



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΒΑΡΒΑΡΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

**ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΥΡΑΣ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2020





ΒΑΡΒΑΡΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ : 5157

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας

Επιβλέπων

Κ. Ιωάννης Πυθαρούλης , Αναπληρωτής Καθηγητής



© Βαρβάρα Νικολάου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Μετεωρολογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ – Διπλωματική Εργασία

© Varvara Nicolaou, School of Geology, Dept. of Meteorology and Climatology, 2020

All rights reserved.

– Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου:



Ευχαριστίες :

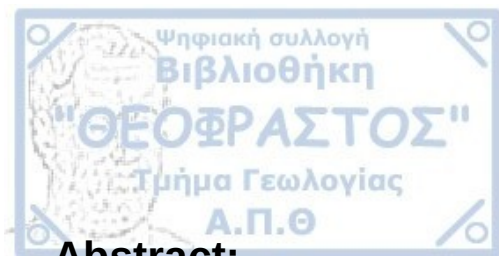
Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ιωάννη Πυθαρούλη που μου επέτρεψε να ασχοληθώ με την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας με θέμα την θαλάσσια αύρα της Κύπρου καθώς και για την καθοδήγηση του όταν χρειάστηκε. Επίσης πρέπει να ευχαριστήσω και τον κύριο Παναγιώτη Μούσκο για τα δεδομένα της πτυχιακής που μου απέστειλε που ήταν απαραίτητα για την μελέτη της θαλάσσιας αύρας στην περιοχή της Κύπρου στις 12 και 13 Ιουλίου 2013.



Περίληψη :

Η θαλάσσια αύρα είναι ένας τοπικός άνεμος που πνέει κατά τη διάρκεια της ημέρας με διεύθυνση από τη θάλασσα προς τη στεριά. Αντίθετα κατά τις βραδινές ώρες δημιουργείται άλλο ρεύμα, αυτό της απόγειας αύρας που έχει την αντίθετη κατεύθυνση.

Στην παρούσα εργασία μελετάται η θαλάσσια αύρα για την περιοχή της Κύπρου για τις 12 και 13 Ιουλίου 2013, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς της Κύπρου (αεροδρομίων Λάρνακας και Πάφου, Αθαλάσσας και Ακρωτηρίου) και κυρίως τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του μοντέλου Weather Research and Forecasting (WRF). Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της αριθμητικής προσομοίωσης του μοντέλου WRF και των σταθμών προκύπτει ότι έχουμε την ανάπτυξη της θαλάσσιας αύρας η οποία ξεκινά περίπου στις 10 UTC και ολοκληρώνεται στις 17 UTC. Με τη λήξη του φαινομένου της θαλάσσιας αύρας φαίνεται επιπλέον πως η ένταση των ανέμων ελαττώνεται και κυμαίνεται στα 1-2m/s. Η θαλάσσια αύρα φαίνεται να επηρεάζει ολόκληρο το νησί και όχι μόνο τα παράλια της Κύπρου και εκτείνεται κατακόρυφα μέχρι και τα 800 hPa.



Abstract:

A sea breeze is a local wind blowing throughout the day from sea to land. By contrast, a land breeze or offshore breeze is the reverse effect.

This dissertation studies a sea breeze in Cyprus which occurred on the 12th and 13th of July 2013, using data from four meteorological stations of Cyprus (at Larnaca and Paphos airports as well as at Athalassa and Akrotiri) and mainly a simulation of the numerical weather prediction model Weather Research and Forecasting (WRF). The results obtained from the analysis of the stations are similar to the one of the numerical simulation. The analysis of the results shows that this sea breeze starts at about 10 UTC and ends at 17 UTC. Once the sea breeze circulation ends, it is noted that the wind intensity decreases to 1-2 m/s. The sea breeze seems to affect the entire island, and not only the coastal areas of Cyprus, extending up to 800 hPa.



Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή _____ 10

1.1 Εισαγωγή _____ 10

1.2 Σκοπός _____ 12

Κεφάλαιο 2^ο : Γενικά Χαρακτηριστικά της Θαλάσσιας αύρας _____ 13

2.1 Άνεμος _____ 13

2.1.1 Ημερήσιοι άνεμοι _____ 14

2.2 Ιστορική αναδρομή θαλάσσιας αύρας _____ 14

2.3 Μηχανισμός δημιουργίας θαλάσσιας αύρας _____ 16

2.3.1 Απόγεια αύρα _____ 17

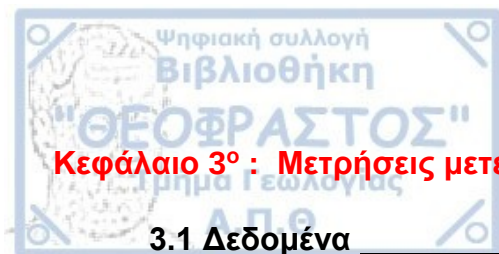
2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θαλάσσια αύρα _____ 17

2.5 Συνέπειες τη θαλάσσιας αύρας _____ 18

2.6 Θαλάσσια αύρα και κατανομή των ρύπων _____ 19

2.7 Εποχιακές και ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας και η επίδραση τους στη θαλάσσια αύρα _____ 21

2.8 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά και κλίμα της Κύπρου _____ 22



Κεφάλαιο 3^ο : Μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών επιφάνειας_____ 24

3.1 Δεδομένα _____ 24

3.2 Ανάλυση δεδομένων _____ 25

Κεφάλαιο 4^ο: Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης_____ 41

4.1 Διαμόρφωση αριθμητικής προσομοίωσης_____ 41

4.2 Περιγραφή μετεωρολογικών συνθηκών κατά τη 12η και 13η Ιουλίου 2013

_____ 43

4.3 Το πεδίο των ανέμων στην επιφάνεια _____ 50

4.4 Το πεδίο των ανέμων καθ' ύψος στην ατμόσφαιρα _____ 56

4.5 Ροή θερμότητας _____ 67

Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα _____ 70

Βιβλιογραφία _____ 71

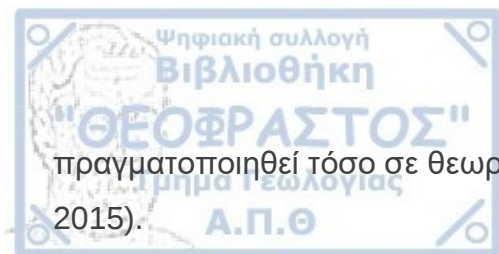


Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

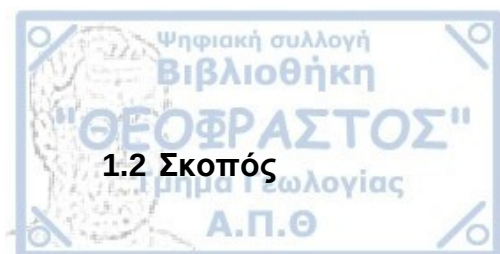
Η θαλάσσια αύρα είναι ένας μηχανισμός που κατατάσσεται στην ομάδα των ημερήσιων τοπικών ανέμων και μπορούμε να την ονοματίσουμε και “μπάτη”, ως ναυτικό όρο που χαρακτηρίζει τον άνεμο που πνέει από τη θάλασσα προς τη ξηρά ιδιαίτερα τη θερινή περίοδο. Η θαλάσσια αύρα αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται σε μέρες με σχεδόν ανέφελο ουρανό αφού η ξηρά εξαιτίας της μικρής της θερμοχωρητικότητας θερμαίνεται πολύ γρηγορότερα από αυτήν της θάλασσας. Παρατηρείται σε παραθαλάσσιες περιοχές ανά το παγκόσμιο. Ο μηχανισμός σχηματισμού αυτής συνδέεται άμεσα με τη διαφορά του τρόπου θέρμανσης ξηράς-θάλασσας. (Κοντογιάννη, 2015).

Κατά τη διάρκεια της μέρας λοιπόν, όταν ο ουρανός είναι αίθριος και οι άνεμοι που πνέουν είναι ασθενείς, η ξηρά θερμαίνεται γρηγορότερα από τη θάλασσα, καθώς η θάλασσα διαθέτει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα και είναι διαπερατή σε μεγάλο βάθος από τις ηλιακές ακτίνες σε αντίθεση με την ξηρά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πάνω από την ξηρά, 2-3 ώρες μετά την ανατολή του ηλίου, η ατμοσφαιρική πίεση να γίνεται μικρότερη από ότι πάνω από την θάλασσα. Αυτό συμβαίνει διότι ο αέρας πάνω από την ξηρά, καθώς θερμαίνεται, γίνεται ελαφρύτερος και ανυψώνεται και στη συνέχεια ψύχεται και εκτονώνεται αδιαβατικά κάτι που οδηγεί στην ελάττωση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Δεδομένου ότι ο άνεμος πνέει πάντοτε με κατεύθυνση από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες πιέσεις, δημιουργείται μία ροή αέρα από τη θάλασσα προς τη στεριά. Το μέγιστο της έντασής της δημιουργείται κατά τις πρώτες απογευματινές ώρες, όταν η θερμοκρασία και η πίεση, μεταξύ θάλασσας και στεριάς, αποκτήσουν τη μέγιστη διαφορά τους. Η διεύθυνση της θαλάσσιας αύρας είναι κάθετη στην ακτή και μπορεί να φθάσει σε απόσταση 20-40 χιλιόμετρα από αυτή, όταν το ανάγλυφο είναι ομαλό και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας μεγάλη. Φθάνει περίπου μέχρι και 1-2 χιλιόμετρα ύψους. Αξίζει να σημειωθεί πως μελέτες για τη θαλάσσια αύρα έχουν



πραγματοποιηθεί τόσο σε θεωρητικό όσο και σε παρατηρησιακό επίπεδο (Κοντογιάννη, 2015).

Όσον αφορά την Κύπρο, το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας επικρατεί κυρίως στις παράκτιες περιοχές και είναι μεγάλης σημασίας για το νησί. Η Κύπρος βρίσκεται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και λόγω της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας είναι μεγάλη και έτσι η θαλάσσια αύρα παρατηρείται πολύ συχνά, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο του έτους. Η ανάγκη παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως ο άνεμος για την κάλυψη των αναγκών της βιομηχανίας και του τουρισμού, αποτελεί κίνητρο για τη διεξοδική μελέτη της ανατομίας της θαλάσσιας αύρας στο νησί. Οι μελέτες που έχουν γίνει όσον αφορά την ανάπτυξη του φαινομένου της θαλάσσιας αύρας είναι ελάχιστες, παρά το γεγονός ότι γεωγραφικά επιτρέπεται η συχνή ανάπτυξη ισχυρών κυττάρων θαλάσσιας αύρας στο νησί. Δεν υπάρχουν δημοσιευμένες αρκετές εργασίες για τη μελέτη των χαρακτηριστικών της θαλάσσιας αύρας για την Κύπρο γι' αυτό και πραγματοποιείται η παρούσα εργασία.



1.2 Σκοπός

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι μέσω μιας αριθμητικής σε συνδυασμό με τα δεδομένα από τέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς της Κύπρου, να αναλυθεί μια περίπτωση θαλάσσιας αύρας στην Κύπρο.

Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθούν στοιχεία από το σταθμό του Ακρωτηρίου, της Αθαλάσσας, καθώς και των αεροδρομίων Λάρνακας και Πάφου. Τα αποτελέσματα από την ανάλυση θα σχολιασθούν και θα αποτυπωθούν τα ανάλογα συμπεράσματα. Γνωρίζοντας την αξία του φαινομένου της θαλάσσιας αύρας στα κυπριακά δεδομένα η μελέτη αυτή μέσω της προσομοίωσης θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου στην Κύπρο.



Κεφάλαιο 2^ο : Γενικά χαρακτηριστικά της θαλάσσιας αύρας

2.1 Άνεμος

Με τον όρο άνεμος αναφερόμαστε στη σχετική κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα ως προς την επιφάνεια του εδάφους, κατακόρυφα ή οριζόντια. Ορίζεται με τη διεύθυνση (σχήμα 2.1) και την ταχύτητά του. Γενικά οι άνεμοι κατατάσσονται σε κάποιες κύριες κατηγορίες όπως είναι οι συνοπτικοί, περιοδικοί (ετήσιοι και ημερήσιοι), αληγείς, αναβατικοί, καταβατικοί εποχικοί, τοπικοί κλπ. (el.wikipedia.org).

Στην Κύπρο συγκεκριμένα οι άνεμοι που επικρατούν κοντά στην επιφάνεια του εδάφους είναι νοτιοδυτικοί μέχρι ανατολικοί το χειμώνα, δυτικοί μέχρι βορειοανατολικοί την άνοιξη, δυτικοί μέχρι βόρειοι το καλοκαίρι και δυτικοί μέχρι βορειοανατολικοί το φθινόπωρο. Οι άνεμοι αυτοί τροποποιούνται στις διάφορες περιοχές του νησιού από τοπικούς ανέμους. Οι τοπικοί αυτοί άνεμοι είναι οι θαλάσσιες και οι απόγειες αύρες και οι αναβατικοί και καταβατικοί άνεμοι. Οι θαλάσσιες και απόγειες αύρες οι οποίες μας απασχολούν στο παρόν σημείο παρατηρούνται κυρίως στις παράκτιες περιοχές, αλλά γίνονται αισθητές μέχρι και 35 χιλιόμετρα περίπου στο εσωτερικό.

Ευνοϊκοί μήνες για τη δημιουργία της θαλάσσιας αύρας είναι οι μήνες από τον Απρίλη μέχρι τον Οκτώβρη, μπορεί όμως να παρατηρηθεί θαλάσσια αύρα και το χειμώνα όταν υπάρχει καλοκαιρία. Τη νύχτα η ξηρά ψύχεται περισσότερο από τη θάλασσα και ο πιο θερμός αέρας βρίσκεται τώρα πάνω από τη θάλασσα. Δημιουργείται τότε ένα νέο κύτταρο κυκλοφορίας του αέρα αντίστροφο του προηγούμενου, που ονομάζεται απόγειος αύρα. Στο σύστημα αυτό ο αέρας κοντά στην επιφάνεια κινείται από την ξηρά προς τη θάλασσα αλλά με μικρότερη ταχύτητα από τη θαλάσσια αύρα.



Σχήμα 2.1 Ανεμοδείκτης από την Χάρτα του Ρήγα, 1797

(Πηγή: Wikipedia.org)

2.1.1 Ημερήσιοι άνεμοι

Οι ημερήσιοι άνεμοι είναι αυτοί που έχουν προαναφερθεί οι οποίοι γίνονται σε διάστημα 24 ωρών εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας που υπάρχει τόσο κατά τη διάρκεια της μέρας όσο και το βράδυ, ανάμεσα στη ξηρά και τη θάλασσα. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται κατά τις πρωινές ώρες, όπου η ατμοσφαιρική πίεση μικραίνει κάτι το οποίο οδηγεί στην εμφάνιση του ανέμου αυτού. Η θαλάσσια αύρα είναι άνεμος ο οποίος κατευθύνεται από την θάλασσα προς την ξηρά και αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα ημερήσιου τοπικού ανέμου και παρατηρείται σε παραθαλάσσιες περιοχές σε όλο τον κόσμο. (geo.auth.gr)

2.2 Ιστορική αναδρομή θαλάσσιας αύρας

Πολλά χρόνια πριν η ζωή των φαράδων και των ναυτικών, ακόμη και των στρατιωτικών που μάχονται στη θάλασσα επηρεαζόταν από ανέμους και παλίρροιες, για αυτό και έπρεπε να γνωρίζουν καλά τον κύκλο της θαλάσσιας αύρας. Ο πρώτος επιστήμονας ο οποίος έγραψε για τον άνεμο ήταν ο Αριστοτέλης ο οποίος δήλωσε ότι «ως κανόνας μια περιοχή που είναι σχετικά μεγάλη είναι λογικό να ανταποκρίνεται με τον ίδιο τρόπο, διότι κοντινά μέρη βρίσκονται σε παρόμοια απόσταση από τον ήλιο, εκτός εάν έχουν



κάποια ιδιαιτερότητα». Συμπληρωματικά ο Αριστοτέλης είχε αναφέρει πως στην Αθήνα εμφανίζεται συχνά ο νότιος και ο βόρειος άνεμος. Καταληκτικά, ο Αριστοτέλης απέδωσε την ανάπτυξη τοπικών συστημάτων ανέμου στην ανομοιογενή κατανομή της υγρασίας και στην εναλλαγή της τοπογραφίας (Μητρούλης.Μ, 2015).

Αργότερα ο Θεόφραστος κατά το έτος 300 π.Χ μίλησε σχετικά με την επιρροή που είχε ο ήλιος στο σχηματισμό του ανέμου καθώς επίσης και το διαχωρισμό της θαλάσσιας αύρας σε σύγκριση με τους νότιους και νοτιοδυτικούς ανέμους που εξελίχθηκαν την ίδια περίοδο με αυτή των Ετησίων. Σύμφωνα με αυτόν «την περίοδο των Ετησίων, εμφανίζονται άνεμοι που είναι αντίθετοι στους βόρειους και αυτό οφείλεται στην αντιστροφή της φοράς τους κατά την περιστροφική τους κίνηση. Με αυτό τον τρόπο τα πλοία κινούνται με αντίθετη φορά της πορείας τους. Τους ανέμους αυτούς συνήθιζαν να τους αποκαλούν αντίστροφους βόρειους ανέμους» (Μητρούλης.Μ, 2015).

Παρατηρείται λοιπόν ότι η θαλάσσια αύρα φυσάει αντίθετα με τον άνεμο στον ηπειρωτικό χώρο και ότι οι Ετήσιες αναπτύσσονται πάντα κατά την ίδια χρονική περίοδο». Στα μέσα του απογεύματος, όταν η διαφορά θερμοκρασίας ξηράς-θάλασσας είναι μέγιστη, η θαλάσσια αύρα πνέει προς το εσωτερικό ως νοτιοδυτικός άνεμος την ώρα που οι αντίθετης φοράς, προς τη θάλασσα βορειοανατολικοί καλώς σχηματισμένοι άνεμοι βρίσκονται στο μέγιστο του ημερήσιου κύκλου τους.

Τις τελευταίες δεκαετίες ο Jehn παρουσίασε μεγάλο ενδιαφέρον για τη θαλάσσια αύρα, και αυτό φαίνεται στη βιβλιογραφία του για την έρευνα στο παραπάνω φαινόμενο από τον 17ο αιώνα ως το 1972. Όπως αναφέρουν και οι Miller et al. (2003), υπάρχουν πάνω από 500 άρθρα που σχετίζονται με την θαλάσσια αύρα τα οποία χρονολογούνται στο 1990.

Αναφορικά με την σημερινή εποχή, η θαλάσσια αύρα κατατάσσεται στην κατηγορία των τοπικών ανέμων μέσης κλίμακας και αποτελεί χρήσιμο στοιχείο σε πολλές μελέτες παράκτιων περιοχών παγκοσμίως (Κοντογιάννη, 2015).



2.3 Μηχανισμός σχηματισμού θαλάσσιας αύρας

Ο μηχανισμός δημιουργίας της θαλάσσιας αύρας είναι γενικά απλός. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τους θερμούς μήνες του έτους όπου η μέρα είναι μεγάλη και οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν με μεγάλη γωνία πάνω στην επιφάνεια της γης, η ξηρά θερμαίνεται εντονότερα από την επιφάνεια της θάλασσας.

Παρόλο που προσπίπτει ίση ποσότητα ακτινοβολίας στην ξηρά και στη θάλασσα η θερμότητα στην ξηρά διαχέεται μόλις λίγα εκατοστά κάτω από την επιφάνεια, ενώ αντίθετα στη θάλασσα, λόγω της μεγάλης διαπερατότητας του θαλασσινού νερού στο φως, η ίδια θερμότητα διαχέεται σε πολύ μεγαλύτερο στρώμα. Γνωρίζοντας αυτό μπορούμε να πούμε ότι η ακτινοβολία του ηλίου θερμαίνει εντονότερα την επιφάνεια της ξηράς γι' αυτό και η θερμοκρασία του εδάφους μπορεί το καλοκαίρι να ξεπεράσει ακόμα και τους 55 °C βαθμούς, αναλόγως με την ανακλαστικότητα της επιφάνειας. Ο αέρας όμως που εφάπτεται της επιφάνειας της γης καθορίζει τη θερμοκρασία του από τη θερμοκρασία της επιφάνειας (Κοντογιάννη.Π, 2015).

Έτσι ο αέρας που βρίσκεται πάνω από την ξηρά θα θερμανθεί εντονότερα από ότι ο αέρας που βρίσκεται πάνω από τη θάλασσα, καθώς η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας στην περιοχή της Κύπρου το καλοκαίρι, δεν ξεπερνάει τους 25°C με 26°C βαθμούς και μάλιστα η μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας μέσα στο 24ωρο είναι πολύ μικρή. Η έντονη λοιπόν θέρμανση του αέρα πάνω από την ξηρά προκαλεί μείωση της πυκνότητάς του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο αέρας να ανεβαίνει προς τα επάνω και να δημιουργείται στην επιφάνεια ένα «κενό» το οποίο λόγω της εξίσωσης της συνέχειας έρχεται να το καλύψει αέρας από τη θάλασσα και με αυτό τον τρόπο δημιουργείται η θαλάσσια αύρα.

Το κύτταρο της κυκλοφορίας χαρακτηρίζεται από ανοδικά ρεύματα στην περιοχή του μετώπου της θαλάσσιας αύρας και καθοδικά ρεύματα μέσα στη θάλασσα, ενώ οι επιφανειακοί θαλάσσιοι άνεμοι αντισταθμίζονται υψηλότερα (1 Km) από μια ροή αέρα από την ξηρά προς τη θάλασσα (ρεύμα επιστροφής) για να αναπληρωθούν τα κενά αέρα που δημιουργούνται, καθώς η πίεση στο ύψος αυτό γίνεται μεγαλύτερη πάνω από την ξηρά. Ο αέρας που κινείται από την ξηρά προς τη θάλασσα όταν φτάσει πάνω από



αυτή γίνεται πυκνότερος και βυθίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας κλείνοντας το δακτύλιο της κλειστής αυτής κυκλοφορίας. Η οριζόντια έκταση του δακτυλίου αυτού της θαλάσσιας αύρας, το βάθος δηλαδή πέρα από την ακτή, στο οποίο εισέρχεται είναι 40-50Km. Τυπικές τιμές της έντασης του ανέμου είναι 2-4 m/sec και εξαρτώνται και από το ανάγλυφο της παρακείμενης ξηράς (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 2008), (Κοντογιάννη, 2015) ,(Μητρούλης,Μ,2015).

2.3.1 Απόγεια αύρα

Το βράδυ το φαινόμενο αντιστρέφεται, καθώς η επιφάνεια της ξηράς όχι μόνο θερμαίνεται πιο έντονα από την επιφάνεια της θάλασσας, αλλά επίσης ψύχεται και πιο γρήγορα. Έτσι τη νύχτα ο υπερκείμενος της επιφάνειας της θάλασσας, αέρας είναι πιο θερμός με αποτέλεσμα η ροή να αντιστρέφεται από την ξηρά προς τη θάλασσα, φαινόμενο γνωστό ως απόγειος αύρα. Το συγκεκριμένο φαινόμενο διαρκεί έως τις πρώτες πρωινές ώρες και την ανατολή του ήλιου και είναι ακριβώς το αντίθετο από της θαλάσσιας αύρας. Ακόμη υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην ένταση και το ύψος. (Εθνικό Αστεροσκοπείον Αθηνών).

