

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**



**Μελέτη Χωροθέτησης Μετεωρολογικών Σταθμών με τη χρήση Πολυκριτηριακών Αναλύσεων, μέσω Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων στη Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης.**

**Στεργίου Παρασκευή- Βαρβάρα**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Σταύρος Κολιός**

**Δεκέμβριος 2017**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

***Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος***

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Μελέτη Χωροθέτησης Μετεωρολογικών Σταθμών με τη χρήση Πολυκριτηριακών Αναλύσεων, μέσω Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων στη Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης.**

**Στεργίου Παρασκευή- Βαρβάρα**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Σταύρος Κολιός**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Δεκέμβριος 2017**



## Περίληψη

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, είναι η εξεύρεση κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών στη περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Για τον εντοπισμό των κατάλληλων περιοχών, ορίστηκαν κριτήρια χωροθέτησης, όπως καθορίζονται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, για τη τοποθέτηση μετεωρολογικών οργάνων μέτρησης βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία και υγρασία και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Για τον εντοπισμό των περιοχών χωροθέτησης, εφαρμόστηκε πολυκριτηριακή ανάλυση, και συγκεκριμένα η απλή προσθετική σταθμική μέθοδο (Simple Additive Weighted), ενώ η εισαγωγή και επεξεργασία των χωρικών ερωτημάτων έγινε με τη χρήση Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και συγκεκριμένα με τη χρήση του λογισμικού QGIS. Από την εξαγωγή του τελικού χάρτη, προκύπτει ότι 7% περίπου της έκτασης της περιφέρειας αντιστοιχεί σε περιοχές άριστης χωροθέτησης, ενώ περίπου 45% της έκτασης, σε περιοχές ικανοποιητικής χωροθέτησης. Προκύπτει επίσης ότι μετεωρολογικοί σταθμοί της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας στη περιοχή μελέτης, με βάση τις συνταγμένες τους όπως καταγράφονται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, βρίσκονται εγκατεστημένοι σε περιοχές ικανοποιητικής χωροθέτησης, με βάση τα κριτήρια και τη βαρύτητα των κριτηρίων που ορίστηκαν στη παρούσα διατριβή.

## **Summary**

The aim of this postgraduate dissertation is to find suitable areas for the installation of meteorological stations in the region of Eastern Macedonia and Thrace. In order to identify the appropriate areas, siting criteria, as determined by the World Meteorological Organization, have been defined for the installation of meteorological instruments measuring basic meteorological parameters such as temperature and humidity and atmospheric precipitations. In order to identify the spatial areas, a multi-criterion analysis was applied, namely the Simple Additive Weighted method, while the input and processing of spatial queries was done using Geographical Information Systems, in particular using the QGIS software. From the export of the final map it appears that approximately 7% of the study area corresponds to areas of optimal siting, while about 45% of study area is in areas of satisfactory siting. It also emerges that meteorological stations of the National Meteorological Service in the study area, based on their records as recorded by the World Meteorological Organization, are located in areas of satisfactory siting, based on the criteria and the gravity of the criteria defined in this dissertation.

## **Ευχαριστίες**

*Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών « Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» του Ανοιχτού Πανεπιστημίου Κύπρου.*

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Σταύρο Κολιό, για τη σημαντική καθοδήγηση και στήριξη που μου προσέφερε και την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, καθώς και τους υπόλοιπους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν, αλλά και το προσωπικό του Ανοιχτού Πανεπιστημίου Κύπρου για τις υπηρεσίες που πρόσφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.*

# Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Summary	iv
Ευχαριστίες	v
Περιεχόμενα	vi
<b>1. Εισαγωγή</b>	<b>9</b>
1.1. Εισαγωγή	9
1.2. Καταγραφή του προβλήματος	10
1.2.1.Μετεωρολογικοί Σταθμοί στην Ελλάδα	10
1.2.2.Καταγραφή Μετεωρολογικών Σταθμών ανά Περιφέρεια	22
1.2.3.Προσδιορισμός του Προβλήματος χωροθέτησης μετεωρολογικών σταθμών	26
1.3. Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	27
1.4. Διασαφήνιση – Διατύπωση Κεντρικών Εννοιών	28
<b>2. Θεωρητικό Πλαίσιο</b>	<b>30</b>
2.1. Εισαγωγή	30
2.2. Ορισμός και ιστορική εξέλιξη Μετεωρολογίας	30
2.3. Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός	32
2.4. Μετεωρολογικές Παρατηρήσεις	33
2.5. Σταθμοί Εδάφους	37
2.5.1. Θέση ή τοποθεσία σταθμού	37
2.5.2. Περιοχή μετεωρολογικών παρατηρήσεων	38
2.5.3. Μέτρηση μετεωρολογικών παραμέτρων	40
2.5.4. Συντεταγμένες μετεωρολογικού σταθμού	42
2.6. Μετεωρολογικοί Παράμετροι	43
2.6.1. Θερμοκρασία	43
2.6.2. Ατμοσφαιρική Πίεση	44
2.6.3. Υγρασία	45
2.6.4. Άνεμος	45
2.6.5. Κατακρημνίσματα	46
2.6.6. Ηλιακή Ακτινοβολία	47
2.6.7. Ορατότητα	48
2.6.8. Εξάτμιση	49
2.6.9. Υγρασία Εδάφους	50
2.6.10. Μετρήσεις Ανώτερης Ατμόσφαιρας	52
2.6.11. Ανώτερος Άνεμος	52
2.7. Χωροθέτηση Μετεωρολογικού Σταθμού	53
2.7.1.Κριτήρια για την επιλογή χώρου νέου σταθμού	53
2.7.2.Κατηγοριοποίηση χωροθέτησης επιφανειακών συστημάτων παρατήρησης εδάφους	55
2.8. Η χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Γ.Π.Σ.) στη χωροθέτηση μετεωρολογικών σταθμών	60
2.8.1.Χωρική Ανάλυση με Γ.Π.Σ.	60
2.8.2.Εφαρμογές Γ.Π.Σ. στη χωροθέτηση	63
2.8.3.Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων	64
2.8.4.Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Γ.Σ.Π.	67
2.8.5.Εφαρμογές Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και Γ.Σ.Π.	69
<b>3. Μεθοδολογία</b>	<b>71</b>
3.1. Γενικό περίγραμμα μεθοδολογίας	71
3.2. Καθορισμός κριτηρίων χωροθέτησης – Συλλογή Δεδομένων	73
3.3. Επαναταξινόμηση τιμών κριτηρίων	75
3.4. Βαρύτητα κριτηρίων	79

<b>4. Εφαρμογή</b> .....	82
4.1. Περιοχή Μελέτης .....	82
4.1.1. Γενικά χαρακτηριστικά Περιοχής .....	82
4.1.2. Μορφολογία του Εδάφους .....	84
4.1.2.1. Ορεινοί Όγκοι- Πεδιάδες .....	84
4.1.2.2. Υδάτινες Επιφάνειες .....	87
4.1.3. Χρήσεις γης – Κάλυψη γης .....	90
4.1.4. Ορυκτός Πλούτος .....	91
4.1.5. Κλίμα .....	94
4.1.6. Φυσικό Περιβάλλον .....	96
4.1.7. Ανθρωπογενές Περιβάλλον .....	97
4.1.7.1. Διοικητική Οργάνωση – Δημογραφικά Χαρακτηριστικά .....	97
4.1.7.2. Οικονομικά Χαρακτηριστικά – Τάσεις .....	99
4.1.7.3. Κοινωνικοί Δείκτες .....	102
4.1.8. Τουρισμός .....	103
4.1.9. Περιβαλλοντικά Προβλήματα .....	107
4.1.10. Δίκτυα Μεταφορών .....	108
4.2. Επιλογή Περιοχής Μελέτης .....	110
4.3. Δεδομένα – Πηγές .....	111
4.4. Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης .....	112
4.4.1. Καθορισμός κριτηρίων χωροθέτησης .....	112
4.4.2. Κλίση Εδάφους .....	113
4.4.3. Κάλυψη του Εδάφους .....	115
4.4.4. Απόσταση από υδάτινες επιφάνειες .....	118
4.5. Αξιολόγηση βαθμού καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών με απλή προσθετική σταθμική μέθοδο (Simple Additive Weighted Method).....	120
4.5.1. Επαναταξινόμηση κριτηρίων σε κοινή κλίμακα .....	120
4.5.2. Βαρύτητα κριτηρίων .....	124
4.5.3. Σταθμισμένη επικάλυψη κριτηρίων (Weighted Overlay).....	125
4.6. Τελικός Χάρτης περιοχών χωροθέτησης .....	126
<b>5. Συζήτηση – Συμπεράσματα – Περιορισμοί – Προτάσεις</b> .....	133
5.1. Συζήτηση .....	133
5.2. Συμπεράσματα .....	137
5.3. Περιορισμοί .....	138
5.4. Προτάσεις .....	141
<b>6. Βιβλιογραφία</b> .....	142





# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις, χρησιμοποιούνται για την δημιουργία αναλύσεων καιρικών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο, προβλέψεις, προειδοποιήσεις για αντίξοες καιρικές συνθήκες, για τη μελέτη του κλίματος, για τις τοπικές εργασίες που σχετίζονται άμεσα με τον καιρό (αεροδρόμια, θάλασσα, στεριά), για την υδρολογία και γεωργική μετεωρολογία και για την έρευνα στην μετεωρολογία και κλιματολογία (WMO, 2008).

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί καταγράφουν ένα ευρύ φάσμα μετεωρολογικών παραμέτρων και χρησιμοποιούνται στη στεριά και στη θάλασσα, σε ωκεανούς, σε πλοία και εξέδρες άντλησης πετρελαίου. Οι περισσότερες μετεωρολογικές υπηρεσίες λειτουργούν δίκτυα για συνοπτικές και μακροπρόθεσμες παρατηρήσεις του κλίματος, και άλλες χρήσεις που περιλαμβάνουν το γεωργικό τομέα, το οδικό δίκτυο, τους φορείς εκμετάλλευσης αερολιμένων και το εθνικό υδρολογικό δίκτυο. Στις περισσότερες τοποθεσίες οι τυπικές μετεωρολογικές παράμετροι που καταγράφονται είναι η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία, η ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου, η ατμοσφαιρική πίεση και η ηλιακή ακτινοβολία (Sene, 2016).

Η αντιπροσωπευτικότητα των μετεωρολογικών παρατηρήσεων, είναι ο βαθμός με τον οποίο περιγράφεται με ακρίβεια η τιμή μιας μεταβλητής. Ως εκ τούτου κάθε παρατήρηση είναι το αποτέλεσμα της από κοινού εκτίμησης των οργάνων, του διαστήματος μέτρησης και τις απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Για παράδειγμα οι συνοπτικές παρατηρήσεις πρέπει να καλύπτουν περιοχή με ακτίνα 100 Km γύρω από το μετεωρολογικό σταθμό, αλλά για μικρής κλίμακας

ή τοπικές εφαρμογές η εξεταζόμενη περιοχή πρέπει να έχει διαστάσεις 10 km ή λιγότερο (WMO, 2008).

Η χωροθέτηση ενός μετεωρολογικού σταθμού είναι κρίσιμη, γιατί το σφάλμα λόγω ελλιπούς αντιπροσωπευτικότητας μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο που αναμένεται από κάθε όργανο μεμονωμένα. Ένας σταθμός σε λοφώδη ή παράκτια θέση είναι πιθανό να μην είναι αντιπροσωπευτικός στην ευρεία ή μέση κλίμακα (Λούρμας και Μαμάσης, 2005).

Στην Ελλάδα το δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών είναι ιδιαίτερα φτωχό. Ο αριθμός των μετεωρολογικών σταθμών της Ελλάδας, όπως καταγράφεται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, World Meteorological Organization (WMO), ανέρχεται σε 4 σταθμούς ανά 10.000 Km<sup>2</sup>, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός για την Ιταλία είναι 8 σταθμοί και για την Κύπρο 12 σταθμοί για κάθε 10.000km<sup>2</sup>. Το δίκτυο των σταθμών στην Ελλάδα παρουσιάζει επίσης μεγάλη ανομοιογένεια, με περιοχές αρκετά ευνοημένες και περιοχές με πολύ μικρή πυκνότητα σταθμών.

Η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης (ΠΑΜΘ), είναι η περιφέρεια της Ελλάδας που έχει τον μικρότερο αριθμό μετεωρολογικών σταθμών. Η θέση επίσης των σταθμών δεν είναι κατανεμημένη ομοιόμορφα ώστε να καλύπτεται μετεωρολογικά σωστά η συγκεκριμένη περιφέρεια της Ελλάδας.

## **1.2 Καταγραφή του προβλήματος**

### **1.2.1 Μετεωρολογικοί Σταθμοί στην Ελλάδα**

Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται οι δημόσιοι φορείς και υπηρεσίες που διαθέτουν ή επιβλέπουν μετεωρολογικούς σταθμούς, στην επικράτεια της Ελλάδας, καθώς και οι τοποθεσίες που είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί.

#### **1. ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ (Ε.Μ.Υ.)**

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Ελλάδας (Ε.Μ.Υ.), ιδρύθηκε το 1931 στο χώρο του τότε νεοσύστατου Υπουργείου Αεροπορίας, με κύρια αποστολή τη μετεωρολογική υποστήριξη των φορέων της Εθνικής Άμυνας και της Εθνικής Οικονομίας της χώρας.

Η Ε.Μ.Υ. ανέπτυξε τη περίοδο 1931 – 1940, Δίκτυο Μετεωρολογικών σταθμών, οργάνωσε και λειτούργησε το Τμήμα Προγνώσεων Καιρού, ενώ στο χώρο της Διεθνούς Συνεργασίας, έγινε μέλος της Διεθνούς Μετεωρολογικής Οργάνωσης το 1935.

Στις δεκαετίες 1950 και 1960, η ΕΜΥ, ίδρυσε νέους Μετεωρολογικούς Σταθμούς Επιφάνειας και Ανώτερης Ατμόσφαιρας, όπως επίσης Μετεωρολογικά Γραφεία στα αεροδρόμια της χώρας και αναδιοργάνωσε τον τομέα της πρόγνωσης με την ίδρυση Μετεωρολογικών Κέντρων ([www.hnms.gr](http://www.hnms.gr)).

Η Ε.Μ.Υ. έχει εγκαταστήσει δίκτυο σταθμών επιφανειακής παρατήρησης σε ολόκληρη τη χώρα. Οι σταθμοί που ανήκουν στο επιχειρησιακό δίκτυο της Ε.Μ.Υ. αποτελούν μέρος του δικτύου του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, (WMO) και λειτουργούν με βάση τα διεθνή πρότυπα που έχουν θεσπιστεί από αυτόν .

Η Ε.Μ.Υ. εκδίδει καθημερινά μεγάλο αριθμό προγνώσεων για τον καιρό που παρέχονται δωρεάν στο κοινό και ανακοινώνονται στον ιστότοπό της [www.hnms.gr](http://www.hnms.gr) και στα μέσα μαζικής ενημέρωσης.

Από τον WMO, αναπτύχτηκε ο διαδικτυακός πόρος OSCAR (Observing Systems Capability Analysis and Review Tool), για την υποστήριξη των εφαρμογών παρατήρησης της Γης, μελέτες και παγκόσμιο συντονισμό. Παρέχει ποσοτικές πληροφορίες που ορίζονται από το χρήστη για την παρατήρηση των φυσικών μεταβλητών στις περιοχές εφαρμογής του WMO, σχετικές με τις καιρικές συνθήκες, το νερό και το κλίμα. Παρέχει επίσης λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με όλους τους δορυφόρους και τα μέσα παρατήρησης της γης.

Το δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών επιφανειακής παρατήρησης της Ε.Μ.Υ., έτσι όπως καταγράφεται από τον OSCAR, ανέρχεται τη χρονιά 2016 σε 51 σταθμούς.



**Εικόνα 1.1:** Δίκτυο σταθμών ΕΜΥ όπως καταγράφεται από τον WMO

**Πηγή:** <https://oscar.wmo.int/surface>

Έτσι οι σταθμοί της Ε.Μ.Υ. με βάση τα στοιχεία του WMO ανά περιφέρεια κατανέμονται ως εξής:

- Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης: 3 σταθμοί στο αεροδρόμιο της Αλεξανδρούπολης και της Χρυσούπολης και στο Δοξάτο της Δράμας.
- Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας: 3 σταθμοί, στο αεροδρόμιο της Θεσσαλονίκης, στη πόλη της Θεσσαλονίκης και στις Σέρρες.
- Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας: 3 σταθμοί, στο αεροδρόμιο της Καστοριάς, και της Κοζάνης και στη Φλώρινα.
- Περιφέρεια Ηπείρου: 2 σταθμοί στο αεροδρόμιο των Ιωαννίνων και στο Άκτιο.

- Περιφέρεια Θεσσαλίας: 2 σταθμοί στο αεροδρόμιο της Λάρισας και της Αγχιάλου.
- Περιφέρεια Ιόνιων Νησιών: 3 σταθμοί, στο αεροδρόμιο της Κέρκυρας, της Κεφαλονιάς και στη Ζάκυνθο.
- Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας: 3 σταθμοί στη Πάτρα, στο αεροδρόμιο της Ανδραβίδας και του Άραξου.
- Περιφέρεια Αττικής: 11 σταθμοί, στο αεροδρόμιο της Ελευσίνας, στα Κύθηρα, στη περιοχή του Ζωγράφου, στην Αίγινα, στο αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλος, στο αεροδρόμιο της Τανάγρας, στο Ελληνικό, στην Αθήνα, στο Δημόκριτο, στη Φιλαδέλφεια και στο Τατόι.
- Περιφέρεια Πελοποννήσου: 3 σταθμοί, στο αεροδρόμιο της Καλαμάτας και της Τρίπολης και στη Μεθώνη.
- Περιφέρεια Βόρειου Αιγαίου: 4 σταθμοί, στο αεροδρόμιο της Χίου, της Μυτιλήνης και της Λήμνου και στη Σάμο.
- Περιφέρεια Νότιου Αιγαίου: 6 σταθμοί, στη Νάξο, στο αεροδρόμιο της Κω, της Ρόδου και της Καρπάθου, στη Μήλο και στο αεροδρόμιο της Θήρας.
- Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας: 3 σταθμοί, στον Αλιάρτο, στο αεροδρόμιο της Σκύρου και στη Λαμία.
- Περιφέρεια Κρήτης: 6 σταθμοί, στο αεροδρόμιο στο Καστέλι, στη Σούδα, στο Ηράκλειο, στο Τυμπάκι, στη Σητεία και στη Φινοκαλιά.

## 2. ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ (Ε.Α.Α.)

Από το 2006, το Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Ε.Α.Α.) έχει ξεκινήσει την εγκατάσταση αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών σε όλη τη χώρα. Οι σταθμοί αυτοί καλύπτουν περιοχές με μετεωρολογικό ενδιαφέρον σε αρκετές από τις οποίες δεν υπήρχε μετεωρολογική κάλυψη. Σε όλους τους σταθμούς εξασφαλίζεται η συνεχής πρόσβαση στο διαδίκτυο, ώστε οι μετρήσεις τους να είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο για τους ενδιαφερόμενους.

Ο τύπος των σταθμών που χρησιμοποιούνται από το Ε.Α.Α. είναι Davis Vantage Pro 2 οι οποίοι καταγράφουν τις παρακάτω παραμέτρους: ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, βροχόπτωση, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου. Ορισμένοι από αυτούς καταγράφουν την ηλιακή και υπεριώδη ακτινοβολία (Ε.Α.Α., 2005).

Το δίκτυο αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών που ανήκουν στο Ε.Α.Α. ή ανήκουν σε άλλο φορέα αλλά συνεργάζονται με το Ε.Α.Α., αποτελείται από 329 σταθμούς κατανομημένους σε διάφορες περιοχές της χώρας.

Από το Ε.Α.Α. παρέχονται αναλυτικές προγνώσεις καιρού, επιτρέποντας σε χιλιάδες χρήστες του Διαδικτύου να έχουν εύκολη πρόσβαση σε αξιόπιστες και λεπτομερείς προγνώσεις καιρού μέσω της ιστοσελίδας [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr).



**Εικόνα 1.2:** Δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών Ε.Α.Α. σε όλη τη χώρα

**Πηγή:** <http://www.meteo.noa.gr>

Η κατανομή των σταθμών που ανήκουν ή συνεργάζονται με το Ε.Α.Α. ανά περιφέρεια αναφέρονται παρακάτω.

- *Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης*: είναι εγκατεστημένοι 17 αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί στην Αλεξανδρούπολη, στο Διδυμότειχο, στο Δοξάτο της Δράμας, στη πόλη της Δράμας, στην Ελευθερούπολη, στο Λιμένα της Θάσου, στον Ίμερο της Ροδόπης, στο Καλαμπάκι της Δράμας, στους Μεταξάδες, στο Μικρόκαμπο της Δράμας, στη Νέα Πέραμο Καβάλας, στο Νευροκόπι, στη Ξάνθη, στην Ορεστιάδα, στο Παρανέστι της Δράμας, στη Σαμοθράκη και στο Φωτολίβος της Δράμας.
  
- *Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας*: είναι εγκατεστημένοι από το Ε.Α.Α. 26 μετεωρολογικοί σταθμοί.
  - Σε 3 χιονοδρομικά κέντρα στα 3-5 Πηγάδια, στο Καϊμακτσαλάν και στο Σέλι.
  - Στο Νομό Σερρών 4 σταθμοί, στη Κερκίνη, στη Κοίμηση, στο Λαϊλά και στη πόλη των Σερρών.
  - Στο νομό Θεσσαλονίκης 5 σταθμοί, στη πόλη της Θεσσαλονίκης, στην Ασπροβάλτα, στο Λαγκαδά, στη Νέα Μηχανιώνα και στη Σίνδο.
  - Στο Νομό Πέλλας 3 σταθμοί, στη λίμνη Βεγορίτιδα, στα Γιαννιτσά και στη Κερασιά.
  - Στο Νομό Χαλκιδικής 3 σταθμοί στη Κασσανδρεία, στο Μαρμαρά και στο Πολύγυρο.
  - Στο Νομό Πιερίας 3 σταθμοί στο Δίον, στο Ελατοχώρι και στον Άγιο Δημήτριο Ολύμπου.
  - 4 μετεωρολογικοί σταθμοί του Ε.Α.Α. βρίσκονται επίσης στο Κιλκίς, στη Βέροια, τη Νάουσα και στα Ριζώματα Ημαθίας.
  
- *Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας*: το Ε.Α.Α. έχει εγκατεστημένους ή επιβλέπει 14 συνολικά μετεωρολογικούς σταθμούς.
  - Στο Νομό Κοζάνης υπάρχουν συνολικά 6 σταθμοί στην Άδρασα Εορδαίας, στο Βελβεντό, στη Βλάστη, στη Μαυροπηγή, στο Νότιο Πεδίο και στη Πτολεμαΐδα.



- Στο Νομό Φλώρινας λειτουργούν 4 σταθμοί στη πόλη της Φλώρινας, στο Αμύνταιο, στο Βαρικό και στη Τριανταφυλλιά.
  - 4 μετεωρολογικοί σταθμοί υπάρχουν επίσης στα Γρεβενά και στο χιονοδρομικό κέντρο της Βασιλίτσας, στη πόλη της Καστοριάς και στο Γράμμο.
- ο *Περιφέρεια Ηπείρου*: λειτουργούν υπό την επίβλεψη του Ε.Α.Α. 31 μετεωρολογικοί σταθμοί.
- Στο Νομό Ιωαννίνων 17 σταθμοί στη πόλη των Ιωαννίνων, στην Αγία Κυριακή, στους Ασπράγγελους, στη Βωβούσα, στα Δερβίζιανα, στη Δωδώνη, στη Ζίτσα, στο Κεράσοβο, στη Κόνιτσα, στο Μέτσοβο, στο Πάπιγκο, στη Πέστα, στο Πληκάτι, στο Πράμαντα, στο Τρίστενο, στο Τσεπέλοβο και στη Τύρια.
  - Στο Νομό Άρτας 8 σταθμοί στη πόλη της Άρτας, στο Βουργαρέλι, στη Γέφυρα Καλογήρου, στα Θεοδωριανά, στον Καταρράκτη, στο Κομπότι, στα Κόπραινα και στο Νεοχώρι.
  - Στο Νομό Θεσπρωτίας 3 σταθμοί στην Ημουμενίτσα, στη Παραμυθιά και στο Τσαμάντα.
  - Στο Νομό Πρέβεζας 3 σταθμοί στη πόλη της Πρέβεζας, στη Πάργα και στα Φλάμπουρα.
- ο *Περιφέρεια Θεσσαλίας*: με την επίβλεψη του Ε.Α.Α. λειτουργούν συνολικά 17 μετεωρολογικοί σταθμοί.
- Στο Νομό Λάρισας 2 σταθμοί στην Αγιά, και στην πόλη της Λάρισας.
  - Στο Νομό Τρικάλων 4 σταθμοί στο Γαρδίκι, στη Καλαμπάκα, στο Περτούλι και στη πόλη των Τρικάλων.
  - Στο Νομό Καρδίτσας 2 σταθμοί στη πόλη της Καρδίτσας και στη Λίμνη Πλαστήρα.
  - Στο Νομό Μαγνησίας 9 σταθμοί στην Αλόνησο, στη πόλη του Βόλου, στο Πολυτεχνείο του Βόλου, στη Ζαγορά Πηλίου, στη Μακρινίτσα, στη Μονή Πάου στη Αργαλαστή, στη Πορταριά Πηλίου, στη Σκιάθο και στη Σκόπελο.

- *Περιφέρεια Ιόνιων Νησιών*: υπάρχουν εγκατεστημένοι 5 σταθμοί του Ε.Α.Α. στη Ζάκυνθο, στην Ιθάκη, στη Κέρκυρα, στη Λευκάδα και στη Παναγούλα Ζακύνθου.
- *Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας*: είναι εγκατεστημένοι από το Ε.Α.Α. 27 μετεωρολογικοί σταθμοί.
  - Στο Νομό Αχαΐας 12 σταθμοί: στη Κάτω Βλασιά, στα Καλάβρυτα, στο Καστρίτσι, στη Κάτω Αχαΐα, στη Λάππα, στα Λουσικά, στη Παναγοπούλα, στο Παναχαϊκό Όρος, στο λιμάνι της Πάτρας, στο πανεπιστήμιο της Πάτρας, στο Ρωμανό Πάτρας και στο Ρίο.
  - Στο Νομό Ηλείας 11 σταθμοί: στην Αμαλιάδα, στην Ανδρίτσαινα, στην Αρχαία Ολυμπία, στο Βαρθολομιά, στη Ζαχάρω, στο Κατάκολο, στη Λάμπεια, στη Πηνεία, στο Πύργο, στη Φολόη και στην Ωλένη.
  - Στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας 4 σταθμοί: στο Αγρίνιο, στο Αιτωλικό, στην Αμφιλοχία και στη Γαβαλού.
- *Περιφέρεια Αττικής*: το Ε.Α.Α. έχει εγκαταστήσει 43 μετεωρολογικούς σταθμούς.
  - Σε συνοικίες της Αθήνας 6 σταθμοί: στο Γκάζι, στους Αμπελόκηπους, στο Νέο Κόσμο, στα Πατήσια, στο Παλαιό Φάληρο και στο Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας.
  - Στο Βόρειο Τομέα Αττικής 7 σταθμοί: στην Αγία Παρασκευή, στα Βριλήσσια, στην Εκάλη, στη Κηφισιά, στο Μαρούσι, στο Αστεροσκοπείο στην Πεντέλη και στο Ψυχικό.
  - Στο Νότιο Τομέα Αττικής 2 σταθμοί: στον Άλιμο και στη Νέα Σμύρνη
  - Στο Δυτικό Τομέα 2 σταθμοί: στο Περιστέρι και την Πετρούπολη.
  - Στην Ανατολική Αττική 13 σταθμοί: στη Βάρη, στην Ιπποκράτειος Πολιτεία, στη Κάντζα, στο Λαύριο, στο Μαρκόπουλο Μεσογαίας, στη Νέα Μάκρη, στη Παλλήνη, στην Ανάβυσσο, στο Πόρτο Ράφτη, στη Ραφήνα, στο Σκα, στα Σπάτα και στο Τατόι.
  - Στη Δυτική Αττική 4 σταθμοί: στα Άνω Λιόσια, στον Ασπρόπυργο, στη Ελευσίνα και στη Βίλια.

- Υμηττός 2 σταθμοί: στη κορυφή του Υμηττού και στη Δάφνη.
  - Στο νομό Πειραιά 3 σταθμοί: στον Κορυδαλλό, στη Νίκαια και στο Πέραμα.
  - Νησιωτικό τμήμα 4 σταθμοί: στην Αίγινα, στην Ύδρα, στις Σαλαμίνα και στις Σπέτσες.
- *Περιφέρεια Πελοποννήσου:* υπάρχουν συνολικά 31 μετεωρολογικοί σταθμοί που είναι εγκατεστημένοι ή επιβλέπονται από το Ε.Α.Α.:
- Στο Νομό Κορίνθου 7 σταθμοί: στους Αγίους Θεοδώρους, στο Δερβέني, στον Ισθμό, στο Κιάτο, στο Κρυονέρι, στη Νεμέα και στα Τρίκαλα Κορινθίας.
  - Στο Νομό Μεσσηνίας 7 σταθμοί: στην Αλαγονία, στην Αρφαρά, στη Μεσσηνία, στη Καρδάμυλη, στο Κοπανάκι, στη Κυπαρισσία και στα Φιλιατρά.
  - Στο Νομό Αργολίδας 3 σταθμοί: στο Άργος Μυκηνών, στα Δίδυμα και στο Κρανίδι.
  - Στο Νομό Αρκαδίας 9 σταθμοί: στη Βυτίνα, στην Ελάτη, στα Λαγκάδια, στο Λεβίθι, στη Λυκόχεια, στα Μαγούλιανα, στη Μεγαλόπολη, στη Στεμνίτσα και στην Τρίπολη.
  - Στο Νομό Λακωνίας 5 σταθμοί: στο Γεράκι, στο Καβομαλιά, στους Μολάους, στη Μονεμβασιά και στη Σπάρτη.
- *Περιφέρεια Βόρειου Αιγαίου:* 11 μετεωρολογικοί σταθμοί: στην Ικαρία, στην Αγία Παρασκευή, τη Θέρμη, στη Πέτρα Λέσβου και στο Μόλυβο της Λέσβου, στη Λήμνο, στο Καρλόβασι της Σάμου, στην Ιωνία, τα Καρδάμυλα και 2 σταθμοί εγκατεστημένοι στη πόλη της Χίου.
- *Περιφέρεια Νότιου Αιγαίου:* 29 μετεωρολογικοί σταθμοί που επιβλέπονται από το Ε.Α.Α.:
- Στο νησί της Νάξου 8 σταθμοί: στον Απείρανθο, στον Απόλλωνα, στο Δαμεριώνα, στον Κορωνό, στον Κυνιδάρο, στις Μέλανες, στη Μικρή Βίγλα και στη πόλη της Νάξου.

- Στις Κυκλάδες 15 σταθμοί , στην Αιγιαλή Αμοργου, στην Ανάφη, στην Άνδρο, στη Δονούσα, στην Ηρακλεία, στην Ιο, στην Ιουλίδα της Κέας, στη πόλη της Κέας, στα Κουφονήσια, στη Μήλο, στη Μύκονο, στη Πάρο, στη Σαντορίνη, στη Σχοινούσα και στη Τήνο.
  - Στα Δωδεκάνησα 6 σταθμοί: στην Κάλυμνο, στη Κάσο, στη Κω, στη Πάτμο, στην Κατταβιά και τη Λήνδο της Ρόδου.
- *Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας*: υπάρχουν συνολικά 39 μετεωρολογικοί σταθμοί που ανήκουν ή εποπτεύονται από το Ε.Α.Α.:
- Στο Νομό Φθιώτιδας 7 σταθμοί: στην Αμφίκλεια, στο Δομοκό, στο Θεολόγο, στη Λαμία, στο Λευκοχώρι, στη Μακρακώμη και στο Μαυρολιθάρι.
  - Στο Νομό Βοιωτίας 11 μετεωρολογικοί σταθμοί: στα Αντίκυρα, στην Αράχωβα, στην Αυλίδα, στη Θήβα, στο Καπαρέλλι Θηβών, στο Κλειδί, στο Κυριάκι, στη πεδιάδα της Κωπαΐδας, στη Λιβαδειά, στο Πράσινο και στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία στη Τανάγρα.
  - Στο Νομό Ευβοίας 9 σταθμοί: στους Ζαράκες, στο ακρωτήριο Καβοντόρο, στην Κριεζά, στην Κύμη, στη Παξιμάδα Καρύστου, στα Σεττά, στη Σκύρο, στη Στενή και στη Χαλκίδα.
  - 5 σταθμοί στις περιοχές: Γαλαξίδι, Καρπενήσι, Μυρίκη Καρπενησίου, ορεινή Ναυπακτία, Πολύδροσο Φωκίδας.
  - Λίμνη Μόρνου 4 σταθμοί.
  - Παρνασσός 3 σταθμοί: στο χιονοδρομικό κέντρο Παρνασσού, στο Φτερόλακα, σε υψόμετρο 1950 μ. και 2240μ.
- *Περιφέρεια Κρήτης*: 34 μετεωρολογικοί σταθμοί ανήκουν ή εποπτεύονται από το Ε.Α.Α.:
- Στο Νομό Χανίων 14 σταθμοί: στους Άγιους Πάντες, στον Αλικιανό, στην Ασκυφού, στις Βρύσες, στον Κανδάνο, στην Παλαιόχωρα, στη Πλατανιά, στη Σαμαριά και στο Φαράγγι της Σαμαριάς, στη Σεμπρώνα, στα Σφακιά, στη Φαλάσαρνα, στο Ακρωτήριο και στο κέντρο της πόλης των Χανίων.

- Στο Νομό Ηρακλείου 10 σταθμοί: στη Βαγονιά, στο Λέντα, στο Μεταξοχώρι, στις Μοίρες, στο Πυθάρι, στα Σταυράκια, στη πόλη του Ηρακλείου 3 σταθμοί, Δυτικά, Ανατολικά και στο Λιμάνι και στον αρχαιολογικό χώρο της Κνωσσού.
  - Στο Νομό Ρεθύμνου 5 σταθμοί: στον Πλακιά, στους Ποταμούς, στο Σπήλι, στο Φουρφουρά και στη πόλη του Ρεθύμνου.
  - Στο Νομό Λασιθίου 5 σταθμοί: στον Άγιο Νικόλαο, στην Ιεράπετρα, στη Σητεία, στους Τζερμιάδες και στη Φινοκαλιά.
- Στο Άγιο Όρος είναι εγκατεστημένοι 2 μετεωρολογικοί σταθμοί, στο Βατοπέδι, ιδιοκτησία του Ε.Α.Α. και στη Μεγίστη Λαύρα, ιδιοκτησία της Ιεράς Μονής και επίβλεψη από το Ε.Α.Α..

### 3. ΑΛΛΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΠΟΥ ΔΙΑΘΕΤΟΥΝ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Δ.Ε.Η, διαθέτει δίκτυο 34 σταθμών μέτρησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας και μετεωρολογικών παραμέτρων, στις ευρύτερες περιοχές των μονάδων παραγωγής και των ορυχείων. Έτσι 11 σταθμοί είναι εγκατεστημένοι στο Βόρειο Σύστημα της Δυτικής Μακεδονίας, 1 στη Κομοτηνή, 2 στο Κερασίни, 3 στα Χανιά, 2 στη Ρόδο, 1 στο Λαύριο, 3 στη Μεγαλόπολη, 3 στα Λινοπεράματα, 2 στο Αλιβέρι, 1 στη Σάμο, 1 στον Αθερινόλακκο, 2 στη Κω, 1 στη Χίο και 1 στη Λέσβο ([www.dei.gr](http://www.dei.gr)).

Οι θέσεις εγκατάστασης των σταθμών μέτρησης ποιότητας της ατμόσφαιρας και μετεωρολογικών παραμέτρων επιλέγονται από τη Δ.Ε.Η. ενώ η εγκατάσταση και η λειτουργία τους πραγματοποιείται μετά από έγκριση του ΥΠΕΧΩΔΕ. Οι αρμόδιοι φορείς, ενημερώνονται συστηματικά για τις εκπομπές ρύπων και μετεωρολογικών παραμέτρων, ενώ τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα για το ευρύ κοινό.

Σε ορισμένα τμήματα της Εγνατίας οδού λειτουργούν μετεωρολογικοί σταθμοί, ιδιοκτησία της ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ Α.Ε., που συλλέγουν μετεωρολογικά δεδομένα.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί που λειτουργούν διακρίνονται σε δυο κατηγορίες (Εγνατία Οδός, 2005):

α) Σε σταθμούς μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στον Ανατολικό Τομέα της Εγνατίας Οδού, από τον κόμβο Παλιού Καβάλας μέχρι τους Κήπους, και συλλέγουν πληροφορίες αυτόματα δίνοντας πληροφορίες στα συνεργεία για βελτιστοποίηση των συνθηκών της οδού, κυρίως τους χειμερινούς μήνες.

β) Σε σταθμούς Διαχείρισης Μετεωρολογικών Πληροφοριών Οδού. Τα συστήματα συλλογής και καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων και τοπικής πρόγνωσης οδικών καιρικών φαινομένων, όπως ο παγετός, ο άνεμος κ.τ.λ., συμβάλλουν στην έγκαιρη πληροφόρηση των οδηγών και στη βελτίωση των εργασιών χειμερινής συντήρησης.

Οι πληροφορίες και τα δεδομένα που παρέχονται από τους παραπάνω σταθμούς παρέχονται στους υπεύθυνους φορείς της οδού και όχι στο πλατύ κοινό.

Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων διαθέτει επίσης δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών, που περιγράφονται ως εξής:

- Δίκτυο 80 Αυτόματων Τηλεμετρικών Σταθμών διαχειρίζονται τα Περιφερειακά Κέντρα Προστασίας Φυτών και Ποιοτικού Ελέγχου, των οποίων η εγκατάσταση και η λειτουργία αφορά στη λήψη αγρομετεωρολογικών στοιχείων, ενώ δεν υπάρχει συνεργασία με άλλους φορείς του Δημοσίου για την επεξεργασία και αξιοποίηση του συνόλου των στοιχείων από αυτούς.
- Το δίκτυο ποσοτικής παρακολούθησης των υδατικών πόρων του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων, αποτελείται από 240 μετεωρολογικούς σταθμούς, όχι όλοι σε λειτουργία, στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας, σε περιοχές γεωργικού ενδιαφέροντος.

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις συλλέγονται σε καταστάσεις μηνιαίας καταγραφής, και αποστέλλονται στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και

Τροφίμων τον επόμενο μήνα, ενώ οι παρατηρήσεις μπορούν να αξιοποιηθούν από οποιονδήποτε φορέα ή ιδιώτη, ουδέποτε όμως εκδίδονται πιστοποιητικά καιρού, γιατί διότι αυτό δεν εμπίπτει στις προβλεπόμενες από το Υπουργείο αρμοδιότητες.

Ο Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛΓΑ), διαθέτει 2 αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι στη Μαλική Ημαθίας και στους Γαλατάδες Πέλλας και εξυπηρετούν τις ανάγκες του. Επεξεργασία και αξιοποίηση γίνεται από το ΚΕΜΕ και τα δελτία αναρτώνται στο διαδίκτυο στην ιστοσελίδα του ΕΛΓΑ ([www.elga.gr](http://www.elga.gr)).

Το ΕΘΙΑΓΕ (Εργαστήριο της Δασικής Οικολογίας του Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων) διαθέτει 26 μετεωρολογικούς σταθμούς σε δασικές περιοχές και καλύπτουν τον ορεινό όγκο της Ελλάδας ([www.elgo.gr](http://www.elgo.gr)).

Το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών Θεσσαλονίκης έχει εγκαταστήσει και παρακολουθεί δίκτυο 9 μετεωρολογικών σταθμών, οι οποίες καλύπτουν ορεινές δασικές περιοχές, με σκοπό τη συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων ([www.fri.gr](http://www.fri.gr)).

### **1.2.2 Κατανομή Μετεωρολογικών Σταθμών ανά Περιφέρεια**

Στην παράγραφο αυτή αναφέρεται ο αριθμός των μετεωρολογικών σταθμών ανά περιφέρεια της Ελλάδας. Λαμβάνονται υπόψη οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Ε.Μ.Υ., όπως καταγράφονται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και οι σταθμοί που ανήκουν ή συνεργάζονται με το Ε.Α.Α., γιατί στα δεδομένα τους έχουν πρόσβαση όλοι οι πολίτες, μέσω των ιστοσελίδων τους. Είναι από την άλλη δύσκολη έως αδύνατη η πρόσβαση στα δεδομένα των υπόλοιπων φορέων που διαθέτουν δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών όπως επίσης δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για την κατάσταση των οργάνων, δηλαδή τη συντήρηση και τη λειτουργία τους.

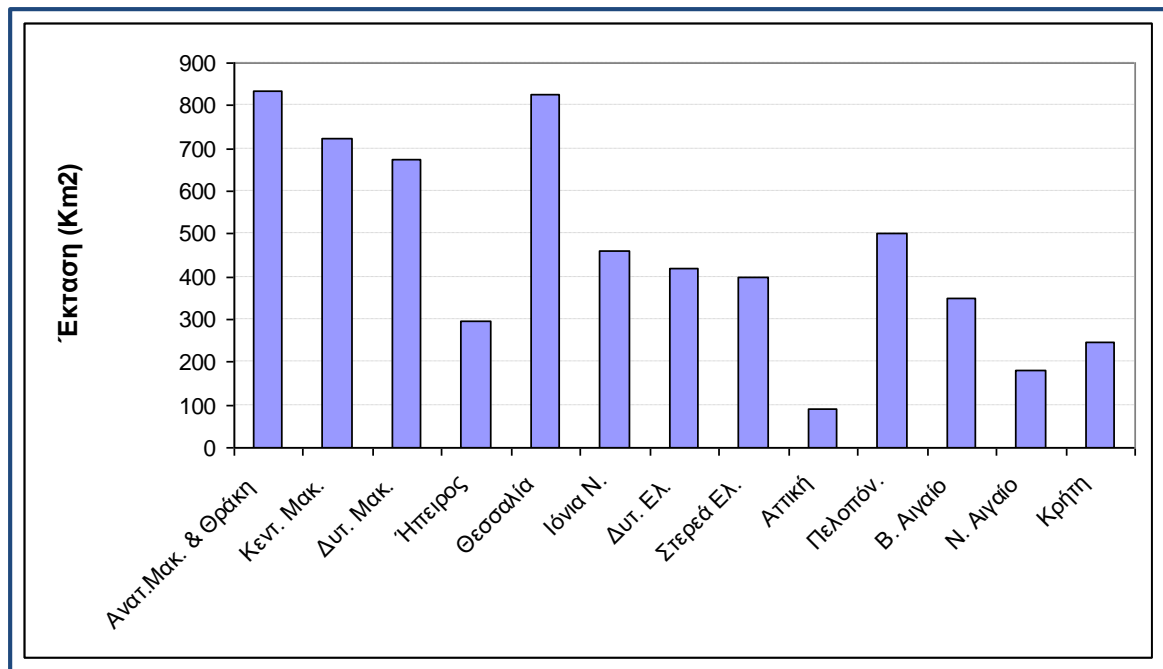
**Πίνακας 1.1:** Αριθμός μετεωρολογικών σταθμών Ε.Μ.Υ. και Ε.Α.Α. ανά περιφέρεια

Περιφέρεια	Έκταση (Km <sup>2</sup> )	Αριθμός Σταθμών (Ε.Μ.Υ.)	Αριθμός Σταθμών (Ε.Α.Α.)	Συνολικός Αριθμός Σταθμών	Αριθμός Σταθμών / 2000 Km <sup>2</sup>
Ανατ. Μακ. & Θράκη	14.157	3	17	20	3
Κεντρική Μακεδονία	18.811	3	26	29	3
Δυτική Μακεδονία	9.451	3	14	17	4
Ήπειρος	9.203	2	31	33	7
Θεσσαλία	14.037	2	17	19	3
Ιόνια Νησιά	2.307	3	5	8	7
Δυτική Ελλάδα	11.350	3	27	3	6
Στερεά Ελλάδα	15.549	3	39	42	6
Αττική	3.808	11	43	54	28
Πελοπόννησος	15.490	3	31	34	4
Βόρειο Αιγαίο	3.836	4	11	15	8
Νότιο Αιγαίο	5.286	6	29	35	13
Κρήτη	8.336	6	34	40	10

Πηγή: [www.oscar.int](http://www.oscar.int), [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr) Ιδία Επεξεργασία

Η έκταση σε τετραγωνικά χιλιόμετρα που καλύπτει κάθε σταθμός του δικτύου του Ε.Α.Α. φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.





**Διάγραμμα 1.1:** Έκταση κάλυψης σε τετραγωνικά χιλιόμετρα κάθε σταθμού του Ε.Α.Α.

Πηγή: [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 1.1, η περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης είναι μια από τις περιφέρειες της Ελλάδας με το μικρότερο αριθμό μετεωρολογικών σταθμών, 3 σταθμοί ανά 2000km<sup>2</sup>, μαζί με την περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και τη Θεσσαλία .

Το μεγαλύτερο μέρος μετεωρολογικών σταθμών στον ελλαδικό χώρο έχει εγκατασταθεί ή είναι υπό την εποπτεία του Ε.Α.Α. Από το δίκτυο των 329 σταθμών του Ε.Α.Α., 17 σταθμοί είναι εγκατεστημένοι στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 1.1, που σημαίνει ότι η έκταση που καλύπτει κάθε σταθμός αντιστοιχεί σε 833 km<sup>2</sup>. Η περιοχή αυτή είναι η μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης ενός μόνο μετεωρολογικού σταθμού, ενώ ακολουθεί η περιφέρεια Θεσσαλίας με 17 σταθμούς και 826 km<sup>2</sup> έκταση κάλυψης. Περισσότερο βελτιωμένη εμφανίζεται η κατανομή των σταθμών του Ε.Α.Α. στις υπόλοιπες περιφέρειες με την Αττική να καταλαμβάνει τη μικρότερη περιοχή κάλυψης , μόλις 89 km<sup>2</sup>, για κάθε μετεωρολογικό σταθμό.

Η απαραίτητη πυκνότητα των σταθμών για τη παρατήρηση και ανάλυση μετεωρολογικών δεδομένων, εξαρτάται από τις χρονικές και χωρικές κλίμακες

των φαινομένων που παρατηρούνται και αναλύονται όπως και το σκοπό που γίνεται η μέτρηση τους.

Οι οριζόντιες κλίμακες των μετεωρολογικών φαινομένων, σύμφωνα με το WMO (2003), κατατάσσονται ως εξής:

(Α) Μικροκλίμακα (λιγότερο από 100m) γεωργική μετεωρολογία : εξάτμιση.

(Β) Τοπική κλίμακα (100m έως 3Km): ρύπανση του αέρα, ανεμοστρόβιλοι.

(Γ) Μέσης κλίμακας (3 Km-100Km): καταιγίδες, θάλασσα.

(Δ) Μεγάλης κλίμακας (100Km -3000Km): μέτωπα, κυκλώνες, συστάδες σύννεφων.

(Ε) Πλανητική κλίμακα (μεγαλύτερη από 3000 Km): φαινόμενα στη τροπόσφαιρα.

