



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΙ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ
ΠΕΡΙΟΔΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RESPONZE**

ΖΑΡΚΕΤΑΝ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 200900043

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:

ΦΛΟΚΑ ΕΛΕΝΑ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Κ.Π.Α.

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ:

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ – ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σπουδαιότητα της μετεωρολογίας στην επιστήμη, στην κοινωνία και την υγεία γενικότερα είναι πολύπλευρη, αφού έχει συμβάλει σημαντικά σε κλάδους όπως η Ναυτιλία, η Γεωργία, η Κλιματολογία, η Ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς και η Ιατρική.

Ειδικότερα, η δυναμική της ατμόσφαιρας έχει άμεση σύνδεση και επίδραση στις καιρικές συνθήκες, οι οποίες κατ' επέκταση επηρεάζουν το κλίμα μίας περιοχής, καθώς και τις ανθρώπινες συνθήκες διαβίωσης. Άλλωστε, οι εκπομπές αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως είναι φυσικό, δεν συνδέονται μονάχα με το φυσικό οικοσύστημα, αλλά και με τις κλιματικές αλλαγές, όπως επίσης και με τη δημόσια υγεία. Όταν οι συγκεντρώσεις αυτών στην ατμόσφαιρα ή η διάρκεια παραμονής τους δύναται να προκαλέσει αρνητικές και επιβλαβείς συνέπειες στους ζωντανούς οργανισμούς, τότε πια μιλάμε για Ατμοσφαιρική Ρύπανση.

Ωστόσο, η παραγωγή και εκπομπή ρύπων είναι μια αρκετά σύνθετη διαδικασία, αφού οφείλεται όχι μόνο σε φυσικές διεργασίες, όπως πυρκαγιές, ηφαίστεια κ.α, αλλά και στην ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία περιλαμβάνει κυρίως τη βιομηχανία, τα μέσα μεταφοράς, τη θέρμανση και πολλά άλλα. Μονάχα η βιομηχανία τα τελευταία 50 χρόνια έχει δημιουργήσει περισσότερες από 50.000 χημικές ενώσεις που καταλήγουν στο περιβάλλον και ορισμένες από αυτές ακόμα και στον ανθρώπινο οργανισμό. Μέσω της ατμόσφαιρας, οι αέριες εκπομπές διαχέονται και μεταφέρονται με τις αέριες μάζες σε μεγάλες αποστάσεις από τις πηγές εκπομπής τους.

Οι αέριοι ρύποι διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς, βάσει της διαδικασίας παραγωγής τους. Πρωτογενείς είναι όλοι εκείνοι οι οποίοι εκπέμπονται απ' ευθείας στην ατμόσφαιρα, όπως τα οξείδια του αζώτου (NO_x), οι υδρογονάνθρακες κ.α, ενώ δευτερογενείς καλούνται εκείνοι που είναι αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων και μετασχηματισμών των πρωτογενών ρύπων με διάφορα στοιχεία της ατμόσφαιρας, παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το όζον(O_3) αποτελεί το σημαντικότερο δευτερογενή αέριο ρύπο της τροπόσφαιρας και το κυριότερο συστατικό του φωτοχημικού

νέφους. Είναι ένα αέριο στοιχείο, άχρωμο με χαρακτηριστική έντονη οσμή. Στην στρατόσφαιρα (15-50 km από την επιφάνεια της Γης) βρίσκεται περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της Γης. Το στρατοσφαιρικό όζον έχει ευεργετικό ρόλο καθώς δρα ως φίλτρο που μας προστατεύει από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία του Ήλιου. Το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, δηλαδή στην τροπόσφαιρα (0-15 km) και ονομάζεται τροποσφαιρικό όζον. Το όζον χαμηλά στο έδαφος, στο κατώτερο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα της τροπόσφαιρας, γνωστό και ως επιφανειακό όζον, αποτελεί το κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά.

Οι παράμετροι της μετεωρολογίας που επηρεάζουν δραστικά τη διαμόρφωση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου, η ευστάθεια της ατμόσφαιρας και ειδικά για τους φωτοχημικούς ρύπους η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η διάρκεια της ηλιοφάνειας. Άλλες παράμετροι που διαμορφώνουν τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι τα μετεωρολογικά κατακρημνίσματα και το ποσό υετού (βροχόπτωση, χιόνι κλπ), η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας και έμμεσα η θερμοκρασία.

Το όζον, ως δευτερογενής ρύπος, δεν εκπέμπεται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα αλλά παράγεται μετά από μια σειρά αντιδράσεων. Η ηλιακή ακτινοβολία συνεπώς είναι η σημαντικότερη παράμετρος που επηρεάζει τα επίπεδα του όζοντος. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνει κατά τη διάρκεια της ημέρας, η ηλιακή ενέργεια επιταχύνει αυτές τις χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας όζοντος που παράγεται. Αντίστροφα, όταν η θερμοκρασία μειώνεται οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνονται και το φωτοχημικό νέφος σπάνια δημιουργείται. Η παραγωγή του τροποσφαιρικού όζοντος είναι λοιπόν ένα φαινόμενο που ευνοείται από την μεγαλύτερης έντασης ηλιακή ακτινοβολία και τη διάρκεια της ηλιοφάνειας.

Στα πλαίσια μιας συνεργασίας των Τμημάτων Ιατρικής και Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών (πρόγραμμα RESPONZE) εξετάζονται οι βραχυπρόθεσμες, μεσοπρόθεσμες και μακροχρόνιες επιδράσεις του όζοντος στο αναπνευστικό σύστημα των παιδιών και ο ρόλος

των περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως οι μετεωρολογικές συνθήκες και η υπόβαθρη ρύπανση, με τη βοήθεια μετρήσεων σε σχολεία σε μια ομάδα 200 μαθητών στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Σημειώνεται ότι στις δύο αυτές περιοχές ζει ο μισός πληθυσμός της χώρας ενώ οι συγκεντρώσεις όζοντος σημειώνουν συχνά υπερβάσεις.

Για το σκοπό αυτό, στην εργασία αυτή γίνεται καταγραφή και ανάλυση των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν στις περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης κατά τη διάρκεια των πειραματικών περιόδων μέτρησης της έκθεσης των μαθητών σε όζον. Η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, καθώς και τα ατμοσφαιρικά συστήματα που επικρατούν στις δύο αυτές περιοχές είναι αναγκαίο να αναλυθούν ώστε να γίνει συσχέτιση μεταξύ των μετεωρολογικών συνθηκών και των συγκεντρώσεων του όζοντος που παρατηρούνται.

Έτσι, μέσα από τη λεπτομερή καταγραφή των επικρατουσων καιρικών συνθηκών, και την απόδοσή τους στα διάφορα παρατηρούμενα ατμοσφαιρικά φαινόμενα, θα εξετάσουμε και θα διεξάγουμε συμπεράσματα για το πώς επηρεάζεται η παρουσία του όζοντος στην ατμόσφαιρα, εστιάζοντας κυρίως σε κάποιες επιλεγμένες περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Η κάθε χρονική περίοδος θα μελετηθεί μέρα προς μέρα για να δημιουργηθεί μια πλήρης και συγκεντρωτική εικόνα των αποτελεσμάτων του πειράματος, ώστε να μπορέσουμε να αποφανθούμε για το πώς το κλίμα και οι συνθήκες στην Ελλάδα επηρεάζουν εν τέλει άμεσα ή έμμεσα τη δημόσια υγεία και κυρίως την υγεία μίας ευαίσθητης κοινωνικής ομάδας, των παιδιών.

2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ

2.1 Βασικές Μετεωρολογικές Παράμετροι

Με τον όρο ‘καιρός’ εννοούμε την εκάστοτε φυσική κατάσταση που επικρατεί κυρίως στην Τροπόσφαιρα σε μία ορισμένη γεωγραφική περιοχή. Έτσι η ‘**Πρόγνωση του καιρού**’ αναφέρεται στη διαδικασία της πρόβλεψης της εξέλιξης μιας δεδομένης φυσικής κατάστασης της Τροπόσφαιρας στο μέλλον, γεγονός που εκτιμάται συνήθως από τις τιμές των διάφορων μετεωρολογικών παραμέτρων και την καταγραφή δεδομένων από μια πληθώρα συστημάτων, όπως χάρτες καιρού, ψηφιακά μοντέλα πρόγνωσης και επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Ποιές όμως είναι οι βασικές μετεωρολογικές παράμετροι που μελετώνται και καταγράφονται κατά τη διαδικασία της πρόγνωσης του καιρού μιας συγκεκριμένης περιοχής;

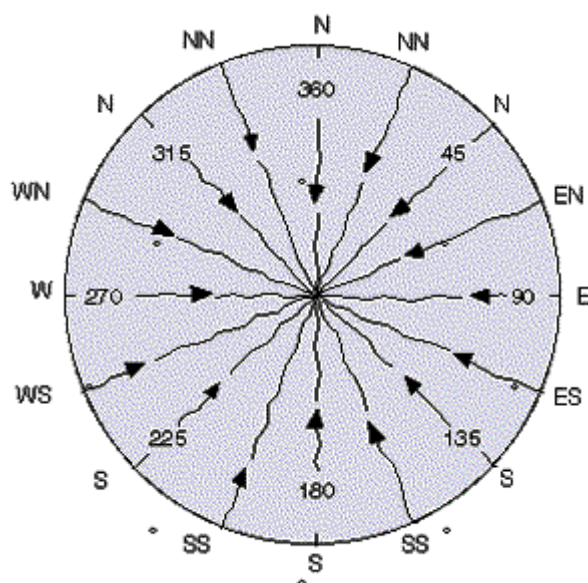
- ***Θερμοκρασία***

Μία από τις βασικότερες μετεωρολογικές παραμέτρους είναι η θερμοκρασία. Για την πρόγνωση του καιρού λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία του αέρα, τόσο κοντά στην επιφάνεια του εδάφους όσο και σε ύψος μέσα στην ατμόσφαιρα. Ο όρος ‘θερμοκρασία του αέρα’ αναφέρεται κυρίως στη θερμοκρασία αυτού υπό σκιά μέσα σε ειδικό στέγαστρο, το οποίο καλείται μετεωρολογικός κλωβός, και σε ύψος περί τα 1.5-2 m από το έδαφος. Τέλος στη μετεωρολογία η θερμοκρασία του αέρα που παρατηρείται σ’ ένα τόπο αποδίδεται με τους όρους **απολύτως μέγιστη (T_{max})** και **απολύτως ελάχιστη (T_{min})** που αναφέρεται στη μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία του τόπου κατά τη διάρκεια της μελετώμενης χρονικής περιόδου (συνήθως 24ωρο).

- ***Άνεμος***

Η Γη περιβάλλεται από ατμοσφαιρικό αέρα ο οποίος όμως βρίσκεται σε συνεχή και αδιάκοπη κίνηση. Οι παράγοντες που διαμορφώνουν όλες αυτές τις κινήσεις είναι η προσλαμβάνουσα ηλιακή ενέργεια από την ατμόσφαιρα και το έδαφος, το ανάγλυφο του εδάφους και φυσικά η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της. Έτσι ο ατμοσφαιρικός αέρας κινείται προς διάφορες κατευθύνσεις, οι οποίες ωστόσο παρουσιάζουν διαφορετικό τρόπο δημιουργίας. Ως **άνεμος** ορίζεται η οριζόντια μετακίνηση του αέρα, δηλαδή κάθε ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα που παρουσιάζει κάποια σχετική κίνηση ως προς το έδαφος. Επιπλέον, επειδή στις ατμοσφαιρικές κινήσεις η κατακόρυφη συνιστώσα είναι πολύ μικρή συγκριτικά με την οριζόντια, κυρίως κοντά στο έδαφος, γι' αυτό το λόγο με τον όρο 'άνεμος' νοείται μόνο η οριζόντια συνιστώσα κίνησης.

Όσον αφορά στη μετεωρολογική και κλιματική του σπουδαιότητα, αξίζει να σημειωθεί πως σ' ορισμένες περιπτώσεις ο άνεμος δημιουργεί και χαρακτηριστικό τύπο κλίματος, όπως π.χ κλίμα μουσώνων και ετησίων.



© 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP

(Σχήμα 2.1: Απεικόνιση διευθύνσεων ανέμου)

Τέλος προσδιορίζεται πλήρως από δύο στοιχεία, τη **διεύθυνση** και την **ένταση** ή **ταχύτητα** του. Η διεύθυνση του ανέμου σ' ένα τόπο ορίζεται ως το σημείο του ορίζοντα απ' όπου πνέει ο άνεμος και δηλώνεται είτε με μοίρες, θεωρώντας ως 0° το Βορρά και ακολουθώντας δεξιόστροφη φορά, είτε απλώς ονομαστικά (Σχήμα 2.1). Η ένταση του ανέμου

εκφράζεται είτε με την ταχύτητα που αυτός κινείται μετρημένη κυρίως σε m/s ή με την πίεση που ασκεί ο άνεμος πάνω στην επιφάνεια των διάφορων σωμάτων. Έτσι βάσει της ταχύτητας του ο άνεμος χαρακτηρίζεται ως:

- άπνοια (0-0.2 m/s)
- σχεδόν άπνοια (0.3-1.5 m/s)
- πολύ ασθενής (1.6-3.3 m/s)
- ασθενής (3.4-5.4 m/s)
- σχεδόν μέτριος (5.5-7.9 m/s)
- μέτριος (8-10.7 m/s)
- ισχυρός (10.8-13.8 m/s)
- σχεδόν θυελλώδης (13.9-17.1 m/s)
- θυελλώδης (17.2-20.7 m/s)
- πολύ θυελλώδης (20.8-24.4 m/s)
- θύελλα (24.5-28.4 m/s)
- ισχυρή θύελλα (28.5-32.6 m/s)
- τυφώνας (>32.7 m/s)

• *Ατμοσφαιρική Πίεση*

Η ατμόσφαιρα ως ένα στρώμα αερίων με ύψος > 1000 Km ασκεί πίεση τόσο στα σώματα που βρίσκονται μέσα σ' αυτό, όσο και στις ίδιες του τις ατμοσφαιρικές στοιβάδες. Ειδικότερα ως ατμοσφαιρική πίεση ή συνηθέστερα βαρομετρική πίεση κάποιας επιφάνειας ορίζεται η επίδραση του βάρους της υπερκείμενης της αέριας στήλης στη μονάδα της επιφάνειας αυτής. Έτσι, αφού υπάρχει άμεση εξάρτηση της ατμοσφαιρικής πίεσης κάθε τόπου από το βάρος του αέρα που βρίσκεται πάνω απ' αυτόν, όταν το ύψος από της επιφάνεια του εδάφους αυξάνει, τότε η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης ελαττώνεται.

Επιπλέον η πίεση εν γένει εξ' ορισμού μετράται σε N/m^2 και η ατμοσφαιρική πίεση σε hPa, για τις οποίες ισχύει $1 \text{ hPa} = 10^2 \text{ N/m}^2$. Στην επιφάνεια, η μέση επικρατούσα ατμοσφαιρική πίεση είναι 1013 hPa και το πεδίο μεταβολής της είναι το πιο περιγραφικό και απεικονιστικό για τα

καιρικά συστήματα ή τις ατμοσφαιρικές διαταραχές. Άλλωστε η ατμοσφαιρική πίεση αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές κλιματικές παραμετρους, αφού συνδέεται αφενός με τη θερμοκρασία, που είναι το αίτιο των μεταβολών της, και αφετέρου με τους ανέμους που είναι το αποτέλεσμα των διαφορών της ανάμεσα σε δύο τόπους.

2.2 Παρατηρήσεις στην Ατμόσφαιρα και Ατμοσφαιρικά Συστήματα

Η πρόγνωση του καιρού ενός συγκεκριμένου τόπου απαιτεί μια πληθώρα πληροφοριών, η οποία εξασφαλίζεται μέσα από τα δεδομένα που μας παρέχει η παρατήρηση όχι μόνο του εδάφους, αλλά και της ατμόσφαιρας καθ' ύψος. Έτσι, με στόχο να υπάρχουν επαρκή δεδομένα προς επεξεργασία και ανάλυση έχει στηθεί ένα εκτεταμένο δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών ανά τον κόσμο, στους οποίους πραγματοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου συγχρονισμένες μετρήσεις επιφάνειας.

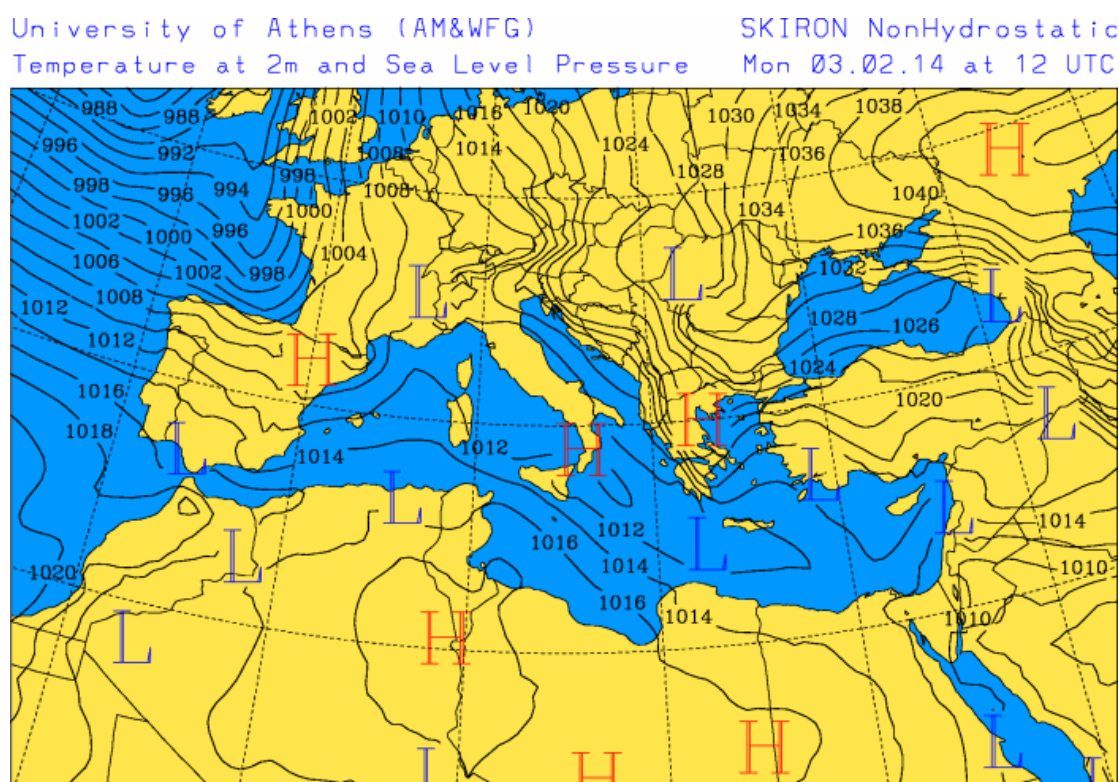
Ωστόσο, πολύ σπουδαίο ρόλο στη διαδικασία της πρόγνωσης παίζουν και τα «Μαθηματικά Μοντέλα» αριθμητικής πρόγνωσης καιρού, όπως αυτό που χρησιμοποιήθηκε εδώ το SKIRON (Σχήμα 2.2).

2.2.1 Αριθμητική Πρόγνωση

Η αριθμητική πρόγνωση του καιρού χρησιμοποιεί μαθηματικά μοντέλα της ατμόσφαιρας και των ωκεανών βασιζόμενη στις τρέχουσες καιρικές συνθήκες. Μαθηματικά μοντέλα τα οποία βασίζονται στους νόμους της Φυσικής, όπως στην αρχή διατήρησης της ορμής, της μάζας και της ενέργειας για τον ατμοσφαιρικό αέρα. Σε ψηφιακό περιβάλλον, αφού απαιτείται η χρήση υπερυπολογιστών, πραγματοποιούνται χειρισμοί τεράστιου αριθμού δεδομένων και εκτελούνται πολύπλοκοι υπολογισμοί, κυρίως διαφορικές εξισώσεις με μερικές παραγώγους

μετεωρολογικών μεταβλητών ως προς το χρόνο, οι οποίες διέπουν κατά βάση την κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα.

Εν τούτοις, παρά την αυξανόμενη δύναμη των υπερυπολογιστών, η ικανότητα πρόβλεψης των αριθμητικών μοντέλων καιρού εκτείνεται σε περίπου έξι ημέρες μόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί παράγοντες όπως η πυκνότητα και η ποιότητα των παρατηρήσεων που χρησιμοποιούνται ως βάση για τις προβλέψεις, σε συνδυασμό με τις αδυναμίες των ίδιων των αριθμητικών μοντέλων επηρεάζουν την ακρίβεια των προβλέψεων. Τέλος το πιο θεμελιώδες πρόβλημα έγκειται στην χαοτική φύση των διαφορικών εξισώσεων που χρησιμοποιούνται για να προσομοιώσουν την ατμόσφαιρα, αφού είναι αδύνατο να λυθούν με απόλυτη ακρίβεια και η σπουδαιότητα των μικρών λαθών αυξάνει με το χρόνο.



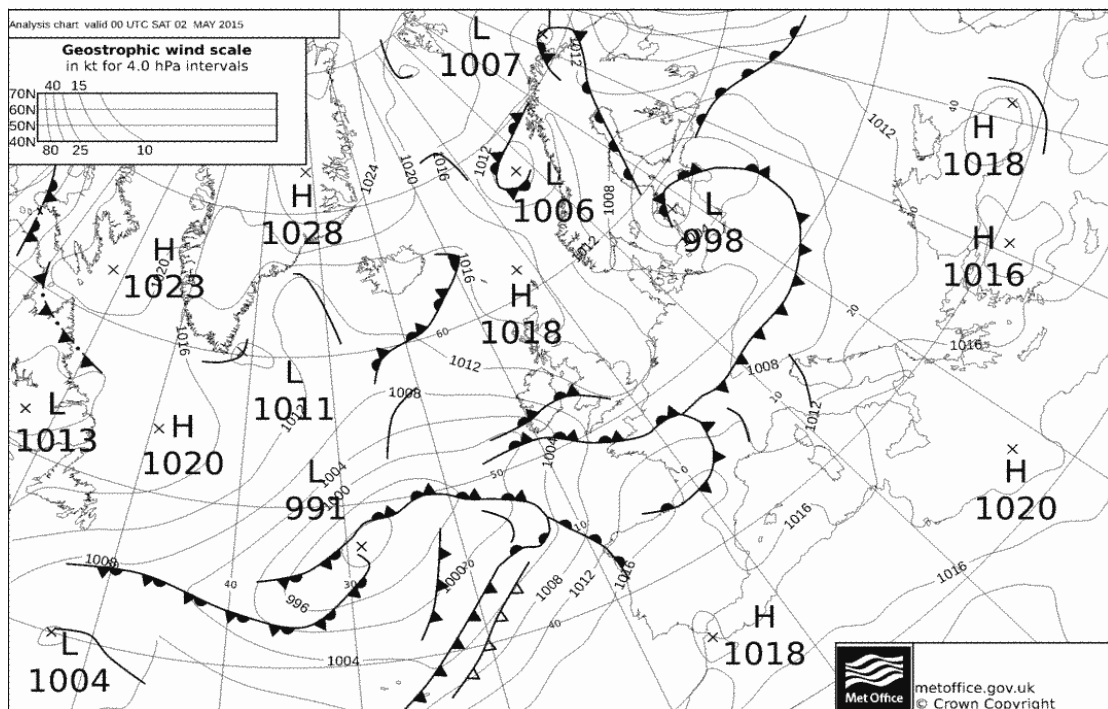
Σχήμα 2.2 Ενδεικτική απεικόνιση μαθηματικού μοντέλου Skiron.

2.2.2 Χάρτες Καιρού

Λαμβάνοντας τις μετρήσεις και τα δεδομένα από τους διάφορους επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς, και αφού πρωτίστως η πίεση αναχθεί σε υψόμετρο 0, θερμοκρασία 0°C και κανονική βαρύτητα, αυτά αποστέλλονται προς αποκωδικοποίηση στα κέντρα πρόγνωσης καιρού. Κατόπιν χαράσσονται οι χάρτες καιρού επιφανείας και γεωδυναμικού ύψους.

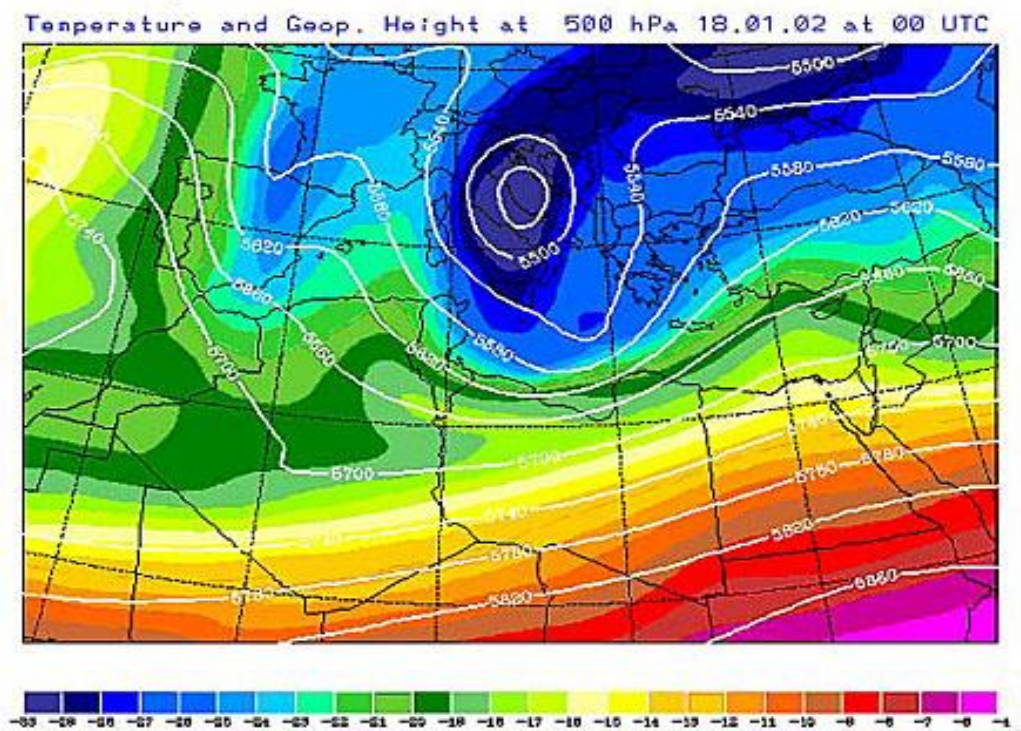
Στους χάρτες επιφανείας η βασικότερη μετεωρολογική παράμετρος που μας απασχολεί είναι η βαρομετρική πίεση. Με βάση τις μετρήσεις της χαράσσονται οι **ισοβαρείς καμπύλες**, δηλαδή οι γραμμές που ενώνουν γεωγραφικούς τόπους που έχουν την ίδια τιμή ανηγμένης πίεσης κατά την ίδια στιγμή ή περίοδο. Αυτές αποτελούν το θεμέλιο όλης της εργασίας που γίνεται για την ανάλυση και πρόγνωση καιρού και απεικονίζουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις καιρικές καταστάσεις και μετεωρολογικά συστήματα που επικρατούν σε δοσμένη χρονική στιγμή πάνω από τις διάφορες περιοχές.

Οι ισοβαρείς καμπύλες σ' ένα χάρτη καιρού είναι ομαλές, κλειστές καμπύλες σε όλη την επιφάνεια της Γης, ή ανοιχτές σε μικρότερο εύρος, και ποτέ δεν τέμνονται. Χαράσσονται ανά 5 hpa (ή mbs) κυρίως σε ημισφαιρικούς χάρτες ή ανά 4 hpa (ή mbs) στους χάρτες που καλύπτουν μικρότερη έκταση, ξεκινώντας πάντα από την ισοβαρή των 1000 hpa. Μέσα απ' αυτές ο μετεωρολόγος προσδιορίζει τα βαρομετρικά συστήματα (υψηλά ή χαμηλά) καθώς επίσης και τα διάφορα μέτωπα (Σχήμα 2.3).



Σχήμα 2.3 Χάρτης επιφανείας του Γερμανικού site www.wetterzentrale.de

Επιπλέον χαράσσονται οι χάρτες καιρού ανώτερης ατμόσφαιρας, στους οποίους αποτυπώνονται οι ισοϋψείς καμπύλες, εκείνες δηλαδή που ενώνουν περιοχές με ίδιο γεωδυναμικό ύψος. Οι χάρτες αυτοί αναφέρονται σε μετεωρολογικά δεδομένα που αναφέρονται επί ισοβαρικών επιφανειών 1000 hpa ,850 hpa,700 hpa, 500 hpa, 300 hpa και 200 hpa και δίνουν πληροφορίες όχι μόνο για τα βαρομετρικά χαμηλά ή υψηλά, αλλά και για τους αυλώνες χαμηλών πιέσεων ή τις σφήνες υψηλών, όπως επίσης και τις περιοχές ισχυρών ανέμων και με μεγάλη βαθμίδα θερμοκρασίας (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4 Χάρτης ανώτερης ατμόσφαιρας στα 500hpa από την Ε.Μ.Υ

2.2.3 Βαρομετρικά συστήματα

Η χάραξη των ισοβαρών και ισοϋψών αντίστοιχα καμπύλων είναι αυτή που μαρτυρά την ύπαρξη διαφόρων ατμοσφαιρικών συστημάτων και μας δίνει τη δυνατότητα πρόγνωσης των καιρικών συνθηκών που σχετίζονται μ' αυτά. Τέτοια συστήματα είναι (Σχήμα 2.5):

- **Βαρομετρικό Χαμηλό ή Ύφεση**

Βαρομετρικό χαμηλό καλείται μια περιοχή η οποία παρουσιάζει μικρότερη βαρομετρική πίεση απ' ότι οι γειτονικές της περιοχές. Μία ακόμα συνήθη ονομασία του βαρομετρικού χαμηλού είναι ο κυκλώνας, και στους χάρτες επιφανείας απεικονίζεται με L από τη λέξη Low.

Περιγράφεται με κλειστές ισοβαρείς, συνήθως κυκλικές ή ελλειπτικές καμπύλες, όπου η πίεση ελαττώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Οι άνεμοι που πνέουν γύρω από το κέντρο του χαμηλού

έχουν ορθή φορά στο βόρειο ημισφαίριο, δηλαδή αντίθετη απ' την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, και ανάδρομη στο νότιο πόλο. Επιπλέον στον κυκλώνα έχω οριζόντια σύγκλιση αέρα και κατακόρυφη απόκλιση που λόγω αδιαβατικής ψύξης φτάνει στη στάθμη της συμπίκνωσης και δημιουργούνται συνήθως νέφη και βροχές.

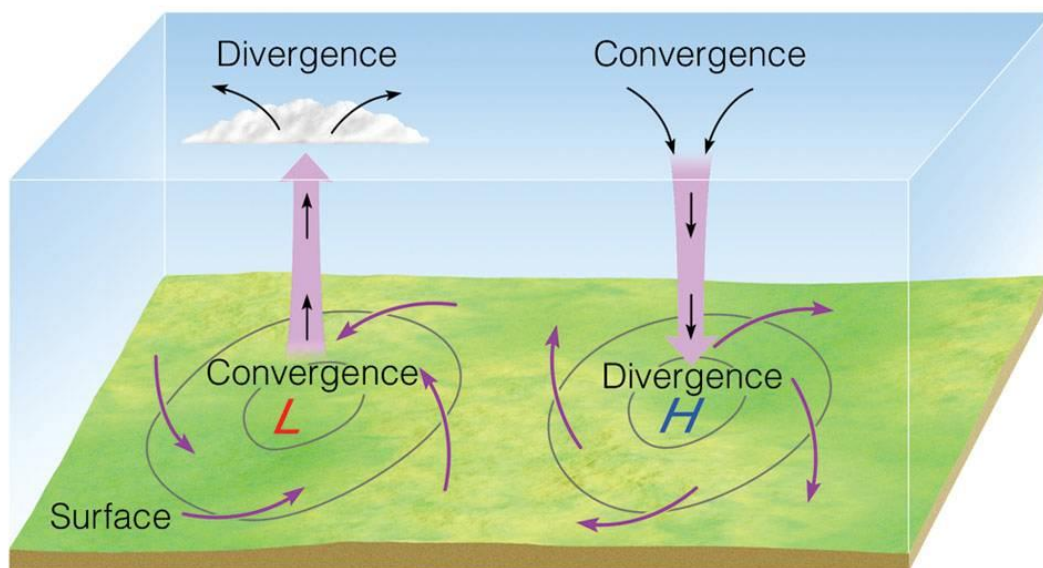
Έτσι ο καιρός που σχετίζεται με μία ύφεση είναι συνήθως συννεφιασμένος με τοπικές βροχές ή και καταιγίδες. Επίσης επικρατούν ισχυροί, μέχρι και θυελλώδεις άνεμοι εκτός από το κέντρο του και η θερμοκρασία αρχίζει σταδιακά να μειώνεται, αφού η νέφωση που επικρατεί εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία προς το έδαφος και κατ' επέκταση τη θέρμανσή του.

- ***Βαρομετρικό Υψηλό ή Αντικυκλώνας***

Οι αντικυκλώνες ή βαρομετρικά υψηλά είναι περιοχές με υψηλή βαρομετρική πίεση συγκριτικά με τις γειτονικές τους όπου οι άνεμοι στο βόρειο ημισφαίριο κινούνται κατά την ανάδρομη φορά, ενώ στο νότιο κατά την ορθή. Στους χάρτες επιφανείας συμβολίζεται με το γράμμα H από τη λέξη High.

Περιγράφεται με ισοβαρείς κλειστές, κυκλικές ή ελλειπτικές καμπύλες με πίεση αυξανόμενη από την περιφέρεια προς το κέντρο. Ο άνεμος παρουσιάζει οριζόντια απόκλιση απ' το κέντρο του αντικυκλώνα και κατακόρυφη σύγκλιση ξηρού αέρα.

Έτσι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν σ' ένα βαρομετρικό υψηλό είναι γενικά αίθριος καιρός στο κέντρο του, με νέφη μόνο στην περιφέρειά του και ανέμους ασθενείς στο κέντρο, οι οποίοι ωστόσο αυξάνονται προς την περιφέρεια. Τέλος, η θερμοκρασία παρουσιάζει μικρές μεταβολές με το χρόνο και είναι κυρίως υψηλή για σχετικά μεγάλες χρονικές περιόδους.



© 2007 Thomson Higher Education

Σχήμα 2.5. Απεικόνιση Βαρομετρικών Συστημάτων και Ανέμου γύρω απ' αυτά στο βόρειο ημισφαίριο της Γης.

- **Αυλώνας Χαμηλού (Trough)**

Με τον όρο αυλώνας χαμηλού ή συνηθέστερα TROUGH αναφερόμαστε στην επιμήκυνση ενός χαμηλού βαρομετρικού συστήματος με την ελάχιστη πίεση, κατά μήκος μιας γραμμής και καταδεικνύει τις θέσεις της μέγιστης κυκλωνικής καμπυλότητας των ισοβαρών καμπύλων. Ή με άλλα λόγια μία σφήνα χαμηλών πιέσεων μεταξύ δύο υψηλών βαρομετρικών σε σχηματισμό V. Έτσι ο αυλώνας χαμηλού συνδέεται συνήθως με τη δημιουργία καιρού, ο οποίος ωστόσο έχει παροδικό χαρακτήρα.

- **Σφήνα Υψηλού (Ridge)**

Σφήνα υψηλού καλείται η επιμήκυνση ενός υψηλού βαρομετρικού συστήματος με τη μέγιστη πίεση κατά μήκος μίας γραμμής και σημειώνει τις θέσεις της μέγιστης αντικυκλωνικής καμπυλότητας των ισοβαρών καμπύλων. Απλούστερα, θα λέγαμε πως είναι ουσιαστικά μια σφήνα υψηλών πιέσεων μεταξύ δύο χαμηλών βαρομετρικών, κι όπως αναμένεται σχετίζεται με τη δημιουργία πρόσκαιρης καλοκαιρίας.

2.2.4 Μέτωπα

Ως αέριες μάζες ορίζονται οι τεράστιες εκείνες μάζες ατμοσφαιρικού αέρα που παρουσιάζουν κατά την οριζόντια διεύθυνση ομοιομορφία, κυρίως ως προς την θερμοκρασία και την υγρασία. Η οριζόντια ομοιομορφία της αέριας μάζας μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε ύψος από της επιφάνεια του εδάφους, επηρεάζεται ωστόσο από τα χαρακτηριστικά της υποκείμενης επιφάνειας καθώς αυτή διέρχεται από ένα γεωγραφικό σημείο σ' ένα άλλο.

Όταν τώρα δύο αέριες μάζες με διαφορετικά χαρακτηριστικά και φυσικές ιδιότητες (θερμοκρασία, υγρασία και πυκνότητα) έρθουν σε επαφή, τότε δεν αναμειγνύονται μεταξύ τους, όπως ίσως θα περιμέναμε, αλλά τείνουν να διατηρήσουν την αυτοτέλειά τους. Έτσι δημιουργείται ανάμεσά τους μια διακριτική, διαχωριστική, κεκλιμένη επιφάνεια που ονομάζεται μετωπική επιφάνεια. Η τομή της επιφάνειας αυτής με την επιφάνεια του εφάδους λέγεται **μετωπική γραμμή** ή απλά **μέτωπο**.

Τα μέτωπα είναι ουσιαστικά μεταβατικά στρώματα μίξης ανάμεσα σε δύο αέριες μάζες, με πάχος πολύ μικρότερο έως αμελητέο συγκρινόμενο με αυτό των αέριων μαζών. Επειδή λοιπόν η κλίμακά τους είναι μικρή, στους χάρτες καιρού τα μέτωπα παριστάνονται με γραμμές.

Επιπλέον, αφού πρόκειται για αέριες μάζες διαφορετικής πυκνότητας, αυτή που είναι ψυχρότερη, άρα και πυκνότερη, έχει την τάση να εισχωρεί, με τη μορφή "σφήνας", κάτω από την θερμότερη και αραιότερη μάζα, έτσι που η μετωπική επιφάνεια που σχηματίζεται να έχει πλάγια κατεύθυνση. Συνεπώς, οι μετωπικές επιφάνειες εμφανίζουν μια κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο που εξαρτάται από την παράμετρο Coriolis, τις συνιστώσες της ταχύτητας κατά μήκος της μετωπικής επιφάνειας και τις τιμές των θερμοκρασιών των δύο αέριων μαζών.

Τέλος τα μέτωπα διακρίνονται σε τέσσερα βασικά είδη:

1. Θερμά μέτωπα
2. Ψυχρά μέτωπα
3. Στάσιμα μέτωπα
4. Συνεσφιγμένα μέτωπα

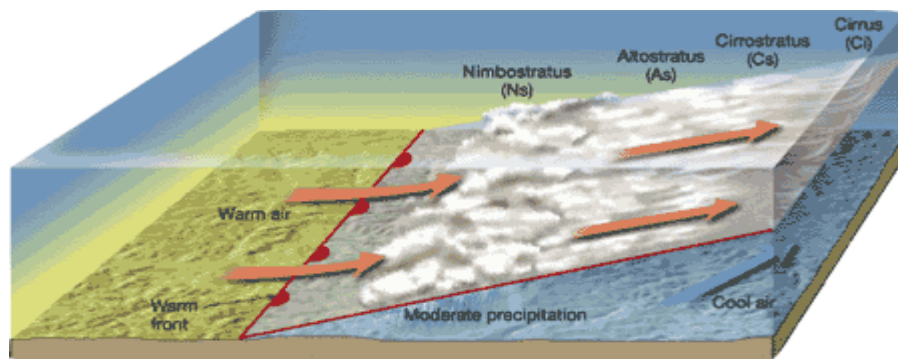
Είδη Μετώπων

- Θερμό μέτωπο → 
- Ψυχρό μέτωπο → 
- Συνεσφιγμένο μέτωπο → 
- Στάσιμο μέτωπο → 

Σχήμα 2.6 Απεικόνιση των τεσσάρων ειδών μετώπων στους χάρτες καιρού

- **Θερμά Μέτωπα**

Η δημιουργία θερμού μετώπου προϋποθέτει οι δύο αέριες μάζες που βρίσκονται σε επαφή να κινούνται έτσι ώστε η θερμή να ακολουθεί την ψυχρή. Δηλαδή στο θερμό μέτωπο προηγείται η ψυχρή αέρια μάζα, η οποία ακολουθείται από την θερμή. Στην περίπτωση αυτή, ο θερμός αέρας, καθώς είναι ελαφρότερος και κινείται γρηγορότερα απ' τον ψυχρό, ανέρχεται πάνω απ' αυτόν κατά μήκος της θερμής μετωπικής επιφάνειας (Σχήμα 2.7).