2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θαλάσσια αύρα

- **Η δύναμη Coriolis:** Καθώς η φορά του ανέμου είναι κάθετη προς την ακτή αλλά και κατά τη διάρκεια της μέρας αλλάζει η φορά του με αποτέλεσμα να κινείται παράλληλα προς την ακτή και έτσι στην πορεία ευθύνεται για τη δημιουργία της αναστροφής της κίνησης του θαλασσινού αέρα.
- **Η τοπογραφία :** Συμπεριλαμβάνοντας το σχήμα και το μέγεθος της ξηράς και τις λεπτομέρειες της ακτογραμμής, είναι άλλη μία σημαντική παράμετρος στο σύστημα της θαλάσσιας αύρας. Παρατηρούνται μεταβολές στην κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας, σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ένας λόφος κοντά στην ακτή ή αν η ακτογραμμή βρίσκεται σε ένα κόλπο με τη θάλασσα να είναι νότια αυτού ,ή όταν σε μια στενή λωρίδα ξηράς συναντώνται δύο αντίθετα συστήματα θαλάσσιας αύρας ,ή όταν υπάρχει ένα εδαφικό σύμπλεγμα το οποίο μπορεί να δημιουργήσει αρκετά ξεχωριστά συστήματα θαλάσσιας αύρας κατά μήκος



διαφορετικών τμημάτων της ακτογραμμής (Melas et al,1998; 2000),(Παπαναστασίου,Κ, 2007).

- **Ο συνοπτικός άνεμος** Είναι εκείνος ο οποίος δημιουργεί εμπόδια είτε στην εξέλιξη του συστήματος κυκλοφορίας της αύρας είτε στη διείσδυση της στην ξηρά είτε στην αλλαγή των χαρακτηριστικών της. (Παπαναστασίου,Κ,2007)

2.5 Συνέπειες της θαλάσσιας αύρας

Η θαλάσσια αύρα θεωρείται ότι είναι ένα φαινόμενο με ευεργετικές συνέπειες, καθώς επιτυγχάνει να μετριάσει το αίσθημα της ζέστης στις παραθαλάσσιες περιοχές μεταφέροντας ψυχρότερες αέριες μάζες από τη θάλασσα προς τη στεριά και έτσι ελαττώνει τη θερμοκρασία έως και 4 βαθμούς στο εσωτερικό της ξηράς. Επειδή το βάθος εισχώρησής της φτάνει αρκετά χιλιόμετρα προς το εσωτερικό της ξηράς προσφέρει ένα αίσθημα δροσιάς ακόμα και σε περιοχές που δεν βρίσκονται δίπλα στη θάλασσα.

Η θαλάσσια αύρα λοιπόν ειδικά για τη Κύπρο, είναι ένα φαινόμενο το οποίο δρα αναζωογονητικά για τους ανθρώπους που ζουν κοντά στη θάλασσα, καθώς μετριάζει το αίσθημα της ζέστης τις καυτές μέρες του καλοκαιριού ενώ ταυτόχρονα με την υγρασία που μεταφέρει από τη θάλασσα προς την ξηρά, φρεσκάρει τον αέρα .Για αυτό λοιπόν και μπορούμε παραστατικά να την ονομάσουμε ως "ανάσα της θάλασσας" ακόμα και για τις μη-παραθαλάσσιες περιοχές.



2.6 Θαλάσσια αύρα και κατανομή των ρύπων

Τα μετεωρολογικά φαινόμενα σε μια περιοχή επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της ατμόσφαιρας της. Όπως γνωρίζουμε οι ρύποι συγκεντρώνονται σε μια περιοχή εξαιτίας κάποιων μετεωρολογικών φαινομένων ένα από αυτά είναι και ο άνεμος. Μεγαλύτερη επιρροή στους θαλάσσιους ρύπους μπορεί να έχει και το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας.

Η οριζόντια έκταση του δακτυλίου της θαλάσσιας αύρας, δηλαδή το βάθος πέρα από την ακτή στο οποίο εισέρχεται φτάνει τα 40 – 50 χιλιόμετρα. Οι τυπικές τιμές της έντασης του ανέμου αυτού είναι 2 – 4 m/s και εξαρτώνται, φυσικά, από το ανάγλυφο της παρακείμενης ξηράς (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 2008).

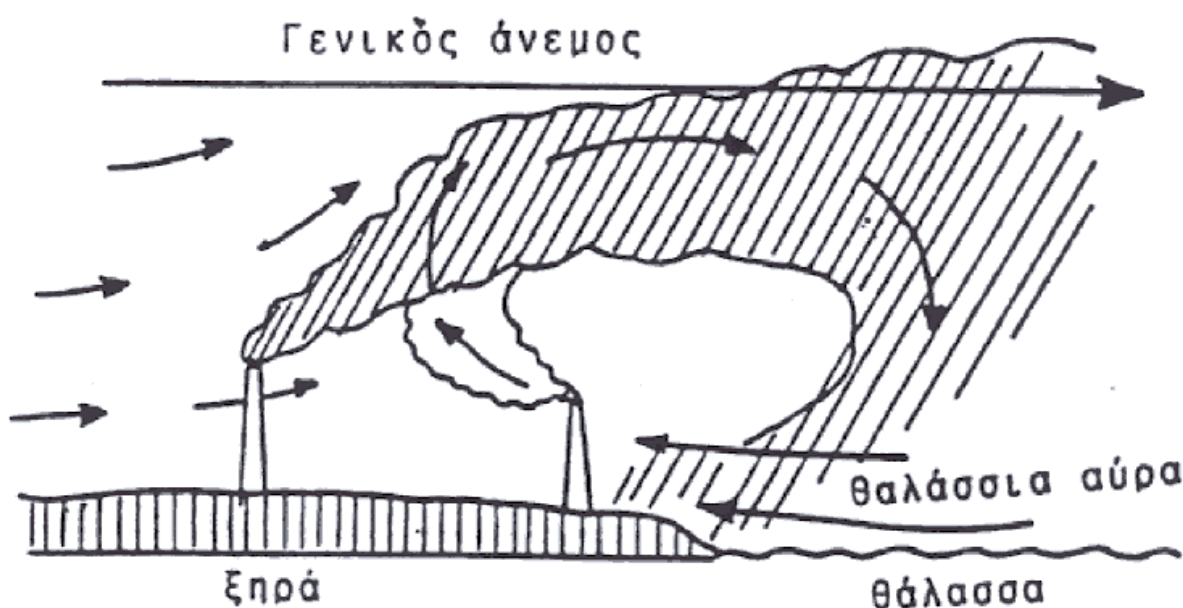
Εξαιτίας τη θαλάσσιας αύρας ο αέρας εισέρχεται στην ενδοχώρα αρκετά χιλιόμετρα, πριν ανυψωθεί και επιστρέψει προς τη θάλασσα. Εάν ο γενικός άνεμος, υψηλότερα, κατευθύνεται προς τη θάλασσα, δημιουργεί μια περιοχή στασιμότητας, ενισχύει τον κλειστό δακτύλιο της κυκλοφορίας του αέρα και ευνοεί τη συγκέντρωση των ρύπων.

Η θαλάσσια αύρα μπορεί να επηρεάσει τα επίπεδα ρύπανσης μιας περιοχής με τους παρακάτω τρόπους :

- **Εσωτερικό οριακό στρώμα** : Δημιουργείται ένα ασταθές οριακό στρώμα που εμφανίζεται στην ακτή και βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος μεγαλώνοντας σε ύψος όσο προχωρά η αύρα προς τη ξηρά. Αυτή είναι η αιτία των προβλημάτων αέριας ρύπανσης στις παράκτιες πόλεις.
- **Άνεμοι χαμηλής έντασης** : η αρχή και το τέλος σε ένα κύκλο θαλάσσιας αύρας συνοδεύεται από ανέμους χαμηλής έντασης. Επομένως η διασπορά των ρύπων σε περιπτώσεις θαλάσσιας αύρας λόγω των χαμηλής έντασης των ανέμων δεν ευνοείται.
- **Επανακυκλοφορία ρύπων** : εξαιτίας του συστήματος κυκλοφορίας της θαλάσσιας αύρας οι ρύποι μπορούν
 1. να μεταφερθούν αρκετά χιλιόμετρα προς τη ξηρά και έτσι να βελτιωθεί η ποιότητα της ατμόσφαιρας στα παράλια αλλά παράλληλα αυτό να επιβαρύνει τις εσωτερικές χερσαίες περιοχές .

2. Να μεταφερθούν σε μεγάλα ύψη λόγω του οριακού στρώματος και να διασκορπιστούν σε διάφορες κατευθύνσεις. (Παπαναστασίου.Κ, 2007).

Η ύπαρξη πηγών αέριας ρύπανσης στην περιοχή προκαλεί έντονη συγκέντρωση ρύπων, στα σημεία όπου συγκλίνουν τα αέρια ρεύματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2 όπου ο αέρας επάνω από την ξηρά ανυψώνεται και αποτρέπει τη συγκέντρωση ρύπων κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Αντίθετα προκαλεί συγκέντρωση ρύπων σε μεγαλύτερα ύψη (θόλωση). Επάνω από τη θάλασσα τα καθοδικά ρεύματα προκαλούν επιφανειακή συγκέντρωση ρύπων που στη συνέχεια θα οδηγηθούν στη στεριά. Τη νύχτα η απόγεια αύρα θα αντιστρέψει τη ροή των ρύπων (Παπαναστασίου.Κ, 2007).



Σχήμα 2.2 Σχηματική αναπαράσταση της μεταφοράς των αέριων ρύπων λόγω θαλάσσιας

http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc431e/th/Lesson09_Pollution.pdf



2.7 Εποχιακές και ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας και η επίδραση τους στη θαλάσσια αύρα

Όσο πιο μεγάλες είναι οι διαφορές στη θερμοκρασία ανάμεσα στη ξηρά και στη θάλασσα τόσο περισσότερο εισέρχεται η θαλάσσια αύρα στη ξηρά όπου με αυτό τον τρόπο θα έχει μεγαλύτερη ένταση τις απογευματινές ώρες . Εκτός όμως από τις αλλαγές στη θερμοκρασία μέσα στη μέρα έχουμε και θερμοκρασιακές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους. Συγκεκριμένα εμφανίζονται πιο μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας στεριάς και θάλασσας τους καλοκαιρινούς μήνες και μικρότερες τους χειμερινούς (Λαγουδακης,Γ).

Είναι φανερό ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η θερμοκρασία του αέρα πάνω από τη ξηρά είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη πάνω από τη θάλασσα. Αντίθετα κατά τους χειμερινούς μήνες οι θερμοκρασιακές διαφορές είναι μικρότερες και η θερμοκρασία της θάλασσας είναι μεγαλύτερη από αυτή της ξηράς. Για αυτό το λόγο και το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας είναι πιο συχνό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Λαγουδακης,Γ).

Κατά τη διάρκεια της ημέρας οι αμμόλοφοι δημιουργούν ψηλότερα μια περιοχή με αέρα υπερθερμασμένο και προκαλείται μια πολύ ισχυρή διαφορά θερμοκρασίας εδάφους-θάλασσας. Οι ανοδικές κινήσεις των νερών στην ακτογραμμή που προκαλεί την κίνηση ψυχρότερης μάζας νερού στην επιφάνεια, ενισχύει αυτή τη βαθμίδα της θερμοκρασίας. (Miller, 2003).



2.8 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά και κλίμα της Κύπρου

Η Κύπρος βρίσκεται στην ανατολική Μεσόγειο, μεταξύ τριών ηπείρων, της Ευρώπης της Ασίας και της Αφρικής. Η καίρια θέση του νησιού σημάδεψε ανεξίτηλα την ιστορική εξέλιξη του. Η Κύπρος καθορίζεται από 2 μεγάλες οροσειρές του Τροόδους και του Πενταδακτύλου, όπου η μια τοποθετείται κεντρικά του νησιού και η άλλη βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νησιού, αντίστοιχα . Μεταξύ των δύο αυτών οροσειρών εκτείνεται η πεδιάδα της Μεσαορίας (Σχήμα 2.3) (Κωνσταντίνου και Παναγίδης, 2013).

Η Κύπρος χαρακτηρίζεται από ένα εύκρατο, μεσογειακό κλίμα. Το κλίμα αυτό χαρακτηρίζεται από ζεστά-ξηρά καλοκαίρια από τα μέσα του Μάη ως τα μέσα του Σεπτεμβρίου και βροχερούς -ήπιους χειμώνες από το Νοέμβριο μέχρι το Φεβρουάριο. Ανάμεσά τους επικρατούν οι δύο εποχές μετάβασης , το φθινόπωρο από τα μέσα του Σεπτεμβρίου μέχρι και τον Οκτώβριο και η άνοιξη από το Μάρτιο έως και τα μέσα του Μάη. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η Κύπρος αλλά και γενικότερα η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου βρίσκεται κάτω από την επίδραση του εποχιακού βαρομετρικού χαμηλού που έχει το κέντρο του στη νοτιοδυτική Ασία. Εξαιτίας αυτού επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και καθαρός ουρανός. Η βροχόπτωση πάλι είναι πολύ χαμηλή την περίοδο αυτή . (Κωνσταντίνου και Παναγίδης, 2013).

Η παρουσία της θάλασσας που περιβάλλει όλο το νησί συμβάλει στη δημιουργία τοπικών μετεωρολογικών συνθηκών στις παράκτιες περιοχές. Οι θαλάσσιες και απόγειες αύρες, οι οποίες παρατηρούνται σε παράκτιες περιοχές μπορούν να γίνουν αισθητές αρκετά χιλιόμετρα στην ενδοχώρα.



Σχήμα 2.3 Τοπογραφικός Χάρτης της Κύπρου

Πηγή : (<http://www.cyprusinfo.gr/kyprosplirofories/kyprosxartes/3.jpg>)



Κεφάλαιο 3^ο: Μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών επιφάνειας

3.1 Δεδομένα

Τα δεδομένα διεύθυνσης, και ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στα 2μ , που χρησιμοποιήθηκαν, ελήφθησαν από το αρχείο της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας της Κύπρου και αφορούν τον σταθμό του Ακρωτηρίου , του αεροδρομίου της Πάφου, του αεροδρομίου της Λάρνακας και της Αθαλάσσας για τα τις ημερομηνίες 12 και 13 Ιουλίου 2013. Η ανάλυση αυτού του κεφαλαίου θα περιοριστεί στον εντοπισμό και την αξιολόγηση της θαλάσσιας αύρας που ανιχνεύθηκε βάσει των στοιχείων αυτών των σταθμών . Οι σταθμοί βρίσκονται στις συντεταγμένες :

Ακρωτήριο 34,583 °B και 32,983 °A,

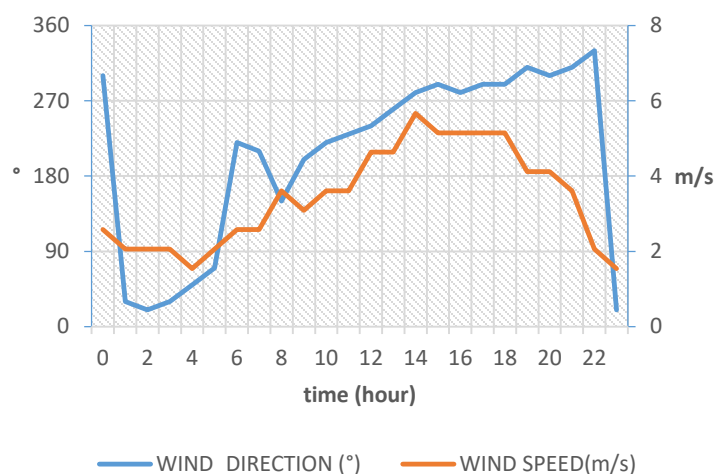
Πάφος 34,717 °B και 32,483 °A ,

Λάρνακας 34,883°B και 33,633 °A,

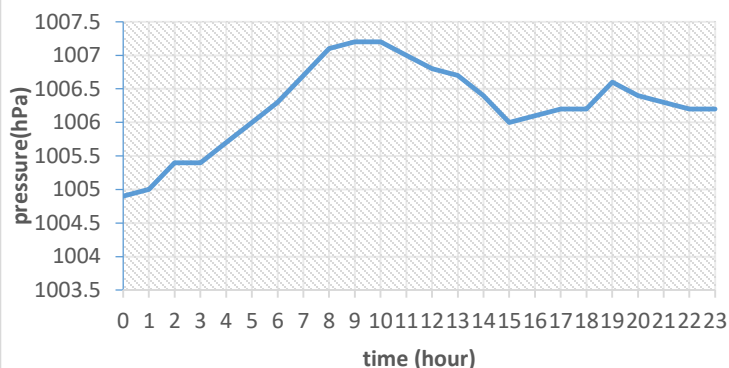
Αθαλάσσας 35,15°B και 33,4°A.

3.2 Ανάλυση δεδομένων

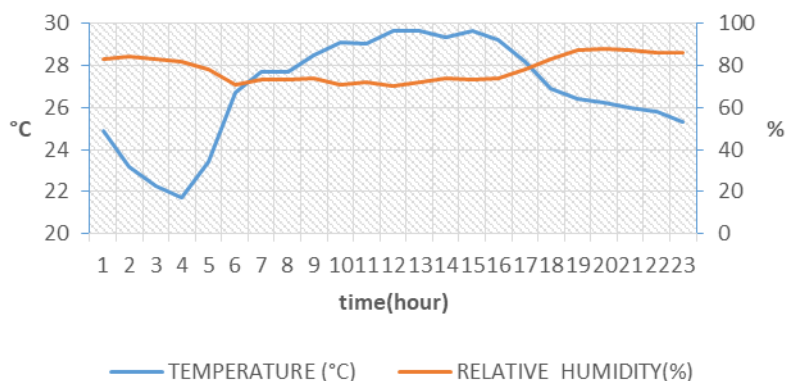
Πάφος 12/7/2013



Πάφος 12/7/2013



Πάφος 12/7/2013

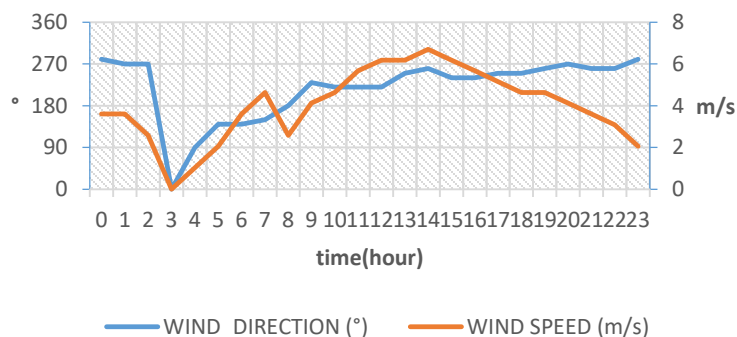


Σχήμα 3.1. Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 12/07/2013 στο σταθμό του αεροδρομίου της Πάφου. Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).

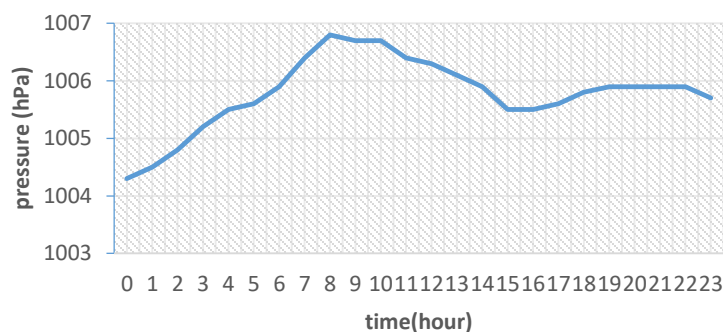


- Στο σχήμα 3.1 στο διάγραμμα **διεύθυνσης** ανέμου(°) με την **ταχύτητά** (m/s) του στο σταθμό της Πάφου, από τις 4 UTC μέχρι και τις 14 UTC ο άνεμος αυξάνεται σε ένταση και η διεύθυνση είναι από ανατολική-νοτιοανατολική και στρέφεται σε νοτιοδυτική. Από τις 14 UTC μέχρι και τις 18 UTC ο επιφανειακός πνέει από τα δυτικά με σχεδόν σταθερή ταχύτητα περίπου στα 5 m/s μεταφέροντας θαλάσσιες αέριες μάζες. Μετά από τις 18 UTC μέχρι και τις 22 UTC η ταχύτητά του αρχίζει σταδιακά να ελαττώνεται και στις 22-23 UTC ο άνεμος πνέει από το εσωτερικό προς τα παράλια της Κύπρου.
- Στο σχήμα 3.1 φαίνεται ότι η **πίεση** (hPa) στην περιοχή αυτού του σταθμού γενικά αυξομειώνεται. Από τη 4 UTC μέχρι και τις 10 UTC αυξάνεται σταδιακά όπου αποκτά τη μέγιστη τιμή της γύρω στις 10- 12 UTC και μετά αρχίζει ξανά να ελαττώνεται σταδιακά μέχρι τις 16 UTC πιθανός λόγω θέρμανσης των παρεδάφιων ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Από τις 17 UTC και μετά διατηρείται περίπου σταθερή.
- Στο σχήμα 3.1 στο διάγραμμα θερμοκρασίας (°C)- σχετικής υγρασίας από 1 UTC μέχρι 6 UTC και από 20-23 UTC, δηλαδή όπου η **θερμοκρασία**(°C) είναι χαμηλότερη η **σχετική υγρασία** (%) έχει υψηλά ποσοστά (75-85 %) , ενώ αντίθετα από τις 7 UTC μέχρι τις 18 UTC η θερμοκρασία έχει τις υψηλότερες τιμές της και το ποσοστό της σχετικής υγρασίας ελαττώνεται αλλά πάλι διατηρεί υψηλά ποσοστά.

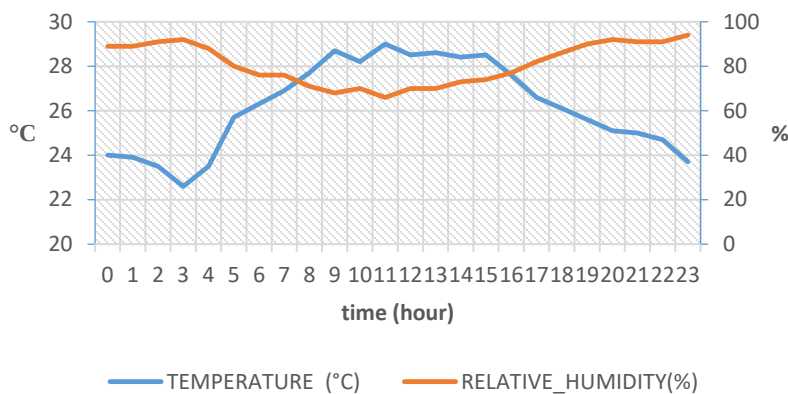
Ακρωτήριο 12/7/2013



Ακρωτήριο 12/7/2013



Ακρωτήριο 12/7/2013

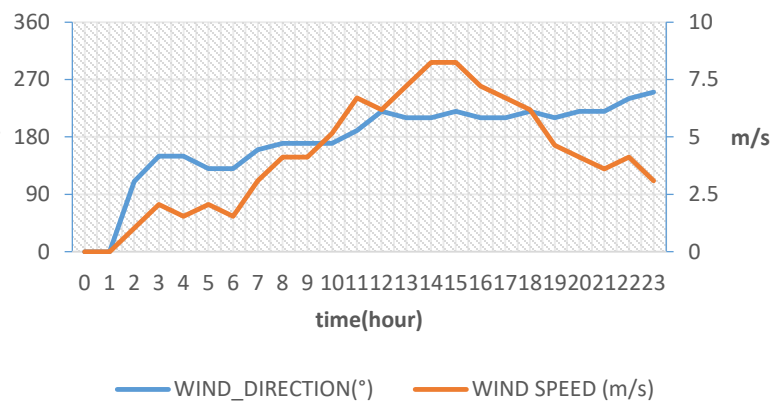


Σχήμα 3.2 Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 12/07/2013 στο σταθμό του Ακρωτηρίου. Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).

