

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Συνοπτική Ανάλυση και Προγνωσιμότητα μιας Έντονης Ψυχρής
Εισβολής στον Ελλαδικό Χώρο**

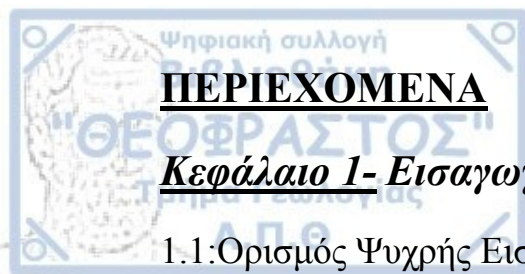
ΤΣΟΠΟΥΡΙΔΗΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΑΕΜ: 4211

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΠΥΘΑΡΟΥΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1- Εισαγωγή.....σελ.4

1.1:Ορισμός Ψυχρής Εισβολής..... σελ.12

Κεφάλαιο 2- Εργαλεία Πρόγνωσης-Δεδομένα

2.1 Ιστορική Αναδρομή..... σελ.15

2.2:Αριθμητικά Μοντέλα Πρόγνωσης Καιρού.....σελ.16

2.3:Το Σύστημα Πρόγνωσης του Ευρωπαϊκού Κέντρου

Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού..... σελ.20

Κεφάλαιο 3- Παρατηρήσεις-Συνοπτική ανάλυση

3.1 Περιγραφή Συνοπτικής Κατάστασης..... σελ.27

3.2 Μελέτη της Ψυχρής Εισβολής στην Αττική..... σελ.55

3.2.1 Επιφανειακές Μετρήσεις..... σελ.55

3.2.2 Κατακόρυφες Τομές..... σελ.58

Κεφάλαιο 4- Προγνωσιμότητα

4.1: Εισαγωγή..... σελ.62

4.2 Θερμοκρασία στα 850 mb.....σελ.62

4.3 Γεωδυναμικό Ύψος στα 500 mb.....σελ.63

4.4 Προγνωσιμότητα στην Περιοχή της Αθήναςσελ.81

Κεφάλαιο 5- Συμπεράσματα-Συζήτηση..... σελ.92

Βιβλιογραφία.....σελ.95

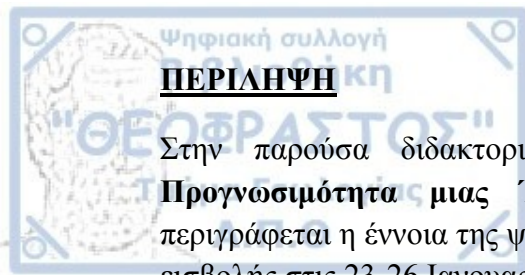


ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική διατριβή αποκτήθηκε στα πλαίσια της απόκτησης του πτυχίου μου από το τμήμα Γεωλογίας, της Σχολής Θετικών Επιστημών, στον τομέα Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Η επίβλεψη της εν λόγω διπλωματικής εργασίας έγινε από τον Λέκτορα κ. Ιωάννη Πυθαρούλη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου και θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά τόσο για την υποστήριξη και καθοδήγησή του για την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, όσο και για την εμπειρία και τις γνώσεις που μου παρείχε από την πρώτη στιγμή της αποκάλυψης του ενδιαφέροντος μου για την αριθμητική πρόγνωση καιρού και το ευρύτερο πεδίο της επιστήμης της «Συνοπτικής και Δυναμικής Μετεωρολογίας».

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του διδακτικού και επιστημονικού προσωπικού του Μετεωροσκοπείου Θεσσαλονίκης για την βοήθεια που μου παρείχαν όποτε και αν τους την ζήτησα και τον πολύτιμο χρόνο που μου διέθεσαν για την επίλυση των εκάστοτε αποριών μου πάνω στην επιστήμη που αγάπησα, αυτήν της Μετεωρολογίας και σε διάφορα άλλα σχετικά με τον καιρό θέματα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Δημήτριο και Ευγενία Τσοπουρίδη για την ψυχική και οικονομική υποστήριξη που όλα αυτά τα χρόνια μου παρείχαν και είμαι βέβαιος θα συνεχίσουν να μου παρέχουν με στόχο μια επιτυχημένη πορεία πάνω στο αντικείμενο με το οποίο επέλεξα να ασχοληθώ και αυτό δεν είναι άλλο από την επιστήμη της Μετεωρολογίας.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή με τίτλο << **Συνοπτική Ανάλυση και Προγνωσιμότητα μιας Έντονης Ψυχρής Εισβολής στον Ελλαδικό Χώρο**>> περιγράφεται η έννοια της ψυχρής εισβολής και ειδικότερα μελετάται το επεισόδιο ψυχρής εισβολής στις 23-26 Ιανουαρίου του 2006.

Αρχικά γίνεται μία γενική περιγραφή του όρου <<ψυχρή εισβολή>> και μία προσπάθεια εύρεσης ενός κοινά αποδεκτού ορισμού μέσα από τις εργασίες διάφορων επιστημόνων που μελέτησαν τις ψυχρές εισβολές όχι μόνο από τον Ελλαδικό χώρο αλλά και παγκόσμια. Ακολουθεί μία περιγραφή του τρόπου αριθμητικής πρόγνωσης καιρού με ειδικότερη αναφορά στο Ντετερμινιστικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού.

Με βάση δεδομένα από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF) και στοιχεία για τον νετό από τους επίγειους σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ) δημιουργήθηκαν χάρτες ανάλυσης και χάρτες και διαγράμματα προγνωσιμότητας για την ευρύτερη περιοχή του Ελλαδικού χώρου με ιδιαίτερη έμφαση στο Νομό Αττικής. Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας και την όσο το δυνατόν καλύτερη απεικόνιση της συνοπτικής κατάστασης του επεισοδίου ψυχρής εισβολής του Ιανουαρίου του 2006 δημιουργήθηκαν χάρτες που απεικονίζουν τις διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους στο χρονικό διάστημα πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την ψυχρή εισβολή. Αυτή η διαδικασία επετεύχθη με βάση το λογισμικό GrADS (Grid Analysis and Display System). 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.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκεκριμένη ψυχρή εισβολή αποτελεί μια ειδική περίπτωση ψυχρής εισβολής για τον Ελλαδικό χώρο, που επηρέασε κυρίως την Ανατολική Ελλάδα συμπεριλαμβανομένης και της πόλης της Αθήνας με τοπικές χιονοπτώσεις ασυνήθιστα μεγάλης διάρκειας (3 ημέρες) αλλά μικρής σχετικά έντασης. Η πρόγνωση ήταν επιτυχής ήδη τέσσερις ημέρες κατά μέσο όρο νωρίτερα με μία μόνο μικρή υποεκτίμηση της επερχόμενης κακοκαιρίας ως προς την διάρκεια.

Ο συνδυασμός ενός βαρομετρικού χαμηλού στη νότια Ελλάδα με τη έλευση πολύ ψυχρών αερίων μαζών Αρκτικής προέλευσης από τα βόρεια είχε σαν αποτέλεσμα την σοβαρή επιδείνωση που παρουσίασε ο καιρός στην χώρα μας και αποτέλεσμα μίας <<εύθραυστης ισορροπίας>> που ξεχωρίζουν αυτήν την ψυχρή εισβολή από αντίστοιχες του παρελθόντος.

Τέλος, το σύστημα πρόγνωσης του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF) προέβλεψε επιτυχώς την ψυχρή εισβολή του διαστήματος 23-26 Ιανουαρίου 2006. Η πρόγνωση ήταν επιτυχής στα διάφορα μετεωρολογικά πεδία ήδη πέντε ημέρες πριν την έλευση της αναμενόμενης διαταραχής. Μοναδική παραφωνία στην πρόγνωση του ECMWF υπήρξε η υποεκτίμηση της διάρκειας της επικείμενης κακοκαιρίας κατά μία τουλάχιστον ημέρα.

Η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα ασχολείται εκτός των άλλων με τη μελέτη των έντονων καιρικών φαινομένων και προσπαθεί να προσδιορίσει την αιτία των φαινομένων αυτών. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ένα τέτοιο έντονο καιρικό φαινόμενο είναι η μεταφορά ψυχρών αερίων μαζών από τα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη προς τα μεσαία, η οποία στην Μετεωρολογία καλείται «ψυχρή εισβολή».

Ένα από τα πιο δύσκολα σημεία στη μελέτη των ψυχρών εισβολών είναι ο ορισμός τους. Δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία ένας σαφής και ακριβής ορισμός που να δίνει τα θερμοκρασιακά όρια που θα πρέπει να λαμβάνονται, ώστε μία μείωση της θερμοκρασίας να καλείται ψυχρή εισβολή. Η Ε.Μ.Υ. ορίζει ως εισβολή (outbreak, invasion) την ταχεία και σε μεγάλη έκταση άφιξη μιας αέριας μάζας σε μία απομακρυσμένη, από την περιοχή πηγής περιοχή.

Οι ψυχρές εισβολές είναι ένα συχνό φαινόμενο για τις περιοχές της βόρειας Ευρώπης με προέλευση την περιοχή του βορείου πόλου ή του αρκτικού ωκεανού. Στη νότια Ευρώπη, αν και ψυχρές εισβολές υφίστανται, το φαινόμενο είναι λιγότερο συχνό. Ωστόσο παρά τη μικρή συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου μπορεί να προκληθούν κατά τόπους αρκετά έντονα φαινόμενα δημιουργώντας πολλές φορές σοβαρά προβλήματα στην οικονομία και την κοινωνία γενικότερα. Και στις δύο περιπτώσεις, δηλαδή τόσο στην βόρεια όσο και στην νότια Ευρώπη, μια ψυχρή εισβολή συνοδεύεται από αξιοσημείωτη πτώση της θερμοκρασίας και της πίεσης και από ισχυρούς, κατά βάση βόρειας συνιστώσας ανέμους.

Ένα από τα καιρικά φαινόμενα που συνοδεύουν τις ψυχρές εισβολές τις περισσότερες φορές είναι οι χιονοπτώσεις.

Χιονόπτωση ονομάζεται η πτώση υετού με τη μορφή χιονιού από τα σύννεφα. Μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε :

- ασθενή χιονόπτωση όπου η ορατότητα ξεπερνά τα 1000 μέτρα
- μέτρια χιονόπτωση όπου ορατότητα κυμαίνεται από 200 σε 1000 μέτρα και
- ισχυρή χιονόπτωση όπου η ορατότητα είναι μικρότερη από 200 μέτρα

Το χιόνι είναι ένα είδος υετού που αποτελείται 100% από παγοκρυστάλλους σε μορφή χιονονιφάδων. Δημιουργείται μεταξύ, κάτω, ή πάνω από τα στρώματα των νεφών, ανάλογα του πλάτους και της θερμοκρασίας των νεφών, από τη συμπύκνωση των υδρατμών σε θερμοκρασία κατώτερη του σημείου πήξεως αλλά με πολύ βραδύ ρυθμό. Έτσι το χιόνι αποτελείται από κρυστάλλους πάγου, που ενωμένοι μεταξύ τους χαλαρά σχηματίζουν τις λευκές και ελαφρές χιονονιφάδες. Τα κρυσταλλικά συσσωματώματα των νιφάδων του χιονιού είναι κατά το πλείστον διαφανή με στιλπνές έδρες που αντανακλούν το φως και παρουσιάζουν λευκή μάζα. Το μέγεθος των κρυστάλλων τους είναι 0.25 - 13 χιλιοστά (mm) και πέφτουν μεμονωμένα ή ενωμένοι σε νιφάδες που σχηματίζονται συνήθως σε ήρεμη χιονόπτωση με θερμοκρασία εδάφους 0°C ή χαμηλότερη. Τα λίαν ψυχρά νέφη σχεδόν πάντα είναι ξηρά σε αντίθεση με τα θερμότερα νέφη (τα χαμηλότερα) που περιέχουν περισσότερη υγρασία και έχουν την τάση να παρασκευάζουν τους μεγαλύτερους, ταχέως αυξανόμενους και διακλαδιζόμενους κρυστάλλους. Γενικά τα σχήματα των κρυστάλλων του χιονιού ανήκουν στον εξαγωνικό σύστημα με επικράτηση των αστεροειδών μορφών με έξι ακτίνες.

- Ημέρα χιονιού (κατά την E.M.Y.) είναι κάθε ημέρα κατά την οποία παρατηρείται πτώση χιονιού

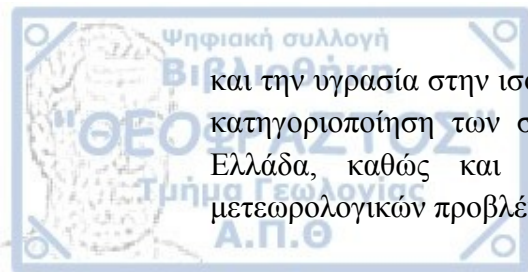
Η μεταφορά ψυχρών αερίων μαζών εξαιτίας μίας ύφεσης που προκαλεί έντονα καιρικά φαινόμενα έχει μελετηθεί κατά κύριο λόγο με δύο τρόπους:

- i. Με βάση συνοπτικά και κλιματικά στοιχεία
- ii. Με τη χρήση αριθμητικών ατμοσφαιρικών μοντέλων

Πολλές εργασίες έχουν γραφτεί τον τελευταίο αιώνα για τις ψυχρές εισβολές, οι οποίες προερχόμενες από τη βόρεια Ευρώπη επηρεάζουν, και μάλιστα κάποιες φορές σε σημαντικό βαθμό, την ανατολική Μεσόγειο. Ακολουθούν κάποια δείγματα από ενδεικτικές εργασίες που μελετούν το φαινόμενο μεταφοράς ψυχρών αερίων μαζών, συνοδεία υετού στην Αττική αλλά και τον ευρύτερο Ελληνικό χώρο.



- ❖ Ο πρώτος Έλληνας και θεμελιωτής της Μετεωρολογικής επιστήμης που ασχολήθηκε με τις χιονοπτώσεις στην Αττική ήταν ο Δημήτριος Αιγινήτης, ο οποίος το 1907 στην εργασία του «το κλίμα της Ελλάδος», χρησιμοποιώντας τα στοιχεία της περιόδου 1840-1894 δίνει αρκετές κλιματικές πληροφορίες για το χιόνι στην Αττική, όπως είναι οι μέσες μηνιαίες τιμές ημερών χιονόπτωσης κατά τη ψυχρή περίοδο.
- ❖ Τα έτη 1935 και 1936 ακολουθούν δύο εργασίες από τον Η. Μαριολόπουλο, οι οποίες εκτός των άλλων περιλάμβαναν στατιστικά στοιχεία των χιονοπτώσεων στην πόλη της Αθήνας, ενώ ο Μαριολόπουλος προβαίνει στο συμπέρασμα ότι στην ευρύτερη περιοχή του Σαρωνικού κόλπου ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών χιονιού παρουσιάζει ελάχιστο έναντι άλλων Ελληνικών περιοχών.
- ❖ Τα χρόνια που ακολούθησαν τρεις μετεωρολόγοι ο Λιβαθηνός(1936), ο Κυριαζόπουλος(1948) και ο Κάραλης στις εργασίες τους προσπαθούν να εντοπίσουν τα είδη των βαρομετρικών συστημάτων, τα οποία προκαλούν τις χιονοπτώσεις στην Ελλάδα.
- ❖ Στην εργασία τους «Οι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι»(1955) οι Η. Μαριολόπουλος και Λ. Καραπιέρης αναφέρονται στις χιονοπτώσεις στην Αττική και δίνουν πληροφορίες για τον ελάχιστο αριθμό ημερών χιονιού σε ένα έτος στην Αττική-συμπεριλαμβανομένου και του Σαρωνικού κόλπου-και την γύρω περιοχή της Στερεάς Ελλάδας, ενώ καταλήγουν στο συμπέρασμα πως το μέσο μέγιστο μηνιαίο πλήθος ημερών χιονιού εμφανίζεται στα παράλια τον Φεβρουάριο και στα ορεινά τον Ιανουάριο.
- ❖ Το 1977, ο Η. Landsberg σε σχετική εργασία του, προσπαθεί να συσχετίσει τις χιονοπτώσεις στην Ελλάδα με την εμφάνιση, το χειμώνα, ενός αντικυκλώνα στην περιοχή της κεντρικής Ευρώπης με κέντρο τις Άλπεις.
- ❖ Το 1979, η Λιώκη-Λειβαδά Τσελεπιδάκη δίνει πολύ σημαντικές πληροφορίες για τις χιονοπτώσεις στην Ελλάδα, όπως τον αριθμό ημερών χιονιού σε μηνιαία και ετήσια βάση, τις συνθήκες της ατμόσφαιρας κατά την χιονόπτωση με έμφαση στη θερμοκρασία



και την υγρασία στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 hPa, ενώ προέβη και σε μια πρώτη κατηγοριοποίηση των συνοπτικών συστημάτων που προκαλούν χιονοπτώσεις στην Ελλάδα, καθώς και σε μία προσπάθεια αξιολόγησης της αξιοπιστίας των μετεωρολογικών προβλέψεων.

- ❖ Σταθμό στην μελέτη των χαρακτηριστικών των χιονοπτώσεων στην Αθήνα αποτελούν οι δύο εργασίες (1979, , 1984) των Πρεζεράκου και Αγγουριδάκη, οι οποίοι έδωσαν έναν ορισμό για τη χιονόπτωση στην Αθήνα. Σύμφωνα με αυτόν, χιονόπτωση στην Αθήνα εννοούμε ότι σε μία από τις οκτώ συνοπτικές παρατηρήσεις ενός 24ώρου του μετεωρολογικού σταθμού του Ελληνικού αναφέρεται χιόνι στον παρόντα ή και παρελθόντα καιρό, ανεξάρτητα αν το χιόνι στρώνεται στο έδαφος και παραμένει ή λιώνει. Το 24ωρο αυτό αποτελεί τότε ημέρα χιονιού στην Αθήνα.

Ειδικότερα, οι Πρεζεράκος και Αγγουριδάκης μελέτησαν τα χαρακτηριστικά των χιονοπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου της Αθήνας χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα της περιόδου 1956-1973 από τον σταθμό του Ελληνικού και εξέτασαν τους μηνιαίους και ετήσιους αριθμούς ημερών χιονιού, τους οποίους και συσχέτισαν με τα συνοπτικά συστήματα. Επιπλέον, υπολόγισαν τις τιμές των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, άνεμος, βαρομετρική πίεση, σχετική υγρασία) στο διάστημα πριν, κατά και μετά τη χιονόπτωση και υπολόγισαν το σχετικό αριθμό επιτυχών προβλέψεων χιονόπτωσης. Τέλος κατηγοριοποίησαν σε 2 τύπους τα βαρομετρικά συστήματα που είναι υπαίτια για τη χιονόπτωση και με βάση τη κατανομή του Poisson μέτρησαν τη συχνότητα εμφάνισης του καθενός σε περίοδο ενός έτους:

▪ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α

Σύμφωνα με τη μελέτη, το κύριο χαρακτηριστικό της Α κατηγορίας είναι η ύπαρξη μιας ράχης σχεδόν τύπου μεσημβρινού εμποδισμού, η οποία στον χάρτη των 500 hPa φαίνεται να κατέχει θέση στην Βρετανία ή και την ευρύτερη περιοχή της βορειοδυτικής Ευρώπης. Η έξαρση αυτή συνοδεύεται από ένα μέγιστο θετικών ανωμαλιών των υψών, ενώ στα ανατολικά κράσπεδα, δηλαδή στην περιοχή της βόρειας Σκανδιναβίας έχουμε τη δημιουργία ενός αυλώνα (500 hPa) και την παρουσία ενός βαρομετρικού χαμηλού. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η μεταφορά ψυχρών αερίων μαζών, αρκτικής ή πολικής προέλευσης, από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά, με μια ανατροφοδότηση των ψυχρών αερίων μαζών στην Κεντρική Ευρώπη με αέριες μάζες προερχόμενες από τον βόρειο Ατλαντικό. Οι ψυχρές αέριες μάζες καταλήγουν στην Βαλκανική χερσόνησο και την Ελλάδα.

■ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β

Στην κατηγορία αυτή το κέντρο δράσης στα 500 hPa φαίνεται να κατέχει θέση στη Βόρεια Σκανδιναβία με τη μορφή έξαρσης τύπου ωμέγα εμποδισμού (Ω-blocking). Στην βορειοδυτική Ευρώπη, δυτικότερα δηλαδή του αντικυκλώνα, έχουμε την παρουσία κυκλωνικού συστήματος και έτσι μία καθαρά ζωνική ροή(από τα δυτικά προς τα ανατολικά) του Βορείου Ατλαντικού μετατρέπεται σε δύο μεσημβρινές ροές που τροφοδοτούν τις πολύ ψυχρές αέριες μάζες του Σιβηρικού Αντικυκλώνα. Επομένως στα ανατολικά κράσπεδα αυτής της μεγάλης κλίμακας έξαρσης δημιουργείται ένα μέγιστο στροβιλισμού που κινούμενο φθάνει στην Ελλάδα από τα βορειοανατολικά και κατά το πέρασμα του και λίγο μεταγενέστερα προκαλεί χιονόπτωση στην Αθήνα.

Μερικά ακόμη βασικά συμπεράσματα για το φαινόμενο της ψυχρής εισβολής με χιονοπτώσεις στην Αττική είναι και τα ακόλουθα:

- ✓ Οι χιονοπτώσεις στην Αθήνα παρουσιάζουν μέγιστο τον Ιανουάριο και ελάχιστο τον Δεκέμβριο.

Οι περιπτώσεις χιονόπτωσης της Α κατηγορίας τον Ιανουάριο διαρκούν περισσότερες ημέρες από εκείνες της Β κατηγορίας ενώ τον Φεβρουάριο διαρκούν τις ίδιες ημέρες.

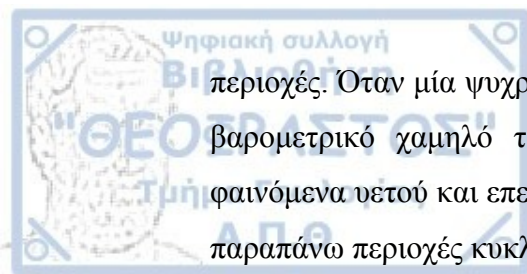
- ✓ Από τα συστήματα των δύο κατηγοριών, το 65% αυτών ανήκουν στην Α κατηγορία και το 35% στην Β κατηγορία.
- ✓ Τα περισσότερα βαρομετρικά συστήματα που προκαλούν χιόνι στην Αθήνα εμφανίζονται τον Ιανουάριο(39%) και ακολουθούν ο Φεβρουάριος(35%), ο Μάρτιος(17,5%) και τέλος ο Δεκέμβριος (8,7%).
- ✓ Οι πιθανότητες σύμφωνα με την κατανομή Poisson να εμφανιστεί να εμφανιστεί χιονοβόλο σύστημα στην Αθήνα 0,1,2,3 και 4 φορές σε ένα έτος είναι αντίστοιχα 28%, 36%, 23%, 10% και 3%.

- ❖ Τα έτη 1984 ο Alpert και το 1986 οι Alpert και Reisin με δύο εργασίες εξηγούν τη μεταφορά ψυχρών αερίων μαζών από την βορειοανατολική Ευρώπη προς την ανατολική Μεσόγειο με τον μηχανισμό του «ωμέγα εμποδισμού».



❖ Ο Π. Μαχαίρας με δύο εργασίες του (1979,1983) κατηγοριοποίησε τα βασικά μετεωρολογικά συνοπτικά συστήματα που επηρέαζαν τους χειμερινούς μήνες την Ελλάδα και διακρίνει τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Αντικυκλωνικοί τύποι καιρού, με την εγκατάσταση αντικυκλώνα πάνω από την Ελλάδα και την ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων ή της ανατολικής Μεσογείου
 2. Υφεσιακά καιρικά συστήματα με ζωνική κυκλοφορία(από δυσμάς προς ανατολάς) ή ημιμεσημβρινή κυκλοφορία(από ΒΔ προς ΝΑ) και
 3. ανάμεικτοι τύποι καιρού, δηλαδή αντικυκλώνες συνδυασμένοι με υφέσεις και οι οποίοι τις περισσότερες φορές προκαλούν μεγάλη δύναμη βαροβαθμίδας, απότομη πτώση της θερμοκρασίας, ισχυρούς ανέμους και κατά τόπους έντονες χιονοπτώσεις.
- ❖ Οι Κάλλος et al (1998) παρουσίασαν το πρώτο ελληνικό επιχειρησιακό μοντέλο προσομοιώσεων με την ονομασία SKIRON/Eta που χρησιμοποιεί για την επεξεργασία την Eta συντεταγμένη, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε αυτήν την περίπτωση παρουσιάζει η μελέτη της συνεισφοράς των ελληνικών βουνών στην δυναμική των φαινομένων της υφεσιακής κίνησης κατά την ψυχρή εισβολή.
- ❖ Οι Trigo et al (1999,2001) χρησιμοποιώντας δεδομένα από 18 έτη, από το 1979 έως το 1996, από το ECMWF παρουσίασαν τις περιοχές όπου έχουμε κυκλογένεση στη Μεσόγειο και διατύπωσε την άποψη πως η υποεκτίμηση της συνεισφοράς αυτών των κέντρων κυκλογένεσης είναι μία πιθανή αιτία για λάθος προγνώσεις, ενώ παρουσίασαν και την στατιστική συχνότητα εμφάνισής τους κατά την διάρκεια ενός έτους. Εκτός των άλλων, η Trigo εξήγαγε το συμπέρασμα ότι η περιοχή με την μεγαλύτερη κυκλογένεση κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι ο κόλπος της Γένοβας, λόγω του δυναμικού στροβιλισμού που δημιουργείται, εξαιτίας της ύπαρξης των Άλπεων στα βόρεια. Οι αμέσως επόμενες πιθανές περιοχές κυκλογένεσης είναι το Αιγαίο και η Μαύρη θάλασσα, λόγω της μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας που αναπτύσσεται μεταξύ των πολύ ψυχρών αερίων μαζών που περνούν πάνω από τις θερμές αυτές θαλάσσιες



περιοχές. Όταν μία ψυχρή αέρια μάζα πολικής προέλευσης συνδυαστεί με ένα υπάρχον βαρομετρικό χαμηλό τότε εκτός από τις χαμηλές θερμοκρασίες θα έχουμε και φαινόμενα υετού και επειδή οι ψυχρές εισβολές συμβαίνουν τον χειμώνα συνήθως στις παραπάνω περιοχές κυκλογένεσης εκδηλώνονται ανάλογα φαινόμενα.

- ❖ Τέλος, το 2004 οι Καρτάλης et al κατηγοριοποίησαν τα συνοπτικά συστήματα που προκαλούν έντονα καιρικά φαινόμενα με την βοήθεια δορυφορικών εικόνων από το NOAA και ανέλυσε την κατάσταση της ατμόσφαιρας κατά τις ημέρες εμφάνισης ψυχρών εισβολών, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην ανάλυση της ποιότητας των νεφών.

Όλες οι παραπάνω εργασίες αποτελούν τεκμήριο του αριθμού των εγκεκριμένων επιστημόνων που έχουν ασχοληθεί με το φαινόμενο εμφάνισης, κατά τους χειμερινούς μήνες, ψυχρών εισβολών, οι οποίες συνοδεύονται από χιονοπτώσεις. Ωστόσο, η πληθώρα των άνωθεν εργασιών και δημοσιεύσεων δεν αρκεί για να θεωρήσουμε ότι το φαινόμενο έχει μελετηθεί σε βάθος, διότι η ατμόσφαιρα και ο καιρός γενικότερα χαρακτηρίζεται από αυτό που στην μετεωρολογία ονομάζεται «φυσική μεταβλητότητα». Επίσης, υπάρχουν και αρκετά προβλήματα στην πρόγνωση, τα οποία πολλές φορές οδηγούν στην υποεκτίμηση ή την υπερεκτίμηση των φαινομένων μίας κακοκαιρίας, η οποία έχει την μορφή ψυχρής εισβολής. Ειδικότερα για την Αττική και την Ελλάδα ένας σημαντικός παράγοντας είναι η μεγάλη ποικιλομορφία στην τοπογραφία. Όλα τα παραπάνω καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη του φαινομένου των ψυχρών εισβολών και της χρήσης και βελτίωσης των αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης καιρού, με στόχο τον όσο το δυνατόν μεγαλύτερο περιορισμό των σφαλμάτων στην πρόγνωση, ως χρέος στο ευρύτερο κοινωνικό σύνολο και με σκοπό την προστασία των σύγχρονων οικονομιών.

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΨΥΧΡΗΣ ΕΙΣΒΟΛΗΣ

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο το βασικό θέμα της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του φαινομένου της ψυχρής εισβολής. Ένα από τα πιο δύσκολα σημεία στη μελέτη των ψυχρών εισβολών είναι ο ορισμός τους. Δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία ένας σαφής και ακριβής ορισμός που να δίνει τα θερμοκρασιακά όρια που θα πρέπει να λαμβάνονται, ώστε μία μείωση της θερμοκρασίας να καλείται ψυχρή εισβολή. Συνήθως ο όρος ψυχρή εισβολή προσδιορίζει την απότομη μείωση της θερμοκρασίας σε μία εκτεταμένη περιοχή.

Η Ε.Μ.Υ. ορίζει ως εισβολή (outbreak, invasion) την ταχεία και σε μεγάλη έκταση άφιξη μιας αέριας μάζας σε μία απομακρυσμένη, από την περιοχή της πηγής.

Είναι δύσκολο συνεπώς να υπάρξει ένας γενικός ορισμός αφού σε κάθε περιοχή υπάρχουν ιδιαιτερότητες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

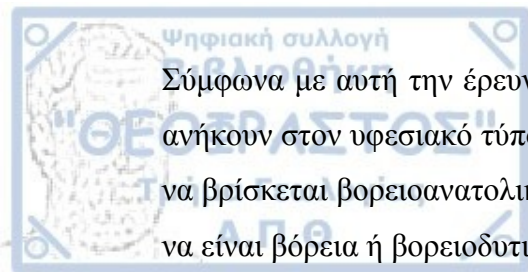
Μία αξιόπιστη μέθοδος, ικανή να περιγράψει ψυχρά επεισόδια στον Ελληνικό χώρο, προτείνεται από την Βάρφη (2009). Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, ως ψυχρή εισβολή σε έναν σταθμό, ορίζεται κάθε περίοδος μίας τουλάχιστον ημέρας, όπου για την ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία ισχύει :

$$T_{\min \text{ daily}} \leq \bar{T}_{\min \text{ daily}} - 1.5sd_{\min \text{ daily}}$$

όπου $T_{\min \text{ daily}}$: ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία

$\bar{T}_{\min \text{ daily}}$: μέση ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία

$Sd_{\text{ daily}}$: ημερήσια τυπική απόκλιση



Σύμφωνα με αυτή την έρευνα το 39% των ψυχρών εισβολών που επηρέασαν την Ελλάδα ανήκουν στον υφεσιακό τύπο κυκλοφορίας Cne (κατά Μαχαίρα), με το κέντρο της ύφεσης να βρίσκεται βορειοανατολικά του ελληνικού χώρου και την επικρατούσα ροή των ανέμων να είναι βόρεια ή βορειοδυτική.

Ακολουθεί ο τύπος κυκλοφορίας C, ο οποίος ευθύνεται για το 27% των ψυχρών εισβολών στον ελληνικό χώρο. Σύμφωνα με αυτόν τον τύπο κυκλοφορίας το κέντρο της ύφεσης βρίσκεται πάνω από τον ελληνικό χώρο και η επικρατούσα ροή είναι βόρειας συνιστώσας.

Το 10% των ψυχρών αερίων μαζών που εισβάλλουν στην Ελλάδα οφείλεται στον Csw τύπο κυκλοφορίας με το κέντρο της ανωμαλίας να βρίσκεται να βρίσκεται νοτιοδυτικά της Ελλάδας και την επικρατούσα ροή των ανέμων να είναι δυτική ή νοτιοδυτική.

Στον τύπο Cs οφείλονται το 7.5% των ψυχρών εισβολών που δέχεται ο ελλαδικός χώρος. Το κέντρο της ύφεσης βρίσκεται στον χώρο της ανατολικής Μεσογείου, ανάμεσα στην Κρήτη και την Κύπρο. Η επικρατούσα ροή είναι βόρεια.



Συνοψίζοντας, η εργασία αυτή εστιάζεται κυρίως στα εξής σημεία:

1) Στην αποσαφήνιση της έννοιας της ψυχρής εισβολής και τη μελέτη των χαρακτηριστικών της στην πόλη της Αθήνας και τον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο(αναλυτική περιγραφή στο κεφάλαιο 1)

2) Στην συνοπτική μελέτη ενός επεισοδίου ψυχρής εισβολής με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- Στις 23-26/01/2006

που επηρέασε ιδιαίτερα την πόλη των Αθηνών, όπως και πολλές ακόμη περιοχές της ελληνικής επικράτειας.

- Το τετραήμερο 23-26 Ιανουαρίου 2006, η χώρα μας επηρεάστηκε από μια πολύ ισχυρή ψυχρή εισβολή, η οποία συνοδευόταν από χιονοπτώσεις στις περισσότερες περιοχές, κυρίως της ηπειρωτικής χώρας. Χαρακτηριστικό αυτής της ψυχρής εισβολής ήταν η μεγάλη διάρκεια των φαινομένων(χιονόπτωση στην Αττική επί τρεις ημέρες)

3) Στην σύγκριση μεταξύ των δεδομένων από τους σταθμούς επιφανείας κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας και των προγνώσεων του ECMWF και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αξιοπιστία και ακρίβεια της πρόγνωσης κατά την εμφάνιση μίας ψυχρής εισβολής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ- ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η μελέτη των ψυχρών εισβολών και οι γνώσεις που σήμερα έχουμε για αυτό το μετεωρολογικό φαινόμενο, λόγω της πολυπλοκότητας τους και των παραγόντων που υπεισέρχονται σε αυτές θα ήταν αδύνατη χωρίς τα αριθμητικά μοντέλα, δηλαδή το βασικό εργαλείο της λεγόμενης «αριθμητικής πρόγνωσης καιρού».

Από τα συγγράμματα του Αριστοτέλη, του Ιππάρχου, του Ιπποκράτη, του Θεόφραστου κ.ά. μαθαίνουμε ότι οι πρώτοι Έλληνες φιλόσοφοι και φυσιοδίφες πέτυχαν να ερμηνεύσουν πολλά μετεωρολογικά φαινόμενα και να προχωρήσουν και μέχρι τη στατιστική πρόγνωση του καιρού, χάρη στη σύνταξη ημερολογίων.

- Πριν 2500 χρόνια οι Αθηναίοι είχαν ανακαλύψει την ανάγκη για τη δημιουργία Ειδικής Υπηρεσίας με μοναδικό σκοπό την πρόγνωση του καιρού.

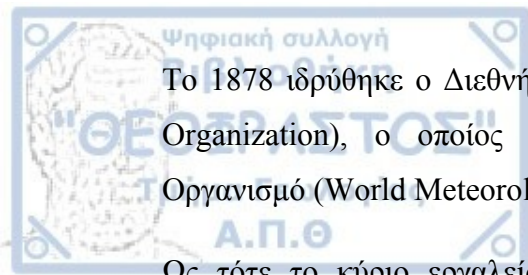
Κάθε μέρα στην αγορά τους, πάνω σε ειδική μαρμάρινη στήλη τοποθετούσαν το δελτίο καιρού της ημέρας, το «παράπηγμα».

Οι Αθηναίοι έδιναν τόση σημασία στην Υπηρεσία αυτή, ώστε αυτή υπαγόταν απευθείας κάτω από την «Ηλιαία», το βασικό όργανο λειτουργίας της Αθηναϊκής Δημοκρατίας.

Σημαντικό σταθμό στην εξέλιξη της μετεωρολογίας αποτέλεσε η εφεύρεση του θερμομέτρου από το Γαλιλαίο στα τέλη του 16^{ου} αιώνα και του βαρομέτρου από τον Τορρικέλλι το 1643. Η εφεύρεση των δύο αυτών οργάνων αποτέλεσε ορόσημο στην ιστορία της μετεωρολογίας και σηματοδότησε την αρχή της περιόδου που χαρακτηρίστηκε ως η «Αρχή της Επιστημονικής Μετεωρολογίας» και διήρκεσε περίπου ως το 1850.

Σημαντικό ρόλο στην μετέπειτα πρόοδο έπαιξαν η εφεύρεση του τηλεγράφου το 1845 και οι πρώτοι συνοπτικοί χάρτες με δεδομένα πραγματικού χρόνου (Λονδίνο 1851).

Το 1855 η Γαλλία ίδρυσε την πρώτη Μετεωρολογική Υπηρεσία και ακολούθησαν η Αγγλία, η Ολλανδία, οι ΗΠΑ, η Γερμανία, η Ιταλία και άλλες χώρες. Υποχρέωση των μετεωρολογικών υπηρεσιών των διαφόρων κρατών ήταν η διενέργεια συστηματικών μετεωρολογικών παρατηρήσεων.



Το 1878 ιδρύθηκε ο Διεθνής Μετεωρολογικός Οργανισμός (International Meteorological Organization), ο οποίος το 1950 μετονομάστηκε σε Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological Organization / WMO).

Ως τότε το κύριο εργαλείο ήταν οι χάρτες βαρομετρικής πίεσης στην επιφάνεια. Η εφεύρεση της ραδιοβολίδας τη δεκαετία του 1930 αύξησε τις διαθέσιμες πληροφορίες για την ανώτερη ατμόσφαιρα και οδήγησε σε εμπειρικές βελτιώσεις των προγνώσεων.

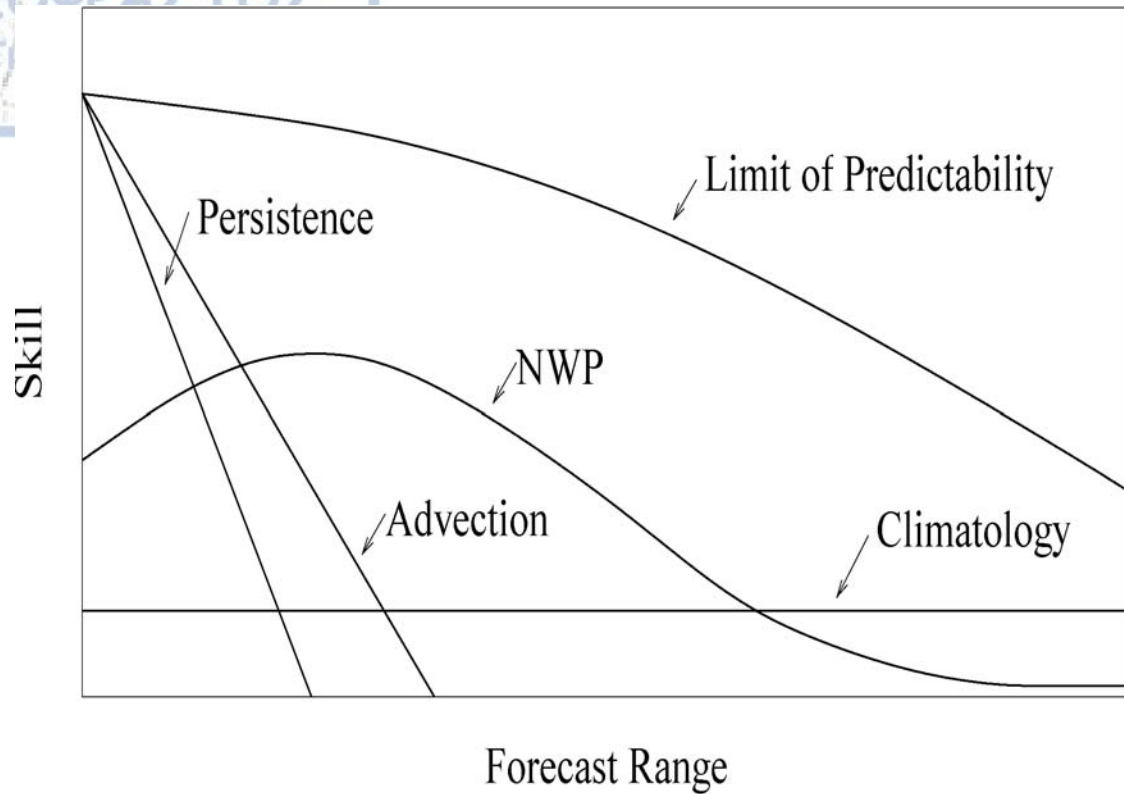
Στα χρόνια που ακολούθησαν, η ανάπτυξη του δικτύου ραδιοβολίσεων σε παγκόσμια κλίμακα, η εφεύρεση των υπολογιστών και η έλευση των δορυφόρων και των μετεωρολογικών radar έκαναν διαθέσιμο ένα τεράστιο όγκο δεδομένων και αποτέλεσαν εξαιρετικά πολύτιμα εργαλεία για τη μελέτη και τη πρόγνωση των μετεωρολογικών φαινομένων.

Το 1949 οι Jules Charney, R. Fjortoft και John von Neumann πραγματοποίησαν την πρώτη 48-ωρών πρόγνωση καιρού τρέχοντας ένα βαροτροπικό μοντέλο στον ENIAC. Πρόκειται για την πρώτη επιτυχή αριθμητική πρόγνωση καιρού.

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙΡΟΥ

Τα **αριθμητικά μοντέλα** είναι συστήματα διαφορικών εξισώσεων, με μερικές παραγώγους μετεωρολογικών μεταβλητών ως προς το χρόνο, τα οποία προβλέπουν την κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα στη βάση των αρχών διατήρησης της ορμής, της μάζας, της ενέργειας και της υγρασίας.

Ο V. Bjerknes το 1904 ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε ότι η αριθμητική πρόγνωση καιρού είναι εφικτή. Πρότεινε ότι η πρόγνωση καιρού θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν ένα μαθηματικό πρόβλημα αρχικών συνθηκών, αφού συγκεκριμένες εξισώσεις εξηγούν τη μεταβολή των μετεωρολογικών μεταβλητών με το χρόνο. Επίσης τόνισε πως οι αναγκαίες και ικανές συνθήκες για τη λογική επίλυση των προβλημάτων της πρόγνωσης καιρού είναι οι: α) η ακριβής γνώση της αρχικής κατάστασης της ατμόσφαιρας καθώς και β) των νόμων σύμφωνα με τους οποίους μία κατάσταση της ατμόσφαιρας αναπτύσσεται από μία άλλη.



Σχήμα 2.1: Προγνωστική ικανότητα διαφόρων μεθόδων

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει την προγνωστική ικανότητα των διαφόρων μεθόδων.

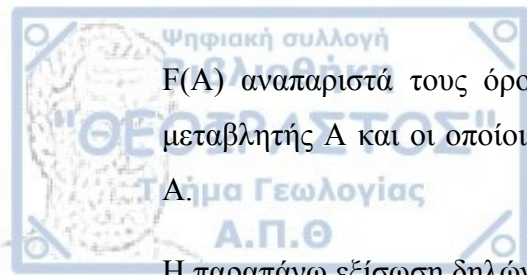
Για την απλούστερη μαθηματική αναπαράσταση ενός αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης καιρού θεωρούμε:

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = F(A)$$

όπου

ΔA είναι η μεταβολή μίας προγνωστικής μεταβλητής, A , σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο χώρο

Δt είναι η μεταβολή του χρόνου



$F(A)$ αναπαριστά τους όρους που μπορούν να προκαλέσουν μεταβολή στην τιμή της μεταβλητής A και οι οποίοι με τη σειρά τους επηρεάζονται από την τιμή της μεταβλητής A .

Η παραπάνω εξίσωση δηλώνει ότι:

Η μεταβολή στην προγνωστική μεταβλητή A κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου Δt ισούται με τα αθροιστικά αποτελέσματα όλων των διαδικασιών που προκαλούν μεταβολές στη μεταβλητή A .

