



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ – ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΕΝΤΟΝΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΒΑΡΔΑΡΗ



ΚΕΠΠΑΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΠΥΘΑΡΟΥΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, Λέκτορας, Α.Π.Θ.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή	σελ.3
1.1 Καταβατικοί άνεμοι γενικά	σελ.3
1.2 Ο καταβάτης βαρδάρης	σελ.3
1.3 Η γεωγραφία της περιοχής	σελ.3
1.4 Αποτελέσματα Βαρδάρη	σελ.5
1.5 Κατάταξη του Βαρδάρη στους τοπικούς ανέμους	σελ.6
1.6 Προηγούμενες μελέτες	σελ.7
1.7 Στόχοι	σελ.10
2. Δεδομένα και εργαλεία	σελ.12
2.1 Μοντέλο WRF	σελ.13
2.2 Ντετερμινιστικό μοντέλο τουECMWF	σελ.13
2.3 Μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ	σελ.16
2.4 Λογισμικό Grads	σελ.17
3. Ανάλυση συνοπτικής κατάστασης του επεισοδίου	σελ.18
3.1 Ανάλυση δεδομένων των σταθμών	σελ.18
3.2 Ανάλυση χαρτών από δεδομένα ανάλυσης 25x25 Km	σελ.21
3.2.1 Ανάλυση μετωπικών χαρτών επιφανείας	σελ.21
3.2.2 Ανάλυση χαρτών 500 hPA	σελ.22
3.2.3 Ανάλυση χαρτών υγρασίας στα 700 hPA, στα 850 hPA και στην επιφάνεια	σελ.24
3.2.4 Ανάλυση αεροχείμαρρου στα 300 hPA	σελ.28
3.2.5 Χάρτες διεύθυνσης και ταχύτητας επιφανειακού ανέμου	σελ.30
3.2.6 Χάρτες νέφωσης	σελ.32
3.3 Κάθετες τομές στην ατμόσφαιρα	σελ.33
3.3.1 Τομή ανέμου	σελ.33
3.3.2 Τομές υγρασίας	σελ.34
3.3.3 Τομή απόκλισης των αερίων μαζών	σελ.36

3.3.4 Τομή δυνητικής θερμοκρασίας	σελ.37
3.3.5 Ανάλυση διαγραμμάτων Hovmoller	σελ.38
4. Υψηλής ανάλυσης προσομοίωση του επεισοδίου	σελ.41
4.1 Χάρτες επιφανειακού ανέμου	σελ.41
4.2 Χάρτες επιφανειακής σχετικής υγρασίας	σελ.42
4.3 Χάρτες επιφανειακής ειδικής υγρασίας	σελ.44
4.4 Χάρτες επιφανειακής θερμοκρασίας	σελ.45
4.5 Κατακόρυφες τομές	σελ.47
4.5.1 Τομές υγρασίας	σελ.47
4.5.2 Τομές θερμοκρασίας	σελ.48
4.5.3 Τομές ανέμου	σελ.49
4.5.4 Διαγράμματα Hovmoller	σελ.51
5. Προγνωσιμότητα	σελ.52
5.1 Πρόγνωση στις 8/11/2007 – 12 UTC	σελ.52
5.2 Πρόγνωση στις 9/11/2007 - 12 UTC	σελ.59
6. Συμπεράσματα	σελ.66
7. Περίληψη	σελ.68
7.1 Περίληψη στα Ελληνικά	σελ.68
7.2 Abstract	σελ.69
8. Βιβλιογραφία	σελ.70

1. Εισαγωγή

1.1 Καταβατικοί άνεμοι γενικά

Οι καταβατικές ροές δημιουργούνται λόγω ψύξης του παρακείμενου αέρα σε μια κεκλιμένη επιφάνεια. Η κατακόρυφη δομή της θερμοκρασίας μέσα στο καταβατικό στρώμα χαρακτηρίζεται από αναστροφή εδάφους, η οποία αποτελεί και τον μηχανισμό εκκίνησης και τροφοδότησης, με ενέργεια, της καταβατικής ροής. Η ένταση της αναστροφής αυξάνει όσο ο άνεμος κατεβαίνει μία πλαγιά, ενώ το βάθος της αυξάνει όσο μεγαλώνει η κατακόρυφη απόσταση από την κορυφή της πλαγιάς. Η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου χαρακτηρίζεται από ένα μέγιστο περίπου στο μέσο της επιφανειακής αναστροφής, που οφείλεται στην επιφανειακή τριβή και την εξασθένηση διαφοράς της θερμοκρασίας (άρα και της καταβατικής επιτάχυνσης) με το ύψος. Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, το ύψος στο οποίο παρουσιάζεται το μέγιστο της ταχύτητας εξαρτάται από την ένταση της επιφανειακής ψύξης, την εσωτερική στρωμάτωση του αέρα, την επιφανειακή τραχύτητα και την κλίση της επιφάνειας. Συγκεκριμένα το ύψος του μεγίστου της ταχύτητας είναι μικρότερο σε απότομες πλαγιές, είναι ανάλογο της επιφανειακής ψύξης και της έντασης της επιφανειακής αναστροφής και είναι αντιστρόφως ανάλογο της επιφανειακής τραχύτητας και της εξωτερικής στρωμάτωσης για στατικές συνθήκες.

1.2 Ο καταβάτης Βαρδάρης – Χαρακτηριστικά και ετυμολογία

Ο Αξιός ποταμός, ή αλλιώς Βαρδάρης, όπως αναφέρεται από τα μεσαιωνικά χρόνια και μετά, μαζί με τον Στρυμόνα, αποτελούν τα μοναδικά μορφολογικά ανοίγματα του Ελληνικού γεωγραφικού χώρου προς το βορρά. Όσον αφορά την ονομασία του ποταμού αυτού, έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς ποικίλες ιστορικές απόψεις. Σήμερα, η επικρατούσα άποψη είναι ότι την ονομασία αυτή την οφείλει στο γεγονός ότι κατά την εποχή του Βυζαντίου είχαν εγκατασταθεί Βαρδαριώτες (τούρκικη φυλή) στην περιοχή γύρω από τον ποταμό, που ήρθαν από την Περσία και αφομοιώθηκαν σταδιακά στο Ελληνικό στοιχείο. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ανέκαθεν υπήρχαν αναφορές για την σφοδρότητα του ανέμου και μάλιστα πολλές φορές οι ονομασίες που του έδιναν ήταν τέτοιες που χαρακτήριζαν την ταχύτητά του (πχ. Veredarius που στα λατινικά σημαίνει ταχυδρομικός, ταχύς).

1.3 Η γεωγραφία της περιοχής

Ο Αξιός ονομαζόμενος και Βαρδάρης από τα Βυζαντινά χρόνια (όπως προαναφέρθηκε) είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της Μακεδονίας (βλ. εικόνα 1.1 και 1.2). Πηγάζει από το όρος Σαρ

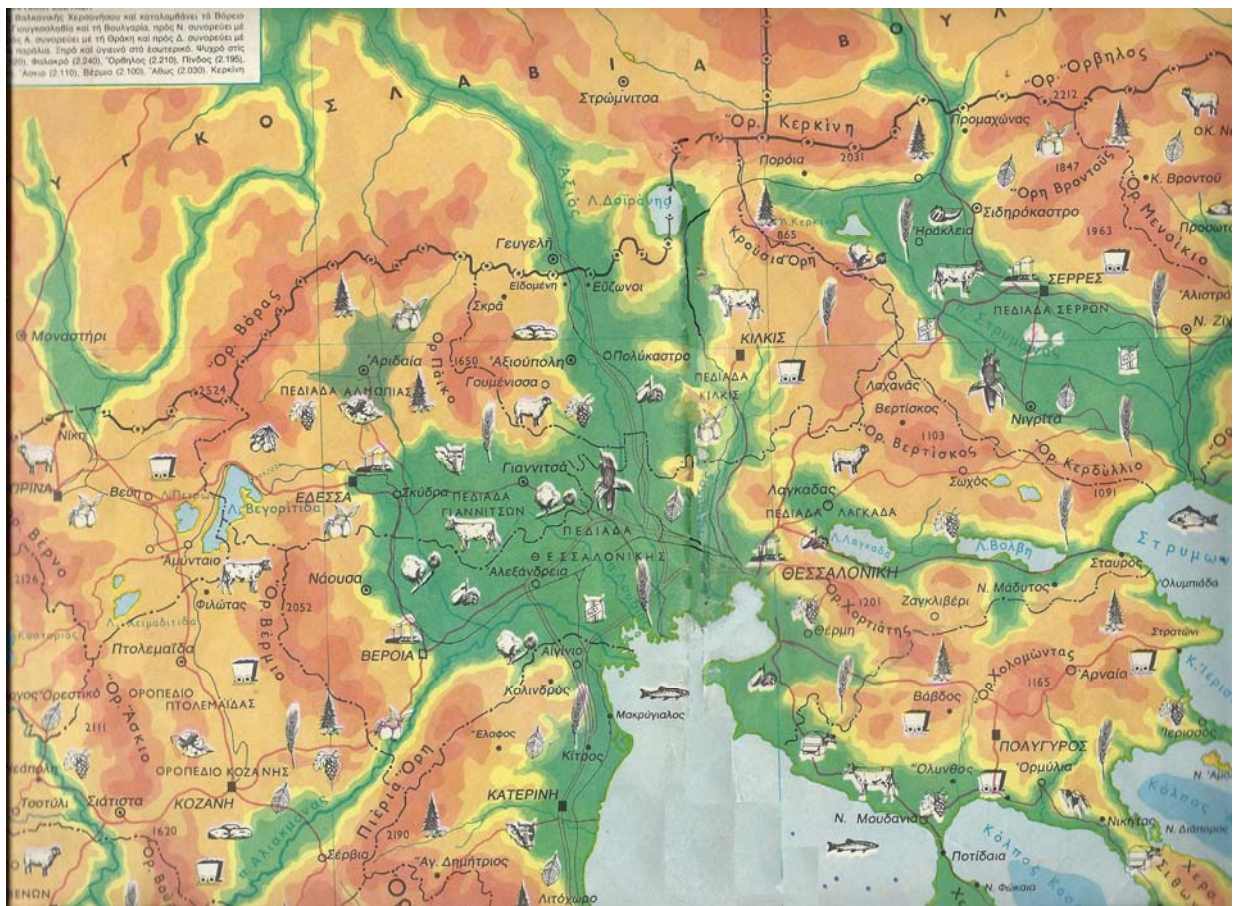
που βρίσκεται στα σύνορα μεταξύ της Αλβανίας, της Σερβίας και των Σκοπίων. Ο ποταμός διαγράφει μεγάλο τόξο στην ορεινή περιοχή των Σκοπίων, την οποία και διχοτομεί. Στην περιοχή εναλλάσσονται υψώματα (Κόραμπ 2.764m, Πέλιστερ 2.600m) με μεγάλες κοιλάδες, όπου διαπερνά ο ποταμός Βαρδάρης.

Στο Ελληνικό έδαφος εισέρχεται δια της μικρής πεδιάδας (Γευγελής), μήκους 4-5 χιλιομέτρων με υψόμετρα 50-70 m. Στη συνέχεια της πορείας του ο ποταμός εισέρχεται στα στενά Τσιγγάν, μήκους δέκα περίπου χιλιομέτρων, εκατέρωθεν των οποίων τα υψώματα κυμαίνονται μεταξύ 100 και 200 m (βλ. εικόνα 1.1 και 1.2). Από τα στενά Τσιγγάν ο ποταμός εισέρχεται στην πεδιάδα της Καμπανίας την οποία και διαρρέει σε όλο το μήκος της προς την ανατολική πλευρά. Καθώς ρέει ανάμεσα στην Αξιούπολη και το Πολύκαστρο, συνεχίζει νοτιότερα προς την περιοχή του Ευρωπού. Σήμερα τα νερά του ποταμού αυτού, αφού διανύσουν απόσταση μεγαλύτερη των 300 χιλιομέτρων, χύνονται στο Θερμαϊκό Κόλπο, λόγω της εκτροπής



Εικόνα 1.1 - Χαρακτηριστική εικόνα των υψωμάτων που διαπερνά ο Αξιός ποταμός.

Πηγή: www.vindafjord.kommune.no



Εικόνα 1.2 - Γεωγραφία της περιοχής

Πηγή: Γεωγραφικός Άτλας Αγγ. Σιάλα - Ε. Αλεξίου

του που πραγματοποιήθηκε το 1934 για να αποφευχθεί το φράξιμο του λιμένα της Θεσσαλονίκης από τις προσχώσεις.

Η γενική μορφή της εξεταζόμενης περιοχής στον ελληνικό χώρο παρουσιάζει δύο σειρές ορεινών όγκων εκατέρωθεν και παράλληλα του Αξιού ποταμού. Από τους δυο ορεινούς όγκους, ο δυτικός είναι πιο ψηλός, πιο ογκώδης, πλούσιος σε νερό και βλάστηση. Αποτελείται στα βόρεια από τους ορεινούς όγκους της Τζένας (2183 m) - Πάικου (1430 m) και συνεχίζεται μέχρι τη θάλασσα με τη διαδοχή των ορέων του Βόρα (2525 m), του Βερμίου (1900 m), των Πιερίων Ορέων (1878 m) και του Ολύμπου (2896 m). Η εδαφική έκταση, ανατολικά του Αξιού παρουσιάζει πιο ομαλό ανάγλυφο σε σχέση με τη δυτική πλευρά και αποτελείται από την περιοχή που βρίσκεται ανάμεσα στους ποταμούς Γαλλικό και Αξιό και τα υψώματα που βρίσκονται ανατολικά του Κιλκίς (Κρούσια 1060 m) και των ορεινών εξάρσεων του Κουρίου (789 m) και του Χορτιάτη (1204 m), που ονομάζεται και όρος Κισσός, μεταξύ της Θεσσαλονίκης και του Λαγκαδά.

Ο άνεμος Βαρδάρης, δημιουργείται κατά μήκος του ποταμού Αξιού, στο κράτος των Σκοπίων. Στη συνέχεια, ενισχυμένος, εισβάλλει στην Ελλάδα και στην κεντρική Μακεδονία διαμέσου της κορυφογραμμής Πάϊκου και Κερκίνης και ακολουθώντας την κοιλάδα του Αξιού παρουσιάζεται στη Σίνδο και Θεσσαλονίκη ως βόρειος ή βορειοδυτικός άνεμος. Διαχέεται ανάλογα με την ορμητικότητα και τη διάρκειά του προς τα δυτικά, μέχρι τις εκβολές του Αλιάκμονα ενίοτε έως το Ελευθεροχώρι, όσο και πολύ περισσότερο προς τ' ανατολικά, προσβάλλοντας την περιοχή του Κιλκίς, τις πεδιάδες Λαγκαδά και Σέδες και ολόκληρη τη βόρεια Χαλκιδική.

1.4 Αποτελέσματα Βαρδάρη

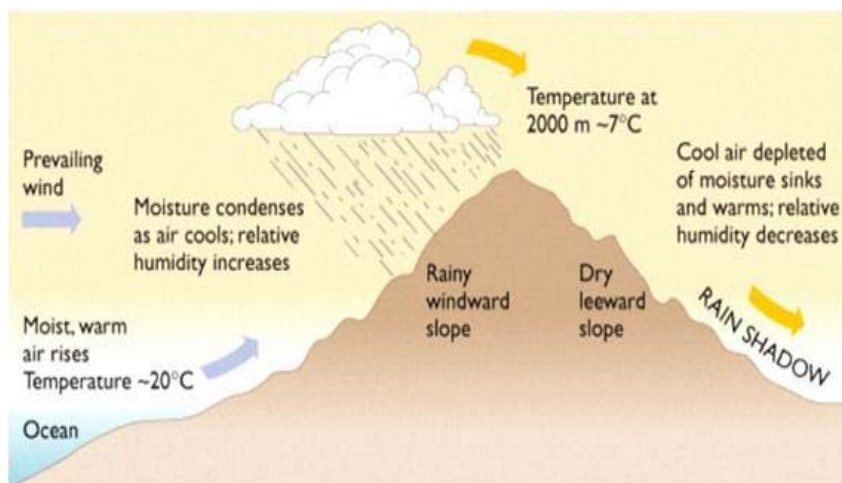
Ο Βαρδάρης άνεμος αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της ευρύτερης περιοχής του Αξιού και «ρυθμίζει» την ζωή (δόμηση των πόλεων, ανάπτυξη εγκαταστάσεων για ενεργειακή εκμετάλλευση κλπ) στην περιοχή αυτή λόγω της συχνότητας εμφάνισής του σε συνδυασμό με την ιδιαίτερα μεγάλη του ένταση.

Έτσι, ένα από τα αποτελέσματα του Βαρδάρη είναι η εξαιρετική ορατότητα που χαρίζει στις περιοχές στις οποίες πνέει. Οι παράγοντες που καθορίζουν βέβαια αυτήν την εξαιρετική ορατότητα είναι τρεις: α.) η μορφολογία του εδάφους, β.) τα ατμοσφαιρικά ρεύματα που το προσεγγίζουν και γ.) η κάθετη δομή της ατμόσφαιρας.

1.5 Κατάταξη του Βαρδάρη στον τοπικούς ανέμους

Η μορφολογία του εδάφους διαφόρων περιοχών της γης σε συνδυασμό με συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες και συνοπτικές διατάξεις δημιουργεί ανέμους μικρής κλίμακας, που είναι γνωστοί ως «τοπικοί άνεμοι». Η ονομασία των ανέμων αυτών τις περισσότερες φορές σχετίζεται με τη γεωγραφική περιοχή εμφάνισής τους. Έτσι, ο πνέων άνεμος στην κοιλάδα του Αξιού ονομάζεται Βαρδάρης.

Ο Βαρδάρης κατατάσσεται στην κατηγορία των τοπικών ανέμων που δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση μιας ροής συνοπτικής κλίμακας με την ορογραφία της περιοχής. Όταν ένα ισχυρό και βαθύ ρεύμα συναντήσει κατά την κίνησή του ορογραφικό εμπόδιο, τότε στην προσήνεμη πλευρά ο αέρας είναι πλούσιος σε υδρατμούς, ανερχόμενος - ψύχεται αδιαβατικά και δημιουργούνται τα ορογραφικά νέφη με μεγάλα ποσά υετού. Αντίθετα στην υπήνεμη πλευρά του



Εικόνα1.5 (πάνω) - Σχηματική αναπαράσταση φαινομένου Föhn.

Πηγή: http://gotoknow.org/file/chiew-buncha/Orographic_lift-diagram-G2K.jpg



Εικόνα 1.6 (κάτω) - Φαινόμενο Föhn στους ορεινούς όγκους δυτικά της Καβάλας. Η ροή του ανέμου στη φωτογραφία είναι από αριστερά προς δεξιά.

Πηγή: από προσωπικό αρχείο

βουνού, ο αέρας κατερχόμενος θερμαίνεται αδιαβατικά με ρυθμό περίπου διπλάσιο από τον αντίστοιχο της ψύξης κατά την ανάβασή του, κι ο αέρας φθάνει στα χαμηλότερα στρώματα ως πολύ θερμός και πολύ ξηρός (Π. Μαχαίρας, Χ.

Μπαλαφούτης, 1984). Ο άνεμος που δημιουργείται στην υπήνεμη πλευρά του ορεινού φραγμού μεταφέρει την αέρια μάζα στην επιφάνεια ιδιαίτερα θερμή αλλά κυρίως ξηρή. Στην διεθνή βιβλιογραφία, οι άνεμοι τέτοιου τύπου είναι γνωστοί ως «άνεμοι τύπου Föhn» (εικόνα 1.5 και 1.6) στις Άλπεις, «Chinook» στα Βραχώδη όρη των Η.Π.Α., Ljuka στη ΒΔ Γιουγκοσλαβία, «zonda» στην Αργεντινή κ.ο.κ. Το

αποτέλεσμα Foehn παρατηρείται επίσης και στους ανέμους που πνέουν κατά μήκος του κύριου άξονα μιας εκτεταμένης κοιλάδας. Ο άνεμος επιταχύνεται όταν εξαναγκάζεται να περάσει από μια κοιλάδα δημιουργώντας ένα ρεύμα αέρα μεγάλης ταχύτητας. Ο μηχανισμός αυτός πραγματοποιείται κατά την εμφάνιση του ανέμου Βαρδάρη κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού (Λ. Ψαρρή, 2005). Άνεμος της ίδιας κατηγορίας είναι ο Mistral που πνέει κατά μήκος της κοιλάδας του Ροδανού, ο Bora της Αδριατικής, ο Kossava στην Κεντρική Γιουγκοσλαβία.

1.6 Προηγούμενες μελέτες

Οι τοπικοί ισχυροί άνεμοι βορείου τομέα, που πνέουν στην περιοχή της Θεσσαλονίκης κατά τη διάρκεια όλου του έτους, είναι κοινώς γνωστοί, όπως προαναφέρθηκε πολλάκις, με την ονομασία Βαρδάρης.

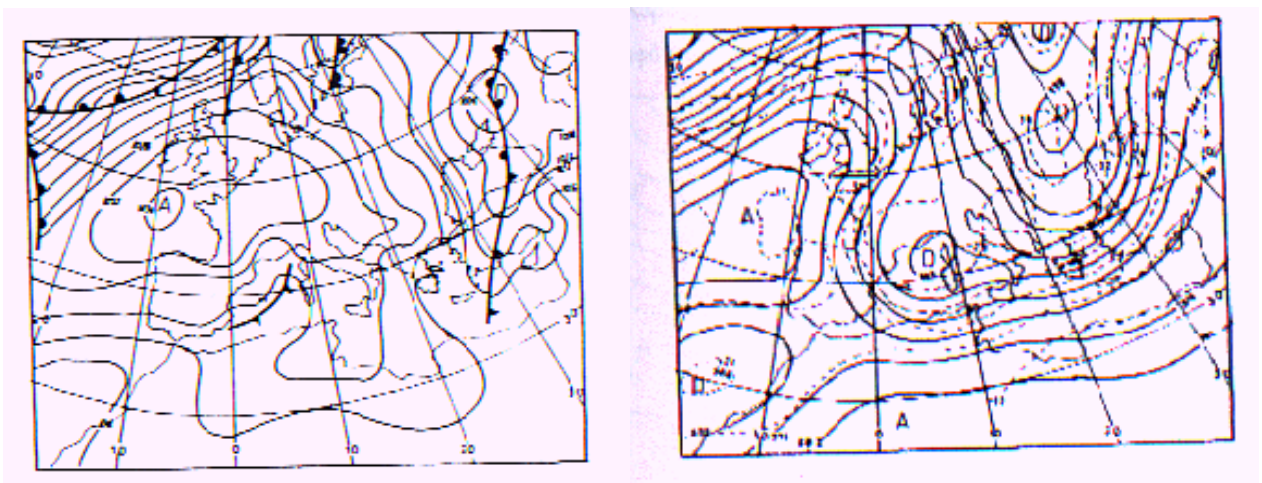
Ο άνεμος Βαρδάρης για την ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς επηρεάζει τόσο τον άνθρωπο όσο και το περιβάλλον γύρω του με θετικές ή αρνητικές συνέπειες. Ωστόσο οι μελέτες που έχουν γίνει στο παρελθόν είναι λίγες κι αυτό γιατί λόγω της έντονης ρευστότητας του ατμοσφαιρικού αέρα είναι δύσκολη η συλλογή αξιόπιστων δεδομένων διεύθυνσης - έντασης ανέμου, και απαιτούνται ακριβή όργανα μέτρησης στα οποία πρέπει να επιτελείται συνεχής έλεγχος.

Ο Μαχαίρας (1982) στη Μονογραφία «Συνοπτικές Καταστάσεις και Πολυδιάστατη Ανάλυση του Καιρού στη Θεσσαλονίκη» κατατάσσει τους συνοπτικούς τύπους καιρού με βάση την ανάλυση των συνθηκών της κυκλοφορίας στην κατώτερη και στη μέση τροπόσφαιρα πάνω από τη Μεσόγειο και τη Νότια Ευρώπη. Από την κατάταξη αυτή, προέκυψαν πέντε αντικυκλωνικοί (A1, A2, A3, A4, A5), έξι υφεσιακοί (W1, W2, NW1, NW2, SW1, SW2), δύο μικτοί (Mt1, Mt2) και τρεις χαρακτηριστικοί (Dsec, Mb, Dor) τύποι κυκλοφορίας. Ο πρώτος μικτός τύπος καιρού (Mt1) χαρακτηρίζει μια κατάσταση που επικρατεί όταν πνέει στην περιοχή της Θεσσαλονίκης ο άνεμος Βαρδάρης. Κατά τη συνοπτική αυτή κατάσταση, η Ελλάδα βρίσκεται υπό την επίδραση ενός ηπειρωτικού αντικυκλώνα στα δυτικά και των χαμηλών πιέσεων που επεκτείνονται από τη Μαύρη Θάλασσα μέχρι τη Μεσόγειο στα ανατολικά. Η φορά των ισοβαρών στην επιφάνεια είναι καθαρά μεσημβρινή, με αποτέλεσμα να ευνοείται ο καναλισμός των αερίων μαζών κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού. Από τον καναλισμό αυτό δημιουργείται καταβατικός άνεμος τύπου Mistral με κατεύθυνση βόρεια-βορειοδυτική και μεγάλη ένταση.

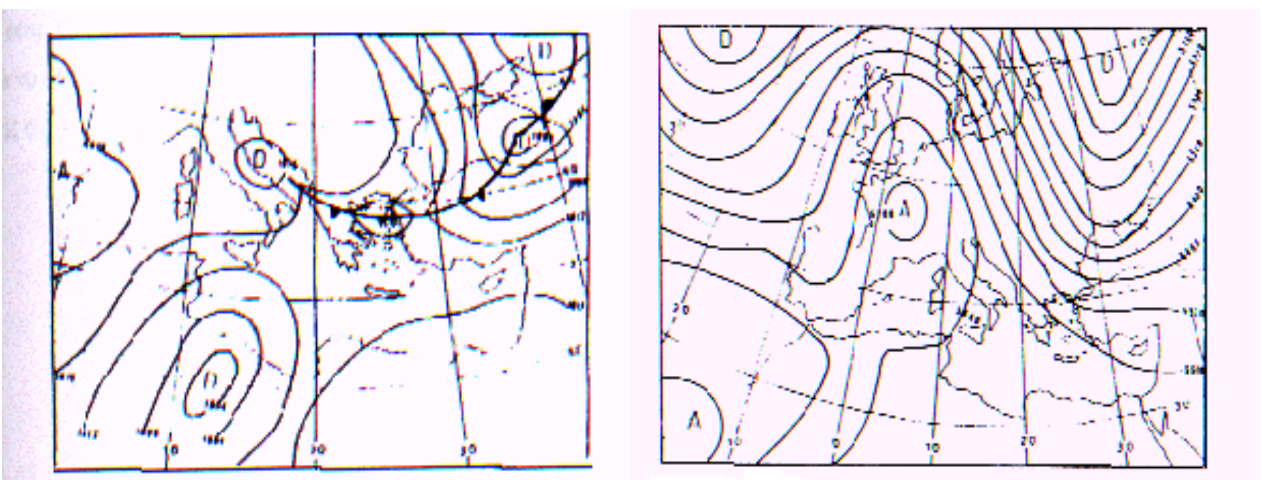
1. Ο πρώτος μικτός τύπος κυκλοφορίας χαρακτηρίζει μια ενδιάμεση κατάσταση ανάμεσα σε έναν αντικυκλωνικό τύπο και έναν υφεσιακό W1 ή NW2, γι' αυτό και τις περισσότερες φορές η διάρκειά του είναι πολύ περιορισμένη. Για να εμφανιστεί θα πρέπει η ύφεση που απομακρύνεται προς τα ανατολικά να παρουσιάζει ένα στάσιμο χαρακτήρα πάνω από τη Μαύρη Θάλασσα. Αυτό

συμβαίνει πιο συχνά κατά τη θερμή περίοδο όπου η συχνότητα εμφάνισης Mt1 είναι η υψηλότερη την εποχή αυτή.

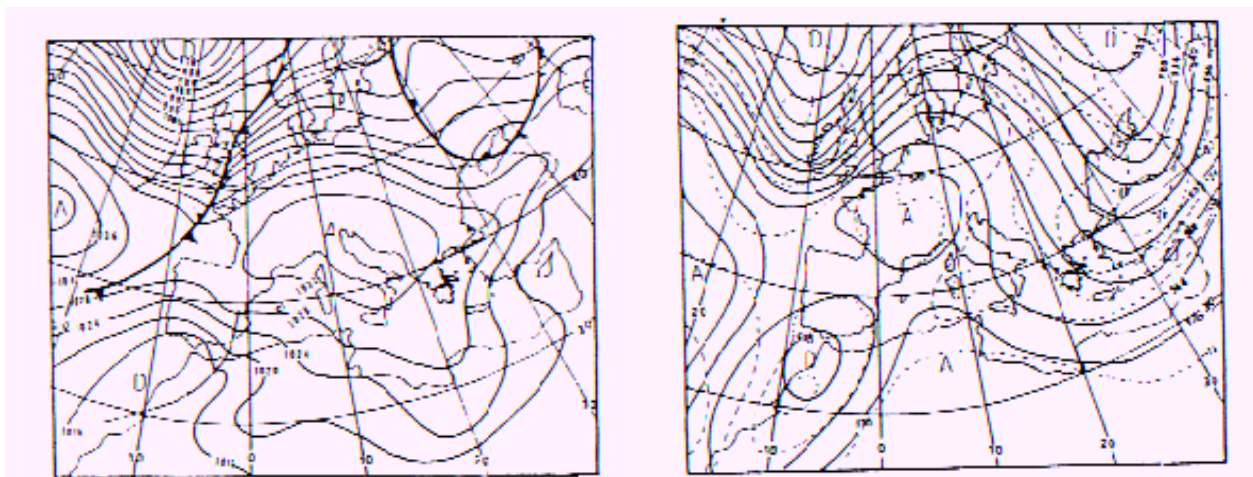
2. Οι τύποι κυκλοφορίας Mt1 της ψυχρής περιόδου έχουν μικρότερη διάρκεια από εκείνους της θερμής. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή της Θεσσαλονίκης είναι ιδιαίτερα χαμηλές παρά την ηλιοφάνεια και με έντονη την αίσθηση του ψύχους λόγω των ισχυρών B-BΔ ανέμων. Πρόκειται για τις χαμηλότερες μέσες κι ελάχιστες θερμοκρασίες. Η σχετική υγρασία είναι πάρα πολύ χαμηλή για την εποχή. Οι B-BΔ άνεμοι, ισχυροί με μέση ταχύτητα 16,7 km/h (4.6 m/sec) και μέγιστη που μπορεί να ξεπεράσει τα 90 km/h (25 m/sec). Το ποσό βροχής είναι ελάχιστο, όπως και η διάρκεια βροχής λόγω του καναλισμού των αερίων μαζών κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού που προκαλούν νεφοδιάλυση και τον ισχυρό άνεμο Βαρδάρη. Επιπλέον, η ορατότητα και το κλάσμα της ηλιοφάνειας για τον ίδιο προαναφερθέντα λόγο είναι πολύ υψηλά.



Σχήμα 1.7 - Χάρτης συνοπτικής κατάστασης του μικτού τύπου κυκλοφορίας (Mt1) στην επιφάνεια (αριστερά) και στα 500 Hpa (δεξιά) (Π. Μαχαίρας, 1982).



Σχήμα 1.8 - Χάρτης συνοπτικής κατάστασης του κυκλωνικού τύπου κυκλοφορίας (Cne) στην επιφάνεια (αριστερά) και στα 500 Hpa (δεξιά) (Π. Μαχαίρας, 1982).



Σχήμα 1.9 - Χάρτης συνοπτικής κατάστασης του αντικυκλωνικού τύπου κυκλοφορίας (A1) στην επιφάνεια (αριστερά) και στα 500 Hpa (δεξιά) (Π. Μαχαίρας, 1982).

Τα χαρακτηριστικά των Mt1 τύπων κυκλοφορίας κατά τη θερμή περίοδο δε διαφέρουν πολύ από εκείνα της ψυχρής, έχουν όμως πολύ μεγαλύτερη διάρκεια. Οι μέσες θερμοκρασίες έχουν έντονες αρνητικές αποχές, ενώ οι μέγιστες κι οι ελάχιστες είναι μέτριες. Η σχετική υγρασία είναι πολύ χαμηλή, όπως επίσης και το ύψος βροχής σχεδόν μηδενικό. Η μέση ταχύτητα του ανέμου Βαρδάρη ανέρχεται στα 18,5 km/h (5.1 m/sec). Γενικά, πρόκειται για τον τύπο κυκλοφορίας που καθορίζει στην περιοχή της Θεσσαλονίκης τον επικρατούντα καιρό «Βαρδάρη» κατά τη θερμή περίοδο, με έντονους βορειοδυτικούς ανέμους και σημαντική πτώση της θερμοκρασίας.

Ωστόσο πρέπει να τονιστεί ότι ο τύπος κυκλοφορίας Mt1 δεν είναι ο μοναδικός τύπος κατά τον οποίο εκδηλώνεται ο Βαρδάρης. Υπάρχει ένα σύνολο από 16 άλλους τύπους εκ των οποίων οι πιο συχνά εμφανιζόμενοι είναι οι A1 και Cne. Αναφορικά, ο Mt1 (σχ. 1.7) παρουσιάζει συχνότητα 27,1% , ο Cne (σχ. 1.8) 21,2% και ο A1 (σχ. 1.9) 12,2% (κατά Maheras et.al.,2000).

Ο Βαρδάρης και οι άνεμοι βορειοδυτικής κατεύθυνσης που πνέουν στην περιοχή της Θεσσαλονίκης μελετήθηκαν στατιστικά από τους Angouridakis et al (1981). Στη συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά των μέγιστων ωριαίων τιμών ταχύτητας των ΒΔ ανέμων, η κατανομή των ωρών έναρξης και λήξης αυτών, καθώς επίσης η μέση και η μέγιστη διάρκεια πνοής τους. Λαμβάνονται δεδομένα έντασης και διεύθυνσης ανέμου για το χρονικό διάστημα 1957-1977. Από την παραπάνω μελέτη προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: 1) Παρόλο που η βορειοδυτική ροή επικρατεί στην περιοχή της Θεσσαλονίκης καθ' όλη τη χρονιά, οι μέρες με ισχυρό άνεμο είναι πολύ σπάνιες. 2) Ο χειμώνας είναι η εποχή όπου πνέουν πιο συχνά άνεμοι ΒΔ κατεύθυνσης για συνεχόμενες ημέρες, σε αντίθεση με το καλοκαίρι όπου η μέση διάρκεια των ανέμων αυτών είναι 1-2 ημέρες. 3) Όσο αφορά στην κατανομή των ωρών έναρξης και λήξης των μεγίστων ωριαίων τιμών ταχύτητας των ανέμων ΒΔ κατεύθυνσης προκύπτει αναλογία με τα αντίστοιχα διαγράμματα κατανομής των ανέμων «Mistral» και «Foehn». Αυτό

υποδηλώνει τη μεγάλη επίδραση του παράγοντα-γεωγραφία της περιοχής στην εμφάνιση τοπικών ανέμων. 4) Για τη συγκεκριμένη περίοδο μελέτης η μέση ένταση των ανέμων ΒΔ κατεύθυνσης υπολογίστηκε ίση με 12 km/h (3.3 m/sec), με κατώτερο κατώφλι έντασης στο διάστημα 12-15 km/h. 5) Οι υψηλότερες τιμές έντασης παρατηρούνται πιο συχνά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.

Οι Maheras et al (2000) μελέτησαν την επίδραση του Βαρδάρη στον καιρό της Θεσσαλονίκης. Στην παραπάνω εργασία, τα δεδομένα χωρίστηκαν σε δυο επιμέρους περιόδους, τη χειμερινή (Οκτώβριος-Απρίλιος) και τη θερινή (Μάιος-Σεπτέμβριος) και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν ήταν τα εξής: Κατά την επικράτηση του ανέμου Βαρδάρη στην περιοχή της Θεσσαλονίκης τη χειμερινή περίοδο, η πτώση της θερμοκρασίας εμφανίζει κάποια υστέρηση (περίπου 2 ώρες) σε σχέση με την ώρα έναρξης του ανέμου και η πτώση αυτή είναι κατά μέσο όρο 3,5°C. Σε αντίθεση με τη θερμοκρασία, η πτώση της σχετικής υγρασίας αρχίζει συγχρόνως με την έναρξη πνοής του Βαρδάρη και είναι περίπου της τάξης του 20%. Κατά τη θερινή περίοδο, η απότομη πτώση της θερμοκρασίας δεν εμφανίζει κάποια υστέρηση και είναι ίση με 5°C, ενώ η αντίστοιχη πτώση της σχετικής υγρασίας φθάνει το 13%. Ο Βαρδάρης όταν πνέει, επιδρά ευνοϊκά στην αύξηση της εξάτμισης του ύδατος και της ηλιοφάνειας. Στην περίπτωση παρουσίας νεφών στην κοιλάδα του Αξιού, ο καναλισμός των ξηρών αερίων μαζών κατά μήκος της κοιλάδας έχει ως αποτέλεσμα τη βίαιη απόθεση των νεφών προς το νότο και τη διάλυσή τους. Μετά ή κατά τη διάρκεια των επεισοδίων Βαρδάρη είναι πιθανή η επικράτηση εξαιρετικής ορατότητας στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, που φθάνει τα 80-100 km (Arseni-Papadimitriou et al., 1980).

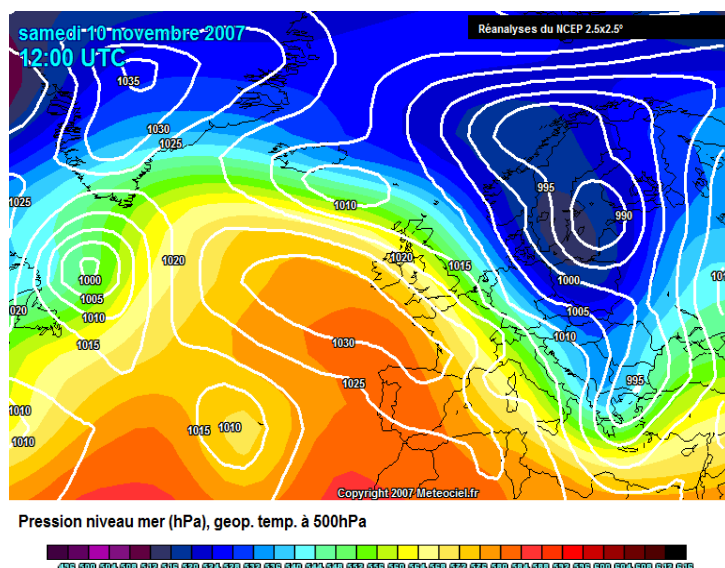
Οι Arseni-Papadimitriou και Maheras (1985) μελέτησαν την επίδραση του Βαρδάρη στη μεταβολή μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου την θερινή περίοδο για την περιοχή της Θεσσαλονίκης. Από την εργασία αυτή προέκυψε ότι οι μέγιστες ταχύτητες ΒΔ ανέμου παρατηρούνται το απόγευμα, η πορεία των ταχυτήτων του ακολουθεί τον κανονικό ημερήσιο κύκλο και είναι σε συμφωνία με την αντίστοιχη των Ετησίων. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία παρουσιάζουν απότομη πτώση ταυτόχρονα με την έναρξη του επεισοδίου κατά τη θερινή περίοδο.