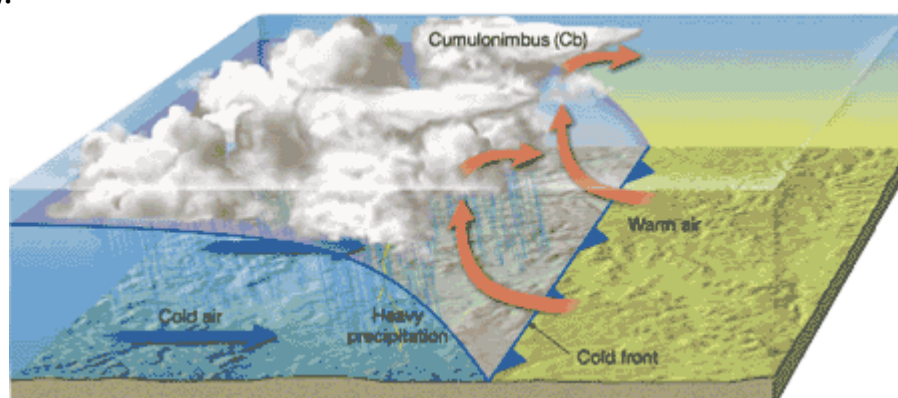
Σχήμα 2.7 Κατακόρυφη τομή Θερμού Μετώπου

Όσο όμως ο θερμός αέρας ανέρχεται, αυτός ψύχεται αδιαβατικά και προκαλεί άφθονες συμπυκνώσεις και εκτεταμένο νεφικό σύστημα με πλάτος από 180-550 km, μήκος 1500 km και ύψος από 2-6 km. Συνήθως παρατηρείται υψηλή και μεσαία νέφωση, μπροστά από το μέτωπο ωστόσο, στον ψυχρό του τομέα εμφανίζεται και χαμηλή.

Γενικά ένα θερμό μέτωπο επιφέρει μικρής έντασης, αλλά μεγάλης διάρκειας φαινόμενα, τα οποία δεν εκδηλώνονται βίαια. Έτσι, ένας παρατηρητής που θα βρεθεί στην πορεία ενός θερμού μετώπου, θα παρατηρήσει αρχικά την χαρακτηριστική νέφωση που προηγείται σε συνδυασμό με ομίχλη, στη συνέχεια μέτριας έντασης βροχόπτωσης και τελικά, με το πέρασμα του μετώπου άνοδο της θερμοκρασίας, στροφή των ανέμων από νοτιοδυτικούς σε νοτιοανατολικούς(στο βόρειο ημισφαίριο), πτώση του σημείου δρόσου και γενικά αίθριο καιρό.

- **Ψυχρό Μέτωπο**

Το ψυχρό μέτωπο εμφανίζεται, όταν σ' ένα κινούμενο μέτωπο προηγείται η θερμή αέρια μάζα και αυτή ακολουθείται από ψυχρή αέρια μάζα. Με δεδομένο ότι ο θερμός αέρας στα κατώτερα στρώματα κινείται βραδύτερα από το ψυχρό μέτωπο, ο ψυχρός αέρας εισχωρεί κάτω απ' τον θερμό και τον αναγκάζει σε μια κατακόρυφη ανοδική κίνηση (Σχήμα 2.8).



Σχήμα 2.8 Κατακόρυφη τομή Ψυχρού Μετώπου

Στην πραγματικότητα ο αέρας εκτονώνεται αδιαβατικά και σαν συνέπεια, επέρχεται η δημιουργία νεφικού συστήματος. Το σύστημα

αυτό αποτελείται όχι μόνο από μεσαία νέφη, αλλά κυρίως από νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, τα οποία προκαλούν διαλείπουσες βροχές.

Ωστόσο η νέφωση και η ραγδαιότητα της βροχής εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τη σχετική ταχύτητα κίνησης της ψυχρής αέριας μάζας. Έτσι αν ο ψυχρός αέρας κινείται αργά, τότε έχουμε δηλιουργία μεγάλου νεφικού σχηματισμού, ο οποίος εντοπίζεται αρκετά πίσω από τη θέση του μετώπου. Αντιθέτως, αν η ταχύτητα κίνησής του είναι μεγάλη, παρατηρείται νέφωση μπροστά απ' τη θέση του μετώπου και μια στενή ζώνη κακοκαιρίας.

Τέλος, πριν το ψυχρό μέτωπο περάσει από μία περιοχή παρατηρούνται νότιοι ή νοτιοδυτικοί (στο βόρειο ημισφαίριο), ασθενείς άνεμοι, η θερμοκρασία παραμένει σταθερή ή ελαττώνεται στον τομέα της νέφωσης και κυρίως στη μετωπική επιφάνεια παρατηρείται αυξημένη νέφωση, μέτρια ορατότητα, καθώς και βροχές ή καταιγίδες. Κατά τη διάβαση του μετώπου η τιμή της βαρομετρικής πίεσης αυξάνεται απότομα, ο άνεμος μετατρέπεται σε βοριοδυτικός, θυελλώδους εντάσεως, η θερμοκρασία παρουσιάζει αντίστοιχα απότομη μείωση και κατ' επέκταση η βροχή γίνεται ισχυρή και συνοδεύεται από καταιγίδες.

- ***Στάσιμο Μέτωπο***

Όταν μια θερμή και μια ψυχρή αέρια μάζα έρθουν σε επαφή μεταξύ τους και είναι στάσιμες, δηλαδή δεν παρουσιάζουν κίνηση, ή καμία απ' αυτές δεν παρουσιάζει την τάση εκτόπισης της άλλης, τότε η τομή της διαχωριστικής τους επιφάνειας με την επιφάνεια του εδάφους ονομάζεται στάσιμο μέτωπο. Έτσι αυτό δεν παρουσιάζει αισθητή μετακίνηση.

Ο άνεμος κινείται παράλληλα στο στάσιμο μέτωπο, και δεν πλησιάζει ούτε απομακρύνεται από αυτό. Επιπλέον τα καιρικά φαινόμενα που συνοδεύουν τα μέτωπα αυτά είναι παρόμοια με αυτά των θερμών μετώπων, αλλά με ασθενέστερη ένταση και ίσως μεγαλύτερη έκταση. Βέβαια, αν και μπορεί να διατηρηθούν για αρκετές ημέρες ή και εβδομάδες, η ακριβής καιρική τους κατάσταση είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί.

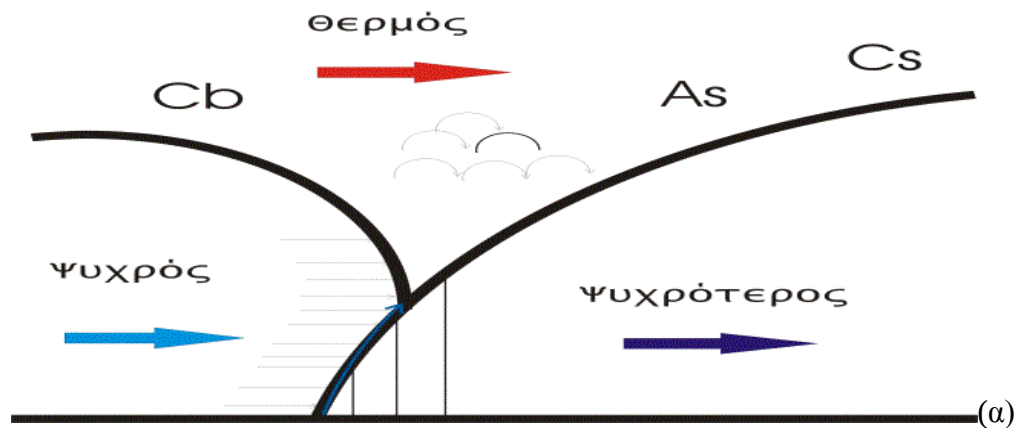
- *Συνεσφιγμένο Μέτωπο*

Αν ένα ψυχρό μέτωπο το οποίο κινείται γρηγορότερα απ' το προπορευόμενο θερμό μέτωπο, το συναντήσει, τότε ο θερμός αέρας εγκλωβίζεται και εκτοπίζεται προς τα πάνω. Έτσι δημιουργείται ένα ενιαίο μέτωπο, αποτελούμενο απ' το ψυχρό που βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της Γης και το θερμό που είναι πάνω από την επιφάνεια, το οποίο λέγεται συνεσφιγμένο.

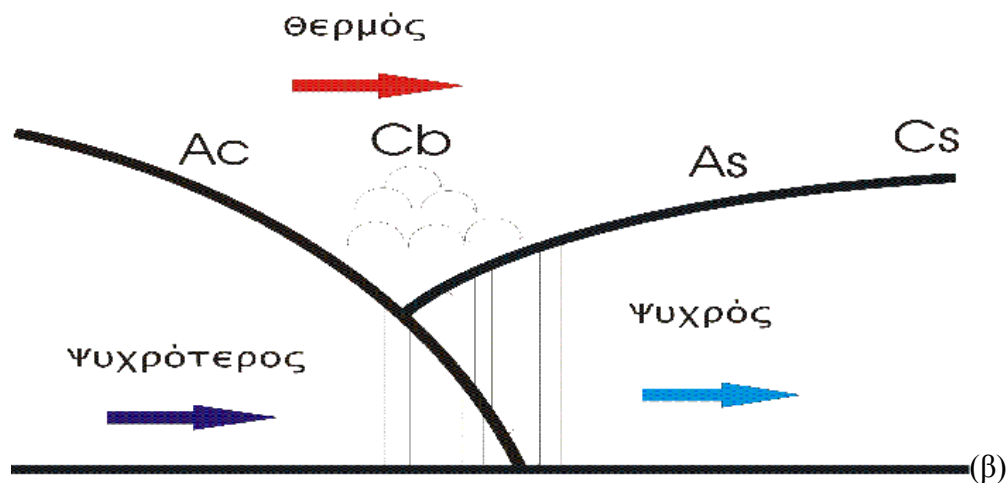
Στη δημιουργία των συνεσφιγμένων μετώπων εμπλέκονται τρεις αέριες μάζες και η διάταξή τους κατά την κατακόρυφη έννοια εξαρτάται από τη σχετική θερμοκρασιακή διαφορά τους. Ανάλογα με το ποιά από τις ψυχρές αέριες μάζες είναι ψυχρότερη, το μέτωπο παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά ενός θερμού ή ψυχρού μετώπου. Ειδικότερα, αν ο ψυχρός αέρας του ψυχρού μετώπου είναι θερμότερος από τον ψυχρό αέρα του θερμού μετώπου, τότε παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του θερμού μετώπου, άρα και θερμή σύσφιξη. Αντίστοιχα δημιουργείται η ψυχρή (Σχήμα 2.9).

Τέλος ως προς τις καιρικές καταστάσεις που συνοδεύουν ένα συνεσφιγμένο μέτωπο, αναφέρεται πως τα νέφη που συνοδεύουν το μέτωπο εξαρτώνται από τα νέφη που συνοδεύουν τόσο το ψυχρό όσο και το θερμό μέτωπο. Επίσης, πολύς έντονος καιρός μπορεί να υπάρξει στα αρχικά στάδια της δημιουργίας του μετώπου λόγω ασταθούς αέριας μάζας που αναγκάζεται σε ανοδική κίνηση. Βέβαια η περίοδος αυτή παρουσιάζει μικρή χρονική διάρκεια.

ΘΕΡΜΗ ΣΥΣΦΙΓΞΗ



ΨΥΧΡΗ ΣΥΣΦΙΓΞΗ



Σχήμα 2.9. Κατακόρυφη τομή μιας θερμής (α) και ψυχρής (β) σύσφιξης
(κατά Καραπιπέρη, 1981)

2.2.5 Η έννοια της μεταφοράς

Στο ύψος των 850hPa η επίδραση της τριβής στη διεύθυνση του ανέμου είναι ήδη αμελητέα κι έτσι ο άνεμος θεωρείται γεωστροφικός, δηλαδή πνέει παράλληλα προς τις ισοβαρείς, έχοντας αριστερά του στο Βόρειο ημισφαίριο τα χαμηλά ύψη.

Όταν στο χάρτη καιρού των 850hPa οι καμπύλες που ενώνουν τις περιοχές με την ίδια θερμοκρασία (ισόθερμες) τέμνονται με τις καμπύλες

που ενώνουν περιοχές με το ίδιο γεωδυναμικό ύψος (ισοϋψείς) τότε παρατηρείται μεταφορά αέριας μάζας.

Στην περίπτωση αυτή, αν ο άνεμος φυσάει από τις περιοχές μικρότερων θερμοκρασιών προς αυτές με υψηλότερη θερμοκρασία, παρατηρείται συνεχή μεταφορά ψυχρού αέρα, δηλαδή ψυχρή μεταφορά, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να μειώνεται. Αντίθετα, θα έχουμε θερμή μεταφορά όταν ο άνεμος φυσά από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες θερμοκρασίες, με παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας. Ωστόσο, όταν οι ισοϋψείς είναι παράλληλες στις ισόθερμες, στην περιοχή δεν παρατηρείται μεταφορά θερμότητας.

Ουσιαστικά η μεταφορά θερμοκρασίας εκφράζει τον χρονικό ρυθμό της μεταβολής της θερμοκρασίας σε μια περιοχή και έχει άμεση εξάρτηση από τη γωνία που σχηματίζουν οι ισόθερμες με τις ισοϋψείς, όπως φαίνεται και από τη σχέση:

$M = - |V| |\text{grad}(T)| \cos\varphi$ όπου V = η ταχύτητα του ανέμου
 $\text{Grad}(T)$ =η βαθμίδα μεταβολής της
θερμοκρασίας προς τη διεύθυνση μέγιστης μεταβολής στο ισοβαρικό
πεδίο των 850hPa

φ = η γωνία των δύο αυτών ανυσμάτων

Καταλήγοντας, έντονη θερμή μεταφορά στα 850hPa συναντάται συνήθως μπροστά από το θερμό μέτωπο που εμφανίζεται στην επιφάνεια μιας ύφεσης, ενώ ψυχρή μεταφορά παρατηρείται κυρίως πίσω από ψυχρό μέτωπο.

2.3 Το Όζον στην Ατμόσφαιρα

Περίπου το 99% του όγκου του ατμοσφαιρικού αέρα αποτελείται από το άζωτο (78%) και το οξυγόνο (21%). Το υπόλοιπο 1% αποτελούν οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, τα οξείδια του αζώτου,

το **όζον (O_3)** και τα αδρανή αέρια. Ειδικότερα, σε κάθε περίπου 10 εκατομμύρια μόρια αέρα, υπάρχουν μόνο 3 μόρια όζοντος.

Ωστόσο, αν και το όζον είναι αρκετά σπάνιο, τα μόριά του παίζουν σημαντικό ρόλο για την ύπαρξη ζωής στη Γη. Απορροφούν μεγάλο μέρος της βιολογικά επικίνδυνης, ηλιακής, υπεριώδους ακτινοβολίας, προστατεύοντας έτσι όλους τους έμβιους οργανισμούς από τις συνέπειές της. Παράλληλα το όζον καθορίζει και τη θερμική δομή της στρατόσφαιρας, αφού είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας στο στρώμα της στρατόσφαιρας.

Η συνολική ποσότητα όζοντος σε ένα συγκεκριμένο τόπο, μεταβάλλεται όπως θα δούμε, εξαιτίας της χρονικής μεταβολής της ηλιακής ακτινοβολίας και των μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικών κινήσεων.

2.3.1. Όζον και καιρικές συνθήκες

Το όζον, όπως και άλλοι φωτοχημικοί ρύποι, σχηματίζονται λόγω της επίδρασης της ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος από τον ήλιο σε αέριους ρύπους, αλλά έχει ταυτόχρονα και ανθρωπογενή προέλευση, λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Έτσι σε συνθήκες καλοκαιρίας και γενικά αυξημένης ηλιοφάνειας, με παράλληλη ύπαρξη ήπιας νέφωσης, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος. Η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος συντελεί στην θέρμανση των κατώτερων επιπέδων της ατμόσφαιρας.

Αντίθετα, η απουσία ηλιοφάνειας, η πυκνή νέφωση, συνδυαστικά με την βροχόπτωση είναι καιρικά χαρακτηριστικά που οδηγούν στην μείωση των επιπέδων συγκέντρωσης του όζοντος σε ένα συγκεκριμένο τόπο και κατ' επέκταση στη μείωση της θερμοκρασίας. Παράλληλα η ατμόσφαιρα υπό αυτές τις συνθήκες εμφανίζεται, ως είναι αναμενόμενο, λιγότερο εκτεθειμένη σε ατμοσφαιρικούς ρύπους και γενικά ρυπογόνα σωματίδια.

2.3.2 Όζον, Όρια Ασφάλειας και Επικινδυνότητα

- *Όρια ασφάλειας*

Οι συγκεντρώσεις υπόβαθρου του όζοντος, κυρίως ανθρωπογενούς προέλευσης, κυμαίνονται από 40-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αλλά δύναται να ανέλθουν σε επίπεδα 120-140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για μία ώρα. Στην Ευρώπη η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση όζοντος δύναται να υπερβεί τα 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε αγροτικές περιοχές και τα 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε αστικές περιοχές, όπου η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι εντονότερη.

Η επιλογή και κατά συνέπεια η πρόταση ενός ορίου ασφάλειας για τη συγκέντρωση του όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα, είναι πολύπλοκη, αφού επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου αφορούν σε βραχυχρόνιες επιδράσεις ίσων ή και λίγο μεγαλύτερων συγκεντρώσεων με αυτές του υποβάθρου.

Η πρώτη έκδοση των ορίων ποιότητας του αέρα αναφέρει για την Ευρώπη το όριο των 150-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για την έκθεση μίας ώρας, ενώ το όριο συναγερμού στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα είναι τα 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για συνεχόμενη υπέρβαση τριών ωρών.

- *Επικινδυνότητα*

Βραχυχρόνια οξεία έκθεση στο όζον επιφέρει κυρίως αναπνευστικά προβλήματα, μεταβολή της πνευμονικής λειτουργίας, αυξημένο ερεθισμό και αναπνευστικά συμπτώματα. Αυτά τα επεισόδια είναι σημαντικά σε υγιείς ενήλικες σε συγκεντρώσεις 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για χρόνο έκθεσης περίπου 6,6 ωρών. Ένα ποσοστό της τάξης των 10% παρουσιάζουν ευαισθησία και αναπνευστικά προβλήματα σε έκθεση μεταξύ 4-5 ωρών.

3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Δεδομένα

Για τη διεκπεραίωση της συγκεκριμένης εργασίας πραγματοποιήθηκε συγκέντρωση και ανάλυση των διαφόρων μετεωρολογικών δεδομένων και συνθηκών που επικράτησαν στην Ελλάδα, και ειδικότερα σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, κατά τη χρονική διάρκεια δύο διαφορετικών περιόδων. Το ενδιαφέρον μας στην Αθήνα επικεντρώθηκε στις 3 έως και 14 Φεβρουαρίου 2014 (1^η περίοδος παρατήρησης), καθώς και στις 28 Απριλίου έως και 23 Μαΐου 2014 (2^η περίοδος παρατήρησης). Αντίστοιχα, για τη Θεσσαλονίκη πραγματοποιήθηκε μελέτη για τις 17 έως και 28 Φεβρουαρίου 2014 (1^η περίοδος παρατήρησης), και για τις υποπεριόδους 31 Μαρτίου έως και 11 Απριλίου 2014 και 26 Μαΐου έως και 6 Ιουνίου 2014 (2^η περίοδος παρατήρησης).

Πιο συγκεκριμένα, πηγή δεδομένων προς επεξεργασία και ανάλυση αποτέλεσαν:

1. Χάρτες καιρού επιφάνειας
2. Δεδομένα των μοντέλων πρόγνωσης καιρού RAMS και SKIRON
3. Μετρήσεις Επίγειων Μετεωρολογικών σταθμών σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη.

3.1.1 Χάρτες Επιφανείας

Οι χάρτες επιφανείας που μελετήθηκαν προέρχονται από τη γερμανική ιστοσελίδα <http://www.wetterzentrale.de> . Μέσω τους site αυτού μας παρέχονται ημερήσιοι χάρτες επιφανείας που αφορούν κυρίως στις χώρες της κεντρικής και νότιας Ευρώπης.

Μέσω των χαρτών αυτών εμείς συλλέξαμε πληροφορίες για την ύπαρξη ή όχι κάποιου μετώπου στην Ελλάδα ή και στις γύρω περιοχές που επηρέασαν τη χώρα μας κατά τη διάρκεια των πειραματικών περιόδων που μας ενδιέφεραν.

3.1.2 Μοντέλα Πρόγνωσης RAMS – SKIRON

Τα μαθηματικά μοντέλα πρόγνωσης, δεδομένα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της πτυχιακής αυτής εργασίας, ήταν τα RAMS και SKIRON.

Γενικά, τα μοντέλα πρόγνωσης μας παρέχουν την πρόγνωση του καιρού σε χρονική διάρκεια μερικών ωρών έως και περίπου έξι ημερών. Ειδικότερα, αναφέρονται στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία, τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα και συστήματα που επικρατούν σε κάθε τόπο, καθώς επίσης και σε διάφορες ατμοσφαιρικές παραμέτρους, όπως θερμοκρασία, ένταση και διεύθυνση ανέμου, νεφοκάλυψη, βροχόπτωση και πολλά άλλα.

Το μοντέλο SKIRON έχει διακριτική ικανότητα 0.5° και δίνει τη δυνατότητα πρόγνωσης έως και 5 μέρες. Από τις πληροφορίες που αυτό παρέχει, μελετήθηκαν κυρίως οι χάρτες επιφάνειας, οι χάρτες των 850 hPa και 500 hPa, όπως επίσης και η απεικόνιση της βροχόπτωσης και της επικρατούσας νεφοκάλυψης.

Αντίστοιχα, από το μοντέλο RAMS, το οποίο παρουσιάζει καλύτερη διακριτότητα, περίπου 3χλμ., και δίνει πρόγνωση έως και 2 ημέρες, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως δεδομένα για τη διεύθυνση του ανέμου, καθώς επίσης και για την τοπική νεφοκάλυψη.

Και τα δύο μοντέλα πρόγνωσης λειτουργούν επιχειρησιακά στο Πανεπιστήμιο Αθηνών στο Τμήμα Φυσικής από την Ομάδα Ατμοσφαιρικών Μοντέλων και Πρόγνωσης Καιρού, και είναι διαθέσιμα στο ευρύ κοινό στην ιστοσελίδα <http://forecast.uoa.gr>. Τέλος, το μοντέλο SKIRON αποτελεί το κύριο προγνωστικό εργαλείο της Ε.Μ.Υ, όπου έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί από το 1996.

3.1.3 Επίγειοι Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Μετεωρολογικοί σταθμοί επιφάνειας εδάφους είναι ένα σύνολο εγκαταστάσεων και μετεωρολογικών οργάνων που λειτουργούν σε συγκεκριμένες θέσεις και με τα οποία παρατηρούμε, μετρούμε και καταγράφουμε τις τιμές των διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, βροχόπτωση.

Επιπλέον, μας παρέχουν πληροφορίες και για την ποιότητα του αέρα σε συγκεκριμένους τόπους, καθώς εμείς αξιοποιήσαμε για τις εκάστοτε χρονικές περιόδους τα μέγιστα οκτάωρα όζοντος σε διάφορες πόλεις της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης.

Εδώ, χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις δύο επίγειων μετεωρολογικών σταθμών, ενός στην περιοχή του Θησείου για την Αθήνα και ενός δεύτερου στη Θεσσαλονίκη.

Mo nth	day	hour (LT)	Temp (oC)	RH(%)	Prc (mm)	Total Sol Rad (W/m2)	time (LT)	WD (deg)	WS (m/s)
4	10	0	11,2	97	0	-20	30	130,7	2
4	10	1	11,2	96	0	-20	130	101,4	0,5
4	10	2	11,2	92	0	-20	230	118,7	3,5
4	10	3	11,6	86	0	-20	330	45	1,75
4	10	4	11,8	91	0	-20	430	328,5	0,25
4	10	5	11,5	95	0	-20	530	156,6	0,25
4	10	6	11,3	98	0	-20	630	218,8	1,5
4	10	7	10,9	100	0	16	730	304,3	0,25
4	10	8	11,5	100	0	80	830	180,5	0,5
4	10	9	12,0	100	0	176	930	223,5	3
4	10	10	12,8	100	0	340	1030	243,4	3,5
4	10	11	13,6	95	0	407	1130	241,6	1,5
4	10	12	14,5	90	0	592	1230	291,8	3
4	10	13	15,2	82	0	655	1330	188,6	3,5
4	10	14	14,8	85	0	720	1430	195,2	5,5

Σχήμα 3.1. Παράθεση πίνακα μετρήσεων μετεωρολογικών παραμέτρων από επίγειο μετεωρολογικό σταθμό στη Θεσσαλονίκη.

3.2 Μεθοδολογία

Για τη μελέτη και την ανάλυση των καιρικών και ατμοσφαιρικών συνθηκών που επικράτησαν μέρα με τη μέρα, αλλά και καθ' όλη την διάρκεια των περιόδων ενδιαφέροντος σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, έγινε συνδυαστική καταγραφή και παρατήρηση των δεδομένων από χάρτες επιφανείας, μοντέλα πρόγνωσης και μετεωρολογικούς σταθμούς.

Πιο συγκεκριμένα, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε μέρα με τη μέρα σε κάθε περιοχή ήταν η εξής:

Αρχικά μελετήθηκαν οι χάρτες επιφανείας εδάφους (περί τα 2m ύψος από το έδαφος) από το μαθηματικό μοντέλο πρόγνωσης SKIRON και την ιστοσελίδα <http://www.wetterzentrale.de>, απ' όπου καταγράφηκαν τα επικρατόντα βαρομετρικά χαμηλά και υψηλά συστήματα και πραγματοποιήθηκε μετωπική ανάλυση αντίστοιχα..

Στη συνέχεια, από τους χάρτες των 850 hPa ελήφθησαν πληροφορίες για την ύπαρξη τυχούσας μεταφοράς θερμότητας, όπως επίσης και για την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν χάρτες των 500 hPa, οι οποίοι μας δίνουν τη δυνατότητα να διακρίνουμε την ύπαρξη διαφόρων συστημάτων, όπως για τη σφήνα ύφεσης (trough) και έξαρσης (ridge).

Κατόπιν, με τη βοήθεια των δεδομένων των επίγειων μετεωρολογικών σταθμών, αλλά και των στοιχείων νεφοκάλυψης, βροχόπτωσης και ανέμου από SKIRON και RAMS, έγινε περιγραφή πρωτίστως των επικρατόντων καιρικών συνθηκών μέρα με τη μέρα σε κάθε περιοχή, με τη χρήση των κατάλληλων γραφημάτων για τον άνεμο και τη θερμοκρασία. Έτσι, έγινε σύγκριση μεταξύ της πρόγνωσης που παρέχουν τα μοντέλα και της παρατήρησης μέσω μετεωρολογικών σταθμών των μετεωρολογικών παραμέτρων, καθώς και η κατάλληλη επεξήγηση και σύνδεση το παρόντος καιρού με τα ατμοσφαιρικά συστήματα που παρατηρήθηκαν στην ατμόσφαιρα για την κάθε χρονική περίοδο σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη.

Εν κατακλείδι, στηριζόμενοι στη μελέτη των προαναφερθέντων δεδομένων, έγινε η συσχέτισή τους με την παρατηρούμενη συγκέντρωση όζοντος στην ατμόσφαιρα για τις δύο διαφορετικές περιόδους σε επιλεγμένες πόλεις των περιοχών Αθήνα και Θεσσαλονίκη, όπου και πραγματοποιήθηκε το πείραμα.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

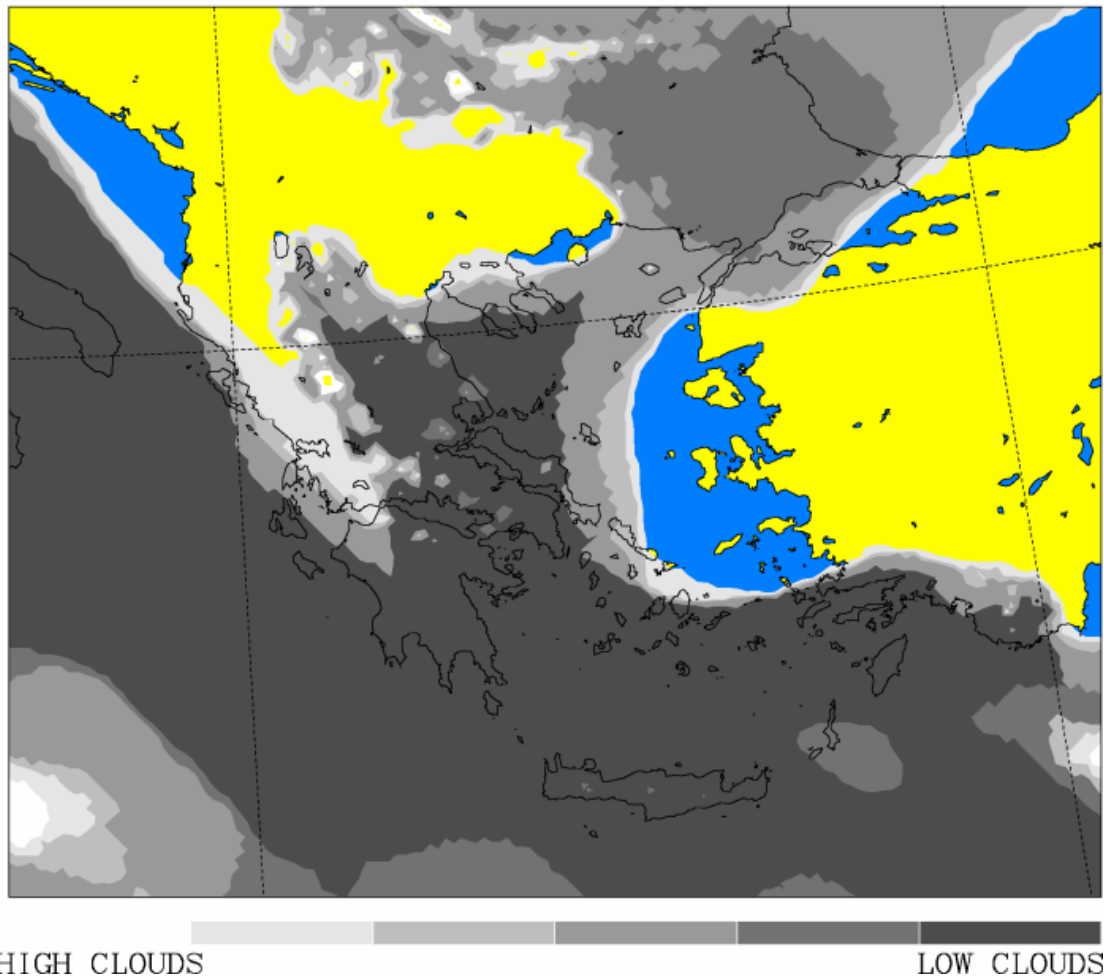
4.1 1^η Περίοδος Παρατήρησης Πειράματος Responze, Αθήνα

4.1.1 Καταγραφή Μετεωρολογικών Συνθηκών

Σύμφωνα με τις μετρήσεις των επίγειων μετεωρολογικών σταθμών για την Αθήνα, αλλά και την πρόγνωση των μοντέλων RAM και SKIRON, οι επικράτουσες μετεωρολογικές συνθήκες για την πρώτη περίοδο διεξαγωγής του πειράματός μας ήταν:

3 Φεβρουαρίου 2014

Στην Αθήνα παρατηρείται πυκνή κυρίως μεσαία και χαμηλή νεφοκάλυψη (Σχήμα 4.1). Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 9 °C, κυρίως τις πρωινές ώρες, έως και 11,2 °C. Οι άνεμοι εντοπίζονται βόρειοι, βορειοανατολικοί (NNE) μέτριοι έως ισχυροί εντάσεως έως και 11,7 m/s τις μεσημεριανές ώρες. Τέλος επικρατεί ασθενής βροχόπτωση από 2-5 mm καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και η παρατηρούμενη σχετική υγρασία σημειώνει τιμές από 60-75 %.



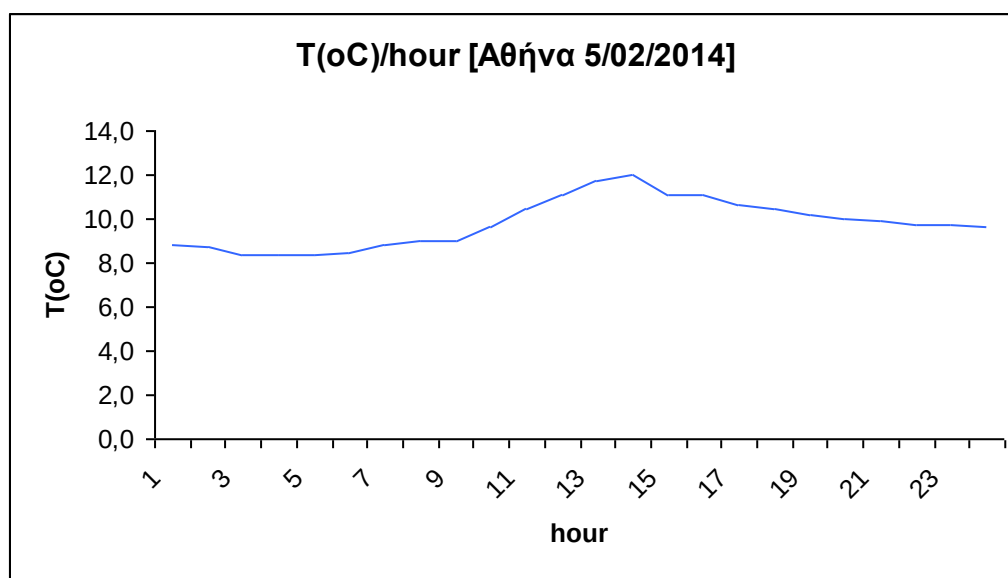
Σχήμα 4.1. Απεικόνιση νεφοκάλυψης για τις 03/02/2014

4 Φεβρουαρίου 2014

Ομοίως παρατηρείται πυκνή χαμηλή νεφοκάλυψη, με ασθενή βροχόπτωση 0-2 mm κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη θερμοκρασία να κυμαίνεται από 7 έως και 11 °C. Οι άνεμοι πνέουν βόρειοι, βορειοανατολικοί (NNE) ασθενείς, σχεδόν μέτριοι εντάσεως 2,2 έως και 6,2 m/s και η σχετική υγρασία μετρήθηκε 69-94%.

5 Φεβρουρίου 2014

Η νέφωση εξακολουθεί να είναι πυκνή και χαμηλή, χωρίς ωστόσο να εκδηλώνονται βροχές. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 8,4 έως και 12 °C, κυρίως τις μεσημεριανές ώρες (Σχήμα 4.2). Οι άνεμοι πνέουν βορειοανατολικά (NE), ασθενείς, εντάσεως έως και 4,1 m/s και η σχετική υγρασία εντοπίζεται από 70-83%.



Σχήμα 4.2. Κατανομή θερμοκρασίας και παρατήρηση μεγίστου στις 14:00 για τις 05/02/2014

6 Φεβρουαρίου 2014

Παρατηρούμε σταθερά πυκνή και χαμηλή νέφωση καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας που σταδιακά, κυρίως τις απογευματινές και βραδινές ώρες, οδηγούν στην εκδήλωση ασθενούς και κατόπιν μέτριας βροχόπτωσης από 0 έως και 5mm. Η θερμοκρασία δεν παρουσιάζει κάποια μεταβολή, αφού όμοιως κυμαίνεται μεταξύ 8 και 12,3 °C. Οι άνεμοι πνέουν νότιοι (S), σχεδόν μέτριοι, εντάσεως έως 6,1 m/s και οι τιμές της σχετικής υγρασίας εντοπίζονται από 70 έως 83%.

7 Φεβρουαρίου 2014

Τις πρωινές έως και μεσημεριανές ώρες παρατηρείται πυκνή και χαμηλή νέφωση η οποία εξασθενεί σε μεσαία κυρίως από τις απογευματινές ώρες. Επιπλέον τις πρώτες πρωινές ώρες εντοπίζεται μετρίας εντάσεως βροχόπτωση 2-5mm που από τις 3 το μεσημέρι και έπειτα περιορίζεται και εξασθενεί σημαντικά. Η θερμοκρασία παρουσιάζει αισθητή άνοδο και οι τιμές της κυμαίνονται μεταξύ 9,5 και 15,7 °C. Οι άνεμοι πνέουν νοτιοανατολικοί (SE) σχεδόν μέτριοι και στη συνέχεια ασθενείς, εντάσεως 1,6 έως 6,5 m/s. Τέλος η σχετική υγρασία παρατηρείται αυξημένη με τιμές από 70 έως και 96%.

8 Φεβρουαρίου 2014

Ο καιρός παρατηρείται γενικά αίθριος, με αραιή και υψηλή νέφωση. Η θερμοκρασία εξακολουθεί να παρουσιάζει μια μικρή άνοδο και κυμαίνεται από 11,1 έως 16 °C. Οι άνεμοι πνέουν νοτιοδυτικοί (SW) αρχικά σχεδόν μέτριοι και στη συνέχεια ασθενείς, εντάσεως έως 5,6 m/s. Η σχετική υγρασία παραμένει στα ίδια επίπεδα καθώς μετρήθηκε από 69 έως 95%.

9 Φεβρουαρίου 2014

Όμοιο σκηνικό παρουσιάζει ο καιρός και αυτή την ημέρα. Συναντάται γενικά αίθριος, με υψηλή νέφωση και μια ασθενή (1-2mm) και μικρής διάρκειας βροχόπτωση τις μεσημεριανές ώρες. Η θερμοκρασία παρουσιάζει μικρή άνοδο με τιμές μεταξύ 12,8 και 17,5 °C. Οι άνεμοι εντοπίζονται νότιοι, νοτιοδυτικοί (SSW), ασθενείς εντάσεως έως και 4,9 m/s. Τέλος η σχετική υγρασία παρατηρείται αυξημένη, καθώς κυμαίνεται μεταξύ 71 και 99%.

