



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Α. ΚΩΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
Πτυχιούχος Γεωπόνος Α.Π.Θ.
ΜΔΕ Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ
ΚΑΙΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΟ ΕΛΛΑΔΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
‘ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ’*

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2019





ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Α. ΚΩΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
Πτυχιούχος Γεωπόνος Α.Π.Θ.
ΜΔΕ Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ
ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΟ ΕΛΛΑΔΑ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών
Σπουδών 'Μετεωρολογία, Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον'

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 03/07/2019

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Αν. Καθηγητής Ιωάννης Πυθαρούλης, Επιβλέπων
Αν. Καθηγητής Θεόδωρος Μαυρομαμάτης, Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής
Αν. Καθηγήτρια Χριστίνα Αναγνωστοπούλου, Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

© Στυλιανός Α. Κωτσόπουλος, Γεωπόνος Α.Π.Θ., 2019
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ
ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΟ ΕΛΛΑΔΑ – *Μεταπτυχιακή Διπλωματική
Εργασία*

© Stylianos A. Kotsopoulos, Agricultural Engineer, 2019

All rights reserved.

THE EFFECT OF IRRIGATION IN THE SHORT-TERM WEATHER PREDICTION IN
NORTHERN GREECE DURING THE WARM PERIOD – *Master Thesis*

Citation:

Κωτσόπουλος Σ. Α., 2019. – Επίδραση των Αρδεύσεων στη Βραχυπρόθεσμη Πρόγνωση Καιρού κατά τη Θερμή Περίοδο στη Βόρειο Ελλάδα. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 43 σελ.

Kotsopoulos A. S., 2019. – The Effect of Irrigation in the Short-term Weather Prediction in Northern Greece during the Warm Period. Master Thesis, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 43 pp.

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.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Εισαγωγή	8
1.2 Σκοπός	9
1.3 Διάρθρωση της διατριβής	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	12
2.1 Το αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF	12
2.2 Το σύστημα προεπεξεργασίας των δεδομένων εισόδου του WRF (WPS)	14
2.3 Περιοχές Ολοκλήρωσης	15
2.4 Σχεδιασμός των αριθμητικών πειραμάτων	18
2.5 Αρχικές και οριακές πλευρικές συνθήκες	19
2.6 Σχήματα φυσικών Παραμετροποιήσεων	19
2.7 Σύστημα μεταεπεξεργασίας των δεδομένων και παραγωγή των διαγνωστικών πεδίων	23
2.8 Στατιστική αξιολόγηση των αριθμητικών πειραμάτων πρόγνωσης καιρού	23
2.9 Στατιστικά κριτήρια συνεχών μεταβλητών	24
2.10 Στατιστικά κριτήρια διακριτών μεταβλητών	26
2.11 Δεδομένα παρατηρήσεων και μεθοδολογία εφαρμογής της στατιστικής αξιολόγησης των αριθμητικών πειραμάτων.	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	39

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης εκπονήθηκε στον τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης υπό την επίβλεψη του Αν. Καθηγητή κ. Ιωάννη Πυθαρούλη. Ήταν ένα μακρύ ταξίδι στην γνώση της αριθμητικής πρόγνωσης καιρού, που μου έδωσε την ευκαιρία εκτός από το να εντρυφήσω στον όμορφο κόσμο της ατμοσφαιρικής μοντελοποίησης, να αποκτήσω εκείνες τις υπολογίστηκες και αναλυτικές δεξιότητες, οι οποίες σε μεγάλο βαθμό διαμόρφωσαν την επαγγελματική μου πορεία τα τελευταία 8 χρόνια.

Ολοκληρώνοντας τη συγγραφή της εργασίας, αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο και επιβλέποντα καθηγητή της διατριβής μου, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας, κ. Ιωάννη Πυθαρούλη, όχι μόνο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, αλλά κυρίως για την μεταλαμπάδευση των γνώσεων που μου έκανε σε ότι αφορά την αριθμητική πρόγνωση καιρού και την αμέριστη συμπαράσταση του, καθόλη την διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Ομότιμο Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας κ. Θεόδωρο Καρακώστα ο οποίος με ενέπνευσε να έρθω στο μετεωροσκοπείο και να γνωρίσω τον όμορφο κόσμο της μετεωρολογίας. Πολλές ευχαριστίες οφείλω στα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής μου, κ. Θεόδωρο Μαυρομάτη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας, και κα. Χριστίνα Αναγνωστοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας, για την συμβολή τους τόσο κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας διατριβής ειδίκευσης όσο και των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών. Θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλα τα μέλη του Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας για την συμβολή τους στις γνώσεις που αποκόμισα από την παρακολούθηση των μαθημάτων της μεταπτυχιακής ειδίκευσης και των επιστημονικών συνομιλιών που είχα μαζί τους, αλλά το πιο σημαντικό ήταν που με έκαναν να αισθανθώ μέλος της ζεστής αυτής οικογένειας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, το Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων, το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, τον ΕΛΓΑ, την Ε.Μ.Υ. και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για την παροχή των μετεωρολογικών δεδομένων



των σταθμών επιφανείας που έχουν στην κατοχή τους και χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της μεταπτυχιακής μου έρευνας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγό μου Μαρία και την κόρη μου Καλυψώ, για την υπομονή που έκαναν και να τους δώσω την υπόσχεσή μου να αναπληρώσω τον χρόνο που τους στέρησα κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Ο όρος ανθρωπογενής επίδραση στο κλίμα χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει όλες εκείνες τις επιδράσεις του ανθρώπου στο παγκόσμιο οικοσύστημα, που είχαν ως αποτέλεσμα την απόκλιση των κλιματικών παραμέτρων από τις μέσες τιμές τους, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται σε αυτήν η απόκλιση λόγω της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος. Συνειρμικά ο όρος αυτός οδηγεί τους περισσότερους ανθρώπους στη σκέψη των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου από την καύση των ορυκτών καυσίμων, με εικόνες βιομηχανιών που «καπνίζουν», αυτοκινήτων με «σπασμένες» εξατμίσεις και φόντο έναν καυτό ήλιο. Είναι όμως πραγματικά οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου η σημαντικότερη ανθρωπογενής επίδραση ή αποτέλεσε απλά την «Ιφιγένεια» όλων των ανθρωπογενών επιδράσεων στο κλίμα, επισκιάζοντας όλες τις υπόλοιπες;

Όντως οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου έχουν μεταβάλει σημαντικά τη σύσταση της ατμόσφαιρας από την πρώτη βιομηχανική επανάσταση έως σήμερα, δεν αποτελούν όμως τη μόνη και ίσως τη πιο σημαντική επίδραση του ανθρώπου στο κλίμα. Οι μεταβολές στην κάλυψη και την χρήση γης έχουν μεταβάλει σε σημαντικό βαθμό την επιφάνεια του πλανήτη, με τους βοσκότοπους και την αγροτική γη να κατέχουν το 35% της επιφάνειας της ελεύθερης από πάγους ξηράς (Ramankutty et al., 2008). Η μεταβολή στην κάλυψη και τη χρήση της γης, έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή των θερμικών και αεροδυναμικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας, όπως είναι η θερμοχωρητικότητα, το μήκος τραχύτητας, η ανακλαστικότητα (albedo) κ.α., με άμεση επίπτωση στον υδρολογικό κύκλο, το ισοζύγιο ενέργειας και τον κύκλο του άνθρακα (Pielke et al., 1998, 2002) και κατά επέκταση ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των κλιματικών παραμέτρων σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα (Foley et al., 2005; Cooley et al., 2005; Lobell et al., 2006).

Μία από τις πιο σημαντικές αλλαγές των χρήσεων γης παγκοσμίως είναι οι αρδευόμενες εκτάσεις, τόσο σε ότι αφορά το μέγεθος τους όσο και στον αντίκτυπο που έχουν στο παγκόσμιο οικοσύστημα. Αριθμητικές μελέτες παγκόσμιας κλίμακας (Sachs et al., 2009; Puma and Cook, 2010; Lee et al., 2011) έδειξαν ότι η άρδευση επηρεάζει πρωτογενώς τα θερμοϋγρομετρικά χαρακτηριστικά του οριακού στρώματος των αρδευόμενων περιοχών, μεταβάλλοντας τις συνιστώσες του ισοζυγίου ενέργειας στην

επιφάνεια της γης, και δευτερογενώς επηρεάζει τον υδρολογικό κύκλο και την τοπική κυκλοφορία.

Οι συνιστώσες του ισοζυγίου ενέργειας που μεταβάλλονται σε μεγαλύτερο βαθμό είναι η λανθάνουσα θερμότητα η οποία αυξάνεται λόγω μεγαλύτερης διαθεσιμότητας της προς εξάτμιση εδαφικής υγρασίας και η αισθητή θερμότητα η οποία μειώνεται. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζονται η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία λόγω μεταβολής της ανακλαστικότητας της επιφάνειας και η ροή θερμότητας προς το έδαφος, λόγω αύξησης της θερμοχωρητικότητας του εδάφους. Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα σχεδόν πάντα τη μείωση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια, την αύξηση της πραγματικής εξάτμισης και της σχετικής υγρασίας και τη μείωση του ύψους του πλανητικού οριακού στρώματος (Boucher et al., 2004; Lobel et al., 2006). Η μείωση της θερμοκρασίας είναι σημαντική σε περιοχική κλίμακα αλλά σχεδόν μηδενική σε παγκόσμια, εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας σε άλλες μη αρδευόμενες περιοχές λόγω δευτερογενών επιπτώσεων στον υδρολογικό κύκλο και στην τοπική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας, αντισταθμίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη θερμοκρασιακή μεταβολή λόγω της άρδευσης (Sacs et al., 2009).

1.2 Σκοπός

Αν και υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία αρκετές εργασίες οι οποίες εξετάζουν την επίδραση των αρδεύσεων στο κλιματικό σύστημα, είτε αυτό αφορά το τοπικό κλίμα μίας περιοχής, είτε την επίπτωσή τους παγκοσμίως, καθώς και το μηχανισμό επίδρασής τους μέσω της μεταβολής του ισοζυγίου ενέργειας, εντούτοις απουσιάζει η έρευνα της επίπτωσης των αρδεύσεων στην προγνωστική ικανότητα των αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης καιρού.

Σκοπός της παρούσας διατριβής, είναι η μελέτη και η αξιολόγηση της επίπτωσης των αρδεύσεων, σαν ποσότητα και σαν καλλιεργητική πρακτική, στην βραχυπρόθεσμη πρόγνωση του καιρού στη Βόρειο Ελλάδα. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, πραγματοποιήθηκαν 98 βραχυπρόθεσμες αριθμητικές προγνώσεις υψηλής χωρικής ανάλυσης (1.333Km) με το περιοχικό αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF. Οι προγνώσεις αυτές αναφέρονται στην εκτέλεση ψυχρής εκκίνησης του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης καιρού WRF-ARW, ακολουθώντας τον προγνωστικό κύκλο των

00UTC των ημερομηνιών της περιόδου 24/5/2010 έως 11/7/2010 και με προγνωστικό ορίζοντα 78 ωρών, χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές αρχικοποιήσεις της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές της Βορείου Ελλάδος. Η πρώτη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές έγινε χρησιμοποιώντας τα πεδία της εδαφικής υγρασίας των αναλύσεων του ECMWF, στα οποία δεν αποτυπώνεται η πλεονάζουσα εδαφική υγρασία λόγω των αρδεύσεων, ενώ η δεύτερη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιήθηκε κάνοντας την παραδοχή ότι σε όλες τις αρδευόμενες εκτάσεις η εδαφική υγρασία είναι στο σημείο της υδατοϊκανότητας, εκτός των ορυζώνων που είναι στο σημείο του κορεσμού. Οι προγνώσεις που πραγματοποιήθηκαν με την αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας από τις αναλύσεις του ECMWF αποτελούν το σημείο αναφοράς (control) βάσει των οποίων συγκρίνεται η προγνωστική ικανότητα των προγνώσεων που έχουν διαφοροποιημένη την εδαφική υγρασία στις αρδευόμενες περιοχές (experiment). Οι προγνώσεις με τις δύο διαφορετικές αρχικοποιήσεις της εδαφικής υγρασίας, συγκρίνονται και αξιολογούνται με παρατηρησιακά δεδομένα σταθμών επιφανείας, ως προς την προγνωστική τους ικανότητα στην εκτίμηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στο ύψος των 2m, στην ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m, στην μέση πίεση στο επίπεδο της θάλασσας και στην κατακρήμνιση.

Στόχος της αξιολόγησης αυτής είναι να απαντηθεί το ερώτημα εάν και σε τι βαθμό, αυτή η πλεονάζουσα εδαφική υγρασία λόγω των αρδεύσεων, η οποία συνήθως δεν λαμβάνεται υπόψιν κατά την αρχικοποίηση των αριθμητικών μοντέλων, επιδρά στην προγνωστική ικανότητα της βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης του καιρού στη Βόρειο Ελλάδα κατά τη θερμή περίοδο του έτους.

1.3 Διάρθρωση της διατριβής

Η παρούσα διατριβή διαρθρώνεται σε 4 κεφάλαια τα οποία πραγματεύονται τα κάτωθι:

Κεφάλαιο 1: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία εισαγωγή ως προς το επίλυση πρόβλημα και η αναγκαιότητα της παρούσης έρευνας. Παρουσιάζεται ο σκοπός της έρευνας και δίνεται μία συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε. Επίσης δίνεται



και η περιγραφή της διάρθρωσης της διατριβής ακολουθούμενη από μία σύντομη περιγραφή των κεφαλαίων της.