Η συχνότητα και η απόσταση των παρατηρήσεων θα πρέπει να προσαρμοστεί στη φυσική κλίμακα των μετεωρολογικών φαινομένων που περιγράφονται. Οι βραχυπρόθεσμες καιρικές προβλέψεις απαιτούν συχνότερες παρατηρήσεις και επομένως πυκνότερο δίκτυο σταθμών σε μια συγκεκριμένη περιοχή, για να ανιχνεύονται μετεωρολογικά φαινόμενα μικρής κλίμακας.

Για την περίπτωση της Ευρώπης σύμφωνα με το WMO (2011) η απόσταση των σταθμών επιφανειακής παρατήρησης καθορίζεται ως εξής :

- 60km όταν οι σταθμοί ικανοποιούν τις περισσότερες απαιτήσεις και χαρακτηρίζονται σαν TRQs (Target Requirements), μετράνε δηλαδή και καταγράφουν παραμέτρους όπως η πίεση, η θερμοκρασία, η πίεση, ο άνεμος, η υγρασία αλλά και τις κατακρημνίσεις, τον παρόν καιρό την ορατότητα και τη νεφοκάλυψη.
- 90km όταν ικανοποιούν μερικές από τις απαιτήσεις και χαρακτηρίζονται σαν MRQs (Minimum Requirements), μετράνε δηλαδή πίεση, θερμοκρασία, άνεμο, υγρασία.

Ο αριθμός των μετεωρολογικών σταθμών, στη δικαιοδοσία της Ε.Μ.Υ. και του Ε.Α.Α. στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης, όπως αναφέρθηκε, είναι ιδιαίτερα χαμηλός σε σχέση με άλλες περιοχές της Ελλάδας, αλλά και η κατανομή των σταθμών στην περιοχή δεν είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική. Έτσι, σε ότι αφορά τους σταθμούς της Ε.Μ.Υ., η μέση απόσταση Χρυσούπολης – Αλεξανδρούπολης είναι 130 Km, ενώ η μέση απόσταση Δοξάτου – Χρυσούπολης 70 Km, επομένως οι σταθμοί της Ε.Μ.Υ. στην περιοχή καλύπτουν τις απαιτήσεις του MRQs κατά ένα μέρος. Σε ότι αφορά το δίκτυο των σταθμών του Ε.Α.Α., στην περιφέρεια, που είναι πιο πυκνό από το δίκτυο της Ε.Μ.Υ., στη περιοχή της Δράμας είναι εγκατεστημένοι 5 σταθμοί με μέση απόσταση μεταξύ τους 40Km, στη περιοχή του Έβρου 3 σταθμοί με απόσταση περίπου 20km, ενώ η απόσταση των σταθμών Αλεξανδρούπολης – Διδυμότειχου ξεπερνά τα 90km, και των σταθμών Αλεξανδρούπολης – Ίμερου και Ίμερου – Ξάνθης τα 70Km. Η κατανομή επομένως των σταθμών στη περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, ικανοποιεί τις απαιτήσεις του WMO για τους σταθμούς που χαρακτηρίζονται σαν MRQs και όχι τις συνθήκες στόχου TRQs.

### **1.2.3 Προσδιορισμός του προβλήματος χωροθέτησης μετεωρολογικών σταθμών**

Το θέμα που πραγματεύεται η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή είναι η εξεύρεση κατάλληλων περιοχών για εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών σε συγκεκριμένη περιφέρεια της Ελλάδας, την Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης, με τη βοήθεια Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων, με βάση τα κριτήρια και τους κανόνες που καθορίζει ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός.

Ένα καλά οργανωμένο δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών αποτελεί βασική απαίτηση για την παρακολούθηση και επεξεργασία μετεωρολογικών και κλιματικών δεδομένων, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές όπου όλες οι δραστηριότητες σχετίζονται και αλληλεπιδρούν με τις αλλαγές του φυσικού περιβάλλοντος. Η ικανότητα των μετεωρολογικών δικτύων να παρέχουν

αξιόπιστα δεδομένα για περαιτέρω επεξεργασία σε διάφορους τομείς εξαρτάται από την ποιότητα και το είδος των εγκατεστημένων μέσων, όπως και τη σωστή τοποθέτηση τους που στηρίζεται σε συγκεκριμένα κριτήρια (Mimikou et al.,2006).

Η συμβουλή των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Γ.Π.Σ.) στο σχεδιασμό ενός βέλτιστου δικτύου είναι αναντικατάστατη (Baltas et al.,2009). Με τη χρήση Γ.Π.Σ. μπορούν να διαχειριστούν βασικά θέματα χωρικών δεδομένων και ερωτημάτων. Για τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών για την τοποθέτηση μετεωρολογικών σταθμών σε μια συγκεκριμένη περιοχή με Γ.Π.Σ., πρέπει να καθοριστούν τα κριτήρια χωροθέτησης, όπως καθορίζονται στη συγκεκριμένη περίπτωση από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, προσαρμοσμένα στις ανάγκες και ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης περιοχής. Η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου προκύπτει σαν συνάρτηση κανόνων που καθορίζονται από τον WMO , ανάλογες εφαρμογές από τη βιβλιογραφία και εκτιμήσεις για τη συγκεκριμένη περιοχή.

### **1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης**

Η αναγκαιότητα των μετεωρολογικών παρατηρήσεων σε κατοικημένες περιοχές είναι συνεχώς αυξανόμενη. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί επιφανειακής παρατήρησης για το Ευρωπαϊκό έδαφος, σύμφωνα με τον WMO, πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 60 ή 90 km, ανάλογα με τον αριθμό των μετρούμενων μετεωρολογικών παραμέτρων. Η εγκατάσταση και αντιπροσωπευτική θέση ενός σταθμού είναι ουσιαστικό ερώτημα.

Η σημασία και αναγκαιότητα της παρούσας διπλωματικής εργασίας σε πρώτο επίπεδο αφορά το θεωρητικό πλαίσιο για τη χωροθέτηση μετεωρολογικών σταθμών σε μια συγκεκριμένη περιοχή, με βάση συγκεκριμένα χωρικά κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά καθορίζονται από την βιβλιογραφία, και ιδιαίτερα καθορίζονται από τις κατευθυντήριες γραμμές του Παγκόσμιου

Μετεωρολογικού Οργανισμού, για την σωστή εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, και συγκεκριμένα της θερμοκρασίας και υγρασίας και των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Με τη χρήση Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων θα τεθούν συγκεκριμένα χωρικά ερωτήματα, ενώ με τη χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον Γ.Π.Σ., θα γίνει η περεταίρω επεξεργασία τους για την ανάδειξη του τελικού αποτελέσματος.

Επιπλέον με τη χρήση Γ.Π.Σ. θα εκτιμηθεί η σωστή ή μη χωροθέτηση των μετεωρολογικών σταθμών που ήδη υπάρχουν στη περιοχή μελέτης με βάση τα κριτήρια που ορίζονται στην εργασία και καθορίζονται από τον WMO.

Σε δεύτερο επίπεδο η έρευνα πραγματοποιείται τον εντοπισμό βέλτιστων περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού σε συγκεκριμένη περιοχή, την Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, που θα αποτελέσει τη περιοχή μελέτης.

Ο αριθμός των μετεωρολογικών σταθμών στη συγκεκριμένη περιφέρεια είναι από τους μικρότερους της Ελλάδας, με 3 σταθμούς ανά 2000 km<sup>2</sup> μαζί με τη περιφέρεια Θεσσαλίας και Κεντρικής Μακεδονίας με τον ίδιο αριθμό σταθμών. Η έκταση που καλύπτει κάθε ένας μετεωρολογικός σταθμός του Ε.Α.Α. στη ΠΑΜΘ είναι 833 Km<sup>2</sup> ενώ ο ίδιος αριθμός για την Αττική είναι 89 Km<sup>2</sup>. Η κατανομή επίσης των σταθμών στη συγκεκριμένη περιφέρεια δεν είναι ομοιόμορφη. Έτσι σταθμοί που εποπτεύονται από την Ε.Μ.Υ. και το Ε.Α.Α. καλύπτουν την ίδια περιοχή, όπως την νοτιανατολική πλευρά της περιφέρειας, την ανατολική και τη δυτική περιοχή της Αλεξανδρούπολη, ενώ υπάρχουν περιοχές, κυρίως στη μεγαλύτερη έκταση της κεντρικής περιφέρειας, που το δίκτυο των σταθμών είναι πολύ αραιότερο με διαδοχικούς σταθμούς να απέχουν έως 70 Km.

## **1.4 Διασαφήνιση – Διατύπωση Κεντρικών Εννοιών**

Ένας συμβατικός κλιματολογικός σταθμός περιλαμβάνει την απαιτούμενη περιοχή που απαιτείται για την παρατήρηση της ημερήσιας ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας και το σύνολο των κατακρημνισμάτων (WMO, 2011).

Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα Γ.Π.Σ. είναι εξελιγμένα πληροφοριακά συστήματα (Artimo, 1994), τα οποία συγκροτούν πολλές ιδέες που αναπτύσσονται σε πολλούς τομείς, όπως το τομέα της οικονομίας, των μαθηματικών, της πληροφορικής, και φυσικά της γεωγραφίας (Maguire,1991).

Σαν χωρική ανάλυση ορίζεται η συνολική δυνατότητα διαχείρισης και μετασχηματισμού των χωρικών στοιχείων σε διαφορετικές μορφές, δίνοντας τους σαν αποτέλεσμα διαφορετική έννοια (Κουτσόπουλος, 2005).

Η Ανάλυση Πολλαπλών Κριτηρίων Α.Π.Κ, είναι η μεθοδολογία που προσφέρει τη δυνατότητα εξέτασης αντικρουόμενων και υποκειμενικών κριτηρίων με αποτέλεσμα τη λήψη αποφάσεων και την επιλογή των καταλληλότερων εναλλακτικών λύσεων(Ishizaka et al.,2011). Η Α.Π.Κ. ενσωματώνει τα χωρικά δεδομένα προκειμένου να περιγραφούν οι αιτιολογικοί παράγοντες του φαινομένου που μελετάται (Elsheikh et al.,2015).

# Κεφάλαιο 2

## Θεωρητικό πλαίσιο

### 2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μια σύντομη αναφορά των εννοιών που σχετίζονται με τη μετεωρολογία, την ιστορική εξέλιξη της, τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, τις μεθόδους παρατηρήσεις, όπως επίσης γίνεται αναφορά στα Γ.Π.Σ. και τις μεθόδους της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Γίνεται μια σύντομη αναδρομή των εξελίξεων που έδωσαν ώθηση στη χρήση Γ.Σ.Π. και πολυκριτηριακών αναλύσεων για τον εντοπισμό βέλτιστων περιοχών για εγκατάσταση δομών, όπως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή υδρομετεωρολογικών σταθμών.

### 2.2 Ορισμός και ιστορική εξέλιξη Μετεωρολογίας

Μετεωρολογία είναι η μελέτη της ατμόσφαιρας και των κινήσεων μέσα στην ατμόσφαιρα σε κλίμακες μικρής διάρκειας, από λεπτά έως εβδομάδες. Συνήθως γνωστή ως καιρός η μετεωρολογία επικεντρώνεται στις ατμοσφαιρικές μεταβλητές, όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση που σχετίζονται με την πρόγνωση του καιρού στο παρόν ή στο κοντινό μέλλον. Η μετεωρολογία επικεντρώνεται στις διεργασίες στην ατμόσφαιρα και στις ενεργειακές αλληλεπιδράσεις με την επιφάνεια που σχετίζονται αυτές οι διεργασίες (Coleman et al.,2015).

Ο τομέας της μετεωρολογίας αναπτύχθηκε από τους αρχαίους Έλληνες που παρείχαν μερικές από τις πρώτες γνωστές παρατηρήσεις και θεωρίες για τις μετεωρολογικές διεργασίες. Ο Αναξιμένης ο Μιλήσιος (585π.χ.-525π.χ.), πρότεινε ότι οι αλλαγές στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, όπως τα σύννεφα και οι άνεμοι, είναι αποτέλεσμα της αυξημένης πυκνότητας της ατμόσφαιρας. Ο Παρμενίδης (514π.χ.-440π.χ.) έκανε μια πρώτη ταξινόμηση του παγκόσμιου κλίματος χρησιμοποιώντας το επίπεδο της σχετικής ανθρώπινης άνεσης ανά ζώνες γεωγραφικού πλάτους (Moran, 2006).

Ο Αριστοτέλης (340 π.χ.) παρήγαγε τα Μετεωρολογικά, τη πρώτη συλλογή για τη γνώση της ατμοσφαιρικής επιστήμης και τη χρήση της λέξης μετεωρολογία. Βλαστός του ελληνικού όρου μετεωρίτης η λέξη μετεωρολογία που αρχικά αναφέρεται στη μελέτη των αντικειμένων που προέρχονται από την επιφάνεια συμπεριλαμβανομένης και της ατμόσφαιρας (Fisinger, 1983). Η μετεωρολογία επηρεάζει τον τρόπο σκέψης της μεσαιωνικής εποχής μια που βρίσκεται στη μέση της ιεραρχίας ανάμεσα από τη μελέτη των πλανητών και της φύσης (Bowker, 2011).

Παρόλο που το πρώτο γνωστό βροχόμετρο εφευρέθηκε στην Ινδία (400 π.χ.), τα πιο σημαντικά μετεωρολογικά όργανα δεν είχαν ανακαλυφθεί μέχρι τον δέκατο έκτο και δέκατο έβδομο αιώνα. Ένα από παλαιότερα μετεωρολογικά όργανα ήταν το μηχανικό ανεμόμετρο, μια συσκευή μέτρησης της σχετικής ισχύς του ανέμου, που εφευρέθηκε από τον Leon Battista Alberti το 1450. Ο Galileo Galilei επινόησε το θερμοσκόπιο (περίπου το 1592), προκάτοχο του σημερινού θερμομέτρου και ανακάλυψε ότι η ατμόσφαιρα δε ήταν αβαρής. Ωστόσο οι πρώτες ομοιόμορφες κλίμακες θερμοκρασίας αναπτύχθηκαν το 1714 και 1742 από τους Gabriel Fahrenheit και Anders Celsius αντίστοιχα. Το 1643, ο Evangelista Torricelli επινόησε το υδραργυρικό βαρόμετρο, όργανο μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης (Fisinger, 1983).

Ο δέκατος όγδοος και δέκατος ένατος αιώνας ήταν η περίοδος που οι επιστήμονες πραγματοποίησαν παρατηρήσεις και ανέπτυξαν θεωρίες για τα φαινόμενα της ατμόσφαιρας σε παγκόσμιο επίπεδο και τα μετεωρολογικά



φαινόμενα σε περιφερειακή κλίμακα. Με βάση το φαινόμενο Coriolis (1835), η μέση μεσημβρινή κυκλοφορία συνδέει τα αιολικά πεδία των χαμηλών και υψηλών γεωγραφικών αποστάσεων και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανταλλαγή θερμότητας, ορμής και υδρατμών μεταξύ διαφορετικών γεωγραφικών μεγεθών (Wang et al.,2005). Το 1904 ο Vilhelm Bjerknes, έγινε αυτός που έβαλε τις μετεωρολογικές προβλέψεις κάτω από τους φυσικούς νόμους και έδωσε την ώθηση για την επιστημονική πρόβλεψη του καιρού (Gronas, 2005).

Το δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα σημειώθηκαν ριζικές αλλαγές στη κατανόηση του κλίματος. Η τεχνολογική πρόοδος, το στρατιωτικό ενδιαφέρον και η επιστημονική φιλοδοξία ήταν σημαντικοί παράγοντες που βοήθησαν σε αυτό. Κατά τη διάρκεια του πολέμου, ο Σουηδός μετεωρολόγος Carl-Gustav Rossby ίδρυσε τη Μετεωρολογική Σχολή του Σικάγου, στην οποία αναπτύχθηκαν ποσοτικά φυσικά μοντέλα της γενικής κυκλοφορίας, σημαντικοί πρόδρομοι των γενικών κυκλωμάτων κυκλοφορίας (GCM). Το 1946 ο μαθηματικός John von Neumann ανέπτυξε την πρόγνωση του καιρού με βάση ηλεκτρονικούς υπολογισμούς (Heymann, 2010). Δορυφόροι καιρού (1960), ραντάρ Doppler (1990) και άλλες τεχνολογικές καινοτομίες συνέχισαν να διαμορφώνουν την κατανόηση και πρόβλεψη των ατμοσφαιρικών διεργασιών (Coleman et al.,2015).

## **2.3 Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός**

Τον Οκτώβριο του 1947, εκπρόσωποι 31 χωρών υπέγραψαν τη δημιουργία ενός νέου κυβερνητικού οργανισμού, που είναι γνωστός σαν Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (World Meteorological Organization - WMO). Σκοπός του ήταν η σύσταση ενός νέου σώματος κατάλληλο να ανταποκριθεί στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των χωρών όλου του κόσμου, μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο (WMO, 1990).

Σκοπός του νέου σώματος ήταν να διευκολυνθεί η παγκόσμια συνεργασία στο πλαίσιο της δημιουργίας δικτύων μετεωρολογικών παρατηρήσεων και τη δημιουργία κατάλληλων κέντρων για τη παροχή μετεωρολογικών υπηρεσιών. Επιπλέον σκοπός ήταν η δημιουργία συστημάτων ταχείας ανταλλαγής της μετεωρολογικής πληροφορίας και η τυποποίηση των παρατηρήσεων. Με τη σύσταση του νέου οργανισμού θα ενισχυόταν επιπλέον η εφαρμογή της μετεωρολογίας στην αεροπορία, τη ναυτιλία και σε άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες ενώ θα ενθαρρύνονταν η έρευνα και κατάρτιση.

Τον Δεκέμβριο του 1951 ο WMO αναγνωρίζεται σαν Ειδική Υπηρεσία των Ηνωμένων Εθνών (WMO, 2000), με τη δέσμευση να συνεργάζεται και να παρέχει κάθε δυνατή βοήθεια στον ΟΗΕ και αυτός με τη σειρά του να παρέχει προγράμματα τεχνικής βοήθειας, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες μέλη του. Η ιδιότητα του ειδικού οργανισμού του ΟΗΕ, διευκόλυνε τη συνεργασία του WMO με άλλους οργανισμούς όπως η UNESCO, ο FAO και άλλες. Η ενεργός συμμετοχή του WMO σε έργα και υπηρεσίες των παραπάνω οργανισμών είναι αξιοσημείωτη, όπως για παράδειγμα η μελέτη των τεχνικών και επιστημονικών προβλημάτων των άγονων περιοχών.

Οι απαιτήσεις για δεδομένα παρατήρησης υψηλής ποιότητας περιελάμβανε μια σειρά ποικίλων ευθυνών, καθορίζοντας τεχνικά πρότυπα, διεπαφές μετεωρολογικών οργανισμών και διαδικασίες ελέγχου ποιότητας. Οι αρμοδιότητες για όλα τα παραπάνω ανατέθηκαν στην Επιτροπή για τα Μέσα και τις Μεθόδους Παρατήρησης (Commission for Instruments and Methods of Observation – CIMO), μια βασική τεχνική επιτροπή του οργανισμού της οποίας οι αρμοδιότητες ποικίλουν από καιρό σε καιρό, προκειμένου να καλυφτούν οι μεταβαλλόμενες απαιτήσεις ή η θέσπιση νέων μέσων.

## **2.4 Μετεωρολογικές παρατηρήσεις**

Ολοκληρωμένη μελέτη κάθε τόπου αλλά και ολόκληρου του πλανήτη, μπορεί να γίνει με τη ολοκληρωμένη και σωστή αντίληψη της συμπεριφοράς, των

σχέσεων, των ενεργειακών ανταλλαγών και των αλληλεπιδράσεων τεσσάρων μεγάλων ενοτήτων που συγκροτούν τμήμα του πλανήτη. Οι ενότητες αυτές περιλαμβάνουν τη Λιθόσφαιρα, την Υδρόσφαιρα, την Ατμόσφαιρα και τη Βιόσφαιρα. Η Μετεωρολογία είναι η επιστήμη που μελετά την ατμόσφαιρα και τα φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα σε αυτή. Επιπλέον η μετεωρολογία έχει σαν στόχο την κατανόηση και πρόβλεψη των ατμοσφαιρικών φαινομένων που είναι υπεύθυνα για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε σημείο του πλανήτη, σε κάθε χρονική στιγμή. Έτσι η έννοια του καιρού αποδίδεται με ένα συνδυασμό ατμοσφαιρικών φαινομένων που εκδηλώνονται σε ένα τόπο κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, όπως τη διάρκεια μιας ημέρας.

Όταν ο συνδυασμός των ατμοσφαιρικών φαινομένων και των αλληλεπιδράσεων τους αφορά χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από μια ημέρα, όπως μήνες και χρόνια, διαμορφώνεται το κλιματικό καθεστώς κάθε τόπου, ενώ ο όρος κλίμα αποδίδει το αποτέλεσμα του συνόλου των ατμοσφαιρικών διεργασιών, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η κίνηση του αέρα σε προκαθορισμένες μεγάλες χρονικές περιόδους (Μαχαίρας & Μπαλαφούτης, 1997).

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις είναι ζωτικής σημασίας για τη παρακολούθηση, κατανόηση και πρόβλεψη των αλλαγών του κλιματικού συστήματος. Πρέπει να συλλέγονται σε συστηματικά χρονοδιαγράμματα με υψηλό βαθμό ακρίβειας και συνέπειας για την παρατήρηση των μακροπρόθεσμων τάσεων (GCOS, 2016).

Η κατάταξη των συστημάτων μετεωρολογικής παρατήρησης με βάση τον οδηγό *CIMO- Guide No-8* (WMO, 2008) είναι η εξής:

*A) Συνοπτικοί σταθμοί που υποδιαιρούνται σε σταθμούς παρατήρησης εδάφους και σταθμούς παρατηρήσεων ανώτερης ατμόσφαιρας.*

**1.** Οι σταθμοί παρατήρησης του εδάφους χωρίζονται σε:

- Σταθμούς εδάφους στους οποίους πραγματοποιούνται συνοπτικές παρατηρήσεις στην επιφάνεια του εδάφους.
- Θαλάσσιους σταθμούς που μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε σταθερά σημεία όπως οι σταθμοί σε ωκεανούς, και οι σταθμοί σε σταθερές πλατφόρμες και αγκυροβολημένοι σταθμοί και κινητοί θαλάσσιοι σταθμοί, όπως οι επιλεγμένοι σταθμοί πλοίων, οι συμπληρωματικοί σταθμοί πλοίων και οι βοηθητικοί σταθμοί πλοίων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν επίσης οι σταθμοί σε πάγους και παγετώνες που είναι κυρίως επιστημονικές βάσεις που πλέουν σε πάγους στις πολικές περιοχές.
- Αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί, στους οποίους πραγματοποιούνται και μεταδίδονται αυτόματα οι παρατηρήσεις (Ahmad et al.,2017). Οι αυτόματοι σταθμοί χρησιμοποιούνται για διάφορους λόγους όπως:
  - Παροχή δεδομένων από περιοχές που η πρόσβασή τους είναι δύσκολη.
  - Παροχή παρατηρήσεων από επανδρωμένους σταθμούς εκτός από τις ώρες εργασίας του προσωπικού.
  - Αύξηση αξιοπιστίας των δεδομένων και τυποποίηση των μεθόδων παρατήρησης.
  - Μείωση του κόστους με τη μείωση των επανδρωμένων σταθμών.
  - Τοποθέτηση αισθητήρων σε μετεωρολογικά ευνοϊκές συνθήκες εκτός του τόπου διαμονής του παρατηρητή.

**2.** *Μετεωρολογικές παρατηρήσεις ανώτερης ατμόσφαιρας* οι οποίες περιλαμβάνουν άμεσες ή έμμεσες μετεωρολογικές παρατηρήσεις στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Πιλοτικά μπαλόνια, ραδιοακουστικά συστήματα ήχου, ηλιοστάτες και άλλες τεχνολογίες παρατήρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τηλεπισκόπηση της τροπόσφαιρας.

**B)** *Μετεωρολογικοί σταθμοί αεροσκάφους*, που είναι μετεωρολογικοί σταθμοί που λειτουργούν σε αεροσκάφη που βρίσκονται σε πτήση, από τα οποία λαμβάνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα με τη χρήση εγκατεστημένων οργάνων και εξοπλισμού για σκοπούς πλοήγησης. Μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για ατμοσφαιρικά φαινόμενα όπως ο άνεμος και η θερμοκρασία σε

πολύ μικρότερη κλίμακα από άλλα συστήματα παρατήρησης και έτσι συνιστούν πολύτιμη πηγή πληροφοριών εκθέσεων καιρικών φαινομένων αλλά και για έρευνα.

**Γ) Αεροναυτικοί μετεωρολογικοί σταθμοί.** Αν και στόχος της εμπορικής αεροπορίας είναι να είναι ανεξάρτητη από τις μετεωρολογικές συνθήκες, η ασφάλεια των πτήσεων εξακολουθεί να στηρίζεται στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Επιπλέον η αυξανόμενη κλίμακα επιχειρήσεων έχει ενισχύσει την απαίτηση για αξιόπιστες και πλήρεις παρατηρήσεις. Οι παρατηρήσεις και εκθέσεις αεροναυτικών μετεωρολογικών σταθμών διανέμονται σε τοπικό επίπεδο και σε άλλα αεροδρόμια σύμφωνα με τις περιφερειακές συμφωνίες αεροναυτιλίας.

**Δ) Σταθμοί σε σκάφη για ερευνητικούς και ειδικούς σκοπούς.** Είναι μετεωρολογικοί σταθμοί που λειτουργούν σε σκάφη και πραγματοποιούν ποικιλία δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια ωκεάνιων αποστολών. Επιφανειακές και ανώτερες παρατηρήσεις πραγματοποιούνται σε αραιοκατοικημένες περιοχές με μετεωρολογικό ενδιαφέρον.

**Ε) Κλιματολογικοί σταθμοί.** Κάθε κλιματολογικός σταθμός πρέπει να παρέχει ικανοποιητική αναπαράσταση των χαρακτηριστικών του κλίματος όλων των τύπων της γης. Ταξινομούνται σε :

- Κλιματολογικούς σταθμούς αναφοράς. Κάθε μέλος πρέπει να διατηρεί ένα κλιματολογικό σταθμό αναφοράς σε περιοχές με διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες. Ένας κλιματολογικός σταθμός αναφοράς πρέπει να είναι τοποθετημένος σε περιοχή που μπορεί να γίνουν αντιπροσωπευτικές μετρήσεις. Το περιβάλλον του σταθμού δεν πρέπει να μεταβληθεί με τη πάροδο του χρόνου σε τέτοιο βαθμό που να επηρεάζει την ομοιογένεια της σειράς.
- Κύριος κλιματολογικός σταθμός. Κάθε κύριος κλιματολογικός σταθμός θα πρέπει να λειτουργεί για τουλάχιστον 10 έτη χωρίς να

μεταβάλλεται η θέση του για την εξαγωγή κλιματολογικών συμπερασμάτων της περιοχής.

- Τυπικός κλιματολογικός σταθμός. Η λειτουργία ενός τυπικού κλιματολογικού σταθμού περιορίζεται σε αρκετά μικρότερη χρονική περίοδο από τον κύριο σταθμό, αλλά όχι μικρότερη από τρία χρόνια.
- Ειδικού σκοπού κλιματολογικοί σταθμοί. Οι σταθμοί αυτού του είδους καθορίζονται για ειδικά προγράμματα παρατήρησης και περιορίζονται από τον αριθμό των μεταβλητών που μελετούν και απαιτούν ειδικά όργανα. Ο σκοπός λειτουργίας τους καθορίζει την τοποθεσία και τη διάρκεια λειτουργίας τους (WMO, 2011).

**ΣΤ) Αγροτικοί μετεωρολογικοί σταθμοί.** Το δίκτυο αγροτικών μετεωρολογικών σταθμών δίνει μια πραγματική εικόνα των γεωργικών εκτάσεων σε σχέση με βιολογικούς και μετεωρολογικούς παραμέτρους. Το δίκτυο των αργομετεωρολογικών σταθμών θα πρέπει να έχει πυκνότητα ανάλογα με το γεωργικό σχεδιασμό, το δυναμικό και τα χαρακτηριστικά κάθε χώρας.

**Ζ) Ειδικοί μετεωρολογικοί σταθμοί.** Κύριος στόχος των σταθμών αυτών είναι η κάλυψη εθνικών απαιτήσεων που σχετίζονται με την τοπολογία και τη μεσοκλίμακα μετεωρολογικών φαινομένων. Ορισμένοι τύποι σταθμών όπως ραντάρ, και αεροσκάφη αναγνώρισης μπορούν να καλύψουν μεγάλες εκτάσεις με οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

## 2.5 Σταθμοί εδάφους

Η εγκατάσταση και λειτουργία ενός μετεωρολογικού σταθμού, σύμφωνα με τα καθορισμένα πρότυπα, όπως και η συντήρησή του περιλαμβάνει πολλά ερωτήματα ανάλογα με τον τύπο του σταθμού, τη πολυπλοκότητα και την απαίτηση των μετεωρολογικών μετρήσεων.

### 2.5.1 Θέση ή τοποθεσία σταθμού

Κάθε σταθμός θα πρέπει να βρίσκεται σε τοποθεσία όπου τα μετεωρολογικά δεδομένα που λαμβάνονται να είναι αντιπροσωπευτικά της ατμόσφαιρας της συγκεκριμένης περιοχής. Οι διαστάσεις της περιοχής αντιπροσωπευτικότητας του σταθμού κυμαίνονται από 2.000 km<sup>2</sup> έως 10.000 km<sup>2</sup>, για ομοιογενή περιοχή. Ο σταθμός πρέπει να είναι εγκατεστημένος σε ειδικό οικόπεδο που έχει εκχωρηθεί ειδικά για το σκοπό αυτό, ενώ η βέλτιστη έκταση είναι περίπου 1 εκτάριο (WMO,2010).

Η τοποθεσία των θέσεων παρατήρησης ή η περιοχή των μετεωρολογικών οργάνων πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική των γεωγραφικών συνθηκών της γύρω περιοχής και προστατευμένη από την επίδραση της βιομηχανίας. Ως εκ τούτου, η περιοχή των μετεωρολογικών οργάνων θα πρέπει να βρίσκεται σε ανοιχτό χώρο, μακριά από κατασκευές ή δέντρα. Η ελάχιστη απόσταση από κατασκευές και συστάδες δέντρων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10 και 20 φορές τα ύψη τους αντίστοιχα. Ο χώρος θα πρέπει επίσης να απέχει περισσότερο από 100 μέτρα από υδάτινες επιφάνειες (WMO, 2010).

### **2.5.2 Περιοχή μετεωρολογικών παρατηρήσεων**

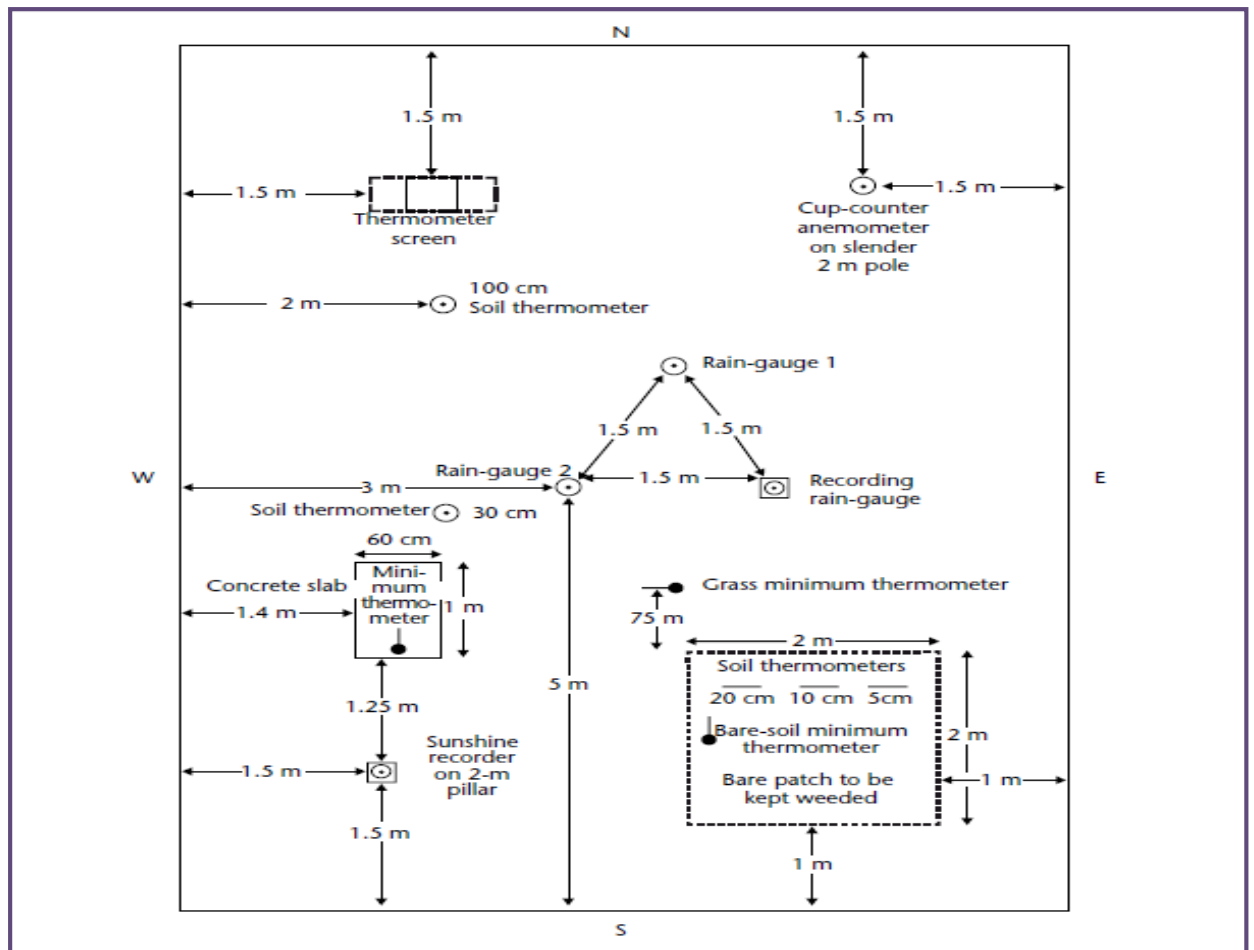
Η περιοχή μετεωρολογικής παρατήρησης είναι η περιοχή όπου τα μετεωρολογικά όργανα και οι συσκευές είναι τοποθετημένες. Σύμφωνα με τον οδηγό του WMO, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, (WMO, 2008):

- Όπου υπάρχουν πολλές εγκαταστάσεις, η περιοχή παρατήρησης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 25m×25m, αλλά σε περιπτώσεις που υπάρχουν σχετικά λίγες εγκαταστάσεις η περιοχή μπορεί να είναι σημαντικά μικρότερη.
- Οι πλευρές της περιοχής παρατήρησης πρέπει να είναι έχουν προσανατολισμό Βορρά - Νότου, Ανατολής - Δύσης. Η επαρκής

διάσταση Βορρά – Νότου είναι πολύ σημαντική για μετρήσεις που μπορούν να επηρεαστούν έντονα από σκιά, ακτινοβολία, διάρκεια ηλιοφάνειας και θερμοκρασίες κοντά στο μηδέν.

- Τα όργανα και ο εξοπλισμός πρέπει να ρυθμιστούν σε μια ορισμένη θέση, σε πολλές γραμμές ή σειρές. Στο βόρειο ημισφαίριο οι αισθητήρες είναι διαρρυθμισμένοι ως εξής: ο εξοπλισμός μέτρησης του ανέμου τοποθετείται στη βόρεια πλευρά, μαζί με τον εξοπλισμό μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας ενώ το βροχόμετρο και ο μετρητής θερμοκρασίας εδάφους στη νότια πλευρά του σταθμού.
- Το έδαφος της περιοχής του σταθμού πρέπει να έχει φυσική χαμηλή βλάστηση και το γρασίδι πρέπει να είναι μικρότερο από 20cm ενώ πρέπει να υπάρχουν μονοπάτια που δεν είναι κατασκευασμένα από άσφαλτο ή σκυρόδεμα.
- Η τάση που τροφοδοτεί τον εξοπλισμό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 24 ή 36 Volt. Οι εγκαταστάσεις πρέπει να είναι βαμμένες σε λευκό χρώμα, ενώ οποιοδήποτε άλλο χρώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους ιστούς και την περίφραξη. Αν η έκταση του σταθμού καλύπτει ένα ή περισσότερα εκτάρια, ειδικές ζώνες 200 m, πρέπει να περιβάλουν το χώρο του σταθμού, οι οποίες θα πρέπει να μένουν αμετάβλητες.





**Εικόνα 2.1:** Διάταξη ενός μετεωρολογικού σταθμού όπου παρουσιάζονται οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των εγκαταστάσεων.

Πηγή: (WMO, 2010)

### 2.5.3 Μέτρηση μετεωρολογικών παραμέτρων

Κατά την επιλογή της κατάλληλης θέσης των οργάνων για τη μέτρηση των μετεωρολογικών παραμέτρων, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα σύμφωνα με τον οδηγό *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation No-8* (WMO, 2008) :

**A)** Για γενικές μετεωρολογικές παρατηρήσεις, η παρατηρούμενη θερμοκρασία του αέρα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική των συνθηκών του ελεύθερου αέρα που περιβάλλει το σταθμό σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περιοχή σε ύψος μεταξύ 1,2 και 2,0 m πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Το ύψος πάνω από την

επιφάνεια του εδάφους καθορίζεται επειδή στα χαμηλότερα στρώματα του εδάφους οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας είναι μεγάλες. Η καλύτερη τοποθεσία του θερμομέτρου είναι επομένως πάνω από το έδαφος, ελεύθερα εκτεθειμένο στον ήλιο και τον άνεμο, και μακριά από την κάλυψη δέντρων, κτιρίων ή άλλων εμποδίων. Τοποθεσίες σε απότομες πλαγιές ή κοιλάτες του εδάφους πρέπει να αποφεύγονται.

**Β)** Οι γενικές απαιτήσεις για τους αισθητήρες υγρασίας είναι ίδιες με τις απαιτήσεις των οργάνων της θερμοκρασίας. Κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις περιλαμβάνουν την προστασία από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, τους ατμοσφαιρικούς ρύπους τη βροχή και τον άνεμο. Πρέπει επίσης να αποφεύγεται η δημιουργία τοπικού μικροκλίματος στο περίβλημα του αισθητήρα, καθώς το ξύλο και τα συνθετικά υλικά απορροφούν μέρος της υγρασίας της ατμόσφαιρας.

**Γ)** Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος, ιδιαίτερα σε ανώμαλο έδαφος. Για αυτό το λόγο τα όργανα μέτρησης της ταχύτητας ανέμου τοποθετούνται σε απόσταση 10m από την επιφάνεια του εδάφους. Μια βέλτιστη θέση τοποθέτησης του ανεμόμετρου είναι αυτή που είναι αντιπροσωπευτική για τα χαρακτηριστικά του ανέμου σε μια περιοχή τουλάχιστον μερικών χιλιομέτρων. Για έδαφος που είναι ανομοιογενές ή περιέχει εμπόδια, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου μπορούν να επηρεαστούν σημαντικά. Οι διορθώσεις σε τέτοιες περιπτώσεις είναι συχνά δυνατές, και τα εργαλεία για να υπολογιστούν τέτοιες διορθώσεις είναι διαθέσιμα.

**Δ)** Όλες οι μέθοδοι μέτρησης των βροχοπτώσεων θα πρέπει να στοχεύουν στην απόκτηση ενός δείγματος που είναι αντιπροσωπευτικό του πραγματικού ποσού βροχόπτωσης στην περιοχή μέτρησης. Η επιλογή του χώρου καθώς και το συστηματικό σφάλμα μέτρησης είναι σημαντικά για την εκτίμηση της ποσότητας των κατακρημνισμάτων της περιοχής. Ο άνεμος μπορεί να επηρεάσει το ποσοστό των κατακρημνίσεων σε μια περιοχή, ενώ περιοχές με απότομη κλίση ή κοντά σε κτήρια πρέπει να αποφεύγονται για την τοποθέτηση του βροχόμετρου. Περιοχές που είναι καλυμμένες με χαμηλή βλάστηση, χαλίκι ή

βότσαλο είναι κατάλληλος , ενώ το βροχόμετρο μπορεί να προστατεύεται από κατάλληλο φράχτη για να μειώνονται οι επιδράσεις του ανέμου.

**Ε)** Για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, η θέση των βαρομέτρων, πρέπει να επιλέγεται με μεγάλη προσοχή. Οι κύριες απαιτήσεις του χώρου έκθεσης του βαρομέτρου είναι η σταθερή θερμοκρασία, η προστασία από την άμεση ηλιοφάνεια και η απόσταση από πηγές θερμότητας.

**Ζ)** Για συνεχή καταγραφή και μειωμένη αβεβαιότητα, ένας ακριβής ιχνηλάτης ήλιου δεν πρέπει να επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Ο χώρος τοποθέτησης του πυρανόμετρου πρέπει να επιλέγεται έτσι ώστε οι επιδράσεις από την ομίχλη, τη ρύπανση και τον καπνό να είναι σταθερές για τη περιοχή μελέτης, ενώ πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή και το χιόνι.

**Η)** Για τη μέτρηση της διάρκειας ακτινοβολίας οι ανιχνευτές θα πρέπει να τοποθετούνται σε σταθερό σημείο, με θέα στον ήλιο όλες τις εποχές του χρόνου. Η γύρω περιοχή πρέπει να είναι απαλλαγμένη από επιφάνειες που ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία.

#### **2.5.4 Συντεταγμένες μετεωρολογικού σταθμού**

Η θέση ενός μετεωρολογικού σταθμού αναφέρεται στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984 (WGS-84) (ICAO, 2002). Το Γεωδαιτικό Μοντέλο 1996, Earth Geodetic Model (EGM96), πρέπει να είναι γνωστό και να καταγράφεται. Οι συντεταγμένες του σταθμού είναι:

1. Το γεωγραφικό πλάτος σε μοίρες με διακριτική ικανότητα 1 σε 1000
2. Το γεωγραφικό μήκος με ανάλυση 1 σε 1000
3. Το ύψος του σταθμού από το επίπεδο της θάλασσας σε μέτρα.

Αυτές οι συντεταγμένες αναφέρονται στην γραφική απεικόνιση επί της οποίας γίνονται παρατηρήσεις και μπορεί να μην είναι ίδιες με τις συντεταγμένες της πόλης, του χωριού ή του αεροδρομίου, στο οποίο σταθμός αναφέρεται.

## 2.6 Μετεωρολογικοί Παράμετροι

Οι μετεωρολογικές παράμετροι, όπως έχουν οριστεί από τον WMO, και πρέπει να παρακολουθούνται από ένα μετεωρολογικό σταθμό είναι οι ακόλουθες (WMO, 2003):

1. Θερμοκρασία
2. Ατμοσφαιρική Πίεση
3. Υγρασία
4. Άνεμος
5. Κατακρημνίσματα
6. Ηλιακή Ακτινοβολία
7. Ορατότητα
8. Εξάτμιση
9. Υγρασία Εδάφους
10. Μετρήσεις Ανώτερης Ατμόσφαιρας
11. Ανώτερος Άνεμος

### 2.6.1 Θερμοκρασία

Ο WMO (1992) ορίζει τη θερμοκρασία σαν μια φυσική ποσότητα που χαρακτηρίζει τη μέση τυχαία κίνηση των μορίων σε ένα φυσικό σώμα. Η θερμοκρασία χαρακτηρίζεται από τη ιδιότητα δυο σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική επαφή να τείνουν να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. Έτσι η θερμοκρασία αντιπροσωπεύει τη θερμοδυναμική κατάσταση ενός σώματος και η τιμή της καθορίζεται από τη ροή θερμότητας μεταξύ δυο σωμάτων.

Για μετεωρολογικούς σκοπούς, η θερμοκρασία μετρείται σε διάφορα μέσα. Η πιο κοινή μεταβλητή είναι η θερμοκρασία του αέρα, σε διάφορα ύψη, όπως επίσης η θερμοκρασία του εδάφους και η θερμοκρασία της θάλασσας. Ο WMO καθορίζει τη θερμοκρασία του αέρα ως τη θερμοκρασία που υποδεικνύεται από ένα

θερμόμετρο εκτεθειμένο στον αέρα, προστατευμένο από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η θερμοδυναμική θερμοκρασία μετριέται σε Κέλβιν. Η θερμοκρασία που μετράται για μετεωρολογικούς σκοπούς μετριέται σε βαθμούς Κελσίου. Η σχέση που συνδέει τις θερμοκρασίες στις δυο μονάδες μέτρησης είναι:

$$t/^{\circ}\text{C} = T / \text{K} - 273,15$$

Σε συνηθισμένους μετεωρολογικούς σταθμούς, το όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας είναι το θερμόμετρο υδραργύρου σε γυαλί. Η κλίμακα του είναι 0,2K ή 0,5K. Με το θερμόμετρο αυτό αποφεύγονται τα σφάλματα από την ακτινοβολία.

## 2.6.2 Ατμοσφαιρική Πίεση

Η ατμοσφαιρική πίεση σε μια δεδομένη επιφάνεια είναι η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που ασκείται λόγω του βάρους της υπερκείμενης ατμόσφαιρας. Η πίεση επομένως είναι ίση με το βάρος μιας κάθετης στήλης αέρα πάνω από μια οριζόντια προβολή της επιφάνειας μέχρι το εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας (WMO, 2008).

Εκτός από την πίεση μετριέται και η διαφορά πίεσης δηλαδή η καθαρή διαφορά των τιμών της πίεσης στην αρχή και το τέλος ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Η βασική μονάδα μέτρησης της πίεσης είναι το 1 Πασκάλ (1Pa) που ισοδυναμεί με 1Newton /m<sup>2</sup>. Για μετεωρολογικούς σκοπούς η μονάδα μέτρησης είναι το 1h Pa που ισοδυναμεί με 100 Pa.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι τα βαρόμετρα, υδραργύρου ή ηλεκτρονικά (WMO, 1992a). Τα τελευταία

χρόνια υπάρχει μια αυξανόμενη απομάκρυνση από τη χρήση βαρομέτρων υδραργύρου γιατί είναι οι υδρατμοί του μετάλλου είναι ιδιαίτερα τοξικοί, ενώ είναι πολύ δύσκολη η μεταφορά και η συντήρησή τους.

### 2.6.3 Υγρασία

Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας και η συνεχής καταγραφή της είναι σημαντική στους περισσότερους τομείς της μετεωρολογίας. Απλοί ορισμοί των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων μεγεθών, δίνονται στον οδηγό *Technical Regulations* (WMO, 1988):

- Απόλυτη υγρασία, που εκφράζει τη μάζα των υδρατμών σε gr που περιέχεται σε 1m<sup>3</sup>,η πυκνότητα δηλαδή του αέρα σε υδρατμούς.
- Σχετική υγρασία, που είναι ο λόγος σε ποσοστό % της μάζας των υδρατμών που περιέχει ο αέρας προς τη μάζα των υδρατμών που μπορεί να συμπεριλάβει αν είναι κορεσμένος από υδρατμούς.
- Θερμοκρασία δρόσου Td (Kelvin) που εκφράζει τη θερμοκρασία στην οποία ο αέρας γίνεται κορεσμένος από υδρατμούς με αποτέλεσμα να συμπυκνωθούν οι υδρατμοί που πλεονάζουν και να σχηματιστεί δροσιά.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της υγρασίας ονομάζονται υγρόμετρα. Τύπος υγρομέτρου είναι ο υγρογράφος που στηρίζει τη λειτουργία του στις αυξομειώσεις του μήκους τριχών που μεγεθύνονται μηχανικά και μεταβιβάζονται σε βραχίονα στην άκρη του οποίου υπάρχει γραφίδα που εφάπτεται σε χάρτινη ταινία και καταγράφει το εβδομαδιαίο διάγραμμα υγρασίας. Το ψυχρόμετρο είναι το όργανο με το οποίο εκτιμάται η σχετική υγρασία που δίνει χρήσιμες πληροφορίες για τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (WMO, 1989).