Η δομή της βάσης της τροπόσφαιρας κατά την επικράτηση του Βαρδάρη εξετάστηκε από τους Maheras, Flocas και Karakostas (1984). Σε όλα τα επεισόδια Βαρδάρη που μελετήθηκαν τα τεφιγράμματα από τα δεδομένα ραδιοβολίσεων, παρατηρείται αναστροφή θερμοκρασίας που ξεκινά από τη μέση τροπόσφαιρα. Μια επιπλέον αναστροφή παρατηρείται από το έδαφος έως το επίπεδο των 1000 mb. Η σχετική υγρασία αυξάνει από το έδαφος μέχρι το επίπεδο της αναστροφής, και στη συνέχεια μειώνεται με το υψόμετρο.

1.7 Στόχοι

Οι στόχοι της παρούσας εργασίας είναι α.) να γίνει συνοπτική μελέτη του επεισοδίου του Βαρδάρη στις 10/11/2007 και β.) η προγνωσιμότητά του.

Σε γενικές γραμμές το φαινόμενο που θα αναλυθεί στα παρακάτω κεφάλαια παρουσιάζεται με την εικόνα ενός αντικυκλώνα βόρειας προέλευσης που εκτεινόταν μέχρι την κεντρική Ευρώπη και προκαλούσε στην ανατολική πλευρά του ένα διαταραγμένο ρεύμα από τα βορειοδυτικά στην ανατολική Ευρώπη, λόγω και της ύφεσης με επίκεντρο στη Μαύρη Θάλασσα. Στο επίπεδο των 500 hPa (εικόνα 1.10) παρατηρήθηκε μία ροή ψυχρού αέρα από τη Σκανδιναβία προς την ανατολική Μεσόγειο. Οι ισοϋψείς κατευθύνονται από τα βόρεια προς τα νότια και τέλος ανατολικά πάνω από την περιοχή μας. Η ραδιοβόλση του σταθμού της Θεσσαλονίκης (εικόνα 1.11) μας δείχνει ότι κάτω από ένα στρώμα ρευμάτων μεταφοράς, ο αέρας ακολουθεί καθοδική πορεία και είναι πολύ ξηρός. Έτσι, είναι απαγορευτική, η όποια ανοδική πορεία του πιθανώς ασταθή επιφανειακού αέρα, με αποτέλεσμα την ξήρανση της ατμόσφαιρας και την διοχέτευση των αερίων μαζών κατά μήκος της κοιλάδας του Βαρδάρη.

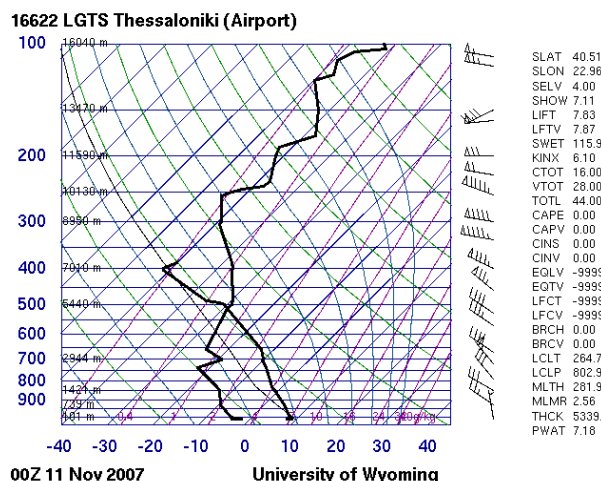


Εικόνα 1.10 – Χάρτης γεωδυναμικών υψών της επιφάνειας των 500 hPa και της επιφανειακής ατμοσφαιρικής πίεσης κατά την 12^η μεσημβρινή στις 10/11/2007.

Πηγή: www.meteociel.fr

Εικόνα 1.4 – Ραδιοβόλση σχεδόν 6 ώρες μετά την παύση του φαινομένου.

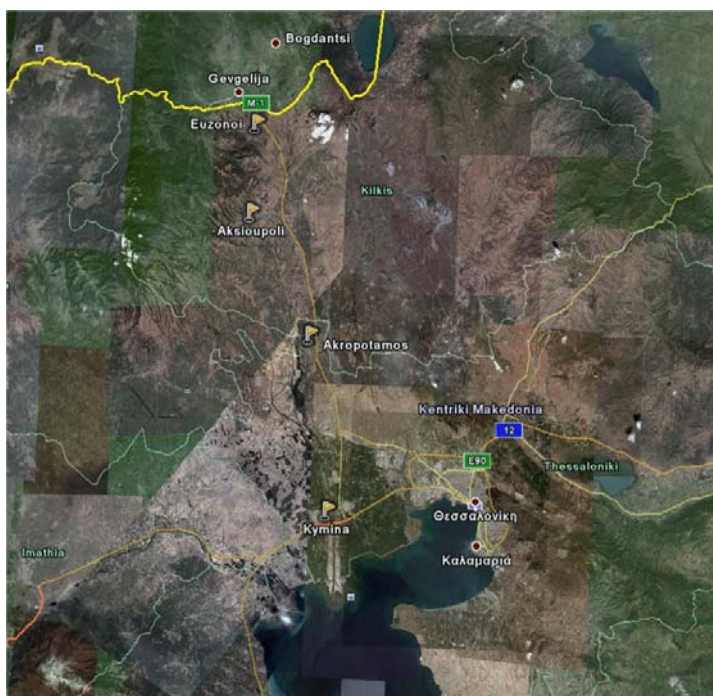
Πηγή: weather.uwyo



2. Δεδομένα και εργαλεία

Αυτή η εργασία εκπονήθηκε βασιζόμενη τόσο σε αριθμητικά δεδομένα όσο και σε αριθμητικά μοντέλα που τα επεξεργάστηκαν.

Πιο συγκεκριμένα, τα κύρια δεδομένα, πάνω στα οποία έγινε η μελέτη, είναι τόσο οι διάφορες μετεωρολογικές παράμετροι, και κυρίως οι τιμές ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου, θερμοκρασίας και υγρασίας, που λήφθηκαν από τέσσερις επαγγελματικούς μετεωρολογικούς σταθμούς Davis, οι οποίοι εγκαταστάθηκαν και παρακολουθήθηκαν από τον τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του ΑΠΘ και το Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, όσο και δεδομένα από το επιχειρησιακό μοντέλο πρόγνωσης του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τέσσερις προαναφερόμενοι σταθμοί ήταν εγκατεστημένοι κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού και σε ελληνικό έδαφος στις περιοχές των Ευζόνων, Αξιούπολης, Ακροποτάμου και Κυμίνων (βλ. εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 – Θέσεις εγκατάστασης σταθμών

Η παρούσα εργασία στηρίχθηκε στα αποτελέσματα των μοντέλων WRF, ECMWF (ευρωπαϊκό) και Skiron, ενώ παράλληλα χρησιμοποιήθηκε και η εφαρμογή GrADS με την οποία έγινε επεξεργασία των δεδομένων του ECMWF και εξάχθηκαν χάρτες διαφόρων ισοβαρικών επιπέδων, κατακόρυφες τομές στην ατμόσφαιρα και διαγράμματα Hovmoller. Παρακάτω περιγράφονται πιο αναλυτικά τα παραπάνω αριθμητικά μοντέλα πρόγνωσης και ανάλυσης καιρού.

2.1 Μοντέλο *WRF*

Το μοντέλο *WRF* (Weather Research and Forecasting) είναι ένα, επόμενης γενιάς, αριθμητικό σύστημα πρόγνωσης καιρού, που σχεδιάστηκε για να προσφέρει τόσο προγνώσεις όσο και για συνεισφέρει στην έρευνα της ατμόσφαιρας. Πιο συγκεκριμένα χαρακτηρίζεται από πολλαπλούς δυναμικούς πυρήνες αλλά και από την δυνατότητα παραλληλισμού των ποικίλων τρισδιάστατων δεδομένων, ενώ είναι κατάλληλο για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε κλίμακες λίγων μέτρων έως χιλιάδων χιλιομέτρων. Γενικά, λοιπόν, επιτρέπει στους ερευνητές τη δυνατότητα να διαχειρίζονται στις προσομοιώσεις που απεικονίζουν, είτε πραγματικά είτε ιδεατά στοιχεία-δεδομένα, ενώ παρέχει ένα λειτουργικό πρότυπο, που είναι ευέλικτο και αποδοτικό υπολογιστικά, προσφέροντας πλεονεκτήματα στη χρήση φυσικής και μαθηματικών. Το μοντέλο αυτό αποτελεί προϊόν συνεργασίας κυρίως μεταξύ του Εθνικού Κέντρου για την Ατμοσφαιρική Έρευνα (NCAR) των ΗΠΑ, της Εθνικής Ωκεάνιας και Ατμοσφαιρικής Διοίκησης (τα εθνικά κέντρα για την περιβαλλοντική πρόβλεψη) (NCEP) και του Εργαστηρίου Συστημάτων πρόβλεψης (FSL), της Μετεωρολογικής Διοίκησης της Πολεμικής Αεροπορίας (AFWA), του Ναυτικού Ερευνητικού Εργαστηρίου, του πανεπιστημίου της Οκλαχόμα, και της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (FAA).

2.2 Ντετερμινιστικό μοντέλο του *ECMWF*

Το ντετερμινιστικό μοντέλο του *ECMWF* είναι ένα ατμοσφαιρικό υδροστατικό φασματικό μοντέλο (T799) με πλήρεις φυσικές διεργασίες. Στην κατακόρυφη διεύθυνση χρησιμοποιούνται 91 επίπεδα, έως τα 0.01 hPa (πίνακας 2.1). Οι αναλύσεις και οι ντετερμινιστικές προγνώσεις διανεμήθηκαν σε ένα πλέγμα A με ανάλυση $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, ανά 6 ώρες. Στην κατακόρυφη διεύθυνση τα δεδομένα διατέθηκαν στα ισοβαρικά επίπεδα των 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70 και 50 hPa.

Ένα από τα σημαντικότερα προγνωστικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στο Εθνικό Μετεωρολογικό Κέντρο της ΕΜΥ είναι το Ολοκληρωμένο Σύστημα Πρόγνωσης του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού στην Αγγλία. Σε αυτό περιλαμβάνονται επιχειρησιακές προγνώσεις του ντετερμινιστικού μοντέλου και του Συστήματος Στοχαστικής Πρόγνωσης (Ensemble Prediction System).

Το αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου κατά την ολοκλήρωσή του χρησιμοποιεί φασματικές μεθόδους για την αναπαράσταση των μετεωρολογικών παραμέτρων στην οριζόντια διεύθυνση, ενώ ένα πλήθος παραμετροποιήσεων χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των διαφόρων φυσικών διεργασιών. Η παρούσα έκδοση είναι η T799L91, δηλαδή χρησιμοποιείται

Επίπεδο	Πίεση	Επίπεδο	Πίεση	Επίπεδο	Πίεση
1	0.01	52	240.4844	72	726.0656
2	0.0299	53	256.0690	73	752.6718
3	0.0568	54	272.5644	74	778.4036
4	0.1015	55	290.0175	75	803.1575
.	.	56	308.4774	76	826.8141
.	.	57	327.9948	77	849.2512
.	.	58	348.6233	78	870.3798
39	102.5813	59	370.4182	79	890.1340
40	109.8913	60	393.4375	80	908.4403
41	117.5942	61	417.7338	81	925.2226
42	125.7453	62	443.3441	82	940.4416
43	134.3981	63	470.1659	83	954.0914
44	143.5909	64	497.9584	84	966.1707
45	153.3538	65	526.4620	85	976.6735
46	163.7180	66	555.3989	86	985.6311
47	174.7166	67	584.4855	87	993.3027
48	186.3837	68	613.4989	88	999.8373
49	198.7556	69	642.2899	89	1005.1222
50	211.8697	70	670.7310	90	1009.1459
51	225.7656	71	698.7032	91	1012.0494

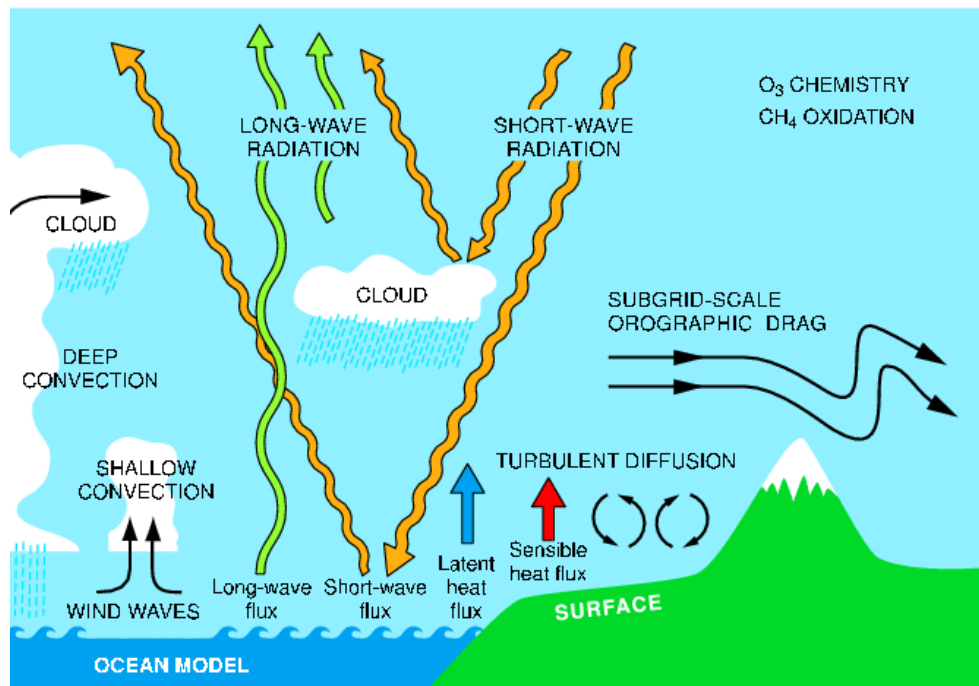
Πίνακας 2.1 - Η πίεση στα 91 επίπεδα της νέας έκδοσης του μοντέλου (IFS cycle 30r1) όταν η πίεση στην επιφάνεια είναι ίση με 1013.25 hPa.

τριγωνική αποκοπή με ζωνικό κυματαριθμό ίσο με 799 (που αντιστοιχεί περίπου σε 0.225°) και 91 κατακόρυφα επίπεδα, όπως προαναφέρθηκε. Τα 91 επίπεδα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1, δίνοντας έμφαση κυρίως στα επίπεδα κάτω από τα 100 hPa. Είναι εμφανές ότι υπάρχει σημαντικός αριθμός επιπέδων στο οριακό στρώμα, σε άλλα κρίσιμα ύψη της τροπόσφαιρας όπου συναντούμε σημαντικά μετεωρολογικά συστήματα, όπως τους αεροχειμάρρους (~200-300 hPa), καθώς και στο μέσο ύψος της τροπόπαυσης.

Το αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου περιλαμβάνει ένα μεγάλο πλήθος παραμετροποιήσεων (ECMWF 2004b) (εικόνα 2.2) έτσι ώστε να αναπαριστά τις διάφορες φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν σε κλίμακες μικρότερες από τη χωρική του ανάλυση. Οι υπολογισμοί των φυσικών διεργασιών γίνονται μόνο στην κατακόρυφη διεύθυνση. Τα δεδομένα εισόδου στα σχήματα παραμετροποίησης είναι οι τιμές των προγνωστικών μεταβλητών (συνιστώσες ανέμου, θερμοκρασία, ειδική υγρασία, νεφοκάλυψη και περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε νερό/πάγο), οι δυναμικές τάσεις αυτών των μεταβλητών και οι τιμές διαφόρων επιφανειακών πεδίων.

Οι παραμετροποιήσεις του μοντέλου είναι οι 8 που αναφέρονται παρακάτω:

1.Σχήμα ακτινοβολίας, 2.Σχήμα τυρβώδους διάχυσης, 3.Σχήμα ορογραφικού εμποδισμού, 4.Σχήμα ανωμεταφοράς, 5.Σχήμα νεφών και μεγάλης κλίμακας υετού, 6.Σχήμα επιφανειακών και υπεδάφιων διεργασιών, 7.Σχήμα οξείδωσης του μεθανίου, 8.Σχήμα χημείας όζοντος.



Εικόνα 2.2 - Σχηματική αναπαράσταση των φυσικών διεργασιών που παραμετροποιούνται στο ντετερμινιστικό αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου (ECMWF 2004b).

Μερικά από τα προϊόντα του ντετερμινιστικού μοντέλου που είναι καθημερινά διαθέσιμα είναι τα παρακάτω:

1. Η Πίεση στη μέση στάθμη της θάλασσας (οριζόντιες τομές)
2. Το Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 hPa (οριζόντιες τομές)
3. Το Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 850 hPa (οριζόντιες τομές)
4. Ο Συνολικός αθροιστικός 3-ωρος και 6-ωρος υετός (οριζόντιες τομές)
5. Η Ταχύτητα και Διεύθυνση ανέμου στα 1000, 850, 700, 300hPa (οριζόντιες τομές)
6. Η Κατακόρυφη ταχύτητα στα 850, 700, 500 hPa (οριζόντιες τομές)
7. Η Συνολική νεφοκάλυψη (οριζόντιες τομές)

Επίσης με τη χρήση των προγνωστικών πεδίων του μοντέλου υπολογίζονται τα παρακάτω πεδία:

1. Η Θερμική μεταφορά στα 850 hPa (οριζόντιες τομές)
2. Η Μεταφορά στροβιλισμού στα 500 hPa (οριζόντιες τομές)
3. Οι Δείκτες αστάθειας Showalter και HI (οριζόντιες τομές).

Ένας επιπλέον αριθμός πεδίων είναι διαθέσιμος μόνο στον μετεωρολόγο της εκάστοτε βάρδιας που είναι υπεύθυνος για την πρόγνωση της κατάστασης της θάλασσας στην Ανατολική Μεσόγειο και τη Μαύρη θάλασσα. Αυτά τα πεδία είναι:

1. Η Πίεση στη μέση στάθμη της θάλασσας
2. Το Γεωδυναμικό ύψος στα 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200 και 100 hPa
3. Η Θερμοκρασία στα 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200 και 100 hPa
4. Η Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200 και 100 hPa καθώς και στα 10 μέτρα από την επιφάνεια.
5. Η Σχετική Υγρασία στα 850, 700 και 500 hPa.
6. Η Ολική, χαμηλή, μεσαία και υψηλή νεφοκάλυψη
7. Ο Συνολικός αθροιστικός 3-ωρος, 6-ωρος και 12-ωρος υετός
8. Ο 3-ωρος και 6-ωρος υετός λόγω ανωμεταφοράς.
9. Η 3-ωρη και 6-ωρη χιονόπτωση

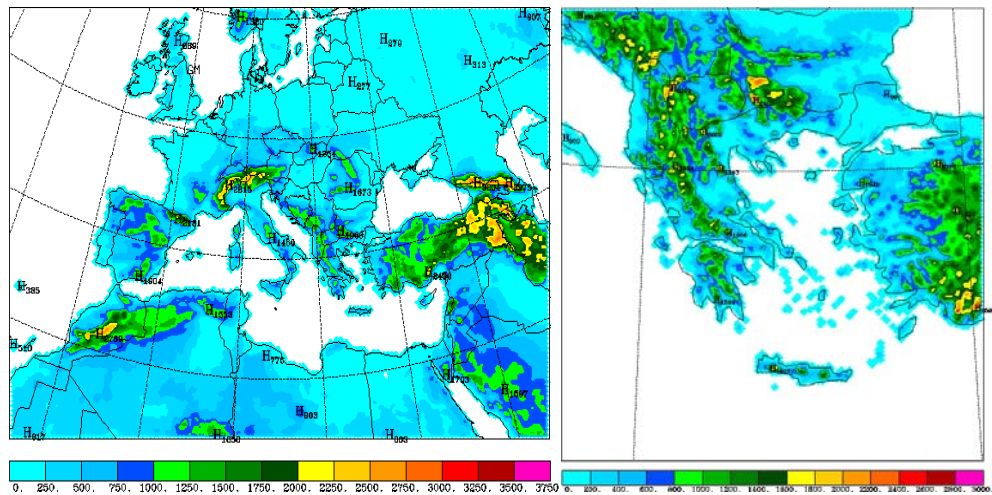
Τέλος, με βάση τα παραπάνω δεδομένα υπάρχει η δυνατότητα οριζόντιας ανάλυσης, κατασκευής οριζόντιων και κατακόρυφων τομών, χρονοσειρών και μετεογραμμάτων ανά 6 ώρες καθώς όπως προαναφέρθηκε οι διαθέσιμοι χρόνοι είναι οι 00, 06, 12 και 18 UTC.

2.3 Μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ

Το αριθμητικό μοντέλο **ΣΚΙΡΩΝ** (Kallos, 1997) αναπτύχθηκε από την Ομάδα Ατμοσφαιρικών Μοντέλων και Πρόγνωσης Καιρού του Πανεπιστημίου Αθηνών (<http://forecast.uoa.gr>) και βασίζεται στο μοντέλο Eta/NCEP. Το μοντέλο λειτουργεί επιχειρησιακά και ερευνητικά σε ένα μεγάλο αριθμό ινστιτούτων και μετεωρολογικών κέντρων όπως το Πανεπιστήμιο Αθηνών, το Α.Π.Θ., η ΕΜΥ, το Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, το University of Albany στις Ηνωμένες Πολιτείες, και αλλού.

Ο ΣΚΙΡΩΝ είναι ένα μη-υδροστατικό μοντέλο κατάλληλο για περιοχικές προγνώσεις σε περιοχές με ανομοιογενή φυσικά χαρακτηριστικά. Οι μεταβλητές αναπαριστούνται οριζοντίως σύμφωνα με το πλέγμα-E του Arakawa και κατακόρυφα χρησιμοποιώντας την βαθμωτή συντεταγμένη Ήτα (Eta). Το μοντέλο περιλαμβάνει κατάλληλες παραμετροποιήσεις για να αναπαραστήσει τις φυσικές διεργασίες όπως εκείνες που λαμβάνουν χώρα στο οριακό στρώμα και στο έδαφος (μέχρι το βάθος των 2.55 μ.), την ακτινοβολία, την κατακόρυφη μεταφορά και τα νέφη και τον υετό μεγάλης κλίμακας. Για τον καθορισμό των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής ολοκλήρωσης χρησιμοποιούνται υψηλής ανάλυσης (30''x30'') δεδομένα ορογραφίας, κατανομής ξηράς-θάλασσας, φυτοκάλυψης και τύπου εδάφους.

Το μοντέλο χρησιμοποιείται επιχειρησιακά στον Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του ΑΠΘ από τον Μάιο του 2007, παρέχοντας 3-ήμερες προγνώσεις καιρού σε δύο περιοχές ολοκλήρωσης. Η μία περιοχή (ΣΚΙΡΩΝ20) καλύπτει την Ευρώπη και τη Μεσόγειο με χωρική διακριτοποίηση $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ (εικόνα 2.3α), ενώ η άλλη περιοχή (ΣΚΙΡΩΝ5) καλύπτει την Ελλάδα με χωρική διακριτοποίηση $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ (εικόνα 2.3β). Στην κατακόρυφη διεύθυνση χρησιμοποιούνται 38 επίπεδα από την επιφάνεια έως το επίπεδο των 25 hPa (~20 χλμ).



**Εικόνα 2.3 - Η τοπογραφία της περιοχής ολοκλήρωσης των αριθμητικών μοντέλων
α) ΣΚΙΡΩΝ20 και β) ΣΚΙΡΩΝ5**

Τα μοντέλα ΣΚΙΡΩΝ5 και ΣΚΙΡΩΝ20 χρησιμοποιούν αρχικές και πλευρικές οριακές συνθήκες με χωρική διακριτοποίηση $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ σε 26 ισοβαρικά επίπεδα από τον προγνωστικό κύκλο των 1200 UTC του παγκόσμιου μοντέλου NCEP/GFS. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες της θάλασσας επίσης παρέχονται από το NCEP με χωρική διακριτοποίηση $0.5^\circ \times 0.5^\circ$.

2.4 Λογισμικό Grads

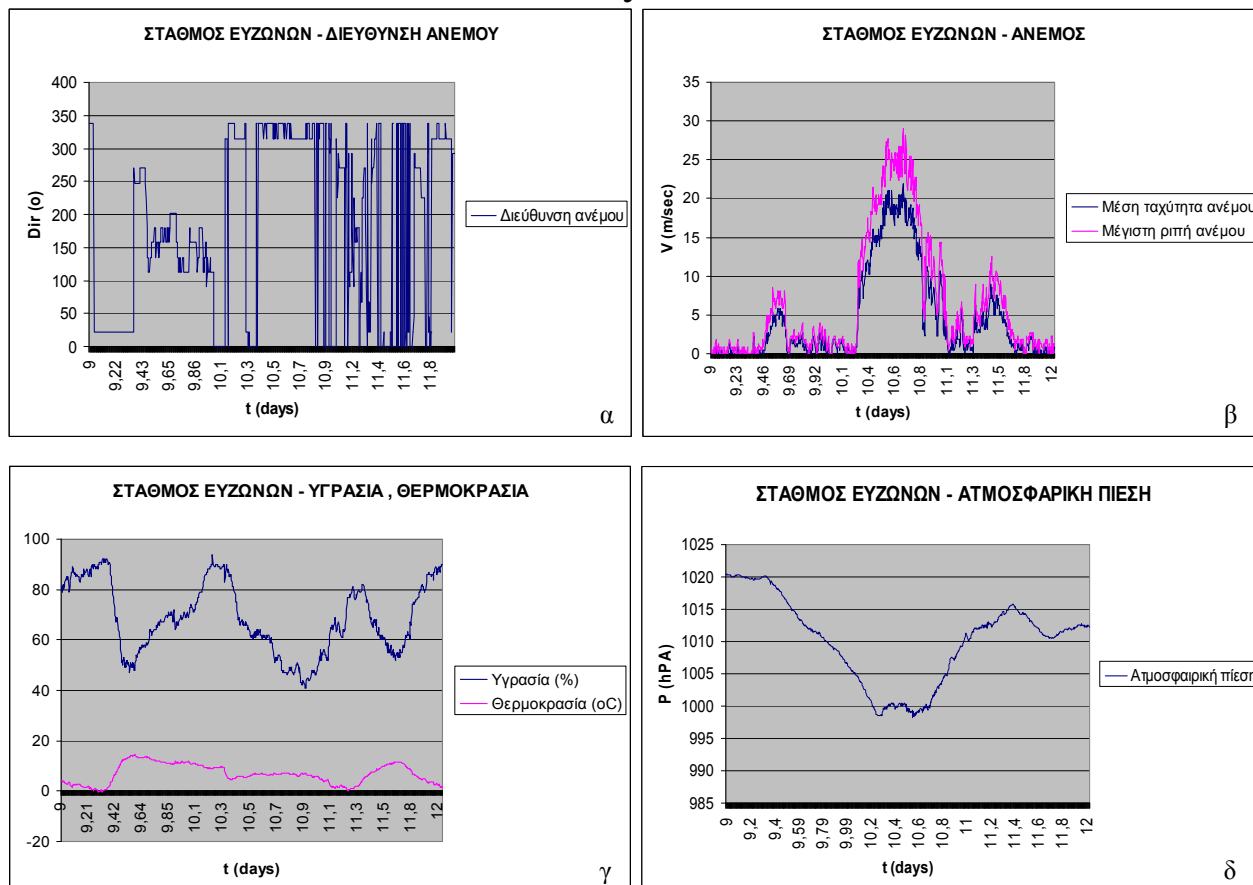
Τέλος, το GrADS (Grid Analysis and Display System) είναι ένα διαδραστικό εργαλείο υπολογιστών που χρησιμοποιείται για την εύκολη πρόσβαση, τον χειρισμό και την απεικόνιση στοιχείων και δεδομένων που σχετίζονται με τις επιστήμες που αφορούν τη γη. Το GrADS χρησιμοποιεί ένα τετραδιάστατο περιβάλλον στοιχείων (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, ισοβαρικό επίπεδο, και χρόνος). Τα σύνολα των στοιχείων τοποθετούνται μέσα στον τετραδιάστατο χώρο μέσω ενός αρχείου που βοηθάει στην περιγραφή των στοιχείων. Το GrADS ερμηνεύει στοιχεία σταθμών, καθώς επίσης και τα στοιχεία πλέγματος (όπου τα πλέγματα μπορούν να είναι κανονικά, μη-γραμμικά χωρισμένα σε διαστήματα, γκαουσιανά, ή ποικίλης ανάλυσης). Τα στοιχεία μπορούν να απεικονιστούν γραφικά, με την αντίστοιχη χωρική και χρονική εγγραφή τους. Οι διαδικασίες εκτελούνται με την είσοδο εκφράσεων όπως αυτές της FORTRAN. Τα στοιχεία μπορούν να απεικονιστούν χρησιμοποιώντας διάφορες γραφικές τεχνικές, όπως γραφικές παραστάσεις γραμμών ή στηλών, διαγράμματα διασποράς κα.

3. Ανάλυση συνοπτικής κατάστασης του επεισοδίου

3.1 Ανάλυση δεδομένων των σταθμών

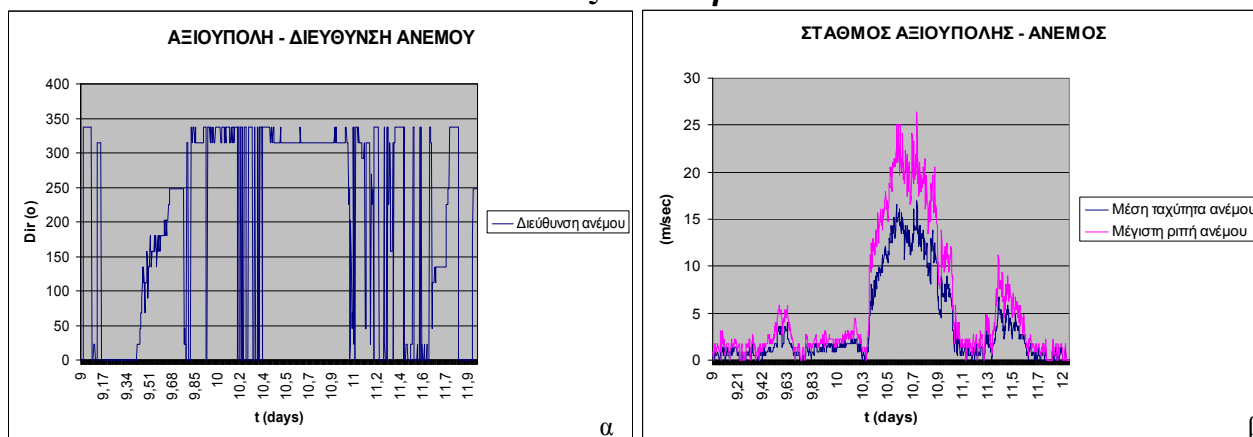
Αρχικά, θα αναλύσουμε τα δεδομένα που λήφθηκαν από τους προαναφερόμενους εγκατεστημένους σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα από τα δεδομένα που λήφθηκαν από τους σταθμούς εξήχθησαν τα διαγράμματα των εικόνων 3.1 , 3.2 , 3.3. , 3.4 .

Εύζωνοι

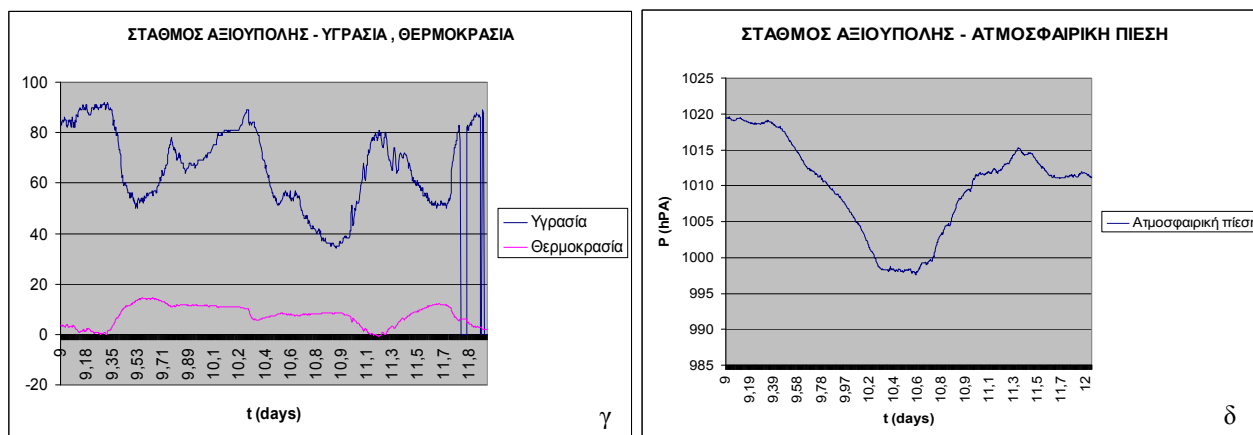


Εικόνα 3.1 – Διαγράμματα που απεικονίζουν δεδομένα α. διεύθυνσης ανέμου (σε μοίρες ο) , β. ταχύτητας ανέμου (σε m/sec) , γ. υγρασίας (σε %) και θερμοκρασίας (oC), δ. ατμοσφαιρικής πίεσης (σε hPa) που λήφθηκαν από τον σταθμό των Ευζώνων.

Αξιούπολη

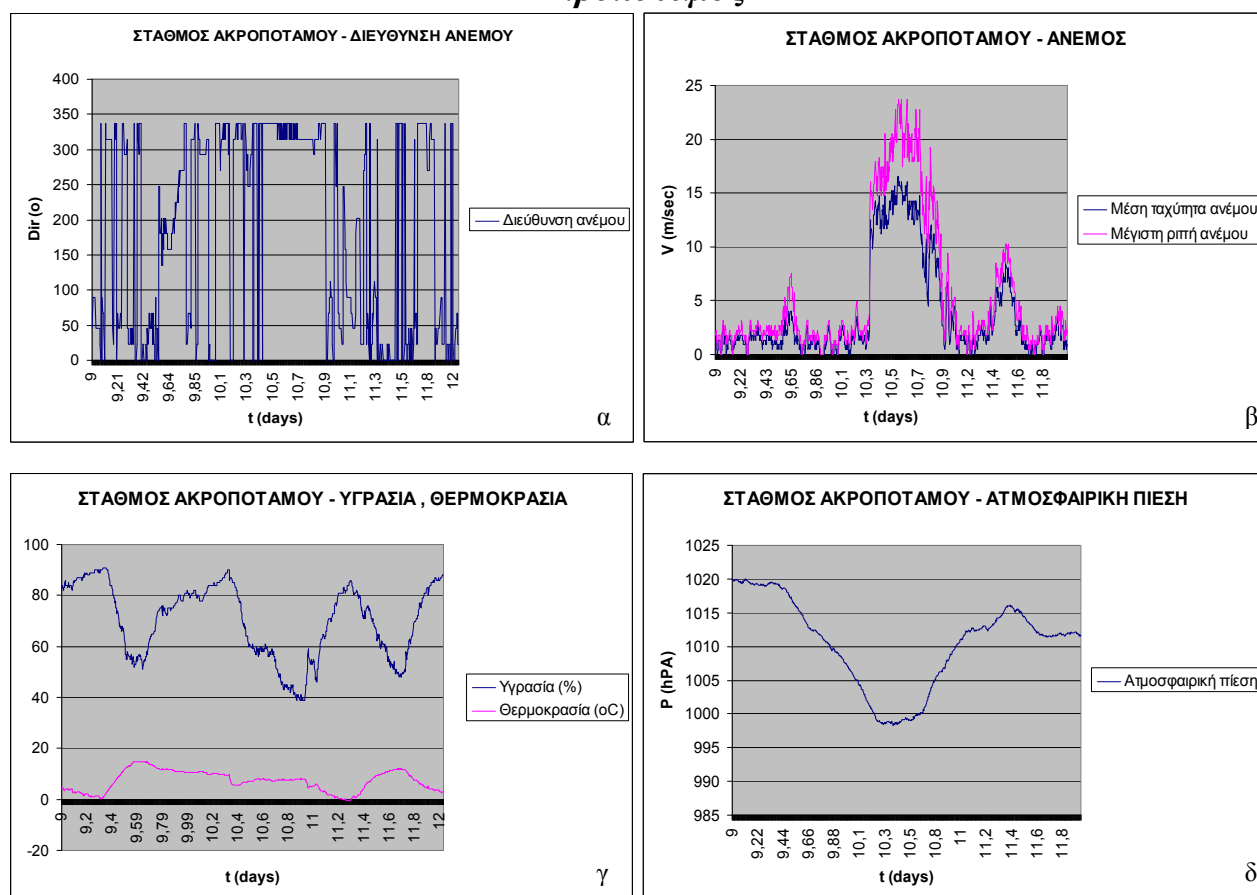


Εικόνα 3.2 – Διαγράμματα που απεικονίζουν δεδομένα α. διεύθυνσης ανέμου (σε μοίρες ο) , β. ταχύτητας ανέμου (σε m/sec) , γ. υγρασίας (σε %) και θερμοκρασίας (oC), δ. ατμοσφαιρικής πίεσης (σε hPa) που λήφθηκαν από τον σταθμό της Αξιούπολης.



