

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
“ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ”

ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ
ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΕΤΟΥ
ΣΤΟΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΣΟΥΔΑΣ (1959-2004)

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΤΟΥ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΛΕΚΚΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛΣ

ΧΑΝΙΑ : ΙΟΥΝΙΟΣ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<i>Σελίδα</i>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ : ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΥΝ ΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ	
1. 1 Ιστορική Αναδρομή στα κλιματικά δεδομένα της Ευρώπης και ΝΑ Μεσογείου	3
1. 2 Παράγοντες του Κλιματικού Συστήματος	5
1. 3 Θεωρίες Κλιματικών Μεταβολών	8
1. 3. 1 Θεωρίες Μεταβολών της Ατμοσφαιρικής Σύστασης	8
α. Ηφαιστειακή δράση	8
β. Μεταβολές των συστατικών της ατμόσφαιρας. Ατμοσφαιρικό φαινόμενο (φαινόμενο Θερμοκηπίου)	8
1. 3. 2 Αστρονομικές ή Ηλιακές θεωρίες	10
α. Μεταβολές των τροχιακών κινήσεων της γης ως προς τον ήλιο	10
β. Μεταβολές στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία	12
1. 3. 2 Θεωρίες Επίδρασης της Γήινης Επιφάνειας	13
1. 4 Μοντέλα Πρόβλεψης Μελλοντικών Κλιματικών Καταστάσεων της γης	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	
2. 1 Καταγραφή και Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων	16
2. 2 Επιλογή Μετεωρολογικού Σταθμού από το Δίκτυο της ΕΜΥ	18
2. 3 Επιλογή Μετεωρολογικών παραμέτρων	20
2. 3. 1 Θερμοκρασία του αέρα	20
2. 3. 2 Υετός	21
2. 3. 3 Άνεμος	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ : ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Μ. Σ. ΣΟΥΔΑΣ	
3. 1 Ανάλυση Δεδομένων Θερμοκρασίας του αέρα	26
3. 2 Ανάλυση Δεδομένων Υετού	28
3. 3 Ανάλυση Δεδομένων Ανέμου	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ : ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Μ. Σ. ΣΟΥΔΑΣ	
4. 1 Κατάταξη και Περιγραφή του Κλίματος μιας περιοχής	34
4. 2 Κλιματική Κατάταξη κατά Köppen	35
4. 3 Κλιματικοί Δείκτες	36
4. 3. 1 Κλιματικός Δείκτης του Johansson	36
4. 3. 2 Κλιματικοί δείκτες Ερημικότητας και Ευφορίας	37
α. Δείκτες ξηρότητας του de Martone και Pinna	37
4. 4 Χαρακτηρισμός του κλίματος της περιοχής Ακρωτηρίου	38
4. 5 Ανάλυση των Χρονοσειρών της θερμοκρασίας του αέρα και του υετού	39
4. 5. 1 Ανάλυση των Χρονοσειρών της Μέσης θερμοκρασίας του αέρα	40
4. 5. 2 Ανάλυση των Χρονοσειρών της Μέσης Μέγιστης και Μέσης Ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα	46
4. 5. 3 Ανάλυση Χρονοσειρών Υετού	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κλίμα αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο του φυσικού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και την επιβίωση κάθε μορφής ζωής πάνω στην γη. Με τον όρο κλίμα εννοούμε τη μέση τιμή των μετεωρολογικών παραμέτρων που παρατηρούνται σε μία συγκεκριμένη περιοχή για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι μετεωρολογικές αυτές παράμετροι είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, ο υετός, η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου. Επειδή χρόνο με το χρόνο όλες αυτές οι μετεωρολογικές παράμετροι μεταβάλλονται, και μάλιστα ορισμένες φορές σημαντικά, απαιτείται η συστηματική και μακροχρόνια εξέταση τους προκειμένου να εξαχθούν χρήσιμα και ασφαλή συμπεράσματα για το κατά πόσο οι μεταβολές αυτές είναι περιοδικές ή μπορεί να έχουν μόνιμο χαρακτήρα. Στην περίπτωση που οι μέσοι όροι των μετεωρολογικών παραμέτρων τείνουν να έχουν μόνιμη μεταβολή τότε είναι δυνατό να προκληθούν κλιματικές αλλαγές, οι οποίες με τη σειρά τους θα επηρεάσουν τις συνθήκες επιβίωσης σε ολόκληρο τον πλανήτη.

Τα πραγματικά αίτια τα οποία είναι δυνατό να προκαλέσουν μεταβολές των μετεωρολογικών παραμέτρων, και κατ'επέκταση κλιματικές αλλαγές, δεν είναι πλήρως γνωστά. Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η έρευνα στο πεδίο των κλιματικών αλλαγών είναι η πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των θεμελιωδών παραγόντων (Ατμόσφαιρα, Υδρόσφαιρα, Λιθόσφαιρα, Κρυόσφαιρα, Βιόσφαιρα) που διαμορφώνουν και ρυθμίζουν το κλιματικό σύστημα της γης. Τα τελευταία χρόνια γίνονται συστηματικές παρατηρήσεις και καταγραφές μεγάλου αριθμού παραμέτρων, σε πολλούς τομείς, προκειμένου να αποκτηθούν δεδομένα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην έρευνα για την πρόβλεψη των μελλοντικών κλιματικών συνθηκών του πλανήτη. Οι χρονοσειρές των μετεωρολογικών παραμέτρων, που προκύπτουν από τις μακροχρόνιες παρατηρήσεις μετεωρολογικών σταθμών επιφανείας, αποτελούν το σημαντικότερο βοήθημα για την παρακολούθηση των μεταβολών που συμβαίνουν μέσα στην ατμόσφαιρα τόσο σε τοπική όσο και σε Παγκόσμια κλίμακα.

Στην παρούσα μελέτη επιχειρείται μια πλήρης καταγραφή και επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων του Μετεωρολογικού Σταθμού Σούδας (Μ.Σ.Σούδας), ο οποίος ανήκει στο δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ). Είναι ο παλαιότερος σε λειτουργία επανδρωμένος Μετεωρολογικός Σταθμός της περιοχής Χανίων και βρίσκεται στην περιοχή Ακρωτηρίου, και συγκεκριμένα στο Αεροδρόμιο Χανίων. Διαθέτει μεγάλο αρχείο παρατηρήσεων για όλες σχεδόν τις μετεωρολογικές παραμέτρους (πίεσης - θερμοκρασίας - υγρασίας - βροχομετρικά - άνεμο - νέφωση - διάρκεια ηλιοφάνειας, κ.α.) σε ημίωρες και τρίωρες ημερήσιες καταγραφές, ξεκινώντας από το 1959. Παρά το γεγονός ότι μεγάλος αριθμός των μετεωρολογικών δεδομένων έχει επεξεργασθεί από την Διεύθυνση Κλιματολογίας της Ε.Μ.Υ., σε πολλές περιπτώσεις απαιτήθηκε ο επανέλεγχος των στοιχείων, από το πρωτογενές αρχείο του σταθμού, προκειμένου να γίνει η ακριβέστερη δυνατή καταγραφή των προς επεξεργασία δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα έγινε πλήρης καταγραφή και επεξεργασία των δεδομένων μέχρι το τέλος του 2004.

Μετά από την καταγραφή και επαλήθευση όλων των προς επεξεργασία μετεωρολογικών στοιχείων η μελέτη χωρίσθηκε σε τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνονται γενικές πληροφορίες που αφορούν τους παράγοντες που συνθέτουν και επηρεάζουν το κλιματικό σύστημα, καθώς και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις που είναι δυνατό να προκαλέσουν αλλαγές στο ήδη καταγεγραμμένο και γνωστό κλιματικό περιβάλλον της γης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε στοιχεία που αφορούν την θέση και τον χρόνο λειτουργίας του Μ.Σ.Σούδας. Αναπτύσσεται επίσης και η ενδεδειγμένη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την κλιματολογική επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων, σύμφωνα με τα πρότυπα του World Meteorological Organization (WMO).

Στο τρίτο κεφάλαιο εμφανίζονται με ένα πρωτότυπο τρόπο, οπτικοποιημένες πληροφορίες τριών επιλεγμένων μετεωρολογικών παραμέτρων, της θερμοκρασίας, του υετού και του ανέμου. Η επιλογή αυτών των μετεωρολογικών παραμέτρων, κυρίως της

θερμοκρασίας και του υετού, οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελούν τις πλέον βασικές παραμέτρους σε κάθε κλιματική κατάσταση. Αξίζει επίσης να επισημανθεί ότι πίσω από τα εμφανιζόμενα κλιματολογικά διαγράμματα του κεφαλαίου αυτού, κρύβεται στην πραγματικότητα ένα τεράστιο αρχείο παρατηρήσεων. Τα κλιματολογικά αυτά διαγράμματα μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να τα αξιοποιήσει με τρόπο απλό και χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις αποκωδικοποίησης των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτά.

Στο τέταρτο κεφάλαιο επιχειρείται μια μικροκλιματική μελέτη της περιοχής Χανίων με την βοήθεια των επεξεργασμένων μετεωρολογικών στοιχείων. Για την μικροκλιματική αυτή μελέτη λήφθηκαν υπόψη αναγνωρισμένοι παγκοσμίως και κοινώς αποδεκτοί κλιματικοί και βιοκλιματικοί δείκτες, ενώ για την κλιματολογική ανάλυση των δεδομένων του Μ.Σ.Σούδας, δημιουργήθηκαν χρονοσειρές με την βοήθεια του 30ετή κινητού μέσου όρου.

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα από την ανάλυση και επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων του Μ.Σ.Σούδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ : ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΥΝ ΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

1. 1 Ιστορική Αναδρομή στα κλιματικά δεδομένα της Ευρώπης και ΝΑνατολικής Μεσογείου

Συνεχείς είναι οι αναφορές των επιστημόνων ότι κατά τα τελευταία χρόνια σημειώνεται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε ολόκληρη τη γη (IPCC, 1990). Οι αναφορές αυτές προβλέπουν ότι οι καύσωνες στον 21^ο αιώνα θα είναι πιο έντονοι, περισσότερο συχνοί και μεγαλύτερης διάρκειας (Meehl and Tebaldi, 2004). Οι παρατεταμένες θερινές ξηρασίες και οι εμφανιζόμενες αυξημένες τάσεις για ακραία γεγονότα ισχυρών βροχοπτώσεων που προκαλούν πλημμύρες τις θερμές περιόδους (Pal, et al., 2004), είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά του καιρού που αναμένεται να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα για τα επόμενα χρόνια ή και αιώνες. Οι επιστημονικές αυτές αναφορές βασίζονται στο γεγονός ότι η θεωρία περί αλλαγής του κλίματος της γης θα επαληθευτεί στο προσεχές μέλλον αν δεν ληφθούν δραστικά μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η εξήγηση όμως των φυσικών διεργασιών και αιτίων που προκάλεσαν ή και συνεχίζουν να επηρεάζουν την μεταβολή των κλιματικών παραμέτρων, που χαρακτηρίζουν το κλιματικό σύστημα κάθε περιοχής, παραμένει ένα ανοικτό πρόβλημα παρά τις προσπάθειες πολλών επιστημόνων να δώσουν μια σαφή και τεκμηριωμένη απάντηση.

Η παρατηρηθείσα θέρμανση του πλανήτη δεν κατανέμεται ομοιόμορφα σε ολόκληρη τη γη. Μεταξύ των χρονοσειρών του Β. Ημισφαιρίου διαπιστώθηκαν διαφορές στον χρόνο έναρξης της θέρμανσης, καθώς επίσης στην ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας και τέλος στην ένταση του φαινομένου. Οι ιδιομορφίες αυτές δεν εμφανίζονται μόνο σε μεμονωμένους σταθμούς αλλά και σε εκτεταμένες περιοχές. Η κατανόηση επομένως των κλιματικών μεταβολών παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τον έλεγχο των κλιματικών μοντέλων και κατ' επέκταση στην επιβεβαίωση των κλιματικών τάσεων. Επίσης, η θέρμανση που παρατηρήθηκε στον αέρα της επιφάνειας της γης κατά τα τελευταία 100 χρόνια, περίπου, δεν παρουσιάζεται σαν μια μονότονη τάση αλλά εμφανίζει διακυμάνσεις και για μεγάλα ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα η τάση θέρμανσης αντιστρέφεται σε τάση ψύξης (Pervitali, et al., 1997).

Κατόπιν μελέτης της μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στο Β. Ημισφαίριο για την χρονική περίοδο 1880 - 1990, προκύπτει ότι η περίοδος αυτή μπορεί να χωρισθεί σε τέσσερις επί μέρους χρονικές περιόδους, με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μία εξ'αυτών. Η πρώτη χρονική περίοδος ξεκινά από το 1880 και φθάνει μέχρι την δεκαετία του 1930. Χαρακτηρίζεται από αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, η οποία για ολόκληρο το Β. Ημισφαίριο υπολογίζεται σε 0,5 °C, περίπου, κατά μέσο όρο. Στην επόμενη χρονική περίοδο, από την δεκαετία του 1930 μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1950, η θερμοκρασία διατηρείται σχεδόν αμετάβλητη, σε υψηλά όμως επίπεδα σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο. Την τρίτη χρονική περίοδο, δηλαδή από τα τέλη της δεκαετίας του 1950 μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970, η μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα παρουσιάζει πτώση, εξισορροπώντας εν μέρει την μικρή άνοδο των προηγούμενων ετών. Το 1976 θεωρείται ως η σημαδιακή χρονιά που ξεκίνησε η έως και σήμερα συνεχιζόμενη τάση αύξησης της μέσης θερμοκρασίας (Folland, et al., 2001). Αυτή η τάση αύξησης της μέσης θερμοκρασίας χαρακτηρίζει την τελευταία χρονική περίοδο.

Για την εξήγηση και ερμηνεία του φαινομένου αυτού, της διακύμανσης της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, στην επιφάνεια της γης, έχουν προταθεί πολλές θεωρίες και έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για προσομοίωση (simulation) της κλιματικής αυτής παραμέτρου με αριθμητικά κλιματικά μοντέλα.

