ, ενώ στα 2500 m κυρίως ΔΝΔ διεύθυνσης ( $180^{\circ} - 210^{\circ}$ ). Γενικά, φαίνεται ότι οι αέριες μάζες κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων προέρχονται κυρίως από τα δυτικά.

Οι αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για τις επικρατούσες συνθήκες κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων δείχνουν την παρουσία υψηλών πιέσεων στα δυτικά (ανοιχτά του Ατλαντικού Ωκεανού) που σε συνδυασμό με τις χαμηλές πιέσεις στη θάλασσα της Νορβηγίας και στη Σκανδιναβία, δημιουργούν ισχυρή δυτική ροή που είναι πιθανόν υπεύθυνη για παρουσία μεγάλου μεγέθους θαλάσσιων αερολυμάτων.



A

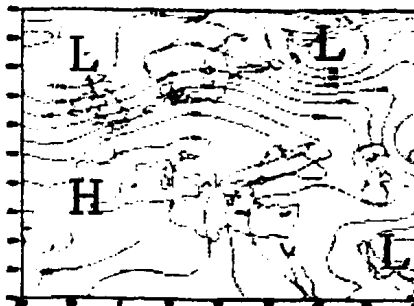


B

925hPa

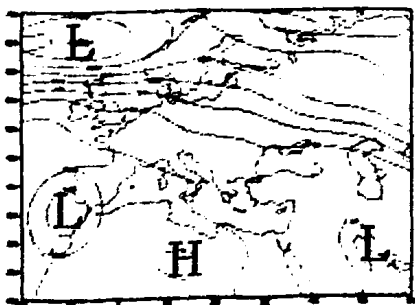


A

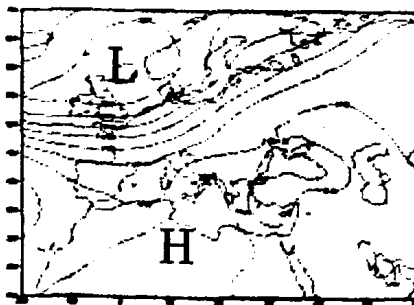


B

850hPa



A



B

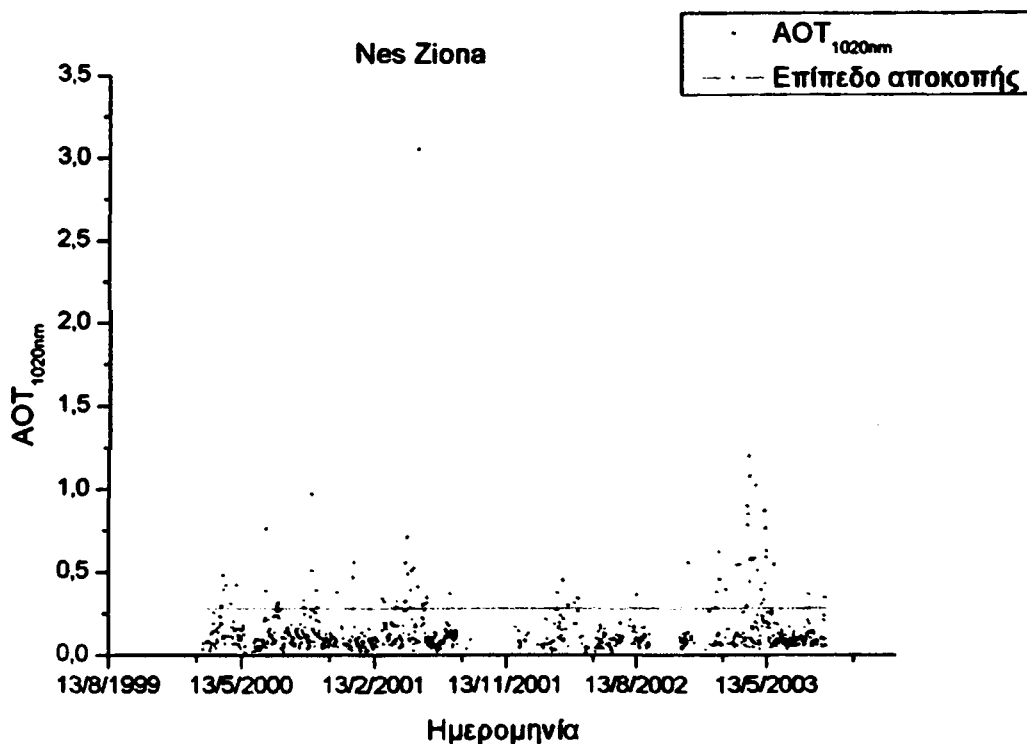
700hPa

Σχήμα 2.2.2.3.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Modena του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.



#### 2.2.2.4 Σταθμός Nes Ziona

Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στο Ισραήλ, στην πόλη Nes Ziona κοντά στη θάλασσα, σε γεωγραφικό πλάτος  $31^{\circ} 92'$  Βόρεια, γεωγραφικό μήκος  $34^{\circ} 79'$  Ανατολικά και σε υψόμετρο 40 m. Βρίσκεται κοντά σε αστική περιοχή με πληθυσμό 130,000 σε ακτίνα 7 km. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Brent Holben.

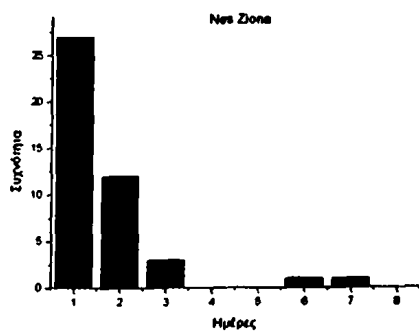


Σχήμα 2.2.2.4.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Nes Ziona του AERONET.

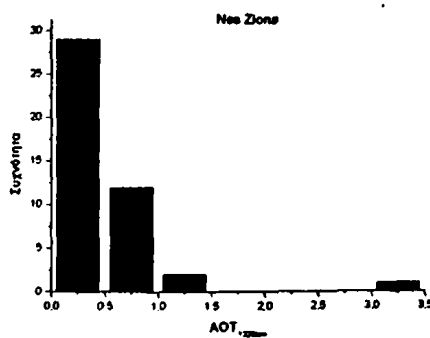
Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών εκτείνεται από τις 24/02/2000 έως τις 15/09/2003 και αποτελείται από 818 μέσες ημερήσιες τιμές. Τα ημερήσια δεδομένα AOT<sub>1020nm</sub> αντιστοιχούν σε 2.2 έτη και βρέθηκαν συνολικά 44 επεισόδια αερολυμάτων.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων φαίνεται ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων (27) είναι 1 ημέρα, δηλαδή μικρή, ενώ άλλα 12 επεισόδια έχουν διάρκεια 2 ημέρες. Μόνο 5 επεισόδια βρέθηκαν να έχουν διάρκεια από 3 έως και 7 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων σε τιμές AOT<sub>1020nm</sub>, κυμαίνεται έως και 1.5, ενώ υπάρχει και ένα επεισόδιο με τιμή AOT<sub>1020nm</sub> ίση με 3.25. Αυτό ήταν ένα εξαιρετικά ισχυρό επεισόδιο και σημειώθηκε στις 13-5-2001. Από το διάγραμμα της εποχικής κατανομής προκύπτει ότι τα περισσότερα επεισόδια χονδρών αερολυμάτων συμβαίνουν την άνοιξη, ενώ επεισόδια σημειώνονται καθόλη τη διάρκεια του έτους. Κατά τη διάρκεια των επεισοδίων, οι μετρούμενες τιμές του παράγοντα Angström δεν υπερβαίνουν την τιμή 0.85, ενώ τα περισσότερα επεισόδια (~75%) χαρακτηρίζονται από τιμές μικρότερες από 0.5.

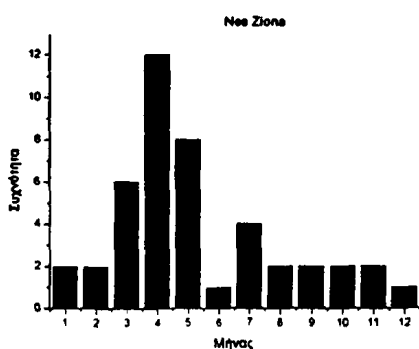




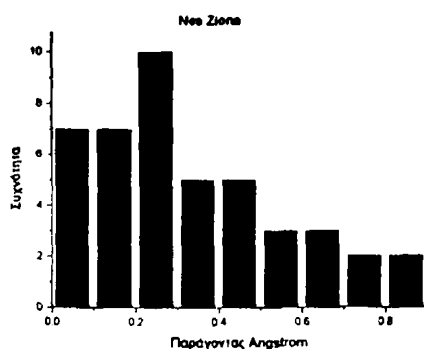
(α)



(β)

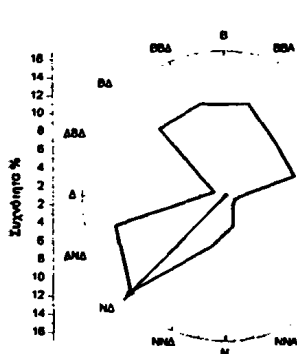


(γ)

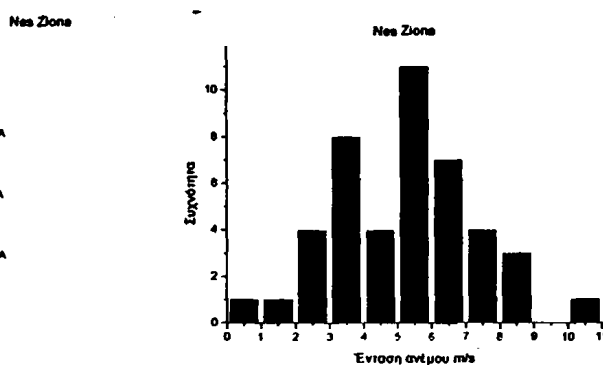


(δ)

Σχήμα 2.2.2.4.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Nes Ziona του AERONET.



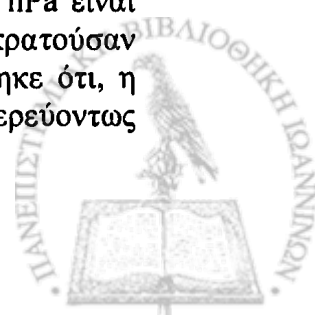
(α)

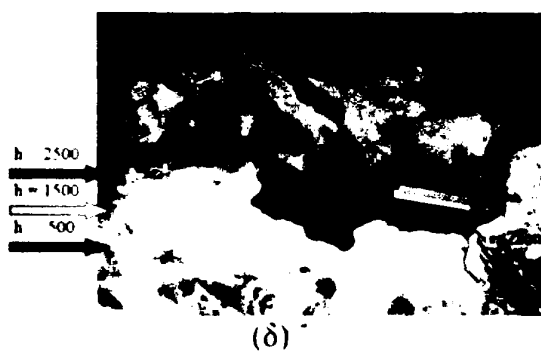
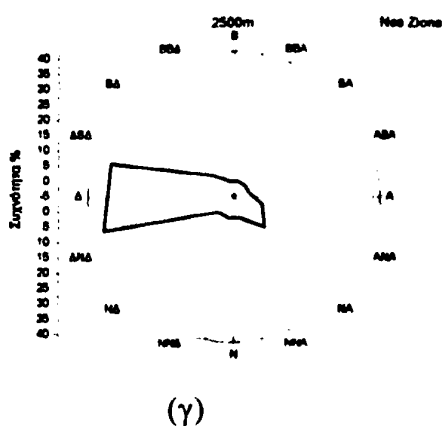
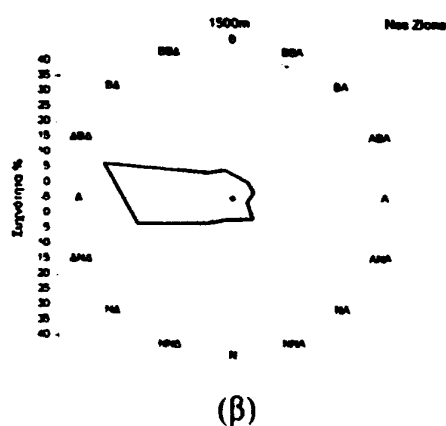
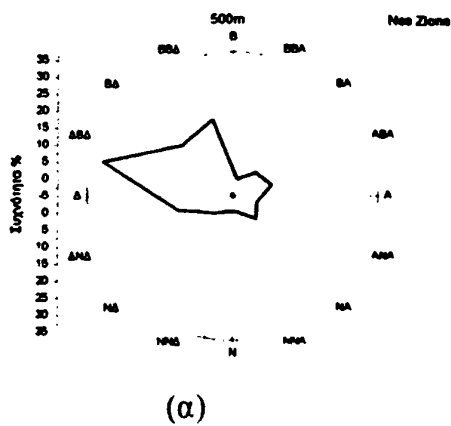


(β)

Σχήμα 2.2.2.4.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Nes Ziona κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Κατά τη διάρκεια των επεισοδίων χονδρών αερολυμάτων στο Σταθμό Nes Ziona του AERONET, βρέθηκε ότι η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι μεταβλητή, με τιμές 0.5 - 10.5 m/s, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις επικρατούσαν άνεμοι από 2.5 έως 8.5 m/s, δηλαδή έως μέτριας έντασης. Επίσης βρέθηκε ότι, η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου στα 925 hPa πρωτίστως ΝΔ και δευτερευόντως βόρειας διεύθυνσης.

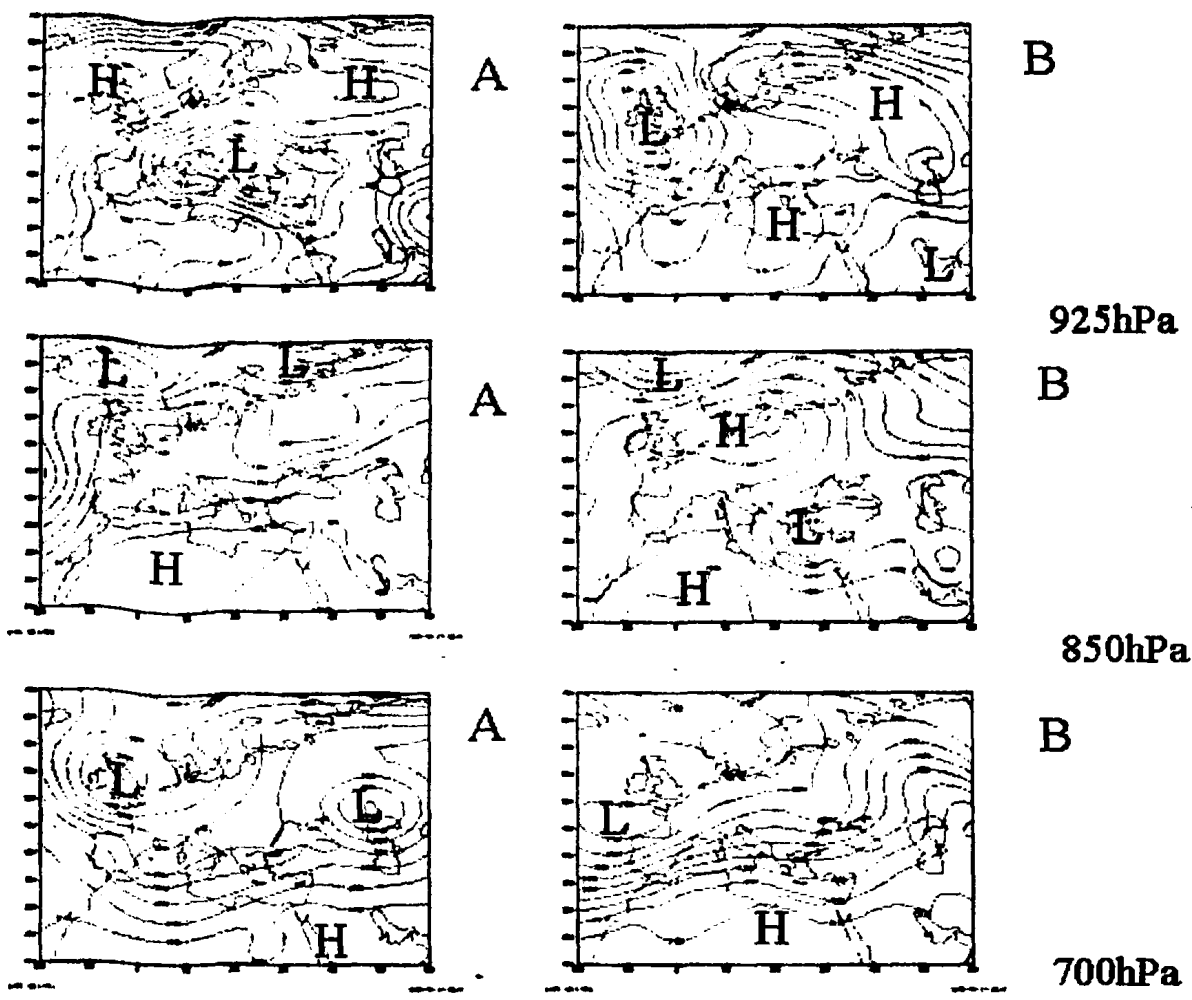




Σχήμα 2.2.2.4.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Nes Ziona και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η ανάλυση οπισθοπορείας αερίων μαζών για τις περιπτώσεις των επεισοδίων αερολυμάτων έδειξε ότι η προέλευση των αερίων μαζών στο ύψος των 500m και 1500m ήταν κυρίως Δ και ΔΒΔ, ενώ στο ύψος των 2500m ήταν δυτική. Συνολικά, βρέθηκε ότι οι αέριες μάζες είχαν κυρίως δυτική προέλευση.

Η πραγματοποιηθείσα συνοπτική ανάλυση και ταξινόμηση για τις ημέρες των επεισοδίων δείχνει ότι τα επεισόδια χονδρών αερολυμάτων εκδηλώθηκαν είτε υπό την παρουσία υψηλών πιέσεων στη Β. Αφρική και τη Σαουδική Αραβία, που σε συνδυασμό με χαμηλές πιέσεις στην Ευρώπη ή την περιοχή της Κασπίας προκάλεσαν δυτική ροή, είτε υπό την παρουσία κέντρου χαμηλών πιέσεων στη Βαλκανική και το Αιγαίο, που επίσης συντέλεσαν στη δημιουργία δυτικής ή ΝΔ ροής, μεταφέροντας θαλάσσια αερολύματα και σωματίδια σκόνης από τη Β. Αφρική.

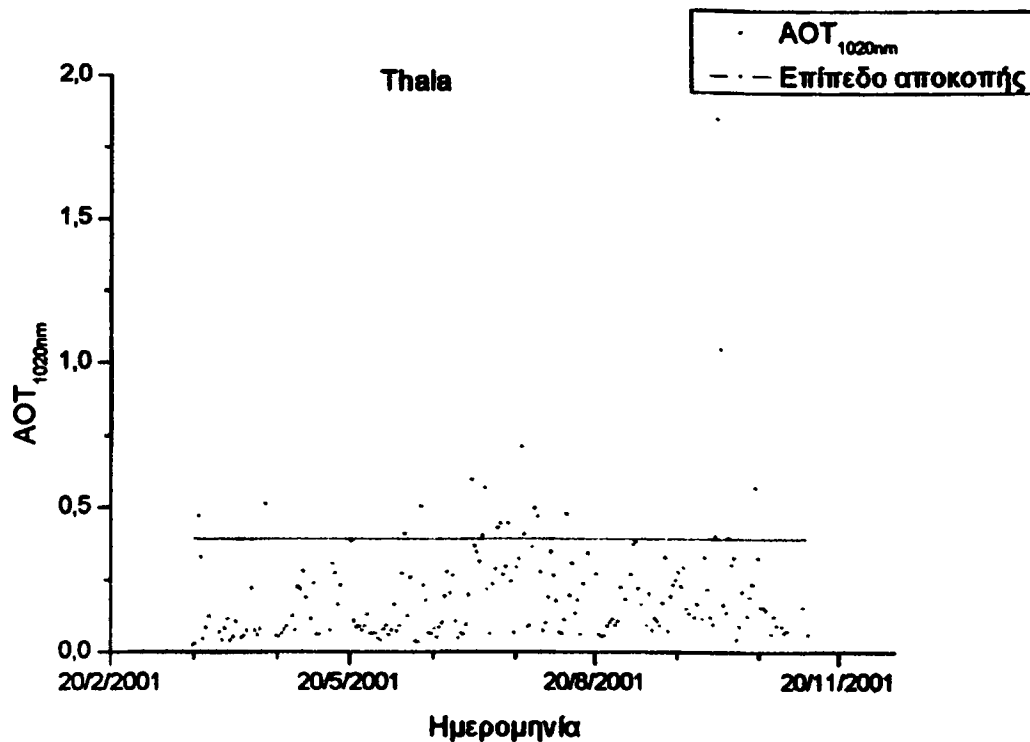


Σχήμα 2.2.2.4.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Nes Ziona του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.5 Σταθμός Thala

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται στην βόρεια Τυνησία σε γεωγραφικό πλάτος  $35^{\circ} 55'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $8^{\circ} 68'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο 1091 m και είναι τοποθετημένος κοντά στη μικρή ορεινή πόλη Thala. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Didier Tanré.

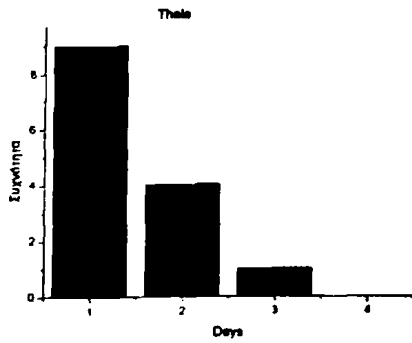




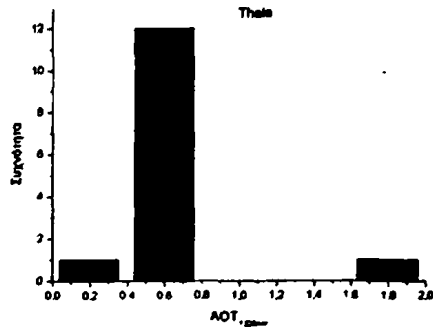
Σχήμα 2.2.2.5.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Thala του AERONET.

Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών AOT<sub>1020nm</sub> εκτείνεται από τις 23/03/2001 έως τις 09/11/2001 και αποτελείται από συνολικά 197 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε 0.5 έτη περίπου και προσδιορίστηκαν συνολικά 14 επεισόδια χονδρών αερολυμάτων.

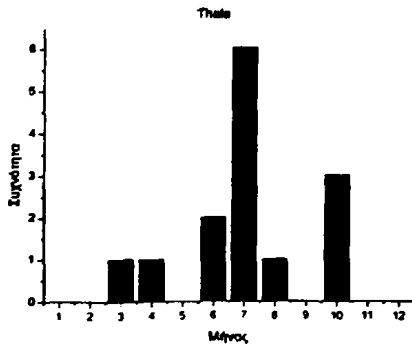
Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων είναι εμφανές ότι η διάρκεια των επεισοδίων δεν υπερβαίνει τις 3 ημέρες, ενώ το 65% των επεισοδίων διαρκούν μόνο μία ημέρα. Με εξαίρεση ένα ισχυρό επεισόδιο (AOT<sub>1020nm</sub>=1.8), όλα τα υπόλοιπα επεισόδια χαρακτηρίζονται από τιμές AOT<sub>1020nm</sub><0.8. Μάλιστα, τα επεισόδια αυτά συμβαίνουν κυρίως κατά το καλοκαίρι, κυρίως, αλλά και κατά τις μεταβατικές εποχές του έτους. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι οι τιμές του παράγοντα Angström κατά τις ημέρες των επεισοδίων είναι ιδιαίτερα χαμηλές, καθώς κυμαίνονται από 0.075 έως 0.275, γεγονός το οποίο οφείλεται στην ισχυρή παρουσία σωματιδίων σκόνης από τη Σαχάρα.



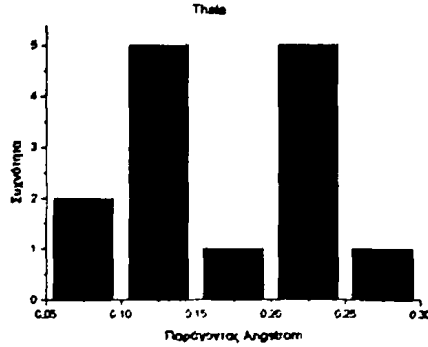
(α)



(β)

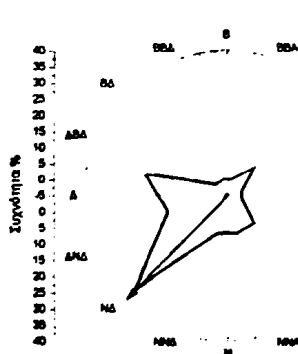


(γ)

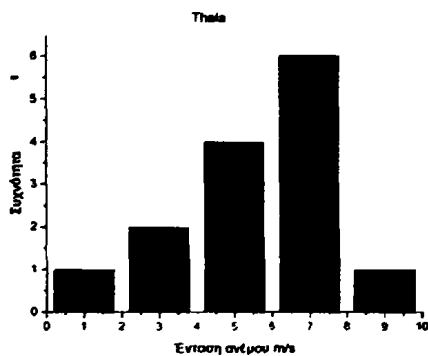


(δ)

Σχήμα 2.2.2.5.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Thala του AERONET.



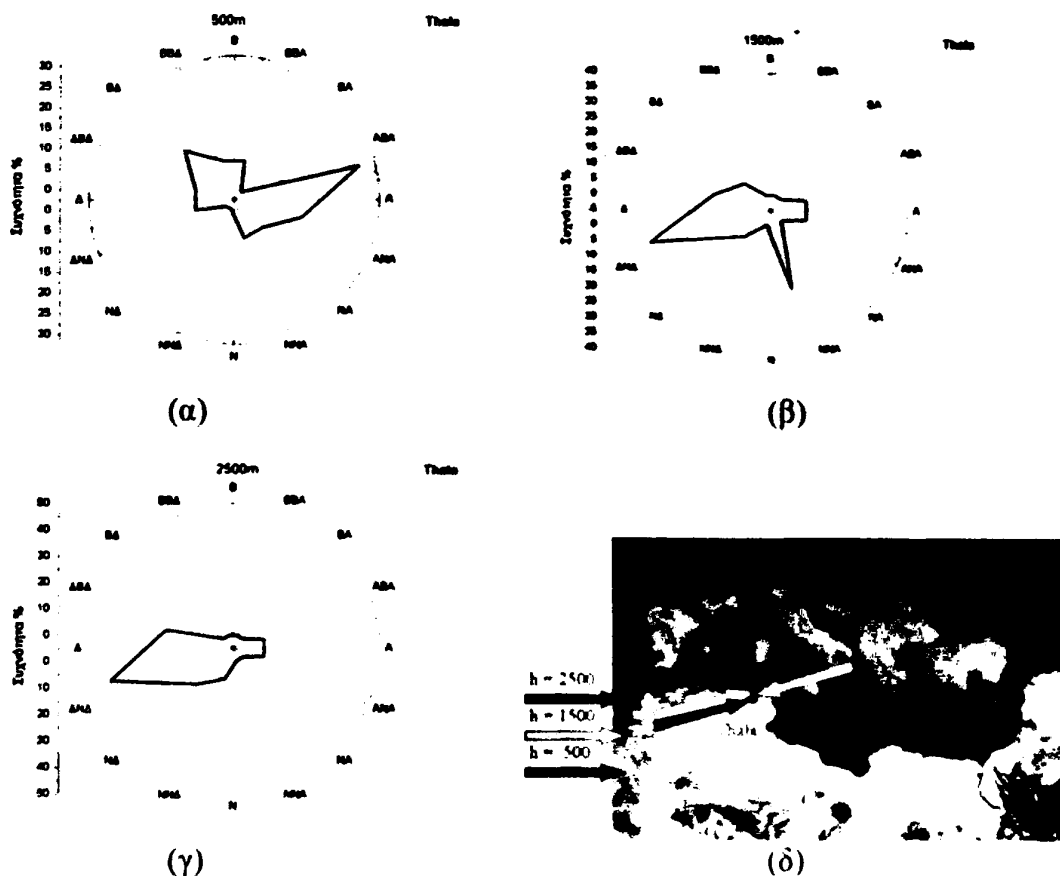
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.5.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Thala κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Κατά τις ημέρες των επεισοδίων χονδρών αερολυμάτων, η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμαίνεται έως και 9 m/s, με πιο συχνές τιμές 5 - 7 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στην ίδια στάθμη είναι ΝΔ, γεγονός το οποίο υποδηλώνει μεταφορά σκόνης από τη ΒΔ Αφρική.

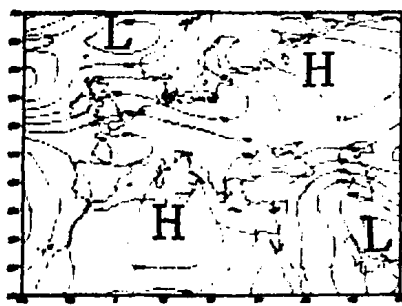


Σχήμα 2.2.5.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Thala και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Όπως προέκυψε από την ανάλυση οπισθοπορείας 4 ημερών των αερίων μαζών κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, η προέλευση των αερίων μαζών στο ύψος των 500 m είναι κυρίως ανατολικής διεύθυνσης, ενώ στα ύψη των 1500 και 2500 m είναι κυρίως ΔΝΔ, σε συμφωνία με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στα 925 hPa.

Οι αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες, για τις δύο πιο συχνές κατηγορίες, κατά τις ημέρες των επεισοδίων, υποδεικνύουν την ύπαρξη εκτεταμένου υψηλού στη βόρεια Αφρική, το οποίο συνδυάζεται με χαμηλές πιέσεις στη Β ή ΒΔ Ευρώπη και δημιουργεί ροή νοτιοδυτικής προέλευσης στο Σταθμό (στην περιοχή) μελέτης (Thala, Τυνησία).





A

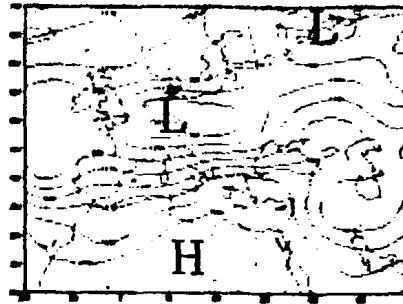


B

925hPa

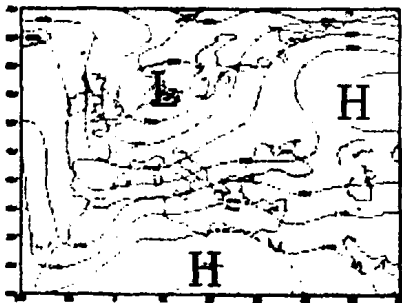


A

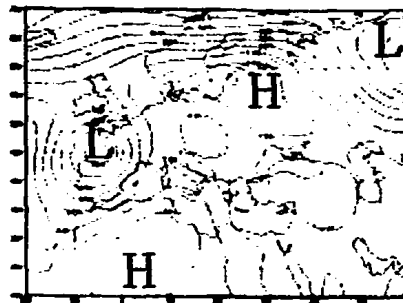


B

850hPa



A



B

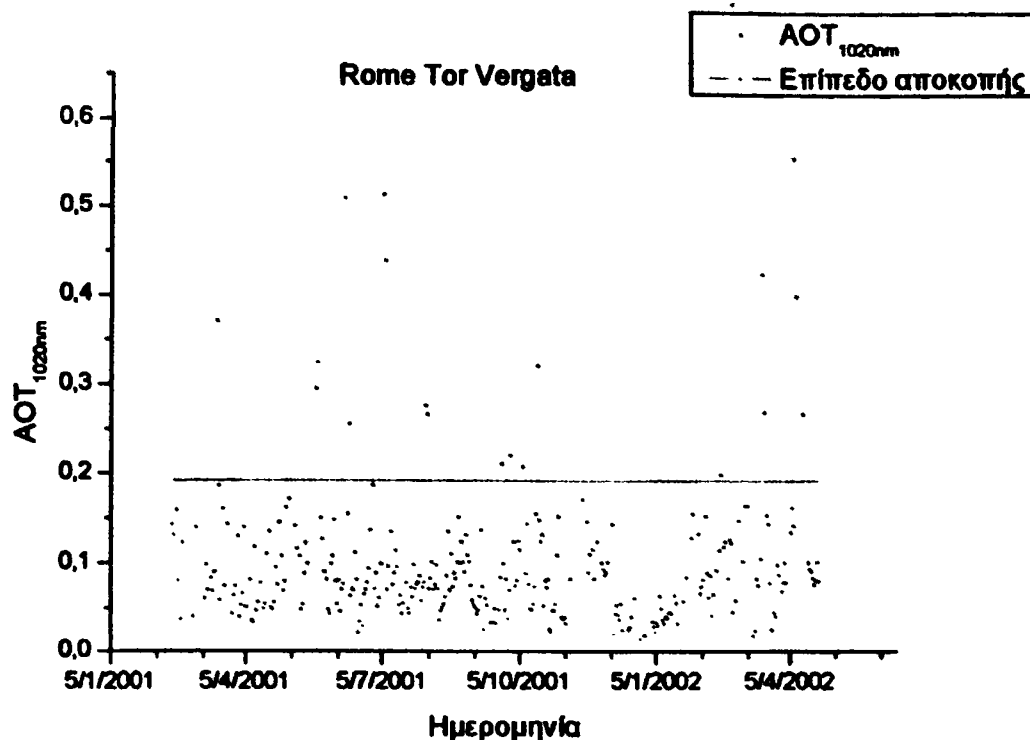
700hPa

Σχήμα 2.2.2.5.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Thala του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.6 Σταθμός Rome Tor Vergata

Ο Σταθμός αυτός του AERONET βρίσκεται στην Ιταλία, στα νότια προάστια της Ρώμης, 15 km από το κέντρο της πόλης, σε γεωγραφικό πλάτος  $41^{\circ} 84'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $12^{\circ} 65'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο 130 m. Είναι εγκατεστημένος στην οροφή ενός κτιρίου (Institute of Atmospheric Sciences and Climate, ISAC). Η θέση του Σταθμού είναι κατάλληλη για την παρακολούθηση αστικού τύπου αερολυμάτων, όμως επηρεάζεται και από τη θάλασσα. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Gian Paolo Gobbi.



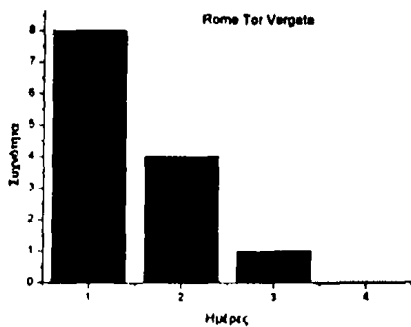


Σχήμα 2.2.2.6.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Rome Tor Vergata του AERONET.

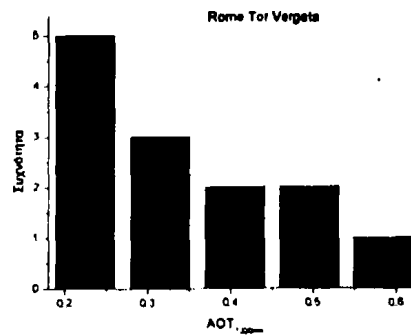
Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 15/02/2001 έως τις 24/04/2002 και αποτελείται συνολικά από 323 μέσες ημερήσιες τιμές. Το σύνολο των ημερησίων τιμών αντιστοιχεί σε 0.9 έτη και βρέθηκαν τελικά 13 επεισόδια αερολυμάτων.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα, ενώ συνολικά δεν ξεπερνά τις 3 ημέρες, δηλαδή τα επεισόδια έχουν σχετικά μικρή διάρκεια. Επίσης, προκύπτει ότι τα επεισόδια αυτά είναι σχετικά μικρής έντασης, καθώς περίπου 40% των επεισοδίων έχουν ένταση  $AOT_{1020nm} < 0.25$ , ενώ γενικά χαρακτηρίζονται από τιμές  $AOT_{1020nm} < 0.6$ . Τα επεισόδια αερολυμάτων σημειώνονται σχεδόν καθόλη τη διάρκεια του έτους, ενώ διαπιστώνεται ότι οι τιμές του παράγοντα Angström κυμαίνονται μεταξύ 0.1-1.1, δηλαδή προσλαμβάνουν και σχετικά μεγαλύτερες τιμές που υποδηλώνουν, εκτός από την παρουσία μεγάλου μεγέθους σωματιδίων (θαλάσσιο άλας, σκόνη) την παρουσία προσμίξεων και μικρότερου μεγέθους αερολυμάτων, ανθρωπογενούς προέλευσης.

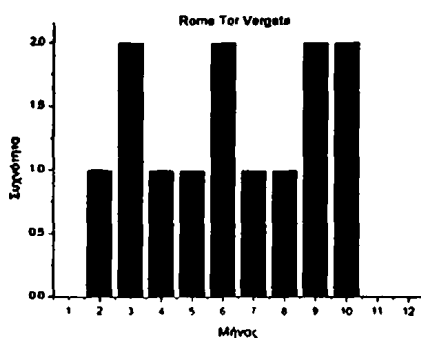




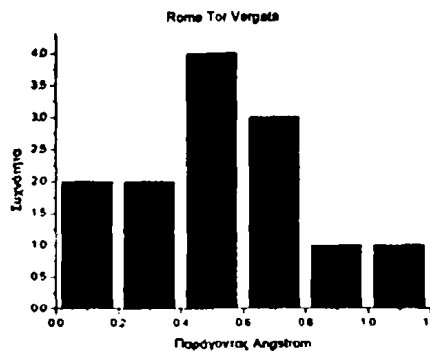
(α)



(β)

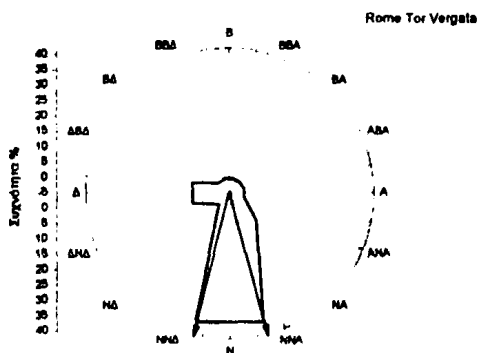


(γ)

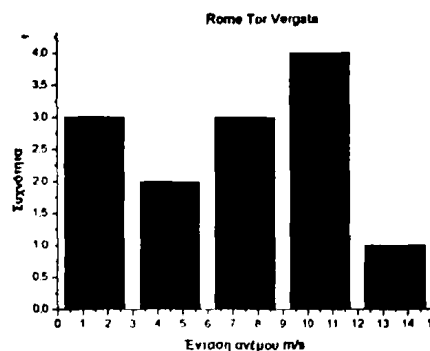


(δ)

Σχήμα 2.2.2.6.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angstrom κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Rome Tor Vergata του AERONET.



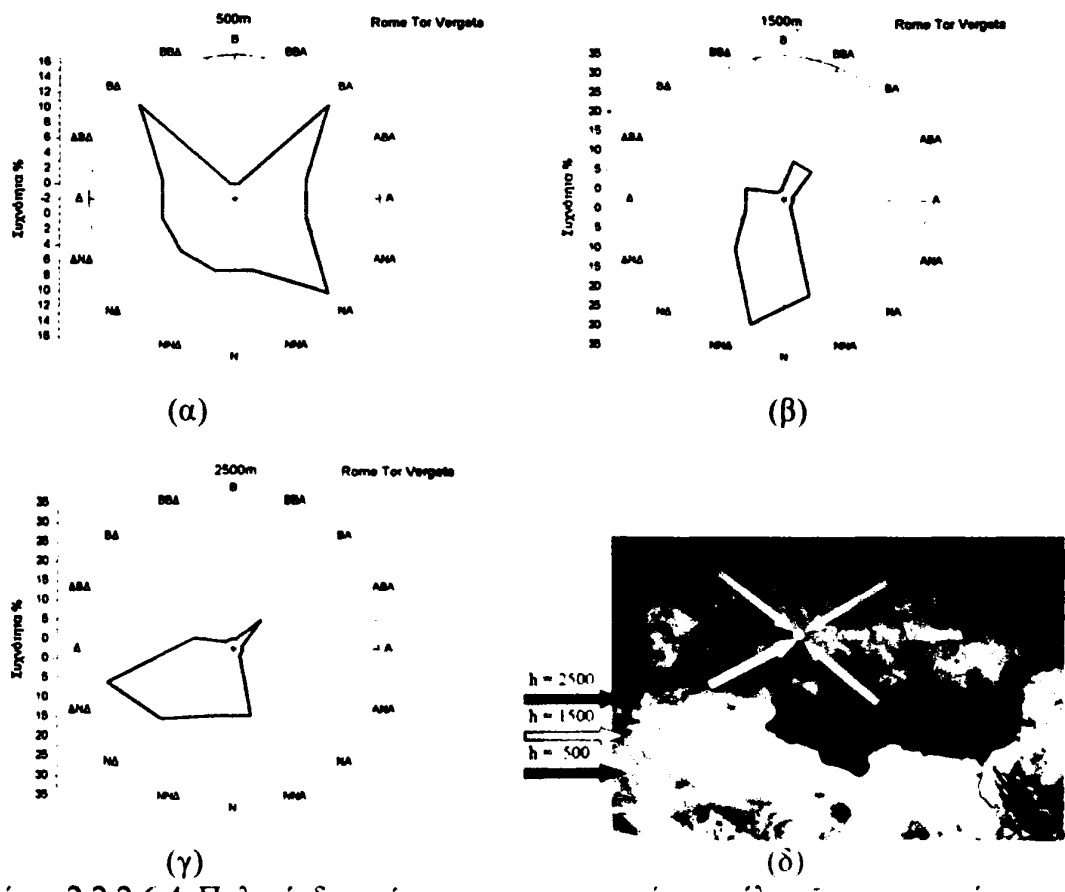
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.6.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Rome Tor Vergata κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμάνθηκε έως και ~14 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (στην ίδια στάθμη) ήταν νότια.

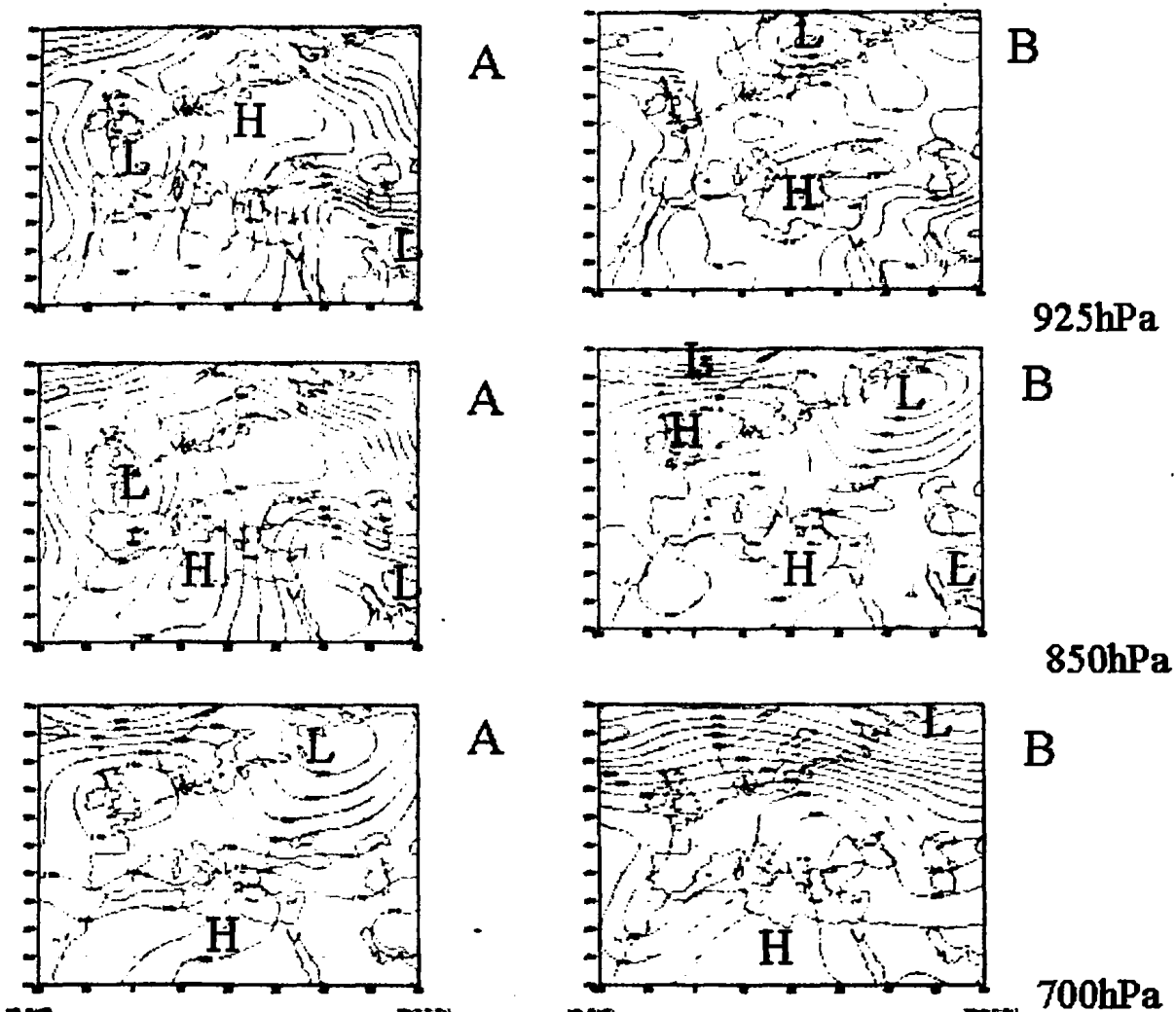


Σχήμα 2.2.2.6.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Rome Tor Vergata και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η ανάλυση οπισθοπορείας που πραγματοποιήθηκε για τις ημέρες των επεισοδίων, υποδεικνύει ότι οι αέριες μάζες στο ύψος των 500 m προερχόταν είτε από τα ΒΔ, είτε τα ΒΑ, είτε τα ΝΑ, ενώ στα 1500 m προήλθαν από ΝΝΔ και στα 2500 m από τα ΔΝΔ, δηλαδή προήλθαν κυρίως από το νότιο τομέα.

