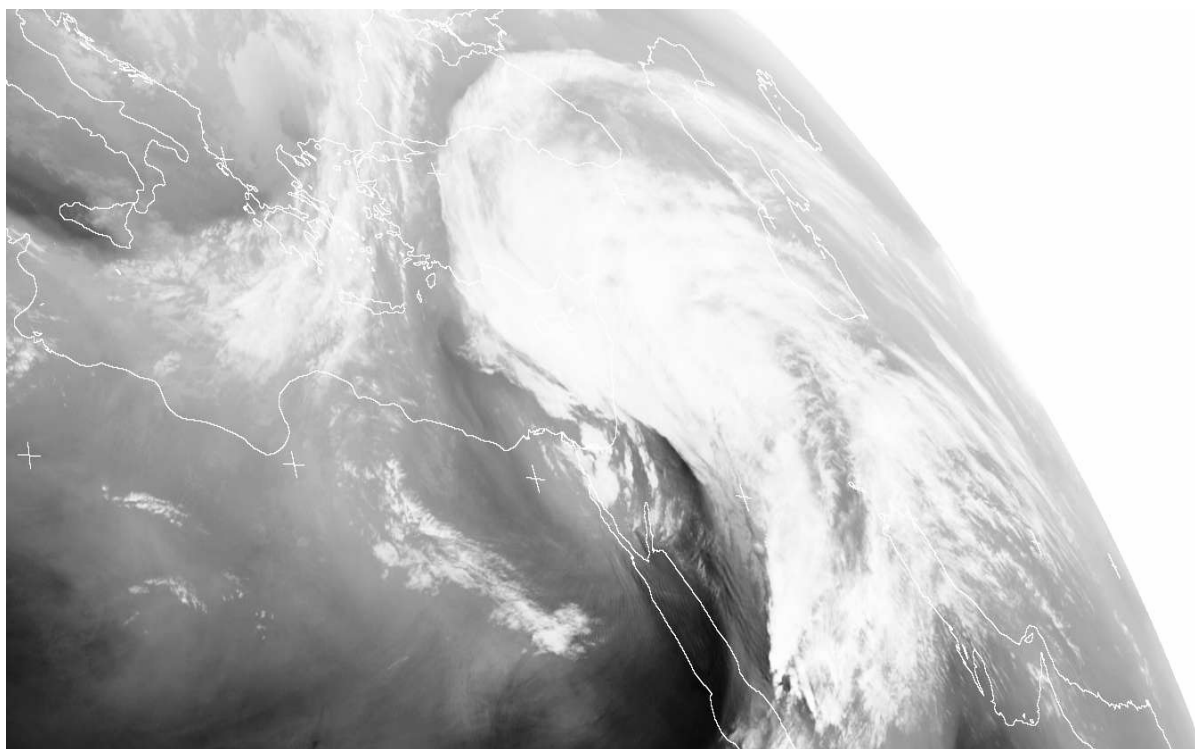




ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

**ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΟΣ ΕΝΤΟΝΟΥ
ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**



ΑΓΓΕΛΟΣ ΜΟΥΣΟΥΛΙΩΤΗΣ (ΑΕΜ: 4381)

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2012

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

**ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΟΣ ΕΝΤΟΝΟΥ
ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**

ΑΓΓΕΛΟΣ ΜΟΥΣΟΥΛΙΩΤΗΣ

ΑΕΜ: 4381

Επιβλέπων καθηγητής: Πυθαρούλης Ιωάννης (Λέκτορας)

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Η διεκπεραίωσή της πραγματοποιήθηκε στον τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012 με επιβλέπων τον κ Πυθαρούλη Ιωάννη, λέκτορα καθηγητή του εργαστηρίου Μετεωρολογίας Κλιματολογίας.

Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον κ Πυθαρούλη Ιωάννη, λέκτορα καθηγητή του εργαστηρίου Μετεωρολογίας Κλιματολογίας για την καθοδήγηση πάνω σε θέματα που αφορούσαν την εξέλιξη της εργασίας και για την παροχή βιβλιογραφικών δεδομένων όπως επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τον άπλετο χρόνο που διέθεσε για οτιδήποτε αφορούσε την εν λόγω πτυχιακή εργασία.
- Τον Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας για την τεχνική υποστήριξη που διέθεσε όσο αναφορά την διεκπεραίωση της εν λόγω εργασίας.
- Την Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου και κυρίως τους Δρ. Σ. Μιχαηλίδη και Δρ. Κ.Α. Νικολαΐδη για την διάθεση των επίγειων παρατηρήσεων από μετεωρολογικούς σταθμούς της υπηρεσίας.
- Τον αδελφό μου Παναγιώτη για την τεχνική υποστήριξη.
- Την οικογένεια μου για την ηθική υποστήριξη και την εμπιστοσύνη που έδειξαν στο πρόσωπο μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

Περίληψη.....	5
1. Εισαγωγή.....	6
1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	9
2. Δεδομένα και Μεθοδολογία.....	15
2.1 Δεδομένα.....	15
2.1.1 Παρατηρήσεις.....	15
2.1.2 ECMWF.....	17
2.2 Μεθοδολογία.....	18
2.2.1 WRF.....	18
2.2.2 Στατιστική αξιολόγηση αποτελεσμάτων των πειραμάτων ευαισθησίας.....	19
2.2.3 Λογισμικό GrADS.....	22
3. Συνοπτική ανάλυση επεισοδίου.....	23
3.1 Ανάλυση των συνθηκών στον ευρωπαϊκό χώρο για την περίοδο 00UTC 15/01/10-00UTC 17/01/10.....	23
3.2 Ανάλυση των συνθηκών στον ευρωπαϊκό χώρο και την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου για την περίοδο 12UTC 17/01/10-12UTC 19/01/10.....	31
3.3 Ανάλυση των συνθηκών στον ευρωπαϊκό χώρο για την περίοδο 00UTC 19/01/10-12UTC 19/01/10.....	47
3.4 Μελέτη των τοπικών συνθηκών στην Κύπρο και συσχέτιση με τις συνοπτικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής.....	52
4. Πειράματα ευαισθησίας.....	62
4.1 Στατιστική ανάλυση βροχόπτωσης.....	63
4.2 Σύντομη συνοπτική περιγραφή για την περίοδο 18/01/10 00UTC μέχρι 19/01/10 00UTC των πειραμάτων ευαισθησίας και χάρτες βροχόπτωσης για την περίοδο 18/01/10 00UTC-19/01/10 06UTC.....	72
5. Συμπεράσματα.....	80
Βιβλιογραφία.....	81

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Την περίοδο 17-19 Ιανουαρίου 2010, η Ανατολική Μεσόγειος επηρεάστηκε από ένα μετωπικό βαρομετρικό χαμηλό, που συνοδευόταν από έντονες βροχοπτώσεις και προκάλεσε σημαντικές πλημμύρες. Εξετάζονται τα συνοπτικά και δυναμικά χαρακτηριστικά του χαμηλού, δίνοντας έμφαση πάνω από την περιοχή της Κύπρου. Οι βροχοπτώσεις σχετίζονταν με ασθενή συγκλίνουσα ροή στα κατώτερα στρώματα σε συνδυασμό με το πέρασμα ενός συνεσφιγμένου μετώπου και την τοπογραφία της περιοχής ενδιαφέροντος. Πειράματα ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκαν με πολύ υψηλή χωρική διακριτοποίηση (2 km x 2 km) με το μη-υδροστατικό περιοχικό ατμοσφαιρικό μοντέλο WRF-ARW, έδειξαν ότι η παραμετροποίηση του οριακού στρώματος MYJ σε συνδυασμό με την μικροφυσική Thompson περιγράφει καλύτερα την κατανομή των κατακρημνισμάτων και υπερτερεί των υπολοίπων, με τους συνδυασμούς της μικροφυσικής Goddard Cumulous Ensemble model με τα οριακά στρώματα MYJ και MYNN να δίνουν τα χειρότερα αποτελέσματα.

Abstract

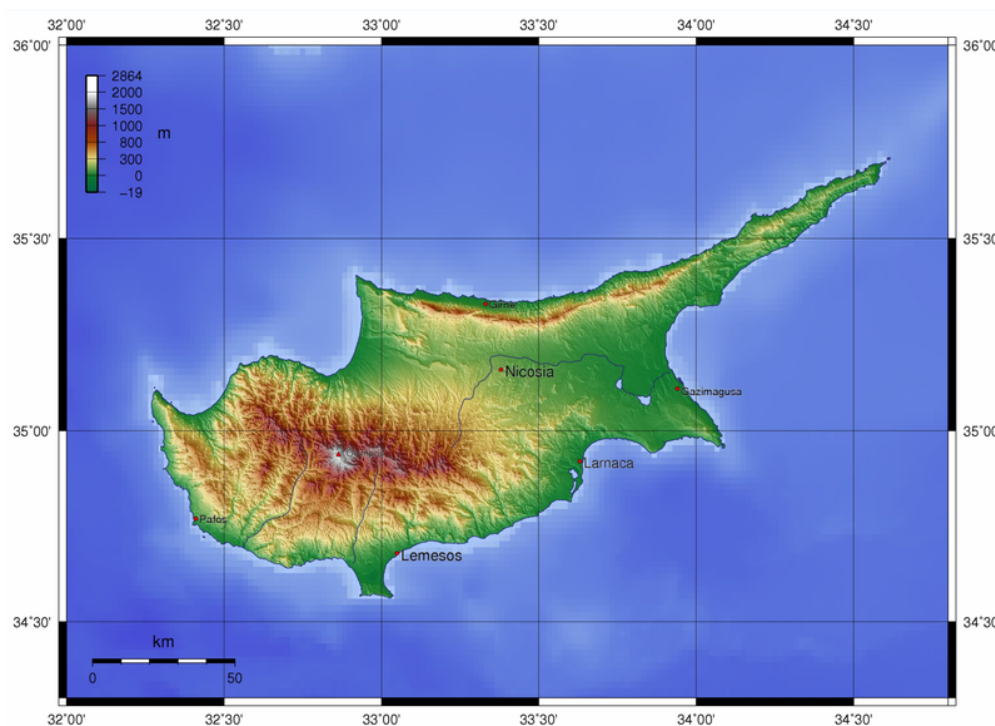
Between 17th and 19th January 2010, Eastern Mediterranean was affected by a frontal depression associated with intense precipitation and severe floods. The synoptic and dynamic characteristics of the low pressure system are examined, focusing on Cyprus. The intense precipitation was associated with patient low-level convergence combined with the passage of an occluded front and topography of the area of interest. High-resolution (2 km x 2 km) sensitivity experiments performed with the regional non-hydrostatic atmospheric numerical model WRF-ARW showed that the boundary layer parameterization MYJ combined with microphysics of Thompson best describes the distribution of precipitation and outperforms the others, with the combinations of microphysics Goddard Cumulous Ensemble model with boundary layers MYJ and MYNN give the worst result.

1. Εισαγωγή

Η περιοχή της Μεσογείου βρίσκεται στη μεταβατική ζώνη, μεταξύ των υποτροπικών πλατών, που χαρακτηρίζονται από τη ζώνη υψηλών πιέσεων και των μέσων πλατών με χαρακτηριστικό την δυτική ροή. Αυτό αποτελεί τον κύριο λόγο για τον οποίο αρκετά από τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής, αλλά και αρκετές από τις μεταβολές τους, οφείλονται στην κυκλοφορία της μέσης και ανώτερης ατμόσφαιρας (Nikolaïdis 2004).

Η Κύπρος βρίσκεται κατά μέσο όρο σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 35^0 και ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33^0 και περιβάλλεται από την ανατολική Μεσόγειο θάλασσα (σχήμα 1.1), έχει έκταση 9,254 τετραγωνικά χιλιόμετρα και χωρίζεται σε 4 φυσικές περιοχές:

- Την οροσειρά του Τροόδους, που βρίσκεται στο κεντρικό-δυτικό μέρος του νησιού και η ψηλότερη κορυφή της, ο Όλυμπος, έχει ύψος 1,951 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Την οροσειρά του Πενταδακτύλου, που έχει σχετικά μικρό πλάτος και εκτείνεται κατά μήκος των βόρειων ακτών του νησιού με κορυφές μέχρι 1,000 περίπου μέτρα ύψος,
- Την πεδιάδα της Μεσαορίας, που βρίσκεται μεταξύ των οροσειρών του Τροόδους και του Πενταδακτύλου και έχει γενικά χαμηλό υψόμετρο, το οποίο στην περιοχή της Λευκωσίας δεν ξεπερνά τα 180 μέτρα, και
- Τις παράλιες πεδιάδες και κοιλάδες κατά μήκος των ακτών.



Σχήμα (1.1): Γεωγραφικός προσδιορισμός της περιοχής όπου βρίσκεται η Κύπρος. Στην εικόνα διακρίνονται καθαρά οι δύο οροσειρές του νησιού και μεταξύ τους η πεδιάδα της Μεσαορίας. (πηγή: en.wikipedia.org)

Τα κύρια χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος της Κύπρου είναι το ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από τα μέσα του Μάη ως τα μέσα του Σεπτεμβρίου, ο βροχερός αλλά ήπιος χειμώνας από τα μέσα του Νοέμβρη ως τα μέσα του Μάρτη και οι δύο ενδιάμεσοι «μεταβατικοί» μήνες Οκτώβριος και Απρίλιος (μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου).

Στη διάρκεια του καλοκαιριού η Κύπρος και γενικά η περιοχή της ανατολικής Μεσογείου βρίσκεται κάτω από την επίδραση του εποχιακού βαρομετρικού χαμηλού, που έχει το κέντρο του στη νοτιοδυτική Ασία. Αποτέλεσμα της επίδρασης αυτής είναι οι υψηλές θερμοκρασίες και η καλοκαιρία. Η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή με μέση τιμή που δεν ξεπερνά το 5% της μέσης ολικής βροχόπτωσης ολόκληρου του χρόνου.

Στη διάρκεια του χειμώνα η Κύπρος επηρεάζεται από το συχνό πέρασμα μικρών υφέσεων και μετώπων που κινούνται στη Μεσόγειο με κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Οι καιρικές αυτές διαταραχές διαρκούν συνήθως από μία μέχρι τρεις μέρες κάθε φορά και δίνουν τα μεγαλύτερα ύψη βροχής. Η συνολική μέση βροχόπτωση στους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Φεβρουάριο αντιστοιχεί περίπου με το 60% της βροχόπτωσης ολόκληρου του έτους (μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου).

Η οροσειρά του Τροόδους και σε μικρότερο βαθμό η οροσειρά του Πενταδακτύλου παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των μετεωρολογικών συνθηκών στις διάφορες περιοχές της Κύπρου και στη δημιουργία τοπικών φαινομένων. Η παρουσία επίσης της θάλασσας που περιβάλλει το νησί είναι αιτία δημιουργίας τοπικών φαινομένων στις παράλιες περιοχές. Η επίδραση του αναγλύφου της ξηράς πάνω στην κατανομή της βροχόπτωσης είναι σημαντική, η μέση ετήσια βροχόπτωση στις νοτιοδυτικές προσήνεμες περιοχές της οροσειράς του Τροόδους αυξάνεται από 450 περίπου χιλιοστά μετρα στους πρόποδες σε 1,100 χιλιοστά μετρα στην κορυφή του Ολύμπου. Στις υπήνεμες πλαγιές η βροχόπτωση ελαττώνεται σταθερά κατεβαίνοντας προς τα βόρεια και τα ανατολικά με τιμές μεταξύ 300 και 350 χιλιοστομέτρων στην κεντρική πεδιάδα και τις πεδινές νοτιοανατολικές περιοχές.

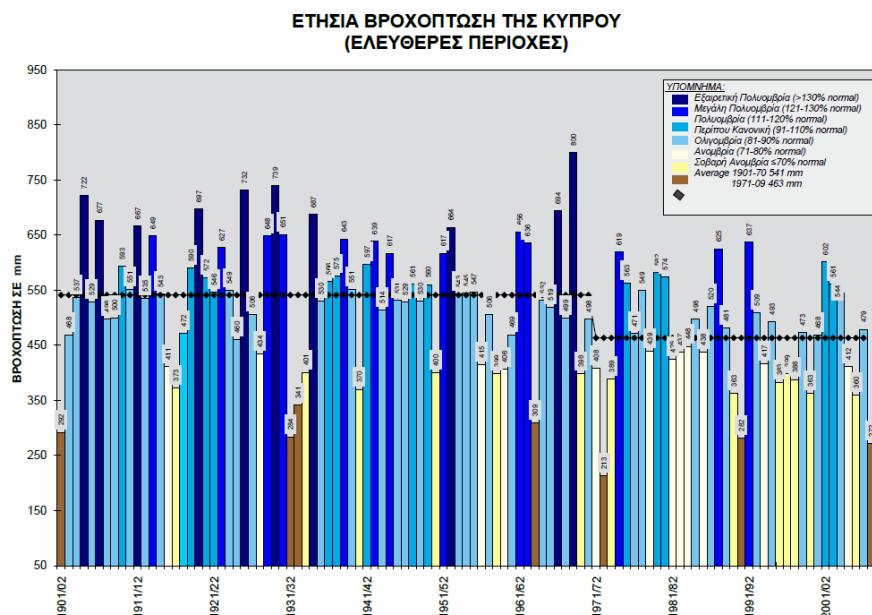
Η μέση βροχόπτωση πάνω από ολόκληρη την Κύπρο για το χρόνο ως σύνολο είναι περίπου 480 χιλιοστά μετρα (μέση τιμή για την περίοδο 1951-1980). Από τα στοιχεία που υπάρχουν η πιο χαμηλή βροχόπτωση στην Κύπρο ήταν 182 χιλιοστά μετρα κατά το υδρομετεωρολογικό έτος Οκτώβριος 1972 - Σεπτέμβριος 1973 και η πιο υψηλή 759 χιλιοστά μετρα το 1968-69. Η μέση βροχόπτωση στη διάρκεια του 20ού αιώνα εμφανίζει πτωτική τάση με μέσο ρυθμό ένα χιλιοστό μετρο το χρόνο. Η μείωση της βροχόπτωσης εντοπίζεται κυρίως στο δεύτερο μισό του αιώνα, οπότε η συχνότητα ολιγομβρίας και ανομβρίας παρουσιάζεται αυξημένη σε σχέση με το πρώτο μισό του αιώνα. Αυτό φαίνεται στον Πίνακα 1 και στο σχήμα 1.1 με την κατάταξη των υδρομετεωρολογικών ετών από το 1901-02 σε σχέση με την κανονική βροχόπτωση της περιόδου 1961-1990.

Παρόμοια εικόνα δίνουν και οι μέσες τιμές της βροχόπτωσης σε διάφορες τριακονταετίες: 1901-1930: 559 χιλιοστόμετρα, 1931-1960: 524 χιλιοστόμετρα, 1961-1990: 503 χιλιοστόμετρα, 1971-2000: 462 χιλιοστόμετρα. Η βροχόπτωση για την τελευταία τριακονταετία είναι κατά 17% χαμηλότερη από τη βροχόπτωση στην τριακονταετία 1901-1930. Η μέση βροχόπτωση στην τελευταία δεκαετία του αιώνα είναι επίσης μεταξύ των χαμηλότερων τιμών για τις διάφορες δεκαετίες του αιώνα (μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου).

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΑΝΟΝΙΚΗ (1961-1990)

A/A	Σοβαρή Ανομβρία	Ανομβρία	Ολιγομβρία	Περίπου Κανονική	Περίπου Κανονική	Πολυομβρία	Μεγάλη Πολυομβρία	Εξαιρετική Πολυομβρία
	≤ 70%	71-80%	81-90%	91-100%	101-110%	111-120%	121-130%	>130%
1	1901-02	1916-17	1915-16	1902-03	1903-04	1909-10	1913-14	1904-05
2	1931-32	1933-34	1927-28	1907-08	1905-06	1918-19	1922-23	1906-07
3	1932-33	1940-41	1956-57	1908-09	1910-11	1920-21	1928-29	1911-12
4	1963-64	1950-51	1959-60	1917-18	1912-13	1936-37	1930-31	1919-20
5	1972-73	1958-59	1971-72	1924-25	1914-15	1937-38	1938-39	1925-26
6	1990-91	1969-70	1978-79	1960-61	1921-22	1941-42	1942-43	1929-30
7		1973-74	1981-82	1967-68	1923-24	1947-48	1944-45	1934-35
8		1989-90	1982-83	1970-71	1926-27	1949-50	1951-52	1952-53
9		1995-96	1983-84	1976-77	1935-36	1975-76	1961-62	1966-67
10		1996-97	1985-86	1977-78	1939-40	1979-80	1962-63	1968-69
11		1997-98	1993-94	1984-85	1943-44	1980-81	1974-75	
12		1999-00		1988-89	1945-46		1987-88	
13				1994-95	1946-47		1991-92	
14				1998-99	1948-49			
15				2000-01	1953-54			
16					1954-55			
17					1955-56			
18					1957-58			
19					1964-65			
20					1965-66			
21					1986-87			
22					1992-93			

Πίνακας (1): Στον πίνακα φαίνεται καθαρά η αυξημένη συχνότητα ολιγομβρίας που παρουσιάζεται το δεύτερο μισό του αιώνα που πέρασε σε σχέση με το πρώτο μισό. (πηγή: www.moa.gov.cy)



Σχήμα (1.1): Φαίνονται τα υδρολογικά έτη 1901/02-2008/09 και οι συνεχείς ολιγομβρίες που παρατηρούνται στην Κύπρο την τελευταία τριακονταετία. (πηγή: www.cyprus.gov.cy)

Όπως αναφέραμε παρατηρείται μία μείωση της ετήσιας βροχοπτώσης στην περιοχή της Κύπρου, αλλά επίσης παρατηρείται μία αυξημένη συχνότητα πλημμυρών στο νησί. Πολλές από αυτές τις περιπτώσεις αναφέρονται μέσα στα μηνιαία δελτία καιρού της μετεωρολογικής υπηρεσίας Κύπρου ως εξαιρετικά και ασυνήθιστα καιρικά φαινόμενα. Οι περισσότερες από αυτές τις περιπτώσεις ισχυρής βροχοπτώσης οφείλονται κατά κύριο λόγο σε βαροκλινικές υφέσεις, που είτε φτάνουν στην περιοχή από τον περιβάλλοντα χώρο, είτε δημιουργούνται στην ίδια την περιοχή της Κύπρου (Nikolaidis 2004).

Μελετώντας μία από αυτές τις περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων θέλουμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για το κατά πόσον τα προγνωστικά μοντέλα μπορούν να προβλέψουν τέτοιου είδους φαινόμενα. Για να το επιτύχουμε αυτό θα γίνουν πειράματα ευαισθησίας καποιων παραμετροποιήσεων μικροφυσικών σχημάτων του μοντέλου WRF σε συνδυασμό με διαφορετικές παραμετροποιήσεις οριακών στρωμάτων και θα μελετηθεί ένα σύστημα που επηρέασε την περιοχή ενδιαφέροντος κατά το διάστημα 17-19 Ιανουαρίου 2010, με κύριο χαρακτηριστικό τις ισχυρές βροχοπτώσεις. Μεγάλο κίνητρο για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, για την περιοχή της Κύπρου, αποτελεί το γεγονός πως δεν υπάρχει προηγούμενη βιβλιογραφία για τέτοιου είδους πειράματα ευαισθησίας.

1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

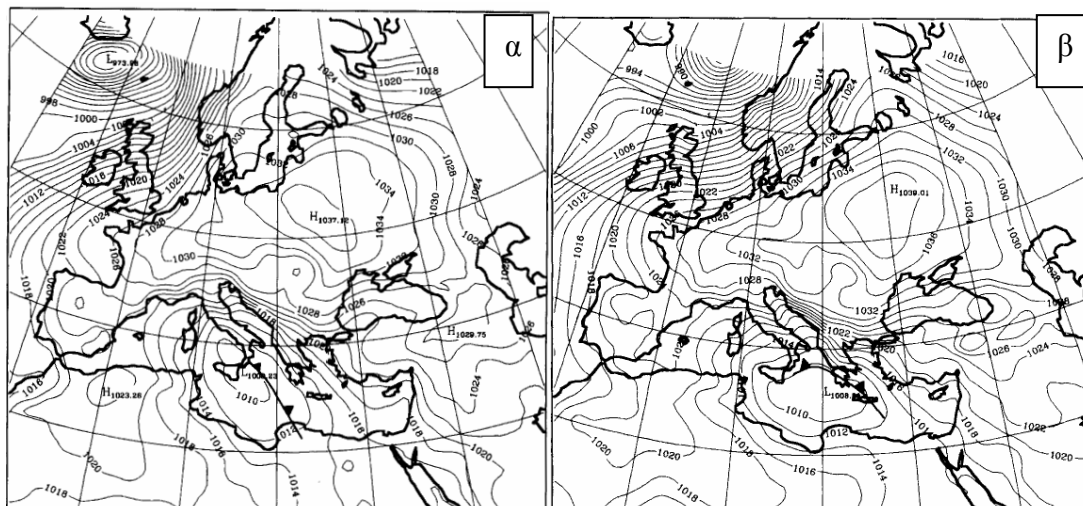
Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε σε παλαιότερες εργασίες που έχουν ως αντικείμενο μελέτης τα πειράματα ευαισθησίας. Το θέμα των πειραμάτων ευαισθησίας ήταν πάντα κάτι το οποίο απασχολούσε τους διάφορους ερευνητές όχι μόνο στην Ευρώπη αλλά και σχεδόν σε όλες τις περιοχές του πλανήτη. Επειδή δεν έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες, παρόμοιες στην περιοχή της Κύπρου, στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφούν πλημμυρικά φαινόμενα που συνέβησαν στην Ανατολική Μεσόγειο και πιο συγκεκριμένα στον Ελλαδικό χώρο, ο οποίος:

- α) Επηρεάζεται από παρόμοια μετεωρολογικά συστήματα.
- β) Γειτνιάζει με την περιοχή ενδιαφέροντος.
- γ) Έχει έντονη ανομοιομορφία του αναγλύφου όπως και η Κύπρος.

Τα φαινόμενα έντονων βροχοπτώσεων έχουν γίνει η δεύτερη πιο σημαντική φυσική καταστροφή στον Ελλαδικό χώρο και στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου μετά από τους συχνούς και μερικές φορές καταστροφικούς σεισμούς (Kallos and Pytharoulis 2005, Kotroni et al 1999, Ορέστης Μπάκας 2008). Αυτά τα γεγονότα με την ακραία ένταση συμβαίνουν λίγες φορές κάθε έτος. Οι ερευνητές και οι προγνώστες θα πρέπει να βασίζονται στη λεπτομερή ανάλυση τέτοιων γεγονότων έτσι ώστε να αποκτήσουν βαθιά κατανόηση της συμπεριφοράς αυτών των συστημάτων που

προκαλούν τα ακραία φαινόμενα (Kotroni et al 1999). Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο έχουν εκπονηθεί πάρα πολλές εργασίες πειραμάτων ευαισθησίας για τέτοιες περιπτώσεις από τις οποίες εμείς θα αναφέρουμε μόνο μερικές.

Μία μελέτη που αναφέρεται σε πειράματα ευαισθησίας είναι η μελέτη σοβαρών πλημμυρών στην κεντρική και νότια Ελλάδα που συνδέονταν με το πέρασμα μίας ύφεσης νότια της Ελλάδας που συνοδευόταν από ένα αργά κινούμενο ψυχρό μέτωπο (σχήμα 1.2) στις 11-12 Ιανουαρίου του 1997 (Kotroni et al 1999).



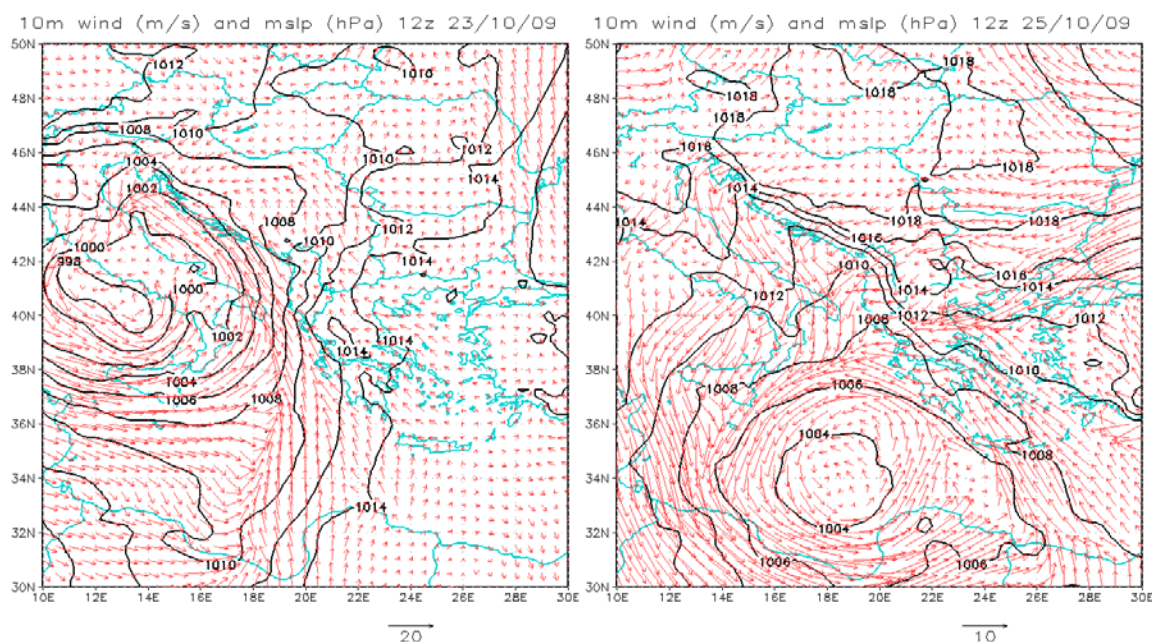
Σχήμα (1.2): Παρουσιάζονται χάρτες α) 00UTC 12/01/97 και β) 12UTC 12/01/97 που δείχνουν την πίεση στην μέση στάθμη της θάλασσας (Kotroni et al 1999).

Σε αυτή την μελέτη αφού έγινε συνοπτική ανάλυση της περιόδου που υπήρχε ενδιαφέρων και έλαβε χώρα το έντονο φαινόμενο, στην συνέχεια έγιναν πειράματα ευαισθησίας για τον έλεγχο του μοντέλου RAMS, που τότε είχε αρχίσει να λειτουργεί εκτός από ερευνητικό και σαν επιχειρησιακό. Τα πειράματα ευαισθησίας έγιναν με την βοήθεια πλεγματικών δεδομένων από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων (ECMWF). Τα πειράματα που έγιναν ξεκινούσαν στις 12UTC 11/1/97 και πραγματοποιούνταν για τις επόμενες 36 ώρες. Τοποθετήθηκε πλέγμα με μία μικρή περιοχή μεγάλης ανάλυσης (10km) μέσα σε μία μεγάλη περιοχή με μικρότερη ανάλυση (40km) (two way nesting). Οι ερευνητές έθεσαν 25 επίπεδα που ακολουθούσαν την τοπογραφία σε όλο το πλέγμα και το κάθετο πλέγμα ξεκινούσε από τα 120 μέτρα. Το σημαντικότερο είναι το γεγονός ότι έτρεξαν το μοντέλο 2 φορές με ακριβώς τις ίδιες ρυθμίσεις και μόνο μία διαφορά. Το πρώτο τρέξιμο του μοντέλου σκοπό είχε να ελέγξει το ρόλο της τοπογραφίας σε σχέση με την ένταση της βροχόπτωσης και το δεύτερο τρέξιμο ήταν ακριβώς ίδιο με το πρώτο με την διαφορά ότι μηδένισαν την τοπογραφία της περιοχής μελέτης χωρίς όμως να αλλάξουν την κατανομή ξηράς θάλασσας. Με αυτόν τον τρόπο κατάφεραν να μελετήσουν τον ρόλο του αναγλύφου σε σχέση με την κατανομή των κατακρυσμνημάτων.

Μία άλλη μελέτη που αναφέρεται σε πειράματα ευαισθησίας και ερευνά την ικανότητα πρόβλεψης κατακρημνισμάτων μέσω διαφορετικών παραμετροποιήσεων κατακόρυφης μεταφοράς (convection) και μικροφυσικών σχημάτων κατά την ψυχρή περίοδο πάνω από τον Ελλαδικό χώρο, έχουν κάνει οι Kotroni and Lagouvardos (2001). Οι ερευνητές ερευνούν 8 διαφορετικά επεισόδια έντονων βροχοπτώσεων κατά την ψυχρή περίοδο που συνδέονται με το πέρασμα μετωπικών συστημάτων, για να ελέγξουν κατά πόσο μπορεί το μοντέλο MM5 να προσομοιώνει ικανοποιητικά τις μεταβολές που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα και να περιγράψει σωστά τα ύψη των κατακρημνισμάτων. Οι ερευνητές χρησιμοποιούν τρεις διαφορετικές παραμετροποιήσεις κατακόρυφης μεταφοράς σε συνδυασμό με 2 μικροφυσικά σχήματα δημιουργώντας έτσι έξι «τρεξίματα» του μοντέλου MM5 για κάθε περίπτωση. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων γίνεται με στατιστική αξιολόγηση διαφόρων μεταβλητών όπως του Bias, threat, quantity bias και του mean absolute error.

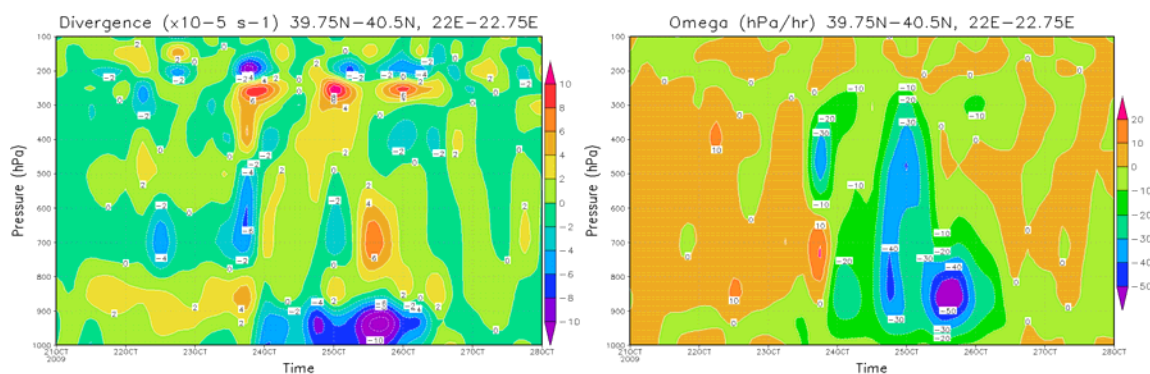
Σε μία τρίτη μελέτη που ασχολείται με το πέρασμα ενός ψυχρού μετώπου που προκάλεσε καταστροφικές πλημμύρες πάνω από τον Ελληνικό χώρο στις 21-22 Οκτωβρίου του 1994 γίνεται συνοπτική ανάλυση των συνθηκών που επικράτησαν στην ατμόσφαιρα τις ημέρες ενδιαφέροντος και σύγκριση δύο διαφορετικών μοντέλων. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ του ερευνητικού μη υδροστατικού μοντέλου CSU-RAMS (Colorado State University Regional -Atmospheric modeling system) και του επιχειρησιακού υδροστατικού μοντέλου ETA/NMC (eta/National Meteorological Center) κάνοντας και στα δύο πειράματα ευαισθησίας και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα τους (Lagouvardos et al. 1996).

Μία μελέτη που περιείχε πειράματα ευαισθησίας με το μη-υδροστατικό περιοχικό ατμοσφαιρικό μοντέλο WRF-ARW, πραγματοποιείται το πέρασμα ενός μετωπικού χαμηλού στις 24-26 Οκτωβρίου του 2009 που άφησε έντονες βροχοπτώσεις, οι οποίες δημιούργησαν σημαντικές πλημμύρες στην περιοχή της βόρειας Ελλάδας (Pytharoulis et al. 2010). Σε αυτή την μελέτη γίνεται συνοπτική ανάλυση του φαινομένου και παρουσιάζονται χάρτες που δείχνουν την ατμοσφαιρική πίεση στην μέση επιφάνεια της θάλασσας και την ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου (σχήμα 1.3).



Σχήμα (1.3): Παρουσιάζονται η ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου στα 10m στις 23/10/09 12UTC και 25/10/09 12UTC (Pytharoulis et. al. 2010).

Επίσης στο σχήμα 1.4 παρουσιάζονται από αυτή την εργασία διαγράμματα honmoller (μεταβλητής – χρόνου) που μας δείχνουν την μεταβολή της απόκλισης και της μεταβλητής ωμέγα πάνω από μία συγκεκριμένη περιοχή σε σχέση με τον χρόνο.



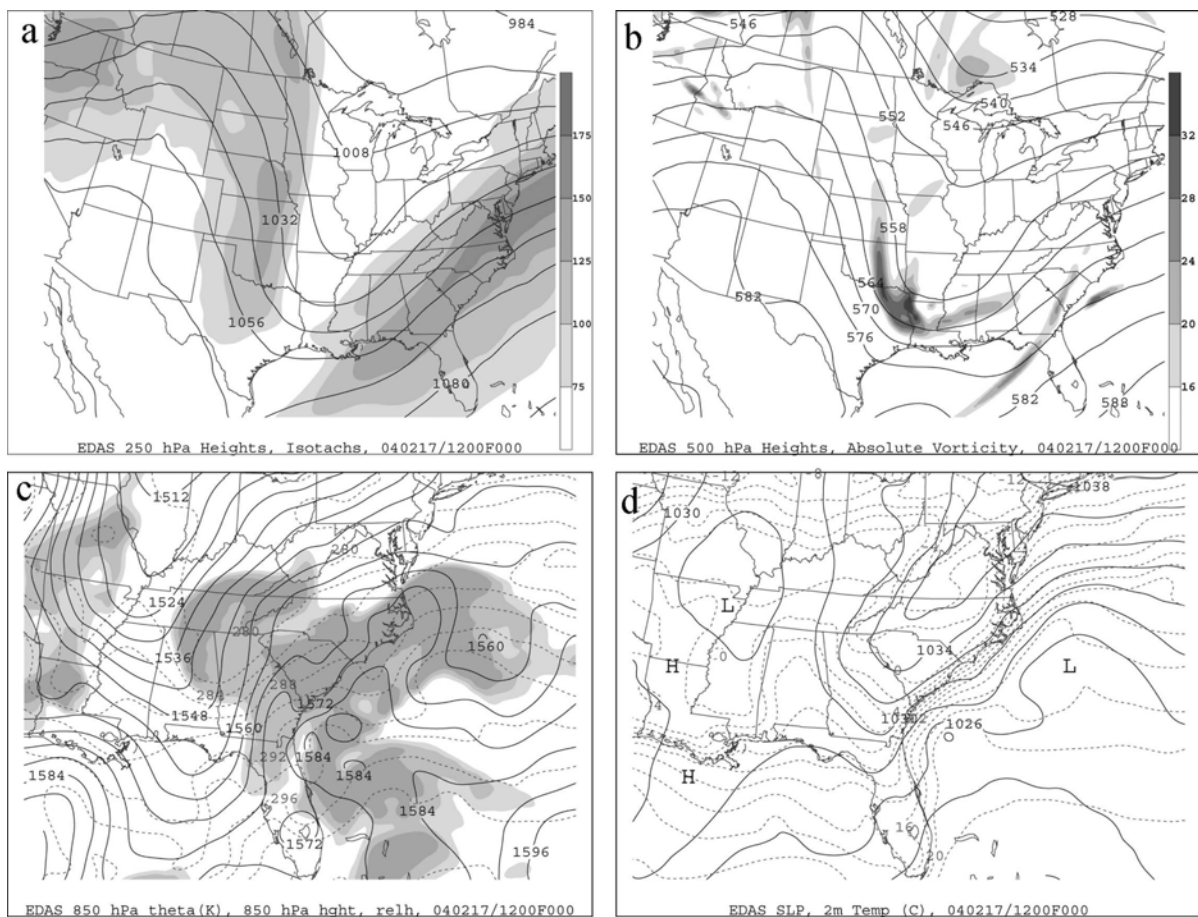
Σχήμα (1.4): Παρουσιάζονται διαγράμματα honmoller της απόκλισης και της ωμέγα. (Pytharoulis et al. 2010).

Τα πειράματα ευαισθησίας γίνονται για την διερεύνηση των παραμετροποιήσεων των μικροφυσικών σχημάτων και των οριακών στρωμάτων του μοντέλου WRF. Στόχος της εργασίας αυτής ήταν να βρεθεί ο καλύτερος συνδυασμός των εξισώσεων του μοντέλου ώστε να πάρουν οι ερευνητές την καλύτερη δυνατή προσομοίωση των ακραίων βροχοπτώσεων που συνέβησαν την περίοδο μελέτης. Για να γίνει αυτό έγιναν 18 πειράματα ευαισθησίας με διαφορετικούς συνδυασμούς μικροφυσικών σχημάτων και οριακών στρωμάτων (Pytharoulis et al. 2010).

