



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



ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ ΠΟΥ
ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΛΕΓΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΟ
ΜΟΝΤΕΛΟ CERES-WHEAT

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ Σ. ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2022



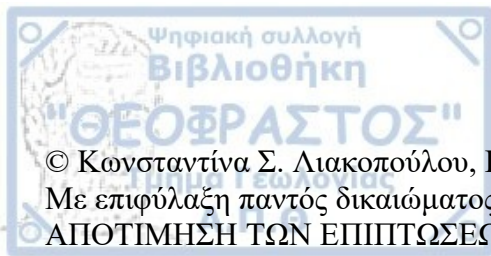
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ Σ. ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΓΕΩΛΟΓΟΣ Α.Π.Θ.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΠΛΕΓΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ CERES-WHEAT

Υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωλογίας του Α.Π.Θ.
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Ειδίκευση Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας & Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 07/04/2022

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής Μαυρομμάτης Θεόδωρος, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Επιβλέπων
Καθηγήτρια Αναγνωστοπούλου Χριστίνα, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Μέλος Τριμελούς
Εξεταστικής Επιτροπής
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τολίκα Κωνσταντία, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Μέλος Τριμελούς
Εξεταστικής Επιτροπής



© Κωνσταντίνα Σ. Λιακοπούλου, Γεωλόγος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΛΕΓΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ CERES-WHEAT –

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

© Konstantina S. Liakopoulou, Geologist, 2022

All rights reserved.

ESTIMATING THE ERRORS IN THE OUTPUT OF CERES-WHEAT CROP MODEL BY USING REANALYSIS DATA – *Master Thesis*

Παραπομπή:

Λιακοπούλου Κ., 2022. – Αποτίμηση των επιπτώσεων των αποκλίσεων που προκύπτουν από τη χρήση πλεγματικών δεδομένων με το μοντέλο CERES-Wheat. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 113 σελ.

Liakopoulou K., 2022. – Estimating the errors in the output of CERES-Wheat crop model by using reanalysis data. Master Thesis, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 113 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.

« Η έγκριση της παρούσης Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέως» (Ν. 5343/1932, άρθρο 202, αρ.2)



*Στους γονείς μου,
Στέλιο και Πηνελόπη
και στην αδερφή μου,
Αλεξάνδρα*



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία γίνεται σύγκριση τριών πλεγματικών προϊόντων με παρατηρησιακά δεδομένα, τόσο άμεσα, όσο και έμμεσα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη χρήση του μοντέλου CERES-Wheat, προκειμένου να βρεθεί το καλύτερο πλεγματικό προϊόν.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται πληροφορίες για τα παρατηρησιακά και πλεγματικά δεδομένα, την κλιματική αλλαγή και την επίδραση στην γεωργία, τον σκληρό σίτο και τα μοντέλα καλλιεργειών, καθώς επίσης και οι στόχοι της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και οι περίοδοι αναφοράς, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα στατιστικά μέτρα, οι δείκτες και τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα και στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα, γίνεται η σύγκρισή τους με αυτά άλλων ερευνών, ενώ σημειώνονται και οι περιορισμοί της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου, τον Καθηγητή Μαυρομάτη Θεόδωρο, για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την προσφορά των γνώσεων του. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα άλλα δύο μέλη τις τριμελούς επιτροπής, την Καθηγήτρια Αναγνωστοπούλου Χριστίνα και την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τολίκα Κωνσταντία, για τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους στο τελικό στάδιο της μεταπτυχιακής διατριβής. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω και το υπόλοιπο Διδακτικό και Ερευνητικό Προσωπικό του Τμήματος Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, για την προσπάθειά τους για την εύρυθμη λειτουργία του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Μετεωρολογία, Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον», ειδικά κατά την περίοδο της πανδημίας. Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ πρωταρχικά στην οικογένεια μου, καθώς επίσης και στους φίλους και στον σύντροφό μου για την αμέριστη στήριξή και συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1 Πηγές Μετεωρολογικών δεδομένων	4
1.1.1 Παρατηρησιακά Μετεωρολογικά Δεδομένα	4
1.1.2 Πλεγματικά Δεδομένα	6
1.2 Ο σκληρός σίτος στην Μεσόγειο	9
1.3 Κλιματική αλλαγή και επίδραση στην γεωργία	12
1.4 Μοντέλα καλλιέργειών	14
1.4.1 Χρήσεις των μοντέλων καλλιέργειας	15
1.4.2 Δεδομένα εισόδου των μοντέλων καλλιέργειας	16
1.4.3 Περιορισμοί και πλεονεκτήματα των μοντέλων καλλιέργειας	17
1.5 Στόχος εργασίας	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΕΔΟΜΕΝΑ	19
2.1 Επιλογή σταθμών	19
2.2 Παρατηρησιακά δεδομένα (Obs)	20
2.3 Πλεγματικά δεδομένα	20
2.3.1 Agri4cast	20
2.3.2 E-OBS	21
2.4 Επιλογή Περιόδου αναφοράς	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	28
1.6 Εργαλεία	28
1.6.1 Στατιστικά Μέτρα και Δείκτες	28
3.1.2 IRENE	29
3.1.3 Το μοντέλο DSSAT (CERES-Wheat)	31
3.1.4 WeatherMan	37
3.2 Μεθοδολογία	38
3.2.1 Σύγκριση της κλιματικής κατάταξης των σταθμών με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα	38
3.2.2 Άμεση σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα	40
3.2.3 Έμμεση σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα	40



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	46
4.1 Κλιματική κατάταξη σταθμών με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα	46
4.2 Σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα	47
4.2.1 Εποχιακή σύγκριση σε μηνιαία βάση για το σύνολο των σταθμών	47
4.2.2 Σύγκριση για κάθε σταθμό σε εποχιακή βάση - Στατιστικά (περιγραφικά) μέτρα	50
4.2.3 Στατιστικοί δείκτες.....	56
4.2.4 Θερμοκρασιακοί και υγρομετρικοί δείκτες.....	58
4.3 Αποτελέσματα συγκρίσεων της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα.	60
4.4 Αποτελέσματα συγκρίσεων της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα μετά την εφαρμογή κλιματικών σεναρίων.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	74
ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΥΛΙΚΟ	87

Τα πλεγματικά δεδομένα είναι σύνολα δεδομένων, που χρησιμοποιούνται ευρέως για την μελέτη του καιρού και του κλίματος και για αυτό σημαντικό είναι οι ερευνητές να εξετάσουν τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία τους. Δεδομένα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας (T_{max} , T_{min} , αντιστοίχως), βροχόπτωσης (Prec) και ηλιακής ακτινοβολίας (QQ) τριών πλεγματικών προϊόντων (τα E-OBS σε 2 χωρικές αναλύσεις (10km (Eobs-0.1) και 25km (Eobs-0.25) και τα Agri4cast) και 13 Μεσογειακών σταθμών (Obs) (επιλέχθηκαν για την εγγύτητά τους σε καλλιέργειες σιταριού), για την περίοδο αναφοράς 1980-2019, συγκρίθηκαν μεταξύ τους. Η σύγκριση έγινε α) με τον προσδιορισμό του κλιματικού τύπου βάσει της κατάταξης Köppen, β) σε εποχιακή βάση για το σύνολο και για κάθε σταθμό ξεχωριστά χρησιμοποιώντας μια ποικιλία στατιστικών μέτρων (mean, Std, Q25, Q50 και Q75), στατιστικών δεικτών (RMSE, EF1 και r) και θερμοκρασιακών (ποσοστό ημερών με $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$, $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$) και υδρομετρικών δεικτών (95° and 99° εκατοστημόρια και το ποσοστό ημερών με $\text{Prec} \geq 0.1\text{mm}$ και $\text{Prec} \geq 1\text{mm}$). Επιπρόσθετες συγκρίσεις έγιναν, για την περίοδο αναφοράς και την εφαρμογή κλιματικών σεναρίων (εφαρμόστηκαν στα αρχικά δεδομένα των T_{max} και T_{min}), μεταξύ των σταδίων ανάπτυξης (άνθησης και ωρίμανσης) και συγκομιδής, όταν τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα τροφοδότησαν το μοντέλο CERES-Wheat.

Τα Agri4cast και Eobs-0.1 ήταν τα καλύτερα προϊόντα όσον αναφορά την κλιματική ταξινόμηση κατά Köppen. Κατά την εποχιακή σύγκριση, όλα τα πλεγματικά προϊόντα συστηματικά υποεκτίμησαν τις κεντρικές τιμές των παρατηρήσεων των θερμοκρασιών και της βροχόπτωσης. Καλύτερες επιλογές αναδείχθηκαν τα Eobs-0.1 και Agri4cast για την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία και τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25 για την βροχόπτωση. Όσον αφορά την ηλιακή ακτινοβολία, τα πλεγματικά προϊόντα υπερεκτίμησαν τις κεντρικές τιμές, με τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25 να αποτελούν τις ιδανικότερες επιλογές. Τους θερμοκρασιακούς δείκτες προσεγγίζουν καλύτερα τα Eobs-0.1 και Agri4cast, ενώ τους υδρομετρικούς τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25.

Συνολικά τα Eobs-0.1 ήταν τα καλύτερα πλεγματικά προϊόντα παρουσιάζοντας (α) για τις θερμοκρασίες, τις μικρότερες διαφορές (εκφρασμένες ως $\text{RMSE}/\text{mean} * 100$), το καλοκαίρι (2%, 5%, για T_{max} και T_{min} , αντιστοίχως) και το φθινόπωρο (3%, 8%, για T_{max} και T_{min} , αντιστοίχως) και τις μεγαλύτερες την άνοιξη (4%, 10%, για T_{max} και T_{min} , αντιστοίχως) και τον χειμώνα (6%, 30%, για T_{max} και T_{min} , αντιστοίχως), (β) για την βροχόπτωση, τα μικρότερα λάθη την άνοιξη, το φθινόπωρο και τον χειμώνα (14%, 17%, 15%, αντιστοίχως) και τα μεγαλύτερα το καλοκαίρι (46%) και (γ) για την ηλιακή ακτινοβολία, παρόμοιες διαφορές (6-7%).

Τα Eobs-0.1 εμφάνισαν τις μικρότερες αποκλίσεις για τα στάδια ανάπτυξης και τη συγκομιδή για την περίοδο αναφοράς (κατά μέσο όρο 5 ημέρες για την άνθηση, 6 ημέρες για την ωρίμανση και 10% για την συγκομιδή) και κατά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων (κατά μέσο όρο 4 ημέρες για την άνθηση, 3 ημέρες για την ωρίμανση και 8% για την συγκομιδή), με τα Agri4Cast να ακολουθούν σε μικρή απόσταση. Τα Agri4Cast και Eobs-0.1 αναδείχθηκαν καλύτερες επιλογές και κατά την απεικόνιση των αποκλίσεων των σταδίων ανάπτυξης και συγκομιδής σε επιφάνειες.

Gridded datasets are widely used to study weather and climate, so it is important investigators consider their strengths and weaknesses. Maximum and minimum temperature (Tmax and Tmin, respectively), precipitation (Prec), and solar radiation data (QQ) from three gridded datasets (E-OBS in 2 spatial resolutions (10km (Eobs-0.1)) and 25km (Eobs-0.25) and Agri4cast) and 13 Mediterranean stations (Obs) (selected for their proximity to wheat crops), during 1980-2019, were compared. The comparison was made a) by determining the climate type based on the Köppen classification, b) on seasonal basis for all and each station separately, using a variety of statistical measures (mean, Std, Q25, Q50 και Q75), statistical indices (RMSE, EF1 και r) and temperature (frequency of days with $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$, $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$)- and precipitation (95th and 99th percentiles and frequency of days with $\text{Prec} \geq 0.1\text{mm}$ and $\text{Prec} \geq 1\text{mm}$)- based indices. Additional comparisons, for the reference and climate change scenarios (constructed by perturbing the historical Tmax and Tmin time series), were made between development stages (anthesis and maturity) and yield, when the CERES-Wheat model was run on potential mode with the gridded and observations datasets.

With regards to Köppen climate classification, Agri4cast and Eobs-0.1 were the best products. All gridded products systematically underestimated the central trends of temperature and precipitation observations on seasonal basis. The best choices were Eobs-0.1 and Agri4cast for temperature and Eobs-0.1 and Eobs-0.25 for precipitation. The gridded products also overestimated the central trends of solar radiation, with Eobs-0.1 and Eobs-0.25 being the best choices. Regarding the temperature- based indices, Eobs-0.1 and Agri4cast exhibited the lower deviations from observations, while the Eobs gridded products approximated better the precipitation-based indices.

Overall, Eobs-0.1 was the best gridded product presenting (a) for temperatures, the lower discrepancies (expressed as $\text{RMSE}/\text{mean} \times 100$) in summer (2%, 5%, for Tmax and Tmin, respectively) and autumn (3%, 8%, for Tmax and Tmin, respectively) and the larger in spring (4%, 10%, for Tmax and Tmin, respectively) and winter (6%, 30%, for Tmax and Tmin, respectively) (b) for precipitation, the lowest errors in spring, autumn and winter (14%, 17%, 15%, respectively) and the larger in summer (46%) and (c) for solar radiation, similar seasonal discrepancies (6-7%).

Eobs-0.1 also showed the smallest discrepancies for both developmental stages and yield production estimated with CERES-Wheat, during the reference period (5 days for anthesis, 6 for maturity and 10% for yield production, on average) and climate scenarios (4 days for anthesis, 3 days for maturity and 8% for yield production, on average), followed by Agri4cast. Additionally, Agri4cast and Eobs-0.1 were the best choices after depicting the stages of growth and yield production on surfaces.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πηγές Μετεωρολογικών δεδομένων

1.1.1 Παρατηρησιακά Μετεωρολογικά Δεδομένα

Στις μέρες μας υπάρχουν διάφορες πηγές μετεωρολογικών δεδομένων, που χρησιμοποιούνται στις μετεωρολογικές και κλιματολογικές έρευνες. Οι ατμοσφαιρικές παρατηρήσεις περιλαμβάνουν τις απευθείας (in situ) μετρήσεις των κύριων ατμοσφαιρικών μεταβλητών όπως είναι η ταχύτητα του ανέμου, η πίεση, η θερμοκρασία, το ύψος βροχής και η υγρασία, τις οπτικές παρατηρήσεις που σχετίζονται με τα νέφη και το είδος των κατακρημνισμάτων και τις εξ αποστάσεως παρατηρήσεις της θερμοκρασίας, υγρασίας, των νεφών, του ανέμου και άλλων παραμέτρων. Όλα τα παραπάνω βοηθούν στην αρχικοποίηση των αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης καιρού και γενικότερα στην κατανόηση της ατμόσφαιρας και του συστήματος Γης-Ατμόσφαιρας-Ωκεανών (Atlas 1997).

Από την αρχή της εμφάνισης των ανθρώπων εκτιμάται ότι πραγματοποιούνταν παρατηρήσεις της ατμόσφαιρας, ενώ απλουστευμένα μετεωρολογικά όργανα για ποιοτικές παρατηρήσεις εμφανίστηκαν πάνω από δύο χιλιάδες χρόνια πριν. Ωστόσο, το τωρινό σύστημα παρατήρησης της ατμόσφαιρας αναπτύχθηκε τα τελευταία εκατοντάδες χρόνια. Η συστηματική μελέτη της ατμόσφαιρας ξεκίνησε με την ανάπτυξη εξελιγμένων οργάνων μέτρησης των ατμοσφαιρικών παραμέτρων. Το πρώτο όργανο ποσοτικής μέτρησης της βροχής χρησιμοποιήθηκε πρώτα στην Κορέα, περίπου το 1440 (Godske et al., 1957). Μέχρι τα μέσα του 1700 χρησιμοποιούνταν πλέον όλα τα κύρια μετεωρολογικά όργανα (θερμόμετρο, βαρόμετρο, υγρόμετρο και ανεμόμετρο). Στα επόμενα εκατό χρόνια αποδείχτηκε και επιβεβαιώθηκε η χρησιμότητα των οργάνων κι έτσι στα μέσα του 1800, κατασκευάστηκαν τα πρώτα ουσιαστικά δίκτυα παρατήρησης, ενώ εγκαθιδρύθηκαν και οι πρώτες εθνικές υπηρεσίες πρόγνωσης καιρού. Σε αυτό συνέβαλλε η εφεύρεση των τηλεγράφων, οι οποίοι βοήθησαν στην μεταφορά των δεδομένων από έναν σταθμό σε έναν άλλο με τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος. Μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα τα παγκόσμια δίκτυα παρατηρήσεων ήταν πολύ περιορισμένα (Daley, 1991). Εκείνη την εποχή, οι περισσότερες από τις παρατηρήσεις βασίζονταν σε “φτωχά” οργανωμένες επιφανειακές παρατηρήσεις πίεσης, θερμοκρασίας, ανέμου, υγρασίας, νέφωσης και βροχής. Παρόλα αυτά σημαντικές πρόοδοι έγιναν στην εξέλιξη της ικανότητας περιγραφής και πρόβλεψης της ατμόσφαιρας. Πριν την εφεύρεση των τηλεγράφων η μόνη προσέγγιση μελέτης και πρόγνωσης του καιρού ήταν οι επιτόπιες παρατηρήσεις. Πολλές χρήσιμες παρατηρήσεις μπορούσαν να εξαχθούν με αυτήν την μέθοδο (Godske et al., 1957; Kutzbach 1979). Για παράδειγμα ο H.W. Dove το 1840 είχε την ικανότητα να αναγνωρίζει τα πολικά και ισημερινά ρεύματα του αέρα και να διατυπώσει την υπόθεση ότι η αλληλεπίδραση αυτών των ρευμάτων μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη καταιγίδων.

Τα δίκτυα παρατήρησης, που σταδιακά αναπτύχθηκαν, ουσιαστικά αποτελούν τους μετεωρολογικούς σταθμούς. Στις μέρες μας ένας μετεωρολογικός σταθμός επιφανείας εδάφους

αποτελείται από ένα σύνολο εγκαταστάσεων και μετεωρολογικών οργάνων, με τα οποία παρατηρούνται, μετρούνται και καταγράφονται τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Από αυτά τα όργανα, άλλα βρίσκονται εγκατεστημένα στην ύπαιθρο και άλλα σε ειδικές αίθουσες (βαρόμετρα). Τα εγκατεστημένα στην ύπαιθρο όργανα είτε λειτουργούν υπό σκιά, δηλαδή βρίσκονται μέσα σε ειδικές κατασκευές, τους μετεωρολογικούς κλωβούς (όπως θερμογράφοι και υγρογράφοι), είτε είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες (όπως βροχόμετρα, θερμόμετρα εδάφους, δεξαμενή μέτρησης εξάτμισης και ηλιογράφοι). Υπάρχουν και φορητά μετεωρολογικά όργανα όπως το βαρόμετρο, το ανεμόμετρο κ.α. Ανάλογα με την διαθεσιμότητα των οργάνων, οι μετεωρολογικοί σταθμοί κατατάσσονται σε τέσσερεις τάξεις, με την πρώτη τάξη να περιλαμβάνει έναν πλήρως οργανωμένο σταθμό, ενώ οι σταθμοί της δεύτερης τάξης στερούνται αυτογραφικών οργάνων. Στην τρίτη τάξη υπάρχουν μόνο ακροβάθμια θερμόμετρα και βροχόμετρα, ενώ οι μετεωρολογικοί σταθμοί της τέταρτης τάξης περιλαμβάνουν μόνο βροχόμετρο. Προϋπόθεση κατασκευής του μετεωρολογικού σταθμού αποτελεί η προσεκτική επιλογή της θέσης του, ώστε να λαμβάνονται τα πιο σωστά και αντιπροσωπευτικά στοιχεία της περιοχής. Το σύνολο των μετεωρολογικών σταθμών που λειτουργούν συγχρόνως κάτω από ενιαία εποπτεία σε μία χώρα καλείται μετεωρολογικό δίκτυο αυτής (Φλόκας, 1992). Ενώ η χρήση των δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς έχει πλεονεκτήματα, ένα δίκτυο παρατήρησης συνήθως περιορίζεται είτε από ανεπαρκή πυκνότητα σταθμών, ιδιαίτερα σε ορεινές περιοχές, είτε από έλλειψη συνεχών παρατηρήσεων, από περιορισμούς στο πόσο αντιπροσωπευτικός είναι ένας μεμονωμένος σταθμός στο κλιματικό περιβάλλον της περιοχής, ιδιαίτερα σε περιοχές ετερογενούς φυσιογραφίας και χρήσης γης (π.χ. Pielke et al., 2007), και σε ζητήματα ποιοτικού ελέγχου και κλιματικές ανομοιογένειες (π.χ. Abatzoglou et al., 2009).

Η χρήση των καιρικών παρατηρήσεων οδήγησε στην δημιουργία των χαρτών καιρού. Έτσι, οι καιρικές παρατηρήσεις συνέβαλλαν στην δημιουργία της συνοπτικής μεθόδου (synoptic method), η οποία βασίζεται στην χρήση χαρτών καιρού για την μελέτη της ατμόσφαιρας και για καιρικές προγνώσεις. Αυτό βοήθησε την εγκαθίδρυση εθνικών υπηρεσιών πρόγνωσης καιρού και στην ανάπτυξη συνοπτικών μοντέλων (Bergeron, 1959).

Μία ακόμα μέθοδος παρατήρησης της ατμόσφαιρας είναι οι απευθείας αέριες μετρήσεις, που ξεκίνησαν το 1749, όταν ένα θερμόμετρο συνδέθηκε σε έναν χαρταετό κι έπειτα αφέθηκε ψηλά (Lally, 1985) αποτελώντας την αρχή ανακάλυψης και εξέλιξης των ραδιοβολίσεων. Επιπροσθέτως, οι μετεωρολογικοί δορυφόροι που εμφανίστηκαν περίπου το 1960 συντέλεσαν αποτελεσματικά στην ενίσχυση των μεθόδων παρατήρησης της ατμόσφαιρας. Ο πρώτος δορυφόρος καιρού, TIROS I, εκτοξεύτηκε για πρώτη φορά το 1960 παρέχοντας εικόνες νεφών, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της πίεσης, των μετώπων και για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με την ατμοσφαιρική σταθερότητα, τον άνεμο, την υγρασία και τα κατακρημνίσματα (Vaughan and Johnson, 1994).

Στην παρούσα εργασία από το σύνολο των μεθόδων των ατμοσφαιρικών παρατηρήσεων χρησιμοποιούνται δεδομένα, που προέκυψαν από μετρήσεις σε μετεωρολογικούς σταθμούς (παρατηρησιακά δεδομένα). Οι παρατηρήσεις στους μετεωρολογικούς σταθμούς

πραγματοποιούνται είτε με επιτόπιες μετρήσεις από τον παρατηρητή, είτε αυτόματα με καταγραφή των μετρήσεων μέσω ειδικά κατασκευασμένων αυτόματων συστημάτων. Τέτοιες μετρήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε πολλές έρευνες και για διαφορετικούς σκοπούς (π.χ. Jimenez et al (2010), Cortez και Morais (2007), Zuo et al (2019)). Για παράδειγμα, οι Zuo et al (2019) χρησιμοποίησαν σε συνδυασμό με τα δεδομένα τηλεπισκόπησης και δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, από 69 μετεωρολογικούς σταθμούς της βορειοανατολικής Κίνας, για την περίοδο 1960-2014, με σκοπό να εκτιμηθεί η ξηρασία της περιοχής.

1.1.2 Πλεγματικά Δεδομένα

Ένα από τα κύρια ζητήματα που εμφανίζονται στο μεγαλύτερο ποσοστό των κλιματολογικών μελετών καθώς και μία από τις κύριες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες του κλίματος, για τη διεξαγωγή της έρευνάς τους, είναι η ανάγκη να έχουν ακριβή και μακροπρόθεσμα σύνολα δεδομένων. Τέτοια δεδομένα που οδηγούν σε αξιόπιστα αποτελέσματα και συμπεράσματα και μπορούν να παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για την παρακολούθηση των τάσεων των κλιματικών παραμέτρων, πρέπει να έχουν ομοιογενή χωρική ανάλυση στην περιοχή ενδιαφέροντος, θα πρέπει να έχουν μεγάλη χρονική περίοδο και να μην έχουν κενά. Επιπλέον, τα ποιοτικά δεδομένα αποτελούν ουσιαστικό εργαλείο για την αξιολόγηση ενός κλιματικού μοντέλου, τις προσομοιώσεις υδρολογικών και αγρομετεωρολογικών μοντέλων, τις μελέτες επιπτώσεων και τον καθορισμό στρατηγικών προσαρμογής και μετριασμού (Acharya et al., 2019; Jiang et al., 2021). Παρόλο που πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο διαθέτουν επαρκές δίκτυο σταθμών παρατήρησης, σε αρκετές περιπτώσεις, τα σύνολα δεδομένων τους δεν πληρούν τα προαναφερθέντα κριτήρια. Έτσι, προκειμένου να καλυφθεί αυτή η αδυναμία, τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί πλεγματικά δεδομένα υψηλής χωρικής και χρονικής ανάλυσης (Tarek et al., 2020). Αν και η χρησιμότητα των πλεγματικών δεδομένων έγκειται κυρίως στο γεγονός ότι αποτελούν μια σύγχρονη και αποτελεσματική πηγή πληροφοριών για πολυάριθμες κλιματολογικές μελέτες με τη χρήση μεγάλου μήκους χρονοσειρών (Isotta et al., 2015), αυτά τα δεδομένα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αδιακρίτως (Yang and Zhang, 2018), καθώς ενδέχεται να επηρεαστούν από τις πιθανές ανομοιογένειες των δεδομένων παρατήρησης, σφάλματα στη δορυφορική ακτινοβολία, ελλιπή δόμηση του μοντέλου και ανεπαρκή αναπαράσταση της τοπογραφίας (Rapaić et al., 2015). Η αξιολόγηση των πλεγματικών δεδομένων είναι πολύ σημαντική προκειμένου να εκτιμηθούν οι πιθανές αβεβαιότητες που προκύπτουν από τη χρήση τους. Κάθε σετ δεδομένων, θα μπορούσε να έχει ασυνέπειες στην απόδοσή του, καθώς σε ορισμένες περιοχές και εφαρμογές θα μπορούσε να παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ σε άλλες όχι. Επομένως, δεν μπορεί να εξαχθεί γενικό και καθολικό συμπέρασμα για ολόκληρο τον πλανήτη σχετικά με την ικανότητά των πλεγματικών δεδομένων να αποτυπώσουν τα κλιματικά χαρακτηριστικά εξίσου καλά σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, τα αποτελέσματα μιας αξιολόγησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την παράμετρο που αξιολογείται (π.χ. θερμοκρασία ή βροχόπτωση) καθώς και από το εάν ελέγχονται οι μέσες ή ακραίες τιμές της (Velikou et al., 2021).

Παρόλο που τα παρατηρησιακά δεδομένα αποτελούν την κύρια πηγή δεδομένων για την μελέτη του καιρού και του κλίματος, τα πλεγματικά δεδομένα (που χωρίζονται στα δεδομένα

επανάλυσης (reanalysis) και επανεπεξεργασίας (reprocessing) (υπόκεφάλαιο 1.2.1 και 1.2.2, αντιστοίχως) αντιπροσωπεύουν μια πολύτιμη πηγή πληροφοριών για περιοχές με αραιό δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών (Ceglar et al., 2017). Ο αριθμός των μετεωρολογικών σταθμών και παρατηρήσεων τείνει να σχετίζεται με την πυκνότητα του πληθυσμού και το επίπεδο ανάπτυξης μιας περιοχής (Beguería et al., 2016). Αυτό οδηγεί συχνά σε αδυναμία των ερευνητών συλλογής δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς για την μελέτη μιας όχι και τόσο αναπτυγμένης περιοχής με αποτέλεσμα να καταφεύγουν στην χρήση των πλεγματικών δεδομένων. Η χρήση των πλεγματικών δεδομένων προσπαθεί να μετριάσει τις ελλείψεις και τα σφάλματα που υπάρχουν και προκύπτουν με την χρήση των παρατηρησιακών δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς. Έτσι, τα πλεγματικά δεδομένα χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως από τους επιστήμονες στις μελέτες τους. Δεδομένης της ευρείας και συχνής χρήσης τους, οι ερευνητές οφείλουν να εξετάσουν τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία τους. Πλεγματικά δεδομένα έχουν χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως σε αμέτρητες επιστημονικές μελέτες. Για παράδειγμα, οι Voulanas και Mavromatis (2021) αξιολόγησαν πέντε διαφορετικά πλεγματικά προϊόντα (ERA-Interim, Agri4Cast, UERRA MESCAN-SURFEX, ERA5-Land και E-OBS), μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων τους για την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία στην Ελλάδα, ενώ για την ίδια περιοχή οι Mavromatis και Voulanas (2020) αξιολόγησαν τρία πλεγματικά σύνολα (ERA-Interim, Agri4Cast και E-OBS) βάσει των αποτελεσμάτων της βροχόπτωσης και της ξηρασίας, για είκοσι περιοχές παραγωγής κρασιού. Ακόμα, οι Hofstra et al. (2009) έλεγξαν την αξιοπιστία των E-OBS συγκρίνοντάς τα με άλλα πλεγματικά προϊόντα (UK, Alps και ELDAS), για την Ευρωπαϊκή περιοχή, ενώ για την ίδια περιοχή οι Toreti et al (2019) σύγκριναν τα Agri4cast, με τα προϊόντα AgMERRA και ERA-Interim. Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα ανέδειξαν τα E-OBS και Agri4cast αξιόπιστα, αλλά με ύπαρξη περιορισμών και σφαλμάτων ανάλογα την περιοχή μελέτης και την εξεταζόμενη μετεωρολογική παράμετρο, που οφείλονται κυρίως στο αραιό δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών και στα κενά των παρατηρησιακών δεδομένων.

Τα πλεγματικά δεδομένα εμφανίζουν μια σειρά πλεονεκτημάτων έναντι των παρατηρησιακών δεδομένων και για αυτό άλλωστε χρησιμοποιούνται ευρέως σε κλιματικές μελέτες. Εξαιτίας της συστηματικής χωρικής δομής τους είναι περισσότερο επαρκή, έναντι των παρατηρησιακών δεδομένων, για την χωρική αναπαράσταση μεταβλητών συμβάλλοντας στην κατασκευή ικανοποιητικότερων χαρτών. Κατά τον υπολογισμό μεταβλητών όπως η μέση περιοχική ή παγκόσμια θερμοκρασία, (Rohde et al., 2013b) αποτελούν βέλτιστες πηγές δειγματοληψίας, όσον αφορά την χωρική αναπαράσταση αποφεύγοντας σφάλματα που μπορεί να προκληθούν με την επιλογή παρατηρησιακών δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς μη-συστηματικής (ακανόνιστης) χωρικής κατανομής. Έτσι, αποτελούν τις πλέον κατάλληλες πηγές δεδομένων για την εφαρμογή γεωργικών, υδρολογικών ή άλλων χωρικών μοντέλων προσομοίωσης. Επίσης, προτιμώνται για την χρήση στατιστικών τεχνικών, όπως η ανάλυση κύριων συνιστωσών, ενώ επιλέγονται και για την αξιολόγηση των περιοχικών και παγκόσμιων μετεωρολογικών μοντέλων (Haylock et al., 2008). Τα πλεγματικά δεδομένα έχουν όμως και μειονεκτήματα που πρέπει να γίνουν κατανοητά για να αποφευχθούν εσφαλμένες ερμηνείες των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, ενώ η στατιστική παρεμβολή είναι καλή στην απεικόνιση του μέσου όρου των δεδομένων, δεν προσφέρει επαρκή αναπαράσταση της διακύμανσής (αποκλίσεις από τις μέσες τιμές) με αποτέλεσμα να προκύπτει ένα πεδίο με μειωμένη χωρική μεταβλητότητα (μια πιο λεία επιφάνεια) από το πραγματικό πεδίο (Grimes and Pardo-Igúzquiza, 2010).

1.1.2.1 Δεδομένα επανάλυσης (reanalysis)

Μια προτιμώμενη μέθοδος για την αναδόμηση της τρισδιάστατης κατάστασης της ατμόσφαιρας του παρελθόντος είναι η χρήση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται στην αριθμητική πρόγνωση καιρού (NWP- Numerical Weather Prediction) (Bengtsson and Shukla, 1988). Με αυτόν τον τρόπο τα παρατηρησιακά δεδομένα επαναλύονται με προηγμένες τεχνικές αφομοίωσης δεδομένων, ώστε να παραχθεί μια σταθερή αρχική κατάσταση για την επόμενη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη με αποτέλεσμα να παράγεται μια συνεχή ροή τρισδιάστατων πεδίων μετεωρολογικών μεταβλητών (Bengtsson et al., 2004). Έτσι, τα δεδομένα επανάλυσης παράγονται με την χρήση αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης καιρού, τα οποία δέχονται ως πηγές εισόδου παρατηρησιακά δεδομένα σχετικά με την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια του εδάφους, για να ανασυνθέσουν τις μεταβλητές που αφορούν την επιφάνεια του εδάφους, των ωκεανών και της κατάστασης της ατμόσφαιρας του παρελθόντος (Pelosi et al., 2020). Πολλά προϊόντα επανάλυσης έχουν παραχθεί και είναι διαθέσιμα για κλιματικές και μετεωρολογικές μελέτες, όπως για παράδειγμα τα δεδομένα επανάλυσης του ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) για 15 έτη (ERA15) (Gibson et al., 1997) και για 40 έτη (ERA40) (Simmons and Gibson, 2000), τα ERA-Interim του ECMWF (Simmons et al., 2006), τα NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction, National Center for Atmospheric Research) (Kalnay et al., 1996; Kistler et al., 2001), τα GEOS1 (Goddard Earth Observ-ing System 1) (Schubert et al., 1993), τα MERRA (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications) της NASA (Rienecker et al., 2011) και τα Agri4cast (JRC MARS Meteorological Database).

Η χωρική και χρονική ανάλυση των παραγόμενων δεδομένων, που προσδιορίζονται από το μοντέλο, είναι ανεξάρτητες από τον αριθμό των παρατηρήσεων, καθώς οι περιοχές οι οποίες δεν διαθέτουν επαρκείς παρατηρήσεις, θα γεμίσουν με πληροφορίες που δημιουργούνται από το μοντέλο. Αν και η επανάλυση παρέχει σύνολα δεδομένων για οποιαδήποτε χρονική περίοδο, η χρησιμότητά τους εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ποιότητα και την κατανομή των παρατηρήσεων στο χρόνο και στο χώρο. Η χρήση μοντέλων είναι μακράν ο πιο ακριβής τρόπος παρεμβολής δεδομένων στο χρόνο και στο χώρο, καθώς αποτελούν ένα μέσο επίτευξης δυναμικής συνέπειας μεταξύ διαφορετικών ατμοσφαιρικών μεταβλητών (Bengtsson et al., 2004).

1.1.2.2 Δεδομένα επανεπεξεργασίας (reprocessed)

Αυτά τα πλεγματικά δεδομένα δημιουργούνται με την χρήση της χωρικής παρεμβολής (spatial interpolation) των παρατηρησιακών μετρήσεων που προέρχονται από τους μετεωρολογικούς σταθμούς (Hollis et al., 2019). Ωστόσο, η ανομοιογενής κατανομή των μετεωρολογικών σταθμών είναι προβληματική για την χρήση της μεθόδου παρεμβολής σε ορεινές περιοχές (π.χ. Daly et al., 2008). Αν και η τεχνική της παρεμβολής είναι καλή στη διατήρηση του μέσου όρου των δεδομένων, συχνά οδηγεί σε λανθασμένα αποτελέσματα σε σύγκριση με την πραγματικότητα (Beguería et al., 2016). Η αξιολόγησή τους είναι απαιτούμενο βήμα για την εκτίμηση της αβεβαιότητας λόγω της παρεμβολής (που κυρίως εξαρτάται από την πυκνότητα του δικτύου παρατήρησης που χρησιμοποιείται) και των μοντέλων αφομοίωσης και πρόβλεψης δεδομένων (Yang and Zhang, 2018; Shah and Mishra, 2014). Οι Hofstra et al. (2009) αξιολογούσαν τα δεδομένα επανεπεξεργασίας E-OBS (υποενότητα 2.3.2)), ημερήσιας βροχόπτωσης και

θερμοκρασίας και βρήκαν ότι όσο λιγότεροι μετεωρολογικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται για την παρεμβολή, τόσο η βροχόπτωση και η θερμοκρασία εξομαλύνονται οδηγώντας σε μία τάση μείωσης των ημερήσιων τιμών συγκριτικά με τον «πραγματικό» μέσο όρο της εκάστοτε περιοχής. Μάλιστα σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα μετεωρολογικών σταθμών αναμένεται ότι η εξομάλυνση θα είναι σημαντική και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από οποιονδήποτε χρήστη του προϊόντος αυτού. Οι τεχνικές χωρικής παρεμβολής που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πλεγματικών δεδομένων περιλαμβάνουν τη μέθοδο του πλησιέστερου γειτονικού σταθμού (Hulme, 1992), τη μέθοδο του απλού αριθμητικού μέσου όρου σε ορθογώνια κελιά (Jones et al., 2012), τη μέθοδο σταθμισμένου μέσου όρου όπως η μέθοδος αντιστροφής απόστασης (Mitchell and Jones, 2005), τη μέθοδο γωνιακής απόστασης (Shepard, 1968, Alexander et al., 2006), τη μέθοδο γραμμικής παρεμβολής (Harris et al., 2014), τη μέθοδο παλινδρόμησης (Daly et al., 2008) ή τη μέθοδο Kriging (Haylock et al., 2008, Hofstra et al., 2008).

Γνωστά προϊόντα επανεπεξεργασίας είναι τα GISTEMP (Goddard Institute for Space Studies Surface Temperature) (Hansen et al., 2010), CRUTEM4 (Climatic Research Unit Temperature, v.4) (Jones et al., 2012) και E-OBS (European gridded dataset). Τα προϊόντα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για να ξεπεραστεί το πρόβλημα της αναντιστοιχίας κλίμακας μεταξύ κλιματικών μοντέλων RCMs (Regional Climate Models) και μετεωρολογικών σταθμών σε περιοχές με υψηλή (π.χ. Semmler and Jacob 2004; Beniston et al. 2007) και χαμηλή πυκνότητα (π.χ. Christidis et al., 2005) σταθμών.

1.2 Ο σκληρός σίτος στην Μεσόγειο

Τα σιτηρά ανήκουν στην οικογένεια των αγρωστωδών (Gramineae) και ανάλογα με την εποχή σποράς, διακρίνονται σε χειμερινά και εαρινά. Χειμερινά είναι αυτά που η σπορά πραγματοποιείται το φθινόπωρο ή στην αρχή του χειμώνα και εαρινά αυτά που η σπορά γίνεται την άνοιξη. Στα χειμερινά κατατάσσονται το σιτάρι, το κριθάρι, η βρόμη και η σίκαλη ενώ στα εαρινά το καλαμπόκι, το ρύζι, το σόργο και το κεχρί. Από τα χειμερινά σιτηρά την μεγαλύτερη οικονομική σημασία παγκοσμίως παρουσιάζει το σιτάρι, έπειτα το κριθάρι και τέλος η βρόμη και η σίκαλη. Τα σιτηρά αποτελούν βασική τροφή για τον μισό περίπου πληθυσμό του πλανήτη, παρέχοντας το 56% της ενέργειας των τροφών και το 50% των πρωτεϊνών που καταναλώνονται (Παπακώστα, 1997).

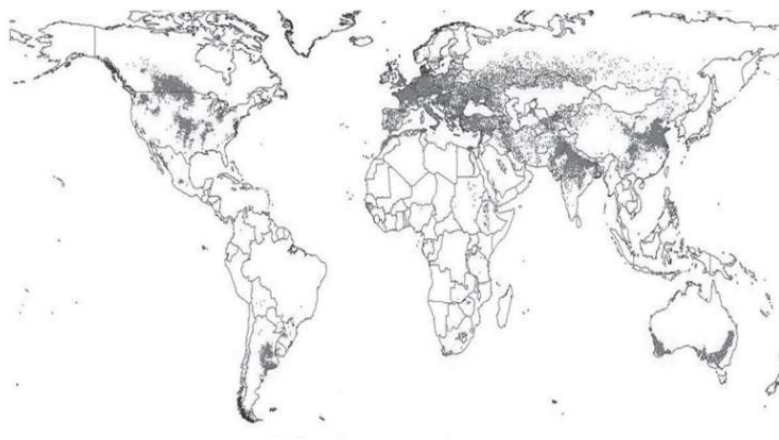
Στις μέρες μας το μεγαλύτερο ποσοστό σιταριού που καλλιεργείται παγκοσμίως αποτελεί το εξαπλοειδές *T.aestivum* και το τετραπλοειδές *T.durum*. Το *T.aestivum* ή αλλιώς *common wheat* ανήκει στην κατηγορία του μαλακού σιταριού και χρησιμοποιείται στην δημιουργία ψωμιού, για αυτό είναι γνωστό και ως bread wheat. Το *T.durum* ανήκει στην κατηγορία του σκληρού σιταριού και χρησιμοποιείται στην κατασκευή ζυμαρικών. Ωστόσο, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ψωμιού. Επίσης, είναι περισσότερο προσαρμοσμένο στο ξηρό μεσογειακό κλίμα έναντι του *T.aestivum*. Μικρές ποσότητες άλλων ειδών σιταριού εξακολουθούν να καλλιεργούνται σε ορισμένες περιοχές, όπως στην Ισπανία, Ιταλία, Τουρκία, Βαλκάνια και Ινδία (Royo et al., 2017).

Στην λεκάνη της Μεσογείου ο σκληρός σίτος (*Triticum turgidum* L. subs. *durum* [Desf.]) είναι η πιο συνηθισμένη καλλιέργεια αποτελώντας ταυτόχρονα μια από τις σημαντικότερες καλλιέργειες της Μεσογειακής διατροφής (García et al., 2019). Σύμφωνα με στατιστικά της Ευρωπαϊκής Επιτροπής η Ισπανία, Ιταλία και Γαλλία μαζί εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν το 80% της συνολικής παραγωγής σκληρού σίτου στην Ευρώπη (Rossini et al., 2018).

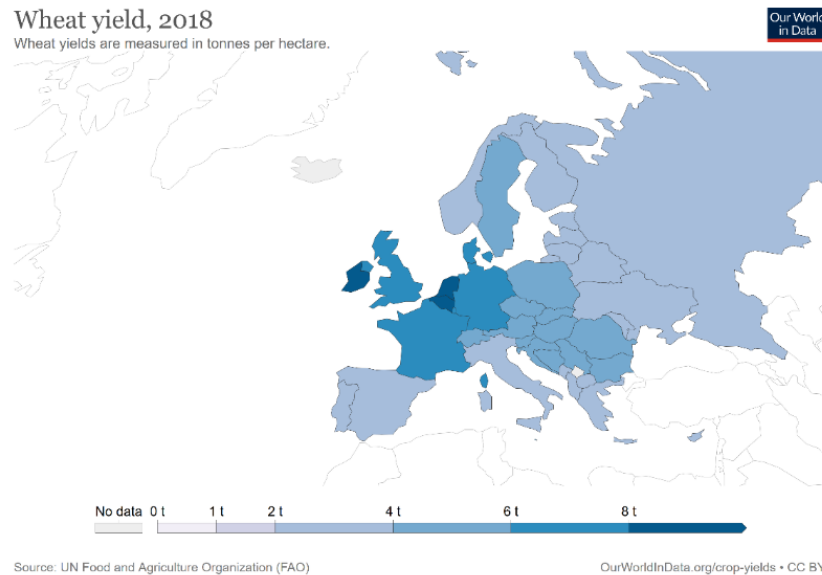
Η λεκάνη της Μεσογείου περιλαμβάνει χώρες μεταξύ 27° και 47° Β και 10° Δ με 37° Α. Στην περιοχή αυτή, το σιτάρι καλλιεργείται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες που ποικίλλουν από ευνοϊκές έως αντίξοες συνθήκες (όπως είναι οι ξηρές περιοχές). Στο μεσογειακό κλίμα, οι περισσότερες βροχοπτώσεις πέφτουν το φθινόπωρο και το χειμώνα, ενώ εμφανίζεται έλλειμμα νερού την άνοιξη και το καλοκαίρι, για αυτό χρειάζεται προσοχή της καλλιέργειας κατά την φάση της άνθησης στην οποία πραγματοποιείται η πλήρωση των κόκκων (Royo et al., 2017). Οι κλιματικές συνθήκες στα βόρεια και νότια της λεκάνης της Μεσογείου έχουν μεγάλες διαφορές. Ενώ ο βορράς έχει εύκρατο και ψυχρό κλίμα (κατηγορίες C και D, αντίστοιχα, σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση Köppen), ο νότος έχει ξηρό κλίμα (κατηγορία B σύμφωνα με την ίδια ταξινόμηση) (Leemans and Cramer, 1991). Οι Royo et al. (2014) έδειξαν ότι ο αριθμός των ημερών μέχρι την ανθοφορία, των παραδοσιακών ποικιλιών σκληρού σίτου, αυξήθηκε από την πιο ζεστή και ξηρή ζώνη, που τοποθετείται στα μικρότερα γεωγραφικά πλάτη της λεκάνης της Μεσογείου, προς την πιο κρύα και υγρή ζώνη, των μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών της Μεσογείου. Οι τοπικές ποικιλίες του σκληρού σίτου στο βόρειο τμήμα της λεκάνης της Μεσογείου έχει βρεθεί ότι έχουν περισσότερους μίσχους (stems) ανά μονάδα επιφάνειας, περισσότερη βιομάζα, υψηλότερη αναλογία βιομάζας και φυλλικής επιφάνειας και βαρύτερους κόκκους συγκριτικά με τις ποικιλίες του νότου (Royo et al., 2014; Moragues et al., 2006). Οι ποικιλίες σκληρού σίτου στις χώρες της νότιας Μεσογείου κατανέμουν περισσότερη βιομάζα στο κύριο στέλεχος του σιταριού, παράγουν περισσότερους κόκκους ανά στάχυ και ανά μονάδα επιφάνειας και έχουν υψηλότερο δείκτη συγκομιδής από αυτές των βόρειων χωρών (Moragues et al., 2006). Οι αφρικανικές ποικιλίες σιταριών φέρουν γονίδια για να αντέχουν στις φυσικές περιβαλλοντικές πιέσεις (Skovmand et al., 2005) και επομένως είναι καλύτερα προσαρμοσμένες σε περιβάλλοντα ξηρασίας από εκείνες των βόρειων χωρών (Moragues et al., 2006).

Η καλλιέργεια του σιταριού αγγίζει τα 219 εκατομμύρια εκτάρια παγκοσμίως, ενώ η παγκόσμια κατανομή σιταριού εμφανίζεται στο Σχήμα 1.1. Έντονη είναι η εξάπλωση του σιταριού στις Μεσογειακές περιοχές, κάτι που ήταν άλλωστε αναμενόμενο αν αναλογιστεί κανείς ότι η μεσογειακή διατροφή συνδέεται σημαντικά με τα σιτηρά και κυρίως το σιτάρι, καθώς αποτελούν βάση της διατροφικής πυραμίδας (Willet, et al., 1995). Στο Σχήμα 1.2 απεικονίζεται η ποσότητα παραγωγής σιταριού στην περιοχή της Ευρώπης για το έτος 2018 (<https://ourworldindata.org/>). Από το σύνολο των Ευρωπαϊκών χωρών η παρούσα μελέτη εστιάζει στις Μεσογειακές περιοχές. Έτσι, το 2018 η Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα και Κύπρος εμφάνισαν ένα εύρος βάρους συγκομιδής 2-4 τόνους ανά εκτάριο (1 εκτάριο=10 στρέμματα), ενώ η Γαλλία ένα εύρος 6-8 τόνους ανά εκτάριο. Γενικά παρατηρείται αύξηση της συγκομιδής για όλες τις χώρες με το πέρασμα των ετών (Σχήμα

1.3). Ωστόσο, θεωρείται ότι η κλιματική αλλαγή σαφέστατα θα επηρεάσει την απόδοση της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού, όπως και κάθε άλλη καλλιέργεια



Σχήμα 1.1. Παγκόσμια κατανομή σιταριού. Κάθε κουκίδα υποδηλώνει 20.000tn παραγωγής σιτηρών (CIMMYT).
Πηγή: Royo et al., 2017.

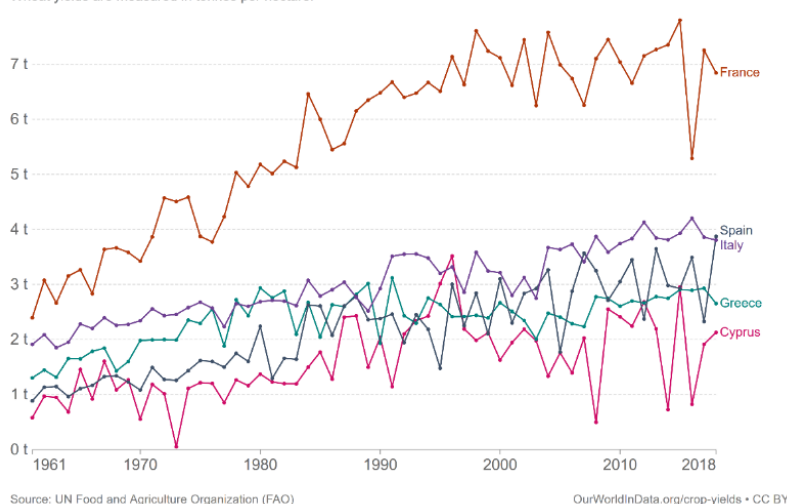


Σχήμα 1.2. Απεικόνιση του βάρους συγκομιδής του σιταριού (tn/ha) για την Ευρωπαϊκή περιοχή κατά το έτος 2018.

Wheat yield

Wheat yields are measured in tonnes per hectare.

Our World
in Data



Σχήμα 1.3. Απεικόνιση του βάρους συγκομιδής του σιταριού (tn/ha) των πέντε επιλεγόμενων Μεσογειακών χωρών (1961-2018).

1.3 Κλιματική αλλαγή και επίδραση στην γεωργία

Ο αγροτικός τομέας αποτελεί τον σημαντικότερο εμπορικό κλάδο, καθώς η παραγωγή γεωργικών προϊόντων συμβάλλει στην επιβίωση του ανθρώπου. Ωστόσο, η γεωργία επηρεάζεται από πολυάριθμους παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να προκαλέσουν διακυμάνσεις στην παραγωγή των προϊόντων, κάτι που φυσικά επηρεάζει άμεσα τον άνθρωπο. Οι παράγοντες περιλαμβάνουν τις μεταβολές της αγοράς, τις αλλαγές στις εγχώριες και διεθνείς γεωργικές πολιτικές (όπως επιδοτήσεις, και ασφάλιση), τις πρακτικές διαχείρισης, τους όρους του εμπορίου, τον τύπο και τη διαθεσιμότητα τεχνολογίας, καθώς και τα χαρακτηριστικά της χρησιμοποιούμενης γης (π.χ. διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων, ποιότητα εδάφους). Δεδομένης της εγγενούς σχέσης της με τους φυσικούς πόρους, η γεωργική παραγωγή βρίσκεται επίσης υπό την άμεση επήρεια των κλιματικών διακυμάνσεων, συμπεριλαμβανομένων ακραίων μετεωρολογικών γεγονότων, όπως οι πλημμύρες και η ξηρασία (Kurukulasuriya and Rosenthal, 2003).

Μόλις, την τελευταία δεκαετία, η κλιματική αλλαγή (όσον αφορά τις μακροπρόθεσμες αλλαγές στη μέση θερμοκρασία και ύψος βροχόπτωσης, καθώς και στην συχνότητα των ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων) σταδιακά αναγνωρίστηκε ως ένας πρόσθετος παράγοντας που θα επηρεάσει σημαντικά τον τύπο, την κλίμακα, το χώρο και τον χρόνο των γεωργικών καλλιεργειών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να είναι δυσμενείς ή ευνοϊκότερες, ενώ θεωρείται ότι κάποιες θα αργήσουν να εκδηλωθούν δίνοντας στους τοπικούς αγρότες και στις εθνικές κυβερνήσεις χρόνο να ανταποκριθούν, ενώ άλλες θα είναι απροσδόκητες και οι κατάλληλες απαντήσεις ενδέχεται να μην είναι εύκολα γνωστές ή να εφαρμοστούν εκ των προτέρων (Kurukulasuriya and Rosenthal, 2003).

Ωστόσο, η εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας επιτρέπει τους τωρινούς ερευνητές να μελετήσουν και να προβλέψουν σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της κλιματικής μεταβλητότητας και τις συνέπειες αυτής. Έτσι, σύμφωνα με την νεότερη έκθεση του IPCC (2021) η κλιματική αλλαγή είναι εκτεταμένη και συνεχίζει να εντείνεται ταχέως. Οι επιστήμονες παρατηρούν αλλαγές στο κλίμα της Γης σε κάθε περιοχή και σε ολόκληρο το κλιματικό σύστημα. Ορισμένες αλλαγές είναι πρωτοφανείς, ενώ άλλες έχουν ήδη ξεκινήσει, όπως η συνεχιζόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας, και είναι μη αναστρέψιμες. Η μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και άλλων θερμοκηπικών αερίων θα περιόριζαν την κλιματική αλλαγή. Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση όμως, θα χρειαζόταν τουλάχιστον 20-30 χρόνια για να σταθεροποιηθούν οι παγκόσμιες θερμοκρασίες. Η ανησυχία των επιστημόνων στηρίζεται στην ταχύτερη θέρμανση της Γης από ότι αναμενόταν. Η έκθεση παρέχει νέες εκτιμήσεις για τις πιθανότητες να ξεπεραστεί το επίπεδο υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά 1.5°C τις επόμενες δεκαετίες και διαπιστώνεται ότι ακόμα και αν υπάρξουν άμεσες, γρήγορες και μεγάλης κλίμακας μειώσεις στις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων, ο περιορισμός υπερθέρμανσης κοντά στους 1.5°C ή ακόμα και 2°C θα είναι ακατόρθωτος. Οι εκπομπές θερμοκηπικών αερίων λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, προκάλεσαν την θέρμανση του πλανήτη κατά περίπου 1.1°C το διάστημα 1850-1900, ενώ έχει βρεθεί ότι μέσα στα επόμενα 20 χρόνια η θέρμανση αναμένεται να φτάσει ή και να ξεπεράσει τους 1.5°C . Αυτή η εκτίμηση βασίζεται σε παρατηρησιακά δεδομένα καιρού αξιολογώντας την ιστορική θέρμανση, καθώς επίσης και την επιστημονική κατανόηση της απόκρισης του κλιματικού συστήματος στις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Οι επιστήμονες πλέον θεωρούν ότι έχουν μια καθαρότερη εικόνα του παρελθοντικού, του παρόντος και του μελλοντικού κλίματος, που τους βοηθά να κατανοήσουν το πού κατευθύνεται όλη αυτή η κλιματική αλλαγή, τί μπορούν να κάνουν και πώς να προετοιμαστούν κατάλληλα. Προβλέπεται ότι θέρμανση θα υπάρξει σε όλες τις περιοχές. Η κατά 1.5°C παγκόσμια θέρμανση θα προκαλούσε αύξηση των κυμάτων καύσωνα, μεγαλύτερες θερμές και μικρότερες ψυχρές περιόδους. Η κατά 2°C παγκόσμια θέρμανση θα προκαλούσε συχνότερη εμφάνιση ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών απειλώντας την γεωργία και την υγεία των οργανισμών της Γης. Η παγκόσμια θέρμανση θα επηρεάσει κι άλλους παράγοντες όπως την υγρασία, την ξηρασία, τους ανέμους, το χιόνι, τον πάγο, τις παράκτιες περιοχές και τους ωκεανούς. Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τον υδρολογικό κύκλο εντατικοποιώντας τις βροχοπτώσεις, ενισχύοντας τις πλημμύρες, καθώς και την ξηρασία σε πολλές περιοχές. Επίσης, στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη η βροχόπτωση είναι πιθανό να αυξηθεί, ενώ αναμένεται μείωση σε μεγάλα τμήματα των υποτροπικών περιοχών. Αλλαγές θα υπάρξουν και στις βροχοπτώσεις που συνδέονται με τους μουσώνες, οι οποίες θα ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή. Κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα, αναμένεται αύξηση της στάθμης της θάλασσας προκαλώντας σοβαρές πλημμύρες στις παράκτιες περιοχές, ενώ ακραία φαινόμενα σε αυτές τις περιοχές, που προηγουμένως συμβαίνουν μία φορά στα 100 χρόνια, θα μπορούσαν να συμβαίνουν κάθε χρόνο μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα. Επιπλέον, η θέρμανση θα ενισχύσει το λιώσιμο των πάγων και θα προκαλέσει απώλεια της εποχικής χιονοκάλυψης και του θαλάσσιου παγοκαλύμματος στην Ανταρκτική κατά την θερινή περίοδο. Οι αστικές περιοχές γενικά είναι θερμότερες από το περιβάλλον τους. Έτσι, η επερχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας θα

προκαλέσει περαιτέρω θέρμανση, σε αυτές τις περιοχές, ενώ αναμένεται έξαρση των πλημμυρών λόγω έντονων βροχοπτώσεων. Η έκθεση αναφέρει επίσης ότι οι ανθρώπινες ενέργειες εξακολουθούν να έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν τη μελλοντική πορεία του κλίματος. Σύμφωνα με τα στοιχεία, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ο κύριος μοχλός της κλιματικής αλλαγής, ακόμη και όταν άλλα αέρια του θερμοκηπίου και ατμοσφαιρικοί ρύποι επηρεάζουν επίσης το κλίμα. Όλα τα παραπάνω αναμένεται να επηρεάσουν τον αγροτικό τομέα με διάφορους τρόπους. Η γεωργία μπορεί να επηρεαστεί είτε άμεσα από την κλιματική αλλαγή, με την άμεση επίδρασή της στις καλλιέργειες, είτε έμμεσα με την επίδραση της διαθεσιμότητας και ποιότητας του νερού, των παρασίτων, των ασθενειών και τη γονιμοποίηση του φυτού.