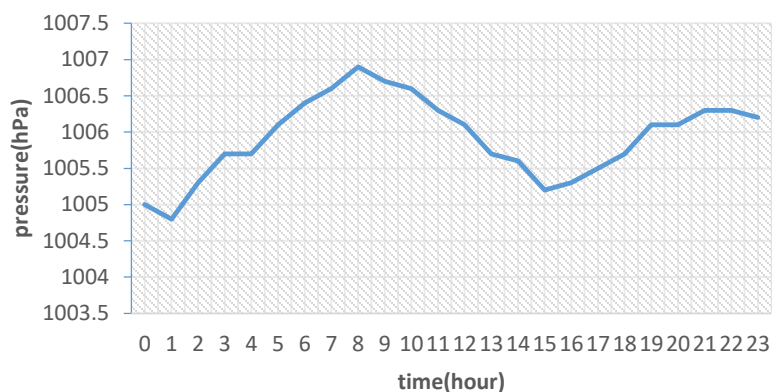


- Στο σχήμα 3.2 στο διάγραμμα **διεύθυνσης** ($^{\circ}$) και **ταχύτητας** (m/s) του ανέμου στο σταθμό του Ακρωτηρίου, παρατηρούμε ότι από τις 3 UTC μέχρι και τις 5 UTC ο άνεμος πνέει από ανατολικά-νοτιοανατολικά με χαμηλή ένταση κάτω από 2 m/s. Μετά τις 8 UTC μέχρι και τις 15 UTC η ένταση του ανέμου αυξάνεται σταδιακά με διεύθυνση νοτιοδυτική. Από τις 15 UTC μέχρι και τις 23 UTC η ένταση του ανέμου ελαττώνεται με διεύθυνση δυτική-νοτιοδυτική.
- Στο σχήμα 3.2 στο διάγραμμα της **πίεσης** (hPa) στην περιοχή του σταθμού του Ακρωτηρίου όπως και στους υπόλοιπους σταθμούς που μελετάμε αυξομειώνεται. Αποκτά απότομη αύξηση από τις 1 UTC μέχρι και τις 10 UTC και αργότερα εμφανίζει απότομη πτώση από τις 12 UTC μέχρι και τις 15 UTC. Από τις 18 UTC μέχρι και τις 23 UTC διατηρεί περίπου σταθερή πίεση στα 1006 hPa.
- Στο σχήμα 3.2 στο διάγραμμα σύγκρισης **θερμοκρασίας** ($^{\circ}\text{C}$) - **σχετικής υγρασίας** (%) παρατηρούμε πως επικρατούν παρόμοιες συνθήκες με της Πάφου. Στα σημεία λοιπόν που η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη η σχετική υγρασία έχει υψηλά ποσοστά (80-90%) , ενώ αντίθετα από τις 10 UTC μέχρι και τις 17 UTC όταν η θερμοκρασία έχει τις υψηλότερες τιμές της τότε το ποσοστό της σχετικής υγρασίας ελαττώνεται αλλά πάλι διατηρεί υψηλά ποσοστά.

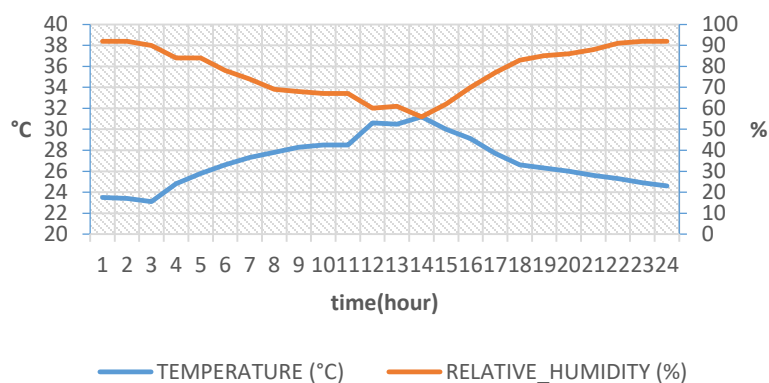
Λάρνακα 12/7/2013



Λάρνακα 12/7/2013



Λάρνακα 12/7/2013

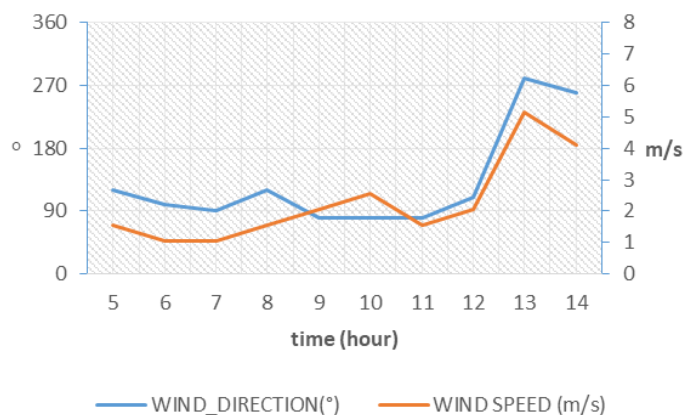


Σχήμα 3.3. Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 12/07/2013 στο σταθμό του αεροδρομίου της Λάρνακας. Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).

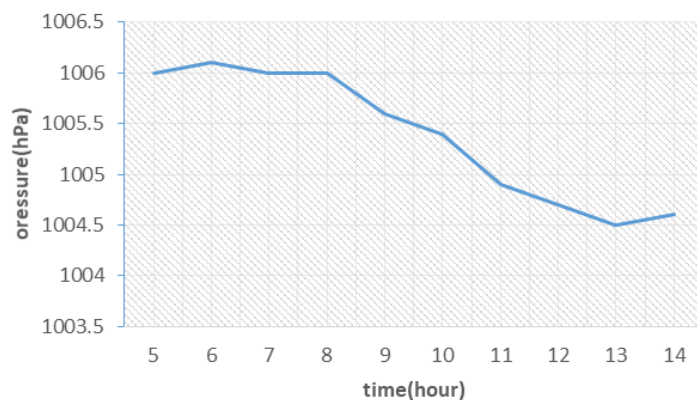


- Στο σχήμα 3.3 στη χρονοσειρά της **διεύθυνσης(°)- ταχύτητας** (m/s) του ανέμου φαίνεται ο άνεμος να πνέει από νοτιοανατολικά από τις 3 UTC μέχρι τις 9 UTC και εκείνες τις ώρες επικρατούν ασθενείς άνεμοι . Αργότερα ο άνεμος αρχίζει σταδιακά να αυξάνει ταχύτητα μέχρι και τις 14 UTC με διεύθυνση αρχικά νότια-νοτιοδυτική και στη συνέχεια δυτική. Από τις 15 UTC μέχρι τις 23 UTC η έντασή του ελαττώνεται ενώ η διεύθυνση είναι νοτιοδυτική. Οι έντονοι νοτιο-νοτιοδυτικοί άνεμοι οφείλονται στο ότι ο σταθμός αυτός βρίσκεται στα νότια παράλια της Κύπρου,
- Στο διάγραμμα **πίεσης** (hPa) του σχήματος 3.3. παρατηρείται μια αυξομείωση και στην περιοχή του σταθμού της Λάρνακας. Η πίεση αρχίζει από χαμηλές τιμές στις 3 UTC και φτάνει μέχρι τις 8 UTC στο μέγιστό της που είναι περίπου 1007 hPa. Αργότερα ελαττώνεται απότομα μέχρι τις 15 UTC . Από τις 17 UTC και μετά η πίεση αρχίζει και πάλι να αυξάνει τιμή.
- Στο σχήμα 3.3. του σταθμού του αεροδρομίου της Λάρνακας παρατηρείται πως όσο αυξάνεται η **θερμοκρασία** (°C) παράλληλα ελαττώνεται η **σχετική υγρασία** (%). Όταν η θερμοκρασία έχει την ελάχιστη τιμή της τότε τα ποσοστά σχετικής υγρασίας βρίσκονται στις μέγιστες τιμές τους. Η θερμοκρασία από τις 12 UTC μέχρι και τις 15 UTC έχει τις υψηλότερες τιμές και , παράλληλα αυτές τις ώρες η σχετική υγρασία φτάνει τα χαμηλότερα ποσοστά.

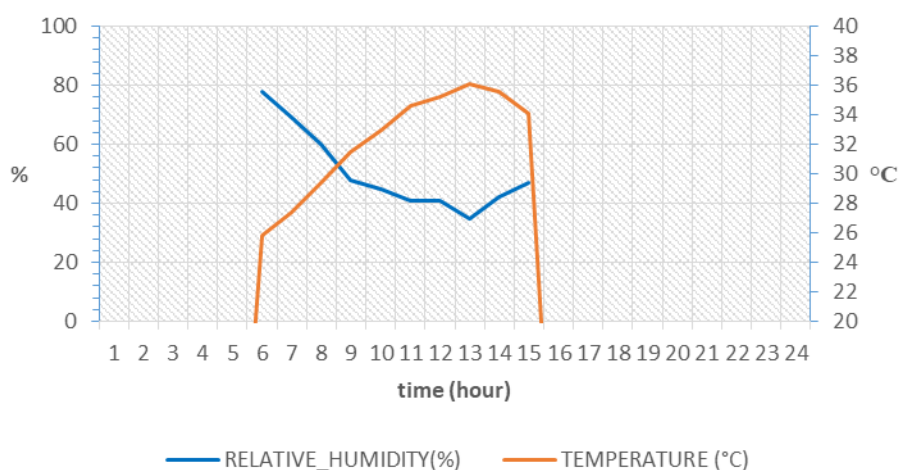
Αθαλάσσα 12/7/2013



Αθαλάσσα 12/7/2013



Αθαλάσσα 12/07/2013



Σχήμα 3.4 Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 12/07/2013 στο σταθμό της Αθαλάσσας . Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).

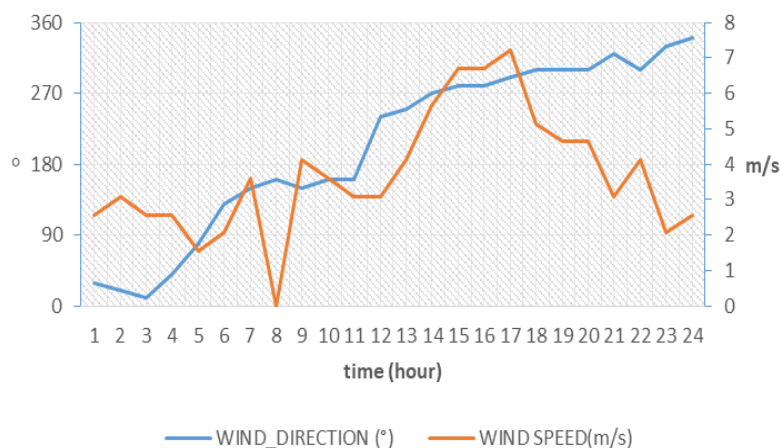


Από τον μετεωρολογικό σταθμό της Αθαλάσσας υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα της διεύθυνσης και ταχύτητας ανέμου-θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης από τις 5 UTC μέχρι τις 14 UTC στις 12/07/2013.

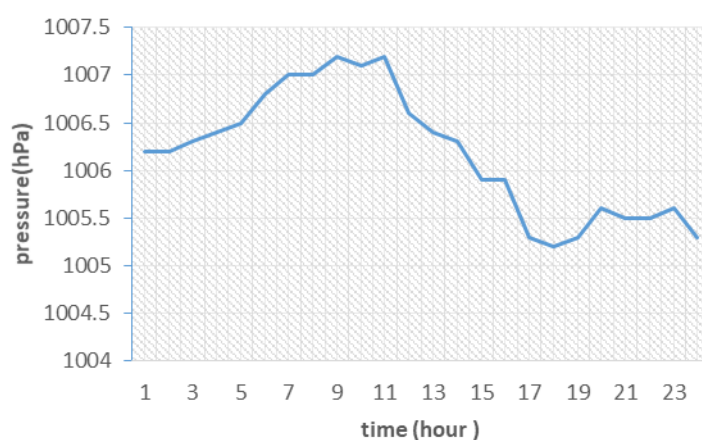
- Στο σχήμα 3.4 στο διάγραμμα **διεύθυνσης (°)-ταχύτητας (m/s)** ανέμου παρατηρείται από τις 5 UTC μέχρι τις 7 UTC ανατολικός άνεμος με ταχύτητα περίπου 1m/s. Αργότερα από τις 7 UTC μέχρι τις 10 UTC διατηρείται με την ίδια διεύθυνση με μια μικρή αύξηση στην ταχύτητα του ανέμου στα 2 m/s. Στη συνέχεια μέχρι τις 14 UTC με διεύθυνση νότια-νοτιοδυτική-δυτική επικρατεί μια ενίσχυση του επιφανειακού ανέμου που φτάνει μέχρι τα 4m/s. Εδώ δεν μπορούμε να δούμε το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας, αυτό φαίνεται όμως με τη προσομοίωση του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.
- Η **ατμοσφαιρική πίεση (hPa)** που παρατηρείται αρχικά από τις 5 UTC μέχρι τις 8 UTC είναι περίπου σταθερή στα 1006 hPa. Από τις 8 UTC και μετά ακολουθεί μια καθοδική πορεία φτάνοντας τα 1004.5 hPa.
- Στο διάγραμμα **θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας** παρατηρείται όπως και στους προηγούμενους σταθμούς τις πρώτες πρωινές ώρες απότομη αύξηση της θερμοκρασίας με παράλληλη μείωση του ποσοστού της σχετικής υγρασίας.



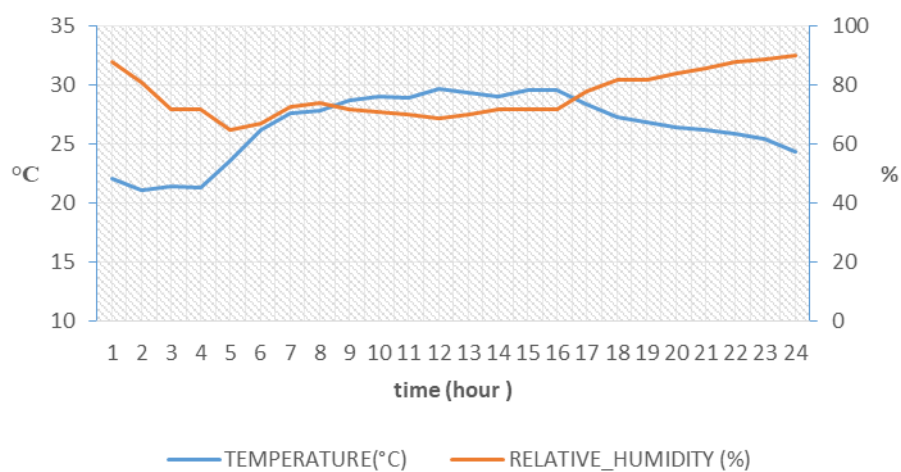
Πάφος 13/7/2013



Πάφος 13/7/2013



Πάφος 13/7/2013

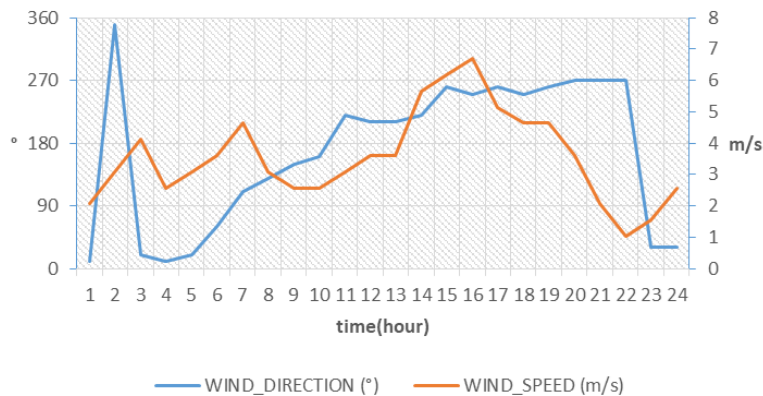


Σχήμα 3.5 Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 13/07/2013 στο σταθμό του αεροδρομίου της Πάφου. Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).

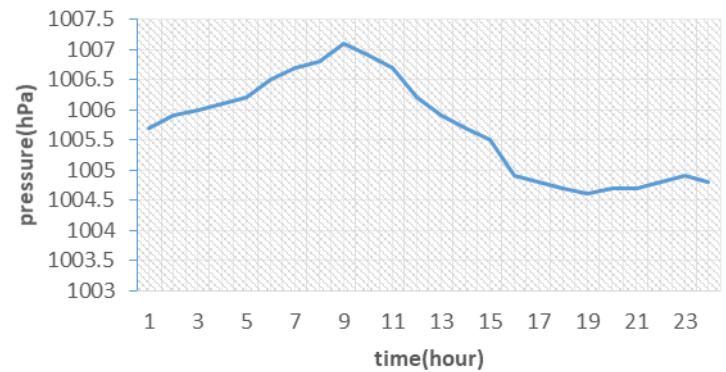


- Στο σχήμα 3.5 στο πρώτο διάγραμμα εξετάζονται η **διεύθυνση** ($^{\circ}$) και η **ταχύτητα** (m/s) του ανέμου και παρατηρούμε ότι από τις 1 UTC μέχρι και τις 5 UTC ο άνεμος πνέει με χαμηλή ταχύτητα περίπου στα 2 με 3 m/s με διεύθυνση ανατολική. Αργότερα πνέει από νοτιοανατολικά από τις 5 UTC μέχρι και τις 11 UTC και δημιουργείται μια απότομη αυξομείωση στη ταχύτητα του ανέμου, όπου αρχικά αυξάνεται, μετά ελαττώνεται ώσπου μηδενίζεται στις 8 UTC, δηλαδή επικρατεί κατάσταση νηνεμίας, ενώ μετά κατευθείαν αυξάνεται απότομα. Στη συνέχεια από τις 11 UTC μέχρι τις 17 UTC πνέει με διεύθυνση νοτιοδυτική και δυτική και παρατηρούμε μια ενίσχυσή του. Από τις 17 UTC και μετά η ένταση του ανέμου μειώνεται σταδιακά και στο τέλος της περιόδου η διεύθυνση γίνεται ανατολική.
- Στο δεύτερο διάγραμμα του σχήματος 3.5 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη της **πίεσης** (hPa) και παρατηρούμε μία αρχική αύξησή της από τις 1 UTC μέχρι τις 10 UTC. Ακολούθως από τις 10 UTC και μετά αρχίζει να ελαττώνεται σταδιακά.
- Στο σχήμα 3.5 στο διάγραμμα σύγκρισης ποσοστού **σχετικής υγρασίας** με **θερμοκρασίας** ($^{\circ}\text{C}$) διακρίνουμε πως καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται το ποσοστό της σχετικής υγρασίας ελαττώνεται. Ενώ αντίστοιχα όταν η θερμοκρασία ελαττώνεται το ποσοστό της σχετικής υγρασίας αυξάνεται.

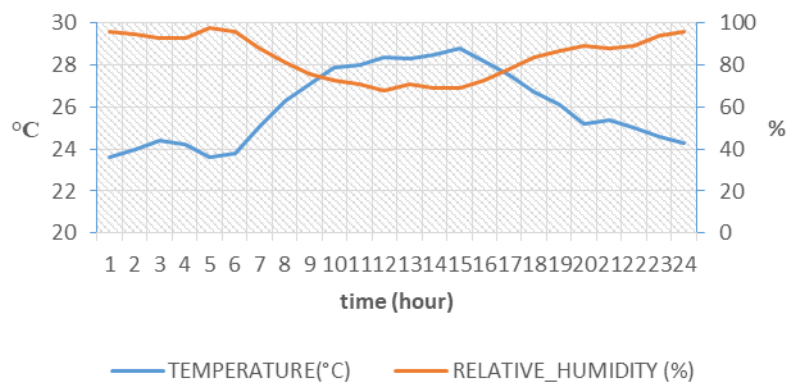
Ακρωτήρι 13/7/2013



Ακρωτήρι 13/7/2013



Ακρωτήρι 13/7/2013

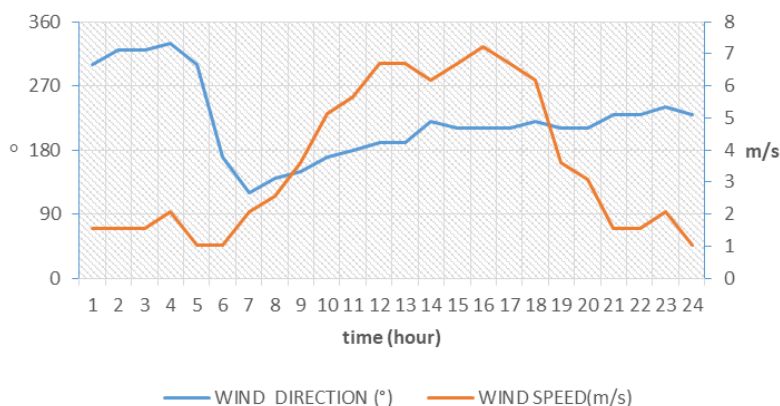


Σχήμα 3.6 Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 13/07/2013 στο σταθμό του Ακρωτηρίου . Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).

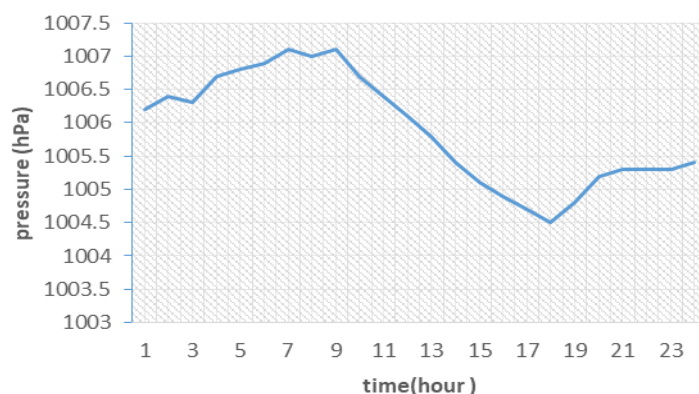


- Στο σχήμα 3.6 στο διάγραμμα **ταχύτητας** (m/s) και **διεύθυνσης** (°) του ανέμου από τις 3 UTC μέχρι τις 16 UTC επικρατεί μια αύξουσα πορεία τη ταχύτητας με διεύθυνση νότια ως τις 10 UTC και μετά νοτιοδυτική μέχρι τις 19 UTC φέρνοντας θαλάσσιες μάζες. Από τις 19 UTC και μετά ξεκινά πάλι να ελαττώνεται με γρήγορο ρυθμό με διεύθυνση νοτιοδυτική και μετά ανατολική. Στις 22 και 23 UTC ο άνεμος γίνεται βορειοανατολικός και πνέει από τη ξηρά. (απόγειά αύρα)
- Στο σχήμα 3.6 στο διάγραμμα **ατμοσφαιρικής πίεσης** (hPa) της 13/07/2013 παρατηρούμε πως από τις 1 UTC η πίεση διατηρεί μια αύξουσα πορεία με τη μέγιστη τιμή της στις 9 UTC. Ακολουθώντας από τις 9 UTC και μετά ελαττώνεται σταδιακά και το βράδυ σταθεροποιείται περίπου στα 1004-1005 hPa.
- Στο σχήμα 3.6 όσον αφορά το διάγραμμα της **θερμοκρασίας** (°C) συγκριτικά με τη **σχετική υγρασία** (%) παρατηρούμε τις πρώτες πρωινές ώρες και από αργά το απόγευμα μέχρι αργά το βράδυ όπου η θερμοκρασία βρίσκεται στις χαμηλές τις τιμές περίπου στους 24 °C, υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας. Αντίστροφα τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη, φτάνοντας τους 28-29 βαθμούς κελσίου παρατηρείται πτώση της σχετικής υγρασίας (65-75%).