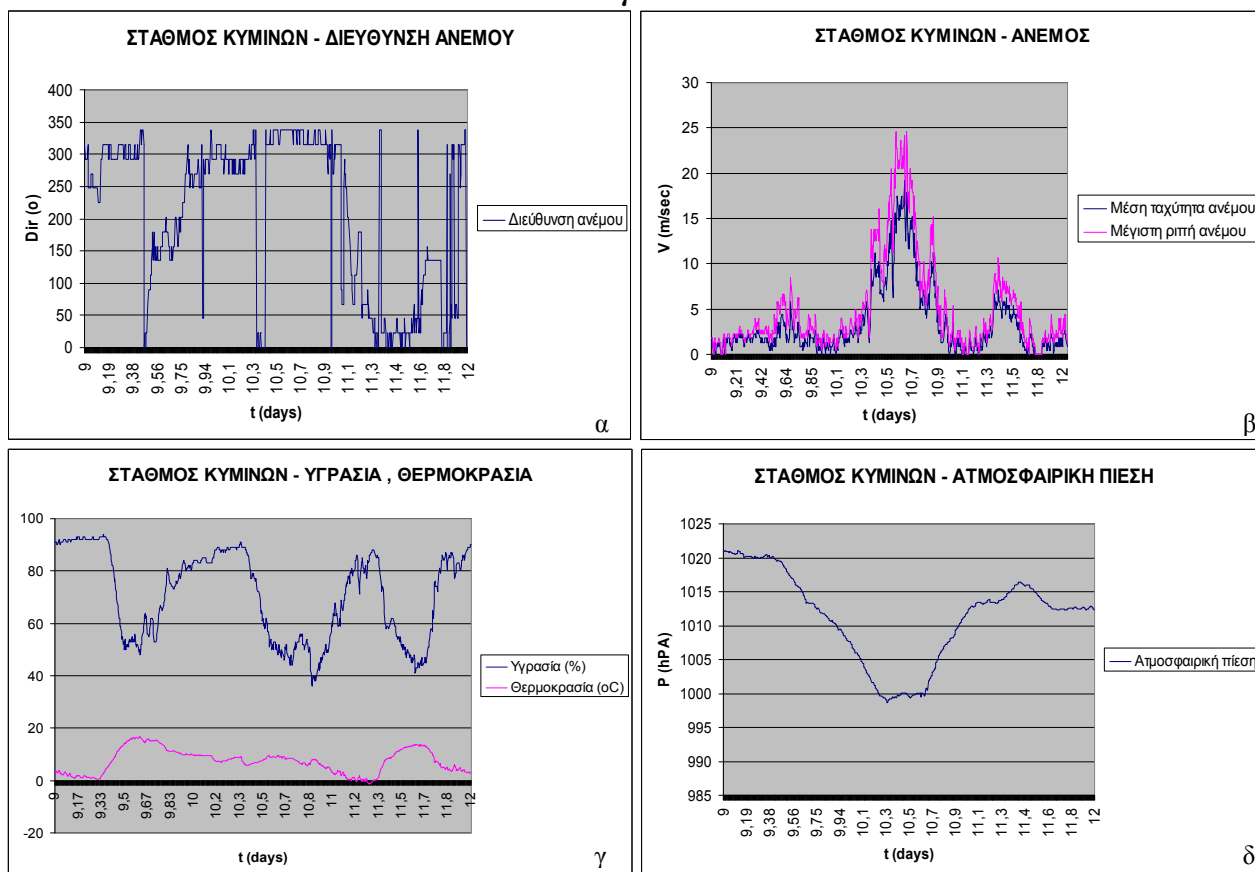
Εικόνα 3.2 – Συνέχεια

Ακροπόταμος



Εικόνα 3.3 – Διαγράμματα που απεικονίζουν δεδομένα α. διεύθυνσης ανέμου (σε μοίρες ο) , β. ταχύτητας ανέμου (σε m/sec) , γ. υγρασίας (σε %) και θερμοκρασίας (oC), δ. ατμοσφαιρικής πίεσης (σε hPA) που λήφθηκαν από τον σταθμό του Ακροποτάμου.

Κύμινια



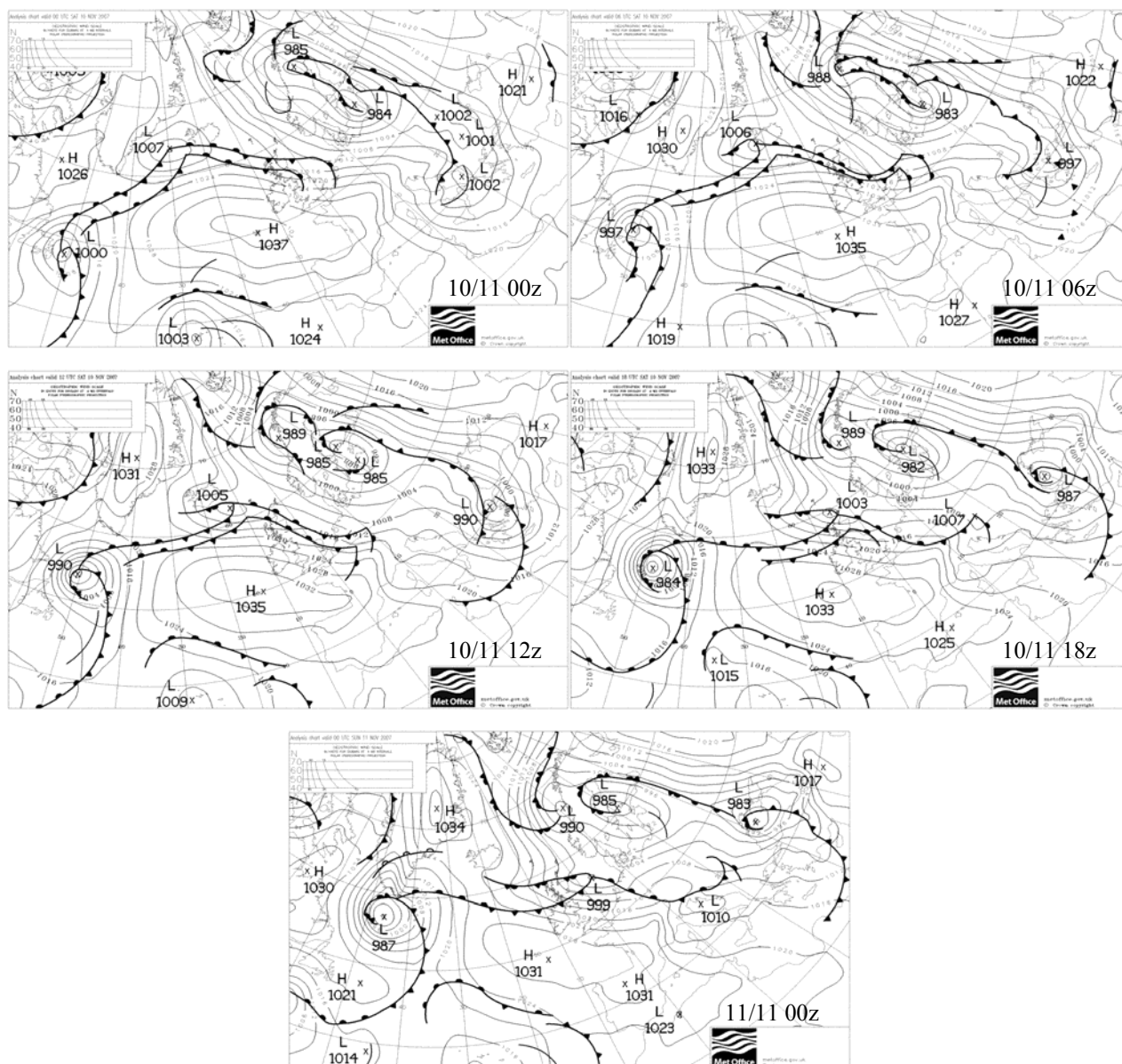
Εικόνα 3.4 – Διαγράμματα που απεικονίζουν δεδομένα α. διεύθυνσης ανέμου (σε μοίρες ο) , β. ταχύτητας ανέμου (σε m/sec) , γ. υγρασίας (σε %) και θερμοκρασίας (°C), δ. ατμοσφαιρικής πίεσης (σε hPa) που λήφθηκαν από τον σταθμό των Κυμινών.

Έτσι, ύστερα από μελέτη των διαγραμμάτων (βλ. εικόνα 3.1 , 3.2 , 3.3 , 3.4) μπορούμε να πούμε ότι σχετικά με την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου, παρατηρείται ότι η διεύθυνση αλλάζει σταδιακά (BA , A , NA , N , ΝΔ , Δ , ΒΔ) μέχρι να γίνει βορειοδυτικός, με την ταχύτητά του όμως να μην έχει αυξηθεί σημαντικά. Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται κατά 10-15 m/sec σχεδόν ακαριαία και ενώ ήδη ο άνεμος είναι βορειοδυτικός. Η μέση ταχύτητα κυμάνθηκε γύρω στα 18-20 m/sec (~ 9 bft) κατά μήκος της κοιλάδας με τις μέγιστες ριπές να φτάνουν έως και τα 28 m/sec (11 bft) στην περιοχή των Ευζώνων.

Κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης των ισχυρών ανέμων η υγρασία σημείωσε σταδιακή πτώση κατά 50% σε όλους τους σταθμούς (από 90% σε 40%) ενώ η θερμοκρασία σημειώνει πτώση της τάξης των 3-4 βαθμών Κελσίου κατά την έναρξη του επεισοδίου και παραμένει στα ίδια επίπεδα μέχρι και την λήξη του (παρά την ύπαρξη ανέφελου ουρανού). Τέλος, η ατμοσφαιρική πίεση σταδιακά ελαττώνεται, για να φτάσει στο κατώτερο σημείο τη στιγμή που ξεκινάει το επεισόδιο. Παραμένει, λοιπόν κοντά στα 1000 hPa μέχρι να σταματήσει ο ισχυρός ΒΔ άνεμος, οπότε και σταδιακά αυξάνεται.

3.2 Ανάλυση χαρτών από δεδομένα ανάλυσης 25x25 Km

3.2.1 Ανάλυση μετωπικών χαρτών επιφανείας



Εικόνα 3.5 – Συνοπτικοί χάρτες επιφανείας.

Μελετώντας τους συνοπτικούς χάρτες επιφανείας πάνω από την Ευρώπη (εικόνα 3.5), θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε το αίτιο που προκαλεί τον καταβάτη άνεμο Βαρδάρη στην περιοχή. Παρατηρούμε υψηλές πιέσεις στα δυτικά, μέσα στον Ατλαντικό και χαμηλές πάνω από την Σκανδιναβία από τις από τις πρώτες πρωινές ώρες της 10^{ης} Νοεμβρίου έως και το βράδυ (δηλαδή λίγο πριν από την έναρξη του επεισοδίου και έως και λίγο μετά το τέλος). Παράλληλα με την ροή του χρόνου, ο αντικυκλώνας μετατοπίζεται ελαφρά προς τα ανατολικά, ενώ λόγω του αυλώνα δημιουργείται χαμηλό στον κόλπο της Γένοβας με την έλευση της 10^{ης} Νοεμβρίου, το οποίο κατευθύνεται προς την Ελλάδα, κινούμενο ανατολικά-βορειοανατολικά. Έτσι, η ροή του αέρα λόγω των συστημάτων αυτών οδηγεί στην εμφάνιση ισχυρού Βαρδάρη στην περιοχή του Αξιού.

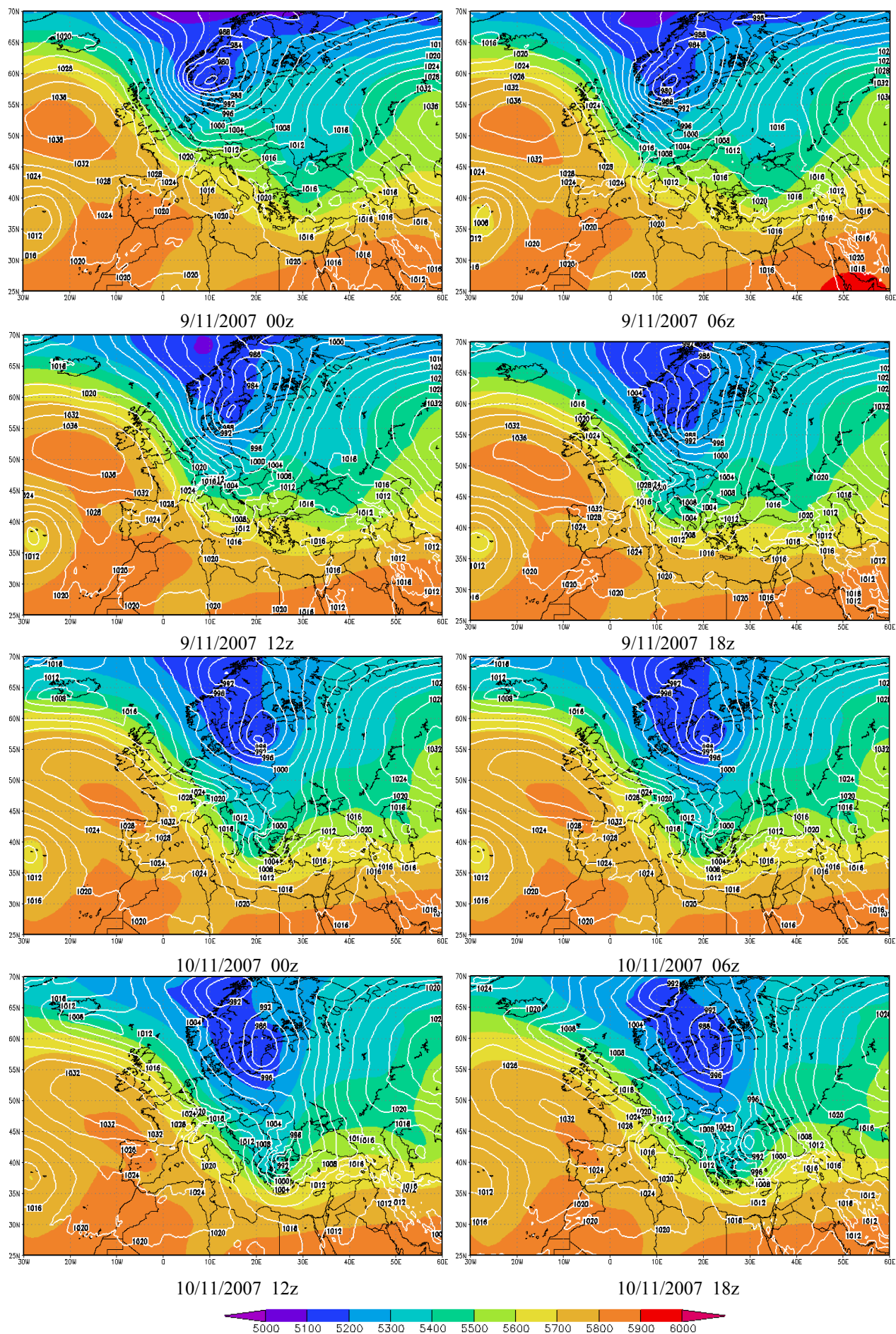
Παράλληλα, αξίζει να παρατηρηθεί το πέρασμα ενός ψυχρού μετώπου πάνω από την βόρεια Ελλάδα, το οποίο κατά την άφιξή του στην περιοχή έδωσε φαινόμενα (βροχές στα πεδινά και χιόνια στα ορεινότερα πάνω από τα 1300 μέτρα περίπου), τα οποία ήταν σχετικά έντονα αλλά μικρής διάρκειας, καθώς με την απομάκρυνσή του ο καταβάτης βαρδάρης λειτούργησε ως νεφοδιαλυτής.

3.2.2 Ανάλυση χαρτών 500 hPA

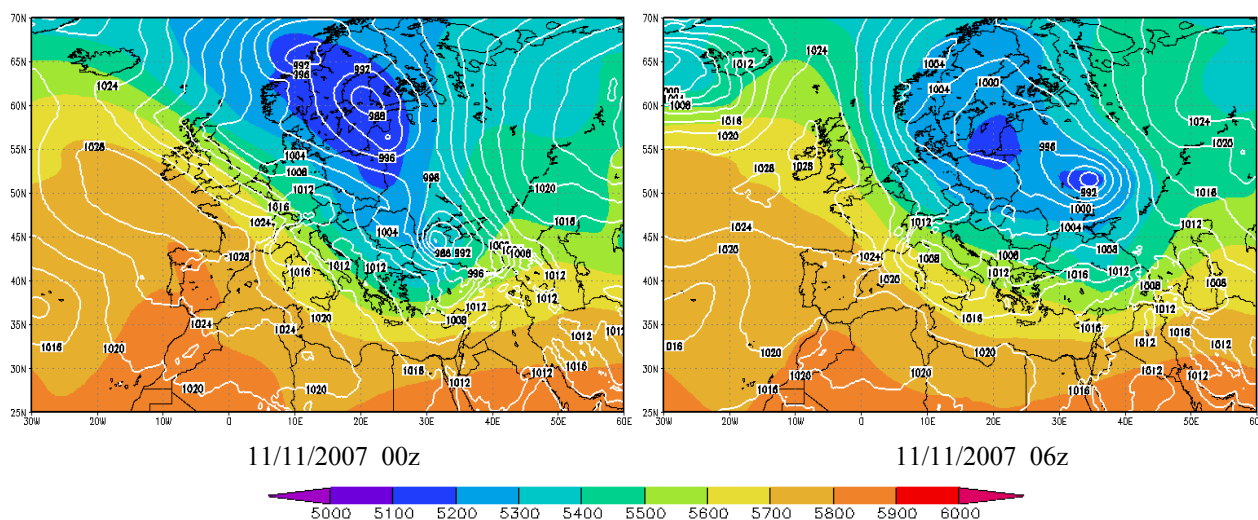
Στους χάρτες 3.6 απεικονίζονται τόσο το γεωδυναμικό ύψος της ισοβαρικής επιφάνειας των 500 hPA όσο και η επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση στην περιοχή της Ευρώπης κατά τη διάρκεια του επεισοδίου Βαρδάρη στις 10-11/11/2007. Παρατηρώντας τους χάρτες αυτούς μπορούμε να κάνουμε μία περιγραφή των συνοπτικών και δυναμικών συμβάντων.

Πριν το επεισόδιο Βαρδάρη στην περιοχή της κεντρική Μακεδονίας, στις 9/11 συντελείται κυκλογένεση στον κόλπο της Γένοβας, ενώ παράλληλα ο αζορικός αντικυκλώνας έχει την τάση να εισχωρεί μεταξύ του προαναφερθέντος επιφανειακού χαμηλού και του χαμηλού που βρίσκεται στην Σκανδιναβία. Το χαμηλό κινείται από την κεντρική Ιταλία προς τα ανατολικά – νοτιοανατολικά για να φτάσει ακριβώς πάνω από την κεντρική Μακεδονία στις 10/11 στις 00z (με τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης περίπου στα 1000 hPA), οπότε και έχουμε εκκίνηση του επεισοδίου στην περιοχή. Η ταχύτητα του ΒΔ ανέμου ενισχύεται καθώς το χαμηλό βαθαίνει πάνω από το Β. Αιγαίο (περίπου στα 992 hPA). Τελικά, η ύφεση απομακρύνεται προς τα ανατολικά βορειοανατολικά και μέχρι τις 11/11 ο ΒΔ εξασθενεί. Να τονιστεί ότι η οριζόντια βαροβαθμίδα κατά το μέγιστο της έντασης του επεισοδίου (από τη Θάσο μέχρι την Κέρκυρα) ήταν 16 hPA / 540 Km, δηλαδή σχεδόν 3 hPA / 100 Km.

Παράλληλα στην επιφάνεια των 500 hPA ο αυλώνας ακολουθεί την κίνηση του επιφανειακού χαμηλού και τη στιγμή που φτάνει πάνω από την κεντρική Μακεδονία το γεωδυναμικό ύψος της επιφάνειας (εκεί) φτάνει περίπου τα 5300 μέτρα. Κατά τη μέγιστη ένταση του ανέμου η επιφάνεια των 500 hPA «βαθαίνει» κατά 200 μέτρα από το ύψος της Κέρκυρας μέχρι και το ύψος της Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 3.6 - Χάρτες που απεικονίζουν το γεωδυναμικό ύψος της ισοβαρικής επιφάνειας των 500 hPa (διαβαθμίσεις χρωμάτων) και την επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση (άσπρες γραμμές).



Εικόνα 3.6 - Συνέχεια

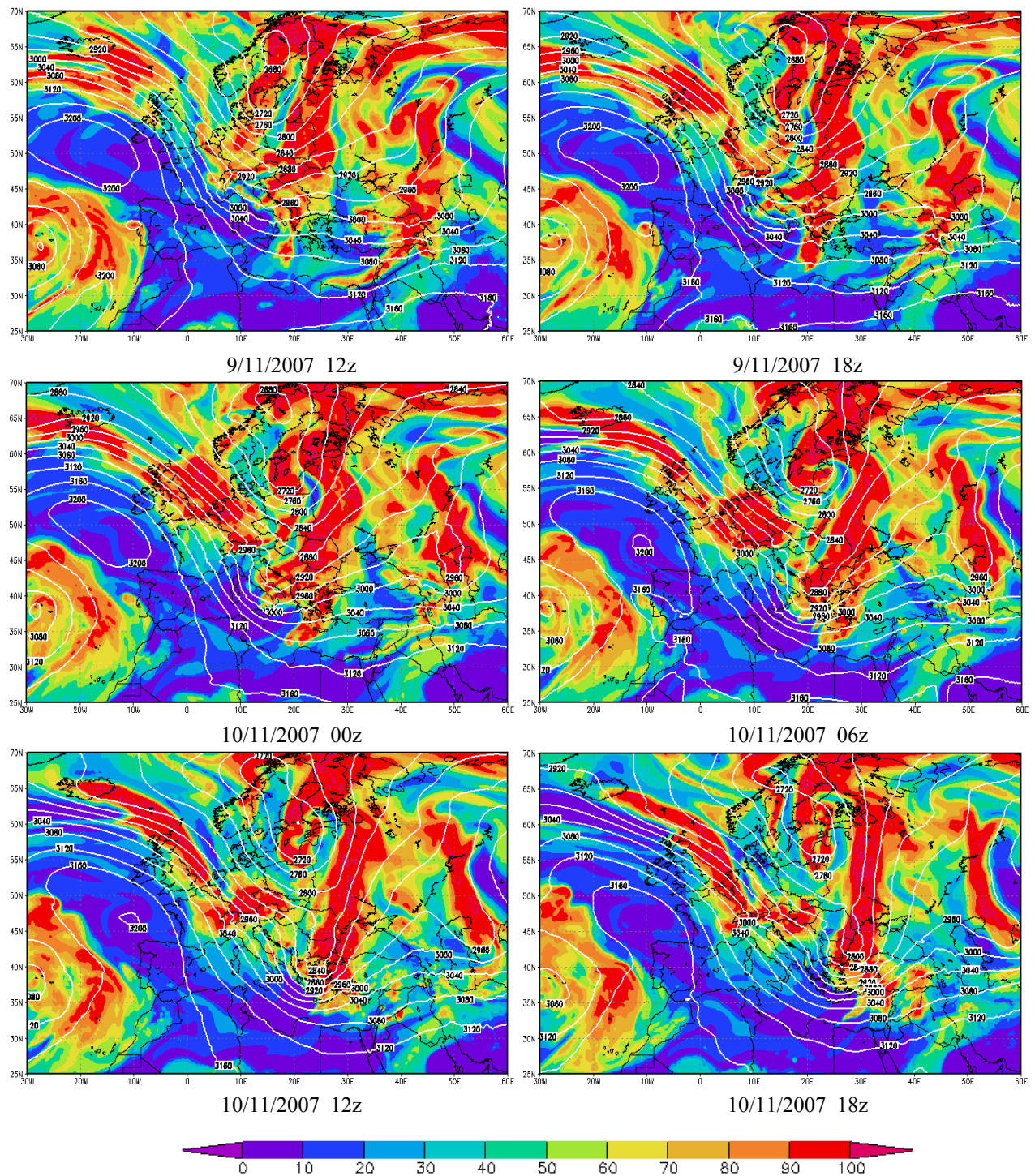
3.2.3 Ανάλυση χαρτών υγρασίας στα 700 hPA, στα 850 hPA και στην επιφάνεια

Στους χάρτες των εικόνων 3.7 και 3.8 απεικονίζεται η υγρασία στις ισοβαρικές επιφάνειες των 700 και 850 hPA αντίστοιχα αλλά και το ύψος των επιφανειών αυτών. Μια πρώτη και πολύ οφθαλμοφανής παρατήρηση είναι ότι η υγρασία και στα δύο επίπεδα μειώνεται απότομα μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα (μικρότερο των 6 ωρών) έως και 70% από τη στιγμή που αρχίζει να πνέει ο Βαρδάρης πάνω από την κεντρική Μακεδονία. Στα 850 hPA η μείωση ξεκινάει λίγο αργότερα. Επιπλέον η επιφάνεια των 850 hPA κατά το μέγιστο του επεισοδίου «βυθίζεται» κατά 120 περίπου γεωδυναμικά μέτρα σε μία απόσταση 540 Km, ενώ την ίδια στιγμή η επιφάνεια των 700 «βυθίζεται» περίπου 80 μέτρα στην ίδια απόσταση.

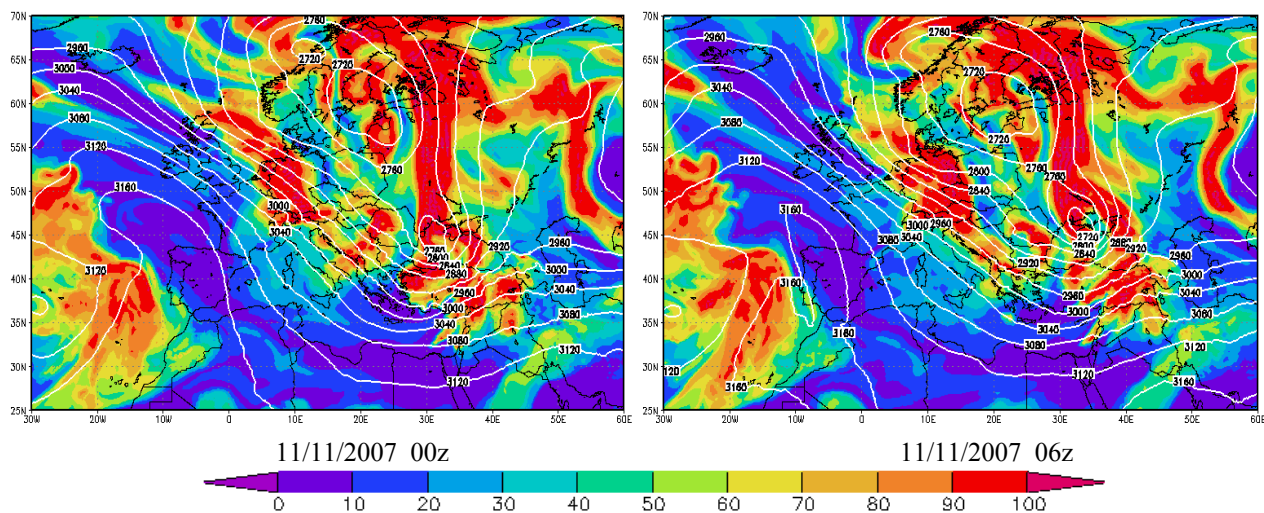
Σχετικά με την υγρασία θα ήταν καλό να κάνουμε λίγες παραπάνω σκέψεις. Είναι γνωστό πως η σχετική υγρασία αποτελεί το πηλίκο της υπαρκτής υγρασίας στην ατμόσφαιρα προς την μέγιστη τιμή που μπορεί να αποκτήσει ώστε να καταστεί κορεσμένη (από υδρατμούς). Παράλληλα, η υγρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας και συγκεκριμένα, αυξάνεται όταν μειώνεται η θερμοκρασία και αντίστροφα. Ουσιαστικά, όταν μειώνεται η θερμοκρασία ελαττώνεται και ο παρονομαστής που αποτελεί τη μέγιστη τιμή κορεσμού. Έτσι υπάρχουν δύο τρόποι για να μειωθεί η σχετική υγρασία σε μία περιοχή. Ο πρώτος τρόπος είναι πολύ απλά να μειωθεί η ποσότητα των υδρατμών στην ατμόσφαιρα υπό σχεδόν σταθερή θερμοκρασία και ο δεύτερος είναι να αυξηθεί η θερμοκρασία και να παραμείνει σταθερή η ποσότητα των υδρατμών στην ατμόσφαιρα.

Στην δική μας περίπτωση ωστόσο έχουμε να κάνουμε με τον πρώτο τρόπο, όπου ο ισχυρός άνεμος δεν αφήνει ιδιαίτερα περιθώρια για αύξηση ή διατήρηση της σχετικής υγρασίας, καθώς και η θερμοκρασία ελαττώνεται με την έναρξη του επεισοδίου. Έτσι σαν αποτέλεσμα μπορούμε να πούμε ότι αφού και η θερμοκρασία πέφτει, ελαττώνεται και η μέγιστη τιμή κορεσμού του αέρα και

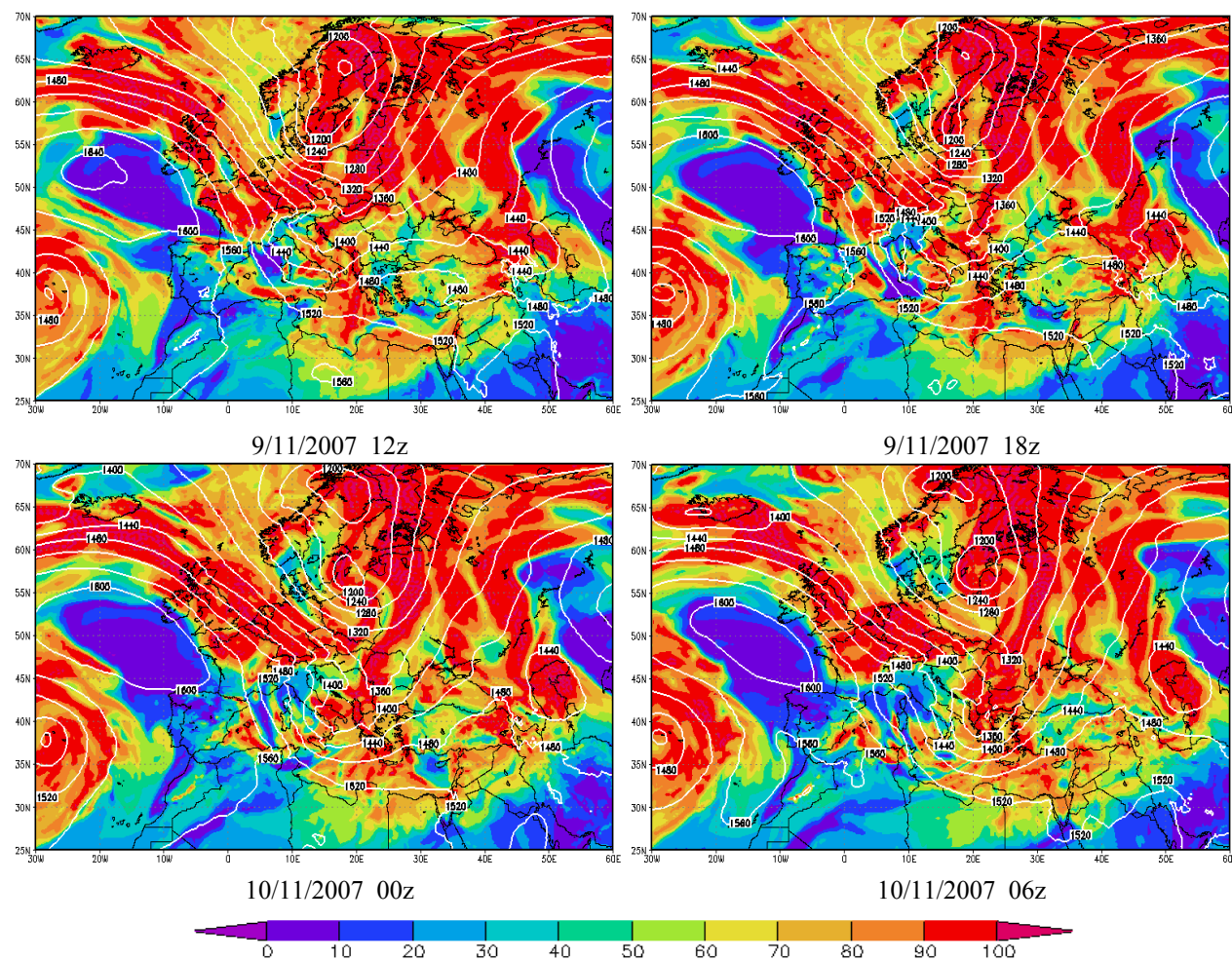
άρα τελικά το περιεχόμενο υγρό στοιχείο του αέρα μειώνεται ακόμα περισσότερο απ'ότι αν η θερμοκρασία ήταν σταθερή.



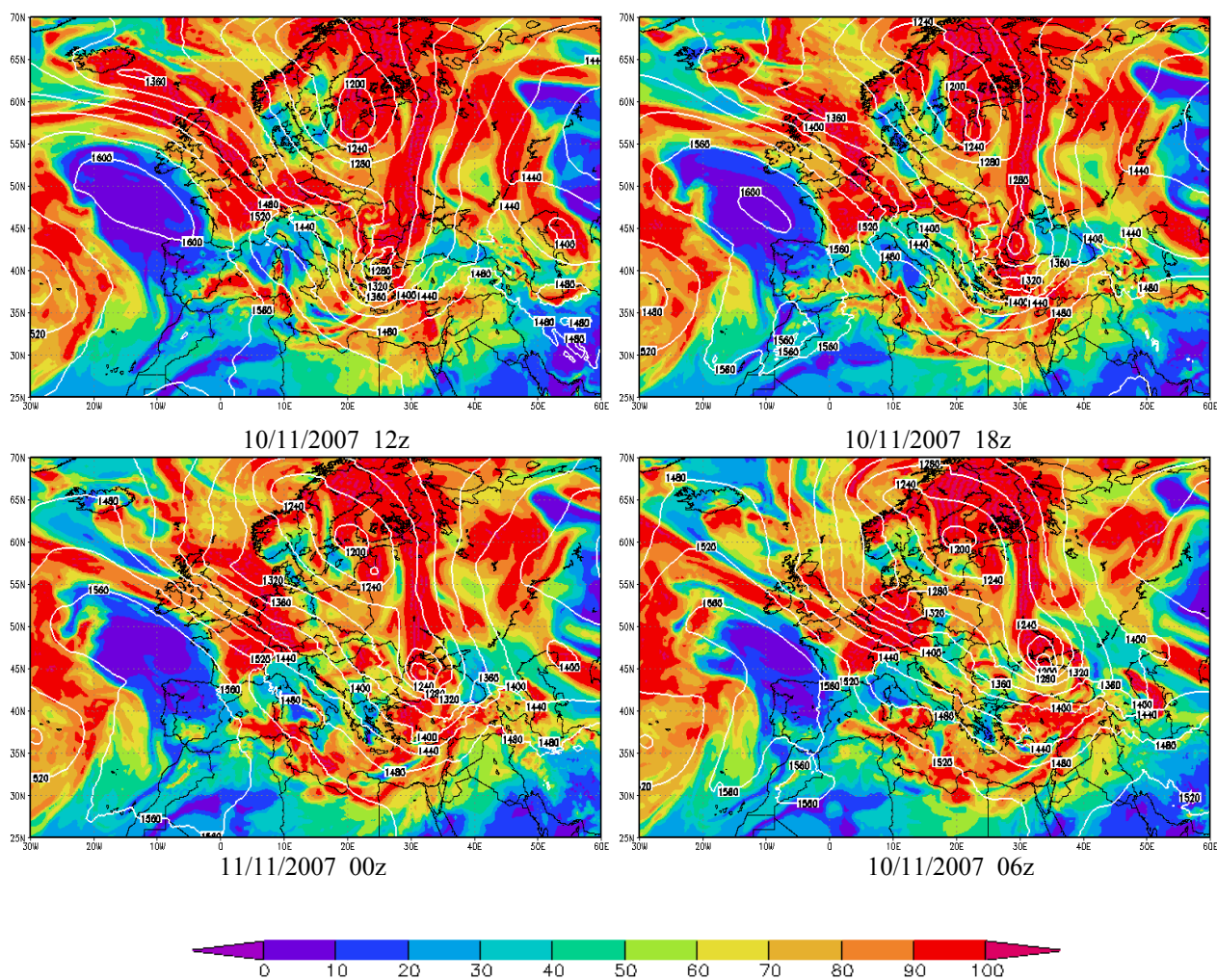
Εικόνα 3.7 Χάρτες που απεικονίζουν το γεωδυναμικό ύψος της ισοβαρικής επιφάνειας των 700 hPa (άσπρες γραμμές) και την υγρασία στο επίπεδο αυτό (διαβαθμίσεις χρωμάτων).



Εικόνα 3.7 Συνέχεια

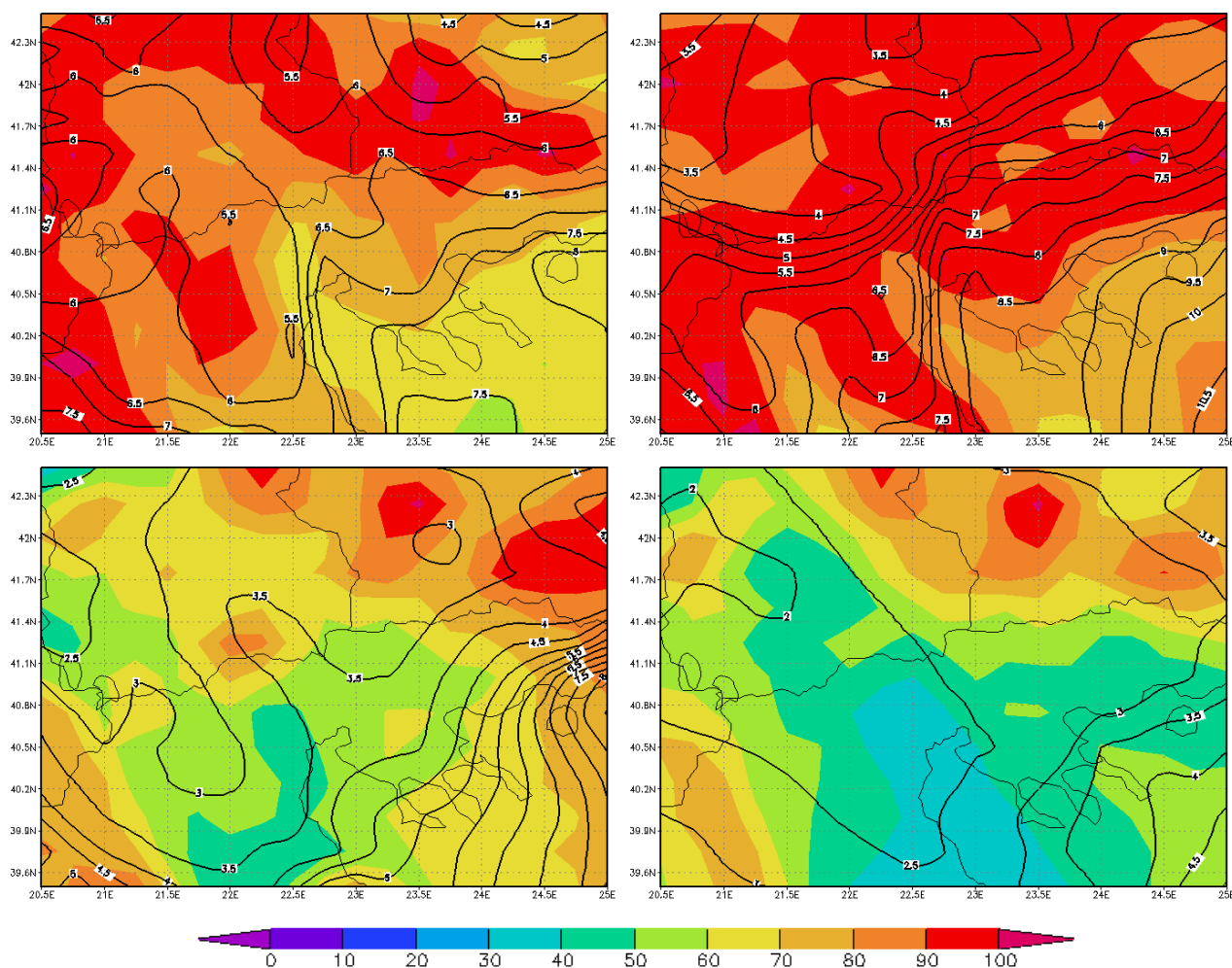


Εικόνα 3.8 - Χάρτες που απεικονίζουν το γεωδυναμικό ύψος της ισοβαρικής επιφάνειας των 850 hPa (άσπρες γραμμές) και την σχετική υγρασία στο επίπεδο αυτό (διαβαθμίσεις χρωμάτων).



