



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΤΣΕΚΕΡΙΔΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑΣ ΔΙΟΜΗΔΗΣ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟΝ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ ΤΟΥ 2022

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2024





Τσεκερίδου Παναγιώτα

Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ 5933

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑΣ ΔΙΟΜΗΔΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟΝ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ ΤΟΥ 2022

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας

Επιβλέπων καθηγητής

Ιωάννης Πυθαρούλης, Αναπληρωτής Καθηγητής



Ευχαριστίες

Για την πορεία μου ως φοιτήτρια και καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής διατριβής μου θα ήθελα να ευχαριστήσω την μαμά μου που με στηρίζει σε κάθε βήμα της ζωής μου. Χωρίς την αγάπη, την καθοδήγηση και την ενθάρρυνσή της, τίποτα δεν θα ήταν το ίδιο.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για υποστήριξη την και τη βοήθειά τους.

Δεν μπορώ να ξεχάσω τον γάτο μου τον Ash για την παντοτινή συντροφιά του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Ιωάννη Πυθαρούλη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω αυτήν την πτυχιακή εργασία.



© Παναγιώτα Τσεκερίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Μετεωρολογίας & Κλιματολογίας, 2023-24

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Συνοπτική μελέτη της κακοκαιρίας Διομήδης στην Ελλάδα τον Ιανουάριο του 2022-
Διπλωματική εργασία

© Panagiota Tsekeridou, School of Geology, Dept. of Meteorology & Climatology, 2023-24

All rights reserved.

Synoptic Study of the storm Diomidis in Greece in January 2022 – Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Περίληψη

Κύριος στόχος της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η περιγραφή και ανάλυση του βαρομετρικού χαμηλού που προκάλεσε την κακοκαιρία Διομήδης στην Ελλάδα τον Ιανουάριο του 2022. Για τον σκοπό αυτό, συνδυάστηκαν δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών, δορυφορικές εικόνες, χάρτες καιρού επιφανείας και αναδρομικές αναλύσεις ERA5. Μελετήθηκε η εξέλιξη του βαρομετρικού χαμηλού και η επίδρασή του στις βροχοπτώσεις, τον άνεμο και τη θερμοκρασία, εστιάζοντας ιδιαίτερα στην Ελλάδα. Αναλύθηκαν οι κύριες ατμοσφαιρικές συνθήκες που συνέβαλαν στην ένταση της κακοκαιρίας, εστιάζοντας στη δημιουργία των ισχυρών βροχοπτώσεων και ανέμων. Μεγάλες τιμές βροχόπτωσης καταγράφηκαν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς, όπως στο αεροδρόμιο Λάρισας όπου η βροχόπτωση έφτασε τα 41.0 mm στις 11 Ιανουαρίου. Επιπλέον, τα δορυφορικά δεδομένα IMERG-GPM έδειξαν υψηλές εκτιμήσεις υετού που έφτασαν έως και τα 166 mm σε θαλάσσιες περιοχές του Αιγαίου, επιβεβαιώνοντας την ένταση του φαινομένου.

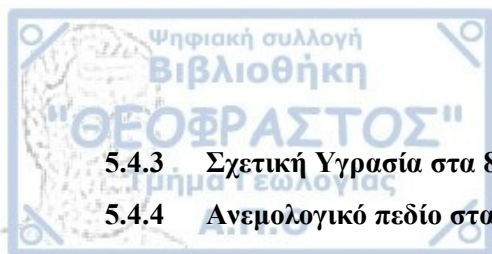
Abstract

The main aim of this thesis is the description and analysis of the barometric low that caused the Diomidis storm in Greece in January 2022. For this purpose, data from meteorological stations, satellite images, surface weather chart, and ERA5 reanalysis data were combined. The evolution of the low-pressure system and its associated rainfall, wind, and temperature were studied, with particular focus in Greece. The main atmospheric conditions that contributed to the storm's intensity were analyzed, focusing on the creation of heavy rainfall and strong winds. High rainfall amounts were recorded by the meteorological stations, such as at Larissa Airport where precipitation reached 41.0 mm on January 11. Additionally, satellite data from IMERG-GPM showed high precipitation estimates reaching up to 166 mm over the Aegean Sea, confirming the intensity of the phenomenon.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Ιστορικό κακοκαιρίας	9
1.2 Εισαγωγή στη Μελέτη των Μεσογειακών Κακοκαιριών, Κυκλώνων και Συστημάτων Χαμηλής Πίεση	9
1.3 Διομήδης.....	12
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	14
2.1 Ορισμός – γενικά	14
2.2 Οι υφέσεις της Μεσογείου.....	16
2.2.1 Κύκλος ζωής μιας ύφεσης.....	16
2.2.2 Φυσικά Χαρακτηριστικά των Χαμηλών Βαρομετρικών Συστημάτων	19
2.2.3 Περιβαλλοντικές Συνθήκες και Δυναμική των Χαμηλών Βαρομετρικών Συστημάτων ...	20
2.3 Χάρτες καιρού	21
3. Ανασκόπηση έντονων κακοκαιριών που επηρέασαν την Ελλάδα	22
3.1 Ιανός.....	22
3.2 Ζορμπάς.....	23
3.3 Ζήνων.....	23
3.4 Θησέας.....	24
3.5 Λεάνδρος.....	24
3.6 Επιμέρους Συμπεράσματα.....	25
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	26
4.1 Εισαγωγή.....	26
4.2 Επιλογή Μετεωρολογικών Σταθμών.....	26
4.3 Επεξεργασία Δεδομένων.....	27
4.3.1 Ανάλυση Δεδομένων ERA5.....	28
4.3.2 Ανάλυση Δεδομένων Μετεωρολογικών Σταθμών	28
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
5.1 Δορυφορικές εκτιμήσεις του νετού	29
5.2 Δορυφορικές εικόνες.....	30
5.3 Χάρτες καιρού επιφανείας.....	31
5.4 Era5 Δεδομένα	32
5.4.1 Γεωδυναμικό ύψος στα 500hPa	32
5.4.2 Θερμοκρασία 2m.....	34



5.4.3	Σχετική Υγρασία στα 850 hPa.....	35
5.4.4	Ανεμολογικό πεδίο στα 10m.....	36
5.4.5	Κατακόρυφη Ταχύτητα στα 500 hPa.....	37
5.5	Μετεωρολογικές παρατηρήσεις σταθμών	38
6.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	42
6.1	Επισκόπηση της Καταγίδας Διομήδης.....	42
6.2	Προοπτικές και Μελλοντική Έρευνα.....	43
7.	Βιβλιογραφία	44

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορικό κακοκαιρίας

Η κακοκαιρία Διομήδης είναι ένα μετεωρολογικό γεγονός μεγάλης σημασίας που εκτυλίχθηκε κατά την διάρκεια 11-12/01/2022. Είχε εκτεταμένες επιπτώσεις καθώς 2 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους λόγω της πλημμύρας που επέφερε. Συγκλονιστικές είναι επίσης οι κατολισθήσεις και ζημιές σε υποδομές και σε άλλες περιοχές της Ελλάδος όπως η Σάμος, Καρδίτσα, Λάρισα, Μαγνησία, και Φθιώτιδα. Ακόμα οι ισχυροί άνεμοι και ο παγετός επέφεραν σοβαρά προβλήματα ηλεκτροδότησης καθώς και μετακίνησης σε Ιωάννινα, Χαλκιδική, Έβρο (meteo 2022)

1.2 Εισαγωγή στη Μελέτη των Μεσογειακών Κακοκαιριών, Κυκλώνων και Συστημάτων Χαμηλής Πίεση

Η περιοχή της Μεσογείου, γνωστή για το ποικιλόμορφο κλίμα και την μοναδική φυσική γεωγραφία της, αντιμετωπίζει συχνά τις επιπτώσεις των έντονων μετεωρολογικών φαινομένων, όπως τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα και οι Μεσογειακοί Κυκλώνες (Medicanes). Οι Medicanes, οι οποίοι συνδυάζουν τροπικά και εξωτροπικά χαρακτηριστικά, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές καταστροφές, επηρεάζοντας την ανθρώπινη ασφάλεια και τις υποδομές. Αυτοί οι κυκλώνες αναπτύσσονται υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η υψηλή θερμοκρασία της θαλάσσιας επιφάνειας και οι απότομες μεταβολές της βαρομετρικής πίεσης, δημιουργώντας ευνοϊκές συνθήκες για την κυκλογένεση. Αν και οι Medicanes είναι σχετικά σπάνιοι, τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα, όπως η κακοκαιρία Διομήδης, είναι πιο συχνά και εξίσου σημαντικά στη μετεωρολογική πρόβλεψη, καθώς επηρεάζουν μεγάλης κλίμακας καιρικές συνθήκες σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές (Miglietta and Rotunno 2019). (Flaounas et al. 2022)

Η κατανόηση τόσο των Medicanes όσο και γενικότερα των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων είναι ζωτικής σημασίας, καθώς και τα δύο μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές. Ωστόσο, τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα, όπως η κακοκαιρία Διομήδης, διαφέρουν από τους Medicanes ως προς τη φύση τους. Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα είναι κυρίως ψυχρού πυρήνα και

αναπτύσσονται λόγω βαροκλινικών διαδικασιών, συνδέοντας καλά σχηματισμένα μέτωπα, όπως παρατηρήθηκε στη Διομήδη. Για την πληρέστερη κατανόηση του χαμηλού βαρομετρικού Διομήδης, είναι χρήσιμη η διαφοροποίηση και σύγκρισή του με τους Medicanes και άλλες έντονες κακοκαιρίες. Στόχος είναι να μελετηθούν τα χαρακτηριστικά αυτών σε σύγκριση με τα χαρακτηριστικά του χαμηλού βαρομετρικού Διομήδης. Παρά το γεγονός ότι οι Medicanes και τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα, όπως η κακοκαιρία Διομήδης, μοιράζονται ορισμένα κοινά μετεωρολογικά χαρακτηριστικά, όπως ισχυρούς ανέμους και έντονες βροχοπτώσεις, διαφέρουν σημαντικά στη φύση και τη δυναμική τους. Ο Διομήδης αποτελεί ένα κλασικό παράδειγμα μετωπικού χαμηλού βαρομετρικού με ψυχρό πυρήνα και μετωπική δραστηριότητα, χαρακτηριστικά τυπικά των εξωτροπικών συστημάτων. Τα ψυχρά μετωπικά χαμηλά συστήματα αναπτύσσονται κυρίως λόγω βαροκλινικών διαδικασιών σε περιοχές με έντονη θερμοβαθμίδα (Cavicchia et al. 2014) (Nissen et al. 2010)

Η μελέτη των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων, όπως η κακοκαιρία Διομήδης, είναι κρίσιμη για τη μετεωρολογική πρόβλεψη, καθώς επηρεάζουν τις καιρικές συνθήκες σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Οι επιπτώσεις τους μπορούν να είναι σημαντικές, επηρεάζοντας την ανθρώπινη ασφάλεια και προκαλώντας οικονομικές απώλειες λόγω ζημιών σε υποδομές και καλλιέργειες. Επιπλέον, η μελέτη των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων είναι σημαντική για τη μετεωρολογική έρευνα. Η κατανόηση των διαδικασιών που τα προκαλούν βοηθά στη βελτίωση των προγνώσεων και στην ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης καιρού. Συνολικά, τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό στοιχείο της μετεωρολογίας και έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην καθημερινή ζωή και την ανθρώπινη ασφάλεια. Ο συνδυασμός της υπάρχουσας γνώσης, των εργαλείων και των μεθόδων μπορεί να εξισορροπήσει την ασύμμετρη πρόοδο στους διάφορους υποτομείς και στις διαφορετικές περιοχές της Μεσογείου. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων, όπως η κακοκαιρία Διομήδης, καθώς και των κυκλώνων, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα μετεωρολογικά μοντέλα. Ενώ η πρόγνωση των Medicanes συνεχίζει να παρουσιάζει προκλήσεις, τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα επίσης απαιτούν βελτιώσεις στην πρόβλεψή τους, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την ανάλυση της βαροκλινικής αστάθειας. (Cavicchia et al. 2014)

Παράλληλα, απαιτούνται νέες μέθοδοι και τεχνολογίες για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που προκύπτουν για την πρόβλεψη των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων. Οι πρόσφατες

τεχνολογικές εξελίξεις στην πρόβλεψη χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων περιλαμβάνουν τη χρήση μοντέλων πρόγνωσης υψηλής ανάλυσης και δορυφορικών εργαλείων, όπως το Copernicus Sentinel, που επιτρέπουν στους μετεωρολόγους να προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις περιοχές υψηλού κινδύνου. Ωστόσο, η πρόγνωση αυτών των συστημάτων εξακολουθεί να στερείται την ακρίβεια που επιτυγχάνεται σε άλλες περιοχές, ιδιαίτερα λόγω των αυξημένων αβεβαιοτήτων στα μοντέλα πρόγνωσης που χρησιμοποιούνται σε καιρικές μελέτες. Η συνεχιζόμενη βελτίωση αυτών των τεχνολογιών θα μπορούσε να περιλαμβάνει καλύτερη ανάλυση δεδομένων, ταχύτερη επεξεργασία και βελτιώσεις στην ανίχνευση καταιγίδων με βάση την τοπογραφία και το μικροκλίμα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένων των αλλαγών στο κλίμα, οι οποίες αυξάνουν τη συχνότητα την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων. Η διαφορά μεταξύ Medicanes και των υπόλοιπων βαρομετρικών χαμηλών συστημάτων είναι κρίσιμη, καθώς η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά τον σχηματισμό και την εξέλιξη αυτών των φαινομένων. Οι Medicanes, οι οποίοι τροφοδοτούνται από τη θερμότητα των θαλασσών, θα μπορούσαν να γίνουν πιο ισχυροί, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας των θαλασσών, ενώ τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα, τα οποία συνδέονται με βαροκλινικές διαδικασίες, μπορεί επίσης να παρουσιάσουν μεταβολές ως αποτέλεσμα των μεταβαλλόμενων κλιματικών συνθηκών (Cavicchia et al. 2014) (Flaounas et al. 2021). Η καλύτερη κατανόηση και η βελτίωση των προβλέψεων αυτών των φαινομένων είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση των καταστροφικών επιπτώσεων τους, ιδίως σε περιοχές που πλήττονται συχνά από κακοκαιρίες, όπως η Βόρεια Ελλάδα, όπου οι επιπτώσεις των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων έχουν ήδη προκαλέσει σοβαρές καταστροφές. Επιπροσθέτως, το παράδειγμα της κακοκαιρίας Διομήδης τονίζει την ανάγκη για διεπιστημονικές προσεγγίσεις, που θα συνδυάζουν τη μετεωρολογία, την κλιματολογία και την υδρολογία, προκειμένου να ενισχυθεί η πρόγνωση και η διαχείριση των επιπτώσεων αυτών των κακοκαιριών. Οι συντονισμένες προσπάθειες της ερευνητικής κοινότητας είναι καίριας σημασίας για την ανάπτυξη μοντέλων που θα ανταποκρίνονται στις σύγχρονες προκλήσεις, όπως η αυξανόμενη συχνότητα και ένταση των καιρικών φαινομένων λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Συμπερασματικά, η σύγκριση των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων, όπως η κακοκαιρία Διομήδης, με τους Μεσογειακούς κυκλώνες (Medicanes), αναδεικνύει σημαντικές διαφορές στη δυναμική και τη φύση αυτών των φαινομένων. Παράλληλα, η ενίσχυση των τεχνολογιών και των επιστημονικών προσεγγίσεων στην πρόγνωση και την αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων



είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία των υποδομών και της ανθρώπινης ζωής από τις καταστροφικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

1.3 Διομήδης

Ποιος είναι ο πραγματικός Διομήδης που έδωσε το όνομά του στην κακοκαιρία που έπληξε την Ελλάδα; Ο Διομήδης, γιος του Τυδέα και της Δηϊπύλης, και βασιλιάς του Άργους, είναι ένας εμβληματικός πολεμιστής της ελληνικής μυθολογίας, γνωστός κυρίως για τη συμμετοχή του στον Τρωικό Πόλεμο. Ο Όμηρος τον περιγράφει ως έναν από τους καλύτερους πολεμιστές, δεύτερο μόνο μετά τον Αχιλλέα. Με την καθοδήγηση της θεάς Αθηνάς, διακρίθηκε για τη στρατηγική του ευφυΐα και τη δύναμή του, τραυματίζοντας τόσο τον Άρη όσο και την Αφροδίτη. Αυτή η γενναιότητα και αποφασιστικότητα τον καθιστά έναν από τους πιο αξιοσημείωτους ήρωες του πολέμου. Εκτός από εξαιρετικός πολεμιστής, ο Διομήδης ήταν επίσης γνωστός για τη σοφία του, όπως φάνηκε στον σχεδιασμό της εισβολής στην Τροία με τον Δούρειο Ίππο (L. 2022).