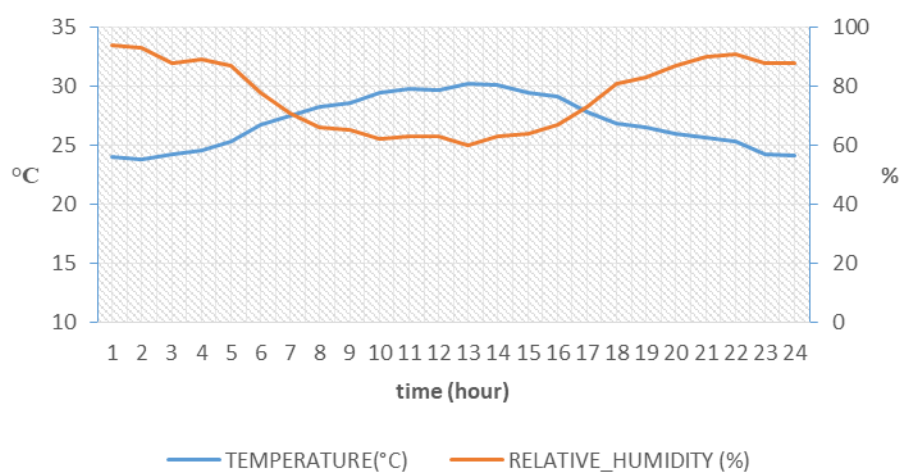
Λάρνακα 13/7/2013



Λάρνακα 13/7/2013



Λάρνακα 13/7/2013

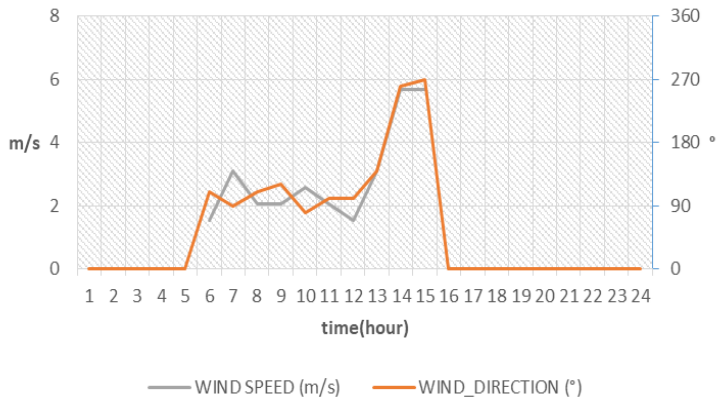


Σχήμα 3.7 Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 13/07/2013 στο σταθμό του αεροδρομίου της Λάρνακας. Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).

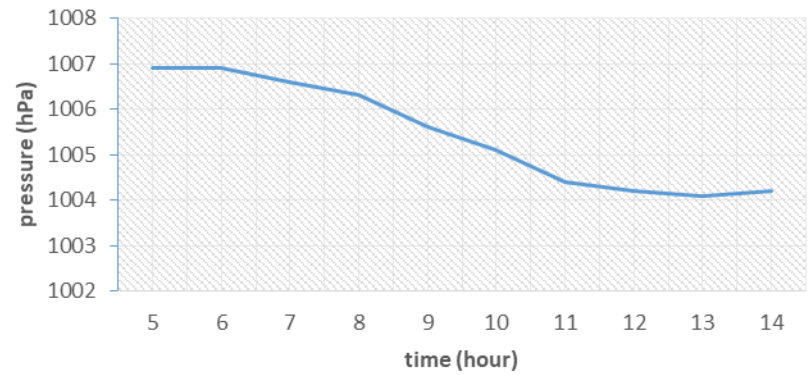


- Στο σχήμα 3.7 φαίνεται ότι από τις 1 UTC μέχρι τις 5 UTC ο άνεμος πνέει με **διεύθυνση** (°) βορειοδυτική δηλαδή από τη ξηρά με σταθερή **ταχύτητα** (m/s) περίπου 1 -2 m/s. Στη συνέχεια από τις 6 UTC μέχρι τις 13 UTC πνέει γενικά από νότιες διευθύνσεις μεταφέροντας θαλάσσιες μάζες. Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται ραγδαία και από 1m/s φτάνει σχεδόν μέχρι τα 7m/s .Αργότερα από τις 16 UTC μέχρι αργά το βράδυ αρχίζει να στρέφεται προς ανατολικές-βορειοανατολικές διευθύνσεις και ελαττώνεται απότομα φτάνοντας ξανά στα 1 m/s.
- Στο σχήμα 3.7 στο διάγραμμα της **ατμοσφαιρικής πίεσης** (hPa) παρατηρείται στο σταθμό της Λάρνακας μικρή αύξηση από τις 1 UTC μέχρι τις 9 UTC στα 1007 hPa .Στη συνέχεια ελαττώνεται μέχρι τις 18 UTC που έχει την ελάχιστη της τιμή στα 1004.5 hPa.
- Στο σχήμα 3.7 στο διάγραμμα **θερμοκρασίας**(°C)- **σχετικής υγρασίας** (%) παρατηρούμε πως από τις 1 UTC μέχρι τις 7UTC το πρωί η καμπύλη της θερμοκρασίας έχει μια αύξουσα πορεία συγκριτικά με τη σχετική υγρασία η οποία σημειώνει υψηλά ποσοστά αλλά έχει μια καθοδική πορεία. Από τις 7 UTC μέχρι τις 15 UTC η θερμοκρασία φτάνει περίπου στους 30°C με ένα μέσο όρο 65% σχετική υγρασία. Από τις 19 UTC και μετά η θερμοκρασία ελαττώνεται ενώ παράλληλα η σχετική υγρασία κυμαίνεται σε πολύ υψηλά ποσοστά, φτάνοντας μέχρι και το 90% .

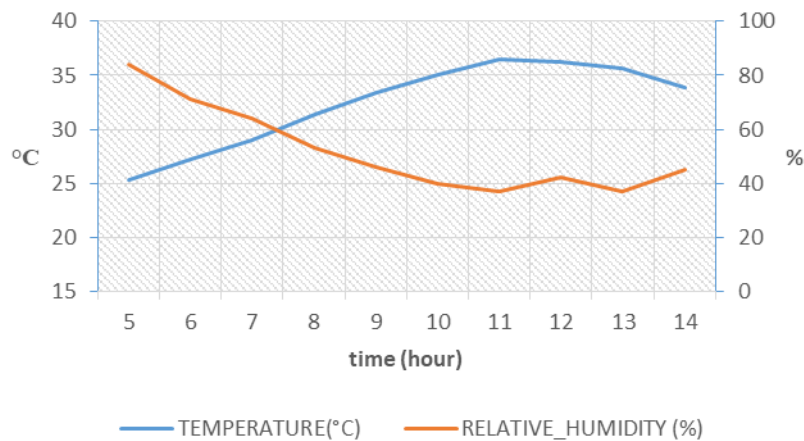
Αθαλάσσα 13/07/2013



Αθαλάσσα 13/7/2013



Αθαλάσσα 13/7/2013



Σχήμα 3.8. Χρονική εξέλιξη διεύθυνσης – ταχύτητας ανέμου στα 10μ, πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασίας- σχετικής υγρασίας στα 2μ κατά τη διάρκεια της 13/07/2013 στο σταθμό της Αθαλάσσας . Ο χρόνος είναι σε παγκόσμια ώρα (UTC).



Στο σταθμό της Αθαλάσσας οι πληροφορίες που έχουν βρεθεί όσον αφορά τη διεύθυνση και ταχύτητα του επιφανειακού ανέμου- τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία στα 2m και την ατμοσφαιρική πίεση ,είναι από τις 5 UTC μέχρι τις 14 UTC.

- Από τις 5 UTC μέχρι τις 12 UTC ο άνεμος διατηρείται περίπου στα 2m/s με **διεύθυνση** ανατολική. Αργότερα από τις 11 UTC ο άνεμος στρέφεται σε νότιες και δυτικές διευθύνσεις ενισχυόμενος i μέχρι τα 6 m/s .
- Στο σχήμα 3.8 παρατηρούμε πως η **ατμοσφαιρική_πίεση_hPa** ελαττώνεται σταδιακά φτάνοντας από 1007 hPa περίπου στα 1004 hPa.
- Στο σχήμα 3.8 όσον αφορά το διάγραμμα **θερμοκρασίας (°C) - σχετικής υγρασίας (%)** ισχύουν οι ίδιες συνθήκες όπως στους προηγούμενους σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα από τις 5 UTC μέχρι και τις 10 UTC υπάρχει μια σταδιακή αύξηση θερμοκρασίας με παράλληλη μείωση ποσοστού υγρασίας. Από τις 10 UTC μέχρι τις 14 UTC η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 36 °C και αντίστοιχα τα ποσοστά υγρασίας πέφτουν στα 40 %.



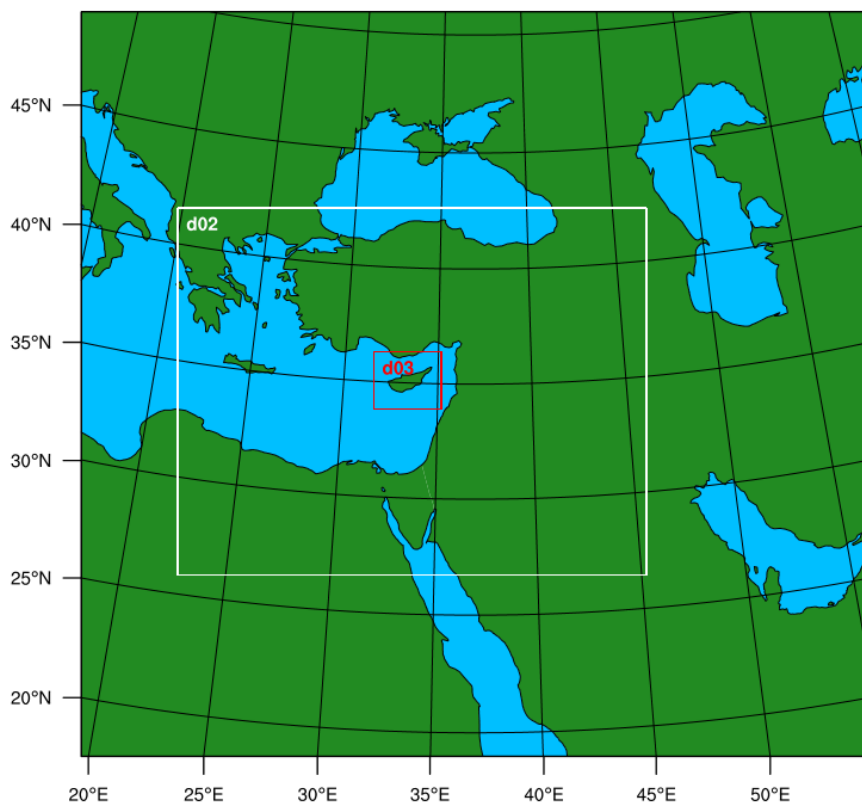
Κεφάλαιο 4: Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

4.1 Διαμόρφωση αριθμητικής προσομοίωσης

Η αριθμητική προσομοίωση του φαινομένου της θαλάσσιας αύρας στην Κύπρο στις 12-13 Ιουλίου 2013, πραγματοποιήθηκε με το μη-υδροστατικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού Weather Research and Forecasting (WRF, έκδοση 3.7.1) (Skamarock et al. 2008). Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο του Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Α.Π.Θ., σε ειδική διαμόρφωση για την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, με πολύ υψηλή ανάλυση στην ευρύτερη περιοχή της Κύπρου.

Το μοντέλο ολοκληρώθηκε σε τρία τηλεσκοπικά πλέγματα (Σχήμα 4.1) με χωρική ανάλυση: (α) 12 χλμ στην εξωτερική περιοχή d01, (β) 4 χλμ στην περιοχή d02 που καλύπτει την Ανατολική Μεσόγειο και τη Μέση Ανατολή και (γ) 1.333 χλμ στην περιοχή της Κύπρου (d03). Μόνο τα αποτελέσματα του εσωτερικού πλέγματος d03 αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία. Στην κατακόρυφη διεύθυνση χρησιμοποιήθηκαν 39 σίγμα επίπεδα έως τα 50 hPa, με μεγαλύτερη ανάλυση στο οριακό στρώμα. Η προσομοίωση αρχικοποιήθηκε στις 12:00 UTC 11/7/2013 και η διάρκειά της ήταν 2.5 ημέρες (=60 ώρες). Επιχειρησιακές αναλύσεις του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF) με ανάλυση $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ χρησιμοποιήθηκαν για αρχικές και οριακές συνθήκες. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες της θάλασσας βασίστηκαν στα ημερήσια πλεγματικά δεδομένα του NCEP με ανάλυση $1/12^{\circ}$. Οι φυσικές παραμετροποιήσεις του μοντέλου ήταν οι εξής:

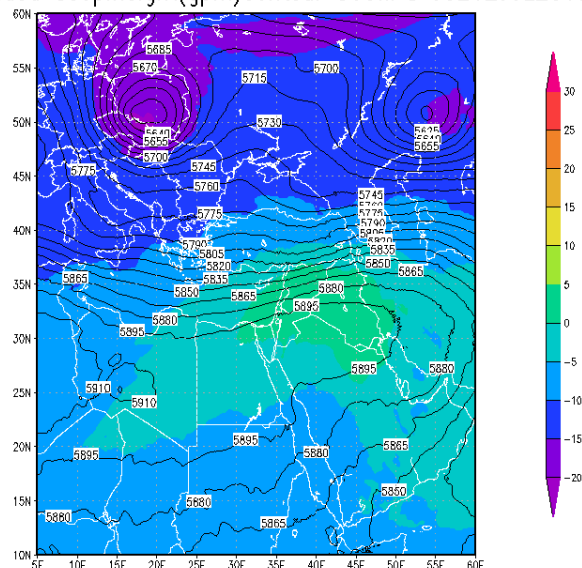
- Το σχήμα WRF Single-Moment 6-class (Hong and Lim 2006) για τη μικροφυσική.
- Το σχήμα Kain-Fritsch (μόνο στην περιοχή d01) για την κατακόρυφη μεταφορά (Kain 2004), λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις της με την ακτινοβολία.
- Το σχήμα RRTMG (Iacono et al. 2008) για την ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος. Η κλίση του εδάφους και η σκίαση λόγω της τοπογραφίας λήφθηκαν υπόψη.
- Το αναθεωρημένο MM5 σχήμα (Jimenez et al. 2012) για το επιφανειακό στρώμα της ατμόσφαιρας.
- Το Noah Land Surface Model για τις φυσικές διεργασίες στην ξηρά (Chen and Dudhia 2001).
- Το σχήμα Yonsei University (Hong et al. 2006) για το οριακό στρώμα με διόρθωση των επιφανειακών ανέμων λόγω της τοπογραφίας.



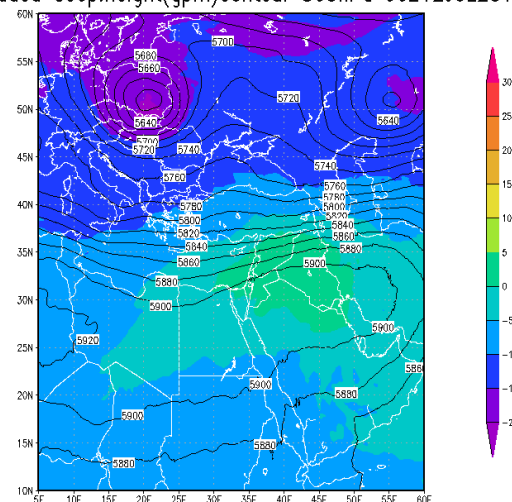
Σχήμα 4.1 Οι τρεις περιοχές ολοκλήρωσης του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης καιρού WRF.

4.2 Περιγραφή μετεωρολογικών συνθηκών κατά τη 12^η και 13^η Ιουλίου 2013

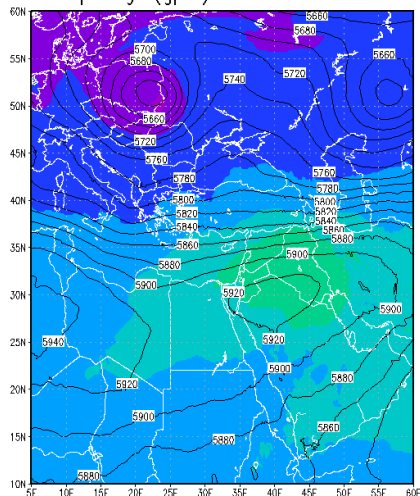
T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 00Z12JUL2013



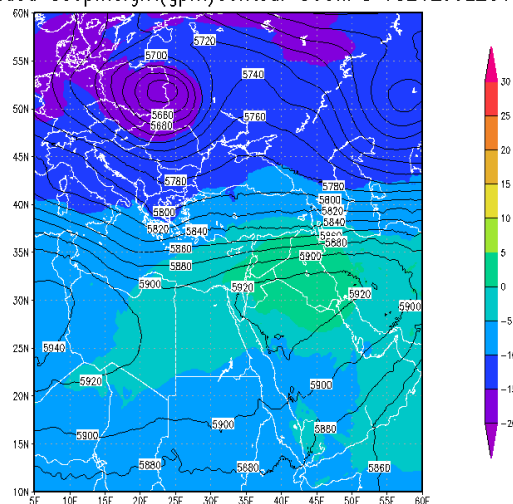
T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 06Z12JUL2013



T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 12Z12JUL2013

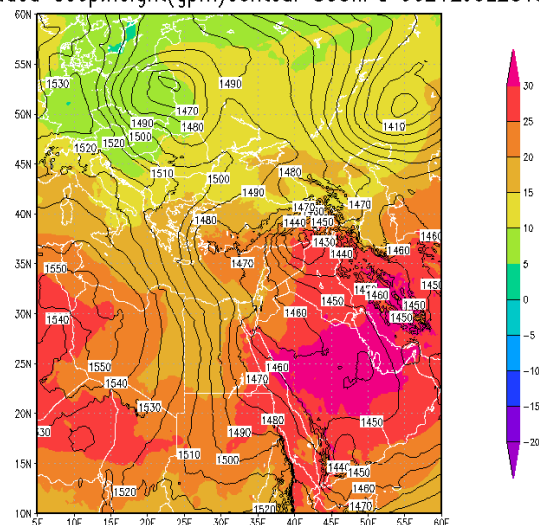


T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 18Z12JUL2013

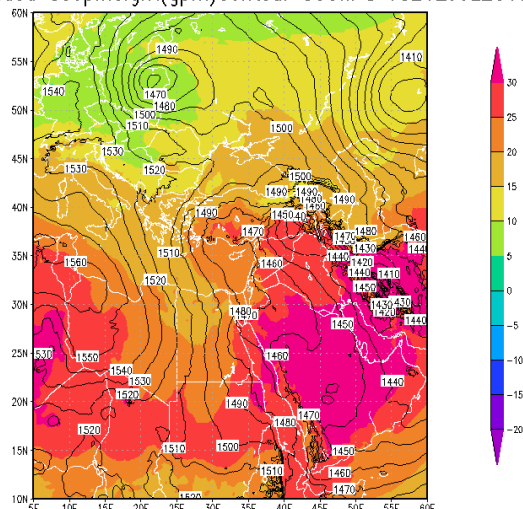


Σχήμα 4.2. Χάρτες ανάλυσης της θερμοκρασίας (°C,σκίαση) και του γεωδυναμικού ύψους (gpm,ισοπληθείς) στα 500hPa στις 00:00UTC, 06:00UTC, 12:00UTC και 18:00UTC 12/07/2013.(ECMWF).

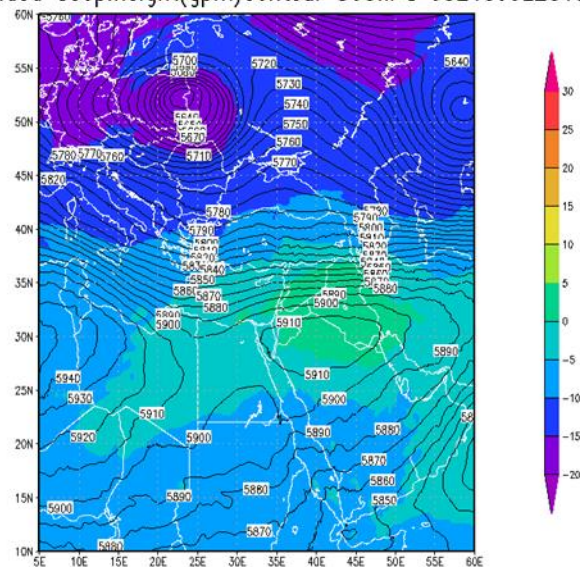
T(c)shaded Geop.height(qpm)contour 850hPa 06Z12JUL2013



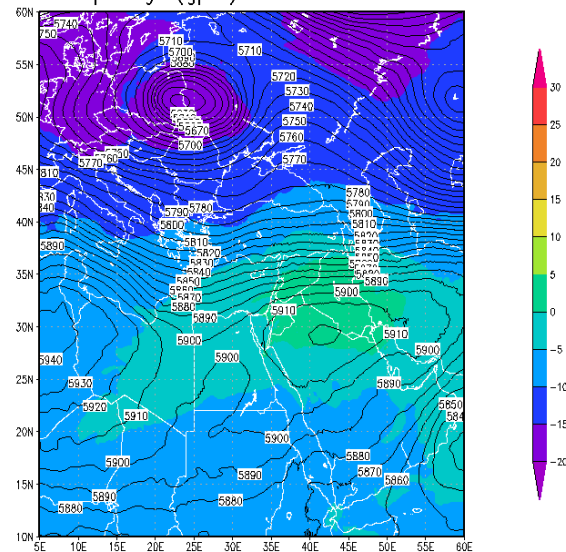
T(c)shaded Geop.height(qpm)contour 850hPa 18Z12JUL2013



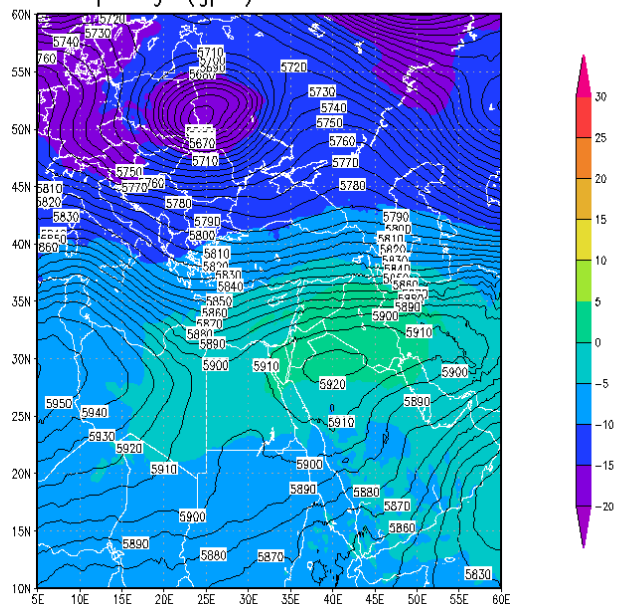
T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 00Z13JUL2013



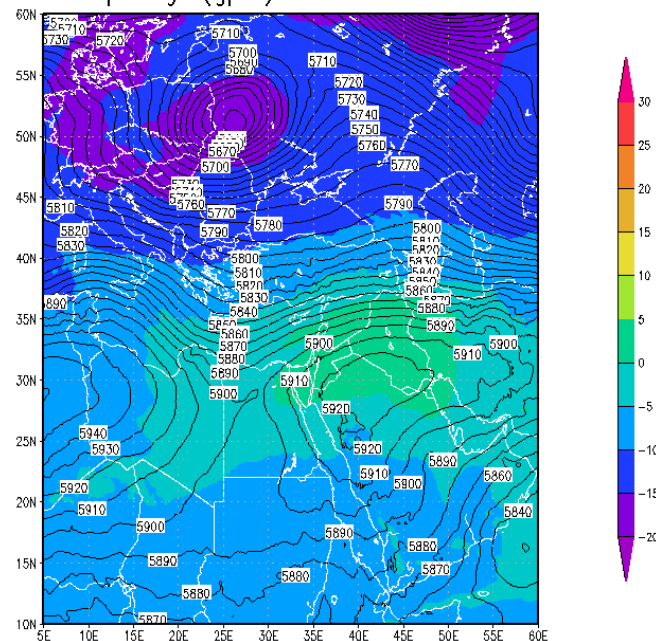
T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 06Z13JUL2013



T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 12Z13JUL2013

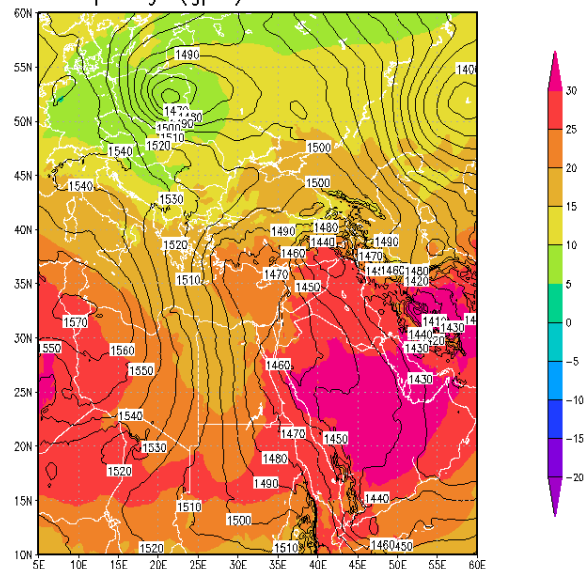


T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 500hPa 18Z13JUL2013

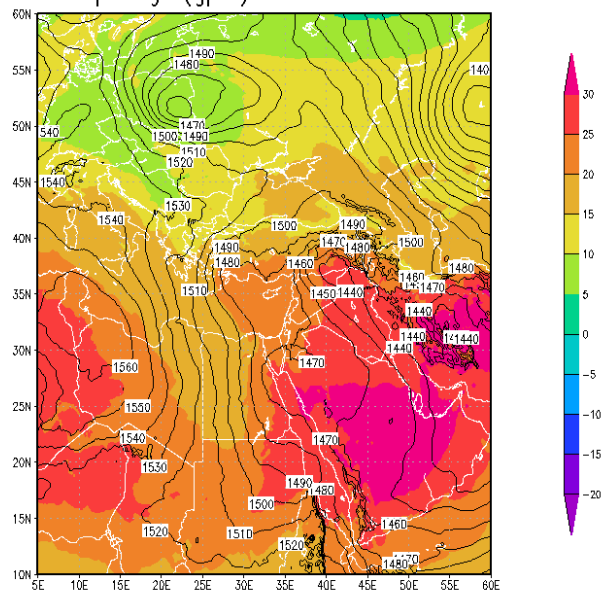


Σχήμα 4.4. Χάρτες ανάλυσης της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$,σκίαση) και του γεωδυναμικού ύψους (gpm,ισοπληθείς) στα 500hPa στις 00:00UTC, 06:00UTC, 12:00UTC και 18:00UTC 13/07/2013(ECMWF).

