

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΓΟΥΣΗΣ ΠΕΡΙΚΛΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΤΗΣ ΝΕΦΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ
ΝΟΤΙΩΝ ΒΑΛΚΑΝΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΚΑΕΤΙΑ 2008 -2017 ΜΕ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ERA5**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΛΩΛΗΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2020

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο τίτλος αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι “Μελέτη του καθεστώτος της νέφωσης στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων για τη δεκαετία 2008-2017 με τη χρήση της βάσης δεδομένων ERA5”. Η εκπόνησή της έγινε στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Εργαστήριο Μετεωρολογίας του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων την περίοδο 2019-2020. Την επίβλεψη της εργασίας είχε ο Επίκουρος καθηγητής του ιδίου τμήματος κ. Λώλης Χρήστος τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου προσέφερε καθώς και για την άψογη συνεργασία που είχαμε καθ’ όλη τη διάρκεια της υλοποίησής της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1		
	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1	Νέφωση	7
1.2	Ατμοσφαιρική Πίεση Ισοβαρικές επιφάνειες, χάρτες καιρού	11
1.3	Συστήματα Καιρού	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2		
	ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16
2.1	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	16
2.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	18
2.2.1	Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis, FA)	18
2.2.2	Ανάλυση κατά Συστάδες (Cluster Analysis, CA)	19
2.2.3	Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης(Canonical Correlation Analysis. CCA)	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3		
	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	26
3.1	Μέση ενδο-ετήσια πορεία της νέφωσης	26
3.2	Μέση χωρική κατανομή της νέφωσης	28
3.3	Ταξινόμηση ημερήσιων τύπων χωρικής κατανομής της νέφωσης και σχέση τους με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία	32

3.4	Κέντρα δράσης της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας που επηρεάζουν τη νέφωση στα Νότια Βαλκάνια	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4		
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετάται το καθεστώς της ολικής νέφωσης στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων καθώς και η σχέση της με τη ατμοσφαιρική κυκλοφορία πάνω από την ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης και της Μεσογείου. Ως δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν ημερήσιες (12UTC) τιμές ολικής νέφωσης και γεωδυναμικών υψών στα 500 και 1000 hPa για τη δεκαετία 2008-2017 που αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων ERA-5. Για την επεξεργασία τους χρησιμοποιήθηκαν τρεις στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων ήτοι: Παραγοντική Ανάλυση, Ανάλυση κατά Συστάδες και Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης.

Από την εφαρμογή της Παραγοντικής Ανάλυσης βρέθηκε, στην υπό εξέταση περιοχή, σαφής διαφορά στο καθεστώς της νέφωσης μεταξύ ηπειρωτικής και θαλάσσιας περιοχής με διαφορετική ενδο-ετήσια πορεία για κάθε περιοχή. Επίσης βρέθηκαν τρεις τύποι μέσης χωρικής κατανομής της νέφωσης. Η Ανάλυση κατά Συστάδες έδωσε επτά τύπους νέφωσης με την αντίστοιχη ατμοσφαιρική κυκλοφορία που προκαλεί τον κάθε τύπο νέφωσης όπως αναλυτικά αναφέρεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο, με κύρια στοιχεία που επηρεάζουν τη νέφωση να είναι συστήματα χαμηλών και υψηλών πιέσεων και συνδυασμοί αυτών. Τέλος από την Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης προέκυψαν τρία ζεύγη μεταβλητών (W,V) με σημαντική συσχέτιση των κανονικών μεταβλητών μεταξύ τους, επιβεβαιώνοντας έτσι τη φυσική ερμηνεία αιτίου- αποτελέσματος μεταξύ νέφωσης και ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας με τα αντίστοιχα αποτελέσματα όπως περιγράφονται στο τρίτο κεφάλαιο, τα οποία μάλιστα συμφωνούν με τα αποτελέσματα της Παραγοντικής Ανάλυσης.

SUMMARY

In this work, the regime of total cloud cover over the region of southern Balkans and its connection to the atmospheric circulation over Europe and the Mediterranean Sea are studied. The data used are daily (12UTC) values of total cloud cover and geopotential height for the decade 2008-2017 obtained from the ERA_5 database. For the processing of these data the methods Factor Analysis, Cluster Analysis and Canonical Correlation Analysis were used.

The application of Factor Analysis for this region revealed certain differences in the seasonal variation of cloudiness between the mainland and the sea. Also three types of average spatial distribution of cloudiness were found. The application of Cluster Analysis revealed seven types of cloudiness patterns. The atmospheric circulation characteristics that correspond to each type were found to be systems of low and high atmospheric pressure, as well as combinations of them. Finally, the application of Canonical Correlation Analysis revealed three pairs of variables (W,V)

with significant correlation, confirming the physical interpretation of cause-effect between cloudiness and atmospheric circulation. The corresponding results, as described in the third chapter, in fact agree with the results of Factor Analysis.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΝΕΦΩΣΗ

Τα νέφη διαδραματίζουν πολύ σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του κλίματος του πλανήτη, τόσο με τη συμμετοχή τους στον κύκλο του νερού όσο και με τη συνεισφορά τους στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου της ατμόσφαιρας, αφού επηρεάζουν το ποσοστό, τόσο της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης όσο και της γήινης που εκπέμπεται πίσω στο διάστημα.

Ως νέφωση ορίζεται το ποσοστό του ουράνιου θόλου το οποίο καλύπτεται με νέφη και εκφράζεται σε όγδοα (επίγειες παρατηρήσεις) ή σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) (μετρήσεις με διάφορες μεθόδους τηλεπισκόπησης, δορυφόροι, radar κλπ). Νέφος καλείται κάθε ορατό σύνολο υδροσταγονιδίων ή παγοκρυσταλλίων το οποίο αιωρείται στην ατμόσφαιρα. Τα νέφη δημιουργούνται όταν μια αέρια μάζα ψύχεται και καθίσταται κορεσμένη σε υδρατμούς ενώ είναι απαραίτητη και η ύπαρξη νεφικών πυρήνων συμπύκνωσης. Όταν η θερμοκρασία είναι πάνω από 0 °C έχουμε υδροσταγονίδια ενώ όταν επικρατούν αρνητικές τιμές δημιουργούνται παγοκρύσταλλοι. Είναι δυνατόν να έχουμε ύπαρξη υδροσταγονιδίων και σε θερμοκρασίες κάτω από 0 °C. Το φαινόμενο αυτό λέγεται υπέρτηξη.

Οι αέριες μάζες ψύχονται με τρεις τρόπους: **α)** με ακτινοβολία, **β)** λόγω της μεταφοράς τους σε ψυχρότερη περιοχή και **γ)** αδιαβατικά όταν ανυψώνονται μέσα στην ατμόσφαιρα. Η ανύψωση της αέρια μάζας μπορεί να συμβεί **i)** σε ισχυρές αναταρακτικές κινήσεις λόγω της αλληλεπίδρασης του εδάφους με τον αέρα (νέφη αναταράξεων) **ii)** σε έντονη επιφανειακή θέρμανση(νέφη ανοδικών ρευμάτων) **iii)** στην παρουσία έντονων εξάρσεων του εδάφους κάθετα στη ροή του αέρα (ορογραφικά νέφη) και **iv)** σε μετωπικές επιφάνειες (μετωπικά νέφη) .

Τα νέφη ανάλογα με το ύψος της βάσης τους από την επιφάνεια του εδάφους ταξινομούνται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Ανώτερα νέφη (ύψος>7000 m)
- Μέσα νέφη (ύψος μεταξύ 2000 m και 7000 m)
- Κατώτερα νέφη (ύψος < 2000 m)
- Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης

Ενώ ανάλογα με τη μορφή και τη σύστασή τους ταξινομούνται σε 10 υποκατηγορίες.

Ανώτερα νέφη:

Θύσανοι (Cirrus , Ci): Μοιάζουν με λεπτές λευκές κλωστές ή στενές λεπτές ζώνες και αποτελούνται από λεπτούς παγοκρυστάλλους λόγω των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν σε αυτό το ύψος. Τα μεγάλα ανοίγματα και η διαφάνειά τους, επιτρέπουν την εμφάνιση του ήλιου. Όταν είναι πολύ αραιά και δεν παρουσιάζουν ανάπτυξη (αύξηση) η εμφάνισή τους δεν δηλώνει τίποτα το αξιόλογο για τον καιρό. Όταν μοιάζουν με άγκιστρα και έχουν ακτινωτές προεκτάσεις είναι προάγγελοι κακοκαιρίας και δηλώνουν ότι πλησιάζει το θερμό μέτωπο κάποιου βαρομετρικού χαμηλού. Μερικές φορές τα cirrus με μορφή φαρυδιάς λευκής ζώνης, δηλώνουν την παρουσία αεροχειμάρρου (jet stream) στην ανώτερη ατμόσφαιρα.

Θυσσανοσωρείτες (Cirrocumulus, Cc): Είναι λεπτά και λευκά νέφη που δεν δημιουργούν σκιές αποτελούνται από παγοκρυστάλλους ή υδρατμούς σε υπέρτηξη. Η παρουσία των θυσσανοσωρειτών γενικά προαναγγέλλει ένα θερμό μέτωπο.

Θυσσανοστρώματα (Cirrostratus, Cs): Είναι διαφανές στρώμα νέφους, υπόλευκο συμπαγές με ινώδη εμφάνιση. Όταν καλύπτει ολόκληρο τον ουρανό, δεν κρύβει τον ήλιο και μερικές φορές δημιουργεί φωτεινούς κύκλους γύρω απ' αυτόν, ακόμα και γύρω από το φεγγάρι (οπτικό φαινόμενο άλως). Αποτελείται από παγοκρυστάλλους. Όταν εμφανίζονται σαν στρώμα που προοδευτικά απλώνεται και γεμίζει τον ουρανό, αυτό σημαίνει ότι πλησιάζει θερμό μέτωπο κάποιου βαρομετρικού χαμηλού με επακόλουθα βροχών κ.λπ.

Μέσα νέφη:

Υψισωρείτες (Alto cumulus, Ac) : Είναι νέφη που εμφανίζονται πολύ συχνά. Έχουν σχήμα σχεδόν σφαιρικών μαζών ή κυλίνδρων, συνήθως χωρισμένων μεταξύ τους, με λεπτή ή λίγο γκριζωπή απόχρωση. Αποτελούνται από υδροσταγονίδια και όταν οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές περιέχουν παγοκρυστάλλους. Μερικές φορές μοιάζουν με cirrocumulus, αλλά εάν κάνουν σκιές τότε είναι altocumulus. Τα νέφη αυτά συνήθως δεν συνοδεύονται με άσχημο καιρό. Όταν όμως εμφανίζονται σαν παράλληλοι ρόλοι προειδοποιούν ότι προηγούνται κάποιου θερμού μετώπου, με επακόλουθα βροχών ή και κακοκαιρίας. Όταν τα altocumulus εμφανίζονται με μορφή πυργίσκου που αναπτύσσεται προς τα επάνω, συνήθως προηγούνται ισχυρών βροχών και καταιγίδων.

Υψιστρώματα (Altostratus, As): Είναι λευκό ή γκριζωπό συνεχές στρώμα νέφους, ομοιόμορφης εμφάνισης και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του ουρανού ή ολόκληρο τον ουρανό. Τα altostratus μερικές φορές μοιάζουν με τα cirrostratus, αλλά διαφέρουν απ' αυτά γιατί έχουν σκουρότερη απόχρωση. Ο ήλιος και η σελήνη φαίνονται πολύ αμυδρά σαν να είναι πίσω από θαμπό γυαλί. Αποτελούνται από υδροσταγόνες ή παγοκρυστάλλους εάν επικρατούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι νέφη που δίνουν βροχή ή χιόνια. Εφ' όσον το στρώμα τους συνεχώς αναπτύσσεται και πυκνώνει, προειδοποιούν ότι πλησιάζει βαρομετρικό χαμηλό με

επακόλουθα βροχής ή χιονιού, περιορισμένης ορατότητας, αύξησης του ανέμου και υψηλού κυματισμού. Συνήθως ακολουθούν και καταιγιδοφόρα νέφη cumulonimbus.

Κατώτερα νέφη:

Στρώματα (Stratus, St): Είναι ένα ομοιόμορφο στρώμα σύννεφου γκριζωπής απόχρωσης που πολλές φορές φτάνει και ακουμπάει στην επιφάνεια της θάλασσας ή της ξηράς και δύσκολα ξεχωρίζεται από την πυκνή ομίχλη. Τα stratus δεν έχουν μεγάλο ύψος ούτε πάχος. Δεν δίνουν βροχή και σπάνια δίνουν ψεκάδες (ψιχάλισμα).

Στρωματοσωρείτες (Stratocumulus, Sc): Είναι νέφη οριζόντιας ανάπτυξης, μοιάζουν με ακανόνιστα χρώματα λευκής ή γκριζωπής απόχρωσης με σκοτεινές επιφάνειες οι οποίες φαίνονται σαν κινούμενες σκιές. Μερικές φορές μοιάζουν με νέφη altocumulus, αλλά είναι πολύ χαμηλότερα και συνήθως σκουρότερα. Αποτελούνται από υδροσταγονίδια εκτός των περιπτώσεων όπου οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές και επιτρέπουν τη δημιουργία παγοκρυστάλλων. Δημιουργούν ασθενείς βροχές ή και ψεκάδες (ψιχάλισμα) ή και ασθενή χιονόπτωση.

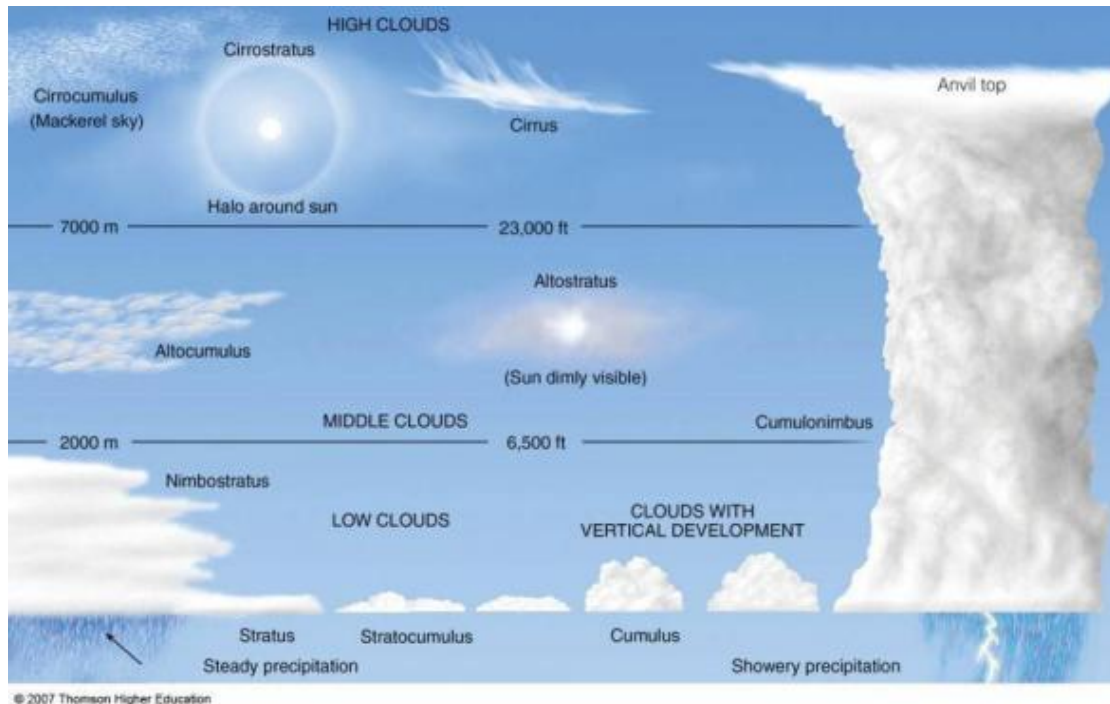
Μελανοστρώματα (Nimbostratus, Ns): Είναι πυκνό στρώμα νεφών με σκούρα γκρι απόχρωση. Είναι χαμηλότερα από τα altocumulus και τα altostratus και λόγω της πυκνότητάς τους κρύβουν εντελώς τον ήλιο. Συνήθως συνυπάρχουν και άλλα ακανόνιστα νέφη κάτω από αυτά. Δίνουν συνεχείς βροχές και χιόνια τους χειμερινούς μήνες.

Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης:

Σωρείτες (Cumulus, Cu): Είναι πυκνά νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης με μορφή λοφίσκων ή πύργων και ευκρινώς ξεχωρίζουν μεταξύ τους. Η πλευρά της επιφάνειάς τους που φωτίζεται από τον ήλιο έχει λευκό φωτεινό χρώμα ενώ η πλευρά την οποία δεν βλέπει ο ήλιος είναι γκριζωπή και η βάση τους σκουρότερη. Εμφανίζονται πολύ συχνά και συνήθως καλύπτουν το 25% του ουρανού. Γενικά είναι νέφη καλοκαιρίας και χαρακτηρίζουν λίγο νεφελώδη καιρό. Όταν όμως έχουν μεγάλη κατακόρυφη ανάπτυξη, με αρκετά ογκώδη εμφάνιση δημιουργούν όμβρους. Στο στάδιο αυτό της ανάπτυξής τους, τείνουν να μετασχηματιστούν σε καταιγιδοφόρα νέφη cumulonimbus.

Σωρειτομελανίες (Cumulonimbus ,Cb): Είναι αρκετά πυκνό σύννεφο, μεγάλης κατακόρυφης ανάπτυξης με μορφή βουνού ή τεράστιου πύργου. Η κορυφή του μπορεί να είναι περίπου σφαιρική ή σχεδόν επίπεδη και να μοιάζει με άκμονα. Τα νέφη cumulonimbus που είναι καταιγιδοφόρα νέφη, είναι τα περισσότερα επικίνδυνα νέφη. Όταν βρεθούμε κάτω από σύννεφο cumulonimbus, ο ουρανός φαίνεται πολύ σκοτεινός, εκδηλώνεται δυνατή βροχή ή καταιγίδα, και ακόμα καμιά φορά χαλάζι ή χιόνι, εφ' όσον το επιτρέπουν οι συνθήκες θερμοκρασιών ενώ ακολουθούνται από αστραπές και βροντές. Οι άνεμοι στην επιφάνεια της θάλασσας

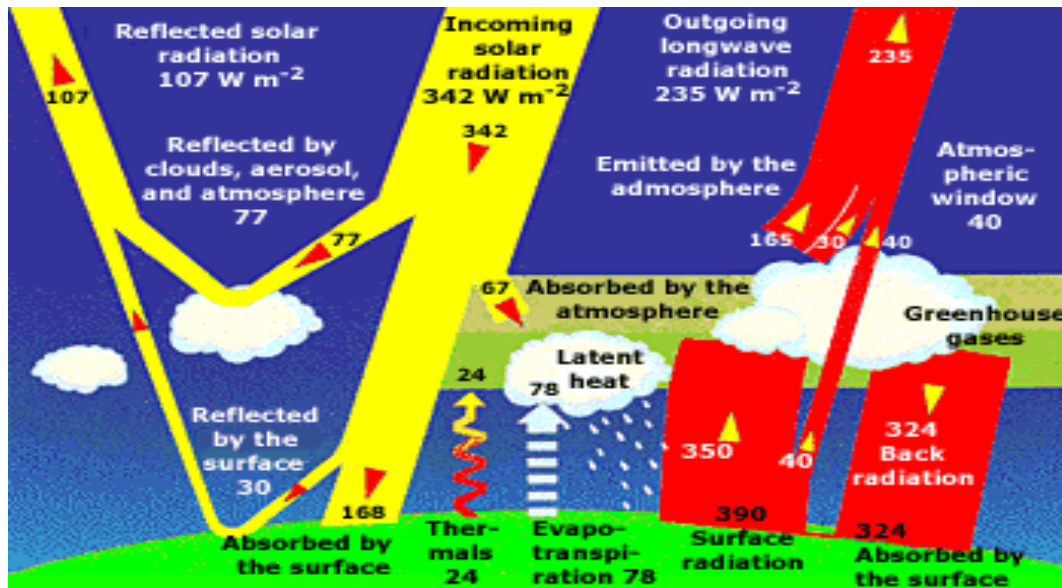
ή της ξηράς κάτω απ' αυτά τα νέφη είναι ισχυροί ή και θυελλώδεις, συνήθως 25 με 40 κόμβοι (4 με 8 Μποφόρ) περίπου στις άκρες του σύννεφου.



Σχήμα 1.1: Είδη νεφών.

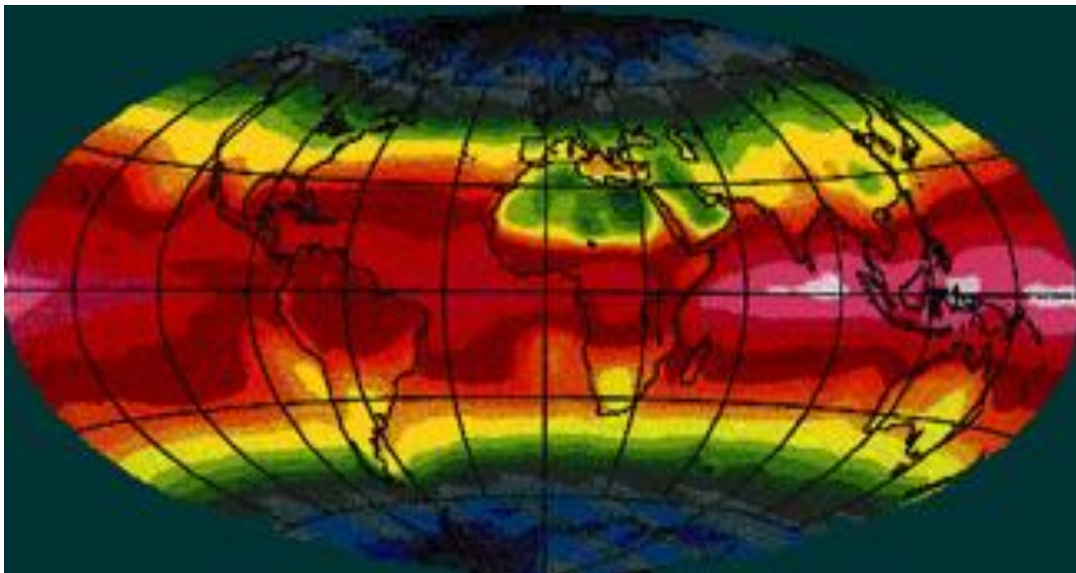
Συνεισφορά των νεφών στο ενεργειακό ισοζύγιο

Τα νέφη ανακλούν σημαντικό μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα (περίπου 22%) και έτσι μειώνεται η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης. Με αυτόν τον τρόπο τα νέφη ψύχουν τον πλανήτη. Όμως τα νέφη απορροφούν μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη γη και την επανεκπέμπουν στην επιφάνεια της συμβάλλοντας έτσι στη θέρμανση της επιφάνειας της γης. Συνολικά κατά μέσο όρο η συνεισφορά των νεφών στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας του πλανήτη φαίνεται να είναι η ψύξη.



Σχήμα 1.2: Ενεργειακό ισοζύγιο συστήματος γης – ατμόσφαιρας.

Αυτό μπορεί να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με τη διαθέσιμη ακτινοβολία, η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και από την θερμοκρασία της επιφάνειας της γης. Έτσι τα νέφη γενικά συμβάλουν στη θέρμανση στα μικρά γεωγραφικά πλάτη και στην ψύξη στα μεγάλα με σταδιακή μεταβολή στα μέσα γεωγραφικά πλάτη



Σχήμα 1.3: Συνεισφορά των νεφών στη θέρμανση του πλανήτη

Στο Σχήμα (1.3) φαίνεται συνεισφορά των νεφών ως εξής: Η καθαρή ακτινοβολία είναι γενικά θετική σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη (αυξήσεις στη θέρμανση που αντιπροσωπεύονται από τα χρώματα πορτοκαλί, κόκκινο και ροζ) και αρνητική σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (αυξήσεις στην ψύξη που αντιπροσωπεύονται από πράσινο και μπλε χρώμα)

1.2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ, ΙΣΟΒΑΡΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ, ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ

Ως ατμοσφαιρική πίεση ορίζουμε την πίεση, δηλαδή την δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας, που ασκεί η ατμόσφαιρα στην επιφάνεια του εδάφους ή σε κάποιο ύψος από αυτό. Διακρίνεται σε στατική και δυναμική. Η στατική πίεση είναι η ατμοσφαιρική πίεση που οφείλεται στο βάρος της υπερκείμενης ατμοσφαιρικής στήλης, ενώ δυναμική είναι η πίεση που οφείλεται στην κίνηση του αέρα και λαμβάνεται υπόψη σε ειδικές περιπτώσεις. Η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται τόσο κατακόρυφα όσο και οριζόντια. Οι οριζόντιες μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Ισοβαρείς καμπύλες: Όταν, κάποια χρονική στιγμή, πάνω σε έναν γεωγραφικό χάρτη ενώνονται όλα τα σημεία που έχουν την ίδια τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης τότε προκύπτει μία καμπύλη γραμμή που λέγεται «ισοβαρής καμπύλη». Είναι προφανές ότι οι ισοβαρείς αυτές καμπύλες δεν συμπίπτουν και ούτε τέμνονται. Ο χάρτης που προκύπτει έτσι ως εικόνα λέγεται "χάρτης καιρού" επιφάνειας. Σημειώνεται ότι στους χάρτες αυτούς όλες οι τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι ανηγμένες σε υψόμετρο μηδέν δηλ. στη Μέση Στάθμη Θάλασσας (ΜΣΘ). Οι χάρτες αυτοί αποτελούν στην πράξη ένα από τα βασικότερα εργαλεία του Μετεωρολόγου για τη ανάλυση και την πρόγνωση του καιρού.

Ισοβαρικές επιφάνειες: Ο γεωμετρικός τόπος των σημείων στην ατμόσφαιρα που κάποια χρονική στιγμή έχουν την ίδια τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης (P) είναι επιφάνεια που ονομάζεται «ισοβαρική επιφάνεια». Τα σημεία αυτά βρίσκονται προφανώς πάνω από μία εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή σε διαφορετικά ύψη.

Οι καμπύλες που περιλαμβάνουν οι χάρτες καιρού ανώτερης ατμόσφαιρας ονομάζονται «ισοϋψείς καμπύλες» γιατί ακριβώς περνούν από τόπους πάνω από τους οποίους η συγκεκριμένη ισοβαρική επιφάνεια (π.χ. των 500 hPa) έχει το ίδιο γεωδυναμικό ύψος. Οι μορφές-εικόνες των ισοϋψών καμπύλων είναι αντίστοιχες με εκείνες των ισοβαρών. Επικρατούν κυρίως οι μορφές της «έξαρσης των ισοϋψών» και του «αυλώνα των ισοϋψών». Αποδεικνύεται ότι στα ύψη αυτά των ισοβαρικών επιφανειών ο άνεμος πνέει κατά μήκος των ισοϋψών καμπύλων. Δηλ. οι ισοϋψείς καμπύλες μπορεί να θεωρούνται και ως ρευματογραμμές. Έτσι με τη θεώρηση των χαρτών αυτών του καιρού είναι δυνατόν να υπάρχει μια καλή εκτίμηση για το είδος της «κυκλοφορίας» των αερίων μαζών σε διάφορα ύψη μέσα στην ατμόσφαιρα.

Το γεωδυναμικό ύψος των ισοβαρικών επιφανειών: Ως γνωστόν το γεωδυναμικό ή δυναμικό του πεδίου βαρύτητας (G) του πεδίου βαρύτητας της γης, ανά μονάδα μάζας, σε ύψος z δίδεται από τη σχέση:

$$G = \int_0^z g dz$$

Με g : η επιτάχυνση της βαρύτητας στην περιοχή που μελετάται

Και z το ύψος ανύψωσης

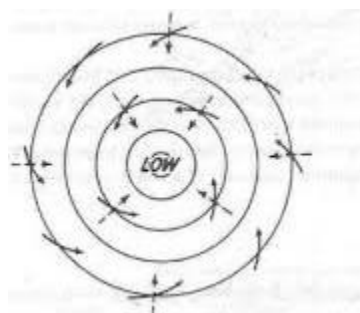
Διαιρώντας τη σχέση αυτή με το g_0 (δηλαδή το g στις 450 που είναι το μέσο g πάνω στην επιφάνεια της γης) παίρνουμε μια νέα παράμετρο H , η οποία στη μετεωρολογία ονομάζεται γεωδυναμικό ύψος (gph)

$$H = G/g$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι H και z εκφράζονται με τον ίδιο αριθμό περίπου. Η μονάδα μέτρησης του H δεν είναι προφανώς το γεωμετρικό μέτρο (m) αλλά το «γεωδυναμικό μέτρο» gpm , στους πόλους: $g_p = 9.83 \text{ m/s}^2 \Rightarrow 1 \text{ gpm} = 1.003 \text{ m}$ και στον ισημερινό: $g_{\epsilon} = 9.78 \text{ m/s}^2 \Rightarrow 1 \text{ gpm} = 0.998 \text{ m}$.

1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙΡΟΥ:

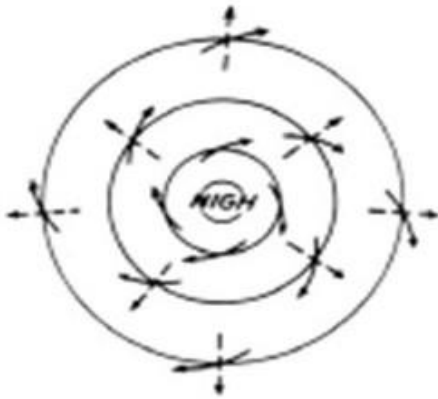
Βαρομετρικό χαμηλό ή ύφεση ή κυκλώνας (Low): Ονομάζεται το σύστημα στο οποίο η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Σε ένα χάρτη καιρού η ύφεση απεικονίζεται με κλειστές ισοβαρείς καμπύλες και συμβολίζεται με το γράμμα X ή L (Low). Ο άνεμος γύρω από ένα χαμηλό κινείται αντίθετα από τους δείκτες του ρολογιού στο βόρειο ημισφαίριο. Το αντίθετο συμβαίνει στο νότιο ημισφαίριο. Ο άνεμος συγκλίνει προς το κέντρο με αποτέλεσμα τη δημιουργία ανοδικών κινήσεων πάνω από το σύστημα και τον σχηματισμό νεφών και βροχής. Γι αυτό μια ύφεση έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό της την κακοκαιρία. Τα βαρομετρικά χαμηλά διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ένταση των φαινομένων, αλλά συνήθως χαρακτηρίζονται από νέφωση, βροχόπτωση, ισχυρούς ή και θυελλώδεις ανέμους. Η κίνηση των υφέσεων στα μέσα γεωγραφικά πλάτη (Βόρειο Ημισφαίριο) γίνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά.



Σχήμα 1.4: Ύφεση.

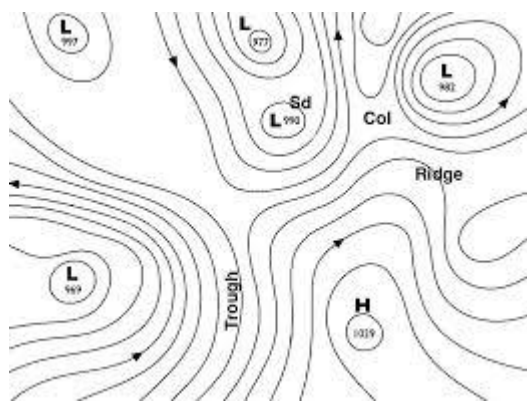
Βαρομετρικό υψηλό ή αντικυκλώνας (High): ονομάζεται το σύστημα στο οποίο η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Σε ένα χάρτη καιρού το υψηλό απεικονίζεται με κλειστές ισοβαρείς καμπύλες και συμβολίζεται με το γράμμα Y ή H (High). Ο άνεμος γύρω από έναν αντικυκλώνα κινείται σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού στο βόρειο ημισφαίριο. Το αντίθετο συμβαίνει στο νότιο

ημισφαίριο. Ο άνεμος αποκλίνει από το κέντρο. Ο αέρας τότε πάνω από το σύστημα κινείται προς τα κάτω για να αντικαταστήσει τον αέρα που αποκλίνει. Ο αέρας, εξαιτίας αυτής της καθοδικής κίνησης, θερμαίνεται αδιαβατικά (adiabatic compression) με αποτέλεσμα να επικρατεί στην περιοχή καλοκαιρία και μέτριοι άνεμοι. Η βαροβαθμίδα (διαφορά βαρομετρικής πίεσης μεταξύ δύο περιοχών) που παρατηρείται σε ένα υψηλό είναι μικρότερη από μια ύφεση και έτσι οι άνεμοι είναι ασθενέστεροι.