Η κακοκαιρία που ονομάστηκε Διομήδης φέρει το όνομά του όχι τυχαία, αλλά λόγω των έντονων χαρακτηριστικών που συνδέονται με την προσωπικότητα και τις πράξεις του ήρωα. Ο Διομήδης ήταν ένας ατρόμητος και πανίσχυρος πολεμιστής, κάτι που αντικατοπτρίζεται στη βίαιη και αδυσώπητη φύση της κακοκαιρίας που έπληξε την Ελλάδα τον Ιανουάριο του 2022. Ακριβώς όπως ο Διομήδης τραυμάτισε τους θεούς Άρη και Αφροδίτη, προκαλώντας χάος στον ουρανό, η κακοκαιρία Διομήδης επέφερε καταστροφές, πλημμύρες και ζημιές σε υποδομές, επηρεάζοντας σοβαρά τις περιοχές της Βόρειας Ελλάδας. Η πρακτική της ονοματοδοσίας κακοκαιριών και φυσικών φαινομένων με ονόματα από την ελληνική μυθολογία δεν είναι νέα. Οι ήρωες της μυθολογίας επιλέγονται συχνά ως ονόματα για έντονα φυσικά φαινόμενα, επειδή οι χαρακτηριστικές ιδιότητές τους αντικατοπτρίζουν τις καταστροφικές ή θεαματικές επιπτώσεις αυτών των φαινομένων (Smith 2023). Στην περίπτωση του Διομήδη, η μαχητικότητα και η ακαταμάχητη φύση του στη μάχη ταιριάζουν με τις επιθετικές δυνάμεις της κακοκαιρίας που έπληξε τη χώρα.



Επιπλέον, οι ηρωικές μορφές συχνά αποδίδονται σε φυσικά φαινόμενα για να δοθεί έμφαση στη συμβολική δύναμη αυτών των φαινομένων. Η επιλογή του ονόματος Διομήδης για την κακοκαιρία επισημαίνει τόσο τη δύναμη του καιρού όσο και την αναγκαιότητα για προετοιμασία και στρατηγική αντιμετώπιση, όπως ακριβώς ο Διομήδης προετοίμαζε προσεκτικά τις τακτικές του κατά τη διάρκεια του πολέμου (Smith 2023).

Η κακοκαιρία Διομήδης χαρακτηρίστηκε από σφοδρούς ανέμους και έντονες βροχοπτώσεις, προκαλώντας σημαντικές πλημμύρες και φθορές. Αυτή η καταστροφική δύναμη παραπέμπει στον πολεμικό χαρακτήρα του μυθικού ήρωα, που δεν δίσταζε να τα βάλει με θεούς και θνητούς εξίσου. Η επιμονή του Διομήδη στη μάχη αντανακλάται επίσης στην ένταση του καιρικού φαινομένου, όπως και η επιμονή του ήρωα στο πεδίο της μάχης, καθώς διακρίθηκε τόσο για τη φυσική του αντοχή όσο και για τη στρατηγική του ευφυΐα (L. 2022). Επιπλέον, όπως ο Διομήδης διακρινόταν για τη σοφία του στις πιο κρίσιμες στιγμές, η κακοκαιρία που φέρει το όνομά του αποτελεί μία υπενθύμιση της αναγκαιότητας στρατηγικής πρόβλεψης και προετοιμασίας απέναντι σε τέτοιες φυσικές καταστροφές. Η συμβολική αυτή σύνδεση επισημαίνει τη σημασία της σοφίας και της δύναμης στη διαχείριση των δύσκολων καταστάσεων, είτε αυτές αφορούν πολεμικές μάχες, είτε φυσικά φαινόμενα.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 Ορισμός – γενικά

Για την πληρέστερη κατανόηση της κακοκαιρίας Διομήδης, είναι απαραίτητο να γίνει μια ανάλυση του φαινομένου του χαμηλού βαρομετρικού συστήματος. Στη μετεωρολογία, το χαμηλό βαρομετρικό σύστημα, ή ύφεση, αναφέρεται σε μια κατάσταση όπου η ατμοσφαιρική πίεση στη μέση στάθμη της θάλασσας σε μια περιοχή είναι χαμηλότερη από την πίεση της γύρω περιοχής (Φλόκας 1997). Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται σε περιοχές όπου ο αέρας ανυψώνεται, ψύχεται, και δημιουργεί μια περιοχή με χαμηλή πίεση. Συνήθως συνοδεύεται από έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως βροχοπτώσεις και καταιγίδες (Φλόκας 1997).

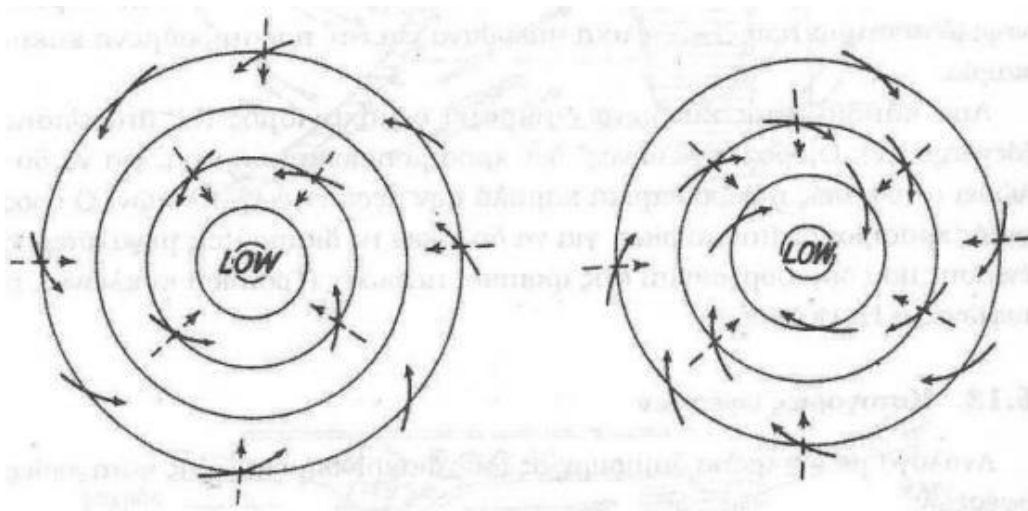
Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα συνδέονται με πολλά καιρικά φαινόμενα. Όταν ο αέρας ανυψώνεται, ψύχεται και συμπυκνώνεται, οδηγώντας στη δημιουργία νεφών και προκαλώντας έντονες βροχοπτώσεις, καταιγίδες και άλλες ατμοσφαιρικές διεργασίες (Φλόκας 1997). Κάποια από αυτά τα συστήματα μπορεί να εξελιχθούν σε πιο ακραία φαινόμενα, όπως οι τυφώνες (Lagouvardos et al. 2022). Στην περίπτωση της κακοκαιρίας Διομήδης, το σύστημα χαμηλής πίεσης έφερε ισχυρές βροχοπτώσεις και πλημμύρες, ιδιαίτερα στη Βόρεια Ελλάδα, προκαλώντας σημαντικές ζημιές σε υποδομές και καλλιέργειες.

Σε ένα σύστημα χαμηλής πίεσης, η πίεση μειώνεται καθώς προχωράμε από την περιφέρεια προς το κέντρο του συστήματος. Οι αέριες μάζες κινούνται από περιοχές με υψηλότερη πίεση προς τις περιοχές με χαμηλότερη πίεση, καθώς η δύναμη της βαροβαθμίδας προκαλεί τη ροή του αέρα προς τις χαμηλότερες περιοχές πίεσης. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί τα κλασικά μετεωρολογικά φαινόμενα που συνοδεύουν τα χαμηλά συστήματα (Μακρογιάννη και Σαχσαμάνογλου 2004).

Η δύναμη Coriolis επηρεάζει σημαντικά την κατεύθυνση των ανέμων μέσα στο σύστημα χαμηλής πίεσης. Στο βόρειο ημισφαίριο, οι άνεμοι των χαμηλών περιστρέφονται αντίθετα προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού γύρω από το κέντρο του συστήματος (Σχήμα 2-1), ενώ στο νότιο ημισφαίριο η κίνηση των ανέμων ακολουθεί τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Αυτή η κίνηση δημιουργεί μια δυναμική κυκλοφορία αέρα μέσα στο σύστημα, η οποία με τη σειρά της

προκαλεί καιρικά φαινόμενα όπως οι βροχές και οι καταιγίδες που παρατηρήθηκαν κατά την κακοκαιρία Διομήδης (Pytharoulis et al. 1999) (Φλόκας 1997).

Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα που επηρεάζουν την Ελλάδα σχηματίζονται κυρίως στη Μεσόγειο και κινούνται ανατολικά, προκαλώντας βροχές στο πέρασμά τους. Συχνά, μεταφέρουν αφρικανική σκόνη (Φλόκας 1997). Αν και τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα γενικά ακολουθούν τυπικά πρότυπα, η κακοκαιρία Διομήδης παρουσίασε κάποιες ιδιαιτερότητες που αξίζει να αναλυθούν περαιτέρω. Οι ισχυρές βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες που έπληξαν κυρίως τη Βόρεια Ελλάδα τον Ιανουάριο του 2022 είναι χαρακτηριστικά φαινόμενα ενός καλά ανεπτυγμένου χαμηλού συστήματος. Ωστόσο, η δυναμική της μεταφοράς αέρα και οι έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας γύρω από την κακοκαιρία Διομήδης παρουσίασαν συγκεκριμένες παραλλαγές που αξίζουν ιδιαίτερη μελέτη σε σύγκριση με άλλες χαμηλές πιέσεις στην περιοχή. Η κατανόηση αυτών των φαινομένων βοηθά στην ανάπτυξη μοντέλων πρόγνωσης, τα οποία θα μπορούσαν να βελτιώσουν την ικανότητα πρόβλεψης παρόμοιων καταιγίδων.



Σχήμα 2-1 Απεικονίζεται η τυπική μορφή επιφανειακής ροής γύρω από την κεντρική περιοχή ενός βαρομετρικού χαμηλού: αριστερά με φορά αντίθετη αυτής (στα δεξιά με φορά σύμφωνα με αυτή) των δεικτών του ρολογιού στο Βόρειο (Νότιο) Ημισφαίριο (Μακρογιάννη και Σαχσαμάνογλου 2004)

2.2 Οι υφέσεις της Μεσογείου

Τα φαινόμενα των υφέσεων στη Μεσόγειο είναι σημαντικά για τον καιρό στην κάθε περιοχή, και τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα είναι σημαντικά για τη μετεωρολογική πρόβλεψη, καθώς επηρεάζουν τις καιρικές συνθήκες σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες υφέσεων: αυτές που δημιουργούνται εντός της Μεσογείου και αυτές που φθάνουν από τον Ατλαντικό μέσω του στενού του Γιβραλτάρ ή της περιοχής των Πυρηναίων-Κεντρικού Υψιπέδου. Οι περισσότερες υφέσεις σχηματίζονται εντός της Μεσογείου, με ποσοστό που φτάνει το 90% ενώ το υπόλοιπο 10% προέρχεται από τον Ατλαντικό (Μακρογιάννη και Σαχσαμάνογλου 2004). Οι υφέσεις που προέρχονται από την περιοχή της Σαχάρας, γνωστές ως Σαχαριανές Υφέσεις, διασχίζουν τη Μεσόγειο και φθάνουν σε περιοχές όπως η Ελλάδα. Οι περιοχές "κυκλογένεσης" των υφέσεων είναι πολλές και συμπεριλαμβάνουν τους κόλπους του Λέοντα και της Γένοβας, τη Βόρεια Αδριατική, το Τυρρηνικό πέλαγος, την περιοχή των Σύρτεων, την Κεντρική Μεσόγειο, το Βόρειο Αιγαίο και την Κύπρο. Αυτές οι υφέσεις κινούνται ανατολικά και συχνά προκαλούν σημαντικές βροχοπτώσεις και ισχυρούς ανέμους, επηρεάζοντας μεγάλες γεωγραφικές περιοχές (Φλόκας 1997). Επιπλέον, οι υφέσεις από την περιοχή της Σαχάρας, γνωστές ως Σαχαριανές Υφέσεις, συχνά φέρνουν αφρικανική σκόνη στην Ελλάδα (Φλόκας 1997). Οι υφέσεις της Μεσογείου διαφοροποιούνται από τους τροπικούς κυκλώνες και τις υφέσεις των τροπικών περιοχών, καθώς η Μεσόγειος, ως "ημι-κλειστή" λεκάνη, προσφέρει μοναδικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ θαλάσσιων και ατμοσφαιρικών συστημάτων (Lionello et al. 2006).