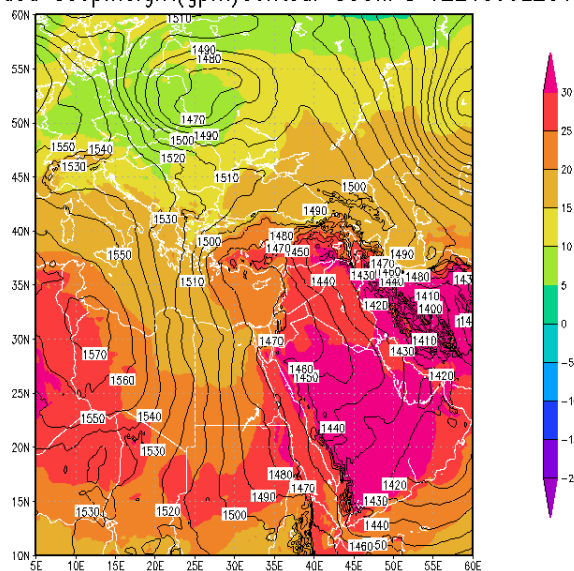
T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 850hPa 00Z13JUL2013



T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 850hPa 06Z13JUL2013



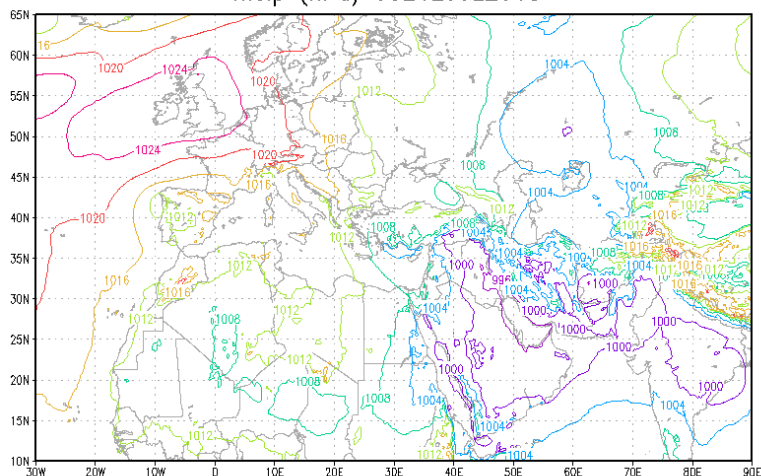
T(c)shaded Geop.height(gpm)contour 850hPa 12Z13JUL2013



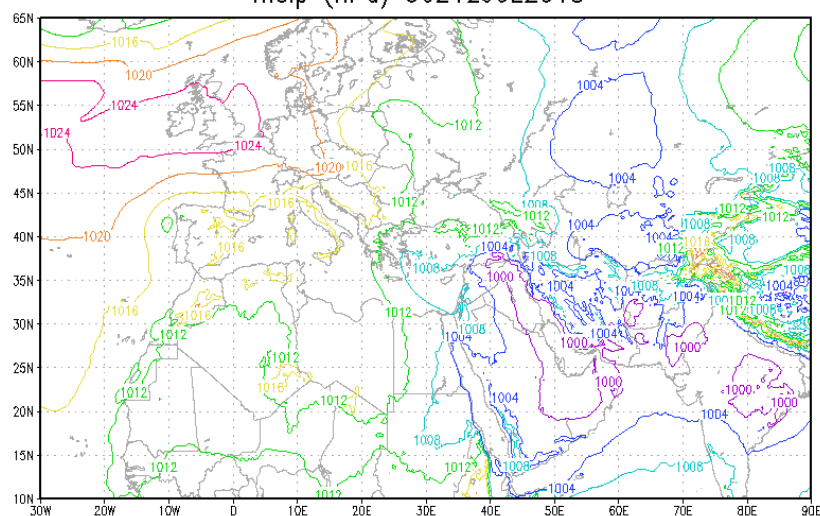


Στις 12 και 13 Ιουλίου, στον ευρύτερο Κυπριακό χώρο επικρατούσαν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη του φαινομένου της θαλάσσιας αύρας. Από τους χάρτες των 500hPa για τις 00UTC και για τις 06UTC (**σχήμα 4.2.**) γίνεται φανερή η παρουσία ενός συστήματος χαμηλών γεωδυναμικών υψών στα ΒΒΔ(50-55° B, 20 -30° A) και στα ΒΒΑ (48-55°B, 50-60°A). Έξι με δώδεκα ώρες αργότερα (**σχήμα 4.2 και 4.3**) το σύστημα των χαμηλών μετακινείται ανατολικότερα. Παρόμοιες συνθήκες επικρατούν και στο **σχήμα 4.4** εδώ όμως οι ισοϋψείς είναι πιο πυκνές. Εικόνα, εμφανίζεται και στο χάρτη των 850 hPa. (**σχήμα 4.5**). Παρατηρείται μόνο όπως και στα 500 hPa (**σχήμα 4.4**) σύστημα χαμηλών στα ΒΒΔ(50-55° B, 20 -30° A) και στα ΒΒΑ (48-55°B, 50-60°A). Από τους χάρτες ανάλυσης της επιφάνειας (**σχήμα 4.6 και 4.7**) προκύπτει η σχεδόν απουσία βαροβαθμίδας και οργανωμένης κίνησης των αερίων μαζών στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το σύστημα στα ΒΒΔ θα πρέπει να είναι αβαθές καθώς από τους χάρτες επιφάνειας (**σχήμα 4.6 και 4.7.**) είναι φανερό ότι στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη δεν επικρατεί κάποιο ισχυρό συνοπτικό σύστημα που να συμβάλλει στην κυκλοφορία των ανέμων. Στην περιοχή των Βαλκανίων και την ανατολική Μεσόγειο δεν παρατηρούνται άλλα οργανωμένα βαρομετρικά συστήματα πέρα από του Ετήσιες.

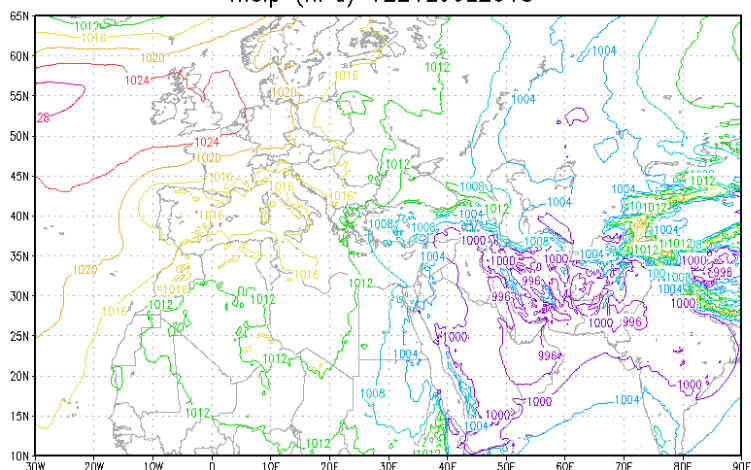
mslp (hPa) 00Z12JUL2013



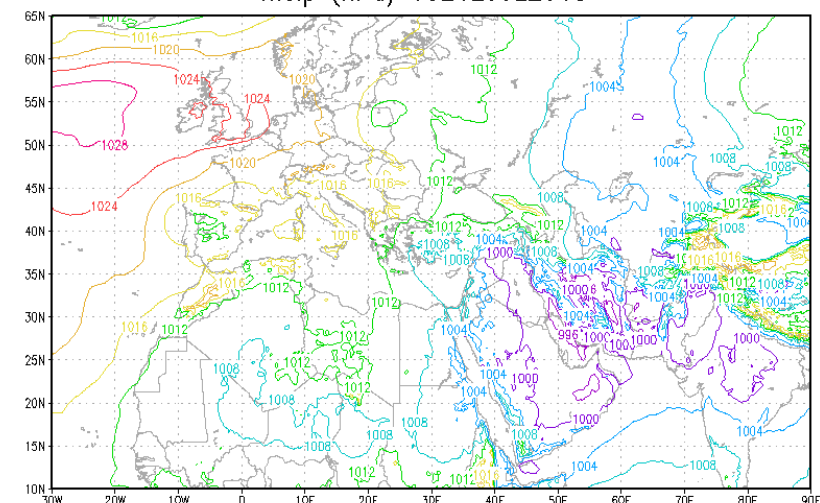
mslp (hPa) 06Z12JUL2013



mslp (hPa) 12Z12JUL2013

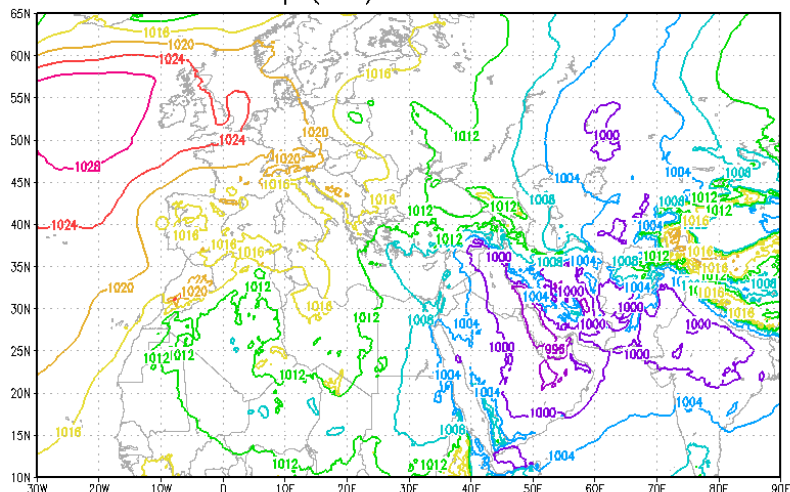


mslp (hPa) 18Z12JUL2013

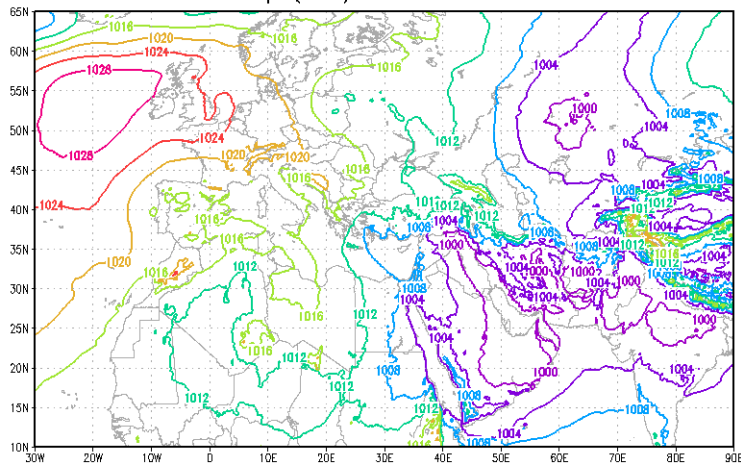


Σχήμα 4.6. Χάρτες ανάλυσης της πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας (hPa) στις 12/07/2013.(ECMWF).

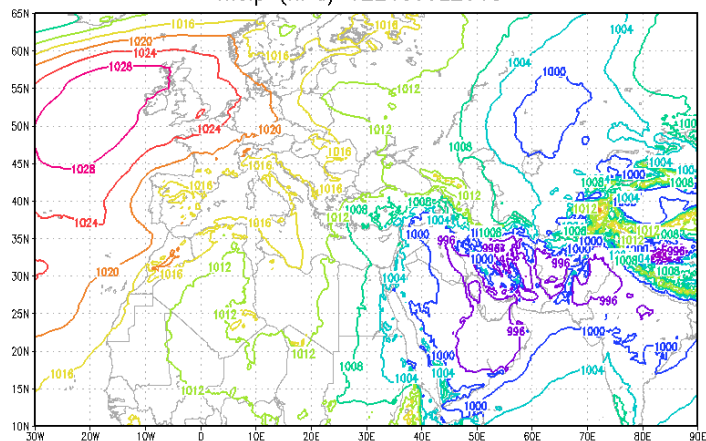
mslp (hPa) 00Z13JUL2013



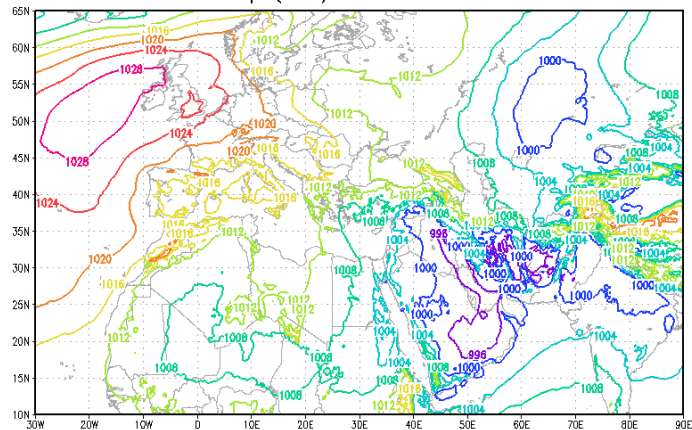
mslp (hPa) 06Z13JUL2013



mslp (hPa) 12Z13JUL2013



mslp (hPa) 18Z13JUL2013

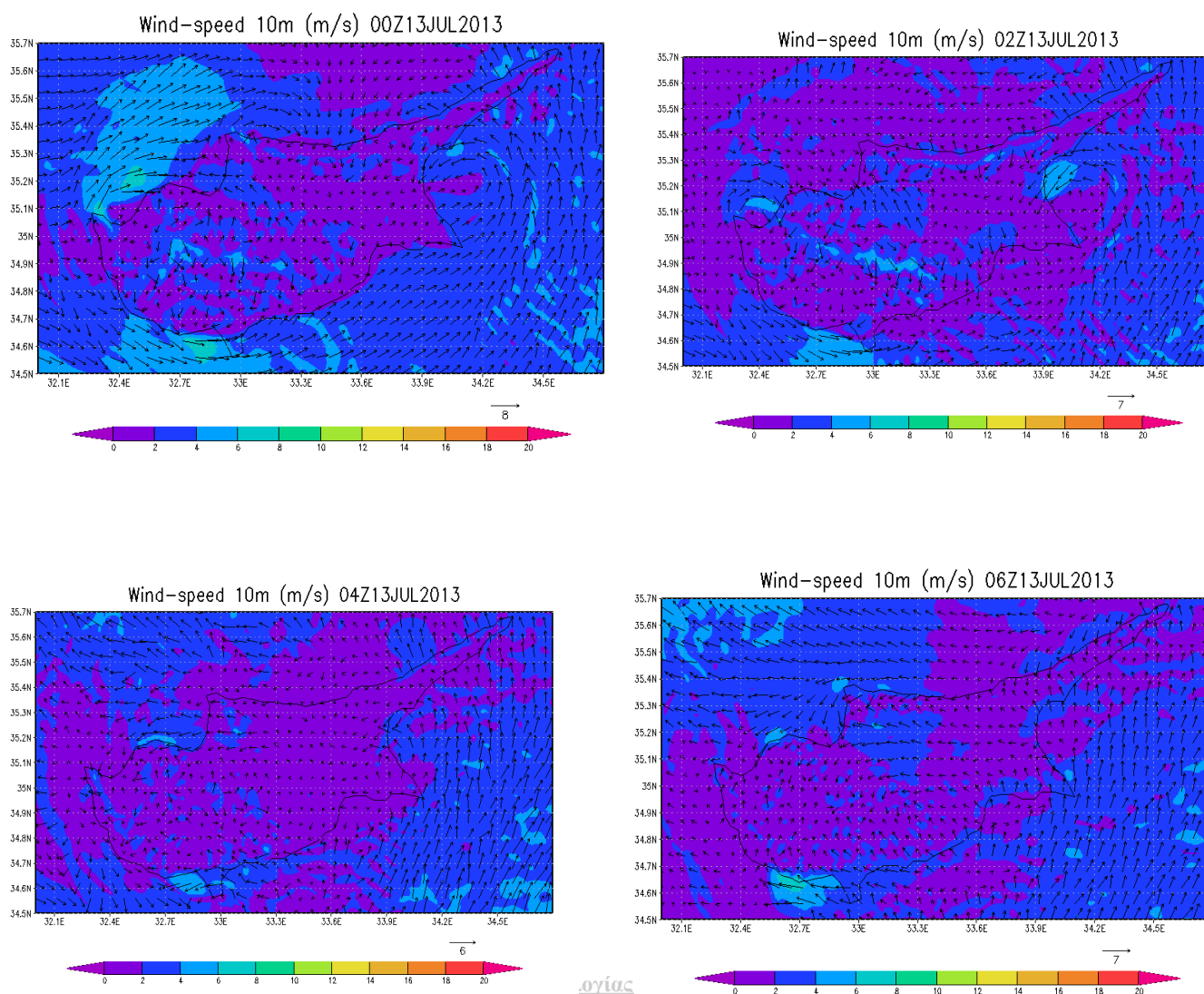


Σχήμα 4.7. Χάρτες ανάλυσης της πίεσης στη μέση στάθμη τη θάλασσας (hPa) στις 13/07/2013.(ECMWF).

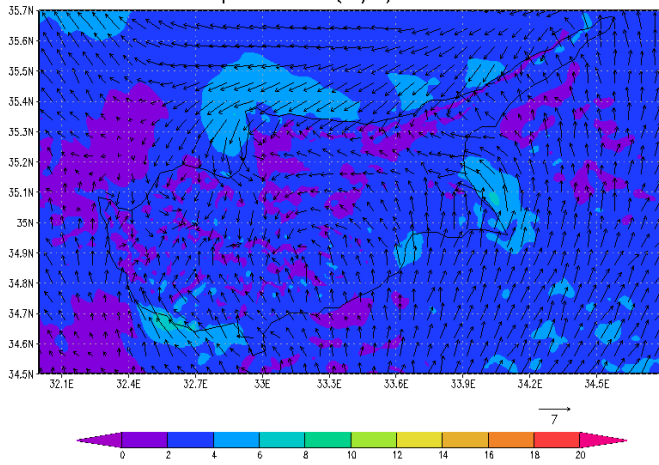
4.3 Το πεδίο των ανέμων στην επιφάνεια

Ακολουθεί η παρουσίαση του ανεμολογικού πεδίου για την ημέρα μελέτης, όπως προέκυψε από την ολοκλήρωση του αριθμητικού μοντέλου. Αναδεικνύεται η ανάπτυξη του φαινομένου της κυκλοφορίας της θαλάσσιας αύρας στην Κύπρο, καλύπτοντας τη χρονική της εξέλιξη από τις 00 UTC στις 13/07/2013 έως και τις 21 UTC στις 13/07/2013.

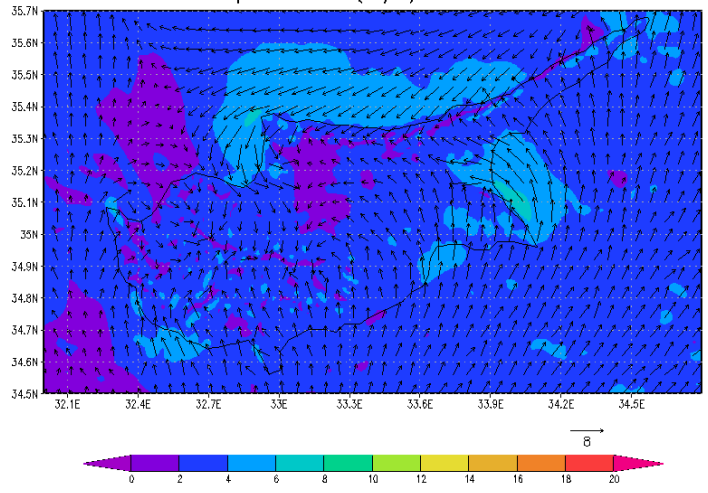
Από τους χάρτες των ανέμων επιφανείας για τις 13/07/2013 **σχήμα 4.8** γίνεται αντιληπτή και η επίδραση των ορεινών όγκων στη διαμόρφωση των τοπικών συστημάτων κυκλοφορίας στο έδαφος. Στην κεντρική ηπειρωτική Κύπρο και συγκεκριμένα στις γεωγραφικές συντεταγμένες $34,94^{\circ}\text{N}$ $32,87^{\circ}\text{E}$ διακρίνεται το όρος Τρόδος με ύψος μεγαλύτερο από 500 μ και κορυφή στα 1952μ (πραγματικό ύψος).