Τα αποτελέσματα της συνοπτικής ανάλυσης και ταξινόμησης για τις ημέρες των επεισοδίων, υποδεικνύουν ότι κατά τις ημέρες αυτές, επικρατούσε βαρομετρικό χαμηλό στη ΒΔ Ευρώπη, το οποίο σε συνδυασμό με την παρουσία υψηλών πιέσεων στην ανατολική Ευρώπη ή στην κεντρική Μεσόγειο και Β. Αφρική, συντελούσε στη δημιουργία νοτιοδυτικής ροής. Επίσης, κατά δεύτερο λόγο, παρόμοια νοτιοδυτική ροή ήταν δυνατό να προκαλείται από την παρουσία αντικυκλώνα στην κεντρική ή ανατολική Μεσόγειο ή σφήνας υψηλών πιέσεων στη Β. Αφρική και διαμέσου της Μεσογείου στη νότια Βαλκανική.

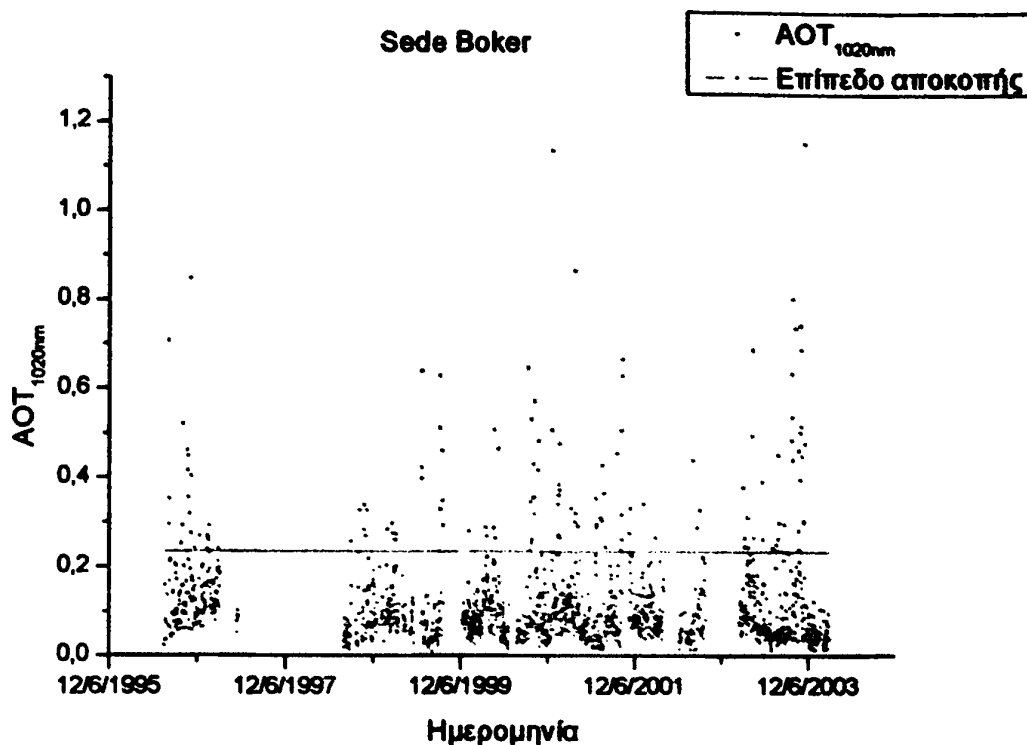




Σχήμα 2.2.2.6.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Rome Tor Vergata του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (Α) και δευτερεύουσα (Β) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.7 Σταθμός *Sede Boker*

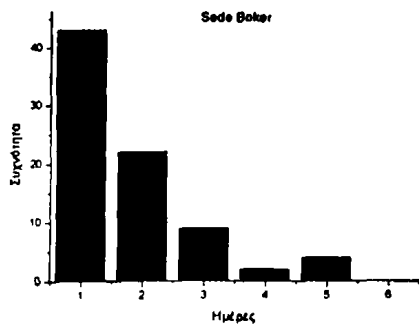
Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στο νότιο Ισραήλ, στη μικρή πόλη *Sede Boker*, σε γεωγραφικό πλάτος  $30^{\circ} 85'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $34^{\circ} 78'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο 480 m και είναι τοποθετημένος στο οροφή ενός κτιρίου έξω από την πόλη, σε ερημική ημιορεινή περιοχή. Η θέση του Σταθμού είναι κατάλληλη για την ανίχνευση αερολυμάτων σκόνης που προέρχονται από τις τριγύρω ερημικές περιοχές. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Arnon Karnieli.



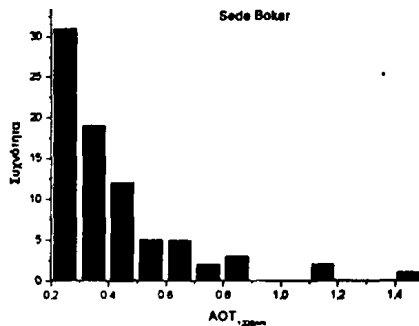
Σχήμα 2.2.2.7.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Sede Boker του AERONET.

Η χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 25/01/1996 έως τις 08/09/2003, αποτελούμενη από 1560 μέσες ημερήσιες τιμές. Το σύνολο των διαθέσιμων ημερησίων τιμών αντιστοιχούν σε 4.3 έτη, δηλαδή μια σχετικά μεγάλη χρονική περίοδο και προσδιορίστηκαν συνολικά 80 επεισόδια αερολυμάτων στα 1020 nm.

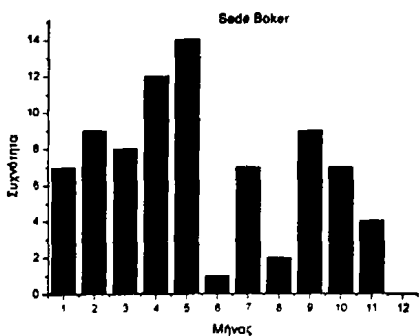
Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων χονδρών αερολυμάτων, παρατηρούμαι ότι η διάρκεια των επεισοδίων κυμαίνεται από 1 έως 5 ημέρες, με τα περισσότερα επεισόδια να διαρκούν 1 - 2 ημέρες. Από το αντίστοιχο ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων ως προς την ένταση των επεισοδίων, φαίνεται ότι τα επεισόδια ήταν σχετικά ισχυρά, με τιμές  $AOT_{1020nm}$  έως και 1.45. Μάλιστα, τα επεισόδια αυτά σημειώθηκαν καθόλη τη διάρκεια του έτους, με ιδιαίτερη προτίμηση αργά την άνοιξη και το φθινόπωρο. Εξάλλου, παρά το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια των επεισοδίων παρατηρήθηκαν τιμές του παράγοντα Angström έως και ~1.0, το μεγαλύτερο μέρος των επεισοδίων χαρακτηρίστηκαν από τιμές του παράγοντα Angström < 0.45.



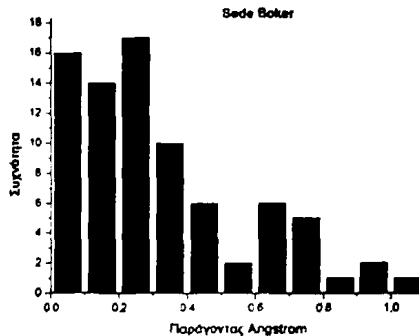
(α)



(β)

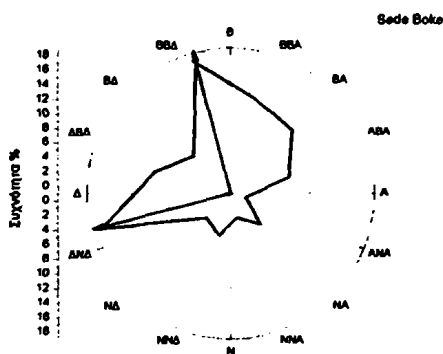


(γ)

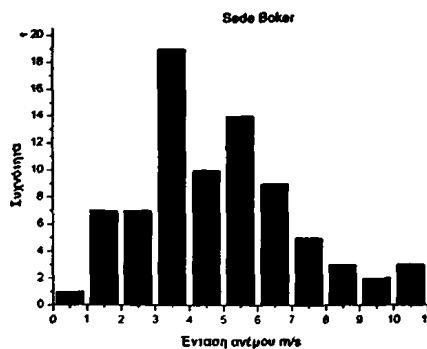


(δ)

Σχήμα 2.2.2.7.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Sede Boker του AERONET.



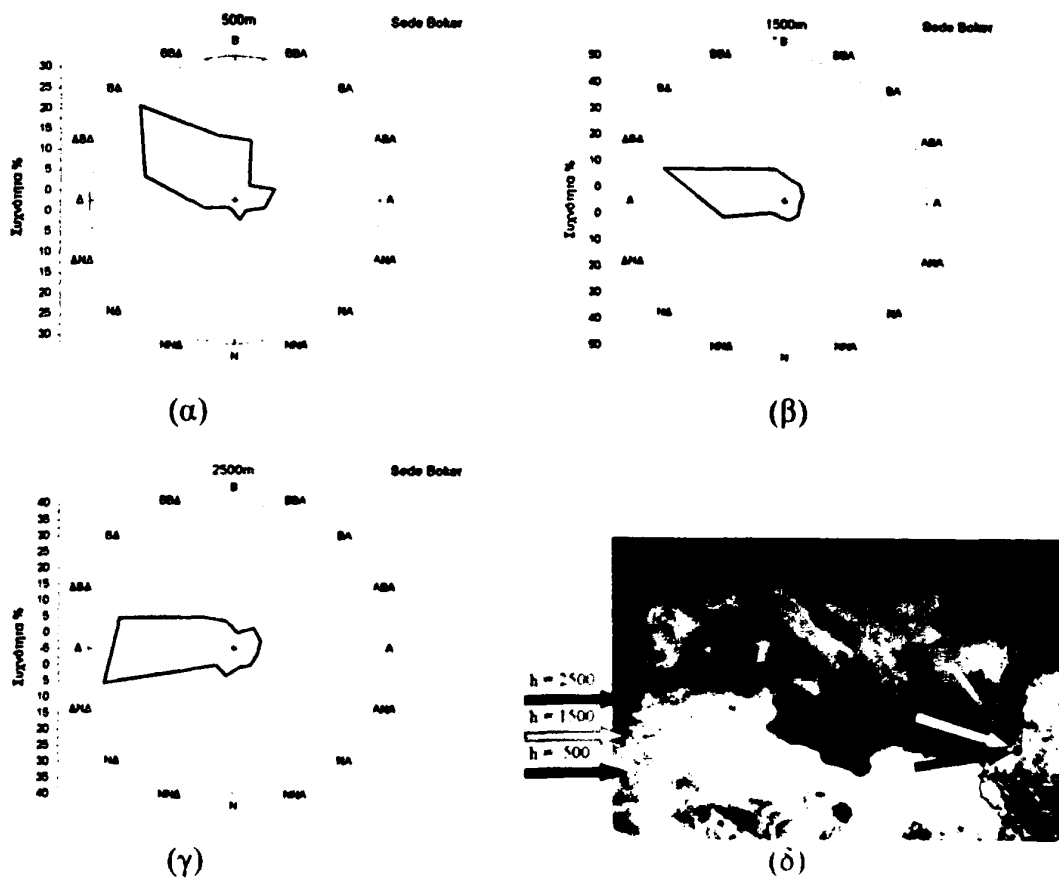
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.7.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Sede Boker κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Κατά τη διάρκεια των ημερών των επεισοδίων, η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμαινόταν έως και 10.5 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου στην ίδια στάθμη ήταν βόρεια και δυτική.

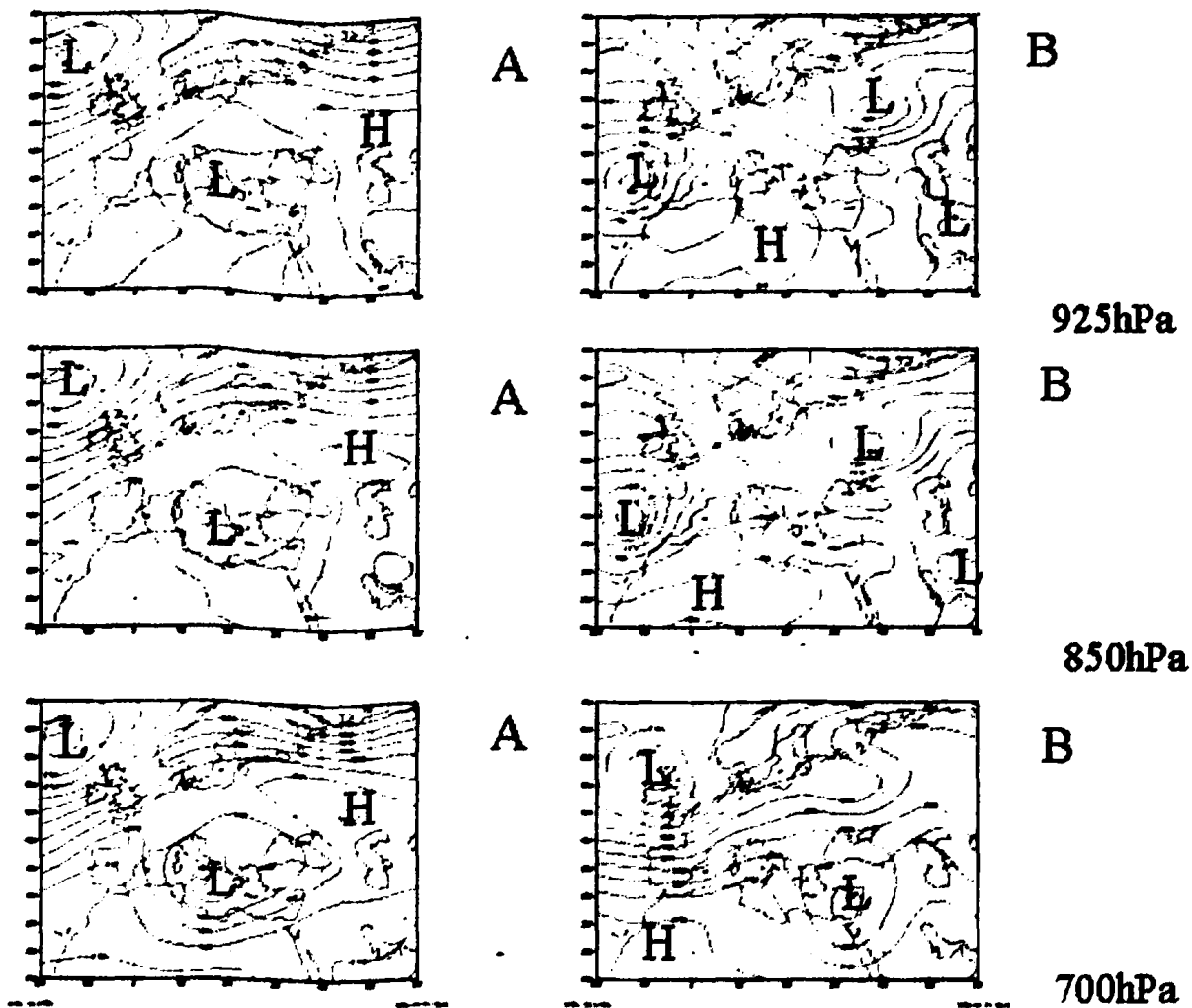


Σχήμα 2.2.2.7.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Sede Boker και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Βάσει των αποτελεσμάτων της πραγματοποιηθείσας ανάλυσης οπισθοπορείας, η προέλευση των αερίων μαζών στο ύψος των 500 m ήταν ΒΔ, ενώ στα 1500 m και στα 2500 m ήταν δυτική. Συνολικά, οι αέριες μάζες κατά τη διάρκεια των ημερών των επεισοδίων αερολυμάτων είχαν κυρίως δυτική προέλευση.

Από τη συνοπτική ανάλυση, που πραγματοποιήθηκε για τις ημέρες των επεισοδίων, και τους αντιπροσωπευτικούς συνοπτικούς χάρτες για τις πρώτες δύο κύριες κατηγορίες, προκύπτει ότι τα επεισόδια αερολυμάτων φαίνεται να έλαβαν χώρα κυρίως όταν επικρατούσαν εκτεταμένες υφέσεις στην κεντρική Μεσόγειο, οι οποίες σε συνδυασμό με την παρουσία υψηλών πιέσεων στην περιοχή της Κασπίας, δημιούργησαν δυτική - νοτιοδυτική ροή στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή του Sede Boker.

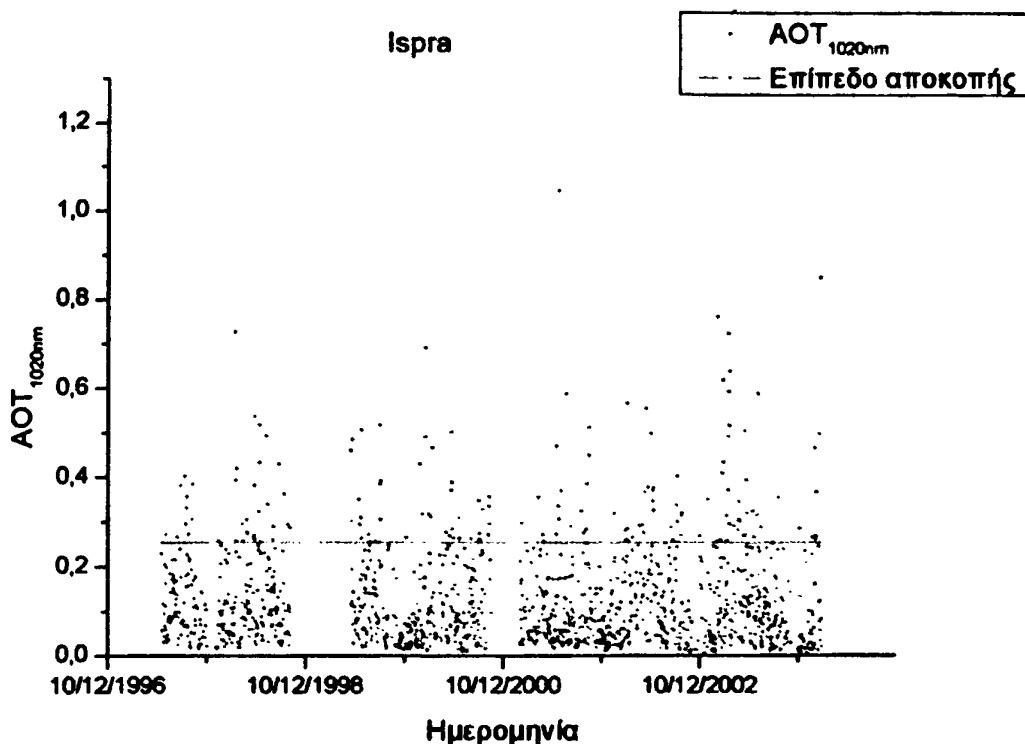




Σχήμα 2.2.2.7.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Sede Boker του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.8 Σταθμός Ispra

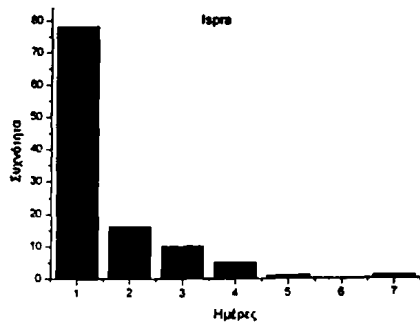
Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στην βόρεια Ιταλία στους πρόποδες των Άλπεων, σε γεωγραφικό πλάτος  $45^{\circ} 80'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $8^{\circ} 63'$  ανατολικά, σε υψόμετρο 235 m, σε μια περιοχή με λίμνες και εύφορη πεδιάδα και πληθυσμό 40,000 κατοίκους σε μια ακτίνα 7 km. Πρόκειται για μια αναπτυγμένη και αστική περιοχή. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Giuseppe Zibordi.



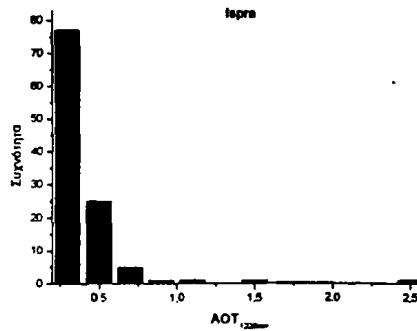
Σχήμα 2.2.2.8.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Ispra του AERONET.

Η χρονοσειρά των δεδομένων  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 28/06/1997 έως τις 09/03/2004 και συνολικά αποτελείται από 1421 μέσες ημερήσιες τιμές. Τα διαθέσιμα ημερήσια δεδομένα αντιστοιχούν σε 3.9 έτη και υπολογίσθηκαν συνολικά 111 επεισόδια αερολυμάτων.

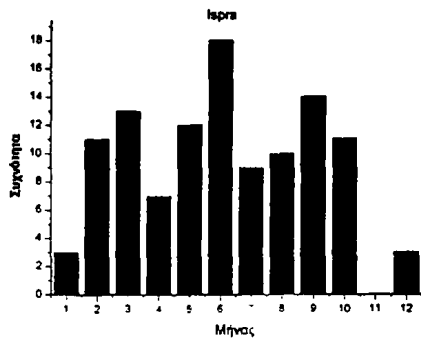
Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της υπολογισμένης διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων, προκύπτει ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων (78) είναι 1 ημέρα, ενώ διαπιστώθηκαν 16 επεισόδια διάρκειας 2 ημερών, 10 επεισόδια 3 ημερών, 5 επεισόδια 4 ημερών και από ένα επεισόδιο διάρκειας 5 και 7 ημερών (ακραίας διάρκειας). Πρόκειται δηλαδή για μια κανονικού τύπου κατανομή. Ως προς την έντασή τους, τα επεισόδια έχουν κατά κόρον σχετικά μικρές τιμές,  $AOT_{1020nm} < 0.5$ , ενώ ένας πολύ μικρός αριθμός επεισοδίων (9) έχουν μεγαλύτερη ένταση ( $AOT_{1020nm}$  έως 1.5). Τα επεισόδια χονδρών αερολυμάτων συμβαίνουν καθόλη τη διάρκεια του έτους, με σχετικά μεγαλύτερη συχνότητα κατά τις αρχές της άνοιξης (Μάρτιο), αρχές του θέρους (Ιούνιο) και αρχές του φθινοπώρου (Σεπτέμβριο). Από την κατανομή των τιμών του παράγοντα Angström, προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια των επεισοδίων παρατηρείται ποικιλία τιμών του παράγοντα Angström (0.1 έως 1.6), ωστόσο, μόνο μικρό μέρος των επεισοδίων χαρακτηρίζεται από τιμές μικρότερες από 0.5, ενώ αντίθετα, τα περισσότερα επεισόδια χαρακτηρίζονται από τιμές 1.2 - 1.6. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την ανάμειξη των μεγάλου μεγέθους αερολυμάτων με λεπτά αερολύματα, πιθανόν βιομηχανικής (ανθρωπογενούς) προέλευσης.



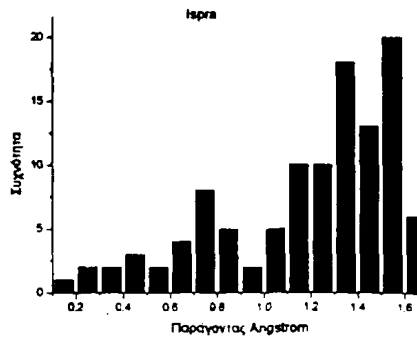
(α)



(β)

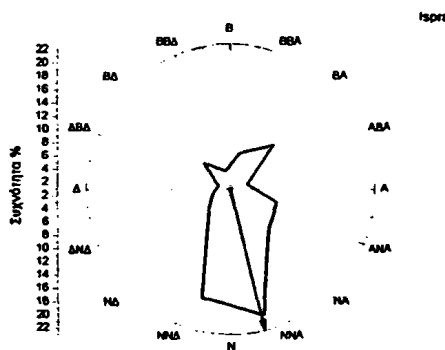


(γ)

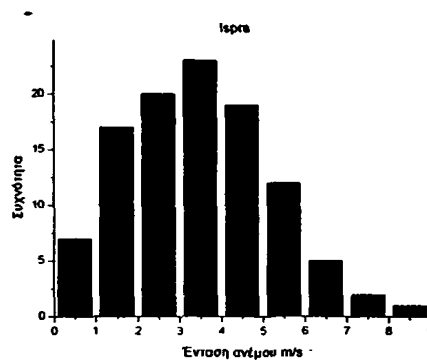


(δ)

Σχήμα 2.2.2.8.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Ispra του AERONET.



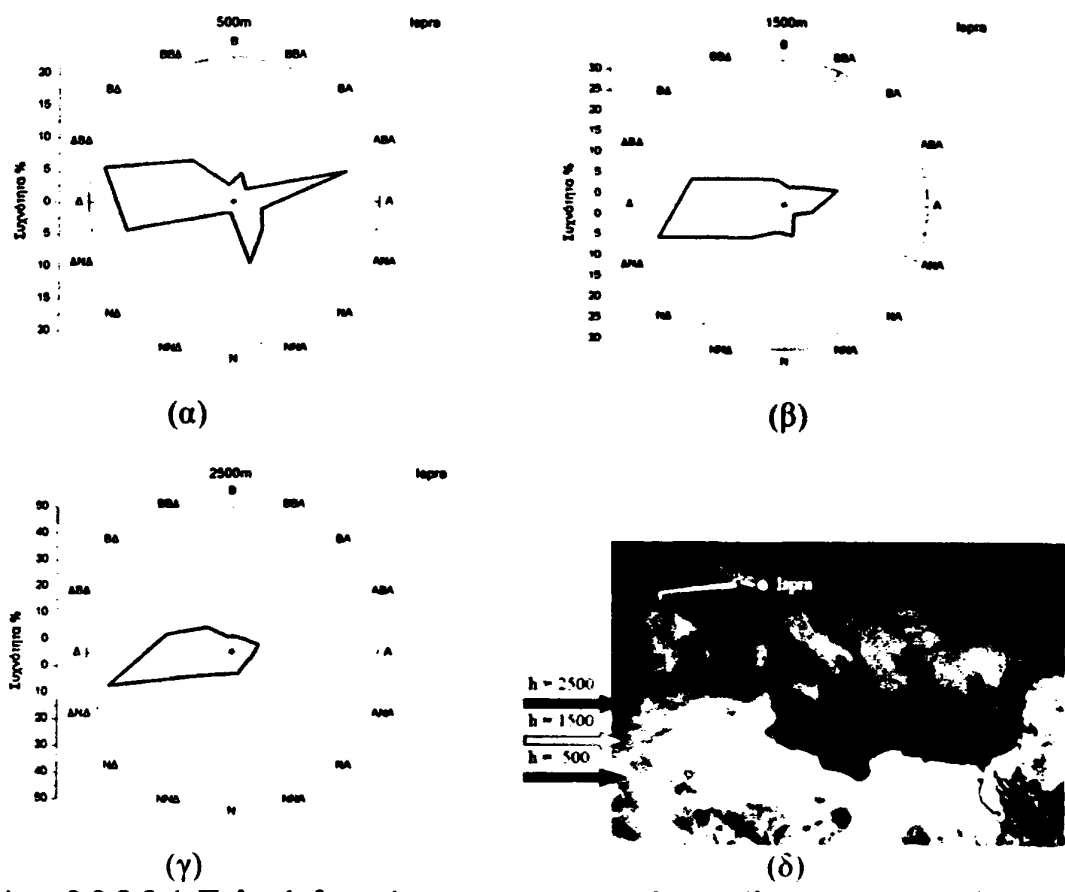
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.8.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Ispra κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Κατά τη διάρκεια των ημερών των επεισοδίων αερολυμάτων στα 1020 nm, η ναάλυση μας δείχνει ότι η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμαίνεται μεταξύ 0.5 - 8.5 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στην ίδια στάθμη ήταν NNA.

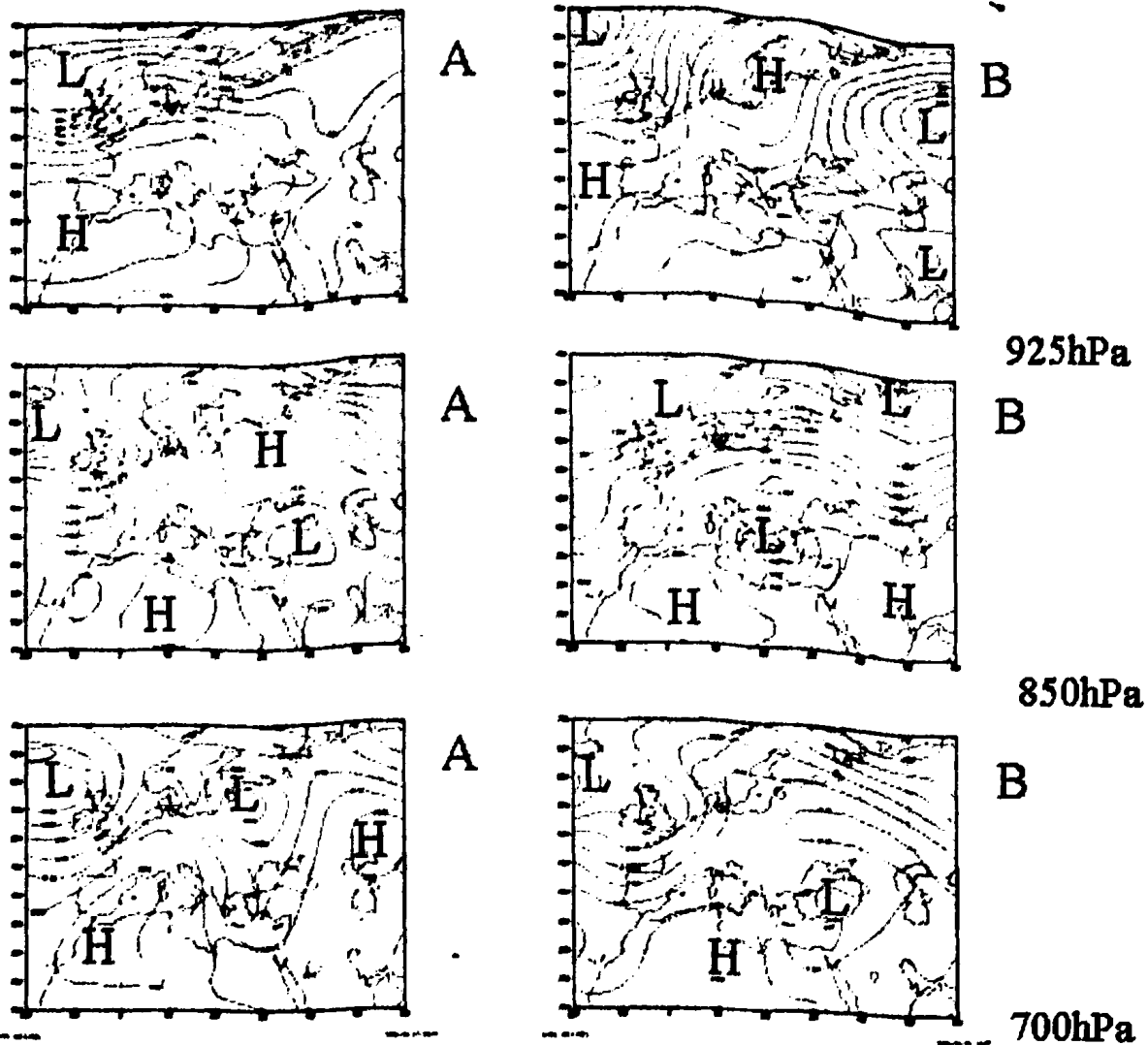


Σχήμα 2.2.2.8.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Ispra και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η προέλευση των αερίων μαζών, κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων, στο ύψος των 500 m βρέθηκε να είναι κυρίως είτε ανατολική είτε δυτική. Σε ότι αφορά στα ύψη 1500 και στα 2500 m, η προέλευση των αερίων μαζών βρέθηκε να είναι δυτική.

Βάσει των αποτελεσμάτων της συνοπτικής ταξινόμησης για τις ημέρες των επεισοδίων, προέκυψε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις επικρατούν υψηλές πιέσεις στη ΒΔ Αφρική, οι οποίες σε συνδυασμό με την παρουσία χαμηλών πιέσεων στη ΒΔ Ευρώπη, δημιουργούσαν ένα δυτικό ρεύμα στην περιοχή.

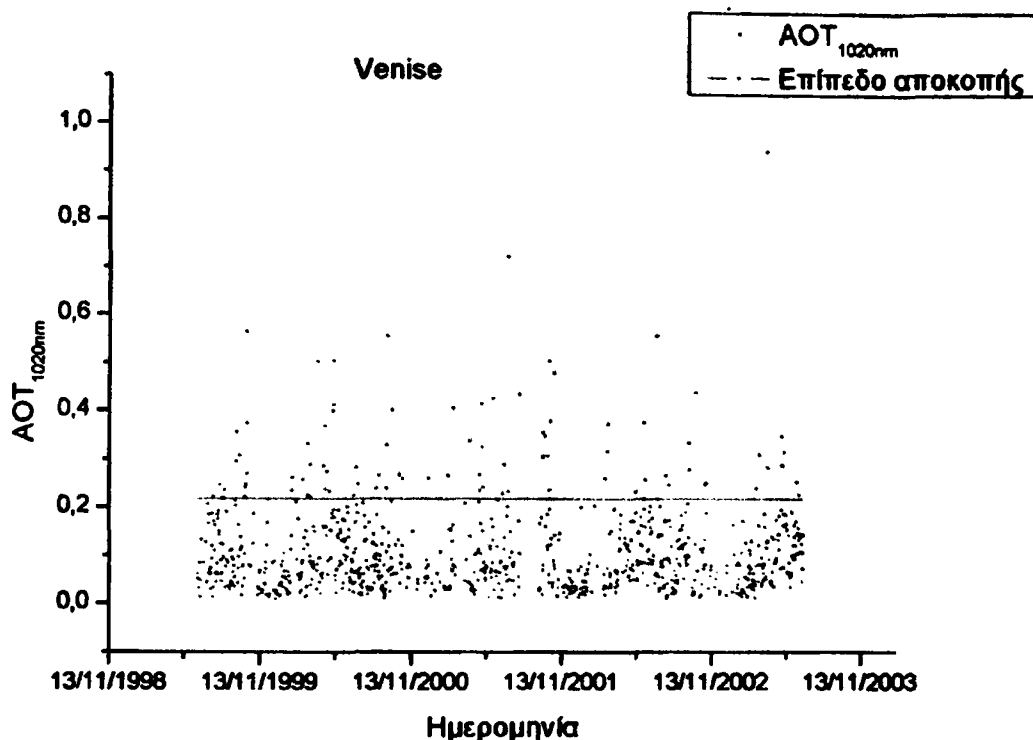




Σχήμα 2.2.2.1.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Ispra του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

### 2.2.2.9 Σταθμός Venice

Ο Σταθμός αυτός του AERONET βρίσκεται στην βόρεια Ιταλία, οκτώ ναυτικά μίλια από τη λιμνοθάλασσα της Βενετίας, σε γεωγραφικό πλάτος  $45^{\circ} 31'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $12^{\circ} 51'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο 10 m και είναι τοποθετημένος στον πύργο Acqua Alta Oceanographic Tower στη βόρεια Αδριατική θάλασσα. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο **Giuseppe Zibordi**.

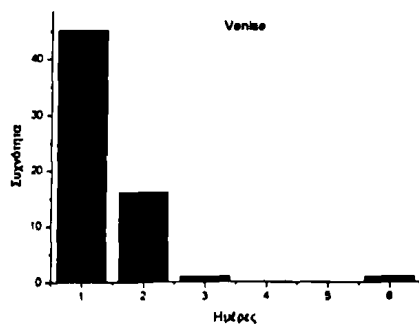


Σχήμα 2.2.2.9.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Venise του AERONET.

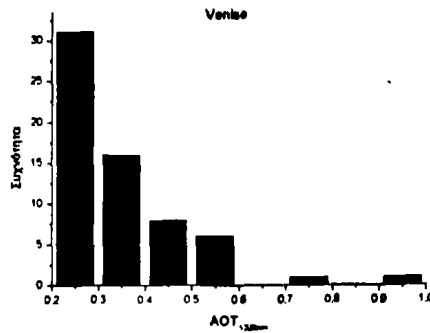
Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων δεδομένων  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 16/06/1999 έως τις 23/06/2003 και αποτελείται από 921 τιμές. Ο συνολικός αριθμός ημερών με διαθέσιμα δεδομένα αντιστοιχούν σε 2.5 έτη και βρέθηκαν 63 επεισόδια αερολυμάτων.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων για τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων, φαίνεται ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1-2 ημέρες, ενώ μόλις 2 επεισόδια έχουν διάρκεια 3 και 6 ημερών. Η ένταση των επεισοδίων είναι σχετικά μικρή ( $AOT_{1020nm} < 0.5$ ), ενώ τα επεισόδια έλαβαν χώρα καθόλη τη διάρκεια του έτους, με εξαίρεση το χειμώνα. Όπως και για το Σταθμό Ispra, διαπιστώθηκε ότι κατά τη διάρκεια των επεισοδίων, ο παράγοντας Angström είχε μεταβλητές τιμές, 0.3 - 1.7, ενώ μόλις το 13% των επεισοδίων χαρακτηρίζονταν από τιμές μικρότερες του 0.5. Οι σχετικά υψηλές τιμές του παράγοντα Angström πρέπει μάλλον να αποδοθούν στο αστικό περιβάλλον του Σταθμού και στην παρουσία υποστρώματος λεπτών αερολυμάτων, στο οποίο επικάθονται τα οποιαδήποτε μεταφερόμενα χονδρά αερολύματα, είτε θαλάσσιου τύπου είτε σκόνης.

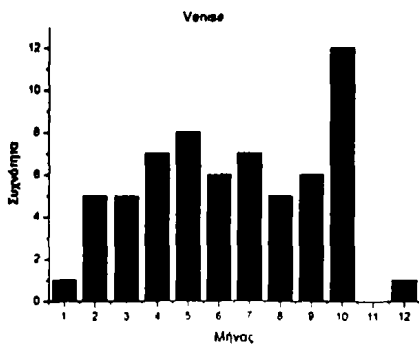




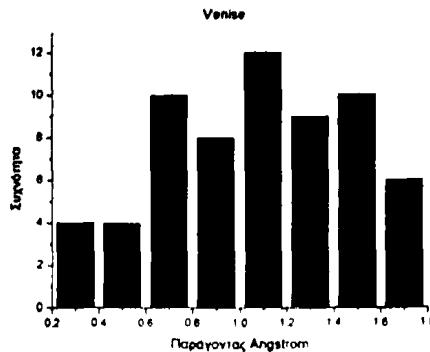
(α)



(β)

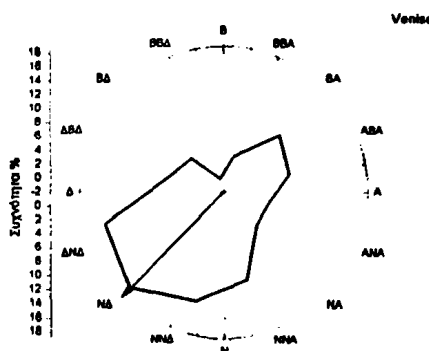


(γ)

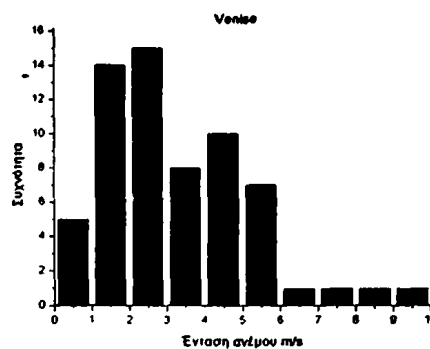


(δ)

Σχήμα 2.2.2.9.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Venise του AERONET.



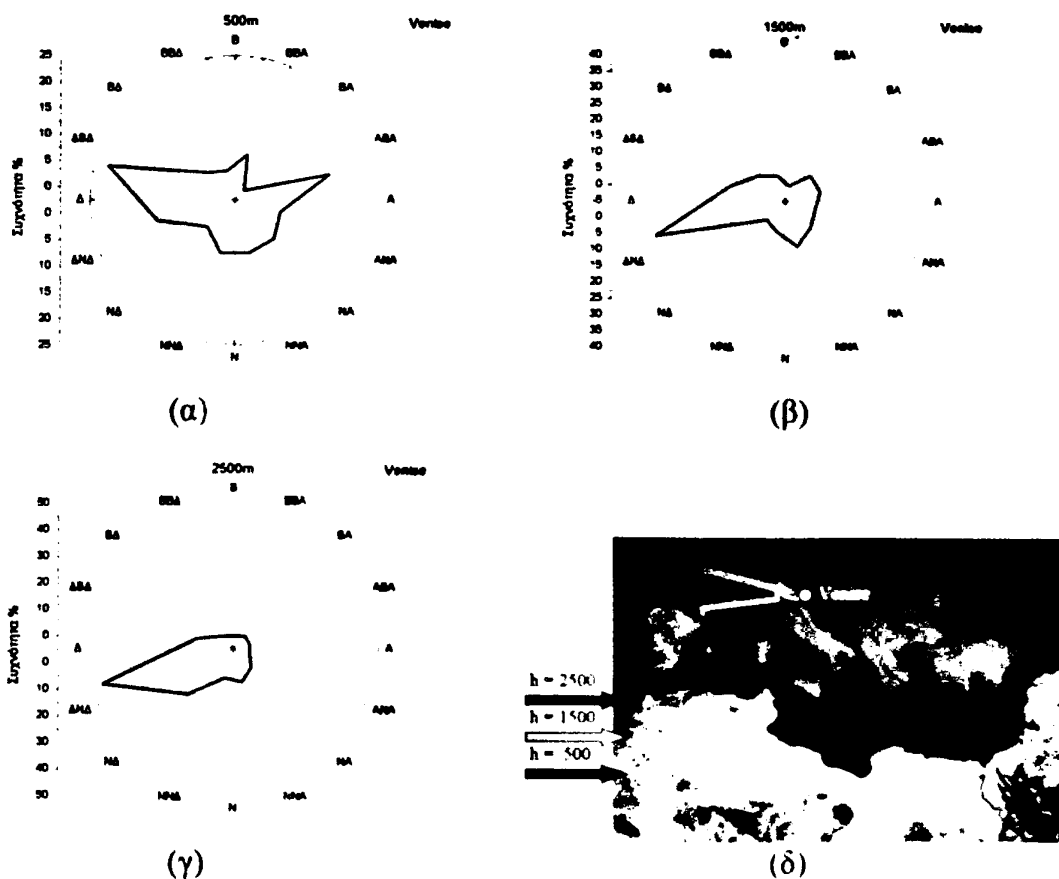
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.9.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Venise κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Από την ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων για τις ημέρες των επεισοδίων, προέκυψε ότι η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa ήταν 0.5 - 9.5 m/s, δηλαδή ελαφρώς μεγαλύτερης έντασης από ότι στο Σταθμό Ispra, γεγονός το οποίο αποδίδεται στην παράκτια θέση του Σταθμού, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου στην ίδια στάθμη ήταν ΝΔ.

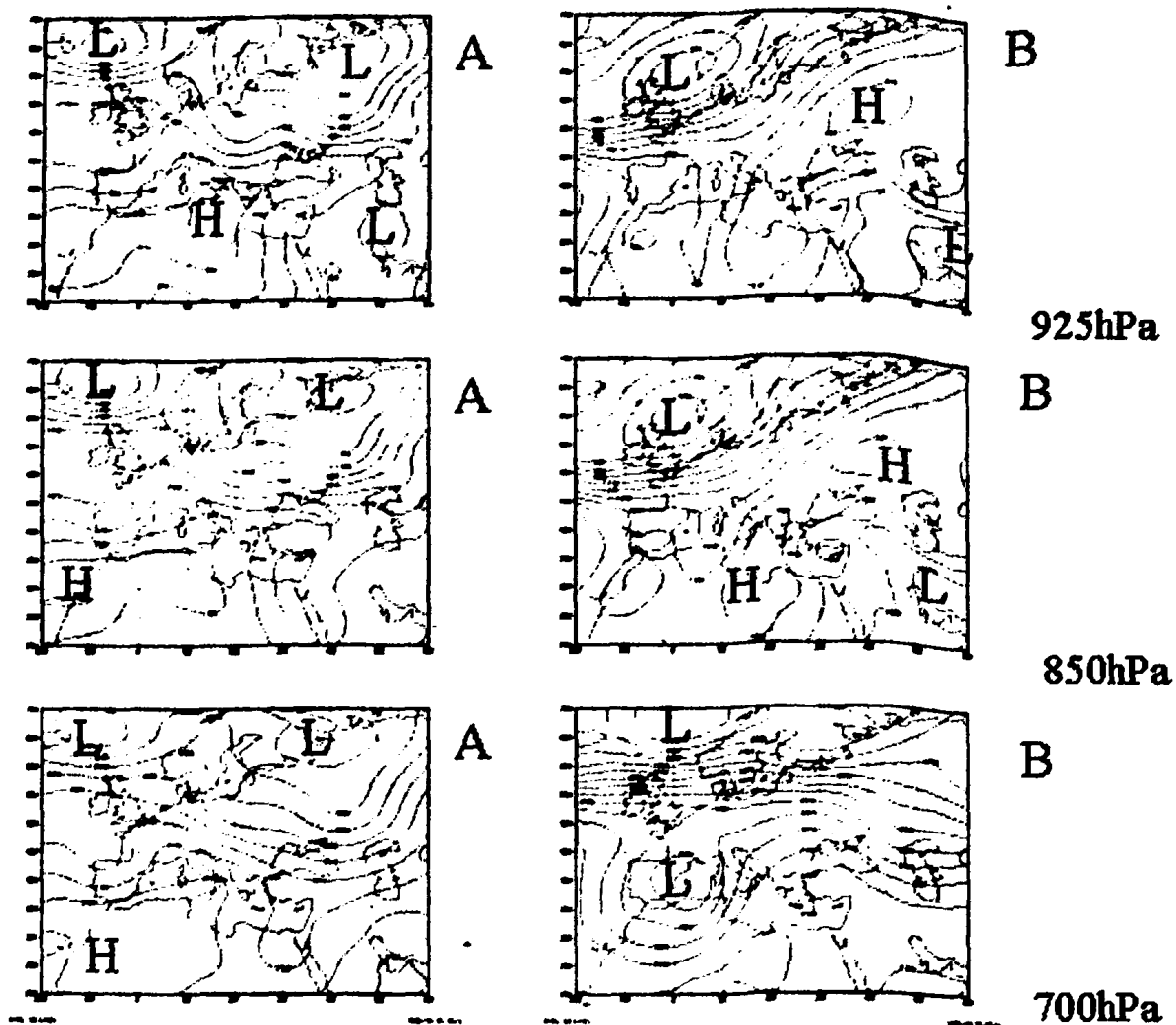


Σχήμα 2.2.9.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Venise και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η ανάλυση οπισθοπορείας αερίων μαζών, δείχνει ότι κατά τις ημέρες των επεισοδίων, η προέλευση των αερίων μαζών στο ύψος των 500 m ήταν δυτική, ανατολική και λιγότερο νότια, ενώ στα ύψη των 1500 και 2500 m ήταν ΔΝΔ, σε συμφωνία με τα ανεμολογικά δεδομένα.