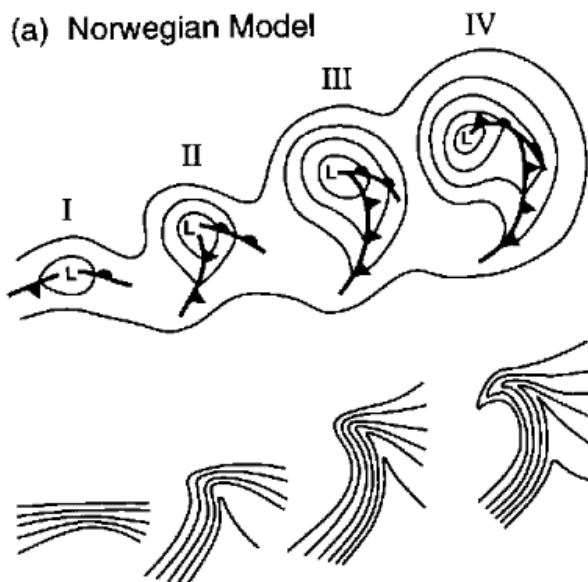
2.2.1 Κύκλος ζωής μιας ύφεσης

Μια ύφεση σχηματίζεται στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη όταν μια θερμή και μια ψυχρή αέρια μάζα συναντώνται, στην μετωπική επιφάνεια. Η επιφάνεια αυτή αναφέρεται στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο διαφορετικών αέριων μαζών με διαφορετικά θερμοκρασιακά και υγρασιακά χαρακτηριστικά. Είναι μια περιοχή ασυνέχειας στην ατμόσφαιρα, ένα είδος μεταβατικής ζώνης όπου οι μετεωρολογικές συνθήκες μεταβάλλονται απότομα. Ο κύκλος ζωής μιας ύφεσης μπορεί να χωριστεί συνήθως σε τέσσερα βασικά στάδια σύμφωνα με το Νορβηγικό μοντέλο (Μακρογιάννη και Σαχσαμάνογλου 2004).

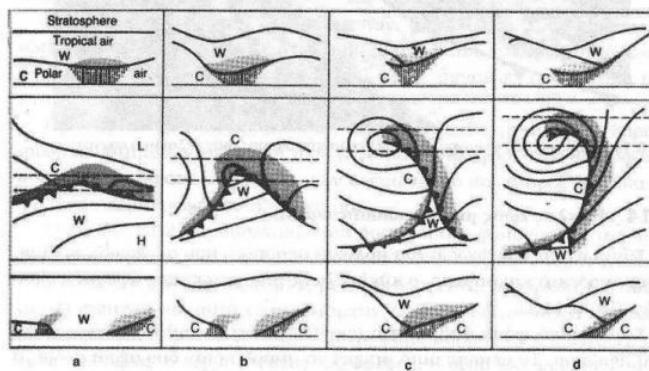
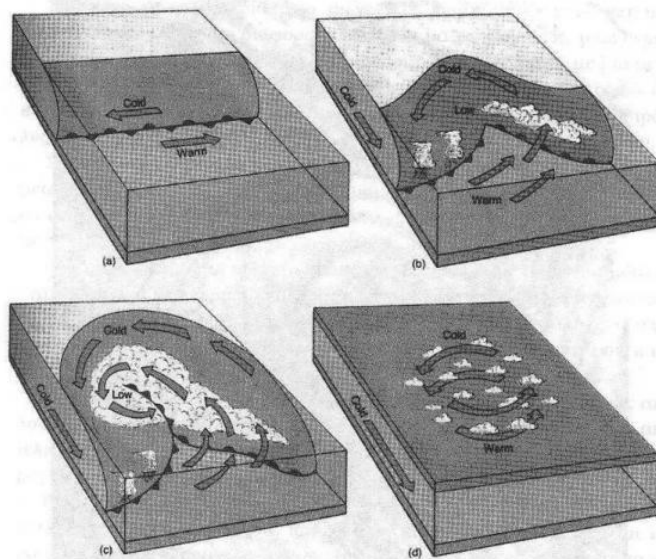


- **Αρχικό Στάδιο (γεννηση):** Στην αρχή, η ύφεση ξεκινά να διαμορφώνεται λόγω της ανόδου του θερμού αέρα και της σύγκρουσης αέριων μαζών. Οι θερμές αέριες μάζες ανέρχονται, δημιουργώντας μια περιοχή χαμηλής πίεσης. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, η ύφεση ενισχύεται καθώς ο αέρας συγκεντρώνεται περισσότερο στο κέντρο της. Αυτό το στάδιο μπορεί να διαρκέσει από μερικές ώρες έως μερικές ημέρες, εξαρτώμενο από το πόσο γρήγορα αναπτύσσεται η ύφεση.
- **Ωρίμανση Μετωπικού κύματος:** Κατά τη διάρκεια του σταδίου της ωρίμανσης, η ύφεση εξελίσσεται σε ένα πιο οργανωμένο και ισχυρό μετεωρολογικό σύστημα. Οι άνεμοι ενισχύονται και η περιοχή χαμηλής πίεσης είναι πιο έντονη. Σε αυτό το στάδιο, η ύφεση συνήθως προκαλεί έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως καταιγίδες και έντονους ανέμους. Η ώριμη φάση μπορεί να διαρκέσει κυρίως μερικές ημέρες έως μια εβδομάδα.
- **Σύσφιξη :** Στο στάδιο της εκτόνωσης, η ύφεση αρχίζει να χάνει τη δυναμική της καθώς οι αέριες μάζες αρχίζουν να διασπείρονται. Οι άνεμοι αρχίζουν να αποδυναμώνονται, το ψυχρο μέτωπο που κινείται πιο γρήγορα από το θερμό μέτωπο το προλαβαίνει και έτσι δημιουργείται η σύσφιξη. Αυτό το στάδιο μπορεί να διαρκέσει μερικές ημέρες έως μια εβδομάδα.
- **Διάλυση:** Στο τελικό στάδιο, η ύφεση διαλύεται πλήρως και οι αέριες μάζες διασπείρονται πλήρως. Οι άνεμοι γίνονται ασθενέστεροι και οι καιρικές συνθήκες στην περιοχή επιστρέφουν στην κανονικότητά τους. Είναι ένα σχετικά γρήγορο στάδιο, συνήθως διαρκεί μερικές ώρες ή λίγες ημέρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διάρκεια κάθε σταδίου μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την ένταση και τις συνθήκες περιβάλλοντος. Τα σχήματα 2-2, 2-3 βοηθούν στην οπτικοποίηση και καλύτερη κατανόηση.

(a) Norwegian Model



Σχήμα 2-2 Η ανάπτυξη μιας ύφεσης σύμφωνα με το νορβηγικό μοντέλο (Schultz et al 1998)



Σχήμα 2-3 ο κύκλος ζωής μιας Μετωπικής Ύφεσης (Musk 1988).

2.2.2 Φυσικά Χαρακτηριστικά των Χαμηλών Βαρομετρικών Συστημάτων

Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα ψυχρού πυρήνα των μέσω γεωγραφικών πλατών εμφανίζουν συγκεκριμένα φυσικά χαρακτηριστικά που τα διακρίνουν από άλλους τύπους καιρικών φαινομένων, όπως οι Medicanes. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν:

- Μεγαλύτερη διάμετρο από τους Medicanes: Συνήθως η διάμετρος των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων φτάνει τα 500-1000 km, επηρεάζοντας εκτεταμένες περιοχές. Αντίθετα, οι Medicanes έχουν μικρότερη διάμετρο που κυμαίνεται από 70 έως 300 km (M. 2019).
- Ασυμμετρική κατανομή ανέμων: Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα συνδέονται με μετωπικά συστήματα που δημιουργούν διαφορετικές ταχύτητες ανέμων σε κάθε πλευρά του μετώπου, οι οποίες κυμαίνονται από 60 έως 100 km/h, ανάλογα με την ένταση του συστήματος. Αυτό διαφέρει από τους Medicanes που τείνουν να έχουν πιο συμμετρική κυκλοφορία γύρω από ένα κεντρικό μάτι (Cavicchia et al. 2014).
- Πιο αργή ανάπτυξη και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής: Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα μπορεί να διαρκούν από 3 έως 10 ημέρες, σε αντίθεση με τους Medicanes που έχουν μικρότερο κύκλο ζωής, συνήθως λιγότερο από 48 ώρες.
- Πτώση της βαρομετρικής πίεσης στο κέντρο: Στα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα, η πίεση μπορεί να πέσει κάτω από τα 1000 hPa, αλλά συνήθως κυμαίνεται γύρω από τα 990-1000 hPa.
- Άνεμοι μέτριας έως ισχυρής έντασης: Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα παράγουν ανέμους με ταχύτητες που κυμαίνονται από 60 km/h έως 100 km/h, ικανούς να προκαλέσουν έντονες βροχοπτώσεις και πλημμυρικά φαινόμενα. Αντίθετα, οι άνεμοι των Medicanes μπορεί να φτάσουν τα 120-150 km/h (M. 2019).
- Εκτεταμένα καιρικά φαινόμενα: Τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα μπορούν να δημιουργήσουν καταιγίδες και έντονες βροχοπτώσεις, που καλύπτουν μεγάλες περιοχές (Lionello et al. 2006). Για παράδειγμα, στην κακοκαιρία Διομήδης καταγράφηκαν



βροχοπτώσεις που ξεπέρασαν τα 200 mm σε διάστημα 24-48 ωρών σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδας.

Συμπερασματικά, τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα χαρακτηρίζονται από την πιο εκτεταμένη γεωγραφική επιρροή, τη μεγαλύτερη διάρκεια και την ασυμμετρία των φαινομένων. Η κατανόηση των χαρακτηριστικών τους είναι απαραίτητη για την ακριβέστερη πρόγνωση και τη διαχείριση των συνεπειών τους στο μέλλον.

2.2.3 Περιβαλλοντικές Συνθήκες και Δυναμική των Χαμηλών Βαρομετρικών Συστημάτων

Τα τυπικά βαροκλινικά χαμηλά βαρομετρικά συστήματα ψυχρού πυρήνα αναπτύσσονται υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση και την εξέλιξή τους. Αυτές περιλαμβάνουν τα εξής:

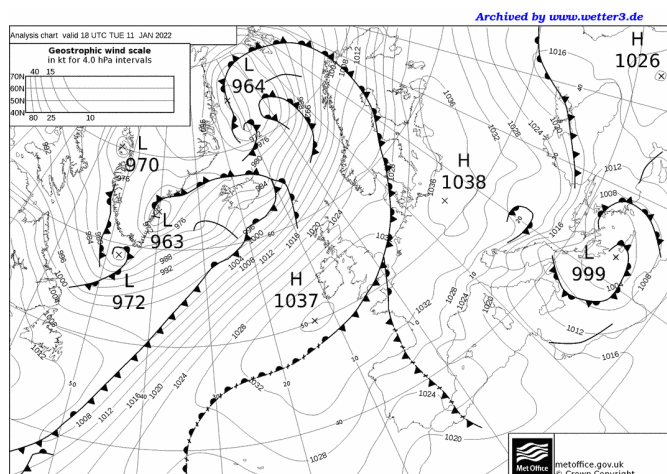
- Κατακόρυφη διάτμηση του ανέμου: Όσο μεγαλύτερη είναι η κατακόρυφη μεταβολή του οριζόντιου ανέμου τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός ανάπτυξης των τυπικών βαρομετρικών χαμηλών ψυχρού πυρήνα λόγω βαροκλινικής αστάθειας.
- Θερμοκρασία Θαλάσσιας Επιφάνειας (SST): Αν και η θερμοκρασία της θαλάσσιας επιφάνειας δεν είναι ο κύριος παράγοντας ανάπτυξης για χαμηλά βαρομετρικά συστήματα, επηρεάζει την εξάτμιση και τη θερμοδυναμική αστάθεια στην ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας Διομήδης, οι θερμοκρασίες των θαλάσσιων επιφανειών ήταν σχετικά χαμηλές, με αποτέλεσμα τη μη τροπική φύση του συστήματος (Lionello et al. 2006).
- Βαροβαθμίδα : Η ύπαρξη έντονων διαβαθμίσεων βαρομετρικής πίεσης είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που οδηγούν στην ανάπτυξη ισχυρών χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων. Η διαφορά πίεσης μεταξύ περιοχών υψηλής και χαμηλής πίεσης προκαλεί τη δημιουργία ισχυρών ανέμων και κατακρημνιστικών φαινομένων (Lionello et al. 2006).

- Ατμοσφαιρική Αστάθεια: Η αλληλεπίδραση μεταξύ της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της Γης είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων.

Διαφορές θερμοκρασίας και υγρασίας οδηγούν σε αστάθεια στην ατμόσφαιρα, με την ανύψωση των θερμών αερίων μαζών και την πτώση της πίεσης να ενισχύουν την ένταση του συστήματος (Flaounas et al. 2022).

2.3 Χάρτες καιρού

Όταν οι προγνώστες καιρού ετοιμάζουν καθημερινά διαγράμματα που δείχνουν τα συστήματα ανέμου και καιρού, ξεκινούν με έναν χάρτη επιφανείας. Στους χάρτες καιρού επιφανείας η βασικότερη μετεωρολογική παράμετρος είναι η βαρομετρική πίεση. Με βάση μετρήσεις χαράσσονται οι ισοβαρείς καμπύλες, δηλαδή οι γραμμές που ενώνουν γεωγραφικούς τόπους που έχουν την ίδια τιμή ανοιγμένης πίεσης κατά την ίδια χρονική περίοδο. Συνήθως χαράσσονται ανα 4 hPa (ή mb) ξεκινώντας από την ισοβαρή των 1000 hPa. Ένας τυπικός μετεωρολογικός χάρτης δείχνει μοτίβα πίεσης, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, θέσεις μετώπων, θέσεις συστημάτων πίεσης και την κίνησή τους, νεφοκάλυψη και άλλες πληροφορίες. Παρατηρώντας στο χάρτη (Σχήμα 2-4) το πιο θεμελιώδες στοιχείο στην ανάλυση του καιρού είναι οι ισοβαρείς, αυτές δεν τέμνονται ποτέ και σχεδόν όλες έχουν γειτονικές ισοβαρείς που είναι είτε υψηλότερες είτε χαμηλότερες. Σε ένα χάρτη καιρού το βαρομετρικό χαμηλό ή ύφεση απεικονίζεται με κλειστές, κυκλικές ή ελλειψοειδείς ισοβαρείς καμπύλες και συμβολίζεται με το γράμμα L (Low), με την πίεση να ελαττώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο.