Σχήμα 1.5: Αντικυκλώνας

Η μορφή των ισοβαρών που έχει την έννοια της αντικυκλωνικής προεξοχής σε σχήμα παρόμοιο του γράμματος (Λ) περίπου ονομάζεται «έξαρση των ισοβαρών» ή «Σφήνας Υψηλών Πίεσεων (Ridge)» Ενώ η μορφή των ισοβαρών που έχει την έννοια της κυκλωνικής προεξοχής σε σχήμα παρόμοιο του γράμματος V περίπου ονομάζεται «Αυλώνας Χαμηλών πιέσεων» ή «Σκάφη Χαμηλών Πίεσεων (Trough)»



Σχήμα 1.6: Παράδειγμα χάρτη ισοβαρών καμπυλών

Η νέφωση είναι μια σημαντική κλιματολογική παράμετρος καθώς επηρεάζει το ισοζύγιο της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα αλλά και στην

επιφάνεια της γης (Hatzianastasiou et. al 2004). Η περιοχή της Μεσογείου το χειμώνα επηρεάζεται από τους δυτικούς ανέμους (westerlies), έχει έντονη κυκλωνική δραστηριότητα λόγω ορογραφίας και βαροκλιτικότητας στις βόρειες ακτές της (Trigo et.al. 2002). Άλλος ένας παράγοντας που ευνοεί τη δημιουργία κυκλώνων είναι και η θερμότερη επιφάνεια της θάλασσας σε σχέση με τον αέρα (Albert et. al. 1990, Lolis et. al. 2004). Το καλοκαίρι η επίδραση του υποτροπικού αντικυκλώνα τον Αζορών σε συνδυασμό με την ψυχρότερη επιφάνεια της θάλασσας σε σχέση με τον αέρα, δεν εύνουν το σχηματισμό νεφών. Ο συνδυασμός του υποτροπικού αντικυκλώνα των Αζορών με το χαμηλό της Νοτιοδυτικής Ασίας είναι υπεύθυνος για την επικράτηση του ετησίου ανέμου (μελέτμια) (Carariperis 1951, Katsoulis 1970, Metaxas 1973, Metaxas et. al. 1998, Maheras 2001). Άλλοι ερευνητές που έχουν ασχοληθεί τη νέφωση, τη βροχόπτωση και άλλες παραμέτρους σε συνδυασμό με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία στην περιοχή των Βαλκανίων τις Μεσογείου της Ελλάδος και γενικότερα της Ευρώπης είναι οι (Bartzokas 2003, Dukenhof and Jacobeit 2003, Ioannidis et al. 2016, 2018, Kotsias and Lolis. 2018, Lolis 2007, 2009, 2012, Lolis et al. 2004, 2008, 2020, Χορλακι 2000, Ziv et al 2004, Wibig 1999 Quadrelli et al 2001).

Στην παρούσα εργασία, μελετάται η νέφωση στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων κατά τη δεκαετία (2008-2017) σε σχέση με τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας πάνω από την ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης και συγκεκριμένα με τα γεωδυναμικά ύψη στις στάθμες των 500 και 1000 hPa. Το πλεονέκτημα της παρούσας εργασίας είναι ότι επεξεργάστηκε δεδομένα από τη βάση δεδομένων ERA 5 η οποία έχει διαθέσιμα δεδομένα με πυκνότητα πλεγματικών σημείων $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Ο τρόπος με τον οποίο έγινε η επεξεργασία των δεδομένων καθώς και ο τρόπος που συσχετίστηκαν αυτά μεταξύ τους περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτής παρατίθενται στο κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας .

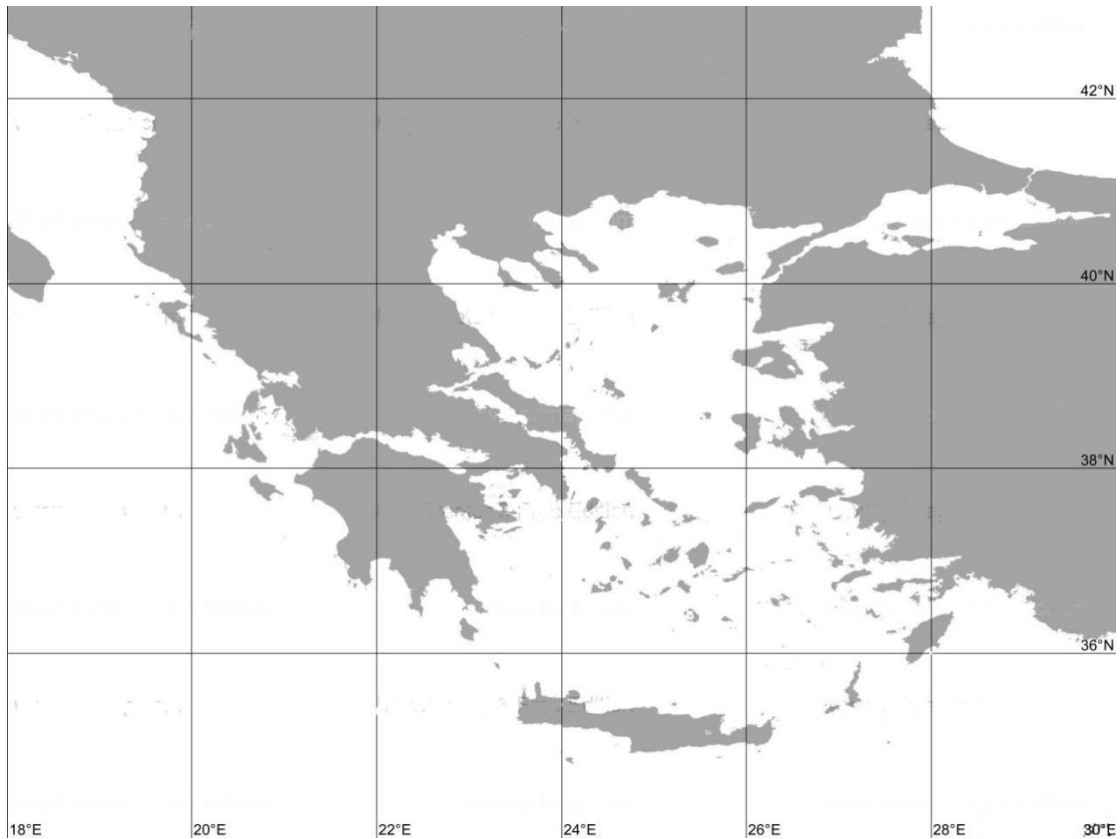
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

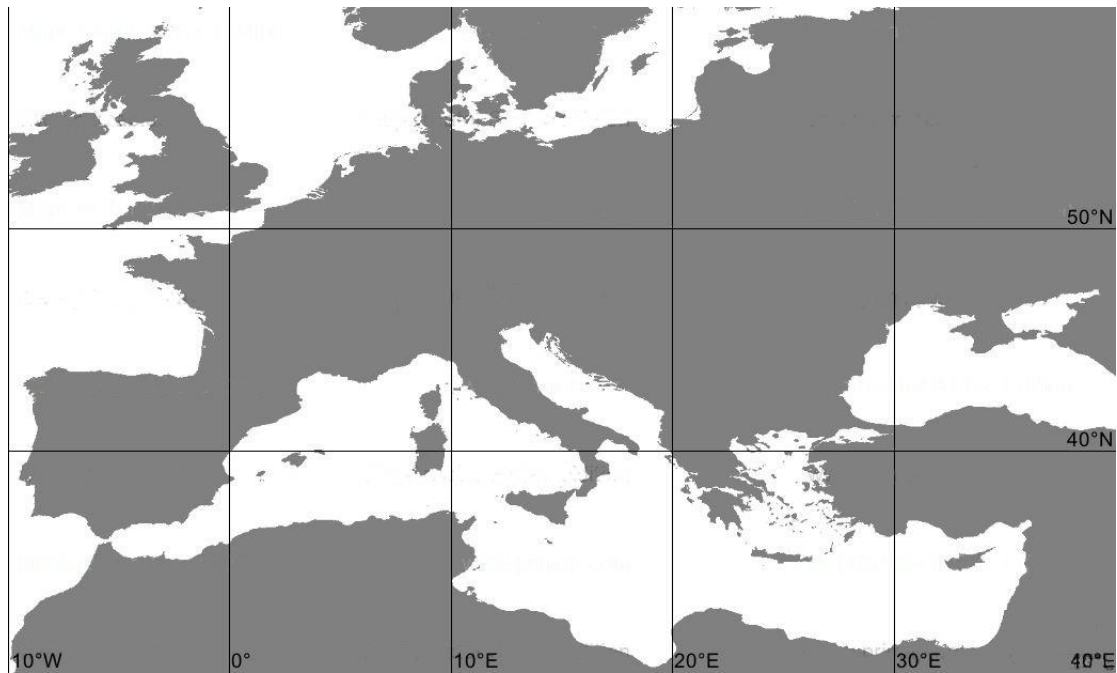
Στην παρούσα εργασία μελετάται το καθεστώς της νέφωσης στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων και η σχέση του με τη ατμοσφαιρική κυκλοφορία στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης στις ισοβαρικές επιφάνειες των 500 και 1000 hPa. Πιο συγκεκριμένα οι περιοχές που μελετώνται είναι:

- 1) Για τα νότια Βαλκάνια είναι η περιοχή μεταξύ των παραλλήλων 34° και 43° Β. και των μεσημβρινών 18° και 30° Α. όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα.



Σχήμα 2.1: Η περιοχή μελέτης των νοτίων Βαλκανίων.

- 2) Η ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης και Μεσογείου μεταξύ των παραλλήλων 30° και 60° Β. και μεταξύ των μεσημβρινών 10° Δ. και 30° Α. όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα.



Σχήμα 2.2: Η περιοχή μελέτης Ευρώπης και Μεσογείου μεταξύ 30° και 60° Β και 10°Δ 30° Α.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

α) Ημερήσιες τιμές νέφωσης για το υπό εξέταση χρονικό διάστημα από 1/1/2008 έως 31/12/2017 στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων για την ώρα 12:00 UTC.

β) Ημερήσιες τιμές γεωδυναμικών υψών για το ίδιο χρονικό διάστημα στις ισοβαρικές επιφάνειες των 500 και 1000 hPa στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης και Μεσογείου.

Ως προς τη νέφωση, τα δεδομένα έχουν ληφθεί σε πλεγματικά σημεία $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ από τη βάση δεδομένων ERA 5, η οποία χρησιμοποιεί παρατηρήσεις από δορυφόρους και επίγειες μετρήσεις και δίνει αποτελέσματα από επεξεργασία με αριθμητικό μοντέλο. Τα δεδομένα για το γεωδυναμικό ύψος στις στάθμες των 500 και 1000 hPa έχουν ληφθεί σε πλεγματικά σημεία $1^\circ \times 1^\circ$ από την ίδια βάση δεδομένων

2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τρεις στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης των δεδομένων και είναι οι εξής: α) Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis, FA), β) Ανάλυση κατά Συστάδες (Cluster Analysis, CA) και γ) Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης (Canonical Correlation Analysis, CCA).

2.2.1 Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis, FA)

Η Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis, FA) είναι μια στατιστική μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για να περιγραφεί μια ομάδα p γενικά συσχετιζόμενων μεταξύ τους μεταβλητών X_1, X_2, \dots, X_p από ένα μικρότερο αριθμό νέων, ασυσχέτιστων μεταξύ τους μεταβλητών, αυτοί είναι οι παράγοντες (factors), έτσι ώστε να μειωθεί η διαστατικότητα των αρχικών δεδομένων και να εξεταστεί η σχέση μεταξύ των X_1, X_2, \dots, X_p . Κάθε μία από τις p αρχικές μεταβλητές μπορεί να εκφρασθεί ως γραμμικός συνδυασμός m ($m < p$) των ασυσχέτιστων μεταβλητών. Θα ισχύει λοιπόν:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m \quad (2.1)$$

όπου F_1, F_2, \dots, F_m είναι οι καινούργιες μεταβλητές (παράγοντες, factors) και $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$ τα φορτία των παραγόντων (factor loadings) τα οποία εκφράζουν τη συσχέτιση της μεταβλητής X_i με κάθε έναν από τους παράγοντες. Το άθροισμα $\sum_{j=1}^m a_{ij}^2$ καλείται 'communality' της X_i και αποτελεί το τμήμα της διακύμανσης της, που ερμηνεύεται από το σύνολο των m παραγόντων. Οι τιμές των κανονικοποιημένων παραγόντων (factor scores) έχουν μέση τιμή ίση με το μηδέν και διακύμανση ίση με τη μονάδα (Manly 1986, Jolliffe 1986, 1990, 1993).

Ο αριθμός m των factors που πρέπει να διατηρηθούν επιλέγεται με τη χρήση κάποιου από τα παρακάτω κριτήρια. Το κριτήριο GUTTMAN, σύμφωνα με το οποίο ο αριθμός των παραγόντων που διατηρούνται πρέπει να είναι ίσος με τον αριθμό των ιδιοτιμών του πίνακα συσχετίσεων των αρχικών μεταβλητών με τιμή μεγαλύτερη από τη μονάδα. Κατά το κριτήριο SCREE ο αριθμός αυτός πρέπει να ισούται με τον αριθμό των σημείων που αποκλίνουν από μία ευθεία γραμμή σε ένα διάγραμμα όπου παρατίθενται οι ιδιοτιμές του πίνακα συσχετίσεων των αρχικών μεταβλητών με φθίνουσα σειρά. Το κριτήριο LEV διαφέρει από το SCREE στο ότι αντί για τις ιδιοτιμές χρησιμοποιείται ο λογάριθμός αυτών. Τέλος, στο κριτήριο MONTE CARLO, ο αριθμός των παραγόντων πρέπει να ισούται με τον αριθμό των ιδιοτιμών που είναι μεγαλύτερες από το 95% αυτών που προκύπτουν χρησιμοποιώντας τυχαία δεδομένα (Horel 1981, Overland and Preisendorfer 1982, Jolliffe 1986, Rogers 1990). Στην παρούσα εργασία για την επιλογή του αριθμού των παραγόντων έχει χρησιμοποιηθεί το κριτήριο SCREE. Ανεξάρτητα όμως από τα αποτελέσματα κάθε ενός απ' τα παραπάνω κριτήρια, ο αριθμός των παραγόντων που διατηρούνται πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε τα αποτελέσματα που προκύπτουν να έχουν όσο είναι δυνατόν καλύτερη φυσική ερμηνεία (Bartzokas and Metaxas 1993). Η «περιστροφή των αξόνων» είναι μια διαδικασία που δημιουργεί νέους παράγοντες οι οποίοι εκφράζουν διαφορετικά ποσοστά της ολικής διακύμανσης από αυτά των παλαιών, διατηρώντας όμως σταθερή την ολική διακύμανση των m παραγόντων. Η περιστροφή αυτή επιτυγχάνει καλύτερη διάκριση μεταξύ των αρχικών μεταβλητών, χρησιμοποιώντας τα φορτία των παραγόντων. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη κατάταξή τους στον κάθε παράγοντα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι περιστροφών, όπως

για παράδειγμα η περιστροφή 'varimax', η οποία αποτελεί την καταλληλότερη μορφή ορθογωνίας περιστροφής. Στηρίζεται στο ότι η ερμηνευτική ικανότητα κάποιου παράγοντα εκφράζεται ποσοτικά με τη διακύμανση των τετραγώνων των αντίστοιχων φορτίων. Η περιστροφή 'varimax' μεγιστοποιεί αυτές τις διακυμάνσεις για όλους τους παράγοντες, διατηρώντας τους πλέον ασυσχέτιστους (Richman, 1986).

Οι μεταβλητές X_1, X_2, \dots, X_p είναι χρονοσειρές της νέφωσης, σε p διαφορετικά σημεία του χώρου. Η περίπτωση αυτή κατά την οποία ομαδοποιούνται χρονοσειρές μιας κλιματικής παραμέτρου που αναφέρονται σε διαφορετικά σημεία του χώρου αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως S-MODE (Richman 1986). Εφαρμόζοντας την Παραγοντική Ανάλυση στην ομάδα των p χρονοσειρών, ομαδοποιούμε χρονοσειρές που παρουσιάζουν μεγάλη συσχέτιση με κάποιον από τους παράγοντες που προέκυψαν άρα και υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους. Ομαδοποιούμε δηλαδή σημεία τα οποία παρουσιάζουν ομοιότητες ως προς τη χρονική διακύμανση της συγκεκριμένης παραμέτρου. Έτσι πετυχαίνεται η περιγραφή της ομάδα των p χρονοσειρών με m νέες χρονοσειρές, τους παράγοντες, οι οποίες εκφράζουν μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να μελετήσουμε m γεωγραφικές περιοχές, αντί p γεωγραφικά σημεία. Κάθε ένας από τους παράγοντες παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με τις πραγματικές χρονοσειρές των σημείων αυτών των περιοχών, χωρίς όμως να ταυτίζεται με καμία από αυτές. Κάθε παράγοντας αποτελεί μία τεχνητή χρονοσειρά που μπορεί, λόγω του μεγάλου συντελεστή συσχέτισής της με κάποιες από τις αρχικές χρονοσειρές, να αντιπροσωπεύει το σύνολο αυτών των χρονοσειρών, εκφράζοντας τη χρονική διακύμανση της υπό εξέτασης κλιματικής παραμέτρου σε μία ευρύτερη γεωγραφική περιοχή.

2.2.2 Ανάλυση κατά Συστάδες (Cluster Analysis, CA)

Η Ανάλυση κατά Συστάδες (Sharma, 1996) αποτελεί μία στατιστική μέθοδο, που έχει ως σκοπό να κατατάξει ένα πλήθος n παρατηρήσεων, που περιγράφονται από m μεταβλητές, σε k ομάδες, ώστε η κάθε ομάδα να παρουσιάζει όσο το δυνατό μεγαλύτερο βαθμό ομοιογένειας, αλλά και να διαφέρει όσο το γίνεται περισσότερο από τις υπόλοιπες ομάδες. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιούνται οι αποστάσεις των παρατηρήσεων στον m -διάστατο χώρο, ένα μέτρο των οποίων είναι η ευκλείδεια απόσταση όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση.

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{l=1, m} (x_{il} - x_{jl})^2}$$

όπου D_{ij} είναι η απόσταση μεταξύ της i και της j παρατήρησης, x_{il} είναι η τιμή της l μεταβλητής για την i παρατήρηση, x_{jl} είναι η τιμή της l μεταβλητής για την j

παρατήρηση και m είναι το πλήθος των μεταβλητών, που περιγράφουν κάθε παρατήρηση.

Για να αποφευχθεί η επίδραση των διαφορετικών κλιμάκων στις οποίες μετρώνται οι μεταβλητές, οι τιμές των μεταβλητών κανονικοποιούνται, ώστε όλες οι μεταβλητές να έχουν μέση τιμή ίση με το μηδέν και διακύμανση ίση με τη μονάδα.

Δύο είναι βασικές τεχνικές για την κατάταξη των παρατηρήσεων σε ομάδες, η ιεραρχική και η μη ιεραρχική (K-Means).

Ιεραρχική Ανάλυση κατά Συστάδες

Η ιεραρχική αρχίζει με την παραδοχή ότι η κάθε παρατήρηση αποτελεί από μόνη της μία ομάδα. Λαμβάνοντας στη συνέχεια υπόψη τις αποστάσεις των παρατηρήσεων μεταξύ τους ομαδοποιεί τις δύο περισσότερο κοντινές. Στη συνέχεια υπολογίζονται από την αρχή οι αποστάσεις των παρατηρήσεων ή των ομάδων μεταξύ τους και ομαδοποιούνται πάλι 2 πιο κοντινές. Για τον υπολογισμό της απόστασης μίας ομάδας από μία παρατήρηση ή από μία άλλη ομάδα χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι οι οποίες δε θα αναφερθούν καθώς δε χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία

Η ιεραρχική μέθοδος λοιπόν ξεκινάει με πολλές ομάδες, όσες και οι παρατηρήσεις και καταλήγει σε μία ομάδα, η οποία περιέχει όλες τις παρατηρήσεις. Τα στάδια αυτής της διαδικασίας μπορούν να παρουσιαστούν σε ένα δενδρόγραμμα, το οποίο όμως ενδεχομένως να είναι δυσανάγνωστο όταν το πλήθος των παρατηρήσεων είναι μεγάλο. Αφού γίνουν όλα τα στάδια ομαδοποίησης ακολουθεί η εκτίμηση του πλήθους των ομάδων που πρέπει να διατηρηθούν. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν διάφοροι στατιστικοί δείκτες οι οποίοι υπολογίζονται σε κάθε στάδιο της ανάλυσης (Sharma, 1996) και δείχνουν το πλήθος των ομάδων που πρέπει να διατηρηθούν ώστε να είναι ομοιογενείς και όσο γίνεται διαφορετικές μεταξύ τους.

Μη ιεραρχική Ανάλυση κατά Συστάδες K –Means

Σε αυτή τη μέθοδο θεωρείται γνωστός ο αριθμός των ομάδων που πρέπει να διατηρηθούν εκ των προτέρων. Γι αυτό πρέπει με κάποιον τρόπο να έχει διαπιστωθεί πόσες ομάδες μπορεί να υπάρχουν στα αρχικά δεδομένα, είτε πρέπει η μέθοδος να εφαρμοστεί πολλές φορές, για διαφορετικό αριθμό ομάδων, και με τα κατάλληλα κριτήρια να επιλέξουμε το πλήθος των ομάδων, που πρέπει να διατηρηθούν. Τα βήματα της διαδικασίας που ακολουθείται είναι τα εξής:

I. Επιλογή των αρχικών κέντρων των k ομάδων. Αυτό γίνεται ακολουθώντας διάφορες διαδικασίες η πιο συνηθισμένη από τις οποίες είναι η παρακάτω.

- i. Επιλογή των k πρώτων παρατηρήσεων ως αρχικά κέντρα.
- ii. Υπολογισμός των αποστάσεων των κέντρων μεταξύ τους και των αποστάσεων των υπόλοιπων παρατηρήσεων από κέντρα αυτά.
- iii. Εάν η απόσταση δύο κέντρων μεταξύ τους είναι μικρότερη από την απόσταση κάποιας παρατήρησης από ένα από αυτά τα κέντρα, τότε από τα δύο κέντρα, αυτό με τη μικρότερη απόσταση από την παρατήρηση, αντικαθίσταται από αυτή την παρατήρηση.
- iv. Επανάληψη των βημάτων ii και iii έως ότου οι αποστάσεις των κέντρων μεταξύ τους να είναι όλες μεγαλύτερες από τις αποστάσεις κάθε παρατήρησης από κάθε κέντρο.

II. Κατάταξη της κάθε παρατήρησης σε μία ομάδα με κριτήριο η απόσταση της παρατήρησης από το κέντρο της ομάδας να είναι μικρότερη από την απόστασή της από τα κέντρα των άλλων ομάδων.

III. Μετά την ολοκλήρωση της κατάταξης όλων των παρατηρήσεων, γίνεται επαναπροσδιορισμός των κέντρων των ομάδων, παίρνοντας ως νέο κέντρο το διάλυμα των μέσων των παρατηρήσεων της ομάδας.

IV. Επανάληψη των βημάτων II και III, έως ότου να μην υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα προηγούμενα και στα νέα κέντρα των ομάδων.

Υπάρχουν αρκετές παραλλαγές αυτής της διαδικασίας, για την επιλογή των αρχικών κέντρων (βήμα I), που μπορεί να γίνει με τυχαία επιλογή των παρατηρήσεων, ή με τον καθορισμό τους από τον ερευνητή, αλλά και για τον επαναπροσδιορισμό των κέντρων των ομάδων (βήματα II και III), όπου ο υπολογισμός των καινούργιων κέντρων μπορεί να γίνεται αμέσως μόλις μία παρατήρηση φεύγει από κάποια ομάδα και κατατάσσεται σε κάποια άλλη (running means).

Μέθοδος Άλματος (Jump Method)

Στην παρούσα εργασία, για την επιλογή του πλήθους των ομάδων, χρησιμοποιείται η μέθοδος του “Άλματος” (“Jump” Method), η οποία προτείνεται από τους Sugar και James (2003) και βασίζεται στον υπολογισμό της στρέβλωσης (distortion), που αποτελεί ένα μέτρο της διασποράς (dispersion) των παρατηρήσεων σε κάθε ομάδα. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο εφαρμόζεται επανειλημμένα η K-Means Ανάλυση κατά Συστάδες, για διαφορετικό πλήθος ομάδων k κάθε φορά. Σε κάθε εφαρμογή της μεθόδου και εφόσον οι μεταβλητές που περιγράφουν κάθε

παρατήρηση είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους, υπολογίζεται η τιμή της στρέβλωσης d_k από την εξίσωση:

$$d_k = \frac{1}{m} \min_{c_1, \dots, c_k} E \left[(X - c_x)^T \Gamma^{-1} (X - c_x) \right], \quad (2.3)$$

Στην εξίσωση το m είναι το πλήθος των μεταβλητών που περιγράφουν την κάθε παρατήρηση, το X είναι μία m -διάστατη τυχαία παρατήρηση, το Γ είναι ο πίνακας των συνδιακυμάνσεων (covariance) των m μεταβλητών που περιγράφουν την κάθε παρατήρηση, τα c_1, c_2, \dots, c_k είναι τα κέντρα των k ομάδων και c_x το πιο κοντινό κέντρο στην παρατήρηση X . Τότε η στρέβλωση d_k είναι η μέση Mahalanobis απόσταση ανά διάσταση. Στην περίπτωση που οι m μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους, ο πίνακας Γ είναι ο μοναδιαίος και η στρέβλωση d_k γίνεται ίση με τη μέση τετραγωνική ευκλείδεια απόσταση (ή μέσο τετραγωνικό σφάλμα).

$$d_k = \frac{1}{m} \min_{c_1, \dots, c_k} E \left[(X - c_x)^2 \right] \quad (2.4)$$

Σε ένα γράφημα του d_k ως προς τον αριθμό k θα μπορούσαμε να επιλέξουμε τον αριθμό των ομάδων επιλέγοντας το k για το οποίο το d_k θα έπαυε να αλλάζει σημαντικά και η κλίση της καμπύλης στο γράφημα θα γινόταν σχεδόν οριζόντια. Αυτό θα σήμαινε ότι περαιτέρω διαχωρισμός σε ομάδες δεν θα είχε ως αποτέλεσμα την καλύτερη κατάταξη των παρατηρήσεων σε άλλες περισσότερο ομοιογενείς ομάδες, αλλά το διαχωρισμό των ήδη ομοιογενών ομάδων σε άλλες μικρότερες.

Σε ένα τέτοιο γράφημα είναι αρκετά δύσκολο να αποφασιστεί το ακριβές σημείο όπου η κλίση της καμπύλης γίνεται σχεδόν οριζόντια. Έτσι μετασχηματίζεται η καμπύλη d_k με την ύψωσή του σε μία αρνητική δύναμη. Αποδεικνύεται ότι η μετασχηματισμένη καμπύλη παρουσιάζει ένα άλμα για την τιμή του k , που αντιστοιχεί στο καταλληλότερο πλήθος των ομάδων, στις οποίες μπορούν να καταταχθούν οι παρατηρήσεις.

Ο περαιτέρω μετασχηματισμός της καμπύλης με αφαίρεση μεταξύ τους των συνεχόμενων τιμών των μετασχηματισμένων d_k , για τον υπολογισμό των αλμάτων, οδηγεί σε μία νέα καμπύλη, στην οποία η τιμή του k για την οποία παρουσιάζεται μέγιστη τιμή του άλματος αποτελεί το καταλληλότερο πλήθος ομάδων στις οποίες μπορούν να καταταγούν οι αρχικές παρατηρήσεις.

Τα βήματα που ακολουθούνται σε αυτή τη μέθοδο είναι τα εξής:

- Επανελημμένη εφαρμογή της Ανάλυσης κατά Συστάδες με τη μέθοδο K-Means, για διαφορετικό πλήθος ομάδων k κάθε φορά.
- Υπολογισμός των στρεβλώσεων d_k για κάθε εφαρμογή της K-Means.

- Επιλογή της δύναμης Y στην οποία θα υψωθεί η d_k για να μετασχηματιστεί. Τυπική τιμή του Y είναι το $Y = m/2$, όπου m το πλήθος των μεταβλητών.
- Υπολογισμός των αλμάτων στη μετασχηματισμένη στρέβλωση $J_k = d_k^{-Y} - d_{k-1}^{-Y}$
- Στο διάγραμμα του J_k ως προς τον αριθμό των k ομάδων, η τιμή k για την οποία αντιστοιχεί η μεγαλύτερη τιμή του J_k αποτελεί το καταλληλότερο πλήθος των ομάδων οι οποίες υπάρχουν στα αρχικά δεδομένα και στις οποίες μπορούν να καταταγούν οι παρατηρήσεις.

2.2.3. Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης (Canonical Correlation Analysis. CCA)

Η Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης είναι μια στατιστική μέθοδος που έχει ως στόχο να διερευνήσει τη συσχέτιση μεταξύ δύο ομάδων μεταβλητών. Σκοπός της είναι να καθορίσει αν η ανεξάρτητη (predictor) ομάδα μεταβλητών συσχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την εξαρτημένη (criterion) ομάδα. Ο χαρακτηρισμός των δυο ομάδων ως «εξαρτημένη» και «ανεξάρτητη» είναι πολλές φορές αυθαίρετος, αφού πολλές φορές στόχος της μεθόδου είναι απλά η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ δυο ομάδων μεταβλητών, από τις οποίες καμιά δεν μπορεί να θεωρηθεί, τουλάχιστον εκ των προτέρων, ως εξαρτημένη. Έστω δυο ομάδες μεταβλητών (X_1, X_2, \dots, X_p) , (Y_1, Y_2, \dots, Y_p) και

$$W_1 = \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 + \dots + \alpha_{1p}X_p \quad (2.5)$$

$$V_1 = b_{11}Y_1 + b_{12}Y_2 + \dots + b_{1p}Y_p \quad (2.6)$$

δυο γραμμικοί συνδυασμοί των επιμέρους στοιχείων κάθε ομάδας. Ο σκοπός της CCA είναι να υπολογίσει τους συντελεστές $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{1p}$ και $b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1p}$ έτσι ώστε ο συντελεστής συσχέτισης $C_1 = \text{cor}(W_1, V_1)$ μεταξύ των W_1 και V_1 να είναι μέγιστος. Οι εξισώσεις (2.5) και (2.6) ονομάζονται κανονικές εξισώσεις, οι W_1 και V_1 κανονικές μεταβλητές και C_1 κανονικός συντελεστής συσχέτισης. Ακολουθώντας τη παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται θεωρώντας δυο καινούργιους γραμμικούς συνδυασμούς

$$W_2 = \alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 + \dots + \alpha_{2p}X_p \quad (2.7)$$

$$V_2 = b_{21}Y_1 + b_{22}Y_2 + \dots + b_{2p}Y_p \quad (2.8)$$

τέτοιους ώστε ο συντελεστής $C_2 = \text{cor}(W_2, V_2)$ να είναι μέγιστος και επιπλέον να είναι ασυσχέτιστοι με τους W_1 και V_1 . Συνεχίζοντας την παραπάνω διαδικασία

δημιουργούμε $m=\min(p,q)$ δυάδες κανονικών μεταβλητών (W_1,V_1) , (W_2,V_2) , ..., (W_m, V_m) τέτοιες ώστε :

α) Οι αντίστοιχοι δείκτες κανονικής συσχέτισης $C_1 C_2 \dots C_m$ να είναι μέγιστοι

β) Να ισχύει $\text{cor}(V_j,V_k)=\text{cor}(W_j,W_k)=\text{cor}(W_j,V_k)=0, j \neq k$

Ο αριθμός των ζευγών των κανονικών μεταβλητών που είναι στατιστικά σημαντικά προσδιορίζεται με τη βοήθεια του στατιστικού κριτηρίου χ^2 . Όμως ο αριθμός των στατιστικά σημαντικών ζευγών δεν είναι πάντα ίδιος με τον αριθμό αυτών που κρίνονται σημαντικά από την άποψη της φυσικής ερμηνείας.

Στην παρούσα εργασία για να εφαρμόσουμε την πρώτη μέθοδο (Παραγοντική Ανάλυση) υπολογίστηκε ο μέσος όρος της τιμής της νέφωσης για κάθε ημέρα του έτους και υπολογίστηκε ο κυλιόμενος μέσος όρος ανά πενήνήμερο για να εξομαλυνθούν τυχόν εξάρσεις της νέφωσης που δεν οφείλονται στη φυσιολογική εποχική διακύμανση αυτής. Έπειτα με τη χρήση του κριτηρίου scree επιλέχθηκε ο κατάλληλος αριθμός παραγόντων. Έχουμε έτσι τη μέση ενδό-ετήσια διακύμανση της νέφωσης. Στη συνέχεια εφαρμόζουμε την Παραγοντική Ανάλυση στη μέση ενδο-ετήσια διακύμανση της νέφωσης για να βρούμε τους κύριους τύπους ενδοετήσιας διακύμανσης και σε ποιες γεωγραφικές περιοχές αντιστοιχούν. Στη συνέχεια αντιστρέφουμε τον πίνακα βάζοντας για γραμμές του τα γεωγραφικά σημεία και για στήλες τις ημέρες του έτους δημιουργώντας έτσι χωροσειρές στις οποίες εφαρμόζουμε εκ νέου την παραγοντική ανάλυση με σκοπό να βρούμε τους κύριους τύπους χωρικής κατανομής της νέφωσης καθώς και τις περιόδους του έτους που αντιστοιχούν.

Στο επόμενο κεφάλαιο εφαρμόστηκε η Παραγοντική Ανάλυση στις αρχικές χρονοσειρές των δεδομένων μας που περιλαμβάνουν τις ημερήσιες τιμές της νέφωσης για το χρονικό διάστημα από 1/1/2008 έως 31/12 /2017 σε κάθε ένα από τα σημεία της υπό εξέταση περιοχής των Νοτίων Βαλκανίων. Με αυτόν τον τρόπο μειώνουμε τη διαστατικότητα των δεδομένων μας. Έπειτα εφαρμόστηκε η ανάλυση κατά συστάδες, στα scores που προέκυψαν από την εφαρμογή της Παραγοντικής Ανάλυσης, με σκοπό την ομαδοποίηση ημερών με παρόμοια χωρική κατανομή νέφωσης. Με τη βοήθεια της Μεθόδου Άλματος όπως περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο και με τον υπολογισμό της στρέβλωσης (distortion) επιλέχθηκε ο κατάλληλος αριθμός συστάδων για να περιγράψουν τη νέφωση. Αφού βρέθηκε σε ποια συστάδα ταξινομείται η κάθε μέρα, υπολογίστηκε ο μέσος όρος της νέφωσης για κάθε συστάδα, για κάθε σημείο της υπό εξέταση περιοχής και παρουσιάστηκε σε χάρτη με τη νέφωση εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις εκατό. Με τον ίδιο τρόπο δημιουργήθηκαν και οι χάρτες της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας στα 500 και στα 1000 hPa για κάθε μία από τις συστάδες. Κατόπιν, βρέθηκε πόσες μέρες του μήνα κατατάσσονται σε κάθε συστάδα και υπολογίστηκε το ποσοστό επί τοις εκατό των ημερών της κάθε συστάδας ανά μήνα. Το ίδιο έγινε και με κάθε ένα από τα έτη

αναφοράς. Υπολογίστηκε δηλαδή πόσες μέρες του έτους κατατάσσονται σε κάθε συστάδα και παρουσιάζονται σε διάγραμμα.