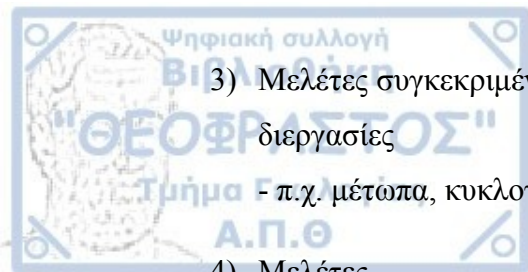
Στην αριθμητική πρόγνωση καιρού, οι μελλοντικές τιμές των μετεωρολογικών μεταβλητών μπορούν να υπολογιστούν βρίσκοντας τις αρχικές τους τιμές και στη συνέχεια προσθέτοντας την επίδραση των διαφόρων φυσικών διεργασιών που τις επηρεάζουν κατά τη διάρκεια της προγνωστικής περιόδου.

$$A^{\text{forecast}} = A^{\text{initial}} + F(A) \Delta t$$

Οι εξισώσεις που συνήθως χρησιμοποιούνται σήμερα στα αριθμητικά μοντέλα είναι οι **βασικές εξισώσεις – primitive equations**. Αυτές οι εξισώσεις διέπουν την κίνηση και τις θερμοδυναμικές μεταβολές που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα και σχηματίζονται με βάση τις αρχές διατήρησης της ορμής, της μάζας, της ενέργειας και της υγρασίας.

Τα αριθμητικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για:

- 1) Μικρής & Μέσης Χρονικής Κλίμακας – Εποχιακές προγνώσεις καιρού
 - μοντέλα παγκόσμιας κλίμακας (global models)
 - περιοχικά μοντέλα (regional or limited area models)
 - μοντέλα μέσης κλίμακας (mesoscale models)
- 2) Κλιματικές προγνώσεις (Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας – General Circulation Model) - μοντέλα παγκόσμιας κλίμακας



- 3) Μελέτες συγκεκριμένων μετεωρολογικών φαινομένων (μοντέλα με πλήρης φυσικές διεργασίες ή ιδεατά μοντέλα)
- π.χ. μέτωπα, κυκλογένεση, τοπικοί κυκλώνες
- 4) Μελέτες μικροκλίμακας
- πόλεις, δρόμοι (street-canyons)

Τα αριθμητικά μοντέλα επιλύουν προγνωστικά τις εξισώσεις της κίνησης, την θερμοδυναμική εξίσωση, την εξίσωση της υγρασίας και διαγνωστικά την εξίσωση της συνέχειας, με διάφορες παραδοχές για τις φυσικές διεργασίες της ατμόσφαιρας, και κάνοντας χρήση:

- Α) **Πεπερασμένων διαφορών σε σημεία πλέγματος**, όπου οι εξισώσεις επιλύονται προσεγγιστικά σε ομοιόμορφα ή ανομοιόμορφα σημεία πλέγματος και
- Β) **Φασματικών μεθόδων**, όπου τα φασματικά μοντέλα αναπαριστούν τις χωρικές μεταβολές των μετεωρολογικών παραμέτρων (όπως του γεωδυναμικού ύψους) σαν ένα πεπερασμένο πλήθος κυμάτων με διαφορετικά μήκη κύματος.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΕΣΟΠΡΟΘΕΣΜΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΕΩΝ ΚΑΙΡΟΥ

Στο Εθνικό Μετεωρολογικό Κέντρο (ΕΜΚ) της ΕΜΥ παρέχονται προγνώσεις από ένα σημαντικό αριθμό αριθμητικών μοντέλων που ολοκληρώνονται είτε στις εγκαταστάσεις της ΕΜΥ είτε σε άλλα μετεωρολογικά κέντρα.

Ένα από τα σημαντικότερα προγνωστικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στο ΕΜΚ 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)¹.

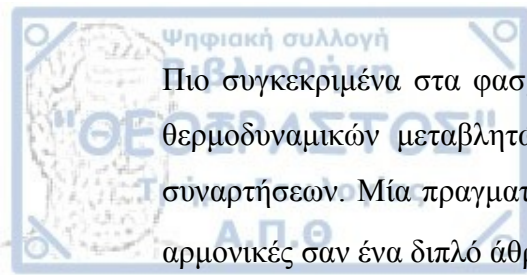
ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

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

Στη συνέχεια περιγράφονται εν συντομία οι φασματικές μέθοδοι και οι παραμετροποιήσεις που υπάρχουν στο ντετερμινιστικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού Κέντρου.

Φασματικές μέθοδοι

Τα φασματικά μοντέλα αναπαριστούν τις χωρικές μεταβολές των μετεωρολογικών παραμέτρων σαν ένα πεπερασμένο πλήθος κυμάτων με διαφορετικά μήκη κύματος. Η φασματική μέθοδος είναι γενικά πιο ακριβής από τη μέθοδο των σημείων πλέγματος όταν χρησιμοποιείται χαμηλή χωρική ανάλυση. Όμως οι δύο προσεγγίσεις έχουν συγκρίσιμη ακρίβεια στο εύρος χωρικών αναλύσεων που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια.



Πιο συγκεκριμένα στα φασματικά μοντέλα η χωρική αναπαράσταση των δυναμικών και θερμοδυναμικών μεταβλητών βασίζεται σε αποκομμένες σειρές σφαιρικών αρμονικών συναρτήσεων. Μία πραγματική μεταβλητή $\psi(\lambda, \mu, t)$ μπορεί να αναπτυχθεί σε σφαιρικές αρμονικές σαν ένα διπλό άθροισμα

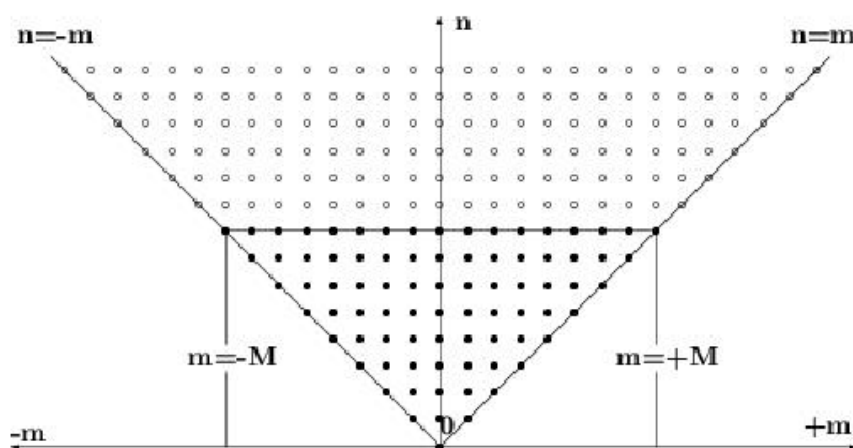
$$\psi(\lambda, \mu, t) = \sum_{m=-M}^M \sum_{n=|m|}^{N(m)} \psi_n^m(t) P_n^m(\mu) e^{im\lambda} \quad (2.2)$$

σε ένα αποκομμένο χώρο κυματαριθμών, όπου m είναι ο ζωνικός κυματαριθμός (στη διεύθυνση ανατολής-δύσης) και n είναι ο ολικός κυματαριθμός. Ο αριθμός $n-|m|$ επομένως μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα μεσημβρινός κυματαριθμός (στη διεύθυνση βορά-νότου). Οι συντεταγμένες που χρησιμοποιούνται στην οριζόντια διεύθυνση είναι οι (λ, μ, t) όπου λ είναι το γεωγραφικό μήκος, $\mu = \sin\varphi$ (φ είναι το γεωγραφικό πλάτος) και t είναι ο χρόνος. Οι όροι $\psi_n^m(t)$ είναι μιγαδικοί φασματικοί συντελεστές και οι $P_n^m(\mu) e^{im\lambda}$ είναι σφαιρικές αρμονικές συναρτήσεις όπου τα πολώνυμα $P_n^m(\mu)$ ονομάζονται πολώνυμα Legendre και ορίζονται ως

$$P_n^{-m}(\mu) = (-1)^m \frac{(n-m)!}{(n+m)!} P_n^m(\mu), \quad n \geq |m|$$

Ο τύπος της αποκοπής που χρησιμοποιεί το κάθε φασματικό μοντέλο καθορίζεται από τη μορφή των αποκομμένων κυματαριθμών, και κατ' επέκταση από τον αριθμό $N(m)$ στην εξίσωση (2.2). Όταν ορίσουμε $N(m)=M$ τότε η αποκοπή θεωρείται τριγωνική (Triangular) και το φασματικό μοντέλο περιγράφεται ως TM. Το πρώτο γράμμα (T) χαρακτηρίζει το είδος της αποκοπής, ενώ ο M είναι ένας πραγματικός αριθμός που χαρακτηρίζει το μέγεθος της αποκοπής και επομένως τη χωρική ανάλυση του μοντέλου. Για παράδειγμα η πιο πρόσφατη έκδοση του μοντέλου είναι η T799. Αυτή η φασματική ανάλυση αντιστοιχεί σε ανάλυση σημείων πλέγματος περίπου ίση με 0.225° (σε μη-εναλλασσόμενο πλέγμα Arakawa-A).

Ο λόγος που το παραπάνω είδος αποκοπής ονομάζεται *τριγωνική αποκοπή* οφείλεται στο ότι στο χώρο κυματαριθμών (m, n), οι χρησιμοποιούμενοι κυματαριθμοί δημιουργούν μία τριγωνική περιοχή (Σχήμα 2.3). Η τριγωνική αποκοπή συχνά αναφέρεται σαν ισοτροπική λόγω του ότι όλα τα σημεία και διευθύνσεις στη σφαίρα μεταχειρίζονται με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή, η χωρική ανάλυση είναι περίπου η ίδια στη ζωνική και μεσημβρινή διεύθυνση. Στην περίπτωση που $N(m) = |m| + M$ η αποκοπή ονομάζεται *ρομβοειδής* και τα μοντέλα περιγράφονται ως **RM** (π.χ. R62). Η ρομβοειδής αποκοπή έχει μερικά πλεονεκτήματα όταν χρησιμοποιείται χαμηλή χωρική ανάλυση, αλλά σε υψηλές αναλύσεις η τριγωνική αποκοπή είναι ανώτερη (Holton 1992).



Σχήμα 2.3 Γραφική παράσταση των χρησιμοποιούμενων κυματαριθμών (έντονες μαύρες τελείες) στην περίπτωση τριγωνικής αποκοπής με μέγεθος M (UCAR 2004).

Παρομοίως με τα μοντέλα που βασίζονται αποκλειστικά σε σημεία πλέγματος, στα φασματικά μοντέλα οι υπολογισμοί των διαφόρων φυσικών διεργασιών γίνονται σε σημεία πλέγματος. Με αυτό τον τρόπο διατηρείται η απλότητα της αναπαράστασης των φυσικών διεργασιών σε σημεία πλέγματος, ενώ γίνεται εκμετάλλευση της ακρίβειας των φασματικών μεθόδων στους υπολογισμούς των δυναμικών μεταβλητών.

Το πλέγμα που χρησιμοποιείται είναι το πλήρως μειωμένο Γκαουσιανό πλέγμα των Hortal and Simmons (1991), όπου ο αριθμός των σημείων σε κάθε παράλληλο έχει επιλεγεί έτσι ώστε η τοπική ανάλυση στη διεύθυνση ανατολής-δύσης να παραμένει σταθερή.

Παραμετροποιήσεις φυσικών διεργασιών

Οι φυσικές διεργασίες που σχετίζονται με την ηλιακή ακτινοβολία, τυρβώδη ροή, ανωμεταφορά, σχηματισμό/εξάτμιση νεφών και υετού καθώς και οι υπεδάφειες και επιφανειακές διεργασίες έχουν σημαντική επίδραση στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας σε όλες τις κλίμακες. Όμως, αυτοί οι μηχανισμοί είναι συχνά ενεργοί σε κλίμακες μικρότερες από τη χωρική ανάλυση του αριθμητικού μοντέλου. Τα διάφορα σχήματα παραμετροποίησης είναι επομένως αναγκαία για τη σωστή περιγραφή αυτών των διαδικασιών στα αριθμητικά μοντέλα.

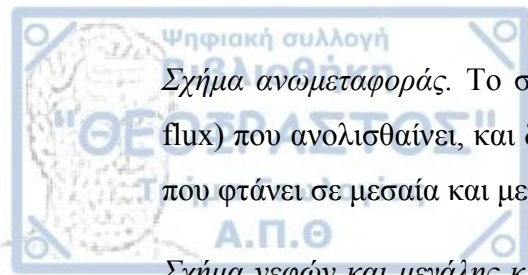
Το αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου περιλαμβάνει ένα μεγάλο πλήθος παραμετροποιήσεων (ECMWF 2004) έτσι ώστε να αναπαριστά τις διάφορες φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν σε κλίμακες μικρότερες από τη χωρική του ανάλυση (Σχήμα 2.4). Οι υπολογισμοί των φυσικών διεργασιών γίνονται μόνο στην κατακόρυφη 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.

Περίληπτικά, οι παραμετροποιήσεις του μοντέλου είναι οι:

Σχήμα ακτινοβολίας. Εξαιτίας του ότι αυτό το σχήμα χρειάζεται σημαντικό υπολογιστικό χρόνο κάθε πλήρης κύκλος του καλείται ανά 3 ώρες. Στον υπολογισμό της ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται και κλιματολογικές τιμές των αερολυμάτων, CO₂ και O₃.

Σχήμα τυρβώδους διάχυσης. Οι επιφανειακές ροές υπολογίζονται μέσω της θεωρίας ομοιότητας των Monin-Obukhov. Ο υπολογισμός των τυρβωδών ροών στην υπόλοιπη ατμόσφαιρα βασίζεται στη θεωρία της τυρβώδους διάχυσης.

Σχήμα ορογραφικού εμποδισμού. Αυτό το σχήμα αναπαριστά τον εμποδισμό της ατμοσφαιρικής ροής σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της ορογραφίας, καθώς και τις μεταφορές λόγω των βαρυτικών κυμάτων που δημιουργούνται από την επίδραση των βουνών σε ευσταθώς στρωματοποιημένη ροή.



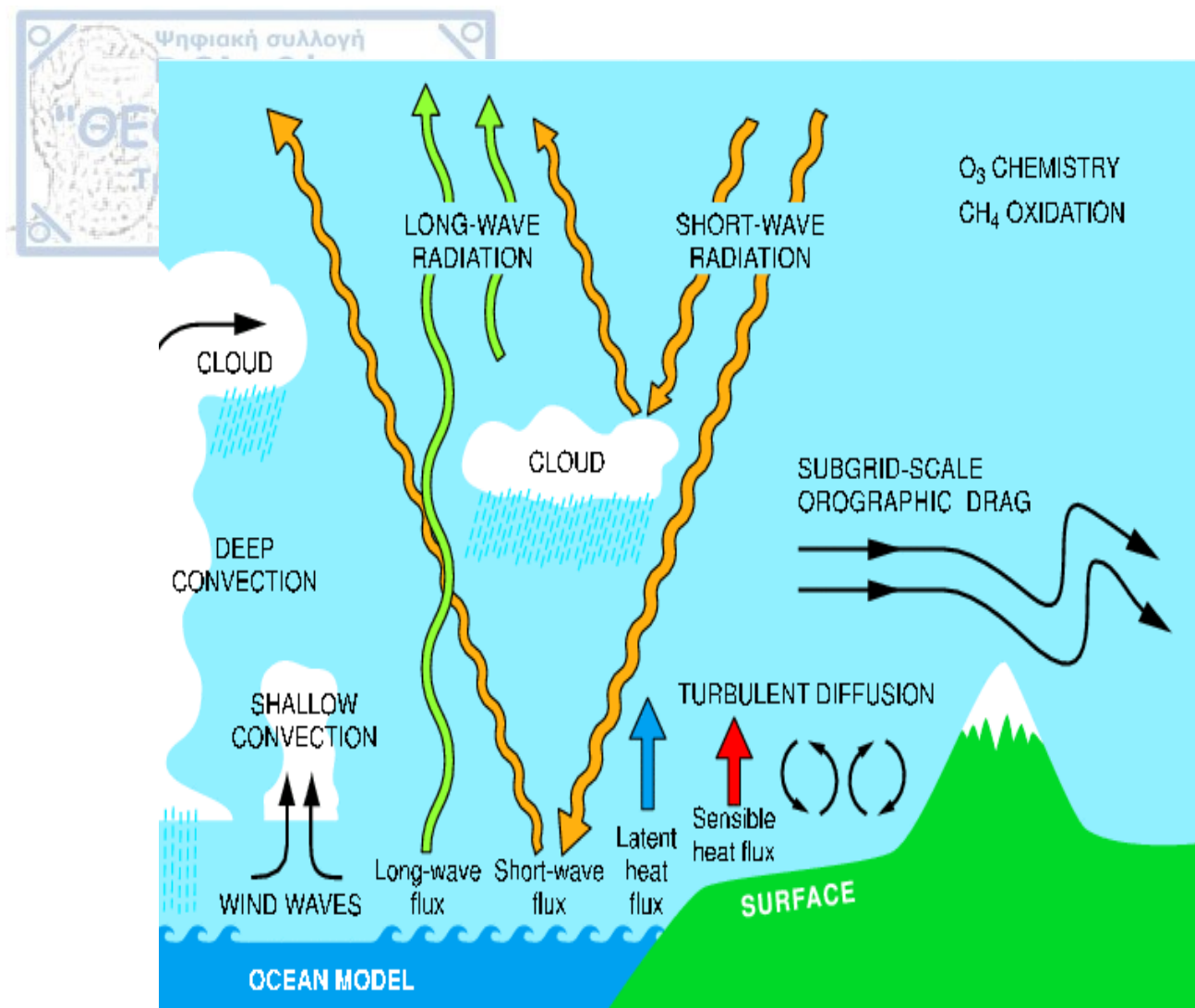
Σχήμα ανώμεταφοράς. Το σχήμα βασίζεται στον υπολογισμό της ροής της μάζας (mass-flux) που ανολισθαίνει, και διαιρείται σε αβαθή ανώμεταφορά καθώς και σε ανώμεταφορά που φτάνει σε μεσαία και μεγάλα ύψη

Σχήμα νεφών και μεγάλης κλίμακας υετού. Το σχήμα επιλύει δύο προγνωστικές εξισώσεις για να υπολογίσει την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε νερό/πάγο καθώς και τη νεφοκάλυψη. Το σχήμα νεφών αναπαριστά το σχηματισμό σωρρειτόμορφων και στρωματόμορφων νεφών. Επίσης λαμβάνει υπόψη αρκετές σημαντικές διεργασίες που συμβαίνουν στα νέφη, όπως εισροή στην κορυφή τους, σχηματισμό υετού (σε υγρή και στερεή μορφή) και εξάτμιση του υετού.

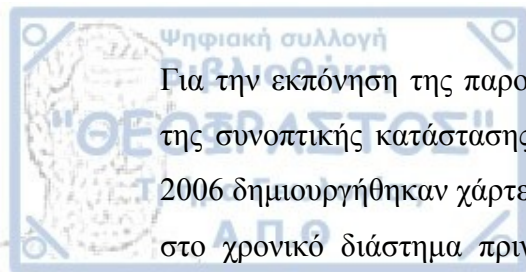
Σχήμα επιφανειακών και υπεδάφινων διεργασιών. Το σχήμα περικλείει προγνωστικές εξισώσεις για τη θερμοκρασία και υγρασία σε τέσσερα επίπεδα μέσα στο έδαφος, καθώς και για το χιόνι. Τα τέσσερα υπεδάφια στρώματα είναι σε βάθη 0-7cm, 7-28cm, 28-100cm και 100-289cm.

Σχήμα οξείδωσης του μεθανίου. Αυτό είναι ένα απλό σχήμα που παραμετροποιεί τις πηγές υγρασίας στην ανώτερη στρατόσφαιρα λόγω της οξείδωσης του μεθανίου.

Σχήμα χημείας όζοντος. Το σχήμα περικλείει μία προγνωστική εξίσωση για τον υπολογισμό της αναλογίας μίγματος του όζοντος



Σχήμα 2.4 Σχηματική αναπαράσταση των φυσικών διεργασιών που παραμετροποιούνται στο ντετερμινιστικό αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου (ECMWF)



Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας και την όσο το δυνατόν καλύτερη απεικόνιση της συνοπτικής κατάστασης των επεισοδίων των ψυχρών εισβολών του Ιανουαρίου του 2006 δημιουργήθηκαν χάρτες που απεικονίζουν τις διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους στο χρονικό διάστημα πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την ψυχρή εισβολή. Αυτή η διαδικασία επετεύχθη με βάση το λογισμικό GrADS (Grid Analysis and Display System). 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 που περιλαμβάνει το γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, ισοβαρικό επίπεδο, και το χρόνο. 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.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν χάρτες επιφανείας της Βρετανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (UKMO) καθώς και δεδομένα από σταθμούς επιφανείας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ- ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στις **21-01-2006** από τον χάρτη επιφανείας του UKMO αλλά και από τους χάρτες απεικόνισης του γεωδυναμικού ύψους στην επιφάνεια των 500 mb (σχήματα 3.A.1,3.B.1) παρατηρούμε ότι η Ελληνική περιοχή καλύπτεται από πεδίο υψηλών πιέσεων και το βαρομετρικό χαμηλό στην περιοχή της Τυνησίας είναι υπεύθυνο για τους νοτίους ανέμους στην περιοχή μας και την άνοδο που έχει σημειώσει η θερμοκρασία στην Ελλάδα. Ειδικότερα όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.Δ.1 η ισόθερμος των 5°C βρίσκεται πάνω από την κεντρική Ελλάδα. Στην υπόλοιπη Ευρώπη ξεχωρίζουν ο αντικυκλώνας στην ευρύτερη περιοχή της δυτικής Ευρώπης με κέντρο τη θαλάσσια περιοχή δυτικά της Μ. Βρετανίας και τα βαρομετρικά χαμηλά, με τα μέτωπα κακοκαιρίας που το συνοδεύουν, που επηρεάζει την κεντρική Ευρώπη (εικόνα 3.A.1) και προκαλεί κατά τόπους έντονες χιονοπτώσεις κυρίως στην περιοχή της Γερμανίας και της Δανίας, όπου η θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές (εικόνα 3.Δ.1,εικόνα 3.Γ.1).

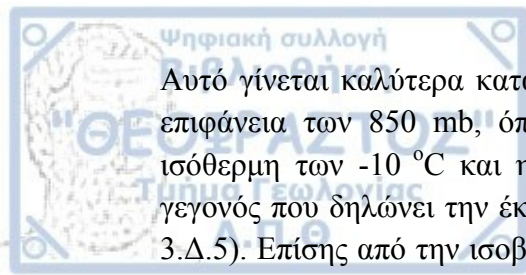
Στις **22-01-2006** το βαρομετρικό χαμηλό από την περιοχή της Τυνησίας κινείται ανατολικά- βορειοανατολικά και ευρισκόμενο στον κόλπο της Σύρτης βαθαίνει και το θερμό του μέτωπο επηρεάζει πλέον τον καιρό της νότιας Ελλάδας με α) ενίσχυση των ανέμων, οι οποίοι πνέουν γενικά από νότιες διευθύνσεις και β) τοπικές βροχές μικρής όμως γενικά έντασης. Από την υπόλοιπη Ευρώπη ξεχωρίζουν το συνεσφιγμένο μέτωπο στην κεντρική Ευρώπη το οποίο κινείται νότια και η εδραίωση ενός εκτεταμένου αντικυκλώνα στην περιοχή της Σκανδιναβίας με κέντρο στα βόρεια αυτής (1053 mb) και ένα δευτερεύον κέντρο στα νοτιοδυτικά αυτής (1046 mb). (σχήματα 3.A.2 και 3.B.2). Την ημέρα αυτή η θερμοκρασία στην Ελλάδα σημειώνει πτώση και η ισόθερμος των 0°C στα 850 mb στις 12:00 UTC βρίσκεται πάνω από την κεντρική Ελλάδα, συνεπώς μπορούμε να θεωρήσουμε την μέρα αυτή ως ημέρα έναρξης της ψυχρής εισβολής (εικόνα 3.Δ.2).

Στις **23-01-2006** το βαρομετρικό χαμηλό έχει κινηθεί ακόμη πιο ανατολικά στην περιοχή των Δωδεκανήσων και επηρεάζει τον καιρό της νότιας χώρας. Στον αντίστοιχο χάρτη 3.B.3 του γεωδυναμικού ύψους παρατηρείται στην Ευρώπη ένα κλειστό κέντρο της τάξης των 5440 gpm στην ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Μεσογείου. Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ευρωπαϊκής ηπείρου έχει εδραιωθεί ένας αντικυκλώνας, ο οποίος με κέντρο την περιοχή της Πολωνίας επηρεάζει τον καιρό του μεγαλύτερου τμήματος της Ευρώπης με εξαίρεση τα νοτιοανατολικά τμήματα αυτής. Λόγω αυτής της δυναμικής κατάστασης της ατμόσφαιρας που έχει διαμορφωθεί το συνεσφιγμένο μέτωπο από την κεντρική Ευρώπη κινήθηκε νότια και βρίσκεται τώρα στην Βόρεια Ελλάδα προκαλώντας έντονη κακοκαιρία και εξαιτίας της μεγάλης πτώσης της θερμοκρασίας σημειώνονται χιονοπτώσεις ακόμη και σε παραθαλάσσιες περιοχές της βόρειας Ελλάδας και βαθμιαία και της κεντρικής.

Πρόκειται για μία κλασσική περίπτωση Βαλκανικού μετώπου, το οποίο κινούμενο νοτιότερα επηρεάζει τον καιρό της χώρας με απότομη αλλαγή του σκηνικού του καιρού. Παράλληλα η γρήγορη μεταφορά πολικών αερίων μαζών αρκτικής προέλευσης στην περιοχή μας δημιουργεί και νέα κυκλογένεση στην περιοχή του Ιονίου πελάγους προκαλώντας χιονοπτώσεις ακόμα και σε περιοχές της Δυτικής Ελλάδας με χαμηλό υψόμετρο. Η θερμοκρασία έχει σημειώσει περαιτέρω πτώση και την θέση που κατείχε μία μέρα πριν η ισόθερμος των 0°C κατέχει τώρα η ισόθερμος των -5°C . (σχήματα 3.Δ.3, 3.Α.3). Από τις απογευματινές ώρες ο καιρός επιδεινώνεται σημαντικά και στην κεντρική Ελλάδα και εξαιτίας της παράλληλης πτώσης της θερμοκρασίας χιονίζει και σε περιοχές περιμετρικά της Αθήνας, όπως στην Τανάγρα και την Ελευσίνα.

Στις **24-01-2006** ο αντικυκλώνας συνεχίζει να υφίσταται και κινούμενος ακόμη πιο νότια μεταφέρει ακόμη πιο ψυχρές αέριες μάζες από την βορειοανατολική Ευρώπη και προκαλεί περαιτέρω επιδείνωση στον καιρό της χώρας μας. Το συνεσφιγμένο μέτωπο συνεχίζει την προς νότο πορεία του και επηρεάζει με χιονοπτώσεις ταυτόχρονα τις περισσότερες περιοχές της χώρας με τάση όμως σταδιακής εξασθένησης στα δυτικά και βόρεια και με τα φαινόμενα να εστιάζονται στην κεντρική κυρίως χώρα. Παράλληλα τα βαρομετρικά χαμηλά που βρίσκονται στην νότια Ελλάδα με κέντρο τη θαλάσσια περιοχή νότια της Κρήτης προκαλούν ισχυρές καταιγίδες και θυελλώδεις ανέμους στην νότια νησιωτική Ελλάδα. (σχήματα 3.Γ.4, 3.Δ.4, 3.Α.4, 3.Ε.4). Κατά την διάρκεια της μέρας αυτής χιονίζει σε όλο τον νομό Αττικής και έχουμε χιονόστρωση ακόμη και στο κέντρο της Αθήνας.

Στις **25-01-2006** ο αντικυκλώνας αρχίζει να εξασθενεί στην δυτική και βόρεια Ευρώπη με την έλευση ενός βαρομετρικού χαμηλού που επηρεάζει τις χώρες γύρω από την Βαλτική. Αντίθετα εξακολουθεί να επηρεάζει ιδιαίτερα το σκηνικό του καιρού στην ανατολική Ευρώπη, τα Βαλκάνια και την ελληνική περιοχή. Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά και στο σχήμα 3.Β.5, οι χαμηλότερες τιμές γεωδυναμικού ύψους εμφανίζονται πάνω από την Ελλάδα. Ο καιρός στην Βόρεια Ελλάδα έχει παρουσιάσει βελτίωση ως προς τα φαινόμενα εξαιτίας της επέκτασης υψηλών πιέσεων από τη Βαλκανική χερσόνησο, ωστόσο οι θερμοκρασίες είναι ιδιαίτερα χαμηλές και εκδηλώνεται κατά τόπους και ολικός παγετός σε πολλές περιοχές της επικράτειας με χαρακτηριστικό παράδειγμα την πόλη της Φλώρινας, όπου η θερμοκρασία κυμάνθηκε από $-12...-9^{\circ}\text{C}$, στη Θεσσαλονίκη από $-5...-1^{\circ}\text{C}$ ενώ και στην πόλη των Ιωαννίνων η θερμοκρασία δεν ξεπέρασε το μεσημέρι τους 0°C (στοιχεία από EMY).

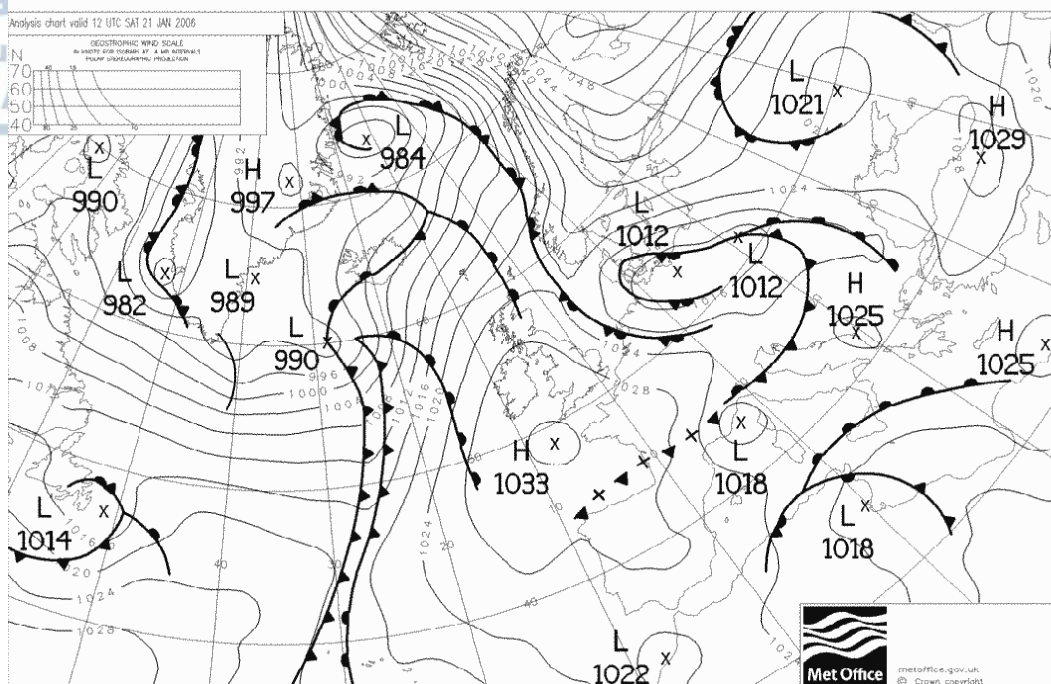


Αυτό γίνεται καλύτερα κατανοητό και από τον χάρτη της θερμοκρασίας στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 mb, όπου η κεντρική και βόρεια Ελλάδα «περικλείεται» από την ισόθερμη των -10°C και η ισόθερμος των -5°C βρίσκεται στην περιοχή της Κρήτης, γεγονός που δηλώνει την έκταση και τη σημασία της δεδομένης ψυχρής εισβολής (Σχήμα 3.Δ.5). Επίσης από την ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb παρατηρούμε ότι ο αυλώνας που έχει δημιουργηθεί πάνω από τα Βαλκάνια έχει μεγάλο πάχος και πάνω από την ελληνική περιοχή βρίσκεται η ισόθερμος των -30°C (Σχήμα 3.Β.5, 3.Γ.5). Ψυχρό μέτωπο κινούμενο νοτιότερα επηρεάζει τον καιρό της νότιας Ελλάδας, ενώ το βαρομετρικό χαμηλό στην περιοχή των Δωδεκανήσων παραμένει σχεδόν στάσιμο και το συνεσφιγμένο μέτωπο που το συνοδεύει προκαλεί ιδιαίτερα έντονα καιρικά φαινόμενα (Σχήμα 3.Α.5). Ο συνδυασμός των υψηλών πιέσεων στα Βαλκάνια με τις χαμηλές πιέσεις στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής μεσογείου ευθύνεται για τους θυελλώδεις ανέμους στα πελάγη και λόγω των συνθηκών που δημιουργούνται («καιρός βορείου ρεύματος») οι χιονοπτώσεις στην ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένης και της Αττικής εντείνονται σημαντικά.

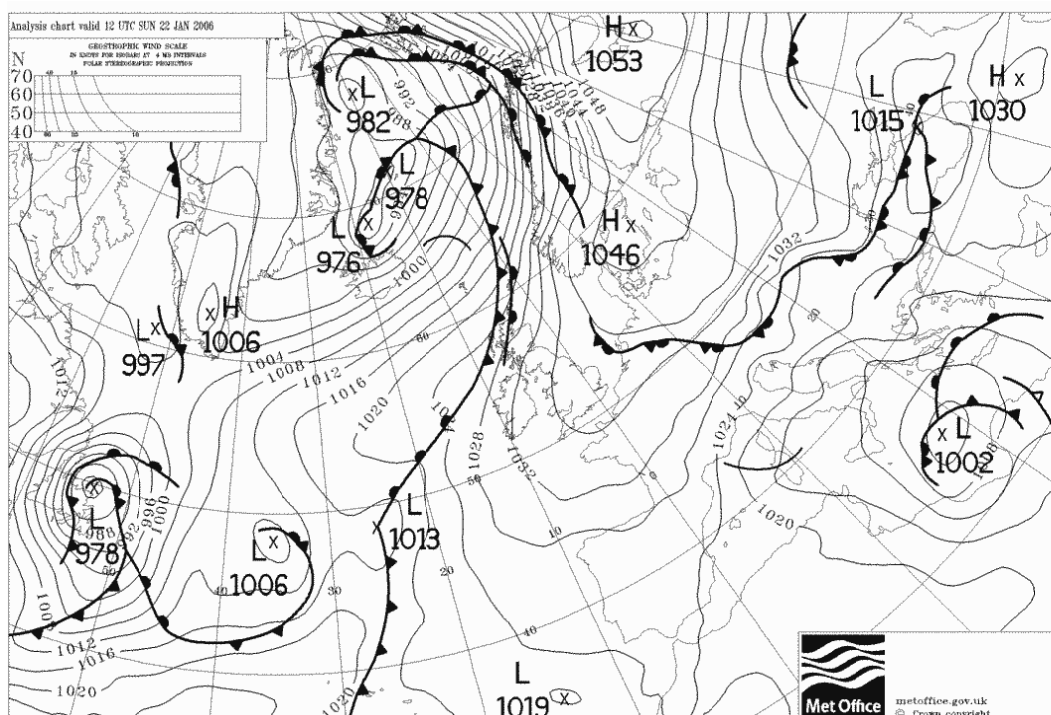
Στις **26-01-2006** το βαρομετρικό χαμηλό κινείται ανατολικότερα, ωστόσο ο συνδυασμός των χαμηλών πιέσεων της ανατολικής Μεσογείου με τις υψηλές πιέσεις στα Βαλκάνια εξακολουθεί να υφίσταται. Έτσι εκδηλώνονται και πάλι χιονοπτώσεις από το ύψος του Βόλου και νοτιότερα που νωρίς το πρωί στην Αττική, τη Βοιωτία και την βορειοανατολική Πελοπόννησο ήταν και πάλι τοπικά ισχυρές. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι χιονίζει για τρίτη συνεχόμενη ημέρα στην Αττική. Εξαιτίας μάλιστα των ιδιαίτερα χαμηλών θερμοκρασιών χόνισε τοπικά και σε περιοχές των Κυκλάδων και της βόρειας Κρήτης με πολύ χαμηλό υψόμετρο. Η «επιλεκτική» αυτή εκδήλωση των φαινομένων διαφαίνεται εύκολα και από τον χάρτη της σχετικής υγρασίας με τις υψηλότερες τιμές σχετικής υγρασίας να παρατηρούνται στην ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα (Σχήμα 3.Ε.6). Βαθμιαία όμως παρατηρείται εξασθένηση των φαινομένων και σταδιακή βελτίωση του καιρού από Βορρά προς Νότο ως προς τα φαινόμενα αλλά και ως προς την θερμοκρασία. Ειδικότερα για την θερμοκρασία παρατηρείται ένας σταδιακός περιορισμός του ψύχους στα βορειοανατολικά που γίνεται εμφανής τόσο στον χάρτη των 500 mb- η ισόθερμος των -25°C στην ελληνική περιοχή έναντι των -30°C της προηγούμενης ημέρας- (Σχήμα 3.Γ.6), όσο και από τον χάρτη απεικόνισης της θερμοκρασίας στα 850 mb-επικρατεί πλέον στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας η ισόθερμος των -5 και το ψύχος υποχωρεί σταδιακά (Σχήμα 3.Δ.6).

Στις **27-01-2006** ο καιρός πλέον έχει βελτιωθεί σε όλη την χώρα με την απομάκρυνση του βαρομετρικού χαμηλού περαιτέρω ανατολικότερα και την επέκταση των υψηλών πιέσεων πάνω από την Ελλάδα (Σχήμα 3.Α.7). Το παραπάνω επιβεβαιώνεται και από το γεωδυναμικό ύψος στα 500 mb (σχήμα 3.Β.7). Ο καιρός επομένως αιθρίασε, οι άνεμοι εξασθένησαν σημαντικά και η θερμοκρασία σημείωσε άνοδο αν και νωρίς το πρωί στα ηπειρωτικά εκδηλώθηκε κατά τόπους ισχυρός παγετός και σε κάποιες περιοχές το χιονοσκεπές έδαφος ήταν η αιτία η θερμοκρασία να μην ξεπεράσει και πάλι τους 0°C (Σχήματα 3.Γ.7, 3.Δ.7).

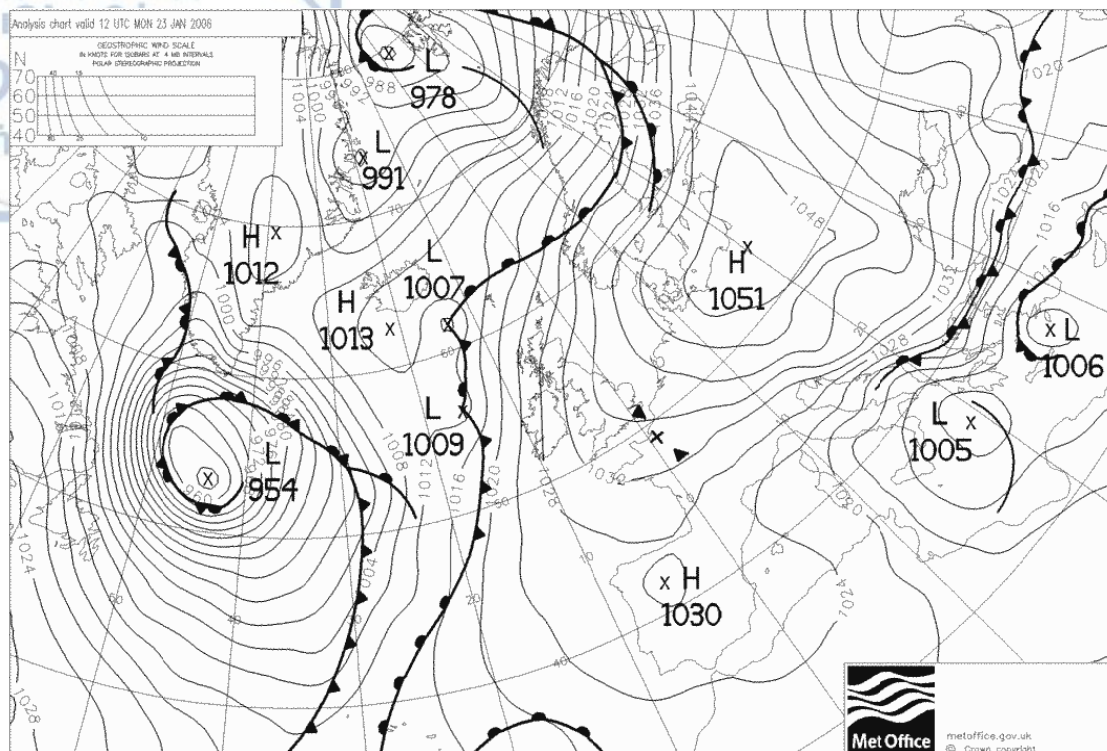
Η δυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας ήταν σε γενικές γραμμές η ακόλουθη: ο συνδυασμός ενός χαμηλού το οποίο πέρασε νότια της Ελλάδας με τις πολύ ψυχρές αέριες μάζες πολικής προέλευσης που έφτασαν στην περιοχή μας από την βόρεια Ευρώπη. Η όλη όμως κατάσταση της ατμόσφαιρας όπως διαμορφώθηκε στην πορεία είχε τέτοια χαρακτηριστικά που κάνουν αυτήν την ψυχρή εισβολή να ξεχωρίζει από τις προηγούμενες που έπληξαν την χώρα με πιο πρόσφατες αυτές του Ιανουαρίου του 2002 και του Φεβρουαρίου του 2004. Δεν επρόκειτο αυτή την φορά για έναν από τους κλασσικούς τύπους κυκλοφορίας- όπως περιγράφηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 1- δηλαδή σε γενικές γραμμές μία ατμοσφαιρική διαταραχή στην ανώτερη ατμόσφαιρα με προέλευση τα βορειοανατολικά της Ευρώπης με καθ' ύψος δομή και μεταφορά θετικού στροβιλισμού που θα προκαλούσε ανύψωση των αερίων μαζών. Σε αυτήν την περίπτωση, η ατμόσφαιρα θα λέγαμε ότι παρουσίασε μια σπάνια και «εύθραυστη» ισορροπία, η οποία ήταν υπεύθυνη και για τις εντονότερες του προβλεπόμενου χιονοπτώσεις στην Αθήνα και την κατά τόπους μικρότερη ή μεγαλύτερη χιονόπτωση : πάνω από το επίπεδο των 750 mb το ρεύμα ήταν νοτιοδυτικό και επομένως υπήρξε μεταφορά θερμότερων και υγρότερων αερίων μαζών στην Αττική και την ευρύτερη περιοχή, ενώ κάτω από αυτό το επίπεδο το ρεύμα παρέμενε βόρειο-βορειοανατολικό και επέφερε τις χαμηλές θερμοκρασίες που μετέφρασαν τον υετό σε χιονοπτώσεις. Ο παραπάνω θερμοδυναμικός μηχανισμός που έλαβε χώρα στην Αττική παρατηρείται σπάνια και ήταν η αιτία που η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ) και οι λοιποί αρμόδιοι φορείς, αν και ενημέρωναν έγκαιρα για την επικείμενη σοβαρή κακοκαιρία δεν έκαναν λόγο στις ανακοινώσεις τους για χιονόστρωση στο κέντρο της Αθήνας και κατά τόπους και τις υπόλοιπες παραθαλάσσιες δυτικές και νότιες περιοχές του νομού Αττικής.