### 2.6.4 Άνεμος

Ορισμοί των βασικών όρων του ανέμου, δίνονται από τον (Mazzarella, 1972):

Ο επιφανειακός άνεμος καθορίζεται σαν διανυσματική ποσότητα που καθορίζεται από δυο συντεταγμένες που αντιπροσωπεύουν τη ταχύτητα και τη κατεύθυνση.

Η μέγιστη ριπή του ανέμου είναι η μέγιστη ταχύτητα που παρατηρείται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η διάρκεια καταιγισμού είναι το μέτρο της διάρκειας της μέγιστης ριπής του ανέμου.

Η ταχύτητα του ανέμου μετριέται σε  $\text{ms}^{-1}$  ή σε κόμβους ενώ η κατεύθυνση του ανέμου σε μοίρες.

Τα όργανα μέτρησης του ανέμου ονομάζονται ανεμόμετρα. Σε επίπεδο ανοιχτό έδαφος τα ανεμόμετρα τοποθετούνται σε ύψος 10m από την επιφάνεια, όταν δεν υπάρχουν στην γύρω περιοχή συστάδες δέντρων ή ψηλά κτήρια, όποτε αυξάνεται το ύψος τοποθέτησης τους.

### **2.6.5 Κατακρημνίσματα**

Σαν κατακρημνίσματα ορίζονται τα υγρά ή στερεά προϊόντα της συμπύκνωσης των υδρατμών που πέφτει από τα σύννεφα ή εναποτίθεται από τον αέρα πάνω στο έδαφος. Περιλαμβάνει τη βροχή, το χιόνι, τη δροσιά, το χαλάζι και την ομίχλη.

Η συνολική ποσότητα κατακρημνισμάτων που φτάνει στο έδαφος σε μια δεδομένη χρονική περίοδο εκφράζεται σε όρους κατακόρυφου βάθους νερού το οποίο θα κάλυπτε μια οριζόντια προβολή της επιφάνειας της γης. Η χιονόπτωση εκφράζεται επίσης από το βάθος του φρέσκου χιονιού που καλύπτει μια οριζόντια επιφάνεια του εδάφους (WMO,2008).

Το βροχόμετρο είναι το πιο απλό όργανο μέτρησης του ύψους της βροχής και αποτελείται από δοχείο περισυλλογής της βροχής και βαθμομετρικό κανόνα (WMO, 1994).

## 2.6.6 Ηλιακή Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο είναι  $3,94 \cdot 10^{26} \text{ W}$  από την οποία  $1,8 \cdot 10^{17} \text{ W}$  παρεμποδίζεται από την ατμόσφαιρα της γης. Το 30% της ηλιακής ακτινοβολίας που παρεμποδίζεται διασκορπίζεται στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο απορροφάται και θερμαίνει το σύστημα γης ατμόσφαιρας (WMO, 1986).

Οι μετρήσεις της ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται για τους ακόλουθους λόγους:

- A) Για τη μελέτη του μετασχηματισμού της ενέργειας του συστήματος Γης – ατμόσφαιρας.
- B) Για την ανάλυση των ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας και των συστατικών της όπως των υδρατμών, του όζοντος κ.α.
- C) Για τη μελέτη της κατανομής και των διακυμάνσεων της εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτινοβολίας.
- D) Για τη ικανοποίηση των βιολογικών, ιατρικών, γεωργικών, βιομηχανικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ακτινοβολία.
- E) Για την επαλήθευση των μετρήσεων της δορυφορικής ακτινοβολίας και αλγορίθμων (WMO, 2008).

Η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα και την υποκείμενη επιφάνεια όπως η γη, το νερό και ο πάγος περιλαμβάνει:

- Απορρόφηση της ακτινοβολίας και μετατροπή της σε θερμική κυρίως ακτινοβολία.
- Σκέδαση και ανάκλαση της ακτινοβολίας που προκαλεί γωνιακή και χωρική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.



- Εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας που προκαλεί ψύξη των ατμοσφαιρικών στρωμάτων.

Οι παραπάνω διεργασίες καθορίζουν τη μεταφορά ενέργειας στην ατμόσφαιρα της γης. Οι διεργασίες αυτές επηρεάζονται από την αφθονία των ατμοσφαιρικών αερίων και τη συγκέντρωση των αερολυμάτων και των σωματιδίων της ατμόσφαιρας. Η ηλιακή ακτινοβολία ανήκει στη θερμική περιοχή του φάσματος με μήκος κύματος 0,2 έως 0,4  $\mu\text{m}$  (WMO,1986).

Τα κυριότερα όργανα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι τα ακόλουθα:

- Τα πυρηλιόμετρα (pyrheliometer) που είναι όργανα μέτρησης της άμεσης ακτινοβολίας. Οι επιφάνειες υποδοχής των οργάνων αυτών είναι διατεταγμένες στην κατεύθυνση του ήλιου. Με ειδικά ανοίγματα μόνο η ακτινοβολία του ήλιου μπορεί να μετρηθεί η ακτινοβολία ενός στενού δακτυλίου του ουρανού που αναφέρεται σαν ακτινοβολία φωτοστέφανου (WMO, 2008).
- Τα πυρανόμετρα (pyranometer) που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του συνόλου της ακτινοβολίας που πέφτει στην επιφάνεια μέτρησης του οργάνου. Τα πυρανόμετρα τοποθετούνται με τον δέκτη ακτινοβολίας τοποθετημένο οριζόντια έτσι ώστε προσπίπτει πάνω τους η ηλιακή ακτινοβολία. Τα πυρανόμετρα χρησιμοποιούνται για συνηθισμένες μετεωρολογικές μετρήσεις και αφήνονται μόνιμα εκτεθειμένα σε εξωτερικό χώρο (WMO,2008).
- Πυραδιόμετρα (pyrgradiometers) και πυργεόμετρα (pyrgeometers), που είναι όργανα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, για επίγειες ή ατμοσφαιρικές μετρήσεις. Το πυραδιόμετρο μετρά την ακτινοβολία από 0,3 έως 60 $\mu\text{m}$ , ενώ το πυργεόμετρο την επίγεια ακτινοβολία από 2 έως 60 $\mu\text{m}$  (WMO, 1986).

### 2.6.7 Ορατότητα

Η ορατότητα καθορίστηκε αρχικά για μετεωρολογικούς σκοπούς ως η ποσότητα που εκτιμάται από ανθρώπινο παρατηρητή, και οι παρατηρήσεις που γίνονται με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται ευρέως. Ωστόσο η εκτίμηση της ορατότητας επηρεάζεται από υποκειμενικούς και φυσικούς παράγοντες. Η βασική μετεωρολογική ποσότητα είναι η διαφάνεια της ατμόσφαιρας που μπορεί να μετρηθεί αντικειμενικά (WMO,2008).

Το *μετεωρολογικό οπτικό εύρος* είναι το μήκος της διαδρομής στην ατμόσφαιρα που απαιτείται για τη μείωση της φωτεινής ροής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από λαμπτήρα πυράκτωσης θερμοκρασίας 2700K στο 5% της αρχικής της τιμής. *Μετεωρολογική ορατότητα* ορίζεται ως η μεγαλύτερη απόσταση στην οποία ένα μαύρο αντικείμενο κατάλληλων διαστάσεων, που βρίσκεται στο έδαφος, μπορεί να παρατηρηθεί και να αναγνωριστεί στον ορίζοντα (WMO,1992).

Μονάδα μέτρησης της μετεωρολογικής ορατότητας είναι το μέτρο ή το χιλιόμετρο.

Τα όργανα μέτρησης της ορατότητας χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

-Αυτά που μετρούν το συντελεστή απόσβεσης του φωτός σε οριζόντια στήλη αέρα. Η εξασθένηση του φωτός οφείλεται σε σκέδαση και απορρόφηση του φωτός από τα σωματίδια του αέρα .

-Αυτά που μετρούν το συντελεστή διασποράς του φωτός από μικρό όγκο αέρα. Σε φυσική ομίχλη η απορρόφηση είναι αμελητέα και ο συντελεστής σκέδασης είναι ίσος με το συντελεστή απόσβεσης (WMO, 2008).

### **2.6.8 Εξάτμιση**

Το Διεθνές Λεξικό Υδρολογίας (WMO/UNESCO,1992) και το Διεθνές Μετεωρολογικό Λεξικό (WMO,1992) περιέχει τους εξής ορισμούς σε ότι αφορά την εξάτμιση:

*Πραγματική Εξάτμιση:* Είναι η ποσότητα νερού που εξατμίζεται από ελεύθερη επιφάνεια νερού ή από το έδαφος.

*Διαπνοή:* Διαδικασία με την οποία το νερό από τη βλάστηση μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή ατμών.

*Αποτελεσματική εξατμισοδιαπνοή:* Η ποσότητα του υδρατμού που εξατμίζεται από το έδαφος και τα φυτά όταν το έδαφος βρίσκεται σε φυσική περιεκτικότητα σε υγρασία.

*Πιθανή εξάτμιση:* Ποσότητα υδρατμών που θα μπορούσαν να εκπέμπονται από επιφάνεια νερού ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου.

*Πιθανή εξατμισοδιαπνοή:* Μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να εξατμιστεί σε δεδομένο κλίμα από μια περιοχή συνεχούς βλάστησης, όταν το έδαφος είναι καλά εφοδιασμένο με νερό.

Ο ρυθμός εξάτμισης ορίζεται ως η ποσότητα του υγρού που εξατμίζεται προς τον αντίστοιχο χρόνο. Έτσι η μονάδα μέτρησης της εξάτμισης εκφράζεται συνήθως σαν χιλιοστά νερού ανά ημέρα.

Το όργανο μέτρησης της εξάτμισης είναι το ατμόμετρο. Μετρά την απώλεια νερού από υγρή, πορώδη επιφάνεια. Οι διαβρεγμένες επιφάνειες είναι είτε πορώδεις κεραμικές σφαίρες, κύλινδροι, πλάκες ή φίλτρα χαρτιού (WMO, 2008).

### **2.6.9 Υγρασία Εδάφους**

Η υγρασία του εδάφους είναι σημαντικό στοιχείο του κύκλου του νερού στην ατμόσφαιρα, σε μικρή και μεγάλη κλίμακα. Βλάστηση και καλλιέργειες εξαρτώνται πάντα περισσότερο από την υγρασία του εδάφους σε σχέση με την ποσότητα της βροχόπτωσης, ενώ η μέτρηση της μπορεί να βοηθήσει στη πρόγνωση πλημμυρών.

Τα μετρούμενα μεγέθη που σχετίζονται με την υγρασία εδάφους είναι:

-Η ποσότητα εδαφικού ύδατος που είναι έκφραση της μάζας ή του όγκου του νερού στο έδαφος.

-Το δυναμικό του εδαφικού ύδατος που περιγράφει την ενεργειακή κατάσταση της υγρασίας του εδάφους και αποτελεί σημαντική παράμετρο για την ανάλυση της μεταφοράς ύδατος, τις εκτιμήσεις αποθήκευσης νερού και τις σχέσεις εδάφους, φυτού, νερού.

Η ποσότητα του εδαφικού ύδατος είναι η μάζα του νερού που περιέχεται στη μονάδα μάζας του εδάφους (kg νερού/kg ξηρού εδάφους), ενώ το δυναμικό του εδαφικού ύδατος μετριέται σε Joule (WMO, 2008).

Οι μέθοδοι και τα όργανα μέτρησης της εδαφικής υγρασίας είναι οι παρακάτω:

- Άμεση μέτρηση της περιεκτικότητας υγρασίας του εδάφους. Δείγμα εδάφους απομακρύνονται από το χώρο μέτρησης με κατάλληλα εργαλεία. Το δείγμα τοποθετείται σε στεγανό και προζυγισμένο δοχείο. Το δείγμα εδάφους με το δοχείο ζυγίζονται στο εργαστήριο, πριν και μετά την ξήρανση του σε κλίβανο. Η διαφορά μάζας αντιστοιχεί με τη μάζα της υγρασίας στο έδαφος.
- Έμμεση μέτρηση της περιεκτικότητας υγρασίας του εδάφους. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για να αποφεύγεται η ικανότητα συγκράτησης νερού από το έδαφος, όταν αυτό διαταράσσεται. Δυο διαφορετικές ακτινολογικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της υγρασίας. Η μια μέθοδος, που χρησιμοποιείται πιο συχνά, είναι μέτρηση της σκέδασης νετρονίων υψηλής ενέργειας με τους πυρήνες των ατόμων υδρογόνου του νερού στο έδαφος. Η άλλη μέθοδος μετρά την εξασθένιση ακτινών γάμμα που περνούν το έδαφος.
- Για τη μέτρηση του δυναμικού του εδαφικού ύδατος τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται ονομάζονται τενσιόμετρα (tensiometers).

Αποτελούνται από πορώδες κεραμικό κύπελλο, πλαστικό κυλινδρικό σωλήνα και συσκευή καταγραφής της τάσης. Μετρά την δύναμη με την οποία τα μόρια του εδάφους συγκρατούν το νερό (WMO, 2001).

### **2.6.10 Μετρήσεις Ανώτερης Ατμόσφαιρας**

Οι ακόλουθοι ορισμοί από τον WMO(1992), σχετίζονται με τις μετεωρολογικές μετρήσεις ανώτερης ατμόσφαιρας:

-Ραδιοβολίδες: Όργανα που μεταφέρονται με μπαλόνι στην ατμόσφαιρα, εξοπλισμένα με συσκευές που μετράνε μια ή περισσότερες μετεωρολογικές παραμέτρους (πίεση, θερμοκρασία, υγρασία κ.α.) και με ραδιοφωνικό πομπό στέλνουν τις μετρήσεις στο σταθμό παρατήρησης.

-Παρατήρηση ανώτερης ατμόσφαιρας: μετεωρολογική παρατήρηση που γίνεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα είτε άμεσα είτε έμμεσα.

-Σταθμός ανώτερης ατμόσφαιρας, συνοπτικός σταθμός ανώτερης ατμόσφαιρας, αεροναυτικός σταθμός: μια θέση στην επιφάνεια από την οποία γίνονται παρατηρήσεις της ανώτερης ατμόσφαιρας.

-Βολιδοσκόπηση: Προσδιορισμός ενός ή περισσότερων μετεωρολογικών παραμέτρων μέσω οργάνων που μεταφέρονται ψηλά με μπαλόνια, αεροσκάφη, αεροπλάνα κ.α.

Ο βασικός σχεδιασμός ραδιοβολίδας περιλαμβάνει:

- α) Τους αισθητήρες μέτρησης των μετεωρολογικών παραμέτρων
- β) Μετατροπέα της εξόδου των αισθητήρων σε ηλεκτρικό σήμα
- γ) Τον ράδιο πομπό (WMO,2008)

### **2.6.11 Ανώτερος Άνεμος**

Η παρατήρηση του ανώτερου ανέμου είναι η παρατήρηση σε δεδομένο ύψος της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου. Τα δεδομένα ανώτερου ανέμου συγκεντρώνονται με τη χρήση ραδιοβολίδων, μπαλονιών όπως επίσης αεροσκάφη και ραντάρ καιρού.

Οπτικοί θεοδολίχοι και ραντάρ είναι τα κύρια όργανα μέτρησης του ανώτερου ανέμου (WMO, 2008).

## **2.7 Χωροθέτηση Μετεωρολογικού Σταθμού**

Τα γενικά κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη όπως προτείνονται από τον WMO (1993) για την επιλογή κατάλληλου χώρου για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού αναφέρονται παρακάτω όπως επίσης και τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιεί ο χώρος που πληρεί τα γενικά κριτήρια.

### **2.7.1 Κριτήρια για την επιλογή χώρου νέου σταθμού**

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή χώρου εγκατάστασης ενός νέου σταθμού όπως ορίζονται από τον οδηγό *Siting and Exposure of Meteorological Instruments*, WMO(1993) είναι τα ακόλουθα:

#### **1. Τύπος Σταθμού**

Το πρώτο βήμα είναι να καθοριστεί ο κύριος σκοπός του σταθμού. Τα κριτήρια χωροθέτησης για ένα συνοπτικό σταθμό διαφέρουν από τα κριτήρια χωροθέτησης αεροναυτικού ή θαλάσσιου σταθμού. Για τους σταθμούς επιφάνειας, τα κλιματολογικά κριτήρια είναι τα ουσιαστικότερα κριτήρια στην επιλογή της θέσης εγκατάστασης, παρόλο που πάντα υπάρχει συνδυασμός κλιματολογικών δεδομένων και πρακτικών απαιτήσεων.

#### **2. Διαθεσιμότητα του εδάφους**

Μια περιοχή που είναι κατάλληλη για κλιματολογικές μετρήσεις μπορεί να μην διατίθεται για πώληση ή ενοικίαση στην μετεωρολογική υπηρεσία.

### **3. Οικονομικά κριτήρια**

Ακόμα και αν έχουν στην ιδιοκτησία τους ή νοικιάζουν μια περιοχή, οι μετεωρολογικές υπηρεσίες έχουν περιορισμένα οικονομικά. Μια καλά χωροθετημένη περιοχή μπορεί να μην μπορεί να επιλεγεί εξαιτίας των εξόδων ενοικίασης, το κόστος μεταφοράς του εξοπλισμού, την εγκατάσταση γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας κ.α.

### **4. Προσβασιμότητα**

Πρέπει να είναι δυνατόν ένας σταθμός, είτε συμβατικός, είτε αυτόματος να είναι προσβάσιμος, σε οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες. Ένας σταθμός που δεν διατηρείται σωστά σε μικρό χρονικό διάστημα θα δίνει μετρήσεις που δεν είναι αξιόπιστες.

### **5. Ηλεκτρική Ενέργεια**

Ένας πλήρως εξοπλισμένος μετεωρολογικός σταθμός πρέπει να έχει πλήρη ενεργειακή κάλυψη. Μπορεί τα φωτοβολταϊκά να καθιστούν τις γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας μη απαραίτητες, η τεχνολογία τους όμως είναι ακριβή και υπάρχει περιορισμένος αριθμός περιοχών με επαρκή ηλιοφάνεια.

### **6. Προσωπικό παρατήρησης και συντήρησης**

Είτε ο σταθμός είναι συμβατικός, είτε αυτόματος, κάποιος πρέπει τουλάχιστον μια φορά την ημέρα να επιβλέπει και να συντηρεί τα όργανα μέτρησης. Η ανάγκη για εύκολη πρόσβαση δημιουργεί περιορισμούς στο πόσο απομακρυσμένος μπορεί να είναι ο σταθμός από κατοικημένη περιοχή.

### **7. Ασφάλεια**

Οι εγκαταστάσεις πρέπει να είναι προστατευμένες από τον κίνδυνο βανδαλισμών αλλά και από φυσικές καταστροφές όπως πλημμύρες, πτώση βράχων, δασικές πυρκαγιές, χιονοστοιβάδες κ.α.

### **8. Τηλεπικοινωνίες**

Στις μέρες μας είναι δυνατόν ένας σταθμός να έχει επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο τηλεφωνικά, με οπτικές ίνες, δορυφορική σύνδεση κ.α. Έτσι μια τοποθεσία μπορεί να απορριφτεί αν δεν υπάρχουν οι εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνίας.

### **9. Μονιμότητα του χώρου**

Για κλιματολογικές μετρήσεις, οι παρατηρήσεις πρέπει να εκτείνονται πάνω από τρεις δεκαετίες. Αν η μετεωρολογική υπηρεσία δεν έχει στην ιδιοκτησία της το χώρο, συνήθως επιλέγεται χώρος που ανήκει σε άλλη κρατική υπηρεσία ή ιδιωτική ιδιοκτησία που μπορεί να παρέχεται με σταθερότητα. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι μη ιδανικό για κλιματολογικές μετρήσεις.

### **10. Εγγύτητα στους χρήστες**

Καθώς οι μετεωρολογικές υπηρεσίες αναπτύσσονταν, ένα σημαντικό κριτήριο ήταν η εγκατάσταση σταθμού σε περιοχές κοντά στους χρήστες, ιδιαίτερα κοντά σε χρήστες της αεροπορίας. Η σημαντικότητα αυτού του κριτηρίου φαίνεται να μειώνεται καθώς η νόμιμη υποχρέωση να παρέχονται μετεωρολογικές υπηρεσίες σε σημαντικούς χρήστες δεν συνάδει πάντα με το ενδιαφέρον των κλιματολογικών μετρήσεων μιας περιοχής.

### **11. Διοικητικά Κριτήρια**

Οι εθνικές μετεωρολογικές υπηρεσίες και οι κυβερνήσεις θέλουν διαφορετικές περιοχές να έχουν συγκρίσιμες εγκαταστάσεις. Η αντικειμενικότητα σε διοικητικά κριτήρια όμως μπορεί να έχει μικρή κλιματολογική συνάφεια.



## 12. Κλιματολογικά Κριτήρια

Τα σημαντικότερα κλιματολογικά κριτήρια είναι τα ακόλουθα:

- Αντιπροσωπευτικότητα: Ένας μετεωρολογικός σταθμός πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικός της περιοχής του. Το κριτήριο αυτό είναι σημαντικό σε περιοχές με απλή τοπογραφία. Όταν η τοπογραφία του εδάφους είναι περισσότερο σύνθετη, τότε η αντιπροσωπευτικότητα καθορίζεται από την εμπειρία των ειδικών.
- Μορφολογία του εδάφους: Είναι προτιμότερο για την εγκατάσταση ενός σταθμού να είναι μακριά από εμπόδια όπως λόφοι ή χαράδρες. Ο κανόνας αυτός είναι φυσικά εφαρμόσιμος μόνο σε περιοχές με απλή τοπογραφία.
- Φύση του περιβάλλοντα χώρου: Πολλοί παράμετροι λαμβάνονται υπόψη εδώ, με μικρές διακυμάνσεις από κάθε μετεωρολογική υπηρεσία:
  - τύπος εδάφους
  - τύπος βλάστησης
  - φωταύγεια
  - παρούσα και μελλοντική ανοικοδόμηση της περιοχής
  - απόσταση από υδάτινες επιφάνειες
- Απουσία εμποδίων: Δυο κανόνες πρέπει να ικανοποιούν αυτό το κριτήριο:
  - για μεμονωμένα δέντρα και σπίτια: η απόσταση από το εμπόδιο πρέπει να είναι 10 φορές μεγαλύτερη από το ύψος του
  - για πόλεις και δάση: η απόσταση από τα εμπόδια πρέπει να είναι 20 φορές από το μέγιστο ύψος τους.

### 2.7.2 Κατηγοριοποίηση χωροθέτησης επιφανειακών συστημάτων παρατήρησης εδάφους.

Ο WMO στον οδηγό, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (WMO, 2014), ταξινομεί τους κατάλληλους τρόπους χωροθέτησης

μετεωρολογικού σταθμού με βάση την ακριβή και αξιόπιστη μέτρηση μετεωρολογικών παραμέτρων.

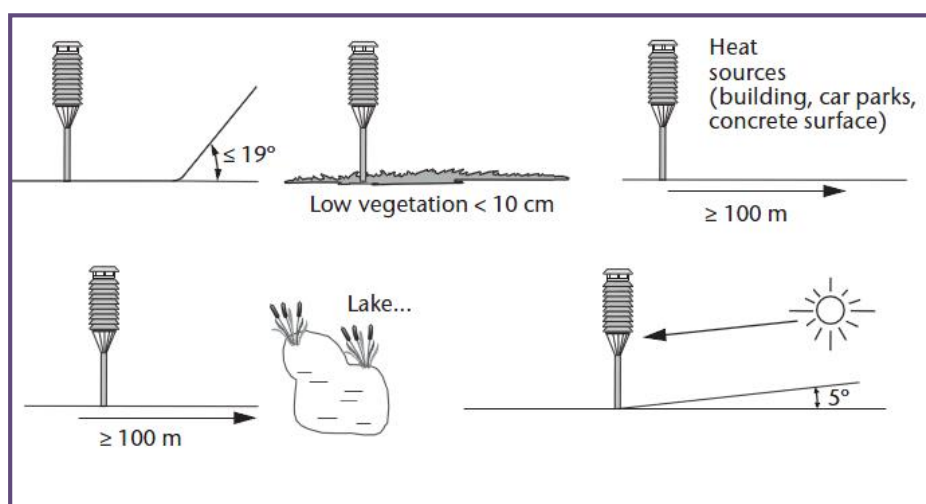
**1.** Στην **1<sup>η</sup> κατηγορία**, δηλαδή στην περιοχή που μπορούν να γίνουν ακριβείς μετρήσεις της θερμοκρασίας, τα κριτήρια επιλογής της θέσης είναι, μεταξύ άλλων:

(α) Επίπεδη, οριζόντια γη, που περιβάλλεται από ανοιχτό χώρο, με κλίση μικρότερη από  $19^\circ$

(β) Έδαφος καλυμμένο με φυσική και χαμηλή βλάστηση (<10εκ.)

(γ) Σημείο μέτρησης που βρίσκεται:

- i. Σε απόσταση μεγαλύτερη από 100 μέτρα από πηγές θερμότητας ή ανακλαστικές επιφάνειες
- ii. Σε απόσταση μεγαλύτερη από 100 μέτρα από υδάτινες επιφάνειες
- iii. Μακριά από όλες τις προβαλλόμενες σκιές όταν ο ήλιος είναι ψηλότερα από  $5^\circ$ .



**Εικόνα 2.2 :** Κριτήρια για τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα για τοποθεσίες Κατηγορίας 1

**Πηγή:**(WMO, 2014)

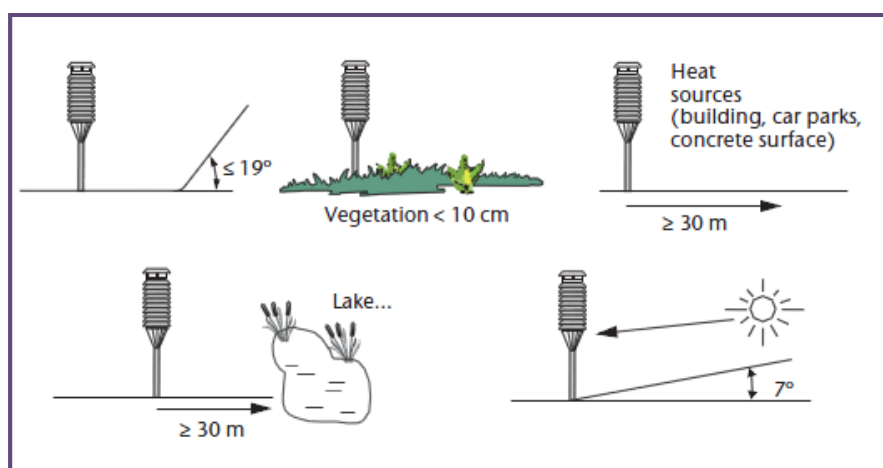
**2.** Στην **2<sup>η</sup> κατηγορία** ανήκουν οι περιοχές με τα εξής χαρακτηριστικά:

(α) Επίπεδη, οριζόντια έκταση, περιβαλλόμενη από ανοιχτό χώρο, κλίση μικρότερη από 19°

(β) Έδαφος καλυμμένο με χαμηλή βλάστηση <10 εκατ., αντιπροσωπευτικό της περιοχής

(γ) Σημείο μέτρησης που βρίσκεται:

- i. Σε απόσταση πάνω από 30 μέτρα από πηγές θερμότητας ή ανακλαστικές επιφάνειες
- ii. Σε απόσταση μεγαλύτερη από 30 μέτρα από έκταση νερού
- iii. Μακριά από όλες τις προβαλλόμενες σκιές όταν ο ήλιος είναι ψηλότερα από 7°



**Εικόνα 2.3** : Κριτήρια για τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα για τοποθεσίες Κατηγορίας 2

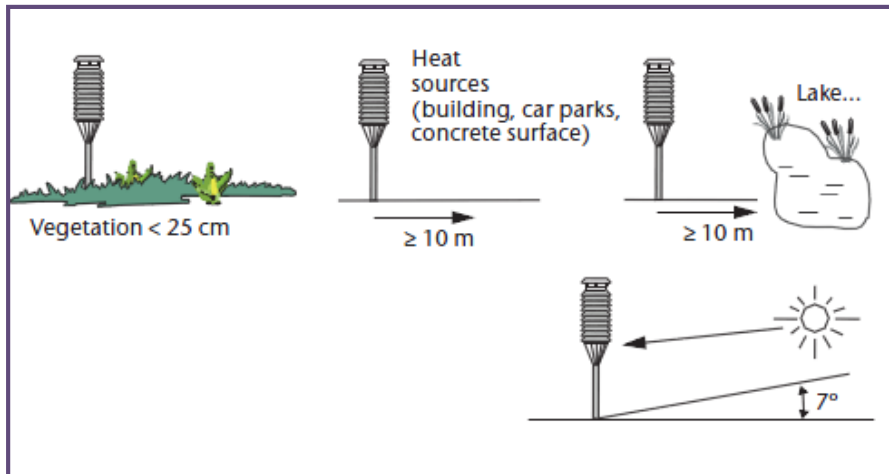
Πηγή:(WMO, 2014)

**3. Στην 3<sup>η</sup> κατηγορία** (εκτιμώμενη αβεβαιότητα μέχρι 1° C), ανήκουν οι περιοχές με τα εξής χαρακτηριστικά:

(α) Έδαφος καλυμμένο με φυσική και χαμηλή βλάστηση (<25 εκατοστά), αντιπροσωπευτικό της περιοχής

(β) Σημείο μέτρησης που βρίσκεται:

- i. Σε απόσταση μεγαλύτερη από 10 μέτρα από τεχνητές πηγές θερμότητας και ανακλαστικές επιφάνειες
- ii. Σε απόσταση μεγαλύτερη από 10 μέτρα από υδάτινες επιφάνειες
- iii. Μακριά από όλες τις προβαλλόμενες σκιές, όταν ο ήλιος είναι ψηλότερα από 7°



**Εικόνα 2.4 :** Κριτήρια για τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα για τοποθεσίες Κατηγορίας 3

**Πηγή:**(WMO, 2014)

**4. Στην 4<sup>η</sup> κατηγορία** (εκτιμώμενη αβεβαιότητα μέχρι 2° C), ανήκουν οι περιοχές με τα εξής χαρακτηριστικά:

(α) Κοντά σε τεχνητές πηγές θερμότητας , ανακλαστικές επιφάνειες ή υδάτινες επιφάνειες, καταλαμβάνοντας:

- i. Λιγότερο από 50% της επιφάνειας σε ακτίνα 10 μέτρα από τον αισθητήρα
- ii. Λιγότερο από 30% της επιφάνειας σε ακτίνα 3 μέτρα από τον αισθητήρα

(β) Μακριά από όλες τις προβαλλόμενες σκιές όταν ο ήλιος είναι μεγαλύτερος από 20°

## **2.8 Η χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Γ.Π.Σ.) στη χωροθέτηση μετεωρολογικών σταθμών.**

### **2.8.1 Χωρική ανάλυση με Γ.Π.Σ.**

Η χωρική ανάλυση (Spatial Analysis –SA), είναι τομέας της γεωγραφίας που μελετά ιδιότητες που σχετίζονται με τη γεωγραφική θέση (Miller and Wentz, 2003). Η ανάλυση χωρικών δεδομένων ασχολείται με τον κλάδο ανάλυσης δεδομένων όπου η γεωγραφική αναφορά αντικειμένων περιέχει σημαντικές πληροφορίες. Η χωρική ανάλυση αντιπροσωπεύει τη συλλογή από τεχνικές και μοντέλα που χρησιμοποιούν ρητά τη χωρική αναφορά κάθε περίπτωσης δεδομένων (Goodchild and Haining, 2004).

Οι γεωγραφικές πληροφορίες (Geographic Information –GI), μπορούν να θεωρηθούν ως πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά και φαινόμενα που συμβαίνουν κοντά στην επιφάνεια της γης. Αυτό που διακρίνει αυτό το συγκεκριμένο είδος πληροφοριών από άλλους τύπους είναι η παρουσία αναφοράς σε συγκεκριμένη γεωγραφική θέση, και τελικά οι γεωγραφικές πληροφορίες μπορούν να θεωρηθούν σαν αναφορά για ένα χαρακτηριστικό, μια έννοια ή μια μέτρηση. Η γεωγραφική θέση περιλαμβάνει τρεις χωρικές μεταβλητές όπως και το χρόνο αν υπάρχει εξάρτηση από αυτόν (Goodchild et al.,1999).

Ο όρος Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γ.Σ.Π. ( Geographic Information System GIS), χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε τεχνολογίες που περιλαμβάνουν όλες τις μορφές ψηφιακής ανάλυσης, τους χειρισμούς, την επικοινωνία την ανάκτηση και έξοδο. Τα GIS έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τους χειρισμούς, την ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων με βάση τη ψηφιακή γεωγραφική πληροφορία (Goodchild et al.,1999).

Τα Γ.Σ.Π. αποτελούν συλλογή αλληλένδετων υπολογιστικών προγραμμάτων που έχουν σχεδιαστεί για τον χειρισμό και την επεξεργασία χωρικών πληροφοριών. Με δεδομένα που οργανώνονται με βάση τη τοποθεσία, προκύπτουν μοναδικές δυνατότητες. Οι πληροφορίες συναθροίζονται με βάση τη θέση στο χώρο και προβάλλονται με τη μορφή χαρτών, επιτρέποντας της εύκολη απεικόνιση της δομής και των σχέσεων σε πολύπλοκα περιφερειακά σύνολα δεδομένων και δημιουργώντας κάτι σαν επανάσταση στη διαβίβαση πληροφοριών (Kvamme, 1999).

Με τα σύγχρονα γραφικά του υπολογιστή ο χάρτης Γ.Π.Σ. απομακρύνεται από την παραδοσιακή χαρτογραφική αναπαράσταση χρησιμοποιώντας παλέτες χρωμάτων, απεικονίσεις πολλαπλών χωρικών μεταβλητών, προσομοιώσεις, τρισδιάστατες απόψεις, επικαλύψεις, σκηνικά, περιστροφές, προφίλ και πολλά άλλα. Με λίγα λόγια τα Γ.Π.Σ., που με το πέρασμα των χρόνων γίνονται περισσότερο σύνθετα στη λειτουργία τους (Goodchild et al., 2007), μπορούν να θεωρηθούν σαν μηχανή απεικόνισης πληροφοριών με εκτεταμένη ανάλυση, δημιουργία δεδομένων και δυνατότητες χειρισμού. Για λίγο περισσότερο από μια δεκαετία τα Γ.Σ.Π. και τα σχετικά χαρτογραφικά εργαλεία, έχουν μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο οι ακαδημαϊκοί σχεδόν σε κάθε χωρική επιστήμη προσεγγίζουν την ερμηνεία των δεδομένων τους και την επίλυση των προβλημάτων (Kvamme, 1999).

Τα Γ.Π.Σ. αποδίδουν γεωγραφική ταυτότητα στις κάθε είδους ιδιότητες και θεματικές πληροφορίες που ενσωματώνονται σε αυτά. Η γεωγραφική διάσταση των πληροφοριών υλοποιείται με τα διάφορα συστήματα συντεταγμένων και τους ψηφιακούς χάρτες (διανυσματικούς ή ψηφιδωτούς). Ένα Γ.Π.Σ. περιλαμβάνει μηχανισμούς και διαδικασίες τόσο για τη διαχείριση των χωρικών πληροφοριών, όσο και των περιγραφικών. Σε κάθε σημείο του χώρου αντιστοιχίζονται:

- *Χωρικά δεδομένα (spatial data)*, που προσδιορίζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στοιχείου (θέση, διαστάσεις, σχήμα, κ.τ.λ.) που έχουν άμεση σχέση με τον εντοπισμό του.

- *Περιγραφικά δεδομένα* ή μη χωρικά δεδομένα (aspatial data ή attributes), που αναφέρονται σε χαρακτηριστικά ή ιδιότητες που αποδίδονται στο συγκεκριμένο στοιχείο του χώρου και δεν σχετίζονται άμεσα με τον εντοπισμό του (Καπαγερίδης, 2006).

Βασικές λειτουργίες των Γ.Σ.Π. είναι (Χαλκιάς, 2011):

1. Καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων, όπως η ψηφιοποίηση αναλογικού χάρτη.
2. Διαχείριση και ανάκτηση, όπως η επιλογή δεδομένων με ερωτήματα στη βάση περιγραφικών δεδομένων.
3. Χωρική ανάλυση και μετρήσεις, όπως υπέρθεση θεματικών επιπέδων, μετρήσεις μηκών, εμβαδών ή αποστάσεων μεταξύ γεωγραφικών οντοτήτων.
4. Οπτικοποίηση και γραφική απεικόνιση, όπως δημιουργία θεματικών χαρτών και δημιουργία 3d απεικονίσεων του χώρου.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα των Γ.Σ.Π. σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους αρχειοθέτησης - ανάλυσης - παρουσίασης γεωγραφικών δεδομένων σχετίζονται με:

- Την αξιοποίηση δεδομένων από διαφορετικές πηγές (data integration).
- Την ευκολία αναθεωρήσεων - ενημερώσεων.
- Την ευκολία αποθήκευσης και ανάκτησης πληροφοριών.
- Τις εξελιγμένες δυνατότητες επεξεργασίας - μοντελοποίησης.
- Τις δυνατότητες αυτοματοποιημένης χαρτογραφίας (ευκολία δημιουργίας εναλλακτικών χαρτογραφικών επιλογών, ευκολία παραγωγής χαρτών, 3d διαγραμμάτων κ.α.).

Κοινός στόχος της χωρικής ανάλυσης και των Γ.Σ.Π. είναι να βελτιώσει τις ικανότητες για τη κατανόηση γεωγραφικών φαινομένων και την επίλυση

γεωγραφικών προβλημάτων (Goodchild and Haining, 2004). Τα Γ.Σ.Π. εκτελούν τέσσερις βασικές λειτουργίες σε χωρικά δεδομένα:

- Είσοδος δεδομένων
- Αποθήκευση
- Ανάλυση δεδομένων
- Έξοδος αποτελεσμάτων

### **2.8.2 Εφαρμογές Γ.Σ.Π. στη χωροθέτηση**

Τα Γ.Σ.Π. έχουν εφαρμοστεί στην χωροθέτηση εγκαταστάσεων και έχει αποδειχθεί ότι είναι ικανό εργαλείο για το σχεδιασμό εγκαταστάσεων, που ενισχύει σημαντικά τον προγραμματισμό και τη λήψη αποφάσεων (Murray, 2010).

Οι Baltas et al., μελέτησαν τη βελτιστοποίηση του υπάρχοντος δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών της Ελλάδας χρησιμοποιώντας μεθόδους Γ.Σ.Π. Το βέλτιστο δίκτυο αποτελείται από 1379 υδρομετεωρολογικούς σταθμούς και οι συνθήκες για τη βελτιστοποίηση του στηρίζονται σε κατευθυντήριες γραμμές διεθνών οργανώσεων. Η ενιαία χωρική κατανομή των σταθμών και τα κριτήρια που αφορούν την επιλογή κατάλληλου χώρου, όπως η κλίση του εδάφους, η εύκολη πρόσβαση και η εγγύτητα σε σημεία ειδικού ενδιαφέροντος, ήταν σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη της μελέτης. Τελικά, μόνο το 20% των υφιστάμενων σταθμών πρέπει να παραμείνουν στις θέσεις τους και περιλαμβάνονται στο βελτιστοποιημένο σχέδιο, ενώ οι υπόλοιποι θα πρέπει να ανακατανεμηθούν σύμφωνα με τους προτεινόμενους χώρους του βελτιστοποιημένου δικτύου (Baltas et al., 2009).

Οι Zhao et al. μελέτησαν ένα γραμμικό μοντέλο για τον προσδιορισμό των βέλτιστων θέσεων για την εγκατάσταση οδικών πληροφοριακών συστημάτων, που συλλέγουν και παρακολουθούν την εξέλιξη του καιρού και του οδοστρώματος, σε μια μεγάλη πόλη, όπως η Νέα Υόρκη. Με βάση τρία κριτήρια επιλογής, τις καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες κυκλοφορίας, την απόσταση από



οδικά πληροφοριακά συστήματα και τη χρήση Γ.Σ.Π., εντοπίζονται οι βέλτιστες θέσεις εγκατάστασης οδικών πληροφοριακών συστημάτων, με στόχο τη μείωση ατυχημάτων που σχετίζονται με τον καιρό και αύξηση της αποτελεσματικότητας συντήρησης του οδικού δικτύου (Zhao et al.,2015).

Οι Coulibaly et al. στη μελέτη τους αξιολόγησαν τη πυκνότητα του Εθνικού Υδρομετρικού Δικτύου του Καναδά με βάση διεθνή πρότυπα, όπως οι κατευθυντήριες γραμμές του WMO για την υδρομετρία. Ένα εργαλείο της αριθμομηχανής του ArcGIS εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό περιοχών που πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές του WMO και τις περιοχές του Καναδά που δεν πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές (Coulibaly et al.,2013).

### **2.8.3 Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων**

Η πολυκριτηριακή ανάλυση λήψης αποφάσεων, (Multiple-Criteria Decision Analysis – MCDA), μπορεί να οριστεί σαν μια συλλογή τυπικών προσεγγίσεων με στόχο τη παροχή βοήθειας σε μεμονωμένα άτομα ή ομάδες ατόμων, που διερευνούν σημαντικές αποφάσεις, λαμβάνοντας υπόψη βασικούς παράγοντες. Η πολυκριτηριακή ανάλυση βοηθά τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να αναλύσουν πιθανές ενέργειες ή εναλλακτικές λύσεις που βασίζονται σε πολλαπλούς μη υπολογίσιμους παράγοντες ή κριτήρια, χρησιμοποιώντας κανόνες λήψης αποφάσεων ως κριτήρια για να αξιολογηθούν ή να ταξινομηθούν οι εναλλακτικές λύσεις (Greene et al.,2011). Με τη χρήση πολυκριτηριακών αναλύσεων, οι εργασίες επιλογής αποσυντίθενται σε απλούστερα τμήματα, από τα οποία άλλα είναι πιθανολογικά και άλλα έχουν σχέση με συγκεκριμένες τιμές (Schum, 2013).

Τα προβλήματα Πολυκριτηριακής Ανάλυσης μπορούν να χωριστούν σε δυο υποκατηγορίες:

- Πολύ Αντικειμενική Λήψη Απόφασης (Multiple Objective Decision Making –MODM)

- Πολύ Χαρακτηριστική Λήψη Απόφασης (Multiple Attribute Decision Making- MADM).

Ο διαχωρισμός των μεθόδων βασίζεται στο αν υπάρχουν ή όχι πολλαπλοί στόχοι. Αν ο αναλυτής αποφασίσει ότι οι πολλαπλοί στόχοι είναι είτε συμπληρωματικοί, είτε μπορεί να δοθεί προτεραιότητα, τότε εφαρμόζονται μέθοδοι MADM. Αν οι πολλαπλοί στόχοι βρίσκονται σε σύγκρουση απαιτούνται μέθοδοι MODM.

Οι κυριότερες τεχνικές Πολυκριτηριακής Ανάλυσης που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

1. *Μη αντισταθμιστικές Μέθοδοι Σύγκρισης (Non - Compensatory Aggregation Methods)*. Συχνά χρησιμοποιούνται για διαλογή και επιλογή, ενώ περιλαμβάνουν τις μεθόδους: (Jankowski, 1995)

- Συνδετικές (Conjunctive): Επιδέχονται εναλλακτικές λύσεις εάν πληρούν μια τιμή αποκοπής για κάθε κριτήριο.
- Διαζευτικές (Disjunctive): Επιδέχονται εναλλακτικές λύσεις που πληρούν μια τιμή αποκοπής τουλάχιστον σε ένα κριτήριο.
- Λεξικογραφικές (Lexicographic): Τα κριτήρια κατατάσσονται ιεραρχικά και στη συνέχεια απαλείφονται οι εναλλακτικές λύσεις συγκρινόμενες με το υψηλότερο κριτήριο.
- Εξάλειψη πτυχών (Elimination by aspects): Χρησιμοποιείται μια λεξικογραφική προσέγγιση αλλά επιβάλλεται μια συνδετική αποκοπή για κάθε κριτήριο.
- Επικράτηση (Dominance): Αναζητούνται κυρίαρχες εναλλακτικές λύσεις τόσο υψηλές όσο κάθε άλλη εναλλακτική λύση για κάθε κριτήριο.