Κεφάλαιο 2: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή της μεθοδολογίας για την εκτέλεση των αριθμητικών προσομοιώσεων, συμπεριλαμβανομένης της περιγραφής της ροής της παραγωγής των επιχειρησιακών αριθμητικών προγνώσεων καιρού με το αριθμητικό μοντέλο WRF-ARW, των παραμετροποιήσεων της φυσικής του, καθώς και των δεδομένων, γεωγραφικών και ατμοσφαιρικών που χρησιμοποιήθηκαν για την αρχικοποίηση του μοντέλου και τον καθορισμό των πλευρικών οριακών συνθηκών. Επίσης, στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η περιγραφή των στατιστικών κριτηρίων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των προγνώσεων και η διαδικασία εφαρμογής της υπολογιστικής εργαλειοθήκης MET (Model Evaluation Tools) που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των στατιστικών κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των προγνώσεων. Τέλος, περιγράφεται η συλλογή των παρατηρησιακών δεδομένων των σταθμών επιφανείας και ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των αριθμητικών προγνώσεων των 2 πειραμάτων.

Κεφάλαιο 3: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση και η συζήτηση των αποτελεσμάτων της στατιστικής αξιολόγησης των προγνώσεων.

Κεφάλαιο 4: Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται η περίληψη και εξάγονται τα συμπεράσματα της έρευνας.

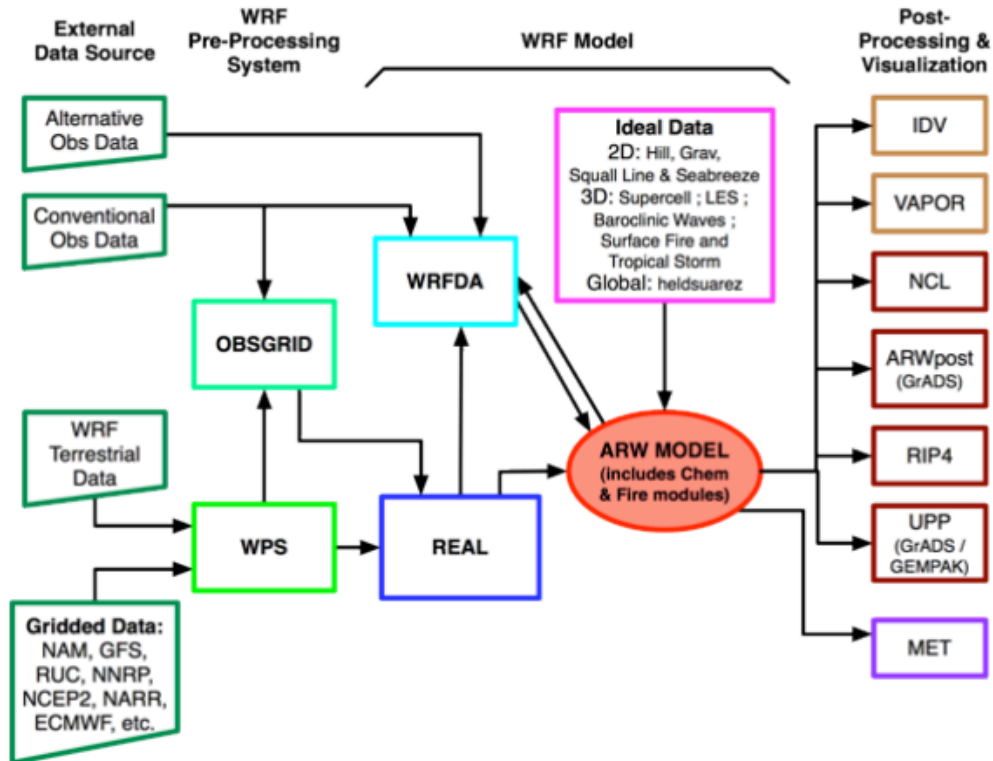
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Το αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF

Το αριθμητικό μοντέλο WRF (Weather Research and Forecasting model), είναι ένα αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού μέσης κλίμακας, το οποίο σχεδιάστηκε με σκοπό να εξυπηρετήσει τις ανάγκες τόσο του τομέα της έρευνας της ατμόσφαιρας, όσο και της επιχειρησιακής πρόγνωσης του καιρού. Στην τελευταία του έκδοση (version 4.1) το WRF αποτελείται από έναν δυναμικό Eulerian πυρήνα (ARW), ένα σύστημα αφομοίωσης δεδομένων (WRFDA), υπορουτίνες για την προ-επεξεργασία στατικών γεωγραφικών δεδομένων και δυναμικών ατμοσφαιρικών πεδίων, για τον καθορισμό της αρχικής συνθήκης και των πλευρικών οριακών συνθηκών των περιοχών ολοκλήρωσης, καθώς και υπορουτίνες για την μετα-επεξεργασία των προγνωστικών δεδομένων, ενώ η αρχιτεκτονική του λογισμικού επιτρέπει την εφαρμογή του και εύκολη κλιμάκωση του σε υπολογιστικές πλατφόρμες που επιτρέπουν την παράλληλη επεξεργασία.

Το μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος μετεωρολογικών εφαρμογών και σε χωρική κλίμακα που κυμαίνεται από εκατοντάδες μέτρα έως χιλιάδες χιλιόμετρα. Η προσπάθεια για την ανάπτυξη του WRF, ξεκίνησε τα τέλη του 1990 και είναι το αποτέλεσμα της συνεργασίας αρκετών ερευνητικών ινστιτούτων των ΗΠΑ (NCAR, National Center for Atmospheric Research, NCEP National Centers for Environmental Prediction, FSL, Forecast Systems Laboratory, AFWA, Air Force Weather Agency κ.ά.). Το WRF δίνει την δυνατότητα στους ερευνητές να παράγουν προσομοιώσεις τόσο με ατμοσφαιρικά δεδομένα που απεικονίζουν την πραγματικότητα (παρατηρήσεις, αναλύσεις) όσο και με ιδεατές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Στο WRF παρέχεται μία ευρεία γκάμα σχημάτων παραμετροποίησης των φυσικών διεργασιών, όπως μικροφυσικής, κατακόρυφης μεταφοράς, επιφανειακής φυσικής (τύποι και είδη εδάφους), του πλανητικού οριακού στρώματος, της ακτινοβολίας, κ.α.. Το μοντέλο επιπλέον υποστηρίζει μονής-κατεύθυνσης (1-way nesting), διπλής-κατεύθυνσης (2-way nesting) και κινούμενα πλέγματα (moving nesting). Στο Σχήμα 2.1 παρακάτω απεικονίζεται το διάγραμμα ροής εκτέλεσης του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης του καιρού WRF.

WRF Modeling System Flow Chart



Σχήμα 2.1. Διάγραμμα ροής του αριθμητικού μοντέλου WRF-ARW (Skamarock et. al. 2008).

Στο διάγραμμα ροής απεικονίζονται οι πηγές των εξωτερικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται από το μοντέλο και αναφέρονται κυρίως σε ατμοσφαιρικά πεδία αναλύσεων και προγνώσεων από άλλα αριθμητικά μοντέλα πρόγνωσης του καιρού, το σύστημα προεπεξεργασίας των δεδομένων αυτών και της παρεμβολής τους στο οριζόντιο και κατακόρυφο πλέγμα του μοντέλου, το δυναμικό πυρήνα ARW που πραγματοποιεί την επίλυση των εξισώσεων και τέλος το σύστημα της μετα-επεξεργασίας των προγνωστικών μεταβλητών και τον υπολογισμό των διαγνωστικών ατμοσφαιρικών πεδίων. Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής για την παραγωγή των βραχυπρόθεσμων προγνώσεων των 2 ομάδων πειραμάτων, χρησιμοποιήθηκε η έκδοση του WRF 3.2.0.

2.2 Το σύστημα προεπεξεργασίας των δεδομένων εισόδου του WRF (WPS)

Το σύστημα προεπεξεργασίας (preprocessing system) των δεδομένων εισόδου του WRF, είναι ένα ανεξάρτητο σύστημα, το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο εκτελέσιμων προγραμμάτων, στα οποία εισάγονται τα μετεωρολογικά δεδομένα (συνήθως σε GRIB μορφή) και τα στατικά γεωγραφικά δεδομένα (τοπογραφία, χρήσεις και κάλυψη Γης, κλάσεις εδάφους κλπ.) και στη συνέχεια αυτά μετατρέπονται σε μία ενδιάμεση μορφή, έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για την επεξεργασία από τον πυρήνα ARW. Η προεπεξεργασία των δεδομένων εισόδου του WRF πραγματοποιείται με τα ακόλουθα βήματα.

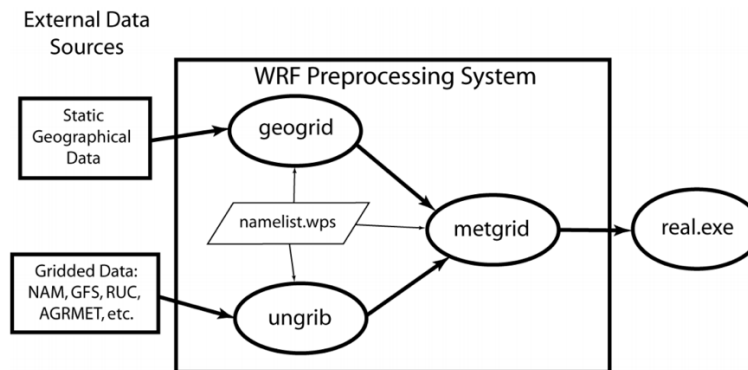
Το πρώτο βήμα του συστήματος προεπεξεργασίας των δεδομένων είναι ο καθορισμός του πλέγματος πάνω στο οποίο θα γίνουν οι προγνώσεις. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να καθοριστεί το είδος του προβολικού συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί, η περιοχή ολοκλήρωσης πάνω στη γη για την οποία θα πραγματοποιηθούν οι προγνώσεις, το πλήθος των σημείων του πλέγματος, η θέση των εμφολευόμενων περιοχών, καθώς και η χωρική ανάλυση του πλέγματος. Στη συνέχεια γίνεται η παρεμβολή των στατικών πεδίων στην προκαθορισμένη περιοχή ολοκλήρωσης.

Σε επόμενη φάση, αποκωδικοποιούνται και επεξεργάζονται οι αναλύσεις ή οι προγνώσεις ως μετεωρολογικά δεδομένα, έτσι ώστε να καθοριστούν εκείνες οι παράμετροι οι οποίες απαιτούνται για την εκτέλεση του μοντέλου, όπου στη συνέχεια μετατρέπονται σε μια ενδιάμεση δυαδική μορφή δεδομένων.

Το επόμενο βήμα του συστήματος προεπεξεργασίας των δεδομένων είναι η οριζόντια παρεμβολή της ενδιάμεσης μορφής των μετεωρολογικών δεδομένων στο πλέγμα των περιοχών ολοκλήρωσης. Έτσι, παράγονται δεδομένα τα οποία είναι κατάλληλα προς χρήση από τον πυρήνα του μοντέλου. Ουσιαστικά, τα δεδομένα που εξάγονται από το σύστημα για να εισαχθούν στον πυρήνα ARW για περαιτέρω ανάλυση και υπολογισμούς, αποτελούν μια ολοκληρωμένη απεικόνιση της κατάστασης της ατμόσφαιρας στην τριδιάστατη μορφή της, στα κατακόρυφα επίπεδα των δεδομένων εισόδου και στο επιλεγμένο οριζόντιο εναλλασσόμενο πλέγμα του μοντέλου σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Τα δεδομένα αυτά, είναι τριδιάστατα πεδία θερμοκρασίας σε βαθμούς K, της σχετικής υγρασίας και των οριζόντιων συνιστωσών της ροής της (ms^{-1} , μετά από περιστροφή τους στο προβολικό σύστημα που έχει επιλεγεί).

Τέλος τα δεδομένα που παρήχθησαν στο προηγούμενο βήμα, χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου στο εκτελέσιμο αρχείο `real.exe` το οποίο παρεμβάλλει τα δεδομένα αυτά στα κατακόρυφα επίπεδα του μοντέλου και παράγει τα αρχεία εισόδου του εκτελέσιμου αρχείου `wrf.exe` που περιέχουν την αρχική συνθήκη και τις πλευρικές οριακές συνθήκες.