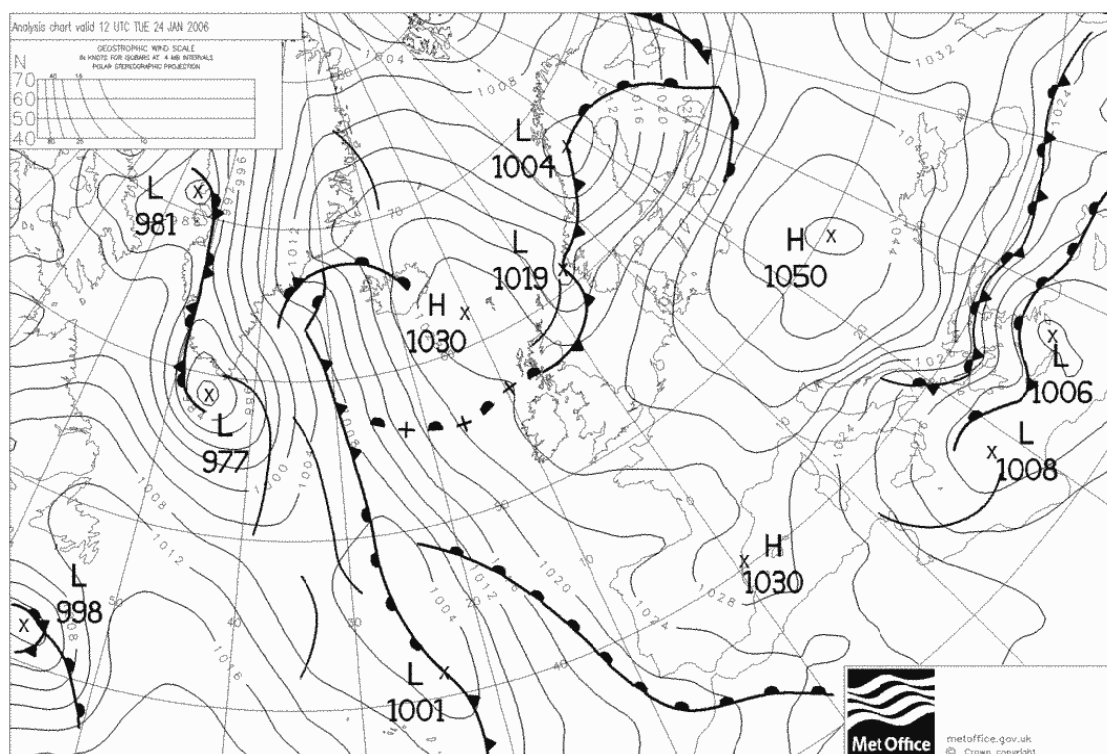
Σχήμα 3.A.1: χάρτης επιφανείας στις 21-01-06 12UTC



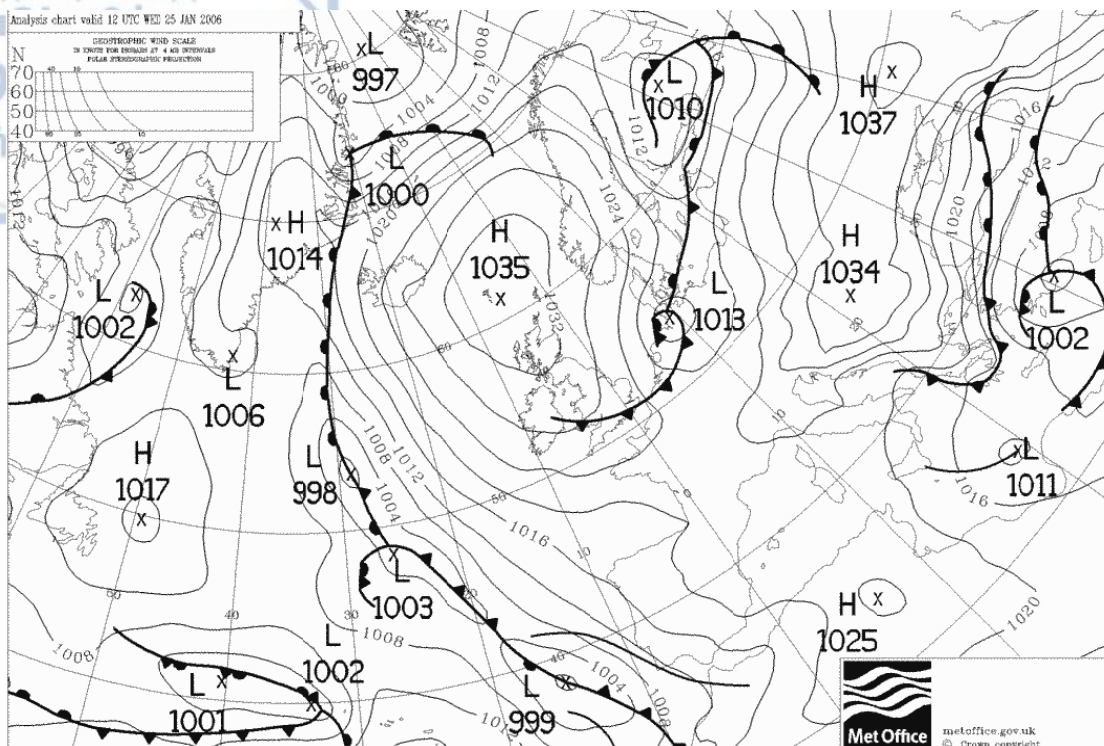
Σχήμα 3.A.2: χάρτης επιφανείας στις 22-01-06 12UTC



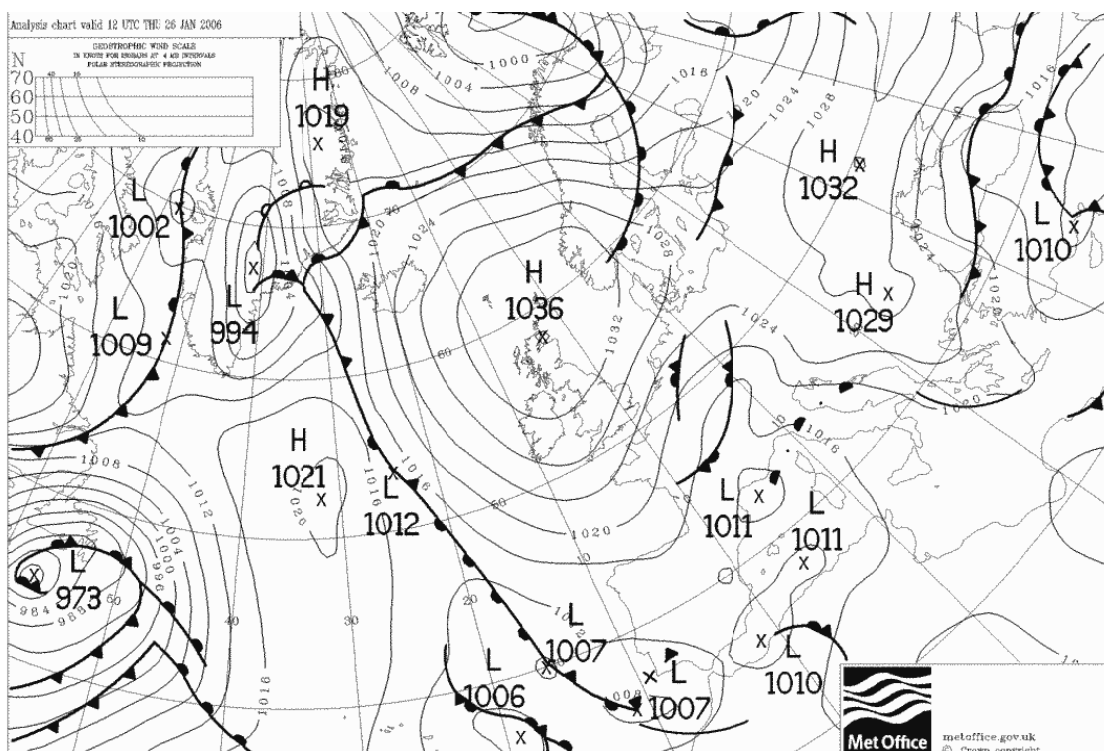
Σχήμα 3.A.3: χάρτης επιφανείας στις 23-01-06 12UTC



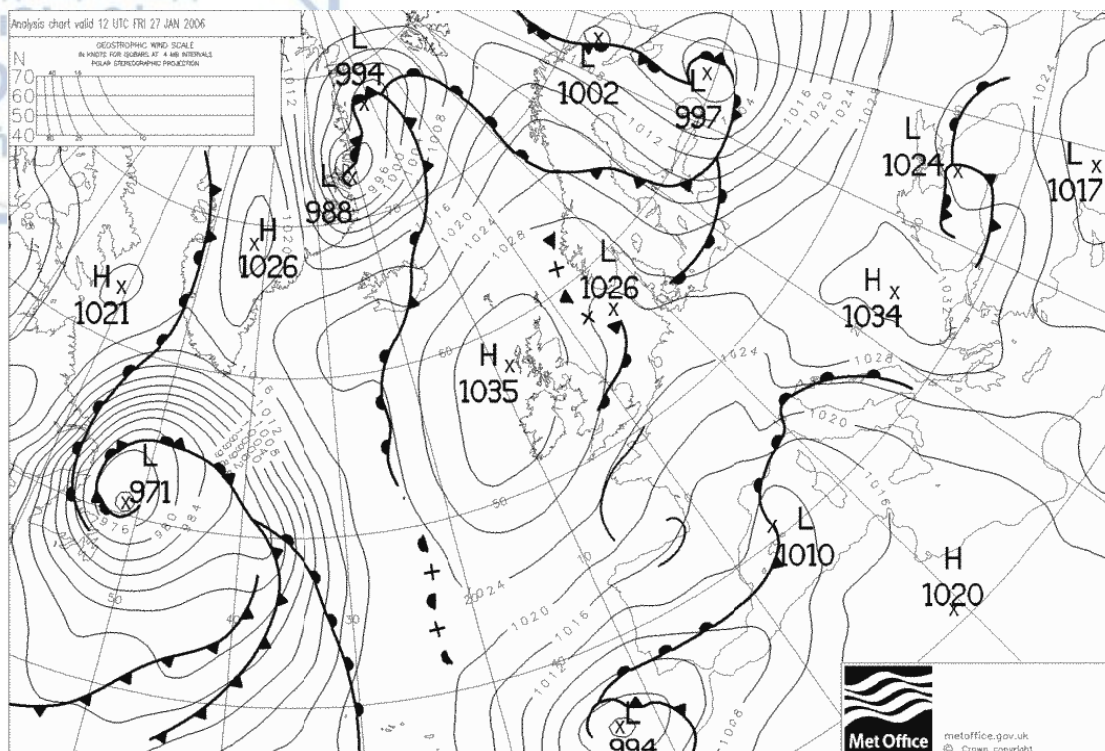
Σχήμα 3.A.4: χάρτης επιφανείας στις 24-01-06 12UTC



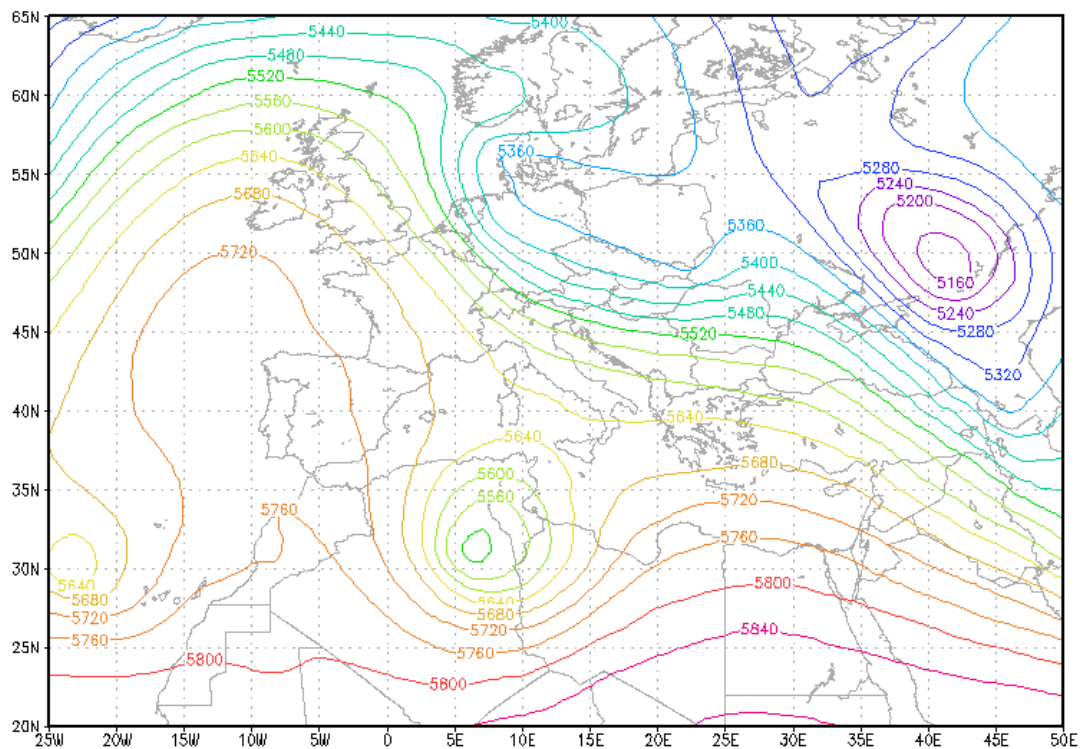
Σχήμα 3.A.5: χάρτης επιφανείας στις 25-01-06 12UTC



Σχήμα 3.A.6: χάρτης επιφανείας στις 26-01-06 12UTC

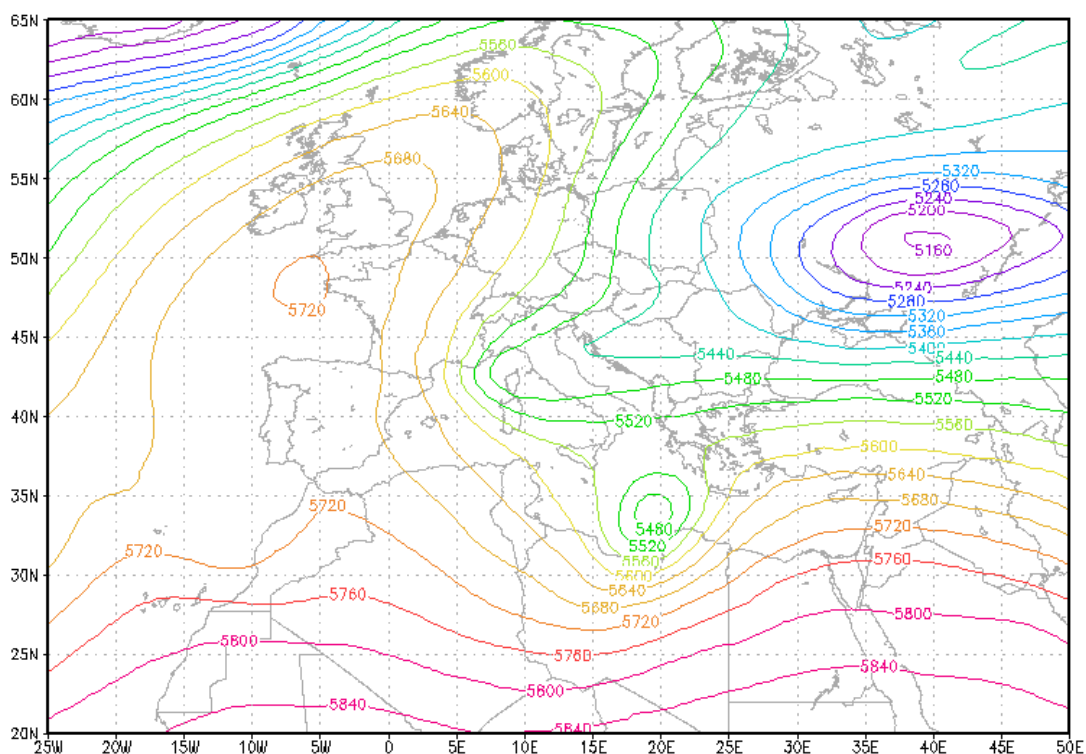


Σχήμα 3.Α.7: χάρτης επιφανείας στις 27-01-06 12UTC



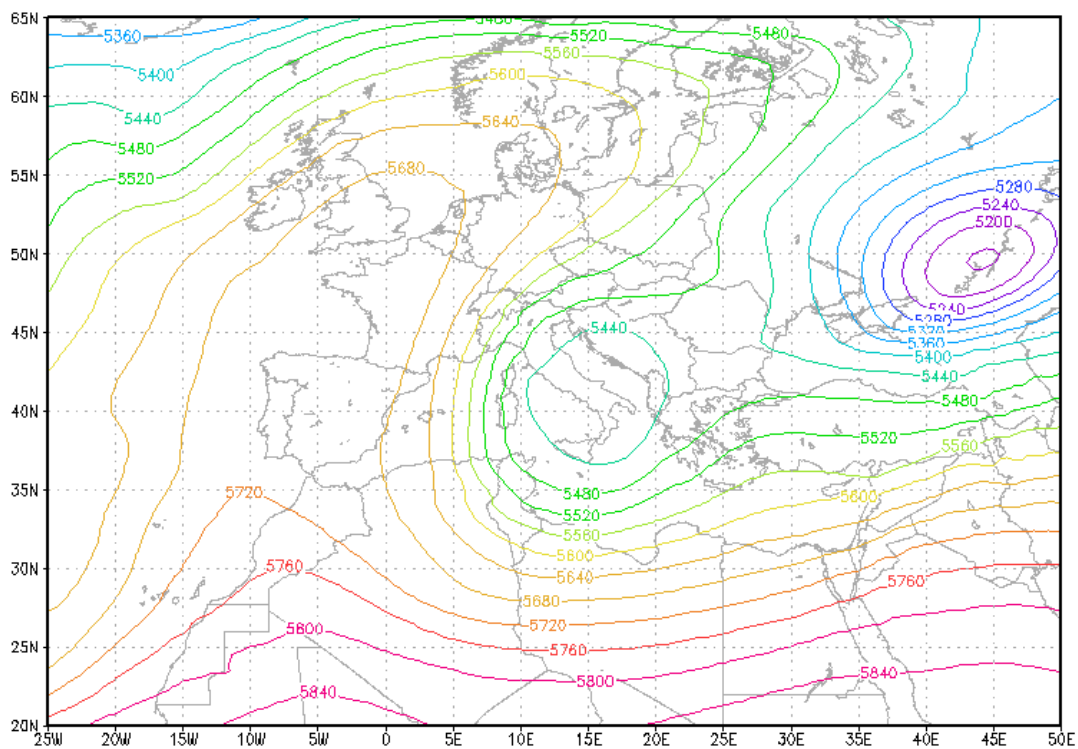
GRADS: COLA/IGES

ΣΧΗΜΑ 3.B.1: απεικόνιση γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις 21-01-06 12UTC



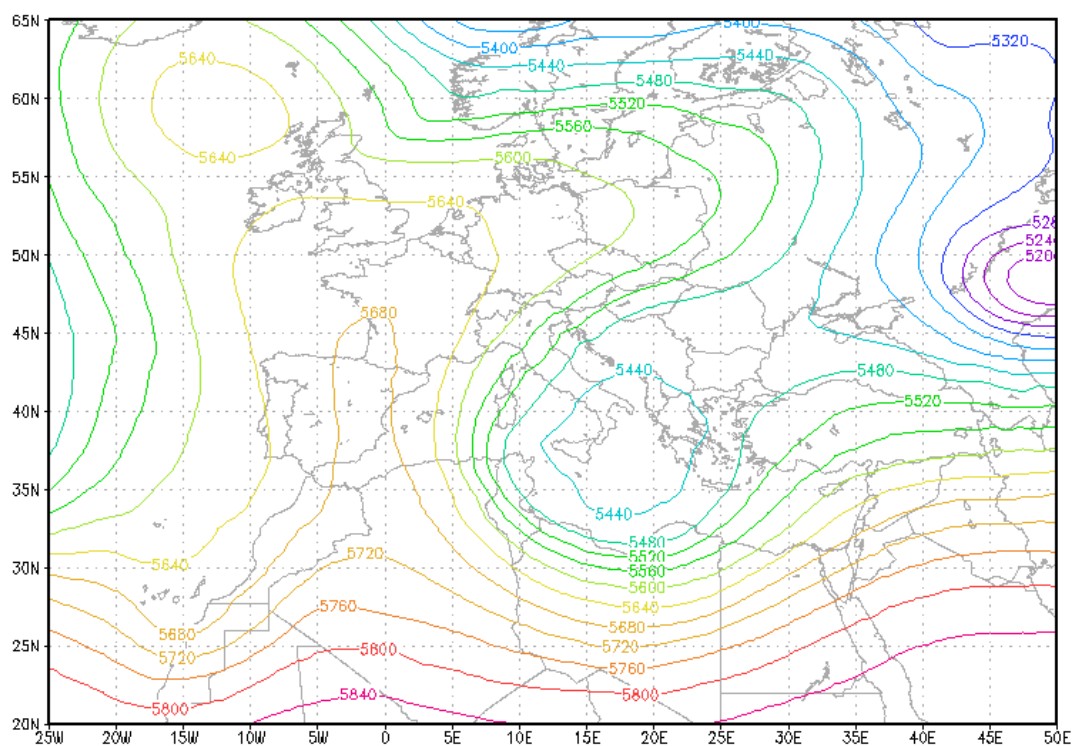
GRADS: COLA/IGES

ΣΧΗΜΑ 3.B.2: απεικόνιση γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις 22-01-06 12UTC



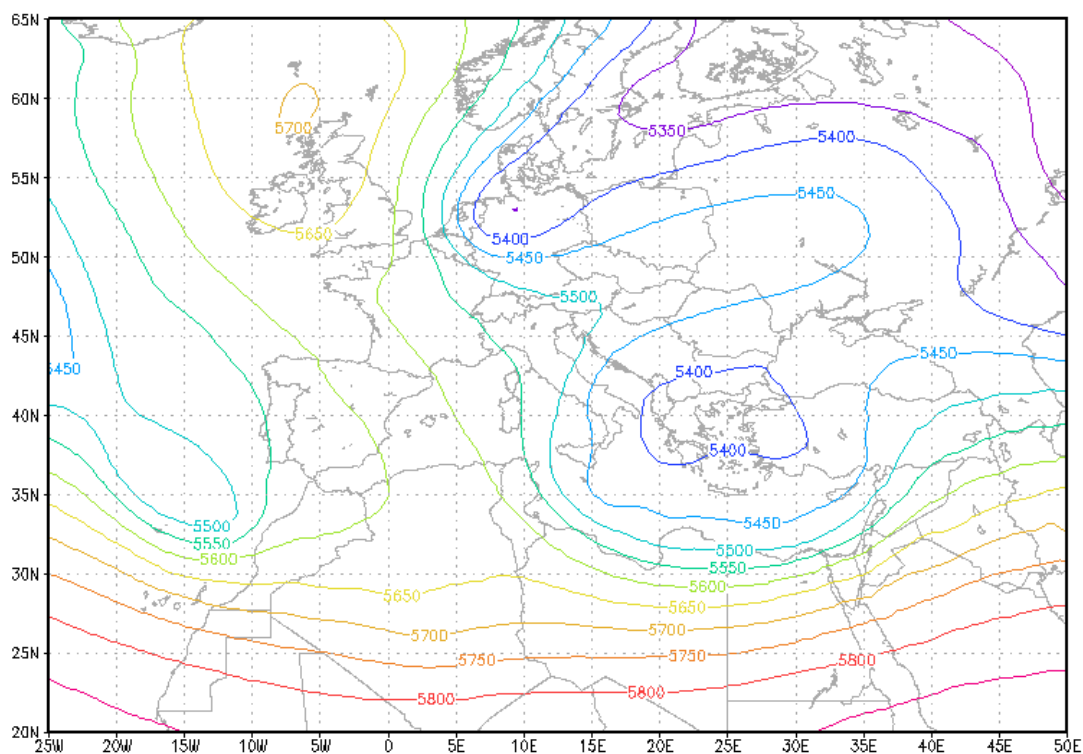
GrADS: COLA/IGES

ΣΧΗΜΑ 3.Β.3: απεικόνιση γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις 23-01-06 12UTC



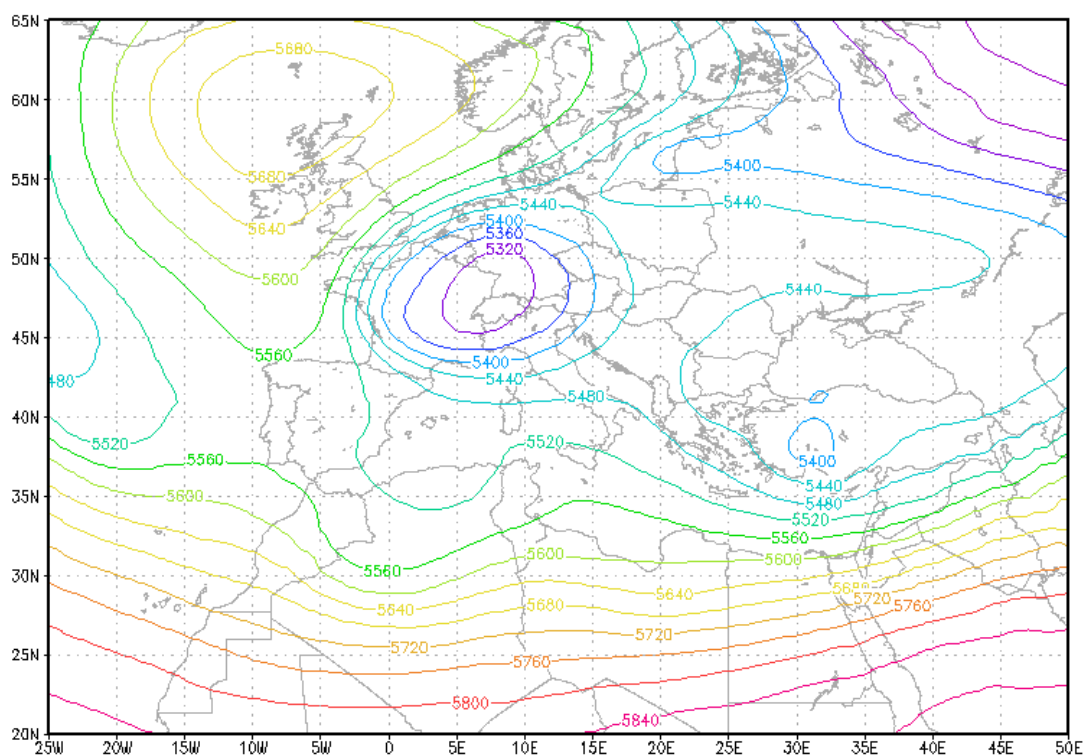
GrADS: COLA/IGES

ΣΧΗΜΑ 3.Β.4: απεικόνιση γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις 24-01-06 12UTC



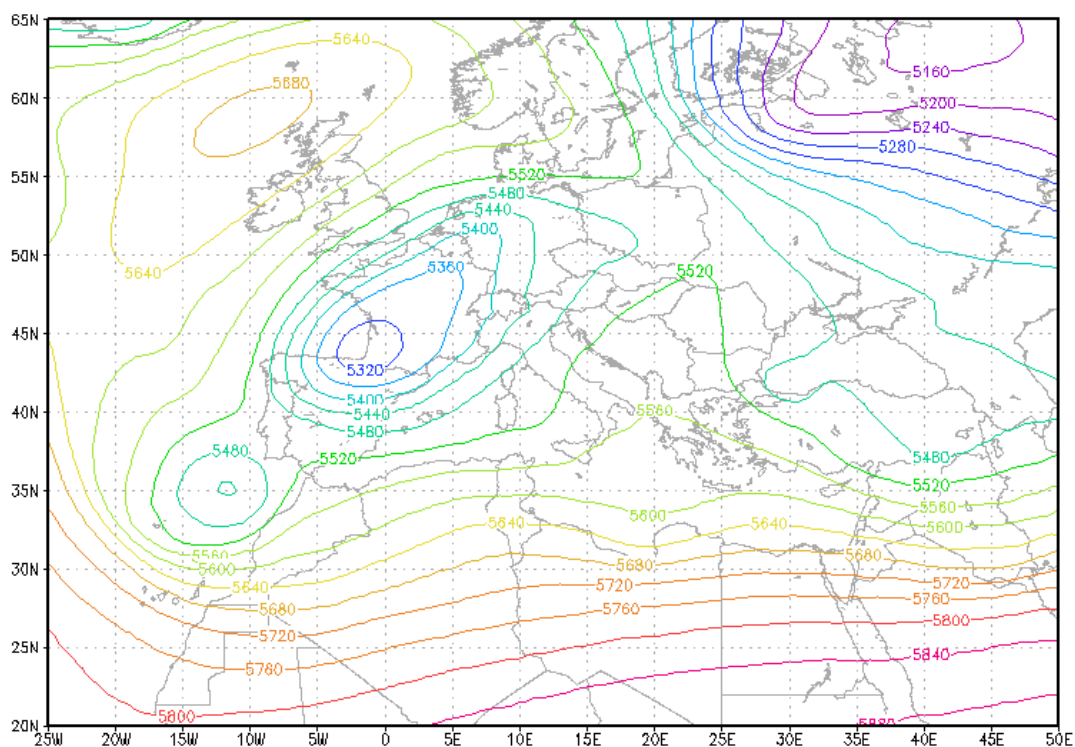
GRADS: COLA/IGES

ΣΧΗΜΑ 3.B.5: απεικόνιση γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις 25-01-06 12UTC



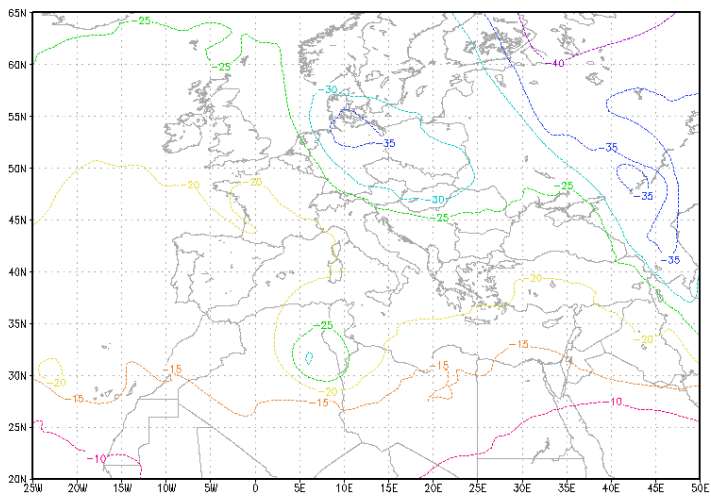
GRADS: COLA/IGES

ΣΧΗΜΑ 3.B.6: απεικόνιση γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις 26-01-06 12UTC



GRADS: GOLA/IGES

ΣΧΗΜΑ 3.B.7: απεικόνιση γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις 27-01-06 12UTC



GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Γ.1

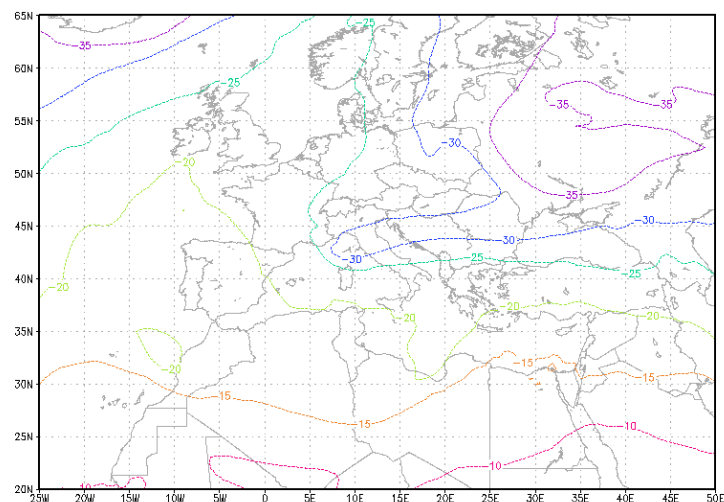
Θερμοκρασία στα 500 mb

21-01-06 12UTC

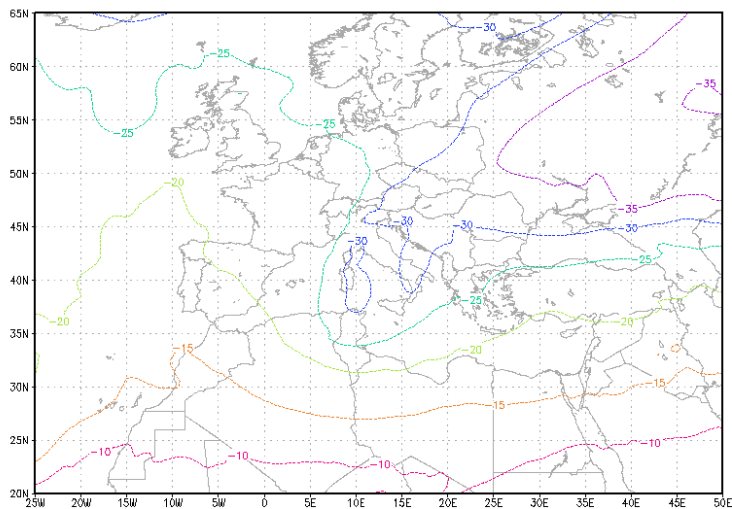
Σχήμα 3.Γ.2

Θερμοκρασία στα 500 mb

22-02-06 12UTC



GRADS: COLA/IGES

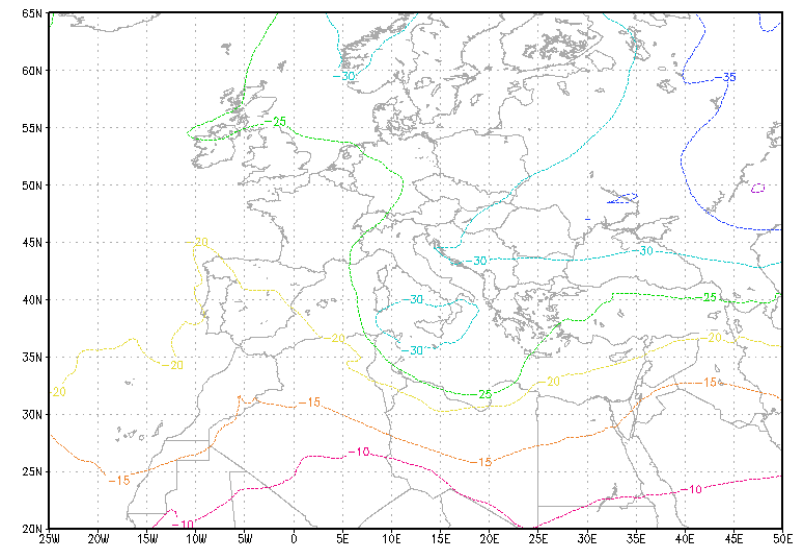


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Γ.3

Θερμοκρασία στα 500 mb

23-01-06 12UTC



Σχήμα 3.Γ.4

Θερμοκρασία στα 500 mb

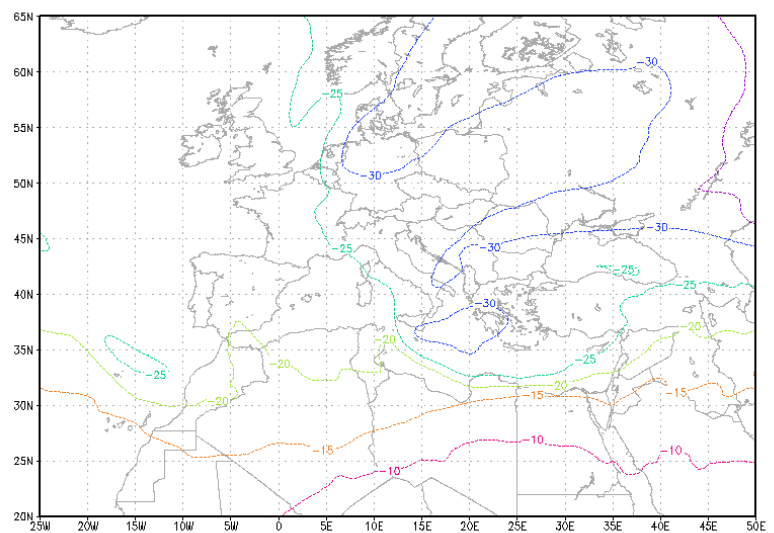
24-01-06 12UTC

GrADS: COLA/IGES

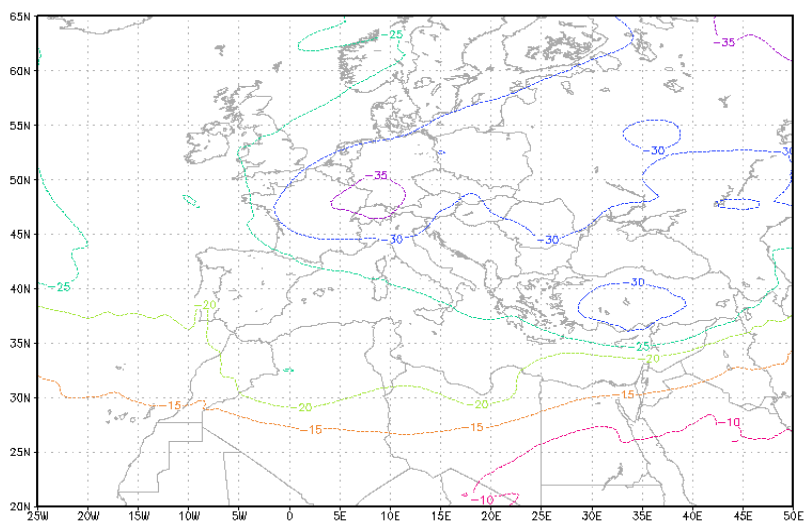
Σχήμα 3.Γ.5

Θερμοκρασία στα 500 mb

25-01-06 12UTC



GrADS: COLA/IGES

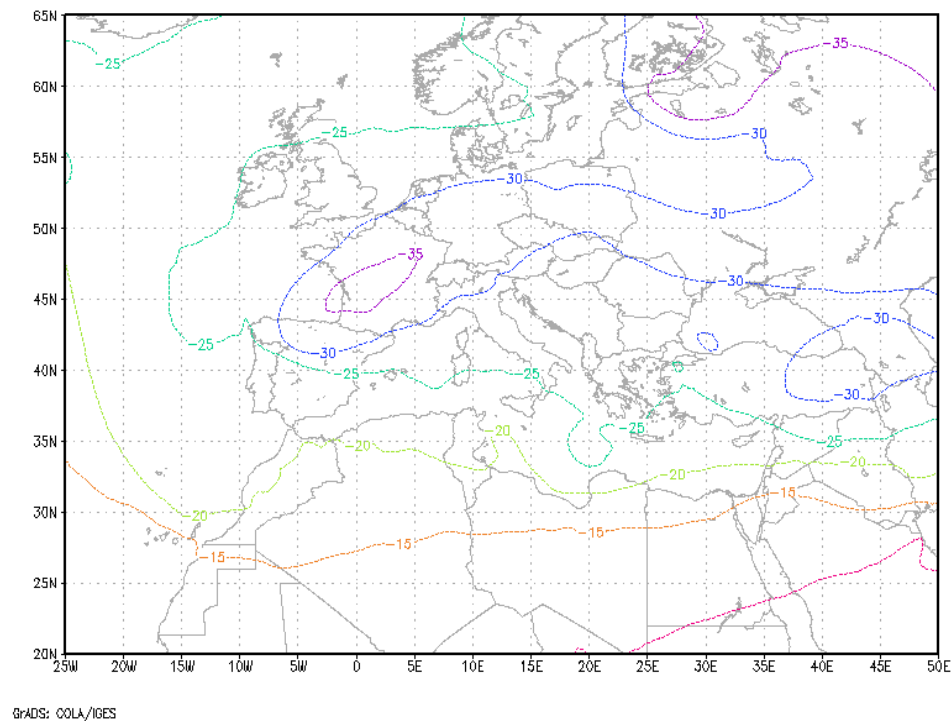


GrADS: COLA/IGES

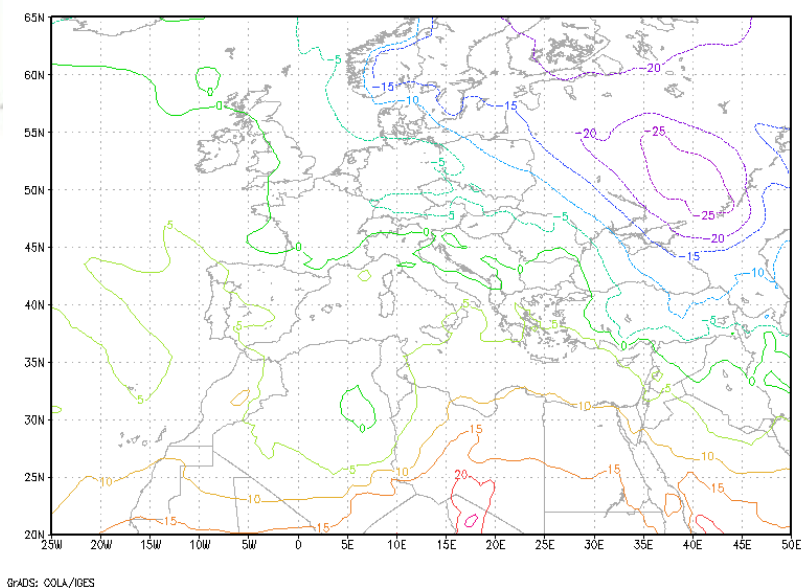
Σχήμα 3.Γ.6

Θερμοκρασία στα 500 mb

26-01-06 12UTC



Σχήμα 3.Γ.7 - Θερμοκρασία στα 500 mb - 27-01-06 12UTC



Σχήμα 3.Δ.1

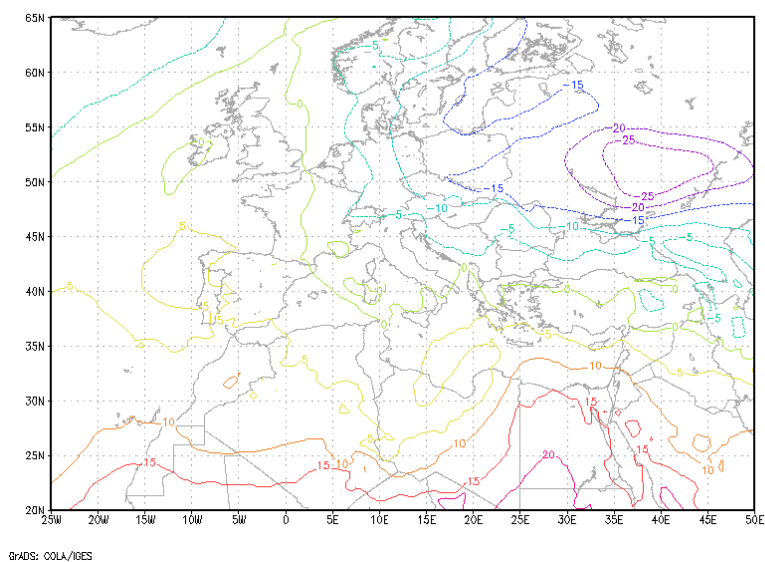
Θερμοκρασία στα 850 mb

21-01-06 12UTC

Σχήμα 3.Δ.2

Θερμοκρασία στα 850 mb

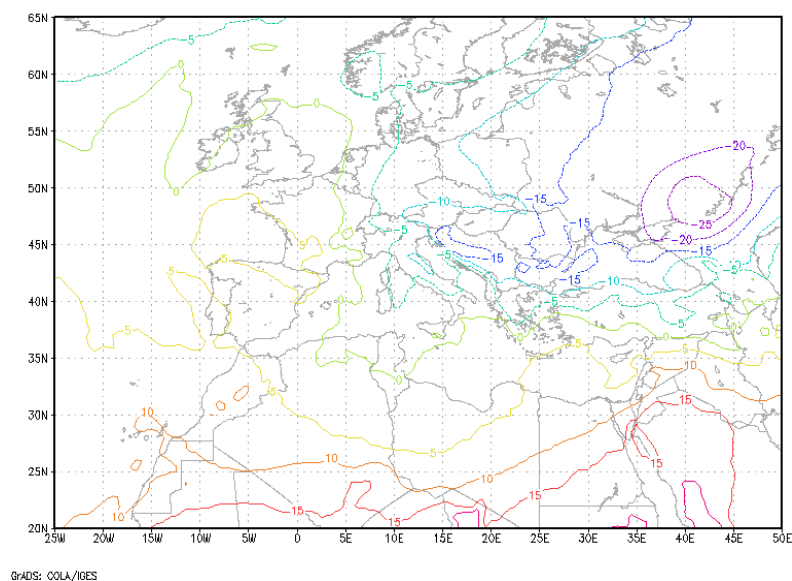
22-01-06 12UTC

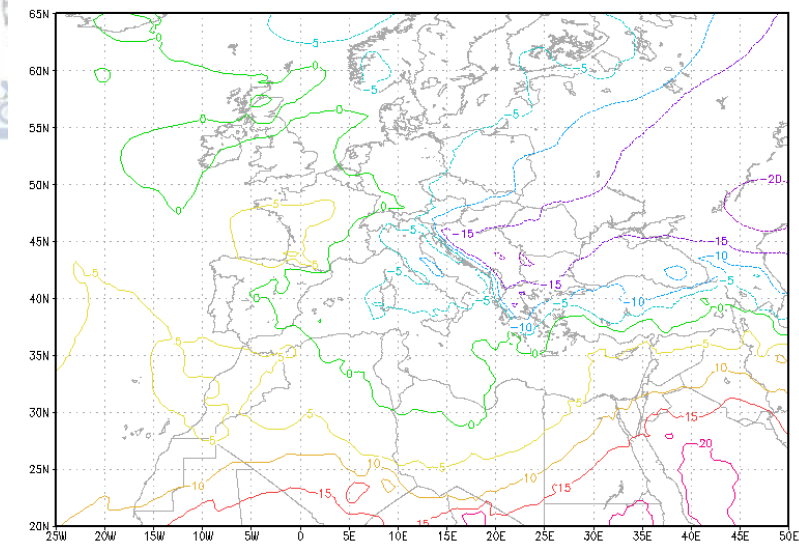


Σχήμα 3.Δ.3

Θερμοκρασία στα 850 mb

23-01-06 12UTC





GRADS: OOLA/IGES

Σχήμα 3.Δ.4

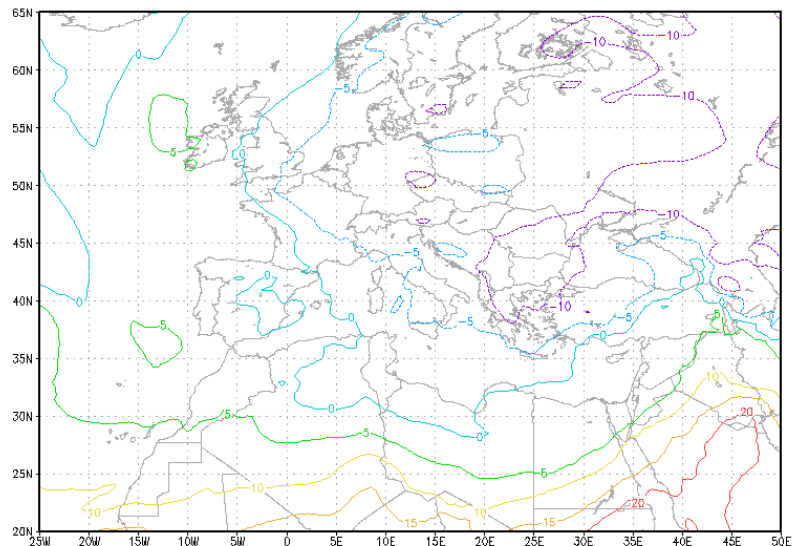
Θερμοκρασία στα 850 mb

24-01-06 12UTC

Σχήμα 3.Δ.5

Θερμοκρασία στα 850 mb

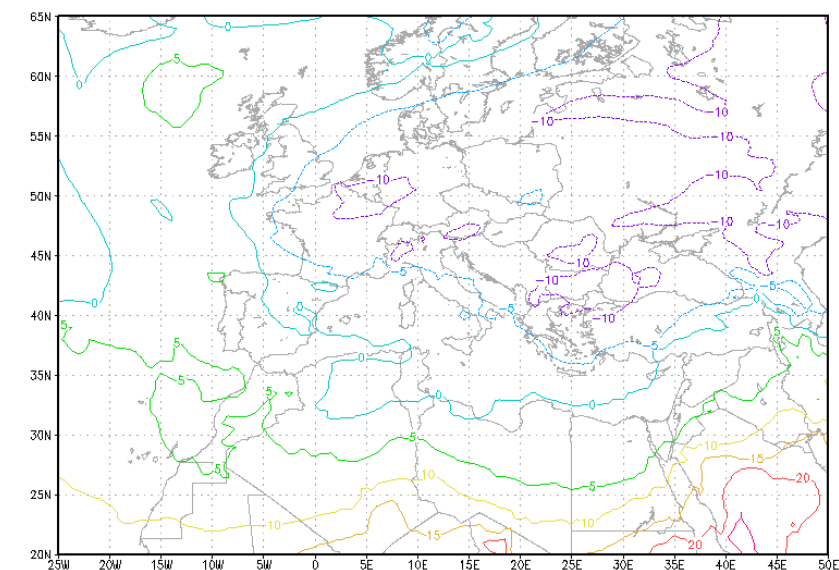
25-01-06 12UTC



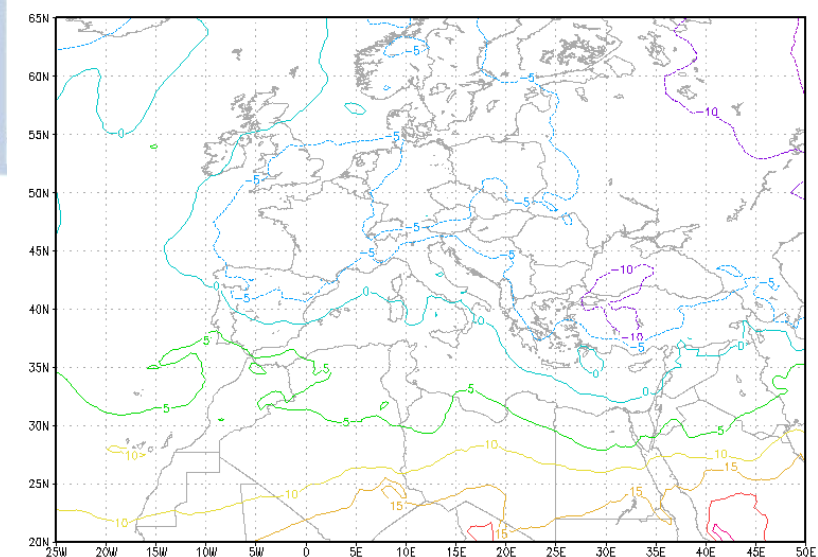
Σχήμα 3.Δ.6

Θερμοκρασία στα 850 mb

26-01-06 12UTC



GRADS: OOLA/IGES

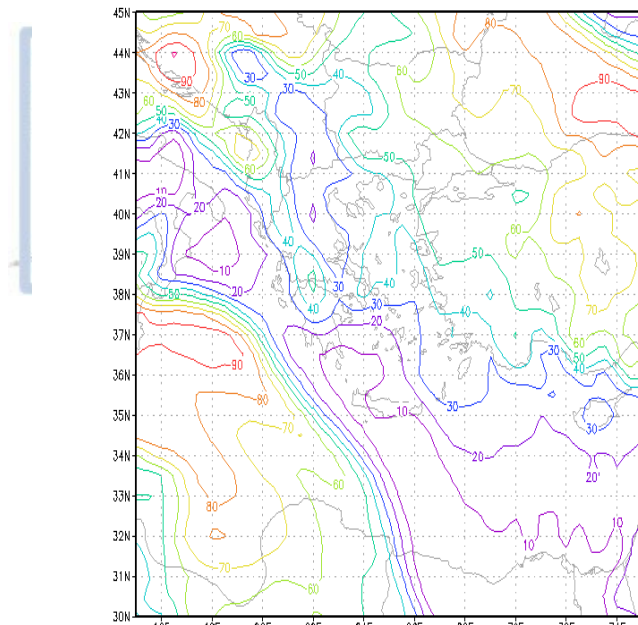


GRADS: GOLA/IGES

Σχήμα 3.Δ.7

Θερμοκρασία στα 850 mb

27-01-06 12UTC

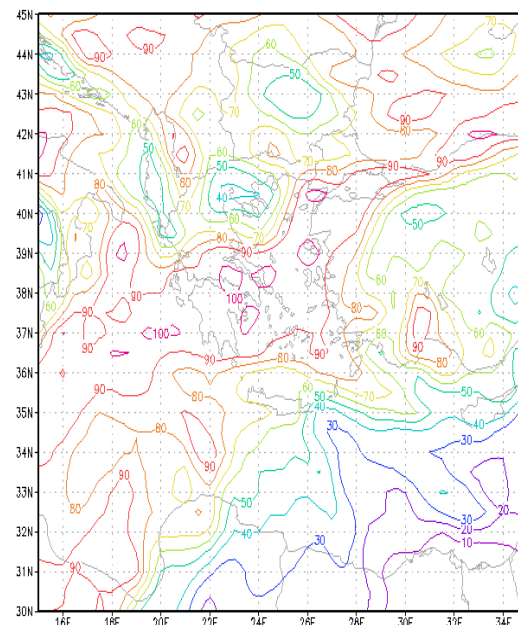


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Ε.1

Σχετική υγρασία (%)

21-01-2006 12UTC

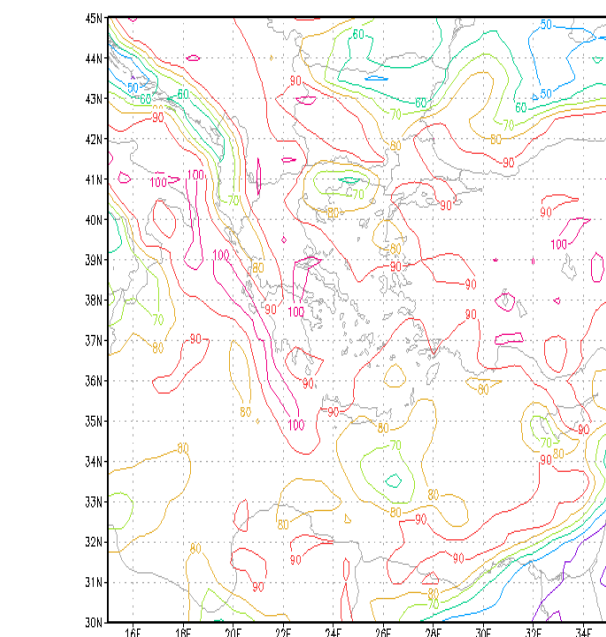


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Ε.2

Σχετική υγρασία (%)

22-01-2006 12 UTC

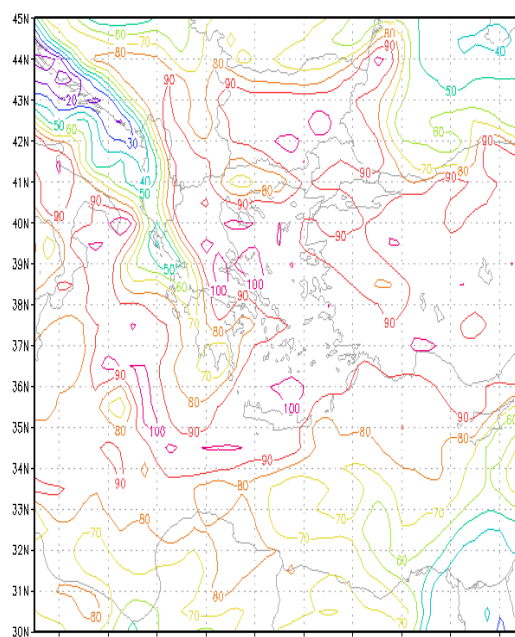


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Ε.3

Σχετική υγρασία (%)

23-01-2006 12UTC

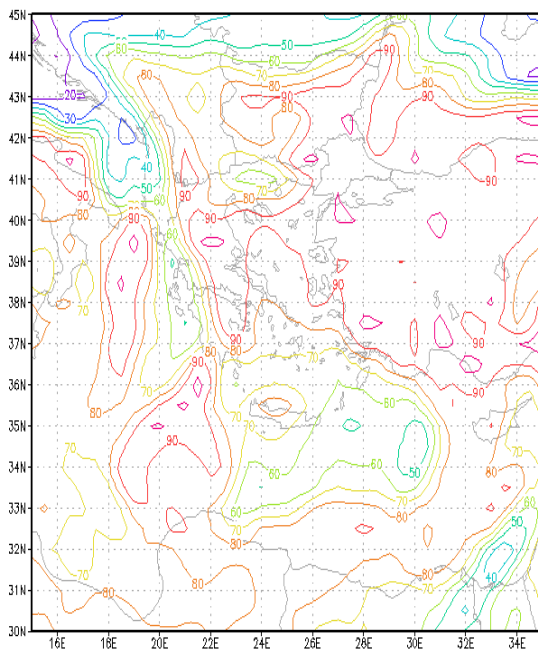


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Ε.4

Σχετική υγρασία (%)

24-01-2006 12 UTC

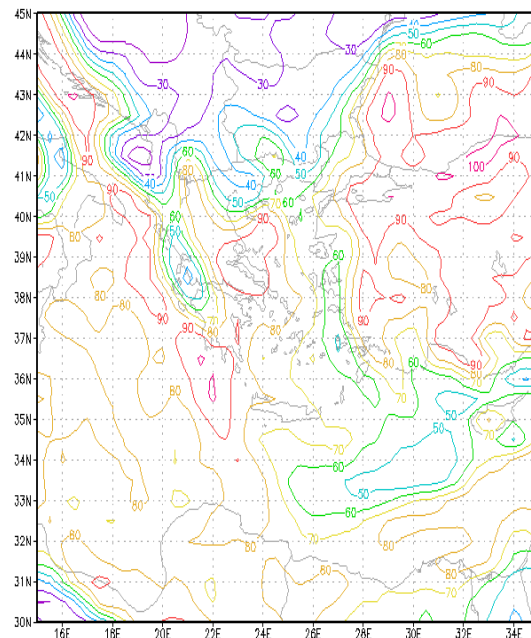


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.E.5

Σχετική υγρασία (%)

25-01-2006 12UTC

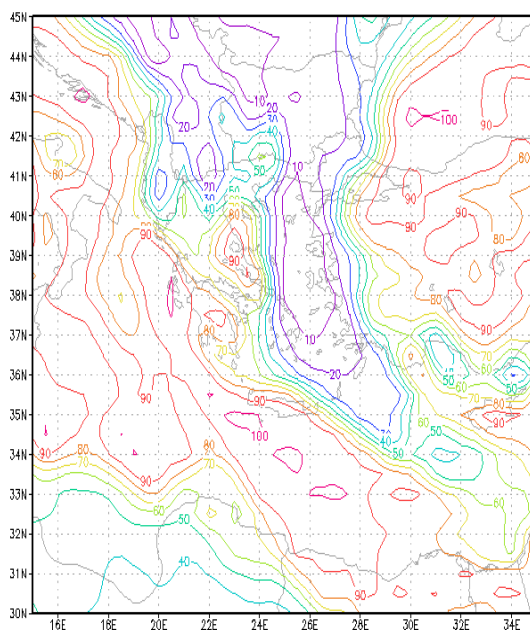


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.E.6

Σχετική υγρασία (%)

26-01-2006 12 UTC

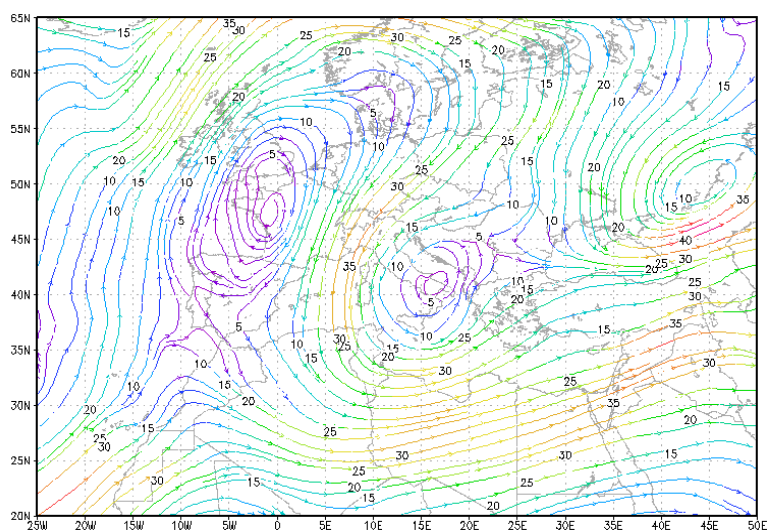


GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.E.7

Σχετική υγρασία (%)

27-01-2006



Σχήμα 3.Z.1

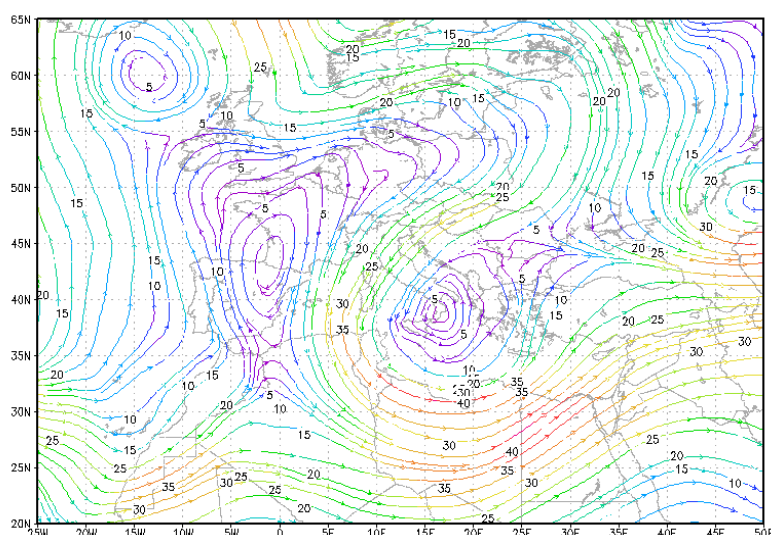
Άνεμος στα 500 mb

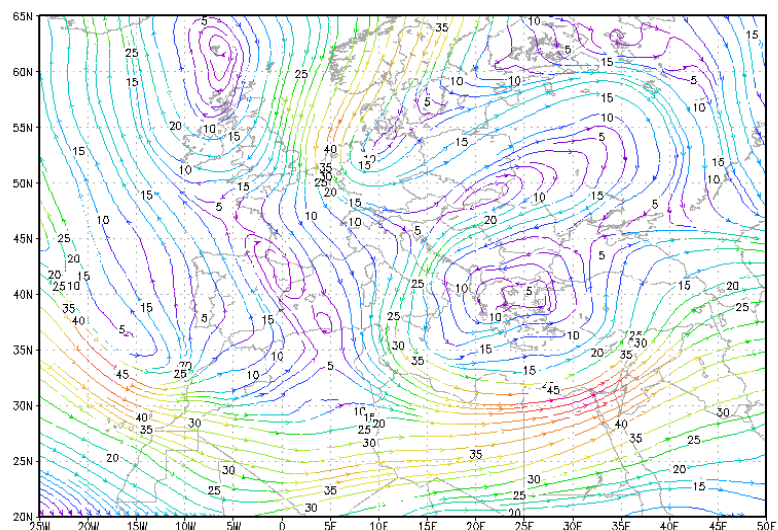
23-01-06 12UTC

Σχήμα 3.Z.2

Άνεμος στα 500 mb

24-01-2006 12UTC

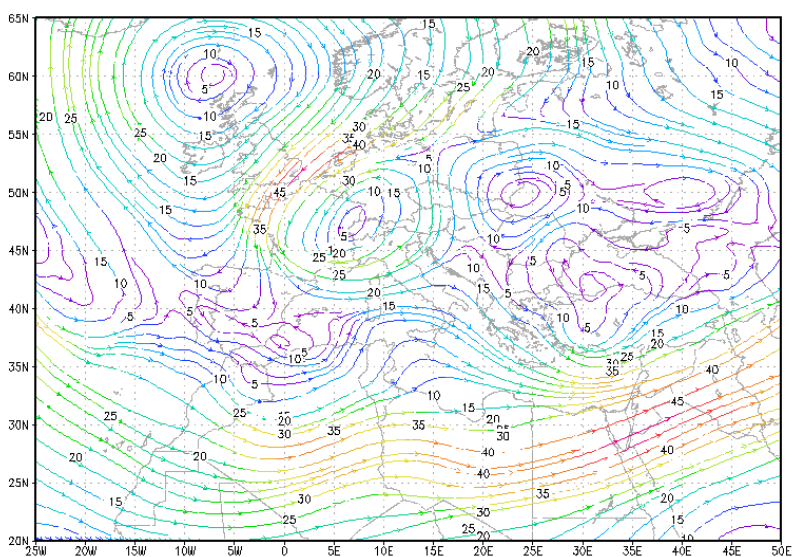




Σχήμα 3.Ζ.3

Άνεμος στα 500 mb

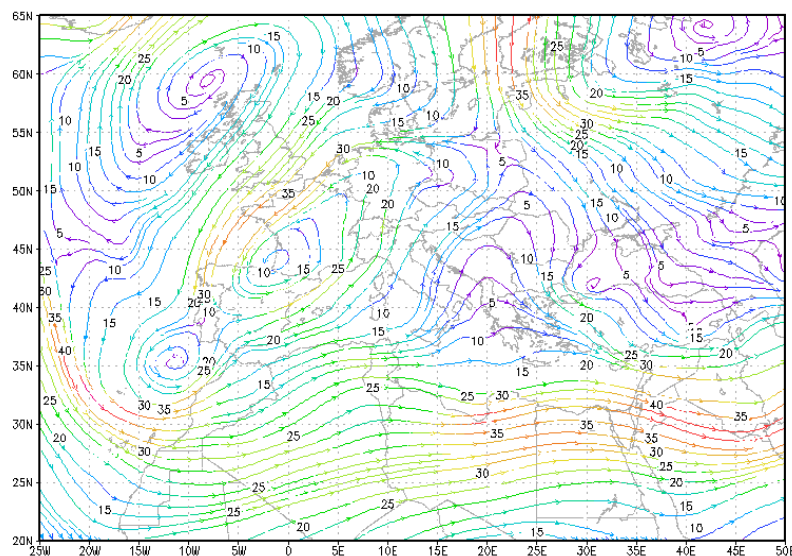
25-01-2006 12UTC



Σχήμα 3.Ζ.4

Άνεμος στα 500 mb

26-01-2006 12UTC



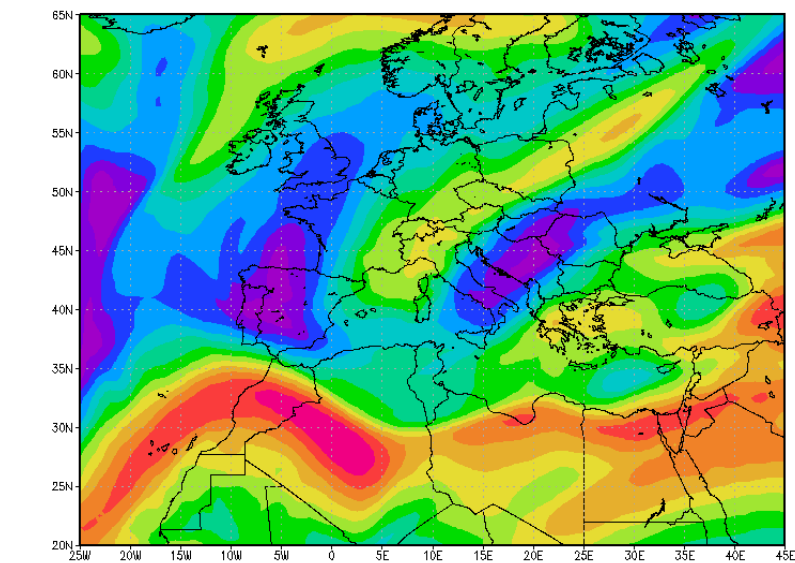
Σχήμα 3.Ζ.5

Άνεμος στα 500 mb

27-01-2006 12UTC



Η κακοκαιρία αυτή και η κίνηση της μπορεί να γίνει αντιληπτή και από το πεδίο του ανέμου. Ακολουθούν χάρτες που απεικονίζουν το πεδίο του ανέμου στην ισοβαρική επιφάνεια των 250 mb (εικόνες 3.H.1-3.H5). Στους χάρτες 3.Z.1-3.Z.5 και 3.H.1-3.H.5 απεικονίζεται η διεύθυνση του ανέμου και η έντασή του, ενώ στην ισοβαρική επιφάνεια των 250 mb εντοπίζουμε τον τροπικό αεροχείμαρρο, η θέση του οποίου παίζει καθοριστικό ρόλο, όχι μόνο για τις χιονοπτώσεις στην περιοχή μας, αλλά στην γενικότερη κυκλοφορία στην ανώτερη ατμόσφαιρα και ως απόρροια και στον καιρό της ευρύτερης περιοχής.



GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Η.1

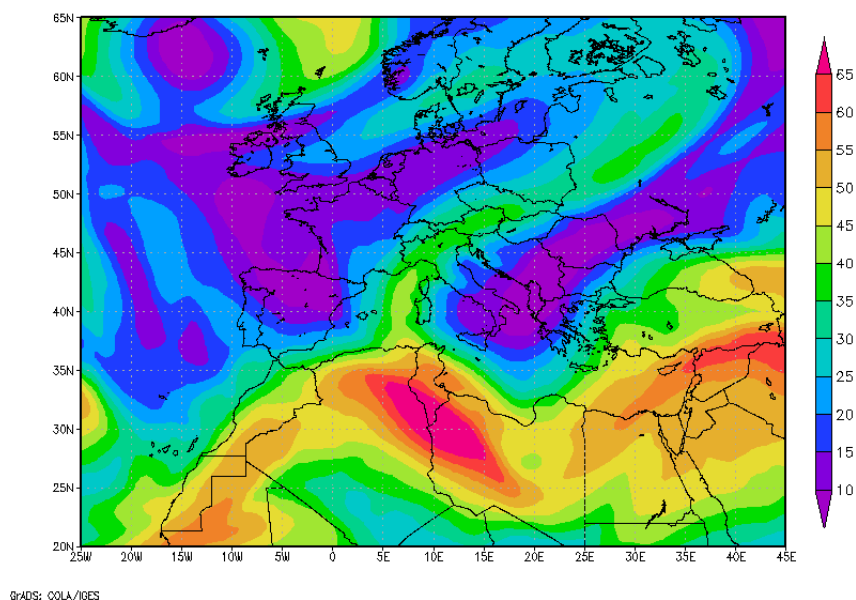
Άνεμος στα 250 mb

23-01-2006 12UTC

Σχήμα 3.Η.2

Άνεμος στα 250 mb

24-01-2006 12UTC

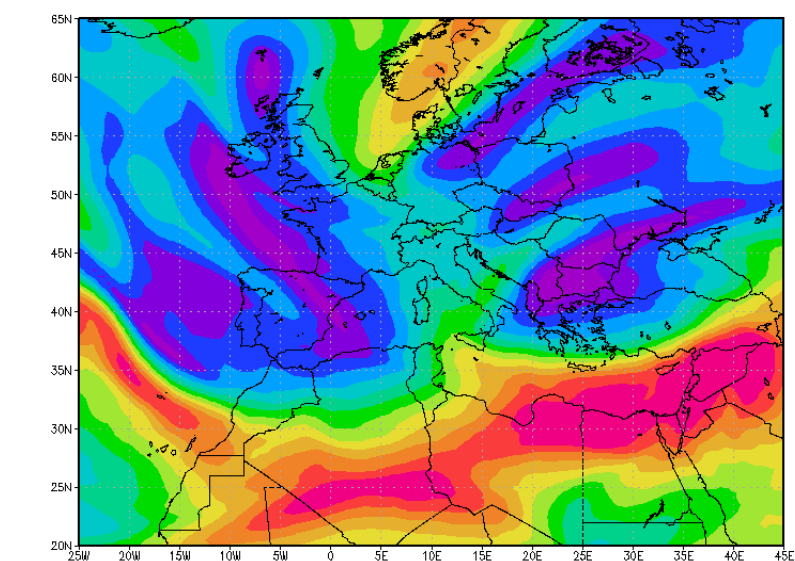


GRADS: COLA/IGES

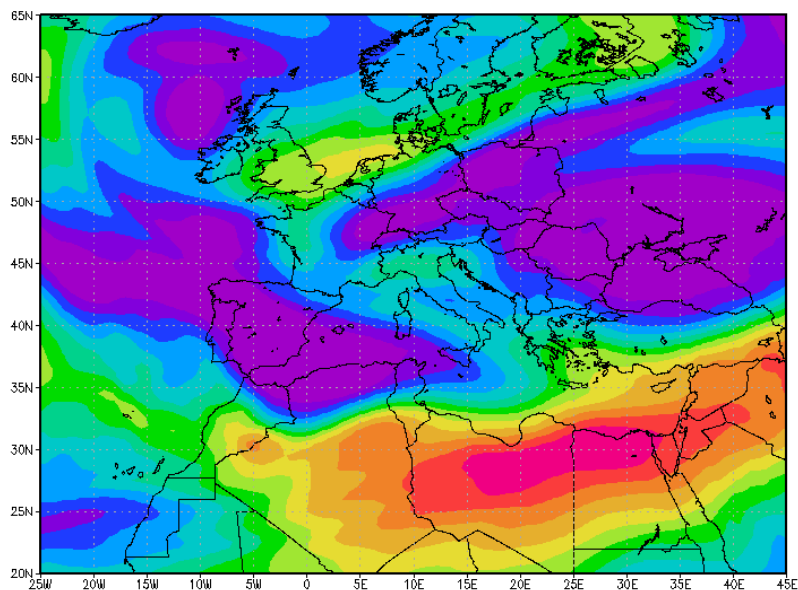
Σχήμα 3.Η.3

Άνεμος στα 250 mb

25-01-2006 12UTC



GRADS: COLA/IGES



Σχήμα 3.Η.4

Άνεμος στα 250 mb

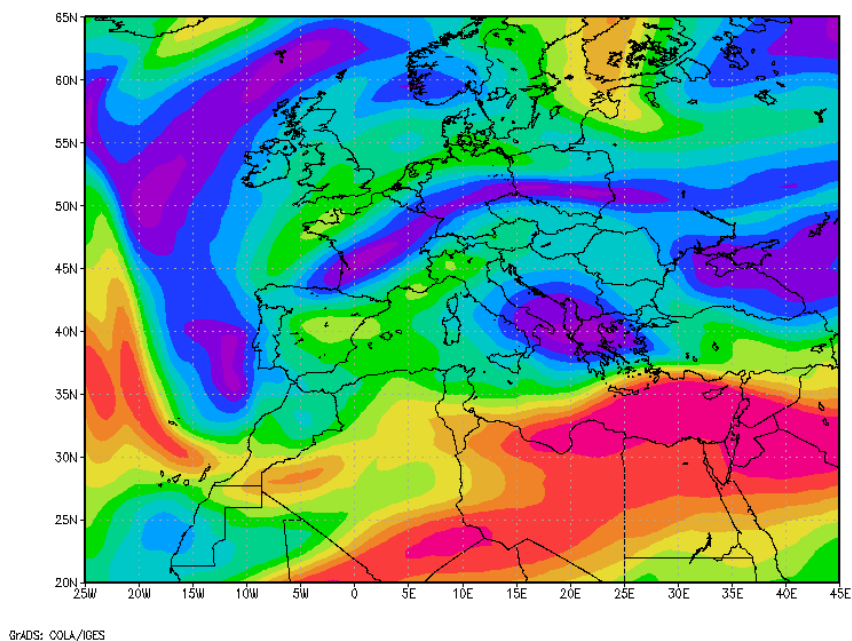
26-01-2006 12UTC

GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Η.5

Άνεμος στα 250 mb

27-01-2006 12UTC



GRADS: COLA/IGES

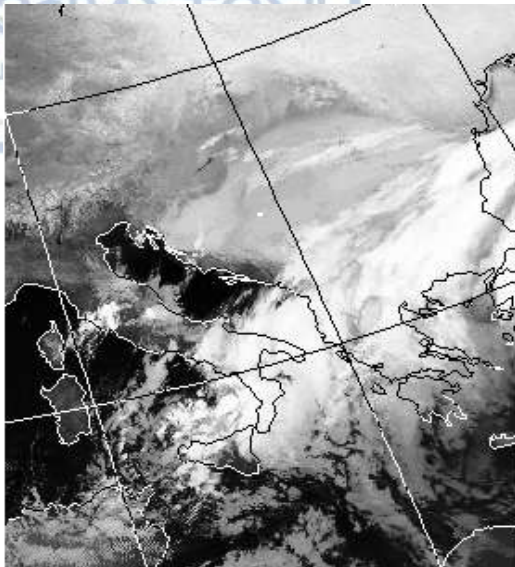
Η ψυχρή εισβολή που σημειώθηκε στο διάστημα 23-26/01/06 έχει κάποια χαρακτηριστικά που την ξεχωρίζουν από τις προηγούμενες ψυχρές εισβολές που επηρέασαν κατά καιρούς τη χώρα, όπως τις αντίστοιχες του 2002 και του 2004 και επιβάλλουν την όσο το δυνατόν καλύτερη μελέτη αυτής και κατανόηση των χαρακτηριστικών της. Η κακοκαιρία αυτή στο σύνολό της έπληξε ολόκληρη σχεδόν την Ελλάδα, ενώ αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στις 24-01-06 χιόνιζε ταυτόχρονα σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Κεφαλονιά και Μυτιλήνη, δηλαδή στη Νότια, Βόρεια, Δυτική και Ανατολική Ελλάδα αντίστοιχα. Κάτι τέτοιο είχε να συμβεί τα τελευταία τουλάχιστον 50 χρόνια. Χαρακτηριστικό αυτής της ψυχρής εισβολής που σημειώθηκε στην χώρα ωστόσο ήταν η μεγάλη της διάρκεια και όχι τόσο η έντασή της.

Ιδιαίτερα στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα (συμπεριλαμβανομένης και της Αττικής) υπήρξε μία εμμονή των φαινομένων όπου σημειώθηκε συνεχής χιονόπτωση επί 3 ημέρες. Η κακοκαιρία αυτή όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αν και έπληξε πρόσκαιρα και την υπόλοιπη χώρα (πολύ θυελλώδεις άνεμοι στην Κεφαλονιά, που σύμφωνα με πληροφορίες της ΔΕΗ άγγιζαν στα υψηλότερα σημεία του ορεινού όγκου του Αίνου τα 210 km/h και διεκόπη η ηλεκτροδότηση για αρκετές ημέρες, πρόσκαιρες χιονοπτώσεις σε παραθαλάσσια τμήματα της Βορείου Ελλάδος), εστιάστηκε κυρίως στην Ανατολική και Νότια ηπειρωτική Ελλάδα, τις Κυκλάδες και την Κρήτη και επομένως μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία ψυχρή εισβολή που εξελίχθηκε σε ψυχρή εισβολή τύπου «καιρού ανατολικών προσήνεμων» ή «καιρού βορείου ρεύματος» και σε κάθε περίπτωση πάντως έχει διαφορές με τις αντίστοιχες κακοκαιρίες του παρελθόντος.

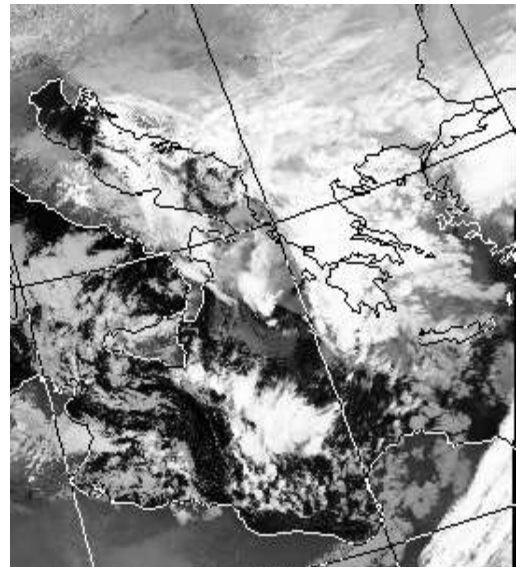
Οι δορυφορικές εικόνες που ακολουθούν δείχνουν αυτήν ακριβώς την πορεία της κακοκαιρίας και την εμμονή των χιονοπτώσεων στην ανατολική και νότια Ελλάδα.

Το πρώτο σχήμα (3.Θ.1) απεικονίζει την εικόνα που παρουσίαζε η Ελλάδα στις 23-01-06 με τις πυκνές νεφώσεις να εστιάζονται στην βόρεια και δυτική Ελλάδα.

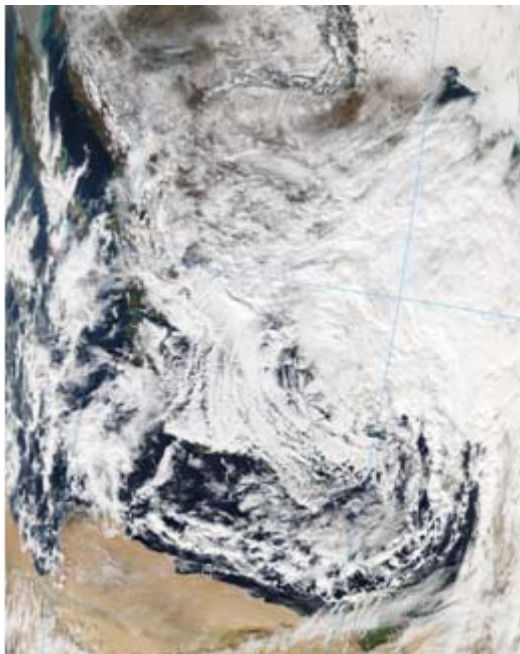
Στις 24-01-06 και 25-01-06 η κακοκαιρία επηρεάζει τις περισσότερες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και κυρίως τα ανατολικά τμήματα αυτής καθώς και περιοχές του Αιγαίου (εικόνες 3.Θ.2, 3.Θ.3).



Σχήμα 3.Θ.1: Δορυφορική εικόνα (IR)
της Ελλάδας από Dundee στις 23/01/06
ώρα 12:00 UTC



Σχήμα 3.Θ.2: Δορυφορική εικόνα (IR)
της Ελλάδας από Dundee στις 24/01/06
ώρα 01:30 UTC



Σχήμα 3.Θ.3: Δορυφορική εικόνα (visible)
της Ελλάδας στις 25/01/06 ώρα 10:00 UTC
από NOAA



Σχήμα 3.Θ.4: Δορυφορική εικόνα
(visible)

της Ελλάδας στις 26/01/06 ώρα 10:00
UTC

από NOAA

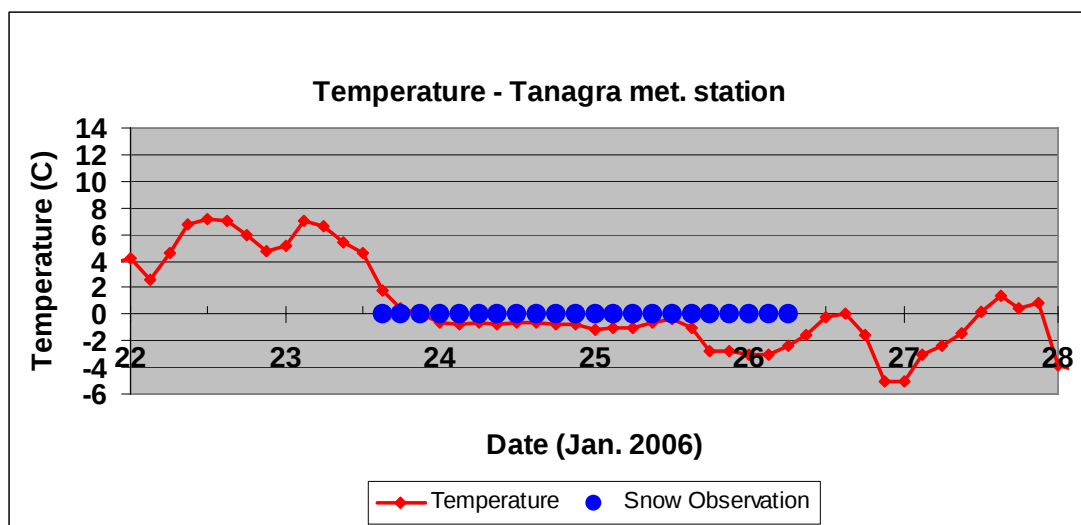
Όπως διαφαίνεται από το σχήμα 3.Θ.4, που αντιστοιχεί στις 26/01/06 και ενώ ο καιρός έχει βελτιωθεί αισθητά όσον αφορά τον υετό σε πολλές περιοχές της χώρας, στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν περιοχές του Αιγαίου πελάγους και γύρω από αυτό στις οποίες επικρατεί κακοκαιρία. Ειδικότερα στα βορειοδυτικά τμήματα της Τουρκίας(νότια παράλια της Μαύρης Θάλασσας και περιοχή Βοσπόρου), στα νοτιότερα τμήματα της Χαλκιδικής και του ΒΑ Αιγαίου, στο κεντρικό Αιγαίο, την ανατολική Θεσσαλία, την ανατολική Στερεά Ελλάδα, την Εύβοια, την ανατολική Πελοπόννησο, τις Κυκλάδες και στα βόρεια τμήματα της Κρήτης επικρατούν νεφώσεις με φαινόμενα που εξαιτίας των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών μεταφράζονται σε χιονοπτώσεις και στις νοτιότερες παραθαλάσσιες και θαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας σε χιονόνερο ή χιόνι. Η αιτία που ευθύνεται για την διαμόρφωση αυτής της «καιρικής εικόνας» είναι στην ουσία η διαβατική θέρμανση εκ των κάτω της ψυχρής αέρας μάζας από την Μαύρη Θάλασσα και το Αιγαίο πέλαγος. Η ύπαρξη αντικυκλώνα στην περιοχή των Βαλκανίων και χαμηλών πιέσεων στην ανατολική Μεσόγειο δημιουργεί πολύ ισχυρούς ανέμους στο Αιγαίο και γύρω από αυτό και στην περίπτωση μίας έντονης δυναμικής κατάστασης όπως αυτής της ψυχρής εισβολής του Ιανουαρίου του 2006 ανέμους που φτάνουν και είναι δυνατόν να ξεπεράσουν σε ένταση ακόμη και τα 10 μποφόρ. Αυτοί οι βορειοανατολικής συνιστώσας πολύ ψυχροί άνεμοι μεταφέρουν αέριες μάζες πολικής προέλευσης και όταν περνούν πάνω από τις θερμές ελληνικές θάλασσες υφίσταται το φαινόμενο της εξάτμισης και της τροφοδότησης αυτών των αερίων μαζών με υδρατμούς που εν συνεχεία μεταφράζονται σε υετό.