2. *Μέθοδοι Βαρύτητας (Weighting Methods)*. Χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες μέθοδοι για την εξαγωγή σχετικών βαρών σημασίας, πριν την εφαρμογή μιας μεθόδου αντιστάθμισης και περιλαμβάνουν τις εξής περιπτώσεις: (Malczewski, 1999)

- Σειρά κατάταξης (Ranking): Κατατάσσονται τα κριτήρια και μετατρέπεται η σειρά σε βάρη.
  - Ταξινόμηση (Rating): Κατατάσσει τα κριτήρια χρησιμοποιώντας μια κοινή κλίμακα.
  - Ανάλυση Αντιστάθμισης (Trade-off analysis): Πραγματοποιείται άμεση αξιολόγηση των αντισταθμίσεων μεταξύ ζευγών κριτηρίων για τον προσδιορισμό των τιμών αποκοπής που θεωρούνται σημαντικές.
  - Αναλυτική Διαδικασία Ιεραρχίας (Analytic hierarchy process): Συγκρίνει τα κριτήρια σε μια ασαφή - γλωσσική κλίμακα αναλογίας και στη συνέχεια υπολογίζει το συνολικό σχετικό βάρος με βάση τους συνολικούς υπολογισμούς όλων (Saaty,2005).
3. *Μέθοδοι συγκριτικής άθροισης (Compensatory Aggregation Methods):* Δεν απαιτούν τη σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων σε ζευγάρια και χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:
- Συμπληρωματικές μέθοδοι που κανονικοποιούν βαθμολογίες κριτηρίων για να επιτρέψουν τη σύγκριση των επιδόσεων σε κοινή κλίμακα, όπως οι εξής :
    - i. Σταθμισμένοι Γραμμικοί Συνδυασμοί (Weighted Linear Combination)
    - ii. Ασαφής Προσθετική Βαρύτητα (Fuzzy Additive Weighting)
    - iii. Σταθμισμένος Μέσος Όρος (Ordered Weighting Averaging)
  - Μη προσθετικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν τις αρχικές βαθμολογίες κριτηρίων όπως:
    - i. Ιδανικό σημείο (Ideal Point)
    - ii. Μη επικρατούσα σειρά (Non-dominated set)
    - iii. Μέθοδος εύλογων στόχων (Reasonable goals method)
4. *Υπερέχοντες Μέθοδοι Σύγκλισης* . Οι μέθοδοι αυτοί συγκρίνουν μεταξύ ζευγαριών ενός διακριτού συνόλου εναλλακτικών λύσεων για την ταξινόμηση τους με βάση τη συμφωνία και την αντίφαση. Γνώστες μέθοδοι αυτής της κατηγορίας είναι οι:

- ELECTRE (Figueira et al., 2005)
- PROMETHEE (Brans et al., 2005)

5. *Μέθοδοι Μαθηματικού Προγραμματισμού.* Οι μέθοδοι αυτοί προσπαθούν να βρουν τον βέλτιστο τρόπο για να ικανοποιηθούν οι στόχοι με την επίλυση συστημάτων εξισώσεων όπως οι:

- Γραμμικός/ακέραιος προγραμματισμός
- Στόχος /συμβιβασμός προγραμματισμού
- Διαδραστικός προγραμματισμός

6. *Μέθοδοι Αυτοδιδασχής (Heuristic Methods).* Η μαθηματική βελτιστοποίηση δεν είναι δυνατή όταν υπάρχει μεγάλος αριθμός εναλλακτικών λύσεων, όπως σε χωρικά μοντέλα που χρησιμοποιούν επίπεδα ράστερ. Οι παραπάνω μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν μεταξύ αντικρουόμενων στόχων αναζητείται βέλτιστη λύση. Τέτοιες μέθοδοι είναι (Greene et al., 2011):

- Πολλαπλός στόχος κατανομής γης (Multiple-objective land allocation)
- Γενετικοί Αλγόριθμοι (Genetic algorithms)
- Προσομοίωση απόψησης (Simulated annealing)

#### **2.8.4 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Γ.Σ.Π.**

Τα προβλήματα χωρικών αποφάσεων περιλαμβάνουν τυπικά ένα σύνολο επιλογών απόφασης και πολλαπλών κριτηρίων αξιολόγησης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεν εξαρτώνται μόνο από το γεωγραφικό μοντέλο εναλλακτικών λύσεων απόφασης, αλλά και τις εκτιμήσεις αξίας που εμπλέκονται στην διαδικασία λήψης αποφάσεων. Ο συνδυασμός πολυκριτηριακής ανάλυσης – Γ.Σ.Π. είναι μια διαδικασία που συνδυάζει και μετατρέπει τα γεωγραφικά δεδομένα και τις προτιμήσεις του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων σε μια προκύπτουσα απόφαση.

Οι διαδικασίες πολυκριτηριακής ανάλυσης – Γ.Σ.Π. περιλαμβάνουν τη χρήση γεωγραφικών δεδομένων, τις προτιμήσεις του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων, το χειρισμό των δεδομένων και προτιμήσεων σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες απόφασης.

Τα Γ.Σ.Π. παρέχουν ένα σύνολο μεθόδων και διαδικασιών επεξεργασίας των γεωγραφικών δεδομένων για την επεξεργασία πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων. Ωστόσο, τα Γ.Σ.Π. έχουν περιορισμένες δυνατότητες αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων σχετικά με τις απαιτήσεις λήψης αποφάσεων. Αυτές οι δυνατότητες μπορούν να ενισχυθούν με την ενσωμάτωση πολυκριτηριακικών αποφάσεων και Γ.Σ.Π.

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων παρέχει μια μεθοδολογία για την καθοδήγηση των υπεύθυνων λήψης αποφάσεων μέσω της κρίσιμης διαδικασίας αποσαφήνισης των κριτηρίων και του καθορισμού των αξιών που σχετίζονται με την κατάσταση απόφασης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα συνδυασμού πολυκριτηριακής ανάλυσης και Γ.Σ.Π. συνοψίζονται ως εξής:

- ✓ Ο υπεύθυνος λήψης απόφασης μπορεί να εισάγει εκτιμήσεις αξίας, δηλαδή προτιμήσεις που αφορούν τα κριτήρια απόφασης και τις εναλλακτικές λύσεις, στη λήψη αποφάσεων με βάση τα Γ.Σ.Π.
- ✓ Ενισχύεται η εμπιστοσύνη του υπεύθυνου λήψης απόφασης στα πιθανά αποτελέσματα της υιοθέτησης μιας συγκεκριμένης στρατηγικής σε σχέση με τις αξίες της.
- ✓ Μπορεί να βοηθήσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να κατανοήσουν τα αποτελέσματα των αποφάσεων που βασίζονται στα Γ.Σ.Π. συμπεριλαμβανομένων των συμψηφισμών μεταξύ των στόχων πολιτικής, και στη συνέχεια να χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα με συστηματικό και αξιόπιστο τρόπο στην ανάπτυξη συστάσεων πολιτικής (Malczewski, 2010).

### 2.8.5 Εφαρμογές Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και Γ.Π.Σ.

Ο συνδυασμός Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε περιβάλλον Γ.Π.Σ., βρίσκει πολλές εφαρμογές, όπως προκύπτει από τον μεγάλο αριθμό μελετών.

Οι Villacreses et al., 2007 και οι Haddad et al., 2017, μελέτησαν την εγκατάσταση αιολικού πάρκου στο Εκουαδόρ και στην Αλγερία αντίστοιχα, με το συνδυασμό πολυκριτηριακών αναλύσεων σε περιβάλλον Γ.Π.Σ.

Οι Gbanie et al., 2013, μελέτησαν ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τον εντοπισμό δημοτικών χώρων υγειονομικής ταφής σε αστικές περιοχές στη Σιέρα Λεόνε. Το πλαίσιο περιλαμβάνει μια προσέγγιση των Γ.Π.Σ. και πολυκριτηριακής μεθόδου που συνδυάζει δυο τεχνικές συσσωμάτωσης, σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό και σταθμισμένο μέσο όρο. Αντίστοιχα οι Gemitzi et al., 2010, μελέτησαν τη χωροθέτηση χώρων υγειονομικής ταφής στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης, και χώρους διαχείρισης υγρών αποβλήτων, με τη χρήση της πολυκριτηριακής μεθόδου σταθμισμένης επικάλυψης κριτηρίων και Γ.Π.Σ.

Μια μεθοδολογία βασισμένη στο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών σε συνδυασμό με την ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων, χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί η καταλληλότητα εναλλακτικών τοποθεσιών για τον εντοπισμό θέσεων προτεραιότητας για τη δημιουργία σεισμικών σταθμών σε ηφαιστιογενές πεδίο της Σαουδικής Αραβίας από τους Qaddad et al., 2015, βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικούς στόχους και την οικονομική σκοπιμότητα, τα κριτήρια αναπτύχθηκαν σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. και οι βαθμοί ικανοποίησης για κάθε εναλλακτική τοποθεσία, υπολογίζονται χρησιμοποιώντας σταθμισμένο εργαλείο επικάλυψης.

Μελέτη πολυκριτηριακής διαδικασίας αξιολόγησης σε περιβάλλον Γ.Π.Σ., πραγματοποιήθηκε από τους Perpina et al., 2013, για τον εντοπισμό τοποθεσιών κατάλληλων για την κατασκευή μονάδων βιομάζας σε ευρωπαϊκή περιφέρεια της Μεσογείου και πιο συγκεκριμένα στη Βαλένθια της Ισπανίας, όπου τα δάση και οι γεωργικές εκτάσεις καλύπτουν μεγάλο τμήμα του εδάφους της. Για να

επιτευχτεί ο στόχος αυτός, καθορίστηκαν τα βασικά κριτήρια που σταθμίστηκαν στο πλαίσιο της ανάλυσης ιεραρχίας και χωρίστηκαν σε ομάδες, περιβαλλοντικές, κοινωνικές, οικονομικές. Οι καλύτερες εναλλακτικές λύσεις, αποκτήθηκαν με την εφαρμογή των μεθόδων σταθμισμένης επικάλυψης και ιδανικής μεθόδου σημείου, ενώ με το συνδυασμό Γ.Π.Σ. προέκυψαν τα τελικά αποτελέσματα.

Οι Kar et al., 2015, μελέτησαν την εγκατάσταση βροχομετρικών σταθμών, σε περιοχή της Ινδίας, ικανό για την πρόγνωση πλημμυρών συνδυάζοντας ανάλυση ιεραρχίας σε περιβάλλον Γ.Π.Σ.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

### 3.1 Γενικό περίγραμμα μεθοδολογίας

Η παρούσα διατριβή επικεντρώνεται στην εξεύρεση βέλτιστων τοποθεσιών για την εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών στη περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, με βάση κριτήρια που καθορίζονται από τον WMO. Παρόλο που τα κριτήρια χωροθέτησης που καθορίζονται από τον WMO περιλαμβάνουν οικονομικούς, νομικούς, ενεργειακούς παράγοντες, η συγκεκριμένη διατριβή επικεντρώνεται στη χωρική μελέτη εγκατάστασης νέων μετεωρολογικών σταθμών στη συγκεκριμένη περιφέρεια.

Εκτός από την εύρεση των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης, καθορίζεται και ο βαθμός καταλληλότητας των περιοχών που έχουν επιλεγεί, ώστε να αναδειχτούν οι περιοχές της περιφέρειας που είναι περισσότερο ή λιγότερο κατάλληλες για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού. Τέλος, εκτός από την ανάδειξη νέων τοποθεσιών χωροθέτησης, εκτιμάται σε ποιο βαθμό είναι κατάλληλα εγκατεστημένοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί, που ανήκουν ή διαχειρίζονται από την Ε.Μ.Υ., που ήδη υπάρχουν στην περιφέρεια, με βάση τα κριτήρια που έχουν τεθεί.

Στο πρώτο στάδιο της εφαρμογής, καθορίζονται τα βασικά κριτήρια για τη χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού στη περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας –Θράκης, όπως ορίζονται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και βάσει του σκοπού που εξυπηρετεί η συγκεκριμένη μελέτη.



Τα βασικά κριτήρια χωροθέτησης που καθορίζονται από τον WMO στον οδηγό Guide to Meteorological Instruments Methods of Observation –No 8 ,2014, και λαμβάνονται υπόψη στη παρούσα διατριβή, αφορούν κριτήρια τοποθέτησης οργάνων μέτρησης βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και τα κατακρημνίσματα. Τα κριτήρια αυτά είναι:

*(1) Η κάλυψη γης*

*(2) Η κλίση του εδάφους*

*(3) Η απόσταση από υδάτινες επιφάνειες*

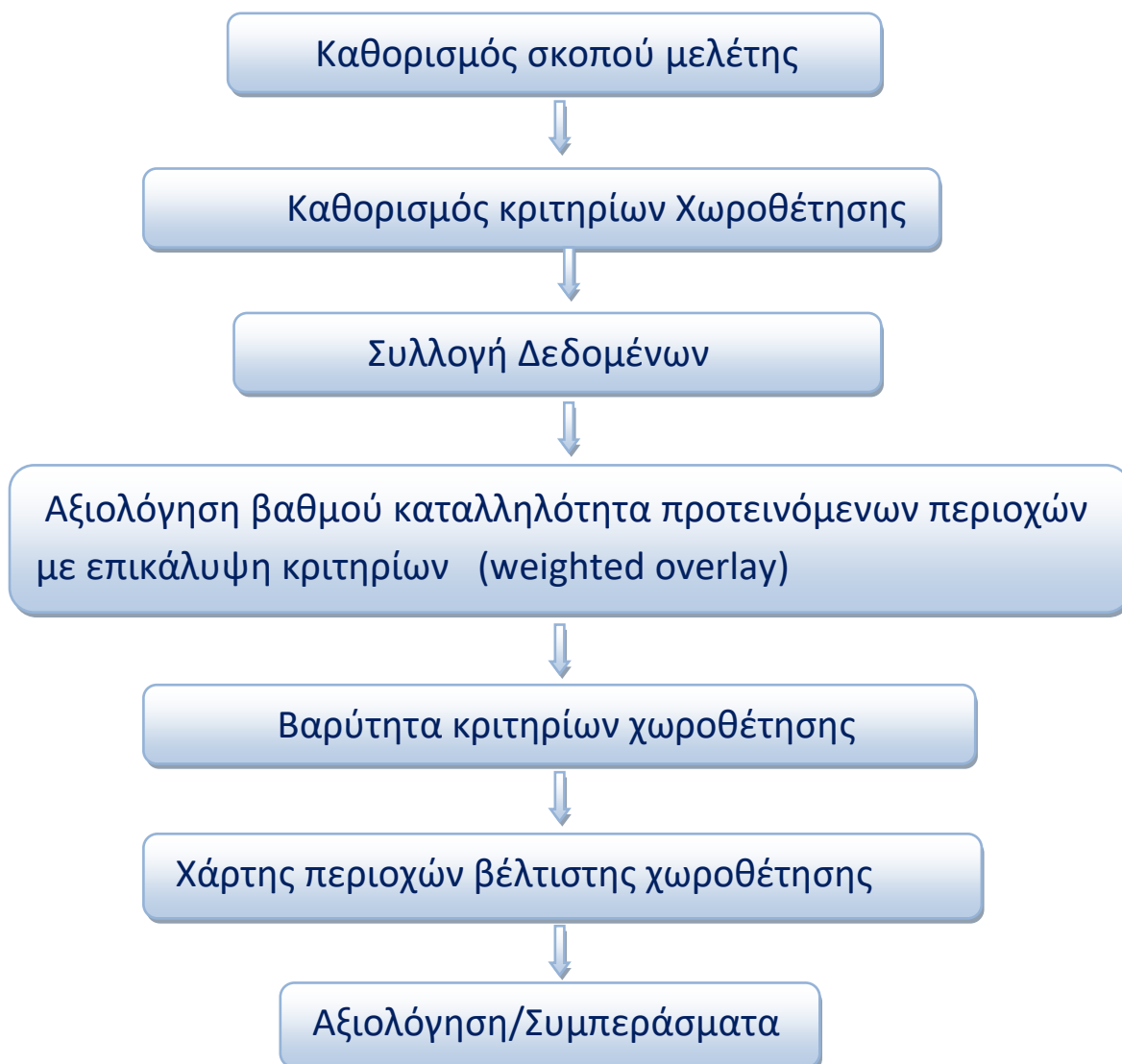
Τα παραπάνω βασικά κριτήρια μετατρέπονται αρχικά σε μια ενιαία κλίμακα βαθμολόγησης (από το 0 έως το 10), έτσι ώστε στη συνέχεια να μπορούν να επικαλυφθούν με τη χρήση του εργαλείου Weighted Overlay (σταθμισμένη επικάλυψη), του Spatial Analyst (χωρικού αναλυτή). Καθορίζεται στη συνέχεια το βάρος επιρροής του κάθε κριτηρίου στην αξιολόγηση της κάθε περιοχής χωροθέτησης.

Η βαθμολόγηση των κριτηρίων καθορίζεται με βάση την βιβλιογραφία και κυρίως την ταξινόμηση που γίνεται από τον WMO στον οδηγό Guide to Meteorological Instruments Methods of Observation –No 8, 2014, βασικών απαιτήσεων σε παράγοντες όπως η κάλυψη γης της περιοχής, η κλίση του εδάφους, η απόσταση από υδάτινες επιφάνειες, έτσι ώστε να μετρούνται με ακρίβεια και αξιοπιστία βασικές μετεωρολογικές παράμετροι.

Η χρήση γης είναι το κριτήριο που θεωρείται ότι έχει τη μέγιστη βαρύτητα στην επιλογή κατάλληλου χώρου εγκατάστασης μετεωρολογικού σταθμού, ακολουθεί η κλίση του εδάφους και τέλος η απόσταση από υδάτινες επιφάνειες.

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την δημιουργία και επεξεργασία των χωρικών ερωτημάτων είναι το QGIS (Quantum GIS).

Το γενικό περίγραμμα της μεθοδολογίας είναι αυτό που απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



**Διάγραμμα 3.1:** Γενικό περίγραμμα μεθοδολογίας

### **3.2 Καθορισμός Κριτηρίων Χωροθέτησης - Συλλογή Δεδομένων**

Ο καθορισμός των κριτηρίων είναι βασικός όρος για την εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. (Hwang et al., 1981).

Τα κριτήρια που ορίζονται από τον WMO, και λαμβάνονται υπόψη στη παρούσα διατριβή, για τις βέλτιστες θέσεις χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, είναι τρία βασικά κριτήρια τοποθέτησης οργάνων μέτρησης βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, και συγκεκριμένα:

- Η κάλυψη γης
- Η κλίση του εδάφους
- Η απόσταση από υδάτινες επιφάνειες

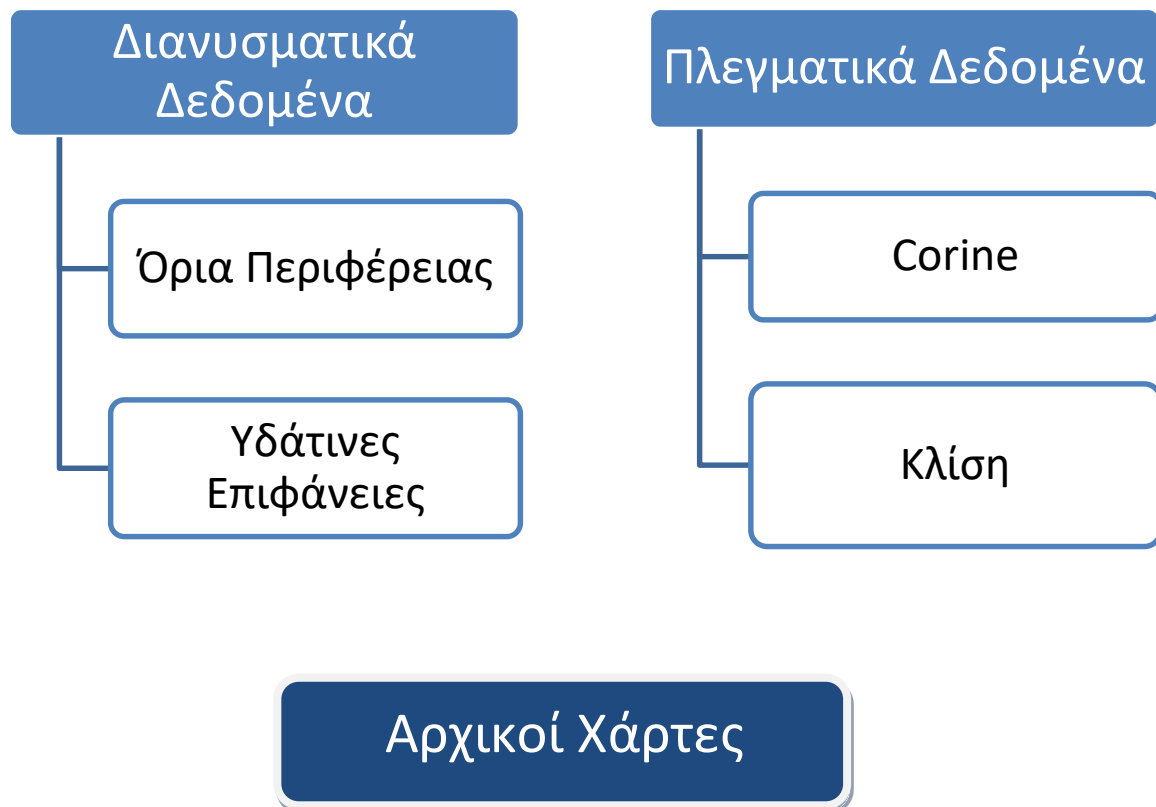
Αρχικά το αρχείο που περιέχει τις περιφέρειες της Ελλάδας μεταφορτώνεται στο QGIS με μορφή shape file από τον ιστότοπο GEODATA.gov.gr, που παρέχει ανοιχτά και προσβάσιμα γεωγραφικά δεδομένα, και «κόβεται» στα όρια της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης.

Με τον ίδιο τρόπο εισάγονται τα υπόλοιπα πρωτογενή διανυσματικά δεδομένα δηλαδή τα ποτάμια οι λίμνες, όπως και η ακτογραμμή και οι πόλεις της περιφέρειας.

Από δεδομένα του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου, στα πλαίσια της θεματικής ενότητας ΔΠΠ51, μεταφορτώνονται τα πλεγματικά δεδομένα κάλυψης γης CORINE και υψόμετρου του ελλαδικού χώρου και κόβονται στα όρια της περιοχής μελέτης, και η κλίση του εδάφους προκύπτει από το πλεγματικό αρχείο του υψομέτρου.

Προκύπτει έτσι αρχικά ο χάρτης της περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης με διανυσματικά και πλεγματικά δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή των κριτηρίων χωροθέτησης.

Ο τρόπος εργασίας που ακολουθείται για την εξαγωγή των πρωτογενή δεδομένων, απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



**Διάγραμμα 3.2:** Διάγραμμα εξαγωγής αρχικού χάρτη

### 3.3 Επαναταξινόμηση τιμών Κριτηρίων

Οι περισσότερες μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης απαιτούν τη μετατροπή των κριτηρίων σε ενιαία κλίμακα βαθμολόγησης με την οποία μπορούν να συγκριθούν. Η γραμμική κλίμακα μετασχηματισμού είναι η πιο απλή και η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη (Carver, 1991; Jianget et al.,2000; Robinson et al.,2002). Οι προσεγγίσεις κλιμάκωσης τιμών με προσανατολισμό πολυκριτηριακής ανάλυσης, περιλαμβάνουν τη κατασκευή μιας συνάρτησης αξίας (χρησιμότητα) η οποία είναι μια επίσημη αναπαράσταση της κρίσης ενός ανθρώπου (Malczewski, 2010).

Τα επίπεδα ενδιαφέροντος περιλαμβάνουν ψηφίδες με τιμές σε διαφορετικές κλίμακες. Για τον συνδυασμό των επιπέδων αυτών, είναι απαραίτητος ο μετασχηματισμός των τιμών τους έτσι ώστε οι ψηφίδες τους να έχουν τιμές σε κοινή κλίμακα ταξινόμησης. Επομένως σε αυτό το στάδιο τα δεδομένα επαναταξινομούνται σε ενιαία κλίμακα. Η παραμετροποίηση των αρχείων στη νέα κλίμακα γίνεται εμπειρικά, με βάση αναφορές της βιβλιογραφίας, και πιο συγκεκριμένα την κατηγοριοποίηση χωροθέτησης επιφανειακών συστημάτων παρατήρησης του WMO, που περιγράφεται στη παράγραφο 2.7.2.

Πραγματοποιείται ομογενοποίηση των κριτηρίων δηλαδή των θεματικών επιπέδων:

- CORINE
- της κλίσης του εδάφους
- της απόστασης από υδάτινες επιφάνειες

Ιδιαίτερα για την απόσταση από υδάτινες επιφάνειες, δημιουργούνται ζώνες αποκλεισμού, απόστασης 100 μέτρων από τις λίμνες, τα ποτάμια και την ακτογραμμή, ενώ τα διανυσματικά αρχεία μετατρέπονται σε πλεγματικά την περεταίρω επεξεργασία τους.

Οι τιμές της κλίμακας 0 έως 10 αντιστοιχούν, στους εξής χαρακτηρισμούς :

- Τιμές στο εύρος [0 έως 2] αντιστοιχούν σε περιοχές απαγορευτικές για εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού
- Τιμές στο εύρος [2 έως 4] αντιστοιχούν σε περιοχές με μικρή καταλληλότητα για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού
- Τιμές στο εύρος [4 έως 6] αντιστοιχούν σε περιοχές με μέση καταλληλότητα για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού
- Τιμές στο εύρος [6 έως 8] αντιστοιχούν σε περιοχές με ικανοποιητική καταλληλότητα για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού
- Τιμές στο εύρος [8 έως 10] αντιστοιχούν σε περιοχές με βέλτιστη καταλληλότητα για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού.

Η επαναταξινόμηση του αρχείου CORINE φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.1:** Ομοιογενοποίηση του επιπέδου CORINE της ΠΑΜΘ

<i>α/α</i>	<i>Κωδικός Corine</i>	<i>Περιγραφή περιοχής</i>	<i>Κλίμακα 0-10</i>
1	111- 313	1.1 Αστική οικοδόμηση 1.2 Βιομηχανικές, εμπορικές ζώνες και δίκτυα επικοινωνίας 1.3 Ορυχεία, χώροι απόρριψης απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης 1.4 Τεχνητές, μη γεωργικές ζώνες πρασίνου 2.1 Αρόσιμη γη 2.2 Μόνιμες καλλιέργειες 2.3 Λιβάδια 2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές 3.1 Δάση	0
2	321	Φυσικά λιβάδια	10
3	322	Θάμνοι και χερσότοποι	6
4	323	Σκληροφυλλική βλάστηση	4
5	324	Μεταβατικές δασώδεις – θαμνώδεις επιφάνειες	4
6	331	Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές	3
7	332	Απογυμνωμένοι βράχοι	2
8	333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	7
9	334	Αποτεφρωμένες εκτάσεις	1
10	335	Παγετώνες	0
11	411-523	4.1 Εσωτερικοί υγρότοποι 4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι 5.1 Χερσαία ύδατα 5.2 Θαλάσσια Ύδατα	0

Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό σύστημα παρακολούθησης της γης Κοπέρνικος ([www.land.copernicus.eu](http://www.land.copernicus.eu)), τα χαρακτηριστικά των περιοχών CORINE που κατατάσσονται στη κλίμακα 0 έως 10 είναι τα ακόλουθα:

- Φυσικά λιβάδια, που χαρακτηρίζονται οι περιοχές κάτω από καμία ή μέτρα ανθρώπινα επιρροή, με ποώδη βλάστηση με μέγιστο ύψος 150 εκατοστά.
- Οι θάμνοι και χερσότοποι, που αποτελούνται από χαμηλή βλάστηση, κυρίως χαμηλούς θάμνους.
- Η σκληροφυλλική βλάστηση, που αποτελείται από σκληρόφυτη βλάστηση σε στάδιο εξέλιξης, που περιλαμβάνει συνήθως μικρούς θάμνους.

- Η περιοχή με μεταβατικές δασώδεις – θαμνώδεις επιφάνειες, περιλαμβάνει μεταβατική βλάστηση με ποώδη βλάστηση και περιστασιακά διάσπαρτα δέντρα.
- Οι παραλίες, αμμόλοφοι και αμμουδιές, που περιλαμβάνουν φυσικές εκτάσεις άμμου ή βότσαλου/ χαλικιού.
- Οι απογυμνωμένοι βράχοι, που περιλαμβάνουν βράχια και περιοχές ενεργούς διάβρωσης.
- Οι εκτάσεις με αραιή βλάστηση, που περιλαμβάνουν περιοχές με αραιή βλάστηση, που καλύπτουν 10-50% της επιφάνειας του εδάφους.
- Οι αποτεφρωμένες εκτάσεις, που περιλαμβάνουν καμένες περιοχές δασών, πεδιάδων, σκληροφυλλικής βλάστησης, που έχουν πληγεί από πρόσφατες πυρκαγιές

Οι αποτεφρωμένες εκτάσεις είναι πιθανό να εντάσσονται σε περιοχές που σύμφωνα με την εγκύκλιο ΑΔΑ: 7ΛΑΑ4653Π8 – ΠΞΛ (30/8/2017), του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, κρίνονται άμεσα αναδασωτέες. Σύμφωνα όμως με τον WMO (WMO No-8, 2014), μια πλήρης ενημέρωση των κατηγοριών του χώρου, πρέπει να γίνεται τουλάχιστον ανά πενταετία.

Η επαναταξινόμηση του αρχείου της κλίσης του εδάφους και της απόστασης από υδάτινες επιφάνειες φαίνεται, στους παρακάτω πίνακες 3.2 και 3.3.

**Πίνακας 3.2:** Ομοιογενοποίηση επιπέδου κλίσης εδάφους

**Πίνακας 3.3:** Ομοιογενοποίηση επιπέδου απόσταση από υδάτινες επιφάνειες

<i>a/a</i>	<i>Κλίση σε μοίρες</i>	<i>Κλίμακα 0-10</i>	<i>a/a</i>	<i>Απόσταση από ύδατα (m)</i>	<i>Κλίμακα 0-10</i>
1	0,102002 - 5	10	1	> = 100	10
2	5 - 7	6	2	< 100	0
3	7 - 19	3			
4	19 – 28,9176	3			

### 3.4 Βαρύτητα κριτηρίων

Σε αυτό το επίπεδο η σημαντικότητα των κριτηρίων ενσωματώνεται στη μοντελοποίηση. Η σταθμισμένη άθροιση συντελεστών (Simple Additive Weighting, SAW), είναι από τις μεθόδους που χρησιμοποιείται πολύ συχνά σε συνδυασμό με τα Γ.Π.Σ (Feick et al., 2004; Jiang et al., 2004). Ένας τελικός χάρτης μπορεί να προκύψει από το γινόμενο κάθε κριτηρίου με τον διορθωμένο συντελεστή βαρύτητας και προσθέτοντας το αποτέλεσμα από όλα τα αποτελέσματα του γινομένου. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα κριτήρια είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο (Chen et al., 2001).

Η σημαντικότητα των κριτηρίων, καθορίζεται με τη μορφή συντελεστών βαρύτητας. Η βαρύτητα των κριτηρίων ορίζεται εμπειρικά στην κλίμακα 0%-100% , ανάλογα με τη βαρύτητα που θεωρείται ότι παρουσιάζει κάθε κριτήριο στην επιλογή κατάλληλης θέσης χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού.

Για να καθοριστεί ποιο κριτήριο συμβάλει σε μεγαλύτερο βαθμό, λαμβάνονται υπόψη αναφορές από τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα οι απαιτήσεις για την κατάλληλη θέση τοποθέτησης μετεωρολογικών οργάνων, σε ένα τυπικό ή κλιματολογικό σταθμό, σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο καθορίζουν ότι τα υπαίθρια όργανα πρέπει να είναι τοποθετημένα σε έδαφος με χαμηλή βλάστηση, δεν πρέπει να υπάρχουν κοιλότητες του εδάφους και πρέπει να βρίσκονται μακριά από δέντρα, κτήρια ή άλλα εμπόδια (WMO, 2008)

Επιπλέον όπως ορίζεται από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (EPA, 1987), πρωταρχικός παράγοντας για τη τοποθέτηση μετεωρολογικών οργάνων, είναι η περιοχή που βρίσκεται μακριά από την επίδραση εμποδίων, όπως κτήρια και δένδρα, και θεωρείται ότι σε τέτοιου είδους τοποθεσία μπορούν να γίνουν παρατηρήσεις αντιπροσωπευτικές της ατμόσφαιρας της περιοχής ενδιαφέροντος.



Έτσι το κριτήριο που θεωρείται ότι έχει μεγαλύτερη συμμετοχή στη εύρεση κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, είναι η κάλυψη του εδάφους, ακολουθεί η κλίση του εδάφους και έπονται οι αποστάσεις από τις υδάτινες επιφάνειες.

Ο συντελεστής βαρύτητας υπολογίζεται από τη σχέση: (Seyani et al.,2016)

$$\text{Συντελεστής Βαρύτητας} = \frac{\chi}{\chi_{\min}}$$

Όπου:

$\chi$  = Η τιμή της βαρύτητας κάθε κριτηρίου

$\chi_{\min}$  = Η ελάχιστη τιμή από το σύνολο των τιμών βαρύτητας

Ο διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας κάθε κριτηρίου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας} = \frac{\text{Συντελεστής Βαρύτητας Κριτηρίου}}{\text{Άθροισμα συντελεστών βαρύτητας}}$$

Η βαρύτητα κάθε κριτηρίου, ο συντελεστής βαρύτητας και ο διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας για κάθε κριτήριο φαίνεται στον πίνακα 3.4.

**Πίνακας 3.4:** Βαρύτητα κριτηρίων

<b>Κριτήριο</b>	<b>Βαρύτητα 100%</b>	<b>Συντελεστής Βαρύτητας</b>	<b>Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας</b>
Κάλυψη Γης	100	2	0.4347826
Κλίση εδάφους	80	1.6	0.3478269
Απόσταση από υδάτινες επιφάνειες	50	1	0.2173913
		4.6	

Η μέθοδος S.A.W. είναι μια διαδικασία πολλαπλών διαδικασιών που στηρίζεται στην έννοια της σταθμισμένης άθροισης. Αναζητείται ένα σταθμισμένο άθροισμα του βαθμού απόδοσης κάθε εναλλακτικής επιλογής για κάθε κριτήριο και βέλτιστη επιλογή θεωρείται αυτή που συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη βαθμολογία (Malczewski, 2006).

# Κεφάλαιο 4

## Εφαρμογή

### 4.1 Περιοχή Μελέτης

#### 4.1.1. Γενικά Χαρακτηριστικά Περιοχής

Η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης καταλαμβάνει το βορειοανατολικό άκρο της Ελληνικής Επικράτειας και συνορεύει ανατολικά με την Τουρκία, βόρεια με τη Βουλγαρία και δυτικά με την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Νοτιοδυτικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος και νοτιοανατολικά από το Θρακικό.

Διοικητικά αποτελείται από 5 Περιφερειακές Ενότητες (Π.Ε.): Δράμας, Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου και 22 Καλλικρατικούς Δήμους. Τα νησιά Θάσος και Σαμοθράκη ανήκουν διοικητικά στις Π.Ε. Καβάλας και Έβρου αντίστοιχα.

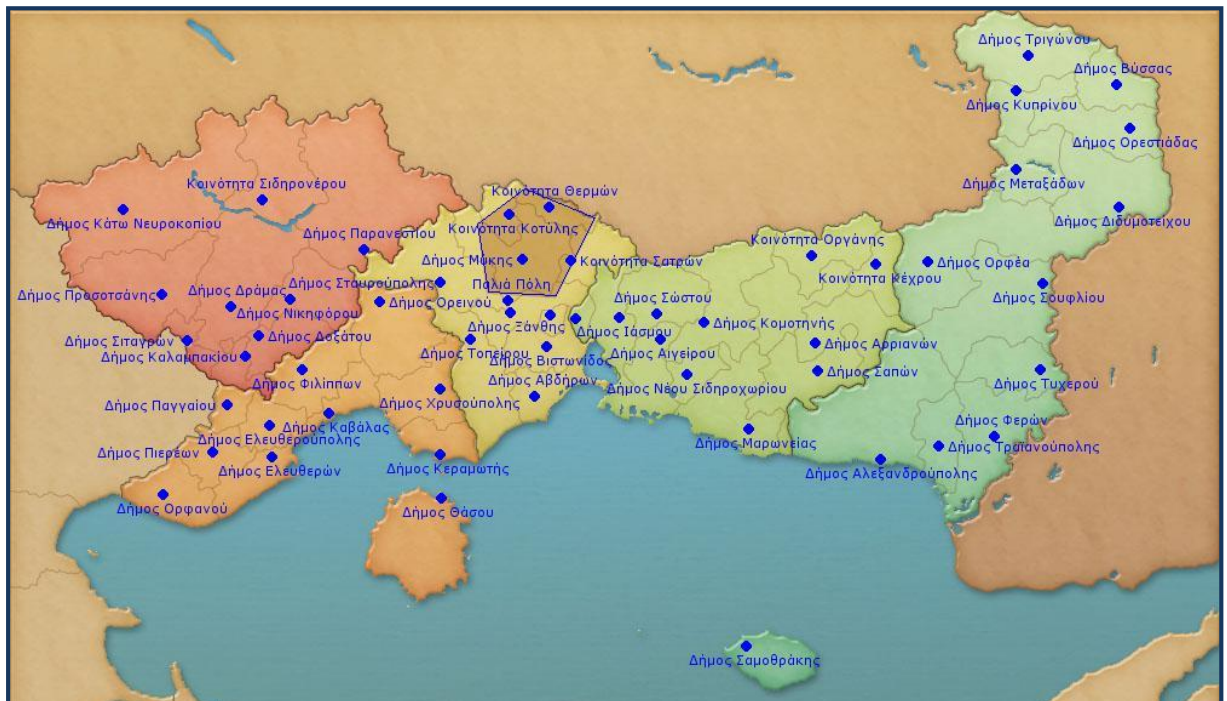
Κύριο αστικό κέντρο είναι η Κομοτηνή, διοικητικό κέντρο της Περιφέρειας, ενώ η Αλεξανδρούπολη και η Καβάλα είναι παραθαλάσσιες πόλεις που διαθέτουν μεγάλα λιμάνια. Μεγάλες πόλεις στο εσωτερικό της Περιφέρειας είναι η Δράμα, η Ξάνθη και η Ορεστιάδα.

Η έκταση της Περιφέρειας είναι 14,157 km<sup>2</sup> και καλύπτει το 10,7% της συνολικής επιφάνειας της χώρας. Ο πληθυσμός της περιφέρειας ανέρχεται στους 608,182 κατοίκους (απογραφή 2011)καλύπτοντας το 5,62% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Μεταξύ των 13 Περιφερειών της χώρας είναι 4<sup>η</sup> σε έκταση και 6<sup>η</sup> σε πληθυσμό.



Εικόνα 4.1: Περιφέρειες της Ελλάδας

Πηγή: [www.dytestignosis.wordpress.com](http://www.dytestignosis.wordpress.com)



Εικόνα 4.2: Καλλικρατικοί Δήμοι Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης

Πηγή: <http://www.xanthi.ilsp.gr/cultureportalweb/map.php?lang=gr>

Βασικό χαρακτηριστικό της Περιφέρειας αποτελεί η συνοριακή της θέση. Η Περιφέρεια βρίσκεται στα βορειανατολικά σύνορα της χώρας καταλαμβάνοντας οριακή θέση στα εσωτερικά της σύνορα αλλά και στα εξωτερικά σύνορα της Ε.Ε. καθώς συνορεύει με την Βουλγαρία βόρεια και την Τουρκία ανατολικά.

Η συγκεκριμένη συνοριακή θέση, μέχρι σχετικά πρόσφατα (1989), επέβαλε σημαντικούς περιορισμούς σε κάθε είδους κινητικότητα προς βορρά και προς την ανατολή. Με δεδομένες τις σχέσεις της χώρας με την προ του 1989 Βουλγαρία και Τουρκία, η συγκεκριμένη θέση συνεπαγόταν μια σημαντική απομόνωση και αποκοπή της περιφέρειας από την ενδοχώρα και την εξάρτηση της από μεγάλα αστικά κέντρα, όπως η Θεσσαλονίκη, η Κωνσταντινούπολη και η Σόφια (Ε.Ε.Τ.Α.Α.,2013)

Την τελευταία δεκαετία η περιφέρεια μετασχηματίζεται από «ακριτική περιφέρεια» σε «πύλη της χώρας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης». Κύριοι παράγοντες στην κατεύθυνση αυτή είναι η ολοκλήρωση της Εγνατίας Οδού και η διεύρυνση της ΕΕ με γειτονικά κράτη (Ε.Ε.Τ.Α.Α.,2013).

#### **4.1.2 Μορφολογία του Εδάφους**

Η ΠΑΜΘ γεωμορφολογικά χαρακτηρίζεται από έντονη ετερογένεια με πλήθος ορεινών όγκων αλλά και ποταμών, υδροτόπων και πεδιάδων. Απλώνεται στον νότιο όγκο της οροσειράς της Ροδόπης με λοφώδεις εξάρσεις κατά περιοχές ή μεμονωμένα όρη και πεδιάδες κοντά στις παραθαλάσσιες περιοχές και στις εκβολές των σημαντικών ποταμών της. Τα δυο νησιά της περιφέρειας είναι κατά κύριο λόγο ορεινά. Στην ΠΑΜΘ δεν υπάρχουν πολλές λίμνες, σε αντίθεση με άλλες περιοχές της βόρειας Ελλάδας.

##### **4.1.2.1 Ορεινοί Όγκοι- Πεδιάδες**

Ο χώρος επικράτειας της ΠΑΜΘ χαρακτηρίζεται από δυο δεσπόζοντα γεωμορφολογικά στοιχεία:

- Την έντονη ορεινή μορφολογία
- Τη διασπορά πεδινών τμημάτων στην έκτασή της.

Η ορεινή μάζα καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της περιφέρειας. Εντοπίζεται σε όλη την έκταση, αδιαχώριστα στο βόρειο τμήμα και διακεκομμένα στο νότιο τμήμα της.

Πιο αναλυτικά, διακρίνεται στο δυτικό τμήμα της Π.Ε. Δράμας η οροσειρά του Ορβήλου- Βροντούς –Μενοικίου, στο εσωτερικό και μέχρι τον Νέστο δεσπόζει το όρος Φαλακρό, ενώ πέρα από τον Νέστο βρίσκεται ο ορεινός όγκος της Ροδόπης.

Στο έδαφος της Π.Ε. Καβάλας εκτείνονται οι οροσειρές: Παγγαίο (1.956m), Σύμβολο (694m), και τα Όρη Λεκάνης (1.298m), ενώ στη Θάσο υπάρχει το όρος Υψάριο (1.127m).



Εικόνα: 4.3: Μορφολογία εδάφους ΠΑΜΘ

Πηγή: <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/regions/EL11/tags/EL11>

Στη Π.Ε. Ξάνθης εκτείνονται οι απολήξεις του ορεινού όγκου της Ροδόπης. Ψηλότερη κορυφή είναι το Γυφτόκαστρο (1.827m) και ακολουθούν το Χαϊντού (1.525m), το Αχλάτ- Τσαλ (1.400m) και η Καμέρτζη (1.070m). Τα σπουδαιότερα βουνά της Ροδόπης είναι: το Παπίκιο (1.483m), το Μεγάλο Λιβάδι (1.267m), τα όρη Σάπκα (1.044m) και η Καλλιθέα (944m).

Στη Π.Ε. Έβρου καταλήγουν οι υπώρειες του όγκου της Ανατολικής Ροδόπης που μαζί με τις κορυφές του ανατολικού τμήματος της Π.Ε. Ροδόπης διαγράφουν ένα τόξο σχεδόν ως την παραλία. Οι σημαντικότερες κορυφές είναι: το Σίλο (1.065m), η Καλλιθέα (961m) και το Κάψαλο (618m) (ΠΕΣΔΑ, 2016).

Τα πεδινά τμήματα της Περιφέρειας είναι αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής δραστηριότητας (μεγάλα ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ). Θεωρούνται αξιόλογα και διαχωρίζονται μεταξύ τους είτε από λοφώδη τμήματα είτε από ορεινή μάζα. Τα κυριότερα από αυτά είναι: (Ε.Ε.Τ.Α.Α., 2013)

1. Το πεδινό – ημιλοφώδες τμήμα της Ορεστιάδας, που εντοπίζεται στο βορειότερο άκρο της Θράκης έχει έκταση 835,08 km<sup>2</sup>, μέγιστο μήκος 57 km, μέγιστο πλάτος 27Km, διασχίζεται από τους ποταμούς Άρδα και Έβρο και αποτελεί ένα σημαντικό καλλιεργήσιμο τμήμα.
2. Το νότιο παρέμβριο τμήμα, που εντοπίζεται ανατολικά και νότια του Ν. Έβρου. Περιλαμβάνει μια πεδινή ζώνη κατά μήκος του Έβρου, από το Σουφλί έως το Πέπλο και στη συνέχεια ενσωματώνεται με το εκτεταμένο Δέλτα του Έβρου.
3. Το πεδινό – ημιλοφώδες τμήμα της λεκάνης Βιστωνίδας, που περιλαμβάνει τα πεδινά τμήματα Ξάνθης, Κομοτηνής και Σαππών.
4. Το πεδινό τμήμα της λεκάνης του Δέλτα του Νέστου, που περιλαμβάνει το πεδινό τμήμα του δέλτα του Νέστου.
5. Το μεγάλο πεδινό τμήμα Δράμας – Φιλίππων, που εντοπίζεται στο μεγάλο τεκτονικό βύθισμα της Δράμας. Περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους Φαλακρό, Μενοίκιο, Παγγαίο, Σύμβολο, Λεκάνης. Διαρρέεται από τον

Αγγίτη ποταμό και τη τεχνητή τάφρο Φιλίππων και τα νερά τους διοχετεύονται στο Στρώμονα ποταμό.

#### 4.1.2.2 Υδάτινες επιφάνειες

Την ΠΑΜΘ χαρακτηρίζει αφθονία υδάτων. Τις Π.Ε. Δράμας, Καβάλας και Ξάνθης διαρρέει ο ποταμός Νέστος, ο οποίος εκβάλλει στο Θρακικό Πέλαγος, απέναντι από τη Θάσο, σχηματίζοντας Δέλτα πλάτους δύο περίπου χιλιομέτρων. Στη Δράμα βρίσκεται ο Αγγίτης που πηγάζει από το όρος Φαλακρό, ενώ οι κυριότεροι ποταμοί της Π.Ε. Καβάλας είναι ο Στρυμόνας, ο Μαρμαράς και το Ποτάμι Χρυσουπόλεως. Στα ΝΑ της Π.Ε. Ξάνθης βρίσκεται η λίμνη Βιστονίδα που είναι πλούσια σε ψάρια. Η Π.Ε. Ροδόπης δεν έχει μεγάλους ποταμούς αλλά μικρά ποτάμια, το Φιλιούρη, τον Κόμψατο, το Ακμάρ και το Μπόσπο. Τη Π.Ε. Έβρου διασχίζει ο Έβρος ποταμός, ενώ άλλοι σημαντικοί ποταμοί είναι ο Άρδας και ο Ερυθροπόταμος. Επίσης εξαιτίας των συνεχών προσχώσεων του ποταμού, στο Δέλτα του Έβρου έχουν σχηματιστεί μικρές λιμνοθάλασσες (ΠΕΣΔΑ, 2016).

Η ΠΑΜΘ αποτελείται από δυο Υδατικά Διαμερίσματα, το Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας και το Υ.Δ. Θράκης.

Το Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας έχει όρια:

- Τα όρη Κερδύλια, Βερτίσκος, Κρούσια και Μπέλες στα δυτικά
- Το Φαλακρό και τα όρη Λεκάνης στα ανατολικά
- Τους κόλπους Ορφανού και Καβάλας στο νότο
- Την οροσειρά Μπέλες στο βορρά.

Το Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας περιλαμβάνει διοικητικά μεγάλο μέρος της Π.Ε. Σερρών, και ένα μέρος των Π.Ε. Θεσσαλονίκης και Κιλκίς εκτός από τις Π.Ε. Δράμας και Καβάλας που ανήκουν στην περιφέρεια.

Το Υ.Δ. είναι κατά το μεγαλύτερο πεδινό, ενώ μικρότερο μέρος του είναι ορεινό και ημιορεινό. Η πεδιάδα της Δράμας, από μέρους της ΠΑΜΘ, αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του. Η κατανομή των υψομέτρων είναι η ακόλουθη: το 10%



της έκτασης του διαμερίσματος έχει υψόμετρο πάνω από 1000m, το 49% μεταξύ 200 και 1000m ενώ το 41% έχει υψόμετρο μέχρι 200m.

Η μορφολογία των ακτών του διαμερίσματος είναι ιδιαίτερα ομαλή και περιλαμβάνει τις ακτές της Καβάλας από πλευράς ΠΑΜΘ.

Κύριος ποταμός του Υ.Δ., στην ΠΑΜΘ, είναι ο Αγγίτης, παραπόταμος του Στρυμόνα, με μήκος  $\approx 75$  km που διέρχεται από τη Π.Ε. Δράμας, ενώ τα υπόλοιπα υδατορεύματα είναι πολύ μικρότερης δυναμικότητας. Στο Υ.Δ., στην περιοχή της ΠΑΜΘ, ανήκει μια τεχνητή λίμνη, η λίμνη Λευκογείων στη Π.Ε. Δράμας, με έκταση 1,1 km<sup>2</sup>.