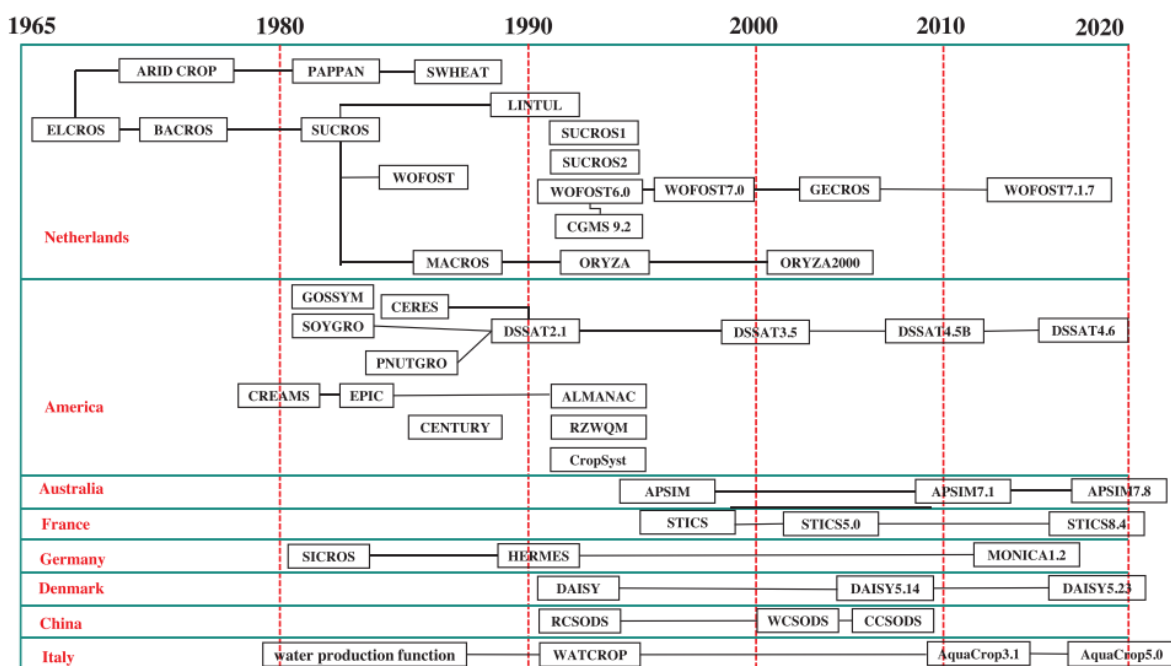
Θερμοκρασιακές αυξήσεις και μειώσεις της βροχόπτωσης έχουν προβλεφθεί, για την Μεσογειακή περιοχή, από τους Giannakopoulos et al. (2009), αναφέροντας ότι οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες των σιτηρών σχετίζονται με τις πιέσεις που θα δεχτούν οι καλλιέργειες λόγω των θερμότερων συνθηκών, με την αύξηση των αναγκών του φυτού σε νερό, καθώς και με την γρηγορότερη ανάπτυξη του φυτού (πρωίμηση). Οι θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες της Μεσογείου, θα οδηγήσουν σε μείωση της παραγωγής σκληρού σίτου κατά 8% με 50% (Tubiello et al., 2000; Ferrise et al., 2011; Ventrella et al., 2012) Αρκετές μελέτες ανέφεραν ότι το μέγεθος των κόκκων μειώνεται προοδευτικά με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά την πλήρωση των κόκκων τόσο στο κριθάρι όσο και στο σιτάρι (Gibson and Paulsen, 1999; Passarella et al., 2005). Δεδομένου ότι το μέγεθος των κόκκων του σκληρού σίτου είναι τόσο στοιχείο απόδοσης, όσο και ποιοτικός δείκτης της καλλιέργειας, η κλιματική αλλαγή μπορεί να μειώσει την αξία της παραγωγής σκληρού σίτου, με αρνητικές επιπτώσεις τόσο στον γεωργικό τομέα, όσο και στην βιομηχανία τροφίμων ολόκληρης της Μεσογειακής περιοχής (Dettori et al., 2017).

Η αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή σκληρού σίτου (δηλαδή απόδοση και ποιότητα κόκκου) είναι απαραίτητη για τη μελέτη των αντιδράσεων των καλλιεργειών, την εύρεση στρατηγικών προσαρμογής και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τα αγρομετεωρολογικά μοντέλα καλλιεργειών (crop simulation models) αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την αξιολόγηση του αντίκτυπου της κλιματικής αλλαγής στη φυτική παραγωγή και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την προσομοίωση της ανάπτυξης και συγκομιδής των καλλιεργειών (Donatelli et al., 2002; Bindi and Olesen, 2011). Παρόλο που έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες προσομοίωσης των κύριων καλλιεργειών (μαλακό σιτάρι, καλαμπόκι, πατάτα, ρύζι κ.λπ.), λίγες μελέτες έχουν επικεντρωθεί σε μεσογειακές καλλιέργειες όπως το σκληρό σιτάρι (π.χ. Guerena et al. 2001; Moriondo et al. 2010, 2011b; Ferrise et al. 2011; Giannakopoulos et al., 2009)

1.4 Μοντέλα καλλιεργειών

Τα μοντέλα αυτά αναπαριστούν την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας (χρησιμοποιώντας διαφορικές εξισώσεις με τον χρόνο) προσομοιώνοντας την αλληλεπίδραση της με τις μετεωρολογικές συνθήκες, το έδαφος και την διαχείριση της από τον αγρότη (Rauff and Bello,

2015). Ουσιαστικά μεταφράζουν τη σχέση μεταξύ των φυτών και του περιβάλλοντος τους, προσομοιώνοντας τις διεργασίες ανάπτυξης της καλλιέργειας με τον χρόνο, για την εκτίμηση της απόδοσης των καλλιεργειών κατά τη συγκομιδή. Η γνώση της αναμενόμενης απόδοσης είναι σημαντική, καθώς καθορίζει διάφορες γεωργικές, αλλά και κοινωνικοοικονομικές αποφάσεις που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τον βιοπορισμό μεγάλου ποσοστού του παγκόσμιου πληθυσμού (Murthy, 2003). Αυτά τα μοντέλα διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στην ανάπτυξη ενός προγράμματος διαχείρισης της γης για την μεγιστοποίηση των αποδόσεων των εκάστοτε καλλιεργειών. Διάφοροι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών, όπως γενετικοί, πληθυσμού φυτών, διαχείρισης καλλιεργειών, κλίματος και των πιέσεων που αντιμετωπίζει η καλλιέργεια κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Batchelor et al., 2002). Ένα μοντέλο ανάπτυξης καλλιεργειών, προσομοιώνει όλες τις διαδικασίες της καλλιέργειας, μέχρι και το τελικό στάδιο που είναι η συγκομιδή περιέχοντας ποσοτικές πληροφορίες για την ανάπτυξή της. Από το σύνολο των μοντέλων καλλιέργειας τα οποία είναι διαθέσιμα στις μέρες μας (Σχήμα 1.4), στη συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί από το μοντέλο DSSAT, το υπομοντέλο CERES-Wheat (περιγραφή μοντέλου στην υποενότητα 3.3.2), ώστε να προσομοιωθούν οι διαφορετικές φάσεις που παρατηρούνται κατά την ανάπτυξη της καλλιέργειας του σιταριού (περιγραφή φάσεων στην υποενότητα 3.3.2).



Σχήμα 1.4. Εξέλιξη των κυριότερων μοντέλων καλλιέργειας συναρτήσει του χρόνου. Πηγή: Jin et al., 2018

1.4.1 Χρήσεις των μοντέλων καλλιέργειας

Οι εφαρμογές των μοντέλων ανάπτυξης καλλιεργειών μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες: ως εργαλεία λήψης αποφάσεων στη διαχείριση των καλλιεργειών, ως εργαλεία έρευνας και ως εργαλεία εκπαίδευσης και μεταφοράς τεχνολογίας (Murthy, 2003). Ακόμα,

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία στην έρευνα υποθετικών δοκιμών (π.χ. καθορισμός βέλτιστων ημερομηνιών φύτευσης ή λίπανσης με στόχο την μεγιστοποίηση παραγωγής ή ελαχιστοποίησης της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τα λιπάσματα). Αποτελούν χρήσιμο εργαλείο καθώς μπορούν να παράγουν προσομοιώσεις στις οποίες προσαρμόζονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ανάπτυξης του φυτού, του περιβάλλοντος και των γενετικών περιορισμών. Στα μοντέλα καλλιεργειών οι γενετικοί περιορισμοί εισάγονται ως συντελεστές (genetic coefficients) παρέχοντας έναν συνδετικό μαθηματικό κρίκο για την κατανόηση του πώς συγκεκριμένα μέρη του φυτικού DNA μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη και συνεπώς τα τελικά αποτελέσματα του φυτού (Yin et al., 2004). Ένας σημαντικός στόχος της μοντελοποίησης του γονιδιακού φαινοτύπου είναι η κατάταξη της απόδοσης διαφορετικών ποικιλιών σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλόντων (Parent and Tardieu, 2014).

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές απειλές για την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα ανάπτυξης καλλιεργειών για τη μελέτη των πιθανών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών σε διάφορες περιοχές (Challinor et al., 2004, 2005; Lobell et al., 2006; Watson et al., 2015). Η έγκαιρη κατανόηση των επιπτώσεων που έχει η κλιματική αλλαγή στις καλλιέργειες μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να ελαχιστοποιήσουν τους κινδύνους και να διασφαλίσουν την προστασία των τροφίμων. Επιπλέον, καθώς αυξάνονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, είναι αναπόφευκτο ότι σε μία περιοχή ορισμένες καλλιέργειες μπορεί να έχουν χαμηλότερη παραγωγικότητα σε σχέση με άλλες. Τα μοντέλα καλλιέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων γενοτύπου και περιβάλλοντος. Αυτές οι μελέτες είναι απαραίτητες για τη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη δοκιμή νέων ποικιλιών (Kasampalis et al., 2018).

1.4.2 Δεδομένα εισόδου των μοντέλων καλλιέργειας

Τα μοντέλα καλλιεργειών απαιτούν σημαντικό όγκο δεδομένων εισόδου περιορίζοντας τη χρησιμοποίησή τους. Κάθε μοντέλο απαιτεί πληροφορίες σχετικά με τη διαχείριση της καλλιέργειας, την ποικιλία, το έδαφος και τον καιρό, δεδομένα για τη θερμοκρασία τη φάση ανάπτυξης και τις ημέρες ανάπτυξης (Monteith and Moss, 1977). Οι Hunt και Boote (1998) όρισαν τα δεδομένα εισόδου που χρειάζονται για τη λειτουργία μοντέλων ανάπτυξης καλλιεργειών, ώστε να προκύψει μία ολοκληρωμένη εικόνα για την ανάπτυξη της καλλιέργειας και το τελικό ποσό συγκομιδής (Πίνακας 1.1.).

<i>Πίνακας 1.1. Δεδομένα εισόδου μοντέλων καλλιέργειας (Hunt and Boote, 1998).</i>	
1. Τοποθεσία	
Γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, υψόμετρο	
Μέση ετήσια θερμοκρασία	
Κλίση εδάφους	
2. Καιρός	
Ημερήσια παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, βροχόπτωση	
3. Έδαφος	

Τύπος εδάφους
Βάθος εδάφους, πυκνότητα εδάφους, συντελεστής ριζικής ανάπτυξης
Οργανικός άνθρακας, pH, άζωτο εδάφους
4. Αρχικές συνθήκες
Προηγούμενη καλλιέργεια, ποσοστό οξιδίων ριζών
Ποσοστό νερού, αμμωνίας και νιτρικών αλάτων ανά εδαφικό στρώμα
5. Διαχείριση
Ονομασία και τύπος ποικιλίας, ημέρα φύτευσης, βάθος και μέθοδος φύτευσης, απόσταση και κατεύθυνση σειρών, πληθυσμός φυτών, άρδευση και διαχείριση νερού (ημερομηνίες, μέθοδοι και ποσότητες)
Εφαρμογή ανόργανων και οργανικών λιπασμάτων
Χημικές εφαρμογές (π.χ. φυτοφάρμακα) (υλικό, ποσότητα)
Όργωμα
Πρόγραμμα συγκομιδής

1.4.3 Περιορισμοί και πλεονεκτήματα των μοντέλων καλλιέργειας

Η μοντελοποίηση καλλιεργειών είναι ένα κρίσιμο βήμα προς την ανάπτυξη και τη διατήρηση των πολιτικών ασφάλειας των τροφίμων. Ωστόσο, τα μοντέλα είναι απλώς εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για να απαντήσουν σε ερωτήματα που δεν μπορούν να επιλυθούν σε μικρές χωρικές κλίμακες όπως ένα χωράφι. Για να αντιμετωπιστούν σημαντικά προβλήματα στη γεωργία, η οποία αντιμετωπίζει την πρόκληση της σίτισης πολλών δισεκατομμυρίων ανθρώπων, είναι αναγκαία η χρήση των μοντέλων καλλιεργειών, προκειμένου να βρεθεί ο καταλληλότερος τρόπος διαχείρισης της καλλιέργειας με στόχο την μεγιστοποίηση της απόδοσής της (Dalgaard et al., 2003). Οι Palosuo et al. (2011) σύγκριναν οκτώ μοντέλα καλλιεργειών για το χειμερινό σιτάρι, προκειμένου να εξεταστεί η απόδοση τους σε τοπική κλίμακα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μοντέλα κλίμακας αγρού δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν σε εφαρμογές μεγαλύτερης χωρικής κλίμακας, χωρίς την κατάλληλη παραμετροποίηση του μοντέλου.

Οι περιορισμοί ενός μοντέλου καλλιέργειας συνδέονται με την ακρίβεια των δεδομένων εισόδου, από την οποία εξαρτάται το μέγεθος της αβεβαιότητας των αποτελεσμάτων (Wallach et al., 2014; Ahuja and Ma, 2002). Καθώς οι αβεβαιότητες (σχετικά με την παραμετροποίηση του μοντέλου και τα αρχεία εισόδου) στα αποτελέσματα των μοντέλων μπορεί να είναι υψηλές, οι χρήστες θα πρέπει πάντα να αναφέρονται στις συνθήκες υπό τις οποίες αναπτύχθηκαν και δοκιμάστηκαν τα εν λόγω μοντέλα (Bregaglio et al., 2015). Οι Di Paola, et al. (2016), υποστηρίζουν ότι η επικύρωση των αποτελεσμάτων ενός μοντέλου μπορεί να γίνει με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά άλλων μοντέλων. Επιπλέον, η έλλειψη χωρικών πληροφοριών στα μοντέλα ανάπτυξης των καλλιεργειών είναι ένα σοβαρό μειονέκτημα, ειδικά σε τοπικές κλίμακες (Clevers et al., 2002). Από την άλλη πλευρά, τα μοντέλα καλλιεργειών μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για τις οικονομικές επιπτώσεις των διαφόρων τρόπων διαχείρισης της καλλιέργειας και των διαφόρων καιρικών συνθηκών (Batchelor et al., 2002).

1.5 Στόχος εργασίας

Αν και τα πλεγματικά προϊόντα αποτελούν μια εναλλακτική πηγή δεδομένων για τους επιστήμονες, η αξιολόγησή της είναι ζωτικής σημασίας πριν την εφαρμογή τους σε μετεωρολογικές και κλιματικές εφαρμογές.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται δεδομένα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και ηλιακής ακτινοβολίας, που συλλέχθηκαν από τρία πλεγματικά προϊόντα (Agri4cast, Eobs-0.1 και Eobs-0.25), καθώς και από παρατηρήσεις μετεωρολογικών σταθμών (Obs). Τα δεδομένα συλλέχθηκαν για 13 επιλεγμένους σταθμούς στην περιοχή της Μεσογείου, με την περίοδο αναφοράς να είναι τα έτη 1980-2019 (διαφοροποίηση για κάποιους σταθμούς). Στόχος αποτέλεσε ο εντοπισμός του πλεγματικού προϊόντος, που παρουσιάζει τις μικρότερες αποκλίσεις από τα παρατηρησιακά δεδομένα. Υπάρχουν τρεις ομάδες με σκοπό τον εντοπισμό του βέλτιστου πλεγματικού συνόλου, οι Agri4cast-Obs, Eobs0.1-Obs και Eobs0.25-Obs.

Η ανάλυση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, ο προσδιορισμός των γεωγραφικών στοιχείων των επιλεγόμενων σταθμών, καθώς και οι περίοδοι αναφοράς αναλύονται στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται το σύνολο των εργαλείων (στατιστικά μέτρα, δείκτες, προγράμματα, μοντέλο CERES-Wheat) που χρησιμοποιήθηκαν και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναφέρονται στο τέταρτο κεφάλαιο, ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά των συμπερασμάτων και σύγκριση αυτών με αποτελέσματα παρόμοιων μελετών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.1 Επιλογή σταθμών

Στην παρούσα μελέτη οι σταθμοί που επιλέχθηκαν έπρεπε να πληρούν δύο κριτήρια. Πρώτον, έπρεπε να είναι γεωγραφικά όσο το δυνατόν πιο κοντά στην Μεσόγειο Θάλασσα και δεύτερον, να βρίσκονται όσο γίνεται πλησιέστερα σε περιοχές καλλιέργειας σκληρού σίτου.

Στα δυτικά της Μεσογείου, η Ισπανία συγκαταλέγεται μεταξύ άλλων, στις χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή σιταριού παγκοσμίως (Li et al., 2013; Kabbaj et al., 2017). Στο νοτιοανατολικό και βορειοανατολικό κομμάτι της χώρας που βρέχεται από την Μεσόγειο Θάλασσα, υπάρχουν άφθονες καλλιέργειες σκληρού σίτου (π.χ. Rocha and Dias 2019; Rharrabti et al., 2003). Από την Ισπανική επικράτεια επιλέχθηκαν τέσσερις σταθμοί οι Lleida, Granada, Malaga και Melilla (Σχήμα 2.1). Ο τελευταίος σταθμός (Melilla) ανήκει στην Ισπανία, αλλά γεωγραφικά τοποθετείται στην Αφρικανική ήπειρο.

Με παραγωγή δύο εκατομμυρίων τόνων, η Γαλλία είναι η δεύτερη χώρα, της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην παραγωγή σίτου (FranceAgriMer, 2010), συμβάλλοντας σημαντικά στις προμήθειες σιταριού χάρη στα υψηλά επίπεδα απόδοσης (Σχήμα 1.3) (Brisson et al., 2010). Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Γαλλία είναι σήμερα η πέμπτη χώρα σε παραγωγή και η δεύτερη σε εξαγωγή σιταριού (FAO, 2011). Πολλές είναι οι μελέτες που έχουν ασχοληθεί με τα επίπεδα παραγωγής σκληρού σίτου στην Γαλλία (π.χ. Guillaume et al., 2016; Gouache et al., 2015). Τέσσερις σταθμοί επιλέχθηκαν στα νότια της χώρας (Perpignan, Montpellier, Marseille και Nice), οι οποίοι βρίσκονται κοντά στην Μεσόγειο θάλασσα. (Σχήμα 2.1)

Το 2013, η παραγωγή ιταλικού σκληρού σίτου άγγιξε τους 4.2 εκατομμύρια τόνους. Στην Ιταλία, ο σκληρός σίτος αντιπροσωπεύει περίπου το 55% της συνολικής παραγωγής σίτου (<http://www.ec.europa.eu/eurostat/data>). Δεδομένου της σημαντικότητας του σκληρού σίτου για την Ιταλία, η μελέτη του είναι πρωταρχικού ενδιαφέροντος (π.χ. Dalla Marta et al., 2011, Mereu et al., 2019; De Vita et al., 2010; Pasqualone et al., 2014). Το χειμερινό σκληρό σιτάρι καλλιεργείται στη νότια/κεντρική Ιταλία και σε ορισμένες περιοχές της βόρειας Ιταλίας, με περίπου 1.2 εκατομμύρια εκτάρια αφιερωμένα σε αυτή την καλλιέργεια. Το χειμερινό σκληρό σιτάρι σπέρνεται τον Οκτώβριο με Νοέμβριο και συγκομίζεται στις αρχές Ιουλίου του επόμενου έτους (Fontana et al., 2015). Η Σαρδηνία είναι ένα νησί στην Τυρρηνική θάλασσα της Μεσογείου, όπου μέχρι τώρα ο σκληρός σίτος αποτελεί την κύρια καλλιέργεια του. Επιλέχθηκαν δύο σταθμοί στην Ιταλία, το Cagliari, νότια της Σαρδηνίας, και το Brindisi, στη νοτιοανατολική Ιταλία, που βρέχεται από την Αδριατική Θάλασσα (Σχήμα 2.1).

Η παραγωγή σιταριού στην Ελλάδα και Κύπρο είναι πολύ μικρότερη έναντι της Ισπανίας, Γαλλίας και Ιταλίας (Σχήμα 1.3). Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες που συμμετέχουν στην αύξηση της παραγωγής σιταριού της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με μέση παραγωγή την τελευταία δεκαετία να είναι 1.07 εκατομμύρια τόνους (Xynias et al. 2020). Επιλέχθηκαν δύο σταθμοί στην Ελλάδα, με τον έναν να είναι στην Larisa και τον άλλο στην Thessaloniki (Σχήμα 2.1). Στην Κύπρο το σκληρό σιτάρι είναι η δεύτερη σημαντικότερη καλλιέργεια, μετά το κριθάρι (Kyratzis, 2017) και ο σταθμός που επιλέχθηκε είναι η Larnaca (Σχήμα 2.1).

Συνολικά λοιπόν επιλέχθηκαν δεκατρείς σταθμοί στην περιοχή της Μεσογείου, οι οποίοι βρίσκονται κοντά σε καλλιέργειες σιταριού.



Σχήμα 2.1. Χωρική κατανομή των επιλεγόμενων σταθμών της Μεσογείου.

2.2 Παρατηρησιακά δεδομένα (Obs)

Χρησιμοποιήθηκαν ημερήσιες παρατηρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών του Σχήματος 2.1, που από εδώ και πέρα θα αναφέρονται απλά ως παρατηρησιακά δεδομένα. Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης επιλέχθηκαν ημερήσια δεδομένα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και ηλιακής ακτινοβολίας (από εδώ και στο εξής T_{max} (C°), T_{min} (C°), $Prec$ (mm) και QQ (MJ/m²/day), αντίστοιχα). Τα δεδομένα για τους σταθμούς της Ισπανίας, Γαλλίας, Ιταλίας και Κύπρου συλλέχθηκαν από την βάση δεδομένων CDO (Climate Data Online) του NCEI/NOAA (National Centres for Environmental Information, National Oceanic and Atmospheric Administration) (<https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/>). Για τους δύο σταθμούς στην Ελλάδα, Thessaloniki και Larisa, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον Μετεωρολογικό Σταθμό του Α.Π.Θ (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης) και το Αεροδρόμιο Λαρίσης, αντιστοίχως.

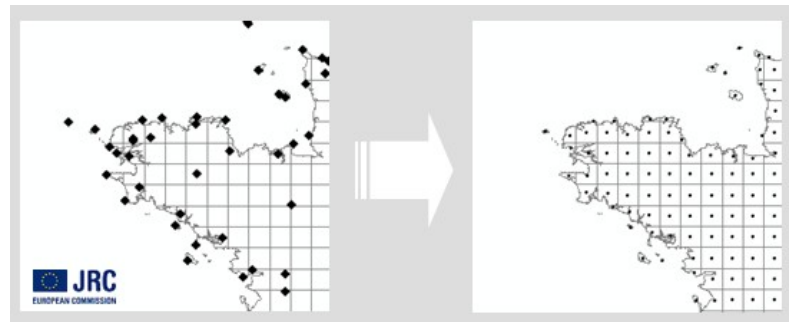
2.3 Πλεγματικά δεδομένα

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα προϊόν επανάληψης (τα Agri4cast) και δύο προϊόντα επανεπεξεργασίας (τα E-OBS, σε δυο χωρικές στα 10 και 25km, (θα καλούνται Eobs-0.1 και Eobs-0.25, αντίστοιχα). Οι επιλεγόμενες μετεωρολογικές παράμετροι, όπως και για τα παρατηρησιακά δεδομένα, είναι οι T_{max} (C°), T_{min} (C°), $Prec$ (mm) και QQ (MJ/m²/day).

2.3.1 Agri4cast

Το σύνολο δεδομένων Agri4Cast παρέχεται από το JRC (Joint Research Centre) για τη μονάδα MARS (Monitoring Agricultural Resources) και δημιουργήθηκε από παρατηρήσεις μετεωρολογικών σταθμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, γειτονικών ευρωπαϊκών χωρών, υποψήφιων ευρωπαϊκών χωρών και άλλων Μεσογειακών χωρών (Βόρεια Αφρική) (Biavetti et al., 2014). Ημερήσια μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από τουλάχιστον 4.200 συνοπτικούς μετεωρολογικούς σταθμούς (χρονικής ανάλυσης 1, 3, 6, 12, ή 24 ώρες, αναλόγως την παράμετρο και τον σταθμό), καθώς και από έξι προγνωστικά σύνολα (πέντε από το ECMWF (European

Centre for Medium-Range Weather Forecasts) (Analysis model (HIS), Deterministic forecast model (OPE), Ensemble Prediction System (ENS), Seasonal forecast model (SEAS) και ERA5 (ERA5)) και ένα από το Copernicus Programme), που έχουν διαφορετικό αριθμό ημερών πρόβλεψης (βάθος πρόγνωσης) και ποικίλο αριθμό πιθανών πραγματοποιήσεων που ονομάζονται «μέλη» (κάθε ένα από αυτά πραγματοποιήθηκε με διαφορετικές αρχικές συνθήκες). Στη συνέχεια, οι δύο πηγές δεδομένων παρεμβάλλονται στα κέντρα του ίδιου σταθερού πλέγματος 25×25 km (Micale and Genovese, 2004; Baruth et al., 2007), που καλύπτει ολόκληρη την περιοχή ενδιαφέροντος (Σχήμα 2.2). Η χωρική παρεμβολή πραγματοποιείται με την βοήθεια του υποσυστήματος CGMS (Crop Growth Monitoring System) (<https://agri4cast.jrc.ec.europa.eu/dataportal/>).

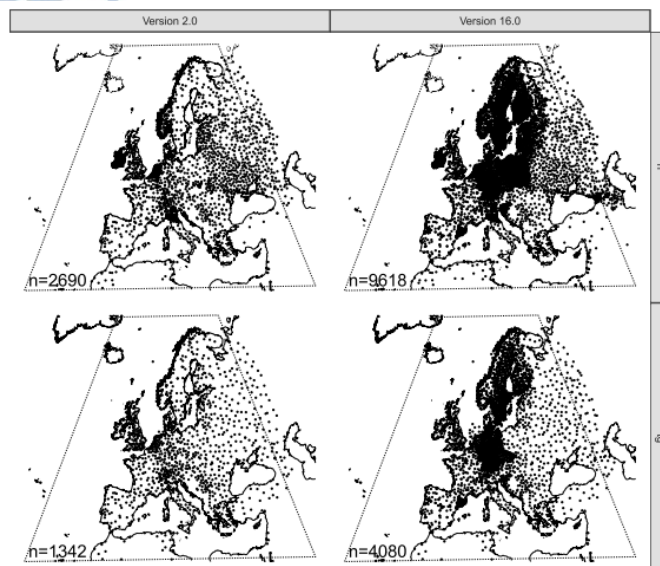


Σχήμα 2.2. Παρεμβολή από μετεωρολογικούς σταθμούς για τη δημιουργία πλέγματος 25×25 km.
Πηγή: https://marswiki.jrc.ec.europa.eu/agri4castwiki/index.php/Weather_Monitoring#Interpolation.

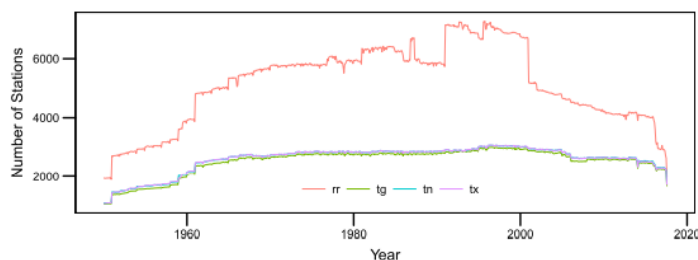
2.3.2 E-OBS

Τα E-OBS (European Daily High-Resolution Observational Gridded Dataset) αποτελούν ημερήσια επανεπεξεργασμένα δεδομένα που προέρχονται από ημερήσιες παρατηρήσεις του ECA&D (European Climate Assessment and Dataset, <http://www.ecad.eu>). Περιλαμβάνει ημερήσια δεδομένα μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, ύψους βροχής, μέσης πίεσης στην στάθμη της θάλασσας, μέσης σχετικής υγρασίας, μέσης ταχύτητας ανέμου και ηλιακής ακτινοβολίας για την Ευρώπη από το 1950 (Haylock et al. 2008; Klok and Klein Tank, 2009). Το σύνολο δεδομένων E-OBS προήλθε μέσω μιας διαδικασίας τριών σταδίων (Haylock et al. 2008). Τα E-OBS δημιουργήθηκαν με πρωταρχικό σκοπό την αξιολόγηση των RCMs (Regional Climate Models), αλλά πλέον χρησιμοποιούνται και για την παρακολούθηση του κλίματος σε ολόκληρη την Ευρώπη (Lavaysse et al., 2017; van der Schrier et al., 2013; van Oldenborgh et al., 2016) και ειδικότερα στην μελέτη των ακραίων φαινομένων.

Πολλοί σταθμοί έχουν προστεθεί στο ECA&D τα τελευταία χρόνια (Σχήμα 2.3, Cornes et al. 2018), με αύξηση από περίπου 1.200 σε περίπου 3.700 σταθμούς για τη θερμοκρασία και από περίπου 2.500 σε περίπου 9.000 σταθμούς στην περίπτωση της βροχής. Ο αριθμός των σταθμών μειώνεται από τα βόρεια προς τα νότια (μεγαλύτερη συχνότητα σταθμών στην κεντρική Ευρώπη και τη Σκανδιναβία) και από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Επίσης, μεταβάλλεται και ο αριθμός των διαθέσιμων σταθμών ανάλογα με την χρονική περίοδο. Υπάρχουν λιγότεροι σταθμοί πριν από το 1961, περίπου, καθώς και μετά το 2000 (Σχήμα 2.4, Cornes et al. 2018).



Σχήμα 2.3. Η θέση των σταθμών της βροχόπτωσης (πάνω σειρά) και της μέσης θερμοκρασίας (κάτω σειρά) στις εκδόσεις 2.0 (κυκλοφόρησε τον Αύγουστο 2009) και 16.0 (κυκλοφόρησε τον Σεπτέμβριο του 2017) του E-OBS. Πρόκειται για το σύνολο των σταθμών και ενδέχεται να μην υπάρχουν για όλη τη χρονοσειρά των δεδομένων. Η διακεκομμένη γραμμή υποδεικνύει την περιοχή πλέγματος που χρησιμοποιείται από το E-OBS (στην προβολή Lambert Azimuthal Equal-Area, EPSG:3035). Πηγή: Cornes et al. (2018).



Σχήμα 2.4. Αριθμός σταθμών για κάθε μήνα από τον Ιανουάριο του 1950 έως τον Αύγουστο του 2017. Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζονται τα έτη και στον κάθετο ο αριθμός των σταθμών. Πηγή: Cornes et al. (2018).

Τα E-OBS καλύπτουν την περιοχή με γεωγραφικά πλάτη 25°B - 71.5°B και 25°Δ - 45°Α . Τα αρχεία δεδομένων είναι σε μορφή NetCDF-4. Τα υψομετρικά δεδομένα παρέχονται από το GTOPO30 (Global 30 Arc-Second Elevation Set), που είναι ένα παγκόσμιο ράστερ DEM (Digital Elevation Model) με οριζόντια απόσταση πλέγματος περίπου ένα χιλιόμετρο και αναπτύχθηκε από την USGS (https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php). Στην παρούσα εργασία από τις διάφορες εκδόσεις E-OBS, που παρέχονται στην ιστοσελίδα χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 23.1e (για Eobs-0.1 και Eobs-0.25, με χωρική ανάλυση 0.1×0.1 (10km) και 0.25×0.25 (25km), αντιστοίχως), στην οποία προστέθηκαν νέοι σταθμοί, ενώ αναθεωρήθηκαν και επεκτάθηκαν οι χρονοσειρές.

Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, υψόμετρο) των δεκατριών μετεωρολογικών σταθμών (όσον αφορά τις παρατηρήσεις) και των κέντρων των επιλεγόμενων πλεγματικών κυψελίδων (όσον αφορά τα πλεγματικά προϊόντα) απεικονίζονται στον Πίνακα 2.1. Οι αποκλίσεις των κέντρων των επιλεγμένων κυψελίδων, όσον αφορά το

γεωγραφικό πλάτος, μήκος και υψόμετρο, από τους μετεωρολογικούς σταθμούς παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2. Όσον αφορά το γεωγραφικό πλάτος, τα Agri4cast και Eobs-0.1 παρουσιάζουν μικρότερες κατά μέσο όρο αποκλίσεις (0.04° και 0.03° , αντιστοίχως) ακολουθώντας τα Eobs-0.25 (0.06°). Για το γεωγραφικό μήκος, τα Eobs-0.1 εμφανίζουν κατά μέσο όρο τις μικρότερες διαφορές (0.03°) από τις θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών και ακολουθούν τα Agri4cast και Eobs-0.25 (0.07° και 0.09° , αντιστοίχως). Οι σταθμοί με τις μεγαλύτερες αποκλίσεις είναι για το γεωγραφικό πλάτος η Melilla, ενώ για το γεωγραφικό μήκος η Larnaca. Όσον αφορά το υψόμετρο, οι αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τα παρατηρησιακά δεδομένα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2 και στο Σχήμα 2.5γ. Οι μικρότερες αποκλίσεις παρουσιάστηκαν από τις κυψελίδες των Eobs-0.1 και Agri4cast (διαφορές κατά μέσο όρο 63m και 64m, αντιστοίχως), ενώ οι μεγαλύτερες από τα Eobs-0.25 (123m). Μεγαλύτερες διαφορές των 100m παρατηρήθηκαν στους σταθμούς Granada, Melilla, Thessaloniki και Larnaca στην περίπτωση των Agri4cast, στην Malaga, Granada και Melilla, για τα Eobs-0.1 και στην Malaga, Granada και Melilla, Nice, Cagliari και Larnaca, για τα Eobs-0.25.

Πίνακας 2.1. Απεικόνιση γεωγραφικού μήκους-πλάτους και υψομέτρου, για κάθε σταθμό και προϊόν πλέγματος.

ΧΩΡΑ	ΣΤΑΘΜΟΣ	OBS		AGRI4CAST		EOBS-0.1		EOBS-0.25	
		Lat-Lon	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Lat-Lon	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Lat-Lon	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Lat-Lon	ΥΨΟΜΕΤΡΟ
ΙΣΠΑΝΙΑ	MALAGA, SP	36.66° B, -4.48° Δ	7 m	36.63° B, -4.61° Δ	69 m	36.74° B, -4.45° Δ	192 m	36.62° B, -4.62° Δ	259 m
	GRANADA, SP	37.18° B, -3.78° Δ	567 m	37.17° B, -3.86° Δ	765 m	37.14° B, -3.75° Δ	679 m	37.12° B, -3.87° Δ	789 m
	MELILLA, SP	35.27° B, -2.95° Δ	47 m	35.22° B, -2.98° Δ	250 m	35.24° B, -2.95° Δ	223 m	35.12° B, -2.87° Δ	187 m
	LLEIDA, SP	41.62° B, 0.59° Α	192 m	41.60° B, 0.61° Α	193 m	41.64° B, 0.54° Α	223 m	41.62° B, 0.62° Α	204 m
ΓΑΛΛΙΑ	PERPIGNAN, FR	42.73° B, 2.87° Α	42 m	42.69° B, 2.88° Α	11 m	42.74° B, 2.84° Α	45 m	42.62° B, 2.87° Α	98 m
	MONTPELLIER, FR	43.57° B, 3.96° Α	2 m	43.56° B, 4.10° Α	1 m	43.54° B, 3.94° Α	5 m	43.62° B, 3.87° Α	63 m
	MARSEILLES, FR	43.43° B, 5.21° Α	9 m	43.36° B, 5.02° Α	14 m	43.44° B, 5.24° Α	97 m	43.37° B, 5.12° Α	56 m
	NICE, FR	43.64° B, 7.20° Α	2 m	43.62° B, 7.06° Α	69 m	43.64° B, 7.14° Δ	57 m	43.62° B, 7.12° Α	213 m
ΙΤΑΛΙΑ	CAGLIARI, IT	39.23° B, 9.05° Α	21 m	39.32° B, 9.03° Α	39 m	39.24° B, 9.04° Α	15 m	39.37° B, 9.12° Α	186 m
	BRINDISI, IT	40.63° B, 17.93° Α	10 m	40.58° B, 17.84° Α	25 m	40.64° B, 17.94° Δ	16 m	40.62° B, 17.87° Α	41 m
ΕΛΛΑΔΑ	LARISA, GR	39.65° B, 22.45° Α	73 m	39.66° B, 22.42° Α	100 m	39.64° B, 22.44° Α	76 m	39.62° B, 22.37° Α	136 m
	THESSALONIKI, GR	40.52° B, 22.97° Α	7 m	40.50° B, 22.93° Α	110 m	40.44° B, 22.94° Α	97 m	40.62° B, 22.87° Α	89 m
ΚΥΠΡΟΣ	LARNACA, CY	34.88° B, 33.63° Α	1 m	34.97° B, 33.58° Α	105 m	34.84° B, 33.54° Α	61 m	34.87° B, 33.37° Α	259 m

Πίνακας 2.2. Απεικονίζονται για κάθε σταθμό οι διαφορές (Reanalysis-Obs) και η μέση τιμή του γεωγραφικού πλάτους, γεωγραφικού μήκους και υψομέτρου των επιλεγμένων κυψελίδων των Agri4cast, Eobs-0.1 και Eobs-0.25.

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ			ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ			ΥΨΟΜΕΤΡΟ		
	AGRI4CAST-OBS	EOBS0.1-OBS	EOBS0.25-OBS	AGRI4CAST-OBS	EOBS0.1-OBS	EOBS0.25-OBS	AGRI4CAST-OBS	EOBS0.1-OBS	EOBS0.25-OBS
MALAGA,SP	0.03	0.08	0.04	0.13	0.03	0.14	62	185	252
GRANADA,SP	0.01	0.04	0.06	0.08	0.03	0.09	198	112	222
MELILLA,SP	0.05	0.03	0.15	0.03	0.00	0.08	203	176	140
LLEIDA,SP	0.02	0.02	0.00	0.02	0.05	0.03	1	31	12
PERPIGNAN,FR	0.04	0.01	0.11	0.01	0.03	0.00	31	3	56
MONTPELLIER,FR	0.01	0.03	0.05	0.14	0.02	0.09	1	3	61
MARSEILLES,FR	0.07	0.01	0.06	0.19	0.03	0.09	5	88	47
NICE,FR	0.02	0.00	0.02	0.14	0.06	0.08	67	55	211
CAGLIARI,IT	0.09	0.01	0.14	0.02	0.01	0.07	18	6	165
BRINDISI,IT	0.05	0.01	0.01	0.09	0.01	0.06	15	6	31
LARISA,GR	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.08	27	3	63
THESSALONIKI,GR	0.02	0.08	0.10	0.04	0.03	0.10	103	90	82
LARNACA,CY	0.09	0.04	0.01	0.05	0.09	0.26	104	60	258
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	0.04	0.03	0.06	0.07	0.03	0.09	64	63	123

2.4 Επιλογή Περιόδου αναφοράς

Η επιλογή των μετεωρολογικών σταθμών, πέραν της θέσης, βασίστηκε και στην διαθεσιμότητα, πληρότητα και συνέχεια των παρατηρησιακών δεδομένων. Οι χρονοσειρές των πλεγματικών δεδομένων, σε αντίθεση με αυτές των παρατηρησιακών, ήταν γενικά πλήρεις. Οι μήνες που δεν λήφθηκαν υπόψη (απουσία μέτρησης σε 10 ή περισσότερες ημέρες) κατά την σύγκριση των παρατηρησιακών δεδομένων με τα πλεγματικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Παραλειπόμενοι μήνες για κάθε σταθμό και μετεωρολογική παράμετρο. X = δείχνει την απουσία μετεωρολογικών δεδομένων, - = καμία αφαίρεση μηνών.				
ΣΤΑΘΜΟΙ	ΜΗΝΕΣ ΜΕ >10 ΚΕΝΑ			
	TMAX	TMIN	PREC	QQ
MALAGA, SP	-	-	-	06-08/87
GRANADA, SP	-	-	-	12/85, 01-02/86
MELILLA, SP	-	-	-	-
LLEIDA, SP	-	-	-	-
PERPIGNAN, FR	-	-	-	09/2019
MONTPELLIER, FR	-	-	-	X
MARSEILLES, FR	-	-	-	09/2019
NICE, FR	-	-	-	12/90, 01-02/91
CAGLIARI, IT	-	09-12/13, 01-02/14, 11/14, 01/15, 09-12/15, 01-02/16	-	X
BRINDISI, IT	-	-	03-09/2004	-
LARISSA, GR	-	-	-	X
THESSALONIKI, GR	12/81, 01-03/82	12/81, 01-03/82	-	12/81, 01-12/82, 08/84, 09-11/2006
LARNACA, CY	-	-	-	X

Ο Πίνακας 2.4 παρουσιάζει τις χρονικές περιόδους που χρησιμοποιήθηκαν ανά σταθμό και μετεωρολογική παράμετρο (περίοδοι αναφοράς), όπου για Tmax, Tmin και Prec είναι η 1980-2019. Στην περίπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας, διαπιστώθηκε συνολική απουσία μετρήσεων σε τέσσερεις σταθμούς (Montpellier, Cagliari, Larisa και Larnaca) και σε μεμονωμένα έτη στους σταθμούς Nice, Lleida και Thessaloniki. Ο Πίνακας 2.5 δείχνει τις περιόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την σύγκριση των αποτελεσμάτων, άνθησης, ωρίμανσης και συγκομιδής, του CERES-Wheat με την χρήση των παρατηρησιακών και των πλεγματικών δεδομένων (υποενότητες 4.3, 4.4). Η επιλογή των περιόδων αναφοράς των Πινάκων 2.4 και 2.5 διαφέρουν, γιατί οι συγκρίσεις των παρατηρησιακών με τα πλεγματικά δεδομένα αρχικά γίνονται για κάθε μετεωρολογική παράμετρο ξεχωριστά (υποενότητα 4.2), ενώ στην συνέχεια απαιτούν την ταυτόχρονη παρουσία και των τεσσάρων παραμέτρων (υποενότητες 4.3 και 4.4).

Πίνακας 2.4. Η περίοδος αναφοράς κατά την σύγκριση των μετεωρολογικών παραμέτρων (το X υποδεικνύει την απουσία μετεωρολογικών δεδομένων).

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ	
	TMAX/TMIN/PREC	QQ
MALAGA, SP	1980-2019	1980-2019
GRANADA, SP	1980-2019	1980-2019
MELILLA, SP	1980-2019	1980-2019
LLEIDA, SP	1980-2019	1991-2019
PERPIGNAN, FR	1980-2019	1980-2019
MONTPELLIER, FR	1980-2019	X
MARSEILLES, FR	1980-2019	1980-2019
NICE, FR	1980-2019	1980-2017
CAGLIARI, IT	1980-2019	X
BRINDISI, IT	1980-2019	1980-2017
LARISA, GR	1980-2019	X
THESSALONIKI, GR	1980-2019	1980-2009
LARNACA, CY	1980-2019	X

Πίνακας 2.5. Η περίοδος αναφοράς κατά την χρήση του CERES-Wheat.

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ
MALAGA, SP	1980-2019
GRANADA, SP	1980-2019
MELILLA, SP	1980-2019
LLEIDA, SP	1991-2019
PERPIGNAN, FR	1980-2019
MARSEILLES, FR	1980-2019
NICE, FR	1980-2017
BRINDISI, IT	1980-2017
THESSALONIKI, GR	1980-2009

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά, θα αναφερθούν οι μέθοδοι (στατιστικά μέτρα, δείκτες και προγράμματα (Software) που θα χρησιμοποιηθούν, για την σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των παρατηρησιακών και πλεγματικών δεδομένων, τόσο για κάθε μετεωρολογική παράμετρο, όσο και για τις ημέρες άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής που προέκυψαν από το CERES-Wheat με και χωρίς την εφαρμογή κλιματικών σεναρίων. Έπειτα, θα αναφερθούν τα στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν. Όλες οι διαδικασίες που θα αναλυθούν, πραγματοποιήθηκαν για κάθε μετεωρολογική παράμετρο, σταθμό και σύνολο δεδομένων.

1.6 Εργαλεία

1.6.1 Στατιστικά Μέτρα και Δείκτες

Για τις συγκρίσεις στα επόμενα κεφάλαια χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά (περιγραφικά) μέτρα και δείκτες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει περιγραφικά στατιστικά μέτρα (Wilks, 2011) όπως η μέση τιμή (Mean), η διάμεσος (Median), η τυπική απόκλιση (Stdev), το πρώτο, δεύτερο και τρίτο εκατοστημόριο (Q1, Q2, Q3, αντίστοιχα). Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει θερμοκρασιακούς και υγρομετρικούς δείκτες (<https://public.wmo.int/en>). Οι θερμοκρασιακοί δείκτες που υπολογίστηκαν είναι το ποσοστό ημερών με $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ (ημέρες καλοκαιριού (summer days)), με $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ (ημέρες ολικού παγετού (icing days)), με $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ (τροπικές νύχτες (tropical nights)) και με $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ (ημέρες παγετού (frost days)). Οι υγρομετρικοί δείκτες, που υπολογίστηκαν είναι το ποσοστό ημερών με $Prec \geq 0.1\text{mm}$, με $Prec \geq 1\text{mm}$, καθώς και το 95^ο και 99^ο εκατοστημόριο. Οι εκθέσεις του IPCC κάνουν συνεχείς αναφορές σχετικά με την ανθρώπινη επίδραση στο κλίμα. Δεδομένου ότι οι μεγαλύτερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορεί να προκύψουν από τις αλλαγές των ακραίων τιμών των μετεωρολογικών παραμέτρων και όχι της μέσης τιμής, η ανάλυση των ακραίων κλιματικών φαινομένων, τα οποία μπορούν να προσδιοριστούν με τους παραπάνω δείκτες, καθίσταται σημαντική. Οι αναφερόμενοι δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί στην μελέτη των Klein Tank και Können (2003) και των Easterling et al. (2003), στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι σταθμοί Larisa και Melilla, που χρησιμοποιούνται και στην παρούσα εργασία, καθώς και στις εργασίες των Frich et al. 2002 και Kiktev et al. 2003, οι οποίες αναφέρονται σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η μέση τιμή (mean), $\bar{x}$, ορίζεται από τη σχέση 1, όπου n το πλήθος των δεδομένων.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Η τυπική απόκλιση, s, αποτελεί ένα μέτρο της διασποράς των τιμών του δείγματος σε σχέση με την τιμή του μέσου όρου (σχέση 2).

$$s = \sqrt{\text{var}(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Ως πρώτο, δεύτερο και τρίτο εκατοστημόριο χαρακτηρίζεται η τιμή που αντιπροσωπεύει το 25%, 50% και 75% των παρατηρήσεων, αντίστοιχα. Έτσι, το 95^ο εκατοστημόριο ενός συνόλου δεδομένων είναι μια τιμή, όπου το 95% των δεδομένων είναι κάτω από αυτήν την τιμή. Ανάλογα και για το 99^ο εκατοστημόριο.

Με βάσει τα παραπάνω, όσον αφορά το 95^ο και 99^ο εκατοστημόρια της βροχόπτωσης, έστω ότι RR_{wj} είναι το ποσό της ημερήσιας βροχής, μιας υγρής ημέρας w (όταν $RR \geq 1.0\text{mm}$) την περίοδο i και έστω ότι RR_{wn95} είναι το 95^ο εκατοστημόριο της βροχόπτωσης κατά τις υγρές ημέρες. Αν το W αναπαριστά τον αριθμό των υγρών ημερών της χρονοσειράς τότε:

$$R95_p = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn95} \quad (3)$$

Αντίστοιχα, για το 99^ο εκατοστημόριο:

$$R99_p = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ where } RR_{wj} > RR_{wn99} \quad (4)$$

Ο δείκτης $T_{max} > 25$ εκφράζει τον αριθμό ημερών με T_{max} (ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία) πάνω από 25°C.

Ο δείκτης $T_{max} < 0$ εκφράζει τον αριθμό ημερών με T_{max} (ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία) κάτω από 0°C.

Ο δείκτης $T_{min} > 20$ εκφράζει τον αριθμό ημερών με T_{min} (ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία) πάνω από 20°C.

Ο δείκτης $T_{min} < 0$ εκφράζει τον αριθμό ημερών με T_{min} (ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία) κάτω από 0°C.

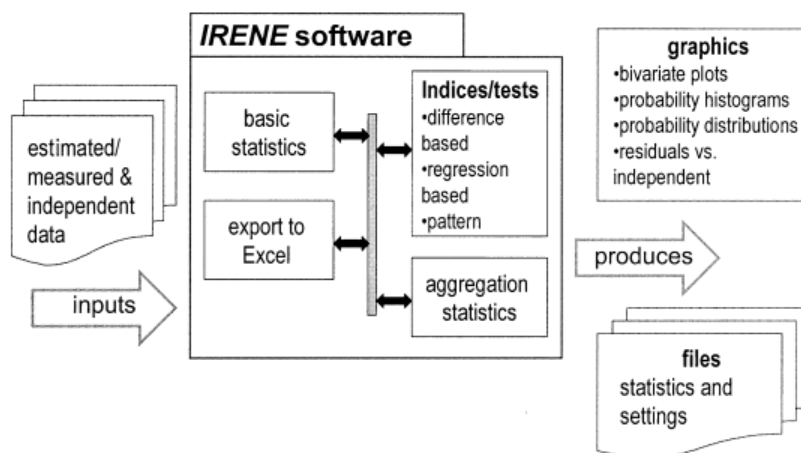
Ο δείκτης $Prec \geq 0.1\text{mm}$ εκφράζει τον αριθμό ημερών που εμφανίζουν ποσό βροχής $\geq 0.1\text{mm}$.

Ο δείκτης $Prec \geq 1\text{mm}$ εκφράζει τον αριθμό ημερών που εμφανίζουν ποσό βροχής $\geq 1\text{mm}$.

3.1.2 IRENE

Το πρόγραμμα IRENE ver.1.0 (Integrated Resources for Evaluating Numerical Estimates) αποτελεί ένα εργαλείο ανάλυσης δεδομένων σχεδιασμένο για να παρέχει εύκολη πρόσβαση σε στατιστικές τεχνικές, για χρήση στην αξιολόγηση μοντέλων. Κύρια λειτουργία του είναι η

σύγκριση των εκτιμήσεων (E_i) με τις μετρήσεις (M_i). Δηλαδή, τα E_i και M_i αποτελούν τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα, αντιστοίχως. Η αξιολόγηση της απόδοσης ενός μοντέλου βασίζεται ουσιαστικά στη διαφορά $E_i - M_i$, ή στη συσχέτιση/παλινδρόμηση των E_i έναντι των M_i (ή το αντίστροφο). Επιπρόσθετα, το πρόγραμμα επιτρέπει την αξιολόγηση με κατανομές πιθανοτήτων (probability distributions), ανάλυση προτύπων (pattern analysis) ή ασαφείς στατιστικές συνάθροισης (fuzzy-based aggregation statistics) (Fila et al., 2003).



Σχήμα 3.1. Διάγραμμα αναπαράστασης του προγράμματος IRENE. Πηγή: Fila et al. (2003).

Με την βοήθεια του IRENE υπολογίστηκαν οι δείκτες RMSE (Root mean squared error), EF1 (Modified modeling efficiency) και r (συντελεστής συσχέτισης).

Από τους δείκτες τετραγωνικών διαφορών (squared differences) υπολογίστηκε η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, RMSE (Root mean squared error) (Fox, 1981). Ο δείκτης αυτός είναι γενικά ευαίσθητος σε ακραίες τιμές, ειδικά όταν το μέγεθος του δείγματος δεν είναι μεγάλο. Το κατώτερο όριο του δείκτη RMSE είναι το 0, που σημαίνει πλήρη ταύτιση μεταξύ των E_i και M_i .

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - M_i)^2}{n}} \quad (5)$$

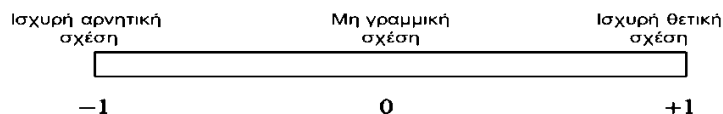
Από τους δείκτες απόλυτων διαφορών (absolute differences) υπολογίστηκε ο EF1 (Modified modeling efficiency) (Yang et al., 2000). Ο συγκεκριμένος δείκτης είναι λιγότερο ευαίσθητος στις ακραίες τιμές και τα δεδομένα εμφανίζουν καλύτερη ταύτιση, όσο το EF1 τείνει στο 1.

$$EF_1 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |E_i - M_i|}{\sum_{i=1}^n |M_i - \bar{M}|} \quad (6)$$

Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson (r) εκτιμά το μέγεθος της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών (Taylor, 1990), στην προκειμένη περίπτωση μεταξύ των E_i και M_i . Η συσχέτιση μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική, από -1 έως 1 (Πίνακας 3.1).

$$r = \frac{\sum_i (E_i - \bar{E}_i)(M_i - \bar{M})}{\sqrt{\sum_i (E_i - \bar{E}_i)^2 * \sum_i (M_i - \bar{M})^2}} \quad (7)$$

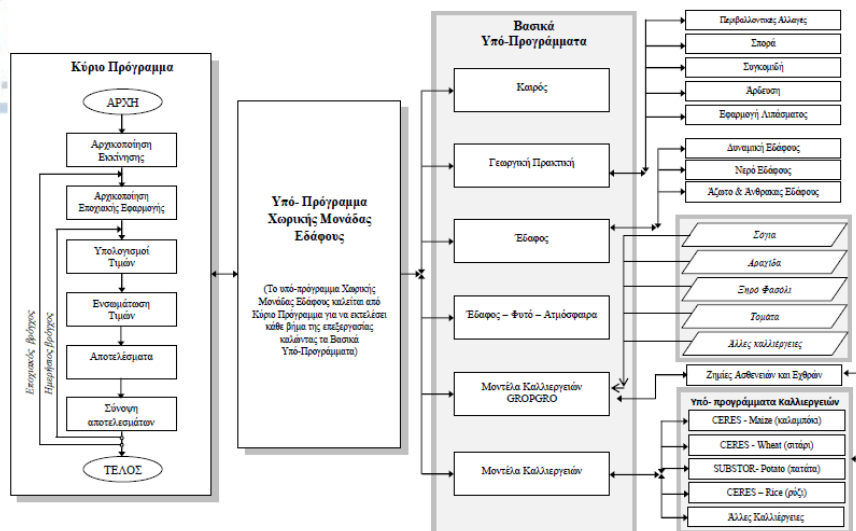
Πίνακας 3.1. Εύρος συντελεστή συσχέτισης και χαρακτηρισμός συσχέτισης (Hinkle et al., 1994).	
Εύρος συντελεστή συσχέτισης	Χαρακτηρισμός συσχέτισης
0.0 - 0.3	Πολύ χαμηλή συσχέτιση
0.3 - 0.5	Χαμηλή συσχέτιση
0.5 - 0.7	Μέτρια συσχέτιση
0.7 - 0.9	Υψηλή συσχέτιση
0.9 - 1.0	Πολύ υψηλή συσχέτιση



3.1.3 Το μοντέλο DSSAT (CERES-Wheat)

3.1.3.1 DSSAT

Το DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) είναι ένα πρόγραμμα που δομήθηκε το 1982 από μια ομάδα επιστημόνων, οι οποίοι συμμετείχαν σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα γνωστό ως IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer, IBSNAT, 1993; Tsuji, 1998; Uehara, 1998; Jones et al., 1998). Θεμελιώδης στόχος του είναι προσομοίωση της ανάπτυξης και απόδοσης ενός καλλιεργητικού συστήματος βάσει της αλληλεπίδρασης του καιρού, εδάφους και διαχείρισης της καλλιέργειας. Γενική επισκόπηση των επιμέρους συστατικών και της αρθρωτής δομής του DSSAT παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2, ενώ ο Πίνακας 3.2 παρουσιάζει μια συνοπτική περιγραφή των κύριων ρουτινών του DSSAT (Jones et al., 2003).



Σχήμα 3.2. Γενική επισκόπηση των επιμέρους συστατικών και της αρθρωτής δομής του DSSAT/CSM (Jones et al., 2003).

Η πρώτη έκδοση του DSSAT (v.2.1) έγινε το 1989, ενώ ακολούθησαν μεταγενέστερες εκδόσεις. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση DSSAT v4.7.5, η οποία περιλαμβάνει μοντέλα καλλιεργειών για περισσότερα από 42 είδη και βελτιωμένα εργαλεία που διευκολύνουν την χρήση των μοντέλων.

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζεται το σύνολο των πληροφοριών που απαιτούνται από το μοντέλο DSSAT-CSM. Προαπαιτούμενα αρχεία εισόδου αποτελούν αρχεία τα οποία εμπεριέχουν πληροφορίες σχετικές με τις καιρικές και εδαφικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά του φυτού και τον τρόπο διαχείρισης της καλλιέργειας (Hunt et al., 2001). Οι ελάχιστες πληροφορίες που χρειάζονται για τα αρχεία καιρού είναι η ημερήσια T_{max}, T_{min}, Prec και QQ, ενώ για τα αρχεία εδάφους απαιτούνται οι συντελεστές εδαφικής απορροής, εξάτμισης, ανακλαστικότητας και το μέτρο της υδατικής συγκράτησης των ριζών για κάθε εδαφικό στρώμα. Επιπλέον, χρειάζεται ο προσδιορισμός του περιεχόμενου εδαφικού νερού σε κατάσταση κορεσμού, καθώς και της αρχικής ποσότητας εδαφικού νερού κατά την πρώτη ημέρα της προσομοίωσης. Όσον αφορά τον τρόπο διαχείρισης της καλλιέργειας, αναγκαίες είναι οι πληροφορίες για τον πληθυσμό του φυτού κατά την ημέρα σποράς, το βάθος και η ημέρα της φύτευσης. Αν εφαρμόζεται άρδευση, χρειάζεται ο προσδιορισμός της ημέρας και της ποσότητας της άρδευσης. Η γνώση του γεωγραφικού πλάτους είναι αναγκαία για τον προσδιορισμό της διάρκειας της ημέρας.

Πίνακας 3.2. Συνοπτική περιγραφή των μοντέλων του DSSAT-CSM (Jones et al., 2003).