Εικόνα 3.8 – Συνέχεια

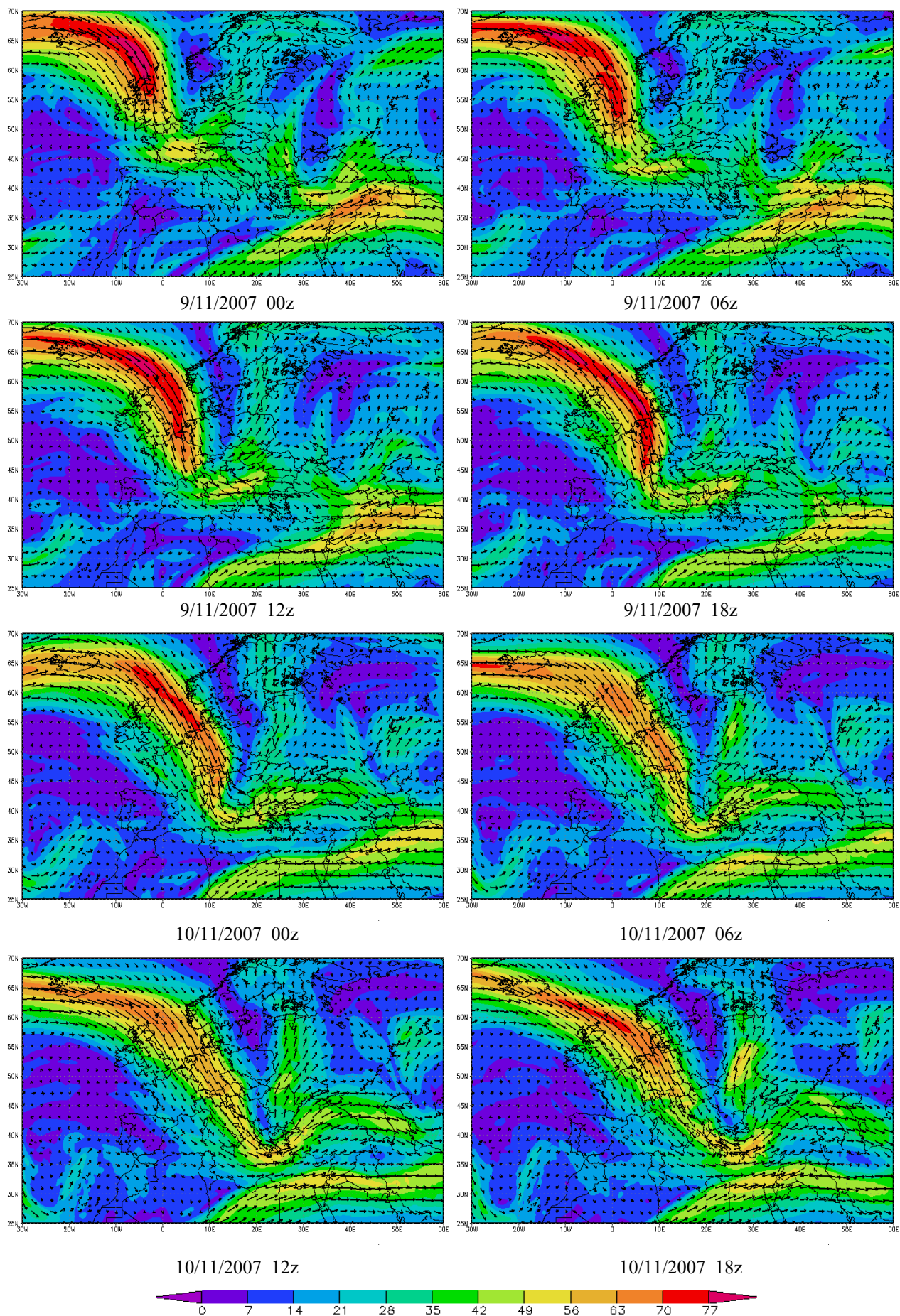
Σε αυτό το σημείο της εργασίας και μιας και θα σχολιαστούν χάρτες επιφανειακής σχετικής και ειδικής υγρασίας για την περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας, θα ήταν καλό να αναφέρουμε τον ορισμό της δεύτερης (ειδικής υγρασίας). Η ειδική υγρασία ορίζεται ως ο λόγος της μάζας των υδρατμών προς τη μάζα του υγρού αέρα που περιέχει τους υδρατμούς και αποτελεί καθαρό αριθμό (kg/kg) (Τ. Μακρογιάννης και Χ. Σαχσαμάνογλου 2004). Στους χάρτες λοιπόν της εικόνας 3.9 παρατηρούμε ότι αρχικά ο αέρας είναι κορεσμένος ή σχεδόν κορεσμένος σε υδρατμούς από τις πρώτες πρωινές ώρες της 10^{ης} Νοεμβρίου μέχρι και τις προμεσημβρινές. Στη συνέχεια παρατηρούμε σταδιακή ελάττωση τόσο της σχετικής όσο και της ειδικής υγρασίας στην περιοχή. Ενδεικτικά η σχετική υγρασία σε γενικές γραμμές σημειώνει πτώση έως και κατά 60% σε σημεία ενώ και η ειδική υγρασία ελαττώνεται κατά 0.004 kg/kg περίπου. Αξίζει να σημειωθεί ότι πάνω από τον Θερμαϊκό κόλπο τόσο η σχετική όσο και η ειδική υγρασία παραμένουν σε υψηλότερα επίπεδα απ'ότι στην παρακείμενη ξηρά και πριν την έναρξη του επεισοδίου και μετά, παρά το γεγονός ότι εκεί ο Βαρδάρης, όπως θα δούμε παρακάτω (εικόνα 3.11), λόγω μη ύπαρξης τριβών έχει μεγαλύτερη ένταση. Αυτό συμβαίνει για τον απλούστατο λόγο ότι η αέρια μάζα εκεί στα κατώτερα τμήματά της εμπλουτίζεται με υδρατμούς από την θάλασσα.



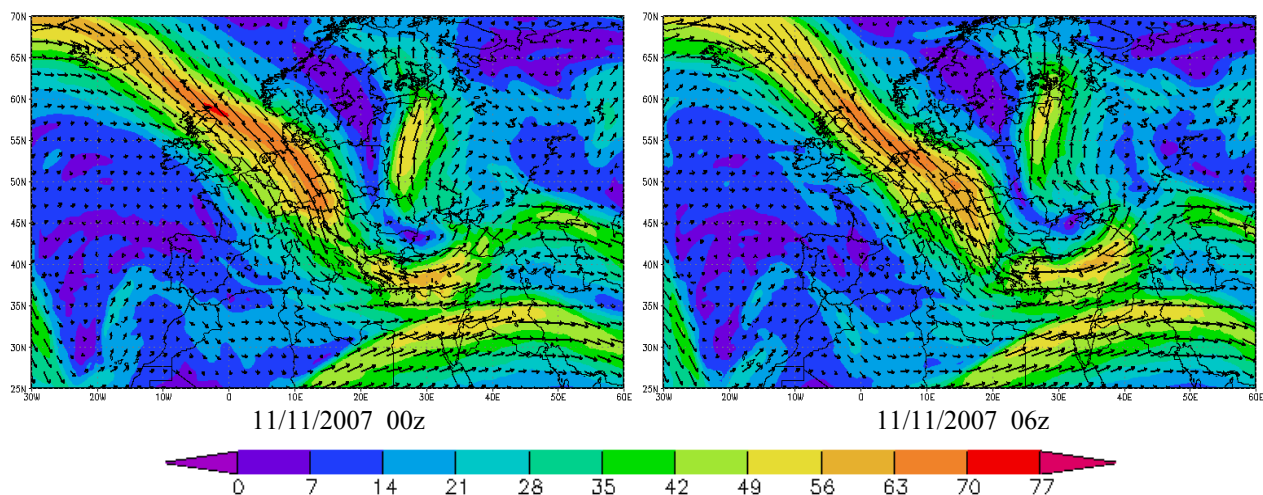
Εικόνα 3.9 Χάρτες επιφανειακής σχετικής και απόλυτης υγρασίας στην επιφάνεια πάνω από το διαμέρισμα της Μακεδονίας. Οι τιμές της απόλυτης υγρασίας είναι επί τοις % και τις ειδικής σε kg/kg και πολλαπλασιασμένη με 10^3 .

3.2.4 Ανάλυση αεροχείμαρρου στα 300 hPA

Η επιφάνεια των 300 hPA παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς παρατηρούμε (στους χάρτες της εικόνας 3.10) έντονη κινητικότητα του πολικού αεροχείμαρρου κατά μήκος των «ορίων» μεταξύ του αζορικού αντικυκλώνα με κέντρο 1030 hPA στον Ατλαντικό και του χαμηλού πάνω από την Σκανδιναβία με κέντρο έως και 985 hPA. Έτσι, από την περιοχή της Ισλανδίας (ο αεροχείμαρρος) κατευθύνεται προς τα βόρειοανατολικά της Αγγλίας και συνεχίζει με κατεύθυνση νότια-νοτιοανατολική προς την Μεσόγειο. Έτσι, αφού επηρεάσει και την βόρεια και κεντρική Ιταλία, τελικά φτάνει στον Ελλαδικό χώρο και συγκεκριμένα στα κεντρικά και βόρεια τμήματα, με διεύθυνση κίνησης σχεδόν από τα δυτικά-νοτιοδυτικά, σχηματίζοντας, συνολικά, μία σιγμοειδή κίνηση. Αξίζει, βέβαια, να σημειωθεί ότι οι ταχύτητες του αεροχείμαρρου είναι πολύ μεγαλύτερες στην περιοχή της Αγγλίας, όπου φτάνουν έως και τα 80 m/sec, παρά στην περιοχή της Μεσογείου όπου φτάνουν μέχρι και τα 60 m/sec. Σύμφωνα με το παραπάνω, λοιπόν, και η ταχύτητα του επιφανειακού ανέμου θα διαφέρει ανάλογα στις αντίστοιχες περιοχές, όπου βέβαια σημαντικό ρόλο παίζει και το ανάγλυφο σε αυτήν την περίπτωση.



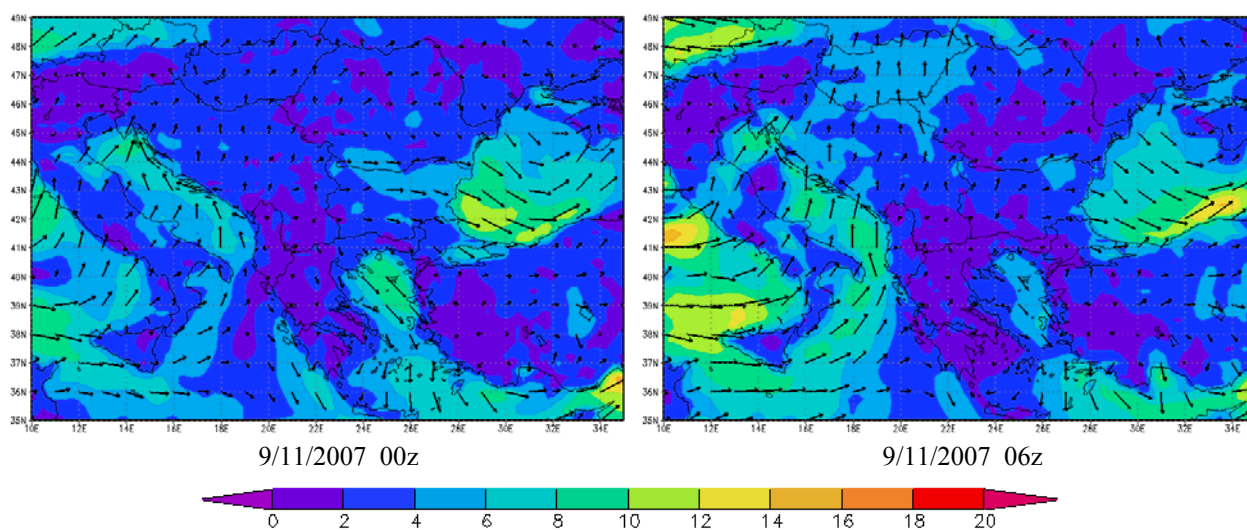
Εικόνα 3.10 – Χάρτης στα 300 hPA, όπου απεικονίζεται η ταχύτητα (σε m/sec) αλλά και η διεύθυνση του ανέμου.



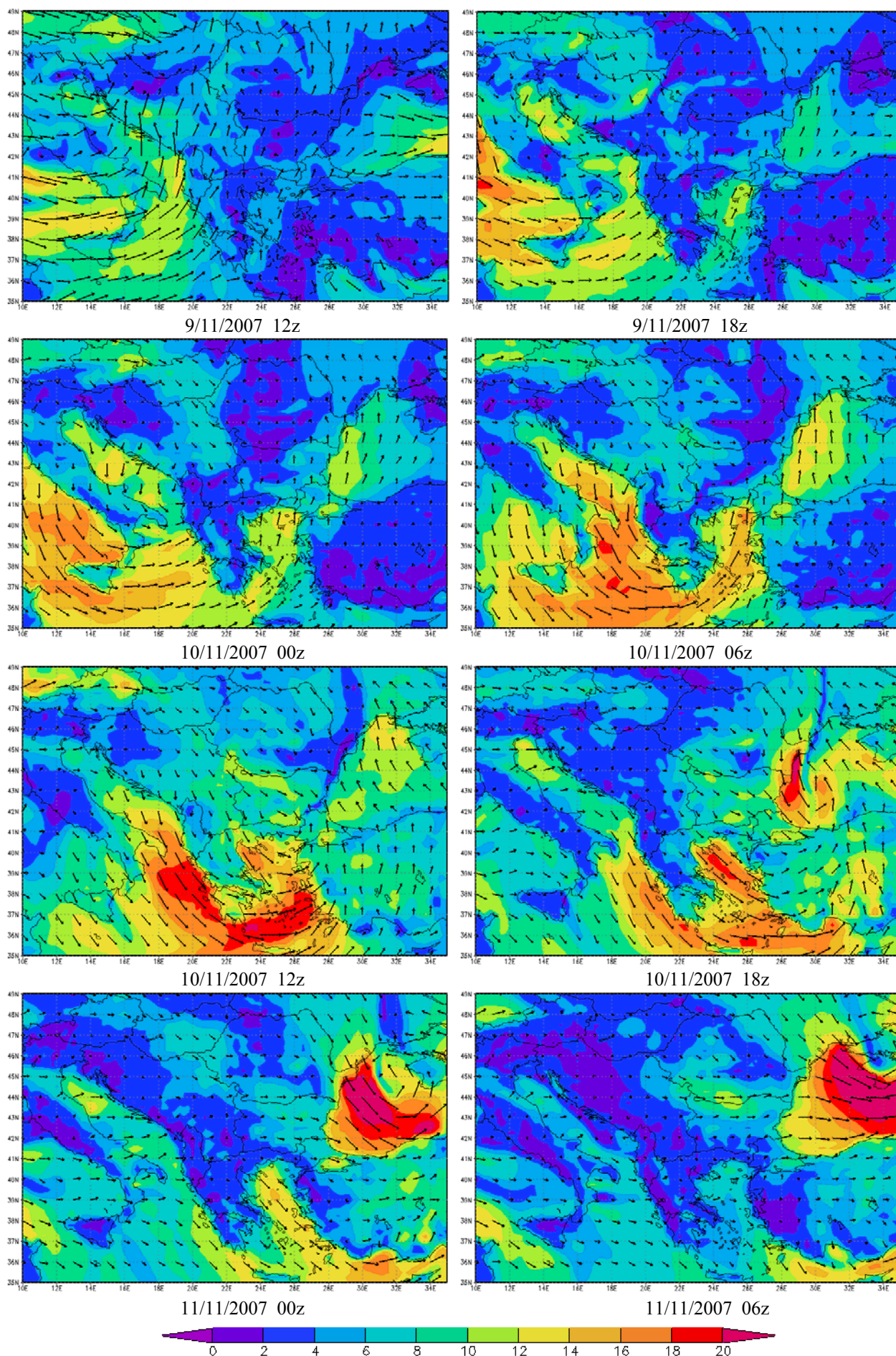
Εικόνα 3.10 – Συνέχεια

3.2.5 Χάρτες διεύθυνσης και ταχύτητας επιφανειακού ανέμου

Στους χάρτες (εικόνα 3.11) διεύθυνσης και ταχύτητας επιφανειακού ανέμου που επικεντρώνουν στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου μπορούμε να καταλάβουμε εύκολα την χαρακτηριστική σταδιακή μεταβολή της ροής του αέρα από δυτικά προς ανατολικά. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά ο άνεμος πάνω από τον Ελλαδικό χώρο έχει μεταβλητή διεύθυνση. Όσο το σύστημα πλησιάζει η διεύθυνση γίνεται σταδιακά νότια-νοτιοδυτική και αργότερα στρέφεται σε δυτική και τελικά βορειοδυτική. Είναι προφανές ότι με την έλευση του συστήματος η ταχύτητα σταδιακά αυξάνει. Εν τούτοις, πάνω από το ηπειρωτικό κομμάτι (που βρίσκεται υπό την επίδραση του ανέμου) η ταχύτητα είναι αρκετά μικρότερη από την ταχύτητα που έχει αυτός πάνω από το βόρειο Αιγαίο λόγω της μεγαλύτερης τριβής πάνω από χερσαίες περιοχές. Αναλυτικότερα στοιχεία για αυτήν την κατάσταση θα δούμε στους χάρτες υψηλής ανάλυσης του μοντέλου WRF στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας.



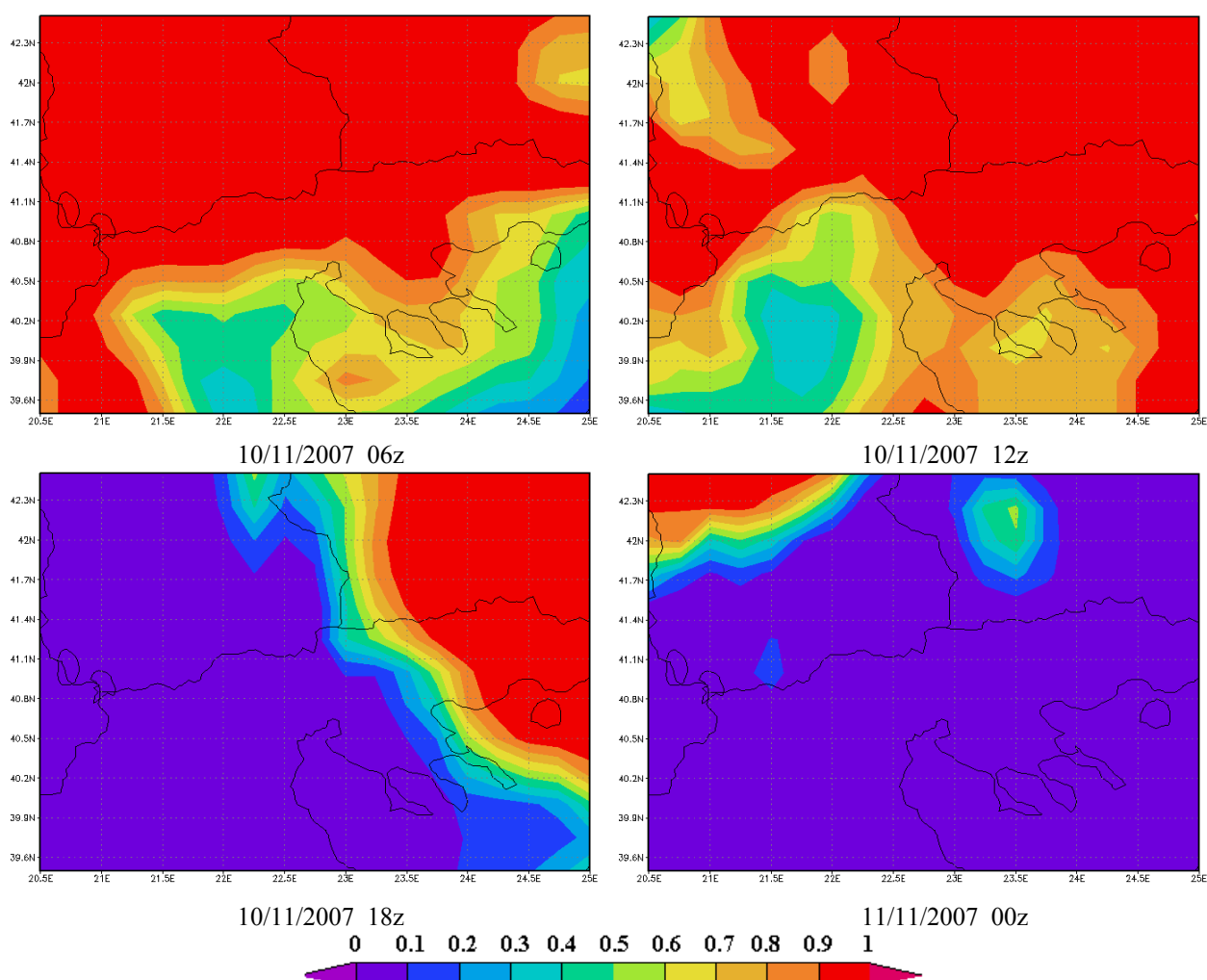
Εικόνα 3.11 – Επιφανειακή συνισταμένη των U και V ανέμων και ταχύτητα αυτής στην ΝΑ Ευρώπη. Η ταχύτητα (χρωματικές διαβαθμίσεις) είναι σε m/sec και τα βέλη δείχνουν την διεύθυνση της συνισταμένης.



Εικόνα 3.11 – Επιφανειακή συνιστώσα U και V ανέμων και ταχύτητα αυτής. Η κλίμακα είναι σε m/sec.

3.2.6 Χάρτες νέφωσης

Στους χάρτες της εικόνας 3.12 μπορούμε να δούμε τη νεφοκάλυψη λίγο πριν και κατά τη διάρκεια του φαινομένου που μελετάμε. Έτσι βλέπουμε ότι με την έλευση του χαμηλού το πρωί της 10^{ης} Νοεμβρίου έχουμε αυξημένη νέφωση, που όμως μετά το μεσημέρι διαλύεται σε αξιοσημείωτα μικρό χρονικό διάστημα. Οι χάρτες 18z στις 10/11 και 00z στις 11/11 αποτελούν χαρακτηριστικότερη εικόνα κατά την πνοή Βαρδάρη, ο οποίος φαίνεται να σπρώχνει τα νέφη ανατολικότερα και ουσιαστικά να τα διαλύει. Το ίδιο βέβαια συμβαίνει και κατά μήκος της πεδιάδας των Σερρών, όπου έχουμε αντίστοιχο φαινόμενο καταβάτη ανέμου από το όρος Μπέλες αλλά και τα βορειότερα όρη της Βουλγαρίας.



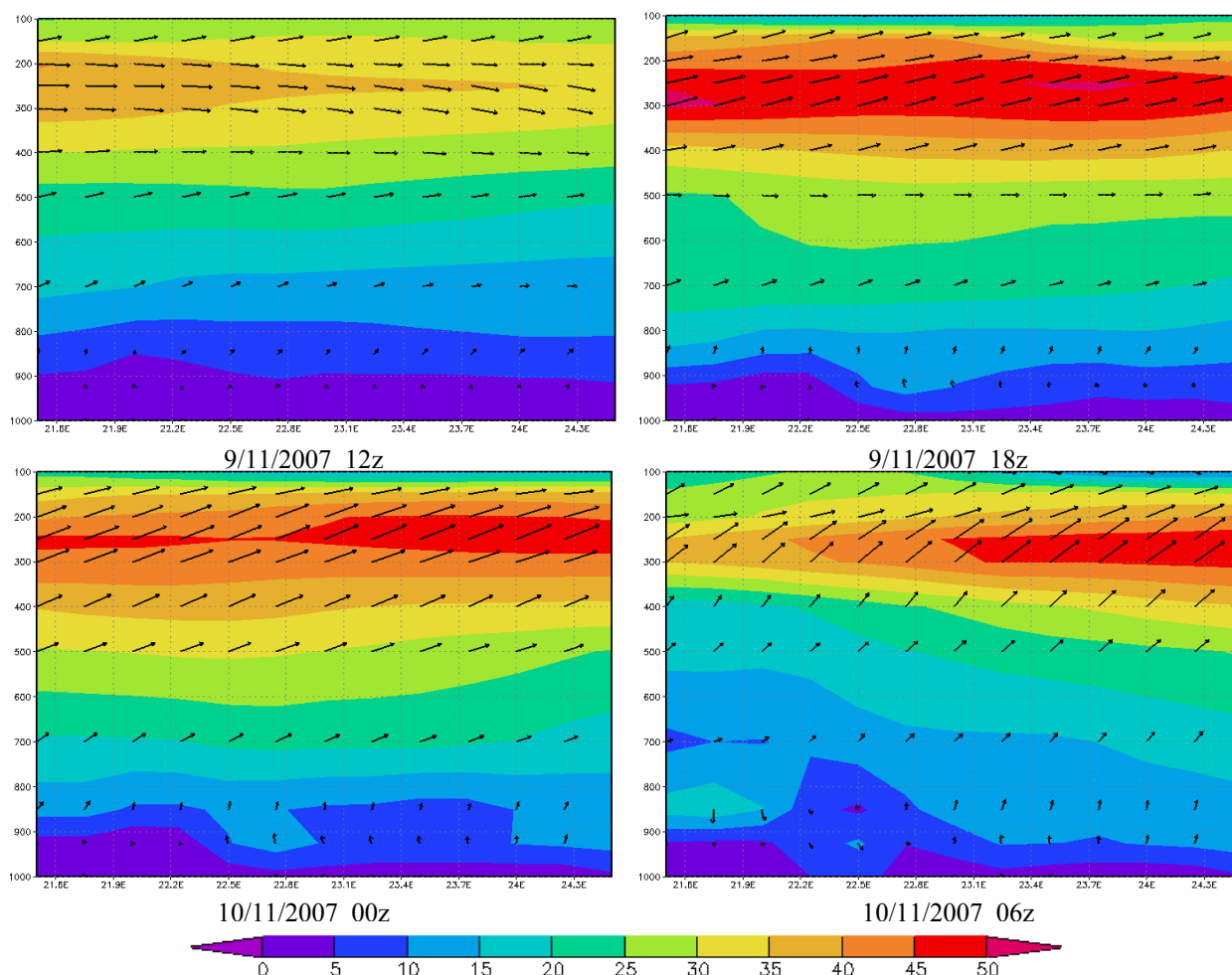
Εικόνα 3.12 – Χάρτες ολικής νέφωσης. Η τιμή 0 ισοδυναμεί με ανέφελο ουρανό και η τιμή 1 με πολύ συμπαγή νέφωση.

3.3 Κάθετες τομές στην ατμόσφαιρα

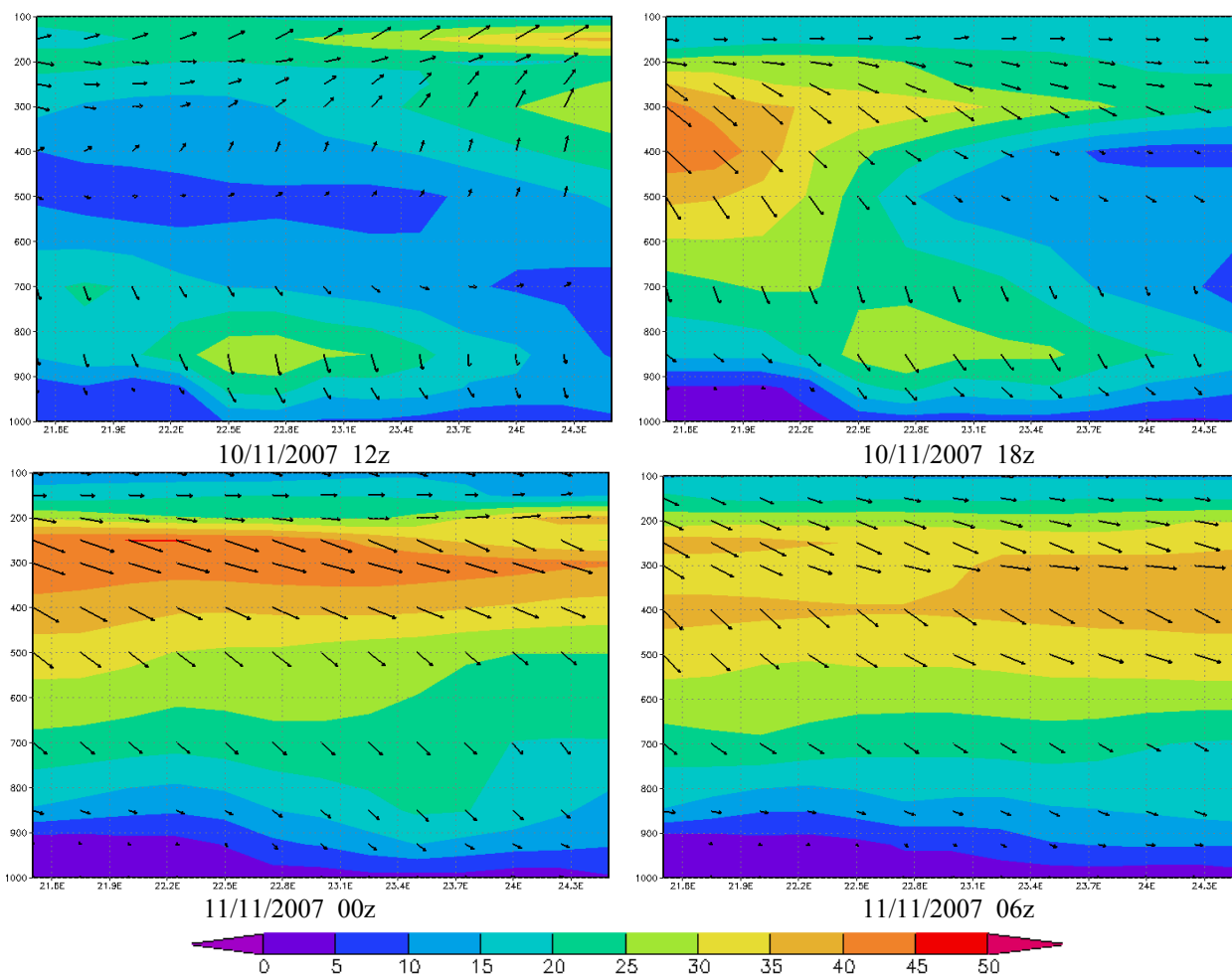
3.3.1 Τομή ανέμου

Στις τομές που βρίσκονται κατά μήκος του 41^{ου} παράλληλου που βρίσκεται λίγο βορειότερα της Θεσσαλονίκης μπορούμε να δούμε την καθ' ύψος ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο ζώνες ενδιαφέροντος. Η μία είναι περίπου στα 300 hPA, όπου εντοπίζεται ο πολικός αεροχείμαρρος και η άλλη είναι στα 800 hPA. Έτσι λοιπόν, στην πρώτη ζώνη βλέπουμε ένα ρεύμα αέρα που σταδιακά εισέρχεται στην περιοχή έρευνας και μεταβάλλεται τόσο η ταχύτητα από 35 έως και πάνω από 50 m/sec όσο και η διεύθυνσή του από βορειοδυτική σε πιο δυτική-νοτιοδυτική.

Στην δεύτερη ζώνη παρατηρούμε γενικά μεταβλητής διεύθυνσης άνεμο με ταχύτητες μικρότερες από 10 m/sec. Σταδιακά και παράλληλα με την στροφή της διεύθυνσης του πολικού αεροχείμαρρου σε δυτική-νοτιοδυτική ο επιφανειακός άνεμος γυρνάει σε βορειοδυτικό και ενισχύεται. Παρατηρούμε στην τομή 18z στις 10/11, με χαρακτηριστική φακοειδή μορφή (μεταξύ 800-900 hPA και 22.2°-23.7° γεωγραφικό μήκος), την ροή του βορειοδυτικού ανέμου και τις αυξημένες ταχύτητες που φτάνουν έως και τα 25-30 m/sec. Στη συνέχεια το ΒΔ ρεύμα φαίνεται να εξασθενεί.



Εικόνα 3.13 – Κάθετες τομές (παράλληλες στον 41^ο παράλληλο, από 21.7° έως 24.5° γεωγραφικό μήκος) της ατμόσφαιρας που απεικονίζουν την συνισταμένη των ανέμων U και V και την ταχύτητα αυτής.

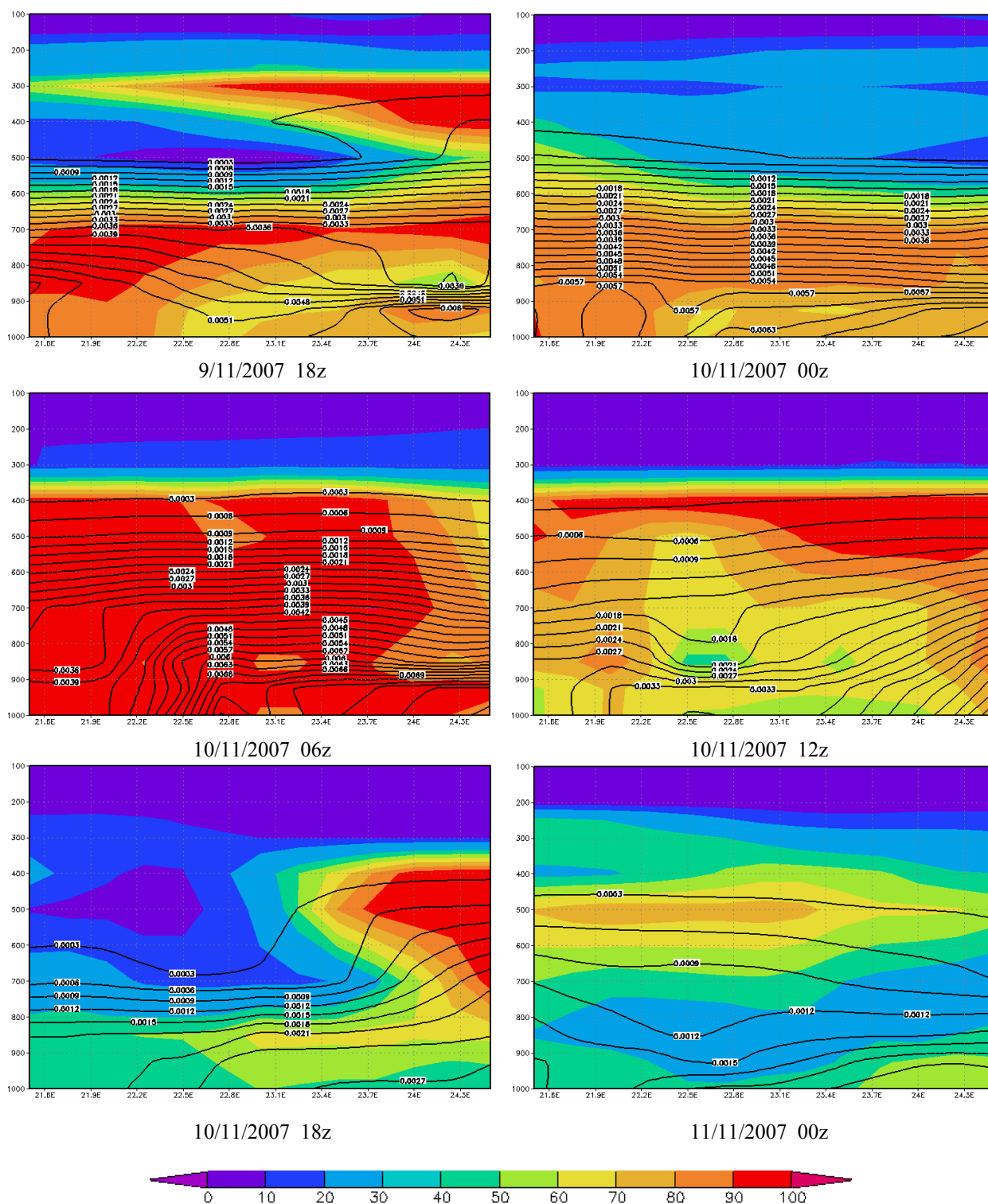


Εικόνα 3.13 – Συνέχεια

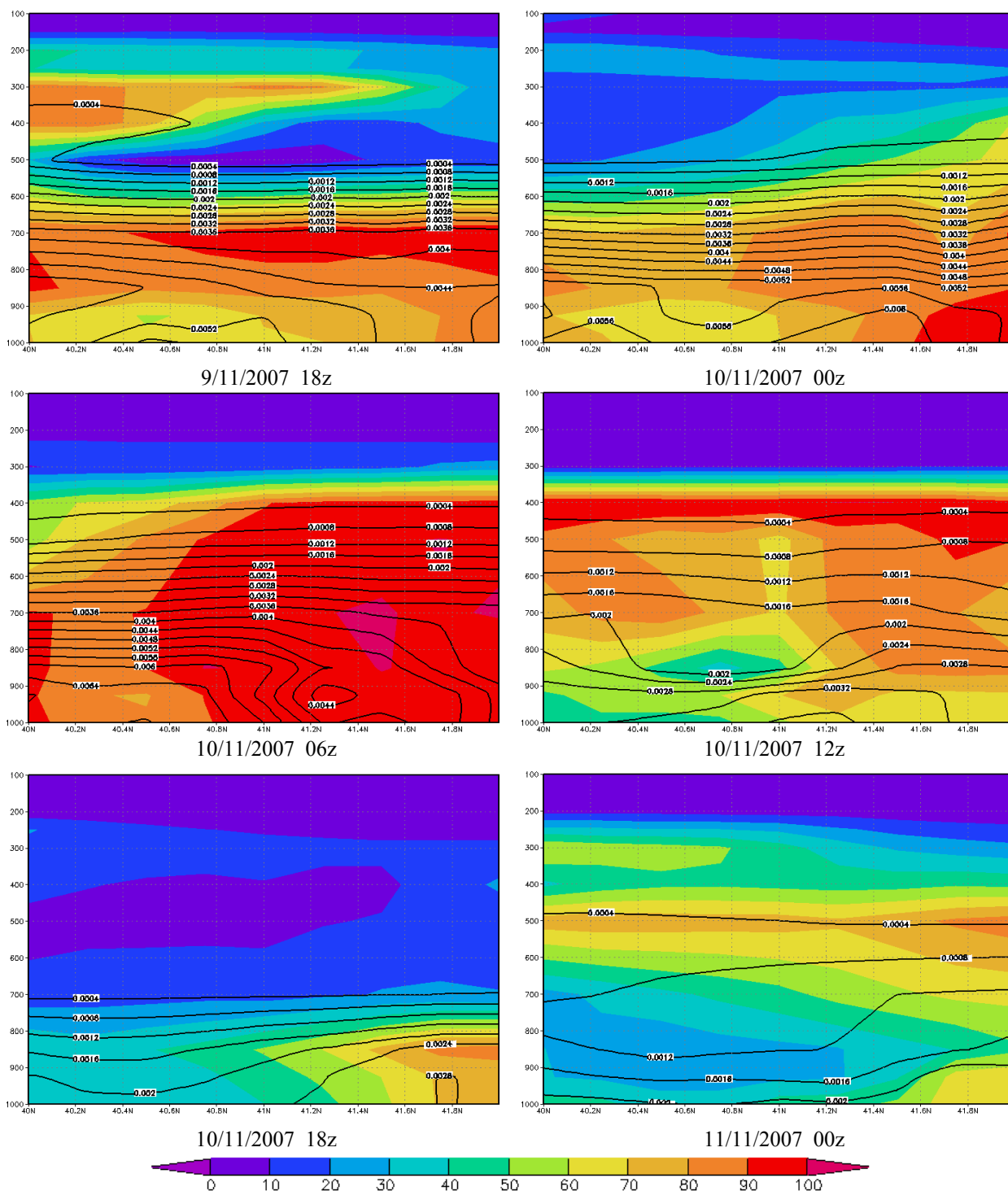
3.3.2 Τομές υγρασίας

Στις οριζόντιες και κάθετες τομές της εικόνας 3.14 και 3.15 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα απόλυτα και σχετικά ποσά υγρασίας στην περιοχή της κοιλάδας του Αξιού καθ' ύψος. Παραπάνω αναλύσαμε τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να μεταβάλλεται η υγρασία σε σχέση με την θερμοκρασία. Στις τομές κατά μήκος του 41° παράλληλου αλλά και κατά μήκος του 22.5° μεσημβρινού, παρατηρούμε ότι αρχικά η ατμόσφαιρα πάνω από την περιοχή είναι αρκετά κορεσμένη σε υδρατμούς με αποτέλεσμα την εκδήλωση φαινομένων, τα οποία όμως σταματούν με την έλευση του Βαρδάρη, και έτσι η σχετική υγρασία (που είναι ο λόγος των υδρατμών που υπάρχουν σε συγκεκριμένο όγκο προς το μέγιστο ποσό των υδρατμών που «χωράει» αυτός ο όγκος) μειώνεται σταδιακά από 100% κατά τόπους, σε 40% έως και κάτω από 10% σε πιο μεγάλα υψόμετρα στην τροπόσφαιρα. Την ίδια πτωτική πορεία ακολουθεί και η ειδική υγρασία η οποία από $0,007 \text{ kg/kg}$ που είναι κατά τη διάρκεια των φαινομένων μειώνεται σε $0,0015 \text{ kg/kg}$ λίγο μετά την αποκορύφωση του φαινομένου του Βαρδάρη. Ουσιαστικά μέσα σε περίπου δώδεκα ώρες έχουμε πτώση της υγρασίας κατά 60-90% και κατά $0,005 \text{ kg/kg}$ στα διάφορα ύψη της ατμόσφαιρας πάνω από την περιοχή.