Αυτό όμως το είδος μελέτης δεν απασχόλησε μόνο ερευνητές από τον Ελλαδικό χώρο αλλά και από άλλες περιοχές της Μεσογείου όπως την Γαλλία. Σε μία εργασία γίνεται συνοπτική περιγραφή

και μελέτη των συνθηκών που επικράτησαν στην ατμόσφαιρα στην περιοχή της νότιας Γαλλίας στις 12 και 13 Νοεμβρίου του 1999, γιατί στην περιοχή έλαβε χώρα μία σύντομη πλημμύρα. Στην εργασία αυτή οι ερευνητές πραγματοποίησαν πειράματα ευαισθησίας με δύο διαφορετικά μοντέλα για να καταλήξουν στο μοντέλο που περιγράφει καλύτερα την εκδήλωση της πλημμύρας. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το επιχειρησιακό παγκόσμιο μοντέλο ARPEGE και η περιορισμένης περιοχής έκδοση του ALADIN και το ερευνητικό μη-υδροστατικό μοντέλο Me'so-NH (P. Bechtold and E. Bazile, 2000).

Τέλος θα αναφερθούμε σε μία εργασία που πραγματοποιήθηκε στις Η.Π.Α, για να δείξουμε ότι το ενδιαφέρον για τα πειράματα ευαισθησίας είναι παγκόσμιο και δεν περιορίζεται στην λεκάνη της Μεσογείου. Οι (Mahoney and Lackmann, 2005), αφού έκαναν μία συνοπτική περιγραφή (σχήμα 1.5) του παράκτιου κυκλώνα και των παράκτιων μετώπων αυτού, μελέτησαν το γεγονός με πειράματα ευαισθησίας με δύο διαφορετικές παραμετροποιήσεις. Η πρώτη παραμετροποίηση που χρησιμοποιήθηκε είναι η (Betts–Miller–Janjic' (BMJ) CP scheme) και η δεύτερη η (Kain–Fritsch (KF) CP scheme). Μετά την πραγματοποίηση των πειραμάτων κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η δεύτερη παραμετροποίηση περιγράφει καλύτερα τον παράκτιο κυκλώνα που μελέτησαν.



Σχήμα (1.5): Εικόνα από την συνοπτική περιγραφή των (Mahoney and Lackmann, 2005) που περιγράφει την συνοπτική κατάσταση στις στάθμες των 250, 500, 850 hPa και στην επιφάνεια.

2 Δεδομένα και μεθοδολογία

2.1 Δεδομένα

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η προέλευση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών που επικράτησαν στην περιοχή της ευρύτερης Ανατολικής Μεσογείου και πιο συγκεκριμένα της Κύπρου κατά την περίοδο ενδιαφέροντος.

2.1.1 Παρατηρήσεις

Για την ανάλυση του βαρομετρικού χαμηλού που επηρέασε την περιοχή της Κύπρου και της ευρύτερης λεκάνης της Α. Μεσογείου κατά την περίοδο 17-18-19 Ιανουαρίου 2010 και για την σωστή αποτύπωση της χρησιμοποιήθηκαν όλες οι διαθέσιμες παρατηρήσεις, από επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι σταθμοί αυτοί ανήκουν στο δίκτυο της μετεωρολογικής υπηρεσίας της Κύπρου (Μ.Υ.Κ). Τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών, περιγράφονται στον πίνακα (2.1).

Αριθμός σταθμού	Όνομα Σταθμού	Φορέας	Υψόμετρο	lat	lon	Μεταβλητές	Διαστήματα που χρησιμοποιήθηκαν
1377	ΑΓΡΟΣ (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	1015	34.55	33.01	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC
1225	ΜΑΛΙΑ (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	645	34.49	32.47	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC
1270	ΤΡΟΟΔΟΣ (ΠΛΑΤΕΙΑ) (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	1725	34.56	32.53	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση ανέμου, ταχύτητα ανέμου και ύψος βροχής	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC
1415	ΑΣΤΡΟΜΕΡΙΤΗΣ (ΝΕΑ ΣΕΒΕΓΕΠ) (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	175	35.08	33.03	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC
1690	ΑΘΙΕΝΟΥ (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	150	35.04	33.33	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC
1039	ΠΑΦΟΣ (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	82	34.47	32.26	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC
1686	ΜΕΝΟΓΕΙΑ (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	140	34.51	33.26	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC
1041	ΠΟΛΙΣ ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ (Τ.Α.Υ.) (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	20	35.03	32.26	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση ανέμου, ταχύτητα ανέμου και ύψος βροχής	17/1/10 00UTC-19/1/10 18UTC

Πίνακας (2.1): Πληροφορίες για τους διαθέσιμους μετεωρολογικούς σταθμούς και τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν.

Αριθμός σταθμού	Όνομα Σταθμού	Φορέας	Υψόμετρο	lat	lon	Μεταβλητές	Διαστήματα που χρησιμοποιήθηκαν
1391	ΛΕΜΕΣΟΣ ΛΙΜΑΝΙ (ΠΑΛΑΙΟ) (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	5	34.40	33.03	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου	17/1/10 00UTC- 19/1/10 18UTC
1592	ΛΕΥΚΑΡΑ (ΥΔΑΤΟΦΡ.) (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	420	34.54	33.18	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία και ύψος βροχής	17/1/10 00UTC- 19/1/10 18UTC
1640	ΛΕΥΚΩΣΙΑ (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	155	35.10	33.21	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία και ύψος βροχής	17/1/10 00UTC- 19/1/10 18UTC
1666	ΑΘΑΛΑΣΣΑ (ΡΑΔΙΟΒΟΛΙΣΗ) (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	162	35.09	33.24	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση ανέμου, ταχύτητα ανέμου και ύψος βροχής	17/1/10 00UTC- 19/1/10 18UTC
1889	ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ (ΝΟΣΟΚ.) (ΑΜΣ)	Μ.Υ.Κ	65	35.04	33.58	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία, διεύθυνση ανέμου, ταχύτητα ανέμου και ύψος βροχής	17/1/10 00UTC- 19/1/10 18UTC
1032	ΚΑΘΙΚΑΣ (ΔΗΜ. ΣΧ.)	Μ.Υ.Κ	650	34.55	32.26	Σχετική υγρασία και θερμοκρασία	17/1/10 00UTC- 19/1/10 18UTC
1105	ΚΑΝΝΑΒΙΟΥ	Μ.Υ.Κ	419	34.55	32.34	Σχετική υγρασία, θερμοκρασία και ύψος βροχής	17/1/10 00UTC- 19/1/10 18UTC
17609	ΛΑΡΝΑΚΑ	Μ.Υ.Κ	2	34.52	33.37	Ύψος βροχής	18/1/10 06UTC- 19/1/10 06UTC
17600	ΠΑΦΟΣ	Μ.Υ.Κ	8	34.43	32.28	Ύψος βροχής	18/1/10 06UTC- 19/1/10 06UTC
17601	ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	Μ.Υ.Κ	23	34.34	32.58	Ύψος βροχής	18/1/10 06UTC- 19/1/10 06UTC
17607	ΑΘΑΛΑΣΣΑ	Μ.Υ.Κ	161	35.09	33.24	Ύψος βροχής	18/1/10 06UTC- 19/1/10 06UTC

Πίνακας (2.1): (συνέχεια)

Για τον κάθε ένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που αναφέρονται παραπάνω, είναι διαθέσιμα συγκεκριμένα στοιχεία που αποτελούν τις διάφορες μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε για τη συνοπτική περιγραφή και την στατιστική αξιολόγηση του νετού. Τα στοιχεία αυτά είναι η σχετική υγρασία (%), η θερμοκρασία σε βαθμούς κελσίου, η ταχύτητα και η διεύθυνση ανέμου και τέλος σε κάποιους σταθμούς το ύψος βροχόπτωσης. Στο σχήμα 2.1 με κίτρινο χρώμα παρουσιάζονται οι σταθμοί από τους οποίους υπάρχουν δεδομένα βροχόπτωσης και με κόκκινο οι σταθμοί που δεν έχουν δεδομένα βροχόπτωσης. (Να σημειωθεί ότι οι σταθμοί 666 και 607 είναι ο ίδιος σταθμός και παρουσιάζονται με διαφορετικό χρώμα λόγω διαφορετικής πηγής προέλευσης των δεδομένων).



Σχήμα (2.1): Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί από τους οποίους υπάρχουν δεδομένα.

2.1.2 ECMWF

Για την περαιτέρω ανάλυση της κατάστασης της ατμόσφαιρας χρησιμοποιήθηκαν πλεγματικά δεδομένα από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF). Η ανάλυση και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, έγινε με την βοήθεια του λογισμικού GrADS (Grid Analysis and Display System).

Για τη βέλτιστη ανάλυση του φαινομένου χρησιμοποιήθηκαν όλα τα ισοβαρικά επίπεδα σε τομές που έγιναν στην ατμόσφαιρα και σε διαγράμματα homoller. Για τις διάφορες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν επιλέχθηκαν κυρίως να παρουσιαστούν οι στάθμες των 500, 850, 700, 200 και 925 hPa. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν επίγεια στοιχεία ατμοσφαιρικής πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας για τη δημιουργία μετεωρολογικών χαρτών και την περιγραφή των μετεωρολογικών συστημάτων.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των μετεωρολογικών χαρτών ήταν: οι u και v συνιστώσες του ανέμου στην επιφάνεια και σε διάφορες στάθμες της ατμόσφαιρας, η απόκλιση (divergence), η πίεση στη μέση στάθμη της θάλασσας, η σχετική υγρασία (%), η θερμοκρασία σε διάφορες στάθμες στην ατμόσφαιρα, ο στροβιλισμός (vorticity) και η κατακόρυφη ταχύτητα (vertical velocity).

Η περιοχή η οποία αναλύθηκε με τη βοήθεια των δεδομένων που λήφθηκαν από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού περιλαμβάνει την περιοχή του ευρύτερου Ευρωπαϊκού χώρου, τη βόρειο Αφρική, τη δυτική Ασία και τον Ανατολικό Ατλαντικό ωκεανό.

Αυτή η περιοχή εκτείνεται από 15° μέχρι 70° Βόρεια και από 30° Δυτικά μέχρι 60° Ανατολικά. Τα δεδομένα μας δόθηκαν με χωρική ανάλυση 0.25° x 0.25° ανά έξι ώρες.

2.2 Μεθοδολογία

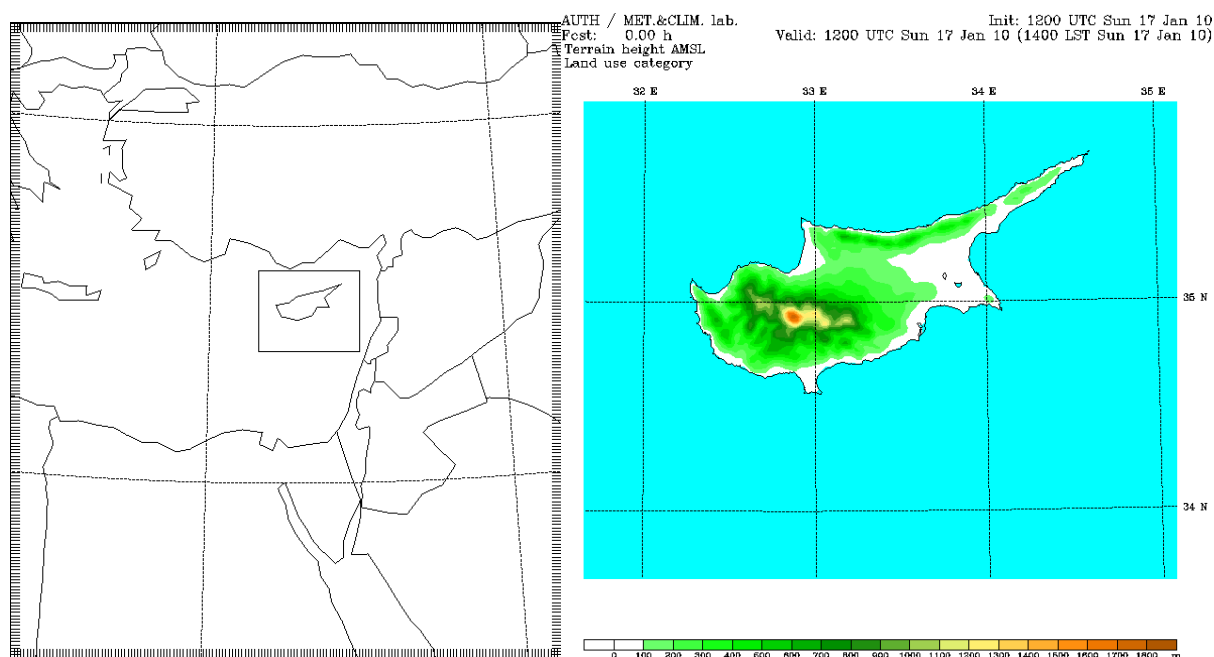
Για την προσομοίωση των ατμοσφαιρικών συνθηκών και τη διενέργεια των πειραμάτων ευαισθησίας χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο το μοντέλο WRF (Weather Research and Forecasting). Τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν από τα πειράματα ευαισθησίας, θα επεξεργαστούν στη συνέχεια στατιστικά με την μέθοδο των δυαδικών (ναι/όχι) προβλέψεων. Η ανάλυση των πειραμάτων ευαισθησίας καθώς και η εξαγωγή αποτελεσμάτων έγινε με την βοήθεια του λογισμικού Grads.

2.2.1 WRF

Το μοντέλο αυτό είναι ένα επόμενης γενιάς αριθμητικό σύστημα πρόγνωσης καιρού, που σχεδιάστηκε να προσφέρει τόσο προγνώσεις όσο και για να συνεισφέρει στην έρευνα της ατμόσφαιρας. Χαρακτηρίζεται από πολλαπλούς δυναμικούς πυρήνες αλλά και από δυνατότητα παραλληλισμού των ποικίλων τρισδιάστατων δεδομένων, ενώ είναι κατάλληλο για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε κλίμακες λίγων μέτρων έως χιλιάδων χιλιομέτρων. Το σύστημα μοντέλων εξελιγμένης έρευνας WRF (ARW) είναι υπό ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε ήταν η 3.1.1. Το ARW είναι σχεδιασμένο ως ένα ευέλικτο (ανωτάτου επιπέδου τεχνικής), σύστημα ατμοσφαιρικής προσομοίωσης το οποίο είναι φορητό και λειτουργικό σε παράλληλα υπολογιστικά συστήματα. Γενικά, επιτρέπει στους ερευνητές τη δυνατότητα να διαχειρίζονται στις προσομοιώσεις που απεικονίζουν, είτε πραγματικά είτε ιδεατά δεδομένα ενώ παρέχει ένα λειτουργικό πρότυπο, που είναι ευέλικτο και αποδοτικό υπολογιστικά, προσφέροντας πλεονεκτήματα στη χρήση φυσικής και μαθηματικών. Το μοντέλο αυτό αποτελεί προϊόν συνεργασίας κυρίως μεταξύ του Εθνικού Κέντρου για την Ατμοσφαιρική Έρευνα (NCAR) των ΗΠΑ, της Εθνικής Διοίκησης Ωκεανών και Ατμοσφαιρικής, «τα Εθνικά Κέντρα για την Περιβαλλοντική Πρόβλεψη», (NCEP) και του Εργαστηρίου Συστημάτων πρόβλεψης (FSL), της Μετεωρολογικής Διοίκησης της Πολεμικής Αεροπορίας (AFWA), του Ναυτικού Ερευνητικού Εργαστηρίου, του πανεπιστημίου της Οκλαχόμα και της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (FAA).

Αυτό το εξελιγμένο εργαλείο χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της ατμόσφαιρας στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Χρησιμοποιήθηκαν δύο επάλληλα πλέγματα: η εξωτερική προσομοίωση της περιοχής που περικλείεται από το γεωγραφικό πλάτος 24.41 μέχρι 43.2 μοίρες και από το γεωγραφικό μήκος 21.84 μέχρι 43.28 μοίρες με ανάλυση 10Km x 10Km. Η εσωτερική

περιοχή η οποία βρισκόταν μέσα στη μεγάλη (two way nesting) εκτείνεται από το γεωγραφικό πλάτος 33.57 μέχρι 36.03 μοίρες και το γεωγραφικό μήκος 31.56 μέχρι 35.20 μοίρες με ανάλυση 2Km x 2Km. (σχήμα 2.2)



Σχήμα (2.2): Στο σχήμα φαίνονται τα δύο επάλληλα πλέγματα καθώς και η μορφολογία του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε για την εσωτερική περιοχή.

2.2.2 Στατιστική αξιολόγηση αποτελεσμάτων των πειραμάτων ευαισθησίας

Κρίθηκε αναγκαία η περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων που είχαμε με την Μέθοδο των δυαδικών (ναι/όχι) προβλέψεων. Μια δυαδική πρόβλεψη λέει (ναι ένα γεγονός θα συμβεί) ή (όχι ένα γεγονός δεν θα συμβεί). Οι περιπτώσεις βροχής και ομίχλης είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων δυαδικών (ναι/όχι) προβλέψεων.

Για να επαληθεύσουμε το είδος των προβλέψεων ξεκινάμε με ένα πίνακα που δείχνει τη συχνότητα «ναι» και «όχι» των προβλέψεων. Ο πίνακας αυτός περιέχει τέσσερις συνδυασμούς των προβλέψεων και των παρατηρήσεων. Η διαδικασία που θα χρησιμοποιήσουμε για την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα πειράματα ευαισθησίας, περιέχει τέσσερις περιπτώσεις:

- Επιτυχείς (hit): η πρόγνωση λέει ότι το γεγονός θα συμβεί και το γεγονός πραγματικά συνέβη. (a)
- Ανεπιτυχείς (miss): η πρόγνωση λέει ότι το γεγονός δεν θα συμβεί αλλά το γεγονός συνέβη. (c)

- Ψευδή συναγερμού (false alarm): η πρόγνωση να παρουσιάζει ότι το γεγονός θα συμβεί και το γεγονός να μην συνέβη. (b)
- Σωστών αρνητικών (correct negative): η πρόγνωση να παρουσιάζει ότι το γεγονός δεν θα συμβεί και το γεγονός να μην συνέβη. (d)

Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου πίνακα συνάφειας (contingency) παρουσιάζεται στον πίνακα 2.2:

Event forecast	Event observed		
	Yes	No	Marginal total
Yes	a	b	a+b
No	c	d	c+d
Marginal total	a+c	b+d	a+b+c+d=n

Πίνακας (2.2): Παράδειγμα πίνακα δυαδικών προβλέψεων.

Ο πίνακας αυτός (contingency) είναι χρήσιμος για να δούμε ποιοι τύποι λαθών συμβαίνουν. Ένα τέλειο σύστημα πρόγνωσης θα παράγει μόνο προγνώσεις επιτυχείς(a) και σωστές αρνητικές(d) και καθόλου ανεπιτυχείς(c) και ψευδείς συναγερμούς(b). Μια μεγάλη ποικιλία από κατηγορίες στατιστικών υπολογίζονται από τον πίνακα για να περιγραφούν συγκεκριμένες πτυχές των επιδόσεων των προβλέψεων. Θα παρουσιαστούν μόνο οι κατηγορίες εκείνες που θα χρησιμοποιηθούν στην εν λόγω εργασία.

- Η μεταβλητή Bias των δυαδικών προβλέψεων συγκρίνει την συχνότητα των προβλέψεων με τη συχνότητα των πραγματικών περιστατικών και εκπροσωπείται από το λόγο:

$$\text{Bias} = (a+b)/(a+c)$$

Το εύρος των τιμών που λαμβάνει κυμαίνεται από το 0 μέχρι και το άπειρο, με τέλεια τιμή τη μονάδα. Αν το $B > 1$ η πρόβλεψη υπερεκτιμά τη συχνότητα εμφάνισης του γεγονότος και αν το $B < 1$ η πρόβλεψη υποεκτιμά το γεγονός.

- Το μέτρο που εξετάζει από προεπιλογή το συμβάν με την μέτρηση της αναλογίας των παρατηρημένων γεγονότων που είχαν σωστή πρόβλεψη ονομάζεται πιθανότητα ανίχνευσης (probability of detection).

$$POD=a/(a+c)$$

Το εύρος των τιμών που λαμβάνει η τιμή της POD κυμαίνεται από 0 μέχρι 1, με τέλεια τιμή τη μονάδα. Ονομάζεται επίσης ποσοστό επιτυχίας. Η μεταβλητή POD είναι ευαίσθητη σε επιτυχείς προβλέψεις αλλά δεν λαμβάνει υπόψη της τους ψευδείς συναγερμούς. Μπορεί τεχνητά να βελτιωθεί με την παραγωγή θετικών προβλέψεων (yes) για την αύξηση του αριθμού των επιτυχών προβλέψεων (με συνέπεια πολλούς ψευδείς συναγερμούς). Ενώ λοιπόν η μεγιστοποίηση του αριθμού των θετικών προβλέψεων και ελαχιστοποίηση του αριθμού των ψευδών συναγερμών είναι επιθυμητή, είναι υποχρεωτικό ότι η μεταβλητή POD πρέπει να εξεταστεί από κοινού με την συχνότητα λανθασμένου συναγερμού (false alarm ratio).

- Η συχνότητα λανθασμένου συναγερμού (FAR) διαιρεί τους ψευδής συναγερμούς με το άθροισμα των επιτυχών προβλέψεων και των ψευδών συναγερμών.

$$FAR=b/(a+b)$$

Το εύρος των τιμών που λαμβάνει η τιμή της FAR κυμαίνεται από 0 μέχρι 1, με τέλεια τιμή το μηδέν. Είναι ευαίσθητη σε ψευδής συναγερμούς αλλά αγνοεί τις ανεπιτυχείς προβλέψεις. Πολύ ευαίσθητη στην κλιματολογική συχνότητα των γεγονότων. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται με την πιθανότητα ανίχνευσης.

- Μεταβλητή ETS των δυαδικών προβλέψεων που υπολογίζεται:

$$ETS=(a-ar)/(a+b+c-ar) \text{ όπου } ar=(a+b)*(a+c)/n$$

Το εύρος των τιμών που λαμβάνει η τιμή ETS κυμαίνεται από -1/3 μέχρι 1, το 0 υποδεικνύει πως δεν έχει καμία ιδιότητα και τέλεια τιμή της είναι η μονάδα. Η μεταβλητή αυτή είναι ένα μέτρο για το κλάσμα των παρατηρούμενων γεγονότων ή και των προβλέψεων γεγονότων που είχαν προβλεφθεί σωστά. Η ETS είναι προσαρμοσμένη για προβλέψεις που συνδέονται με τυχαία πιθανότητα (για παράδειγμα είναι πιο εύκολο να προβλέψεις σωστά την εμφάνιση βροχής σε ένα υγρό κλίμα παρά σε ένα ξηρό κλίμα). Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιείται συχνά για την επαλήθευση των βροχοπτώσεων σε NWP (numerical weather prediction) αριθμητικά μοντέλα, επειδή επιτρέπει στα αποτελέσματα να συγκριθούν με πιο δίκαιο τρόπο μεταξύ των διαφόρων σταθερά επαναλαμβανόμενων γεγονότων. Ευαίσθητη σε επιτυχείς προβλέψεις επειδή «τιμωρεί» τις

ανεπιτυχείς προβλέψεις και τους λανθασμένους συναγερμούς με τον ίδιο τρόπο, δεν διακρίνεται η πηγή του σφάλματος της πρόβλεψης.

2.2.3 Λογισμικό GrADS

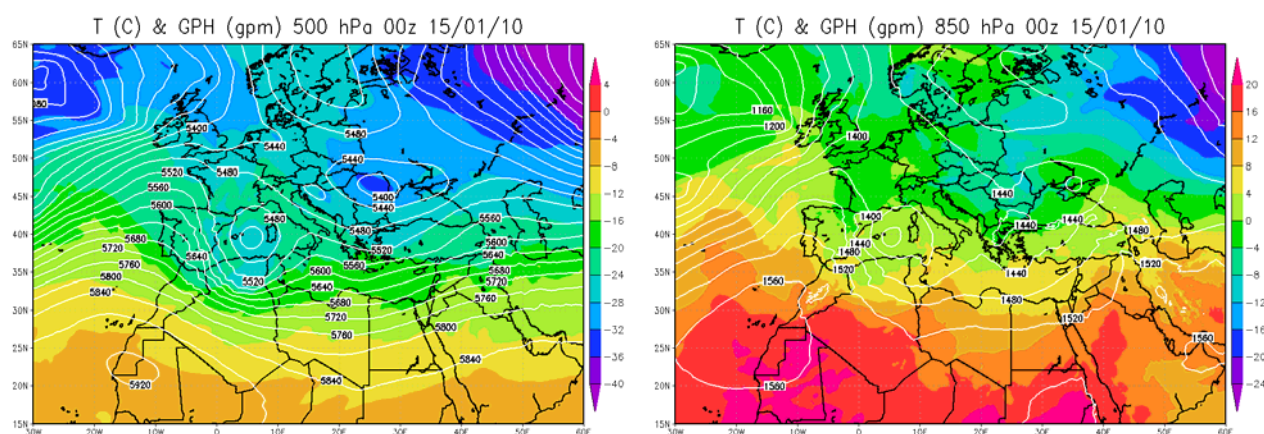
Τέλος να αναφέρω ότι το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων από τα πειράματα ευαισθησίας ήταν το λογισμικό GrADS (Grid Analysis and Display System). Το λογισμικό αυτό αποτελεί ένα διαδραστικό εργαλείο υπολογισμών που χρησιμοποιείται για την εύκολη πρόσβαση, τον χειρισμό και την απεικόνιση στοιχείων και δεδομένων που σχετίζονται με τις ατμοσφαιρικές επιστήμες. Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιεί ένα τετραδιάστατο περιβάλλον στοιχείων (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, ισοβαρικό επίπεδο και 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 και στοιχεία πλέγματος. Τα στοιχεία μπορούν να απεικονιστούν γραφικά, με την αντίστοιχη χωρική και χρονική εγγραφή τους και οι διαδικασίες εκτελούνται με την είσοδο εκφράσεων όπως αυτές της FORTRAN.

3 Συνοπτική ανάλυση του επεισοδίου

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η συνοπτική κατάσταση του ευρύτερου Ευρωπαϊκού χώρου κατά το διάστημα ενδιαφέροντος. Θα δοθεί η γενική εικόνα της κατάστασης που επικρατεί στην ατμόσφαιρα και γενικότερα στην κυκλοφορία αυτής, αρκετές μέρες πριν το φαινόμενο, κατά την διάρκεια του φαινομένου με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και τέλος ένα μικρό χρονικό διάστημα μετά το πέρας του έντονου φαινομένου που μελετάται.

3.1 Ανάλυση των συνθηκών στον Ευρωπαϊκό χώρο για την περίοδο 00UTC 15/1/10-00UTC 17/1/10.

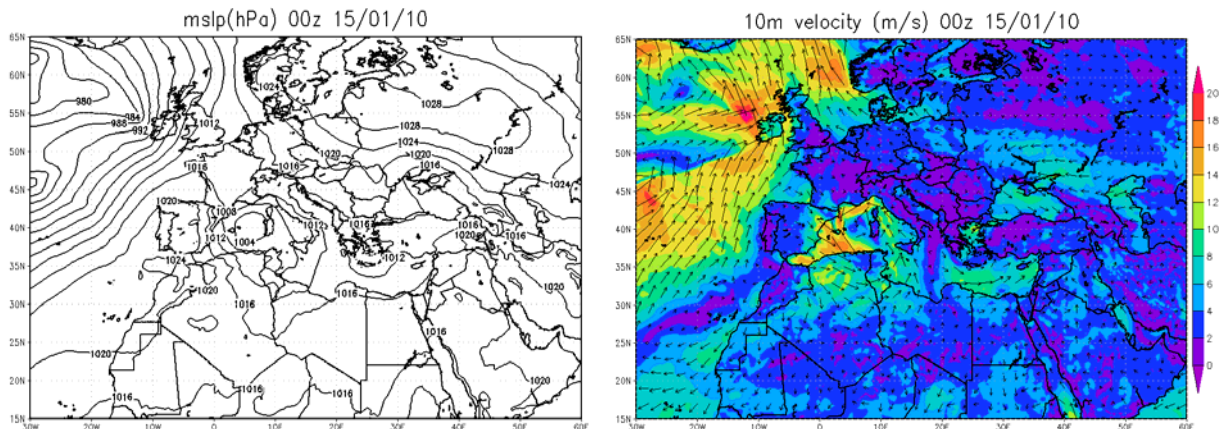
Ξεκινώντας τη συνοπτική ανάλυση από τις 15/01/2010 στις 00UTC παρατηρούμε στον Ευρωπαϊκό χώρο, στη στάθμη των 500 και 850 hPa τα χαμηλά ύψη να κυριαρχούν στο βορειοδυτικό Ατλαντικό, νότια της Γαλλίας και στα βόρεια βαλκάνια. Αντίστοιχα τα υψηλά ύψη κυριαρχούν στον νοτιοανατολικό Ατλαντικό, στην περιοχή της Σκανδιναβικής χερσονήσου, κατά μήκος των βόρειων ακτών της Αφρικής και νοτιότερα. Σημαντική στην συνέχεια της συνοπτικής ανάλυσης, θα φανεί η ψυχρή λίμνη που παρατηρείται νότια της Γαλλίας (σχήμα 3.1).



Εικόνα (3.1): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 00UTC 15/01/10.

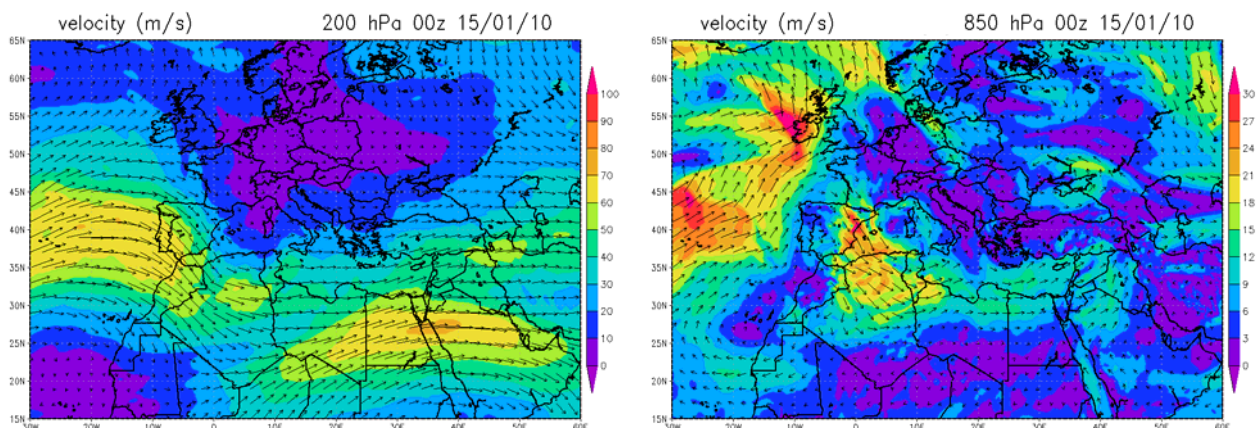
Τα μετεωρολογικά συστήματα όπως αποτυπώνονται στο χάρτη επιφανείας, λαμβάνουν μία έκταση μεταξύ των δύο μεγάλων αντικυκλώνων που κυριαρχούν στον Ευρωπαϊκό χώρο, του Αζορικού αντικυκλώνα που εκτείνεται βορειοδυτικά της Αφρικής και τον Σιβηρικό αντικυκλώνα που κυριαρχεί σε όλη σχεδόν τη βορειοανατολική Ευρώπη περιλαμβανομένων, της σκανδιναβικής χερσονήσου και των μεγάλων εκτάσεων της Ρωσίας. Οι χαμηλές πιέσεις περιορίζονται στην περιοχή της Μεσογείου και στο βορειοδυτικό Ατλαντικό ωκεανό. Οι άνεμοι στην επιφάνεια

περιγράφουν την κίνηση του κάθε μετεωρολογικού συστήματος ανάλογα με τη φύση του (αντικυκλωνική, κυκλωνική) (σχήμα 3.2).



Σχήμα (3.2): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 00UTC 15/01/10.

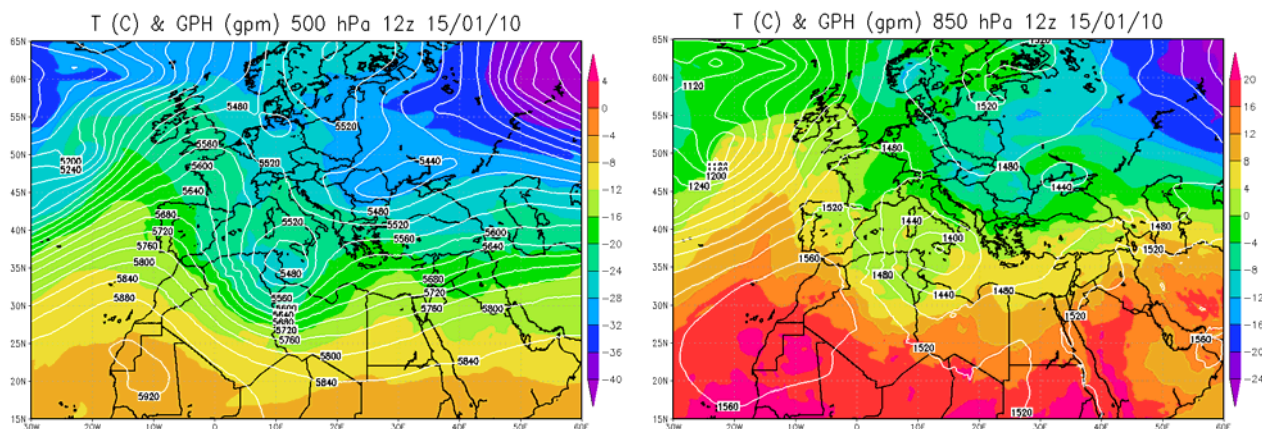
Οι άνεμοι στην στάθμη των 850 hPa περιγράφουν την κίνηση του κάθε μετεωρολογικού συστήματος ανάλογα με τη φύση του (αντικυκλωνική, κυκλωνική) όπως ακριβώς συμβαίνει και στην επιφάνεια. Στη στάθμη των 200 hPa παρατηρούμε την κίνηση του υποτροπικού αεροχείμαρρου, ο οποίος ακολουθεί και περιγράφει τα συστήματα της ανώτερης ατμόσφαιρας. Στο σχήμα 3.3 νότια της Γαλλίας δημιουργείται ένα «σπάσιμο» του αεροχείμαρρου εξαιτίας της ύπαρξης της ψυχρής λίμνης που θα μας απασχολήσει στη συνέχεια της συνοπτικής ανάλυσης.



Σχήμα (3.3): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 00UTC 15/01/10.

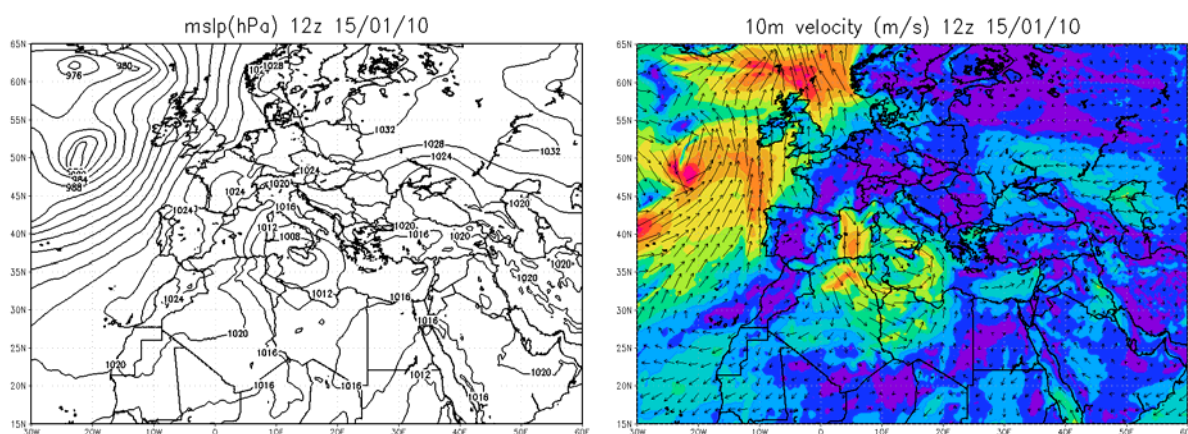
Στις 15/01/10 12UTC η γενική διάταξη των συστημάτων παραμένει η ίδια σε όλες τις στάθμες της ατμόσφαιρας (Σχήμα 3.4). Μόνη σημαντική αλλαγή είναι ότι, ο Αζορικός αντικυκλώνας παρουσιάζει μία κίνηση προς τα βόρεια, πιο ενισχυμένος πλέον από πριν, σπρώχνοντας ψυχρότερες αέριες μάζες προς τα νοτιοανατολικά του, όπου και ενισχύεται η ψυχρή λίμνη που πλέον βρίσκεται νότια της Ιταλίας. Με την κίνηση αυτή ο Αζορικός «φράζει» την κίνηση των συστημάτων από τα

βορειοδυτικά και τα αναγκάζει να κινηθούν ανατολικά νοτιοανατολικά. Επομένως υπάρχει ένας εμποδισμός της δυτικής ροής που περιορίζει την κίνηση των συστημάτων.



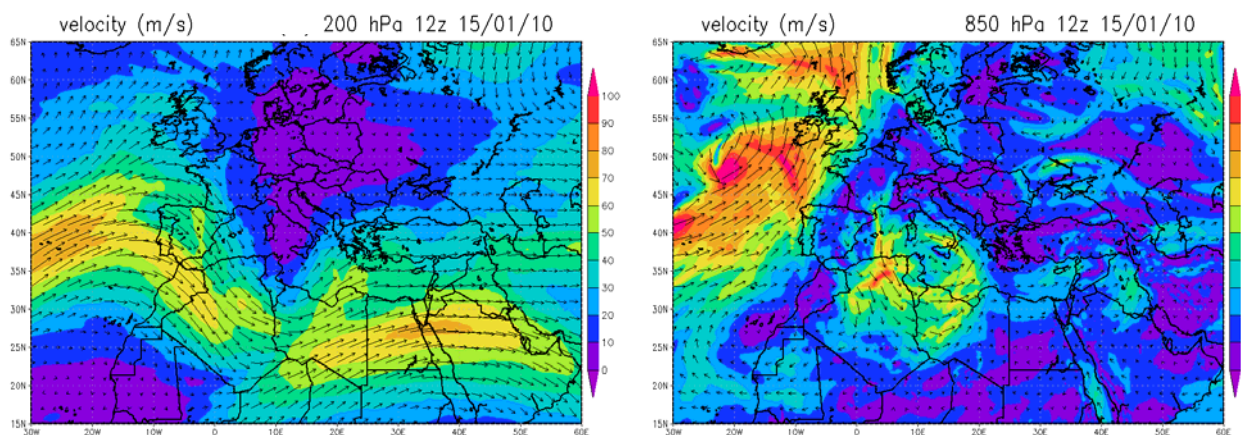
Σχήμα (3.4): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 12UTC 15/01/10.

Η επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση στους δύο μεγάλους αντικυκλώνες, αυξάνεται από 1020 hPa σε 1024 hPa στον Αζορικό και από 1028 hPa σε 1032 hPa στον Σιβηρικό. Την ίδια στιγμή, νότια της Ιταλίας φαίνεται το κέντρο του βαρομετρικού χαμηλού που βρισκόταν νότια της Γαλλίας να έχει κινηθεί ανατολικότερα. Οι άνεμοι στην επιφάνεια βλέπουμε ότι περιγράφουν σχεδόν τέλεια το βαρομετρικό χαμηλό που βρίσκεται στην κεντρική Μεσόγειο και την κυκλωνική κίνηση των συστημάτων που βρίσκονται στο βορειοδυτικό Ατλαντικό. Στο σχήμα 3.5 παρουσιάζεται η αύξηση των επιφανειακών πιέσεων των αντικυκλωνικών συστημάτων και η τέλεια περιγραφή του βαρομετρικού χαμηλού νότια της Ιταλίας από τους ανέμους επιφανείας.