Μοντέλα	Υπό-προγράμματα	Λειτουργία
Κύριο πρόγραμμα (Main program) DSSAT-CSM		Ελέγχει τη γενική λειτουργία του μοντέλου σύμφωνα με τις εντολές του χρήστη.
Εδαφική ενότητα (Land unit)		Παρέχει τη διεπαφή μεταξύ των εφαρμογών που πραγματοποιούνται σε ένα καλλιεργητικό σύστημα και των διαδικασιών του. Αποτελεί ένα σημείο συγκέντρωσης τα στοιχεία που αλληλεπιδρούν σε μια ομοιόμορφη περιοχή εδάφους.
Καιρός (Weather)		Διαβάζει ή παράγει τις καθημερινές μετεωρολογικές παραμέτρους που χρησιμοποιούνται από το μοντέλο. Ρυθμίζει τις καθημερινές τιμές όταν είναι απαραίτητο, και υπολογίζει τις ωριαίες τιμές.
Εδαφος (Soil)	Δυναμική εδάφους Soil dynamics	Υπολογίζει τα χαρακτηριστικά της δομής του εδάφους για κάθε στρώμα χωριστά. Αυτή η υπορουτίνα διαβάζει τιμές από ένα αρχείο αλλά μπορεί να τροποποιεί τις ιδιότητες του εδάφους σε συνάρτησει του οργώματος ή άλλων εφαρμογών.
	Νερό Εδάφους Soil water module	Υπολογίζει τις διαδικασίες του εδαφικού νερού περιλαμβανομένου τη συσσώρευση χιονιού, το λιώσιμο του χιονιού, την απορροή, τη διήθηση, την κορεσμένη ροή, το βάθος του υπόγειου υδροφορέα.
	Αζωτο & άνθρακας Εδάφους Soil nitrogen and carbon module	Υπολογίζει τις διαδικασίες του εδαφικού αζώτου και άνθρακα, συμπεριλαμβανομένου της εφαρμογής οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων και φυτικών υπολειμμάτων, το ποσοστό αποσύνθεσης, τη ροή θρεπτικών ουσιών μεταξύ των διάφορων πηγών και των στρωμάτων του εδάφους. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων υπολογίζονται σε καθημερινή βάση για κάθε στρώμα.
SPAM (Soil-Plant-Atmosphere)		Αναλύει τις σχέσεις μεταξύ εδάφους, φυτού και ατμόσφαιρας.
	Θερμοκρασίας εδάφους Soil temperature module	Υπολογίζει τη θερμοκρασία σε κάθε στρώμα εδάφους
Μοντέλο καλλιεργειών CROPGRO Crop Template module		Υπολογίζει τα στάδια ανάπτυξης για τα φυτά της σόγιας, της αραχίδας, του ξερού φασολιού, του ρεβιθιού, του μαυρομάτικου φασολιού, της φακής, και της τομάτας, υπολογίζοντας τη φωτοσύνθεση, τις απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο και άνθρακα και τις ζημιές που προκαλούνται από παράσιτα και ασθένειες.
Ανεξάρτητες μοντέλα ανάπτυξης καλλιεργειών Individual plant growth modules	CERES-Maize, CERES-Wheat/Barley, CERES-Rice, SubStor-Potato, Other plant models	Μοντέλα που προσομοιώνουν σε στάδια την αύξηση και παραγωγή των δημητριακών (καλαμπόκι, σιτάρι, κριθάρι, ρύζι) και άλλες καλλιέργειες (π.χ. πατάτα). Κάθε ένα είναι ένα ανεξάρτητο μοντέλο που προσομοιώνει την ανάπτυξη του φυτού σε καθημερινή βάση, τις απαιτήσεις των φυτών για άζωτο και άνθρακα, την γήρανση του φυτού.
Μοντέλο διαχείρισης Management operations module	Φύτευση (Planting)	Καθορίζει την ημερομηνία φύτευσης βάσει προκαθορισμένων από το χρήστη ημερομηνιών ή υπολογίζοντας αυτές βάσει των επικρατούντων συνθηκών.
	Συγκομιδή (Harvesting)	Καθορίζει την ημερομηνία συγκομιδής βάσει της ημερομηνίας ωρίμανσης ή βάσει των συνθηκών του καιρού και του εδάφους.
	Άρδευση (Irrigation)	Καθορίζει την άρδευση σε ημερήσια βάση, βασιζόμενο σε προκαθορισμένες από το χρήστη ημερομηνίες είτε υπολογίζοντας τις ημερομηνίες βάσει των συνθηκών.
	Λίπανση (Fertilizer)	Καθορίζει τις ημερομηνίες λίπανσης, είτε σε προκαθορισμένες από το χρήστη ημερομηνίες είτε υπολογίζοντας βάσει των επικρατούντων συνθηκών.
	Φυτικά υπολείμματα (Residue)	Ελέγχει την εφαρμογή των φυτικών υπολειμμάτων και άλλων βιολογικών υλικών (φυτικής και ζωικής προέλευσης) είτε σε προκαθορισμένες από το χρήστη ημερομηνίες είτε βάση τις εναλλαγές των καλλιεργειών

Πίνακας 3.3. Καθορισμός των εισαγόμενων και εξαγόμενων μεταβλητών του DSSAT-CSM (Jones et al., 2003)

Μεταβλητή	Ορισμός	Μεταβλητή	Ορισμός
Δεδομένα Μοντέλου Καιρού (WEATHER)			
CLOUDS	Δείκτης νέφωσης (0-1)	TAV	Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα (°C) (χρησιμοποιείται με το TAMP για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας εδάφους)
CO ₂	Συγκέντρωση ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα ($\mu\text{mol}[\text{CO}_2]/\text{mol}[\text{air}]$)	TDEW	Σημείο δρόσου (°C)
DAYL	Διάρκεια ημέρας στην ημέρα προσομοίωσης (από την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου)	TGRO(1)	Ωριαία θερμοκρασία αέρα (°C)
PAR	Ημερήσια φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ή πυκνότητα ροής φωτονίων ($\text{moles}[\text{quanta}]/(\text{m}^2\text{d})$)	TMAX*	Μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)
RAIN*	Ημερήσια βροχόπτωση (mm)	TMIN*	Ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)
SRAD*	Ημερήσια συνολική ηλιακή ακτινοβολία ($\text{MJ}/(\text{m}^2\text{d})$)	WINDSP	Ταχύτητα ανέμου (km/d)
TAMP	Εύρος ετήσιας θερμοκρασίας αέρα (°C) (υπολογίζεται η θερμοκρασία εδάφους)	XLAT	Υψόμετρο (m)
Δεδομένα Μοντέλου Εδάφους (Soil)			
BD(L)*	Φαινόμενη πυκνότητα, σε κάθε στρώμα εδάφους L ($\text{g}[\text{soil}]/\text{cm}^3[\text{soil}]$)	PH(L)*	pH ανά στρώμα εδάφους L
DLAYR(L)*	Πάχος του στρώματος εδάφους L (cm)	SAT(L)*	Συγκέντρωση εδαφικού νερού στο σημείο κορεσμού σε κάθε στρώμα εδάφους ($\text{cm}^3[\text{water}]/\text{cm}^3[\text{soil}]$)
DUL(L)*	Συγκέντρωση εδαφικού νερού στο σημείο υδατοϊκανότητας ($\text{cm}^3[\text{water}]/\text{cm}^3[\text{soil}]$)	SRFTEMP	Θερμοκρασία στην επιφάνεια εδάφους (°C)
LL(L)*	Συγκέντρωση εδαφικού νερού στο σημείο μόνιμης μάρανσης ($\text{cm}^3[\text{water}]/\text{cm}^3[\text{soil}]$)	ST(L)	Θερμοκρασία εδάφους σε κάθε στρώμα L (°C)
NH ₄ (L)*	Αμμωνιακό άζωτο ανά στρώμα εδάφους L ($\mu\text{g}[\text{N}]/\text{g}[\text{soil}]$)	SW(L)	Συγκέντρωση εδαφικού νερού σε κάθε στρώμα εδάφους ($\text{cm}^3[\text{water}]/\text{cm}^3[\text{soil}]$)
NLAYR	Αριθμός στρωμάτων εδάφους	SWDELTS(L)	Αλλαγή της συγκέντρωσης του εδαφικού νερού σε κάθε στρώμα εδάφους λόγω αποστράγγισης ($\text{cm}^3[\text{water}]/\text{cm}^3[\text{soil}]$)
NO ₃ (L)*	Νιτρικά ιόντα ανά στρώμα εδάφους L ($\mu\text{g}[\text{N}]/\text{g}[\text{soil}]$)	WINF	Διαθέσιμο νερό για διήθηση-βροχόπτωση και καθαρή άρδευση μείον την απορροή (mm/d)
Δεδομένα Μοντέλου Ανάπτυξης Φυτού (CROPGRO και μοντέλα καλλιέργειών)			
NSTRES	Δείκτης καταπόνησης αζώτου (1= όχι καταπόνηση, 0= μέγιστη καταπόνηση)	UNO3(L)	Ρυθμός πρόσληψης NO ₃ από το ριζικό σύστημα ($\text{kg}[\text{N}]/(\text{ha d})$)
RLV(L)	Μήκος ριζικού συστήματος για το στρώμα εδάφους L ($\text{cm}[\text{ριζών}]/\text{cm}^3[\text{soil}]$)	XHLAI	Καθαρός δείκτης φυλλικής επιφάνειας LAI ($\text{m}^2[\text{φύλλο}]/\text{m}^2[\text{εδάφους}]$)
SENCLN(I,J)	Ημερήσια γήρανση φυτού. I=0 για την επιφάνεια, 1 για το έδαφος, J=1 για C, 2 για λιγνίνη, 3 για N ($\text{g}[\text{C},\text{N ή λιγνίνη}]/(\text{m}^2\text{d})$)	XLAI	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας LAI ($\text{m}^2[\text{φύλλο}]/\text{m}^2[\text{εδάφους}]$)
STGDOY(I)	Ημέρα που συμβαίνει στο στάδιο I (YYDDD)	YREMRG	Ημέρα εμφάνισης αρτίβλαστου (YYDDD)
UNH ₄ (L)	Ρυθμός πρόσληψης NH ₄ από το ριζικό σύστημα ($\text{kg}[\text{N}]/(\text{ha d})$)	YRNR8	Ημέρα συγκομιδής (YYDDD)(YRDOY)
Μεταβλητή	Ορισμός	Μεταβλητή	Ορισμός
Δεδομένα SPAM			
EO	Ποσότητα δυναμικής ET (mm/d)	SWDELTX(L)	Αλλαγή της συγκέντρωσης του εδαφικού νερού λόγω απορρόφησής του από τις ρίζες ανά στρώμα εδάφους L ($\text{cm}^3[\text{νερό}]/\text{cm}^3[\text{εδάφους}]$)
EOP	Ποσότητα δυναμικής διαπνοής (mm/d)	TRWU	Πραγματική ημερήσια απορρόφηση νερού από τις ρίζες (cm/d)
FDINT	Ανάσχεση φωτός από τα φύλλα	TRWUP	Δυναμική ημερήσια απορρόφηση νερού από τις ρίζες (cm/d)

FLOW(L)	Ακόρεστη ροή εδαφικού νερού += ανοδική, -= καθοδική (cm/d)		
Δεδομένα Μοντέλου Διαχείρισης			
FERTYPE*	Τύπος εφαρμοζόμενου λιπάσματος	RESSRF	Γα φυτικά υπολείμματα που αφήνονται στην επιφάνεια του εδάφους (kg(υπολειμμάτων)/ha)
FERDEPTH*	Βάθος ενσωμάτωσης λιπάσματος την ημέρα προσομοίωσης (cm)	RESNIT	Συγκέντρωση αζώτου στα φυτικά υπολείμματα (%)
FERNIT*	Ποσότητα αζώτου στο εφαρμοζόμενο λίπασμα την τρέχουσα ημέρα προσομοίωσης (kg[N]/ha)	RESDEPTH	Βάθος ενσωμάτωσης των προστιθέμενων νέων υπολειμμάτων (cm)
HAREND*	Τέλος εποχής ή ημέρα συγκομιδής (YYDDD)	RESTYPE	Τύπος υπολείμματος για την τρέχουσα εφαρμογή
IRRAMT	Ημερήσια ποσότητα άρδευσης (mm/d)	YRPLT*	Ημέρα σποράς (YYDDD)
RESSOL	Ποσότητα των εφαρμοζόμενων υπολειμμάτων στο έδαφος (kg[ξηράς ύλης]/ha)		
Με *(αστερίσκο) σημειώνονται τα ελάχιστα δεδομένα εισόδου που είναι απαραίτητα			

3.1.3.2 CERES-Wheat

Ένα από τα μοντέλα που συμπεριλαμβάνονται στο DSSAT είναι το CERES (Crop Environment Resource Synthesis) -Wheat (Jones et al., 2003). Το συγκεκριμένο μοντέλο, που αναπτύχθηκε υπό την αιγίδα των ερευνητικών προγραμμάτων USDA-ARS Wheat Yield και του U.S. Government Multiagency AGRISTARS (Ritchie and Otter, 1985), επιλέχθηκε για τις προσομοιώσεις της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού της ποικιλίας Iríde, των 13 σταθμών της Μεσογείου. Η ποικιλία Iríde, μεταξύ άλλων, συνοδεύουν το CERES-Wheat και ανήκει στις ποικιλίες πρώιμης ωρίμανσης και μεσαίου μεγέθους. Εμφανίζει υψηλή παραγωγικότητα, με αρκετά καλή ποιότητα αλευριού, και μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά περιβάλλοντα, με την αντοχή της στις χαμηλές θερμοκρασίες να είναι καλή και μέτρια στην προσβολή της από τις κύριες ασθένειες των καλλιεργειών Mereu et al. (2019). Πρόκειται για μια σχετικά νέα ποικιλία η οποία καταχωρήθηκε στο ιταλικό μητρώο ποικιλιών το 1996. Το CERES-Wheat αποτελεί ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο, για την εκτίμηση παραγωγής σιταριού (Zhang et al., 2019). Αυτό αποδεικνύεται από τις πολυάριθμες μελέτες, οι οποίες έχουν δείξει ότι όταν το μοντέλο βαθμονομηθεί σωστά, μπορεί να προσομοιώσει την ανάπτυξη βιομάζας, την απόδοση των σιτηρών και την πρόσληψη νερού και αζώτου των καλλιεργειών ως απόκριση σε ποικίλες πρακτικές διαχείρισης καθιστώντας το ένα πολύτιμο εργαλείο για την σχεδίαση καλύτερων στρατηγικών διαχείρισης καλλιεργειών (He et al. 2012; Kadiyala et al. 2015). Επίσης, έχει δοκιμαστεί σε πολλές τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο και τα αποτελέσματα απέδειξαν την ικανότητά του να προσομοιώνει τις αποδόσεις των σιτηρών σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες και διαφορετικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας και αζώτου (Rinaldi 2004; Συμεωνίδης, 2011). Μάλιστα το μοντέλο CERES-Wheat εμφανίζει αξιόπιστα αποτελέσματα κατά την εφαρμογή του σε περιβάλλοντα Μεσογειακών συνθηκών προκειμένου να προσομοιωθούν τα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του σκληρού σίτου (Mereu et al., 2019).

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται τα 9 στάδια ανάπτυξης του σιταριού σύμφωνα με το μοντέλο CERES-Wheat. Τα στάδια 1-5 αφορούν της ανάπτυξη της καλλιέργειας πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Το στάδιο 6 αντιπροσωπεύει την ολοκλήρωση ανάπτυξης του φυτού. Το

στάδιο 7 αφορά την περίοδο από την ολοκλήρωση της ανάπτυξης της τελευταίας καλλιέργειας έως το φύτεμα της επόμενης σοδιάς (περίοδος αγρανάπαυσης). Τα στάδια 8 και 9 αναφέρονται στις περιόδους της αρχικής ανάπτυξης του σπόρου, της υπεδάφιας ανάπτυξής του και της εμφάνισης του φυτού πάνω από το έδαφος (F. H. Beinroth et al., 1983; Tom Hodges, 2000).

Πίνακας 3.4. Τα στάδια ανάπτυξης του σκληρού σίτου όπως ορίζονται στο μοντέλο CERES-Wheat.		
Στάδιο	Γεγονός	Αναπτυσσόμενο φυτικό μέρος
7	Αγρανάπαυσή ή στάδιο πριν την σπορά	-
8	Από σπορά έως φύτεμα σπόρου	-
9	Από φύτεμα σπόρου έως εμφάνιση αρτίβλαστου	Ρίζες, κολεόπτιλο
1	Από τη εμφάνιση του αρτίβλαστου έως το τελικό σταχύδιο	Ρίζες, φύλλα
2	Από το τελικό σταχύδιο και έναρξη αύξησης του στάχυ έως το ξεστάχασμα	Ρίζες, φύλλα, στέλεχος
3	Από το τέλος της αύξησης των φύλων και την έναρξη αύξησης του στάχυ έως το τέλος του ξεσταχυσμάτος	Ρίζες, φύλλα, στάχυς
4	Από ξεστάχασμα έως την έναρξη γεμίσματος κόκκου	Ρίζες, στέλεχος
5	Περίοδος γεμίσματος κόκκου	Ρίζες, στέλεχος, κόκκος
6	Τέλος γεμίσματος κόκκου μέχρι τη συγκομιδή	-

Στο CERES-Wheat χρησιμοποιούνται γενετικοί συντελεστές (genetic coefficients) σχετικοί με το είδος (γενότυπος) της καλλιέργειας (Πίνακας 3.5). Η επιλογή των συντελεστών αφορά την εξεταζόμενη ποικιλία και δεν είναι ορθό να εφαρμόζονται ευρέως υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Mukhtar Ahmed et al., 2016). Στο CERES-Wheat ο ρυθμός ανάπτυξης του φυτού επηρεάζεται από τις ημέρες ανάπτυξης (Growing Degree-Days, GDD) των διαφόρων σταδίων της καλλιέργειας, που υπολογίζονται βάσει της ημερήσιας μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας. Ο προσδιορισμός των GDD, από την μία φάση στην άλλη, γίνεται είτε από τον χρήστη, είτε υπολογίζεται εσωτερικά βάσει των αρχείων εισόδου καιρού. Η ημερήσια ανάπτυξη του φυτού υπολογίζεται με την βοήθεια της ημερήσιας φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (Photosynthetically Active Radiation, PAR) που απορροφάται από τα φυτά. Η παρεμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίζεται συναρτήσει του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index, LAI), του πληθυσμού των φυτών και της απόστασης μεταξύ των γραμμών φύτευσης της καλλιέργειας. Η ημερήσια ανάπτυξη της καλλιέργειας μπορεί να τροποποιηθεί από τις μεταβολές του νερού, αζώτου και θερμοκρασίας, ενώ είναι ευαίσθητη στην ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂ (Jones et al., 2003).

Πίνακας 3.5. Οι γενετικοί συντελεστές για το σιτάρι στο μοντέλο CERES-Wheat.		
Αρχείο καλλιέργειας	Συντελεστές	
Γενότυπος	P1D	Συντελεστής ευαισθησίας του φυτού στη φωτοπερίοδο
	P1V	Συντελεστής ευαισθησίας εαρινοποίησης
	P5	Ο θερμικός χρόνος από την έναρξη γεμίσματος του κόκκου μέχρι την ωρίμανση (°C d)

	G1	Ο αριθμός κόκκων ανά μονάδα βάρους του στελέχους και του στάχου κατά το στάδιο της άνθισης (gr)
	G2	Βάρος κόκκου (mg/(kernel d))
	G3	Βάρος του στελέχους και του σταχίου όταν σταματήσει η ανάπτυξη (gr)
	PHINT	Ο θερμικός χρόνος που απαιτείται για την εμφάνιση των ακραίων φύλλων (°C d)

3.1.4 WeatherMan

Το πρόγραμμα WeatherMan ver. 4.7.5 (Weather Data Manager) έχει σχεδιαστεί για να απλοποιεί ή να αυτοματοποιεί πολλές από τις επαναλαμβανόμενες εργασίες που σχετίζονται με την προετοιμασία δεδομένων καιρού για χρήση από το DSSAT (Pickering et al. 1994). Οι ελάχιστες μετεωρολογικές παράμετροι που απαιτούνται από το DSSAT σε ημερήσια βάση περιλαμβάνουν την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία (°C), το ύψος βροχής (mm) και την ηλιακή ακτινοβολία ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Το WeatherMan ελέγχει αυτόματα για κενά χρονικά διαστήματα, σφάλματα ή «ύποπτες» τιμές των μεταβλητών κατά την εισαγωγή και τα συμπληρώνει κατά την εξαγωγή. Οι τύποι σφαλμάτων, με την επεξήγηση και τον κωδικό τους, παρατίθενται στον Πίνακα 3.6. Πριν τον έλεγχο των τιμών, ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει τις ακραίες τιμές των ατμοσφαιρικών παραμέτρων και βάσει αυτών προκύπτουν οι τύποι σφαλμάτων a (A), b (B) και r (R). Έτσι, επισημαίνεται μια τιμή, εάν είναι μικρότερη από κάποιο ελάχιστο, μεγαλύτερη από κάποιο μέγιστο ή υπερβαίνει έναν καθορισμένο ρυθμό μεταβολής από τη μια μέρα στην άλλη. Επίσης, κατά την εισαγωγή των δεδομένων αν υπάρχει κενό στα δεδομένα τότε αυτό μεταφράζεται σε τιμή που λείπει (missing value -99.0) και κατά την εξαγωγή μετατρέπεται σε αριθμό (τύπος σφάλματος n, (N)), ενώ η παρουσία γραμμάτων μεταφράζεται ως 0.0 κατά την εξαγωγή (τύπος σφάλματος e, (E)).

Πίνακας 3.6. Επεξήγηση των κωδικών σφαλμάτων που εμφανίζονται κατά την εισαγωγή και εξαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα WeatherMan. SRAD=ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), TMAX=ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία (°C), TMIN=ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία (°C), RAIN=ημερήσια βροχόπτωση (mm), PAR=ημερήσια φωτοσυνθετική ενεργή ακτινοβολία ($\text{mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Πηγή: Pickering et al. 1994.

Class	Description	Import code	Filled export cod
Range check	Above maximum	a	A
Range check	Below minimum	b	B
Range check	Above rate of change	r	R
Conversion	Missing value	n	N
Conversion	Format error	e	E

Variables†					
File	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN	PAR
Imported	62.23	23.3	-25.3	0.0	??.??
	11.09	8.3	16.9		21.30
	3.10	23.9	15.6	TRACE	11.70
Archived	62.2a	23.3	-25.3b	0.0	-99.0e
	11.1	8.3r	16.9	-99.0n	21.3
	3.1	23.9	15.6	0.0e	11.7
Exported	9.30A	23.3	10.3B	0.0	18.60E
	11.10	19.0R	16.9	5.2N	21.30
	3.10	23.9	15.6	0.0E	11.70

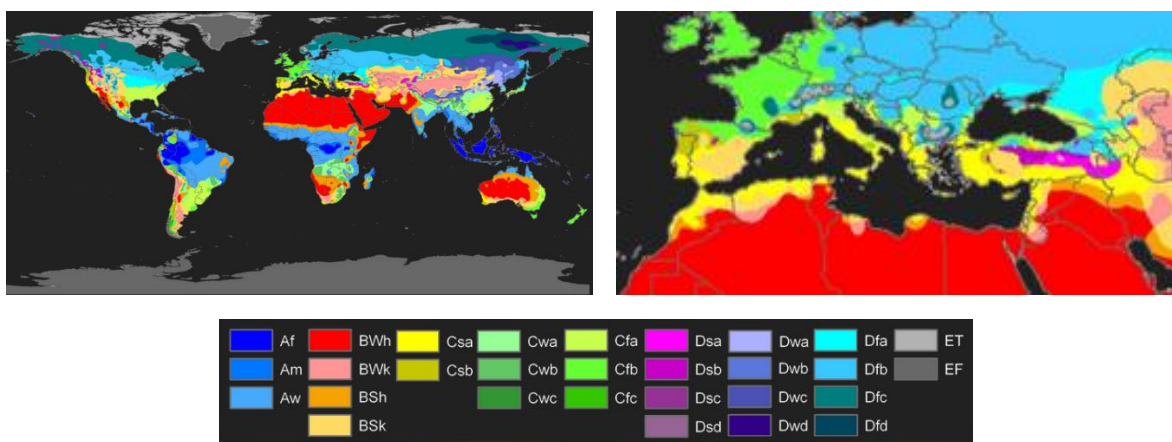
Υπάρχουν δύο μέθοδοι συμπλήρωσης δεδομένων που χρησιμοποιούνται για όλες τις μεταβλητές καιρού. Η πρώτη είναι η δημιουργία όλων των δεδομένων που λείπουν με τις γεννήτριες καιρού (Weather Generators) WGEN ή SIMMETEO. Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιεί

τους μέσους μηνιαίους όρους από το αρχείο κλίματος που δημιουργείται κατά την εισαγωγή των δεδομένων καιρού. Η πρώτη μέθοδος εφαρμόζεται στις μεταβλητές της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, βροχόπτωσης, ηλιακής ακτινοβολίας και ημερήσιας φωτοσυνθετικής ενεργής ακτινοβολίας, ενώ η δεύτερη μέθοδος εφαρμόζεται σε όλες τις μεταβλητές εκτός από την βροχόπτωση. Μια απλή στοχαστική γεννήτρια χρησιμοποιείται για τη συμπλήρωση δεδομένων βροχόπτωσης (Pickering et al. 1994). Στην παρούσα εργασία η συμπλήρωση των κενών διαστημάτων (<7 ημερών) δεδομένων έγινε με χρήση του μέσου μηνιαίου όρου (για όλες τις μεταβλητές εκτός από τη βροχόπτωση), ενώ για την παράμετρο της βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκε μια στοχαστική διαδικασία που περιλαμβάνεται στο WeatherMan. Το WeatherMan είναι ένα ευρέως χρησιμοποιημένο πρόγραμμα (π.χ. Malkia et al., 2016; Pathak 2017; Jha et al., 2019)

3.2 Μεθοδολογία

3.2.1 Σύγκριση της κλιματικής κατάταξης των σταθμών με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα

Σκοπός αυτής της σύγκρισης είναι να βρεθεί ποιο πλεγματικό προϊόν προσεγγίζει περισσότερο τα παρατηρησιακά δεδομένα όσον αφορά την κλιματική κατάταξη των σταθμών. Πολλές είναι οι κλιματικές κατατάξεις που έχουν προταθεί μέχρι σήμερα. Άλλες στηρίζονται στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας ή στην κατανομή των αέριων μαζών (π.χ. οι κατατάξεις των Flöhn, Alissov, Brochet κ.α.), ενώ άλλες στο συνδυασμό των διαφόρων κλιματικών παραμέτρων (π.χ. οι κατατάξεις των de Martonne, Köppen, Thornthwaite κ.α.) (Φλόκας, 1992). Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η κλιματική κατάταξη κατά Köppen, η οποία βασίζεται στις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις του κάθε σταθμού. Στο Σχήμα 3.3, αριστερά παρουσιάζονται οι κλιματικοί τύποι των διαφόρων περιοχών του πλανήτη, ενώ δεξιά γίνεται εστίαση στην περιοχή της Μεσογείου.



Σχήμα 3.3. Προσδιορισμός κλιματικού τύπου των διαφόρων περιοχών του πλανήτη σύμφωνα με την κατάταξη Köppen. (<http://www.meteotemplate.com/template/plugins/climateClassification/koppen.php>)

Ιδρυτής της κλιματικής κατάταξης Köppen είναι ο ομώνυμος Γερμανός Βιολόγος Wladimir Köppen (1846-1940), ο οποίος το μεγαλύτερο κομμάτι της ζωής του το αφιέρωσε στην

μελέτη κλιματολογικών θεμάτων. Η πρώτη κλιματική κατάταξη που δημιουργήσε ήταν το 1900 και βασιζόταν στην προσπάθειά του να συνδέσει το κλίμα με τη βλάστηση. Λίγα χρόνια αργότερα (1918), το κλιματικό πλαίσιο του Köppen, κατά κύριο λόγο, στηριζόταν τόσο στο ετήσιο ύψος βροχής και την κατανομή του μέσα στο έτος, όσο και στις μηνιαίες και ετήσιες τιμές θερμοκρασίας του αέρα. Με βάση τα θερμοκρασιακά και βροχομετρικά δεδομένα, βασικό κριτήριο για τον κλιματικό προσδιορισμό μιας περιοχής αποτέλεσε η βλάστηση, καθώς η ανάπτυξη των φυτών βασίζεται στις κλιματικές συνθήκες και επομένως παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις στην εξάπλωσή τους ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Βασικό πλεονέκτημα της κλιματικής κατάταξης κατά Köppen είναι η απλή και εύκολη εφαρμογή της, καθώς βασίζεται σε κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία και βροχόπτωση), που είναι διαθέσιμα από τους περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς (Φλόκας, 1992).

Στον Πίνακα 3.7 απεικονίζονται οι βασικοί, κατά Köppen, κλιματικοί τύποι. Ο Köppen χρησιμοποίησε για την κλιματική κατάταξη κεφαλαία και πεζά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου δημιουργώντας τρία σύνολα συμβόλων-γραμμάτων. Το πρώτο σύνολο αποτελεί την πρώτη μεγάλη ταξινόμηση και χρησιμοποιεί τα γράμματα A, B, C, D, E, H (η κατάταξη H αποτελεί παραλλαγή της E) τα οποία παριστάνουν τις βασικές κατηγορίες κλιμάτων (A: τροπικά κλίματα, B: ξηρά κλίματα, C: μεσόθερμα ή θερμά εύκρατα κλίματα, D: μικρόθερμα ή κλίματα ψυχρού βροχερού δάσους, E: αρκτικά ή πολικά κλίματα, H: ορεινά κλίματα-οι πολικές θερμοκρασίες οφείλονται στο υψόμετρο ανεξάρτητα από το γεωγραφικό πλάτος.). Κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες (εξαιρείται η H) υποδιαιρείται σε περισσότερες δευτερεύουσες κατηγορίες, με την προσθήκη ενός δεύτερου γράμματος (δεύτερο σύνολο) μεταξύ των F, f, m, s, T, w (τα f, m, s, w προσδιορίζουν τα βροχομετρικά χαρακτηριστικά, ενώ τα F και T αναφέρονται στην θερμοκρασία). Τέλος, τα κλίματα B,C και D υποδιαιρούνται σε άλλες κατηγορίες, με την προσθήκη ενός τρίτου γράμματος (τρίτο σύνολο) μεταξύ των a, b, c, d, h, k (Φλόκας, 1992).

Πίνακας 3.7. Οι κύριοι, κατά Köppen, κλιματικοί τύποι (κατά Ζαμπάκα, 1981).

ΣΗΡΑ ΚΛΙΜΑΤΑ B		ΚΛΙΜΑΤΑ ΔΑΣΟΥΣ A, C, D										ΠΟΛΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΑ E	ΟΡΕΙΝΟ ΚΛΙΜΑ H
$t < t_s = 20T + 280$ και $t_0 \geq 0.7t$		ΘΕΡΜΑ ΤΡΟΠΙΚΑ A		ΘΕΡΜΑ ΕΥΚΡΑΤΑ ΚΑΙ ΒΡΟΧΕΡΑ ΜΕ ΗΠΙΟΥΣ ΧΕΙΜΩΝΕΣ C				ΨΥΧΡΑ ΜΕ ΔΡΙΜΕΙΣ ΧΕΙΜΩΝΕΣ D				$T_0 < 10^\circ$	
$t < t_s = 20T$ και $t_s \geq 0.7t$		$T_0 \geq 18$		$T_0 > 10^\circ$ και $T_0 < 18^\circ$				$T_0 > 10^\circ$ και $T_0 \leq -30$					
$t < t_s = 20T + 140$ και $t_0 < 0.7t > t_s$				ΧΩΡΙΣ ΣΗΡΗ ΕΠΟΧΗ Cf				ΧΩΡΙΣ ΣΗΡΗ ΕΠΟΧΗ Df					
$t < t_s$ $\frac{t_s}{2} < t < t_s$				ΣΗΡΗ ΕΠΟΧΗ ΤΟ ΦΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ Cf				ΣΗΡΗ ΕΠΟΧΗ ΤΟ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ Df					
				$t_s < 30$ $t_s < 3$ Cs				$t_s < 10$ $t_s < 10$ Cw					
ΕΡΗΜΙΚΑ ΣΗΡΑ Bw		ΕΠΕΡΙΠΛΗΝ ΗΜΕΡΙΝΑ Bs											
$t > 15^\circ$		$t_s \geq 60$		$t_s < 100 - (t_s/2)$				$t_s < 10$					
$t < 15^\circ$		$t_s < 60$		$t_s < 100 - (t_s/2)$				$t_s < 10$					
$t > 15^\circ$		$t_s < 60$		$t_s < 100 - (t_s/2)$				$t_s < 10$					
$t < 15^\circ$		$t_s < 60$		$t_s < 100 - (t_s/2)$				$t_s < 10$					
ΤΡΟΠΙΚΑ ΘΕΡΜΑ Bwh		ΜΕΣΗΝ ΠΛΑΤΙΝ ΔΩΔΕΚΑ ΜΗΝΕΡΑ Bwh		ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$				ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$					
ΤΡΟΠΙΚΑ ΘΕΡΜΑ Bwk		ΜΕΣΗΝ ΠΛΑΤΙΝ ΔΩΔΕΚΑ ΜΗΝΕΡΑ Bwk		ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$				ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$					
ΤΡΟΠΙΚΑ ΘΕΡΜΑ Bhs		ΜΕΣΗΝ ΠΛΑΤΙΝ ΔΩΔΕΚΑ ΜΗΝΕΡΑ Bhs		ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$				ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$					
ΤΡΟΠΙΚΑ ΘΕΡΜΑ Bkt		ΜΕΣΗΝ ΠΛΑΤΙΝ ΔΩΔΕΚΑ ΜΗΝΕΡΑ Bkt		ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$				ΥΠΟ-ΑΡΚΤΙΚΑ ΜΕ ΒΡΑΧΥ ΑΡΩΠΕΡΟ ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ 4 ΘΕΡΜΟΤΕΡΩΝ ΜΗΝΩΝ $\geq 10^\circ$					
Bwh		Bwh		Bwh				Bwh					
Bwk		Bwk		Bwk				Bwk					
Bhs		Bhs		Bhs				Bhs					
Bkt		Bkt		Bkt				Bkt					
Afi		Afi		Afi				Afi					
Am		Am		Am				Am					
Aw		Aw		Aw				Aw					
Cfa		Cfa		Cfa				Cfa					
Cfb		Cfb		Cfb				Cfb					
Cfc		Cfc		Cfc				Cfc					
Csa		Csa		Csa				Csa					
Csb		Csb		Csb				Csb					
Cwa		Cwa		Cwa				Cwa					
Cwb		Cwb		Cwb				Cwb					
Dfa		Dfa		Dfa				Dfa					
Dfb		Dfb		Dfb				Dfb					
Dfc		Dfc		Dfc				Dfc					
Dfd		Dfd		Dfd				Dfd					
Dwa		Dwa		Dwa				Dwa					
Dwb		Dwb		Dwb				Dwb					
Dwc		Dwc		Dwc				Dwc					
Dwd		Dwd		Dwd				Dwd					
ET		ET		ET				ET					
EF		EF		EF				EF					
H		H		H				H					

3.2.2 Άμεση σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα

Κύριο ζητούμενο αποτέλεσε ο εντοπισμός της ομάδας των πλεγματικών δεδομένων που προσεγγίζει καλύτερα τις παρατηρήσεις. Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε στη χρήση των προγραμμάτων Microsoft Excel και IRENE (ver. 1.0). Αρχικά, κατασκευάστηκαν για την περίοδο αναφοράς θηκογράμματα, τα οποία απεικονίζουν τις μέσες μηνιαίες τιμές (αυτές προέκυψαν από τις μέσες μηνιαίες τιμές ανά έτος για τις θερμοκρασιακές παραμέτρους και την ηλιακή ακτινοβολία και από τα μηνιαία αθροίσματα ανά έτος για την βροχόπτωση) της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, της ηλιακής ακτινοβολίας και βροχόπτωσης για το σύνολο των σταθμών (13 σταθμοί, Πίνακας 2.4). Μια άλλη ομάδα θηκογραμμάτων αποτέλεσαν τα εποχικά θηκογράμματα, για κάθε σταθμό ξεχωριστά, απεικονίζοντας τις παραπάνω μεταβλητές σε εποχική βάση, τα οποία κατασκευάστηκαν από τις μέσες εποχικές τιμές (για τις θερμοκρασιακές παραμέτρους και την ηλιακή ακτινοβολία) και αθροίσματα (για την βροχόπτωση) ανά έτος. Διευκρινίζεται ότι ως χειμώνας λήφθηκε ο Δεκέμβριος του προηγούμενου έτους και ο Ιανουάριος και Φεβρουάριος του επόμενου έτους. Τέλος, υπολογίστηκαν τα στατιστικά μέτρα και οι δείκτες της υποενότητας 3.2.

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα με την χρήση θερμοκρασιακών και υγρομετρικών δεικτών (υποενότητα 3.1). Για κάθε σταθμό και εποχή υπολογίστηκε για τις θερμοκρασιακές παραμέτρους, το ποσοστό ημερών με $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$, $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$. Αντίστοιχα, για την βροχομετρική παράμετρο υπολογίστηκε το ποσοστό ημερών με $Prec \geq 0.1\text{mm}$, $Prec \geq 1\text{mm}$, καθώς και το 95° και 99° εκατοστημόριο. Οι αποκλίσεις μεταξύ των τριών ομάδων συγκρίσεων προσδιορίστηκαν με την κατασκευή θηκογραμμάτων και τον υπολογισμό των στατιστικών μέτρων της υποενότητας 3.1.

3.2.3 Έμμεση σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα

3.2.3.1 Σύγκριση της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής, για την περίοδο αναφοράς, με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας σκοπός είναι ο εντοπισμός του πλεγματικού προϊόντος που εμφάνισε τις μικρότερες αποκλίσεις όσον αφορά την ημέρα άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής όπως αυτά προέκυψαν από το CERES-Wheat, σε σχέση με τις παρατηρήσεις. Επειδή το ζητούμενο ήταν να αναδειχθεί το κλίμα ως ο μοναδικός υπεύθυνος παράγοντας στην διαμόρφωση των παραπάνω αποκλίσεων (α) το CERES-Wheat “έτρεξε” με απενεργοποιημένες τις υπορουτίνες προσομοίωσης της εδαφικής υγρασίας και λίπανσης (potential mode) (επομένως δεν λήφθηκαν υπόψη οι μειωτικές επιδράσεις του ελλείματος εδαφικής υγρασίας και λίπανσης) στην ανάπτυξη και παραγωγή του σιταριού και (β) η ίδια διαχείριση και καλλιεργητικές πρακτικές χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις περιοχές. Έτσι χρησιμοποιήθηκε κοινή ποικιλία και ημέρα σποράς για όλους τους σταθμούς. Οι γενετικοί συντελεστές της ποικιλίας Iríde παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.8. Η 1^η Νοεμβρίου χρησιμοποιήθηκε σαν κοινή ημέρα σποράς για όλες τις περιοχές και η επιλογή της σχετίζεται με τις θερμοκρασιακές και υγρομετρικές ανάγκες της καλλιέργειας κατά τα διαφορετικά στάδια ανάπτυξής της. Το σκληρό σιτάρι δεν ευδοκμεί στα θερμά ή υγρά κλίματα εκτός εάν διαθέτουν μια περίοδο σχετικά δροσερή που να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να

επιβραδύνει τη δράση των παρασιτικών ασθενειών (Σφήκας, 1995). Στην περιοχή της Μεσογείου οι θερμοκρασιακές και υδρομετρικές συνθήκες του χειμώνα ευνοούν τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του σιταριού, ενώ οι ανάλογες συνθήκες της άνοιξης συμβάλλουν στη ταχεία ανάπτυξη του φυτού με το καλοκαίρι (Ιούνιος-Ιούλιος) να ολοκληρώνεται η ωρίμανση ακολουθώντας η συγκομιδή. Συνεπώς, η 1^η Νοεμβρίου επιλέχθηκε ως αφετηρία, καθώς η διαδοχή των ακόλουθων ημερών (και εποχών) συμβαδίζουν με την ευνοϊκή ανάπτυξη της καλλιέργειας. Η καλλιεργητική περίοδος ολοκληρώνεται, κάθε φορά, περίπου στις αρχές του καλοκαιριού του επόμενου έτους.

Σε αυτό το στάδιο, πριν την εκτέλεση του CERES-Wheat, έγινε διόρθωση/συμπλήρωση των κενών διαστημάτων των τεσσάρων συνόλων δεδομένων, με τη χρήση του WeatherMan. Μετά την εκτέλεση του μοντέλου, προέκυψαν αποτελέσματα για τις ημέρες άνθησης (ADAT), ωρίμανσης (MDAT) και το βάρος συγκομιδής (HWAM), για κάθε σταθμό και έτος της περιόδου αναφοράς (Πίνακας 2.5). Για την σύγκριση της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής με τα παρατηρησιακά και πλεγματικά δεδομένα κατασκευάστηκαν θηκογράμματα αποκλίσεων των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις, για τις περιόδους αναφοράς (Πίνακας 2.5), για το σύνολο των σταθμών και για κάθε σταθμό ξεχωριστά, ενώ υπολογίστηκαν και τα στατιστικά μέτρα και οι δείκτες της υποενότητας 3.2. Η πρώτη ομάδα θηκογραμμάτων δημιουργήθηκε από τις διαφορές των μέσων τιμών ADAT, MDAT, HWAM, των περιόδων αναφοράς για το σύνολο των 9 σταθμών, των πλεγματικών από τα παρατηρησιακά δεδομένα, ενώ η δεύτερη ομάδα προέκυψε, για κάθε σταθμό ξεχωριστά, από τις ετήσιες διαφορές των τιμών ADAT, MDAT, HWAM, μεταξύ των ομάδων συγκρίσεων.

Πίνακας 3.8. Οι γενετικοί συντελεστές για το σιτάρι (Triticum) στο μοντέλο CERES-Wheat.

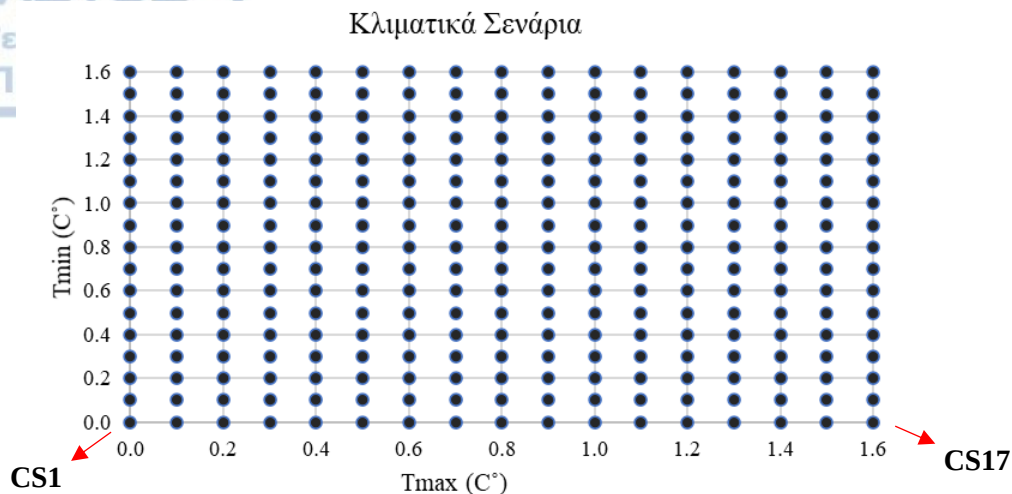
Συντελεστές Γενοτύπου	Τιμή
P1V (Days, optimum vernalizing temperature, required for vernalization)	25
P1D (Photoperiod response (% reduction in rate/10 h drop in pp))	62
P5 (Grain filling (excluding lag) phase duration (oC.d))	777
G1 (Kernel number per unit canopy weight at anthesis (#/g))	29
G2 (Standard kernel size under optimum conditions (mg))	41
G3 (Standard, non-stressed mature tiller wt (incl grain) (g dwt))	2
PHINT (Interval between successive leaf tip appearances (oC.d))	97

3.2.3.2 Σύγκριση της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής, για το κοντινό μέλλον, μεταξύ των πλεγματικών και παρατηρησιακών δεδομένων, μετά την εφαρμογή κλιματικών σεναρίων

Με την βοήθεια του διαδραστικού χάρτη του IPCC (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>) επιλέχθηκαν τα κλιματικά σενάρια (CS), ώστε να προσομοιωθεί η συμπεριφορά του σιταριού στο μέλλον (Σχήμα 3.4). Επειδή το CERES-Wheat έτρεξε σε "potential mode", με απενεργοποιημένες τις υπορουτίνες προσομοίωσης εδαφικής υγρασίας και λίπανσης, τα σενάρια βασίστηκαν μόνο στις μεταβολές των θερμοκρασιακών παραμέτρων T_{max} και T_{min} οι οποίες επιβλήθηκαν (στην

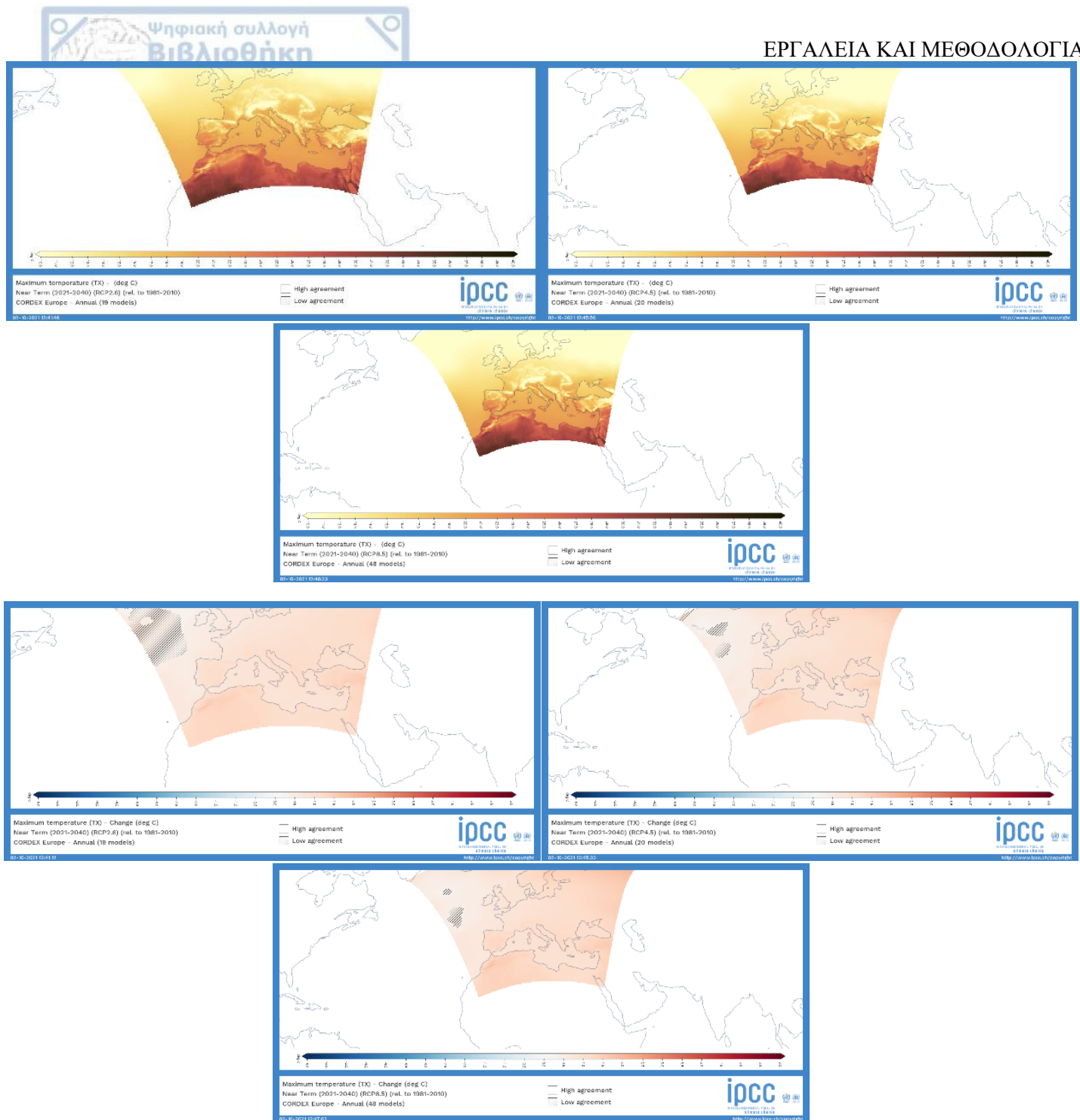
συγκεκριμένη περίπτωση, προστέθηκαν) στις ημερήσιες χρονοσειρές, αντίστοιχα. Για να επιλεγούν οι τιμές των μεταβολών εξετάστηκαν οι προβλεπόμενες μεταβολές των T_{max} και T_{min} για το κοντινό μέλλον (2021-2040), για τις χερσαίες περιοχές πλησίον της Μεσογείου, βάσει των εκτιμήσεων του μοντέλου CORDEX Europe του IPCC σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1981-2010 (Πίνακας 3.9, Σχήμα 3.5 και 3.6). Για την επιλογή των κλιματικών σεναρίων λήφθηκαν υπόψη, για κάθε σενάριο RCP (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5), το εκατοστημόριο P95, του βραχυπρόθεσμου μέλλοντος (2021-2040), καθώς εκτιμά τις ακραίες μέγιστες θερμοκρασιακές μεταβολές για το άμεσο μέλλον. Τα RCPs (Representative Concentration Pathways) αποτελούν σεναρία που βασίζονται σε διαφορετικές τιμές συγκέντρωσης και εκπομπής θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα και στον κλιματικό εξαναγκασμό (radiative forcing) (πρόσθετη ενέργεια που απορροφά το σύστημα της Γης), λόγω αύξησης της ρύπανσης από την κλιματική αλλαγή, ώστε να εκτιμηθούν οι μελλοντικές επιπτώσεις (εκτείνονται μέχρι το 2100). Τα RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 δηλώνουν κλιματικό εξαναγκασμό 2.6, 4.5 και 8.5 W/m^2 , αντιστοίχως, με τα σεναρία να “χειροτερεύουν” με την αύξηση του κλιματικού εξαναγκασμού (<https://climateinformation.org/>). Ανεξαρτήτου σεναρίου RCP, οι μέγιστες μεταβολές των T_{max} και T_{min} , για το κοντινό μέλλον προβλέπονται να πλησιάσουν τους +1.6 °C (Πίνακας 3.9). Οι εκτιμώμενες αλλαγές βάσει των διαφορετικών RCPs μεταξύ των T_{max} και T_{min} δεν εμφανίζουν μεγάλες διαφορές. Μάλιστα, για κάθε RCP, οι μέσες τιμές των θερμοκρασιών είναι ίδιες. Διαφοροποίηση εμφανίζονται, για το RCP4.5, στη μέγιστη ακραία τιμή (1.5°C για T_{max} και 1.4°C για T_{min}), προβλέποντας μεγαλύτερη αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας (κατά 0.1°C) σε σχέση με την ελάχιστη. Συνεπώς, επιλέχθηκε η μεταβολή των T_{max} και T_{min} να κυμαίνεται από 0.0°C έως 1.6°C (με αυξητικό βήμα 0.1°C, CS1 - CS17), με αποτέλεσμα να προκύψουν 289 (=17 x 17) κλιματικά σεναρία (Σχήμα 3.4).

Μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων στα αρχικά δεδομένα των Obs, Agri4cast, Eobs-0.1 και Eobs-0.25 ακολούθησε εκτέλεση του μοντέλου CERES-Wheat, ώστε να προσομοιωθούν οι φάσεις ανάπτυξης της καλλιέργειας του σιταριού παράγοντας νέα αποτελέσματα ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής. Αφού υπολογίστηκαν, για κάθε πλεγματικό προϊόν, οι μέσες τιμές των αποτελεσμάτων κάθε κλιματικού σεναρίου κατασκευάστηκαν θηκογράμματα τόσο για το σύνολο των σταθμών ($n=9$), όσο και για κάθε σταθμό ξεχωριστά, για τις περιόδους αναφοράς (Πίνακας 2.5), υπολογίστηκαν τα στατιστικά μέτρα και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα μέσω των δεικτών της υποενότητας 3.2. Για την άνθηση, ωρίμανση και συγκομιδή, η πρώτη ομάδα θηκογραμμάτων δημιουργήθηκε, από τις διαφορές των μέσων τιμών όλων των κλιματικών σεναρίων (και των 9 σταθμών), των πλεγματικών από τα παρατηρησιακά δεδομένα, ενώ η δεύτερη ομάδα προέκυψε για κάθε σταθμό, από τις διαφορές των μέσων τιμών, κάθε σεναρίου, μεταξύ των ομάδων συγκρίσεων. Στη συνέχεια, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων (Σχήμα 3.4) για κάθε σταθμό “χαρτογραφήθηκαν με την μορφή επιφανειών” οι αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις, των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και ποσότητας συγκομιδής (σε %). Αυτό επιτεύχθηκε με την βοήθεια του προγράμματος Origin.

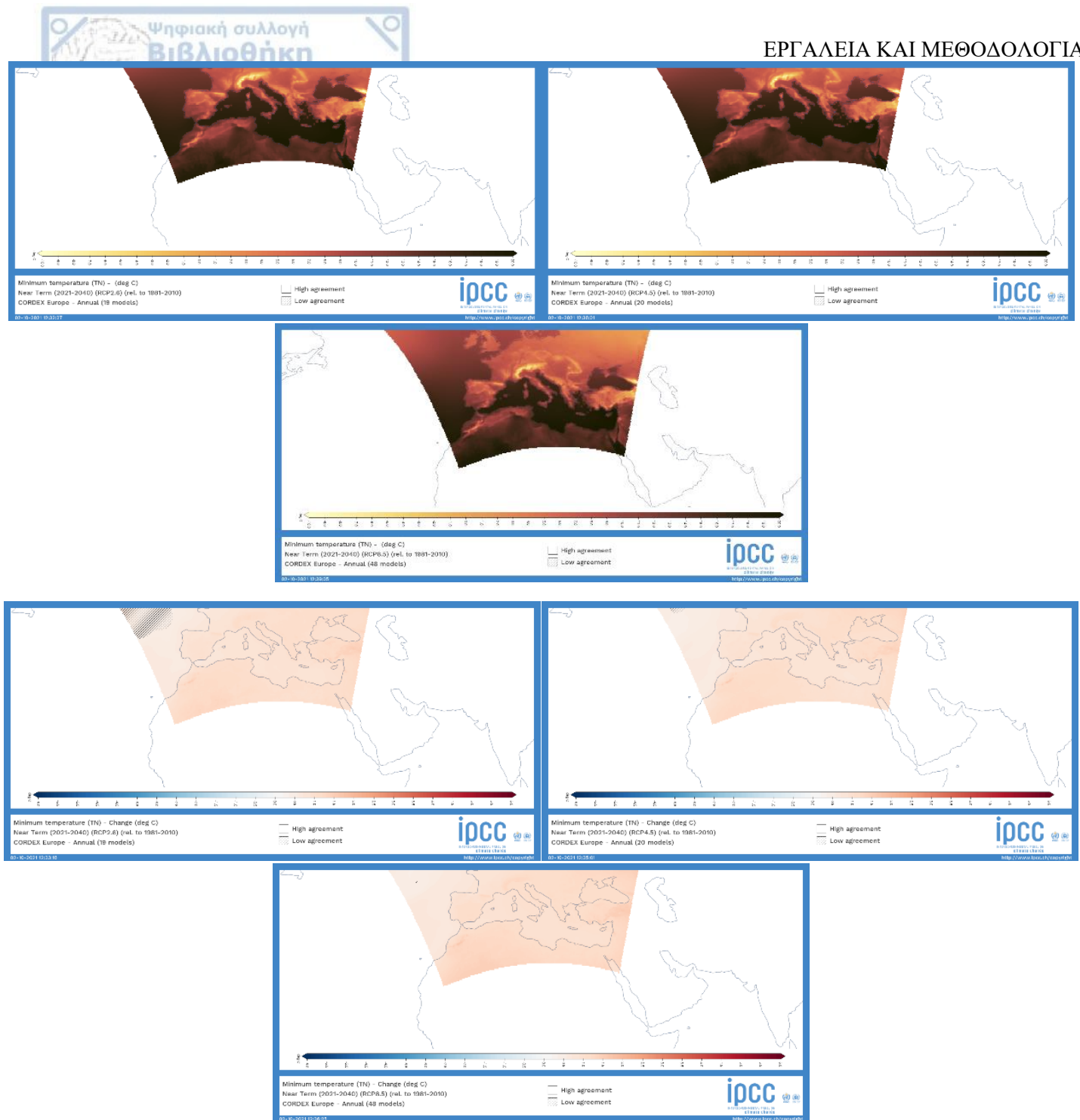


Σχήμα 3.4. Κλιματικά Σενάρια

Πίνακας 3.9. Εκτιμώμενες αλλαγές των Tmax & Tmin (°C) σύμφωνα με το IPCC, για την περιοχή της Μεσογείου, για το κοντινό μέλλον, για διαφορετικά σενάρια RCP (περίοδος αναφοράς 1981-2010).								
Tmax								
Περίοδος	Σενάριο	Median	P25	P75	P10	P90	P5	P95
κοντινό μέλλον (2021-2040)	RCP2.6	0.9	0.8	1.3	0.7	1.6	0.6	<u>1.6</u>
κοντινό μέλλον (2021-2040)	RCP4.5	0.9	0.9	1	0.8	1.4	0.8	<u>1.5</u>
κοντινό μέλλον (2021-2040)	RCP8.5	1.1	1	1.2	0.8	1.6	0.8	<u>1.6</u>
Tmin								
Περίοδος	Σενάριο	Median	P25	P75	P10	P90	P5	P95
κοντινό μέλλον (2021-2040)	RCP2.6	0.9	0.8	1.3	0.7	1.5	0.6	<u>1.6</u>
κοντινό μέλλον (2021-2040)	RCP4.5	0.9	0.8	0.9	0.8	1.4	0.7	<u>1.4</u>
κοντινό μέλλον (2021-2040)	RCP8.5	1.1	0.9	1.1	0.8	1.6	0.8	<u>1.6</u>



Σχήμα 3.5. Χάρτες απεικόνισης T_{max} (1^η, 2^η σειρά) και των μεταβολών τους (3^η, 4^η σειρά), στο κοντινό μέλλον (2021-2040), για RCPs 2.6, 4.5 και 8.5, για τις χερσαίες περιοχές της Μεσογείου, σύμφωνα με το IPCC.



Σχήμα 3.6. Χάρτες απεικόνισης T_{min} (1^η, 2^η σειρά) και των μεταβολών τους (3^η, 4^η σειρά), στο κοντινό μέλλον (2021-2040), για RCPs 2.6, 4.5 και 8.5, για τις χερσαίες περιοχές της Μεσογείου, σύμφωνα με το IPCC.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των κλιματικών κατατάξεων βάσει των τεσσάρων ομάδων δεδομένων, καθώς και των συγκρίσεων των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα, μέσω των θηκογραμμάτων αποκλίσεων των χρησιμοποιούμενων μετεωρολογικών παραμέτρων και των πινάκων που περιέχουν τα στατιστικά μέτρα και τους θερμοκρασιακούς και υγρομετρικούς δείκτες. Ακόμα, παραθέτοντας τα θηκογράμματα αποκλίσεων των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής, καθώς και τους ανάλογους πίνακες στατιστικών μέτρων, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των συγκρίσεων της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα, με και χωρίς τη χρήση κλιματικών σεναρίων.