Έχουν διατυπωθεί θεωρίες στις οποίες υποστηρίζεται ότι τα πιθανά αίτια των διεργασιών αυτών οφείλονται σε διάφορα ηλιακά και γεωφυσικά φαινόμενα, όπως είναι για παράδειγμα, οι μεταβολές στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Οι μεταβολές στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι δυνατό να οφείλονται είτε σε περιοδικές μεταβολές

της ηλιακής δραστηριότητας, είτε σε μεταβολές της αδιαφάνειας της ατμόσφαιρας από τον εμπλουτισμό της με σωματίδια ηφαιστειακής (ή άλλης πηγής) προέλευσης. Άλλες θεωρίες υποστηρίζουν ότι οι παρατηρούμενες κλιματικές μεταβολές, στα χρόνια μετά την βιομηχανική επανάσταση, οφείλονται καθαρά και μόνο σε ανθρωπογενείς αιτίες. Η κυριότερη και η πλέον προβλεπόμενη πιθανή ανθρωπογενής αιτία είναι η συνεχιζόμενη, από την έναρξη της βιομηχανικής εποχής, αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, λόγω της αδιάκοπης έκλυσης του αερίου αυτού από τις αναπτυσσόμενες βιομηχανικές δραστηριότητες. Τέλος υπάρχει και ένας αριθμός ερευνητών οι οποίοι ισχυρίζονται ότι, μια κλιματική μεταβολή είναι δυνατό να αποτελεί απλώς μια φυσική μεταβολή, η οποία να οφείλεται σε πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων παραγόντων που συνθέτουν και επηρεάζουν το κλιματικό σύστημα της γης.

Για την υποστήριξη όμως και την ανάπτυξη όλων των παραπάνω θεωριών έχουν ληφθεί υπόψη οι μετρήσεις της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης από μετεωρολογικούς σταθμούς επιφανείας. Η κλιματολογική επεξεργασία των μετρήσεων αυτών είναι πιθανό να οδηγεί σε υπερεκτίμηση της μεταβολής της θερμοκρασίας. Πολλοί επιστήμονες πάντως εκφράζουν κατά διαστήματα τις αμφιβολίες τους, όσον αφορά την ορθότητα των επιφανειακών μετρήσεων της θερμοκρασίας, εστιάζοντας κυρίως σε τρεις λόγους:

- Κατά τη διάρκεια συστηματικής καταγραφής των μετρήσεων έχουν σημειωθεί μετακινήσεις των σταθμών παρατήρησης, ενώ και οι τεχνικές μέτρησης των τιμών έχουν βελτιωθεί σημαντικά λόγω ανάπτυξης της τεχνολογίας.
- Οι σταθμοί παρατήρησης στις θάλασσες και τους ωκεανούς είναι σπάνιοι.
- Επιπλέον, η αστικοποίηση της ευρύτερης περιοχής που βρίσκεται εγκατεστημένος ο μετεωρολογικός σταθμός και η επέκταση των πόλεων, ιδιαίτερα στα αναπτυσσόμενα κράτη, είναι δυνατό να προκαλεί μια τεχνητή αύξηση της θερμοκρασίας.

Επομένως η κλιματολογική επεξεργασία και ανάλυση των μετρήσεων αυτών είναι περισσότερο χρήσιμη για την διαπίστωση τυχόν αλλαγών των μετεωρολογικών παραμέτρων σε τοπική κλίμακα. Αντιθέτως, δεν χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα αξιόπιστες μετρήσεις προκειμένου να χρησιμοποιούνται σε κλιματικά προγνωστικά μοντέλα ώστε να εκτιμάται η μελλοντική συμπεριφορά της ατμόσφαιρας.

Τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα μετά το 1979, αποκτήθηκε η δυνατότητα πολύ σφαιρικότερων και ολοκληρωμένων μετρήσεων καθ' ύψος μέσα στην ατμόσφαιρα, μέσω της χρήσης δεδομένων από μετεωρολογικούς δορυφόρους. Με βάση αυτά τα δεδομένα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως περισσότερο αξιόπιστα, καθότι δεν μεταβάλλονται άμεσα, εξ' αιτίας επιφανειακών επιδράσεων, διαπιστώνεται ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην τροπόσφαιρα θα είναι σημαντικά μικρότερη από αυτήν που προβλέπουν τα κλιματικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούν επίγειες παρατηρήσεις (Spencer and Christy, 1990).

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των προβλέψεων του ΟΗΕ (IPCC, 1990), για την άνοδο της θερμοκρασίας σε Παγκόσμια κλίμακα, την περίοδο της δεκαετίας 1980 - 1990. Οι εκτιμήσεις του τότε θεωρούνταν και υπερβολικά μετριοπαθείς. Προέβλεπε αύξηση 0,45 °C, εντός της δεκαετίας, και τελικά τα δεδομένα στην επιφάνεια της θάλασσας από τους μετεωρολογικούς σταθμούς έδειξαν αύξηση 0,11 °C, αντίστοιχα οι μετρήσεις των σταθμών ανώτερης ατμόσφαιρας, με τα μετεωρολογικά μπαλόνια, έδειξαν αύξηση 0,36 °C, ενώ τα δεδομένα των μετεωρολογικών δορυφόρων κατέγραψαν τελικά μείωση 0,03 °C. Ενδιαφέρον όμως παρουσιάζουν και οι εκτιμήσεις για την περιοχή της Μεσογείου. Σύμφωνα λοιπόν με τα διαθέσιμα στοιχεία του ΟΗΕ / IPCC, για την ΒΑ Μεσόγειο, διαπιστώθηκε μείωση της μέσης θερμοκρασίας της τάξης των 0,38 °C για την περίοδο 1958 - 1997. Πάλι με στοιχεία του IPCC, ειδικά για το κέντρο της Αθήνας, για την περίοδο 1960 - 1990, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της θερμοκρασίας της τάξης των 0,67 °C.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών δημιουργούν εύλογες απορίες στο ότι, αν σε διάστημα μιας δεκαετίας διαπιστώνονται τόσο μεγάλες αποκλίσεις των προβλέψεων του ΟΗΕ / IPCC με τις πραγματικές τιμές της θερμοκρασίας, πόσο έγκυρες και αξιόπιστες μπορεί να είναι άραγε οι προβλέψεις σε χρονικό ορίζοντα πολλών δεκαετιών. Είναι

απολύτως λογικό επομένως να γεννάται η ανησυχία ότι οι προβλέψεις για το μέλλον εμπεριέχουν σφάλμα το οποίο θα μεγαλώνει, με πολλούς τρόπους, όσο θα μεγαλώνει και το διάστημα πρόβλεψης. Αναμφισβήτητα λοιπόν όσο μεγαλύτερης διάρκειας πρόβλεψη επιχειρείται, και επομένως απομάκρυνση από τα πραγματικά στοιχεία, τόσο θα μεγαλώνουν και τα περιθώρια υπερβολής.

Είναι γεγονός ότι η παράμετρος της θερμοκρασίας, και η διακύμανση της γύρω από την μέση τιμή της, αποτελεί τον σπουδαιότερο προς εξέταση παράγοντα στην έρευνα μεταβολής των κλιματικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής. Σημαντικός όμως παράγοντας, αν και δεν του αποδίδεται η ίδια αξία με αυτόν της θερμοκρασίας, είναι και η παράμετρος των βροχοπτώσεων που και αυτές με την σειρά τους συμβάλλουν στο κλιματικό γίνεσθαι μιας περιοχής. Τα κλιματολογικά στοιχεία που προκύπτουν από την επεξεργασία των μετρήσεων του υετού εμφανίζουν μια τάση μείωσης των βροχοπτώσεων τις τελευταίες δεκαετίες. Τα πραγματικά αίτια μείωσης των βροχοπτώσεων παραμένουν ακόμη αδιευκρίνιστα, αφού τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας, και πλήθος άλλων μοντέλων, που χρησιμοποιούν δεδομένα επίγειων μετρήσεων, δεν δίνουν πάντα τα ίδια αποτελέσματα. Γενική εκτίμηση είναι πάντως ότι, με πραγματική άνοδο της μέσης θερμοκρασίας αναμένεται ότι θα υπάρξει μείωση των ετήσιων βροχοπτώσεων και χρονική μετατόπιση των ξηρών και υγρών περιόδων.

Σύμφωνα μάλιστα με το κλιματικό μοντέλο Had CM₂, που χρησιμοποιεί μόνο την αύξηση του CO₂ ως μεταβλητό στοιχείο εισόδου και όχι τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου, για τον χρονικό ορίζοντα του έτους 2050, πολλές περιοχές της Αν. Μεσογείου θα δέχονται κατά μέσο όρο 20 - 25% λιγότερη ετήσια βροχόπτωση, ενώ η μέση θερμοκρασία θα ανέλθει κατά 2 - 2,5 °C. Ειδικότερα για τις νησιώτικές και παράκτιες περιοχές της Αν. Μεσογείου αναμένεται μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης σε ποσοστό περίπου 10 – 15%, με αντίστοιχη άνοδο της μέσης θερμοκρασίας κατά 1,5 °C.

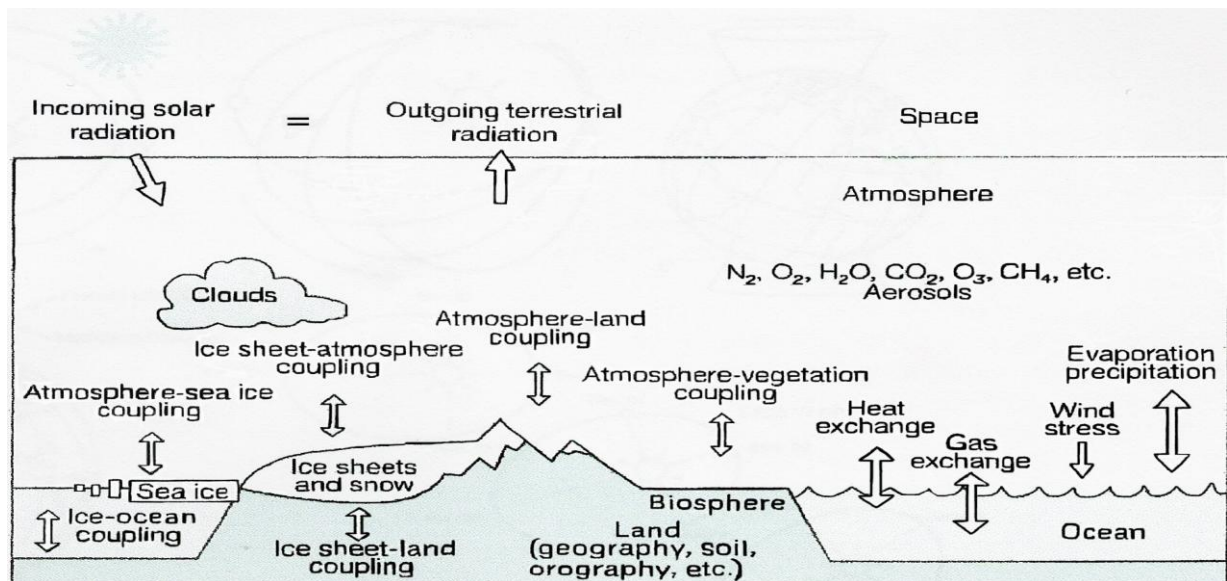
Αναμφισβήτητα η ατμόσφαιρα αποτελεί ένα υπερβολικά περίπλοκο σύστημα που κανένα μετεωρολογικό μαθηματικό μοντέλο δεν είναι σε θέση να περιγράψει επακριβώς τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτήν, ακόμη και σε πραγματικό χρόνο, πόσο μάλλον να κάνει και ασφαλείς προβλέψεις. Είναι προτιμότερο να καταγράφονται και να αναλύονται οι τάσεις διακύμανσης των μετεωρολογικών παραμέτρων, μέσα από χρονοσειρές υπαρκτών μετρήσεων, κοντά στην επιφάνεια της γης και καθ' ύψος μέσα στην ατμόσφαιρα και να καταβάλλεται κάθε δυνατή προσπάθεια συνεκτίμησης των αποτελεσμάτων με πλήρη αντικειμενικότητα.

1. 2 Παράγοντες του Κλιματικού Συστήματος

Το κλιματικό σύστημα της γης διαμορφώνεται από τους παρακάτω παράγοντες : την Ατμόσφαιρα, (αέριο περίβλημα), την Υδρόσφαιρα (ωκεανοί και γενικά υδάτινες επιφάνειες), την Λιθόσφαιρα (ήπειροι), την Κρυόσφαιρα (πάγοι) και την Βιόσφαιρα. Το κλιματικό σύστημα είναι ένας υπερβολικά σύνθετος και πολύπλοκος μηχανισμός που εμπεριέχει μεγάλο αριθμό αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων που το διαμορφώνουν, όπως φαίνεται και στο **σχήμα 1**. Ο κάθε ένας από αυτούς τους παράγοντες τροποποιείται εξ' αιτίας φυσικών και χημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό τους. Αντίστοιχα με φυσικές και χημικές διεργασίες αλληλεπιδρούν και μεταξύ τους ώστε μια εσωτερική μεταβολή σε οποιοδήποτε από αυτούς, να προκαλεί, σε κάποιο μέτρο και σε διάφορες κλίμακες του χρόνου, μεταβολές και στους υπόλοιπους παράγοντες του κλιματικού συστήματος.

Ατμόσφαιρα είναι ο αέρας που περιβάλλει τη γη, και είναι η πλέον ευμετάβλητη παράμετρος του κλιματικού συστήματος. Ο αέρας αποτελείται από ένα μείγμα αερίων που μέχρι τα 100 km περίπου, έχει σταθερή σύνθεση, αν εξαιρέσουμε τους υδρατμούς, των οποίων η συγκέντρωση κατ' όγκο ανέρχεται από 3 - 4% υπεράνω των τροπικών ωκεανών μέχρι σχεδόν 0% πάνω από τις έρημους και σε μεγάλα ύψη στην ατμόσφαιρα. 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 σημαντικά ενεργό ρόλο στο κλιματικό σύστημα, αφ' ενός μεν λόγω της σύστασης της, δια της απορρόφησης και εκπομπής ακτινοβολιών και αφ' ετέρου, μεταφέροντας θερμότητα οριζοντίως και κατά την κατακόρυφο, ανακατανέμοντας έτσι τη θερμότητα σε χρόνο της τάξεως του ενός μηνός.



Σχήμα 1 : Αλληλεπίδραση των πέντε κυριότερων παραγόντων που επηρεάζουν το κλιματικό σύστημα.
Figure 1 : Interactions between the five major components of the climate system (Hay, et al., 1997).

Την Υδρόσφαιρα αποτελούν κυρίως οι Ωκεανοί, οι οποίοι περιέχουν περίπου το 97% του νερού της γης και καλύπτουν το 71% της επιφάνειας της. Οι ωκεανοί μαζί με τις γειτονικές του θάλασσες απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας των, αποτελούν μια τεράστια δεξαμενή ενέργειας. Την ίδια στιγμή 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 CO_2 , 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 επίσης, είναι σημαντικοί παράγοντες του υδρολογικού κύκλου και μεταβλητές του κλιματικού συστήματος σε διάφορες κλίμακες του χρόνου.