10 Φεβρουαρίου 2014

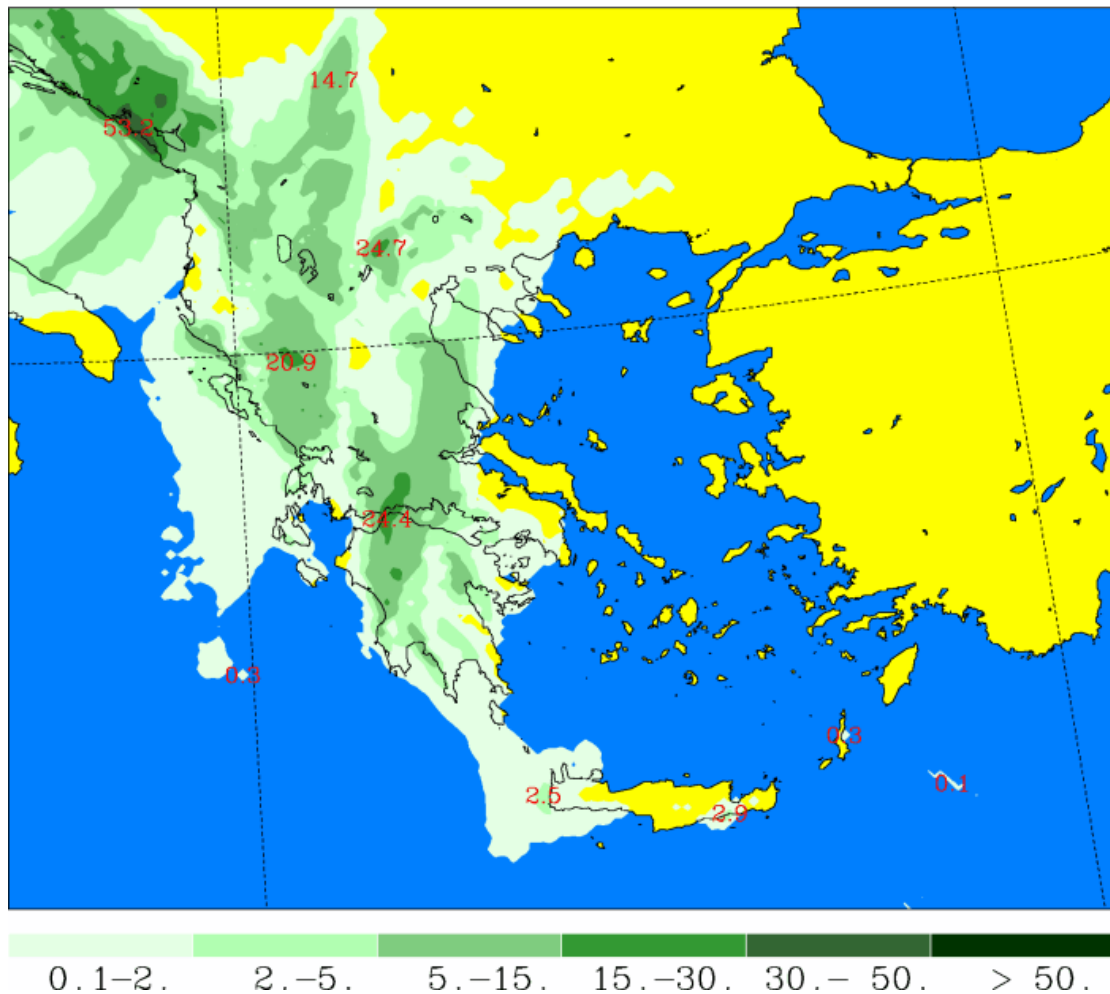
Ο ουρανός εντοπίζεται ανέφελος και η θερμοκρασία παρουσιάζει μικρή άνοδο, καθώς κυμαίνεται μεταξύ 12,3 και 18,8°C. Οι άνεμοι πνέουν ασθενείς, δυτικοί, νοτιοδυτικοί (WSW) εντάσεως έως 3,9 m/s και η σχετική υγρασία παρατηρείται μειωμένη, αφού το μέγιστο των τιμών της ανέρχεται στο 87%.

11 Φεβρουαρίου 2014

Ανέφελος ουρανός επικρατεί και αυτή την ημέρα με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 11,1 και 17,5 °C. Ο άνεμος είναι νότιος, νοτιοανατολικός (SSE), ασθενής, εντάσεως έως 5 m/s και η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές 69 με 90%.

12 Φεβρουαρίου 2014

Αρχικά ο ουρανός παρατηρείται ανέφελος με σταδιακή πύκνωση της νέφωσης από το μεσημέρι και μετά, όπου επικρατούν μεσαία και χαμηλά κυρίως νέφη, που συνοδεύονται από μέτριας εντάσεως βροχόπτωση έως 5mm (Σχήμα 4.3). Η θερμοκρασία παρουσιάζει μια μικρή αύξηση, με τιμές μεταξύ 12,1 και 18,8°C. Ο άνεμος εντοπίζεται νότιος, νοτιοανατολικός (SSE), ασθενής, εντάσεως έως και 5 m/s και η σχετική υγρασία μετρήθηκε από 61 με 93%.



Σχήμα 4.3. Αποτύπωση της επικείμενης βροχόπτωσης για τις 12/04/2014 στην Αθήνα

13 Φεβρουαρίου 2014

Στον ουρανό επικρατεί κυρίως υψηλή και μεσαία νέφωση με τη θερμοκρασία να εντοπίζεται αισθητά μειωμένη καθώς δεν ξεπερνά του 16,7°C. Ο άνεμος πνέει νότιος,νοτιοδυτικός (SSW), ασθενής, εντάσεως έως 3,5 m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 63 και 89%.

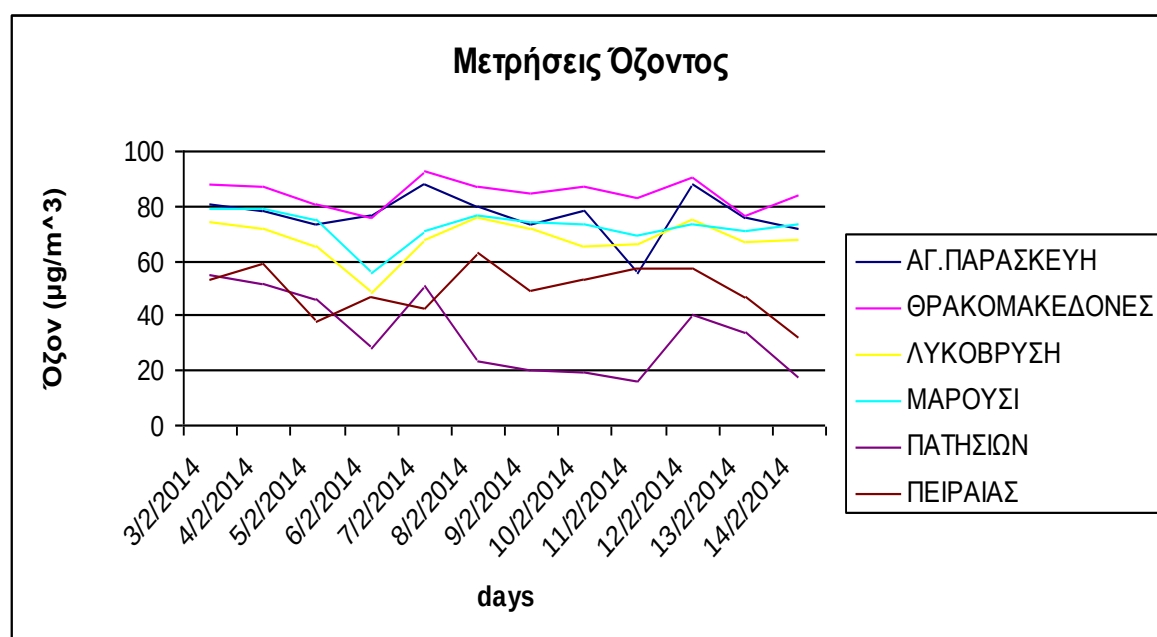
14 Φεβρουαρίου 2014

Τη μέρα αυτή παρατηρείται αρχικά αραιή και υψηλή νέφωση που τις απογευματινές ώρες πυκνώνει, χωρίς την εκδήλωση φαινομένων. Η θερμοκρασία ομοίως δεν ξεπερνά τους $16,1^{\circ}\text{C}$ και ο άνεμος πνέει δυτικός (W), σχεδόν μέτριος, ετνάσεως έως και $7,5 \text{ m/s}$. Τέλος η υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 59 και 86%.

4.1.2 1^η Περίοδος και Όζον στην Αθήνα

Με δεδομένο ότι ο καιρός που επικράτησε από 3 έως και 14 Φεβρουαρίου 2014 στην Αθήνα συνοδευόταν από κυρίως σχεδόν μέτριους ανέμους, καθώς επίσης από πυκνή νεφοκάλυψη και αρκετές βροχοπτώσεις, έστω και ασθενείς, αναμένουμε η συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα της Αθήνας να παραμένει σε χαμηλά ποσοστά.

Βάσει των μετρήσεων των μέγιστων οκταώρων όζοντος στις περιοχές Αγία Παρασκευή, Θρακομακεδόνες, Λυκόβρυση, Μαρούσι, Πατήσια και Πειραιά παρατηρήθηκε η εξής κατανομή (Σχήμα 4.4):



Σχήμα 4.4. Μέγιστα Οκτάωρα Όζοντος από 3-14 Φεβρουαρίου 2014 για τις περιοχές Αγ.Παρασκευή, Θρακομακεδόνες, Λυκόβρυση, Μαρούσι, Πατήσια, Πειραιάς.

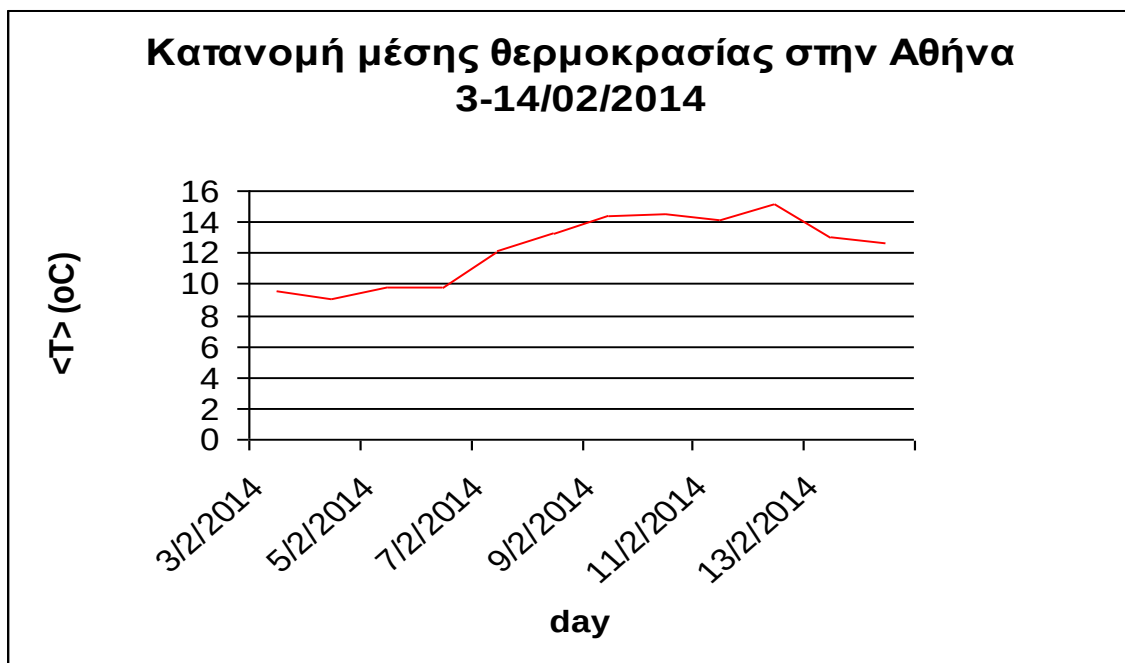
Παρατηρούμε, λοιπόν, πως σε κάθε περιοχή η συγκέντρωση του όζοντος εμφανίζει ελάχιστο στο διάστημα 10-12 Φεβρουαρίου, εκεί δηλαδή όπου στην Αθήνα την επίδραση κυρίως χαμηλών βαρομετρικών και ειδικά στις 12/02 εκδήλωση βροχοπτώσεων. Αντίθετα, παρατηρούμε μέγιστη συγκέντρωση όζοντος στο διάστημα 8-9 Φεβρουαρίου, όπου στην Αθήνα παρατηρείται υψηλό βαρομετρικό, και γενικά αίθριος καιρός.

4.1.3 Σύνοψη

Το πώς όμως ακριβώς επηρεάστηκε η κατανομή του όζοντος κατά της διάρκεια της περιόδου 3 έως 14 Φεβρουαρίου 2014 στην Αθήνα σχετίζεται άμεσα όχι μόνο με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες αλλά και με τα διάφορα ατμοσφαιρικά συστήματα που επικράτησαν στην περιοχή.

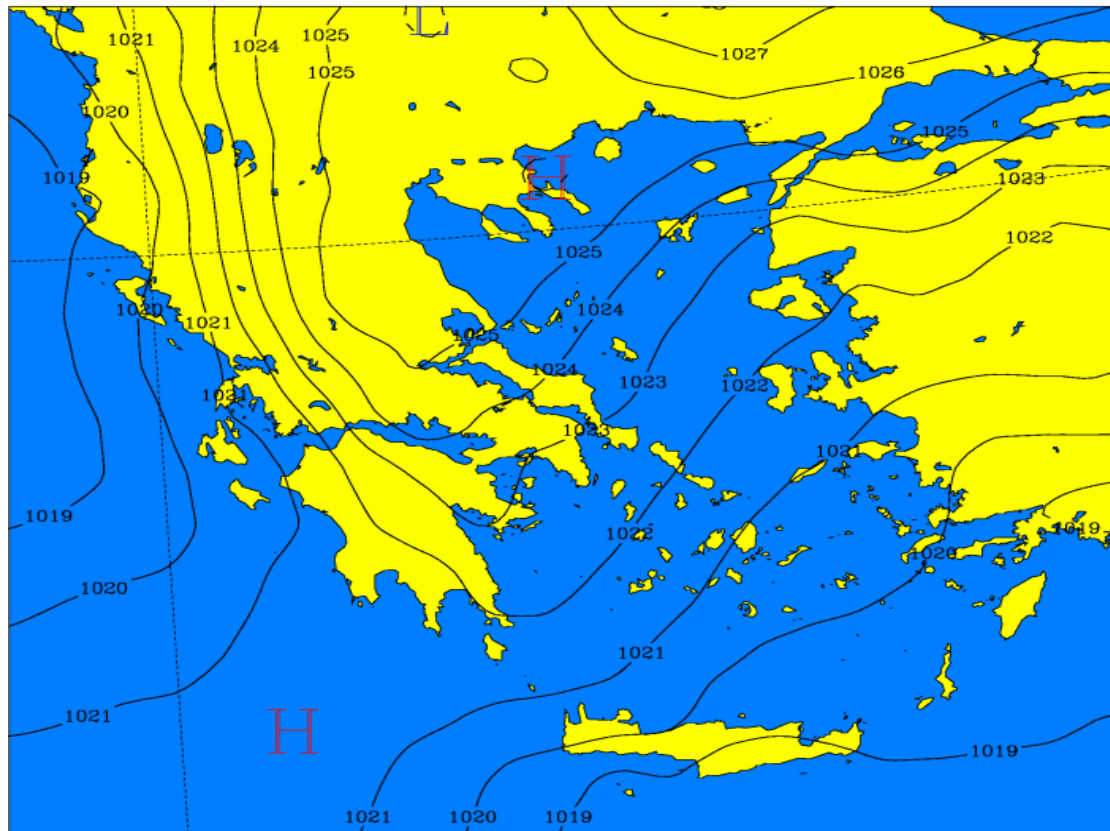
Έτσι, βασιζόμενοι στις μετρήσεις θερμοκρασιακής κατανομής, ταχύτητας και κατ' επέκταση έντασης και διεύθυνσης ανέμου καθώς και της υγρασίας από τους επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς σε Αθήνα, παρατηρείται το εξής:

Κατά την περίοδο 3 έως 14 Φεβρουαρίου 2014 η μέση ημερήσια θερμοκρασία στην Αθήνα μετρήθηκε από 9°C έως και 15°C, τιμές ιδιαιτέρως αυξημένες για το χρονικό αυτό διάστημα, αφού συνήθως η μέση θερμοκρασία για το μήνα Φεβρουάριο στην Αθήνα είναι περίπου 9-10°C (μετρήσεις E.M.Y για τα έτη 1955-1997, στην περιοχή Νέα Φιλαδέλφεια).



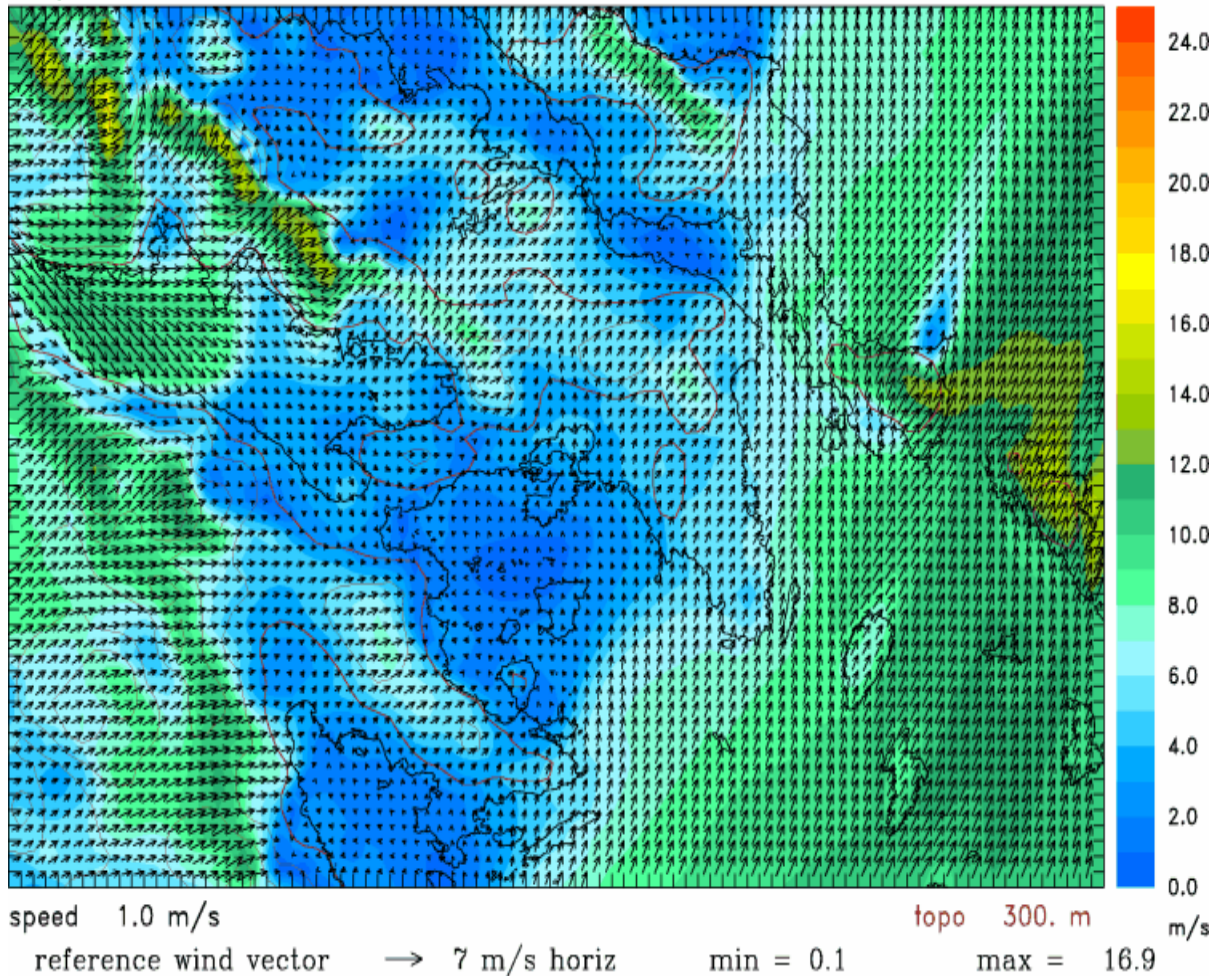
Σχήμα 4.5. Κατανομή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας περιόδου 3-14/02/2014 για την Αθήνα

Ειδικότερα από 3 έως και 6/ 02 η μέση θερμοκρασία βρίσκεται στα φυσιολογικά για την εποχή επίπεδα, αφού δεν ξεπερνά τους 9,8°C, οι άνεμοι είναι κυρίως βορειοανατολικοί, αθηνούς, σχεδόν μέτριας έντασης, και αν και επικρατεί πυκνή νεφοκάλυψη, δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα καιρικά φαινόμενα. Επιπλέον, στους χάρτες επιφανείας διακρίνονται κυρίως κάποια εξασθενημένα βαρομετρικά υψηλά (Σχήμα 4.6) στα οποία αποδίδεται η ένταση του ανέμου, αλλά και η παρουσία ασθενούς ή και απουσία βροχόπτωσης.



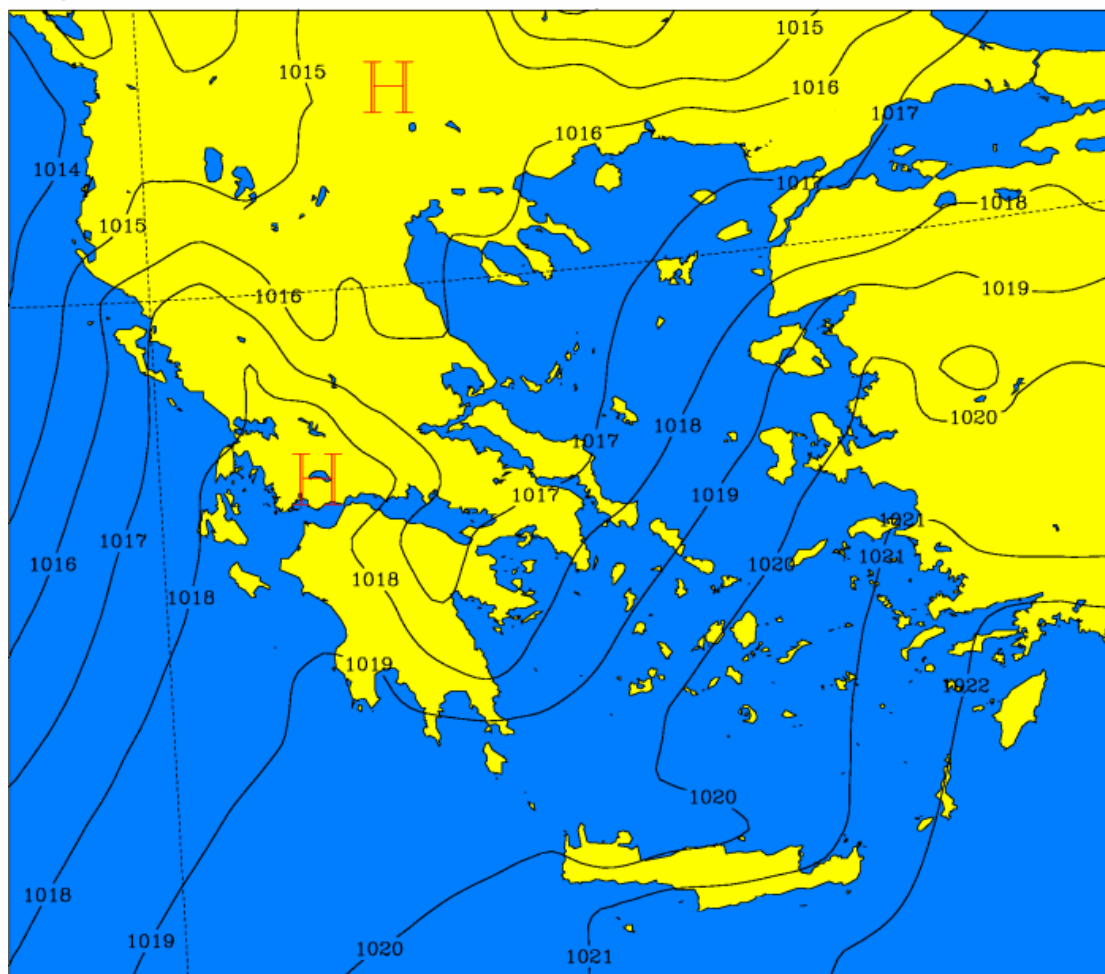
Σχήμα 4.6. Ενδεικτικός χάρτης επιφανείας όπου απεικονίζεται το βαρομετρικό υψηλό που επιδρά στην Αθήνα στις 04/02/2014

Ωστόσο το σκηνικό του καιρού από τις 7/02 και έπειτα αρχίζει να αλλάζει, αφού η μέση θερμοκρασία αυξάνεται προοδευτικά, με τη μέγιστη ($15,1^{\circ}\text{C}$) να παρατηρείται στις 12/02, τιμή ιδιαίτεως μεγαλύτερη από αυτή για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επιπλέον, κατά το διάστημα αυτό επικρατεί γενικά αίθριος καιρός, με υψηλή ή και καθόλου νεφοκάλυψη, ασθενείς ανέμους, κυρίως νότιους, νοτιοδυτικούς (Σχήμα 4.7) και απουσία βροχόπτωσης.



Σχήμα 4.7 Ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου για την Αττική στις 09/02/2014

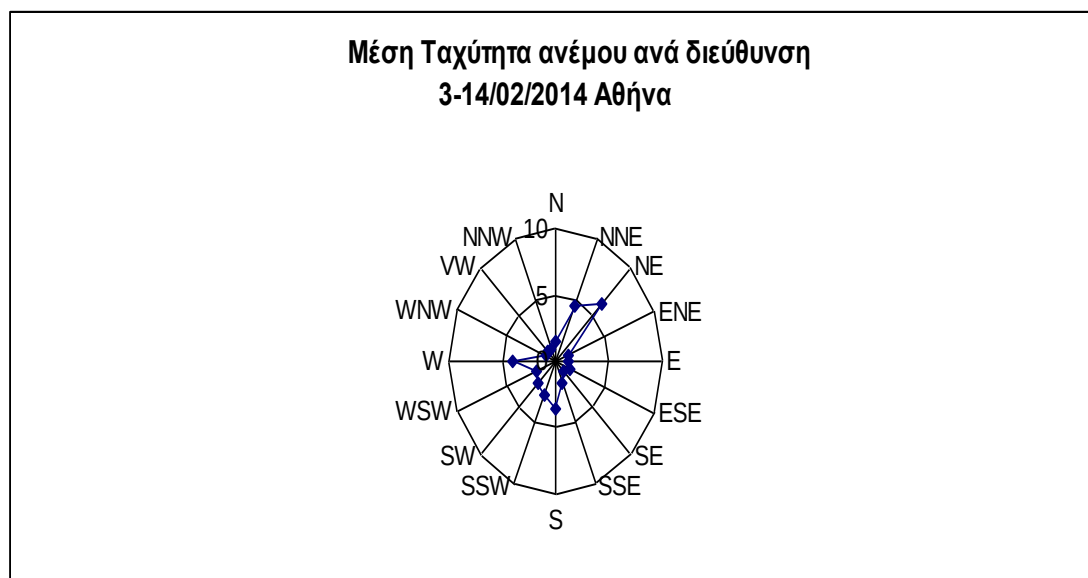
Οι επικρατούσες αυτές καιρικές συνθήκες αποδίδονται στην επίδραση ενός βαρομετρικού υψηλού που παρατηρείται να επέρχεται στη Στερεά Ελλάδα, καθώς και στην απουσία κάποιου μετώπου. Την ύπαρξη αντικυκλώνα (Σχήμα 4.8) μαρτυρά, επίσης, και η αυξημένη τιμή της σχετικής υγρασίας, καθώς αγγίζει τιμές έως και 99% στις 09/02/2014.



Σχήμα 4.8. Απεικόνιση του αντικυκλώνα που επιδρά στην Αθήνα στις 08/02/2014

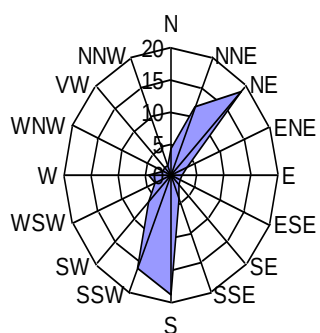
Ωστόσο από τις απογευματινές ώρες τις 12^{ης} Φεβρουαρίου παρατηρείται σταδιακή επιδείνωση του καιρού, η οποία εκδηλώνεται με πύκνωση νεφών, βροχόπτωση και αύξηση της έντασης του ανέμου από ασθενής, σε σχεδόν μέτριος. Τα καιρικά αυτά φαινόμενα οφείλονται σε τρία διαφορετικά ατμοσφαιρικά συστήματα που παρατηρούνται στους χάρτες επιφανείας και ανώτερης ατμόσφαιρας: αρχικά σ' ένα επερχόμενο ψυχρό μέτωπο από την Ιταλία που παρατηρείται στο χάρτη επιφανείας στις 12/02 (Σχήμα 4.9), στην επίδραση μίας trough (ή αυλώνα) που εμφανίζεται στις 13/02 στο χάρτη των 500hPa (Σχήμα 4.10), καθώς και σ' ένα βαρομετρικό χαμηλό που εντοπίζεται στην Αττική, στις 13/02/2014.

Τέλος όπως μαρτυρούν και τα δύο παρακάτω διαγράμματα που αφορούν στην επικρατούσα διεύθυνση ανέμου καθώς και στην ταχύτητα αυτού ανά διεύθυνση παρατηρούμε ότι οι βορειοανατολικοί άνεμοι (NE) εξέπνευσαν με τη μεγαλύτερη ταχύτητα, άρα είχαν και τη μεγαλύτερη παρητηρήσιμη ένταση με τους βόρειους,βορειοανατολικούς (NNE) και τους νότιους (S) να ακολουθούν (Σχήμα 4.11). Γενικά, θα λέγαμε πως στην περιοχή της Αθήνας την περίοδο 3-14 Φεβρουαρίου 2014 επικράτησαν κυρίως βορειοανατολικοί (NE) και νότιοι (S), σχεδόν μέτριοι άνεμοι (Σχήμα 4.12).



Σχήμα 4.11. Γράφημα-Ραντάρ για τις επικράτουσες μέσες ταχύτητες ανά διεύθυνση ανέμου στην Αθήνα την περίοδο 3-14/02/2014.

**Ποσοστιαία συχνότητα εμφάνισης διευθύνσεων ανέμου Αθήνα
3-14/02/2014**



Σχήμα 4.12. Γράφημα ποσοστιαίας συχνότητας εμφάνισης διεύθυνσης ανέμου στην Αθήνα για την περίοδο 3-14/02/2014

4.2 2^η Περίοδος Παρατήρησης Πειράματος Responze, Αθήνα

4.2.1 Καταγραφή Μετεωρολογικών Συνθηκών

28 Απριλίου 2014

Στην Αθήνα εντοπίζεται αραιή και κυρίως υψηλή νέφωση τις πρωινές ώρες, που από το απόγευμα πυκνώνει και μετατρέπεται σε χαμηλή, χωρίς ωστόσο να εκδηλωθούν βροχές. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 12,8 °C έως 20,2 °C. Επιπλέον οι άνεμοι που κυριαρχούν πνέουν νότιοι, νοτιοδυτικοί (SSW), ασθενείς, σχεδόν μέτριοι, εντάσεως έως και 6,5 m/s κυρίως τις βραδινές ώρες. Τέλος η παρατηρούμενη σχετική υγρασία καταγράφει τιμές 49-89%.

29 Απριλίου 2014

Επικρατεί πυκνή, μεσαία και χαμηλή νέφωση, χωρίς την εκδήλωση βροχών. Η θερμοκρασία, ωστόσο, παρουσιάζει μια μικρή αύξηση με τιμές από 14,8°C έως 22,2 °C. Οι άνεμοι εντοπίζονται κυρίως δυτικοί (W), κατά τόπους νότιοδυτικοί (SW), ασθενείς, εντάσεως έως και 5,1 m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 44 έως 80%.

30 Απριλίου 2014

Παρόμοιο εμφανίζεται το σκηνικό του καιρού και αυτή τη μέρα με σταδιακή βελτίωση από τις απογευματινές ώρες και μετά. Αρχικά παρατηρείται πυκνή, μεσαία νεφοκάλυψη, η οποία ωστόσο σταδιακά μέσα στη μέρα αραιώνει και διαλύεται. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 14,2 έως και 20,6 °C και οι άνεμοι πνέουν δυτικοί, νοτιοδυτικοί (WSW), ασθενείς, πρόσκαιρα σχεδόν μέτριοι, εντάσεως από 2,9 μέχρι 5,9 m/s. Τέλος η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές 43-68%.

01 Μαΐου 2014

Γενικά παρατηρείται αίθριος καιρός, με ανέφελο ουρανό και θερμοκρασιακές τιμές 14,2 έως και 22 °C. Οι άνεμοι πνέουν δυτικοί (W), κατά τόπους νότιοι (S), ασθενείς, παροδικά σχεδόν μέτριοι, εντάσεως έως 5,7 m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 47 και 75%.

02 Μαΐου 2014

Και αυτή τη μέρα παρουσιάζεται αραιή νέφωση ή και ανέφελος ουρανός με τη θερμοκρασία να ξεκινά από 14,9°C και να μην ξεπερνά τους 23°C. Επιπλέον παρατηρείται κυρίως νότιος (S), ασθενής άνεμος, με ένταση έως 5 m/s και η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές 43-80%.

03 Μαΐου 2014

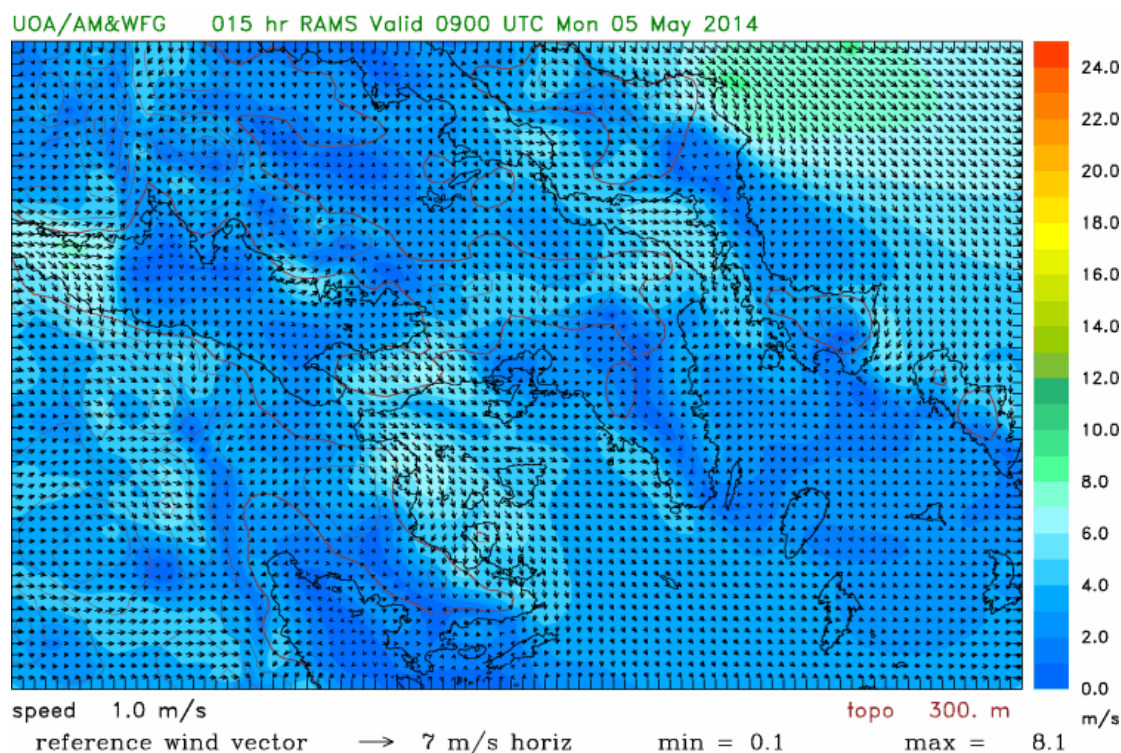
Αρχικά, κυρίως τις πρωινές ώρες παρατηρούνται υψηλά νέφη, που τις βραδινές ώρες πυκνώνουν και μετατρέπονται σε χαμηλά, με παράλληλη εκδήλωση πρόσκαιρης βροχόπτωσης 2-5 mm. Η θερμοκρασία, ωστόσο, διατηρείται στα ίδια επίπεδα, με τιμές από 15,7 έως 21,4°C (Σχήμα 1). Τέλος οι άνεμοι πνέουν νότιοι, νοτιοδυτικοί (SSW), ασθενείς, σχεδόν μέτριοι, εντάσεως έως και 5,9 m/s και η σχετική υγρασία παρουσιάζει μια μικρή αύξηση, καθώς κυμαίνεται μεταξύ 59 και 89%.

04 Μαΐου 2014

Στον ουρανό επικρατεί πυκνή, κυρίως μεσαία νέφωση, με τη θερμοκρασία να σημειώνει αύξηση καθώς αγγίζει τους 23,6 °C τις μεσημεριανές ώρες. Οι άνεμοι πνέουν νότιοι, νοτιοδυτικοί (SSW), ασθενείς, πρόσκαιρα σχεδόν μέτριοι, εντάσεως έως 5,6 m/s και η σχετική υγρασία αυξάνει με τιμές έως και 91% τις πρώτες πρωινές ώρες.

05 Μαΐου 2014

Παρατηρούμε πυκνή χαμηλή νέφωση, η οποία συνοδεύεται από εκδήλωση βροχόπτωσης 2-5 mm. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14,9 έως 22,9 °C και οι άνεμοι εμφανίζονται βορειοδυτικοί (NW), κατά τόπους βόρειοι (N), πολύ ασθενείς, έως ασθενείς, με ένταση που δεν ξεπερνά τα 4,7 m/s (Σχήμα 4.13). Τέλος η σχετική υγρασία παρουσιάζει αισθητή πτώση, αφού σημειώνει τιμές 42 έως 82%.



Σχήμα 4.13. Απεικόνιση ανέμου στην Αττική και στην Αθήνα για τις 05/05/2014

06 Μαΐου 2014

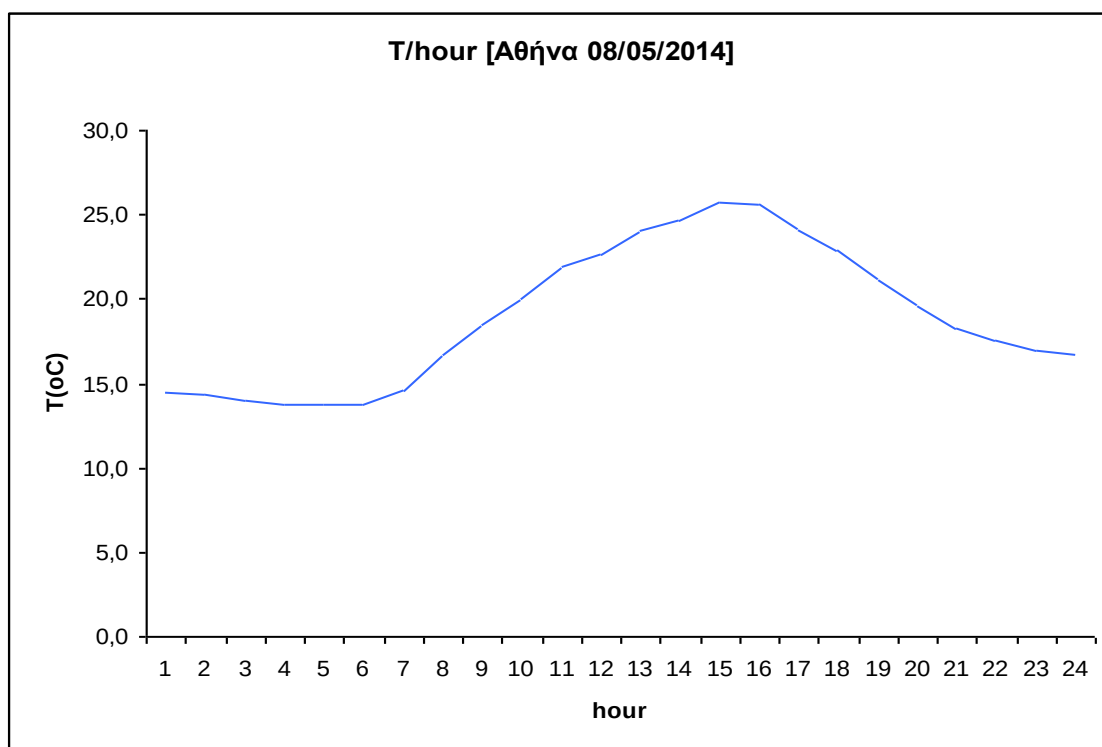
Και αυτή τη μέρα παρατηρείται πυκνή, χαμηλή νεφοκάλυψη, με πρόσκαιρη εκδήλωση ασθενούς βροχόπτωσης, κυρίως τις πρώτες απογευματινές ώρες. Επιπλέον η θερμοκρασία παρουσιάζει μείωση, αφού δεν ξεπερνά τους 20,5 °C. Οι άνεμοι εντοπίζονται βόρειοι, βορειοανατολικοί (NNE), σχεδόν μέτριοι, με ένταση που αγγίζει τα 7,7 m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 46 και 79%.

07 Μαΐου 2014

Αρχικά εντοπίζουμε αραιή, μεσαία νέφωση, που από τις απογευματινές ώρες εξασθενεί. Η θερμοκρασία παρουσιάζει αισθητή αύξηση, με τιμές μεταξύ 14 και 23 °C, και ο άνεμος πνέει βόρειος (N), σχεδόν μέτριος, εντάσεως από 2 έως 7,5 m/s. Τέλος η σχετική υγρασία παραμένει στα ίδια επίπεδα με την προηγούμενη, δηλαδή 40-72%.