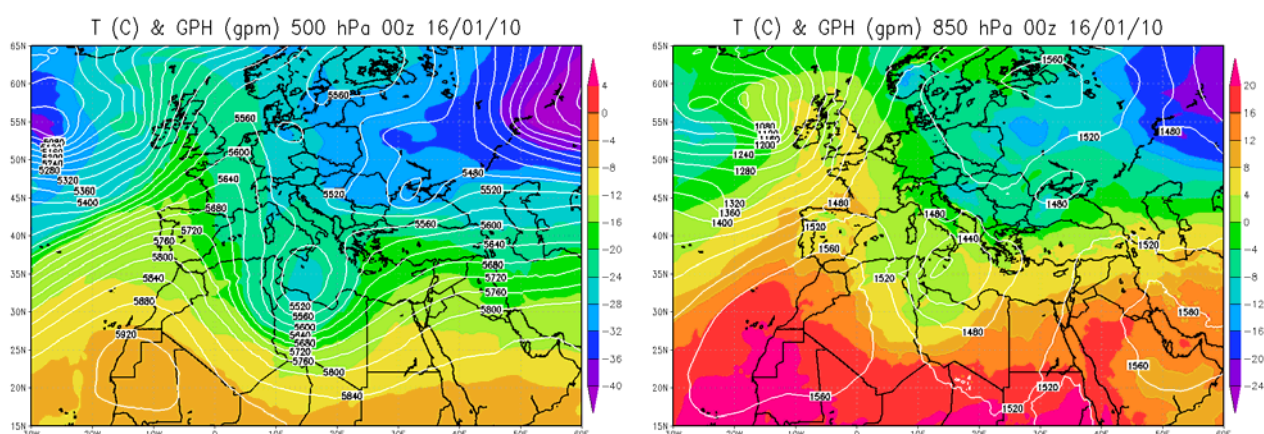
Σχήμα (3.5): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 12UTC 15/01/10.

Οι άνεμοι στην στάθμη των 850 hPa (Σχήμα 3.6) περιγράφουν πολύ καλά το βαρομετρικό χαμηλό που βρίσκεται στην κεντρική Μεσόγειο και την κυκλωνική κίνηση των συστημάτων που βρίσκονται στο βορειοδυτικό Ατλαντικό. Τέλος το «σπάσιμο» του υποτροπικού αεροχέιμαρρου ακολουθεί την κίνηση του βαρομετρικού χαμηλού, κάτι που φαίνεται καθαρά στο σχήμα 4.6.



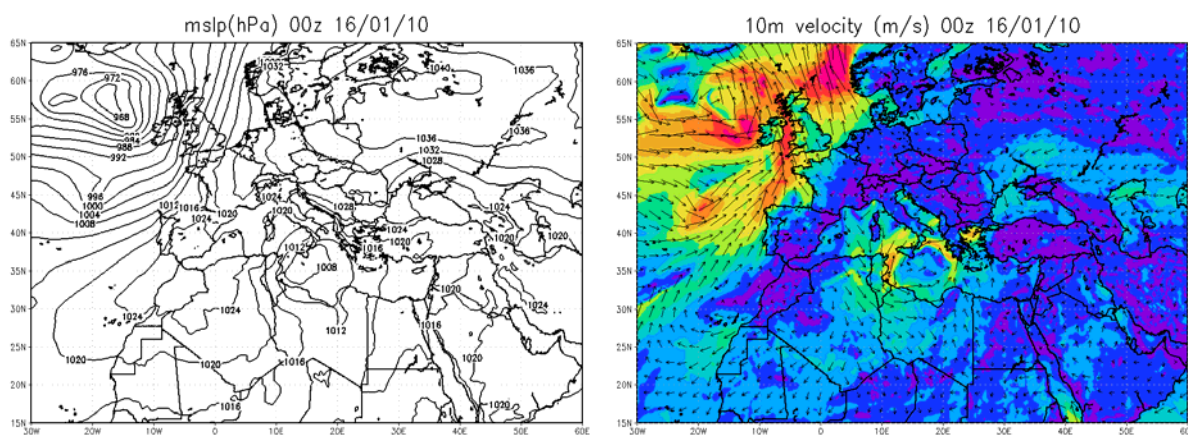
Σχήμα (3.6): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 12UTC 15/01/10.

Στις 16/01/10 00UTC η γενική διάταξη των συστημάτων παραμένει ίδια. Όμως στο σχήμα 3.7 βλέπουμε μία ενίσχυση του υψηλού των υψών πάνω από τη Σκανδιναβική χερσόνησο, και μία αποδυνάμωση του χαμηλού των υψών που βρίσκεται πλέον πάνω από το Λιβυκό πέλαγος, στις στάθμες των 500 και 850 hPa.



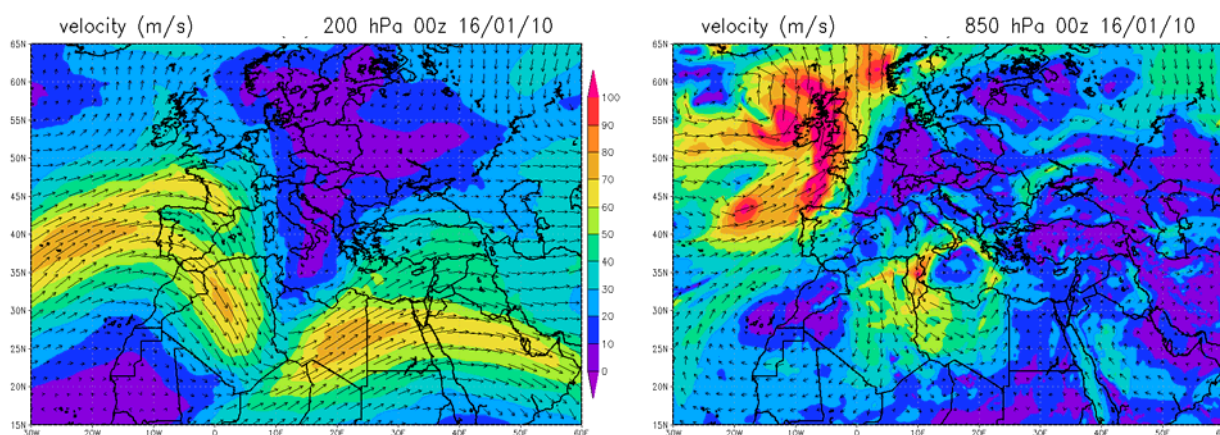
Σχήμα (3.7): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 00UTC 16/01/10.

Επίσης και στην επιφάνεια στο σχήμα 3.8 παρατηρούμε το «γέμισμα» του χαμηλού που η ατμοσφαιρική του πίεση έχει αυξηθεί κατά 4 hPa σε ένα 12ωρο, από 1004 στα 1008 hPa. Το κέντρο του Αζορικού αντικυκλώνα διατηρεί την ίδια ατμοσφαιρική πίεση, αντίθετα με το κέντρο του Σιβηρικού αντικυκλώνα όπου και παρατηρείται αύξηση της πίεσης από 1032 σε 1040 hPa. Η εξασθένηση του χαμηλού περιγράφεται πολύ καλά και από την εξασθένηση των ανέμων στην επιφάνεια.



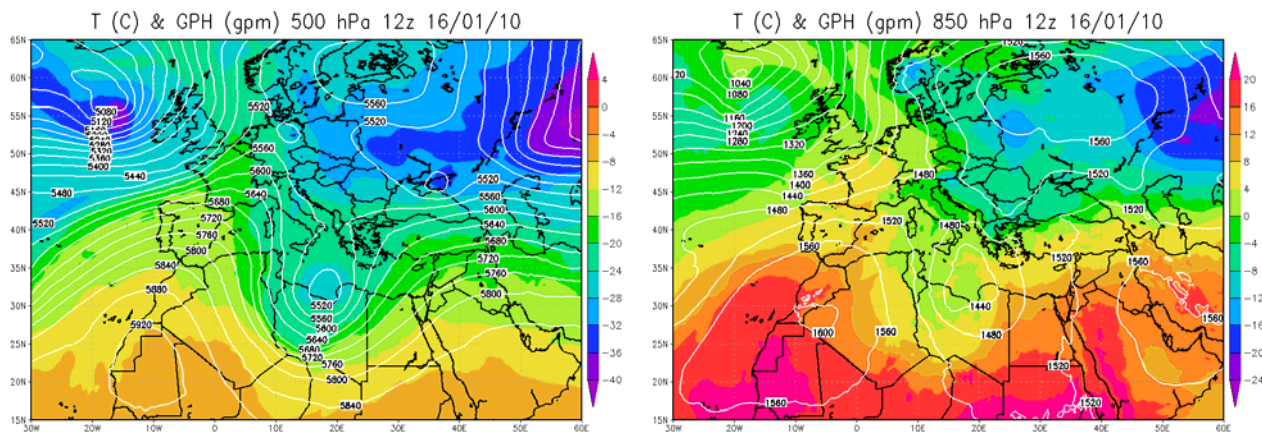
Σχήμα (3.8): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 00UTC 16/01/10.

Η εξασθένηση του χαμηλού περιγράφεται πολύ καλά και από την πτώση της έντασης των ανέμων στην στάθμη των 850 hPa. Αντίθετα βλέποντας το σχήμα 3.9 διαπιστώνουμε ότι το σπάσιμο του υποτροπικού αεροχείμαρρου συνεχίζει να ακολουθεί τις χαμηλές πιέσεις κινούμενο ανατολικά νότιο ανατολικά. Διαπιστώνουμε επίσης, πως όσο ακολουθεί αυτή την κίνηση γίνεται πιο έντονο και οι ταχύτητες των ανέμων στην στάθμη των 200 hPa αυξάνουν μπροστά και δεξιά από το σύστημα που μελετάμε.



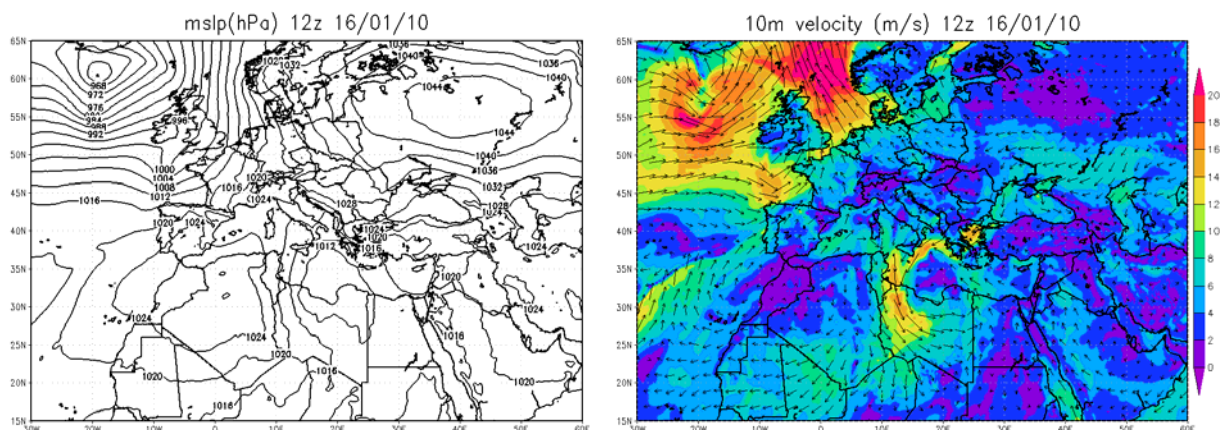
Σχήμα (3.9): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 00UTC 16/01/10.

Μέσα στο επόμενο 12ωρο στις 16/01/10 12UTC δεν παρατηρείται κάποια αλλαγή στην γενική εικόνα της Ευρώπης. Το μόνο που αξίζει να αναφερθεί είναι η νοτιότερη κίνηση κυκλωνικού συστήματος στις στάθμες των 500 και 850 hPa και η εμμονή των χαμηλών θερμοκρασιών στο κέντρο του. Επίσης στο σχήμα 3.10 αντιλαμβανόμαστε ότι συνεχίζεται ο εμποδισμός στη δυτική ροή από τον Αζορικό αντικυκλώνα, ο οποίος αναγκάζει ψυχρότερες αέριες μάζες να μεταφερθούν στην περιοχή της κεντρικής Μεσογείου και να συντηρήσουν τις χαμηλές θερμοκρασίες στη μέση και ανώτερη ατμόσφαιρα στην περιοχή των χαμηλών πιέσεων.



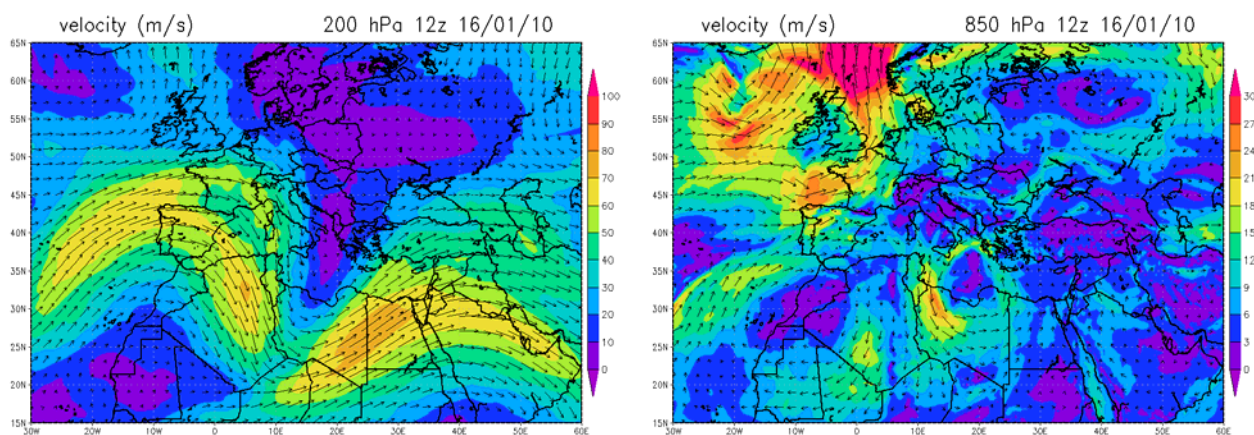
Σχήμα (3.10): Στο Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 12UTC 16/01/10.

Στην επιφάνεια συνεχίζει να αυξάνει η πίεση στο κέντρο του Σιβηρικού αντικυκλώνα η οποία έφτασε στα 1044 hPa και το βαρομετρικό χαμηλό στην κεντρική μεσόγειο συνεχίζει να «γεμίζει» με την πίεση πλέον στο κέντρο του να φτάνει τα 1012 hPa. Στο σχήμα 3.11 παρατηρούμε ότι το χαμηλό στην επιφάνεια δεν υφίσταται. Οι άνεμοι προκαλούνται από το συνδυασμό των σχετικά χαμηλών πιέσεων με τις υψηλές πιέσεις προς τα βορειοδυτικά και προς τα νοτιοανατολικά που ενισχύουν την βαροβαθμίδα.



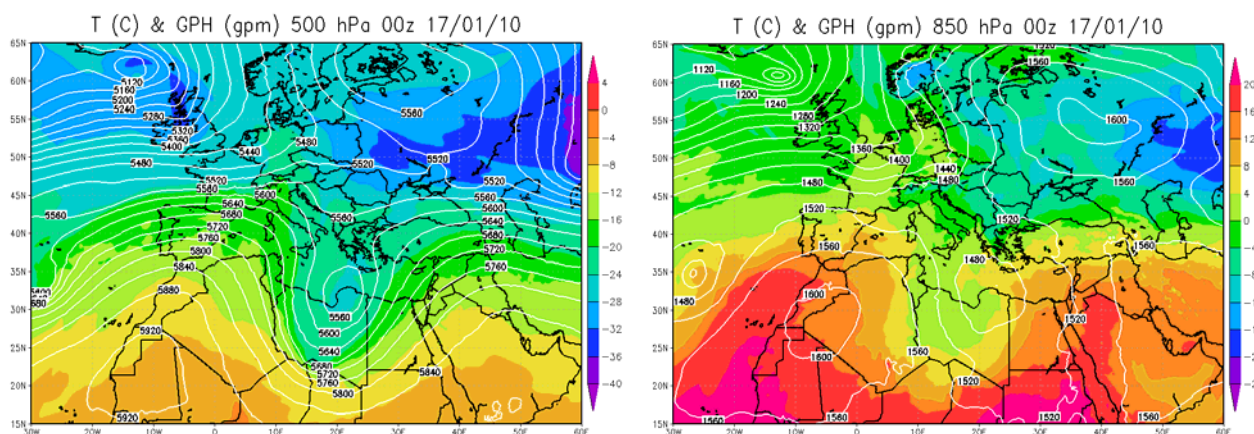
Σχήμα (3.11): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 12UTC 16/01/10.

Βλέπουμε ότι οι άνεμοι στα 850 hPa συνεχίζουν να περιγράφουν το δυτικό βορειοδυτικό όριο των σχετικά χαμηλών υψών που βρίσκονται στην κεντρική Μεσόγειο με τα υψηλά ύψη που συναντιούνται στην κεντρική Ευρώπη όπως ακριβώς και στην επιφάνεια. Στο σχήμα 3.12 παρατηρούμε σπάσιμο του αεροχείμαρρου που πλέον το βρίσκουμε πολύ νοτιότερα αφού ακολουθεί την κίνηση του αποκομμένου αυλώνα στα 500 hPa προς την βόρειο Αφρική.



Σχήμα (3.12): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 12UTC 16/01/10.

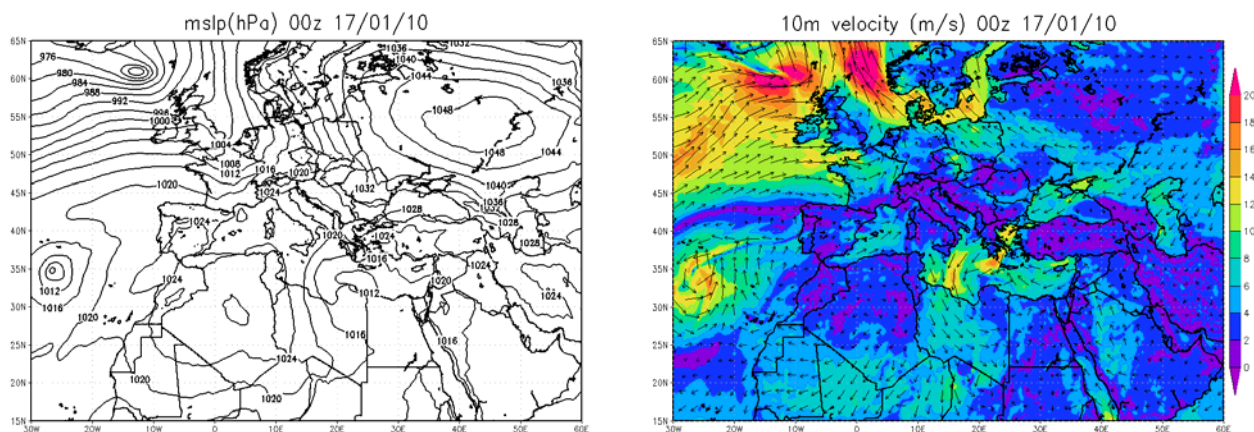
Στις 17/01/10 00UTC στις στάθμες των 500 και 850 hPa, στο σχήμα 3.13 φαίνεται ότι περιορίζεται σε κάποιο βαθμό ο εμποδισμός του Αζορικού αντικυκλώνα και επιτρέπει στα συστήματα από τα βόρειο δυτικά να επεκταθούν νότιο ανατολικά. Δημιουργείται λοιπόν ένας αυλώνας (trough) ο οποίος έχει κίνηση προς την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Αυτός ο αυλώνας δημιουργείται ανάμεσα στον Αζορικό αντικυκλώνα και τα υψηλά των υψών που αντιπροσωπεύουν την καθ' ύψος επέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα, ο οποίος εκτείνεται πάνω από τη Σκανδιναβική χερσόνησο. Ο συνδυασμός των δύο υψηλών των υψών δημιουργεί τον μηχανισμό με τον οποίο οι ψυχρές αέριες μάζες θα μπορέσουν να κινηθούν νοτιότερα.



Σχήμα (3.13): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 00UTC 17/01/10.

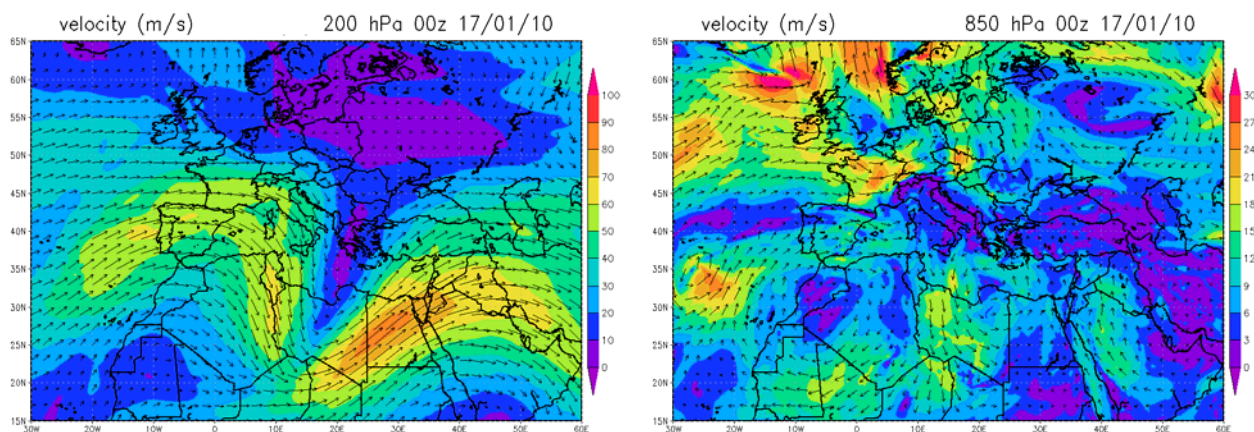
Στο σχήμα 3.14, στην επιφάνεια μπορούμε να δούμε την πίεση στο κέντρο του Σιβηρικού αντικυκλώνα να συνεχίζει να αυξάνεται και να φτάνει τα 1048 hPa και την πίεση στο κέντρο του Αζορικού να παραμένει σταθερή, επίσης μπορούμε να διακρίνουμε το πεδίο των χαμηλών πιέσεων του εξασθενημένου χαμηλού που συνεχίζει να «γεμίζει» κινούμενο νοτιοανατολικά. Βλέπουμε τους ανέμους στην επιφάνεια να συνεχίζουν να συντηρούν τις αρκετά μεγάλες ταχύτητες ανέμου κυρίως στο Αιγαίο πέλαγος και στο Λυβικό όπου υπάρχει το όριο των σχετικά χαμηλών πιέσεων με τις

υψηλές πιέσεις που παρατηρούνται στα Βαλκάνια και στην κεντρική Ευρώπη. Επίσης παρατηρούμε τους ανέμους στην επιφάνεια να έχουν μία ανατολική διεύθυνση στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και να αυξάνουν την ένταση τους.



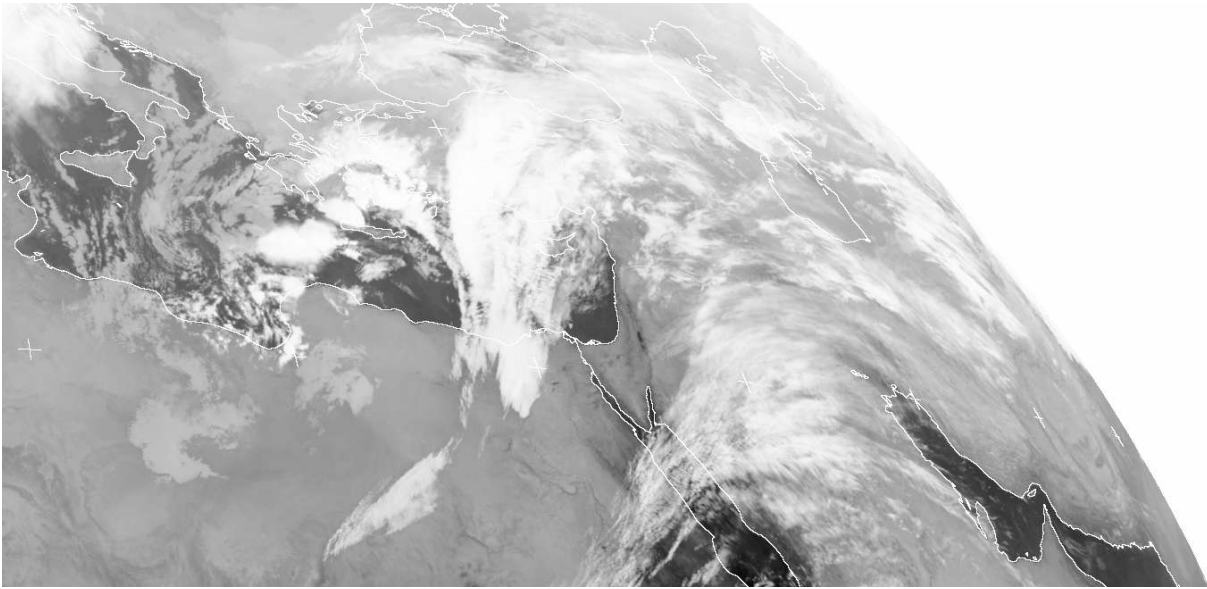
Σχήμα (3.14): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 00UTC 17/01/10.

Οι άνεμοι στην στάθμη των 850 hPa εξασθενούν σχεδόν πλήρως στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.15, αντίθετα με τους ανέμους επιφανείας που αλλάζουν έντονα συνιστώσα σε ανατολική. Ο υποτροπικός αεροχείμαρρος κυριολεκτικά μοιράζεται σε δύο μέρη και μεταφέρεται πολύ νότια αφού συνεχίζει να ακολουθεί την κίνηση του χαμηλού των υψών στη σταθμη των 500 hPa προς νοτιοανατολικά. Λόγω του βυθίσματος των υψών αναγκάζεται να κινηθεί νοτιότερα με αποτέλεσμα να αποκτήσει πολύ μεγάλες ταχύτητες άνεμοι που φτάνουν τα 90 μέτρα το δευτερόλεπτο, στο τμήμα που βρίσκεται κάτω και δεξιά μπροστά από τις χαμηλές πιέσεις. Στους πιο κάτω χάρτες του σχήματος 3.15 βλέπουμε τη δημιουργία και την κίνηση του αυλώνα από τους ισχυρούς ανέμους στο επίπεδο των 850 hPa στην περιοχή της Γαλλίας και της Βόρειας θάλασσας που περιγράφουν την κάθοδο των χαμηλών υψών προς την νότιο ανατολική Μεσόγειο.



Εικόνα (3.15): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 00UTC 17/01/10.

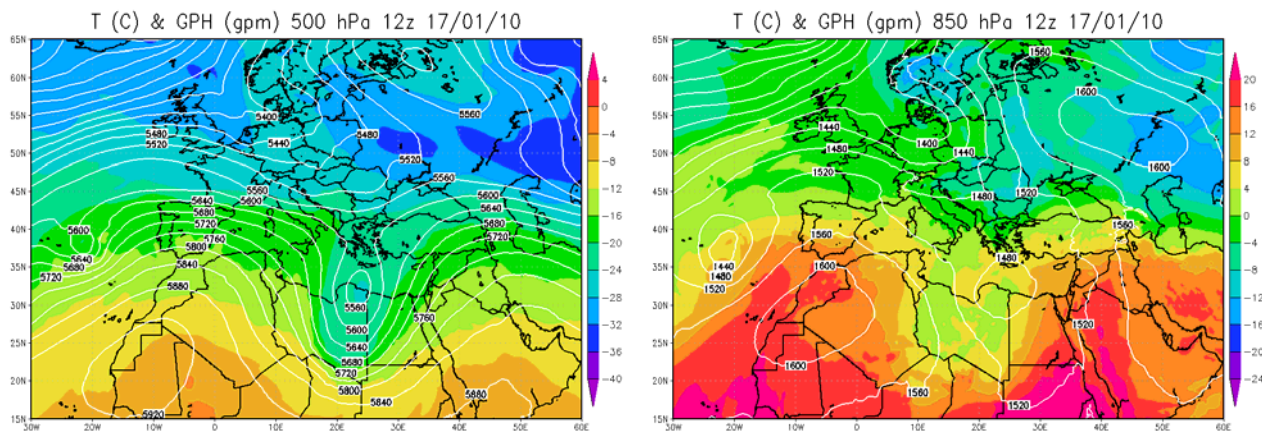
Το χαμηλό στην περιοχή πλέον του Κρητικού πελάγους όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.16, συνεχίζει να κινείται νοτιοανατολικά αναγκάζοντας τον υποτροπικό αεροχείμαρρο να κινηθεί νοτιότερα. Στη δορυφορική εικόνα (σχήμα 3.16) που λήφθηκε στο κοντινό υπέρυθρο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στις 17/01/10 00UTC διακρίνονται οι νεφώσεις που σχετίζονται με το εξασθενημένο χαμηλό στην περιοχή του Κρητικού πελάγους και την ύπαρξη του αεροχείμαρρου πάνω από την Ερυθρά θάλασσα και τη Σαουδική Αραβία.



Σχήμα (3.16): Δορυφορική εικόνα που εστιάζει στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και λήφθηκε στις 00UTC 17/01/10. (πηγή: www.sat.dundee.ac.uk)

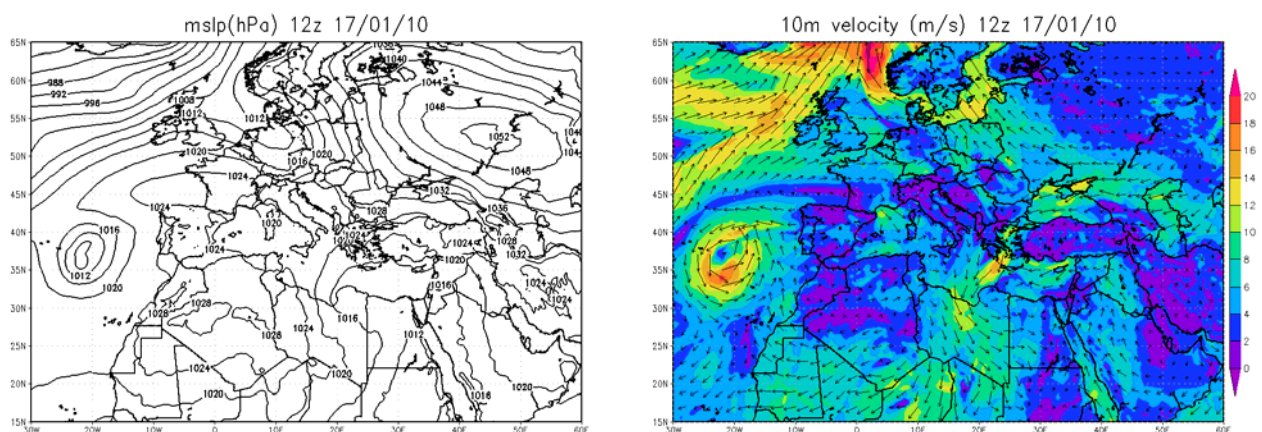
3.2 Ανάλυση των συνθηκών στον Ευρωπαϊκό χώρο και την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου για την περίοδο 12UTC 17/1/10 - 12UTC 19/1/10.

Στους χάρτες των 500 και 850 hPa φαίνεται πλέον καθαρά ο αυλώνας που κινείται νότιο ανατολικά προς την περιοχή της Ελλάδας. Αυτός ο αυλώνας περιγράφεται πολύ καθαρά από τους ανέμους στα 850 hPa και τη σχετική υγρασία στα 700 hPa. Συνεχίζουν να αυξάνουν τα ύψη των υψών του Σιβηρικού αντικυκλώνα, ενώ τα ύψη στο κέντρο του Αζορικού παραμένουν σταθερά και στις δυο επιφάνειες που μελετούμε. Το χαμηλό των υψών συνεχίζει να κινείται νοτιοανατολικά πολύ εξασθενημένο πλέον, παραμένει όμως ευδιάκριτο στα 500 hPa λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας που έχει ακόμα στο κέντρο του, το οποίο κέντρο αποτελείται από έναν αποκομμένο αυλώνα (σχήμα 3.17).



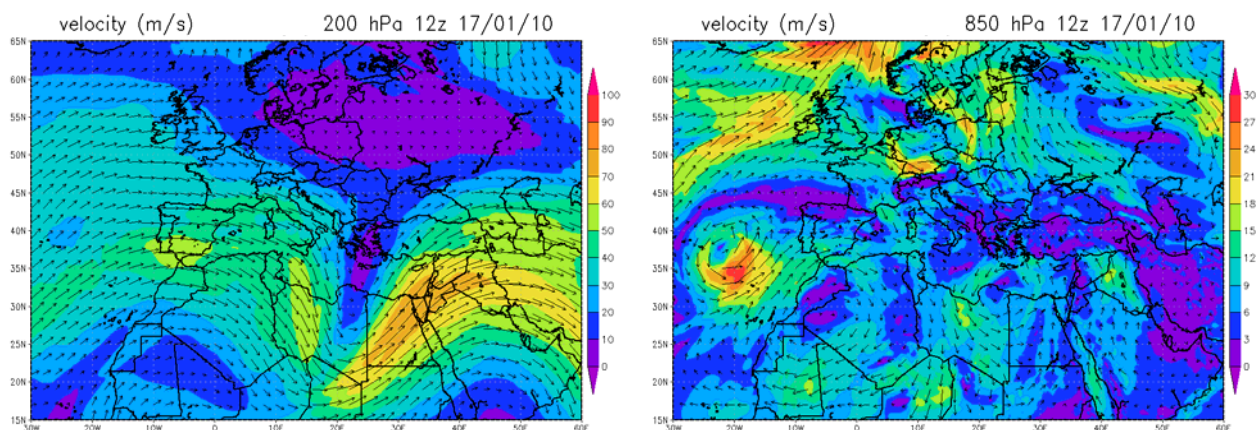
Σχήμα (3.17): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 12UTC 17/01/10.

Στην επιφάνεια το βαρομετρικό χαμηλό δεν έχει πλέον ευδιάκριτο κέντρο και απλά αναγνωρίζεται σαν πεδίο χαμηλών πιέσεων, σε σχέση πάντα με τις υψηλότερες τριγύρω ατμοσφαιρικές πιέσεις. Ο Σιβηρικός αντικυκλώνας έχει πολύ υψηλή πίεση πλέον στο κέντρο του που φτάνει τα 1052 hPa, ενώ η πίεση στο κέντρο του Αζορικού φτάνει τα 1028 hPa. Ο αυλώνας είναι ευδιάκριτος πλέον και στην επιφάνεια. Διακρίνεται καθαρά μεταξύ του Ηνωμένου βασιλείου και της Σκανδιναβικής χερσονήσου λόγω των χαμηλών πιέσεων που διακρίνονται στην βόρεια θάλασσα. Στην επιφάνεια υπάρχουν ισχυροί άνεμοι μόνο στην περιοχή βορειοδυτικά των σχετικά χαμηλών πιέσεων. Η περιοχή της Κύπρου επηρεάζεται από βόρειο ανατολικούς ανέμους που δημιουργεί η παρουσία του εξασθενημένου χαμηλού στα νότιο δυτικά της.(σχήμα 3.18)



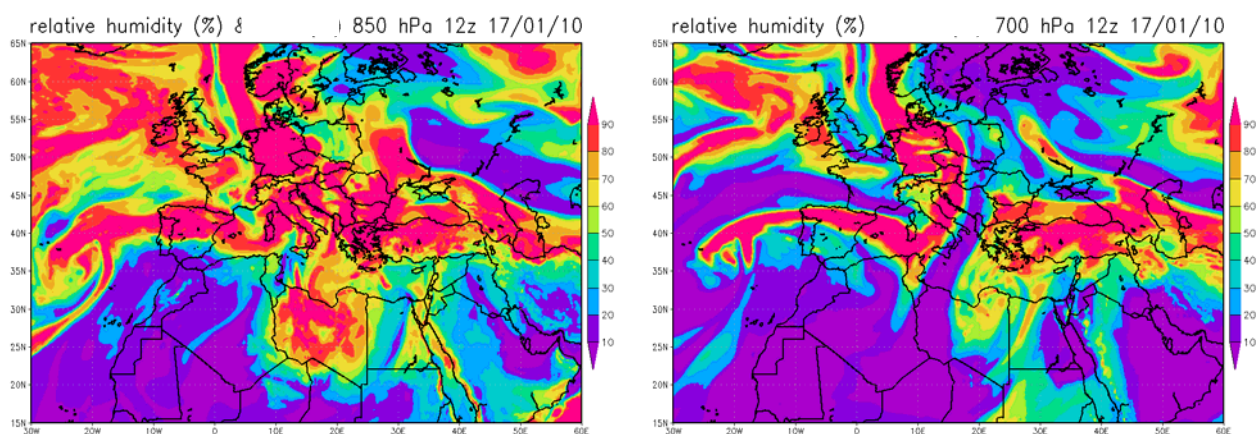
Σχήμα (3.18): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 12UTC 17/01/10.

Ο αεροχείμαρρος στα 200 hPa κινείται ακόμα νοτιότερα με αποτέλεσμα οι άνεμοι να αποκτούν μεγάλες ταχύτητες λόγω της κίνησης της ψυχρής αποκομμένης λίμνης νοτιότερα. Οι άνεμοι στα 850 hPa παραμένουν εξασθενημένοι. Φαίνεται καθαρά στο σχήμα 3.19 ότι οι άνεμοι στα 850 hPa περιγράφουν τον αυλώνα που κινείται νότιο ανατολικά ανάμεσα πάντα στα δύο υψηλά των υψών στην περιοχή της κεντρικής Ευρώπης.



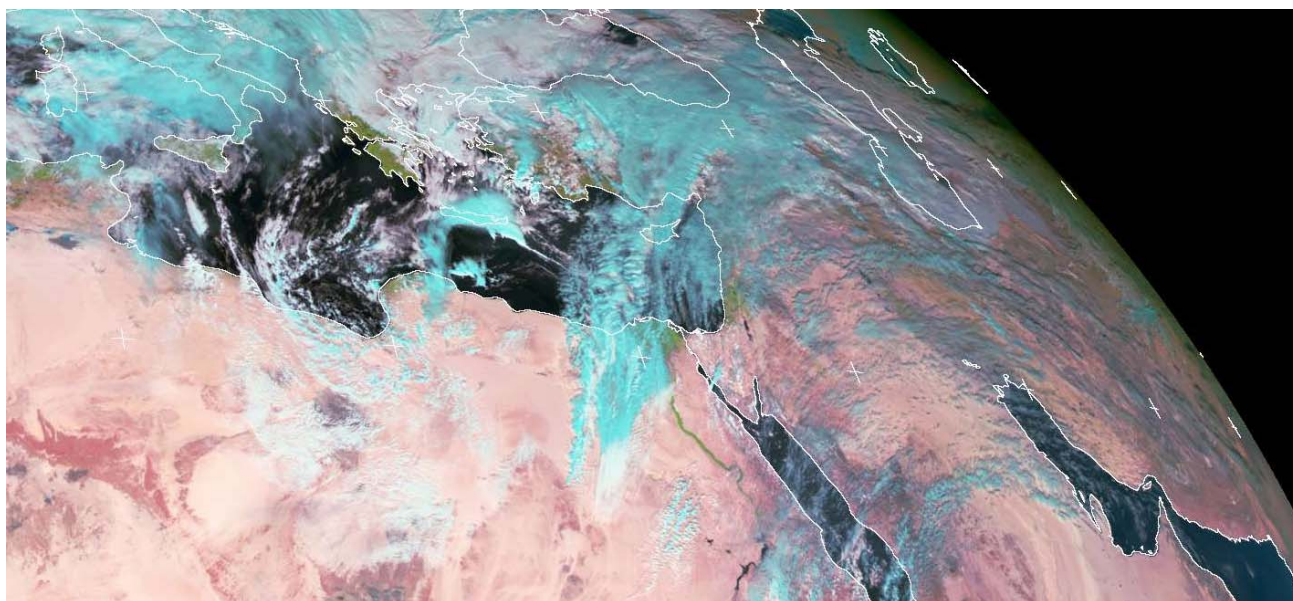
Σχήμα (3.19): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 12UTC 17/01/10.

Το εξασθενημένο χαμηλό των υψών ξεχωρίζει από την υγρασία στις στάθμες των 700 και 850 hPa που δείχνουν ότι πάνω από την περιοχή των σχετικά χαμηλών υψών υπάρχουν αυξημένα ποσά υγρασίας. Στο επίπεδο όμως των 700 hPa, η υγρασία μας δίνει ίσως την πλέον καθαρή εικόνα του αυλώνα και αυτό το καταλαβαίνουμε από τα μεγάλα ποσά (σχεδόν 100%) υγρασίας που παρατηρούμε πάνω από την κεντρική Ευρώπη. Τα ποσά αυτά παρατηρούνται γύρω από όλο τον μηχανισμό που αναγκάζει τις χαμηλές στα ύψη πιέσεις να κατέλθουν νότιο ανατολικότερα και μας δίνουν την εντύπωση ενός υ σχήματος (σχήμα 3.20).