3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΕΙΣΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ

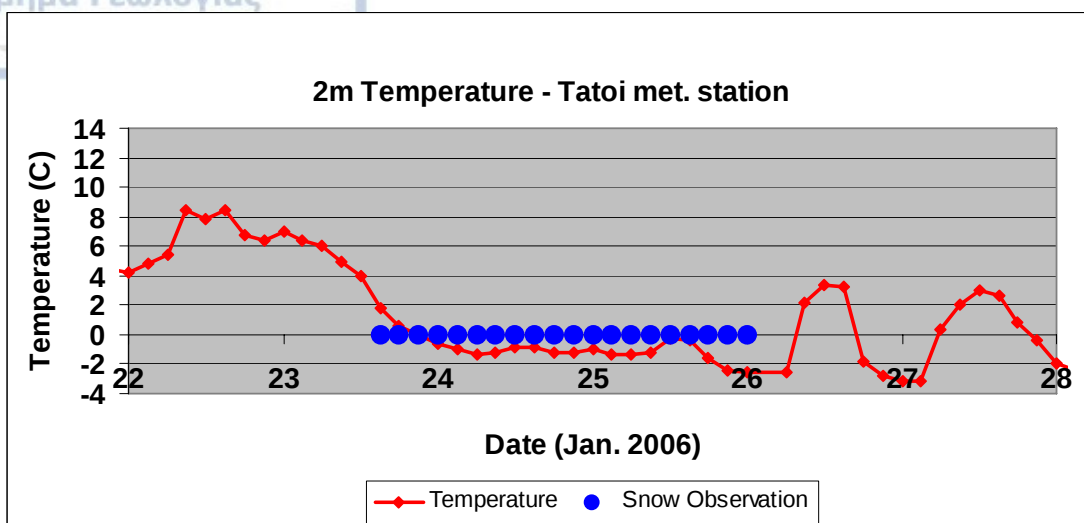
3.2.1: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ



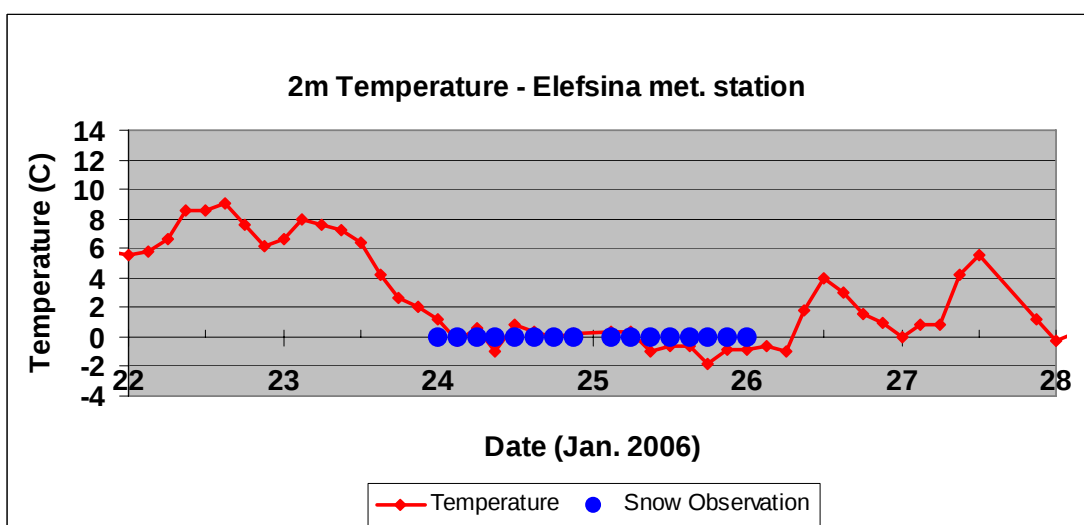
Σχήμα 4Z: γεωγραφική εξάπλωση του νομού Αττικής και γεωγραφική κατανομή των σταθμών της Ε.Μ.Υ.



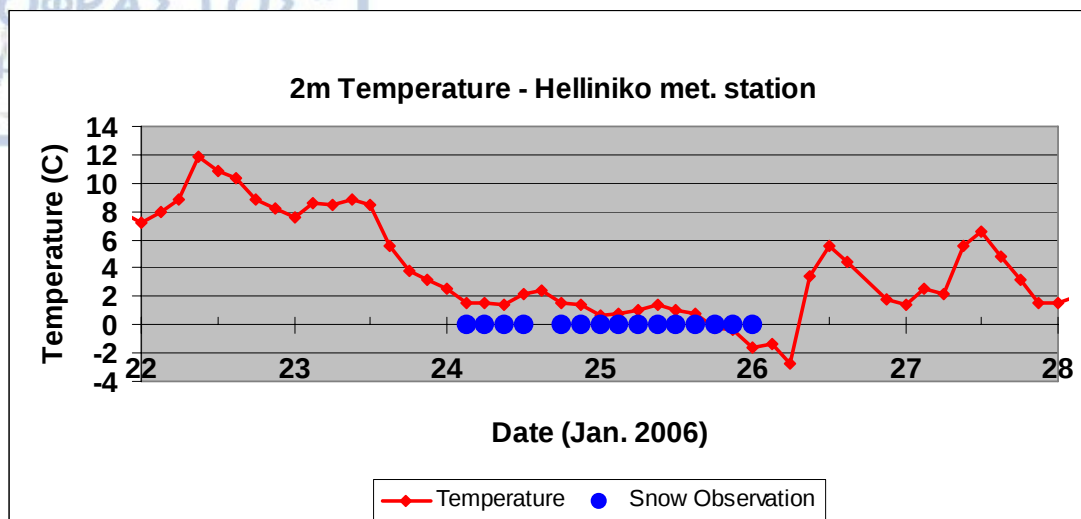
Σχήμα 4.Η.1: παρουσίαση θερμοκρασίας και χιονόπτωσης στον σταθμό της Τανάγρας το διάστημα 22-28/01/06 (Pytharoulis et al.2006)



Σχήμα 4.Η.2: παρουσίαση θερμοκρασίας και χιονόπτωσης στον σταθμό του Τατοίου το διάστημα 22-28/01/06 (Pytharoulis et al.2006)



Σχήμα 4.Η.3: παρουσίαση θερμοκρασίας και χιονόπτωσης στον σταθμό της Ελευσίνας το διάστημα 22-28/01/06 (Pytharoulis et al.2006)



Σχήμα 4.Η.4: παρουσίαση θερμοκρασίας και χιονόπτωσης στον σταθμό του Ελληνικού το διάστημα 22-28/01/06 (Pytharoulis et al.2006)

Στον μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας παρατηρούμε με βάση το παραπάνω γράφημα ότι η χιονόπτωση ξεκίνησε από τις απογευματινές περίπου ώρες της 23^{ης} Ιανουαρίου του 2006 και σταμάτησε τις προμεσημβρινές ώρες της 26^{ης} Ιανουαρίου. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η χιονόπτωση ήταν συνεχής και είχε μία αξιοσημείωτη διάρκεια 3 ημερών με την θερμοκρασία καθόλη την διάρκεια των τριών ημερών να βρίσκεται οριακά κάτω από τους 0°C.

Οι μετεωρολογικές συνθήκες στον σταθμό στο Τατόι δεν διαφέρουν ιδιαίτερα από αυτές της Τανάγρας. Έτσι, και σε αυτήν την περιοχή το τριήμερο 23-26/01/06 παρατηρούνται χιονοπτώσεις χωρίς διακοπή και ολικός παγετός στις 24-01-06 και 25-01-06 με την θερμοκρασία όμως να μην πέφτει πολύ κάτω από το μηδέν.

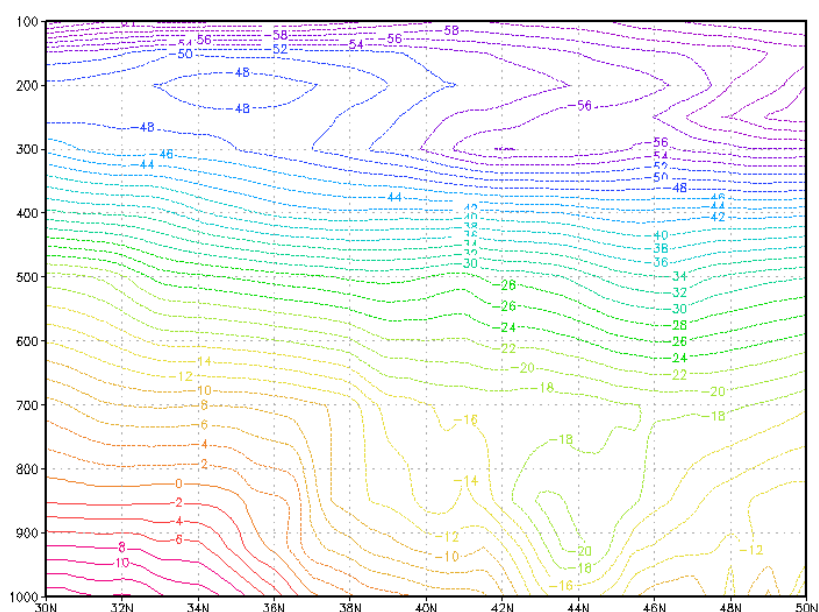
Στον μετεωρολογικό σταθμό της Ελευσίνας παρατηρούμε από το άνωθεν γράφημα ότι η χιονόπτωση ξεκινά με την έναρξη της 24^{ης} Ιανουαρίου και έχει διάρκεια 2 ημερών, με μία χρονικά πολύ μικρή διακοπή τις πρώτες πρωινές ώρες της 25^{ης} Ιανουαρίου. Η θερμοκρασία κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια της χιονόπτωσης ήταν στους 0°C.

Παρόμοια από μετεωρολογικής άποψης ήταν και η κατάσταση στον σταθμό του Ελληνικού με μόνη διαφορά ότι εδώ η θερμοκρασία ήταν κατά 1-2 °C υψηλότερη και κατά μέσο όρο κυμαινόταν γύρω στον ένα βαθμό πάνω από το μηδέν. Αυτός υπήρξε και ένας από τους βασικούς λόγους που η χιονόστρωση στην περιοχή του Ελληνικού και των λοιπών νότιων προαστίων της Αθήνας ήταν οριακή και σε καμία περίπτωση συγκρίσιμη με την αντίστοιχη χιονόστρωση στα ανατολικά και βόρεια κυρίως διαμερίσματα του νομού Αττικής, στα οποία η διάρκεια της χιονόπτωσης ήταν περίπου η ίδια αλλά η θερμοκρασία ήταν γύρω στους 2 °C χαμηλότερη.

3.2.2: ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΤΟΜΕΣ

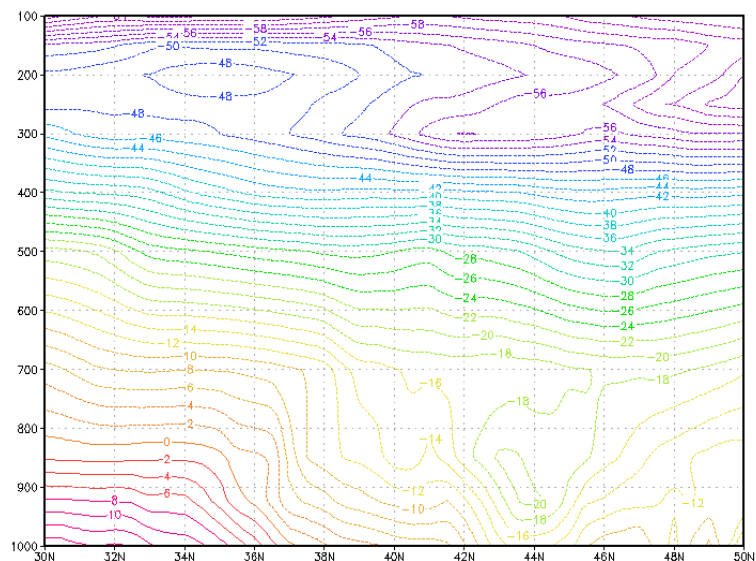
Γνωρίζοντας τη γεωγραφική θέση της Αθήνας, 38°N 23°A , μπορούμε με ευκολία να διακρίνουμε την θερμοκρασία στα διάφορα ισοβαρικά επίπεδα για τις 24-01-06 (εικόνα 3.Ι.1), για τις 25-01-06 (εικόνα 3.Ι.2) και για τις 26-01-06 (εικόνα 3.Ι.3) κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου.

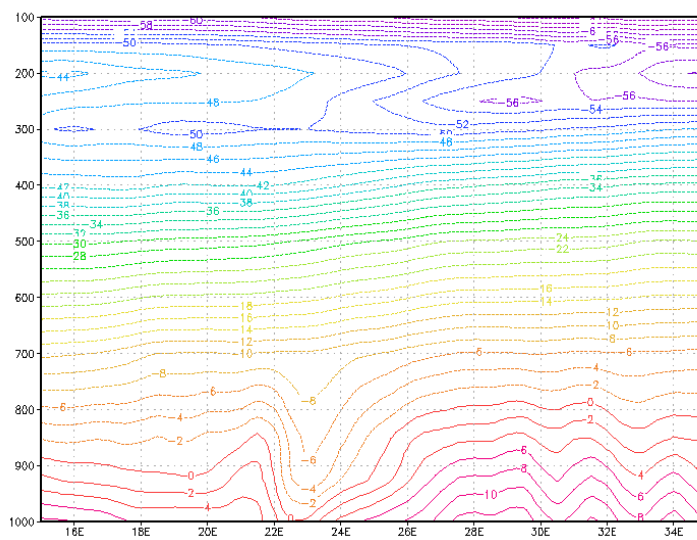
Ανάλογα, παρατηρούμε με τον ίδιο τρόπο την θερμοκρασία στα διάφορα ισοβαρικά επίπεδα για τις 24-01-06 (εικόνα 3.Κ.1), για τις 25-01-06 (εικόνα 3.Κ.2) και για τις 26-01-06 (εικόνα 3.Κ.3) κατά τη διεύθυνση Ανατολής-Δύσης.



GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Ι.1: απεικόνιση της θερμοκρασίας στα ισοβαρικά επίπεδα από 1000-100 mb για τις 24-01-06 και ώρα 12 UTC κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου.

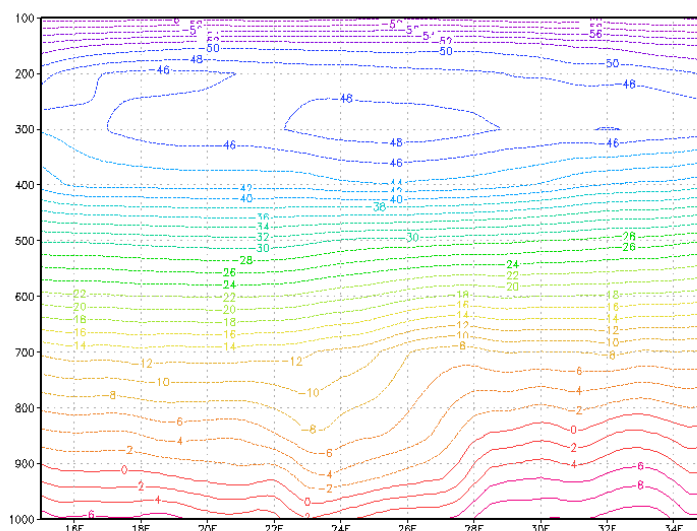




GrADS: COLA/IGES

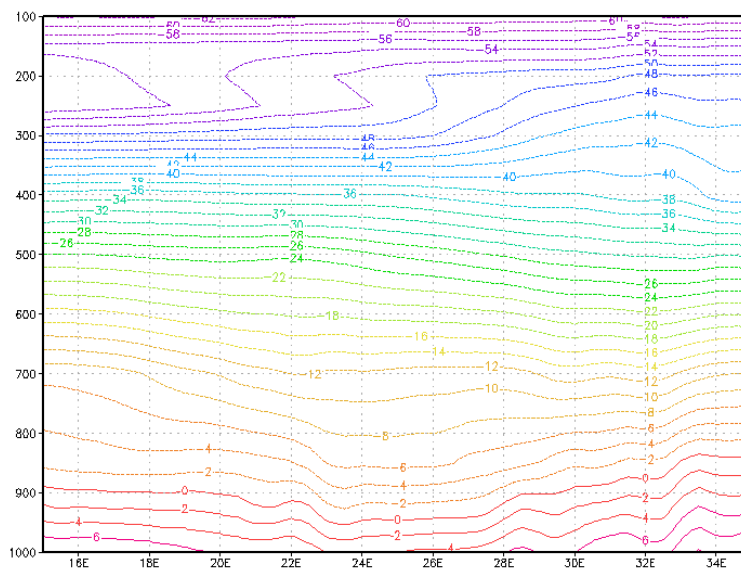
Σχήμα 3.Κ.1: απεικόνιση της θερμοκρασίας στα ισοβαρικά επίπεδα από 1000-100 mb για τις 24-01-06 και ώρα 12 UTC κατά τη διεύθυνση Ανατολή-Δύση

και



GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 3.Κ.2: απεικόνιση της θερμοκρασίας στα ισοβαρικά επίπεδα από 1000-100 mb για τις 25-01-06 και ώρα 12 UTC κατά τη διεύθυνση Ανατολή-Δύση



Σχήμα 3.Κ.3: απεικόνιση της θερμοκρασίας στα ισοβαρικά επίπεδα από 1000-100 mb για τις 26-01-06 και ώρα 12 UTC κατά τη διεύθυνση Ανατολή-Δύση

Μελετώντας τα παραπάνω διαγράμματα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η ψυχρή εισβολή έπληξε κυρίως την Ελλάδα και την υπόλοιπη Βαλκανική.

Στα διαγράμματα με διεύθυνση Βορρά-Νότου, στις **38°N** για την πόλη της Αθήνας οι θερμοκρασίες στα 850 mb για το χρονικό διάστημα 24/01/06-26/01/06 ήταν ανάλογες με περιοχές στις 48-50 °N, -10 °C κατά μέσο όρο (σχήματα 3.Ι.1- 3.Ι.3), ενώ οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στις 42-44 °N (-18 °C κατά μέσο όρο).

Αντίθετα στα 500 mb κυμαίνονται από 38-50 °N από -28 °C έως -30 °C

Στα διαγράμματα με διεύθυνση Ανατολή-Δύση (σχήματα 3.Κ.1-3.Κ.3) , , στις **24°E** για την πόλη της Αθήνας παρατηρούνται πάλι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Για παράδειγμα στα 850 mb έχουμε -6 °C κατά μέσο όρο ενώ στις **21°E** και **25°** έχουμε 0 °C

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΓΝΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται χάρτες οι οποίοι απεικονίζουν την πορεία της πρόγνωσης για το χρονικό διάστημα 23-26 Ιανουαρίου 2006, οπότε και έλαβε χώρα η ψυχρή εισβολή. Τυπώθηκαν ξεχωριστές προγνώσεις και κάθε μια από τις 4 αυτές ημέρες, για το πεδίο της θερμοκρασίας στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 mb και για το πεδίο του γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb. Παράλληλα σε κάθε πεδίο και για κάθε ημέρα το πρώτο σχήμα απεικονίζει την εικόνα της ανάλυσης με σκοπό να γίνει πιο αντιληπτή οπτικά η διαφορά μεταξύ των αναλύσεων και των προγνώσεων. Αμέσως μετά τους χάρτες θα ακολουθήσουν διαγράμματα που απεικονίζουν γραφικά με τη μορφή καμπύλων γραμμών την πορεία της πρόγνωσης κατά το χρονικό διάστημα από τις 14/01/06 έως και τουλάχιστον τις 28/01/06, επίσης υπάρχει και η καμπύλη που δηλώνει τις πραγματικές συνθήκες για τις αντίστοιχες ημερομηνίες για τα ακόλουθα 4 πεδία: 1) γεωδυναμικό ύψος στα 500 mb, 2) θερμοκρασία στα 850 mb, 3) θερμοκρασία στα 2m και 4) το πεδίο του υετού. Επιπρόσθετα, δημιουργήθηκαν και διαγράμματα σφαλμάτων που δείχνουν την ποσοτική διαφορά ανάμεσα στις εκάστοτε προγνώσεις και τις αναλύσεις. Όλα τα διαγράμματα αναφέρονται σε ένα σημείο, στις 38°N24°Α, που αντιστοιχεί στην πόλη της Αθήνας, τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούν δεδομένα του ECMWF, ενώ για τον υετό χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της E.M.Y. από τον σταθμό του Ελληνικού.

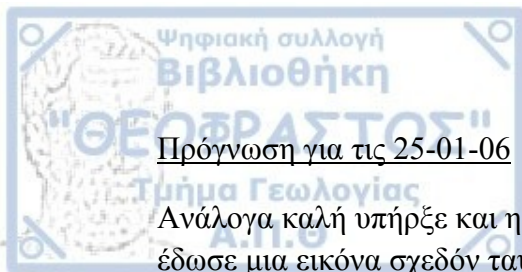
4.2 Μελέτη της προγνωσιμότητας -Σύγκριση με χάρτες ανάλυσης. T850

Πρόγνωση για τις 23-01-06

Συγκρίνοντας πάντα με την εικόνα της ανάλυσης παρατηρούμε ότι έξι ημέρες νωρίτερα είχαμε μια πολύ καλή εικόνα πρόγνωσης που προσέγγιζε την πραγματική με την ισόθερμη των -5°C να βρίσκεται πάνω από την κεντρική Ελλάδα. Μοναδική παραφωνία αποτέλεσε η πρόγνωση της 21^{ης} Ιανουαρίου του 2006 για τις 23-01-06 και ώρα 12 UTC (σχήμα 4B.3α) που υποεκτίμησε την ψυχρή εισβολή, ωστόσο η πρόγνωση μία ημέρα μετά (σχήμα 4B.2α) προσέγγισε εξαιρετικά την θερμοκρασία στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 mb όπως φαίνεται και συνδυαστικά με την εικόνα της ανάλυσης της 23^{ης} Ιανουαρίου 2006.

Πρόγνωση για τις 24-01-06

Με εξαίρεση την πρόγνωση που εξεδόθη στις 17-01-06 και ώρα 12 UTC για τις 24-01-06 την αντίστοιχη ώρα που η προγνωσιμότητα δεν ήταν καλή και η ψυχρή εισβολή δεν είχε γίνει «ορατή» από το μοντέλο, η προγνωσιμότητα ήταν αρκετά καλή ήδη 6 ημέρες νωρίτερα με την ισόθερμη των -10°C πάνω από την κεντρική Ελλάδα κάτι που τελικά επιβεβαιώθηκε όπως διακρίνεται και από την εικόνα της ανάλυσης.



Πρόγνωση για τις 25-01-06

Ανάλογα καλή υπήρξε και η προγνωσιμότητα για αυτήν την ημέρα, όπου το μοντέλο έδωσε μια εικόνα σχεδόν ταυτόσημη με αυτήν της ανάλυσης 5 ημέρες νωρίτερα.

Πρόγνωση για τις 26-01-06

Για τις 26-01-06 παρατηρούμε το εξής φαινόμενο: το μοντέλο υποεκτίμησε την ψυχρή εισβολή ως προς την διάρκειά της. Ειδικότερα παρατηρώντας την εικόνα της ανάλυσης για τις 26-01-06 και ώρα 12 UTC βλέπουμε ότι η ισόθερμος των -5°C βρίσκεται πάνω από την δυτική και τη νότια νησιωτική Ελλάδα και η ισόθερμος των -10°C πάνω από την βόρεια Ελλάδα. Συγκρίνοντας λοιπόν την εικόνα της ανάλυσης με τις αντίστοιχες για αυτήν την ημέρα προγνώσεις αντιλαμβανόμαστε αυτήν την υποεκτίμηση της ψυχρής εισβολής για τις 26-01-10.

4.3 Μελέτη της προγνωσιμότητας - Σύγκριση με χάρτες ανάλυσης. GPH500

Πρόγνωση για τις 23-01-06

Στο πεδίο του γεωδυναμικού ύψους τώρα συγκρίνοντας την ανάλυση με τις εικόνες πρόγνωσης μπορούμε να εξάγουμε τα συμπεράσματα που ακολουθούν. Στην πρόγνωση επτά και έξι ημερών για τις 23-01-06 παρατηρούμε ότι η ψυχρή εισβολή δεν είχε προβλεφθεί από το μοντέλο. Στην πρόγνωση πέντε ημέρες πριν διαφαίνεται ο αυλώνας να επηρεάζει την ανατολική Ευρώπη και τα Βαλκάνια και δεδομένου ότι εκτεταμένη ράχη θα επηρεάζε την Δυτική Ευρώπη αυτό θα ανάγκαζε πολύ ψυχρές αέριες μάζες πολικής προέλευσης να κατέλθουν νοτιότερα προς την Ελλάδα. Τέσσερις ημέρες πριν φαίνεται να συμβαίνει το εξής: ο αυλώνας τείνει σε μια πιο ΝΔ-ΒΑ διεύθυνση, αντί της Β-Ν που προβλεπόταν μία ημέρα νωρίτερα καθώς υπάρχει και η τάση ο εκτεταμένος αυλώνας να αποκοπεί στη συνέχεια σε κλειστό χαμηλό. Η τάση αυτή εξακολούθησε να υφίσταται και στις προγνώσεις των επόμενων ημερών και τελικά επιβεβαιώθηκε όπως φαίνεται και στην εικόνα της ανάλυσης για τις 23-01-06 και ώρα 12 UTC.

Πρόγνωση για τις 24-01-06

Για την ημέρα αυτή οι προγνώσεις ακολούθησαν μία ανάλογη πορεία με τις αντίστοιχες για τις 23-01-06.

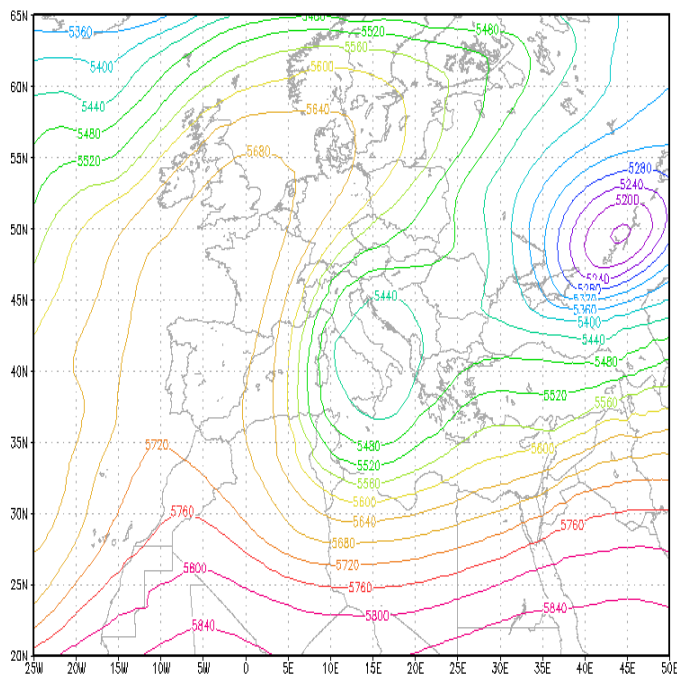


Πρόγνωση για τις 25-01-06

Για την 25^η Ιανουαρίου 2006 παρατηρούμε και πάλι ότι η πρόγνωση επτά και έξι ημέρες νωρίτερα (σχήματα 4A.6β και 4A.7β) δεν ήταν επιτυχής. Ωστόσο, πέντε μέρες νωρίτερα (σχήμα 4A.5β) είχαμε μία πολύ καλή προγνωσιμότητα που προσέγγιζε αρκετά την εικόνα της ανάλυσης με μία μικρή μόνο υπερεκτίμηση της ψυχρής εισβολής δεδομένου ότι προβλέπονταν 5360 grm έναντι των 5400 που τελικά είχαμε, μία υπερεκτίμηση η οποία όμως υποβαθμίστηκε της επόμενες ημέρες.

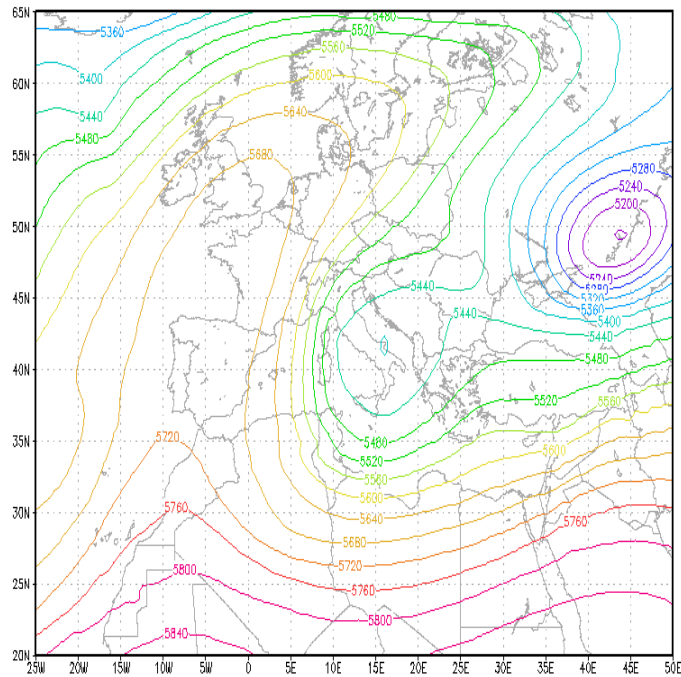
Πρόγνωση για τις 26-01-06

Για τις 26-01-06 οι προγνώσεις πέντε, τέσσερις και τρεις ημέρες νωρίτερα έδιναν μία εικόνα παραπλήσια της πραγματικής με μία υποεκτίμηση ωστόσο του ψύχους και χωρίς να έχει γίνει εμφανής η αποκοπή της Trough σε ένα κλειστό χαμηλό το οποίο θα παρέμενε σχεδόν στάσιμο και θα κινούταν πιο αργά προς τα ανατολικά σε σχέση με τις προγνώσεις των προηγούμενων ημερών.



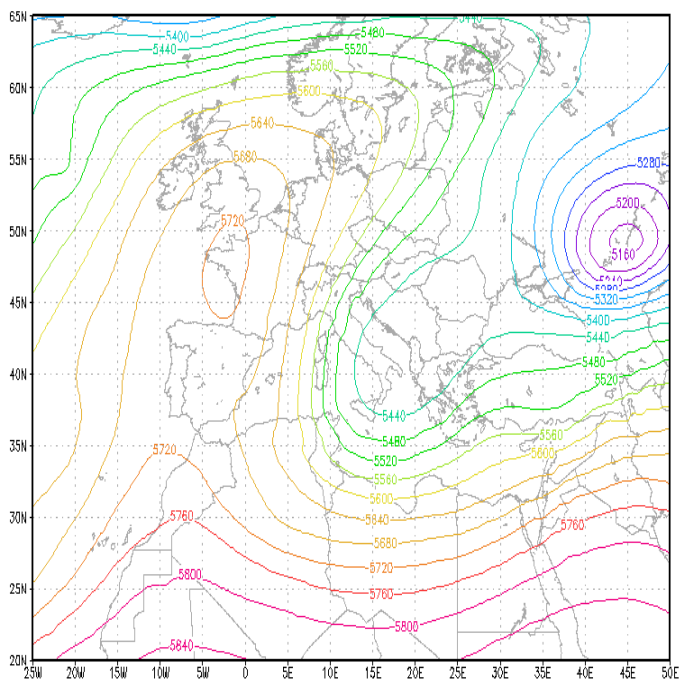
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4.A.1.α: ανάλυση GPH 500 mb 23-01-06 12 UTC



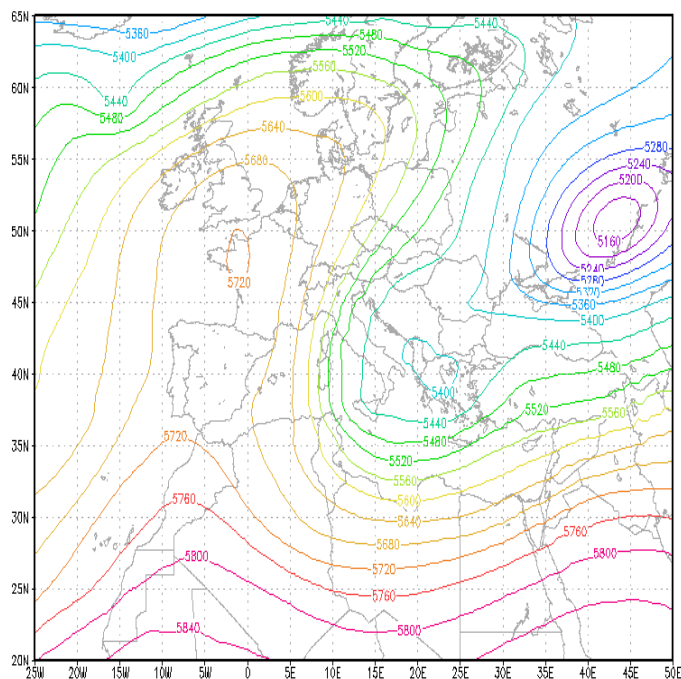
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A2β: GPH 500 mb -1 ημέρα για τις 23-01-06 12 UTC



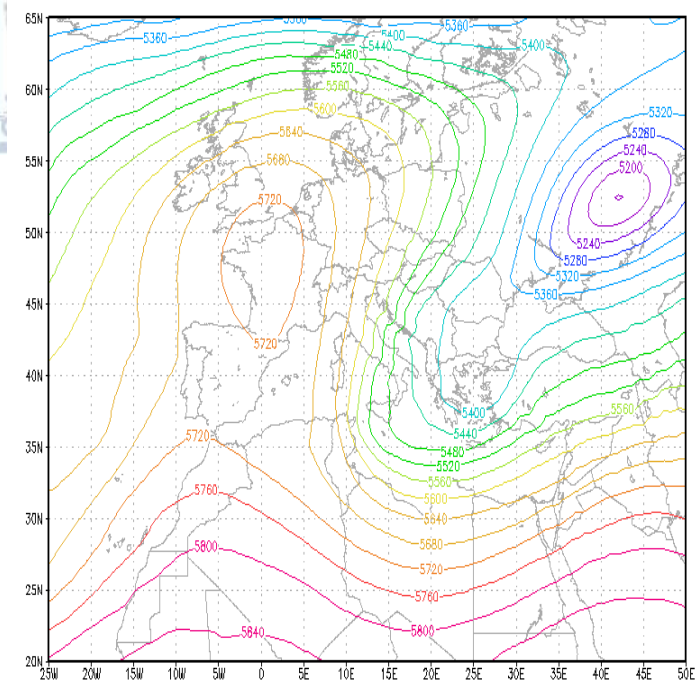
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4.A3.α: GPH 500 mb -2 ημέρες για 23-01-06 12 UTC



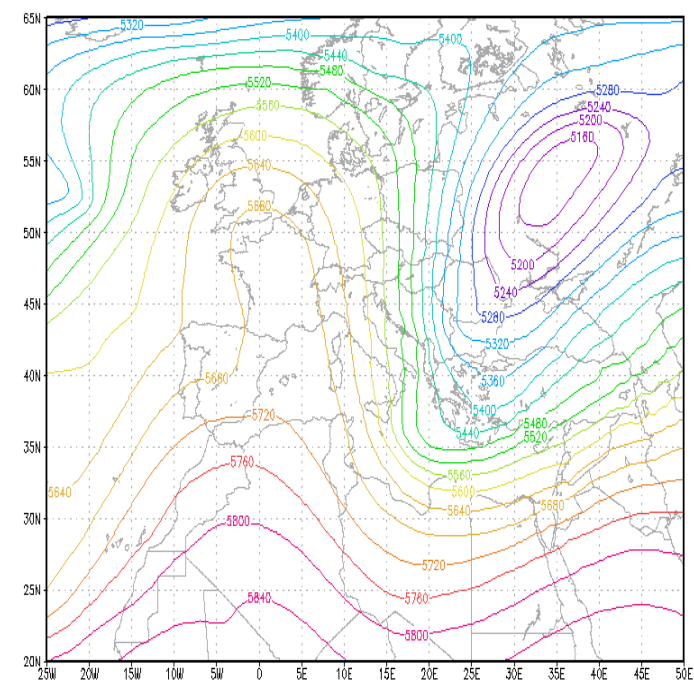
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4.A4.α: GPH 500 mb -3 ημέρες για 23-01-06 12 UTC



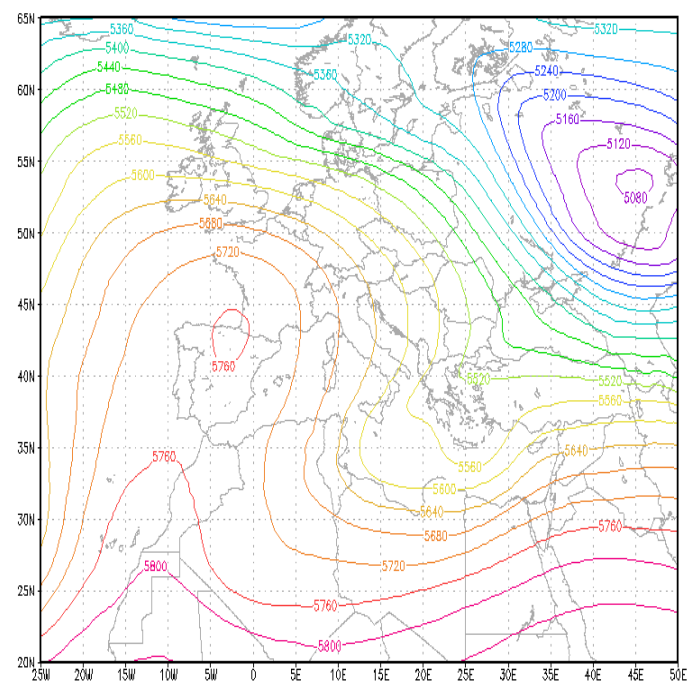
GrADS: OOLA/IGES

Σχήμα 4.A5.α: GPH 500 mb -4 ημέρες για 23-01-06 12 UTC



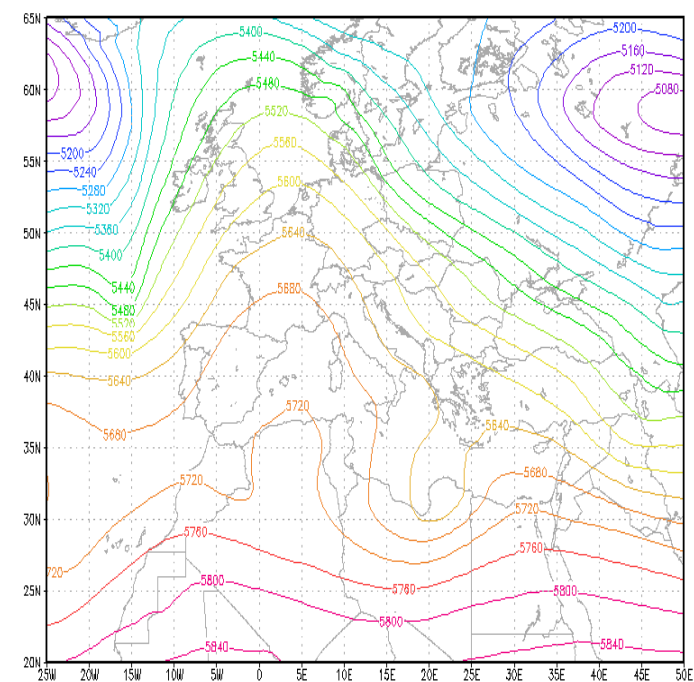
GrADS: OOLA/IGES

Σχήμα 4.A6.α: GPH 500 mb -5 ημέρες για 23-01-06 12 UTC



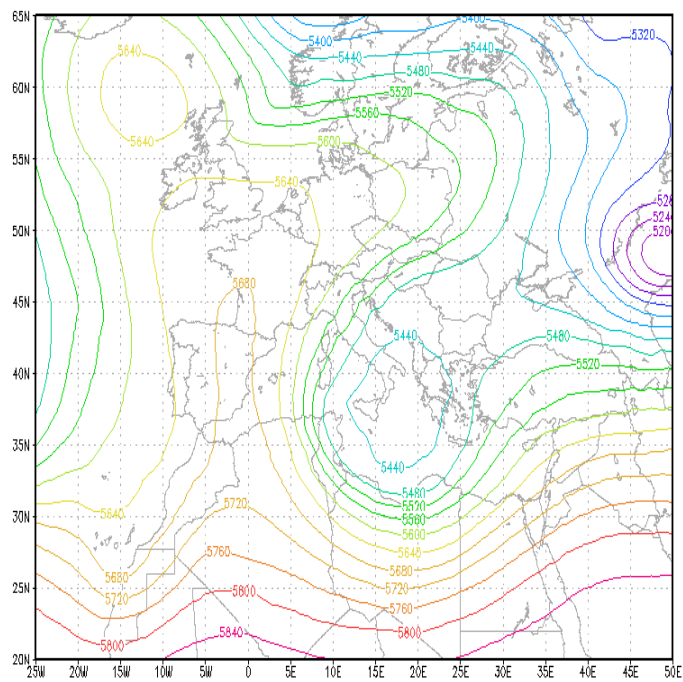
GrADS: OOLA/IGES

Σχήμα 4.A7.α: GPH 500 mb -6 ημέρες για 23-01-06 12 UTC



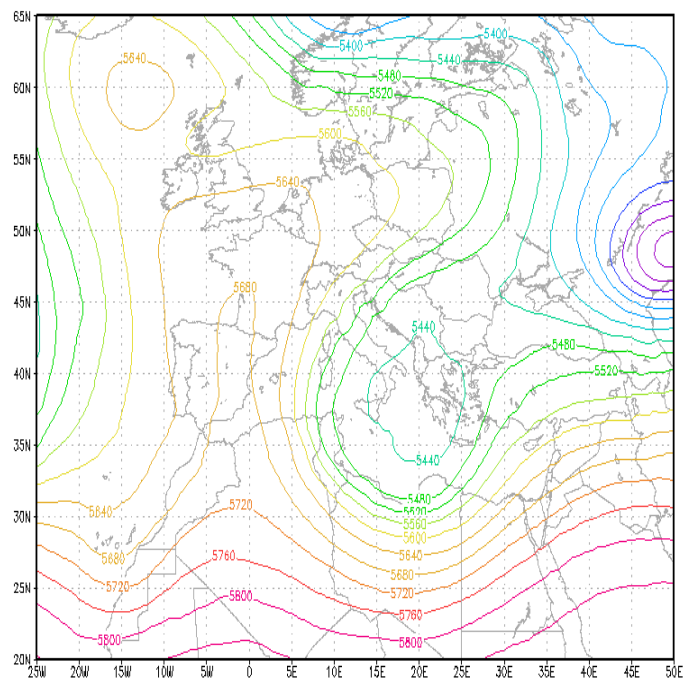
GrADS: OOLA/IGES

Σχήμα 4.A8.α: GPH 500 mb -7 ημέρες για 23-01-06 12 UTC



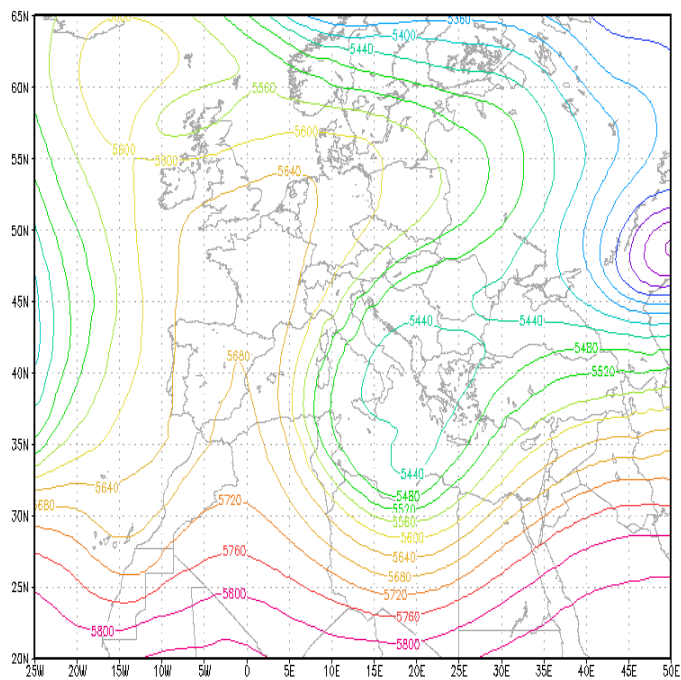
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4.A.1.β: ανάλυση GPH 500 mb 24-01-06 12 UTC