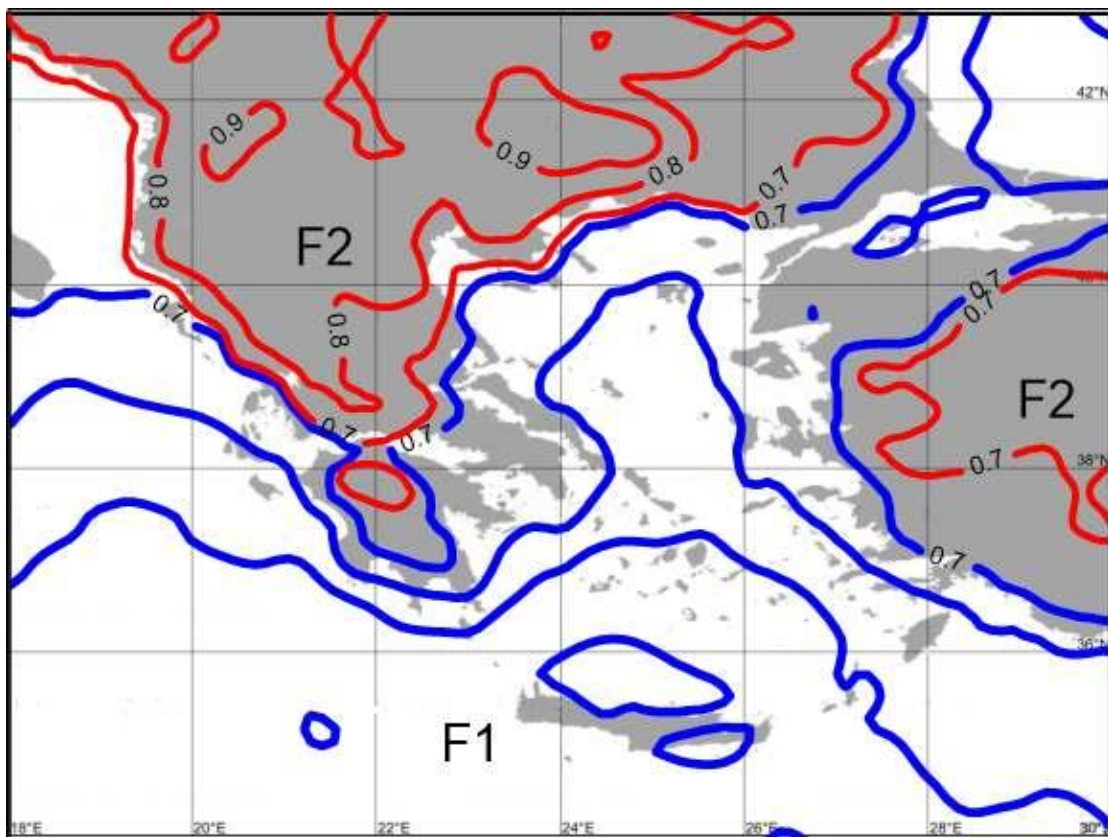
Στο τελευταίο κεφάλαιο πριν εφαρμοστεί η Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης, δημιουργήθηκαν χρονοσειρές τόσο της νέφωσης όσο και των γεωδυναμικών από τον μήνα Νοέμβριο έως και το μήνα Μάρτιο διότι η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε ομάδες δεδομένων που δεν απέχουν πολύ από το να ακολουθούν την κανονική κατανομή (οι μήνες της θερμής περιόδου περιλαμβάνουν πολλές μηδενικές τιμές). Εφαρμόστηκε η Παραγοντική Ανάλυση στους πίνακες με τα γεωδυναμικά στα 500 και 1000 hPa και στον πίνακα της νέφωσης με σκοπό τη μείωση της διαστατικότητας. Κατόπιν παίρνουμε τα scores και φτιάχνουμε νέους πίνακες για τα γεωδυναμικά και για την ολική νέφωση. Στις χρονοσειρές των scores εφαρμόστηκε η Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης για να βρούμε τη σχέση μεταξύ ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και νέφωσης. Να βρούμε δηλαδή τα κέντρα δράσης της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας που επηρεάζουν τη νέφωση στην περιοχή των Νοτίων Βαλκανίων. Έτσι δημιουργούνται ζεύγη συσχετισμένων μεταβλητών μεταξύ της νέφωσης (W) και των γεωδυναμικών (V). Ακολούθως συσχετίζουμε τις αρχικές χρονοσειρές των δεδομένων μας με τις μεταβλητές W και V αντίστοιχα για το κάθε πλεγματικό σημείο ξεχωριστά και έτσι προκύπτουν οι χάρτες συντελεστών συσχέτισης για τη νέφωση και τα γεωδυναμικά ύψη. Εν συνεχεία εντοπίστηκαν οι 15 μέρες, το 1% δηλαδή των συνολικών ημερών που χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση με την Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης, που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη τιμή της μεταβλητής W και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τόσο της νέφωσης όσο και των γεωδυναμικών υψών για κάθε ένα από τα ζεύγη των κανονικών μεταβλητών. Έτσι προέκυψαν οι χάρτες που παρουσιάζουν τη μέση χωρική κατανομή των γεωδυναμικών υψών και της νέφωσης για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες και χαμηλότερες τιμές της W με σκοπό την επαλήθευση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Κανονικής Συσχέτισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

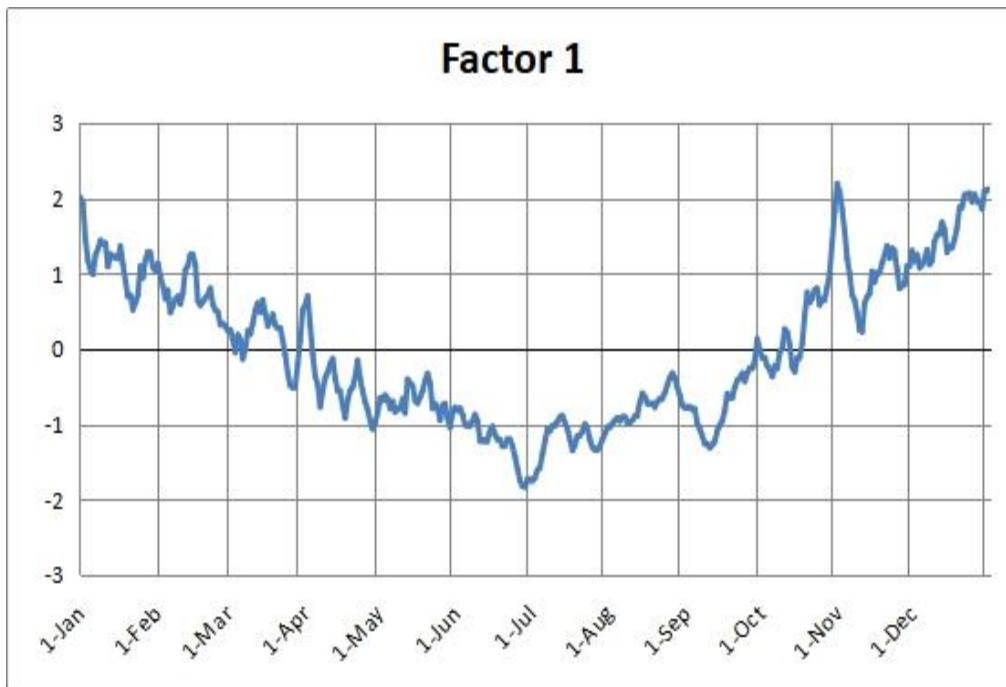
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΜΕΣΗ ΕΝΔΟΕΤΗΣΙΑ ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΝΕΦΩΣΗΣ

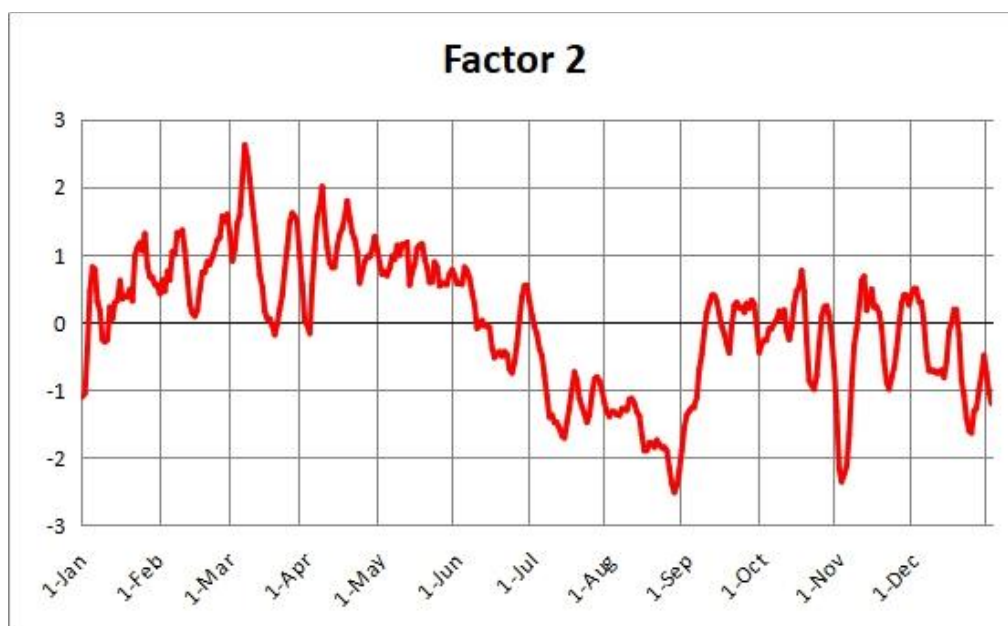
Με τον τρόπο που περιγράφεται στο προηγούμενο κεφάλαιο επιλέχθηκαν δύο παράγοντες οι οποίοι ερμηνεύουν το 82,3% της ολικής διακύμανσης των αρχικών δεδομένων. Στην παρουσίαση των παραγόντων όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1 έχουν χαραχθεί οι καμπύλες με φορτία έως 0.7 καθώς κρίθηκε ότι μέχρι αυτό το ποσοστό αυτό περιγράφεται καλύτερα η κατανομή της νέφωσης από τον κάθε παράγοντα για την περιοχή που περικλείεται από αυτή την καμπύλη. Στα Σχήματα 3.2 και 3.3 φαίνεται η χρονική διακύμανση της νέφωσης για τους παράγοντες 1 και 2 αντίστοιχα από τα scores του κάθε παράγοντα.



Σχήμα 3.1: Χωρική κατανομή των φορτίων των 2 παραγόντων. Παρουσιάζονται μόνο οι ισοπληθείς με φορτία μεγαλύτερα από 0.7 κατ' απόλυτη τιμή.



Σχήμα 3.2: Ενδο-ετήσια διακύμανση των scores για το Factor 1.



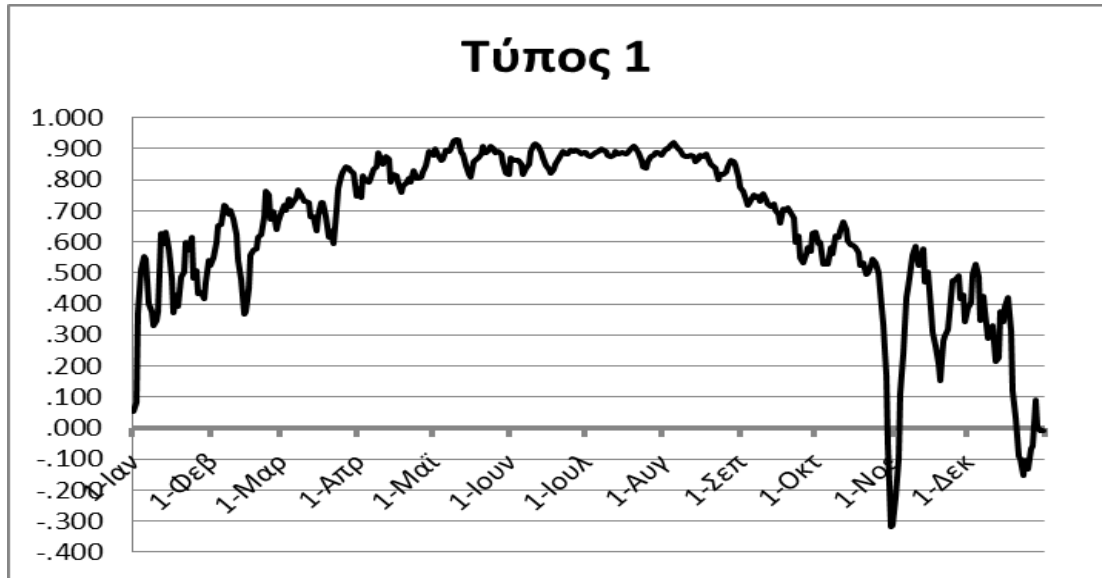
Σχήμα 3.3: Ενδο-ετήσια διακύμανση των scores για το Factor 2.

Όπως είναι φανερό από το Σχήμα 3.1, είναι σαφής ο διαχωρισμός της νέφωσης μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Οι δύο περιοχές που προέκυψαν δηλαδή με τη χρήση της παραγοντικής ανάλυσης είναι οι F1 και F2. Με την F1 για τη θάλασσα και την F2 για την ξηρά οπότε έχουμε διαφορετική ενδο-ετήσια διακύμανση της νέφωσης μεταξύ ξηράς και θάλασσας όπως φαίνεται και στα Σχήματα 3.2 και 3.3. Όπως είναι φανερό για την περιοχή που αντιστοιχεί στο F1 η οποία είναι η θαλάσσια περιοχή έχουμε τις χαμηλότερες τιμές νέφωσης κατά τους μήνες από Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο με το ελάχιστο το καλοκαίρι, έχουμε δηλαδή γενικά μέγιστο το χειμώνα

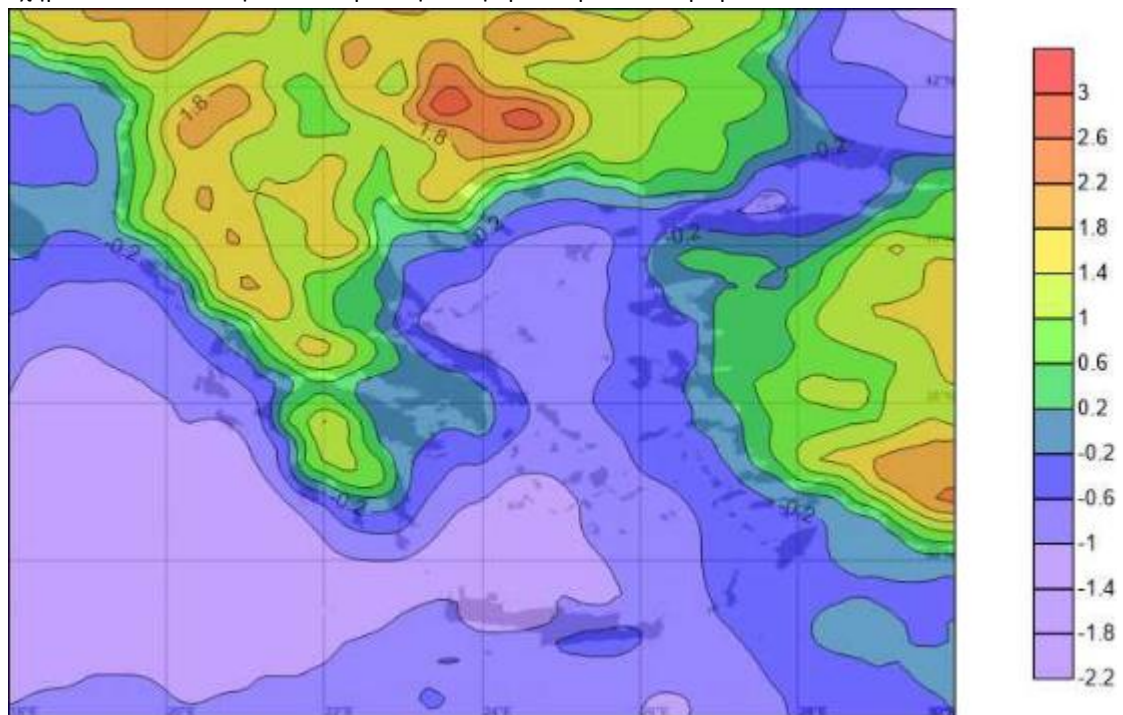
και ελάχιστο το καλοκαίρι. Για την περιοχή που αντιστοιχεί στο F2, παρόλο που έχουμε πάλι την ελάχιστη νέφωση το καλοκαίρι, αυτή φαίνεται να είναι τους μήνες από Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο και οι μεγαλύτερες τιμές νέφωσης παρουσιάζονται τους χειμερινούς μήνες. Επικρατεί επίσης σχετικά υψηλή νέφωση και τους φθινοπωρινούς και ανοιξιάτικους μήνες με το μέγιστο να εμφανίζεται το μήνα Μάρτιο και το ελάχιστο στο τέλος Αυγούστου. Αυτό συμβαίνει διότι, όπως έχει διαπιστωθεί και από άλλους ερευνητές, κατά το θέρος η χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού σε σχέση με αυτή του αέρα δεν ευνοεί την ανάπτυξη νέφωσης και τη δημιουργία κυκλώνων. Αυτό συμβαίνει διότι δεν ευνοείται η ανοδική κίνηση αερίων μαζών λόγω ατμοσφαιρικής ευστάθειας καθώς και από άλλους λόγους κυρίως της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας όπως ο Αντικυκλώνας των Αζορών (Carariperis 1951, Katsoulis 1970, Metaxas 1973, Metaxas et. al. 1998, Maheras 2001). Το χειμώνα αντίθετα στην περιοχή της Μεσογείου επικρατεί έντονη κυκλωνική δραστηριότητα λόγω ορογραφίας και βαροκλιτικότητας, (Trigo et.al. 2002) ενώ ένας άλλος παράγοντας που ευνοεί την κυκλογένεση είναι και η μεγαλύτερη θερμοκρασία της θάλασσας σε σχέση με αυτή του αέρα (Albert et. al. 1990, Lolis et. al. 2004). Στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ νερού και εδάφους οφείλεται και η διαφορά στην ενδο-ετήσια πορεία της νέφωσης. Έτσι στην περιοχή της ξηράς F2 το Μάρτιο για παράδειγμα που παρατηρείται το μέγιστο η θέρμανση του εδάφους αρχίζει να γίνεται εντονότερη λόγω αύξησης της ηλιακής ακτινοβολίας ενώ η ατμόσφαιρα ψηλά είναι ακόμη κρύα, αυτό δημιουργεί αστάθεια και ευνοεί την κατακόρυφη ανάπτυξη νεφών. Επίσης λόγω της έντονης θέρμανσης του εδάφους παρατηρείται μεγαλύτερη νέφωση απ' ότι στη θαλάσσια περιοχή στις αρχές καλοκαιριού. Το μέγιστο αυτό που παρατηρείται το Νοέμβριο πάνω από τη θαλάσσια περιοχή F1, αντίστοιχα ελάχιστο στην ηπειρωτική περιοχή F2 οφείλεται στο ότι το Νοέμβριο αρχίζει να κρύνει η ατμόσφαιρα ενώ η θάλασσα λόγω μεγάλης θερμοχωρητικότητας διατηρεί ακόμη υψηλή θερμοκρασία. Αυτό ευνοεί την ανάπτυξη νέφωσης πάνω από τη θάλασσα. Το αντίθετο συμβαίνει με το έδαφος το οποίο προσαρμόζει γρήγορα τη θερμοκρασία του στις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

3.2 ΜΕΣΗ ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΝΕΦΩΣΗΣ

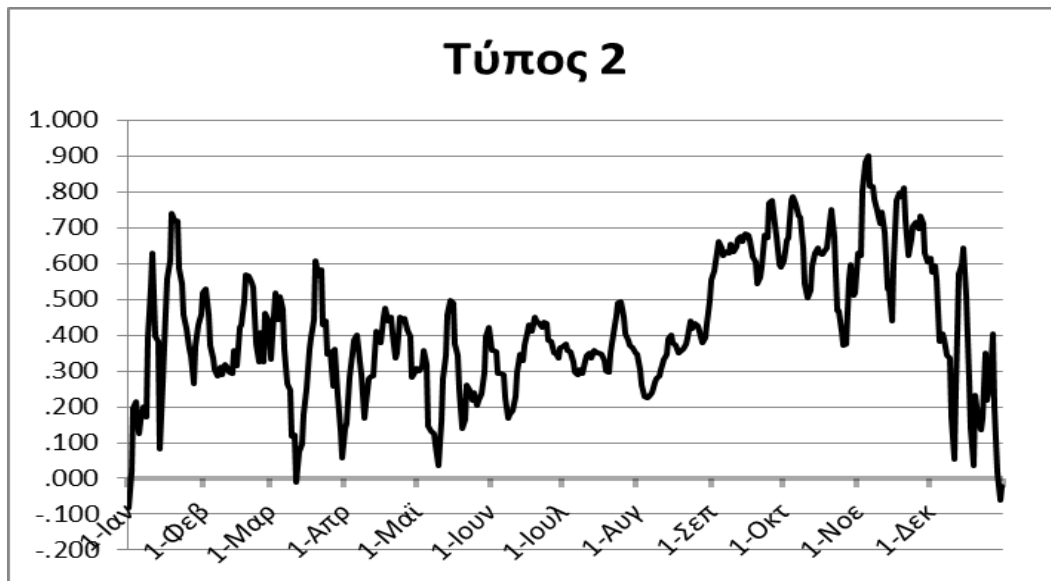
Στη συνέχεια, σε αντίθεση με την προηγούμενη εφαρμογή της FA παρουσιάζουμε σε χάρτη τα scores που δείχνουν τη χωρική κατανομή της νέφωσης (Σχήματα 3.5, 3.7, 3.9) ενώ τα φορτία του κάθε παράγοντα παρουσιάζονται σε διάγραμμα ξεχωριστά για τον κάθε παράγοντα (Σχήμα 3.4, 3.6, 3.8). Με τον τρόπο που περιγράφεται στη μεθοδολογία επιλέχθηκαν τελικά 3 παράγοντες που ερμηνεύουν το 87,2% της ολικής διακύμανσης. Με τον τρόπο αυτό βρήκαμε 3 τύπους χωρικής κατανομής της νέφωσης ενώ τα διαγράμματα ενδο-ετήσιας διακύμανσης των φορτίων δείχνουν την περίοδο του έτους κατά την οποία επικρατεί κάθε τύπος.



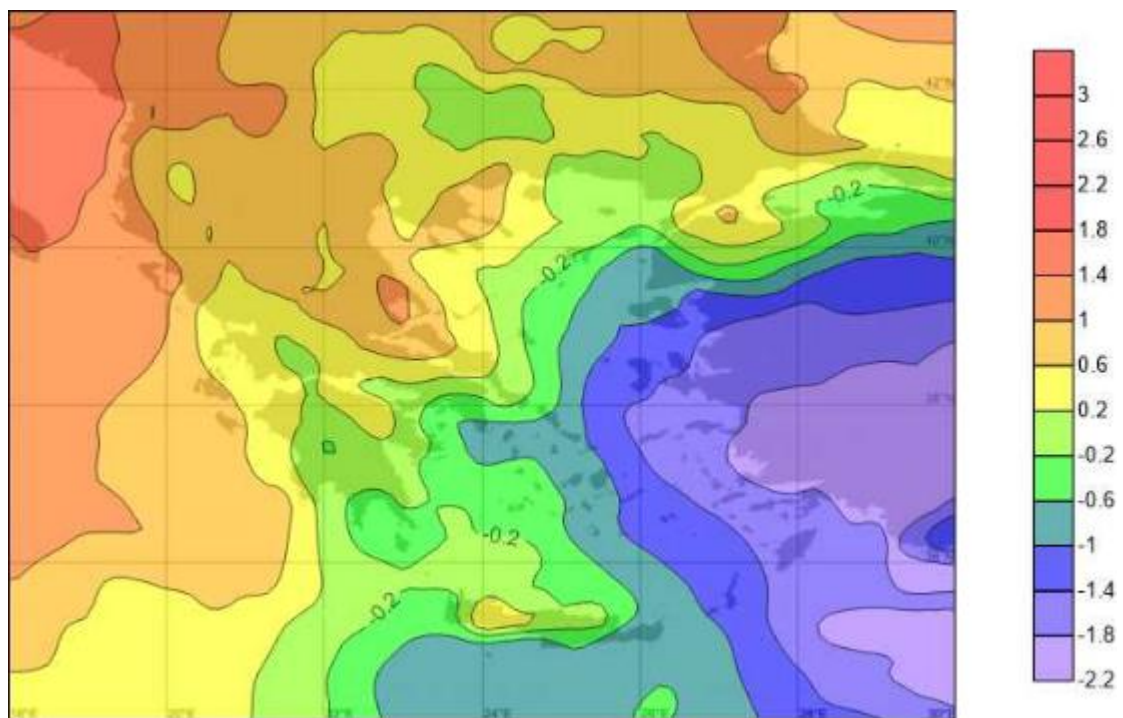
Σχήμα 3.4: Η ενδο-ετήσια διακύμανση των φορτίων για τον παράγοντα 1.



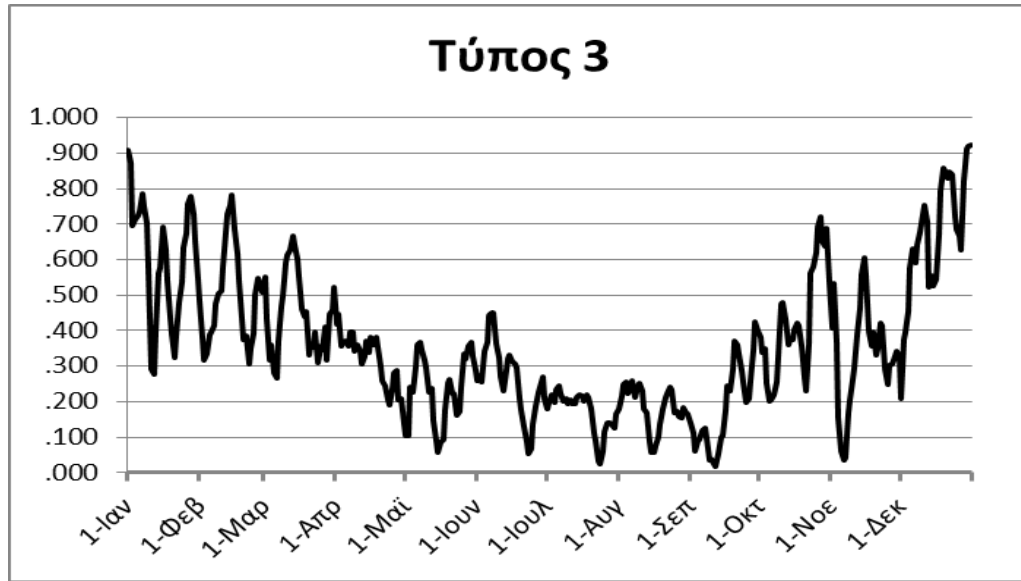
Σχήμα 3.5: Η χωρική κατανομή των scores για τον παράγοντα 1.



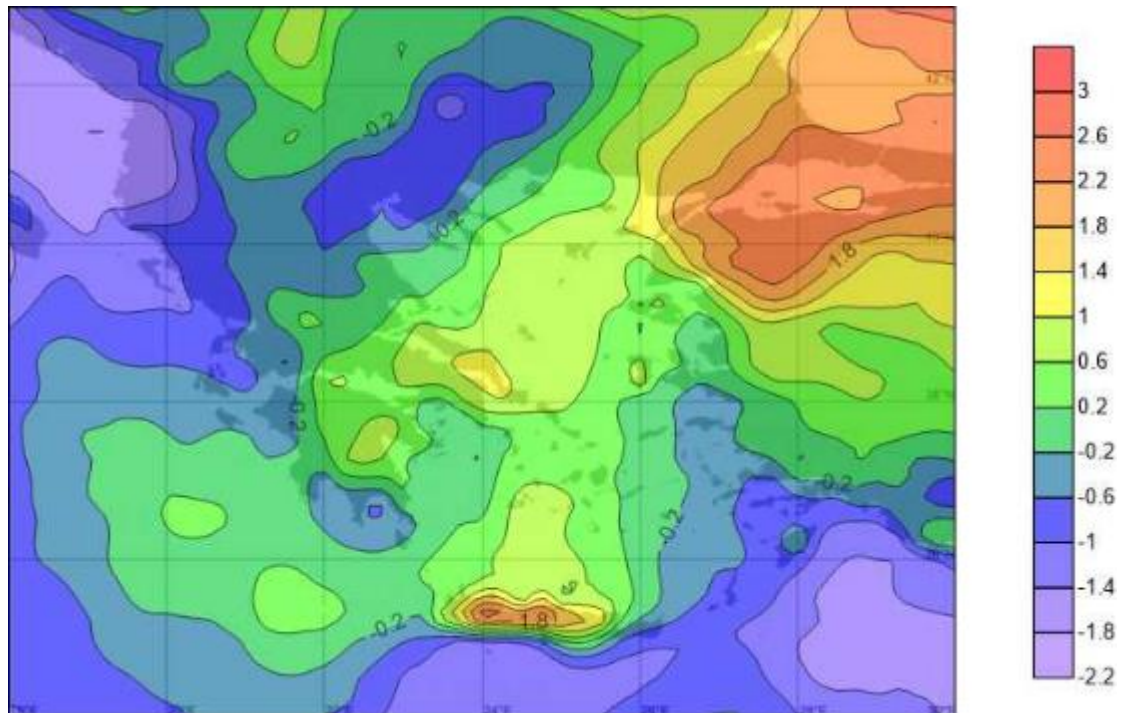
Σχήμα 3.6: Η ενδο-ετήσια διακύμανση των φορτίων για τον παράγοντα 2.



Σχήμα 3.7: Η χωρική κατανομή των scores για τον παράγοντα 2.



Σχήμα 3.8: Η ενδο-ετήσια διακύμανση των φορτίων για τον παράγοντα 3.



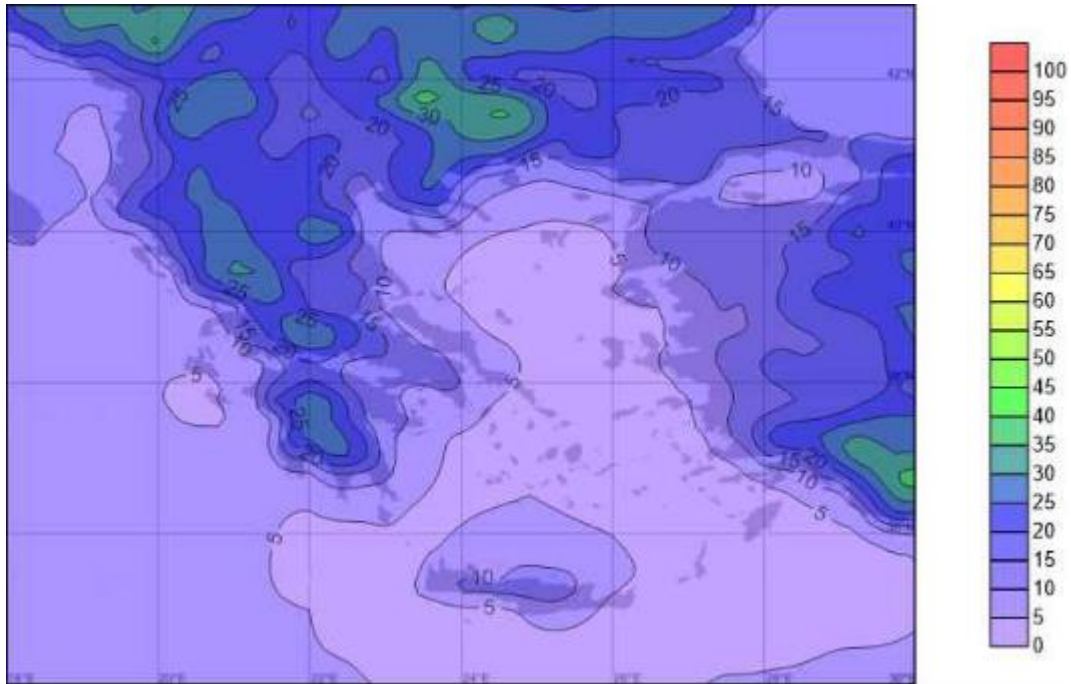
Σχήμα 3.9: Η χωρική κατανομή των scores για τον παράγοντα 3.