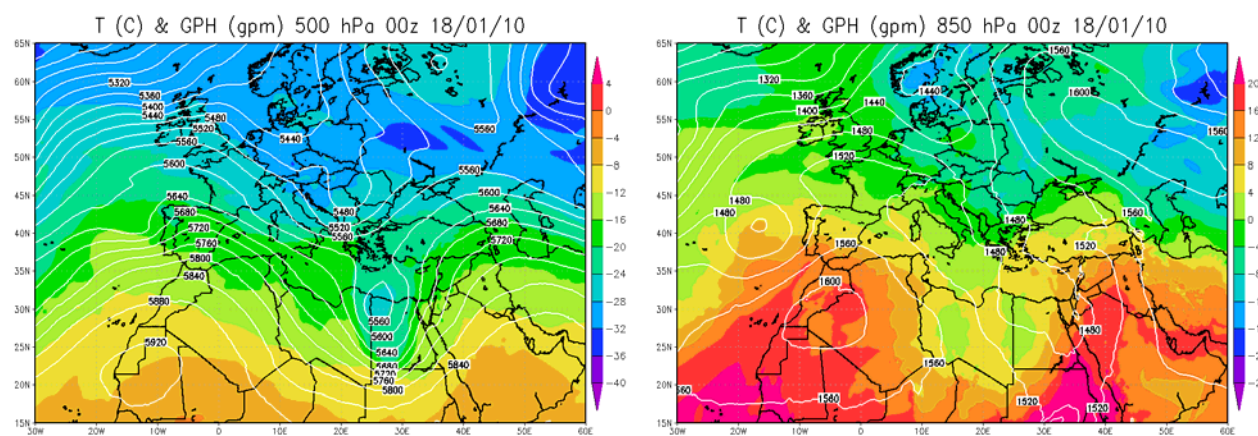
Σχήμα (3.20): Σχετική υγρασία στα 850 και 700 hPa στις 12UTC 17/01/10.

Καθαρή εικόνα αυτού του χαμηλού έχουμε και από τη δορυφορική εικόνα στο σχήμα 3.21 όπου φαίνονται καθαρά οι νεφώσεις πάνω από την περιοχή της Κρήτης στις 17/01/10 12UTC που αντιπροσωπεύουν το βόρειο δυτικό όριο των σχετικά χαμηλών πιέσεων που υπάρχουν στην επιφάνεια με τις υψηλές πιέσεις στα Βαλκάνια. Επίσης παρατηρούνται οι υψηλές νεφώσεις που σχετίζονται με τον αεροχείμαρρο πάνω από την Ερυθρά θάλασσα, την Σαουδική Αραβία το Ιρακ και τη μέση Ανατολή.



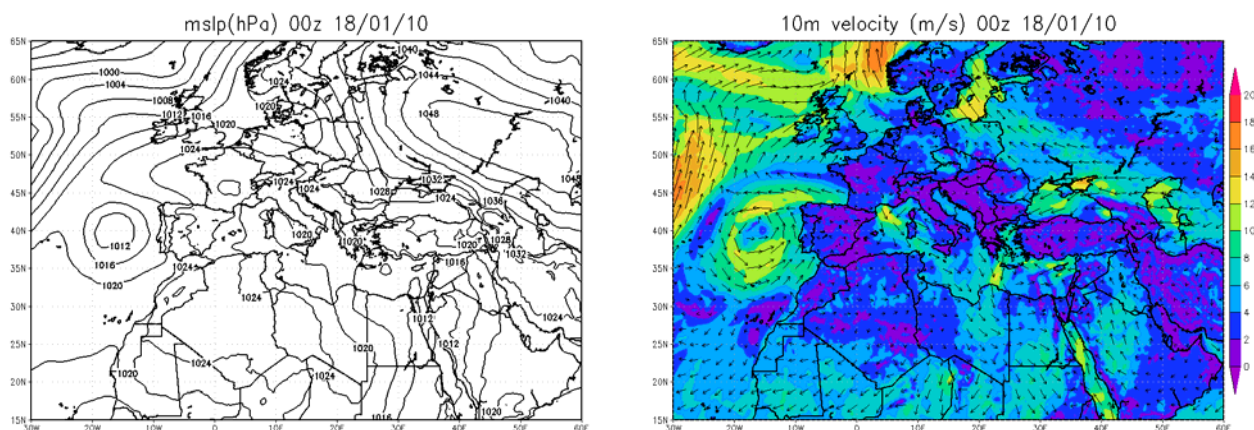
Εικόνα (3.21): Δορυφορική από το κανάλι RGB 17/01/10 12UTC. (πηγή: www.sat.dundee.ac.uk)

Στις 18/01/10 00UTC, στη στάθμη των 850 hPa ο αυλώνας από τη βόρειο ανατολική Ευρώπη έχει φτάσει την περιοχή του χαμηλού των υψών που βρισκόταν στην Ανατολική Μεσόγειο και έχει ενωθεί μαζί του. Στα 500 hPa ο αυλώνας που κινείται νότια συνεχίζει να παραμένει αποκομμένος (σχήμα 3.22).



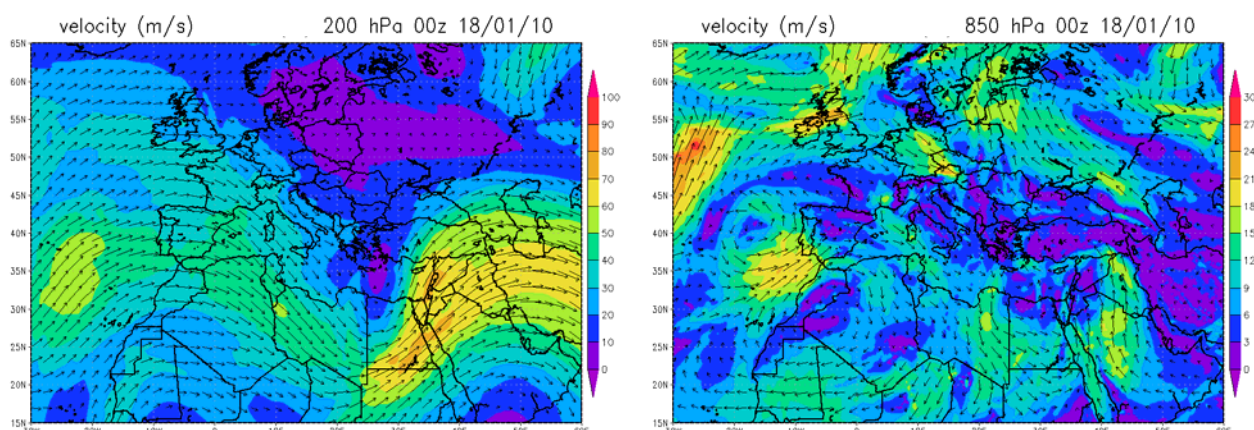
Σχήμα (3.22): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 00UTC 18/01/10.

Στην επιφάνεια αρχίζουν να φαίνονται στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου διάσπαρτα κέντρα χαμηλότερων πιέσεων. Ο Σιβηρικός αντικυκλώνας άρχισε να εξασθενεί και αυτό φαίνεται από την πτώση της πίεσης στο κέντρο του στα 1048 hPa. Οι άνεμοι στην επιφάνεια εξακολουθούν να είναι μέτριας έντασης που φτάνει τα 6 μέτρα το δευτερόλεπτο από βόρειο ανατολικές διευθύνσεις στην περιοχή της Κύπρου και της ευρύτερης Ανατολικής Μεσογείου. Στο σχήμα 3.23 βλέπουμε ότι στην επιφάνεια δεν υπάρχει ακόμα κάποια διαταραχή στην ατμόσφαιρα. Αντίθετα οι βόρειο ανατολικοί άνεμοι συνεχίζουν να επηρεάζουν την ανατολική Μεσόγειο.



Σχήμα (3.23): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 00UTC 18/01/10.

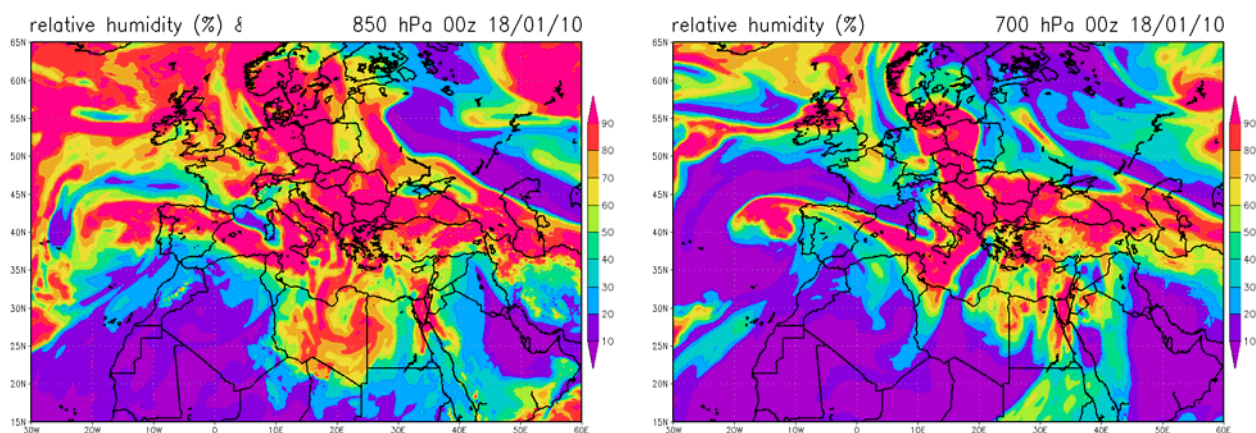
Ο υποτροπικός επηρεάζει την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.24. Το μπροστινό και αριστερό τμήμα του υποτροπικού αεροχειμάρρου περνάει πάνω από την περιοχή της Ανατολικής Τουρκίας, του βόρειου Ιράκ και της Κασπίας θάλασσας, περιοχές που στους χάρτες της σχετικής υγρασίας παρουσιάζουν αυξημένα ποσά, γιατί εκεί έχουμε την δημιουργία ενός θερμού μετώπου. Είναι γνωστό ότι οι ανοδικές κινήσεις ευνοούνται στην μπροστινή και αριστερή πλευρά των εξόδων των αεροχειμάρρων, δημιουργώντας κακοκαιρία. Επίσης στο σχήμα 3.24 παρουσιάζονται οι μεγάλες ταχύτητες ανέμου στην στάθμη των 200 hPa. Οι άνεμοι στη στάθμη των 850 hPa παρουσιάζουν μία αύξηση της έντασής τους γύρω από την περιοχή των σχετικά χαμηλών υψών και ιδιαίτερα στην Μέση Ανατολή όπου παίρνουν μία νότια διεύθυνση.



Εικόνα (3.24): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 00UTC 18/01/10.

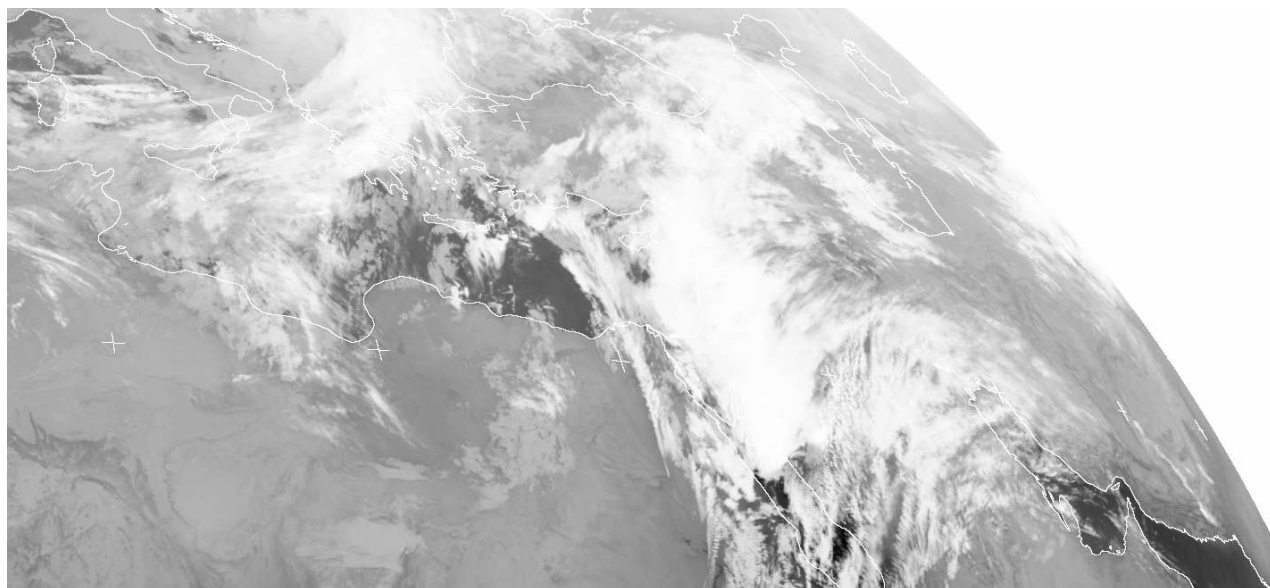
Στους χάρτες της σχετικής υγρασίας στα 850 και 700 hPa, ξεχωρίζουμε πλέον καθαρά το χαμηλό των υψών που πλησιάζει. Διακρίνουμε μία αύξηση της υγρασίας στο επίπεδο των 700 hPa κατά μήκος των δυτικών ακτών της Ερυθράς θάλασσας, (μπροστά και δεξιά από τον αποκομμένο αυλώνα) και μία αύξηση μπροστά και αριστερά από τον αεροχειμάρρο. Στο σχήμα 3.25

παρατηρούμε πλέον ότι ο αυλώνας έφτασε την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και άρχισε να ενισχύει ξανά το εξασθενημένο χαμηλό, επίσης φαίνεται η δημιουργία μετώπων (του ψυχρού κατά μήκος της Ερυθράς θάλασσας και του θερμού μπροστά και αριστερά από τον αεροχείμαρρο).



Σχήμα (3.25): Σχετική υγρασία στα 850 και 700 hPa 00UTC 18/01/10.

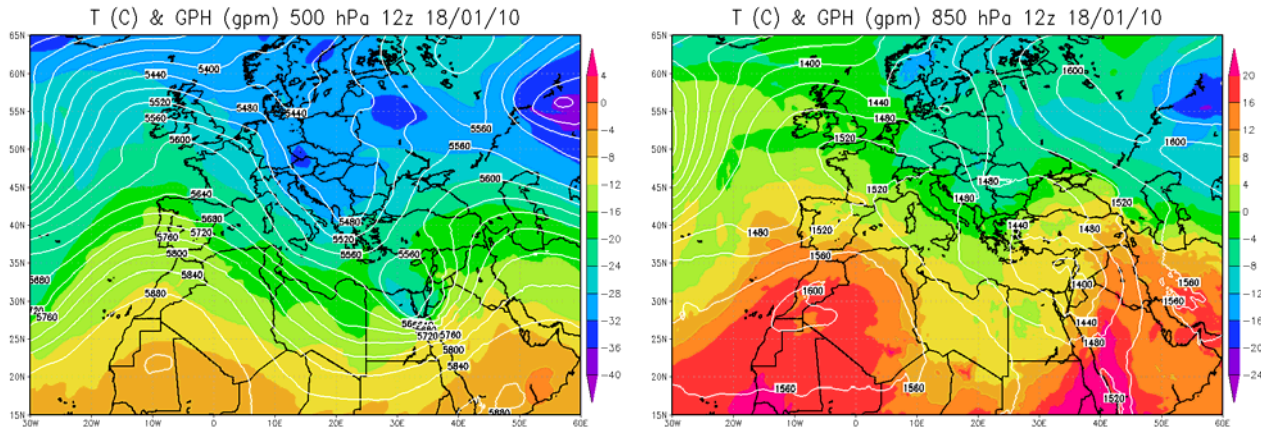
Στο σχήμα 3.26 στη δορυφορική εικόνα, αυτή η αύξηση της υγρασίας φαίνεται πολύ καθαρά. Φαίνεται η περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής να καλύπτεται από νεφώσεις. Οι νεφώσεις κατά μήκος των ακτών της Ερυθράς θάλασσας και των ακτών του Ισραήλ, του Λιβάνου και της Συρίας αντιπροσωπεύουν το ψυχρό μέτωπο του βαρομετρικού χαμηλού που πάει να σχηματιστεί.



Σχήμα (3.26): Δορυφορική εικόνα της περιοχής μελέτης που λήφθηκε στις 18/01/10 00UTC (πηγή: www.sat.dundee.ac.uk)

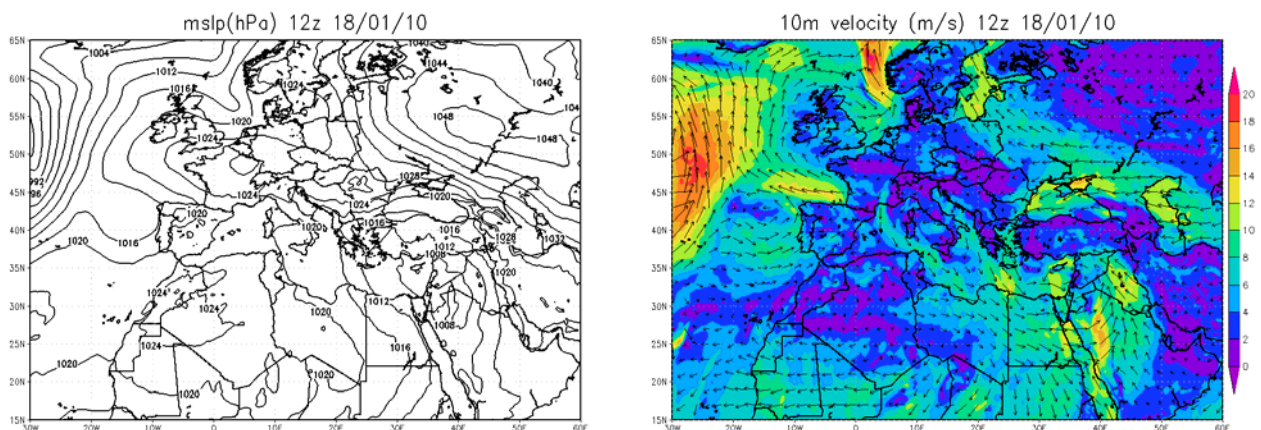
Στις 18/01/10 12 UTC παρατηρούμε ότι στη στάθμη των 500 hPa ο αυλώνας έχει φτάσει μέχρι την περιοχή του Αιγαίου και πλέον θερμοκρασιακά έχει συνενωθεί με τον αποκομμένο αυλώνα, με αποτέλεσμα να ενισχυθεί το εξασθενημένο χαμηλό. Στην στάθμη των 850 hPa φαίνεται το πριν 12

ώρες εξασθενημένο χαμηλό των υψών να ενισχύεται σημαντικά και η πίεση στο κέντρο του να πέφτει από τα 1480 hPa στα 1400 hPa. Στο σχήμα 3.27 παρατηρείται η «βάθυνση» του συστήματος που ενισχύεται στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου



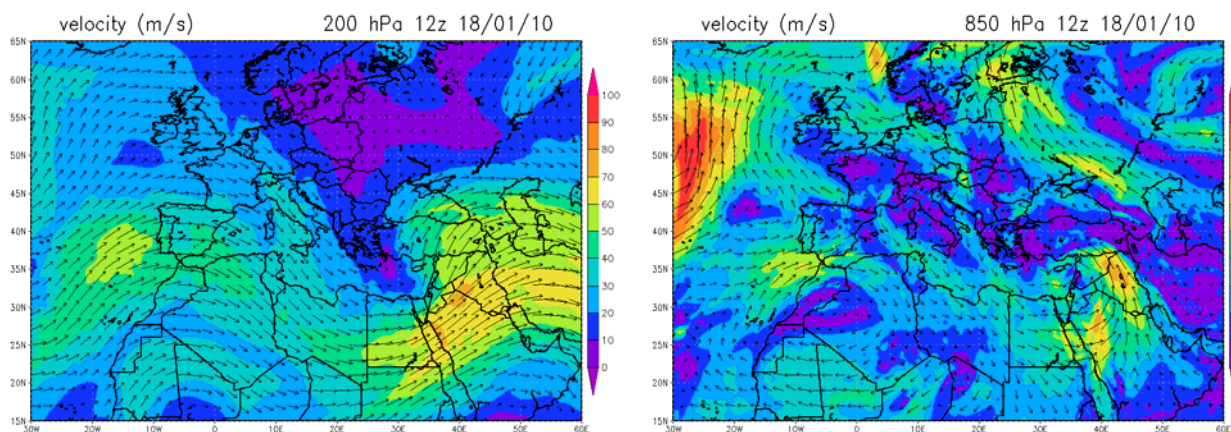
Σχήμα (3.27): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 12UTC 18/01/10.

Στην επιφάνεια η πίεση επίσης πέφτει από τα 1012 hPa στα 1008 hPa, μέσα σε ένα διάστημα 12 ωρών. Σχηματίζεται ένα νέο βαρομετρικό χαμηλό με αποτέλεσμα οι άνεμοι στην επιφάνεια να ενισχυθούν σημαντικά και να φτάσουν τα 8 με 12 μέτρα το δευτερόλεπτο πάνω από την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου συνεχίζοντας όμως να έχουν τη βόρειο ανατολική διεύθυνση στην περιοχή της Κύπρου. Τα αντικυκλωνικά συστήματα παραμένουν στις ίδιες ακριβώς θέσεις, με τις ίδιες επιφανειακές τιμές πίεσης στα κέντρα τους 1024 και 1048 hPa αντίστοιχα (σχήμα 3.28).



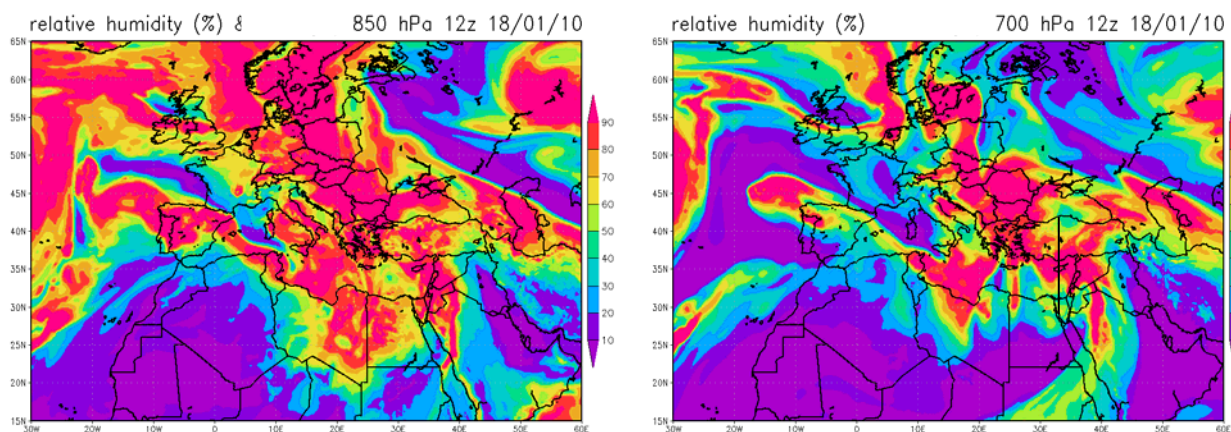
Σχήμα (3.28): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 12UTC 18/01/10.

Ο αεροχείμαρρος κινείται ανατολικά και παραμένει ισχυρός με την ένταση των ανέμων να φτάνει τα 80 μέτρα το δευτερόλεπτο στα 200 hPa, ενώ οι άνεμοι στα 850 hPa ενισχύονται σημαντικά στα ανατολικά του νέο-σχηματισθέντος βαρομετρικού χαμηλού πάνω από την Σαουδική Αραβία, το Ιρακ, την Συρία και την νότιο ανατολική Τουρκία φτάνοντας ταχύτητες μεταξύ 21 και 24 μέτρα το δευτερόλεπτο. (σχήμα 3.29).



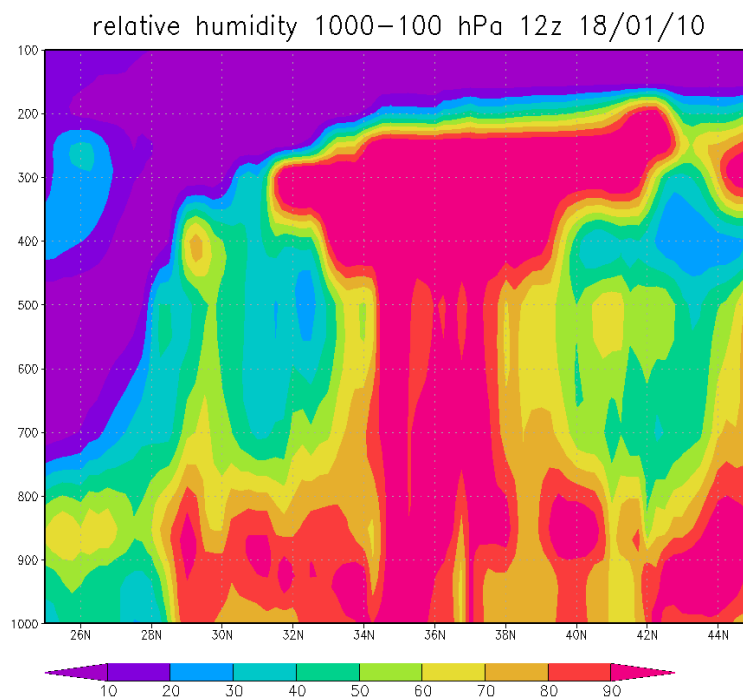
Σχήμα (3.29): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 12UTC 18/01/10.

Πλέον κυρίως στους χάρτες σχετικής υγρασίας των 700 hPa (σχήμα 3.30), ξεχωρίζουν τέλεια το ψυχρό μέτωπο, το θερμό μέτωπο και το συνεσφιγμένο μέτωπο το οποίο και δημιουργείται πάνω από την περιοχή της Κύπρου και της ευρύτερης ανατολικής Μεσογείου και είναι αυτό που θα δώσει τα υψηλά ποσά βροχόπτωσης. Το ψυχρό μέτωπο εκτείνεται από την διώρυγα του Σουέζ, στην Σαουδική Αραβία και νότιο δυτικότερα στην Ανατολική Αφρική ενώ το θερμό μέτωπο εκτείνεται πάνω από την περιοχή της Τουρκίας, του βορείου Ιράκ και τις περιοχές του Καυκάσου.



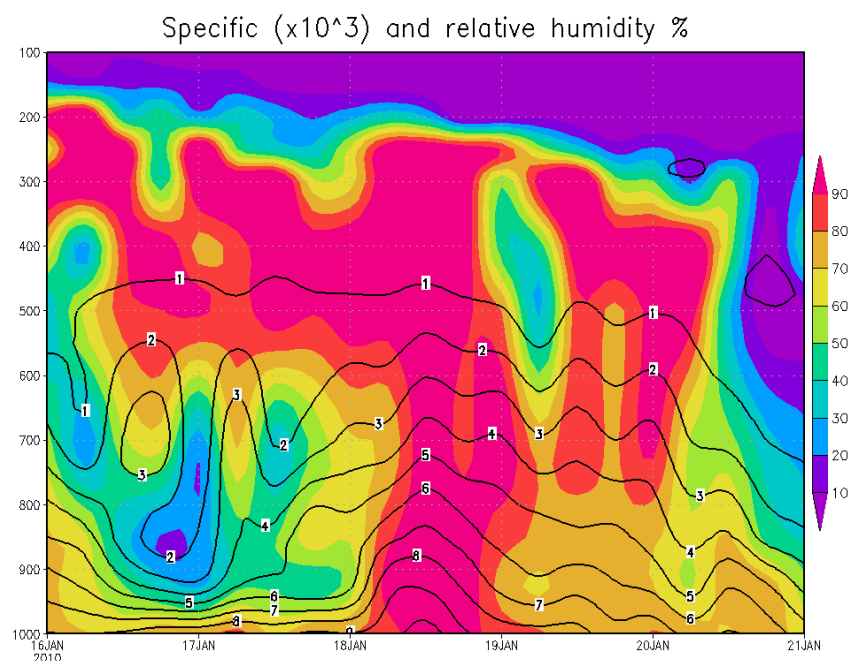
Σχήμα (3.30): Σχετική υγρασία στα 850 και 700 hPa 12UTC 18/01/10. (Στην στάθμη των 700 hPa η γραμμή πάνω από την περιοχή της Κύπρου αντιπροσωπεύει την παρακάτω τομή)

Παραθέτεται μία τομή του συνεσφιγμένου μετώπου που βρίσκεται πάνω από την περιοχή της Κύπρου και πως αυτό περιγράφεται από την υγρασία σε όλα τα επίπεδα της ατμόσφαιρας. Η τομή έγινε σε ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5° και σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 25° - 45° (σχήμα 3.31).



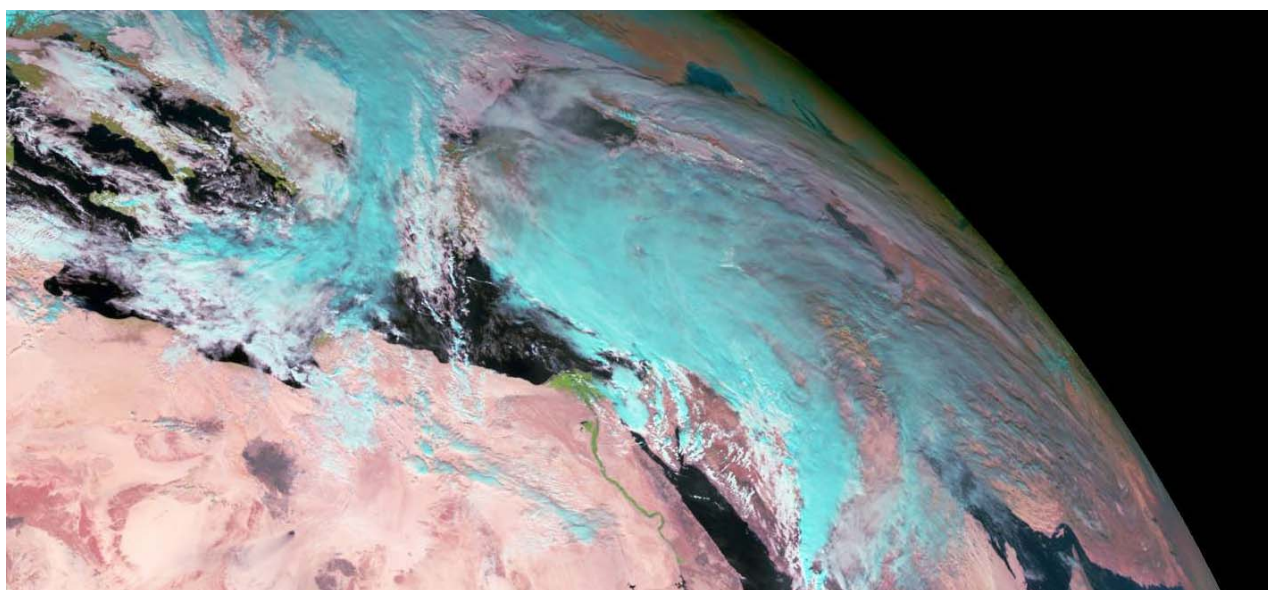
Εικόνα (3.31): Τομή του συνεσφιγμένου μετώπου πάνω από την περιοχή της Κύπρου (33.5°Α) όπως αποτυπώνεται από την υγρασία.

Επίσης παραθέτεται ένα διάγραμμα *honnmoller* που δείχνει τη μεταβολή της ειδικής και της σχετικής υγρασίας πάνω από την περιοχή της Κύπρου σε σχέση με τον χρόνο (σχήμα 3.32). Στο σχήμα βλέπουμε τη μεταβολή της ειδικής και της σχετικής υγρασίας πάνω από την περιοχή της Κύπρου και συγκεκριμένα στα σημεία με ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5 και βόρειο γεωγραφικό πλάτος 34.8 σε σχέση με τον χρόνο. Παρατηρούμε τις πολύ υψηλές τιμές της σχετικής (%) αλλά και της ειδικής (gr/kg) υγρασίας που υπήρχαν σε όλες τις στάθμες της ατμόσφαιρας κατά το διάστημα ενδιαφέροντος και κατά την μελετώμενη περίοδο στις 18/01/10 12UTC. Συγκεκριμένα η σχετική υγρασία ήταν στο 100% σχεδόν σε όλα τα ύψη της ατμόσφαιρας ενώ η ειδική υγρασία είχε τιμές 10 gr/kg κοντά στην επιφάνεια και έφτανε το 1 gr/kg σχεδόν στο ύψος των 450 hPa.

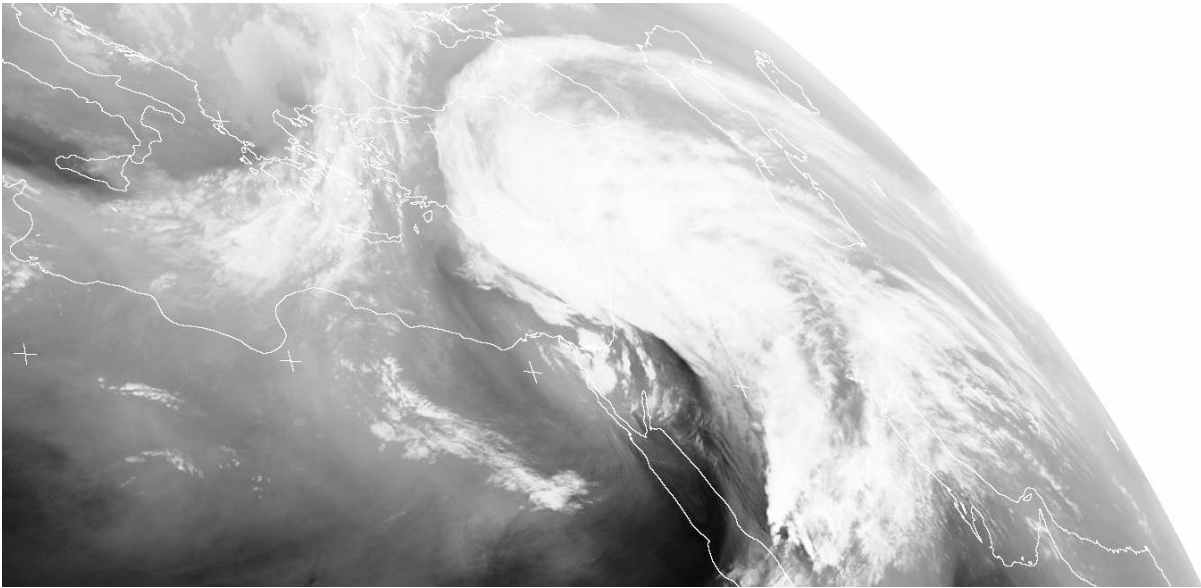


Σχήμα (3.32): Στο σχήμα παρουσιάζεται το διάγραμμα homoller της σχετικής (%) και ειδικής υγρασίας σε σχέση με τον χρόνο σε όλα τα ύψη της ατμόσφαιρας.

Εντυπωσιακές είναι οι δορυφορικές εικόνες (σχήμα 3.33 και 3.34). Στο σχήμα 3.33 παραθέτεται μία εικόνα από το κανάλι RGB και παρατηρείται το ψυχρό μέτωπο που έχει κινηθεί ανατολικά προς την Σαουδική Αραβία, το θερμό μέτωπο που κινείται πάνω από την περιοχή της ανατολικής Τουρκίας και τέλος το συνεσφιγμένο μέτωπο το οποίο βρίσκεται πάνω από την περιοχή της Κύπρου και της ευρύτερης περιοχής της Ανατολικής Μεσογείου. Στο σχήμα 3.34 αναγνωρίζουμε πάλι τα μέτωπα. Η εικόνα έχει ληφθεί από το κανάλι της τάσης υδρατμών και παρουσιάζει καθαρά την ψυχρή και ξηρή αέρια μάζα (σκούρα περιοχή πάνω από την Ιορδανία) που ακολουθεί πίσω από το ψυχρό μέτωπο.



Σχήμα (3.33): Δορυφορική εικόνα από το κανάλι RGB που λήφθηκε στις 18/01/10 στις 12UTC (πηγή: www.sat.dundee.ac.uk)

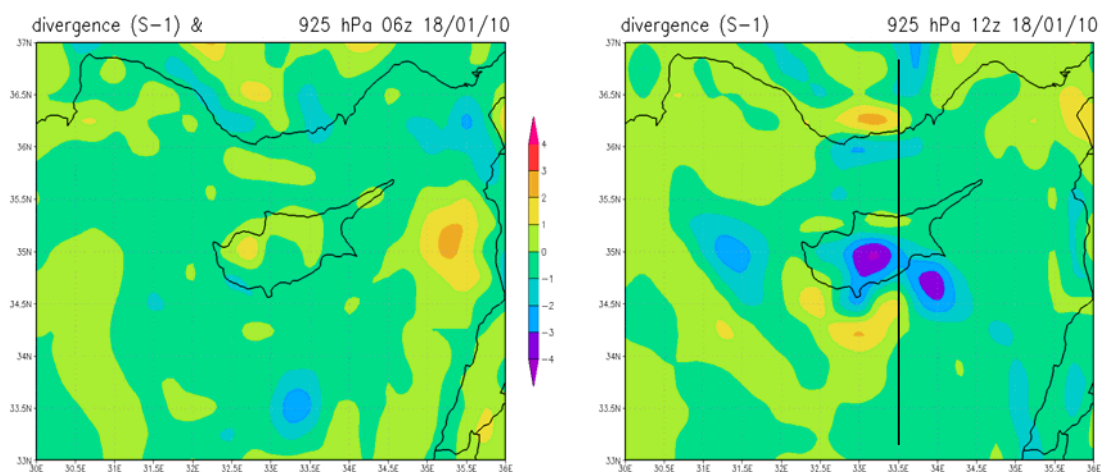


Σχήμα (3.34): Δορυφορική εικόνα από το κανάλι της τάσης υδατμών (water vapor) που λήφθηκε στις 18/01/10 12UTC. (πηγή: www.sat.dundee.ac.uk)

Για την καλύτερη ανάλυση του φαινομένου, ερευνούμε διάφορες δυναμικές παραμέτρους στην περιοχή της Κύπρου και συγκεκριμένα μελετούμε:

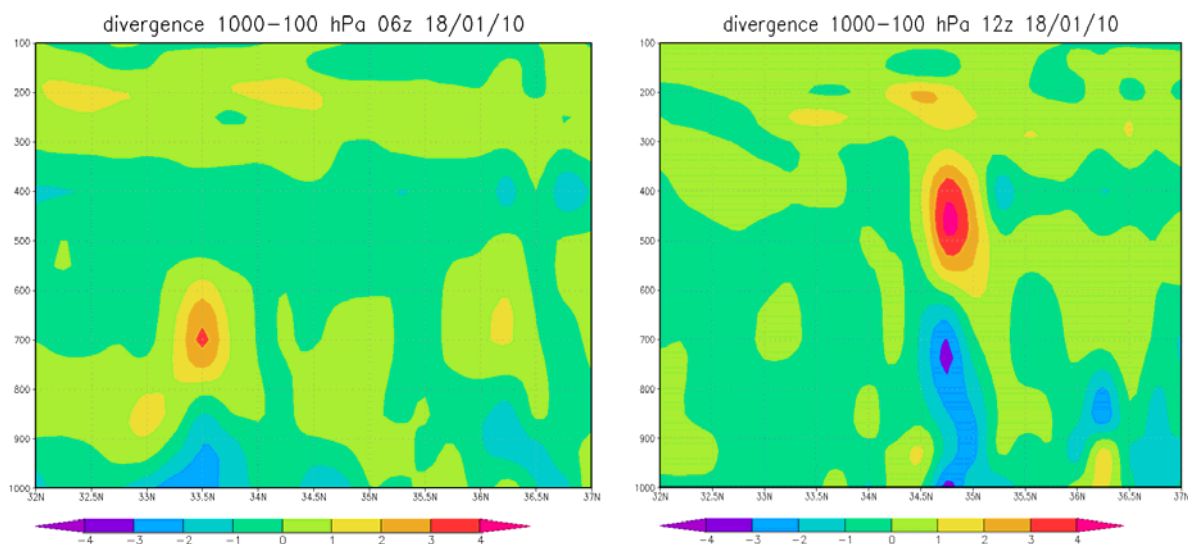
- Τη σύγκλιση/απόκλιση (convergence/divergence)
- Τις ανοδικές ή κατακόρυφες κινήσεις (vertical velocity)
- Το στροβιλισμό (vorticity)

Στο σχήμα 3.35 παρατηρείται σύγκλιση κοντά στην επιφάνεια πάνω από την περιοχή της Κύπρου.