Στο παρακάτω Σχήμα 2.2 απεικονίζεται το διάγραμμα ροής της προεπεξεργασίας των δεδομένων εισόδου του WRF για τον προσδιορισμό των αρχικών και πλευρικών οριακών συνθηκών:

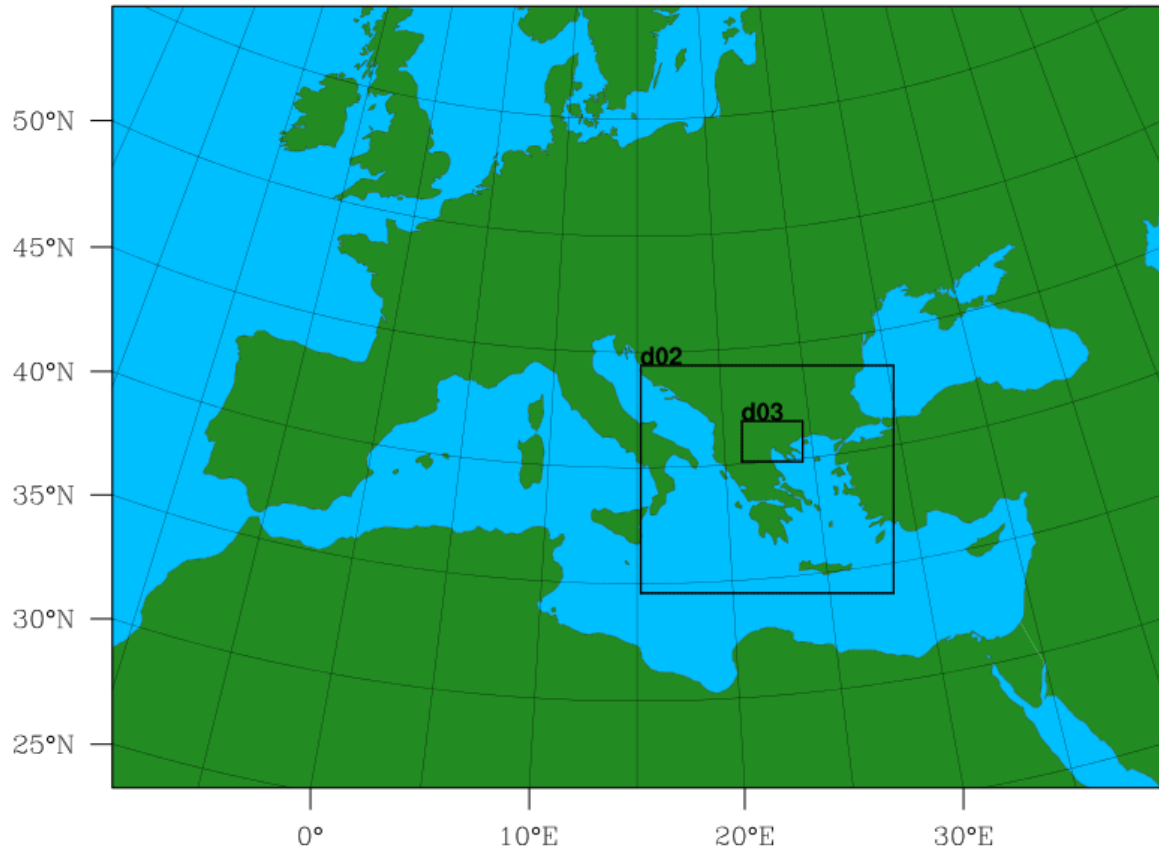


Σχήμα 2.2. Διάγραμμα ροής του συστήματος προεπεξεργασίας των δεδομένων εισόδου του WRF-ARW (Skamarock et. al. 2008).

2.3 Περιοχές Ολοκλήρωσης

Για την παραγωγή των υψηλής ανάλυσης αριθμητικών προγνώσεων στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, οι εξισώσεις του αριθμητικού μοντέλου WRF ολοκληρώνονται σε τρεις εμφολευμένες περιοχές με χωρική ανάλυση 12Km, 4Km και 1.333Km, για την εξωτερική περιοχή d01 και για τις εμφολευμένες περιοχές d02 και d03, αντίστοιχα. Η εξωτερική περιοχή ολοκλήρωσης d01 καλύπτει την ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης, της Β. Αφρικής και της Μέσης Ανατολής, η εμφολευμένη d02 καλύπτει τον Ελλαδικό χώρο, μέρος της Αλβανίας, των Σκοπίων, της Βουλγαρίας, της Τουρκίας και της Ν. Ιταλίας, ενώ η εμφολευμένη περιοχή d03 είναι επικεντρωμένη στην Μακεδονία. Στο Σχήμα 2.3 απεικονίζονται οι περιοχές ολοκλήρωσης του μοντέλου WRF. Ο προγνωστικός ορίζοντας των προγνώσεων είναι 78 ώρες για την εξωτερική περιοχή ολοκλήρωσης του μοντέλου, με τις εμφολευμένες περιοχές να έχουν προγνωστικό ορίζοντα 72 ώρες, μιας και η εκκίνησή τους πραγματοποιείται 6 προγνωστικές ώρες μετά την εξωτερική περιοχή για

λόγους spin-up του μοντέλου. Τέλος, οι εμφολευμένες περιοχές κατά την διάρκεια της αριθμητικής επίλυσης ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους και με την εξωτερική περιοχή εφαρμόζοντας αμφίδρομη επικοινωνία (two-way nesting).



Σχήμα 2.3. Περιοχές ολοκλήρωσης του αριθμητικού μοντέλου WRF-ARW

Για τον καθορισμό των χρήσεων γης και στις τρεις περιοχές ολοκλήρωσης χρησιμοποιούνται τα υψηλής ανάλυσης δεδομένα CORINE 2000 των οποίων οι κλάσεις έχουν ομαδοποιηθεί στις 24 κλάσεις της USGS ακολουθώντας τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην εργασία των Pineda et. al. 2004 (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1. Ομαδοποίηση και αντιστοίχιση των κλάσεων χρήσεων γης του CORINE στις κλάσεις του USGS

CORINE Code	Category Description	USGS Code	USGS Category Description
11	Urban	1	Urban and Built-Up Land
12	Non-Irrigated Arable Land	2	Dryland Cropland and Pasture
13	Permanently Irrigated Land	3	Irrigated Cropland and Pasture
14	Rice Fields	3	
15	Vineyards	6	Crops/Wood mosaic
16	Fruit Trees and Berry Plantations	6	
17	Olive Groves	6	
18	Pastures	2	Dryland Cropland and Pasture
19	Annual Crops & Permanent Crops	6	Crops/Wood mosaic
20	Complex Cultivation Patterns	6	
21	Mixed Agriculture & Natural Vegetation	6	
22	Agro-Forestry Areas	6	
23	Broad-Leaved Forest	11	Deciduous Broadleaf Forest
24	Coniferous Forest	14	Evergreen Needleleaf Forest
25	Mixed Forest	15	Mixed Forest
26	Natural Grassland	7	Grassland
27	Moors & Heathland	9	Mix Shrubland/Grassland
28	Sclerophyllous Vegetation	9	
29	Transitional Woodland-Shrub	9	
30	Beaches, Dunes & Sand Plains	19	Barren or Sparsely Vegetated
31	Bare Rock	19	
32	Sparsely Vegetated Areas	19	
33	Burnt Areas	19	
34	Glaciers & Perpetual Snow	24	Snow or Ice
35-38	Inland Marshes, Peatbogs, Salines	17	Herbaceous Wetlands
39	Intertidal Flats	17	
40-43	Inland Water	16	Water Bodies
44	Sea & Ocean	16	

Στις περιοχές όπου τα δεδομένα CORINE δεν είναι διαθέσιμα, το μοντέλο χρησιμοποιεί δεδομένα από την ήδη υπάρχουσα βάση δεδομένων χρήσεων γης του μοντέλου WRF, USGS 1997. Για την εισαγωγή των δεδομένων CORINE χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που περιγράφεται στο εγχειρίδιο του αριθμητικού μοντέλου WRF (Skamarock et al., 2008) και αναφέρεται στον τρόπο εισαγωγής στατικών γεωγραφικών δεδομένων που δεν διαμοιράζονται μαζί με το WPS. Η εφαρμογή των CORINE δεδομένων, έγινε μόνο στην περιοχή ολοκλήρωσης d03 και στις αντίστοιχες περιοχές d02 και d01 που καλύπτονται από την περιοχή d03.

2.4 Σχεδιασμός των αριθμητικών πειραμάτων

Για την επίτευξη του σκοπού της παρούσας έρευνας, πραγματοποιήθηκαν 98 βραχυπρόθεσμες αριθμητικές προγνώσεις υψηλής χωρικής ανάλυσης (1.333Km) με το περιοχικό αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF. Οι προγνώσεις αυτές αναφέρονται στην εκτέλεση ψυχρής εκκίνησης του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης καιρού WRF-ARW ακολουθώντας τον προγνωστικό κύκλο των 00UTC των ημερομηνιών της περιόδου 24/5/2010 έως 11/7/2010 και με προγνωστικό ορίζοντα 78 ωρών, χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές αρχικοποιήσεις της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές της Βορείου Ελλάδος. Η περίοδος από τις 24/5/2010 έως 11/7/2010 επιλέχτηκε, γιατί τις 45 από τις 49 ημέρες της περιόδου καταγράφηκε καταιγιδόφορος δραστηριότητα στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Η πρώτη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές έγινε χρησιμοποιώντας τα πεδία της εδαφικής υγρασίας των αναλύσεων του ECMWF, στα οποία δεν αποτυπώνεται η πλεονάζουσα εδαφική υγρασία λόγω των αρδεύσεων, ενώ η δεύτερη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιήθηκε κάνοντας την παραδοχή ότι σε όλες τις αρδευόμενες εκτάσεις η εδαφική υγρασία είναι στο σημείο της υδατοϊκανότητας, εκτός των ορυζώνων που είναι στο σημείο του κορεσμού. Οι προγνώσεις που πραγματοποιήθηκαν με την αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας από τις αναλύσεις του ECMWF αποτελούν το σημείο αναφοράς (control) βάσει των οποίων συγκρίνεται η προγνωστική ικανότητα των προγνώσεων που έχουν διαφοροποιημένη την εδαφική υγρασία στις αρδευόμενες περιοχές (experiment).

2.5 Αρχικές και οριακές πλευρικές συνθήκες

Για τον ορισμό των αρχικών και πλευρικών οριακών συνθηκών της εξωτερικής περιοχής ολοκλήρωσης χρησιμοποιήθηκαν οι επιχειρησιακές πλεγματικές αναλύσεις του προγνωστικού κύκλου των 00UTC των ημερών της περιόδου 24/5/2010 έως και 11/7/2010, καθώς και οι πλεγματικές προγνώσεις, επιφανείας και ανώτερης ατμόσφαιρας του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (ECMWF). Οι προγνώσεις ήταν διαθέσιμες ανά 3 ώρες, στην επιφάνεια και στα ισοβαρικά επίπεδα των 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70 και 50 hPa, σε ένα κανονικό πλέγμα διακριτοποίησης 0.125° γεωγραφικού μήκους x 0.125° γεωγραφικού πλάτους. Στις προγνώσεις ελέγχου όπου η επίδραση των αρδεύσεων δεν λαμβάνεται υπόψιν, τα πεδία των αναλύσεων της εδαφικής υγρασίας παρέμειναν αμετάβλητα, ενώ στις προγνώσεις του πειράματος όπου η επίδραση των αρδεύσεων λαμβάνεται υπόψιν, τα πεδία των αναλύσεων της εδαφικής υγρασίας, τροποποιήθηκαν. Οι τροποποιήσεις που έλαβαν χώρα στα πεδία αναλύσεων της εδαφικής υγρασίας στις προγνώσεις του πειράματος αφορούν σε μεταβολή των τιμών της εδαφικής υγρασίας, ούτως ώστε τα πλεγματικά σημεία που αντιστοιχούν σε χρήση γης «permanent irrigated land» (CORINE κλάση 13 και USGS κλάση 3) να έχουν εδαφική υγρασία ίση με την υδατοϊκανότητα, δηλαδή γίνεται η παραδοχή ότι στις αρδευόμενες περιοχές η εδαφική υγρασία δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην εξατμισοδιαπνοή, ενώ τα πλεγματικά σημεία που χαρακτηρίζονται ως χρήση γης «rice fields» (CORINE κλάση 14 και USGS κλάση 3) να έχουν εδαφική υγρασία ίση με το την υγρασία κορεσμού, που είναι και η συνήθης πρακτική άρδευσης των ορυζώνων στην Ελλάδα. Στην κατακόρυφο, και για τα δυο πλέγματα, χρησιμοποιήθηκαν 39 επίπεδα πλήρους συντεταγμένης (έως τα 50 hPa), με το πρώτο σ- επίπεδο να βρίσκεται σε ένα ύψος περίπου 10m πάνω από το έδαφος.

2.6 Σχήματα φυσικών Παραμετροποιήσεων

Το αριθμητικό μοντέλο WRF παρέχει μία πληθώρα παραμετροποιήσεων των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε κλίμακες μικρότερες της χωρικής διακριτοποίησης του μοντέλου, στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια του εδάφους σε ότι αφορά την ηλιακή ακτινοβολία, τη μικροφυσική νεφών, την κατακόρυφη ανάπτυξη νεφών,



το πλανητικό οριακό στρώμα, την οριακή ατμοσφαιρική στοιβάδα, την υδρολογία και θερμοδυναμική του εδάφους.

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, για την παραμετροποίηση του οριακού στρώματος χρησιμοποιήθηκε το σχήμα των Mellor-Yamada-Janjic. Το σχήμα των Mellor-Yamada-Janjic (Eta) (Janjic, 1990, 1996, 2002) είναι ένα σχήμα το οποίο περιγράφει την τυρβώδη ροή στο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα, καθώς και στην ελεύθερη ατμόσφαιρα με την εφαρμογή του μοντέλου Mellor-Yamada Level 2.5 turbulence closure model (Mellor and Yamada, 1982).

Σε ότι αφορά τις επιφανειακές ροές, αυτές υπολογίζονται μέσα από τα σχήματα του επιφανειακού στρώματος και των σχημάτων εδάφους. Το επιφανειακό στρώμα αναπαρίσταται από τις παραμετροποιήσεις των Monin-Obukhov (Monin and Obukhov, 1954), όπως χρησιμοποιείται στο μοντέλο Eta (Janjic, 1996), και για αυτό καλείται και σχήμα Mellor-Yamada-Janjic. Αυτό περιλαμβάνει παραμετροποιήσεις που αναφέρονται στο τυρβώδες υπόστρωμα, όπου πάνω από υδάτινες επιφάνειες αναπαρίσταται με βάση το σχήμα του Janjic (1994) και στο οποίο το μήκος τραχύτητας (roughness length) εξαρτάται από την ταχύτητα τριβής (friction velocity). Πάνω από το έδαφος, οι επιδράσεις του τυρβώδους υποστρώματος λαμβάνονται υπόψη μέσα από ένα μεταβαλλόμενο μήκος τραχύτητας για τη θερμοκρασία και την υγρασία, όπως προτάθηκε από τον Zilitinkevich (1972). Στις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες το επιφανειακό στρώμα είναι ασταθές και ο άνεμος παύει, εφαρμόζεται η διόρθωση του Beljaars (1994).