4.1 Κλιματική κατάταξη σταθμών με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα

Παρατηρείται ότι για την πλειονότητα των σταθμών, τα αποτελέσματα των Agri4cast, Eobs-0.1 και Eobs-0.25, ταυτίζονται με τα αποτελέσματα των Obs (Πίνακας 4.1). Δεν λείπουν όμως και οι εξαιρέσεις. Οι σταθμοί Malaga, Granada, Perpignan, Montpellier, Marseilles, Nice, Cagliari και Brindisi κατατάσσονται στην κατηγορία C, στα θερμά εύκρατα και βροχερά με ήπιους χειμώνες κλίματα και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία των χερσαίων μεσογειακών ξηρού και θερμού θέρους κλιμάτων (Csa). Αντίθετα, οι σταθμοί Melilla, Lleida, Larisa, Thessaloniki και Larnaca ταξινομούνται στην κατηγορία B των ξηρών και ημίξηρων κλιμάτων, ωστόσο όσον αφορά τον προσδιορισμό της κλιματικής υποκατηγορίας σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ των παρατηρησιακών και πλεγματικών δεδομένων. Από την μία, τα αποτελέσματα των πλεγματικών δεδομένων, των σταθμών Lleida, Larisa και Thessaloniki, ταυτίζονται με τα Obs κατατάσσοντας τις περιοχές στην υποκατηγορία του δροσερού ή ψυχρού ημίξηρου κλίματος μέσω των πλατών (Bsk). Από την άλλη ο σταθμός Melillia, κατατάσσεται από τα πλεγματικά δεδομένα στο δροσερό ή ψυχρό ημίξηρο κλίμα μέσω των πλατών (Bsk), ενώ από τα Obs στο τροπικό θερμό ημίξηρο κλίμα (Bsh). Για την Larnaca, τα Agri4cast και Eobs-0.1 συμβαδίζουν με τα Obs (κατάταξη στην Bsh κλιματική υποκατηγορία), σε αντίθεση με τα Eobs0.25, όπου κατατάσσουν το σταθμό στην υποκατηγορία Csa. Από την σύγκριση των πλεγματικών αποτελεσμάτων με τις παρατηρήσεις, δεν εντοπίζεται κάποια τάση, όσον αφορά την κλιματική κατάταξη των σταθμών με το γεωγραφικό πλάτος. Συμπερασματικά, τα Agri4cast και Eobs-0.1 εμφανίζουν την καλύτερη επίδοση, με ελάχιστη διαφορά από το Eobs-0.25.

Πίνακας 4.1. Προσδιορισμός του κλιματικού τύπου των σταθμών, βάσει της κατάταξης Köppen, με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα. Οι σταθμοί παρουσιάζονται σύμφωνα με το γεωγραφικό τους πλάτος (από τα δυτικά προς τα ανατολικά).

ΣΤΑΘΜΟΙ	OBS	AGRI4CAST	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	Csa	Csa	Csa	Csa
GRANADA AEROPUERTO, SP	Csa	Csa	Csa	Csa
MELILLA, SP	Bsh	Bsk	Bsk	Bsk
LLEIDA, SP	Bsk	Bsk	Bsk	Bsk
PERPIGNAN, FR	Csa	Csa	Csa	Csa
MONTPELLIER AEROPORT, FR	Csa	Csa	Csa	Csa
MARSEILLES MARIGNANE, FR	Csa	Csa	Csa	Csa
NICE, FR	Csa	Csa	Csa	Csa
CAGLIARI, IT	Csa	Csa	Csa	Csa
BRINDISI, IT	Csa	Csa	Csa	Csa
LARISA, GR	Bsk	Bsk	Bsk	Bsk
THESSALONIKI, GR	Bsk	Bsk	Bsk	Bsk
LARNACA, CY	Bsh	Bsh	Bsh	Csa

4.2 Σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα

4.2.1 Εποχιακή σύγκριση σε μηνιαία βάση για το σύνολο των σταθμών

Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζεται η σύγκριση με την μορφή θηκογραμμάτων σε μηνιαία βάση, των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα, για την T_{max} και T_{min} (1η και 2η σειρά, αντίστοιχα), Prec (3η σειρά) και QQ (4η σειρά), για ολόκληρη την περίοδο αναφοράς και για όλους τους σταθμούς (n=13 (σταθμοί) για T_{min}, T_{max} and Prec και n=9 (σταθμοί) για την QQ). Τα στατιστικά μέτρα (μέσος όρος, τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια Q25, Q50 και Q75) παρουσιάζονται στον Πίνακα Α.1.

Όσον αφορά την μέση μέγιστη θερμοκρασία όλα τα πλεγματικά προϊόντα συστηματικά υποεκτίμησαν τις κεντρικές τιμές (δηλαδή την μέση τιμή και την διάμεσο) των παρατηρήσεων. Γενικά, η μέση μέγιστη θερμοκρασία των Obs προσεγγίζεται εξίσου καλά από τα Eobs-0.1 και Agri4cast. Ειδικότερα, όμως, το πρώτο προϊόν ήταν καλύτερο όσον αφορά την μέση τιμή, ενώ και τα δύο είναι το ίδιο καλά για την διάμεσο (Q50). Το κατώτερο εκατοστημόριο (Q25) προσεγγίζεται καλύτερα από τα Eobs-0.1 κι έπειτα από τα Agri4cast, με αντιστροφή να παρατηρείται για το ανώτερο (Q75).

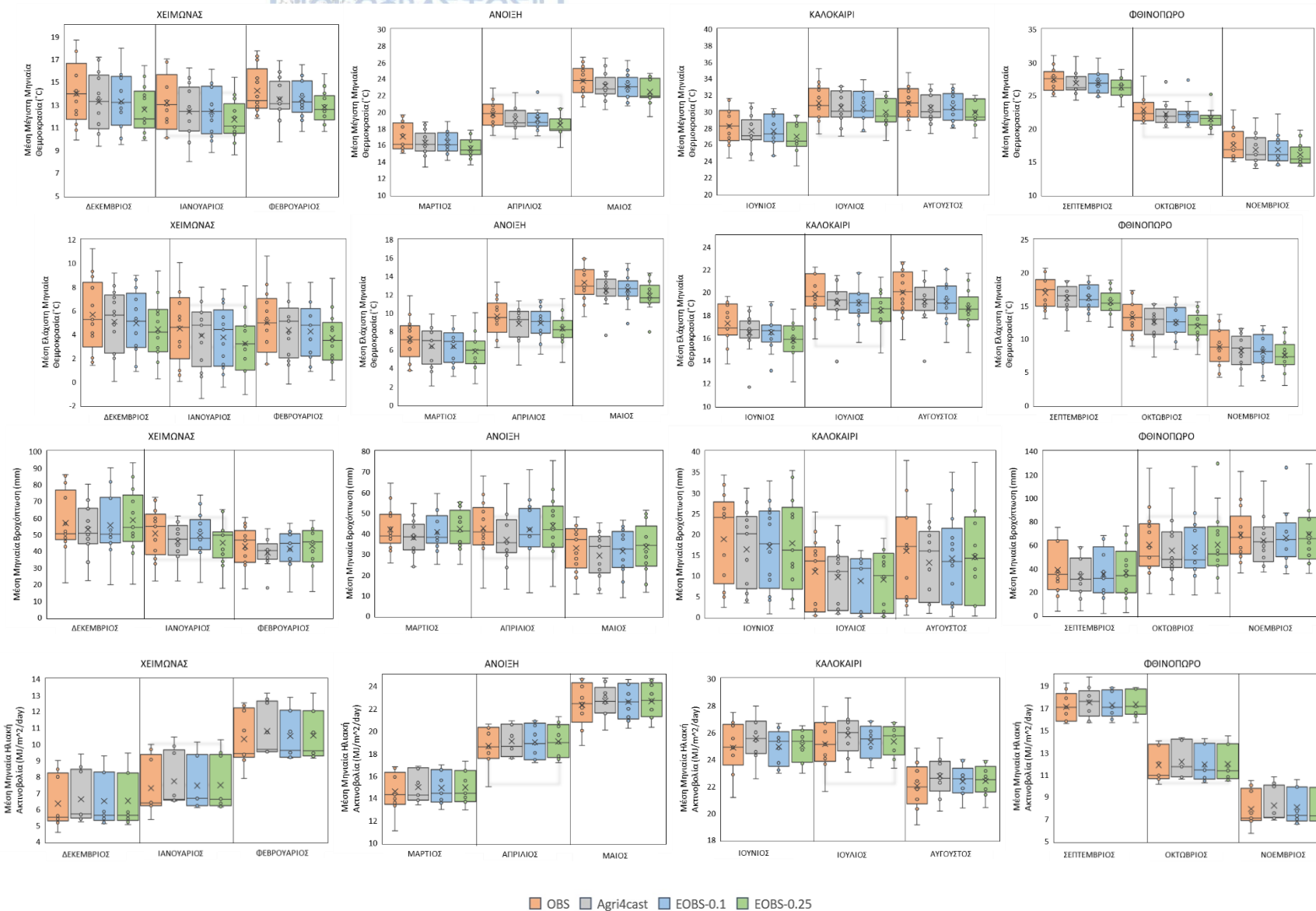
Για την μέση ελάχιστη θερμοκρασία επίσης όλα τα πλεγματικά προϊόντα συστηματικά υποεκτίμησαν τις κεντρικές τιμές των Obs. Τα Eobs-0.1 παρουσίασαν ελαφρώς μικρότερες αποκλίσεις από τα Agri4cast όσον αφορά την μέση τιμή, ενώ εμφανίζουν ίσες διαφορές για το Q50. Τα Eobs-0.1 υπερέχουν έναντι των Agri4cast και για τις ακραίες τιμές (Q25 και Q75).

Υποεκτίμηση των κεντρικών τιμών εμφανίζεται και στην περίπτωση της μέσης βροχόπτωσης, με τα πλεγματικά προϊόντα Eobs-0.25 και Eobs-0.1 να προσεγγίζουν συνολικά, κατά σειρά, καλύτερα τα Obs. Συγκεκριμένα πρώτα τα Eobs-0.1 κι έπειτα τα Eobs-0.25 αποτελούν

βέλτιστες επιλογές για την μέση τιμή, με αντιστροφή στη σειρά να παρατηρείται για το Q50. Τα δύο παραπάνω προϊόντα, με αυτή τη σειρά, αποτελούν ιδανικότερες επιλογές για το Q75, ενώ για το Q25 υπερτερούν τα Eobs-0.25 έναντι των Eobs-0.1.

Όσον αφορά την μέση ηλιακή ακτινοβολία, τα πλεγματικά προϊόντα υπερεκτίμησαν τις κεντρικές τιμές. Τα Eobs-0.1, κι ακολούθως τα Eobs-0.25, αποτελούν γενικώς τις ιδανικότερες επιλογές. Ειδικότερα, τα συγκεκριμένα προϊόντα προσδιορίζουν, με αυτήν την σειρά, καλύτερα την μέση τιμή, με αντιστροφή να εμφανίζεται για την διάμεσο (Q50). Για το μικρότερο εκατοστημόριο (Q25), καλύτερες επιλογές είναι τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25, ενώ διαφοροποίηση εμφανίζεται για το μεγαλύτερο, όπου πρώτα τα Eobs-0.25 κι έπειτα τα Agri4cast προσεγγίζουν καλύτερα τα Obs.

Σχετικά με τις τυπικές αποκλίσεις, αυτές προσεγγίζονται καλύτερα από τα Eobs-0.1 και Agri4cast στην περίπτωση των θερμοκρασιών (τα Agri4cast υπερτερούν των Eobs-0.1 για T_{max} και το αντίστροφο για T_{min}) με παρόμοιες τιμές και για τις δύο παραμέτρους (κατά μέσο όρο 2°C). Οι αποκλίσεις από την μέση τιμή για την T_{min} είναι ελαφρώς μεγαλύτερες έναντι των T_{max}, κατά 0.2-0.3°C. Οι τυπικές αποκλίσεις για την βροχόπτωση και ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά μέσο όρο 15mm και 1.5 MJ/m²/day, αντιστοίχως.



Σχήμα 4.1. Σύγκριση, σε μηνιαία βάση, των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα για την T_{max} & T_{min} (1^η και 2^η σειρά, αντίστοιχα), $Prec$ (3^η σειρά) και QQ (4^η σειρά), για ολόκληρη την περίοδο αναφοράς και για όλους τους σταθμούς ($n=13$ για T_{min} , T_{max} και $Prec$, $n=9$ για QQ).

4.2.2 Σύγκριση για κάθε σταθμό σε εποχιακή βάση - Στατιστικά (περιγραφικά) μέτρα

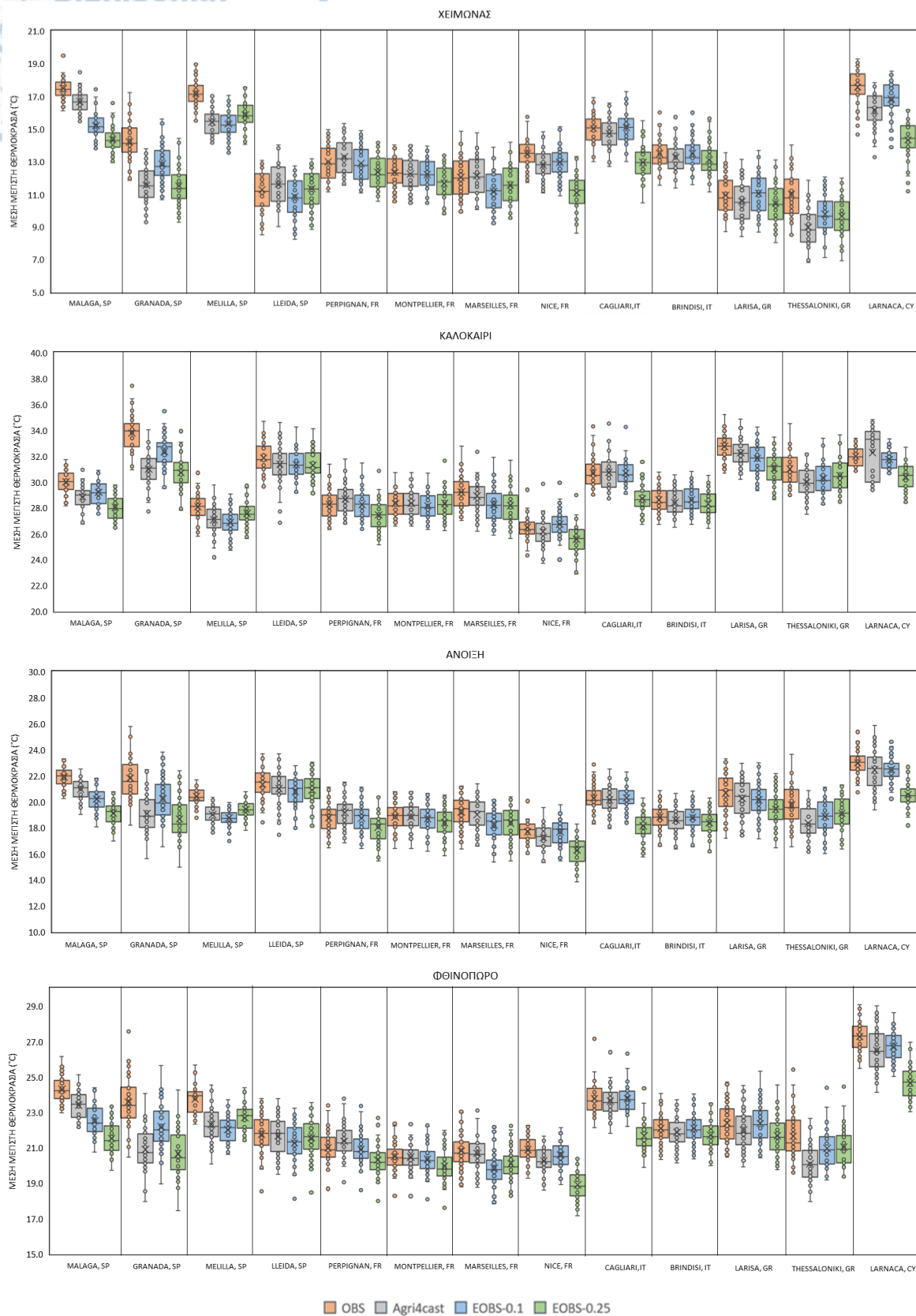
Τα θερμογράμματα για την εποχική μέση μέγιστη θερμοκρασία, για τα παρατηρησιακά και πλεγματικά δεδομένα για κάθε σταθμό ξεχωριστά (όπως αυτοί παρατάσσονται από τα δυτικά προς τα ανατολικά), παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.2, ενώ τα στατιστικά τους μέτρα στον Πίνακα Α.2. Για όλες τις εποχές τις μικρότερες αποκλίσεις εμφανίζουν για το σύνολο των στατιστικών μέτρων, πρώτα τα Eobs-0.1 κι έπειτα τα Agri4cast (εκτός του Q50 της άνοιξης, όπου το Agri4cast είναι η καλύτερη επιλογή). Όσον αφορά τις τυπικές αποκλίσεις, αυτές προσεγγίζονται καλύτερα από τα Eobs-0.1 και Agri4cast λαμβάνοντας, για το σύνολο των σταθμών και για κάθε προϊόν δεδομένων και εποχή, τιμές της τάξης του 1°C. Συνεπώς, τα Eobs-0.1 αποτελούν την καλύτερη επιλογή με τα Agri4cast να ακολουθούν με μικρή διαφορά. Σύμφωνα με τα καλύτερα πλεγματικά προϊόντα, οι σταθμοί που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές στην μέση τιμή από τις παρατηρήσεις είναι για όλες τις εποχές οι Malaga, Granada, Melilla και Thessaloniki (και Larnaca για τον χειμώνα) αγγίζοντας τους 1.5-2.0°C.

Όσον αφορά την ελάχιστη θερμοκρασία (Σχήμα 4.3 και Πίνακας Α.3), για τον χειμώνα και το φθινόπωρο το Eobs-0.1 είναι το καλύτερο προϊόν όσον αφορά την μέση τιμή αποτελώντας βέλτιστη επιλογή για το Q50 του φθινοπώρου, με το Agri4cast να υπερिशύχει το χειμώνα. Οι χαμηλότερες ακραίες τιμές προσδιορίζονται ιδανικότερα από τα Eobs-0.1, ακολουθώντας τον χειμώνα τα Eobs-0.25 και το φθινόπωρο τα Agri4cast. Τα Eobs-0.1 και Agri4cast είναι τα βέλτιστα προϊόντα για τις μεγαλύτερες ακραίες τιμές του χειμώνα, με αντιστροφή να εμφανίζεται το φθινόπωρο. Το καλοκαίρι και την άνοιξη, η μέση τιμή και τα τρία εκατοστημόρια προσεγγίσθηκαν καλύτερα από τα Agri4cast και Eobs-0.1, με εξαίρεση το Q25 της άνοιξης, όπου παρατηρείται αντιστροφή στη σειρά των προϊόντων. Σχετικά με τις αποκλίσεις από την μέση τιμή τα Eobs-0.1 και Agri4cast, για την άνοιξη και το καλοκαίρι, και τα Eobs-0.25 και Eobs-0.1, για το φθινόπωρο και τον χειμώνα, προσεγγίζουν καλύτερα τα Obs. Οι τιμές που λαμβάνουν τα τέσσερα προϊόντα δεδομένων, για το σύνολο των σταθμών και για κάθε εποχή, είναι κατά μέσο όρο 1°C. Οι διαφορές των αποκλίσεων από τις αντίστοιχες των T_{max} είναι ελάχιστες. Καλύτερη επιλογή, λοιπόν, αποτελούν τα Eobs-0.1 και Agri4cast, με μικρές διαφορές. Σύμφωνα με τα καλύτερα πλεγματικά προϊόντα, οι σταθμοί που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές στην μέση τιμή από τις παρατηρήσεις είναι για όλες τις εποχές οι Malaga, Granada, Melilla και Thessaloniki και Larnaca (1.0-2.5°C, κατά μέσο όρο).

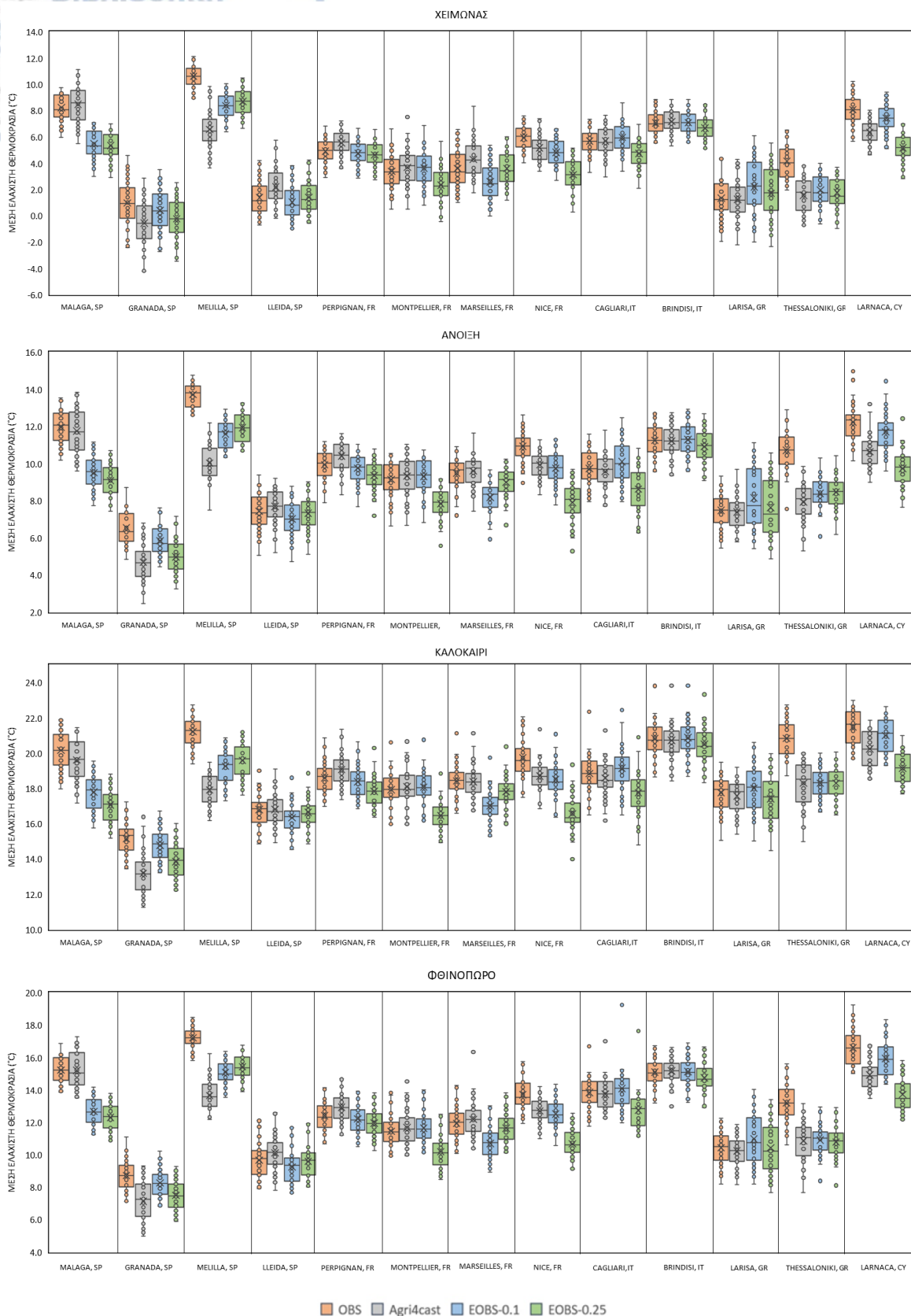
Όσον αφορά το ύψος βροχής (Σχήμα 4.4 και Πίνακας Α.4), για όλες τις εποχές, η μέση τιμή προσεγγίσθηκε καλύτερα από τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25. Το ίδιο ισχύει και για την διάμεσο της χειμερινής και εαρινής περιόδου, ενώ το θέρος υπερτερούν τα Agri4cast έναντι των Eobs-0.25 και το φθινόπωρο τα Eobs-0.25 έναντι των Eobs-0.1. Βέλτιστες επιλογές για τις ακραίες τιμές του χειμώνα, της άνοιξης και του φθινοπώρου είναι τα Eobs-0.1 ακολουθώντας για τον χειμώνα και το Q75 της άνοιξης και του φθινοπώρου τα Eobs-0.25 και για το Q25 των αναφερόμενων δύο τελευταίων εποχών τα Agri4cast. Οι μικρότερες ακραίες τιμές της θερινής περιόδου προσεγγίζονται καλύτερα από τα Eobs-0.25 και Agri4cast, ενώ οι μεγαλύτερες από τα Agri4cast και Eobs-0.1. Αξιοσημείωτο είναι ότι για τον σταθμό Brindisi (Ιταλία), τα Eobs-0.1 το καλοκαίρι εμφανίζουν πολύ μεγάλες αποκλίσεις από την μέση τιμή και μεγάλες διαφορές από τις

παρατηρήσεις (Σχήμα 5.4). Για όλες τις εποχές οι τυπικές αποκλίσεις είναι μεγάλες (εξαιρούνται ορισμένοι σταθμοί ανά εποχή), ενώ γενικά βέλτιστες επιλογές για την τυπική απόκλιση είναι τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25 προϊόντα. Συνολικά για την παράμετρο της βροχόπτωσης τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25 αποτελούν τις καλύτερες επιλογές.

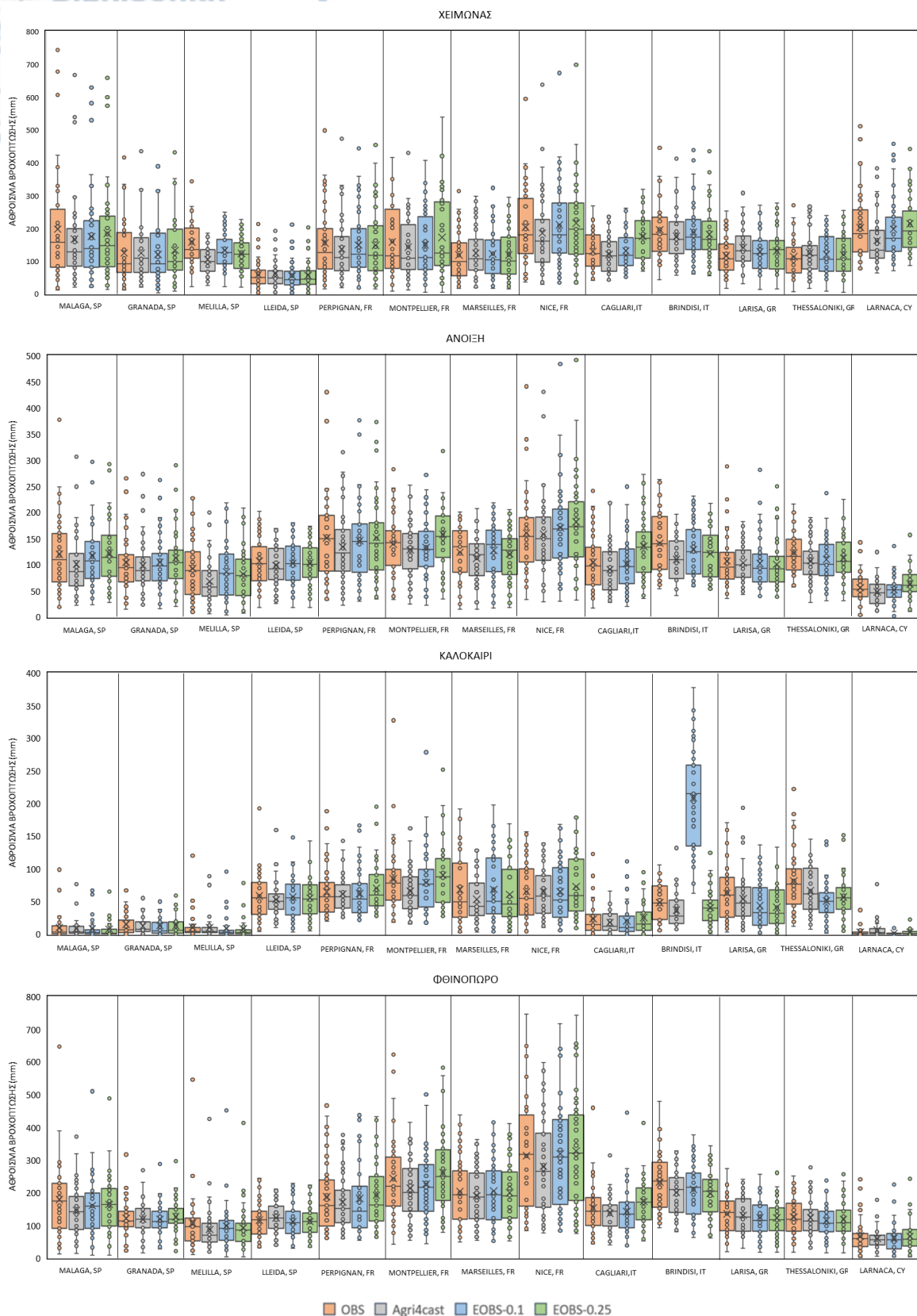
Για την ηλιακή ακτινοβολία (Σχήμα 4.5 και Πίνακας Α.5, φαίνεται ότι βέλτιστες επιλογές είναι τα Eobs-0.25 και Eobs-0.1 τον χειμώνα, με το αντίστροφο να παρατηρείται την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ το καλοκαίρι υπερτερούν τα Agri4cast έναντι των Eobs-0.1. Την χειμερινή και φθινοπωρινή περίοδο τα Eobs-0.25 και Eobs-0.1 αποτελούν τις καλύτερες επιλογές για την μέση τιμή, με αντιστροφή, στην σειρά, να εμφανίζεται στην διάμεσο. Οι μέσες τιμές της άνοιξης και του καλοκαιριού, καθώς και η διάμεσος του θέρους προσδιορίζονται καλύτερα από τα Agri4cast και Eobs-0.1, ενώ η διάμεσος της άνοιξης, εξίσου, από τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25. Οι ακραίες τιμές, για την άνοιξη και το καλοκαίρι προσεγγίσθηκαν ιδανικότερα από τα Agri4cast και Eobs-0.1, με εξαίρεση το Q25 της άνοιξης, όπου υπερέχουν τα Eobs-0.25. Για τις υπόλοιπες εποχές η μικρότερη ακραία τιμή προσδιορίσθηκε καλύτερα από τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25, με αντιστροφή στη σειρά των πλεγματικών προϊόντων να παρατηρείται για την μεγαλύτερη ακραία τιμή του χειμώνα, ενώ το φθινόπωρο, για το Q75, υπερτερούν τα Agri4cast έναντι των Eobs-0.1. Συνεπώς, στην περίπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας καλύτερο πλεγματικό προϊόν είναι το Eobs-0.1 ακολουθώντας με μικρές διαφορές τα άλλα δύο προϊόντα (ελαφρώς καλύτερα τα Eobs-0.25). Οι τυπικές αποκλίσεις είναι μικρότερες τον χειμώνα και το φθινόπωρο (κατά μέσο όρο 0.6-0.7 και 0.6-0.9 MJ/m²/day, αντιστοίχως) και μεγαλύτερες το καλοκαίρι και την άνοιξη (κατά μέσο όρο 0.9-1.3 και 1.0-1.7 MJ/m²/day, αντιστοίχως). Λαμβάνοντας υπόψη τα καλύτερα πλεγματικά προϊόντα, οι σταθμοί Thessaloniki και Brindisi παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες διαφορές στην μέση τιμή, από τις παρατηρήσεις (1.0-2.5 MJ/m²/day).



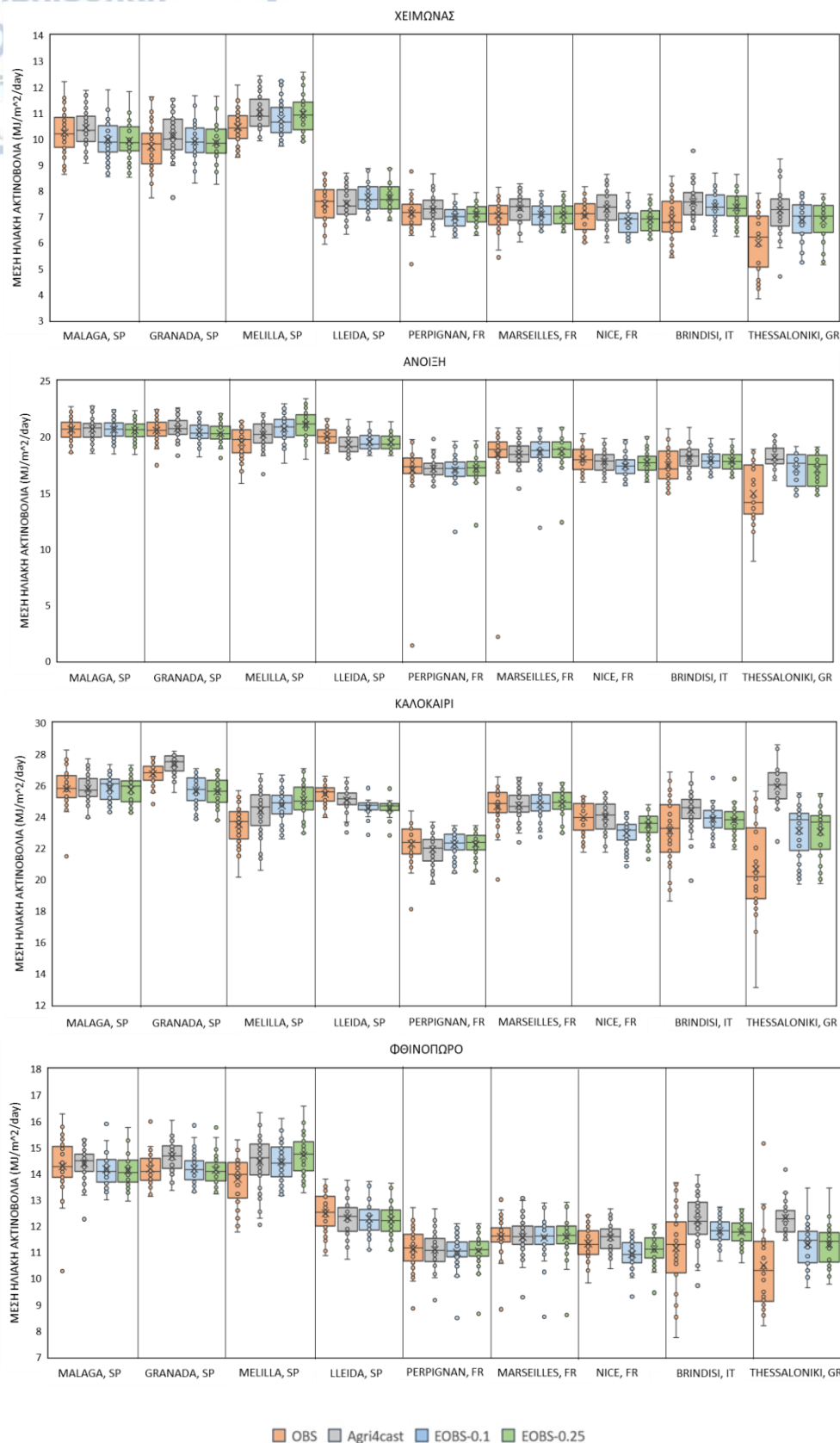
Σχήμα 4.2. Σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα σε εποχιακή βάση για την T_{max} για κάθε σταθμό ξεχωριστά (αυτοί έχουν διαταχθεί από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4).



Σχήμα 4.3. Σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα σε εποχιακή βάση για την T_{min} για κάθε σταθμό (από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακας 2.4).



Σχήμα 4.4. Σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα σε εποχιακή βάση για την Prec για κάθε σταθμό (από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακας 2.4).



Σχήμα 4.5. Σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα σε εποχιακή βάση για την QQ για κάθε σταθμό (από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακας 2.4).

4.2.3 Στατιστικοί δείκτες

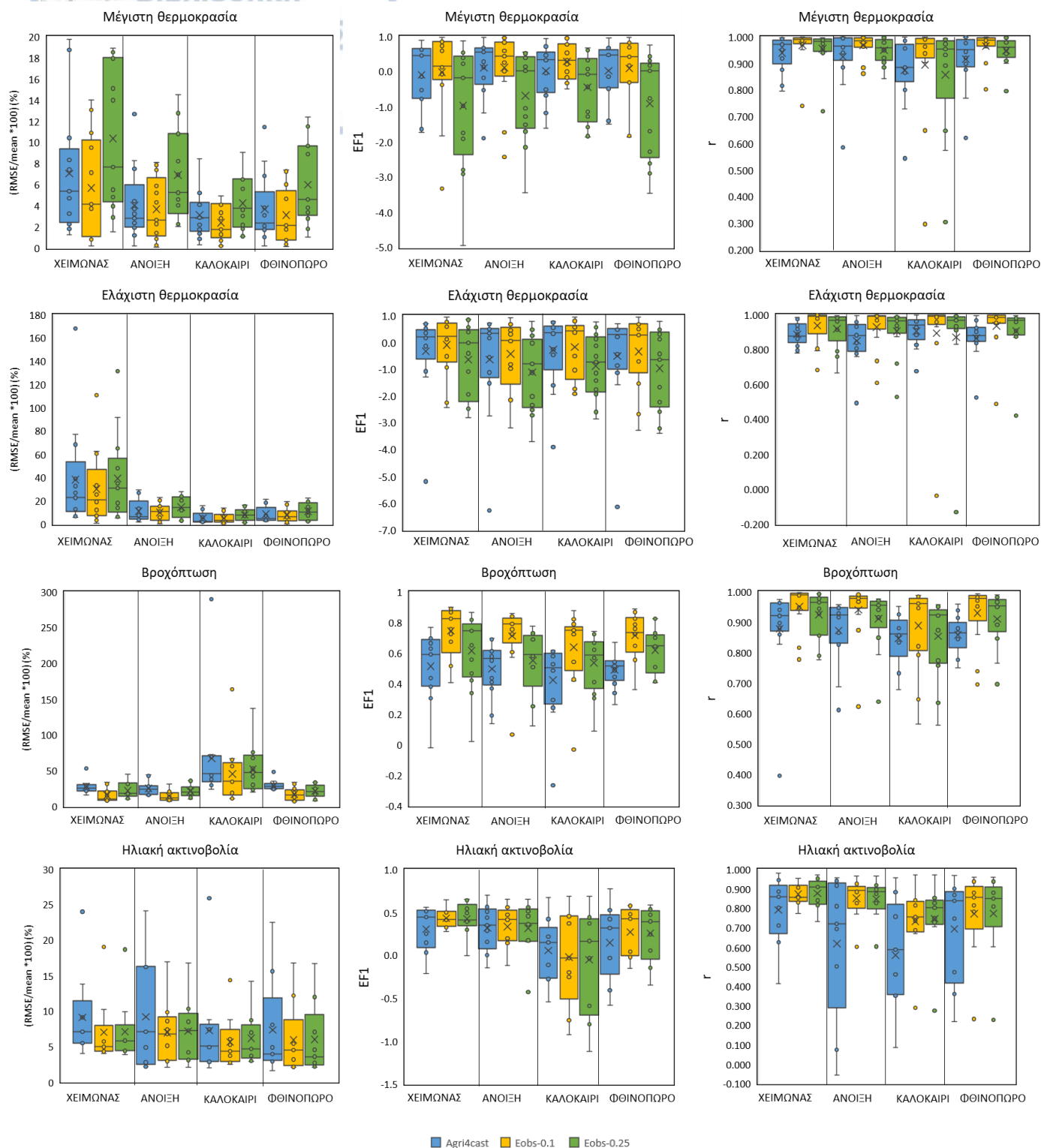
Η εποχιακή σύγκριση των RMSE, EF1 και r (υποενότητα 3.2) των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα για την T_{max} (1η σειρά), T_{min} (2η σειρά), Prec (3η σειρά) και QQ (4η σειρά) για το σύνολο των σταθμών ($n=13$ για T_{min}, T_{max} and Prec και $n=9$ για την QQ) παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.6 (για κάθε σταθμό ξεχωριστά στον Πίνακα Α.6) και η στατιστική τους ανάλυση στον Πίνακα Α.7. Όσον αφορά την μέγιστη θερμοκρασία, τα Eobs-0.1 είχαν την καλύτερη επίδοση, για όλες τις εποχές, εμφανίζοντας την μικρότερη τιμή για RMSE/mean *100 (με μέση τιμή 6%, 4%, 2% και 3% τον χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και φθινόπωρο, αντιστοίχως) και τους δείκτες EF1 (μόλις στο 25% των σταθμών ήταν >0.853, 0.834, 0.771 και 0.784 για τον χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και φθινόπωρο, αντίστοιχα) και r (75% των σταθμών >0.938 το καλοκαίρι, >0.963 την άνοιξη, >0.973 το φθινόπωρο και >0.979 τον χειμώνα) κοντύτερα στην μονάδα. Επόμενο καλύτερο πλεγματικό προϊόν αποτελούν τα Agri4cast, για όλες τις εποχές (πλην του καλοκαιριού όπου το Agri4cast ήταν η καλύτερη επιλογή).

Παραπλήσια αποτελέσματα βρέθηκαν για την παράμετρο της ελάχιστης θερμοκρασίας, με τα Eobs-0.1 να προηγούνται όλες τις εποχές. Ωστόσο, παρατηρούνται σημαντικά μεγαλύτερες τιμές του RMSE/mean *100 (ιδιαίτερα τον χειμώνα), με τη μέση τιμή του να κυμαίνεται στο 30%, 10%, 5% και 8% τον χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και φθινόπωρο, αντιστοίχως. Το 75% των σταθμών εμφάνισε r μεγαλύτερο του 0.978 για τον χειμώνα και του 0.968, 0.960 και 0.956 την άνοιξη, το καλοκαίρι και φθινόπωρο, αντιστοίχως. Για τον δείκτη EF1 μόλις το 25% των σταθμών εμφάνισε τιμές πάνω από 0.620 το καλοκαίρι, 0.673, 0.668 και 0.458 το φθινόπωρο, τον χειμώνα και την άνοιξη, αντίστοιχα. Το δεύτερο καλύτερο πλεγματικό προϊόν είναι το Agri4cast.

Όσον αφορά την παράμετρο της βροχόπτωσης, για όλες τις εποχές και για όλους τους δείκτες, τα Eobs-0.1 είναι η καλύτερη επιλογή με τα Eobs-0.25 να ακολουθούν. Στην περίπτωση του καλύτερου προϊόντος η μέση τιμή για RMSE/mean *100 ήταν 15%, 14%, 46% και 17% τον χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και φθινόπωρο, αντιστοίχως. Για το 75% των σταθμών το r ξεπέρασε το 0.948, 0.967, 0.821 και 0.953 τον χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και φθινόπωρο, αντιστοίχως, όταν το 25% των σταθμών του EF1 εμφάνισε τιμές μεγαλύτερες του 0.868, 0.815, 0.754 και 0.824, αντίστοιχα για κάθε μία από τις παραπάνω εποχές.

Για κάθε εποχή και δείκτη, την ηλιακή ακτινοβολία προσεγγίζουν καλύτερα τα Eobs-0.1 ακολουθώντας με μικρή διαφορά τα Eobs-0.25. Η μέση τιμή για RMSE/mean *100 είναι 7% για τον χειμώνα και την άνοιξη και 6% για το καλοκαίρι και φθινόπωρο. Για τον συντελεστή συσχέτισης (r), η πλειοψηφία των σταθμών (>75%) λαμβάνει τιμές άνω του 0.841, 0.829, 0.690 και 0.784, τον χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και φθινόπωρο, αντιστοίχως, ενώ για τον δείκτη EF1 το 25% των σταθμών εμφανίζει τιμές μεγαλύτερες του 0.501 και 0.496, 0.456 και 0.489, αντίστοιχα για κάθε μία από τις παραπάνω εποχές..

Επομένως, τα Eobs-0.1 αποτελούν το καλύτερο προϊόν για τις εξεταζόμενες μεταβλητές, ενώ ακολουθούν τα Agri4cast για τις θερμοκρασιακές παραμέτρους και τα Eobs-0.25 για την βροχόπτωση και ηλιακή ακτινοβολία.



Σχήμα 4.6. Εποχιακή σύγκριση των $(RMSE/mean) \cdot 100$, EF1 & r , των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα για την T_{max} (1^η σειρά), T_{min} (2^η σειρά), $Prec$ (3^η σειρά) & QQ (4^η σειρά), για την περίοδο αναφοράς και για όλους τους σταθμούς ($n=13$ για T_{min} , T_{max} and $Prec$ and $n=9$ για την QQ).

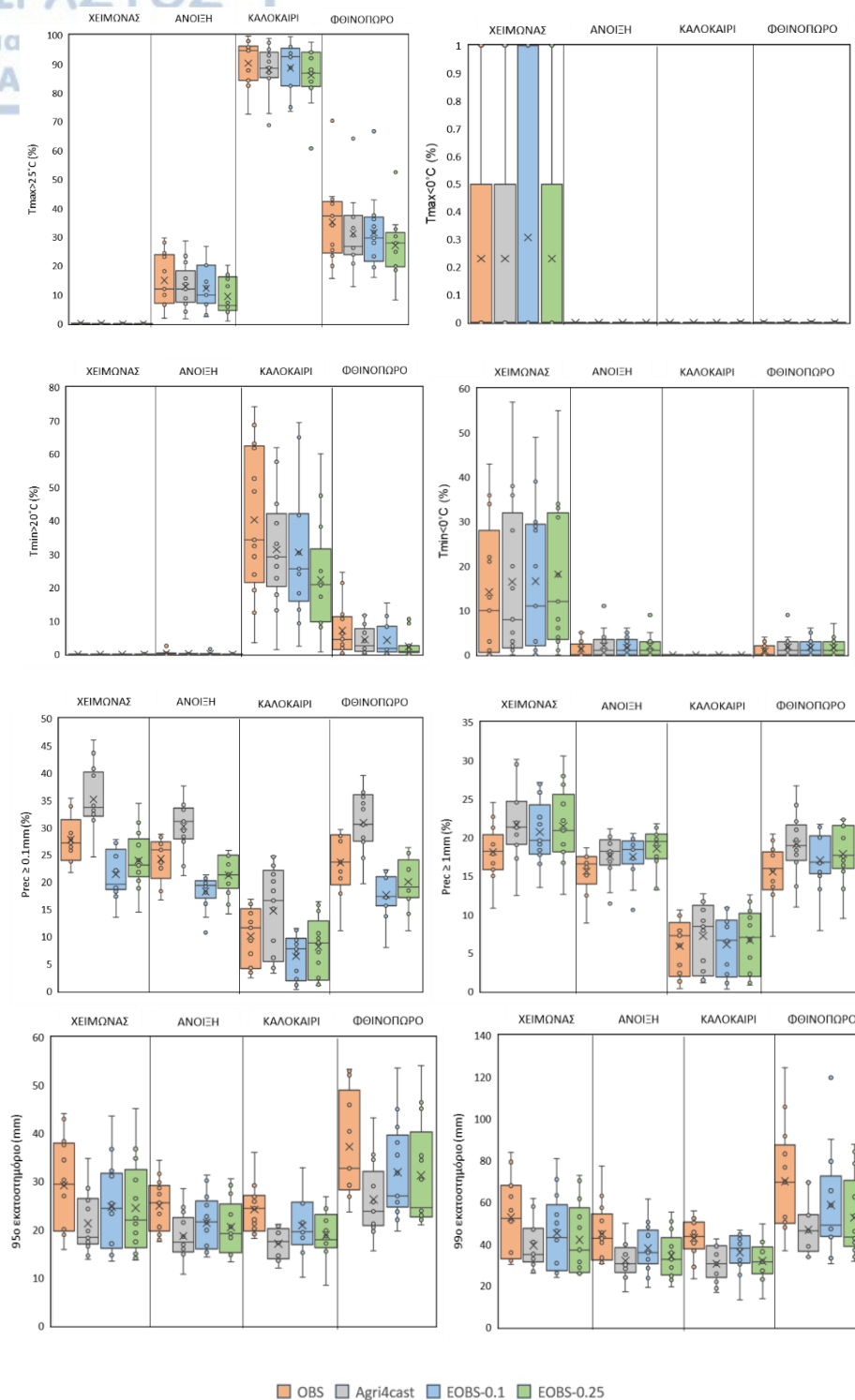
4.2.4 Θερμοκρασιακοί και υγρομετρικοί δείκτες

Για το σύνολο των σταθμών, η σύγκριση των θερμοκρασιακών ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$, $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), και υγρομετρικών δεικτών ($Prec \geq 0.1\text{mm}$ και $Prec \geq 1\text{mm}$, 95° και 99° εκατοστημόριο) για τα παρατηρησιακά και πλεγματικά δεδομένα σε εποχιακή βάση παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.7 (για κάθε σταθμό ξεχωριστά στον Πίνακα Α.8) ενώ η στατιστική τους ανάλυση στον Πίνακα Α.9.

Όσον αφορά τους θερμοκρασιακούς δείκτες, για τον χειμώνα, για τους δείκτες $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ και τα τρία σύνολα πλεγματικών δεδομένων αποτελούν εξίσου καλές επιλογές, για τον δείκτη $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ υπερτερούν τα Agri4cast και Eobs-0.25 ενώ για τον δείκτη $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ τα Agri4cast και Eobs-0.1 Την άνοιξη, για τον δείκτη $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ υπερτερούν τα Agri4cast έναντι των Eobs-0.1, για τον $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ τα πλεγματικά προϊόντα είναι εξίσου καλά, για τον $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ προβάδισμα έχουν τα Agri4cast και Eobs-0.1, ενώ για το $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ καλύτερη επιλογή αποτελούν τα Eobs-0.1 κι έπειτα τα Eobs-0.25. Κατά τους θερινούς μήνες τα αποτελέσματα των Obs όσον αφορά τον δείκτη $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ προσεγγίζουν, κατά σειρά, καλύτερα τα Eobs-0.1 και Agri4cast, τους δείκτες $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ εξίσου όλα τα πλεγματικά προϊόντα, ενώ του δείκτη $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ τα Agri4cast και Eobs-0.1. Παρόμοια αποτελέσματα για την εποχή του φθινοπώρου, με τη διαφορά ότι για $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ υπερτερούν τα Eobs-0.25 έναντι των Eobs-0.1.

Όσον αφορά τους υγρομετρικούς δείκτες, τα δύο πλεγματικά προϊόντα με τις μικρότερες αποκλίσεις από τα παρατηρησιακά δεδομένα, για την χειμερινή περίοδο, για τον δείκτη $Prec \geq 0.1\text{mm}$ παρουσιάζουν τα Eobs-0.25 κι έπειτα τα Eobs-0.1, ενώ για τον δείκτη $Prec \geq 1\text{mm}$, το 95° και το 99° εκατοστημόριο παρατηρείται υπεροχή των Eobs-0.1. Τα αντίστοιχα προϊόντα, για την εποχή της άνοιξης είναι για τον δείκτη $Prec \geq 0.1\text{mm}$ τα Eobs-0.25, με τα άλλα δύο προϊόντα να είναι εξίσου, για τον δείκτη $Prec \geq 1\text{mm}$ τα Eobs-0.1 και Agri4cast, ενώ για το 95° και 99° εκατοστημόριο τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25. Κατά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο ιδανικότερες επιλογές αποτελούν, κατά σειρά, για τον δείκτη $Prec \geq 0.1\text{mm}$ τα Eobs-0.25 και Eobs-0.1, ενώ για τον δείκτη $Prec \geq 1\text{mm}$, το 95° και 99° εκατοστημόρια τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25.

Τα Eobs-0.1 εμφανίζονται στις περισσότερες περιπτώσεις ως η πρώτη ή δεύτερη καλύτερη επιλογή δίνοντας τις μικρότερες αποκλίσεις από τα Obs. Ωστόσο, συνήθως προπορεύεται έναντι των άλλων δύο. Γενικά τους υγρομετρικούς δείκτες προσεγγίζουν καλύτερα τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25, ενώ τους θερμοκρασιακούς δείκτες τα Eobs-0.1 και Agri4cast ακολουθώντας με μικρή διαφορά τα Eobs-0.25. Τα βέλτιστα πλεγματικά προϊόντα υποεκτίμησαν τις παρατηρήσεις για τους θερμοκρασιακούς και υγρομετρικούς δείκτες (για $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ και $Prec > 1\text{mm}$ εμφανίζονται περισσότερες υπερεκτιμήσεις).

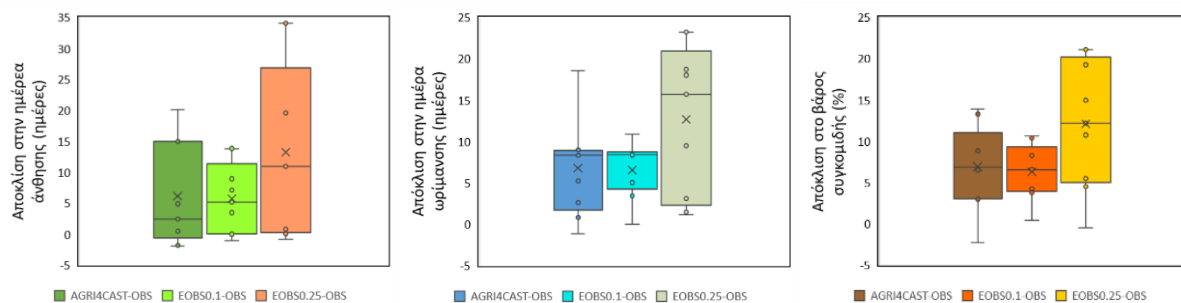


Σχήμα 4.7. Σύγκριση θερμοκρασιακών ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ (1^η σειρά), $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ (2^η σειρά)) και υγρομετρικών δεικτών ($Prec \geq 0.1\text{mm}$ και $Prec \geq 1.0\text{mm}$ (3^η σειρά), 95^ο και 99^ο εκατοστημόριο (4^η σειρά)) για τα παρατηρησιακά και πλεγματικά δεδομένα σε εποχιακή βάση για την περίοδο αναφοράς και για όλους τους σταθμούς ($n=13$ σταθμοί).

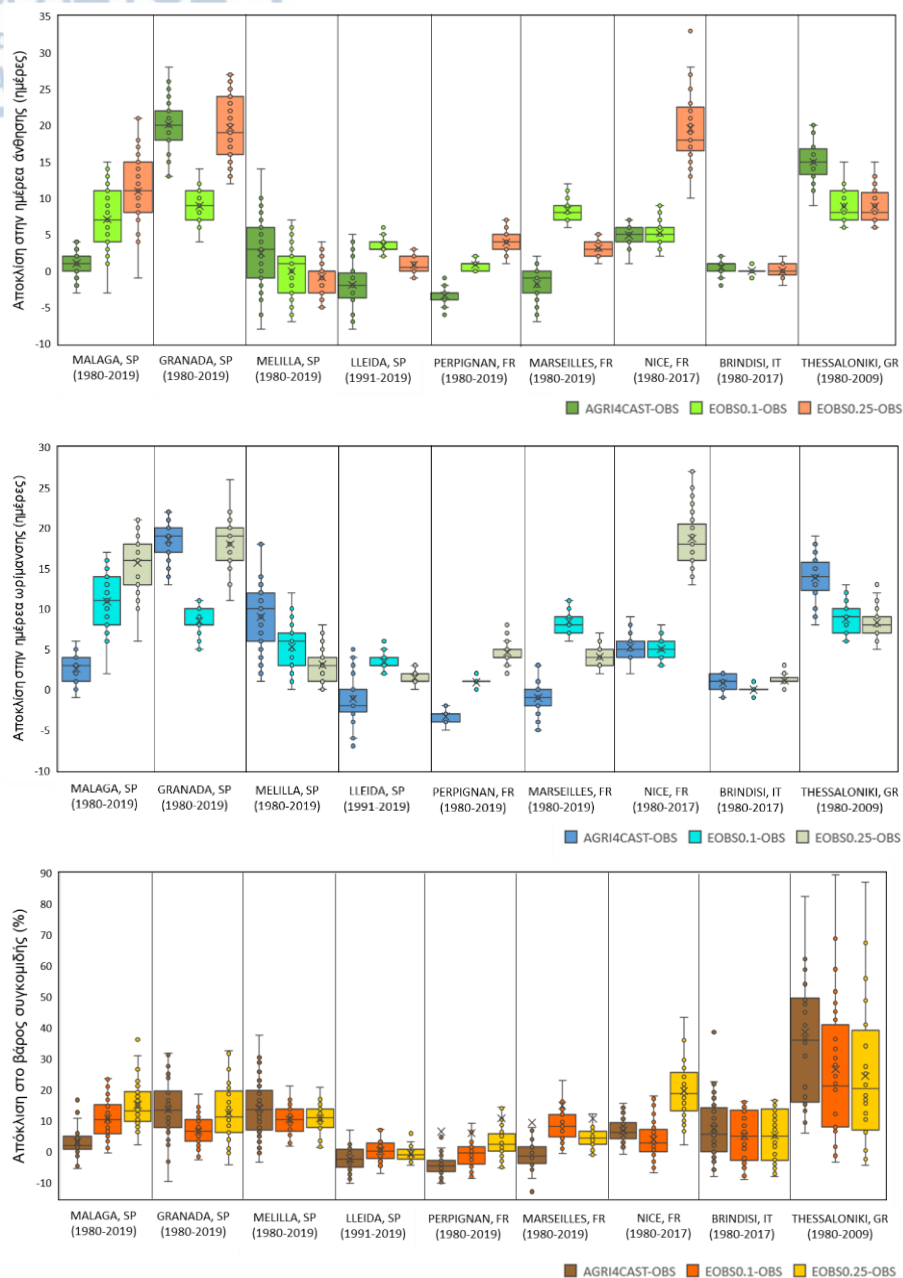
4.3 Αποτελέσματα συγκρίσεων της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα.

