



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ
ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΟΥΔΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΤΟΣ 1959 ΕΩΣ ΤΟ 2004 ΚΑΙ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Επιμέλεια :

**ΚΑΚΟΥΡΑ ΑΝΔΡΙΑΝΗ
ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

Επιβλέπων Καθηγητής:

ΛΕΚΚΑΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ	5
1.1. Μετεωρολογικοί παράγοντες που συνθέτουν το κλίμα του πλανήτη	5
1.2. Η ηλιακή ακτινοβολία και η προσφορά της στο κλιματικό σύστημα της γης	10
1.3. Θεωρίες των κλιματικών μεταβολών	12
1.3.1. Θεωρίες μεταβολών της ατμοσφαιρικής σύστασης	12
1.3.2. Αστρονομικές ή ηλιακές θεωρίες	16
1.3.3. Θεωρίες επίδρασης της γήινης επιφάνειας	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	22
2.1. Επιλογή μετεωρολογικού σταθμού	22
2.2. Μετεωρολογικά δεδομένα	23
2.2.1. Θερμοκρασία του αέρα	23
2.2.2. Υετός	26
2.2.3. Άνεμος	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	32
3.1. Ανάλυση διαγράμματος θερμοκρασίας του αέρα	32
3.2. Ανάλυση διαγραμμάτων υετού	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	39
4.1. Κατάταξη και περιγραφή των κλιμάτων της γης	39
4.2. Κλιματικές κατατάξεις	40
4.2.1. Κλιματική κατάταξη κατά Koppen	41
4.3. Κλιματικοί δείκτες	44
4.3.1. Κλιματικός δείκτης του Johansson	44
4.3.1.1. Ανάλυση διαγράμματος κλιματικού δείκτη του Johansson	45
4.3.2. Κλιματικός δείκτης του Pinna	49
4.3.2.1. Ανάλυση διαγράμματος κλιματικού δείκτη του Pinna	50
4.3.3. Κλιματικός δείκτης ερημικότητας - ευφορίας	55
4.3.3.1. Ανάλυση διαγράμματος κλιματικού δείκτη του De Martone	56
4.4. Το κλιματικό πλαίσιο της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βασικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή και η επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων του Μετεωρολογικού Σταθμού Σούδας. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε οπτικοποίηση των μετεωρολογικών δεδομένων της θερμοκρασίας και του υετού.

Κατά τη διεκπεραίωση της εργασίας αυτής, έγινε προσπάθεια για μια πρωτότυπη προσέγγιση του θέματος. Γενικότερο ζητούμενο ήταν η εξαγωγή συμπεράσματος, όσο αφορά ενδεχόμενη διαφοροποίηση των κλιματικών παραμέτρων τα τελευταία έτη, στην περιοχή Ακρωτηρίου Χανίων.

Με την ολοκλήρωση της οπτικοποίησης των μετεωρολογικών δεδομένων καθώς και από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μικροκλιματική μελέτη της περιοχής του Ακρωτηρίου, το κλίμα της περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί ως Μεσογειακό με θερμά ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε με τη βοήθεια της κλιματικής κατάταξης κατά Köppen καθώς και των κλιματικών δεικτών των Johansson, Pinna και de Martone.

Κατά γενική ομολογία από έρευνες που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μια γενικότερη πεποίθηση που τείνει στην άποψη πως το κλίμα αλλάζει.

Βάση όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, κανείς δε μπορεί να εκφράσει μια σαφή άποψη για την αλλαγή ή όχι, του κλιματικού περιβάλλοντος της προς εξέταση περιοχής (σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εργασίας). Αυτό που μπορεί να λεχθεί στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι πως υπάρχει μία συνεχής εναλλαγή ως προς τον χαρακτηρισμό του κλίματος από έτος σε έτος, γεγονός που ενισχύει την άποψη πως το κλίμα ουδέποτε υπήρξε σταθερό. Έτσι, όπως αναφέρεται και στα επόμενα κεφάλαια, αν η αλλαγή αυτή ακολουθήσει μια σταθερή πορεία κατά τα επόμενα έτη, τότε μόνο θα μπορεί να γίνει αναφορά σε δεδομένη αλλαγή του κλιματικού περιβάλλοντος, η οποία κατ' επέκταση θα επηρεάσει και την περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων.

ABSTRACT

The basic subject of this study is the registration and control of the meteorological facts of the meteorological station of Souda. Furthermore, the visualization by section of the meteorological facts and the determination of the characteristics of climate's environment of Akrotiri of Chania area.

During the dispatch of this study we followed a certain methodology. For the extraction of the necessary conclusions certain steps were followed to end to a general conclusion which has to converse to an eventuality or not change of the climate the last 46 year.

After the registration to brief tables and control of the meteorological variables which have taken from the meteorological station of Souda, we proceed to the visualization of those facts. An important step of this study was the determination of the basic characteristics climate's environment of the area to be examined with the use of the necessary climatic and bioclimatic indications.

With the completion of the visualization of the conclusion as the microclimate study of Akrotiri area we can come to a conclusion that the climate of this area as a Mediterranean with warm and dry summers and mild winters.

After the researches which have been done we can say that the climate changes.

According to all those above we can say that none can express a certain opinion for the change or not, of the climate's environment to be examined. The only think we can say at the present time is that there is a continuous change as for the climate year by year and this is encourage the opinion that the climate never been stable. So, as we report furthermore, if this change appropriates stability for the next years, then we will be able to refer to a certain change of the environmental climate which will influence the area of Akrotiri in Chania.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κλίμα είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που ρυθμίζουν την επιβίωση και την εξέλιξη οποιοδήποτε ζωντανού οργανισμού πάνω στον πλανήτη. Καθώς το κλίμα διαφοροποιείται από περιοχή σε περιοχή, δεν υπάρχει ακριβής προσδιορισμός κλίματος και καιρού για καμία χώρα του κόσμου. Παράγοντες όπως η απόσταση από τον ισημερινό και η τοπογραφία (φυσικά χαρακτηριστικά) επηρεάζουν το κλίμα μιας περιοχής. Οι οροσειρές μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν τη βροχόπτωση, ενώ οι παράκτιες περιοχές έχουν συχνά διαφορετικό κλίμα από την ενδοχώρα.

Κλίμα είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μέση τιμή των μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υετός, άνεμος και υγρασία) που επικρατούν συνήθως σε μία περιοχή για μια μεγάλη χρονική περίοδο. Αντίθετα, με τον όρο “καιρός” εννοούμε τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μία περιοχή για ένα συγκεκριμένο και σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο πολλοί είναι εκείνοι που συγχέουν τις έννοιες του κλίματος και του καιρού, κάτι που δε θα έπρεπε να συμβαίνει. Έχοντας γίνει σαφής ο διαχωρισμός μεταξύ των προαναφερόμενων εννοιών καθώς και των παραμέτρων που περιγράφονται από την έννοια του κλίματος, στο συγκεκριμένο σημείο θα πρέπει να αναφερθεί πως οι παράμετροι αυτές δεν είναι αμετάβλητες. Στην περίπτωση που οι παράμετροι αυτές του κλιματικού μας συστήματος μεταβάλλονται μη περιοδικά τότε υπάρχουν πολλές πιθανότητες να γίνουν αντιληπτές ποικίλες κλιματικές αλλαγές οι οποίες στη συνέχεια θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία.

Η εργασία αυτή ξεκίνησε με απώτερο στόχο να διαπιστωθεί εάν το κλιματικό καθεστώς της περιοχής, έχει υποστεί αλλαγές μέσα σ' ένα ορισμένο χρονικό διάστημα (1959 – 2004). Αυτό επετεύχθη μετά από επεξεργασία μετρήσεων που ελήφθησαν από το Μετεωρολογικό Σταθμό Σούδας καθώς και με τη χρησιμοποίηση κλιματικών και βιοκλιματικών δεικτών.

Ο Μ. Σ. Σούδας ανήκει στο σύνολο των μετεωρολογικών σταθμών της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Βρίσκεται στην περιοχή Ακρωτηρίου Χανίων σε υψόμετρο 151m από την επιφάνεια της θάλασσας και διαθέτει μετεωρολογικά δεδομένα από το έτος 1959 μέχρι και σήμερα. Τα μετεωρολογικά αυτά δεδομένα καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό μετεωρολογικών παραμέτρων όπως θερμοκρασία, υετό, υγρασία, άνεμο κ.α. Από τις παραπάνω παραμέτρους, έγινε επεξεργασία της θερμοκρασίας και του υετού, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για το κλίμα και τις πιθανές κλιματικές μεταβολές της περιοχής

του Νομού Χανίων. Αν και ο άνεμος αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής, δε συμπεριλαμβάνεται στην παρούσα εργασία.

Η εργασία που ακολουθεί χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία επισκόπηση της σύστασης του κλιματικού συστήματος της γης καθώς και των μετεωρολογικών παραμέτρων που συνθέτουν το κλίμα της, ενώ γίνεται και μία λεπτομερής αναφορά στις θεωρίες που έχουν διατυπωθεί μέχρι σήμερα όσο αναφορά τις παγκόσμιες κλιματικές μεταβολές.

Το δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται οι λόγοι επιλογής του Μ. Σ. Σούδας καθώς και κάποια γενικά χαρακτηριστικά στοιχεία αυτού, ενώ στο δεύτερο γίνεται η επεξεργασία των μετεωρολογικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η οπτικοποίηση των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού με τη βοήθεια διαγραμμάτων και των αντίστοιχων πινάκων τους, τα οποία με τη σειρά τους θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για την εξαγωγή των ανάλογων συμπερασμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μικροκλιματική μελέτη της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων με τη βοήθεια κλιματικών και βιοκλιματικών δεικτών οι οποίοι βοηθούν στο χαρακτηρισμό του κλιματικού τύπου της περιοχής αυτής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρατίθενται όλα τα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να εξαχθούν μέσω της παρούσας εργασίας καθώς και μέσω της επεξεργασίας που πραγματοποιήθηκε στα δεδομένα που ελήφθησαν από το Μετεωρολογικό Σταθμό Σούδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ

1.1 Μετεωρολογικοί παράγοντες που συνθέτουν το κλίμα του πλανήτη

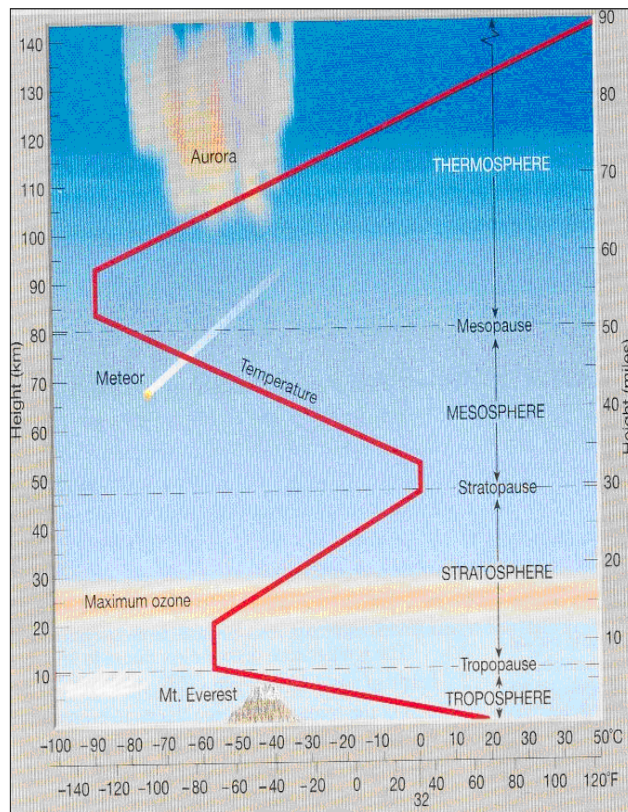
Οι παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν το κλιματικό σύστημα του πλανήτη είναι οι εξής: η ατμόσφαιρα, η υδρόσφαιρα (ωκεανοί και γενικά υδάτινες επιφάνειες), η λιθόσφαιρα (ήπειροι), η κρούσφαιρα (πάγοι) και η βιόσφαιρα. Το κλιματικό σύστημα είναι ένας υπερβολικά πολύπλοκος μηχανισμός. Οι προαναφερθέντες παράμετροι, αλληλεπιδρούν φυσικώς ή χημικώς, ώστε μια μεταβολή σε οποιοδήποτε απ' αυτούς, να επιφέρει σε κάποιο μέτρο και σε διάφορες κλίμακες του χρόνου, μεταβολές σε πολλές από τις άλλες παραμέτρους του κλιματικού συστήματος.

Ατμόσφαιρα, είναι ο αέρας που περιβάλλει τη γη και είναι η πλέον ευμετάβλητη παράμετρος του συστήματος. Ο αέρας είναι ένα μίγμα αερίων, που μέχρι τα 100km, έχει περίπου σταθερή σύνθεση, αν εξαιρέσουμε τους υδρατμούς, των οποίων η συγκέντρωση κατ' όγκο, ανέρχεται από 3 – 4% πάνω από τους τροπικούς ωκεανούς, μέχρι σχεδόν 0% πάνω από τις ερήμους και σε μεγάλα ύψη στην ατμόσφαιρα. Ο αέρας αποτελείται από άζωτο (N_2) 78,1% κατ' όγκο, οξυγόνο (O_2) 21%, αργό (Ar) 0,93%, διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) 0,03% και σε πολύ μικρότερες ποσότητες από άλλα αέρια όπως Ne, He, CH_4 , Kr και H_2 . Επιπλέον στην ατμόσφαιρα αιωρούνται στερεά και υγρά σωματίδια, όπως σκόνη, άλας θαλάσσης καθώς επίσης και παράγωγα καύσεων και εν γένει απόβλητα βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Μέσα στην ατμόσφαιρα και ιδιαίτερα στο κατώτερο στρώμα της, την τροπόσφαιρα, λαμβάνουν χώρα τα φαινόμενα που καλούμε "καιρός". Η ατμόσφαιρα διαδραματίζει σημαντικό ενεργό ρόλο αφενός μεν λόγω της σύστασής της, δια της απορρόφησης και εκπομπής ακτινοβολιών και αφετέρου μεταφέροντας θερμότητα τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα, ανακατανέμοντας με αυτό τον τρόπο, τη θερμότητα σε χρόνο της τάξεως του ενός μήνα, [1].

Στη συνέχεια θα γίνει μια εκτενέστερη ανάλυση των στρωμάτων της ατμόσφαιρας που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά και με βάση τη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος. Στο σχήμα 1, απεικονίζεται η μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα με το ύψος μέχρι 140 km περίπου μέσα στην ατμόσφαιρα. Με βάση τη χαρακτηριστική μεταβολή της

θερμοκρασίας με το ύψος, η ομοιόσφαιρα μπορεί να χωριστεί σε τρεις βασικές περιοχές που είναι η τροπόσφαιρα, η στρατόσφαιρα και η μεσόσφαιρα. Η ετερόσφαιρα με τη σειρά της μπορεί να χωριστεί στην θερμόσφαιρα και στην εξώσφαιρα.

Οι επιφάνειες διαχωρισμού των περιοχών αυτών, που στην πραγματικότητα είναι μεταβατικές ζώνες αρκετού πάχους είναι η τροπόπαυση, η στρατόπαυση και η μεσόπαυση.



Σχήμα 1. Μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος

Η τροπόσφαιρα περιλαμβάνει το 80% περίπου της συνολικής μάζας της ατμόσφαιρας και σχεδόν ολόκληρη τη ποσότητα των υδρατμών. Έτσι, από μετεωρολογικής πλευράς, η τροπόσφαιρα αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα της ατμόσφαιρας της Γης, αφού μέσα σε αυτήν δημιουργούνται όλες σχεδόν οι ατμοσφαιρικές διαταράξεις, οι αλλαγές του καιρού και το σύνολο σχεδόν των μετεωρολογικών φαινομένων.

Την υδρόσφαιρα, αποτελούν κυρίως οι ωκεανοί, οι οποίοι περιέχουν περίπου το 97% του νερού της γης και καλύπτουν το 71% της συνολικής επιφάνειάς της. Οι ωκεανοί μαζί με τις γειτονικές τους θάλασσες, απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και εξαιτίας της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς τους, αποτελούν μια τεράστια δεξαμενή ενέργειας. Στη συνέχεια, τα ωκεάνια ρεύματα,

μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας, από τις περιοχές του Ισημερινού προς τις πολικές περιοχές και κατ' αυτό τον τρόπο, οι ωκεανοί παίζουν σημαντικό ρόλο στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο. Τα επιφανειακά στρώματα των ωκεανών επίσης αλληλεπιδρούν με τα υπερκείμενα αυτών στρώματα της ατμόσφαιρας καθώς και με τους υπερκείμενους πάγους στις πολικές περιοχές, σε κλίμακες χρόνου μηνών έως μερικών ετών, ενώ τα βαθύτερα στρώματα των ωκεανών, έχουν χρόνο θερμικής αποκατάστασης της τάξεως μερικών αιώνων. Η διανταλλαγή επίσης του CO₂ της ατμόσφαιρας με τους ωκεανούς (στον κύκλο του άνθρακα), επηρεάζει τη σύνθεση της ατμόσφαιρας, με επακόλουθο την επίδραση στο θερμικό ισοζύγιο. Οι λίμνες, οι ποταμοί αλλά και τα υπόγεια ύδατα, είναι σημαντικοί παράγοντες του υδρολογικού κύκλου και μεταβλητές του κλιματικού συστήματος σε διάφορες κλίμακες του χρόνου, [1].

Μέρος	(%) Ποσοστό της υδροσφαιρικής μάζας
Ωκεανοί	97.0
Πάγοι	2.4
Καθαρό νερό (υπό το έδαφος)	0.6
Καθαρό νερό λιμνών, ποταμών	0.02
Ατμόσφαιρα	0.001

Πίνακας 1. Κατανομή νερού στην υδρόσφαιρα²

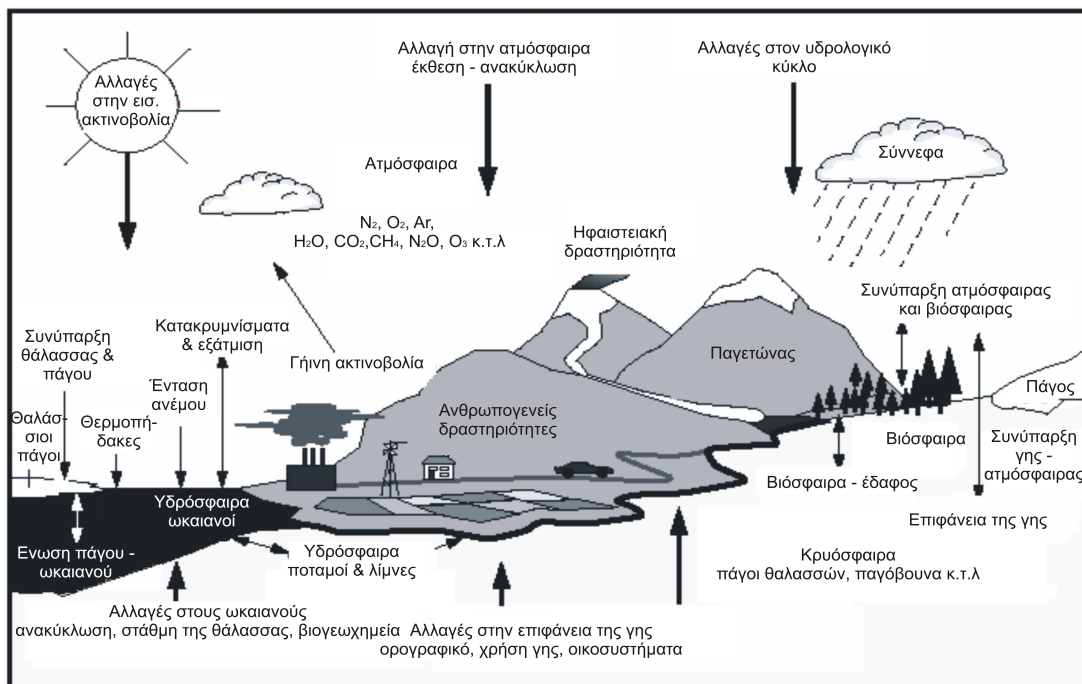
Η επιφάνεια των ηπείρων, είναι μία παράμετρος του κλιματικού συστήματος, η οποία υφίσταται μεταβολές από τις μεγαλύτερες κλίμακες του χρόνου, όπως οι μετατοπίσεις των ηπείρων και οι ορογενέσεις, μέχρι τις μικρότερες, όπως η διάβρωση από τον άνεμο και η φόρτιση της ατμόσφαιρας με σκόνη και σωματίδια. Επίσης το χώμα αλληλεπιδρά με τη βλάστηση.

Η κρυόσφαιρα, περιλαμβάνει τις αποθέσεις των πάγων και χιονιών της γης, δηλαδή τους πάγους των πολικών περιοχών, τους παγετώνες των ορέων και τις επιφάνειες με χιονοκάλυψη. Ορισμένες από τις παραμέτρους αυτές, έχουν εποχική μεταβολή και άλλες μεταβάλλονται σε πολύ μεγαλύτερες κλίμακες χρόνου. Μεταβολές του όγκου των πάγων και των παγετώνων, είναι προφανές ότι έχουν σαν αποτέλεσμα, μεταβολές στη στάθμη της

² Συνολική μάζα = 1.36×10^{21} kg = 2.66×10^6 kg/m² (επί της γήινης επιφάνειας)

θάλασσας αλλά και μεταβολές της λευκαύγειας, με επακόλουθο, θερμοκρασιακές μεταβολές στο θερμικό ισοζύγιο.

Τέλος ως βιόσφαιρα, ορίζεται όλος ο ζωντανός κόσμος που είναι στη γη, δηλαδή τα φυτά θαλάσσης και ξηράς και τα ζώα αέρος, ξηράς και θάλασσας. Κατά ορισμένους ερευνητές, με τον όρο “βιόσφαιρα”, ορίζεται το λεπτό στρώμα της γης, εντός του οποίου υπάρχει ζωή, δηλαδή το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, οι ωκεανοί και το ανώτερο στρώμα του φλοιού της γης. Οι ζωντανοί οργανισμοί επηρεάζονται άμεσα από το κλίμα και τις μεταβολές του, αλλά επηρεάζουν και το κλίμα με διάφορους τρόπους. Τα φυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στο ισοζύγιο του διοξειδίου του άνθρακα και εξ’ αυτού στο θερμικό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας. Επίσης τα φυτά, επηρεάζουν τον υδρολογικό κύκλο με την εξατμισοδιαπνοή και τέλος μεταβάλλουν τη λευκαύγεια του εδάφους. Τα ζώα και ιδιαίτερα ο άνθρωπος, αλλοιώνουν επίσης το φυσικό τους περιβάλλον ποικιλοτρόπως, με τις δραστηριότητές τους, [1].