Για την παραμετροποίηση της μικροφυσικής των νεφών, χρησιμοποιήθηκε το σχήμα του Ferrier. Το σχήμα μικροφυσικής του Ferrier (Ferrier et al. 2002) είναι ένα σχήμα το οποίο εφαρμόζεται με επιτυχία σε αρκετά αριθμητικά μοντέλα που παρέχουν επιχειρησιακές προγνώσεις ή χρησιμοποιούνται σε ερευνητικές εργασίες, τόσο στον Ελλαδικό χώρο, όσο και διεθνώς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι: α) το μοντέλο WRF-ARW που λειτουργεί επιχειρησιακά στον Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Α.Π.Θ. (<http://meteo.geo.auth.gr>) του Α.Π.Θ. (Pytharoulis, 2009; Pytharoulis et. al. 2014) και β) το σύστημα πρόγνωσης καιρού SKIRON που λειτουργεί επιχειρησιακά στην Ομάδα Ατμοσφαιρικών Μοντέλων και Πρόγνωσης Καιρού (<http://forecast.uoa.gr>) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Kallos, 1997; Kallos et. al., 2005).

Συνοπτικά, το σχήμα Ferrier είναι ένα σχήμα πιο προηγμένο από τα απλά σχήματα παραμετροποίησης της μικροφυσικής, χωρίς όμως να εντάσσεται στην κατηγορία των πολύ προηγμένων σχημάτων. Εκτιμά προγνωστικά το περιεχόμενο νερό και τον πάγο ενός νέφους βασιζόμενο στη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία κάθε επιπέδου του μοντέλου και στη συνέχεια κάνει διάγνωση των ρυθμών σχηματισμού βροχής και /ή χιονιού, βασιζόμενο στην ποσότητα του περιεχομένου σε νερό και πάγο του νέφους της πρόγνωσης. Περιλαμβάνει τέσσερα είδη/κλάσεις υδρομετεώρων: αιωρούμενα υδροσταγονίδια, βροχή, μεγάλους παγοκρυστάλλους (χιόνι, χιονόνερο, μαλακό χαλάζι) και μικρούς παγοκρυστάλλους (αιωρούμενοι παγοκρύσταλλοι οι οποίοι εξατμίζονται γρήγορα σε περιβάλλον με συνθήκες υγρασίας κάτω του κορεσμού σε σχέση με τον πάγο).

Τα χαρακτηριστικά του σχήματος συνοψίζονται παρακάτω:

- Επιτρέπεται η αύξηση και μείωση του μεγέθους των υδρομετεώρων.
- Γίνεται χρήση μιας τιμής πυκνότητας πάγου η οποία συμπεριλαμβάνει όλα τα είδη παγοκρυστάλλων.
- Οι ταχύτητες πτώσης εξαρτώνται από το μέγεθος και το είδος του υδρομετεώρου.
- Διαδικασίες μικτής φάσης θεωρούνται αυτές οι οποίες συμβαίνουν σε θερμοκρασίες υψηλότερες των -30°C , ενώ ο κορεσμός της ατμόσφαιρας ως προς τον πάγο μέσα σε συνθήκες νέφους θεωρείται ότι συμβαίνει σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Έτσι, η μικτή φάση περιλαμβάνει διαδικασίες όπως riming, το διαχωρισμό βροχοσταγόνων από παγοκρυστάλλους που λιώνουν, τη συνύπαρξη και αλληλεπίδραση κάθε μορφής νεφοσταγόνων και βροχοσταγόνων σε υγρή φάση και σε φάση πάγου.
- Η διαδικασία της συλλογής συμβαίνει καθώς υδρομετέωρα σαρώνουν άλλα κατά την πτώση τους.
- Το μέσο μέγεθος των παγοκρυστάλλων θεωρείται ότι αποτελεί συνάρτηση της θερμοκρασίας.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά δεν επιτρέπουν την πρόβλεψη φαινομένων όπως: το χαλάζι, την παγωμένη βροχή σε θερμοκρασίες κάτω των -10°C , την αύξηση του χιονιού το οποίο πέφτει μέσα από μια θερμοκρασιακή αναστροφή, τις επιδράσεις διαφορετικών ειδών και συγκεντρώσεων αερολυμάτων (συμπεριλαμβανομένων των διαφορών μεταξύ

των κατανομών των μεγεθών θαλάσσιων και ηπειρωτικών αερολυμάτων και ως προς τον σχηματισμό βροχής εξαιτίας τους), τη μικροφυσική των σωρρειτόμορφων νεφών.

Για την προσομοίωση της κατακόρυφης αστάθειας, στις προγνώσεις που πραγματοποιήθηκαν στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε το σχήμα παραμετροποίησης της ανωμεταφοράς των Betts-Miller-Janjic (Betts 1986; Betts and Miller 1986; Janjic 1994; Janjic 2000) στο εξωτερικό πλέγμα d01 και στο εμφολευμένο πλέγμα d02. Το σχήμα αυτό (Janjic 1994; Janjic 2000) έχει βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια μέσα από την επιχειρησιακή του χρήση με αποτέλεσμα να έχει αρκετές διαφορές από το αρχικό, όπως αυτό περιγράφεται στις εργασίες των Betts (1986) και Betts and Miller (1986). Στον αλγόριθμο περιγραφής της ανωμεταφοράς μεγάλου βάθους, οι παράμετροι που ορίζουν την κατακόρυφη κατανομή της υγρασίας και ο χρόνος προσαρμογής (relaxation time) σε μια προκαθορισμένη κατατομή δεν είναι σταθερά, αλλά μεταβάλλονται και εξαρτώνται από την αποδοτικότητα του νέφους (cloud efficiency), μια παράμετρο η οποία χαρακτηρίζει τις συνθήκες ανωμεταφοράς. Η παράμετρος αυτή είναι ανάλογη ενός συνδυασμού της μεταβολής της εντροπίας κατά τη διάρκεια ενός χρονικού βήματος, της βροχόπτωσης σε αυτό το χρονικό διάστημα και της μέσης θερμοκρασίας του νέφους. Από την άλλη μεριά, στον αλγόριθμο περιγραφής της ανωμεταφοράς μικρού βάθους, η κατακόρυφη κατανομή της υγρασίας ορίζεται από την ανάγκη η μεταβολή της εντροπίας να είναι μικρή και μη αρνητική.

Για την παραμετροποίηση των φυσικών και θερμικών διεργασιών του εδάφους, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο επιφανείας NOAH (Chen and Dudhia, 2001). Το μοντέλο του NOAH χρησιμοποιεί τέσσερα βάθη εδάφους μέχρι τα 2 m (0-10 cm, 10-40 cm, 40-100 cm, 100-200 cm), λαμβάνοντας υπόψη την περιοχή του ριζικού συστήματος και διαδικασίες του εδάφους όπως την εξατμισοδιαπνοή, την βαθιά διήθηση, την επιφανειακή απορροή, σε συνδυασμό με κατηγορίες βλάστησης, την μηνιαία φυτοκάλυψη και την υφή του εδάφους. Επίσης, τροφοδοτεί το σχήμα του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος με τις εκτιμήσεις των ροών αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας. Προβλέπει τις τιμές παραμέτρων όπως ο πάγος που καλύπτει το έδαφος, και το ποσοστό χιονοκάλυψης, ενώ περιγράφει με έναν πιο βελτιωμένο τρόπο το αστικό περιβάλλον λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιότητες της εκπομπής της επιφάνειας του εδάφους.

Τέλος, για την παραμετροποίηση της ακτινοβολίας τόσο για την μεγάλου μήκους κύματος όσο και για την μικρού μήκους, χρησιμοποιήθηκε το σχήμα RRTMG (Iacono et al. 2008) με χρονικό βήμα εκτέλεσής του κάθε 10min.

2.7 Σύστημα μεταεπεξεργασίας των δεδομένων και παραγωγή των διαγνωστικών πεδίων

Για την μετα-επεξεργασία των προγνωστικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Unified Post Processor (UPP) version 1.1 το οποίο εκτέλεσε τις κάτωθι λειτουργίες:

- 1) Τη δημιουργία αρχείων μορφής GRIB ανά μία προγνωστική ώρα για κάθε πλέγμα του μοντέλου, όπου τα πρωτογενή αποτελέσματα αρχικά μετατρέπονται από το εναλλασσόμενο πλέγμα C του Arakawa σε ένα μη-εναλλασσόμενο πλέγμα A και στη συνέχεια παρεμβάλλονται σε ένα κανονικό πλέγμα με σταθερό βήμα ανά γεωγραφικό πλάτος και μήκος (regular latitude-longitude grid). Τα κανονικά πλέγματα είναι υποπεριοχές των δύο περιοχών ολοκλήρωσης του μοντέλου και έχουν χωρική ανάλυση $0.12^\circ \times 0.12^\circ$, $0.04^\circ \times 0.04^\circ$ και $0.0133^\circ \times 0.0133^\circ$ για την εξωτερική περιοχή και τις δύο εμφολευμένες αντίστοιχα.
- 2) Τον υπολογισμό των διαγνωστικών ατμοσφαιρικών πεδίων τα οποία εισάγονται μαζί με τα προγνωστικά ατμοσφαιρικά πεδία στα αρχεία GRIB. Τα ατμοσφαιρικά πεδία που παρήχθησαν και χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική αξιολόγηση των προγνώσεων είναι τα ακόλουθα:
 - Θερμοκρασία στο ύψος των 2 m
 - Σχετική υγρασία στο ύψος των 2 m
 - Διανυσματικός άνεμος στο ύψος των 10 m
 - Αθροιστικό υετό

2.8 Στατιστική αξιολόγηση των αριθμητικών πειραμάτων πρόγνωσης καιρού

Σκοπός της στατιστικής επαλήθευσης της αριθμητικής πρόγνωσης καιρού είναι η χωροχρονική καταγραφή και ποσοτικοποίηση του σφάλματός της, χρησιμοποιώντας στατιστικές τεχνικές, ούτως ώστε ανάλογα με τα όρια ανεκτικότητας σε αυτό, να αξιολογηθεί η ικανότητα του αριθμητικού μοντέλου να προβλέπει την μελλοντική

κατάσταση της υπό εξέταση ατμοσφαιρικής μεταβλητής. Οι στατιστικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται, εξαρτώνται από το είδος της προγνωστικής μεταβλητής ενδιαφέροντος (συνεχής, διακριτή κ.α), το είδος των παρατηρησιακών δεδομένων (σημειακά, πλεγματικά, εικόνες υπό κλίμακα, κ.α), καθώς και από τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη (Murphy, 1993). Παραδείγματος χάριν, η ικανότητα ενός αριθμητικού μοντέλου να προβλέπει την ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας αξιολογείται με διαφορετικά στατιστικά κριτήρια από αυτά που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ικανότητας του μοντέλου να προβλέπει συμβάντα καύσωνα ή παγετού. Αν και στις δύο περιπτώσεις η ατμοσφαιρική μεταβλητή είναι η ίδια, εν τούτοις στην πρώτη περίπτωση η θερμοκρασία μεταχειρίζεται ως συνεχής μεταβλητή και στην δεύτερη ως διακριτή.

Στην παρούσα μελέτη η στατιστική επαλήθευση χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των προγνώσεων που πραγματοποιήθηκαν με το αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF, με σκοπό την ποσοτικοποίηση της επίδρασης των αρδεύσεων στην βραχυπρόθεσμη πρόγνωση της θερμοκρασίας στο ύψος των 2m, της σχετικής υγρασίας στο ύψος των 2m, της ταχύτητας του ανέμου στο ύψος των 10m, της πίεσης στην μέση στάθμη της θάλασσας και του αθροιστικού υετού, τους θερινούς μήνες στη Βόρειο Ελλάδα.

2.9 Στατιστικά κριτήρια συνεχών μεταβλητών

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, για την ποσοτικοποίηση του σφάλματος των συνεχών μεταβλητών όπως είναι η θερμοκρασία στο ύψος των 2m, η σχετική υγρασία στο ύψος των 2m, η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m, η πίεση στην μέση στάθμη της θάλασσας και της ποσότητας του αθροιστικού υετού, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω κριτήρια:

- Το μέσο σφάλμα (ME), που εκφράζει τον μέσο όρο των διαφορών μεταξύ των προγνωστικών και των παρατηρούμενων τιμών της υπό εξέταση μεταβλητής. Δίνεται από την σχέση:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - o_k) \quad (2.9.1)$$

Όπου y_k και o_k είναι οι προγνωστικές και οι παρατηρούμενες τιμές, αντίστοιχα και n είναι το πλήθος τους. Το μέσο σφάλμα ουσιαστικά απεικονίζει το μέγεθος

και την φορά του σφάλματος των προγνωστικών τιμών σε σχέση με τις παρατηρούμενες. Θετικό πρόσημο του ME υποδηλώνει υπερεκτίμηση της υπό εξέταση μεταβλητής από το αριθμητικό μοντέλο, ενώ το αντίθετο υποδηλώνεται με το αρνητικό πρόσημο. Η βέλτιστη τιμή του ME είναι μηδέν.

- Το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE), που εκφράζει τον μέσο όρο της απόλυτης τιμής των διαφορών, μεταξύ των προγνωστικών και των παρατηρούμενων τιμών της υπό εξέταση μεταβλητής. Δίνεται από την σχέση:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |y_k - o_k| \quad (2.9.2)$$

Οι τιμές του MAE κυμαίνονται από το μηδέν έως το άπειρο ανάλογα με το μέγεθος του σφάλματος και είναι ανεξάρτητες από την φορά του. Η βέλτιστη τιμή του MAE είναι μηδέν.

- Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE), που εκφράζει τον μέσο όρο των τετραγώνων των αποκλίσεων μεταξύ των προγνωστικών και των παρατηρούμενων τιμών της υπό εξέταση μεταβλητής. Δίνεται από την σχέση:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - o_k)^2 \quad (2.9.3)$$

Οι τιμές του MSE κυμαίνονται από το μηδέν έως το άπειρο και είναι ανεξάρτητες της φοράς του σφάλματος. Το MSE σπάνια χρησιμοποιείται σε προβλήματα επαλήθευσης προγνώσεων. Αντί αυτού χρησιμοποιείται συνήθως η τετραγωνική ρίζα του MSE (RMSE) που απεικονίζει το μέσο σφάλμα σταθμισμένο με το τετραγωνικό. Είναι εκφρασμένο στις φυσικές μονάδες της υπό εξέταση μεταβλητής και δείχνει ευαισθησία σε μεγαλύτερα σφάλματα σε σχέση με τα μικρά, καθιστώντας το έτσι ένα από τα πιο αυστηρά στατιστικά κριτήρια. Οι τιμές του κυμαίνονται από το μηδέν έως το άπειρο και είναι ανεξάρτητο της κατεύθυνσης του σφάλματος. Οι βέλτιστες τιμές και των δύο κριτηρίων είναι μηδέν.

- Ο βαθμός ικανότητας SS (Skill Score) μιας πρόγνωσης σε σχέση με μία πρόγνωση αναφοράς. Το SS εκφράζει τον βαθμό βελτίωσης μίας πρόγνωσης σε σχέση με μία άλλη πρόγνωση. Δίνεται από τον τύπο:

$$SS = \frac{score_{forecast} - score_{ref. forecast}}{score_{perf. forecast} - score_{ref. forecast}} \quad (2.9.4)$$

Το κάτω όριο του εύρους των τιμών του SS εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο κριτήριο και την πρόγνωση αναφοράς, ενώ το πάνω όριο που αποτελεί και την βέλτιστη τιμή είναι πάντα η μονάδα. Η τιμή μηδέν υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει καμία βελτίωση της πρόγνωσης σε σχέση με την πρόγνωση αναφοράς.

2.10 Στατιστικά κριτήρια διακριτών μεταβλητών

Η στατιστική αξιολόγηση των διακριτών μεταβλητών στηρίζεται στην χρήση των πινάκων συνάφειας που απεικονίζουν την συχνότητα των ζευγών της ορθής ή της λανθασμένης πρόγνωσης, των πραγματοποιούμενων και μη συμβάντων. Τα στατιστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη για τις διακριτές μεταβλητές είναι τα κάτωθι:

- Η ακρίβεια της πρόγνωσης ACCURACY που για έναν πίνακα συνάφειας ορίζεται ως το κλάσμα όλων των ορθών προγνώσεων προς τον συνολικό αριθμό των προγνώσεων. Παίρνει τιμές από 0 έως 1, με βέλτιστη τιμή το 1. Δίνεται από τον τύπο:

$$ACC = \frac{hits + correctNegatives}{total} \quad (2.10.1)$$

- Το FBIAS (frequency BIAS) που εκφράζει την αναλογία της συχνότητας των προβλεπόμενων συμβάντων προς την συχνότητα των παρατηρούμενων. Δίνεται από τον τύπο:

$$FBIAS = \frac{hits + falseAlarm}{hits + misses} \quad (2.10.2)$$

Το FBIAS υποδηλώνει την ικανότητα του μοντέλου να υπερεκτιμά ($FBIAS > 1$) ή να υποεκτιμά ($FBIAS < 1$) των αριθμό των συμβάντων. Το εύρος τιμών του κυμαίνεται από μηδέν έως συν άπειρο με βέλτιστη τιμή το 1.

- Η πιθανότητα εντοπισμού POD εκφράζει το κλάσμα των συμβάντων που προβλέφθηκαν και όντως συνέβησαν. Δίνεται από τον τύπο:

$$POD = \frac{hits}{hits + misses} \quad (2.10.3)$$

Το εύρος τιμών του POD κυμαίνεται από 0 έως 1, με βέλτιστη τιμή το 1.

- Το ποσοστό εσφαλμένου συναγερμού (FAR) εκφράζει το κλάσμα των συμβάντων που προβλέφθηκαν αλλά δεν πραγματοποιήθηκαν. Δίνεται από τον τύπο:

$$FAR = \frac{falseAlarms}{hits + falseAlarms} \quad (2.10.4)$$

Το εύρος τιμών του FAR κυμαίνεται από 0 έως 1, με βέλτιστη τιμή το 0. Είναι ευαίσθητο στην κλιματική συχνότητα του γεγονότος και πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το POD.

- Η πιθανότητα του εσφαλμένου εντοπισμού POFD εκφράζει το ποσοστό των προγνωσθέντων συμβάντων προς τα παρατηρούμενα συμβάντα που δεν πραγματοποιήθηκαν. Δίνεται από τον τύπο:

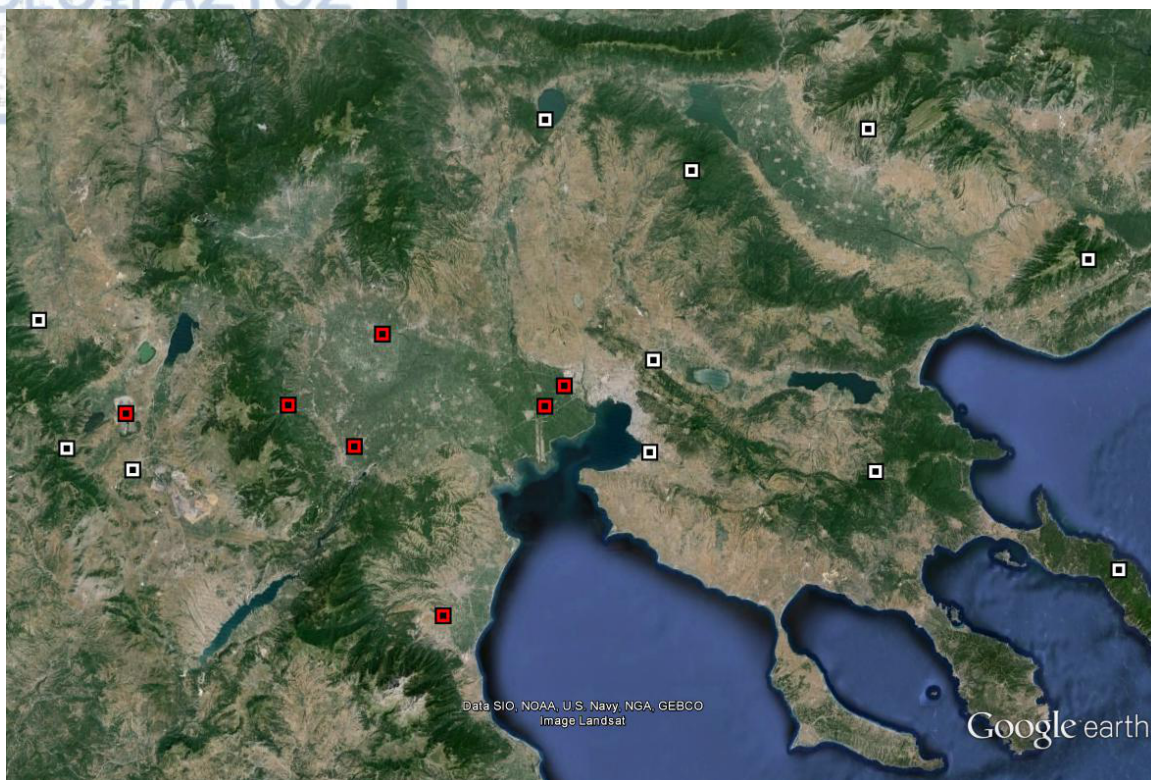
$$POFD = \frac{falseAlarms}{correctNegatives + falseAlarms} \quad (2.10.5)$$

Το εύρος τιμών του POFD κυμαίνεται από 0 έως 1, με βέλτιστη τιμή το 0.

2.11 Δεδομένα παρατηρήσεων και μεθοδολογία εφαρμογής της στατιστικής αξιολόγησης των αριθμητικών πειραμάτων.

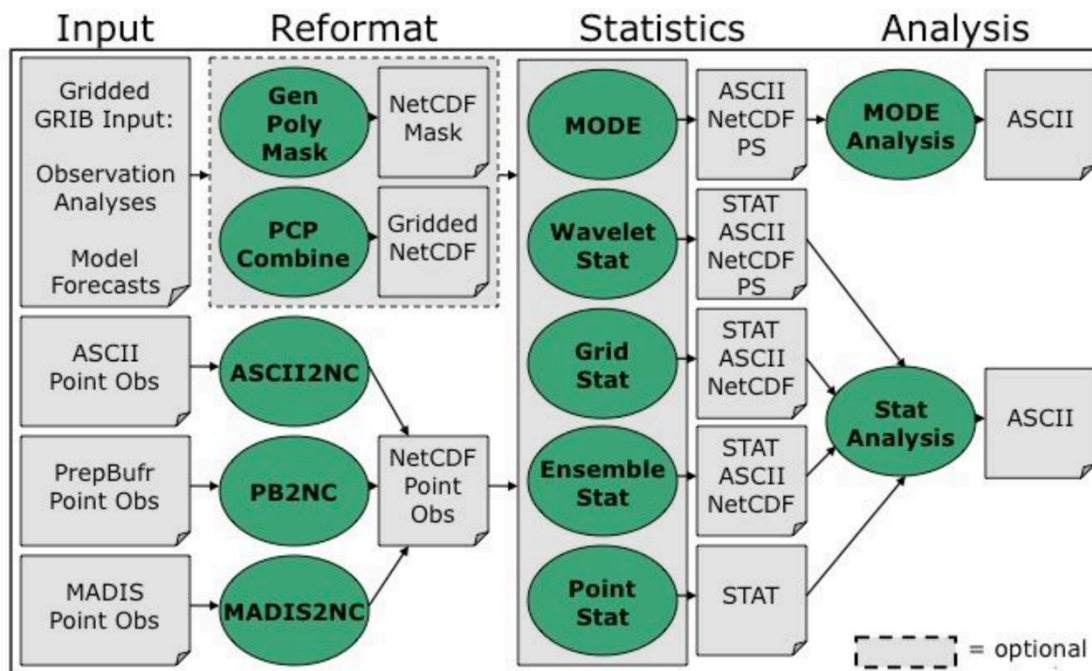
Για την αξιολόγηση των αριθμητικών πειραμάτων πρόγνωσης καιρού χρησιμοποιήθηκαν ωριαία δεδομένα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στο ύψος των 2m, της πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας, της ταχύτητας του ανέμου στο ύψος των 10m και του αθροιστικού υετού, από σταθμούς επιφανείας που ανήκουν στην Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, στο Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων, στο Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, στον ΕΛΓΑ, στην Ε.Μ.Υ. και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Το σύνολο των σταθμών που ελέγχονται από τους παραπάνω οργανισμούς το καλοκαίρι του 2010, ανερχόταν στους 46, αλλά από αυτούς μόνο για τους 18 υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για την υπό εξέταση περίοδο, εκ των οποίων οι 7 βρίσκονται σε κάποιο πλεγματικό σημείο του μοντέλου που είναι χαρακτηρισμένο είτε ως permanent irrigated land ή rice field. Στο Σχήμα 2.4 απεικονίζεται η κατανομή των σταθμών στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 2.4. Κατανομή των μετεωρολογικών σταθμών επιφανείας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή για την αξιολόγηση αριθμητικών πειραμάτων πρόγνωσης καιρού. Με κόκκινο απεικονίζονται οι σταθμοί που βρίσκονται σε αρδευόμενες περιοχές.

Για την προεπεξεργασία των προγνωστικών πεδίων και των παρατηρησιακών δεδομένων για τον υπολογισμό των στατιστικών κριτηρίων που αναφέρονται παραπάνω, χρησιμοποιήθηκε το αριθμητικό πακέτο Model Evaluation Tools (MET). Το MET είναι ένα πακέτο εργαλείων ειδικά σχεδιασμένων για την στατιστική αξιολόγηση αριθμητικών προγνώσεων το οποίο αναπτύχθηκε από το D.T. Center των Η.Π.Α. (<https://dtcenter.org/community-code/model-evaluation-tools-met>). Το πακέτο εργαλείων αυτό εσωκλείει όλες τις παλιές και σύγχρονες τεχνικές της στατιστικής αξιολόγησης των αριθμητικών προγνώσεων, από την χρήση σημειακών μεθόδων και μεθόδους πολλαπλών κλιμάκων, μέχρι αντικειμενοστραφείς μεθόδους σε 4D πεδία. Στο Σχήμα 2.5 απεικονίζονται τα κύρια εργαλεία που αποτελούν το πακέτο MET και ο τύπος των δεδομένων εισόδου και εξόδου.



Σχήμα 2.5. Διάρθρωση και αρχιτεκτονική του υπολογιστικού πακέτου MET, όπου με το πράσινο χρώμα υποδηλώνονται οι υπορουτίνες του συστήματος και με γκρι απεικονίζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου.