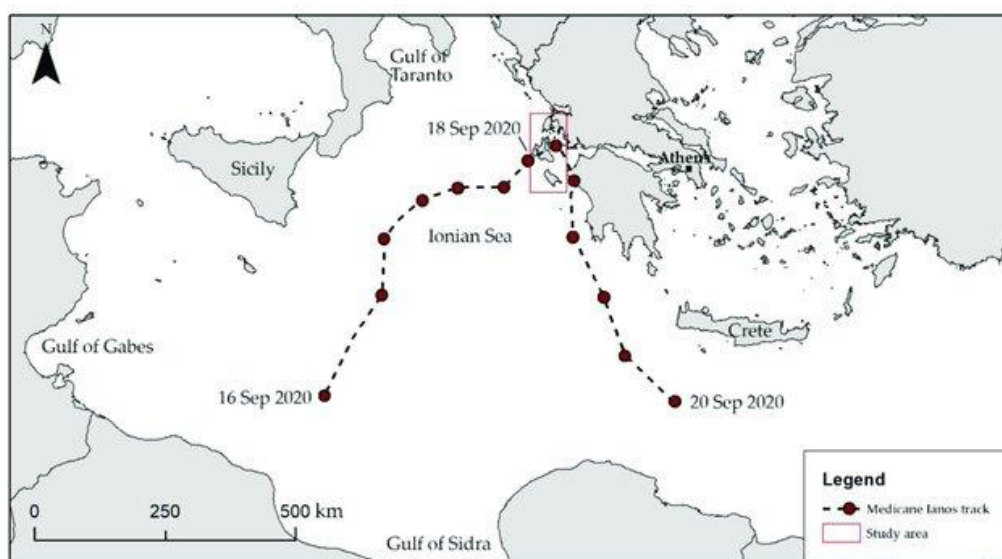


3. Ανασκόπηση έντονων κακοκαιριών που επηρέασαν την Ελλάδα

Πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση της κακοκαιρίας Διομήδη, είναι σημαντικό να εξετάσουμε μερικές πρόσφατες κακοκαιρίες που έπληξαν την Ελλάδα και την ευρύτερη περιοχή, με έμφαση στις πλημμύρες και τις καταστροφές που προκάλεσαν, όπως ο Διομήδης. Με σκοπό την καλύτερη σκιαγράφηση παρόμοιων καταιγίδων, αναφέρονται τόσο medicanes όσο και τυπικά βαροκλινικά βαρομετρικά χαμηλά.

3.1 Ιανός

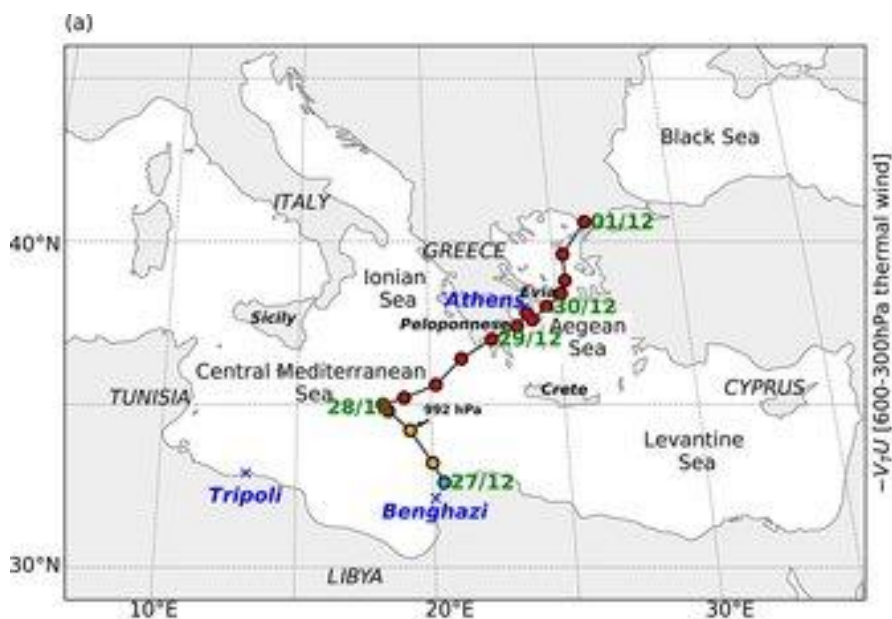
Στα μέσα Σεπτεμβρίου του 2020, ο Ιανός έπληξε την Ελλάδα με σφοδρότητα, προκαλώντας θύματα και σημαντικές ζημιές. Ο Ιανός κινήθηκε ανατολικά διανύοντας συνολικά περίπου 1900 χιλιόμετρα (Σχήμα 3-1), πλήττοντας τη Δυτική Ελλάδα με ισχυρές καταιγίδες και μεγάλα κύματα. Οι πλημμύρες που προκάλεσε ο Ιανός σε περιοχές όπως η Καρδίτσα και το Αγρίνιο είχαν σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις. Στο Ιόνιο η ταχύτητα του ανέμου είχε μέγιστες τιμές στα 159 χλμ/ώρα και ριπές στα 195 χλμ/ώρα. Η ελάχιστη κεντρική πίεση του κυκλώνα ήταν περίπου 984 hPa. Η αλληλεπίδραση με τους βορειοανατολικούς ανέμους και τις ψυχρές αέριες μάζες στην ανώτερη τροπόσφαιρα προκάλεσε έντονες βροχοπτώσεις στη βορειοανατολική Ελλάδα στις 19 και 20 Σεπτεμβρίου. (Lagouvardos et al. 2022).



Σχήμα 3-1 Τχνος της κακοκαιρίας Ιανος (Diakakis et al. 2023)

3.2 Ζορμπάς

Ο κυκλώνας Ζορμπάς έπληξε την Ελλάδα στα τέλη Σεπτεμβρίου 2018 (Σχήμα 3-2). Ο κυκλώνας επηρέασε κυρίως τη Δυτική και Νότια Ελλάδα, προκαλώντας εκτεταμένες πλημμύρες και καταστροφές σε υποδομές. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις, ο Ζορμπάς συνδέθηκε με ανέμους που ξεπέρασαν τα 100 km/h και ισχυρές βροχοπτώσεις, με τη Νότια Πελοπόννησο να πλήττεται ιδιαίτερα από τις επιπτώσεις της καταιγίδας (Portmann et al. 2019).



Σχήμα 3-2 Ίχνος της κακοκαιρίας Ζορμπά (Portmann et al. 2019)

3.3 Ζήνων

Ο κυκλώνας Ζήνων (γνωστός διεθνώς ως Numa) σχηματίστηκε στα μέσα Νοεμβρίου του 2017 και επηρέασε σημαντικά την περιοχή της Μεσογείου, ιδιαίτερα την Ελλάδα και την Ιταλία (Σχήμα 3-3). Προκάλεσε έντονες βροχοπτώσεις με αποτέλεσμα σοβαρές πλημμύρες και καταστροφές σε υποδομές σε πολλές περιοχές της Δυτικής Ελλάδας και τα Ιόνια νησιά. Η πίεση έπεσε κάτω από 1000 hPa και οι άνεμοι έφτασαν τα 100 km/h. Στην Αθήνα σημειώθηκαν βροχοπτώσεις που έφτασαν τους 150 τόνους νερού ανά στρέμμα. Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και οι παρατεταμένες βροχοπτώσεις επιδείνωσαν τις καταστροφές (Marra et al. 2019).

3.4 Θησέας

3.5 Λέανδρος

Η κακοκαιρία Λέανδρος, που έπληξε την Ελλάδα τον Ιανουάριο του 2021, έφερε ισχυρές χιονοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες, κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα. Οι θερμοκρασίες σημείωσαν σημαντική πτώση, με το θερμόμετρο να πέφτει κάτω από τους -10°C σε πολλές περιοχές. Ταυτόχρονα, καταγράφηκαν έντονες χιονοπτώσεις και τοπικές βροχοπτώσεις, προκαλώντας προβλήματα στις μετακινήσεις και τις υποδομές σε αρκετές περιοχές. Το κύμα

ψύχους διήρκεσε αρκετές ημέρες, επηρεάζοντας σημαντικά την καθημερινότητα των κατοίκων.
(Καραγιαννίδης και Λαγουβάρδος 2021).

3.6 Επιμέρους Συμπεράσματα

Η κατανόηση των επιπτώσεων των Μεσογειακών κυκλώνων κ και των υπόλοιπων βαρομετρικών χαμηλών είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της πρόγνωσης και της αντιμετώπισης τέτοιων φαινομένων. Παρά τις διαφορές τους, τα πλημμυρικά φαινόμενα που προκλήθηκαν από κακοκαιρίες όπως ο Ιανός, ο Ζορμπάς, ο Ζήνων, ο Θησέας, και ο Λέανδρος παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες με την κακοκαιρία Διομήδης, ιδίως όσον αφορά τις έντονες βροχοπτώσεις, τις πλημμύρες και τις καταστροφές σε υποδομές και καλλιέργειες.

- Ο Ιανός, ο Ζορμπάς και ο Ζήνων ήταν medicanes, με ισχυρούς ανέμους και χαμηλή κεντρική πίεση, ενώ οι Θησέας και Λέανδρος ήταν κλασικά βαροκλινικά βαρομετρικά χαμηλά, όπως ο Διομήδης, που συνδέονταν με πλημμύρες, έντονες βροχοπτώσεις και άλλες καταστροφές.
- Η επίδραση της μορφολογίας του εδάφους και οι τοπικές γεωγραφικές συνθήκες έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη συσσώρευση των υδάτων και στις πλημμύρες. Ο Διομήδης, παρόμοια με τον Ιανό και τον Ζορμπά, προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές λόγω της γεωγραφικής ιδιαιτερότητας της Βόρειας Ελλάδας.
- Τα δεδομένα δείχνουν πως, αν και οι Medicanes είναι γενικά πιο έντονοι όσον αφορά τους ανέμους, τα χαμηλά βαρομετρικά συστήματα, όπως ο Θησέας και ο Λέανδρος, μπορούν να προκαλέσουν εξίσου καταστροφικά φαινόμενα μέσω των παρατεταμένων βροχοπτώσεων και των πλημμυρικών φαινομένων που δημιουργούν.

Συνολικά, τα μετωπικά βαρομετρικά χαμηλά και οι medicanes, παρά τις διαφορές τους, παρουσιάζουν συγκρίσιμες επιπτώσεις στις υποδομές και τις οικονομικές δραστηριότητες των περιοχών που πλήττονται, με τις βροχοπτώσεις να είναι ο κυριότερος παράγοντας καταστροφής.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

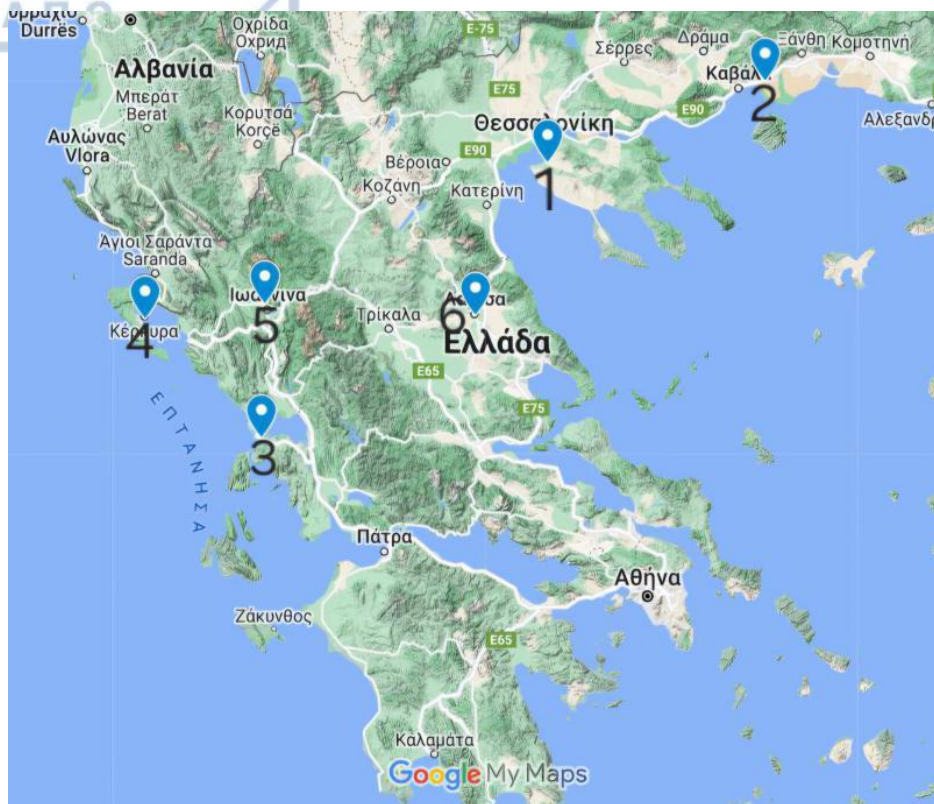
4.1 Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της επίδρασης της καταιγίδας Διομήδης στην Ελλάδα, χρησιμοποιώντας δεδομένα συνοπτικών σταθμών, πλεγματικά δεδομένα αναδρομικών αναλύσεων ERA5 (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/ecmwf-reanalysis-v5>), καθώς και δορυφορικά δεδομένα νετού. Τα βήματα περιλαμβάνουν την επιλογή σχετικών μετεωρολογικών σταθμών, την επεξεργασία συνοπτικών χαρτών επιφανείας, την ανάλυση δεδομένων ERA5 για την κατανόηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας, καθώς και τη χρήση δορυφορικών εικόνων και δορυφορικών δεδομένων νετού από το σύστημα IMERG-GPM (μέσω της πλατφόρμας Giovanni της NASA) για την παρακολούθηση της κατανομής και έντασης της βροχόπτωσης.

4.2 Επιλογή Μετεωρολογικών Σταθμών

Βασισμένοι στις περιοχές που επλήγησαν από την καταιγίδα Διομήδης, χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις των διαθέσιμων μετεωρολογικών σταθμών της ΕΜΥ στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα (Σχήμα 4-1). Αυτοί οι σταθμοί παρέχουν κρίσιμες παρατηρήσεις απαραίτητες για λεπτομερή ανάλυση. Οι επιλεγμένοι σταθμοί είναι:

1. Αεροδρόμιο Θεσσαλονίκης: 40°31' B, 22°58' A
2. Αεροδρόμιο Χρυσούπολης: 40°59' B, 24°36' A
3. Αεροδρόμιο Ακτίου: 38°37' B, 20°46' A
4. Αεροδρόμιο Κέρκυρας: 39°37' B, 19°55' A
5. Αεροδρόμιο Ιωαννίνων: 39°42' B, 20°49' A
6. Αεροδρόμιο Λάρισας: 39°38' B, 22°25' A



Σχήμα 4-1 Χάρτης σταθμών (<https://www.google.com/maps/d/u/0/>)

4.3 Επεξεργασία Δεδομένων

Τα δεδομένα από τους επιλεγμένους μετεωρολογικούς σταθμούς και τα δεδομένα ERA5 θα επεξεργαστούν για να εξαχθούν οι σχετικές μετεωρολογικές παράμετροι. Η ανάλυση αυτή θα προσφέρει μια ολοκληρωμένη κατανόηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας Διομήδης. Τα εργαλεία και λογισμικά που θα χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία και οπτικοποίηση των δεδομένων είναι το OpenGrADS (<http://opengrads.org/>) και το Excel.