08 Μαΐου 2014

Παρόμοιος καιρός παρατηρείται και αυτή την ημέρα, με ανέφελο ωστόσο ουρανό και περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας. Ειδικότερα, σημειώνεται η μεγαλύτερη μηνιαία θερμοκρασιακή διακύμανση με τιμές από 13,7 έως και 25,7 °C (Σχήμα 4.14), ο άνεμος πνέει βορειοδυτικός (NW), ασθενής, παροδικά σχεδόν μέτριος, εντάσεως έως 5,9 m/s και η σχετική υγρασία σημειώνει πτώση, αφού κυμαίνεται μεταξύ 31 και 61%.



Σχήμα 4.14. Ημερήσια θερμοκρασιακή διακύμανση στην Αθήνα, για τις 08/05/2014

09 Μαΐου 2014

Τη μέρα αυτή παρατηρείται γενικά αίθριος καιρός, με αραιή και υψηλή συννεφιά, και θερμοκρασία μεταξύ 16,2 και 24,7 °C. Οι άνεμοι πνέουν κυρίως βόρειοι, βορειοανατολικοί (NNE), σχεδόν μέτριοι, οι οποίοι σταδιακά εξασθενούν, με ένταση από 1 έως και 7,4 m/s. Τέλος η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές 29-53%.

10 Μαΐου 2014

Η νέφωση έχει πυκνώσει αισθητά και επικρατούν κυρίως μεσαία και χαμηλά νέφη. Η θερμοκρασία παρουσιάζει μικρή μείωση, και κυμαίνεται από 16 έως και 22,8 °C, οι άνεμοι πνέουν αρχικά βορειοδυτικοί (NW) και απ' το μεσημέρι κι ύστερα νότιοι, νοτιοδυτικοί (SSW), ασθενείς, εντάσεως έως και 5,4 m/s. Επίσης, η σχετική υγρασία εντοπίζεται 42 έως 65%.

11 Μαΐου 2014

Ο καιρός είναι γενικά αίθριος, με ανέφελο ουρανό, σε συνδυασμό με θερμοκρασιακές τιμές μεταξύ 18,4 έως 25,6 °C. Οι άνεμοι εντοπίζονται νότιοι, νοτιοδυτικοί (SSW), ασθενείς, πολύ ασθενείς, μέγιστης έντασης 4,8 m/s και η σχετική υγρασία παρουσιάζει αισθητή αύξηση αφού αγγίζει και το 80%.

12 Μαΐου 2014

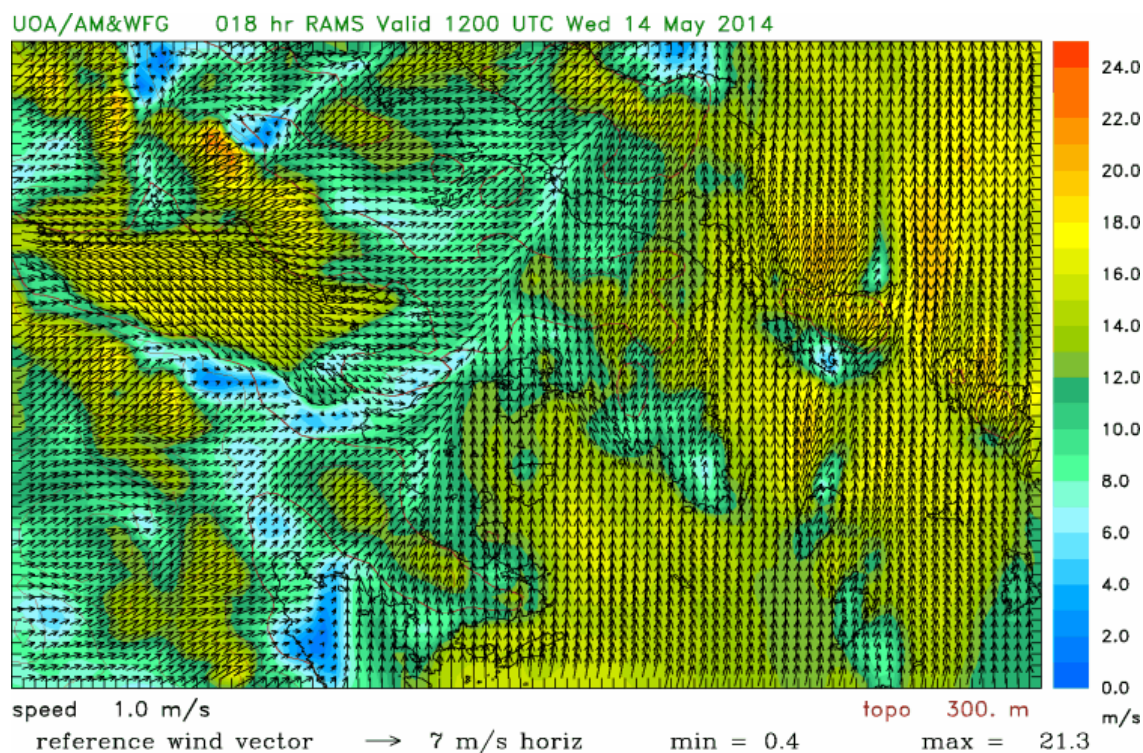
Παρόμοια καιρικά χαρακτηριστικά παρατηρούνται και αυτή τη μέρα, με αραιή, υψηλή έως και καθόλου νέφωση και θερμοκρασία από 18,2 έως 24,2 °C. Επιπλέον οι άνεμοι πνέουν δυτικοί, νοτιοδυτικοί (WWS), ασθενείς, κατά τόπους σχεδόν μέτριοι, εντάσεως 1,1 έως και 6,3 m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 34 έως 76%.

13 Μαΐου 2014

Παρατηρούμε ανέφελο και πάλι ουρανό, με παρόμοια θερμοκρασιακή διακύμανση με τις προηγούμενες ημέρες, αφού σημειώθηκαν τιμές 18,9 έως και 26,2 °C. Οι άνεμοι εντοπίζονται νότιοι, νοτιοδυτικοί (SSW), ασθενείς, με ένταση 1,5 έως 4,8 m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 43 και 90%.

14 Μαΐου 2014

Αρχικά παρατηρούμε ανέφελο ουρανό, με σταδιακή πύκνωση της νέφωσης κυρίως τις βραδινές ώρες. Η θερμοκρασία παρουσιάζει μείωση περί των 2°C συγκριτικά με την προηγούμενη (θερμοκρασιακή διακύμανση από 16,8 έως 24,5 °C) και ο άνεμος στροφή κατεύθυνσης από βόρειοδυτικός (NW) σε νότιοδυτικός (SW) (Σχήμα 4.15), μέτριος, εντάσεως έως και 8,9 m/s. Τέλος η σχετική υγρασία αυξάνεται καθώς αγγίζει το 98%.



Σχήμα 4.15. Αποτύπωση στροφής ανέμου από NW σε SW για τις 14/05/2014

15 Μαΐου 2014

Αν και ο ουρανός παρατηρείται ανέφελος η θερμοκρασία εξακολουθεί να παρουσιάζει πτωτική τάση και κυμαίνεται μεταξύ 15,7 και 22,8 °C. Οι άνεμοι πνέουν δυτικοί, βορειοδυτικοί (WNW), σχεδόν μέτριοι, έως μέτριοι, εντάσεως από 3,5 μέχρι και 8,5 m/s. Επιπλέον η σχετική υγρασία περιορίζεται στις τιμές 32-60%.

16 Μαΐου 2014

Αρχικά εμφανίζεται πυκνή, πρωτίστως υψηλή και στη συνέχεια χαμηλή νέφωση, που συνοδεύονται από την εκδήλωση πρόσκαιρης, ασθενούς βροχόπτωσης κυρίως τις απογευματινές ώρες. Ταυτόχρονα η θερμοκρασία κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με την προηγούμενη ημέρα, με τιμές 14,8 έως 22,2 °C. Τέλος, ο άνεμος εντοπίζεται νότιος, νοτιοδυτικός (SSW) , σχεδόν μέτριος, εντάσεως από 1,6 έως 6,6 m/s και η σχετική υγρασία σημειώνεται 33-64%.

17 Μαΐου 2014

Ο καιρός αυτής της ημέρας χαρακτηρίζεται από υψηλή νέφωση, θερμοκρασία 14 °C έως και 21,5°C και ανέμους που, όπως και την προηγούμενη, πνέουν νοτιοδυτικοί (SW), σχεδόν μέτριοι, εντάσεως 2 έως 6,4 m/s. Η σχετική υγρασία, παραμένει στα ίδια ακριβώς επίπεδα με τις 16/05.

18 Μαΐου 2014

Στις 18/05 επικρατεί γενικά αίθριος καιρός, με ανέφελο ουρανό και μια ανεπαίσθητη μεν, αλλά αξιοσημείωτη δε, θερμοκρασιακή αύξηση. Ειδικότερα η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16,3°C και 22,3°C, ο

άνεμος πνέει νότιος, νοτιοδυτικός (SSW), ασθενής, εντάσεως 1,2 έως 4,9 m/s και η σχετική υγρασία παρατηρείται μεταξύ 33 και 66%.

19 Μαΐου 2014

Η νέφωση που παρατηρείται τη μέρα αυτή είναι πυκνή, αρχικά υψηλή και στη συνέχεια χαμηλή, χωρίς ωστόσο να παρατηρείται κάποια βροχόπτωση. Η θερμοκρασία παρουσιάζει πτωτική τάση, με τιμές μεταξύ 15,3°C και 20,7°C. Οι άνεμοι που επικρατούν είναι νότιας, νοτιοανατολικής κατεύθυνσης (SSE), ασθενείς, εντάσεως περί των 5m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 40 και 76%.

20 Μαΐου 2014

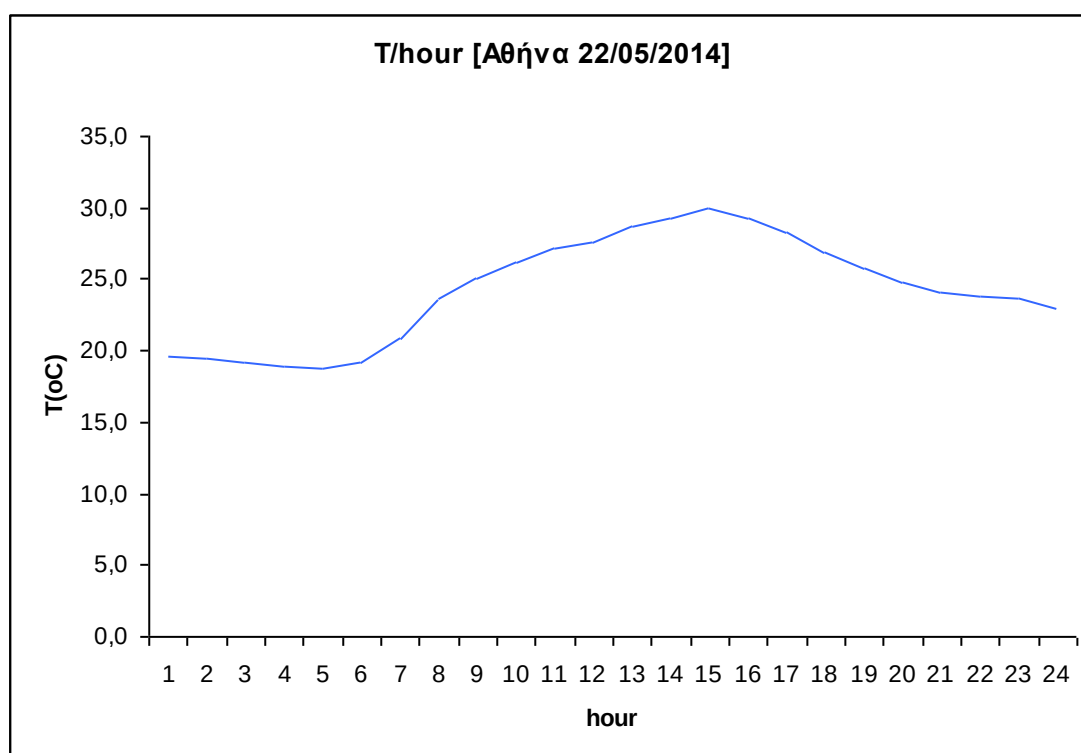
Οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν τη μέρα αυτή παρουσιάζουν αρκετές διαφορές με την προηγούμενη, αφού παρατηρούνται μεσαία νέφη και αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας. Οι τιμές της κυμαίνονται μεταξύ 15 °C και 24,8 °C, οι άνεμοι που παρατηρούνται είναι νότιοι, νοτιοανατολικοί (SSE) και κατά τόπους βορειοανατολικοί (NE), ασθενείς, εντάσεως έως 4,1 m/s. Ωστόσο η σχετική υγρασία εμφανίζεται αυξημένη, αφού αγγίζει το 88%.

21 Μαΐου 2014

Ο καιρός που επικρατεί είναι γενικά αίθριος, με ανέφελο ουρανό και συνοδεία αύξησης της θερμοκρασίας. Παρατηρείται θερμοκρασία από 17 °C έως και 27 °C, βόρειος, βορειοανατολικός άνεμος (NNE), σχεδόν μέτριος, έως μέτριος με ένταση μέχρι και 8,4 m/s από τις πρωινές έως τις πρώτες βραδινές ώρες. Τέλος υπάρχει αισθητή μείωση της υγρασίας, που κυμαίνεται μεταξύ 21 και 55%.

22 Μαΐου 2014

Το σκηνικό του καιρού εξακολουθεί να παραμένει ίδιο, αφού και πάλι παρατηρούμε ανέφελο ουρανό, με αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία αγγίζει τους 30°C (την υψηλότερη παρατηρούμενη τιμή για αυτή την περίοδο) (Σχήμα 4.16), καθώς και ανέμους σχεδόν μέτριους, βόρειους, βορειοανατολικούς (NNE), με ένταση που δεν ξεπερνά τα 7,8 m/s. Επιπλέον η σχετική υγρασία παραμένει στις ίδιες τιμές, δηλαδή μεταξύ 38 και 50%.



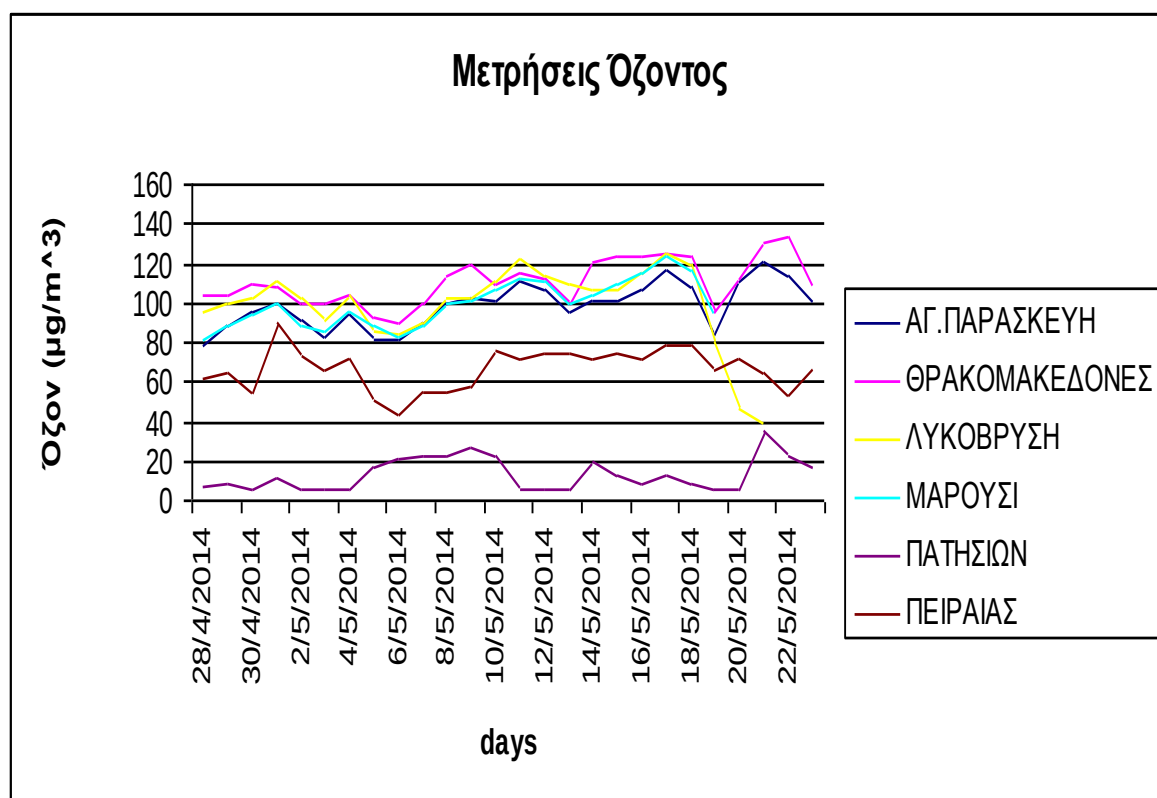
Σχήμα 4.16. Ημερήσια θερμοκρασιακή διακύμανση, για τις 22 Μαΐου 2014

23 Μαΐου 2014

Αυτή τη μέρα επικρατεί αραιή, κυρίως μεσαία νεφοκάλυψη και θερμοκρασία μεταξύ 20,9 °C και 29,5 °C. Οι άνεμοι πνέουν βορειοανατολικοί (NE), σχεδόν μέτριοι, με ένταση έως και 6 m/s και σχετική υγρασία 30 με 54%.

4.2.2 2^η Περίοδος και Όζον στην Αθήνα

Σε αυτή τη δεύτερη περίοδο διεξαγωγής του πειράματος Responze στην Αθήνα από 28/4 έως και 23/5/2014, παρατηρούμε ότι ο καιρός ήταν κυρίως αίθριος, με αραιή συννεφιά και έντονη ηλιοφάνεια, γεγονός που συνάδει με την εποχή αλλά και την επικράτηση κατά κύριο λόγο βαρομετρικών υψηλών συστημάτων στην Αθήνα. Έτσι τα μέγιστα οκτάωρα της συγκέντρωσης του όζοντος σε αυτή την περίοδο, για τις περιοχές Αγία Παρασκευή, Θρακομακεδόνες, Λυκόβρυση, Μαρούσι, Πατήσια, και Πειραιά κυμάνθηκαν ως εξής:



Σχήμα 4.17. Μέγιστα Οκτάωρα Όζοντος από 28/4-23/5/2014 για τις περιοχές Αγ.Παρασκευή, Θρακομακεδόνες, Λυκόβρυση, Μαρούσι, Πατήσια, Πειραιάς.

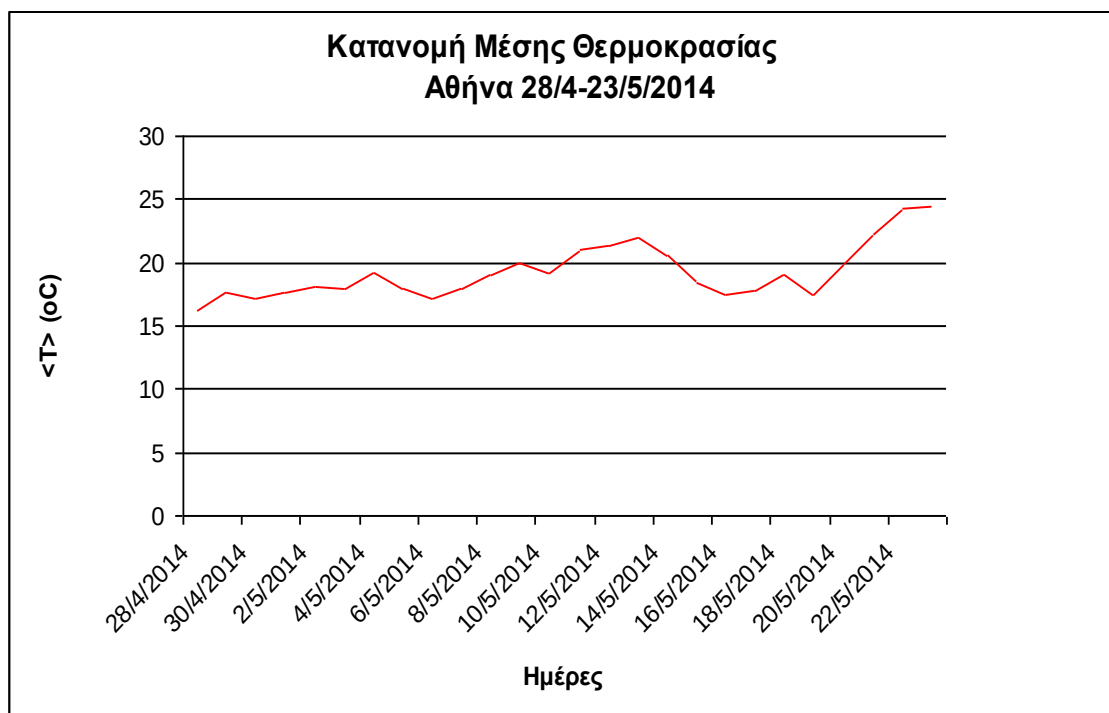
Είναι εμφανής λοιπόν, η κατά προσέγγιση σταθερή κατανομή γύρω από κάποια τιμή συγκέντρωσης όζοντος για κάθε περιοχή, γεγονός που αιτιολογείται από τα παρόμοια καιρικά χαρακτηριστικά και ατμοσφαιρικά συστήματα που επικράτησαν. Η απότομη αύξηση σε κάποιες περιοχές στο τέλος της δεύτερης περιόδου, σχετίζεται με την εμμονή ενός βαρομετρικά υψηλού συστήματος που επιδρά στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, το οποίο συνοδεύεται από έντονη αύξηση της θερμοκρασίας και από σχεδόν ανέφελο ουρανό.

4.2.3 Σύνοψη

Όλα εκείνα τα μετεωρολογικά, αλλά και ατμοσφαιρικά φαινόμενα τα οποία συνετέλεσαν και επηρέασαν την κατανομή του όζοντος στην Αθήνα τη 2^η περίοδο διεξαγωγής του πειράματός αναλύονται σε αυτή την παράγραφο.

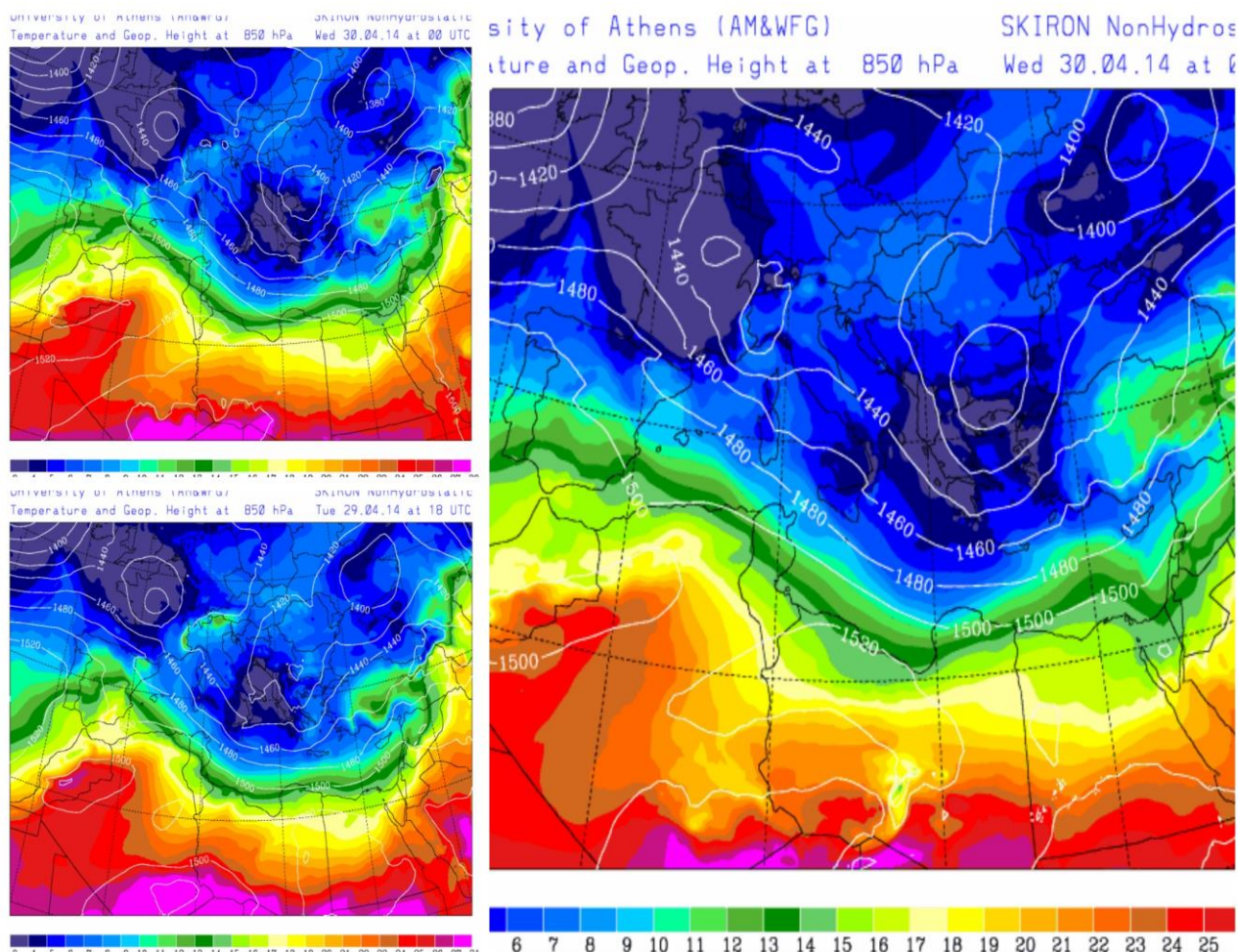
Αναλυτικότερα, συλλέγοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία από τα μαθηματικά μοντέλα και τις μετρήσεις των επίγειων μετεωρολογικών σταθμών για την περίοδο 28 Απριλίου έως και 23 Μαΐου 2014 στην Αθήνα, προκύπτουν τα παρακάτω αξιοσημείωτα.

Η περίοδος ξεκινά με κάπως χαμηλές για την εποχή θερμοκρασιακές τιμές, αφού τις πρώτες έξι ημέρες (28/4 έως και 03/05) η μέση ημερήσια θερμοκρασία στην Αθήνα κυμαίνεται μεταξύ 16°C και 18 °C, έναντι των περίπου 21 °C που θεωρείται αναμενόμενη μέση θερμοκρασία για το μήνα Μάιο (μετρήσεις E.M.Y για τα έτη 1955-1977, στην περιοχή Νέα Φιλαδέλφεια).



Σχήμα 4.18 Διακύμανση μέση θερμοκρασίας περιόδου 28/4-23/4/2014 για την Αθήνα.

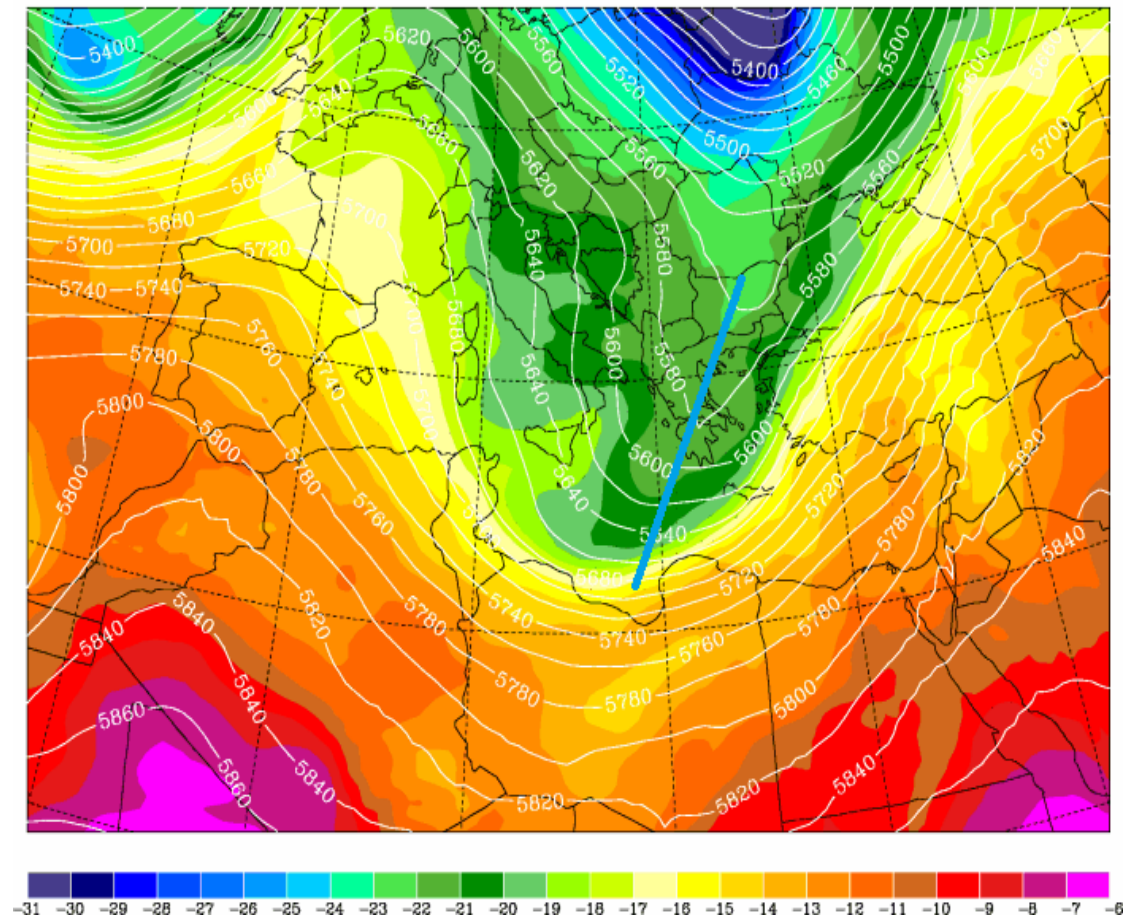
Οι θερμοκρασιακές αυτές τιμές, οι οποίες συνοδεύονται από σχεδόν μέτριους ανέμους, εντάσεως περί των 6m/s, αποδίδεται στην ύπαρξη χαμηλών βαρομετρικών πάνω από την Αθήνα, καθώς επίσης και στην παρατηρούμενη ψυχρή μεταφορά των τριών πρώτων ημερών (28/4 έως και 30/4) (Σχήμα 4.19)



Σχήμα 4.19. Απεικόνιση ψυχρής μεταφοράς στην Ελλάδα σε χάρτη των 850hPa, στις 29/4/2014 18UTC κάτω αριστερά, στις 30/4/2014 00UTC και 06UTC πάνω αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.

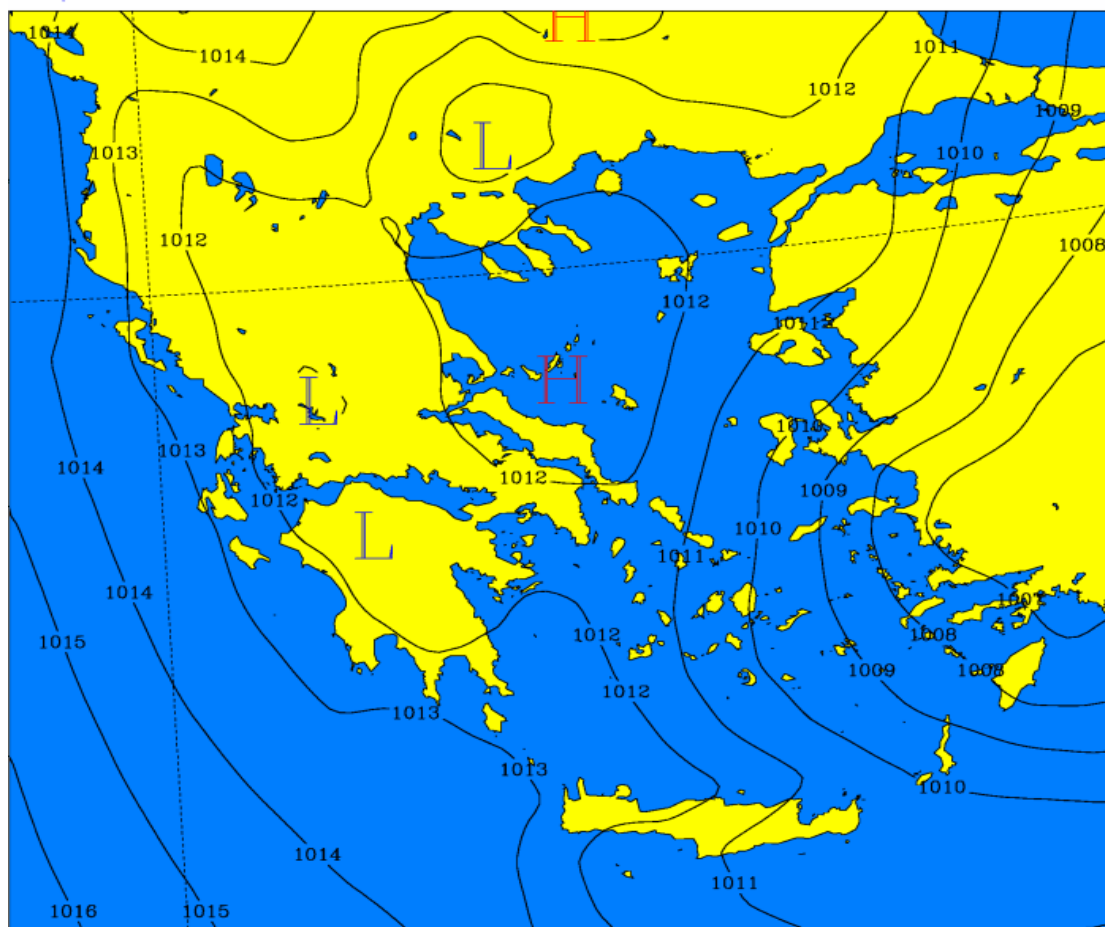
Ωστόσο, στις 04/05 το σκηνικό του καιρού παρουσιάζει μία βελτιωμένη εικόνα, με μια μικρή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στους 19,1 °C, ανέμους ασθενείς που δεν ξεπερνούν τα 5m/s και αύξηση της σχετικής υγρασίας. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά δικαιολογούνται από την ύπαρξη ενός εξασθενημένου αντικυκλώνα που επηρεάζει την Αθήνα.

Για τις επόμενες δύο ημέρες, δηλαδή 05-06/05, παρατηρείται και πάλι μία μείωση της μέσης θερμοκρασίας, περίπου 1-2°C, πύκνωση της νέφωσης που απαρτίζεται κυρίως από χαμηλά νέφη, καθώς και εκδήλωση βροχόπτωσης κυρίως τις βραδινές ώρες. Οι καιρικές αυτές συνθήκες, οφείλονται στην παρουσία ενός κυκλώνα που επιδρά στην περιοχή καθώς και μιας trough, όπως μαρτυρά ο αντίστοιχος χάρτης καιρού των 500hPa(Σχήμα 4.20).



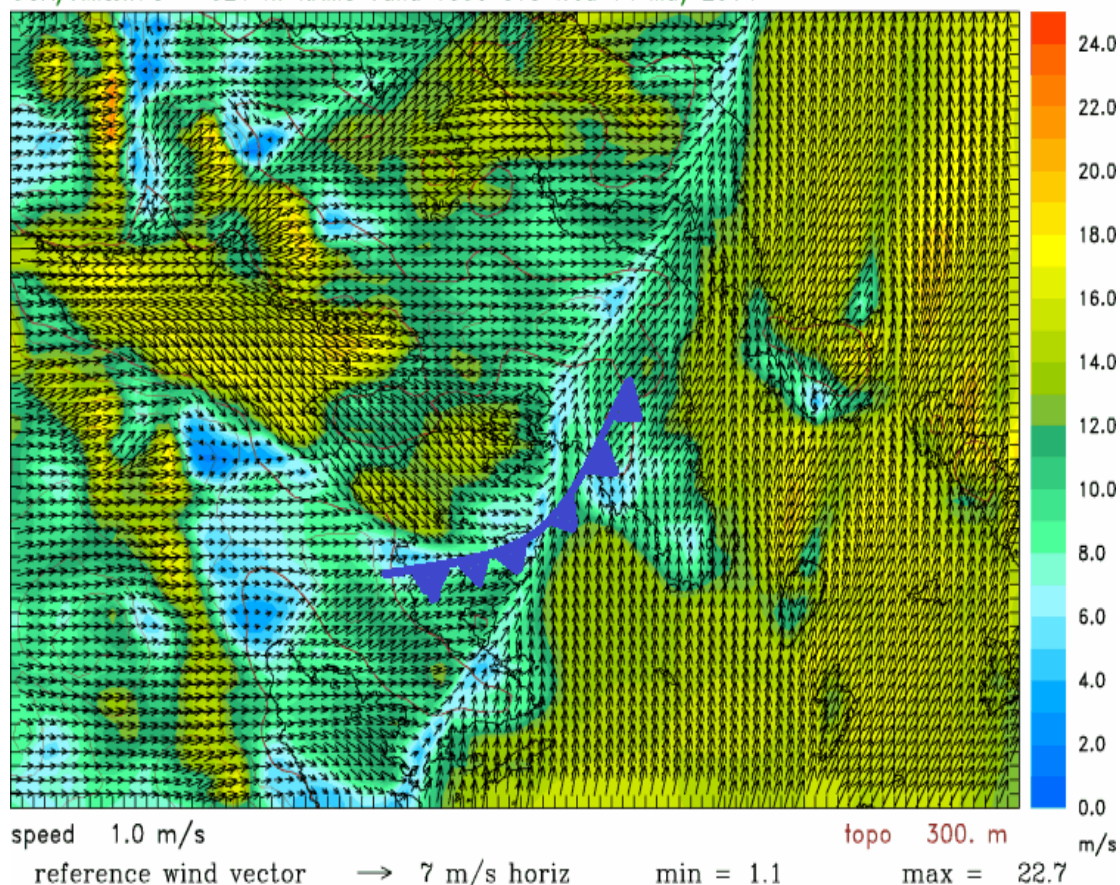
Σχήμα 4.20. Χάρτης των 500hPa όπου υποδεικνύεται η ύπαρξη της trough που επηρεάζει τον Ελλαδικό χώρο.

Κατόπιν, έως και τις 13/05, διακρίνουμε γενικά αίθριο καιρό, με υψηλά ή και καθόλου νέφη, καθώς και σταδιακή αύξηση της υγρασίας με τιμές από 55 έως και 90%. Στους αντίστοιχους χάρτες επιφανείας, εντοπίζουμε την εμμονή ενός βαρομετρικού υψηλού πάνω από την Αθήνα (Σχήμα 4.21), σε συνδυασμό με την ύπαρξη θερμής μεταφοράς θερμότητας. Έτσι, η θερμοκρασία αυξάνει και αγγίζει μέχρι και τους 26,2°C.



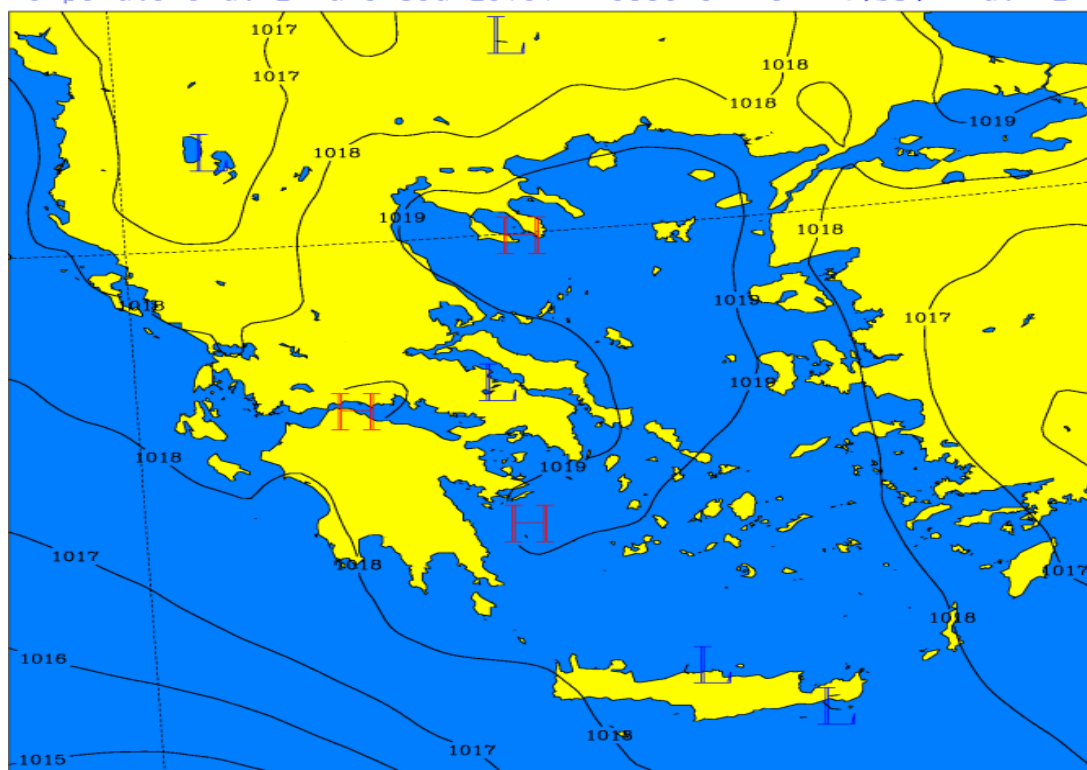
Σχήμα 4.21. Απεικόνιση του υψηλού βαρομετρικού σε χάρτη επιφανείας, που επικρατεί στις 09/05/2014 και επηρεάζει την περιοχή της Αθήνας.