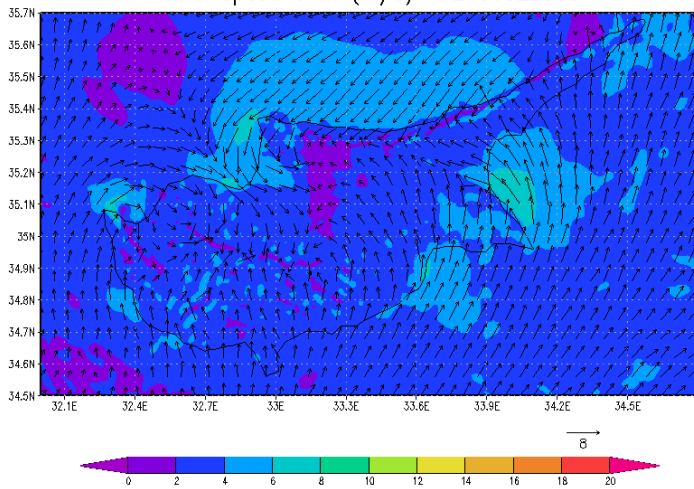
Wind-speed 10m (m/s) 08Z13JUL2013



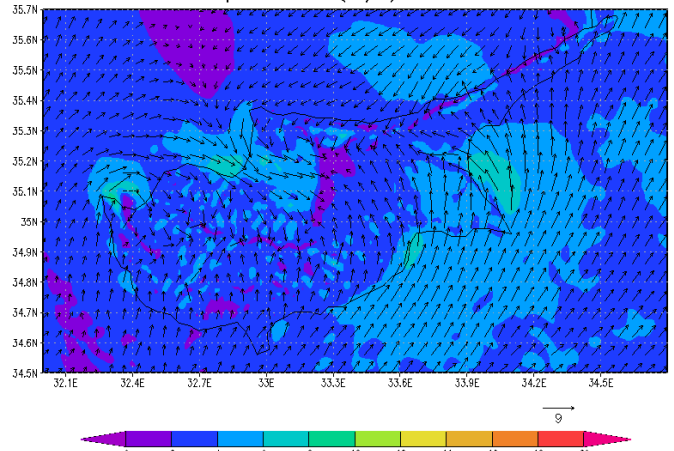
Wind-speed 10m (m/s) 09Z13JUL2013



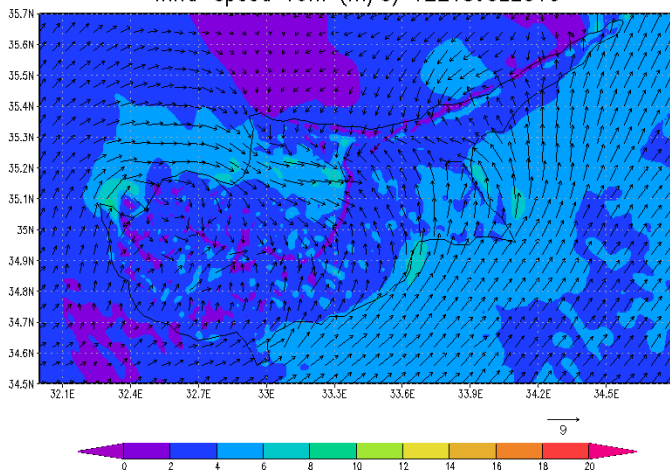
Wind-speed 10m (m/s) 10Z13JUL2013



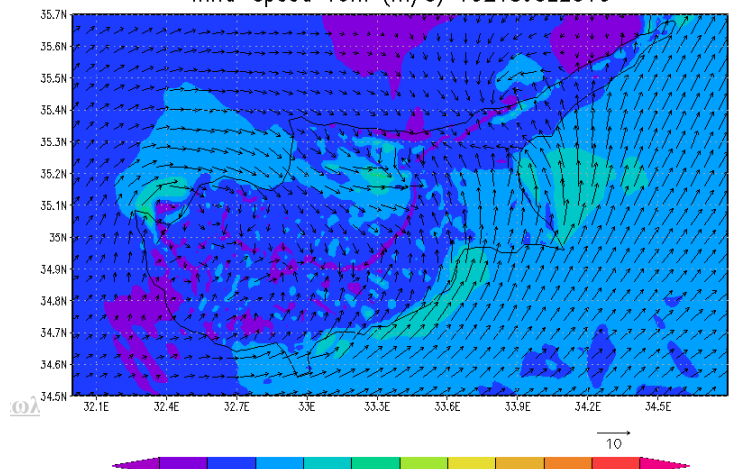
Wind-speed 10m (m/s) 11Z13JUL2013

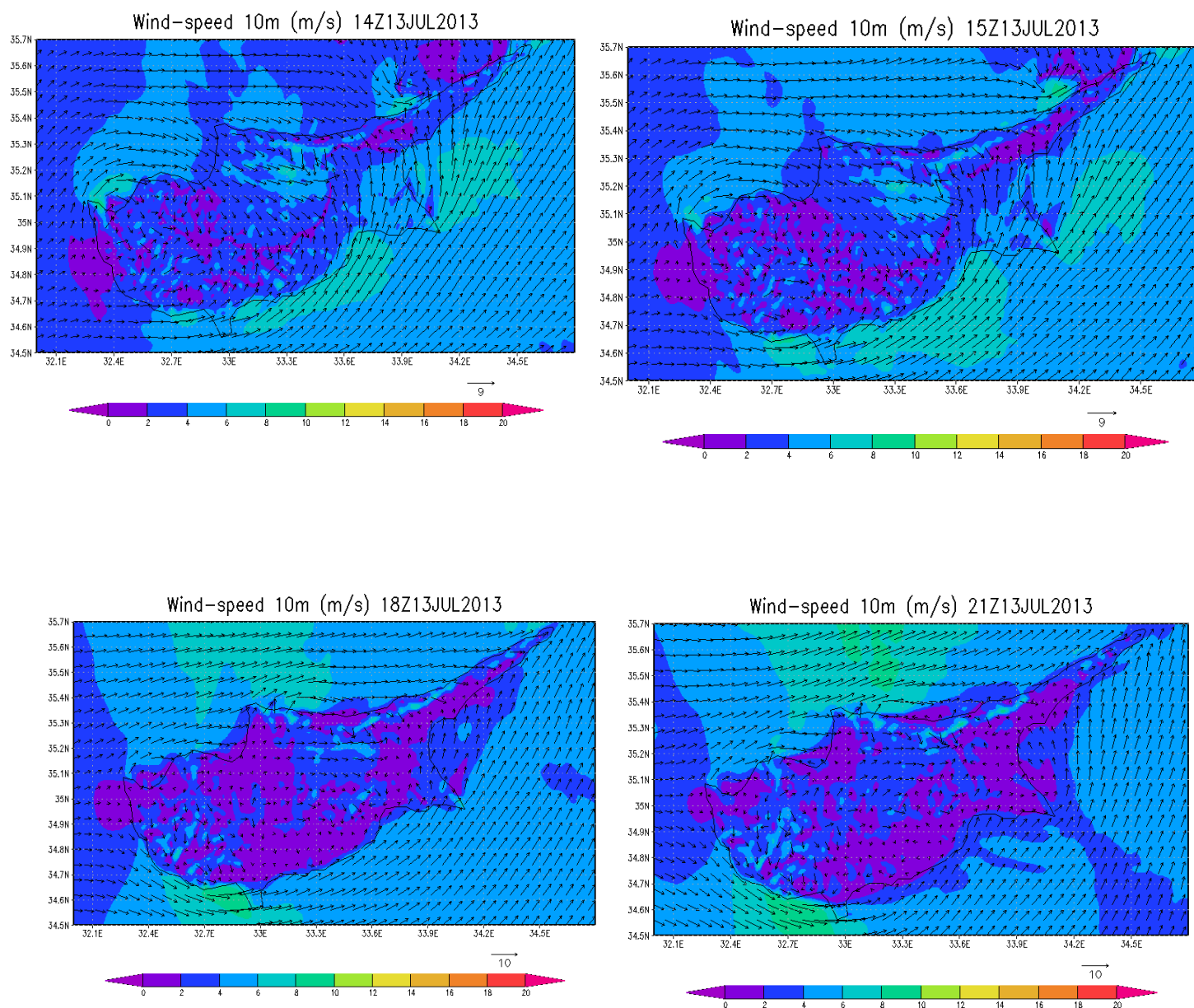


Wind-speed 10m (m/s) 12Z13JUL2013



Wind-speed 10m (m/s) 13Z13JUL2013

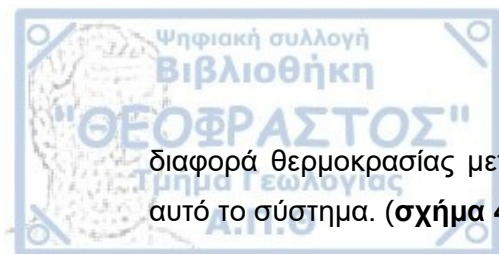




Σχήμα 4.8 . Το ανεμολογικό πεδίο για την περιοχή της Κύπρου από τις 00 UTC ως τις 21 UTC, για τις 13/07/2013. (WRF).

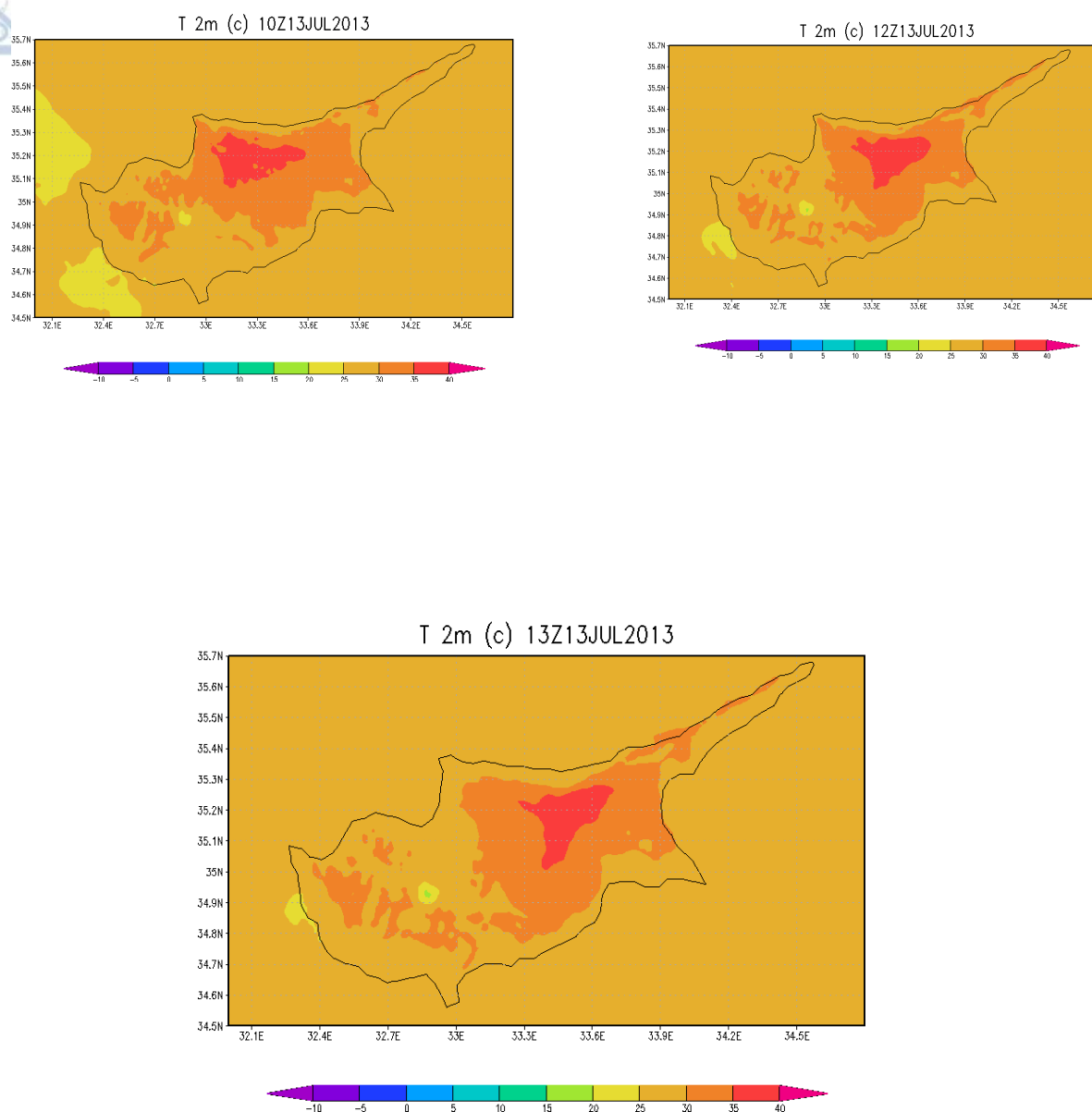


- Στις **00 UTC (03 LOCAL TIME)** η μέγιστη ένταση του ανέμου που είναι της τάξης των 6-7 m/s εμφανίζεται στα ΒΒΔ παράλια και στα ΝΝΔ παράλια όπου ο άνεμος πνέει κυρίως από Δυτικά. Στα Ανατολικά παράλια στην επαρχία Αμμοχώστου υπάρχει μια πρώτη ένδειξη του φαινομένου αλλά ακόμη βρίσκεται στην ακτογραμμή όπως και στα Βόρεια παράλια της Κύπρου στον κόλπο της Μόρφου.
- Στις **02 UTC (05 LT)** δεν έχει αρχίσει ακόμη το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας να εισέρχεται στο εσωτερικό του νησιού και επικρατεί μια άστατη κίνηση των ανέμων χαμηλότερης έντασης.
- Από τις **06 UTC (09 LT) (Σχήμα 4.8)** είναι εμφανείς οι πρώτες ενδείξεις για την ανάπτυξη της θαλάσσιας αύρας κυρίως στο ΒΒΔ. Επικρατεί μια σύγκλιση των ανέμων στην οροσειρά του Πενταδακτύλου στο Βόρειο τμήμα του νησιού αλλά και στην οροσειρά του Τροόδους στο νοτιοδυτικό τμήμα.
- Στις **08 UTC (11 LT)** η θαλάσσια αύρα έχει αρχίσει πλέον να αναπτύσσεται και μια μικρή περιοχή σύγκλισης εντοπίζεται κατά μήκος της ακτογραμμής στα ΒΒΔ παράλια αλλά και στα Α. Η κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας γίνεται πιο αισθητή στην περιοχή του αεροδρομίου της Πάφου, γεγονός που ίσως να οφείλεται στην διεύθυνση του ανέμου (νότιος).
- Στις **9 UTC (12 LT)** η θαλάσσια αύρα εξαπλώνεται και σταδιακά στην περιοχή σύγκλισης στην οροσειρά του Πενταδακτύλου στο βόρειο τμήμα και νοτιοδυτικά στην οροσειρά του Τροόδους. Η περιοχή σύγκλισης στις **10 UTC** εμφανίζεται σε αρκετή απόσταση από την ακτογραμμή και όπως φαίνεται και στο χάρτη των **12 UTC** έχει καλύψει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής της Μεσαορίας, που βρίσκεται κεντρικά του νησιού.
- Έτσι στις **12 UTC (15 LT)** έχει διανύσει οριζόντια απόσταση περίπου 50Km στην ξηρά και σταμάτησε λόγω της ορογραφίας στην οροσειρά του Πενταδάκτυλου(**14 UTC**). Η εικόνα των ανέμων διαφοροποιείται σημαντικά και η φορά των ανέμων κοντά στην ακτή αλλάζει. Πλέον η ξηρά έχει θερμανθεί και η θερμοκρασία πάνω από αυτή είναι μεγαλύτερη από ότι πάνω από τη θάλασσα. Όπως ήταν αναμενόμενο, στις **12 UTC** οι άνεμοι έχουν στραφεί από τη θάλασσα προς τη στεριά. Είναι ορατό δηλαδή το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας, το οποίο φαίνεται να έχει αναπτυχθεί πλήρως καθώς η



διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θάλασσας και ξηράς είναι αρκετή για να τροφοδοτήσει αυτό το σύστημα. (σχήμα 4.9).

- Στις **13 UTC (16 LT)** παρατηρείται έντονη μετατόπιση της ζώνης σύγκλισης προς τα ανατολικά ως αποτέλεσμα της μέγιστης κυκλοφορίας του δακτυλίου της θαλάσσιας αύρας, λόγω του μεγίστου της θερμοκρασίας. Η μέγιστη τιμή της ταχύτητας είναι της τάξης των 8 – 10 m/s και παρατηρείται στην ακτογραμμή της πόλης της Λάρνακας καθώς και στην περιοχή των Λατσιών στην περιοχή της Λευκωσίας και Αθαλάσσας, δηλαδή στη νότια Νοτιοανατολική Λευκωσία και στην επαρχία Αμμοχώστου. Οι συνθήκες της θαλάσσιας αύρας κορυφώνονται στις **13 UTC**. Από εκεί και έπειτα αρχίζει η εξασθένηση του φαινομένου και οι υψηλότερες ταχύτητες εντοπίζονται πλέον στον θαλάσσιο παρά στον ηπειρωτικό χώρο.
- Στις **15 UTC (18 LT)** η σύγκλιση μετατοπίζεται στο βορειοανατολικό τμήμα της Κύπρου και η διεύθυνση του ανέμου είναι προς τα ΒΑ.
- Η λήξη της κυκλοφορίας της θαλάσσιας αύρας σημειώνεται στις **21 UTC**, περίπου πέντε ώρες μετά τη δύση του ήλιου κλείνοντας έναν κύκλο ζωής μεγαλύτερο των δέκα ωρών. Μετά τη λήξη του φαινομένου το πεδίο χαρακτηρίζεται από πολύ μικρότερες τιμές ταχυτήτων ανέμου (1-2 m/s), όπως αναμένεται από τη βιβλιογραφία για την απόγεια αύρα, η οποία εγκαθίσταται μετά την αντιστροφή του πεδίου των ανέμων.

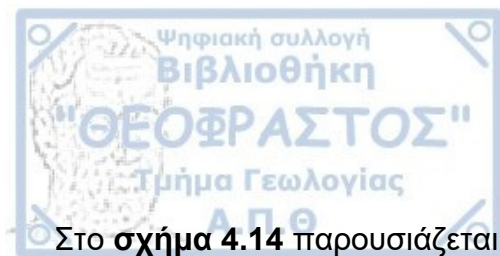


Σχήμα 4.9 Η θερμοκρασία στα 2μ από την επιφάνεια για την περιοχή της Κύπρου στις 10:00-12:00-13:00 UTC, 13/07/2013.(WRF).

4.4 Το πεδίο των ανέμων καθ' ύψος στην ατμόσφαιρα

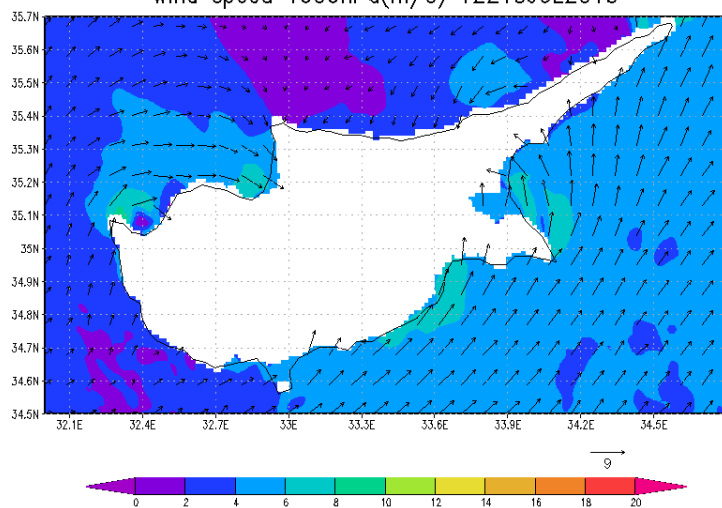
Στη συνέχεια κρίνεται χρήσιμο να παρουσιαστεί μία εικόνα των ανέμων σε διάφορα κατακόρυφα επίπεδα, ώστε να εξεταστεί η επίδραση της τοπογραφίας με το ύψος, αλλά και η δυνατότητα κατακόρυφης εξάπλωσης του κυττάρου της θαλάσσιας αύρας. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν κάποιες ώρες που αναδुकνύεται σχεδόν ολοκληρωμένη η ανάπτυξη της θαλάσσιας αύρας. Η κατακόρυφη ανάλυση γίνεται στα ισοβαρικά επίπεδα της κατώτερης τροπόσφαιρας. Σκοπός είναι ο εντοπισμός του επιπέδου στο οποίο παρατηρείται το ρεύμα επιστροφής και «κλείνει» το κύτταρο της θαλάσσιας αύρας.

Όσο πιο κοντά στο έδαφος βρισκόμαστε τόσο πιο σύνθετο είναι το πεδίο των ανέμων, με τη μεγαλύτερη πολυπλοκότητα να εντοπίζεται στην επιφάνεια του εδάφους, όπου η επίδραση των τοπικών χαρακτηριστικών του ανάγλυφου και της ακτογραμμής είναι μέγιστη. Με την αύξηση του ύψους η απεικόνιση του ανεμολογικού πεδίου είναι πληρέστερη καθώς χάνεται η επίδραση της τοπογραφίας σε αυτό (**σχήματα 4.10, 4.11, 4.12**). Ωστόσο ως και τα 920 hPa το πεδίο των ανέμων διακόπτεται στο σημείο όπου βρίσκεται η οροσειρά του Τροόδους καθώς το ύψος του υπερβαίνει το 500m. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ένα ύψος στο οποίο θα μπορούσαν να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα απαλλαγμένα από την επίδραση της τοπογραφίας είναι αυτό των 850 hPa όπου αυτό φαίνεται από το **σχήμα 4.13**. Επιπλέον στο **σχήμα 4.13** στις τομές μπορείς φαίνεται ότι στις 06Z13JUL2013 ο άνεμος κοντά στην επιφάνεια είναι νοτιάς και στα 850 hPa βοριάς. Στις 12Z άλλαξε και στο Βόρειο τμήμα του νησιού είναι χαμηλά βοριάς και στα 850-900 hPa νοτιάς (θαλάσσια αύρα με τον δακτύλιο να κλείνει στα 800-850 hPa) και στο νότιο τμήμα του νησιού να είναι χαμηλά νοτιάς και ψηλότερα (800-850 hPa) βοριάς επηρεαζόμενος ίσως και από την αύρα του βόρειου τμήματος που έχει ανέβει το βουνό.

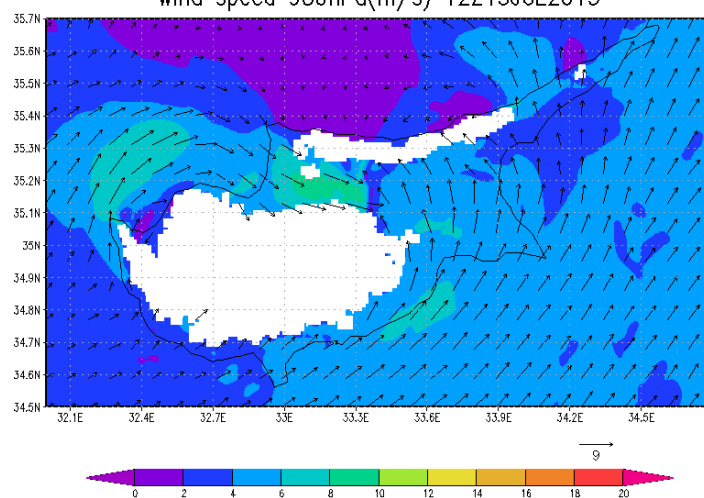


Στο **σχήμα 4.14** παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη το ανεμολογικού πεδίου με το ύψος που είναι στο σημείο 35.3°B, 33.0°A στο Βόρειο Τμήμα της Κύπρου κοντά στην ακτή. Σε αυτά τα διαγράμματα Hovmöller φαίνεται η αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου από τη θάλασσα προς την ξηρά την ημέρα και το αντίθετο τη νύχτα. Επίσης φαίνεται το ισοβαρικό επίπεδο του ρεύματος επιστροφής το οποίο συμφωνεί με τη βιβλιογραφία και είναι στα 800- 850 hPa περίπου.