Ο πρώτος τύπος χωρικής κατανομής της νέφωσης οποίος ερμηνεύει το 49,1% της ολικής κατανομής επικρατεί κατά το θέρος και χαρακτηρίζεται από μέγιστο πάνω από τις ηπειρωτικές περιοχές ιδιαιτέρως στα βόρεια και ελάχιστο πάνω από τις νότιες θαλάσσιες περιοχές της υπό εξέταση περιοχής. Αυτό οφείλεται στην έντονη θέρμανση της ξηράς από την ηλιακή ακτινοβολία σε συνδυασμό με την επικρατούσα ατμοσφαιρική αστάθεια τα οποία επικρατούν κατά το θέρος, σε αντιστοιχία με άλλες

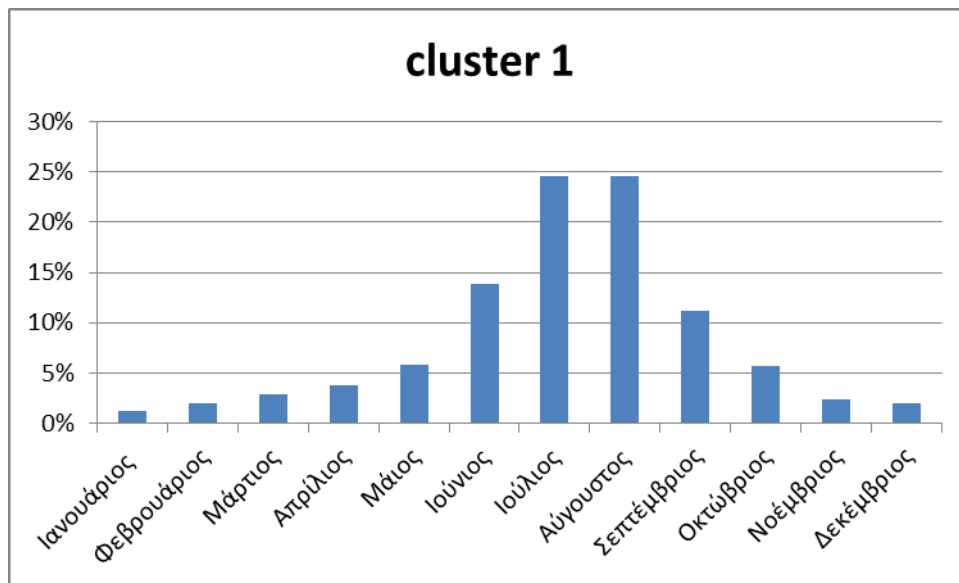
εργασίες (Albert et al 1990, Lolis et al 2004). Το ελάχιστο που παρατηρείται στις αρχές Νοεμβρίου πιθανόν να οφείλεται στο ότι τη δεκαετία αυτή υπήρχαν κάποια έτη με πολύ χαμηλή, σχεδόν μηδενική, νέφωση αυτή την περίοδο όπως το 2010, 2011, και 2015. Ο δεύτερος τύπος χωρικής κατανομής της νέφωσης, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 21% της ολικής κατανομής, επικρατεί κατά τους φθινοπωρινούς μήνες μέχρι το Δεκέμβριο και τον Φεβρουάριο. Χαρακτηρίζεται από μέγιστο στα βορειοδυτικά, την περιοχή της Αλβανίας και Αδριατικής, και ελάχιστο στα νοτιοανατολικά, την περιοχή νότιας Μικράς Ασίας και του νοτιοανατολικού Αιγαίου. Αυτό οφείλεται στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία και στο σχηματισμό κυκλώνων στην περιοχή της Μεσογείου κυρίως στις βόρειες ακτές της (Trigo et.al. 2002). Ο τρίτος τύπος χωρικής κατανομής της νέφωσης, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 17,1% της ολικής κατανομής, επικρατεί κατά τους χειμερινούς μήνες και το Μάρτιο. Χαρακτηρίζεται από μέγιστο στα βορειοανατολικά της υπό εξέταση περιοχής, και συγκεκριμένα πάνω από τη Θάλασσα του Μαρμαρά και τις πέριξ αυτής ηπειρωτικές περιοχές και ένα μέρος της Μαύρης Θάλασσας, και ελάχιστο στα βορειοδυτικά, νότια και νοτιοανατολικά αυτής της περιοχής.

3.3 Ταξινόμηση ημερήσιων τύπων χωρικής κατανομής της νέφωσης και σχέση τους με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία

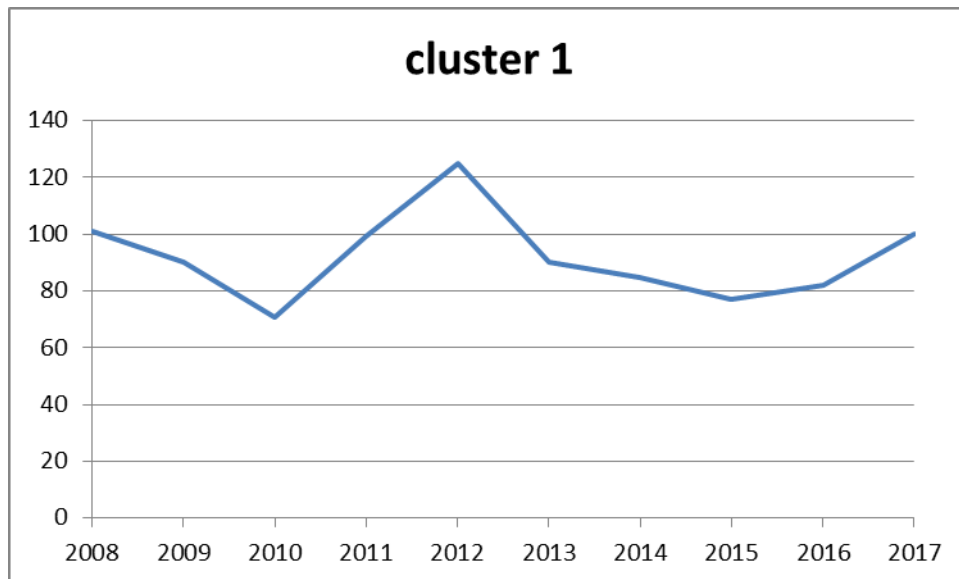
Με τον τρόπο που περιγράφεται στο δεύτερο κεφάλαιο επιλέχθηκαν τελικά 7 συστάδες για να ταξινομηθεί η χωρική κατανομή της νέφωσης. Έτσι για την πρώτη συστάδα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Σχήματα (3.10 έως 3.14)



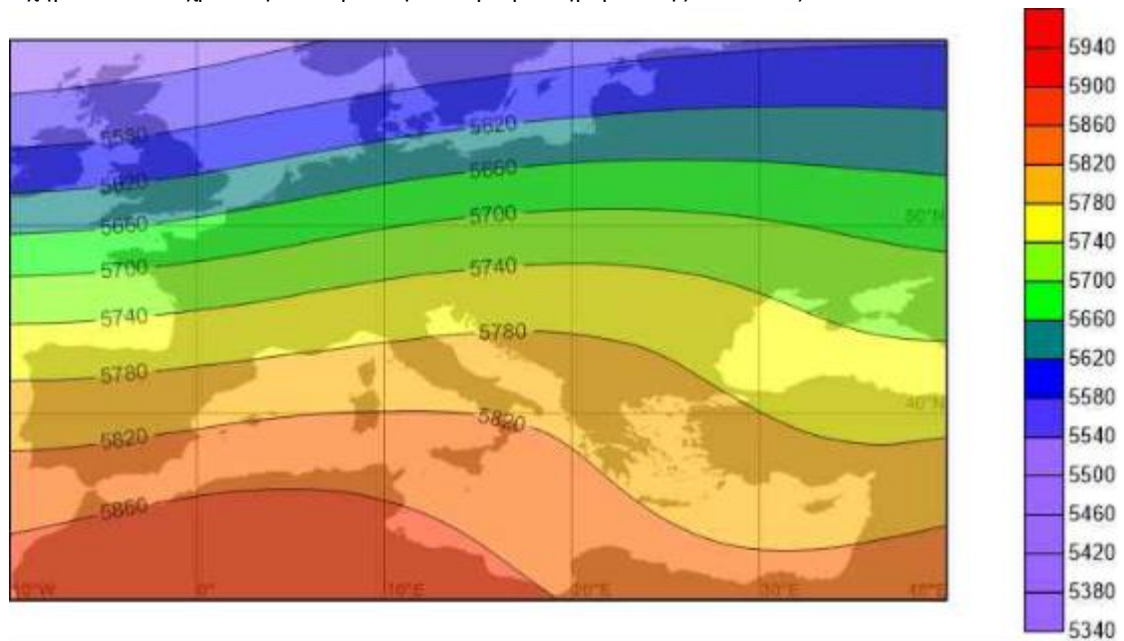
Σχήμα 3.10: Μέσος χάρτης νέφωσης (%) για τις ημέρες που κατατάσσονται στη συστάδα 1.



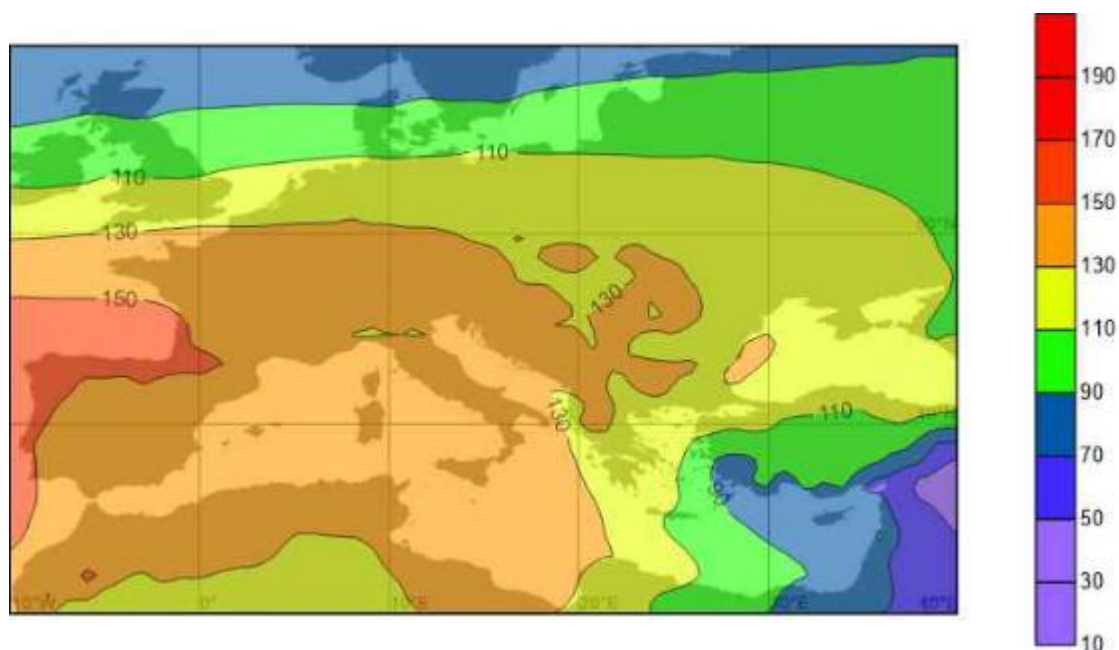
Σχήμα 3.11: Η μηνιαία κατανομή (%) των ημερών της συστάδας 1.



Σχήμα 3.12: Διαχρονική διακύμανση του αριθμού ημερών της συστάδας 1.

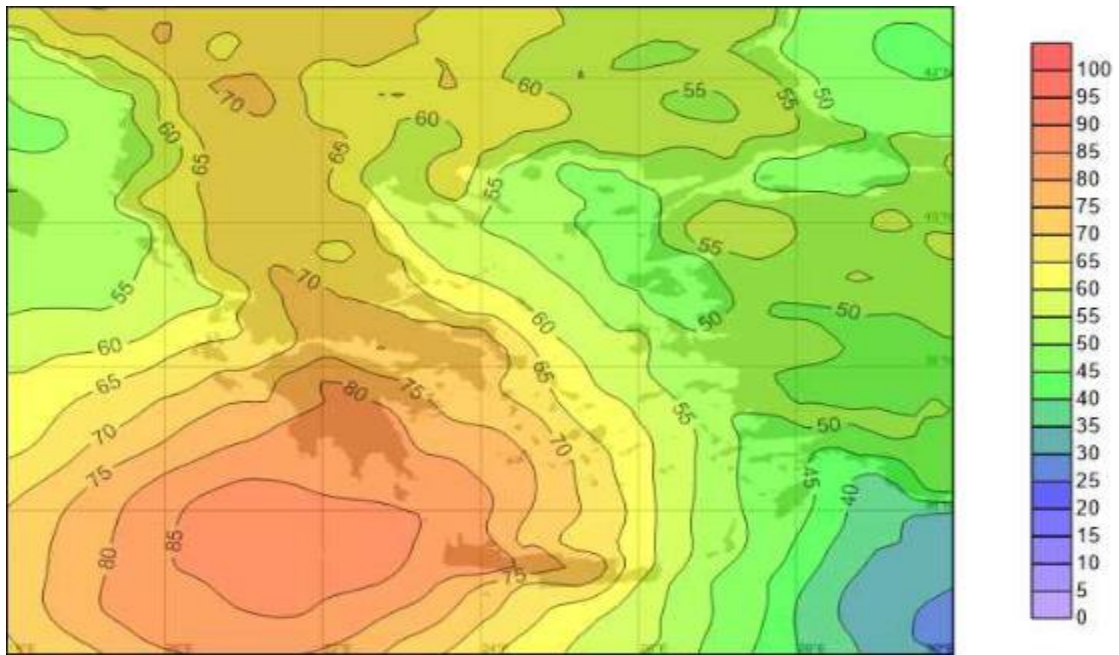


Σχήμα 3.13: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής πειφάνειας 500 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 1.

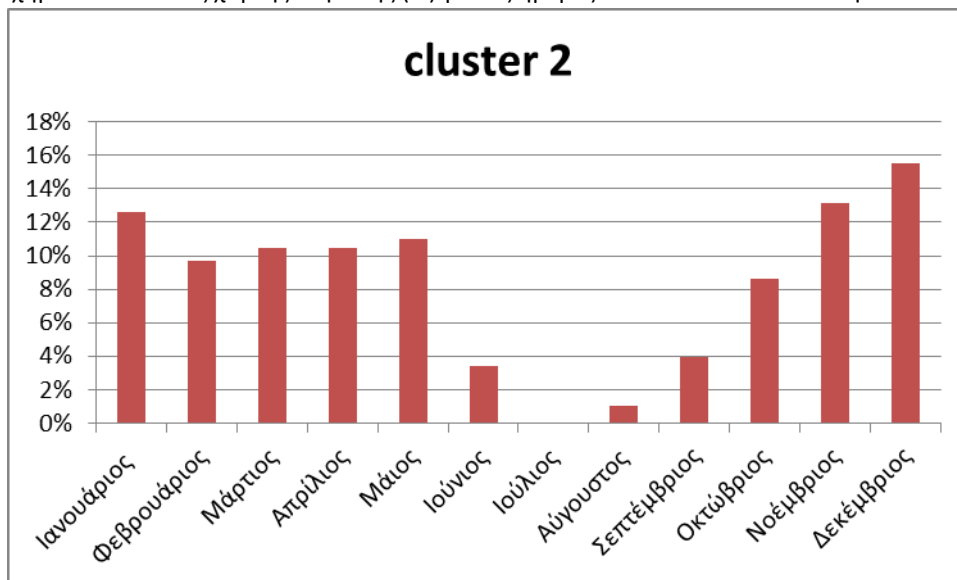


Σχήμα 3.14: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 1000 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 1.

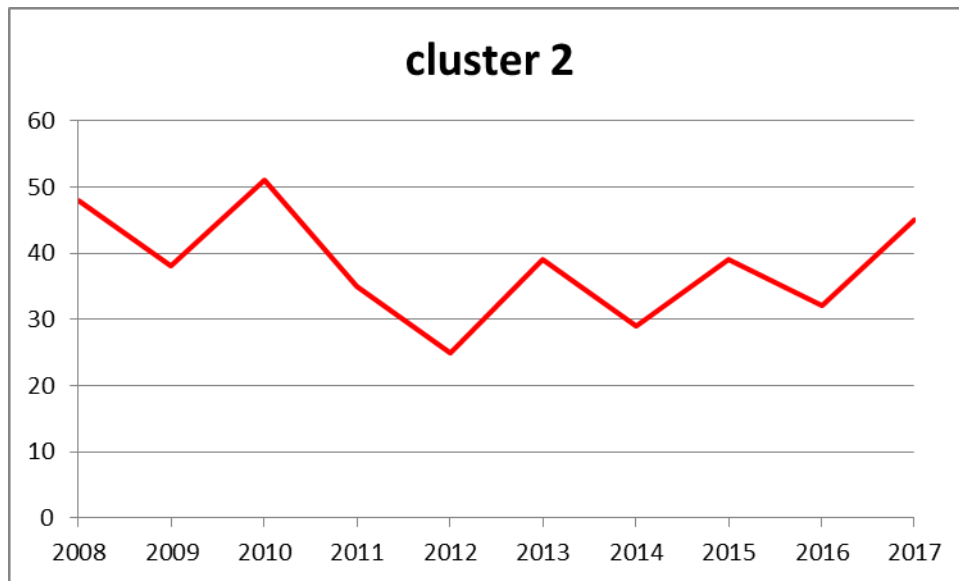
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.10 για τον τύπο νέφωσης της 1^{ης} συστάδας δεν παρατηρείται μεγάλη νεφοκάλυψη σε κανένα σημείο της υπό εξέταση περιοχής. Τα σημεία που παρουσιάζουν μια σχετικά μεγαλύτερη συγκέντρωση νεφών της τάξεως του 25- 30 % είναι τα σημεία της ηπειρωτικής Ελλάδος και κυρίως πάνω από την Πίνδο, στα βόρεια της Μακεδονίας και σε νότιες περιοχές της Βουλγαρίας, βορείως της Αλβανίας και σε νότιες περιοχές της Μικράς Ασίας. Είναι φανερό από το Σχήμα 3.11 πως αυτός ο τύπος νέφωσης παρατηρείται κυρίως τους θερινούς μήνες καθώς αυτή η συστάδα κατανέμεται στους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο σε ποσοστό άνω του 70% με τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο να συγκεντρώνουν ποσοστό σχεδόν 50%. Αρκετά μεγάλο ποσοστό άνω του 10% έχει και ο Σεπτέμβριος. Στην ετήσια κατανομή της πρώτης συστάδας φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη αντιπροσώπευση την έχει το έτος 2012 με πάνω από 120 ημέρες, ενώ τις λιγότερες ημέρες έχει το έτος 2009. Η κυκλοφορία της ατμόσφαιρας που προκαλεί αυτό τον τύπο νέφωσης όπως φαίνεται και από τα Σχήματα 3.13 και 3.14, είναι ένα σύστημα υψηλών πιέσεων στα νοτιοδυτικά σε συνδυασμό με ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων στα νοτιοανατολικά το οποίο στα 500 hPa φαίνεται ως αυλώνας χαμηλών γεωδυναμικών υψών. Γι'αυτό το λόγο δεν παρατηρούνται μεγάλες συγκεντρώσεις νεφών. Το σύστημα χαμηλών πιέσεων προκαλεί τη νέφωση στα νότια της Μικράς Ασίας ενώ οι υπόλοιπες περιοχές παρουσιάζουν μικρές τιμές νέφωσης εξαιτίας της ορογραφίας, των ανέμων και της πιθανής ύπαρξης οριακής ατμοσφαιρικής αστάθειας. Τα αποτελέσματα για τη δεύτερη συστάδα παρουσιάζονται στα Σχήματα (3.15 έως 3.19)



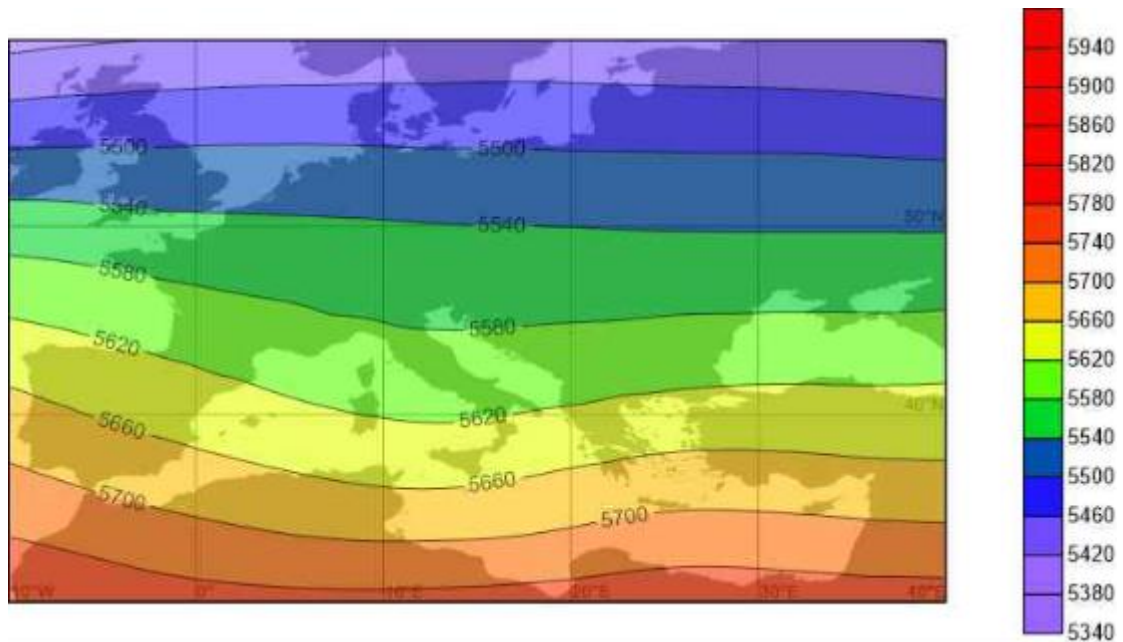
Σχήμα 3.15: Μέσος χάρτης νέφωσης (%) για τις ημέρες που κατατάσσονται στη συστάδα 2.



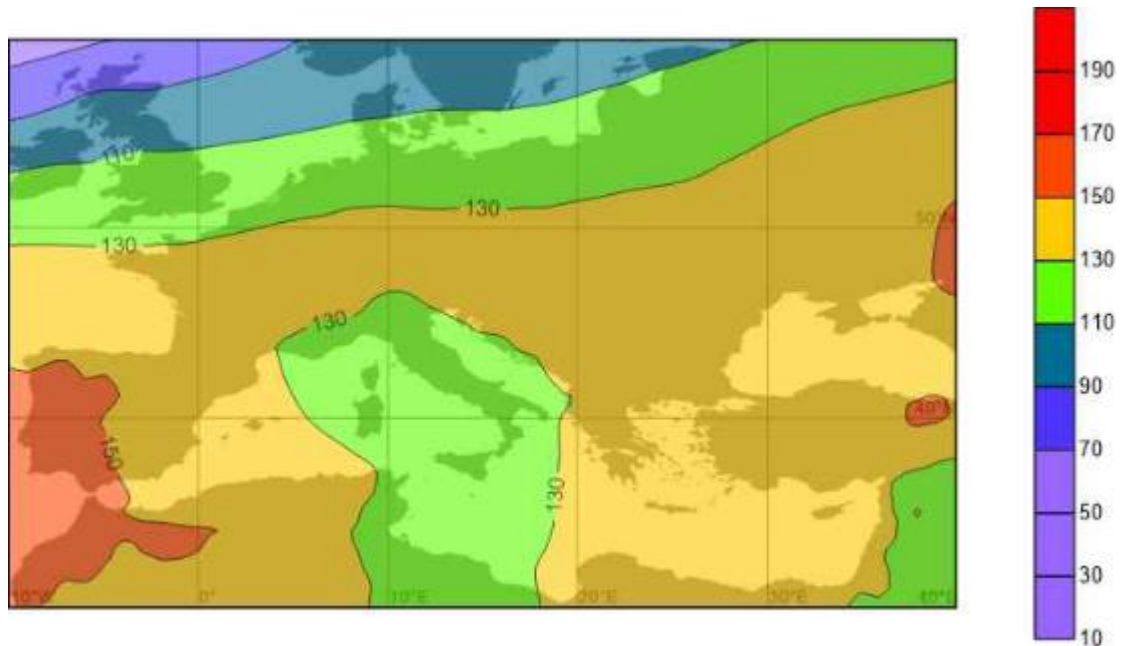
Σχήμα 3.16: Η μηνιαία κατανομή (%) των ημερών της συστάδας 2.



Σχήμα 3.17: Διαχρονική διακύμανση του αριθμού ημερών της συστάδας 2.

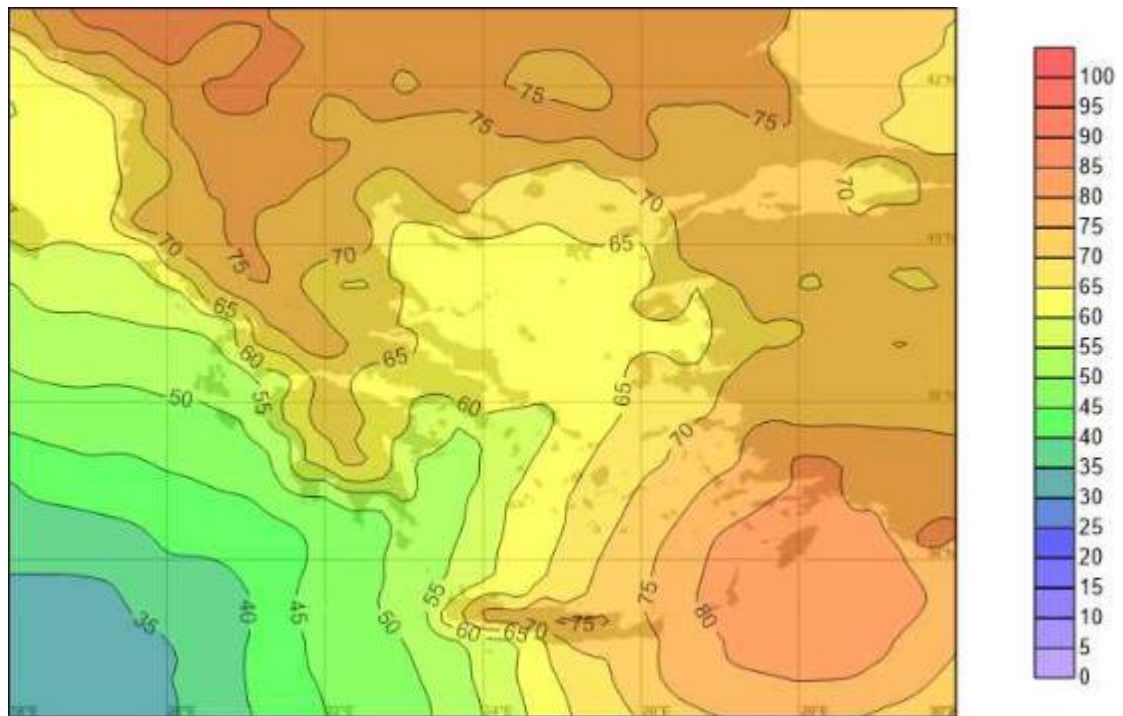


Σχήμα 3.18: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 500 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 2.

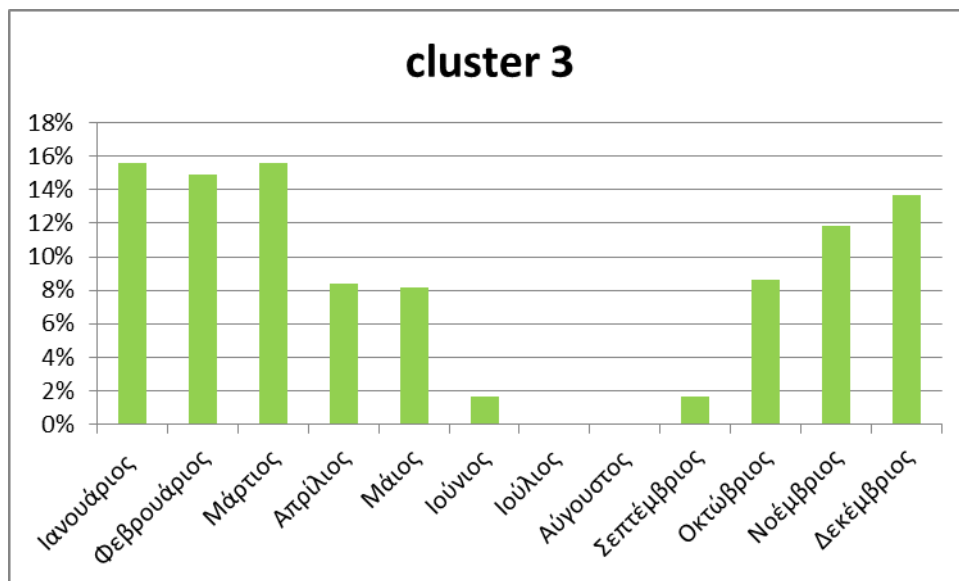


Σχήμα 3.19: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 1000 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 2.

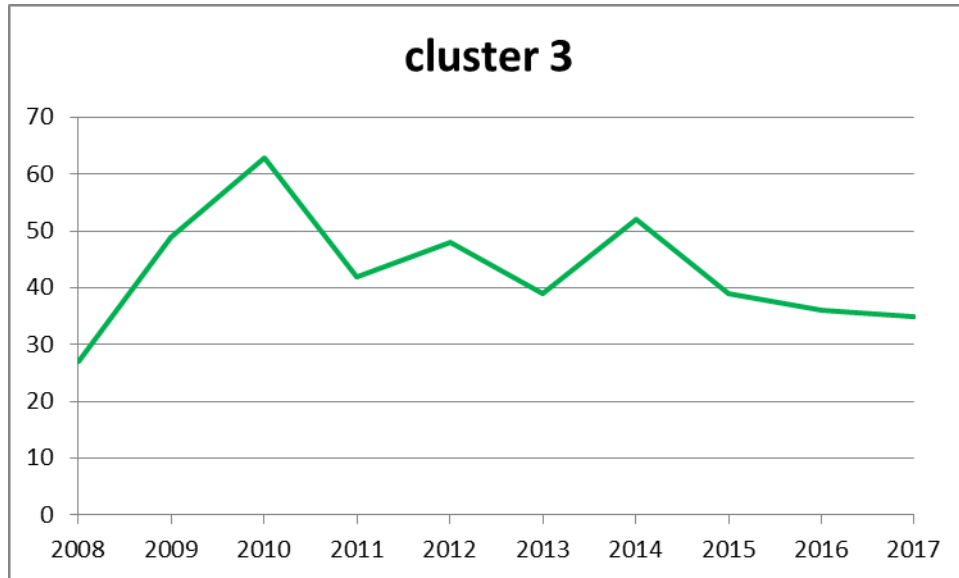
Στη δεύτερη συστάδα, υψηλά ποσοστά νέφωσης εμφανίζονται κυρίως στη θαλάσσια περιοχή νοτίως της Ελλάδος και δυτικά της Κρήτης ενώ αρκετά μεγάλο ποσοστό νεφοκάλυψης άνω του 70% παρατηρείται και στο μεγαλύτερο κομμάτι της ηπειρωτικής περιοχής εκτός της Μικράς Ασίας και των ανατολικών περιοχών, που παρατηρείται νέφωση της τάξεως του 50% (Σχήμα 3.15). Αυτό συμβαίνει κυρίως τους χειμερινούς και ανοιξιάτικους μήνες (Σχήμα 3.16) ενώ το καλοκαίρι σχεδόν ποτέ. Για αυτή τη συστάδα παρατηρούμε πως δεν υπάρχουν πολλές μέρες που συμβαίνει αυτό ανά έτος, με το μέγιστο να παρατηρείται το έτος 2010 με μόλις 50 ημέρες (Σχήμα 3.17). Στους χάρτες των γεωδυναμικών υψών φαίνεται πως αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων στην περιοχή της Μεσογείου, νοτίως της Ιταλίας. Τα αποτελέσματα για την τρίτη συστάδα παρουσιάζονται στα Σχήματα (3.20 έως 3.24)



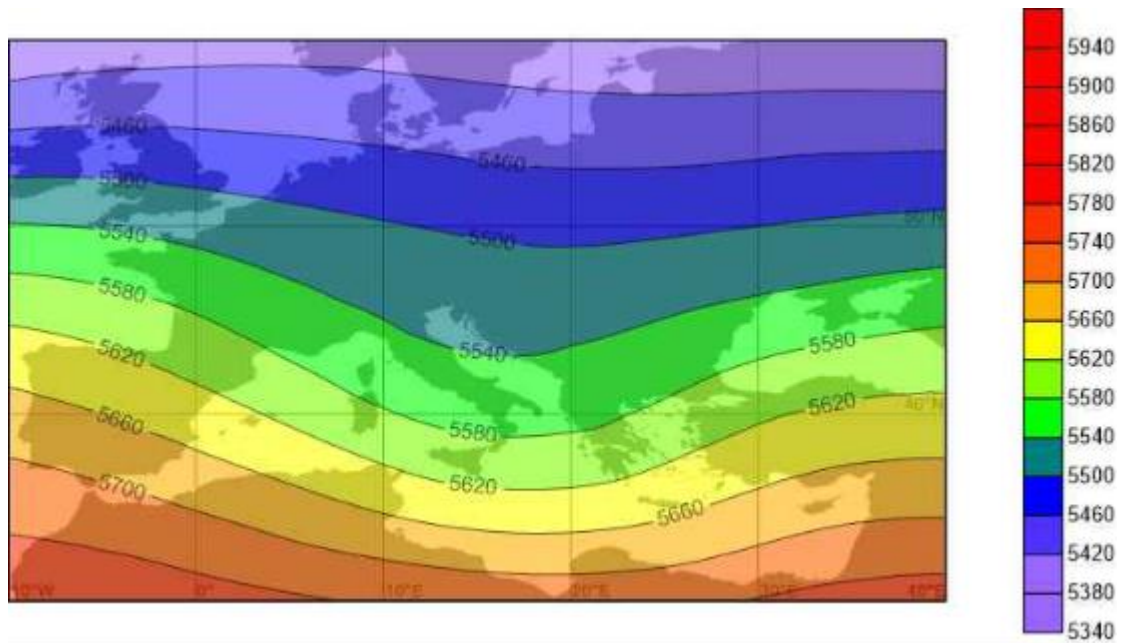
Σχήμα 3.20: Μέσος χάρτης νέφωσης (%) για τις ημέρες που κατατάσσονται στη συστάδα 3.