Τέλος, μπορούμε να παρατηρήσουμε την εικόνα του ψυχρού μετώπου στην τομή 18z στις 10/11, αφού υπάρχει μία νοητή επιφάνεια που διαχωρίζει τον αρκετά υγρότερο από τον αρκετά ξηρότερο αέρα.



Εικόνα 3.14 – Κάθετες τομές (παράλληλες στον 41ο παράλληλο, από 21.7ο έως 24.5ο γεωγραφικό μήκος) της ατμόσφαιρας που απεικονίζουν την απόλυτη (gr/m³) και σχετική υγρασία (%).

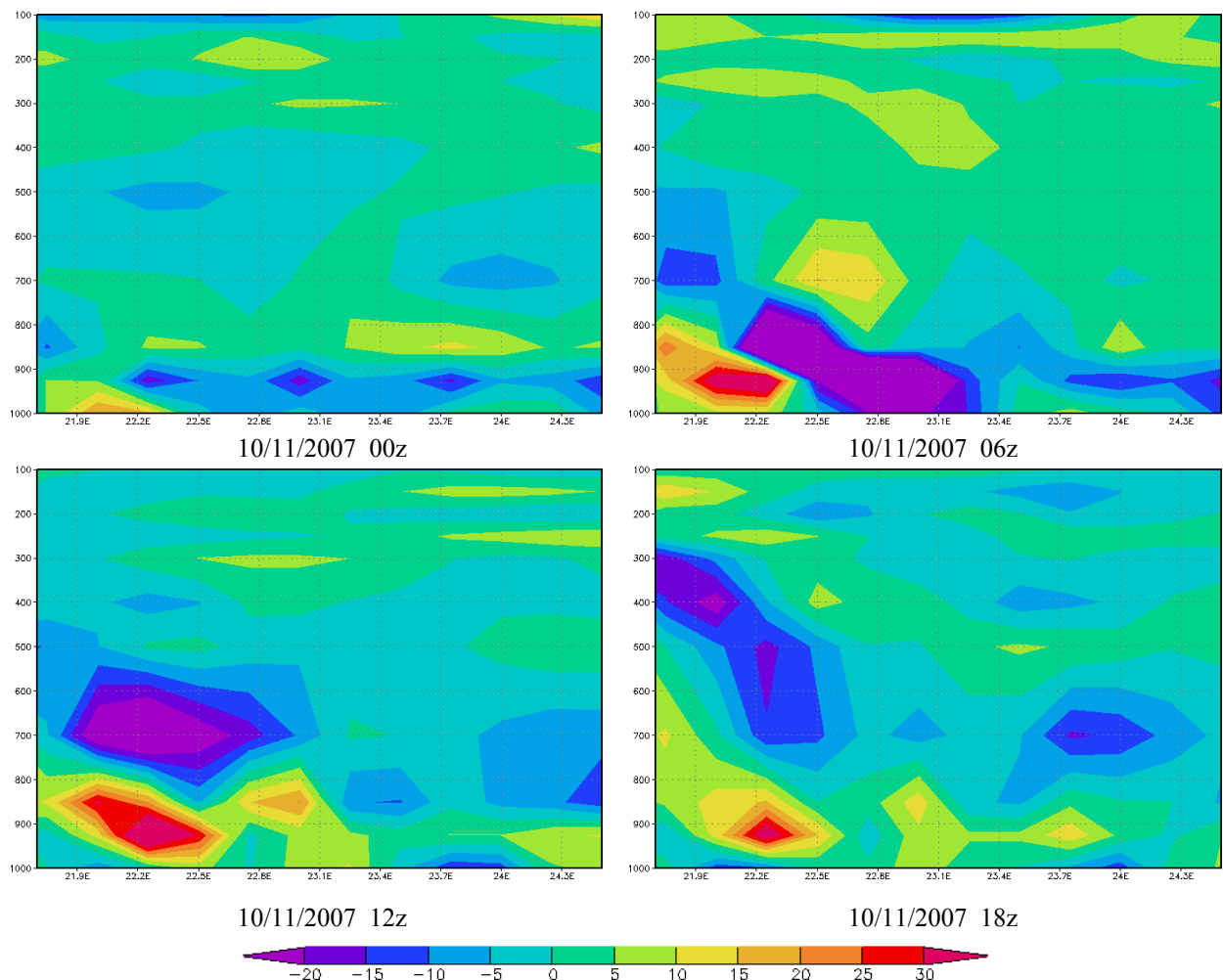


Εικόνα 3.15 – Κάθετες τομές (παράλληλες στον 22.5ο μεσημβρινό, από 40ο έως 50ο γεωγραφικό μήκος) της ατμόσφαιρας που απεικονίζουν την συνισταμένη των ανέμων U και V και την ταχύτητα αυτής.

3.3.3 Τομή απόκλισης των αερίων μαζών

Στις 6 το πρωί στις 10/11 φαίνεται η χαρακτηριστική σύγκλιση του αέρα πάνω από την πόλη της Θεσσαλονίκης (γ.π. 40.6°, γ.μ. 22.9°) και δυτικότερα (εικόνα 3.16). Αυτή η σύγκλιση οφείλεται στην έλευση της ύφεσης. Σταδιακά όμως μέχρι τις 12 το μεσημέρι οπότε και επικρατεί ο

Βαρδάρης, φαίνεται ότι επικρατεί απόκλιση στα κατώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας, που σημαίνει ότι η περιοχή επηρεάζεται από αντικυκλωνικό σύστημα. Δηλαδή, παρατηρείται καθοδική κίνηση του αέρα κατά την οποία αυτός θερμαίνεται αδιαβατικά. Αυτό εξηγεί την διάλυση των νεφών βέβαια, αλλά και την πτώση της υγρασίας ενώ παράλληλα τα λίγα νέφη που παραμένουν στα πιο υψηλά στρώματα οφείλονται στην απόκλιση που φαίνεται να υπάρχει μεταξύ 700 – 500 hPA.

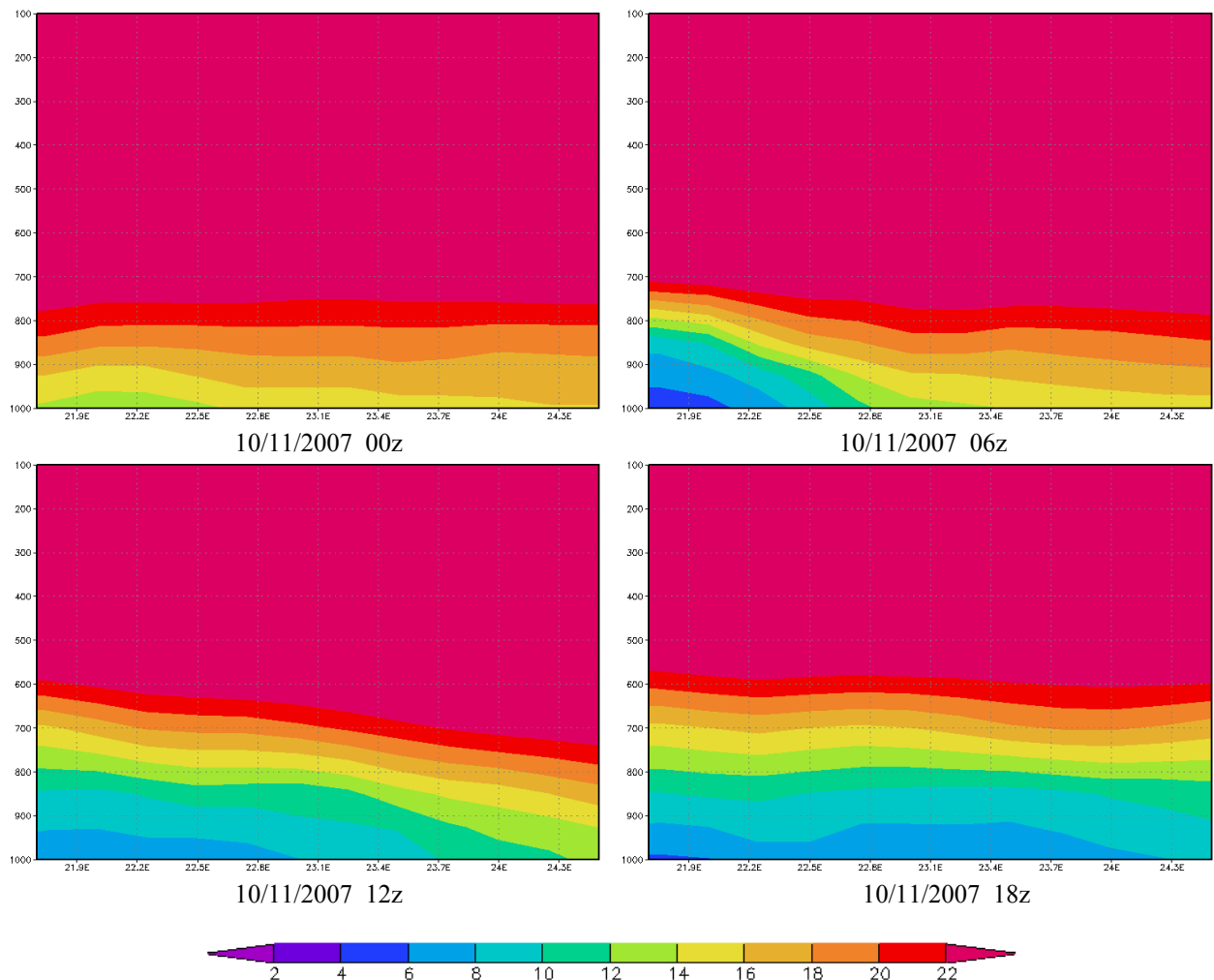


Εικόνα 3.16 – Απόκλιση αερίων μαζών. Η τομή είναι παράλληλη με τον 41ο παράλληλο και κάθετη προς την επιφάνεια που ορίζεται από τον 21.7 και 24.5 μεσημβρινό. Οι τιμές είναι πολλαπλασιασμένες $\cdot 10^5$. Οι θετικές τιμές απεικονίζουν απόκλιση και οι αρνητικές σύγκλιση.

3.3.4 Τομή δυνητικής θερμοκρασίας

Καταρχήν, οφείλουμε να πούμε ότι *δυνητική θερμοκρασία* ονομάζουμε την θερμοκρασία την οποία αποκτά ο ξηρός αέρας όταν μεταφερθεί αδιαβατικά στην πίεση των 1000 hPA (Τ. Μακτριγάννης και Χ. Σαχσαμάνογλου 2004). Στην εικόνα 3.15 βλέπουμε τις κάθετες τομές οι οποίες δείχνουν την δυνητική θερμοκρασία καθ ύψος στην περιοχή της κοιλάδας του Αξιού. Βλέπουμε ότι αρχικά η καθ' ύψος θερμοβαθμίδα είναι θετική, κάτι που σημαίνει ότι στην

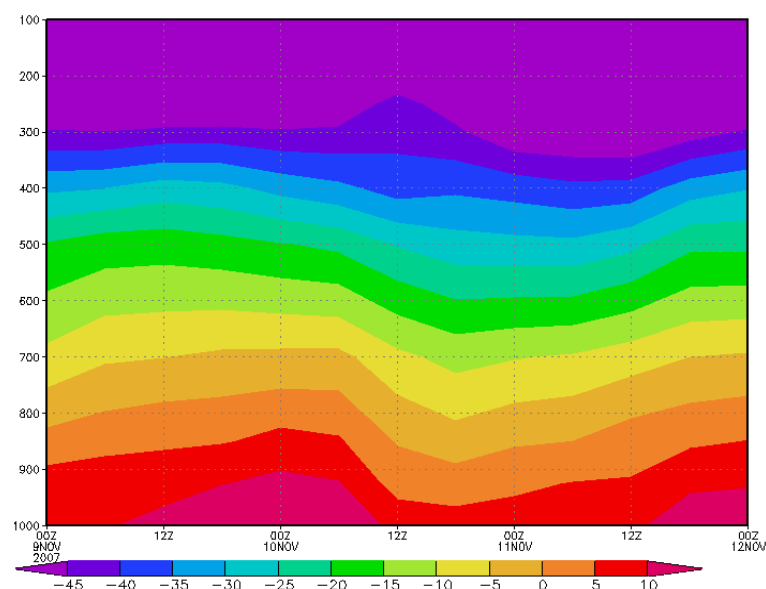
ατμόσφαιρα επικρατούν συνθήκες ευστάθειας. Σταδιακά όμως και καθώς αρχίζει ο Βαρδάρης βλέπουμε ότι η δυνητική θερμοκρασία μεταβάλλεται πιο απότομα κάτι που σημαίνει αύξηση της ευστάθειας των αερίων μαζών, κάτι το οποίο συμπίπτει με την επικράτηση αντικυκλωνικών συνθηκών και άρα καθοδικών κινήσεων και νεφοδιάλυσης.



Εικόνα 3.17 – Δυνητική θερμοκρασία καθύψος σε °C. Η τομή είναι παράλληλη με τον 41ο παράλληλο και κάθετη προς την επιφάνεια που ορίζεται από τον 21.7 και 24.5 μεσημβρινό.

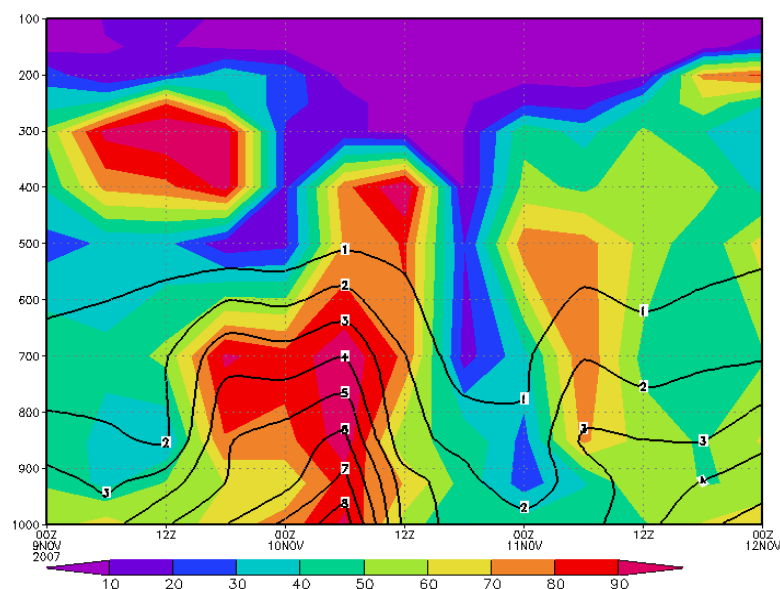
3.3.5 Ανάλυση διαγραμμάτων *Hovmoller*

Στην εικόνα 3.18 μπορούμε να δούμε την πορεία της θερμοκρασίας πάνω από την Θεσσαλονίκη με την πάροδο του χρόνου. Όντως παρατηρείται μία πτώση της θερμοκρασίας κατά περίπου 4°C μέσα σε 8 περίπου ώρες από την έναρξη του φαινομένου (10/11 στις 6 το πρωί). Επίσης, φαίνεται ότι μέχρι και τα 500 hPA η μεταβολή αυτή είχε σχεδόν τον ίδιο ρυθμό ενώ από εκεί και πάνω ήταν πιο ασθενής.



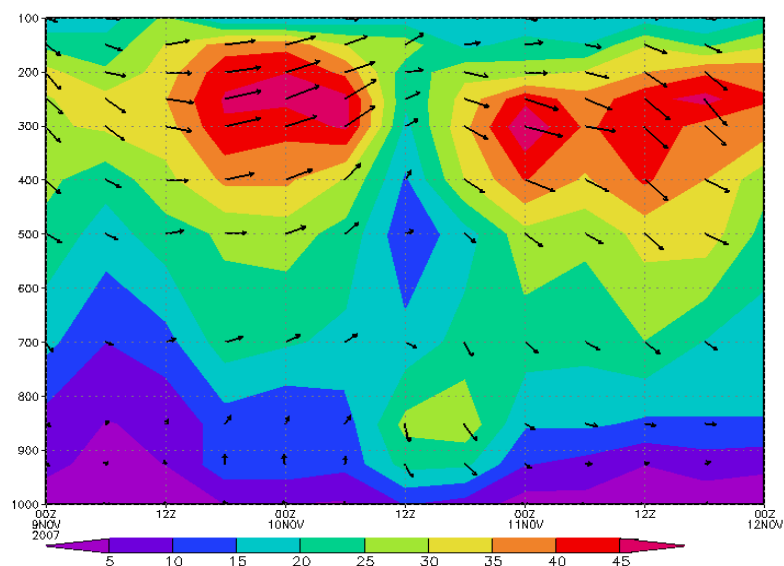
Εικόνα 3.18 – Διάγραμμα homonoller θερμοκρασίας πάνω από την πόλη της Θεσσαλονίκης (40,5ο , 23ο)

Στην εικόνα 3.19 φαίνεται η σχετική και ειδική υγρασία πάνω από την Θεσσαλονίκη με την πάροδο του χρόνου. Είναι χαρακτηριστική η μείωσή τους με την έναρξη του φαινομένου. Η υγρασία αναλύθηκε και σε προηγούμενους χάρτες, εν τούτοις αυτό το διάγραμμα αποτελεί ορισμό του ανέμου Βαρδάρη, του οποίου ένα χαρακτηριστικό είναι η μη συνύπαρξη του με μεγάλα ποσά υγρασίας. Ουσιαστικά, δεν μπορούμε να κάνουμε λόγω για συνύπαρξη Βαρδάρη και κορεσμένης σε υδρατμούς ατμόσφαιρας. Συνήθως οι τιμές σχετικής υγρασίας βρίσκονται κάτω του 50% υπό συνθήκες Βαρδάρη (στην περίπτωση μας γύρω στο 45% ή και λίγο χαμηλότερα).



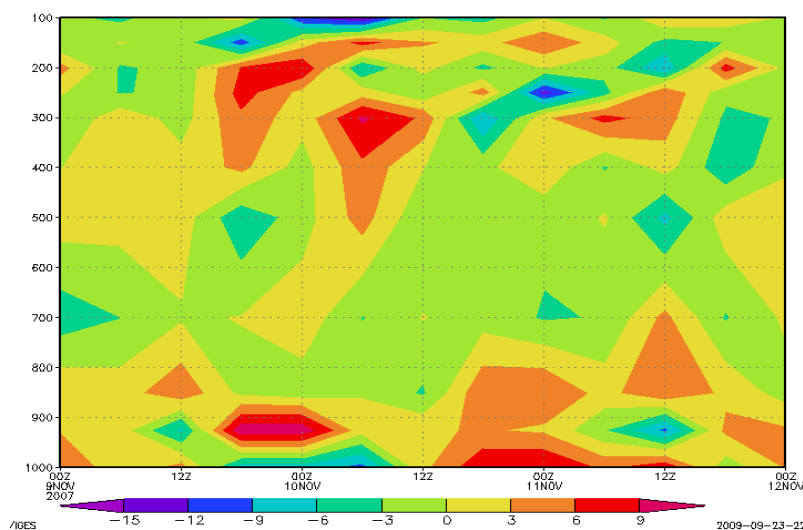
Εικόνα 3.19 – Διάγραμμα homonoller σχετικής και ειδικής υγρασίας πάνω από την πόλη της Θεσσαλονίκης (40,5ο , 23ο). Οι τιμές είναι πολλαπλασιασμένες $\cdot 10^3$.

Γενικά, παραπάνω έχουμε αναλύσει αρκετά πράγματα σχετικά με την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου. Στην εικόνα 3.20 διακρίνεται πάνω από την πόλη της Θεσσαλονίκης ο χαρακτηριστικός «χείμαρρος» του Βαρδάρη μετά τις 12z στις 10/11 και σε ύψος από 950 hPA έως και 750 hPA περίπου.



Εικόνα 3.20 – Διάγραμμα hodograph ταχύτητας και διεύθυνσης συνισταμένης U και V ανέμων πάνω από την πόλη της Θεσσαλονίκης (40,5ο , 23ο)

Στην εικόνα 3.21 φαίνεται με πολύ ωραίο τρόπο η επιφανειακή σύγκλιση του αέρα με τις αρνητικές τιμές (μπλέ χρώμα) κατά την έλευση του χαμηλού στην περιοχή αλλά και την επιφανειακή απόκλιση του αέρα με τις θετικές τιμές (κόκκινο χρώμα) καθώς αρχίζει να πνέει ο Βαρδάρης.



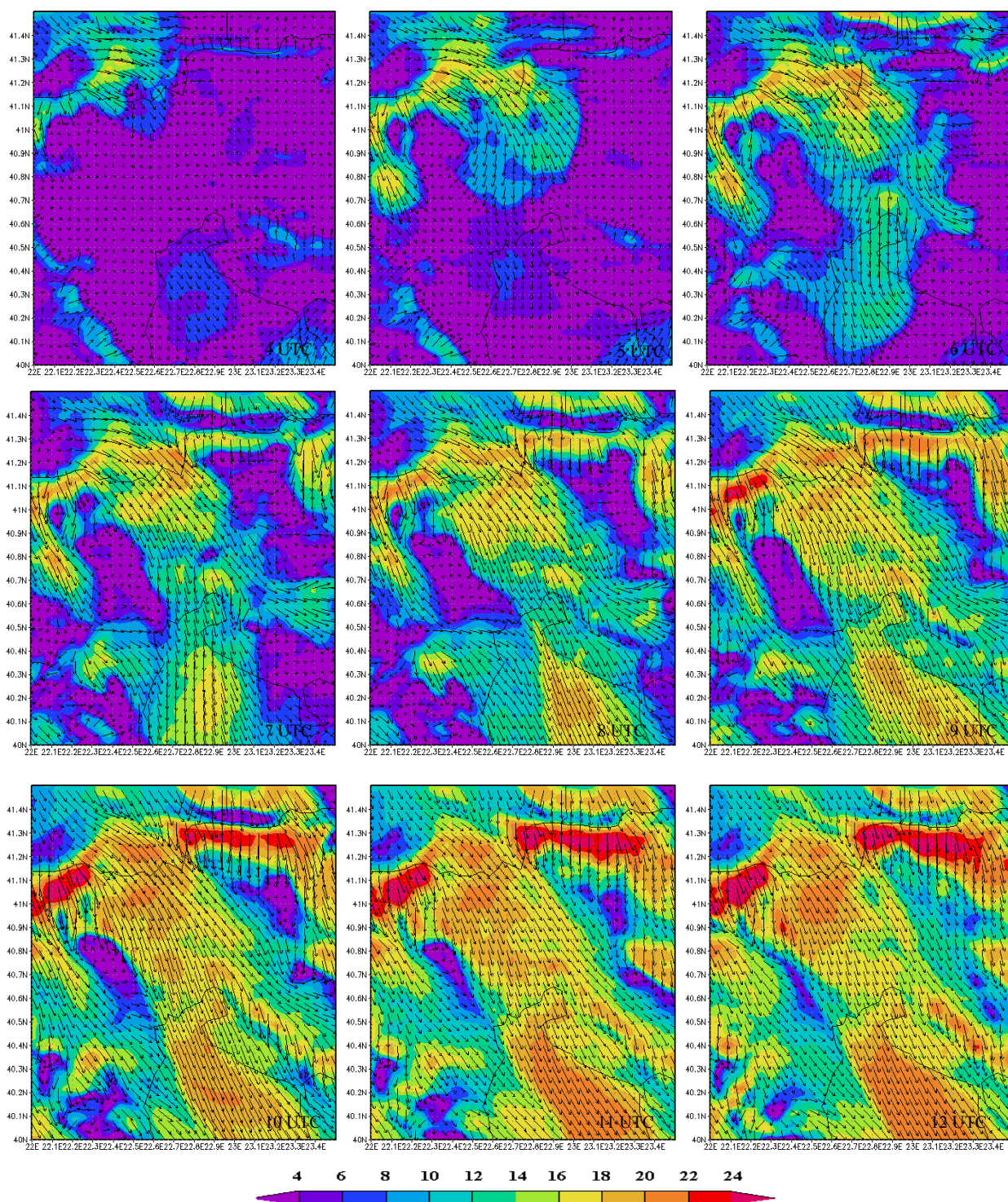
Εικόνα 3.19 – Διάγραμμα hodograph σύγκλισης και απόκλισης ατμοσφαιρικής ροής πάνω από την ατμόσφαιρα της πόλης της Θεσσαλονίκης (40,5ο , 23ο). Οι τιμές είναι πολλαπλασιασμένες $\cdot 10^5$. Οι θετικές τιμές απεικονίζουν απόκλιση και οι αρνητικές σύγκλιση.

4. Υψηλής ανάλυσης προσομοίωση του επεισοδίου

Σε αυτό το σημείο της εργασίας είναι καλό να δούμε με μεγαλύτερη ανάλυση κάποια από τα δεδομένα που υπάρχουν διαθέσιμα για την περίοδο που εξετάζουμε. Η μεγαλύτερη ανάλυση θα μας δείξει τις ιδιαιτερότητες της περιοχής κατά την πνοή Βαρδάρη σε αυτήν. Τα υψηλής ανάλυσης δεδομένα προέρχονται από το μοντέλο WRF-ARW το οποίο ολοκληρώθηκε με χωρική διακριτοποίηση 10 km x 10 km για τον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο και 2 km x 2 km για το ένθετο αμφίδρομο πλέγμα της Μακεδονίας. Οι 6-ωρες αναλύσεις του παγκόσμιου αριθμητικού μοντέλου NCEP/GFS χρησιμοποιήθηκαν για αρχικές και πλευρικές οριακές συνθήκες. Η προσομοίωση του μοντέλου WRF-ARW πραγματοποιήθηκε από τις 1200 UTC 9/11/07 έως τις 0000 UTC 12/11/07, και τα αποτελέσματα ήταν διαθέσιμα για την περιοχή ενδιαφέροντος ανά 1 ώρα με χωρική διακριτοποίηση 2 km x 2 km.

4.1 Χάρτες επιφανειακού ανέμου

Στους παρακάτω χάρτες (εικόνα 4.1) επιφανειακού ανέμου μπορούμε να δούμε πως χαρακτηριστικά ξεκινάει το φαινόμενο, αρχικά από τα ελληνοσκοπιανά σύνορα, όπου εκεί ήδη οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου έχουν ξεπεράσει τα 15 m/sec στις 4 τα ξημερώματα της 10^{ης} Νοεμβρίου. Ο επιφανειακός αυτός αεροχείμαρρος σταδιακά ξεχύνεται μέσα στην κοιλάδα με διεύθυνση ΒΔ, και γενικότερα όπου υπάρχουν κοιλότητες στο ανάγλυφο της περιοχής, ενώ απ'ότι φαίνεται οι ορεινοί όγκοι παραμένουν σχεδόν σε κατάσταση άπνοιας και μεταβλητής διεύθυνσης. Την επίδραση του Βαρδάρη αποφεύγει και η περιοχή νότια του όρους Παϊκο, προφανώς λόγω του γεγονότος ότι υφίσταται σαν εμπόδιο στον συγκεκριμένο άνεμο. Στις 6 το πρωί πλέον ολόκληρη η κοιλάδα επηρεάζεται από τον άνεμο Βαρδάρη, ενώ μέχρι την 11^η προμεσημβρινή ώρα οι ταχύτητες αγγίζουν το μέγιστό τους για αυτό το επεισόδιο, κοντά στα 20-22 m/sec τόσο στα σύνορα όσο και μέσα στον Θερμαϊκό όπου πλέον δεν υπάρχουν τριβές. Έτσι, ουσιαστικά μέσα σε δύο ώρες από την απόλυτη άπνοια, η κοιλάδα βρίσκεται σε κατάσταση θυελλώδη έως και πολύ θυελλώδη ανέμου.

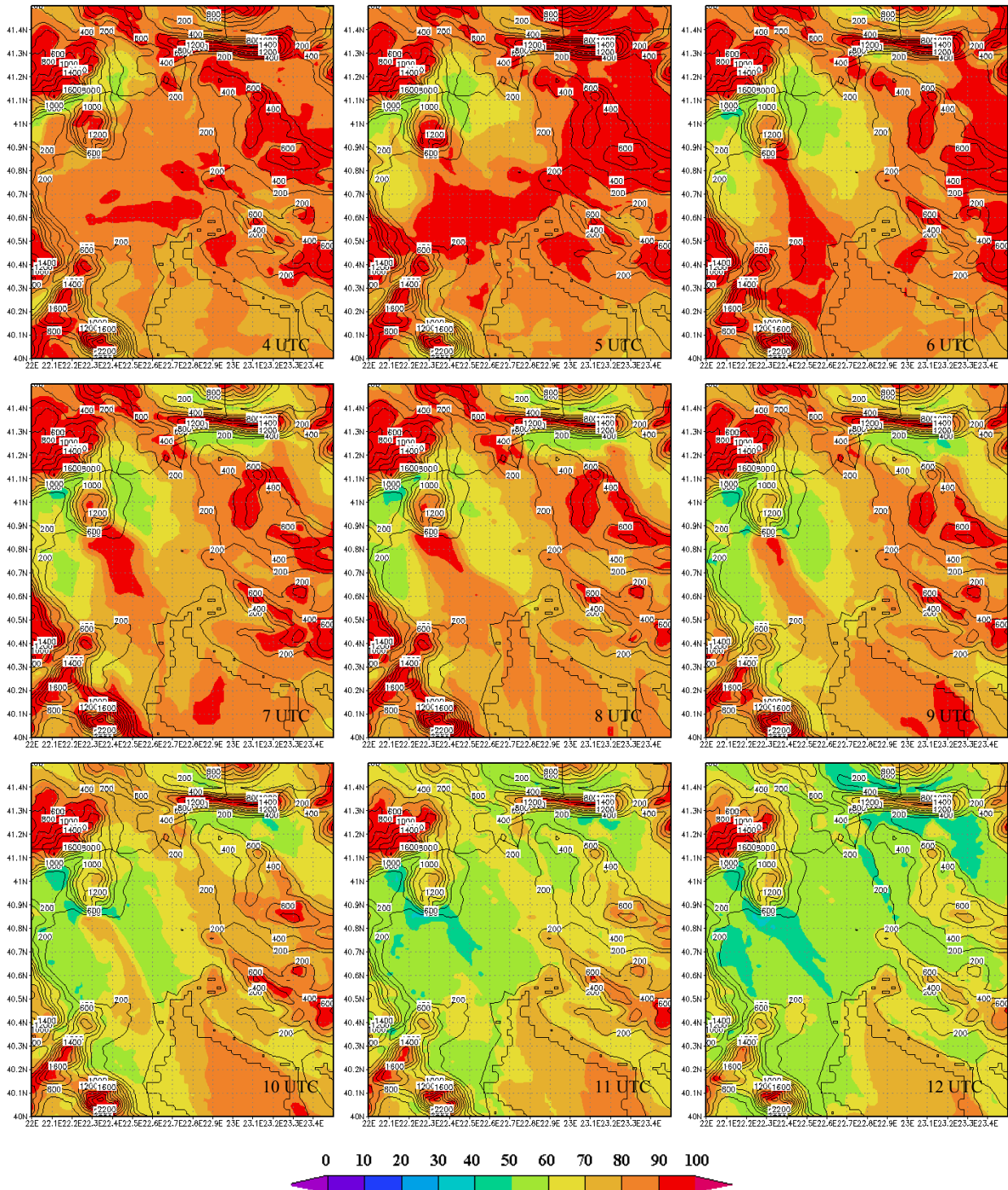


Εικόνα 4.1 – Επιφανειακός άνεμος (στα 10 μ.)στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας. Η ταχύτητα απεικονίζεται με τη χρωματική διαβάθμιση σε m/sec και τα βέλη δείχνουν την διεύθυνση του ανέμου στις 10/11 στις 10/11 στις 4-12 UTC.

4.2 Χάρτες επιφανειακής σχετικής υγρασίας

Στους χάρτες υψηλής ανάλυσης επιφανειακής σχετικής υγρασίας (εικόνα 4.2) φαίνεται χαρακτηριστικά ότι οι ίδιες περιοχές που επηρεάζονται περισσότερο από τον άνεμο σημειώνεται και γρήγορη πτώση στις τιμές της σχετικής υγρασίας. Έτσι από τις 4 τα ξημερώματα η υγρασία ήδη βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα (50-60%) στα βόρεια σύνορα της Ελλάδας με τα Σκόπια. Και

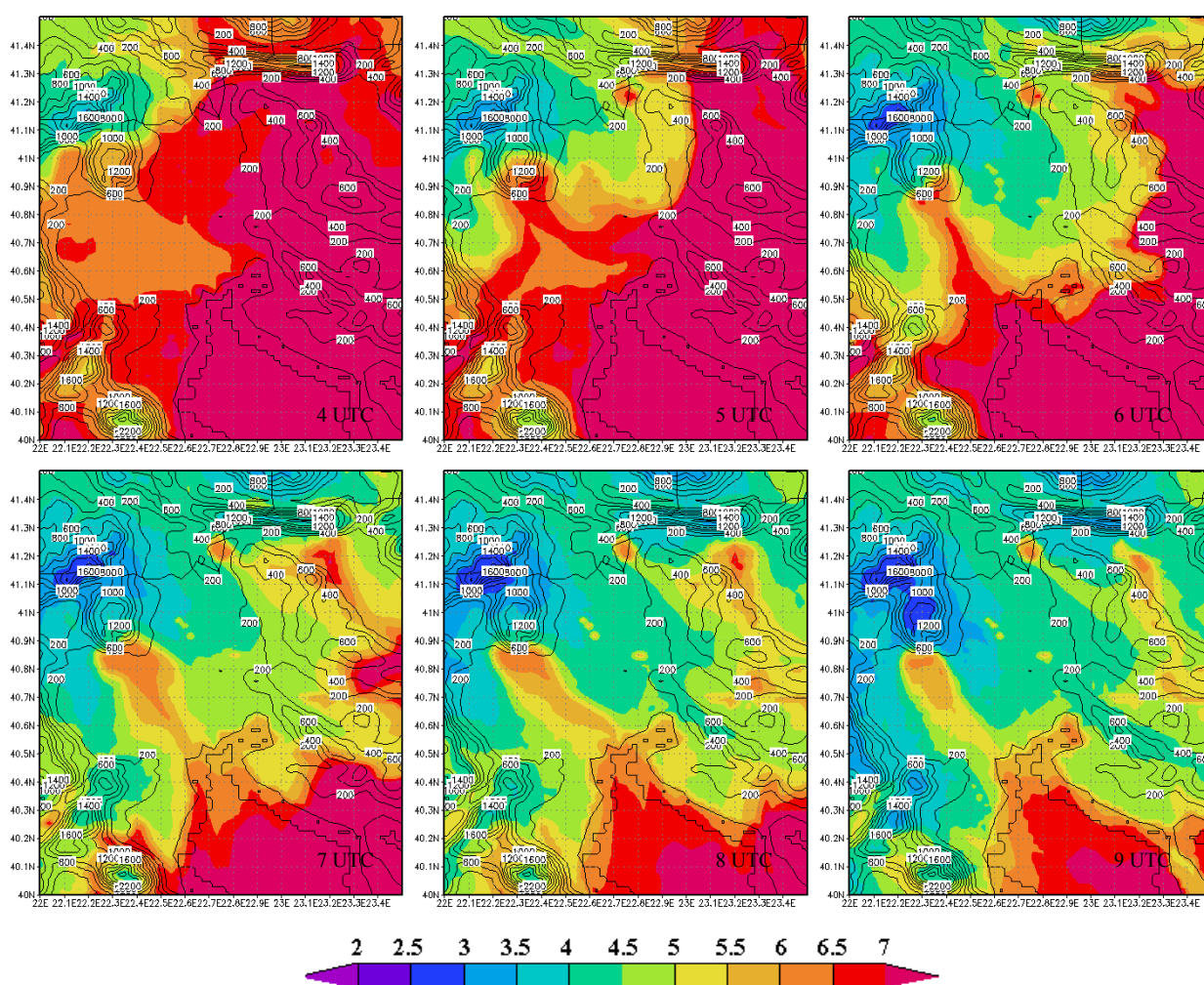
εδώ το όρος Πάικο λειτουργεί όπως είπαμε σαν εμπόδιο και δημιουργεί υπήνεμη πλευρά, στην οποία ακόμα και στο μέγιστο του επεισοδίου η υγρασία παραμένει πάνω από 70%, τη στιγμή που στις υπόλοιπες περιοχές έχει κατέλθει έως και στο 40%. Η υγρασία αργεί να πέσει σε σχέση με την ταχύτητα εξάπλωσης του ανέμου στην περιοχή. Δηλαδή χρειάστηκαν σχεδόν 7 με 8 ώρες ώστε από τον κορεσμένο κατά 90-100% αέρα να φτάσουμε σε όλη την κοιλάδα να έχουμε κάτω από 60%.