Το Υ.Δ. Θράκης έχει όρια:

- Στη γραμμή των συνόρων Ελλάδας – Βουλγαρίας και τον υδροκρίτη των λεκανών Νέστου- Οχυρού , βόρεια
- Από τη γραμμή των συνόρων Ελλάδας – Τουρκίας μέχρι τον κόλπο Αίνου, ανατολικά
- Από τον υδροκρίτη των λεκανών Νέστου-Οχυρού, Νέστου – Στρυμόνα, Νέστου – ρέματος Νέας Καρβάλης και τον υδροκρίτη των παραλιακών ρευμάτων Χρυσούπολης μέχρι τον κόλπο της Καβάλας, δυτικά
- Τα νησιά Θάσο και Σαμαθράκη, νότια.

Οι κύριοι ποταμοί του Υ.Δ. Θράκης είναι ο Έβρος και ο Νέστος. Σημαντικοί παραπόταμοι του Έβρου είναι ο Άρδας και ο Ερυθροπόταμος.

Ο ποταμός Νέστος πηγάζει από την κεντρική Βουλγαρία και εκβάλλει στο Θρακικό Πέλαγος. Η λεκάνη απορροής του ποταμού ανέρχεται σε 5.184km<sup>2</sup> με τα 3.437 km<sup>2</sup> να βρίσκονται επί Βουλγαρικού εδάφους. Έχει έντονα ορεινό χαρακτήρα, περιβάλλεται από ιδιαίτερα μεγάλα υψόμετρα και χαρακτηρίζεται από μεγάλες κλίσεις. Κατά την είσοδο του στο Ελληνικό έδαφος βρίσκεται σε υψόμετρο 400m. Η φυσική ροή του Νέστου παρουσιάζει εποχικές διακυμάνσεις, με μέγιστη τιμή παροχής κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ελάχιστη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Ο Έβρος είναι ο δεύτερος σε μέγεθος ποταμός της Ανατολικής Ευρώπης και χαρακτηρίζεται για τις φερτές ύλες που μεταφέρει και αποθέτει ανάμεσα στην

Αλεξανδρούπολη και στην Αίνο. Πηγάζει από τη δυτική Βουλγαρία και κυλά σε βουλγαρικό έδαφος νοτιοανατολικά σχηματίζοντας κοιλάδες ενώ δέχεται πολλούς ποραπόταμους. Συναντά τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα κοντά στο χωριό Καστανιές και εισέρχεται για λίγα χιλιόμετρα σε τουρκικό έδαφος. Αποτελεί το φυσικό σύνορο Ελλάδας – Τουρκίας, χωρίζοντας γεωγραφικά τη Δυτική από την Ανατολική Θράκη, ενώ διέρχεται από τις ελληνικές κωμοπόλεις Πύθιο, Φέρρες, Διδυμότειχο, Σουφλί και άλλες.

Το συνολικό μήκος του ποταμού είναι 528 km, από τα οποία τα 310 km ανήκουν στη Βουλγαρία, ενώ τα 208 km καθορίζουν τα σύνορα της Ελλάδας με τη Βουλγαρία και τη Τουρκία. Η συνολική λεκάνη απορροής του Έβρου είναι 53.000 km<sup>2</sup> από τα οποία το 6,3 % ανήκει στην Ελλάδα.

Ο παραπόταμος του Έβρου, ο Άρδας, πηγάζει σε Βουλγαρικό έδαφος (Parrizos et al.,2016), ενώ εισέρχεται στον ελλαδικό χώρο κοντά στο χωριό Μηλέα. Αφού διασχίσει 43 km σε ελληνικό έδαφος στην επαρχία Ορεστιάδας συμβάλλει στον ποταμό Έβρο. Ο ποταμός Άρδας αποτελεί σημαντικό οικοσύστημα για την περιοχή και το δάσος του το οποίο αναπτύσσεται κατά μήκος της κοίτης του, είναι ένας βιότοπος εξαιρετικής σημασίας σε εθνικό επίπεδο. Όλη η περιοχή εντάσσεται στο πρόγραμμα NATURA 2000.

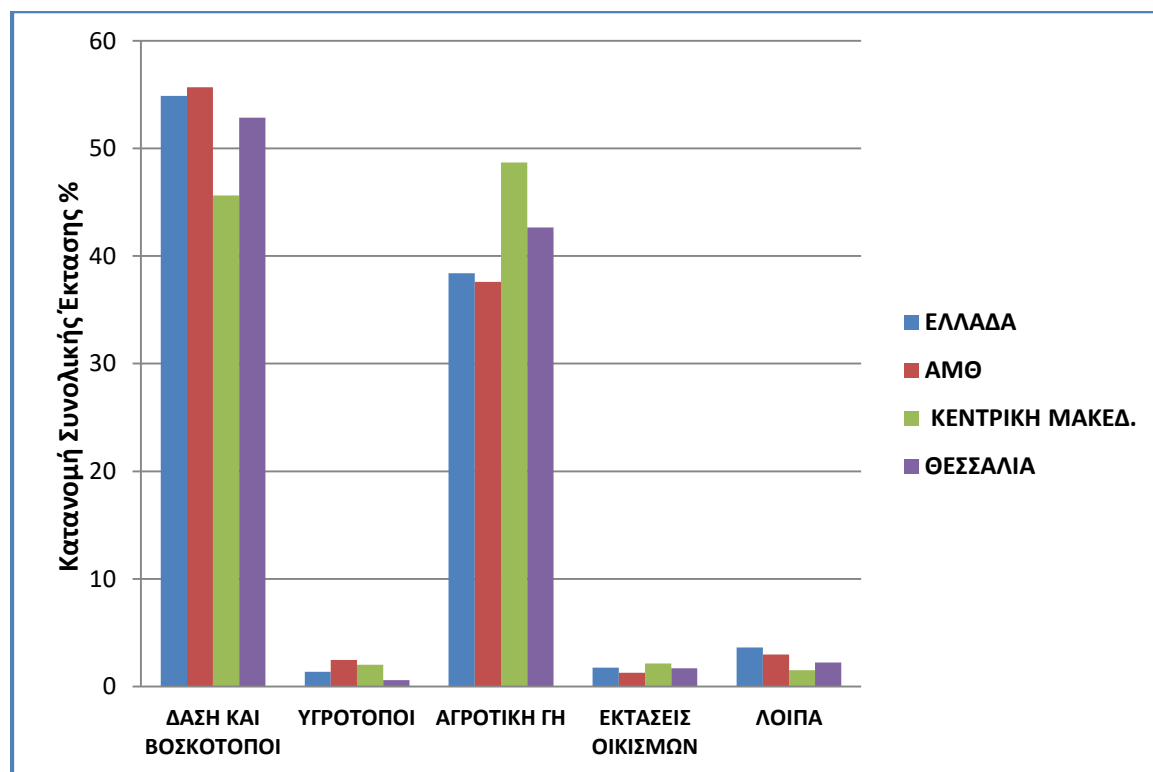
**Πίνακας 4.1:** Ποτάμια της ΠΑΜΘ

<b>ΠΟΤΑΜΟΣ ΥΔ ΘΡΑΚΗΣ</b>	<b>ΜΗΚΟΣ (Km)</b>	<b>ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (Km<sup>2</sup>)</b>
ΝΕΣΤΟΣ	112,4	2.429
ΕΒΡΟΣ	208,2	2.030
ΑΡΔΑΣ	42,6	344
ΕΡΥΘΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	170,9	971
ΛΙΣΣΟΣ(ΦΙΛΙΟΥΡΗΣ)	98,9	1.486
ΚΟΜΨΑΤΟΣ	82,6	596
ΚΟΣΥΝΘΟΣ	73,0	530

**Πηγή :** ΠΕΣΔΑ, 2016

### 4.1.3 Χρήσεις γης – Κάλυψη γης

Οι χρήσεις γης της ΠΑΜΘ καθορίζονται από τη μορφολογία του εδάφους και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στη περιοχή.

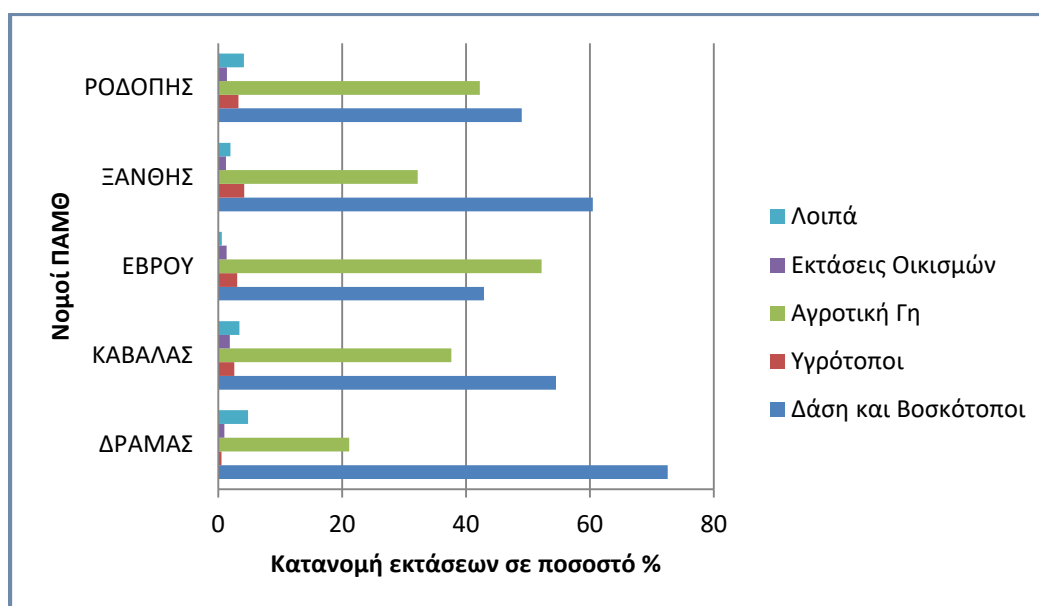


**Διάγραμμα 4.1:** Κατανομή των εκτάσεων κατά βασικές κατηγορίες χρήσεων γης σε ποσοστό %

**Πηγή:** Ε.Ε.Τ.Α.Α., 2013, Ε.Ε.Α., 2017 Ιδία επεξεργασία

Το 55,70% της συνολικής έκτασης της περιφέρειας καλύπτεται από δάση και βοσκοτόπια, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τη περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας ανέρχεται στο 46,65% , για τη περιφέρεια Θεσσαλίας στο 52,86% ενώ για το σύνολο του ελλαδικού χώρου είναι 54,87%.

Ποσοστό 72,56% της συνολικής έκτασης της Π.Ε. Δράμας καλύπτεται από δάση και βοσκοτόπια, ενώ η Π.Ε. Έβρου προηγείται στο ποσοστό κάλυψης αγροτικής γης 52,20%, σε σχέση με τις άλλες Π. Ενότητες της περιφέρειας. Χαρακτηριστικό της περιφέρειας είναι το κόκκινο χώμα (Haidouti et al.,2001 και Noulas et al., 2009), που ευνοεί τον κλάδο της γεωργίας στη περιοχή.



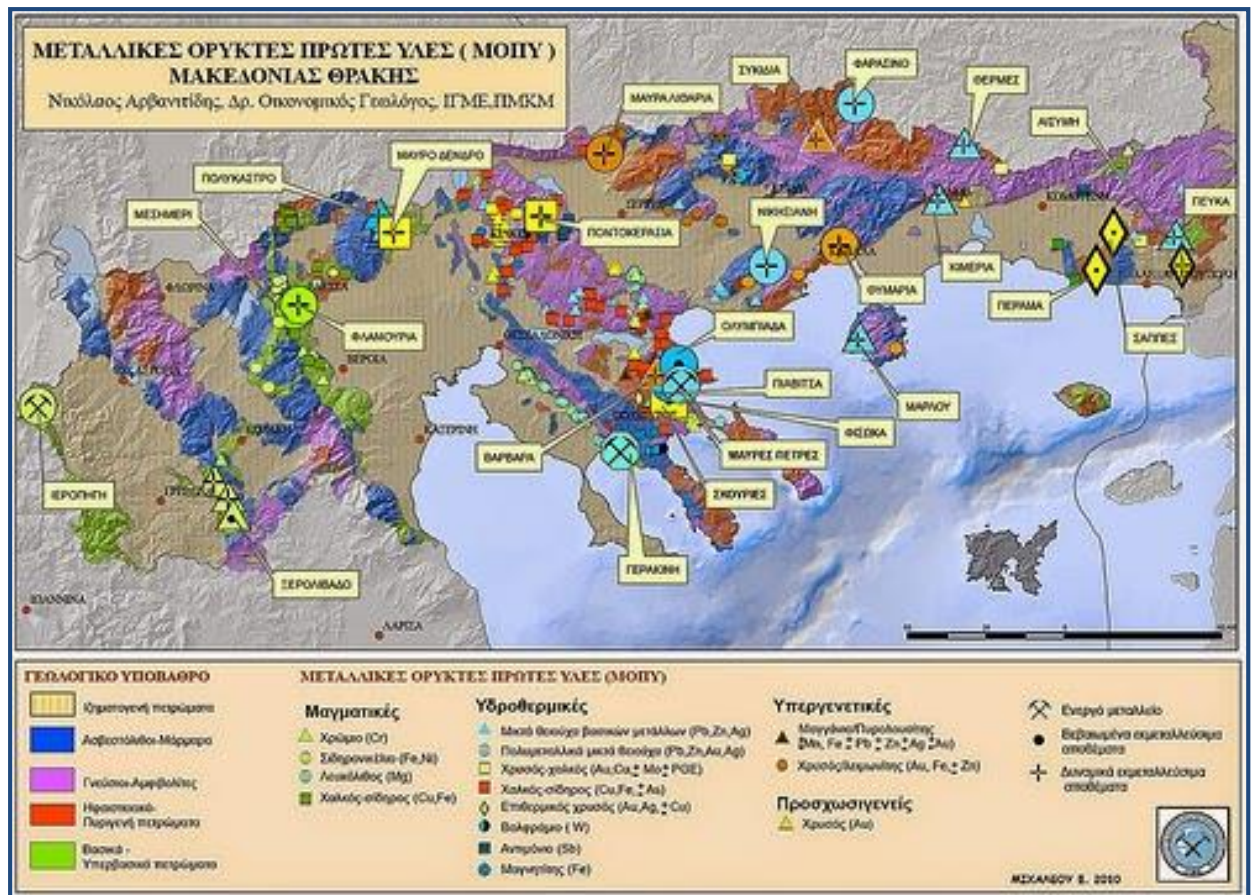
**Διάγραμμα 4.2:** Κατανομή των εκτάσεων ανά νομό της ΠΑΜΘ κατά βασικές κατηγορίες χρήσεων γης σε ποσοστό %

**Πηγή:** Ε.Ε.Τ.Α.Α., 2013, Ε.Ε.Α, 2017 Ιδία επεξεργασία

#### 4.1.4 Ορυκτός πλούτος

Στην έκταση της περιφέρειας ΑΜΘ εντοπίζονται σημαντικά κοιτάσματα βασικών και πολύτιμων μετάλλων (Papastergios et al.,2011), σπάνιων γαιών και βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων (Grigoriadou et al.,2008).

Η περιοχή της ΠΑΜΘ αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιοχές του Ελλαδικού χώρου όσον αφορά τις πρώτες ύλες που βρίσκονται στο υπέδαφός της. Στην περιοχή υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα μεταλλικών ορυκτών, μαρμάρων και ενεργειακών πρώτων υλών, ενώ μέχρι σήμερα είναι η μοναδική περιοχή στην Ελλάδα που γίνεται παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου από τα κοιτάσματα Πρίνου και Νότιας Καβάλας. Επίσης εμφανίζει ενδιαφέρουσες ενδείξεις για την ύπαρξη κοιτασμάτων ειδικού ενδιαφέροντος, όπως για παράδειγμα, ουράνιο, ειδικά βιομηχανικά υλικά (π.χ. ζεόλιθους ) αλλά και σπάνιες γαίες (Μπενάρδος, 2014).



Εικόνα 4.4 : Χάρτης Ορυκτών Πόρων ΠΑΜΘ

Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2010

Οι εμφανίσεις μαρμάρων στην ΠΑΜΘ καλύπτουν μια επιφανειακή έκταση 1800km<sup>2</sup> περίπου και διακρίνονται σε ασβεστιτικά (75%), δολομιτικά (5%) και σιπολιτικά (20%). Στη περιοχή λειτουργούν 86 εκμεταλλεύσεις η ετήσια παραγωγή των οποίων κυμαίνεται περί τις 200.000m<sup>3</sup> ογκομάρα και ξοφάρια. Η ευρύτερη περιοχή Δράμας – Καβάλας – Θάσου, αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα κέντρα παραγωγής μαρμάρου της χώρας καλύπτοντας το 40% της συνολικής παραγωγής μαρμάρων στην Ελλάδα (Μπενάρδος , 2014).

Στον Πρίνο, το 1972, ανακαλύφτηκε το πρώτο υποθαλάσσιο κοίτασμα πετρελαίου. Στην ιζηματογενή λεκάνη Πρίνου – Καβάλας, βρίσκονται τρεις δεξαμενές ορυκτών καυσίμων, που αποτελούν την πιο σημαντική πηγή υδρογονανθράκων στην Ελλάδα. Οι δεξαμενές έχουν αναπτυχθεί παράκτια, ενώ εγκαταστάσεις για παραγωγή, απομάκρυνση του θείου, αποθήκευση και

αποστολή, έχουν χτιστεί στον κόλπο της Καβάλας. Το πετρέλαιο που παράγεται είναι μεσαίας βαρύτητας. Η περιοχή της ηπειρωτικής χώρας φιλοξενεί εγκαταστάσεις επεξεργασίας του αργού πετρελαίου, μονάδες εξαγωγής θείου και φυσικού αερίου και αποθήκευση των προϊόντων (Grigoriadou et al., 2008). Η παραγωγή πετρελαίου του Πρίνου παρουσίασε μέγιστο στα μέσα της δεκαετίας του 1980, ενώ το 2010, η παραγωγή του κυμαινόταν σε 2.500-2.700 βαρέλια /ημέρα (ΥΠΕΚΑ, 2010).

Η εκμετάλλευση κοιτάσματος φυσικού αερίου, στη Νότια Καβάλα, άρχισε το 1981. Το μέγιστο της παραγωγής ανήρθε στα 250.000 m<sup>3</sup>/ημέρα, τη περίοδο 1989-1991. Η παραγωγή ήταν προσαρμοσμένη στις ανάγκες του τοπικού εργοστασίου λιπασμάτων, δεδομένου ότι δεν υπήρχε αγορά και υποδομές φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Σήμερα, η παραγωγή διοχετεύεται μέσω των υφιστάμενων αγωγών, στις πλησίον ευρισκόμενες εγκαταστάσεις άντλησης πετρελαίου για την ενίσχυση της απόληψης πετρελαίου (ΥΠΕΚΑ, 2010).

Στην περιφέρεια έχουν εντοπιστεί κοιτάσματα μεταλλικών ορυκτών, με πιο σημαντικά, αυτά που αφορούν σε εμφανίσεις χρυσού (Au) και αργύρου (Ag), στο κοίτασμα Περάματος και Σαππών.

Στην περιοχή της Δράμας έχει εντοπιστεί το δεύτερο μεγαλύτερο λιγνιτικό κοίτασμα της χώρας. Τα γεωλογικά αποθέματά του εκτιμώνται σε 1.550 εκατ. t, και θερμαντικής ικανότητας 1.000 Kcal/Kg. Με βάση τα χαρακτηριστικά του, είναι δυνατόν να καλύψει τις ανάγκες 4 μονάδων ατμοηλεκτρικών σταθμών εγκατεστημένης ισχύος 300 MW η κάθε μια (Μπενάρδος, 2014). Κοιτάσματα λιγνίτη έχουν εντοπιστεί επίσης στη περιοχή της Αλεξανδρούπολης (Antoniadis et al., 2006).

#### 4.1.5 Κλίμα

Η ΠΑΜΘ βρίσκεται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη του βόρειου ημισφαιρίου και ως εκ τούτου σε περιοχή ανταγωνισμού αντίθετων αερίων μαζών.

Σημαντικοί συντελεστές που επιδρούν στη διαμόρφωση του κλίματος είναι η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, η ατμοσφαιρική πίεση, οι άνεμοι και η υγρασία. Άλλη σημαντική επίδραση στο κλίμα της περιφέρειας, προέρχεται από τη γεωγραφική της θέση, ανάμεσα στα κέντρα δράσης των γενικών αέριων ρευμάτων. Οι ορεινοί όγκοι με απότομη μεταβολή υψομέτρου, επιδρούν στην κατανομή των μετεωρολογικών και κλιματικών στοιχείων της περιφέρειας.

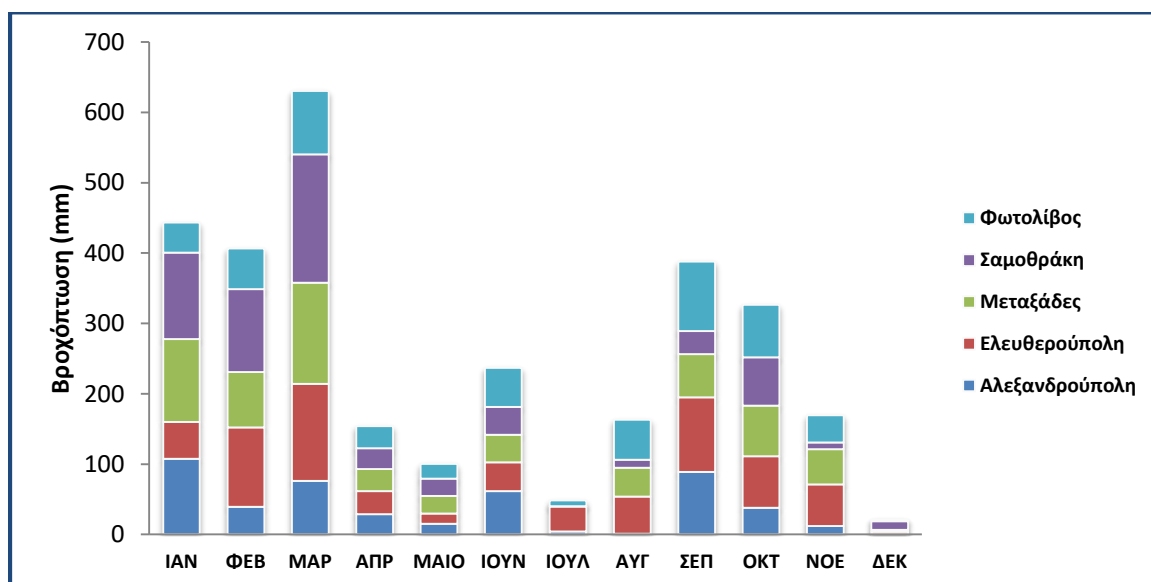
Η κυριαρχούσα διεύθυνση του ανέμου (κατά το πλείστον βόρειας συνιστώσας), οι κινήσεις των αερίων μαζών και το πολύπλοκο ανάγλυφο της περιοχής, καθορίζουν την οριζόντια κατανομή της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας. Η ενδοετήσια κατανομή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του αέρα και της βροχόπτωσης δείχνει την κυριαρχία του Μεσογειακού τύπου κλίματος στην ΠΑΜΘ. Ειδικότερα το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως κλιματικού τύπου Csa, δηλαδή μεσογειακό κλίμα με ήπιους χειμώνες και ξηρό, θερμό καλοκαίρι (ΠΕΣΔΑ, 2016).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία στη περιφέρεια κυμαίνεται από 14,5 έως 16,0°C. Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος ξεπερνά τους 21°C. Ο πιο θερμός μήνας είναι ο Ιούλιος και ο πιο ψυχρός ο Ιανουάριος.

Το μέσο ετήσιο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας είναι 675mm. Μεταβάλλεται από 500 έως 600 mm περίπου στα παράκτια και πεδινά, 600 έως 1000 mm στο εσωτερικό και υπερβαίνει τα 1000 mm στα ορεινά. Ως ενδεικτικές τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης στο πεδινό τμήμα του διαμερίσματος αναφέρονται τα 508 mm στο σταθμό Δράμας και τα 576mm στο σταθμό Αμυδαλεώνα Καβάλας. Η μέση ετήσια νέφωση είναι περίπου 4,5 βαθμίδες. Ο αριθμός των αίθριων ημερών κυμαίνεται από 100 έως 120. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία κυμαίνεται από 65% έως 70%.

Σε ότι αφορά την ξηρασία, στο νότιο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος εμφανίζεται ξηρή περίοδος 2 έως 4 μηνών η οποία όμως μειώνεται βαθμιαία προς τα βόρεια σε 1 έως 2 μήνες (ΥΠΕΚΑ, 2012).

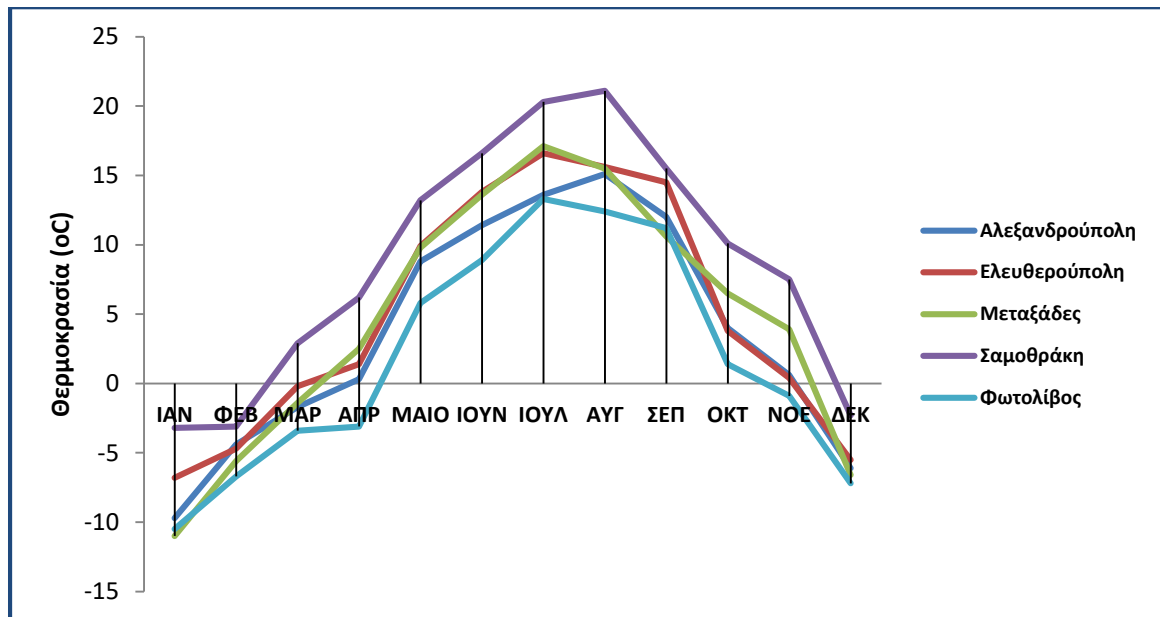
Για να αποδοθεί η συνοπτική εικόνα του κλίματος της ΠΑΜΘ παρουσιάζονται παρακάτω τα διαγράμματα ετήσιας βροχόπτωσης, οι μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν από το Ε.Α.Α. το έτος 2015 σε πέντε περιοχές της περιφέρειας που καλύπτουν το σύνολο των ορίων της περιφέρειας, εκτός από το κεντρικό μέρος που δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός.



**Διάγραμμα 4.3:** Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm) σε περιοχές της ΠΑΜΘ

**Πηγή:** [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)





**Διάγραμμα 4.4:** Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C) σε περιοχές της ΠΑΜΘ

Πηγή: [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)

Η διαφοροποίηση των τιμών της θερμοκρασίας όπως και η διαφοροποίηση της ποσότητας βροχόπτωσης, για κάθε περιοχή, όπως προκύπτει από τα διαγράμματα 4.3 και 4.4, την ίδια χρονική περίοδο, δίνουν μια ενδεικτική εικόνα για τη διαφοροποίηση του κλίματος στη περιφέρεια που κάνει την ανάγκη για εγκατάσταση μεγαλύτερου αριθμού μετεωρολογικών σταθμών στη συγκεκριμένη περιοχή.

#### 4.1.6 Φυσικό Περιβάλλον

Η ΠΑΜΘ βρίσκεται σε μια από τις πλέον ευαίσθητες οικολογικά περιοχές της Μεσογείου περιλαμβάνοντας σημαντικούς διασυνοριακούς ορεινούς όγκους, οικοσυστήματα υψηλής οικολογικής και αισθητικής αξίας και βιοποικιλότητας, διακριτούς ποταμούς, Έβρος, Νέστος, Άρδας (Manolas et al., 2009), που εκβάλλουν σε κόλπους με προστατευόμενους από τη συνθήκη RAMSAR υγροβιότοπους και εκτεταμένες παράκτιες περιοχές. Το φυσικό περιβάλλον της περιφέρειας χαρακτηρίζεται από σημαντικό αριθμό φυσικών οικοσυστημάτων και μεμονωμένων στοιχείων της φύσης τα οποία παρουσιάζουν περιβαλλοντικό

και οικολογικό ενδιαφέρον. Οι φυσικές περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας διακρίνονται σε αυτές που έχουν ενταχθεί σε καθεστώς προστασίας καθώς και σε εκείνες που στο σύνολό τους, υποπεριοχές ή μεμονωμένα στοιχεία τους, έχουν τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά, ώστε σύμφωνα με τις προβλέψεις του Νόμου Πλαίσιο για το Περιβάλλον (Ν. 1650/86), να μπορεί να προχωρήσει η διαδικασία θεσμοθέτησής τους. Μεγάλος αριθμός δασικών οικοσυστημάτων προστατεύονται από τη δασική νομοθεσία σε όλους τους ορεινούς όγκους της περιφέρειας (ΠΕΣΔΑ, 2016).

Μέχρι σήμερα υπάρχουν: (ΠΕΣΔΑ, 2016 και Jones et al.,2011)

- 29 προτεινόμενες περιοχές για ένταξη στο δίκτυο Φύση 2000, καλύπτοντας έκταση 400.000 περίπου εκταρίων και αντιπροσωπεύουν το 10,2% του συνόλου προς ένταξη περιοχών της χώρας (WWF, 2012)
- 2 αισθητικά δάση
- 3 υγρότοποι διεθνούς εργασίας
- 2 διατηρητέα μνημεία της φύσης
- 24 τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους με ποικίλο καθεστώς θεσμοθέτησης
- 2 εκτροφεία θηραμάτων
- 49 καταφύγια άγριας ζωής

#### **4.1.7 Ανθρωπογενές περιβάλλον**

##### **4.1.7.1 Διοικητική οργάνωση – Δημογραφικά χαρακτηριστικά**

Η διοικητική οργάνωση της Περιφέρειας περιλαμβάνει 5 Περιφερειακές Ενότητες (νομούς), με 22 οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης α΄ βαθμού (δήμους). Κύριο αστικό κέντρο είναι η Κομοτηνή, διοικητικό κέντρο της περιφέρειας, ενώ η Αλεξανδρούπολη και η Καβάλα είναι παραθαλάσσιες πόλεις που διαθέτουν μεγάλα λιμάνια, και τρεις ακόμα πόλεις στο εσωτερικό, η Δράμα, η Ξάνθη και η Ορεστιάδα.

Ο μόνιμος πληθυσμός της Περιφέρειας, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ανέρχεται σε 606.170 κατοίκους, καλύπτοντας έτσι το 5,62% του πληθυσμού της χώρας. Από το σύνολο των κατοίκων, το 49,3% είναι άρρενες, ενώ το 50,7% είναι θήλεις. Ως αστικός πληθυσμός χαρακτηρίζεται το 59,1% του συνόλου του πληθυσμού, το οποίο παρουσιάζει αυξητικές τάσεις και ως αγροτικός το 40,9%, και παρουσιάζει τάσεις μείωσης (Ε.Ε.Τ.Α.Α.,2012).

Η Περιφέρεια παρά τους πλούσιους φυσικούς πόρους της, έχει πυκνότητα πληθυσμού (43,16 άτομα/km<sup>2</sup>), μικρότερη κατά 50% περίπου από το μέσο όρο της χώρας (83,08 άτομα/km<sup>2</sup>).

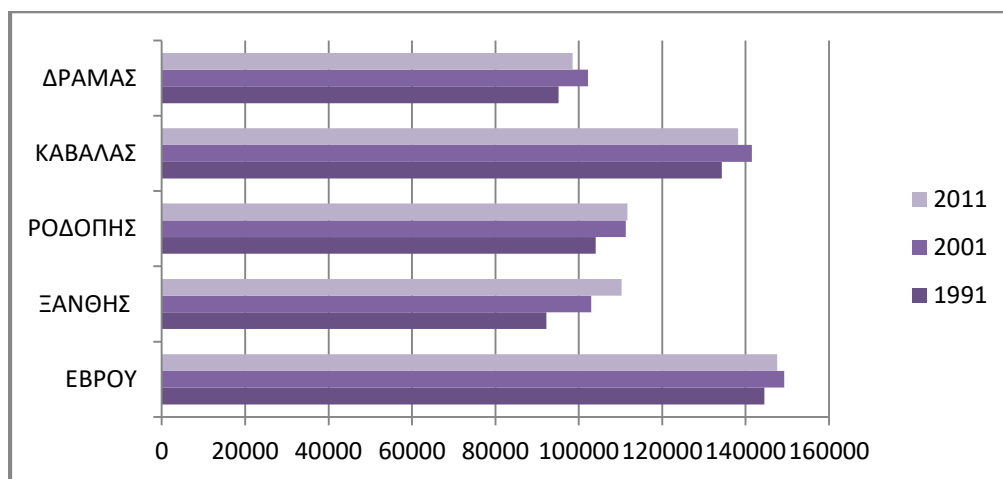
Οι ορεινές εκτάσεις της Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης καλύπτουν το 39,6% της συνολικής έκτασης της Περιφέρειας (5.602 χιλ. στρ), και ο αριθμός των ορεινών οικισμών και κοινοτήτων ανέρχεται σε 71 με πληθυσμό 65.964 κατ., ποσοστό 11,6% του συνολικού πληθυσμού (ΠΕΣΔΑ, 2016).

Οι Π.Ε. Ροδόπης και Ξάνθης, που χαρακτηρίζονται από έντονη παρουσία μουσουλμανικού πληθυσμού, παρουσιάζουν νεανική δομή, ενώ αντίθετα οι Π.Ε. Έβρου, Καβάλας και Δράμας παρουσιάζουν τάσεις γήρανσης. Σαν γενική τάση επίσης συνεχίζεται, με διαφορετική κατά τόπους ένταση, η μετακίνηση πληθυσμού από την ενδοχώρα και τις πιο απομακρυσμένες περιοχές προς τις αστικές και περιαστικές ζώνες των εδρών των Π.Ε. (Ε.Ε.Τ.Α.Α.,2012).

**Πίνακας 4.2:** Κατανομή και πυκνότητα πληθυσμού ανά περιφερειακό διαμέρισμα

Περιφερειακή Ενότητα (ΠΕ)	Μόνιμος Πληθυσμός (Κάτοικοι)	% στο σύνολο της Περιφέρειας	Πυκνότητα Πληθυσμού (κάτοικοι/km <sup>2</sup> )
ΔΡΑΜΑΣ	98.540	16,26	28,41
ΚΑΒΑΛΑΣ	138.200	22,80	65,45
ΞΑΝΘΗΣ	110.290	18,20	61,51
ΡΟΔΟΠΗΣ	111.610	18,41	43,89
ΕΒΡΟΥ	147.530	24,33	34,78
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΜΘ</b>	<b>606.170</b>	<b>100,00</b>	<b>42,82</b>

Πηγή: (Ε.Ε.Τ.Α.Α.,2012)



**Διάγραμμα 4.5:** Πληθυσμός ανά Περιφερειακή Ενότητα της ΠΑΜΘ τα έτη 1991, 2001,2011

**Πηγή:** ΕΛΣΤΑΤ, ίδια επεξεργασία

#### 4.1.7.2 Οικονομικά χαρακτηριστικά – Τάσεις

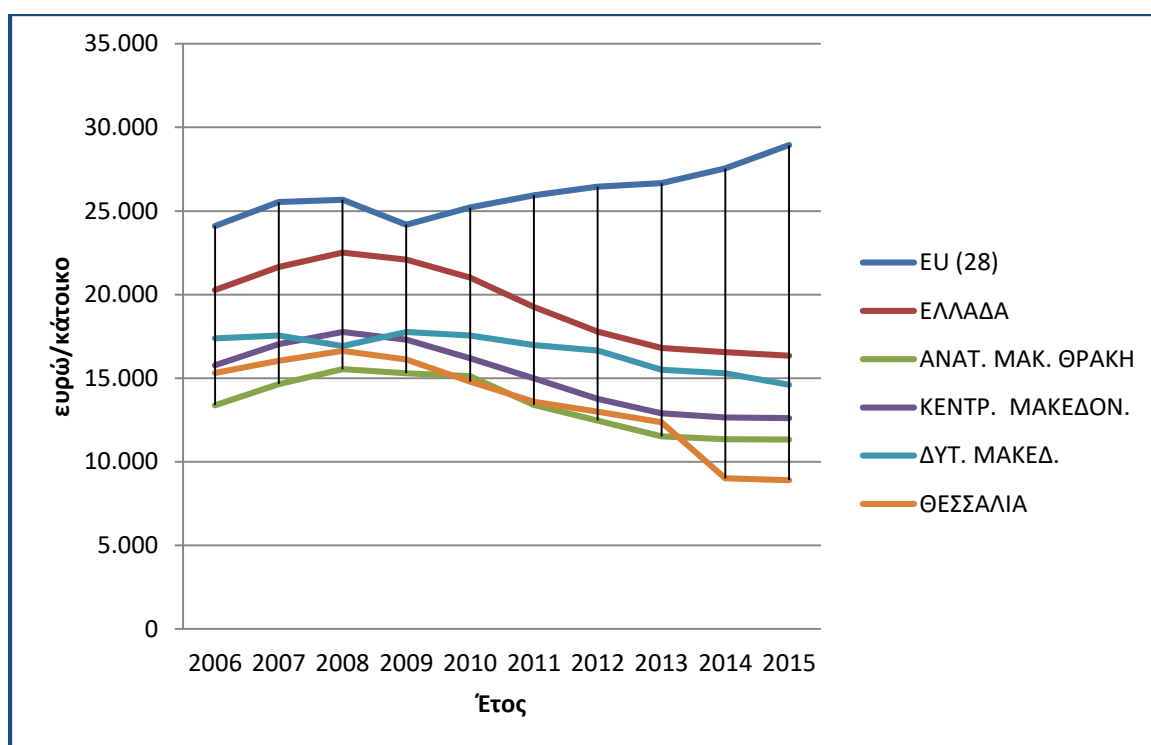
Η Περιφέρεια ΑΜΘ έχει σταθερά ένα από τα χαμηλότερα κατά κεφαλή ΑΕΠ, μαζί με τη περιφέρεια Θεσσαλίας και Κεντρικής Μακεδονίας. Συγκριτικά με τις άλλες περιφέρειες τις χώρες διακρίνεται από ιστορικά χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης και παραγωγική δομή με έντονο αγροτικό προσανατολισμό.

Το ΑΕΠ ανά κάτοικο της ΠΑΜΘ προσεγγίζει το 70% του ΑΕΠ ανά κάτοικο της Ελλάδας για το έτος 2015 και το 52,24% του 75% του μέσου όρου της Ευρώπης των 28 χωρών.

Σε ενδοπεριφερειακό επίπεδο, διαπιστώνονται έντονες ανισότητες μεταξύ των περιφερειακών ενοτήτων με βάση το επίπεδο και τη διαχρονική μεταβολή των δεικτών του παραγόμενου κατά κεφαλή προϊόντος. Οι 5 Π.Ε. κατατάσσονται σε δυο ομάδες με βάση τις επιδόσεις τους. Στην πρώτη ομάδα με σχεδόν ισοδύναμες επιδόσεις σε σχέση με τη συμμετοχή στο περιφερειακό προϊόν και το επίπεδο του κατά κεφαλήν προϊόντος εντάσσονται οι περιφερειακές ενότητες Έβρου και Καβάλας, οι οποίες αθροιστικά παράγουν σχεδόν το 55% του προϊόντος της ΠΑΜΘ και έχουν υψηλότερο βιοτικό επίπεδο από το μέσο όρο της Περιφέρειας κατά 8 και 9 ποσοστιαίες μονάδες. Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν

οι Π.Ε. Ξάνθης, Ροδόπης και Δράμας, οι οποίες συμβάλουν αθροιστικά στο υπόλοιπο 45% του προϊόντος της ΠΑΜΘ και έχουν χαμηλότερο βιοτικό επίπεδο από το μέσο όρο της περιφέρειας κατά 5 έως σχεδόν 10 ποσοστιαίες μονάδες.

Οι πιο σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στις Π.Ε. Καβάλας και Δράμας, με την πρώτη να αυξάνει τη συμμετοχή της στο συνολικό ΑΕΠ της περιφέρειας από 24% σε 27%, και τη δεύτερη να μειώνεται από 15% έως 13% (Ε.Δ.Α., 2015).

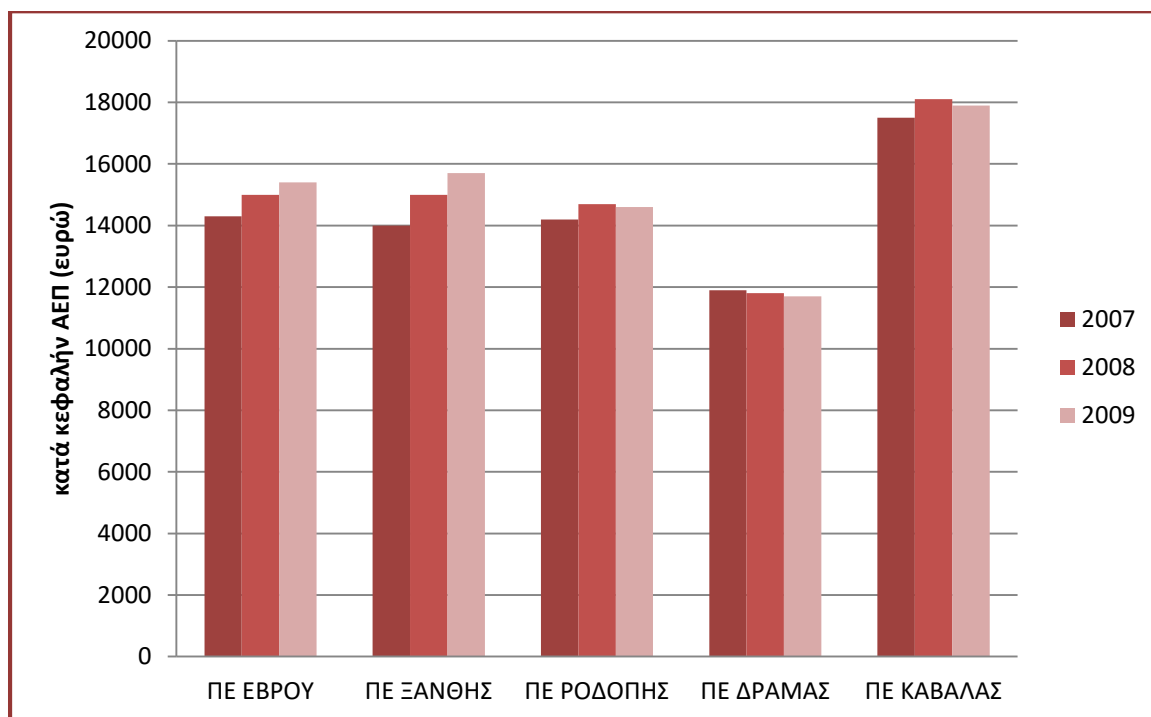


**Διάγραμμα 4.6:** ΑΕΠ ανά κάτοικο σε ευρώ

**Πηγή:** EUROSTAT , ίδια επεξεργασία

Η Π.Ε. Δράμας είναι η μοναδική που παρουσιάζει αρνητικό πρόσημο στο Μέσο Ετήσιο Ρυθμό Μεταβολής του ΑΕΠ της ως ποσοστό του συνόλου της Περιφέρειας. Η Π.Ε. Δράμας είναι η μόνη η οποία παραμένει μακριά από τον αναπτυξιακό άξονα της Εγνατίας Οδού. Επίσης ο αυξανόμενος ανταγωνισμός λόγω της ένταξης άλλων βαλκανικών χωρών στην Ε.Ε. απαιτεί γρήγορες διαδικασίες σύνδεσης και συνεργασίας με τις χώρες αυτές, που απαιτούν τη συγκρότηση νέου παραγωγικού προτύπου για τη διευκόλυνση της κινητικότητας κεφαλαίου και ανθρώπινου δυναμικού. Η Π.Ε. Δράμας δεν

προσελκύει την κίνηση κεφαλαίου και ανθρώπινου δυναμικού, ενώ δεν είναι ανταγωνιστική (Ε.Δ.Α., 2015).



**Διάγραμμα 4.7:** ΑΕΠ ανά κάτοικο Περιφερειακών Ενοτήτων της ΠΑΜΘ

**Πηγή:** EUROSTAT, ίδια επεξεργασία

Όσον αφορά την τομεακή διάρθρωση του περιφερειακού ΑΕΠ, σημειώνεται σημαντική και αναμενόμενη πτώση στον πρωτογενή τομέα, και σχετική αύξηση στον δευτερογενή και τριτογενή τομέα. Παρόλα αυτά η οικονομία της περιφέρειας συνεχίζει να παραμένει έντονα αγροτική καθώς εξακολουθεί να εμφανίζει τη μεγαλύτερη συμμετοχή στην ακαθάριστη αξία παραγωγής (7,25% το 2009) του αγροτικού τομέα της χώρας από κάθε άλλη περιφέρεια.

Ένας από τους δυναμικότερους κλάδους της περιφέρειας, ο σημαντικότερος με ισχυρό εξαγωγικό προσανατολισμό, είναι ο κλάδος των ορυχείων – λατομείων, λόγω των πλούσιων μαρμαροφόρων κοιτασμάτων. Το 80% των συνολικών εξαγωγών ελληνικού μαρμάρου προέρχεται από αυτή την περιοχή που συγκεντρώνει το 40% των ενεργών λατομείων της χώρας. Ωστόσο, ο τομέας αυτός δεν αποτελεί σημαντική πηγή απασχόλησης στη περιφέρεια, λιγότερο

από το 1% του συνόλου, ενώ η ίδια δραστηριότητα δείχνει στασιμότητα τα τελευταία χρόνια.

Στο βιομηχανικό τομέα η περιφέρεια βιώνει μια μεγάλης διάρκειας φάση αποβιομηχάνισης, ενώ σε αντιστάθμισμα υπάρχουν κάποιες προσπάθειες μικρότερων μονάδων που παρουσιάζουν θετικές τάσεις. Ο κλάδος όμως με τις αυξανόμενες προοπτικές είναι αυτός της ενέργειας (Ε.Ε.Τ.Α.Α., 2013).

#### 4.1.7.3 Κοινωνικοί δείκτες

Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΟΑΕΔ, ο αριθμός των εγγεγραμμένων ανέργων, στην ΠΑΜΘ, ανήλθε σε 52.677 άτομα τον Απρίλιο του 2015. Ο αριθμός αυτός ακολουθεί ανοδική πορεία από το Δεκέμβριο του 2010 έως τον Απρίλιο του 2015, με παροδικές αυξομειώσεις στη διάρκεια κάθε έτους που οφείλονται κυρίως στην εποχικότητα ορισμένων επαγγελμάτων.