Στις 14/02, όπου εντοπίζεται μείωση της μέσης θερμοκρασίας σε σχέση με την προηγούμενη περί τους δύο βαθμούς Κελσίου, και γενικά αλλαγή του σκηνικού του καιρού με σταδιακή επιδείνωση, παρατηρούνται τρία διαφορετικά, άξια αναφοράς, ατμοσφαιρικά φαινόμενα. Αρχικά, ένα χαμηλό βαρομετρικό στο χάρτη επιφανείας πάνω από την Αθήνα, ταυτόχρονη ψυχρή μεταφορά και κυρίως η εμφανής στροφή του ανέμου από βόρειοδυτικός σε νότιοδυτικός (Σχήμα 4.22) μαρτυρά την ύπαρξη μετώπου, η οποία επιβεβαιώνεται και απ' τον αντίστοιχο χάρτη καιρού.



Σχήμα 4.22. Απεικόνιση έντασης και διεύθυνσης ανέμου πάνω από την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, με ταυτόχρονο εντοπισμό του ψυχρού μετώπου λόγω στροφής διεύθυνσης ανέμου.

Οι καιρικές συνθήκες που εξακολουθούν να επικρατούν έως και τις 19/05, οι οποίες συνδέονται με σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας, πυκνή, κυρίως μεσαία και χαμηλή νέφωση, καθώς και την εμφάνιση πρόσκαιρης βροχόπτωσης στις 16/05, οφείλονται κατά βάση στην ύπαρξη χαμηλού βαρομετρικού, το οποίο πολλές φορές εντοπίζεται ακριβώς πάνω από την Αττική (Σχήμα 4.23).

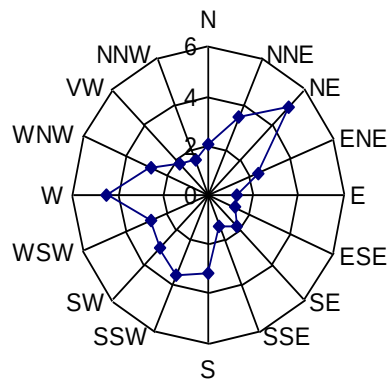


Σχήμα 4.23. Χάρτης επιφανείας όπου απεικονίζεται το χαμηλό βαρομετρικό πάνω από την Αττική στις 19/05/2014

Η δεύτερη περίοδος παρατήρησης στην Αθήνα κλείνει με γενικά αίθριο καιρό, ανέφελο ουρανό και θερμοκρασίες που αγγίζουν τους 30 °C, ιδίως τις δύο τελευταίες ημέρες της περιόδου 22/05 και 23/05, τιμές ιδιαίτερα αυξημένες για το μήνα Μάιο. Η καλοκαιρία αυτή είναι αποτέλεσμα της επίδρασης βαρομετρικά υψηλού συστήματος το οποίο επιδρά στην περιοχή της Αθήνας, το μοναδικό ατμοσφαιρικό φαινόμενο που παρατηρούμε.

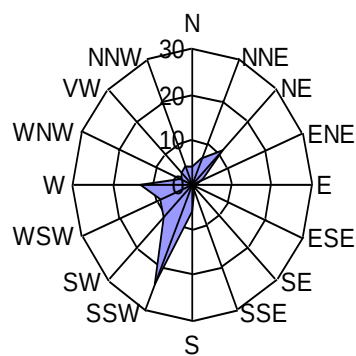
Τέλος, από τα παρακάτω γραφήματα που αφορούν στη μέση ταχύτητα του ανέμου ανά διεύθυνση και στην ποσοστιαία συχνότητα εμφάνισης κάθε διεύθυνσης για την περίοδο 28 Απριλίου 2014 έως και 23 Μαΐου 2014 συμπεραίνουμε πως μεγαλύτερης έντασης άνεμοι ήταν αυτοί που έπνεαν κυρίως βορειοανατολικοί (NE) και δυτικοί (W) (Σχήμα 4.24), ενώ επικράτησαν νότιοι, νοτιοδυτικοί άνεμοι (SSW) (Σχήμα 4.25).

Μέση ταχύτητα ανέμου ανά διεύθυνση 28/04-23/05/2014 Αθήνα



Σχήμα 4.24. Γράφημα-Ραντάρ για τις επικράτουσες μέσες ταχύτητες ανά διεύθυνση ανέμου στην Αθήνα την περίοδο 28/04-23/05/2014.

Ποσοστιαία συχνότητα εμφάνισης διευθύνσεων ανέμου 28/04-23/05/2014 Αθήνα



Σχήμα 4.25. Γράφημα-Ραντάρ ποσοστιαίας συχνότητας εμφάνισης διεύθυνσης ανέμου στην Αθήνα για την περίοδο 28/04-23/05/2014.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

5.1 1^η Περίοδος Παρατήρησης Πειράματος Responze, Θεσσαλονίκη

5.1.1 Καταγραφή Μετεωρολογικών Συνθηκών

Η πρώτη χρονική περίοδος παρατήρησης και διεξαγωγής του πειράματος Responze στη Θεσσαλονίκη ήταν από 17 έως και 28 Φεβρουαρίου 2014. Από τις αντίστοιχες μετρήσεις των επίγειων μετεωρολογικών σταθμών, καθώς και από τις εικόνες των μοντέλων πρόγνωσης RAMS και SKIRON, οι επικράτουσες μετεωρολογικές συνθήκες για την περιοχή της Θεσσαλονίκης ήταν οι ακόλουθες.

17 Φεβρουαρίου 2014

Τη μέρα αυτή στη Θεσσαλονίκη παρατηρείται ανέφελος ουρανός, με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 6,2°C και 8,9 °C. Επιπλέον, κυρίως τις πρωινές ώρες και έως τις 11π.μ, ισχυρός, δυτικός, νοτιοδυτικός (WSW) άνεμος, που αγγίζει τα 12m/s, ο οποίος στη συνέχεια της ημέρας σταδιακά εξασθενεί και το βράδυ δεν ξεπερνά τα 2m/s. Τέλος, η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές 58 έως και 92%.

18 Φεβρουαρίου 2014

Αν και παρατηρούμε γενικά ανέφελο ουρανό, η θερμοκρασία παρουσιάζει μια μικρή πτώση, αφού δεν ξεπερνά τους 7,6 °C. Ωστόσο ο

άνεμος πνέει ασθενής, νότιος (S), εντάσεως έως 5,5m/s , κυρίως τις μεσημεριανές ώρες. Η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 78 και 97%.

19 Φεβρουαρίου 2014

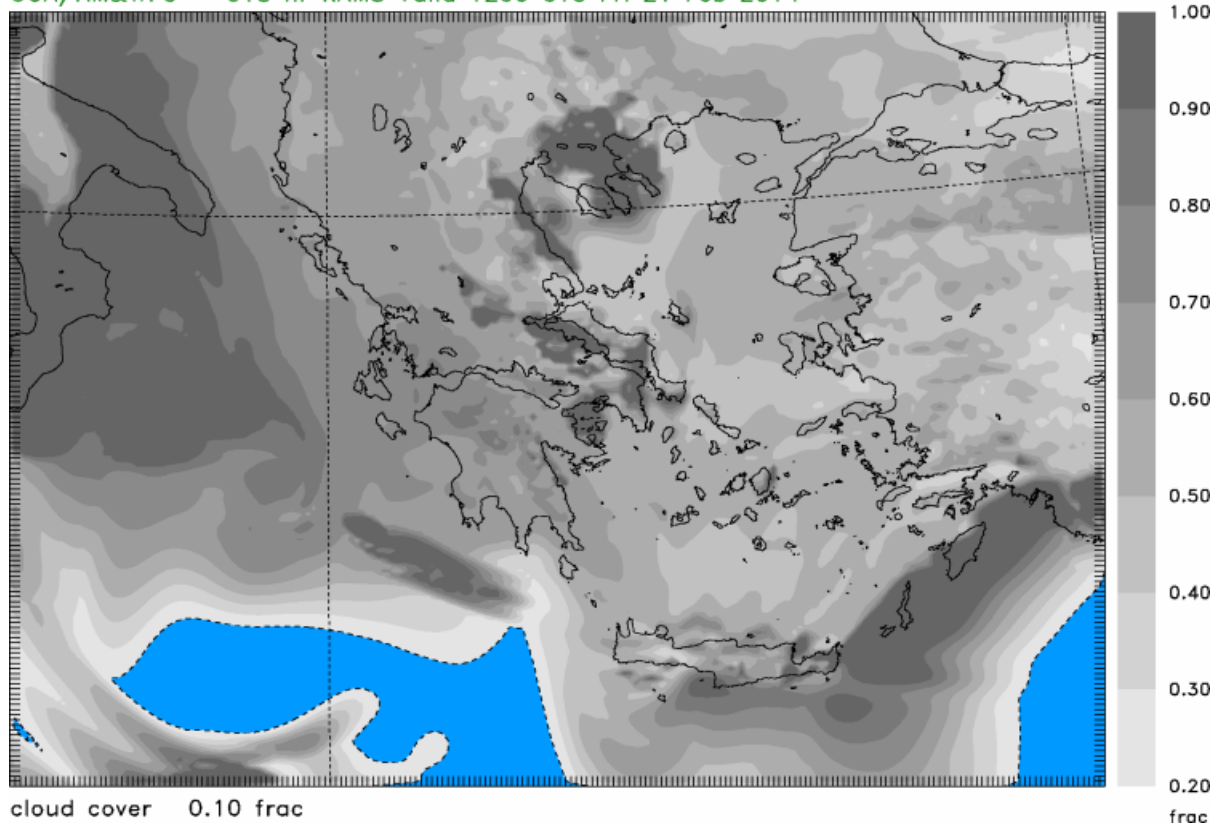
Στις 19/02 παρατηρούμε γενικά ανέφελο ουρανό. Η θερμοκρασία παρουσιάζει περαιτέρω πτώση με τιμές μεταξύ 5,3 °C και 6,5 °C. Επίσης, οι άνεμοι πνέουν μέσα στην ημέρα αρχικά ασθενείς, μέχρι τις 10 π.μ όπου παρατηρούνται ισχυροί άνεμοι και στη συνέχεια σχεδόν μέτριοι, κυρίως νότιοι, νοτιοανατολικοί (SSE), και εντάσεως που κυμαίνεται μεταξύ 2 έως και 11,5m/s. Τέλος, η σχετική υγρασία είναι ιδιαίτερος αυξημένη, αφού σημειώνει τιμές 85% έως και 99%.

20 Φεβρουαρίου 2014

Γενικά η νέφωση που επικρατεί είναι αραιή και υψηλή, η οποία ωστόσο πυκνώνει κατά τη διάρκεια των βραδινών ωρών. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 3,9 °C και 9,8 °C και ο άνεμος πνέει νοτιοανατολικός (SE), κυρίως ασθενής, εντάσεως έως 5m/s, που κατά το χρονικό διάστημα 12-2 μ.μ γίνεται μέτριος με ένταση περίπου 8,5m/s. Η υγρασία, τέλος, σημειώνει τιμές 66% έως και 100% το χρονικό διάστημα 3-4 π.μ.

21 Φεβρουαρίου 2014

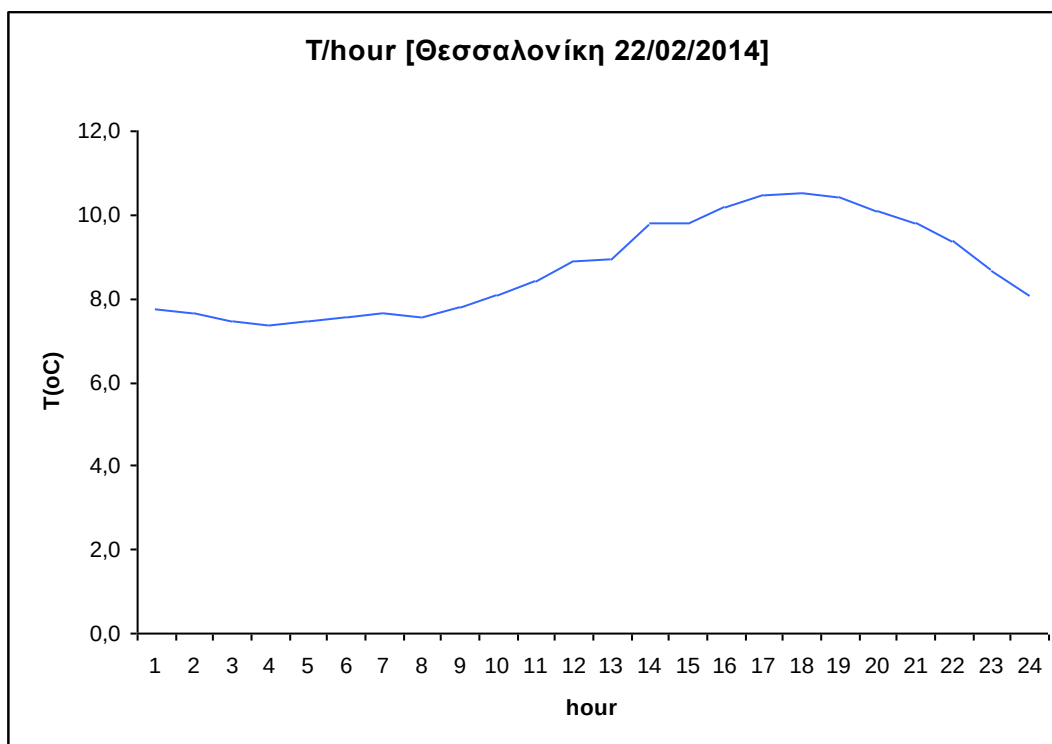
Παρατηρούμε πυκνή μεσαία και χαμηλή νέφωση (Σχήμα, χωρίς όμως την εκδήλωση κάποιας βροχόπτωσης. Η θερμοκρασία παρουσιάζει αύξηση, καθώς οι τιμές της έχουν σχεδόν σταθερή κατανομή μεταξύ 7,6 °C και 9 °C. Ο άνεμος πνέει ανατολικός, νοτιοανατολικός (ESE), έως τις 4 μ.μ πολύ ασθενής με ένταση μέχρι 3m/s, και στη συνέχεια σχεδόν μέτριος με ένταση έως και 7,25m/s. Οι τιμές της σχετικής υγρασίας κυμαίνονται μεταξύ 70% και 100%.



Σχήμα 5.1. Απεικόνιση της επικρατούσας νεφοκάλυψης σε όλη την Ελλάδα, και ειδικότερα στη Θεσσαλονίκη για τις 21/02/2014.

22 Φεβρουαρίου 2014

Η νέφωση που διακρίνεται είναι πυκνή και χαμηλή, με τη θερμοκρασία ωστόσο να παρουσιάζει μια μικρή περαιτέρω αύξηση. Ειδικότερα, οι τιμές της κυμαίνονται σταθερά γύρω από τους 8,7 °C, χωρίς ιδιαίτερη διακύμανση, αφού η ελάχιστη παρατηρούμενη θερμοκρασία είναι 7,5 °C και η μέγιστη 10,5 °C (Σχήμα 5.2). Ο άνεμος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας πνέει νοτιοανατολικός (SE), ασθενής ή σχεδόν μέτριος με ένταση 2 έως και 6,5m/s, όμως στις 4 π.μ εμφανίζεται παροδικά ισχυρός, εντάσεως 10,8m/s. Η σχετική υγρασία σημειώνεται μεταξύ 85% και 100%.

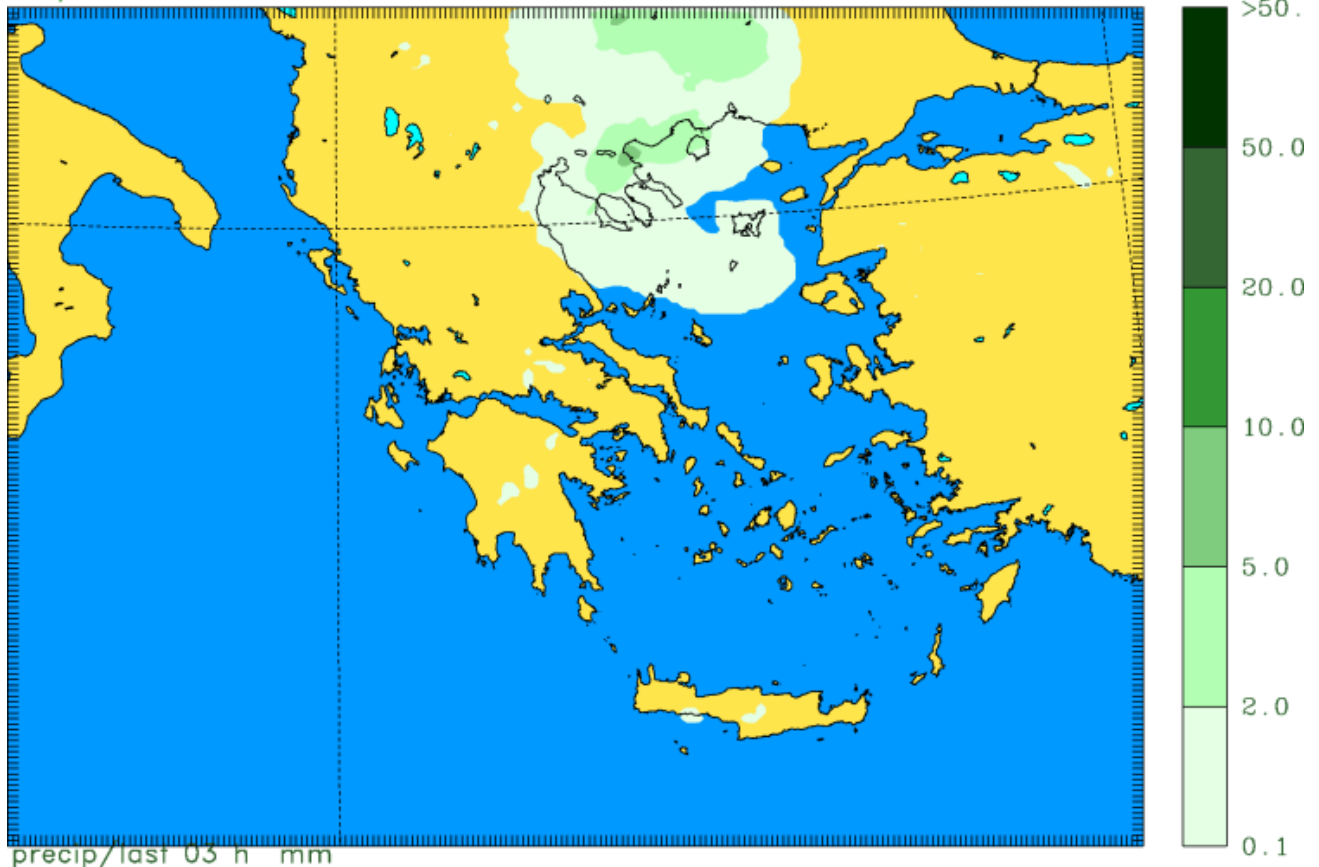


Σχήμα 5.2 Κατανομή της ημερήσιας θερμοκρασίας στη Θεσσαλονίκη για τις 22/02/2014

23 Φεβρουαρίου 2014

Η νέφωση που επικρατεί είναι πυκνή και χαμηλή, η οποία συνοδεύεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας από μέτρια βροχόπτωση (Σχήμα 5.3) . Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 6,1 °C και 12 °C και ο άνεμος εντοπίζεται ανατολικός, νοτιοανατολικός (ESE), πολύ ασθενής, εντάσεως έως 3m/s. Η μέση ημερήσια σχετική υγρασία είναι περίπου 97%, καθώς ιδιαίτερα από το μεσημέρι κι έπειτα δεν πέφτει κάτω από 100%.

UOA/AM&WFG 015 hr RAMS Valid 0900 UTC Sun 23 Feb 2014



Σχήμα 5.3. Απεικόνιση της βροχόπτωσης που επικρατεί στη Θεσσαλονίκη για τις 23/02/2014

24 Φεβρουαρίου 2014

Και αυτή τη μέρα η νέφωση παραμένει πυκνή και χαμηλή, με τη βροχόπτωση ωστόσο να εξασθενεί και να μετατρέπεται σε ασθενής. Η θερμοκρασία παρουσιάζει αισθητή αύξηση, καθώς κυμαίνεται μεταξύ 9,7 °C και 14,2 °C. Ο άνεμος εντοπίζεται νότιος (S), αρχικά και έως τις 13:00 ασθενής εντάσεως μέχρι 3m/s, αλλά στη συνέχεια μετατρέπεται σε θυελλώδης καθώς αγγίζει τα 17,5m/s. Τέλος, η σχετική υγρασία παραμένει αυξημένη καθώς έως τις 13:00 δεν πέφτει κάτω του 100% και στη συνέχεια σημειώνει τιμές μεταξύ 83-97%.

25 Φεβρουαρίου 2014

Η νέφωση που παρατηρείται παραμένει πυκνή και χαμηλή, με τη βροχόπτωση να εντοπίζεται ασθενής και να εξασθενεί τις βραδινές ώρες. Η θερμοκρασία παρουσιάζει αισθητή αύξηση, αφού σημειώνει τιμές μεταξύ 13,9 °C και 16,2 °C. Οι άνεμοι πνέουν νότιοι, νοτιοδυτικοί (SWS), γενικά σχεδόν μέτριοι, και κατά τόπους σχεδόν θυελλώδεις, εντάσεως από 2 έως και 17,25m/s. Η σχετική υγρασία εμφανίζεται μειωμένη, καθώς κυμαίνεται από 64 έως και 90%.

26 Φεβρουαρίου 2014

Και πάλι η επικρατούσα νέφωση στην περιοχή είναι πυκνή και χαμηλή, χωρίς ωστόσο να σημειώνεται εκδήλωση βροχόπτωσης. Η θερμοκρασία εντοπίζεται μειωμένη, με τιμές από 9,4 °C έως 14,2 °C. Ο άνεμος πνέει νότιοδυτικός (SW), αρχικά μέτριος έως και τις πρώτες πρωινές ώρες, στη συνέχεια όμως εξασθενεί και παρατηρείται μέτριος. Η έντασή του κυμαίνεται μεταξύ 2m/s και 12,5m/s και η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές μεταξύ 85 και 100%.

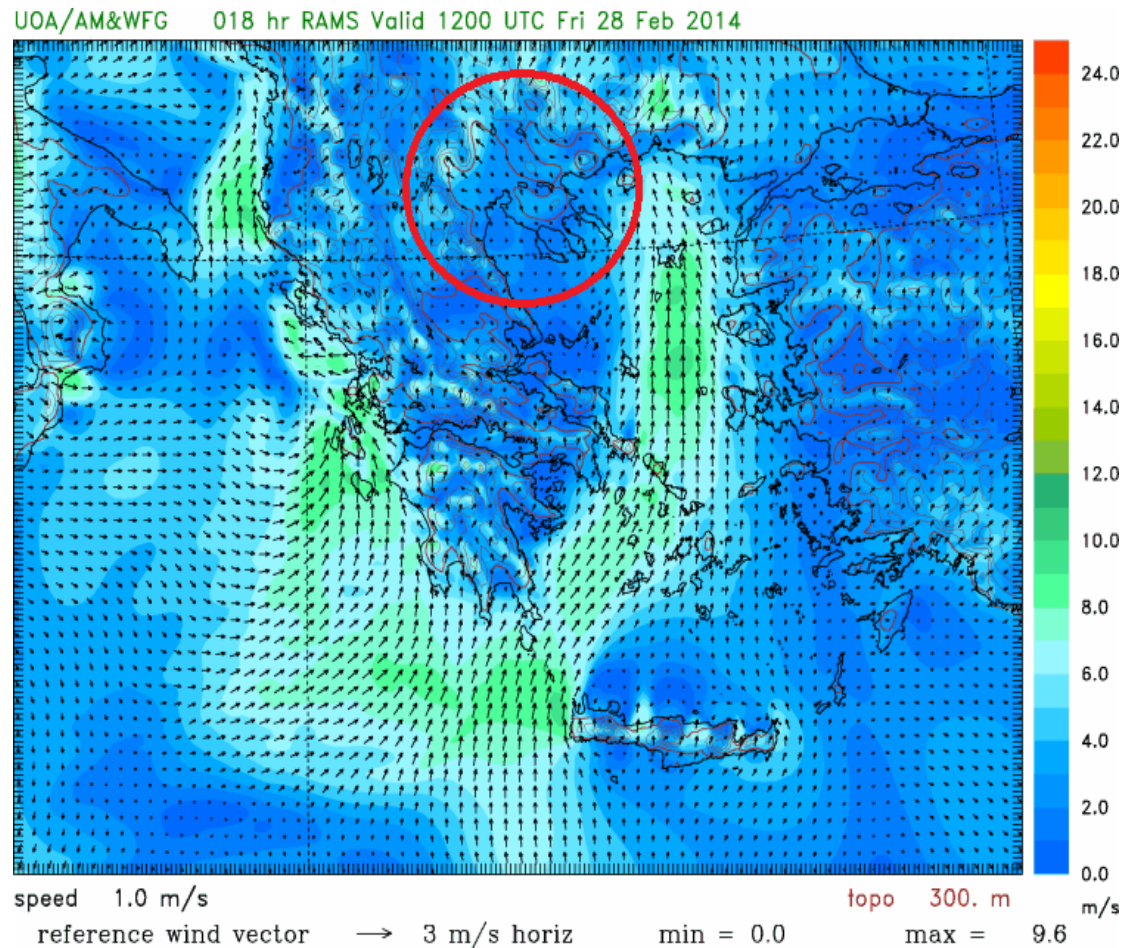
27 Φεβρουαρίου 2014

Παρατηρούμε αραιή μεσαία και χαμηλή νέφωση και τη θερμοκρασία να εμφανίζεται και πάλι μειωμένη. Ειδικότερα, οι θερμοκρασιακές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 7,5 °C και 11,7 °C και ο άνεμος πνέει κυρίως νότιος (S), ασθενής έως σχεδόν μέτριος, εντάσεως 1-8m/s. Τέλος η σχετική υγρασία καταγράφεται 71-100%.

28 Φεβρουαρίου 2014

Το σκηνικό του καιρού παραμένει παρόμοιο, με πυκνή και χαμηλή νέφωση, καθώς και περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας. Πιο αναλυτικά, η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 6,9 °C και 9,9 °C, ο άνεμος πνέει κυρίως

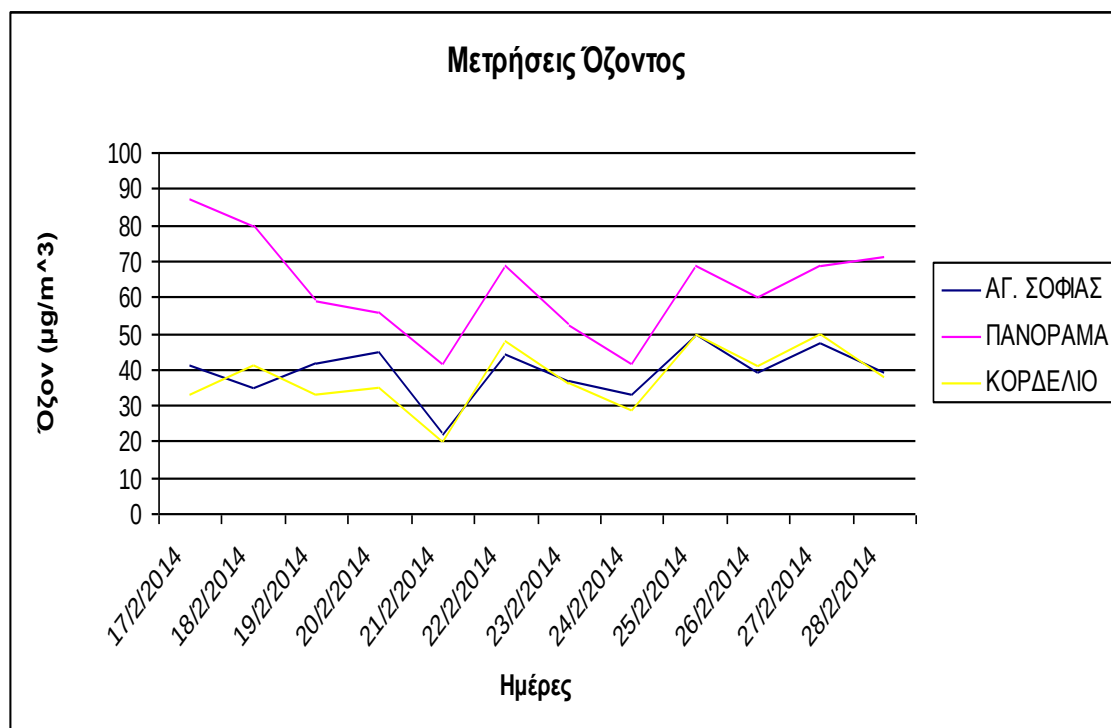
νότιος, νοτιοανατολικός (SSE) (Σχήμα 5.4), σχεδόν μέτριος, εντάσεως 2-8m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 68-91%.



Σχήμα 5.4. Απεικόνιση ανέμου με εστίαση στη Θεσσαλονίκη για τις 28/02/2014.

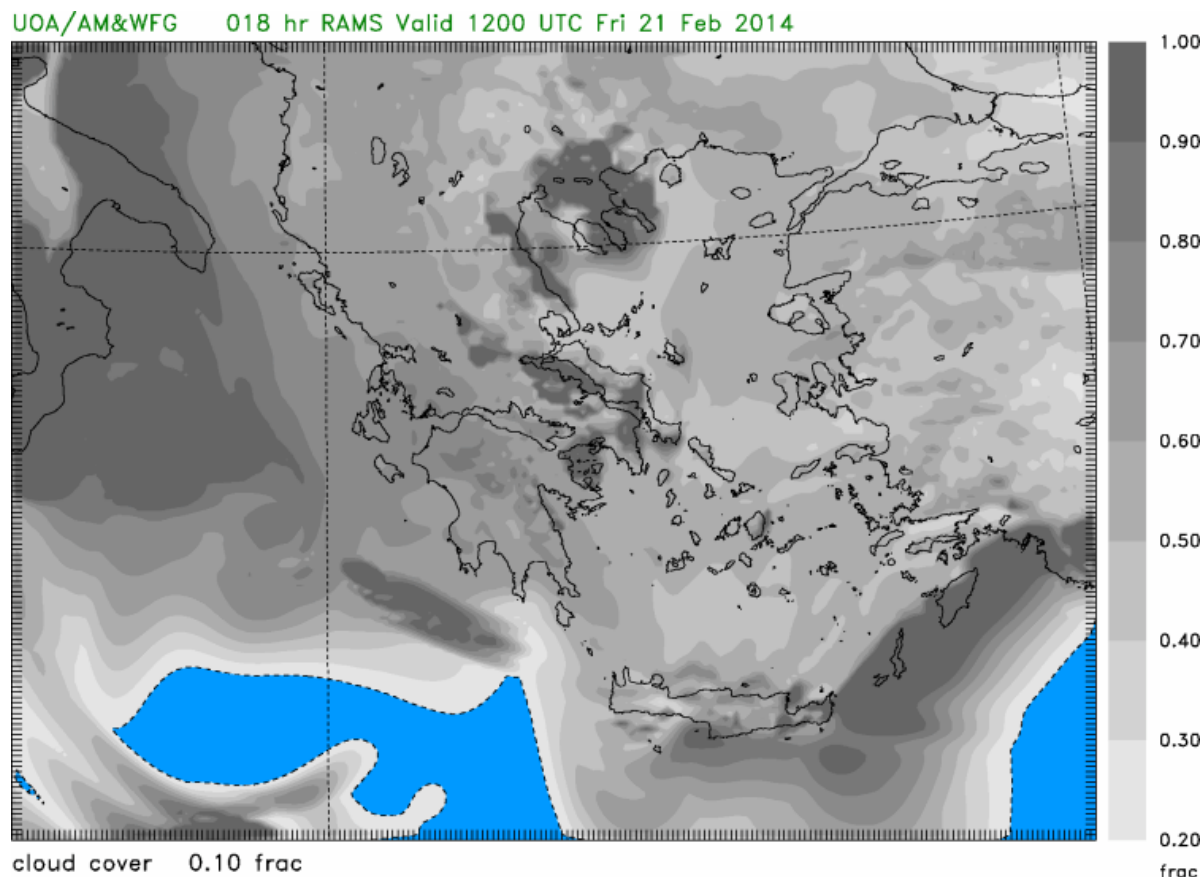
5.1.2 1^η Περίοδος και Όζον στη Θεσσαλονίκη

Για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, και ειδικότερα για τα σημεία της Αγίας Σοφίας, του Πανοράματος και του Κορδελιού, βάσει των μετρήσεων των μέγιστων οκταώρων συγκέντρωσης όζοντος για την περίοδο 17 Φεβρουαρίου έως και 28 Φεβρουαρίου 2014 προκύπτει το εξής γράφημα:



Σχήμα 5.5. Μέγιστα Οκτάωρα Όζοντος από 17-28/02/2014 για τις περιοχές Αγ. Σοφίας, Πανόραμα και Κορδελιό.

Από την παραπάνω κατανομή παρατηρούμε πως οι τιμές του όζοντος σε κάθε περιοχή, εμφανίζουν μέγιστο συγκέντρωσης στις 22/02 και 25/02 όπου και επικρατεί γενικά καλοκαιρία, αφού επιδρά αντικυκλώνας στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Επιπλέον, το ελάχιστο που εντοπίζεται στις 21/02 και 24/02 αν και επικρατεί στην ατμόσφαιρα υψηλό βαρομετρικό, οφείλεται πιθανότατα στην ύπαρξη πυκνής, κυρίως μεσαίας και χαμηλής νέφωσης (Σχήμα 5.6), καθώς επίσης και στην εκδήλωση βροχόπτωσης στις 23 και 24/02.

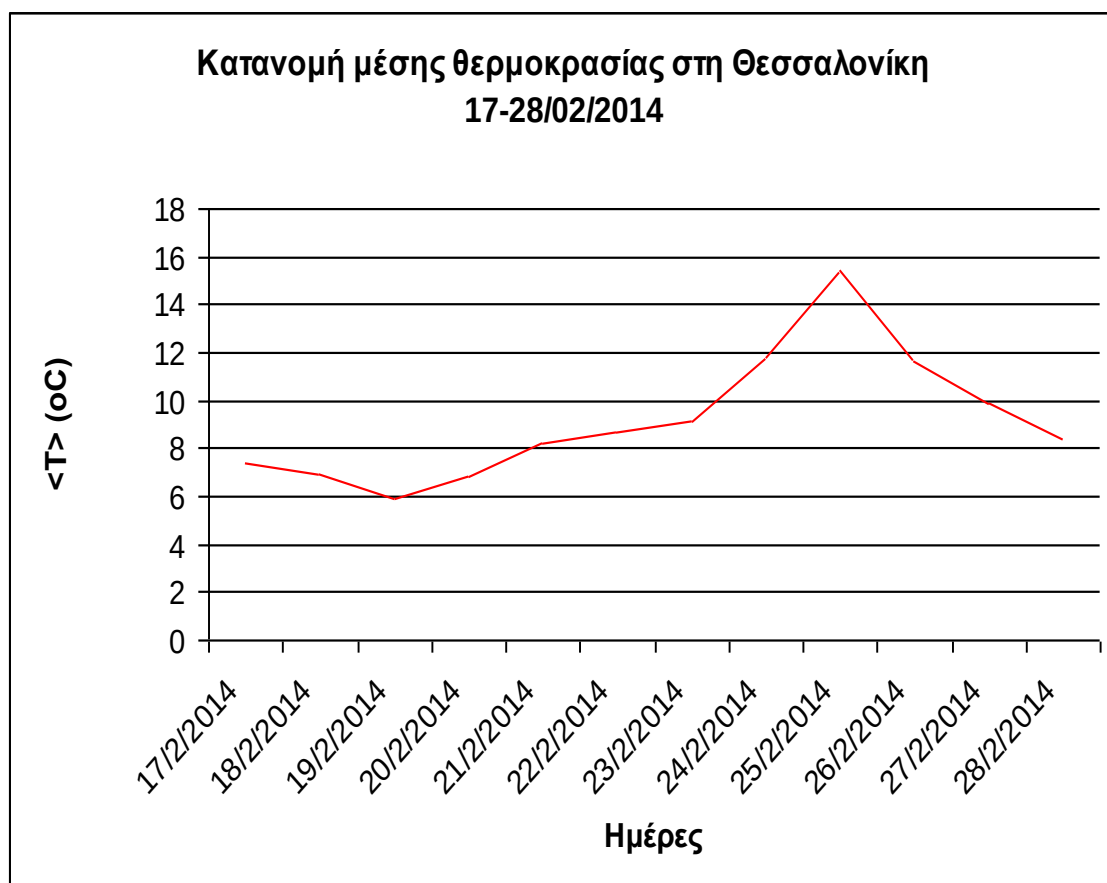


Σχήμα 5.6. Απεικόνιση της πυκνής νέφωσης που παρατηρείται πάνω από την Ελλάδα γενικά και τη Θεσσαλονίκη ειδικότερα για τις 21/02/2014.

5.1.3 Σύνοψη

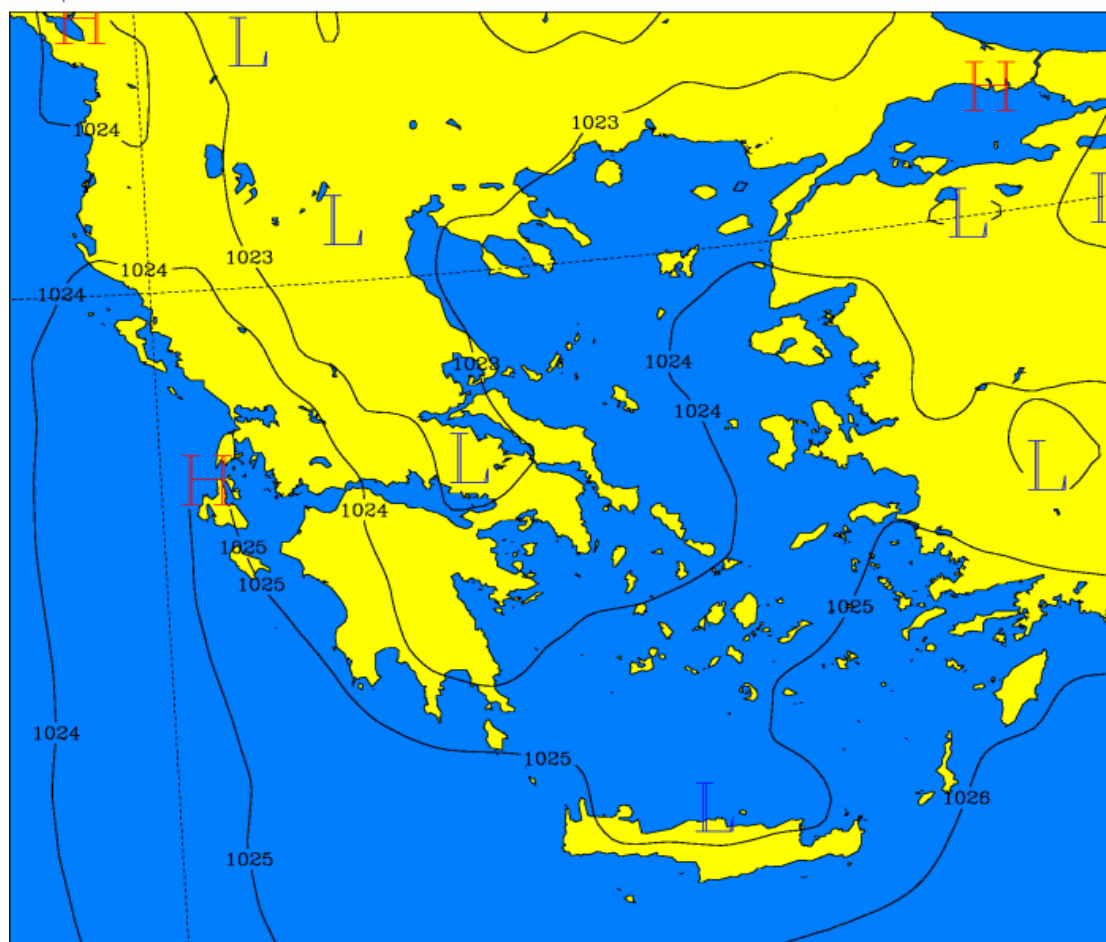
Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα και οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στο χρονικό διάστημα 17 έως και 28 Φεβρουαρίου 2014 στη Θεσσαλονίκη και τα οποία δύνανται να αιτιολογήσουν την κατανομή των μετρήσεων του όζοντος.