Οι αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για τις επικρατούσες συνθήκες κατά τις ημέρες των επεισοδίων δείχνουν ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, η ύπαρξη αντικυκλώνα στη ΒΔ Αφρική σε συνδυασμό με χαμηλές πιέσεις στη βόρεια Ευρώπη, προκαλεί δυτική ροή στην περιοχή, η οποία βρίσκεται σε γενικότερη συμφωνία με τα αποτελέσματα της ανεμολογικής ανάλυσης και της ανάλυσης οπισθοπορείας, που παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

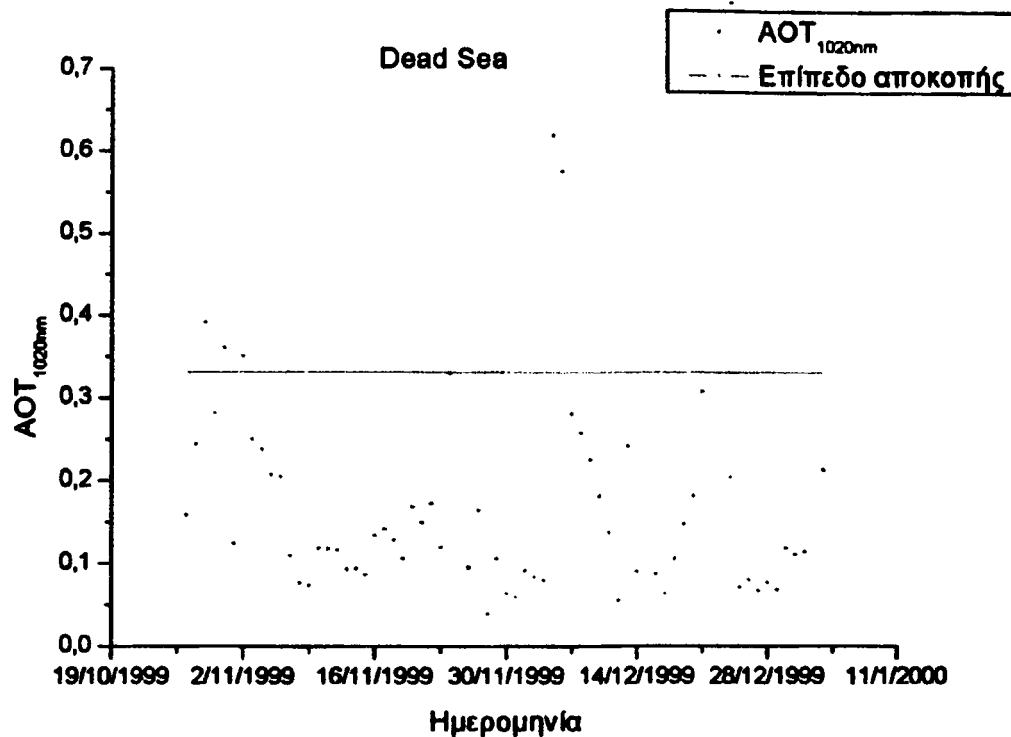




Σχήμα 2.2.2.9.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Venise του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.10 Σταθμός Dead Sea

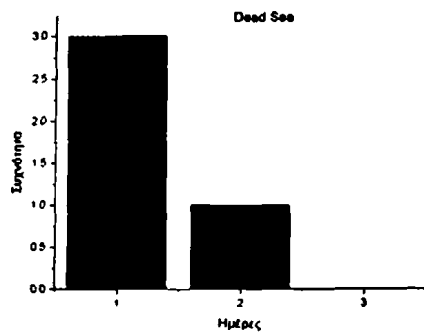
Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στο Ισραήλ σε γεωγραφικό πλάτος  $31^{\circ} 10'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $35^{\circ} 45'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο  $-410$  m (κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας), κοντά στη Νεκρά Θάλασσα, σε μια άγονη βιβλική περιοχή. Η θέση του Σταθμού επηρεάζεται από τη σκόνη των τριγύρω ερημικών περιοχών. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Brent Holben.



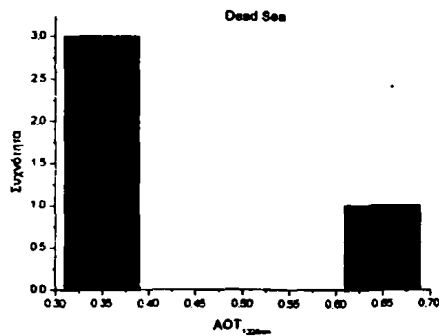
Σχήμα 2.2.2.10.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Dead Sea του AERONET.

Η χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων δεδομένων  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 27/10/1999 έως τις 03/01/2000 και αποτελείται από 64 μέσες ημερήσιες τιμές. Το σύνολο των ημερών με διαθέσιμα δεδομένα αντιστοιχούν σε 0.2 έτη και προσδιορίστηκαν 4 επεισόδια.

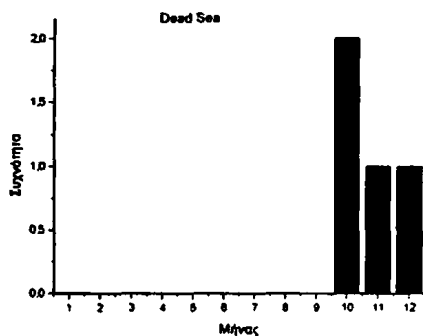
Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων προκύπτει ότι η διάρκεια των επεισοδίων δεν υπερβαίνει τις 2 ημέρες, δηλαδή τα επεισόδια είναι μικρής διάρκειας. Εκτός από τη μικρή τους διάρκεια, τα επεισόδια φαίνεται να είναι και σχετικά μικρής έντασης ( $AOT_{1020nm} < 0.4$ ), με ένα επεισόδιο να έχει τιμή  $AOT_{1020nm} = 0.65$ . Τα επεισόδια συνέβησαν κατά το φθινόπωρο, όμως αυτό οφείλεται στην περιορισμένη χρονική κάλυψη των δεδομένων για τον εν λόγω Σταθμό. Θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα ότι η μικρή διάρκεια κάλυψης των δεδομένων για το Σταθμό Dead Sea, δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και έτσι αυτά πρέπει να εκληφθούν. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των επεισοδίων είναι προφανές ότι υπήρχε η παρουσία μεγάλου μεγέθους αερολυμάτων, γεγονός το οποίο αποτυπώνεται στις μικρές τιμές του παράγοντα Angström ( $< 0.75$ ).



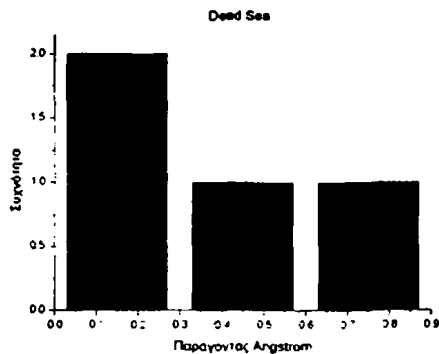
(α)



(β)

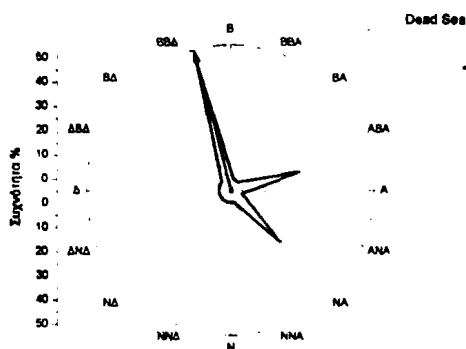


(γ)

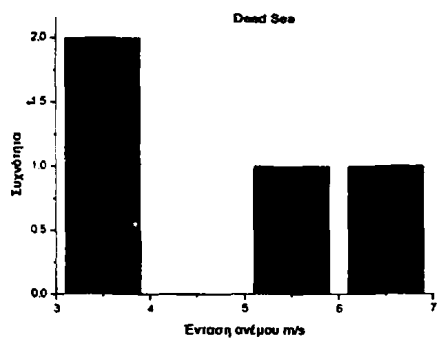


(δ)

Σχήμα 2.2.2.10.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Dead Sea του AERONET.



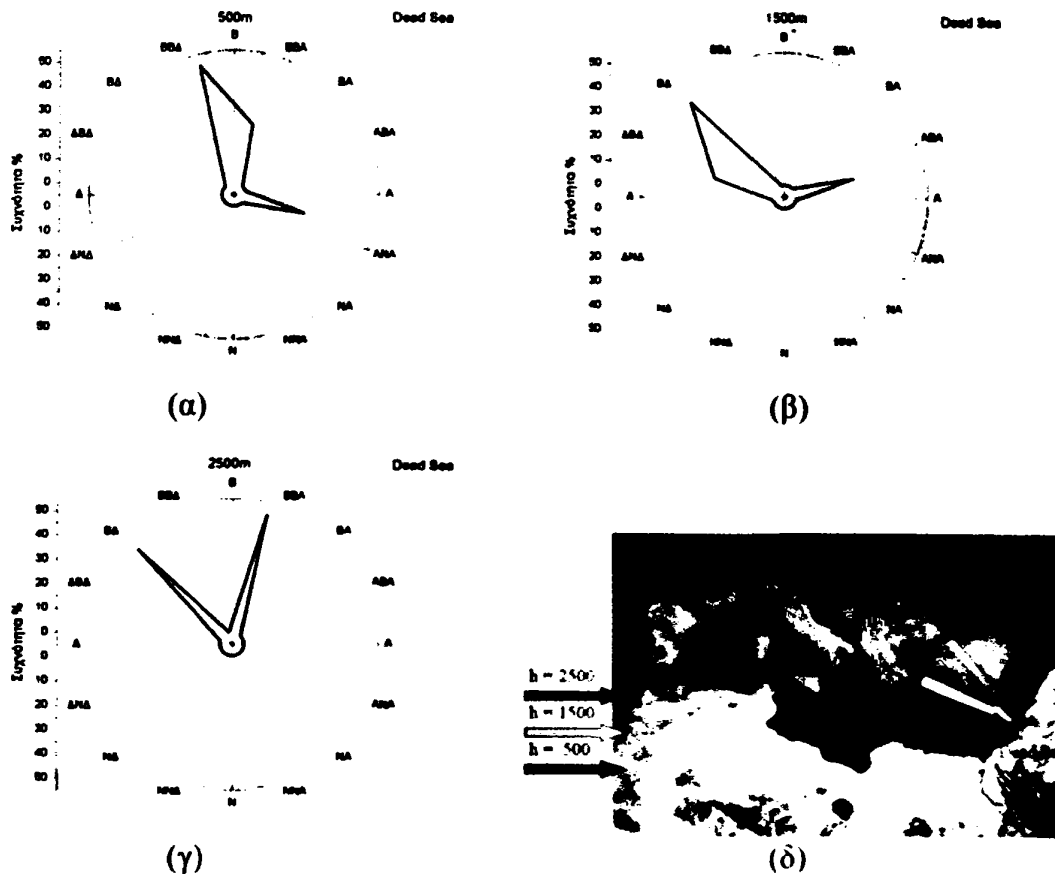
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.10.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925hPa, στο Σταθμό Dead Sea κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων για τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων δείχνει ότι η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμαίνεται από 3.5 έως 6.5 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου στην ίδια στάθμη είναι ABA. Ωστόσο, πρέπει να τονισθεί ότι δεν είναι δυνατό να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα μόνον από 4 επεισόδια.

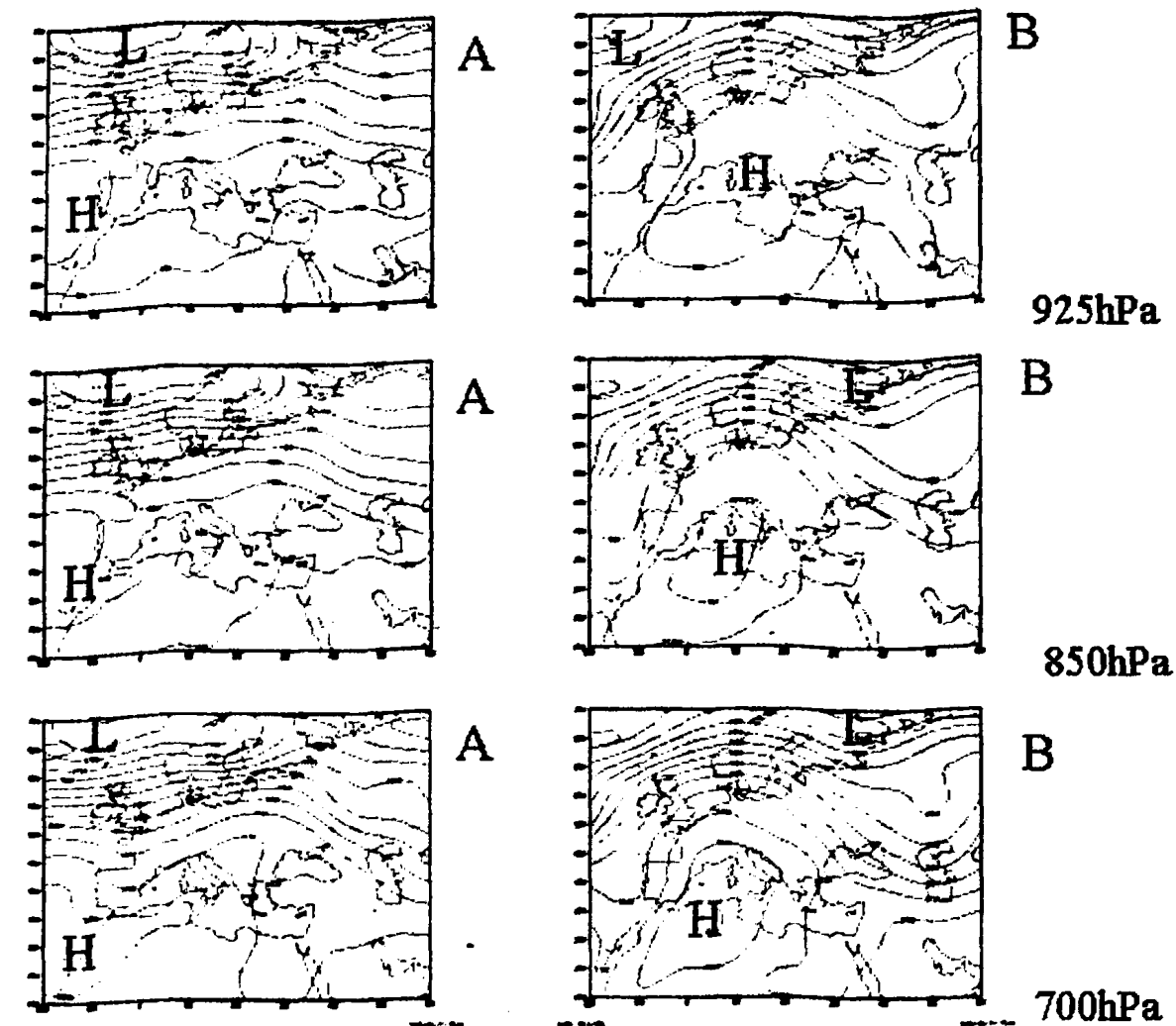


Σχήμα 2.2.2.10.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Dead Sea και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η προέλευση των αερίων μαζών, κατά τις ημέρες των επεισοδίων, στο ύψος των 500m ήταν βόρεια, ενώ στα 1500 m ήταν κυρίως ΒΔ και στα 2500 m ΒΒΑ και ΒΔ.

Οι αντιπροσωπευτικοί χάρτες για τις επικρατούσες συνοπτικές συνθήκες τις ημέρες των επεισοδίων, υποδεικνύουν ότι αυτά συνέβησαν υπό την παρουσία υψηλών πιέσεων στη Μεσόγειο και τη Βόρεια Αφρική, που σε συνδυασμό με χαμηλές πιέσεις στη θάλασσα της Νορβηγίας και το ΒΑ Ατλαντικό προκάλεσαν ασθενή ροή στην ευρύτερη Μέση Ανατολή.

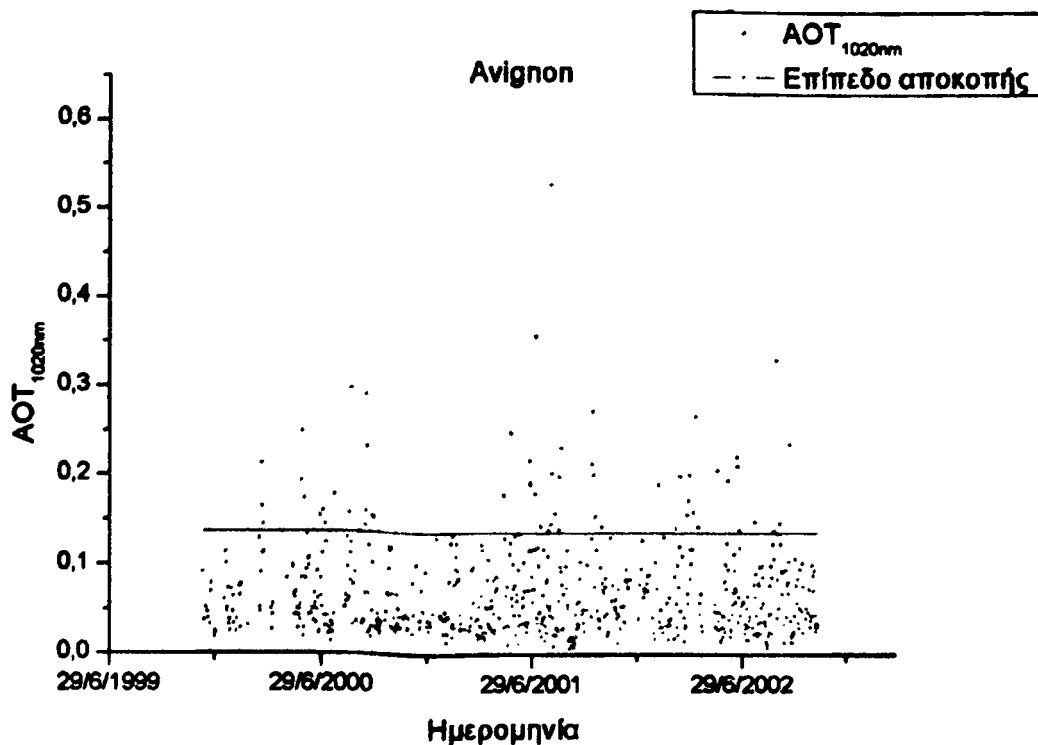




Σχήμα 2.2.2.10.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Dead Sea του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.11 Σταθμός Avignon

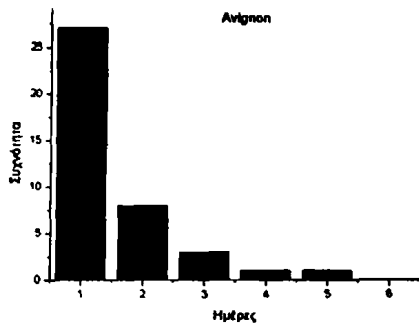
Ο Σταθμός αυτός του AERONET βρίσκεται στην νότια Γαλλία, 10 km ανατολικά της πόλης Avignon, σε γεωγραφικό πλάτος  $43^{\circ} 93'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $4^{\circ} 88'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο 32 m, σε μια αγροτική περιοχή. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Gilbert Sappe.



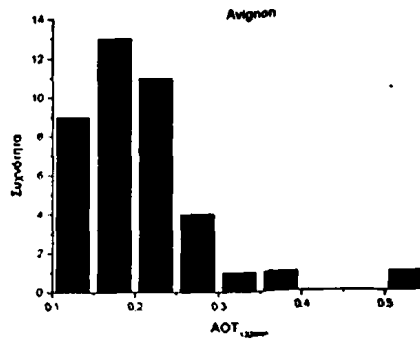
Σχήμα 2.2.2.11.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Avignon του AERONET.

Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 08/12/1999 έως τις 08/11/2002 και αποτελείται συνολικά από 664 μέσες ημερήσιες τιμές. Το σύνολο των ημερών με διαθέσιμα δεδομένα αντιστοιχούν σε 1.8 έτη και προσδιορίστηκαν τελικά 40 επεισόδια αερολυμάτων.

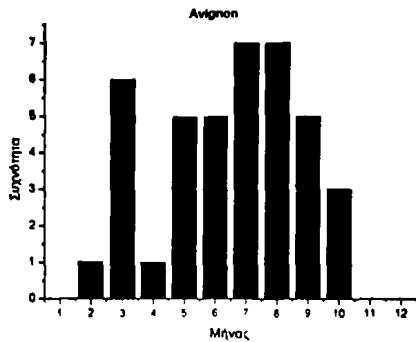
Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων προκύπτει μια κανονικού τύπου κατανομή, με επεισόδια διάρκειας που κυμαίνεται από 1 έως και 5 ημέρες. Ωστόσο, μόνο το 25% των επεισοδίων έχουν διάρκεια μεγαλύτερη ή ίση από 3 ημέρες. Τα περισσότερα επεισόδια (92%) έχουν σχετικά μικρή ένταση ( $AOT_{1020nm} < 0.27$ ). Παρατηρείται ότι τα επεισόδια έλαβαν χώρα καθόλη τη διάρκεια του έτους, εκτός από το χειμώνα και ιδιαίτερα από το τέλος της άνοιξης έως τις αρχές φθινοπώρου. Από την κατανομή των τιμών του παράγοντα Angström, προέκυψαν σχετικά υψηλές τιμές (μεγαλύτερες από 0.7) γεγονός το οποίο αποδίδεται στη θέση του Σταθμού, κοντά σε αστική περιοχή, στην κοιλάδα του Rhône που χαρακτηρίζεται από ανέμους που μπορούν να μεταφέρουν λεπτή υψή αερολύματα από βιομηχανικά κέντρα.



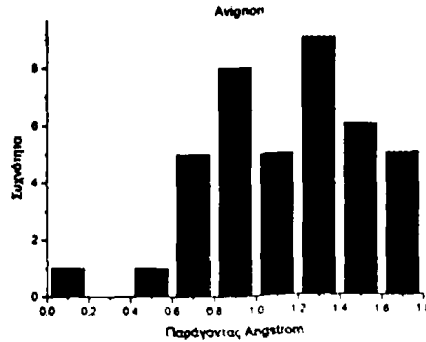
(α)



(β)

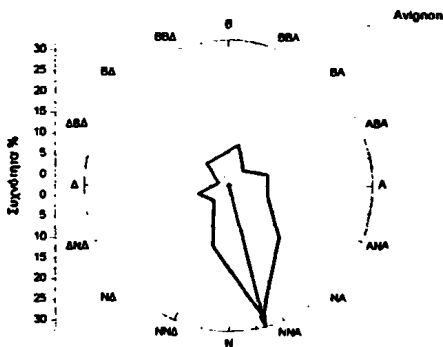


(γ)

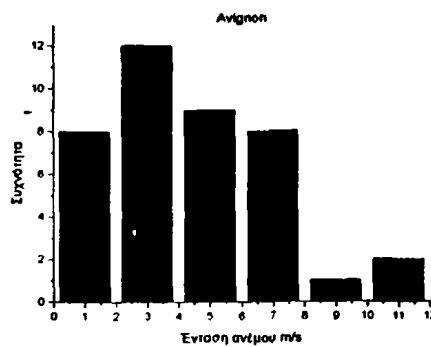


(δ)

Σχήμα 2.2.2.11.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Avignon του AERONET.



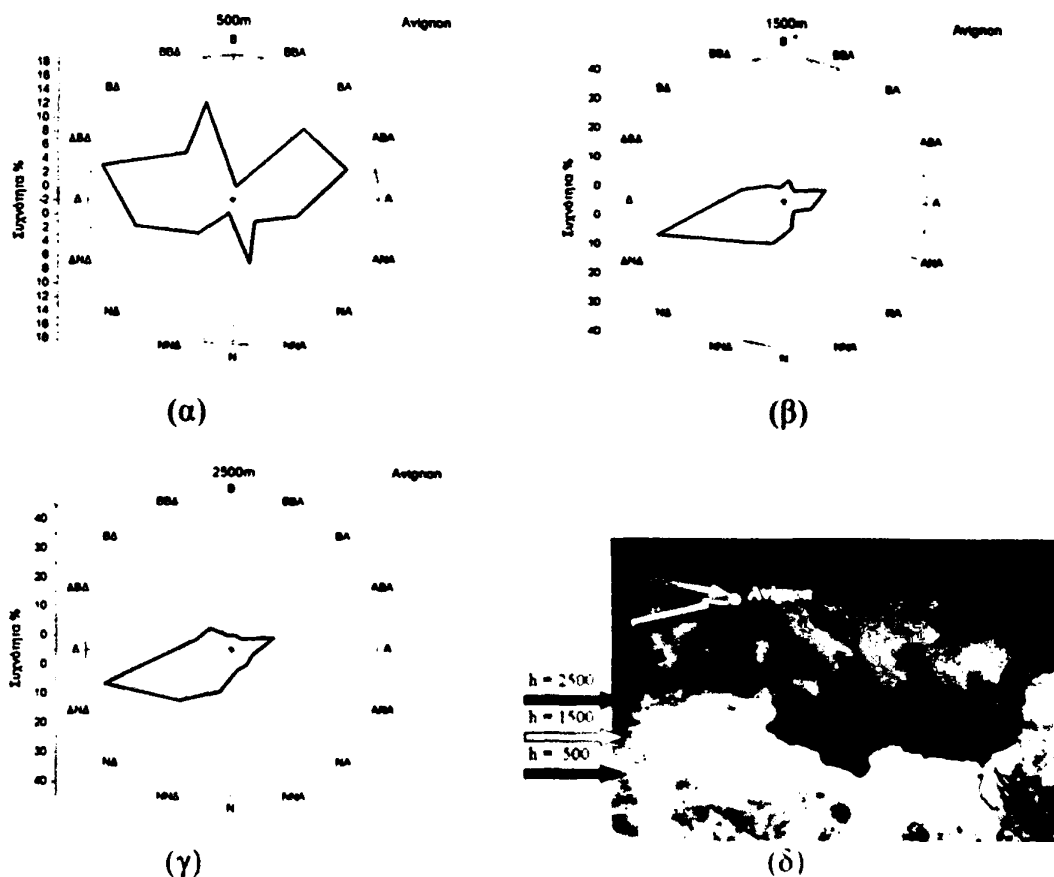
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.11.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Avignon κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, κυμάνθηκε έως και 11.5 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου στην ίδια στάθμη ήταν NNA.

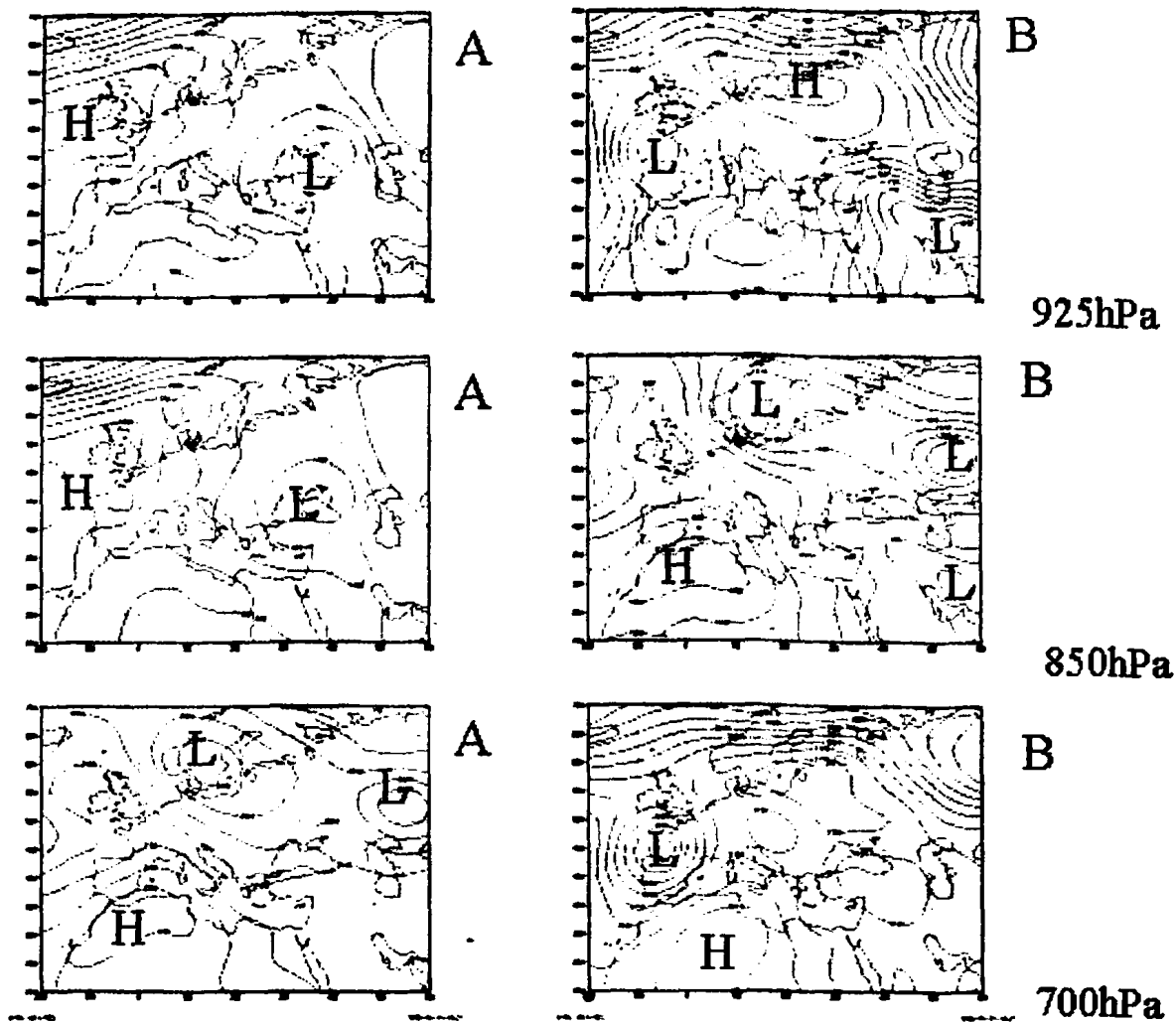


Σχήμα 2.2.2.11.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Avignon και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης οπισθοπορείας αερίων μαζών κατά τις ημέρες των επεισοδίων, υποδεικνύει ότι οι αέριες μάζες στο ύψος των 500 m ΔΒΔ και ΑΒΒ προέλευσης, ενώ τόσο στα 1500 όσο και στα 2500 m ήταν ΔΝΔ προέλευσης.

Η συνοπτική ανάλυση και ταξινόμηση για τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, μέσω των αντιπροσωπευτικών χαρτών για τις πρώτες 2 κατηγορίες (Α και Β), υποδεικνύει ότι τα επεισόδια έλαβαν χώρα κυρίως υπό την παρουσία υψηλών πιέσεων στον Ατλαντικό Ωκεανό στα ανοιχτά της Γαλλίας και του Ηνωμένου Βασιλείου, καθώς και στη ΒΔ Αφρική που σε συνδυασμό με χαμηλές πιέσεις στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας, και της Κασπίας και της Σκανδιναβίας αντίστοιχα, προκάλεσαν βόρεια – βορειοανατολική και δυτική – νοτιοδυτική ροή, αντίστοιχα. Επίσης, συχνή περίπτωση ήταν και αυτή κατά την οποία υπήρχε βαρομετρικό χαμηλό στην περιοχή του Ατλαντικού στα ανοιχτά των δυτικών ακτών της Γαλλίας, που προκάλεσε νότια – νοτιοδυτική ροή στη νότια Γαλλία.

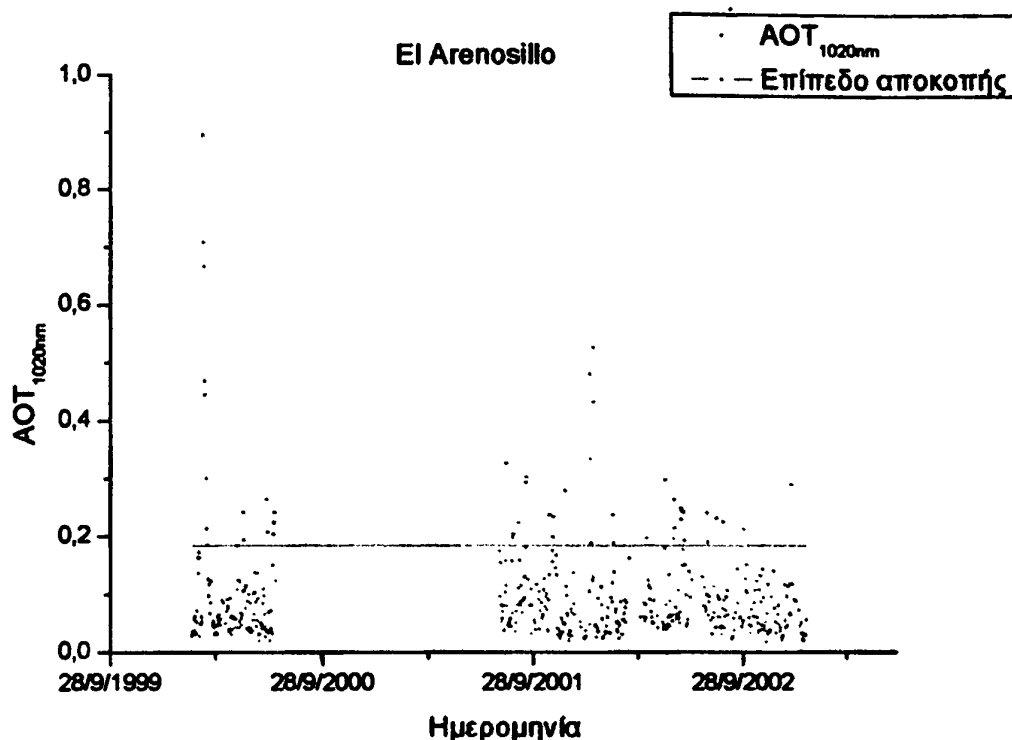




Σχήμα 2.2.2.11.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Avignon του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.12 Σταθμός El Arenosillo

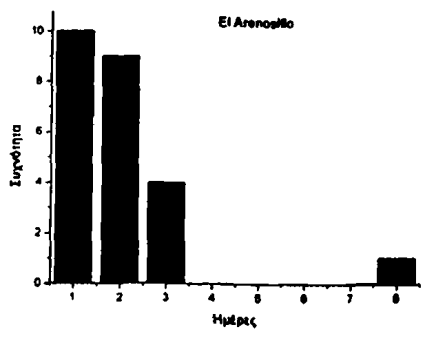
Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της Ισπανίας, σε γεωγραφικό πλάτος  $37^{\circ} 10'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $6^{\circ} 73'$  Δυτικά, σε υψόμετρο 0 m και είναι τοποθετημένος στο Εθνικό πάρκο Donana National Park, μια προστατευμένη παραθαλάσσια περιοχή με δάσος από πεύκα. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι η Victoria E. Cachorro Revilla.



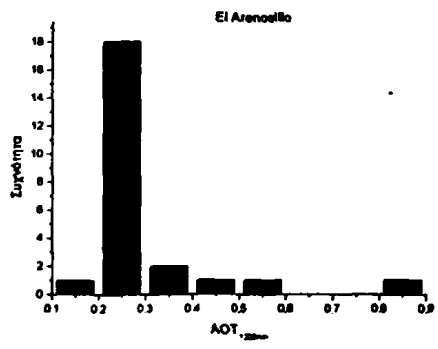
Σχήμα 2.2.2.12.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό El Arenosillo του AERONET.

Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 16/02/2000 έως τις 17/01/2003, αποτελούμενη από 494 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες με διαθέσιμα δεδομένα αντιστοιχούν σε 1.4 έτη και βρέθηκαν συνολικά 24 επεισόδια αερολυμάτων.

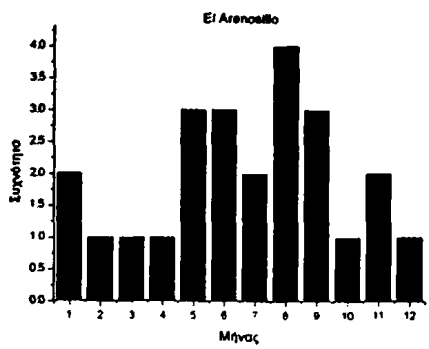
Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων για τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων προκύπτει ότι τα περισσότερα επεισόδια είχαν διάρκεια 1 - 3 ημέρες (μόνον) ένα πολύ μεγάλο επεισόδιο διήρκεσε 8 ημέρες). Παρατηρείται ότι το 75% των επεισοδίων ήταν μικρής έντασης ( $AOT_{1020nm}=0.25$ ), όμως εκτός αυτών σημειώθηκαν λιγιστά επεισόδια με τιμές  $AOT_{1020nm}$  από 0.15 έως και 0.85. Αν και τα περισσότερα επεισόδια έλαβαν χώρα κατά το τέλος της άνοιξης και το θέρος, ωστόσο παρατηρήθηκαν επεισόδια και στις υπόλοιπες εποχές του έτους. Με εξαίρεση 2 επεισόδια που χαρακτηρίστηκαν από τιμές του παράγοντα Angström 1.25 - 1.45, όλα τα υπόλοιπα επεισόδια είχαν τιμές παράγοντα Angström 0.1 - 0.7, δηλαδή μικρές, οι οποίες πρέπει μάλλον να αποδοθούν είτε σε θαλάσσιου τύπου αερολύματα είτε σε σκόνη από την Αφρική, δεδομένης της θέσης του Σταθμού.



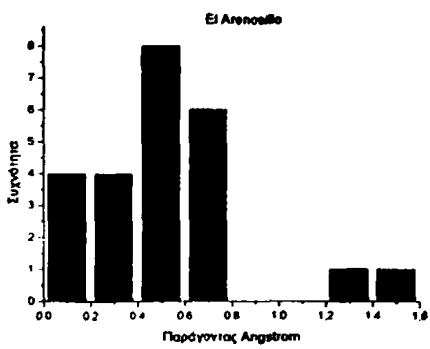
(α)



(β)

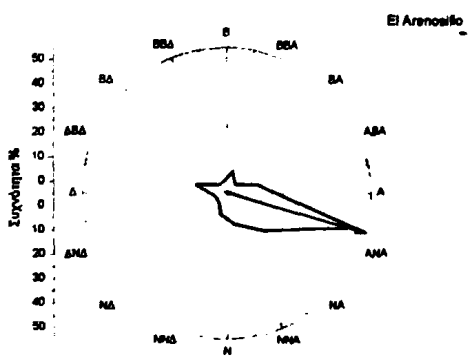


(γ)

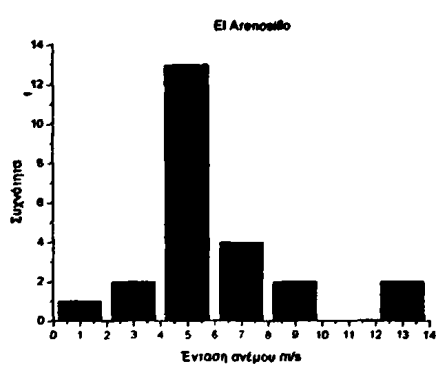


(δ)

Σχήμα 2.2.2.12.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angstrom κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό El Arenosillo του AERONET.



(α)

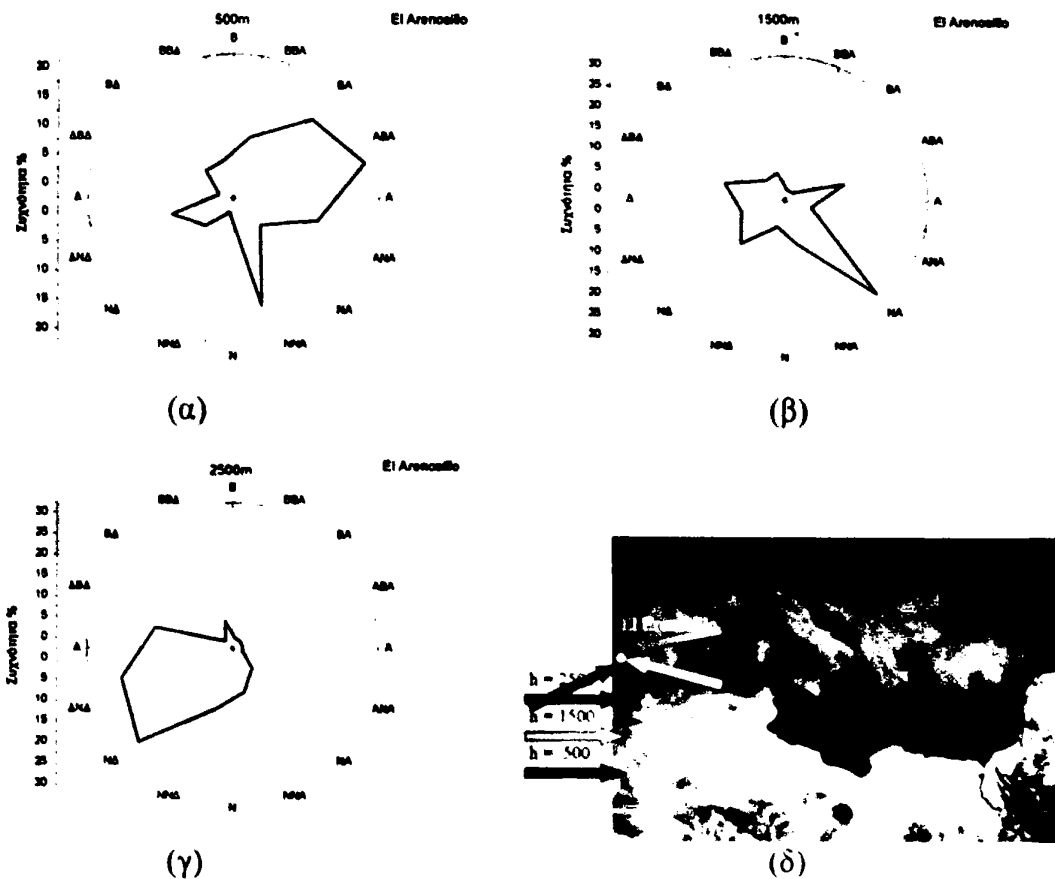


(β)

Σχήμα 2.2.2.12.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό El Arenosillo κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων για τις ημέρες των επεισοδίων, δείχνει ότι η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμάνθηκε έως και 13 m/s, με επικρατούσα διεύθυνση ανέμου (στην ίδια στάθμη) την ANA.

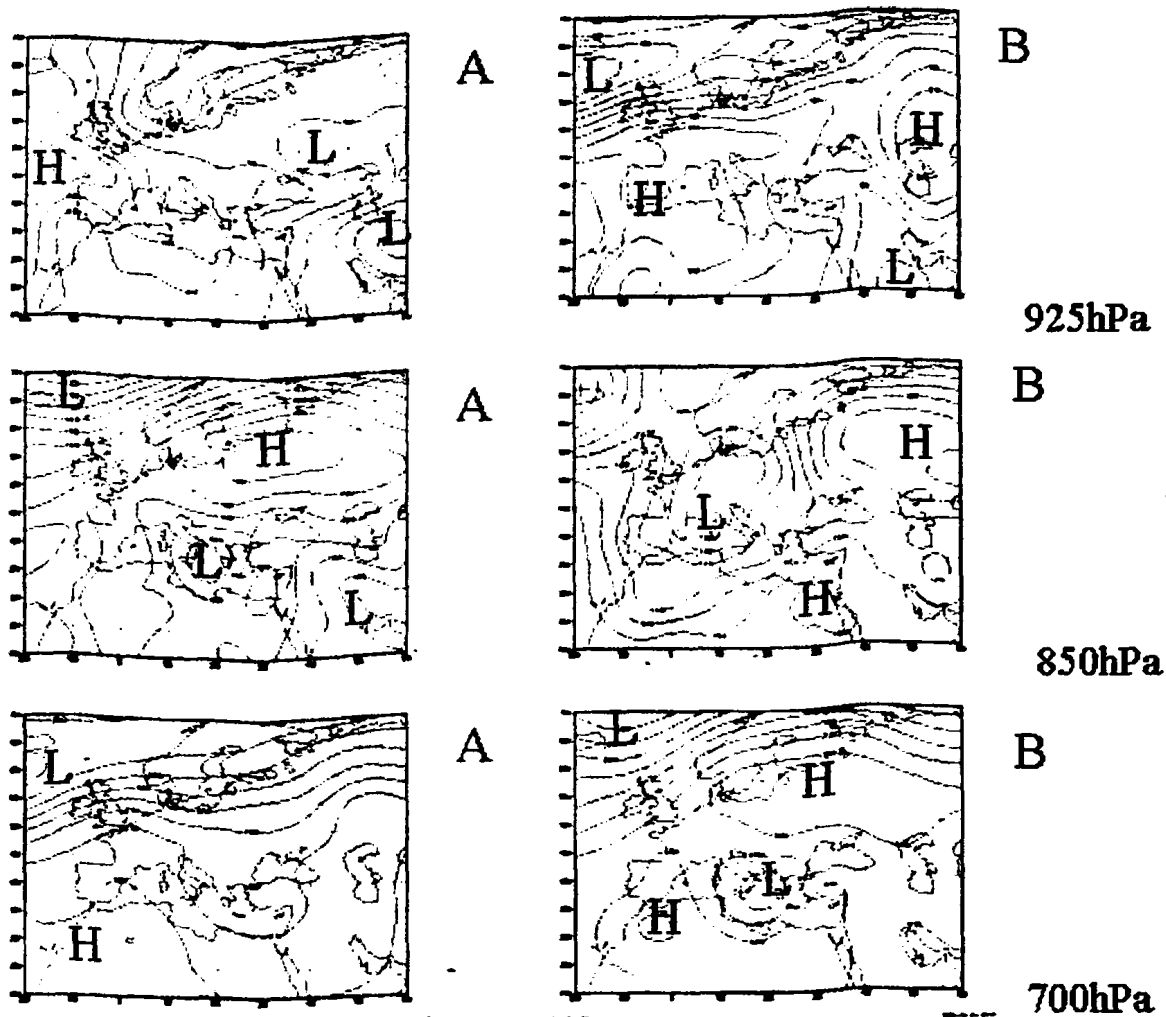




Σχήμα 2.2.2.12.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό El Arenosillo και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η προέλευση των αερίων μαζών κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, στο ύψος των 500 m ήταν ανατολική – βορειοανατολική, και δευτερευόντως NNA, ενώ στα μεν 1500 m ήταν κυρίως νοτιοανατολική και στα 2500 m ήταν νοτιοδυτική. Η μεν NA προέλευση στα 1500 m υποδηλώνει μεταφορά σκόνης από την Αφρική, ενώ η ΝΔ προέλευση υψηλότερα στην ατμόσφαιρα (2500 m) υποδηλώνει την θαλάσσια προέλευση των αερολυμάτων.