**Πίνακας 4.3 :** Αριθμός και ποσοστά ανεργίας στην ΠΑΜΘ (Δ τρίμηνο 2009 – 2014)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Αριθμός Ανέργων (χιλιάδες )</b>	32,5	42,2	56,2	57,2	66,0	62,5
<b>Ποσοστό ανεργίας ΠΑΜΘ</b>	9,4%	16,0%	21,6%	22,4%	25,9%	24,4%
<b>Ποσοστό ανεργίας σύνολο χώρας</b>	10,5%	14,4%	20,9%	26,2%	27,8%	26,1%

Πηγή: Ε.Υ.Δ. 2015, [www.oaed.gr](http://www.oaed.gr), Ιδία επεξεργασία

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ανεργίας στην ΠΑΜΘ καταδεικνύουν ότι ο αριθμός και το ποσοστό των μακροχρόνια ανέργων αυξάνονται διαχρονικά, ενώ μειώνεται παράλληλα ο αριθμός των βραχυχρόνια ανέργων, οι οποίοι αν στη διάρκεια 12 μηνών δεν βρουν εργασία, προστίθενται στους μακροχρόνια ανέργους. Συγκριτικά με το σύνολο της χώρας η ΠΑΜΘ εμφανίζει ελαφρά

χαμηλότερο ποσοστό μακροχρόνια ανέργων, 52% έναντι στο 55% του συνόλου της χώρας (Ε.Υ.Δ., 2015).

**Πίνακας 4.4 :** Κατανομή ανέργων ΠΑΜΘ ανά φύλλο

ΦΥΛΛΟ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΑΝΕΡΓΟΙ	
	Αριθμός	Αριθμός	Ποσοστό
Άντρες	20.153	8.994	44,6%
Γυναίκες	32.524	19.367	59,6%

Πηγή: Ε.Υ.Δ., 2015, [www.oaed.gr](http://www.oaed.gr), Ιδία Επεξεργασία

Το μεγαλύτερο ποσοστό των εγγεγραμμένων ανέργων αποτελούν γυναίκες, οι οποίες εμφανίζουν υψηλότερο ποσοστό μακροχρόνια ανέργων σε σχέση με τους άντρες. Από τη διάκριση των ανέργων στις ηλικιακές ομάδες προκύπτει ότι η μεγαλύτερη ομάδα του συνόλου των εγγεγραμμένων των μακροχρόνια ανέργων συνθέτουν τα άτομα ηλικίας 30 – 44 ετών. Χαρακτηριστικό είναι επίσης ότι το ποσοστό των μακροχρόνια ανέργων αυξάνει όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικιακή ομάδα. Τέλος οι απόφοιτοι της υποχρεωτικής και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης συνθέτουν αθροιστικά το 80% των συνολικά εγγεγραμμένων ανέργων, ενώ το υψηλότερο ποσοστό μακροχρόνια ανέργων καταγράφεται μεταξύ ατόμων υποχρεωτικής εκπαίδευσης (Ε.Υ.Δ., 2015).

#### 4.1.8 Τουρισμός

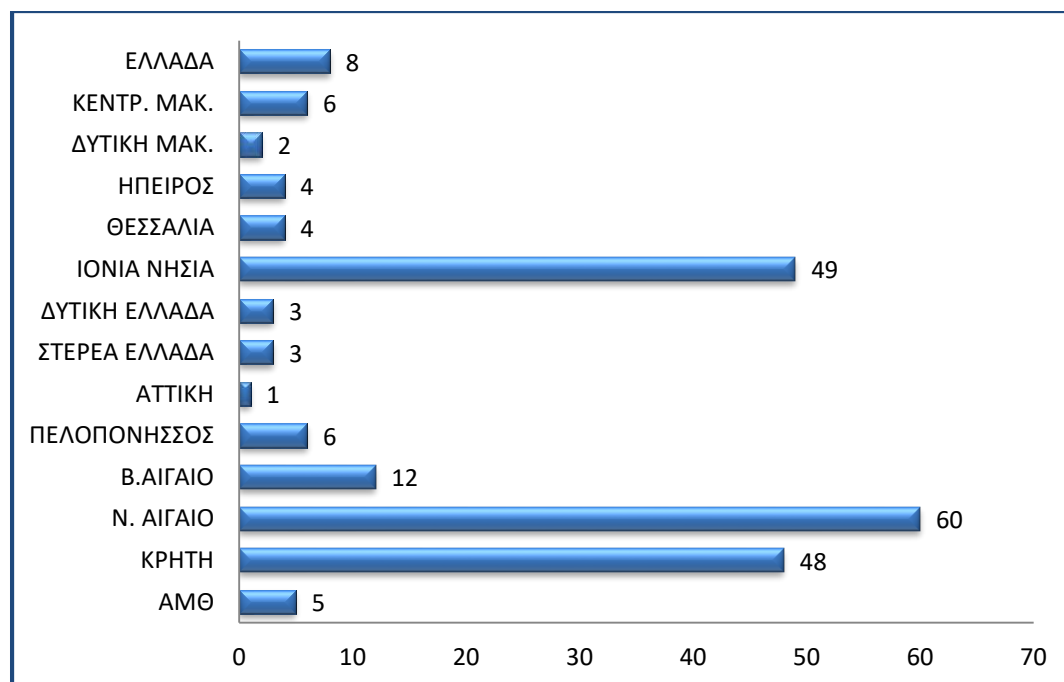
Στη Περιφέρεια λειτουργούν 331 ξενοδοχειακές μονάδες, οι οποίες περιλαμβάνουν 8.690 δωμάτια και 16.579 κλίνες. Η πλειοψηφία των μονάδων βρίσκεται στη Π.Ε. Καβάλας η οποία συγκεντρώνει το 69% του συνόλου των καταλυμάτων και το 64% του συνόλου των δωματίων και κλινών. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στη παρουσία μεγάλης τουριστικής προσφοράς της Θάσου και της πόλης της Καβάλας.

Ακολουθεί η Π.Ε. Έβρου με 18% σε μονάδες και 21% σε δωμάτια και κλίνες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη σημαντική ανάπτυξη που παρουσιάζει τα τελευταία



χρόνια η τουριστική προσφορά της Σαμοθράκης και της Αλεξανδρούπολης. Σε μεγάλη απόσταση οι νομοί Ροδόπης, όπου η συμμετοχή στο σύνολο του αριθμού μονάδων είναι 6% και στη συνολική δυναμικότητα 7%, Ξάνθης με αντίστοιχα ποσοστά 3% και 6% και στη τελευταία θέση βρίσκεται η Π.Ε. Δράμας με συμμετοχή 4% στον αριθμό μονάδων και μόλις 3% στα δωμάτια και κλίνες της περιφέρειας. Στις τελευταίες τρεις Π.Ε., τα τουριστικά καταλύματα χωροθετούνται κυρίως στις πρωτεύουσες των Π.Ε. (Ε.Ο.Τ., 2003).

Η συμβουλή του τουρισμού στο περιφερειακό ΑΕΠ είναι πολύ χαμηλή, της τάξης του 5% , σε σχέση με τους κλασικούς παραδοσιακούς προορισμούς, όπως η Κρήτη και το Νότιο Αιγαίο, με ποσοστό συμμετοχής στο ΑΕΠ 48 % και 60 % αντίστοιχα, ενώ τη τελευταία θέση στη κατάταξη αυτή έχουν οι περιφέρειες Αττικής και Δυτικής Μακεδονίας με ποσοστό συμμετοχής 1% αντίστοιχα.



**Διάγραμμα 4.8:** Συμμετοχή του τουρισμού στο περιφερειακό ΑΕΠ

**Πηγή:** Ε.Υ.Δ.Ε.Π., 2015

Σύμφωνα με το *Επιχειρησιακό Σχέδιο για την υλοποίηση Προγράμματος Διατήρησης και Βιώσιμης Ανάπτυξης Παράκτιας Ζώνης στην Περιφέρεια ΑΜΘ* (Ε.Δ.Ε.Α, 2012), η Περιφέρεια εμφανίζει τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ότι αφορά τον τομέα του τουρισμού και των σχετιζόμενων με αυτόν κλάδων:

- Η περιοχή εμφανίζει μεγάλη ανισοκατανομή της **ξενοδοχειακής υποδομής**, με τη συντριπτική πλειοψηφία των ξενοδοχειακών μονάδων να συγκεντρώνεται στη Θάσο, 67% των μονάδων και 61% της δυναμικότητας σε κλίνες.
- Το δυναμικό των τουριστικών καταλυμάτων συμπληρώνεται από έναν απροσδιόριστο αριθμό επιχειρήσεων **ενοικιαζόμενων δωματίων/διαμερισμάτων**, μεγάλο μέρος των οποίων λειτουργεί χωρίς νόμιμη άδεια, γεγονός που διαφοροποιεί σημαντικά τη δυνατότητα φιλοξενίας στις επιμέρους γεωγραφικές οντότητες και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παρεχόμενου προϊόντος.
- Εξετάζοντας τα **ποιοτικά χαρακτηριστικά** του ξενοδοχειακού δυναμικού της περιφέρειας, διαπιστώνεται ότι το κέντρο βάρους της υποδομής εντοπίζεται στις χαμηλότερες κατηγορίες, 1 και 2 αστέρων, όπου συγκεντρώνεται το 74% των ομάδων.
- Η περιορισμένη κλίμακα της τουριστικής κίνησης στην περιοχή μελέτης έχει επίσης ως αποτέλεσμα τον κατακερματισμό του ξενοδοχειακού δυναμικού σε μεγάλο αριθμό μονάδων μικρής δυναμικότητας, με τον **μέσο όρο της δυναμικότητας** να ανέρχεται σε 54,3 κλίνες ανά μονάδα, έναντι του 78,4 κλίνες στο επίπεδο του συνόλου της χώρας.
- Το 2009, στις 15 κοινότητες της περιφέρειας καταγράφηκαν συνολικά 322.711 **αφίξεις** ημεδαπών και αλλοδαπών τουριστών στα ξενοδοχειακά καταλύματα, από τις οποίες οι 216.432 (67%) αφορούσαν σε **ημεδαπούς** και οι 106.279 (33%) σε **αλλοδαπούς** επισκέπτες. Στις 15 κοινότητες της περιφέρειας συγκεντρώνεται το 56, 9% του συνόλου των αφίξεων αλλοδαπών και ημεδαπών στις Περιφερειακές Ενότητες Καβάλας, Ξάνθης, Κομοτηνής και Έβρου, καθώς και το 86,2% των αφίξεων αλλοδαπών. Τα στοιχεία αυτά ανακλούν το γεγονός ότι η περιφέρεια

αποτελεί μεν κυρίως προορισμό του εσωτερικού τουρισμού, με εξαίρεση ωστόσο τη Θάσο, που προσελκύει περισσότερους ξένους επισκέπτες και αποτελεί τον κύριο προορισμό του αλλοδαπού τουρισμού στη περιοχή.

- Από τον συνδυασμό των στοιχείων για τις αφίξεις και διανυκτερεύσεις στην περιοχή μελέτης, προκύπτει ότι ο **μέσος όρος διαμονής** για το σύνολο των επισκεπτών είναι 3,4 διανυκτερεύσεις.
- Η μέση **πληρότητα** κλινών των ξενοδοχειακών μονάδων στις 15 κοινότητες της περιφέρειας ανέρχεται σε μόλις 22, 9% στη κοινότητα Φερών και 44, 2% στη περιοχή της Θάσου.
- Όσον αφορά στη **σύνθεση της τουριστικής κίνησης κατά χώρα προέλευσης**, ο κύριος όγκος αφίξεων ξένων τουριστών στη περιφέρεια, προέρχεται από τα κράτη μέλη της Ε.Ε. και ειδικότερα από τη Βουλγαρία (19,8%), τη Γερμανία (15,2%), τη Ρουμανία (10,1%) και το Ηνωμένο Βασίλειο (7,6%).
- Σε σχέση με τη **διαχρονική εξέλιξη** της τουριστικής κίνησης στη περιοχή, παρατηρείται αφενός μεν μια αύξηση του συνολικού αριθμού αφίξεων και αφετέρου μια υποχώρηση των αφίξεων ημεδαπών τουριστών και αύξηση του αριθμού των αλλοδαπών τουριστών. Η αύξηση των αφίξεων προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ η αύξηση αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ένταξη της Βουλγαρίας και Ρουμανίας στην Ε.Ε.
- Σε ότι αφορά την **εποχική διακύμανση** της τουριστικής κίνησης, παρατηρείται συγκριτικά ισομερής κατανομή της στο χρόνο, γεγονός που ανακλά ένα μεγαλύτερο φάσμα κινήτρων επισκεπτών στην περιοχή.
- Παρότι στην περιοχή κυριαρχεί το πρότυπο του παραθεριστικού τουρισμού, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ανάπτυξη νέων

*εναλλακτικών μορφών τουρισμού* με αξιοποίηση των πλούσιων φυσικών πόρων που διαθέτει η περιοχή. Παρατηρείται ειδικότερα προσέλκυση επισκεπτών που ασχολούνται με δραστηριότητες *οικοτουρισμού* και *περιήγησης* στους βιοτόπους και τις άλλες προστατευμένες περιοχές και εξυπηρετούνται από τις υφιστάμενες υποδομές. Η περιοχή διαθέτει πλούσιο απόθεμα σε οικοτουριστικούς πόρους, όπως το Δέλτα του Νέστου και του Έβρου, τη Λιμνοθάλασσα της Βιστωνίδας, το δάσος της Δαδιάς – Λευκίμης – Σουφλίου (Svoronou et al., 2009), όπου ήδη αναπτύσσονται οικοτουριστικές δραστηριότητες και υφίστανται προϋποθέσεις για την περαιτέρω ανάπτυξή τους.

- Ο αγροτικός χαρακτήρας της περιοχής ευνοεί την ανάπτυξη του *τουρισμού υπαίθρου / αγροτουρισμού*, δεδομένου ότι διαθέτει σε μεγάλο βαθμό τους πόρους που απαιτούνται για την ενασχόληση των επισκεπτών με δραστηριότητες υπαίθριας αναψυχής και αγροτικής ζωής.

#### **4.1.9 Περιβαλλοντικά Προβλήματα**

Τα κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που καταγράφονται στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σύμφωνα με την αναφορά του Π.Ε.Σ.Δ.Α., 2016, είναι τα εξής:

##### ***Αντιπλημμυρική προστασία***

Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της Περιφέρειας, και ο μεγάλος όγκος των υδάτων, σε συνδυασμό με τα ανεπαρκή αντιπλημμυρικά έργα, και κυρίως τη κακή διαχείριση των ποταμοχειμάρρων, προκαλούν σχεδόν ετησίως, φαινόμενα εκτεταμένων πλημμύρων. Το μεγαλύτερο πρόβλημα αντιπλημμυρικής προστασίας, παρουσιάζεται στο πεδινό τμήμα της Π.Ε. Έβρου. Στην περιοχή έχουν κατασκευαστεί σύνθετα και σημαντικά αντιπλημμυρικά και εγγειοβελτιωτικά έργα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία εκτεταμένης γεωργικής

γης υψηλής παραγωγικότητας, έκτασης 350.000 στρέμματα περίπου, που όμως προστατεύεται ανεπαρκώς σε περίπτωση πλημμυρικών φαινομένων.

### **Βιομηχανική ρύπανση**

Η βιομηχανική ρύπανση απειλεί κυρίως τους υδάτινους αποδέκτες, βασικούς ποταμούς και Δέλτα τους, λίμνες, λιμνοθάλασσες και παράκτιες περιοχές. Τα υγρά απόβλητα των μεταποιητικών μονάδων, δημιουργούν κοινά προβλήματα για τους ποταμούς Νέστο και Έβρο και τους μικρότερους. Ο ποταμός Νέστος επιβαρύνεται με αστικά και βιομηχανικά λύματα, από τη Βουλγαρία, που καταλήγουν σε αυτόν χωρίς προηγούμενη επιπλέον προστασία. Αλλά και η επιβάρυνση που δέχεται ο ποταμός Έβρος είναι μεγάλη, αφού διέρχεται από τρεις χώρες, Βουλγαρία, Τουρκία, Ελλάδα, και σημαντικό αριθμό αστικών κέντρων, με ανύπαρκτες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, ενώ επιστρώματα του χημικού στοιχείου θείου έχουν εντοπιστεί στη λίμνη Κίρκη (Triantafyllidis et al., 2007). Ρύπανση στη θάλασσα προκαλεί, σε κάποιο βαθμό, η άντληση πετρελαίου, ενώ τα λατομεία αποτελούν σημαντικές πηγές όχλησης του φυσικού τοπίου, ιδιαίτερα σε περιοχές της Δράμας, της Καβάλας και της Θάσου. Μεταφορά τοξικών αερολυμάτων έχει διαπιστωθεί επίσης στη περιοχή, από γείτονες χώρες (Rapsomanikis et al., 2002), ιδιαίτερα λόγω των πολεμικών αναταραχών σε προηγούμενα έτη.

#### **4.1.10 Δίκτυα Μεταφορών**

Η κατάσταση στην Περιφέρεια σύμφωνα με τη *Μελέτη Επικαιροποίησης του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων της ΠΑΜΘ* (Π.Ε.Σ.Δ.Α., 2016), σε ότι αφορά βασικές υποδομές, έχει ως εξής:

- Το **οδικό δίκτυο** περιλαμβάνει το ανατολικό τμήμα της Εγνατίας Οδού και τους κάθετους άξονες της Εγνατίας, το Εθνικό οδικό δίκτυο και τις θεσμοθετημένες κύριες επαρχιακές οδούς. Ο εγκάρσιος άξονας της Εγνατίας Οδού, που αποτελεί το σημαντικότερο νέο οδικό έργο της χώρας, στη ΠΑΜΘ έχει μήκος 258 Km και εκτείνεται από τη

γέφυρα του Στρυμόνα ως τη γέφυρα Κήπων Έβρου, ενώ προβλέπεται να συνδεθεί με τη Βουλγαρία και κατά επέκταση το Διευρωπαϊκό Οδικό δίκτυο. Το υπόλοιπο οδικό δίκτυο της ΠΑΜΘ έχει μήκος 2.847 Km με ικανοποιητική εν μέρει βαρύτητα και είδος οδοστρώματος.

- Το **σιδηροδρομικό δίκτυο** διασχίζει τις 4 Π.Ε. της περιφέρειας, εκτός από την Π.Ε. Καβάλας. Το μήκος του φτάνει τα 400 Km από τα όρια των Π.Ε. Σερρών και Δράμας μέχρι το μεθοριακό σταθμό Ορμένιου στα σύνορα με τη Βουλγαρία. Η χάραξη και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της γραμμής έχουν σχεδιαστεί για μέγιστη ταχύτητα 90 – 100 km/h.
- Τα δυο **αεροδρόμια** της Περιφέρειας, Καβάλας και Αλεξανδρούπολης, είναι διεθνή και χαρακτηρίζονται ως Πύλες/ Τροφοδότες της Εγνατίας Οδού. Στρατηγικός στόχος για το Αεροδρόμιο της Καβάλας είναι η ένταξή του στα αεροδρόμια που χαρακτηρίζονται ως «Ευρύτερης Περιφερειακής Σημασίας». Το Αεροδρόμιο της Αλεξανδρούπολης έχει χαρακτηριστεί με Κοινή Υπουργική Απόφαση ως γενικότερης σημασίας με μελλοντικό στόχο την ένταξή του στα αεροδρόμια «Κοινοτικού Ενδιαφέροντος», να λειτουργεί δηλαδή σαν πύλη της χώρας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Η Περιφέρεια διαθέτει δυο μεγάλα **λιμάνια**, της Καβάλας και Αλεξανδρούπολης και έξι μικρότερα συμπεριλαμβανομένων αυτών των νήσων Θάσου και Σαμοθράκης. Τα λιμάνια της Καβάλας και της Αλεξανδρούπολης έχουν κριθεί εθνικής σημασίας και είναι από τα σημαντικότερα της χώρας από πλευράς διακίνησης εμπορευμάτων και επιβατών.

## 4.2 Επιλογή περιοχή μελέτης

Η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης είναι η περιφέρεια της Ελλάδας στην οποία μελετάται η χωροθέτηση κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών.

Η επιλογή της συγκεκριμένης περιφέρειας για τη μελέτη και αξιολόγηση κατάλληλων τοποθεσιών για την εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών έγινε για λόγους που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο και ενισχύονται από την μελέτη των χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης περιφέρειας.

Πιο συγκεκριμένα οι παράγοντες επιλογής της περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης για την μελέτη εγκατάστασης κατάλληλων θέσεων τοποθέτησης μετεωρολογικών σταθμών είναι οι εξής :

(α) Ο μικρός αριθμός των ήδη εγκατεστημένων μετεωρολογικών σταθμών, σε σχέση με άλλες περιφέρειες της χώρας

(β) Η μη ικανοποιητική κατανομή των ήδη εγκατεστημένων σταθμών

(γ) Η γεωγραφική θέση της περιοχής

(δ) Οι ιδιαίτερες τοπικές κλιματολογικές συνθήκες

(ε) Τα περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής

(ζ) Οι χαμηλοί οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες

Οι παραπάνω λόγοι καθώς και η κατάσταση της ΠΑΜΘ, όπως πιο αναλυτικά περιγράφεται σε προηγούμενα κεφάλαια, αναδεικνύουν την ανάγκη για ενίσχυση και ανάπτυξη της συγκεκριμένης περιφέρειας.

Η ανάπτυξη δικτύου μετεωρολογικών σταθμών θεωρείται ότι μπορεί να ενισχύσει την προσπάθεια βελτίωσης και ανάπτυξης σε όλους τους τομείς, κοινωνικούς, οικονομικούς, περιβαλλοντικούς, της συγκεκριμένης περιοχής.

### 4.3 Δεδομένα – Πηγές

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή είναι, όπως προαναφέρθηκε, το Quantum GIS (QGIS). Για τον εντοπισμό των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικών σταθμών, και την αξιολόγηση της καταλληλότητας θέσης των ήδη υπαρχόντων σταθμών, έγινε επεξεργασία και σύνθεση πολλών χαρτών – δεδομένων, με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται κυρίως από 3 πηγές:

(α) Τον ιστοχώρο [geodata.gov.gr](http://geodata.gov.gr), του Ινστιτούτου Πληροφοριακών Συστημάτων, που προσφέρει κατάλογο ανοιχτών δεδομένων API και χαρτών.

(β) Το Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, στα πλαίσια της θεματικής Ενότητας ΔΠΠ51

(γ) Τον ιστοχώρο του WMO, [oscar.wmo.int](http://oscar.wmo.int)

Τα δεδομένα – χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν στη μορφή shape file, στη μορφή .tif και στη μορφή .csv.

Κατά την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων, όλοι οι χάρτες και τα γεωγραφικά δεδομένα μετατράπηκαν και επεξεργάστηκαν σε κοινό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν το EPSG 2100-GGRS87/Greek Grid.



## 4.4 Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης

### 4.4.1 Καθορισμός Κριτηρίων χωροθέτησης

Για τον εντοπισμό κατάλληλων θέσεων για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού, είναι απαραίτητο να καθοριστούν συγκεκριμένα κριτήρια χωροθέτησης. Στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, ο καθορισμός κριτηρίων βέλτιστων θέσεων εγκατάστασης μετεωρολογικών σταθμών, στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης έγινε με κριτήρια που εντοπίστηκαν από βιβλιογραφική ανασκόπηση. Πιο συγκεκριμένα ο καθορισμός των κριτηρίων έγινε με βάση τις βιβλιογραφικές αναφορές του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού σε ότι αφορά τη χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού.

Τα κριτήρια που καθορίζονται από τον WMO και λαμβάνονται υπόψη στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, σχετίζονται με τον εντοπισμό βέλτιστων περιοχών για τη τοποθέτηση οργάνων μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία και υγρασία και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, ώστε η εκτίμηση και μέτρηση τους να γίνεται με μεγαλύτερη αξιοπιστία και ακρίβεια.

Πιο συγκεκριμένα τα κριτήρια χωροθέτησης σχετίζονται με τους ακόλουθους παράγοντες:

(α) Την κλίση του εδάφους

(β) Την κάλυψη του εδάφους

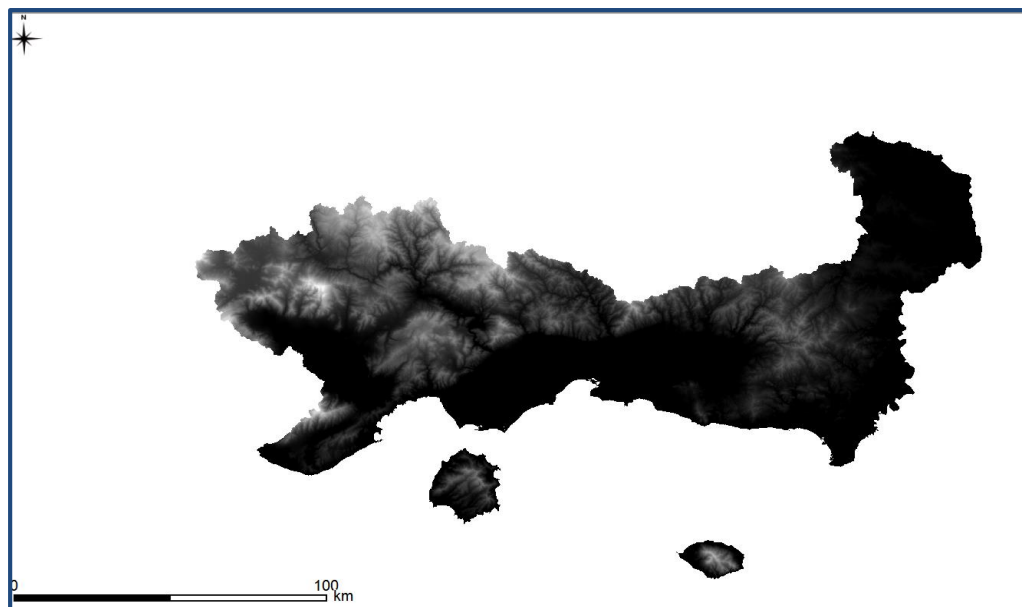
(γ) Την απόσταση από υδάτινες επιφάνειες

Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία και συγκεκριμένα τις αναφορές του WMO στους οδηγούς CIMO Guide, 2008 και *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* No-8,2014, τα παραπάνω κριτήρια σχετίζονται με τη μέτρηση και των τριών βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, δηλαδή της

θερμοκρασίας, της υγρασίας και των κατακρημνισμάτων, οπότε ο καθορισμός και η επεξεργασία τους αφορά πάντα και τις τρεις αυτές μετεωρολογικές παραμέτρους.

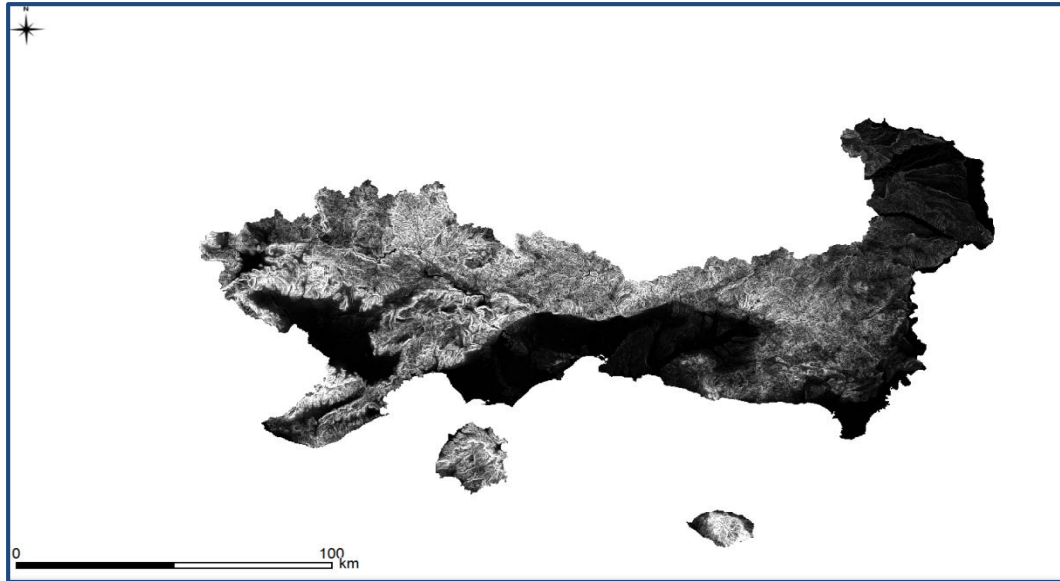
#### 4.4.2 Κλίση του εδάφους

Σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (CIIMO Guide – WMO, 2008) για την τοποθέτηση των οργάνων μέτρησης της θερμοκρασίας πρέπει να αποφεύγονται τοποθεσίες με απότομη κλίση και εσοχές του εδάφους. Οι ίδιες απαιτήσεις καθορίζουν τη σωστή τοποθέτηση των οργάνων μέτρησης της υγρασίας και των κατακρημνισμάτων.



**Χάρτης 4.1:** Θεματικός χάρτης υψόμετρου Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης. Τα μαύρα εικονοστοιχεία αντιστοιχούν σε ελάχιστο υψόμετρο 124m ενώ τα λευκά σε μέγιστο 2158m

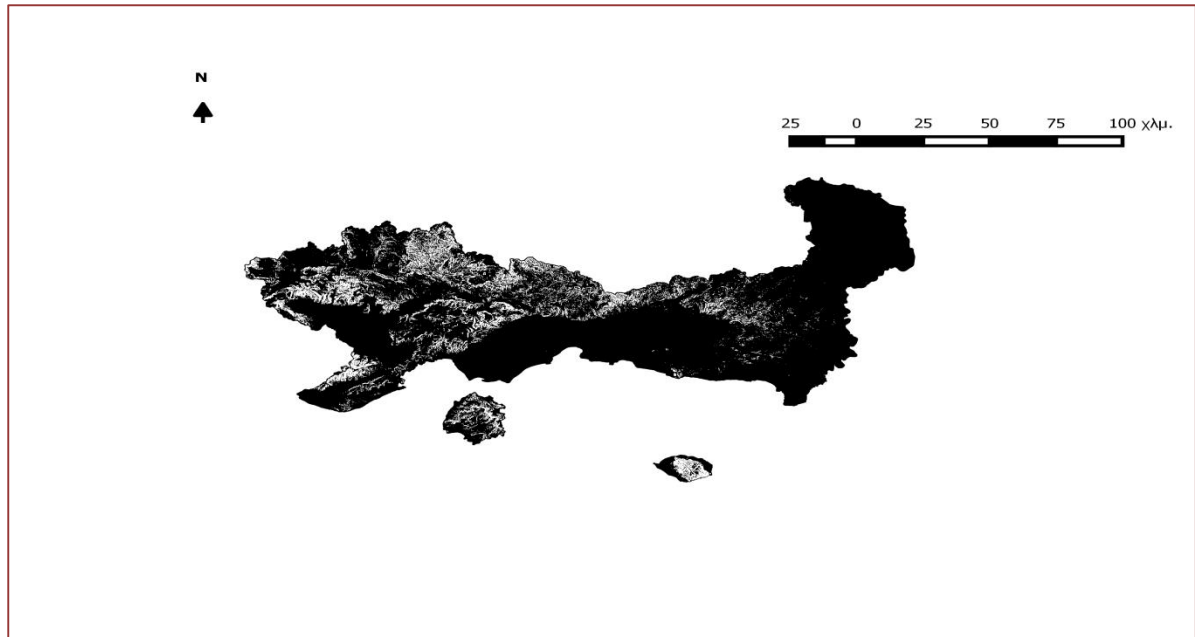
Το παράγωγο μέγεθος της κλίσης, προκύπτει από το υψόμετρο (Warren, 2004). Έτσι ο θεματικός χάρτης της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης φαίνεται στον παρακάτω χάρτη 4.2.



**Χάρτης 4.2:** Θεματικός χάρτης κλίσης του εδάφους της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης. Τα μαύρα εικονοστοιχεία αντιστοιχούν σε ελάχιστη κλίση  $0,10^\circ$  ενώ τα λευκά σε μέγιστη κλίση  $28,91^\circ$

Σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, στην αναφορά *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (WMO No 8, 2014), η βέλτιστη τοποθεσία για την τοποθέτηση μετεωρολογικών οργάνων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και υγρασίας, είναι το έδαφος που έχει κλίση μικρότερη από  $19^\circ$ .

Συνοπώς από το αρχείο της κλίσης της περιοχής, προκύπτει ο χάρτης των τοποθεσιών με κλίση μικρότερη από  $19^\circ$ .

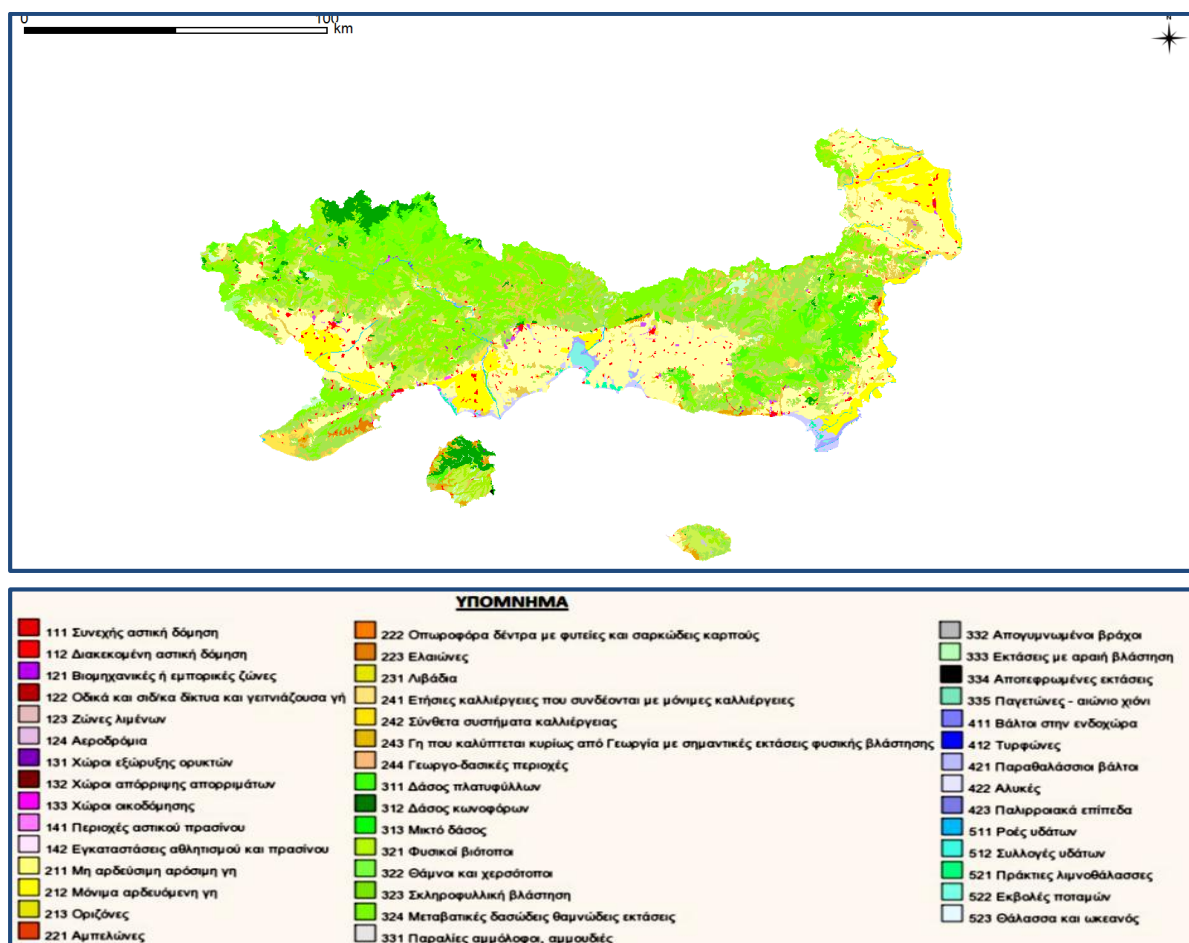


**Χάρτης 4.3:** Περιοχές με κλίση μικρότερη από 19<sup>ο</sup> (μαύρα εικονοστοιχεία)

#### 4.4. 3 Κάλυψη του εδάφους

Σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (CIIMO Guide – WMO, 2008) η τοποθέτηση των οργάνων μέτρησης της θερμοκρασίας πρέπει να είναι πάνω από το επίπεδο του εδάφους, 1,2m έως 2m, ελεύθερα εκτεθειμένα στην ηλιοφάνεια και τον άνεμο, και όχι κάτω από τη σκιά ή δίπλα από δέντρα, κτήρια ή άλλες κατασκευές. Περιοχές με απότομη κλίση ή εσοχές του εδάφους αποτελούν εξαίρεση και πρέπει να αποφεύγονται. Για την αξιόπιστη μέτρηση της υγρασίας, οι προϋποθέσεις είναι ίδιες, όπως για τη θερμοκρασία, επιπλέον όμως θεωρείται σκόπιμο, να αποφεύγονται τοποθεσίες που δημιουργούν τοπικά μικροκλίματα, όπως το ξύλο και συνθετικά υλικά που απορροφούν ή αποβάλλουν υγρασία, και μεταβάλλουν τοπικά, την υγρασία της ατμόσφαιρας. Για τη μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η τοποθέτηση των οργάνων σε οριζόντιο έδαφος, με ομοιόμορφη πυκνότητα βλάστησης. Επίσης κατάλληλο θεωρείται το έδαφος που είναι καλυμμένο με χαλίκι ή μικρά βότσαλα.

Για τη μελέτη και επεξεργασία του παράγοντα «Κάλυψη του εδάφους» χρησιμοποιείται ο χάρτης Κάλυψης γης της Ελλάδας, Corine Land Cover 2000, που κόβεται στα όρια της περιφέρειας.

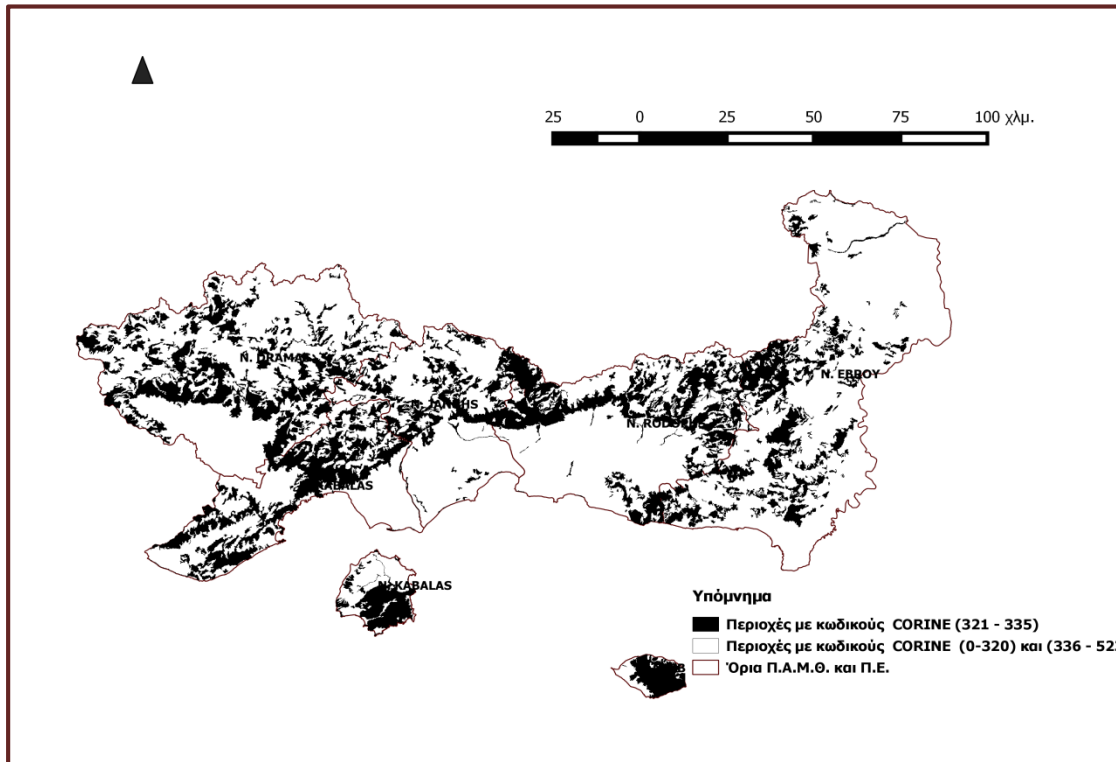


**Χάρτης 4.3:** Θεματικός χάρτης χρήσεων γης Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης

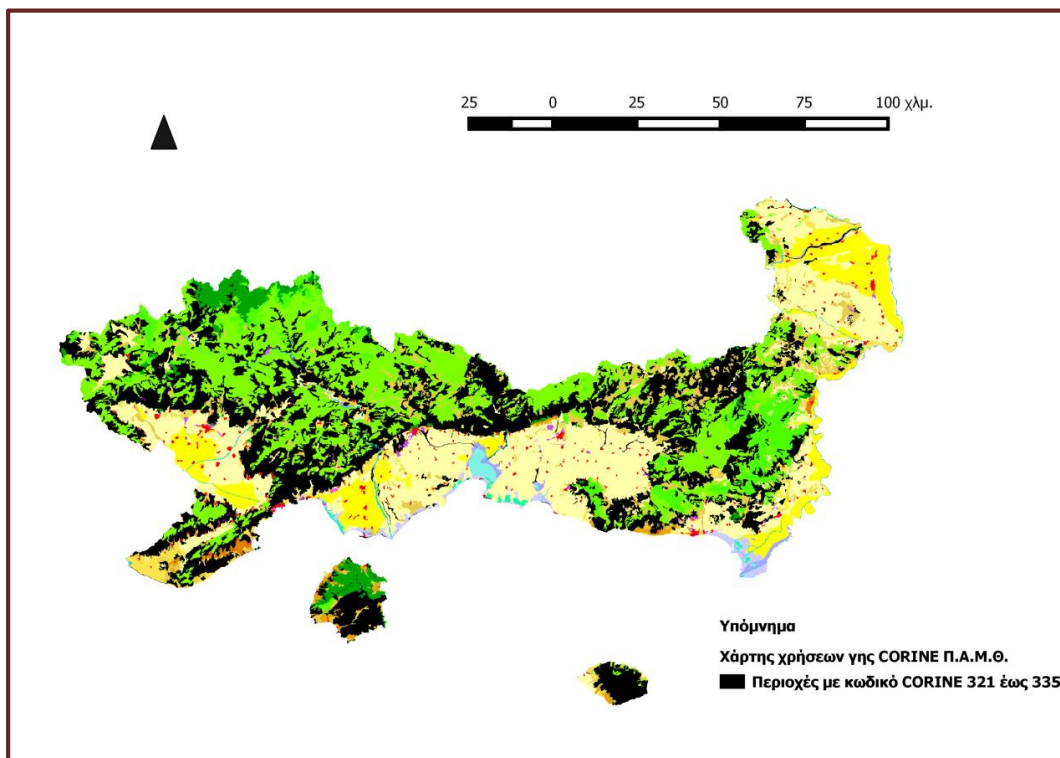
Σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, στον οδηγό, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (WMO No -8, 2014), η βέλτιστη τοποθεσία για την τοποθέτηση μετεωρολογικών οργάνων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και υγρασίας, είναι το έδαφος με φυσική χαμηλή βλάστηση, κυρίως γρασίδι με ύψος μικρότερο από 10cm.

Οι χάρτες 4.4 και 4.5, απεικονίζουν τις περιοχές στις οποίες μπορεί να εγκατασταθεί μετεωρολογικός σταθμός. Οι κατάλληλες περιοχές έχουν κωδικούς CORINE 321 έως 335, ενώ οι περιοχές με κωδικούς CORINE 0 έως 320

και 335 έως 523, θεωρούνται απαγορευτικές περιοχές για εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού.



**Χάρτης 4.4:** Περιοχές κατάλληλες για εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού

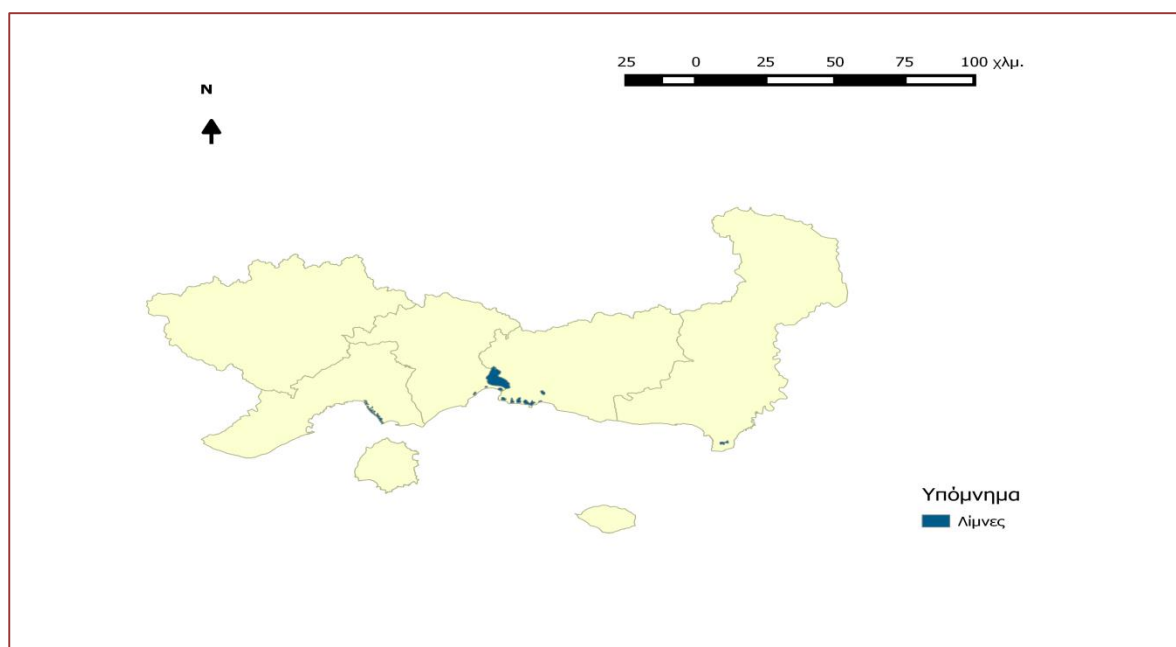


**Χάρτης 4.5 :** Περιοχές κατάλληλες για εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού στο χάρτη χρήσεων γης της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης

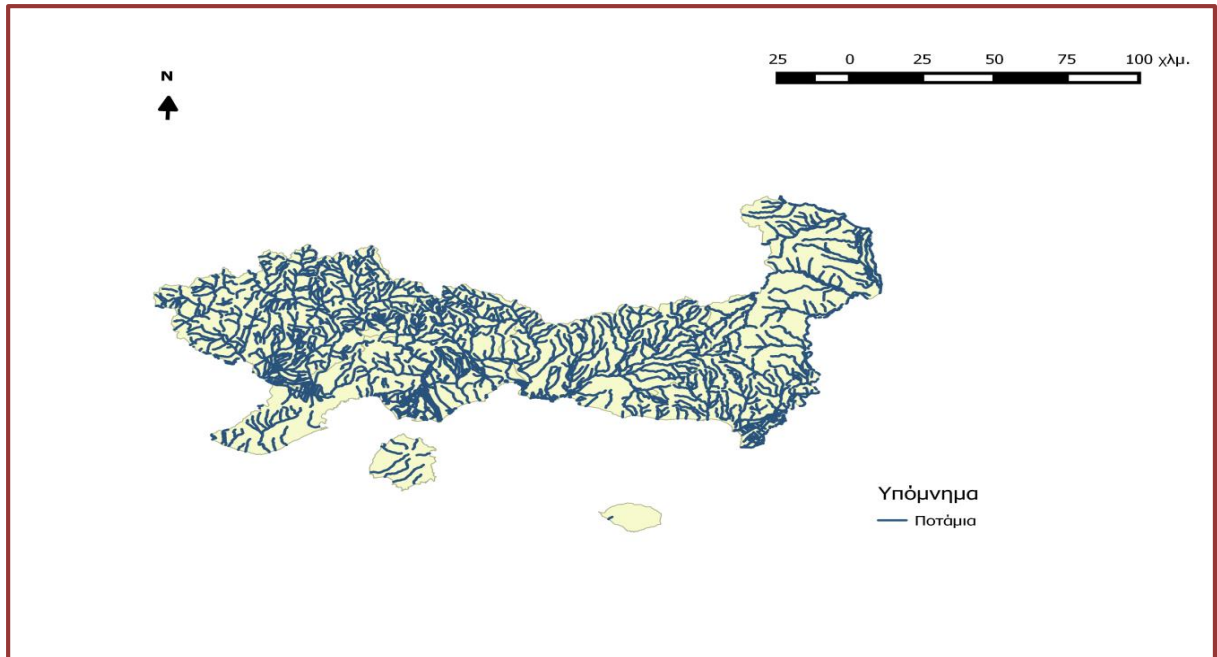
#### 4.4. 4 Απόσταση από υδάτινες επιφάνειες

Σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (CIMO Guide – WMO, 2008) για την τοποθέτηση των οργάνων μέτρησης της υγρασίας του αέρα, τα όργανα πρέπει να τοποθετούνται μακριά από πηγές νερού.