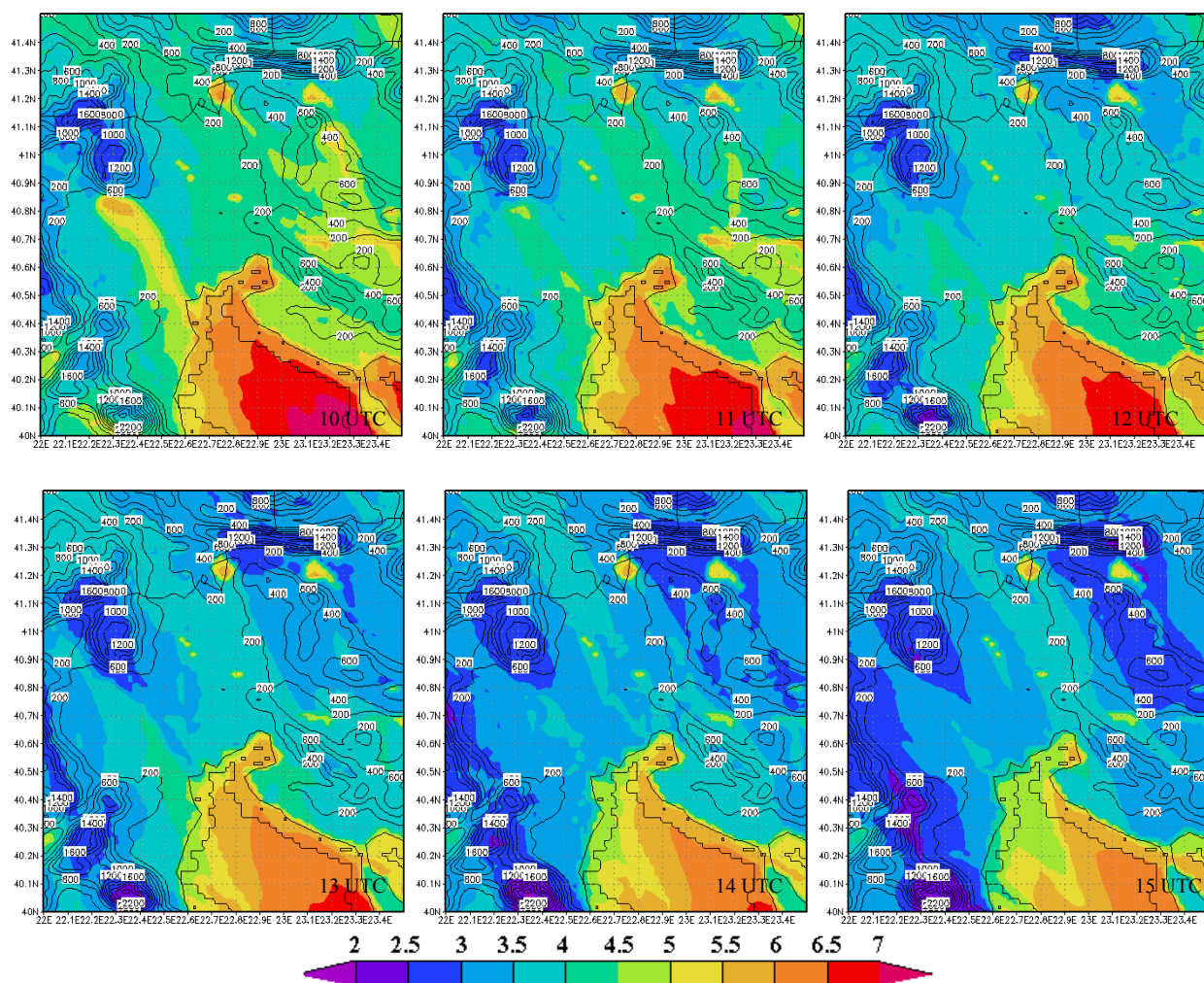
Εικόνα 4.2 – Επιφανειακή σχετική υγρασία (στα 2 μ.) στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας, που απεικονίζεται με τη χρωματική διαβάθμιση ενώ οι ισοϋψείς μας δείχνουν το ανάγλυφο της περιοχής. Οι χάρτες δείχνουν την κατάσταση στις 10/11 στις 4-12 UTC.

4.3 Χάρτες επιφανειακής ειδικής υγρασίας

Παρατηρούμε και στους χάρτες επιφανειακής ειδικής υγρασίας (εικόνα 4.3) περίπου τα ίδια χαρακτηριστικά που συναντήσαμε και στους παραπάνω χάρτες. Στις 4 το πρωί της 10^{ης} Νοεμβρίου η ειδική υγρασία στην κοιλάδα είναι ιδιαίτερα υψηλή ξεπερνώντας την τιμή του 7 (g/kg). Σε διάστημα 4 ωρών όμως η ειδική υγρασία σημειώνει σε όλη την κοιλάδα πτώση κατά περίπου 4 g/kg. Ενώ μέχρι το μεσημέρι, οπότε και έχουμε το μέγιστο του φαινομένου που εξετάζουμε, κατά μήκος της κοιλάδας συναντάμε τιμές που φτάνουν ακόμα και τα 2.5 g/kg. Και πάλι πρέπει να αναφερθεί ότι το όρος Πάικο, αποτελεί ένα «τείχος» που προστατεύει την υπήνεμη πλευρά του από την απότομη πτώση της ειδικής υγρασίας. Έτσι στις εκεί περιοχές η πτώση καθυστερεί και τελικά δεν πέφτει κάτω από τα 5 g/kg.



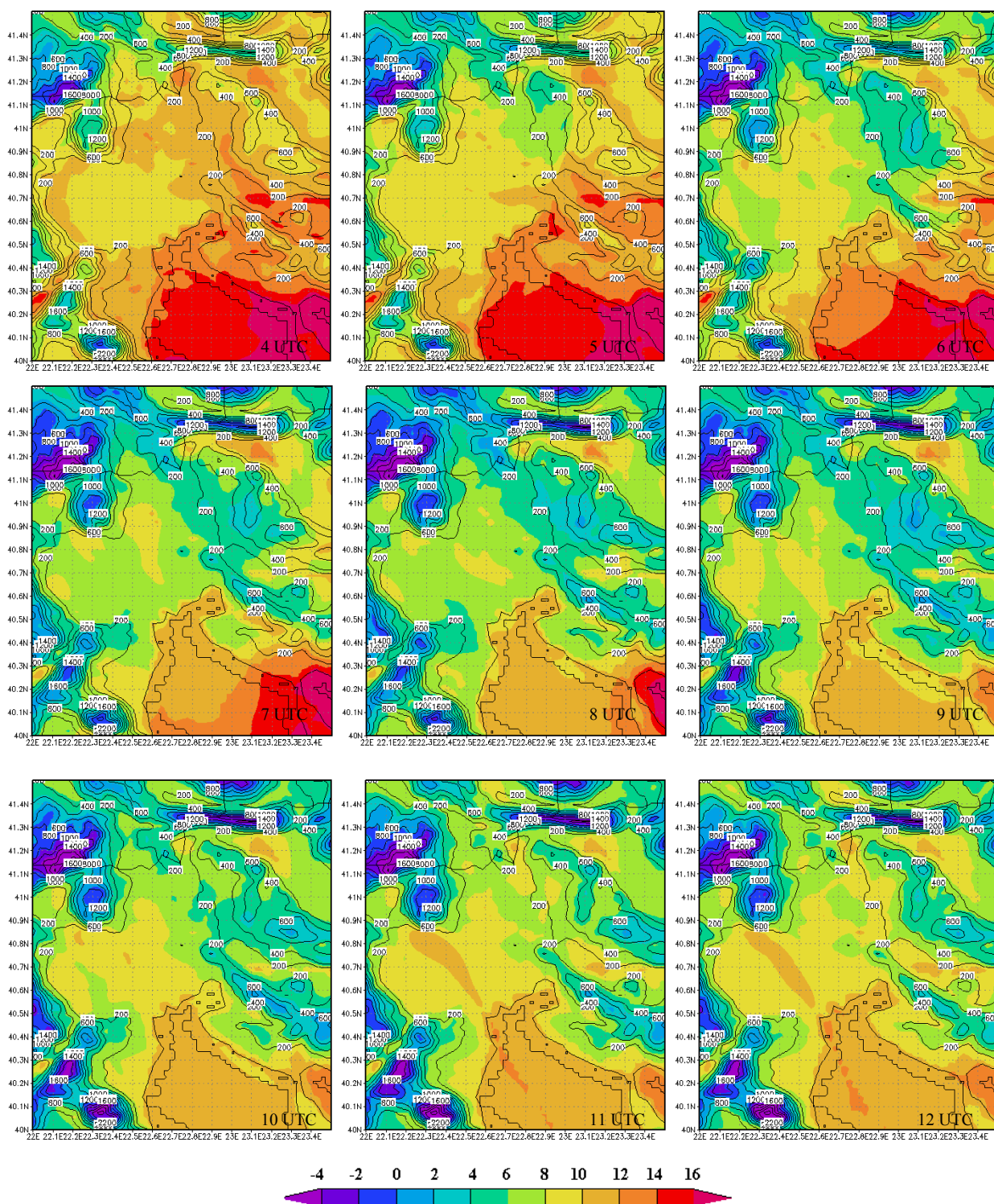
Εικόνα 4.3 – Επιφανειακή ειδική υγρασία (g/kg) στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας, που απεικονίζεται με τη χρωματική διαβάθμιση ενώ οι ισοϋψείς μας δείχνουν το ανάγλυφο της περιοχής. Οι χάρτες δείχνουν την κατάσταση στις 10/11 στις 4-15 UTC.



Εικόνα 4.3 – Συνέχεια

4.4 Χάρτες επιφανειακής θερμοκρασίας

Θερμοκρασιακά δεν βλέπουμε κάποια ιδιαίτερη μεταβολή στην περιοχή της κοιλάδας (εικόνα 4.4). Παρατηρείται έτσι μία πτώση κατά 2 βαθμούς Celcius από την στιγμή που ξεκινάει το επεισόδιο στην κοιλάδα. Οι γύρω ορεινές περιοχές όμως επηρεάζονται ιδιαίτερα σημειώνοντας πτώση που φτάνει και τους 8 βαθμούς. Το όρος Πάικο φαίνεται να δρα σαν προστάτης της νοτιότερης αυτού περιοχής μην αφήνοντας την θερμοκρασία να πέσει κάτω 8°C. Μετά την αρχική πτώση πάντως η θερμοκρασία παραμένει σχεδόν αμετάβλητη.

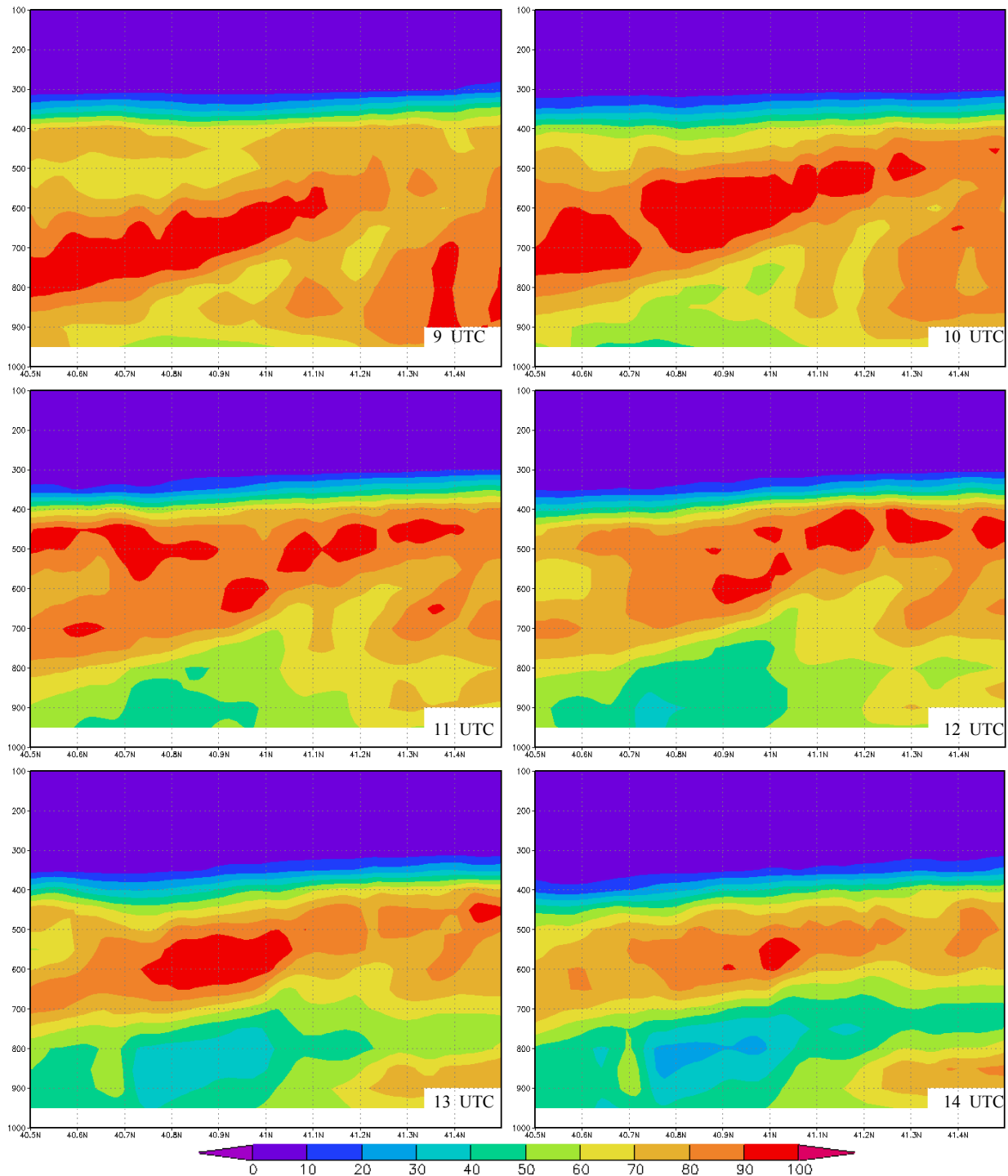


Εικόνα 4.4 – Επιφανειακή θερμοκρασία στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας, που απεικονίζεται με τη χρωματική διαβάθμιση ενώ οι ισουψείς μας δείχνουν το ανάγλυφο της περιοχής. Οι χάρτες δείχνουν την κατάσταση στις 10/11 στις 4-12 UTC.

4.5 Κατακόρυφες τομές

4.5.1 Τομές υγρασίας

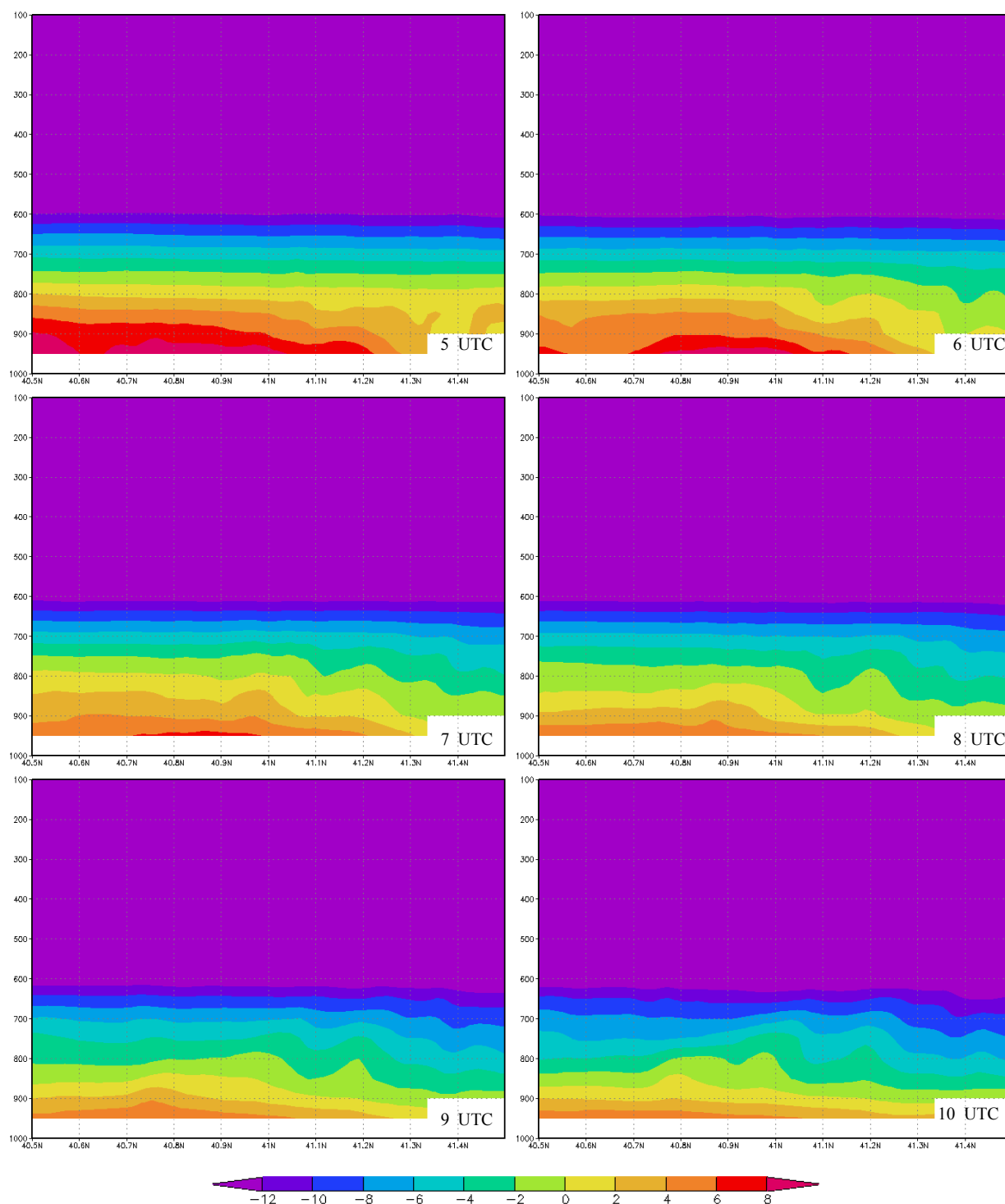
Στις κατακόρυφες τομές σχετικής υγρασίας (εικόνα 4.5) μπορούμε να δούμε ότι σταδιακά η μείωση της υγρασίας ξεκινάει από τα επιφανειακά στρώματα και στη συνέχεια επεκτείνεται και σε ύψος. Από τον σχεδόν απόλυτα κορεσμένο σε υδρατμούς αέρα, σε λίγες ώρες τα βορειότερα τμήματα της τομής φτάνουν τιμές υγρασίας της τάξεως του 50%. Μέχρι τις 1300 η υγρασία έχει μειωθεί τόσο καθ' ύψος όσο και κατά μήκος.



Εικόνα 4.5 – Κάθετη τομή, παράλληλη στον μεσημβρινό με τιμή 22.5°. Οι χρωματικές διαβαθμίσεις δείχνουν τις διαβαθμίσεις της σχετικής υγρασίας (%). Οι τομές χρονικά αναφέρονται στις ώρες 9-14 UTC στις 10/11.

4.5.2 Τομές θερμοκρασίας

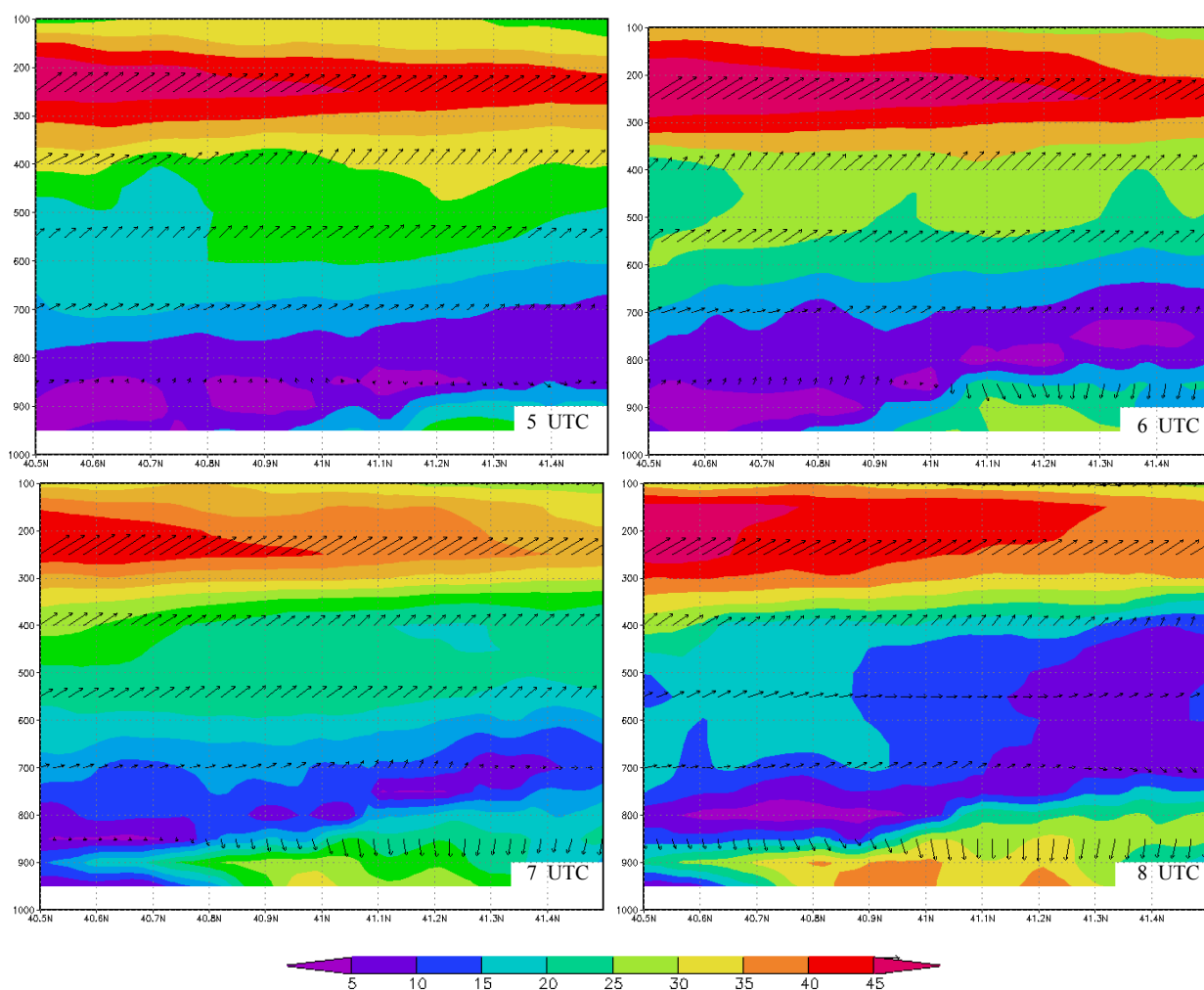
Και σε αυτές τις κάθετες τομές (εικόνα 4.2) δεν μπορεί να φανεί κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή της θερμοκρασίας. Κατά το διάστημα μόνο από τις 6 μέχρι τις 7 το πρωί η θερμοκρασία σημειώνει σχεδόν σε όλες τις περιοχές πτώση από 2 έως και 4°C, όμως από εκεί και πέρα παραμένει σχεδόν αμετάβλητη παρά και το γεγονός ότι πλησιάζουμε προς τις μεσημβρινές ώρες της ημέρας.



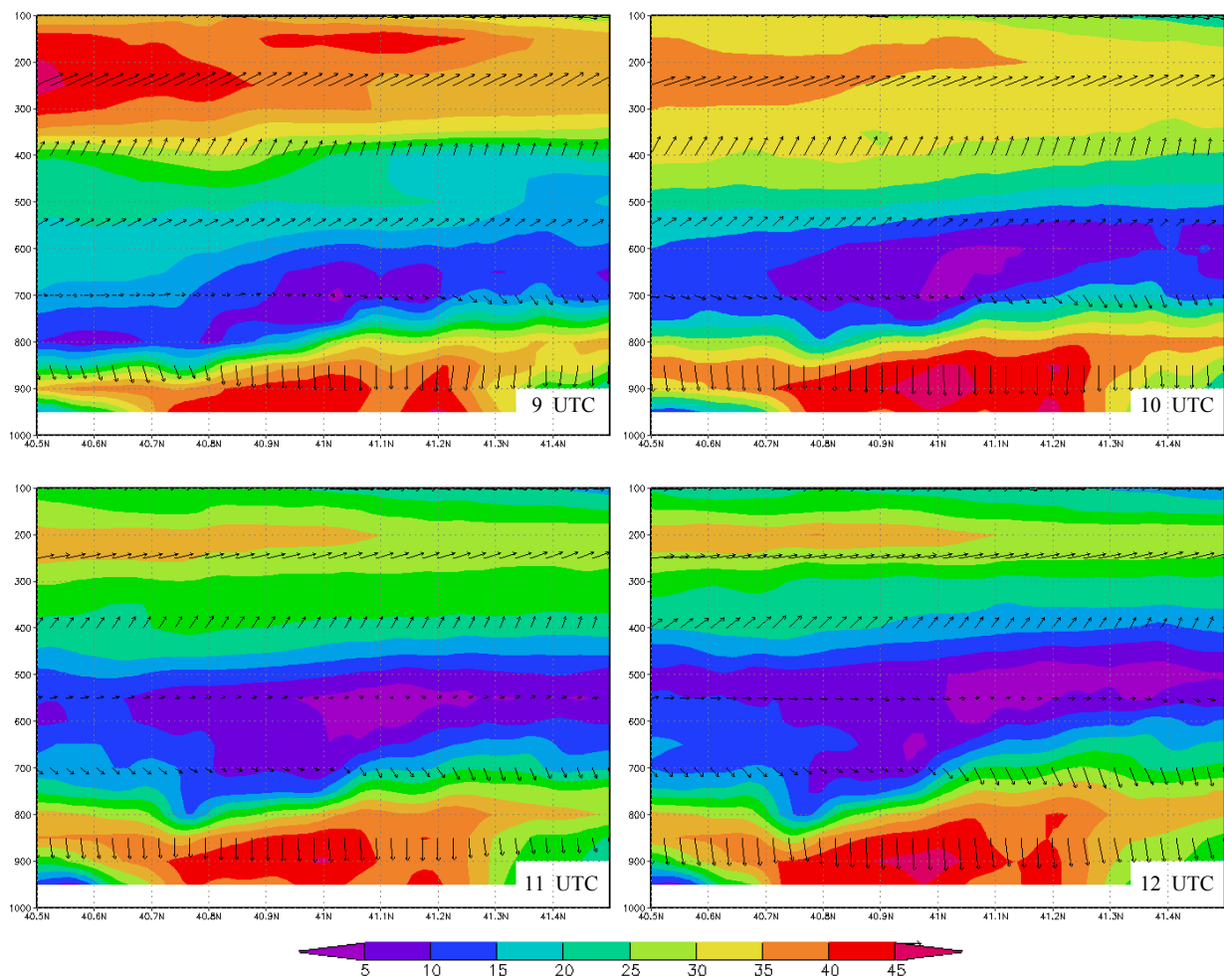
Εικόνα 4.2 – Κάθετη τομή, παράλληλη στον μεσημβρινό με τιμή 22.5°. Οι χρωματικές διαβαθμίσεις δείχνουν τις διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας σε °C. Οι τομές χρονικά αναφέρονται στις ώρες 5-10 UTC στις 10/11.

4.5.3 Τομές ανέμου

Στις παρακάτω τομές ανέμου (εικόνα 4.3) βλέπουμε πως σταδιακά η διεύθυνση του ανέμου γυρνάει σε ΒΔ από τα βόρεια προς τα νότια. Στη συνέχεια μπορούμε να δούμε και την ταχύτητα, η οποία και αυτή αυξάνει από τα βόρεια προς τα νότια σταδιακά μέσα στο διάστημα 5 π.μ. με 10 π.μ. Φαίνεται πως κάποιες εκατοντάδες μέτρα πιο πάνω από την επιφάνεια η ταχύτητα ξεπέρασε ακόμα και τα 40 m/sec κατά το μέγιστο του φαινομένου. Επίσης, είναι ευδιάκριτη η ζώνη άπνοιας και μεταβλητών ανέμων από τα 800 έως τα 400 hPa. Τέλος, πάνω από τα 400 hPa παρατηρούμε τον πολικό αεροχειμάρρο με διεύθυνση ΔΝΔ και τιμές ταχύτητας που ξεπερνούν και τα 45 m/sec.



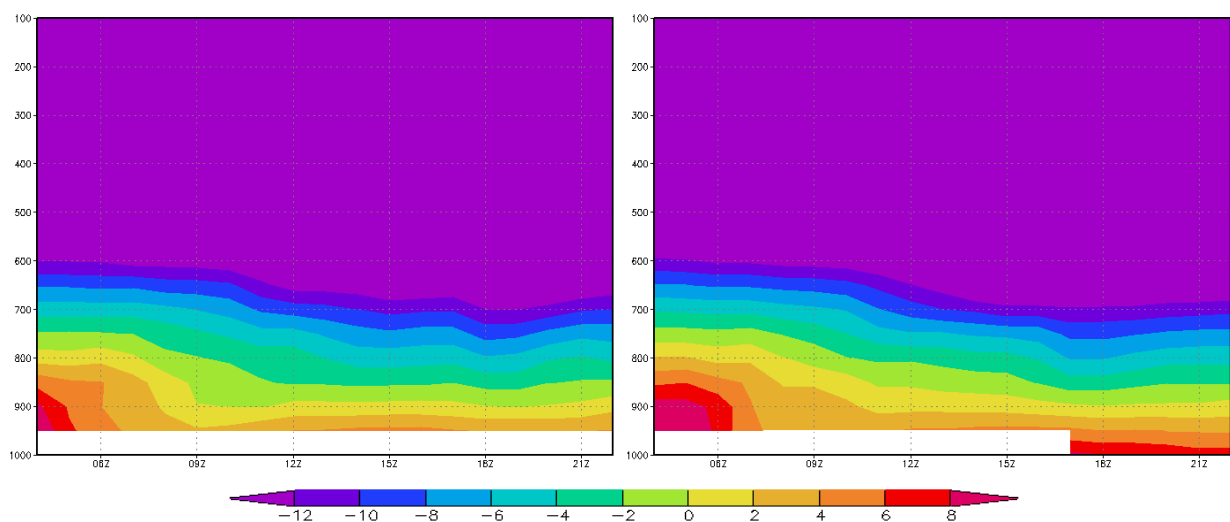
Εικόνα 4.3 – Κάθετη τομή, παράλληλη στον μεσημβρινό με τιμή 22.5°. Οι χρωματικές διαβαθμίσεις δείχνουν τις διαβαθμίσεις της ταχύτητας και τα βέλη την διεύθυνση του ανέμου. Οι τομές χρονικά αναφέρονται στις ώρες 5-12 UTC στις 10/11.



Εικόνα 4.3 – Συνέχεια

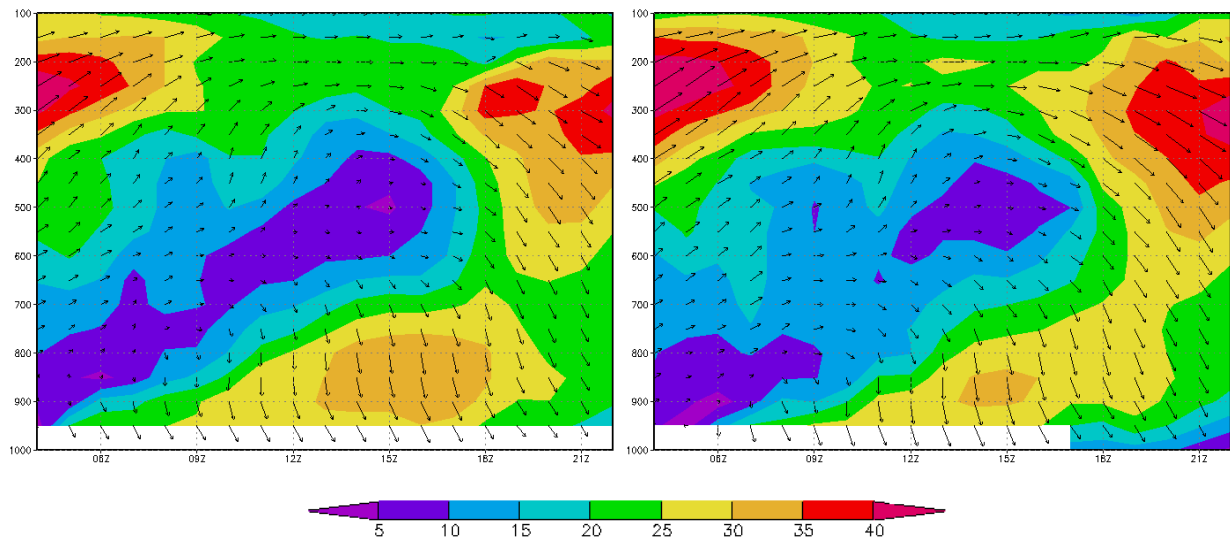
4.5.4 Διαγράμματα Hovmöller

Στο διάγραμμα Hovmöller της θερμοκρασίας (εικόνα 4.4) βλέπουμε ότι η θερμοκρασία πέφτει πρώτα στο σημείο της κοιλάδας του Αξιού και με καθυστέρηση 2-3 ωρών πέφτει και στην Θεσσαλονίκη. Η πτώση αυτή και στις δύο περιπτώσεις όπως έχει προαναφερθεί είναι της τάξεως των 2-4° C.



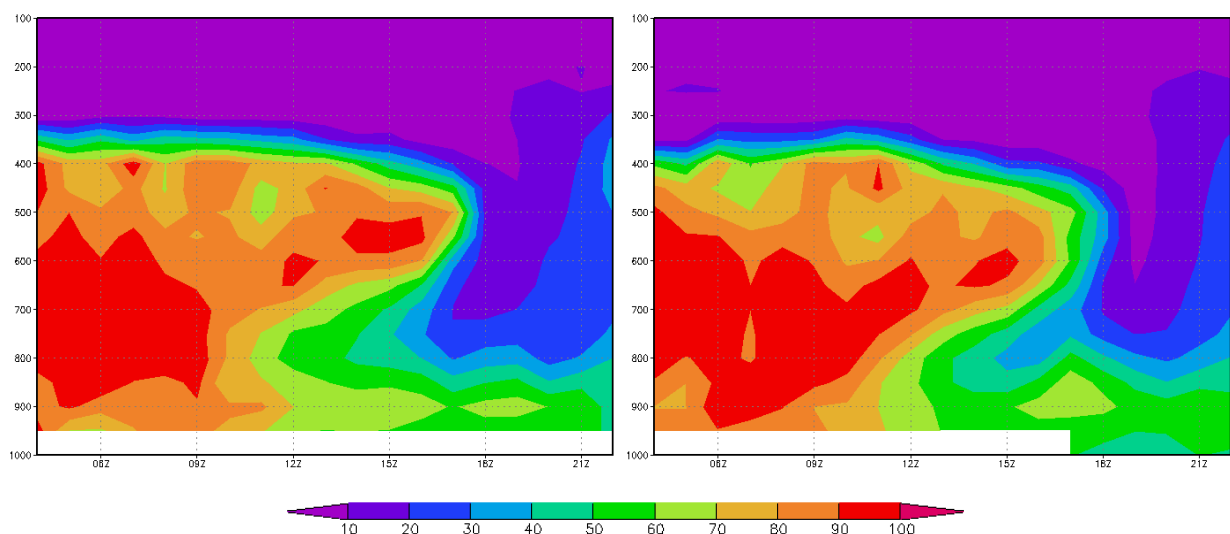
Εικόνα 5.4 – Διαγράμματα Hovmöller θερμοκρασίας από τις 4 το πρωί της 10^{ης} Νοεμβρίου έως και 10 το βράδυ. Αριστερά σε περιοχή της κοιλάδας του Αξιού με συντεταγμένες 41°B, 22.7°A και δεξιά στην πόλη της Θεσσαλονίκης με συντεταγμένες 40.6°B και 22.9°A.

Στα διαγράμματα ανέμου (εικόνα 4.5) παρατηρούμε ότι με την πάροδο του χρόνου το στρώμα άπνοιας έχει την τάση να ανεβαίνει προς μεγαλύτερα ύψη, δίνοντας βέβαια την θέση του στον πιο επιφανειακό Βαρδάρη, ο οποίος πνέει σε σχετικά μικρό ύψος έως και με 30 m/sec. Πιο ψηλά βέβαια, παρατηρούμε τον αεροχειμάρρο στα 300 hPA, ο οποίος εν μέρει είναι υπεύθυνος για την εκδήλωση του ισχυρού επιφανειακού ανέμου στην περιοχή.



Εικόνα 4.5 – Διαγράμματα Hovmoller ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου από τις 4 το πρωί της 10^{ης} Νοεμβρίου έως και 10 το βράδυ. Αριστερά σε περιοχή της κοιλάδας του Αξιού με συντεταγμένες 41°B, 22,7° A και δεξιά στην πόλη της Θεσσαλονίκης με συντεταγμένες 40,6°B 22,9°A.

Τέλος, όσον αφορά τη σχετική υγρασία ύστερα από παρατήρηση των διαγραμμάτων Hovmoller (εικόνα 4.6) παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των δύο σημείων (Θεσσαλονίκης και σημείου του Αξιού). Ίσως θα μπορούσαμε μόνο να πούμε ότι η υγρασία παραμένει 10% υψηλότερη στην κοιλάδα του Αξιού απ'ότι στην Θεσσαλονίκη. Και σε αυτά τα διαγράμματα βέβαια φαίνεται η χαρακτηριστική μείωση της σχετικής υγρασίας λίγο μετά την έναρξη του επεισοδίου.