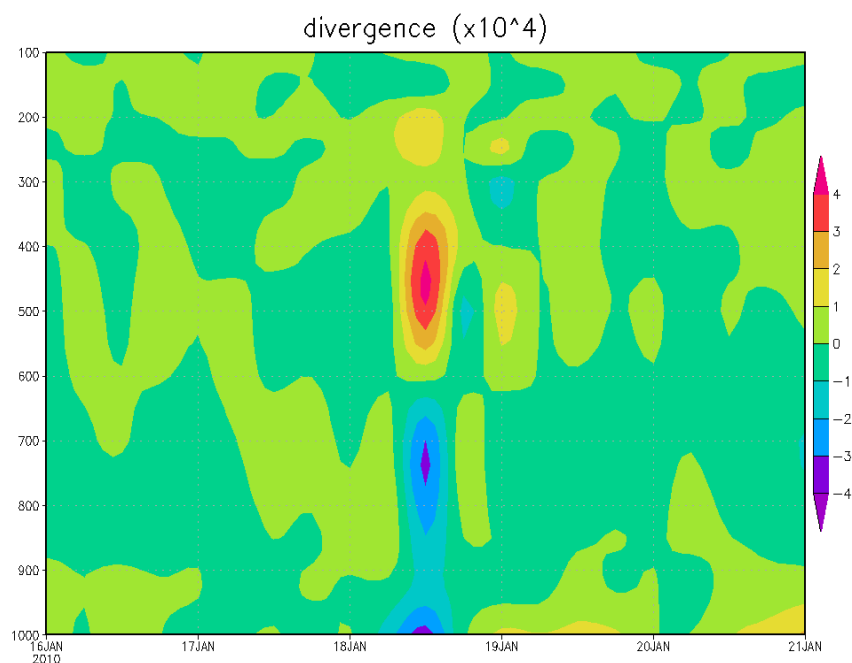
Σχήμα (3.35): Απόκλιση στην στάθμη των 925 hPa στις 06-12UTC 18/01/10. (Η γραμμή πάνω από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου αντιπροσωπεύει το σημείο όπου έγιναν οι παρακάτω τομές)

Επίσης παραθέτονται κάποιες τομές της απόκλισης για καλύτερη κατανόηση του φαινομένου. Στο σχήμα 3.36 παρατηρούμε ότι οι τιμές της απόκλισης κοντά στην επιφάνεια είναι αρνητικές πάνω από την περιοχή της Κύπρου στις 18/01/10 12UTC. Η φυσική σημασία των τιμών αυτών είναι ότι υπάρχει σύγκλιση κοντά στην επιφάνεια, ενώ την ίδια ώρα στην ανώτερη ατμόσφαιρα πάνω από το σημείο της σύγκλισης, έχουμε απόκλιση πράγμα που φαίνεται από τις θετικές τιμές που παίρνουμε. Οι τομές έγιναν σε ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5° και βόρειο γεωγραφικό πλάτος 32° - 37° .



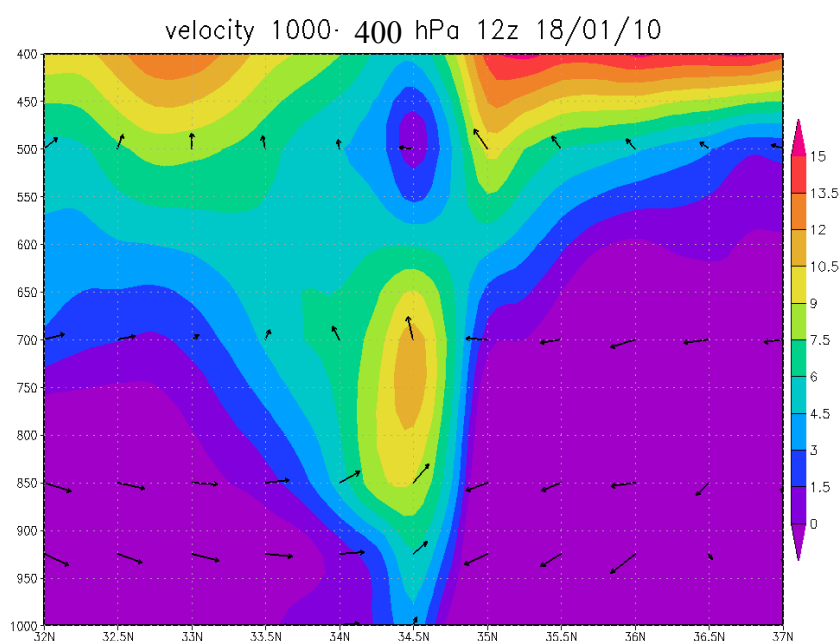
Σχήμα (3.36): Τομές της απόκλισης πάνω από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου (33.5° A).

Στο σχήμα 3.37 βλέπουμε τη μεταβολή της σύγκλισης σε σχέση με τον χρόνο πάνω από την περιοχή της Κύπρου και συγκεκριμένα στο σημείο με ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5 και βόρειο γεωγραφικό πλάτος 34.8 . Παρατηρούμε ότι κοντά στην επιφάνεια είχαμε σύγκλιση της αέριας μάζας και στην ανώτερη ατμόσφαιρα απόκλιση κατά το διάστημα ενδιαφέροντος και κατά την μελετώμενη περίοδο στις 18/01/10 12UTC.



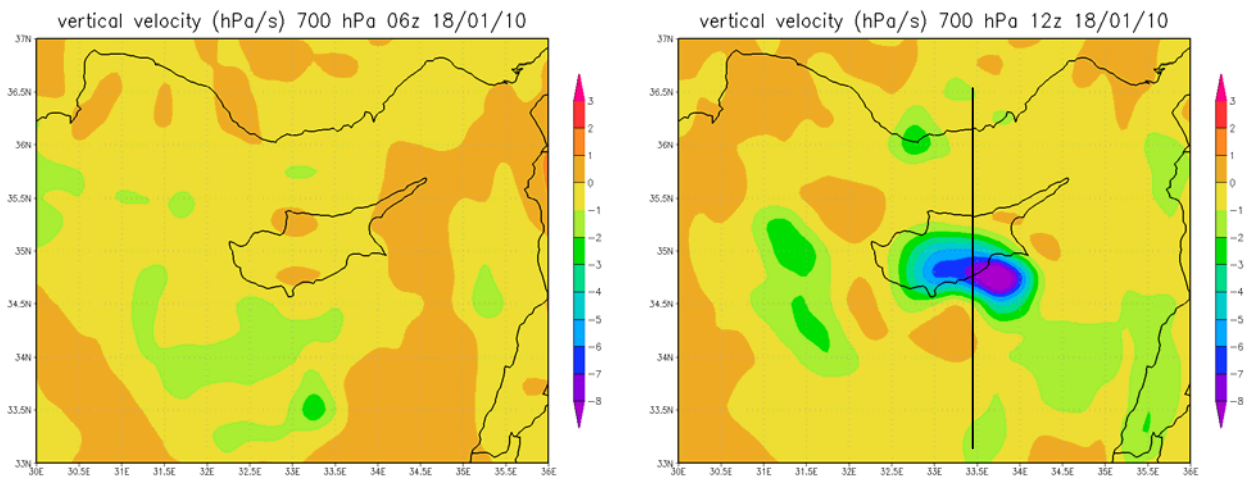
Σχήμα (3.37): Παρατηρείται η μεταβολή της απόκλισης σε σχέση με τον χρόνο σε διάγραμμα hovmoller (34.8°B, 33.5°A).

Τι προκαλεί όμως αυτήν την σύγκλιση; Αυτό ήταν το ακριβώς επόμενο ερώτημα. Μετά από διερεύνηση βρήκαμε ότι η σύγκλιση αυτή προκαλείται από τους ανέμους που πνέουν κοντά στην επιφάνεια όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.38. Οι άνεμοι πνέουν προς την Κύπρο από νότιες και από βόρειες διευθύνσεις. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε την ένταση και την διεύθυνση του ανέμου σε μία τρισδιάστατη τομή. Η τομή είναι σε ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5° και βόρειο γεωγραφικό πλάτος 32°-37° και έχει ύψος μέχρι τα 400 hPa. Παρατηρούμε λοιπόν ότι σχεδόν πάνω από τις 34.5° γεωγραφικό πλάτος οι άνεμοι έρχονται και από βόρειες και από νότιες διευθύνσεις.



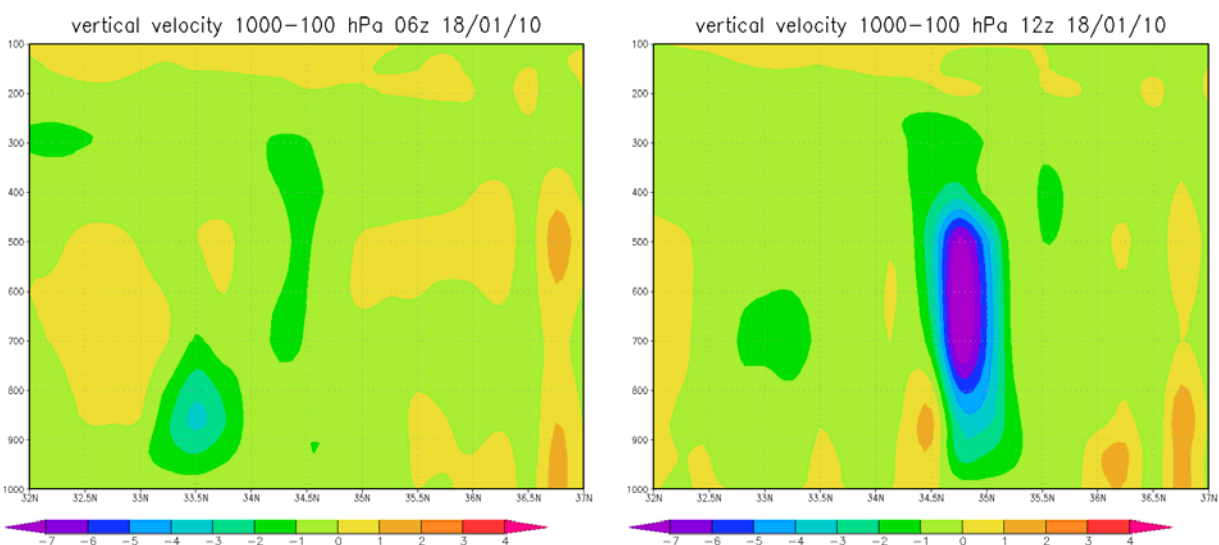
Σχήμα (3.38): Στο σχήμα φαίνεται η διεύθυνση και η ένταση των ανέμων μέχρι το ύψος των 400 hPa (στις 33.5°A).

Στο σχήμα 3.39 περιγράφεται η μεταβλητή των κατακόρυφων κινήσεων ($\omega = dp/dt$) για την ίδια περίοδο 18/01/10 06UTC -18UTC. Παρατηρούμε λοιπόν ότι πάλι μέσα σε ένα εξάωρο η μεταβλητή αλλάζει ραγδαία παίρνοντας μεγάλες αρνητικές τιμές, πράγμα που σημαίνει ότι πάνω από την περιοχή της Κύπρου έχουμε έντονες ανοδικές κινήσεις. Οι ανοδικές αυτές κινήσεις είναι αποτέλεσμα της σύγκλισης που έχουμε στην επιφάνεια και κατ' επέκταση αποτέλεσμα της σύγκλισης των ανέμων στην επιφάνεια που φαίνεται στο σχήμα 3.38.



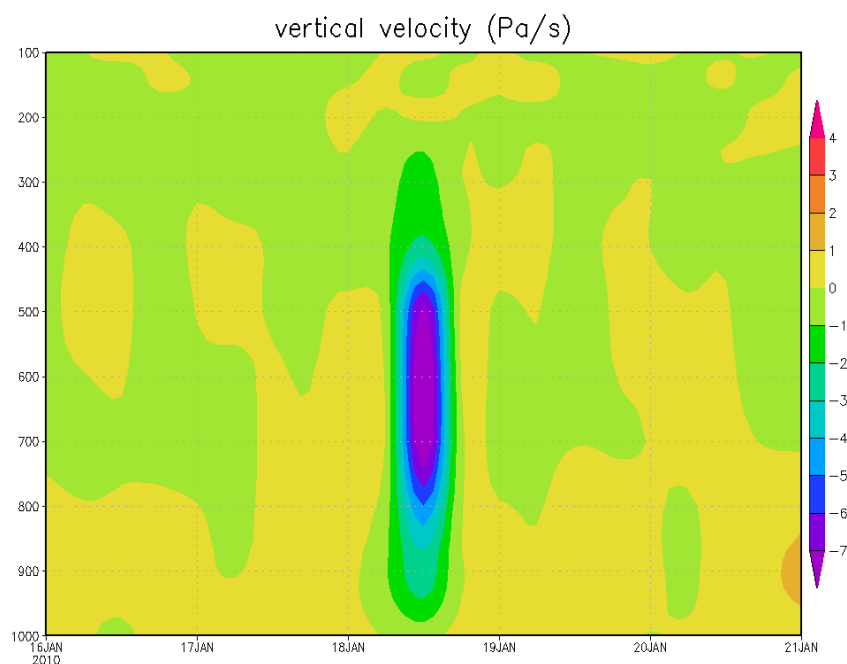
Σχήμα (3.39): Στο σχήμα παρατηρούμε της κατακόρυφες κινήσεις πάνω από την περιοχή της Κύπρου. (Η γραμμή πάνω από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου αντιπροσωπεύει το σημείο όπου έγιναν οι παρακάτω τομές)

Στο σχήμα 3.40 φαίνονται οι τομές που περιγράφουν τις κατακόρυφες κινήσεις σε όλα τα ύψη της ατμόσφαιρας. Παρατηρούμε τις έντονες ανοδικές κινήσεις πάνω από το γεωγραφικό πλάτος 34.5°-35° σε όλες τις στάθμες της ατμόσφαιρας για τις 18/01/10 στις 12UTC. Να σημειωθεί ότι οι τομές παρομοίως με τις προηγούμενες γίνονται σε ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5° και βόρειο γεωγραφικό πλάτος 32°-37°.



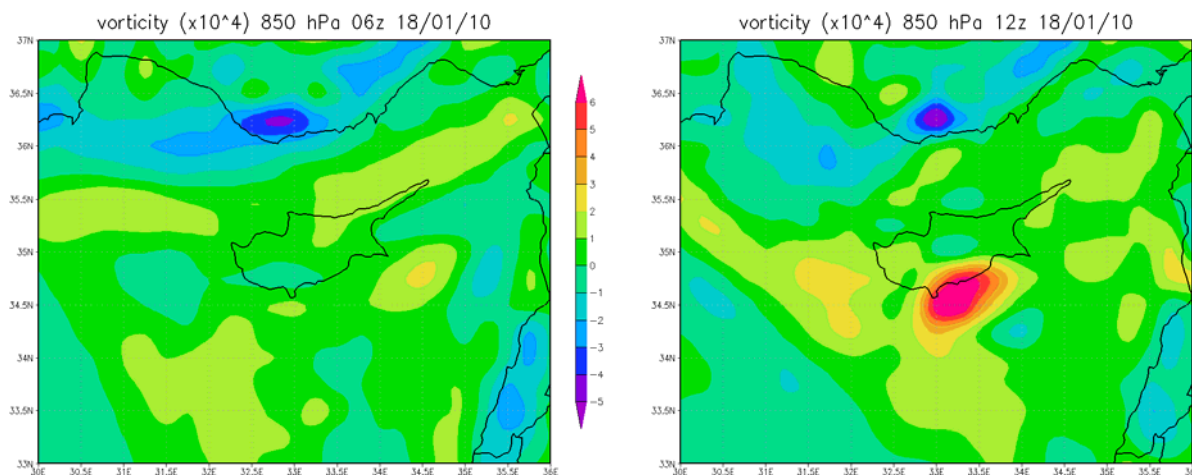
Σχήμα (3.40): Παρουσιάζονται οι τομές των ανοδικών κινήσεων πάνω από την περιοχή της Κύπρου (33.5°Α).

Στο σχήμα 3.41 παρατίθεται ένα διάγραμμα honmoller που παρουσιάζει τη μεταβολή των κατακόρυφων κινήσεων σε σχέση με τον χρόνο πάνω από την περιοχή της Κύπρου και συγκεκριμένα στο σημείο με ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5 και βόρειο γεωγραφικό πλάτος 34.8. Διαπιστώνουμε ότι κατά την μελετώμενη περίοδο στις 18/01/10 12UTC είχαμε ισχυρές ανοδικές κινήσεις πάνω από το σημείο αυτό.



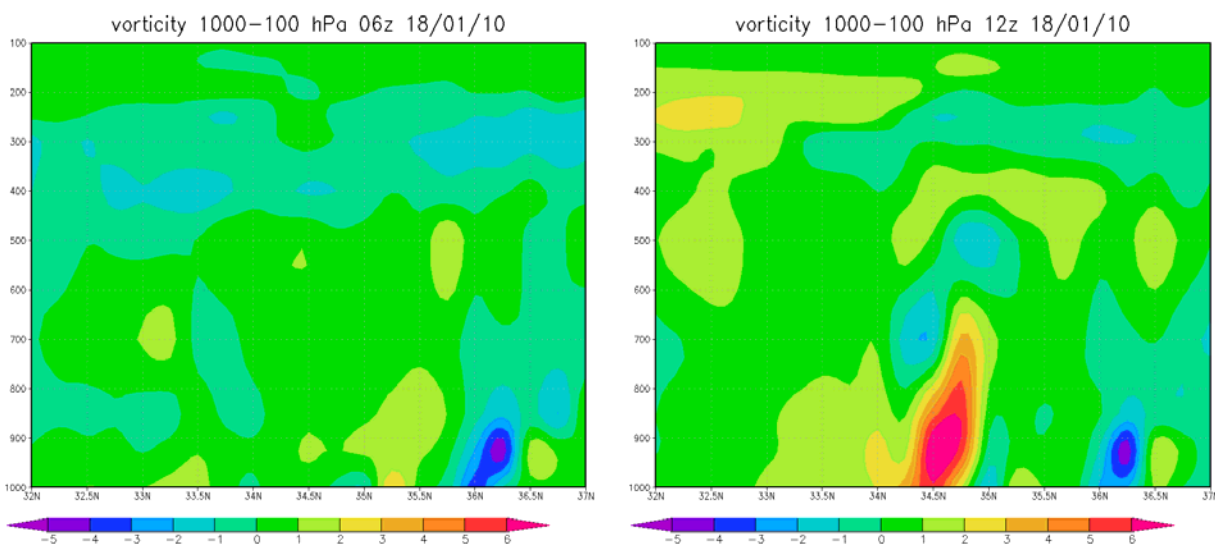
Εικόνα (3.41): Διάγραμμα honmoller που απεικονίζει την μεταβολή των κατακόρυφων κινήσεων σε σχέση με τον χρόνο.

Στους δύο παρακάτω χάρτες περιγράφεται ο στροβιλισμός. Η μεταβλητή αυτή όταν παίρνει θετικές τιμές σημαίνει κυκλωνική κίνηση και όταν παίρνει αρνητικές αντικυκλωνική. Παρατηρούμε λοιπόν ότι πάνω από την περιοχή της Κύπρου στις 18/01/10 06UTC έχουμε μικρές θετικές τιμές στροβιλισμού που δείχνουν μία ασθενή κυκλωνική κυκλοφορία στη στάθμη των 850 hPa ενώ αργότερα στις 12UTC έχουμε μεγάλες θετικές τιμές στροβιλισμού (σχήμα 3.42) πράγμα που σημαίνει πως έχουμε μία έντονη κυκλωνική κυκλοφορία.



Εικόνα (3.42): Βλέπουμε στην εικόνα αυτή την έντονη κυκλωνική κίνηση στην νότια πλευρά της Κύπρου.

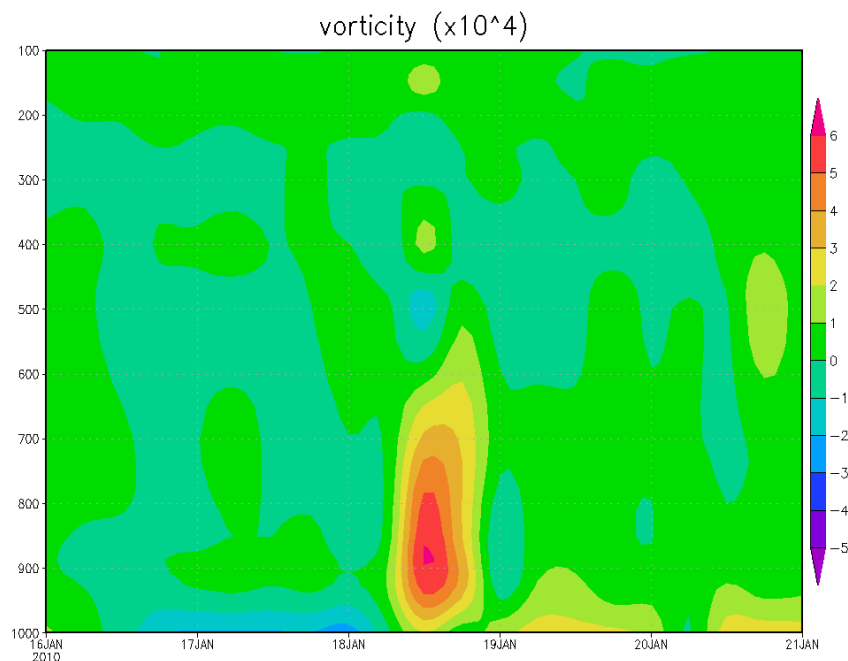
Στις αμέσως επόμενες δύο τομές βλέπουμε σε όλα τα επίπεδα της ατμόσφαιρας την μεταβολή του στροβιλισμού (εικόνα 3.43). Στην εικόνα αυτή βλέπουμε την έντονη κυκλωνική κίνηση κοντά στην επιφάνεια με τις θετικές τιμές στροβιλισμού στις 12UTC, για ακόμη μία φορά οι μεγαλύτερες τιμές βρίσκονται πάνω από το σημείο με βόρειο γεωγραφικό πλάτος 34.5° και εκτείνονται έως και την στάθμη των 600 hPa. Να σημειωθεί πως οι τομές έχουν ίδιο γεωγραφικό μήκος και πλάτος με τις προηγούμενες, όπως επίσης και το γεγονός ότι οι τιμές του στροβιλισμού έχουν πολλαπλασιαστεί με 10^4 .



Εικόνα (3.43): Τομές πάνω από την περιοχή της Κύπρου που δείχνουν την μεταβολή του στροβιλισμού ($\times 10^4 \text{ s}^{-1}$)

Στο σχήμα 3.44 βλέπουμε την μεταβολή του στροβιλισμού σε σχέση με τον χρόνο πάνω από την περιοχή της Κύπρου και συγκεκριμένα στο σημείο με ανατολικό γεωγραφικό μήκος 33.5° και βόρειο γεωγραφικό πλάτος 34.8° . Παρατηρούμε ότι κοντά στην επιφάνεια είχαμε έντονο

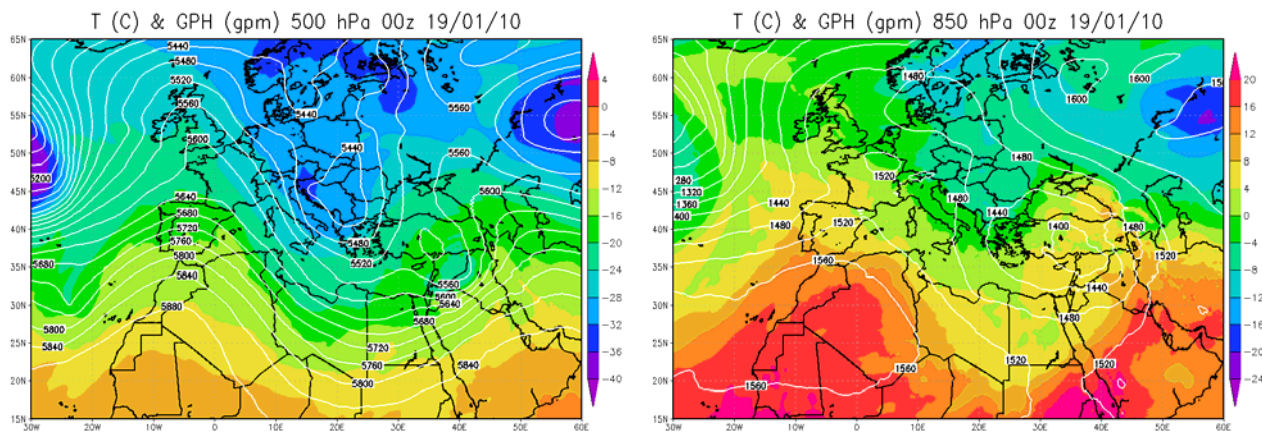
κυκλωνικό στροβιλισμό μέχρι και την επιφάνεια των 600 hPa, κατά την μελετώμενη περίοδο στις 18/01/10 12UTC.



Σχήμα (3.44): Παρατηρούμε σε διάγραμμα hovmoller η μεταβολή του στροβιλισμού σε σχέση με τον χρόνο (34.8°B, 33.5°A).

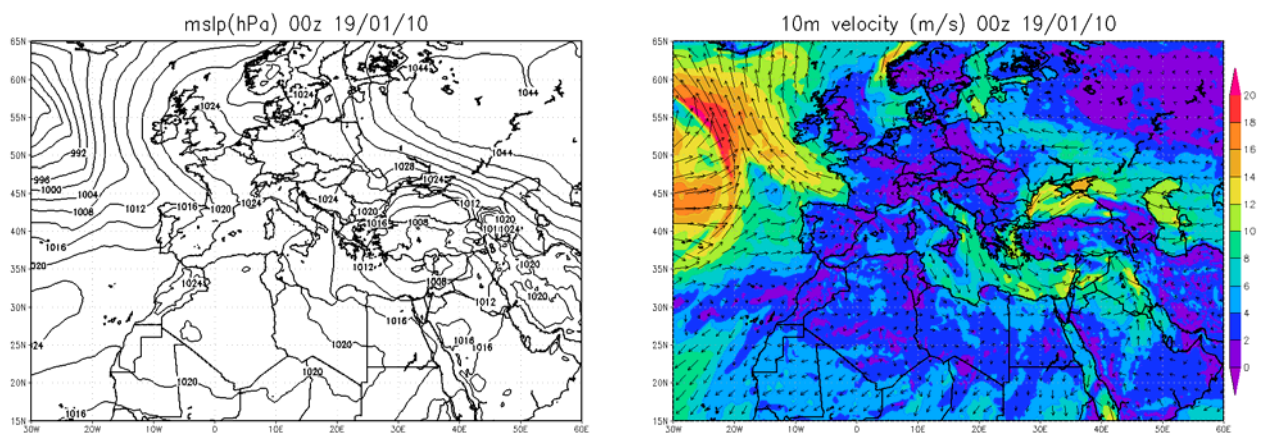
3.3 Ανάλυση των συνθηκών στον Ευρωπαϊκό χώρο για την περίοδο 00UTC 19/01/10-12UTC 19/01/10.

Στις 19/01/10 00UTC στις στάθμες των 500 και 850 hPa, παρατηρούμε ότι η γενική κυκλοφορία στην ατμόσφαιρα έχει αλλάξει λόγω της θέσης των υψηλών των υψών. Τα υψηλά ύψη του Αζορικού κινούνται ξανά βορειότερα εμποδίζοντας την κίνηση χαμηλών υψών προς τον Ευρωπαϊκό χώρο από τα δυτικά και η καθ' ύψος επέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα υποχωρεί προς τα βόρειο ανατολικά. Η θέση αυτή των υψηλών υψών ευνοεί την κίνηση των χαμηλών υψών να γίνεται από βορά προς νότο με αποτέλεσμα τα χαμηλά ύψη να φτάνουν πάνω από την περιοχή των Βαλκανίων. Τα χαμηλά ύψη που μας απασχολούν, πλέον κινούνται βόρειο ανατολικότερα (σχήμα 3.45)



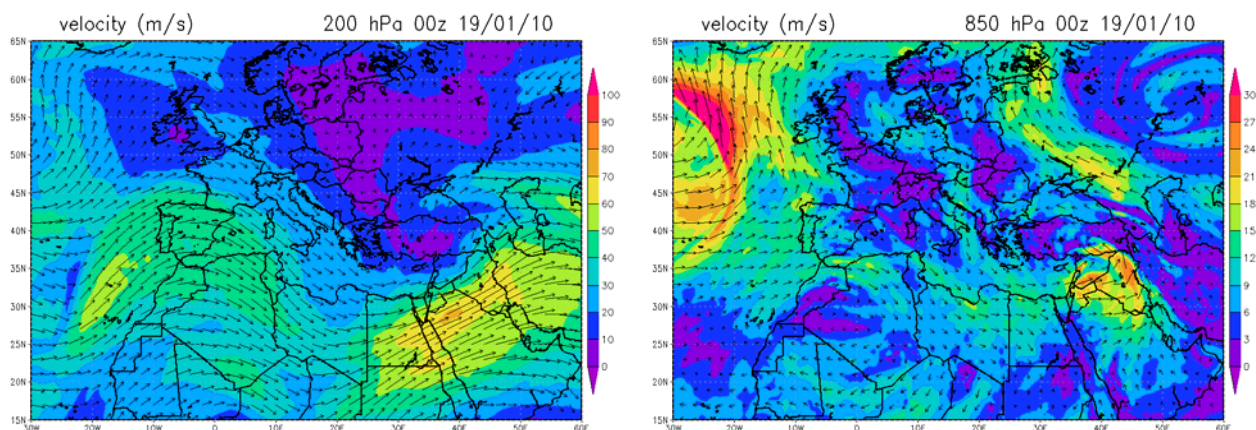
Σχήμα (3.45): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 00UTC 19/01/10.

Το βαρομετρικό χαμηλό που μας απασχολεί έχει κινηθεί και στην επιφάνεια βόρειο ανατολικότερα, στρέφοντας τους ανέμους στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου σε δυτικούς βόρειο δυτικούς. Ο Σιβηρικός αντικυκλώνας έχει κινηθεί βόρειο ανατολικότερα και συνεχίζει να εξασθενεί αφού παρατηρείται πτώση της ατμοσφαιρικής πίεσης στο κέντρο του, δίνοντας έτσι χώρο στην βορειοανατολική κίνηση του χαμηλού που δημιουργήθηκε στην Ανατολική Μεσόγειο. Στο σχήμα 3.46 φαίνεται καθαρά ότι το χαμηλό που ενισχύθηκε στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, τώρα πλέον κινείται βόρειο ανατολικά. Αυτό φαίνεται από τους ανέμους στην επιφάνεια που περιγράφουν το όριο του με τον Σιβηρικό αντικυκλώνα.



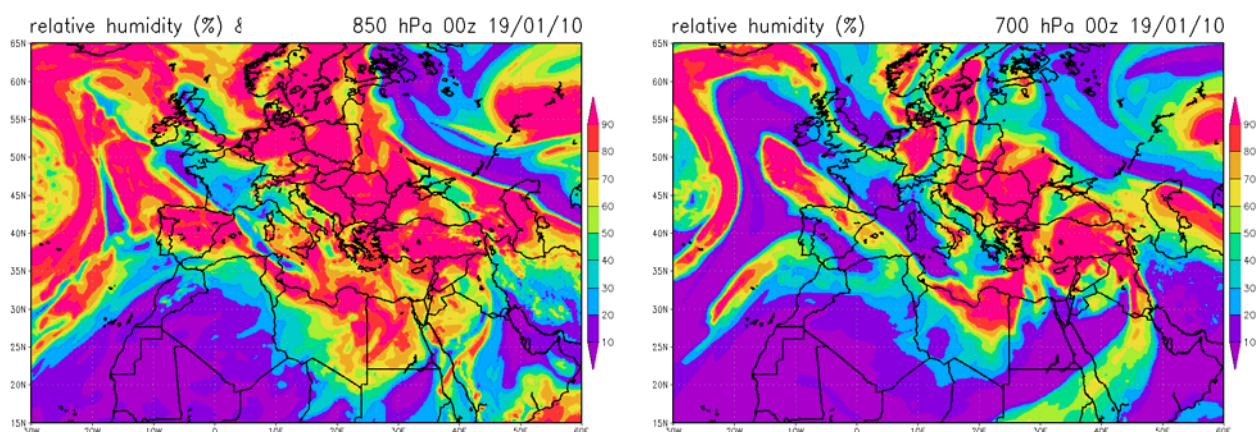
Σχήμα (3.46): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 00UTC 19/01/10.

Ο αεροχειμαρρος στην στάθμη των 200 hPa άρχισε να εξασθενεί μετά από την κίνηση των χαμηλών πιέσεων βόρειο ανατολικότερα όπως φαίνεται στο σχήμα 3.47. Στην στάθμη των 850 hPa επικρατούν δυτικοί βόρειο δυτικοί άνεμοι στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου χωρίς μεγάλες εντάσεις ανέμου, ενώ μεγάλες εντάσεις στην ταχύτητα του ανέμου παρατηρούνται βόρειο ανατολικότερα στην περιοχή της ανατολικής Τουρκίας και ανατολικής Συρίας λόγω της κίνησης του χαμηλού προς τα βόρειο ανατολικά.



Εικόνα (3.47): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 00UTC 19/01/10.

Η κίνηση του χαμηλού μαζί με τα μέτωπα του φαίνεται καθαρά και από τα επί τις % ποσοστά σχετικής υγρασίας κυρίως στην στάθμη των 700 hPa στο σχήμα 3.48. Παρατηρούμε ότι στην στάθμη των 850 hPa δεν ξεχωρίζουμε σχεδόν καθόλου το χαμηλό που επηρέασε την Κύπρο ενώ στην στάθμη των 700 hPa συνεχίζει να φαίνεται καθαρά το ψυχρό, το θερμό και το συνεσφιγμένο μέτωπο.



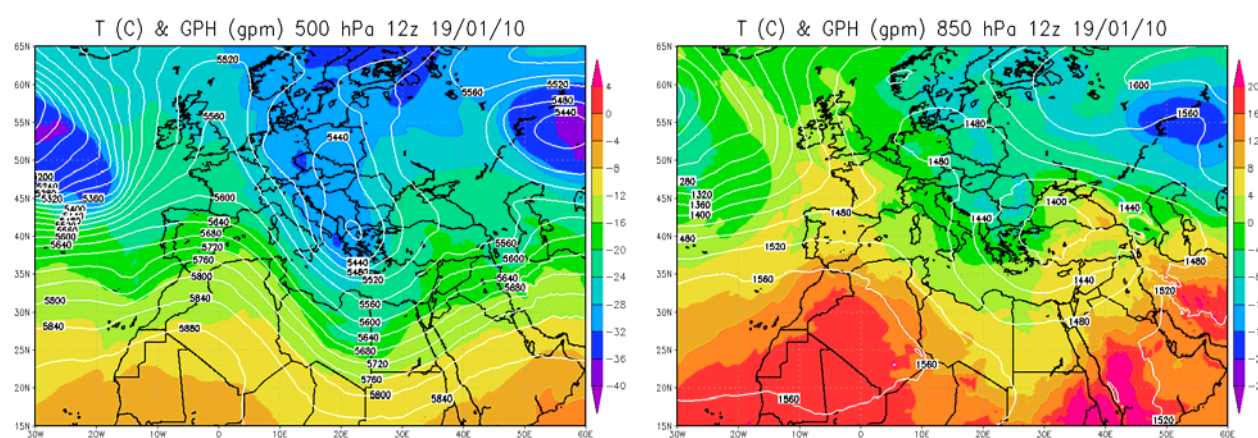
Σχήμα (3.48): Σχετική υγρασία στα 850 και 700 hPa 00UTC 19/01/10.

Στην δορυφορική εικόνα (σχήμα 3.49) στο θερμικό υπέρυθρο στις 19/01/10 00UTC, φαίνεται καθαρά η κίνηση του χαμηλού βόρειο ανατολικότερα όπως επίσης και η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου που επηρεάζεται ακόμα από το συνεσφιγμένο μέτωπο του συστήματος.



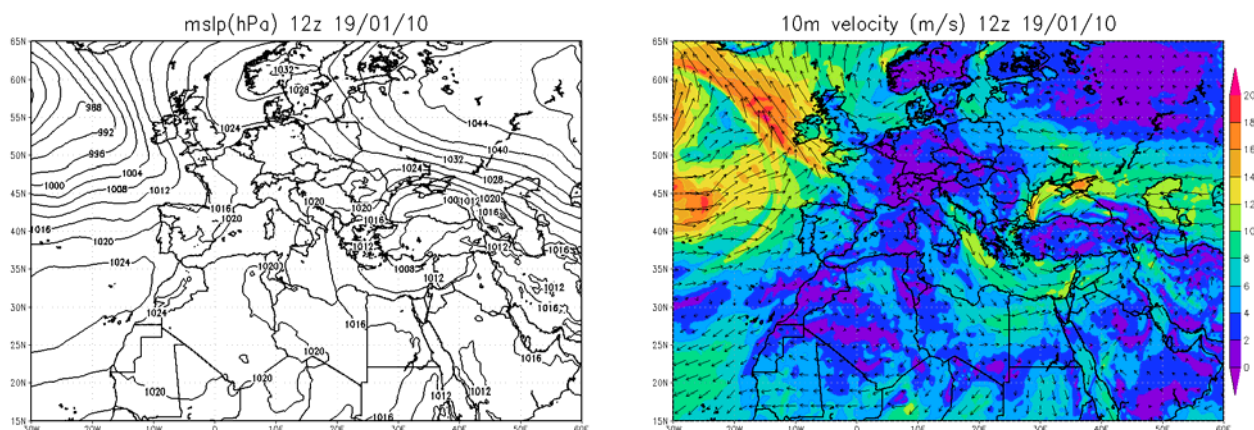
Σχήμα (3.49): Δορυφορική εικόνα στις 19/01/10 00UTC. (πηγή: www.sat.dundee.ac.uk)

Στις 19/01/10 στις 12UTC η εικόνα της κίνησης των μετεωρολογικών συστημάτων στον Ευρωπαϊκό χώρο παραμένει η ίδια. Στη στάθμη των 500 και των 850 hPa φαίνεται ο εμποδισμός των υψηλών υψών του Αζορικού αντικυκλώνα στην δυτική ροή και την κίνηση των χαμηλών υψών στον άξονα βορά νότου. Την ίδια στιγμή τα υψηλά ύψη της καθ' ύψους επέκτασης του Σιβηρικού αντικυκλώνα υποχωρούν ακόμη βορειοανατολικότερα όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.50. Αυτή η κίνηση της καθ' ύψους επέκτασης του Σιβηρικού δίνει «χώρο» στα χαμηλά ύψη που δημιουργήθηκαν πάνω από την Ανατολική Μεσόγειο να κινηθούν ακόμη βορειότερα.



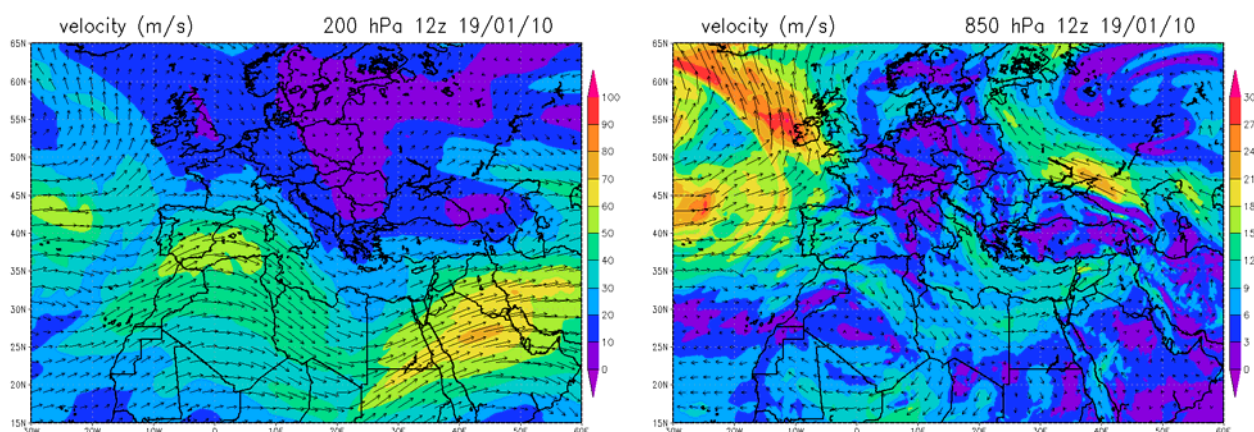
Σχήμα (3.50): Γεωδυναμικό ύψος και θερμοκρασία στα 500 και 850 hPa στις 12UTC 19/01/10.

Στην επιφάνεια παρατηρούμε ότι δεν έχει αλλάξει η κατάσταση στην κίνηση των συστημάτων ούτε η διεύθυνση ή η ένταση του ανέμου στην επιφάνεια. Εκείνο που μπορούμε να παρατηρήσουμε στο σχήμα 3.51 είναι και εδώ η προς βορρά κίνηση που ακολουθεί το σύστημα που επηρέασε την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.