Σχήμα 2. Σχηματική όψη των συστατικών του κλίματος και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων

Η πλέον θεμελιώδης φυσική διεργασία που καθορίζει τον καιρό και το κλίμα της γης, είναι η ενέργεια η οποία προσφέρεται στο κλιματικό σύστημα με την ακτινοβολία του ήλιου. Η ενέργεια της εισερχόμενης στην ατμόσφαιρα ηλιακής ακτινοβολίας, κατά μικρό ποσοστό απορροφάται από την ατμόσφαιρα και το ήμισυ αυτής, απορροφάται και θερμαίνει τους ωκεανούς και το έδαφος. Το έδαφος και οι ωκεανοί στη συνέχεια,

ακτινοβολούν θερμότητα, μεγάλο μέρος της οποίας, απορροφά η ατμόσφαιρα. Η απορρόφηση της θερμότητας, εξαρτάται από τη σύσταση της ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα επίσης, θερμαίνεται, κατά μεγάλο ποσοστό, από την έκλυση λανθάνουσας θερμότητας μέσω της διεργασίας της συμπυκνώσεως που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό των νεφών. Επίσης τα νέφη παίζουν σημαντικό ρόλο στο ισοζύγιο των ακτινοβολιών (ανάκλαση, απορρόφηση και εκπομπή ακτινοβολιών). Η ατμόσφαιρα και οι ωκεανοί, θερμαινόμενοι, δημιουργούν ανέμους και ωκεάνια ρεύματα, τα οποία στη συνέχεια, μεταφέρουν θερμότητα από περιοχές θερμότερες σε περιοχές ψυχρότερες.

Η μεγάλης κλίμακας, διαταραχές της ατμόσφαιρας, καθώς και οι κινήσεις εντός των νεφών και των καταιγίδων, αφενός μεταφέρουν θερμότητα και αφετέρου συμμετέχουν σε διαδικασίες μεταφοράς για τη διατήρηση της ορμής της μάζας και της ενέργειας. Στους ωκεανούς, εκτός των βαθμίδων θερμοκρασίας, δημιουργούνται και βαθμίδες αλλατότητας (αλμυρότητας), δηλαδή πυκνότητας που προκαλούν ρεύματα.

Υπάρχουν επίσης στο κλιματικό σύστημα, μηχανισμοί αλληλεπίδρασης και ανάδρασης, οι οποίοι επενεργούν, είτε ενισχύοντας μια διαταραχή στο κλιματικό σύστημα (θετική ανάδραση), είτε καταστέλλοντας μια διαταραχή (αρνητική ανάδραση). Για παράδειγμα, μια διαταραχή στη θερμοκρασία επιφάνειας ωκεανού, μεταβάλλει τη μεταφορά προς την ατμόσφαιρα, της λανθάνουσας και της αισθητής θερμότητας. Η προκύπτουσα μεταβολή της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, τροποποιεί την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας και τη νέφωση. Η κυκλοφορία της ατμόσφαιρας με τους ανέμους, τροποποιεί την ανάμιξη των ωκεάνιων στρωμάτων και η νέφωση τροποποιεί την προσπίπτουσα στον ωκεανό, ηλιακή ακτινοβολία άρα και τη θέρμανση του ωκεανού. Αυτές οι πολύπλοκες διεργασίες, μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα, την ενίσχυση ή την καταστολή, της αρχικής ωκεάνιας διαταραχής.

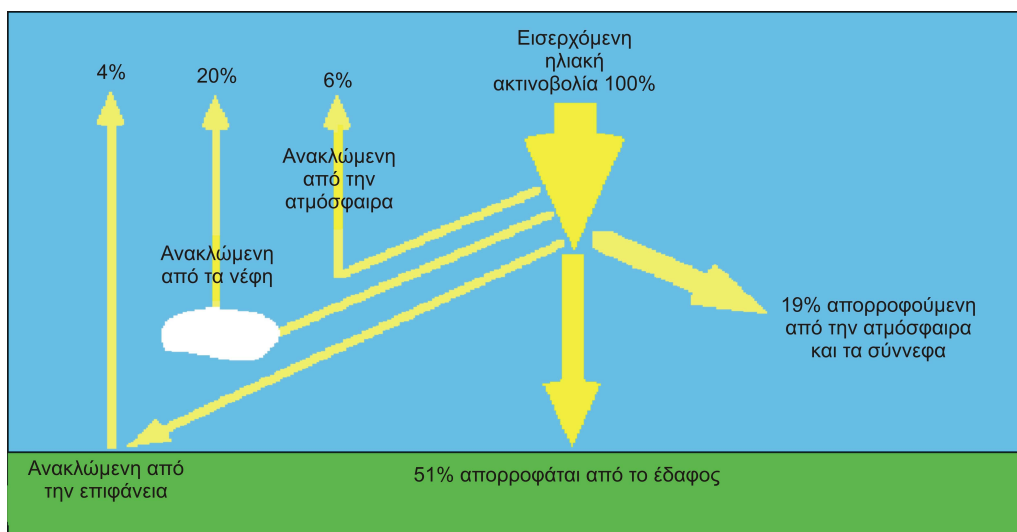
Μια μεταβολή σε ένα μέρος του πολύπλοκου μηχανισμού του κλιματικού συστήματος, προκαλεί το έναυσμα, για μια σειρά μεταβολών σε άλλες παραμέτρους αυτού, ανάλογα με το μέγεθος της αρχικής μεταβολής και το είδος της. Εάν θεωρήσουμε ως εξωτερικές παραμέτρους του συστήματος, τις μεταβολές των ηπείρων καθώς και τις μεταβολές στη σύσταση της ατμόσφαιρας (ανθρωπογενείς και φυσικές), τότε ο οποιοσδήποτε μηχανισμός ανάδρασης, σε κάποιο στάδιο αλληλεπιδράσεων με άλλα μέρη του συστήματος, θα πρέπει να εξουδετερώνεται βάση εσωτερικών διεργασιών προσαρμογής, διαφορετικά το κλίμα θα παρουσίαζε εκρηκτική συμπεριφορά αλυσιδωτών αντιδράσεων, [5].

1.2 Η ηλιακή ακτινοβολία και η προσφορά της στο κλιματικό σύστημα της γης

Η κύρια πηγή ενέργειας στον πλανήτη μας είναι η ηλιακή ακτινοβολία η οποία φτάνει στην επιφάνεια της γης σε ποσά που αντιπροσωπεύουν μόνο τα δύο δισεκατομμυριοστά της συνολικής ενέργειας που εκπέμπει ο ήλιος στο διάστημα.

Η ηλιακή ενέργεια συμβάλλει στη διεκπεραίωση όλων των φυσικών και χημικών διεργασιών καθώς και των φαινομένων που συμβαίνουν στη φύση. Οι ηλιακές ακτίνες κατά την πορεία τους μέσα στην ατμόσφαιρα της γης προκαλούν μια σειρά φαινομένων, όπως το μπλε χρώμα του ουρανού, το διάχυτο φως, το λυκαυγές, το λυκόφως και πολλά άλλα οπτικά φαινόμενα. Ένα άλλο αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η εξάτμιση μεγάλης μάζας νερού και ο σχηματισμός υδρατμών, νεφών, βροχής κ.α.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3 μόνο το 51% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από την επιφάνεια της γης και χρησιμοποιείται για την θέρμανση της επιφάνειας και της χαμηλότερης ατμόσφαιρας, για την τήξη των πάγων ή του χιονιού, την εξάτμιση των υδάτων και την πρόκληση της φωτοσυνθέσεως στα φυτά. Από το υπόλοιπο 49%, το 4% ανακλάται από την επιφάνεια και επιστρέφει προς το διάστημα, το 26% ανακλάται πίσω από τα νέφη και τα σωματίδια της ατμόσφαιρας και το 19% απορροφάται από τα ατμοσφαιρικά αέρια, σωματίδια και νέφη.



Σχήμα 3. Απεικόνιση της πορείας που ακολουθεί η ηλιακή ακτινοβολία

Η θέρμανση μετατρέπει τη γη σε πομπό ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος (υπέρυθρη), αφού, σύμφωνα με τον νόμο Stefan-Boltzman, ο οποίος θα σχολιαστεί εκτενώς σε παρακάτω ενότητα, κάθε σώμα εκπέμπει ακτινοβολία ανάλογη με την θερμοκρασία που βρίσκεται. Από αυτή την ακτινοβολία ένα μέρος διαφεύγει στο διάστημα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος απορροφάται από κάποια αέρια της ατμόσφαιρας, τα οποία έχουν φυσική προέλευση. Τα αέρια αυτά, θερμαινόμενα, αρχίζουν να εκπέμπουν προς κάθε κατεύθυνση, υπέρυθρη ακτινοβολία, αλλά μόνο το 90% οδηγείται στο έδαφος, το οποίο θερμαίνεται περαιτέρω, ενισχύεται η υπέρυθρη ακτινοβολία του και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται αενάως.

Το CO₂ και οι υδρατμοί σχηματίζουν το προαναφερθέν στρώμα αερίων πάνω από την επιφάνεια της γης σε ένα ορισμένο ύψος και αφού επιτρέψουν να εισέλθει δια μέσου αυτών η υπέρυθρη ακτινοβολία του ήλιου, αυτή απορροφάται κατά ένα μέρος από τη γη και την ατμόσφαιρα. Εν συνεχεία η υπόλοιπη ακτινοβολία επανεκπέμπεται από τη γη, αφού ένα τμήμα της διαφεύγει στο διάστημα ενώ ένα άλλο μέρος της εγκλωβίζεται από το στρώμα των αερίων που προαναφέρθηκαν (CO₂, υδρατμοί) τα οποία έχουν χαρακτηριστεί ως αέρια του θερμοκηπίου. Το στρώμα αυτό των αερίων, επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, και είναι κοινά παραδεκτό ότι μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου. Ο Γάλλος μαθηματικός Fourier το ονόμασε το 1822 «Φαινόμενο Θερμοκηπίου» ενώ τα αέρια που συμμετέχουν σε αυτό «αέρια του θερμοκηπίου». Ο όρος καθιερώθηκε από τις αρχές του 19ου αιώνα, αλλά από τα μέσα της δεκαετίας του 1950, συνδέθηκε με τις κλιματικές αλλαγές και την παγκόσμια θέρμανση.

Το ατμοσφαιρικό αυτό φαινόμενο της απορρόφησης και επανεκπομπής της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας προς την επιφάνεια της γης είναι σωτήριο για την ανάπτυξη και την επιβίωση κάθε μορφής ζωής πάνω στον πλανήτη. Προκειμένου βέβαια να διατηρηθεί μία πλήρης ισορροπία του οικοσυστήματος, απαιτείται η συγκέντρωση αυτή των παραπάνω αερίων της ατμόσφαιρας, να μην παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις, διότι διαφορετικά, είναι πιθανό να προκληθούν μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές, οι οποίες με την σειρά τους θα επιφέρουν κλιματικές αλλαγές πάνω στον πλανήτη. Γεωλογικές έρευνες αποκαλύπτουν ότι υπήρξαν περίοδοι στην ιστορία της γης που η επιφάνεια της ήταν θερμότερη ή ψυχρότερη απ' ό,τι είναι σήμερα, προκαλώντας σημαντικές κλιματικές αλλαγές, οι οποίες όμως είναι αδύνατο να γίνουν αντιληπτές από την μικροκλίμακα της ζωής ενός ανθρώπου.

Με βάση όλα όσα έχουν αναφερθεί γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι αν η γη δεν είχε ατμόσφαιρα, καθώς θα έπεφτε η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης, ένα μέρος της θα ανακλόταν και θα επέστρεφε στο διάστημα, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα της θα απορροφούνταν και στη συνέχεια θα επανεκπέμπονταν πίσω στο διάστημα με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας (μεγάλου μήκους κύματος). Η γη τότε θα είχε θερμοκρασία πολύ χαμηλότερη από τη σημερινή. Υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν περίπου στους -18°C και κατά συνέπεια η επιφάνεια του πλανήτη μας θα ήταν μία απέραντη παγωμένη έκταση, αφιλόξενη για τα περισσότερα είδη της πανίδας και της χλωρίδας μα και για την επιβίωση πολλών ακόμη οργανισμών από το ζωικό βασίλειο. Χάρη όμως στην ατμόσφαιρα της γης και τις θερμοσυλεκτικές ιδιότητες μερικών από τα αέρια που μετέχουν στη σύνθεση της, η μέση θερμοκρασία της γης ανεβαίνει κατά 33°C και βρίσκεται στο πρόσφορο για την βιόσφαιρα επίπεδο των 15°C , [4].

1.3 Θεωρίες των κλιματικών μεταβολών

Για την εξήγηση και τη κατανόηση των κλιματικών μεταβολών, έχουν γίνει πολλές υποθέσεις κι έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες, οι οποίες χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες. Η πρώτη εξ' αυτών περιλαμβάνει θεωρίες, που λαμβάνουν σαν αιτία των μεταβολών αυτών, την αλλαγή της ατμοσφαιρικής σύστασης. Η δεύτερη κατηγορία, περιλαμβάνει θεωρίες που βασίζονται σε μεταβολές της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η γη και τέλος η τρίτη κατηγορία, βασίζεται σε θεωρίες που έχουν σχέση με την επίδραση των μεταβολών της επιφάνειας της γης στο κλίμα.

1.3.1 Θεωρίες μεταβολών της ατμοσφαιρικής σύστασης

α) Η ηφαιστειακή δράση

Η αύξηση της σκόνης και της στάχτης στην ατμόσφαιρα μετά από μία ηφαιστειακή έκρηξη, έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της διαπερατότητας της ατμόσφαιρας. Η σκόνη αυτή που παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα, (στα στρατοσφαιρικά ύψη έως και μερικά έτη) προκαλεί σκέδαση της μικρού μήκους κύματος, ορατής περιοχής του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα την αύξηση της λευκαύγειας της

γης, δηλαδή μείωση της απορροφούμενης από το σύστημα (ατμόσφαιρα – γη), ηλιακής ακτινοβολίας. Έρευνες στους πάγους της Ανταρκτικής, αποκάλυψαν στρώματα στάχτης και σκόνης από ηφαιστειακές εκρήξεις που συνέβησαν στην επιφάνεια της γης κατά το παρελθόν. Από τα στοιχεία αυτά, εξήχθη το συμπέρασμα, ότι κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ 30.000 ετών έως 17.000 ετών πριν, η μέση θερμοκρασία του αέρα, είχε υποστεί μία πτώση περίπου 3°C, πιθανόν λόγω ηφαιστειακής δραστηριότητας. Σύμφωνα με επιστημονικές μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι μετά από μία έκρηξη ενός ηφαιστείου, σημειώνεται μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Το φαινόμενο της μείωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω ηφαιστειακής δραστηριότητας, μελετήθηκε για πρώτη φορά σε παγκόσμια κλίμακα, κατά τη μεγάλη έκρηξη του ηφαιστείου Agung (Ινδονησία) το 1963. Τότε πολλοί αντινομετρικοί σταθμοί σε όλη τη γη, κατέγραψαν μια έντονη μείωση του δείκτη της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με το γεγονός αυτό και έδειξαν ότι τα ατμοσφαιρικά αιωρήματα και το SO₂ που εκτοξεύτηκαν κατά την έκρηξη του ηφαιστείου, έφτασαν στη στρατόσφαιρα και αφού διαχύθηκαν, δημιούργησαν στο ύψος των 15 – 20km, ένα νέφος, που διατηρήθηκε εκεί, για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 2 ετών. Ανάλογα φαινόμενα, παρατηρήθηκαν μετά την έκρηξη του ηφαιστείου El Chichon του Μεξικού το 1982. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία, υφίσταται μεγαλύτερη εξασθένηση απ' ότι η ολική ηλιακή ακτινοβολία, διότι η σκέδαση είναι μεγαλύτερη κατά τη διεύθυνση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (σκέδαση Mie). Η αύξηση κατά 2% της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, που παρατηρείται από τα τέλη του προηγούμενου μέχρι το μέσο περίπου του παρόντος αιώνα, αντιστοιχεί μόνο σε 0,3% αύξηση της ολικής ακτινοβολίας. Ο Budyko (1975), έδειξε ότι η αύξηση αυτή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, που φτάνει στην επιφάνεια της γης, είναι δυνατόν να προκαλέσει αύξηση κατά 0,4°C της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, κατά μέσο όρο, για ολόκληρη τη γη.

β) Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Όπως γνωρίζουμε, η γη παρεμβαλλόμενη στην πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας, αποκόπτει δίσκο εμβαδού πR^2 (όπου R η ακτίνα της γης), ενώ ταυτόχρονα ακτινοβολεί, σαν μέλαν σώμα προς το διάστημα από όλη της την επιφάνεια. Σε συνθήκες θερμικής ισορροπίας, ισχύει ότι η ποσότητα της εισερχόμενης ενέργειας που λαμβάνει η γη από τον ήλιο, είναι ίση με την ποσότητα ενέργειας, που εκπέμπει η γη προς το διάστημα. Η ένταση της ακτινοβολίας ενός μέλανος σώματος, δίνεται από τη συνάρτηση του Planck, η

ολοκλήρωση της οποίας έγινε από τον Stefan–Boltzman και είναι $B(T) = \sigma T^4$. Σύμφωνα με τα προηγούμενα ισχύει η σχέση:

$$\pi R^2 (1-\alpha) s = 4\pi R\sigma T_e^4 \quad (1.1)$$

όπου: R = η ακτίνα της γης

T_e = η ενεργός θερμοκρασία της γης (χωρίς ατμόσφαιρα)

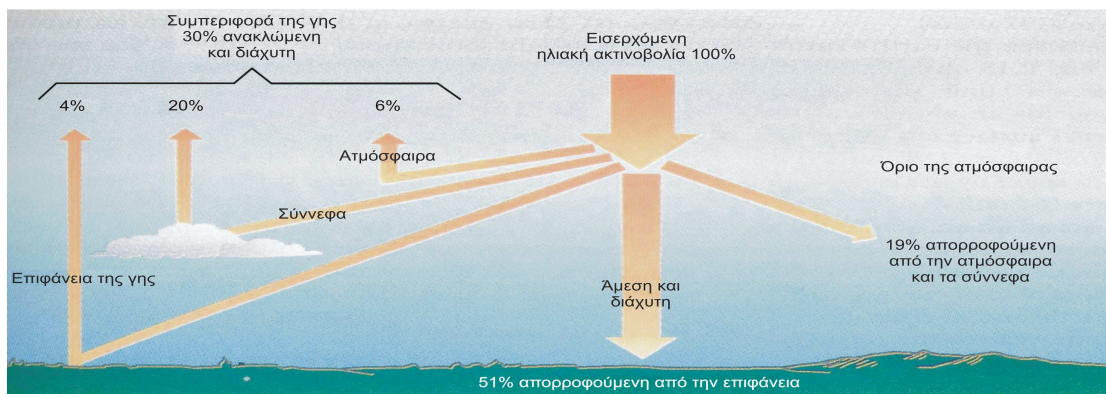
α = η λευκαύγεια

s = η ηλιακή σταθερά

σ = η σταθερά των Stefan–Boltzman

Από τη σχέση 1.1 προκύπτει ότι: $T_e = \left[\frac{(1-\alpha)s}{4\sigma} \right]^{1/4}$ (1.2)

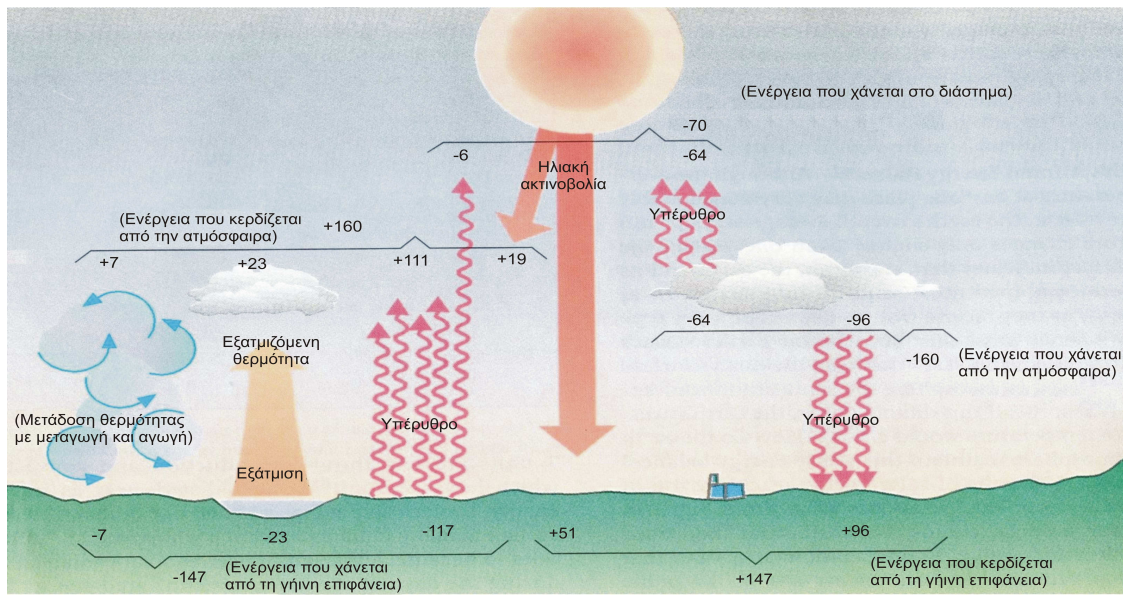
Παρατηρώντας το σχήμα 4, γίνεται κατανοητό ότι, κατά μέσο όρο, από το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην ατμόσφαιρα της γης ετησίως, το 30% ανακλάται και διαχέεται επιστρέφοντας πίσω στο διάστημα. Το υπόλοιπο 70% της ηλιακής ενέργειας απορροφάται, σε ποσοστό 19% από την ατμόσφαιρα, ενώ το 51% από την επιφάνεια της γης. Το ποσοστό αυτό του 70% είναι το ισοζύγιο ενέργειας που συναλλάσσεται η επιφάνεια της γης με την ατμόσφαιρα και τελικά το ακτινοβολούν πίσω στο διάστημα διατηρώντας το ενεργειακό ισοζύγιο σταθερό. Ο τρόπος εκπομπής αυτής της ενέργειας προς το διάστημα γίνεται με μεγαλύτερου μήκους κύματος ακτινοβολία, η οποία αποκαλείται υπέρυθρη ακτινοβολία. Στο σχήμα 5 φαίνεται, κατά προσέγγιση, πως διατηρείται το ενεργειακό ισοζύγιο μεταξύ της επιφάνειας της γης και της ατμόσφαιρας, [17].