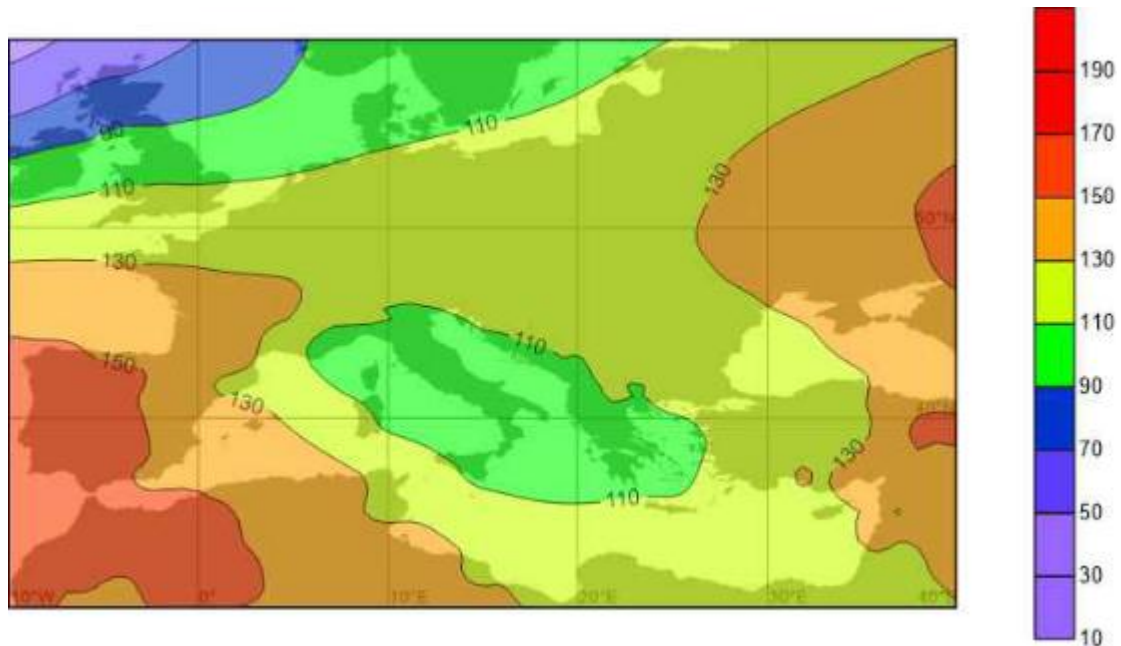
Σχήμα 3.21: Η μηνιαία κατανομή (%) των ημερών της συστάδας 3.



Σχήμα 3.22: : Διαχρονική διακύμανση του αριθμού ημερών της συστάδας 3.

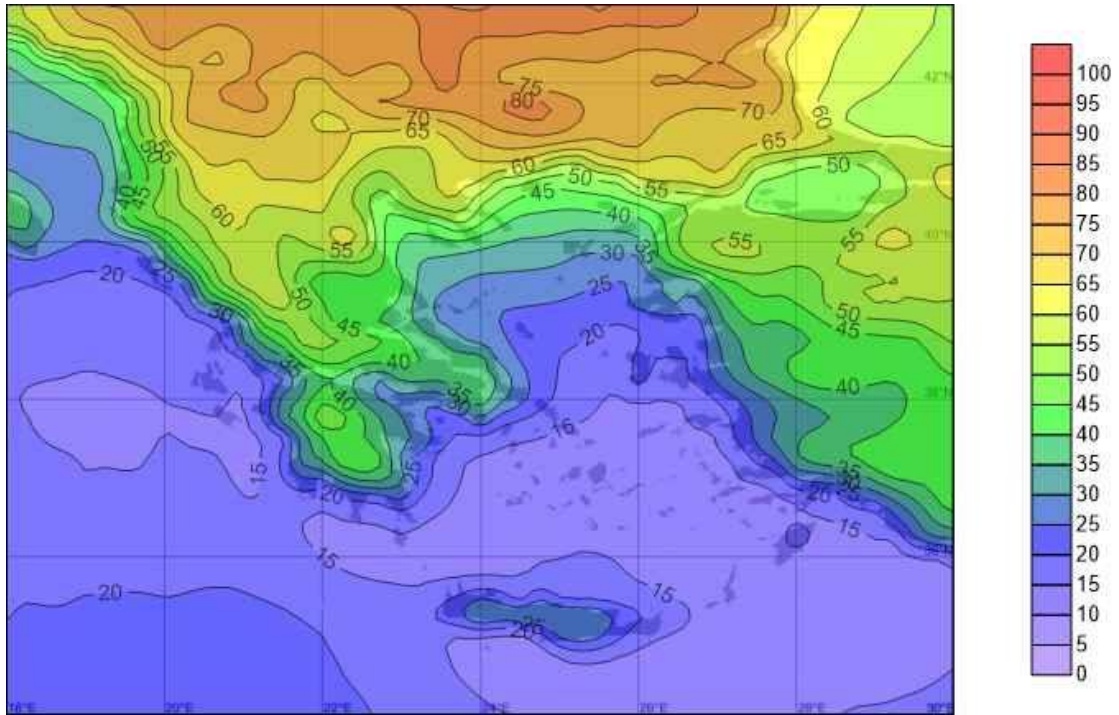


Σχήμα 3.23: : Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 500 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 3.

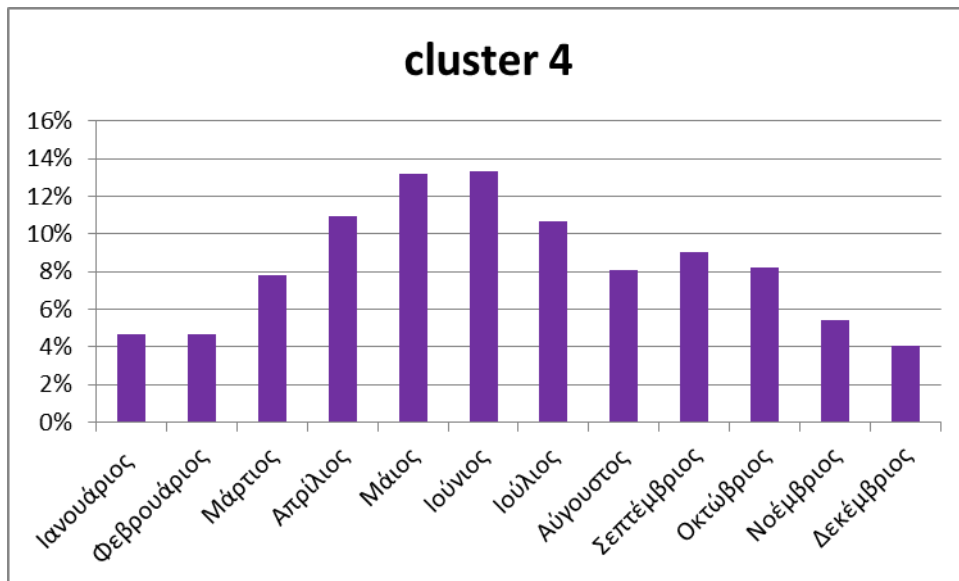


Σχήμα 3.24: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 1000 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 3.

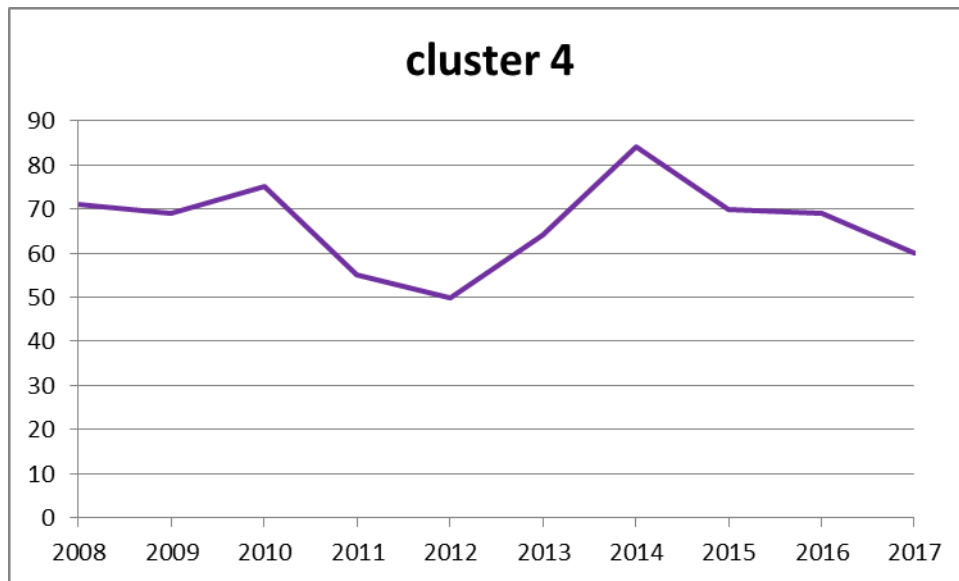
Σε αυτή τη συστάδα μεγαλύτερο ποσοστό νέφωσης παρατηρείται κυρίως στις ηπειρωτικές περιοχές και λιγότερο πάνω από τη θάλασσα, με εξαίρεση την περιοχή του νοτιοανατολικού Αιγαίου, στην θαλάσσια περιοχή πάνω και γύρω από τη Ρόδο όπου παρατηρείται μεγάλη νεφοκάλυψη της τάξεως του 80%. Επίσης υπάρχει μεγάλο ποσοστό νεφοκάλυψης σε όλη την ηπειρωτική χώρα, με αύξηση προς τα βόρεια της υπό εξέταση περιοχής (Σχήμα 3.20). Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.21, αυτός ο τύπος νέφωσης είναι κυρίως χειμερινός ενώ σημαντικά ποσοστά παρουσιάζουν και οι ενδιάμεσοι μήνες, Νοέμβριος και Μάρτιος, με το Μάρτιο μάλιστα να έχει μεγαλύτερο ποσοστό ακόμη και από τους χειμερινούς μήνες. Στην ετήσια κατανομή παρατηρούμε ότι τις περισσότερες μέρες η συστάδα 3 παρατηρείται το έτος 2009 με περισσότερες από 60 ημέρες (Σχήμα 3.22). Στους χάρτες του γεωδυναμικού ύψους των 1000 hPa (Σχήματα 3.23 και 3.24) παρατηρείται πως αυτός ο τύπος νέφωσης δημιουργείται από ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων πάνω από την Ελλάδα και την Ιταλία σε συνδυασμό με συστήματα υψηλών πιέσεων ανατολικά και δυτικά της Ευρώπης. Στα 500 hPa παρατηρούνται διαδοχικοί αυλώνες χαμηλών πιέσεων και σφήνες υψηλών πιέσεων όπως είναι αναμενόμενο. Τα αποτελέσματα για την τέταρτη συστάδα παρουσιάζονται στα Σχήματα (3.25 έως 3.29)



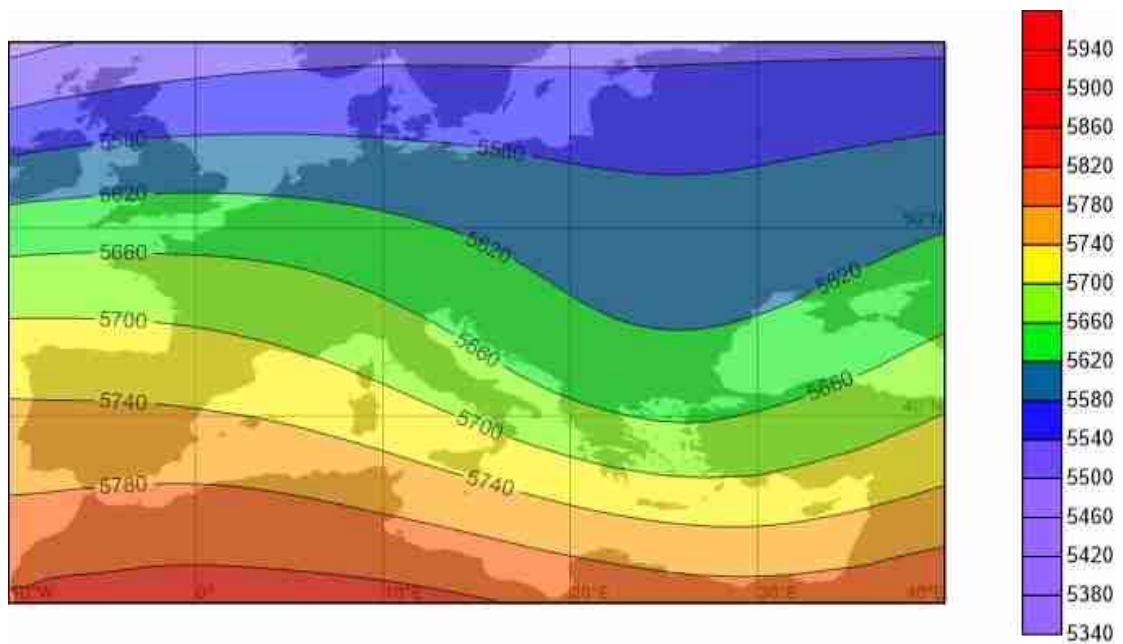
Σχήμα 3.25: Μέσος χάρτης νέφωσης (%) για τις ημέρες που κατατάσσονται στη συστάδα 4.



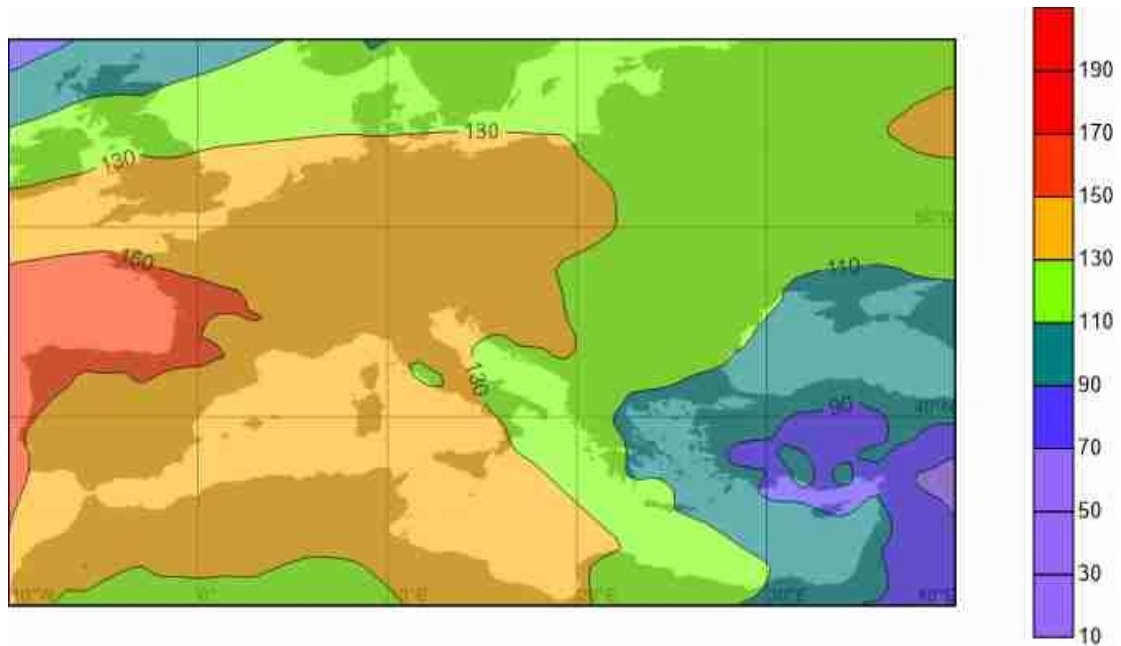
Σχήμα 3.26: Η μηνιαία κατανομή (%) των ημερών της συστάδας 4.



Σχήμα 3.27: Διαχρονική διακύμανση του αριθμού ημερών της συστάδας 4.

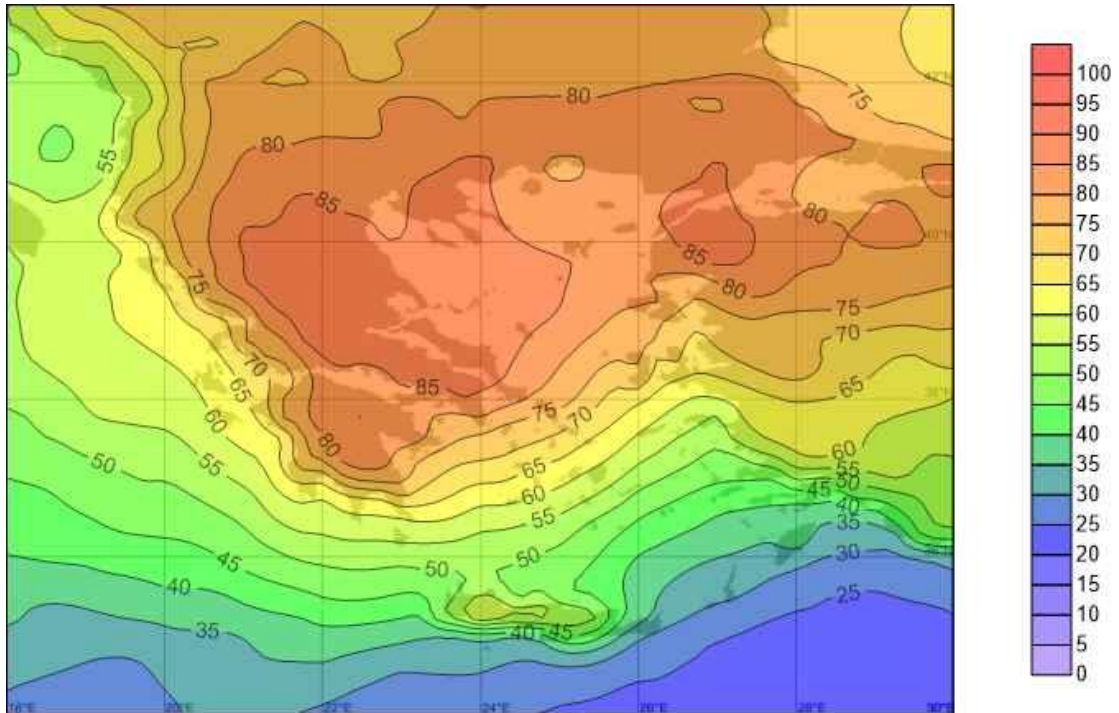


Σχήμα 3.28: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 500 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 4.

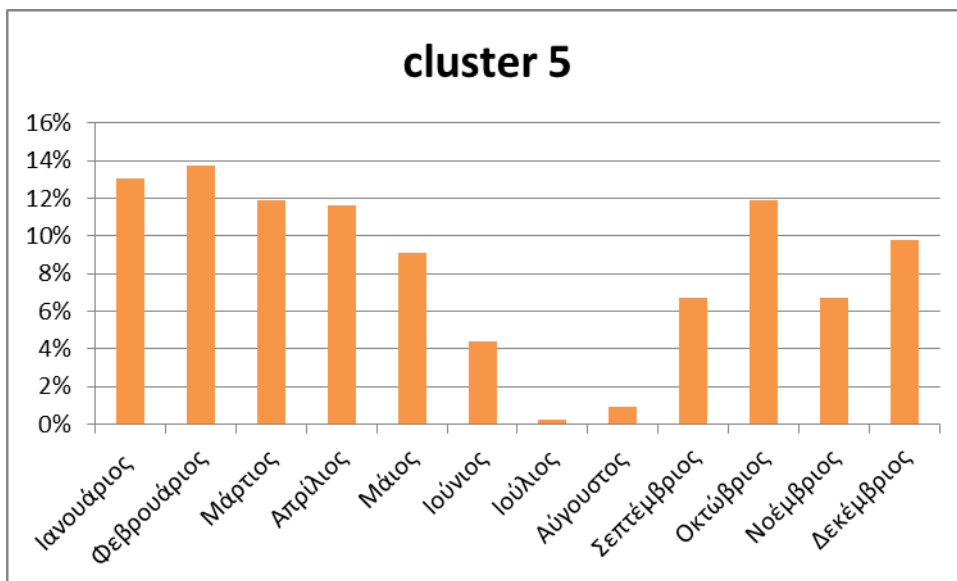


Σχήμα 3.29: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 1000 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 4.

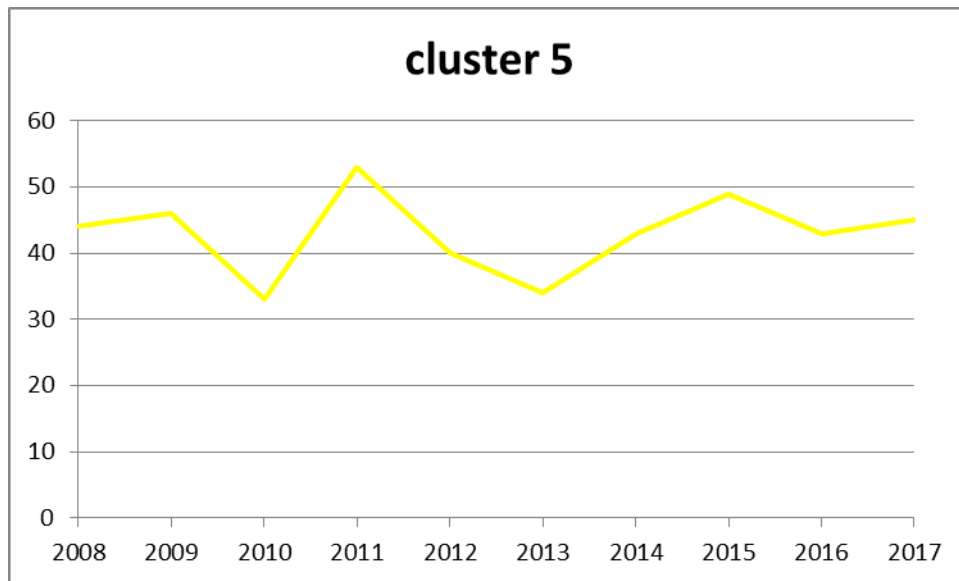
Σε αυτή τη συστάδα παρατηρούμε ότι η νέφωση εμφανίζει υψηλότερα ποσοστά στα βόρεια της υπό εξέταση περιοχής και στις ηπειρωτικές περιοχές αυτής με σταδιακή μείωση όσο προχωράμε προς τα νότια ενώ στη θαλάσσια περιοχή η νέφωση είναι περιορισμένη (Σχήμα 3.25). Αυτή η κατάσταση της νέφωσης επικρατεί κυρίως κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τους μήνες Μάιο και Ιούνιο με σημαντικό ποσοστό και τους μήνες Απρίλιο και Ιούλιο. Στην ετήσια κατανομή φαίνεται πως γι' αυτή τη συστάδα της περισσότερες μέρες εμφανίζεται το έτος 2014 ενώ τις λιγότερες το έτος 2012 (Σχήμα 3.27). Αυτός ο τύπος συμβαίνει διότι επικρατεί αστάθεια στην ανώτερη ατμόσφαιρα λόγω του αυλών χαμηλών πιέσεων (Σχήμα 3.28) σε συνδυασμό με την έντονη θέρμανση του εδάφους που επικρατεί τη θερμή περίοδο του έτους. Έτσι ευνοείται η ανάπτυξη νέφωσης πάνω από τα ηπειρωτικά. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την πέμπτη συστάδα στα Σχήματα (3.30 έως 3.34)



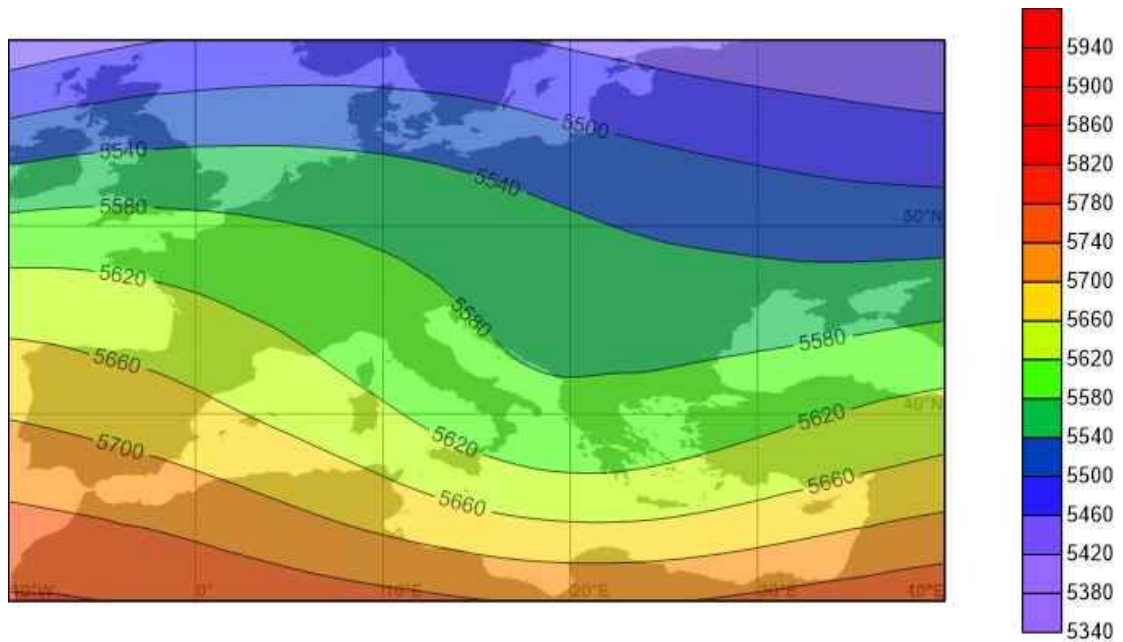
Σχήμα 3.30: Μέσος χάρτης νέφωσης (%) για τις ημέρες που κατατάσσονται στη συστάδα 5.



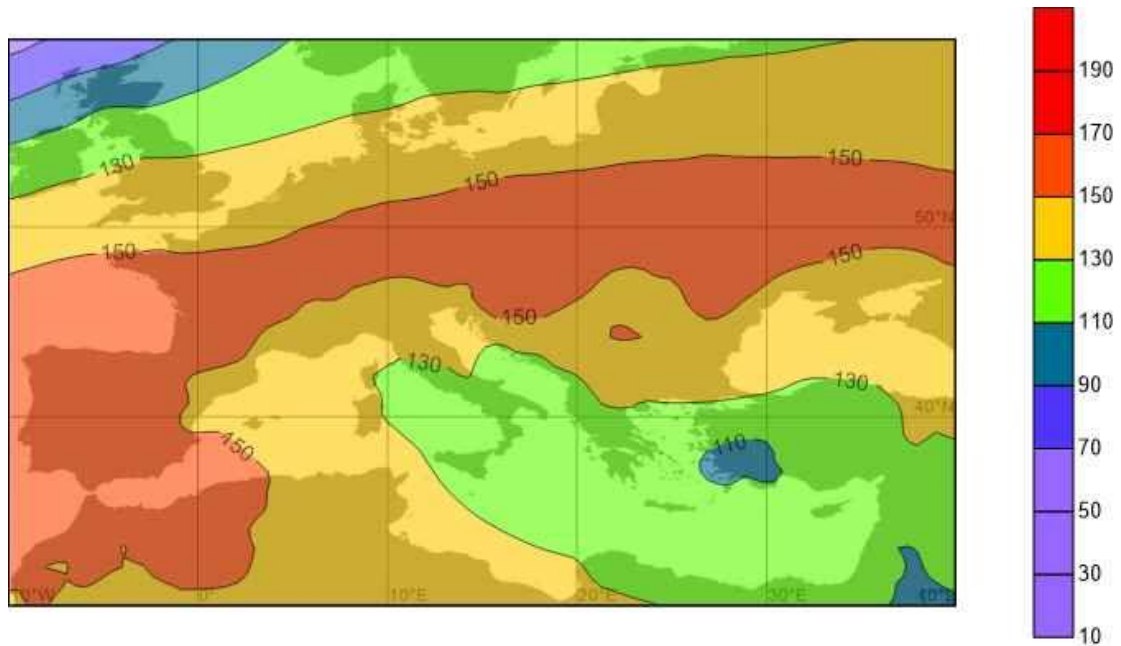
Σχήμα 3.31: Η μηνιαία κατανομή (%) των ημερών της συστάδας 5.



Σχήμα 3.32: Διαχρονική διακύμανση του αριθμού ημερών της συστάδας 5.

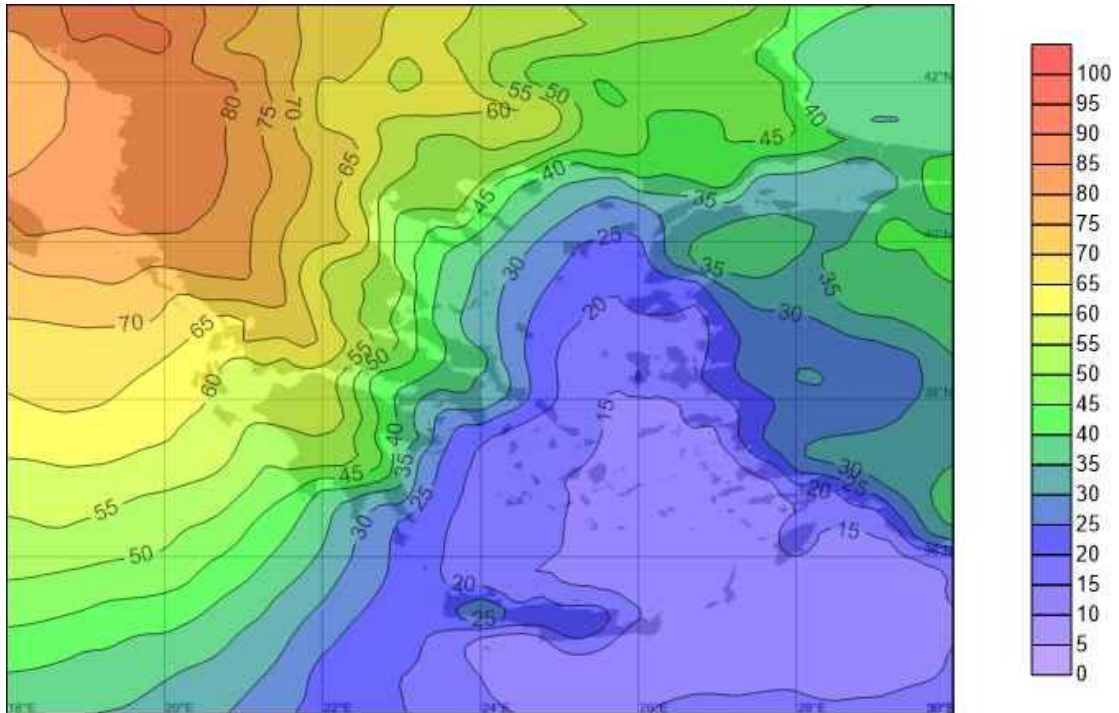


Σχήμα 3.33: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 500 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 5.

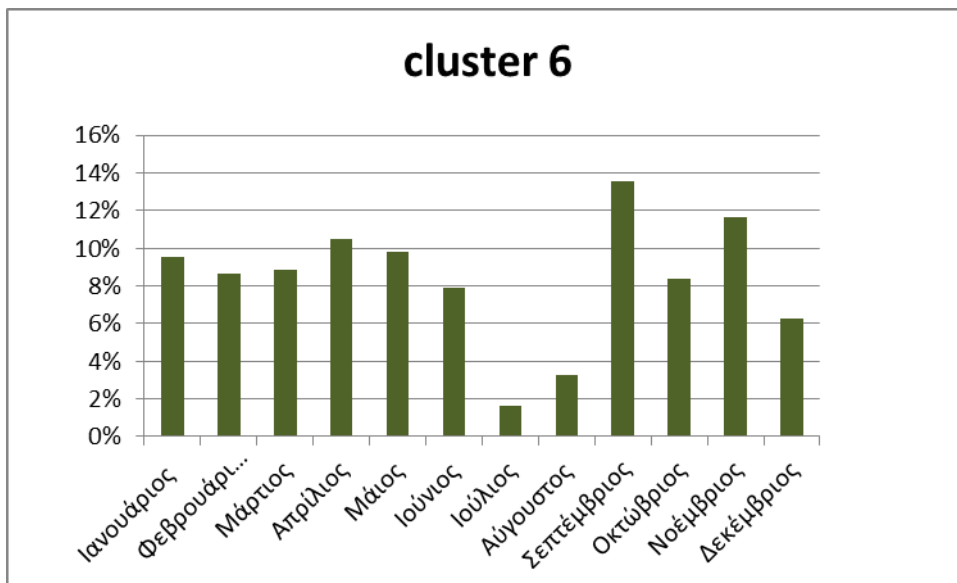


Σχήμα 3.34: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 1000 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 5.