Γενικά, παρατηρήθηκαν ήπιες κλίμακας φαινόμενα με φυσιολογικές για την εποχή θερμοκρασίες. Ειδικότερα, η κατανομή της θερμοκρασίας για την περίοδο αυτή φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 5.7):



Σχήμα 5.7. Κατανομή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας της περιόδου 17-28/02/2014 για τη Θεσσαλονίκη

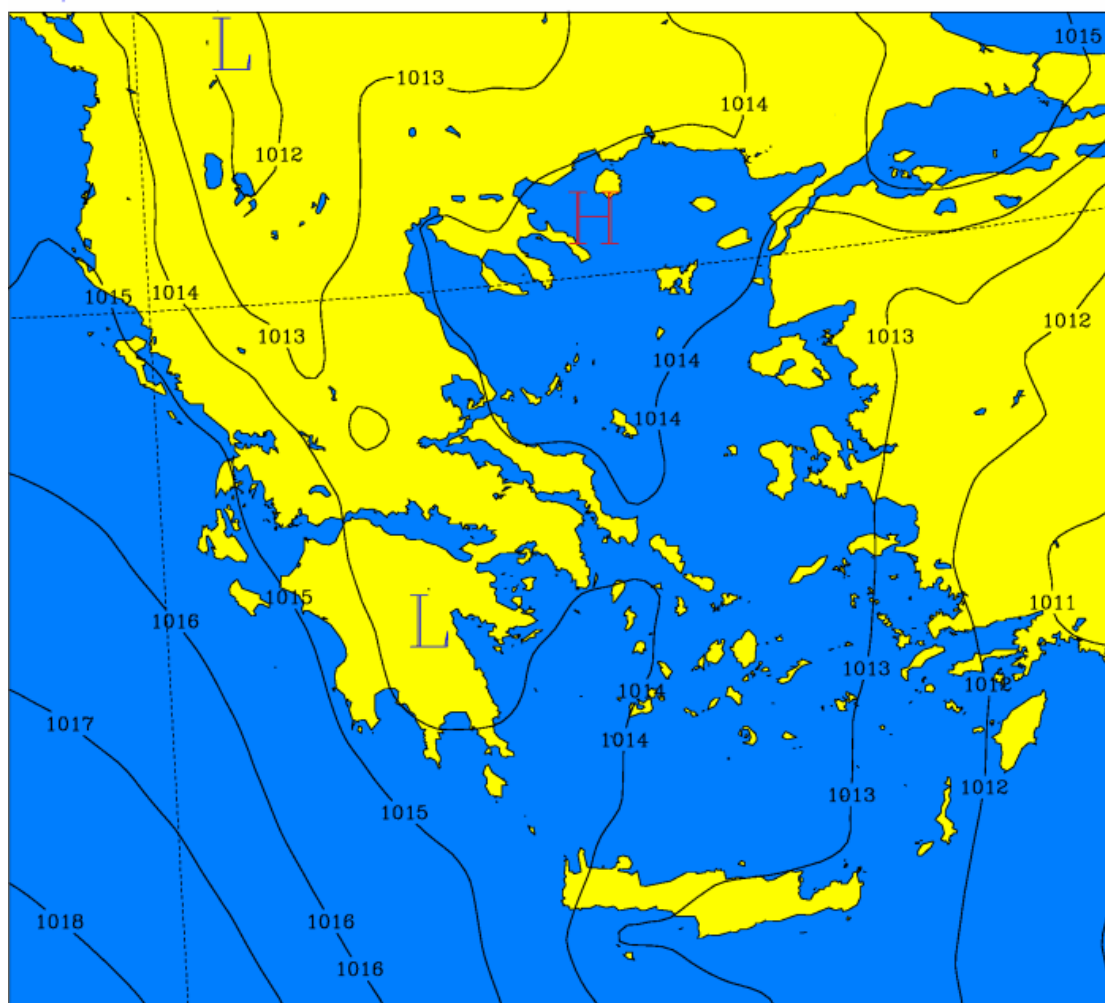
Από 17 έως και 20 Φεβρουαρίου παρατηρούμε πως γενικά στην περιοχή της Θεσσαλονίκης επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες αφού κυμαίνονται μεταξύ 6 °C και 7°C, καθώς και σχεδόν μέτριοι, κυρίως νότιοι άνεμοι. Στους αντίστοιχους χάρτες επιφανείας για τη Θεσσαλονίκη, διακρίνονται γι' αυτές τις ημέρες βαρομετρικά χαμηλά συστήματα που επηρεάζουν την περιοχή (Σχήμα 5.8).



Σχήμα 5.8. Χάρτης επιφανείας, με απεικόνιση του χαμηλού βαρομετρικού που επηρεάζει τη Θεσσαλονίκη στις 18/02/2014

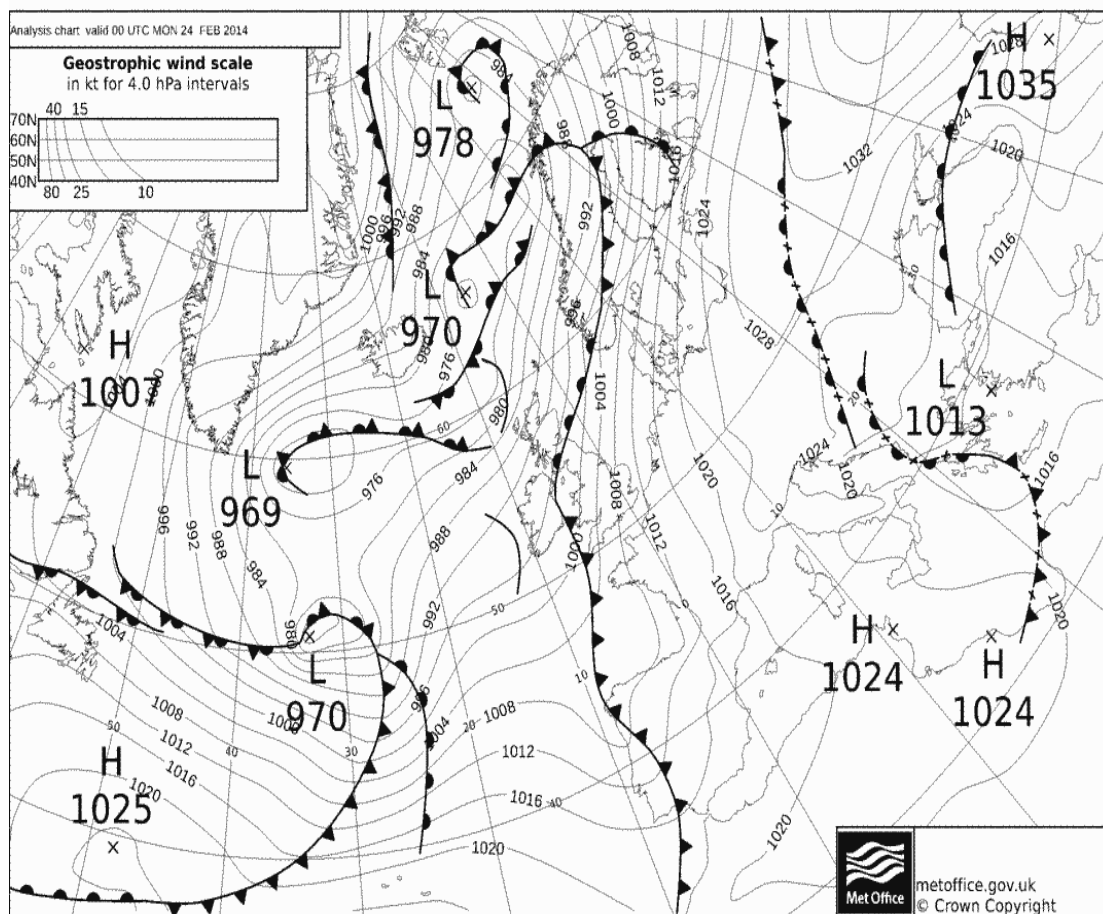
Ωστόσο, από τις 21/02 κι έπειτα παρατηρείται σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας, καθώς και έντονη αύξηση των ποσοστών σχετικής υγρασίας. Το σκηνικό αυτό του καιρού παρατείνεται έως και τις 25/02, οπότε και εντοπίζεται το θερμοκρασιακό μέγιστο της περιόδου, με μέση ημερήσια θερμοκρασία περίπου 15,5 °C, θερμοκρασία ιδιαίτερα υψηλή για την περίοδο αυτή.

Καθ' όλη τη διάρκεια αυτών των ημερών, επικρατούν διάφορα ενδιαφέροντα ατμοσφαιρικά φαινόμενα, τα οποία επηρεάζουν την περιοχή. Αρχικά, διακρίνουμε στην επιφάνεια την ύπαρξη υψηλών βαρομετρικών συστημάτων, στα οποία και οφείλεται η βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας (Σχήμα 5.9)



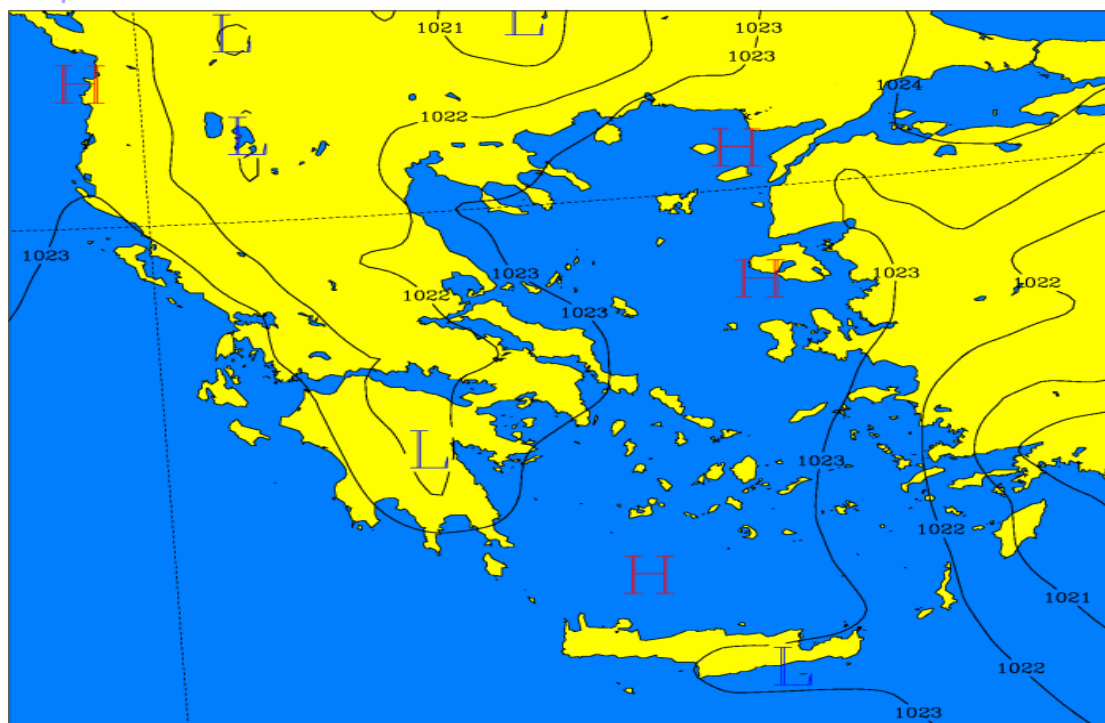
Σχήμα 5.9. Χάρτης επιφανείας, με απεικόνιση του υψηλού βαρομετρικού που επηρεάζει τη Θεσσαλονίκη στις 22/02/2014.

Επιπλέον, ατμοσφαιρικά συστήματα με την ύπαρξη των οποίων ενισχύεται η καιρική αυτή κατάσταση που επικρατεί είναι η εμφάνιση ενός θερμού μετώπου το οποίο φαίνεται να επιδρά στη Θεσσαλονίκη στις 24/02/2014 (Σχήμα 5.10).

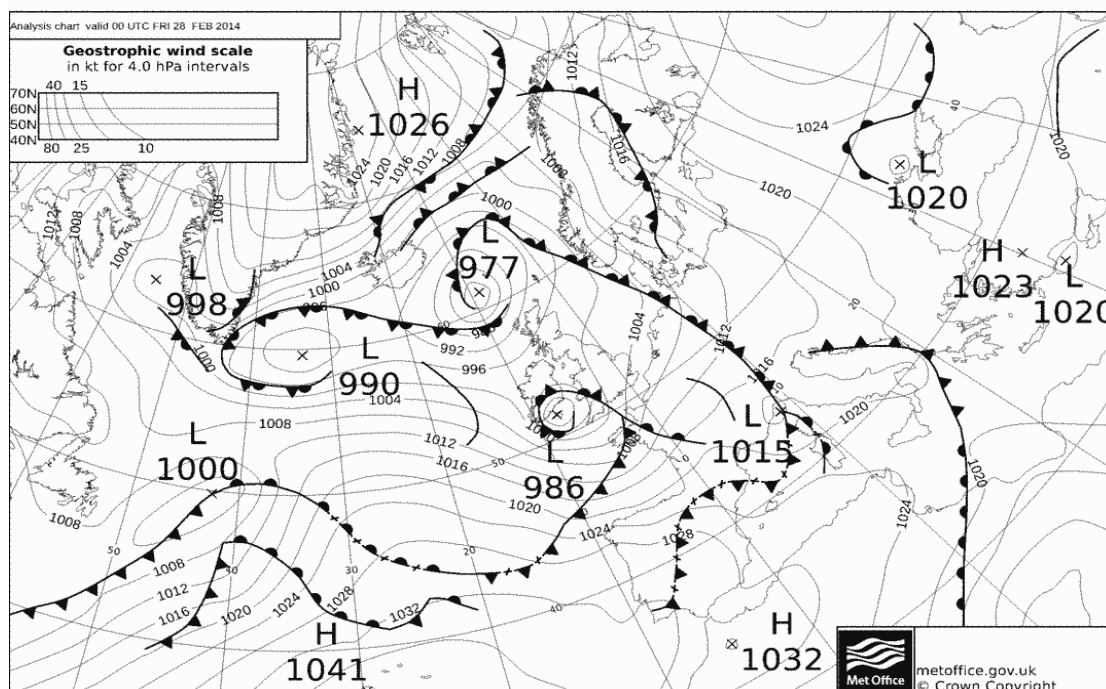


Σχήμα 5.10. Χάρτης επιφανείας από το site www.wetterzentrale.de όπου απεικονίζεται το θερμό μέτωπο που επηρεάζει την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Για το τέλος της περιόδου και ειδικότερα τις ημέρες 26-28/02/2014 η θερμοκρασία επανέρχεται στα φυσιολογικά για την εποχή επίπεδα, αφού κυμαίνεται γύρω από τους 9°C, η νέφωση παρατηρείται πυκνή και χαμηλή και η σχετική υγρασία αισθητά πιο μειωμένη. Οι καιρικές αυτές συνθήκες αποδίδονται τόσο στο χαμηλό βαρομετρικό που παρατηρείται στις 27-28/02 (Σχήμα 5.11), όσο και σε ένα ψυχρό μέτωπο στις 28/02, το οποίο κινείται από την Ιταλία (Σχήμα 5.12).



Σχήμα 5.11. Χάρτης επιφανείας, με απεικόνιση του χαμηλού βαρομετρικού που επηρεάζει τη Θεσσαλονίκη στις 27/02/2014.



Σχήμα 5.12. Χάρτης επιφανείας από το site www.wetterzentrale.de όπου απεικονίζεται το ψυχρό μέτωπο που έρχεται από την Ιταλία και επηρεάζει την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Τέλος, καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της περιόδου παρατηρούμε ότι επικράτησαν νότιοι, νοτιοδυτικοί και νοτιοανατολικοί κυρίως άνεμοι, σχεδόν μέτριοι, πρόσκαιρα θυελλώδεις, οι οποίοι άγγιξαν και τα 17m/s.

5.2 2^η Περίοδος Παρατήρησης Πειράματος Responze, Θεσσαλονίκη

Η δεύτερη χρονική περίοδος παρατήρησης και διεξαγωγής του πειράματος Responze στη Θεσσαλονίκη, χωρίστηκε σε δύο μικρότερες υποπεριόδους: α) 31 Μαρτίου 2014 έως και 11 Απριλίου 2014 και β) 26 Μαΐου 2014 έως και 6 Ιουνίου 2014.

5.2.1 Καταγραφή Μετεωρολογικών Συνθηκών

Από τις αντίστοιχες παρατηρήσεις και αναλύσεις σε δεδομένα των μαθηματικών μοντέλων, καθώς και των επίγειων μετεωρολογικών σταθμών προέκυψαν για κάθε υποπερίοδο τα ακόλουθα.

Α' Υποπερίοδος:

31 Μαρτίου 2014

Τις πρώτες πρωινές ώρες παρατηρούμε αραιή, υψηλή νέφωση που στη συνέχεια εξασθενεί πλήρως. Ο καιρός είναι γενικά αίθριος, με θερμοκρασιακές τιμές μεταξύ 12,1°C και 17,7 °C. Οι άνεμοι πνέουν νότιοι, νοτιοανατολικοί (SSE), ασθενείς, εντάσεως έως 4m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 69 έως και 95%.

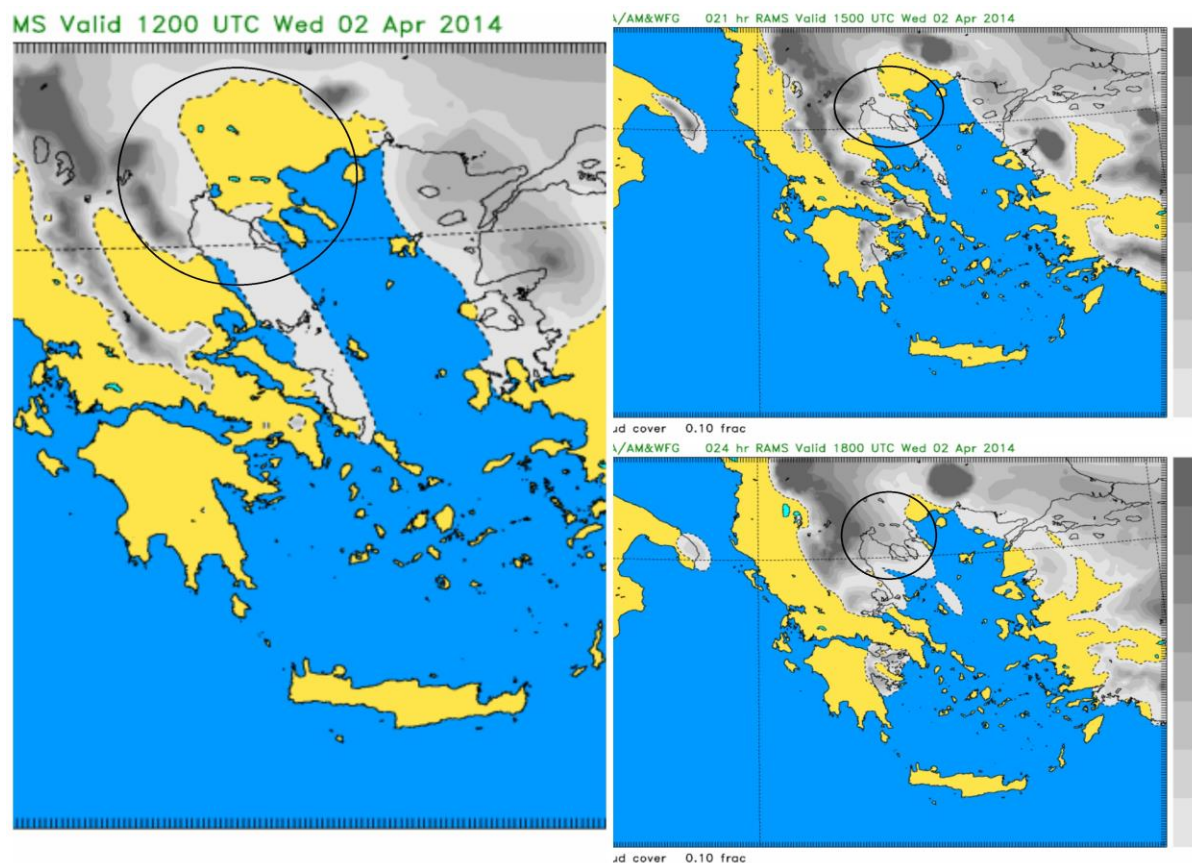
01 Απριλίου 2014

Και τη μέρα αυτή ο καιρός παραμένει γενικά αίθριο, με αρχικά απουσία νέφωσης που από το βράδυ και μετά πυκνώνει. Η θερμοκρασία παρουσιάζει αισθητή αύξηση, καθώς κυμαίνεται μεταξύ 11 °C και 20,6 °C, και οι άνεμοι πνέουν βορειοδυτικοί (NW), ασθενείς, εντάσεως το

πολύ έως 4m/s. Τέλος η σχετική υγρασία παρουσιάζει μείωση κυρίως τις βραδινές ώρες και σημειώνει γενικά τιμές από 47% έως 97%.

02 Απριλίου 2014

Αρχικά παρατηρούμε αραιή νέφωση, η οποία από το μεσημέρι και μετά πυκνώνει αρκετά (Σχήμα 5.13). Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 12,5 °C έως και 17 °C και ο άνεμος πνέει κυρίως νότιος(S), που τις βραδινές ώρες στρέφεται σε ανατολικός, νοτιοανατολικός (ESE), γενικά ασθενής, εντάσεως έως 3,7 m/s. Η σχετική υγρασία βρίσκεται μεταξύ 44% και 89%.



Σχήμα 5.13 Απεικόνιση της σταδιακής πύκνωσης της νέφωσης στη Θεσσαλονίκη από τις μεσημεριανές ώρες κι έπειτα (με χρονική σειρά από αριστερά, πάνω δεξιά, κάτω δεξιά) για τις 02/04/2014.

03 Απριλίου 2014

Τη μέρα αυτή στην περιοχή της Θεσσαλονίκης εντοπίζεται υψηλή νέφωση, καθώς και γενικά αίθριος καιρός. Η θερμοκρασία σημειώνει τιμές από 12,8 °C έως και 20,6 °C. Ο άνεμος πνέει νότιος, νοτιοανατολικός (SE), αρχικά ασθενής που τις βραδινές κυρίως ώρες εντείνεται και αγγίζει και τα 8,8m/s. Τέλος η σχετική υγρασία είναι μεταξύ 54-92%.

04 Απριλίου 2014

Παρόμοιο παραμένει το σκηνικό του καιρού, με τη μόνη διαφορά πως η νεφοκάλυψη παρατηρείται πυκνή, υψηλή και μεσαία παράλληλα. Η θερμοκρασία καταγράφεται μεταξύ 11,7 °C και 21,1 °C και οι άνεμοι πνέουν νοτιοανατολικοί (SE), σχεδόν μέτριοι, εντάσεως έως και 7,1 m/s. Τέλος η σχετική υγρασία παρουσιάζει πτώση, καθώς κυμαίνεται μεταξύ 32 και 86%.

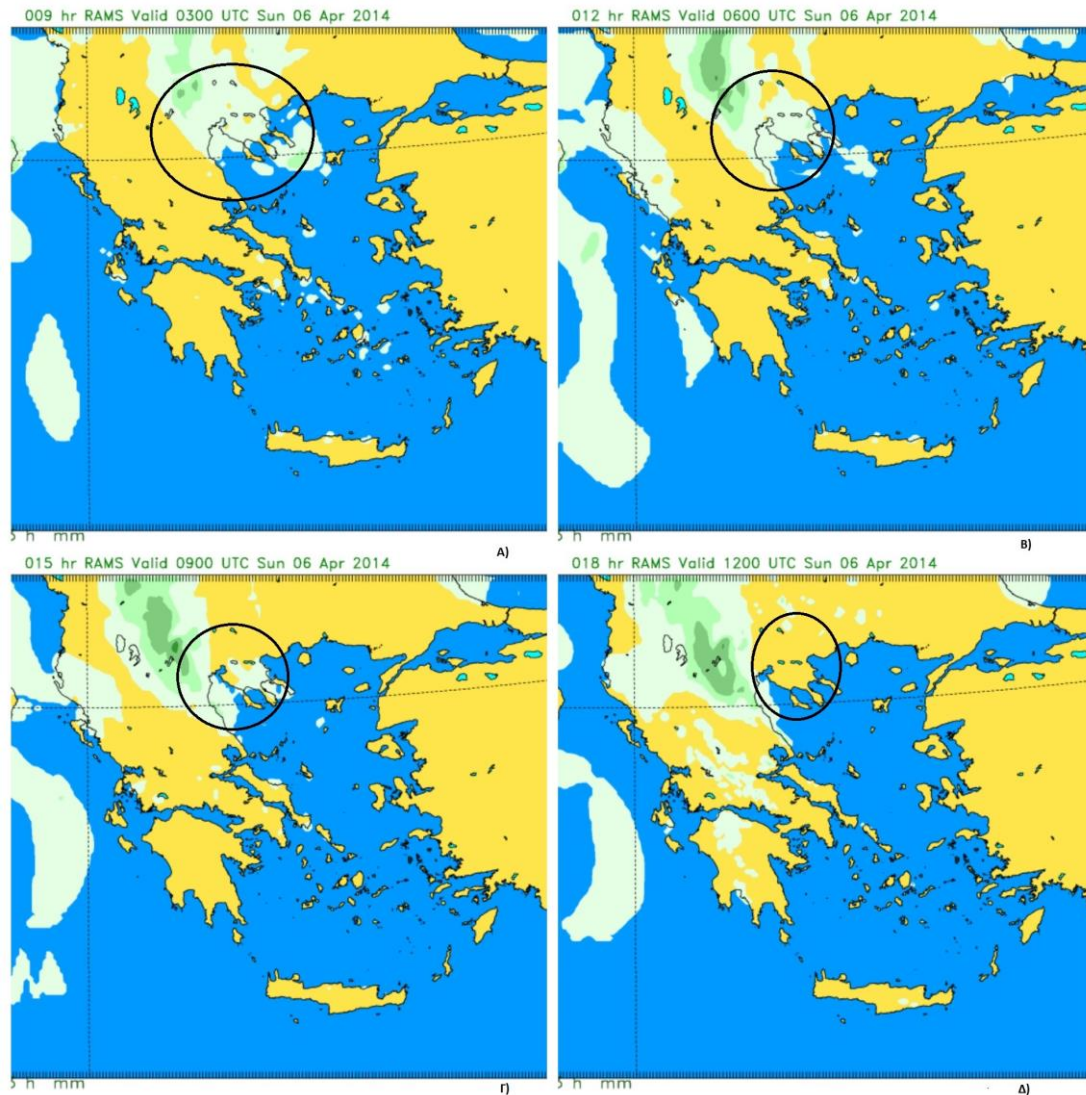
05 Απριλίου 2014

Η νέφωση που επικρατεί είναι πυκνή, κυρίως μεσαία και χαμηλή, χωρίς ωστόσο να εκδηλώνονται φαινόμενα. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 12,6 και 21,4 °C, οι άνεμοι πνέουν ανατολικοί (E), σχεδόν μέτριοι έως μέτριοι, και το μεσημέρι αγγίζουν έως και τα 10,3m/s. Η σχετική υγρασία της ημέρας εντοπίζεται και πάλι στα ίδια επίπεδα, με τιμές από 45-84%.

06 Απριλίου 2014

Αρχικά, τις πρωινές κυρίως ώρες η νέφωση που επικρατεί είναι πυκνή και χαμηλή, η οποία συνοδεύεται από την εκδήλωση πρόσκαιρων βροχοπτώσεων (Σχήμα 5.14). Στη συνέχεια της ημέρας τα φαινόμενα υποχωρούν και η νεφοκάλυψη γίνεται υψηλή. Το θερμοκρασιακό εύρος παραμένει στο ίδιο επίπεδο, με τιμές μεταξύ 11,5 °C και 21,7 °C. Επιπλέον, οι άνεμοι πνέουν ανατολικοί (E), κατά τόπους νοτιοανατολικοί

(SE), ασθενείς, εντάσεως έως 3,5 m/s και η υγρασία κυμαίνεται και πάλι από 52% έως 86%.



Σχήμα 5.14 Απεικόνιση της βροχόπτωσης καθώς και της εξασθένησής της κατά τις πρωινές ώρες στη Θεσσαλονίκη για τις 06/04/2014 (με χρονική σειρά από πάνω αριστερά (A) έως κάτω δεξιά (B))

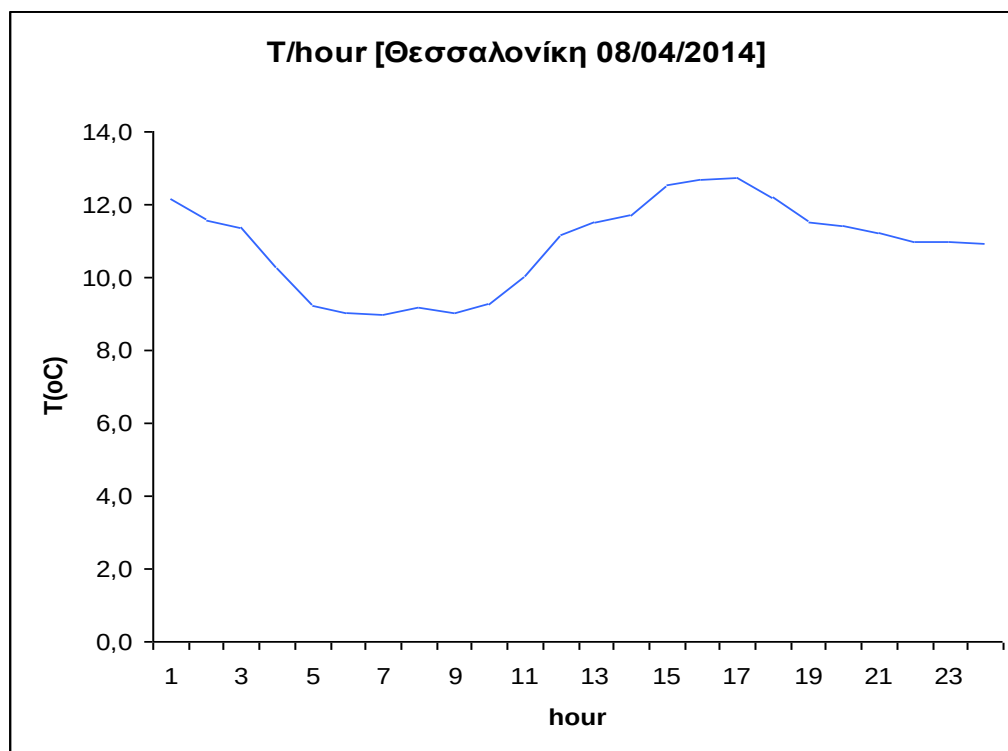
07 Απριλίου 2014

Τη μέρα αυτή παρατηρούμε πυκνή και χαμηλή νεφοκάλυψη, παρουσία ασθενούς βροχόπτωσης. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 13 °C και 17,6 °C. Οι άνεμοι αρχικά πνέουν βορειοδυτικοί (NW), και από τις

απογευματινές ώρες κι έπειτα νότιοι (S), σχεδόν μέτριοι, πρόσκαιρα ισχυροί, εντάσεως 5m/s έως και 12,3m/s. Η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές από 74%-90%.

08 Απριλίου 2014

Ο καιρός παρουσιάζει μία μικρή επιδείνωση, με αρχικά πυκνή και χαμηλή νέφωση που συνοδεύεται από εκδήλωση ασθενούς βροχόπτωσης, κυρίως τις πρωινές ώρες. Στη συνέχεια, τα φαινόμενα εξασθενούν, ωστόσο παρατηρείται αισθητή πτώση της θερμοκρασίας, καθώς δεν ξεπερνά τους 13 °C (Σχήμα 5.15). Επιπλέον, ο άνεμος πνέει νότιος (S), αρχικά σχεδόν μέτριος και αργότερα ασθενής, εντάσεως από 2m/s έως 7,1m/s, και η σχετική υγρασία σημειώνει τιμές μεταξύ 66% και 92%.



Σχήμα 5.15 Κατανομή θερμοκρασίας στη Θεσσαλονίκη για τις 08/04/2014.

09 Απριλίου 2014

Ο ουρανός παρατηρείται αρχικά ανέφελος, στη συνέχεια και κυρίως το βράδυ όμως υπάρχει πύκνωση νεφών. Η θερμοκρασία παραμένει στα ίδια

περίπου επίπεδα, με τιμές 9,8 °C έως και 15,2 °C. Οι άνεμοι εντοπίζονται νοτιοδυτικοί (SW), ασθενείς, εντάσεως έως 4m/s και η σχετική υγρασία μεταξύ 70-96%.

10 Απριλίου 2014

Τη μέρα αυτή παρατηρούμε πυκνή και χαμηλή νέφωση που συνοδεύεται από μέτριας έντασης και κατά τόπους ισχυρές βροχοπτώσεις, κυρίως τις πρώτες πρωινές ώρες. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 11 °C και 16,8 °C. Ο άνεμος πνέει βόρειος, βορειοδυτικός (NW), ασθενής, εντάσεως έως 4m/s και η σχετική υγρασία βρίσκεται μεταξύ 68-90%.

11 Απριλίου 2014

Ο καιρός παρουσιάζει αισθητή βελτίωση, με τη νεφοκάλυψη ωστόσο να παραμένει πυκνή και μεσαία. Η θερμοκρασία, σε αυξημένες τιμές, κυμαίνεται μεταξύ 11 και 22,5 °C. Ο άνεμος πνέει δυτικός (W), ασθενής, σχεδόν μέτριος, εντάσεως περίπου 5m/s και η σχετική υγρασία βρίσκεται σε αισθητά μειωμένες τιμές, μεταξύ 25-87%.

Β' Υποπερίοδος:

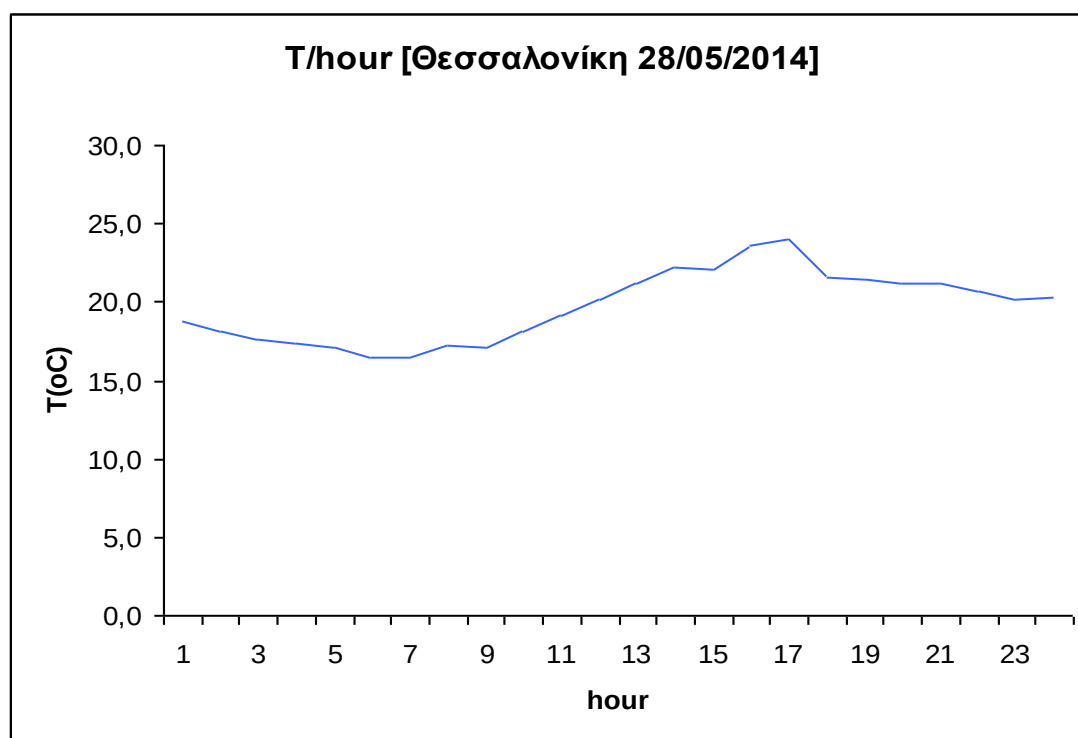
26 Μαΐου 2014

Αρχικά και μέχρι της πρώτες βραδινές ώρες παρατηρείται γενικά αίθριος καιρός, με αραιή νέφωση που το βράδυ ωστόσο πυκνώνει αισθητά. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 18,4°C έως 27,7 °C και η σχετική υγρασία μεταξύ 27% και 48%. Τέλος, ο άνεμος πνέει νότιος, νοτιοδυτικός (SSW,

σχεδόν μέτριος, κατά τόπους ισχυρός, εντάσεως από 2m/s έως και 13,25m/s.

27 Μαΐου 2014

Τη μέρα αυτή επικρατεί αραιή και υψηλή νέφωση με τη θερμοκρασία όμως να παρουσιάζει μείωση. Ειδικότερα, οι θερμοκρασιακές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 15,4 °C και 23,5 °C (Σχήμα 5.16), οι άνεμοι πνέουν δυτικοί (W), ασθενείς, κατά τόπους σχεδόν μέτριοι ή ισχυροί, κυρίως τις πρώτες πρωινές και βραδινές ώρες, εντάσεως από 2 έως 10,25m/s. Η υγρασία παρατηρείται στα ίδια επίπεδα από 26 μέχρι 40%.