Η απόκλιση των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις για την περίοδο αναφοράς (Πίνακα 2.5) για το σύνολο των σταθμών (n=9) παρουσιάζονται με την μορφή θηκογραμμάτων στο Σχήμα 4.8 ενώ τα στατιστικά τους μέτρα στον Πίνακα A.10. Οι αντίστοιχες αποκλίσεις για κάθε σταθμό ξεχωριστά εμφανίζονται στο Σχήμα 4.9 και η στατιστική τους σύνοψη στον Πίνακα A.11. Τα Eobs-0.1 εμφάνισαν τις μικρότερες αποκλίσεις, τόσο για τα στάδια ανάπτυξης (κατά μέσο όρο 6 ημέρες για τα στάδια της άνθησης και ωρίμανσης) όσο και για την ποσότητα συγκομιδής (6%, κατά μέσο όρο), με τα Agri4Cast να ακολουθούν σε μικρή απόσταση. Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίστηκαν, για τα δύο καλύτερα προϊόντα, στους σταθμούς Thessaloniki και Granada στην περίπτωση της άνθησης. Οι ίδιοι σταθμοί εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές και για την ωρίμανση, με την Malaga να προστίθεται στην περίπτωση των Eobs-0.1. Όσον αφορά την συγκομιδή, Malaga, Melilla, Marseilles και Thessaloniki παρουσιάζουν τις υψηλότερες διαφορές, για τα Eobs-0.1 και οι σταθμοί Granada, Melilla και Thessaloniki για τα Agri4Cast.

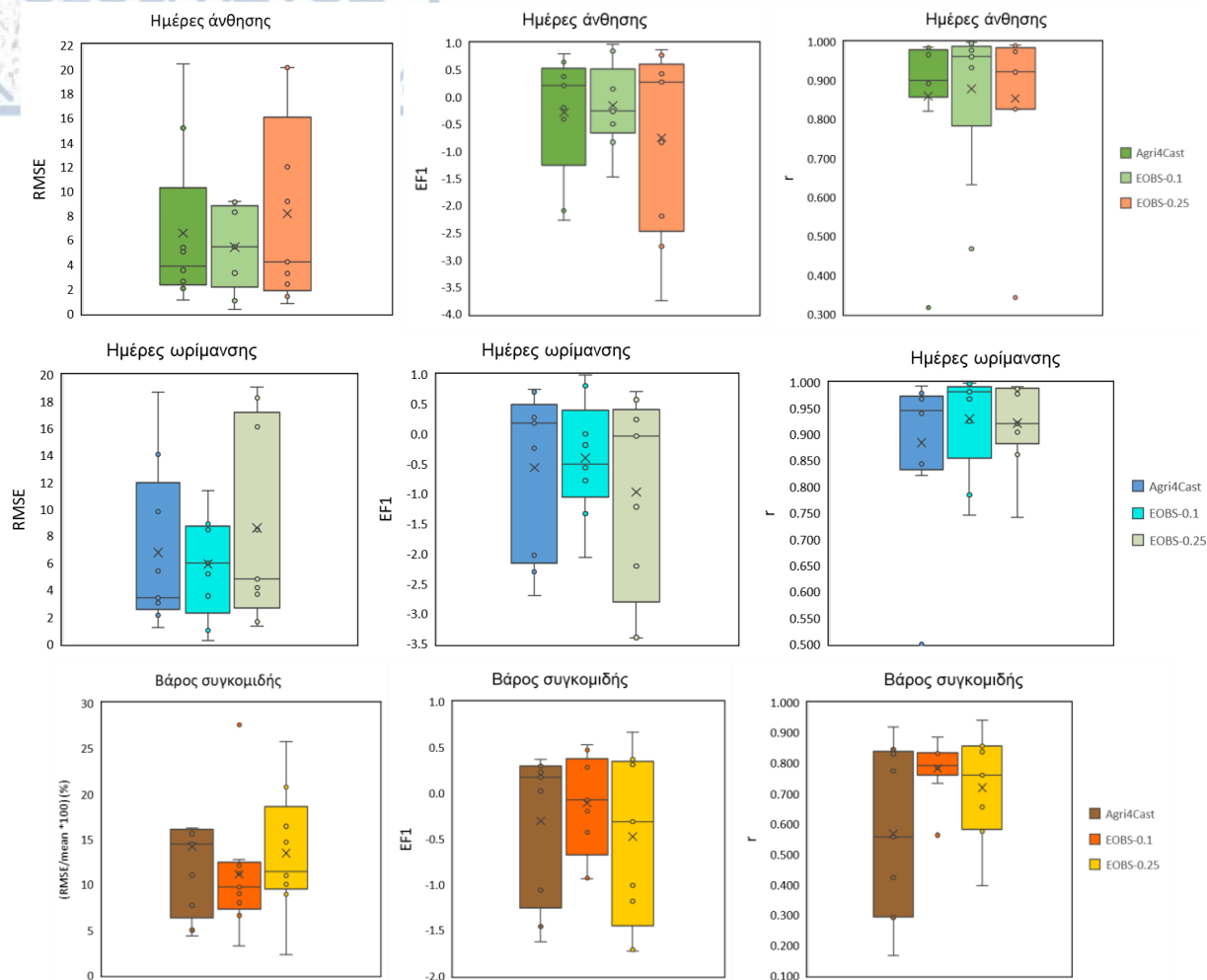
Η σύγκριση των RMSE, EF1 και r μεταξύ των παρατηρησιακών και πλεγματικών προϊόντων για τις ημέρες άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής όπως εκτιμήθηκαν από το CERES-Wheat για το σύνολο των σταθμών (n=9) εμφανίζεται στο Σχήμα 4.10 (για κάθε σταθμό ξεχωριστά στον Πίνακα A.12), ενώ η στατιστική σύνοψη τους στον Πίνακα A.13. Οι στατιστικοί δείκτες ανέδειξαν την ανωτερότητα των Eobs-0.1, με τη μέση τιμή του RMSE να είναι 5 και 6 ημέρες, για την άνθηση και ωρίμανση, αντιστοίχως, ενώ για το βάρος συγκομιδής ο RMSE/mean *100 έχει μέση τιμή 11%. Ο δείκτης r παίρνει μέσες τιμές της τάξης του 0.879 και 0.930 για άνθηση και ωρίμανση, αντιστοίχως και 0.783 για συγκομιδή, ενώ το 75% των σταθμών λαμβάνουν τιμές πάνω από 0.933, 0.925 και 0.786, για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους. Για τον δείκτη EF1, μόλις το 25% των σταθμών λαμβάνουν τιμές πάνω από 0.180, 0.0 και 0.285, για την άνθηση, ωρίμανση και συγκομιδή αντιστοίχως.



Σχήμα 4.8. Απόκλιση των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.5) για το σύνολο των σταθμών (n=9).



Σχήμα 4.9. Απόκλιση των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.5) για κάθε σταθμό.



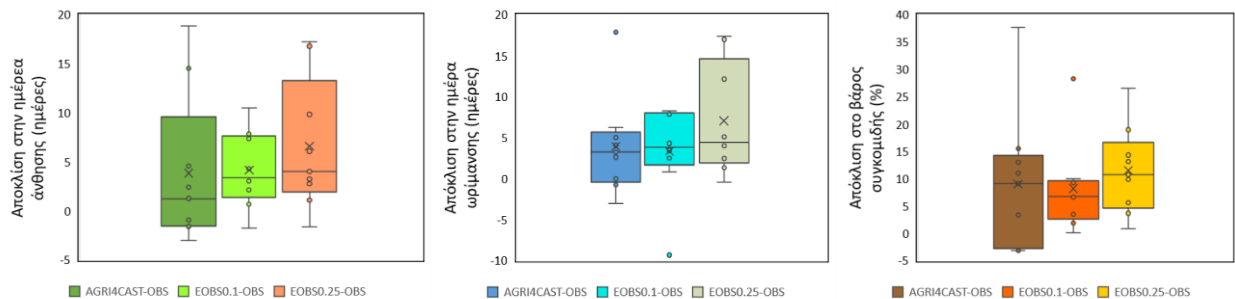
Σχήμα 4.10. Σύγκριση των RMSE, EFl και r μεταξύ των παρατηρησιακών και πλεγματικών προϊόντων για τις ημέρες άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής για το σύνολο των σταθμών ($n=9$) (για το βάρος συγκομιδής υπολογίστηκε ο $(RMSE/mean*100)$).

4.4 Αποτελέσματα συγκρίσεων της εκτιμώμενης από το CERES-Wheat άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής με τα πλεγματικά και παρατηρησιακά δεδομένα μετά την εφαρμογή κλιματικών σεναρίων.

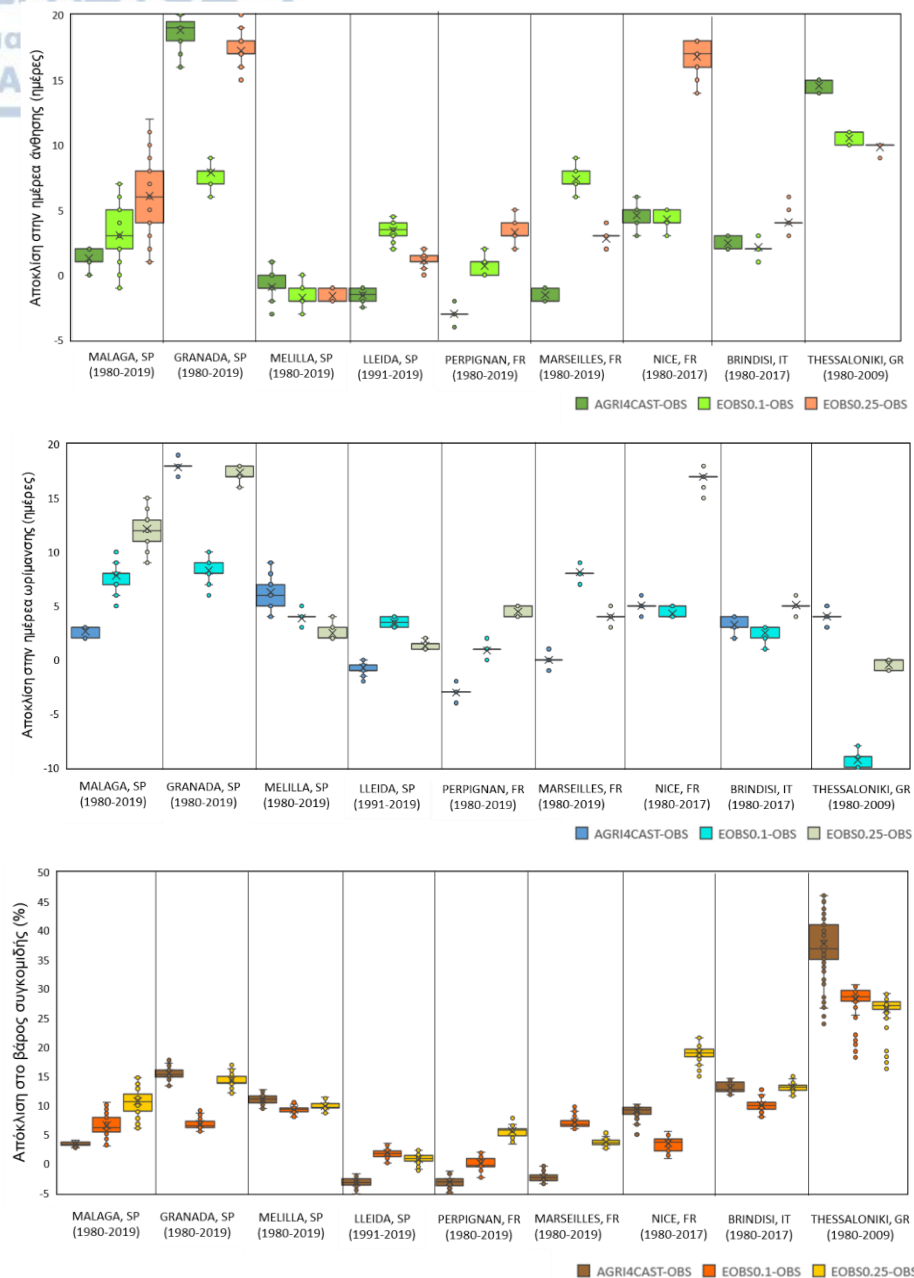
Η απόκλιση των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων (Σχήμα 4.2) παρουσιάζεται για το σύνολο των σταθμών ($n=9$) στο Σχήμα 4.11, ενώ η στατιστική τους σύνοψη στον Πίνακα Α.14. Οι αντίστοιχες αποκλίσεις για κάθε σταθμό ξεχωριστά εμφανίζονται στο Σχήμα 4.12 και η στατιστική τους σύνοψη στον Πίνακα Α.15. Τα Eobs-0.1 εμφάνισαν τις μικρότερες αποκλίσεις από τις παρατηρήσεις, τόσο για τα στάδια ανάπτυξης (κατά μέσο όρο περίπου 4 και 3 ημέρες για τα στάδια της άνθησης και ωρίμανσης, αντιστοίχως) όσο και για την ποσότητα συγκομιδής (8%, κατά μέσο όρο), με τα Agri4Cast να ακολουθούν σε μικρή απόσταση. Λαμβάνοντας υπόψη τα δύο καλύτερα προϊόντα, οι μεγαλύτερες διαφορές (>10ημέρες) εντοπίστηκαν στους σταθμούς Thessaloniki και Granada στην περίπτωση της άνθησης (εξαιρείται

η Granada για Eobs-0.1), και στην Granada για την ωρίμανση (μόνο για Agri4cast). Όσον αφορά την συγκομιδή, Granada, Melilla, Brindisi και Thessaloniki παρουσιάζουν τις υψηλότερες διαφορές (>10%) για τα Agri4cast, ενώ για τα Eobs-0.1 μόνο το Brindisi και η Thessaloniki.

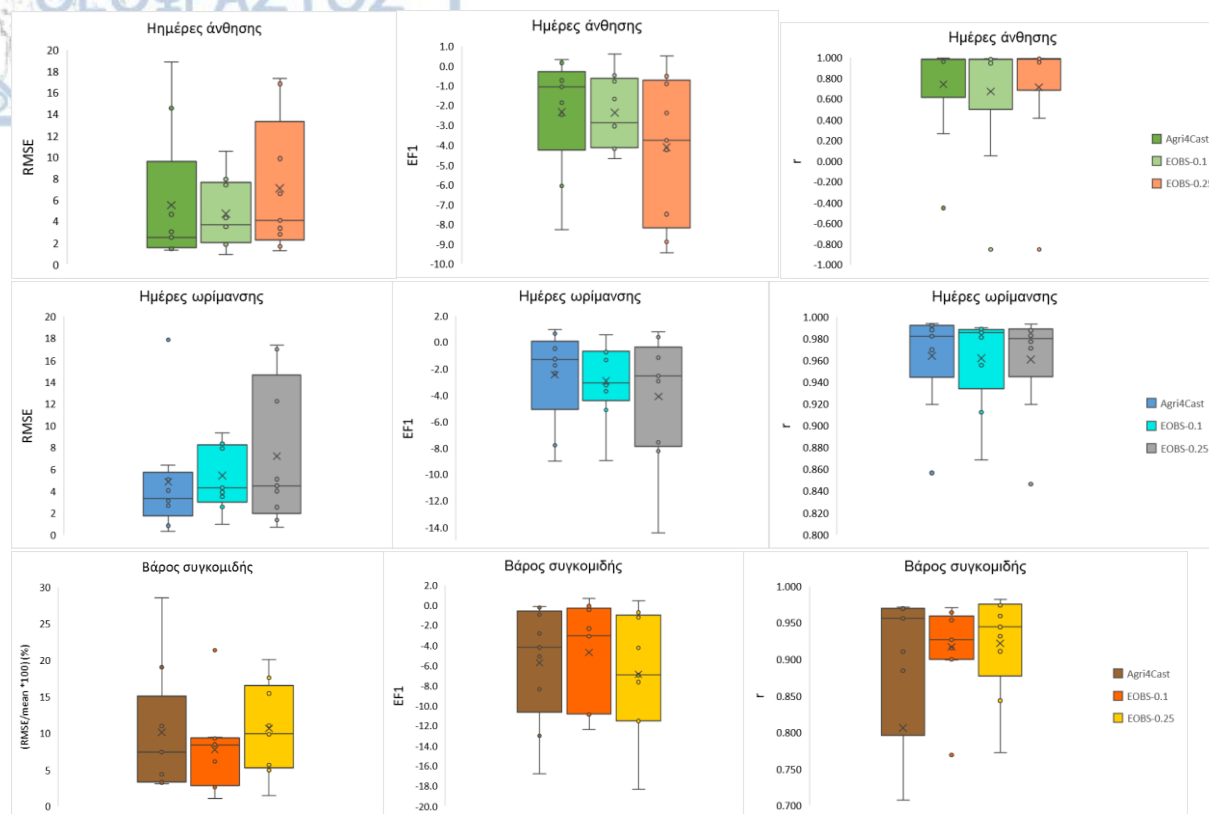
Η σύγκριση των RMSE, EF1 και r μεταξύ των παρατηρησιακών και πλεγματικών προϊόντων για τις ημέρες άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής όπως εκτιμήθηκαν από το CERES-Wheat, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, παρουσιάζεται για το σύνολο των σταθμών ($n=9$) στο Σχήμα 4.13, (για κάθε σταθμό ξεχωριστά στον Πίνακα Α.16) ενώ η στατιστική τους σύνοψη εμφανίζεται στον Πίνακα Α.17. Για την άνθηση και συγκομιδή, ο δείκτης RMSE αναδεικνύει τα Eobs-0.1 ως το βέλτιστο πλεγματικό προϊόν, με τα Agri4cast να ακολουθούν σε πολύ μικρή απόσταση, ενώ αντιστροφή παρατηρείται για την ωρίμανση. Ο EF1 για την άνθηση και ωρίμανση εμφανίζει τα Agri4cast ως βέλτιστα προϊόντα, ακολουθώντας τα Eobs-0.1, ενώ για την συγκομιδή εντοπίζεται αντιστροφή. Ιδανικότερα προϊόντα για τον δείκτη r είναι τα Agri4cast για την άνθηση και ωρίμανση ακολουθώντας τα Eobs-0.25 και Eobs-0.1, αντίστοιχως, ενώ για την συγκομιδή προπορεύονται τα Eobs-0.25 έναντι των Eobs-0.1. Λαμβάνοντας υπόψη κάθε φορά το καλύτερο προϊόν, ο RMSE παίρνει κατά μέσο όρο τιμές της τάξης των 5 ημερών, για άνθηση και ωρίμανση, ενώ για τη συγκομιδή ο $RMSE/mean*100$ έχει μέση τιμή 8%. Οι μέσες τιμές του r είναι 0.742 για την άνθηση, 0.964 για την ωρίμανση και 0.922 για την συγκομιδή, με το 75% των σταθμών να λαμβάνουν τιμές μεγαλύτερες από 0.960, 0.970 και 0.911, αντίστοιχα για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους. Οι μέσες τιμές του EF1 κυμαίνονται στην αρνητική κλίμακα.



Σχήμα 4.11. Απόκλιση των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, για το σύνολο των σταθμών ($n=9$).



Σχήμα 4.12. Απόκλιση των ημερών άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, για κάθε σταθμό.



Σχήμα 4.13. Σύγκριση των RMSE, EF1 και r μεταξύ των παρατηρησιακών και πλεγματικών προϊόντων για τις ημέρες άνθησης, ωρίμανσης και βάρους συγκομιδής για το σύνολο των σταθμών ($n=9$), μετά τη εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων (για το βάρος συγκομιδής υπολογίσθηκε ο $(RMSE/mean*100)$).

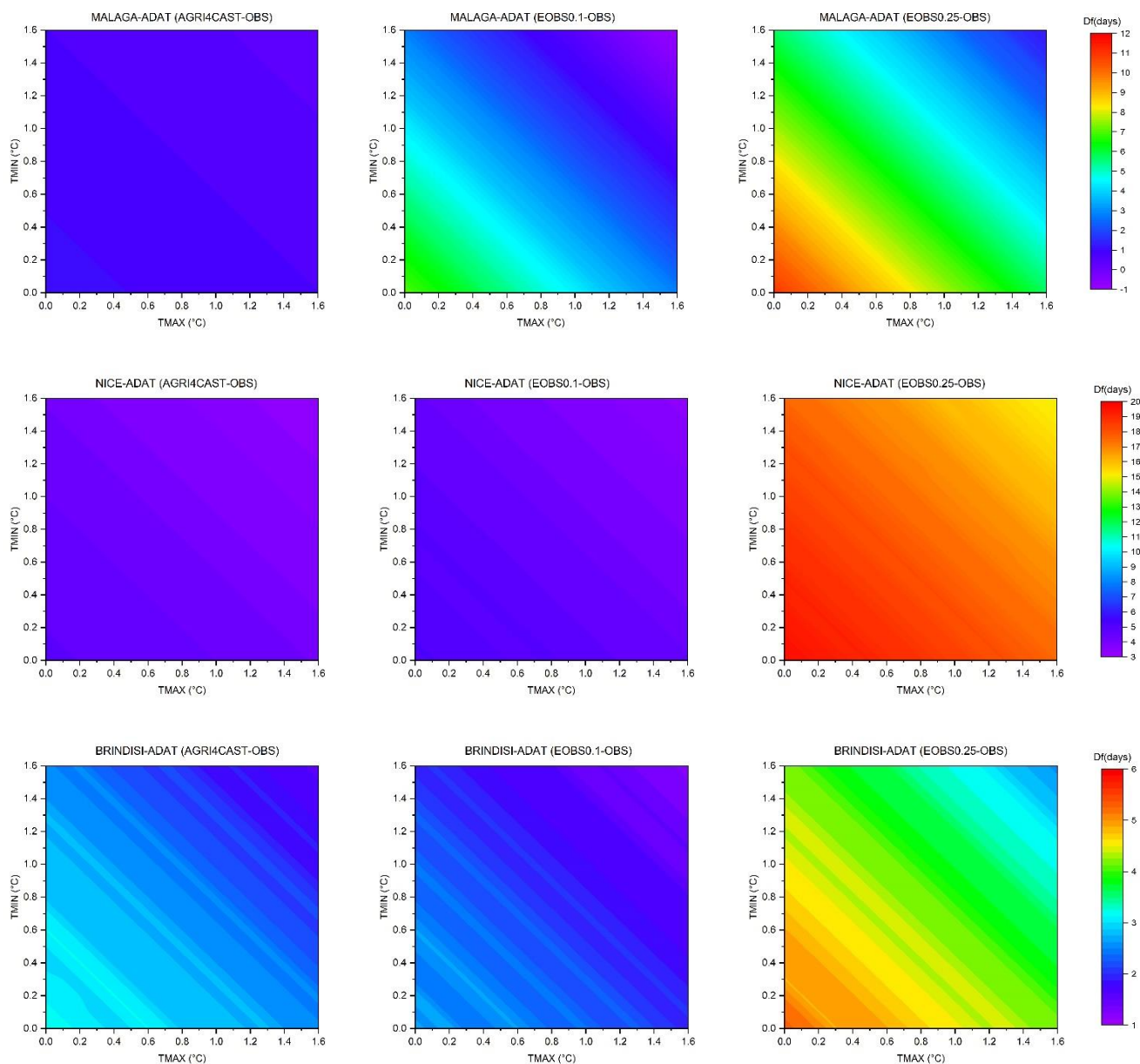
Μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, οι αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις, για τις ημέρες άνθησης και ωρίμανσης, για κάθε κλιματικό σενάριο απεικονίζονται με την μορφή επιφανειών στα Σχήματα 4.14 και 4.15, αντιστοίχως, για τους σταθμούς Malaga, Nice και Brindisi, ενώ για την ποσότητα συγκομιδής στο Σχήμα 4.16, για τους σταθμούς Malaga, Granada και Brindisi (Σχήματα A.1-A.3 για τους υπόλοιπους σταθμούς).

Για την άνθηση τα προϊόντα που παρουσιάζουν τις μικρότερες διαφορές από τις παρατηρήσεις είναι τα Eobs-0.1 κι έπειτα τα Agri4cast. Σύμφωνα με τα βέλτιστα προϊόντα σε όλους τους σταθμούς εμφανίζεται μείωση των αποκλίσεων από τα πιο αισιόδοξα στα πιο απαισιόδοξα κλιματικά σενάρια (αισιόδοξα είναι τα σενάρια στα οποία αναμένεται η μικρότερη αύξηση της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας και απαισιόδοξα εκείνα με την μεγαλύτερη θερμοκρασιακή αύξηση). Για παράδειγμα στην περίπτωση της άνθησης, σύμφωνα με το Σχήμα 4.14, στον σταθμό Nice εντοπίζεται μείωση των αποκλίσεων από 5 σε 3 ημέρες, ενώ στο Brindisi από 3 σε 1 ημέρες. Η θετική διαφορά υποδηλώνει ότι η άνθηση των παραπάνω βέλτιστων προϊόντων καθυστερεί σε σχέση με αυτή των παρατηρήσεων, δηλαδή η χρήση των Eobs-0.1 και Agri4cast προκαλεί οψίμιση της άνθησης συγκριτικά με την άνθηση των παρατηρήσεων. Η μείωση των διαφορών συνδέεται με μείωση της οψίμισης. Εξάιρεση αποτελούν οι σταθμοί Melilla και Malaga, όπου η διακύμανση των διαφορών παρουσιάζει τόσο θετικές, όσο και αρνητικές τιμές παρατηρώντας μείωση των αποκλίσεων έως τις 0 ημέρες (από $T_{max}=1.1^{\circ}C$) κι έπειτα αύξηση

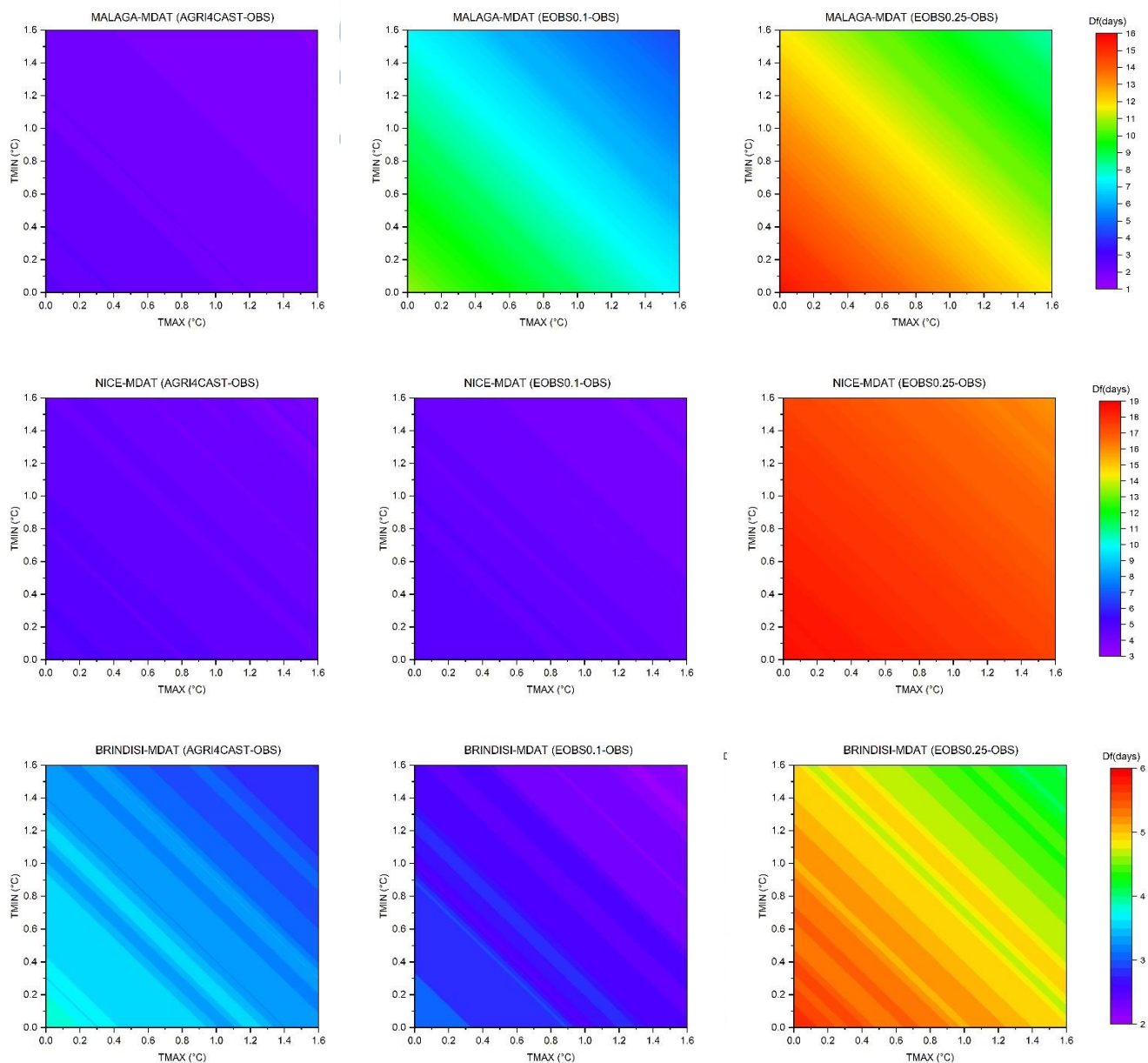
(έως 3 και 1 ημέρες, αντίστοιχα για κάθε σταθμό), η οποία εντοπίζεται προς τα πιο απαισιόδοξα σενάρια (Σχήμα 4.14 και Σχήμα A1). Οι αρνητικές διαφορές υποδηλώνουν ότι η άνθηση των καλύτερων προϊόντων εμφανίζεται γρηγορότερα σε σχέση με των παρατηρήσεων, που σημαίνει ότι η χρήση των Eobs-0.1 και Agri4cast προκαλεί πρωίμηση της άνθησης συγκριτικά με την άνθηση των παρατηρήσεων.

Τα Eobs-0.1 και Agri4cast αποτελούν καλύτερες επιλογές και για την ωρίμανση, με την μειωτική πορεία των αποκλίσεων να εντοπίζεται σε όλους τους σταθμούς από τα αισιόδοξα προς τα απαισιόδοξα κλιματικά σενάρια. Για παράδειγμα, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4.15, στον σταθμό Malaga η διαφορά μειώνεται από 3 σε 1 ημέρες για τα Agri4cast και από τις 10 στις 5 ημέρες για τα Eobs-0.1, ενώ για τον σταθμό Nice για τα δύο βέλτιστα προϊόντα (Eobs-0.1, Agri4cast) η διαφορά ελαττώνεται από τις 5 στις 3 ημέρες. Στην περίπτωση του Brindisi στα Agri4cast η μείωση μεταβάλλεται από τις 4 στις 3 ημέρες, ενώ στα Eobs-0.1 από τις 3 στις 2 ημέρες. Συνεπώς η οψίμηση της ωρίμανσης, με την χρήση των Eobs-0.1 και Agri4cast, μειώνεται συγκριτικά με την ωρίμανση των παρατηρήσεων, με την εφαρμογή των θερμοκρασιακών αυξήσεων.

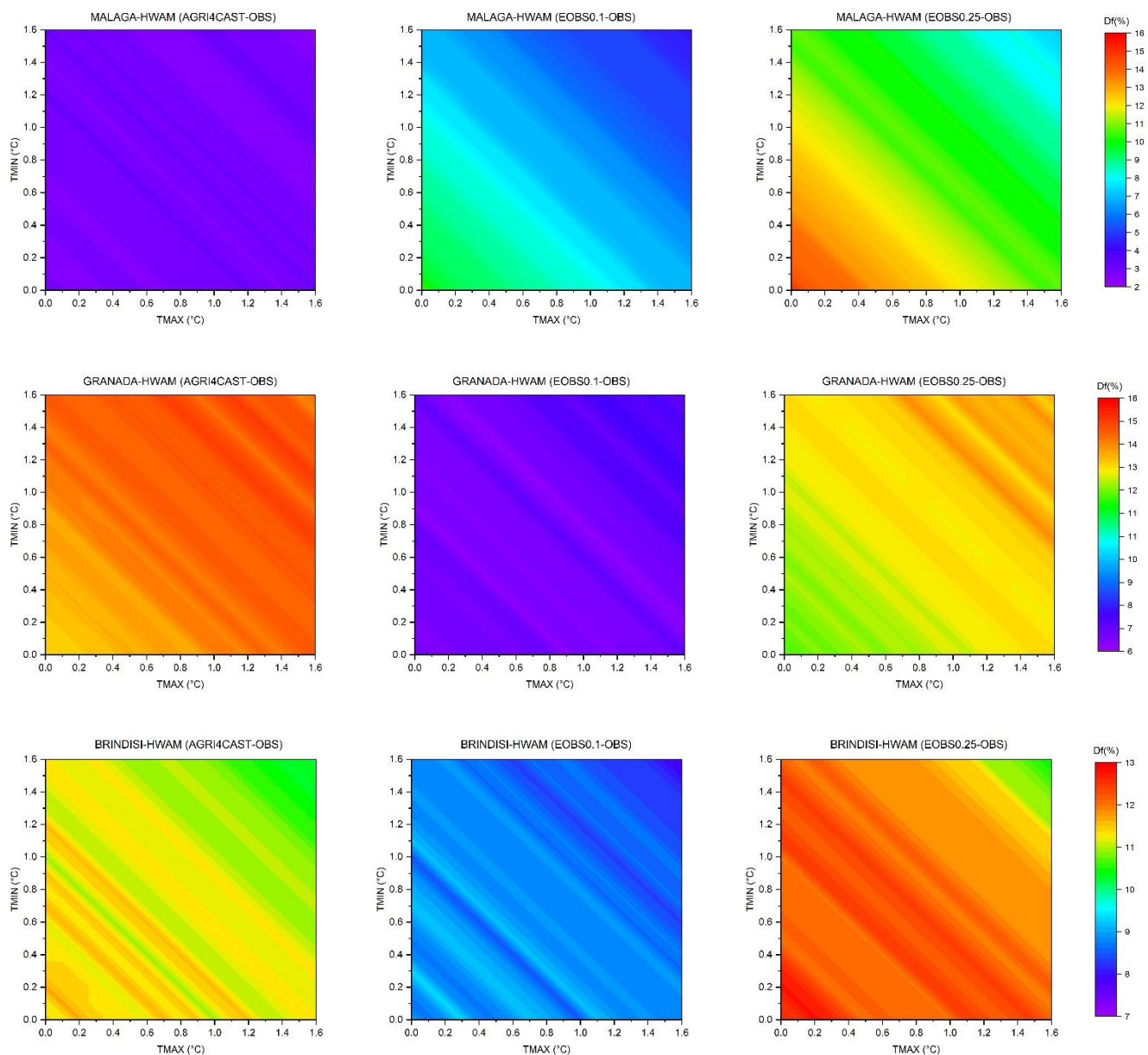
Στην περίπτωση της συγκομιδής υπερίσχυσαν τα Eobs-0.1 ακολουθώντας εξίσου τα Agri4cast και Eobs-0.25. Στους σταθμούς Malaga, Perpignan και Brindisi εμφανίζεται μείωση των αποκλίσεων από τα αισιόδοξα στα απαισιόδοξα σενάρια, ενώ σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς παρουσιάζεται αντιστροφή της μειωτικής πορείας σε αύξηση των διαφορών. Για τους σταθμούς Malaga, Brindisi και Granada, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.16, οι αποκλίσεις είναι θετικές, οπότε η χρήση των πλεγματικών προϊόντων υποδηλώνει ότι υπερεκτίμησαν την ποσότητα συγκομιδής των παρατηρήσεων. Για την Malaga στα Agri4cast η διαφορά κυμαίνεται μεταξύ των 4-2%, όταν για τα Eobs-0.1 μεταβάλλεται από 11 σε 5%. Στο Brindisi εμφανίζεται μείωση της απόκλισης από 9.5 σε 8% και από 11.5 σε 10% για τα Eobs-0.1 και Agri4cast, αντίστοιχα. Αντιθέτως, στον σταθμό Granada παρατηρείται αύξηση των διαφορών από 6-8% για Eobs-0.1 και από 11 σε 14% για Eobs-0.25. Η μείωση των διαφορών συνδέεται με μείωση της υπερεκτίμησης (Malaga, Brindisi), ενώ η αύξηση (Granada) με αύξηση της υποεκτίμησης. Για τον σταθμό Perpignan, στην περίπτωση των Agri4cast εμφανίζονται αρνητικές διαφορές, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα προϊόντα αυτά υποεκτίμησαν την ποσότητα συγκομιδής των παρατηρήσεων. Ωστόσο, εμφανίζεται μείωση των διαφορών άρα μείωση της υποεκτίμησης.



Σχήμα 4.14. Αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις στις ημέρες άνθησης, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, για τους σταθμούς Malaga (1^η σειρά), Nice (2^η σειρά) και Brindisi (3^η σειρά). Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζεται η μέγιστη θερμοκρασία (°C) και στον κατακόρυφο η ελάχιστη θερμοκρασία (°C).



Σχήμα 4.15. Αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις στις ημέρες ωρίμανσης, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, για τους σταθμούς Malaga (1^η σειρά), Nice (2^η σειρά) και Brindisi (3^η σειρά). Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζεται η μέγιστη θερμοκρασία (°C) και στον κατακόρυφο η ελάχιστη θερμοκρασία (°C).



Σχήμα 4.16. Αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις στην ποσότητα συγκομιδής (σε %), μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, για τους σταθμούς Malaga (1^η σειρά), Granada (2^η σειρά) και Brindisi (3^η σειρά). Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζεται η μέγιστη θερμοκρασία (°C) και στον κατακόρυφο η ελάχιστη θερμοκρασία (°C).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν και οι μετεωρολογικοί σταθμοί παραμένουν η κύρια πηγή μετεωρολογικών δεδομένων, τα πλεγματικά δεδομένα αντιπροσωπεύουν μια πολύτιμη πηγή πληροφοριών στη μελέτη του καιρού και του κλίματος, σε περιοχές με περιορισμένο ή ανύπαρκτο δίκτυο σταθμών παρατήρησης. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και ηλιακής ακτινοβολίας από τρία πλεγματικά προϊόντα (Agri4cast, και τα E-OBS σε 2 χωρικές αναλύσεις (10km (Eobs-0.1) και 25km (Eobs-0.25)), καθώς και από παρατηρήσεις από 13 επιλεγμένους, ως προς την εγγύτητα σε καλλιέργειες σιταριού, σταθμούς της Μεσογείου (Obs) την περίοδο 1980-2019 (διαφοροποίηση για κάποιους σταθμούς).

Τα Agri4cast και Eobs-0.1 ήταν τα καλύτερα προϊόντα όσον αφορά την κλιματική ταξινόμηση, κατά Köppen, των σταθμών με τις παρατηρήσεις. Στην συνέχεια, οι μετεωρολογικές μεταβλητές από τα πλεγματικά προϊόντα αναλύθηκαν και συγκρίθηκαν, με σκοπό να εντοπιστεί ποιο από αυτά προσεγγίζει καλύτερα τις παρατηρήσεις.

Κατά την εποχιακή σύγκριση, των πλεγματικών δεδομένων με τις παρατηρήσεις, σε μηνιαία βάση, για το σύνολο των σταθμών προέκυψε ότι για τις θερμοκρασιακές παραμέτρους, όλα τα πλεγματικά προϊόντα συστηματικά υποεκτίμησαν τις κεντρικές τιμές των παρατηρήσεων, με τις καλύτερες επιλογές να είναι τα Eobs-0.1 και Agri4cast, δίχως σημαντικές διαφορές. Υποεκτίμηση των κεντρικών τιμών εμφανίζεται και στην περίπτωση της βροχόπτωσης με τα πλεγματικά προϊόντα Eobs-0.1 και Eobs-0.25 να προσεγγίζουν καλύτερα τις παρατηρήσεις, επίσης με μικρές διαφορές. Όσον αφορά την ηλιακή ακτινοβολία, τα πλεγματικά προϊόντα υπερεκτίμησαν τις κεντρικές τιμές, με τα Eobs-0.1, κι ακολούθως τα Eobs-0.25, να αποτελούν τις ιδανικότερες επιλογές.

Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα από την σύγκριση για κάθε σταθμό σε εποχιακή βάση, με τα Eobs-0.1 και Agri4cast για τις θερμοκρασιακές παραμέτρους, και τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25 για την βροχόπτωση και ηλιακή ακτινοβολία, να εμφανίζουν τις μικρότερες αποκλίσεις από τις παρατηρήσεις. Με την παραπάνω διαπίστωση συμφωνούν και τα αποτελέσματα των δεικτών RMSE (Root mean squared error), EF1 (Modified modeling efficiency) και του συντελεστή συσχέτισης (r). Λαμβάνοντας υπόψη το βέλτιστο πλεγματικό προϊόν, Eobs-0.1, ο $RMSE/mean * 100$ εμφάνισε για την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία τις μικρότερες τιμές το καλοκαίρι και φθινόπωρο (2% και 3% για την μέγιστη και 5% και 8% για την ελάχιστη θερμοκρασία, αντίστοιχα για κάθε εποχή) και τις μεγαλύτερες το χειμώνα και την άνοιξη (6% και 4% για την μέγιστη και 30% και 10% για την ελάχιστη θερμοκρασία, αντίστοιχα για κάθε εποχή). Μάλιστα για την ελάχιστη θερμοκρασία οι τιμές είναι σημαντικά μεγαλύτερες (ιδιαίτερα τον χειμώνα), γεγονός που συνδέεται με τις μικρότερες μέσες εποχιακές τιμές της ελάχιστης θερμοκρασίας σε σχέση με της μέγιστης. Για την βροχόπτωση, τα μικρότερα λάθη παρουσιάστηκαν την άνοιξη (14.4%), το φθινόπωρο (17.3%) και τον χειμώνα (15.5%) και τα μεγαλύτερα το καλοκαίρι (45.6%). Για την ηλιακή ακτινοβολία, όλες οι εποχές εμφάνισαν μικρές τιμές $RMSE/mean * 100$ (7% τον χειμώνα και την άνοιξη και 6% το καλοκαίρι και φθινόπωρο). Για την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, καθώς και για την ηλιακή ακτινοβολία, η πλειοψηφία των σταθμών, εμφανίζει τις μεγαλύτερες τιμές r τον χειμώνα (για την μέγιστη θερμοκρασία >0.938 το καλοκαίρι, >0.963 την άνοιξη, >0.973 το φθινόπωρο και >0.979 τον χειμώνα, για την ελάχιστη θερμοκρασία >0.960 το καλοκαίρι, >0.968 την άνοιξη,

>0.956 το φθινόπωρο και >0.978 τον χειμώνα, ενώ για την ηλιακή ακτινοβολία >0.690 το καλοκαίρι, >0.829 την άνοιξη, >0.784 το φθινόπωρο και >0.841 τον χειμώνα). Για την πλειονότητα των σταθμών, για την βροχόπτωση οι μεγαλύτερες τιμές r εντοπίζονται την άνοιξη (>0.821 το καλοκαίρι, >0.967 την άνοιξη, >0.953 το φθινόπωρο και >0.948 τον χειμώνα). Ο δείκτης EF1 παρουσιάζει για κάθε παράμετρο και εποχή τιμές κοντύτερα στην μονάδα, για το 25% των σταθμών.

Προέκυψε ότι οι συχνότητες των ημερών με θερμοκρασιακά όρια $T_{max}>25^{\circ}\text{C}$, $T_{max}<0^{\circ}\text{C}$, $T_{min}>20^{\circ}\text{C}$ και $T_{min}<0^{\circ}\text{C}$ προσεγγίζονται καλύτερα από τα Eobs-0.1 και Agri4cast ενώ οι συχνότητες των ημερών με $Prec\geq 0.1\text{mm}$, $Prec\geq 1\text{mm}$, καθώς και το 95° και 99° εκατοστημόριο (υδρομετρικοί δείκτες) προσεγγίζονται καλύτερα από τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25. Τα καλύτερα πλεγματικά προϊόντα υποεκτίμησαν τις συχνότητες τόσο των θερμοκρασιακών όσο και των υδρομετρικών δεικτών.

Συμπερασματικά, η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία προσεγγίζονται καλύτερα από τα Eobs-0.1 και Agri4cast, ενώ η βροχόπτωση και ηλιακή ακτινοβολία από τα Eobs-0.1 και Eobs-0.25. Τα Eobs-0.1 προϊόντα εμφανίζονται συνήθως ως το πρώτο βέλτιστο προϊόν.

Η σύγκριση των δεδομένων μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας της περιόδου 1981-2010 των προϊόντων επανάλυσης ERA5 (με χωρική ανάλυση 31km) με τα προϊόντα επανεπεξεργασίας Eobs-0.25 και με τα παρατηρησιακά δεδομένα του ECA&D από τους Velikou et al. (2021) έδειξε παρόμοια αποτελέσματα, όσον αφορά τους RMSE και r για τον Μεσογειακό και Ιβηρικό τομέα (σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι 13 σταθμοί της παρούσας μελέτης) (ο συντελεστής συσχέτισης r και για τους δύο τομείς αγγίζει την μονάδα (>0.99), ενώ ο RMSE εμφανίστηκε, σε ετήσια βάση, ελαφρώς μεγαλύτερος, με τιμές 1.39°C και 1.10°C για τον Μεσογειακό και Ιβηρικό τομέα, αντιστοίχως, συγκριτικά με τις τιμές των Eobs-0.1 της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Επιπροσθέτως, τα ERA5 βρέθηκαν να υποεκτιμούν τις παρατηρήσεις (περίπου κατά 1.5°C) συμβαδίζοντας με τις ανάλογες υποεκτιμήσεις των Eobs-0.1 με τις παρατηρήσεις, της παρούσας μελέτης.

Η αξιοπιστία των E-OBS επιβεβαιώνεται και από τους Hofstra et al. (2009), οι οποίοι σύγκριναν τα δεδομένα της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης με τρία πλεγματικά προϊόντα υψηλότερης χωρικής ανάλυσης (UK, Alps και ELDAS). Τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ καλή συμφωνία (r , RMSE κοντά στην μονάδα) των E-OBS με τα άλλα τρία πλεγματικά προϊόντα (μικρότερη συσχέτιση σε ορεινές περιοχές), με την βροχόπτωση να εμφανίζει γενικά μεγαλύτερες διαφορές έναντι των θερμοκρασιακών παραμέτρων.

Οι Voulanas και Mavromatis (2021) απέδειξαν ότι για την περιοχή της Ελλάδας, όσον αφορά την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, τα Eobs-0.25 αποτελούν το καλύτερο πλεγματικό προϊόν υποεκτιμώντας τις παρατηρήσεις, γεγονός που συμβαδίζει με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Δεύτερο καλύτερο προϊόν αποτελούν τα Agri4cast υπερεκτιμώντας, όμως, τις παρατηρήσεις. Παρόμοια, για την Ελληνική περιοχή, οι Mavromatis και Voulanas (2020) από τις συγκρίσεις τριών πλεγματικών προϊόντων (ERA-Interim, Agri4Cast και E-OBS) με παρατηρησιακά δεδομένα βροχόπτωσης, έδειξαν ότι τα Agri4cast και Eobs-0.25 αποτελούν βέλτιστες επιλογές, υποεκτιμώντας τις παρατηρήσεις (συμβαδίζοντας με τις αντίστοιχες υποεκτιμήσεις που εντοπίστηκαν στην παρούσα εργασία) για την πλειονότητα των σταθμών.

Επιπροσθέτως, οι Skocir et al. (2021) μελέτησαν τον βαθμό συσχέτισης των Agri4cast και των Copernicus ERA5-Land προϊόντων με τα παρατηρησιακά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού PinovaMeteo της Κροατίας. Όσον αφορά τα Agri4cast εμφάνισαν καλή συσχέτιση με τις παρατηρήσεις τόσο για την θερμοκρασία, όσο και για την βροχόπτωση (ισχυρότερη συσχέτιση για την θερμοκρασία), γεγονός που συμβαδίζει με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Συνεπώς, από όλα τα παραπάνω και παρά τις διαφοροποιήσεις στη σειρά, επιβεβαιώνεται η αξιοπιστία τόσο των E-OBS, όσο και των Agri4cast πλεγματικών προϊόντων.

Οι Boilley και Wald (2015), σύγκριναν τα αποτελέσματα των προϊόντων MERRA, ERA-Interim και HelioClim-1 (τα δύο πρώτα είναι προϊόντα επανάλυσης ενώ το τρίτο αποτελεί βάση δεδομένων παροχής ημερήσιων μέσων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες, για την περίοδο 1985-2005 καλύπτοντας την περιοχή της Ευρώπης, Αφρικής και Ατλαντικού Ωκεανού), με δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών της Ευρώπης, Αφρικής και Ατλαντικού Ωκεανού. Στις περιοχές της Ν. Γαλλίας και Β. Αφρικής παρατηρήθηκε η ανωτερότητα του HelioClim-1 (εμφάνισε RMSE και r κοντύτερα στην μονάδα) σε σχέση με τα άλλα προϊόντα. Τα αποτελέσματα του r συμβαδίζουν με αυτά τις παρούσας εργασίας, ενώ του RMSE είναι ελαφρώς μεγαλύτερα (περίπου κατά 1-1.5MJ/m²/day). Το προϊόν HelioClim-1 εμφάνισε τις μικρότερες υπερεκτιμήσεις των παρατηρήσεων, ακολουθούμενο από τα ERA-Interim και MERRA. Παρόμοιες υπερεκτιμήσεις έχουν επιβεβαιωθεί και από τους Wild (2008) και Wild et al. (2006). Συνεπώς, οι υπερεκτιμήσεις που εντοπίστηκαν για την ηλιακή ακτινοβολία, στην παρούσα εργασία φαίνεται να επιβεβαιώνονται και από άλλες έρευνες. Μάλιστα, οι δύο τελευταίες μελέτες διαπιστώνουν ότι τα δεδομένα επανάλυσης τείνουν να υπερεκτιμούν τις παρατηρήσεις, γιατί συχνά προβλέπουν απουσία νεφοκάλυψης, ενώ στην πραγματικότητα υπάρχουν νέφη (σπανιότερα ισχύει και το αντίστροφο). Αυτή η υπερεκτίμηση της εμφάνισης συνθηκών καθαρού ουρανού οδηγεί σε υπερεκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα “λάθη” που προκύπτουν από την χρήση των πλεγματικών προϊόντων συνδέονται με την πυκνότητα των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιούνται για την χωρική παρεμβολή. Οι υποεκτιμήσεις που γενικά παρατηρούνται πρέπει να ληφθούν υπόψη, ιδιαίτερα σε μελέτες ακραίων φαινομένων (Hofstra et al., 2009). Για τον λόγο αυτό, ίσως είναι πιο συνετό τα πλεγματικά προϊόντα να χρησιμοποιούνται σε περιοχές που ικανοποιούν ορισμένα κριτήρια «πυκνότητας σταθμού» (π.χ. Beniston et al., 2007; Buonomo et al., 2007). Ωστόσο, αν αυτό δεν είναι εφικτό, η αξιολόγηση και τελικά η επιλογή του κατάλληλου πλεγματικού προϊόντος θα μπορούσε να γίνει σε διαφορετικές περιοχές με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες και επαρκή πυκνότητα σταθμών.

Στην συνέχεια, αφού πρώτα έγινε συμπλήρωση των κενών διαστημάτων των μετεωρολογικών χρονοσειρών (με το WeatherMan), συγκρίθηκαν οι ημέρες άνθησης, ωρίμανσης και το βάρος συγκομιδής (προσδιορίστηκαν καθώς οι 4 πηγές δεδομένων (τα 3 πλεγματικά προϊόντα και τα παρατηρησιακά δεδομένα) τροφοδότησαν το μοντέλο καλλιέργειας CERES-Wheat) για μια ποικιλία σιταριού για την περίοδο αναφοράς. Στόχος σε αυτό το στάδιο αποτέλεσε ο εντοπισμός της πλεγματικής ομάδας, με τις μικρότερες αποκλίσεις από τα παρατηρησιακά δεδομένα. Το CERES-Wheat έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζει αξιόπιστα αποτελέσματα, για την καλλιέργεια του σιταριού σε Μεσογειακά περιβάλλοντα (π.χ. Mereu et al. (2019), Συμεωνίδης (2011)). Τα Eobs-0.1 εμφάνισαν τις μικρότερες αποκλίσεις, τόσο για τα στάδια ανάπτυξης (κατά μέσο όρο 6 ημέρες για τα στάδια της άνθησης και ωρίμανσης) όσο και για την ποσότητα συγκομιδής (6%, κατά μέσο όρο), όπως αυτά

υπολογίσθηκαν από το CERES-Wheat, με τα Agri4Cast να ακολουθούν σε μικρή απόσταση. Οι δείκτες RMSE, EF1 και r επιβεβαιώνουν την ανωτερότητα των Eobs-0.1.

Μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων (συν-μεταβολή των T_{max} και T_{min} από 0°C έως 1.6°C με αυξητικό βήμα 0.1°C και δημιουργία 289 κλιματικών σεναρίων ($=17 \times 17$), Σχήμα 3.4) τα Eobs-0.1 εμφάνισαν τις μικρότερες αποκλίσεις από τις παρατηρήσεις, τόσο για τα στάδια ανάπτυξης (κατά μέσο όρο 4 και 3 ημέρες για τα στάδια της άνθησης και ωρίμανσης, αντιστοίχως) όσο και για την ποσότητα συγκομιδής (8%, κατά μέσο όρο), με τα Agri4Cast να ακολουθούν σε μικρή απόσταση. Οι δείκτες RMSE, EF1 και r επιβεβαιώνουν την ανωτερότητα των Eobs-0.1 και Agri4Cast (ελαφριά υπεροχή των Agri4Cast κατά περιπτώσεις). Επιπλέον, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων, από την απεικόνιση σε μορφή επιφανειών, των αποκλίσεων των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις των σταδίων ανάπτυξης (άνθηση και ωρίμανση) για κάθε κλιματικό σενάριο, τα Agri4Cast και Eobs-0.1 αναδείχθηκαν ως βέλτιστα προϊόντα. Σε όλους τους σταθμούς, παρατηρήθηκε μείωση των αποκλίσεων από τα πιο αισιόδοξα στα πιο απαισιόδοξα κλιματικά σενάρια (για την άνθηση εξαιρούνται οι σταθμοί Malaga και Melilla). Οι θετικές αποκλίσεις υποδηλώνουν ότι η άνθηση (ή ωρίμανση) των βέλτιστων προϊόντων καθυστερεί σε σχέση με αυτή των παρατηρήσεων άρα εμφανίζεται οψίμιση της άνθησης (ή ωρίμανσης). Αντίθετα, οι αρνητικές διαφορές υποδηλώνουν ότι η άνθηση (ή ωρίμανση) των πλεγματικών προϊόντων εμφανίζεται γρηγορότερα σε σχέση με των παρατηρήσεων, άρα εμφανίζεται πρωίμιση της άνθησης (ή ωρίμανσης). Η μείωση των διαφορών συνδέεται με μείωση της πρωίμισης (ή οψίμισης) ενώ η αύξηση με αύξηση της πρωίμισης (ή οψίμισης). Στην περίπτωση της συγκομιδής υπερίσχυσαν τα Eobs-0.1 ακολουθώντας εξίσου τα Agri4cast και Eobs-0.25. Στους σταθμούς Malaga, Perpignan και Brindisi εμφανίζεται μείωση των αποκλίσεων από τα αισιόδοξα στα απαισιόδοξα σενάρια, ενώ σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς παρουσιάζεται αντιστροφή της μείωσης σε αύξηση των διαφορών. Οι θετικές αποκλίσεις υποδηλώνουν ότι τα πλεγματικά προϊόντα υπερεκτίμησαν την παραγωγή των παρατηρήσεων, ενώ οι αρνητικές διαφορές ότι υποεκτίμησαν την συγκομιδή. Η μείωση των διαφορών συνδέεται με μείωση της υπερεκτίμησης (ή υποεκτίμησης) ενώ η αύξηση των αποκλίσεων υποδηλώνει το αντίστροφο.

Η μέγιστη παραγωγή (δυνητική παραγωγή) που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα δεδομένο φυσικό περιβάλλον για ένα είδος φυτού καθορίζεται από την θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία συγκέντρωση του CO_2 και τα χαρακτηριστικά (που σχετίζονται με την φυσιολογία, φαινολογία και τα χαρακτηριστικά της κάνοπης) της κάθε ποικιλίας/φυτού (van Ittersum et al. 2003). Στην εργασία αυτή, τα κλιματικά σενάρια βασίστηκαν μόνο στις μεταβολές της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι άλλες παράγοντες. Για λόγους απλότητας: (α) η συγκέντρωση του CO_2 θεωρήθηκε σταθερή στην διάρκεια τόσο της περιόδου αναφοράς όσο και στο κοντινό μέλλον (2041-2070) και (β) θεωρήθηκε ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επίσης δεν θα αλλάξει στο χώρο της Μεσογείου στο κοντινό μέλλον, κάτι που υποστηρίζεται από την πρόσφατη μελέτη, στα πλαίσια του EURO-CORDEX, από τους Coppola et al. (2021). Τέλος, ως προς τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας, επειδή υπάρχουν εκατοντάδες αν όχι χιλιάδες ποικιλίες με διαφορετικά χαρακτηριστικά, αναπόφευκτο είναι τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας να ισχύουν μόνο για τα χαρακτηριστικά της επιλεγμένης ποικιλίας (Iride).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ζαμπάκας, Ι.Δ., 1981: Γενική Κλιματολογία, Αθήνα.
- Παπακώστα Δ., 1997: «Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή, Χορτοδοτικά Φυτά», Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Συμεωνίδης, Κ., 2011: ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΣΙΤΗΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΜΕ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ, (Μεταπτυχιακή Διατριβή), doi: 10.26262/heal.auth.ir.129044.
- Φλόκας, Α., 1992: «Μαθήματα Μετεωρολογία και Κλιματολογίας», Α.Π.Θ., Εκδόσεις: ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Abatzoglou JT, Redmond KT, Edwards LM., 2009: Classification of Regional Climate Variability in the State of California, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 48, 1527–1541, <https://doi.org/10.1175/2009JAMC2062.1>.
- Acharya, S.C.; Nathan, R.; Wang, Q.J.; Su, C.-H.; Eizenberg, N., 2019: An evaluation of daily precipitation from a regional atmospheric reanalysis over Australia, Hydrol. Earth Syst. Sci., 23, 3387–3403, doi: 10.5194/hess-23-3387-2019.
- Ahmed, M., Akram, M.N., Asim, M., Aslam, M., Hassan, F., Higgins, S., Stöckle, C., Hoogenboom, G., 2016: Calibration and validation of APSIM-Wheat and CERES-Wheat for spring wheat under rainfed conditions: Models evaluation and application, Computers and Electronics in Agriculture, 123, 384–401, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.015>.
- Ahuja, L.R.; Ma, L., 2002: Parameterization of agricultural system models: Current approaches and future needs. In Agricultural System Models in Field Research and Technology Transfer, Lewis Publishers: Boca Raton, FL, USA.
- Alexander LV, Zhang X, Peterson TC, Caesar J, Gleason B, Klein Tank AMG, Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahimzadeh F, Tagipour A, Rupa Kumar K, Revadekar J, Griffiths G, Vincent L, Stephenson DB, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez-Aguirre JL., 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, J. Geophys. Res. Atmos. 111, D05109, <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>.
- Atlas, R., 1997: Atmospheric Observations and Experiments to Assess Their Usefulness in Data Assimilation, Journal of the Meteorological Society of Japan, 75, No. 1B, 111-130, https://doi.org/10.2151/jmsj1965.75.1B_111.
- Baruth, B., Genovese, G. and Leo, O., 2007: CGMS Version 9.2. User Manual and Technical Documentation. JRC Scientific and Technical Reports. EUR 22936 EN, Luxembourg: Office for Official. Publications of the EU, 116.
- Batchelor, W.D.; Basso, B.; Paz, J.O., 2002: Examples of strategies to analyze spatial and temporal yield variability using crop models, Eur. J. Agron., 18, 141–158, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00101-6](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00101-6).