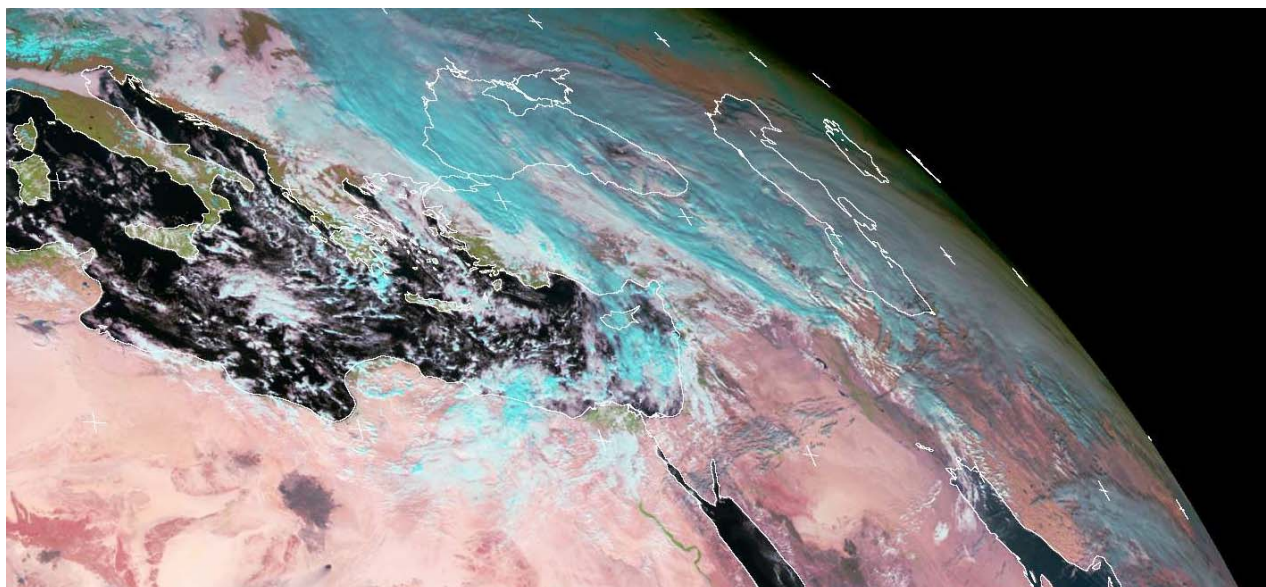


Σχήμα (3.51): Ατμοσφαιρική πίεση επιφανείας και άνεμοι στα 10m στις 12UTC 19/01/10.

Στο σχήμα 3.52 παρατηρούμε την ένταση των ανέμων στον υποτροπικό αεροχείμαρρο να συνεχίζει να ελλατώνεται φτάνοντας τα 70 με 80 μέτρα το δευτερόλεπτο μόνο πάνω από την περιοχή της Σαουδικής Αραβίας, επίσης το «σπάσιμο» του υποτροπικού αεροχείμαρρου δεν υπάρχει πλέον. Στη στάθμη των 850 hPa η διεύθυνση των ανέμων στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου ακολουθεί την κίνηση των ανέμων στην επιφάνεια. Στη δορυφορική εικόνα (σχήμα 3.53) παρατηρούμε την κίνηση των νεφώσεων που ακολουθούν το βαρομετρικό χαμηλό που επηρέασε την περιοχή προς τα βόρεια βορειοανατολικά, πάνω από την Μαύρη θάλασσα.



Σχήμα (3.52): Άνεμοι στα 200 και 850 hPa στις 12UTC 19/01/10.



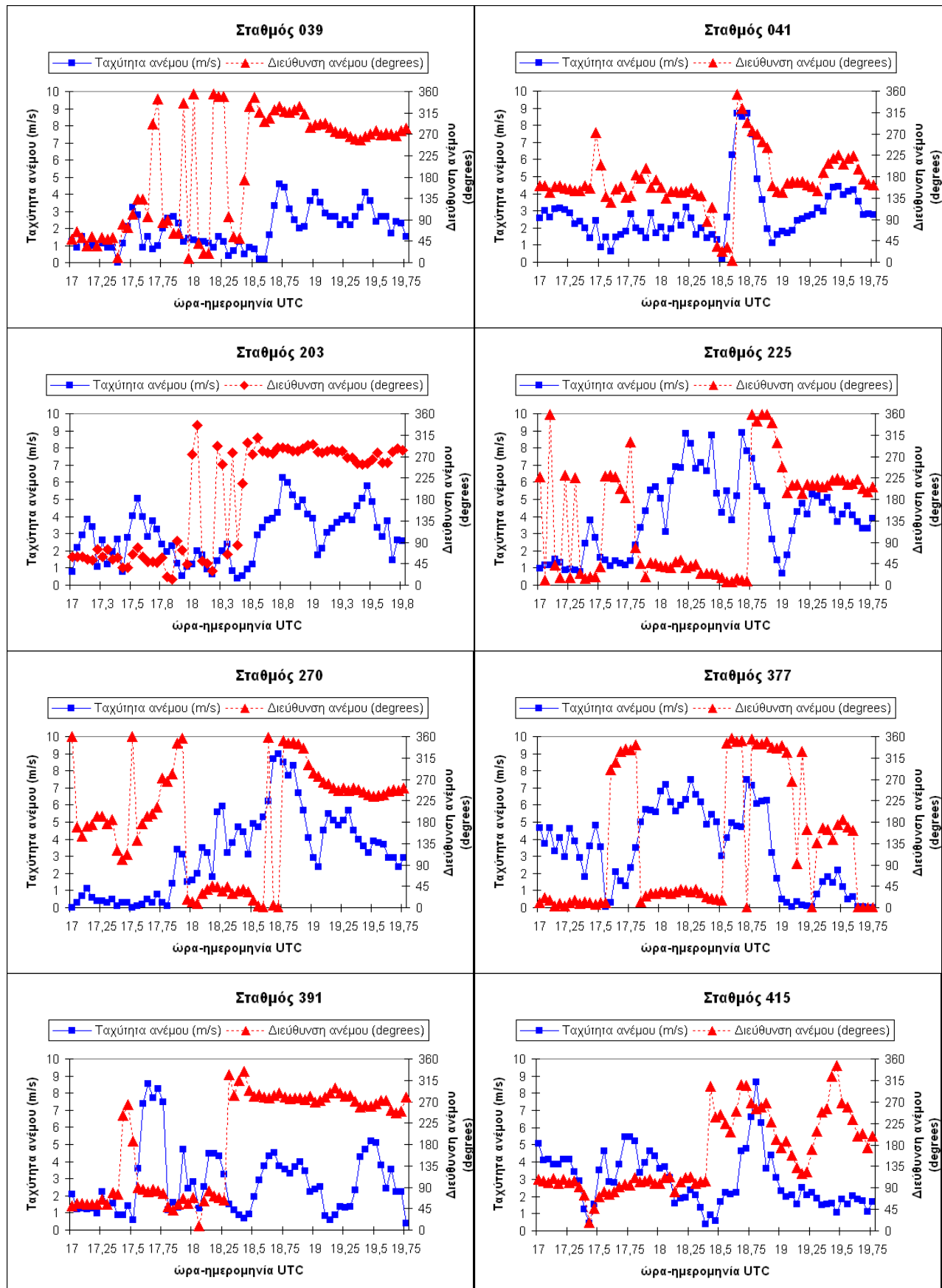
Εικόνα (3.53): Δορυφορική εικόνα από το κανάλι RGB που λήφθηκε στις 19/01/10 στις 12UTC. (πηγή: www.sat.dundee.ac.uk)

3.4 Μελέτη των τοπικών συνθηκών στην Κύπρο και συσχέτιση με τις συνοπτικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής.

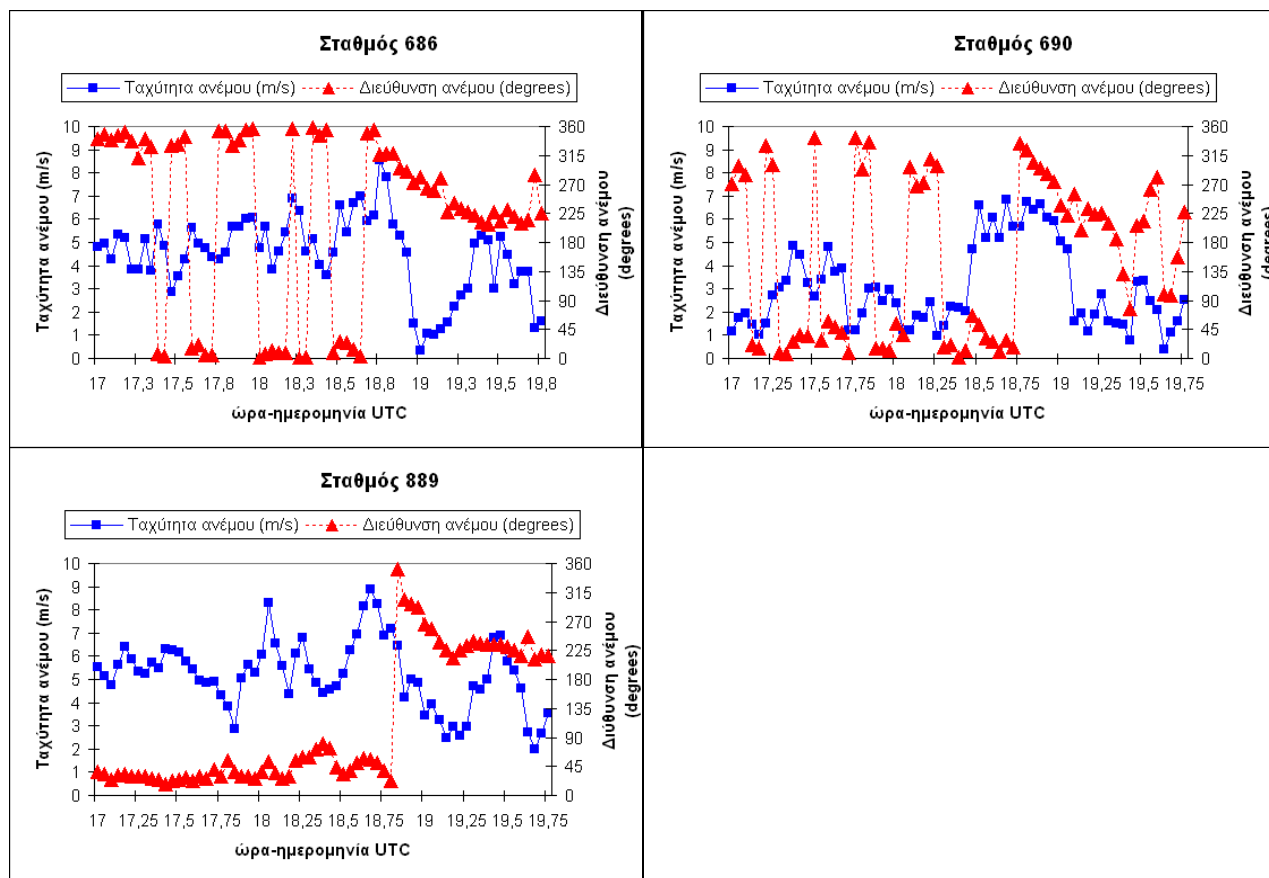
Σε αυτή την παράγραφο μελετάται η μεταβολή των τοπικών συνθηκών σε σχέση με τις τιμές των παραμέτρων που ελήφθησαν από τους αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι παράμετροι αυτοί είναι η ταχύτητα και η διεύθυνση ανέμου, η θερμοκρασία, η υγρασία και η βροχόπτωση. Τα στοιχεία για τις πρώτες τέσσερις παραμέτρους αφορούν την χρονική περίοδο 00UTC 17/01/10 μέχρι 18UTC 19/01/10 και για την βροχόπτωση αφορούν το εικοσιτετράωρο από 06UTC 18/01/10 μέχρι 06UTC 19/01/10. Η ανάλυση και η επεξήγηση των παραμέτρων που λήφθηκαν θα γίνει με τη βοήθεια χαρτών επιφανείας που θα παρουσιάζουν τις διάφορες μεταβλητές.

Η ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου που επικρατούσε στην περιοχή της Κύπρου είχε απόλυτη σχέση με την κίνηση του χαμηλού στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Καθώς το χαμηλό κινείται από νότο προς βορά, όπως περιγράφηκε και στην συνοπτική ανάλυση, η διεύθυνση του ανέμου στην επιφάνεια αλλάζει απότομα από βορειοανατολική σε βορειοδυτική κάτι που αποτυπώνεται σε όλα τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν από τις τιμές της διεύθυνσης του ανέμου σε όλη σχεδόν την Κύπρο (σχήμα 3.54). Η μέγιστη ένταση των ανέμων που φτάνει τα 9 (m/s) παρατηρείται αμέσως μετά την αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου σχεδόν σε όλους τους σταθμούς. Από τα δεδομένα της διεύθυνσης και ταχύτητας του ανέμου στην επιφάνεια βλέπουμε καθαρά τη στροφή των ανέμων από ανατολικές βορειοανατολικές διευθύνσεις σε βόρειες βορειοδυτικές (σχήμα 3.54) Διαπιστώνουμε ότι η μεταβολή αυτή συμβαίνει σε όλους τους σταθμούς στις 18/01/10 με διαφορά λίγων ωρών από σταθμό σε σταθμό λόγω της μικρής απόστασης που έχουν μεταξύ τους. Επίσης διαπιστώνουμε πως η μεταβολή της διεύθυνσης του

ανέμου σχεδόν σε όλους τους σταθμούς συνδέεται με την μεγαλύτερη ένταση ανέμου που καταγράφηκε.

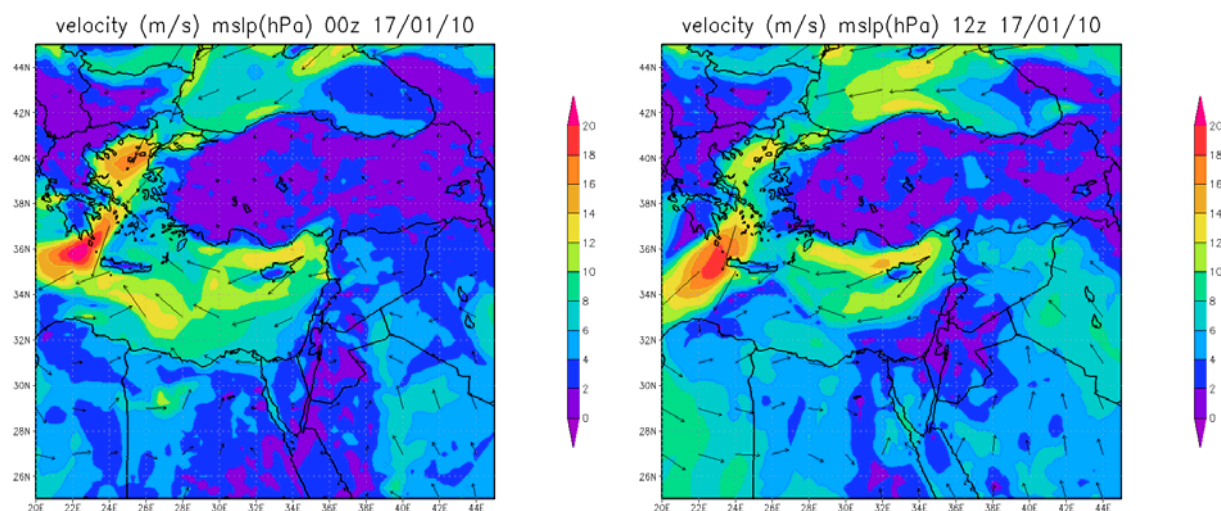


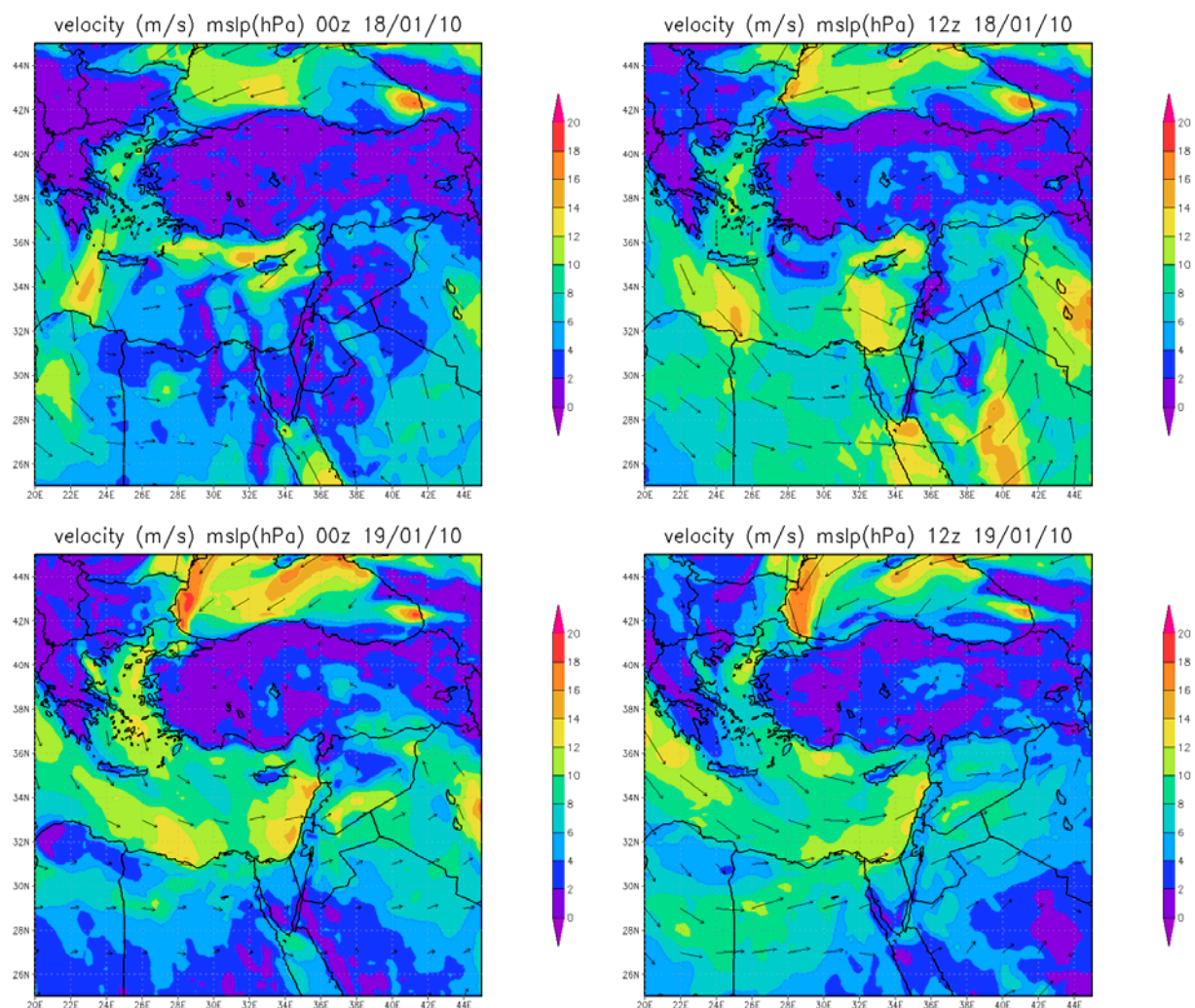
Σχήμα (3.54): Διαγράμματα ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου σε σχέση με τον χρόνο.



Διάγραμμα (3.54): Συνέχεια

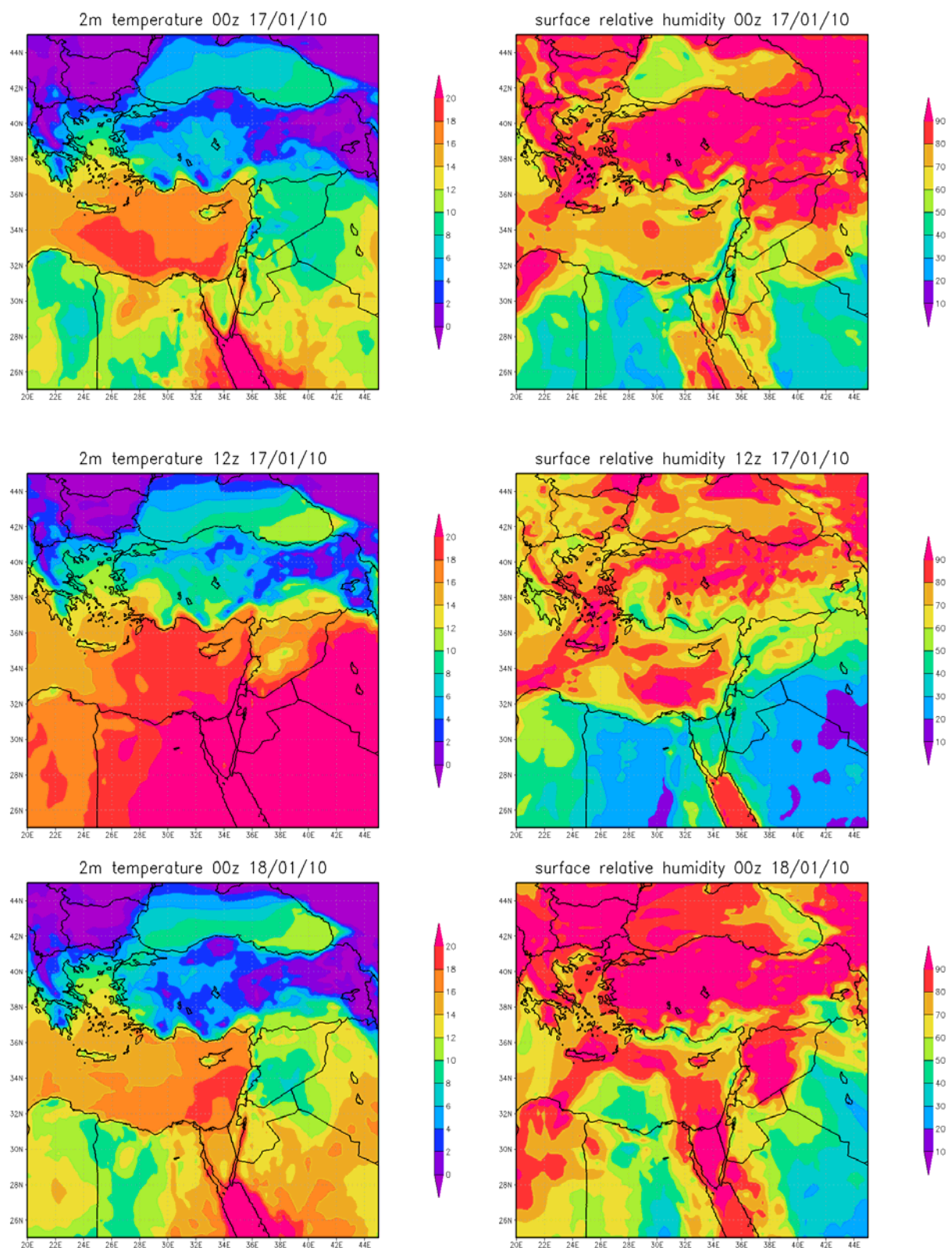
Στο σχήμα 3.55, φαίνεται καθαρά η αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου καθώς και η ένταση του στην περιοχή της Κύπρου και της ευρύτερης Ανατολικής Μεσογείου. Επίσης μπορούμε να διακρίνουμε από την μεταβολή στη διεύθυνση των ανέμων το κέντρο του βαρομετρικού χαμηλού που επηρέασε την περιοχή και πέρασε νότιο ανατολικά της Κύπρου.



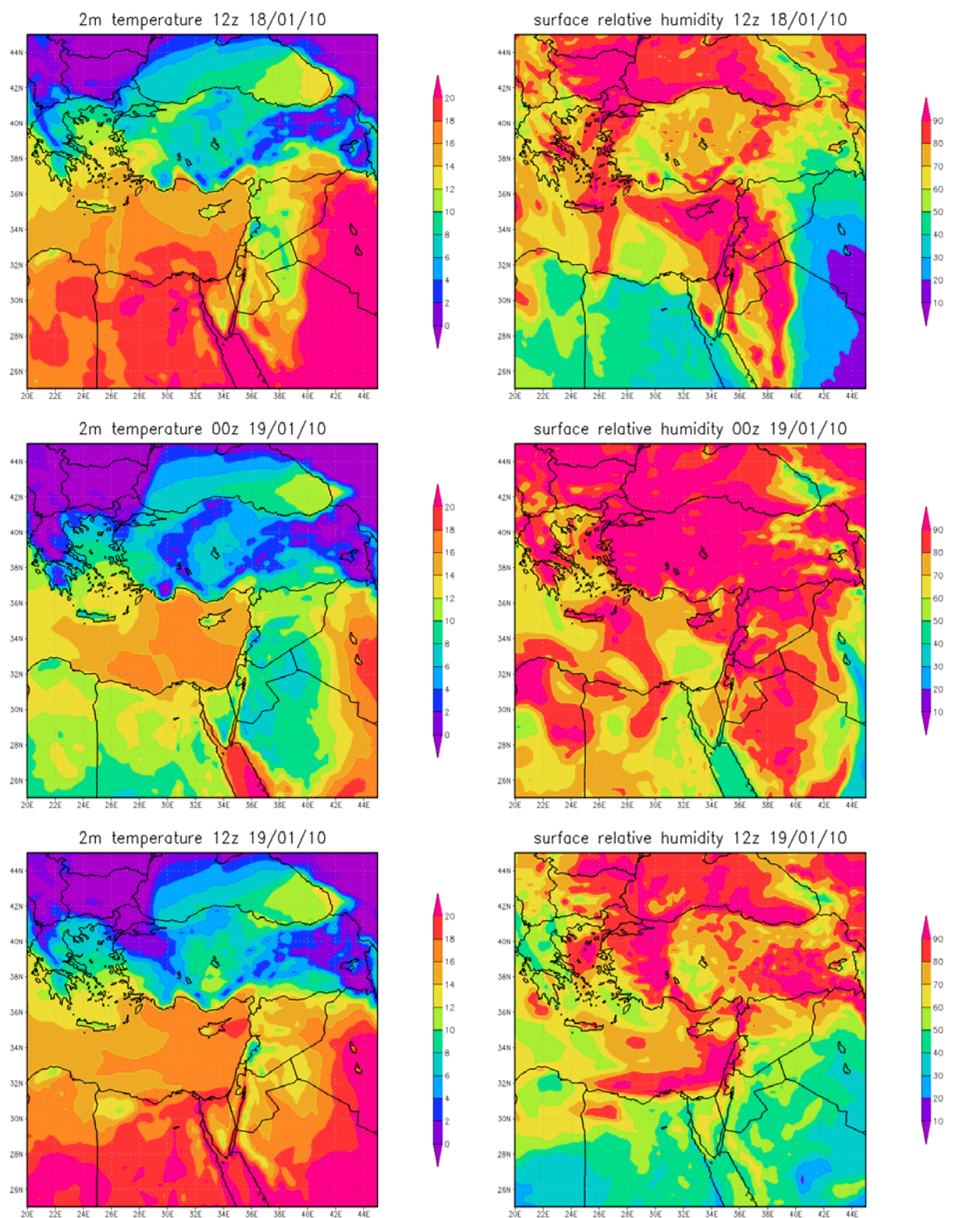


Σχήμα (3.55): Ένταση και διεύθυνση των ανέμων στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου για το διάστημα 00UTC 17/01/10-12UTC 19/01/10.

Παρατηρούμε στο σχήμα (3.56) ότι όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά (%) σχετικής υγρασίας που έχουμε, (καθότι από τη θεωρία γνωρίζουμε πως μία αέρια μάζα με χαμηλή θερμοκρασία είναι πιο εύκολο να καταστεί κορεσμένη σε υδρατμούς από μία θερμότερη αέρια μάζα). Έτσι παρατηρούμε ότι στις 12UTC 17/01/10 που έχουμε τη μέγιστη θερμοκρασία έχουμε και τα χαμηλότερα ποσοστά (%) σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα πάνω από την περιοχή της Κύπρου. Αυτή η αλληλοεπίδραση των δύο μεταβλητών μας δίνει την ευχέρεια να αναγνωρίσουμε με μεγάλη ευκολία στις 12UTC 18/01/10 το ψυχρό, το θερμό και το συννεφιασμένο μέτωπο του χαμηλού που σχηματίστηκε στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. για να μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας παίζει ρόλο στα ποσοστά της σχετικής υγρασίας που πιθανών να έχουμε πάνω από μία περιοχή.

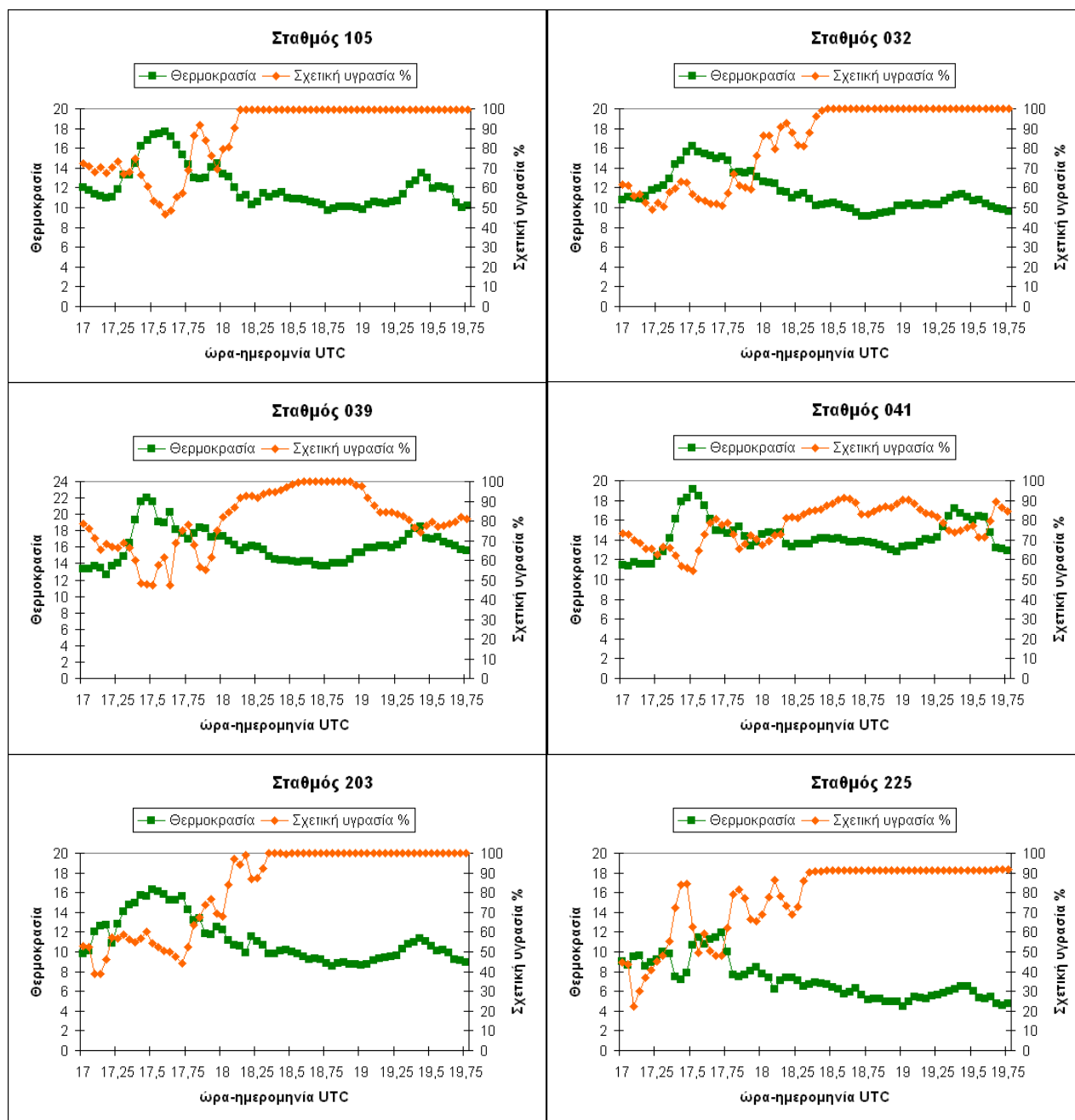


Σχήμα (3.56): Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας στην επιφάνεια κατά το ίδιο χρονικό διάστημα

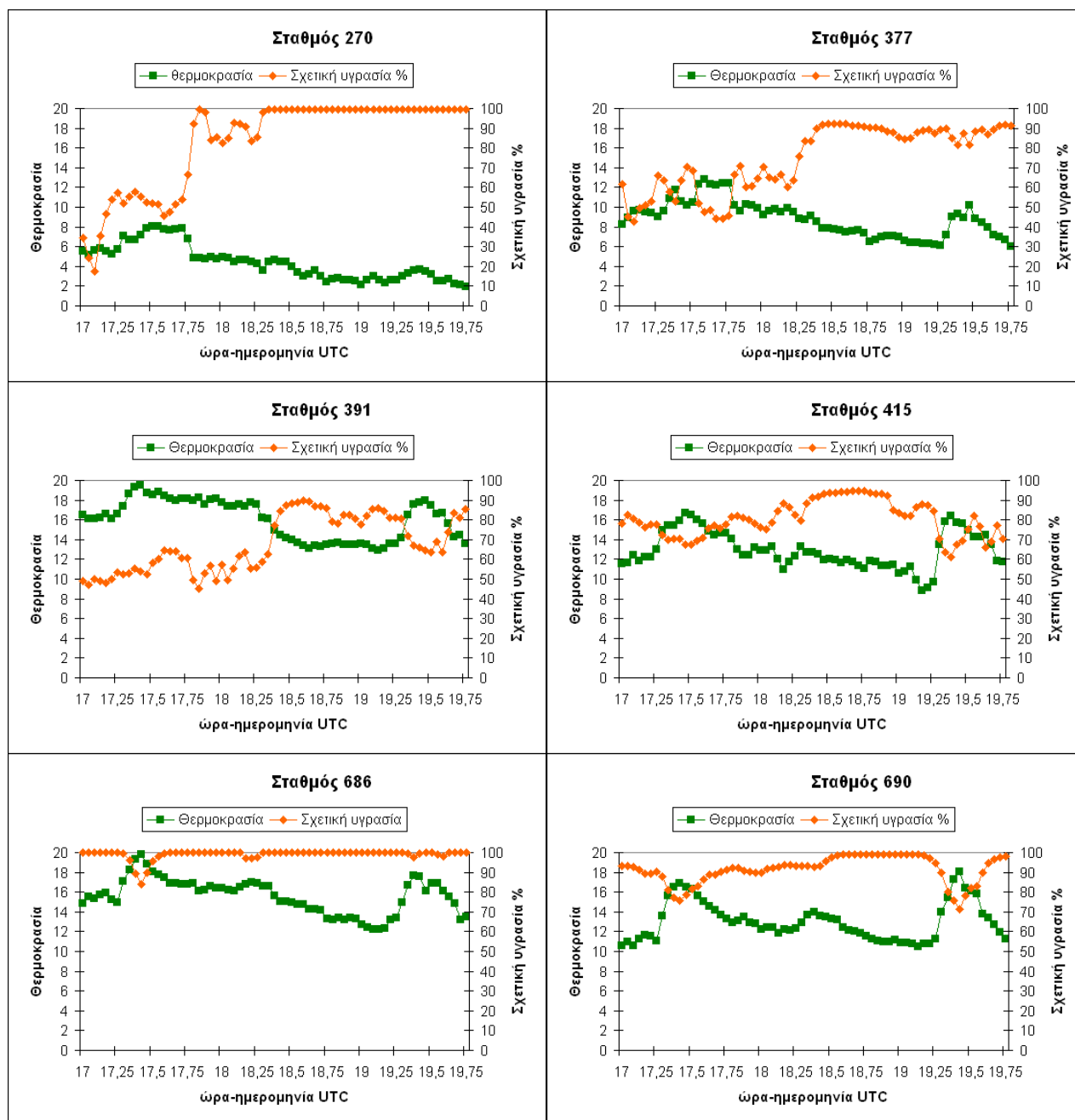


Σχήμα (3.56): Συνέχεια

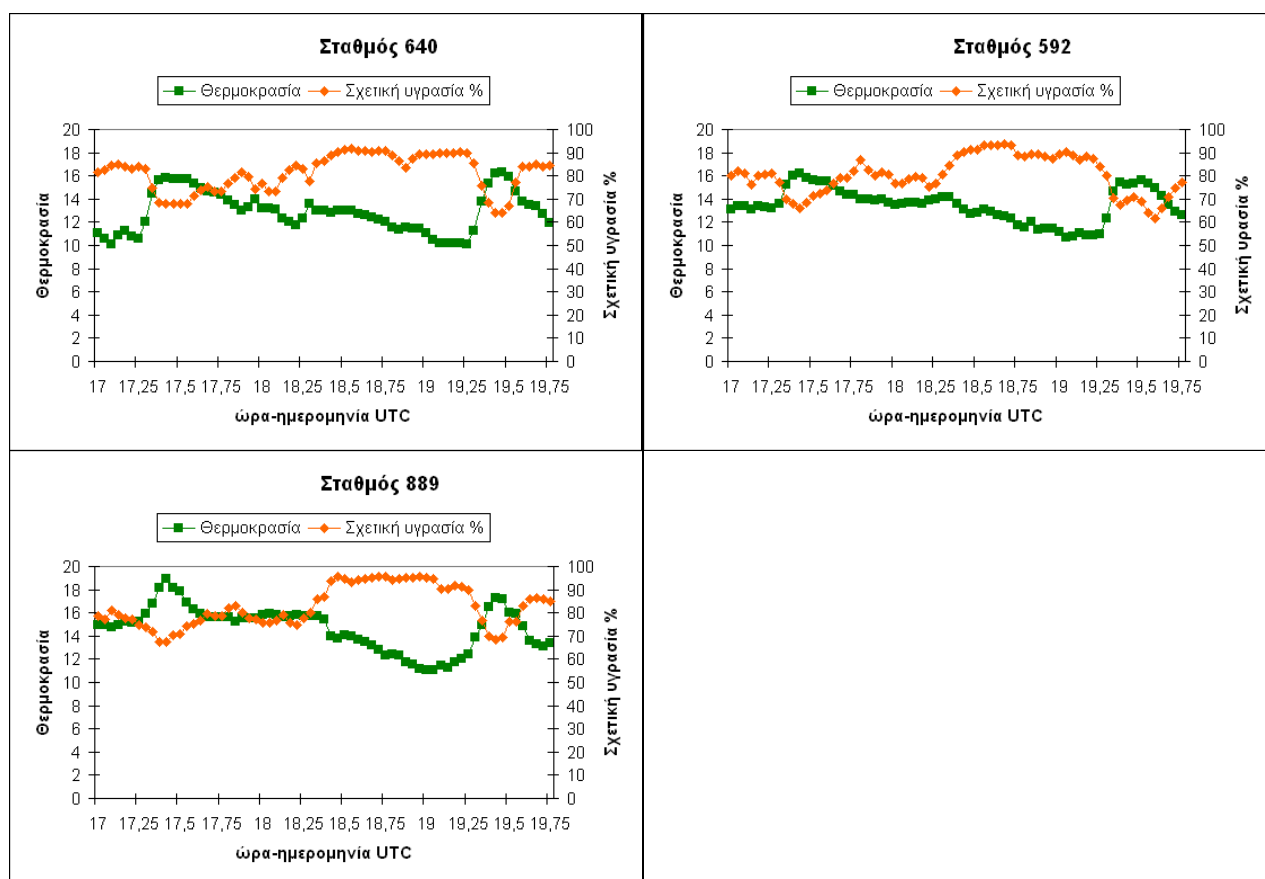
Επίσης στο σχήμα 3.57 παρατηρούμε τη μεταβολή της υγρασίας σε σχέση με την θερμοκρασία. Φαίνεται ότι η άνοδος της θερμοκρασίας μειώνει τα ποσοστά σχετικής υγρασίας και ότι μία πτώση της θερμοκρασίας αυξάνει τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας.



Σχήμα (3.57): Στο σχήμα παρατηρούμε την μεταβολή της υγρασίας και της θερμοκρασίας στα 2m για το διάστημα 00UTC 17/01/10-12UTC 19/01/10.