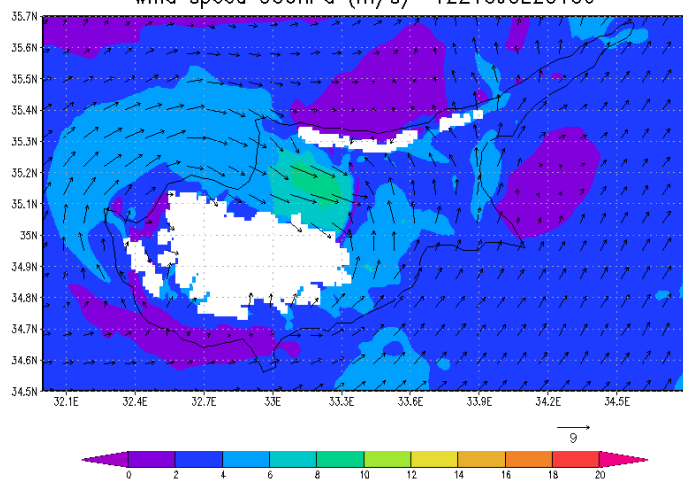
wind speed 1000hPa(m/s) 12Z13JUL2013



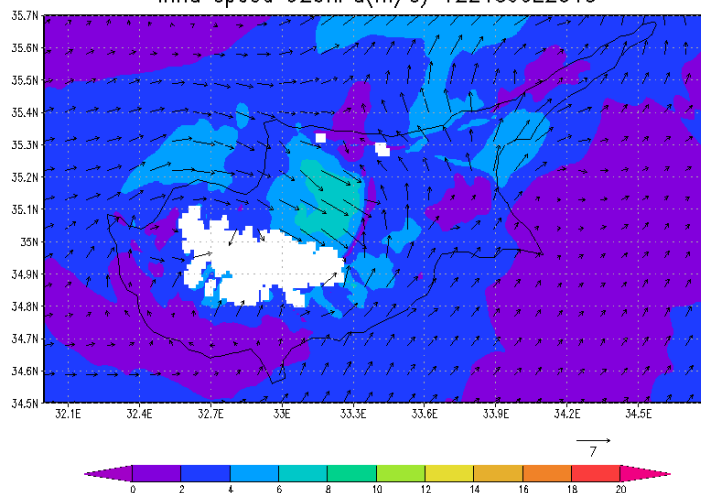
wind speed 980hPa(m/s) 12Z13JUL2013

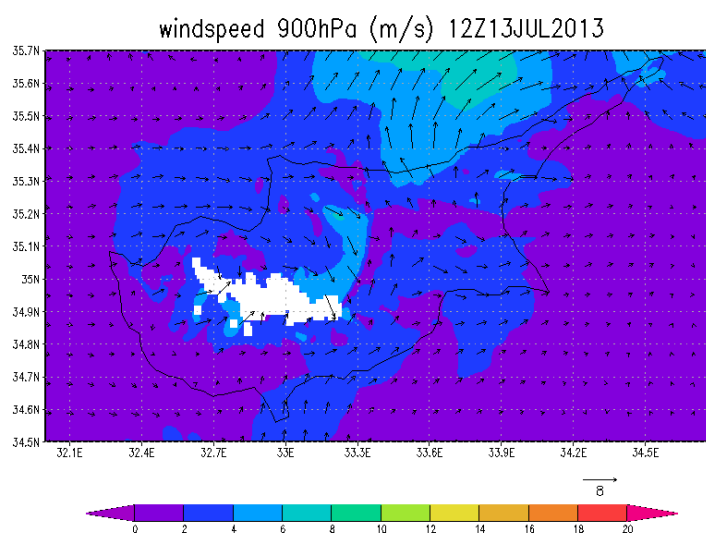


wind speed 950hPa (m/s) 12Z13JUL2013c



wind speed 920hPa(m/s) 12Z13JUL2013

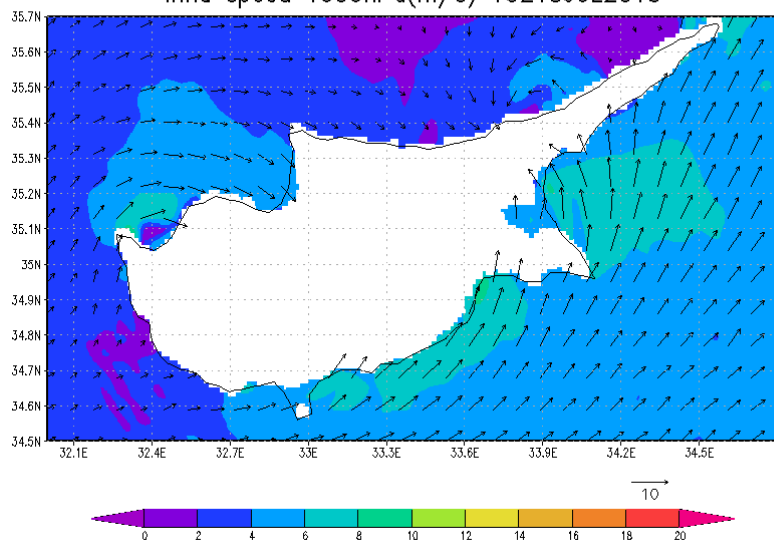




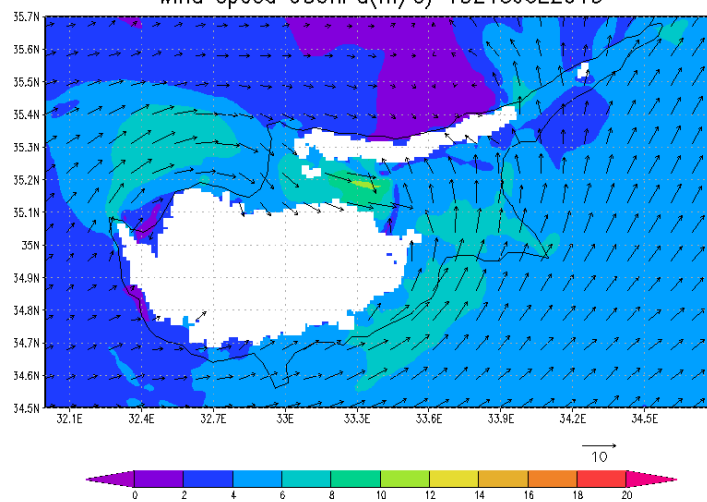
Σχήμα 4.10: Το ανεμολογικό πεδίο καθ' ύψος στα 980,950,920,900 hPa στις 12:00 UTC 13/07/2013.(WRF)



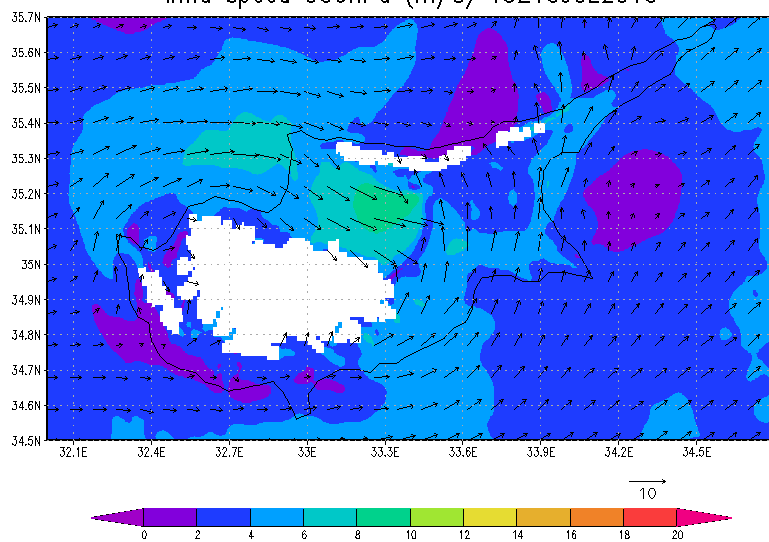
wind speed 1000hPa(m/s) 13Z13JUL2013



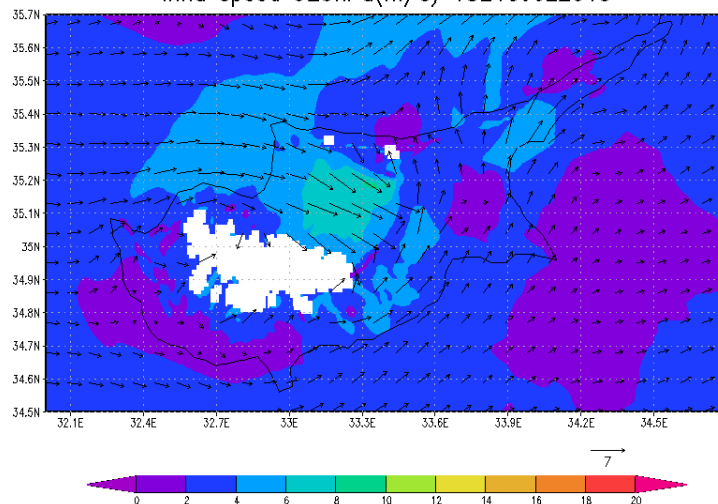
wind speed 980hPa(m/s) 13Z13JUL2013

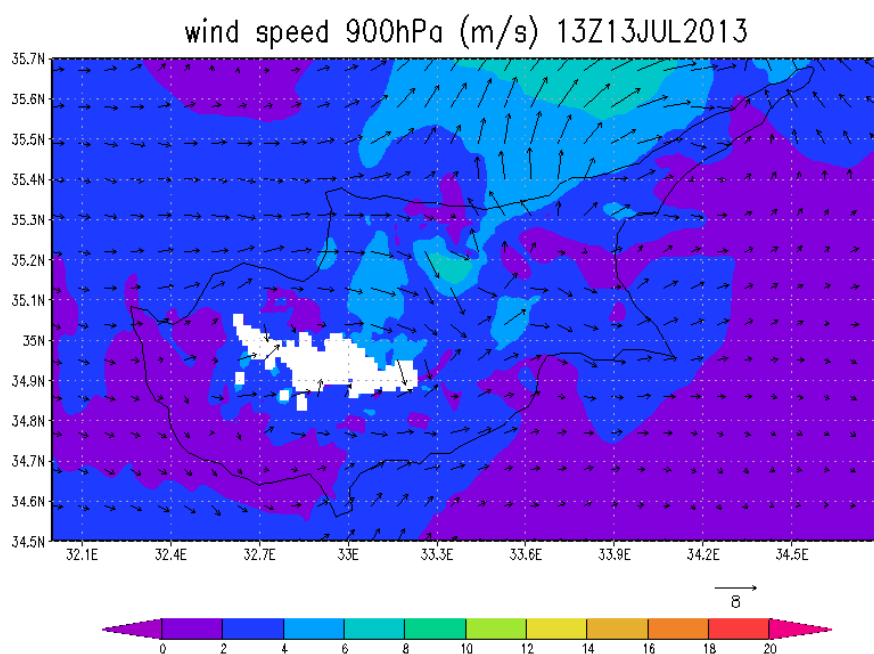


wind speed 950hPa (m/s) 13Z13JUL2013



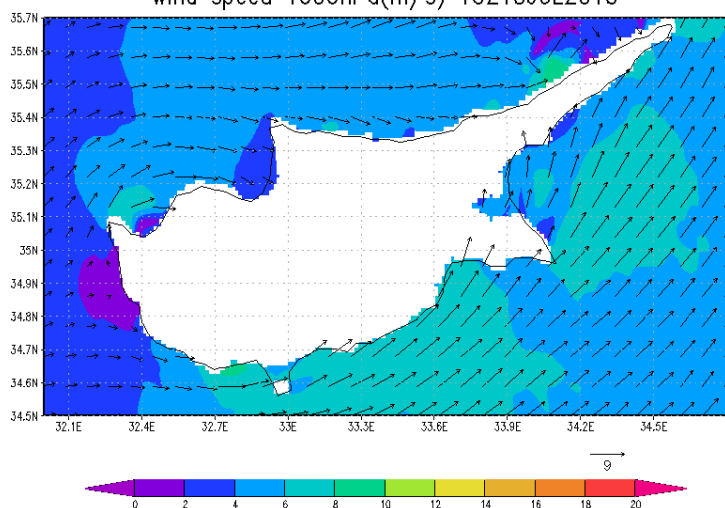
wind speed 920hPa(m/s) 13Z13JUL2013



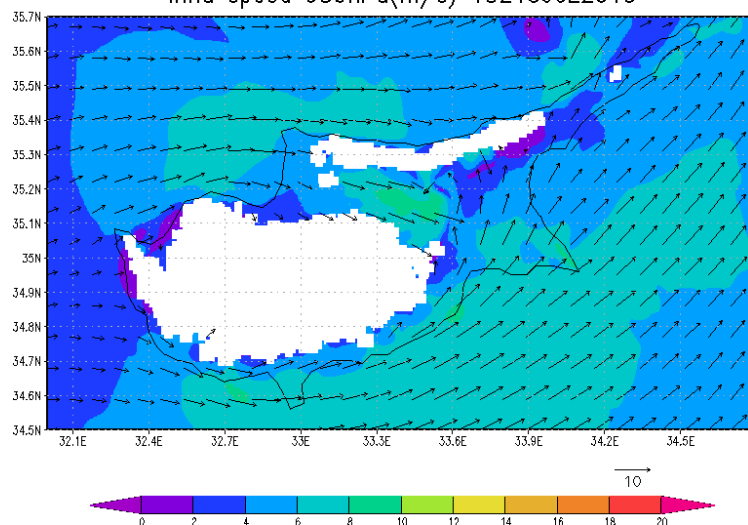


Σχήμα 4.11: Το ανεμολογικό πεδίο καθ' ύψος στα 980,950,920,900 hPa στις 13 :00 UTC 13/07/2013.(WRF)

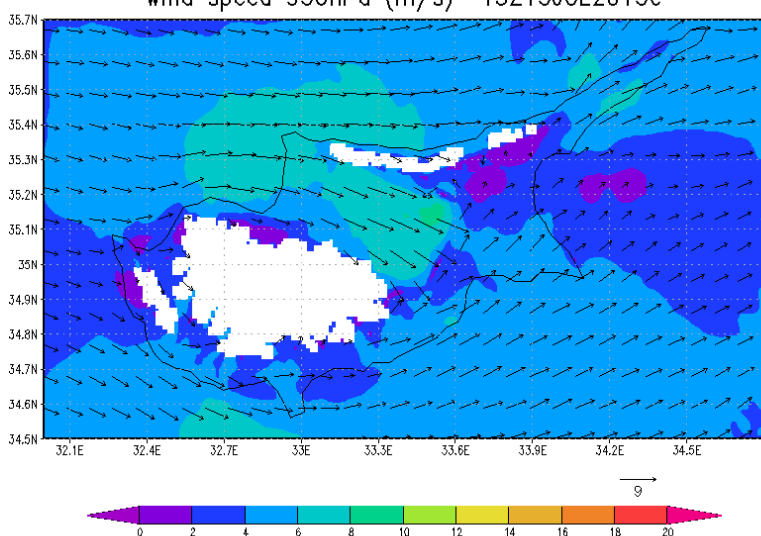
wind speed 1000hPa(m/s) 15Z13JUL2013



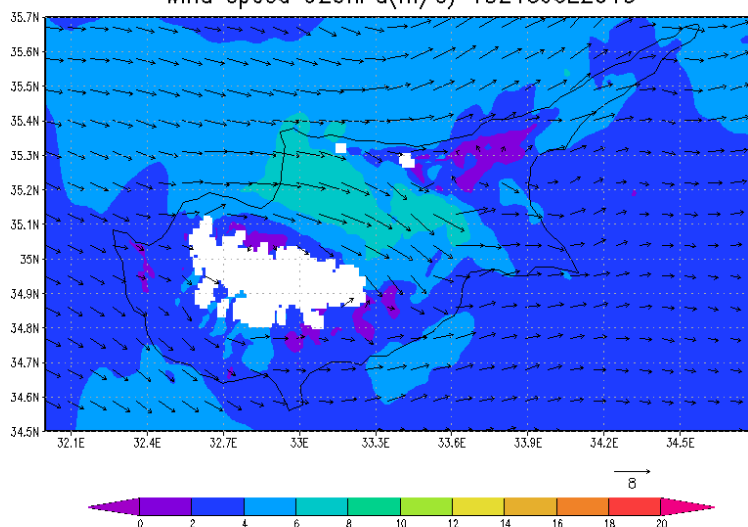
wind speed 980hPa(m/s) 15Z13JUL2013

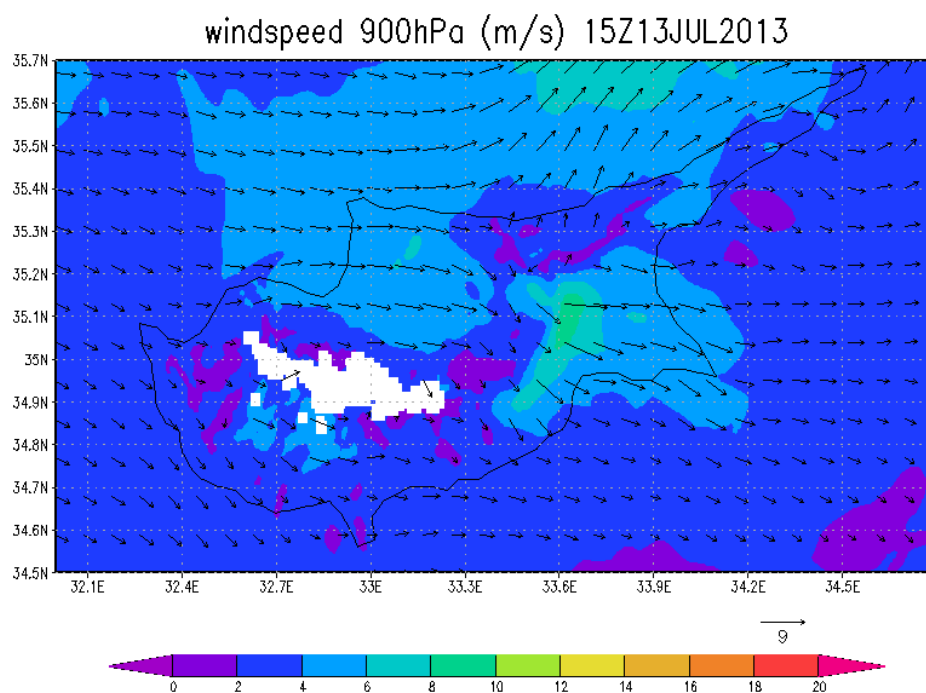


wind speed 950hPa (m/s) 15Z13JUL2013c



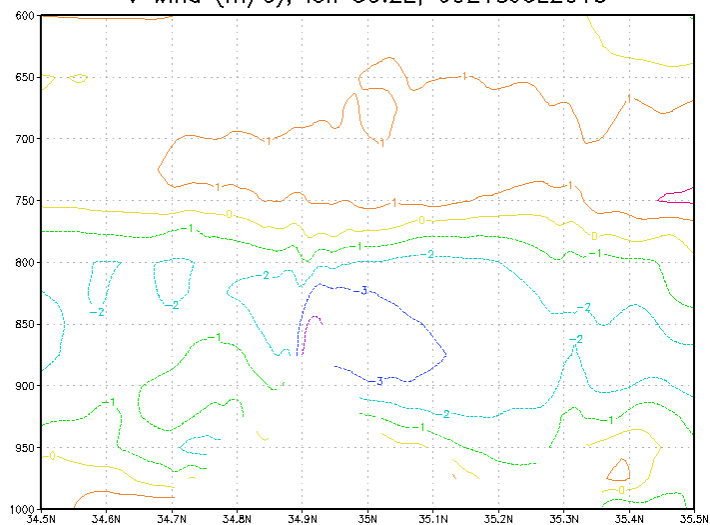
wind speed 920hPa(m/s) 15Z13JUL2013



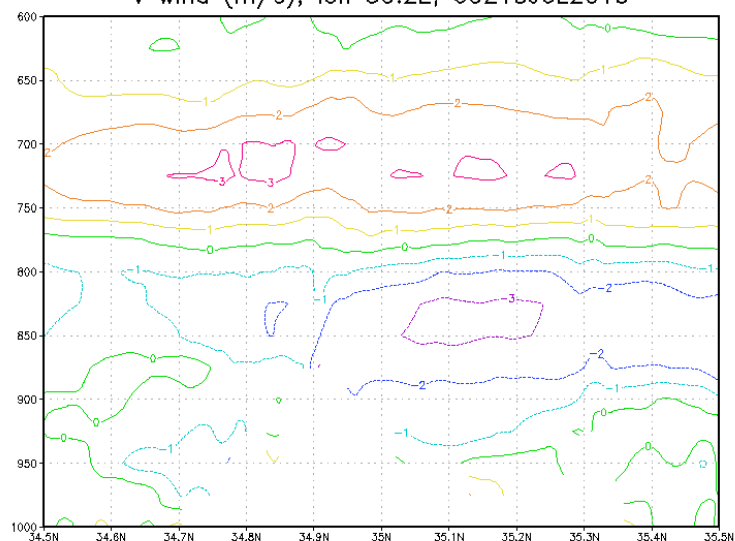


Σχήμα 4.12 : Το ανεμολογικό πεδίο καθ' ύψος στα 980,950,920,900 hPa στις 15 UTC 13/07/2013.(WRF)