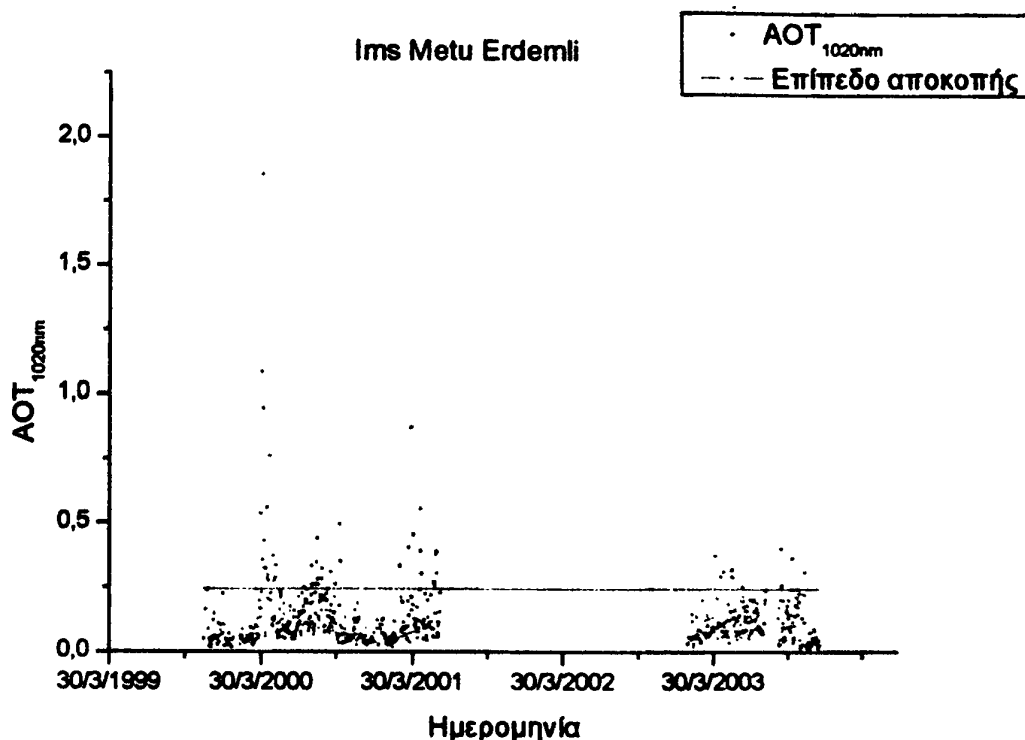
Οι αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για τις δύο πρωτεύουσες συνοπτικές κατηγορίες κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, υποδηλώνουν μια ποικιλία καταστάσεων που οδηγεί σε ροή είτε δυτικού τύπου είτε, σε μικρότερο βαθμό βόρειου τύπου.



Σχήμα 2.2.2.12.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό El Arenosillo του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

### 2.2.2.13 Σταθμός *Ims Metu Erdemli*

Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στην νότιο ανατολική ακτή της Τουρκίας, σε γεωγραφικό πλάτος  $36^{\circ} 56'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $34^{\circ} 25'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο 3 m και είναι τοποθετημένος στην οροφή του Ινστιτούτου Θαλάσσιων επιστημών του Τεχνικού Πανεπιστημίου Μέσης Ανατολής (Institute of Marine Sciences - Middle East Technical University) σε μια υπαίθρια παραθαλάσσια περιοχή. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Brent Holben.

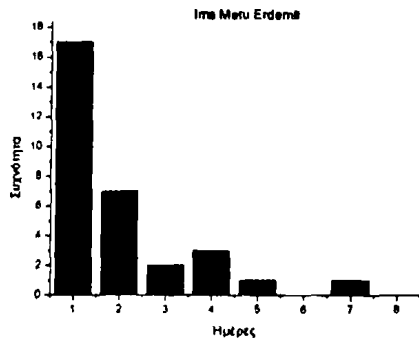


Σχήμα 2.2.2.13.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Ims Metu Erdemli του AERONET.

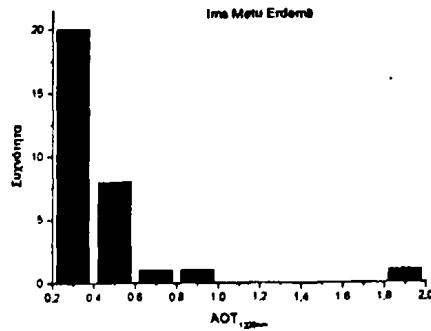
Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων δεδομένων  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 12/11/1999 έως τις 14/12/2003 και αποτελείται από 711 μέσες ημερήσιες τιμές. Τα ημερήσια δεδομένα αντιστοιχούν σε 1.9 έτη και βρέθηκαν συνολικά 31 επεισόδια αερολυμάτων.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων στα 1020 nm, διαπιστώνεται ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1-2 ημέρες. Ωστόσο, ένα ποσοστό ίσο με 23% του συνόλου των επεισοδίων αερολυμάτων είχαν διάρκεια από 3 έως και 7 ημέρες, δηλαδή ήταν μεγάλης διάρκειας. Επίσης, ένα 10% των επεισοδίων ήταν αρκετά ισχυρά ( $AOT_{1020nm} \geq 0.7$ ). Αν και τα επεισόδια έλαβαν χώρα σχεδόν καθόλη τη διάρκεια του έτους (με εξαίρεση τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο, η μεγαλύτερη συχνότητα παρατηρήθηκε κατά την άνοιξη. Εξάλλου, είναι αξιοσημείωτο ότι 17 επεισόδια (55% του συνολικού αριθμού) χαρακτηρίζονται από τιμές του παράγοντα  $Angstrom \leq 0.5$ , δηλαδή πρόκειται για μεγάλου μεγέθους σωματίδια (σκόνη ή θαλάσσιο άλας).

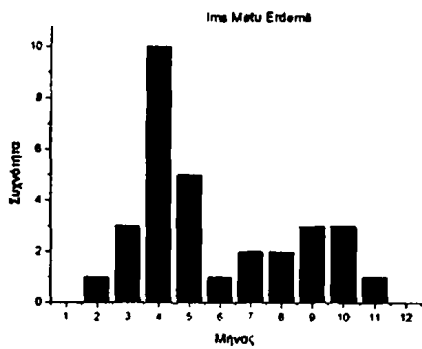




(α)



(β)

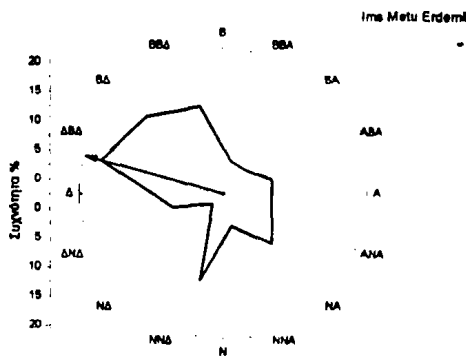


(γ)

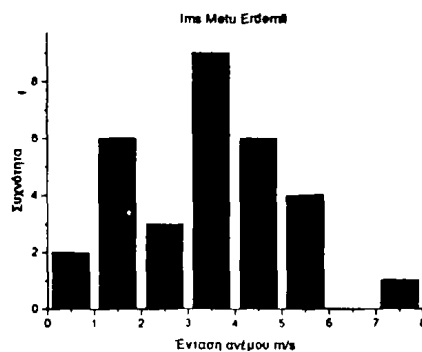


(δ)

Σχήμα 2.2.2.13.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Ims Metu Erdemli του AERONET.



(α)

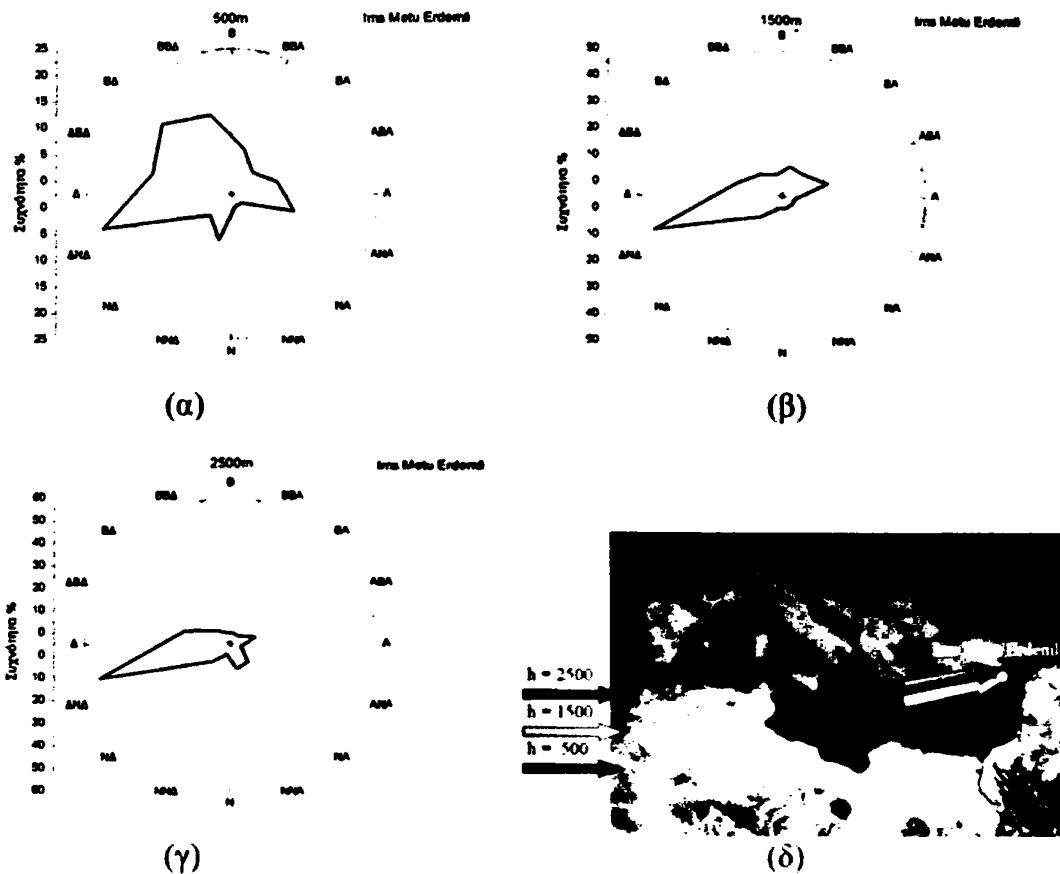


(β)

Σχήμα 2.2.2.13.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Ims Metu Erdemli κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ανάλυση των ημερήσιων ανεμολογικών δεδομένων έδειξε ότι η ένταση του ανέμου στα 925 hPa κυμάνθηκε από 0.5 έως 7.5 m/s, δηλαδή ήταν σχετικά ασθενής, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στην ίδια στάθμη ήταν πρωτίστως ΔΒΔ και δευτερευόντος ΝΝΔ και ΝΑ.



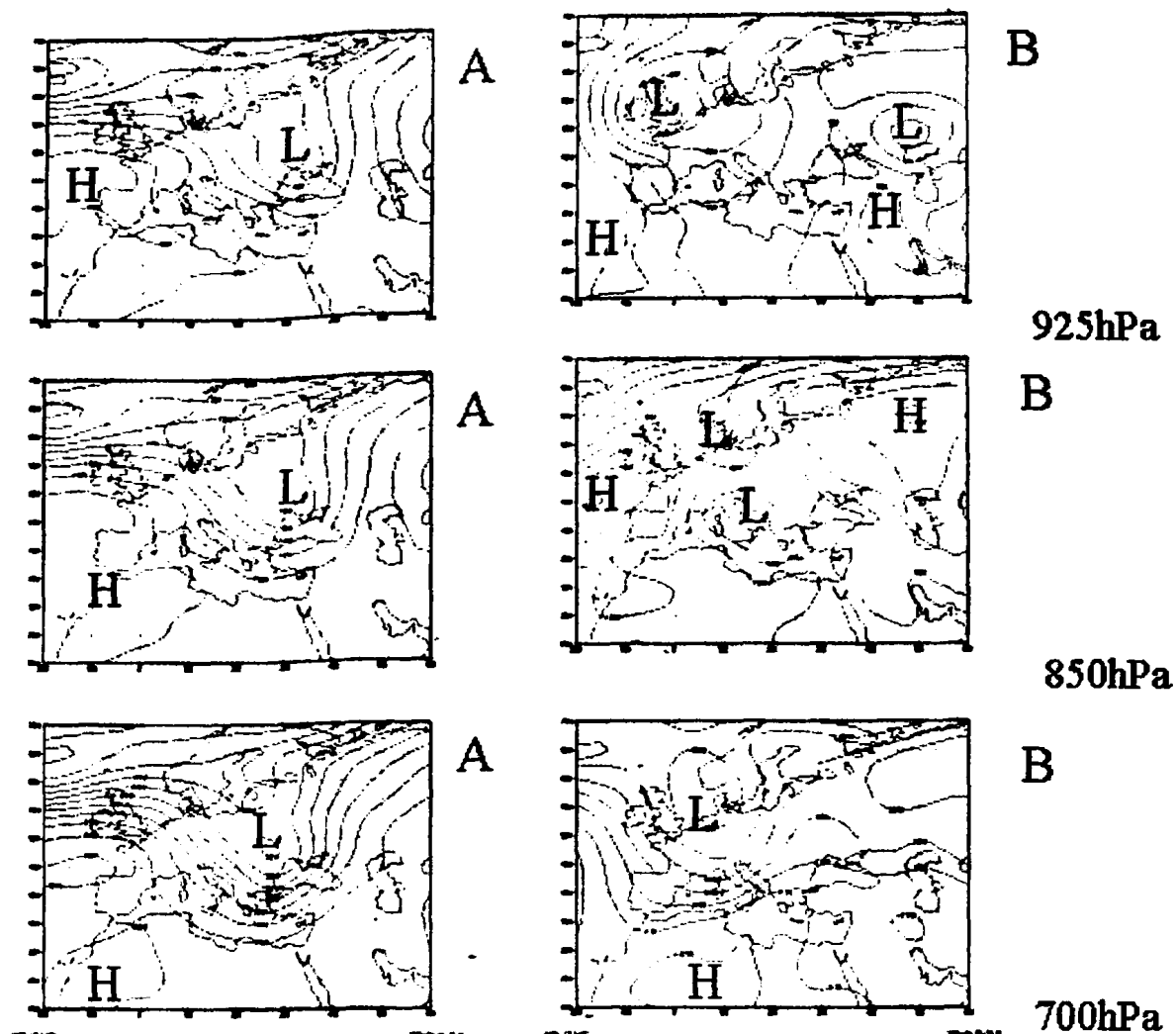


Σχήμα 2.2.13.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Ims Metu Erdemli και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η προέλευση των αερίων μαζών, κατά τις ημέρες των επεισοδίων, στα 500 m, βρέθηκε να είναι ΒΔ, ενώ στα 1500 και 2500 m ήταν ΔΝΔ, ώστε συνολικά οι αέριες μάζες είχαν νοτιοδυτική προέλευση, δηλαδή θαλάσσια.

Η συνοπτική ανάλυση και ταξινόμηση για τις ημέρες των επεισοδίων, υποδεικνύει ότι κατά τις ημέρες αυτές επικρατούσαν στη δυτική Ευρώπη και τη ΒΔ Αφρική υψηλές πιέσεις, οι οποίες σε συνδυασμό με την ύπαρξη χαμηλών πιέσεων στην ανατολική Ευρώπη προκάλεσαν τη δημιουργία δυτικής έως νοτιοδυτικής ροής στη ΝΑ Τουρκία.

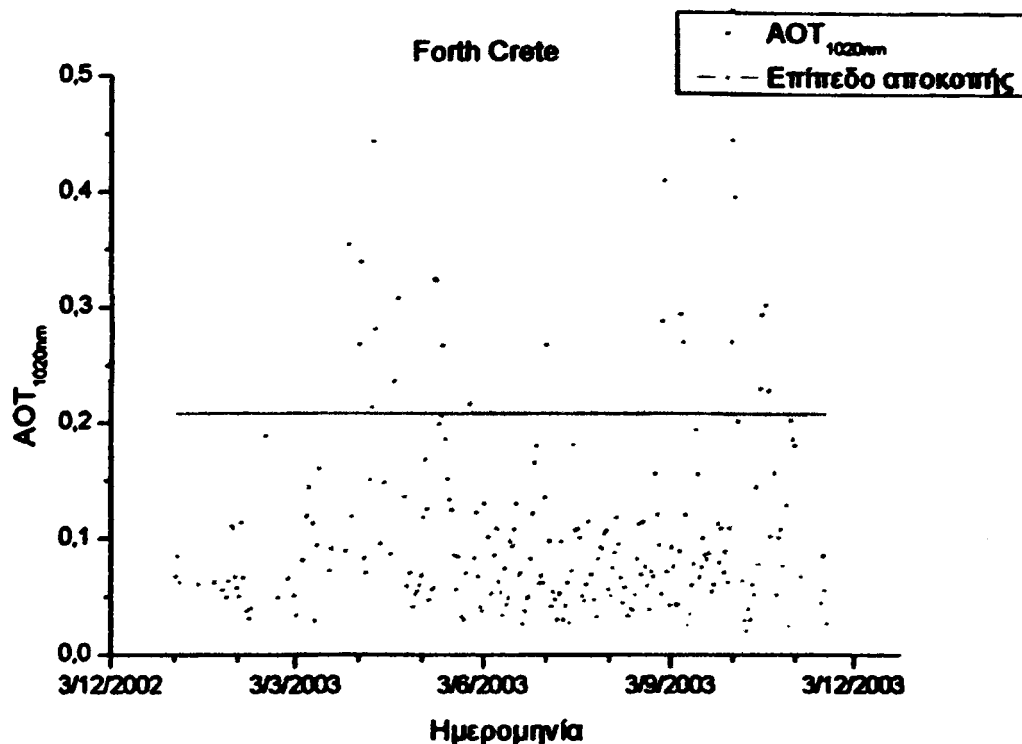




Σχήμα 2.2.2.13.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Ims Metu Erdemli του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

#### 2.2.2.14 Σταθμός Forth Crete

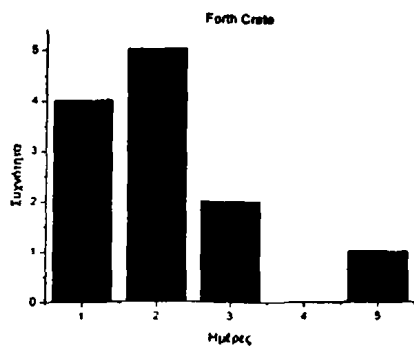
Ο Σταθμός αυτός βρίσκεται στην Ελλάδα, στη βόρεια ακτή της Κρήτης, σε γεωγραφικό πλάτος  $35^{\circ} 34'$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $25^{\circ} 67'$  Ανατολικά, σε υψόμετρο 140 m και είναι τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης. Ο κύριος ερευνητής του σταθμού είναι ο Μανώλης Δρακάκης.



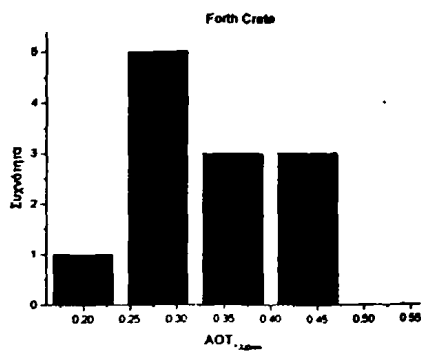
Σχήμα 2.2.2.14.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Forth Crete του AERONET.

Η χρονοσειρά των μέσων ημερησίων τιμών  $AOT_{1020nm}$  εκτείνεται από τις 04/01/2003 έως τις 20/11/2003 και αποτελείται από 237 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες με διαθέσιμα δεδομένα  $AOT_{1020nm}$  αντιστοιχούν σε 0.6 έτη και βρέθηκαν 12 επεισόδια αερολυμάτων.

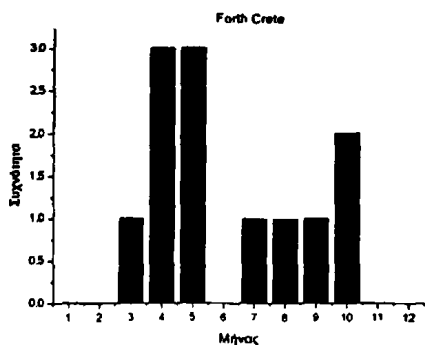
Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων αερολυμάτων προκύπτει ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1-2 ημέρες, ενώ 3 επεισόδια (25% του συνολικού αριθμού) έχουν διάρκεια 3 - 5 ημέρες. Τα επεισόδια των αερολυμάτων στον εν λόγω Σταθμό είχαν ένταση έως μέτρια, με τιμές  $AOT_{1020nm}$  έως και 0.45 και σημειώθηκαν κυρίως κατά την άνοιξη (ιδιαίτερα Απρίλιο - Μάιο) και κατά το φθινόπωρο (Οκτώβριο), ενώ 3 επεισόδια σημειώθηκαν επίσης και κατά το καλοκαίρι. Με εξαίρεση 1 επεισόδιο το οποίο χαρακτηρίζονταν από παράγοντα Angström ίσο με 1.35, όλα τα υπόλοιπα επεισόδια είχαν τιμές μικρότερες από 0.75, γεγονός το οποίο αποδίδεται στη θέση του Σταθμού (στο κέντρο της λεκάνης της ανατολικής Μεσογείου) που βρίσκεται στο σταυροδρόμι μεταφοράς αερολυμάτων, ιδιαίτερα σκόνης από τη βόρεια Αφρική.



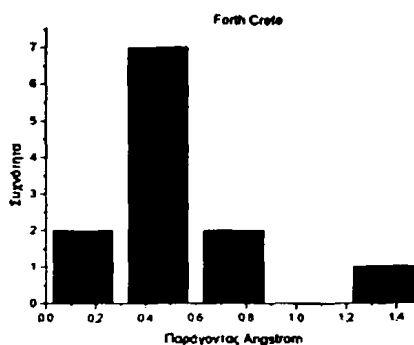
(α)



(β)

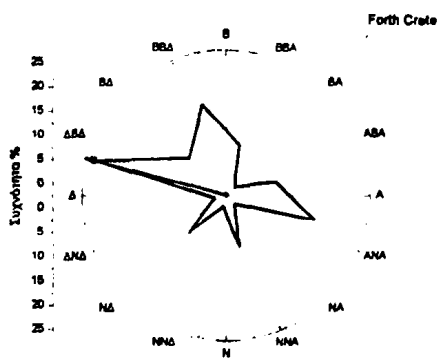


(γ)

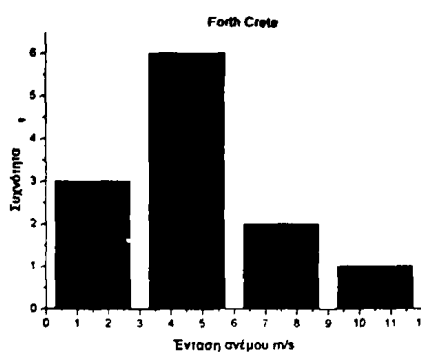


(δ)

Σχήμα 2.2.2.14.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Forth Crete του AERONET.



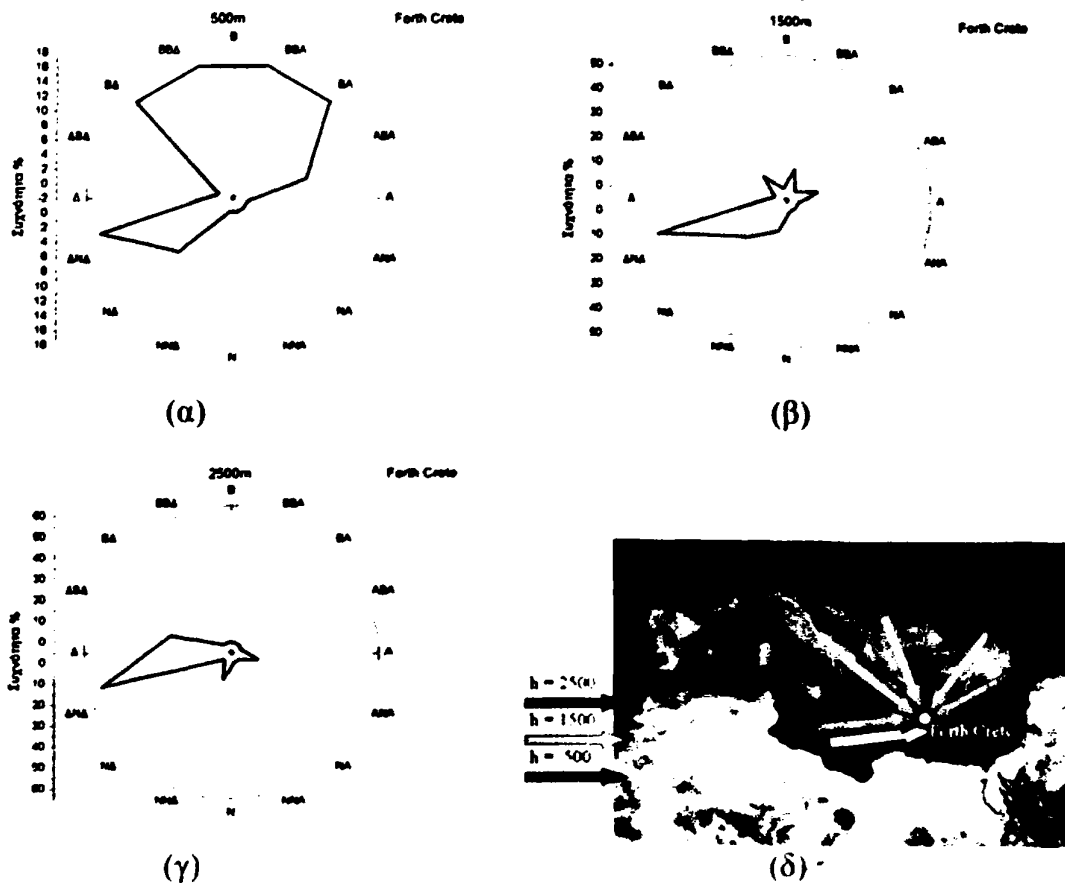
(α)



(β)

Σχήμα 2.2.2.14.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Forth Crete κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

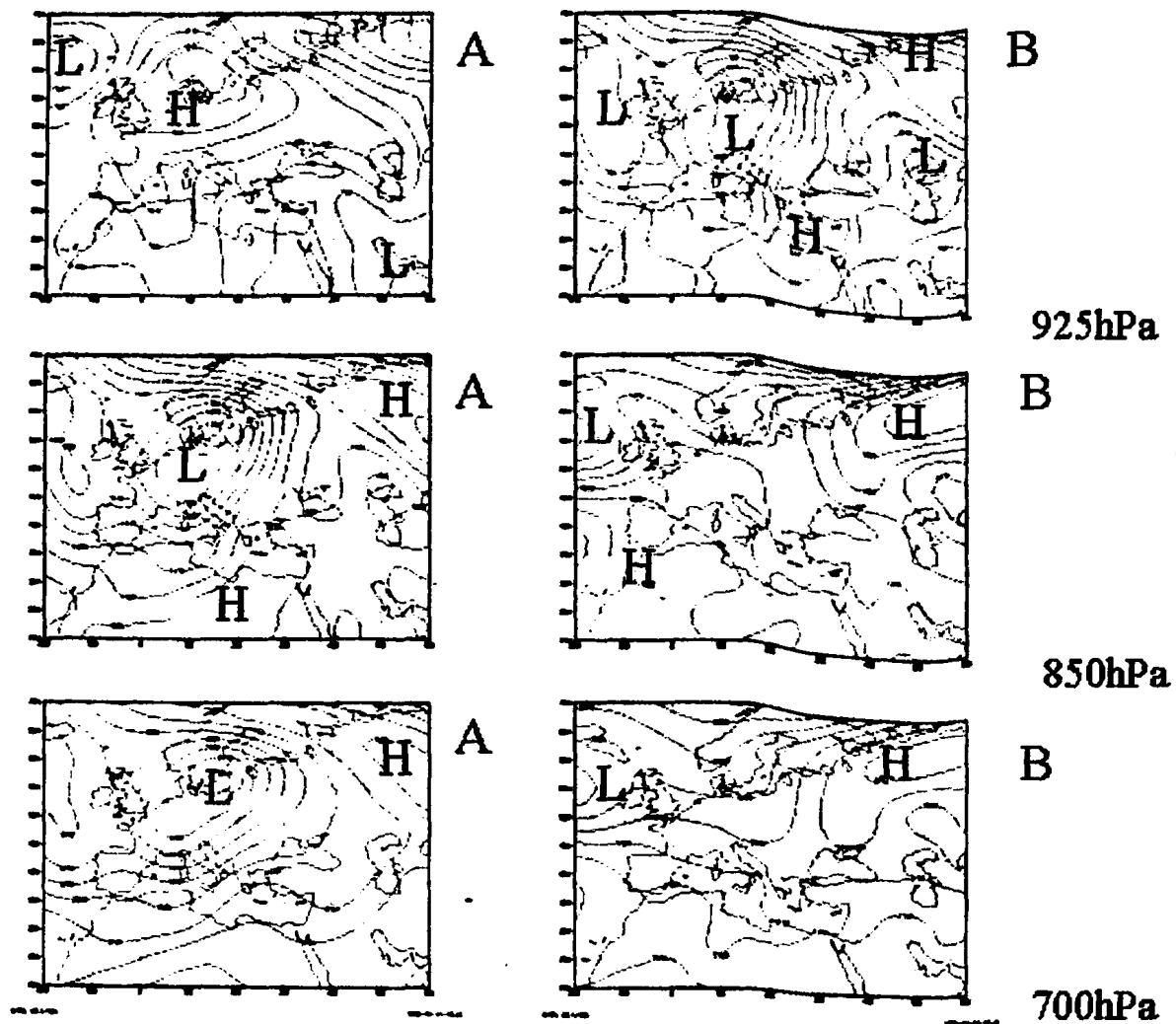
Κατά τη διάρκεια των ημερών των επεισοδίων αερολυμάτων στα 1020 nm, η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κυμάνθηκε από 1.5 έως 10.5 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου στην ίδια στάθμη ήταν κυρίως ΔΒΔ και ΒΒΔ.



Σχήμα 2.2.2.14.4 Πολικά διαγράμματα της περιοχής προέλευσης των αερίων μαζών κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 500 m (α), 1500 m (β) και 2500 m (γ) στο Σταθμό Forth Crete και επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου στα τρία αυτά ύψη (δ) (γκρι βέλος: στα 500 m, κίτρινο βέλος στα 1500 m και κόκκινο βέλος στα 2500 m).

Η ανάλυση τροχιών οπισθοπορείας υποδεικνύει ότι κατά τις ημέρες των επεισοδίων, η προέλευση των αερίων μαζών στο ύψος των 500 m ήταν από ΒΑ έως ΒΔ, ενώ στο ύψος των 1500 m και 2500 m η προέλευση ήταν δυτική-νοτιοδυτική. Στη μεν πρώτη περίπτωση, τα αερολύματα (οι αέριες μάζες) προέρχονται από την Ευρώπη, τη Βαλκανική, καθώς και την Τουρκία, δηλαδή είναι πιθανότατα ανθρωπογενή αερολύματα λεπτής υφής, ενώ υψηλότερα (1500 m, 2500 m) στο οριακό στρώμα, η προέλευση των αερίων μαζών είναι από τη βόρεια Αφρική (σωματίδια σκόνης).

Οι αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια των ημερών των επεισοδίων επικρατούσε κυρίως νοτιοδυτική ροή, η οποία προκαλούνταν από την παρουσία κέντρου χαμηλών πιέσεων στην κεντρική και τη βόρεια Ευρώπη και μετέφερε αερολύματα (σκόνης) από τη βόρεια Αφρική.



Σχήμα 2.2.2.14.5 Επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις για τις στάθμες των 925 hPa (πρώτη γραμμή), 850 hPa (δεύτερη γραμμή) και 700 hPa (τρίτη γραμμή) κατά τη διάρκεια επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Forth Crete του AERONET. Στην αριστερή και δεξιά στήλη παρατίθενται αντιπροσωπευτικοί συνοπτικοί χάρτες για την πρωτεύουσα (A) και δευτερεύουσα (B) συνοπτική κατάσταση.

### 2.2.3 Συγκεντρωτική μελέτη επεισοδίων αερολυμάτων στα 1020nm ανά σταθμό

Χρησιμοποιήσαμε μέσες ημερήσιες τιμές για κάθε σταθμό, υπολογίσαμε τη μέση τιμή AOT της χρονοσειράς που δημιουργήθηκε. Στη συνέχεια διπλασιάζοντας αυτήν την τιμή, ορίστηκε το επίπεδο αποκοπής, έτσι ώστε αν η ημερήσια τιμή AOT υπερβαίνει την τιμή AOT, να ορίζεται ένα επεισόδιο αερολυμάτων για κάθε έναν από τους 14 Σταθμούς.

Πίνακας 2.2.3 Οι 14 Σταθμοί AERONET (βλ. Πίνακα 2.2.2.1 και Σχήμα 2.2.2.1) των οποίων δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη των επεισοδίων στη λεκάνη της Μεσογείου. Για κάθε σταθμό παρέχονται ο συνολικός αριθμός των ημερών με διαθέσιμα δεδομένα και ο αντίστοιχος αριθμός ετών, καθώς και τα χαρακτηριστικά των επεισοδίων, δηλαδή η απόλυτη και η σχετική συχνότητα των επεισοδίων η διάρκεια τους και η έντασή τους.

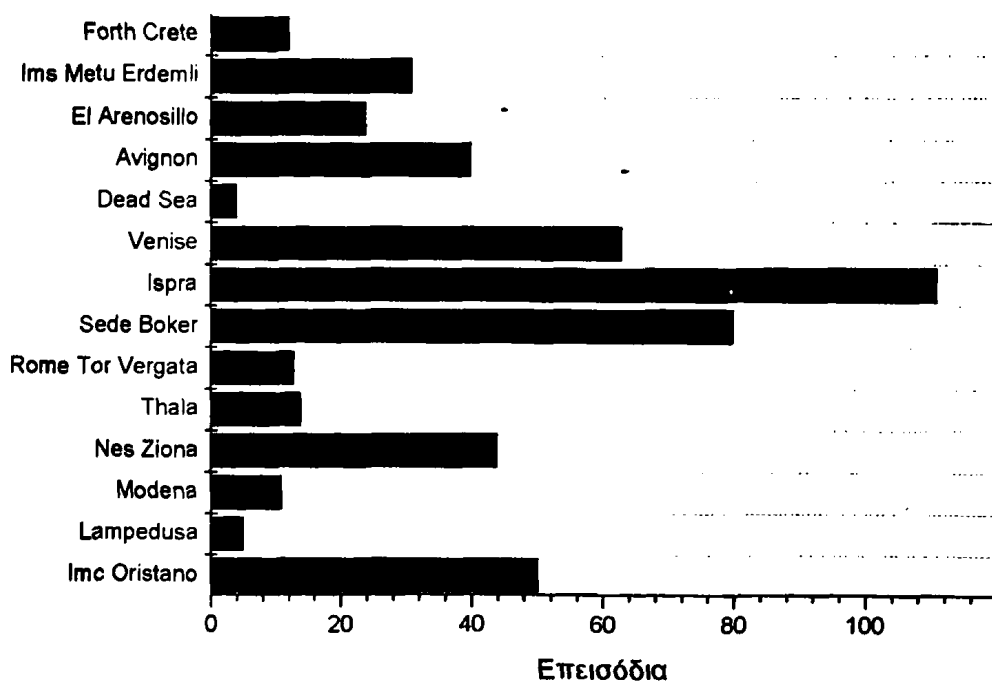
a/a	Σταθμός	Ημέρες	Έτη	Επεισόδια	Επεισόδια ανά έτος	Διάρκεια	Ένταση
1	Imc Oristano	934	2.5589	50	19.53961	1.7	0.45055
2*	Lampedusa	85	0.23288	5	21.47059	1.8	0.41172
3*	Modena	180	0.49315	11	22.30556	1.3	0.35774
4	Nes Ziona	818	2.2411	44	19.63325	1.6	0.53456
5*	Thala	197	0.53973	14	25.93909	1.4	0.60472
6	Rome Tor Vergata	323	0.88493	13	14.6904	1.5	0.33728
7	Sede Boker	1560	4.27397	80	18.71795	1.8	0.4237
8	Ispra	1421	3.89315	111	28.51161	1.6	0.40959
9	Venise	921	2.52329	63	24.96743	1.4	0.34328
10*	Dead Sea	64	0.17534	4	22.8125	1.2	0.43065
11	Avignon	664	1.81918	40	21.98795	1.5	0.20639
12	El Arenosillo	494	1.35342	24	17.73279	2	0.29794
13	Ims Metu Erdemli	711	1.94795	31	15.91421	2	0.43684
14	Forth Crete	237	0.64932	12	18.48101	2	0.33111

\* Οι αστερίσκοι υποδηλώνουν τους Σταθμούς AERONET με μη ικανοποιητική χρονική κάλυψη (αριθμός ημερών < 200) των μετρήσεων και τα δεδομένα τους δεν έχουν πλήρη εποχική κάλυψη του έτους.

Κατόπιν, αφού προσδιορίστηκαν οι ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση και μελέτη των χαρακτηριστικών τους. Πιο συγκεκριμένα υπολογίσθηκαν: η συχνότητα εμφάνισης των επεισοδίων, η διάρκεια (αριθμός ημερών), καθώς και η έντασή τους (σε τιμές AOT<sub>1020nm</sub>). Επιπλέον, υπολογίσθηκε και ο παράγοντας (εκθετικός συντελεστής) Angström των αερολυμάτων για τις ημέρες των επεισοδίων. Ο παράγοντας αυτός παρέχει πληροφορία για το μέγεθος των αερολυμάτων, καθώς σχετίζεται με τη μείωση του οπτικού πάχους AOT των αερολυμάτων καθώς αυξάνεται το μήκος κύματος. Οι τιμές του, όπως και οι τιμές AOT<sub>1020nm</sub>, ελήφθησαν από το δίκτυο AERONET. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν ανεμολογικά δεδομένα (διεύθυνση και ένταση ανέμου στη στάθμη

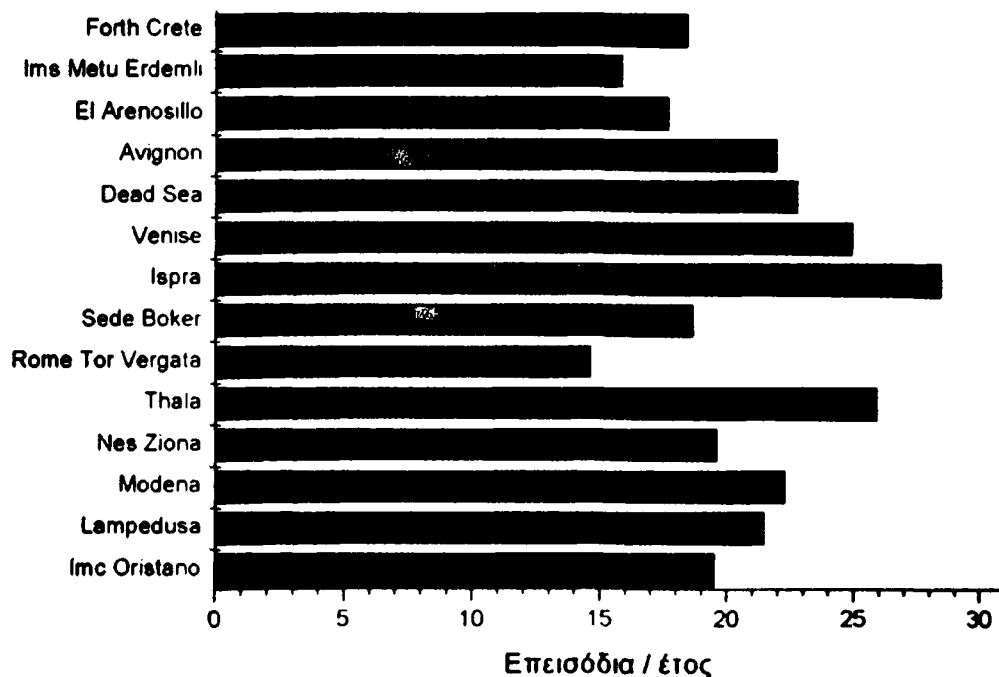
925hPa) ώστε να προσδιορισθούν οι ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούν κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων. Σημειώνεται ότι ο άνεμος είναι ο σημαντικότερος μετεωρολογικός παράγοντας που επηρεάζει το ατμοσφαιρικό φορτίο των αερολυμάτων. Τα δεδομένα του ανέμου ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων NCEP Reanalysis Project σε επίπεδο κυψελίδας (pixel) ανάλυσης  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ , χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές εκείνων των κυψελίδων στα γεωγραφικά όρια των οποίων εμπίπτουν οι επιμέρους 14 Σταθμοί AERONET. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκαν συνοπτικοί ημερήσιοι χάρτες πίεσεως του NCEP Reanalysis Project, σε τρία διαφορετικά επίπεδα (925, 850 και 700hPa) ώστε να προσδιορισθούν οι συνοπτικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν και ευνοούν την εμφάνιση ακραίων επεισοδίων αερολυμάτων. Τέλος, έγινε χρήση του προγράμματος υπολογισμού οπισθοπορείας (back trajectory) HYSPLIT, με σκοπό τον προσδιορισμό των περιοχών προέλευσης των αερίων μαζών οι οποίες επικρατούν στη θέση του κάθε Σταθμού κατά τις ημέρες των επεισοδίων αερολυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίσθηκαν οι οπισθοπορείες 4 ημερών, με ημέρα εκκίνησης την ημέρα του επεισοδίου, σε τρία διαφορετικά ύψη στην ατμόσφαιρα (925, 850 και 700hPa). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρέχονται αναλυτικά σε επίπεδο Σταθμού, ενώ παρέχεται και μια συγκριτική ανάλυση των υπολογισθέντων χαρακτηριστικών των επεισοδίων αερολυμάτων.

Σε αυτήν την παράγραφο, πραγματοποιείται συγκεντρωτική μελέτη των αποτελεσμάτων των 14 Σταθμών AERONET (πίνακας 2.2.3). Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίζονται και μελετώνται τα χαρακτηριστικά των επεισοδίων αερολυμάτων, δηλαδή η διάρκεια τους, η έντασή τους και η εποχιακή τους κατανομή.



Σχήμα 2.2.3.1.1. Απόλυτος αριθμός επεισοδίων αερολυμάτων, βασισμένος στη μεθοδολογία με τη χρήση τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 1020nm, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.



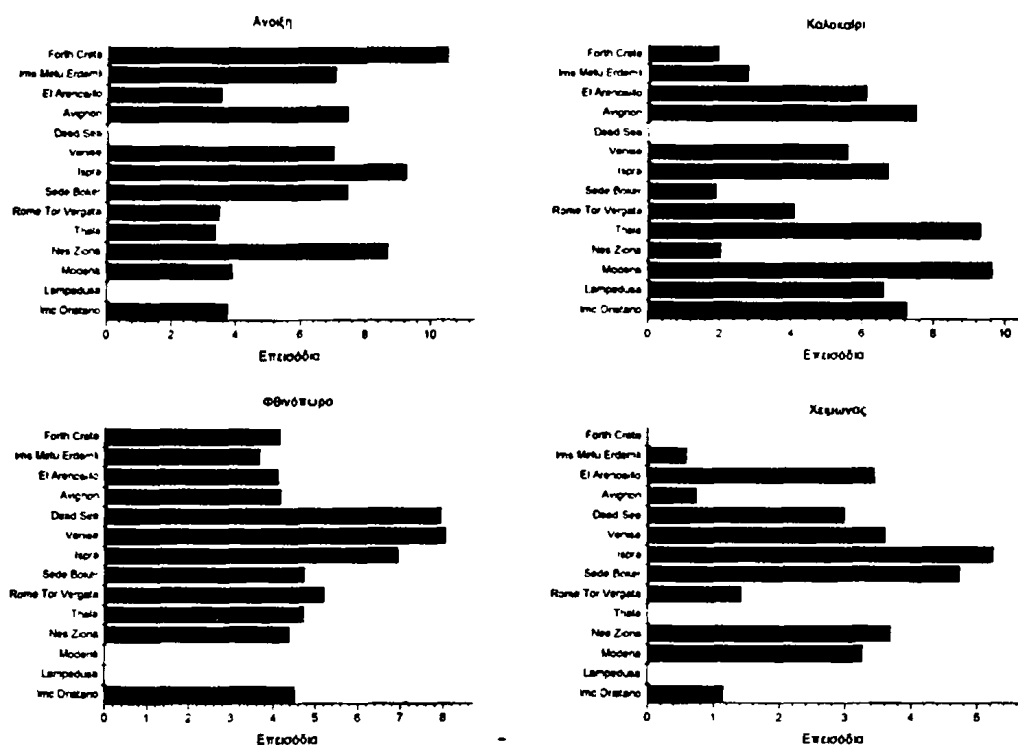


Σχήμα 2.2.3.1.2. Κανονικοποιημένος αριθμός επεισοδίων αερολυμάτων (ανά έτος), βασισμένος στη μεθοδολογία με τη χρήση τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 1020nm, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.