Σχήμα 4. Ισοζύγιο ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη, [17]

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούν δύο ιδιαίτερα σημαντικά στοιχεία. Πρώτον το γεγονός ότι η επιφάνεια της γης εκπέμπει προς την ατμόσφαιρα ένα τεράστιο ποσοστό ενέργειας 117 μονάδων, που σημαίνει ότι αν δε μεσολαβούσε μια άλλη διεργασία, τότε η επιφάνεια της γης θα έφτανε σε πάρα πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Ο λόγος για τον οποίο, η επιφάνεια της γης, εκπέμπει ένα τόσο τόσο μεγάλο ποσοστό υπέρυθρης ακτινοβολίας, είναι ότι η γη αν και λαμβάνει ηλιακή ακτινοβολία μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, η ίδια μονίμως εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία και την ημέρα αλλά και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το δεύτερο αξιοσημείωτο, που δίνει και την απάντηση στο ερώτημα γιατί η θερμοκρασία της γης δεν πέφτει σε πάρα πολύ χαμηλά επίπεδα, είναι ότι η ατμόσφαιρα από το σύνολο των 117 μονάδων που εκπέμπονται από την επιφάνεια της γης μόνο σε πολύ μικρό ποσοστό μόλις 6 μονάδων επιτρέπει να περάσουν προς το διάστημα. Την πλειονότητα όμως των 111 μονάδων έχει την ιδιότητα να την απορροφά. Την απορρόφηση αυτή την επιτελούν μερικά από τα συστατικά της ατμόσφαιρας όπως είναι το νερό (H₂O) (σε αέρια, υγρή ή στερεή μορφή), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μονοξείδιο του αζώτου (N₂O), το μεθάνιο (CH₄). Απορροφώντας αυτή την τεράστια ενέργεια στη συνέχεια με τη σειρά τους επιστρέφουν τις 96 μονάδες πίσω στην επιφάνεια της γης σε μορφή και πάλι υπέρυθρης ακτινοβολίας, βοηθώντας μ' αυτό τον τρόπο να μην πέσει η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης. Την ανταλλαγή αυτή της ενέργειας μεταξύ της επιφάνειας της γης με την ατμόσφαιρα έχουμε συνηθίσει να την αποκαλούμε “Φαινόμενο του θερμοκηπίου”, ενώ τα αέρια τα οποία συντελούν ώστε να διατηρείται αυτό το φαινόμενο, αποκαλούνται “αέρια του θερμοκηπίου”.

Εύκολα λοιπόν γίνεται κατανοητό ότι αν η γη δεν είχε καθόλου ατμόσφαιρα, καθώς θα έπεφτε η μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία επάνω της, ένα μέρος της θα ανακλώταν και θα επέστρεφε πίσω στο διάστημα, ενώ ένα άλλο μέρος της θα απορροφούνταν και στη συνέχεια θα εκπέμποταν σαν υπέρυθρη ακτινοβολία πίσω στο διάστημα. Η γη τότε θα είχε θερμοκρασία πολύ χαμηλότερη από τη σημερινή. Υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν περίπου στους -18⁰C, που θα είχε σαν συνέπεια η επιφάνεια του πλανήτη να ήταν μία απέραντη παγωμένη έκταση, αφιλόξενη για τα περισσότερα είδη της πανίδας και της χλωρίδας αλλά και της επιβίωσης πολλών ακόμη οργανισμών από το ζωικό βασίλειο. Χάρη όμως σε αυτό το θερμοσυλλεκτικό σκέπασμα και τις ιδιότητες των αερίων που απαρτίζουν την ατμόσφαιρα, η μέση πλανητική θερμοκρασία ανεβαίνει κατά 33⁰C και βρίσκεται στο πρόσφορο για τη βίωση μέσο επίπεδο των 15⁰C, [16].



Σχήμα 5. Ενεργειακό ισοζύγιο γης – ατμόσφαιρας, [16]

Εδώ λοιπόν βρίσκεται το σημείο διαμάχης μεταξύ των επιστημόνων που ασχολούνται με το κλίμα πάνω στη γη, καθότι οι πλέον απαισιόδοξοι υποστηρίζουν ότι η αύξηση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (και ιδιαίτερα το διοξείδιο του άνθρακα CO₂) θα προκαλέσει την ανατροπή του ισοζυγίου ενέργειας μεταξύ της επιφάνειας της γης και της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του πλανήτη. Εξαιτίας αυτής της αλλαγής του ισοζυγίου ενέργειας και της μελλοντικής αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη η ανθρωπότητα θα υποστεί ανυπολόγιστες καταστροφές ενώ θα είναι αδύναμη να αντιδράσει.

1.3.2 Αστρονομικές ή ηλιακές θεωρίες

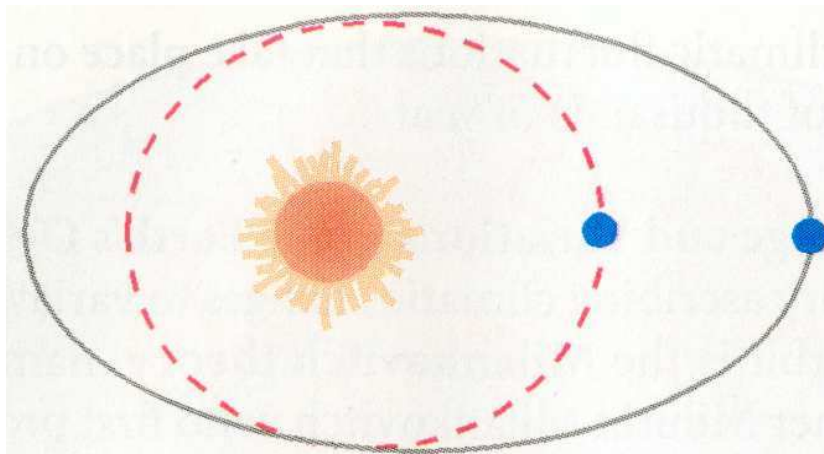
α) Αστρονομικές θεωρίες

Πέρα από την σταθερά αυξανόμενη εκπέμπομε ενέργεια του ηλίου και από την αυξανόμενη ποσότητα αερίων όπως το διοξείδιου του άνθρακα και του μεθανίου στην ατμόσφαιρα, ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που προσδιορίζει το κλίμα είναι μια σειρά από αστρονομικούς κύκλους που επηρεάζουν την Γη και την τροχιά της γύρω από τον Ήλιο. Στα 1920 ένας Γιουγκοσλάβος επιστήμονας, ο Milankovitch, διατύπωσε μια

σχετική θεωρία αλλά αγνοήθηκε από το μεγαλύτερο μέρος της επιστημονικής κοινότητας. Μόνο κατά τα τελευταία 30 χρόνια, με την επιστημονική ανάλυση πυρήνων (cores) που προέρχονται από ιζήματα των ωκεανών και στρώματα πάγου έχουν γίνει αποδεκτές αυτές οι θεωρίες, αφού δίνονται πληροφορίες από τα ευρήματα αυτά που φθάνουν εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια στο παρελθόν.

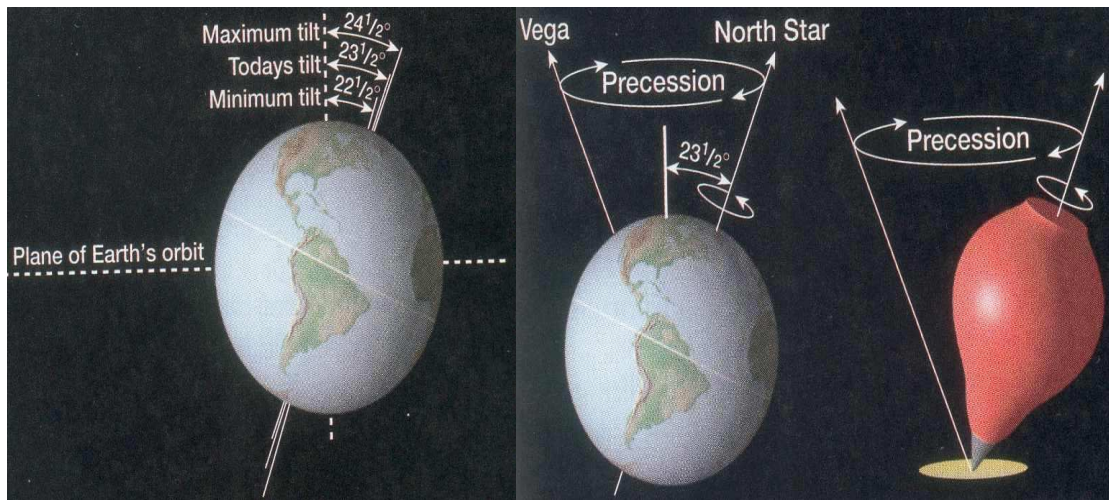
Ο πρώτος κύκλος αφορά μια περίοδο 90-100.000 χιλιάδων ετών και αναφέρεται στην μεταβολή της τροχιάς της γης από σχεδόν κυκλική σε περισσότερο ελλειπτική.

Ο δεύτερος κύκλος, που αφορά την προσέγγιση της Γης στον Ήλιο ολοκληρώνεται κάθε 23.000 χρόνια. Για την σημερινή εποχή η Γη βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο κατά την διάρκεια του χειμώνα του Βόρειου Ημισφαιρίου. Αυτό μειώνει το μέγεθος της κλιματικής αλλαγής στο Βόρειο, ενώ το ενισχύει στο Νότιο ημισφαίριο.



Σχήμα 6. Αλλαγές στο σχήμα της τροχιάς της Γης καθώς περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο

Ο τρίτος κύκλος επηρεάζει την κλίση της Γης, που μεταβάλλεται σε ένα διάστημα περίπου 40.000 ετών. Προς το παρόν η κλίση αυτή ελαττώνεται, γεγονός που πάλι ελαττώνει την διαφορά ανάμεσα στις εποχές. Αν και υπάρχουν και άλλοι βραχύτεροι κύκλοι, όπως μικρότερες μεταβολές στις εκπομπές του Ήλιου σε μια περίοδο 22-23 ετών, που συνδέονται με την δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων και αντιστροφές στο ηλιακό μαγνητικό πεδίο, είναι ο συνδυασμός αυτών των τριών μακροπρόθεσμων κύκλων που καθορίζει τη μεταβολή του κλίματος κατά τη Πλειστόκαινο και Πρόσφατη γεωλογική περίοδο.



Σχήμα 7. Αλλαγές στην κλίση της Γης (ως προς τον κατακόρυφο άξονα της) και της “μετάπτωσης” λόγω της ταλάντευσης του άξονα της

β) Μεταβολές της ηλιακής ενέργειας

“Ηλιακή σταθερά” λέγεται το ποσό της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στο όριο της γήινης ατμόσφαιρας ανά μονάδα χρόνου, κάθετα σε μοναδιαία επιφάνεια και στη μέση απόσταση ήλιου – γης. Ο ήλιος θεωρείται σαν μια μεταβλητή πηγή ενέργειας και εξαιτίας των μεταβολών της ενεργειακής του εκπομπής, μεταβάλλεται και το κλίμα της γης. Αυτό συμβαίνει διότι φαίνεται μάλλον ότι η πυρηνική δράση στο κέντρο του ήλιου, δεν είναι συνεχής, αλλά έχει μια ανεξερεύνητη περιοδικότητα. Η περιοδικότητα αυτή μεταφέρεται στη φωτόσφαιρα και εν συνεχεία στο κλίμα της γης. Η φωτόσφαιρα του ήλιου παρουσιάζει περιοδική δραστηριότητα περίπου 11 ετών (η περίοδος κυμαίνεται από 9 έως 16 έτη). Έχουν στατιστικώς ανιχνευθεί και δευτερεύουσες περιοδικότητες 35 και 80 ετών. Στο μέγιστο λοιπόν της δραστηριότητας του ήλιου, παρουσιάζονται ηλιακές κηλίδες, οι οποίες συνδέονται με έντονα μαγνητικά πεδία. Κατά τη χρονική διάρκεια της έντονης δραστηριότητας του ήλιου, έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνεται η ενέργεια στην υπεριώδη περιοχή του φάσματος που εκπέμπεται από τον ήλιο, ενώ στην ορατή περιοχή της ακτινοβολίας, δεν παρατηρείται καμία μεταβολή. Έτσι η ηλιακή σταθερά μεταβάλλεται λιγότερο από 1% μεταξύ ήρεμου και ενεργού ήλιου.

Η περιοχή της ατμόσφαιρας που βρίσκεται πάνω από την τροπόσφαιρα, είναι ευαίσθητη σε μεταβολές της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας καθώς επίσης

και της σωματιδιακής εκπομπής του ήλιου λόγω της δυνατότητας του όζοντος και των άλλων ιχνοστοιχείων που βρίσκονται στην περιοχή αυτή, να απορροφούν σχεδόν όλο το σύνολο της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οποιαδήποτε μεταβολή στην απορροφητική ικανότητα του στρατοσφαιρικού όζοντος, επηρεάζει άμεσα τη θερμοκρασία της στρατόσφαιρας. Γενικά οι παραπάνω μεταβολές, επιδρούν και στο πεδίο των ανέμων αλλάζοντας, περιοδικά, την ατμοσφαιρική κυκλοφορία στη μέση ατμόσφαιρα.

Από την άλλη πλευρά όμως, ο μηχανισμός που συνδέει τις μεταβολές της θερμοκρασίας της στρατόσφαιρας με την τροπόσφαιρα, δεν είναι ακόμη πλήρως γνωστός. Πολλοί ερευνητές, έχουν επισημάνει κυμάνσεις των κλιματικών παραμέτρων της τροπόσφαιρας, οι οποίες συνδέονται με την 11ετή κύμανση της ηλιακής δραστηριότητας.

Ο ήλιος περνά από ένα 11ετή κύκλο μεταβολής του μαγνητικού πεδίου μέσα στη ζώνη μεταφοράς. Όταν το μαγνητικό πεδίο γίνεται πιο έντονο, τότε μαύρες κηλίδες εμφανίζονται στην επιφάνεια του ήλιου, δηλαδή στη φωτόσφαιρα. Αυτές οι κηλίδες είναι στοιχεία ασθενέστερης εκπομπής της ακτινοβολίας. Στο μέγιστο μαγνητικό πεδίο υπάρχουν περίπου 150 κηλίδες ενώ στο ελάχιστο πεδίο υπάρχουν περίπου δέκα κηλίδες. Η μεταβολή μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου του κύκλου προκαλεί περίπου 0,2 % αλλαγή στην ηλιακή λαμπρότητα, που αντιστοιχεί σε $0,2^{\circ}\text{C}$. Αυτή η μεταβολή είναι πολύ μικρή για να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στο κλίμα, αλλά υπάρχει και μεταβολή στην υπεριώδη ακτινοβολία μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου του κύκλου. Η υπεριώδης ακτινοβολία αλλάζει κατά 20 % για μήκος κύματος $\lambda=0,18\text{m}$ και μειώνεται στο 0% για μήκος κύματος $\lambda=0,30\text{m}$. Όπως είδαμε η ακτινοβολία μεταξύ 0,2-0,3m παίζει σημαντικό ρόλο στη χημεία της ατμόσφαιρας. Μοντέλα δίνουν μια αύξηση των 2°C στη στρατοσφαιρική θερμοκρασία μεταξύ ελάχιστου και μέγιστου του κύκλου ενώ ο τρόπος με το οποίο επιδρά στο κλίμα της γης ο 11ετής κύκλος δεν είναι ξεκάθαρος.

Για τον Ελλαδικό χώρο, έχουν γίνει μελέτες στις οποίες φαίνεται η συσχέτιση της 11ετούς ηλιακής δραστηριότητας και ορισμένων κλιματικών παραμέτρων.

1.3.3 Θεωρίες επίδρασης της γήινης επιφάνειας

α) Μετακίνηση των ηπείρων

Η μετακίνηση των ηπείρων σε προηγούμενες γεωλογικές περιόδους, είχε σαν συνέπεια, οι διάφορες ηπειρωτικές περιοχές να αλλάζουν γεωγραφικό πλάτος και εξαιτίας αυτού, να μεταβάλλεται και το κλίμα των περιοχών αυτών. Κατά τη μετακίνηση των ηπείρων και εξαιτίας άλλων ισοστατικών κινήσεων, διαμορφώνεται ο βυθός των ωκεανών και μεταβάλλεται η ωκεάνια κυκλοφορία. Οι μεταβολές στα ωκεάνια ρεύματα, επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας από τους τροπικούς προς τους πόλους, καθώς επίσης και την υγρομετρική κατάσταση της ατμόσφαιρας προκαλώντας μια σειρά κλιματικών μεταβολών. Οι κλιματικές αυτές μεταβολές, πιθανότατα, προκαλούν αντίστοιχα μεταβολές στην ωκεάνια κυκλοφορία, οι οποίες επηρεάζουν και πάλι το κλιματικό σύστημα της γης.

β) Ηλιακή ακτινοβολία και οπτικά φαινόμενα

Οι μεταβολές της λευκαύγειας της επιφάνειας της γης, επηρεάζουν το ισοζύγιο της ακτινοβολίας. Με βάση τη μεταβολή του ισοζυγίου της ηλιακής και της γήινης ακτινοβολίας, που αποτελεί βασικό παράγοντα στη διαμόρφωση των κλιματικών συνθηκών κάθε περιοχής, σημειώνονται μεταβολές στο κλιματικό καθεστώς των περιοχών αυτών και κατ' επέκταση στο κλιματικό σύστημα ολόκληρης της γης. Παράγοντες που αλλάζουν τη λευκαύγεια της επιφάνειας της γης είναι η φυτοκάλυψη, η αποψίλωση, το πάγωμα της επιφάνειας των ωκεανών και η τήξη των πάγων. Έχει υπολογιστεί ότι αν μεταβληθεί η μέση λευκαύγεια του συστήματος (γης – ατμόσφαιρας) κατά 1%, είναι δυνατόν να μεταβληθεί η μέση θερμοκρασία του αέρα της γης κατά 2°C, [6].

Τα επιφανειακά νερά που περιέχονται στα ποτάμια, στις λίμνες και στην ακόρεστη σε νερό εδαφική ζώνη αποτελούν ένα ποσοστό 2%, τα υπόγεια νερά αποτελούν το 23% και τα νερά με τη μορφή των πολικών πάγων το 75% του συνόλου των γλυκών νερών σε παγκόσμια κλίμακα.

Από πολύ παλιά, ο άνθρωπος αντιλήφθηκε ότι έπρεπε να διαχειριστεί κατάλληλα το νερό, ώστε να εξασφαλίσει την επιβίωσή του. Για το λόγο αυτό κατασκευάστηκαν τεράστια

έργα διευθέτησης και διανομής του νερού για τις ανάγκες άρδευσης, όπως επίσης και μελέτη των ετήσιων διακυμάνσεων της στάθμης των ποταμών για πρόγνωση της ποσότητας του νερού άρα και της γεωργικής παραγωγής.

Τα φυτά καλύπτουν τις ανάγκες τους σε νερό από την υγρασία του εδάφους η οποία στη φύση εξασφαλίζεται από το νερό της βροχής. Από τη βροχή που πέφτει σε ένα χωράφι μέρος της μπορεί να χαθεί με επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Εκείνο που απομένει αποτελεί την ωφέλιμη βροχή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών τους. Το ποσοστό που αντιπροσωπεύει η ωφέλιμη βροχή δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της βροχής, του εδάφους και της καλλιέργειας. Γενικά η ωφέλιμη βροχή αντιπροσωπεύει σχετικά μικρό ποσοστό μιας βροχής που έχει σημαντικό ύψος και μεγάλη ένταση ενώ αντίθετα το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει το 100% αν οι βροχές είναι συχνές με μικρό ύψος και η καλλιέργεια καλύπτει όλη την επιφάνεια του χωραφιού. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις αυτή η εδαφική υγρασία στην ανώτερη εδαφική στρώση, όπου αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών, δεν είναι επαρκής για να καλύψει τις ανάγκες των φυτών σε νερό, οπότε απαιτείται η συμπλήρωση του νερού με άρδευση.

Στην περίπτωση κατά την οποία απαιτείται άρδευση για την ανάπτυξη των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, η υδροληψία του νερού στα συλλογικά αρδευτικά έργα στη χώρα μας γίνεται κυρίως από ποτάμια, τεχνητές λίμνες, γεωτρήσεις κ. α.

Όταν το αρδευτικό έργο βρίσκεται σε παράκτιες περιοχές όπου δεν υπάρχουν αρκετές βροχοπτώσεις είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της υφαλμήρωσης. Οι υπεραντλήσεις σε μεγάλα βάθη των παράκτιων υδροφορέων, προκαλούν σημαντική πτώση στάθμης της ελεύθερη επιφάνειας του υπόγειου νερού που έχει ως αποτέλεσμα την εισροή θαλασσινού νερού και την ανάμιξή του με το νερό του υδροφορέα. Εάν η ανάμιξη αυτή φτάσει το 4% τότε ουσιαστικά ο υδροφορέας καταστρέφεται. Πολλές φορές το πρόβλημα παρουσιάζεται εξαιτίας της τυχαίας και ανοργάνωτης χωροθέτησης των πηγαδιών και όχι εξαιτίας της μεγάλης συνολικής αντλούμενης περιοχής. Η υφαλμήρωση είναι μια αργή διαδικασία και κατά συνέπεια δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθεί έγκαιρα. Υπάρχει περίπτωση να περάσουν ακόμα και δεκαετίες από την έναρξη του φαινομένου μέχρι τη στιγμή που θα παρατηρηθούν αυξημένες συγκεντρώσεις άλατος στα πηγάδια. Κάτι τέτοιο δείχνει τη σπουδαιότητα της πρόληψης, μιάς και οι λύσεις που υπάρχουν για το πρόβλημα είναι χρονοβόρες, έχουν τεράστιο κόστος και δεν είναι σίγουρο ότι θα επαναφέρουν τους υδροφορείς στην αρχική τους κατάσταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

2.1 Επιλογή μετεωρολογικού σταθμού



Στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια επιλογής των απαραίτητων μετεωρολογικών παραμέτρων, από ένα σταθμό, ο οποίος να ανήκει στο δίκτυο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Η επιλογή αυτή, ήταν άμεσα συνδεδεμένη με το γεγονός ότι ένας τέτοιος σταθμός μπορεί να παρέχει χρονοσειρά δεδομένων που να υπερκαλύπτει τα 30 έτη, τα οποία ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) θεωρεί ως αξιόπιστα, προκειμένου οι μέσες τιμές των αντίστοιχων δεδομένων να είναι άκρως αντιπροσωπευτικές.

Για τους λόγους τους οποίους προαναφέραμε, ο σταθμός από τον οποίο αντλήθηκαν τα προς επεξεργασία στοιχεία μας, ήταν ο Μετεωρολογικός Σταθμός Σούδας.

Ο Μ. Σ. Σούδας, στεγάζεται από το 1956 στην περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων, ενώ νωρίτερα λειτουργούσε στην περιοχή του Αγ. Ιωάννη Χανίων. Έχει κωδικό αριθμό WMO 16746, με διεθνή ονομασία LGSA ενώ το ύψος του από την επιφάνεια της θάλασσας είναι στα 150m περίπου. Έχει γεωγραφικό μήκος $35^{\circ} 33' N$, και πλάτος $24^{\circ} 07' E$ και είναι επανδρωμένος σε 24ωρη βάση. Στελεχώνεται κυρίως από στρατιωτικό

προσωπικό αλλά δικαιολογεί και πολιτικό προσωπικό, ενώ εξυπηρετεί στρατιωτικές και πολιτικές πτήσεις εσωτερικού και εξωτερικού.