4.3.1 Ανάλυση Δεδομένων ERA5

Για την ανάλυση ενός βαρομετρικού χαμηλού χρησιμοποιώντας τα δεδομένα ERA5 στο OpenGrADS, θα χρειαστεί να γίνει εστίαση σε αρκετές βασικές παραμέτρους που σχετίζονται συνήθως με τα συστήματα χαμηλής πίεσης:

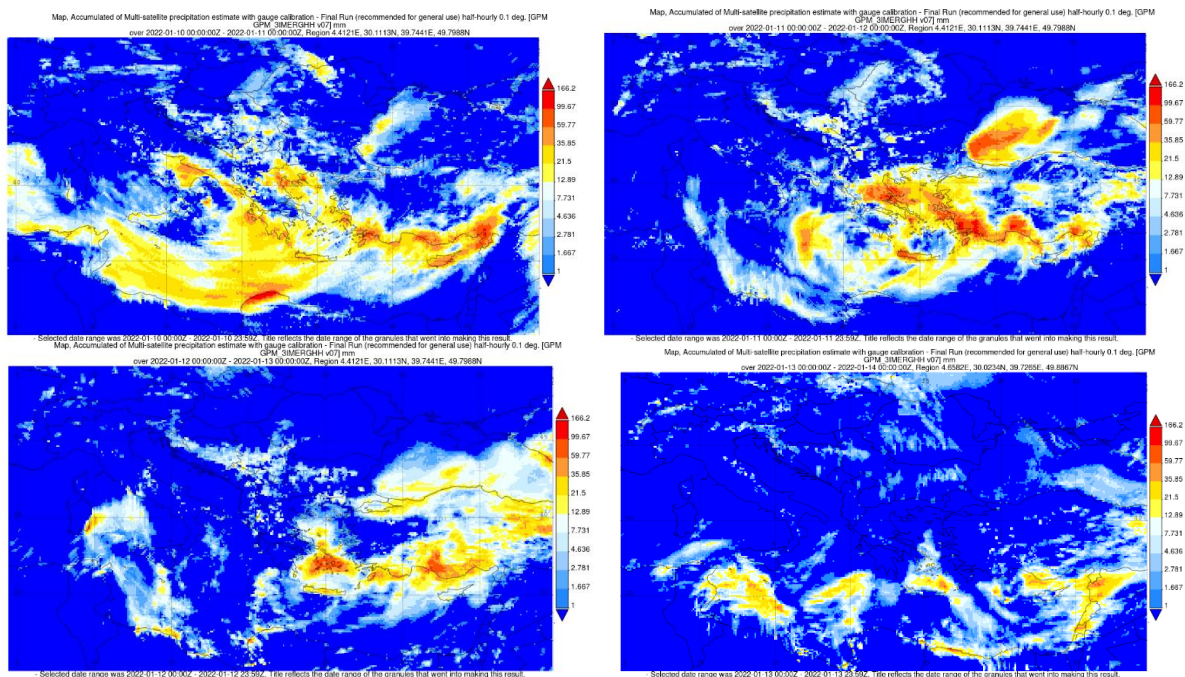
1. Θερμοκρασία 2μ (t2m): Δείχνει τη θερμοκρασία του αέρα σε ύψος δύο μέτρων πάνω από την επιφάνεια του εδάφους ή της θάλασσας. Αυτή η μέτρηση είναι καθοριστική για την κατανόηση των συνθηκών στην επιφάνεια και των θερμοκρασιακών μεταβολών στην ατμόσφαιρα.
2. Σχετική υγρασία (Relative Humidity): Δείχνει την ποσότητα υδρατμών στον αέρα ως ποσοστό της μέγιστης ποσότητας που μπορεί να συγκρατήσει ο αέρας σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Επηρεάζει την αίσθηση θερμοκρασίας και την εμφάνιση καιρού όπως η βροχή, η ομίχλη και η καταιγίδα.
3. Γεωδυναμικό ύψος (Geopotential Height): Δείχνει το ύψος στο οποίο βρίσκεται μια ισοβαρική επιφάνεια στην ατμόσφαιρα. Χρησιμοποιείται για την ανάλυση και πρόγνωση των καιρικών συνθηκών και των ατμοσφαιρικών κυκλοφοριών.
4. Διανυσματικοί άνεμοι (Wind Vectors): Δείχνουν την κατεύθυνση και την ταχύτητα των ανέμων στην ατμόσφαιρα. Επηρεάζουν τις μεταφορές θερμότητας, υγρασίας και άλλων ατμοσφαιρικών συστατικών.
5. Κάθετη ταχύτητα (Vertical Velocity): Δείχνει την ανοδική ή καθοδική κίνηση του αέρα στην ατμόσφαιρα. Ανοδικές κινήσεις συχνά συνδέονται με τη δημιουργία νεφών και καταιγίδων, ενώ καθοδικές κινήσεις με νεφοδιάλυση και ξηρό καιρό.

4.3.2 Ανάλυση Δεδομένων Μετεωρολογικών Σταθμών

Συγκεντρώθηκαν παρατηρήσεις SYNOP από τους επιλεγμένους σταθμούς για να καταγράψουμε την επίδραση της κακοκαιρίας Διομήδης. Η μετεωρολογική παράμετρος που μελετήθηκε είναι η συνολική βροχόπτωση (mm), η οποία αναφέρεται στον συνολικό υετό που καταγράφεται σε χιλιοστά. Σημειώνεται ότι η καταγραφή είναι σωρευτική στις τελευταίες 12 ώρες στις 06:00 και 18:00 UTC. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων μάς επιτρέπει να κατανοήσουμε καλύτερα την εξέλιξη του υετού κατά τη διάρκεια της κακοκαιρίας.

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1 Δορυφορικές εκτιμήσεις του νετού



Σχήμα 5-1 Δορυφορικές εκτιμήσεις IMERG-GPM του αθροιστικού ημερήσιου νετού από το σύστημα GIOVANNI (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>) για τις (α) 10/01/2022, (β) 11/01/2022, (γ) 12/01/2022, (δ) 13/01/2022

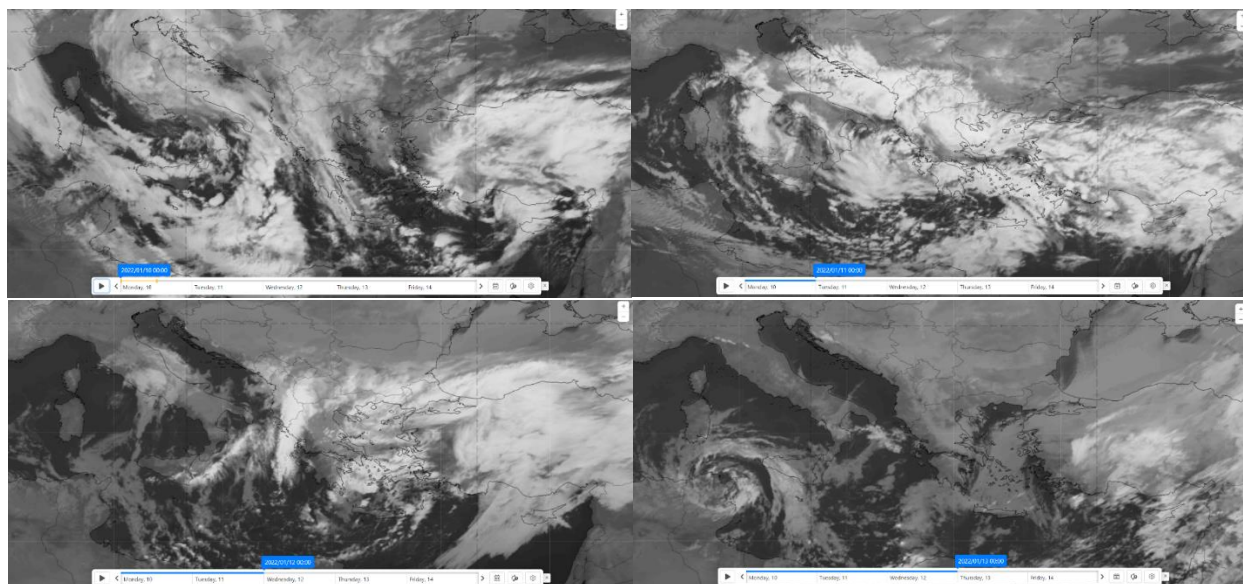
Οι δορυφορικές εκτιμήσεις νετού IMERG-GPM, που παρουσιάζονται στο Σχήμα 5-1, προέρχονται από το σύστημα GIOVANNI (Huffman et al. 2022) και αποτυπώνουν την κατανομή και ένταση των βροχοπτώσεων κατά την κακοκαιρία Διομήδη στις 10-13 Ιανουαρίου 2022. Οι υψηλότερες τιμές νετού, που φτάνουν έως τα 166 χιλιοστά, παρατηρούνται κυρίως στα ανατολικά της Ελλάδας και στη δυτική Τουρκία, υποδεικνύοντας την επίδραση του χαμηλού βαρομετρικού στο Αιγαίο και τις παράκτιες περιοχές. Η κακοκαιρία συνδέεται με έντονες βροχοπτώσεις, ιδιαίτερα στις 11 και 12 Ιανουαρίου, όπως φαίνεται από τη συγκέντρωση έντονων χρωματισμών στις περιοχές αυτές.

Στις 11 Ιανουαρίου 2022, η Κεντρική Ελλάδα επηρεάστηκε από έντονες βροχοπτώσεις, με τιμές νετού που ξεπερνούσαν τα 60 mm, ενώ στις 12 Ιανουαρίου οι Κυκλάδες επλήγησαν επίσης από έντονες βροχοπτώσεις. Στις 10 Ιανουαρίου, ισχυρές βροχοπτώσεις με τιμές άνω των 60 mm ανά ημέρα έπληξαν τη Μακεδονία, σύμφωνα με τα δεδομένα του GPM. Οι περιοχές αυτές

επηρεάστηκαν ιδιαίτερα από τις έντονες βροχοπτώσεις, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις αναφορές για πλημμυρικά φαινόμενα στη Βόρεια Ελλάδα κατά την ίδια περίοδο.

Η σύνδεση των δορυφορικών δεδομένων με τις επιπτώσεις του χαμηλού βαρομετρικού συστήματος Διομήδης είναι κρίσιμη για την κατανόηση της καταιγίδας. Οι πλημμύρες που καταγράφηκαν στη Βόρεια Ελλάδα μπορούν να συνδεθούν με τις υψηλές τιμές υετού που παρατηρήθηκαν στις 10 και 11 Ιανουαρίου, ενώ η συνεχιζόμενη μεταφορά υγρών αερίων μαζών από το Αιγαίο ενίσχυσε τα καιρικά φαινόμενα στις 11 και 12 Ιανουαρίου.

5.2 Δορυφορικές εικόνες

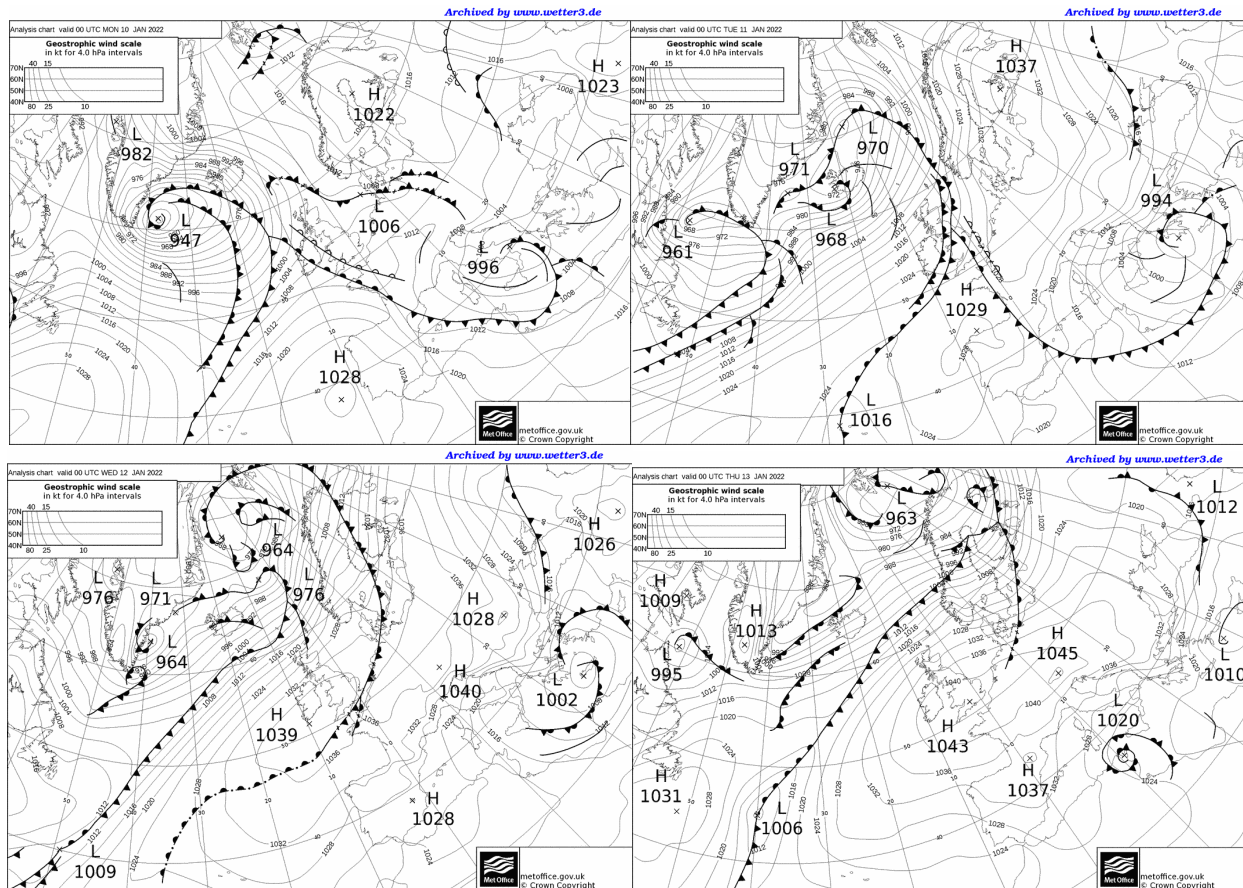


Σχήμα 5-2 Δορυφορικές εικόνες που καταγράφουν την εξέλιξη της κακοκαιρίας "Διομήδης" στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης και την έντονη νέφωση που συνοδεύει το χαμηλό βαρομετρικό σύστημα. (<http://212.232.25.232/ng-maps/>) (α) 10/01/2022 00:00 UTC, (β) 11/01/2022 00:00 UTC, (γ) 12/01/2022 00:00 UTC, (δ) 13/01/2022 00:00 UTC

Οι δορυφορικές εικόνες δείχνουν την κίνηση και την εξέλιξη του συστήματος κακοκαιρίας "Διομήδης" μέσα από το φάσμα υπερύθρων (IR 10.8 μm) κατά το διάστημα 10-13 Ιανουαρίου 2022. Στις εικόνες παρατηρείται έντονη νεφοκάλυψη πάνω από την Ιταλία και την Ελλάδα, η οποία μετακινείται ανατολικά, επηρεάζοντας έντονα τις βόρειες περιοχές της Ελλάδας και την Τουρκία, ειδικά κατά τις 12 Ιανουαρίου. Ο Διομήδης συνοδεύεται από πυκνά νέφη, που υποδεικνύουν έντονες βροχοπτώσεις και καταιγίδες, ιδιαίτερα σε θαλάσσιες περιοχές. Το χαμηλό βαρομετρικό εμφανίζεται να κινείται από τα δυτικά προς τα ανατολικά, και η εξέλιξή του

ακολουθεί την τυπική εικόνα ενός ισχυρού συστήματος χαμηλής πίεσης στην περιοχή της Μεσογείου.