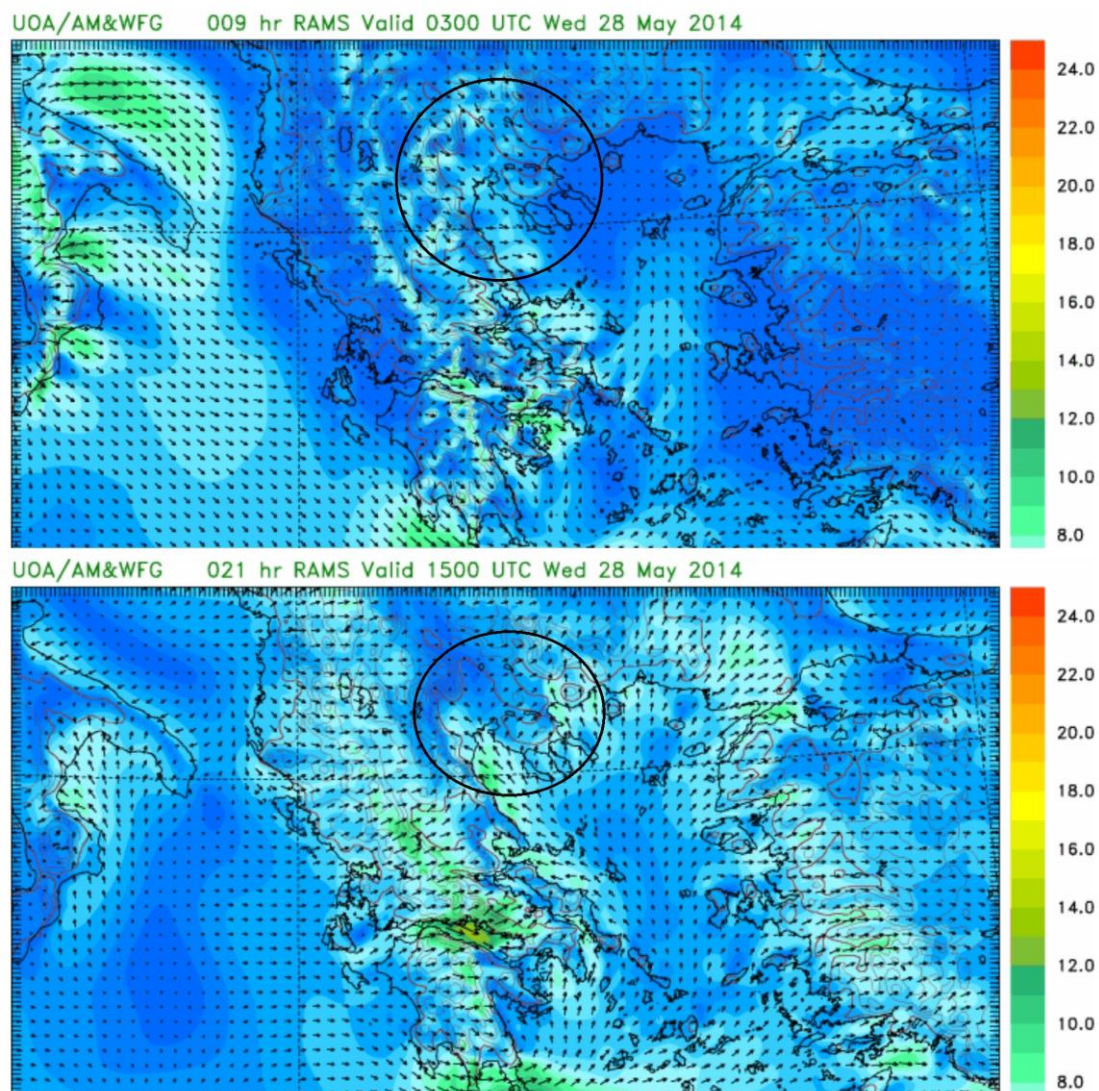


Σχήμα 5.16. Κατανομή θερμοκρασίας για τη Θεσσαλονίκη στις 28/05/2014.

28 Μαΐου 2014

Ο ουρανός αρχικά εντοπίζεται ανέφελος, το βράδυ όμως κι έπειτα επικρατεί πυκνή, κυρίως μεσαία νέφωση. Η θερμοκρασία σημειώνει τιμές μεταξύ 16,4 °C και 24 °C, ενώ η σχετική υγρασία εμφανίζεται

αισθητά αυξημένη, με τιμές 40-76%. Τέλος, ο άνεμος πνέει αρχικά βορειοδυτικός (NW), που το βράδυ στρέφεται σε νότιος, νοτιοδυτικός (SSW) (Σχήμα 5.17), κατά βάση ασθενής, που το μεσημέρι όμως γίνεται μέτριος εντάσεως έως και 9,25m/s.

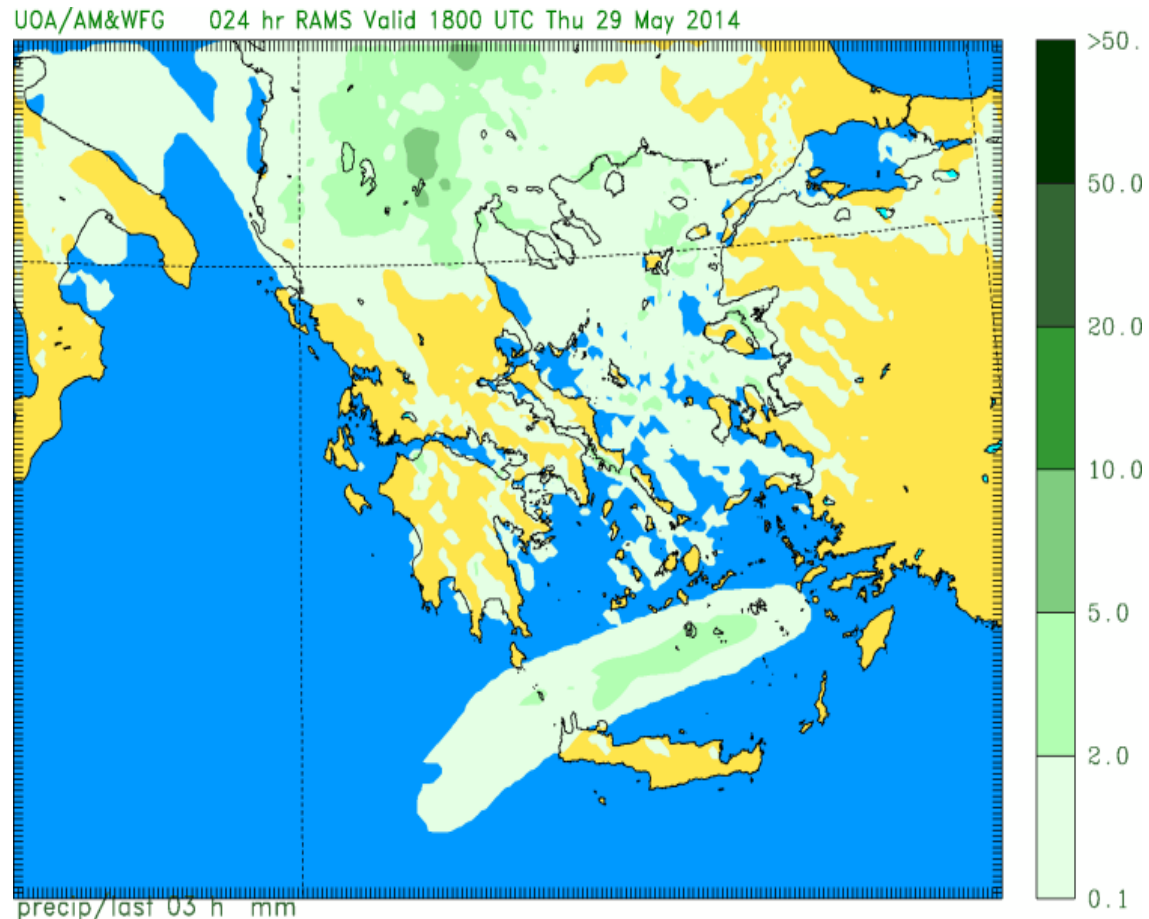


Σχήμα 5.17. Απεικόνιση στροφής ανέμου από NW σε SSW στη Θεσσαλονίκη στις 28/05/2014

29 Μαΐου 2014

Παρατηρούμε ότι η νέφωση που επικρατεί είναι πυκνή και χαμηλή που από το απόγευμα κι έπειτα συνοδεύεται από βροχόπτωση, κατά τόπους

ισχυρή (Σχήμα 5.17). Η θερμοκρασία ωστόσο παρατηρείται αυξημένη, με τιμές από 18,2°C έως και 27,1 °C. Οι άνεμοι πνέουν νοτιοανατολικοί (SE), κυρίως ασθενείς, σχεδόν μέτριοι, πρόσκαιρα ισχυροί, εντάσεως έως 9m/s. Η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 34-77%.



Σχήμα 5.17. Απεικόνιση της βροχόπτωσης που επικρατεί στην περιοχή της Θεσσαλονίκης στις 29/05/2014

30 Μαΐου 2014

Η νέφωση που επικρατεί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας είναι πυκνή, χαμηλή, η οποία επιφέρει και την εκδήλωση βροχόπτωσης, που εξασθενεί ωστόσο από το βράδυ κι έπειτα. Παρ' όλα αυτά η θερμοκρασία παρουσιάζει μια μικρή περαιτέρω αύξηση, αφού αγγίζει και τους 29°C. Ο άνεμος πνέει βορειοδυτικός (NW), σχεδόν μέτριος,

πρόσκαιρα ισχυρός, εντάσεως από 1-10,75m/s και η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 29-53%.

31 Μαΐου 2014

Αρχικά παρατηρούμε αραιή και υψηλή νεφοκάλυψη, που το βράδυ πυκνώνει, χωρίς την εκδήλωση περαιτέρω φαινομένων. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 17,6 °C και 24,4 °C, ενώ η σχετική υγρασία μεταξύ 24 και 51%. Οι άνεμοι πνέουν βορειοδυτικοί (NW), σχεδόν μέτριοι, πρόσκαιρα ισχυροί, εντάσεως 3,5-11,5m/s.

01 Ιουνίου 2014

Ο ουρανός μέχρι και το απόγευμα εμφανίζεται ανέφελος, το βράδυ όμως παρατηρείται πυκνή, μεσαία και χαμηλή νέφωση. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 15,9 και 24,9 °C, και η σχετική υγρασία μεταξύ 29-40%. Τέλος, ο άνεμος πνέει βορειοδυτικός (NW), ασθενής, σχεδόν μέτριος, πρόσκαιρα ισχυρός, εντάσεως 1,5-9,5m/s.

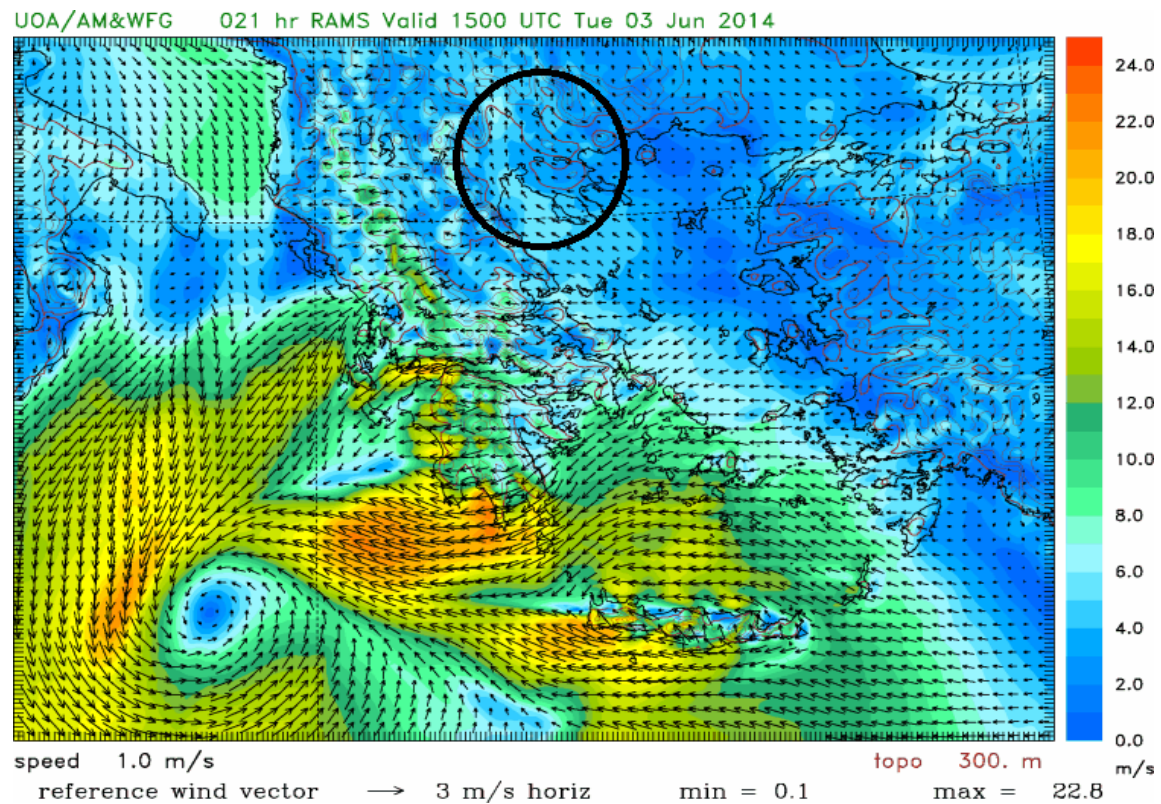
02 Ιουνίου 2014

Κατά τη διάρκεια της ημέρας παρατηρούμε πυκνή, χαμηλή νέφωση, που από το βράδυ κι έπειτα αραιώνει. Η θερμοκρασία παρουσιάζει μια μικρή πτώση αφού οι τιμές της σημειώνονται μεταξύ 16,4 °C και 21,8 °C, ενώ η σχετική υγρασία αύξηση αφού αγγίζει και το 91%. Ο άνεμος και πάλι πνέει βορειοδυτικός (NW), ασθενής, σχεδόν μέτριος, πρόσκαιρα ισχυρός, εντάσεως 1,5-8,75m/s.

03 Ιουνίου 2014

Η νεφοκάλυψη που επικρατεί είναι αραιή, κυρίως υψηλή και μεσαία και η θερμοκρασία παρουσιάζει μια μικρή αύξηση αφού αγγίζει τους 24,5 °C. Η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 40-70% και ο άνεμος πνέει νότιος, νοτιοανατολικός (SSE), κατά τόπους νοτιοδυτικός (SW)(Σχήμα 5.18), τις

πρωινές ώρες ασθενείς, και στη συνέχεια σχεδόν μέτριος, πρόσκαιρα ισχυρός, εντάσεως έως και 13m/s.



Σχήμα 5.18 Απεικόνιση του ανέμου που επικρατεί στη Θεσσαλονίκη στις 03/06/2014

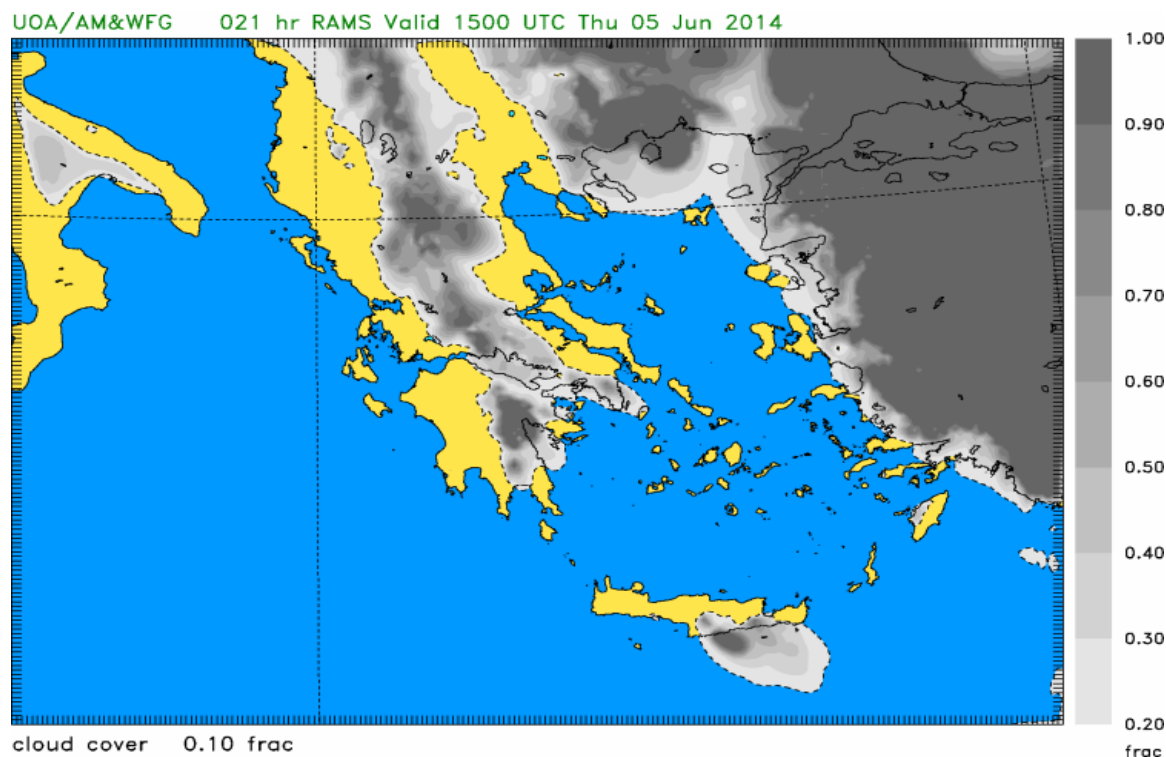
04 Ιουνίου 2014

Τη μέρα αυτή επικρατεί γενικά πυκνή, χαμηλή νέφωση, η οποία συνοδεύεται από την εκδήλωση ασθενών βροχοπτώσεων, που από το βράδυ κι έπειτα εξασθενούν. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 17,9 °C και 24,6 °C, και η σχετική υγρασία από 40 έως 65%. Οι άνεμοι πνέουν βορειοανατολικοί (NE), σχεδόν μέτριοι, μέτριοι, εντάσεως 2 έως 9,5m/s.

05 Ιουνίου 2014

Γενικά παρατηρείται αραιή νέφωση, η οποία σποραδικά πυκνώνει (Σχήμα 5.19) . Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 17,9 °C έως και 23,6 °C, και η σχετική υγρασία από 47-77%. Τέλος, ο άνεμος πνεεί βορειοδυτικός

(NW), σχεδόν μέτριος, κατά τόπους σχεδόν θυελλώδης αφού αγγίζει και τα 14,5m/s.



Σχήμα 5.19 Απεικόνιση της νέφωσης που επικρατεί στη Θεσσαλονίκη στις 05/06/2014

06 Ιουνίου 2014

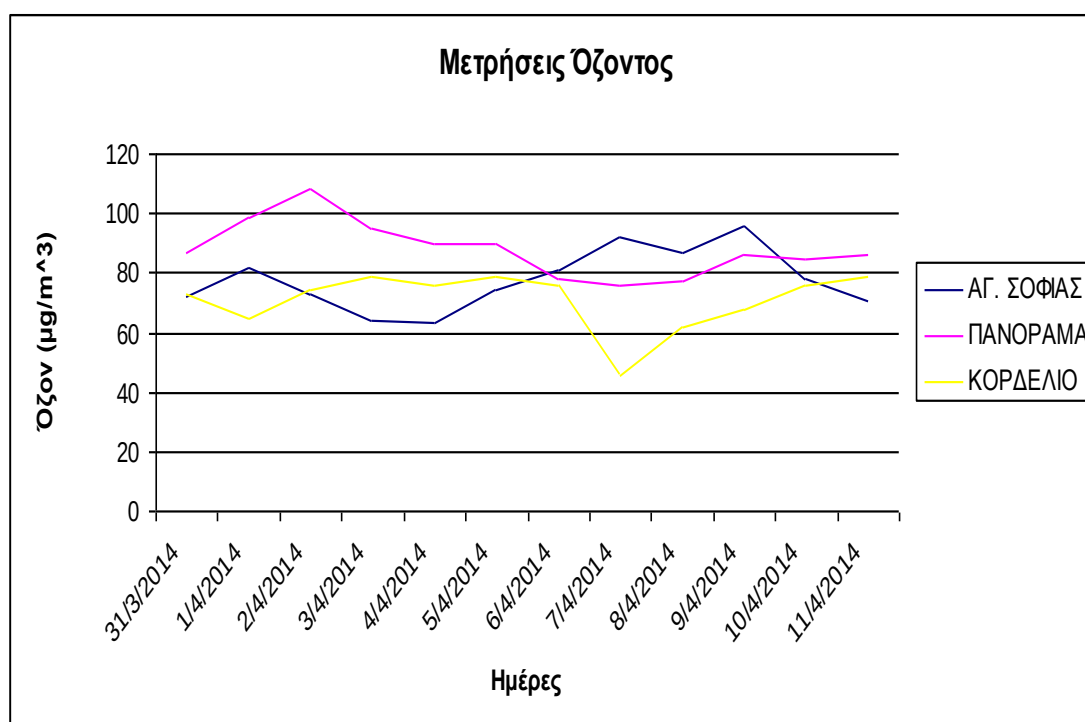
Εντοπίζουμε αραιή, σποραδικά πυκνή και χαμηλή νέφωση, που τις απογευματινές ώρες συνοδεύεται από πρόσκαιρη, ασθενή βροχόπτωση. Η θερμοκρασία σημειώνει τιμές από 18,3 °C έως 25,5 °C, ενώ η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 49% έως και 69%. Τέλος, οι άνεμοι στην περιοχή εντοπίζονται βορειοδυτικοί (NW), σχεδόν μέτριοι, έως και ισχυροί, εντάσεως 2 μέχρι και 11,5m/s.

5.2.2 2^η Περίοδος και Όζον στη Θεσσαλονίκη

Η κατανομή του όζοντος όπως και όλη η δεύτερη χρονική περίοδος μελέτης της Θεσσαλονίκης χωρίστηκε σε δύο μικρότερες υποπεριόδους.

Α' Υποπερίοδος

Κατά το χρονικό διάστημα 31 Μαρτίου έως και 11 Απριλίου 2014 παρατηρήθηκαν γενικά στην περιοχή της Θεσσαλονίκης ήπιας έκτασης καιρικά φαινόμενα, με έντονη την παρουσία της πυκνής νέφωσης, φυσιολογικές για την εποχή θερμοκρασίες, καθώς επίσης και την παρουσία διαλειπουσών βροχοπτώσεων. Έτσι το όζον διακυμάνθηκε ως εξής:



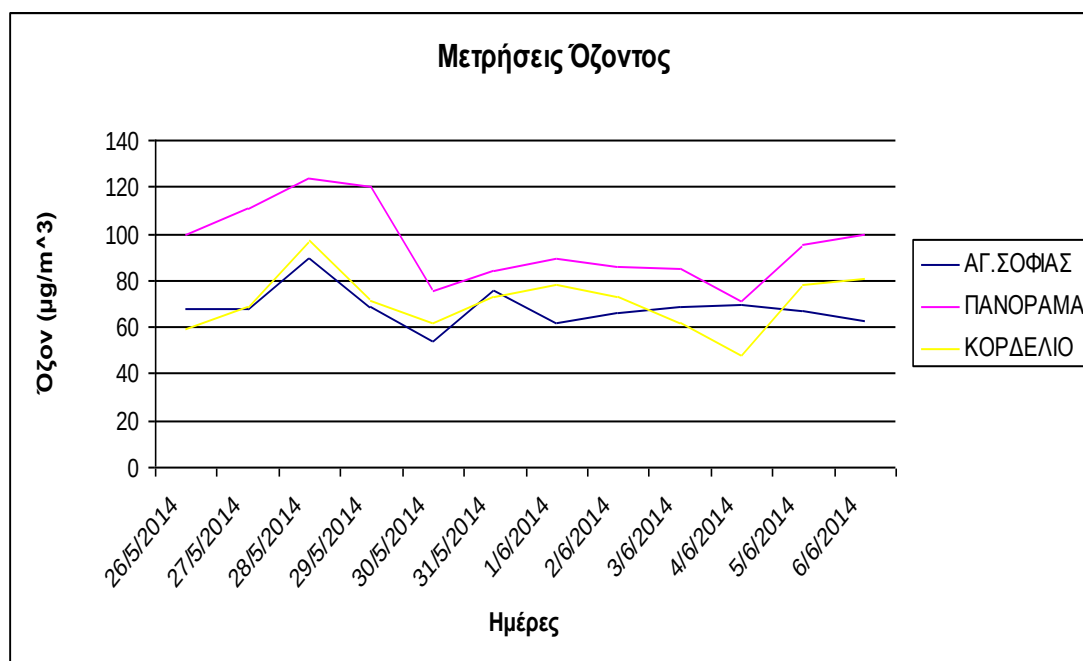
Σχήμα 5.20. Μέγιστα Οκτάωρα Όζοντος από 31/03-11/04/2014 για τις περιοχές Αγ. Σοφίας, Πανόραμα και Κορδελιό.

Έτσι παρατηρούμε πως γενικά της ημέρες όπου επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες 01/04- 03/04 έχουμε αυξημένες τιμές του

όζοντος, ενώ στις 04-06/04 παρατηρούμε πτώση, καθώς αν και η θερμοκρασία παραμένει αυξημένη, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης παρατηρούνται σχεδόν μέτριοι, έως ισχυροί άνεμοι, και επιπρόσθετα, πυκνή νεφοκάλυψη. Ωστόσο, τα ποσοστά συγκέντρωσης του όζοντος, παρουσιάζουν για τις δύο από τις τρεις περιοχές (Πανόραμα και Κορδελιό) ελάχιστο στις 07-08/04, οπότε και παρατηρούνται ιδιαιτέρως χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς και εμφάνιση βροχόπτωσης, κατά τόπους ισχυρής.

Β' Υποπερίοδος

Στη διάρκεια της δεύτερης υποπεριόδου, η οποία τοποθετείται μεταξύ του διαστήματος 26 Μαΐου έως και 6 Ιουνίου 2014, αν και επικράτησαν υψηλές, αλλά αναμενόμενες για την εποχή θερμοκρασιακές τιμές στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, λόγω της εμφάνισης αρκετών βροχοπτώσεων, αλλά και πρόσκαιρων ισχυρών ανέμων αναμένουμε τη συγκέντρωση του όζοντος να μην εμφανίζει ακραίες τιμές.



Σχήμα 5.21. Μέγιστα Οκτάωρα Όζοντος από 26/05-06/06/2014 για τις περιοχές Αγ. Σοφίας, Πανόραμα και Κορδελιό.

Αναλυτικότερα, βάσει του διαγράμματος 5.21. των Μέγιστων Οκταώρων Όζοντος, εντοπίζουμε δύο τοπικά μέγιστα συγκέντρωσης όζοντος στις δύο από τις τρεις περιοχές ενδιαφέροντος, Πανόραμα και Κορδελιό (ένα για την Αγ. Σοφία), περίπου στις 28-29/05 και στις 06/06. Τότε, παρατηρούνται αυξημένες θερμοκρασιακές τιμές, αραιή νέφωση ή και απουσία αυτής, καθώς και υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας συγκριτικά με τις υπόλοιπες ημέρες.

Αντίστοιχα, οι ελάχιστες τιμές συγκέντρωσης όζοντος εμφανίζονται περίπου στις 30/05 και 04/06, ημέρες όπου παρατηρούμε βροχοπτώσεις, πυκνή και χαμηλή νέφωση, ανέμους σχεδόν μέτριους έως και ισχυρούς, γεγονός που μας κάνει να αναμένουμε στην περιοχή της Θεσσαλονίκης την ύπαρξη χαμηλού βαρομετρικού συστήματος.

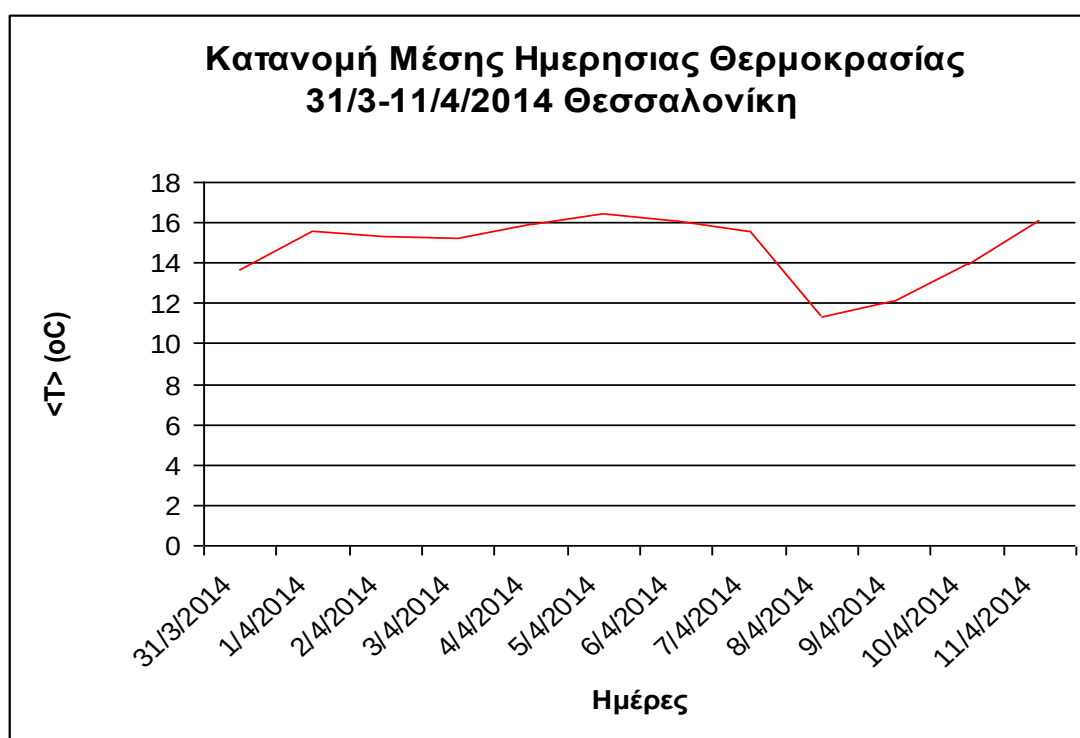
5.2.3 Σύνοψη

Όπως σε κάθε περίοδο, έτσι και εδώ για τα δύο χρονικά διαστήματα των 31 Μαρτίου 2014 έως 11 Απριλίου 2014, καθώς και 26 Μαΐου 2014 έως 6 Ιουνίου 2014, τα οποία συνέθεσαν τη 2^η περίοδο παρατήρησης και ενδιαφέροντος για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, παρατείνεται ο αντίστοιχος σχολιασμός, ο οποίος δύναται να ερμηνεύσει καλύτερα τις κατανομές της συγκέντρωσης του όζοντος στην ατμόσφαιρα της περιοχής για τη συγκεκριμένη περίοδο παρατήρησης και διεξαγωγής του πειράματος. Ωστόσο κάθε υποπερίοδος αντιμετωπίσθηκε ξεχωριστά, αφού απείχαν μεταξύ τους χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του ενός μήνα.

Α' Υποπερίοδος

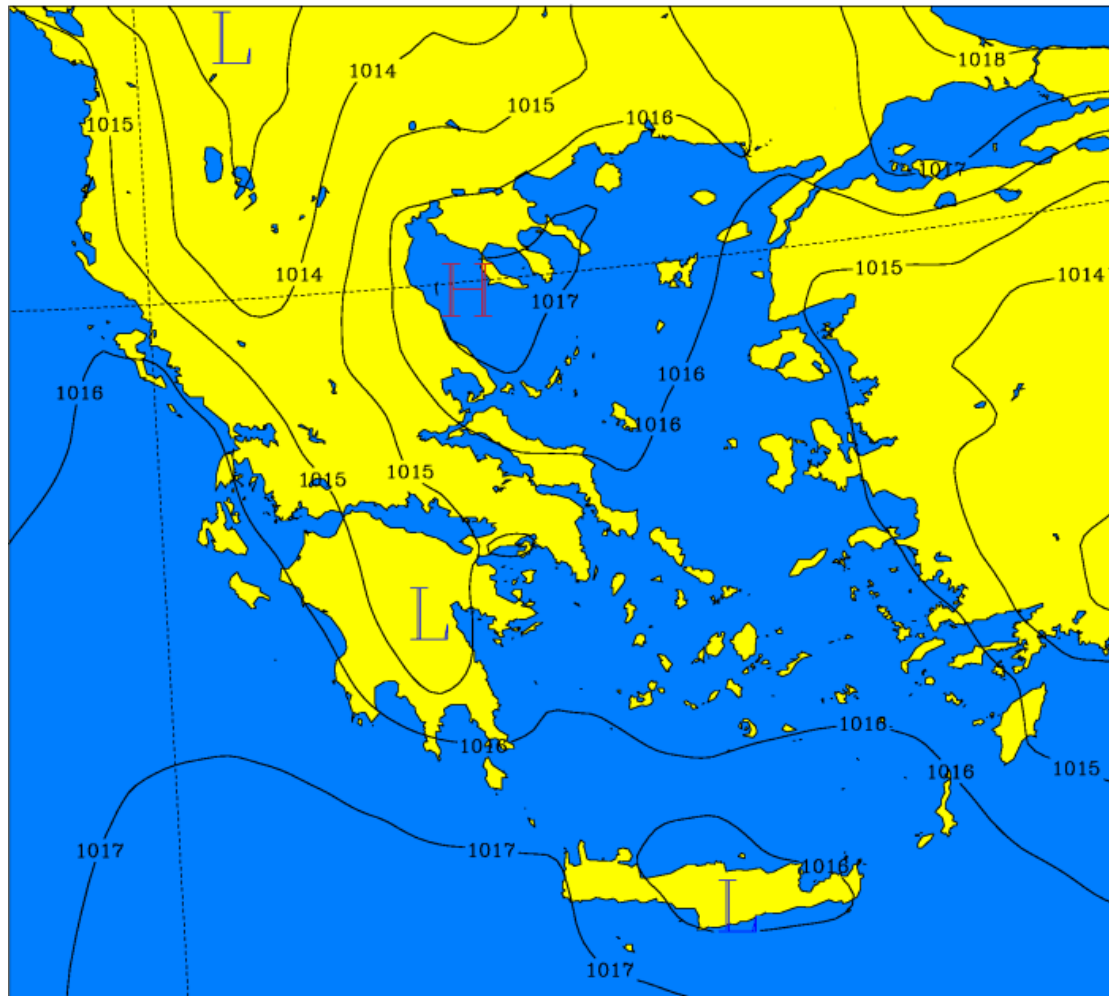
Κατά τη διάρκεια των ημερών 31 Μαρτίου έως και 11 Απριλίου 2014, παρατηρούμε γενικά ήπια καιρικά φαινόμενα, χωρίς ακραίες θερμοκρασιακές τιμές, γι' αυτό το λόγο δεν παρατηρούμε ιδιαίτερες εκτονώσεις συγκέντρωσης όζοντος ή το ανάποδο στην ατμόσφαιρα.

Ειδικότερα, καθ' όλη τη χρονική διάρκεια της Α' υποπεριόδου στη Θεσσαλονίκη η μέση ημερήσια θερμοκρασία κυμάνθηκε μεταξύ 11,3°C και 16,2°C, τιμές εντός των ανεμενόμενων ορίων για την περιοχή (βάσει μετρήσεων Ε.Μ.Υ για τα έτη 1959-1997, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης). Έτσι, το αντίστοιχο θερμοκρασιακό διάγραμμα για τη διάρκεια των συγκεκριμένων ημερών διαμορφώθηκε ως εξής (Σχήμα 5.22).

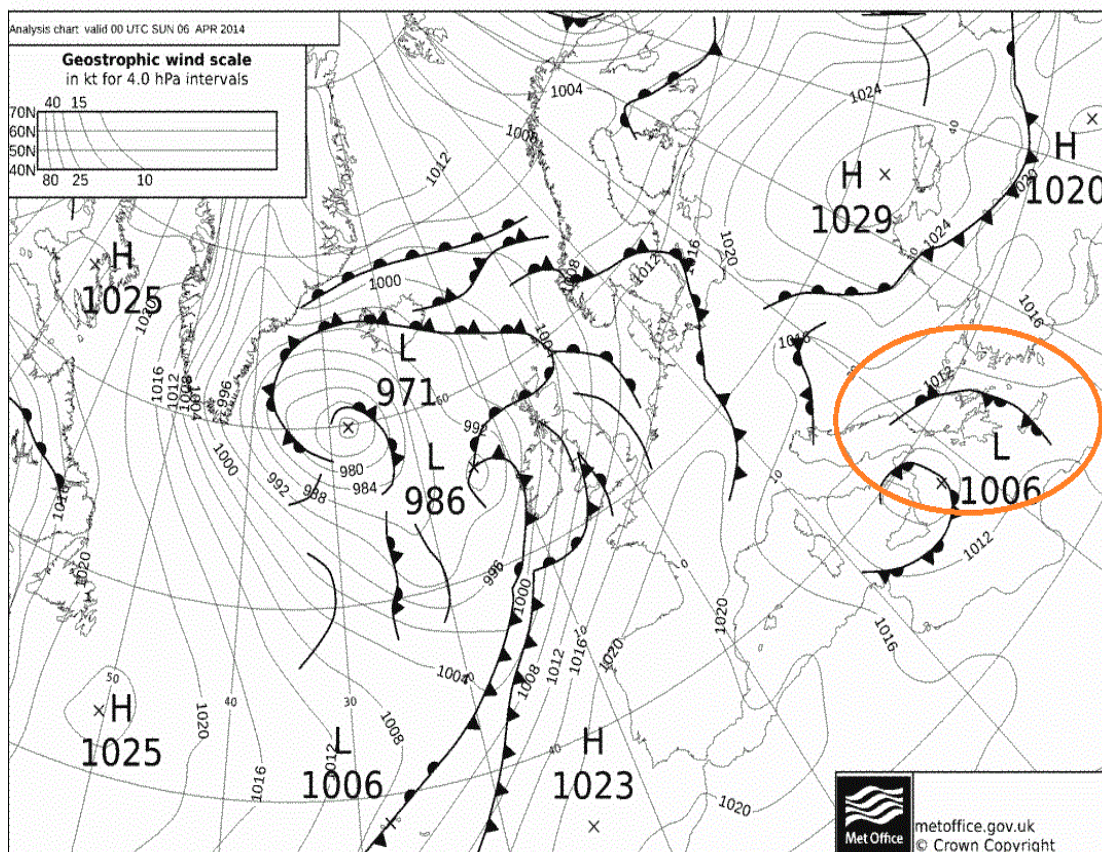


Σχήμα 5.22. Κατανομή μέσης ημερησίας θερμοκρασίας περιόδου 31/3-11/4/2014 για τη Θεσσαλονίκη.

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι τις ημέρες 31/03 έως και 07/04 η μέση ημερήσια θερμοκρασία παρουσιάζει σταθερή κατανομή γύρω από τους 15°C περίπου. Σε αυτό το διάστημα, στους αντίστοιχους χάρτες επιφανείας εντοπίζουμε κυρίως βαρομετρικά συστήματα υψηλά, τα οποία επηρεάζουν την περιοχή της Θεσσαλονίκης (Σχήμα 5.23), καθώς και ένα συνεσφιγμένο μέτωπο (Σχήμα 5.24) στις 06/04, το οποίο πιθανότατα σχετίζεται με την ύπαρξη θερμής σύσφιξης, αφού η θερμοκρασία εκείνη την ημέρα σημειώνει τιμές έως και 21,7°C, και ο καιρός εμφανίζει σταδιακά αισθητή βελτίωση.



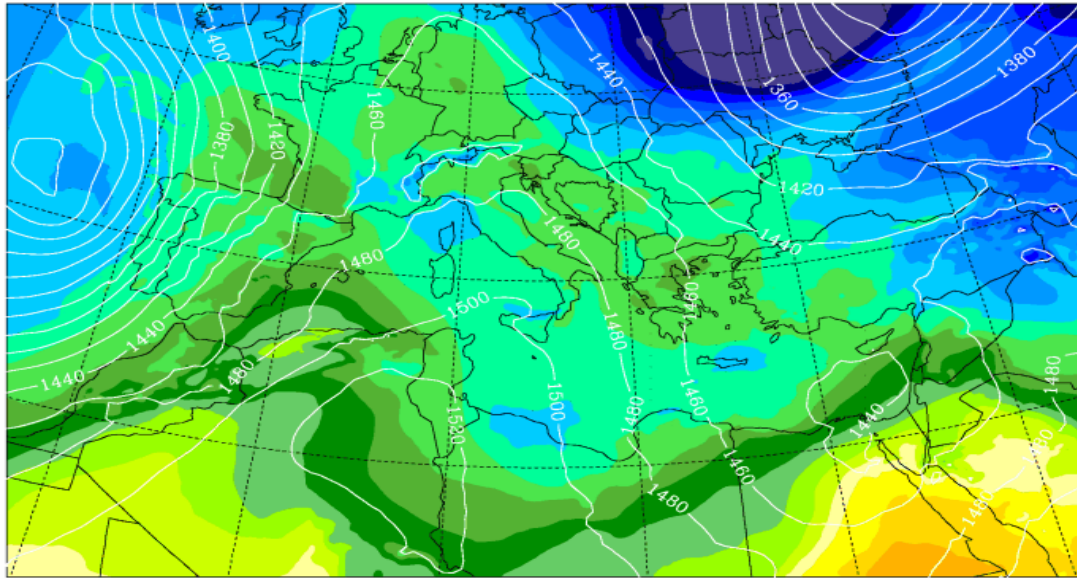
Σχήμα 5.23. Ενδεικτικός χάρτης επιφανείας όπου εντοπίζεται το υψηλό βαρομετρικό που επιδρά στη Θεσσαλονίκη για τις 03/04/2014.