- Beguería, S., Vicente-Serrano, S. M., Tomás-Burguera, M., & Maneta, M., 2016: Bias in the variance of gridded data sets leads to misleading conclusions about changes in climate variability, *International Journal of Climatology*, 36(9), 3413–3422, <https://doi.org/10.1002/joc.4561>.
- Beinroth, F. H., 1983: A Synopsis of The Benchmark Soils Project, ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 1984, 21-26 March the International Symposium on Minimum Data Sets for Agrotechnology Transfer, ICRISAT Center, India, Patancheru, A.P. 502324, India: ICRISAT.
- Bengtsson, L., Hageman S, Hodges KI., 2004: Can climate trends be calculated from reanalysis data?, *J Geophys Res* 109: D11111. <https://doi.org/10.1029/2004JD004536>.
- Bengtsson, L., and Shukla, J., 1988: Integration of space and in situ observations to study global climate change, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 69, 1130 – 1143, [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1988\)069<1130:IOSAIS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1988)069<1130:IOSAIS>2.0.CO;2).
- Beniston, M., Stephenson, D., Christensen, O., Ferro, C., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., Koffi, B., Palutikof, J., Schöll, R., Semmler, T., and Woth, K., 2007: Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections, *Climatic Change*, 81, 71–95, doi 10.1007/s10584-006-9226-z.
- Bergeron, T., 1959: Methods in scientific analysis and forecasting. An outline in the history of ideas and hints at a program. "The Atmosphere and the Sea in Motion"., Ed. by B. Bolin, Rockefeller Inst. Press, New York, 440-474.
- Biavetti, I., Karetos, S., Ceglar, A., Toreti, A., Panagos, P., 2014: European meteorological data: contribution to research, development and policy support, "European meteorological data: contribution to research, development, and policy support," *Proc. SPIE* 9229, Second International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2014), 922907 (12 August 2014), doi: 10.1117/12.2066286.
- Bindi, M., Olesen, J.E., 2011: The responses of agriculture in Europe to climate change, *Reg. Environ. Change*, 11, 151–158, doi 10.1007/s10113-010-0173-x.
- Boilley, A., and Wald, L., 2015: Comparison between meteorological re-analyses from ERA-Interim and MERRA and measurements of daily solar irradiation at surface, *Renewable Energy*, 75, 135-143, <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.09.042>.
- Bregaglio, S.; Frasso, N.; Pagani, V.; Stella, T.; Francione, C.; Cappelli, G.; Acutis, M.; Balaghi, R.; Ouabbou, H.; Paleari, L.; et al., 2015: New multi-model approach gives good estimations of wheat yield under semi-arid climate in Morocco, *Agron. Sustain. Dev.*, 35, 157–167, doi 10.1007/s13593-014-0225-6.
- Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.-X., Huard, F., 2010: Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France, *Field Crops Res*, 119, 201–212, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.012>.
- Buonomo, E., Jones, R., Huntingford, C., and Hannaford, J., 2007: On the robustness of changes in extreme precipitation over Europe from two high resolution climate change simulations, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 133, 65 – 8, doi: 10.1002/qj.

- Ceglar, A, Toreti, A, Balsamo, G., Kobayashi, S., 2017: Precipitation over Monsoon Asia: A Comparison of Reanalyses and Observations, *J. Climate*, 30, 465–476, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0227.1>.
- Challinor, A.J.; Wheeler, T.R.; Craufurd, P.Q.; Slingo, J.M.; Grimes, D.I.F., 2004: Design and optimisation of a large-area process-based model for annual crops, *Agric. For. Meteorol.*, 124, 99–120, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.01.002>.
- Challinor, A.J.; Wheeler, T.R.; Slingo, J.M.; Hemming, D., 2005: Quantification of physical and biological uncertainty in the simulation of the yield of a tropical crop using present-day and doubled CO₂ climates, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, 360, 2085–2094, <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1740>.
- Christidis, N, Stott, P.A., Brown, S, Hegerl, G.C., Caesar, J., 2005: Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L20716, doi: 10.1029/2005GL023885.
- Clevers, J.G.P.W., Vonder, O.W., Jongschaap, R.E.E., Desprats, J.-F., King, C., Prévot, L., Bruguier, N., 2002: Using spot data for calibrating a wheat growth model under Mediterranean conditions, *Agronomie*, 22, 687–694, doi : 10.1051/agro:2002038.
- Coppola, E., Nogherotto, R., Ciarlo, J. M., Giorgi, F., van Meijgaard, E., Kadygrov, N., et al., 2021: Assessment of the European Climate Projections as Simulated by the Large EURO-CORDEX Regional and Global Climate Model Ensemble, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, e2019JD032356, <https://doi.org/10.1029/2019JD032356>.
- Cornes, R. C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., & Jones, P. D., 2018: An ensemble version of the E-OBS temperature and precipitation data sets, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 9391–9409, <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>.
- Cortez, P and Morais, A., 2007: A Data Mining Approach to Predict Forest Fires using Meteorological Data, Department of Information Systems/R&D Algoritmi Centre, University of Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal, <http://hdl.handle.net/1822/8039>.
- Daley, R., 1991: *Atmospheric Data Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, England, 457.
- Dalgaard, T.; Hutchings, N.J.; Porter, J.R., 2003: Agroecology, scaling and interdisciplinarity, *Agric. Ecosyst. Environ.*, 100, 39–51, [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00152-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00152-X).
- Dalla Marta, A., Grifoni, D., Mancini, M., Zipoli, G., and Orlandini, S., 2011: The influence of climate on durum wheat quality in Tuscany, *Int. J. Biometeorol.*, 55, 87–96, <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0310-8>.
- Daly, C., Halbleib, M., Smith, J. I., Gibson, W. P., Doggett, M. K., Taylor, G. H., et al., 2008: Physiographically sensitive mapping of climatological temperature and precipitation across the conterminous United States, *International Journal of Climatology*, 28, 2031–2064, <https://doi.org/10.1002/joc.1688>.
- De Vita, P., Mastrangelo, A.M, Matteu, L., Mazzucotelli, E., Virzì, N., Palumbo, M., Lo Storto, M., Rizza, F., Cattivelli, L., 2010: Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy, *Field Crops Research*, 119, 68–77, doi: 10.1016/j.fcr.2010.06.016.

- Dettori, M., Cesaraccio, C., Duce, P., 2017: Simulation of climate change impacts on production and phenology of durum wheat in Mediterranean environments using CERES-Wheat model, *Field Crops Research*, 206, 43–53, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.02.013>.
- Di Paola, A., Valentini, R., Santini, M., 2016: An overview of available crop growth and yield models for studies and assessments in agriculture, *J. Sci. Food Agric.*, 96, 709–714, <https://doi.org/10.1002/jsfa.7359>.
- Donatelli, M., van Ittersum, M.K., Bindi, M., Porter, R.J., 2002: Modelling cropping systems – highlights of the symposium and preface to the special issues, *Eur. J. Agron.*, 18, 1–11, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00104-1).
- Easterling, D., Alexander, I., Mokssit, A., and Detemmerman, V., 2003: CCI/CLIVAR WORKSHOP TO DEVELOP PRIORITY CLIMATE INDICES, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84, 1403-1407, doi:10.1175/BAMS-84-10-1403.
- Ferrise, R., Moriondo, M., and Bindi, M.: Probabilistic assessments of climate change impacts on durum wheat in the Mediterranean region, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 1293–1302, <https://doi.org/10.5194/nhess-11-1293-2011>, 2011.
- Fila, G., Bellocchi, G., Acutis, M., Donatelli, M., 2003: IRENE: a software to evaluate model performance, *Europ. J. Agronomy*, 18, 369-372, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00129-6).
- Fontana, G., Toreti, A., Ceglar, A., and De Sanctis, G., 2015: Early heat waves over Italy and their impacts on durum wheat yields, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 1631–1637, doi:10.5194/nhess-15-1631-2015.
- Fox, D.G., 1981: Judging air quality model performance: A summary of the AMS workshop on dispersion models performance, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 62, 599-609, [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1981\)062<0599:JAQMP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1981)062<0599:JAQMP>2.0.CO;2).
- FranceAgriMer, 2010: Marché du blé dur, Les études de France AgriMer. Données statistiques Céréales. 50.
- Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G., Peterson, T., 2002: Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Clim. Res.*, 19, 193–212, doi:10.3354/cr019193.
- Giannakopoulos, C. et al., 2009: Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global warming, *Glob. Planet. Change*, 68, 209–224, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2009.06.001>.
- Gibson, J. K., Kallberg, P., Uppala, S., Hernandez, A., Nomura, A., and Serrano, E., 1997: ERA Description, Re-Anal. Proj. Rep. Ser., 1, 72, Eur. Cent. for Medium-Range Weather Forecast., Reading, UK.
- Gibson, L.R., Paulsen, G.M., 1999: Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth, *Crop Sci.*, 39, 1841–1846, <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3961841x>.

- Godske, C.L., T. Bergeron, J. Bjerknes and R.C. Bundgaard, 1957: "Dynamic Meteorology and Weather Forecasting", American Meteorological Society, Boston, and Carnegie Institution of Washington, 125, 829-830, doi: 10.1126/science.125.3252. 829.c.
- Gouache, D., Bouchon, A.S., Jouanneau, E., Le Bris, X., 2015: Agrometeorological analysis and prediction of wheat yield at the departmental level in France, Agricultural and Forest Meteorology, 209–210, 1–10, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.04.027>.
- Grimes, D.I., Pardo-Igúzquiza E., 2010: Geostatistical analysis of rainfall, Geogr. Anal., 42, 136–160, <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2010.00787.x>.
- Guerena, A., Ruiz-Ramos, M., Díaz-Ambrona, C.H., Conde, J., Mínguez, M.I., 2001: Assessment of climate change and agriculture in Spain using climate models, Agron. J., 93, 237–249, <https://doi.org/10.2134/agronj2001.931237x>.
- Guillaume, S., Bruzeau, C., Justes, E., Lacroix, B., Bergez, J.E., 2016: A conceptual model of farmers' decision-making process for nitrogen fertilization and irrigation of durum wheat, Europ. J. Agronomy, 73, 133–143, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.012>.
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., Lo, K., 2010: Global surface temperature change, Rev. Geophys., 48, RG4004, doi: 10.1029/2010RG000345.
- Harris, I., Jones, P., Osborn, T., Lister, D., 2014: Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 dataset, Int. J. Climatol., 34, 623–642, <https://doi.org/10.1002/joc.3711>.
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D. and New, M., 2008: A European daily highresolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006, Journal of Geophysical Research, 113, D20119, <https://doi.org/10.1029/2008JD010201>.
- He, J.Q., Dukes, M.D., Hochmuth, G.J., Jones, J.W., Graham, W.D., 2012: Identifying irrigation and nitrogen best management practices for sweet corn production on sandy soils using CERES-Maize model, Agric. Water Manag., 109, 61–70, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.02.007>.
- Hodges, T., 2000: Predicting Crop Phenology, CRC Press, Florida.
- Hofstra, N., Haylock, M., New, M., Jones, P., Frei, C., 2008: Comparison of six methods for the interpolation of daily, European climate data, J. Geophys. Res. Atmos., 113, D21110, doi: 10.1029/2008JD010100.
- Hofstra, N., Haylock, M., New, M.G., Jones, P.D., 2009: Testing E-OBS European high-resolution gridded data set of daily precipitation and surface temperature, J Geophys. Res. 114: D21101, <https://doi.org/10.1029/2009JD011799>.
- Hollis, D., McCarthy, M., Kendon, M., Legg, T., and Simpson, I., 2019: HadUK-Grid—A new UK dataset of gridded climate observations, Geosci. Data J., 6, 151–159, doi: 10.1002/gdj3.78.
- Hulme, M., 1992: A 1951–80 global land precipitation climatology for the evaluation of general circulation models, Clim. Dyn, 7, 57–72, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00209609.pdf>.

- Hunt, L.A., White, J.W., Hoogenboom, G., 2001: Agronomic data: advances in documentation and protocols for exchange and use, *Agricultural Systems*, 70, 477-492, [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00056-7](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00056-7).
- International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer, 1993: The IBSNAT Decade. Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press., 302.
- Isotta, F.A., Vogel, R., Frei, C., 2015: Evaluation of European regional reanalyses and downscalings for precipitation in the Alpine region, *Meteorol. Z.*, 24(1), 15–37, doi: 10.1127/metz/2014/0584.
- Jha, P., Athanasiadis, P., Gualdi, S., Trabucco, A., Mereu, V., Shelia, V., Hoogenboom, G., 2019: Using daily data from seasonal forecasts in dynamic crop models for yield prediction: A case study for rice in Nepal's Terai, *Agricultural and Forest Meteorology*, 265, 349–358, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.029>.
- Jiang, Q., Li, W., Fan, Z., He, X., Sun, W., Chen, S., Wen, J., Gao, J., Wang, J., 2021: Evaluation of the ERA5 reanalysis precipitation dataset over Chinese Mainland, *J. Hydrol.*, 595, 125660:1–125660:15, doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.125660.
- Jimenez, P. A., Gonzalez-Rouco, J.F., Navarro, J., Montavez, J.P., Garcia-Bustamante, E., 2010: Quality Assurance of Surface Wind Observations from Automated Weather Stations, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 27, 1101-1122, doi: 10.1175/2010JTECHA1404.1.
- Jin, X., Kumar, L., Li, Z., Feng, H., Xu, X., Yang, G., Wang, J., 2018: A review of data assimilation of remote sensing and crop models, *Eur. J. Agron.*, 92, 141–152, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.002>.
- Jones, P., Lister, D., Osborn, T., Harpham, C., Salmon, M., Morice, C., 2012: Hemispheric and large-scale land-surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2010, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 117, D05127, doi: 10.1029/2011JD017139.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T., 2003: The DSSAT cropping system model, *Europ. J. Agronomy*, 18, 235-265, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00107-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00107-7)
- Jones, J.W., Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Hunt, L.A., Thornton, P.K., Wilkens, P.W., Imamura, D.T., Bowen, W.T., Singh, U., 1998: Decision support system for agrotechnology transfer; DSSAT v3. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 157-177, https://doi.org/10.1007/978-94-017-3624-4_8.
- Kabbaj, H., Sall, A.T., Al-Abdallat, A., Geleta, M., Amri, A., Filali-Maltouf, A., et al., 2017: Genetic Diversity within a Global Panel of Durum Wheat (*Triticum durum*) Landraces and Modern

- Germplasm Reveals the History of Alleles Exchange, *Front Plant Sci.*, 8, 1277. Epub 2017/08/05, <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01277>.
- Kadiyala, M.D.M., Jones, J.W., Mylavarapu, R.S., Li, Y.C., Reddy, M.D., 2015: Identifying irrigation and nitrogen best management practices for aerobic rice-maize cropping system for semi-arid tropics using CERES-rice and maize models, *Agric. Water Manag.*, 149, 23–32, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.019>.
- Kalnay, E., et al., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Re-Analysis Project, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 77, 437–472, [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYP>2.0.CO;2).
- Kasampalis, D., Alexandridis, T., Deva, C., Challinor, A., Moshou, D., and Zalidis, G., 2018: Contribution of Remote Sensing on Crop Models: A Review, *J. Imaging*, 4, 52, doi:10.3390/jimaging4040052.
- Kiktev, D., Sexton, D., Alexander, L., Folland, C., 2003: Comparison of Modeled and Observed Trends in Indices of Daily Climate Extremes, *Journal of Climate*, 16, 3560–3571, [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3560:COMAOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3560:COMAOT>2.0.CO;2).
- Kistler, R., et al., 2001: The NCEP-NCAR 50-year reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 82, 247 – 268, <https://www.jstor.org/stable/10.2307/26215517>.
- Klein Tank, A. M. G., and Konnen, G. P., 2003: Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99, *Journal of Climate*, 16, 3665–3680, [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3665:TIIDOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIIDOT>2.0.CO;2).
- Klok, E.J. and Tank Klein, A.M.G., 2009: Updated and extended European dataset of daily climate observations, *International Journal of Climatology*, 29, 1182–1191, <https://doi.org/10.1002/joc.1779>.
- Kurukulasuriya, P., and Rosenthal, S., 2003: Climate Change and Agriculture-A Review of Impacts and Adaptations, The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, 1818 H Street, N.W., Washington, D.C., 20433, U.S.A, <http://hdl.handle.net/10986/16616>.
- Kutzbach, G., 1979: “The Thermal Theory of Cyclones”, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, 255.
- Kyrtziz, A., 2017: CHARACTERIZATION OF DURUM WHEAT GENETIC RESOURCES AND EVALUATION UNDER CYPRUS CONDITIONS (Διδακτορική Διατριβή), Ανακτήθηκε από: <https://ktisis.cut.ac.cy/handle/10488/11054>.
- Lally, V.E., 1985: Upper air in situ observing systems. *Handbook of Applied Meteorology*, John Wiley & Sons, New York, N.Y.
- Lavaysse, C., Camalleri, C., Dosio, A., van der Schrier, G., Toreti, A., & Vogt, J., 2017: Towards a monitoring system of temperature extremes in Europe, *Natural Hazards and Earth System Sciences Discuss*, 1–29, <https://doi.org/10.5194/nhess-2017-181>.

- Leemans, R., Cramer, W., 1991: The IIASA Database for Mean Monthly Values of Temperature, Precipitation and Cloudiness on a Global Terrestrial Grid, Luxemburg: International Institute of Applied Systems Analyses, RR-91-18.
- Li, Y., Wu, Y., Hernandez-Espinosa, N., Peña, R.J., 2013: Heat and drought stress on durum wheat: Responses of genotypes, yield, and quality parameters, *Journal of Cereal Science.*, 57, 398–404, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.01.005>.
- Lobell, D.B., Field, C.B., Cahill, K.N., Bonfils, C., 2006: Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties, *Agric. For. Meteorol.*, 141, 208–218, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.10.006>.
- Malkia, R., Hartani, T., and Dechmi, F., 2016: Evaluation of DSSAT model for sprinkler irrigated potato: A case study of Northeast Algeria, *Afr. J. Agric. Res.*, 11, 2589-2598, doi: 10.5897/AJAR2015.9828.
- Mavromatis, T., Voulanas, D., 2020: Evaluating ERA-Interim, Agri4Cast, and E-OBS gridded products in reproducing spatiotemporal characteristics of precipitation and drought over a data poor region: The Case of Greece, *Int J Climatol.*, 1–19, <https://doi.org/10.1002/joc.6950>.
- Mereu, V., Gallo, A., and Spano, S., 2019: Optimizing Genetic Parameters of CSM-CERES Wheat and CSM-CERES Maize for Durum Wheat, Common Wheat, and Maize in Italy, *Agronomy*, 9, 665, doi:10.3390/agronomy9100665.
- Merida-Garcia, R., Liu, G., He, S., Gonzalez-Dugo, V., Dorado, G., Galvez, S., et al., 2019: Genetic dissection of agronomic and quality traits based on association mapping and genomic selection approaches in durum wheat grown in Southern Spain, *PLoS ONE*, 14(2): e0211718, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211718>.
- Micale, F., and Genovese, G., 2004: Methodology of the MARS crop yield forecasting system, In: *Meteorological Data, Collection, Processing and Analysis 1*, Luxemburg: Publication EUR 21291 EN of Office for official publication of the EU.
- Mitchell, T.D., Jones, P.D., 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids, *Int. J. Climatol.*, 25, 693–712, <https://doi.org/10.1002/joc.1181>.
- Monteith, J.L., Moss, C.J., 1977: Climate and the efficiency of crop production in Britain [and discussion], *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Series B Biol. Sci.*, 281, 277–294, <https://doi.org/10.1098/rstb.1977.0140>.
- Moragues, M., García del Moral, L.F., Moralejo, M., Royo, C., 2006: Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin: I. Yield components, *Field Crops Research.*, 95, 194-205, doi: 10.1016/j.fcr.2005.02.009.
- Moragues, M., García del Moral LF, Moralejo M, Royo C., 2006: Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin: II. Biomass production and allocation, *Field Crops Research.*, 95, 182-193, doi: 10.1016/j.fcr.2005.02.008.
- Moriondo, M., Bindi, M., Fagarazzi, C., Ferrise, R., Trombi, G., 2011b: Framework for high-resolution climate change impact assessment on grapevines at a regional scale, *Reg. Environ. Change*, 3, 553–567, doi 10.1007/s10113-010-0171-z.

- Moriondo, M., Bindi, M., Kundzewicz, Z.W., Szwed, M., Chorynski, A., Matczak, P., Radziejewski, M., McEvoy, D., Wreford, A., 2010: Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability, *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, 15, 657–679, doi 10.1007/s11027-010-9219-0.
- Murthy, V.R.K., 2003: Crop Growth Modeling and Its Applications in Agricultural Meteorology. In *Proceedings of the Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, Dehra Dun, India, 7–11 July 2003; World Meteorological Organisation: Dehra Dun, India, 2003, 235–261.
- Palosuo, T., Kersebaum, K.C., Angulo, C., Hlavinka, P., Moriondo, M., Olesen, J.E., Patil, R.H., Ruget, F., Rumbaur, C., Takáč, J., et al., 2011: Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: A comparison of eight crop growth models, *Eur. J. Agron.*, 35, 103–114, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.05.001>.
- Parent, B., Tardieu, F., 2014: Can current crop models be used in the phenotyping era for predicting the genetic variability of yield of plants subjected to drought or high temperature?, *J. Exp. Bot.*, 65, 6179–6189, <https://doi.org/10.1093/jxb/eru223>.
- Pasqualone, A., Delvecchio, L.N., Lacolla, G., Piarulli, L., Simeone, R., and Cucci, G., 2014: Effect of composted sewage sludge on durum wheat: Productivity, phenolic compounds, antioxidant activity, and technological quality, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12, 276–280.
- Passarella, V.S., Savin, R., Slafer, G.A., 2005: Breeding effects of barley grain weight and quality to events of high temperature during grain filling, *Euphytica*, 141, 41–48, doi: 10.1007/s10681-005-5068-4.
- Pathak, H., 2017: Application of Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT – a crop simulation model) to assess the impacts of mean temperature rise on wheat yield, 8th International Conference on Climate Change Climate Action: Mitigation and Adaptation in a Post Paris World, 4th-5th August 2017, 107–111.
- Pelosi, A., Terribile, F., D'Urso, G. and Giovanni Battista Chirico, G.B., 2020: Comparison of ERA5-Land and UERRA MESCAN-SURFEX reanalysis data with spatially interpolated weather observations for the regional assessment of reference evapotranspiration, *Water*, 12, 1669. <https://doi.org/10.3390/w12061669>.
- Pickering, N. B., Hansen, J. W., Jones, J.W., Wells, C. M., Chan, V. K., and Godwin, D. C., 1994: WeatherMan: A Utility for Managing and Generating Daily Weather Data, *Agron. J.*, 86, 332–337, <https://doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600020023x>.
- Pielke, R., Nielsen-Gammon, J., Davey, C., Angel, J., Bliss, O., Doesken, N., Cai, M., Fall, S., Niyogi, D., Gallo, K., Hale, R., Hubbard, K.G., Lin, X.M., Li, H., Raman, S., 2007: Documentation of uncertainties and biases associated with surface temperature measurement sites for climate change assessment, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88, 913–928, <https://doi.org/10.1175/BAMS-88-6-913>.
- Rapaíć, M., Brown, R., Markovic, M., Chaumont, D., 2015: An evaluation of temperature and precipitation surface-based and reanalysis datasets for the Canadian Arctic, 1950–2010, *Atmos.-Ocean*, 53(3), 283–303, doi: 10.1080/07055900.2015.1045825.

- Rauff, K.O., Bello, R., 2015: A review of crop growth simulation models as tools for agricultural meteorology, *Agric. Sci.*, 6, 1098-1105. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.6910>.
- Rharrabti, Y., Royo, C., Villegas, D., Aparicio, N., Garcia del Moral, L.F., 2003: Durum wheat quality in Mediterranean environments I. Quality expression under different zones, latitudes and water regimes across Spain, *Field Crops Research*, 80, 123–131, [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00176-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00176-4).
- Rienecker, M.M. et al., 2011: MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications, *Journal of Climate*, 24, 3624–3648, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00015.1>.
- Rinaldi, M., 2004: Water availability at sowing and nitrogen management of durum wheat: a seasonal analysis with the CERES-Wheat model, *Field Crops Research*, 89, 27–37, doi:10.1016/j.fcr.2004.01.02.
- Ritchie, J.T., Otter, S., 1985: Description and performance of CERES-Wheat: a user-oriented wheat yield model. In: *ARS Wheat Yield Project. ARS-38. Natl Tech Info Serv, Springfield, Missouri*, 159-175.
- Rocha, H., and Dias, J.M., 2019: Early prediction of durum wheat yield in Spain using radial basis functions interpolation models based on agroclimatic data, *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 427–435, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.018>.
- Rohde, R., Muller, R.A., Jacobsen, R., Muller, E., Perlmutter, S., Rosenfeld, A., Wurtele, J., Groom, D., Wickham, Ch., 2013b: A new estimate of the average earth surface land temperature spanning 1753 to 2011, *Geoinfor Geostat: An Overview* 1(1): 1–7, <http://dx.doi.org/10.4172/2327-4581.100010>.
- Rossini, R., Provenzano, M.E., Sestili, F., and Ruggeri, R., 2018: Synergistic Effect of Sulfur and Nitrogen in the Organic and Mineral Fertilization of Durum Wheat: Grain Yield and Quality Traits in the Mediterranean Environment, *Agronomy*, 8, 189; doi:10.3390/agronomy8090189.
- Royo, C., Nazco, R., Villegas, D., 2014: The climate of the zone of origin of Mediterranean durum wheat (*Triticum durum* Desf.) landraces affects their agronomic performance, *Genetic Resources and Crop Evolution.*, 61, 1345-1358, doi: 10.1007/s10722-014-0116-3.
- Royo, C., Soriano, J.M., and Alvaro, F., 2017: Wheat: A Crop in the Bottom of the Mediterranean Diet Pyramid, *Mediterranean Identities — Environment, Society, Culture*, Ch., 16, 381-399, doi: 10.5772/intechopen.69184.
- Schubert, S. D., Rood, R. B., and Pfaendtner, J., 1993: An assimilated dataset for Earth science applications, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 74, 2331–2342, [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1993\)074<2331:AADFES>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1993)074<2331:AADFES>2.0.CO;2).
- Semmler, T., Jacob, D., 2004: Modeling extreme precipitation events—a climate change simulation for Europe, *Glob Planet Change*, 44, 119–127, doi: 10.1016/j.gloplacha.2004.06.008.
- Shah, R., Mishra, V., 2014: Evaluation of the reanalysis products for the monsoon season droughts in India. *J. Hydrometeorol.*, 15, 1575–1591, doi: 10.1175/JHM-D-13-0103.1.

- Shepard, D., 1968: A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In Proceedings of the 1968, 23rd ACM National Conference, Association for Computing Machinery, New York, NY, 517–524, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/800186.810616>.
- Simmons, A. J., and Gibson, J. K., 2000: The ERA-40 Project Plan, ERA-40 Project Rep. Ser., 1, 63, Eur. Cent. Medium-Range Weather Forecast., Reading, UK.
- Simmons, A., Uppala, S., Dee, D. and Kobayashi, S., 2006: ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards, ECMWF Newsletter, 110, 26–35, doi:10.21957/pocnex23c6.
- Skocir, P., Mandaric, K., Kralj, I., Podnar Zarko, I., Jezic, G., 2021: Analysis of Open Access Data Sources for Application in Precision Agriculture, 16th International Conference on Telecommunications - ConTEL, 165-172, doi: 10.23919/ConTEL52528.2021.9495978 .
- Skovmand, B., Warburton, M.L., Sullivan, S.N., Lage, J., 2005: Managing and collecting genetic resources. In: Royo C, Nachit MN, Di Fonzo N, Araus JL, Pfeiffer WH, Slafer GA, editors. Durum Wheat Breeding: Current Approaches and Future Strategies, New York: Haworth Press, 142-163, <https://doi.org/10.1201/9781482277883>.
- Tarek, M., Brissette, F.P., Arsenault, R., 2020: Evaluation of the ERA5 reanalysis as a potential reference dataset for hydrological modelling over North America, Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 2527–2544, doi: 10.5194/hess-24-2527-2020.
- Taylor, R., 1990: Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review, Journal of Diagnostic Medical Sonography, 6, 35-39, <https://doi.org/10.1177/875647939000600106>.
- Toreti, A., Maiorano, A., De Sanctis, G., Webber, H., Ruane, A.C., Fumagalli, D., Ceglar, A., Niemeyer, S., Zampieri, M., 2019: Using reanalysis in crop monitoring and forecasting systems, Agricultural Systems, 168, 144–153, <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.07.001>.
- Tsuji, G.Y., 1998: Network management and information dissemination for agrotechnology transfer. In: Tsuji G.Y., Hoogenboom G., Thornton P.K. (eds) Understanding Options for Agricultural Production. Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development, 7, 367-381, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3624-4_18
- Tubiello, F.N., Donatelli, M., Rosenzweig, C., Stockle, C., 2000: Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems: model predictions at two Italian locations, Eur. J. Agron., 13, 179–189, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00073-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00073-3).
- Uehara, G., 1998: Synthesis. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), Understanding Options For Agricultural Production, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 389-392.
- van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., Klein Tank, A. M. G., & Verver, G., 2013: Monitoring European average temperature based on the E-OBS gridded data set, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 118, 5120–5135, <https://doi.org/10.1002/jgrd.50444>.
- van Ittersum, M.K., Leffelaar, P.A., van Keulen, H., Kropff, M.J., Bastiaans, L., Goudriaan, J., 2003: On approaches and applications of the Wageningen crop models, European Journal of Agronomy, 18, 201-234, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00106-5](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00106-5).

- van Oldenborgh, G. J., Philip, S., Aalbers, E., Vautard, R., Otto, F., Haustein, K., et al., 2016: Rapid attribution of the May/June 2016 flood-inducing precipitation in France and Germany to climate change, *Hydrology and Earth System Sciences Discuss*, 1–23, <https://doi.org/10.5194/hess-2016-308>.
- Vaughan and Johnson, 1994: Meteorological satellites- The very early years prior to the launch of TIROS-1, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 75, 2295-2302, [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1994\)075<2295:MSVEYP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1994)075<2295:MSVEYP>2.0.CO;2).
- Velikou, K., Lazoglou, G., Tolika, K., Anagnostopoulou, C., 2021: Reliability of the ERA5 in replicating mean and extreme tem- 2 peratures across Europe, *Water*, 13, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>.
- Ventrella, D., Charfeddine, M., Moriondo, M., Rinaldi, M., Bindi, M., 2012: Agronomic adaptation strategies under climate change for winter durum wheat and tomato in southern Italy: irrigation and nitrogen fertilization, *Reg Environ Change*, 12, 407–419, doi 10.1007/s10113-011-0256-3.
- Voulanas, D., and Mavromatis, T., 2021: Evaluation of five reanalysis products in reproducing the spatio-temporal characteristics of air temperature over Greece, Conference: 15th International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics - COMECAP 2021At: Ioannina, Greece, September 2021, 320-323.
- Wallach, D., Makowski, D., Jones, J.W., Brun, F., 2014: Working with Dynamic Crop Models; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 407–436, hal-01956095.
- Watson, J., Challinor, A.J., Fricker, T.E., Ferro, C.A.T., 2015: Comparing the effects of calibration and climate errors on a statistical crop model and a process-based crop model, *Clim. Chang*, 132, 93–109, doi 10.1007/s10584-014-1264-3.
- Wild, M., Long, C.N., Ohmura, A., 2006: Evaluation of clear-sky solar fluxes in GCMs participating in AMIP and IPCC-AR4 from a surface perspective, *J Geophys. Res.*, 111, D01104, <http://dx.doi.org/10.1029/2005JD006118>.
- Wild, M., 2008: Short-wave and long-wave surface radiation budgets in GCMs: a review based on the IPCC-AR4/CMIP3 models, *Tellus*;60A:932e45, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0870.2008.00342.x>.
- Wilks, D., 2011: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, *International Geophysics*, 100, 676.
- Willett, W.C., Sacks, F., Trichopoulou, A., Drescher, G., Ferro-Luzzi, A., Helsing, E., Trichopoulos, D., 1995: Mediterranean diet pyramid: A cultural model for healthy eating, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 61, 14025-14065.
- Xynias, I., Mylonas, I., Korpetis, E., Ninou, E., Tsaballa, A., Avdikos, I., and Mavromatis, A., 2020: Durum Wheat Breeding in the Mediterranean Region: Current Status and Future Prospects, *Agronomy*, 10, 432, doi:10.3390/agronomy10030432.
- Yang, J., D.J. Greenwood, D.L. Rowell, G.A. Wadsworth, and I.G. Burns., 2000: Statistical methods for evaluating a crop nitrogen simulation model, *N_ABLE, Agric. Syst.*, 64, 37-53, [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00010-X).



- Yang, K., Zhang, 2018: J. Evaluation of reanalysis datasets against observational soil temperature data over China, *Clim. Dyn.*, 50, 317–337, doi: 10.1007/s00382-017-3610-4.
- Yin, X.Y., Struik, P.C., Kropff, M.J., 2004: Role of crop physiology in predicting gene-to-phenotype relationships, *Trends Plant Sci.*, 9, 426–432, <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.07.007>.
- Zhang, D., Wang, H., Li, D., Li, H., Ju, H., Li, R., Batchelor, W., Li, Y., 2019: DSSAT-CERES-Wheat model to optimize plant density and nitrogen best management practices, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 114, 19–32, <https://doi.org/10.1007/s10705-019-09984-1>.
- Zuo, D., Cai, S., Xu, Z., Peng, D., Kan, G., Sun, W., Pang, B., Yang, H., 2019: Assessment of meteorological and agricultural droughts using in-situ observations and remote sensing data, *Agricultural Water Management*, 222, 125–138, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.046>.

ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΥΛΙΚΟ

Πίνακας Α.1. Σύγκριση (παρουσιάζεται ο μέσος όρος (mean), η τυπική απόκλιση (Std) και τα εκατοστημόρια Q25, Q50 και Q75), σε μηνιαία βάση, των πλεγματοτικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα για την T_{max} & T_{min} (1η και 2η σειρά, αντίστοιχα), Prec (3η σειρά) και QQ (4η σειρά), για ολόκληρη την περίοδο αναφοράς και για όλους τους σταθμούς. (n=13 (σταθμοί) για T_{min}, T_{max} και Prec και n=9 (σταθμοί) για QQ).

T _{max} (°C)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΜΗΝΕΣ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	13	13.1	2.5	11.5	13.0	14.6	13	12.4	2.4	10.7	12.4	14.2	13	12.4	2.2	10.6	12.4	14.6	13	11.7	1.9	10.6	11.1	12.7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	13	14.2	2.0	12.9	13.4	15.3	13	13.5	1.9	12.7	13.1	14.7	13	13.5	1.7	12.7	13.2	15.1	13	12.8	1.4	12.0	12.6	13.6
ΜΑΡΤΙΟΣ	13	17.0	1.7	15.6	16.1	18.5	13	16.3	1.5	15.3	16.1	17.0	13	16.4	1.4	15.4	16.0	17.3	13	15.6	1.2	15.0	15.4	16.5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13	19.8	1.6	18.4	19.8	20.8	13	19.1	1.4	18.3	18.7	19.9	13	19.1	1.4	18.4	18.7	19.8	13	18.4	1.3	17.9	18.0	19.1
ΜΑΙΟΣ	13	23.8	1.8	22.5	23.8	25.0	13	23.2	1.7	22.3	22.8	23.8	13	23.1	1.6	21.9	23.0	23.9	13	22.4	1.5	21.8	21.9	23.9
ΙΟΥΝΙΟΣ	13	28.2	2.2	26.6	28.3	30.0	13	27.7	2.0	26.6	27.1	28.6	13	27.6	2.0	26.4	27.3	29.5	13	27.0	1.8	26.1	26.4	28.6
ΙΟΥΛΙΟΣ	13	31.0	2.2	29.4	30.7	32.6	13	30.5	2.0	29.4	30.0	32.5	13	30.5	2.0	29.3	30.1	32.4	13	29.9	1.8	29.0	29.5	31.3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	13	31.0	2.0	29.5	31.0	32.5	13	30.5	1.8	29.4	30.0	32.0	13	30.5	1.8	29.0	30.2	32.0	13	29.9	1.6	29.0	29.3	31.4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	13	27.5	1.8	25.9	27.5	28.4	13	26.8	1.7	25.9	26.2	27.7	13	26.9	1.7	25.6	26.9	28.2	13	26.2	1.5	25.0	26.2	27.0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	13	22.8	2.0	21.2	22.3	23.9	13	22.2	1.9	21.0	21.9	22.5	13	22.2	1.9	21.1	22.1	22.6	13	21.5	1.5	20.5	21.6	22.0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13	17.5	2.4	15.8	16.8	19.0	13	16.8	2.2	15.4	16.1	18.5	13	16.8	2.2	15.3	16.0	17.9	13	16.1	1.8	14.8	15.4	17.0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13	14.0	2.8	12.1	13.9	15.6	13	13.3	2.5	11.3	13.3	15.3	13	13.3	2.5	11.3	13.2	15.4	13	12.6	2.1	11.4	11.8	13.8

T _{min} (°C)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΜΗΝΕΣ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	13	4.5	3.0	3.0	4.6	6.6	13	3.9	2.8	1.8	4.8	5.8	13	3.7	2.6	1.5	4.4	5.4	13	3.2	2.5	1.0	3.2	4.7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	13	5.0	2.8	3.4	5.0	6.7	13	4.3	2.5	2.3	5.1	5.7	13	4.2	2.4	2.2	4.8	5.6	13	3.7	2.3	1.9	3.5	4.7
ΜΑΡΤΙΟΣ	13	7.1	2.4	6.1	7.1	8.4	13	6.4	2.2	4.8	7.0	7.9	13	6.4	2.0	4.6	6.9	7.5	13	5.8	2.0	4.6	6.0	6.9
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13	9.6	2.1	8.8	9.5	10.7	13	8.8	1.9	7.5	9.3	10.0	13	8.9	1.7	7.9	9.1	9.7	13	8.3	1.7	7.5	8.2	8.9
ΜΑΙΟΣ	13	13.3	1.9	12.5	12.9	14.7	13	12.5	1.8	12.2	12.6	13.3	13	12.5	1.7	12.1	12.6	13.1	13	11.9	1.7	11.1	11.6	12.6
ΙΟΥΝΙΟΣ	13	17.3	1.8	16.3	16.9	18.9	13	16.5	1.8	16.2	16.7	17.3	13	16.5	1.6	15.9	16.6	17.1	13	15.8	1.6	14.8	15.9	16.8
ΙΟΥΛΙΟΣ	13	19.9	1.8	18.9	19.7	21.6	13	19.0	1.9	18.5	19.4	19.9	13	19.1	1.7	18.4	19.1	19.9	13	18.4	1.6	17.5	18.6	19.1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	13	20.0	2.1	18.6	20.1	21.6	13	19.2	2.0	18.8	19.4	19.9	13	19.2	1.8	18.6	19.1	20.4	13	18.6	1.8	17.6	18.5	19.1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	13	17.0	2.3	15.2	17.4	18.8	13	16.2	2.1	15.2	16.5	17.2	13	16.2	2.0	15.1	16.0	17.7	13	15.5	2.0	14.4	15.4	16.3
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	13	13.3	2.6	12.0	13.2	15.2	13	12.6	2.4	11.0	13.0	14.0	13	12.5	2.3	11.0	12.6	14.4	13	11.9	2.2	10.8	12.1	13.0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13	8.8	2.9	7.1	8.8	11.3	13	8.3	2.6	6.4	8.6	10.0	13	8.1	2.6	6.5	8.1	10.1	13	7.5	2.4	6.3	7.3	8.8
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13	5.7	3.1	3.9	5.3	7.9	13	5.1	2.7	2.5	5.6	7.1	13	4.9	2.7	3.0	5.1	6.9	13	4.4	2.5	2.5	4.2	6.0

Prec (mm)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΜΗΝΕΣ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	13	51	16	40	55	60	13	46	11	38	47	53	13	50	14	42	48	57	13	45	13	38	50	51
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	13	43	12	33	47	50	13	39	9	36	40	42	13	41	11	35	45	50	13	43	12	35	45	52
ΜΑΡΤΙΟΣ	13	42	11	37	39	49	13	38	9	33	38	43	13	41	9	37	38	46	13	42	10	36	41	49
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13	43	14	35	41	51	13	37	13	32	36	44	13	42	14	34	39	51	13	44	15	35	42	51
ΜΑΙΟΣ	13	33	11	25	37	42	13	29	11	22	34	38	13	31	11	24	33	40	13	33	13	26	34	40
ΙΟΥΝΙΟΣ	13	19	11	10	24	26	13	16	10	8	20	23	13	17	10	9	18	25	13	18	11	9	16	25
ΙΟΥΛΙΟΣ	13	11	9	2	14	16	13	10	7	2	11	15	13	9	7	1	12	14	13	9	7	1	10	15
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	13	16	11	5	17	24	13	13	9	4	16	20	13	14	11	3	13	19	13	14	11	3	14	23
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	13	39	22	23	35	64	13	33	17	21	31	48	13	35	22	19	32	52	13	36	22	19	34	47
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	13	60	28	43	51	76	13	55	24	42	48	71	13	58	29	41	47	73	13	60	30	43	53	72
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13	69	24	54	67	75	13	64	21	49	63	75	13	66	24	51	65	71	13	69	25	51	65	82
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13	57	19	48	50	72	13	53	16	45	51	65	13	56	19	45	50	72	13	59	20	49	54	70

QQ (MJ/m ² /day)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΜΗΝΕΣ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	9	7.5	1.7	6.3	6.4	9.2	9	7.9	1.7	6.6	6.7	9.5	9	7.6	1.7	6.3	6.7	9.3	9	7.7	1.6	6.5	6.8	9.3
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	9	10.6	1.5	9.4	10.1	12.1	9	10.9	1.6	9.6	10.2	12.6	9	10.7	1.5	9.4	10.2	12.1	9	10.7	1.5	9.4	10.2	12.0
ΜΑΡΤΙΟΣ	9	15.0	1.4	13.8	15.1	16.1	9	15.2	1.4	13.9	14.8	16.7	9	15.2	1.4	13.8	15.0	16.5	9	15.2	1.4	13.9	15.0	16.5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	9	19.1	1.3	17.9	19.2	20.3	9	19.2	1.4	17.8	19.1	20.6	9	19.2	1.5	17.9	19.3	20.6	9	19.6	1.2	18.9	19.7	20.5
ΜΑΙΟΣ	9	22.8	1.6	21.9	22.7	24.1	9	22.7	1.6	21.6	22.8	23.6	9	22.8	1.6	21.7	23.0	24.2	9	23.1	1.4	22.4	23.3	24.2
ΙΟΥΝΙΟΣ	9	25.3	1.5	24.4	25.2	26.6	9	25.4	1.7	24.5	25.5	26.2	9	25.1	1.4	24.4	25.5	25.9	9	25.2	1.3	24.6	25.5	26.2
ΙΟΥΛΙΟΣ	9	25.6	1.5	24.3	25.6	26.7	9	25.6	1.7	24.9	25.6	26.4	9	25.4	1.2	24.7	25.7	26.3	9	25.7	1.1	25.5	25.8	26.6
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	9	22.4	1.5	21.6	22.2	23.3	9	22.6	1.6	22.0	22.6	23.1	9	22.5	1.2	21.8	22.6	23.1	9	22.6	1.1	22.3	22.7	23.3
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	9	17.3	1.3	16.3	17.2	18.1	9	17.4	1.4	16.5	17.3	18.4	9	17.4	1.2	16.5	17.2	18.6	9	17.5	1.1	16.9	17.3	18.7
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9	12.1	1.5	10.7	11.5	13.7	9	12.2	1.7	10.8	11.4	14.1	9	12.1	1.6	10.7	11.6	13.8	9	12.3	1.5	11.2	11.6	13.8
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9	8.2	1.6	7.0	7.3	9.6	9	8.3	1.7	7.1	7.3	10.0	9	8.2	1.6	7.0	7.5	9.9	9	8.4	1.5	7.3	7.6	9.9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9	6.6	1.6	5.4	5.6	8.1	9	6.8	1.7	5.6	5.7	8.4	9	6.7	1.6	5.5	5.7	8.3	9	6.8	1.6	5.6	5.8	8.2

Πίνακας Α.2. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 και Q75), της εποχικής μέσης μέγιστης θερμοκρασίας, για κάθε ομάδα δεδομένων και για κάθε σταθμό (με διάταξη από τα δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4).

ΧΕΙΜΩΝΑΣ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	17.5	0.7	17.1	17.4	17.8	40	16.7	0.8	16.2	16.6	17.1	40	15.2	0.8	14.8	15.1	15.6	40	14.3	0.8	13.9	14.3	14.8
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	14.2	1.3	13.6	14.1	15.0	40	11.5	1.2	10.9	11.5	12.3	40	12.9	1.2	12.2	12.7	13.7	40	11.5	1.2	10.8	11.3	12.2
MELILLA, SP	40	17.2	0.9	16.7	17.1	17.6	40	15.4	0.8	14.7	15.5	15.9	40	15.3	0.9	14.8	15.2	15.8	40	15.9	0.8	15.4	15.8	16.4
LLEIDA, SP	40	11.3	1.2	10.3	11.2	12.2	40	11.6	1.2	10.6	11.6	12.7	40	10.9	1.2	9.9	10.8	11.8	40	11.3	1.1	10.5	11.3	12.2
PERPIGNAN, FR	40	13.0	1.1	12.1	12.9	13.8	40	13.3	1.1	12.4	13.2	14.1	40	12.9	1.1	12.0	12.8	13.7	40	12.4	1.0	11.5	12.2	13.1
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	12.3	1.0	11.7	12.3	13.1	40	12.2	1.0	11.6	12.2	13.0	40	12.2	1.0	11.6	12.2	12.9	40	11.7	1.0	11.0	11.7	12.6
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	12.0	1.3	11.0	12.0	13.0	40	12.1	1.1	11.1	12.1	13.1	40	11.2	1.2	10.2	11.2	12.2	40	11.6	1.2	10.6	11.5	12.5
NICE, FR	40	13.5	0.9	13.0	13.5	13.9	40	12.8	0.9	12.3	12.8	13.3	40	13.0	0.9	12.4	13.0	13.5	40	11.1	1.1	10.5	11.2	11.8
CAGLIARI,IT	40	15.0	0.9	14.3	15.1	15.6	40	14.7	0.9	14.0	14.7	15.3	40	15.1	0.9	14.4	15.1	15.6	40	13.0	1.0	12.3	12.9	13.6
BRINDISI, IT	40	13.5	1.0	12.9	13.2	14.0	40	13.3	1.0	12.6	13.0	13.7	40	13.5	1.0	12.9	13.3	14.0	40	13.1	1.0	12.5	12.8	13.6
LARISA, GR	40	10.9	1.2	10.1	10.8	11.8	40	10.6	1.2	9.5	10.5	11.5	40	11.1	1.3	10.0	11.1	12.0	40	10.5	1.3	9.5	10.4	11.4
THESSALONIKI, GR	39	11.0	1.4	9.9	10.8	11.8	39	9.0	1.1	8.1	8.8	9.7	39	9.8	1.2	8.9	9.7	10.6	39	9.7	1.2	8.8	9.5	10.5
LARNACA, CY	40	17.6	1.1	17.2	17.7	18.4	40	16.1	1.0	15.6	16.3	17.0	40	16.8	1.1	16.5	16.9	17.7	40	14.3	1.2	13.9	14.4	15.2

ΑΝΟΙΞΗ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	21.9	0.8	21.4	22.0	22.4	40	21.0	0.8	20.4	21.1	21.5	40	20.2	0.9	19.6	20.3	20.8	40	19.1	0.9	18.5	19.2	19.7
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	21.8	1.6	20.6	21.6	22.7	40	19.1	1.5	18.0	18.9	20.1	40	20.2	1.5	19.0	19.9	21.2	40	18.7	1.5	17.7	18.3	19.7
MELILLA, SP	40	20.4	0.6	20.1	20.3	20.9	40	19.0	0.7	18.6	19.1	19.6	40	18.7	0.7	18.4	18.7	19.1	40	19.4	0.6	19.0	19.4	19.8
LLEIDA, SP	40	21.3	1.2	20.7	21.5	22.2	40	21.0	1.4	20.6	21.1	21.9	40	20.8	1.2	20.1	21.0	21.7	40	20.9	1.2	20.3	21.1	21.7
PERPIGNAN, FR	40	18.8	1.1	18.0	19.0	19.4	40	19.2	1.1	18.4	19.3	19.8	40	18.8	1.1	18.0	18.9	19.4	40	18.0	1.2	17.2	18.3	18.7
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	18.8	1.1	18.2	18.9	19.5	40	18.8	1.1	18.2	18.9	19.6	40	18.7	1.1	18.0	18.8	19.4	40	18.4	1.2	17.7	18.5	19.2
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	19.2	1.2	18.5	19.4	20.1	40	19.0	1.2	18.2	19.2	19.9	40	18.2	1.2	17.5	18.5	19.1	40	18.3	1.3	17.5	18.6	19.3
NICE, FR	40	17.7	0.8	17.2	17.8	18.3	40	17.2	0.9	16.6	17.3	17.9	40	17.7	1.0	16.8	17.9	18.3	40	16.3	1.0	15.4	16.5	17.0
CAGLIARI,IT	40	20.3	1.0	19.7	20.1	20.8	40	20.1	1.1	19.5	20.2	20.9	40	20.3	0.9	19.9	20.2	20.8	40	18.1	1.1	17.6	18.2	18.8
BRINDISI, IT	40	18.8	1.0	18.2	18.8	19.4	40	18.6	1.0	18.0	18.6	19.2	40	18.8	1.0	18.2	18.8	19.4	40	18.4	1.0	17.8	18.4	19.0
LARISA, GR	40	20.7	1.6	19.8	20.9	21.7	40	20.3	1.6	19.3	20.4	21.3	40	20.1	1.4	19.4	20.1	20.9	40	19.4	1.4	18.7	19.4	20.1
THESSALONIKI, GR	40	19.7	1.6	18.7	19.5	20.9	40	18.4	1.2	17.6	18.3	19.2	40	18.9	1.3	18.0	18.9	20.0	40	19.1	1.3	18.3	19.1	20.1
LARNACA, CY	40	23.0	1.0	22.5	23.0	23.5	40	22.4	1.5	21.3	22.6	23.4	40	22.5	1.0	22.0	22.5	22.8	40	20.5	1.1	20.0	20.5	21.0

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	30.0	0.9	29.4	30.0	30.7	40	28.9	0.9	28.3	29.0	29.3	40	29.2	0.9	28.4	29.1	29.9	40	28.0	0.9	27.2	27.9	28.7
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	33.8	1.4	32.8	33.9	34.5	40	31.0	1.3	30.3	31.1	31.8	40	32.4	1.3	31.6	32.7	33.0	40	30.7	1.3	29.9	30.9	31.5
MELILLA, SP	40	28.1	1.1	27.4	28.1	28.7	40	27.1	1.2	26.5	27.1	27.9	40	26.9	1.0	26.3	26.8	27.4	40	27.6	1.0	27.1	27.5	28.0
LLEIDA, SP	40	31.9	1.2	31.1	31.7	32.7	40	31.4	1.6	30.6	31.4	32.2	40	31.3	1.1	30.6	31.3	32.2	40	31.3	1.2	30.7	31.1	32.1
PERPIGNAN, FR	40	28.3	1.1	27.4	28.3	28.9	40	28.7	1.1	27.8	28.7	29.3	40	28.3	1.2	27.3	28.3	28.9	40	27.5	1.2	26.6	27.4	28.2
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	28.3	1.0	27.5	28.2	29.0	40	28.3	1.0	27.5	28.2	29.0	40	28.2	1.0	27.4	28.0	28.9	40	28.3	1.1	27.6	28.2	29.0
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	29.2	1.3	28.3	29.2	29.8	40	28.9	1.2	28.2	28.8	29.6	40	28.3	1.3	27.3	28.2	28.8	40	28.2	1.3	27.2	28.1	28.8
NICE, FR	40	26.5	0.9	26.0	26.3	26.9	40	26.1	1.1	25.4	26.0	26.7	40	26.7	1.1	26.2	26.7	27.3	40	25.6	1.2	24.8	25.6	26.2
CAGLIARI,IT	40	30.7	1.2	29.9	30.5	31.4	40	30.7	1.4	29.6	30.8	31.5	40	30.7	1.0	30.1	30.5	31.2	40	28.7	1.0	28.1	28.6	29.2
BRINDISI, IT	40	28.6	1.0	27.9	28.4	29.3	40	28.4	1.0	27.7	28.2	29.3	40	28.6	1.0	27.9	28.5	29.4	40	28.3	1.0	27.6	28.1	29.1
LARISA, GR	40	32.7	1.0	32.1	32.8	33.3	40	32.2	1.0	31.6	32.2	32.9	40	31.8	1.2	30.9	31.9	32.6	40	31.1	1.2	30.2	31.2	31.9
THESSALONIKI, GR	40	31.0	1.3	30.1	30.8	31.8	40	30.0	1.1	29.2	29.9	30.8	40	30.3	1.2	29.4	30.1	31.2	40	30.5	1.2	29.6	30.4	31.5
LARNACA, CY	40	32.0	0.7	31.3	32.0	32.5	40	32.3	2.0	30.1	33.3	33.9	40	31.7	0.7	31.1	31.7	32.2	40	30.4	1.0	29.7	30.5	31.1

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	24.3	0.8	23.8	24.2	24.8	40	23.4	0.7	22.7	23.5	24.0	40	22.5	0.9	21.9	22.4	23.2	40	21.5	0.9	20.9	21.4	22.2
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	23.6	1.4	22.7	23.4	24.4	40	20.9	1.3	20.1	20.7	21.7	40	22.2	1.3	21.5	22.0	23.0	40	20.7	1.3	19.8	20.4	21.7
MELILLA, SP	40	23.7	0.8	23.0	23.9	24.2	40	22.3	1.0	21.6	22.2	22.9	40	22.0	0.7	21.4	22.1	22.5	40	22.7	0.7	22.1	22.8	23.2
LLEIDA, SP	40	21.8	1.2	21.2	21.8	22.6	40	21.7	1.0	20.8	21.8	22.5	40	21.3	1.1	20.7	21.3	22.1	40	21.5	1.1	21.0	21.6	22.3
PERPIGNAN, FR	40	21.0	0.9	20.5	20.9	21.5	40	21.4	0.9	20.8	21.3	21.9	40	20.9	0.9	20.4	20.8	21.5	40	20.3	0.9	19.8	20.2	20.7
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	20.5	0.8	20.1	20.4	20.9	40	20.5	0.8	20.0	20.4	20.8	40	20.4	0.9	19.8	20.3	20.8	40	19.9	0.9	19.4	19.8	20.4
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	20.8	1.0	20.2	20.7	21.3	40	20.7	0.9	20.2	20.6	21.1	40	19.8	1.0	19.2	19.7	20.3	40	20.1	1.0	19.5	19.9	20.5
NICE, FR	40	20.9	0.7																					

Πίνακας Α.3. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 και Q75), της εποχικής μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας, για κάθε ομάδα δεδομένων και για κάθε σταθμό (με διάταξη από τα δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4).