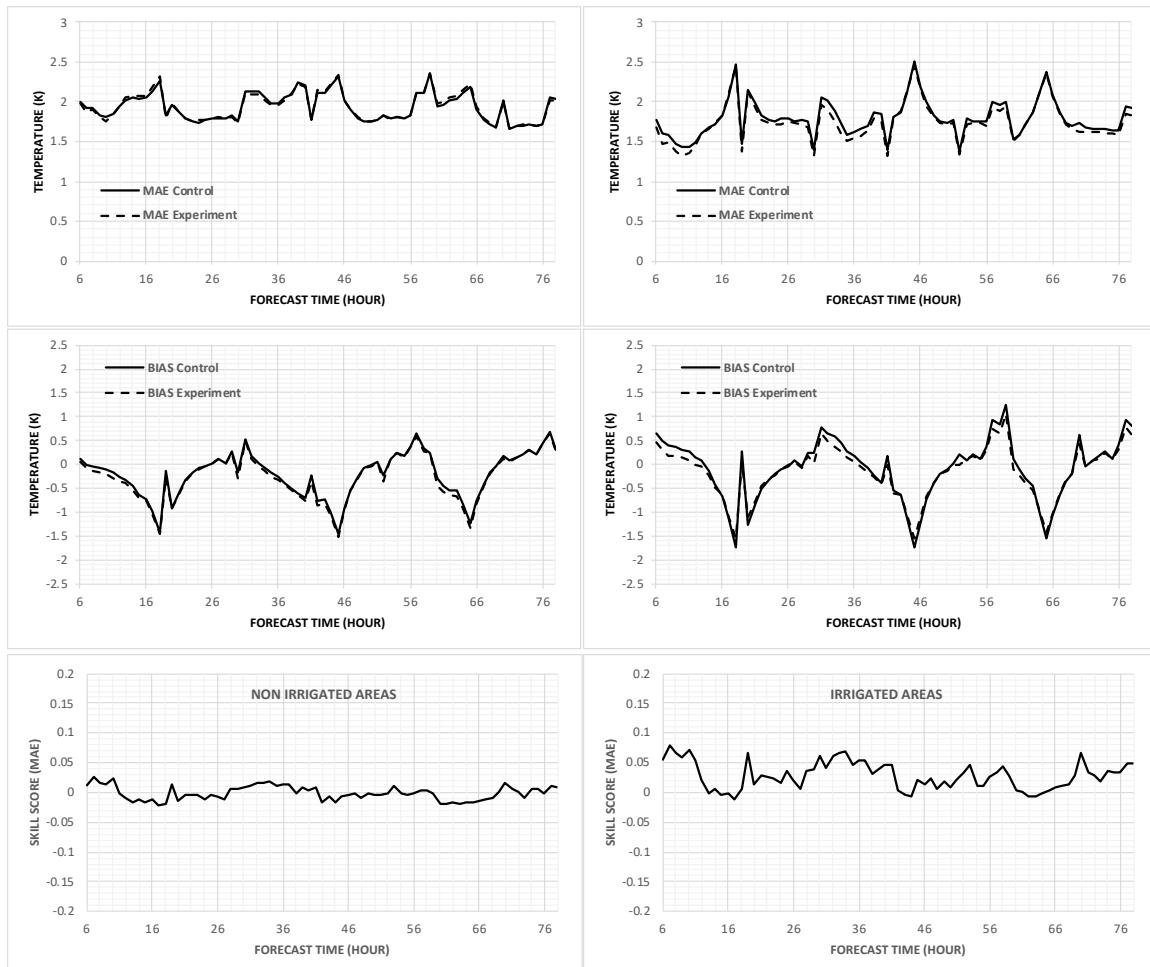
Στο Σχήμα 2.5 απεικονίζεται η διάρθρωση και η αρχιτεκτονική του υπολογιστικού πακέτου MET. Σύμφωνα με αυτό, το MET δέχεται ως δεδομένα, πλεγματικά δεδομένα προγνώσεων και παρατηρήσεων σε μορφή GRIB, καθώς και σημειακά δεδομένα παρατηρήσεων σε μορφή ASCII, BUFR και MADIS τα οποία τα μετασχηματίζει σε πλεγματικά NETCDF αρχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για σύγκριση με τα πλεγματικά αρχεία προγνώσεων. Στην παρούσα μελέτη, τα σημειακά μετεωρολογικά δεδομένα των 18 σταθμών επιφανείας, εισήχθησαν υπό μορφή ASCII, ένα για κάθε προς εξέταση ατμοσφαιρική μεταβλητή και χρονικό διάστημα άθροισης στην περίπτωση του νετού, όπου με την χρήση της υπορουτίνας ASCII2NC μετατράπηκαν σε πλεγματικά NETCDF αρχεία. Σε ότι αφορά τα αρχεία GRIB των προγνώσεων, αυτά εισήχθησαν ως έχουν παραχθεί από το σύστημα μεταεπεξεργασίας δεδομένων UPP, ενώ επιπλέον επεξεργασία δέχτηκαν μόνο ως προς το πεδίο του αθροιστικού νετού, όπου με την χρήση της υπορουτίνας PCP Combine, εξήχθησαν ωριαία, 3-ωρα, 6-ωρα και 12-ωρα πλεγματικά πεδία αθροιστικής κατακρήμνισης σε μορφή NETCDF αρχείων. Ο υπολογισμός των στατιστικών κριτηρίων έγινε με την χρήση της υπορουτίνας Point Stat, όπου για την



σύμπτωση των σημειακών παρατηρήσεων με το πλέγμα των προγνώσεων έγινε παρεμβολή καθ' ύψος και οριζοντίως. Παρεμβολή καθ' ύψος έγινε στα σημειακά δεδομένα παρατηρήσεων της ταχύτητας του ανέμου, ούτως ώστε να αναφέρεται στο ύψος των 10m, χρησιμοποιώντας μία λογαριθμική σχέση, ενώ οριζόντια παρεμβολή με την μέθοδο του πλησιέστερου γειτονικού σημείου έγινε στα προγνωστικά μετεωρολογικά πεδία με σκοπό να συμπέσουν χωρικά στο ίδιο σημείο με τα δεδομένα παρατηρήσεων. Τέλος, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση με την υπορουτίνα Point Stat ομαδοποιήθηκαν ως προς την προγνωστική ώρα, για όλη την περίοδο μελέτης με την χρήση της υπορουτίνας Stat Analysis.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

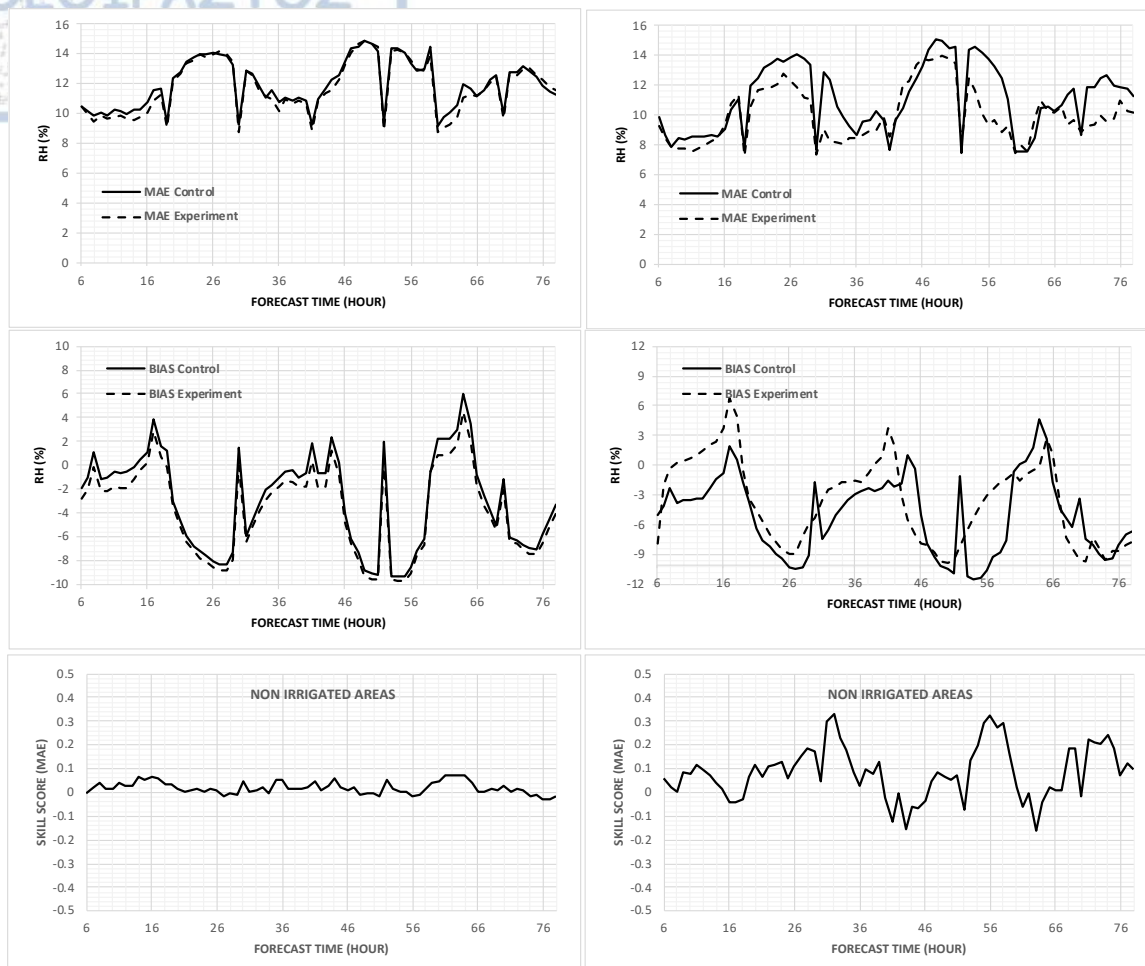
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την υπορουτίνα Stat Analysis για την περιοχή ολοκλήρωσης d03 του μοντέλου, για τους 11 σταθμούς που βρίσκονται σε μη αρδευόμενες περιοχές, και για τους 7 σταθμούς των αρδευόμενων περιοχών, για την θερμοκρασία στο ύψος των 2m, την σχετική υγρασία στο ύψος των 2m και την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m, απεικονίζονται στα Σχήματα 3.1, 3.2 και 3.3 αντίστοιχα.



Σχήμα 3.1. Αποτελέσματα της στατιστικής αξιολόγησης των δύο πειραμάτων σε ότι αφορά την θερμοκρασία στο ύψος των 2m, για τους σταθμούς στις μη αρδευόμενες περιοχές (αριστερά) και για τους σταθμούς στις αρδευόμενες περιοχές (δεξιά).

Στο Σχήμα 3.1 απεικονίζεται η εξέλιξη του MAE, του ME και του SS για κάθε προγνωστική ώρα της αριθμητικής πρόγνωσης της θερμοκρασίας στο ύψος των 2m, για τα δύο αριθμητικά πειράματα, με σημείο αναφοράς στα γραφήματα αριστερά τους σταθμούς των μη αρδευόμενων περιοχών και στα δεξιά των σταθμών των αρδευόμενων περιοχών.

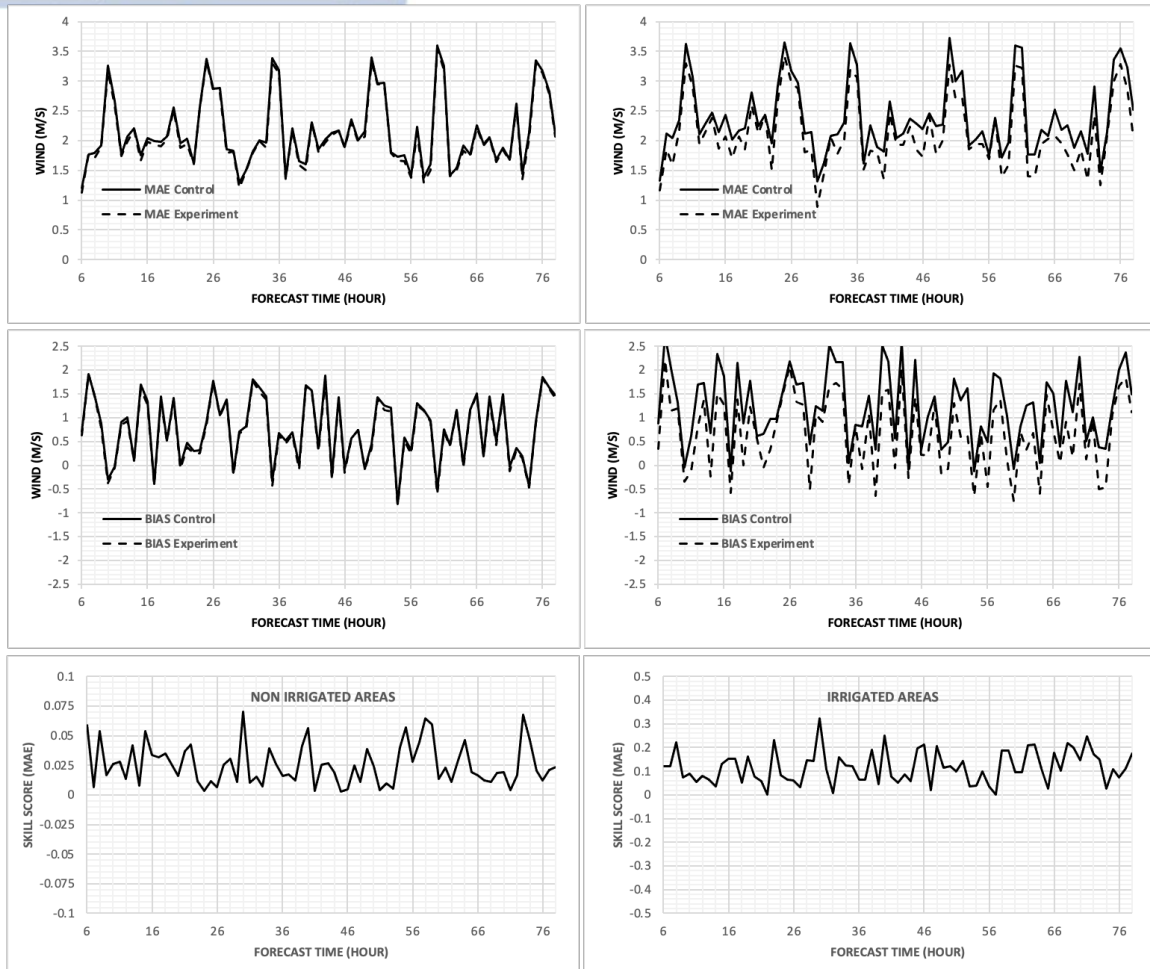
Σε ότι αφορά το SS, οι θετικές τιμές σημαίνουν βελτίωση της πρόγνωσης όταν λαμβάνεται υπόψη η πλεονάζουσα εδαφική υγρασία, ενώ οι αρνητικές τιμές υποδηλώνουν το ακριβώς αντίθετο. Από τα γραφήματα του Σχήματος 3.1 γίνεται φανερό, ότι το σφάλμα της πρόγνωσης της θερμοκρασίας στο ύψος των 2m εμφανίζει μία ημερήσια διακύμανση, με το μοντέλο και στις 2 περιπτώσεις να υπερεκτιμά την θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας και να την υποεκτιμά κατά την διάρκεια του απογεύματος μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες. Αντίστοιχη ημερήσια διακύμανση παρατηρείται και σε ότι αφορά το SS, όπου φαίνεται ότι η προσθήκη της πλεονάζουσας υγρασίας βελτιώνει την πρόγνωση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας μέχρι και 8% στους σταθμούς που βρίσκονται στις αρδευόμενες περιοχές, ενώ τις απογευματινές και νυχτερινές ώρες παρατηρείται ακριβώς το αντίθετο. Μία πιθανή εξήγηση είναι ότι η πλεονάζουσα υγρασία στις αρδευόμενες περιοχές μετριάξει μεν την θερμή υποκειμενικότητα (warm bias) του μοντέλου τις πρωινές ώρες, αλλά και αντιστοίχως αμβλύνει την ψυχρή υποκειμενικότητα (cold bias) του μοντέλου τις απογευματινές και βραδινές ώρες. Οι διαφορές μεταξύ των δύο πειραμάτων ελαχιστοποιούνται στις μεγαλύτερες προγνωστικές ώρες εξαιτίας του ότι τα πεδία των εδαφικών υγρασιών στα δύο πειράματα συγκλίνουν υπό την επίδραση των μετεωρολογικών συνθηκών. Στους σταθμούς στις μη αρδευόμενες περιοχές, οι διαφορές μεταξύ των 2 προγνώσεων είναι αμελητέες.