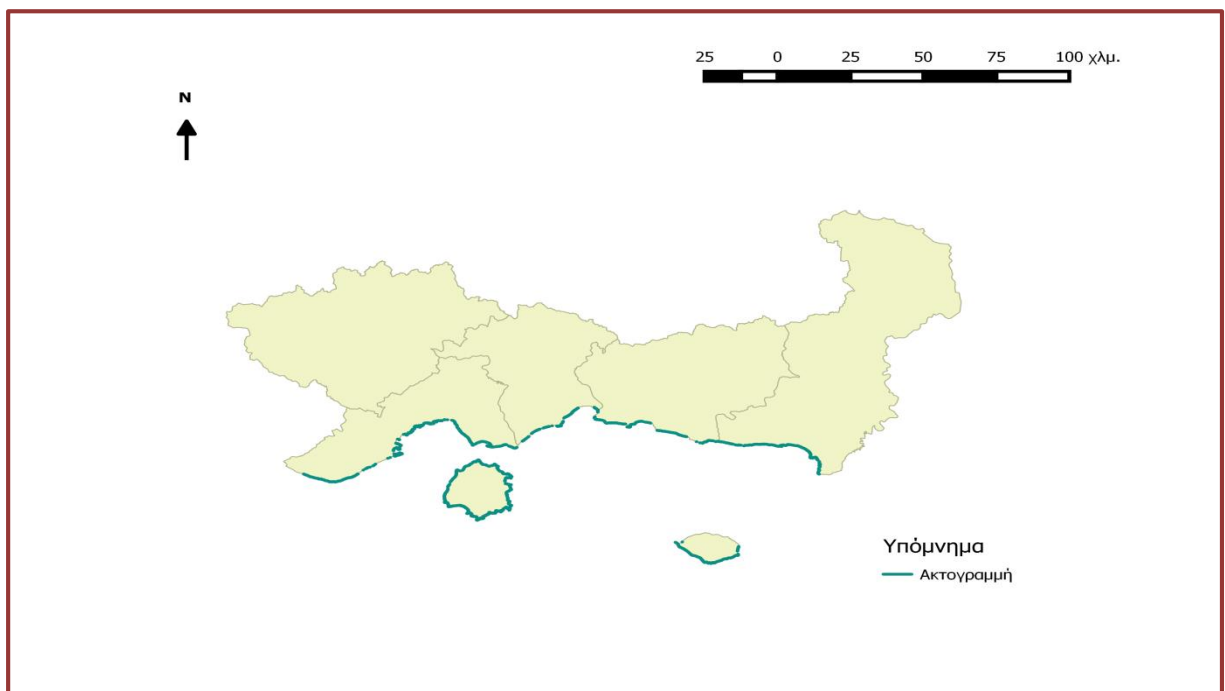
Συνεπώς, για τη μελέτη του παράγοντα της απόστασης από υδάτινες επιφάνειες, αρχικά κατασκευάζονται οι θεματικοί χάρτες των λιμνών, των ποταμών και της ακτογραμμής της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης.



**Χάρτης 4.6:** Χάρτης λιμνών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης



**Χάρτης 4.7:** Χάρτης ποταμών Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης



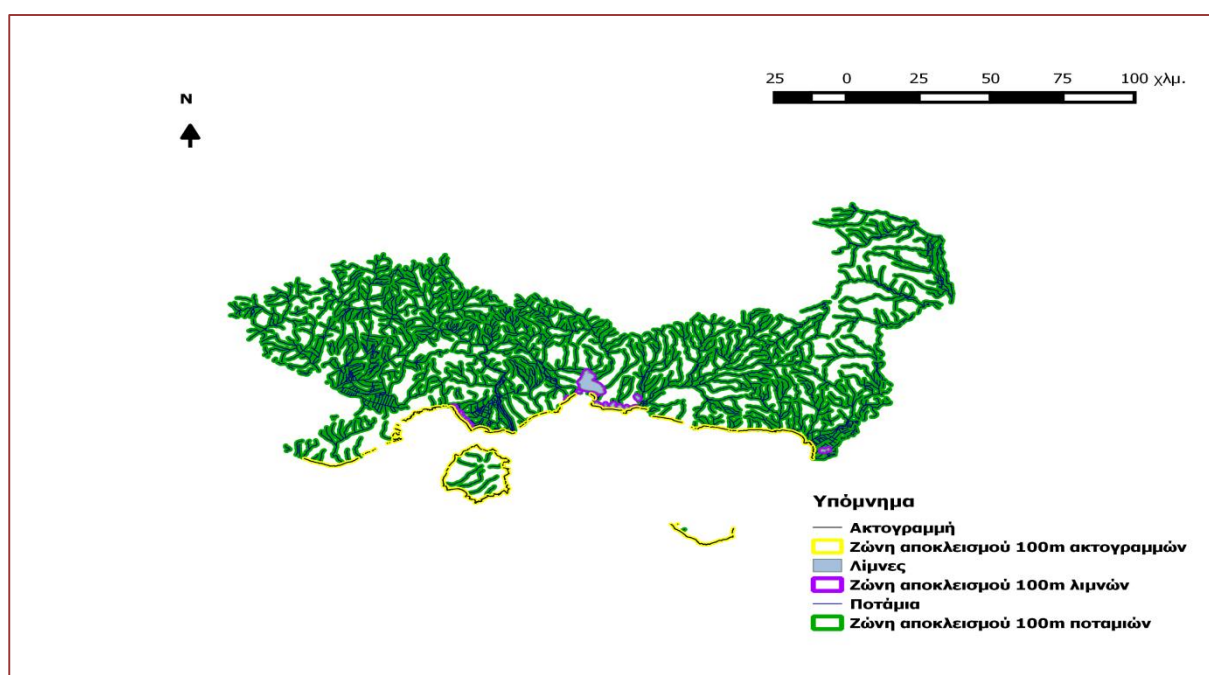
**Χάρτης 4.8:** Χάρτης ακτογραμμής Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης

Σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, στην αναφορά *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (WMO No 8,2014), η βέλτιστη τοποθεσία για την τοποθέτηση μετεωρολογικών



οργάνων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 100m από υδάτινες επιφάνειες.

Για να αποκλειστούν περιοχές με απόσταση μικρότερη από 100m από τις υδάτινες επιφάνειες, δημιουργούνται αρχικά ζώνες επιρροής, με απόσταση 100 m στα διανυσματικά αρχεία των λιμνών, των ποταμών και της ακτογραμμής.



**Χάρτης 4.9:** Ζώνες αποκλεισμού (buffer) 100m γύρω από την ακτογραμμή, τις λίμνες και τα ποτάμια της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης

## 4.5 Αξιολόγηση βαθμού καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών με απλή προσθετική σταθμική μέθοδο (Simple Additive Weighted Method).

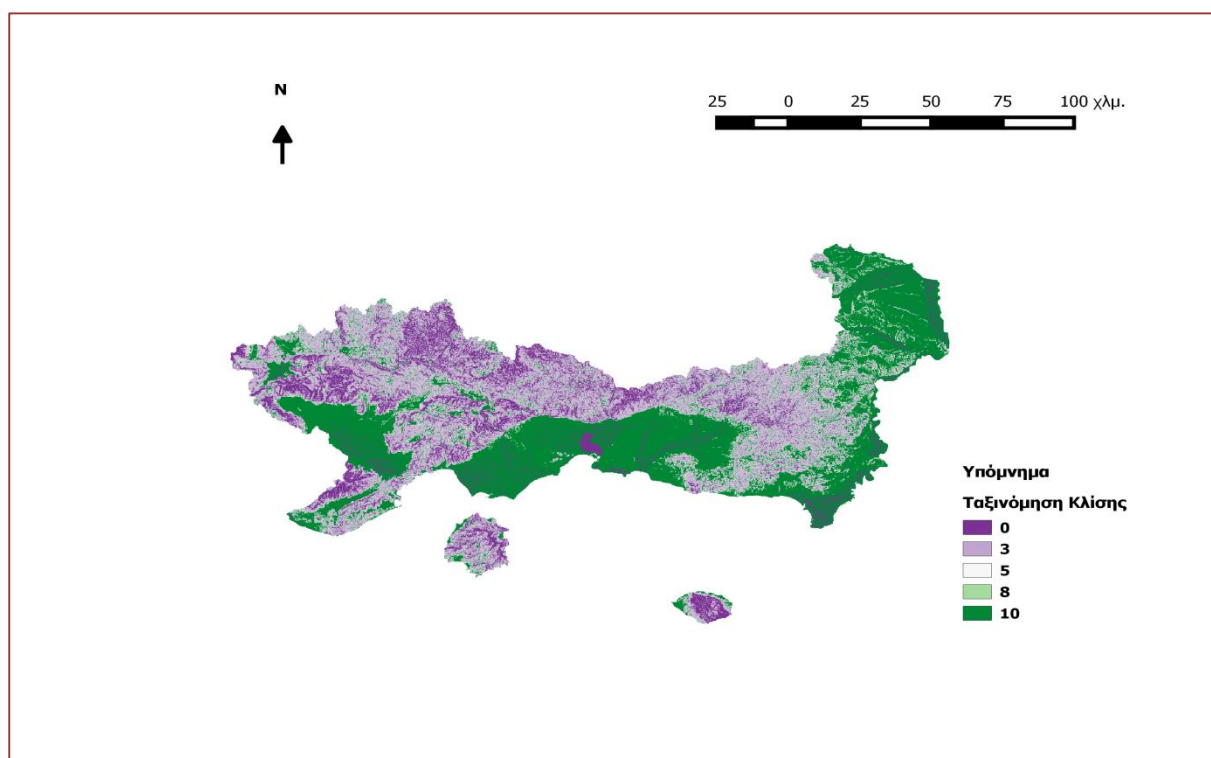
### 4.5.1 Επαναταξινόμηση Κριτηρίων σε κοινή κλίμακα

Για τον καθορισμό των περιοχών που είναι κατάλληλες για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού, και για τη δημιουργία του τελικού χάρτη, είναι απαραίτητος ο συνδυασμός των κριτηρίων που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τα αρχεία ενδιαφέροντος, και εφόσον γίνουν όλα πλεγματικά, ταξινομούνται στην ίδια κλίμακα, σε κοινό δηλαδή αριθμό εικονοστοιχείων. Η νέα κλίμακα έχει, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, εύρος τιμών από 0 έως 10, με το 0 να αντιστοιχεί σε μηδενική καταλληλότητα και το 10 σε βέλτιστη καταλληλότητα.

### **(α) Επαναταξινόμηση αρχείου Κλίσης εδάφους**

Το αρχείο της κλίσης του εδάφους είναι σε πλεγματικό αρχείο, επομένως δεν χρειάζεται μετατροπή, αλλά μόνο επαναταξινόμηση στη κλίμακα από 0 έως 10, με τιμές όπως ορίστηκαν στον Πίνακα 3.2.

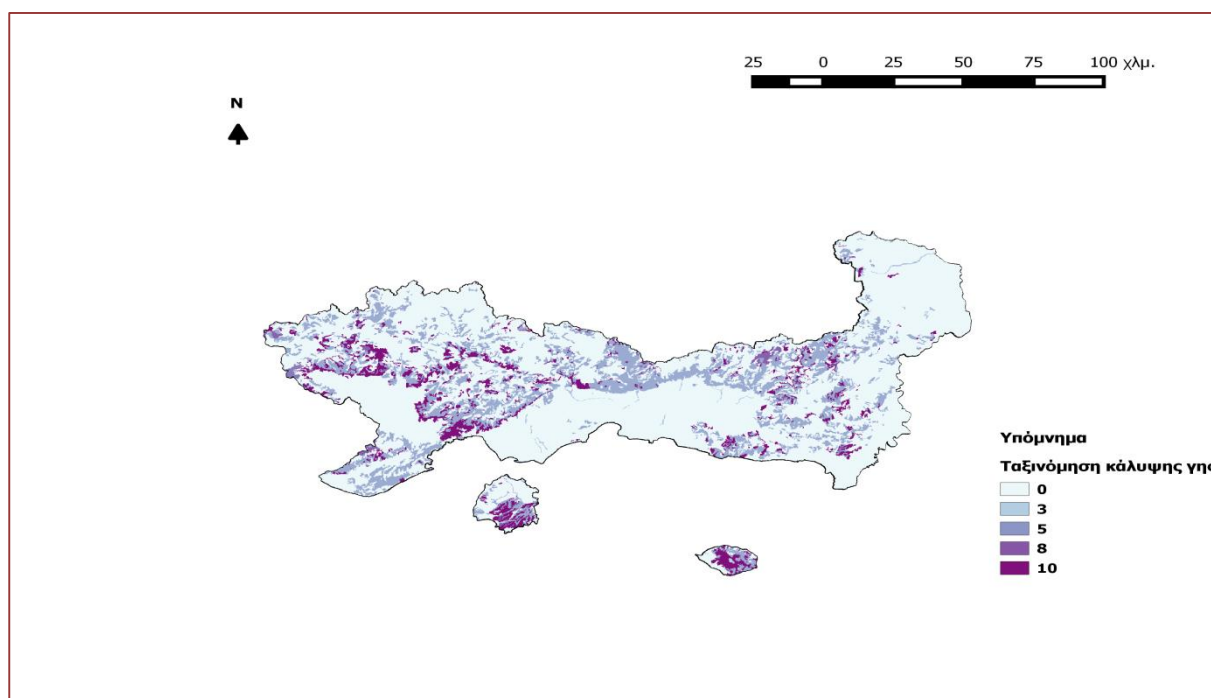


**Χάρτης 4.10:** Ταξινόμηση της κλίσης στη κλίμακα 0 έως 10

### **(β) Επαναταξινόμηση αρχείου Κάλυψης γης**

Το αρχείο κάλυψης γης είναι σε πλεγματική μορφή, οπότε απαιτείται μόνο η επαναταξινόμηση του στην κλίμακα 0 έως 10, με τιμές που ορίστηκαν στον Πίνακα 3.1.

Έτσι, προκύπτει ο χάρτης των τύπων κάλυψης γης ταξινομημένος στη κλίμακα 0 έως 10, σε ότι αφορά τη καταλληλότητα χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, που φαίνεται παρακάτω.



**Χάρτης 4.11:** Ταξινόμηση χάρτη κάλυψης γης CORINE στη κλίμακα 0 έως 10

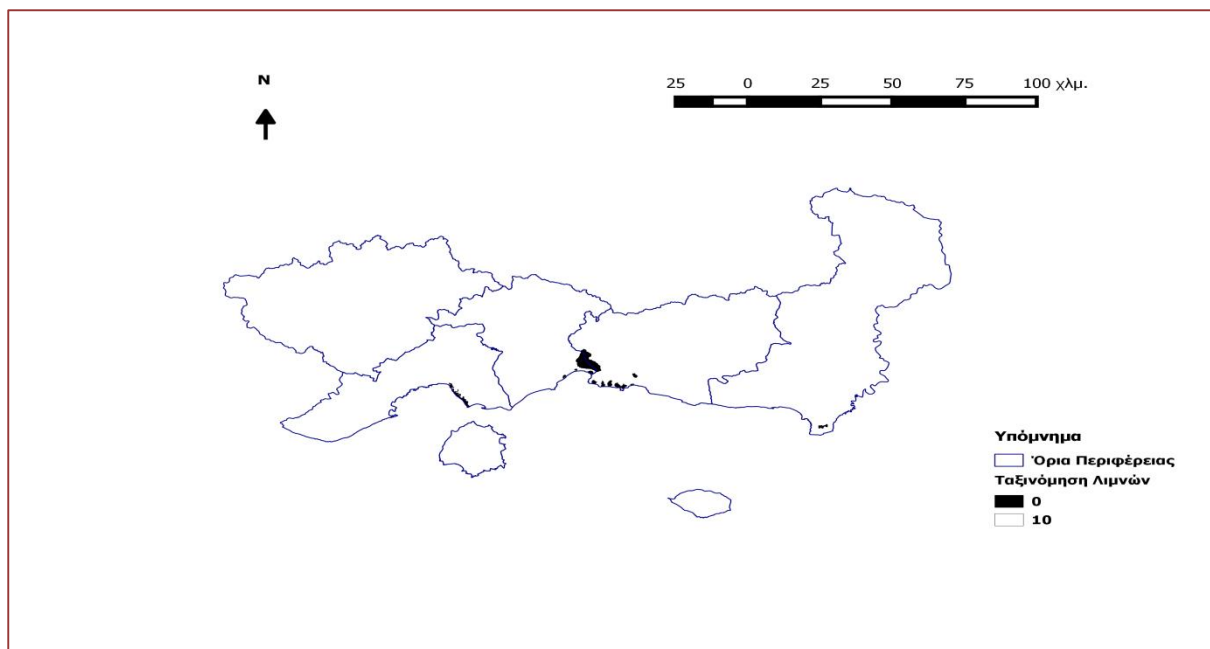
### **(γ) Απόσταση από υδάτινες επιφάνειες**

Για τη μελέτη της απόστασης από υδάτινες επιφάνειες, αρχικά οι ζώνες αποκλεισμού γύρω από τα ποτάμια, τις λίμνες και την ακτογραμμή, μετατρέπονται σε πλεγματικά δεδομένα.

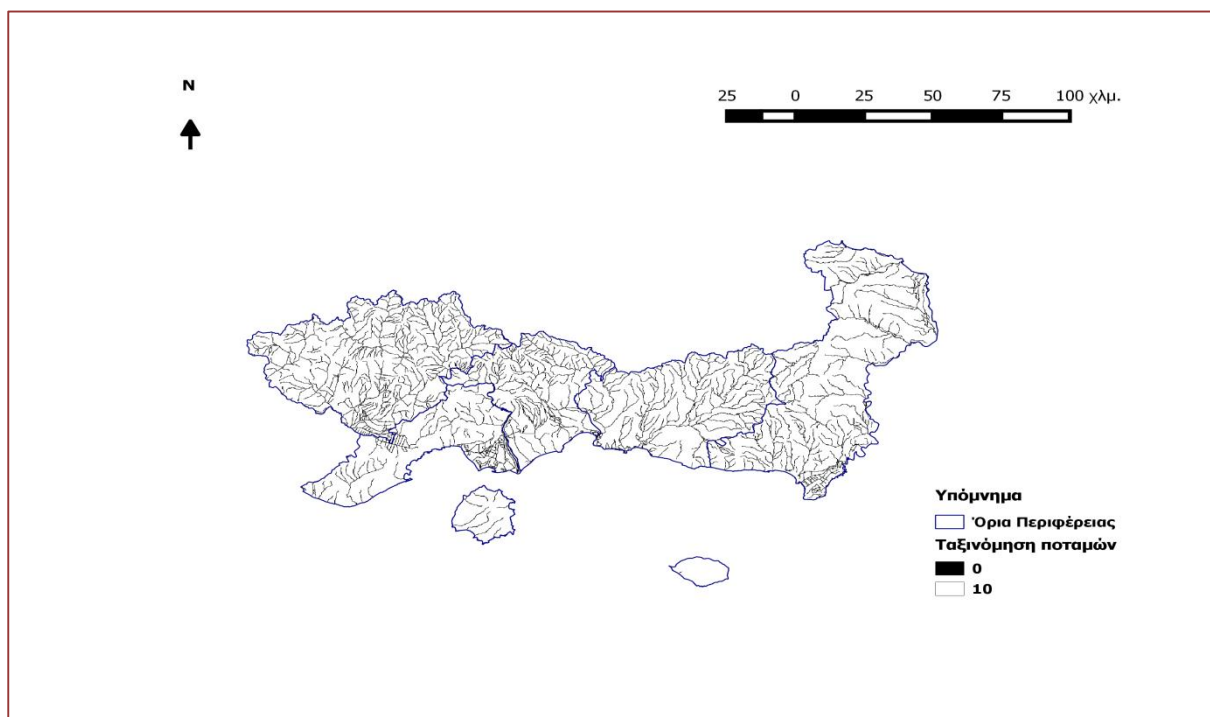
Όπως οι περιοχές ενδιαφέροντος βρίσκονται εκτός των ζωνών αποκλεισμού 100m για όλες τις υδάτινες επιφάνειες.

Η ταξινόμηση των αρχείων ενδιαφέροντος στη κλίμακα 0 έως 10, ορίστηκε στον Πίνακα 3.3

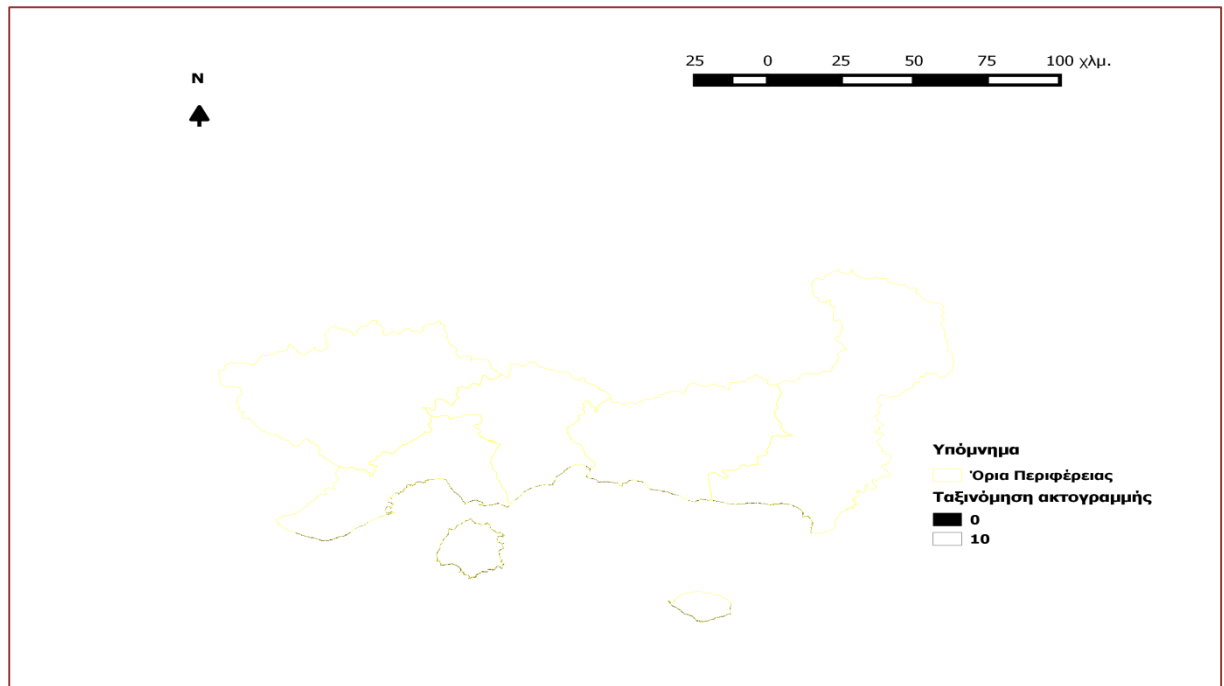
Προκύπτουν έτσι οι νέοι χάρτες με τις περιοχές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού, σε σχέση με την απόσταση από τις υδάτινες επιφάνειες στη νέα κλίμακα.



**Χάρτης 4.12:** Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σε απόσταση μεγαλύτερη από 100m από τις λίμνες.



**Χάρτης 4.13:** Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σε απόσταση μεγαλύτερη από 100m από τα ποτάμια.



**Χάρτης 4.14:** Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σε απόσταση 100m από την ακτογραμμή

#### 4.5. 2 Βαρύτητα Κριτηρίων

Μετά την επαναταξινόμηση των κριτηρίων, ακολουθεί η σύνθεσή τους για να προκύψει ο χάρτης τελικών περιοχών που θα απεικονίζει τις λιγότερο ή περισσότερο κατάλληλες περιοχές, στη Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης για χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού.

Το κάθε κριτήριο όμως συμβάλλει σε διαφορετικό βαθμό, ως προς τη σπουδαιότητα του, στον εντοπισμό των κατάλληλων περιοχών τοποθέτησης μετεωρολογικού σταθμού.

Συνεπώς, ακολουθώντας τη μέθοδο της σταθμισμένης επικάλυψης κριτηρίων (Weighted Overlay), καθορίζεται αρχικά η βαρύτητα κάθε κριτηρίου, σε ποσοστό %. Η τιμή βαρύτητας κάθε κριτηρίου, προκύπτει από προσεκτική μελέτη της βιβλιογραφίας και κυρίως λαμβάνοντας υπόψη ποιο από τα κριτήρια, η κλίση του εδάφους, η κάλυψη του εδάφους και η απόσταση από τις υδάτινες επιφάνειες, αποτελεί πρωταρχικό και σημαντικό παράγοντα για τη

μέτρηση των απλών μετεωρολογικών παραμέτρων, της θερμοκρασίας, της υγρασίας και των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Όπως αναφέρθηκε στο 3 κεφάλαιο, ο παράγοντας που θεωρείται ότι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη βαρύτητα, είναι η κάλυψη γης με ποσοστό 100%, ακολουθεί η κλίση του εδάφους με ποσοστό 80% και οι αποστάσεις από τις υδάτινες επιφάνειες με ποσοστό 50%.

### 4.5.3 Σταθμισμένη επικάλυψη κριτηρίων (Weighted Overlay)

Για να εφαρμοστεί η μέθοδος της σταθμισμένης επικάλυψης θα πρέπει μετά τον καθορισμό της βαρύτητας κάθε κριτηρίου, να καθοριστεί ο Συντελεστής Βαρύτητας κάθε κριτηρίου. Αυτός προκύπτει από το λόγο της βαρύτητας του κάθε κριτηρίου προς την τιμή της ελάχιστης βαρύτητας. Έτσι ο συντελεστής βαρύτητας κάθε κριτηρίου παίρνει τη τιμή:

- Συντελεστής Βαρύτητας της κάλυψης του εδάφους  $100/50 = 2$
- Συντελεστής Βαρύτητας της κλίσης του εδάφους  $80/50 = 1,4$
- Συντελεστής Βαρύτητας της απόστασης από τις λίμνες  $50/50 = 1$
- Συντελεστής Βαρύτητας της απόστασης από τα ποτάμια  $50/50 = 1$
- Συντελεστής Βαρύτητας της απόστασης από την ακτογραμμή  $50/50 = 1$

Ο Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας υπολογίζεται από τον λόγο του συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου, προς το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας. Έτσι ο Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας κάθε κριτηρίου παίρνει τη τιμή:

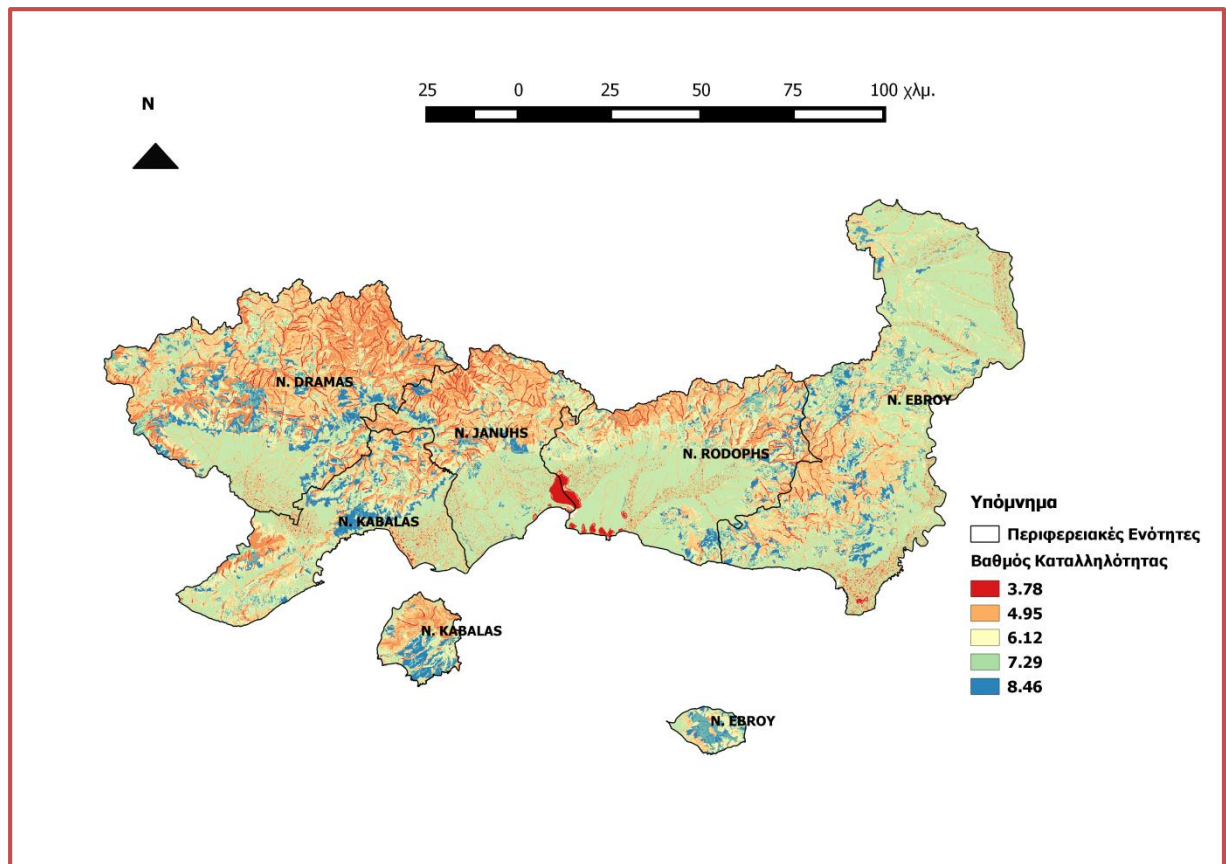
- Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας της κάλυψης του εδάφους  $2/6,4 = 0,3125$
- Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας της κλίσης του εδάφους  $1,4 / 6,4 = 0,21875$
- Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας της απόστασης από λίμνες  $1/6,4 = 0,15625$
- Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας της απόστασης από ποτάμια  $1/6,4 = 0,15625$
- Διορθωμένος Συντελεστής Βαρύτητας της απόστασης από την ακτογραμμή  $1/6,4 = 0,15625$

## 4.6 Τελικός χάρτης περιοχών χωροθέτησης

Με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής μεθόδου της σταθμισμένης επικάλυψης κριτηρίων, έχουν καθοριστεί η βαρύτητα, ο συντελεστής βαρύτητας και ο διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας του κάθε κριτηρίου που έχει τεθεί για τον εντοπισμό των βέλτιστων περιοχών εγκατάστασης μετεωρολογικού σταθμού στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης.

Για να προκύψει ο τελικός χάρτης των περιοχών χωροθέτησης, το κάθε κριτήριο πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο διορθωμένο συντελεστή βαρύτητας και τα γινόμενα που προκύπτουν προστίθενται μεταξύ τους.

Προκύπτει έτσι ο χάρτης 4.15 των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού στην Περιφέρεια, που απεικονίζεται παρακάτω.



**Χάρτης 4.15:** Τελικός χάρτης περιοχών καταλληλότητας εγκατάστασης μετεωρολογικού σταθμού και βαθμός καταλληλότητας

Από τα δεδομένα του τελικού χάρτη προκύπτει ότι οι περιοχές βέλτιστης χωροθέτησης, οι περιοχές με μπλε χρώμα στο χάρτη, βρίσκονται στο νότιο τμήμα της περιφέρειας, κυρίως στα νησιά της Θάσου και Σαμοθράκης, όπου όπως φαίνεται από τα δεδομένα του χάρτη το μεγαλύτερο μέρος τους αντιστοιχεί σε περιοχή άριστης χωροθέτησης.

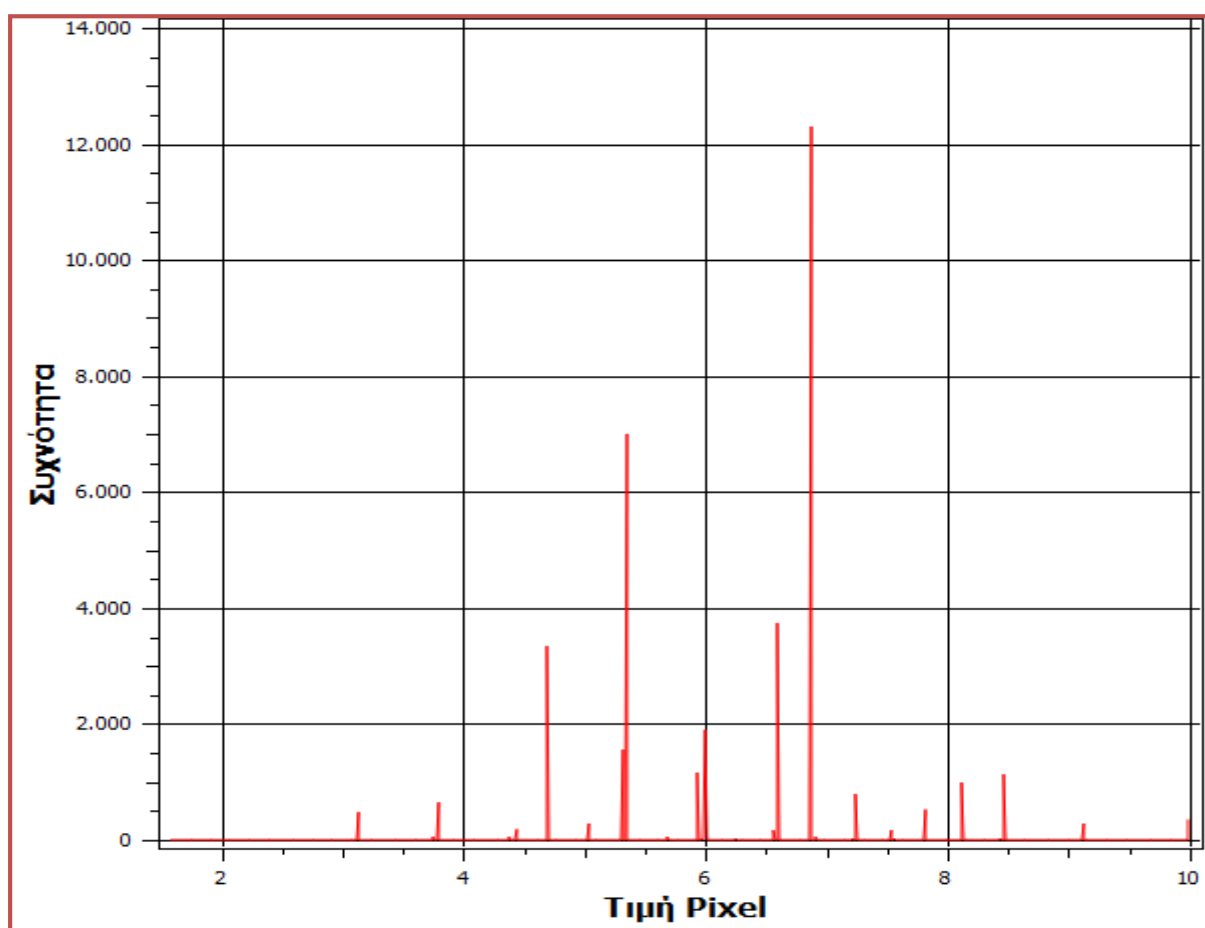
Περιοχές βέλτιστης χωροθέτησης επίσης, εντοπίζονται στο νότιο τμήμα της Περιφερειακής ενότητας της Καβάλας και σε μεγάλο τμήμα της.

Περιοχές βέλτιστης χωροθέτησης εντοπίζονται επίσης στο κεντρικό τμήμα της Π.Ε. Δράμας, κατά μήκος των συνόρων των Π.Ε. Ροδόπης και Έβρου, όπως επίσης στο ανατολικό τμήμα της Π.Ε. Έβρου και σε ένα μικρό τμήμα στο κέντρο της Π.Ε. Ξάνθης.

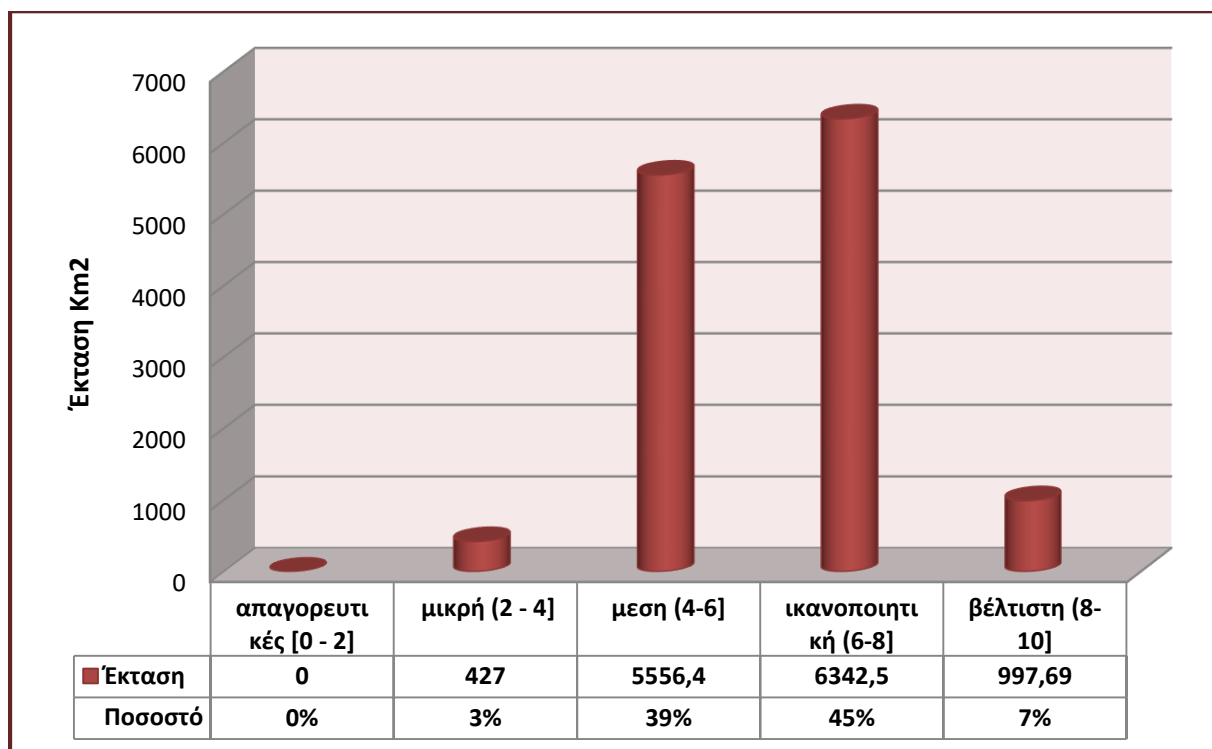


Περιοχές ικανοποιητικού βαθμού χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, δηλαδή οι περιοχές με πράσινο χρώμα στο χάρτη, εντοπίζονται κυρίως στο νότιο και ανατολικό τμήμα της περιφέρειας. Πιο συγκεκριμένα στο μεγαλύτερο μέρος των Π.Ε. Έβρου και Ροδόπης, στο νότιο τμήμα της Π.Ε. Ξάνθης και στο ανατολικό τμήμα των Π.Ε. Δράμας και Καβάλας.

Περιοχές με απαγορευτική και πολύ μικρή καταλληλότητα χωροθέτησης, περιοχές δηλαδή με κόκκινο και πορτοκαλί χρώμα στο χάρτη, εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στο βόρειο τμήμα της περιφέρειας. Πιο συγκεκριμένα στο βόρειο τμήμα των Π.Ε. Δράμας και Ξάνθης, όπου καλύπτουν μεγάλη έκταση τους.



**Διάγραμμα 4.9:** Ιστόγραμμα του χάρτη κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης.



**Διάγραμμα 4.10:** Καταλληλότητα περιοχών χωροθέτησης σε τετραγωνικά χιλιόμετρα και ποσοστό ανά κατηγορία καταλληλότητας

Από τον τελικό χάρτη 4.15 των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, το αντίστοιχο ιστόγραμμα 4.9 και το διάγραμμα 4.10 που απεικονίζει την έκταση και το ποσοστό κάθε κατηγορίας καταλληλότητας, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι περιοχές με απαγορευτική καταλληλότητα για χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού, δηλαδή οι περιοχές στο εύρος [0 έως 2], καλύπτουν μηδενική έκταση της περιφέρειας.
- Οι περιοχές με μικρή καταλληλότητα χωροθέτησης, δηλαδή οι περιοχές στο εύρος (2 έως 4], καλύπτουν μικρή περιοχή έκταση της περιφέρειας, 3% που αντιστοιχεί σε 427Km<sup>2</sup>.
- Οι περιοχές με μέση καταλληλότητα χωροθέτησης, δηλαδή οι περιοχές στο εύρος (4 έως 6], καλύπτουν αρκετά μεγάλο μέρος της έκτασης της περιφέρειας, 39% της έκτασης, που αντιστοιχεί σε 5556,4 Km<sup>2</sup>.

- Οι περιοχές με ικανοποιητική καταλληλότητα χωροθέτησης, δηλαδή οι περιοχές στο εύρος [6 έως 8], καλύπτουν τη μεγαλύτερη έκταση της περιφέρειας, με ποσοστό κάλυψης 45% που αντιστοιχεί σε 6342,5 Km<sup>2</sup>.
- Οι περιοχές με βέλτιστη ικανότητα χωροθέτησης, δηλαδή οι περιοχές στο εύρος [8 έως 10], καλύπτουν μικρή έκταση της περιφέρειας, με ποσοστό 7%, που αντιστοιχεί σε έκταση 997, 7 Km<sup>2</sup>.

Στον τελικό χάρτη, με τις κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης και τη ταξινόμηση τους, προστίθενται οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, που είναι καταχωρημένοι στο Σύστημα Παρακολούθησης Ανάλυσης και Ανασκόπησης Επίγειων Συστημάτων (Observing Systems Capability Analysis and Review Tools – Surface Based Capabilities) του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού. Το αρχείο των παραπάνω σταθμών, ανακτάται από την ιστοσελίδα <http://oscar.wmo.int>.

Στο ίδιο χάρτη επίσης απεικονίζονται εγκατεστημένοι μετεωρολογικοί σταθμοί που ανήκουν ή εποπτεύονται από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Οι συντεταγμένες των σταθμών ανακτώνται από την ιστοσελίδα [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr).