Στο σχήμα 2.2.3.1.1 παρέχεται ο απόλυτος αριθμός επεισοδίων αερολυμάτων, όπως προσδιορίστηκε με τη μέθοδο που εξηγήσαμε και τη χρήση μέσων ημερησίων τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 1020nm, ανά Σταθμό για 14 Σταθμούς AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου. Επισημαίνεται ότι τα προσδιορισθέντα επεισόδια αναφέρονται σε χονδρού τύπου αερολύματα (coarse). Διαπιστώνεται ότι ο αριθμός των επεισοδίων ποικίλλει, έχοντας τιμές από 4 (New Ziona) έως 111 (Ispra). Ωστόσο, πρέπει να τονισθεί ότι οι αριθμοί αυτοί είναι παραπλανητικοί, δεδομένου ότι αναφέρονται στην ουσία σε διαφορετικό μήκος χρονικής περιόδου (διαφορετική χρονική κάλυψη) για τους διάφορους Σταθμούς, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.2.3.1. Ως εκ τούτου, υπολογίσθηκαν οι αντίστοιχες κανονικοποιημένες τιμές, οι οποίες στη συνέχεια ανήχθησαν σε επίπεδο έτους, ώστε να αποδοθεί η κανονικοποιημένη συχνότητα των επεισοδίων αερολυμάτων για τους Σταθμούς και να καταστεί δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση (Σχήμα 2.2.3.1.2). Στη βάση των κανονικοποιημένων συχνοτήτων διαπιστώνονται μικρότερες διαφορές ανάμεσα στους Σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα, η συχνότητα των επεισοδίων κυμαίνεται από περίπου 15 επεισόδια ανά έτος (Ims Metu Erdemli, Rome Tor Vergata) έως περίπου 28 επεισόδια ανά έτος (Ispra). Μεγάλη συχνότητα επεισοδίων αερολυμάτων (>20) παρατηρείται επίσης και στους Σταθμούς Venise (25 επεισόδια / έτος), Dead Sea (~23 επεισόδια / έτος), Modena (22.3 επεισόδια / έτος) και Lampedusa (21.5 επεισόδια / έτος). Γενικά, φαίνεται ότι οι Σταθμοί της Μέσης Ανατολής (Dead Sea, Nes Ziona, Sede Boker) παρουσιάζουν υψηλές συχνότητες επεισοδίων χονδρών αερολυμάτων (>19 επεισόδια / έτος). Οι Σταθμοί της ανατολικής Μεσογείου (Forth Crete, Ims Metu Erdemli) παρουσιάζουν επίσης σχετικά υψηλές συχνότητες, με περισσότερα από 16 επεισόδια / έτος. Οι Σταθμοί AERONET της



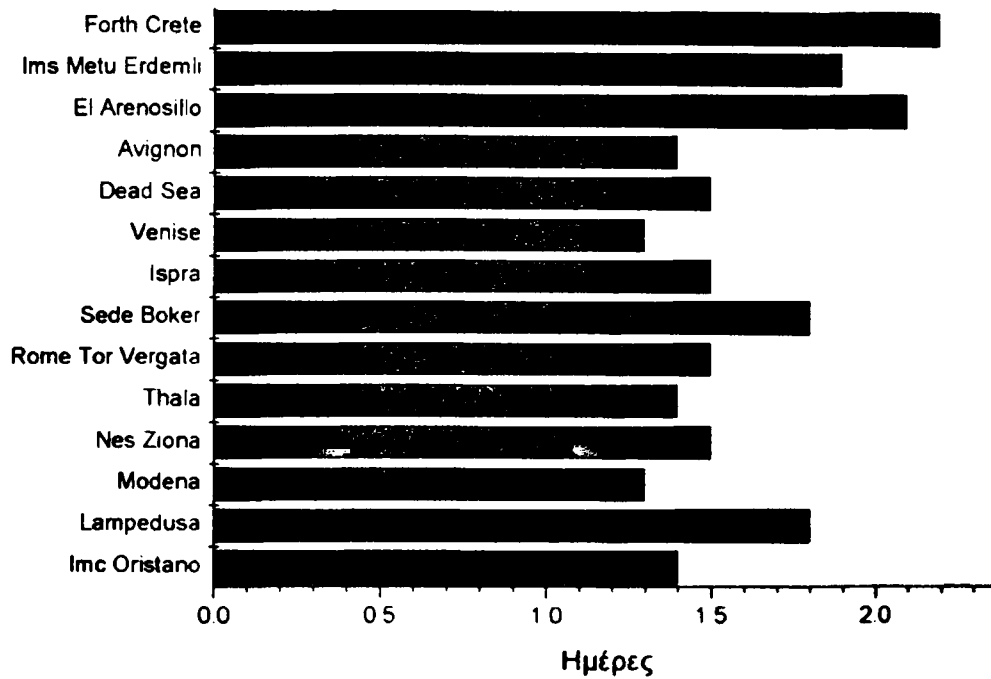
βόρειας Αφρικής (Thala) και των περιοχών πλησίον της Lampedusa έχουν υψηλές συχνότητες (>21.5 επεισόδια / έτος). Σε ότι αφορά τους Σταθμούς της Ιταλίας, υπάρχει αρκετά μεγάλη διαφοροποίηση, καθώς η συχνότητα είναι από μικρή (Rome Tor Vergata, ~14.5 επεισόδια / έτος) έως πολύ μεγάλη (Ispra, 28.5 επεισόδια / έτος). Τέλος, στους Σταθμούς της δυτικής Μεσογείου παρατηρούνται συχνότητες μέτριες (El Arenosillo, ~18 επεισόδια / έτος) έως αρκετά μεγάλες (Imc Oristano, Avignon, ~22 επεισόδια / έτος).



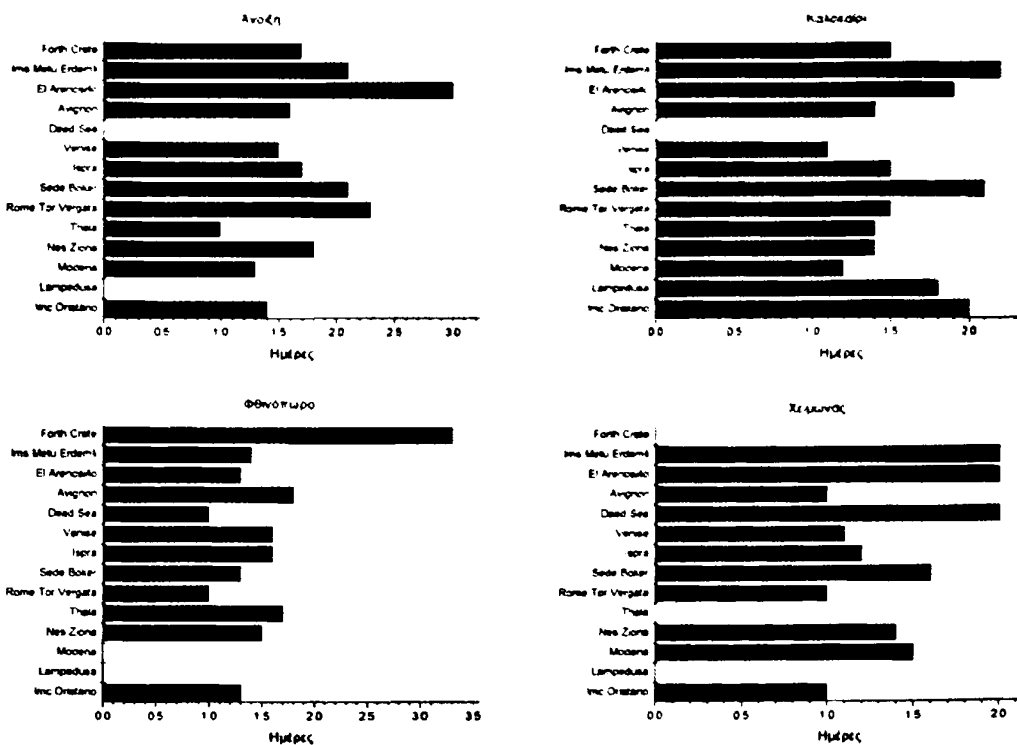
Σχήμα 2.2.3.1.3 Κανονικοποιημένη συχνότητα επεισοδίων αερολυμάτων (στα 1020nm) ανά εποχή, σε 14 Σταθμούς AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.

Η εποχική κατανομή της κανονικοποιημένης συχνότητας των επεισοδίων αερολυμάτων, αποκαλύπτει κάποιες σημαντικές διαφορές ως προς την εποχικότητα των επεισοδίων ανά Σταθμό. Έτσι, για παράδειγμα, στο Σταθμό Forth Crete, τα συχνότερα επεισόδια εμφανίζονται κατά την άνοιξη, ενώ στο Σταθμό Imc Oristano κατά το θέρος. Πάντως, γενικά, τα συχνότερα επεισόδια για όλους τους Σταθμούς εμφανίζονται κατά την άνοιξη και το θέρος και δευτερευόντως κατά το φθινόπωρο. Η απουσία αποτελεσμάτων για κάποιους Σταθμούς σε συγκεκριμένες εποχές υποδηλώνει την απουσία εκδήλωσης επεισοδίων αερολυμάτων, καθώς για όσους Σταθμούς δεν υπήρχαν καθόλου διαθέσιμα δεδομένα για κάποια εποχή, δεν προβάλλονται αποτελέσματα στο αντίστοιχο Σχήμα (π.χ. Thala για χειμώνα, Dead Sea για άνοιξη-θέρος). Αντίθετα, όταν παρατίθεται ο Σταθμός και δεν παρέχεται συχνότητα επεισοδίων (π.χ. Forth Crete, χειμώνας), τότε αυτό υποδηλώνει την απουσία εκδήλωσης επεισοδίων αερολυμάτων στη συγκεκριμένη εποχή.





Σχήμα 2.2.2.1.4. Υπολογισθείσα μέση διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 1020nm για όλη την περίοδο του έτους, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.



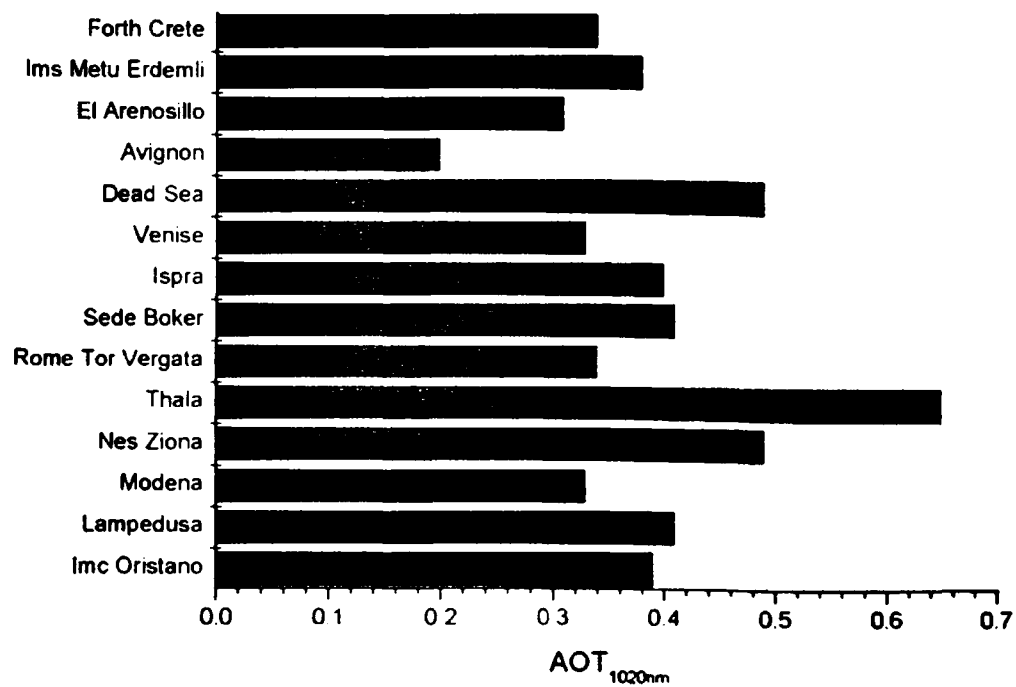
Σχήμα 2.2.3.1.5. Μέση διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 1020nm ανά εποχή, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.



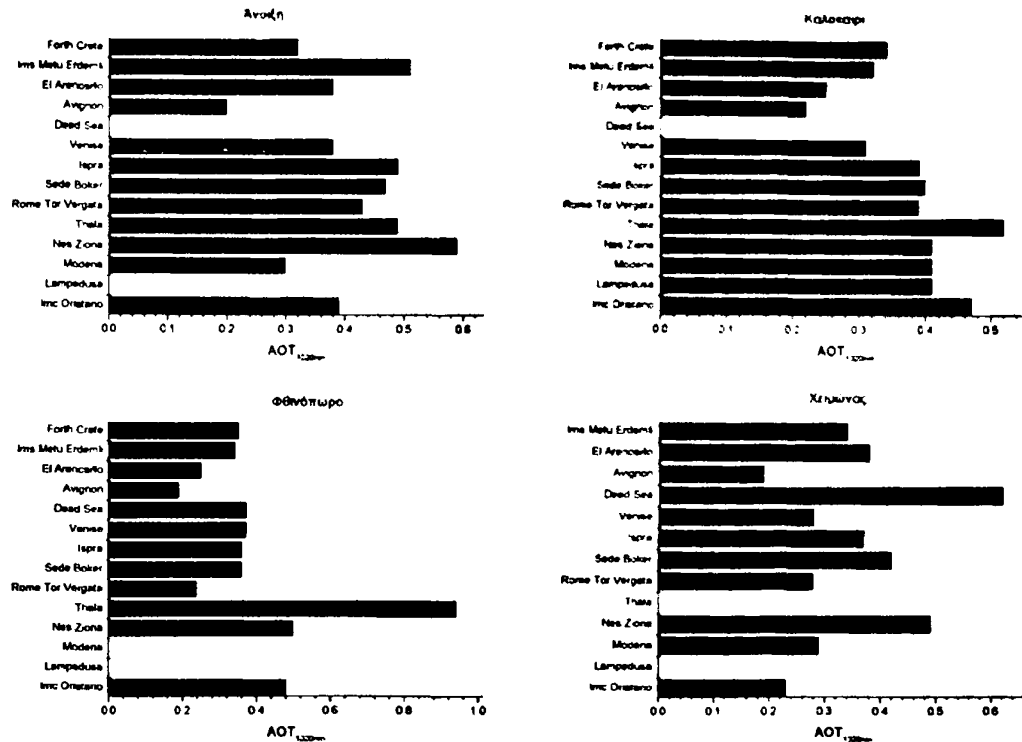
Στο Σχήμα 2.2.3.1.4 παρέχεται η υπολογισμένη μέση διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων ανά Σταθμό. Προκύπτει ότι στους μελετηθέντες 14 Σταθμούς AERONET στη λεκάνη της Μεσογείου, τα επεισόδια αερολυμάτων τα οποία έλαβαν χώρα διήρκεσαν, κατά μέσον όρο, από 1.2 ημέρες (Dead Sea) έως 2 ημέρες (El Arenosillo, Ims Metu Erdemli, Forth Crete). Τα μικρότερης διάρκειας επεισόδια (<1.5 ημέρες) σημειώθηκαν, εκτός του Σταθμού Dead Sea, στους Σταθμούς Avignon, Venise, Rome Tor Vergata, Thala και Modena. Τα μεγαλύτερης διάρκειας επεισόδια (2 ημέρες) σημειώθηκαν στους Σταθμούς El Arenosillo, Forth Crete και Ims Metu Erdemli, οι οποίοι βρίσκονται σε παράκτιες θέσεις. Η υπολογισθείσα εποχική κατανομή της διάρκειας των επεισοδίων (Σχήμα 2.2.3.1.5) αποκαλύπτει ότι σε εποχικό επίπεδο, τα επεισόδια αερολυμάτων έχουν διάρκεια που κυμαίνεται από 1 έως ~3.5 ημέρες, ενώ η εποχικότητα διαφέρει από Σταθμό σε Σταθμό. Έτσι, για παράδειγμα, ενώ στο Σταθμό El Arenosillo τα μεγαλύτερης διάρκειας (3 ημέρες) επεισόδια αερολυμάτων σημειώθηκαν την άνοιξη, στο Σταθμό Imc Oristano σημειώθηκαν κατά το θέρος και έχουν (μέση) διάρκεια 2 ημέρες. Πάντως, για τους περισσότερους Σταθμούς μελέτης, τα εκτενέστερα επεισόδια (διάρκεια > 1.5 ημέρες) αερολυμάτων σημειώθηκαν, είτε κατά την άνοιξη, είτε κατά το θέρος. Ωστόσο, τα πιο ακραία, από άποψης διάρκειας, επεισόδια (διάρκεια > 2 ημέρες) σημειώθηκαν κατά την άνοιξη (επεισόδια σε 4 Σταθμούς, έναντι 2 Σταθμών για το θέρος και 1 Σταθμό για το Φθινόπωρο). Ως εκ τούτου, είναι δυνατό να ειπωθεί ότι η άνοιξη είναι η εποχή που ευνοεί την ανάπτυξη όχι μόνο πολύ συχνών επεισοδίων, αλλά και των μακροβιέστερων επεισοδίων. Αυτό ισχύει, σε μικρότερο όμως βαθμό και για το θέρος. Εξάλλου, διαπιστώνεται ότι η διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων είναι ένα χαρακτηριστικό εντελώς ανεξάρτητο από τη συχνότητα. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης, κατά την άνοιξη τα πιο συχνά επεισόδια αερολυμάτων εκδηλώνονται στους Σταθμούς Forth Crete και Ispra (βλ. Σχήμα 2.2.3.1.3), ενώ τα μεγαλύτερης διάρκειας επεισόδια σημειώνονται στους Σταθμούς El Arenosillo και Rome Tor Vergata (βλ. Σχήμα 2.2.3.1.5).

Στο Σχήμα 2.2.3.1.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στη μέση ένταση των επεισοδίων αερολυμάτων (σε επίπεδο τιμών  $AOT_{1020nm}$ ) για τους 14 Σταθμούς μελέτης. Προκύπτει ότι τα επεισόδια αερολυμάτων που έλαβαν χώρα στους εν λόγω Σταθμούς είχαν ένταση που κυμαινόταν (τιμές  $AOT_{1020nm}$ ) από 0.21 (Avignon) έως 0.5 (Thala). Τα μικρότερης έντασης επεισόδια ( $AOT_{1020nm} < 0.3$ ) σημειώθηκαν στους Σταθμούς Avignon και El Arenosillo, δηλαδή σε Σταθμούς της δυτικής λεκάνης της Μεσογείου, ενώ τα πιο έντονα επεισόδια ( $AOT_{1020nm} > 0.5$ ) έλαβαν χώρα στους Σταθμούς Nes Ziona και Thala, δηλαδή σε Σταθμούς που βρίσκονται κοντά σε πηγές προέλευσης ερημικών σωματιδίων σκόνης. Εκ πρώτης όψεως, διαφαίνεται ότι οι Σταθμοί της ανατολικής Μεσογείου (Sede Boker, Nes Ziona, Dead Sea, Ims Metu Edermli, Forth Crete) υφίστανται μεγαλύτερης διάρκειας επεισόδια αερολυμάτων σε σχέση με τους Σταθμούς της κεντρικής και δυτικής Μεσογείου, όμως απαιτείται περαιτέρω και πλέον ενδελεχής μελέτη προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.





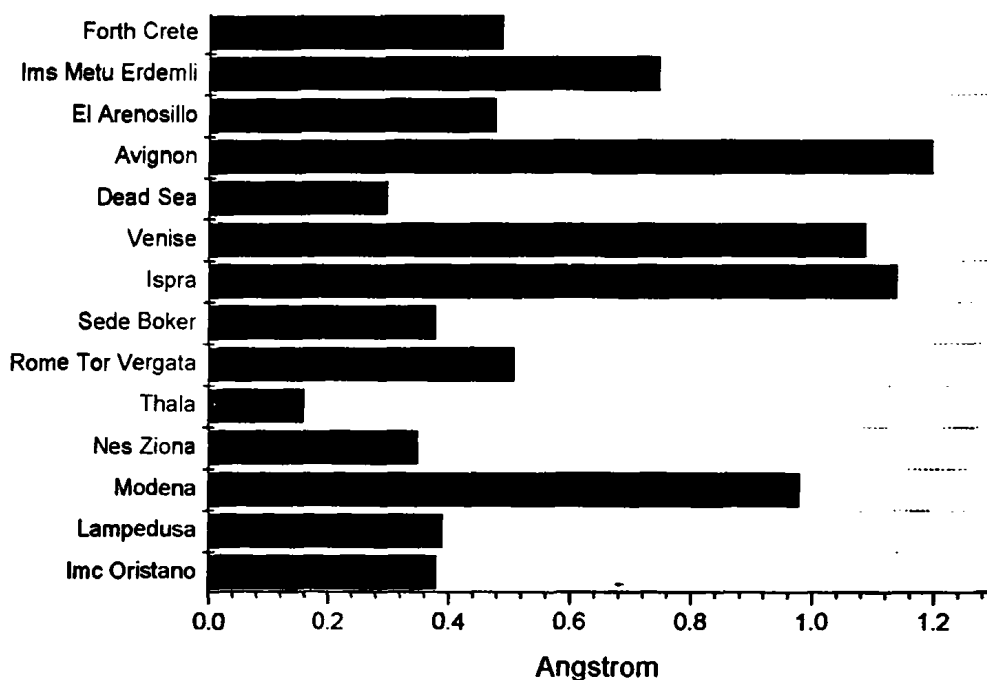
Σχήμα 2.2.3.1.6. Υπολογισθείσα μέση ένταση των επεισοδίων αερολυμάτων (τιμές οπτικού πάχους) στα 1020nm, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.



Σχήμα 2.2.3.1.7. Μέση ένταση των επεισοδίων αερολυμάτων (τιμές οπτικού πάχους) στα 1020nm ανά εποχή, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.



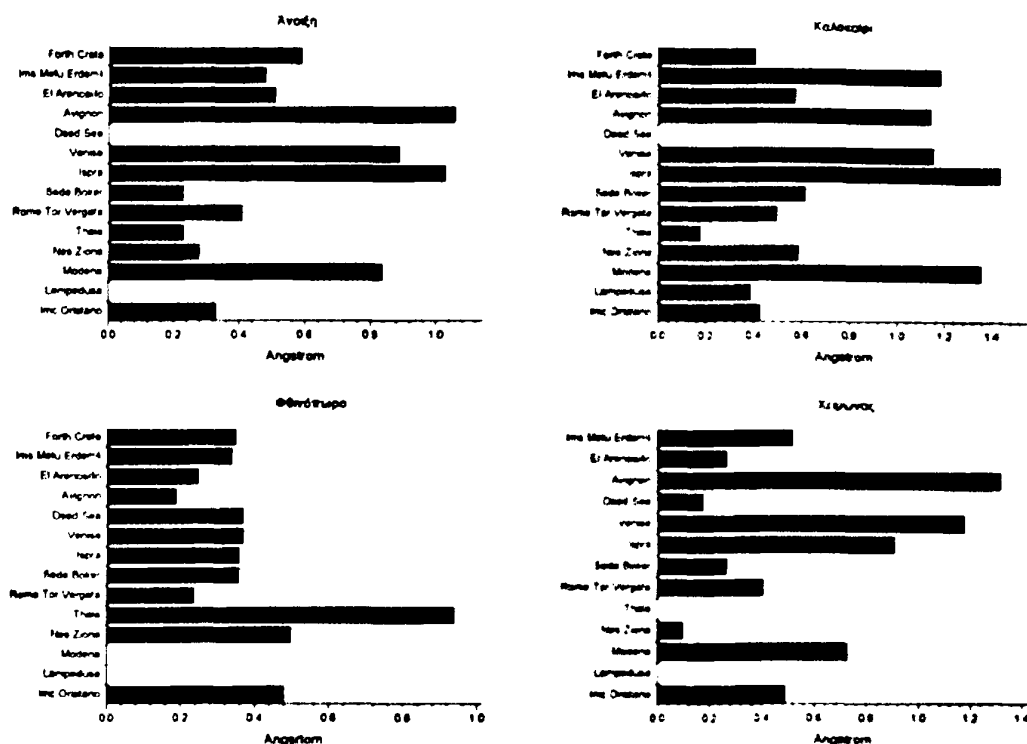
Με σκοπό την άντληση περισσότερης πληροφορίας, υπολογίσθηκε και η εποχική κατανομή της μέσης έντασης των επεισοδίων αερολυμάτων για τους 14 Σταθμούς μελέτης (Σχήμα 2.2.3.1.7). Έτσι λοιπόν, με μια δρήγορη ματιά, διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση της έντασης των επεισοδίων με τις εποχές. Γενικά, τα ισχυρότερα επεισόδια αερολυμάτων σημειώνονται κατά την άνοιξη (τιμές  $AOI_{1020nm} > 0.4$  για 6 Σταθμούς) και δευτερευόντως κατά το θέρος. Συμπερασματικά, βάσει της εφαρμοσθείσας μεθοδολογίας, είναι δυνατό να ειπωθεί ότι, η άνοιξη είναι γενικά η εποχή που ευνοεί την πλέον συχνή εμφάνιση επεισοδίων αερολυμάτων χονδροειδούς τύπου (coarse). Πέραν αυτού, κατά την εποχή αυτή, τα επεισόδια των αερολυμάτων έχουν τη μεγαλύτερη ένταση και διάρκεια, σε σχέση με τις υπόλοιπες εποχές του έτους.



Σχήμα 2.2.3.1.8 Μέση τιμή παράγοντα Angström για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 1020nm, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.

Τέλος, στα Σχήματα 2.2.3.1.8 και 2.2.3.1.9 παρέχονται οι υπολογισθείσες μέσες τιμές του παράγοντα Angström για τους 14 Σταθμούς μελέτης, τόσο συνολικά, όσο και ανά εποχή.





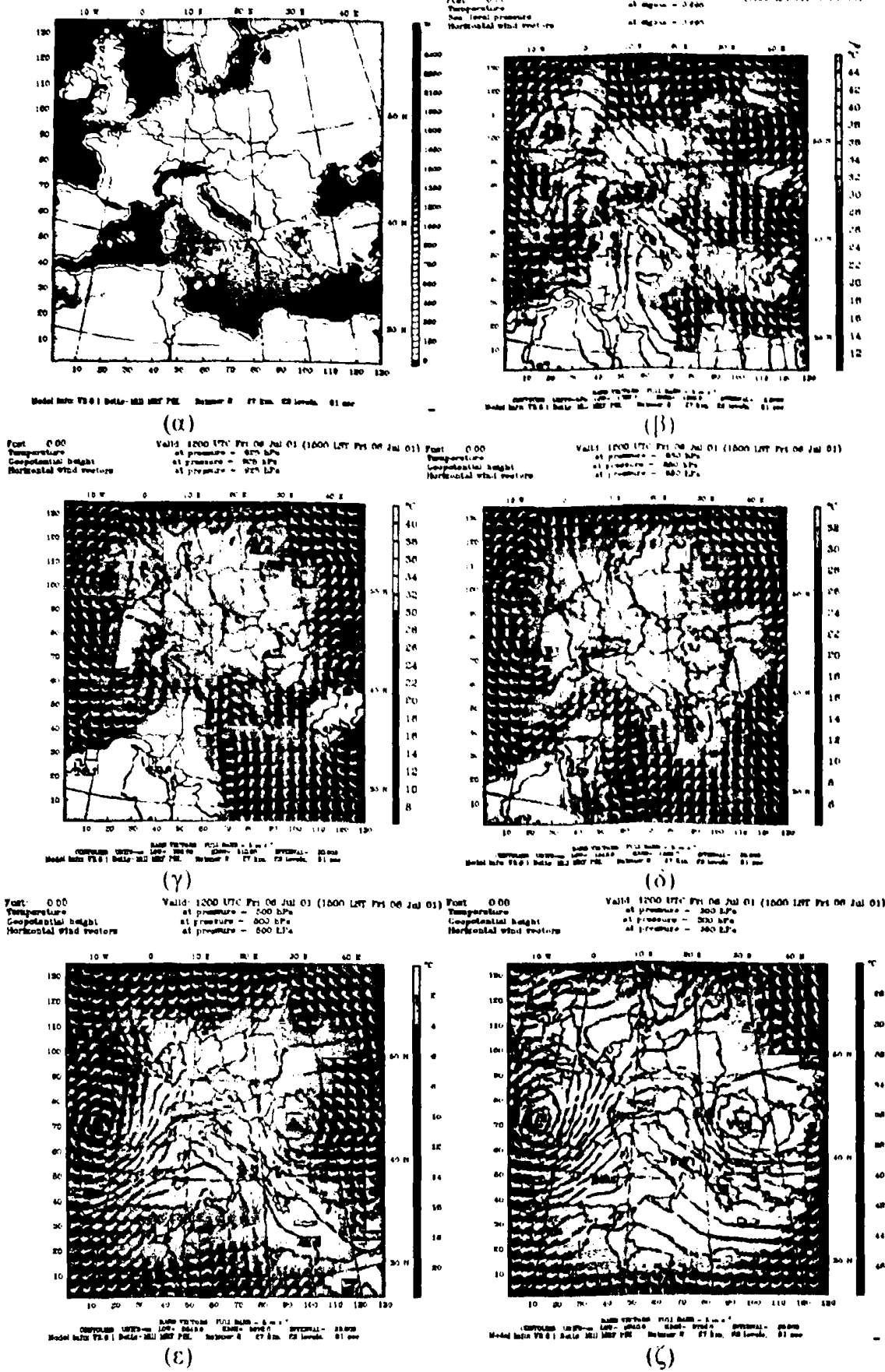
Σχήμα 2.2.3.1.9 Μέση τιμή παράγοντα Angström για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 1020nm ανά εποχή, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.

## 2.2.4 Ανάλυση ακραίων επεισοδίων αερολυμάτων

Στην Ενότητα αυτή, πραγματοποιήθηκε αναλυτική μελέτη κάποιων επιλεγμένων αντιπροσωπευτικών επεισοδίων μεγάλης έντασης. Τα επεισόδια αυτά, αποτελούν στην ουσία ακραία επεισόδια αερολυμάτων.

Το πρώτο επεισόδιο που μελετήθηκε σημειώθηκε στις 6 Ιουλίου 2001 στο Σταθμό Venise. Πιο συγκεκριμένα, οι μετρήσεις υποδεικνύουν μεγάλες τιμές οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 1020nm ( $AOT_{1020nm}=0.72$ ), δηλαδή πρόκειται για περίπτωση μεγάλου φορτίου χονδρού τύπου (coarse) αερολυμάτων, είτε σκόνης είτε θαλασσιού άλατος. Αυτό υποδηλώνεται και από τις χαμηλές τιμές του παράγοντα Angström ( $\alpha=0.38$ ). Τα ανεμολογικά και συνοπτικά δεδομένα για τη συγκεκριμένη ημέρα, αλλά και τις 2 προηγούμενες ημέρες, υποδηλώνουν την παρουσία επεισοδίου σκόνης με περιοχή προέλευσης τη βόρειο Αφρική (έρημος Σαχάρας). Προκειμένου να τεκμηριωθούν οι ενδείξεις από τις φυσικές και οπτικές ιδιότητες των αερολυμάτων, καθώς και τις μετεωρολογικές / συνοπτικές συνθήκες, για την ύπαρξη του επεισοδίου σκόνης, πραγματοποιήθηκε αριθμητική προσομοίωση με το μοντέλο μέσης κλίμακας MM5. Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε από τον Richard Anthes και περιγράφηκε από τον Dudhia (1993). Στην περίπτωσή μας, η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε για την περιοχή της Μεσογείου και της Ευρώπης. Η ανάλυση του μοντέλου ορίστηκε στα 27km και τα πλεγματικά σημεία ήταν 130x135. Τα δεδομένα εισαγωγής του μοντέλου ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων του ECMWF Reanalysis. Το πλεονέκτημα της χρήσης τέτοιων μοντέλων προσομοίωσης είναι ότι παρέχουν τη δυνατότητα μιας λεπτομερούς κατάτμησης της ατμόσφαιρας (κατακόρυφης και οριζόντιας), ώστε να είναι δυνατή η αναλυτική μελέτη και ο προσδιορισμός της δυναμικής τους δομής. Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων εδώ, επιλέχθηκαν χάρτες στις στάθμες των 925 και 850hPa, στους οποίους παρέχονται η θερμοκρασία,

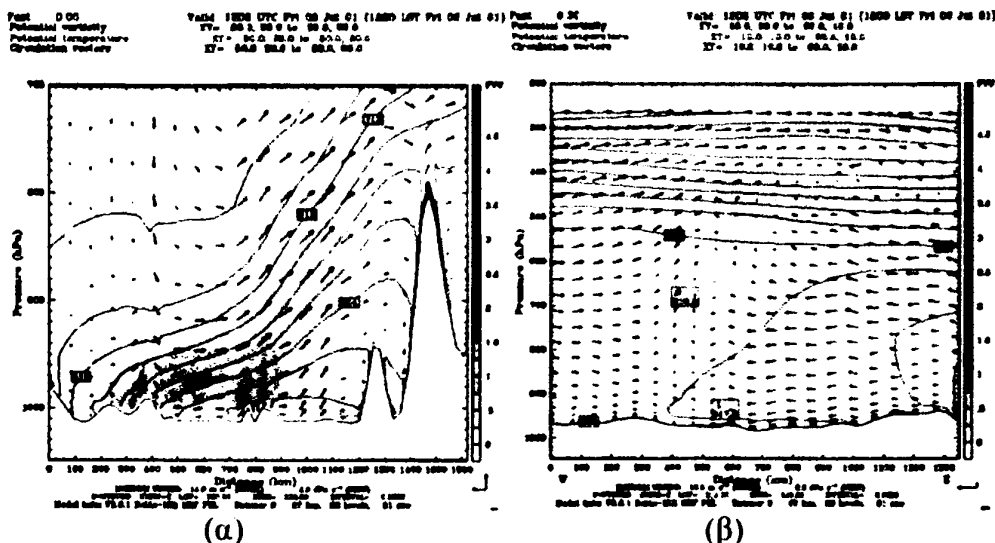




Σχήμα 2.2.4.1 Αποτελέσματα αριθμητικής προσομοίωσης του μοντέλου MM5 για την περιοχή της Ευρώπης και της Μεσογείου, στις 6 Ιουλίου 2001, στις 12:00 UTC. Παρέχονται: (α) ο υψομετρικός χάρτης της υπό μελέτη περιοχής και οι κατανομές θερμοκρασίας, διεύθυνσης και έντασης ανέμου και πίεσης στις στάθμες (β) 1000hPa, (γ) 925hPa, (δ) 850hPa, (ε) 500hPa και (ζ) 300hPa.



η διεύθυνση του ανέμου και η ατμοσφαιρική πίεση. Επίσης μελετώνται και οι στάθμες των 500 και 300hPa για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας. Τα αποτελέσματα παρέχονται στα Σχήματα 2.2.4.1, 2.2.4.2 και 2.2.4.3. Όπως διακρίνεται στο Σχήμα 2.2.4.1, φαίνεται στις 6 Ιουλίου 2001 έχει λάβει χώρα εισβολή μιας θερμής αέριας μάζας, προερχόμενης από τη βόρεια Αφρική, στην ατμόσφαιρα πάνω από την περιοχή της Κεντρικής Μεσογείου και της νότιας Ευρώπης. Βάσει των χαρτών αυτών δεν είναι δυνατόν να αποφανθούμε αν αυτή η θερμή μάζα από την Αφρική περιέχει και σκόνη, παρά τους ισχυρούς ανέμους που φαίνεται να επικρατούν στην περιοχή. Ωστόσο, το γεγονός αυτό υποστηρίζεται, όπως προαναφέρθηκε, από τις μετρήσεις  $AOT_{1020nm}$  του AERONET. Επιπλέον, η ανύψωση και μεταφορά της σκόνης από τη βόρεια Αφρική φαίνεται καθαρά στην μεσημβρινή ( $\lambda=10$  E) και την παράλληλη ( $\varphi=30$  N) τομή της ατμόσφαιρας, που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.2.4.2. Διακρίνεται μια οριζόντια σύγκλιση αερίων μαζών στη βόρεια Αφρική, υπό την παρουσία θερμικού χαμηλού στην περιοχή κατά τη συγκεκριμένη ημέρα, η οποία προκαλεί κατακόρυφη μεταφορά, (ανύψωση) σκόνης από την επιφάνεια, που στη συνέχεια μεταφέρεται διαμέσου της Μεσογείου και της Ιταλίας ως την περιοχή του ορεινού όγκου των Άλπεων, όπου και μπλοκάρεται (παγιδεύεται), συντελώντας στη δημιουργία του επεισοδίου σκόνης.



Σχήμα 2.2.4.2 Κατακόρυφη τομή της ατμόσφαιρας όπου απεικονίζεται η διεύθυνση και ένταση του ανέμου (α) κατά γεωγραφικό μήκος ( $\lambda=10$  E) και (β) κατά γεωγραφικό πλάτος ( $\varphi=30$  N) στις 6 Ιουλίου 2001 στις 12:00UTC.

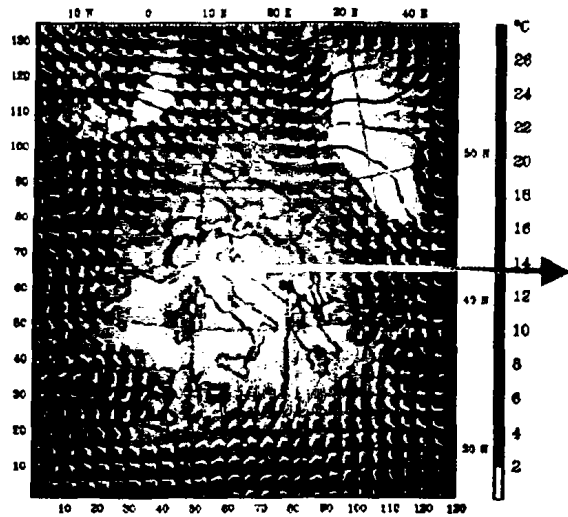
Μια δεύτερη ενδεικτική περίπτωση που μελετήθηκε αφορά και πάλι το Σταθμό Venise του AERONET στις 12 Οκτωβρίου 1999. Κατά την ημέρα αυτή, βάσει των μετρήσεων  $AOT_{440nm}$  και  $AOT_{1020nm}$ , σημειώθηκε επεισόδιο αερολυμάτων στα 440 nm, όχι όμως στα 1020 nm. Αυτό, υποδηλώνει την ύπαρξη επεισοδίου λεπτών αερολυμάτων (fine aerosols). Το γεγονός αυτό υποστηρίχθηκε και με την αριθμητική προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε με το μοντέλο MM5, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.2.4.3. Από τους χάρτες προκύπτει ότι κατά τη συγκεκριμένη ημέρα επικρατούσε άπνοια και ομαλό πεδίο πιέσεων. Τα παραπάνω συνηγορούν στην περίπτωση επεισοδίων βιομηχανικής ρύπανσης λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο Σταθμός βρίσκεται στη Βόρεια Ιταλία, περιοχή με μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα.





Post: 0.00  
 Temperature  
 Geopotential height  
 Horizontal wind vectors

Valid: 1200 UTC Mon 11 Oct 99 (1400 LST Mon 11 Oct 99)  
 at pressure = 925 hPa  
 at pressure = 925 hPa  
 at pressure = 925 hPa

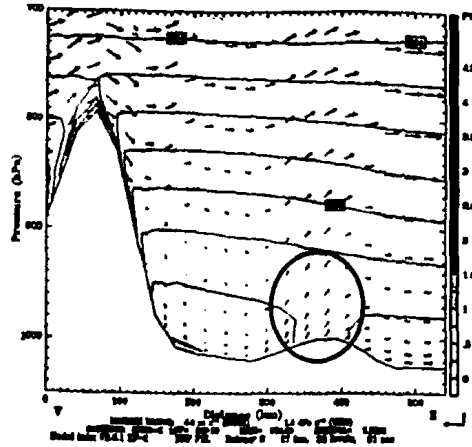


Model: GFS-2  
 Model date: 78.4.1 27-2

(α)

Post: 0.00  
 Potential vorticity  
 Potential temperature  
 Crossed wind vectors

Valid: 1200 UTC Mon 11 Oct 99 (1400 LST Mon 11 Oct 99)  
 at pressure = 700 to 925 hPa  
 at pressure = 700 to 925 hPa  
 at pressure = 700 to 925 hPa



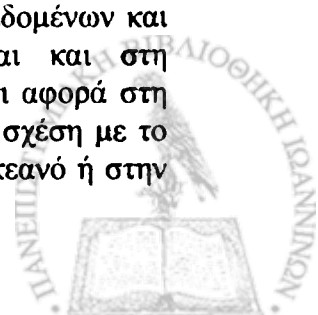
(β)

Σχήμα 2.2.4.3 Αποτελέσματα αριθμητικής προσομοίωσης του μοντέλου MM5 για την περιοχή της Ευρώπης και της Μεσογείου, στις 12 Οκτωβρίου 2001, στις 12:00UTC. Παρέχονται: (α) οι κατανομές θερμοκρασίας, πίεσης, διεύθυνσης και έντασης ανέμου στη στάθμη των 925hPa και (β) κατακόρυφη τομή της ατμόσφαιρας κατά γεωγραφικό πλάτος ( $\phi=45$  N) και διεύθυνση και ένταση του ανέμου στη στάθμη των 1000-700 hPa.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή ασχοληθήκαμε με τα αερολύματα και ειδικότερα με τις οπτικές ιδιότητες των αερολυμάτων. Ο ρόλος των αερολυμάτων είναι πολύ σημαντικός για πολλούς τομείς της επιστημονικής – ερευνητικής, αλλά και της εν γένει ανθρώπινης δραστηριότητας (π.χ. για τη δημιουργία των νεφών και της βροχής). Ωστόσο, κατά τις τελευταίες 2 δεκαετίες έχει προσλάβει πολύ μεγάλη σημασία ο ρόλος των αερολυμάτων στο κλίμα του συστήματος Γης – ατμόσφαιρας και η συμμετοχή και ο ρόλος τους σε πιθανές κλιματικές αλλαγές. Ωστόσο, ο κλιματικός ρόλος των αερολυμάτων παραμένει στις μέρες μας ασαφής σε μεγάλο βαθμό. Αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα των διεργασιών στις οποίες εμπλέκονται τα αερολύματα και στην πολύ μεγάλη μεταβλητότητα τους στο χώρο και το χρόνο. Η επίδραση των αερολυμάτων στο κλίμα πραγματοποιείται μέσω της αλληλεπίδρασής τους με την ακτινοβολία. Είναι γνωστό ότι μόλις πρόσφατα, έχουν ξεκινήσει εντατικές μελέτες για τον προσδιορισμό της επίδρασης των αερολυμάτων στην ακτινοβολία. Η αλληλεπίδραση των αερολυμάτων με την ακτινοβολία καθορίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις οπτικές τους ιδιότητες. Τέτοιες οπτικές ιδιότητες, με τις οποίες έγινε ενασχόληση στην παρούσα εργασία, είναι το οπτικό πάχος των αερολυμάτων (Aerosol Optical Thickness, AOT) στα μήκη κύματος 440, 500 και 1020 nm, καθώς και ο εκθετικός παράγοντας Angström.