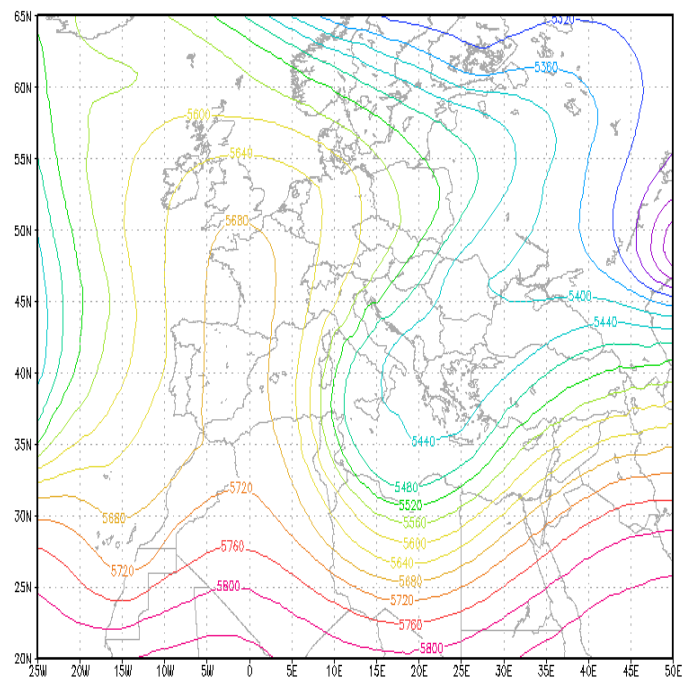
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A2β: GPH 500 mb -1 ημέρα για τις 24-01-06 12 UTC



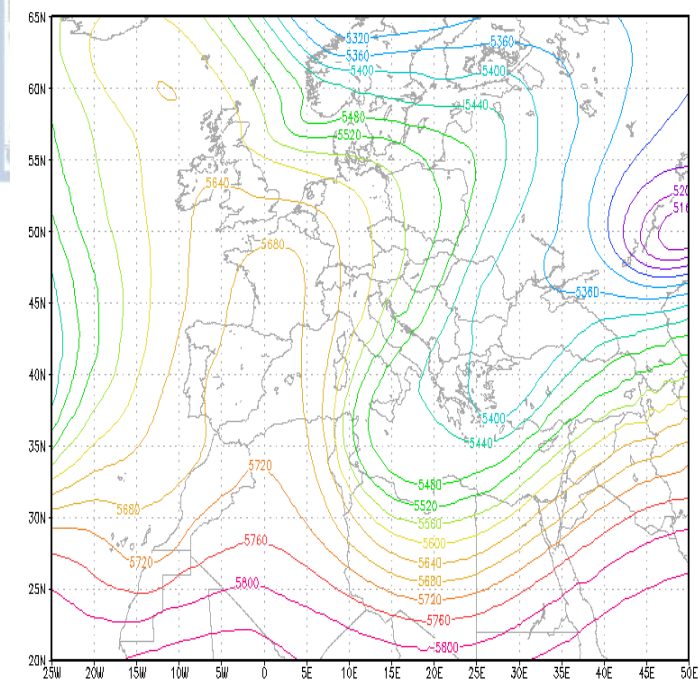
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A3β: GPH 500 mb -2 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



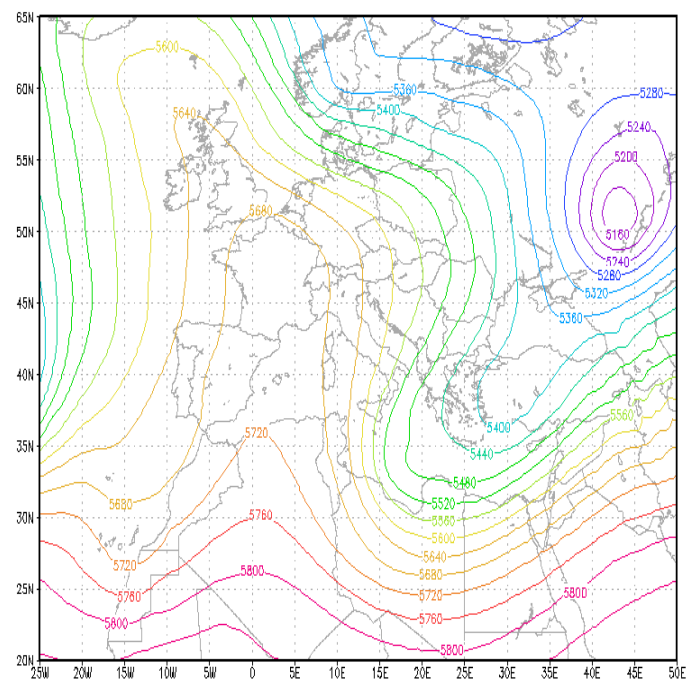
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A4β: GPH 500 mb -3 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



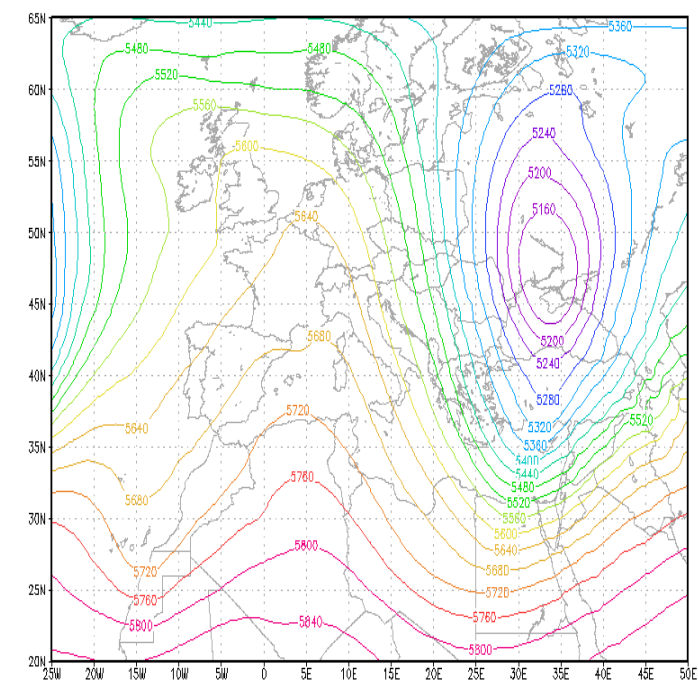
GRADS: COILA/IBES

Σχήμα 4A5β: GPH 500 mb -4 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



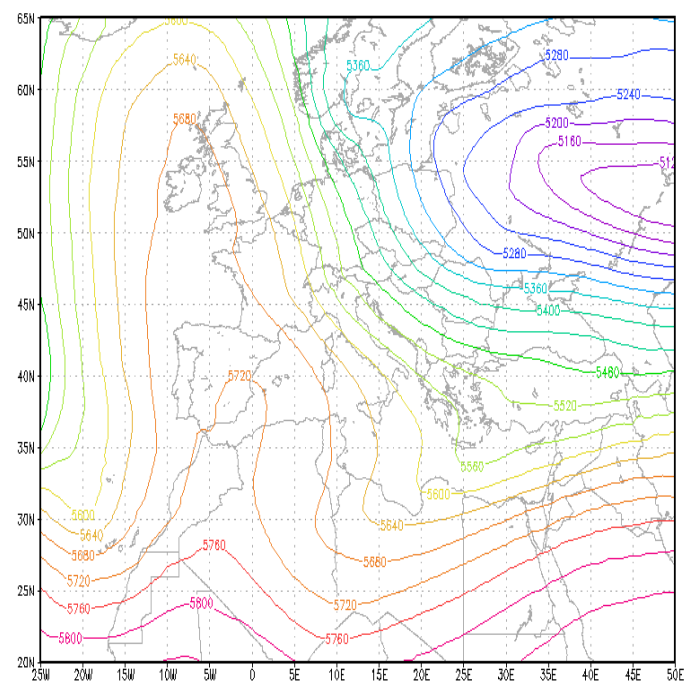
GRADS: COILA/IBES

Σχήμα 4A6β: GPH 500 mb -5 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



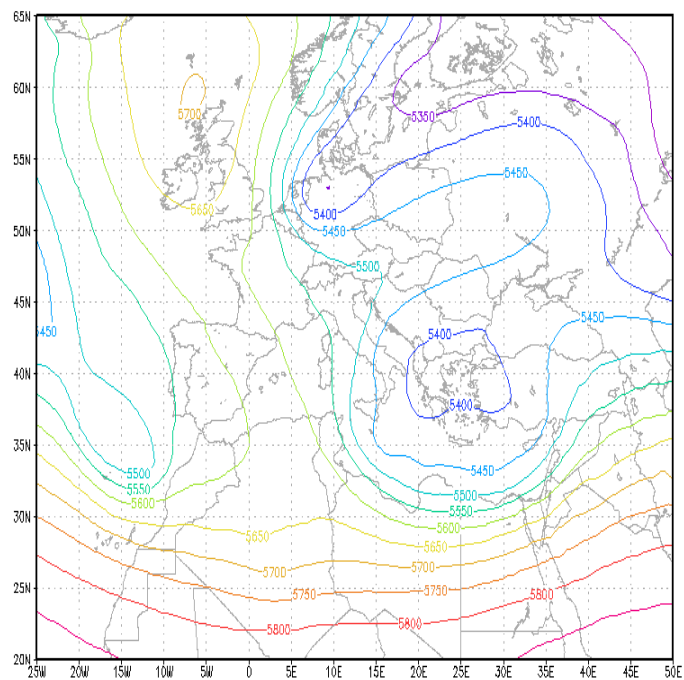
GRADS: COILA/IBES

Σχήμα 4A7β: GPH 500 mb -6 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



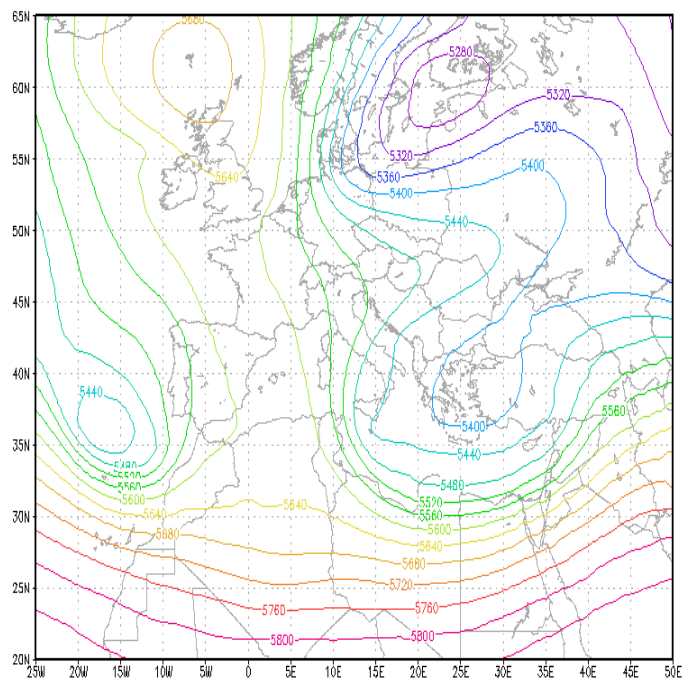
GRADS: COILA/IBES

Σχήμα 4A8β: GPH 500 mb -7 ημέρες για τις 24-01-06 1



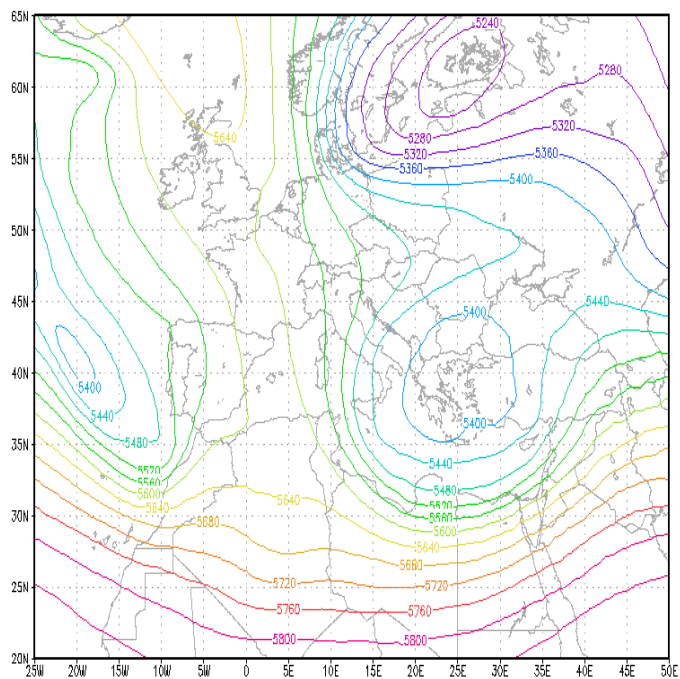
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4.A.1.γ: ανάλυση GPH 500 mb 25-01-06 12 UTC



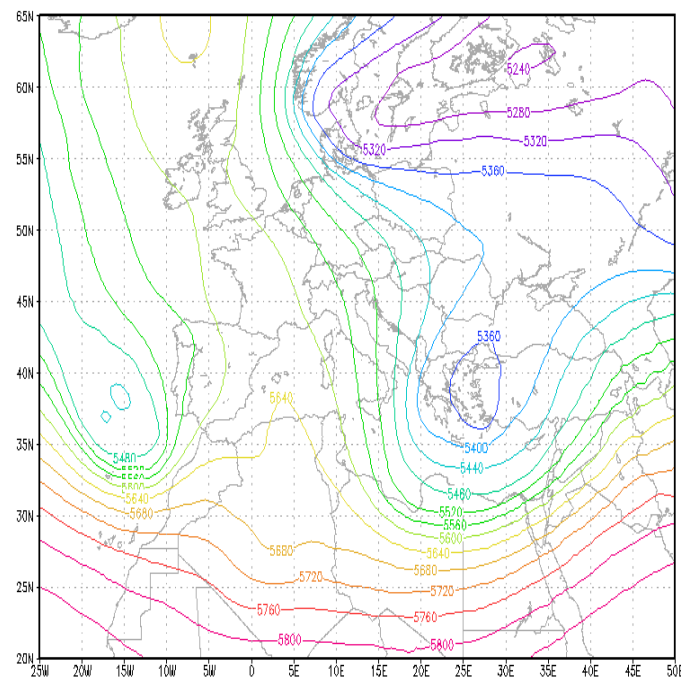
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A2γ: GPH 500 mb -2 ημέρες για τις 25-01-06 12 UTC



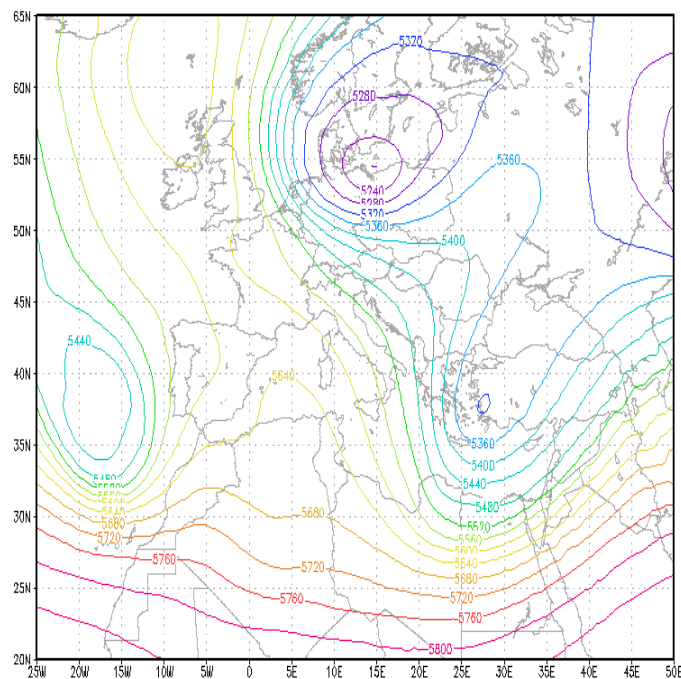
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A3γ: GPH 500 mb -3 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



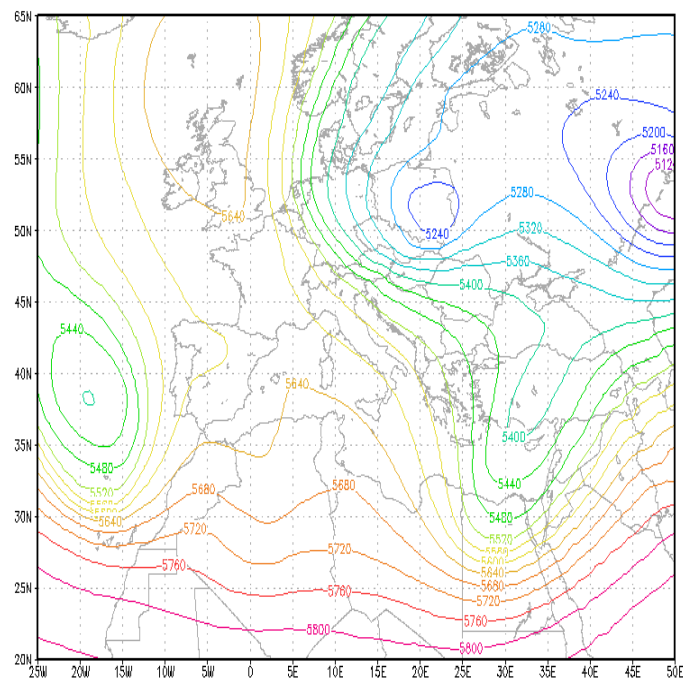
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A4γ: GPH 500 mb -4 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



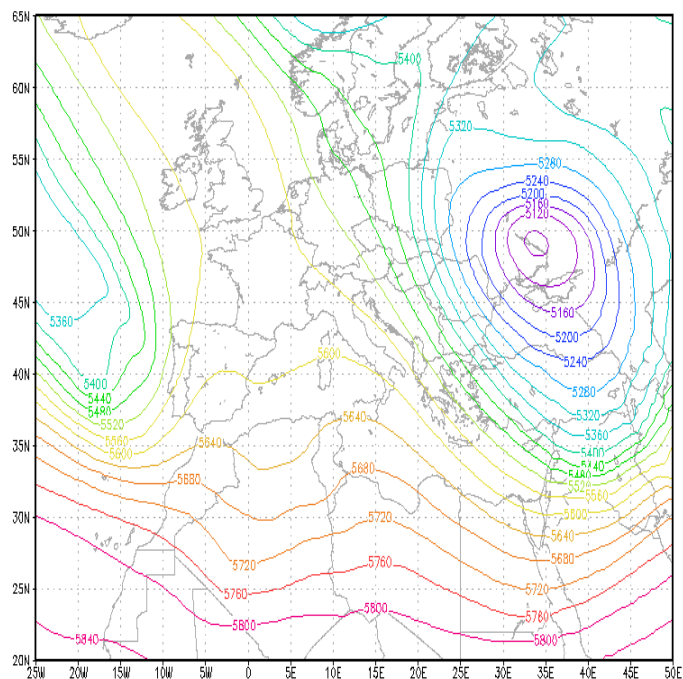
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A5β: GPH 500 mb -5 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



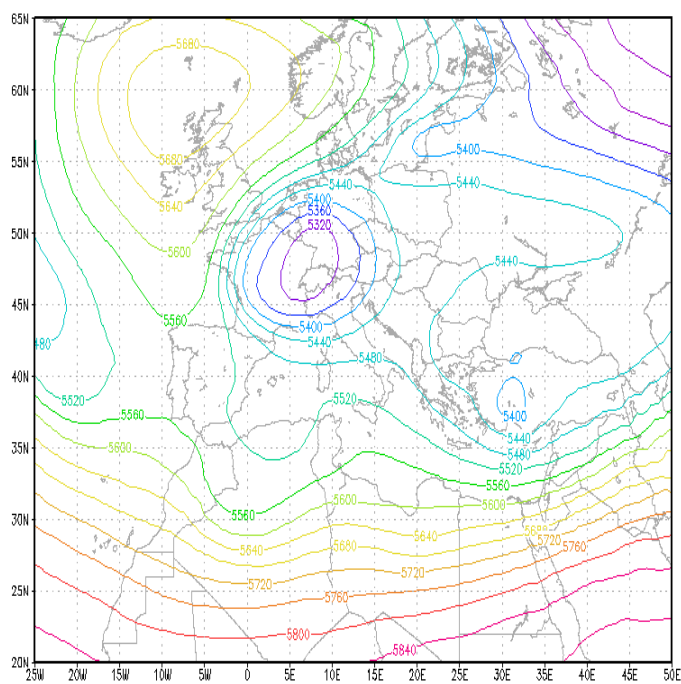
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A6β: GPH 500 mb -6 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



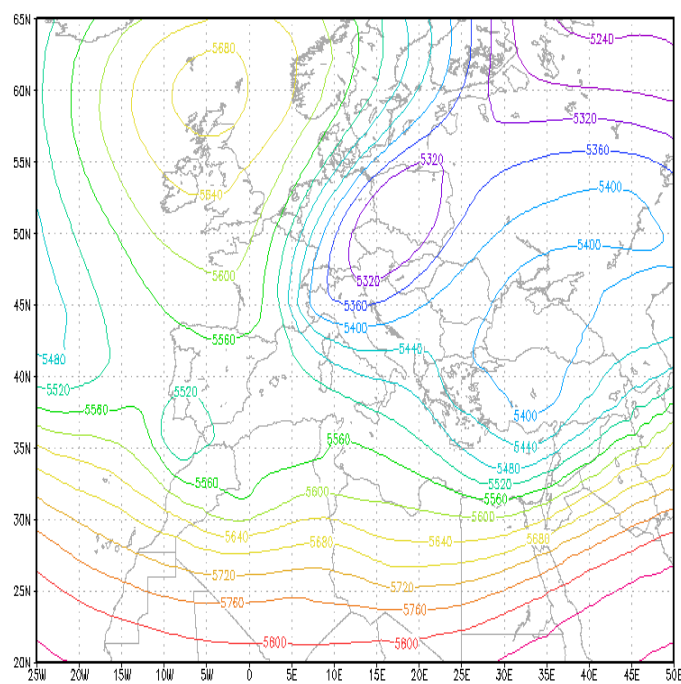
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A7β: GPH 500 mb -7 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



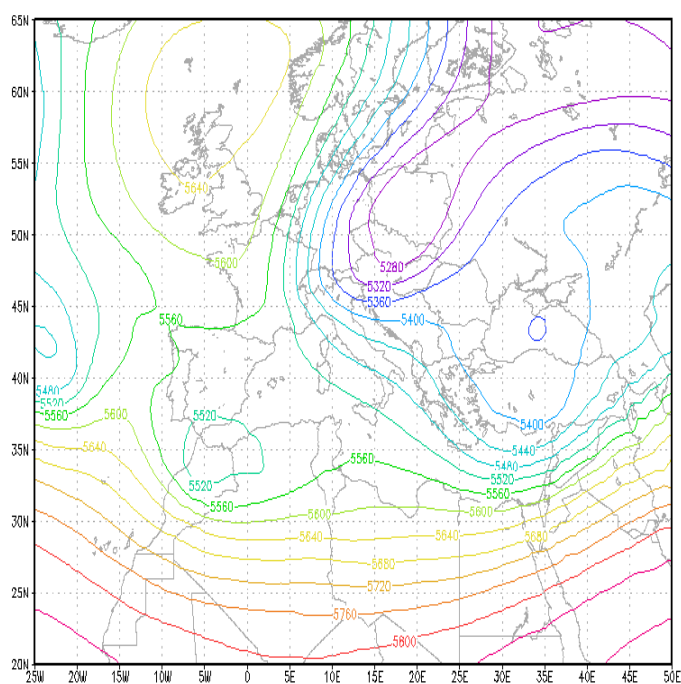
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4.Α.1δ: ανάλυση GPH 500 mb 26-01-06 12 UTC



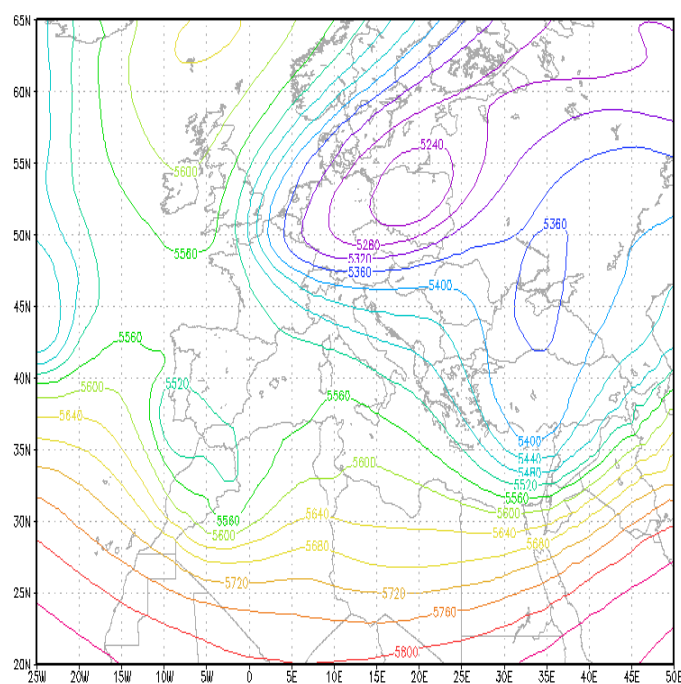
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4Α2δ: GPH 500 mb -3 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC



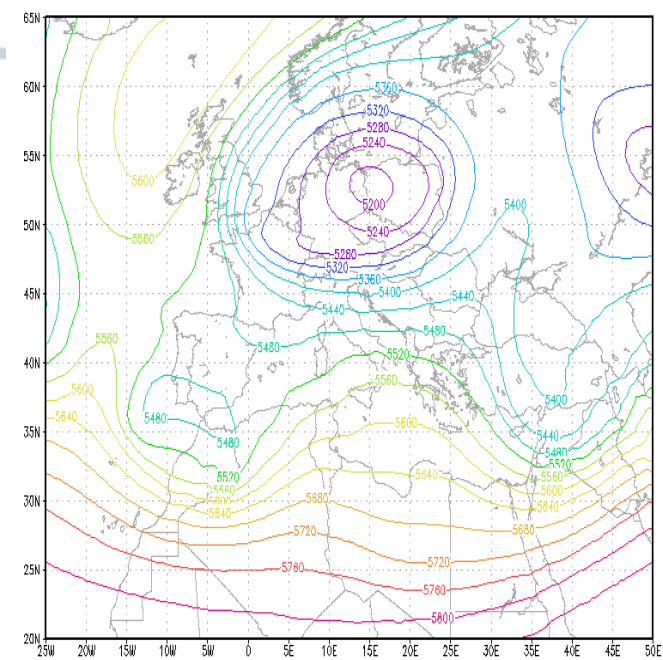
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4Α3δ: GPH 500 mb -4 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC



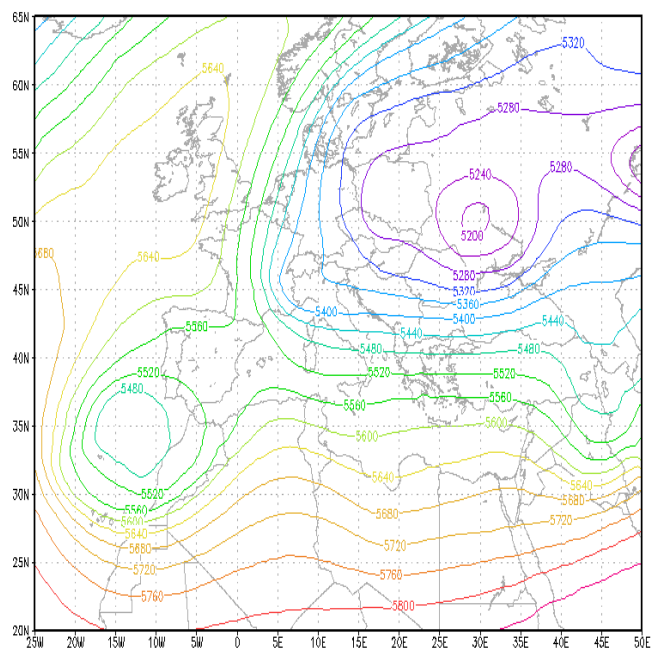
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4Α4δ: GPH 500 mb -5 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



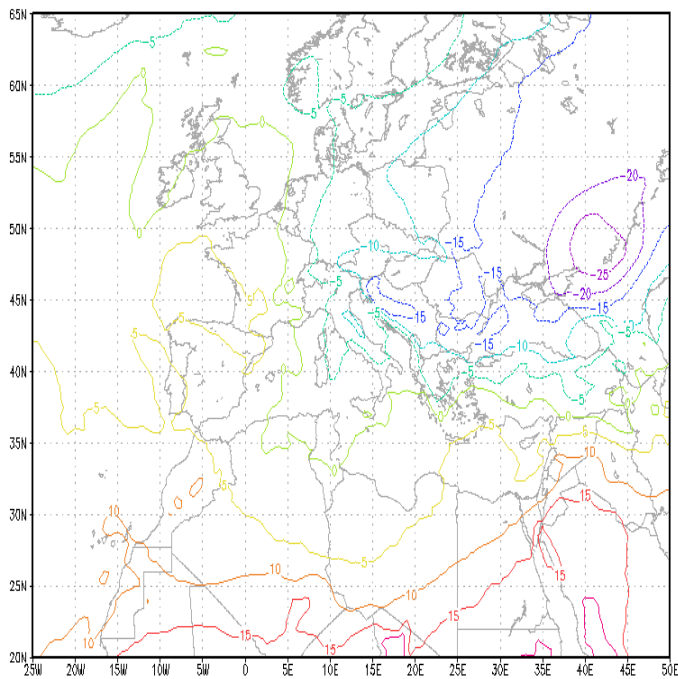
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A5δ: GPH 500 mb -6 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC



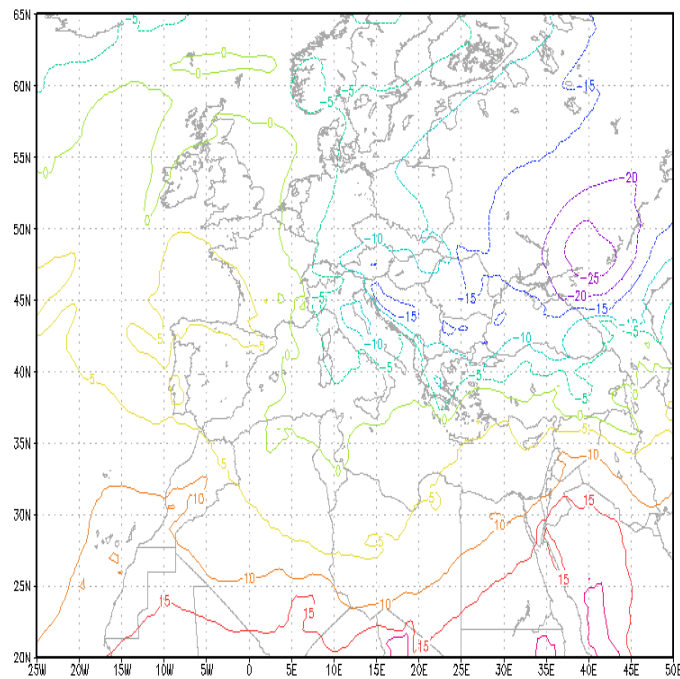
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4A6δ: GPH 500 mb -7 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC



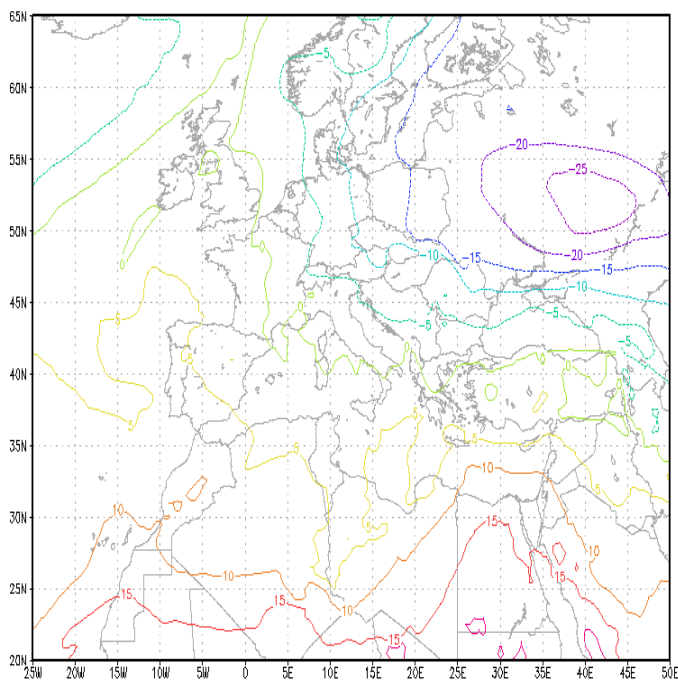
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B1α: Temp 850 mb ανάλυση για τις 23-01-06 12 UTC



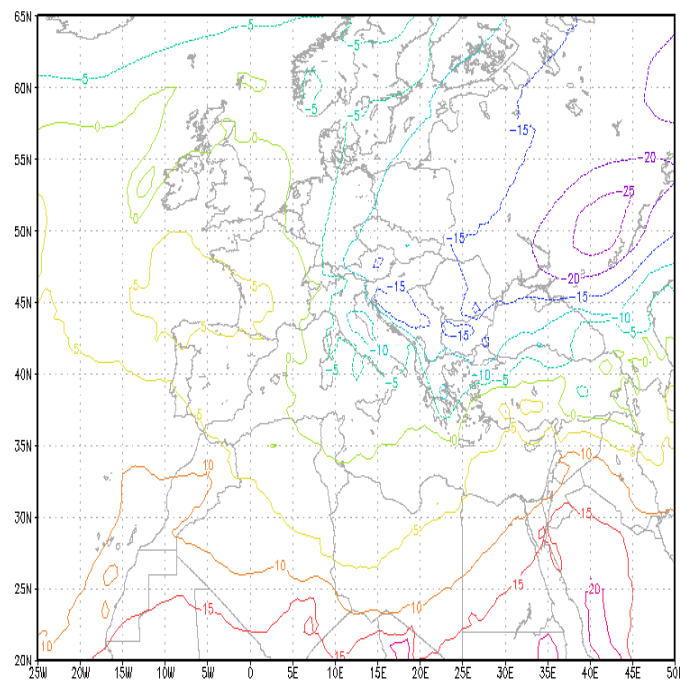
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B2α: Temp 850 mb -1 ημέρα για τις 23-01-06 12 UTC



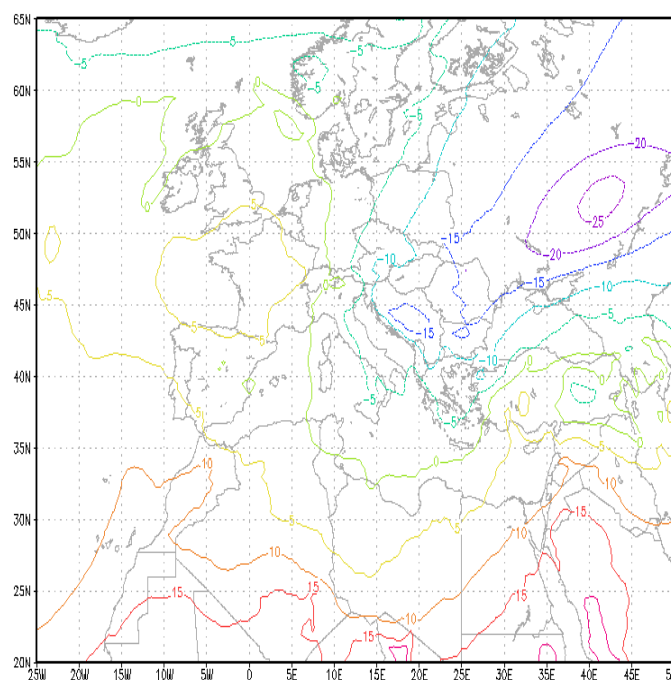
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B3α: Temp 850 mb -2 ημέρες για τις 23-01-06 12 UTC



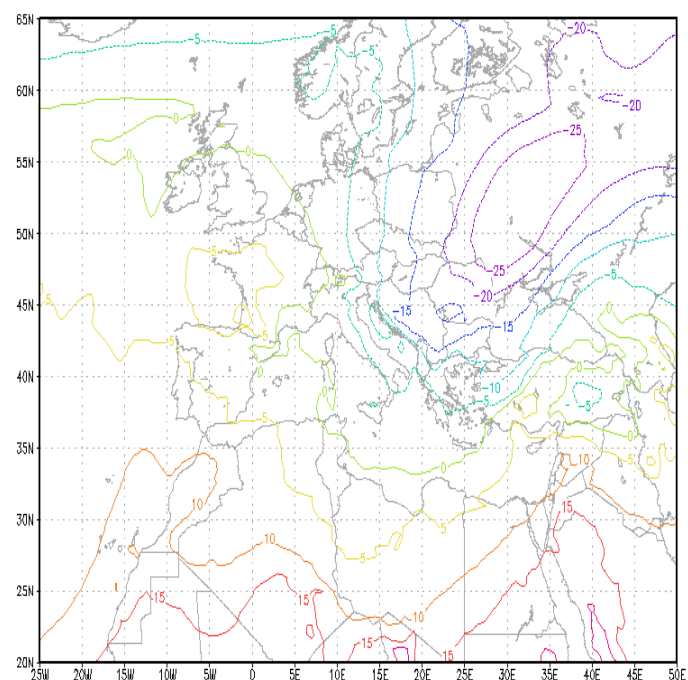
2010-02-25 GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B4α: Temp 850 mb -3 ημέρες για τις 23-01-06 12 UTC



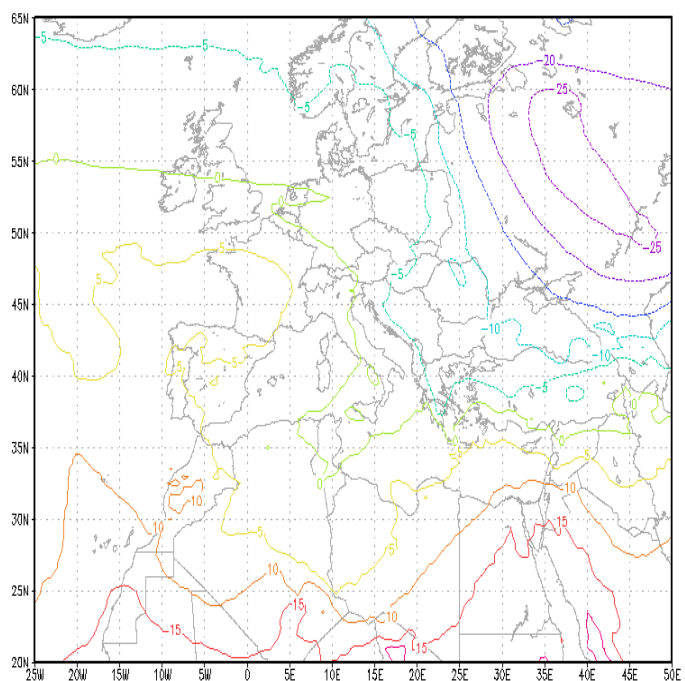
GRADS: COA/IGES

Σχήμα 4B5α: Temp 850 mb -4 ημέρες για τις 23-01-06 12 UTC



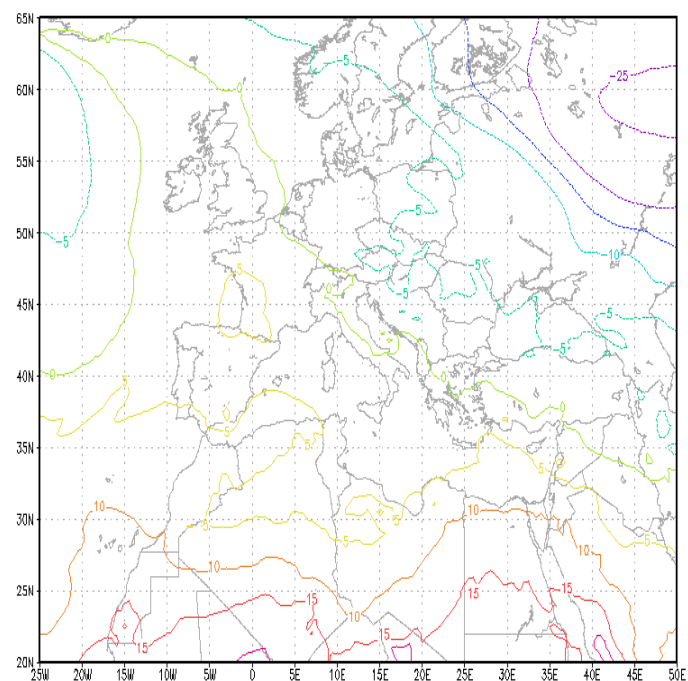
GRADS: COA/IGES

Σχήμα 4B6α: Temp 850 mb -5 ημέρες για τις 23-01-06 12 UTC



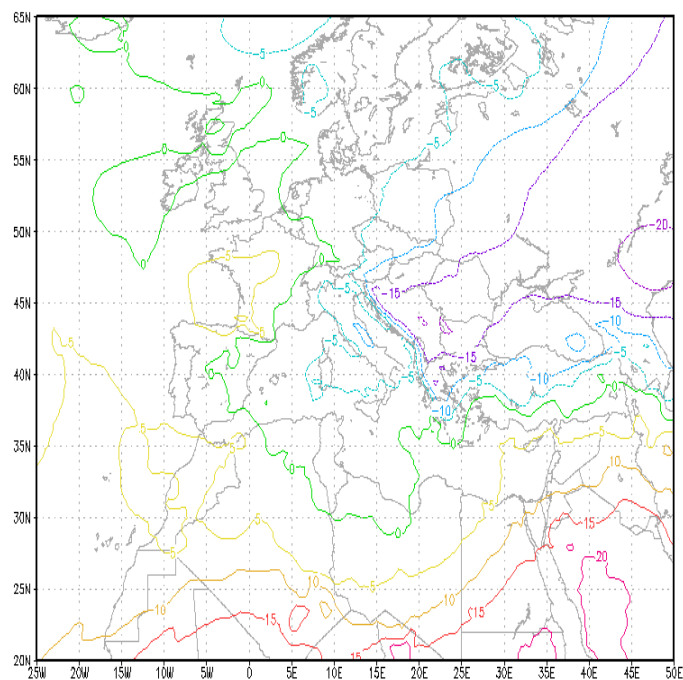
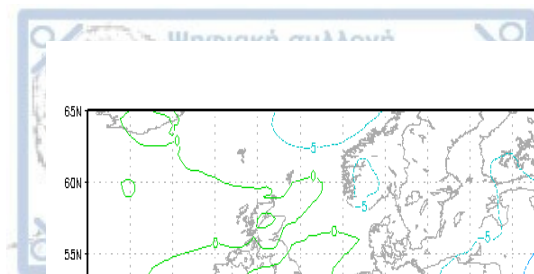
GRADS: COA/IGES

Σχήμα 4B7α: Temp 850 mb -6 ημέρες για τις 23-01-06 12 UTC



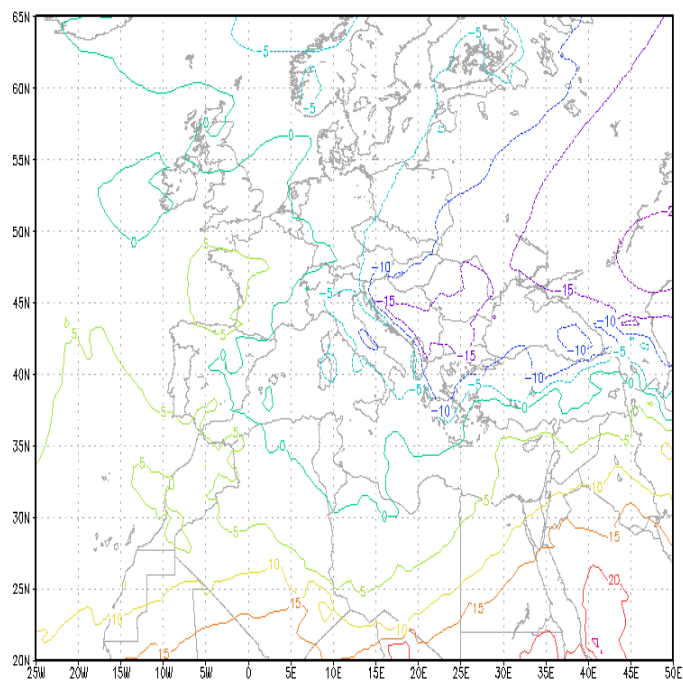
GRADS: COA/IGES

Σχήμα 4B8α: Temp 850 mb -7 ημέρες για τις 23-01-06 12 UTC



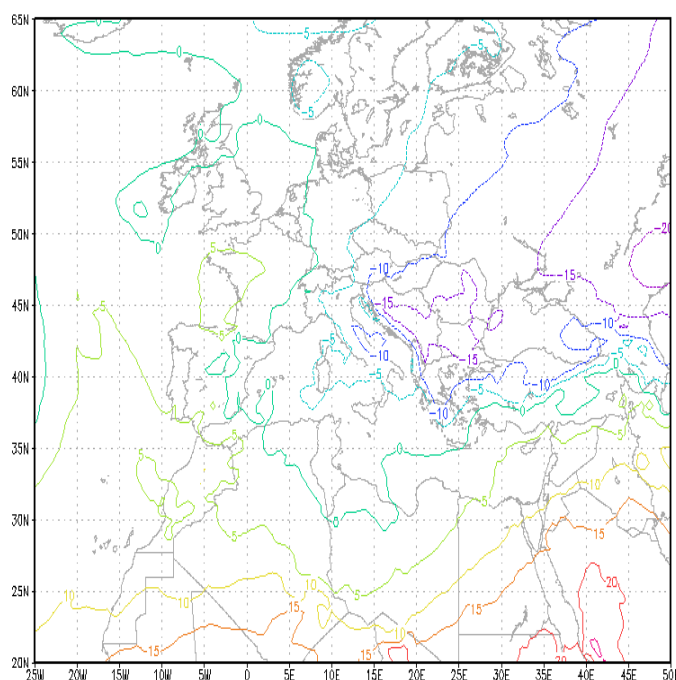
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B1β:Temp 850 mb ανάλυση για τις 24-01-06 12 UTC