5.3 Χάρτες καιρού επιφανείας



Σχήμα 5-3 Χάρτες καιρού επιφανείας της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας του Ηνωμένου Βασιλείου (https://www.wetter3.de/archiv_ukmet_dt.html) (α) 10/01/2022, (β) 11/01/2022, (γ) 12/01/2022, (δ) 13/01/2022

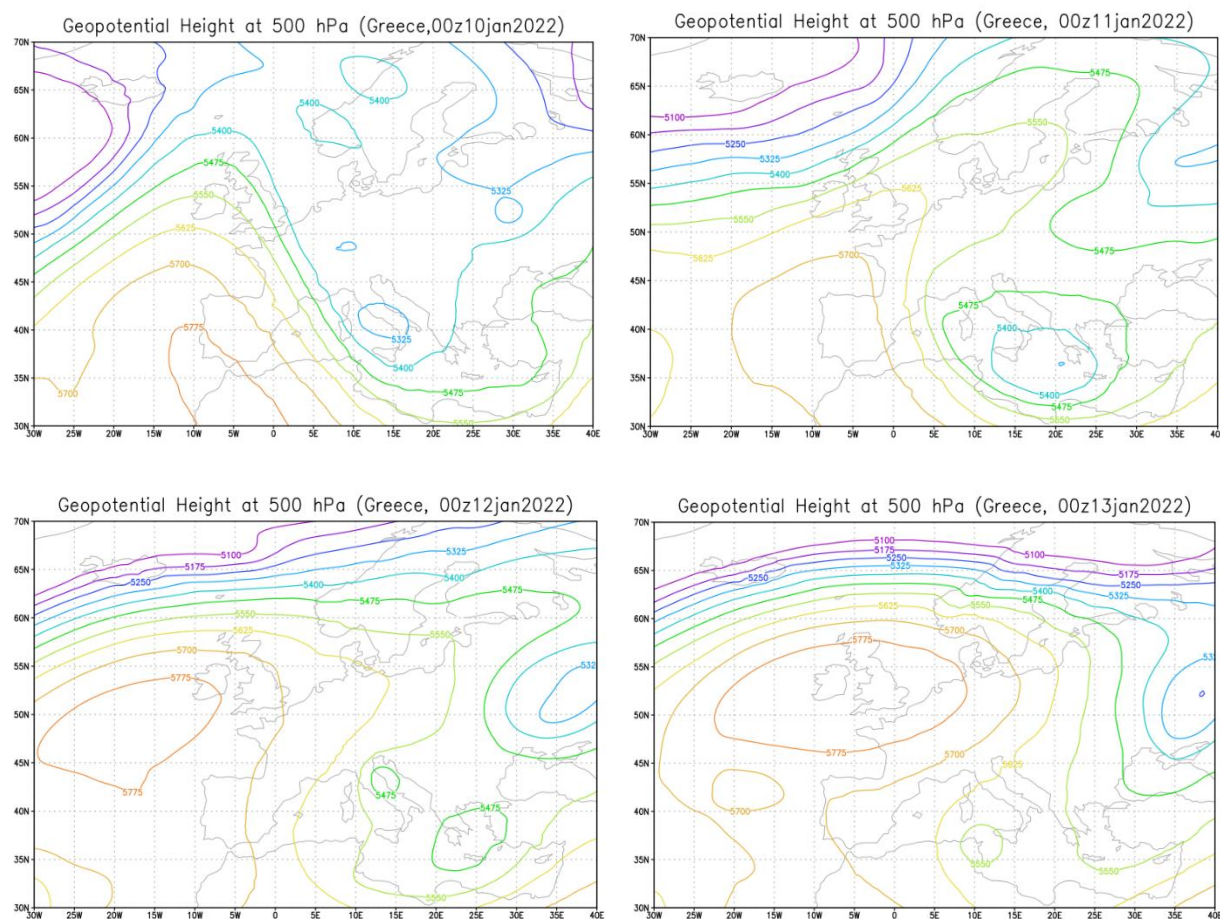
Το βαρομετρικό χαμηλό που προκάλεσε την κακοκαιρία Διομήδη είχε ελάχιστη πίεση 996 hPa στις 00:00 UTC της 10ης Ιανουαρίου 2022, με το κέντρο του να βρίσκεται στη Νότια Ιταλία (Σχήμα 5-3). Στις 00:00 UTC της 11ης Ιανουαρίου, η ελάχιστη πίεση του είχε ελαφρώς μειωθεί στα 994 hPa, και το κέντρο του είχε μετακινηθεί στο Νότιο Ιόνιο, κοντά στη Νοτιοδυτική Πελοπόννησο. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η μετωπική δραστηριότητα επηρέαζε την Ελλάδα, με τη μορφή των ισοβαρών να υποδεικνύει ισχυρή ανατολική-νοτιοανατολική ροή, η οποία μετέφερε υγρές αέριες μάζες προς την Ανατολική και Βόρεια ηπειρωτική χώρα.

Την επόμενη ημέρα, στις 12 Ιανουαρίου, το χαμηλό σύστημα κινήθηκε νοτιότερα και η πίεση του αυξήθηκε στα 1002 hPa στις 00:00 UTC. Η ανατολική ροή των υγρών αέριων μαζών από το Αιγαίο συνεχίστηκε, επηρεάζοντας τις καιρικές συνθήκες στην περιοχή. Στη συνέχεια, το σύστημα κινήθηκε ανατολικά και σταδιακά εξασθένησε τις επόμενες ημέρες.

Αυτή η κίνηση του βαρομετρικού χαμηλού έφερε σημαντικά καιρικά φαινόμενα στην Ελλάδα, με ισχυρούς ανέμους και έντονες βροχοπτώσεις, κυρίως λόγω της ανατολικής ροής που προκάλεσε την εισροή υγρών αερίων μαζών στην περιοχή.

5.4 Era5 Δεδομένα

5.4.1 Γεωδυναμικό ύψος στα 500hPa



Σχήμα 5-4 Χάρτες του γεωδυναμικού ύψους (gpm) στα 500 hPa στις 00:00 UTC 10-13/01/2022.

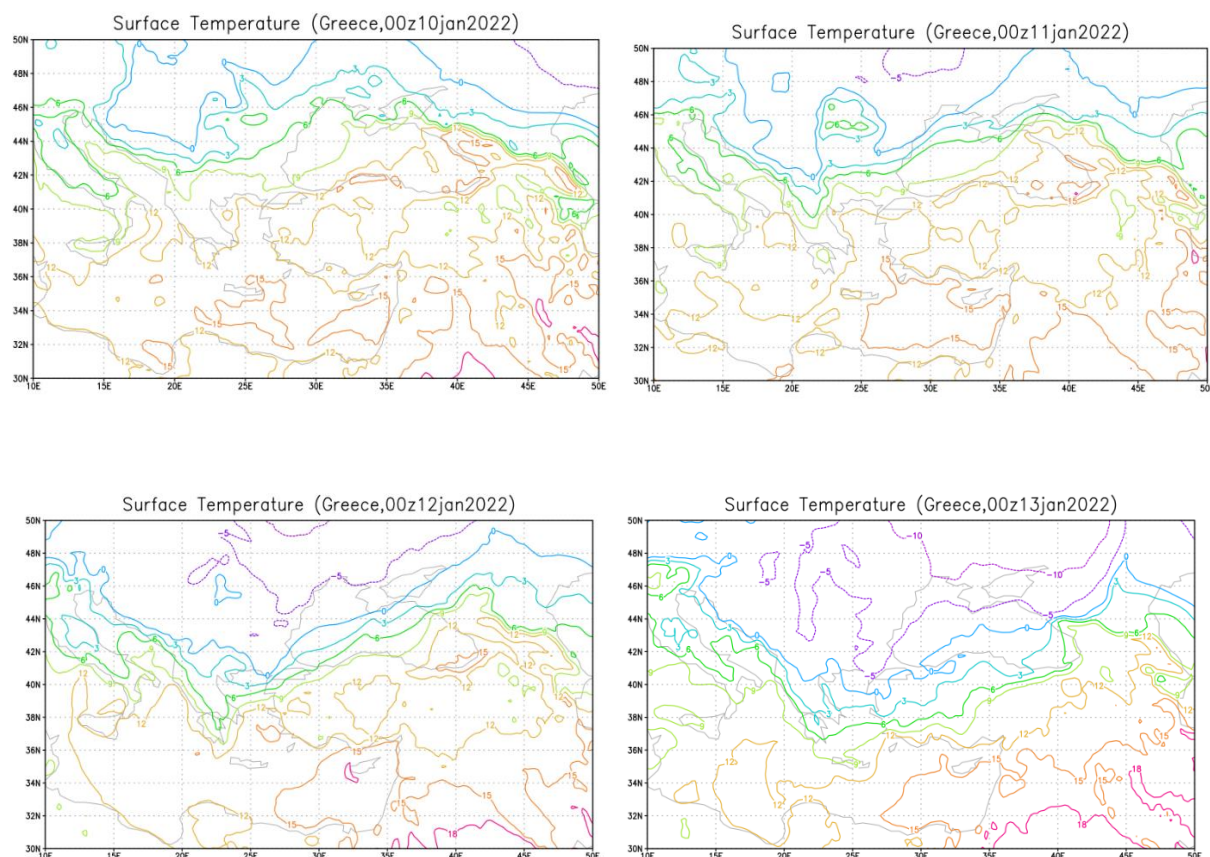
Οι χάρτες του Σχήματος 5-4 απεικονίζουν την κατανομή του γεωδυναμικού ύψους στα 500 hPa κατά τη διάρκεια της περιόδου 10-13 Ιανουαρίου 2022, στην περιοχή της Ελλάδας και της



Ευρώπης. Οι ισοϋψείς δείχνουν την κατανομή του ύψους στη μέση τροπόσφαιρα, που σχετίζεται με τη ροή των αερίων μαζών και τη δομή των βαρομετρικών συστημάτων.

Στις 10 Ιανουαρίου 2022 παρατηρείται ένα έντονο χαμηλό των υψών στην περιοχή του Βόρειου Ατλαντικού, με τιμές γεωδυναμικού ύψους κάτω από τα 4850 gpm (5175-5250 gpm) στα βορειοδυτικά της Ευρώπης. Το χαμηλό αυτό συνοδεύεται από έντονη κυκλωνική ροή. Προς την περιοχή της Μεσογείου, οι ισοϋψείς δείχνουν την ύπαρξη ενός αυλώνα περίπου 5400-5475 gpm. με το άξονά του πάνω από την Ιταλία στις 00:00 UTC 10/01. Την επόμενη ημέρα ο αυλώνας ενισχύεται σε ένα κλειστό χαμηλό των υψών με κέντρο πάνω από το Ιόνιο και με γεωδυναμικά ύψη περίπου 5325 gpm. Η ύπαρξη της κυκλωνικής διαταραχής δυτικά της Ελλάδας αυτές τις δύο ημέρες ευνοεί τις ανοδικές κινήσεις και την εκδήλωση κακοκαιρίας στη χώρα. Στις 12/01 και 13/01 το χαμηλό των υψών κινείται ανατολικά και βαθμιαία αποδυναμώνεται.

5.4.2 Θερμοκρασία 2m



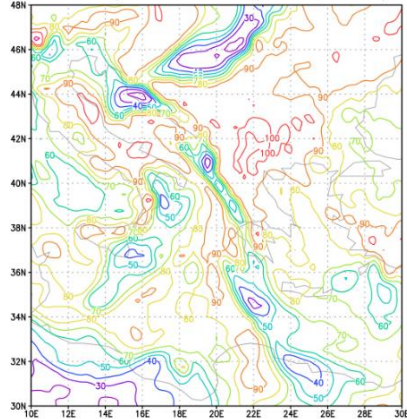
Σχήμα 5-5 Χάρτες Θερμοκρασία 2m σε °C στις 00:00 UTC 10-13/01/2022.

Στον χάρτη της 10ης Ιανουαρίου (Σχήμα 5-5) παρατηρείται κυκλωνική δραστηριότητα με σχετικά ψυχρές θερμοκρασίες (περίπου 9-12°C) στη Βόρεια Ελλάδα. Προς τα νότια, η θερμοκρασία αυξάνεται, με τιμές που φθάνουν τους 15°C στην Κρήτη και τη Νότια Πελοπόννησο. Το βαρομετρικό χαμηλό Διομήδης βρίσκεται σε διαδικασία ανάπτυξης. Στις 11η Ιανουαρίου το χαμηλό βαρομετρικό επηρεάζει σχεδόν όλη τη χώρα, με τις θερμοκρασίες να πέφτουν κάτω από τους 6°C σε μεγάλες περιοχές της Βόρειας Ελλάδας και κυρίως στην Κεντρική και Δυτική Μακεδονία. Στις νότιες περιοχές της χώρας, η θερμοκρασία παραμένει γύρω στους 12-15°C. Στις 12 Ιανουαρίου το χαμηλό Διομήδης προκαλεί μεγαλύτερη ψυχρή εισβολή κυρίως στα βόρεια και κεντρική χώρα, με θερμοκρασίες κάτω από τους 0°C στα ορεινά της Βόρειας Ελλάδας και στα νότια Βαλκάνια. Οι θερμοκρασίες στα νότια παραμένουν σχετικά

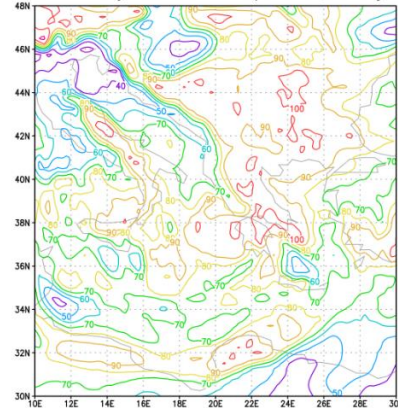
υψηλές, φθάνοντας τους 12-15°C σε ορισμένες περιοχές της Νότιας Ελλάδας. Ο χάρτης της 13ης Ιανουαρίου δείχνουν ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες παραμένουν σε όλη τη χώρα.