Η επιφάνεια των ηπείρων είναι μια παράμετρος του κλιματικού συστήματος, η οποία υφίσταται μεταβολές από τις μεγαλύτερες κλίμακες 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 την βλάστηση.

Η Κρυόσφαιρα περιλαμβάνει τις αποθέσεις των πάγων και χιονιών της γης, δηλαδή τους πάγους των πολικών περιοχών, τους παγετώνες των ορέων, τα θαλάσσια παγόβουνα 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 στην στάθμη της θάλασσας, αλλά και μεταβολές της λευκαύγειας (albedo), με επακόλουθο θερμοκρασιακές μεταβολές στο θερμικό ισοζύγιο (Hay, et al., 1997).

Τέλος ως Βιόσφαιρα ορίζεται όλος ο ζωντανός κόσμος που είναι στη γη, δηλαδή τα φυτά θαλάσσης και ξηράς και οι ζώντες οργανισμοί αέρος, ξηράς και θαλάσσης. Σύμφωνα με

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 (Bolin, 1980). Οι ζωντανοί οργανισμοί επηρεάζουν το κλίμα με διάφορες επεμβάσεις τους σε όλους τους παράγοντες του κλιματικού συστήματος. Τα φυτά, για παράδειγμα παίζουν σημαντικό ρόλο στο ισοζύγιο του διοξειδίου του άνθρακα και μέσω αυτού στο θερμικό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας. Επίσης τα φυτά επηρεάζουν τον υδρολογικό κύκλο με την εξατμισοδιαπνοή, και τέλος μεταβάλλουν την λευκαύγεια του εδάφους. Τα ζώα, και ιδιαίτερα ο άνθρωπος, αλλοιώνουν επίσης το φυσικό τους περιβάλλον ποικιλοτρόπως με τις διάφορες δραστηριότητες τους.

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, κατά το ήμισυ απορροφάται από τους ωκεανούς και το έδαφος, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό επιστέφει πίσω στο διάστημα ως ανακλώμενη ακτινοβολία. Το έδαφος και οι ωκεανοί θερμαίνονται από την απορροφούμενη ακτινοβολία και στη συνέχεια ακτινοβολούν θερμότητα υπό μορφή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, όπου μεγάλο μέρος αυτής απορροφάται από μερίδα των αερίων της ατμόσφαιρας. Επομένως η απορρόφηση αυτής της μορφής θερμότητας εξαρτάται από την σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η ατμόσφαιρα επίσης θερμαίνεται κατά μεγάλο ποσοστό από την έκλυση της λανθάνουσας θερμότητας συμπυκνώσεως κατά τον σχηματισμό των νεφών. Επίσης τα νέφη με την σειρά τους παίζουν σημαντικό ρόλο στο ισοζύγιο των ακτινοβολιών (ανάκλαση, απορρόφηση και εκπομπή ακτινοβολιών). Η ατμόσφαιρα και οι ωκεανοί θερμαίνονται δημιουργούν συνθήκες κυκλοφορίας του αέρα υπό μορφή ανέμου, και των υδάτων υπό μορφή θαλάσσιων ή και ωκεάνιων ρευμάτων, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρουν θερμότητα από περιοχές θερμότερες σε περιοχές ψυχρότερες.

Οι μεγάλης κλίμακας διαταραχές της ατμόσφαιρας, καθώς και οι κατακόρυφες κινήσεις εντός των νεφών και των καταιγίδων, αφ' ενός μεν μεταφέρουν θερμότητα στα υψηλότερα στρώματα της Τροπόσφαιρας, αφ' ετέρου συμμετέχουν σε διαδικασίες μεταφοράς για την διατήρηση της ορμής, της μάζας και της ενέργειας. Στους ωκεανούς εκτός των βαθμίδων θερμοκρασίας δημιουργούνται και βαθμίδες αλατότητας (αλμυρότητας), το οποίο εκφράζεται σε διαφοροποίηση της πυκνότητας, και ο συνδυασμός αυτών των δύο αποτελεί την αιτία πρόκλησης των θαλάσσιων ή ωκεάνιων ρευμάτων.

Υπάρχουν επίσης, στο κλιματικό σύστημα μηχανισμοί αλληλεπίδρασης και ανάδρασης, οι οποίοι επενεργούν είτε ενισχύοντας μια διαταραχή στο κλιματικό σύστημα (θετική ανάδραση), είτε καταστέλλοντάς την (αρνητική ανάδραση). Για παράδειγμα, μία διαταραχή στην θερμοκρασία της επιφάνειας του ωκεανού μεταβάλλει την μεταφορά προς την ατμόσφαιρα της αισθητής και της λανθάνουσας θερμότητας, λόγω μείωσης του ποσού του εξατμιζόμενου ύδατος. Η προκύπτουσα μεταβολή της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας τροποποιεί την κυκλοφορία της, με άμεση διαταραχή στην ανάπτυξη των βαρομετρικών συστημάτων και επομένως μεταβάλλεται και το ποσό των νεφών μέσα στην ατμόσφαιρα. Η κυκλοφορία όμως της ατμόσφαιρας με τους ανέμους τροποποιεί την ανάμειξη των ωκεάνιων στρωμάτων και η νέφωση τροποποιεί την προσπίπτουσα στον ωκεανό ηλιακή ακτινοβολία άρα και την θέρμανση του ωκεανού. Αυτές οι πολύπλοκες διεργασίες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την ενίσχυση ή την καταστολή της αρχικής ωκεάνιας διαταραχής. Στον πολύπλοκο μηχανισμό του κλιματικού συστήματος μια μεταβολή σε ένα μέρος αυτού προκαλεί το έναυσμα για μια σειρά μεταβολών σε άλλες παραμέτρους του συστήματος, ανάλογα με το μέγεθος της αρχικής μεταβολής και το είδος της. Εάν θεωρήσουμε ως εξωτερικές παραμέτρους του συστήματος τις μετακινήσεις των ηπείρων ή τις μεταβολές στη σύσταση της ατμόσφαιρας (από φυσικές και ανθρωπογενείς αιτίες), τότε ο οποιοσδήποτε μηχανισμός ανάδρασης σε κάποιο στάδιο αλληλεπιδράσεων, με άλλα μέρη του συστήματος, θα πρέπει βέβαια να εξουδετερώνεται, βάσει εσωτερικών διεργασιών προσαρμογής, αλλιώς το κλίμα θα παρουσίαζε εκρηκτική συμπεριφορά αλυσιδωτών αντιδράσεων.

1. 3 Θεωρίες Κλιματικών Μεταβολών

Για την εξήγηση και την κατανόηση των κλιματικών μεταβολών έχουν γίνει πολλές υποθέσεις και έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες, οι οποίες μπορούν να χωρισθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες. Η μία κατηγορία από αυτές τις θεωρίες λαμβάνει σαν αιτία των μεταβολών αυτών την αλλαγή της ατμοσφαιρικής σύστασης, μια άλλη κατηγορία περιλαμβάνει θεωρίες που βασίζονται σε μεταβολές της σχετικής θέσης της γης ως προς τον ήλιο και κατ'επέκταση τη μεταβολή της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η γη και τέλος η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει θεωρίες που έχουν σχέση με την επίδραση των μεταβολών της επιφάνειας της γης στο κλίμα.

1. 3. 1 Θεωρίες Μεταβολών της Ατμοσφαιρικής Σύστασης

α. Ηφαιστειακή δράση

Η αύξηση του κονιορτού στην ατμόσφαιρα μετά από μια ηφαιστειακή έκρηξη έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή της διαπερατότητας της ατμόσφαιρας. Ο κονιορτός αυτός 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 (albedo) της γης, δηλαδή μείωση της απορροφούμενης από το σύστημα (ατμόσφαιρας- γης) 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 βγήκε το συμπέρασμα ότι κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ 30.000 έτη έως 17.000 έτη πριν από σήμερα, η μέση θερμοκρασία του αέρα είχε υποστεί μια πτώση περίπου 3 °C, πιθανά λόγω ηφαιστειακής δραστηριότητας.

Έχει παρατηρηθεί ότι μετά από μια έκρηξη ενός ηφαιστείου σημειώνεται μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Το φαινόμενο της μείωσης της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω ηφαιστειακής δραστηριότητας μελετήθηκε μετά τη μεγάλη έκρηξη του ηφαιστείου Agung (Ινδονησία) το 1963. Τότε, πολλοί ακτινομετρικοί σταθμοί σε όλη τη γη κατέγραψαν μία 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 απελευθερώθηκαν κατά την έκρηξη του ηφαιστείου έφθασαν στα κατώτερα στρώματα της στρατόσφαιρας και αφού διαχύθηκαν δημιούργησαν στα ύψη 15 - 20 km (Junge layer) ένα νεφικό στρώμα που διατηρήθηκε εκεί για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 2 ετών (Dyer and Hicks, 1965 και 1968). Ανάλογα φαινόμενα παρατηρήθηκαν μετά την έκρηξη του ηφαιστείου El Chichon του Μεξικού το 1982 (Ζερεφός, 1984). Διαπιστώθηκε ότι η άμεση ηλιακή ακτινοβολία υφίσταται μεγαλύτερη εξασθένηση απ'ότι η ολική ηλιακή ακτινοβολία, διότι η σκέδαση είναι μεγαλύτερη κατά τη διεύθυνση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (σκέδαση Mie). Η αύξηση κατά 2% της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα μέχρι το μέσο του 20^{ου} αιώνα αντιστοιχεί μόλις σε 0,3% αύξηση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας. Ο Budyko (1975) έδειξε ότι η αύξηση αυτή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης είναι δυνατό να έχει προκαλέσει αύξηση 0,4 °C της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, κατά μέσο όρο, για ολόκληρη τη γη.

β. Μεταβολές των συστατικών της ατμόσφαιρας. Ατμοσφαιρικό φαινόμενο (φαινόμενο Θερμοκηπίου)

Όπως γνωρίζουμε η γη παρεμβάλλεται στην πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας και αποκόπτει δίσκο εμβαδού πR^2 (όπου R η ακτίνα της γης), ενώ ταυτόχρονα ακτινοβολεί σαν μέλαν σώμα προς το διάστημα από όλη την επιφάνεια της. 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 δίδεται από την συνάρτηση του Planck, η ολοκλήρωση της οποίας έγινε από τον Stefan – Boltzman και είναι $B(T) = \sigma T_e^4$.

Σύμφωνα με την προηγούμενη αναφορά θα ισχύει η σχέση :

$$\pi R^2 (1-\alpha)s = 4\pi R\sigma T_e^4 \quad 1.3.1$$

Όπου: R = η ακτίνα της γης

T_e = η ενεργός θερμοκρασία της γης (χωρίς ατμόσφαιρα)

α = η λευκαύγεια ($\alpha = 0,33$)

s = η ηλιακή σταθερά ($s = 1.353 \text{ Wm}^{-2}$)

σ = σταθερά των Stefan – Boltzman ($\sigma = (5.674 \pm 0.004) \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{K}^4$)

Από την 1.3.1. προκύπτει ότι :

$$T_e = \left[\frac{(1-\alpha)s}{4\sigma} \right]^{1/4} \quad 1.3.2$$

Από την εξίσωση 1.3.2 προκύπτει ότι η ενεργός θερμοκρασία της γης είναι 251°K (-22°C). Η παρατηρούμενη, κατά 37°C , περίπου, μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία της γης οφείλεται στην επίδραση της ατμόσφαιρας και τις διάφορες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτήν. Η ατμόσφαιρα αποτελείται από 78% N_2 , 21% O_2 και 1% από διάφορα άλλα αέρια (Ar , He , Ne , Kr , H_2O , CO_2 , H_2 , CH_4 , O_3 , ...). Τα τριατομικά αέρια της ατμόσφαιρας, δηλαδή το Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), οι υδρατμοί (H_2O), το όζον (O_3) καθώς επίσης ορισμένα άλλα αέρια όπως το Μεθάνιο (CH_4), οι χλωροφθοράνθρακες και τα υποξείδια του Αζώτου, τα οποία βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες μέσα στην ατμόσφαιρα, απορροφούν περίπου το 80% της υπέρυθρης ακτινοβολίας (γήινη ακτινοβολία) σε μήκη κύματος 4 -100 μm , η οποία εκπέμπεται από την γη προς το διάστημα. Αντιθέτως, τα αέρια αυτά είναι σχεδόν διαφανή στην περιοχή του φάσματος 0,2 - 4 μm όπου εκπέμπεται το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας.

Εύκολα γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι αν η γη δεν είχε καθόλου ατμόσφαιρα, καθώς θα έπεφτε η μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία πάνω της, ένα μέρος θα ανακλώνταν και θα επέστρεφε πίσω στο διάστημα, ενώ ένα άλλο μέρος της θα απορροφιόταν και στη συνέχεια θα εκπέμπονταν σαν υπέρυθρη ακτινοβολία πίσω στο διάστημα. Η γη τότε θα είχε θερμοκρασία η οποία, όπως προαναφέρθηκε, θα έφθανε στους -22°C , και αυτό φυσικά θα είχε ως συνέπεια η επιφάνεια του πλανήτη να ήταν μια απέραντη παγωμένη έκταση, αφιλόξενη για τα περισσότερα είδη της πανίδας και της χλωρίδας. Χάρη όμως σε αυτό το θερμοσυλλεκτικό σκέπασμα της ατμόσφαιρας και των ιδιοτήτων των αερίων που την απαρτίζουν, η μέση πλανητική θερμοκρασία ανεβαίνει κατά 37°C και βρίσκεται στο πρόσφορο για την βίωση μέσο επίπεδο των 15°C . Το φαινόμενο αυτό καλείται Ατμοσφαιρικό φαινόμενο (ή κοινώς φαινόμενο Θερμοκηπίου).

Σε πολλές επιστημονικές μελέτες εκτιμάται ότι η κύρια αιτία για την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, η οποία κατά προσέγγιση εκτιμάται στους $0,4^\circ\text{C} - 0,6^\circ\text{C}$, οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης του Διοξειδίου του Άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα, λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και της καταστροφής των δασών. Εντούτοις, πρόσφατες μελέτες των τελευταίων ετών εμφανίζουν μια αυξανόμενη συγκέντρωση και άλλων αερίων, τα οποία με τη σειρά τους εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα αέρια, αυτά είναι το Μεθάνιο (CH_4), το οξείδιο του Αζώτου (N_2O) και οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), τα οποία στο σύνολό τους δείχνουν να έχουν μια επίδραση στο φαινόμενο θερμοκηπίου, ίση με αυτή του Διοξειδίου του άνθρακα. Η παρουσία στην ατμόσφαιρα των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα του Διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), προφανώς προϋπήρχαν της εμφάνισης του ανθρώπου πάνω στη Γη. Η ανθρωπογενής επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι σχετικά πρόσφατη και οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στις αυξημένες καύσεις άνθρακα και υδρογονανθράκων της βιομηχανικής και μεταβιομηχανικής κοινωνίας. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια ανθρωπογενή διαταραχή, η

οποία συμβάλλει, σε ένα αδιευκρίνιστου ύψους ποσοστό, στα αίτια που προκαλούν μόνιμες αλλαγές στο κλιματικό περιβάλλον της γης.