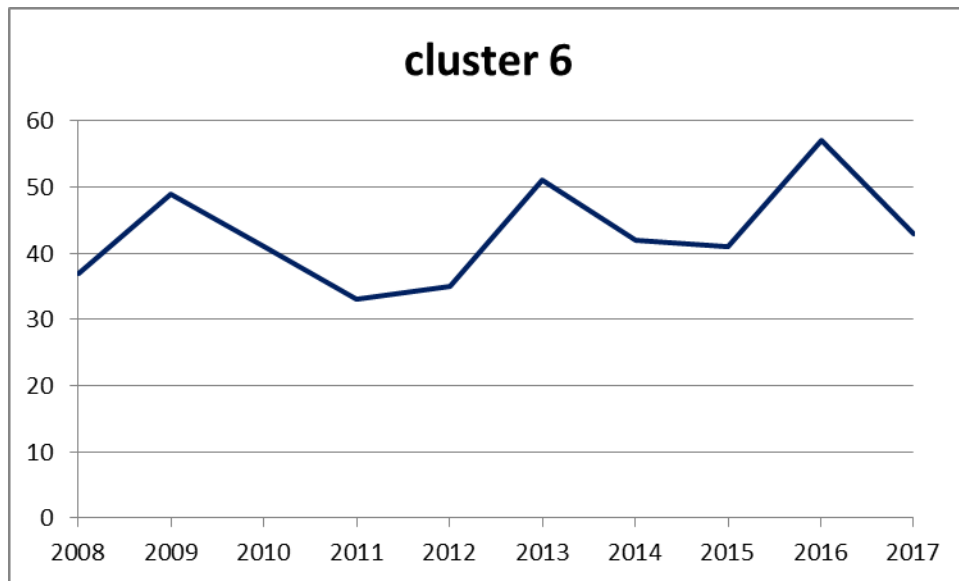
Στην 5^η συστάδα η νέφωση έχει υψηλότερα ποσοστά κυρίως στα ανατολικά προσήνεμα της ηπειρωτικής Ελλάδας, το Βόρειο Αιγαίο, την Ανατολική Θράκη και τη βορειοδυτική Μικρά Ασία. (Σχήμα 3.30) . Αυτό συμβαίνει κυρίως τους χειμερινούς μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο σε ποσοστό άνω του 12%. Σε σημαντικό ποσοστό παρατηρείται αυτός ο τύπος χωρικής κατανομής νέφωσης τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Οκτώβριο και σχεδόν καθόλου το καλοκαίρι (Σχήμα 3.31). Τα έτη που εμφανίστηκε περισσότερο αυτός ο τύπος νέφωσης είναι το 2011 με περισσότερες από 50 μέρες και το 2015 με σχεδόν 50 μέρες (Σχήμα 3.32). Η γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία που τον δημιουργεί, όπως φαίνεται και από τα Σχήματα 3.33 και 3.34 είναι η ύπαρξη ενός συστήματος χαμηλών πιέσεων στην περιοχή των Βαλκανίων και της Μικράς Ασίας, το οποίο προκαλεί ανατολικό ρεύμα στην επιφάνεια και υψηλή νεφοκάλυψη στις προσήνεμες περιοχές. Τα αποτελέσματα για την έκτη συστάδα φαίνονται στα Σχήματα (3.35 έως 3.39).



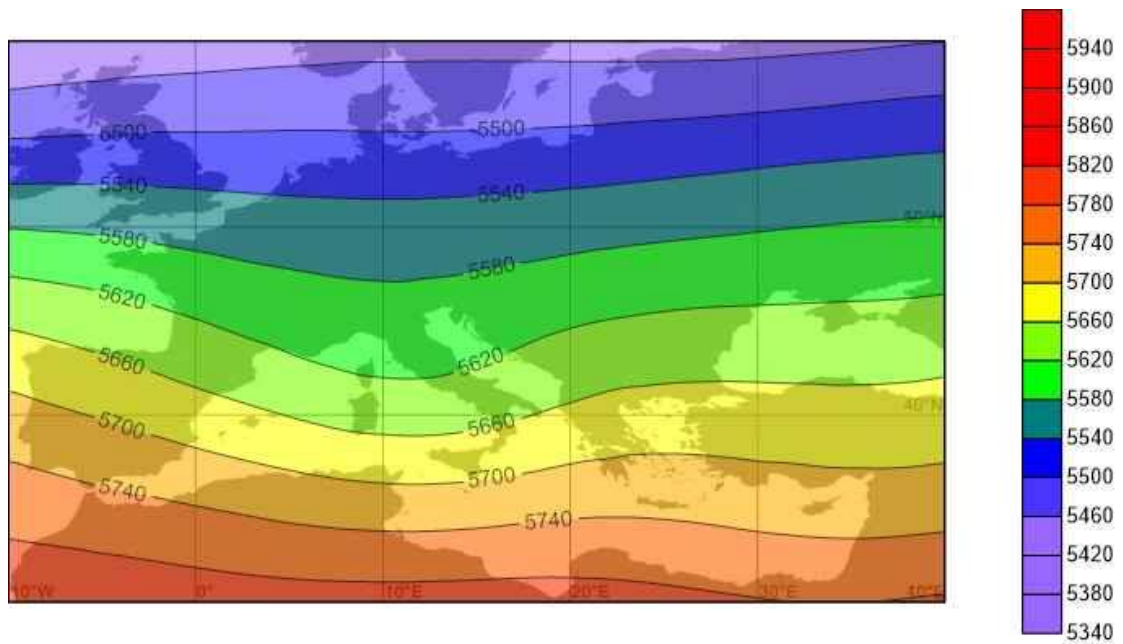
Σχήμα 3.35: Μέσος χάρτης νέφωσης (%) για τις ημέρες που κατατάσσονται στη συστάδα 6.



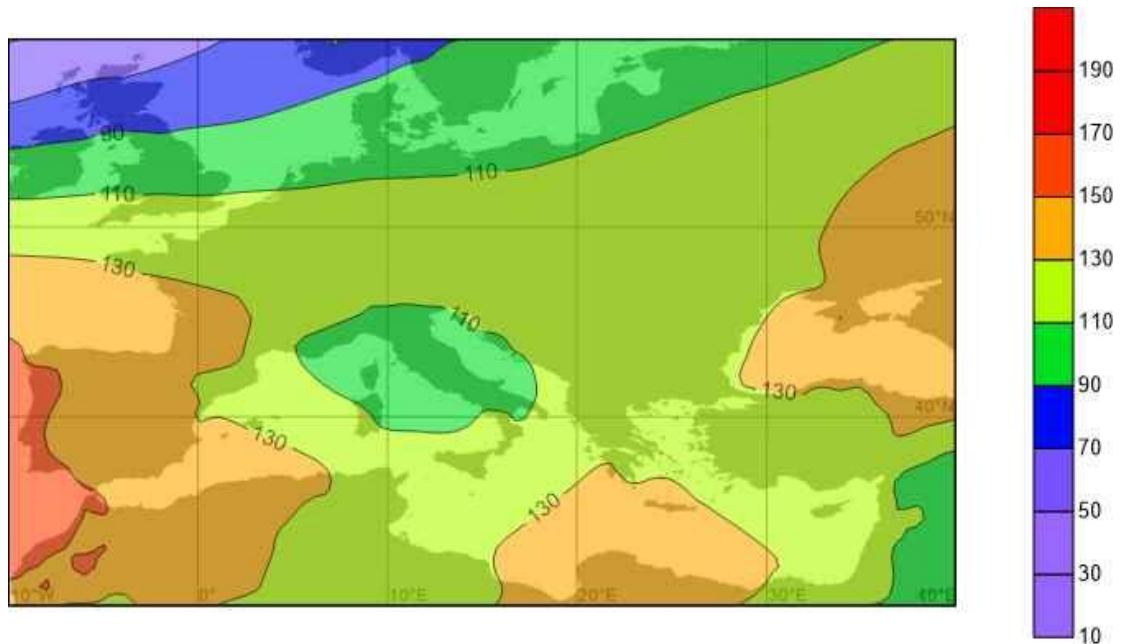
Σχήμα 3.36: Η μηνιαία κατανομή (%) των ημερών της συστάδας 6.



Σχήμα 3.37: Διαχρονική διακύμανση του αριθμού ημερών της συστάδας 6.

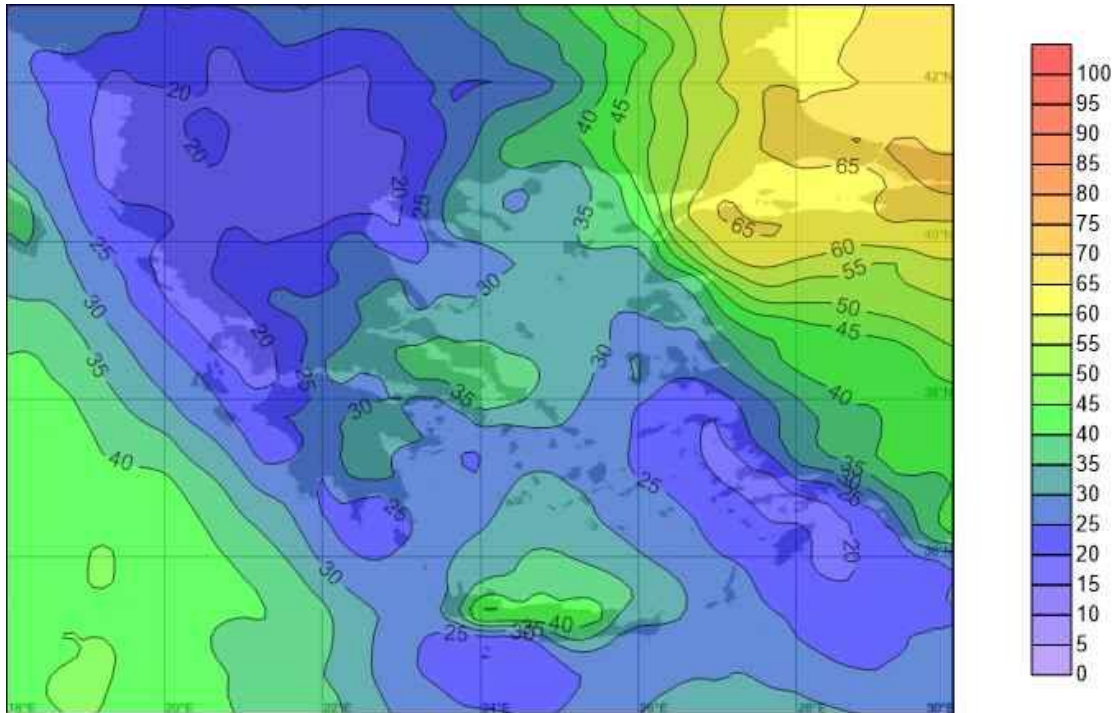


Σχήμα 3.38: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 500 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 6.

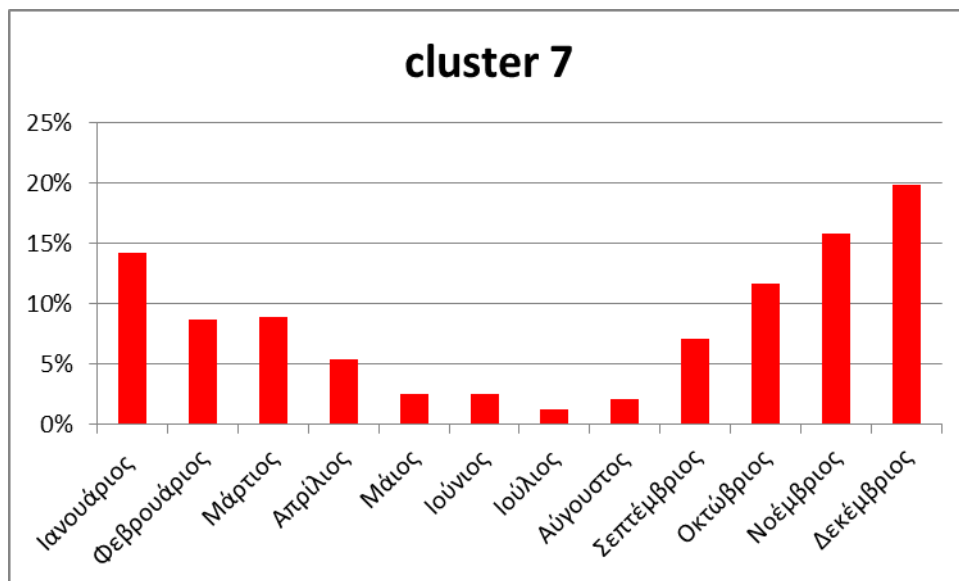


Σχήμα 3.39: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 1000 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 6.

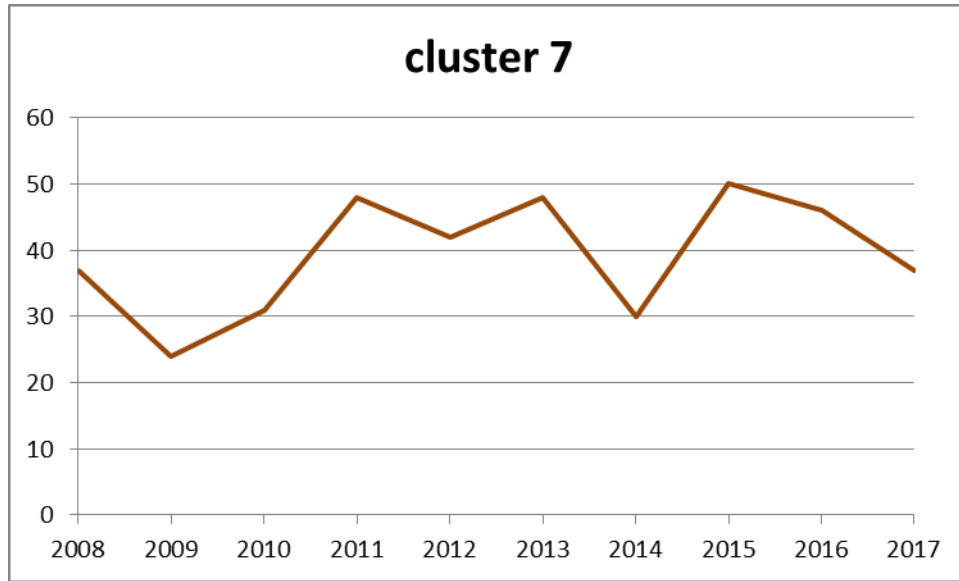
Σε αυτό τον τύπο χωρικής κατανομής της νέφωσης αυτή εμφανίζει υψηλότερα στα βορειοδυτικά της υπό εξέταση περιοχής κυρίως πάνω από την Αλβανία με σταδιακή μείωση προς νοτιοανατολικά μέχρι να φτάσει στη θαλάσσια περιοχή ανατολικά της Κρήτης όπου έχουμε σχεδόν απουσία νέφωσης (Σχήμα 3.35). Αυτό συμβαίνει κυρίως τους φθινοπωρινούς μήνες με μεγαλύτερο ποσοστό το μήνα Σεπτέμβριο. Σημαντικά ποσοστά εμφανίζονται και το χειμώνα και την άνοιξη, ενώ το καλοκαίρι ο τύπος αυτός δε φαίνεται να συμβαίνει συχνά (Σχήμα 3.36). Ως προς την ετήσια κατανομή, το έτος με της περισσότερες μέρες είναι το έτος 2016 ενώ λιγότερες έχει το έτος 2011 (Σχήμα 3.37). Η γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας που δημιουργεί αυτή τη νέφωση είναι ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων πάνω από την Ιταλία σε συνδυασμό με σύστημα υψηλών πιέσεων νότια νοτιοανατολικά της Ελλάδος (Σχήματα 3.38 και 3.39). Οι υγροί νοτιοδυτικοί άνεμοι που προκαλούνται στο βορειοδυτικό τμήμα της υπό εξέταση περιοχής συνεισφέρουν στην ανάπτυξη νεφώσεων εκεί. Τέλος για την έβδομη συστάδα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Σχήματα (3.40 έως 3.44)



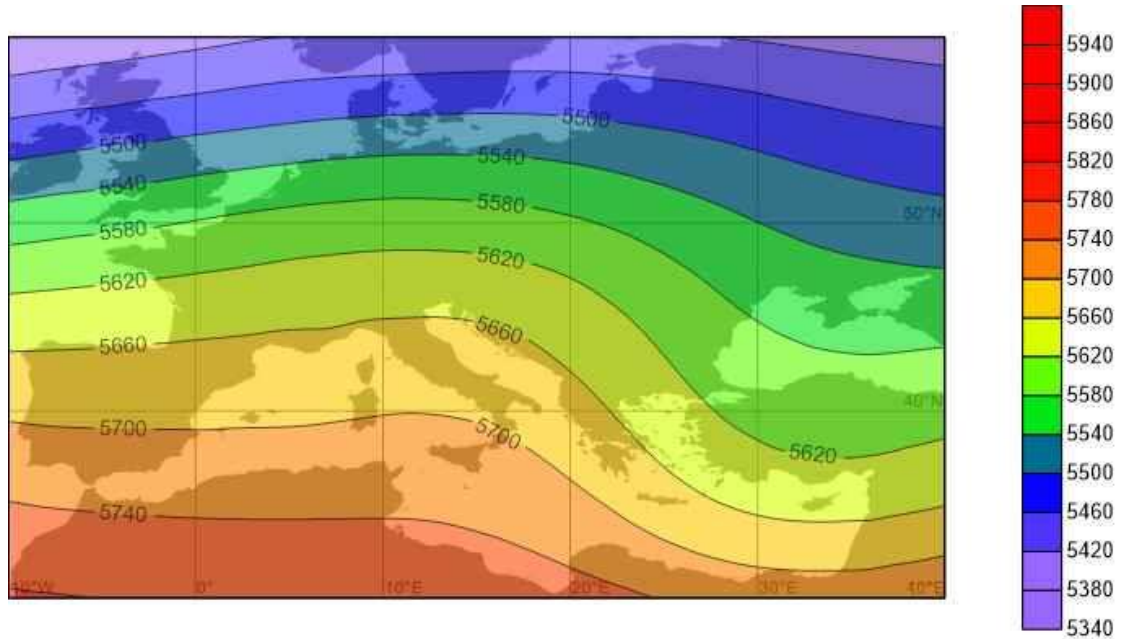
Σχήμα 3.40: Μέσος χάρτης νέφωσης (%) για τις ημέρες που κατατάσσονται στη συστάδα 7.



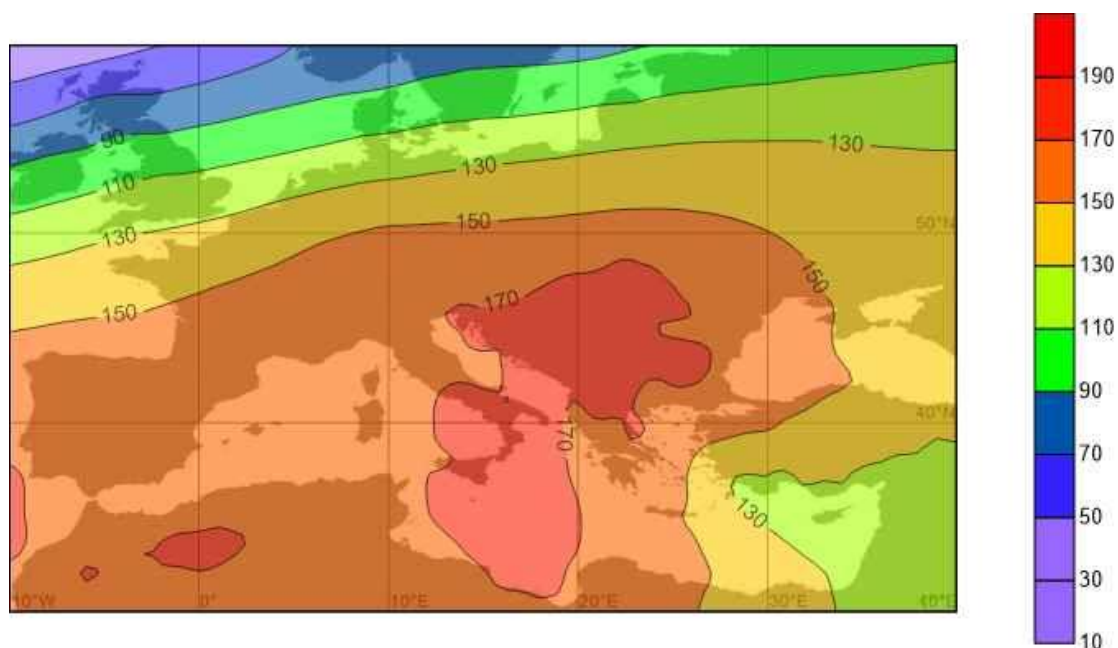
Σχήμα 3.41: Η μηνιαία κατανομή (%) των ημερών της συστάδας 7.



Σχήμα 3.42: Διαχρονική διακύμανση του αριθμού ημερών της συστάδας 7.



Σχήμα 3.43: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 500 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 7.

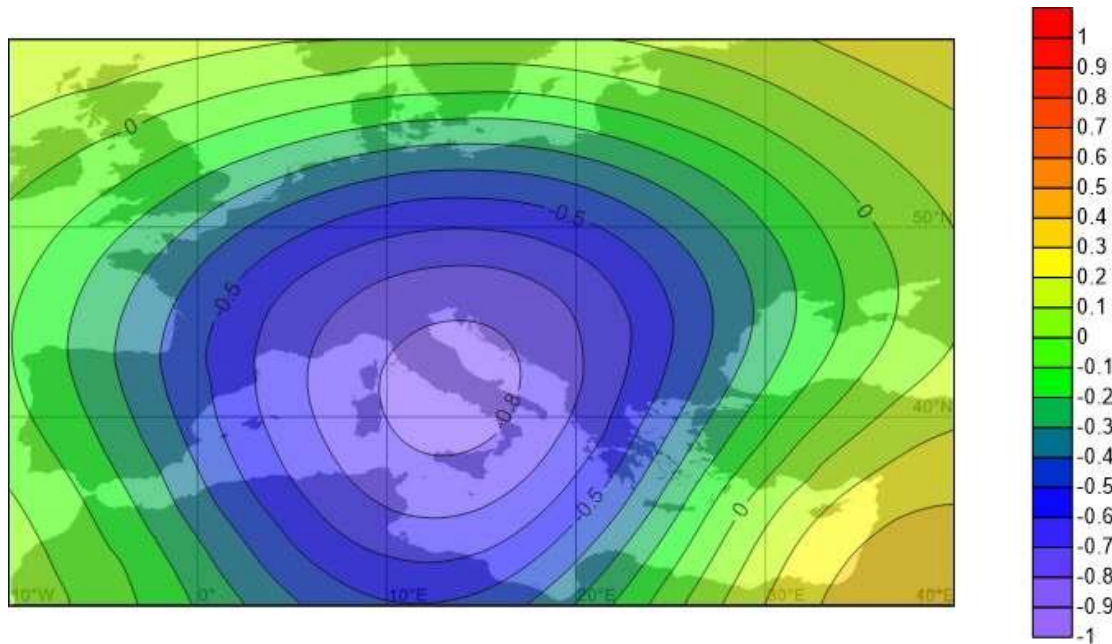


Σχήμα 3.44: Μέσος χάρτης γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας 1000 hPa (gpm) για τις ημέρες της συστάδας 7.

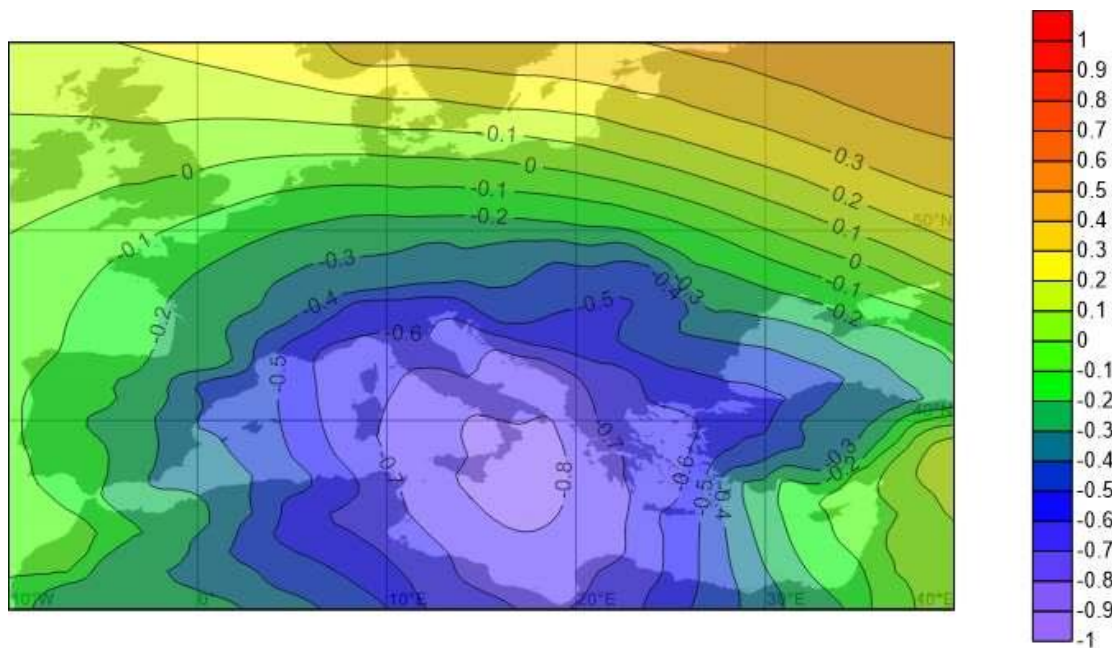
Σε αυτό τον τύπο νέφωσης παρατηρείται πολύ μικρή νεφοκάλυψη σχεδόν σε όλη την περιοχή που εξετάζουμε με εξαίρεση τα βόρεια της Μικράς Ασίας που παρουσιάζουν νέφωση περίπου 60% (Σχήμα 3.40). Αυτός ο τύπος επικρατεί τους χειμερινούς μήνες και ιδιαίτερα τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο με το μεγαλύτερο ποσοστό το Δεκέμβριο, ενώ δεν εμφανίζεται σχεδόν καθόλου τους θερινούς μήνες και τους εαρινούς και ιδιαίτερα από τον Απρίλιο ως το Αύγουστο (Σχήμα 3.41). Οι χρονιές που παρατηρήθηκε αυτός ο τύπος χωρικής κατανομής της νέφωσης για περισσότερες ημέρες ήταν το 2011, το 2013 και το 2015 με 50 ημέρες ενώ τις λιγότερες ημέρες έχουμε το 2009 με 24 ημέρες εμφάνισης (Σχήμα 3.42). Η ατμοσφαιρική κυκλοφορία που προκαλεί αυτό τον τύπο νέφωσης, όπως φαίνεται και από τα Σχήματα 3.43 και 3.44 είναι η ύπαρξη ενός συστήματος υψηλών πιέσεων στην κεντρική Μεσόγειο, τη νότια Ιταλία και τα βόρεια Βαλκάνια σε συνδυασμό με σύστημα χαμηλών πιέσεων στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.

3.4 ΚΕΝΤΡΑ ΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΝΕΦΩΣΗ ΣΤΑ ΝΟΤΙΑ ΒΑΛΚΑΝΙΑ

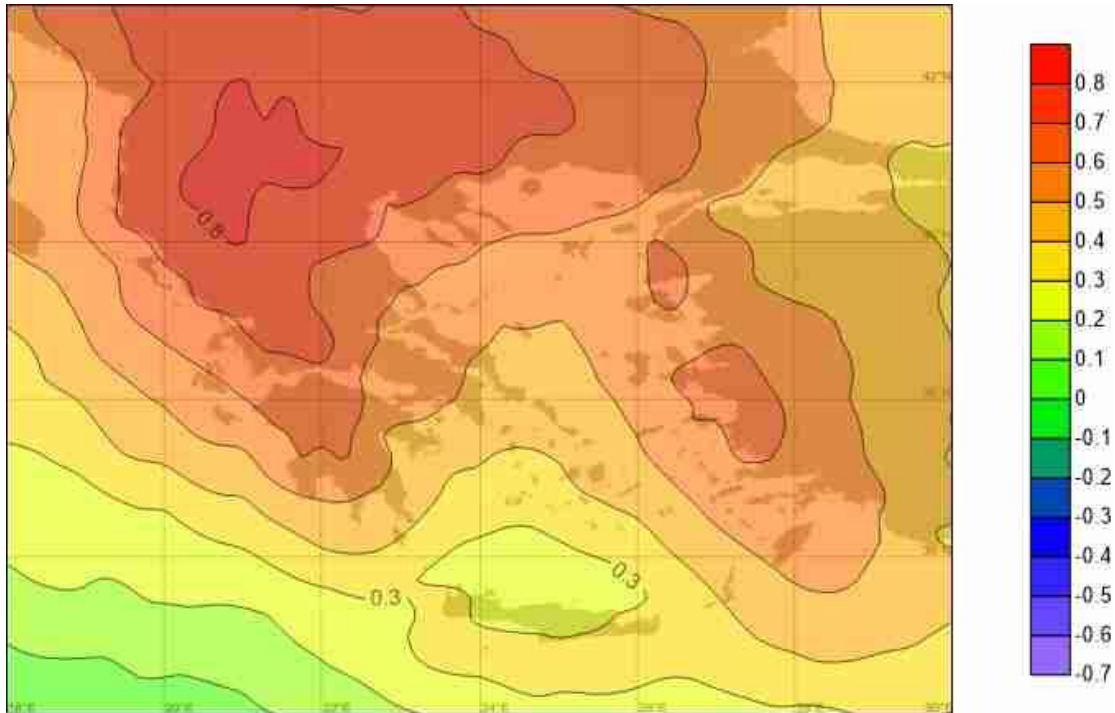
Από την εφαρμογή της Ανάλυσης κανονικής συσχέτισης προέκυψαν 3 ζεύγη κανονικών μεταβλητών (V,W) στατιστικά σημαντικά. Τα αποτελέσματα για το πρώτο ζεύγος (V1,W1) με συντελεστή συσχέτισης 0,717 μεταξύ των μεταβλητών παρουσιάζονται στα Σχήματα (3.45, 3.46 και 3.47) .



Σχήμα 3.45: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής V1 και του γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας των 500 hPa.

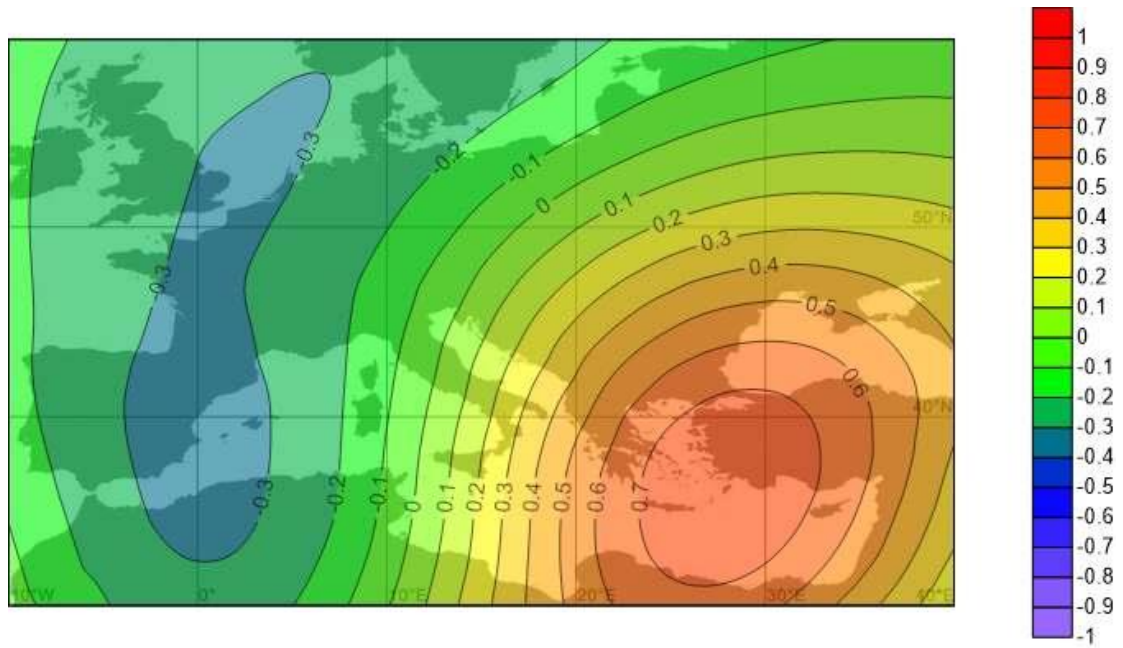


Σχήμα 3.46: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής V1 και του γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας των 1000 hPa.

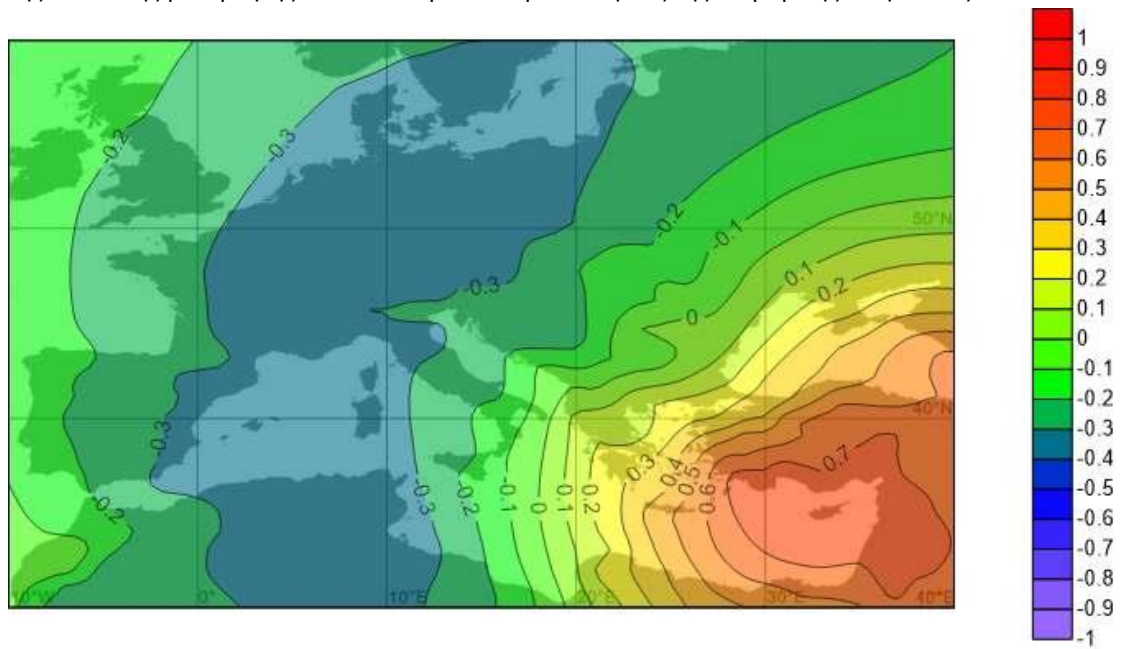


Σχήμα 3.47: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής W1 και της νέφωσης στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων.