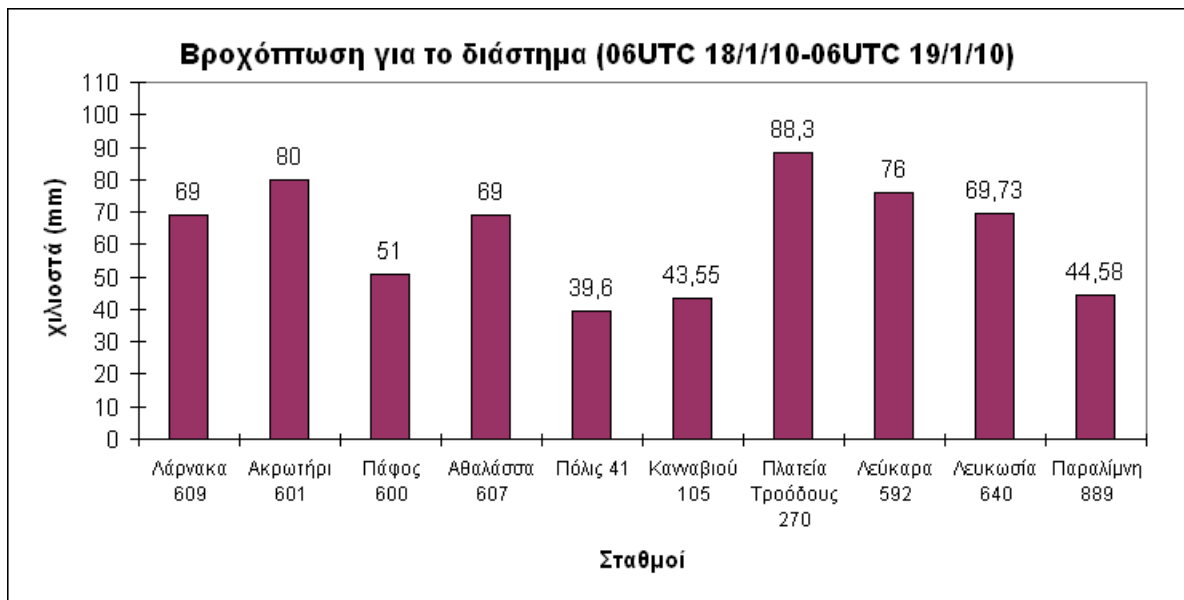


Σχήμα (3.57): Συνέχεια



Σχήμα (3.57): Συνέχεια

Τέλος αναφέρεται το ύψος βροχής που καταγράφηκε την περίοδο 06UTC 18/01/10 μέχρι 06UTC 19/01/10 από τους σταθμούς (σχήμα 3.58) στην περιοχή της Κύπρου. Παρατηρούμε πως το χαμηλότερο ύψος βροχής σημειώθηκε στην Πόλη Χρυσοχούς στον σταθμό 41 και το υψηλότερο ύψος βροχής σημειώθηκε στην Πλατεία Τροόδους (270) στο σταθμό που βρίσκεται στο μεγαλύτερο υψόμετρο. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι η μετεωρολογική υπηρεσία της Κύπρου στο μηνιαίο δελτίο καιρού που εκδίδει αναφέρει χαρακτηριστικά ότι «στις 18/01/10, σημειώθηκαν καταρρακτώδεις βροχές σε ολόκληρη την Κύπρο προκαλώντας σοβαρά προβλήματα» και επίσης ότι «στην περιοχή του Αστρομερίτη σημειώθηκαν 175mm».



Σχήμα (3.58): Ύψος βροχής που καταγράφηκε από τους μετεωρολογικούς σταθμούς κατά την περίοδο 06UTC 18/01/10-06UTC 19/01/10.

Η γεωγραφική κατανομή των αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών από τους οποίους προήλθαν τα δεδομένα για τα ύψη βροχής φαίνεται στο σχήμα 3.59.



Σχήμα (3.59): Σταθμοί από τους οποίους υπάρχουν δεδομένα βροχόπτωσης.

4. Πειράματα ευαισθησίας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων ευαισθησίας που έγιναν με την βοήθεια του μοντέλου WRF. Τα πειράματα ευαισθησίας αποτελούν έναν τρόπο ελέγχου της σωστής λειτουργίας του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε και βελτιστοποίησής του. Σκοπός των πειραμάτων ήταν να ελέγξουμε κατά πόσο το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε μπορεί να απεικονίσει σωστά τα ύψη των κατακρημνισμάτων που έπεσαν στην περιοχή της Κύπρου κατά το διάστημα ενδιαφέροντος.

Για να πετύχουμε την προσομοίωση των διεργασιών στην ατμόσφαιρα και ταυτόχρονα τον έλεγχο του WRF, το μοντέλο ολοκληρώθηκε από τις 12UTC 17/01/10 μέχρι τις 00UTC 21/01/10 παίρνοντας δεδομένα ανά τρεις ώρες και χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές παραμετροποιήσεις μικροφυσικής και δύο οριακών στρωμάτων. Οι μικροφυσικές καθώς και τα οριακά στρώματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

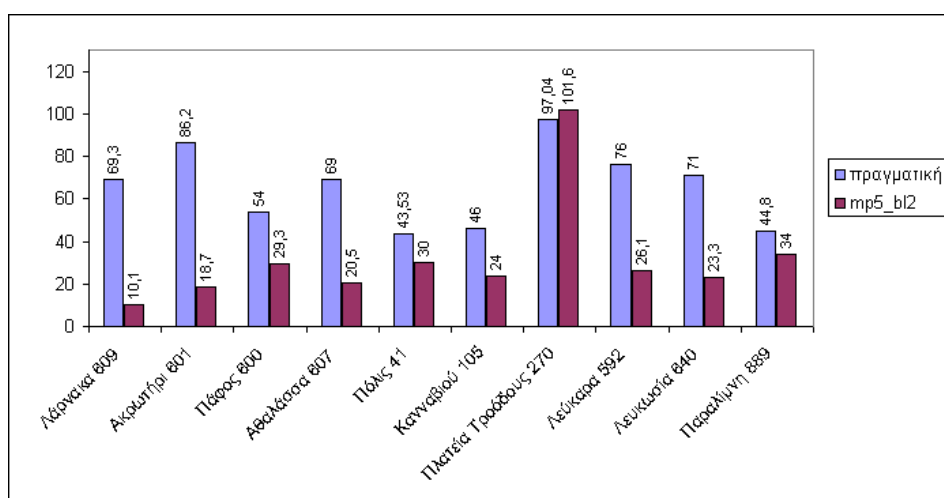
- Το σχήμα (ETA) νεφών και κατακρημνισμάτων (mp5*): Αυτό είναι επίσης γνωστό ως EGCP01 ή σχήμα του Ferrier. Το σχήμα αυτό προβλέπει τις αλλαγές στην τάση των υδρατμών και όλων των συμπυκνωμάτων που έχουν μορφές παρόμοιες όμως τα σύννεφα υδρατμών, βροχής, παγοκρυστάλλων και οποιασδήποτε μορφής παγωμένων κατακρημνισμάτων.
- Το σχήμα Thompson et al. 2006 (mp8*): Είναι μία νέα μικροφυσική παραμετροποίηση (BMP, bulk microphysical scheme) που έχει αναπτυχθεί για χρήση από το WRF ή άλλα μοντέλα μέσης κλίμακας. Συγκρινόμενο με προηγούμενα BMPs, το νέο σχήμα συμπεριλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό βελτιώσεων των φυσικών διεργασιών και της υπολογιστικής κωδικοποίησης.
- Το σχήμα Goddard Cumulous Ensemble model (mp7*): Το Goddard Cumulus Ensemble model (GCE) model (Tao and Simpson) είναι ένα μικροφυσικό σχήμα που βασίζεται κυρίως στην Lin et al. (1983) με επιπλέον διεργασίες από Rutledge and Hobbs (1984).
- Mellor-Yamada-Janjic (MYJ) PBL (bl2*): Αυτή η παραμετροποίηση των διαταραχών στο οριακό στρώμα και στην ελεύθερη ατμόσφαιρα (Janjic, 1990, 1996, 2002) αντιπροσωπεύει μία μη μοναδική εφαρμογή των (Mellor-Yamada Level 2.5) και (Mellor and Yamada, 1982) μέσα από το πλήρες φάσμα των ατμοσφαιρικών ασταθών καθεστώτων.

- Mellor-Yamada Nakanishi and Niino (bl5*): Ο Nakanishi (2001) και οι Nakanishi and Niino (2004, 2006, 2009) πρότειναν μία βελτιωμένη έκδοση του συστήματος MY (που ονομάζεται σύστημα MYNN) για τον καθορισμό σταθερών των ολοκληρωμάτων, μείωση της διάρκειας και σταθερότητα του χρόνου ολοκλήρωσης.

4.1 Στατιστική ανάλυση της βροχόπτωσης.

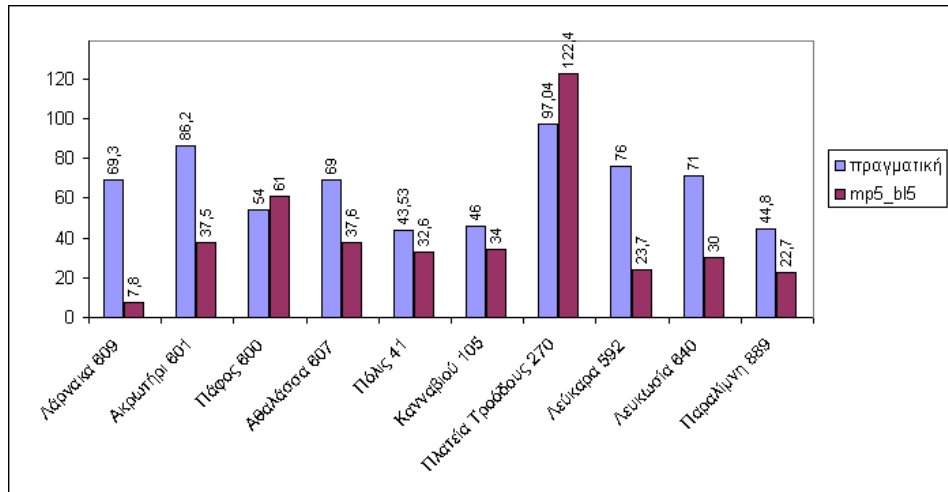
Πριν από την εξαγωγή των στατιστικών που έχουν να κάνουν με την ποιοτική ανάλυση της βροχόπτωσης, έχοντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες όλων των σταθμών εξήχθηκε σημειακά η βροχόπτωση που έδινε κάθε πείραμα για κάθε σταθμό από τις 18/01/10 00UTC μέχρι τις 19/01/10 18 UTC και ανά έξι ώρες με την βοήθεια του GrADS. Το αποτέλεσμα που είχαμε ήταν 63 σημειακές εκτιμήσεις της βροχόπτωσης (είχαμε στην διάθεση μας στοιχεία από εννέα σταθμούς και έτσι πήραμε αποτελέσματα για επτά σημειακές εκτιμήσεις της βροχόπτωσης για κάθε σταθμό). Στα σχήματα (4.1 ,4.2 , 4.3, 4.4, 4.5 και 4.6) μπορούμε να συγκρίνουμε την πραγματική βροχόπτωση με την εκτίμηση της βροχόπτωσης του κάθε πειράματος ευαισθησίας ξεχωριστά (όλες οι τιμές που αναφέρονται είναι σε χιλιοστά).

Στο σχήμα (4.1) παρατηρούμε τις μεγάλες αποκλίσεις που έχει η βροχόπτωση που προβλέφθηκε από τον συνδυασμό της μικροφυσικής πέντε και του οριακού στρώματος δύο που χρησιμοποιείται επιχειρησιακά από τον τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Α.Π.Θ (meteo.geo.auth.gr). Η μόνη περίπτωση όπου η πρόβλεψη της βροχόπτωσης είναι σχεδόν ίδια με την πραγματική, είναι στον σταθμό του Τροόδους.



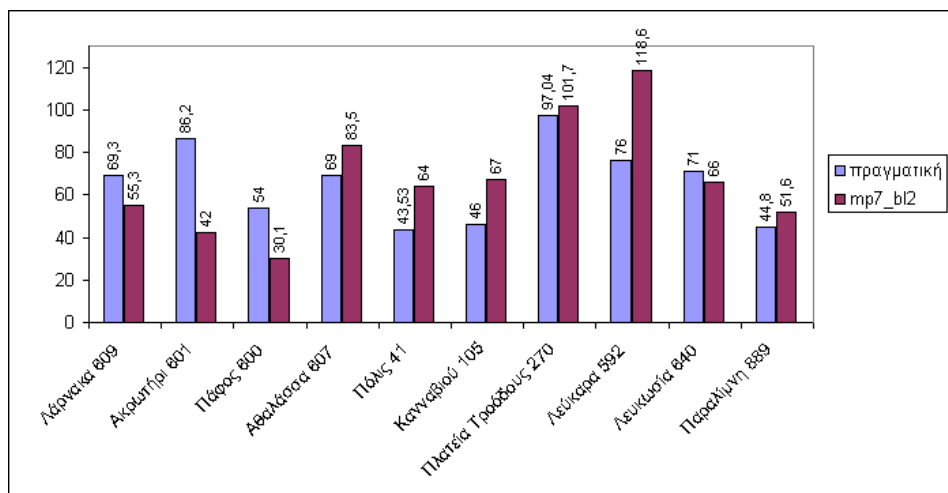
Σχήμα (4.1): Αποτελέσματα σημειακής βροχόπτωσης της μικροφυσικής πέντε και του οριακού στρώματος δύο σε σχέση με την πραγματική βροχόπτωση.

Στο σχήμα (4.2) παρατηρούμε μία καλύτερη αποτύπωση της βροχόπτωσης από την μικροφυσική πέντε και το οριακό στρώμα πέντε. Το μοντέλο σε αυτή την περίπτωση υπερεκτιμά την βροχόπτωση στον σταθμό της Πάφου και στην πλατεία Τροόδους αλλά συνεχίζει να παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις από την πραγματική βροχόπτωση σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς.



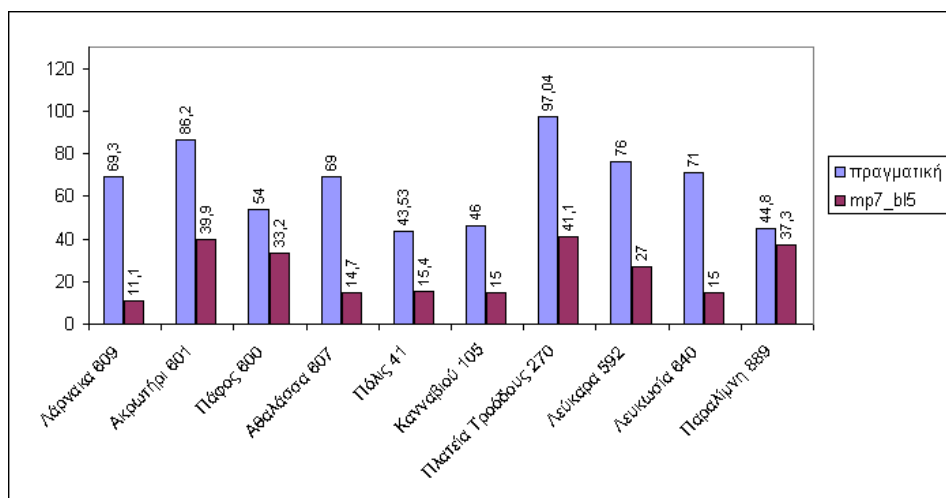
Σχήμα (4.2): Αποτελέσματα σημειακής βροχόπτωσης της μικροφυσικής πέντε και του οριακού στρώματος πέντε σε σχέση με την πραγματική βροχόπτωση.

Στο σχήμα (4.3) παρατηρούμε τον συνδυασμό της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο να μας δίνει μία υπερεκτίμηση σε πέντε περιπτώσεις χωρίς να έχει μεγάλες αποκλίσεις εκτός από τον σταθμό των Λευκάρων. Σε τέσσερις σταθμούς δίνει σχεδόν την πραγματική βροχόπτωση στην πρόβλεψη και σε τρεις περιπτώσεις υποεκτιμά και εδώ το ύψος της βροχόπτωσης.



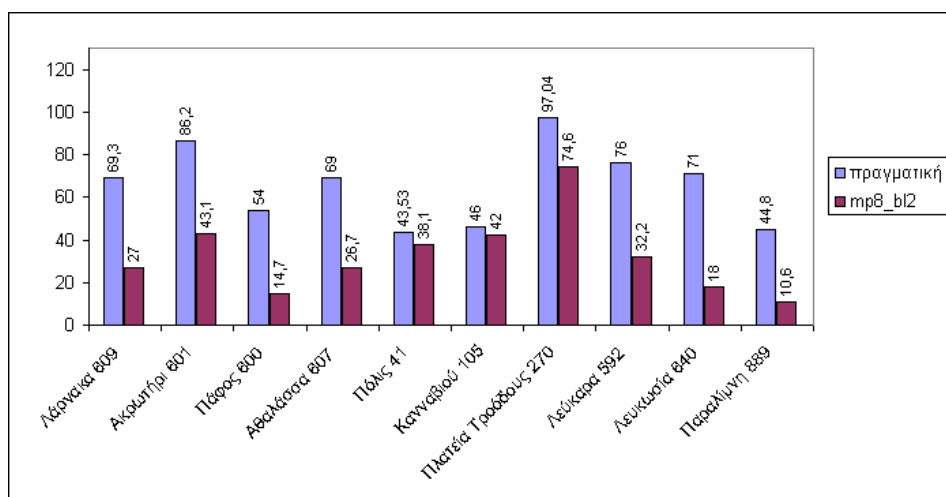
Σχήμα (4.3): Αποτελέσματα σημειακής βροχόπτωσης της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο σε σχέση με την πραγματική βροχόπτωση.

Στο σχήμα (4.4) παρατηρούμε πως η μικροφυσική επτά σε συνδυασμό με το οριακό στρώμα πέντε αυτή την φορά, υποεκτιμά την βροχόπτωση σε όλους τους σταθμούς έχοντας πάρα πολύ μεγάλες αποκλίσεις από την πραγματική βροχόπτωση.



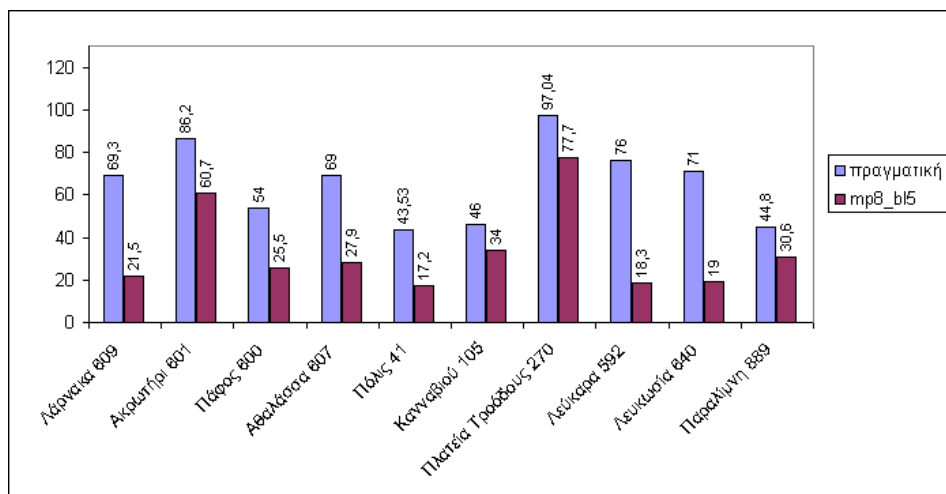
Σχήμα (4.4): Αποτελέσματα σημειακής βροχόπτωσης της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε σε σχέση με την πραγματική βροχόπτωση.

Στο σχήμα (4.5) παρατηρούμε πως ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο δίνει μία πάρα πολύ καλή προσέγγιση της βροχόπτωσης σε τρεις σταθμούς αλλά σε όλους τους υπόλοιπους την υποεκτιμά παρουσιάζοντας μεγάλες αποκλίσεις από τα πραγματικά ποσά.



Σχήμα (4.5): Αποτελέσματα σημειακής βροχόπτωσης της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο σε σχέση με την πραγματική βροχόπτωση.

Στο σχήμα (4.6) παρατηρούμε πως η μικροφυσική οκτώ με το οριακό στρώμα πέντε κάνει καλή προσέγγιση της βροχόπτωσης σε δύο σταθμούς αλλά υποεκτιμά με μεγάλη απόκλιση τα ύψη της βροχής σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς.



Σχήμα (4.6): Αποτελέσματα σημειακής βροχόπτωσης της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο σε σχέση με την πραγματική βροχόπτωση.

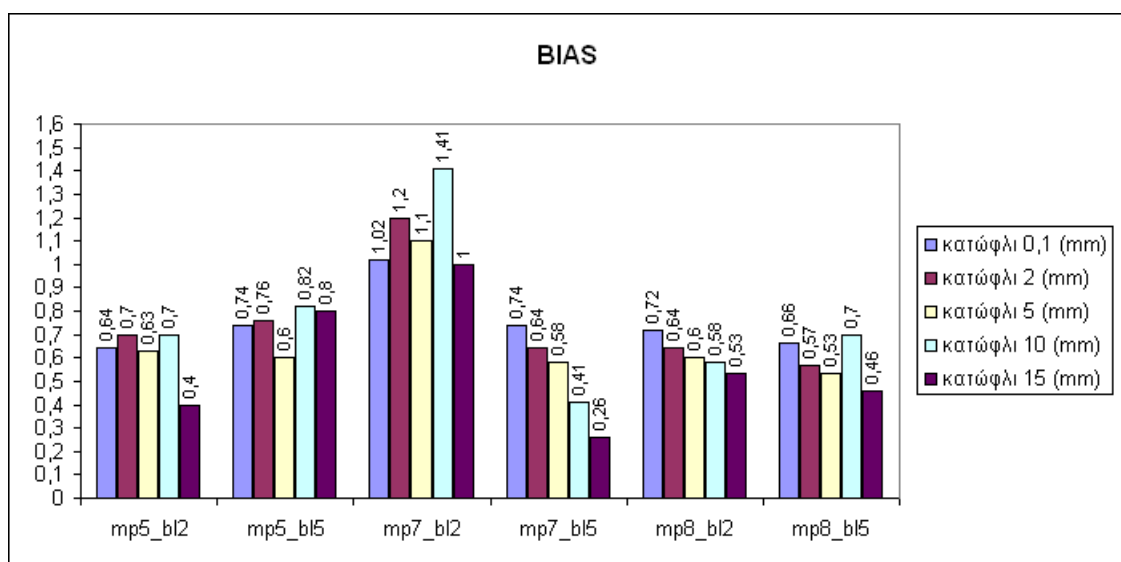
Έγινε ποιοτική ανάλυση στη βροχόπτωση που έδωσαν οι 6 συνδυασμοί των πειραμάτων ευαισθησίας, (τρεις μικροφυσικές και δύο οριακά στρώματα), χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των δυαδικών ναι/όχι προβλέψεων. Χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα βροχόπτωσης από 9 σταθμούς που διαθέταμε και τα συγκρίναμε με τα ποσά βροχόπτωσης που έδωσαν τα 6 πειράματα που πραγματοποιήσαμε. Έτσι για να αξιολογήσουμε ποιοτικά την βροχόπτωση θέσαμε πέντε κατώφλια, (0,1mm, 2mm, 5mm, 10mm, 15mm), στα οποία εφαρμόστηκαν οι πίνακες συνάφειας (6 για κάθε κατώφλι όσα και τα πειράματα δηλαδή). Το αποτέλεσμα που παράχθηκε από την διαδικασία αυτή ήταν η εξαγωγή των στατιστικών (Bias, POD, FAR και ETS). Ένας τέτοιος πίνακας συνάφειας, είναι ο πίνακας 5.1 που αντιπροσωπεύει τα αποτελέσματα της μικροφυσικής πέντε (mr5) και του οριακού στρώματος δύο (bl2) για το κατώφλι του ενός δέκατου του χιλιοστού.

event forecast	event observed		
	yes	no	marginal total
yes	31	1	32
no	19	12	31
marginal total	50	13	63

Πίνακας (4.1): παρουσιάζεται ένας πίνακας συνάφειας με πραγματικά δεδομένα

Δημιουργώντας όλους τους πίνακες συνάφειας (30 πίνακες συνολικά) έγιναν οι υπολογισμοί στον κάθε πίνακα για να βρεθούν οι τιμές των τεσσάρων κατηγοριών στατιστικών που χρησιμοποιήθηκαν για την ποιοτική ανάλυση της βροχόπτωσης. Βρίσκοντας τις τιμές των στατιστικών για κάθε κατώφλι μπορούμε να συγκρίνουμε τα έξι πειράματα του μοντέλου και να κατανοήσουμε την διαφορετική τους συμπεριφορά σε κάθε κατηγορία στατιστικών.

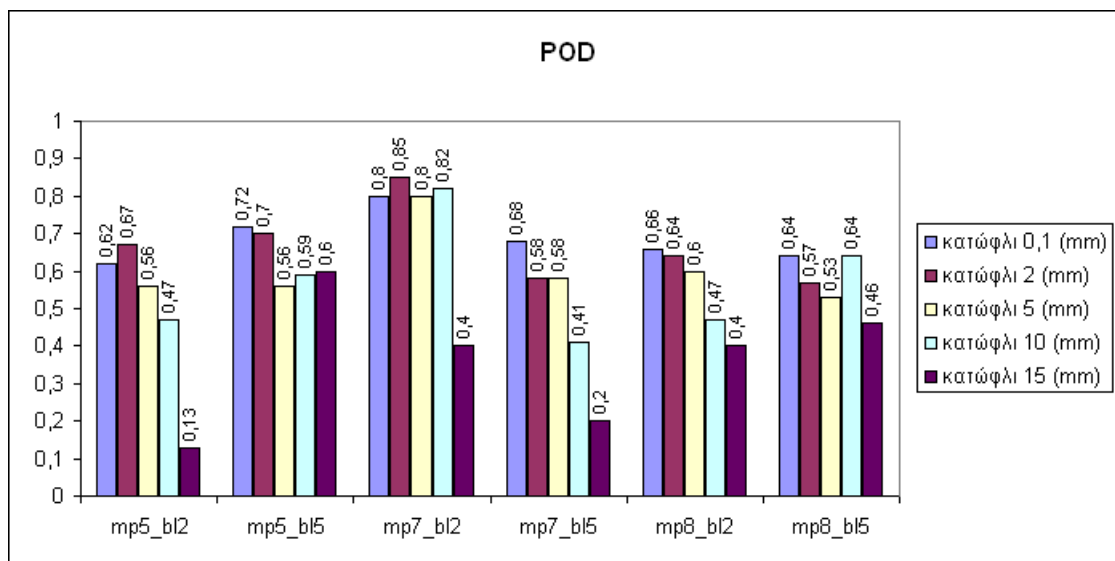
Στο σχήμα (4.7) βλέπουμε τις τιμές που παίρνει η μεταβλητή Bias των δυαδικών προβλέψεων. Παρατηρούμε ότι στα μικρά κατώφλια, όπου λαμβάνονται υπόψη σχεδόν όλα τα ύψη βροχόπτωσης, όλοι οι συνδυασμοί παίρνουν σχετικά καλές τιμές. Όταν τα κατώφλια αρχίζουν να μεγαλώνουν και να λαμβάνουν μόνο τις τιμές που είναι μεγαλύτερες από το κάθε κατώφλι που θέτουμε, (π.χ. το κατώφλι των 10mm λαμβάνει υπόψη μόνο τις τιμές που είναι μεγαλύτερες από 10mm), η μεταβλητή αρχίζει να γίνεται όλο και μικρότερη από την μονάδα. Αυτό μας βοηθά να καταλάβουμε ότι στα μεγάλα κατώφλια η πρόβλεψη υποεκτιμά την βροχόπτωση ενώ στα μικρά κάνει σωστή πρόγνωση. Παρατηρούμε όμως πως από όλους τους συνδυασμούς ξεχωρίζει αυτός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο ο οποίος παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα στην μεταβλητή και αυτό γιατί παρουσιάζει τιμές στην μεταβλητή κοντά στην μονάδα, πράγμα που σημαίνει πως πετυχαίνει την καλύτερη πρόβλεψη. Στο κατώφλι όμως των 10mm φαίνεται να υπερεκτιμά την πρόβλεψη αφού παίρνει τιμές αρκετά μεγαλύτερες από την μονάδα.



Σχήμα (4.7): Αποτελέσματα των υπολογισμών της μεταβλητής Bias για όλους τους συνδυασμούς και για κάθε κατώφλι.

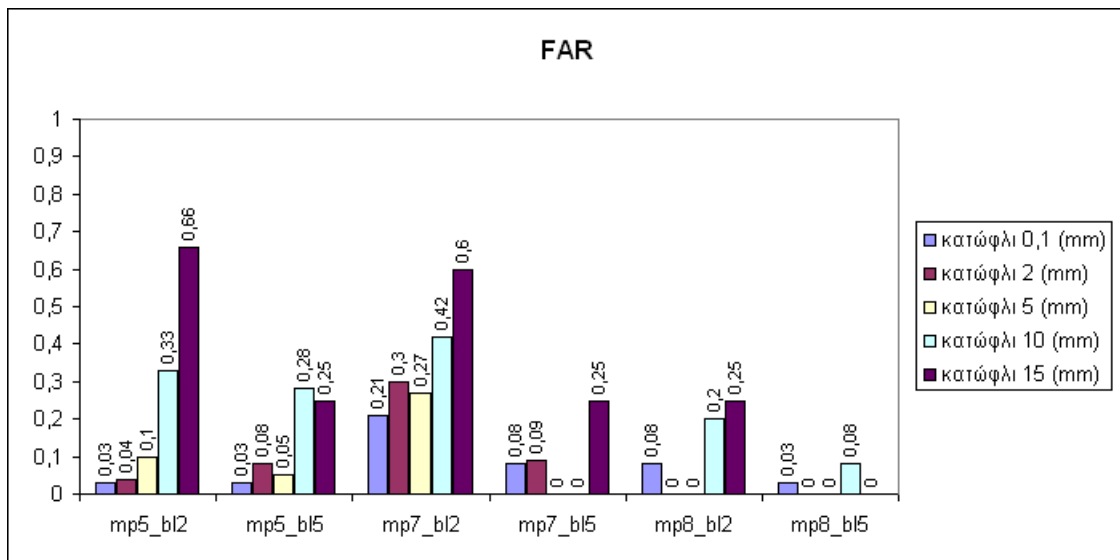
Στο σχήμα (4.8) φαίνεται η διακύμανση στην τιμή που παίρνει η μεταβλητή POD. Η μεταβλητή αυτή όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο τρία, έχει σαν τέλεια τιμή της την μονάδα και ονομάζεται πιθανότητα ανίχνευσης. Παρατηρούμε ότι οι τιμές που παίρνουν οι διάφοροι συνδυασμοί είναι παρόμοιες με αυτές της μεταβλητής Bias, επίσης παρατηρούμε και εδώ ότι οι τιμές που παίρνουμε γίνονται όλο και μικρότερες καθώς κινούμαστε σε μεγαλύτερα κατώφλια, πράγμα που σημαίνει πως η πιθανότητα ανίχνευσης μειώνεται με την αύξηση των κατακρημνισμάτων. Το μοντέλο αδυνατεί να προβλέψει μεγάλα ποσά βροχόπτωσης με ακρίβεια για μία περιοχή χωρίς να συμβαίνει το ίδιο στα μικρά κατώφλια τα οποία ανιχνεύει με ευκολία. Πάλι από όλους τους συνδυασμούς

ξεχωρίζει αυτός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο, γιατί παρουσιάζει τις καλύτερες τιμές για όλα τα κατώφλια.



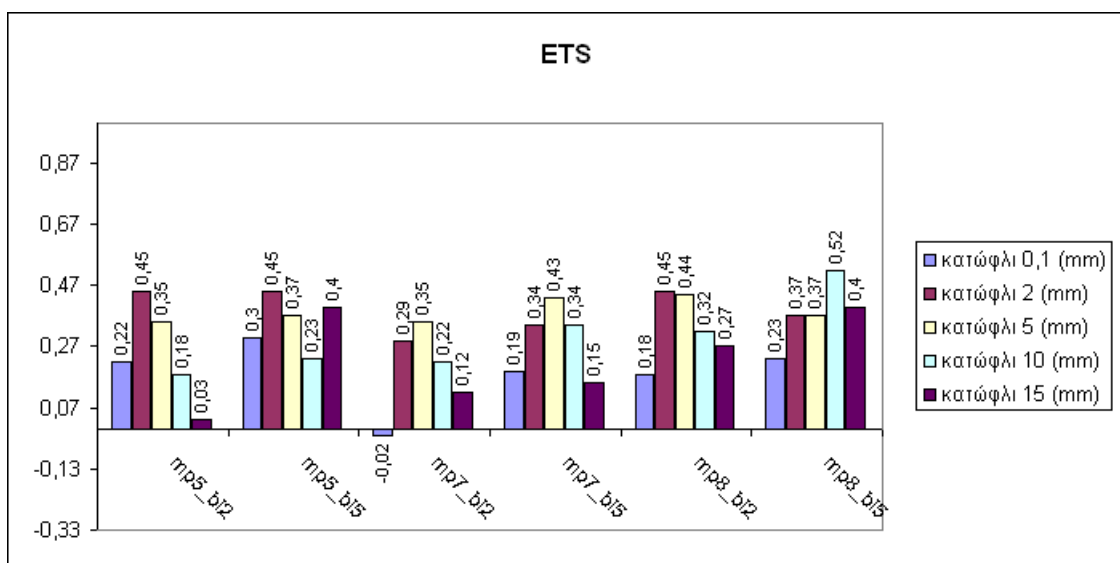
Σχήμα (4.8): Αποτελέσματα των υπολογισμών της μεταβλητής POD για όλους τους συνδυασμούς και για κάθε κατώφλι.

Στο σχήμα (4.9) παρατηρούμε την συχνότητα λανθασμένων συναγερμών. Αυτή η μεταβλητή έχει σαν τέλεια τιμή το μηδέν που εκφράζει την μηδενική πιθανότητα για εσφαλμένες προβλέψεις εμφάνισης υετού. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα σε όλους τους συνδυασμούς η συχνότητα των λανθασμένων συναγερμών παίρνει διάφορες τιμές. Παρατηρούμε επίσης ότι σε όσο μεγαλύτερα κατώφλια κινούμαστε τόσο μεγαλώνουν οι πιθανότητες να έχουμε κάποιον λανθασμένο συναγερμό. Ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο, ξεχωρίζει γιατί έχει τις μεγαλύτερες πιθανότητες εμφάνισης λανθασμένου συναγερμού σε όλα τα κατώφλια, γεγονός που φαίνεται και από το σχήμα (4.3). Επίσης διαφέρουν και οι συνδυασμοί της μικροφυσικής πέντε και των οριακών στρωμάτων πέντε και δύο όπου εμφανίζονται μεγάλες πιθανότητες για να παρουσιάσουν λανθασμένους συναγερμούς πράγμα που σημαίνει ότι οι συνδυασμοί αυτοί υπερεκτιμάνε σε κάποιους σταθμούς την βροχόπτωση σε σχέση με την πραγματική, γεγονός που παρατηρήσαμε και στα σχήματα (4.1) και (4.2) αντίστοιχα. Συμπεραίνουμε και εδώ το γεγονός ότι όσο μεγαλύτερο κατώφλι θέτουμε τόσο πιο επιρρεπείς γίνεται η πρόγνωση σε λανθασμένους συναγερμούς. Αυτό φαίνεται στο κατώφλι των 15 χιλιοστών σε όλους τους συνδυασμούς μικροφυσικών σχημάτων και οριακών στρωμάτων. Ο μόνος που διαφέρει είναι ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος πέντε καθώς σε αυτόν εμφανίζεται η μικρότερη πιθανότητα λανθασμένων συναγερμών σε όλα τα κατώφλια.



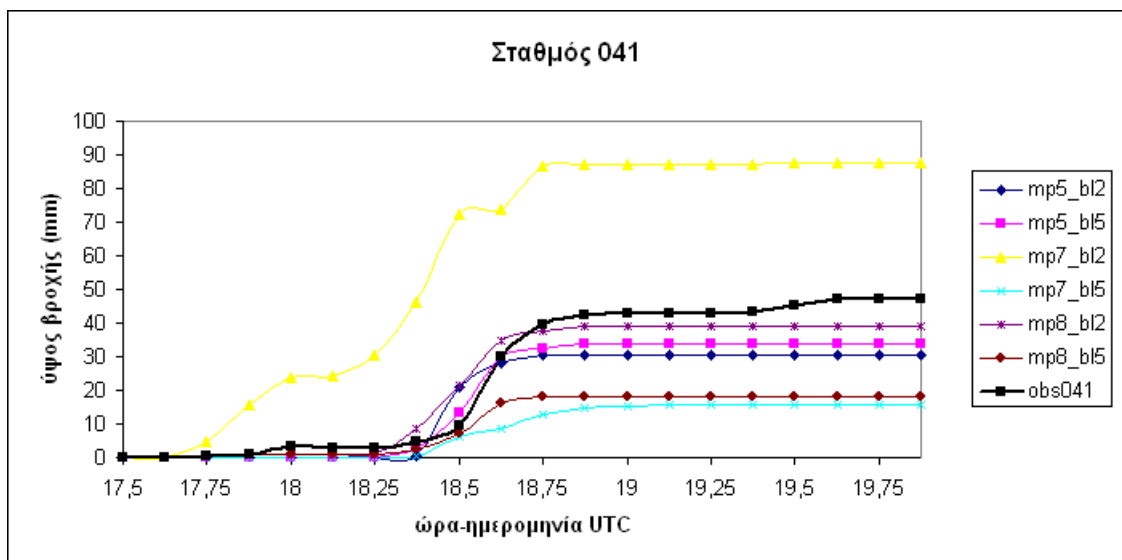
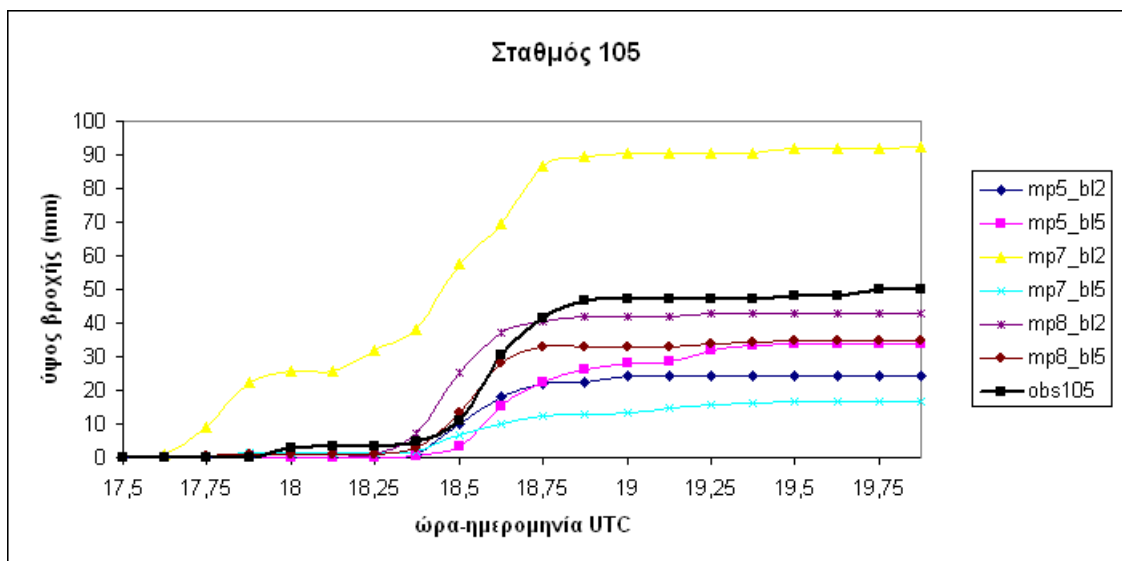
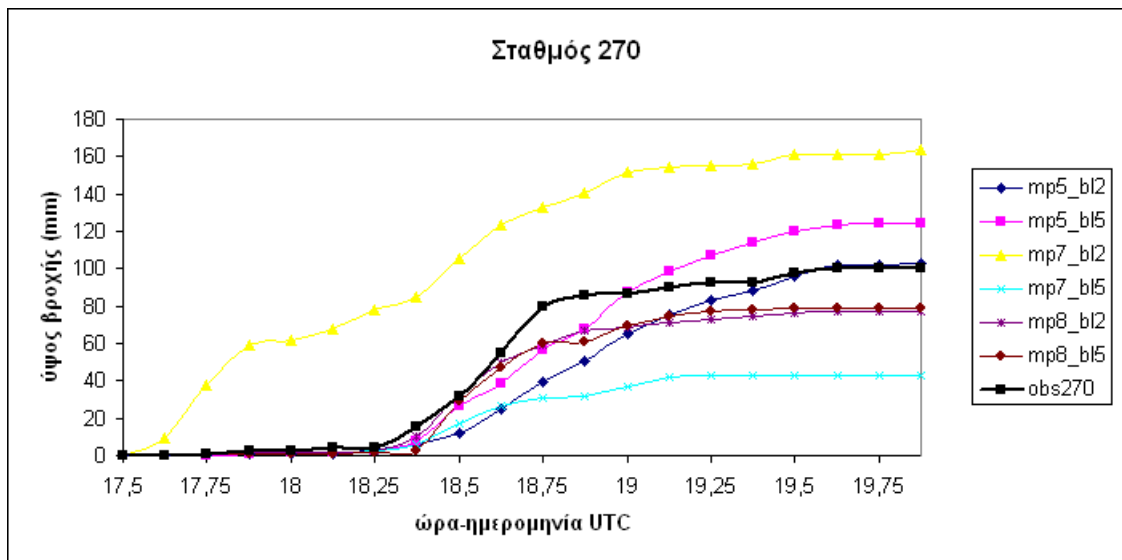
Σχήμα (4.9): Αποτελέσματα των υπολογισμών της μεταβλητής FAR για όλους τους συνδυασμούς και για κάθε κατώφλι.