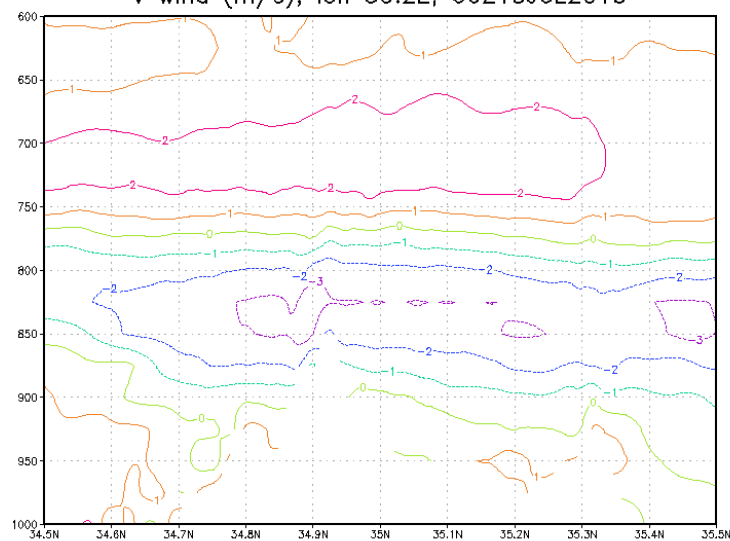
v wind (m/s), lon 33.2E, 00Z13JUL2013



v wind (m/s), lon 33.2E, 03Z13JUL2013

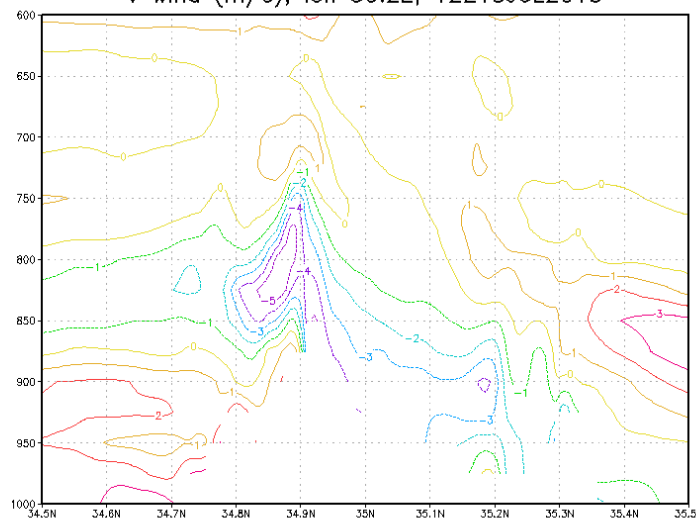


v wind (m/s), lon 33.2E, 06Z13JUL2013

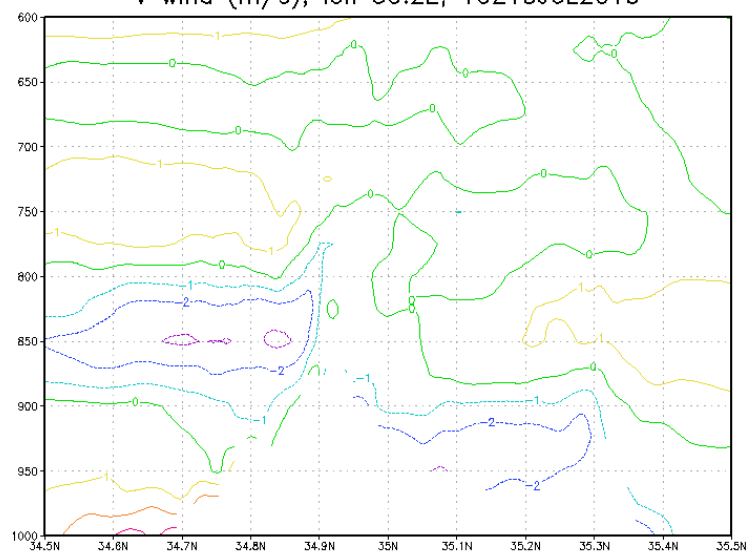




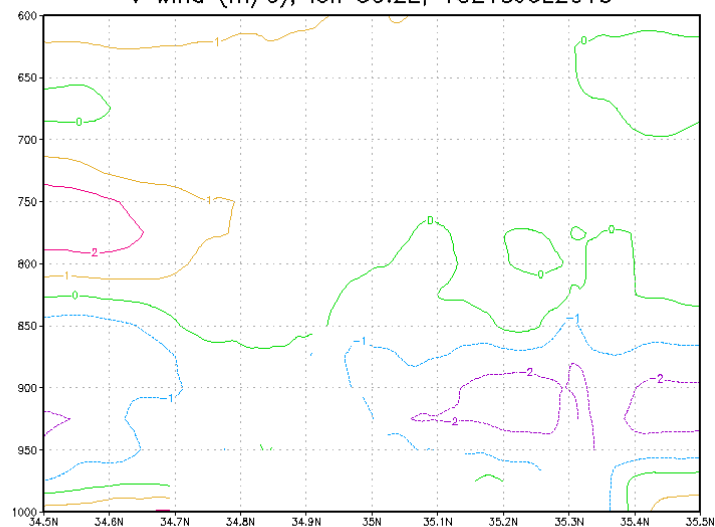
v wind (m/s), lon 33.2E, 12Z13JUL2013



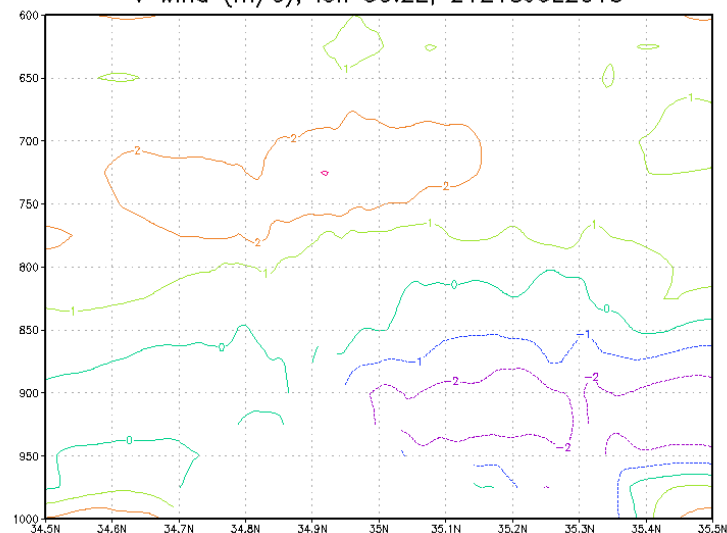
v wind (m/s), lon 33.2E, 15Z13JUL2013



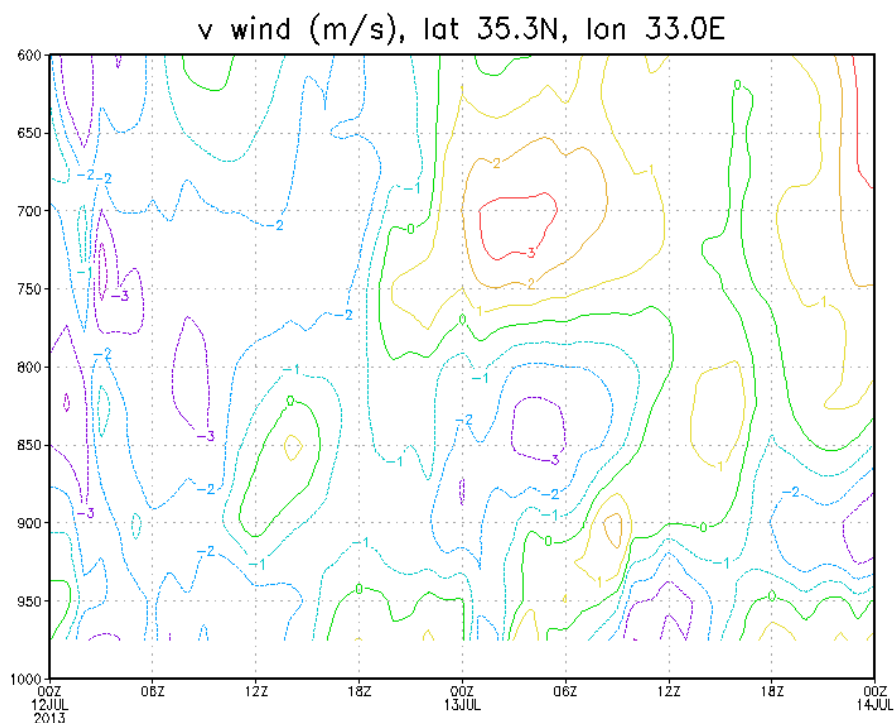
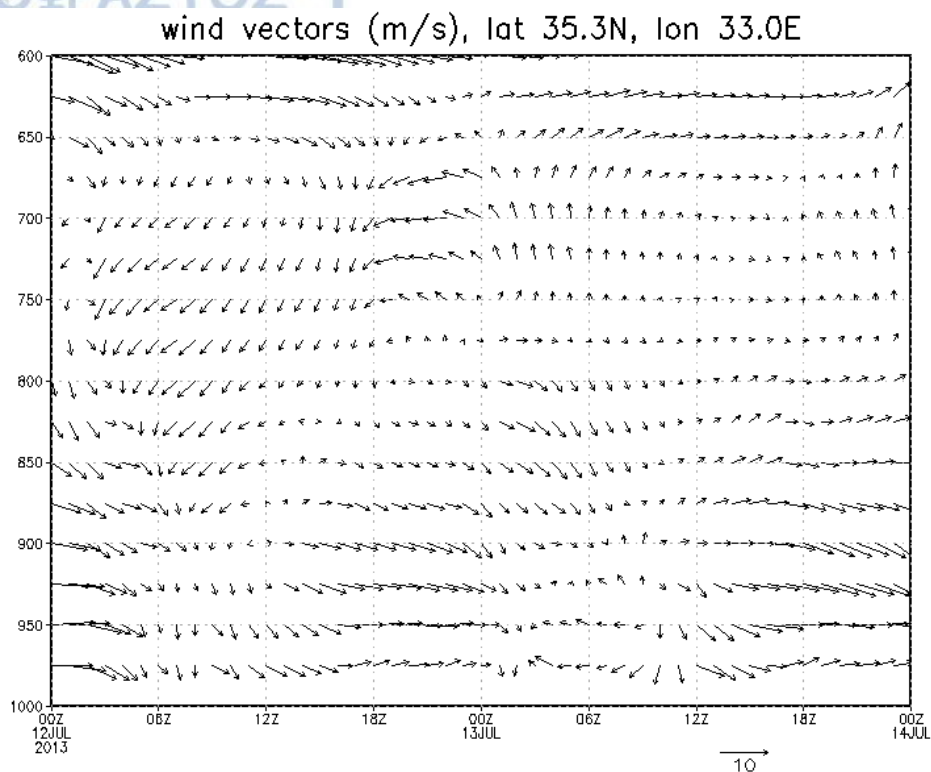
v wind (m/s), lon 33.2E, 18Z13JUL2013



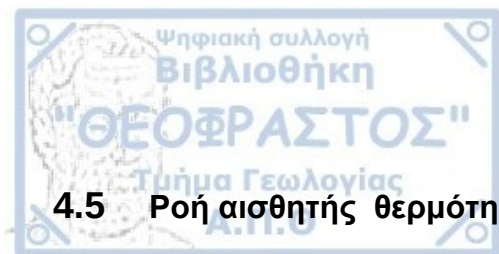
v wind (m/s), lon 33.2E, 21Z13JUL2013



Σχήμα 4.13 Κατακόρυφες τομές της μεσημβρινής συνιστώσας του ανέμου στις 33.2°Α στις 00 UTC, 03 UTC, 06 UTC, 09 UTC, 12 UTC, 15 UTC, 18 UTC και 21 UTC 13/07/2013 (WRF).



Σχήμα 4.14 Διαγράμματα Hovmoller (α) του οριζόντιου ανέμου και (β) της μεσημβρινής συνιστώσας του ανέμου στο σημείο 35.3°B, 33.0°A από τις 00:00 UTC 12/07/2013 μέχρι τις 00:00 UTC 14/07/2013 (WRF).



4.5 Ροή αισθητής θερμότητας

Η ανάπτυξη της θαλάσσιας αύρας όπως αναφέρθηκε και στο βιβλιογραφικό τμήμα της εργασίας οφείλεται στην αν ισότροπη θέρμανση του αέρα πάνω από τη ξηρά και τη γειτονική θάλασσα. Για να αρχίσει όμως να θερμαίνεται ο υπερκείμενος ο αέρας θα πρέπει η επιφάνεια να απορροφήσει την απαραίτητη ηλιακή ακτινοβολία και να μπορέσει να μεταφέρει θερμότητα προς τα πάνω. Όταν η ροή αισθητής θερμότητας είναι θετική αυτό σημαίνει πως μεταφέρεται προς τα πάνω αντίθετα εάν είναι αρνητική η μεταφορά της είναι προς τα κάτω.

Από τις τιμές που παρατηρούνται στους χάρτες του **σχήματος 4.15** τις νυχτερινές ώρες ο αέρας παραμένει θερμότερος πάνω από το έδαφος και μεταφέρει θερμότητα σε αυτό.

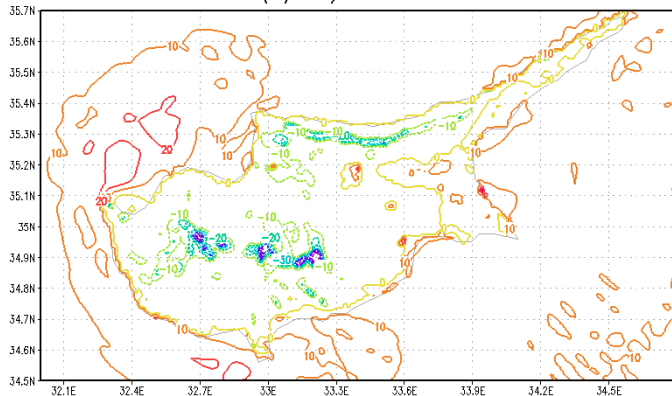
Η εικόνα αυτή αντιστρέφεται καθώς από την ανατολή του ήλιου και μετά η ξηρά αρχίζει να θερμαίνεται και ενέργεια μεταφέρεται προς τον υπερκείμενο και πιο ψυχρό αέρα, ο οποίος γίνεται πιο ελαφρύς και έτσι δημιουργείται το επιφανειακό χαμηλό της πίεσης. Αυτό είναι μια ένδειξη για το πρώτο επίπεδο ανάπτυξης του συστήματος της θαλάσσιας αύρας.

Όπως φαίνεται και από το **σχήμα 4.15** στις 01UTC (04LT) στη ξηρά οι τιμές της ροής θερμότητας είναι αρνητικές ενώ αντίστοιχα στη θάλασσα είναι θετικές που αυτό δείχνει ροή θερμότητας προς τα κάτω στη ξηρά και προς τον υπερκείμενο αέρα στη θάλασσα.

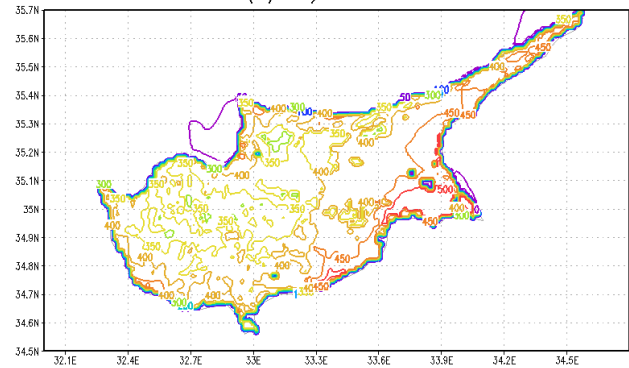
Οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται στις 11-13 UTC που είναι και οι ώρες στις οποίες εμφανίζεται έντονα το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας όπως αυτό παρατηρήθηκε από τους χάρτες των σχημάτων της κίνησης του ανέμου επιφανειακά και καθ' ύψος στην ατμόσφαιρα.

Από τις 17 UTC και μετά οι τιμές της ροής θερμότητας είναι αρνητικές που αυτό δείχνει το κλείσιμο της θαλάσσιας αύρας και την εμφάνιση της απόγειας αύρας.

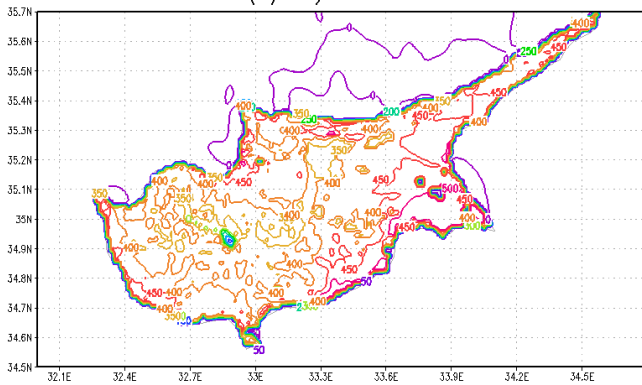
hfx (W/m²) 01Z13JUL2013



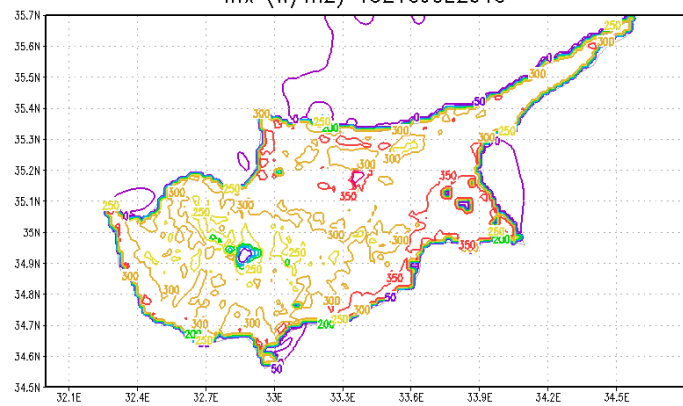
hfx (W/m²) 09Z13JUL2013

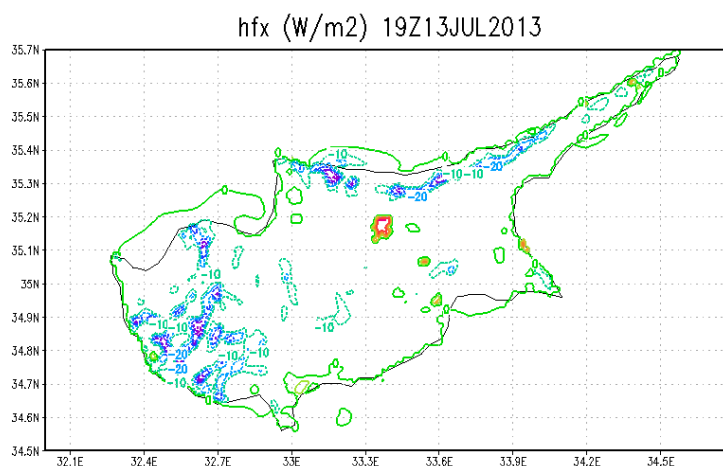
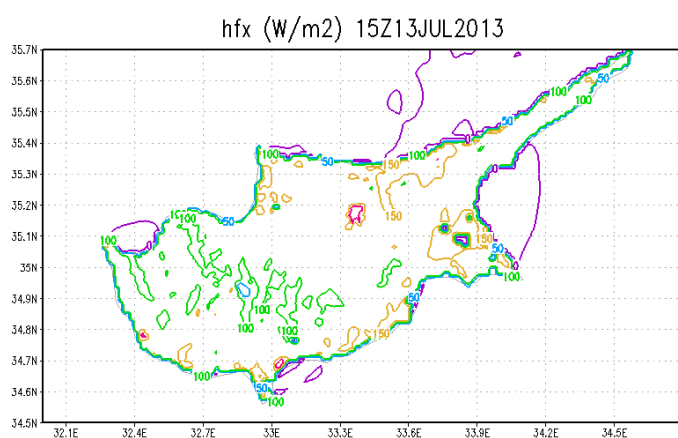


hfx (W/m²) 11Z13JUL2013



hfx (W/m²) 13Z13JUL2013





Σχήμα 4.15 Οι ισοπληθείς παριστάνουν τη ροή αισθητής θερμότητας σε W/m² από τις 01:00 UTC μέχρι και τις 19:00 UTC, 13/07/2013. (WRF). Θετικές (αρνητικές) τιμές δηλώνουν τη μεταφορά θερμότητας προς τα πάνω (κάτω).



Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα

Μελετώντας το φαινόμενο ανάπτυξης της θαλάσσιας αύρας στην ευρύτερη περιοχή της Κύπρου εντοπίστηκαν τα χαρακτηριστικά του φαινομένου. Αρχικά επιβεβαιώθηκαν συμπεράσματα που είχαν προκύψει από μελέτες παρατηρήσεων για την περιοχή από τα δεδομένα των τεσσάρων σταθμών Αθαλάσσας, Ακρωτηρίου, Λάρνακας και Πάφου που δείχνουν πως το φαινόμενο είναι έντονο αυτές τις μέρες 12 και 13 Ιουλίου στη Κύπρο. Παρατηρείται πως η έναρξη της θαλάσσιας αύρας γίνεται τις πρώτες πρωινές ώρες με ταχύτητες περίπου της τάξης των 4 m/s και ολοκληρώνεται αργά το απόγευμα δηλαδή ξεκινά περίπου στις 10 UTC και ολοκληρώνεται στις 17 UTC περίπου. Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα από την προσομοίωση του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης καιρού WRF όπου από τις 12 UTC παρατηρείται παρατηρείται ότι οι άνεμοι έχουν στραφεί από τη θάλασσα προς τη στεριά. Είναι ορατό δηλαδή το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας, το οποίο φαίνεται να έχει αναπτυχθεί πλήρως καθώς η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θάλασσας και ξηράς είναι αρκετή για να τροφοδοτήσει αυτό το σύστημα. Η λήξη της κυκλοφορίας σημειώνεται στις 21 UTC, περίπου πέντε ώρες μετά τη δύση του ήλιου κλείνοντας έναν κύκλο ζωής μεγαλύτερο των δέκα ωρών. Μετά τη λήξη του φαινομένου οι άνεμοι είναι ασθενέστεροι με ταχύτητες της τάξης των 1-2 m/s έτσι εμφανίζεται το σύστημα τις απόγειου αύρας. . Το κύτταρο της θαλάσσιας αύρας φαίνεται να επηρεάζει όλο το νησί της Κύπρου και όχι μόνο τις παράκτιες περιοχές, ενώ κατακόρυφα εκτείνεται μέχρι περίπου τα 800 hPa. Περισσότερες μελέτες του φαινομένου και αριθμητικά πειράματα είναι απαραίτητα για την πληρέστερη κατανόηση της θαλάσσιας αύρας στην Κύπρο.



- ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ.Π, 2015, ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ ΚΥΠΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕΣΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΗΣΤΥΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ.
- ΛΑΓΟΥΔΑΚΗΣ .Γ, ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ, ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ , ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ.
- ΜΗΤΡΟΥΛΗΣ .Μ, 2015, ΔΕΚΑΕΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΥΡΑΣ ΣΤΟ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.
- ΣΑΧΣΑΜΑΝΟΓΛΟΥ.Χ.Σ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗΣ Τ.Ι, 1998, ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ.
- ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗΣ .Τ.Ι ΚΑΙ ΣΑΧΣΑΜΑΝΟΓΛΟΥ.Χ.Σ, 2008, ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΧΑΡΙΣ.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Α , 2014, ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ .
- ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΥΡΑ (ΑΠΟΓΕΙΟΣ ΑΥΡΑ), ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.
- ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ ΚΑΙ ΓΚΑΝΟΥΛΗΣ , 1990, ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ, Γ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΜΠΟΣΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΑΛΙΕΙΑΣ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΗΣΤΥΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ,ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.
- ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ.Κ, 2007, ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ –ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΨΗΛΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ, ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΗΣΤΥΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ,ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ.



- ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ.Γ ΚΑΙ ΠΑΝΑΓΙΔΗΣ.Ι, 2013 ΚΥΠΡΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ, ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΚΥΠΡΟΥ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- CHEN F., AND J. DUDHIA, 2001: COUPLING AN ADVANCED LAND-SURFACE-HYDROLOGY MODEL WITH THE PENN STATE-NCAR MM5 MODELING SYSTEM. PART I: MODEL IMPLEMENTATION AND SENSITIVITY. MON. WEATHER REV., 129, 569–585.
- ESTOQUE M.E., 1962: THE SEA BREEZE AS A FUNCTION OF THE PREVAILING SYNOPTIC SITUATION, JOURNAL OF ATMOSPHERIC SCIENCES, 19, 264-270.
- HONG S.Y., AND J.O.J. LIM, 2006: THE WRF SINGLE-MOMENT 6-CLASS MICROPHYSICS SCHEME (WSM6). J. KOREAN METEOROL. SOC., 42, 129–151.
- HONG S.Y., Y. NOH AND J. DUDHIA, 2006: A NEW VERTICAL DIFFUSION PACKAGE WITH AN EXPLICIT TREATMENT OF ENTRAINMENT PROCESSES. MON. WEATHER REV., 134, 2318–2341.
- IACONO M.J., J.S. DELAMERE, E.J. MLAWER, M.W. SHEPHARD, S.A. CLOUGH AND W.D. COLLINS, 2008: RADIATIVE FORCING BY LONG-LIVED GREENHOUSE GASES: CALCULATIONS WITH THE AER RADIATIVE TRANSFER MODELS. J. GEOPHYS. RES., 113, D13103
- JIMENEZ P.A., J. DUDHIA, J.F. GONZALEZ-ROUCO, J. NAVARRO, J.P. MONTAVEZ AND E. GARCIA-BUSTAMANTE, 2012: A REVISED SCHEME FOR THE WRF SURFACE LAYER FORMULATION. MON. WEATHER REV., 140, 898–918.
- KAIN J.S., 2004: THE KAIN-FRITSCH CONVECTIVE PARAMETERIZATION: AN UPDATE. J. APPL. METEOROL., 43, 170–181.
- MILLER S.T.K, B.D. KEIM, R.W. TALBOT AND H. MAO, 2003: SEA BREEZE: STRUCTURE, FORECASTING, AND IMPACTS, REVIEWS OF GEOPHYSICS, 41, 3 /1011.
- SIMPSON J.E., 1994: SEA BREEZE AND LOCAL WIND, CAMBRIDGE, UNIV. PRESS, NEW YORK, PP. 234.
- SKAMAROCK W.C., J.B. KLEMP, J. DUDHIA, D.O. GILL, D.M. BARKER, M.G. DUDA, X.Y. HUANG, W. WANG AND J.G. POWERS, 2008: A DESCRIPTION OF THE ADVANCED RESEARCH WRF VERSION 3. NCAR/TN-475+STR, USA., P. 113.
- ZHONG S., AND E.S. TAKLE, 1992: AN OBSERVATIONAL STUDY OF SEA- AND LAND-BREEZE CIRCULATION IN AN AREA OF COMPLEX COASTAL HEATING, J. APPL. METEOROL., 31, 1426–1438.



Πηγές από το Διαδίκτυο

- <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/html/mazarakis.htm>
- <https://www.meteo-storm.com/l/thalassia-kai-apogeios-ayra-michanismoi-dimioyrgias/>
- <http://www.e-nautilia.gr/thalassia-aura-i-kalokairini-anasa-tis-thalassas/>
- <http://www.hellenicaworld.com/Cyprus/Info/gr/KyprosKlimatologia.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=qNGpMXZFyt8> (video περιγραφής θαλάσσιας αύρας)
- <http://www.kypros74.gr/kypros/kypros-geographia-klima/kypros-klima>
- http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclimate_gr/DMLcyclimate_gr?OpenDocument