1. 3. 2 Αστρονομικές ή Ηλιακές θεωρίες

α. Μεταβολές των τροχιακών κινήσεων της γης ως προς τον Ήλιο

Οι αστρονομικές ή ηλιακές θεωρίες εκφράζουν την άποψη ότι την κύρια ευθύνη για την διαμόρφωση ή αλλαγή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη την έχει ο ήλιος και κατ' επέκταση η μεταβολή της εκπεμπόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο πρώτος που διατύπωσε αυτή την θεωρία ήταν ο αστρονόμος Milutin Milankovitch στις αρχές της δεκαετίας του 1940. Η βάση συλλογισμού αυτής της θεωρίας είναι ότι, καθώς η γη ταξιδεύει μέσα στο διάστημα, τρεις διαφορετικές κυκλικές κινήσεις συνδυάζονται προκαλώντας μεταβολές στο συνολικό ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης.

Οι ετήσιες μεταβολές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας οφείλονται στην κλίση του άξονα περιστροφής της γης, σε σχέση με τον κατακόρυφο άξονα περιφοράς της γύρω από τον ήλιο, προκαλώντας με τον τρόπο αυτό τις τέσσερις διαφορετικές εποχές του χρόνου (καλοκαίρι – φθινόπωρο – χειμώνα και άνοιξη). Η ένταση της εποχιακής εισερχόμενης ακτινοβολίας ποικίλει σε χρονική κλίμακα από 10^4 έως 10^5 ετών, λόγω των τροχιακών παραμέτρων της γης (Berger, 1977, 1987, Imbrie and Imbrie, 1980).

Οι σημαντικότερες τροχιακές παραλλαγές που επηρεάζουν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στη γη εμφανίζονται στο **σχήμα 2 (Α-Ε)** :

Α : Η ελλειπτικότητα της τροχιάς (περιφοράς) της γης γύρω από τον ήλιο, η οποία μεταβάλλει την μεταξύ τους απόσταση στο πέρασμα των αιώνων και ποικίλει σε χρονική κλίμακα 95.000 ετών περίπου, έως τον μεγαλύτερο κύκλο μεταβολών σε χρονική κλίμακα 400.000 ετών.

Β : Η κλίση (λοξότητα) του άξονα περιστροφής της γης, σε σχέση με τον κατακόρυφο άξονα περιφοράς της γύρω από τον ήλιο, δεν είναι σταθερή αλλά ποικίλει μεταξύ $22^{\circ} 2'$ και $24^{\circ} 30'$ σε χρονική κλίμακα 41.000 ετών. Στο παρόν η κλίση αυτή είναι στις $23^{\circ} 30'$. Όσο μικρότερη είναι η κλίση αυτή τόσο μικρότερες είναι και οι εποχιακές μεταβολές μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού στα μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη.

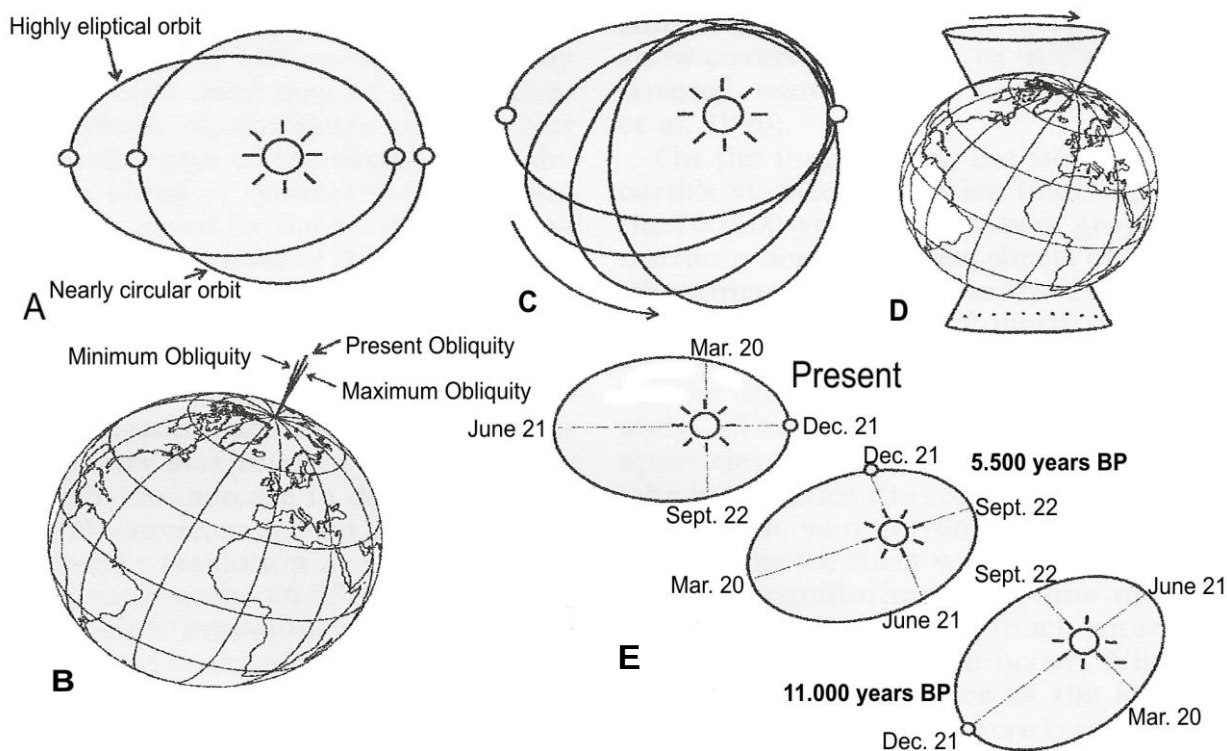
Γ : Η “μετάπτωση” της ελλειπτικής τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο, μεταβάλλει την χρονική διάρκεια του έτους όταν η γη βρίσκεται πλησιέστερα στον ήλιο και έχει μία περιοδικότητα των 105.000 ετών περίπου.

Δ : Η “μετάπτωση” του άξονα περιστροφής της γης, η οποία αλλάζει την εποχή (του έτους) που η γη βρίσκεται πλησιέστερα στον ήλιο και έχει μία περιοδικότητα 27.000 ετών.

Το συνδυασμένο αποτέλεσμα της μετάπτωσης του άξονα περιστροφής της γης και της ελλειπτικής τροχιάς είναι να παραχθεί μία φαινομενική περίοδος 23.000 ετών. Ομοίως, οι κυκλικές αλλαγές στην ελλειπτικότητα και την κατάπτωση του άξονα περιστροφής, συνδυαζόμενες παράγουν μία φαινομενική περίοδο 19.000 ετών. Η συγχώνευση των δύο παραπάνω φαινομενικών περιόδων (23.000 και 19.000 ετών) έχει ως αποτέλεσμα το περιήλιο να συμπίπτει με το εποχιακό καλοκαίρι σε κάθε ημισφαίριο σχεδόν κάθε 21.700 έτη. Το συνδυασμένο αυτό αποτέλεσμα, ορίζεται ως κατάπτωση των Ισημεριών και απεικονίζεται στο σχήμα 2 (Ε).

Όλες αυτές οι τροχιακές κινήσεις προκαλούνται από τον συνδυασμό των βαρυτικών έλξεων του ήλιου, της σελήνης και των άλλων πλανητών. Οι αλλαγές των τροχιακών κινήσεων προκαλούν μόνο μία ασήμαντη αλλαγή στο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται από τη γη κατά την διάρκεια ενός έτους, ταυτόχρονα όμως προκαλούν και την αναδιανομή του συνολικού ποσού της ενέργειας που λαμβάνεται σε διαφορετικά πλάτη, κατά

τη διάρκεια των διαφορετικών εποχών. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 2 (A), αλλαγές στην ελλειπτικότητα,



Σχήμα 2(A-E) : Τροχιακές μεταβολές του Milankovitch που επηρεάζουν την κατανομή της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στη γη, στο πέρασμα των αιώνων. (Hay, et al.,1997)

Figure 2(A-E) : Milankovitch orbital variations affecting the distribution of solar insolation on the earth during the course of a year. (Hay, et al.,1997)

επιφέρουν αλλαγές στο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται από την γη στο περιήλιο και αφήλιο και στο μήκος των εποχών του έτους. Εάν η τροχιά περιφοράς της γης γύρω από τον ήλιο ήταν κυκλική, με κέντρο τον ήλιο, τότε το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που θα λαμβάνονταν από τη γη θα ήταν πάντοτε το ίδιο. Προς το παρόν η ελλειπτικότητα είναι 0,0167 και η ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνεται από τη γη στο περιήλιο είναι 351 w / m^2 και στο αφήλιο 329 w / m^2 , μια διαφορά της τάξεως του 6%. Στην μέγιστη εκκεντρικότητα των 0,0607, η οποία συνέβη πριν από 5 εκατ. έτη, σύμφωνα με τον Berger, η διαφορά της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνονταν από το περιήλιο και το αφήλιο ήταν περίπου στο 30%. Η διανομή της ενέργειας που λαμβάνεται από το περιήλιο και το αφήλιο διαμορφώνεται από την “μετάπτωση” της ελλειπτικής τροχιάς και του άξονα περιστροφής της γης, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να επηρεάζουν συγκεντρωτικά το ένα και μετά το άλλο ημισφαίριο. Τα αποτελέσματα αυτά είναι :

- Ταλάντωση στην ένταση της εποχικότητας μεταξύ του Βορείου και Νοτίου ημισφαιρίου.
- Μετατόπιση του Θερμικού Ισημερινού προς την πλευρά του ημισφαιρίου που βρίσκεται κοντύτερα προς τον ήλιο κατά την διάρκεια του εποχιακού θέρους.
- Μετατοπίσεις των κλιματικών ζωνών στα μικρά γεωγραφικά πλάτη.

Οι αλλαγές στην κλίση (λοξότητα) του άξονα περιστροφής της γης, ανακατανέμουν τα ποσά ενέργειας που λαμβάνονται στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, συγκεντρώνοντας και διασκορπίζοντας, διαδοχικά, την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προς τους πόλους αμφοτέρων των πολικών κύκλων.

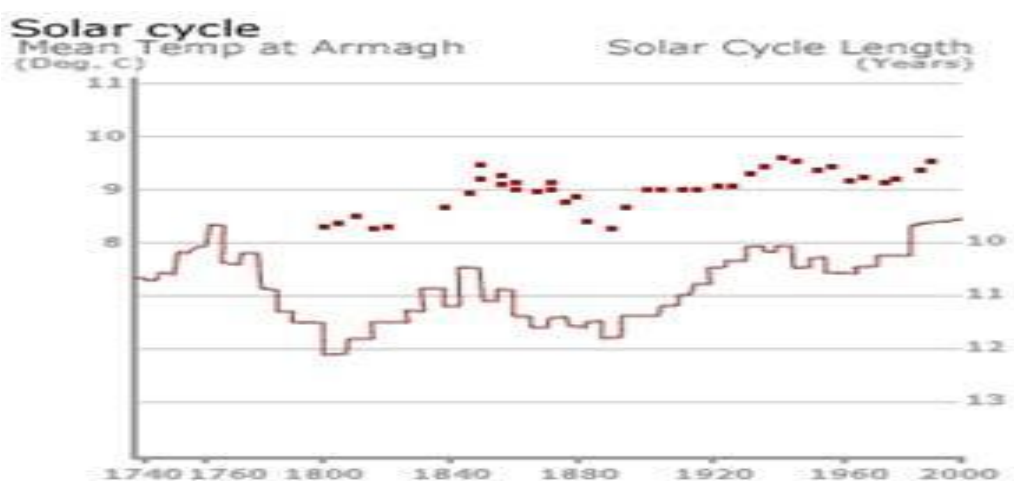
Στην δεκαετία του 1970 επιστημονικές μελέτες μετά από εξέταση ιζημάτων από τον βυθό των ωκεανών επιβεβαίωσαν ότι οι μεταβολές του κλίματος στο παρελθόν σχετίζονται άμεσα με τους κύκλους του Milankovitch.

β. Μεταβολές στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία

Στην κατηγορία όμως των αστρονομικών ή ηλιακών θεωριών περιλαμβάνονται και θεωρίες οι οποίες αναφέρονται στις μεταβολές της ηλιακής ενέργειας, η οποία φθάνει στην επιφάνεια της γης, λόγω διαφόρων παραγόντων.

“Ηλιακή σταθερά” λέγεται το ποσό της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στα όρια της γήινης ατμόσφαιρας ανά μονάδα χρόνου, κάθετα σε μοναδιαία επιφάνεια και στη μέση απόσταση γης - ήλιου. Ο ήλιος θεωρείται σαν μια μεταβλητή πηγή ενέργειας, και εξ’ αιτίας των μεταβολών της ενεργειακής του εκπομπής μεταβάλλονται και κάποιοι παράμετροι του κλίματος της γης. Αυτό συμβαίνει διότι όπως αποκαλύπτεται, από σύγχρονες αστρονομικές μελέτες, η πυρηνική δράση στο κέντρο του ήλιου δεν είναι συνεχής αλλά παρουσιάζει μια ανεξερεύνητη περιοδικότητα. Η περιοδικότητα αυτή μεταφέρεται στη φωτόσφαιρα και εν συνεχεία επηρεάζει τις παραμέτρους του κλίματος της γης. Η φωτόσφαιρα του ηλίου 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 ηλίου παρουσιάζονται ηλιακές κηλίδες, οι οποίες συνδέονται με έντονα μαγνητικά πεδία. Κατά η χρονική διάρκεια της έντονης δραστηριότητας του ηλίου 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 ηλίου (Ζαμπάκας, 1981).