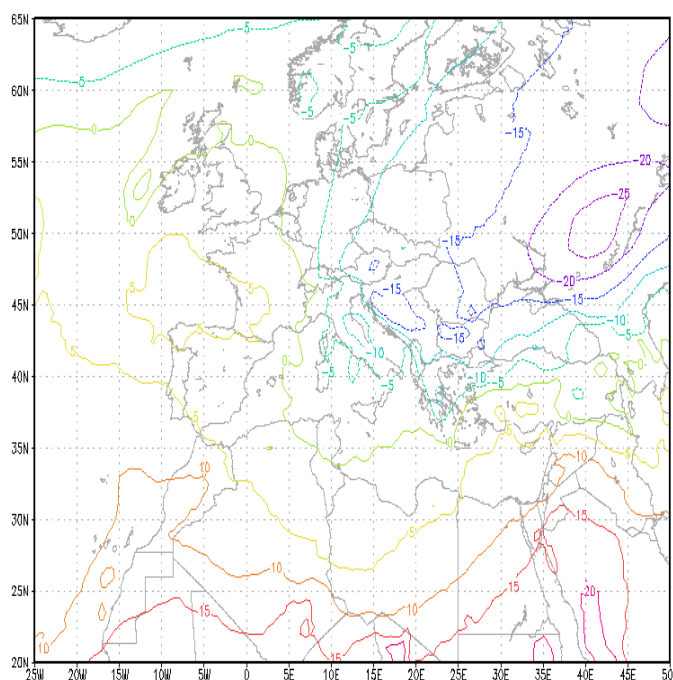
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B2β:Temp 850 mb -1 ημέρα για τις 24-01-06 12 UTC



GRADS: COLA/IGES

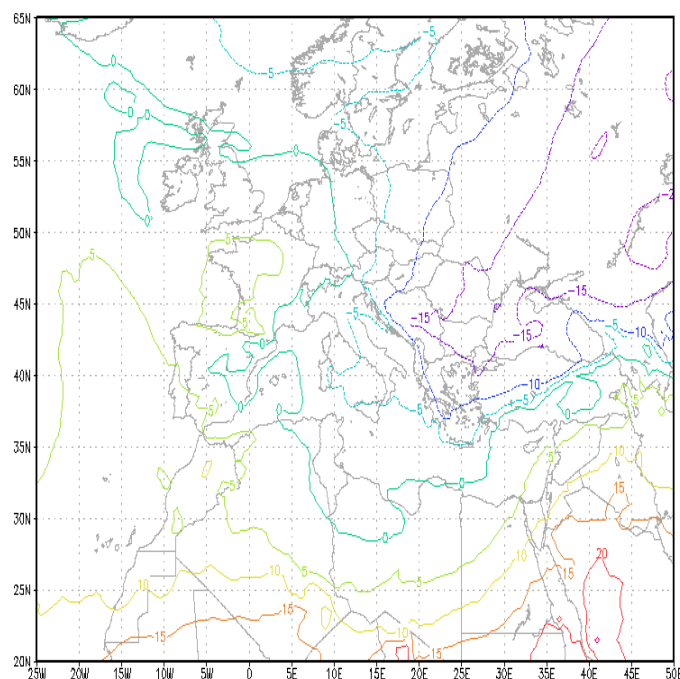
Σχήμα 4B3β:Temp 850 mb -2 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



GRADS: COLA/IGES

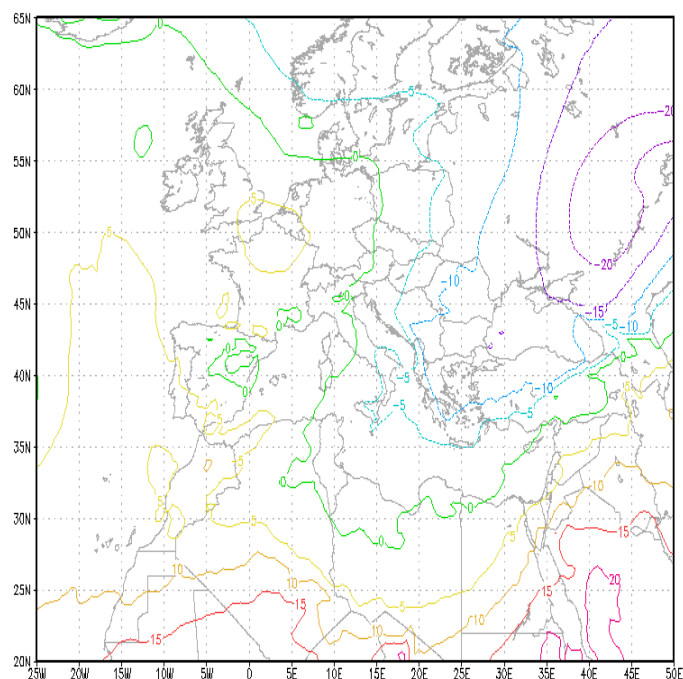
Σχήμα 4B4β:Temp 850 mb -3 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC

2010-02-25-13:37



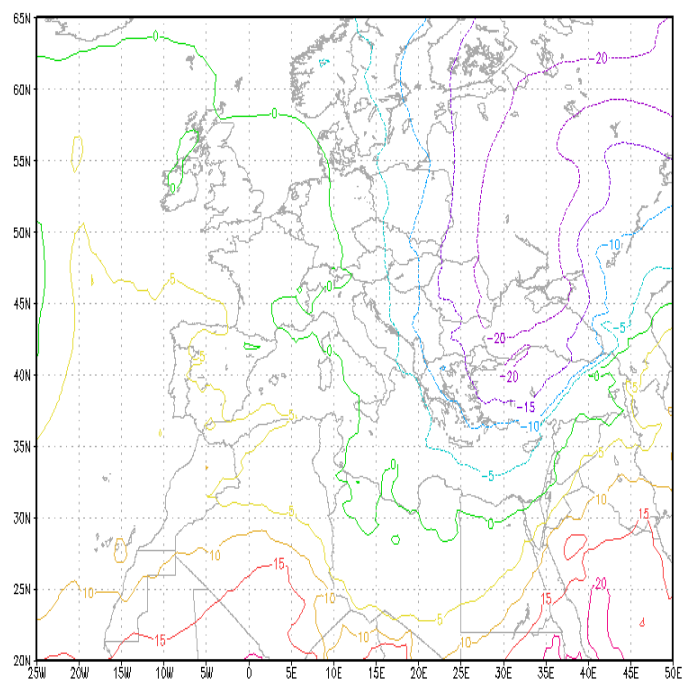
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B5β: Temp 850 mb -4 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



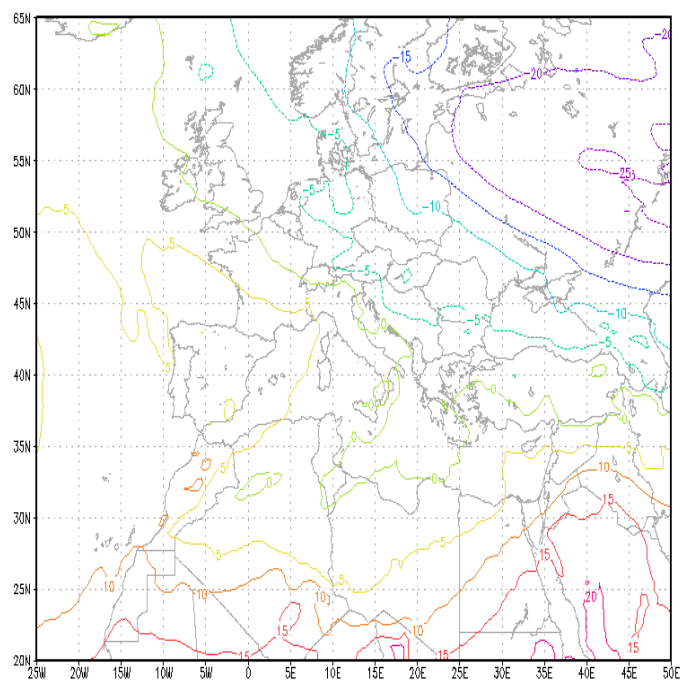
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B6β: Temp 850 mb -5 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



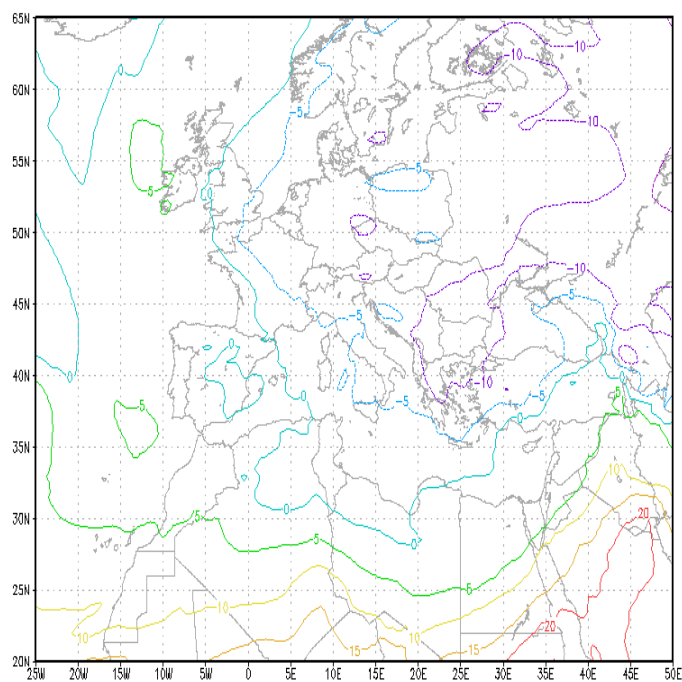
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B7β: Temp 850 mb -6 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



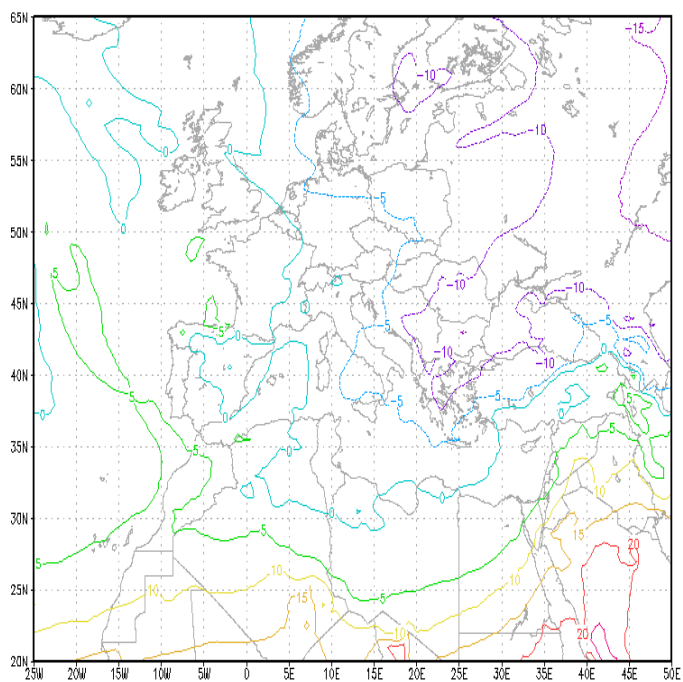
GrADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B8β: Temp 850 mb -7 ημέρες για τις 24-01-06 12 UTC



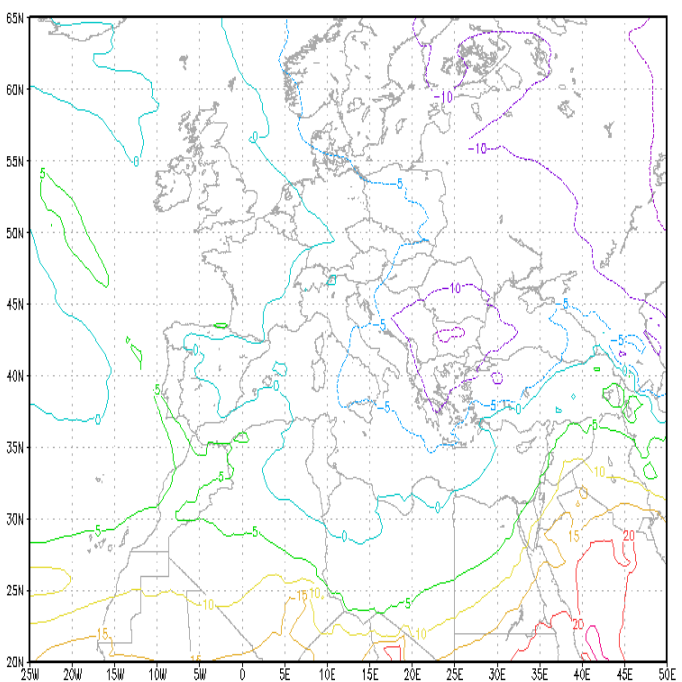
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B1γ:Temp 850 mb ανάλυση για τις 25-01-06 12 UTC



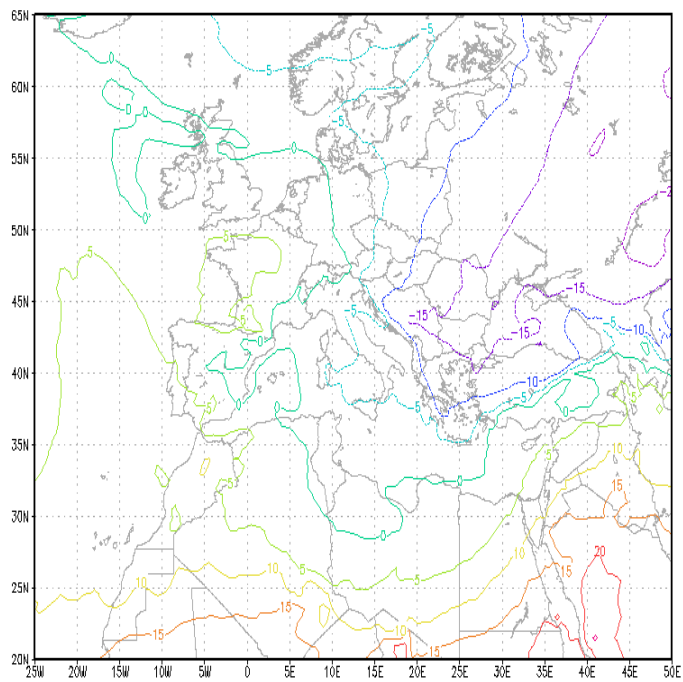
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B2γ:Temp 850 mb -2 ημέρες για τις 25-01-06 12 UTC



GRADS: COLA/IGES

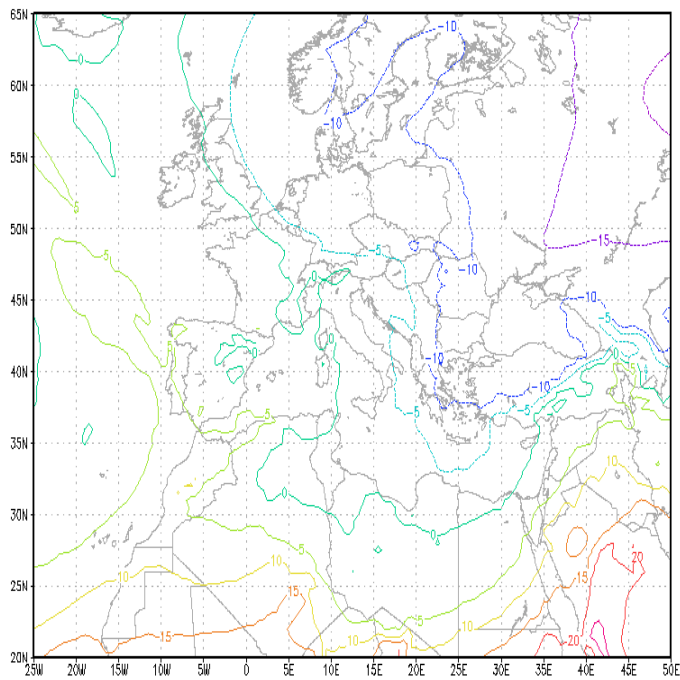
Σχήμα 4B3γ:Temp 850 mb -3 ημέρες για τις 25-01-06 12 UTC



GRADS: COLA/IGES

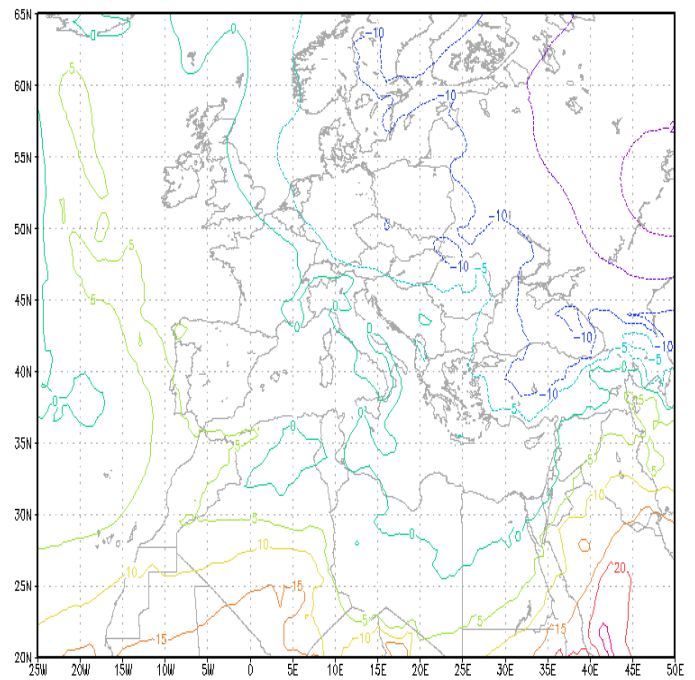
2010-02-25-13:38

Σχήμα 4B4δ:Temp 850 mb -4 ημέρες για τις 25-01-06 12 UTC



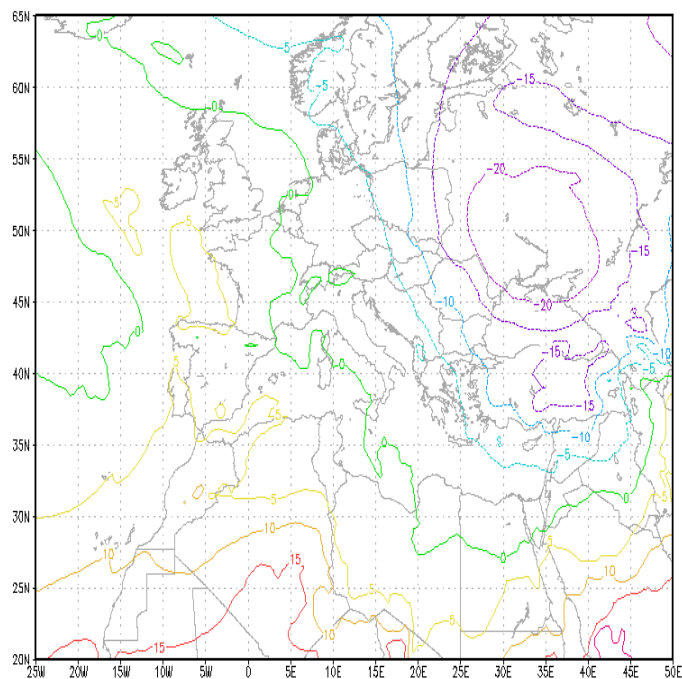
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B5δ:Temp 850 mb -5 ημέρες για τις 25-01-06 12 UTC



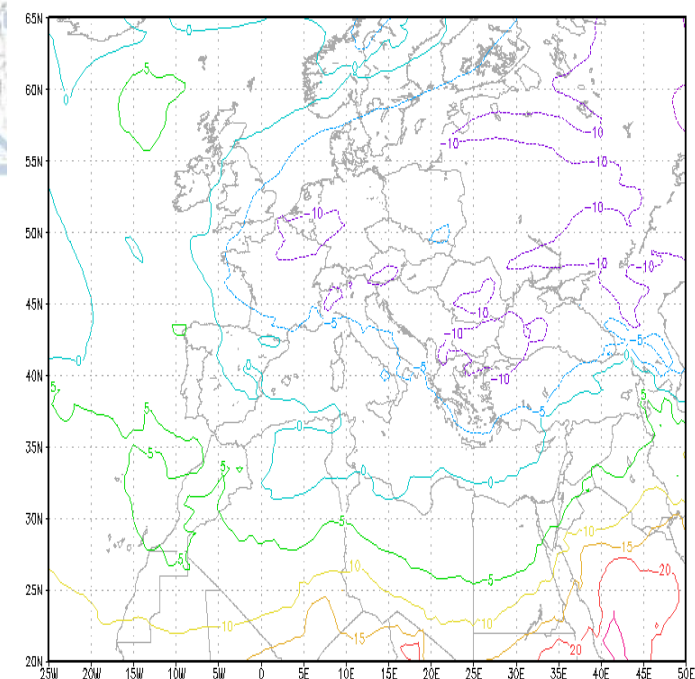
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B6δ:Temp 850 mb -6 ημέρες για τις 25-01-06 12 UTC

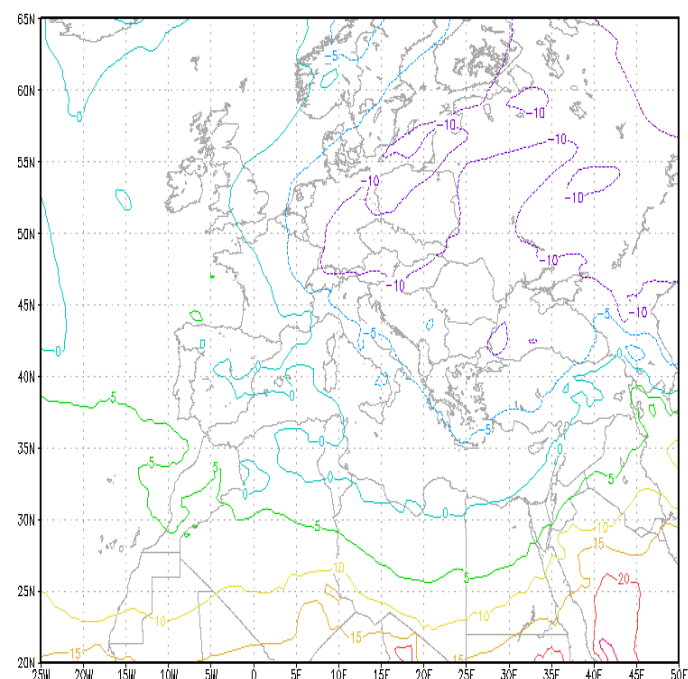


GRADS: COLA/IGES

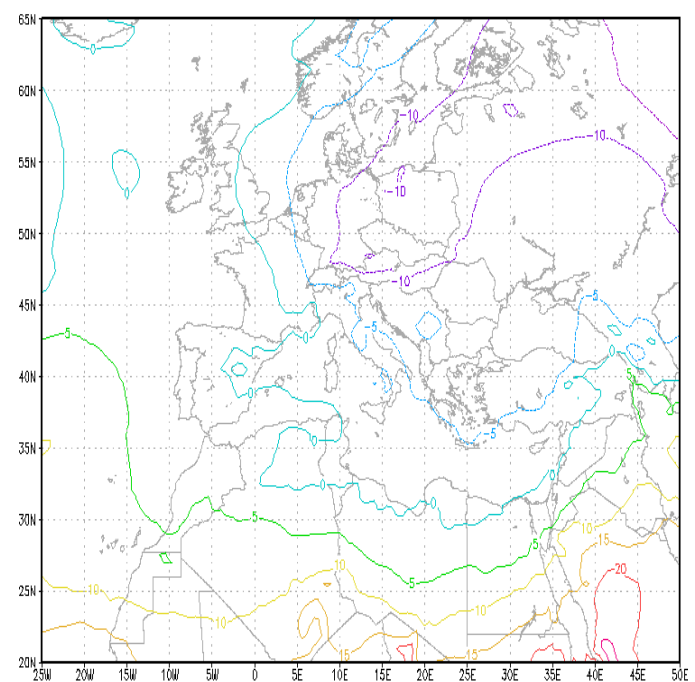
Σχήμα 4B7δ:Temp 850 mb -7 ημέρες για τις 25-01-06 12 UTC



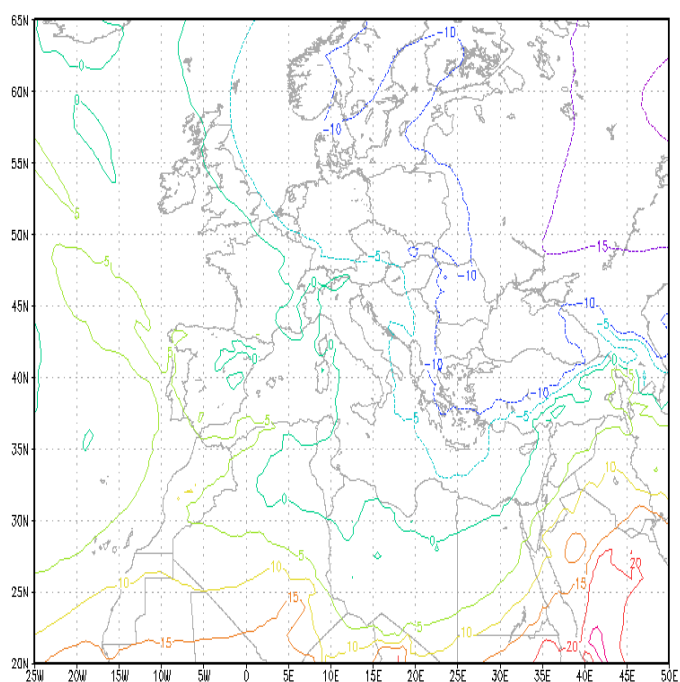
Σχήμα 4B1δ:Temp 850 mb ανάλυση για τις 26-01-06 12 UTC



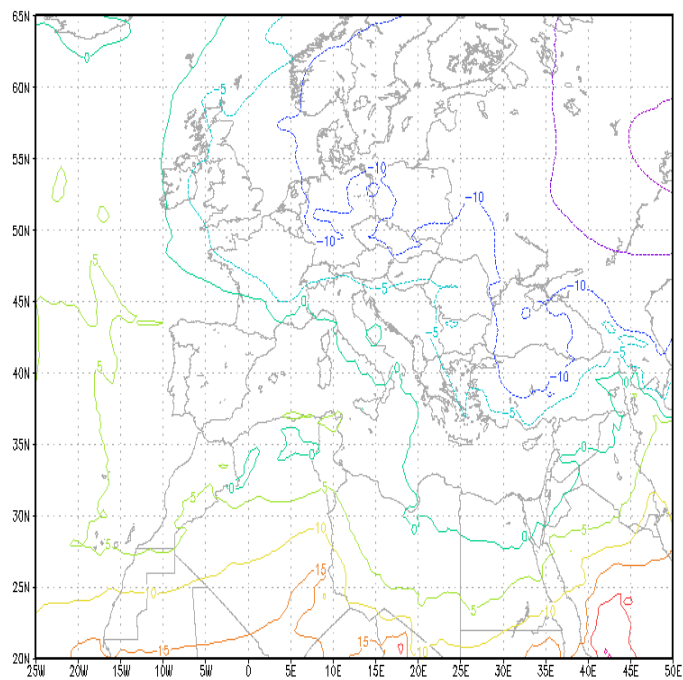
Σχήμα 4B2δ:Temp 850 mb -3 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC



Σχήμα 4B3δ:Temp 850 mb -4 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC

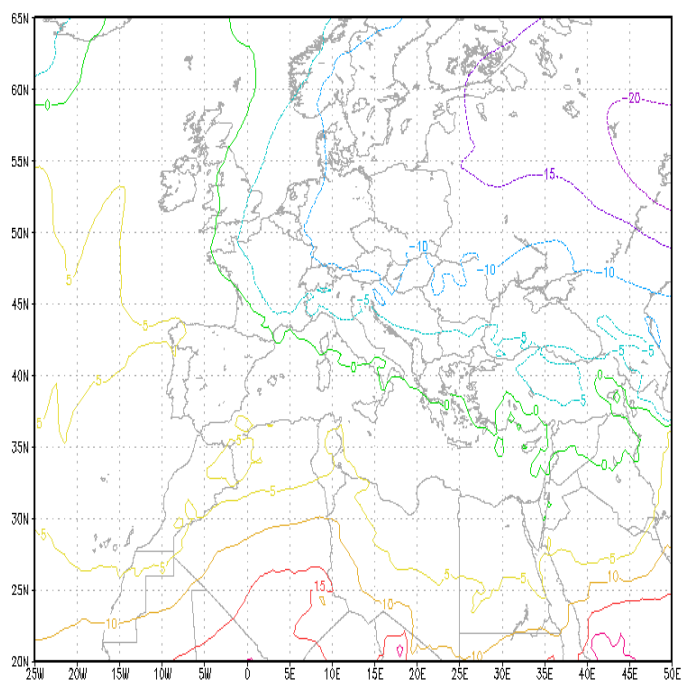


Σχήμα 4B4δ:Temp 850 mb -5 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC



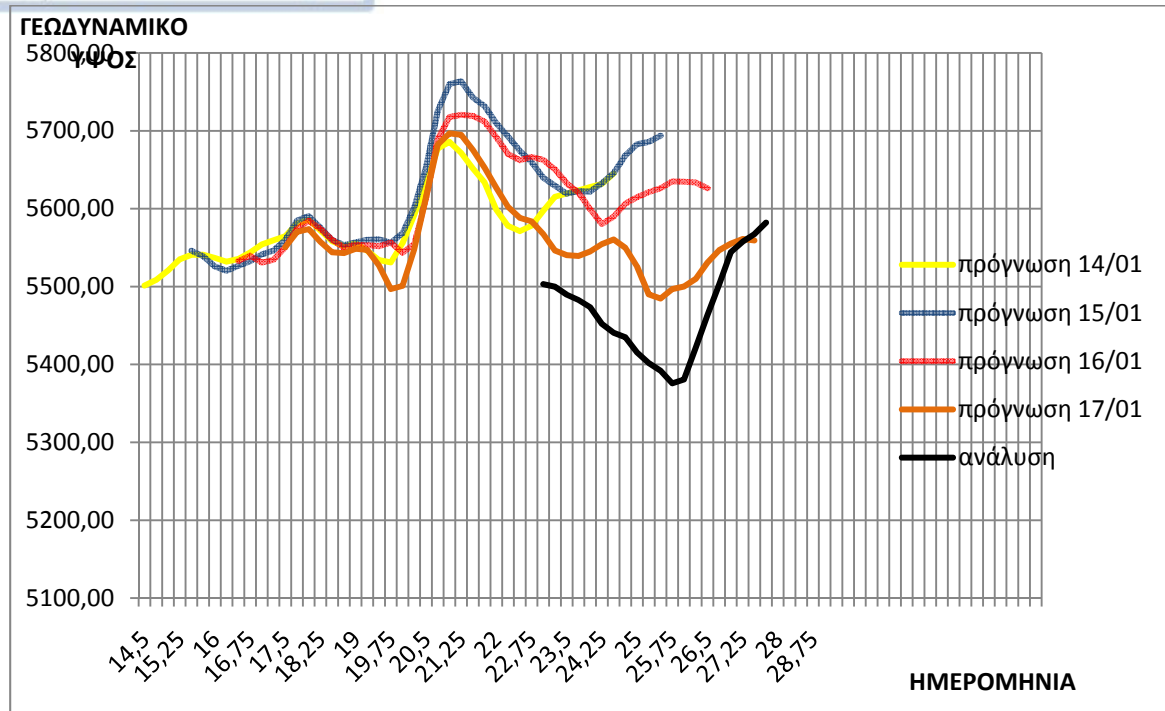
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B5δ: Temp 850 mb -6 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC



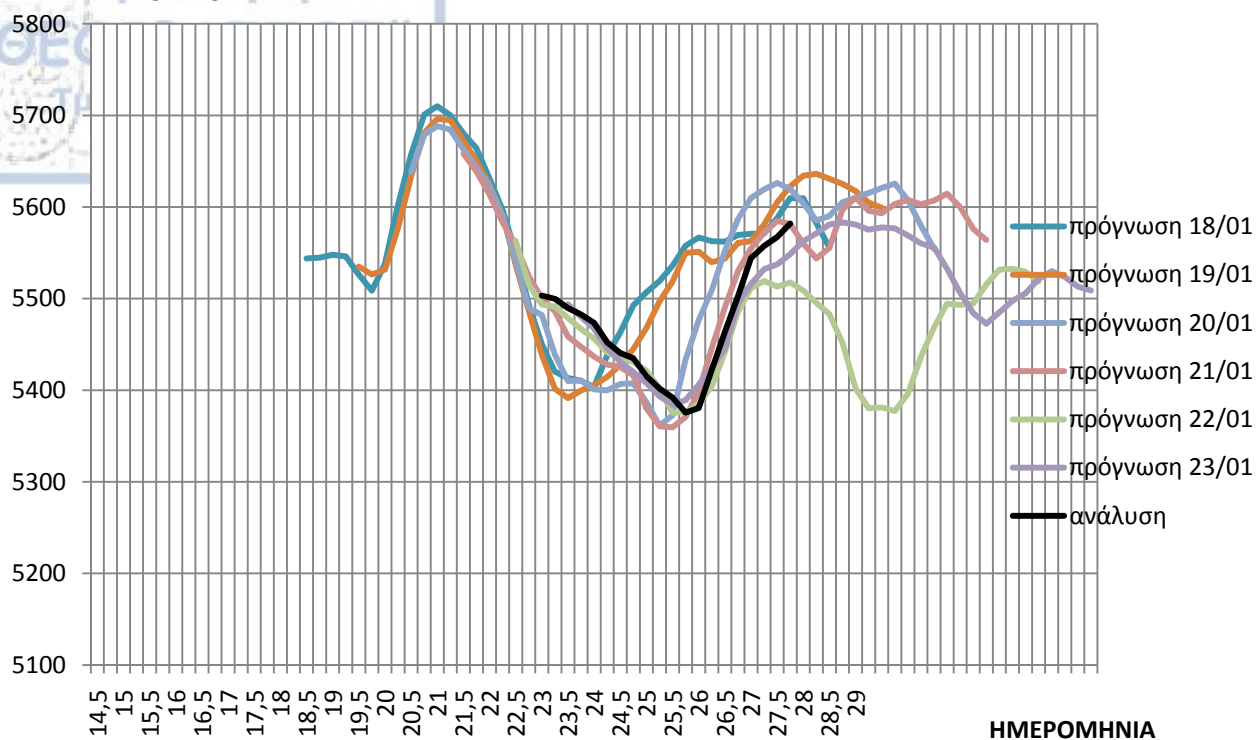
GRADS: COLA/IGES

Σχήμα 4B6Δ: Temp 850 mb -7 ημέρες για τις 26-01-06 12 UTC

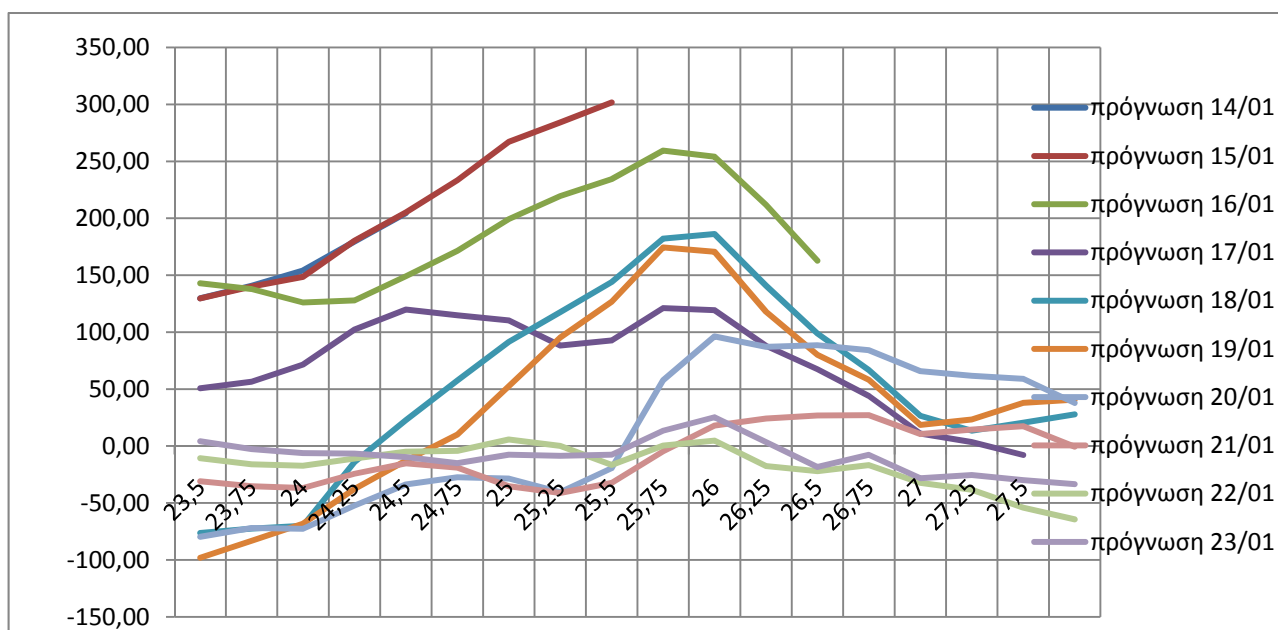


Σχήμα 4.Γ.1: γεωδυναμικό ύψος από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 14/01/06 έως και 17/01/06

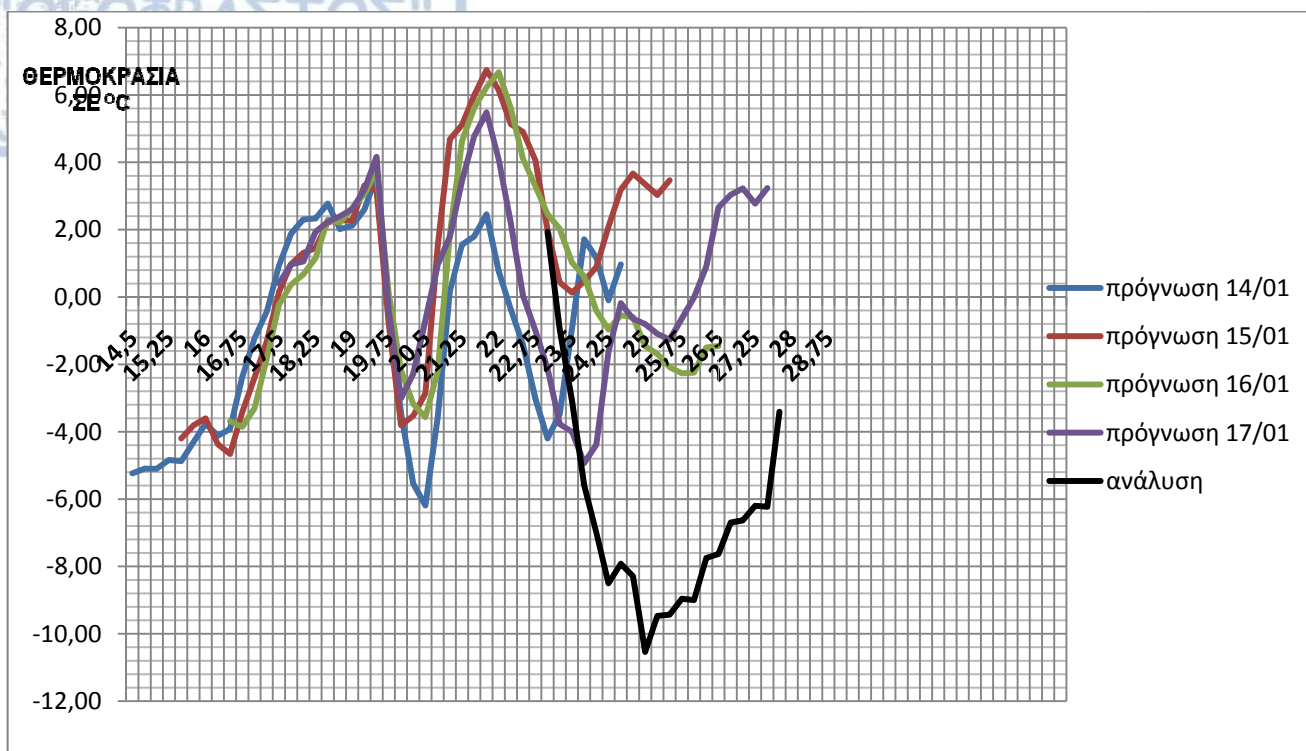
ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΥΨΟΣ



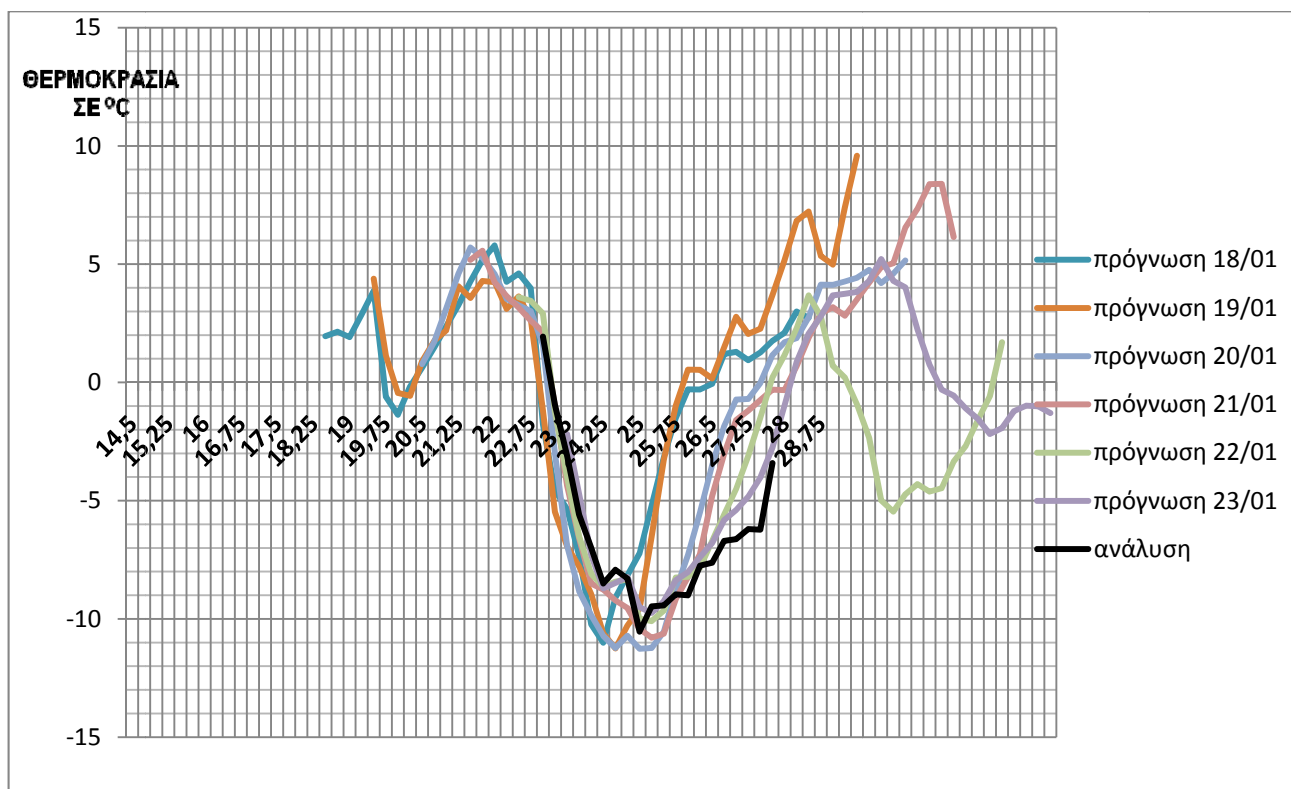
Σχήμα 4.Γ.2: γεωδυναμικό ύψος από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 18/01/06 έως και 23/01/06