5.4.3 Σχετική Υγρασία στα 850 hPa

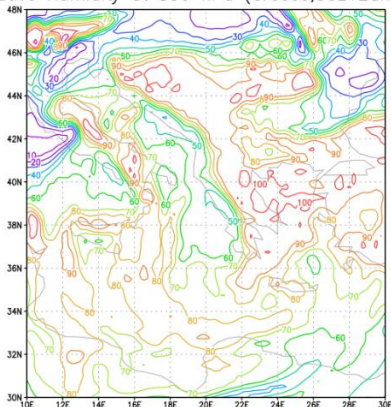
Relative Humidity at 850 hPa (Greece,00z10jan2022)



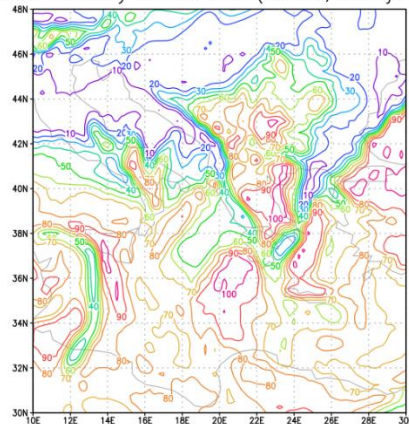
Relative Humidity at 850 hPa (Greece,00z11jan2022)



Relative Humidity at 850 hPa (Greece,00z12jan2022)



Relative Humidity at 850 hPa (Greece,00z13jan2022)

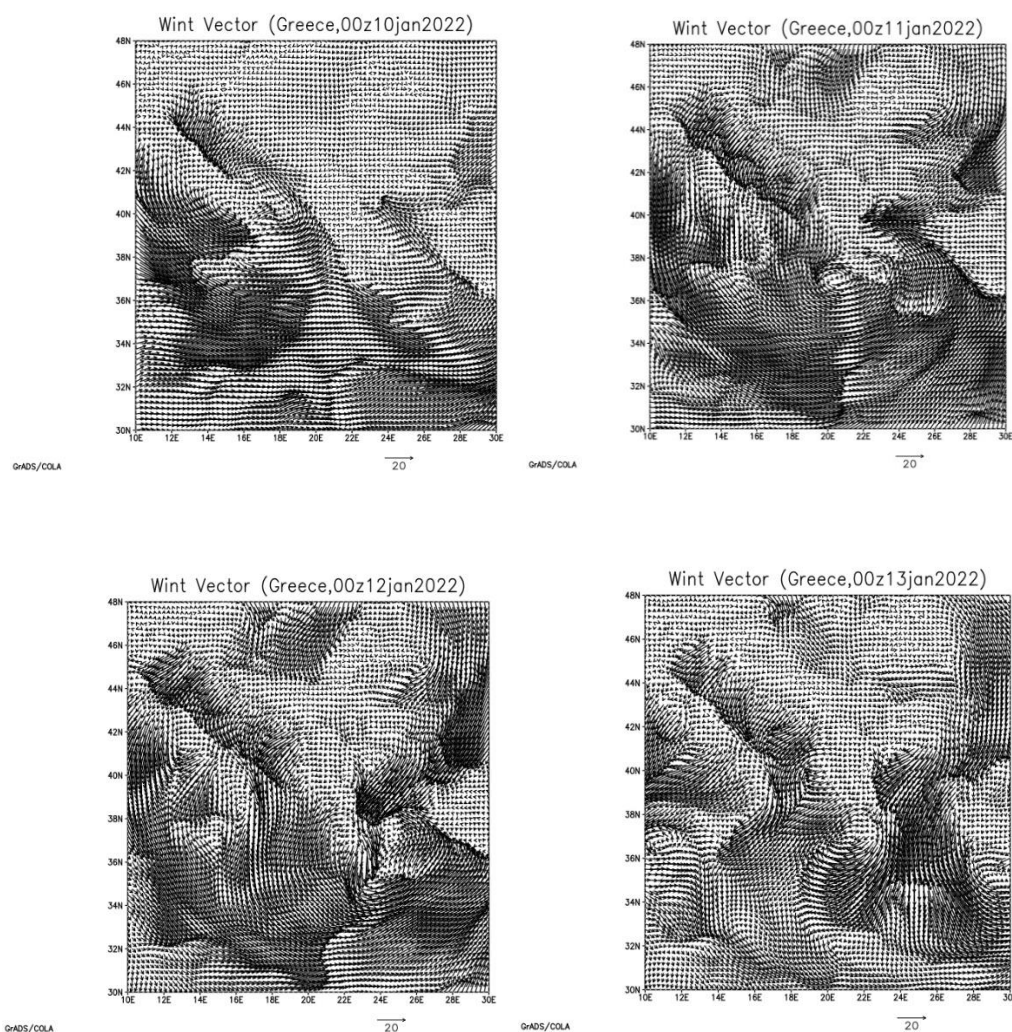


Σχήμα 5-6 Χάρτες σχετικής υγρασίας (%) στα 850 hPa στις 00:00 UTC 10-13/01/2022.

Οι χάρτες σχετικής υγρασίας στα 850 hPa δείχνουν την εξέλιξη του χαμηλού βαρομετρικού συστήματος Διομήδης (Σχήμα 5-6). Στις 10 Ιανουαρίου 2022, παρατηρείται αυξημένη υγρασία στο Ιόνιο Πέλαγος και στη δυτική και βόρεια Ελλάδα, με τιμές που φτάνουν το 80-90%. Στις 11 Ιανουαρίου, η υγρασία αυξάνεται περαιτέρω σε όλη την Ελλάδα, ειδικά στα κεντρικά και βόρεια τμήματα της χώρας, φθάνοντας σε αρκετές περιοχές το 100%. Αυτή η αύξηση της υγρασίας δείχνει την ενίσχυση του συστήματος Διομήδη, καθώς το χαμηλό βαρομετρικό προκαλεί τη

μεταφορά υγρών θαλάσσιων αερίων μαζών, ευνοώντας τη δημιουργία νεφώσεων και ισχυρών καταιγίδων. Στις 12 Ιανουαρίου, οι τιμές υγρασίας παραμένουν πολύ υψηλές, κυρίως στην ανατολική και κεντρική Ελλάδα, με την κακοκαιρία να κορυφώνεται. Τέλος, στις 13 Ιανουαρίου, το σύστημα μετατοπίζεται προς τα ανατολικά, επηρεάζοντας πλέον και την Τουρκία, ενώ η Ελλάδα εξακολουθεί να έχει σε μεγάλα τμήματα υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας.

5.4.4 Ανεμολογικό πεδίο στα 10m



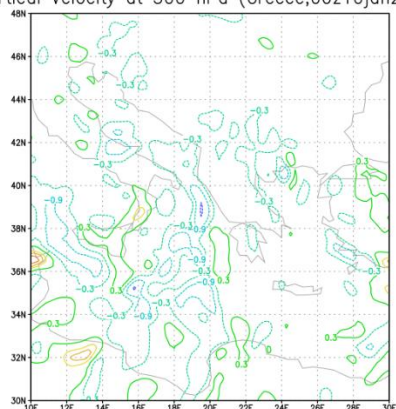
Σχήματα 5-7 Χάρτες του ανεμολογικού πεδίου στα 10μ στις 00:00 UTC 10-13/01/2022.

Στους χάρτες του ανεμολογικού πεδίου στα 10μ παρατηρείται η εξέλιξη του χαμηλού βαρομετρικού συστήματος Διομήδης πάνω από την Ελλάδα (Σχήμα 5-7). Στις 10 Ιανουαρίου, η

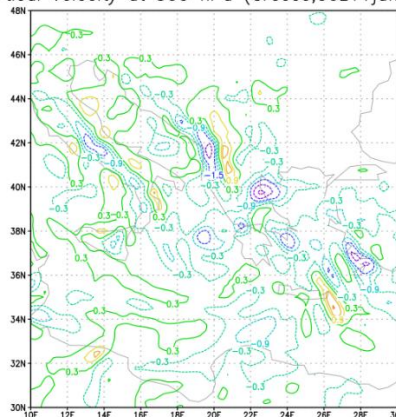
γενική δυτική ροή με μέτρια ένταση ανέμου υποδηλώνει την προσέγγιση του συστήματος. Στις 11 Ιανουαρίου, ο Διομήδης επηρεάζει την Ελλάδα με έντονη κυκλωνική κυκλοφορία, η οποία συνεχίζει να ενισχύεται την επόμενη μέρα, στις 12 Ιανουαρίου, όπου το σύστημα βρίσκεται σε πλήρη ανάπτυξη, με ισχυρούς ανέμους να συγκλίνουν προς το κέντρο του μεταφέροντας υγρές θαλάσσιες αέριες μάζες προς την ηπειρωτική Ελλάδα. Τέλος, στις 13 Ιανουαρίου, το σύστημα αρχίζει να απομακρύνεται σταδιακά, ενώ οι άνεμοι παραμένουν έντονοι, ειδικά στο Αιγαίο Πέλαγος.

5.4.5 Κατακόρυφη Ταχύτητα στα 500 hPa

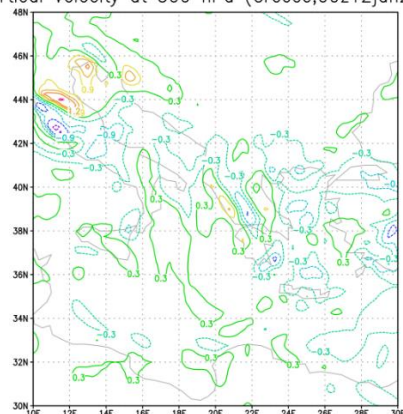
Vertical Velocity at 500 hPa (Greece,00z10jan2022)



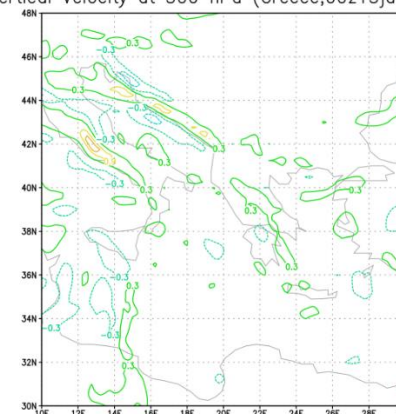
Vertical Velocity at 500 hPa (Greece,00z11jan2022)



Vertical Velocity at 500 hPa (Greece,00z12jan2022)



Vertical Velocity at 500 hPa (Greece,00z13jan2022)



Σχημα 5-8 Οι χάρτες απεικονίζουν την κατακόρυφη ταχύτητα ω (Pa/s) στα 500 hPa στις 00:00 UTC 10-13/01/24. Αρνητικές τιμές (πράσινες/μπλε αποχρώσεις) υποδηλώνουν ανοδικές κινήσεις αέρα, οι οποίες συνδέονται με περιοχές καταιγίδων και έντονων βροχοπτώσεων, ενώ οι θετικές τιμές δείχνουν καθοδικές κινήσεις αέρα στις 00:00 UTC 10-13/01/2022.



Οι χάρτες κατακόρυφης ταχύτητας ω (Pa/s) στα 500 hPa δείχνουν σημαντικές ανοδικές κινήσεις αέρα κατά τις ημέρες που επηρέασε ο Διομήδης (10–13 Ιανουαρίου 2022). Παρατηρούνται αρνητικές τιμές σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας και των γειτονικών χωρών, κυρίως στις 11 και 12 Ιανουαρίου, υποδηλώνοντας την ύπαρξη ανοδικών ρευμάτων αέρα που συνδέονται με την ανάπτυξη νεφών και την ενίσχυση καταιγίδων. Αυτές οι ανοδικές κινήσεις είναι τυπικές σε βαρομετρικά συστήματα όπως ο Διομήδης, τα οποία δημιουργούν ατμοσφαιρική αστάθεια και προκαλούν έντονες βροχοπτώσεις. Οι κατακόρυφες καθοδικές κινήσεις (θετικές τιμές) στις 13/01, οι οποίες παρατηρούνται κυρίως μετά την κορύφωση του συστήματος, υποδηλώνουν τη σταδιακή υποχώρηση της κακοκαιρίας.

5.5 Μετεωρολογικές παρατηρήσεις σταθμών

Αεροδρόμιο Θεσσαλονίκης

Έτος	Μήνας	Ημέρα	UTC	Υετός (mm)
2022	1	9	18	2.0
2022	1	10	6	6.0
2022	1	10	18	5.0
2022	1	11	6	2.0
2022	1	11	18	0.4
2022	1	12	6	3.0
2022	1	12	18	0.0

Πίνακας 5-1 Μετρήσεις 12-ωρου αθροιστικού υετού (mm) από τον σταθμό για την περίοδο 9-12 Ιανουαρίου 2022

Κατά τη διάρκεια του φαινομένου Διομήδη, η βροχόπτωση στην περιοχή της Θεσσαλονίκης παρουσίασε σημαντικές διακυμάνσεις. Στις 10 Ιανουαρίου (18 UTC 9/1 - 18 UTC 10/1) καταγράφηκε συνολικός υετός 11.0 mm, με ενίσχυση της βροχόπτωσης κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες. Στις 11 Ιανουαρίου (18 UTC 10/1 - 18 UTC 11/1), η βροχόπτωση ήταν πιο περιορισμένη, με συνολικό υετό 2.4 mm. Στις 12 Ιανουαρίου (18 UTC 11/1 - 18 UTC 12/1), ο υετός ήταν στα ίδια επίπεδα με την προηγούμενη ημέρα, καταγράφοντας μόλις 3.0 mm. (Πίνακας 5-1)



Αεροδρόμιο Χρυσούπολης

Έτος	Μήνας	Ημέρα	UTC	Υετός (mm)
2022	1	9	18	16.0
2022	1	10	6	3.0
2022	1	10	18	2.0
2022	1	11	6	0.1
2022	1	11	18	2.0
2022	1	12	6	2.0
2022	1	12	18	0.0

Πίνακας 5-2 Μετρήσεις 12-ωρου αθροιστικού υετού (mm) από τον σταθμό για την περίοδο 9-12 Ιανουαρίου 2022.

Κατά τη διάρκεια του φαινομένου Διομήδη, ο υετός στο αεροδρόμιο Χρυσούπολης παρουσίασε αξιοσημείωτες διακυμάνσεις. Στις 9 Ιανουαρίου (06 - 18 UTC), καταγράφηκε υψηλή βροχόπτωση, με τον συνολικό υετό να ανέρχεται στα 16.0 mm. Η ένταση της βροχής μειώθηκε αισθητά στις 10 και 11 Ιανουαρίου, με καταγεγραμμένο υετό 5.0 και 2.1 mm, αντίστοιχα. Στις 12 Ιανουαρίου, η βροχόπτωση μειώθηκε ακόμη περισσότερο, με τον υετό να φτάνει τα 2.0 mm, κάτι που υποδεικνύει την σταδιακή εξασθένιση του καιρικού φαινομένου (Πίνακας 5-2).

Αεροδρόμιο Ιωαννίνων

Έτος	Μήνας	Ημέρα	UTC	Υετός (mm)
2022	1	9	18	2.0
2022	1	10	6	0.8
2022	1	10	18	0.4
2022	1	11	6	7.0
2022	1	11	18	0.2
2022	1	12	6	0.2
2022	1	12	18	0.0

Πίνακας 5-3 Μετρήσεις 12-ωρου αθροιστικού υετού (mm) από τον σταθμό για την περίοδο 9-12 Ιανουαρίου 2022.

Στις 9-10 (06 UTC 9/1 - 18 UTC 10/1) η βροχόπτωση στα Ιωάννινα ήταν περιορισμένη, με συνολικό υετό 3.2 mm. Στις 11 Ιανουαρίου (18 UTC 10/1 - 18 UTC 11/1), η βροχόπτωση ήταν εντονότερη το πρωί, με τον συνολικό υετό να φτάνει τα 7.2 mm. Στις 12 Ιανουαρίου, η βροχόπτωση περιορίστηκε σημαντικά, με μικρό υετό 0.2 mm το πρωί και μηδενικό το απόγευμα (Πίνακας 5-3).