Πρόσφατες έρευνες πάντως έρχονται να υποστηρίξουν με σθένος ότι ο ήλιος έχει την κύρια συνεισφορά στην παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Ιδιαίτερα χαρακτηριστική είναι η δήλωση του καθηγητή αστρολογίας Dr. John Buttel ο οποίος εκτιμά ότι οι μελετητές που ασχολούνται με το “φαινόμενο θερμοκηπίου” έχουν υποτιμήσει το ρόλο των μεταβολών του ήλιου στις κλιματικές αλλαγές. Η επιστημονική του ομάδα επεξεργάστηκε στοιχεία 200 ετών από το Βρετανικό μετεωρολογικό παρατηρητήριο Armagh της Ιρλανδίας. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι η μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας, στο παρατηρητήριο του Armagh, είναι περιοδική, με περίοδο που φαίνεται να συσχετίζεται με τον ενδεκαετή κύκλο δραστηριότητας του ήλιου (**σχήμα 3**). Οι έρευνες όμως συνεχίζονται ακόμη προκειμένου να αποκαλυφθεί πλήρως στο κατά πόσο η δραστηριότητα του ήλιου ακολουθεί μια “σταθερή” ή ακόμη και “τυχαία” περιοδικότητα.



Σχήμα 3 : Μεταβολή της Μέσης θερμοκρασίας, στο Αστεροσκοπείο του Armagh, που σχετίζεται με τον ενδεκαετή κύκλο δραστηριότητας του ήλιου (www.physics4u.gr).

Figure 3 : Variations of the Mean Temperature, according to the activity of the 11-year solar cycle, in Armagh's observatory (www.physics4u.gr).

Μια άλλη έρευνα με επικεφαλής τον Καθηγητή Parker από το πανεπιστήμιο του Σικάγου απέδειξε ότι η ενέργεια που εκπέμπει ο ήλιος έχει σχεδόν διπλασιαστεί μέσα στα τελευταία 100 χρόνια. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας η αυξημένη ηλιακή δραστηριότητα συνέβη παράλληλα με την αύξηση του Διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα της γης. Και αυτό ίσως να μην είναι μια απλή σύμπτωση. Η αυξημένη ηλιακή

ενέργεια προκάλεσε την αύξηση της θερμοκρασίας της γης και αυτό με τη σειρά του έκανε θερμότερους τους ωκεανούς. Οι θερμότεροι ωκεανοί απορροφούν λιγότερο Διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Με αυτόν τον τρόπο, όταν η θερμοκρασία της γης εμφανίζεται λίγο μεγαλύτερη από την κανονική μέση τιμή, αυξάνονται οι συγκεντρώσεις όλων των αερίων του θερμοκηπίου. Με αυτή τη λογική, η καύση ορυκτών καυσίμων πιθανότατα να μην αποτελεί την κύρια αιτία του φαινομένου θερμοκηπίου και της αλλαγής του κλίματος γενικότερα.

Σύμφωνα με νεώτερα δεδομένα διαπιστώνεται ότι η περιοχή της ατμόσφαιρας που βρίσκεται πάνω από την Τροπόσφαιρα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις μεταβολές της υπεριώδους και της υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς επίσης και της σωματιδιακής εκπομπής του ηλίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην απορροφητικότητα του Όζοντος και των άλλων ιχνοστοιχείων που βρίσκονται στην περιοχή αυτή. Επομένως, οποιαδήποτε μεταβολή στην απορρόφηση (παραγωγή και καταστροφή) του Όζοντος στην Στρατόσφαιρα επηρεάζει άμεσα και την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αυτού στρώματος. Γενικά οι μεταβολές αυτές επιδρούν άμεσα στα πεδία των θερμοκρασιών και των ανέμων αλλάζοντας την ατμοσφαιρική κυκλοφορία στη μέση ατμόσφαιρα. Ο μηχανισμός που συνδέει τις μεταβολές της θερμοκρασίας της Στρατόσφαιρας με την Τροπόσφαιρα δεν είναι πλήρως γνωστός. Πολλοί ερευνητές έχουν επισημάνει κυμάνσεις των κλιματικών παραμέτρων της Τροπόσφαιρας, και ιδιαίτερα της μέσης θερμοκρασίας της γης, αποδίδοντας και πάλι τα αίτια αυτών των μεταβολών στην 11ετή κύμανση της ηλιακής δραστηριότητας.

1. 3. 3 Θεωρίες Επίδρασης της Γήινης Επιφάνειας

Οι μετακινήσεις των ηπείρων, σε προηγούμενες γεωλογικές περιόδους, είχαν σαν συνέπεια, οι διάφορες ηπειρωτικές περιοχές να αλλάζουν γεωγραφικό πλάτος και κατ' επέκταση να μεταβάλλεται το κλίμα των περιοχών αυτών. Κατά την μετακίνηση των ηπείρων και εξ' αιτίας άλλων ισοστατικών κινήσεων πάνω στην γήινη επιφάνεια, μετασχηματίζεται ο βυθός των ωκεανών, προκαλώντας με τον τρόπο αυτό μεταβολές στην κυκλοφορία των ωκεάνιων και θαλάσσιων ρευμάτων. Οι μεταβολές στα ωκεάνια και θαλάσσια ρεύματα επηρεάζουν κατ' επέκταση την μεταφορά θερμότητας από τους Τροπικούς προς τους Πόλους καθώς επίσης και την υγρομετρική κατάσταση της ατμόσφαιρας. Αντίστοιχα όμως, και οι όποιες κλιματικές μεταβολές στην ατμόσφαιρα από άλλους παράγοντες, προκαλούν, πιθανότατα, μεταβολές στην ωκεάνια και θαλάσσια κυκλοφορία οι οποίες με την σειρά τους επηρεάζουν και πάλι το κλίμα.

Οι μεταβολές της λευκαύγειας (albedo) της επιφάνειας της γης επηρεάζουν άμεσα το ισοζύγιο της ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να προκαλούνται αίτια μεταβολής του κλίματος της γης. Παράγοντες που αλλάζουν την λευκαύγεια της επιφάνειας της γης είναι η φυτοκάλυψη, η αποψίλωση, το πάγωμα της επιφάνειας των ωκεανών και η τήξη των πάγων. Έχει υπολογισθεί ότι εάν μεταβληθεί η μέση λευκαύγεια του συστήματος (γης – ατμόσφαιρας) κατά 1%, είναι δυνατό να μεταβληθεί η μέση θερμοκρασία του αέρα της γης κατά 2 °C (Budyko, 1975).

1. 4 Μοντέλα Πρόβλεψης Μελλοντικών Κλιματικών Καταστάσεων της γης

Σε όλες τις μελέτες που επιχειρείται να δοθεί απάντηση για τις κλιματικές αλλαγές, οι οποίες παρατηρούνται στις μέρες μας, δοκιμάζονται διάφορα μοντέλα πρόβλεψης μελλοντικών κλιματικών καταστάσεων της γης, τα οποία χρησιμοποιούν κλιματικά δεδομένα από το παρελθόν. Θεωρητικά όμως είναι λάθος τα κλιματικά δεδομένα του παρελθόντος, τα οποία διαμορφώθηκαν κάτω από εντελώς διαφορετικές περιβαλλοντικές και γεωλογικές συνθήκες, να αποτελούν την κύρια βάση στοιχείων, τα οποία εισάγονται στα μοντέλα αυτά, προκειμένου να επιτευχθεί πρόβλεψη μελλοντικών κλιματικών καταστάσεων.

Οι αιτίες για την δυσκολία κατανόησης του συνόλου του κλιματικού συστήματος γίνονται εύκολα αντιληπτές από το σχήμα 1, το οποίο δείχνει την αλληλεπίδραση των πέντε κυριότερων παραγόντων του κλιματικού συστήματος για τους οποίους έγινε περιληπτική

αναφορά στις προηγούμενες παραγράφους. Δεν υπάρχει καμία γενική κλιματική θεωρία ή καταγεγραμμένη κλιματική αλλαγή η οποία θα μπορούσε να προβλέψει νέες συνθήκες πάνω στον πλανήτη χρησιμοποιώντας μια σειρά εξισώσεων οι οποίες περιγράφουν τους παράγοντες του κλιματικού συστήματος, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους, σε διαφορετικά επίπεδα κατανόησης. Η ατμοσφαιρική και ωκεάνια κυκλοφορία μπορούν να περιγραφούν από εξισώσεις οι οποίες εκφράζουν την διατήρηση της μάζας, της ορμής και της ενέργειας, των υδρατμών και τέλος εξισώσεις για την κατάσταση της ατμόσφαιρας και των ωκεανών (Peixoto and Oort, 1992). Στις εξισώσεις αυτές προστίθενται και μία σειρά άλλων παραμέτρων όπως είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η φυσική διαμόρφωση του γήινου ανάγλυφου, η μεταβολή της περιεκτικότητας των αερίων της ατμόσφαιρας, η κάλυψη θάλασσας και στεριάς με πάγους και χιόνια, η βλάστηση, η διαφορετικότητα των εδαφών, κ.α.. Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω παραγόντων περιγράφει τα θερμουδροδυναμικά χαρακτηριστικά του κλίματος και αυτά είναι : η θερμοκρασία, η πυκνότητα, η περιεκτικότητα σε υγρασία, ο υετός, η εξάτμιση, η ταχύτητα του ανέμου, η αλατότητα στα επιφανειακά νερά των ωκεανών κ.α.. Οι άλλοι παράγοντες του κλιματικού συστήματος περιγράφονται επίσης από εξισώσεις, αλλά συχνά με πολύ μικρότερη βεβαιότητα, έτσι δεν είναι απόλυτο ότι εκφράζουν επακριβώς τις διεργασίες στις οποίες εμπλέκονται. Οι περισσότερες από τις εξισώσεις οι οποίες περιγράφουν διαφορετικούς τομείς του κλιματικού συστήματος είναι μη-γραμμικές και υποκείμενες σε λύσεις μόνο μέσω αριθμητικών μεθόδων, απαιτώντας φυσικά πολύ μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Από την άλλη πλευρά όμως οι απλοποιήσεις και οι παραδοχές στην επίλυση των εξισώσεων είναι δυνατό να αποφέρουν σημαντικά διαφοροποιημένα αποτελέσματα για το σύνολο των αλληλεπιδράσεων του κλιματικού συστήματος της γης. Οι ωκεανοί λειτουργούν σε μια χρονική κλίμακα πολύ μεγαλύτερη από αυτήν της ατμόσφαιρας, ενώ η Κρυόσφαιρα λειτουργεί σε μια ακόμη μεγαλύτερη χρονική κλίμακα από αυτή των ωκεανών. Η Βιόσφαιρα από την άλλη πλευρά, όχι μόνο λειτουργεί σε μια διαφορετική χρονική κλίμακα αλλά ταυτόχρονα εξελίσσεται με τον χρόνο, έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης με τους άλλους παράγοντες του κλιματικού συστήματος να μεταβάλλονται σημαντικά.

Το 1830, ο Charles Lyell, έκδοσε τον πρώτο τόμο της εργασίας του “Αρχές της Γεωλογίας” και αφιέρωσε σχεδόν το ένα τρίτο του τόμου αυτού στις αλλαγές του κλίματος πάνω στον πλανήτη, στο πέρασμα του χρόνου. Ερμήνευσε τις μετρήσεις του άνθρακα ως αντιπροσωπευτικές τεραστίων εκτάσεων τροπικής βλάστησης που αναπτύσσονταν κάτω από θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες από τις θερμοκρασίες της Αγγλίας επί των ημερών του. Από αυτές και άλλες εναποθέσεις συμπεράνε ότι οι θερμοκρασίες και οι βροχοπτώσεις είχαν μεταβληθεί σημαντικά κατά τον παρελθόντα γεωλογικό χρόνο. Υπέθεσε ότι οι παλαιογεωγραφικές αλλαγές στην επιφάνεια της γης ήταν ως επί το πλείστον υπεύθυνες για τις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες του παρελθόντος, αιτιολογώντας ότι αν υπήρχε περισσότερη στεριά στις πολικές περιοχές, η γη θα ήταν πιο ψυχρή ενώ αντιθέτως αν υπήρχε περισσότερη στεριά στην Ισημερινή ζώνη, η γη θα ήταν θερμότερη. Ενάμιση αιώνα αργότερα, η αιτιολόγηση του Lyell ήρθε να επιβεβαιωθεί από πειραματικά αριθμητικά κλιματικά μοντέλα (Barron et al. 1984, Hay et al. 1990)

Παρά το γεγονός ότι οι κλιματικές αλλαγές λαμβάνονται σοβαρά υπόψη στις γεωλογικές έρευνες, εδώ και δύο αιώνες σχεδόν, παρόλα αυτά δεν δόθηκε μεγάλη έμφαση στην κατανόηση των διεργασιών που αλληλεπιδρούν στο κλιματικό σύστημα, τουλάχιστον μέχρι τις δυο τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα. Η ιδέα, την οποία πρώτος παρουσίασε ο James Hutton ότι το παρόν αποτελεί το κλειδί για την κατανόηση (των κλιματικών συνθηκών) του παρελθόντος, αποτέλεσε ένα αξιόλογο οδηγό για την εξήγηση πολλών γεωλογικών φαινομένων, όχι όμως απαραίτητα και των κλιματικών συνθηκών μακριά πίσω στο παρελθόν. Ο λόγος είναι ότι, υπήρξαν χρονικές περίοδοι κατά το παρελθόν στις οποίες οι συνθήκες δεν είχαν ανάλογη συμπεριφορά. Είναι πιθανό άλλωστε, μερικές διεργασίες οι οποίες σήμερα διαδραματίζουν ένα δευτερεύοντα ή ασήμαντο ρόλο στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, να ήταν ιδιαίτερα σημαντικές κατά το παρελθόν.