Ο Μ. Σ. Σούδας, διαθέτει μετεωρολογικά δεδομένα για θερμοκρασία, υγρασία, πίεση, άνεμο, ορατότητα και νέφωση από το έτος 1959 έως και σήμερα. Καταγράφει μετρήσεις κάθε μισή ώρα, τις οποίες αποστέλλει σε μορφή κωδικοποιημένου δελτίου στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Εκεί συλλέγονται τα δελτία όλων των μετεωρολογικών σταθμών της Ελλάδος και αποστέλλονται εν συνεχεία στην Ευρωπαϊκή τράπεζα πληροφοριών της Βιέννης.

Από το χάρτη που απεικονίζει το ακριβές σημείο της περιοχής Ακρωτηρίου, μπορούμε να κατανοήσουμε πως ο σταθμός αυτός είναι ο μοναδικός όσο αφορά το Νομό Χανίων και ως εκ τούτου αντιπροσωπευτικός.

2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

2.2.1 Θερμοκρασία του αέρα

Η θερμοκρασία του αέρα, αποτελεί το σημαντικότερο κλιματικό στοιχείο και τη βασικότερη παράμετρο σε όλες τις κλιματικές κατατάξεις. Η μετεωρολογία και η κλιματολογία ενδιαφέρονται για τη θερμοκρασία του αέρα, τόσο κοντά στην επιφάνεια του εδάφους όσο και σε ύψος μέσα στην ατμόσφαιρα. Με την αναφορά αυτή στη θερμοκρασία του αέρα, εννοείται, κυρίως τη θερμοκρασία αυτού «υπό σκιά» μέσα σε ειδικό στέγαστρο (μετεωρολογικό κλωβό) και σε ύψος 1,5 – 2,0m από το έδαφος.

Για τους κλιματολογικούς και μετεωρολογικούς σκοπούς, η θερμοκρασία του αέρα σε ένα τόπο αποδίδεται με τις παρακάτω παραμέτρους:

1. *Απολύτως μέγιστη (T_{max}):* Η απολύτως μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα που σημειώνεται στην προς εξέταση περιοχή, στη διάρκεια της μελετώμενης χρονικής περιόδου, για τον κάθε μήνα αντίστοιχα.

2. *Απολύτως ελάχιστη (T_{min}):* Η απολύτως ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα που σημειώνεται στην προς εξέταση περιοχή μας, στη διάρκεια της μελετώμενης χρονικής περιόδου, για τον κάθε μήνα αντίστοιχα.

3. *Μέση ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας (T_d):* Η μέση τιμή της θερμοκρασίας για την περίοδο ενός 24ώρου προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$T_d = \frac{T_{06} + T_{12} + T_{18} + T_{18}}{4} \quad (2.1)$$

όπου: T_{06} = Η τιμή της θερμοκρασίας που σημειώθηκε στις 06:00 π. μ. (UTC)

T_{12} = Η τιμή της θερμοκρασίας που σημειώθηκε στις 12:00 μ. μ. (UTC)

T_{18} = Η τιμή της θερμοκρασίας που σημειώθηκε στις 18:00 μ. μ. (UTC)

4. *Μέση μηνιαία θερμοκρασία (T_{mo}):* Η μέση μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$T_{mo} = \frac{T_{d1} + T_{d2} + T_{d3} + \dots + T_{dx}}{v} \quad (2.2)$$

όπου: T_{d1} = Η τιμή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας την πρώτη ημέρα του μήνα

T_{d2} = Η τιμή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας τη δεύτερη ημέρα του μήνα κ.ο.κ

T_{dx} = Η τιμή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας την τελευταία ημέρα του μήνα

v = Το πλήθος των ημερών του εξεταζόμενου μήνα

5. *Μέση μηνιαία κανονική (normal) θερμοκρασία για συγκεκριμένο μήνα, όλων των προς εξέταση μηνών ($T_{mo (normal)}$):* Η μέση μηνιαία κανονική τιμή της θερμοκρασίας για τον κάθε μήνα ξεχωριστά (π.χ. Απρίλιος) προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$T_{mo(normal)}[ΑΠΡ.] = \frac{T_{mo}[ΑΠΡ. 1959] + T_{mo}[ΑΠΡ. 1960] + \dots + T_{mo}[ΑΠΡ. 2004]}{46} \quad (2.3)$$

6. *Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία ($T_{mo(max)}$):* Η μέση μέγιστη μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας που βασίζεται στη μέγιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$T_{mo(max)}[ΑΠΡ.1959] = \frac{T_{d1(max)} + T_{d2(max)} + \dots + T_{dx(max)}}{v} \quad (2.4)$$

όπου: $T_{d1(max)}$ = Η μέγιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας την πρώτη ημέρα του μήνα

$T_{d2(max)}$ = Η μέγιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας τη δεύτερη ημέρα του μήνα κ. ο. κ.

$T_{dx(max)}$ = Η μέγιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας την τελευταία ημέρα του μήνα

v = Το πλήθος των ημερών του θεωρούμενου μήνα

7. *Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία ($T_{mo(max)}$)*´ για συγκεκριμένο μήνα όλων των προς εξέταση ετών: Η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία για συγκεκριμένο μήνα (π. χ. Απρίλιος) όλων των προς εξέταση ετών προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$(T_{mo(max)}) [ΑΠΡ.] = \frac{T_{mo(max)} [ΑΠΡ.1959] + T_{mo(max)} [ΑΠΡ.1960] + \dots + T_{mo(max)} [ΑΠΡ.2004]}{46} \quad (2.5)$$

8. *Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία ($T_{mo(max)}$):* Η μέση ελάχιστη μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση:

² Ο αριθμός 46 αντιπροσωπεύει το πλήθος των ετών παρατήρησης

$$T_{mo(\min)}[\text{ΑΓΠΡ.1959}] = \frac{Td1(\min) + Td2(\min) + \dots + Tdx(\min)}{v} \quad (2.6)$$

9. Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία ($T_{mo(\min)}$)' για συγκεκριμένο μήνα όλων των προς εξέταση ετών: Η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία για το συγκεκριμένο μήνα (π. χ. Απρίλιος) όλων των προς εξέταση ετών προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$(T_{mo(\min)})[\text{ΑΓΠΡ.}] = \frac{T_{mo(\min)}[\text{ΑΓΠΡ.1959}] + T_{mo(\min)}[\text{ΑΓΠΡ.1960}] + \dots + T_{mo(\min)}[\text{ΑΓΠΡ.2004}]}{46} \quad (2.7)$$

2.2.2 Υετός

Με τον όρο “υετός”, εννοούμε όλα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, σε οποιαδήποτε μορφή νερού, υγρή (βροχή) ή στερεή (χιόνι, χαλάζι) τα οποία, πέφτουν στην επιφάνεια της γης από κάποιο νέφος ή από ομάδα νεφών. Ο υετός περιλαμβάνει λοιπόν όλα τα είδη της βροχής, το χιονόνερο, το χιόνι, το χαλάζι αλλά και κάθε μορφή υγρασίας που επικάθεται στο έδαφος και τα φυτά, όπως η δρόσος, και η πάχνη. Η μορφή που θα έχουν τα υδάτινα αυτά κατακρημνίσματα όταν φτάνουν στο έδαφος, εξαρτάται απ' την θερμοκρασία, την υγρασία και την ύπαρξη ή όχι κατακόρυφων ρευμάτων του αέρα. Αν η θερμοκρασία είναι πάνω απ' το σημείο παγοποίησης (0°C) τα κατακρημνίσματα θα έχουν υγρή μορφή (βροχή), διαφορετικά θα έχουν στερεή μορφή (χαλάζι), [9].

Ο παράγοντας του υετού, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία, διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του κλίματος μιας περιοχής. Εξάλλου, αποτελεί και ρυθμιστικό παράγοντα στις ανθρώπινες δραστηριότητες (γεωργία, τουρισμός, κ.α). Στις διάφορες κλιματικές μελέτες, λαμβάνεται υπόψη, το ύψος του υετού που αποτελείται από το σύνολο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.α). Το ύψος του υετού σε μια χρονική περίοδο υπολογίζεται μέσω των βροχόμετρων και δηλώνεται από το ύψος του νερού (σε υγρή μορφή) που εναποτίθεται σε μια οριζόντια επιφάνεια (εμβαδού ενός τετραγωνικού μέτρου). Διεθνώς, η μονάδα μέτρησης του ύψους του υετού, είναι τα mm ή τα cm όπου 1mm ισούται με ποσότητα νερού ίση με ένα Kgr πάνω σε επιφάνεια 1m². Τα βροχόμετρα τοποθετούνται στην περιφραγμένη έκταση του σταθμού (κοντά στον μετεωρολογικό κλωβό). Ένα βροχόμετρο έχει ένα κυκλικό στόμιο διαμέτρου περίπου

13cm, και ένα πολύ στενότερο διαβαθμισμένο σωλήνα στον οποίο καταλήγει το νερό. Παρατηρήσεις για το ύψος υετού εκτελούνται κάθε 3 ώρες (0000, 0300, ..., 2100) UTC.

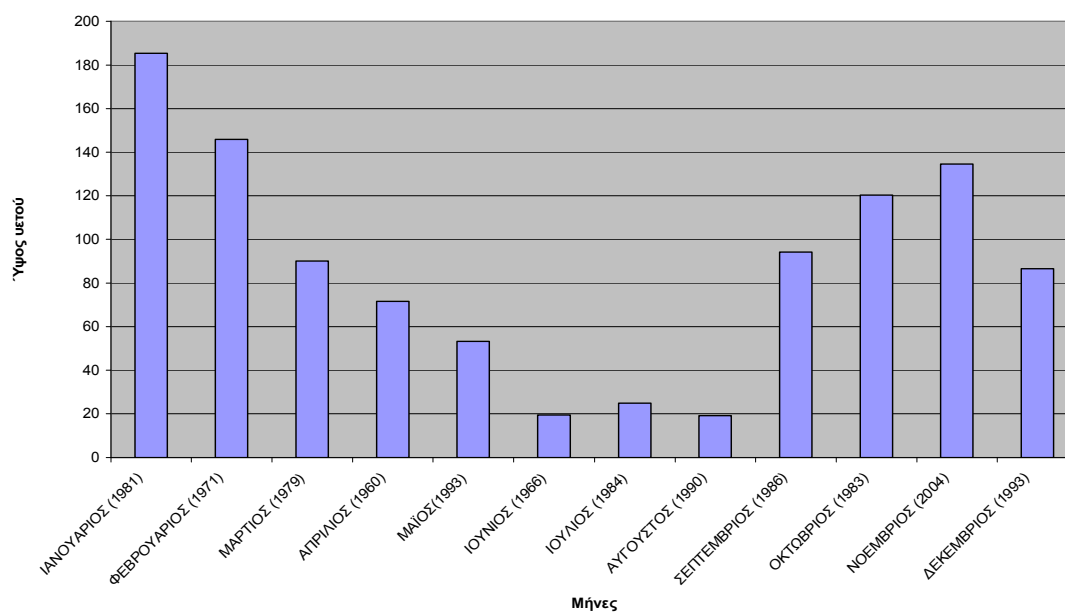
Το χιόνι είναι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας, όσο και αυτός της βροχής, στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής. Η ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται στο χιόνι ως κλιματικό στοιχείο και η σημαντική επίδρασή του στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής, οφείλονται στη μεγάλη ανακλαστική ικανότητά του, με αποτέλεσμα την ανάκλαση τεράστιων ποσοτήτων ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος. Η απώλεια αυτής της θερμότητας εμποδίζει την ανύψωση της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από περιοχές σκεπασμένες με χιόνια. Επίσης, το χιόνι εκπέμπει σημαντικές ποσότητες θερμικής ακτινοβολίας στη διάρκεια των ανέφελων και μεγάλης διάρκειας νυχτών του χειμώνα, με αποτέλεσμα την περαιτέρω ταπείνωση της θερμοκρασίας των παρεδάφινων στρωμάτων, [1].

Για τη μελέτη του υετού στην προς εξέταση περιοχή, ελήφθησαν υπόψη οι παρακάτω παράμετροι:

1. *Μέγιστο ύψος υετού 24ώρου*: Αντιστοιχεί στο μέγιστο ύψος του υετού, το οποίο έχει καταγραφεί σε μία ημέρα του κάθε μήνα ξεχωριστά για το κάθε έτος για το σύνολο των ετών παρατήρησης. Για να βρεθεί η συγκεκριμένη τιμή, αρχικά υπολογίζεται τη μέγιστη τιμή του υετού ενός 24ώρου, που έχει σημειωθεί κάθε μήνα, για όλα τα προς επεξεργασία έτη και στη συνέχεια καταγράφεται τη μέγιστη παρατηρηθείσα τιμή, για τον κάθε μήνα, στο σύνολο των ετών παρατήρησης.

ΜΗΝΑΣ	ΕΤΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΕΙΣΑ ΤΙΜΗ (mm)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1981	185,4
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1971	146
ΜΑΡΤΙΟΣ	1979	90,2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1960	71,7
ΜΑΪΟΣ	1993	53,3
ΙΟΥΝΙΟΣ	1966	19,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	1984	25
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1990	19,1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1986	94,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1983	120,3
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2004	134,6
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1993	86,5

Πίνακας 2. Μέγιστο ύψος υετού, ενός 24ώρου, για τον κάθε μήνα ξεχωριστά του Μ. Σ. Σούδας για την περίοδο 1959 – 2004



Γράφημα 1. Μέγιστο ύψος υετού, ενός 24ώρου, για τον κάθε μήνα ξεχωριστά του Μ. Σ. Σούδας για την περίοδο 1959 – 2004

2. *Μηνιαίο ύψος υετού:* Αντιστοιχεί στο άθροισμα του ύψους του υετού (mm), του κάθε μήνα. Το μηνιαίο ύψος υετού υπολογίζεται από το άθροισμα του συνολικού ύψους του υετού που καταγράφεται κατά τη διάρκεια ενός μήνα και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$M.Y.Y = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (2.8)$$

όπου: P_1 = Το ύψος υετού της πρώτης ημέρας του μήνα που σημειώθηκε υετός

P_2 = Το ύψος υετού της δεύτερης ημέρας του μήνα που σημειώθηκε υετός κ. ο. κ.

P_n = Το ύψος υετού της τελευταίας ημέρας του μήνα που σημειώθηκε υετός

n = Ο αριθμός ημερών του μήνα που σημειώθηκε υετός και έχει καταγραφεί

3. *Μέσο μηνιαίο ύψος υετού:* Αντιστοιχεί στο μέσο ύψος υετού ενός μήνα (π. χ. Απρίλιος) για όλα τα έτη παρατήρησης και δίνεται από τον τύπο:

$$M.M.Y.(ΑΠΡ) = \frac{\Sigma M.Y.(ΑΠΡ1959) + \Sigma M.Y.(ΑΠΡ1960) + \dots + \Sigma M.Y.(ΑΠΡ2004)}{46} \quad (2.9)$$

4. *Άθροισμα ημερών υετού:* Αντιστοιχεί στο σύνολο των ημερών που σημειώθηκε υετός με ύψος μεγαλύτερο των 0,1mm.

5. *Μέσο άθροισμα ημερών υετού ανά μήνα:* Αντιστοιχεί στο άθροισμα των ημερών υετού κάθε μήνα, για κάθε έτος παρατήρησης(π. χ. Απρίλιος).

$$M.H.Y. = \frac{H.Y.(ΑΠΡ.1959) + H.Y.(ΑΠΡ.1960) + \dots + H.Y.(ΑΠΡ.2004)}{46} \quad (2.10)$$

2.2.3 Άνεμος

Με τον όρο άνεμο εννοείται κάθε ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα που έχει κάποια σχετική κίνηση ως προς το έδαφος.

Ο άνεμος χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία, την διεύθυνση και την έντασή του. Διεύθυνση του ανέμου είναι η διεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος και μετριέται σε μοίρες, με δεξιόστροφη αρχή μέτρησης από το Βορρά. Προσδιορίζεται από τα κύρια σημεία του ορίζοντα ως Βόρειος (Β), Ανατολικός (Α), Νότιος (Ν), Δυτικός (Δ) καθώς και από τις ενδιάμεσες τιμές αυτών ως ΒΑ, ΝΑ, ΝΔ, ΒΔ. Ένταση του ανέμου, είναι το μέτρο της οριζόντιας ταχύτητας του ανέμου και συνήθως μετριέται σε m/sec ή κόμβους (Knots – Ναυτικά μίλια). Ισχύει ότι $1 \text{ m/sec} = 3.6 \text{ Km/h} = 1.943 \text{ Knots} = 2.237 \text{ m.p.h.}$

Ο υπολογισμός των στοιχείων του ανέμου γίνεται εμπειρικά αλλά και με τη χρήση οργάνων. Η κλίμακα *Beaufort*, η οποία επινοήθηκε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα από τον Άγγλο ναύαρχο Sir Francis Beaufort, είναι μία εμπειρική κλίμακα η οποία στηρίζεται στην αρχή της επίδρασης του ανέμου, στην κατάσταση της θάλασσας ή σε διάφορα αντικείμενα της στεριάς. Τα ανεμόμετρα είναι ηλεκτρονικά όργανα τα οποία δίνουν με ακρίβεια την διεύθυνση και την ένταση του ανέμου. Στον πίνακα 3 δίνεται κατά προσέγγιση η αντιστοιχία της εμπειρικής ανεμολογικής κλίμακας Beaufort με τις ισοδύναμες ταχύτητες του ανέμου, στις μονάδες που μετριοούνται από τα ανεμόμετρα, [2].

Beaufort(BF)	Knots(KT)	Ορολογία Διεθνής	Ορολογία Ελληνική
0	0 - 2	Calm	Άπνοια
1	3 έως 5	Light air	Σχεδόν άπνοια
2	6 έως 8	Light breeze	Υποπνέων άνεμος
3	9 έως 12	Gentle breeze	Ασθενής άνεμος
4	13 έως 16	Moderate breeze	Σχεδόν μέτριος άνεμος
5	17 έως 21	Fresh breeze	Μέτριος άνεμος
6	22 έως 26	Strong breeze	Ισχυρός άνεμος
7	27 έως 31	Near gale	Σχεδόν θυελλώδης άνεμος
8	32 έως 37	Gale	Θυελλώδης άνεμος
9	38 έως 43	Strong gale	Πολύ θυελλώδης άνεμος
10	44 έως 50	Storm	Θύελλα
11	51 έως 57	Violent storm	Σφοδρή Θύελλα
12	58 και άνω	Hurricane	Τυφώνας

Πίνακας 3. Ανεμολογική κλίμακα Beaufort και αντιστοιχία σε κόμβους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Ανάλυση διαγράμματος θερμοκρασίας του αέρα

Με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση όσων προαναφέρθηκαν, σχετικά με τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα, κατασκευάστηκε ένα διάγραμμα, στο οποίο, απεικονίζονται η απόλυτα ελάχιστη, η μέση ελάχιστη, η μέση, η μέση μέγιστη καθώς και η απόλυτα μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας, για την περίοδο 1959 – 2004 του Μ. Σ. Σούδας.

Στο διάγραμμα αυτό, απεικονίζονται με πρωτότυπο τρόπο, οι τιμές της θερμοκρασίας του αέρα, σε κλίμακα του κόκκινου και μπλε χρώματος. Επίσης, στις ράβδους του εκάστοτε μήνα, αναγράφονται και οι χρονολογίες τις οποίες σημειώθηκαν η απόλυτα ελάχιστες και οι απόλυτα μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα, με βασικό σκοπό ο αναγνώστης να μπορεί να δει αν οι ακραίες αυτές τιμές της θερμοκρασίας σημειώθηκαν τα τελευταία χρόνια, ώστε να διαπιστωθεί η ύπαρξη ή όχι, αύξησης της θερμοκρασίας, με το πέρασμα του χρόνου.

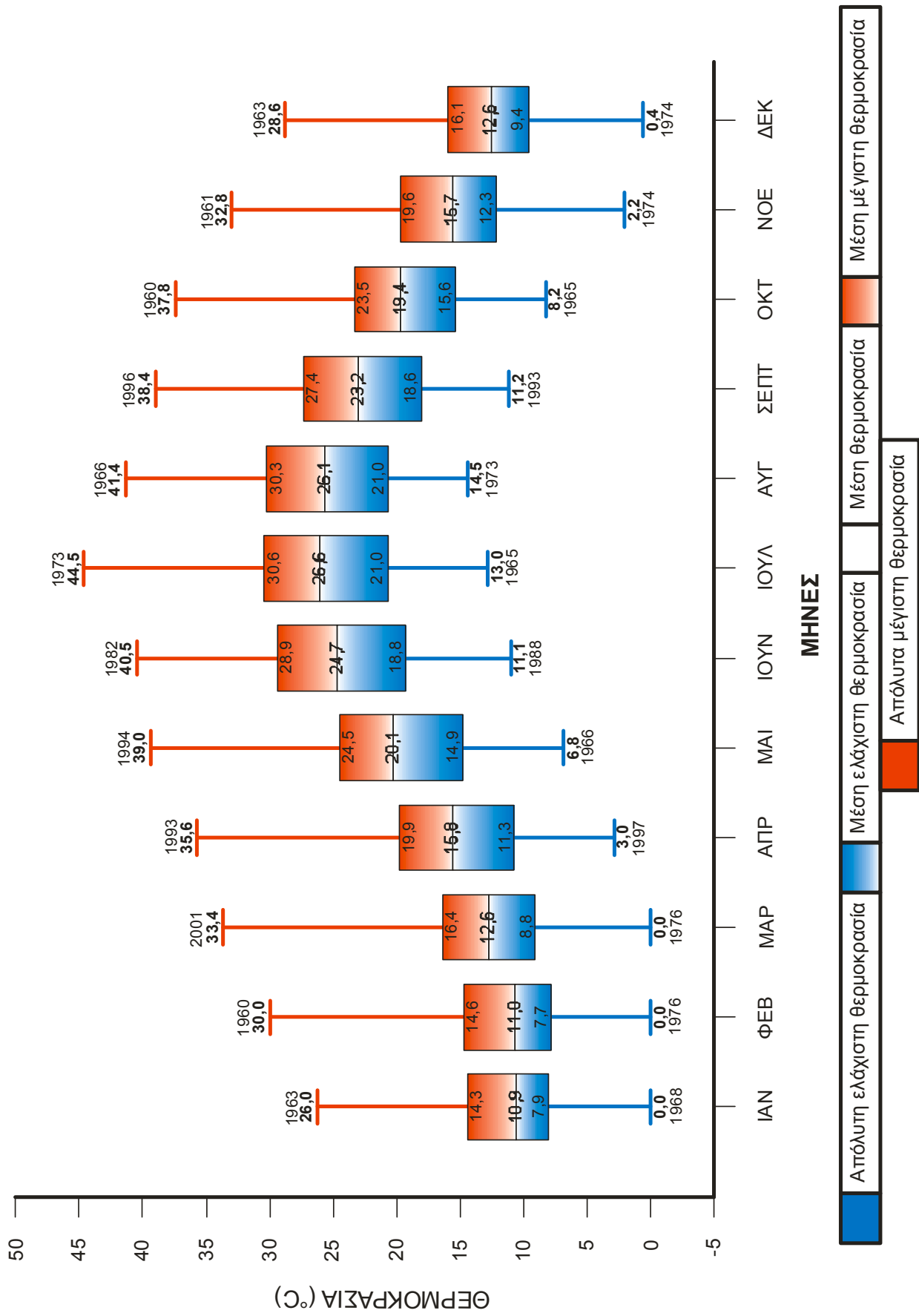
Για την κατασκευή των περιεχόμενων διαγραμμάτων της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα, προερχόμενα από το Μ. Σ. Σούδας. Με σκοπό η εργασία αυτή να είναι σύμφωνη με τα πρότυπα του WMO (World Meteorological Organization) ο οποίος θεωρεί τα 30 έτη ως αξιόπιστα, προκειμένου οι μέσες τιμές των δεδομένων να είναι αντιπροσωπευτικές, έγινε επεξεργασία 46 ετών, από το 1959 έως το 2004.