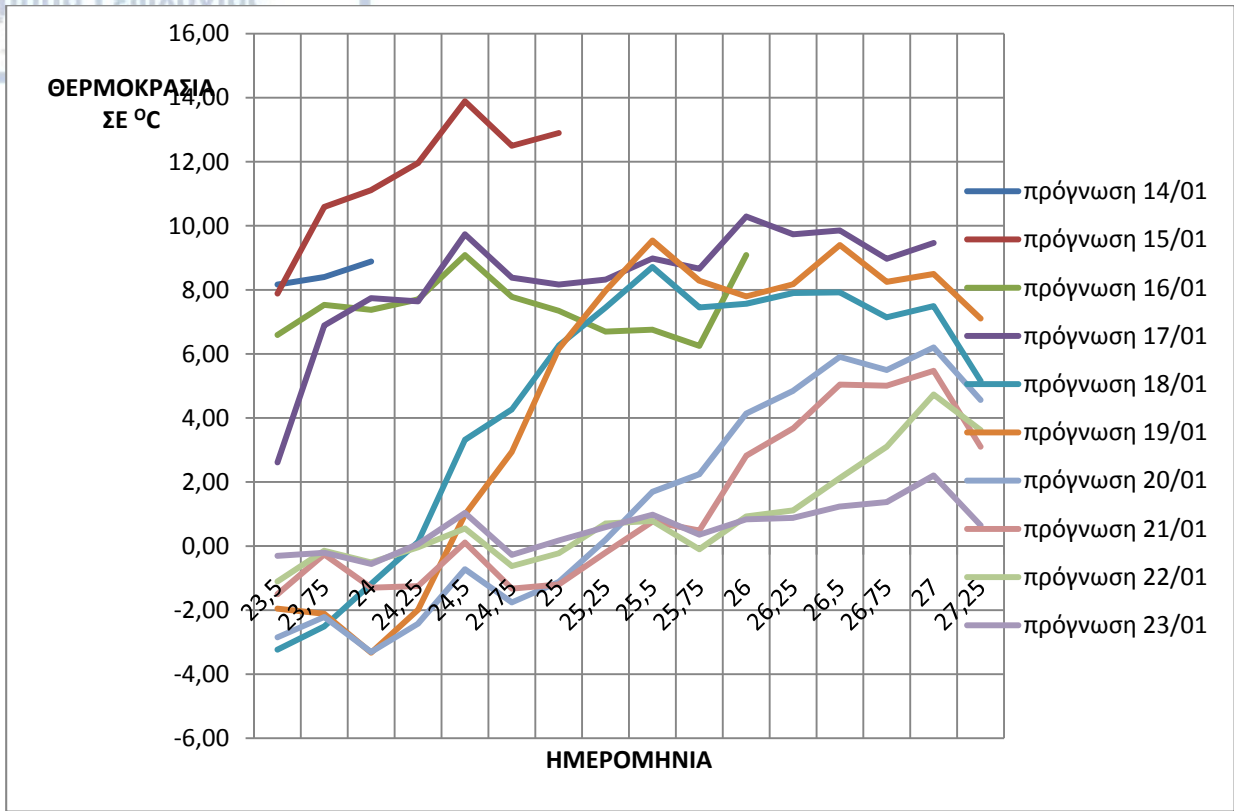
Σχήμα 4.Γ.3: ποσοτικά σφάλματα στις προγνώσεις του γεωδυναμικού ύψους στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 mb στις προγνώσεις από 14/01/06- 23/01/06 για την Αθήνα



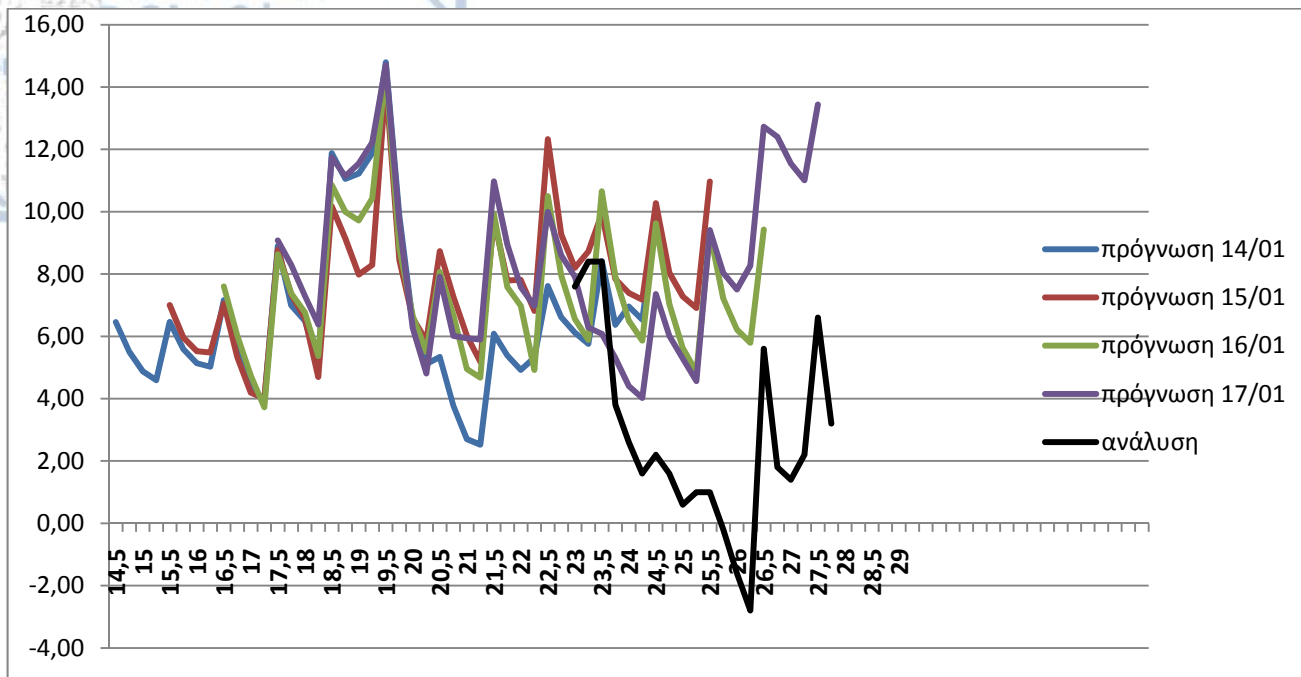
Σχήμα 4.Δ.1: θερμοκρασία στα 850 mb από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 14/01/06 έως και 17/01/06



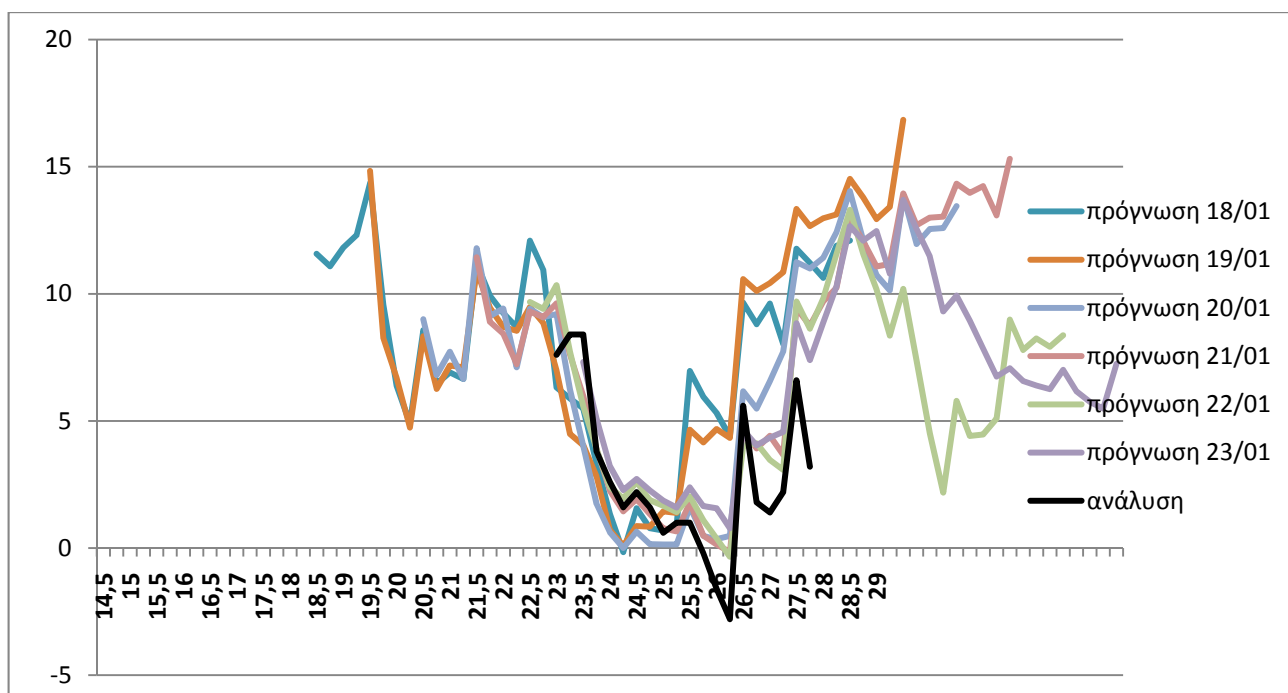
Σχήμα 4.Δ.2: θερμοκρασία στα 850 mb από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 18/01/06 έως και 23/01/06



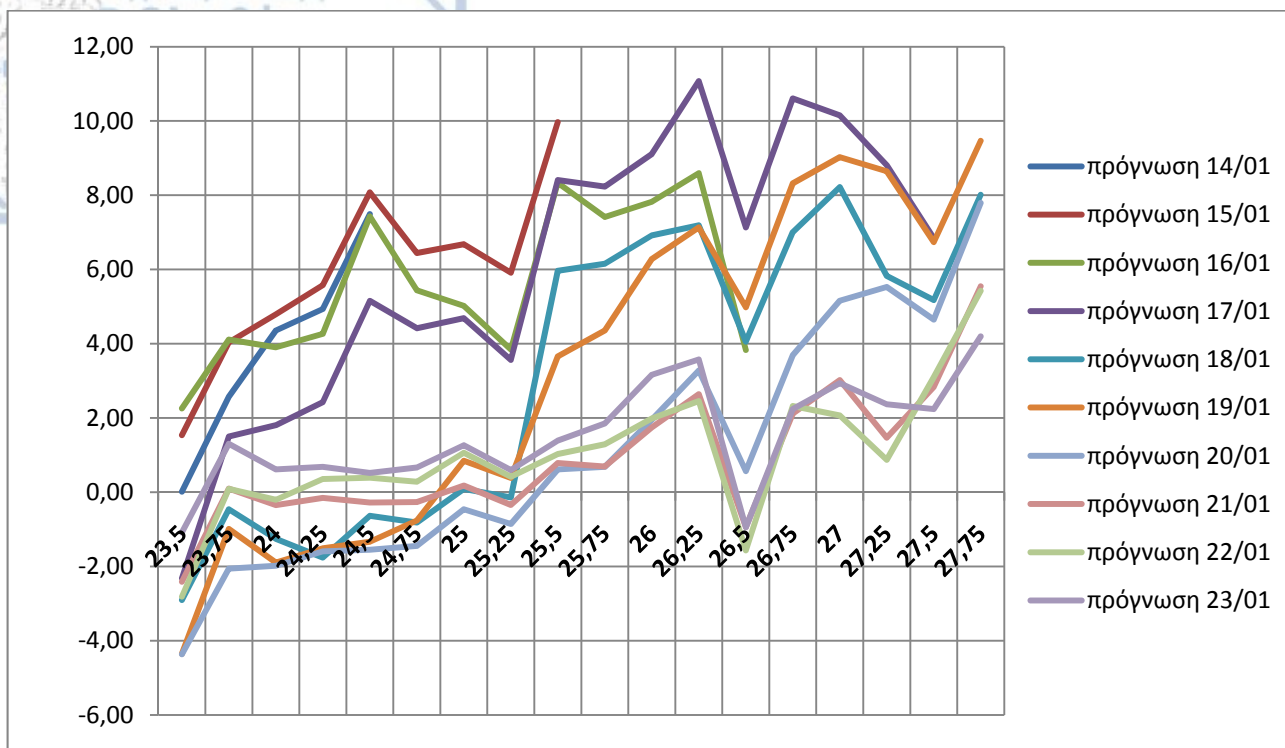
Σχήμα 4.Δ.3: : ποσοτικά σφάλματα στις προγνώσεις της θερμοκρασίας στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 mb στις προγνώσεις από 14/01/06- 23/01/06 για την Αθήνα



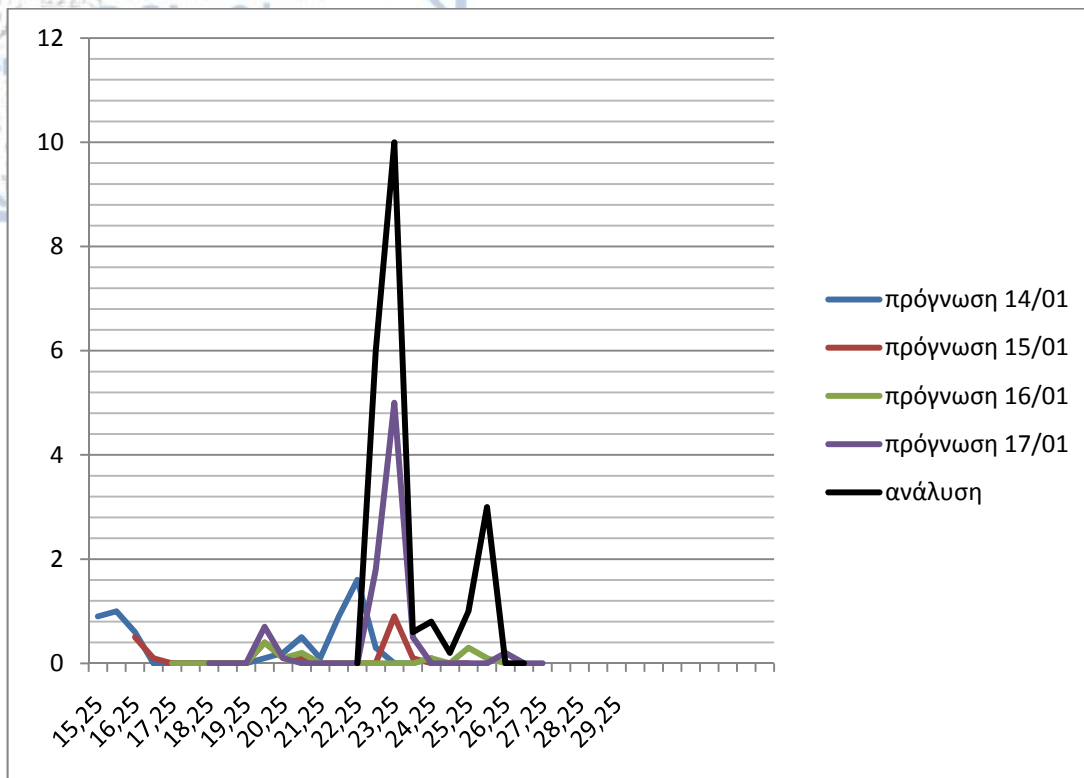
Σχήμα 4.Ε.1: θερμοκρασία στα 2 m από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 14/01/06 έως και 17/01/06



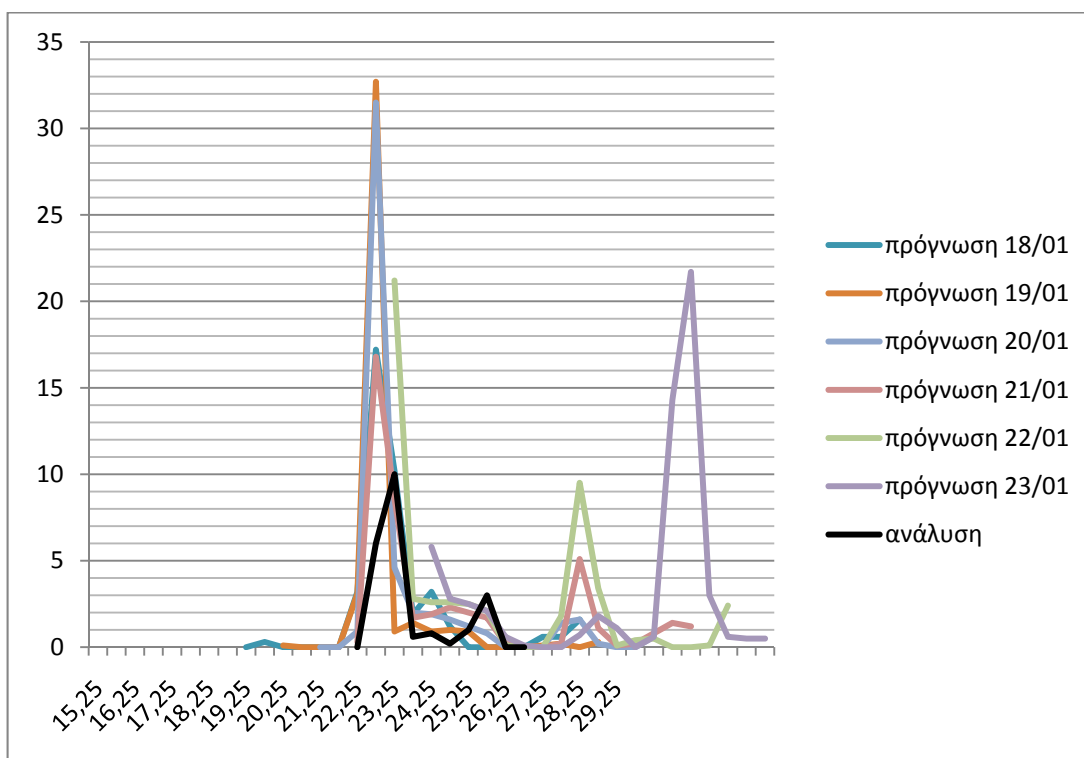
Σχήμα 4.Ε.2: θερμοκρασία στα 2 m από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 18/01/06 έως και 23/01/06



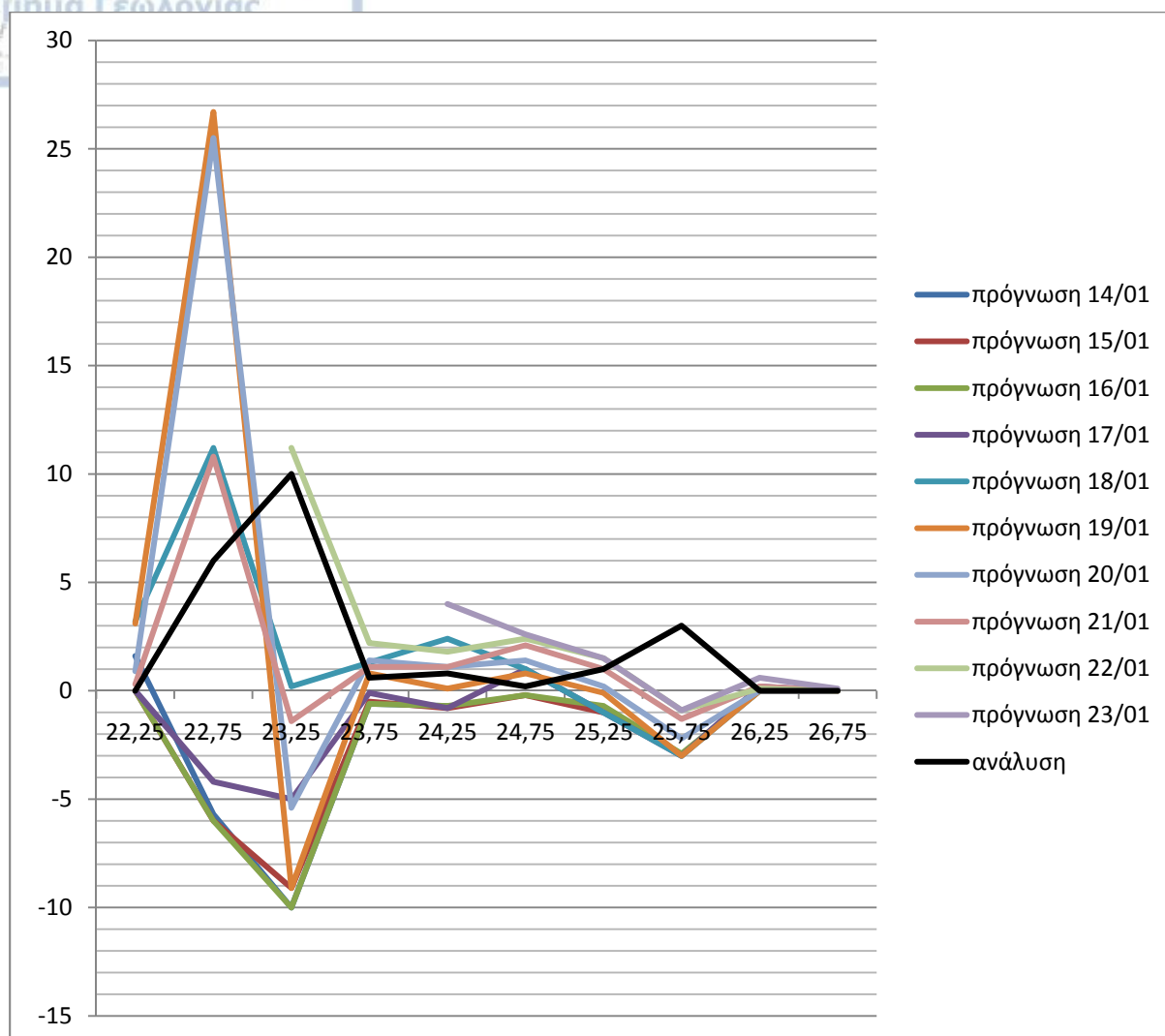
Σχήμα 4.Ε.3: ποσοτικά σφάλματα στις προγνώσεις της θερμοκρασίας στα 2 m από 14/01/06- 23/01/06 για την Αθήνα



Σχήμα 4.ΣΤ.1: υετός από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 14/01/06 έως και 17/01/06



Σχήμα 4.ΣΤ.2: υετός από 23-28/01/06 για την Αθήνα και οι αντίστοιχες προγνώσεις με αρχικές ημερομηνίες από 18/01/06 έως και 23/01/06



Σχήμα 4.ΣΤ.3: ποσοτικά σφάλματα στις προγνώσεις του νετού από 14/01/06- 23/01/06 για την Αθήνα

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΎΨΟΣ ΣΤΑ 500 MB

Παρατηρούμε ότι οι οι προγνώσεις που εξεδόθησαν την 14^η, 15^η και 16^η Ιανουαρίου του 2006 αντίστοιχα απέχουν σημαντικά από την εικόνα της ανάλυσης και μόνο η πρόγνωση της 17^{ης} Ιανουαρίου εμφανίζει μία κάποια πρώτη τάση, παρουσιάζοντας ωστόσο και αυτή ένα σημαντικό σφάλμα της τάξης των 50-100 μέτρων.(σχήμα 4.Γ.1)

Στο δεύτερο διάγραμμα (σχήμα 4.Γ.2) παρατηρούμε ότι οι προγνώσεις του μοντέλου παρουσιάζουν σαφή βελτίωση και από τη πρόγνωση με αρχικό χρόνο την 20η Ιανουαρίου αλλά και στις μετέπειτα προγνώσεις και το σφάλμα είναι πολύ μικρό όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διάγραμμα (σχήμα 4.Γ.3), ενώ ειδικότερα οι προγνώσεις της 22ας και 23^{ης} Ιανουαρίου 2006 είχαν σχεδόν μηδαμινό σφάλμα.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΑ 850 mb

Αντίστοιχη εικόνα απεικονίζει και το πεδίο της θερμοκρασίας, όπου στο πρώτο διάγραμμα καμία από τις προγνώσεις δεν έχει «εντοπίσει» την επερχόμενη ψυχρή εισβολή του χρονικού διαστήματος 23-27 Ιανουαρίου 2006.

Ειδικότερα η υποεκτίμηση της πτώσης της θερμοκρασίας είναι μεγάλη, περίπου της τάξης των 8-10°C, ενώ το ζενίθ του σφάλματος αφορά την πρόγνωση στις 15-01-06 για τις 24-01-06 που το σφάλμα αγγίζει τους 13-14 °C (σχήμα 4.Δ.1)

Στο δεύτερο διάγραμμα(σχήμα 4.Δ.2), οι προγνώσεις βελτιώθηκαν και θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως αρκετά επιτυχείς. Συγκεκριμένα, οι προγνώσεις που εξεδόθησαν στις 18-01-06 και 19-01-06 έκαναν λόγο για μία ψυχρή εισβολή το διήμερο 23-24 Ιανουαρίου με μία μικρή υπερεκτίμηση του ψύχους για τις 23 του μηνός και μία αντίστοιχα μικρή υποεκτίμηση για τις 24 Ιανουαρίου. Επομένως μπορούμε να πούμε πως στις δύο αυτές προγνώσεις γίνεται εμφανής η έναρξη και ένταση του φαινομένου αλλά όχι και η μεγαλύτερη διάρκεια αυτής. Αντίθετα, οι προγνώσεις του μοντέλου της 20^{ης}, 21^{ης}, 22ας και 23^{ης} Ιανουαρίου έκαναν λόγο για μία ψυχρή εισβολή, η οποία θα είχε μεγαλύτερη διάρκεια με πιο πετυχημένες τις προγνώσεις της 22ας και 23^{ης} Ιανουαρίου 2006. Ωστόσο, παρατηρώντας πιο προσεκτικά το διάγραμμα με τα σφάλματα(σχ'ημα 4.Δ.3) βλέπουμε ότι και σε αυτές ακόμα, τις κατά τα άλλα επιτυχημένες προγνώσεις, υπάρχει μια υποεκτίμηση της διάρκειας της ψυχρής εισβολής με ένα θετικό σφάλμα στην πρόγνωση για τις 26-01-06 κοντά στους 2°C.

Συμπερασματικά, για το πεδίο της θερμοκρασίας στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 mb το μοντέλο είχε εντοπίσει την «έλευση» της ψυχρής εισβολής σε ικανοποιητικό βαθμό ήδη από τις 18-01-06.

Η ίδια τάση που παρατηρήσαμε και στο πεδίο της θερμοκρασίας στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 mb παρατηρείται και στην θερμοκρασία επιφανείας.

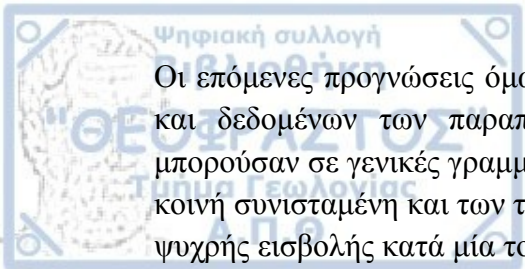
Συνοπτικά, όπως προκύπτει από το σχήμα 4.Ε.1, οι τέσσερις πρώτες προγνώσεις είχαν και εδώ μεγάλο βαθμό αποτυχίας με ένα θετικό σφάλμα, μια υπερεκτίμηση δηλαδή της θερμοκρασίας κατά μέσο όρο γύρω στους 6°C.

Από την άλλη, οι υπόλοιπες προγνώσεις (σχήμα 4.Ε.2) χαρακτηρίζονται από σαφώς μεγαλύτερο βαθμό επιτυχίας και μία πολύ καλή προσέγγιση του φαινομένου της ψυχρής εισβολής που έπονταν στην χώρα μας και ως μοναδική παραφωνία θα μπορούσε μόνο να χαρακτηριστεί η αρχικά εσφαλμένη πρόγνωση της 18^{ης} και 19^{ης} Ιανουαρίου και οι οποίες έκαναν λόγο για μία ψυχρή εισβολή, έντονη μεν, αλλά μικρής διάρκειας. Οι παραπάνω παρατηρήσεις και η επιτυχής πρόγνωση που έδωσε το μοντέλο γίνονται εύκολα αντιληπτές και από το διάγραμμα με τα σφάλματα, όπου σε γενικές γραμμές το σφάλμα είναι μικρό και δεν ξεπερνά τους 2°C, με ιδανικότερη πρόγνωση αυτή που εξεδόθη στις 22-01-06 και στο οποίο παρατηρούμε ότι πρόγνωση και ανάλυση σχεδόν συμπίπτουν.

ΥΕΤΟΣ

Γενικότερα, το πεδίο του υετού παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες που το καθιστούν ένα από τα πιο δύσκολα στην πρόγνωση και για αυτό συχνά παρατηρούνται πολλές διαφορές στα ύψη βροχής και χιονιού ανάμεσα στις προγνώσεις και τις αναλύσεις της εκάστοτε ημέρας. Για την ελληνική περιοχή, και ειδικότερα για την περιοχή μελέτης, τον νομό Αττικής το παραπάνω φαινόμενο είναι αρκετά σύνηθες εξαιτίας της ιδιαίτερης γεωγραφικής θέσης και γεωμορφολογικής άποψης της Αττικής. Επιπλέον, ένα σημαντικό στοιχείο για αυτές τις διαφορές είναι και η ανάλυση του μοντέλου. Για το δεδομένο χρονικό διάστημα που μελετάμε η διασπορά των αποτελεσμάτων γίνεται σε πλέγμα σημείων με μέγιστη ανάλυση 0.5°. Οι διαφορές ανάμεσα στην πρόγνωση και στην ανάλυση οφείλονται και σε έναν ακόμη λόγο. Όπως σε όλα τα αριθμητικά μοντέλα, έτσι και εδώ, οι τιμές των διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων και των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής ολοκλήρωσης αντιστοιχούν στη μέση τιμή τους στο κουτί πλέγματος και όχι σε σημειακές τιμές.

Όπως βλέπουμε στο πρώτο διάγραμμα με τις τέσσερις πρώτες προγνώσεις (σχήμα 4.ΣΤ.1), τα αποτελέσματα του μοντέλου δεν θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ικανοποιητικά με μόνη ίσως εξαίρεση την 4^η κατά σειρά πρόγνωση, δηλαδή αυτή της 17^{ης} Ιανουαρίου 2006 που έδειχνε μία τάση για μεγαλύτερα ύψη υετού στις 23-01-06. Ωστόσο και αυτή ακόμη η πρόγνωση δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί επιτυχής αφενός λόγω του σημαντικού σφάλματος και αφετέρου επειδή το μοντέλο προέβλεπε βελτίωση του καιρού από την επομένη.



Οι επόμενες προγνώσεις όμως (σχήμα 4.ΣΤ.2) σημείωσαν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας και δεδομένων των παραπάνω λόγων μείωσης της αξιοπιστίας της πρόγνωσης θα μπορούσαν σε γενικές γραμμές να χαρακτηριστούν ως επιτυχείς. Μοναδική παραφωνία και κοινή συνισταμένη και των τελευταίων προγνώσεων ήταν η υποεκτίμηση της διάρκειας της ψυχρής εισβολής κατά μία τουλάχιστον ημέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνοψίζοντας επομένως όλα τα στοιχεία που παρατέθηκαν στην παρούσα εργασία θα μπορούσαμε να οδηγηθούμε στα ακόλουθα συμπεράσματα για την ψυχρή εισβολή που έπληξε την Αττική και την υπόλοιπη Ελλάδα τον Ιανουάριο του 2006:

- Οι αέριες μάζες της ψυχρής εισβολής ήταν αρκτικής προέλευσης με πηγή την θαλάσσια περιοχή του Αρκτικού ωκεανού, βόρεια της Σκανδιναβίας και επηρέασε την Ελλάδα κατά το διάστημα 23-26 Ιανουαρίου. Η προς νότο πορεία που ακολούθησε η αέρια μάζα οφείλεται σε έναν εκτεταμένο αντικυκλώνα στην ευρύτερη περιοχή της Βορειοδυτικής Ευρώπης που την ανάγκασε σε σύντομο χρονικό διάστημα να κινηθεί νότια προς την Βαλκανική χερσόνησο και κατ' επέκταση προς την Ελλάδα
- Η δυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας ήταν σε γενικές γραμμές η εξής: ο συνδυασμός ενός χαμηλού το οποίο πέρασε νότια της Ελλάδας με τις πολύ ψυχρές αέριες μάζες πολικής προέλευσης που έφτασαν στην περιοχή μας από την βόρεια Ευρώπη είχε σαν αποτέλεσμα την σοβαρή επιδείνωση που σημείωσε ο καιρός στην Ελλάδα στις 23-26 Ιανουαρίου 2006 που ήταν η απόρροια μίας κατάστασης <<εύθραυστης ισορροπίας>> στην ατμόσφαιρα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που την ξεχωρίζουν από αντίστοιχες ψυχρές εισβολές του παρελθόντος και καθιστούν αναγκαία την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα από τους επιστήμονες.
- Κατά την διάρκεια αυτής της κακοκαιρίας συνέβη και το εξής ασυνήθιστο φαινόμενο: χιόνιζε ταυτόχρονα στα Βόρεια (Θεσσαλονίκη), τα Δυτικά (Κεφαλονιά), τα Νότια (Αθήνα) και τα ανατολικά της χώρας (Μυτιλήνη). Κάτι τέτοιο δεν είχε σημειωθεί τα τελευταία τουλάχιστον 50 χρόνια. Επιπρόσθετα, χιόνιζε συνεχώς στην Αττική επί 3 ημέρες και η αιτία της μικρής σχετικά για αυτό το χρονικό διάστημα χιονόστρωσης ήταν οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες στην ανώτερη ατμόσφαιρα σε σχέση με τις δύο προηγούμενες ψυχρές εισβολές του 2002 και του 2004 αντίστοιχα. Ενδεικτικά το ύψος του χιονιού όπως προέκυψε από αναφορές ξεπέρασε στα βόρεια προάστια κατά τόπους και τα 30 cm ενώ στο κέντρο δεν ξεπέρασε τα 5 cm.

- Στην Δυτική και Βόρεια Ελλάδα οι χιονοπτώσεις είχαν πολύ σύντομη διάρκεια και παρέμειναν μόνο οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες και ο ολικός παγετός στις περισσότερες περιοχές της Βόρειας κυρίως χώρας. Αντίθετα στην Ανατολική και Νότια χώρα οι χιονοπτώσεις αν και δεν είχαν ιδιαίτερη ένταση είχαν ασυνήθιστη διάρκεια με χαρακτηριστικότερο όλων ίσως το παράδειγμα της τριήμερης χιονόπτωσης στην Αθήνα. Η εμμονή αυτή της κακοκαιρία, από πλευράς κατακρημνισμάτων στην Ανατολική Ελλάδα γίνεται εύκολα κατανοητή αν λάβει κανείς υπόψη τη γεωγραφική θέση της Ελλάδας και τη γεωμορφολογία της. Βασική αιτία είναι λοιπόν ότι η ψυχρή εισβολή έλαβε χώρα πάνω από την θάλασσα. Έτσι, πάνω από την Μαύρη θάλασσα και το Αιγαίο πέλαγος, εξαιτίας διαβατικής θέρμανσης εκ των κάτω και ροής λανθάνουσας θερμότητας η ψυχρή εισβολή υφίσταται έντονο μετασχηματισμό και αναπτύσσονται έτσι ένα ή δύο κλειστά χαμηλά συστήματα. Επομένως οι ψυχροί, ξηροί, πολικής προέλευσης βορειοανατολικοί άνεμοι περνώντας πάνω από το «πλούσιο» σε υδρατμούς Αιγαίο Πέλαγος προκαλούν συμπύκνωση και εναπόθεση των κατακρημνισμάτων στις ανατολικές προσήνεμες στο Αιγαίο περιοχές.

- Από πλευράς καταστροφών που προκάλεσε η κακοκαιρία ξεχωρίζει η πτώση 11 πυλώνων της ΔΕΗ στην Κεφαλονιά εξαιτίας των ανέμων, οι οποίοι είχαν εξαιρετικά μεγάλη ένταση που σύμφωνα με πληροφορίες της ΔΕΗ άγγιζαν στα υψηλότερα σημεία του ορεινού όγκου του Αίνου και 210 km/ώρα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μείνουν η Κεφαλονιά και η Ιθάκη χωρίς ρεύμα για αρκετές ημέρες με αποτέλεσμα να πληγεί άμεσα η οικονομία των νησιών. Σοβαρά προβλήματα προκλήθηκαν και στις αγροτικές καλλιέργειες σε πολλές περιοχές της χώρας και κυρίως στην Βόρεια Ελλάδα εξαιτίας του ολικού παγετού και των ιδιαίτερα χαμηλών θερμοκρασιών που παρατηρήθηκαν. Από άποψη οδικού δικτύου ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο εθνικό δίκτυο, στον άξονα Αθήνα-Θεσσαλονίκη με σκοπό να μην διακοπεί η κυκλοφορία στην Εθνική Οδό. Τελικά, υπήρξε ολιγόωρη διακοπή της κυκλοφορίας στο ύψος των Τεμπών λόγω «διπλώματος» μίας νταλίκας αλλά σε γενικές γραμμές οι προσπάθειες όλων των αρμόδιων φορέων στέφθηκε με επιτυχία. Κατά τα αλλά, προβλήματα δημιουργήθηκαν στο επαρχιακό οδικό δίκτυο σε Λήμνο, Σκύρο, Β. Σποράδες, Εύβοια και σε Μαγνησία και Α. Στερεά λόγω των πυκνών χιονοπτώσεων σε αυτές της περιοχές αλλά και εκεί δεν υπήρξε κάποια γενική διακοπή της κυκλοφορίας με εξαίρεση ολιγόωρες διακοπές σε περιόδους έξαρσης των φαινομένων.

- Το σύστημα πρόγνωσης του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF) προέβλεψε επιτυχώς την ψυχρή εισβολή του διαστήματος 23-26 Ιανουαρίου 2006. Η πρόγνωση ήταν επιτυχής στα διάφορα μετεωρολογικά πεδία ήδη πέντε ημέρες πριν την έλευση της αναμενόμενης διαταραχής. Μοναδική παραφωνία στην πρόγνωση του ECMWF υπήρξε η υποεκτίμηση της διάρκειας της επικείμενης κακοκαιρίας κατά μία τουλάχιστον ημέρα.
- Εξαιτίας των ιδιαιτεροτήτων που είχε το εν λόγω επεισόδιο ψυχρής εισβολής καθίσταται αναγκαία η περαιτέρω μελέτη του από επιστήμονες, η συλλογή και αξιολόγηση όσο το δυνατόν περισσότερων στοιχείων και παραμέτρων που οδήγησαν σε αυτό το μετεωρολογικό φαινόμενο και η γενικότερη συμβολή της επιστημονικής κοινότητας με πλήθος εργασιών και δημοσιεύσεων με σκοπό την έγκυρη και έγκαιρη πρόγνωση ανάλογων μελλοντικών φαινομένων και την ενημέρωση και προστασία του κοινωνικού συνόλου.



Αιγινίτης Δ., 1907 , ``Το κλίμα της Ελλάδος``

Alpert,P., 1984,An early winter subtropical cyclone in the eastern Mediterranean.Israel
J.Earth Sci.,33, 150-156

Alpert, P.and Reisin,T.1986, An early winter polar air mass penetration to the Eastearn
Mediterranean Am.Meteor.Soc. p. 12111-12118 Vol.114

Βάρφη Μ.(2009) Διδακτορική Διατριβή <<Συνοπτική και Δυναμική Μελέτη των Θερμών
και Ψυχρών Εισβολών στον Ευρύτερο Ελλαδικό Χώρο>>. Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας
Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας.

Cartalis, C., Chrysoulakis,N. , Feidas,H. ,and Pitsitakis,N..2004, Categorization of cold
period weather types in Greece on the basis of the photointerpretation of NOAA/AVHRR
imagery International Journal of Remote Sensing

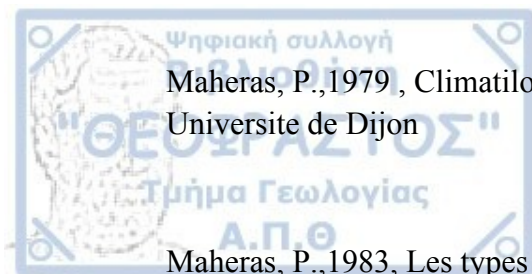
Kallos,G., S.Nickovic, A.Papadopoulos and O.Kakaliagou, 1998 The Skiron forecasting
system and it's capability to predict extreme weather events in the Mediterranean. 7th
International Symposium on Natural and Man-made Hazards 17-22 May 1998 Chania,
Greece

Kyriazopoulos,B.D.1948 The snow over Greece, Athens,p. 108 (in Greek)

Landsberg,H.E.1977 World Survey of Climatology, Vol6, Elsevier, New York, p. 185.

Lioki-Livada-Tselepidaki, H.1979 Snowfalls in Greece, Ph.D. Thesis, University of
Athens 11, 116, p.209 (in Greek)

Livathinos, A.N.1936 The snow phenomenon over Greece, Pract.of Academy of Athens 11,
116



Maheras, P., 1979, Climatologie de la mer Egee et de ses marges continentals. These d'Etat, Universite de Dijon

Maheras, P., 1983, Les types du temps depressionaire pertubes au-dessus de la mer Egee. Rivista di Meteorologia Aeronautica, 43, 13-22

Maheras, P., 1988a, The synoptic weather types and objective delimitation of the winter period in Greece. Weather, 43, 40-45

Mariolopoulos, E., and Livathinos, A., 1935 Atlas Climatiques de la Grece, Athens

Mariolopoulos, E., and Karapiperis, L.N. 1955 Rainfalls of Greece, Athens, p.78 (in Greek)

Pytharoulis I., D. Boucouvala and D. Ziakopoulos, 2006: An exceptional snowfall event over Greece in January 2006. 12th meeting of the Working Group on Cooperation between European Forecasters (WGCEF), 29-30 September, Athens, Greece.

Prezerakos, N.G. and Angouridakis, V.E 1979. Characteristics of the snowfalls in Athens, Bulletin of the Hellenic Met. Soc., 4, 12 (in Greek)

Prezerakos, N.G. and Angouridakis, V.E 1984 Synoptic consideration of snowfall in Athens J.Clim.4, 269-285

Trigo I.F., Trevor, D. Davies and Grant R. Bigg 1999, Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region. Americ.Meteor.Soc. Vol 12 p. 1685-1696

Trigo I.F., Trevor, D. Davies and Grant R. Bigg 2002, Climatology of Cyclogenesis Mechanisms in the Mediterranean Americ. Meteor.Soc. Vol 130 p. 549-569



Δεδομένα από:

1) Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ) <http://www.hnms.gr>

2) Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF)

<http://www.ecmwf.int>

3) <http://www.sat.dundee.ac.uk>

4) <http://www.noaa.gov>