ΧΕΙΜΩΝΑΣ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	8.2	1.0	7.6	8.1	9.2	40	8.5	1.4	7.3	8.6	9.5	40	5.5	1.1	4.8	5.3	6.4	40	5.3	1.0	4.7	5.2	6.2
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	1.0	1.7	0.0	0.9	2.1	40	-0.6	1.7	-1.6	-0.6	0.6	40	0.4	1.5	-0.5	0.4	1.6	40	-0.2	1.4	-1.2	-0.2	0.8
MELILLA, SP	40	10.6	0.8	10.1	10.6	11.2	40	6.6	1.4	5.7	6.4	7.2	40	8.4	0.9	7.6	8.4	9.1	40	8.7	0.9	7.9	8.7	9.5
LLEIDA, SP	40	1.4	1.2	0.4	1.1	2.2	40	2.2	1.4	1.4	1.9	3.0	40	1.0	1.2	0.1	0.8	1.8	40	1.4	1.2	0.5	1.2	2.1
PERPIGNAN, FR	40	4.9	0.9	4.4	5.0	5.6	40	5.5	1.0	5.0	5.6	6.2	40	4.8	0.9	4.2	4.8	5.4	40	4.6	0.9	4.1	4.7	5.4
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	3.4	1.3	2.4	3.3	4.3	40	3.7	1.4	2.7	3.8	4.6	40	3.6	1.3	2.7	3.7	4.4	40	2.3	1.3	1.6	2.3	3.2
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	3.6	1.4	2.5	3.4	4.6	40	4.3	1.3	3.3	4.3	5.3	40	2.6	1.3	1.5	2.4	3.6	40	3.6	1.2	2.7	3.4	4.6
NICE, FR	40	6.0	0.9	5.2	6.0	6.6	40	5.2	1.0	4.3	5.1	5.7	40	4.8	0.9	4.0	4.8	5.6	40	3.1	1.1	2.4	3.1	4.0
CAGLIARI, IT	38	5.7	0.9	5.1	5.7	6.2	38	5.7	1.0	5.0	5.6	6.5	38	6.0	1.1	5.2	5.9	6.7	38	4.7	1.0	4.0	4.8	5.4
BRINDISI, IT	40	7.1	0.8	6.4	7.0	7.7	40	7.2	0.9	6.7	7.1	7.8	40	7.1	0.8	6.5	7.1	7.7	40	6.7	0.8	6.1	6.7	7.3
LARISA, GR	40	1.3	1.4	0.6	1.2	2.4	40	1.2	1.5	0.3	1.2	2.2	40	2.2	2.0	0.9	2.3	3.9	40	1.7	1.9	0.5	1.7	3.3
THESSALONIKI, GR	39	4.2	1.3	3.0	4.0	5.0	39	1.6	1.3	0.4	1.8	2.6	39	2.0	1.2	1.1	1.7	2.8	39	1.8	1.3	1.0	1.5	2.7
LARNACA, CY	40	8.1	1.1	7.4	8.1	8.8	40	6.3	0.9	5.8	6.5	7.0	40	7.4	1.1	6.8	7.4	8.2	40	5.2	1.1	4.6	5.2	5.9
ΑΝΟΙΞΗ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	11.9	0.9	11.3	12.1	12.7	40	11.8	1.2	10.7	11.7	12.8	40	9.5	0.9	8.9	9.6	10.2	40	9.1	0.9	8.5	9.1	9.8
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	6.5	0.9	5.8	6.3	7.2	40	4.7	1.0	4.0	4.6	5.2	40	5.8	0.7	5.3	5.7	6.5	40	5.0	0.9	4.3	4.9	5.6
MELILLA, SP	40	13.7	0.6	13.1	13.8	14.2	40	10.0	0.9	9.3	9.9	10.8	40	11.6	0.7	11.0	11.7	12.1	40	11.9	0.8	11.4	11.9	12.6
LLEIDA, SP	40	7.4	0.9	6.8	7.3	8.2	40	7.7	0.9	7.1	7.7	8.4	40	7.0	0.9	6.4	7.0	7.7	40	7.3	0.8	6.7	7.4	7.9
PERPIGNAN, FR	40	9.9	0.7	9.4	10.0	10.5	40	10.4	0.8	9.8	10.5	11.0	40	9.7	0.7	9.2	9.8	10.3	40	9.3	0.8	8.9	9.4	9.9
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	9.1	0.9	8.6	9.2	9.9	40	9.3	1.0	8.8	9.4	10.1	40	9.3	0.9	8.8	9.4	10.1	40	7.8	0.8	7.4	7.9	8.4
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	9.5	0.8	9.0	9.7	10.0	40	9.6	0.8	9.0	9.7	10.1	40	8.2	0.8	7.7	8.3	8.7	40	9.0	0.8	8.5	9.1	9.5
NICE, FR	40	10.9	0.8	10.4	10.9	11.4	40	9.9	0.7	9.4	10.0	10.4	40	9.7	0.8	9.2	9.8	10.4	40	7.9	1.0	7.4	8.1	8.6
CAGLIARI, IT	40	9.7	0.9	9.2	9.7	10.5	40	9.6	0.9	9.0	9.7	10.2	40	10.1	1.1	9.3	10.0	10.9	40	8.6	1.2	7.7	8.6	9.5
BRINDISI, IT	40	11.2	0.8	10.6	11.2	11.9	40	11.2	0.8	10.8	11.2	11.8	40	11.3	0.8	10.7	11.3	12.0	40	10.9	0.8	10.4	11.0	11.6
LARISA, GR	40	7.5	0.9	6.8	7.5	8.1	40	7.4	0.9	6.7	7.5	7.9	40	8.1	1.6	6.8	7.7	9.6	40	7.6	1.6	6.4	7.3	9.0
THESSALONIKI, GR	40	10.7	1.0	10.0	10.7	11.4	40	7.9	1.0	7.3	8.1	8.6	40	8.4	0.8	8.0	8.3	9.0	40	8.5	0.8	7.9	8.5	9.0
LARNACA, CY	40	12.2	1.0	11.6	12.3	12.6	40	10.6	0.8	10.0	10.7	11.2	40	11.7	1.0	11.1	11.8	12.1	40	9.7	1.0	9.1	9.8	10.3
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	20.1	1.0	19.4	20.2	21.0	40	19.6	1.2	18.7	19.6	20.6	40	17.8	1.0	17.0	17.9	18.5	40	17.1	1.0	16.3	17.1	17.7
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	15.1	0.9	14.5	15.3	15.7	40	13.2	1.2	12.3	13.1	13.8	40	14.8	0.9	14.2	14.8	15.4	40	13.8	1.0	13.1	13.9	14.4
MELILLA, SP	40	21.2	0.8	20.6	21.3	21.8	40	17.9	0.9	17.2	17.9	18.6	40	19.2	0.9	18.5	19.4	19.8	40	19.6	1.0	18.8	19.7	20.2
LLEIDA, SP	40	16.8	1.0	16.1	16.8	17.2	40	16.8	0.9	16.2	16.7	17.3	40	16.3	0.9	15.8	16.4	16.6	40	16.6	0.8	16.1	16.6	17.0
PERPIGNAN, FR	40	18.6	0.9	18.0	18.7	19.1	40	19.1	0.9	18.4	19.1	19.6	40	18.4	0.9	17.7	18.4	18.9	40	17.8	0.9	17.2	17.8	18.3
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	17.9	0.9	17.5	17.9	18.6	40	18.1	1.1	17.6	17.9	18.7	40	18.1	0.9	17.7	18.0	18.7	40	16.4	0.8	15.9	16.5	16.9
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	18.4	0.9	18.0	18.5	18.8	40	18.4	0.9	17.8	18.4	18.7	40	17.0	0.9	16.5	17.0	17.5	40	17.8	0.9	17.4	17.8	18.2
NICE, FR	40	19.7	1.1	19.0	19.6	20.2	40	18.7	0.8	18.2	18.7	19.2	40	18.5	1.0	17.9	18.4	18.9	40	16.5	1.1	16.1	16.3	17.2
CAGLIARI, IT	40	18.8	1.1	18.3	18.8	19.5	40	18.6	1.0	18.1	18.4	19.3	40	19.1	1.2	18.5	19.1	19.7	40	17.7	1.2	17.1	17.9	18.4
BRINDISI, IT	40	20.8	1.0	20.2	20.7	21.4	40	20.7	1.0	20.1	20.7	21.2	40	20.9	1.0	20.2	20.8	21.5	40	20.5	1.0	19.8	20.4	21.1
LARISA, GR	40	17.7	1.0	17.0	17.9	18.4	40	17.6	0.9	16.9	17.8	18.2	40	18.0	1.3	16.9	18.1	19.0	40	17.4	1.3	16.3	17.5	18.4
THESSALONIKI, GR	40	20.8	1.0	20.0	20.8	21.6	40	18.3	1.2	17.2	18.5	19.3	40	18.3	0.9	17.8	18.3	18.9	40	18.3	0.9	17.7	18.4	18.8
LARNACA, CY	40	21.5	1.0	20.6	21.6	22.3	40	20.2	1.0	19.3	20.2	21.2	40	21.0	0.9	20.1	21.1	21.8	40	19.1	0.9	18.4	19.1	19.9
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	15.2	0.8	14.6	15.2	16.0	40	15.2	1.2	14.4	15.1	16.3	40	12.7	0.8	12.0	12.6	13.4	40	12.3	0.8	11.7	12.3	12.9
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	8.7	0.9	8.1	8.7	9.2	40	7.1	1.2	6.2	7.2	8.2	40	8.3	0.8	7.6	8.2	8.8	40	7.5	0.9	6.8	7.5	8.2
MELILLA, SP	40	17.2	0.6	16.9	17.2	17.6	40	13.7	0.9	13.0	13.6	14.3	40	15.1	0.7	14.7	15.0	15.6	40	15.4	0.8	15.0	15.4	16.0
LLEIDA, SP	40	9.7	1.1	8.9	9.8	10.1	40	10.1	1.1	9.5	10.1	10.6	40	9.2	1.0	8.4	9.3	9.7	40	9.6	1.0	8.8	9.6	10.1
PERPIGNAN, FR	40	12.4	0.8	11.7	12.3	13.0	40	12.9	0.9	12.3	12.9	13.5	40	12.2	0.8	11.5	12.2	12.8	40	11.9	0.8	11.4	11.9	12.5
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	11.4	1.0	10.8	11.4	12.0	40	11.7	1.1	10.9	11.6	12.3	40	11.6	1.0	11.0	11.6	12.2	40	10.2	1.0	9.5	10.1	10.7
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	11.9	0.9	11.3	12.0	12.5	40	12.2	1.1	11.5	12.2	12.6	40	10.7	0.9	10.0	10.8	11.3	40	11.6	0.9	11.0	11.7	12.2
NICE, FR	40	13.7	0.9	13.1	13.5	14.3	40	12.7	0.7	12.3	12.8	13.3	40	12.5	0.8	12.0	12.5	13.1	40	10.7	0.9	10.2	10.6	11.4
CAGLIARI, IT	38	13.8	1.0	13.3	14.0	14.5	38	13.7	1.															

Πίνακας Α.4. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 και Q75), του εποχικού αθροίσματος βροχοπτώσης, για κάθε ομάδα δεδομένων και για κάθε σταθμό (αυτοί έχουν διαταχθεί από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4).

ΧΕΙΜΩΝΑΣ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	197	171	83	157	233	40	167	138	85	127	195	40	175	143	82	139	220	40	184	149	90	147	233
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	124	90	66	92	187	40	124	87	67	108	169	40	120	85	67	91	185	40	133	93	73	99	198
MELILLA, SP	40	157	69	111	134	194	40	105	43	70	99	131	40	133	53	95	126	165	40	124	49	84	121	153
LLEIDA, SP	40	59	44	31	50	73	40	61	44	31	49	70	40	55	43	29	43	67	40	56	43	30	45	69
PERPIGNAN, FR	40	155	108	80	126	198	40	136	95	71	112	175	40	148	101	83	121	197	40	148	103	75	118	205
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	158	107	81	115	237	40	142	91	75	109	192	40	150	101	76	110	217	40	172	119	89	125	277
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	118	75	59	98	156	40	125	72	73	108	164	40	122	76	64	103	163	40	119	74	62	100	170
NICE, FR	40	203	118	123	180	275	40	185	121	101	160	224	40	210	128	128	181	275	40	216	133	126	197	276
CAGLIARI, IT	40	130	57	86	123	179	40	120	54	74	116	158	40	131	58	87	117	171	40	175	72	109	169	222
BRINDISI, IT	40	196	92	130	182	230	40	176	75	122	167	220	40	189	88	138	173	224	40	181	82	135	166	213
LARISA, GR	40	117	54	73	107	150	40	141	63	101	131	173	40	129	60	80	122	158	40	130	61	76	135	162
THESSALONIKI, GR	40	113	58	64	106	141	40	125	64	76	118	146	40	120	58	70	105	170	40	119	59	70	105	166
LARNACA, CY	40	203	105	128	184	249	40	162	78	110	133	189	40	197	96	131	170	231	40	214	92	143	193	238

ΑΝΟΙΕΗ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	120	72	67	109	155	40	101	60	61	87	120	40	116	62	74	107	144	40	122	63	78	114	153
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	104	54	67	94	119	40	98	53	69	89	111	40	105	53	72	98	120	40	113	56	78	103	125
MELILLA, SP	40	92	57	43	89	124	40	68	42	40	57	88	40	86	51	43	83	119	40	82	47	41	78	109
LLEIDA, SP	40	106	43	72	101	128	40	98	39	71	92	129	40	103	40	73	102	131	40	103	40	79	101	128
PERPIGNAN, FR	40	151	85	89	150	192	40	134	68	88	123	165	40	146	78	85	144	177	40	152	79	92	141	180
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	139	57	98	142	164	40	128	50	92	130	159	40	133	55	98	129	159	40	157	62	114	154	190
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	124	52	88	135	163	40	112	41	81	119	139	40	127	53	90	139	164	40	120	48	83	128	150
NICE, FR	40	161	80	107	154	190	40	158	77	111	149	190	40	170	84	112	168	203	40	182	86	115	172	220
CAGLIARI, IT	40	105	53	62	98	133	40	91	47	54	88	124	40	102	51	67	97	127	40	135	58	90	133	159
BRINDISI, IT	39	141	61	94	140	186	39	110	40	75	109	142	39	129	52	83	125	164	39	121	48	79	123	156
LARISA, GR	40	107	51	74	95	122	40	103	37	77	100	126	40	102	51	72	93	117	40	100	47	68	92	116
THESSALONIKI, GR	40	122	41	90	116	147	40	107	38	81	103	124	40	110	43	79	100	135	40	112	42	86	106	143
LARNACA, CY	40	56	29	40	52	72	40	48	24	27	46	61	40	52	25	39	52	60	40	63	29	48	60	79

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	10	19	0	3	12	40	8	14	1	3	11	40	8	15	0	2	7	40	7	15	0	2	6
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	15	18	3	6	20	40	12	13	4	7	19	40	13	16	1	5	17	40	13	16	1	6	17
MELILLA, SP	40	11	21	2	4	9	40	10	18	2	4	10	40	8	18	1	2	5	40	8	15	0	2	7
LLEIDA, SP	40	58	35	30	55	78	40	53	28	38	50	61	40	57	30	29	56	76	40	55	29	32	54	75
PERPIGNAN, FR	40	64	38	35	57	78	40	62	30	40	57	69	40	62	37	32	54	77	40	70	37	43	59	91
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	85	55	53	78	99	40	65	35	40	59	86	40	79	50	42	77	98	40	90	49	50	88	115
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	68	51	27	49	107	40	53	34	29	42	77	40	68	51	33	51	114	40	61	45	27	46	94
NICE, FR	40	65	44	31	55	99	40	65	39	33	58	88	40	65	45	31	52	99	40	73	47	41	59	115
CAGLIARI, IT	40	23	26	6	14	28	40	18	16	6	12	30	40	20	26	4	10	23	40	25	26	6	15	34
BRINDISI, IT	39	48	28	23	48	72	39	37	27	16	28	50	39	209	77	136	215	255	39	40	27	22	39	51
LARISA, GR	40	63	44	26	60	85	40	54	40	28	48	71	40	44	36	14	33	69	40	41	32	16	31	66
THESSALONIKI, GR	40	81	47	52	76	98	40	66	36	41	61	96	40	50	30	35	51	61	40	57	32	38	55	71
LARNACA, CY	40	3	7	0	1	3	40	6	13	1	2	7	40	1	3	0	0	1	40	3	4	0	1	4

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	178	114	91	174	228	40	145	76	90	142	182	40	160	92	91	159	199	40	164	88	98	165	209
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	121	54	95	113	142	40	120	50	95	118	150	40	118	50	93	112	143	40	127	52	106	119	152
MELILLA, SP	40	107	91	53	96	120	40	87	71	50	70	104	40	98	76	55	91	112	40	92	69	52	86	106
LLEIDA, SP	40	116	55	76	116	142	40	123	48	96	121	159	40	111	52	77	108	137	40	112	50	80	112	138
PERPIGNAN, FR	40	188	111	98	161	232	40	171	87	110	152	205	40	182	108	93	143	218	40	192	104	116	163	244
MONTPELLIER AEROPORT, FR	40	243	128	163	220	303	40	214	94	148	200	272	40	227	111	151	216	282	40	261	122	185	249	323
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	203	101	121	194	261	40	190	83	122	186	253	40	205	99	117	194	261	40	199	94	124	190	257
NICE, FR	40	313	168	172	317	411	40	281	144	156	264	380	40	319	167	178	308	421	40	328	170	185	320	430
CAGLIARI, IT	40	153	81	103	143	183	40	137	53	98	143	161	40	142	78	95	135	170	40	173	71	123	171	214
BRINDISI, IT	40	232	89	162	236	284	40	201	67	145	209	244	40	210	76	136	216	259	40	197	69	142	204	238
LARISA, GR	40	135	60	87	139	174	40	131	53	84	125	180	40	124	53	82	115	160	40	123	52	87	117	151
THESSALONIKI, GR	40	125	55	83	119	166	40	123	58	84	114	146	40	114	52	82	106	141	40	118	54	83	108	144
LARNACA, CY	40	67	50	37	60	74	40	59	32	41	56	70	40	60	45	31	55	73	40	66	46	38	58	86

Πίνακας Α.5. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 και Q75), της εποχικής μέσης ηλιακής ακτινοβολίας, για κάθε ομάδα δεδομένων και για κάθε σταθμό (αυτοί έχουν διαταχθεί από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4).

ΧΕΙΜΩΝΑΣ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	10.2	0.8	9.7	10.2	10.8	40	10.4	0.7	9.9	10.3	10.8	40	10.0	0.7	9.6	9.9	10.4	40	9.9	0.7	9.6	9.9	10.4
GRANADA AEROPUERTO, SP	39	9.7	0.9	9.1	9.8	10.2	39	10.1	0.8	9.6	10.0	10.7	39	9.9	0.7	9.5	9.9	10.3	39	9.9	0.7	9.5	9.8	10.3
MELILLA, SP	40	10.5	0.7	10.0	10.4	10.9	40	11.0	0.7	10.5	10.9	11.4	40	10.8	0.7	10.3	10.7	11.1	40	11.0	0.7	10.4	10.9	11.4
LLEIDA, SP	29	7.5	0.7	7.0	7.6	8.0	29	7.5	0.6	7.1	7.4	8.0	29	7.7	0.5	7.3	7.7	8.1	29	7.7	0.5	7.3	7.7	8.1
PERPIGNAN, FR	40	7.1	0.6	6.7	7.2	7.4	40	7.3	0.5	7.0	7.3	7.6	40	7.0	0.4	6.7	7.0	7.3	40	7.1	0.4	6.8	7.1	7.4
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	7.0	0.6	6.7	7.1	7.4	40	7.3	0.5	6.9	7.4	7.7	40	7.1	0.4	6.8	7.1	7.4	40	7.1	0.4	6.8	7.1	7.4
NICE, FR	37	7.0	0.6	6.6	7.1	7.5	37	7.3	0.7	6.9	7.4	7.8	37	6.9	0.5	6.4	6.9	7.1	37	6.9	0.5	6.5	6.9	7.2
BRINDISI, IT	38	6.9	0.8	6.4	6.8	7.5	38	7.6	0.7	7.1	7.6	7.9	38	7.4	0.5	7.1	7.4	7.8	38	7.4	0.5	7.0	7.3	7.8
THESSALONIKI, GR	29	6.0	1.2	5.1	6.2	7.0	29	7.3	0.9	6.7	7.3	7.7	29	6.9	0.8	6.4	7.0	7.4	29	6.8	0.8	6.4	7.0	7.4
ΑΝΟΙΞΗ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	20.7	1.0	20.0	20.7	21.2	40	20.7	0.9	20.1	20.8	21.2	40	20.7	0.8	20.1	20.7	21.2	40	20.6	0.8	20.0	20.6	21.1
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	20.6	1.1	20.1	20.6	21.3	40	20.7	0.9	20.3	20.7	21.4	40	20.4	0.9	19.9	20.3	21.0	40	20.3	0.9	19.9	20.3	20.9
MELILLA, SP	40	19.5	1.3	18.6	19.7	20.6	40	20.2	1.1	19.5	20.2	21.2	40	20.7	1.2	20.0	20.9	21.5	40	21.1	1.2	20.1	21.2	21.8
LLEIDA, SP	29	20.1	0.8	19.5	20.0	20.6	29	19.3	0.9	18.7	19.1	19.8	29	19.5	0.8	18.9	19.4	20.0	29	19.5	0.7	18.9	19.3	20.0
PERPIGNAN, FR	40	17.0	2.7	16.7	17.3	18.0	40	17.2	0.9	16.6	17.2	17.6	40	17.1	1.2	16.5	17.2	17.7	40	17.2	1.2	16.6	17.2	17.8
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	18.4	2.8	18.2	18.9	19.5	40	18.5	1.1	17.8	18.4	19.2	40	18.6	1.4	18.2	18.8	19.5	40	18.7	1.3	18.2	18.9	19.6
NICE, FR	38	18.0	1.1	17.1	18.0	18.9	38	17.8	0.9	17.0	17.8	18.4	38	17.4	1.0	16.7	17.4	17.9	38	17.7	1.0	17.1	17.7	18.3
BRINDISI, IT	38	17.5	1.5	16.3	17.1	18.7	38	18.1	1.0	17.5	18.3	18.8	38	17.9	0.9	17.3	17.9	18.4	38	17.9	0.9	17.2	17.8	18.4
THESSALONIKI, GR	29	14.9	2.6	13.1	14.1	17.5	29	18.2	1.1	17.6	18.0	19.0	29	17.1	1.4	15.6	17.6	18.3	29	17.1	1.4	15.6	17.6	18.2
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	39	25.8	1.2	25.2	25.8	26.6	39	25.8	0.8	25.3	25.7	26.4	39	25.8	0.8	25.1	26.1	26.4	39	25.7	0.8	25.0	26.0	26.3
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	26.7	0.7	26.4	26.8	27.2	40	27.4	0.6	27.0	27.5	27.9	40	25.7	0.9	25.1	25.7	26.4	40	25.6	0.8	25.0	25.6	26.3
MELILLA, SP	40	23.5	1.2	22.7	23.7	24.3	40	24.4	1.5	23.6	24.6	25.3	40	24.7	1.0	24.2	24.9	25.4	40	25.1	1.1	24.5	25.0	25.8
LLEIDA, SP	29	25.4	0.6	25.1	25.6	25.8	29	25.1	0.8	24.9	25.2	25.5	29	24.6	0.6	24.5	24.8	24.9	29	24.5	0.6	24.5	24.7	24.9
PERPIGNAN, FR	40	22.3	1.1	21.7	22.4	23.1	40	21.9	0.9	21.2	22.0	22.5	40	22.2	0.8	21.9	22.3	22.9	40	22.3	0.8	21.9	22.4	22.8
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	24.7	1.2	24.4	24.8	25.5	40	24.7	0.9	24.3	24.7	25.3	40	24.8	0.8	24.4	24.8	25.4	40	24.9	0.8	24.5	24.9	25.5
NICE, FR	38	24.0	1.0	23.2	24.0	24.8	38	24.0	1.0	23.3	24.1	24.8	38	23.0	0.9	22.6	23.1	23.5	38	23.5	0.9	23.0	23.6	24.0
BRINDISI, IT	38	23.1	2.0	21.8	23.3	24.7	38	24.4	1.2	23.9	24.6	25.1	38	23.8	0.9	23.3	23.9	24.4	38	23.8	0.9	23.3	23.8	24.3
THESSALONIKI, GR	29	20.7	2.9	18.8	20.2	23.0	29	25.9	1.2	25.2	26.0	26.8	29	23.1	1.6	22.1	23.8	24.2	29	23.0	1.6	22.2	23.7	24.0
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΣΤΑΘΜΟΙ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	14.3	1.0	13.9	14.3	15.0	40	14.4	0.6	14.1	14.5	14.7	40	14.2	0.6	13.7	14.1	14.5	40	14.1	0.6	13.7	14.0	14.5
GRANADA AEROPUERTO, SP	40	14.2	0.6	13.8	14.1	14.5	40	14.7	0.6	14.2	14.7	15.1	40	14.2	0.6	13.8	14.2	14.5	40	14.1	0.5	13.7	14.1	14.4
MELILLA, SP	40	13.8	0.8	13.2	14.0	14.4	40	14.5	1.0	14.0	14.6	15.1	40	14.4	0.7	13.9	14.4	15.0	40	14.7	0.7	14.1	14.7	15.2
LLEIDA, SP	29	12.5	0.7	12.0	12.5	13.1	29	12.3	0.7	11.8	12.4	12.6	29	12.3	0.6	11.9	12.2	12.6	29	12.2	0.6	11.8	12.2	12.5
PERPIGNAN, FR	40	11.1	0.7	10.7	11.2	11.6	40	11.1	0.7	10.7	11.1	11.5	40	11.0	0.6	10.8	11.0	11.4	40	11.1	0.6	10.9	11.1	11.4
MARSEILLES MARIGNANE, FR	40	11.6	0.7	11.4	11.6	11.9	40	11.6	0.7	11.4	11.6	12.0	40	11.6	0.7	11.3	11.6	12.0	40	11.6	0.7	11.3	11.6	12.0
NICE, FR	38	11.3	0.6	10.9	11.3	11.8	38	11.6	0.6	11.2	11.6	11.8	38	10.9	0.6	10.6	10.9	11.4	38	11.1	0.6	10.8	11.1	11.5
BRINDISI, IT	38	11.2	1.4	10.3	11.3	12.0	38	12.2	0.9	11.7	12.2	12.8	38	11.8	0.5	11.5	11.8	12.2	38	11.8	0.5	11.4	11.8	12.1
THESSALONIKI, GR	28	10.5	1.6	9.2	10.3	11.4	28	12.3	0.6	11.8	12.3	12.6	28	11.3	0.8	10.7	11.5	11.8	28	11.3	0.8	10.7	11.4	11.7

Πίνακας Α.6. Πίνακες δεικτών (RMSE/mean)*100, EF1 και r των εποχικών τιμών Tmax, Tmin, Prec & QQ, για κάθε σταθμό (αυτοί έχουν διαταχθεί από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4) και ομάδα δεδομένων.

Tmax	ΧΕΙΜΩΝΑΣ									ΑΝΟΙΞΗ								
ΣΤΑΘΜΟΙ	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	4.7	-0.525	0.971	13.1	-3.332	0.973	17.9	-4.943	0.958	4.5	-0.526	0.965	7.9	-1.721	0.962	12.8	-3.442	0.950
GRANADA AEROPUERTO, SP	18.8	-1.722	0.974	9.5	-0.372	0.988	18.9	-1.746	0.974	12.7	-1.179	0.968	7.4	-0.271	0.987	14.5	-1.507	0.979
MELILLA,SP	10.4	-1.636	0.878	10.9	-1.824	0.990	7.7	-0.979	0.989	7.5	-1.889	0.586	8.1	-2.427	0.980	4.9	-1.043	0.952
LLEIDA, SP	7.4	0.464	0.797	3.8	0.593	0.996	1.5	0.871	0.992	2.4	0.660	0.962	2.7	0.439	0.993	2.1	0.560	0.998
PERPIGNAN, FR	2.6	0.626	0.997	0.8	0.887	1.000	4.8	0.307	0.992	2.0	0.569	1.000	0.3	0.959	1.000	4.1	0.163	0.989
MONTPELLIER AEROPORT, FR	1.2	0.886	0.993	1.2	0.853	0.998	5.5	0.226	0.989	0.2	0.978	0.999	0.9	0.834	0.998	2.5	0.519	0.989
MARSEILLES MARGINANE, FR	3.3	0.721	0.953	7.1	0.167	0.997	4.0	0.549	0.995	3.2	0.663	0.885	5.2	0.017	0.998	4.6	0.144	0.991
NICE, FR	5.6	-0.138	0.973	4.3	0.155	0.979	18.2	-2.798	0.939	2.8	0.284	0.974	1.6	0.625	0.966	8.2	-1.269	0.958
CAGLIARI,IT	2.3	0.554	0.982	1.1	0.868	0.987	14.0	-1.908	0.941	1.9	0.564	0.944	1.4	0.843	0.963	10.8	-1.702	0.922
BRINDISI, IT	1.8	0.699	0.996	0.2	0.977	1.000	2.9	0.496	0.997	1.2	0.714	0.999	0.1	0.978	1.000	2.3	0.452	0.998
LARISA, GR	5.4	0.455	0.919	3.7	0.735	0.952	5.8	0.399	0.951	2.1	0.676	0.995	4.3	0.594	0.885	7.0	0.024	0.886
THESSALONIKI, GR	19.8	-0.769	0.817	14.0	-0.064	0.740	15.1	-0.173	0.721	8.3	-0.179	0.821	5.9	0.255	0.863	5.2	0.396	0.844
LARNACA, CY	8.3	-0.743	0.977	4.2	0.123	0.998	18.5	-2.908	0.985	3.7	0.133	0.941	2.3	0.355	0.986	10.8	-2.150	0.905
Tmax	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ									ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ								
ΣΤΑΘΜΟΙ	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	4.1	-0.671	0.885	2.8	-0.166	0.963	6.6	-1.834	0.940	3.8	-0.439	0.952	7.4	-1.858	0.973	11.5	-3.467	0.955
GRANADA AEROPUERTO, SP	8.5	-1.605	0.878	4.3	-0.326	0.974	9.1	-1.853	0.974	11.5	-1.486	0.982	6.0	-0.294	0.988	12.4	-1.696	0.980
MELILLA,SP	5.2	-0.510	0.544	4.4	-0.490	0.992	2.2	0.358	0.955	6.8	-1.400	0.621	7.3	-1.823	0.987	4.6	-0.757	0.961
LLEIDA, SP	2.9	0.469	0.879	1.8	0.427	0.990	1.8	0.395	0.992	2.1	0.693	0.921	2.3	0.446	0.995	1.0	0.765	0.998
PERPIGNAN, FR	1.4	0.570	0.999	0.2	0.953	0.999	3.1	0.073	0.983	1.8	0.473	0.999	0.4	0.903	0.999	3.4	0.027	0.987
MONTPELLIER AEROPORT, FR	0.3	0.949	0.997	0.7	0.803	0.994	1.1	0.679	0.968	0.2	0.955	0.999	0.7	0.784	0.997	2.8	0.114	0.984
MARSEILLES MARGINANE, FR	2.9	0.553	0.801	3.3	0.003	0.996	3.6	-0.069	0.990	2.4	0.565	0.877	4.7	-0.311	0.996	3.5	0.028	0.986
NICE, FR	1.8	0.335	0.962	1.8	0.328	0.947	3.8	-0.433	0.933	3.1	-0.134	0.976	1.8	0.432	0.960	9.7	-2.605	0.936
CAGLIARI,IT	2.2	0.408	0.865	1.4	0.771	0.938	6.8	-1.136	0.893	1.7	0.508	0.900	0.8	0.828	0.982	8.9	-2.274	0.943
BRINDISI, IT	0.9	0.718	0.986	0.2	0.960	0.999	1.1	0.613	0.995	1.0	0.679	0.999	0.1	0.972	1.000	1.8	0.437	0.997
LARISA, GR	1.8	0.324	0.957	4.9	-0.255	0.298	6.5	-1.270	0.305	2.0	0.534	0.983	2.1	0.693	0.901	3.8	0.179	0.902
THESSALONIKI, GR	4.4	-0.042	0.729	4.1	0.215	0.649	3.8	0.332	0.648	8.3	-0.483	0.770	4.9	0.249	0.803	4.7	0.310	0.797
LARNACA, CY	4.2	-1.173	0.885	1.3	0.535	0.904	5.6	-1.580	0.575	3.3	-0.139	0.945	2.1	0.177	0.982	9.7	-2.892	0.909
Tmin	ΧΕΙΜΩΝΑΣ									ΑΝΟΙΞΗ								
ΣΤΑΘΜΟΙ	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	9.0	0.353	0.879	33.2	-2.255	0.985	35.2	-2.450	0.983	4.4	0.347	0.933	20.4	-2.147	0.992	24.1	-2.717	0.987
GRANADA AEROPUERTO, SP	168.2	-0.139	0.940	62.8	0.588	0.992	131.7	0.100	0.974	29.5	-1.520	0.847	11.2	0.059	0.968	24.5	-1.119	0.917
MELILLA,SP	39.0	-5.184	0.779	21.1	-2.430	0.981	18.2	-1.935	0.961	27.6	-6.267	0.495	15.6	-3.176	0.968	13.2	-2.508	0.939
LLEIDA, SP	77.4	0.206	0.867	25.6	0.668	0.998	13.9	0.844	0.988	6.6	0.494	0.897	5.7	0.458	0.996	3.0	0.788	0.982
PERPIGNAN, FR	13.1	0.165	0.985	3.4	0.784	0.999	7.3	0.568	0.968	4.9	0.170	0.996	1.9	0.686	0.997	6.1	0.006	0.973
MONTPELLIER AEROPORT, FR	13.4	0.693	0.974	7.2	0.773	0.999	31.1	-0.009	0.995	3.9	0.734	0.958	2.0	0.755	0.998	14.3	-0.803	0.983
MARSEILLES MARGINANE, FR	27.2	0.397	0.863	28.6	0.114	0.998	6.5	0.848	0.989	5.0	0.541	0.839	13.7	-0.974	0.993	5.4	0.248	0.986
NICE, FR	15.4	-0.090	0.872	19.2	-0.514	0.978	48.2	-2.813	0.915	10.2	-0.545	0.777	10.9	-0.825	0.972	27.8	-3.694	0.940
CAGLIARI,IT	7.0	0.531	0.918	12.1	0.596	0.806	20.4	-0.407	0.761	4.7	0.482	0.883	8.7	0.442	0.735	14.2	-0.758	0.722
BRINDISI, IT	5.8	0.415	0.889	0.7	0.950	0.998	5.5	0.392	0.994	1.9	0.679	0.966	0.5	0.930	0.999	3.2	0.478	0.992
LARISA, GR	32.7	0.692	0.956	111.1	0.161	0.795	92.0	0.086	0.791	7.7	0.449	0.808	15.4	0.068	0.871	11.9	-0.024	0.875
THESSALONIKI, GR	68.5	-1.278	0.796	60.6	-0.928	0.685	65.2	-1.089	0.666	26.8	-2.749	0.760	23.0	-2.121	0.611	22.5	-2.013	0.528
LARNACA, CY	22.8	-1.074	0.821	8.1	0.230	0.996	36.1	-2.465	0.968	13.4	-1.121	0.904	4.3	0.310	0.996	20.5	-2.339	0.966
Tmin	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ									ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ								
ΣΤΑΘΜΟΙ	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	3.0	0.356	0.971	11.7	-1.736	0.992	15.4	-2.595	0.982	3.5	0.294	0.903	16.8	-2.673	0.986	19.3	-3.212	0.969
GRANADA AEROPUERTO, SP	13.4	-1.604	0.904	3.0	0.500	0.960	8.9	-0.732	0.945	19.8	-1.130	0.838	6.2	0.380	0.956	14.8	-0.636	0.908
MELILLA,SP	15.9	-3.899	0.678	9.3	-1.906	0.987	7.8	-1.423	0.981	21.3	-6.127	0.526	12.5	-3.281	0.973	10.5	-2.589	0.958
LLEIDA, SP	2.1	0.627	0.927	2.8	0.379	0.996	1.5	0.764	0.987	7.6	0.296	0.855	4.4	0.501	0.995	2.3	0.797	0.981
PERPIGNAN, FR	2.5	0.330	0.999	1.3	0.663	0.998	4.2	-0.131	0.988	4.3	0.211	0.994	1.6	0.712	0.998	4.0	0.308	0.969
MONTPELLIER AEROPORT, FR	1.8	0.782	0.970	0.8	0.801	0.998	8.5	-1.144	0.968	3.2	0.696	0.969	1.8	0.739	0.999	11.1	-0.641	0.985
MARSEILLES MARGINANE, FR	2.4	0.570	0.886	7.7	-1.030	0.997	3.3	0.134	0.993	4.8	0.485	0.882	10.4	-0.656	0.997	3.0	0.574	0.983
NICE, FR	6.1	-0.257	0.827	6.4	-0.499	0.978	16.3	-2.861	0.910	8.2	-0.438	0.791	8.8	-0.714	0.964	22.2	-3.382	0.870
CAGLIARI,IT	2.3	0.554	0.941	3.8	0.570	0.838	6.7	-0.515	0.830	3.7	0.524	0.870	3.7	0.673	0.945	8.7	-0.426	0.896
BRINDISI, IT	1.2	0.752	0.976	0.3	0.938	1.000	1.7	0.562	0.995	2.2	0.531	0.925	0.4	0.942	0.999	2.4	0.476	0.994
LARISA, GR	2.1	0.597	0.945	3.4	0.620	0.933	3.5	0.307	0.934	4.0	0.591	0.921	9.3	0.270	0.873	7.4	0.121	0.875
THESSALONIKI, GR	12.8	-1.929	0.805	13.8	-1.924	-0.037	14.0	-1.923	-0.132	18.4	-1.573	0.872	19.3	-1.536	0.489	20.4	-1.666	0.423
LARNACA, CY	5.9	-0.454	0.961	2.3	0.431	0.995	11.0	-1.762	0.951	10.5	-0.868	0.918	4.0	0.271	0.996	17.5	-2.220	0.969

Prec	ΧΕΙΜΩΝΑΣ									ΑΝΟΙΞΗ								
	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
ΣΤΑΘΜΟΙ	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	30.4	0.630	0.965	20.5	0.758	0.992	18.9	0.755	0.985	26.4	0.578	0.941	17.0	0.756	0.967	20.8	0.690	0.940
GRANADA AEROPUERTO, SP	16.1	0.769	0.974	8.4	0.974	0.995	11.0	0.839	0.994	15.8	0.696	0.957	9.0	0.815	0.985	14.3	0.701	0.977
MELILLA, SP	53.0	-0.019	0.396	23.5	0.515	0.929	31.7	0.339	0.858	43.0	0.410	0.837	13.7	0.797	0.983	20.1	0.706	0.972
LLEIDA, SP	25.7	0.682	0.941	10.0	0.868	0.995	10.3	0.866	0.993	17.2	0.612	0.923	9.2	0.814	0.978	10.4	0.777	0.970
PERPIGNAN, FR	22.1	0.696	0.968	8.8	0.885	0.996	17.4	0.753	0.970	22.7	0.614	0.948	8.9	0.859	0.992	15.6	0.746	0.960
MONTPELLIER AEROPORT, FR	21.6	0.711	0.964	8.0	0.900	0.997	21.9	0.747	0.966	15.3	0.619	0.950	6.9	0.840	0.991	19.1	0.512	0.951
MARSEILLES MARIGNANE, FR	21.8	0.665	0.941	9.4	0.866	0.990	13.1	0.819	0.978	25.2	0.437	0.827	8.6	0.845	0.982	12.5	0.729	0.956
NICE, FR	24.8	0.593	0.921	10.2	0.846	0.991	15.7	0.768	0.979	15.9	0.690	0.947	10.5	0.772	0.987	19.0	0.579	0.967
CAGLIARI, IT	25.9	0.436	0.828	13.2	0.726	0.954	44.8	0.022	0.857	24.1	0.552	0.917	12.4	0.792	0.971	36.4	0.253	0.915
BRINDISI, IT	25.9	0.392	0.860	15.2	0.674	0.948	18.8	0.557	0.928	29.5	0.370	0.930	14.4	0.724	0.970	20.4	0.591	0.956
LARISA, GR	31.1	0.304	0.897	31.2	0.530	0.817	33.9	0.466	0.790	24.4	0.566	0.866	23.9	0.574	0.874	25.6	0.509	0.849
THESSALONIKI, GR	28.4	0.446	0.881	34.1	0.408	0.778	34.5	0.421	0.777	28.1	0.193	0.688	31.3	0.068	0.623	29.7	0.125	0.640
LARNACA, CY	32.0	0.379	0.883	9.2	0.825	0.988	18.0	0.653	0.944	44.6	0.138	0.612	21.2	0.606	0.926	35.8	0.262	0.794
Prec	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ									ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ								
	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
ΣΤΑΘΜΟΙ	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	72.3	0.616	0.953	65.1	0.723	0.965	78.6	0.668	0.932	35.4	0.499	0.914	19.4	0.734	0.983	21.3	0.703	0.971
GRANADA AEROPUERTO, SP	69.3	0.614	0.842	34.4	0.752	0.967	47.3	0.723	0.925	24.1	0.488	0.844	11.2	0.735	0.971	12.3	0.700	0.966
MELILLA, SP	72.2	0.611	0.930	56.3	0.751	0.972	76.1	0.667	0.951	33.5	0.539	0.959	20.7	0.759	0.987	29.2	0.650	0.977
LLEIDA, SP	29.7	0.486	0.885	19.9	0.754	0.947	23.2	0.684	0.929	25.6	0.541	0.850	7.3	0.845	0.993	8.3	0.827	0.990
PERPIGNAN, FR	24.1	0.581	0.926	11.4	0.820	0.984	20.2	0.621	0.952	24.0	0.672	0.939	7.3	0.890	0.994	17.5	0.710	0.956
MONTPELLIER AEROPORT, FR	44.6	0.293	0.834	13.6	0.789	0.988	25.0	0.572	0.926	28.2	0.517	0.884	12.8	0.788	0.985	17.8	0.645	0.951
MARSEILLES MARIGNANE, FR	43.7	0.528	0.890	11.2	0.877	0.989	25.0	0.741	0.958	25.2	0.562	0.870	6.8	0.869	0.991	9.8	0.826	0.982
NICE, FR	31.3	0.591	0.881	18.9	0.750	0.961	30.2	0.588	0.922	27.2	0.557	0.879	10.9	0.824	0.979	16.7	0.729	0.955
CAGLIARI, IT	69.7	0.503	0.857	35.6	0.725	0.957	57.4	0.567	0.874	30.3	0.445	0.865	16.2	0.724	0.961	27.0	0.433	0.894
BRINDISI, IT	47.6	0.242	0.732	38.7	0.542	0.793	42.1	0.409	0.758	28.3	0.264	0.750	21.6	0.563	0.859	25.2	0.415	0.846
LARISA, GR	37.7	0.487	0.862	66.8	0.428	0.565	67.8	0.331	0.562	23.0	0.532	0.853	33.5	0.556	0.696	33.4	0.510	0.697
THESSALONIKI, GR	46.0	0.215	0.679	57.7	-0.030	0.647	53.3	0.091	0.636	29.8	0.401	0.776	31.7	0.362	0.739	29.9	0.405	0.766
LARNACA, CY	289.9	-0.264	0.741	163.7	0.419	0.821	137.4	0.303	0.774	48.3	0.338	0.787	25.0	0.648	0.953	33.5	0.513	0.891
QQ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ									ΑΝΟΙΞΗ								
	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
ΣΤΑΘΜΟΙ	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	4.1	0.447	0.887	4.3	0.430	0.907	4.4	0.413	0.911	2.8	0.438	0.811	2.1	0.496	0.891	2.1	0.513	0.897
GRANADA AEROPUERTO, SP	5.8	0.250	0.892	4.1	0.524	0.921	3.9	0.545	0.925	2.2	0.565	0.918	3.0	0.417	0.829	3.1	0.364	0.827
MELILLA, SP	7.1	-0.212	0.713	4.5	0.326	0.857	6.2	-0.004	0.817	7.1	0.003	0.502	6.8	-0.118	0.901	8.5	-0.424	0.885
LLEIDA, SP	5.6	0.487	0.805	5.8	0.422	0.856	5.9	0.416	0.841	4.9	-0.144	0.694	3.2	0.208	0.885	3.3	0.174	0.886
PERPIGNAN, FR	7.1	0.515	0.628	5.8	0.348	0.774	5.9	0.392	0.732	16.3	0.351	0.075	9.8	0.472	0.895	10.4	0.457	0.875
MARSEILLES MARIGNANE, FR	9.1	0.034	0.414	4.5	0.501	0.830	4.5	0.496	0.829	16.3	0.156	-0.054	8.6	0.560	0.926	9.0	0.563	0.918
NICE, FR	5.5	0.538	0.980	5.0	0.415	0.841	4.5	0.641	0.973	2.2	0.703	0.959	5.1	0.198	0.771	4.2	0.375	0.770
BRINDISI, IT	13.8	0.149	0.859	10.3	0.280	0.915	10.0	0.300	0.916	7.1	0.289	0.722	7.4	0.144	0.603	7.3	0.156	0.604
THESSALONIKI, GR	24.0	0.562	0.946	19.0	0.646	0.953	18.7	0.655	0.954	24.2	0.510	0.941	17.0	0.652	0.967	16.8	0.656	0.967
QQ	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ									ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ								
	Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25			Agri4Cast			EOBS-0.1			EOBS-0.25		
ΣΤΑΘΜΟΙ	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r	(RMSE/mean100) (%)	EF1	r
MALAGA AEROPUERTO, SP	5.3	-0.260	0.086	3.1	0.374	0.737	3.0	0.375	0.749	4.9	0.324	0.749	4.5	0.429	0.815	4.6	0.396	0.819
GRANADA AEROPUERTO, SP	2.9	-0.275	0.758	4.3	-0.922	0.816	4.7	-1.119	0.805	3.9	-0.031	0.869	2.1	0.480	0.857	2.2	0.473	0.852
MELILLA, SP	7.4	-0.542	0.361	6.0	-0.251	0.758	7.5	-0.587	0.728	8.1	-0.405	0.474	5.4	0.014	0.882	7.1	-0.343	0.881
LLEIDA, SP	2.9	-0.109	0.594	3.7	-0.755	0.831	3.8	-0.803	0.828	2.9	0.530	0.902	2.5	0.584	0.961	2.7	0.538	0.959
PERPIGNAN, FR	5.1	0.227	0.462	2.8	0.456	0.842	2.9	0.405	0.816	1.6	0.777	0.969	3.2	0.489	0.887	3.1	0.510	0.881
MARSEILLES MARIGNANE, FR	4.9	0.217	0.353	2.5	0.465	0.670	7.0	0.444	0.855	3.3	0.317	0.840	2.1	0.578	0.939	2.1	0.589	0.939
NICE, FR	2.0	0.676	0.883	5.3	-0.195	0.690	3.8	0.168	0.707	3.3	0.424	0.870	4.8	-0.020	0.784	3.6	0.247	0.810
BRINDISI, IT	8.8	0.150	0.588	8.8	-0.028	0.290	8.7	-0.033	0.276	15.6	-0.021	0.361	12.2	0.042	0.604	12.0	0.060	0.602
THESSALONIKI, GR	25.9	0.423	0.958	14.4	0.687	0.973	14.2	0.689	0.973	22.5	-0.580	0.219	16.8	-0.148	0.233	16.7	-0.145	0.228

Πίνακας Α.7. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 και Q75) των δεικτών (RMSE/mean)*100, EF1 & r από την σύγκριση των πλεγματικών με τα παρατηρησιακά δεδομένα, των παραμέτρων Tmax, Tmin, Prec & QQ, για το σύνολο των σταθμών και για κάθε εποχή (n=13 σταθμοί).

ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ																		
(RMSE/mean100) (%)	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	7.0	6.1	2.6	5.4	8.3	13	5.7	4.8	1.2	4.2	9.5	13	10.4	6.8	4.8	7.7	17.9
ΑΝΟΙΞΗ	13	4.0	3.5	2.0	2.8	4.5	13	3.7	2.9	1.4	2.7	5.9	13	6.9	4.2	4.1	5.2	10.8
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	3.1	2.2	1.8	2.9	4.2	13	2.4	1.7	1.3	1.8	4.1	13	4.2	2.5	2.2	3.8	6.5
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	3.7	3.2	1.8	2.4	3.8	13	3.1	2.6	0.8	2.1	4.9	13	6.0	3.9	3.4	4.6	9.7
EF1	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	-0.087	0.908	-0.743	0.455	0.626	13	-0.018	1.250	-0.064	0.167	0.853	13	-0.970	1.774	-1.908	-0.173	0.399
ΑΝΟΙΞΗ	13	0.113	0.848	-0.179	0.564	0.663	13	0.114	1.047	0.017	0.439	0.834	13	-0.681	1.268	-1.507	0.024	0.396
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	0.025	0.780	-0.510	0.335	0.553	13	0.289	0.504	-0.166	0.328	0.771	13	-0.440	0.962	-1.270	-0.069	0.358
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	0.025	0.794	-0.439	0.473	0.565	13	0.092	0.952	-0.294	0.432	0.784	13	-0.910	1.470	-2.274	0.027	0.179
r	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	0.940	0.068	0.919	0.973	0.982	13	0.969	0.070	0.979	0.990	0.998	13	0.956	0.074	0.951	0.985	0.992
ΑΝΟΙΞΗ	13	0.926	0.114	0.941	0.965	0.995	13	0.968	0.044	0.963	0.986	0.998	13	0.951	0.049	0.922	0.958	0.989
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	0.874	0.127	0.865	0.885	0.962	13	0.896	0.203	0.938	0.974	0.994	13	0.858	0.214	0.893	0.955	0.983
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	0.917	0.110	0.900	0.952	0.983	13	0.966	0.056	0.973	0.987	0.996	13	0.949	0.055	0.936	0.961	0.986
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ																		
(RMSE/mean100) (%)	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	38.4	45.1	13.1	22.8	39.0	13	30.3	31.2	8.1	21.1	33.2	13	39.3	37.5	13.9	31.1	48.2
ΑΝΟΙΞΗ	13	11.3	10.0	4.7	6.6	13.4	13	10.3	7.2	4.3	10.9	15.4	13	14.7	8.6	6.1	14.2	22.5
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	5.5	5.1	2.1	2.5	6.1	13	5.1	4.3	2.3	3.4	7.7	13	7.9	5.1	3.5	7.8	11.0
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	8.6	6.8	3.7	4.8	10.5	13	7.6	5.9	3.7	6.2	10.4	13	11.1	7.2	4.0	10.5	17.5
EF1	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	-0.332	1.582	-0.139	0.206	0.415	13	-0.097	1.131	-0.514	0.230	0.668	13	-0.641	1.344	-1.935	-0.009	0.392
ΑΝΟΙΞΗ	13	-0.639	1.990	-1.121	0.347	0.494	13	-0.426	1.319	-0.974	0.068	0.458	13	-1.112	1.419	-2.339	-0.803	0.006
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	-0.275	1.402	-0.454	0.356	0.597	13	-0.169	1.101	-1.030	0.431	0.620	13	-0.871	1.191	-1.762	-0.732	0.134
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	-0.501	1.844	-0.868	0.294	0.524	13	-0.336	1.375	-0.714	0.271	0.673	13	-0.961	1.485	-2.220	-0.636	0.308
r	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	0.888	0.065	0.863	0.879	0.940	13	0.939	0.105	0.978	0.992	0.998	13	0.919	0.108	0.915	0.968	0.988
ΑΝΟΙΞΗ	13	0.851	0.129	0.808	0.883	0.933	13	0.930	0.122	0.968	0.992	0.996	13	0.907	0.135	0.917	0.966	0.983
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	0.907	0.090	0.886	0.941	0.970	13	0.895	0.284	0.960	0.992	0.997	13	0.872	0.305	0.934	0.968	0.987
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	0.867	0.116	0.855	0.882	0.925	13	0.936	0.139	0.956	0.986	0.997	13	0.906	0.152	0.896	0.968	0.981
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ																		
(RMSE/mean100) (%)	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	27.6	8.8	22.1	25.8	29.1	13	15.5	9.0	9.2	10.1	17.3	13	22.3	10.6	15.7	18.4	32.2
ΑΝΟΙΞΗ	13	25.6	9.4	17.2	24.3	28.5	13	14.4	7.2	9.0	11.5	16.1	13	21.5	8.2	15.6	19.6	26.6
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	67.5	68.9	37.7	45.3	53.1	13	45.6	40.9	18.9	35.0	56.6	13	52.6	32.6	25.0	44.7	60.0
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	29.5	6.8	25.2	27.7	29.9	13	17.3	9.0	10.9	14.5	22.5	13	21.7	8.7	16.7	21.5	29.4
EF1	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	0.514	0.220	0.392	0.593	0.682	13	0.745	0.166	0.674	0.825	0.868	13	0.616	0.246	0.466	0.747	0.768
ΑΝΟΙΞΗ	13	0.498	0.178	0.410	0.566	0.614	13	0.712	0.212	0.724	0.792	0.815	13	0.552	0.213	0.509	0.591	0.706
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	0.423	0.250	0.293	0.503	0.591	13	0.638	0.246	0.542	0.750	0.754	13	0.536	0.195	0.409	0.588	0.668
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	0.489	0.106	0.445	0.517	0.541	13	0.715	0.150	0.648	0.735	0.824	13	0.620	0.149	0.510	0.650	0.710
r	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	0.878	0.152	0.881	0.921	0.964	13	0.951	0.072	0.948	0.990	0.995	13	0.925	0.077	0.858	0.966	0.979
ΑΝΟΙΞΗ	13	0.873	0.109	0.837	0.923	0.947	13	0.941	0.101	0.967	0.978	0.985	13	0.911	0.098	0.915	0.956	0.967
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	0.847	0.083	0.834	0.862	0.890	13	0.889	0.141	0.821	0.961	0.972	13	0.854	0.131	0.774	0.925	0.932
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	0.859	0.061	0.844	0.865	0.884	13	0.930	0.101	0.953	0.979	0.987	13	0.911	0.091	0.891	0.955	0.971
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ																		
(RMSE/mean100) (%)	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	9	9.1	6.3	5.6	7.1	9.1	9	7.0	4.9	4.5	5.0	5.8	9	7.1	4.7	4.5	5.9	6.2
ΑΝΟΙΞΗ	9	9.2	7.8	2.8	7.1	16.3	9	7.0	4.6	3.2	6.8	8.6	9	7.2	4.7	3.3	7.3	9.0
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	9	7.3	7.3	2.9	5.1	7.4	9	5.7	3.8	3.1	4.3	6.0	9	6.2	3.7	3.8	4.7	7.5
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	9	7.4	7.1	3.3	3.9	8.1	9	6.0	5.1	2.5	4.5	5.4	9	6.0	5.1	2.7	3.6	7.1
EF1	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	9	0.308	0.271	0.149	0.447	0.515	9	0.432	0.112	0.348	0.422	0.501	9	0.428	0.200	0.392	0.416	0.545
ΑΝΟΙΞΗ	9	0.319	0.274	0.156	0.351	0.510	9	0.337	0.245	0.198	0.417	0.496	9	0.315	0.323	0.174	0.375	0.513
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	9	0.056	0.383	-0.260	0.150	0.227	9	-0.019	0.565	-0.251	-0.028	0.456	9	-0.051	0.635	-0.587	0.168	0.405
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	9	0.148	0.444	-0.031	0.317	0.424	9	0.272	0.293	0.014	0.429	0.489	9	0.258	0.332	0.060	0.396	0.510
r	AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	9	0.792	0.180	0.713	0.859	0.892	9	0.873	0.056	0.841	0.857	0.915	9	0.877	0.078	0.829	0.911	0.925
ΑΝΟΙΞΗ	9	0.619	0.375	0.502	0.722	0.918	9	0.852	0.109	0.829	0.891	0.901	9	0.848	0.107	0.827	0.885	0.897
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	9	0.560	0.278	0.361	0.588	0.758	9	0.734	0.190	0.690	0.758	0.831	9	0.749	0.194	0.728	0.805	0.828
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	9	0.695	0.272	0.474	0.840	0.870	9	0.773	0.228	0.784	0.857	0.887	9	0.774	0.230	0.810	0.852	0.881

Πίνακας Α.8. Πίνακες απεικόνισης των ποσοστιαίων τιμών των θερμοκρασιακών και υγρομετρικών δεικτών, ανά εποχή, για κάθε σταθμό (αυτοί έχουν διαταχθεί από δυτικά προς τα ανατολικά) για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4) και ομάδα δεδομένων.

ΧΕΙΜΩΝΑΣ	Tmax>25°C (%)				Tmax<0°C (%)				Tmin>20°C (%)				Tmin<0°C (%)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
GRANADA AEROPUERTO, SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	57	49	55
MELILLA, SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
LLEIDA, SP	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	34	28	39	34
PERPIGNAN, FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8	11	8
MONTPELLIER AEROPORT, FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	20	20	31
MARSEILLES MARIGNANE, FR	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	21	15	28	18
NICE, FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	12
CAGLIARI, IT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	6
BRINDISI, IT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
LARISA, GR	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	36	38	30	33
THESSALONIKI, GR	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	13	36	29	31
LARNACA, CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4

ΑΝΟΙΞΗ	Tmax>25°C (%)				Tmax<0°C (%)				Tmin>20°C (%)				Tmin<0°C (%)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	18	12	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GRANADA AEROPUERTO, SP	28	16	21	13	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11	6	9
MELILLA, SP	7	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LLEIDA, SP	23	21	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	3
PERPIGNAN, FR	7	9	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
MONTPELLIER AEROPORT, FR	8	8	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	3
MARSEILLES MARIGNANE, FR	10	9	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1
NICE, FR	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CAGLIARI, IT	12	13	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
BRINDISI, IT	7	7	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LARISA, GR	25	23	20	17	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	5	5
THESSALONIKI, GR	19	14	14	15	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	3	3
LARNACA, CY	30	29	27	17	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	Tmax>25°C (%)				Tmax<0°C (%)				Tmin>20°C (%)				Tmin<0°C (%)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	95	89	93	85	0	0	0	0	53	45	18	10	0	0	0	0
GRANADA AEROPUERTO, SP	97	91	95	92	0	0	0	0	3	1	2	1	0	0	0	0
MELILLA, SP	84	73	74	82	0	0	0	0	69	23	42	48	0	0	0	0
LLEIDA, SP	95	93	94	94	0	0	0	0	13	13	9	10	0	0	0	0
PERPIGNAN, FR	83	85	82	77	0	0	0	0	32	39	30	21	0	0	0	0
MONTPELLIER AEROPORT, FR	85	85	83	84	0	0	0	0	24	27	26	9	0	0	0	0
MARSEILLES MARIGNANE, FR	88	87	82	83	0	0	0	0	29	29	13	21	0	0	0	0
NICE, FR	73	69	75	61	0	0	0	0	49	34	31	8	0	0	0	0
CAGLIARI, IT	95	95	96	88	0	0	0	0	34	33	43	21	0	0	0	0
BRINDISI, IT	88	88	89	87	0	0	0	0	62	62	65	60	0	0	0	0
LARISA, GR	98	97	96	95	0	0	0	0	19	18	24	17	0	0	0	0
THESSALONIKI, GR	96	93	94	94	0	0	0	0	63	26	24	25	0	0	0	0
LARNACA, CY	100	99	100	98	0	0	0	0	74	58	69	38	0	0	0	0

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	Tmax>25°C (%)				Tmax<0°C (%)				Tmin>20°C (%)				Tmin<0°C (%)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	44	38	34	25	0	0	0	0	12	12	2	1	0	0	0	0
GRANADA AEROPUERTO, SP	43	31	36	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	7
MELILLA, SP	38	26	24	30	0	0	0	0	25	4	8	11	0	0	0	0
LLEIDA, SP	34	33	32	33	0	0	0	0	0	1	0	0	4	3	5	4
PERPIGNAN, FR	24	26	23	19	0	0	0	0	3	5	2	1	1	1	1	1
MONTPELLIER AEROPORT, FR	20	21	20	19	0	0	0	0	2	3	2	1	2	2	2	3
MARSEILLES MARIGNANE, FR	26	24	20	20	0	0	0	0	2	3	1	1	2	1	3	1
NICE, FR	16	13	16	8	0	0	0	0	5	2	1	0	0	0	0	0
CAGLIARI, IT	42	42	43	28	0	0	0	0	6	6	8	2	0	0	0	0
BRINDISI, IT	27	27	28	25	0	0	0	0	11	12	11	9	0	0	0	0
LARISA, GR	38	37	38	34	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	3	3
THESSALONIKI, GR	37	24	30	30	0	0	0	0	5	1	1	1	0	3	2	2
LARNACA, CY	70	64	67	52	0	0	0	0	21	9	15	3	0	0	0	0

ΧΕΙΜΩΝΑΣ	Prec<0.1mm				Prec≥1mm				95th percentile of Prec				99th percentile of Prec			
	(%)				(%)				(mm)				(mm)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	22	33	20	22	17	22	20	21	44	27	31	30	79	48	54	53
GRANADA AEROPUERTO, SP	27	33	22	23	19	21	22	22	19	18	18	17	30	30	27	27
MELILLA, SP	24	32	18	19	18	19	18	18	30	17	25	21	63	33	42	31
LLEIDA, SP	24	25	14	14	11	12	14	13	16	15	13	14	32	27	26	26
PERPIGNAN, FR	26	34	17	22	15	17	17	17	38	29	37	35	84	62	81	70
MONTPELLIER AEROPORT, FR	28	34	19	24	16	19	18	19	38	26	32	37	68	47	63	62
MARSEILLES MARIGNANE, FR	26	31	19	20	16	19	18	18	27	24	26	27	51	41	50	48
NICE, FR	24	32	20	22	18	20	19	19	43	35	44	45	68	58	71	73
CAGLIARI, IT	34	41	27	31	21	25	26	28	20	14	17	19	33	26	28	29
BRINDISI, IT	35	46	28	29	25	30	27	27	29	18	23	22	56	33	46	38
LARISA, GR	28	40	25	27	19	25	23	24	19	18	15	14	36	34	31	26
THESSALONIKI, GR	29	34	23	24	18	22	22	22	21	20	15	15	33	36	24	26
LARNACA, CY	34	44	28	34	23	30	27	31	34	17	26	22	52	35	43	37

ΑΝΟΙΞΗ	Prec<0.1mm				Prec≥1mm				95th percentile of Prec				99th percentile of Prec			
	(%)				(%)				(mm)				(mm)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	18	27	16	18	13	16	16	17	30	19	22	21	57	35	36	33
GRANADA AEROPUERTO, SP	24	29	19	20	17	18	19	20	18	15	16	15	31	24	28	25
MELILLA, SP	19	23	14	14	12	13	13	13	26	16	23	19	63	37	51	34
LLEIDA, SP	23	29	18	20	15	17	17	18	23	19	20	21	41	31	33	29
PERPIGNAN, FR	28	34	20	26	17	19	19	20	35	29	31	31	77	50	62	55
MONTPELLIER AEROPORT, FR	27	31	19	25	16	18	18	20	29	24	27	28	51	40	45	47
MARSEILLES MARIGNANE, FR	24	28	19	20	15	17	18	18	27	22	25	23	43	30	44	39
NICE, FR	28	38	20	25	18	21	20	20	32	25	30	29	45	41	48	51
CAGLIARI, IT	27	31	20	26	18	18	19	22	19	15	17	18	31	28	36	36
BRINDISI, IT	26	33	21	21	18	20	20	20	28	17	22	19	44	31	36	29
LARISA, GR	26	34	20	22	18	20	18	19	18	16	17	15	34	24	33	25
THESSALONIKI, GR	29	34	21	23	19	19	21	21	21	17	14	15	33	29	19	19
LARNACA, CY	17	21	11	16	9	11	11	13	21	11	15	13	31	17	24	23

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	Prec<0.1mm				Prec≥1mm				95th percentile of Prec				99th percentile of Prec			
	(%)				(%)				(mm)				(mm)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	2	4	1	1	1	1	1	1	22	15	18	18	47	32	37	36
GRANADA AEROPUERTO, SP	4	6	2	2	2	3	2	2	18	12	16	16	29	17	30	23
MELILLA, SP	4	5	2	2	2	1	2	2	19	21	22	22	51	39	42	32
LLEIDA, SP	13	21	10	11	8	11	10	10	25	17	22	20	39	26	32	28
PERPIGNAN, FR	17	25	11	16	10	13	11	12	19	14	18	16	44	27	44	36
MONTPELLIER AEROPORT, FR	17	20	11	16	10	11	11	13	29	21	26	27	56	40	47	49
MARSEILLES MARIGNANE, FR	12	17	9	10	7	8	8	9	36	21	33	24	52	35	44	41
NICE, FR	14	25	9	15	8	12	9	10	27	20	26	25	50	30	40	41
CAGLIARI, IT	7	9	4	5	3	4	4	4	20	14	20	18	37	19	32	24
BRINDISI, IT	9	15	7	7	6	8	7	7	24	14	19	17	40	22	38	32
LARISA, GR	13	18	8	9	8	9	7	7	27	19	26	19	46	42	44	29
THESSALONIKI, GR	16	23	9	11	11	12	8	10	26	18	15	16	44	40	25	27
LARNACA, CY	3	3	0	1	0	1	0	1	21	18	10	8	23	27	13	14

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	Prec<0.1mm				Prec≥1mm				95th percentile of Prec				99th percentile of Prec			
	(%)				(%)				(mm)				(mm)			
ΣΤΑΘΜΟΙ	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Obs	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA AEROPUERTO, SP	18	28	16	17	13	17	16	16	52	29	36	34	83	54	59	54
GRANADA AEROPUERTO, SP	21	27	17	18	16	18	17	18	24	21	22	22	37	34	33	32
MELILLA, SP	18	24	14	14	13	14	13	13	30	20	27	23	70	41	49	37
LLEIDA, SP	21	29	16	17	14	17	15	16	29	24	26	25	51	46	43	41
PERPIGNAN, FR	28	34	18	22	14	19	17	18	46	35	41	45	125	70	120	79
MONTPELLIER AEROPORT, FR	30	37	21	26	18	21	20	22	53	36	45	46	106	55	80	84
MARSEILLES MARIGNANE, FR	29	33	21	22	18	21	20	20	40	30	38	35	70	48	66	63
NICE, FR	29	36	22	26	20	24	22	22	53	43	54	54	92	69	90	88
CAGLIARI, IT	29	36	21	25	18	22	20	22	47	20	24	24	50	34	44	43
BRINDISI, IT	29	40	22	23	20	27	21	22	40	26	32	30	77	47	59	46
LARISA, GR	22	31	17	19	16	20	16	17	29	22	26	22	53	39	47	42
THESSALONIKI, GR	24	28	17	19	16	18	17	18	27	21	20	21	48	39	30	34
LARNACA, CY	11	20	8	11	7	11	8	9	33	16	26	24	50	34	44	43

Πίνακας Α.9. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 και Q75), των αποτελεσμάτων των δεικτών $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$, $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$, $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$, $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$, $Prec \geq 0.1\text{mm}$, $Prec \geq 1.0\text{mm}$, $95^{ου}$ και $99^{ου}$ εκατοστημορίου για την περίοδο αναφοράς (δες Πίνακα 2.4) και για όλους τους σταθμούς ($n=13$).