Επομένως, οι κλιματικές συνθήκες της γης κατά το παρελθόν, δεν μπορούν να αποτελέσουν ένα αξιόλογο οδηγό για το τι πρόκειται να συμβεί στο μέλλον. Μελέτες από πολύ παλαιές κλιματικές συνθήκες της γης, τουλάχιστον όλες αυτές του πλησιέστερου γεωλογικού παρελθόντος, δεν είναι δυνατό με κανένα τρόπο να μας προδιαγράψουν τις

κλιματικές συνθήκες στο μέλλον (Hay et al. 1997). Από την άλλη πλευρά όμως, οι μελέτες παλαιότερων ακραίων κλιματικών καταστάσεων μπορούν να μας διδάξουν για τον τρόπο λειτουργίας του κλιματικού συστήματος και να μας παρέχουν μια βαθύτερη γνώση για το ποιες θα είναι οι πιθανές μελλοντικές συνθήκες στον πλανήτη μας. Για την ακριβέστερη πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών του πλανήτη θα πρέπει να γίνουν απόλυτα κατανοητές οι βασικές αρχές της φυσικής και της χημείας που σχετίζονται με το γήινο σύστημα. Οι καταγραφές παλαιότερων κλιματικών συνθηκών εξασφαλίζουν ένα κατάλογο με το τι έχει συμβεί κατά το παρελθόν. Επιπλέον, οι καταγραφές αυτές προμηνύουν για αυτό που είναι πιθανό να ξανασυμβεί, αλλά την ίδια στιγμή εξασφαλίζουν μόνο έμμεσες ενδείξεις για τους παράγοντες που ελέγχουν το σύνολο του κλιματικού συστήματος της γης. Αξίζει φυσικά να σημειωθεί ότι απώτερος σκοπός της παλαιοκλιματολογίας και της παλαιοωκεανογραφίας είναι ο προσδιορισμός και η ορθή αξιολόγηση των παραγόντων που δημιουργούν ακραίες κλιματικές συνθήκες, ενώ από την άλλη πλευρά συμβάλουν στις γενόμενες κλιματικές αλλαγές. Με αυτή λοιπόν την προσπάθεια κατανόησης των μηχανισμών οι οποίοι διαδραμάτιζαν σημαντικό ρόλο κατά το παρελθόν, αποκτάται καλύτερη γνώση για το τι, πιθανά, πρόκειται να συμβεί στο μέλλον. Αποτελεί πλέον κοινή πεποίθηση όλων ότι μέχρι την ολοκλήρωση της μετάβασης σε μια νέα σταθερή κλιματική κατάσταση, ο πλανήτης ίσως υποστεί ακραία κλιματικά γεγονότα, όπως θερμότερα καλοκαίρια, ψυχρότερους χειμώνες και πιο ισχυρούς τροπικούς κυκλώνες (Flohn, 1988). Προς το παρόν πάντως, το κλιματικό περιβάλλον του μέλλοντος είναι απρόβλεπτο, αλλά ένα πράγμα φαίνεται να είναι βέβαιο, ότι το κλιματικό περιβάλλον του μέλλοντος θα είναι διαφορετικό από αυτό του παρελθόντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.1 Καταγραφή και Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων

Ο καιρός και ιδιαίτερα τα ακραία καιρικά φαινόμενα δεν εμφανίζονται σε προκαθορισμένα και τακτά χρονικά διαστήματα. Ο καιρός, κεντρίζει πολλές φορές το ενδιαφέρον μας, επειδή ευτυχώς δεν διέπεται από μονοτονία. Οι αλλαγές του καιρού σε καθημερινή, εβδομαδιαία, μηνιαία, ετήσια ή και μακροχρόνια κλίμακα, συντελούν ώστε να διαμορφώνεται ένα ιδιαίτερα ευχάριστο κλιματικό περιβάλλον στην χώρα μας. Το γεγονός αυτό βοηθά ώστε οι παράκτιες Μεσογειακές χώρες, και ιδιαίτερα οι νησιωτικές, να αποτελούν ένα από τους σημαντικότερους τουριστικούς προορισμούς των κατοίκων των Βόρειων Ευρωπαϊκών κρατών και όχι μόνο.

Από την άλλη πλευρά, αποτελεί κοινή διαπίστωση του γηραιότερου πληθυσμού των κατοίκων μιας περιοχής ότι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν τις τελευταίες δεκαετίες δεν είναι όμοιες με αυτές που θυμούνται από το παρελθόν. Η άποψη αυτή άλλωστε ενισχύεται και από τις αναφορές των τοπικών ΜΜΕ, τα οποία λαμβάνουν και αναμεταδίδουν τις πληροφορίες τους από τα Διεθνή μέσα ενημέρωσης. Τελικά, όλοι φαίνεται να συμφωνούν και οι απόψεις τους να μην επιδέχονται αρνητικής κριτικής. Τα καταγεγραμμένα όμως μετεωρολογικά δεδομένα, από τις καθημερινές συστηματικές παρατηρήσεις, των εξουσιοδοτημένων γι' αυτό το σκοπό, μετεωρολογικών σταθμών αποτελούν τον πλέον αδιάψευστο μάρτυρα, προκειμένου να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για τις κλιματικές μεταβολές που συντελούνται σε κάθε περιοχή.

Είναι γεγονός ότι η πρόσβαση σε κλιματολογικά δεδομένα ενός μετεωρολογικού σταθμού, που μπορεί να είναι αντιπροσωπευτικός μιας ευρύτερης περιοχής, δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη υπόθεση. Αρχικά απαιτείται να αναζητηθεί ο φορέας που θα παρέχει τα πρωτογενή στοιχεία των παρατηρήσεων ή τα επεξεργασμένα κλιματολογικά δεδομένα, προϋποθέτει γνώση της μορφής επεξεργασίας των δεδομένων και τέλος εξοικείωση με τους πίνακες και τις συντημήσεις των διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων (**Πίνακας 1 & 2**).

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE

DIRECTION OF CLIMATOLOGY

SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

DATCLIM

STATION ΣΟΥΔΑ

746

LATITUDE 35° 33' N

LONGITUDE 24° 07' E

ALTITUDE OF BAROMETER 151.6 METERS

PERIOD 1958-1997

- MONTH	PRESS(M.S.L.)	T E M P E R A T U R E		REL HUM.	AV.CLOUD.	PRECIPITATION(IN MM)		PREV.WIND			
		MEAN	AV.MAX			TOTAL	MAX 24H				
JANUARY	1017.7	10.9	14.4	7.7	26.0	.0	73.1	5.3	137.2	185.4	W
FEBRUARY	1016.7	11.0	14.7	7.6	30.0	.0	71.0	5.2	107.7	146.0	W
MARCH	1015.5	12.5	16.4	8.6	32.4	.4	70.0	4.6	83.1	90.2	W
APRIL	1013.7	15.7	19.9	11.1	35.6	3.0	64.4	3.8	32.5	71.7	W
MAY	1014.0	20.0	24.5	14.7	39.0	6.8	58.5	2.9	13.4	53.3	NW
JUNE	1013.2	24.5	28.8	18.6	40.5	11.1	50.8	1.4	4.3	19.5	NW
JULY	1012.0	26.4	30.4	20.7	44.5	13.0	50.2	.6	1.1	25.0	NW
AUGUST	1012.4	25.9	30.1	20.7	41.4	14.5	54.0	.7	1.1	19.1	NW
SEPTEMBER	1015.4	23.0	27.3	18.4	38.4	11.2	61.1	1.7	16.1	94.2	NW
OCTOBER	1017.4	19.2	23.3	15.3	37.8	8.2	68.6	3.6	72.6	120.3	N
NOVEMBER	1018.1	15.6	19.5	12.1	32.8	2.2	72.1	4.5	73.1	82.2	W
DECEMBER	1017.2	12.6	16.2	9.4	28.6	.4	73.0	5.0	100.3	86.5	W

MONTH

N U M B E R O F D A Y S W I T H

CLOUDINES (0 - 8/8)

TEMPERATURE MIN MAX WIND

0-1.5 1.6-6.4 6.5-8.0 PREC. RAIN SNOW THUND HAIL ST GND FOG DEW H.FROST LE 0.0 LE 0.0 GE 6B GE 8B

JANUARY	1.7	20.0	9.3	16.8	16.5	.4	3.6	.5	.0	.2	1.2	.1	.1	.0	3.7	.3
FEBRUARY	2.1	17.8	8.4	14.7	14.5	.5	2.8	.5	.0	.2	.6	.0	.1	.0	3.4	.5
MARCH	4.2	20.0	6.8	12.2	12.0	.3	2.7	.1	.0	1.1	.9	.0	.0	.0	3.5	.3
APRIL	6.8	19.8	3.4	7.9	7.7	.0	1.3	.1	.1	1.5	.7	.0	.0	.0	3.4	.3
MAY	11.4	18.1	1.6	4.2	4.0	.0	1.0	.0	.0	1.3	.1	.0	.0	.0	2.2	.1
JUNE	21.7	8.0	.3	1.4	1.3	.0	.4	.0	.0	.6	.2	.0	.0	.0	2.4	.1
JULY	27.5	3.5	.0	.4	.3	.0	.1	.0	.0	.2	.5	.0	.0	.0	1.6	.1
AUGUST	27.5	3.5	.0	.6	.5	.0	.2	.0	.0	.4	.0	.0	.0	.0	1.2	.0
SEPTEMBER	19.0	10.6	.5	2.7	2.7	.0	.9	.0	.0	.3	.7	.0	.0	.0	1.2	.0
OCTOBER	8.1	19.3	3.7	9.6	9.6	.0	3.5	.0	.0	.4	1.5	.0	.0	.0	1.3	.1
NOVEMBER	3.7	21.0	5.3	10.9	10.8	.0	3.1	.1	.0	.5	2.0	.0	.0	.0	1.8	.1
DECEMBER	2.1	21.6	7.3	16.1	15.7	.1	3.5	.2	.0	.2	1.3	.0	.0	.0	3.1	.4

Πίνακας 1 : Μηνιαία κλιματολογικά δεδομένα του Μ.Σ. Σούδας (1958 - 1997) (EMY).

Table 1 : Available monthly climatological data for the Met. Station of Souda (1958-1997) (HNMS).

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
DIRECTION OF CLIMATOLOGY
SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

D A T C L I M

STATION ΣΟΥΔΑ 746
LATITUDE 35° 33' N LONGITUDE 24° 07' E ALTITUDE OF BAROMETER 151.6 METERS

PERIOD 1958-1993

MONTHLY FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT

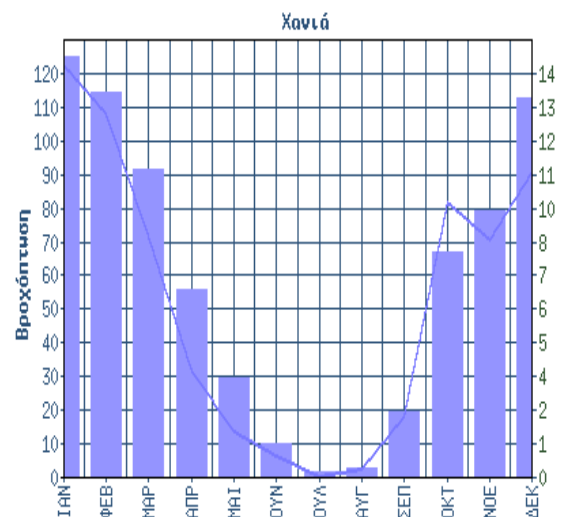
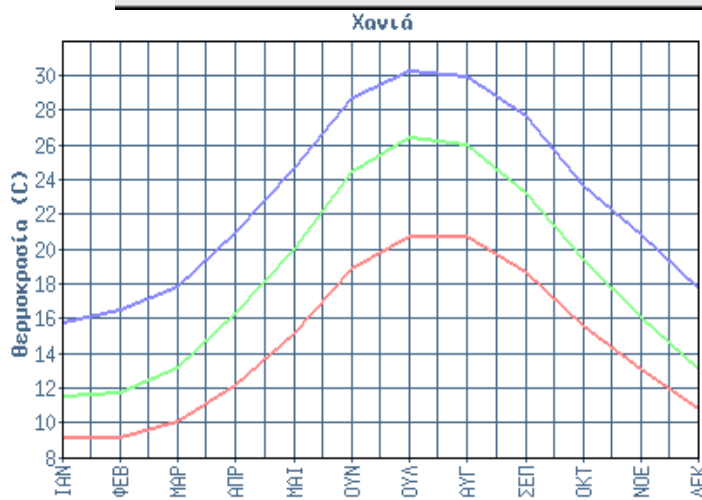
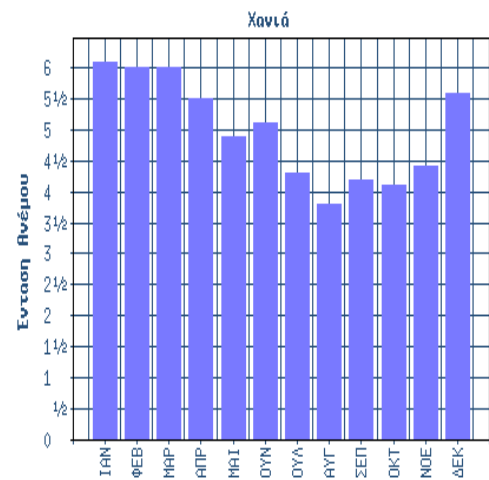
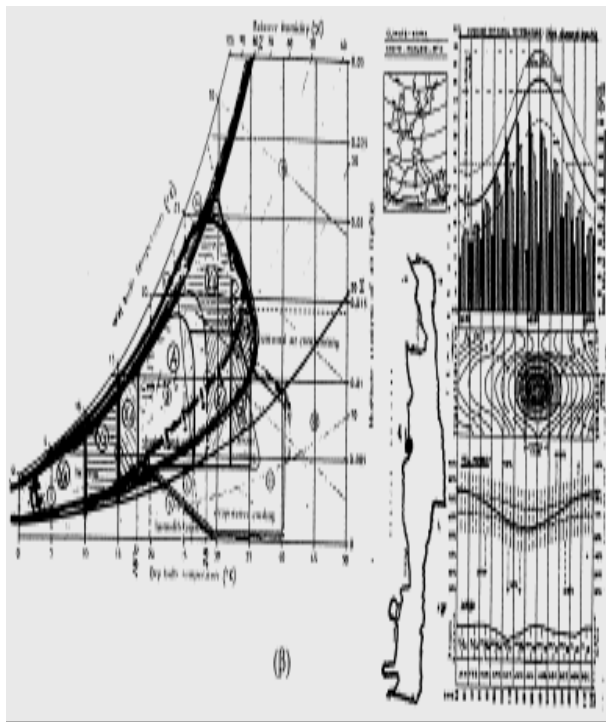
MONTH = 1 YEAR = 00

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									31.136	31.136
1	.161	.043	.441	.097	.108	.043	.301	.280		1.474
2	2.410	1.345	2.561	1.410	.646	1.119	3.604	2.120		15.215
3	3.400	2.679	3.153	1.334	.678	.968	5.853	3.239		21.304
4	4.003	2.615	1.237	.646	.377	.527	5.412	2.970		17.787
5	2.216	.947	.258	.409	.172	.237	2.378	.818		7.435
6	1.237	.463	.129	.140	.108	.129	1.108	.366		3.680
7	.495	.108	.032	.075	.011	.097	.473	.226		1.517
8	.140	.043	.000	.108	.011	.000	.075	.043		.420
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.032	.000		.032
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	14.062	8.243	7.811	4.219	2.111	3.120	19.236	10.062	31.136	100.000

Πίνακας 2 : Κλιματολογικά δεδομένα διεύθυνσης και έντασης ανέμου του Μ.Σ.Σούδας για τον μήνα Ιανουάριο (1958 - 1993) (EMY).