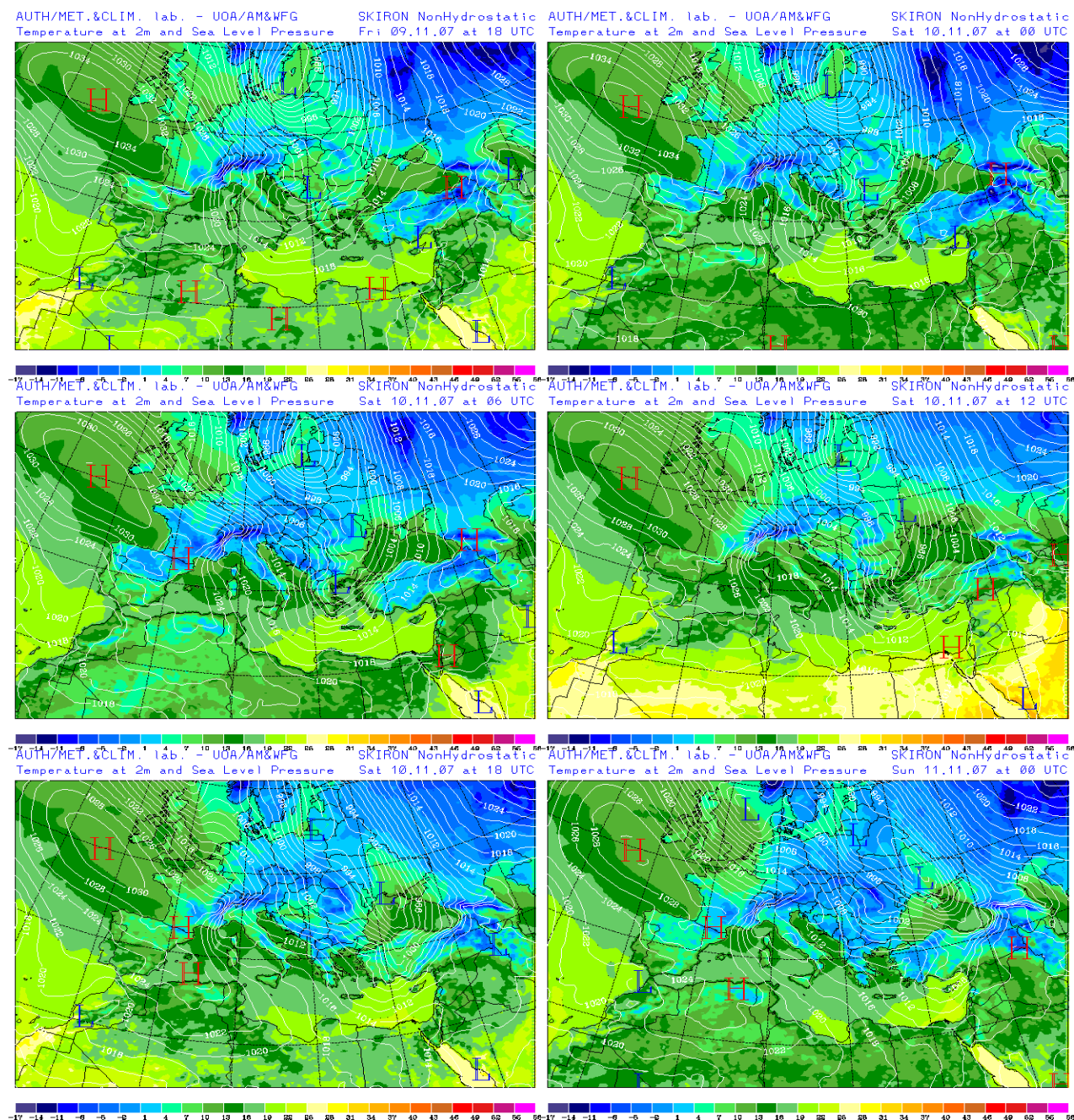


Εικόνα 4.6 – Διαγράμματα Hovmoller σχετικής υγρασίας από τις 4 το πρωί της 10^{ης} Νοεμβρίου έως και 10 το βράδυ. Αριστερά σε περιοχή της κοιλάδας του Αξιού με συντεταγμένες 41°B, 22,7°A και δεξιά στην πόλη της Θεσσαλονίκης με συντεταγμένες 40,6°B και 22,9°A

5. Προγνωσιμότητα

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε αν και κατά πόσο οι προγνώσεις των δύο προηγούμενων ημερών ήταν επιτυχείς ή όχι μέσα από την σύγκριση χαρτών. Ουσιαστικά, θα γίνει ανάλυση αυτών και θα εξαχθούν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα.

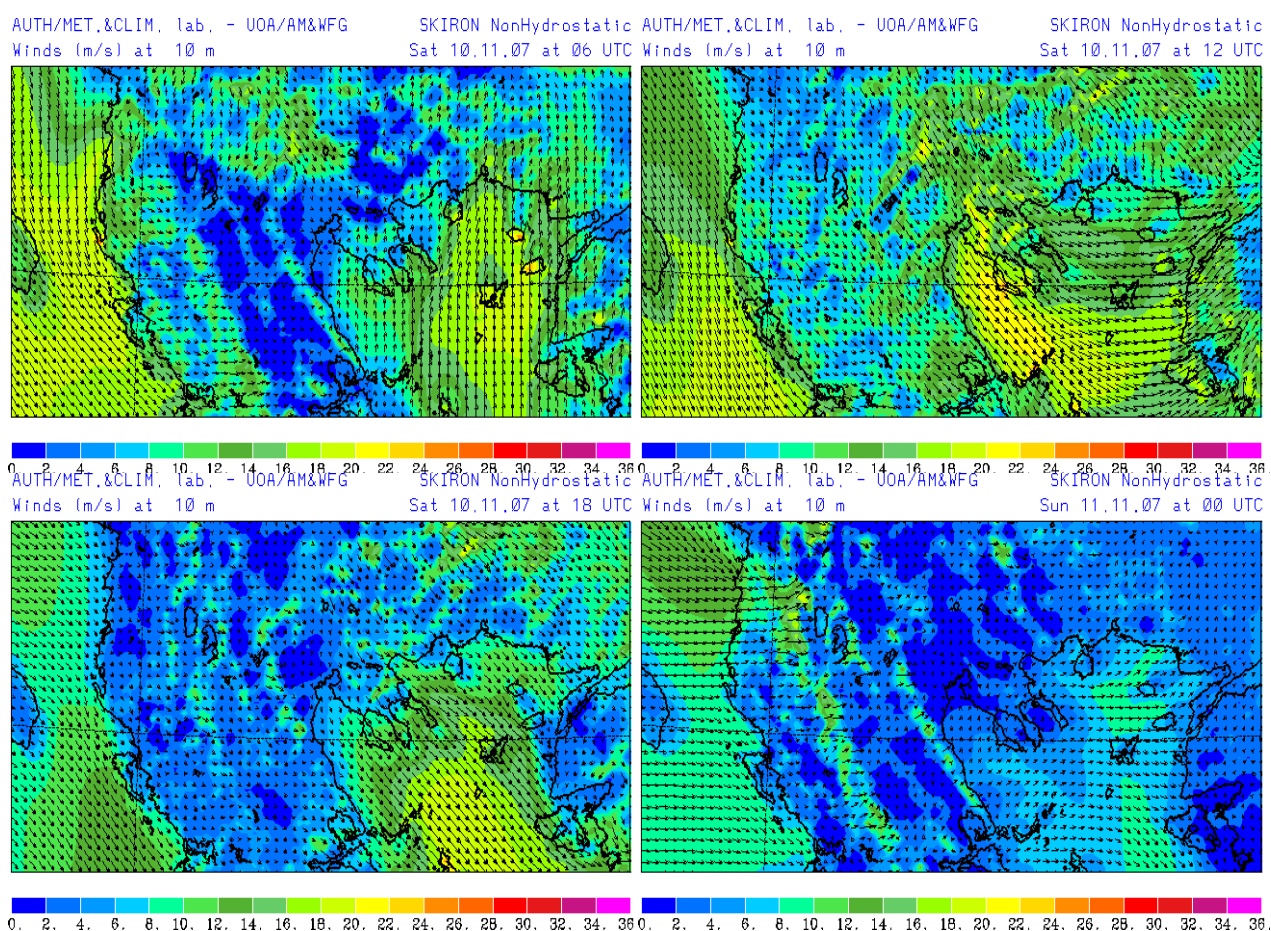
5.1 Πρόγνωση στις 8/11/2007 – 12 UTC



Εικόνα 5.1 – Προγνωστικοί χάρτες επιφανειακής ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 18z 9/11 έως 00z 11/11.

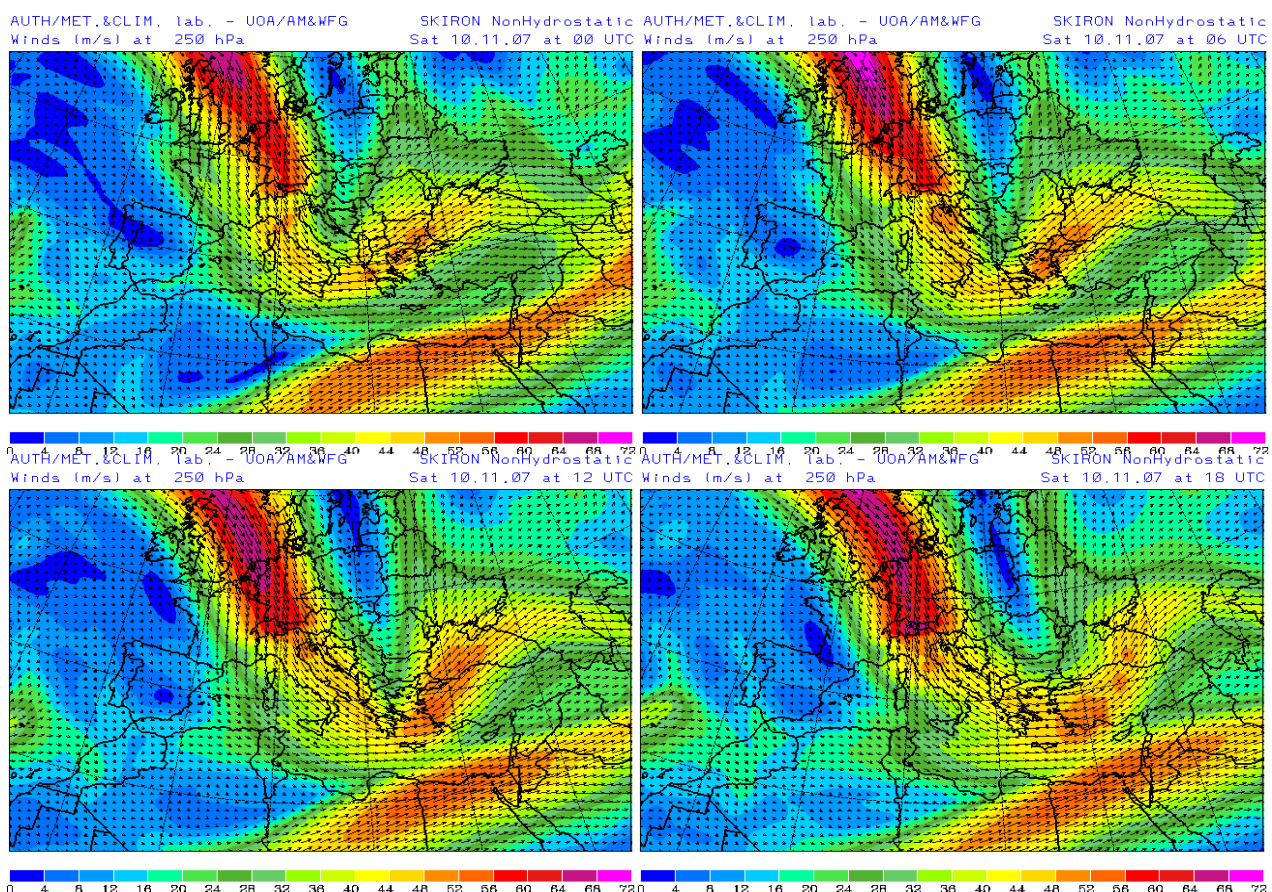
Στην εικόνα 5.1 απεικονίζονται προγνωστικοί χάρτες θερμοκρασίας και επιφανειακής ατμοσφαιρικής πίεσης. Σε αντιπαράθεση με τους χάρτες που δείχνουν την πραγματική κατάσταση

και παίρνοντας τα γεγονότα με τη σειρά φαίνεται, από την πρόγνωση δύο ημέρες πριν, η δημιουργία χαμηλού στον κόλπο της Γένοβας και η κίνηση αυτού προς την βόρεια Ελλάδα. Ωστόσο, υπάρχει αστοχία τόσο στον χρόνο παραμονής του χαμηλού πάνω από την περιοχή όσο και στο βάθος αυτού. Σχετικά με τον χρόνο παραμονής, ενώ εκτιμήθηκε ότι το χαμηλό μέχρι τις 12 το μεσημέρι της 10^{ης} Νοεμβρίου θα είχε αρχίσει να απομακρύνεται, αυτό τελικά παρέμεινε στο βόρειο Αιγαίο, κινούμενο πιο αργά και όντας πιο βαθύ από την πρόβλεψη στις 8/11 κατά έως και 4 με 6 hPA. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι το δευτερογενές χαμηλό που δημιουργήθηκε στον κόλπο της Γένοβας διατηρήθηκε ως ξεχωριστή οντότητα με ξεχωριστό κέντρο και μετά το πέρας του από το βόρειο Αιγαίο. Παρ'όλα τα παραπάνω φαίνεται πως η οριζόντια βαροβαθμίδα μεταξύ νοτιοανατολικής Ιταλίας και Θάσου είναι γύρω στα 16 hPA.



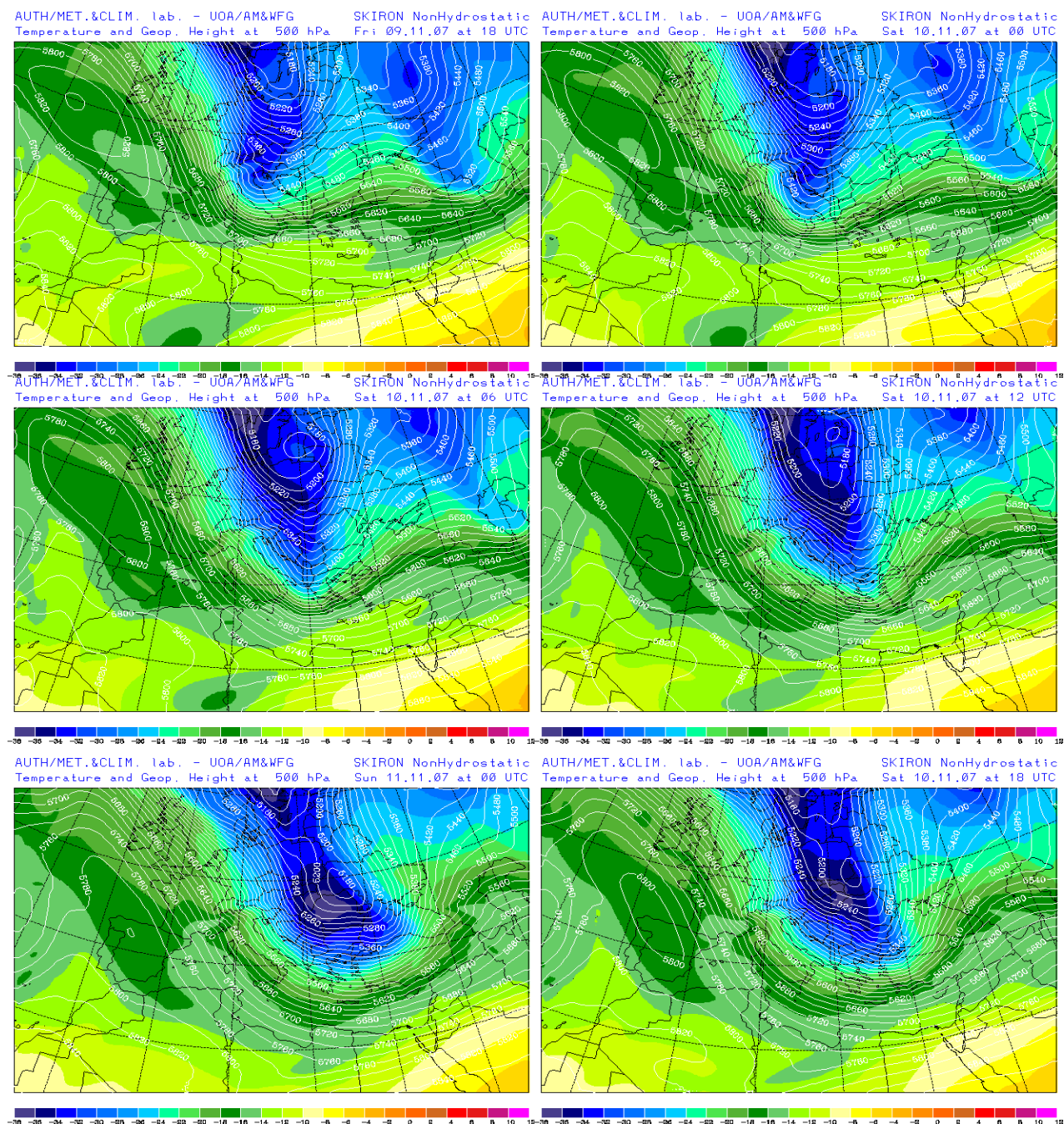
Εικόνα 5.2 – Προγностικοί χάρτες ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου στα 10 μέτρα που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 06z 10/11 έως 00z 11/11.

Σε πιο τοπικό επίπεδο (εικόνα 5.2) φαίνεται ότι ο επιφανειακός άνεμος υπερεκτιμήθηκε κατά έως και 8 m/sec στην πρόγνωση. Φαίνεται παρ'όλα αυτά ότι το μοντέλο προβλέπει τις περιοχές όπου επιδρά ο Βαρδάρης και μάλιστα με ιδιαίτερη ακρίβεια. Έτσι χωρικά τουλάχιστον προσεγγίζεται πολύ καλά η περιοχή πνοής αυτού του ανέμου.



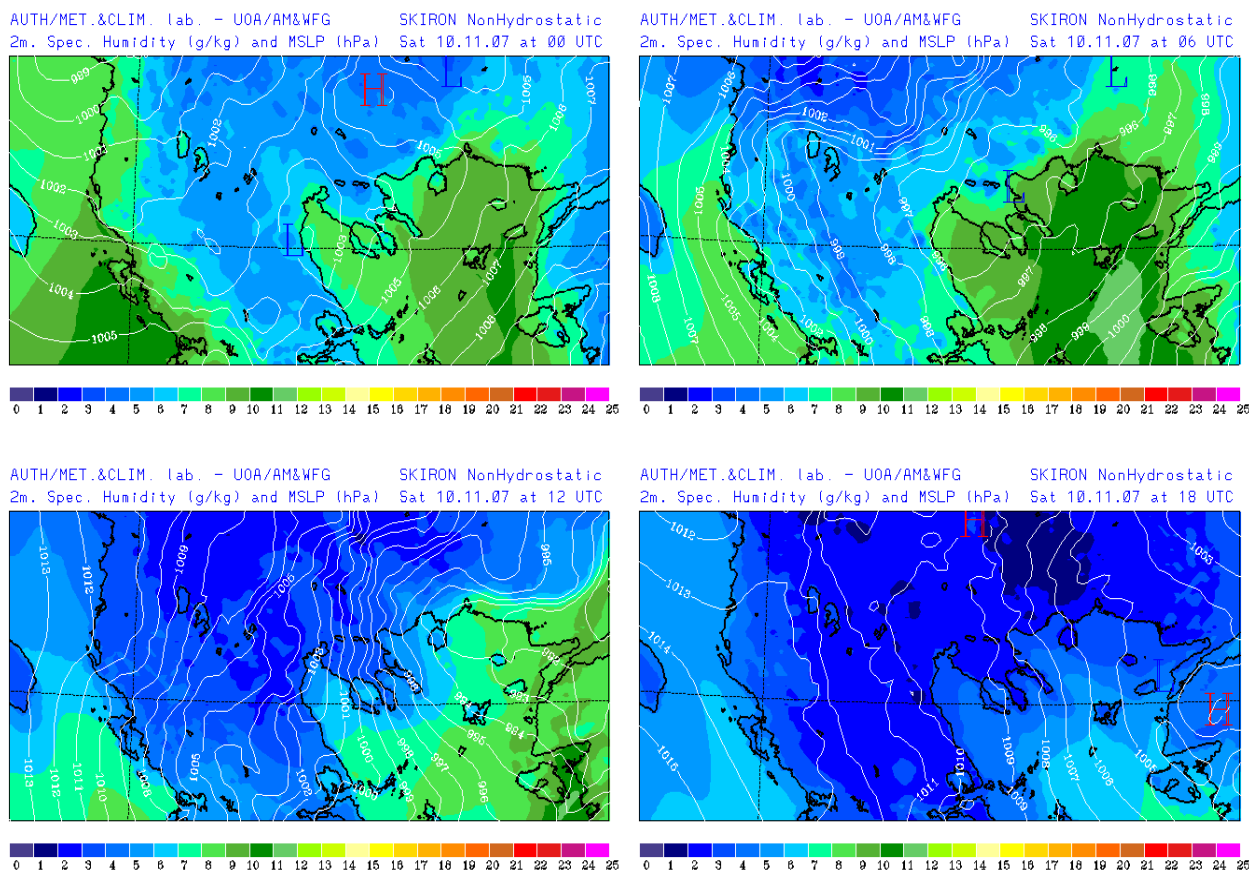
Εικόνα 5.3 – Προγνωστικοί χάρτες ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου (αεροχειμάρρων) στα 250 hPa που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 06z 10/11 έως 00z 11/11.

Επίσης και ο αεροχειμάρρος (εικόνα 5.3) προβλέφτηκε να σχηματίζει μικρότερη «πτύχωση» πάνω από την Ελλάδα, δηλαδή την ΝΔ ροή του πολύ πιο γρήγορα την διαδέχτηκε η ΒΔ ροή του (πάνω από την Ελλάδα), ενώ και η ταχύτητά του υποεκτιμήθηκε κατά περίπου 10 m/sec. Έτσι, σε γενικές γραμμές, μπορούμε να πούμε ότι ναι μεν η γενικότερη κίνηση του αεροχειμάρρου προβλέφτηκε σωστά, ωστόσο χρονικά αλλά και γεωμετρικά (σχήμα αεροχειμάρρου) υπάρχουν μικρές αποκλίσεις.



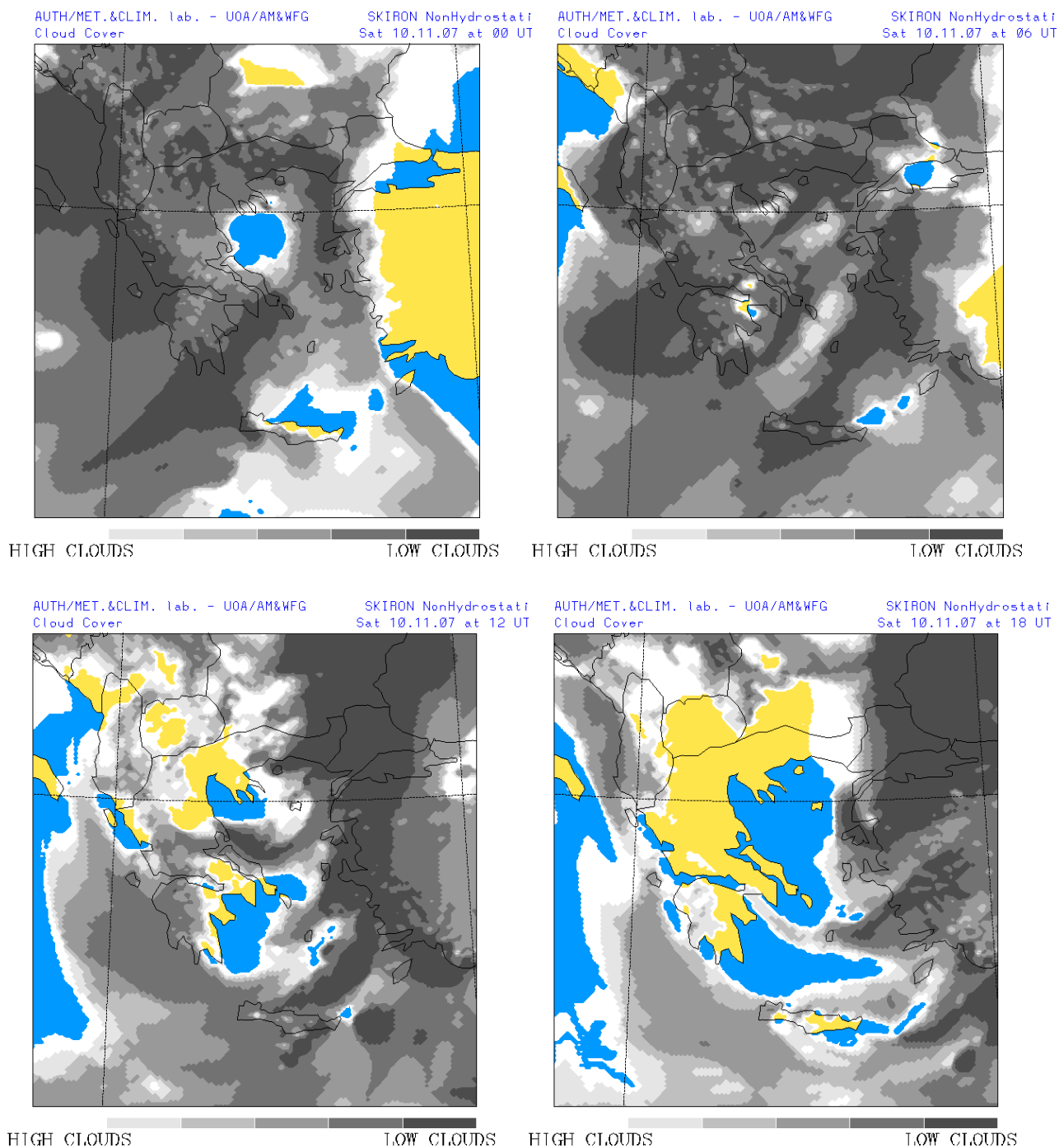
Εικόνα 5.4 – Προγνωστικοί χάρτες γεωδυναμικών υψών και θερμοκρασίας στα 500 hPa που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 18z 9/11 έως 00z 11/11.

Τέλος, στα 500 (εικόνα 5.4) ο αυλώνας φαίνεται ότι εκτιμήθηκε πιο «ρηχός» απ’ότι πραγματικά ήταν, κατά περίπου 50 γεωδυναμικά μέτρα. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι τα γεωμετρικά στοιχεία του αυλώνα και η κίνησή του προβλέφθηκαν σωστά, ωστόσο οι λεπτομέρειες έκριναν τον χαρακτήρα του φαινομένου που μελετάμε.



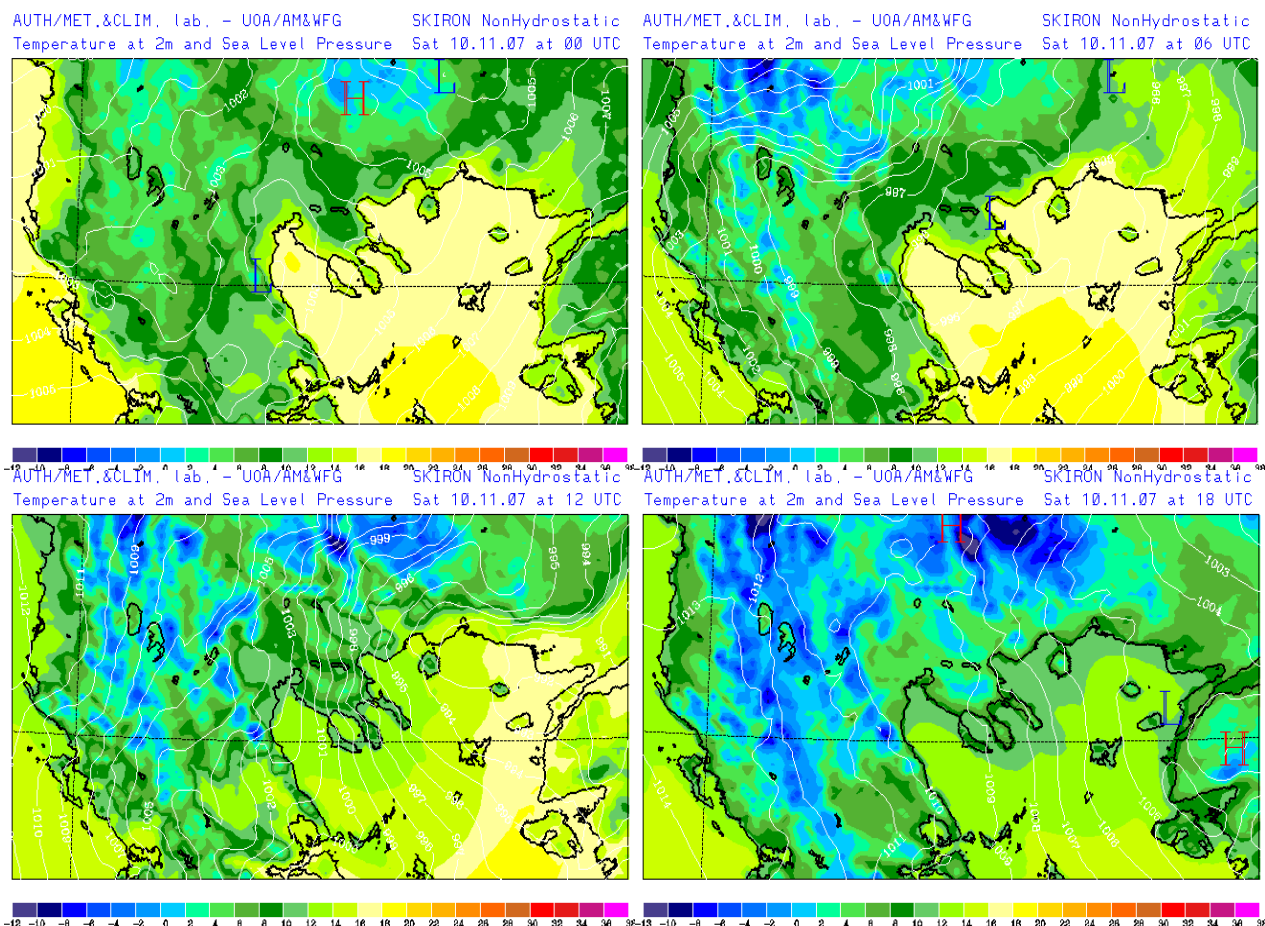
Εικόνα 5.5 – Προγνωστικοί χάρτες επιφανειακής απόλυτης υγρασίας στην περιοχή της Μακεδονίας που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 00z 10/11 έως 00z 11/11.

Συγκρίνοντας τους χάρτες ειδικής υγρασίας της εικόνας 5.5 με τους αντίστοιχους της ειδικής υγρασίας που όντως υπήρξε (βλ. κεφ. 4) βλέπουμε ότι σε γενικές γραμμές οι ποσότητες συμβαδίζουν και μόνο τοπικά ίσως υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις. Σίγουρα βέβαια αφού έχουμε εκδήλωση Βαρδάρη λόγω της γενικότερης διάταξης των συστημάτων, σημαίνει ότι έχουμε εισβολή ξηρότερων αερίων μαζών στον χώρο.



Εικόνα 5.6 – Προγνωστικοί χάρτες νεφοκάλυψης στον ελλαδικό χώρο που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 00z 10/11 έως 18z 10/11.

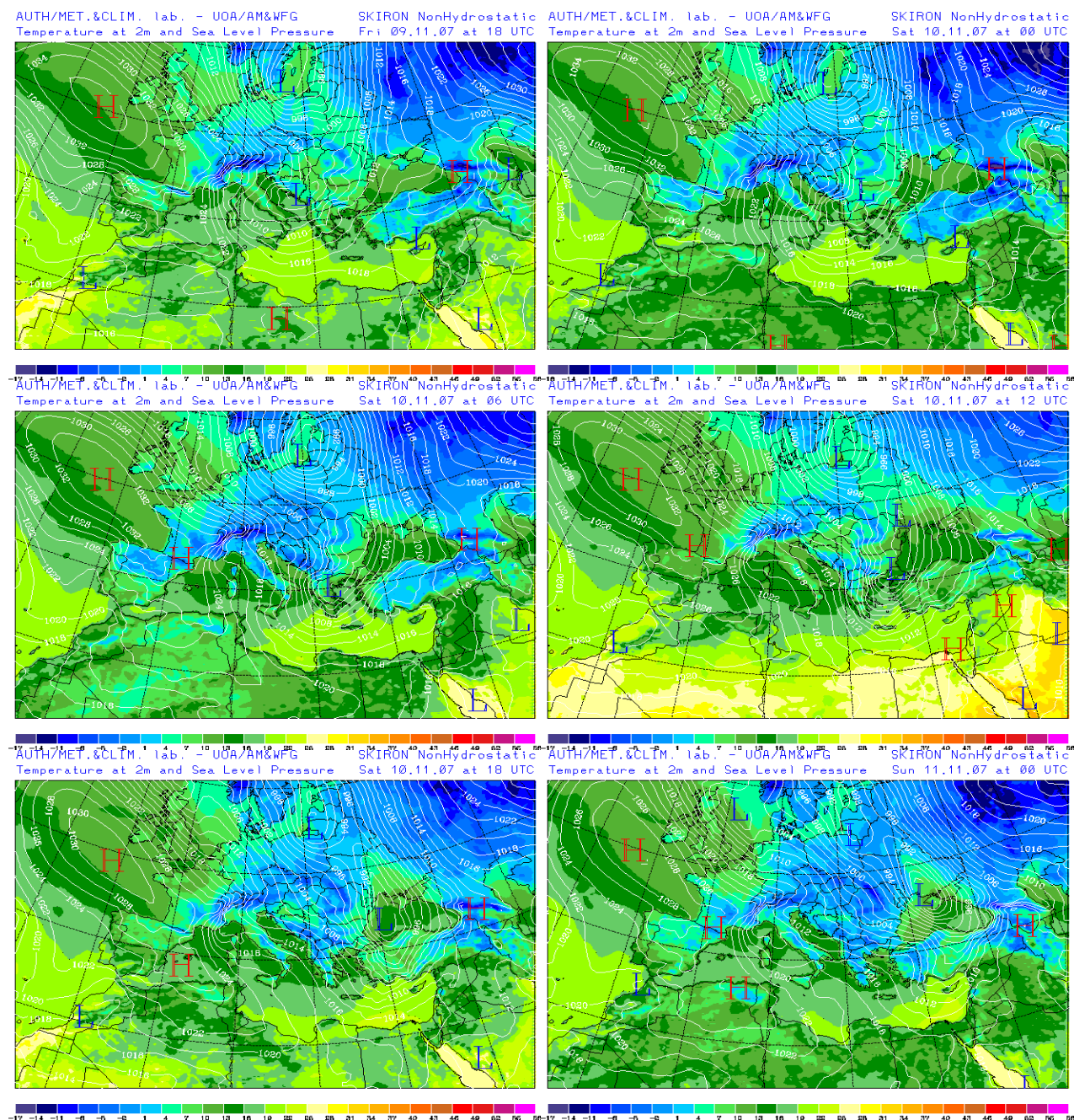
Βλέποντας τους χάρτες νεφοκάλυψης (εικόνα 5.6) παρατηρούμε ότι το χαρακτηριστικό άνοιγμα του καιρού πάνω από την κεντρική Μακεδονία λόγω του Βαρδάρη, έλαβε χώρα μερικές ώρες (< 6 ώρες) αργότερα απ'ότι αρχικά είχε εκτιμηθεί (στις 8/11). Επιπλέον τις πρώτες πρωινές ώρες τις 10^{ης} Νοεμβρίου στην κεντρική Μακεδονία υπήρχαν μικρά ποσοστά νεφοκάλυψης και όχι πλήρη νεφοκάλυψη όπως έδινε το μοντέλο.



Εικόνα 5.7 – Προγνωστικοί χάρτες θερμοκρασίας στα 2 μέτρα από την επιφάνεια της γης και επιφανειακής ατμοσφαιρικής πίεσης στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 00z 10/11 έως 18z 10/11.

Οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ της πρόγνωσης (εικόνα 5.7) και της πραγματικής κατάστασης (βλ. κεφ. 4) είναι μικρές ωστόσο υπάρχουν. Ουσιαστικά, μέχρι πριν από την έναρξη του φαινομένου οι θερμοκρασίες συμπίπτουν. Με την εκκίνηση του φαινομένου εκτιμήθηκε ασθενέστερη πτώση της θερμοκρασίας κατά 2-3°C λιγότερο απ'ότι πραγματικά συνέβη, αφού προγνωστικά από τους 14°C τα ξημερώματα τις 10^{ης} Νοεμβρίου η θερμοκρασία έφτασε στους 10°C το μεσημέρι και στους 6°C περίπου το απόγευμα για να κατέβει λίγο ακόμα το βράδυ στους 4°C, ενώ στην πραγματικότητα η θερμοκρασία από τους 14°C κατήλθε στους 7°C το μεσημέρι για να παραμείνει στα ίδια επίπεδα μέχρι και το βράδυ όπου έφτασε τους 4°C περίπου. Σε γενικές γραμμές, λοιπόν η θερμοκρασία ήταν μέσα στα πλαίσια που ορίστηκαν. Η διαφορά εντοπίζεται περισσότερο στον ρυθμό πτώσης της θερμοκρασίας ανά διαστήματα.

5.2 Πρόγνωση στις 9/11/2007 - 12 UTC

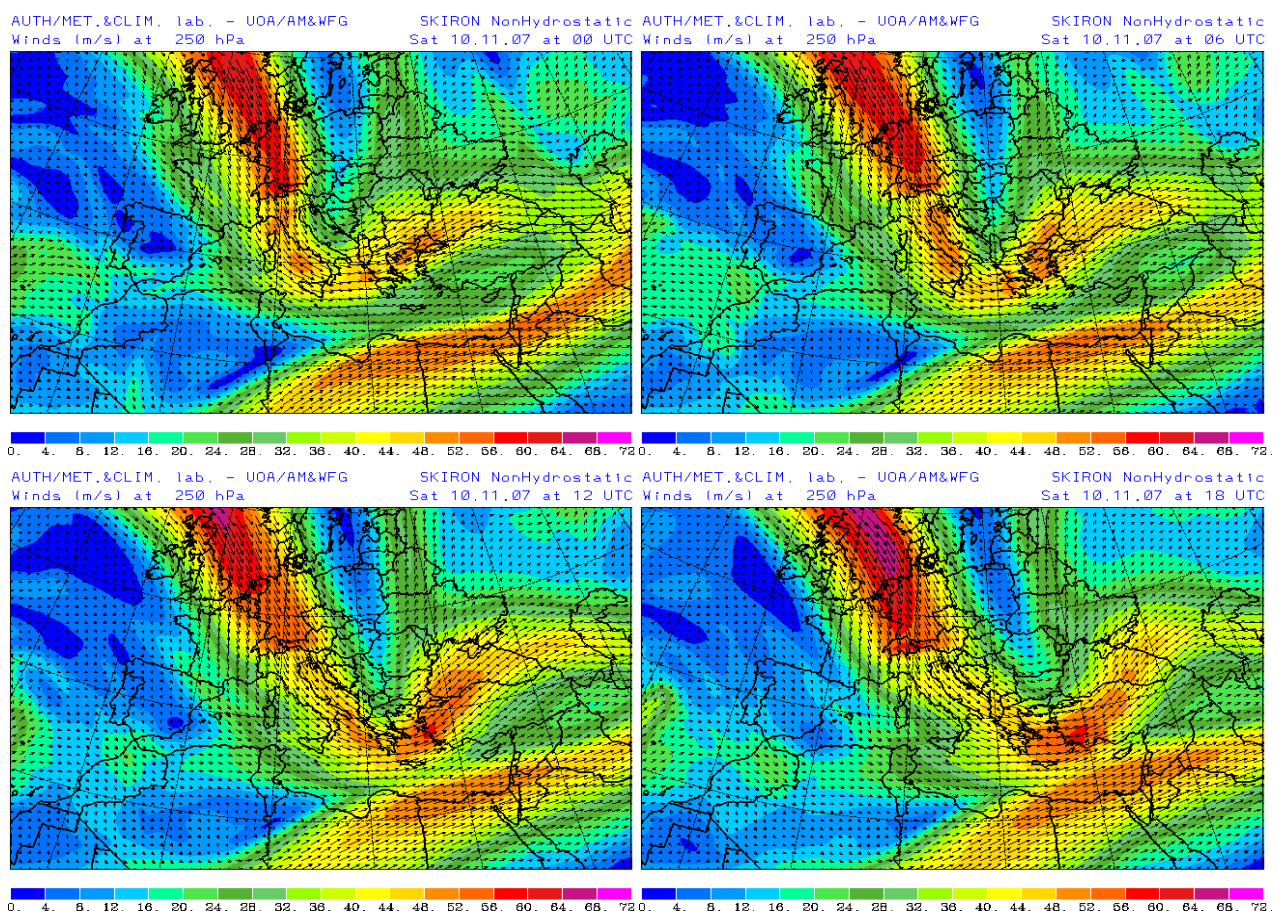


Εικόνα 5.8 – Προγνωστικοί χάρτες επιφανειακής ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 9/11/2007 για το διάστημα 18z 9/11 έως 00z 11/11.