$T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ (%)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	13	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΑΝΟΙΞΗ	13	15.0	9.2	7.2	12.0	23.2	13	12.8	7.8	7.9	12.1	15.6	13	12.3	7.7	7.3	9.9	20.2	13	9.4	6.3	4.7	6.3	15.5
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	90.3	7.8	84.6	94.6	95.9	13	88.0	8.8	85.4	88.6	93.2	13	88.7	8.5	82.4	92.5	94.9	13	86.0	9.8	82.8	86.8	94.1
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	35.3	13.9	25.5	37.0	41.6	13	31.2	12.6	24.1	26.8	37.0	13	31.5	13.2	23.4	29.7	36.3	13	27.1	10.4	19.9	28.0	30.3

$T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ (%)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	13	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	13	0.3	0.5	0.0	0.0	1.0	13	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0
ΑΝΟΙΞΗ	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

$T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ (%)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΑΝΟΙΞΗ	13	0.4	0.7	0.1	0.1	0.3	13	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	13	0.2	0.4	0.0	0.0	0.1	13	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	40.3	22.8	23.9	34.3	61.7	13	31.4	16.9	22.8	29.2	39.3	13	30.6	19.9	18.3	25.7	41.6	13	22.2	17.0	9.9	20.8	24.9
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	7.1	7.9	1.8	4.5	10.6	13	4.4	4.1	1.2	2.6	6.4	13	4.2	5.0	0.9	1.7	8.3	13	2.3	3.5	0.6	0.8	2.5

$T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ (%)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	14.2	15.6	1.0	10.0	22.0	13	16.5	18.2	2.0	8.0	28.0	13	16.6	16.9	3.0	11.0	29.0	13	18.2	17.1	4.0	12.0	31.0
ΑΝΟΙΞΗ	13	1.3	1.9	0.0	0.0	2.0	13	2.1	3.3	0.0	1.0	3.0	13	1.7	2.1	0.0	1.0	3.0	13	2.0	2.6	0.0	1.0	3.0
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	0.9	1.4	0.0	0.0	2.0	13	1.8	2.6	0.0	1.0	3.0	13	1.7	2.1	0.0	1.0	3.0	13	1.6	2.1	0.0	1.0	3.0

$Prec \geq 0.1\text{mm}$ (%)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	27.8	4.3	24.2	27.2	29.0	13	35.2	5.8	32.5	33.7	39.6	13	21.5	4.4	19.0	19.7	24.8	13	24.0	5.3	21.8	23.1	26.8
ΑΝΟΙΞΗ	13	24.3	4.0	22.6	25.9	27.4	13	30.3	4.6	28.4	31.1	33.5	13	18.3	3.1	18.2	19.4	20.2	13	21.3	3.7	19.8	21.4	24.9
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	10.1	5.3	4.3	11.6	14.3	13	14.8	8.2	6.1	16.6	21.5	13	6.4	4.0	2.3	7.7	9.4	13	8.2	5.6	2.4	8.9	11.2
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	23.6	5.7	20.7	23.7	28.6	13	31.0	5.6	27.6	30.6	35.6	13	17.7	4.0	15.7	17.4	20.9	13	20.1	4.6	17.3	19.1	22.9

$Prec \geq 1\text{mm}$ (%)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	18.1	3.5	15.9	18.2	19.5	13	21.7	4.8	19.2	21.3	24.6	13	20.7	4.2	17.9	19.6	22.7	13	21.5	5.0	18.2	20.9	24.4
ΑΝΟΙΞΗ	13	15.6	2.8	15.1	16.6	17.6	13	17.6	2.8	16.9	18.2	19.3	13	17.5	2.9	17.3	18.5	19.2	13	18.6	2.7	17.5	19.5	20.4
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	5.9	3.6	2.4	7.3	8.1	13	7.2	4.4	2.6	8.5	10.7	13	6.1	3.8	2.3	6.6	9.1	13	6.7	4.2	2.3	7.0	9.8
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	15.6	3.5	13.6	16.0	17.8	13	19.1	4.2	17.2	19.0	21.3	13	17.1	3.8	15.5	16.8	20.1	13	17.9	3.8	16.4	17.7	21.5

95ο εκατοστημόριο (mm)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	29.2	9.7	20.1	29.5	37.6	13	21.3	6.3	17.5	18.4	26.2	13	24.7	9.3	17.1	24.5	31.2	13	24.5	9.7	17.5	22.1	30.3
ΑΝΟΙΞΗ	13	25.0	5.5	20.5	25.7	28.7	13	18.7	4.8	15.5	17.4	21.5	13	21.4	5.7	16.6	21.6	25.1	13	20.5	5.7	15.4	19.2	23.1
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	24.2	5.0	20.2	24.5	26.9	13	17.1	3.2	14.3	17.6	19.7	13	20.9	5.9	18.3	19.6	25.5	13	18.9	4.8	16.2	17.9	21.9
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	37.3	10.9	29.2	32.8	45.9	13	26.3	7.8	21.3	23.8	29.9	13	31.9	10.1	25.7	27.0	38.1	13	31.3	11.1	23.0	24.5	35.4

99ο εκατοστημόριο (mm)	OBS						AGRI4CAST						EOBS-0.1						EOBS-0.25					
ΕΠΟΧΗ	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	13	52.7	18.9	33.0	52.3	68.0	13	39.2	11.4	32.8	35.1	47.0	13	45.1	18.4	27.9	43.0	54.2	13	42.0	17.4	26.6	37.2	53.0
ΑΝΟΙΞΗ	13	44.8	14.3	33.3	42.6	51.1	13	32.0	8.6	28.0	30.5	36.8	13	38.0	11.7	32.5	35.8	45.3	13	34.2	11.2	25.2	32.6	38.8
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	13	42.9	9.3	38.7	43.7	50.1	13	30.5	8.5	25.8	30.4	39.0	13	36.1	9.5	31.5	37.8	43.6	13	31.8	9.2	27.1	31.5	36.3
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	13	70.1	25.8	50.4	69.8	83.2	13	46.7	12.3	38.9	46.3	53.8	13	58.8	25.1	44.0	48.9	65.6	13	52.6	19.4	40.6	43.3	62.6

Πίνακας Α.10. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 & Q75) των διαφορών των μέσων τιμών, ADAT (σε ημέρες), MDAT (σε ημέρες) και HWAM (σε %), ολόκληρων των περιόδων αναφορά για το σύνολο των σταθμών (n=9), μεταξύ των τριών ομάδων συγκρίσεων.

ΟΜΑΔΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	Άνθηση (ημέρες)						Ορίμανση (ημέρες)						Συγκομιδή (%)					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
AGRI4CAST-OBS	9	6.1	8.3	0.5	2.5	15.0	9	6.8	5.8	2.6	8.4	8.9	9	6.9	5.1	3.1	6.8	8.9
EOBS0.1-OBS	9	5.7	5.7	0.0	5.2	8.9	9	6.5	3.4	5.0	8.4	8.7	9	6.3	3.4	4.1	6.6	8.3
EOBS0.25-OBS	9	13.2	14.3	0.6	10.9	19.7	9	12.7	9.1	3.1	15.7	18.7	9	12.1	7.8	5.5	12.2	19.3

Πίνακας Α.11. Στατιστικά μέτρα (mean, std, Q25, Q50 & Q75), των ετήσιων διαφορών ADAT (σε ημέρες), MDAT (σε ημέρες) και HWAM (σε %), κάθε σταθμού, μεταξύ των πλεγματικών και παρατηρησιακών ομάδων.

Άνθηση (ημέρες)																		
ΣΤΑΘΜΟΙ	AGRI4CAST-OBS						EOBS0.1-OBS						EOBS0.25-OBS					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	1.0	1.8	0.0	1.0	2.0	40	7.1	4.4	4.0	7.0	11.0	40	10.9	5.0	8.0	11.0	14.5
GRANADA AEROPUERTO, SP	39	20.1	3.6	18.5	20.0	22.0	39	8.9	2.1	7.5	9.0	11.0	39	19.7	4.6	16.0	19.0	23.5
MELILLA, SP	40	2.5	4.9	-1.0	3.0	6.0	40	0.0	3.3	-2.5	1.0	2.0	40	-0.8	2.3	-2.5	0.0	0.0
LLEIDA, SP	29	-1.9	3.4	-3.3	-2.0	-0.8	29	3.5	1.2	3.0	3.0	4.0	29	0.8	1.1	0.0	0.5	2.0
PERPIGNAN, FR	39	-3.4	1.1	-4.0	-3.0	-3.0	39	0.8	0.6	0.5	1.0	1.0	39	3.9	1.5	3.0	4.0	5.0
MARSEILLES MARIIGNANE, FR	39	-1.8	1.9	-3.0	-1.0	-0.5	39	8.4	1.4	7.0	8.0	9.0	39	3.1	1.1	2.0	3.0	4.0
NICE, FR	36	4.9	1.2	4.0	5.0	6.0	36	5.2	1.8	4.0	5.0	6.0	36	19.6	5.0	17.0	18.0	22.0
BRINDISI, IT	38	0.5	1.0	0.0	1.0	1.0	38	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	38	0.0	0.8	0.0	0.0	1.0
THESSALONIKI, GR	28	15.0	2.8	13.8	15.0	16.3	28	8.9	2.3	7.0	8.0	11.0	28	8.9	2.5	7.0	8.0	10.3
Ορίμανση (ημέρες)																		
ΣΤΑΘΜΟΙ	AGRI4CAST-OBS						EOBS0.1-OBS						EOBS0.25-OBS					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	2.6	1.6	1.5	3.0	4.0	40	10.9	3.4	8.0	11.0	14.0	40	15.7	3.7	13.0	16.0	18.0
GRANADA AEROPUERTO, SP	39	18.6	2.3	17.5	19.0	20.0	39	8.5	1.7	8.0	8.0	10.0	39	18.0	3.1	16.0	19.0	20.0
MELILLA, SP	40	9.0	4.0	6.5	10.0	11.5	40	5.3	2.9	3.0	6.0	6.5	40	3.1	2.1	1.0	3.0	4.0
LLEIDA, SP	29	-1.1	3.1	-2.3	-2.0	0.0	29	3.4	0.9	3.0	3.0	4.0	29	1.5	0.7	1.0	1.0	2.0
PERPIGNAN, FR	39	-3.3	0.7	-4.0	-3.0	-3.0	39	0.9	0.4	1.0	1.0	1.0	39	4.6	1.4	4.0	4.0	5.0
MARSEILLES MARIIGNANE, FR	39	-1.0	1.9	-2.0	-1.0	0.0	39	8.4	1.2	7.5	8.0	9.0	39	4.1	1.0	3.0	4.0	5.0
NICE, FR	36	5.2	1.3	4.0	5.0	6.0	36	5.0	1.3	4.0	5.0	6.0	36	18.7	3.7	16.0	18.0	20.0
BRINDISI, IT	38	0.8	0.9	0.0	1.0	2.0	38	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	38	1.1	0.7	1.0	1.0	1.0
THESSALONIKI, GR	28	13.8	2.7	12.8	14.0	15.3	28	8.7	1.9	7.0	9.0	10.0	28	8.3	1.9	7.0	8.0	9.0
Συγκομιδή (%)																		
ΣΤΑΘΜΟΙ	AGRI4CAST-OBS						EOBS0.1-OBS						EOBS0.25-OBS					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	3.2	4.2	1.0	2.2	5.1	40	10.8	6.2	6.2	10.4	15.0	40	15.2	7.3	10.3	13.3	19.4
GRANADA AEROPUERTO, SP	39	13.7	9.4	7.9	13.4	19.4	39	6.7	4.9	3.6	6.6	10.1	39	12.5	8.9	6.7	11.3	19.6
MELILLA, SP	40	14.1	9.2	7.3	13.6	19.4	40	10.5	4.7	6.9	10.5	14.0	40	10.9	4.3	8.0	11.0	13.7
LLEIDA, SP	29	-2.2	3.8	-4.9	-2.2	0.6	29	0.4	3.3	-1.5	0.3	2.7	29	-0.5	2.3	-2.2	-0.9	0.5
PERPIGNAN, FR	39	6.5	68.6	-6.2	-4.6	-2.7	39	6.1	45.4	-3.7	-0.4	1.7	39	10.9	48.7	0.4	2.6	5.9
MARSEILLES MARIIGNANE, FR	39	9.5	70.2	-3.6	-1.2	1.1	39	15.0	42.4	4.9	8.3	11.3	39	10.8	41.3	2.5	4.4	6.3
NICE, FR	36	6.9	3.8	4.2	6.3	9.4	36	4.0	5.8	0.1	2.9	7.3	36	19.7	9.0	13.9	19.0	24.3
BRINDISI, IT	38	7.4	9.8	0.0	5.6	13.6	38	5.1	8.2	-2.4	5.0	13.4	38	5.3	8.1	-2.5	5.0	13.5
THESSALONIKI, GR	28	38.6	29.3	17.3	36.0	49.3	28	26.7	22.4	8.4	21.4	38.0	28	24.5	21.8	7.2	20.6	35.9

Πίνακας Α.12. Απεικόνιση δεικτών $(RMSE/mean)*100$, $EF1$ και r , των ADAT (1^{ος} πίνακας), MDAT (2^{ος} πίνακας) και HWAM (3^{ος} πίνακας), για κάθε σταθμό και σετ συγκρίσεων.

	RMSE			EF1			r		
	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
ΣΤΑΘΜΟΙ									
MALAGA,SP	2.0	8.3	12.0	0.422	-1.479	-2.758	0.893	0.468	0.343
GRANADA,SP	20.4	9.2	20.2	-2.269	-0.449	-2.195	0.899	0.961	0.827
MELILLA,SP	5.4	3.3	2.4	-0.411	0.145	0.427	0.317	0.632	0.827
LLEIDA,SP	3.9	3.6	1.4	0.214	0.180	0.772	0.821	0.977	0.979
PERPIGNAN, FR	3.5	1.0	4.2	0.376	0.844	0.277	0.986	0.996	0.974
MARSEILLES, FR	2.6	8.5	3.3	0.641	-0.502	0.438	0.966	0.981	0.990
NICE, FR	5.0	5.5	20.2	-0.190	-0.262	-3.758	0.975	0.961	0.831
BRINDISI, IT	1.1	0.3	0.8	0.800	0.975	0.869	0.984	0.998	0.991
THESSALONIKI, GR	15.2	9.1	9.2	-2.099	-0.834	-0.834	0.898	0.933	0.922
Ωρίμανση									
	RMSE			EF1			r		
	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
ΣΤΑΘΜΟΙ									
MALAGA, SP	3.0	11.4	16.1	0.260	-2.054	-3.397	0.941	0.785	0.742
GRANADA, SP	18.7	8.6	18.3	-2.299	-0.504	-2.204	0.947	0.968	0.904
MELILLA,SP	9.8	6.0	3.7	-2.019	-0.777	-0.035	0.499	0.746	0.862
LLEIDA, SP	3.3	3.5	1.6	0.188	0.000	0.573	0.821	0.982	0.988
PERPIGNAN, FR	3.4	1.0	4.8	0.283	0.807	0.007	0.993	0.997	0.978
MARSEILLES, FR	2.1	8.5	4.2	0.705	-0.559	0.247	0.968	0.986	0.989
NICE, FR	5.4	5.2	19.1	-0.233	-0.183	-3.399	0.969	0.982	0.921
BRINDISI, IT	1.2	0.2	1.3	0.742	0.986	0.706	0.979	0.999	0.991
THESSALONIKI, GR	14.1	8.9	8.5	-2.691	-1.327	-1.213	0.844	0.925	0.921
Συγκομιδή									
	(RMSE/mean*100)(%)			EF1			r		
	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
ΣΤΑΘΜΟΙ									
MALAGA, SP	5.0	12.1	16.4	0.293	-0.927	-1.714	0.846	0.734	0.655
GRANADA, SP	15.9	8.0	14.7	-1.459	-0.195	-1.184	0.292	0.791	0.397
MELILLA,SP	16.3	11.2	11.5	-1.626	-0.939	-1.008	0.557	0.833	0.857
LLEIDA, SP	4.4	3.2	2.3	0.368	0.526	0.664	0.831	0.885	0.942
PERPIGNAN, FR	14.4	9.7	11.0	0.174	0.469	0.326	0.299	0.786	0.761
MARSEILLES, FR	15.6	12.8	10.1	0.304	-0.073	0.368	0.168	0.833	0.857
NICE, FR	7.7	6.6	20.8	0.024	0.284	-1.730	0.919	0.787	0.576
BRINDISI, IT	11.0	9.0	9.0	0.227	0.285	0.311	0.774	0.834	0.838
THESSALONIKI, GR	37.7	27.6	25.7	-1.058	-0.427	-0.312	0.423	0.563	0.589

Πίνακας Α.13. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 & Q75) των δεικτών RMSE, $EF1$ και r , για κάθε σετ σύγκρισης και για το σύνολο των σταθμών (n=9) (για την συγκομιδή υπολογίστηκε ο $(RMSE/mean*100)(\%)$).

	RMSE			EF1			r		
	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
N=9									
Mean	6.6	5.4	8.2	-0.280	-0.154	-0.751	0.860	0.879	0.854
Stdev	6.6	3.5	7.7	1.144	0.783	1.731	0.211	0.192	0.205
Q25	2.6	3.3	2.4	-0.411	-0.502	-2.195	0.893	0.933	0.827
Q50	3.9	5.5	4.2	0.214	-0.262	0.277	0.899	0.961	0.922
Q75	5.4	8.5	12.0	0.422	0.180	0.438	0.975	0.981	0.979
Ωρίμανση									
	RMSE			EF1			r		
	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
N=9									
Mean	6.8	5.9	8.6	-0.563	-0.401	-0.968	0.884	0.930	0.922
Stdev	6.1	3.8	7.2	1.371	0.959	1.654	0.157	0.096	0.081
Q25	3.0	3.5	3.7	-2.019	-0.777	-2.204	0.844	0.925	0.904
Q50	3.4	6.0	4.8	0.188	-0.504	-0.035	0.947	0.982	0.921
Q75	9.8	8.6	16.1	0.283	0.000	0.247	0.969	0.986	0.988
Συγκομιδή									
	(RMSE/mean*100)(%)			EF1			r		
	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
N=9									
Mean	14.2	11.2	13.5	-0.306	-0.111	-0.475	0.568	0.783	0.719
Stdev	10.0	6.8	6.9	0.825	0.561	0.948	0.283	0.093	0.176
Q25	7.7	8.0	10.1	-1.058	-0.427	-1.184	0.299	0.786	0.589
Q50	14.4	9.7	11.5	0.174	-0.073	-0.312	0.557	0.791	0.761
Q75	15.9	12.1	16.4	0.293	0.285	0.326	0.831	0.833	0.857

Πίνακας Α.14. Στατιστικά μέτρα(mean, Std, Q25, Q50 & Q75) των διαφορών των μέσων τιμών, ADAT (σε ημέρες), MDAT (σε ημέρες) και HWAM (σε %), ολόκληρων των περιόδων αναφορά για το σύνολο των σταθμών (n=9), μεταξύ των τριών ομάδων συγκρίσεων, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων.

ΟΜΑΔΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	Άνθηση (ημέρες)						Ωρίμανση (ημέρες)						Συγκομιδή (%)					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
AGRI4CAST-OBS	9	3.9	7.7	-1.6	1.3	4.6	9.0	3.9	6.0	0.0	3.3	5.0	9.0	9.0	12.9	-2.4	9.1	13.0
EOBS0.1-OBS	9	4.2	3.8	2.1	3.4	7.4	9.0	3.3	5.4	2.5	3.8	7.8	9.0	8.2	8.2	3.5	6.8	9.3
EOBS0.25-OBS	9	6.6	6.7	2.8	4.0	9.8	9.0	7.0	6.7	2.5	4.5	12.1	9.0	11.5	7.9	5.6	10.7	14.3

Πίνακας Α.15. Πίνακες απεικόνισης των στατιστικών μέτρων (mean, std, Q25, Q50 & Q75), των ετήσιων διαφορών ADAT (σε ημέρες), MDAT (σε ημέρες) και HWAM (σε %), κάθε σταθμού, μεταξύ των πλεγματικών και παρατηρησιακών ομάδων, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων.

Ορίμανση (ημέρες)																		
ΣΤΑΘΜΟΙ	AGRI4CAST-OBS						EOBS0.1-OBS						EOBS0.25-OBS					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	2.6	0.5	2.0	3.0	3.0	40	7.8	1.2	7.0	8.0	8.0	40	12.1	1.4	11.0	12.0	13.0
GRANADA AEROPUERTO, SP	39	17.9	0.5	18.0	18.0	18.0	39	8.3	0.8	8.0	8.0	9.0	39	17.4	0.6	17.0	17.0	18.0
MELILLA, SP	40	6.3	1.1	5.0	6.0	7.0	40	3.8	0.6	4.0	4.0	4.0	40	2.5	0.5	2.0	2.0	3.0
LLEIDA, SP	29	-0.7	0.4	-1.0	-1.0	-0.5	29	3.5	0.4	3.0	3.5	4.0	29	1.3	0.3	1.0	1.5	1.5
PERPIGNAN, FR	39	-3.0	0.6	-3.0	-3.0	-3.0	39	0.9	0.4	1.0	1.0	1.0	39	4.5	0.5	4.0	4.0	5.0
MARSEILLES MARIGNANE, FR	39	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	39	8.1	0.5	8.0	8.0	8.0	39	4.0	0.4	4.0	4.0	4.0
NICE, FR	36	5.0	0.6	5.0	5.0	5.0	36	4.3	0.5	4.0	4.0	5.0	36	17.0	0.7	17.0	17.0	17.0
BRINDISI, IT	38	3.3	0.5	3.0	3.0	4.0	38	2.5	0.6	2.0	3.0	3.0	38	5.1	0.5	5.0	5.0	5.0
THESSALONIKI, GR	28	4.0	0.3	4.0	4.0	4.0	28	-9.3	0.5	-10.0	-9.0	-9.0	28	-0.5	0.5	-1.0	0.0	0.0

Άνθηση (ημέρες)																		
ΣΤΑΘΜΟΙ	AGRI4CAST-OBS						EOBS0.1-OBS						EOBS0.25-OBS					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	1.3	0.7	1.0	1.0	2.0	40	3.0	2.1	2.0	3.0	5.0	40	6.1	2.5	4.0	6.0	8.0
GRANADA AEROPUERTO, SP	39	18.8	1.0	18.0	19.0	19.0	39	7.9	0.8	7.0	8.0	8.0	39	17.3	1.0	17.0	17.0	18.0
MELILLA, SP	40	-0.9	0.9	-1.0	-1.0	0.0	40	-1.8	0.6	-2.0	-2.0	-1.0	40	-1.6	0.5	-2.0	-2.0	-1.0
LLEIDA, SP	29	-1.6	0.4	-2.0	-1.5	-1.0	29	3.4	0.7	3.0	3.5	4.0	29	1.1	0.6	1.0	1.0	1.5
PERPIGNAN, FR	39	-3.0	0.4	-3.0	-3.0	-3.0	39	0.7	0.5	0.0	1.0	1.0	39	3.3	0.7	3.0	3.0	4.0
MARSEILLES MARIGNANE, FR	39	-1.6	0.5	-2.0	-2.0	-1.0	39	7.4	0.6	7.0	7.0	8.0	39	2.8	0.4	3.0	3.0	3.0
NICE, FR	36	4.6	0.8	4.0	5.0	5.0	36	4.3	0.6	4.0	4.0	5.0	36	16.8	1.0	16.0	17.0	18.0
BRINDISI, IT	38	2.4	0.5	2.0	2.0	3.0	38	2.1	0.6	2.0	2.0	2.0	38	4.0	0.6	4.0	4.0	4.0
THESSALONIKI, GR	28	14.5	0.5	14.0	15.0	15.0	28	10.5	0.5	10.0	11.0	11.0	28	9.8	0.4	10.0	10.0	10.0

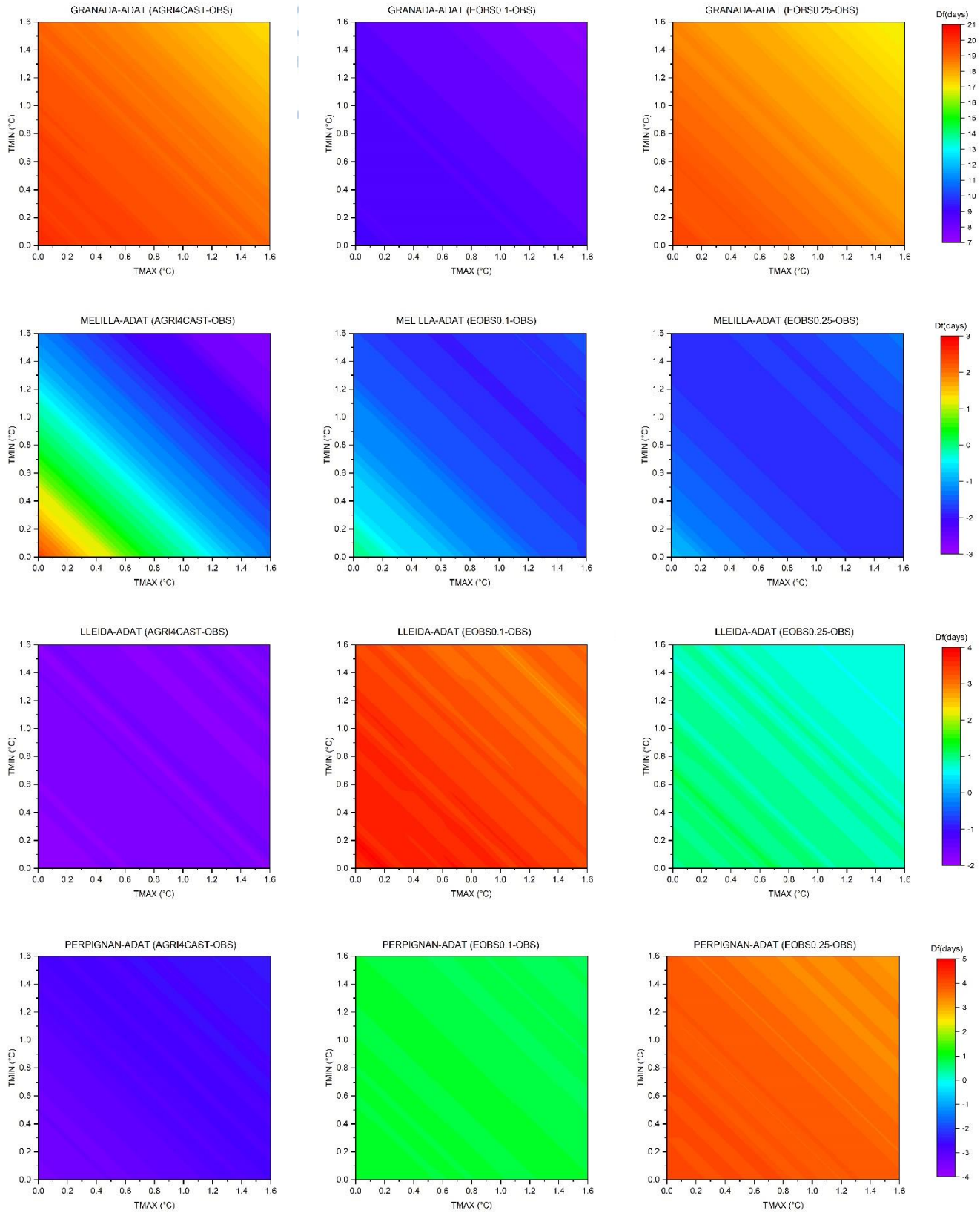
Συγκομιδή (%)																		
ΣΤΑΘΜΟΙ	AGRI4CAST-OBS						EOBS0.1-OBS						EOBS0.25-OBS					
	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75	N	Mean	Std	Q25	Q50	Q75
MALAGA AEROPUERTO, SP	40	3.4	0.3	3.1	3.3	3.6	40	6.6	1.9	5.4	6.2	7.9	40	10.7	2.1	9.0	10.7	11.9
GRANADA AEROPUERTO, SP	39	15.5	1.0	14.9	15.3	16.0	39	6.8	1.0	6.2	6.5	7.3	39	14.3	1.0	13.8	13.9	15.0
MELILLA, SP	40	11.0	0.8	10.4	11.1	11.7	40	9.3	0.5	8.9	9.4	9.5	40	9.9	0.6	9.6	9.7	10.4
LLEIDA, SP	29	-3.2	0.8	-3.6	-3.2	-2.6	29	1.8	0.8	1.2	1.7	2.2	29	0.8	0.7	0.4	0.8	1.4
PERPIGNAN, FR	39	-3.1	0.9	-3.8	-3.1	-2.6	39	0.1	1.0	-0.6	-0.3	0.8	39	5.6	1.0	4.8	5.8	5.9
MARSEILLES MARIGNANE, FR	39	-2.4	0.6	-2.9	-2.4	-1.9	39	7.1	1.0	6.4	6.8	7.4	39	3.7	0.6	3.3	3.6	4.0
NICE, FR	36	9.1	0.8	8.5	9.2	9.7	36	3.5	1.2	2.2	3.7	4.2	36	19.0	1.0	18.3	19.0	19.7
BRINDISI, IT	38	13.0	0.8	12.4	12.7	14.0	38	10.1	1.0	9.3	10.0	10.5	38	13.2	0.8	12.6	13.2	13.4
THESSALONIKI, GR	28	37.8	4.4	35.1	36.9	41.0	28	28.3	2.4	27.9	28.7	29.7	28	26.6	2.4	26.4	27.1	27.8

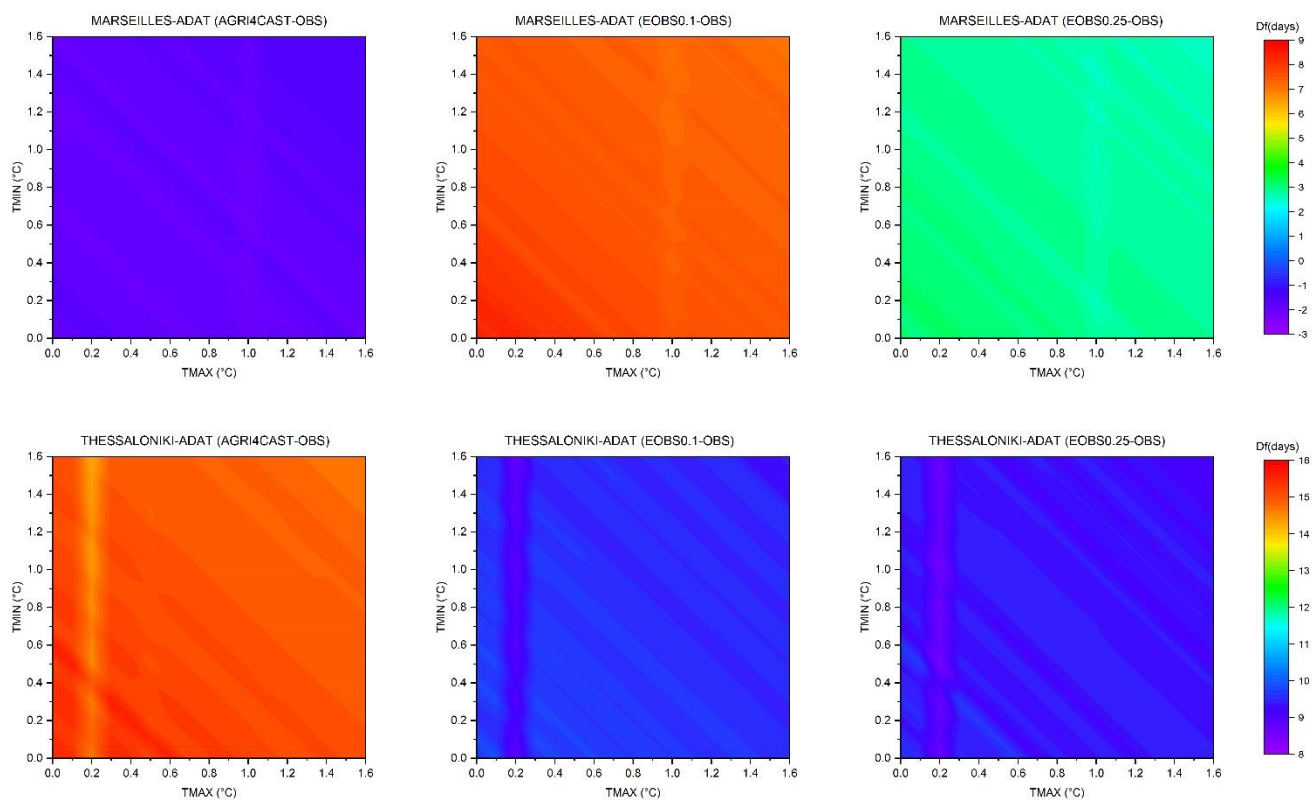
Πίνακας Α.16. Απεικόνιση δεικτών $(RMSE/mean)*100$, $EF1$ και r , για ADAT (1^{ος} πίνακας), MDAT (2^{ος} πίνακας) και HWAM (3^{ος} πίνακας), που προέκυψαν από την σύγκριση των μέσων τιμών, κάθε κλιματικού σεναρίου, μεταξύ των πλεγματικών ομάδων και των παρατηρήσεων, για κάθε σταθμό.

Άνθιση									
	RMSE			EF1			r		
ΣΤΑΘΜΟΙ	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA, SP	1.4	3.7	6.6	-1.069	-4.178	-8.872	0.266	-0.851	-0.852
GRANADA, SP	18.9	7.9	17.3	-8.255	-2.873	-7.488	0.982	0.983	0.991
MELILLA, SP	1.3	1.9	1.7	-2.458	-4.693	-4.232	-0.452	0.052	0.414
LLEIDA, SP	1.6	3.5	1.3	0.324	-0.478	0.513	0.991	0.985	0.987
PERPIGNAN, FR	3.0	0.9	3.3	-0.734	0.592	-0.905	0.983	0.969	0.952
MARSEILLES, FR	1.6	7.4	2.8	0.151	-3.041	-0.520	0.984	0.986	0.988
NICE, FR	4.7	4.3	16.8	-1.850	-1.667	-9.424	0.983	0.982	0.984
BRINDISI, IT	2.5	2.2	4.1	-1.044	-0.789	-2.377	0.960	0.944	0.963
THESSALONIKI, GR	14.6	10.5	9.8	-6.051	-4.101	-3.768	0.980	0.981	0.989
Ορίμανση									
	RMSE			EF1			r		
ΣΤΑΘΜΟΙ	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA, SP	2.7	7.9	12.2	-2.344	-8.948	-14.447	0.857	0.913	0.919
GRANADA, SP	17.9	8.3	17.4	-7.807	-3.089	-7.565	0.988	0.988	0.977
MELILLA, SP	6.4	3.9	2.5	-8.998	-5.133	-2.938	0.919	0.869	0.846
LLEIDA, SP	0.8	3.5	1.3	0.654	-0.620	0.387	0.992	0.989	0.993
PERPIGNAN, FR	3.1	1.0	4.5	-0.480	0.584	-1.173	0.982	0.985	0.983
MARSEILLES, FR	0.3	8.1	4.0	0.955	-3.259	-1.091	0.992	0.986	0.991
NICE, FR	5.0	4.3	17.0	-1.732	-1.337	-8.247	0.982	0.990	0.988
BRINDISI, IT	3.3	2.6	5.1	-1.282	-0.746	-2.559	0.970	0.955	0.971
THESSALONIKI, GR	4.1	9.3	0.7	-1.039	-3.690	0.770	0.994	0.981	0.980
Συγκομιδή									
	RMSE (%)			EF1			r		
ΣΤΑΘΜΟΙ	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
MALAGA, SP	11.0	8.5	11.1	-5.116	-10.864	-18.327	0.884	0.916	0.911
GRANADA, SP	7.4	3.0	15.4	-8.367	-3.112	-7.657	0.960	0.900	0.944
MELILLA, SP	11.1	9.3	9.9	-12.995	-10.743	-11.542	0.707	0.900	0.843
LLEIDA, SP	3.1	6.2	9.8	-0.912	-0.096	0.428	0.910	0.927	0.931
PERPIGNAN, FR	3.3	1.0	5.7	-0.234	0.663	-1.198	0.956	0.970	0.959
MARSEILLES, FR	28.5	21.4	20.0	-0.131	-2.334	-0.729	0.969	0.955	0.978
NICE, FR	19.0	8.4	17.6	-2.820	-0.472	-6.958	0.971	0.964	0.982
BRINDISI, IT	4.4	2.6	1.4	-4.214	-3.018	-4.263	0.971	0.954	0.974
THESSALONIKI, GR	3.3	9.5	4.9	-16.801	-12.352	-11.525	-0.073	0.769	0.773

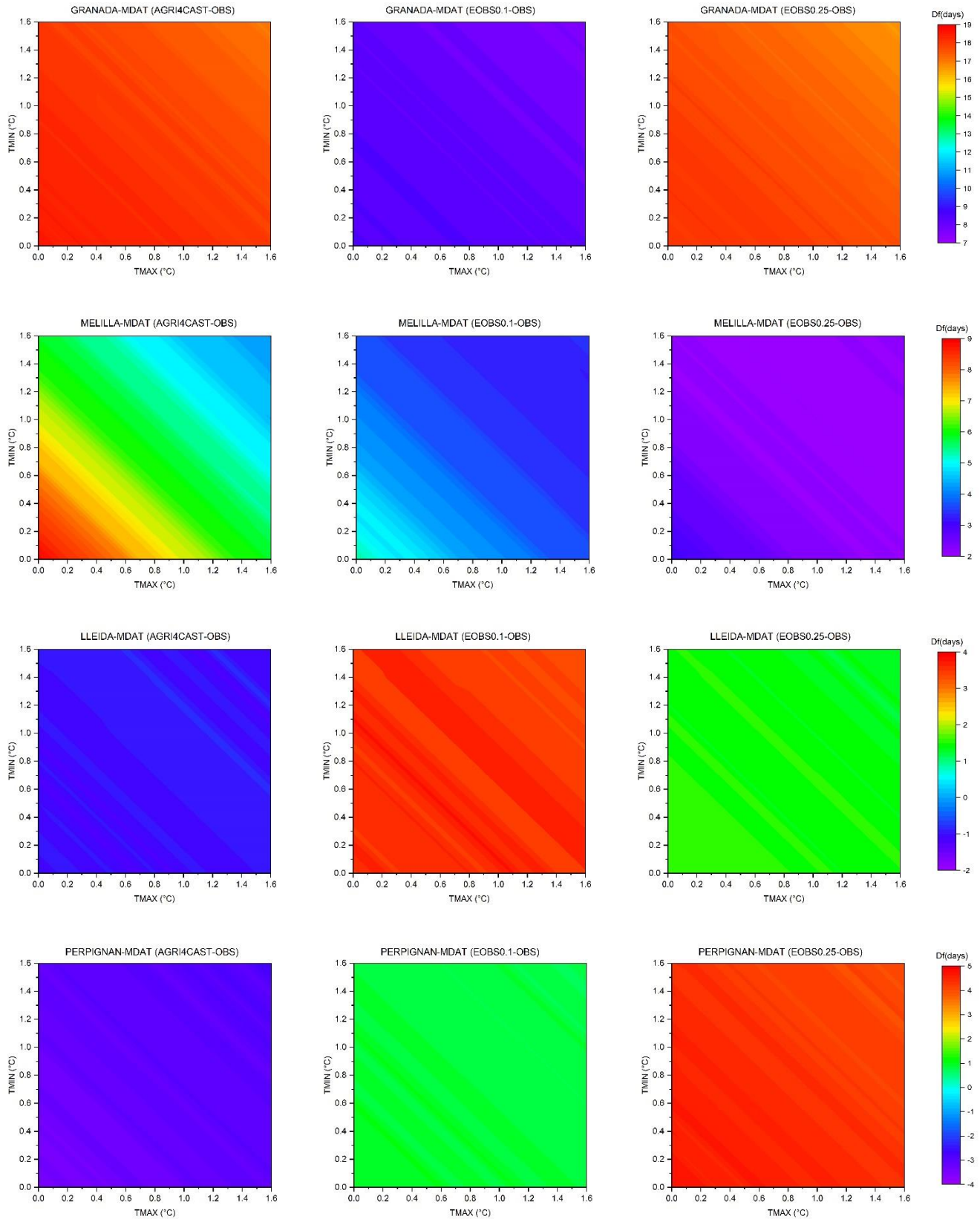
Πίνακας Α.17. Στατιστικά μέτρα (mean, Std, Q25, Q50 & Q75) των δεικτών $RMSE$, $EF1$ και r , για κάθε σετ σύγκρισης και για το σύνολο των σταθμών ($n=9$), μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων (για την συγκομιδή υπολογίστηκε ο $(RMSE/mean*100)(\%)$).

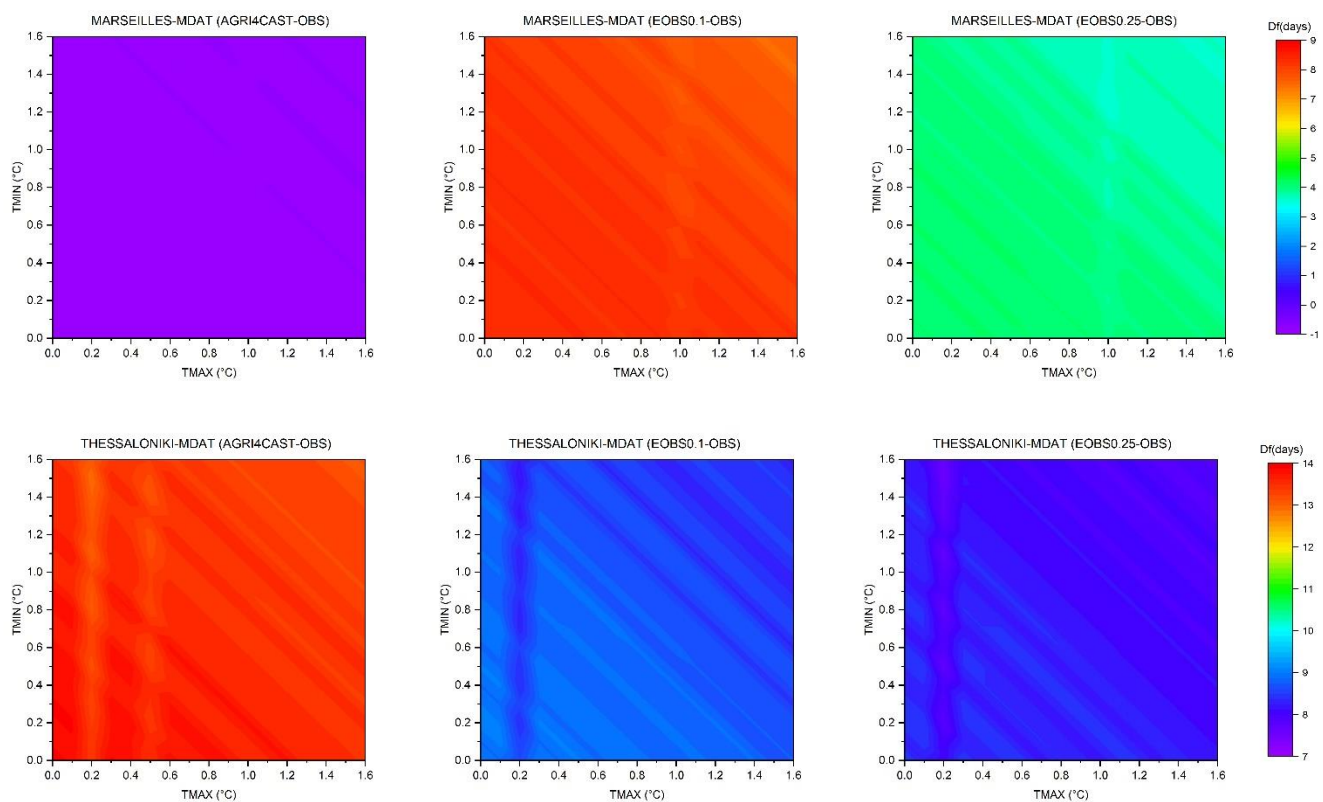
Άνθιση									
	RMSE			EF1			r		
N=9	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
Mean	5.5	4.7	7.1	-2.332	-2.359	-4.119	0.742	0.670	0.713
Stddev	6.5	3.2	6.2	2.920	1.861	3.708	0.506	0.647	0.616
Q25	1.6	2.2	2.8	-2.458	-4.101	-7.488	0.960	0.944	0.952
Q50	2.5	3.7	4.1	-1.069	-2.873	-3.768	0.982	0.981	0.984
Q75	4.7	7.4	9.8	-0.734	-0.789	-0.905	0.983	0.983	0.988
Ορίμανση									
	RMSE			EF1			r		
N=9	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
Mean	4.8	5.4	7.2	-2.453	-2.915	-4.096	0.964	0.962	0.961
Stddev	5.2	3.0	6.6	3.546	2.889	5.018	0.046	0.043	0.048
Q25	2.7	3.5	2.5	-2.344	-3.690	-7.565	0.970	0.955	0.971
Q50	3.3	4.3	4.5	-1.282	-3.089	-2.559	0.982	0.985	0.980
Q75	5.0	8.1	12.2	-0.480	-0.746	-1.091	0.992	0.988	0.988
Συγκομιδή									
	(RMSE/mean*100)(%)			EF1			r		
N=9	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25	Agri4Cast	EOBS-0.1	EOBS-0.25
Mean	10.1	7.8	10.7	-5.732	-4.703	-6.863	0.806	0.917	0.922
Stddev	8.7	6.0	6.2	5.897	5.146	6.178	0.340	0.062	0.071
Q25	3.3	3.0	5.7	-8.367	-10.743	-11.525	0.884	0.900	0.911
Q50	7.4	8.4	9.9	-4.214	-3.018	-6.958	0.956	0.927	0.944
Q75	11.1	9.3	15.4	-0.912	-0.472	-1.198	0.969	0.955	0.974



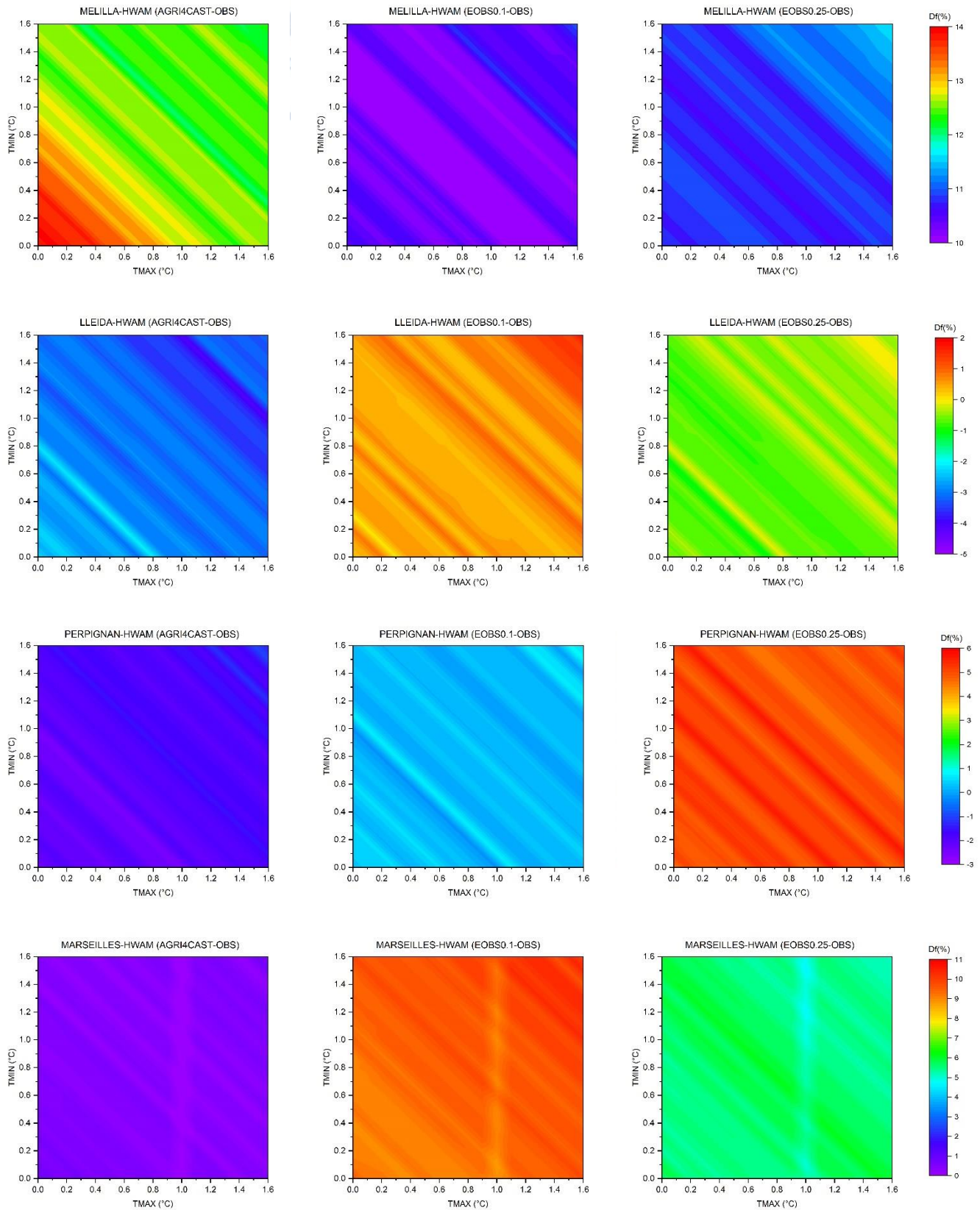


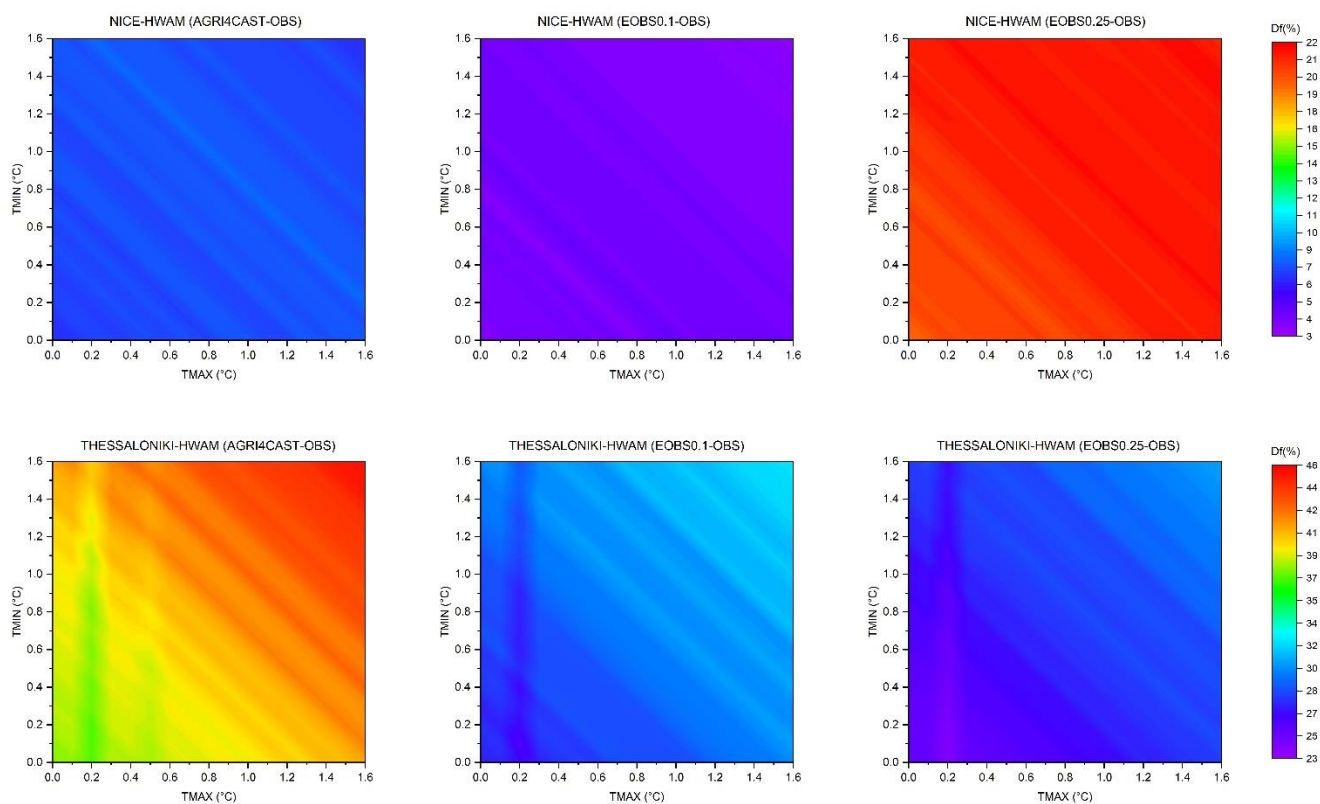
Σχήμα Α.1. Αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις στις ημέρες άνθησης, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων. Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζεται η μέγιστη θερμοκρασία (°C) και στον κατακόρυφο η ελάχιστη θερμοκρασία (°C).





Σχήμα Α.2. Αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις στις ημέρες ωρίμανσης, μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων. Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζεται η μέγιστη θερμοκρασία (°C) και στον κατακόρυφο η ελάχιστη θερμοκρασία (°C).





Σχήμα Α.3. Αποκλίσεις των πλεγματικών προϊόντων από τις παρατηρήσεις στην ποσότητα συγκομιδής (σε %), μετά την εφαρμογή των κλιματικών σεναρίων. Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζεται η μέγιστη θερμοκρασία (°C) και στον κατακόρυφο η ελάχιστη θερμοκρασία (°C).