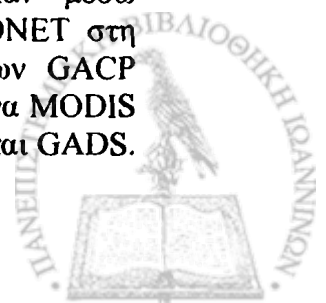
Στο πρώτο μέρος της εργασίας ασχοληθήκαμε αρχικά με την πλανητική κατανομή των οπτικών ιδιοτήτων των αερολυμάτων. Προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική γεωγραφική κάλυψη σε πλανητικό επίπεδο, έγινε χρήση δορυφορικών δεδομένων από τις βάσεις δεδομένων Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), Global Aerosol Climatological Project (GACP) και Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), καθώς και από τη βάση δεδομένων Global Aerosol Data Set (GADS). Η βάση δεδομένων GADS είναι μέση κλιματολογική, ενώ οι βάσεις δεδομένων TOMS και GACP παρέχουν σχετικά μεγάλη (κλιματολογική) χρονική κάλυψη (~20 έτη). Εξάλλου, τα δεδομένα MODIS είναι τα πλέον σύγχρονα παγκοσμίως, όμως η διαθεσιμότητά τους ξεκίνησε από το 2000, ώστε η χρονική τους περίοδος κάλυψης δεν υπερβαίνει τα 5 έτη. Η πλανητική κατανομή των ιδιοτήτων (οπτικού πάχους) των αερολυμάτων αναπαράγει γνωστά χαρακτηριστικά του καθεστώτος των αερολυμάτων, όπως για παράδειγμα μεγαλύτερες τιμές πάνω από ηπειρωτικές σε σχέση με ωκεάνιες περιοχές, μεγάλα φορτία αερολυμάτων σε ερημικές περιοχές, σε περιοχές καύσης της βιομάζας (π.χ. πυρκαγιές) και σε πυκνοκατοικημένες και ανεπτυγμένες περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα (ανθρωπογενή αερολύματα). Παρά τις ομοιότητες, διαπιστώθηκαν και κάποιες διαφορές ανάμεσα στις κατανομές των διαφόρων βάσεων δεδομένων. Ως εκ τούτου, υπολογίσθηκαν και μελετήθηκαν οι διαφορές οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τις διάφορες βάσεις δεδομένων. Βάσει των αποτελεσμάτων μας, προέκυψε ότι η βάση δεδομένων TOMS υπερεκτιμά το AOT πάνω από τον Ατλαντικό, ενώ η βάση δεδομένων GACP παρέχει μεγαλύτερες τιμές AOT στο νότιο Ημισφαίριο. Παρόλα αυτά, οι διαφορές AOT μεταξύ TOMS και GACP κρίνονται γενικά ως σχετικά μικρές. Αντίθετα, αρκετά μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται από την επιχειρηθείσα σύγκριση τόσο μεταξύ TOMS – GADS, όσο και GACP – GADS. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη διαφορετική φύση φιλοσοφίας των δορυφορικών βάσεων δεδομένων και στην κλιματολογική βάση δεδομένων GADS. Επίσης, οφείλονται και στη διαφορετική γεωγραφική τους ανάλυση ( $1^\circ \times 1^\circ$  έναντι  $5^\circ \times 5^\circ$ ). Σε ότι αφορά στη σύγκριση TOMS - MODIS, η βάση δεδομένων TOMS υπερεκτιμά, σε σχέση με το MODIS, το οπτικό πάχος των αερολυμάτων στον κεντρικό Ειρηνικό Ωκεανό ή στην



περιοχή του Αμαζονίου, ενώ σε κάποιες άλλες περιοχές (υποσαχάρια, Αφρική, τμήματα της Ασίας) το υποεκτιμά. Ωστόσο, πρόκειται γενικά για μικρές διαφορές. Αντίστοιχα μικρές διαφορές και ακόμη μικρότερες, παρατηρούνται και μεταξύ GACP - MODIS, όμως μόνο πάνω από ωκεάνιες περιοχές. Οι διαφορές AOT μεταξύ TOMS - MODIS και GACP - MODIS οφείλονται τόσο στις διαφορετικές χρονικές περιόδους κάλυψης, όσο και στους διαφορετικούς αλγόριθμους μετατροπής (retrieval algorithms) που χρησιμοποιούνται στα δορυφορικά αυτά προγράμματα.

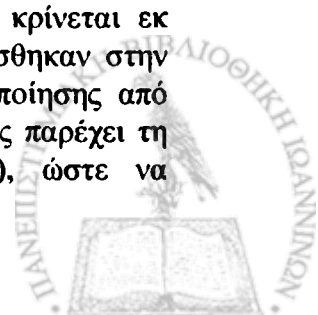
Στη συνέχεια, μελετήθηκαν οι ιδιότητες (οπτικό πάχος) των αερολυμάτων για 9 αντιπροσωπευτικούς Σταθμούς του παγκόσμιου δικτύου Σταθμών AERONET. Το AERONET θεωρείται παγκοσμίως ως σημείο αναφοράς και σύγκρισης για τις ιδιότητες των αερολυμάτων και αποτελείται από πολύ μεγάλο αριθμό Σταθμών κατανεμημένων σε πλανητική κλίμακα. Από τους Σταθμούς αυτούς επιλέχθηκαν 9 Σταθμοί διαφορετικοί μεταξύ τους και αντιπροσωπευτικοί, σε σχέση με τις ιδιότητες των αερολυμάτων εκεί. Για τους Σταθμούς αυτούς και για επιπλέον 20 Σταθμούς (σύνολο 29 Σταθμών AERONET), πραγματοποιήθηκε κατόπιν σύγκρισης ανάμεσα στις μέσες μηνιαίες τιμές AOT των TOMS, GACP, GADS και MODIS με τις αντίστοιχες τιμές από το AERONET, με σκοπό κάποια προκαταρκτική αξιολόγηση των πρώτων. Υπολογίσθηκαν τα διαγράμματα διασποράς για όλες τις βάσεις δεδομένων και οι συντελεστές συσχέτισης (R) με τις τιμές AERONET βρέθηκαν να είναι ίσοι με 0.39 για τη βάση δεδομένων TOMS, 0.51 για το GACP και 0.65 για το MODIS και 0.49 για το GADS. Η καλύτερη συσχέτιση προέκυψε για τη βάση δεδομένων MODIS και αυτό πρέπει να αποδοθεί τόσο στην καλύτερη ποιότητα των δεδομένων, όσο και στη μεγαλύτερη χρονική επικάλυψη των δεδομένων MODIS και AERONET, η οποία επιτυγχάνεται σε πολύ μικρότερο βαθμό για τις βάσεις δεδομένων TOMS και GACP.

Στο δεύτερο τμήμα της εργασίας, η μελέτη των ιδιοτήτων των αερολυμάτων επικεντρώθηκε στη Λεκάνη της Μεσογείου. Η εν λόγω περιοχή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, τόσο γενικά από άποψη κλιματολογική, ειδικά στα πλαίσια των συζητούμενων κλιματικών αλλαγών, όσο και ειδικά για μελέτη των ιδιοτήτων των αερολυμάτων και την επίδρασή τους στην ακτινοβολία και το κλίμα. Ως εκ τούτου, η Μεσόγειος συνιστά περιοχή μελέτης με μεγάλο ενδιαφέρον. Αρχικά, μελετήθηκε η κατανομή των ιδιοτήτων των αερολυμάτων από τις διάφορες βάσεις δεδομένων για την περιοχή της ευρύτερης λεκάνης της Μεσογείου. Μελετήθηκε η γεωγραφική κατανομή του φορτίου των αερολυμάτων (από τις βάσεις δεδομένων TOMS, GACP, GADS και MODIS) και εντοπίστηκαν οι περιοχές εκείνες της Μεσογείου, οι οποίες περιέχουν το μεγαλύτερο φορτίο αερολυμάτων, σε σχέση με την εποχή, ενώ προσδιορίστηκαν πιθανές αιτίες και πηγές προέλευσης / εκπομπής των σωματιδίων. Αποκαλύφθηκαν σημαντικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με φαινόμενα όπως η μεταφορά σκόνης από την Αφρική και η διαφοροποίηση των φαινομένων αυτών τόσο περιοχικά (π.χ. μεταξύ ανατολικής και δυτικής λεκάνης της Μεσογείου) όσο και χρονικά (π.χ. άνοιξη - θέρος - φθινόπωρο - χειμώνας). Διαπιστώθηκε ότι τα δορυφορικά δεδομένα συνιστούν ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μελέτη της χωροχρονικής κατανομής των ιδιοτήτων των αερολυμάτων για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου. Ωστόσο, διαπιστώθηκε η ύπαρξη και διαφορών μεταξύ του οπτικού πάχους των αερολυμάτων από τις διάφορες βάσεις δεδομένων. Οι διαφορές αυτές ποσοτικοποιήθηκαν και στη συνέχεια αξιολογήθηκαν μέσω συγκρίσεων με επίγεια δεδομένα από 15 Σταθμούς του δικτύου AERONET στη Μεσόγειο. Διαπιστώθηκε ότι, τα δεδομένα AOT της βάσης δεδομένων GACP βρίσκονται, γενικά, σε καλύτερη συμφωνία τόσο με τα αντίστοιχα δεδομένα MODIS όσο και αυτά των Σταθμών AERONET, σε σχέση με τα δεδομένα TOMS και GADS.



Στο τελευταίο τμήμα της εργασίας πραγματοποιήθηκε μελέτη των επεισοδίων (δηλαδή περιπτώσεων μεγάλης συγκέντρωσης) αερολυμάτων στη λεκάνη της Μεσογείου, σε μέση ημερήσια βάση. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία η οποία κάνει χρήση μέσων ημερήσιων δεδομένων οπτικού πάχους των αερολυμάτων στα 440 nm και στα 1020 nm (AOT<sub>440nm</sub> και AOT<sub>1020nm</sub>). Βάσει της μεθοδολογίας αυτής κατέστη διαχωρισμός των επεισοδίων αερολυμάτων και ξεχωριστής μελέτης, ανάμεσα σε επεισόδια αερολυμάτων χονδρού τύπου (coarse aerosols) και λεπτής υφής (fine aerosols). Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε 14 επιλεγμένους Σταθμούς AERONET όσο το δυνατό ομοιόμορφα κατανεμημένης στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μελέτη των χαρακτηριστικών των επεισοδίων αερολυμάτων τόσο σε επίπεδο Σταθμού, ξεχωριστά, όσο και συγκεντρωτικά για όλους τους Σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα υπολογίστηκε η συχνότητα, η διάρκεια, η ένταση των επεισοδίων, καθώς και ο παράγοντας Angström, που παρέχει πληροφορία για το μέγεθος των σωματιδίων κατά τη διάρκεια των επεισοδίων. Επιπλέον, έγινε χρήση ανεμολογικών δεδομένων από το NCEP-NCAR Reanalysis Project, ώστε να προσδιορισθούν η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa κατά τις ημέρες των επεισοδίων. Ακόμη, πραγματοποιήθηκε ανάλυση οπισθοπορείας 4 ημερών για τις αέριες μάζες στα 500 m, στα 1500 m και στα 2500 m, κατά τις ημέρες των επεισοδίων. Κατά αυτόν τον τρόπο κατέστη δυνατός ο προσδιορισμός του τομέα (της περιοχής) προέλευσης των αερίων μαζών που επικρατούσαν στην περιοχή μελέτης κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων. Τέλος, έγινε χρήση συνοπτικών χαρτών στα 925 hPa, 850 hPa και 700 hPa (που ελήφθησαν από το NCEP-NCAR Reanalysis Project) για τις ημέρες των επεισοδίων, με σκοπό τον προσδιορισμό των κυριότερων συνοπτικών καταστάσεων που επικρατούν σε κάθε Σταθμό κατά τις ημέρες των επεισοδίων. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι υπάρχει αρκετά μεγάλη μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών των επεισοδίων αερολυμάτων στην περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση των επεισοδίων χονδρών αερολυμάτων (σκόνης ή θαλάσσιου άλατος) κατά μέσον όρο, συμβαίνουν από περίπου 14 έως 28 επεισόδια ανά έτος, με μεγαλύτερη συχνότητα κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο. Τα επεισόδια αυτά διαρκούν από 1.2 έως 2 ημέρες και είναι μεγαλύτερης διάρκειας κατά την άνοιξη (3 ημέρες). Σε ότι αφορά στην ένταση των επεισοδίων, εκπεφρασμένη σε τιμές οπτικού πάχους AOT<sub>1020nm</sub>, αυτή ποικίλλει από 0.2 έως 0.6, με ισχυρά επεισόδια σε Σταθμούς κοντά σε ερημικές περιοχές. Μάλιστα, τα επεισόδια αυτά είναι πιο έντονα κατά την άνοιξη. Γενικά, διαπιστώθηκε ότι η άνοιξη είναι η εποχή η οποία ευνοεί την εκδήλωση περισσότερων και πιο έντονων επεισοδίων χονδρού τύπου αερολυμάτων στη λεκάνη της Μεσογείου.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί ένα προκαταρκτικό στάδιο, ιδιαίτερα σε ότι αφορά το δεύτερο τμήμα της, το οποίο ανοίγει νέες προοπτικές για τη συνέχιση και συμπλήρωσή της. Με δεδομένο ότι ο αριθμός των Σταθμών AERONET στη λεκάνη της Μεσογείου αυξάνεται συνεχώς, ενώ επιμηκύνεται και η χρονική περίοδος διαθεσιμότητας των δεδομένων AOT, ο όγκος των δεδομένων μπορεί να αυξηθεί με σκοπό την εξαγωγή ασφαλέστερων και πιο ενημερωμένων συμπερασμάτων. Επιπλέον, είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον να επιχειρηθεί σε δεύτερο στάδιο μια προσπάθεια ομαδοποίησης των αποτελεσμάτων ανά περιοχή (π.χ. ανατολική ή δυτική λεκάνη της Μεσογείου) και σύγκριση μεταξύ τους. Αυτό, ωστόσο, κρίνεται εκ πρώτης όψεως λίγο δύσκολο βάσει των αποτελεσμάτων που υπολογίστηκαν στην παρούσα εργασία, λόγω της μεγάλης και μη συστηματικής διαφοροποίησης από Σταθμό σε Σταθμό. Επιπλέον, η φύση της αναπτυχθείσας μεθοδολογίας παρέχει τη δυνατότητα τροποποίησης του επιπέδου αποκοπής (cut-off level), ώστε να



διαπιστωθεί η ευαισθησία των συμπερασμάτων που εξήχθησαν στην εργασία αυτή στην αλλαγή του επιπέδου αποκοπής. Τέλος, η διαθεσιμότητα σύγχρονων δορυφορικών δεδομένων αερολυμάτων για την περιοχή της Μεσογείου, παρέχει τη δυνατότητα σύγκρισης και αξιολόγησης της μεθοδολογίας που στηρίχθηκε σε επίγεια δεδομένα AOT AERONET, με τη χρήση αντίστοιχων δορυφορικών δεδομένων.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andreae, M.O., 1994. Climatic effects of changing atmospheric aerosol levels. In: World Survey of Climatology, Vol. XVI: Future Climates of the World, Henderson-Sellers (ed.), Elsevier, Amsterdam.

Balkanski, Y. J., D. J. Jacob, G. M. Gardner, W. C. Graustein, and K. K. Turekian, 1993: Transport and residence times of tropospheric aerosols inferred from a global three-dimensional simulation of  $^{210}\text{Pb}$ . *J. Geophys. Res.*, 98, 20 573–20 586.

Boucher, O. and Anderson, T. L. 1995. General circulation model assessment of the sensitivity of direct climate forcing by anthropogenic sulfate aerosols to aerosol size and chemistry. *J. Geophys. Res.* 100, 26 117–26 134.

Chamberlain, A.C., 1991. *Radioactive Aerosols*. Cambridge University Press, New York, 255 pp.

Charlson, R. J., S. E. Schwartz, J. M. Hales, R. D. Cess, J. A. Coakley, Jr., J. E. Hansen, and D. J. Hofmann. Climate forcing by anthropogenic aerosols, *Science*, 255, 423-430, 1992.

Charlson, R. J., Langner, J., Rodhe, H., Levt, C. and Warren, S. 1991. Perturbation of the Northern Hemisphere radiative balance by backscattering from anthropogenic sulfate aerosols. *Tellus* 43AB, 152–163.

Chiapello, I., J.M.Prospero, J.Herman, and C.Hsu. Nimbus-7/TOMS detection of mineral aerosols over the North Atlantic ocean and Africa. *J.Geophys.Res.*, 104, 9277-9292, 1999a.

Chiapello, I., G.Bergametti, B.Chatenet, F.Dulac, C.Moulin, A.Vermeulen, C.Devaux, I.Jankowiak and E.Santos Soares, Contribution of the different aerosol species to the aerosol optical depth over the Northeastern Tropical Atlantic, *J.Geophys.Res.*, 104, 4025-4033, 1999b.

Chiapello, I., G.Bergametti, B.Chatenet, P.Bousquet, F.Dulac, and E.Santos Soares, Origins of African dust transported over the North-Eastern Tropical Atlantic, *J.Geophys. Res.*, 102, 13701-13709, 1997.

Chin, M., Ginoux, P., Kine, S., Torres, O., Holben, B. N., Duncan, B. N., Martin, R. V., Logan, J. A., Higurashi, A. and Nakajima, T. 2002. Tropospheric aerosol optical thickness from the GOCART model and comparisons with satellite and Sun photometer measurements. *J. Atmos. Sci.* 59, 461–483.

Coakley, A., Jr, and Cess, R. 1985. The two-stream approximation in radiative transfer. Including the angle of the incident radiation. *J. Atmos. Sci.* 32, 409–418.

D'Almeida, G.A., 1991: *Atmospheric aerosols : Global climatology and radiative characteristics*. A. Deepak Pub., Hampton, Va., USA.



Dubovik, O. and M. D. King, 2000: A flexible inversion algorithm for retrieval of aerosol optical properties from Sun and sky radiance measurements," *J. Geophys. Res.*, 105, 20 673-20 696.

Dudhia, J., 1993: A nonhydrostatic version of the Penn State/NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and clod front. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 1493-1513.

Dulac, F., Tarré, D., Bergametti, G., Buat-Ménard, P., Desbois, M. and Sutton, D. 1992. Assessment of the African airborne dust over the western Mediterranean Sea using Meteosat data. *J. Geophys. Res.* 97, 2489–2506.

Hatzianastassiou, N., B. Katsoulis, I. Vardavas, 2004a. Global distribution of aerosol direct radiative forcing in the ultraviolet and visible arcing under clear skies, *Tellus*, 56B, 51-71.

Hatzianastassiou, N., B. Katsoulis, I. Vardavas, 2004b. Sensitivity analysis of aerosol direct radiative forcing in ultraviolet-visible wavelengths and consequences for the heat budget, *Tellus*, 56B, 368-381.

Haywood, J.M., R. Stouffer, R. Wetherald, S. Manabe and V. Ramaswamy, 1997: Transient response of a coupled model to estimated changes in greenhouse gas and sulphate concentrations. *Geophys. Res. Lett.* , 24, 1335- 1338.

Haywood, J.M., D.L. Roberts, A. Slingo, J.M. Edwards, and K.P. Shine, 1997a: General circulation model calculations of the direct radiative forcing by anthropogenic sulphate and fossil-fuel soot aerosol. *J. Clim.*, 10, 1562-1577.

Haywood, J.M., V. Ramaswamy, and L.J. Donner, 1997b: A limited-area-model case study of the effects of sub-grid scale variations in relative humidity and cloud upon the direct radiative forcing of sulfate aerosol. *Geophys. Res. Lett.*, 24, 143-146.

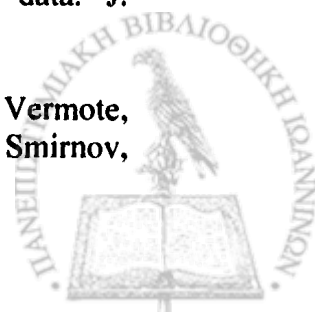
Haywood, J.M., M.D. Schawrzkopf and V. Ramaswamy, 1998: Estimates of radiative forcing due to modeled increases in tropospheric ozone. *J. Geophys. Res.*, 103, 16999-17007.

Haywood, J.M., V. Ramaswamy, and B.J. Soden, 1999: Tropospheric aerosol climate forcing in clear-sky satellite observations over the oceans. *Science*, 283, 1299-1303.

Herman, M., J. L. Deuzé, P. Goloub, F. M. Bréon, and D. Tarré, 1997: Remote sensing of aerosols over land surfaces including polarization measurements and application to POLDER measurements. *J. Geophys. Res.*, 102, 17039-17049.

Herman, J. R., Barthia, P. K., Torres, O., Hsu, C., Seftor, C. and Celarier, E. 1997. Global distributions of UV-absorbing aerosols from Nimbus7/TOMS data. *J. Geophys. Res.* 102, 16 911–16 923.

Holben, B. N., T. F. Eck, I. Slutsker, D. Tarré, J. P. Buis, A. Stezer, E. Vermote, J. A. reagan, U. J. Kaufman, T. Nakajima, F. Lavenu, I. Jankowiak, and A. Smirnov,



1998: AERONET-A federated instrument network and data archive for aerosol characterization. *Remote Sens. Environ.*, 66, 1-16.

Holben, B. N. And co-authors. 2001. An emerging ground based aerosol climatology: Aerosol optical depth from AERONET, *J. Geophys. Res.*, 106, 12067-12097.

Holben, B.N., D.Tanre, A.Smirnov, T.F.Eck, I.Slutsker, N.Abuhasan, W.W.Newcomb, J.Schafer, B.Chatenet, F.Lavenue, Y.J.Kaufman, J.Vande Castle, A.Setzer, B.Markham, D.Clark, R.Frouin, R.Halthore, A.Karnieli, N.T.O'Neill, C.Pietras, R.T.Pinker, K.Voss, and G.Zibordi. 2001: An emerging ground-based aerosol climatology: Aerosol Optical Depth from AERONET, *J. Geophys. Res.*, 106, 12 067-12 097.

Holben, B.N., O.Dubovik, A.Smirnov, T.F.Eck, N.Abuhasan, I.Slutsker, W.Newcomb, D.Tanre, Y.Kaufman, N.T.O'Neill, M.King and T.Nakajima. Aerosol optical properties climatology at selected globally distributed sites from AERONET, The CCSR COE Symposium/3rd Aerosol-Cloud Remote Sensing Workshop, Kyoto, Japan, December 1-3, 1999.

Holben, B.N., D.Tanre, A.Smirnov, T.F.Eck, I.Slutsker, O.Dubovik, N.Abuhasan, Optical properties of aerosols from long term ground-based measurements from AERONET, International Symposium Ocean color, Land surfaces, radiation and clouds, Aerosols: the contribution of POLDER and new generation spaceborne sensors to global climate studies, Meribel, France, January 18-22, 1999

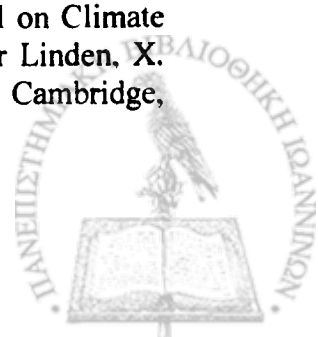
Holben, B.N., D.E.Ward, R.A.Susott, T.F.Eck et al., 2000: Intercomparison of biomass burning aerosol size distribution retrievals with airborne vertical profile measurements of aerosol mass concentration in Zambia (in preparation).

Holben B.N., T.F.Eck, I.Slutsker, D.Tanre, J.P.Buis, A.Setzer, E.Vermote, J.A.Reagan, Y.Kaufman, T.Nakajima, F.Lavenu, I.Jankowiak, and A.Smirnov, 1998: AERONET - A federated instrument network and data archive for aerosol characterization, *Rem. Sens. Environ.*, 66, 1-16

Holben, B.N. et. al., 1996: Temporal and spatial variability of aerosol loading and properties during the Amazon, North American temperate, and Boreal forest burning seasons, *Biomass Burning and Global Change*, Vol. 2, ed. by J.S.Levine, 618-636.

Holben, B. N., A.Setzer, T.F.Eck, A.Pereira, and I.Slutsker, 1996: Effect of dry-season biomass burning on Amazon basin aerosol concentrations and optical properties, 1992-1994, *J. Geophys. Res.*, 101, 19 465-19 481

IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.





John M. Wallace, and Peter V. Hobbs, 1977. Atmospheric Science – AN INTRODUCTORY SURVEY. ACADEMIC PRESS, INC. 143 pp.

Jones, A., Roberts, D. L. and Slingo, A. 1994. A climate model study of the indirect radiative forcing by anthropogenic sulfate aerosols. *Nature* 370, 450–453.

Jones, R.G., J.M. Murphy and M. Noguer, 1995: Simulation of climate change over Europe using a nested regional climate model. Part I: Assessment of control climate including sensitivity to location of lateral boundaries. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 121, 1413-1449.

Jones, P.D., 1994: Hemispheric surface air temperature variations: a reanalysis and an update to 1993. *J. Climate*, 7, 1794-1802.

Joseph, J. H., Wiscombe, W. J. and Weinmann, J. A. 1976. The Delta-Eddington approximation of radiative flux transfer. *J. Atmos. Sci.* 33, 2452–2459.

Kiehl, J.T., T.L. Schneider, P.J. Rasch, M.C. Barth and J. Wong, 2000: Radiative forcing due to sulphate aerosols from simulations with the NCAR community model (CCM3). *J. Geophys. Res.*, 105, 1441-1458.

Kiehl, J.T. and B.P. Briegleb, 1993: The relative roles of sulfate aerosols and greenhouse gases in climate forcing. *Science* 260, 311-314.

Kahle, A. B. and Deirmendjan, D. 1973. The black cloud experiment. Rep. R-1263-ARPA, Rand, Santa Monica, CA.

Lelieveld, L. and co-authors, 2001. Global air pollution crossroads over the Mediterranean, *Science*, 298, 794-799.

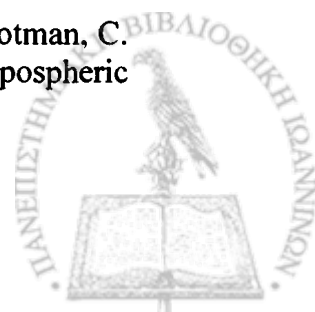
Lelieveld, L. and co-authors, 2002. Global air pollution crossroads over the Mediterranean. *Science* 298, 794–799.

Li, X., Maring, H., Savoie, D., Voss, K. and Prospero, J. M. 1996. Dominance of mineral dust in aerosol light-scattering in the North Atlantic trade winds. *Nature* 380, 416–419.

Li, X., S. A. Christopher, J. Zhang, J. Chou, K-S Kuo, R. M. Welch, J. S. Reid, T. F. Eck, S-K Yang, and B. N. Holben, 2000: Single scattering albedo of smoke aerosols estimated from NOAA-14 AVHRR measurements, submitted to *J. Geophys. Res.*

Mishchenko, M. J., J. V. Georgdzhayer, B. Cairns, W. B. Rossow, A. A. Lacis, 1999. Aerosol retrievals over the ocean by use of channels 1 and 2 AVHRR data: Sensitivity analysis and preliminary results, *Appl. Opt.*, 38, 7325-7341.

Penner, J.E., D. Bergmann, J.J. Walton, D. Kinnison, M.J. Prather, D. Rotman, C. Price, K.E. Pickering, S.L. Baughcum, 1998a: An evaluation of upper tropospheric NO<sub>x</sub> with two models. *J. Geophys. Res.*, 103, 22,097-22,114.



Penner, J.E., C.C. Chuang and K. Grant, 1998b: Climate forcing by carbonaceous and sulphate aerosols. *Clim. Dyn.*, 14, 839-851.

Perry, K.D., T.A.Cahill, R.C.Schnell, and J.M.Harris, Long-range transport of anthropogenic aerosols to the National Oceanic and Atmospheric Administration baseline station at Mauna Loa Observatory, Hawaii, *J.Geophys.Res.*, 104, 18521-18533, 1999.

Peter V. Hobbs, 1993. *Aerosol-Cloud-Climate Interactions*. ACADEMIC PRESS, INC. 75 pp.

Pruppacher, H. R., and J. D. Klett, 1997: *Microphysics of Clouds and Precipitation*, 2d ed. Kluwer, 954 pp.

Torres, O., P. K. Bhartia, J. R. Herman, Z. Ahmad and J. Gleason, 1998: Derivation of aerosol properties from satellite measurements of backscattered ultraviolet radiation: Theoretical basis. *J. Geophys. Res.*, 103, 17099-17110.

Torres, O., and co-authors, 2002. A long-term record of aerosol optical depth from TOMS observations and comparison to AERONET measurements. *J. Atmos. Sci.*, 59, 398-413.

Tegen, I. and A.A. Lacis, 1996: Modelling of particle size distribution and its influence on the radiative properties of mineral dust aerosol. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 101, 19237-19244.

Tegen, I., A.A. Lacis and I. Fung, 1996: The influence on climate forcing of mineral aerosols from disturbed soils *Nature*, 380, 419-422.

Seinfeld J. H. and Pandis S. N. (1998) *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. J. Wiley, New York.

Seinfeld, J.H., *Aerosols: Formation and Microphysics in the Troposphere*, in *Handbook of Weather, Climate, and Water*, T. Potter and B. Colman, editors, McGraw-Hill, New York, 215-225 (2003).

Schwartz, S. E., 1996: The whitehouse effect - Shortwave radiative forcing of climate by anthropogenic aerosols: An overview, *J. Aer. Sci.*, 27, 359-383.

Schwartz, S.E., and A. Slingo, 1996: Enhanced shortwave cloud radiative forcing due to anthropogenic aerosols. In *Clouds, Chemistry and Climate*, P. J. Crutzen and V. Ramanathan, Eds., NATO ASI Series, Vol. I 35, Springer-Verlag, Berlin, 191-236.

Shaw, G.E., Transport of Asian desert dust to the Hawaiian Islands, *J.Appl.Meteor.*, 19, 1254-1259, 1980.

Shaw, G.E., Sunphotometry, *Bull.Am.Meteor.Soc.*, 64, 4-10, 1983.



Stowe, L. L., A. M. Ignatov, R. R. Singh, 1997. Development, validation, and potential enhancement to the second-generation operational aerosol product at the National Environment Satellite, Data and Information Service of NOAA, *J. Geophys. Res.*, 102, 16923-16934.

Takemura T; Nakajima T; Dubovik O; Holben BN; Kinne S., 2002: Single-scattering albedo and radiative forcing of various aerosol species with a global three-dimensional model. *J. Climate*, 15, No. 4, 333-352.

Twomey, S. 1974. Pollution and planetary albedo. *Atmos. Environ.* 8, 1251-1256.



## **Ιστοσελίδες στο Παγκόσμιο Δίκτυο (INTERNET)**

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

<http://www.ipcc.ch/>

Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)

<http://jwocky.gsfc.nasa.gov/>

Global Aerosol Climatological Project (GACP)

<http://gacp.giss.nasa.gov/>

Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

<http://modis.gsfc.nasa.gov/>

Aerosol Robotic Network (AERONET)

<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>

Global Aerosol Data Set (GADS)

<http://www.lrz-muenchen.de/~uh234an/www/radaer/gads.html>



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-1**  
**Συνοπτική ταξινόμηση**

Στους επόμενους τρεις πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συνοπτικής ταξινόμησης για τους 14 Σταθμούς της Μεσογείου και για τις στάθμες των 925, 850 και 700hPa. Η ταξινόμηση έγινε βάση των αποτελεσμάτων του μοντέλου οπισθοπορείας HYSPLIT. Με βάση το μοντέλο αυτό προσδιορίστηκε η προέλευση των αερίων μαζών για 4 ημέρες πριν από την ημέρα έναρξης του επεισοδίου αερολυμάτων στα ύψη των 500, 1500 και 2500 m.

Πίνακας Π-1. Συνοπτική ταξινόμηση (επίπεδο 925 hPa) για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 1020 nm.

ΣΤΑΘΜΟΣ	A	B	C	D	E
Oristano	18	18	10	10	10
Lambedusa	40	20	20	20	
Modena	27	18	9	9	9
Nes Ziona	34	18	16	11	7
Thala	29	14	14	7	7
Rome Tor Vergata	15	15	15	8	8
Sede Boker	30	20	14	13	8
Ispira	21	18	17	10	9
Venise	22	16	13	8	8
Dead Sea	50	25	25		
Avignon	18	15	13	13	13
El Arenosillo	21	17	17	13	8
Ims Metu Erdemli	23	16	13	13	10
Forth Crete	17	17	17	17	17



Πίνακας Π-2. Συνοπτική ταξινόμηση (επίπεδο 850 hPa) για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 1020 nm.

ΣΤΑΘΜΟΣ	A	B	C	D	E
Oristano	30	22	20	10	8
Lambedusa	40	20	20	20	
Modena	27	18	18	18	9
Nes Ziona	39	27	7	7	5
Thala	36	21	14	7	7
Rome Tor Vergata	31	23	15	8	8
Sede Boker	43	19	13	8	4
Ispra	29	21	11	9	6
Venise	37	13	10	6	6
Dead Sea	50	25	25		
Avignon	40	15	10	10	10
El Arenosillo	29	13	13	8	8
Ims Metu Erdemli	45	13	13	6	6
Forth Crete	50	17	8	8	8

Πίνακας Π-3. Συνοπτική ταξινόμηση (επίπεδο 700 hPa) για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 1020 nm.

ΣΤΑΘΜΟΣ	A	B	C	D	E
Oristano	38	28	10	10	8
Lambedusa	40	40	20		
Modena	63	18	9	9	
Nes Ziona	39	36	9	5	5
Thala	43	21	14	7	7
Rome Tor Vergata	31	23	15	15	8
Sede Boker	36	31	9	4	4
Ispra	43	21	8	7	5
Venise	46	19	10	8	6
Dead Sea	50	50			
Avignon	40	20	10	10	8
El Arenosillo	29	25	17	13	8
Ims Metu Erdemli	55	16	6	6	6
Forth Crete	58	25	8	8	

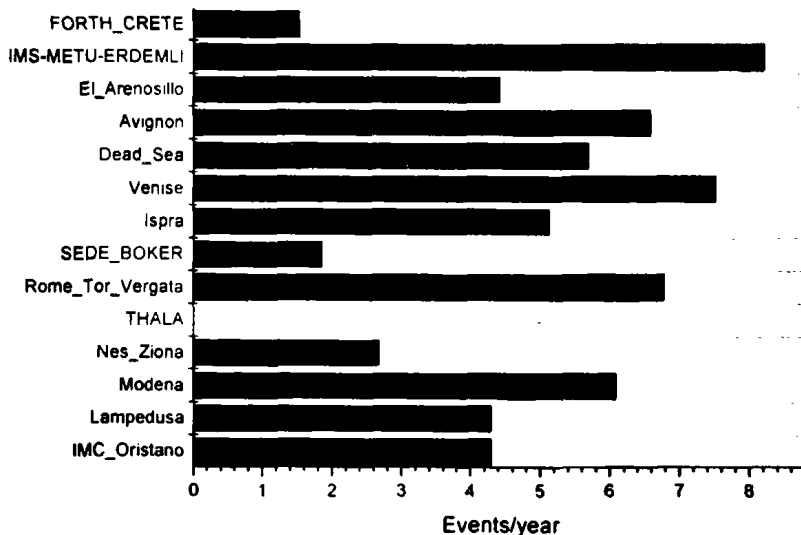


## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-2

### Αποτελέσματα ανάλυσης για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 440 nm

Η μελέτη αυτή είναι ακριβώς αντίστοιχη με τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 1020 nm, με τη μόνη διαφορά ότι έγινε χρήση τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 440 nm. Τα περισσότερα από τα επεισόδια που προσδιορίστηκαν με αυτήν τη μελέτη, ήταν κοινά με τα επεισόδια που παρουσιάστηκαν για τα επεισόδια στα 1020 nm. Ως εκ τούτου απομονώσαμε και μελετήσαμε μόνον τα επεισόδια εκείνα στα 440 nm που δε συμπίπτουν με τα επεισόδια στα 1020 nm. Αυτό, έχει ως πλεονέκτημα ότι, τα επεισόδια τα οποία παρουσιάζονται εδώ ουσιαστικά αναφέρονται σε λεπτές υφής αερολύματα (fine aerosols). Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ένας διαχωρισμός ανάμεσα στα επεισόδια λεπτών και χονδροειδών αερολυμάτων, γεγονός που είναι πολύ σημαντικό. Οι Σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν και στην ανάλυση αυτή, είναι οι ίδιοι με τους 14 Σταθμούς της ανάλυσης των 1020 nm (βλ. Πίνακα 2.2.2.1, Σχήμα 2.2.2.1).

#### Π.2.1 Συγκεντρωτική ανάλυση αποτελεσμάτων για όλους τους Σταθμούς

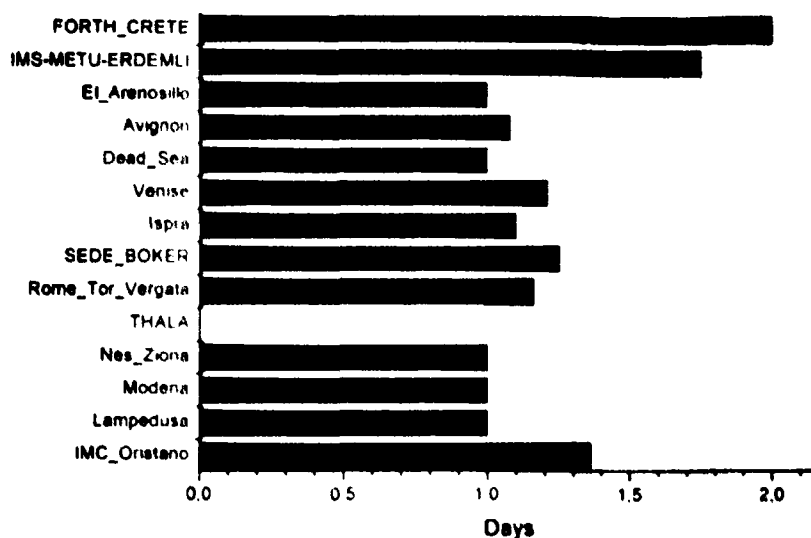


Σχήμα Π.2.1 Απόλυτος αριθμός επεισοδίων αερολυμάτων, βασισμένος στη μεθοδολογία με τη χρήση τιμών οπτικού πάχους αερολυμάτων στα 440 nm, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.

Στο Σχήμα Π.2.1 βλέπουμε πόσα επεισόδια ανά έτος αντιστοιχούν σε κάθε σταθμό. Ο σταθμός Erdemli έχει το μεγαλύτερο αριθμό επεισοδίων (8) ακολουθούν οι σταθμοί Venise, Rome Tor Vergata, Avignon, και Modena. Ο σταθμός Erdemli βρίσκεται στην Τουρκία όπου εκεί οι κάτοικοι κάνουν χρήση των ξύλων για καύση, παράγοντας έτσι μεγάλες ποσότητες ρύπων οι οποίοι φαίνονται ιδιαίτερα σε αυτό το μήκος κύματος (440 nm). Επίσης και οι βιομηχανικοί ρύποι επηρεάζουν το συγκεκριμένο μήκος κύματος, όπως βλέπουμε από τους σταθμούς που βρίσκονται στη βόρεια Ιταλία. Οι σταθμοί της Ιταλίας βρίσκονται στη περιοχή της βαριάς



βιομηχανίας της Ιταλίας, αντίθετα με το Avignon της Γαλλίας που βρίσκεται σε αγροτική περιοχή οπότε επηρεάζεται από τη καύση αγροτικών εκτάσεων.

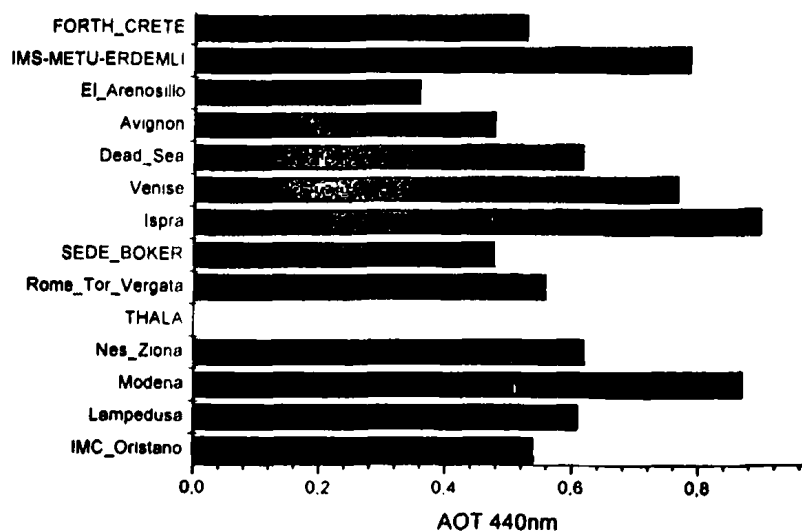


Σχήμα Π.2.2 Υπολογισθείσα μέση διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στα 440 nm για όλη την περίοδο του έτους, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.

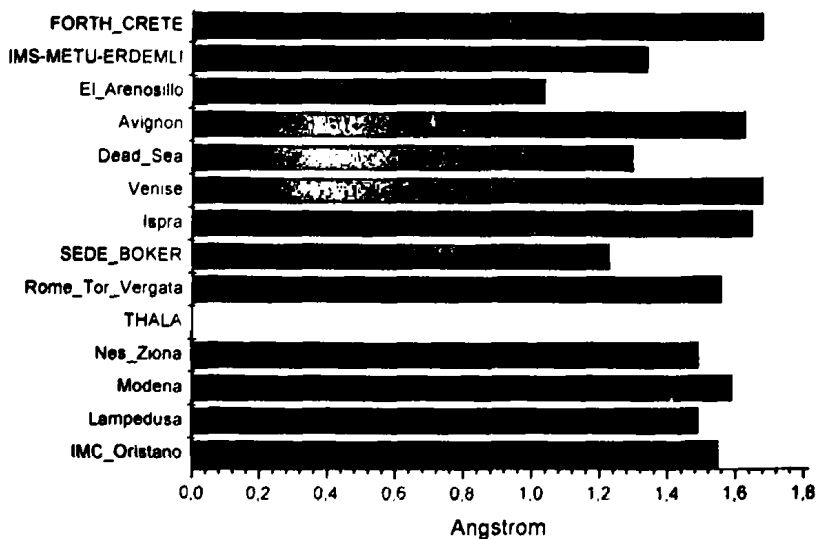
Στο Σχήμα Π.2.2 έχουμε τη μέση διάρκεια των επεισοδίων για κάθε σταθμό, όπως παρατηρούμε η διάρκεια των επεισοδίων είναι μεταξύ 1 έως 2 ημερών. Μεγαλύτερη διάρκεια έχουν τα επεισόδια του σταθμού Forth και Erdemli. Στο Σχήμα Π.2.3 απεικονίζεται η μέση ένταση του ΑΟΤ στα 440 nm όπου και πάλι παρατηρούμε ότι τις μεγαλύτερες τιμές έχουν οι σταθμοί Ispra, Modena, Erdemli και Venise. Στο Σχήμα Π.2.4 βλέπουμε πάλι τους παραπάνω σταθμούς να έχουν μέσες τιμές του παράγοντα Angstrom μεγαλύτερες από 1.6 επιβεβαιώνοντας έτσι ότι πρόκειται για σωματίδια καπνού.







Σχήμα Π.2.3 Υπολογισθείσα μέση ένταση των επεισοδίων αερολυμάτων (τιμές οπτικού πάχους) στα 440 nm, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.

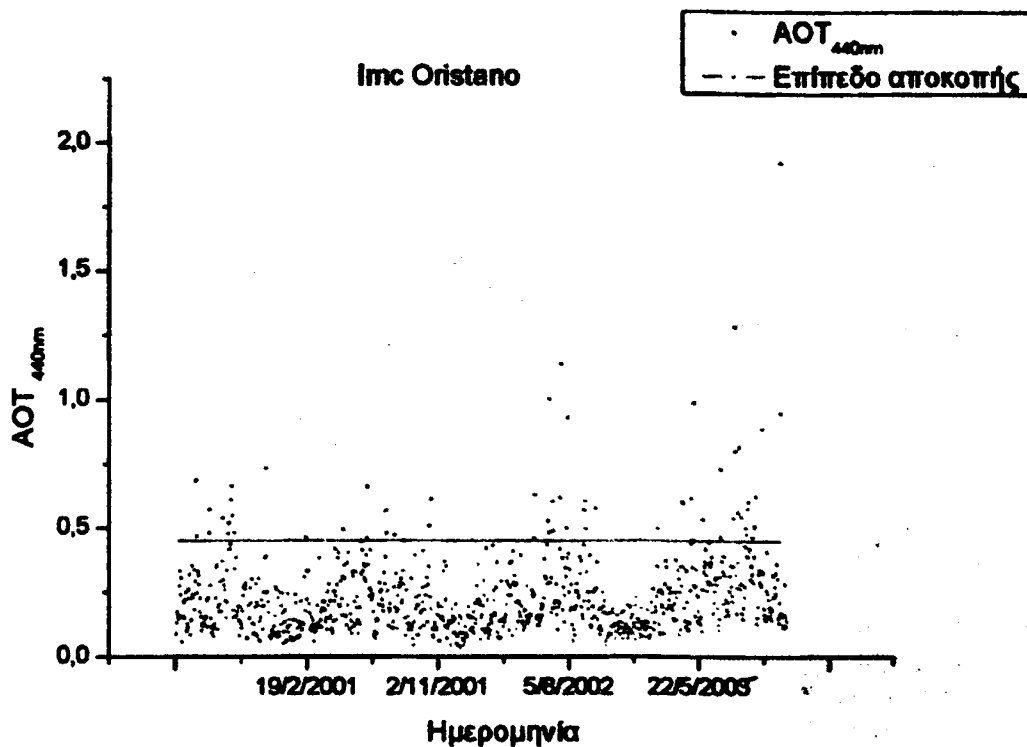


Σχήμα Π.2.4 Μέση τιμή παράγοντα Angström για τα επεισόδια αερολυμάτων στα 1020 nm, σε 14 Σταθμούς του δικτύου AERONET στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου.



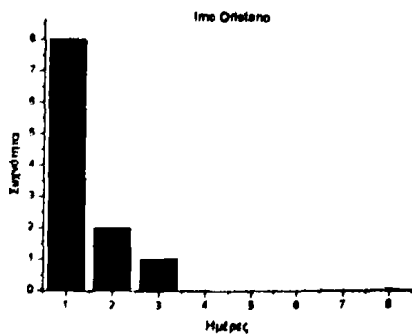
## Π.2.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων ανά Σταθμό

### Π.2.2.1 Σταθμός *Imc Oristano*

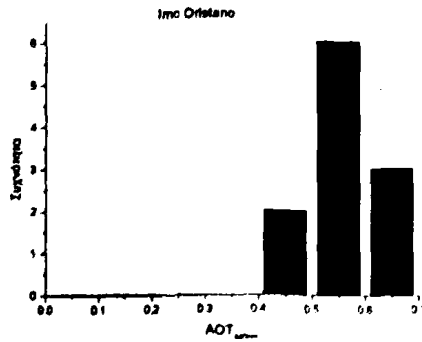


Σχήμα Π.2.2.1.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό *Imc Oristano* του AERONET.

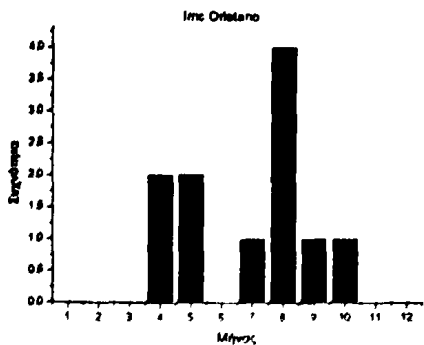
Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 30/05/2000 έως τις 21/10/2003 αποτελείται από 934 μέσες ημερήσιες τιμές. Τα δεδομένα είναι επεξεργασμένα δεδομένα επιπέδου 2. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 2,5 έτη και βρήκαμε 38 επεισόδια από τα οποία τα 11 δεν αντιστοιχούν στα 1020 nm.