Προχωρώντας λοιπόν στην ανάλυση του διαγράμματος, παρατηρείται μια γενικότερη αύξηση της τιμής της θερμοκρασίας του αέρα από το μήνα Ιανουάριο έως το μήνα Ιούλιο. Στη συνέχεια, παρατηρείται μία πτωτική τάση από το μήνα Αύγουστο έως το μήνα Δεκέμβριο. Εύκολα μπορεί κανείς να διαπιστώσει πως ο μήνας Ιανουάριος είναι και ο ψυχρότερος μήνας του έτους ενώ αντίθετα ο μήνας Ιούλιος μπορεί να χαρακτηριστεί ως ο θερμότερος μήνας του αντίστοιχου έτους που αναγράφεται σε συνδυασμό με την αντίστοιχη θερμοκρασία.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί το γεγονός ότι η απόλυτα ελάχιστες και οι απόλυτα μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας, οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν και ως

ακραίες, δεν παρατηρούνται κατά τα τελευταία έτη, αλλά έχουν διασπορά στη διάρκεια όλων των προς εξέταση ετών (1959 – 2004).

Τέλος ο μήνας Ιούλιος καθώς και ο μήνας Ιανουάριος, μπορούν μεν να χαρακτηριστούν ως οι θερμότεροι ή οι ψυχρότεροι αντίστοιχα μήνες του έτους αλλά δεν μπορούν σε καμία περίπτωση να χαρακτηριστούν σαν οι ψυχρότεροι ή θερμότεροι μήνες στο σύνολο των ετών παρατήρησης αφού για τον αντίστοιχο χαρακτηρισμό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η μέση ελάχιστη, η μέση καθώς και η μέση μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα.



Γράφημα 2. Θερμοραβδόγραμμα Μ.Σ. Σούδας (1959 - 2004)

3.2 Ανάλυση διαγραμμάτων υετού

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρθηκε ο ορισμός του όρου «υετός», δίχως όμως να γίνει αναφορά στη χρησιμότητά του ως προς τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Το νερό και στη συγκεκριμένη περίπτωση η βροχή, είναι ένας πολύ σημαντικός πόρος απαραίτητος για τη διατήρηση και την ανάπτυξη της γεωργίας. Στο μεγαλύτερο μέρος της αρόσιμης γης, σημειώνονται επαρκείς βροχοπτώσεις, όμως περιοδικές ξηρασίες εξακολουθούν να περιορίζουν την παραγωγή σε όλο τον κόσμο.

Μια μείωση των βροχοπτώσεων κατά περίπου 5cm σε μία κρίσιμη περίοδο για την εποχή ανάπτυξης των καρπών, μειώνει την παραγωγή καρπών κατά περίπου 15%. Η μείωση των βροχοπτώσεων κατά 30cm, μειώνει τις σοδειές περίπου στο 1/5 απ' αυτή που θα παραγόταν από 100cm βροχοπτώσεων.

Όταν οι βροχοπτώσεις δεν μπορούν να εφοδιάσουν το έδαφος με την απαραίτητη υγρασία που χρειάζεται για την παραγωγή καρπών, πρέπει να χρησιμοποιηθούν επιπλέον μέτρα άρδευσης. Η παραγωγή καρπών μέσω άρδευσης, απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού ενώ είναι και ιδιαίτερα δαπανηρή στα πλαίσια της ενέργειας, [13].

Πέρα όμως από τη χρησιμότητα της βροχής ως μέσο άρδευσης καλλιεργήσιμων εκτάσεων, υπάρχουν και κάποια προβλήματα τα οποία δημιουργούνται μέσω αυτού του φυσικού πόρου. Όταν το ποσοστό της βροχής που πέφτει σε μια περιοχή, είναι αρκετά μεγάλο και σε πολύ μικρή χρονική περίοδο, τότε υπάρχει περίπτωση δημιουργίας πλημμυρικού φαινομένου. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποφευχθεί με αντιπλημμυρικά έργα καθώς και με αναδάσωση των διαφόρων περιοχών, ώστε μεγάλες ποσότητες νερού, να μπορούν να απορροφηθούν από το έδαφος.

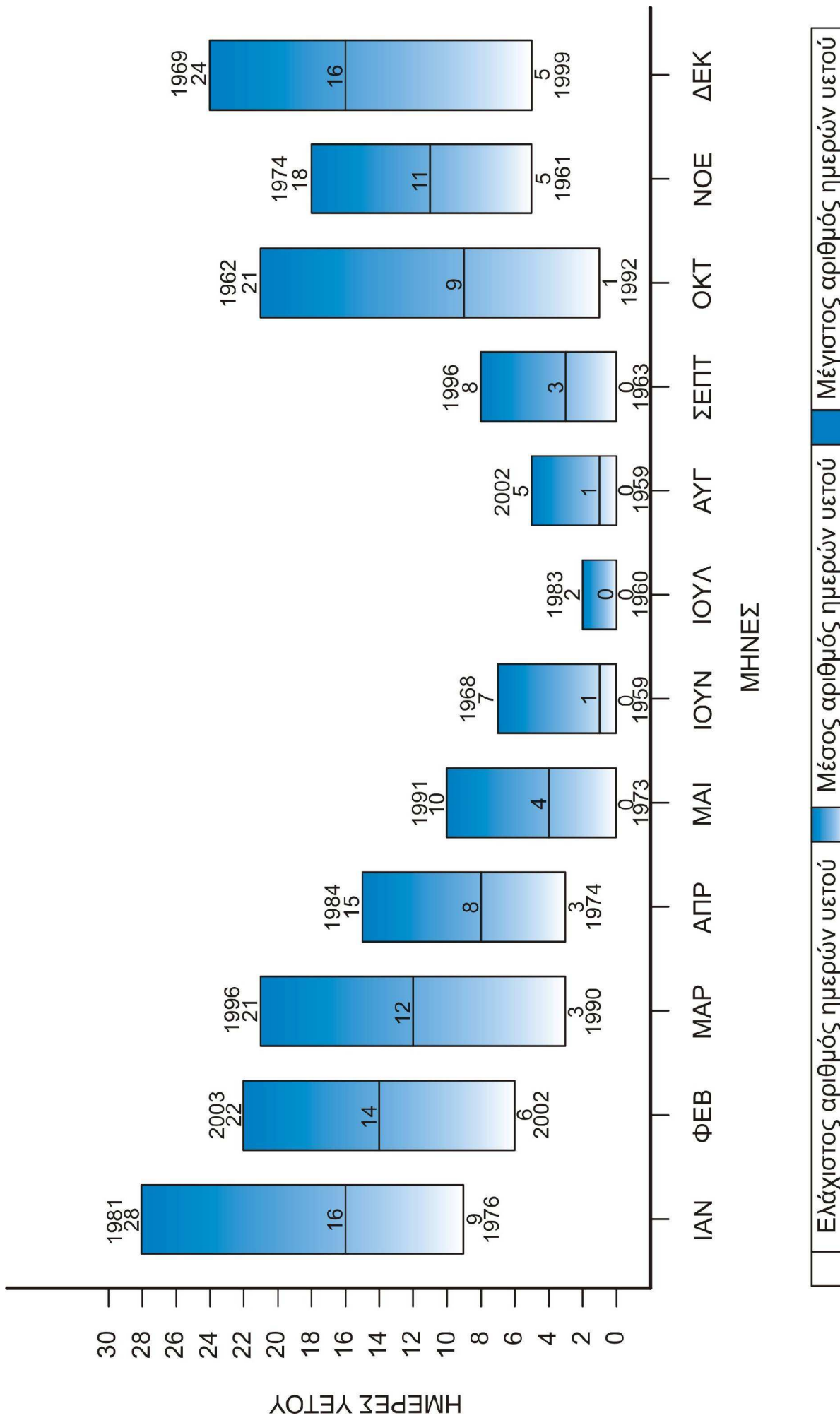
Ένα ακόμη πρόβλημα το οποίο μπορεί να δημιουργηθεί από τη βροχόπτωση είναι η αλάτωση του εδάφους. Οι βροχοπτώσεις συνήθως δεν περιέχουν μέταλλα και άλατα και συνεπώς προκαλούν απόπλυση των μεταλλικών στοιχείων από τα εδάφη. Σε υγρές περιοχές, το έδαφος αντιμετωπίζει το πρόβλημα της απόπλυσης πολλών από τα μεταλλικά στοιχεία του, εξαιτίας των βροχοπτώσεων, απαιτώντας έτσι λίπανση για την αποκατάσταση των μεταλλικών στοιχείων που απομακρύνθηκαν από τη βροχή. Σε ημίξηρες και ξηρές περιοχές όμως δεν υπάρχει αρκετή βροχόπτωση για την απόπλυση των μεταλλικών στοιχείων από το έδαφος.

Μελετώντας τις παραπάνω περιπτώσεις, γίνεται κατανοητό πως θα πρέπει ακόμα και αν οι ποσότητες της βροχόπτωσης είναι μεγάλες, το νερό αυτό να αξιοποιείται με τον καλύτερο τρόπο. Έτσι όσο αφορά τη χρησιμοποίηση των αποθεμάτων νερού σε διάφορες περιοχές της γης, μπορεί να επισημανθεί ότι έχουν κατασκευαστεί συστήματα αποθήκευσης και μεταφοράς νερού τα οποία επιτρέπουν την άρδευση των ξερικών περιοχών. Προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι περιοδικές ανομβρίες, πρέπει να αναπτυχθεί η ανθεκτικότητα της γεωργικής καλλιέργειας συμπεριλαμβανομένων πολιτικών ενεργειών και ορθής διαχείρισης των αποθεμάτων νερού καθώς και να υπάρξει βελτίωση των συστημάτων αποθήκευσης νερού. Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, εύκολα γίνεται αντιληπτή η χρησιμότητα του νερού ως φυσικός πόρος.

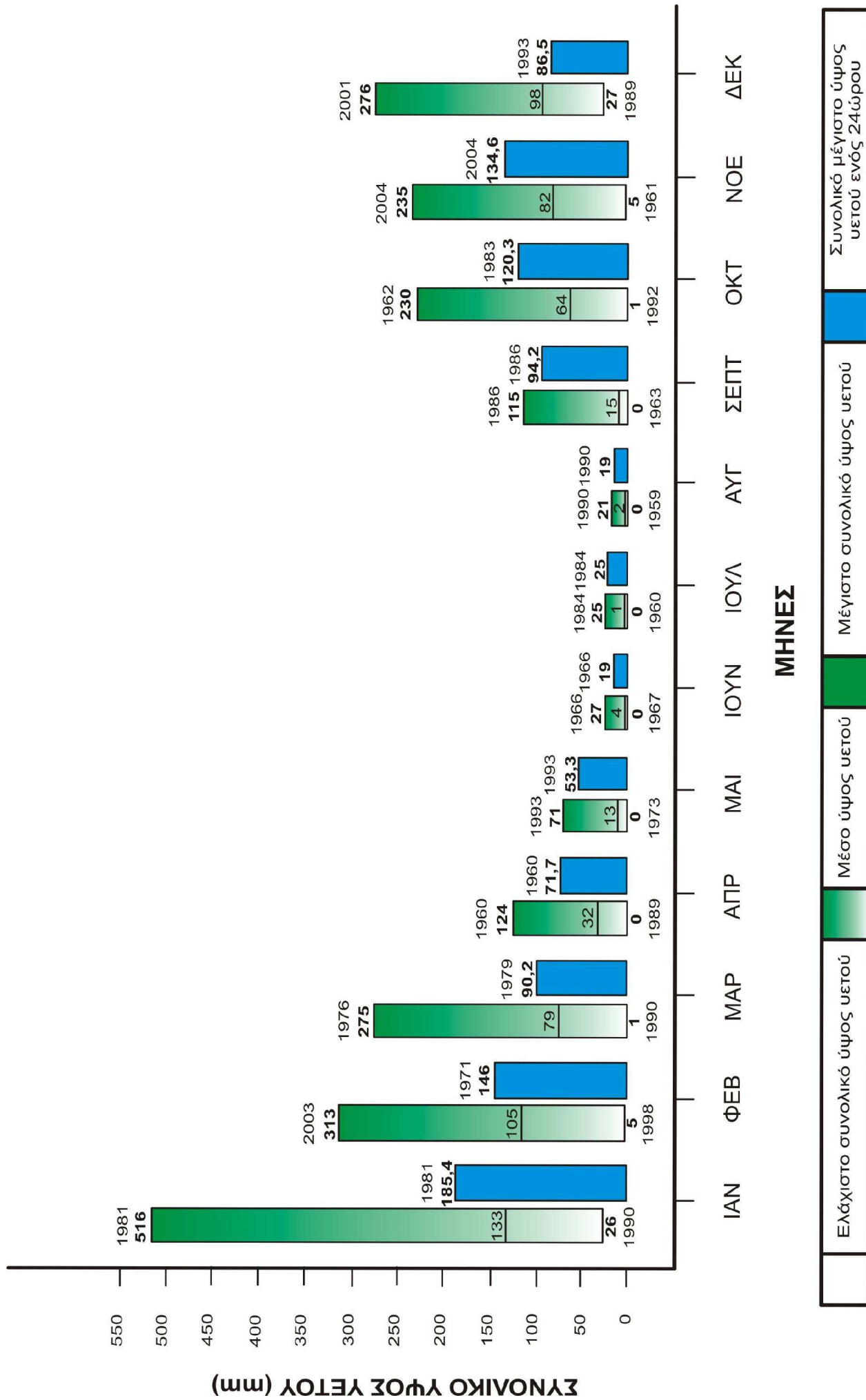
Για το λόγο αυτό, κατασκευάστηκαν δύο εξίσου σημαντικά, ως προς το περιεχόμενό τους, διαγράμματα.

Στο διάγραμμα ημερών υετού απεικονίζεται σε κλίμακα του μπλε χρώματος ο ελάχιστος, ο μέσος και ο μέγιστος αριθμός ημερών υετού. Όπως και παραπάνω, στο διάγραμμα θερμοκρασιών του Μ. Σ. Σούδας, στον ελάχιστο καθώς και στο μέγιστο αριθμό ημερών υετού, παρατίθεται και η χρονολογία στην οποία σημειώθηκαν οι ακραίες αυτές τιμές.

Στο δεύτερο διάγραμμα, υπάρχει διαχωρισμός σε δύο ράβδους για τον εκάστοτε μήνα, όπου παρουσιάζονται σημαντικά στοιχεία ως προς το ύψος του υετού της περιοχής Ακρωτηρίου κατά τα έτη 1959 – 2004. Η πρώτη ράβδος παρουσιάζει σε κλίμακα του πράσινου χρώματος το συνολικό ελάχιστο, το μέσο καθώς και το συνολικό μέγιστο ύψος υετού. Όπως και στο διάγραμμα της θερμοκρασίας του αέρα, έτσι και εδώ, παρατίθενται οι χρονολογίες κατά τις οποίες σημειώθηκαν οι ακραίες αυτές (ελάχιστες ή μέγιστες) τιμές του ύψους του υετού, για τον εκάστοτε μήνα του έτους. Η δεύτερη ράβδος παρουσιάζει με μπλέ χρώμα, το συνολικό μέγιστο ύψος υετού το οποίο παρατηρήθηκε μέσα σε μία ημέρα και αποτελεί μία εξίσου σημαντική πληροφορία, αφού θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από επιστήμονες οι οποίοι ασχολούνται με αντιπλημμυρικά έργα, με στόχο την αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων.



Γράφημα 2. Ραβδόγραμμα ημερών υετού Μ.Σ. Σούδας (1959 - 2004)



Γράφημα 3. Ραβδόγραμμα υετού Μ.Σ. Σούδας (1959 - 2004)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

4.1 Κατάταξη και περιγραφή των κλιμάτων της γης

Η ταξινόμηση των κλιμάτων της γης αποτελεί ένα εξαιρετικά περίπλοκο και δύσκολο πρόβλημα. Η ανάγκη όμως εξυπηρέτησης τόσο επιστημονικών όσο και πρακτικών σκοπών ώθησε πολλούς επιστήμονες, από πολύ νωρίς, στην αναζήτηση, κατά το δυνατόν, αντικειμενικών κριτηρίων που να καθιστούν δυνατή μια λεπτομερή περιγραφή και μια σωστή ταξινόμηση των κλιμάτων των διαφόρων περιοχών της γης. Αποτέλεσμα όλων αυτών των προσπαθειών ήταν να προταθεί ένας μεγάλος αριθμός κριτηρίων, με τα οποία δίνεται η δυνατότητα της ταξινόμησης των κλιμάτων της γης, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό. Όμως, παρά το μεγάλο πλήθος τους, αυτά είναι δυνατόν να περιληφθούν σε δύο βασικές κατηγορίες. Απ' αυτές, η πρώτη περιλαμβάνει τα κριτήρια εκείνα που βασίζονται στο αποτέλεσμα της επίδρασης του κλίματος (π.χ. ερημικότητα-ευφορία, υδατικό ισοζύγιο, φυτοκάλυψη ή μόνο ορισμένο είδος βλάστησης), ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει τα κριτήρια που αναφέρονται στις αιτίες διαμόρφωσης των διαφόρων κλιμάτων.

Η δεύτερη κατηγορία είναι περιπλοκότερη εξαιτίας των πολλών παραγόντων που συντελούν, αναγκαστικά, στη διαμόρφωση του κλίματος και της μεταβλητότητάς τους. Στους διάφορους αυτούς παράγοντες διαμόρφωσης των κλιμάτων περιλαμβάνονται και οι αστρονομικοί παράγοντες, όπως οι κινήσεις της γης, σε σχέση με τον ήλιο.

Υπάρχουν, κατά συνέπεια, πολλές δυνατότητες ταξινόμησης των κλιμάτων, ανάλογα με το σκοπό που επιδιώκεται. Αν η ταξινόμηση π.χ. στηρίζεται στη φυτοκάλυψη, τότε αυτή είναι περισσότερο χρήσιμη στην εξυπηρέτηση των αναγκών που αφορούν τη γεωργία. Στην περίπτωση όμως που η βάση της ταξινόμησης είναι οι άνεμοι, τότε αυτή εξυπηρετεί περισσότερο τη Ναυσιπλοΐα και την Αεροπορία.

Συνεπώς γίνεται φανερό ότι είναι πολύ δύσκολο να καταλήξουμε σ' έναν αυτοτελή και ολοκληρωμένο χαρακτηρισμό του τύπου κλίματος μιας περιοχής αν λάβουμε υπόψη και το γεγονός ότι το κλίμα είναι το αθροιστικό αποτέλεσμα πολλών μετεωρολογικών παραμέτρων με τις μεταβολές τους. Για να ξεπεραστεί, κατά κάποιο τρόπο, η δυσκολία

αυτή, λαμβάνονται υπόψη, πολλές φορές και οι αντιδράσεις των ζώντων οργανισμών (άνθρωποι, ζώα, φυτά). Αυτές οι αντιδράσεις διευκολύνουν τη λήψη αποφάσεων για ένα πετυχημένο ή όχι χαρακτηρισμό ή ορισμό των διαφόρων κλιμάτων.

Μια άλλη δυσκολία αποτελεί το γεγονός ότι τα όρια των κλιμάτων δεν είναι σαφή, αλλά σημειώνεται μια βαθμιαία μετάβαση από το ένα κλιματικό τύπο στον άλλο. Παραδείγματος χάρη, ανάμεσα στο μεσογειακό και στο ηπειρωτικό μεσευρωπαϊκό κλίμα, δεν καθορίζονται σαφή όρια, αλλά η μεταβατική ζώνη παρουσιάζει παλινδρομική κίνηση προς τον ένα ή τον άλλο κλιματικό τύπο, από έτος σε έτος.

Επίσης, το γεγονός ότι τα μικροκλίματα των πολύ μικρών περιοχών δε συνθέτουν αρμονικά το μεσόκλιμα και το μακρόκλιμα των ευρύτερων περιοχών στις οποίες ανήκουν, αποτελεί μια άλλη δυσκολία στη ταξινόμηση των διαφόρων κλιμάτων. Παραδείγματος χάρη με το γενικό όρο «κλίμα μουσσώνων» νοείται ολόκληρος ο χώρος της Ν. Ασίας. Στην περιοχή όμως αυτή περιλαμβάνονται και άλλες μικρότερες περιοχές που κλιματικά διαφέρουν μεταξύ τους.

Από τα παραπάνω γίνεται άμεσα κατανοητό ότι οι διάφορες κλιματικές ταξινομήσεις δεν πέτυχαν σαφή μαθηματική περιγραφή των ορίων των κλιμάτων και παραμένουν ακόμα γενικές και μάλλον ποιοτικές. Όλες τονίζουν την επίδραση ορισμένων μόνο στοιχείων, συνήθως, της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, χωρίς να έχει δοθεί ένας αυστηρός ορισμός των διαφόρων κλιμάτων. Η συστηματική λοιπόν κατάταξη των κλιμάτων δεν μπορεί να επιτευχθεί μ' έναν ομοιόμορφο τρόπο που να ισχύει για όλες τις περιοχές της γης. Γι' αυτό θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη επιλογή ή να βρεθεί η καλύτερη μεθοδολογία, σε συνάρτηση πάντα με τα διαθέσιμα στοιχεία, που να περιγράφει με τον απλούστερο δυνατό τρόπο τα γενικά χαρακτηριστικά του κλίματος μιας περιοχής, [1].