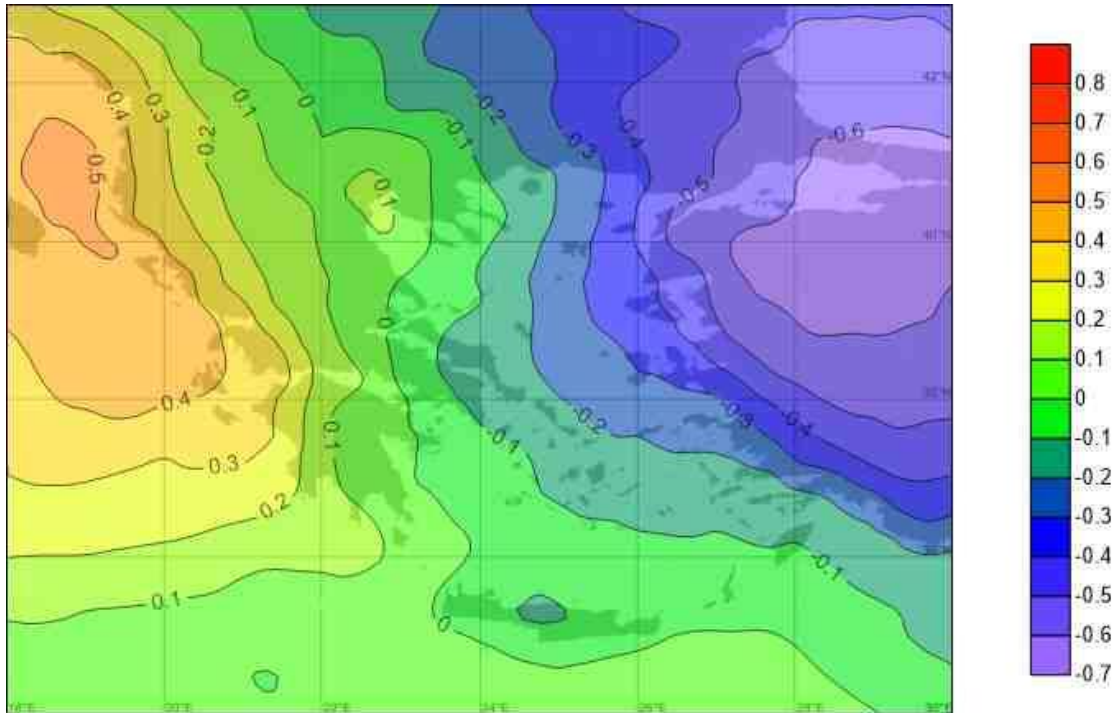
Όταν λοιπόν επικρατεί σύστημα χαμηλών πιέσεων στην Ιταλία και στο Ιόνιο (Σχήματα 3.45 και 3.46) τότε η νέφωση, στην περιοχή της βόρειας Ελλάδος της Αλβανίας των Σκοπίων, της Δυτικής Βουλγαρίας και δύο μικρές περιοχές στα παράλια της Μικράς Ασίας και τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου, είναι υψηλή. Το αντίθετο συμβαίνει όταν επικρατεί σύστημα υψηλών πιέσεων στην περιοχή της Ιταλίας και του Ιονίου. Αυτό σημαίνει πως η νέφωση στις περιοχές αυτές επηρεάζεται έντονα από την επικρατούσα ατμοσφαιρική κυκλοφορία στην Ιταλία και στο Ιόνιο. Για το δεύτερο ζεύγος κανονικών μεταβλητών (V2,W2), με συντελεστή συσχέτισης 0,536 μεταξύ των δύο μεταβλητών, δημιουργήθηκαν οι παρακάτω χάρτες (Σχήματα 3.48, 3.49 και 3.50).



Σχήμα 3.48: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής V2 και του γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας των 500 hPa.

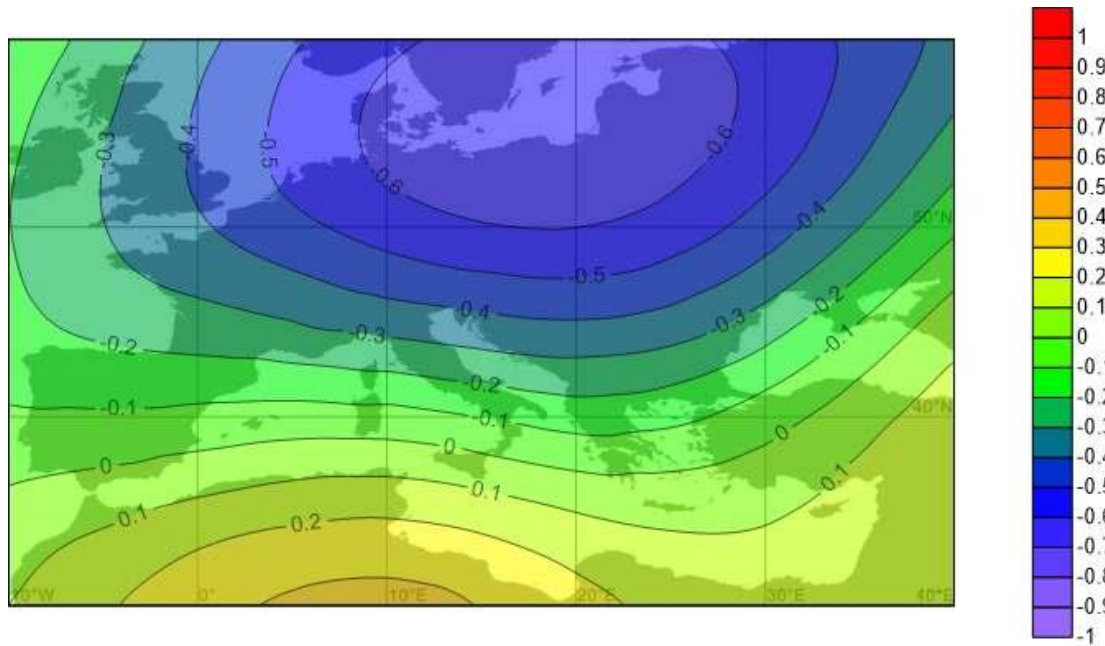


Σχήμα 3.49: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής V2 και του γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας των 1000 hPa.

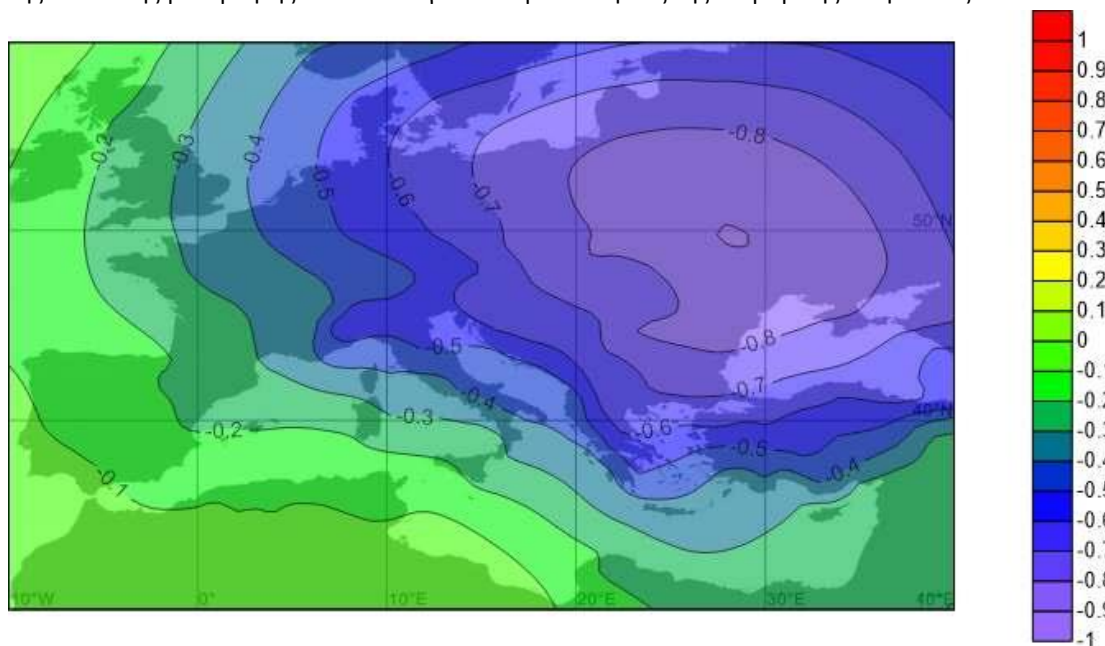


Σχήμα 3.50: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής W2 και της νέφωσης στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων.

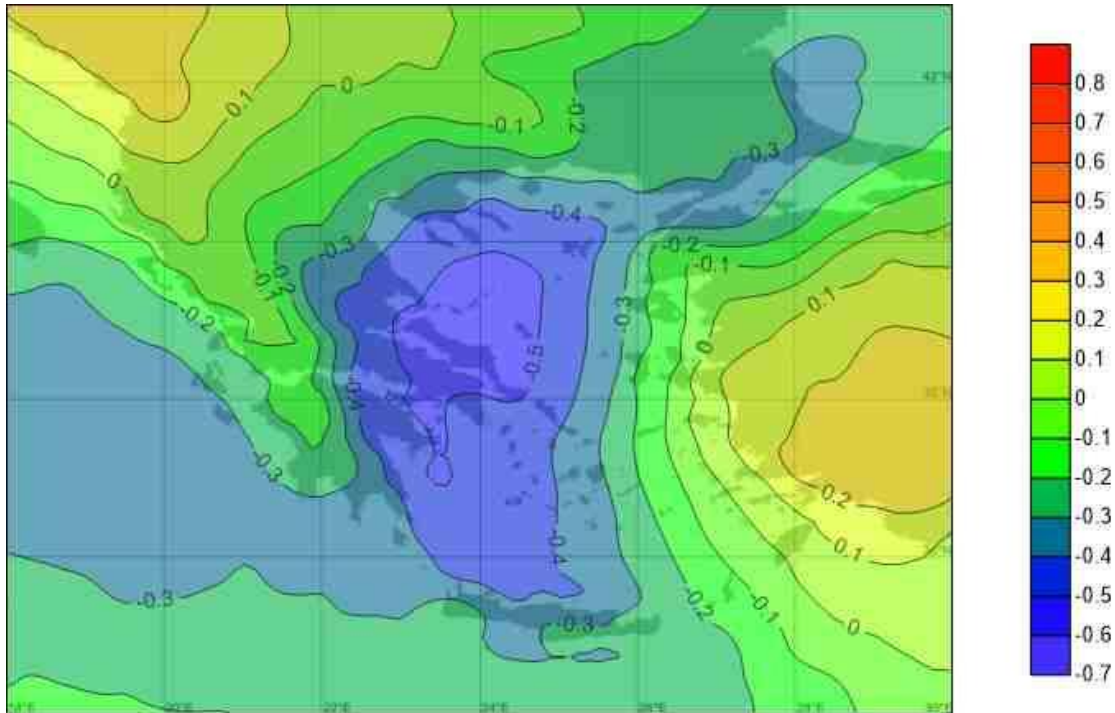
Όταν επικρατεί σύστημα χαμηλών πιέσεων στη Δυτική Μεσόγειο και σύστημα υψηλών πιέσεων στην Ανατολική Μεσόγειο, την Κύπρο και τη Νότια Μικρά Ασία (Σχήματα 3.48 και 3.49), τότε επικρατούν χαμηλές τιμές νέφωσης στην Μικρά Ασία και υψηλή στη Δυτική Ελλάδα και το Ιόνιο Πέλαγος. Το αντίθετο συμβαίνει όταν επικρατεί σύστημα υψηλών πιέσεων στη Δυτική Μεσόγειο και χαμηλών στην ανατολική. Τότε επικρατούν χαμηλές τιμές νέφωσης στη Δυτική Ελλάδα και το Ιόνιο και υψηλές τιμές στη Μικρά Ασία. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η νέφωση πάνω από τη Μικρά Ασία, τη Δυτική Ελλάδα και το Ιόνιο εξαρτάται από τις συνθήκες ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας στη Δυτική και την Ανατολική Μεσόγειο. Για το τρίτο ζεύγος κανονικών μεταβλητών (V3,W3) με συντελεστή συσχέτισης 0,486 δημιουργήθηκαν τα Σχήματα 3.51, 3.52 και 3.53



Σχήμα 3.51: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής V3 και του γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας των 500 hPa.



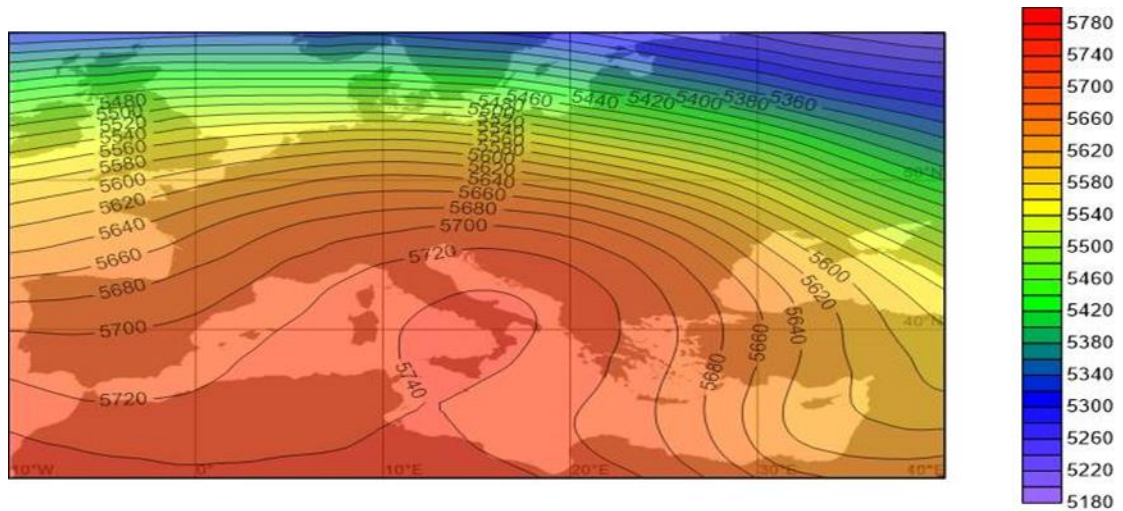
Σχήμα 3.52: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής V3 και του γεωδυναμικού ύψους της ισοβαρικής επιφάνειας των 1000 hPa.



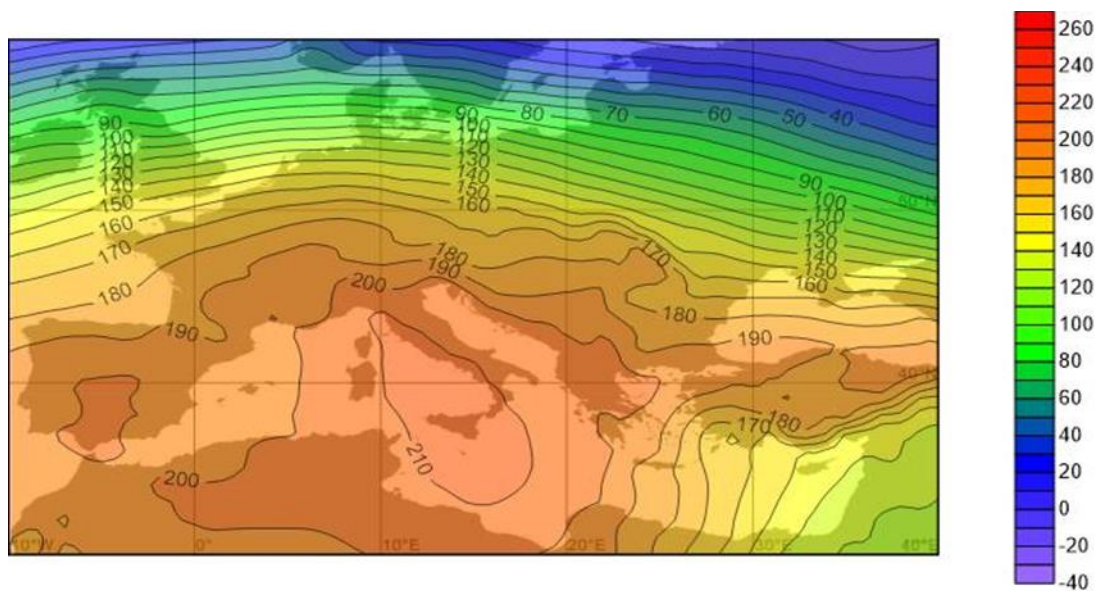
Σχήμα 3.53: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της κανονικής μεταβλητής W3 και της νέφωσης στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων.

Όπως φαίνεται από τους χάρτες χωρικής κατανομής του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της μεταβλητής V3 και των γεωδυναμικών υψών στα 500 και 1000 hPa (Σχήματα 3.51 και 3.52) η ύπαρξη συστήματος χαμηλών πιέσεων στη Βόρεια και Ανατολική Ευρώπη επηρεάζει τη νέφωση στο Αιγαίο Πέλαγος. Συγκεκριμένα όταν υπάρχει σύστημα χαμηλών πιέσεων στη βορειοανατολική Ευρώπη, η νέφωση στο Αιγαίο παρουσιάζει χαμηλές τιμές (Σχήμα 3.53) και το αντίθετο, όταν στη βορειοανατολική Ευρώπη επικρατεί σύστημα υψηλών πιέσεων η νέφωση στο Αιγαίο έχει υψηλές τιμές. Άρα η νέφωση στο Αιγαίο επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική κυκλοφορία πάνω από τη βορειοανατολική Ευρώπη.

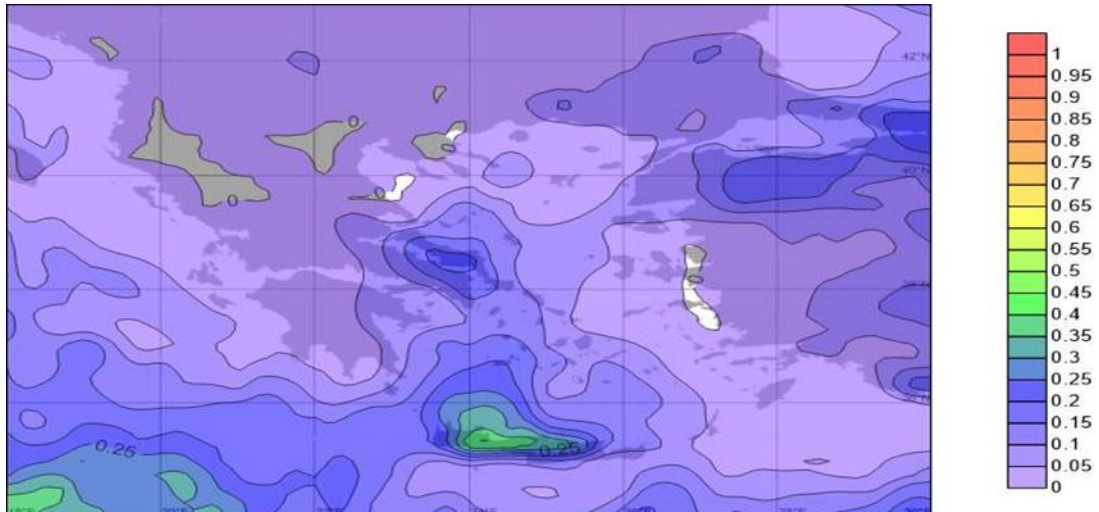
Προς επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων για το πρώτο ζεύγος μεταβλητών (V1,W1) δημιουργήθηκαν οι μέσοι χάρτες για τις 15 μέρες με τις μεγαλύτερες τιμές της W1 όπως παρουσιάζονται στα Σχήματα 3.54, 3.55 και 3.56.



Σχήμα 3.54: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 500hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W1.

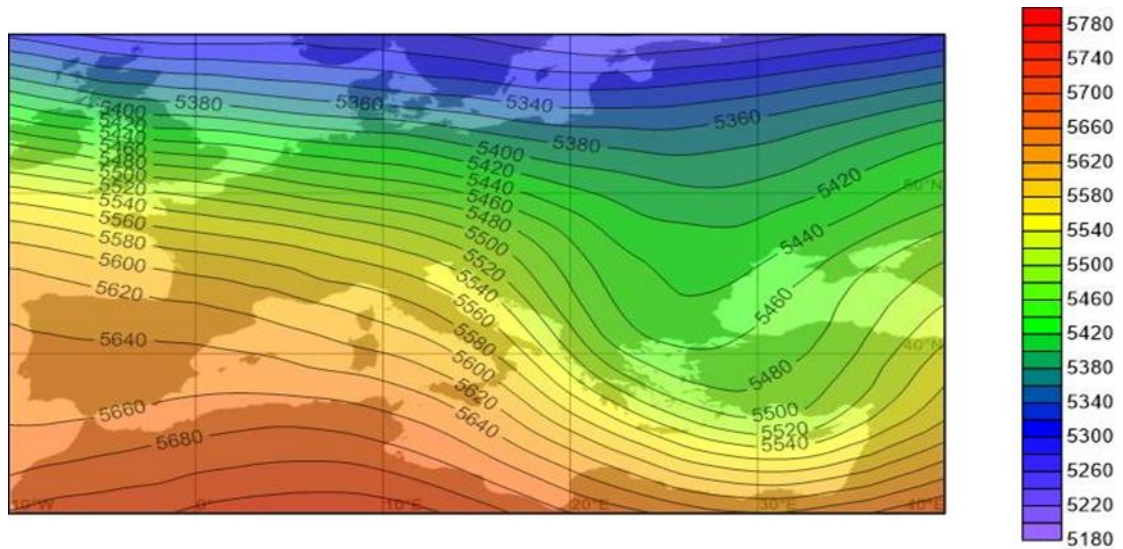


Σχήμα 3.55: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 1000hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W1.

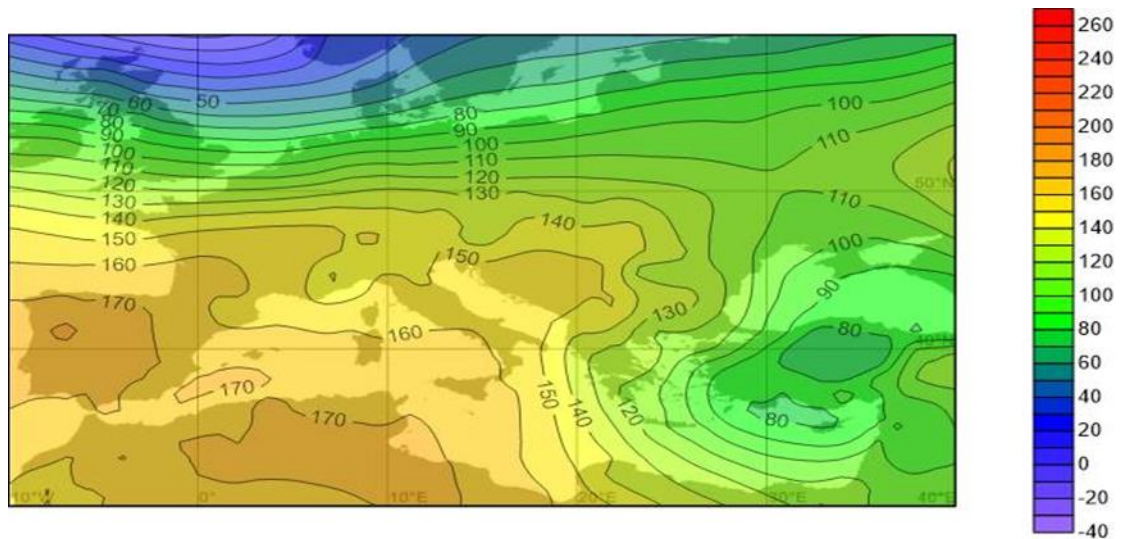


Σχήμα 3.56: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή της νέφωσης (%) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W1.

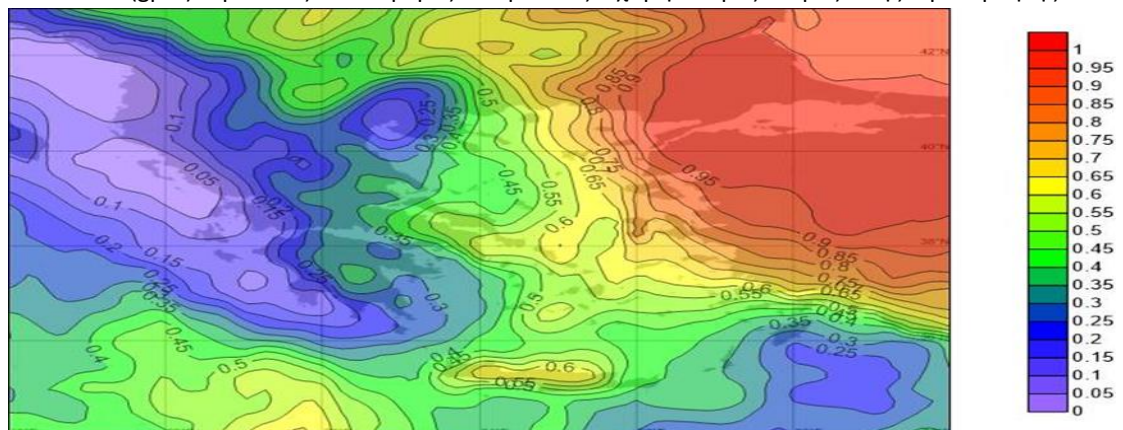
Όπως φαίνεται από τα Σχήματα 3.54, 3.55 και 3.56 σε σχέση με τα αντίστοιχα Σχήματα 3.45, 3.46 και 3.47 για το ζεύγος μεταβλητών V1, W1 παρουσιάζουν αντίθετη εικόνα, όπου δηλαδή υπάρχει σύστημα χαμηλών πιέσεων στα μεν υπάρχει αντικυκλώνας στα δε. Κάτι αντίστοιχο παρατηρείται και στη νέφωση, όπου αντί να υπάρχουν μεγάλες τιμές νέφωσης επικρατούν μικρές τιμές νέφωσης. Στις περιοχές λοιπόν της βόρειας Ελλάδος, της Αλβανίας, των Σκοπίων και της Βουλγαρίας επικρατεί ελάχιστη ή και μηδενική νέφωση καθώς και σε μία μικρή περιοχή των παραλίων της Μικράς Ασίας (Σχήμα 3.56). Στους χάρτες των γεωδυναμικών επικρατεί ένα σύστημα υψηλών πιέσεων πάνω από την περιοχή της Ιταλίας. Αυτό συμβαίνει διότι έχουμε επιλέξει τις ημέρες με την χαμηλότερη τιμή της W1, άρα και με αντίθετη κατανομή με τους χάρτες που δείξαμε παραπάνω. συνεπώς είναι λογικό να έχουμε αυτή την ακριβώς αντίθετη εικόνα με τα αποτελέσματα για το ζεύγος μεταβλητών (V1,W1). Επιβεβαιώνονται έτσι τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Κανονικής Συσχέτισης. Ανάλογη εικόνα παρατηρείται και στους επόμενους χάρτες (Σχήματα 3.57 έως 3.62) για τις χαμηλότερες τιμές των μεταβλητών W2 και W3



Σχήμα 3.57: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 500hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W2.

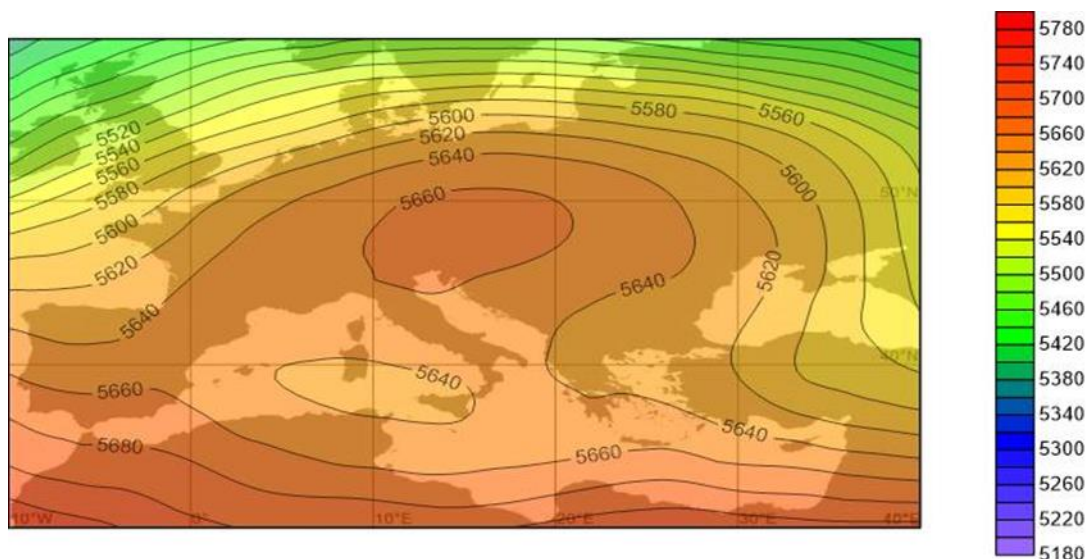


Σχήμα 3.58: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 1000hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W2.

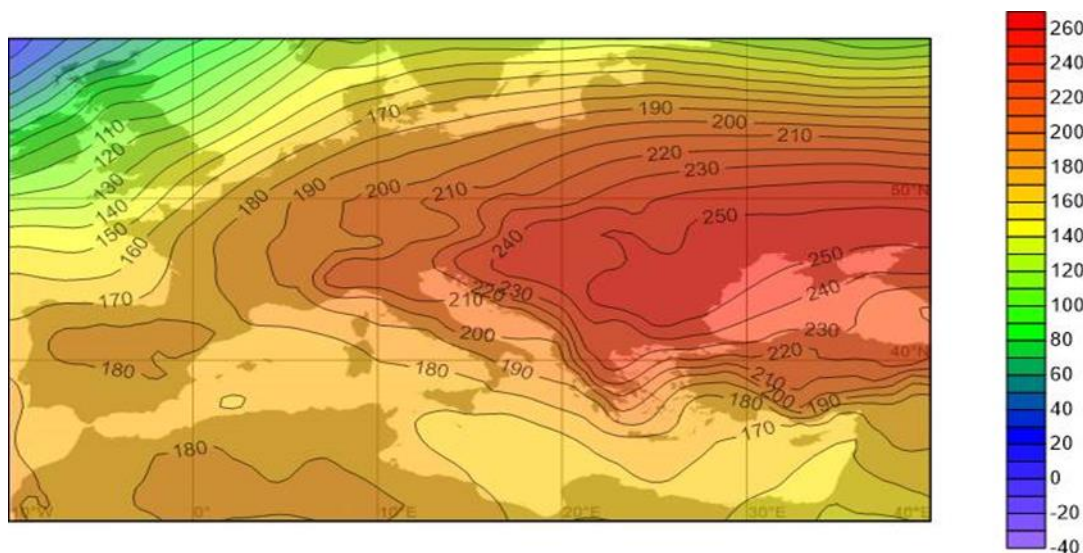


Σχήμα 3.59: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή της νέφωσης (%) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W2.

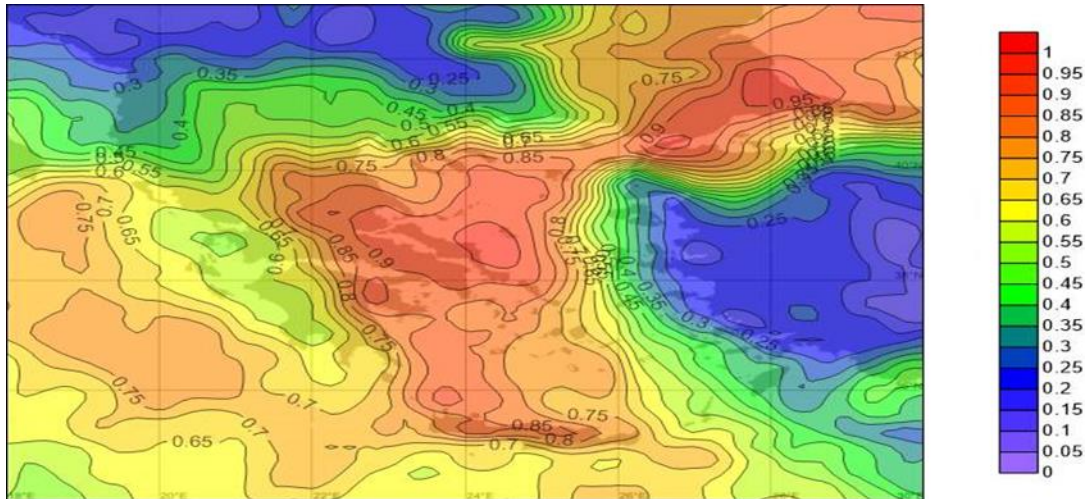
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.59 επικρατούν υψηλές τιμές νέφωσης στη Μικρά Ασία και χαμηλές τιμές στη δυτική Ελλάδα και το Ιόνιο. Ως προς τα γεωδυναμικά, υπάρχει ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων πάνω από τη Μικρά Ασία και Κύπρο και ένα υψηλών στη δυτική Μεσόγειο, Ιβηρική χερσόνησο και βόρειο Αφρική (Σχήματα 3.57 και 3.58) σε αντίθεση με τα Σχήματα (3.48, 3.49 και 3.50), με κάποιες μικρές διαφορές. Επιβεβαιώνοντας έτσι τα αποτελέσματα της ανάλυσης κανονικής συσχέτισης καθώς οι χάρτες για με τις μικρότερες τιμές του W2 παρουσιάζουν αντίθετη κατανομή από αυτούς για τις μεταβλητές V2 και W2.