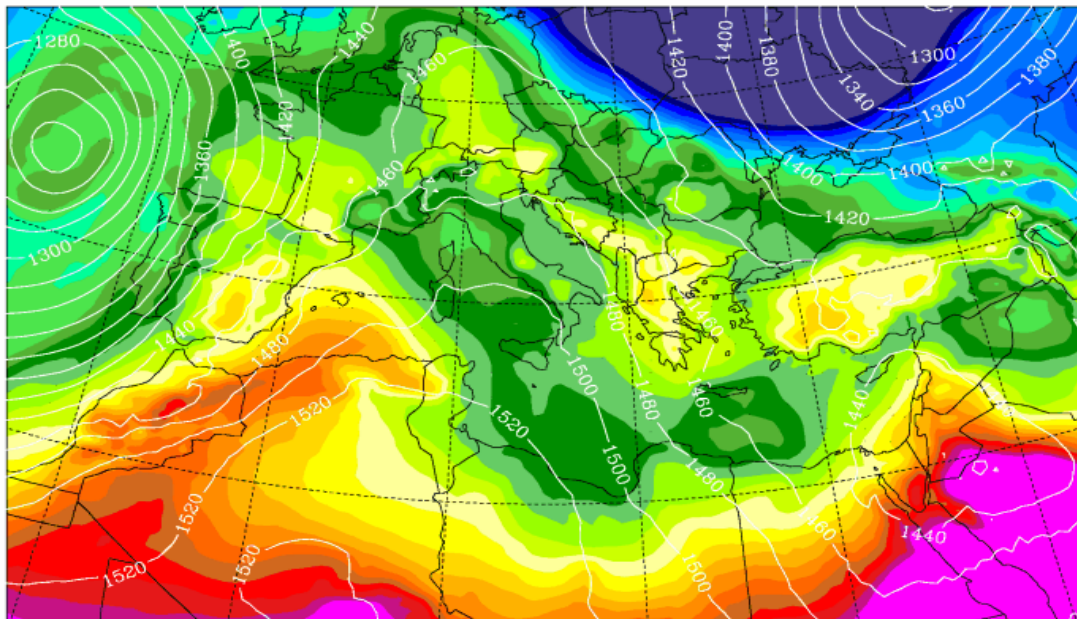
Σχήμα 5.24. Χάρτης επιφανείας από το www.wetterzentrale.de, όπου απεικονίζεται το συνεσφιγμένο μέτωπο που επηρεάζει Ελλάδα- Θεσσαλονίκη

Επιπλέον, άλλα ατμοσφαιρικά συστήματα που επηρεάζουν την περιοχή της Θεσσαλονίκης κατά το διάστημα 31/3-7/4 είναι η εμφάνιση μιας θερμής μεταφοράς πάνω από την Ελλάδα που παρατηρείται στο χάρτη των 850hPa την 01/04/2014 (Σχήμα 5.25), η οποία έχει σαν αποτέλεσμα και την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, περίπου 2°C κατά μέσο όρο, σε σχέση με την προηγούμενη ημέρα. Επίσης, στους χάρτες των 500 hPa εντοπίζουμε για δύο συνεχόμενες ημέρες, 03-04/04, την εμφάνιση σφήνας έξαρσης (ridge) (Σχήμα 5.26), η οποία γνωρίζουμε ότι σχετίζεται με τη δημιουργία καλού καιρού.

University of Athens (AM&WFG) SKIRON NonHydrostatic
 Temperature and Geop. Height at 850 hPa Tue 01.04.14 at 06 UTC

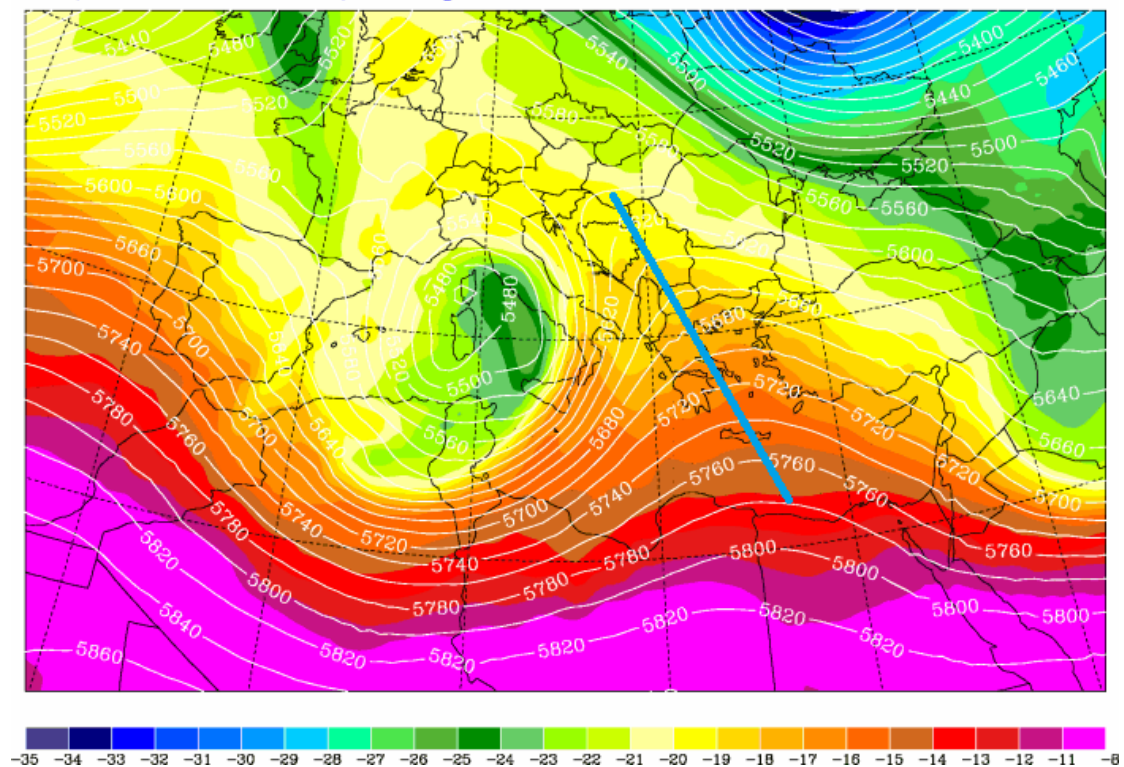


University of Athens (AM&WFG) SKIRON NonHydrostatic
 Temperature and Geop. Height at 850 hPa Tue 01.04.14 at 12 UTC



-11 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 28

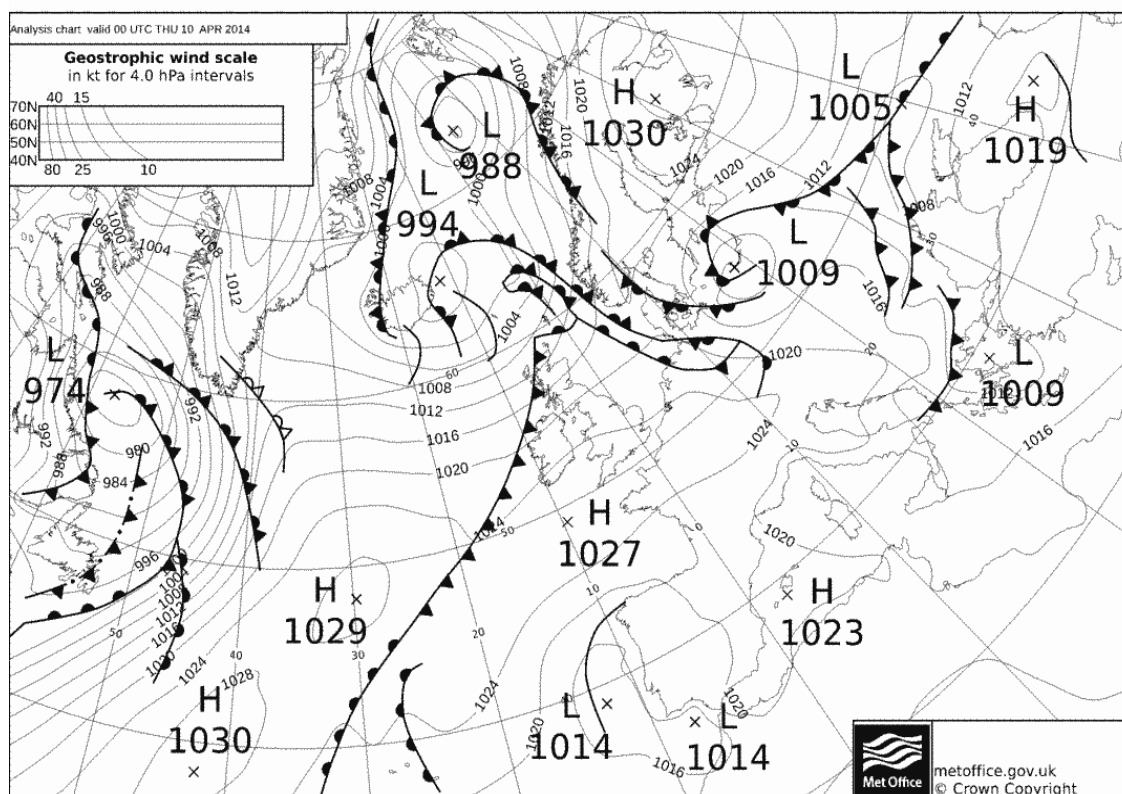
Σχήμα 5.25. Απεικόνιση της θερμής μεταφοράς που έρχεται στην Ελλάδα-Θεσσαλονίκη μέσα από δύο χρονικά διαδοχικούς χάρτες των 850 hPa για την 01/04/2014.



Σχήμα 5.26. Απεικόνιση της Ridge που εντοπίζεται πάνω από την Ελλάδα-

Θεσσαλονίκη για τις 04/04/2014.

Οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες ωστόσο παρουσιάζουν αλλαγή από τις 08/04 έως και τις 10/04, με τη μέση ημερήσια θερμοκρασία να πέφτει αισθητά έως και $4,5^{\circ}\text{C}$, καθώς και την εμφάνιση βροχοπτώσεων κυρίως όμως πρόσκαιρου χαρακτήρα. Η αλλαγή αυτή αποδίδεται στην ύπαρξη χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων που επηρεάζουν την περιοχή, σε συνδυασμό με σφήνα χαμηλών πιέσεων (trough) που εντοπίζεται στις 08/04 και 10/04, ψυχρή μεταφορά θερμότητας στις 10/04, όπως επίσης και ένα ψυχρό μέτωπο την ίδια ημέρα, ακριβώς πάνω από την Ελλάδα (Σχήμα 5.27).



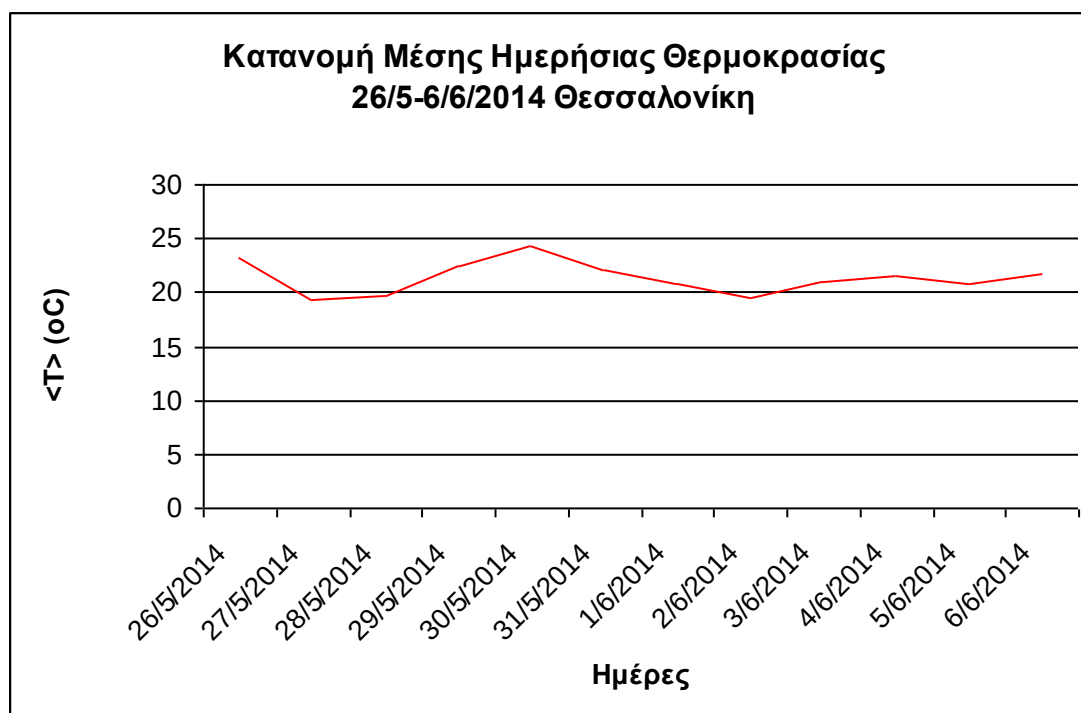
Σχήμα 5.27. Χάρτης επιφανείας από το site www.wetterzentrale.de όπου απεικονίζεται το επικρατών ψυχρό μέτωπο πάνω από την Ελλάδα στις 10/04/2014.

Τέλος, για όλη την πρώτη αυτή υποπερίοδο 31/03-11/04 θα λέγαμε ότι γενικά επικράτησαν κυρίως νότιοι, νοτιοανατολικοί (S-SE) άνεμοι ασθενείς, σχεδόν μέτριοι, οι οποίοι πρόσκαιρα εμφανίζονταν ισχυροί εντάσεως 2-12m/s.

Β' Υποπερίοδος

Τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που παρατηρήθηκαν από τις 26 Μαΐου έως και 6 Ιουνίου 2014, είναι ικανά να αιτιολογήσουν και τις αντίστοιχες παρατηρούμενες συγκεντρώσεις όζοντος στην περιοχή της Θεσσαλονίκης γ' αυτό το χρονικό διάστημα. Πιο αναλυτικά, η θερμοκρασία διατηρήθηκε στα αναμενόμενα για την εποχή επίπεδα, χωρίς ιδιαίτερες

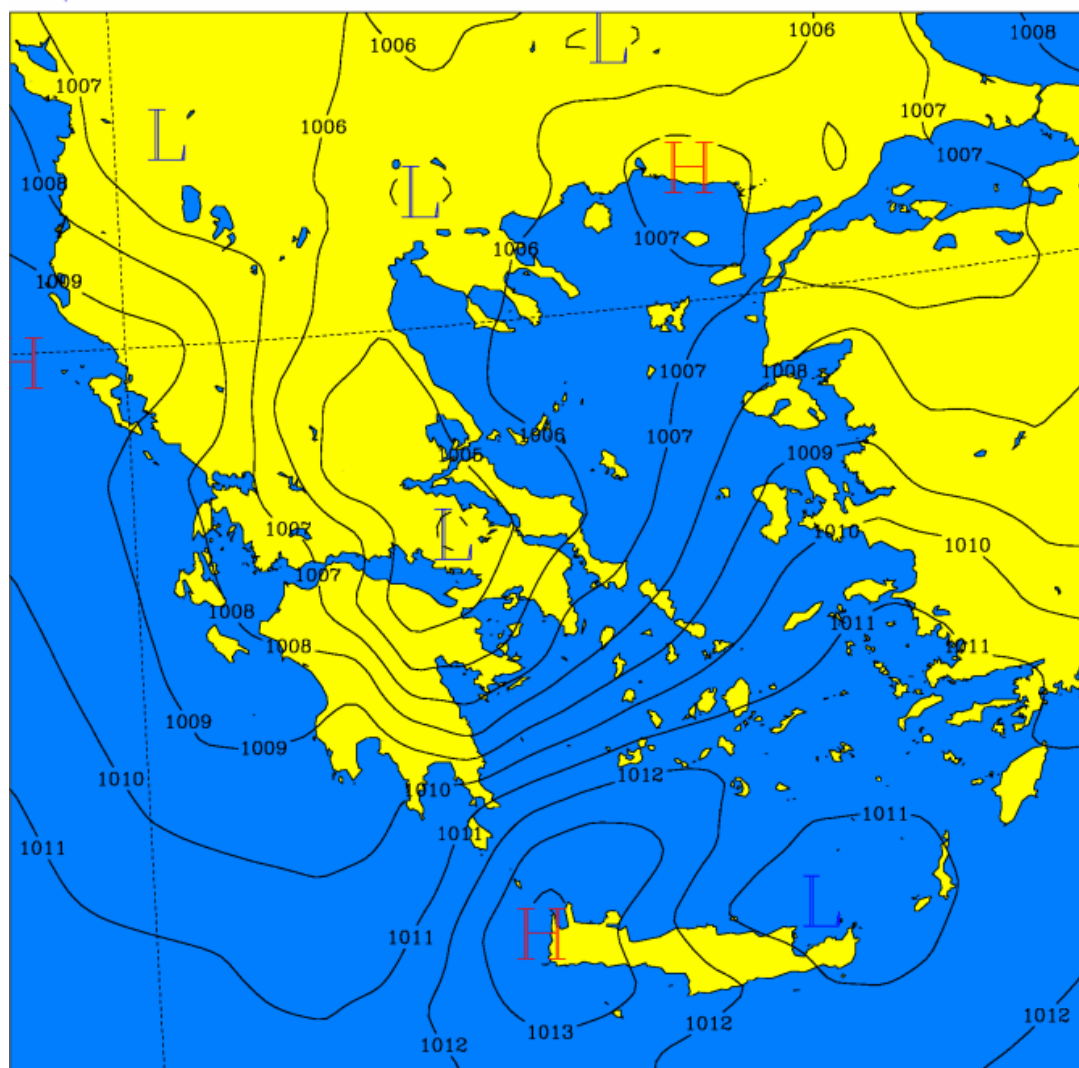
εξάρσεις, αφού οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κυμάνθηκαν από 19,4°C έως 24,3°C (Σχήμα 5.28).



Σχήμα 5.28. Κατανομή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας περιόδου 26/5-6/6/2014 για τη Θεσσαλονίκη.

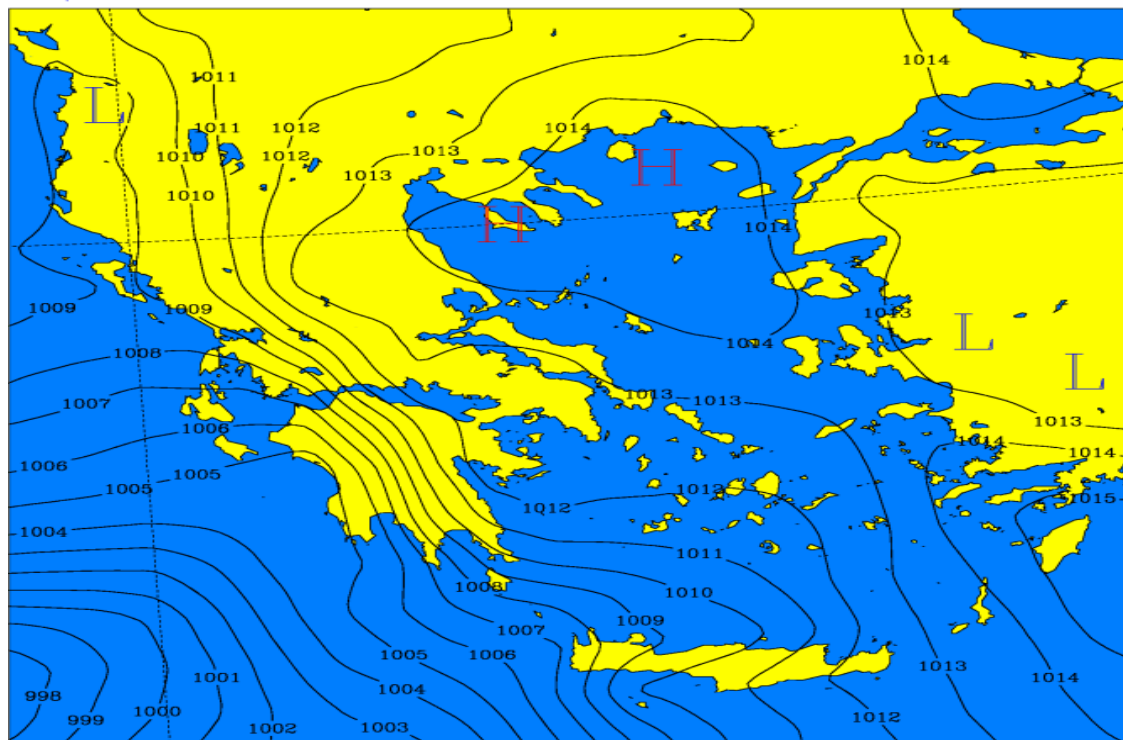
Βάσει του παραπάνω διαγράμματος, παρατηρούμε ότι οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες εντοπίζονται γύρω από τους 21-22°C, χωρίς μεγάλες αποκλίσεις. Έτσι, ο παράγοντας θερμοκρασία δείχνει να συνάδει αρκετά με τη παρατηρούμενη διακύμανση των συγκεντρώσεων του όζοντος κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης υποπεριόδου.

Ως προς τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που επηρέασαν την περιοχή της Θεσσαλονίκης, εντοπίζονται κυρίως βαρομετρικά χαμηλά συστήματα (Σχήμα 5.29) στο διάστημα 26/5-3/6/2014, στα οποία αποδίδεται κυρίως η εμφάνιση των βροχοπτώσεων που καταγράφηκαν μεταξύ 29-30/5, η πυκνή χαμηλή νέφωση που παρατηρείται κυρίως, καθώς και οι κατά τόπους ισχυροί άνεμοι.

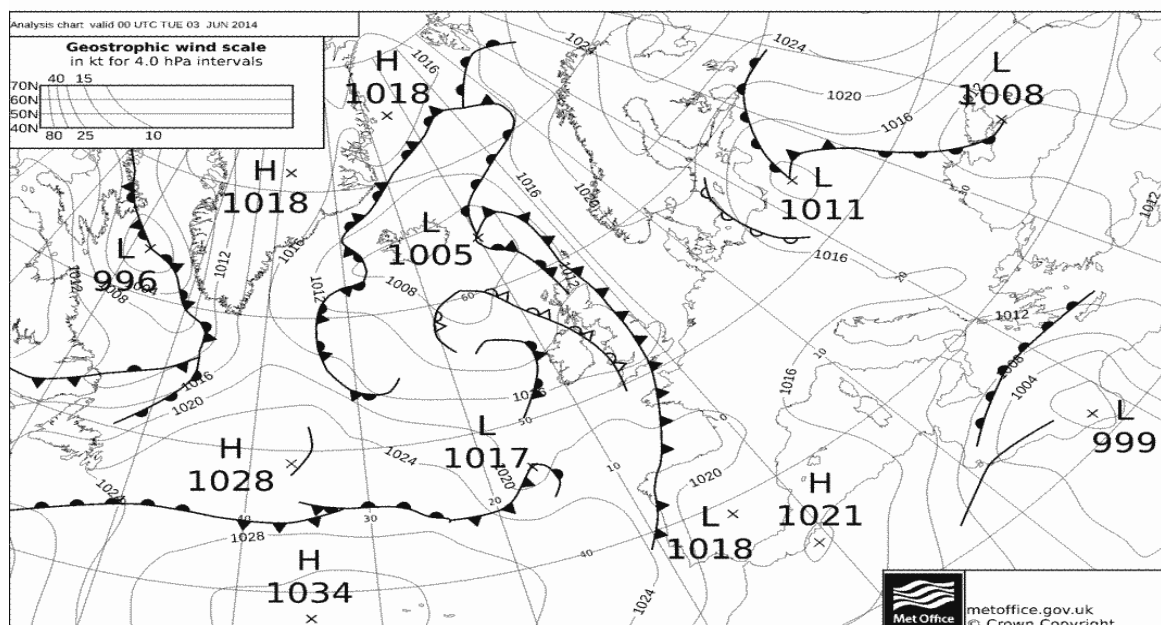


Σχήμα 5.29. Ενδεικτικός χάρτης επιφανείας, όπου απεικονίζεται το βαρομετρικό χαμηλό που επιδρά στη Θεσσαλονίκη στις 29/5/2014.

Ωστόσο η μικρή θερμοκρασιακή αύξηση που παρατηρείται στις 3-4/6/2014, καθώς και η αραιή, υψηλή αντίστοιχα νέφωση, αποδίδεται στην παρουσία ενός βαρομετρικά υψηλού συστήματος στις 3/6 πάνω από την περιοχή (Σχήμα 5.30), συνδυαστικά με ένα θερμό μέτωπο που δείχνει να έχει περάσει από την Ελλάδα. (Σχήμα 5.31).

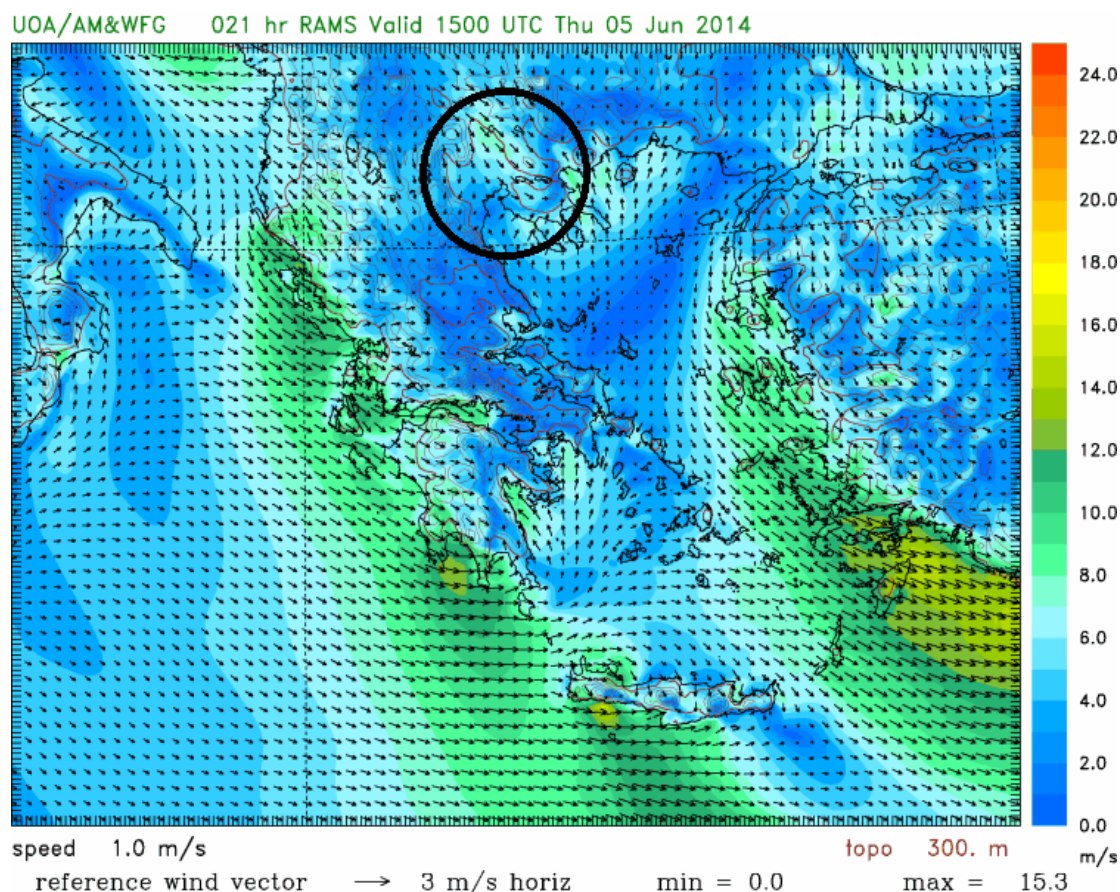


Σχήμα 5.30. Ενδεικτικός χάρτης επιφανείας, όπου απεικονίζεται το βαρομετρικό υψηλό που επιδρά στη Θεσσαλονίκη στις 03/6/2014.



Σχήμα 5.31 Χάρτης επιφανείας από το site www.wetterzentrale.de όπου απεικονίζεται το θερμό μέτωπο που επηρεάζει την Ελλάδα στις 3/4/2014.

Η περίοδος αυτή κλείνει με την επανεμφάνιση χαμηλού βαρομετρικού συστήματος στη Θεσσαλονίκη στις 5/06 το οποίο επιφέρει κυρίως ισχυρούς βορειοδυτικούς ανέμους (Σχήμα 5.32), χωρίς ωστόσο να υπάρχει αισθητή μείωση στη θερμοκρασία ή περαιτέρω παρατηρούμενα μετεωρολογικά φαινόμενα.



Σχήμα 5.32 Απεικόνιση του βορειοδυτικού ανέμου (NW), που επικρατεί στη Θεσσαλονίκη στις 5/6/2014.

Καταλήγοντας, οι άνεμοι που παρατηρήθηκαν στην Β' αυτή υποπερίοδο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης ήταν κυρίως βορειοδυτικοί, σχεδόν μέτριοι, πρόσκαιρα ισχυροί, σχεδόν θυελλώδεις με εντάσεις που κυμάνθηκαν περί των 5,5m/s, αλλά παροδικά σημείωσαν τιμές έως και 14,5m/s.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία στόχος ήταν να μελετηθεί και να διερευνηθεί μέσα από τις δύο μεγαλύτερες και πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις της Ελλάδας, Αθήνα και Θεσσαλονίκη, το πώς συσχετίζονται τα παρατηρούμενα επίπεδα συγκέντρωσης όζοντος με τα επικρατόντα μετεωρολογικά και ατμοσφαιρικά φαινόμενα. Επιπλέον, σημείο ενδιαφέροντος αποτέλεσε και το πώς η δημόσια υγεία δύναται να επηρεασθεί από τις διάφορες παρατηρούμενες καιρικές συνθήκες, αφού είναι αυτές που καθορίζουν τη συγκέντρωση ενός δευτερογενούς ρύπου, του όζοντος, η παρουσία του οποίου μπορεί να προκαλέσει ακόμα και αρνητικές συνέπειες στον ανθρώπινο οργανισμό.

Πιο αναλυτικά, μελετήθηκαν και αναλύθηκαν οι μετεωρολογικές συνθήκες και η ποιότητα του αέρα ως προς τη συγκέντρωση του όζοντος κατά τη διάρκεια δύο πειραματικών περιόδων σε κάθε πόλη, Αθήνα και Θεσσαλονίκη, του πειράματος Responze. Οι πειραματικές περίοδοι ήταν 3 έως 14 Φεβρουαρίου 2014 και 28 Απριλίου έως 23 Μαΐου 2014 για την περιοχή της Αθήνας, και για την Θεσσαλονίκη η 1^η περίοδος ήταν 17 έως 28 Φεβρουαρίου 2014 και η 2^η 31 Μαρτίου έως 11 Απριλίου 2014 και 26 Μαΐου έως 6 Ιουνίου του ίδιου έτους.

Έτσι, στηριζόμενοι στα δεδομένα που μας παρείχαν οι επίγειοι μετεωρολογικοί σταθμοί, τα μοντέλα πρόγνωσης SKIRON και RAMS καθώς και οι χάρτες καιρού επιφενείας του site www.wetterzentrale.de καταγράφηκαν μέρα προς μέρα οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες στους δύο αυτούς συγκεκριμένους τόπους.

Για την Αθήνα, από 3 έως και 14 Φεβρουαρίου παρατηρούμε γενικά χαμηλές μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από 9°C έως 13 °C, πυκνή νεφοκάλυψη, εκδήλωση διαλειπουσών βροχοπτώσεων καθώς και ανέμους κυρίως βορειοανατολικούς και νότιους, σχεδόν μέτριους. Ωστόσο, εξαίρεση αποτελούν οι ημέρες 8-12 Φεβρουαρίου, όπου παρατηρείται αυξημένη η μέση ημερήσια θερμοκρασία έως και 2 °C, γενικά αίθριος καιρός, ασθενείς νότιοι ή νοτιοανατολικοί άνεμοι, καθώς και αυξημένα επίπεδα σχετικής υγρασίας με τιμές έως και 99%. Για τους

λόγους αυτούς, η συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα των περιοχών Αγία Παρασκευή, Θρακομακεδόνες, Λυκόβρυση, Μαρούσι, Πατήσια και Πειραιάς στην Αθήνα, παρουσιάζει αύξηση στο μεσοδιάστημα 8-12 Φεβρουαρίου, χωρίς ωστόσο να πλησιάζει το όριο ποιότητας του αέρα για την Ευρώπη που είναι $150-200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για την έκθεση μίας ώρας.

Αντίστοιχα, η 2^η περίοδος παρατήρησης στην Αθήνα, δηλαδή από 28 Απριλίου έως και 23 Μαΐου, συνοδεύεται από υψηλότερες θερμοκρασιακές τιμές όπως είναι φυσικό, γενικά αίθριο καιρό, καθώς και αθενείς κυρίως νότιους, νοτιοδυτικούς ανέμους. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία κυμάνθηκε από $16-20^\circ\text{C}$, ενώ εμφάνισε μια περαιτέρω αύξηση τις τελευταίες 3 ημέρες της περιόδου, αγγίζοντας και τους $24,5^\circ\text{C}$. Όπως ήταν φυσικό, η συγκέντρωση του όζοντος στις περιοχές Αγία Παρασκευή, Θρακομακεδόνες, Λυκόβρυση, Μαρούσι, Πατήσια και Πειραιάς στην Αθήνα αυτή την περίοδο παρατηρείται αυξημένη, χωρίς όμως και πάλι να ξεπερνά τα όρια ποιότητας αέρα.

Ως προς την Θεσσαλονίκη, την περίοδο 17 έως και 28 Φεβρουαρίου παρατηρήθηκαν χαμηλές ημερήσιες θερμοκρασίες που κυμάνθηκαν μεταξύ $5,9^\circ\text{C}$ και 10°C κυρίως, πυκνή και χαμηλή κυρίως νέφωση, συνοδεία εκδήλωση πρόσκαιρων ασθενών και κατά τόπους μετρίων βροχοπτώσεων. Επιπλέον, επικράτησαν νότιοι, νοτιοδυτικοί και νοτιοανατολικοί άνεμοι, σχεδόν μέτριοι, παροδικά θυελλώδεις άνεμοι, καθώς και υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας με τιμές έως και 100%. Ωστόσο, τις ημέρες 24-26/2 η μέση ημερήσια θερμοκρασία παρατηρείται αυξημένη συγκριτικά με τις υπόλοιπες, αγγίζοντας έως και τους $15,4^\circ\text{C}$ και ο καιρός γενικά αίθριος. Όλα αυτά τα καιρικά φαινόμενα συνδυαστικά καθόρισαν τη συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα των περιοχών Πανόραμα, Κορδελιό και Αγίας Σοφίας της Θεσσαλονίκης, η οποία παρατηρήθηκε σε χαμηλά γενικά επίπεδα, χωρίς να ξεπερνά τα $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στο Πανόραμα και τα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε Κορδελιό και Αγ. Σοφία, τιμές αρκετά χαμηλότερες των ορίων ποιότητας αέρα για τις χώρες της Ευρώπης.

Η δεύτερη περίοδος στην περιοχή της Θεσσαλονίκης χωρίστηκε και μελετήθηκε ξεχωριστά σε δύο υποπεριόδους οι οποίες απείχαν μεταξύ

τους διάστημα περισσότερο του ενός μήνα. Η Α' υποπερίοδος ήταν από 31 Μαρτίου έως 11 Απριλίου, ενώ η Β' από 26 Μαΐου έως 6 Ιουνίου.

Στην Α' υποπερίοδο παρατηρήθηκαν ημερήσιες θερμοκρασίες από 11,3 °C έως 16,4 °C, υψηλότερες όπως είναι φυσικό της 1ης περιόδου, κυρίως πυκνή μεσαία και χαμηλή νέφωση, καθώς και εκδήλωση πρόσκαιρων βροχοπτώσεων, και άνεμοι που εξέπνευσαν κατά βάσει νότιοι, νοτιοανατολικοί, σχεδόν μέτριοι. Έτσι, τα επίπεδα συγκέντρωσης όζοντος σε Πανόραμα, Κορδελιό και Αγ. Σοφία εμφανίζονται αυξημένα συγκριτικά με αυτά της 1^{ης} περιόδου, χωρίς όμως και πάλι να δημιουργούν προβληματισμό ή κίνδυνο για την υγεία, αφού δεν παρατηρήθηκαν τιμές μεγαλύτερες των 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ περίπου. Επιπλέον, στις 2 από τις 3 περιοχές, Πανόραμα και Κορδελιό, εντοπίζεται ένα ελάχιστο στην κατανομή της συγκέντρωσης του όζοντος στις 8/4/2014 περίπου, το οποίο συνάδει απόλυτα με την εμφάνιση των πρόσκαιρων βροχοπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Στη Β' υποπερίοδο οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασιακές τιμές βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα αυτών της Α' υποπεριόδου και κυμαίνονται μεταξύ 19,4 °C και 23,1 °C. Παρ' όλα αυτά, ο καιρός που επικρατεί είναι γενικά άστατος, καθώς η νέφωση είναι κυρίως πυκνή και χαμηλή, οι άνεμοι βορειοδυτικοί, σχεδόν μέτριοι έως και θυελλώδεις, εκδηλώνονται πρόσκαιρες βροχοπτώσεις και τα επίπεδα σχετικής υγρασίας εμφανίζονται μικρότερα όχι μόνο της 1^{ης} περιόδου, αλλά και της Α' υποπεριόδου παρατήρησης στη Θεσσαλονίκη. Έτσι, αν και υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας, η συγκέντρωση του όζοντος σε Πανόραμα, Κορδελιό και Αγ. Σοφία παραμένει στα ίδια επίπεδα με αυτά που παρατηρήθηκαν την Α' υποπερίοδο.

Καταλήγοντας, στηριζόμενοι στην καταγραφή και ανάλυση των μετεωρολογικών συνθηκών, αλλά και των ατμοσφαιρικών συστημάτων που παρατηρήθηκαν στις περιοχές Αθήνα και Θεσσαλονίκη και η οποία διενεργήθηκε στην παρούσα εργασία, δύνανται να εντοπισθούν οι χρονικές περίοδοι σε κάθε πόλη που αποτελούν πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη των συγκεντρώσεων του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Οι μετεωρολογικές παράμετροι συνεπώς, που αποτελούν το βασικότερο ενδεικτικό στοιχείο για τον εντοπισμό αυτό είναι κυρίως η θερμοκρασία,

ο άνεμος, η βροχόπτωση, καθώς και η σχετική υγρασία. Με τον τρόπο αυτό, είδαμε πως η μετεωρολογία και η πρόγνωση καιρού σχετίζεται με τα επίπεδα όζοντος στην ατμόσφαιρα, αλλά και πώς αυτό μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για την έρευνα και περαιτέρω σύνδεση των παρατηρούμενων μετεωρολογικών συνθηκών στις δύο αυτές περιόδους σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη με την Ατμοσφαιρική Ρύπανση εν γένει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- el.wikipedia.org (Βροχή και Αριθμητική Πρόγνωση) (τελευταία πρόσβαση στις 25/5/2015)
- www.megakastro.gr (Ένταση ανέμου) (τελευταία πρόσβαση στις 31/5/2015)
- www.wetterzentrale.de (Χάρτες επιφανείας, όπου παραθέτεται και μετωπική ανάλυση, για την Ευρώπη και την Ελλάδα) (τελευταία πρόσβαση στις 25/5/2015)
- www.hnms.gr - Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ετήσια Διακύμανση Θερμοκρασίας για Θεσσαλονίκη και Ν.Φιλαδέλφεια) (τελευταία πρόσβαση στις 30/5/2015)
- forecast.uoa.gr – Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Απόστολος Αθ. Φλόκα. *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας* (1997) (σελ. 157-161, 270-274)
- Μιχάλης Λαζαρίδης. *Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας* (2010) (σελ. 118-126,198-201,288-289,584)
- Τ.Ι.Μακρογιάννης & Χ.Σ. Σαχσαμανόγλου. *Μαθήματα Γενικής Μετεωρολογίας* (2004) (σελ.347-371)
- Κώστας Βαρώτσος. *ΑΜΟΣΦΑΙΡΑ, Σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα* (2008) (σελ. 61-69)

- Χ.Μιχαλοπούλου & Δ.Δεληγιώργη. *Εργαστηριακές Ασκήσεις Συνοπτικής Μετεωρολογίας* (2013-2014)
- *Ιδιόχειρες σημειώσεις Μαθήματος 'Συνοπτική Μετεωρολογία'*
Διδάσκοντες : Δ. Δεληγιώργη & Ε. Φλόκα (2013-2014)