Αεροδρόμιο Κέρκυρας

Έτος	Μήνας	Ημέρα	UTC	Υετός (mm)
2022	1	9	18	0.0
2022	1	10	6	0.8
2022	1	10	18	14.0
2022	1	11	6	0.0
2022	1	11	18	0.0
2022	1	12	6	0.0
2022	1	12	18	0.0

Πίνακας 5-4 Μετρήσεις 12-ωρου αθροιστικού υετού (mm) από τον σταθμό για την περίοδο 9-12 Ιανουαρίου 2022

Στις 10 Ιανουαρίου, η Κέρκυρα κατέγραψε σημαντική βροχόπτωση, με συνολικό υετό 14.8 mm με την κορύφωση να σημειώνεται το απόγευμα (14.0 mm στις 18 UTC). Στις 11 Ιανουαρίου, και 12 Ιανουαρίου, η βροχόπτωση ήταν μηδενική, χωρίς καταγραφές υετού (Πίνακας 5-4).

Αεροδρόμιο Λάρισας

Έτος	Μήνας	Ημέρα	UTC	Υετός (mm)
2022	1	9	18	0.0
2022	1	10	6	0.1
2022	1	10	18	3.0
2022	1	11	6	40.0
2022	1	11	18	1.0
2022	1	12	6	0.0
2022	1	12	18	0.0

Πίνακας 5-5 Μετρήσεις 12-ωρου αθροιστικού υετού (mm) από τον σταθμό για την περίοδο 9-12 Ιανουαρίου 2022.

Στις 10 Ιανουαρίου, η βροχόπτωση στη Λάρισα ήταν ασθενής, με συνολικό υετό 3.1 mm. Στις 11 Ιανουαρίου, η περιοχή επηρεάστηκε έντονα, με τον συνολικό υετό να φτάνει τα 41.0 mm, με το μεγαλύτερο μέρος της βροχής να σημειώνεται τις πρωινές ώρες (40.0 mm στις 06 UTC). Στις 12 Ιανουαρίου δεν καταγράφηκε υετός (Πίνακας 5-5).



Αεροδρόμιο Ακτίου

Έτος	Μήνας	Ημέρα	UTC	Υετός (mm)
2022	1	9	18	0.0
2022	1	10	6	3.0
2022	1	10	18	5.0
2022	1	11	6	0.0
2022	1	11	18	3.0
2022	1	12	6	0.0
2022	1	12	18	0.0

Πίνακας 5-6 Μετρήσεις 12-ωρου αθροιστικού υετού (mm) από τον σταθμό για την περίοδο 9-12 Ιανουαρίου 2022.

Στις 10 Ιανουαρίου, η περιοχή του Ακτίου κατέγραψε υετό 8.0 mm, ενώ στις 11 Ιανουαρίου μετρήθηκαν 3.0 mm. Στις 12 Ιανουαρίου δεν καταγράφηκε υετός. Οι συνεχείς βροχοπτώσεις επηρέασαν την περιοχή για δύο ημέρες, στις 10 και 11 Ιανουαρίου (Πίνακας 5-6).

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Επισκόπηση της Καταιγίδας Διομήδης

Η καταιγίδα Διομήδης είναι μια σημαντική μετεωρολογική περίπτωση που επηρέασε την Ελλάδα στις αρχές Ιανουαρίου 2022. Αναλύοντας τα δεδομένα αναδρομικών αναλύσεων ERA5, των συνοπτικών σταθμών, χαρτών καιρού και δορυφορικών δεδομένων, κατανοούμε καλύτερα τις μετεωρολογικές συνθήκες αυτής της κακοκαιρίας. Κατά τη διάρκεια της ζωής της, η καταιγίδα πέρασε από όλες τις τυπικές φάσεις κυκλογένεσης: σχηματισμός, ενίσχυση, κορύφωση και εξασθένηση. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι η καταιγίδα κορυφώθηκε στις 10-11 Ιανουαρίου, προκαλώντας σημαντικές επιπτώσεις σε πολλές περιοχές της Ελλάδας.

Σχηματισμός και Εξέλιξη της Κακοκαιρίας

Η καταιγίδα Διομήδης, που έπληξε την Ελλάδα και την ευρύτερη περιοχή, χαρακτηρίστηκε από έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως ισχυρές βροχοπτώσεις, χαμηλές βαρομετρικές πιέσεις και κυκλωνική δραστηριότητα. Το χαμηλό έφτασε στην Ελλάδα στις 10 Ιανουαρίου, με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται σε σχετικά υψηλά επίπεδα και την πίεση να αρχίζει να μειώνεται. Οι καιρικές συνθήκες επιδεινώθηκαν σταδιακά, με την ένταση της καταιγίδας να κορυφώνεται στις 11 Ιανουαρίου. Κατά την κορύφωση του φαινομένου, παρατηρήθηκαν ισχυρές βροχοπτώσεις που έφτασαν έως και τα 90 mm σε ορισμένες περιοχές, προκαλώντας εκτεταμένες πλημμύρες και σημαντικές ζημιές σε υποδομές. Οι θερμοκρασίες άρχισαν να μειώνονται από τις 12 Ιανουαρίου, όταν το φαινόμενο άρχισε να εξασθενεί. Στις 13 Ιανουαρίου, το σύστημα απομακρύνθηκε από την περιοχή, αφήνοντας πίσω του καταστροφές, με την πίεση να αυξάνεται σταδιακά και τις θερμοκρασίες να σταθεροποιούνται. Η εξασθένηση της κακοκαιρίας συνοδεύτηκε από μείωση των φαινομένων.

Συνολικά, η καταιγίδα Διομήδης είχε σημαντικές επιπτώσεις στις περιοχές που επηρέασε, με τις μεγαλύτερες προκλήσεις να προέρχονται από την έντονη βροχόπτωση και τις πλημμύρες που προκάλεσε. Οι συνθήκες που δημιούργησε το σύστημα, από τη δημιουργία μέχρι την εξασθένηση, ήταν χαρακτηριστικές ενός ισχυρού βαρομετρικού χαμηλού, που συνδέθηκε με την ατμοσφαιρική αστάθεια και τις ακραίες καιρικές συνθήκες.

Κατά τη διάρκεια του φαινομένου Διομήδη, οι περιοχές που επηρεάστηκαν περισσότερο από τον υετό περιλάμβαναν τη Λάρισα, τη Θεσσαλονίκη, και την Κέρκυρα, όπου σημειώθηκαν οι υψηλότερες τιμές βροχόπτωσης. Στη Λάρισα, η βροχόπτωση ήταν ιδιαίτερα έντονη στις 11 Ιανουαρίου, με τον υετό να φτάνει τα 41.0 mm, με το μεγαλύτερο μέρος της βροχής να καταγράφεται νωρίς το πρωί (40.0 mm στις 06 UTC), προκαλώντας πιθανώς τοπικές πλημμύρες. Στη Θεσσαλονίκη, στις 10 Ιανουαρίου, καταγράφηκε συνολικός υετός 11.0 mm, με τη μεγαλύτερη ένταση να σημειώνεται το πρωί και το απόγευμα (6.0 mm στις 06 UTC και 5.0 mm στις 18 UTC). Στις επόμενες δύο ημέρες, ο υετός ήταν πιο περιορισμένος, με μόλις 2.4 mm στις 11 Ιανουαρίου και 3.0 mm στις 12 Ιανουαρίου. Στην Κέρκυρα, η πιο έντονη βροχόπτωση καταγράφηκε στις 10 Ιανουαρίου, με συνολικό υετό 14.8 mm, κυρίως το απόγευμα (14.0 mm στις 18 UTC), ενώ στις επόμενες δύο ημέρες δεν σημειώθηκε βροχόπτωση.

Επιπτώσεις

Οι επιπτώσεις της καταιγίδας "Διομήδης" ήταν αισθητές σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Οι έντονες βροχοπτώσεις προκάλεσαν πλημμυρικά φαινόμενα σε διάφορες περιοχές, ενώ οι ισχυροί άνεμοι προκάλεσαν προβλήματα στις μεταφορές και τις υποδομές. Οι χαμηλές θερμοκρασίες στις βόρειες περιοχές, σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές υγρασίας, δημιούργησαν συνθήκες που ευνόησαν την ανάπτυξη παγετού και χιονοπτώσεων. Συνολικά, η καταιγίδα είχε σημαντικές επιπτώσεις στις καθημερινές δραστηριότητες και την οικονομία της περιοχής.

6.2 Προοπτικές και Μελλοντική Έρευνα

Η κατανόηση των βαρομετρικών χαμηλών και η πρόβλεψη των επιπτώσεών τους παραμένουν σημαντικά ζητήματα για τη μετεωρολογία και τις περιβαλλοντικές επιστήμες. Η κακοκαιρία "Διομήδης" προσφέρει ένα παράδειγμα για το πώς η συνδυασμένη ανάλυση δεδομένων ERA5, δορυφορικών δεδομένων χαρτών καιρού επιφανείας και μετεωρολογικών παρατηρήσεων μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση των ατμοσφαιρικών διεργασιών. Ωστόσο, χρειάζεται περισσότερη έρευνα και μελέτη περισσότερων τέτοιων φαινομένων. Επιπλέον, η ανάπτυξη και η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως τα δεδομένα από δορυφόρους και drones, θα μπορούσαν να προσφέρουν ακόμη πιο ακριβείς μετρήσεις και παρατηρήσεις, βελτιώνοντας την κατανόηση και την αντιμετώπιση αυτών των καιρικών φαινομένων.

7. Βιβλιογραφία

- Cavicchia, L., von Storch, H. & Gualdi, S. 2014. «A long-term climatology of medicanes.» *Climate Dynamics* 43, 1183–1195. doi:<https://doi.org/10.1007/s00382-013-1893-7>.
- Diakakis M., Mavroulis S. , Filis C. , Lozios S. , Vassilakis E. , Naoum G. , Soukis K. , Konsolaki A. , Kotsi E., Theodorakatos D., Skourtsos E. , Kranis H. 2023. «Impacts of Medicanes on Geomorphology and Infrastructure in the Eastern Mediterranean, the Case of Medicane Ianos and the Ionian Islands in Western Greece.» *Impacts of Extreme Hydrogeomorphological Events and Climate-Related Disasters*, 08 04. doi:<https://doi.org/10.3390/w15061026>.
- Flaounas E., Davolio S, Raveh-Rubin S., Pantillon F., Miglietta M. M., Gaertner M. A., Hatzaki M., Homar V., Khodayar S., Korres G., Kotroni V., Kushta J., Reale M., and Ricard D. 2022. «Mediterranean cyclones: current knowledge and open questions on dynamics, prediction, climatology and impacts.» *Weather and Climate Dynamics* 3, 173–208. doi:<https://doi.org/10.5194/wcd-3-173-2022>.
- Flaounas E., Gray S. L., and Teubler F. 2021. «A process-based anatomy of Mediterranean cyclones: from baroclinic lows to tropical-like systems.» *Weather and Climate Dynamics* 2, 255–279,. doi:<https://doi.org/10.5194/wcd-2-255-2021>.
- Huffman, G.J., E.F. Stocker, D.T. Bolvin, E.J. Nelkin, Jackson Tan. 2022. «GPM IMERG Final Precipitation L3 Half Hourly 0.1 degree x 0.1 degree V07, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC).» doi:<https://doi.org/10.5067/GPM/IMERG/3B-HH/07>.
- J., Smith. 2023. «greekreporter.» 07 06. <https://greekreporter.com/2023/06/07/meet-the-anemoi-the-greek-gods-of-weather/>.
- L., Miate. 2022. «worldhistory.» 30 09. <https://www.worldhistory.org/Diomedes/>.
- Lagouvardos K., Karagiannidis A., Dafis S. , Kalimeris A. , Kotroni V. 2022. «Ianos—A Hurricane in the Mediterranean.» *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 103 E1621–E1636. doi:<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0274.1>.
- Lionello P., Malanotte-Rizzoli P. , Boscolo R. 2006. «Chapter 6 Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment.» 4: 325-372. doi:[https://doi.org/10.1016/S1571-9197\(06\)80009-1](https://doi.org/10.1016/S1571-9197(06)80009-1).
- M., Marcello M. 2019. «Mediterranean Tropical-Like Cyclones (Medicanes).» *Atmosphere*, 10(4), 206. doi:<https://doi.org/10.3390/atmos10040206>.
- Marra A. C., Federico S. , Montopoli M. Avolio E. , Baldini L. , Casella D., D’Adderio L. P. , Dietrich S. , Sanò P. , Torcasio R. C. , Panegrossi G. 2019. «The Precipitation Structure of the Mediterranean Tropical-Like Cyclone Numa: Analysis of GPM Observations and Numerical Weather Prediction Model Simulations.» *Remote Sensing for the Definition and Near-Real Time Monitoring of Meteorological Extremes*, 17 07. doi:<https://doi.org/10.3390/rs11141690>.



meteo. 2022. *meteo.gr*. 11 01.

https://www.meteo.gr/pdf/weatherCases/2022/2022_01_11_Diomidis.pdf.

Miglietta M. M., Rotunno R. 2019. «Development mechanisms for Mediterranean tropical-like cyclones.» *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Volume 145, Issue 721 1444-1460. doi:<https://doi.org/10.1002/qj.3503>.

Musk, L.F. 1988. *Weather Systems*. Cambridge University Press, New York.

Nissen K. M., Leckebusch G. C. , Pinto J. G., Renggli D., Ulbrich S., Ulbrich U. 2010. «Cyclones causing wind storms in the Mediterranean: characteristics, trends and links to large-scale patterns.» *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10, 1379–1391,. doi:<https://doi.org/10.5194/nhess-10-1379-2010>.

Portmann R., González-Alemán J. J. , Sprenger M. , Wernli H. 2019. «Medicane Zorbas: Origin and impact of an uncertain potential.» *Geophysical Research Abstracts* ,Vol 21, p1 EGU2019-2425. doi:<https://doi.org/10.5194/wcd-2019-1>.

Pytharoulis I., Craig G.C., Ballard S.P. 1999. «Study of the Hurricane-like Mediterranean cyclone of January 1995.» *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 24 (6), 627-632. doi:[https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(99\)00056-8](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(99)00056-8).

Schultz, D. M., Keyser, D. and Bosart, L. F. 1998. «The effect of large-scale flow on low-level frontal structure and evolution in midlatitude cyclones.» *Mon. Wea. Rev.*, 126, 1767–1791. doi:[https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1998\)126<1767:TEOLSF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1998)126<1767:TEOLSF>2.0.CO;2).

Βουγιούκας Σ., Λαγουβάρδος Κ. 2018. *www.meteo.gr*. 11 01. https://www.meteo.gr/article_view.cfm?entryID=522.

Καραγιαννίδης Α., Λαγουβάρδος Κ. 2021. «<https://www.meteo.gr>.» 13 01. https://www.meteo.gr/article_view.cfm?entryID=1596.

Μακρογιάννης Τ. Ι., Σαχσαμάνογλου Χ. Σ.,. 2004. *Μαθηματα γενικης μετεωρολογιας*. Μοντάζ: Μακρογιάννης Τ. Ι. Σαχσαμάνογλου Χ. Σ. Θεσσαλονίκη: ΧΑΡΙΣ Ε.Π.Ε.

Φλόκας, Α. Α. 1997. *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. Εκδόσεις Ζήτη.