Σχήμα 3.60: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 500hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W3.

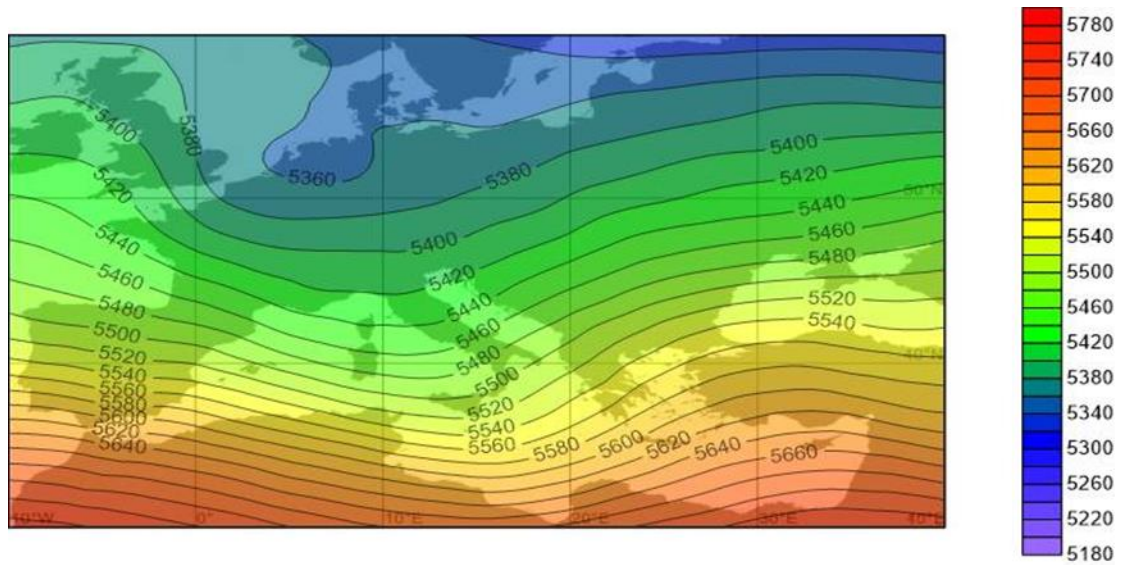


Σχήμα 3.61: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 1000hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W3.

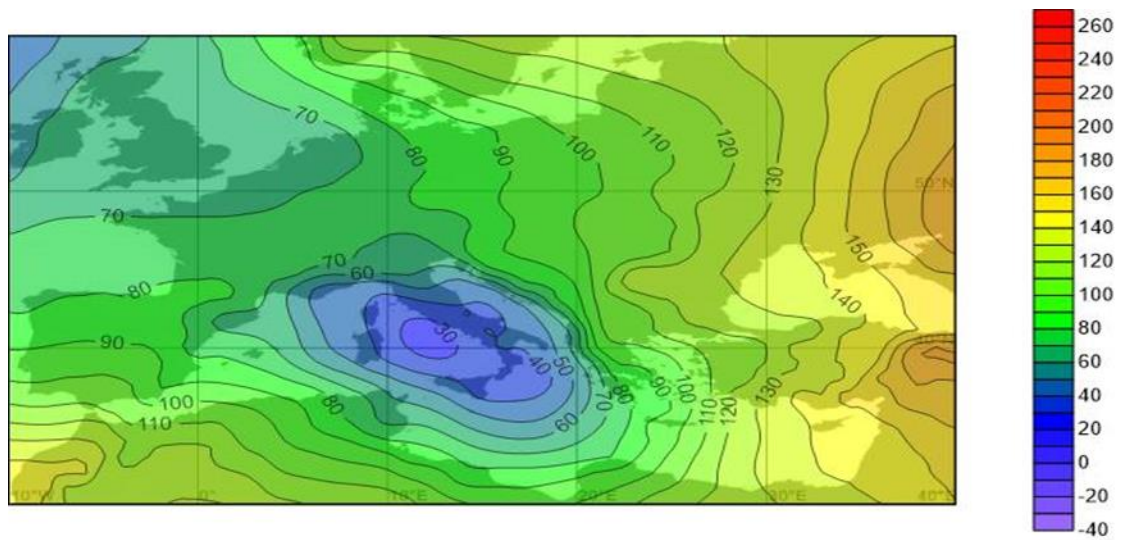


Σχήμα 3.62: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή της νέφωσης (%) για τις 15 μέρες με τις χαμηλότερες τιμές της μεταβλητής W3.

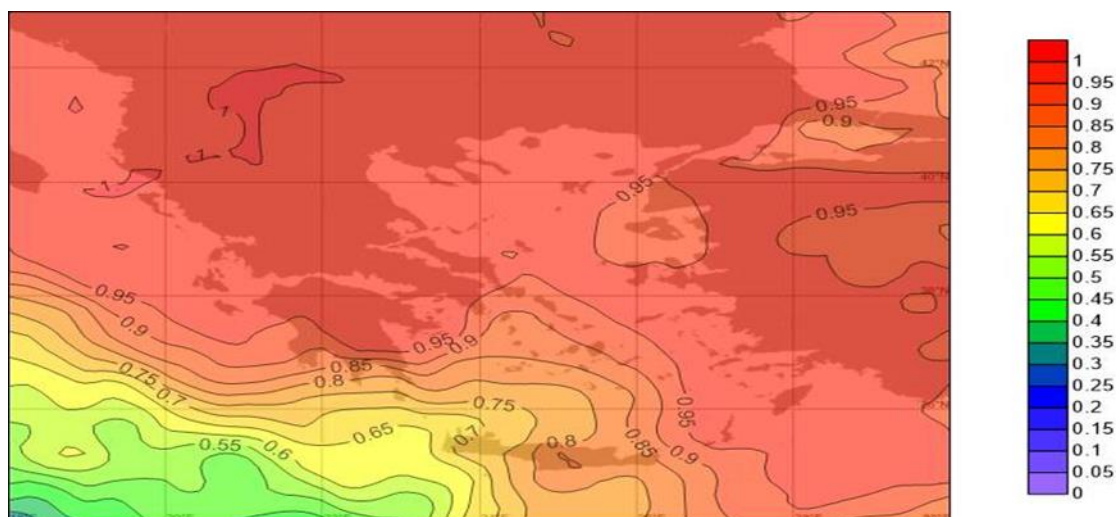
Στο Σχήμα 3.62 επικρατούν υψηλές τιμές νέφωσης στην περιοχή του Αιγαίου, στη θάλασσα του Μαρμαρά και την Ανατολική Θράκη εικόνα αντίθετη με αυτή του Σχήματος 3.53. Αντίστοιχη είναι και η εικόνα για τα γεωδυναμικά (Σχήματα 3.60 και 3.61) που δείχνει την ύπαρξη συστήματος υψηλών πιέσεων μετατοπισμένο νοτιότερα σε σχέση με τα Σχήματα (3.51 και 3.52). Οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των χαρτών των 15 ημερών με τις χαμηλότερες τιμές των μεταβλητών W1, W2 και W3 οφείλονται στο ότι τόσο ο συντελεστής κανονικής συσχέτισης μεταξύ W και V δεν είναι 1 όσο και στο ότι η συσχέτιση μεταξύ W και V με τη νέφωση και τα δυναμικά αντίστοιχα δεν είναι απόλυτη. Δημιουργώντας λοιπόν τους χάρτες με τις 15 μέρες με τη μικρότερη τιμή των μεταβλητών W1, W2, και W3 βρήκαμε αντίθετη κατανομή από τους χάρτες για τα ζεύγη μεταβλητών (V1,W1), (V2,W2) και (V3,W3) όπως ήταν αναμενόμενο, επιβεβαιώνοντας με αυτό τον τρόπο τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Κανονικής Συσχέτισης. Στη συνέχεια παρατίθενται οι χάρτες με τα αποτελέσματα για της 15 μέρες με την υψηλότερη τιμή των W1, W2 και W3 (Σχήματα 3.63 έως 3.71)



Σχήμα 3.63: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 500hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W1.

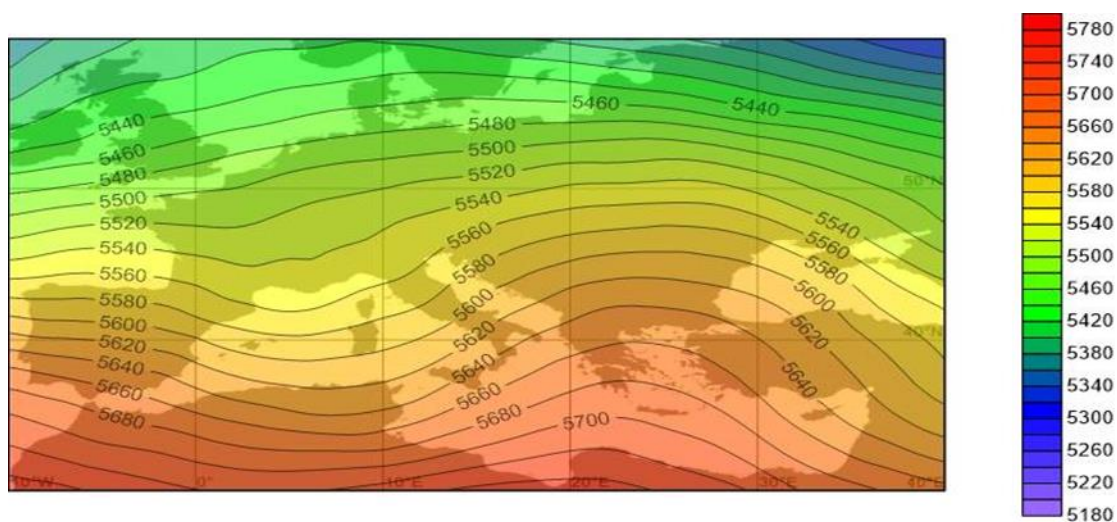


Σχήμα 3.64: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 1000hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W1.

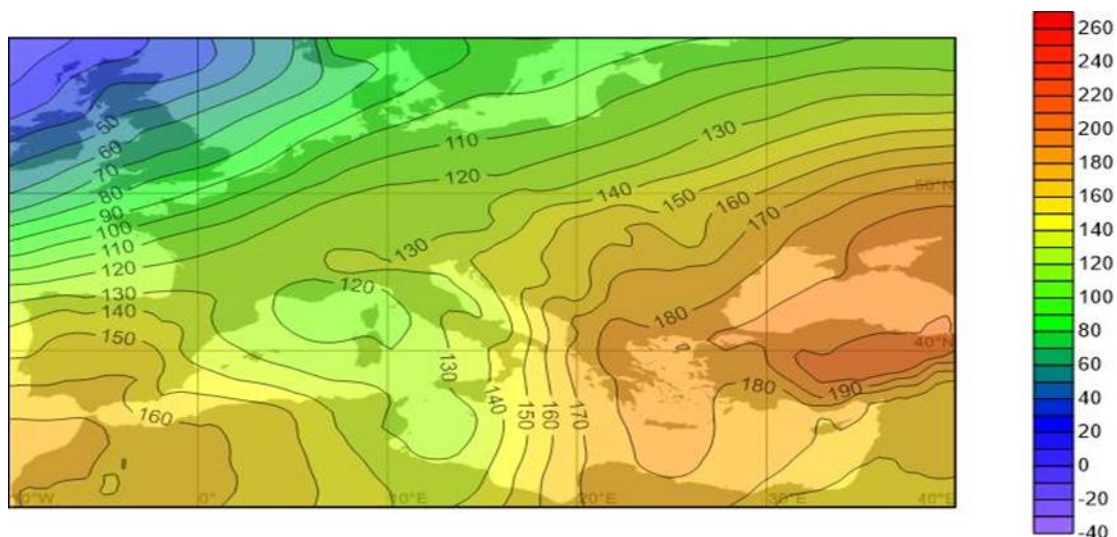


Σχήμα 3.65: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή της νέφωσης (%) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W1.

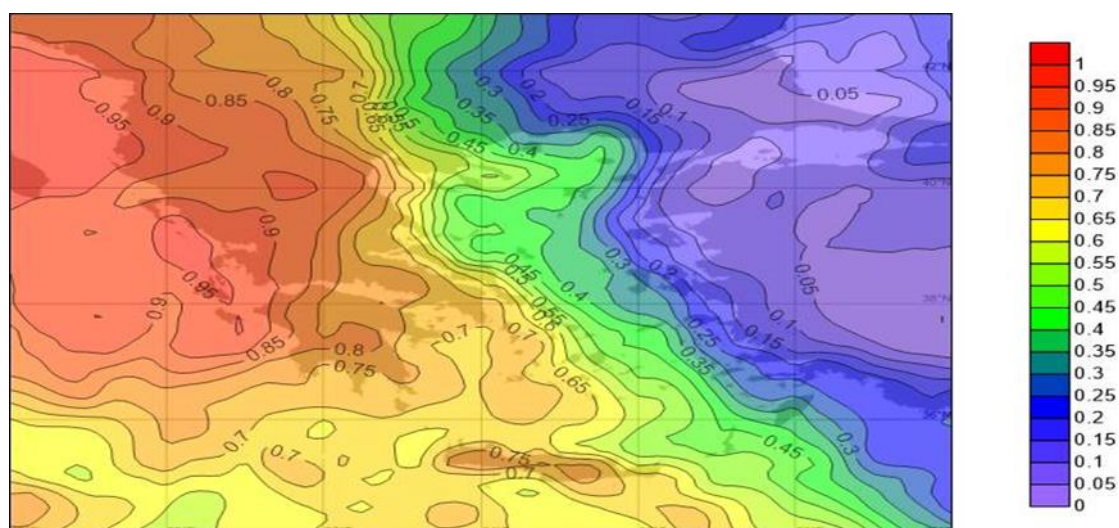
Στο Σχήμα 3.65 παρατηρούμε μια κατάσταση νέφωσης που μοιάζει με αυτή του Σχήματος 3.47 αλλά κάπως πιο εκτεταμένη με μέγιστο πάντως στα βόρεια της Ελλάδος και στην περιοχή των Σκοπίων. Στους χάρτες των γεωδυναμικών στα μεν 1000hPa παρατηρείται χαμηλό στην περιοχή της Ιταλίας και στα 500hPa στην ίδια περιοχή υπάρχει Αυλώνας Χαμηλών Πιέσεων σε αντιστοιχία με τα Σχήματα 3.45 και 3.46.



Σχήμα 3.66: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 500hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W2.

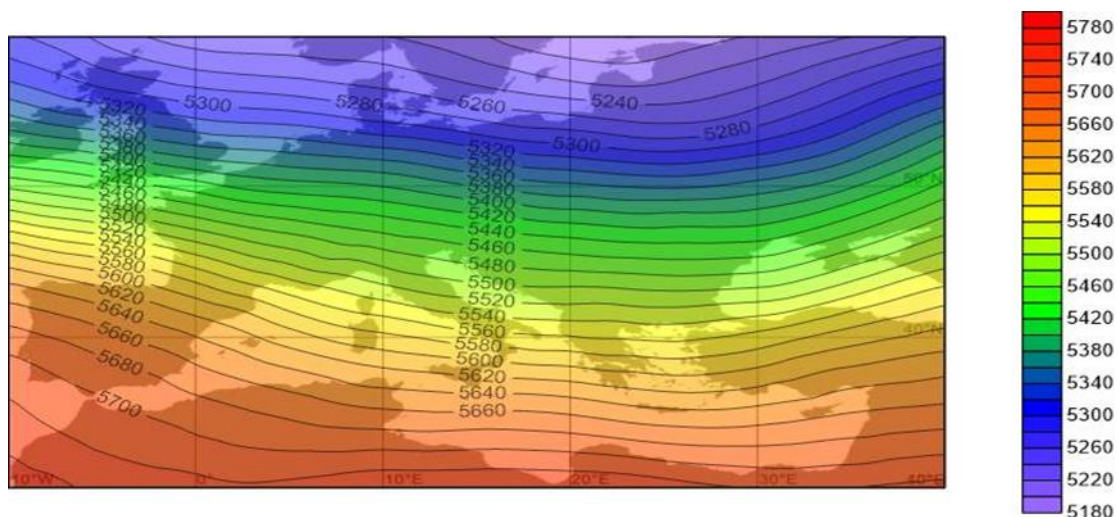


Σχήμα 3.67: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 1000hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W2.

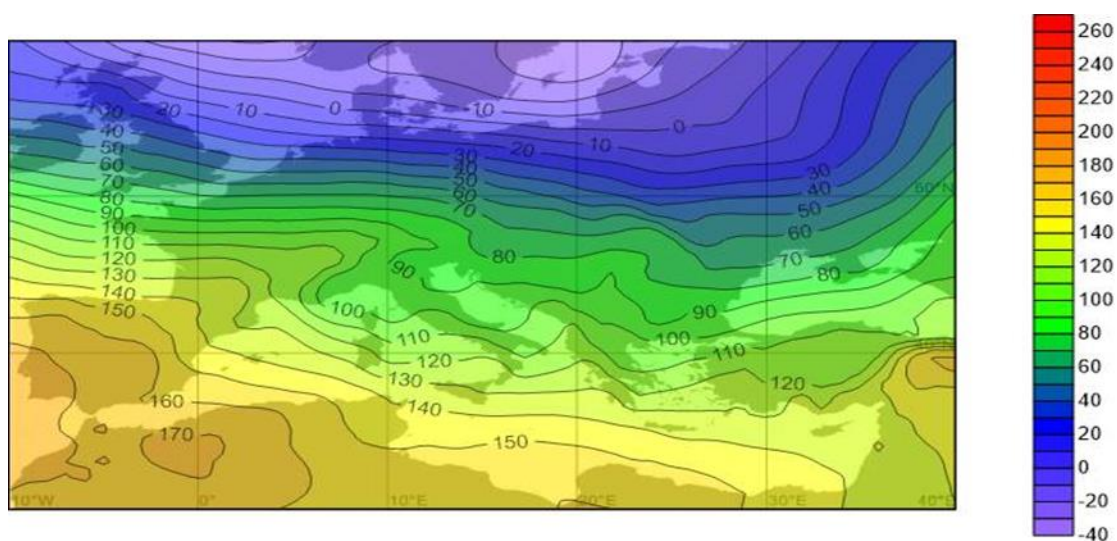


Σχήμα 3.68: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή της νέφωσης (%) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W2.

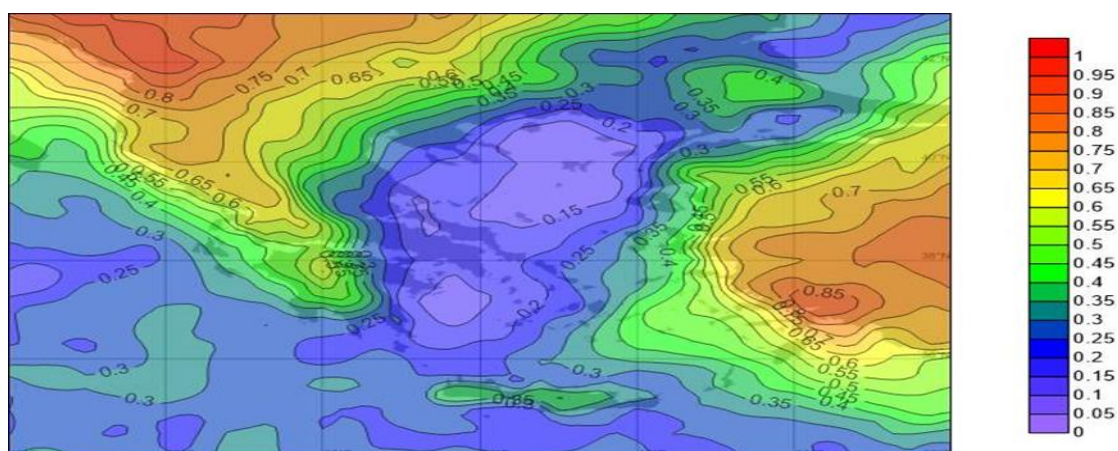
Στο χάρτη του Σχήματος 3.68, παρατηρούνται υψηλές τιμές νέφωσης στη δυτική Ελλάδα και το Ιόνιο και χαμηλή στη Μικρά Ασία, όπως και στο χάρτη του Σχήματος 3.50. Στο χάρτη των γεωδυναμικών στα 1000hPa επικρατεί σύστημα υψηλών πιέσεων στη δυτική Μεσόγειο και χαμηλών στην ανατολική και στη Μικρά Ασία. Στα 500hPa παρατηρούμε Σφήνα Υψηλών Πιέσεων στη Δυτική Μεσόγειο και Αυλώνα Χαμηλών Πιέσεων στην Ανατολική και τη Μικρά Ασία. Υπάρχει λοιπόν συμφωνία με τα αποτελέσματα για το ζεύγος μεταβλητών V2, W2 (Σχήματα 3.48, 3.49 και 3.50).



Σχήμα 3.69: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 500hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W3.



Σχήμα 3.70: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή του γεωδυναμικού ύψους των 1000hPa (gpm) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W3.



Σχήμα 3.71: Χάρτης ο οποίος παρουσιάζει τη μέση χωρική κατανομή της νέφωσης (%) για τις 15 μέρες με τις υψηλότερες τιμές της μεταβλητής W3.

Στο χάρτη του Σχήματος 3.71 σε αντιστοιχία με αυτόν του Σχήματος 3.53, παρατηρούμε πως η περιοχή του Αιγαίου έχει χαμηλό ποσοστό νεφοκάλυψης. Αυτό προκαλείται από ύπαρξη συστήματος χαμηλών πιέσεων στην περιοχή της βόρειας Ευρώπης (Σχήματα 3.69 και 3.70) όπως συμβαίνει και στους χάρτες για το ζεύγος μεταβλητών V3, W3 (Σχήματα 3.51 και 3.52).

Από την δημιουργία των χαρτών για τις 15 μέρες (1%) με τη υψηλότερη και χαμηλότερη τιμή των μεταβλητών W1, W2, W3, επιβεβαιώθηκαν τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Κανονικής Συσχέτισης τόσο ως προς τη νέφωση όσο και ως προς τα γεωδυναμικά αφού ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ V και W είναι μέγιστος. Οι διαφορές που παρατηρούνται οφείλονται στο ότι δεν μπορεί να έχουμε απόλυτη ταύτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων καθώς για να συμβαίνει αυτό σε κάποια περιοχή θα έπρεπε να είναι και α) ο συντελεστής κανονικής συσχέτισης και β) οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών και των αρχικών παραμέτρων να προσεγγίζουν τη μονάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε το καθεστώς της νέφωσης στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων. Επίσης συσχετίστηκε η ολική νέφωση με τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης. Οι τρεις στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι, Παραγοντική Ανάλυση, Ανάλυση κατά συστάδες και Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης. Έτσι συνοπτικά καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα για την περιοχή που εξετάζουμε.

1) Από τη παραγοντική ανάλυση προέκυψε ότι

α) Η πορεία της νέφωσης είναι διαχωρισμένη σε δύο περιοχές με διαφορετική ενδοετήσια πορεία, μια για την ηπειρωτική περιοχή και μία για τη θαλάσσια. Στη θαλάσσια περιοχή έχουμε χαμηλά ποσοστά νέφωσης από τον Απρίλιο μέχρι το Οκτώβριο και υψηλά κυρίως τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Για την ηπειρωτική περιοχή τη μέγιστη νέφωση έχουμε τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο ενώ ελάχιστη τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

β) Για τη χωρική κατανομή της νέφωσης προέκυψαν τρεις τύποι. Ο πρώτος με νέφωση κυρίως στην ηπειρωτική περιοχή, ο δεύτερος με νέφωση βόρεια βορειοδυτικά της υπό εξέταση περιοχής των Νοτίων Βαλκανίων και ο τρίτος με νέφωση βορειανατολικά της περιοχής των Νοτίων Βαλκανίων και στην περιοχή της Κρήτης. Ο πρώτος τύπος επικρατεί το θέρος, ο δεύτερος κυρίως το φθινόπωρο ενώ ο τρίτος επικρατεί το χειμώνα.

2) Από την ανάλυση κατά συστάδες βρέθηκαν 7 τύποι ημερήσιας κατανομής νέφωσης. Άλλοι από αυτούς παρουσιάζονται με μεγαλύτερη συχνότητα τους χειμερινούς ενώ άλλοι τους θερινούς μήνες. Για τους θερινούς τύπους νέφωσης παρατηρούμε χαμηλά ποσοστά νέφωσης και η όποια εμφάνιση νέφωσης είναι περιορισμένη σε μικρή έκταση πιθανόν λόγω ορογραφίας ή έντονης θέρμανσης του εδάφους. Στους χειμερινούς τύπους επικρατεί πιο εκτεταμένη νέφωση με μεγαλύτερο ποσοστό νεφοκάλυψης με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση νεφών να ποικίλει από τύπο σε τύπο ανάλογα με την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας κάθε φορά και το σύστημα που επηρεάζει την κάθε περιοχή. Εξετάζοντας τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας, τα συστήματα που προκαλούν τη νέφωση είναι για τις μεν μεγάλες τιμές νέφωσης τα συστήματα χαμηλών πιέσεων όπως κυκλώνες και Αυλώνες Χαμηλών Πιέσεων ενώ αυτά που δεν προκαλούν μεγάλα ποσοστά νέφωσης ή και απουσία αυτής είναι τα συστήματα υψηλών πιέσεων όπως οι αντικυκλώνες και οι Σφήνες Υψηλών Πιέσεων. Επίσης σε ορισμένους τύπους η νέφωση επηρεάζεται από έναν συνδυασμό συστημάτων υψηλών και χαμηλών

πιέσεων, με περιοχές μεταξύ τους που μας δίνουν ενδιάμεσες καταστάσεις νεφοκάλυψης.

Γ) Από την Ανάλυση Κανονικής Συσχέτισης βρέθηκαν τρία κέντρα δράσης της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας που επηρεάζουν τη νέφωση στην περιοχή των νοτίων Βαλκανίων. Το Πρώτο κέντρο δράσης είναι στην περιοχή της Ιταλίας και του Ιονίου Πελάγους και επηρεάζει τη νέφωση στη Βόρεια Ελλάδα την Αλβανία, τα Σκόπια και τη Δυτική Βουλγαρία καθώς και μικρή περιοχή των παραλίων της Μικράς Ασίας και του Ανατολικού Αιγαίου. Στη δεύτερη περίπτωση η ατμοσφαιρική κυκλοφορία στη Δυτική Μεσόγειο, την Κύπρο και τη Νότια Μικρά Ασία επηρεάζουν τη νέφωση στη Δυτική Ελλάδα, το Ιόνιο Πέλαγος και την περιοχή της Μικράς Ασίας. Τέλος το τρίτο κέντρο δράσης ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας βρίσκεται στη Βόρεια και Ανατολική Ευρώπη και επηρεάζει τη νέφωση στο Αιγαίο Πέλαγος. Οι μέσοι χάρτες για τις υψηλότερες και χαμηλότερες περιπτώσεις τιμών (1% των υπό ανάλυση ημερών) επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Κανονικής Συσχέτισης για τα κέντρα δράσης που επηρεάζουν τη νέφωση στα Νότια Βαλκάνια.

Δ) Συνοψίζοντας, φαίνεται ότι για το καθεστώς της νέφωσης στην Περιοχή των Νοτίων Βαλκανίων σημαντικό ρόλο έχουν πρωτίστως οι συνθήκες ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας όπως η ύπαρξη συστημάτων χαμηλών και υψηλών πιέσεων και συνδυασμοί αυτών. Υπάρχουν όμως και άλλοι παράγοντες που φαίνεται να την επηρεάζουν όπως η ορογραφία και οι εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Ως προς την εποχικότητα της νέφωσης, τα μεγαλύτερα ποσοστά νεφοκάλυψης παρατηρούνται κατά το χειμώνα ενώ το θέρος επικρατεί ελάχιστη ή και καθόλου νεφοκάλυψη, ειδικότερα στις θαλάσσιες περιοχές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alpert P, Neeman BU, Shay-El Y (1990) Intermonthly variability of cyclone tracks in the Mediterranean. *J Clim* 3:1474–1478
2. Bartzokas A, Metaxas DA (1993) Covariability and climatic changes of the lower-troposphere temperatures over the northern hemi-sphere. *Il Nuovo Cimento* 16C(4):359–373
3. Bartzokas A, Lolis CJ, Metaxas DA (2003) The 850 hPa relative vorticity centres of action for winter precipitation in the Greek area. *Int J Climatol* 23:813–828
4. Dünkeloh A, Jacobeit J (2003) Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98. *Int J Climatol* 23:1843–1866
5. Flokas A. (1994) Lectures of meteorology and climatology. Ziti, Thessaloniki,
6. Hatzianastassiou N, Fotiadi A, Matsoukas C, Pavlakis KG, Drakakis E, Hatzidimitriou D, Vardavas I (2004) Long-term global distribution of Earth’s shortwave radiation budget at the top of atmosphere. *Atmos Chem Phys* 4:1217–1235
7. Horel J. (1981) A Rotated Principal Component Analysis of the Interannual Variability of the Northern Hemisphere 500 mb Height Field. *Mon. Wea. Rev.* 109 (10): 2080–2092.
8. Ioannidis E, Lolis CJ, Bartzokas A. (2016) Seasonal variability of total cloud cover in the Mediterranean region for the period 1948–2014. 13th International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics COMECAP 2016 (Thessaloniki, 19-21 September 2016) 629-634
9. Ioannidis E, Lolis C, Papadimas C, Hatzianastassiou N, Bartzokas A. (2018) On the intra-annual variation of cloudiness over the Mediterranean region, *Atm Res.* 208:246-256
10. Jolliffe IT. (1990). *Principal Component Analysis: A Beginner’s Guide – Introduction and application.* *Weather* 45: 375-382.
11. Jolliffe IT. (1993). *Principal Component Analysis: A Beginner’s Guide – Pitfalls, myths and extensions.* *Weather* 48: 246-253
12. Jolliffe IT. (1986). *Principal Component Analysis,* Springer-Verlag, New York, 271pp

13. Kotsias G. Lolis C. (2018) A study on the total cloud cover variability over the Mediterranean region during the period 1979–2014 with the use of the ERA-Interim database. *Theoretical and Applied Climatology* 134: 325–336
14. Kasimidis G.(2001) *Nautical meteorology. Sea waves* , Athens
15. Κατσούλης ΒΔ. 1970. Οι ανεμολογικά συνθήκαι εις το Αιγαίον Πέλαγος. Διατριβή επί Διδακτορία, Αθήνα, 1970, 168pp.
16. Katsoulis BD. 1982. Climatic and synoptic considerations of the Mediterranean depression developing and passing over or near the Balkan Peninsula. Athens, Sept. 1980, *Proceeds of the 1st Hellenic – British Climatic Congress*, 73-84.
17. Lolis CJ (2007) Climatic features of atmospheric stability in the Mediterranean region (1948-2006): spatial modes, inter-monthly and inter-annual variability. *Meteorol Appl* 14:361–379
18. Lolis CJ (2009) Winter cloudiness variability in the Mediterranean region and its connection to atmospheric circulation features. *Theor Appl Climatol* 96(3–4):357–373
19. Lolis CJ (2012) High-resolution precipitation over the southern Balkans. *Clim Res* 55:167–179
20. Lolis CJ, Bartzokas A, Katsoulis BD (2004) Relation between sensible and latent heat fluxes in the Mediterranean and precipitation in the Greek area during winter. *Int J Climatol* 24:1803–1816
21. Lolis C. Kotsias G. (2020) The use of weather types in the definition of seasons: the case of southern Balkans. *Theoretical and Applied Climatology* 142, 1199–1219.
22. Lolis CJ, Metaxas DA, Bartzokas A (2008) On the intra-annual variability of atmospheric circulation in the Mediterranean region. *Int J Climatol* 28:1339–1355
23. Manly BFJ (1986) *Multivariate statistical methods: a primer*. Chapman and Hall, London, 159 pp
24. Maheras P. , Flocas HA, Patrikas I, Anagnostopoulou C (2001) A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution. *Int J Climatol* 21:109–130.
25. Metaxas DA. 1973. Air-Sea interaction in the Greek seas and resulted etesian wind characteristics. Technical Report No. 5, University of Ioannina.

26. Metaxas DA, Philandras CM, Nastos PT, Repapis 1998. Climate changes in the precipitation covariant areas in Greece. The impacts of climate change on the Mediterranean countries (International Conference), Ministr. For the Environment in collaboration with the Univ. of Ioannina under the auspices of UNESCO, Metsovo, Greece, September 1998, 16-24.
27. Overland J. Preisendorfer R. (1982) A Significance Test for Principal Components Applied to a Cyclone Climatology, *Mon. Wea. Rev.* 110 (1): 1-4.
28. Quadrelli R, Pavan V, Molteni F (2001) Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies. *Clim Dyn* 17:457-466
29. Richman MB (1986) Rotation of principal components. *J Climatol* 6:293-335
30. Rogers J. (1990) Patterns of Low-Frequency Monthly Sea Level Pressure Variability (1899-1986) and Associated Wave Cyclone Frequencies, *J. Climate* 3 (12): 1364-1379.
31. Sharma S (1995) *Applied multivariate techniques*. Wiley, New York
32. Sugar CA, James GM (2003) Finding the number of clusters in a dataset: an information-theoretic approach. *J Am Stat Assoc* 98 (463):750-763
33. Trigo IF, Bigg GR, Davies TD (2002) Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean. *Mon Weather Rev* 130:549-569
34. Wibig J (1999) Precipitation in Europe in relation to circulation patterns at the 500 hPa level. *Int J Climatol* 19:253-269
35. Xoplaki E, Luterbacher J, Burkard B, Patrikas I, Maheras P (2000) Connection between the large-scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime. *Clim Res* 14:129-146
36. Ziv B, Saaroni H, Alpert P (2004) The factors governing the summer regime of the eastern Mediterranean. *Int J Climatol* 24:1859- 1871