Table 2 : Available climatological data for wind speed and direction at M.S.Souda, referring to January (1958 - 1993) (HNMS).

Η ανάπτυξη βέβαια της τεχνολογίας δίνει τη δυνατότητα σε αυτούς που έχουν πρόσβαση στο Internet να ανατρέξουν σε διάφορες ιστοσελίδες που δίδουν κλιματολογικά δεδομένα κάποιων σταθμών με διαγράμματα, καμπύλες, ραβδογράμματα, στα οποία όμως αφενός μεν, δεν δίδεται μια πλήρης εικόνα της αναζητούμενης μετεωρολογικής παραμέτρου, και αφετέρου τίθεται θέμα εγκυρότητας αυτής της πληροφορίας, καθότι δεν αναφέρεται πουθενά ο τρόπος επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων (Εικόνα 1).



Εικόνα 1 : Κλιματολογικά διαγράμματα από το διαδίκτυο

Figure 1 : Climatological charts from the internet.

2. 2 Επιλογή Μετεωρολογικού Σταθμού από το Δίκτυο της ΕΜΥ

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να δοθεί σε απλή μορφή , μέσα από ιδιαίτερα επιμελημένα και απλοποιημένα διαγράμματα, μια πλήρης εικόνα των κλιματολογικών δεδομένων του Μετεωρολογικού Σταθμού Σούδας (16746), από το επίσημο δίκτυο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), που έχει διαθέσιμα στοιχεία για μακρά χρονική περίοδο.

Ο Μετεωρολογικός αυτός σταθμός πληροί τα κριτήρια λειτουργίας των Διεθνών Μετεωρολογικών οργανισμών και είναι υπό την εποπτεία μόνιμου προσωπικού που τον επανδρώνει και τον λειτουργεί σε 24ωρη βάση. Ο σταθμός αυτός είναι ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικός της βόρειας παράκτιας ζώνης του νομού Χανίων και ιδιαίτερα της περιοχής Ακρωτηρίου.

Η περιοχή του Ακρωτηρίου τα τελευταία χρόνια έχει αναβαθμισθεί σημαντικά, λόγω της σπουδαιότητας των υποδομών που διαθέτει (Αεροδρόμιο, Πολυτεχνείο, Στρατιωτικές μονάδες, Λατομεία, Μονάδα απόρριψης απορριμμάτων, τουριστικά καταλύματα, κ.α), προσελκύοντας την εκτέλεση μεγάλων αναπτυξιακών έργων. Την ίδια στιγμή η κατοίκηση της περιοχής έγινε πολυπληθέστερη, καθώς οι μικροί οικισμοί του παρελθόντος έχουν επεκταθεί τόσο πολύ ώστε να αρχίζουν να χάνονται οι μεταξύ τους διαχωριστικές ζώνες. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι στα επόμενα χρόνια θα προβάλλει επιτακτική η ανάγκη αναβάθμισης και του οδικού δικτύου, αφού το ήδη υπάρχον δεν θα μπορεί να εξυπηρετεί με άνεση τους κατοίκους που διαρκώς αυξάνουν.

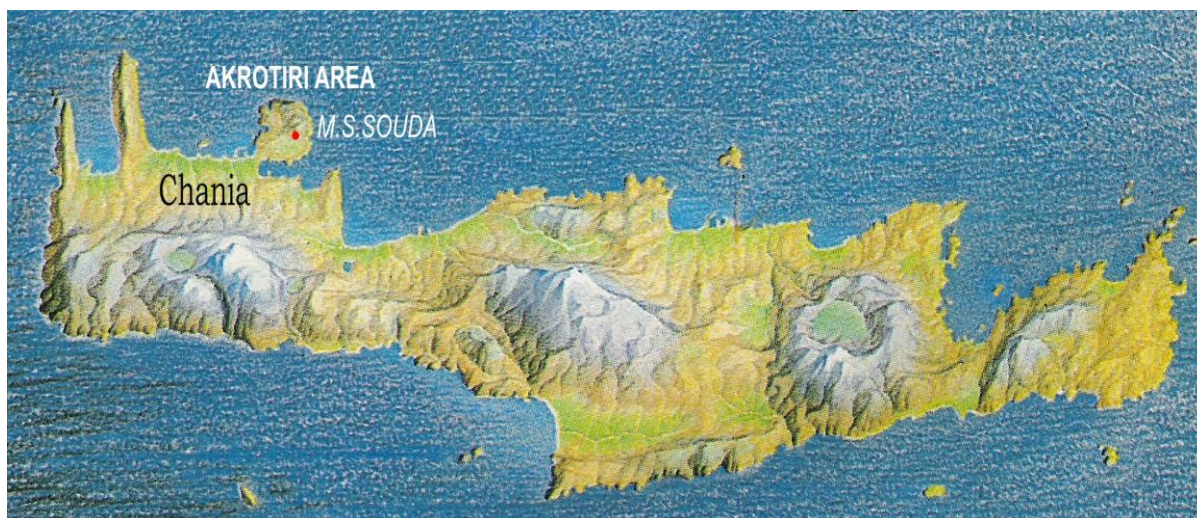
Ο μετεωρολογικός σταθμός της Σούδας διαθέτει μετεωρολογικά δεδομένα για μεγάλη χρονική περίοδο και τα στοιχεία του εμφανίζονται στον ακόλουθο **πίνακα 3** (αναγράφεται η περιοχή και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του, καθώς και η περίοδος παρατηρήσεων) :

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ WMO	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ & ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ ΑΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ
Μ.Σ.ΣΟΥΔΑΣ	16746	35° 33' N 24° 07' E	151 m.	1959 - 2004

Πίνακας 3 : Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Σούδας και η περίοδος παρατηρήσεων.

Table 3 : The Meteorological Station of Souda and the observation period.

Στην **Εικόνα 2** που ακολουθεί, φαίνεται η θέση του μετεωρολογικού σταθμού Σούδας πάνω στο χάρτη της Κρήτης .



Εικόνα 2 : Χάρτης της Κρήτης με την θέση του μετεωρολογικού σταθμού Σούδας.

Figure 2 : Map of Crete and the location of M.S.Souda.

2. 3 Επιλογή Μετεωρολογικών παραμέτρων

Οι μετεωρολογικές παράμετροι που καταγράφονται από τον Μ.Σ.Σούδας καθημερινά και σε τακτά χρονικά διαστήματα είναι πολλές και ενδεικτικά αναφέρουμε : τη θερμοκρασία, την υγρασία , την πίεση , την ορατότητα την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου, το είδος των νεφών , το ύψος υετού , την ένταση και τη διάρκεια των καιρικών φαινομένων, κ.ά.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας επελέγησαν προς επεξεργασία οι μετεωρολογικές παράμετροι που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τις καθημερινές δραστηριότητες της τοπικής κοινωνίας καθώς και των επισκεπτών του νησιού.

Η επεξεργασία των επιλεγμένων παραμέτρων δεν έγινε με αυθαίρετο τρόπο , αλλά σύμφωνα με τις οδηγίες και τα πρότυπα επεξεργασίας που καθορίζονται από τους διεθνείς Μετεωρολογικούς Οργανισμούς (World Meteorological Organization, WMO). Η επιλογή αυτή εξασφαλίζει και τη δυνατότητα σύγκρισης των παραμέτρων αυτών με άλλους μετεωρολογικούς σταθμούς της Κρήτης, αλλά και μελλοντικά με άλλους μετεωρολογικούς σταθμούς ανά την Ελλάδα.

Οι μετεωρολογικές παράμετροι που επελέγησαν είναι οι ακόλουθοι :

2. 3. 1 Θερμοκρασία του αέρα

Η θερμοκρασία του αέρα αποτελεί το σημαντικότερο κλιματικό στοιχείο και την βασικότερη παράμετρο σε όλες τις κλιματικές κατατάξεις. Η Μετεωρολογία και η Κλιματολογία, εξετάζουν και επεξεργάζονται τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους αλλά και σε διάφορα ύψη μέσα στην ατμόσφαιρα. Με την αναφορά μας στην θερμοκρασία του αέρα, εννοούμε κυρίως την θερμοκρασία αυτού “ υπό σκιά ” μέσα σε ειδικό στέγαστρο (Μετεωρολογικό κλωβό) και σε ύψος 1,5 – 2,0 m από την επιφάνεια του εδάφους.

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

- **Mean Temperature (M.T.)** : Μέση τιμή θερμοκρασίας του μήνα η οποία έχει υπολογισθεί ως ακολούθως :

Αρχικά υπολογίζεται η μέση ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας σύμφωνα με τον τύπο :

$$T_d = \frac{T_{06} + T_{12} + T_{18} + T_{18}}{4}$$

(**Σημείωση** : T06 είναι η τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκε στις 0600 UTC, T12 είναι η τιμή της θερμοκρασίας στις 1200 UTC, κ.ο.κ)

Στη συνέχεια το άθροισμα των μέσων ημερήσιων τιμών του κάθε μήνα δια του συνόλου των ημερών του μήνα δίνει τη μέση μηνιαία τιμή (σε ένα έτος) :

$$T_{mo} (Jan.1959) = \frac{T_d1 + T_d2 + + T_d30}{30}$$

Τέλος, το άθροισμα των μέσων μηνιαίων τιμών, κάθε μήνα, δια του συνόλου των διαθέσιμων ετών παρατήρησης μας δίνει τη μέση τιμή θερμοκρασίας του μήνα :

$$M.T. (JAN.) = \frac{Tmo(JAN1959) + Tmo(JAN1960) + + Tmo(JAN2004)}{46}$$

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ετών παρατήρησης, τόσο η μέση μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι πρακτικά για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας ενός σταθμού απαιτούνται συνολικά τρεις ημερήσιες παρατηρήσεις (T06 (06.00 UTC) , T12 (12.00 UTC) , T18 (18.00 UTC)). Αρκεί οι παρατηρήσεις αυτές να ξεπερνούν τα 30 έτη που θεωρούνται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO) ως όριο, προκειμένου να είναι αντιπροσωπευτικές οι μέσες τιμές αυτών (κλιματολογική επεξεργασία).

- **Average Maximum Temperature (Av.max. T.)** : Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία, βασισμένη στη μέγιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας και υπολογίζεται ως ακολούθως :

Αρχικά υπολογίζεται η μέση μηνιαία μέγιστη από τον τύπο :

$$Tmo(max)(JAN.1959) = \frac{Td1(max) + Td2(max) +Td30(max)}{30}$$

Το άθροισμα των διαθέσιμων μέσων μέγιστων μηνιαίων τιμών δια του συνόλου των διαθέσιμων ετών παρατήρησης δίδει τη μέση μέγιστη μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας:

$$Av.max.T (JAN) = \frac{Tmo(max)(JAN1959) + Tmo(max)(JAN1960) + + Tmo(max)(JAN2004)}{46}$$

- **Average Minimum Temperature (Av.min.T.)** : Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία, βασισμένη στην ελάχιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας. Υπολογίζεται όπως ακριβώς και η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία με μόνη τη διαφορά ότι λαμβάνονται οι τιμές της ελάχιστης παρατηρηθείσας ημερήσιας θερμοκρασίας.
- **Absolute Max. Temperature (Abs.max.T.)** : Απόλυτα μέγιστη μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας. Καταγράφεται η απόλυτα μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που σημειώθηκε στο σύνολο των ετών παρατήρησης , για τον κάθε μήνα αντίστοιχα.
- **Absolute Min. Temperature (Abs.min.T.)** : Απόλυτα ελάχιστη μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας. Καταγράφεται η απόλυτα ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που σημειώθηκε στο σύνολο των ετών παρατήρησης , για τον κάθε μήνα αντίστοιχα.

(Σημείωση : Οι απόλυτα μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές μπορούν να χαρακτηρισθούν και ως οι ακραίες τιμές της θερμοκρασίας , για τον κάθε μήνα αντίστοιχα και για το λόγο αυτό έχει μεγάλη σημασία να γνωρίζουμε και το συγκεκριμένο έτος που παρατηρήθηκαν οι ακραίες αυτές τιμές.)

2. 3. 2 Υετός

Με τον όρο “υετός” νοείται το σύνολο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που αποφέρουν μετρήσιμη ποσότητα νερού (βροχή, ψεκάδες βροχής, χιόνι, χιονόλυτος, χαλάζι).

Ο υετός αποτελεί και αυτός με την σειρά του μία από τις σπουδαιότερες μετεωρολογικές και κλιματολογικές παραμέτρους. Η μελέτη του παρουσιάζει, όχι μόνο θεωρητικό, αλλά και πρακτικό ενδιαφέρον. Στον υετό, εκείνο που ενδιαφέρει περισσότερο,

είναι η ποσότητα νερού που πέφτει σε μία επιφάνεια. Αυτή εκφράζεται με το ύψος υετού που ορίζεται σαν εκείνο, στο οποίο θα έφθανε η στάθμη του νερού της βροχής (ή άλλης μορφής κατακρημνίσματος), αν έπεφτε σε μία οριζόντια επιφάνεια (αποκλείοντας παράγοντες διαρροής, απορρόφησης και εξάτμισης). Το ύψος υετού προσδιορίζεται με τα βροχόμετρα και τους βροχογράφους. Μία άλλη χρήσιμη, κυρίως, στην κλιματολογία παράμετρος του υετού είναι η ένταση ή ραγδαιότητα του υετού, που εκφράζεται με το ύψος του υετού στην μονάδα του χρόνου. Συνήθως ως μονάδα χρόνου λαμβάνεται το 24ωρο. Η παράμετρος αυτή λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε πλημμυρικά φαινόμενα τα οποία είναι δυνατό να συμβαίνουν σε κάποιες περιοχές.

Διεθνώς, μονάδα μέτρησης του ύψους υετού είναι τα mm ή cm. Στην πράξη, λέγοντας υετός ύψους 1 mm, νοείται η κατακρήμνιση εκείνη που αποδίδει ποσότητα νερού ίση με 1 Kgr πάνω σε επιφάνεια 1 m². Επίσης, υετός ύψους 10 mm, σημαίνει ποσότητα νερού ίση με 10 Kgr, σε επιφάνεια 1 m².

Αξίζει επίσης να διευκρινίσουμε ότι, ανάλογα με το μέγεθος των σταγόνων και τον τρόπο πτώσης τους, η βροχή φέρει διάφορες ονομασίες, όπως “όμβρος” (Shower), που προκαλείται από νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης και χαρακτηρίζεται από απότομη έναρξη και λήξη, καθώς και απότομες μεταβολές στην ένταση της, ενώ η “ψιχάλα” (Drizzle) χαρακτηρίζεται από πολύ μικρές και πολυάριθμες υδροσταγόνες, που αιωρούνται και ακολουθούν τα αέρια ρεύματα.