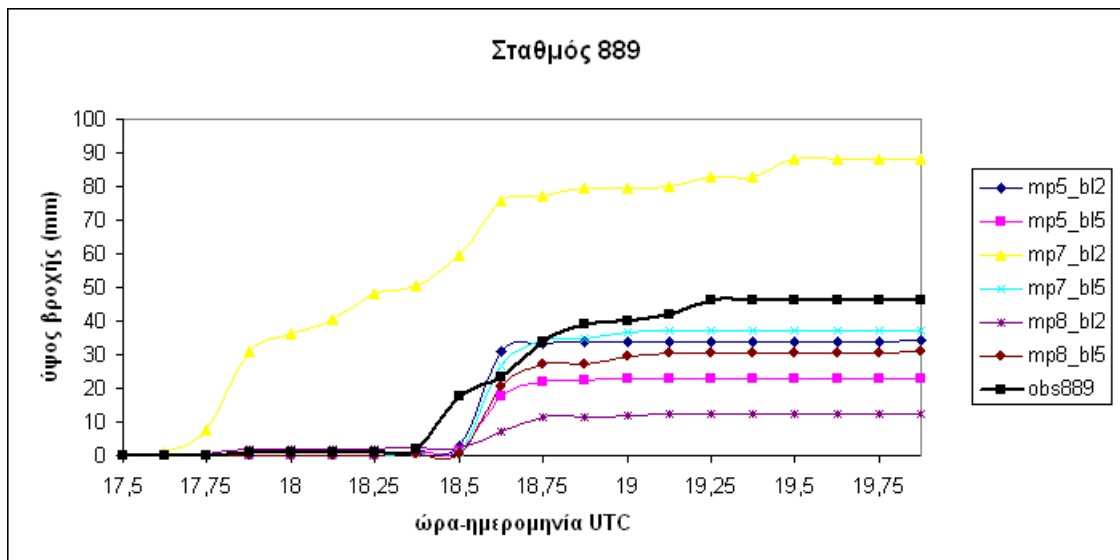
Τέλος στο σχήμα (4.10) παρατηρούμε την διακύμανση της μεταβλητής ETS. Βλέπουμε ότι παίρνει ίδιες τιμές σχεδόν σε όλα τα κατώφλια ή και τιμές πολύ κοντά στο μηδέν. Παρατηρούμε ότι τις μεγαλύτερες τιμές τις παίρνει στα κατώφλια των δύο και των πέντε χιλιοστών.



Σχήμα (4.10): Αποτελέσματα των υπολογισμών της μεταβλητής ETS για όλους τους συνδυασμούς και για κάθε κατώφλι.

Αν δούμε όμως τα αποτελέσματα που έδωσαν οι έξι διαφορετικοί συνδυασμοί έξω από τα στενά πλαίσια των σαράντα δύο ωρών που μελετούμε και για τα οποία κάναμε ποιοτική ανάλυση της βροχόπτωσης, (00UTC 18/01/10-18UTC 19/01/10), σε σταθμούς όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα ανά τρεις ώρες, (12UTC 17/01/10-21UTC 19/01/10), τότε θα πάρουμε μία εντελώς διαφορετική εικόνα από αυτή που μας δίνουν οι στατιστικές μεταβλητές. Στο σχήμα 4.11 θέσαμε την πραγματική βροχόπτωση σε σχέση με τον χρόνο σε τέσσερις σταθμούς που είχαν διαθέσιμα δεδομένα ανά τρεις ώρες και τη συγκρίναμε με τη βροχόπτωση που έδωσαν και οι 6 συνδυασμοί.





Σχήμα (4.11): Η αθροιστική πραγματική βροχόπτωση με εκείνη που έδωσαν τα έξι πειράματα ευαισθησίας για την περίοδο 12UTC 17/01/10-21UTC 19/01/10.

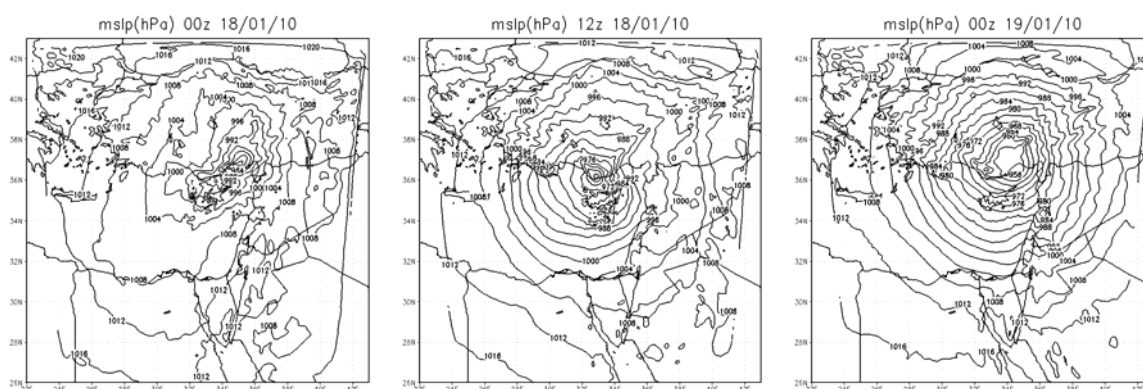
Από το παραπάνω σχήμα λοιπόν κατανοούμε ότι άσχετα με τον αν η μικροφυσική επτά σε συνδυασμό με το οριακό στρώμα δύο έδωσαν τα καλύτερα σκορ όσο αναφορά την στατιστική ανάλυση που έγινε μέσα στα στενά πλαίσια των σαράντα δύο ωρών της έντονης βροχόπτωσης, στην πραγματικότητα ο συνδυασμός αυτός είναι ο χειρότερος για την περίπτωση που μελετούμε. Παρατηρούμε ότι υπερεκτιμά πολύ την πραγματική βροχόπτωση που έπεσε στην περιοχή της Κύπρου, κάτι το οποίο φαίνεται καθαρά και από την μελέτη του στατιστικού FAR. Ακόμα προβλέπει βροχόπτωση την χρονική περίοδο όπου δεν υπήρξε στην πραγματικότητα. Επίσης παρατηρούμε πως όλοι οι υπόλοιποι συνδυασμοί κινούνται στα ίδια πλαίσια, χωρίς να υπερεκτιμούν την βροχόπτωση, αλλά ούτε να περιγράφουν τέλεια τα ποσά της βροχόπτωσης που έπεσαν στην πραγματικότητα.

Αν ξαναδούμε τα στατιστικά χωρίς να λάβουμε υπόψη τα αποτελέσματα της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο, μπορούμε να πούμε ότι τα καλύτερα σκορ, χωρίς να εμφανίζουν συχνότητα λανθασμένων συναγεργμών, τα δίνει ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο. Τα χειρότερα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, με τις μεγαλύτερες αποκλίσεις από τα πραγματικά ύψη βροχής στα μέγιστα ποσά τα δίνει ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε. Παρατηρούμε ότι υποεκτιμά κατά πολύ τη συχνότητα εμφάνισης της βροχόπτωσης σε σχέση με αυτή που πραγματικά έπεσε, όμως αν παρατηρήσουμε το σχήμα 5.10 το διάγραμμα του σταθμού 889 τότε μπορούμε να πούμε ότι μεμονωμένα παίρνει κάποια καλά αποτελέσματα χωρίς να μπορεί να συγκριθεί με την υπερεκτίμηση του συνδυασμού της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο.

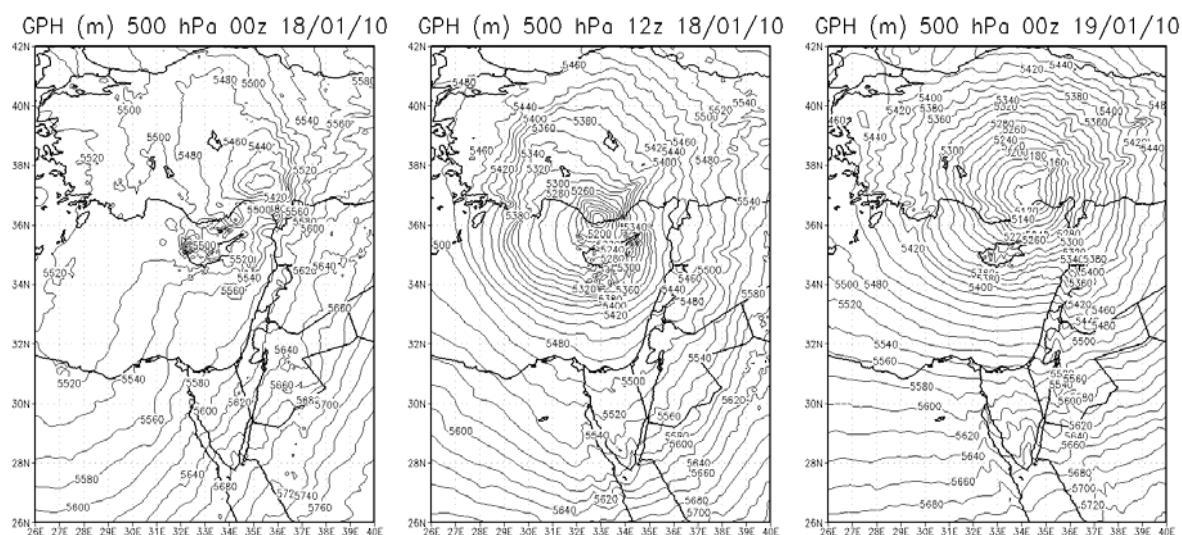
4.2 Σύντομη συνοπτική περιγραφή για την περίοδο 18/01/10 00 UTC μέχρι 19/01/10 00UTC των πειραμάτων ευαισθησίας και χάρτες βροχόπτωσης για την περίοδο 18/01/10 00UTC-19/01/10 06UTC.

Μετά την στατιστική αξιολόγηση των πειραμάτων θα θέλαμε να δούμε πολύ σύντομα πιο αίτιο προκάλεσε τις αποκλίσεις από την πραγματικότητα για το συνδυασμό του μοντέλου που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον (συνδυασμός μικροφυσικής επτά οριακού στρώματος δύο) και τι μας παρουσιάζουν οι συνδυασμοί με τα χειρότερα και τα καλύτερα στατιστικά σκορ (συνδυασμούς μικροφυσικής 7 οριακού στρώματος 5 και μικροφυσικής 8 οριακού στρώματος 2 αντίστοιχα).

Βλέποντας τους χάρτες στα σχήματα 4.12 και 4.13 για τη μικροφυσική επτά και το οριακό στρώμα δύο αντιλαμβανόμαστε ότι ο συνδυασμός αυτός υπερεκτίμησε στην περίπτωση μας την ένταση του βαρομετρικού χαμηλού στην επιφάνεια και στη στάθμη των 500 hPa δημιουργώντας μία εικόνα ενός πολύ πιο ισχυρού βαρομετρικού χαμηλού στην λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου. Στο σχήμα 4.12 βλέπουμε την πίεση στη μέση στάθμη της θάλασσας να φτάνει τα 956 hPa στο κέντρο του χαμηλού στις 19/01/10 00UTC, μεταβλητή που στην πραγματικότητα δεν έπεσε κάτω από τα 1000 hPa. Στη στάθμη των 500 hPa στο σχήμα 4.13 παρατηρούμε το χαμηλό των υψών να έχει εξωπραγματικές τιμές για τα δεδομένα της Μεσογείου όπως ακριβώς συμβαίνει και στην επιφάνεια. Το χαμηλό των υψών που μελετούμε εμφανίζεται με γεωδυναμικό ύψος 5120 hPa στις 19/01/10 00UTC στο κέντρο του, ενώ στην πραγματικότητα το γεωδυναμικό ύψος στην περιοχή μελέτης δεν έπεσε κάτω από τα 550 hPa την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

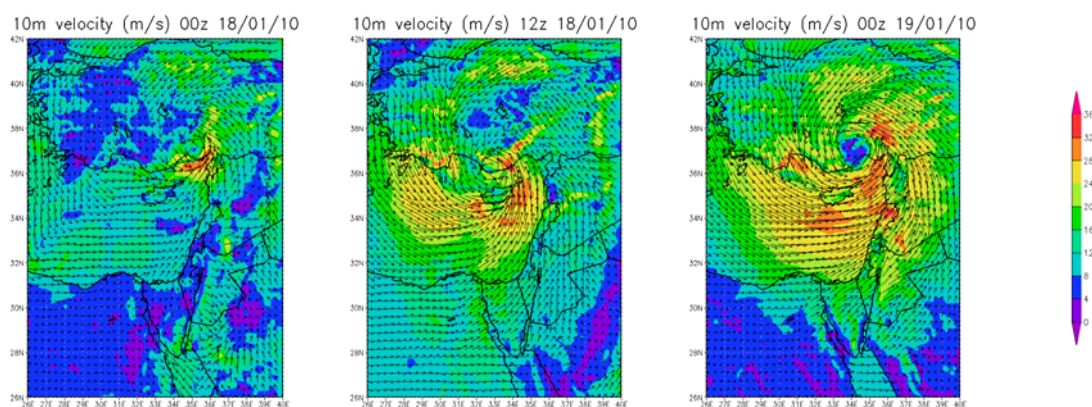


Σχήμα (4.12): Παρουσιάζεται η μέση πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο για 18/01/10 00 UTC μέχρι 19/01/10 00UTC.

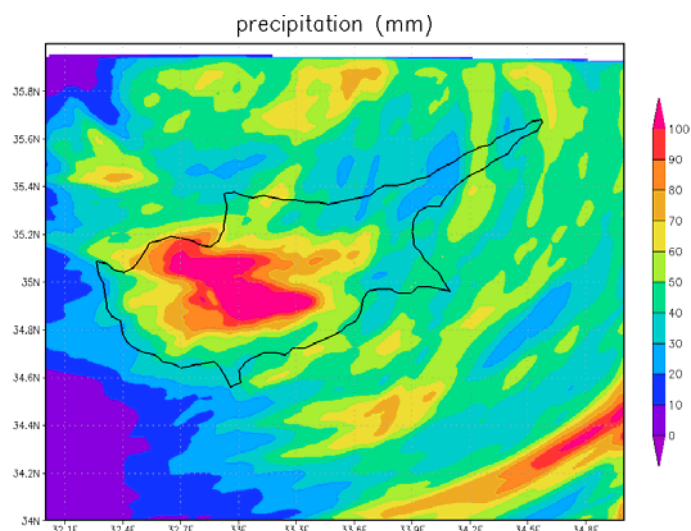


Σχήμα (4.13): Το γεωδυναμικό ύψος (gpm) στην στάθμη των 500 hPa κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC στο συνδυασμό της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο.

Στο σχήμα 4.14 παρατηρούμε τους ανέμους στην επιφάνεια που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο για το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC, και την βροχύπτωση στο σχήμα 4.15 του μελετώμενου εικοσιτετραώρου 18/01/10 00UTC με 19/01/10 06UTC. Παρατηρούμε τους σφοδρούς ανέμους εντάσεως μέχρι και 28 m/s που έδωσε λόγω της πολύ ισχυρής βαροβαθμίδας του προσομοιωμένου επιφανειακού χαμηλού και τη ραγδαία βροχύπτωση που ξεπερνά σε μεγάλο τμήμα του νησιού τα 100 χιλιοστόμετρα, που για τα στενά πλαίσια του εικοσιτετραώρου δεν απέχει πολύ μακριά από την πραγματική εικόνα που θα έπρεπε να πάρουμε. Οι άνεμοι όμως που προσομοιώθηκαν όχι μόνο δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα από άποψη ταχύτητας αλλά και από άποψη διεύθυνσης (σχήματα 3.23, 3.28, 3.46).

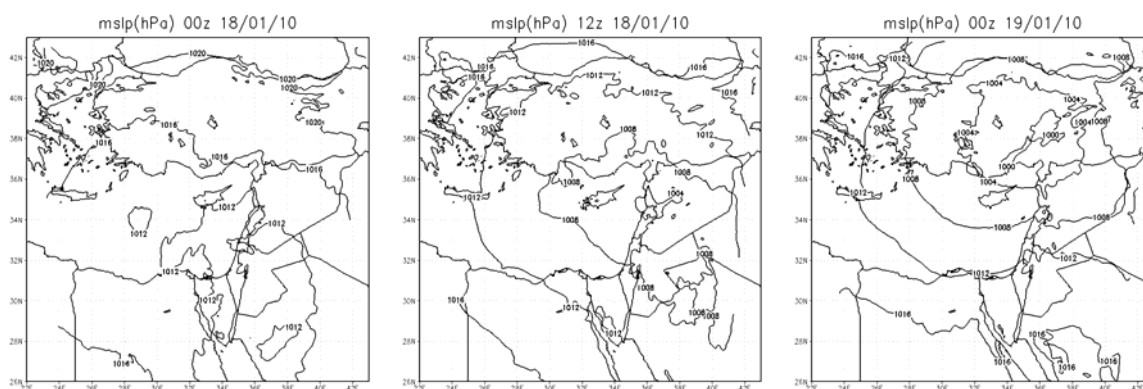


Σχήμα (4.14): Παρατηρούμε τους ανέμους στην επιφάνεια κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC στο συνδυασμό της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο.

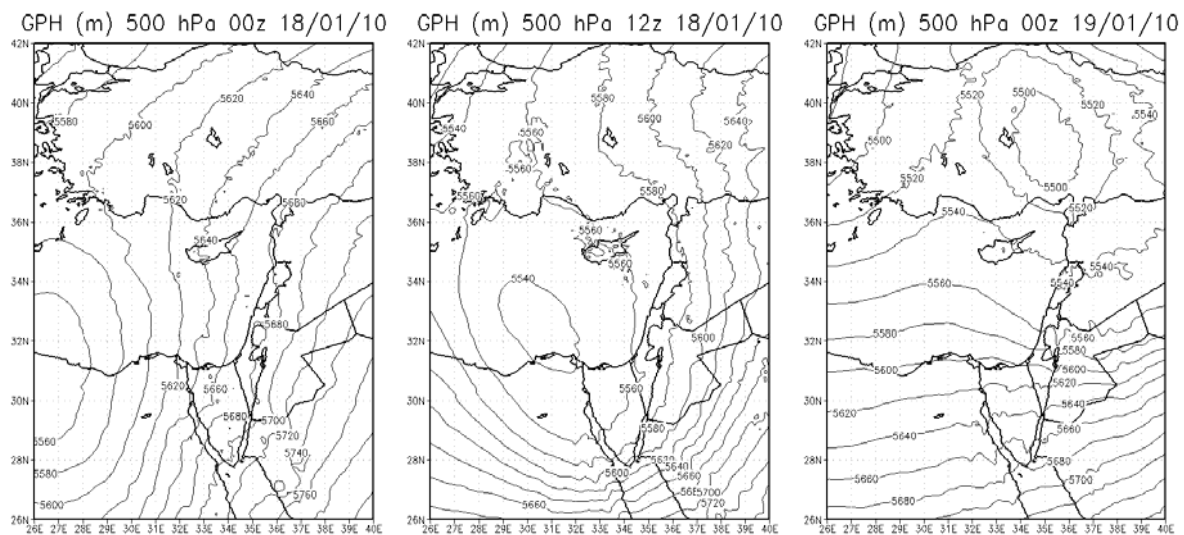


Σχήμα (4.15): Βροχόπτωση κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 06UTC στο συνδυασμό της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο.

Στον συνδυασμό της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε, που εμφανίζονται τα χειρότερα στατιστικά σκορ, παρατηρούμε στα σχήματα 4.16 και 4.17 πως περιγράφεται πολύ ικανοποιητικά η κίνηση του χαμηλού στην επιφάνεια και στην στάθμη των 500 hPa. Επίσης παρατηρούμε πως οι τιμές της πίεσης που δίνει και στα δύο σχήματα δεν απέχουν πολύ από τις πραγματικές τιμές (σχήματα 3.22, 3.23, 3.27, 3.28, 3.45, 3.46).

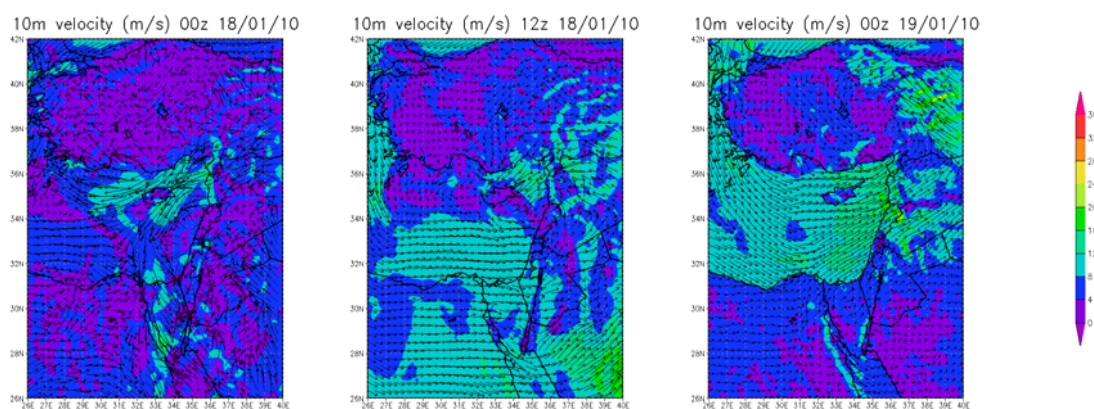


Σχήμα (4.16): Παρουσιάζεται η μέση πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε για το μελετώμενο διάστημα.

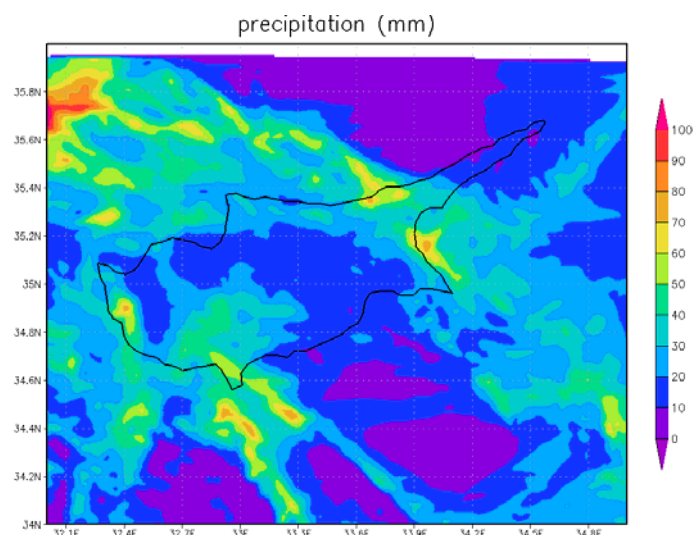


Σχήμα (4.17): Γεωδυναμικά ύψη στην στάθμη των 500 hPa κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε.

Στο σχήμα 4.18 παρατηρούμε τους ανέμους στην επιφάνεια που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε για το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC, καθώς και την βροχόπτωση του μελετώμενου εικοσιτετραώρου 18/01/10 00UTC με 19/01/10 06UTC. Παρατηρούμε ότι οι άνεμοι που έδωσε ο συνδυασμός είναι κοντά στην πραγματικότητα και από άποψη ταχύτητας και από άποψη διεύθυνσης (σχήματα 3.23, 3.28, 3.46). Η βροχόπτωση (σχήμα 4.19) όμως υποεκτιμάται από αυτό το συνδυασμό πάνω από την Κύπρο και δείχνει να έχει μία μετατόπιση βόρειο δυτικότερα από εκεί που έπρεπε να είναι στην πραγματικότητα.

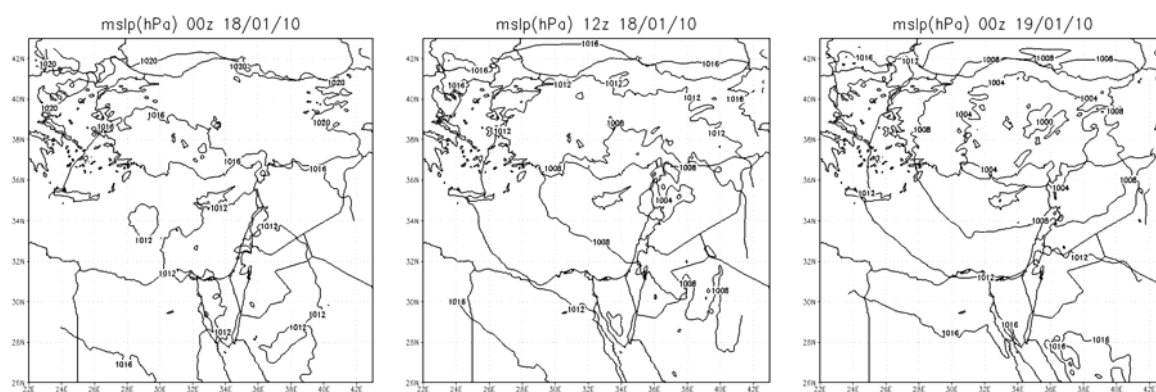


Σχήμα (4.18): Άνεμοι στην επιφάνεια κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε.

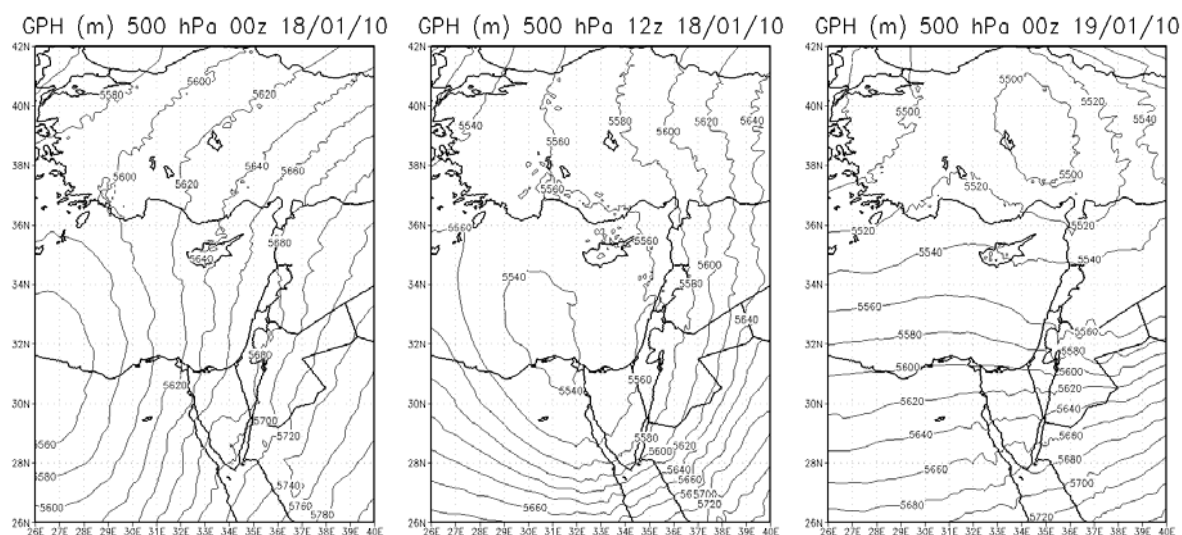


Σχήμα (4.19): Βροχόπτωση κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 06UTC που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε.

Στον συνδυασμό της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο, όπου εμφανίζονται τα καλύτερα στατιστικά σκορ όσο αναφορά τη βροχόπτωση, παρατηρούμε στα σχήματα 4.20 και 4.21 πως περιγράφει και αυτός πολύ ικανοποιητικά την κίνηση του χαμηλού στην επιφάνεια και στην στάθμη των 500 hPa. Επίσης παρατηρούμε πως οι τιμές της πίεσης που δίνει και στα δύο σχήματα δεν απέχουν ούτε και εδώ πολύ από τις πραγματικές τιμές (σχήματα 3.22, 3.23, 3.27, 3.28, 3.45, 3.46).

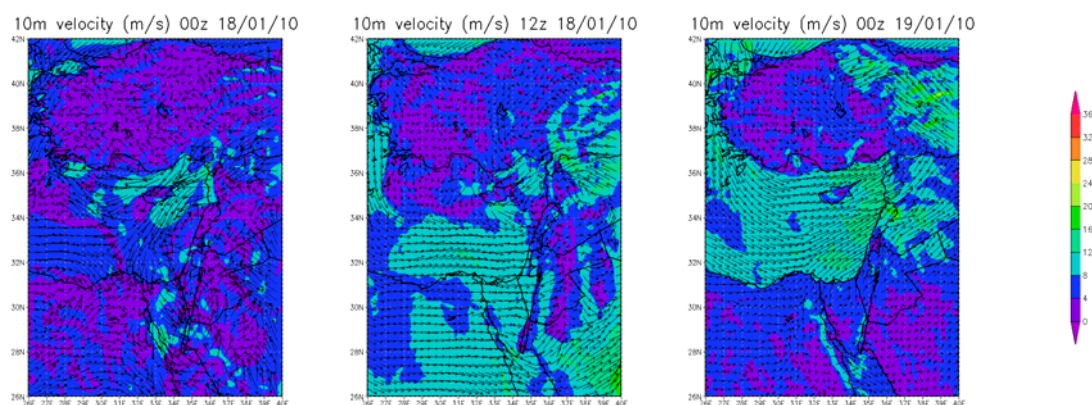


Σχήμα (4.20): Παρουσιάζεται η μέση πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC.

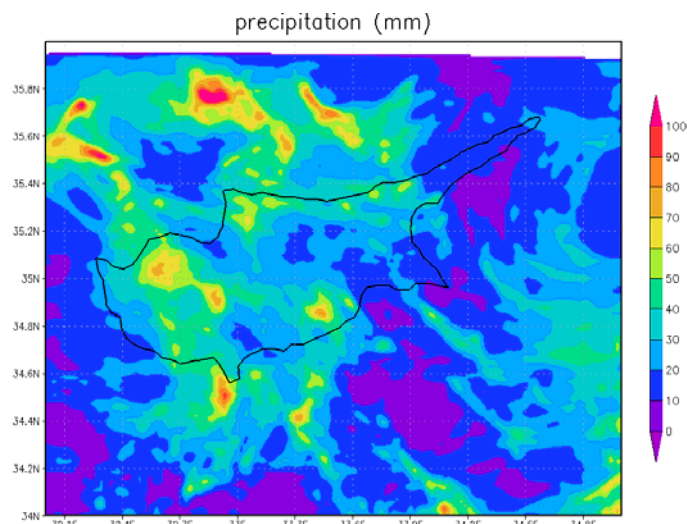


Σχήμα (4.21): Γεωδυναμικά ύψη στη στάθμη των 500 hPa που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC.

Στο σχήμα 4.22 παρατηρούμε τους ανέμους στην επιφάνεια που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο για το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 06UTC, καθώς και την βροχόπτωση (σχήμα 4.23) του μελετώμενου εικοσιτετραώρου 18/01/10 06UTC με 19/01/10 06UTC. Παρατηρούμε ότι οι άνεμοι που έδωσε ο συνδυασμός είναι και εδώ κοντά στην πραγματικότητα και από άποψη ταχύτητας και από άποψη διεύθυνσης (σχήματα 3.23, 3.28, 3.46). Η βροχόπτωση όμως υποεκτιμάται πάλι από αυτό το συνδυασμό πάνω από την Κύπρο σε κάποιες περιοχές και δείχνει να έχει και εδώ μία μετατόπιση βορειότερα κάποιων έντονων φαινομένων από κει που έπρεπε να είναι στην πραγματικότητα.

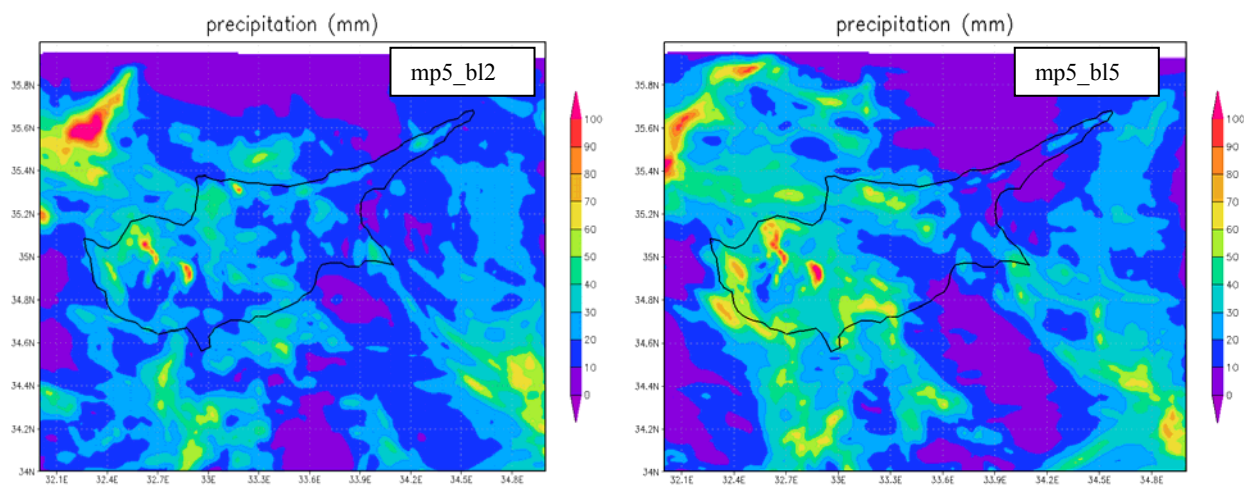


Σχήμα (4.22): Παρατηρούμε τους ανέμους στην επιφάνεια που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 00UTC.

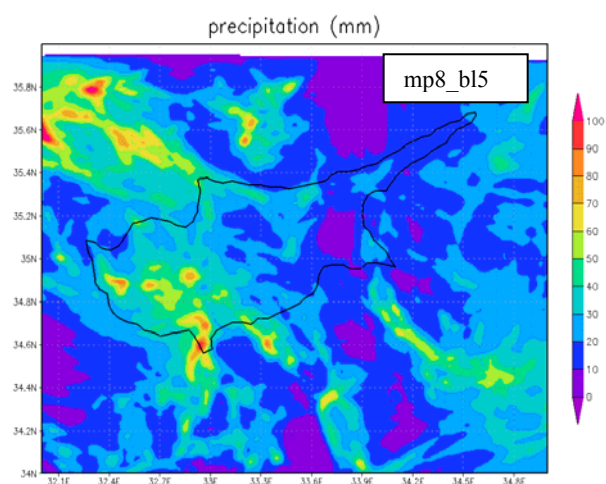


Σχήμα (4.23): Βροχόπτωση που έδωσε ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο κατά το διάστημα 18/01/10 00UTC- 19/01/10 06UTC.

Εν κατακλείδι, συμπεραίνουμε λοιπόν πως οι συνδυασμοί που μελετήσαμε, εκτός του συνδυασμού της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο όπου οι αποκλίσεις είναι μεγάλες σε όλες τις μεταβλητές και δεν περιγράφει καθόλου σωστά την περίπτωση που μελετούμε, αποτυπώνουν σωστά την γενική εικόνα της ατμόσφαιρας στην περιοχή της Κύπρου αλλά μετατοπίζουν την περιοχή όπου προβλέπουν ισχυρές βροχοπτώσεις προς τα βόρειο δυτικά. Στα σχήματα 3.58 και 3.59 δίνονται οι πραγματικές τιμές βροχόπτωσης για τον κάθε σταθμό που μελετήσαμε καθώς και ο γεωγραφικός προσδιορισμός των σταθμών. Οι συντεταγμένες και τα υψόμετρα των σταθμών αναφέρονται στον πίνακα 2.1. Τέλος παραθέτουμε τη βροχόπτωση είκοσι τεσσάρων ωρών που αναφέρεται στο διάστημα που μελετήσαμε (18/01/10 06UTC με 19/01/10 06UTC) μόνο για τους τρεις συνδυασμούς που δεν μελετήσαμε διεξοδικά (σχήμα 4.21)



Σχήμα (4.21): Παρατηρούμε πως περιγράφεται η βροχόπτωση για το διάστημα 18/01/10 06UTC με 19/01/10 06UTC από τους τρεις συνδυασμούς που δεν μελετήσαμε.



Σχήμα (4.21): Συνέχεια

5. Συμπεράσματα

Το έντονο επεισόδιο βροχόπτωσης που επηρέασε την περιοχή της Κύπρου στις 17-19 Ιανουαρίου του 2010 μελετήθηκε χρησιμοποιώντας επίγειες παρατηρήσεις, πλεγματικά δεδομένα από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF) και το αριθμητικό μοντέλο WRF-ARW. Τα βασικά συμπεράσματα αυτής της εργασίας είναι:

- Το χαμηλό που επηρέασε την περιοχή μελέτης είναι αποτέλεσμα του στροβιλισμού στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας ο οποίος συνδέεται με την κάθοδο ψυχρών αέριων μαζών προς την λεκάνη της Μεσογείου. Αυτή η κίνηση των χαμηλών είναι αποτέλεσμα εμποδισμού της δυτικής ροής από τον Αζορικό αντικυκλώνα ο οποίος αναγκάζει τέτοιου είδους συστήματα να κινούνται νοτιοανατολικά. Βέβαια παίζουν ρόλο και οι υπόλοιποι αντικυκλώνες που επηρεάζουν την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου για το κατά πόσο τέτοιου είδους συστήματα θα δώσουν αξιόλογα φαινόμενα. (Kallos and Metaxas 1980).
- Τα πειράματα ευαισθησίας μας δείχνουν ότι ο συνδυασμός της μικροφυσικής οκτώ και του οριακού στρώματος δύο περιγράφει μεν κάπως καλύτερα την κατανομή της βροχόπτωσης χωρίς να παρουσιάζει ταυτόχρονα μεγάλη πιθανότητα για λανθασμένους συναγερμούς αλλά παράλληλα υποεκτιμά την βροχόπτωση. Αντίθετα ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος δύο δεν περιγράφει καθόλου σωστά την εκδήλωση των έντονων βροχοπτώσεων σε αυτή την περίπτωση και υπερεκτιμά κατά πολύ την βροχόπτωση, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα μεγάλη συχνότητα λανθασμένων συναγερμών. Τέλος ο συνδυασμός της μικροφυσικής επτά και του οριακού στρώματος πέντε υποεκτιμά κατά πολύ την πραγματική βροχόπτωση χωρίς να παρουσιάζει μεγάλη συχνότητα λανθασμένων συναγερμών.
- Παρατηρώντας τα σχήματα βροχόπτωσης όλων των συνδυασμών των παραμετροποιήσεων, μπορούμε να πούμε πως παρατηρείται μία μετατόπιση των έντονων βροχοπτώσεων που επηρέασαν την περιοχή προς τα βόρειο δυτικά. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτή η μετατόπιση χρίζει παραπάνω διερεύνησης και δεν υπάρχουν τα περιθώρια για να αναζητηθεί μέσα στα πλαίσια μίας πτυχιακής εργασίας. Σίγουρα δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα από έναν τόσο μικρό αριθμό πειραμάτων ευαισθησίας. Επομένως χρειάζεται ένας μεγάλος αριθμός πειραμάτων για να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε ένα ασφαλή συμπέρασμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Kallos G. and I. Pytharoulis, Short-Term Predictions (Weather Forecasting Purposes) (2005)

Kotroni V., K. Lagouvardos, G. Kallos and D. Ziakopoulos, Severe flooding over central and southern Greece associated with pre-cold frontal orographic lifting (1999)

Kotroni V. and K. Lagouvardos, Precipitation forecast skill of different convective parameterization and microphysical schemes: application for the cold season over Greece (2001)

Lagouvardos K., V. Kotroni, S. Dobricic, S. Nickovic and G. Kallos, The storm of October 21-22 1994 over Greece: Observations and model results (1996)

Νικολαΐδης Κ.Α., Συνοπτική και δυναμική μελέτη των υφεσιακών καταστάσεων κατά την ψυχρή περίοδο στην ευρύτερη περιοχή της Κύπρου. (2004)

Bechtold P. and E. Bazile, The 12–13 November 1999 flash flood in southern France (2000)

Pytharoulis I., D. Brikas, S. Kotsopoulos, Th. Pexaras, P. Katsafados, A. Papadopoulos, E. Mavromatidis and I. Tegoulis, Study of the intense precipitation event that affected n. Greece during 24-26 october 2009 (2010)

Mahoney K.M. and G.M. Lackmann, The Sensitivity of Numerical Forecasts to Convective Parameterization: A Case Study of the 17 February 2004 East Coast Cyclone (2006)

Μπάκας Ο., Γεωγραφία των μεταφορών & εφοδιασμού πόρων στην αντιμετώπιση κρίσεων (2008)

Thompson G., P.R. Field, W.D. Hall and R.M. Rasmussen, A new bulk microphysical parameterization for WRF & MM5 (2006)

Διαδίκτυο

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

<http://www.moa.gov.cy>

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.cyprus.gov.cy/moa/wdd>

<http://www.wrf-model.org/>

<http://www.cawcr.gov.au/projects/verification/>

<http://www.iges.org/grads/>