Σχήμα 3.2. Αποτελέσματα της στατιστικής αξιολόγησης των δύο πειραμάτων σε ότι αφορά την σχετική υγρασία στο ύψος των 2m, για για τους σταθμούς στις μη αρδευόμενες περιοχές (αριστερά) και για τους σταθμούς στις αρδευόμενες περιοχές (δεξιά).

Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και σε ότι αφορά την σχετική υγρασία στο ύψος των 2m, όπου και σε αυτήν την περίπτωση εμφανίζεται μία ημερήσια διακύμανση, με το μοντέλο να υποεκτιμά την σχετική υγρασία κατά την διάρκεια της ημέρας και να την υπερεκτιμά κατά την διάρκεια του απογεύματος και της νύχτας. Στην περίπτωση της σχετικής υγρασίας είναι πιο εμφανής η επίδραση των αρδεύσεων στην προγνωστική ικανότητα του μοντέλου κατά την διάρκεια της ημέρας με ποσοστό βελτίωσης έως 33.5% στις αρδευόμενες περιοχές και έως 9% στους σταθμούς των μη αρδευόμενων περιοχών. Το σφάλμα της σχετικής υγρασίας στο ύψος των 2m, ακολουθεί την ίδια πορεία του σφάλματος της θερμοκρασίας στο ύψος των 2m, μιας και στην εκτίμηση της σχετικής

υγρασίας είτε στην περίπτωση των αισθητήρων, είτε στον προγνωστικό υπολογισμό της από τα δεδομένα του μοντέλου, χρησιμοποιείται η θερμοκρασία.

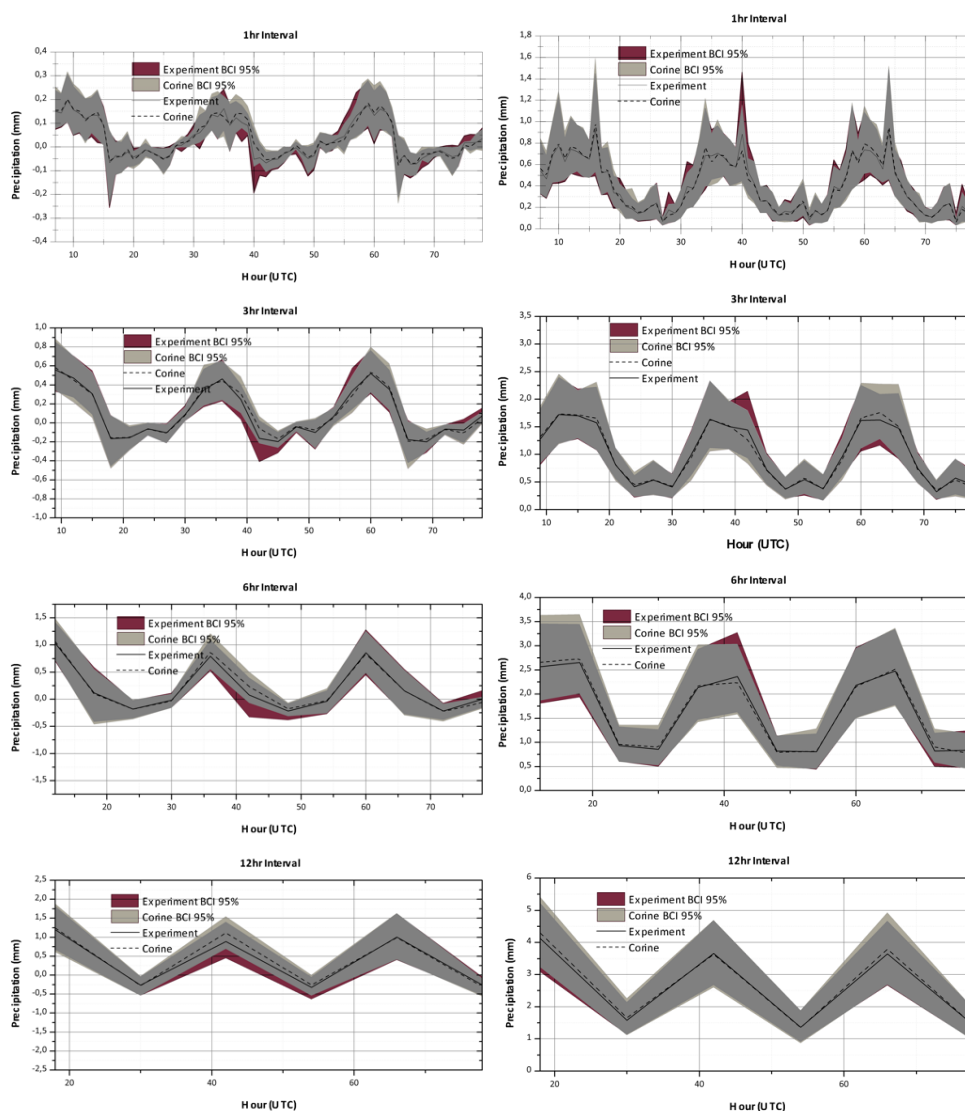


Σχήμα 3.3. Αποτελέσματα της στατιστικής αξιολόγησης των δύο πειραμάτων σε ότι αφορά την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m, για τους σταθμούς στις μη αρδευόμενες περιοχές (αριστερά) και για τους σταθμούς στις αρδευόμενες περιοχές (δεξιά).

Στην περίπτωση της ταχύτητας του ανέμου στο ύψος των 10m, το μοντέλο την υπερεκτιμά και στα δύο αριθμητικά πειράματα για το σύνολο των σταθμών, ενώ και σε αυτήν την περίπτωση το σφάλμα εμφανίζει υψηλότερες τιμές κατά την διάρκεια της ημέρας και χαμηλότερες κατά την διάρκεια της νύχτας. Από τις τιμές του SS γίνεται φανερό ότι η προσθήκη της πλεονάζουσας εδαφικής υγρασίας βελτιώνει την προγνωστική ικανότητα του μοντέλου όσον αφορά τον άνεμο σε ποσοστό που κυμαίνεται από 10% έως 32% σε ότι αφορά τις αρδευόμενες περιοχές και από 2% έως 7.5% σε ότι αφορά τις μη

αρδευόμενες. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι παρατηρείται βελτίωση σχεδόν για όλες τις προγνωστικές ώρες.

Στο σχήμα 3.4 απεικονίζονται για το σύνολο των σταθμών τα αποτελέσματα της ανάλυσης που προέκυψαν από το Stat Analysis για την ποσότητα της κατακρήμνισης. Συνολικά, για την κάθε μεταβλητή υπήρχαν 292 ζευγάρια τιμών για κάθε προγνωστική ώρα, βάσει των οποίων υπολογίστηκε η μέση τιμή των στατιστικών κριτηρίων.



Σχήμα 3.4. Αποτελέσματα της στατιστικής αξιολόγησης των δύο πειραμάτων σε ότι αφορά την ποσότητα της ωριαίας, 3-ωρης, 6-ωρης και 12-ωρης κατακρήμνισης για όλους τους σταθμούς, σε ότι αφορά το μέσο σφάλμα (αριστερά) και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (δεξιά)

Στο Σχήμα 3.4, απεικονίζεται η εξέλιξη του ME (αριστερά) και του RMSE (δεξιά) της ποσότητας κατακρήμνισης καθώς και το διάστημα εμπιστοσύνης του στο 95%, που υπολογίσθηκε από το MET με την μέθοδο bootstrap, κάνοντας χρήση 1200 υποδειγμάτων (sub-samples). Από τα γραφήματα γίνεται φανερό ότι το μοντέλο υπερεκτιμά και στα δύο αριθμητικά πειράματα για το σύνολο των σταθμών και για το σύνολο των διαστημάτων αναφοράς την ποσότητα του νετού, με τα μεγαλύτερα σφάλματα να εμφανίζονται κατά τις θερμές ώρες της ημέρας όπου εκδηλώνεται η θερμική αστάθεια. Δεν παρατηρούνται αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των δύο αριθμητικών πειραμάτων.

Σε ότι αφορά τα κατηγορικά στατιστικά κριτήρια για την κατακρήμνιση, δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των δύο αριθμητικών πειραμάτων. Για τις αριθμητικές προγνώσεις που δεν λαμβάνουν υπόψη την πλεονάζουσα εδαφική υγρασία λόγω των αρδεύσεων εμφανίζουν ACC που κυμαίνεται από 0.719 έως 0.904, FBIAS από 1.24 μέχρι 7.33, FAR από 0.736 μέχρι 0.954, POD από 0.23 έως 0.749 και POFD που κυμαίνεται από 0.0765 έως 0.495. Αντίστοιχα για το αριθμητικό πείραμα που λαμβάνει υπόψιν την πλεονάζουσα εδαφική υγρασία λόγω των αρδεύσεων εμφανίζει ACC που κυμαίνεται από 0.713 έως 0.914, FBIAS από 1.19 μέχρι 7.23, FAR από 0.752 μέχρι 0.961, POD από 0.18 έως 0.773 και POFD που κυμαίνεται από 0.0925 έως 0.512.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας διατριβής, ήταν η μελέτη και η αξιολόγηση της επίπτωσης των αρδεύσεων, σαν ποσότητα και σαν καλλιεργητική πρακτική, στην βραχυπρόθεσμη πρόγνωση του καιρού στην Βόρειο Ελλάδα. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, πραγματοποιήθηκαν 98 βραχυπρόθεσμες αριθμητικές προγνώσεις υψηλής χωρικής ανάλυσης (1.333Km) με το περιοχικό αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF. Οι προγνώσεις αυτές αναφέρονται στην εκτέλεση ψυχρής εκκίνησης του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης καιρού WRF-ARW ακολουθώντας τον προγνωστικό κύκλο των 00UTC των ημερομηνιών της περιόδου 24/5/2010 έως 11/7/2010 και με προγνωστικό ορίζοντα 78 ωρών, χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές αρχικοποιήσεις της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές της Βορείου Ελλάδος. Η πρώτη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές έγινε χρησιμοποιώντας τα πεδία της εδαφικής υγρασίας των αναλύσεων του ECMWF, στα οποία δεν αποτυπώνεται η πλεονάζουσα εδαφική υγρασία λόγω των αρδεύσεων, ενώ η δεύτερη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιήθηκε κάνοντας την παραδοχή ότι σε όλες τις αρδευόμενες εκτάσεις η εδαφική υγρασία είναι στο σημείο της υδατοϊκανότητας, εκτός των ορυζώνων που είναι στο σημείο του κορεσμού. Οι προγνώσεις που πραγματοποιήθηκαν με την αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας από τις αναλύσεις του ECMWF αποτελούν το σημείο αναφοράς (control) βάσει των οποίων συγκρίνεται η προγνωστική ικανότητα των προγνώσεων που έχουν διαφοροποιημένη την εδαφική υγρασία στις αρδευόμενες περιοχές (experiment). Οι προγνώσεις με τις δύο διαφορετικές αρχικοποιήσεις της εδαφικής υγρασίας, συγκρίθηκαν και αξιολογήθηκαν με δεδομένα παρατηρήσεων σταθμών επιφανείας, ως προς την προγνωστική τους ικανότητα στην εκτίμηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στο ύψος των 2m, στην ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m και στον αθροιστικό υετό.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής αξιολόγησης των προγνώσεων των δύο αριθμητικών πειραμάτων, έδειξαν ότι η επίδραση των αρδεύσεων στον υετό είναι αμελητέα τόσο ως προς την ύπαρξη του γεγονότος (κατηγορικά κριτήρια), όσο και ως προς την ποσότητα. Σε ότι αφορά την σχετική υγρασία στο ύψος των 2m και την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m, φαίνεται να υπάρχει μία αξιοσημείωτη βελτίωση σε ότι αφορά την προγνωστική ικανότητα του μοντέλου, όταν λαμβάνεται υπόψη η πλεονάζουσα

υγρασία λόγω των αρδεύσεων. Ενώ στην περίπτωση της θερμοκρασίας μία βελτίωση της πρόγνωσης κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ την χειροτερεύει κατά την διάρκεια του απογεύματος και των νυχτερινών ωρών.