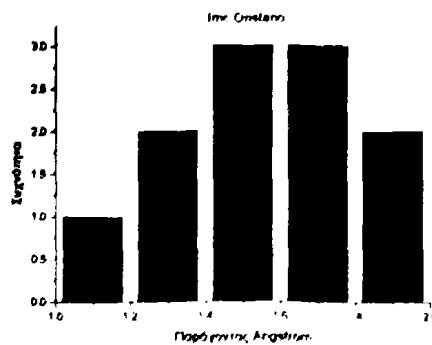
(α)



(β)



(γ)

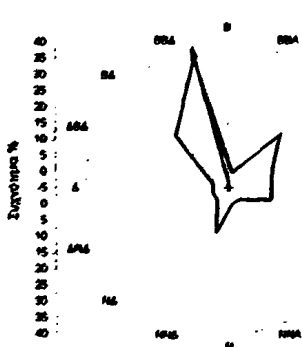


(δ)

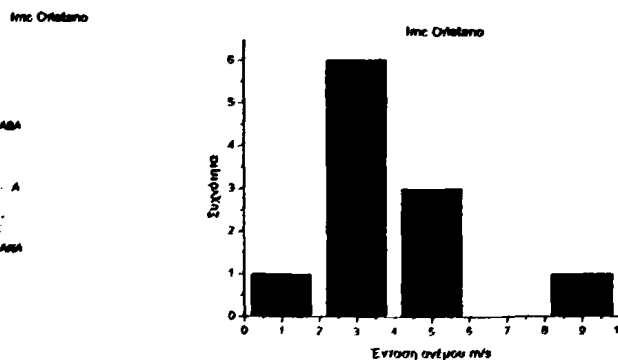
Σχήμα Π.2.2.1.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Imc Oristano του AERONET.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα ακολουθούν τα επεισόδια με 2 και 3 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.45 - 0.65. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.4 - 1.8 για όλα τα επεισόδια. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Αύγουστος και ακολουθεί ο Απρίλιος με το Μάιο.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 5 m/s και φτάνει μέχρι 9 m/s ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι ΒΒΔ.



(α)

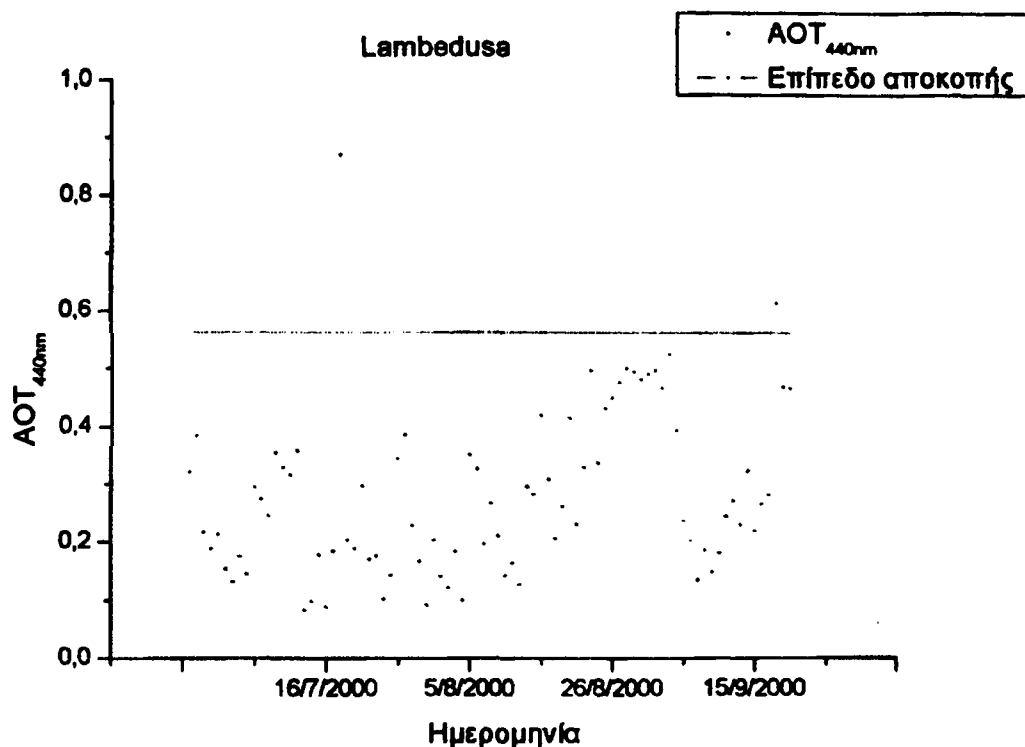


(β)

Σχήμα 2.2.2.1.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Imc Oristano κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.



### Π.2.2.2 Σταθμός *Lampedusa*



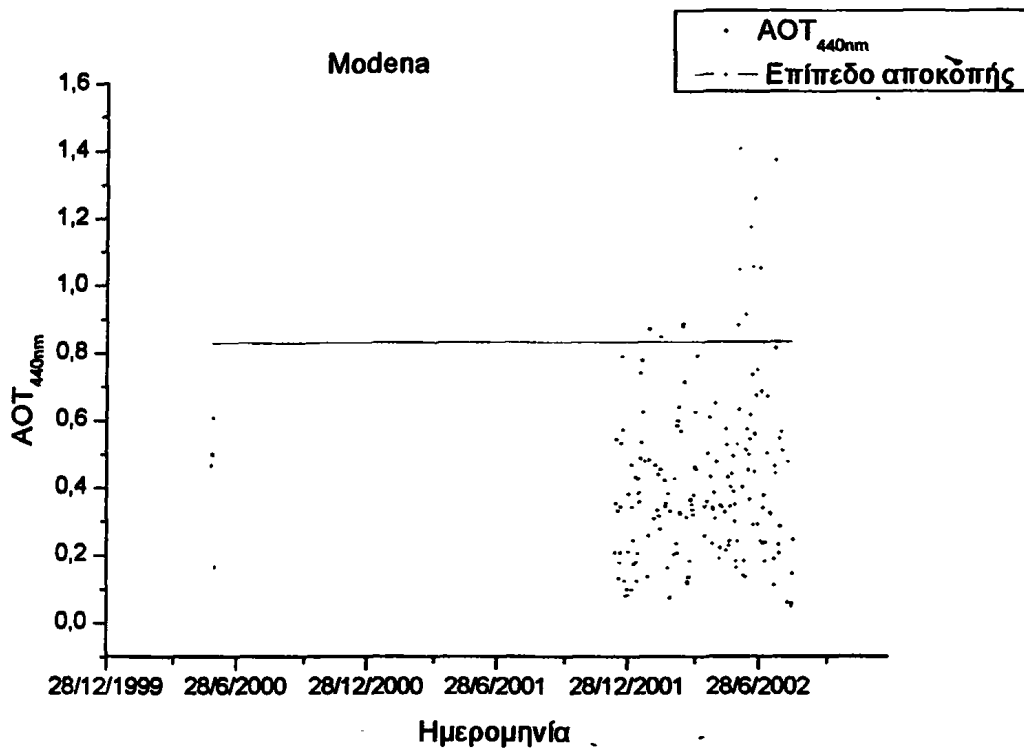
Σχήμα 2.2.2.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό *Lampedusa* του AERONET.

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 27/06/2000 έως τις 18/07/2001 αποτελείται από 85 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 0.2 έτη και βρήκαμε 2 επεισόδια από τα οποία μόνο ένα δεν είναι σε αντιστοιχία με την ανάλυση στα 1020 nm. Έχουμε ένα επεισόδιο διάρκειας 1 ημέρας, η ένταση του 0.61, ο παράγοντας Angström έχει τιμή 1.49 και ο μήνας που εμφανίζεται είναι ο Ιούλιος. Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 4.2 m/s και η διεύθυνση του στην ίδια στάθμη είναι βόρειο δυτική (ΒΔ). Η προέλευση των αερίων μαζών για το ύψος των 500, 1500 και 2500 m είναι ΒΔ.

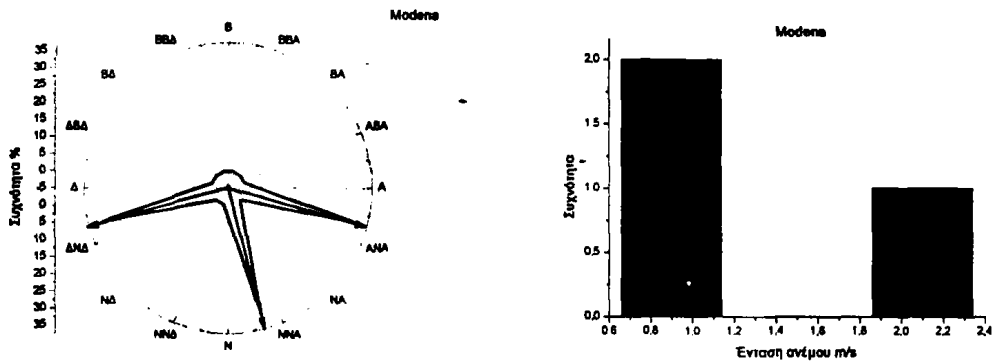
### Π.2.2.3 Σταθμός *Modena*

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 23/05/2000 έως τις 15/08/2002 αποτελείται από 180 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 0.5 έτη και βρήκαμε 11 επεισόδια από τα οποία τα 3 δεν έχουν αντιστοιχία με την ανάλυση στα 1020 nm.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των επεισοδίων είναι 1 ημέρα. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.8 – 1.0. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.3 και 1.7. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Ιούνιος και ακολουθεί ο Φεβρουάριος.



Σχήμα Π.2.2.3.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Modena του AERONET

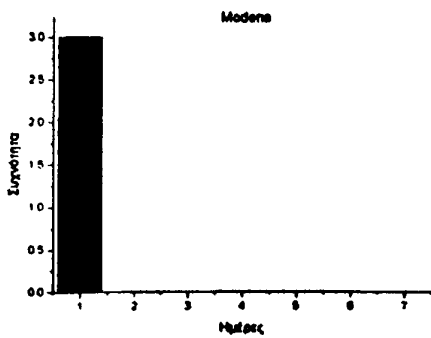


(α)

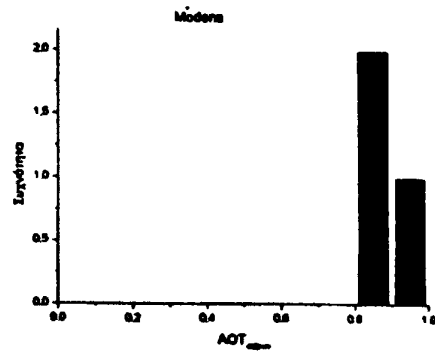
(β)

Σχήμα Π.2.2.3.2 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Modena κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

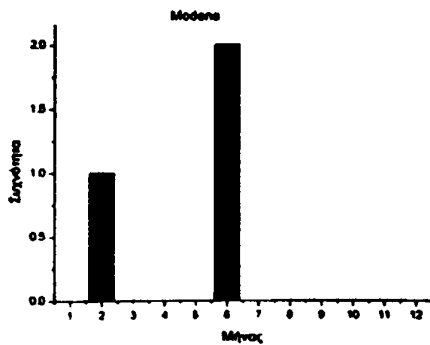
Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 2 m/s γενικά ασθενείς άνεμοι, με επικρατούσες διευθύνσεις στη ίδια στάθμη να είναι νότιο ανατολική (NA).



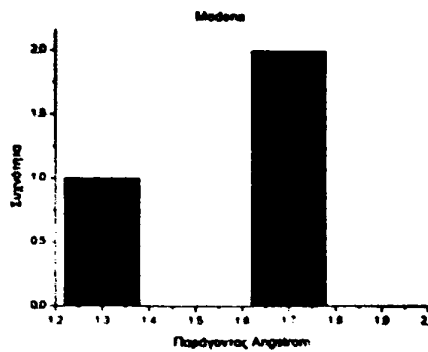
(α)



(β)



(γ)

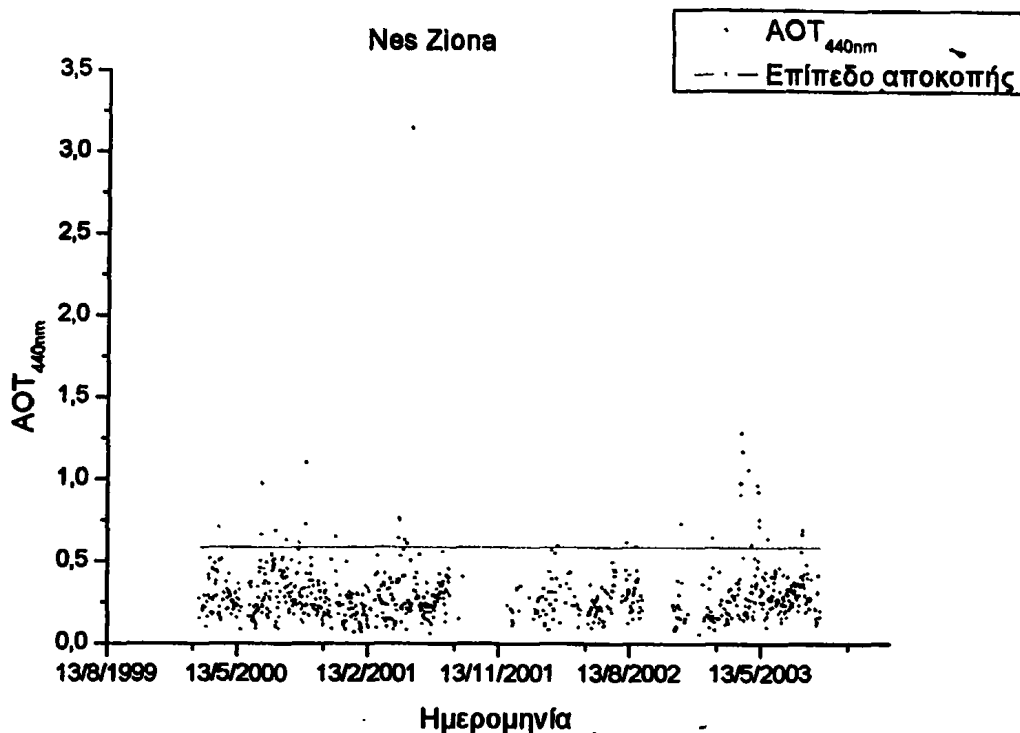


(δ)

Σχήμα Π.2.2.3.3 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angstrom κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Modena του AERONET.

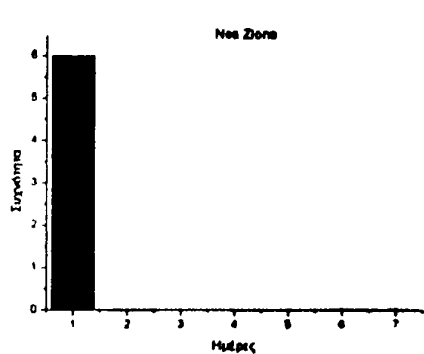
#### Π.2.2.4 Σταθμός Nes Ziona

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 24/02/2000 έως τις 15/09/2003 αποτελείται από 818 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 2.2 έτη και βρήκαμε 24 επεισόδια από τα οποία τα 5 δεν έχουν αντιστοιχία με την ανάλυση στα 1020 nm.

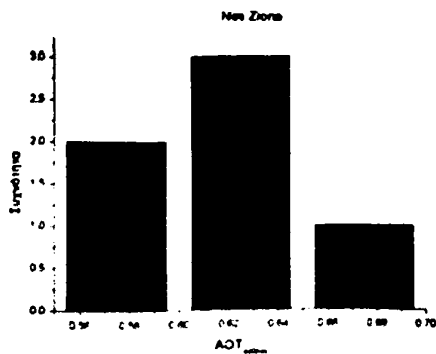


Σχήμα Π.2.2.4.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Nes Ziona του AERONET.

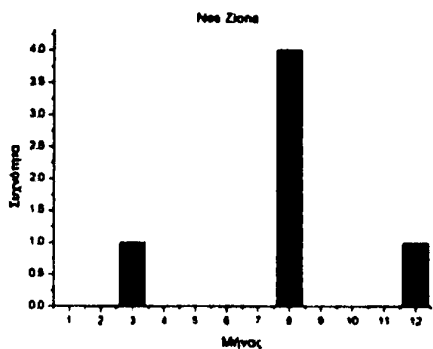
Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των επεισοδίων είναι 1 ημέρα. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.56 – 0.68. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.0 – 1.7. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Αύγουστος και ακολουθεί ο Δεκέμβριος και ο Μάρτιος.



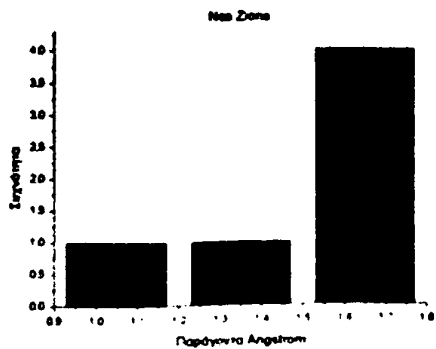
(α)



(β)

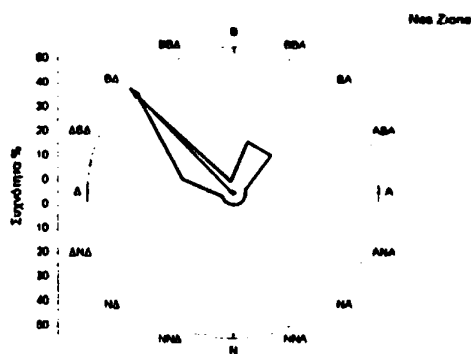


(γ)

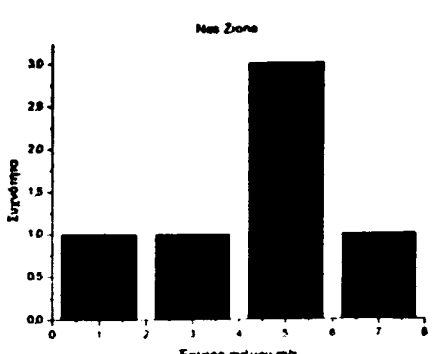


(δ)

Σχήμα Π.2.2.4.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angstrom κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Nes Ziona του AERONET.



(α)



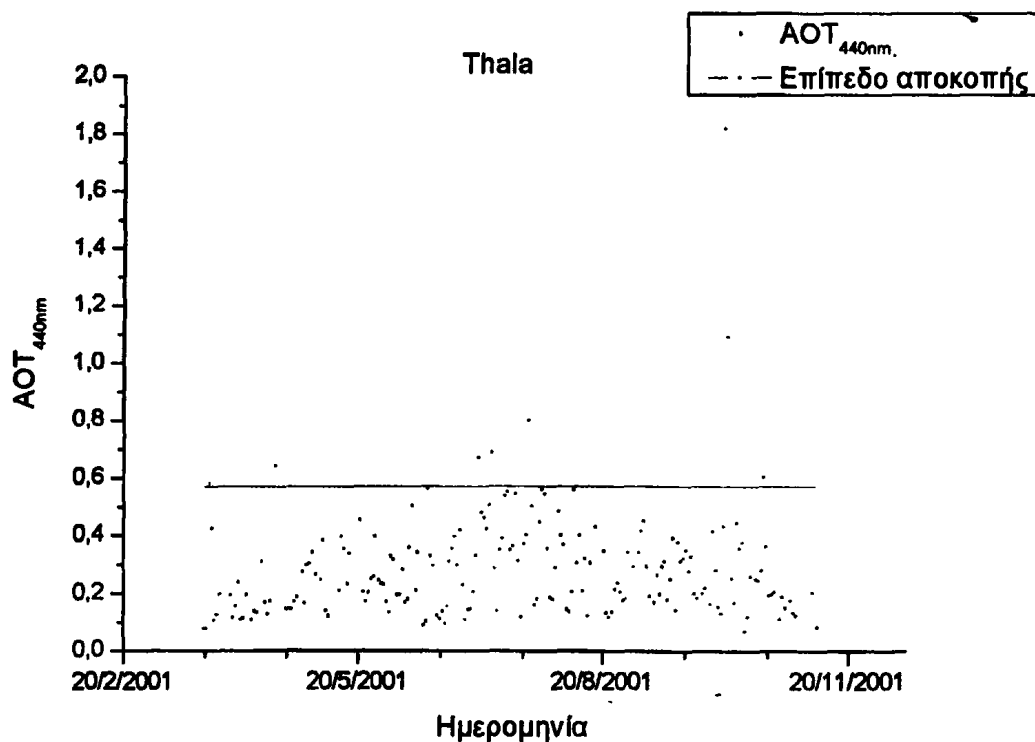
(β)

Σχήμα Π.2.2.4.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Nes Ziona κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 7 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι βόρειο δυτική (ΒΔ).



### Π.2.2.5 Σταθμός Thala

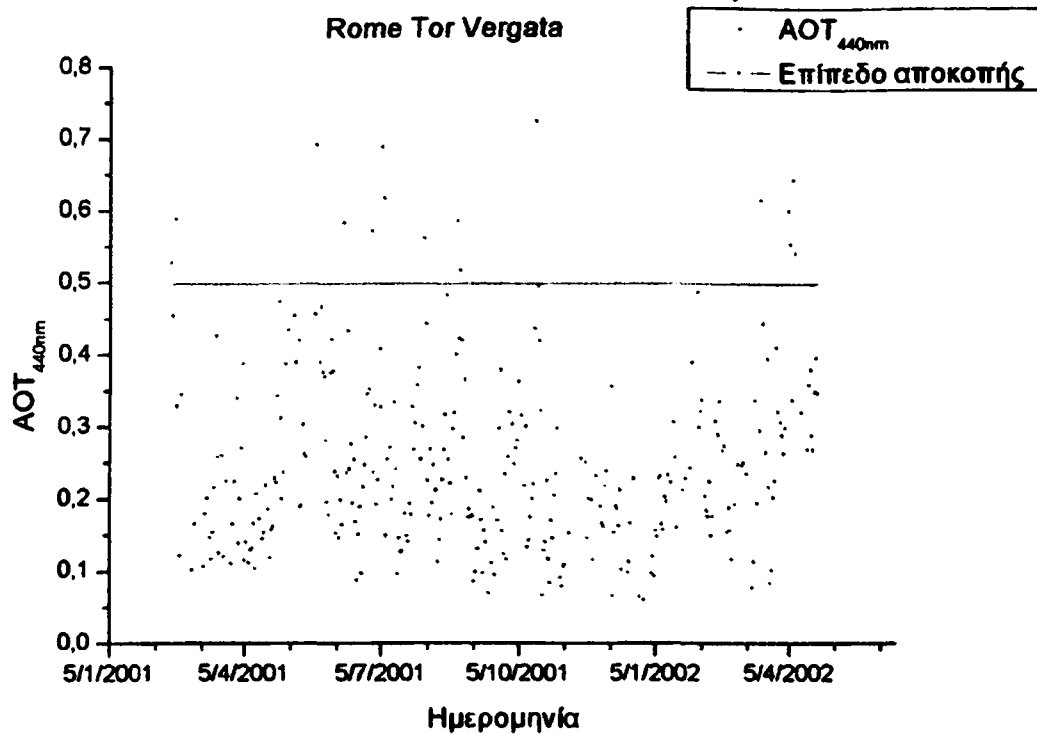


Σχήμα Π.2.2.5.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Thala του AERONET.

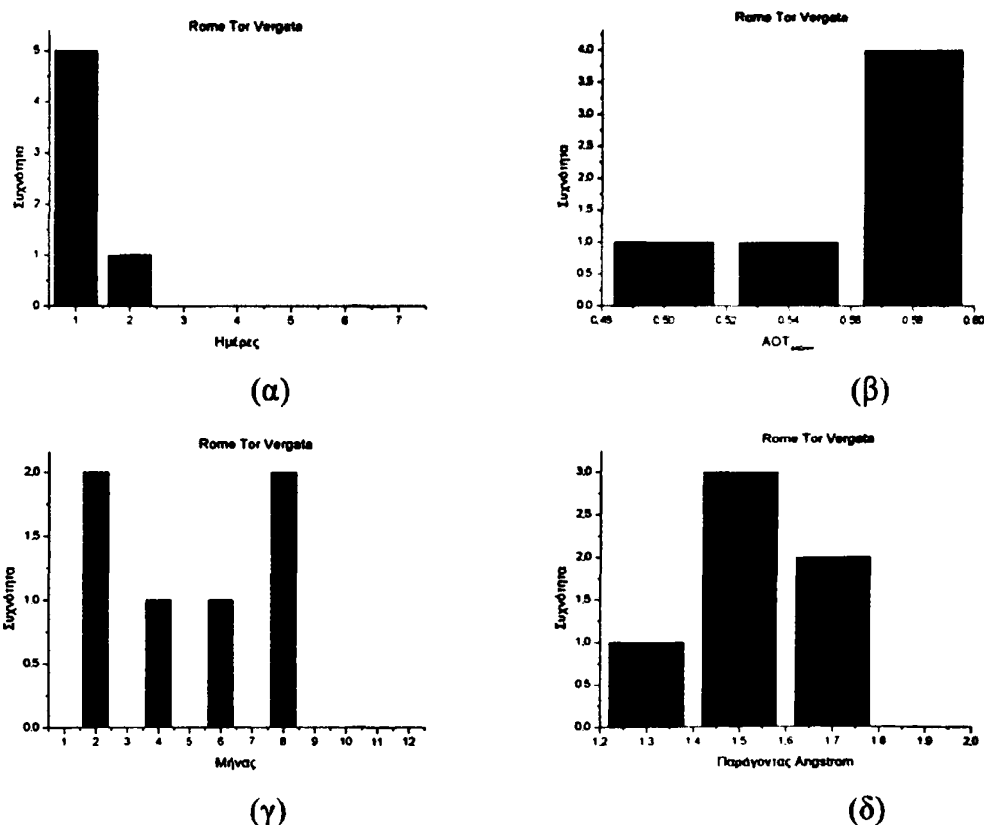
Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 23/03/2001 έως τις 09/11/2001 αποτελείται από 197 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 0,5 έτη και βρήκαμε 7 επεισόδια τα οποία όμως αντιστοιχούν όλα με αυτά που είχαμε από την ανάλυση για το οπτικό πάχος στα 1020 nm.

### Π.2.2.6 Σταθμός Rome Tor Vergata

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 15/02/2001 έως τις 24/04/2002 αποτελείται από 323 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 0.9 έτη και βρήκαμε 13 επεισόδια από τα οποία τα 6 δεν αντιστοιχούν με αυτά που βρήκαμε από την ανάλυση στα 1020nm.

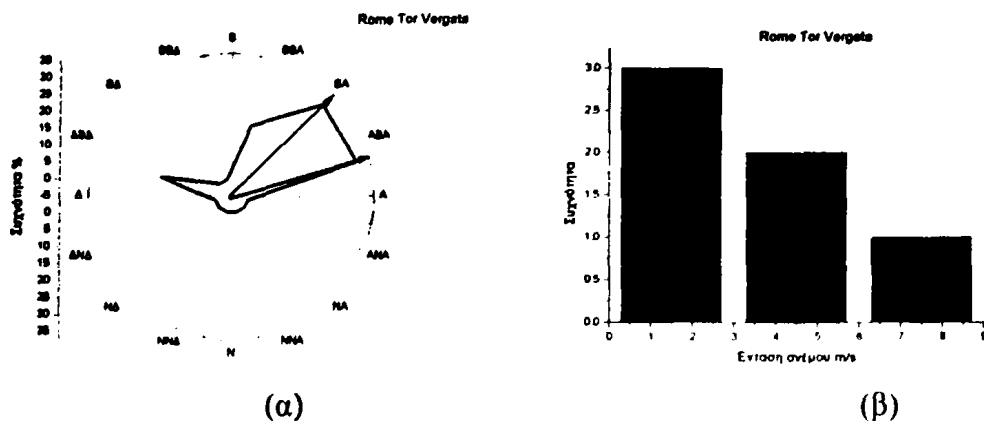


Σχήμα Π.2.2.6.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Rome Tor Vergata του AERONET.



Σχήμα Π.2.2.6.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Rome Tor Vergata του AERONET.

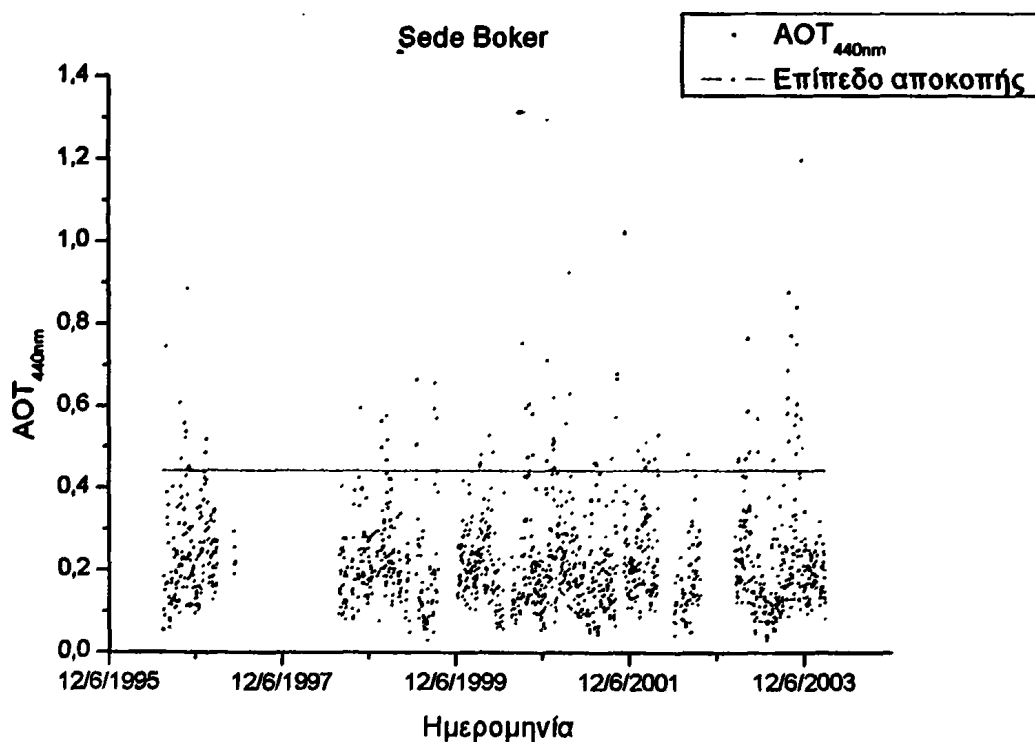
Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα ακολουθούν τα επεισόδια με 2 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.58 σαν επικρατούσα τιμή. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.5 και φτάνει μέχρι 1.7. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Αύγουστος και ο Φεβρουάριος.



Σχήμα Π.2.2.6.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Rome Tor Vergata κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 8 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι βόρειο ανατολική (BA).

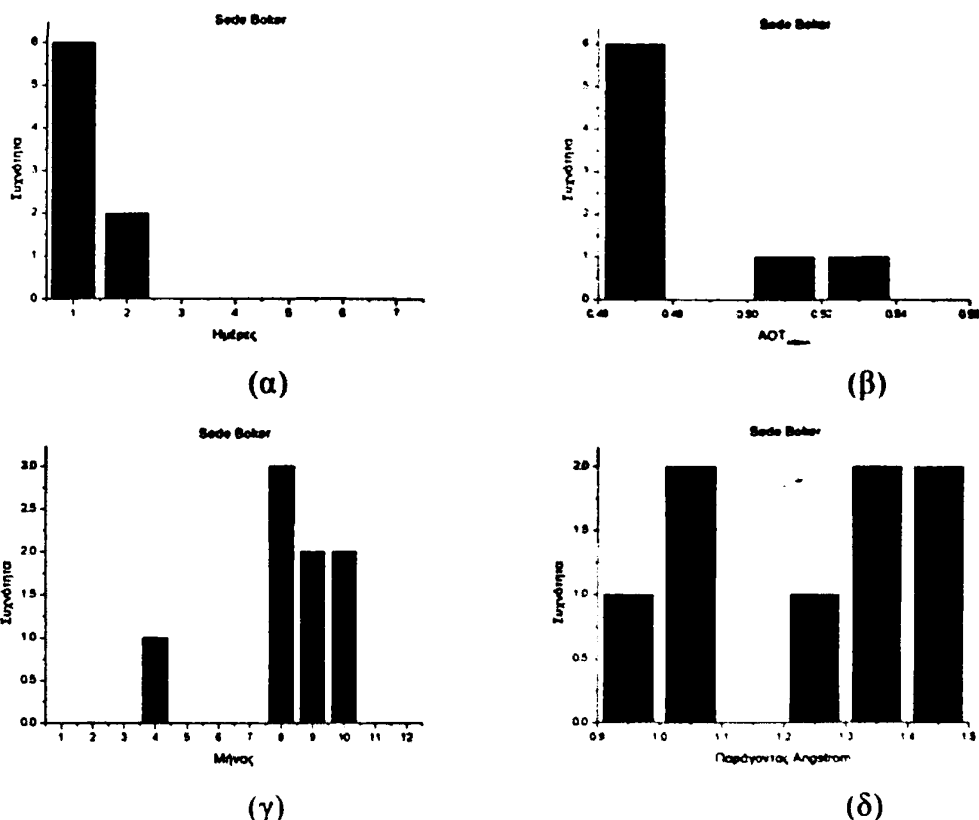
#### Π.2.2.7 Σταθμός Sede Boker



Σχήμα Π.2.2.7.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Sede Boker του AERONET.



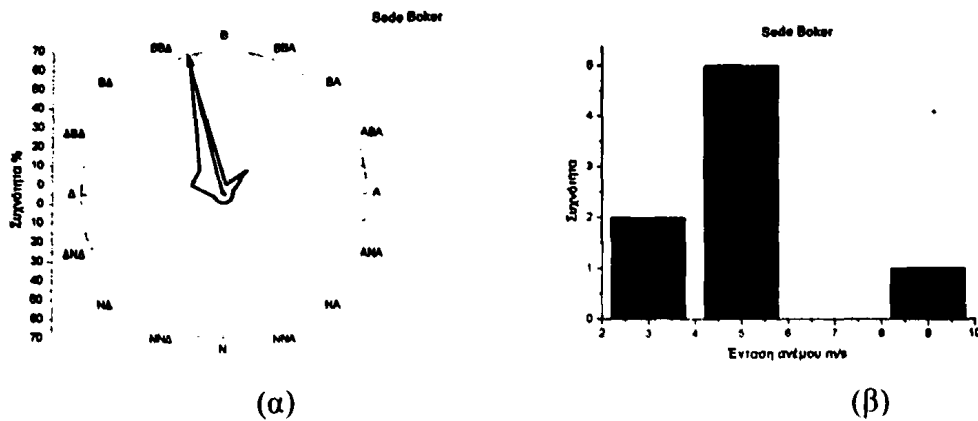
Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 25/01/1996 έως τις 08/09/2003 αποτελείται από 1560 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 4.3 έτη και βρήκαμε 55 επεισόδια από τα οποία τα 8 δεν αντιστοιχούν σε επεισόδια από την ανάλυση που κάναμε στα 1020 nm.



Σχήμα Π.2.2.7.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Sede Boker του AERONET.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα ακολουθούν τα επεισόδια με 2 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.46 – 0.48 σαν επικρατούσες τιμές και φθάνει μέχρι 0.54. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 0.9 – 1.5. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Αύγουστος και ακολουθούν ο Σεπτέμβριος και ο Οκτώβριος.

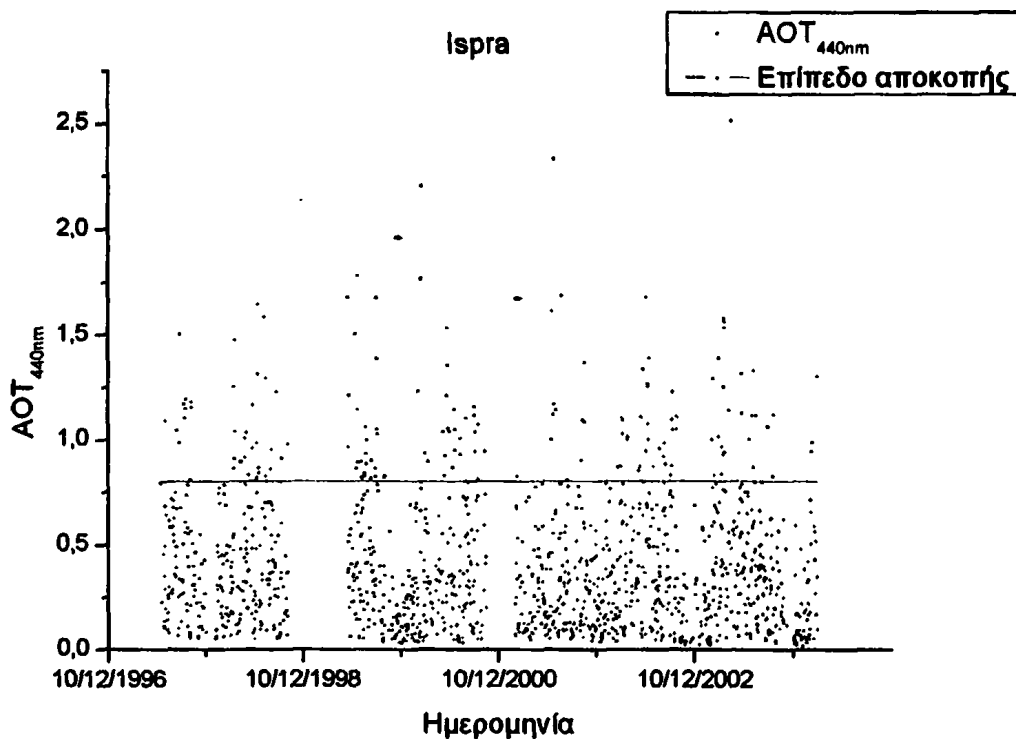




Σχήμα Π.2.2.7.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Sede Boker κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 3 - 5 m/s και βλέπουμε ότι φτάνει μέχρι 9m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι βόρεια (Β) .

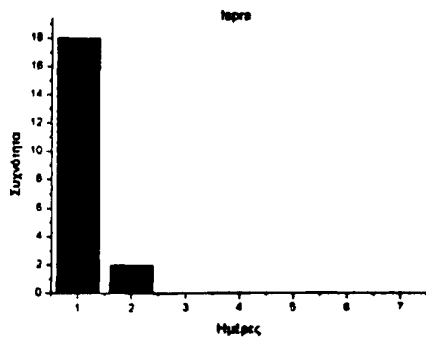
### Π.2.2.8 Σταθμός Ispra



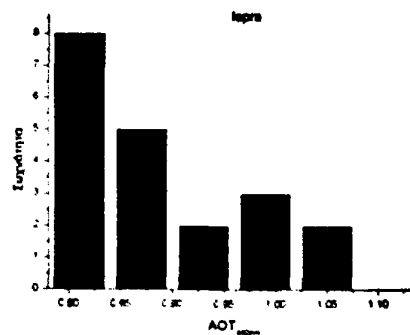
Σχήμα Π.2.2.8.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Ispra του AERONET.

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 28/06/1997 έως τις 09/03/2004, αποτελείται από 1421 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 3.9 έτη και βρήκαμε 101 επεισόδια από τα οποία τα 20 δεν αντιστοιχούν με αυτά από την ανάλυση που κάναμε στα 1020 nm.

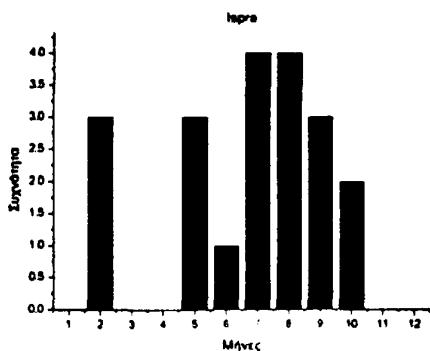




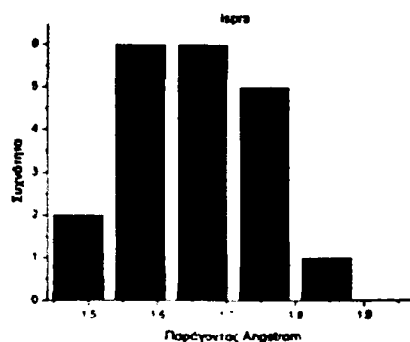
(α)



(β)



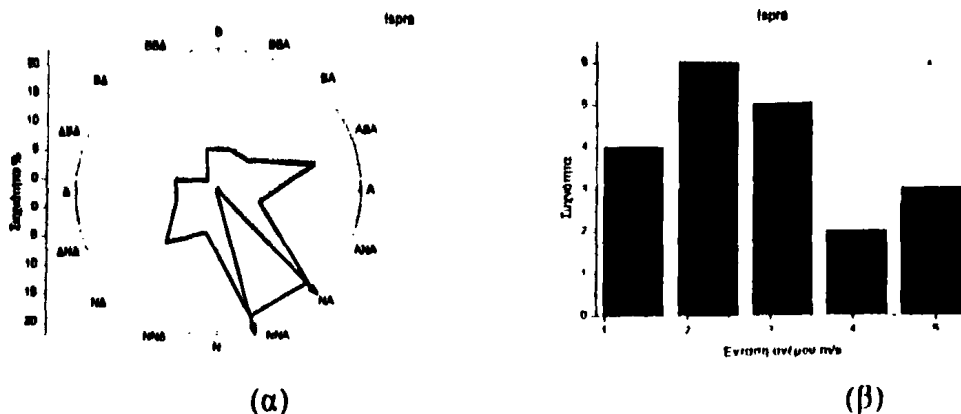
(γ)



(δ)

Σχήμα Π.2.2.8.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Ispra του AERONET.

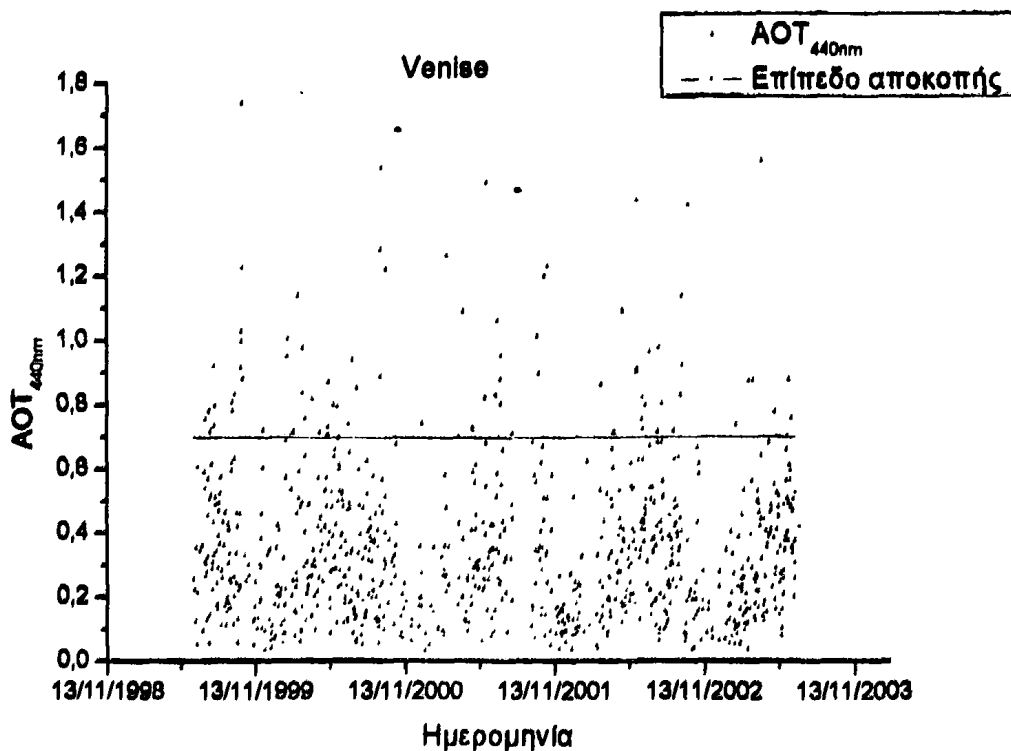
Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα ακολουθούν τα επεισόδια με 2 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.8 σαν επικρατούσα τιμή και φθάνει μέχρι 1.05. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.45 - 1.85. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Ιούλιος και Αύγουστος και ακολουθεί ο Σεπτέμβριος, ο Μάιος και ο Μάρτιος.



Σχήμα Π.2.2.8.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Ispra κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 2 - 3 m/s και βλέπουμε ότι φτάνει μέχρι 5 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι νότιο ανατολική (NA).

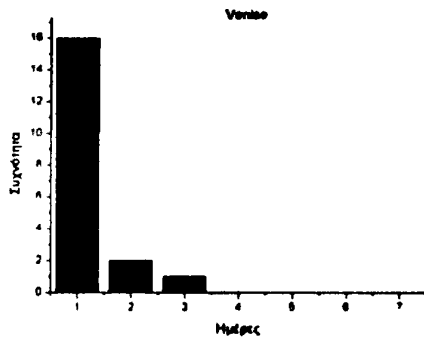
### Π.2.2.9 Σταθμός Venise



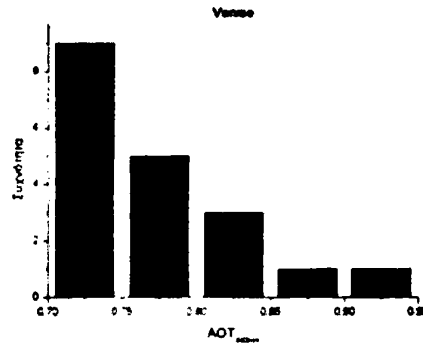
Σχήμα Π.2.2.9.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Venise του AERONET.



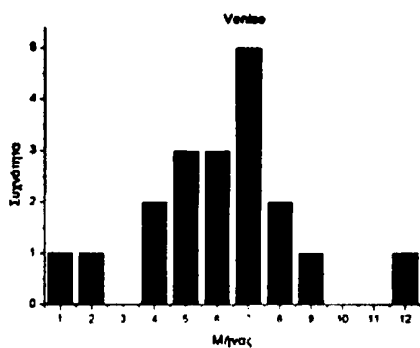
Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 16/06/1999 έως τις 23/06/2003 και αποτελείται από 921 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 2.5 έτη και βρήκαμε 60 επεισόδια από τα οποία τα 19 δεν έχουν αντιστοιχία με την ανάλυση που έγινε στα 1020 nm.