Παρατηρούμε, στους χάρτες της εικόνας 5.8, ότι πλέον προσεγγίζεται καλύτερα η ταχύτητα κίνησης του χαμηλού καθώς και το κέντρο του (994 hPA) αρκετά κοντά στην πραγματική τιμή που κατείχε τελικά (992 hPA). Οι θέσεις της ύφεσης πλέον συμπίπτουν αρκετά στο κάθε ένα χρονικό διάστημα πρόγνωσης και τελικά υπολογίζεται ότι θα απομακρυνθεί εντελώς από τον ελλαδικό χώρο στις 18z, όπως και έγινε. Ωστόσο, το χαμηλό που κανονικά ήταν πάνω από την βόρεια ηπειρωτική Ελλάδα στις 12 το βράδυ ξημερώνοντας η 10^η Νοεμβρίου και παρέμεινε εκεί με μικρή ανατολική μετατόπιση μέχρι και στις 6 το πρωί όπου είχε τιμή γύρω στα 1000 hPA,

στους προγνωστικούς χάρτες φαίνεται στις 12 το βράδυ να μην έχει μπει ακόμα στον Ελλαδικό χώρο αλλά να βρίσκεται λίγο βορειότερα και στις 6 το πρωί να έχει πάρει μεν την θέση που όντως είχε αλλά με τιμή λίγο μικρότερη (κατά 2 hPa). Στις 12 το μεσημέρι το χαμηλό με αργή κίνηση, όπως προαναφέρθηκε, κινήθηκε ανατολικά και βρισκόταν πάνω από το Θρακικό πέλαγος με κέντρο 992 hPa. Στην πρόγνωση ναι μεν γίνεται ορθότερη προσέγγιση, εν τούτοις το κέντρο του χαμηλού ενώ έχει την ίδια τιμή κατά την ίδια χρονική στιγμή, βρίσκεται λίγο ανατολικότερα, πάνω από την Ευρωπαϊκή Τουρκία.

Όλες οι παραπάνω αποκλίσεις δε φαίνεται να έχουν ιδιαίτερες επιπτώσεις στην ορθή πρόγνωση της έντασης του ανέμου που μελετούμε. Το μόνο που ίσως λίγο να προσδιορίζεται σχετικά εσφαλμένα είναι η χρονική διάρκεια του επεισοδίου (σφάλμα της τάξης 2-3 ωρών).

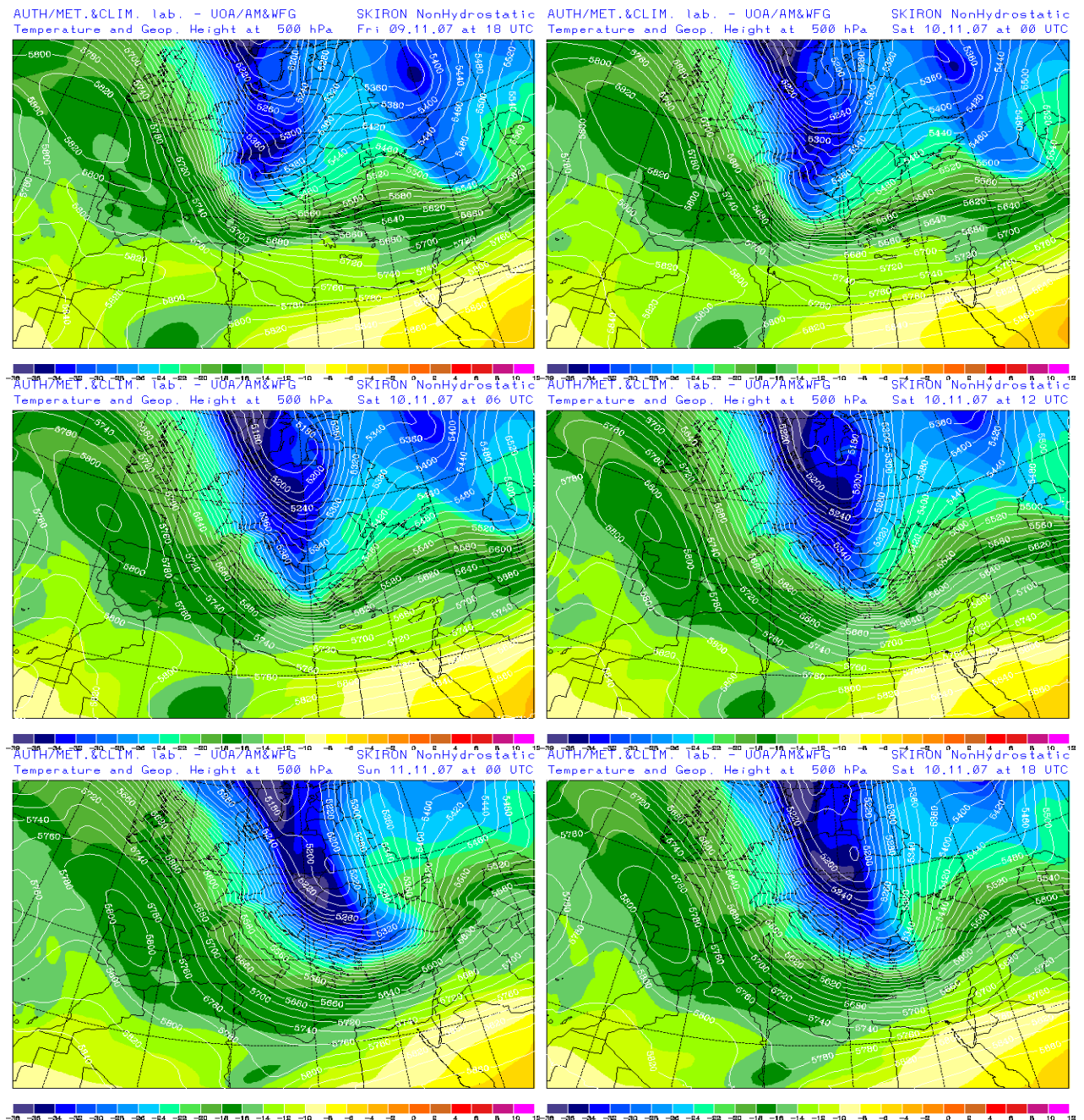


Εικόνα 5.9 – Προγνωστικοί χάρτες ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου (αεροχειμάρρων) στα 250 hPa που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 8/11/2007 για το διάστημα 06z 10/11 έως 00z 11/11.

Δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ της πρόγνωσης της κίνησης του πολικού αεροχειμάρρου στα 250 hPa (εικόνα 5.9) και αυτής που τελικά συνέβη (βλ κεφ.3). Γενικά οι ταχύτητες φαίνεται να συμπίπτουν. Κάποια σφάλματα παρατηρούνται στις 6 το πρωί στις 10/11, όπου ο αεροχειμάρρος στο βορειοανατολικό Αιγαίο ήταν πιο ενισχυμένος κατά 6-8 m/sec, στις 12

το μεσημέρι οπότε και βρισκόταν πιο νότια απ'ότι προβλέφτηκε και στις 6 το απόγευμα που φαίνεται να μπαίνει πιο γρήγορα ο με βορειοδυτική κίνηση αεροχείμαρρος.

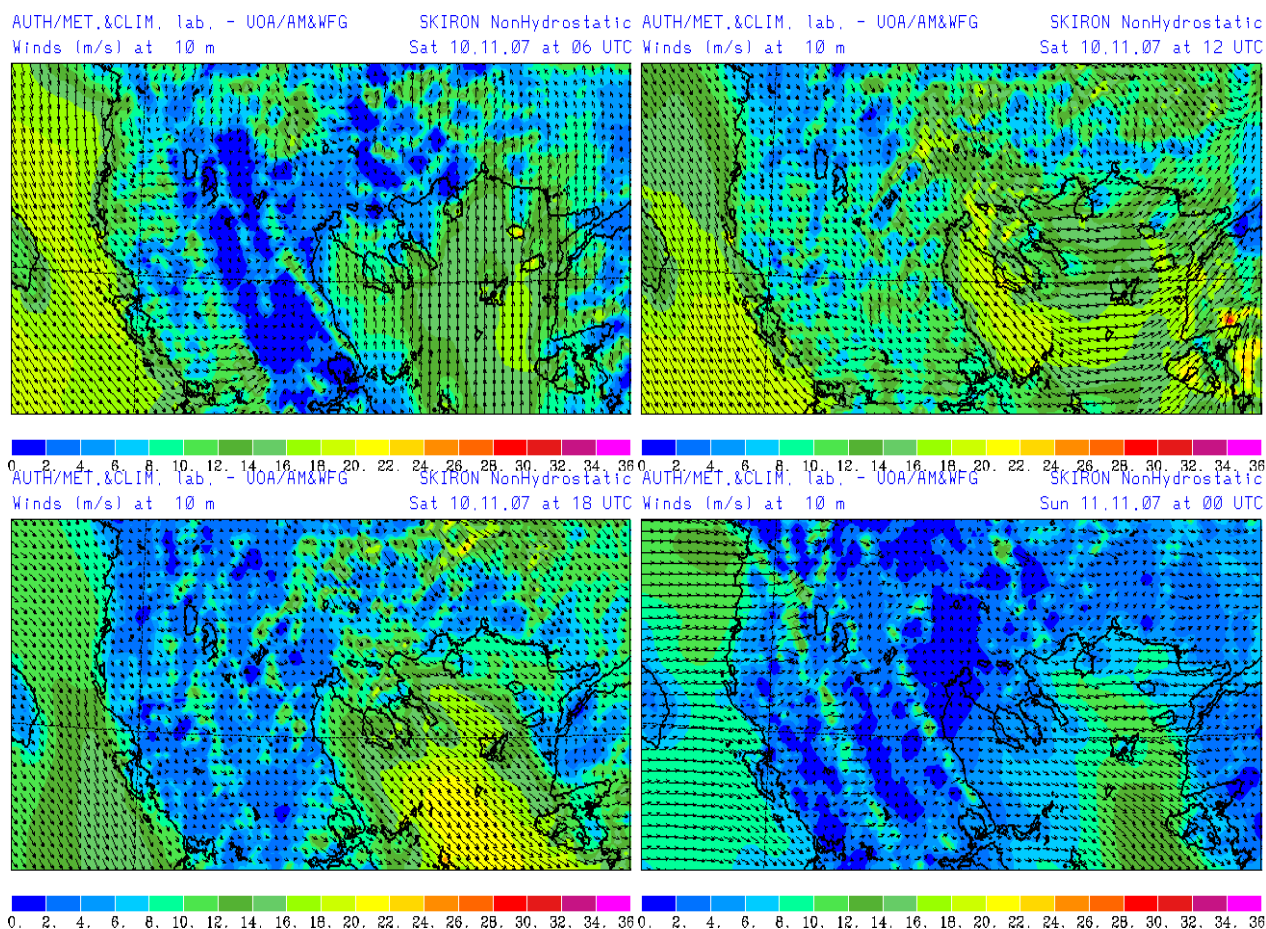
Όλα τα παραπάνω σφάλματα και πάλι δεν καθιστούν το προγνωστικό αποτέλεσμα ανεπιτυχές. Ίσως μόνο χρονικά κυρίως ο προσδιορισμός είναι λίγο εσφαλμένος.



Εικόνα 5.10 – Προγνωστικοί χάρτες γεωδυναμικών υψών και θερμοκρασίας στα 500 hPa που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 9/11/2007 για το διάστημα 18z 9/11 έως 00z 11/11.

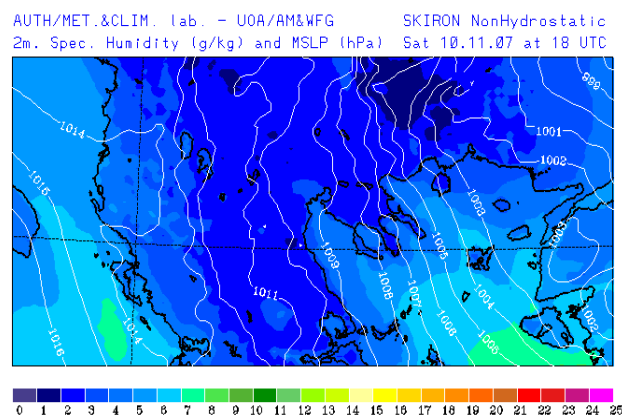
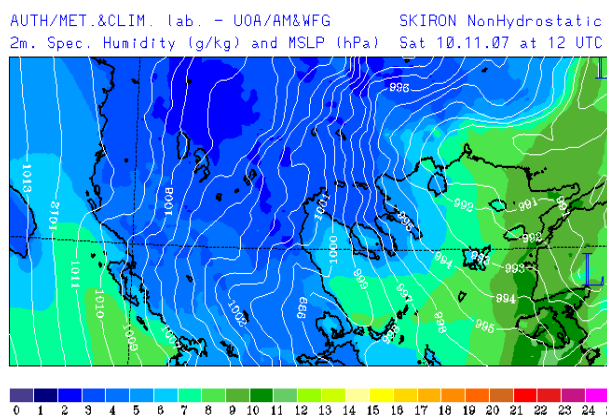
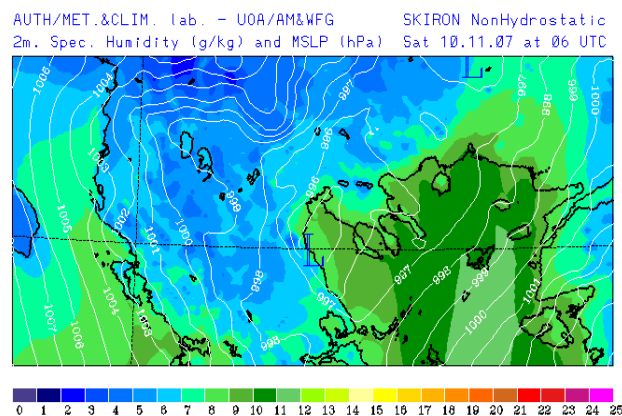
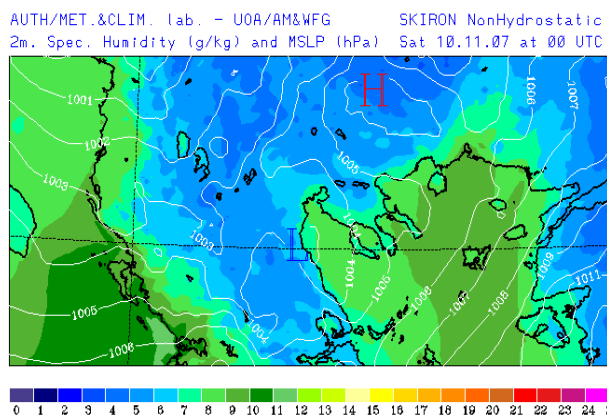
Στους χάρτες των 500 hPa (εικόνα 5.10) ουσιαστικά παρατηρούμε μία κατάσταση που περιγράφηκε και παραπάνω. Οι μη σωστές προσεγγίσεις έχουν να κάνουν κυρίως με την ταχύτητα κίνησης του αυλώνα στην περιοχή μας. Οι αποκλίσεις και εδώ είναι μικρές και σχεδόν

ανύπαρκτες σε συνοπτική κλίμακα και επηρεάζουν σε πολύ μικρές αποστάσεις την διαφοροποίηση της πρόγνωσης από τον πραγματικό καιρό.



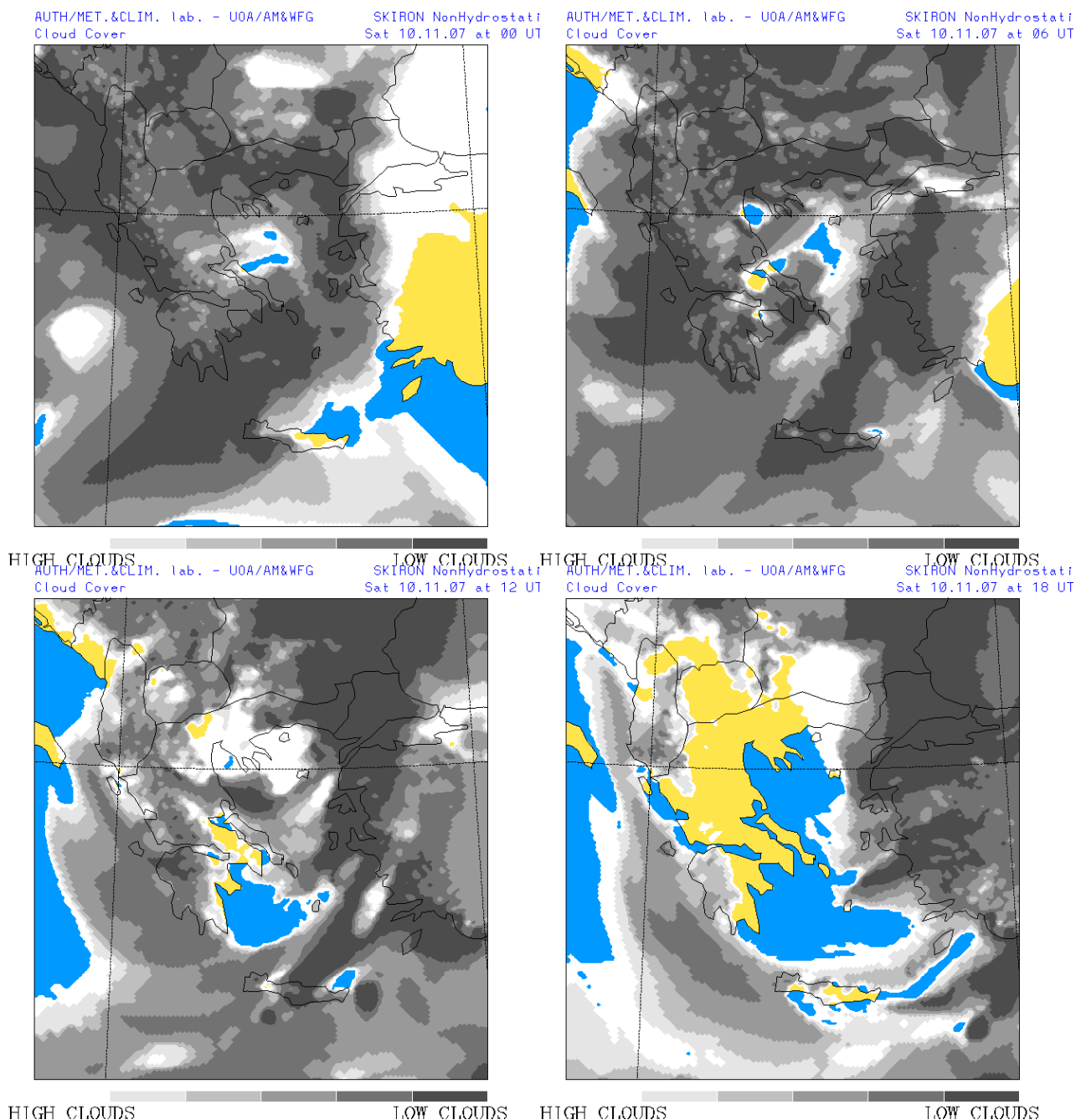
Εικόνα 5.11 – Προγνωστικοί χάρτες ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου στα 10 μέτρα για την περιοχή της βόρειας και κεντρικής Ελλάδας που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 9/11/2007 για το διάστημα 06z 10/11 έως 00z 11/11.

Στους χάρτες ανέμου της εικόνας 5.11 βλέπουμε ότι η πρόγνωση στις 9/11 ταυτίζεται σχεδόν απόλυτα με την κατάσταση του επιφανειακού ανέμου μέχρι και τα ξημερώματα της 11ης Νοεμβρίου. Το μόνο σφάλμα που υπάρχει, το οποίο πρακτικά θεωρείται μηδαμινό, είναι η μικρή υπερεκτίμηση της ταχύτητας στην πρόγνωση κατά 2 m/sec.



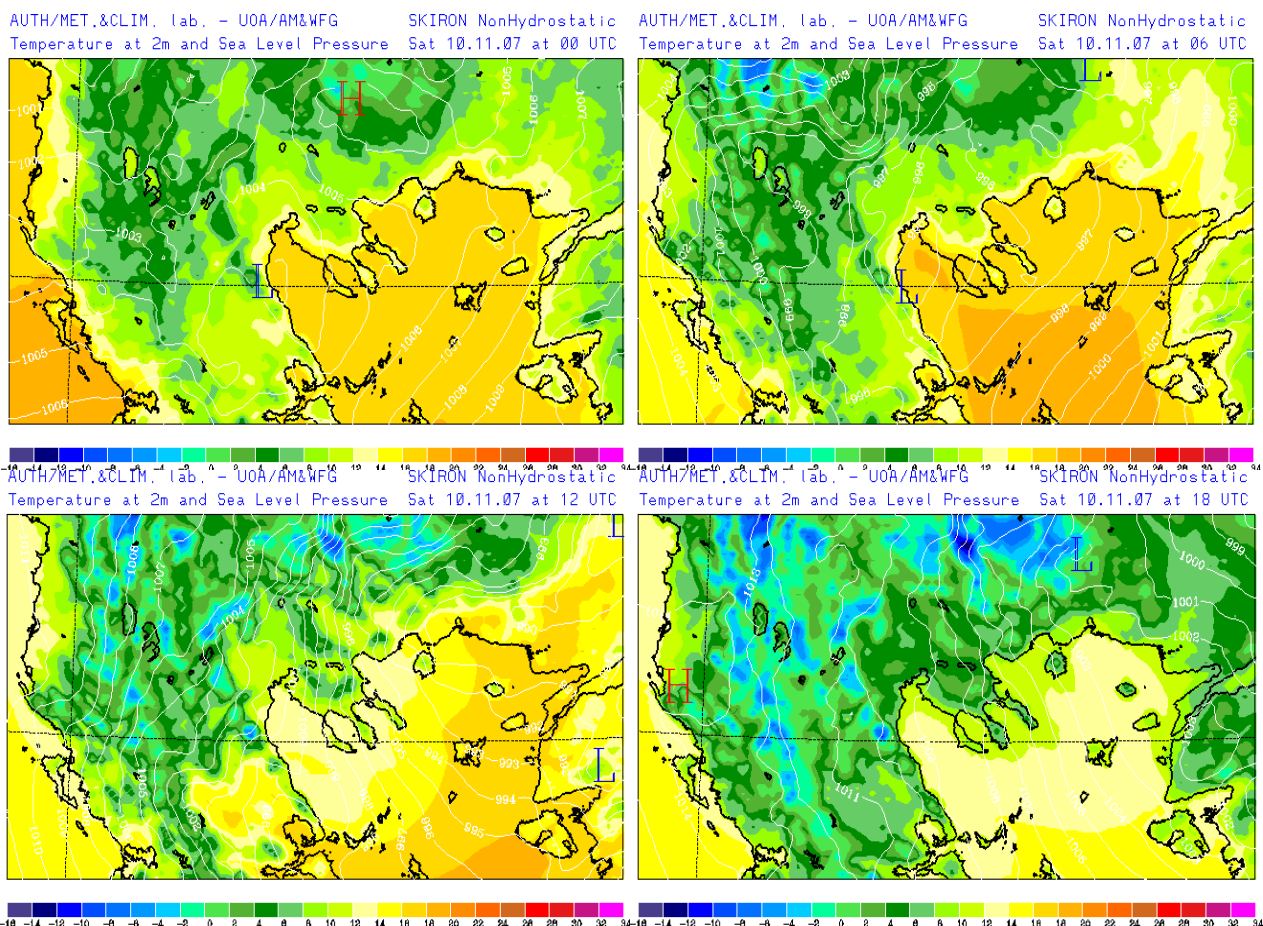
Εικόνα 5.12 – Προγностικοί χάρτες επιφανειακής απόλυτης υγρασίας στην περιοχή της Μακεδονίας που εξήχθησαν με αρχικές συνθήκες από τις 12 UTC στις 9/11/2007 για το διάστημα 00z 10/11 έως 00z 11/11.

Και εδώ (εικόνα 5.12) η πρόγνωση για την απόλυτη επιφανειακή υγρασία είναι ιδιαίτερα επιτυχής καθώς οι προγностικοί χάρτες ταυτίζονται σχεδόν απόλυτα με τους χάρτες τρέχουσας καιρικής κατάστασης τόσο στις τιμές όσο και στην χωρική κατανομή αυτών.



Εικόνα 5.13 – Προγνωστικοί χάρτες νεφοκάλυψης στον ελλαδικό χώρο που εξήχθησαν στις 12 UTC στις 9/11/2007 για το διάστημα 00z 10/11 έως 18z 10/11.

Πολύ πιο βελτιωμένο αυτό το τρέξιμο του μοντέλου από το προηγούμενο γενικά όπως είδαμε. Αν και τις πρώτες πρωινές ώρες στις 10/11 και πάλι προέβλεπε συμπαγή συννεφιά (εικόνα 5.13) στην κεντρική Μακεδονία, κάτι τέτοιο δε συνέβη ποτέ. Ωστόσο η συνέχεια δεν εμπεριέχει ιδιαίτερα σφάλματα (ειδικά αν λάβουμε υπόψη ότι η νεφοκάλυψη δεν είναι και τόσο εύκολα προβλέψιμη παράμετρος). Η χρονική προσέγγιση είναι σωστή όσο και το ποσοστό της νεφοκάλυψης.



Εικόνα 5.14 – Προγνωστικοί χάρτες θερμοκρασίας στα 2 μέτρα από την επιφάνεια της γης και επιφανειακής ατμοσφαιρικής πίεσης στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα που εξήχθησαν στις 12 UTC στις 9/11/2007 για το διάστημα 00z 10/11 έως 18z 10/11.

Η θερμοκρασιακή μεταβολή, στους προγνωστικούς χάρτες της εικόνας 5.14, σαν αριθμητική τιμή προσεγγίστηκε σωστά. Φαίνεται όμως πως η χρονική στιγμή της έναρξης της πτώσης δεν προσδιορίστηκε επακριβώς. Συγκεκριμένα το μοντέλο προσδιόρισε την πτώση μεταξύ της 12^{ης} μεσημβρινής και της 18^{ης} απογευματινής ώρας στις 10/11, ενώ αυτή συνέβη τελικά μέχρι την 12^η μεσημβρινή.

6. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία, με αφορμή την εκδήλωση ενός έντονου επεισοδίου του ανέμου Βαρδάρη κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού τις πρωινές ώρες της 10^{ης} Νοεμβρίου 2007, πραγματοποιήθηκε συνοπτική και δυναμική μελέτη των μετεωρολογικών συνθηκών που επικράτησαν εκείνη την περίοδο τόσο στον ευρύτερο Ευρωπαϊκό χώρο όσο και στον Ελλαδικό χώρο, με σκοπό να γίνουν κατανοητά τα διάφορα χαρακτηριστικά αυτού του ανέμου.

Η συνοπτική εικόνα εκείνη τη μέρα περιγράφεται από έναν ισχυρό αυλώνα που σαρώνει σταδιακά τα βορειότερα τμήματα της Ελλάδας. Επίσης παρατηρείται αντικυκλώνας κέντρου 1030 hPa πάνω από την κεντροδυτική Ευρώπη αλλά και ένα κύριο χαμηλό στην ΒΑ Ευρώπη με κέντρο 988 hPa. Η αιτία όμως του επεισοδίου που μελετήθηκε έχει να κάνει με μία δευτερογενή ύφεση που δημιουργήθηκε στον κόλπο της Γένοβας και βάθυνε περαιτέρω κατά τη μετάβασή της πάνω από το βόρειο Αιγαίο. Το επεισόδιο Βαρδάρη, ουσιαστικά, εκδηλώθηκε λόγω της κίνησης του αντικυκλώνα προς τα ανατολικά και της ύπαρξης της υφέσεως πάνω από την Ανατολική Μεσόγειο με αποτέλεσμα την πύκνωση των ισοβαρών στην επιφάνεια (σχετικά έντονη βαροβαθμίδα περίπου στα 3 hPa / 100 Km).

Τα χαρακτηριστικά του ανέμου που προσδιορίστηκαν στη συγκεκριμένη εκδήλωσή του ήταν η ΒΔ διεύθυνση προφανώς και η μεγάλη του ταχύτητα που έφτασε κατά τόπους τα 25 m/sec (και ίσως να τα ξεπέρασε). Επιπλέον, προσδιορίστηκε μεγάλη πτώση της ειδικής υγρασίας (περίπου κατά 3-4 g/kg) και κυρίως της σχετικής υγρασίας στην επιφάνεια (αλλά και στα διάφορα επίπεδα της τροπόσφαιρας), η οποία από το 90-100% έφτασε κατά τη διάρκεια του επεισοδίου έως και τιμές 30-40% κατά τόπους. Έτσι όπως είναι λογικό, υπήρξε και σχεδόν πλήρης νεφοδιάλυση. Επιπλέον, στο συγκεκριμένο επεισόδιο δεν φάνηκε κάποια ιδιαίτερη μεταβολή όσον αφορά την θερμοκρασία, η οποία σημείωσε πτώση μόλις 3°C κατά την έναρξη του φαινομένου, ενώ στη συνέχεια παρέμεινε σχεδόν σταθερή για να σημειώσει περαιτέρω πτώση μετά το απόγευμα (2-3°C), οπότε και άρχισε να εξασθενεί ο άνεμος. Αυτό βέβαια δεν αποτελεί χαρακτηριστικό του Βαρδάρη, καθώς υπήρξαν περιπτώσεις όπως αυτή στις 28/1/2008 που από την έναρξη έως και το μέγιστο (λιγότερο από 6 ώρες) του φαινομένου (Βαρδάρη) η θερμοκρασία έπεσε περίπου 5-7°C στην περιοχή του Αξιού.

Τέλος, είδαμε αν και κατά πόσο οι προγνώσεις του μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ που έγιναν μία και δύο μέρες πριν ήταν ακριβείς και επιτυχείς ή όχι. Φάνηκε, όπως είναι λογικό, ότι η πρόγνωση με αρχικές συνθήκες στις 1200 UTC 9/11/07 ήταν πιο βελτιωμένη από αυτήν στις 1200 UTC 8/11/07. Στην πρόγνωση στις 8/11 υπήρχαν χρονικές αποκλίσεις στην έναρξη και την εξασθένηση (κατά 3-5 ώρες). Επιπλέον, η ένταση του ανέμου υπερεκτιμήθηκε κατά 8 m/sec, ενώ ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας δεν προσδιορίστηκε με ιδιαίτερη ακρίβεια. Αντίθετα βέβαια στις 9/11 η πρόγνωση

ήταν σαφώς βελτιωμένη και με πολύ μικρές αποκλίσεις μόνο, προσδιόριζε αρκετά καλά την κατάσταση που θα επικρατούσε την επόμενη μέρα στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, στην παρούσα εργασία προσδιορίστηκαν αρκετά χαρακτηριστικά που ακολουθούν ή και προηγούνται της εκδήλωσης του Βαρδάρη και τα οποία στην ουσία αποτελούν την ταυτότητά του. Στη συνέχεια φάνηκε πως ο Βαρδάρης σαν γεγονός προσδιορίστηκε με αρκετή ακρίβεια ακόμα και 2 μέρες πριν, εν τούτοις επιμέρους στοιχεία του φάνηκε να υπο/υπερ-εκτιμούνται κυρίως στην πρόγνωση δύο μέρες πριν.

7. Περίληψη

7.1 Περίληψη στα ελληνικά

Στην παρούσα εργασία μελετώνται τα συνοπτικά και δυναμικά χαρακτηριστικά της δομής της τροπόσφαιρας κατά τη διάρκεια ενός έντονου επεισοδίου Βαρδάρη κατά μήκος της κοιλάδας του ποταμού Αξιού στις 10 Νοεμβρίου 2007. Με την χρήση τόσο δεδομένων από τέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού όσο και δεδομένων του Ντετερμινιστικού μοντέλου και του μοντέλου WRF προσδιορίστηκε η συνοπτική και δυναμική κατάσταση που συναντάμε πριν και κατά την εκδήλωση του ανέμου Βαρδάρη. Γενικά, παρατηρούμε έναν αντικυκλώνα στην κεντρο-δυτική Ευρώπη, ο οποίος κινούμενος προς τα ανατολικά συνάντησε το χαμηλό πάνω από την Ελλάδα και έτσι προκάλεσε την εκδήλωση Βαρδάρη στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας με ταχύτητα έως και 25 m/sec. Παράλληλα, με την εκδήλωση του φαινομένου σημειώθηκε πτώση των τιμών ειδικής και σχετικής υγρασίας κατά περίπου 3-4 g/kg και 60-70% αντίστοιχα, χωρίς όμως να μεταβληθεί ιδιαίτερα η θερμοκρασία (πτώση περίπου 3°C) κατά την έναρξη του φαινομένου. Τέλος, έγινε σύγκριση των προγνώσεων του μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ με αρχικές συνθήκες στις 1200 UTC 8/11/07 και στις 1200 UTC 9/11/07 μεταξύ τους αλλά και με τις πραγματικές συνθήκες. Η σύγκριση έδειξε ότι στην πρόγνωση στις 8/11 υπήρχαν αρκετές χρονικές αποκλίσεις στην έναρξη και την εξασθένηση του ανέμου και υπερεκτίμηση στην ταχύτητα του επιφανειακού ανέμου. Αντίθετα, στις 9/11 η πρόγνωση ήταν σαφώς βελτιωμένη προσδιορίζοντας αρκετά καλά την κατάσταση που θα επικρατούσε την επόμενη μέρα στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας.

7.2 Abstract in english

The present study investigates the synoptic and dynamic characteristics of the troposphere during an intense intrusion of wind Vardaris along the valley of river Aksios on 10 November 2007. Using data of four meteorological stations, which were installed along the valley of Aksios, and data of ECMWF and WRF model, we defined the synoptic and dynamic conditions that prevailed before and during the event of wind Vardaris. Generally, we observe an anticyclone over central and west Europe, which moving towards east faced the low over Greece and by this way the event of wind of Vardaris was caused in the region of central Macedonia blowing in velocities at about 25 m/sec. At the same time that the event of Vardaris was started, the specific humidity fell at about 3-4 g/kg and the relative humidity fall at about 60-70%. In addition, the temperature wasn't changed remarkably (falling at about 3°C). Finally, a comparison was made between forecasts of model SKIRON with initial conditions on 1200 UTC 8/11/07 and on 1200 UTC 9/11/07 and between them and the conditions that took place in the region. The result of this comparison was that the forecast on 8/11 depicted some timing deflections in start and vitiation of wind and that the model overestimated the velocity of surface wind. On the contrary, the forecast of 9/11 was improved enough defining with good accuracy the condition that would dominated in the region of central Macedonia on the next day.

8. Βιβλιογραφία

- Πυθαρούλης Ι. και Παπαγεωργίου Ι., συνεργασία δ/σης β' και ΕΜΚ , Περιγραφή των προϊόντων του ντετερμινιστικού μοντέλου και του συστήματος στοχαστικών προγνώσεων του Ευρωπαϊκού κέντρου μεσοπρόθεσμων προγνώσεων καιρού , Φεβρουάριος 2006
- Πυθαρούλης Ι. , Χαρακτηριστικά και προγνωσιμότητα του έντονου επεισοδίου καύσωνα που επηρέασε τον Ελλαδικό χώρο τον Ιούνιο του 2007 , 2007
- Πυθαρούλης Ι. , Υψηλής ανάλυσης επιχειρησιακές αριθμητικές προγνώσεις καιρού για αγρομετεωρολογικές εφαρμογές, 2007
- Μακρογιάννης Τ. και Σαχσαμάνογλου Χ. , Μαθήματα γενικής μετεωρολογίας, Εκδόσεις Χάρις , 2004
- Καρακώστας Θ. , Σημειώσεις μαθήματος συνοπτικής και δυναμικής μετεωρολογίας, 2005
- Μπαλαφούτης Χ. και Μαχαίρας Π. , Μαθήματα γενικής κλιματολογίας με στοιχεία βιοκλιματολογίας, Εκδόσεις Γιαχούδη
- Λ. Ψαρρή , Ο τοπικός άνεμος της Θεσσαλονίκης, Βαρδάρης - Μια προσέγγιση του προβλήματος με κλασσικές μεθόδους και με τη χρήση των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων , Διατριβή ειδίκευσης , Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2005
- Arseni-Papadimitriou A. and Macheras P. , The influence of the wind Vardaris to the diurnal variation of the meteorological elements in the area of Thessaloniki , Thessaloniki 1985
- Maheras, P., I. Patrikas, Th. Karakostas, and Chr. Anagnostopoulou, 'Automatic classification of circulation types in Greece: methodology, description, frequency, variability and trend analysis', 2000
- Angouridakis Vl. , Blafoutis Ch. and Maheras P. Les Vents de Nord-ouest, et "Vardaris", A Thessalonique, Thessalonique 1981
- Maheras P. and Flokas A. , La structure de la basse troposphere pendant le vent "Vardaris" a thessalonique , 1984

- Μαχαίρας Π., 1982: ‘Συνοπτικές καταστάσεις και πολυδιάστατη ανάλυση του καιρού στη Θεσσαλονίκη’. Μονογραφία, Δημοσίευση αριθμ. 15, Εργαστήριο Κλιματολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών
- Arseni-Papadimitriou A. , Macheras P. and Papadimitriou J. , Les conditions geographiques, synoptiques et aerologiques propices a l’apparition du phenomene “visibilite exceptionnelle” a Thessalonique , Universite de Thessalonique – Greece , 1980
- Κάποιοι χάρτες λήφθηκαν από τον ιστότοπο: <http://www.meteociel.fr/modeles/archives>
- Στοιχεία για το μοντέλο WRF αντλήθηκαν από τον ιστότοπο: <http://www.wrf-model.org/index.php>
- Η εικόνα στο εξώφυλλο λήφθηκε από τον ιστότοπο: <http://www.thessalonikeis.gr>