4.2 Κλιματικές κατατάξεις

Μπορούμε να διακρίνουμε δύο μεγάλα σύνολα κατάταξης των κλιμάτων, αφενός εκείνες που στηρίζονται στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας (γενικής ή μικρής κλίμακας) ή στην κατανομή των αερίων μαζών (π.χ. κατατάξεις του Flöhn, του Alyson, του Brochet κλπ) και αφετέρου εκείνες που στηρίζονται στο συνδυασμό των κλιματικών παραμέτρων (π.χ. του Köppen, του Thornthwaite κλπ). Ο αριθμός κλιματικών κατατάξεων είναι πολύ

μεγάλος. Απ' αυτές θα περιγραφεί μόνο μία, ενώ στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν και οι κλιματικοί δείκτες του Johansson, καθώς και κλιματικοί δείκτες ερημικότητας και ευφορίας. Ο λόγος για τον οποίο παρακάτω χρησιμοποιείται η κλιματική κατάταξη κατά Köppen είναι επειδή η κατάταξη αυτή βασίζεται αφενός στο ετήσιο ύψος βροχής με την κατανομή του μέσα στο έτος και αφετέρου στις μηνιαίες και ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα, στοιχεία τα οποία μελετώνται και στην παρούσα εργασία.

4.2.1 Κλιματική κατάταξη κατά Köppen

Αυτή η κατάταξη εμφανίστηκε, στην τελειοποιημένη της μορφή, το 1918 και από τότε παραμένει σαν μία από τις πιο γνώστες κατατάξεις στη διεθνή βιβλιογραφία. Μέχρι σήμερα, η κατάταξη αυτή έχει υποστεί ορισμένες τροποποιήσεις και βελτιώσεις, τόσο από τον ίδιο το συγγραφέα όσο και από τους συνεργάτες του. Όλες όμως οι τροποποιήσεις και βελτιώσεις αναφέρονται περισσότερο σε λεπτομέρειες παρά στην ουσία.

Ο Köppen διακρίνει πέντε κύριες κατηγορίες κλιμάτων, οι οποίες αντιστοιχούν στις πέντε κυριότερες φυτικές διαπλάσεις τις επιφάνειας της γης: Ισημερινό-Τροπικό δάσος, Σαβάννα-Στέπα, έρημος, δάσος φυλλοβόλων ή κωνοφόρων, Τούνδρα. Είναι ευνόητο ότι η συσχέτιση ανάμεσα στα όρια των φυτικών διαπλάσεων και των κλιμάτων δεν μπορεί παρά να είναι χονδροειδής εφόσον η εξέλιξη των οικολογικών συστημάτων δεν εξαρτάται μόνο από το κλίμα και ακόμη ότι αυτό το τελευταίο δεν παραμένει απόλυτα αμετάβλητο στην κλίμακα των χιλιάδων ετών.

Σύμφωνα με το συγγραφέα δύο κλιματικοί παράγοντες καθορίζουν την κατανομή των φυτών, η θερμοκρασία του αέρα και οι βροχοπτώσεις. Για την κατάταξη των κλιμάτων, πρωτίστως καθορίστηκαν ορισμένα όρια θερμοκρασιών τα οποία έχουν σχέση με την ανάπτυξη των φυτών. Στη συνέχεια γίνεται συνδυασμός αυτών των θερμοκρασιών με τα ύψη υετού, λαμβάνοντας υπόψη αφενός, την εποχιακή τους κατανομή, αφετέρου την ολική τους ετήσια ποσότητα.

Στην κατάταξη χρησιμοποιούνται τρία κύρια σύνολα συμβόλων-γραμμμάτων. Τα σύμβολα του πρώτου συνόλου (A, B, C, D, E, H) προσδιορίζουν τις γενικές θερμοκρασιακές καταστάσεις, εκτός από το B, που προσδιορίζει αυτόματα τη βροχόπτωση ως συνάρτηση της θερμοκρασίας. Τα σύμβολα του δεύτερου συνόλου (F, f,

m, s, T, w) προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά της βροχής εκτός από τα κεφαλαία F και T που αναφέρονται πάλι στη θερμοκρασία και συνδυάζονται μόνο με το E (EF και ET). Τα σύμβολα του τρίτου συνόλου (a, b, c, d, h, k) προσδιορίζουν ειδικότερες θερμοκρασιακές καταστάσεις.

Ειδικότερα, για κάθε μία από τις πέντε κατηγορίες των κλιμάτων της κατάταξης Köppen καθώς και τις διάφορες υποδιαίρεσεις αυτών έχουμε:

A: Τροπικά κλίματα. Σ' αυτά όλες οι εποχές είναι θερμές, με μέση τιμή της θερμοκρασίας του ψυχρότερου μήνα (T_{ψ}) μεγαλύτερη των 18°C ($T_{\psi} > 18^{\circ}\text{C}$).

B: Ξηρά κλίματα. Στα κλίματα της κατηγορίας αυτής δεν υπάρχουν θερμοκρασιακοί περιορισμοί.

C: Μεσόθερμα ή θερμά εύκρατα κλίματα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν βροχερά κλίματα με ήπιους χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (T_{θ}) είναι μεγαλύτερη των 10°C και του ψυχρότερου βρίσκεται ανάμεσα στους 18°C και -3°C , δηλαδή $T_{\theta} > 10^{\circ}\text{C}$ και $-3^{\circ}\text{C} < T_{\psi} < 18^{\circ}\text{C}$.

D: Μικρόθερμα ή κλίματα ψυχρού βροχερού δάσους, με δριμείς χειμώνες. Για τις τιμές της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα έχουμε: $T_{\theta} > 10^{\circ}\text{C}$ και $T_{\psi} < -3^{\circ}\text{C}$.

E: Αρκτικά ή πολικά κλίματα. Η τιμή της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα είναι μικρότερη των 10°C , δηλαδή $T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$.

Οι μεταγενέστεροι κλιματολόγοι πρόσθεσαν και μία έκτη κατηγορία κλιμάτων που συμβολίζεται με το γράμμα H. Η κατηγορία αυτή αποτελεί παραλλαγή της E και χαρακτηρίζει τα κλίματα με μεγάλο υψόμετρο, γενικά πάνω από τα 1500m και ανεξάρτητα από το γεωγραφικό πλάτος, δηλαδή η κατηγορία H περιλαμβάνει τα ορεινά κλίματα, για τα οποία ισχύει $T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$.

Σύμφωνα με τα δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν από το Μ. Σ. Σούδας και επεξεργάστηκαν στην παρούσα μελέτη διαπιστώνεται πως το κλίμα που αντιπροσωπεύει την προς εξέταση περιοχή είναι αυτό των μεσόθερμων ή θερμών εύκρατων κλιμάτων. Αυτό στηρίζεται στο γεγονός ότι ο θερμότερος μήνας που παρατηρήθηκε παρουσιάζει μέση θερμοκρασία ίση με $26,6^{\circ}\text{C}$ ενώ αντίθετα ο ψυχρότερος παρουσιάζει μέση θερμοκρασία ίση με $10,9^{\circ}\text{C}$.

Αφού καταλήξαμε στο γεγονός ότι σύμφωνα με τα στοιχεία του πρώτου συνόλου η περιοχή του Ακρωτηρίου ανήκει στα μεσόθερμα ή θερμά εύκρατα κλίματα, τώρα μπορούμε να προχωρήσουμε στην εξέταση της περιοχής ανάλογα με τα βροχομετρικά χαρακτηριστικά δηλαδή σε σχέση με τα στοιχεία – σύμβολα του δεύτερου συνόλου. Θα ήταν άτοπο να αναφέρουμε όλους τους τύπους κλιμάτων που συμβολίζονται με τα στοιχεία – σύμβολα του δεύτερου συνόλου. Έτσι λοιπόν, αφού ελέγξαμε τον εκάστοτε τύπο κλίματος που αντιπροσωπεύει το κάθε σύμβολο, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως το στοιχείο που αντιπροσωπεύει το κλίμα της περιοχής Ακρωτηρίου είναι το s, δηλαδή η ξηρή περίοδος το θέρος.

s: Ξηρή περίοδος το θέρος. Σύμφωνα λοιπόν με αυτόν τον τύπο κλίματος, το ύψος της βροχόπτωσης του ξηρότερου θερμού μήνα (r_{ξ}) θα πρέπει να είναι, αφενός, μικρότερο των 30mm και αφετέρου, μικρότερο του 1/3 του ύψους βροχής του βροχερότερου μήνα (r_{υ}) δηλαδή:

$$r_{\xi} < 30\text{mm} \quad \text{και} \quad r_{\xi} < \frac{r_{\upsilon}}{3} \quad (4.1)$$

Έτσι λοιπόν από την εξέταση των στοιχείων παρατηρείται πως στην περιοχή Ακρωτηρίου ο ξηρότερος θερμός μήνας είναι ο Ιούλιος του οποίου το μέσο ύψος βροχόπτωσης είναι 1mm. Το μέσο αυτό ύψος είναι σαφώς μικρότερο από το 1/3 του ύψους βροχής του πιο υγρού μήνα που είναι ο Ιανουάριος με 133mm ύψος βροχής.

Αφού εξετάστηκαν και τα στοιχεία – σύμβολα του δεύτερου συνόλου, τώρα κρίνεται δυνατόν να εξεταστούν και τα στοιχεία - σύμβολα του τρίτου συνόλου. Με τον ίδιο τρόπο, δίχως δηλαδή να αναφερθούν όλοι οι προτεινόμενοι τύποι κλίματος, οι οποίοι σαφώς έχουν εξεταστεί, εξάγεται το συμπέρασμα πως το κλίμα που αντιπροσωπεύει την περιοχή Ακρωτηρίου είναι αυτό με το σύμβολο a δηλαδή τα κλίματα πολύ θερμού θέρους.

a: Κλίματα πολύ θερμού θέρους. Η τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα θα πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη των 22 °C ($T_{\theta} \geq 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Στην προς εξέταση περιοχή, ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος, του οποίου η μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι 26,6 °C.

Συνοψίζοντας τους παραπάνω κύριους τύπους της κατάταξης Köppen με τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά τους, εξάγεται το συμπέρασμα πως ο κλιματικός τύπος που

αντιπροσωπεύει την περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων είναι αυτός με σύμβολο Csa, δηλαδή κλίμα της ενδοχώρας της Μεσογείου (Μεσογειακό κλίμα).

Csa: Κλίμα της ενδοχώρας της Μεσογείου (Μεσογειακό κλίμα). Ο κλιματικός αυτός τύπος χαρακτηρίζεται από πολύ θερμά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες.

4.3 Κλιματικοί δείκτες

4.3.1 Κλιματικός δείκτης του Johansson

Ο Johansson, προκειμένου να κάνει μια κλιματική ταξινόμηση από άποψη ηπειρωτικότητας και ωκαιανικότητας, χρησιμοποίησε τον τύπο:

$$k = \frac{1.7E}{\sin \phi} - 20.4 \quad (4.2)$$

όπου: E = μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος (1959 – 2004), εκφρασμένο σε °C

φ = γεωγραφικό πλάτος

Στην περιοχή Ακρωτηρίου το γεωγραφικό πλάτος είναι 35° 32', ενώ σύμφωνα με τις μετρήσεις, το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι 15.7.

Έτσι αντιστοιχίζοντας στον παραπάνω τύπο τους ανάλογους αριθμούς ισχύει ότι:

$$k = \frac{1.7 \cdot 15.7}{0.574} - 20.4 = 46.2 - 20.4 = 26.1 \quad (4.3)$$

Με τη βοήθεια των τιμών του k ισχύει σύμφωνα με το Johansson η παρακάτω ταξινόμηση:

Χαρακτηρισμός κλίματος	Τιμές του k
Θαλάσσιο	0 μέχρι 33
Ηπειρωτικό	34 μέχρι 66
Εξαιρετικά Ηπειρωτικό	67 μέχρι 100

Πίνακας 4. Κλιματική ταξινόμηση του Johansson

Άρα σύμφωνα με την παραπάνω κλιματική ταξινόμηση, η περιοχή του Ακρωτηρίου εντάσσεται στα θαλάσσια κλίματα.

Παρακάτω γίνεται παρουσίαση του πίνακα 5 ο οποίος χαρακτηρίζει το κλίμα της περιοχής Ακρωτηρίου ανά έτος σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Johansson.

4.3.1.1 Ανάλυση διαγράμματος κλιματικού δείκτη του Johansson

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του τύπου $k = \frac{1.7E}{\sin \phi} - 20.4$ (πίνακας 5) με τα δεδομένα του Μ. Σ. Σούδας, καθώς και την κλιματική ταξινόμηση την οποία προτείνει ο Johansson, διαχωρίζοντας το κλίμα σε θαλάσσιο, Ηπειρωτικό και εξαιρετικά Ηπειρωτικό, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα στο οποίο απεικονίζεται η αντιστοιχία του κάθε έτους παρατήρησης, από το 1959 – 2004, στον εκάστοτε κλιματικό τύπο.

Από την ανάλυση του διαγράμματος προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα, όσο αφορά το χαρακτηρισμό του κλίματος, για την περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων:

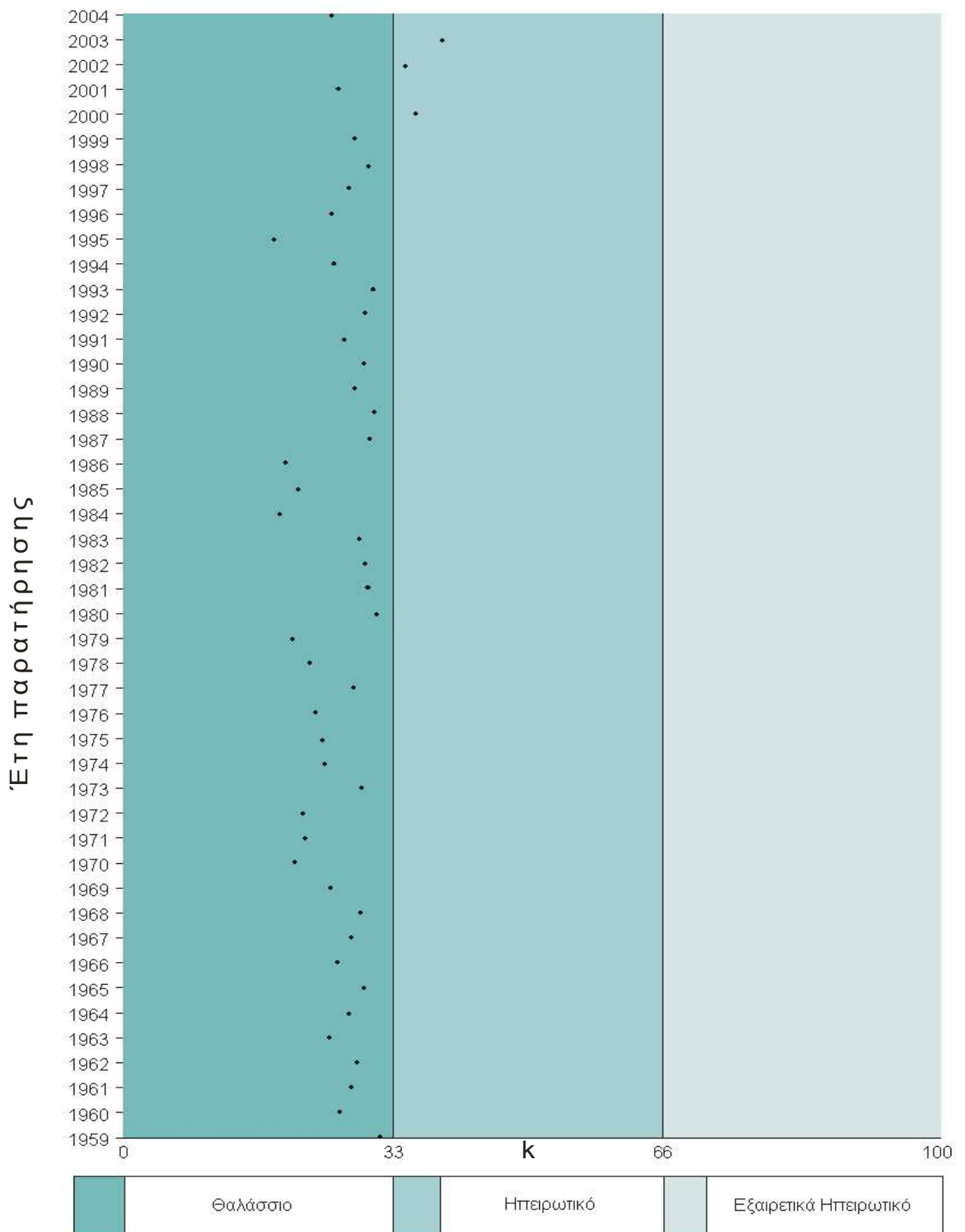
- Στο σύνολο σχεδόν των ετών παρατήρησης, το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου, σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Johansson ταξινομείται ως θαλάσσιο.
- Παρατηρείται μία απόκλιση μεταξύ των 46 ετών παρατήρησης (1959 – 2004) και συγκεκριμένα για τα έτη 2000, 2002 και 2003. Τα αποτελέσματα που

προκύπτουν από τα μετεωρολογικά δεδομένα των συγκεκριμένων ετών, κατατάσσουν το κλίμα της περιοχής σε Ηπειρωτικό.

- Οι τιμές που τείνουν στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως Ηπειρωτικό και αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι πολύ λίγες σε σχέση με το σύνολο των τιμών των ετών παρατήρησης και για το λόγο αυτό δεν επηρεάζουν το χαρακτηρισμό του κλίματος ως θαλάσσιο. Για την ακρίβεια, το ποσοστό που αντιστοιχεί στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως θαλάσσιο, είναι 93%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό όσο αφορά το χαρακτηρισμό του κλίματος ως Ηπειρωτικό είναι 7%.
- Παρατηρώντας το διάγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι τιμές του k , ανά χρονολογία, εξάγεται το συμπέρασμα ότι υπάρχει μιά σταθερότητα ως προς το χαρακτηρισμό του κλίματος. Το γεγονός αυτό ενισχύει την άποψη, πως η περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων, δεν έχει υποστεί κάποιες κλιματικές αλλαγές κατά τη διάρκεια των ετών παρατήρησης, αν και όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι τιμές των ετών 2000, 2002 και 2003, οι οποίες αποκλίνουν από το χαρακτηρισμό του κλίματος ως θαλάσσιο, δημιουργούν κάποιο προβληματισμό. Ο προβληματισμός αυτός, πηγάζει από το γεγονός, ότι οι τιμές αυτές, παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών παρατήρησης.
- Μια συνεχιζόμενη μελέτη σε βάθος χρόνου, στο μέλλον, ίσως θα μπορούσε να οδηγήσει σε νέες διαπιστώσεις του κλιματικού τύπου της περιοχής. Αλλαγές βέβαια θα διαπιστωθούν μόνο εάν θα συνεχιστεί η εμφάνιση τιμών που κατατάσσουν το κλίμα της περιοχής στον κλιματικό τύπο του Ηπειρωτικού.
- Σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη του Johansson, που προκύπτει από τον κλιματικό δείκτη, δε θα μπορούσε να στηριχθεί με επιχειρήματα, η ύπαρξη κλιματικών μεταβολών, τουλάχιστον όσο αφορά την προς εξέταση περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων.

Έτος	Θερμότερος μήνας	Ψυχρότερος μήνας	ΕΘΕ	Κ	Χαρακτηρισμός κλίματος
1959	Ιούλιος (26,3)	Φεβρουάριος (8,6)	17,7	32	Θαλάσσιο
1960	Αύγουστος (27,4)	Ιανουάριος (11,6)	15,8	26,4	Θαλάσσιο
1961	Ιούλιος (26,3)	Φεβρουάριος (9,9)	16,4	28,2	Θαλάσσιο
1962	Ιούλιος (26,7)	Φεβρουάριος (10,2)	16,5	28,5	Θαλάσσιο
1963	Αύγουστος (27,2)	Ιανουάριος (11,9)	15,3	24,9	Θαλάσσιο
1964	Ιούλιος (25,8)	Ιανουάριος (9,5)	16,3	27,9	Θαλάσσιο
1965	Ιούλιος (27,6)	Φεβρουάριος (10,3)	17,3	30,8	Θαλάσσιο
1966	Αύγουστος (27,3)	Ιανουάριος (11,1)	16,2	27,6	Θαλάσσιο
1967	Αύγουστος (26,7)	Φεβρουάριος (9,8)	16,9	29,7	Θαλάσσιο
1968	Ιούλιος (27,1)	Ιανουάριος (9,9)	17,2	30,5	Θαλάσσιο
1969	Αύγουστος (25,6)	Ιανουάριος (9,6)	16	27	Θαλάσσιο
1970	Αύγουστος (26,4)	Δεκέμβριος (12,1)	14,3	22	Θαλάσσιο
1971	Αύγουστος (25,6)	Φεβρουάριος (10,5)	15,1	24,3	Θαλάσσιο
1972	Αύγουστος (25,9)	Ιανουάριος (10,8)	15,1	24,3	Θαλάσσιο
1973	Ιούλιος (27,6)	Ιανουάριος (10,3)	17,3	30,8	Θαλάσσιο
1974	Ιούλιος (26,0)	Ιανουάριος (9,8)	16,2	27,6	Θαλάσσιο
1975	Ιούλιος (26,2)	Φεβρουάριος (10,0)	16,2	27,6	Θαλάσσιο
1976	Ιούλιος (25,4)	Φεβρουάριος (9,4)	16	27	Θαλάσσιο
1977	Ιούλιος (27,8)	Ιανουάριος (10,7)	17,1	30,2	Θαλάσσιο
1978	Ιούλιος (26,5)	Ιανουάριος (10,6)	15,9	26,7	Θαλάσσιο
1979	Ιούλιος (26,3)	Ιανουάριος (11,3)	15	24	Θαλάσσιο
1980	Ιούλιος (27,0)	Φεβρουάριος (9,6)	17,4	31,1	Θαλάσσιο
1981	Ιούνιος (26,0)	Ιανουάριος (9,1)	16,9	29,7	Θαλάσσιο
1982	Αύγουστος (26,2)	Φεβρουάριος (9,4)	16,8	29,4	Θαλάσσιο
1983	Ιούλιος (26,1)	Φεβρουάριος (9,5)	16,6	28,8	Θαλάσσιο
1984	Ιούλιος (26,0)	Ιανουάριος (11,3)	14,7	23,1	Θαλάσσιο
1985	Αύγουστος (26,2)	Φεβρουάριος (10,6)	15,6	25,8	Θαλάσσιο
1986	Αύγουστος (26,7)	Δεκέμβριος (11,4)	15,3	24,9	Θαλάσσιο
1987	Ιούλιος (27,0)	Μάρτιος (9,4)	17,6	31,7	Θαλάσσιο
1988	Ιούλιος (28,3)	Φεβρουάριος (10,6)	17,7	32	Θαλάσσιο
1989	Ιούλιος -Αύγ. (25,8)	Ιανουάριος (9,2)	16,6	28,8	Θαλάσσιο
1990	Ιούλιος (26,9)	Ιανουάριος (9,6)	17,3	30,8	Θαλάσσιο
1991	Ιούλιος (25,7)	Δεκέμβριος (9,2)	16,5	28,5	Θαλάσσιο
1992	Αύγουστος (26,1)	Φεβρουάριος (8,7)	17,4	31,1	Θαλάσσιο
1993	Ιούλιος (26,6)	Φεβρουάριος (8,9)	17,7	32	Θαλάσσιο
1994	Αύγουστος (27,9)	Δεκέμβριος (11,5)	16,4	28,2	Θαλάσσιο
1995	Ιούλιος (26,9)	Ιανουάριος (11,7)	15,2	24,6	Θαλάσσιο
1996	Ιούλιος (27,0)	Ιανουάριος (10,7)	16,3	27,9	Θαλάσσιο
1997	Ιούλιος (27,6)	Φεβρουάριος (10,7)	16,9	29,7	Θαλάσσιο
1998	Ιούλιος (28,3)	Μάρτιος (10,7)	17,6	31,7	Θαλάσσιο
1999	Αύγουστος (28,3)	Ιανουάριος (11,2)	17,1	30,2	Θαλάσσιο
2000	Ιούλιος (28,4)	Ιανουάριος (9,3)	19,1	36,2	Ηπειρωτικό
2001	Ιούλιος (28,0)	Δεκέμβριος (10,8)	17,2	30,5	Θαλάσσιο
2002	Ιούλιος (28,6)	Ιανουάριος (10,0)	18,6	34,7	Ηπειρωτικό
2003	Ιούλιος (28,1)	Φεβρουάριος (8,4)	19,7	37,9	Ηπειρωτικό
2004	Αύγουστος (27,1)	Ιανουάριος (10,2)	16,9	29,7	Θαλάσσιο