**Πίνακας 4.5:** Χαρακτηριστικά σταθμών Ε.Μ.Υ. στην ΠΑΜΘ

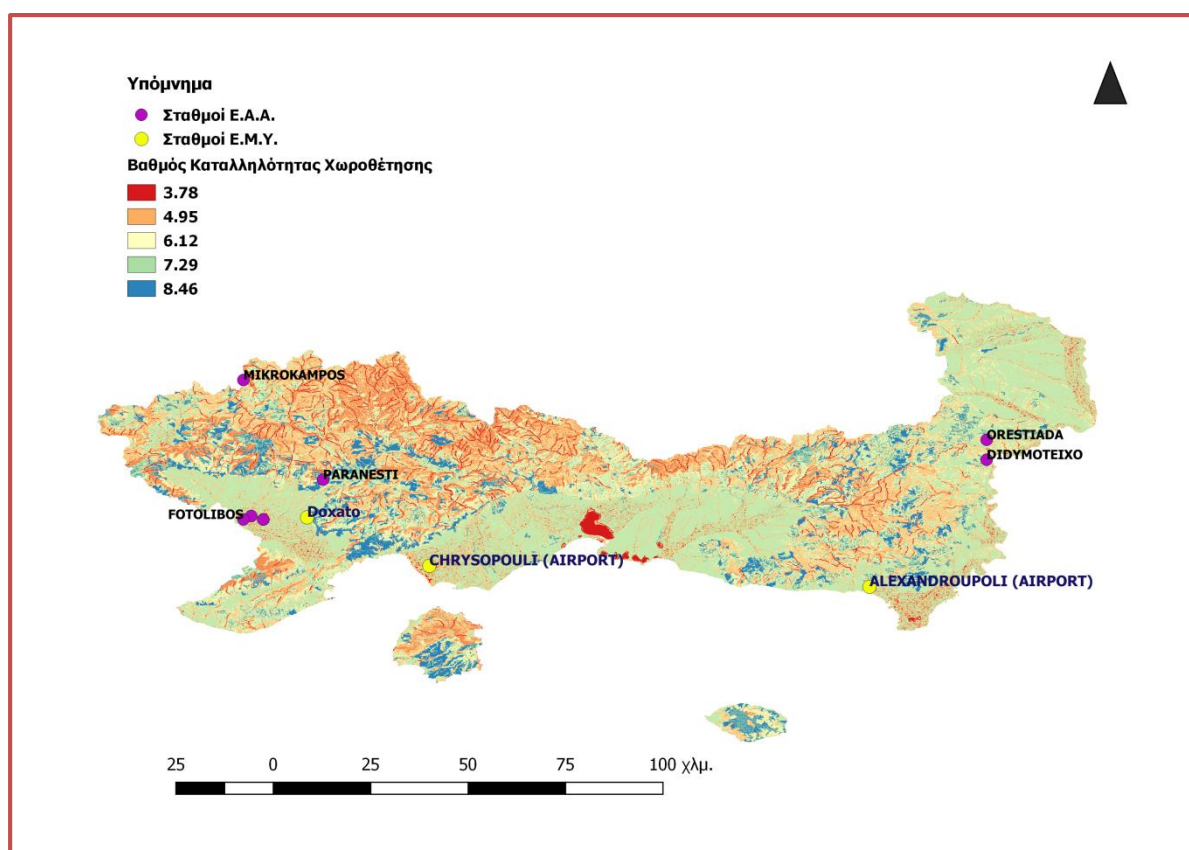
ΣΤΑΘΜΟΣ	Γεωγραφικό Πλάτος σε μοίρες	Γεωγραφικό μήκος σε μοίρες	Κωδικός WMO
Αλεξανδρούπολη αεροδρόμιο	408.573	25.947	16627
Δοξάτο	410.663	24.252	16840
Χρυσούπολη Αεροδρόμιο	409.202	246.203	16624

Πηγή: [www.wmo.oscar.int](http://www.wmo.oscar.int)

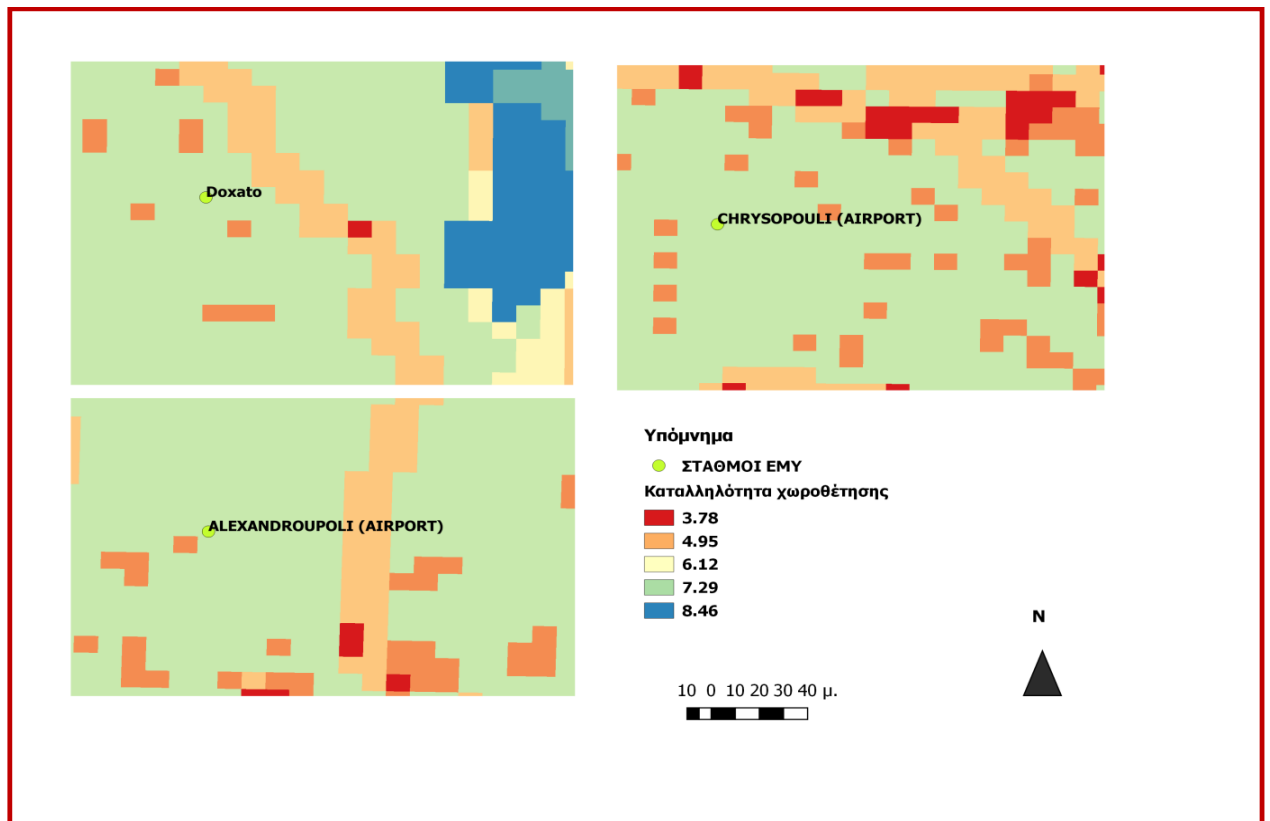
Πίνακας 4.5: Χαρακτηριστικά σταθμών Ε.Ε.Α. στην ΠΑΜΘ

ΣΤΑΘΜΟΣ	Γεωγραφικό Πλάτος σε μοίρες	Γεωγραφικό μήκος σε μοίρες
Διδυμότειχο	41,24	26,3
Δράμα	41,0705	24,0837
Καλαμπάκι	41,06	24,12
Μικρόκαμπος	41,48	24,06
Ορεστιάδα	41,3	26,3
Παρανέστι	41,18	24,3
Φωτολίβος	41,06	24,06

Πηγή: [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)



Χάρτης 4.16: Χάρτης βαθμού καταλληλότητας χωροθέτησης στον οποίο απεικονίζονται οι σταθμοί της Ε.Μ.Υ. , και του Ε.Α.Α.



**Χάρτης 4.17:** Οι σταθμοί της ΕΜΥ και ο βαθμός καταλληλότητας τοποθέτησης τους

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω χάρτη 4.17, οι περιοχές που είναι εγκατεστημένοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, είναι περιοχές που χαρακτηρίζονται σαν ικανοποιητικής καταλληλότητας, με βάση τα δεδομένα του τελικού χάρτη.

# Κεφάλαιο 5

## Συζήτηση - Συμπεράσματα - Περιορισμοί -Προτάσεις

### 5.1 Συζήτηση

Οι μετεωρολογικές και οι σχετιζόμενες με αυτές περιβαλλοντικές και γεωφυσικές παρατηρήσεις, γίνονται για πληθώρα λόγων. Χρησιμοποιούνται για τη προετοιμασία, σε πραγματικό χρόνο των μετεωρολογικών αναλύσεων, των προβλέψεων και των σοβαρών προειδοποιήσεων του καιρού, για τη μελέτη του κλίματος, για τις τοπικές καιρικές συνθήκες, για την υδρολογία και την υδροδότηση, τη γεωργική μετεωρολογία καθώς και για την έρευνα στο τομέα της κλιματολογίας και μετεωρολογίας.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι επίγεια σημεία παρατήρησης στα οποία πραγματοποιούνται μετεωρολογικές μετρήσεις.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί σχεδιάζονται έτσι ώστε οι αντιπροσωπευτικές μετρήσεις ή παρατηρήσεις τους να γίνονται ανάλογα με τον τύπο του σταθμού. Οι συνοπτικοί μετεωρολογικοί σταθμοί, ανταποκρίνονται στις συνοπτικές απαιτήσεις της κλίμακας που αντιπροσωπεύουν.

Τα κριτήρια χωροθέτησης ενός νέου μετεωρολογικού σταθμού, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό είναι πολλά και περιλαμβάνουν οικονομικούς, διοικητικούς, ενεργειακούς, κλιματολογικούς, παράγοντες διαθεσιμότητας εδάφους, πρόσβασης, τηλεπικοινωνιών, προσωπικού και άλλους, και ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του σταθμού.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εστιάζεται στον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, σε συγκεκριμένη περιοχή, με βάση κριτήρια που ορίζονται από τη βιβλιογραφία και ιδιαίτερα από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, έτσι ώστε να λαμβάνονται αξιόπιστες και ακριβείς μετρήσεις βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία και υγρασία και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα Γ.Π.Σ. (Geographic Information Systems – GIS), αποτελούν βάση δεδομένων με διακριτή αναπαράσταση της γεωγραφικής πραγματικότητας, στη μορφή στατιστικών, δισδιάστατων γεωμετρικών αντικειμένων και συναφών χαρακτηριστικών, με λειτουργικότητα για δημιουργία νέων αντικειμένων ή τον υπολογισμό σχέσεων μεταξύ αντικειμένων, ή τη δημιουργία απλών ερωτημάτων και συνοπτικών περιγραφών (Goodchild et al.,1992).

Η συμβουλή των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων, στο σχεδιασμό ενός βέλτιστου δικτύου, είναι αναντικατάστατη. Τα Γ.Π.Σ. εκτελούν βασικά καθήκοντα διαχείρισης χωρικών δεδομένων όπως και επεξεργασία των χωρικών αυτών δεδομένων (Baltas et al.,2009).

Σημαντικές και πολύπλοκες χωροταξικές αποφάσεις, όπως η κατανομή γης στην ανάπτυξη, ή ο προσανατολισμός σε συγκεκριμένους στόχους, απαιτούν πληροφορίες και εργαλεία που βοηθούν στη κατανόηση των συμφυών συμβιβασμών. Απαιτούν επίσης μηχανισμούς για την ενσωμάτωση και την τεκμηρίωση των εκτιμήσεων αξίας που ενδιαφέρουν την ομάδα και τους υπευθύνους λήψης αποφάσεων. Η Ανάλυση Αποφάσεων Πολλαπλών Κριτηρίων (Α.Α.Π.Κ.), (Multiple Criteria Decision Analysis –M.C.D.A.) είναι μια οικογένεια τεχνικών με την οποία οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων, ενισχύουν τη δόμηση πολυδιάστατων αποφάσεων και την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων (Greene et al., 2011).

Η Ανάλυση Αποφάσεων Πολλαπλών Κριτηρίων έχει χρησιμοποιηθεί για περίπου δύο δεκαετίες, σε συνδυασμό με Γεωγραφικά Συστήματα

Πληροφοριών για την ανάλυση πολλαπλών χωρικών προβλημάτων (Greene et al., 2011).

Έτσι, στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, η ανάλυση και επεξεργασία των χωρικών ερωτημάτων γίνεται με τη χρήση Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση του λογισμικού QGIS. Οι περιοχές και ο βαθμός καταλληλότητας των περιοχών για χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού, εισάγοντας τα κατάλληλα κριτήρια χωροθέτησης, και το βαθμό σπουδαιότητας κάθε κριτηρίου, πραγματοποιείται με το συνδυασμό Γ.Π.Σ. και Πολυκριτηριακής Ανάλυσης.

Τα κριτήρια που ορίστηκαν για τον εντοπισμό των βέλτιστων περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, ήταν το έδαφος κάλυψης της γης, η κλίση του εδάφους και η απόσταση από υδάτινες επιφάνειες. Τα κριτήρια αυτά καθορίζονται από τη βιβλιογραφία, σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού. Τα θεματικά επίπεδα που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των κριτηρίων, ήταν τα επίπεδα κάλυψης γης CORINE, της κλίσης του εδάφους και των υδάτινων επιφανειών. Τα κριτήρια αυτά ταξινομήθηκαν σε ενιαία κλίμακα από 0 έως 10 με το μηδέν να αντιστοιχεί σε περιοχές απαγορευτικής ενώ το 10 σε περιοχές βέλτιστης καταλληλότητας για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού. Η ταξινόμηση των κριτηρίων στην κλίμακα 0 έως 10, θεωρώντας βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης, το έδαφος που είναι καλυμμένο με χαμηλή βλάστηση, κλίση του εδάφους μικρότερη από 5° και απόσταση από υδάτινες επιφάνειες μεγαλύτερη από 100 μέτρα. Η επεξεργασία των κριτηρίων έγινε με την εφαρμογή του QGIS, και τη ανάθεση των κατάλληλων χωρικών ερωτημάτων. Το κριτήριο που θεωρήθηκε ότι συμβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό στην εξεύρεση περιοχών βέλτιστης χωροθέτησης ήταν η κάλυψη του εδάφους, το δεύτερο σε σημαντικότητα η κλίση και τέλος οι αποστάσεις από υδάτινες επιφάνειες. Με την εφαρμογή μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης και συγκεκριμένα της μεθόδου της σταθμισμένης επικάλυψης κριτηρίων, προέκυψε με τη χρήση του QGIS ο τελικός χάρτης με τον βαθμό καταλληλότητας χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού.



Οι Shepherd et al., (2004), ασχολήθηκαν με τον αντίκτυπο στην αστική Ατλάντα της μεταβλητότητας των βροχοπτώσεων, ερευνώντας το σχηματισμό πυκνού δικτύου βροχομετρικών σταθμών για την επικύρωση των εκτιμήσεων της βροχόπτωσης. Για τον εντοπισμό βέλτιστων τοποθεσιών βροχομέτρων χρησιμοποιήθηκε ένα δεδομένο σύνολο κριτηρίων, σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών και εφαρμόστηκε τεχνική πολυκριτηριακής ανάλυσης. Τα κριτήρια εντοπισμού κατάλληλων χώρων τοποθέτησης βροχομέτρων αφορούσαν τα επίπεδα απορροής, το οδικό δίκτυο, τη χρήση γης και τη κλίση του εδάφους. Οι παράμετροι αξιολόγησης των κριτηρίων έγιναν με βάση προδιαγραφές του WMO. Για να αξιολογηθούν τα συνδυασμένα σύνολα δεδομένων, επαναταξινομήθηκαν σε κοινή κλίμακα εύρους 1 έως 10, με τις υψηλότερες τιμές να μεταφράζονται σε υψηλή καταλληλότητα και τις χαμηλότερες σε χαμηλή καταλληλότητα. Για την επαναταξινόμηση του αρχείου κάλυψης γης, ανοιχτοί χώροι λιγότερο πυκνή βλάστηση, κατατάσσονται υψηλότερα ενώ περιοχές με πυκνή βλάστηση, χαμηλότερα, γιατί θεωρούνται λιγότερο κατάλληλες για τοποθέτηση βροχομέτρων. Για την επαναταξινόμηση του αρχείου της κλίσης, μεγάλες τιμές κλίσης επαναταξινομήθηκαν σε χαμηλές τιμές δεδομένου ότι θεωρούνται λιγότερο κατάλληλες για τοποθέτηση βροχομέτρων. Λόγω της φύσης των παραγόντων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση, η σταθμισμένη λειτουργία επικάλυψης επιλέχτηκε από την κλίμακα του Saaty, δίνοντας στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων πλήρη έλεγχο για τα βάρη της εφαρμογής.

Οι Baltas & Mimikou, 2009, για τη μελέτη της βελτιστοποίησης του δικτύου των υδρομετεωρολογικών σταθμών στην Ελλάδα, χρησιμοποίησαν κριτήρια που καθορίζονται από τον WMO, γεωμορφολογικά, τεχνικά, γεωμετρικά και κριτήρια εγκατάστασης. Τα γεωμορφολογικά κριτήρια ήταν το υψόμετρο, η κλίση του εδάφους, η απόσταση από λίμνες και υπόγεια ύδατα, η έκταση λεκάνης απορροής και η κάλυψη γης. Το υψόμετρο χωρίστηκε σε 5 ζώνες, και υπολογίστηκε ο αριθμός των σταθμών που ήδη υπάρχουν και ο αριθμός των σταθμών που καθορίζει ο WMO εισάγοντας συγκεκριμένα κριτήρια. Η κλίση του

εδάφους < 5%, είναι ένα από τα κριτήρια που καθορίζονται από τον WMO και χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη.

Ο Boudjemaa, 2017, ανέπτυξε ένα μοντέλο για την επιλογή κατάλληλων τοποθεσιών για την εγκατάσταση ραντάρ καιρού, με συνδυασμό Γ.Σ.Π. και πολυκριτηριακής ανάλυσης. Μια από τις κατηγορίες κριτηρίων που αφορούσε την περιοχή κάλυψης του ραντάρ, περιελάμβανε την ανάλυση του εδάφους και τη κάλυψη του εδάφους. Πεδιάδες και περιοχές με χαμηλή βλάστηση ταξινομήθηκαν με τον μεγαλύτερο βαθμό στη κλίμακα 1 έως 9, ενώ αποδόθηκε ελάχιστα αυξημένη βαρύτητα στο κριτήριο κάλυψης γης σε σχέση με την ανάλυση του εδάφους.

## 5.2 Συμπεράσματα

Η περιοχή που επιλέχτηκε για τη μελέτη χωροθέτησης μετεωρολογικών σταθμών, είναι η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Η επιλογή της περιφέρειας αυτής έγινε κατά κύριο λόγο γιατί είναι η περιφέρεια της Ελλάδας με τον μικρότερο αριθμό μετεωρολογικών σταθμών, 3 σταθμοί ανά 2000Km<sup>2</sup>, μαζί με την περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και τη περιφέρεια Θεσσαλίας, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός για την περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας και Στερεάς Ελλάδας είναι 6 σταθμοί, για την περιφέρεια Ηπείρου 7 σταθμοί, ενώ για την Αττική, 28 σταθμοί ανά 2000Km<sup>2</sup>. Η κατανομή επίσης των σταθμών δεν είναι ικανοποιητική, με σταθμούς σε συγκεντρωμένους σε ορισμένες περιοχές, ενώ άλλες παρουσιάζουν έλλειψη σταθμών. Επίσης η περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης παρουσιάζει χαμηλούς κοινωνικούς και οικονομικούς δείκτες, σε σχέση με τον μέσο όρο της χώρας και των άλλων περιφερειών, όπως επίσης παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Έτσι η εγκατάσταση δικτύου μετεωρολογικών σταθμών θα μπορούσε να συμβάλει στην προσπάθεια οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής ανάπτυξης της περιφέρειας.

Από την διαδικασία μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής προέκυψε ο σχηματισμός ενός χάρτη με το βαθμό καταλληλότητας χωροθέτησης μετεωρολογικού στην έκταση της Περιφέρειας. Από τα δεδομένα του τελικού χάρτη και του ιστογράμματος της εικόνας προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Περιοχές βέλτιστης χωροθέτησης, εντοπίζονται στο νότιο τμήμα της περιφέρειας, κυρίως στα νησιά της Θάσου και Σαμοθράκης, στο νότιο τμήμα της Π.Ε. Καβάλας και σε μεγάλο τμήμα συνολικής έκτασής της. Περιοχές βέλτιστης χωροθέτησης εντοπίζονται επίσης στο κεντρικό τμήμα της Π.Ε. Δράμας, κατά μήκος των συνόρων των Π.Ε. Ροδόπης και Έβρου, όπως επίσης στο ανατολικό τμήμα της Π.Ε. Έβρου και σε ένα μικρό τμήμα στο κέντρο της Π.Ε. Ξάνθης. Περιοχές ικανοποιητικού βαθμού χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, εντοπίζονται κυρίως στο νότιο και ανατολικό τμήμα της περιφέρειας, και κυρίως στο μεγαλύτερο μέρος των Π.Ε. Έβρου και Ροδόπης. Περιοχές με απαγορευτική και πολύ μικρή καταλληλότητα χωροθέτησης, εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στο βόρειο τμήμα της περιφέρειας και πιο συγκεκριμένα στο μεγαλύτερο τμήμα των Π.Ε. Δράμας και Ξάνθης.
- Μεγάλο μέρος της περιοχής μελέτης, και συγκεκριμένα 45% της έκτασής της που αντιστοιχεί σε 6342,5Km<sup>2</sup>, χαρακτηρίζονται σαν περιοχές ικανοποιητικές για την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού. Με βάση τα στοιχεία του χάρτη, ποσοστό 7% της έκτασης της περιφέρειας δηλαδή 997,7 Km<sup>2</sup> αντιστοιχούν σε περιοχές άριστης χωροθέτησης, με βάση πάντα τα κριτήρια και τη βαρύτητα κριτηρίων που ορίστηκαν.
- Οι μετεωρολογικοί σταθμοί του Δικτύου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, βρίσκονται εγκατεστημένοι σε περιοχή που χαρακτηρίζεται σαν περιοχή ικανοποιητικής χωροθέτησης, με βάση τα στοιχεία του χάρτη καταλληλότητας χωροθέτησης.

## 5.3 Περιορισμοί

Ο μεγαλύτερος περιορισμός που προέκυψε κατά τη διαδικασία εκπόνησης της παρούσας διατριβής αφορούσε τον εντοπισμό του ακριβή αριθμού των μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται σε λειτουργία σε ολόκληρη την έκταση της χώρας. Η καταγραφή αυτή ήταν απαραίτητη για να καταδειχτεί το πρόβλημα έλλειψης ικανοποιητικού αριθμού μετεωρολογικών σταθμών στο σύνολο της χώρας, αλλά να επίσης στο να εντοπιστούν περιοχές με ιδιαίτερα χαμηλό αριθμό σταθμών, ώστε να αποτελέσουν την περιοχή μελέτης της διατριβής.

Πιο συγκεκριμένα, για τους σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, που έγινε προσπάθεια αναζήτησης τους από την επίσημη ιστοσελίδα της Υπηρεσίας, αρχικά προέκυπτε ότι οι σταθμοί της ΕΜΥ στον ελλαδικό χώρο είναι 80. Πιο προσεκτική αναζήτηση, σε κλιματολογικά δεδομένα μέχρι το έτος 2004, που παρέχονται από την υπηρεσία στην ιστοσελίδα της, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ο αριθμός των σταθμών είναι 86. Στην ιστοσελίδα της ίδιας υπηρεσίας, από την σελίδα πρόγνωσης του καιρού ανά περιφέρεια της χώρας, έγινε αντιληπτό ότι ο αριθμός των σταθμών για τους οποίους παρουσιάζονται μετεωρολογικά δεδομένα, είναι διαφορετικός με ότι είχε εντοπιστεί, δηλαδή σε περιφέρειες υπήρχαν περισσότεροι, λιγότεροι ή διαφορετικοί σταθμοί από την καταγραφή των σταθμών που έδινε η ίδια υπηρεσία για τους σταθμούς επιφάνειας, που όπως αρχικά αναφέρθηκε, ήταν 80. Τελικά, και έπειτα από επισταμένη έρευνα, εντοπίστηκε ο διαδικτυακός πόρος OSCAR (Observing Systems Capability Analysis and Review Tool), του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, ιστοσελίδα <http://oscar.wmo.int>, που παρέχει πληροφορίες, που ορίζονται από το χρήστη, και λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με όλους τους δορυφόρους και τα μέσα παρατήρησης της γης. Το δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών επιφανειακής παρατήρησης της Ε.Μ.Υ., έτσι όπως καταγράφεται από τον OSCAR, ανέρχεται τη χρονιά 2016 σε 51 σταθμούς. Για την πραγματοποίηση της διατριβής, οι σταθμοί της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που περιλήφθηκαν ήταν οι σταθμοί που καταγράφονται από τον

OSCAR, γιατί ο αριθμός, τα χαρακτηριστικά των σταθμών, όπως η κλίση, οι συντεταγμένες ήταν ξεκάθαρος, ο χρόνος καταγραφής τους ήταν ο πιο πρόσφατος, ενώ τα σημεία των σταθμών δινόταν και σε μορφή .CSV, για να αποτελέσουν εργαλείο της πορείας της διατριβής.

Σε ότι αφορά τους σταθμούς που ανήκουν ή εποπτεύονται από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, ο αριθμός των σταθμών ήταν περισσότερο ξεκάθαρος. Έτσι από την ιστοσελίδα [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr), εντοπίστηκε ο ακριβής αριθμός των σταθμών, που είναι σε λειτουργία σε ολόκληρη τη χώρα. Στην περίπτωση αυτή όμως, δεν υπήρχε ακριβής αναγραφή των συντεταγμένων αρκετών σταθμών, και έτσι η είσοδος των σταθμών, σαν σημεία, στο τελικό χάρτη, πιθανό να μην αντιστοιχεί στην πραγματική θέση του σταθμού. Έτσι στον τελικό χάρτη φαίνονται τα σημεία των σταθμών του Ε.Α.Α. για να προκύψει η εικόνα του συνολικού αριθμού των σταθμών στην περιφέρεια, αλλά δεν σχολιάζεται ο βαθμός καταλληλότητάς τους, σε σχέση με τα δεδομένα του τελικού χάρτη.

Ένας επιπλέον περιορισμός, αφορά την ταξινόμηση των κριτηρίων που βρέθηκαν στη κλίμακα από 0 έως 10. Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή, ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός, κατηγοριοποιεί τους σταθμούς, για την ακρίβεια μέτρησης της θερμοκρασίας της υγρασίας και των κατακρημνισμάτων, σε πέντε κατηγορίες. Η αναγωγή λοιπόν των κριτηρίων σε συγκεκριμένα χωρικά ερωτήματα, όπως οι περιοχές κάλυψης γης, και η βαθμολογία τους από 0 έως 10, έγινε με τη κρίση του ερευνητή, ακολουθώντας την συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση του WMO και αναφορές από τη βιβλιογραφία.

Σε ότι αφορά επιπλέον, τη βαρύτητα των κριτηρίων, η τιμή της βαρύτητας κάθε κριτηρίου, έγινε με τη κρίση του ερευνητή, ακολουθώντας την κατηγοριοποίηση του WMO και αναφορές από τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα για την μέτρηση της θερμοκρασίας και υγρασίας, ο παράγοντας κάλυψη του εδάφους συμμετέχει στις κατηγορίες 1, 2, 3, και 4 ενώ η κλίση του εδάφους και η απόσταση από υδάτινες επιφάνειες, συμμετέχουν στις κατηγορίες 1 και 2. Ο παράγοντας κλίση του εδάφους συμμετέχει στις κατηγορίες 1 έως 4 της κατάταξης του WMO.

## 5.4 Προτάσεις

Οι βέλτιστες περιοχές χωροθέτησης μετεωρολογικού σταθμού, όπως αναδεικνύονται από την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, προτείνονται με βάση την βέλτιστη τοποθεσία εγκατάστασης οργάνων μέτρησης βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία και υγρασία και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Για να αποτελέσει αυτή η μελέτη τη βάση για περαιτέρω έρευνα, θεωρείται απαραίτητο να ληφθούν υπόψη περισσότεροι παράγοντες που καθορίζουν τον εντοπισμό περιοχών χωροθέτησης μετεωρολογικών σταθμών.

Πιο συγκεκριμένα, και με βάση τις κατευθυντήριες γραμμές του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, βασικοί παράγοντες που μπορούν να συμπεριληφθούν στην ολοκληρωμένη μελέτη χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού, είναι η εύκολη πρόσβαση στο σημείο επιλογής τοποθέτησης του σταθμού, η κατάσταση και απόσταση δηλαδή από το οδικό δίκτυο, όπως επίσης και η πρόσβαση στις τηλεπικοινωνίες και στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, που δεν λήφθηκαν υπόψη στη παρούσα διατριβή. Επίσης, παρόλο που οι κατοικημένες περιοχές, αποκλειστήκαν από περιοχές χωροθέτησης, μια ζώνη αποκλεισμού γύρω από κάθε πόλη ή μικρό οικισμό, θα μπορούσε να δώσει πιο ακριβή αποτελέσματα. Η ιδιοκτησία και μονιμότητα του χώρου εγκατάστασης θα έδιναν περισσότερο σαφή εικόνα, όπως επίσης η αισθητική όχληση, όμως οι παράγοντες αυτοί αφορούν καθαρά τοπικούς παράγοντες που μπορούν να μελετηθούν σε μεταγενέστερο στάδιο. Οι οικονομικοί παράγοντες, καθορίζουν πιθανόν σε μεγάλο βαθμό τον χρόνο αλλά και τον τόπο εγκατάστασης, αλλά οι παράγοντες αυτοί καθορίζονται καθαρά από το κρατικούς παράγοντες και ξεφεύγουν από τα πλαίσια εργασίας της παρούσας διατριβής.

# Βιβλιογραφία

- Almad, L., Parvaze, S. and Mahdi, S., 2017. Automatic Weather Station. *Experimental Agro meteorology: A Practical Manual*. Springer, pp. 83-87.
- Antoniadis, P., Kaouras, G., Khanaqa, P., Piegel, W. and Gentzis, T., 2006. Petrographical, Palynological and Sedimentological Aspects Regarding the Genesis of Palaeogene Lignite Near Alexanroupolis Thrace, Greece. *Energy Sources, Part A; Recovery Utilization and Environmental Effects*, 28(2), pp. 117-133.
- Artimo, K., 1994. The Bridge Between Cartographic and Geographic Information Systems. *Modern Cartography*. pp. 45-61.
- Baltas, E. and Mimikou, M., 2009. GIS - based optimization of the hydro meteorological network in Greece. *International Journal of Digital Earth*, 2(2), pp. 171-185.
- Bowker, D., 2011. Meteorology and the ancient Greeks. *Weather*, 66(9), pp. 249-251.
- Boudjemaa, R., 2017. A GIS Multi Criteria Model for Weather Radar Site Selection. *Annals of Operation Research*.
- Brans, J., 2005. PROMETHEE methods. In: Figueroa, J., Greco, S., Ehrgott, M., ed, *Multiple criteria decision analysis state of the art surveys*. Boston: Springer international series, pp. 164-189.
- Carver, S., 1991. Integrating multi criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Science*, 5, pp. 321-339.
- Chen, R., Blong, K. and Jacobson, C., 2001. MCE-RISK integrated multi criteria evaluation and Gis for risk decision making in natural hazards. *Environmental modeling & software*, 16(4), pp. 387-397.
- Coleman, J. and Law, K., 2015. Meteorology. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, pp. 1-7.
- Coulibaly, P., Samuel, J., Pietroniro, A. and Harvey, D., 2013. Evaluation of Canadian National Hydrometric Network density based on WMO 2008 Standards. *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne hydriques*, 38(2), pp. 159-167.
- E.A.A., 2017. Land cover 2012. European environment agency.

Ehrgott, M., Figueira, J. and Greco, S., 2010. Multiple Criteria Decision Analysis and Geographic Information Systems. *International Series in Operations Research & Management Science*, 142, pp. 369-395.

Elsheikh, R., Querghi, S. and Elhag, A., 2015. Flood Risk Map Based on GIS and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia). *Journal of Geographic Information Systems*, 7, pp. 348-357.

E.P.A., 1987. On Site Meteorological Programm Guidance for Regulatory Modeling Applications. U.S. Environmental Protection Agency

Feick, R. and Hall, B., 2004. A method for examining the spatial dimension of multi criteria weight sensitivity. *International Journal of Geographical Information Science*, 18, pp. 815-840.

Figueroa, J., Rousseau, V., Roy, B., 2005. ELECTRE methods. In: Figueroa, J., Greco, S., Ehrgott, M., ed, *Multiple criteria decision analysis state of the art surveys*. Boston: Springer international series, pp. 133-153.

Fisinger, H., 1983. *History of meteorology to 1800*. Boston: American Meteorological Society.

Gbanie, S., Momoh, J., Medo, J. and Kabba, V., 2013. Modeling landfill location using Geographical Information Systems (GIS) and Multi- Criteria Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone. *Renewable Energy*, 36, pp. 3-12.

GCOS, 2016. *The Global Observing System for Climate: Implementation needs*. 214. World Meteorological Organization.

Gemitzi, A., Tsihrantzis, V. and Petalas, C., 2010. Use of GIS and multi criteria evaluation techniques in environmental problems. In: G. Tsihrantzis and L. Jain, eds, *Multimedia service in intel. Environ*. Boston: Springer - Verlag, pp. 5-62.

Goodchild, F., Yuan, M. and Cova, T., 2007. Towards a general theory of geographic representation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(3), pp. 239-260.

Goodchild, M., Egenhofer, M., Kemp, K., Mark, D. and Sheppard, E., 1999. Introduction to the Varenius project. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(8), pp. 731-745.

Goodchild, M. and Haining, R., 2004. GIS and spatial data analysis: Converging perspectives. *Regional Science*, 83, pp. 363-385.

Greene, R., Devillers, R., Luther, J. and Eddy, B., 2011. GIS-Based Multiple - Criteria Decision Analysis. *Geography Compass*, 5(6), pp. 412-432.



- Grigoriadou, A., Schwarzbauer, J. and Geogakopoulos, A., 2008. Organic geochemical parameters for estimation of petrogenic inputs in the coastal area of Kavala city. *J soils sediment*, 8, pp. 253-262.
- Gronas, S., 2005. Vilhelm Bjerkne's Vision for Scientific Weather Prediction. *Geophysical Monograph Series 158*. American Geophysical Union, pp. 357-366.
- Haddad, B., 2017. A multi- criteria approach to rank renewable for the Algerian electricity system. *Renewable Energy*, 107, pp. 462-472.
- Haidouti, C., Karyotis, T., Massas, I. and Haroulis, A., 2001. Red soil Thrace Greece :Properties development and productivity. *Common soil sci. Plant anal.*, 32, pp. 617-632
- Heymann, M., 2010. The evolution of climate ideas and knowledge. *Climate Change*, 1, pp. 581-597.
- Hwang, C. and Yoon, K., 1981. *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- ICAO, 2002. *World Geodetic System - 1984 (WGS -84).Manual*. Quebec: International Civil Aviation Organization.
- Ishizaka, A. and Labib, A., 2011. Review of the main developments in the analytic hierarchy processes. *Expert Systems with Applications*, 38(11), pp. 14336-14345.
- Jankowski, P., 1995. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision making methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 9(3), pp.251-273
- Jiang, H. and Eastman, R., 2004. Application of fuzzy measures in multi criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14, pp. 173-184.
- Jone, N., Iosifides, T., Evangelinos, K., Florokapi, N. and Dimitrakopoulos, P., 2011. Investigating knowledge and perceptions of citizens of the national park of eastern Macedonia Thrace Greece. *International Journal of sustainable development & world economy*, 19(1), pp. 25-33.
- Kan, A. and Lohani, A., 2015. Rain gauge network design for the flood forecasting using multi criteria decision analysis and clustering techniques in lower Mahanadi river basin India. *Journal of hydrology: Regional studies*, 4, pp. 313-332.
- Kvamme, K., 1999. Recent Directions and Developments in Geographical Information Systems. *Journal of Archaeological Research*, 7(2), pp. 153-201.

- Maguire, D., 1991. An overview and definition of GIS.
- Mahdy, M. and Bahaj, A., 2017. Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt. *Renewable Energy*, 118, pp. 278-289.
- Malczewski, J., 2010. Multiple criteria decision analysis and geographic information systems. In: Ehrgott, M., Figueira, J., Greco, S, ed, *Trends in multiple criteria decision analysis*. Springer, pp. 369-395.
- Malczewski, J., 2006. Gis based multi criteria decision analysis: A survey of the literature. *Journal of Geographic Information Science*, 20, pp. 703-726.
- Malczewski, J., 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. United States of America: Wiley&Sons.
- Manolas, E., Tampakis, E., Gkaintatzis, S. and Mauridou, M., 2009. Recreation in the area of river Ardas the views of elementary school pupils. *Tourismos*, 5, pp. 99-114.
- Miller, H. and Wentz, E., 2003. Representation and Spatial Analysis in Geographic Information Systems. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(3), pp. 574-594.
- Mimikou, M. and Grammatikogiannis, A., 2006. Real-time monitoring and management of point and areal hydro meteorological data in the Athens metropolitan area. *Climate Variability and Change - Hydrological Impacts*, 308, pp. 31-36.
- Moran, J., 2006. *Weather studies: introduction to atmospheric science*. Boston: American Meteorological Society.
- Murray, A., 2010. Advances in location modeling: GIS linkages and contributions. *Journal of Geographical Systems*, 12, pp. 335-354.
- Noulas, C., Karyotis, T., Charoulis, A. and Massas, I., 2009. Red Mediterranean Soils: Nature, Properties, and Management of Rhodoxeralfs in Northern Greece. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 40(1-6), pp. 633-648.
- Paparrizos, S., Maris, F. and Matzarakis, A., 2016. Integrated analysis of the present and future responses of precipitation over selected Greek areas with different climate conditions. *Atmospheric research*, 169, pp. 199-208.
- Papastergios, G., Filippidis, A., Fernandez, J., Gimeno, D. and Sikalidis, C., 2011. Surface soil geochemistry for environmental assessments in Kavala Area Northern Greece. *Water Air Soil pollution*, 216, pp. 141-152.
- Perpina, C., Martinez, J. and Perez-Navarro, A., 2013. Multicriteria assessments in GIS environmental for sitting biomass plants. *Land Use Policy*, 31, pp. 326-335.

Qaddah, A. and Abdelwahed, M., 2015. GIS- based site - suitability modeling for seismic station : Case study on northern Rahat volcanic field Saudi Arabia. *Computers & Geosciences*, 83, pp. 193-208.

Rapsomanikis, S., Zerefos, C., Melas, D. and Tsangas, N., 2002. Transport of Toxic Organic Aerosol Pollutants from Yugoslavia to Greece during the Operation "Allied Force". *Environmental Technology*, 23, pp. 1119-1125.

Robinson, T., Harris, R., Hopkins, J. and Williams, B., 2002. An example of decision support for trypanosomiasis control using a geographical information system in eastern Zambia. *International Journal of Geographical Information Science*, 16, pp. 345-360.

Saaty, T., 2005. The analytic hierarch and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision making. In: Figuera, J., Greco, S., Ehrigott, M., Multiple criteria decision analysis state of the art surveys. Boston: Springer international series, pp. 346-406.

Schum, D., 2013. Decision Analysis. In: S.I. Gass και M.C. Fu, eds. *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, New York: Springer US, pp.367-372.

Sene, K., 2016. Meteorological Observations. *Hydrometeorology*. Springer International, pp. 37-70.

Setyani, R. and Saputra, R., 2016. Flood-prone Areas Mapping at Semarang City By Using Simple Additive Weighting Method. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 227, pp. 378-386.

Shepherd, M., Taylor, O., Gavza, C., 2004. A Dynamic GIS Multicriteria Technique for siting the NASA - Clark - Atlanta Urban Rain Gauge Network. *Journal of atmospheric and oceanic Technology*, 21, pp.1346-1362

Svoronou, E. and Holden, A., 2009. Ecotourism as a Tool For Nature Conservation: The Role of WWF Greece in the Dardia - Lefkimi Soufli Forest Reserve in Greece. *Journal of Sustainable Tourism*, 13(5), pp. 456-467.

Triantafyllidis, S., Skarpelis, N. and Komnitas, K., 2007. Environmental characterization and Geochemistry of Kirki, Thrace, NE Greece, Abandoned Flotation Tailing Dumps. *Environmental Forensics*, 8, pp. 351-359.

Villacreses, G., Martinez-Gomez, J. and Jijon, D., 2017. Wind farms suitability location using geographical information systems (GIS) based on multi - criteria decision making methods: The case of continental Ecuador. *Renewable Energy*, 109, pp. 275-286.

Wang, W., Wang, Y. and Wu, R., 2005. A new view on the Ferrel cell. *Chinese Journal of geophysics*, 48(3), pp. 539-545.

Warren, S., Hohmann, M., Auerwald, K., and Mitasova, H., 2004. An evaluation of methods to determine slope using digital elevation data. *Catena*, 58, pp.215-233

WMO, 2011. Guide to Climatological Practices. 100. Geneva: World Meteorological Organization.

WMO, 2010. Guide to the Global Observing System. 488. Switzerland: World Meteorological Organization.

WMO, 2008. Guide to Meteorological Instruments and Observation. 8. Switzerland: World Meteorological Organization.

WMO, 2003. Manual on the Global Observing System. 544 (I). Geneva-Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization.

WMO, 2001. Lecture Notes for Training Agricultural Meteorological. 551. Geneva: WMO.

WMO, 2000. WMO 50 years of service. 912. Geneva: World Meteorological Organization.

WMO, 1994. Guide to Hydrological practices. 168. Geneva: WMO No 168.

WMO, 1993. Siting and Exposure of Meteorological Instruments. Instruments and Observing Methods. 55. Geneva: WMO/TD-No 589.

WMO, 1992a. The WMO Automatic Digital Barometer Intercomparison. Instruments and Observing Methods. 45. Geneva: WMO/TD-No 474.

WMO, 1992. International Meteorological Vocabulary. 182. Geneva: WMO.

WMO, 1990. Forty years of progress and achievement. A historical review of WMO. 721. Geneva: World Meteorological Organization.

WMO, 1989. International Hydrometer Intercomparison . Instruments and Observing Methods. 38. Geneva: World Meteorological Organization.

WMO, 1988. Technical Regulations Volume I. 49. Geneva: World Meteorological Organization.

WMO, 1986. Revised instruction manual on radiation instruments and measurements. 149. London: WCRP No 7 Series.

WMO and UNESCO, 1992. International Glossary of Hydrology. 385. Geneva: World Meteorological Organization

WWF, 2012. Η Ελλάδα τότε και τώρα .Διαχρονική χαρτογράφηση των καλύψεων γης 1987-2007. Αθήνα: WWF ΕΛΛΑΣ [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο :

[www.wwf.gr/forests/pdfs/ATLAS\\_WWF\\_BOOK\\_12.2012\\_WEB](http://www.wwf.gr/forests/pdfs/ATLAS_WWF_BOOK_12.2012_WEB) [Πρόσβαση : 12 Νοεμβρίου 2017]

Zhao, L., Steven, C., Xiaobo, L. and Weisong, L., 2015. Planning a road weather information system with GIS. J Mod Transport, 23(3), pp. 176-188.

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ, 2005. Κατάσταση των Περιφερειών Διέλευσης της Εγνατίας Οδού [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο : [www.observatory.egnatia.gr/reports/1st\\_impact\\_report\\_03-05.pdf](http://www.observatory.egnatia.gr/reports/1st_impact_report_03-05.pdf) [Πρόσβαση: 18 Νοεμβρίου 2017]

Ε.Δ.Α., 2015. Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης. Περιφερειακή Στρατηγική για την Κοινωνική ένταξη & καταπολέμηση της φτώχειας. Κομοτηνή: Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο: [https://www.eydamth.gr/draft\\_01peske.pdf](https://www.eydamth.gr/draft_01peske.pdf) [Πρόσβαση: 13 Οκτωβρίου 2017]

Ε.Δ.Ε.Α., 2012. Επιχειρησιακό Σχέδιο για την Υλοποίηση Προγράμματος Διατήρησης και Βιώσιμης Ανάπτυξης Παράκτιας Ζώνης στην Περιφέρεια ΑΜΘ. Α Φάση Υφιστάμενη Κατάσταση. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο : [www.pedamth.gr/files/02yfistamenikatastasi.pdf](http://www.pedamth.gr/files/02yfistamenikatastasi.pdf) [Πρόσβαση: 11 Σεπτεμβρίου 2017]

Ε.Ε.Α., 2015. Δίκτυο Αυτόματων Μετεωρολογικών Σταθμών Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο : [www.meteosearch.meteo.gr](http://www.meteosearch.meteo.gr) [Πρόσβαση: 12 Δεκεμβρίου 2016]

Ε.Ε.Τ.Α.Α., 2013. Μακροπρόθεσμο Στρατηγικό Σχέδιο Βιώσιμης Ανάπτυξης. Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης. Ελληνική Εταιρία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο: [https://www.espa.gr/library/summary/\\_OP\\_AnatMakedonia\\_Thraki](https://www.espa.gr/library/summary/_OP_AnatMakedonia_Thraki) [Πρόσβαση: 19 Νοεμβρίου 2017]

Ε.Ο.Τ., 2003. Μελέτη Τουριστικής Ανάπτυξης Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης. Περίληψη. Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού, Υπουργείο Ανάπτυξης [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο: [https://www.eydamth.gr/sxedio\\_tourist\\_anapt\\_AMTH.pdf](https://www.eydamth.gr/sxedio_tourist_anapt_AMTH.pdf) [Πρόσβαση: 28 Νοεμβρίου 2017]

Ε.Υ.Δ., 2015. Μελέτη Διάγνωσης των Αναγκών της Περιφερειακής Αγοράς Εργασίας στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας- Θράκης σε ότι αφορά την αγορά εργασίας. Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης ΠΕ. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο: [https://www.eiead.gr/publications/docs/Μελέτη\\_Διάγνωσης\\_Αναγκών\\_Αγοράς\\_Εργασίας\\_Ανατολικής\\_Μακεδονίας\\_Θράκης\\_1\\_22-12-15.pdf](https://www.eiead.gr/publications/docs/Μελέτη_Διάγνωσης_Αναγκών_Αγοράς_Εργασίας_Ανατολικής_Μακεδονίας_Θράκης_1_22-12-15.pdf) [Πρόσβαση: 23 Νοεμβρίου 2017]

Ε.Υ.Δ.Ε.Π., 2015. Στρατηγικό & Επιχειρησιακό Σχέδιο Τουριστικής Ανάπτυξης Περιφέρειας Α.Μ.Θ. Κομοτηνή: Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. Περιφέρεια

Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο: [https://www.eydamth.gr/ArticleID\\_657](https://www.eydamth.gr/ArticleID_657) [Πρόσβαση: 04 Νοεμβρίου 2017]

Καπαγερίδης, Ι., 2006. Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Σημειώσεις Θεωρίας. Κοζάνη: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Μακεδονίας.

Κουτσόπουλος, Κ., 2005. Εφαρμογές του λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Λούρμας και Μαμάσης, 2005. Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών συστημάτων σε σύζευξη με εξελιγμένο υπολογιστικό σύστημα, ΟΔΥΣΣΕΥΣ, προδιαγραφές εγκατάστασης δικτύων μέτρησης υδρολογικών παραμέτρων. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο [https://www.itia.ntua.gr/report\\_10](https://www.itia.ntua.gr/report_10) [Πρόσβαση: 10 Ιουνίου 2017]

Μαχαίρας, Π.,Χ., 1997. Γενική Κλιματολογία με στοιχεία Μετεωρολογίας. Univercity Studio Press.

Μπερνάρδος, Α., 2014. Ο Ορυκτός Πλούτος της Αν. Μακεδονίας και Θράκης. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο : [http://www.fthrace.gr/media/Andreas\\_Mpernardos\\_pdf](http://www.fthrace.gr/media/Andreas_Mpernardos_pdf) [Πρόσβαση: 27 Οκτωβρίου 2017]

ΠΕΣΔΑ, 2016. Μελέτη Επικαιροποίησης του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ), της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων της Περιφέρειας Αν. Μακεδονίας - Θράκης. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο : <https://www.diaamath.gr/sites/default/files> [Πρόσβαση: 11 Οκτωβρίου 2017]

ΥΠΕΚΑ, 2012. Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ'εφαρμογή του Ν.3199/2003 και του ΠΔ 51/2007. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Υδάτων. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο: [wfdver.ypeka.grGR11\\_P25\\_SMPE](http://wfdver.ypeka.grGR11_P25_SMPE) [Πρόσβαση: 22 Οκτωβρίου 2017]

ΥΠΕΚΑ, 2010. Μετατροπή του υπό εξάντληση κοιτάσματος φυσικού αερίου "Νότιος Καβάλα" (South Kavala) σε αποθηκευτικό χώρο φυσικού αερίου. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο [www.ypeka.gov.gr/porisma\\_gia\\_ypogeia\\_apothikefsi\\_fisikou\\_aeriou.pdf](http://www.ypeka.gov.gr/porisma_gia_ypogeia_apothikefsi_fisikou_aeriou.pdf) [Πρόσβαση: 22 Οκτωβρίου 2017]

Χαλκιάς, Χ., 2011. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Καλλιθέα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Τμήμα Γεωγραφίας. [Ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο στο: [https://eclass.hua.gr/ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ\\_GIS](https://eclass.hua.gr/ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ_GIS)

[www.hnms.gr](http://www.hnms.gr)

<https://oscar.wmo.int/surface>

[www.dei.gr](http://www.dei.gr)

[www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)

[www.elgo.gr](http://www.elgo.gr)

[www.fri.gr](http://www.fri.gr)

[www.dytestignosis.wordpress.com](http://www.dytestignosis.wordpress.com)

[www.xanthi.ilsp.gr](http://www.xanthi.ilsp.gr)

<https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/regions/EL11>

[www.eurostat.com](http://www.eurostat.com)

[www.oaed.gr](http://www.oaed.gr)

[www.geodata.gr](http://www.geodata.gr)

[www.land.copernicus.eu](http://www.land.copernicus.eu)