Λαμβάνοντας υπόψη, την ημερήσια διακύμανση της βελτίωσης της προγνωστικής ικανότητας του μοντέλου καθώς και την ημερήσια διακύμανση του μέσου σφάλματος, είναι δύσκολο να απαντήσουμε με σιγουριά εάν τελικά η βελτίωση αυτή οφείλεται πραγματικά λόγω του ότι η εδαφική υγρασία είναι πιο υψηλή σε κάποιες περιοχές λόγω των αρδεύσεων ή ότι απλά η υπόθεση που έγινε στα πλαίσια της διατριβής εισήγαγε έναν παράγοντα, ο οποίος απλά μετριάξει την υποκειμενικότητα (biases) του μοντέλου σε ορισμένες ατμοσφαιρικές μεταβλητές. Επίσης, στα πλαίσια της διατριβής έγινε η παραδοχή ότι η εδαφική υγρασία κατά την αρχικοποίηση του μοντέλου είναι ίση με την υδατοϊκανότητα σε όλες τις αρδευόμενες περιοχές, εκτός των ορυζώνων που είναι ίση με την εδαφική υγρασία κορεσμού. Η παραδοχή αυτή είναι μία πρώτη προσέγγιση και αποκλίνει από την πραγματικότητα και την συνήθη καλλιεργητική πρακτική στην περιοχή, όπου οι ορυζώνες έχουν μόνιμα νερό που λιμνάζει στην επιφάνεια τους, ενώ δεν έχει ληφθεί υπόψη και η επίδραση των αρδεύσεων σε ότι αφορά σε άλλα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις θερμικές ροές της επιφανείας και το ισοζύγιο ενέργειας, όπως είναι η εξέλιξη της φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας και η παραγωγή βιομάζας.

Στα πλαίσια μίας μελλοντικής έρευνας θα μπορούσαν να διερευνηθούν διαφορετικά σενάρια ως προς την αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας και ως προς την εξέλιξή της, καθώς και να μελετηθεί η ευαισθησία που εμφανίζει το μοντέλο λόγω της πλεονάζουσας εδαφικής υγρασίας, υπό το πρίσμα διαφορετικών φυσικών παραμετροποιήσεων και τύπων καιρού.

- Beljaars, A.C.M., 1994: The parameterization of surface fluxes in large-scale models under free convection, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 121, 255-270.
- Betts, A. K., 1986: A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 677-691.
- Betts, A. K. and M.J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, and arctic air-mass data sets. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 693-709.
- Boucher, O., Myhre, G., & Myhre, A. 2004. Direct human influence of irrigation on atmospheric water vapour and climate. *Climate Dynamics*, 22(6-7), 597-603.
- Chen, F. and J. Dudhia, 2001: Coupling an advanced land-surface/ hydrology model with the Penn State/ NCAR MM5 modeling system. Part I: Model description and implementation. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 569-585
- Cooley, H. S., Riley, W. J., Torn, M. S., & He, Y. 2005. Impact of agricultural practice on regional climate in a coupled land surface mesoscale model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D3).
- Ferrier, B. S., Jin, Y., Lin, Y., Black, T., Rogers, E., & DiMego, G. 2002, August. Implementation of a new grid-scale cloud and precipitation scheme in the NCEP Eta model. In *Conference on weather analysis and forecasting (Vol. 19, pp. 280-283)*. AMS.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Helkowski, J. H. 2005. Global consequences of land use. *science*, 309(5734), 570-574.
- Iacono, M. J., Delamere, J. S., Mlawer, E. J., Shephard, M. W., Clough, S. A., & Collins, W. D. 2008. Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D13).
- Janjic, Z. I., 1990: The step-mountain coordinate: physical package, *Mon. Wea. Rev.*, 118, 1429- 1443.
- Janjic, Z. I., 1994: The step-mountain eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 927- 945.
- Janjic, Z. I., 1996: The surface layer in the NCEP Eta Model, *Eleventh Conference on Numerical Weather Prediction*, Norfolk, VA, 19–23 August; *Amer. Meteor. Soc.*, Boston, MA, 354-355.

Janjic, Z. I., 2000: Comments on "Development and Evaluation of a Convection Scheme for Use in Climate Models". J. Atmos. Sci., 57, 3686.

Janjic, Z. I., 2002: Nonsingular implementation of the Mellor-Yamada level 2.5 scheme in the NCEP meso model. NCEP Office Note 437, National Centre for Environmental Prediction, 61 pp.

Kallos, G., 1997: The regional weather forecasting system SKIRON. Proceedings of the Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel Computer Environments, Athens, 15-17 October.

Kallos G., I. Pytharoulis, P. Katsafados, P. Louka and G. Galanis, 2005: Limited area weather forecasting for the MFSTEP activities: sensitivity and performance analysis. 4th EUROGOOS conference, 6-9 June, Brest, France.

Lee, E., Sacks, W. J., Chase, T. N., & Foley, J. A. 2011. Simulated impacts of irrigation on the atmospheric circulation over Asia. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 116(D8).

Lobell, D. B., Bala, G., Bonfils, C., & Duffy, P. B. (2006). Potential bias of model projected greenhouse warming in irrigated regions. Geophysical Research Letters, 33(L13709).

Mellor, G. L. and T. Yamada, 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. Rev. Geophys. Space Phys., 20, 851-875.

Monin, A.S. and A.M. Obukhov, 1954: Basic laws of turbulent mixing in the surface layer of the atmosphere. Contrib. Geophys. Inst. Acad. Sci., USSR, (151), 163-187.

Murphy, A. H. 1993. What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting. Weather and forecasting, 8(2), 281-293.

Pineda, N., Jorba, O., Jorge, J., & Baldasano, J. M. 2004. Using NOAA AVHRR and SPOT VGT data to estimate surface parameters: application to a mesoscale meteorological model. International journal of remote sensing, 25(1), 129-143.

Pielke, R. A., Avissar, R., Raupach, M., Dolman, A. J., Zeng, X., & Denning, A. S. 1998. Interactions between the atmosphere and terrestrial ecosystems: influence on weather and climate. Global change biology, 4(5), 461-475.

Pielke Jr, R., & Carbone, R. E. 2002. Weather impacts, forecasts, and policy: An integrated perspective. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(3), 393-406.

Puma, M. J., & Cook, B. I. 2010. Effects of irrigation on global climate during the 20th century. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 115(D16120).

Pytharoulis Ioannis 2009. High-resolution operational numerical weather forecasts for agrometeorological applications. Proceedings of 6th Hellenic Conference of



Agricultural Engineering. 6th Hellenic Conference of Agricultural Engineering. Thessaloniki, Greece. σ.75-82.

- Pytharoulis Ioannis, Tegoulis I, Kotsopoulos S, Bampzelis D, Kartsios S, Zanis Prodromos, Katragkou Eleni, Karakostas Theodoros 2014. High-resolution WRF hindcasts over central Greece: Characteristics of simulated convective activity and model evaluation. Papers Presented at the 15th Annual WRF Users' Workshop. 15th Annual WRF Users' Workshop.
- Ramankutty, N., Evan, A., Monfreda, C., & Foley, J. A. 2008. Farming the planet. Part 1: The geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochem. Cycles*, 22.
- Sacks, W. J., Cook, B. I., Buening, N., Levis, S., & Helkowski, J. H. 2009. Effects of global irrigation on the near-surface climate. *Climate Dynamics*, 33(2-3), 159-175.
- 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 Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp.
- Zilitinkevich, S. S. 1972. On the determination of the height of the Ekman boundary layer. *Boundary-Layer Meteorology*, 3(2), 141-145.

Επίδραση Των Αρδεύσεων Στη Βραχυπρόθεσμη Πρόγνωση Καιρού Κατά Τη Θερμή Περίοδο Στη Βόρειο Ελλάδα

Στυλιανός Α. Κωτσόπουλος

Σκοπός της παρούσας διατριβής, ήταν η μελέτη και η αξιολόγηση της επίπτωσης των αρδεύσεων, σαν ποσότητα και σαν καλλιεργητική πρακτική, στην βραχυπρόθεσμη πρόγνωση του καιρού στην Βόρειο Ελλάδα. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, πραγματοποιήθηκαν 98 βραχυπρόθεσμες αριθμητικές προγνώσεις υψηλής χωρικής ανάλυσης (1.333Km) με το περιοχικό αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF. Οι προγνώσεις αυτές αναφέρονται στην εκτέλεση ψυχρής εκκίνησης του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης καιρού WRF-ARW ακολουθώντας τον προγνωστικό κύκλο των 00UTC των ημερομηνιών της περιόδου 24/5/2010 έως 11/7/2010 και με προγνωστικό ορίζοντα 78 ωρών, χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές αρχικοποιήσεις της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές της Βορείου Ελλάδος. Η πρώτη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας στις αρδευόμενες περιοχές έγινε χρησιμοποιώντας τα πεδία της εδαφικής υγρασίας των αναλύσεων του ECMWF, στα οποία δεν αποτυπώνεται η πλεονάζουσα εδαφική υγρασία λόγω των αρδεύσεων, ενώ η δεύτερη αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιήθηκε κάνοντας την παραδοχή ότι σε όλες τις αρδευόμενες εκτάσεις η εδαφική υγρασία είναι στο σημείο της υδατοϊκανότητας, εκτός των ορυζώνων που είναι στο σημείο του κορεσμού. Οι προγνώσεις που πραγματοποιήθηκαν με την αρχικοποίηση της εδαφικής υγρασίας από τις αναλύσεις του ECMWF αποτελούν το σημείο αναφοράς (control) βάσει των οποίων συγκρίνεται η προγνωστική ικανότητα των προγνώσεων που έχουν διαφοροποιημένη την εδαφική υγρασία στις αρδευόμενες περιοχές (experiment). Οι προγνώσεις με τις δύο διαφορετικές αρχικοποιήσεις της εδαφικής υγρασίας, συγκρίθηκαν και αξιολογήθηκαν με δεδομένα παρατηρήσεων σταθμών επιφανείας, ως προς την προγνωστική τους ικανότητα στην εκτίμηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στο ύψος των 2m, στην ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m και στον αθροιστικό υετό. Τα αποτελέσματα της στατιστικής αξιολόγησης των προγνώσεων των δύο αριθμητικών πειραμάτων, έδειξαν ότι η επίδραση των αρδεύσεων στον υετό είναι αμελητέα τόσο ως προς την ύπαρξη του γεγονότος (κατηγορικά κριτήρια), όσο και ως προς την ποσότητα. Σε ότι αφορά την σχετική υγρασία στο ύψος των 2m και την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10m, φαίνεται να υπάρχει μία αξιοσημείωτη βελτίωση σε ότι αφορά την προγνωστική ικανότητα του μοντέλου, όταν λαμβάνεται υπόψη η πλεονάζουσα υγρασία λόγω των αρδεύσεων. Ενώ στην περίπτωση της θερμοκρασίας μία βελτίωση της πρόγνωσης κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ την χειροτερεύει κατά την διάρκεια του απογεύματος και των νυχτερινών ωρών.



Effect Of Irrigation On The Short-Term Weather Forecast During The Warm Season In Northern Greece

Stylianos A. Kotsopoulos

The purpose of this dissertation was to study and evaluate the impact of irrigation on the short-term weather forecasts in Northern Greece. To this end, 98 high-resolution (1.333Km) short-term numerical weather forecasts were performed with the WRF regional numerical weather prediction model. These forecasts refer to the cold start initialization of the numerical weather prediction model WRF-ARW, following the 00UTC forecast cycle of the dates of the period from 24/5/2010 to 7/11/2010, and with a forecast horizon of 78 hours, using two different initializations of the soil moisture in the irrigated areas of Northern Greece. The first initialization of soil moisture in irrigated areas was realized using the soil moisture fields of ECMWF analyses, which do not reflect the excess of soil moisture due to irrigation, while the second one was performed by assuming that in all irrigated areas soil moisture is fixed at the field capacity level, except for rice fields which assumed to be fixed at the point of saturation following the rice farming practice. The forecasts produced with the initialization of soil moisture from the ECMWF analyses are the reference point (control) based on which the predictability of the forecasts that have differentiated soil moisture in irrigated areas (experiment) is compared. The forecasts with the two different initializations of soil moisture, were compared and evaluated with data from surface station observations, in terms of their predictability to forecasting temperature and relative humidity at 2m, wind speed at 10m and cumulative precipitation. The results of the statistical evaluation of the predictions of the two numerical experiments, showed that the effect of irrigation on precipitation is negligible both in terms of the existence of the event (categorical criteria) and in terms of quantity. Considering relative humidity at a height of 2m and wind speed at a height of 10m, there seems to be a significant improvement in terms of the predictability of the model, when taking into account the excess of soil moisture due to irrigation. In regard to temperature, it seems an improvement of the predictability during the day, while it worsens during the afternoon and night hours.