Πίνακας 5. Χαρακτηρισμός του κλίματος της περιοχής Ακρωτηρίου ανά έτος σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Johansson



Γράφημα 5. Χαρακτηρισμός του κλιματικού περιβάλλοντος της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Johansson

4.3.2 Κλιματικός δείκτης του Pinna

Ένας άλλος δείκτης ο οποίος χρησιμοποιεί μετεωρολογικές παραμέτρους τις οποίες διαθέτουμε από το Μ. Σ. Σούδας, είναι ο δείκτης του Pinna. Ο Pinna εφάρμοσε ένα συνδυαστικό δείκτη στον οποίο χρησιμοποιούνται οι παράμετροι της μέσης ετήσιας τιμής της θερμοκρασίας καθώς και το μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος όπως και στον δείκτη ηπειρωτικότητας και ωκαιανικότητας. Εκτός όμως από αυτές τις παραμέτρους χρησιμοποιεί και τα αντίστοιχα μεγέθη της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης για τον ξηρότερο μήνα. Έτσι ο κλιματικός δείκτης του Pinna έχει ως εξής:

$$I\pi = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{T+10} + \frac{12P\xi'}{T\xi'+10} \right) \quad (5.6)$$

όπου: P = μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος (mm)

T = μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του αέρα (°C)

P_ξ = μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος (mm) για το ξηρότερο μήνα

T_ξ = μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του αέρα (°C) για το ξηρότερο μήνα

Χαρακτηρισμός κλίματος σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Pinna	Τιμές του Iπ
Ημίξηρο Μεσογειακό, με τυπική μεσογειακή βλάστηση	$10 \leq I\pi \leq 20$
Ξηρό	$I\pi < 10$

Πίνακας 6. Κλιματική ταξινόμηση του Pinna

Αν αντικαταστήσουμε τις ανάλογες τιμές της προς εξέταση περιοχής μας, στον παραπάνω τύπο, το αποτέλεσμα έχει ως εξής:

$$I_{\pi} = \frac{1}{2} \left(\frac{632,7}{18,2+10} + \frac{12 \cdot 1}{26,6+10} \right) = \frac{1}{2} (22,4 + 0,3) = 11,4 \quad (5.7)$$

Επομένως, σύμφωνα με τον Pinna, το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ημίξηρο Μεσογειακό, με τυπική μεσογειακή βλάστηση, αφού για $10 \leq I_{\pi} \leq 20$ τα κλίματα έχουν τον παραπάνω χαρακτηρισμό, ενώ για $I_{\pi} < 10$ τα κλίματα χαρακτηρίζονται ξηρά.

4.3.2.1 Ανάλυση διαγράμματος κλιματικού δείκτη του Pinna

- Ο Pinna πρότεινε ένα συνδυαστικό κλιματικό δείκτη ο οποίος βρίσκεται εφαρμογή κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου. Σύμφωνα με αυτόν το κλιματικό δείκτη, το κλίμα μίας περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί είτε ως ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική Μεσογειακή βλάστηση, είτε ως ξηρό.
- Σύμφωνα με τον πίνακα 6, κατασκευάστηκε ένα διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζονται οι τιμές της μεταβλητής I_{π} , οι οποίες αφορούν τόσο τη θερμοκρασία όσο και τη βροχόπτωση, κατά έτος, από το 1959 έως και το 2004.

Από την εξέταση του διαγράμματος προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Pinna είναι ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική Μεσογειακή βλάστηση.
- Ανάγοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε ποσοστά επί τις εκατό, για όλα τα έτη παρατήρησης (1959 – 2004), εξάγεται το συμπέρασμα πως το 61% των τιμών τείνει στο ημίξηρο Μεσογειακό κλίμα με τυπική Μεσογειακή βλάστηση και μόνο το 39% προσεγγίζει το ξηρό κλίμα.
- Σύμφωνα με το διάγραμμα που προέκυψε από τον κλιματικό δείκτη του Pinna, παρατηρείται μία διασπορά των τιμών ανάμεσα στους δύο χαρακτηρισμούς, αυτούς δηλαδή του ξηρού κλίματος καθώς και του ημίξηρου

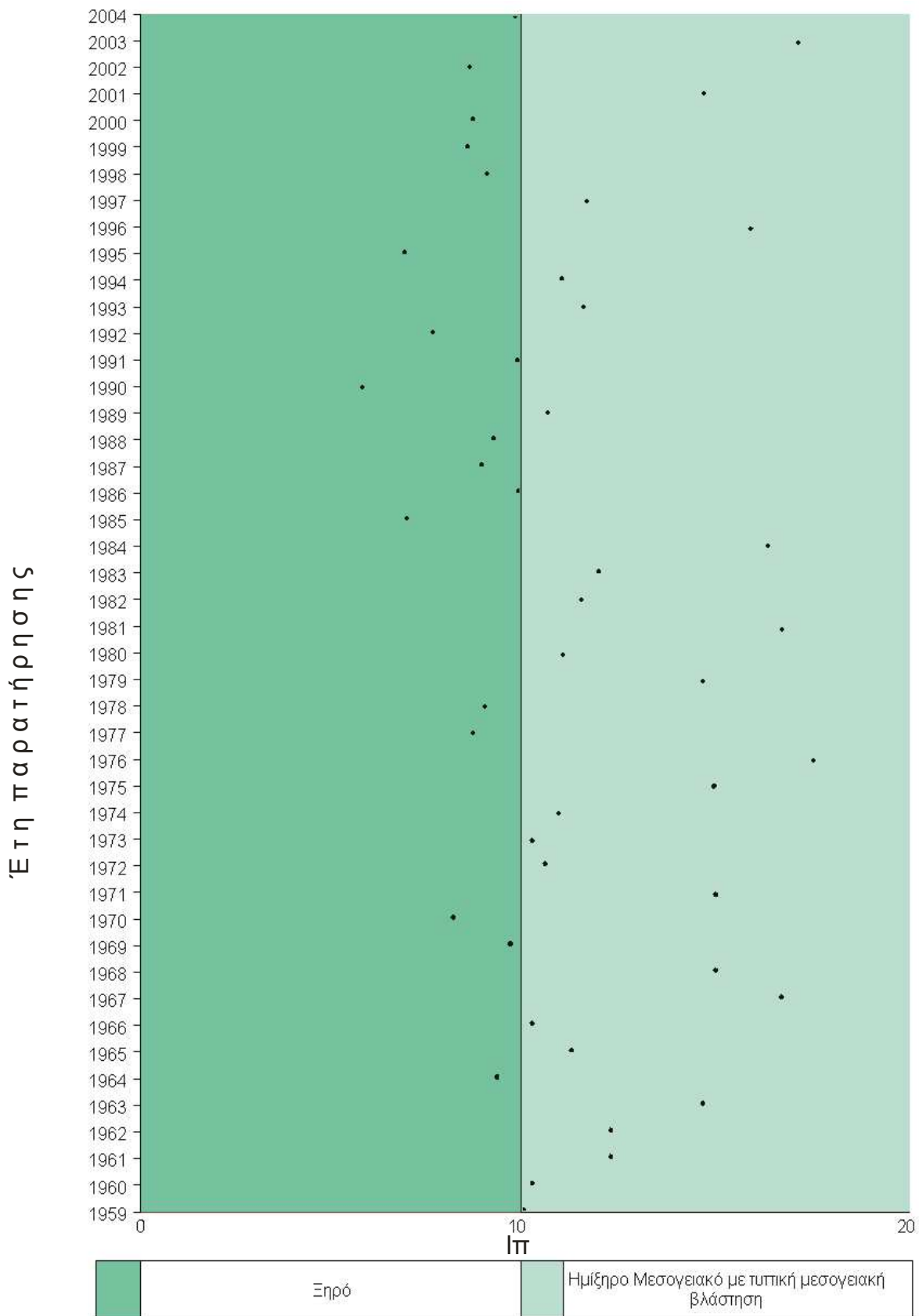
Μεσογειακού με τυπική Μεσογειακή βλάστηση. Η εναλλαγή αυτή ανάμεσα στους δύο κλιματικούς τύπους οφείλεται στη μείωση του μέσου ετήσιου βροχομετρικού ύψους κατά την περίοδο 1985 – 2004 (Μ. Σ. Σούδας).

- Εκτός από το μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος, ένας άλλος παράγοντας, ο οποίος παίζει δευτερεύοντα ρόλο σε ό,τι αφορά τη διασπορά των τιμών, είναι αυτός της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Pinnau, αύξηση της θερμοκρασίας θα έχει ως αποτέλεσμα ανάλογη μείωση της μεταβλητής Ιπ. Η διαφοροποίηση των τιμών ανάμεσα στις δύο περιόδους, μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός πως η δεκαετία του 1990, υπήρξε η θερμότερη δεκαετία παγκοσμίως, [3]. Επομένως η εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της δεκαετίας αυτής, έχει σαν αποτέλεσμα, μέρος τουλάχιστον των προς εξέταση τιμών, να προσεγγίζει το χαρακτηρισμό του κλίματος του Ακρωτηρίου ως ξηρό.
- Κατά τη διάρκεια των ετών παρατήρησης (1959 -2004), φαίνεται ότι από το 1959 έως και το 1984, η πληθώρα των τιμών, τείνει στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση. Μελετώντας τα 26 προαναφερθέντα έτη (1959 – 1984), παρατηρείται ότι το 81% της προς εξέταση περιόδου, υπάγεται στο χαρακτηρισμό του ημίξηρου Μεσογειακού κλίματος με τυπική Μεσογειακή βλάστηση και μόνο το 19% τείνει στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως ξηρό.
- Παρατηρώντας τα έτη 1985 - 2004, διαφαίνεται μία τάση προσέγγισης των τιμών, προς το χαρακτηρισμό του κλίματος ως ξηρό. Έτσι, από τα έτη αυτά, μόνο το 35% των προς εξέταση τιμών, προσεγγίζει το χαρακτηρισμό του ημίξηρου Μεσογειακού κλίματος με τυπική Μεσογειακή βλάστηση ενώ το 65% των τιμών τείνει στο ξηρό κλίμα.
- Η διαφοροποίηση του εκάστοτε κλιματικού τύπου σύμφωνα με τον Pinnau προκαλεί ποικίλες επιπτώσεις, όσο αφορά τις καλλιέργειες της προς εξέταση περιοχής. Μία τέτοια ξηρή περίοδος (δεκαετία 1990), η οποία ουσιαστικά είχε διάρκεια μια ολόκληρη σχεδόν δεκαετία, επηρεάζει κατά πολύ τις συνθήκες διαβίωσης των διαφόρων καλλιεργειών, καθώς και τον τρόπο άρδευσής τους. Οι καλλιέργειες οι οποίες είναι ανθεκτικές στην ξηρασία, μπορούν να συνεχίσουν να αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια μίας ξηρής περιόδου. Αντίθετα, καλλιέργειες οι

οποίες δεν είναι ανθεκτικές στην ξηρασία, είναι δυνατό να αντιμετωπίζουν προβλήματα στην περαιτέρω ανάπτυξή τους.

Έτη	Ιπ	Χαρακτηρισμός κλίματος
1959	10,05	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1960	10,35	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1961	12,5	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1962	12,5	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1963	14,65	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1964	9,25	Ξηρό
1965	11,35	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1966	10,3	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1967	16,7	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1968	14,85	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1969	9,55	Ξηρό
1970	8,3	Ξηρό
1971	14,85	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1972	10,5	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1973	10,15	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1974	11,25	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1975	14,9	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1976	17,45	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1977	8,9	Ξηρό
1978	9,1	Ξηρό
1979	14,4	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1980	10,8	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1981	16,25	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1982	11,8	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1983	12,35	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1984	15,35	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1985	6,35	Ξηρό
1986	9,5	Ξηρό
1987	8,85	Ξηρό
1988	9,1	Ξηρό
1989	10,25	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1990	5	Ξηρό
1991	9,5	Ξηρό
1992	7,7	Ξηρό
1993	12,5	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1994	11,5	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1995	7	Ξηρό
1996	15	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1997	11,95	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
1998	9,05	Ξηρό
1999	8,2	Ξηρό
2000	8,35	Ξηρό
2001	13,9	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
2002	8,35	Ξηρό
2003	16,65	Ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση
2004	9,4	Ξηρό

Πίνακας 7. Χαρακτηρισμός του κλίματος της περιοχής Ακρωτηρίου ανά έτος σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Pinna



Γράφημα 6. Χαρακτηρισμός του κλιματικού περιβάλλοντος της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Pinna

4.3.3 Κλιματικός δείκτης ερημικότητας – ευφορίας

Οι δείκτες αυτοί που ονομάζονται και δείκτες ξηρότητας – υγρασίας ορίζονται δύσκολα και είναι σε μεγάλο βαθμό τοπικού χαρακτήρα. Η ερημικότητα μιας περιοχής είναι συνάρτηση του υετού, της θερμοκρασίας, της εξάτμισης, των ανέμων και της διανομής των πιέσεων. Είναι αρκετά δύσκολο μια εμπειρική σχέση να προσδιορίζει με ακρίβεια την ερημικότητα σε ολόκληρη την επιφάνεια της γης. Όμως για διάφορες υποπεριοχές υπάρχουν αποτελεσματικές εκφράσεις. Τα στοιχεία τα οποία διαθέτουμε από το Μ. Σ. Σούδας αφορούν τις μετεωρολογικές παραμέτρους της θερμοκρασίας και του υετού. Έτσι σύμφωνα με αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τους δείκτες που σχετίζονται με τις συγκεκριμένες παραμέτρους ώστε να έχουμε ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα σε σχέση με την ερημικότητα και την ευφορία της περιοχής του Ακρωτηρίου.

1. Δείκτης ξηρότητας του de Martone

Ο τύπος που αντιπροσωπεύει το δείκτη ξηρότητας του de Martone έχει ως εξής:

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad (4.4)$$

όπου: P = μέσο ετήσιο βροχόμετρο ύψος (mm)

T = μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του αέρα (°C)

Προφανώς, αύξηση του, με σταθερή περίπου την τιμή της T, δείχνει αύξηση του P. Μικρές τιμές του I υποδηλώνουν μεγάλη ξηρότητα και μάλιστα αν $I < 10$ το κλίμα χαρακτηρίζεται ξηρό ή ερημικό.

Σύμφωνα με τα δεδομένα μας στην περιοχή του Ακρωτηρίου το μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος είναι $P = 632,7$ mm και η μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του αέρα είναι $T = 18,2$ °C. Άρα:

$$I = \frac{632,7}{18,2 + 10} = 22,4 \quad (4.5)$$

Έχοντας ως βάση τις τιμές του I και τη βροχόπτωση P, ο de Martone παρουσίασε την παρακάτω κλιματική ταξινόμηση:

Χαρακτηρισμός κλίματος	Τιμές του I	Τιμές του P (mm)
Ξηρό ή ερημικό	$I < 10$	$P < 200$
Ημίξηρο	$10 \leq I < 20$	$200 \leq P < 400$
Μεσογειακό	$20 \leq I < 24$	$400 \leq P < 500$
Ημίυγρο	$24 \leq I < 28$	$500 \leq P < 600$
Υγρό	$28 \leq I < 35$	$600 \leq P < 700$
Πολύ υγρό	A. $35 \leq I \leq 55$	$700 \leq P < 800$
	B. $I > 55$	$P > 800$

Πίνακας 8. Χαρακτηρισμός του κλίματος σύμφωνα με της κλιματική κατάταξη του de Martone

Στην ελληνική περιοχή οι τιμές του I παρουσιάζουν, αφενός, αύξηση από τα παράλια ($10 < I < 30$) προς το εσωτερικό ($I > 70$ στην κεντρική ορεινή Ελλάδα) και αφετέρου αύξηση από νότο προς βορρά.

Παρατηρώντας λοιπόν τον παραπάνω πίνακα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα, πως η περιοχή του Ακρωτηρίου κατατάσσεται στα υγρά Μεσογειακά κλίματα.

4.3.3.1 Ανάλυση διαγράμματος κλιματικού δείκτη του De Martone

- Σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση του De Martone, ο χαρακτηρισμός του κλιματικού τύπου της κάθε περιοχής βασίζεται στις μεταβλητές P και I. Η μεταβλητή P αναφέρεται στο μέσο ετήσιο ύψος υετού, ενώ η μεταβλητή I στη μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα.

- Από την επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων του υετού και της θερμοκρασίας προκύπτουν διαφορετικές τιμές ως προς το P και το I, οι οποίες καταχωρήθηκαν σε ένα πίνακα. Με τις τιμές αυτές, κατασκευάστηκε ένα χρωματικό διάγραμμα, στον οποίο απεικονίζεται η διαδοχή των κλιματικών τύπων με συγκεκριμένες αποχρώσεις, σύμφωνα με τις τιμές των P και I αντίστοιχα για κάθε έτος παρατήρησης.
- Οι χαρακτηρισμοί που μπορούν να δοθούν στις δύο αυτές μεταβλητές, ως προς τις εξεταζόμενες χρονολογίες, είναι αυτοί των ξηρών, Μεσογειακών και υγρών κλιματικών τύπων.

Από την εξέταση του χρωματικού διαγράμματος, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του De Martone, ως προς τη μεταβλητή P είναι υγρό.
- Για την περίοδο 1959 - 2004 εξάγεται το συμπέρασμα πως το κλίμα του Ακρωτηρίου είναι υγρό με ποσοστό 80% έναντι 13% του Μεσογειακού και 7% του ξηρού κλίματος.
- Κατά τη διάρκεια των 46 προς εξέταση ετών (1959 – 2004), υπάρχουν αυξημένα ποσοστά βροχόπτωσης. Αυτό σημαίνει πως σε μία τέτοια περίπτωση, κάποια επιπλέον μέτρα άρδευσης, δε θα κρίνονταν απαραίτητα, καθώς τα ποσοστά της βροχής, καλύπτουν τις ανάγκες, τόσο των ανθεκτικών στην ξηρασία καλλιεργειών, όσο και των υγρόφιλων αντίστοιχα.
- Για την καλύτερη κατανόηση των συμπερασμάτων, τα εξεταζόμενα στοιχεία χωρίζονται σε δύο περιόδους των 26 ετών (1959 – 1984) και 20 ετών (1985 – 2004) αντίστοιχα, με αναγωγή των αποτελεσμάτων σε ποσοστιαίες μονάδες.
- Η πρώτη προς εξέταση περίοδος είναι των ετών 1959 – 1984. Κατά τη διάρκεια αυτών των ετών, διαφαίνεται μια τάση προσέγγισης του κλίματος προς το χαρακτηρισμό του υγρού, ως προς τη μεταβλητή P.
- Με βάση το ετήσιο βροχομετρικό ύψος (P), το 96% των προς εξέταση ετών, υπάγεται στο χαρακτηρισμό του υγρού κλιματικού τύπου και μόνο το 4% των ετών χαρακτηρίζεται από Μεσογειακό κλίμα. Ο ξηρός κλιματικός τύπος, στη συγκεκριμένη περίπτωση, εμφανίζουν μηδενικό ποσοστό.

- Κατά τη διάρκεια της δεύτερης προς εξέταση περιόδου (1985 – 2004) το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων, ως προς τη μεταβλητή P, χαρακτηρίζεται υγρό.
- Εξετάζοντας τη δεύτερη περίοδο (1985 – 2004), για την ίδια μεταβλητή, παρατηρείται μια διαφοροποίηση ως προς το τελικό ποσοστό. Στην περίπτωση αυτή, τα υγρά έτη παρουσιάζουν ποσοστό 60%, τα έτη που χαρακτηρίζονται από Μεσογειακό κλίμα έχουν ποσοστό 25%, ενώ τα έτη με ξηρό κλιματικό τύπο μειονεκτούν με ποσοστό 15%.
- Η δεύτερη, εξίσου σημαντική μεταβλητή που εξάγεται μέσω του δείκτη ξηρότητας, είναι αυτή του I. Ο παράγοντας I, σχετίζεται άμεσα, τόσο με το ετήσιο βροχομετρικό ύψος, που αναλύθηκε παραπάνω, όσο και με την ετήσια θερμοκρασία του αέρα.
- Το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων, ως προς τη μεταβλητή I, χαρακτηρίζεται ξηρό.
- Εξετάζοντας συνολικά τα 46 έτη παρατήρησης (1959 – 2004), διαπιστώνεται μία εναλλαγή των κλιματικών τύπων, μεταξύ ξηρού, υγρού και Μεσογειακού. Σύμφωνα με τη μεταβλητή I, το ποσοστό του ξηρού κλιματικού τύπου είναι 39% έναντι του υγρού με 35%, ενώ του τύπου με Μεσογειακό κλίμα, το ποσοστό φτάνει το 26%.
- Κατά τη διάρκεια της πρώτης προς εξέταση περιόδου (1959 – 1984), ως προς τη μεταβλητή I, το κλίμα χαρακτηρίζεται υγρό.
- Στην πρώτη προς μελέτη περίοδο (1959 – 1984) το 46% του συνόλου των μετρήσεων αντιστοιχεί στον υγρό κλιματικό τύπο. Τα έτη των οποίων τα βροχομετρικά και θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά συνεπάγονται Μεσογειακό κλίμα, παρουσιάζουν ποσοστό 35%, ενώ ο ξηρός κλιματικός τύπος εμφανίζεται σε ποσοστό 19%.
- Για τη δεύτερη προς μελέτη περίοδο (1985 – 2004), όσο αφορά τη μεταβλητή I, το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων είναι ξηρό.
- Παρατηρώντας τη δεύτερη προς εξέταση περίοδο, δηλαδή αυτή των ετών 1985 – 2004, διακρίνεται μια αντιστροφή των ποσοστών, με την πλειονότητα των ετών να προσεγγίζουν τον ξηρό κλιματικό τύπο. Αναλυτικότερα, ο υγρός κλιματικός τύπος αντιστοιχεί σε ποσοστό 20%, ο τύπος με Μεσογειακό κλίμα σε

ποσοστό 15% και ο ξηρός κλιματικός τύπος που όπως αναφέρθηκε, υπερτερεί σε σχέση με τα προηγούμενα, εμφανίζει ποσοστό 65%.

- Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, είναι το γεγονός πως ως προς τη μεταβλητή I, παρατηρούνται 18 έτη τα οποία τείνουν στον ξηρό κλιματικό τύπο. Από τα 18 αυτά έτη, τα 13 εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της δεύτερης προς εξέταση περιόδου (1985 – 2004). Η περίοδος αυτή, ταυτίζεται εν μέρει με τη θερμότερη δεκαετία παγκοσμίως (δεκαετία 1990), γεγονός που δημιουργεί την πεποίθηση πως η αιτία εμφάνισης πληθώρας ξηρών ετών, οφείλεται στην ύπαρξη της δεκαετίας αυτής.
- Η δεκαετία του 1990, ήταν η θερμότερη δεκαετία παγκοσμίως, [3]. Εξαιτίας λοιπόν αυτής της θερμής δεκαετίας, αρκετά από τα προς εξέταση έτη, τα οποία συγκαταλέγονται στη δεύτερη προς μελέτη περίοδο (1985 – 2004), τείνουν στο ξηρό κλίμα. Μία θερμή δεκαετία όμως, δε σηματοδοτεί απαραίτητα κλιματική αλλαγή. Η ύπαρξη κλιματικής μεταβολής θα μπορούσε να υποστηριχθεί μόνο στην περίπτωση που οι μεταβολές οι οποίες διαπιστώνονται μέσω του παρόντος διαγράμματος, κατά τη διάρκεια της περιόδου 1985 – 2004, στην οποία εμπεριέχεται η θερμότερη δεκαετία (δεκαετία 1990), συνεχίσουν να εμφανίζονται και στο μέλλον, σε βάθος χρόνου.

Έτη	P (mm)	I (°C)	Χαρακτηρισμός κλίματος σύμφωνα με το P	Χαρακτηρισμός κλίματος σύμφωνα με το I
1959	565,7	20,1	Ημίυγρο	Μεσογειακό
1960	601,1	20,7	Υγρό	Μεσογειακό
1961	704,6	25	Πολύ υγρό α	Ημίυγρο
1962	716,9	25	Πολύ υγρό α	Ημίυγρο
1963	836,9	29,3	Πολύ υγρό β	Υγρό
1964	515,3	18,5	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1965	634,6	22,7	Υγρό	Μεσογειακό
1966	592,5	20,6	Ημίυγρο	Μεσογειακό
1967	933	33,4	Πολύ υγρό β	Υγρό
1968	836,3	29,7	Πολύ υγρό β	Υγρό
1969	532,5	19,1	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1970	467,4	16,6	Μεσογειακό	Ημίξηρο
1971	822,7	29,7	Πολύ υγρό β	Υγρό
1972	586,2	21	Ημίυγρο	Μεσογειακό
1973	567,7	20,3	Ημίυγρο	Μεσογειακό
1974	625,2	22,5	Υγρό	Μεσογειακό
1975	830,9	29,8	Πολύ υγρό β	Υγρό
1976	957,1	34,9	Πολύ υγρό β	Υγρό
1977	505	17,8	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1978	509,5	18,2	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1979	817,4	28,8	Πολύ υγρό β	Υγρό
1980	602,7	21,6	Υγρό	Μεσογειακό
1981	920,1	32,5	Πολύ υγρό β	Υγρό
1982	659,5	23,6	Υγρό	Μεσογειακό
1983	681,8	24,7	Υγρό	Ημίυγρο
1984	862,1	30,7	Πολύ υγρό β	Υγρό
1985	360,3	12,7	Ημίξηρο	Ημίξηρο
1986	534,6	19	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1987	494,5	17,7	Μεσογειακό	Ημίξηρο
1988	514,1	18,2	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1989	571,1	20,5	Ημίυγρο	Μεσογειακό
1990	283,4	10	Ημίξηρο	Ημίξηρο
1991	525,8	19	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1992	425,8	15,4	Μεσογειακό	Ημίξηρο
1993	705,9	25	Πολύ υγρό α	Ημίυγρο
1994	622,3	23	Υγρό	Μεσογειακό
1995	398,7	14	Ημίξηρο	Ημίξηρο
1996	846,5	30	Πολύ υγρό β	Υγρό
1997	667,4	23,9	Υγρό	Μεσογειακό
1998	520,5	18,1	Ημίυγρο	Ημίξηρο
1999	482,4	16,4	Μεσογειακό	Ημίξηρο
2000	476,4	16,7	Μεσογειακό	Ημίξηρο
2001	808	27,8	Πολύ υγρό β	Ημίυγρο
2002	480,2	16,7	Μεσογειακό	Ημίξηρο
2003	959,6	33,3	Πολύ υγρό β	Υγρό
2004	541,1	18,8	Ημίυγρο	Ημίξηρο

Πίνακας 9. Χαρακτηρισμός του κλίματος της περιοχής Ακρωτηρίου ανά έτος σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του de Martone

4.4 Το κλιματικό πλαίσιο της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν και λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική κατάσταση κατά Köppen, καθώς και τους κλιματικούς δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, είναι δυνατό να εξαχθούν κάποια απαραίτητα συμπεράσματα, όσο αφορά την προς εξέταση περιοχή.

Η παρούσα μελέτη στηρίχθηκε σε θερμοκρασιακά και βροχομετρικά δεδομένα, τα οποία ελήφθησαν από το Μ. Σ. Σούδας και ως εκ τούτου θεωρούνται άκρως αξιόπιστα. Διεκπεραιώθηκε σύμφωνα με τα πρότυπα του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO), ο οποίος θεωρεί τα 30 έτη ως αξιόπιστα, ώστε να εξαχθούν αντιπροσωπευτικές μέσες θερμοκρασιακές τιμές για την μελετώμενη περιοχή. Το αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, είναι η εξαγωγή ενός συμπεράσματος σύμφωνα με το οποίο θα μπορεί να γνωστοποιηθεί αν το κλίμα της περιοχής έχει υποστεί μεταβολές.

Με τη διεκπεραίωση της οπτικοποίησης των συμπερασμάτων καθώς και την ολοκλήρωση της μικροκλιματικής μελέτης, το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων χαρακτηρίζεται Μεσογειακό με θερμά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Σημαντικός παράγοντας ο οποίος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το χαρακτηρισμό του κλίματος της περιοχής, είναι ότι το Ακρωτήριο περιβάλλεται από θάλασσα, γεγονός που ευνοεί την ύπαρξη ενός πιο ήπιου κλιματικού καθεστώτος.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των θερμοκρασιακών δεδομένων του Μ. Σ. Σούδας, παρατηρείται μια πτωτική τάση της θερμοκρασίας από το μήνα Σεπτέμβριο έως και το μήνα Ιανουάριο, ενώ ανάλογη ανοδική τάση παρατηρείται από το μήνα Φεβρουάριο έως και τον Αύγουστο. Μέσω των κλιματικών δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν, διακρίθηκε μια ανοδική τάση της θερμοκρασίας από το έτος 1985 – 2004. Γνωστοποιώντας όμως το γεγονός πως η δεκαετία του 1990, υπήρξε η θερμότερη παγκοσμίως δεκαετία, δικαιολογείται η ανοδική αυτή τάση που προαναφέρθηκε, χωρίς η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τα έτη αυτά (1985 – 2004), να σηματοδοτεί κλιματική αλλαγή. Μια τέτοια χρονική περίοδος (θερμότερη δεκαετία 1990), είναι δυνατόν να εμφανιστεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή, χωρίς απαραίτητα να σημαίνει θέρμανση του πλανήτη από φυσικές ή ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Όσο αφορά τον παράγοντα του υετού, ο οποίος είναι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας με αυτόν της θερμοκρασίας, παρατηρήθηκε ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά υετού σημειώνονται από το μήνα Οκτώβριο έως και το μήνα Απρίλιο, ενώ τους μήνες που υπολείπονται παρατηρούνται χαμηλά ποσοστά υετού έως και μηδενικά, ιδιαίτερα σε ορισμένα έτη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του Ιουλίου και Αυγούστου. Η πτωτική τάση που παρατηρείται όσο αφορά το ολικό ύψος υετού κατά τα τελευταία έτη, μπορεί να θεωρηθεί τυχαία και δεν επηρεάζει το χαρακτηρισμό του κλίματος της περιοχής του Ακρωτηρίου ως ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική Μεσογειακή βλάστηση. Αν είναι τυχαία η ύπαρξη μιας τέτοιας περιόδου θα ήταν δυνατό να γνωστοποιηθεί στο μέλλον, στην περίπτωση υλοποίησης μιας έρευνας η οποία θα περιελάμβανε μετεωρολογικά δεδομένα που θα αφορούσαν πληθώρα προγενέστερων και μεταγενέστερων ετών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τη διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας και κατόπιν επεξεργασίας και μελέτης των διαθέσιμων πληροφοριών, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Οι κυριότερες κλιματολογικές μεταβλητές, οι οποίες αφορούν την περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων, παρουσιάστηκαν στην παρούσα μελέτη σε μορφή οπτικοποιημένης πληροφορίας. Η οπτικοποίηση εμπεριέχει μεγάλο αριθμό επεξεργασμένων μετεωρολογικών μετρήσεων και αποτελεί σημαντική βοήθεια στον εκάστοτε αναγνώστη.
2. Βάση της αρχικής προσπάθειας κλιματικής κατάταξης του Köppen ήταν να συσχετίσει το κλίμα με τη βλάστηση. Αργότερα το κλιματικό πλαίσιο του Köppen, βασίστηκε αφενός, στο ετήσιο ύψος βροχής με την κατανομή του μέσα στο έτος και αφετέρου στις μηνιαίες και ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα. Το κριτήριο του προσδιορισμού του κλίματος μιας περιοχής, με βάση τη θερμοκρασία και τη βροχή, αποτέλεσε η φυσική βλάστηση. Οι δύο παράμετροι της βροχής και της θερμοκρασίας, εξεταζόμενες χωριστά η καθεμία και σε συνδυασμό, αποτελούν το κύριο κλιματικό πλαίσιο για τις διάφορες υποδιαιρέσεις του κλίματος. Για την κατάταξη των κλιμάτων, πρωτίστως καθορίστηκαν ορισμένα όρια θερμοκρασιών τα οποία έχουν σχέση με την ανάπτυξη των φυτών. Στη συνέχεια γίνεται συνδυασμός αυτών των θερμοκρασιών με τα ύψη υετού, λαμβάνοντας υπόψη αφενός, την εποχιακή τους κατανομή, αφετέρου την ολική τους ετήσια ποσότητα.
 - i. Ο κλιματικός τύπος ο οποίος χαρακτηρίζει την περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων, σύμφωνα με τις κλιματικές κατηγορίες κατά Köppen, είναι το «κλίμα της ενδοχώρας της Μεσογείου (Μεσογειακό κλίμα)». Ο κλιματικός αυτός τύπος χαρακτηρίζεται από πολύ θερμά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες.
 - ii. Οι επιμέρους κλιματικοί τύποι σύμφωνα με τους οποίους ο Köppen κατέληξε στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως Μεσογειακό, είναι η «ξηρή περίοδος το θέρος» και τα «κλίματα πολύ θερμού θέρους».
 - iii. Όσο αφορά το χαρακτηρισμό του κλίματος ως «ξηρή περίοδος το θέρος», το ύψος της βροχόπτωσης του ξηρότερου θερμού μήνα θα

πρέπει να είναι, αφενός, μικρότερο των 30mm και αφετέρου, μικρότερο του 1/3 του ύψους βροχής του βροχερότερου μήνα. Έτσι από την εξέταση των στοιχείων παρατηρείται πως στην περιοχή Ακρωτηρίου, ο ξηρότερος θερμός μήνας είναι ο Ιούλιος του οποίου το μέσο ύψος βροχόπτωσης είναι 1mm. Το μέσο αυτό ύψος είναι σαφώς μικρότερο από το 1/3 του ύψους βροχής του πιο υγρού μήνα που είναι ο Ιανουάριος με 133mm ύψους βροχής.

iv. Ο δεύτερος επιμέρους κλιματικός τύπος συγκαταλέγεται στα «κλίματα πολύ θερμού θέρους». Σύμφωνα με αυτόν τον τύπο κλίματος, η τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα θα πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη των 22°C ($T_{\theta} \geq 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Στην προς εξέταση περιοχή, ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος, του οποίου η μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι 26,6 °C.

3. Ο Johansson δημιούργησε μία κλιματική ταξινόμηση η οποία αφορά την ηπειρωτικότητα και την ωκεανικότητα μιας περιοχής.

i. Στο σύνολο σχεδόν των ετών παρατήρησης, το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου, σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Johansson ταξινομείται ως θαλάσσιο.

ii. Παρατηρείται μία απόκλιση μεταξύ των 46 ετών παρατήρησης (1959 – 2004) και συγκεκριμένα για τα έτη 2000, 2002 και 2003. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα μετεωρολογικά δεδομένα των συγκεκριμένων ετών, κατατάσσουν το κλίμα της περιοχής σε Ηπειρωτικό.

iii. Οι τιμές που τείνουν στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως Ηπειρωτικό και αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι πολύ λίγες σε σχέση με το σύνολο των τιμών των ετών παρατήρησης και για το λόγο αυτό δεν επηρεάζουν το χαρακτηρισμό του κλίματος ως θαλάσσιο. Για την ακρίβεια, το ποσοστό που αντιστοιχεί στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως θαλάσσιο, είναι 93%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό όσο αφορά το χαρακτηρισμό του κλίματος ως ηπειρωτικό είναι 7%.

4. Ο Pinna εφάρμοσε ένα συνδυαστικό κλιματικό δείκτη στον οποίο χρησιμοποιούνται οι παράμετροι της μέσης ετήσιας τιμής της θερμοκρασίας καθώς και το μέσο ετήσιο βροχομετρικό ύψος. Εκτός όμως από αυτές τις

παραμέτρους χρησιμοποιεί και τα αντίστοιχα μεγέθη της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης για τον ξηρότερο μήνα.

- i. Το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του Pinna είναι ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική Μεσογειακή βλάστηση.
 - ii. Σύμφωνα με το διάγραμμα που προέκυψε, παρατηρείται μία διασπορά των τιμών ανάμεσα στους δύο χαρακτηρισμούς, αυτούς δηλαδή του ξηρού κλίματος καθώς και του ημίξηρου Μεσογειακού με τυπική Μεσογειακή βλάστηση. Η εναλλαγή αυτή ανάμεσα στους δύο κλιματικούς τύπους οφείλεται στη μείωση του μέσου ετήσιου βροχομετρικού ύψους κατά την περίοδο 1985 – 2004 (Μ. Σ. Σούδας).
 - iii. Κατά τη διάρκεια των ετών παρατήρησης (1959 -2004), φαίνεται ότι από το 1959 έως και το 1984, η πληθώρα των τιμών, τείνει στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως ημίξηρο Μεσογειακό με τυπική μεσογειακή βλάστηση. Μελετώντας τα 26 προαναφερθέντα έτη (1959 – 1984), παρατηρείται ότι το 81% της προς εξέταση περιόδου, υπάγεται στο χαρακτηρισμό του ημίξηρου Μεσογειακού κλίματος με τυπική Μεσογειακή βλάστηση και μόνο το 19% τείνει στο χαρακτηρισμό του κλίματος ως ξηρό.
 - iv. Παρατηρώντας τα έτη 1985 - 2004, διαφαίνεται μία τάση προσέγγισης των τιμών, προς το χαρακτηρισμό του κλίματος ως ξηρό. Έτσι, από τα έτη αυτά, μόνο το 35% των προς εξέταση τιμών, προσεγγίζει το χαρακτηρισμό του ημίξηρου Μεσογειακού κλίματος με τυπική Μεσογειακή βλάστηση ενώ το 65% των τιμών τείνει στο ξηρό κλίμα.
5. Σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση του de Martone, ο χαρακτηρισμός του κλιματικού τύπου της κάθε περιοχής βασίζεται στις μεταβλητές P και I. Η μεταβλητή P αναφέρεται στο μέσο ετήσιο ύψος υετού, ενώ η μεταβλητή I στη μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα. Στην ελληνική περιοχή οι τιμές του I παρουσιάζουν, αφενός, αύξηση από τα παράλια ($10 < I < 30$) προς το εσωτερικό ($I > 70$ στην κεντρική ορεινή Ελλάδα) και αφετέρου αύξηση από νότο προς βορρά.

- i. Το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων σύμφωνα με τον κλιματικό δείκτη του De Martone, ως προς τη μεταβλητή P είναι υγρό.
 - ii. Στην πρώτη προς εξέταση περίοδο, με βάση το ετήσιο βροχομετρικό ύψος (P), το 96% των προς εξέταση ετών, υπάγεται στο χαρακτηρισμό του υγρού κλιματικού τύπου και μόνο το 4% των ετών χαρακτηρίζεται από Μεσογειακό κλίμα. Ο ξηρός κλιματικός τύπος, στη συγκεκριμένη περίπτωση, εμφανίζει μηδενικό ποσοστό.
 - iii. Εξετάζοντας τη δεύτερη περίοδο (1985 – 2004), για την ίδια μεταβλητή, παρατηρείται μια διαφοροποίηση ως προς το τελικό ποσοστό. Στην περίπτωση αυτή, τα υγρά έτη παρουσιάζουν ποσοστό 60%, τα έτη που χαρακτηρίζονται από Μεσογειακό κλίμα έχουν ποσοστό 25%, ενώ τα έτη με ξηρό κλιματικό τύπο μειονεκτούν με ποσοστό 15%.
 - iv. Το κλίμα της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων, ως προς τη μεταβλητή I, χαρακτηρίζεται ξηρό.
 - v. Στην πρώτη προς μελέτη περίοδο (1959 – 1984) το 46% του συνόλου των μετρήσεων αντιστοιχεί στον υγρό κλιματικό τύπο. Τα έτη των οποίων τα βροχομετρικά και θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά συνεπάγονται Μεσογειακό κλίμα, παρουσιάζουν ποσοστό 35%, ενώ ο ξηρός κλιματικός τύπος εμφανίζεται σε ποσοστό 19%.
 - vi. Παρατηρώντας τη δεύτερη προς εξέταση περίοδο, δηλαδή αυτή των ετών 1985 – 2004, διακρίνεται μια αντιστροφή των ποσοστών, με την πλειονότητα των ετών να προσεγγίζουν τον ξηρό κλιματικό τύπο. Αναλυτικότερα, ο υγρός κλιματικός τύπος αντιστοιχεί σε ποσοστό 20%, ο τύπος με Μεσογειακό κλίμα σε ποσοστό 15% και ο ξηρός κλιματικός τύπος που όπως αναφέρθηκε, υπερτερεί σε σχέση με τα προηγούμενα, εμφανίζει ποσοστό 65%.
6. Βάση της επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων, τα οποία ελήφθησαν από το Μ. Σ. Σούδας και περιλαμβάνουν μετρήσεις για τα έτη 1959 – 2004, καθώς και τη χρήση κλιματικών κατατάξεων και κλιματικών δεικτών, δεν είναι δυνατό να αναφερθούν άμεσα κλιματικές αλλαγές οι οποίες θα αφορούν το κλιματικό πλαίσιο της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων. Παρόλα αυτά δε μπορεί να παραβλεφθεί το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια των ετών

παρατήρησης υπήρξε μία τάση μεταβολής των κλιματικών δεδομένων. Η τάση αυτή ήταν ιδιαίτερα εμφανής στη μετεωρολογική παράμετρο του υετού. Με όσα προαναφέρθηκαν και στην περίπτωση κατά την οποία οι τάσεις μεταβολών συνεχίσουν να υφίστανται σε βάθος χρόνου τότε μόνο καθίσταται δυνατό να αναφερθεί η ύπαρξη κλιματικών αλλαγών, τόσο στην περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων, όσο και στην ευρύτερη περιοχή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] **Απόστολος Αθ. Φλόκας, 1997:** Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Θεσσαλονίκη 1997
- [2] **Εγκυκλοπαίδεια Βικιπαίδεια**
- [3] **Ευρωπαϊκή Επιτροπή:**
http://ec.europa.eu/environnement/climat/compaign/climatechange_el.htm
- [4] **Θ. Κουϊμτζής, Κ. Φυτιάνου, Κ. Σαμαράς – Κωνσταντίνου, 1998:** Χημεία περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη 1998
- [5] **Ι. Ζάμπakas, 1981:** Γενική κλιματολογία. Αθήνα 1981
- [6] **Κωνσταντίνος Μ. Φιλάνδρας, 1994:** Κλιματικές τάσεις και κυμάνσεις του θερμοκρασιακού καθεστώτος στην περιοχή της Ευρώπης και της Μεσογείου κατά τα τελευταία 100 έτη. Διδακτορική διατριβή, Αθήνα 1994
- [7] **Λεξικό όρων:** <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/htm/dk-cl>
- [8] **Λ. Ν. Καραπιτέρης, 1997:** Ναυτική Μετεωρολογία. Αθήνα 1997
- [9] **Μιχάλης Πρόμπονας, Στέλιος Ψωμάς (Greenpeace), 1997:** Η βόμβα του κλίματος – Ενέργεια και κλιματικές αλλαγές. Αθήνα 1997
- [10] **Νίκος Μαμάσης, Δημήτρης Κουτσογιάννης, 2003:** Κλιματολογία και κλιματική αλλαγή. Αθήνα 2003
- [11] **Παναγιώτης Μαχαίρας, Χρήστος Μπαλαφούτης, 1984:** Γενική κλιματολογία με στοιχεία κλιματολογίας. Θεσσαλονίκη 1984
- [12] **Χ. Ζερεφός, 1984:** Μαθήματα φυσικής της ατμόσφαιρας και φυσικής του περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη 1984
- [13] **Χ. Σ. Σαχσαμάνογλου, Τ. Ι. Μακρογιάννης, 1998:** Γενική Μετεωρολογία. Θεσσαλονίκη 1998
- [14] **Χ. Σ. Σαχσαμάνογλου, Α. Α. Μπλούτσος, 1998:** Φυσική Κλιματολογία. Θεσσαλονίκη 1998
- [15] **Χαράλαμπος Φεΐδας, Δημήτρης Λάλας, 2002:** Κλιματικές αλλαγές στη Μεσόγειο. Αθήνα 2002
- [16] **Athens C.D., Meteorology today:** An introduction to weather, climate and the environment. 1994
- [17] **Lutgens F. K. , Tarbuk E. J, 1989:** The atmosphere. Prentice Hall 1989

[18] W. W. Hay. R. M. de Conto. Ch. N. Wold, 1997: Is the past the key to the future.
January 1997

[19] William J.Makofske Eric F.Karlin. Remapo college of New Jersey, 1995:
Τεχνολογία και παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα 1995