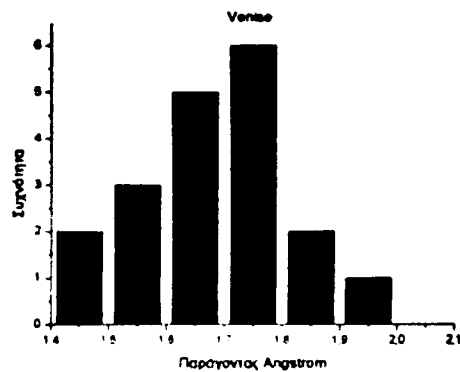
(α)



(β)



(γ)

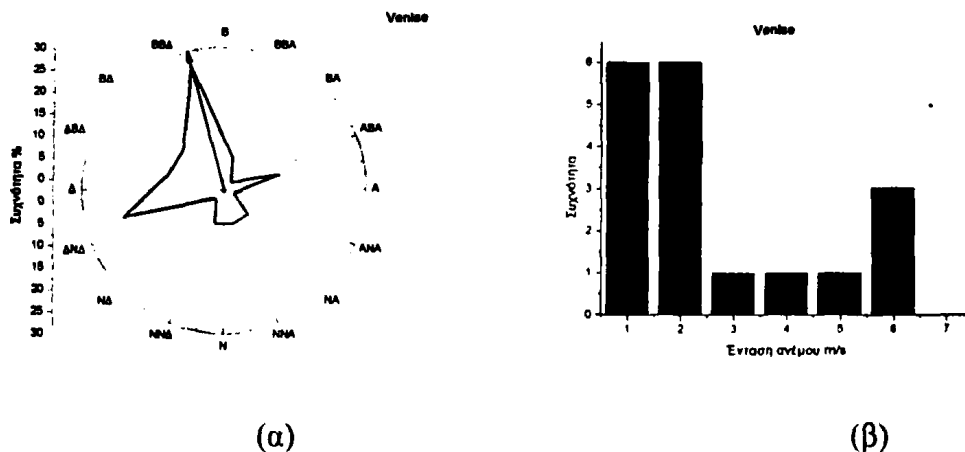


(δ)

Σχήμα Π.2.2.9.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Venise του AERONET.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα ακολουθούν τα επεισόδια με 2 και 3 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.70 - 0.95. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.45 - 1.95. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Ιούλιος και ακολουθεί ο Μάιος με τον Ιούνιο.

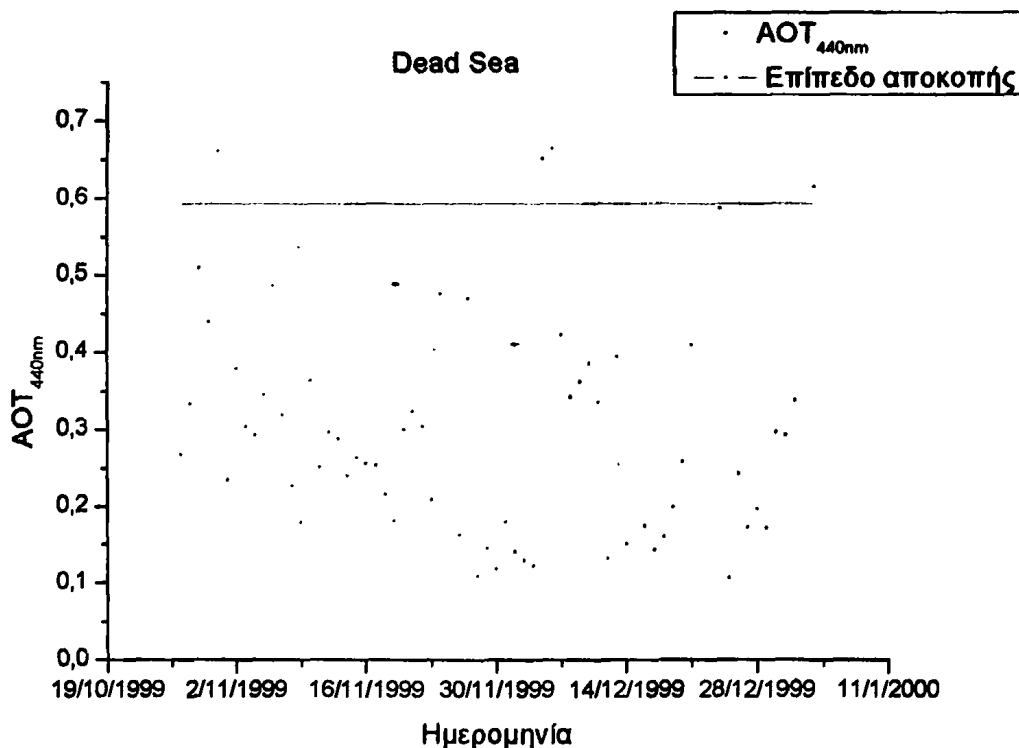




Σχήμα Π.2.2.9.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Venise κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 6 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι βόρεια (B).

#### Π.2.2.10 Σταθμός Dead Sea

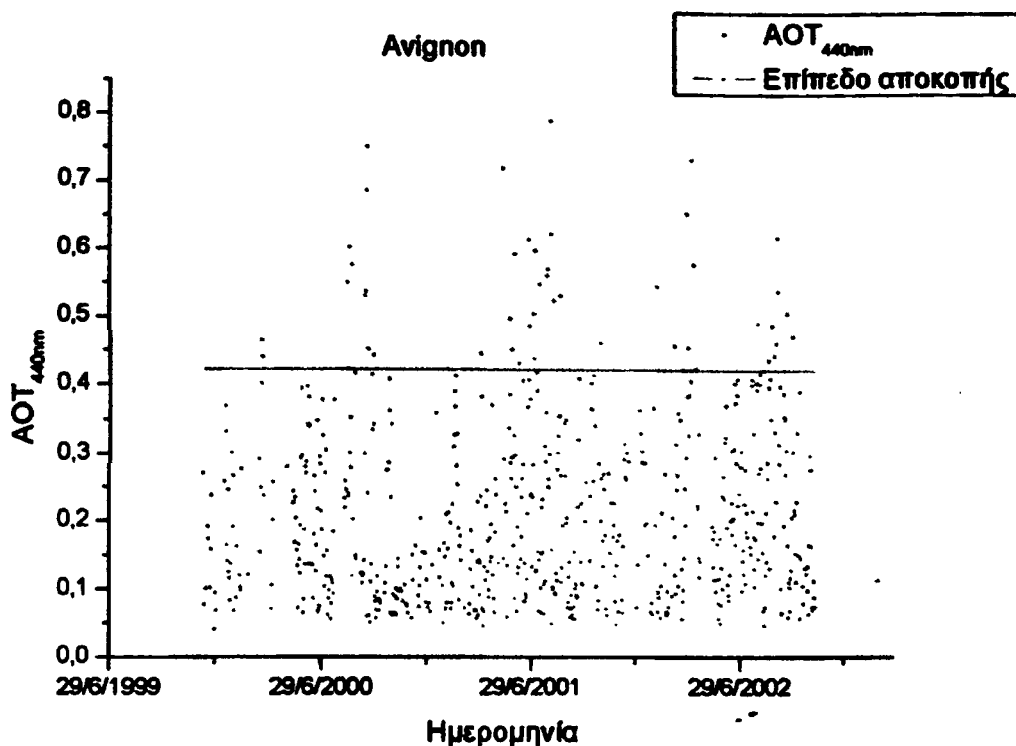


Σχήμα Π.2.2.10.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Dead Sea του AERONET.

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 27/10/1999 έως τις 03/01/2000 και αποτελείται από 64 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 0.2 έτη και βρήκαμε 3 επεισόδια από τα οποία μόνο ένα δεν αντιστοιχεί στην ανάλυση στα 1020 nm. Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 2.6 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι ΔΝΔ.



### Π.2.2.11 Σταθμός Avignon

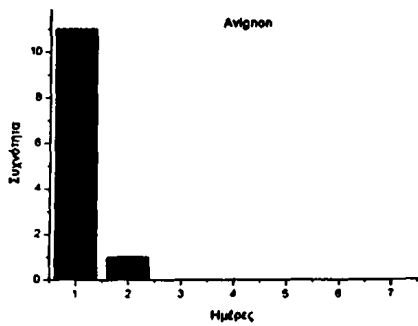


Σχήμα Π.2.2.11.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Avignon του AERONET.

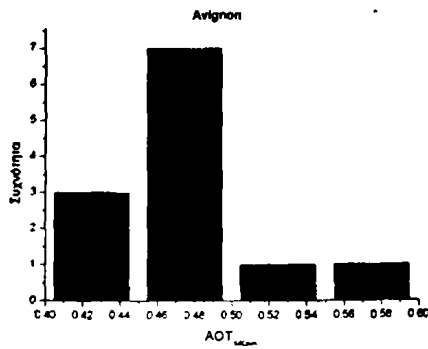
Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 08/12/1999 έως τις 08/11/2002 αποτελείται από 664 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 1.8 έτη και βρήκαμε 34 επεισόδια από τα οποία τα 12 δεν αντιστοιχούν με αυτά για την ανάλυση στα 1020 nm.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνότητας της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα και ένα επεισόδιο με διάρκεια 2 ημερών. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.42 - 0.58. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.3 - 1.9. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Ιούλιος και ακολουθεί ο Μάιος, ο Ιούνιος και ο Σεπτέμβριος.

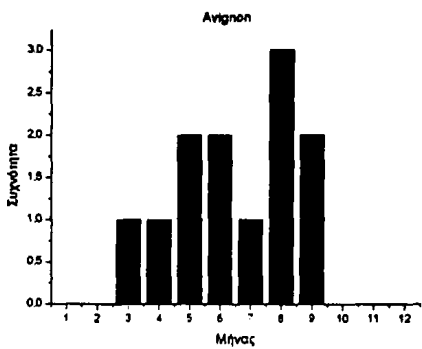




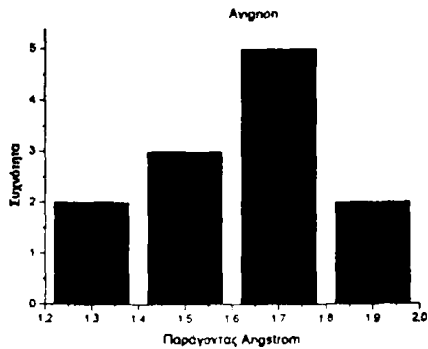
(α)



(β)

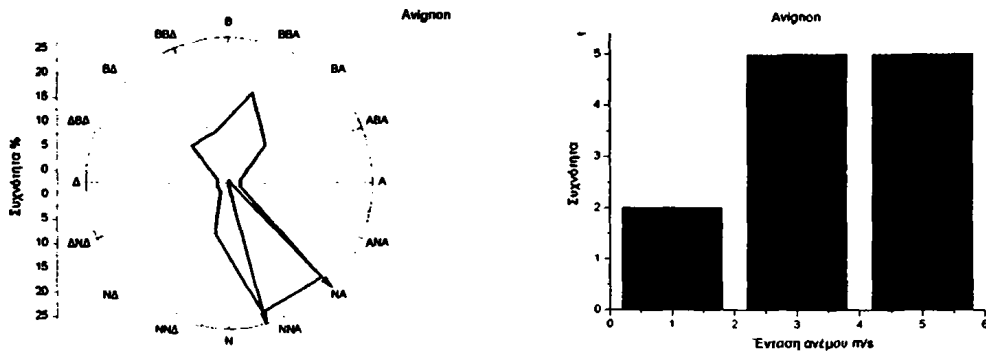


(γ)



(δ)

Σχήμα Π.2.2.11.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Avignon του AERONET.

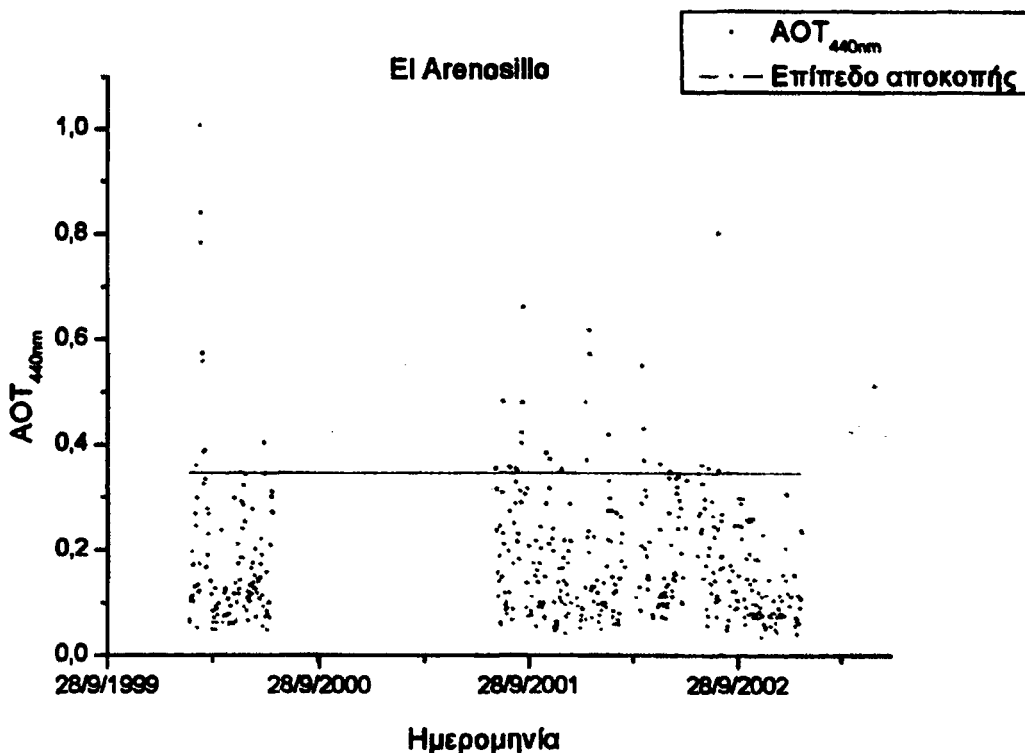


Σχήμα Π.2.2.11.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Avignon κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 5 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι NNA.

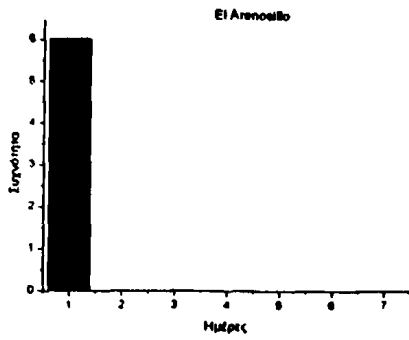
### Π.2.2.12 Σταθμός El Arenosillo

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 16/02/2000 έως τις 17/01/2003 και αποτελείται από 494 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 1.4 έτη και βρήκαμε 23 επεισόδια από τα οποία τα 6 δεν έχουν αντιστοιχία με αυτά από την ανάλυση στα 1020 nm.

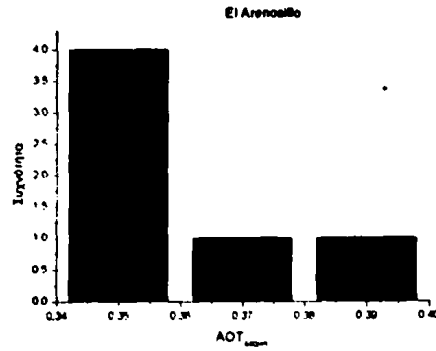


Σχήμα Π.2.2.12.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό El Arenosillo του AERONET.

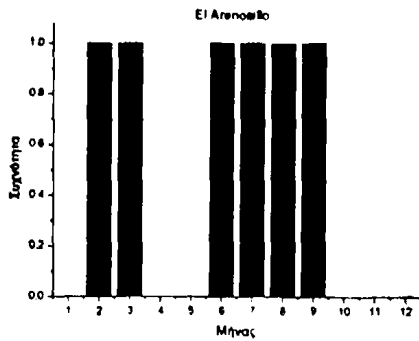




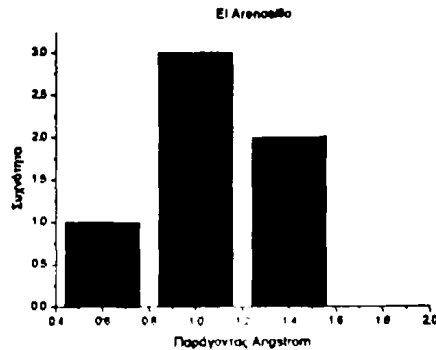
(α)



(β)



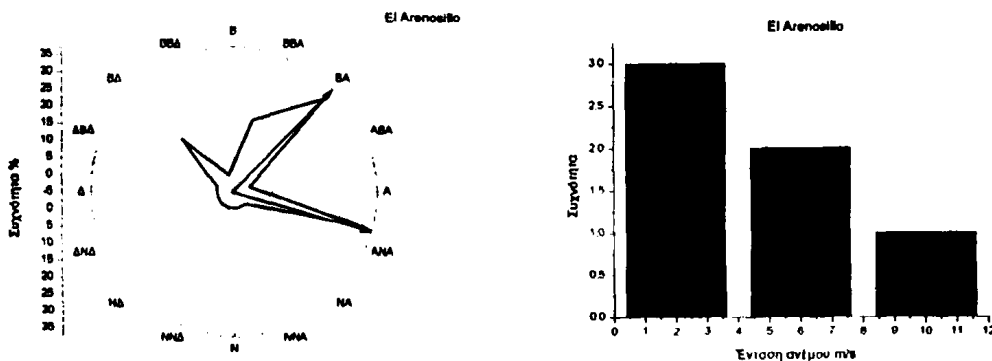
(γ)



(δ)

Σχήμα 2.2.12.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό El Arenosillo του AERONET.

Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.35 - 0.40. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 0.6 - 1.4. Όλα τα επεισόδια είναι σε διαφορετικούς μήνες.

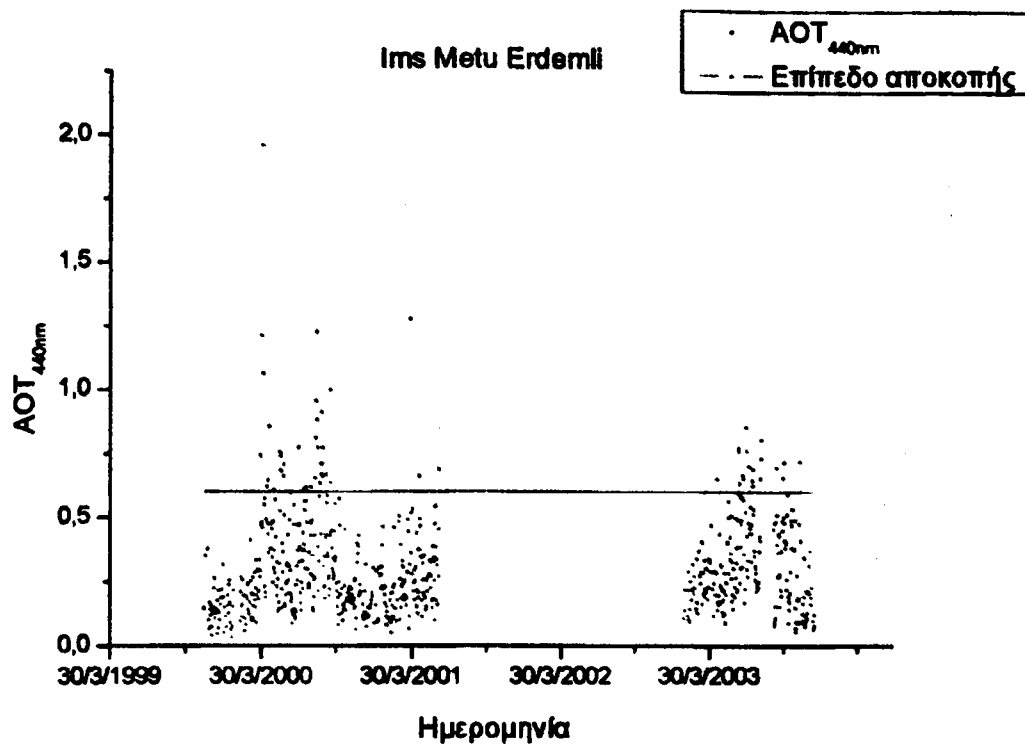


Σχήμα Π.2.2.12.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό El Arenosillo κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 11 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι BA και ANA.



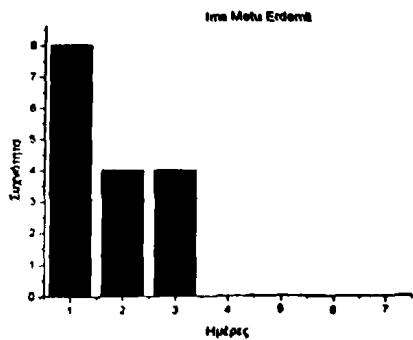
### Π.2.2.13 Σταθμός *Ims Metu Erdemli*



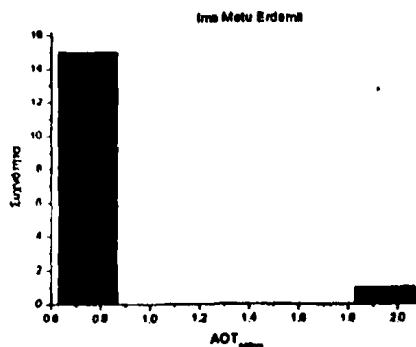
Σχήμα Π.2.2.13.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 440 nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό *Ims Metu Erdemli* του AERONET.

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 12/11/1999 έως τις 14/12/2003 και αποτελείται από 711 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 1.9 έτη και βρήκαμε 33 επεισόδια από τα οποία τα 16 δεν αντιστοιχούν με αυτά τις ανάλυσης στα 1020 nm.

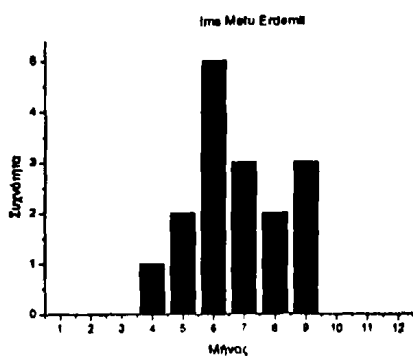
Από το διάγραμμα κατανομής συχνοτήτων της διάρκειας των επεισοδίων παρατηρούμε ότι η διάρκεια των περισσότερων επεισοδίων είναι 1 ημέρα ακολουθούν τα επεισόδια με 2 και 3 ημέρες. Η ένταση των επεισοδίων είναι από 0.8 σαν επικρατούσες τιμές υπάρχει επεισόδιο με τιμή 2.0. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμές 1.4 - 2.0, ένα επεισόδιο έχει τιμή 0.2. Οι μήνες με τα περισσότερα επεισόδια είναι ο Ιούνιος και ακολουθεί ο Ιούλιος και ο Σεπτέμβριος.



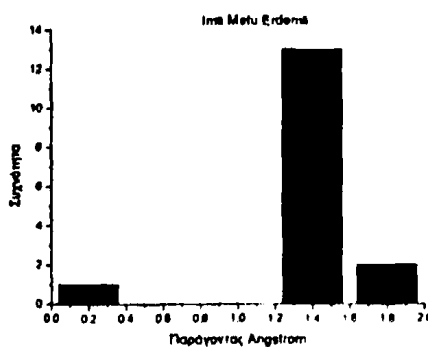
(α)



(β)

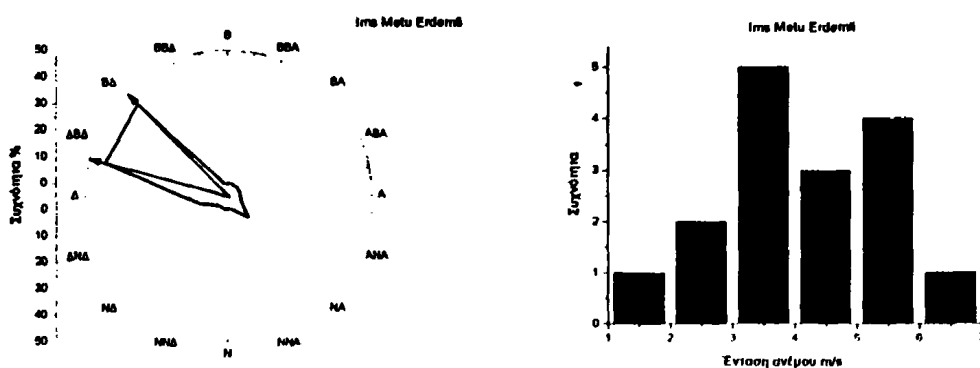


(γ)



(δ)

Σχήμα Π.2.2.13.2 Η κατανομή συχνοτήτων της (α) διάρκειας, (β) της έντασης, (γ) του χρόνου και (δ) του παράγοντα Angström κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων στο Σταθμό Ims Metu Erdemli του AERONET.

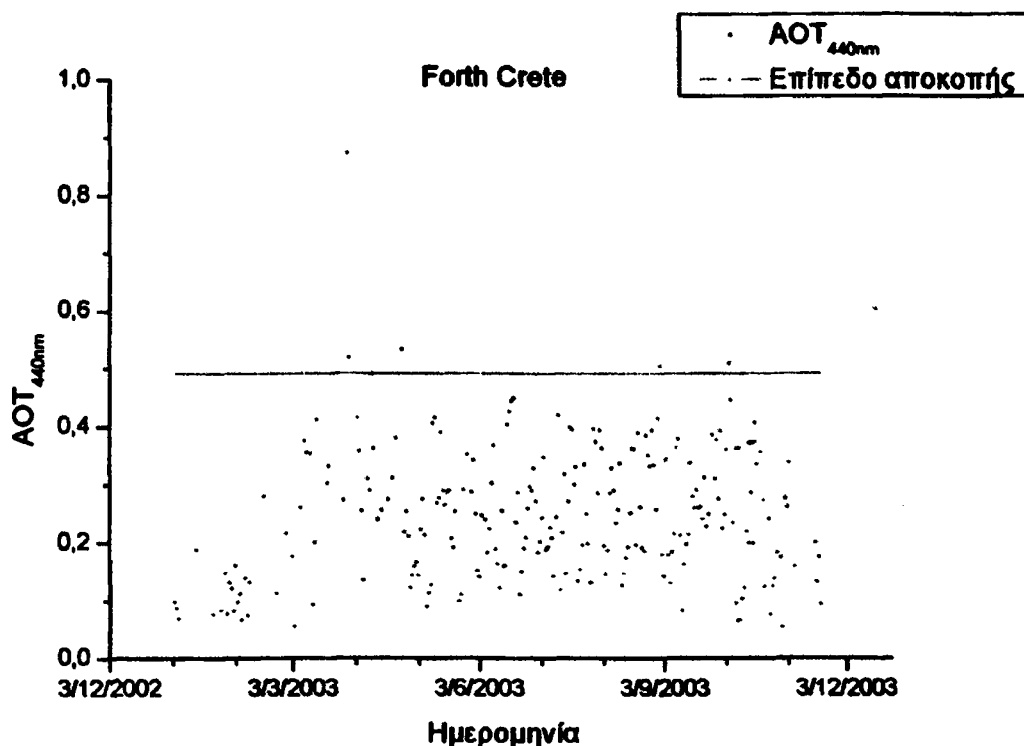


Σχήμα Π.2.2.13.3 Κατανομή συχνοτήτων (α) της διεύθυνσης και (β) της έντασης του ανέμου στα 925 hPa, στο Σταθμό Ims Metu Erdemli κατά τη διάρκεια των επεισοδίων αερολυμάτων.

Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 1 - 7 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι ΔΒΔ.

### Π.2.2.14 Σταθμός Forth Crete

Η χρονοσειρά αρχίζει από τις 04/01/2003 έως τις 20/11/2003 και αποτελείται από 237 μέσες ημερήσιες τιμές. Οι ημέρες αντιστοιχούν σε 0.6 έτη και βρήκαμε 4 επεισόδια από τα οποία το ένα δεν αντιστοιχεί με αυτά που έχουμε από την ανάλυση στα 1020nm. Παρατηρούμε ότι η διάρκεια του επεισοδίου είναι 1 ημέρα. Η ένταση του είναι 0.53. Ο παράγοντας Angström εμφανίζεται με τιμή 1.68. Ο μήνας εμφάνισης είναι ο Απρίλιος. Η ένταση του ανέμου στη στάθμη των 925 hPa είναι 14.6 m/s, ενώ η επικρατούσα διεύθυνση στη ίδια στάθμη είναι ΒΒΔ.



Σχήμα Π.2.2.14.1 Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών AOT στα 1020nm (σημεία) και επίπεδο αποκοπής (συνεχής γραμμή) για το Σταθμό Forth Crete του AERONET.

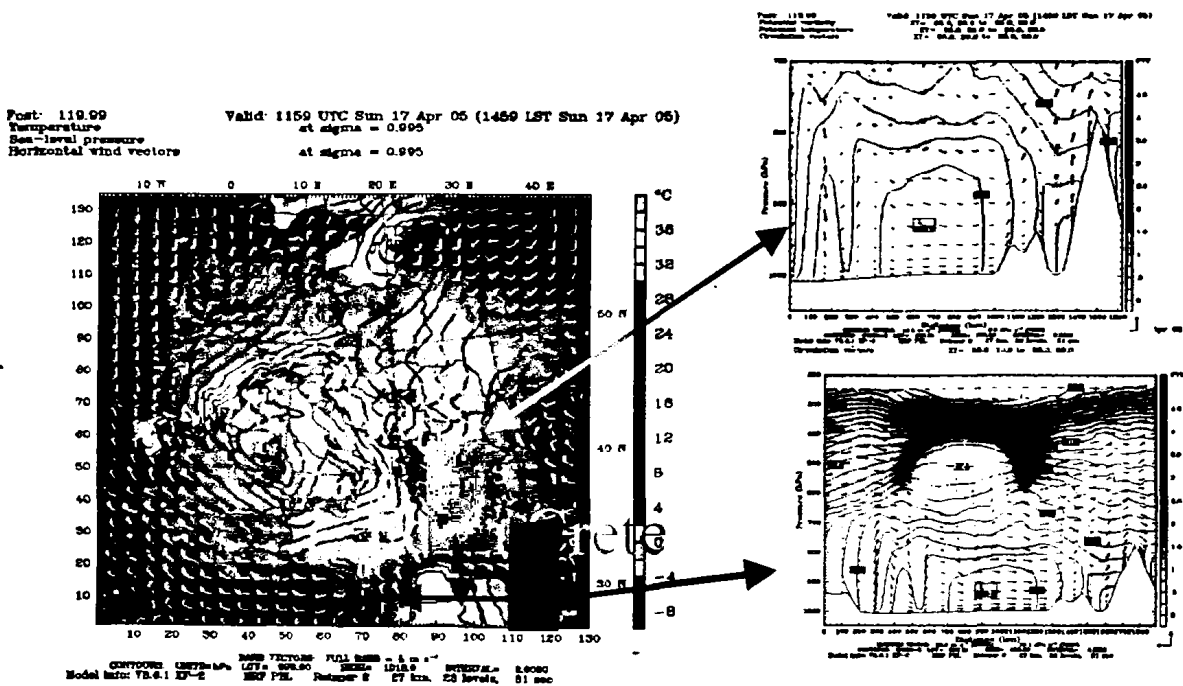




### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-3

#### Ακραίο επεισόδιο στις 17-4-2005

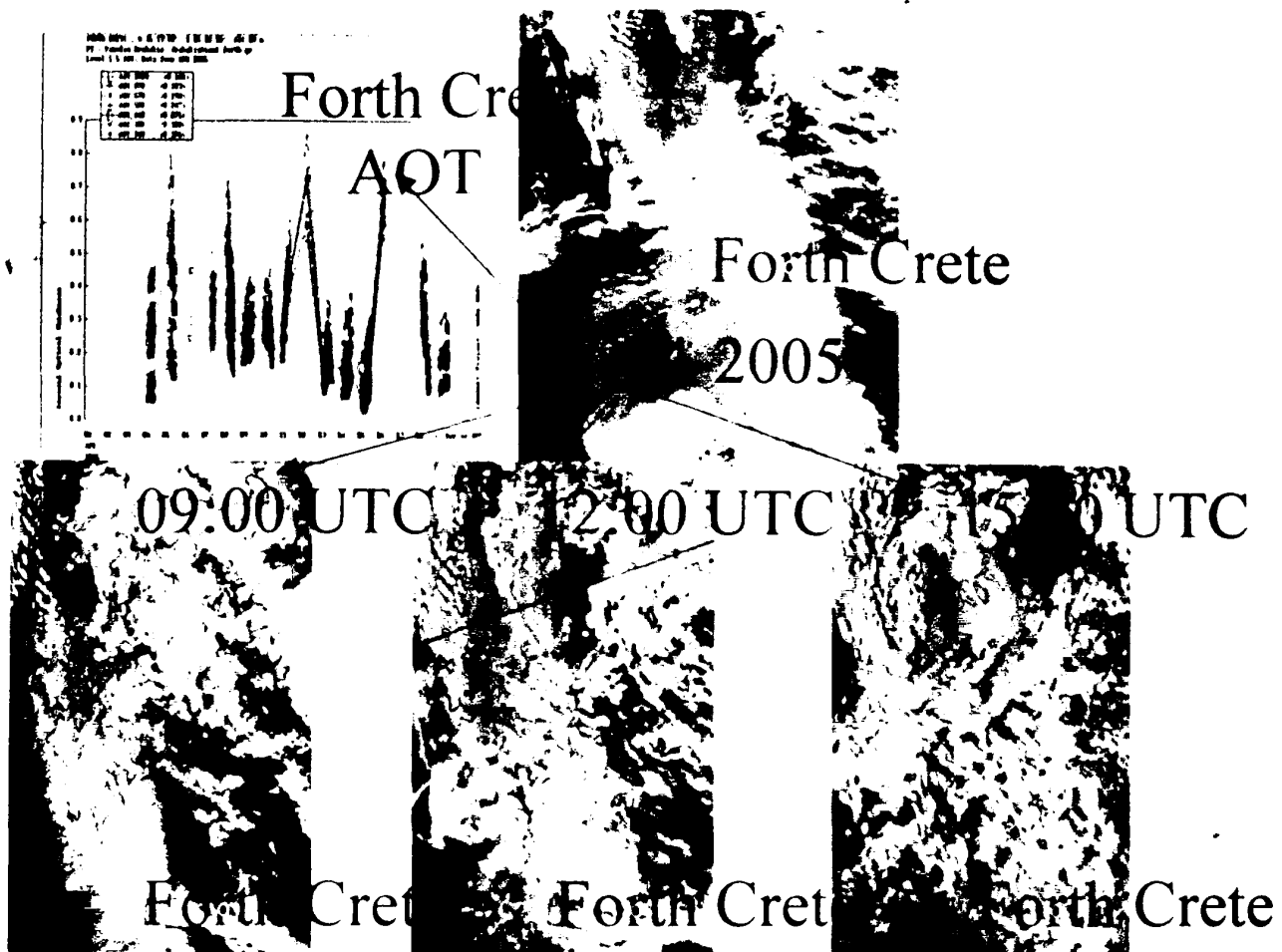
Στο παράρτημα αυτό μελετάμε ένα τρίτο ακραίο επεισόδιο που συνέβη στις 17-4-2005 στο Σταθμό Forth Crete. Όπως είδαμε ο Σταθμός αυτός έχει τα περισσότερα επεισόδια την περίοδο της άνοιξης. Ένα τέτοιο επεισόδιο είναι το επεισόδιο που μελετάμε και παρουσιάζει ενδιαφέρον να το αναλύσουμε περισσότερο για να δούμε και να αναζητήσουμε τις αιτίες δημιουργίας του. Όπως παρατηρούμε ένα καλά οργανωμένο χαμηλό στην κεντρική Μεσόγειο (σχήμα Π.3.1) είναι ικανό να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες σκόνης από την Βόρεια Αφρική στην περιοχή της Κρήτης και της Ελλάδος γενικότερα (σχήμα Π.3.2)



(α)

(β)

Σχήμα Π.3.1 Θερμοκρασία, πίεση και άνεμος στη στάθμη των 925 hPa στις 17-4-2005 και 12:00 UTC (α). Κατακόρυφη τομή της ατμόσφαιρας και απεικόνιση του ανέμου μέχρι τη στάθμη 700 hPa (β) πάνω από τη Ελλάδα (1) και Αφρική (2).

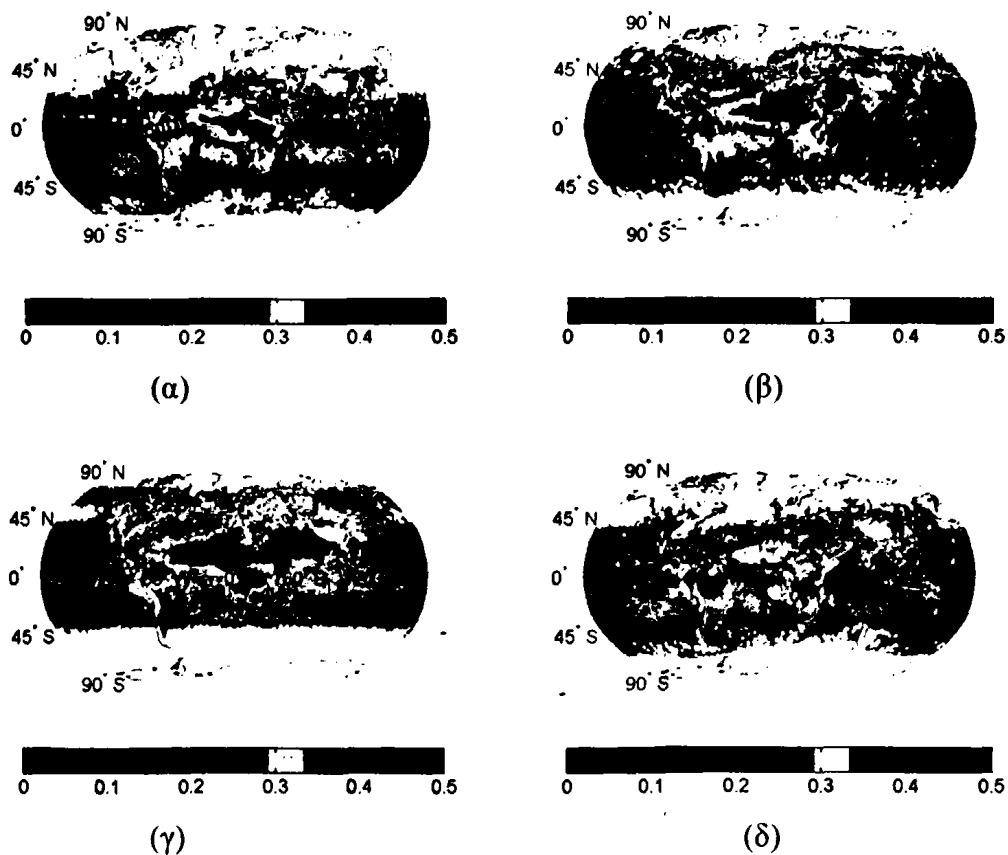


Σχήμα Π.3.2 Δορυφορικές εικόνες στο ορατό μήκος κύματος από δορυφόρο MODIS στις 17-4-2005 πάνω από τον Ελλαδικό χώρο στις 9:00, 12:00 και 15:00 UTC.

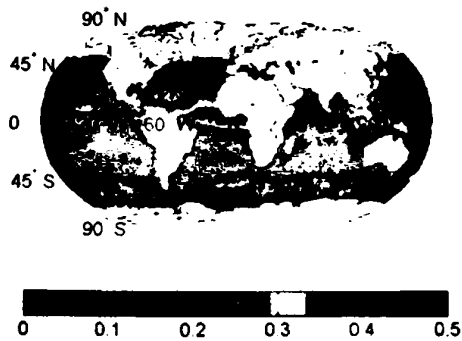
#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-4

#### Πλανητικές κατανομές AOT

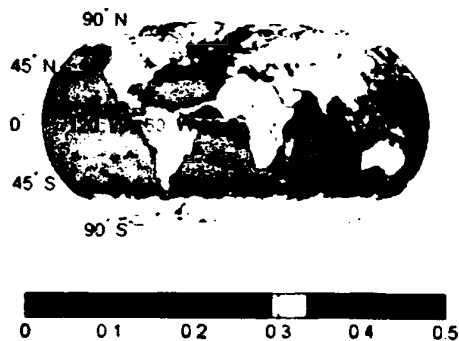
Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται οι κατανομές TOMS, GACP, MODIS και GADS όπως και στις παραγράφους 2.1.1.1 έως 2.1.1.4 με μόνη διαφορά ότι έχουμε ίδια κλίμακα σε όλα τα σχήματα (μέχρι  $AOT = 0.5$ ) ώστε να δούμε καλύτερα τις ομοιότητες μεταξύ των βάσεων δεδομένων.



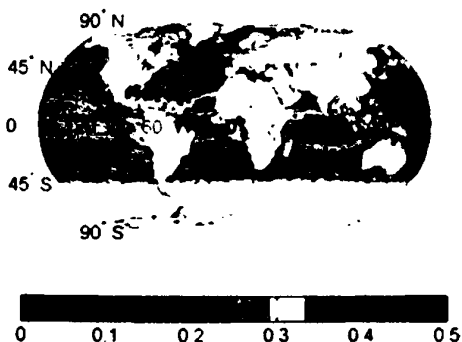
Σχήμα Π.4.1 Πλανητική κατανομή του οπτικού πάχους AOT στα 500nm των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων του TOMS για τους μήνες Ιανουάριο (α), Απρίλιο (β), Ιούλιο (γ) και Οκτώβριο (δ).



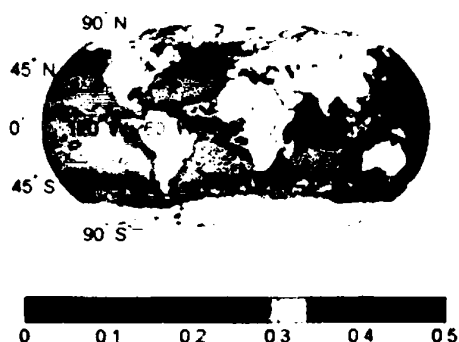
(α)



(β)

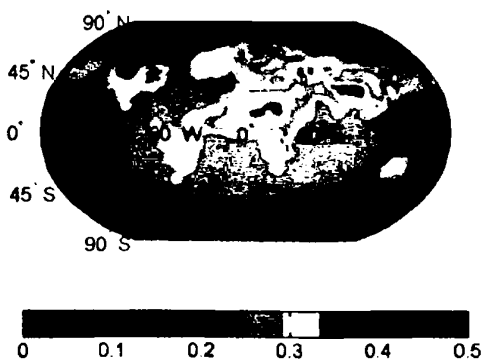


(γ)

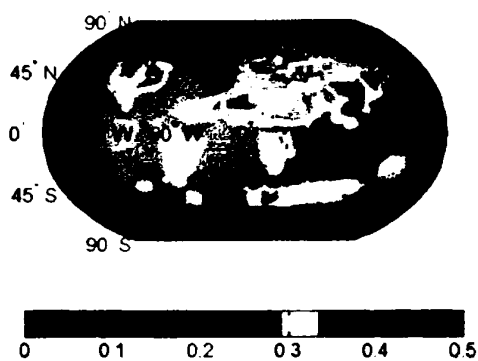


(δ)

Σχήμα Π.4.2 Πλανητική κατανομή του οπτικού πάχους AOT στα 500nm των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων του GACP για τους μήνες Ιανουάριο (α), Απρίλιο (β), Ιούλιο (γ) και Οκτώβριο (δ).

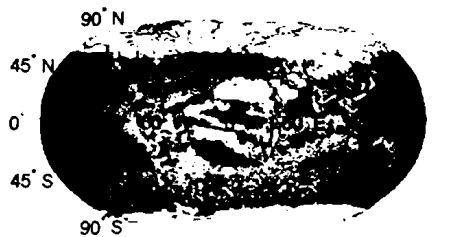


(α)

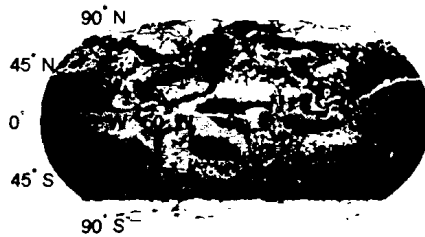


(β)

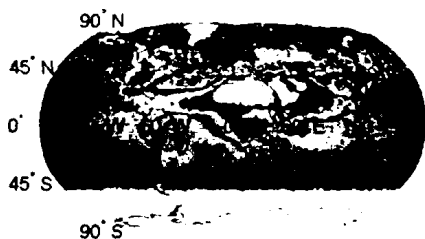
Σχήμα Π.4.3 Πλανητική κατανομή του οπτικού πάχους AOT στα 500nm των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων του GADS για τους μήνες Ιανουάριο (α) και Ιούλιο (β).



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα Π.4.4 Πλανητική κατανομή του οπτικού πάχους AOT στα 500nm των αερολυμάτων από τη βάση δεδομένων του MODIS για τους μήνες Ιανουάριο (α), Απρίλιο (β), Ιούλιο (γ) και Οκτώβριο (δ).



## ΛΙΣΤΑ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

ADEOS	Advanced Earth Observing Satellite
AERONET	Aerosol Robotic Network
AOT	Aerosol Optical Thickness
CCN	Cloud Condensation Nuclei
ECMWF	European Center of Medium-Range Weather Forecasts
EOS	Earth Observing System
EDOS	EOS Data and Operations System
EP	Earth Probe
GACP	Global Aerosol Climatological Project
GADS	Global Aerosol Data Set
GEWEX	Global Energy and Water Cycle Experiment
GSFC	Goddard Space Flight Center
GrADS	Grid Analysis and Display System
HYSPLIT	Hybrid Single-Particle Lagrangian Intergrated Trajectory
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MM5	Mesoscale Model version 5
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MODAPS	MODIS Adaptive Processing System
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCEP	National Center for Environmental Prediction
RSP	Radiation Sciences Program
TOMS	Total Ozone Mapping Spectrometer
VOCs	Volatile Organic Compounds