Η ετήσια πορεία του υετού μιας περιοχής ή η κατανομή του στη διάρκεια ενός έτους, αποτελεί θεμελιώδες κλιματικό στοιχείο, ιδιαίτερα σε περιοχές, που τα ετήσια ύψη υετού είναι αρκετά μικρά ή πολύ μεγάλα. Στην περίπτωση που οι κατάλληλες συνθήκες κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας, που δημιουργούν τα φαινόμενα υετού σε ένα τόπο, δεν διατηρούνται, συνήθως, όλη την διάρκεια του χρόνου, τότε παρατηρείται μία ανισοκατανομή του ετήσιου ύψους υετού.

Για την μελέτη του υετού σε μία περιοχή λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράμετροι :

- **Average Monthly Precipitation (A.M.P.)** : Μέσο μηνιαίο ύψος υετού σε χιλιοστά (mm), βασισμένο στο μηνιαίο ύψος υετού για κάθε έτος ξεχωριστά και υπολογίζεται ως ακολούθως:

Αρχικά υπολογίζεται το συνολικό ύψος υετού για κάθε μήνα (Total precipitation per month (T.P.)), προσθέτοντας το ύψος υετού των ημερών που παρατηρήθηκε υετός.

Στη συνέχεια προστίθεται το συνολικό μηνιαίο ύψος υετού, του συνόλου των ετών παρατήρησης (για τον συγκεκριμένο μήνα), και το άθροισμα αυτό διαιρούμενο με το σύνολο των ετών μας δίνει το μέσο μηνιαίο ύψος υετού:

$$A.M.P. (JAN) = \frac{T.P.(JAN1959) + T.P.(JAN1960) + + T.P.(JAN2004)}{46}$$

- **Total max. Precipitation 24 Hours (T.max.P.24h)** : Μέγιστο ύψος υετού 24ώρου. Καταγράφεται το μέγιστο ύψος υετού που έχει παρατηρηθεί εντός ενός 24ώρου μέσα στο μήνα, κατά τη διάρκεια του συνόλου των ετών παρατήρησης. Η τιμή αυτή είναι δυνατό να χαρακτηριστεί ως ακραία και έχει ιδιαίτερη σημασία να γνωρίζουμε και το έτος που σημειώθηκε. Επιπλέον, η μέγιστη αυτή τιμή του υετού θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στη κατασκευή στραγγιστικών και αντιπλημμυρικών έργων, αφού το μέγιστο αυτό ποσοστό βροχόπτωσης, εντός ενός 24ώρου, μπορεί να προκαλέσει πλημμυρικά φαινόμενα σε μία περιοχή.
- **Average Precipitation Days (A.P.D.)** : Μέσος αριθμός ημερών του μήνα κατά την διάρκεια των οποίων σημειώθηκε υετός τουλάχιστον σε μία από τις πραγματοποιούμενες παρατηρήσεις του σταθμού. Η ελάχιστη ποσότητα συλλεγόμενου νερού, η οποία θεωρείται αναγκαία για να θεωρηθεί μία ημέρα ως

ημέρα υετού, ποικίλει από χώρα σε χώρα, αλλά γενικά είναι 0,1 mm ή 0,005 in. Για τον υπολογισμό του μέσου αριθμού των ημερών υετού ενός μήνα προστίθενται όλες οι καταγεγραμμένες ημέρες υετού του υπό εξέταση μήνα για όλα τα χρόνια παρατήρησης και το άθροισμα τους διαιρείται με το σύνολο των ετών παρατήρησης.

$$A.P.D. = \frac{P.D.(JAN1959) + P.D.(JAN1960) + + P.D.(JAN2004)}{46}$$

2. 3. 3 Άνεμος

Ο άνεμος αποτελεί μια σημαντική παράμετρο στη μελέτη και στις δυνατότητες αξιοποίησης κάθε περιοχής. Το πλέον αξιοσημείωτο στοιχείο του ανέμου είναι η ένταση του. Οι ασθενείς έως μέτριες εντάσεις του ευνοούν την αλιεία και τη ναυσιπλοΐα στις παράκτιες περιοχές, καθώς και την ανάπτυξη του τουρισμού. Οι μέτριες έως ισχυρές εντάσεις, αν και δεν ευνοούν τους παραπάνω τομείς, αποτελούσαν ένα σημαντικό βοήθημα σε παλαιότερα χρόνια, στη λειτουργία των ανεμόμυλων και των ανεμοαντλιών, που χρησίμευαν στην άντληση υπόγειων νερών για άρδευση ή και ύδρευση, ενώ στις μέρες μας αξιοποιείται κατάλληλα αυτό το αιολικό δυναμικό μέσω των ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πολύ ισχυρές εντάσεις του ανέμου είναι δυνατόν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα σε όλες τις παραπάνω δραστηριότητες και ταυτόχρονα να προξενήσουν εκτεταμένες καταστροφές σε πολλές άλλες δραστηριότητες μιας περιοχής.

Η διεύθυνση του ανέμου είναι ένα δευτερεύον στοιχείο, το οποίο αν εξεταστεί μεμονωμένα μπορεί να συνδυαστεί κυρίως μόνο με μεταφορές θερμότερων ή ψυχρότερων αερίων μαζών σε μια περιοχή. Αποτέλεσμα φυσικά αυτών των μεταφορών είναι η αύξηση ή αντίστοιχα η μείωση της θερμοκρασίας με τις επακόλουθες επιπτώσεις, εξαιτίας κυρίως των ακραίων μεταβολών της. Για παράδειγμα ένα βόρειο ψυχρό ρεύμα το χειμώνα μπορεί να προκαλέσει αυξημένες χιονοπτώσεις σε αρκετές περιοχές και ακραίες ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα να προκληθούν ποικίλες καταστροφές. Αντίστοιχα, ένα παρατεταμένο νότιο θερμό ρεύμα αέρα, τους θερινούς μήνες, είναι δυνατό να προκαλέσει υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας με δυσχερείς συνέπειες, τόσο στην ανθρώπινη ζωή καθώς και σε πολλές άλλες δραστηριότητες.

Η διεύθυνση του ανέμου σε ένα τόπο εξαρτάται βασικά από τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας αλλά και από τοπικά αίτια, όπως είναι κυρίως το ανάγλυφο του εδάφους και η διανομή της ξηράς και της θάλασσας.

Το μέγεθος μιας περιοχής, γύρω από το σημείο της παρατήρησης, για την οποία είναι ικανοποιητική η αντιπροσωπευτικότητα του ανέμου εξαρτάται από τα τοπικά αίτια. Στην Κρήτη λόγω της γεωγραφικής θέσης της, αλλά και λόγω της ποικιλίας του ανάγλυφου και της διανομής της ξηράς και της θάλασσας (μεγάλο μήκος παραλιακής γραμμής, πολύμορφοι σχηματισμοί οροσειρών κατά μήκος του νησιού με κορυφές που φθάνουν τα 2.500 μέτρα), παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στη διεύθυνση του ανέμου από περιοχή σε περιοχή και όταν ακόμη είναι μικρή η απόσταση που τις χωρίζει.

Κατά το χειμώνα, την άνοιξη και το φθινόπωρο, οι άνεμοι στην περιοχή της Κρήτης και γενικά στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου δεν είναι σταθεροί και πνέουν ακανόνιστα, λόγω της εναλλαγής των βαρομετρικών συστημάτων, εν αντιθέσει με το θέρος που επικρατούν μάλλον κανονικοί άνεμοι, λόγω της σταθερής, σχεδόν, βαρομετρικής κατάστασης που επικρατεί την εποχή αυτή.

Την χειμερινή περίοδο η Κρήτη καθώς και όλη η Μεσόγειος είναι συνήθως υπό την επίδραση του πεδίου των σχετικά χαμηλών πιέσεων, του Ατλαντικού και του πεδίου κυκλογένεσης της Μεσογείου. Τα πεδία αυτά των χαμηλών πιέσεων συνδυάζονται με τον Σιβηρικό αντικυκλώνα ή με τον μόνιμο αντικυκλώνα των Αζόρων που μετατοπίζεται προς Νότο ή και με τους πρόσκαιρους και κινητούς αντικυκλώνες της Ευρώπης και της Σκανδιναβικής χερσονήσου. Στην περιοχή μας λοιπόν παρατηρείται έντονη κυκλοφοριακή δραστηριότητα που με τον συνυπολογισμό και την επίδραση των τοπικών αιτίων δίνει πάνω

από την Κρήτη ένα πεδίο ανέμων που διαρκώς μεταβάλλεται κατά τη διεύθυνση και την ένταση.

Οι χαρακτηριστικοί και οι πιο γνωστοί άνεμοι που πνέουν συνήθως στην Κρήτη, κατά την χειμερινή περίοδο, την άνοιξη και το φθινόπωρο είναι ο Σιρόκος, οι Ορνιθιάι και οι Λευκόνοτοι.

Σιρόκος αποκαλείται ο άνεμος που πνέει από Νότιες – Νοτιοδυτικές διευθύνσεις από Νοέμβριο μέχρι και το Μάιο, κατά την περίοδο δηλαδή που παρατηρούνται και οι τοπικές υφέσεις. Οι άνεμοι αυτοί χαρακτηρίζονται κυρίως ως θερμοί και υγροί. Οι άνεμοι αυτοί ήταν γνωστοί από την αρχαιότητα με την ονομασία Λιψ (Λίβας).

Οι **Ορνιθιάι** είναι επίσης γνωστοί από την αρχαιότητα ως Βόρειοι – Βορειοανατολικοί ισχυροί και ψυχροί άνεμοι που εμφανίζονται την περίοδο της άνοιξης. Χαρακτηρίζονται από δριμύ ψύχος και σε μερικές περιπτώσεις συνοδεύονται από χιόνια, προκαλώντας έτσι τους όψιμους χειμώνες.

Οι **Λευκόνοτοι** είναι νότιοι άνεμοι που πνέουν κυρίως την άνοιξη και ιδιαίτερα κατά το τελευταίο δεκαήμερο του Απριλίου και τον Μάιο, συνοδευόμενοι συνήθως από αίθριο καιρό. Οι Λευκόνοτοι πήραν το όνομα τους από τους Αρχαίους Έλληνες για να διακρίνονται από τους χειμερινούς νότιους ανέμους οι οποίοι συνοδεύονται συνήθως από νέφη και βροχές.

Οι χαρακτηριστικοί άνεμοι που πνέουν το θέρος στην Κρήτη είναι οι Ετησίες (Μελτέμια) και οι αύρες.

Ο **Ετησίας** (κοινή ονομασία **Μελτέμι**) είναι άνεμος που πνέει κυρίως στο Αιγαίο πέλαγος και στο Κρητικό καθώς και στην περιοχή των Δωδεκανήσων, ενώ πολλές φορές προεκτείνεται και μέχρι τις ακτές της Αφρικής. Η εμφάνιση του οφείλεται στο συνδυασμό που συντελείται στην περιοχή του Αιγαίου, των Υψηλών πιέσεων της Ευρώπης με τις Χαμηλές πιέσεις της Νοτιοανατολικής Μεσογείου. Παρουσιάζεται στο Βόρειο Αιγαίο ως βορειοανατολικός, στο Κεντρικό και Νότιο Αιγαίο ως Βόρειος, στο Κρητικό ως βορειοδυτικός και στην περιοχή της Δωδεκανήσου ως Δυτικός. Εκδηλώνεται ακόμη και στο Ιόνιο ως βορειοδυτικός.

Ο ετησίας πνέει με μεγάλη συχνότητα κατά την περίοδο, από τα μέσα Ιουνίου μέχρι τα μέσα του Σεπτεμβρίου. Περιπτώσεις πνοής ετησία παρατηρούνται και ένα μήνα πριν από την παραπάνω περίοδο (πρόδρομοι) και ένα μήνα μετά (μετόπωροι). Η ετήσια συχνότητα του δεν είναι σταθερή.

Κατά τη διάρκεια του 24ώρου η ένταση τους αυξάνει προοδευτικά από τις πρωινές ώρες μέχρι και την ώρα που παρουσιάζεται το μέγιστο της θερμοκρασίας, στη συνέχεια η ένταση τους μειώνεται σταδιακά μέχρι την δύση του ηλίου.

Την περίοδο του θέρους αλλά και κατά την διάρκεια ηλιόλουστων και σχετικά νηνέμων ημερών (αίθριος ουρανός και μικρή βαροβαμίδα) πνέουν συνήθως οι **ημερήσιοι άνεμοι**. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι η θαλάσσια και απόγειος αύρα καθώς και οι αύρες κοιλάδων και ορέων.

Η **θαλάσσια αύρα (Τροπαία** κατά τους αρχαίους ή ο κοινώς ονομαζόμενος “ **Μπάτης** ”) είναι ένα σχετικά δροσερό αεράκι που πνέει από τη θάλασσα προς την ξηρά και δημιουργείται πλησίον των ακτών, μία ή δύο ώρες μετά την ανατολή του ηλίου. Η μεγαλύτερη ένταση της θαλάσσιας αύρας παρουσιάζεται περίπου την ώρα που σημειώνεται και η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας. Κατά τη διάρκεια της νύκτας πνέει η **απόγειος αύρα** από την ξηρά προς την θάλασσα, με ένταση μικρότερη από την ένταση της θαλάσσιας αύρας.

Οι **αύρες των ορέων και κοιλάδων** εκδηλώνονται πιο πολύ στις νότιες πλαγιές των ορεινών σχηματισμών και πνέουν κατά την ημέρα από τα χαμηλότερα προς τα υψηλότερα σημεία (αύρες κοιλάδων), ενώ κατά τη νύκτα πνέουν αντίθετα (αύρες των ορέων).

Για τη μελέτη του ανέμου σχεδιάζονται ειδικά ραβδογράμματα τα οποία περιέχουν τα κύρια στοιχεία του, που είναι η Διεύθυνση και η Ένταση του. Στην παρούσα εργασία κατασκευάστηκε ένα πρωτότυπο ροδόγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται και εμφανίζονται ταυτόχρονα και τα δύο στοιχεία του ανέμου :

- **Advanced Wind Rose (A.W.R.)** : Αναβαθμισμένο ανεμολογικό ροδόγραμμα. Αν και η εκτίμηση του ανέμου γίνεται με βάση τα κύρια χαρακτηριστικά του, που είναι η διεύθυνση και η ένταση του, εντούτοις η μελέτη απεικόνισης των χαρακτηριστικών αυτών παρουσιάζει αρκετές δυσχέρειες. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας *εκπονήθηκε ένα ειδικά αναβαθμισμένο ροδόγραμμα*, για τον κάθε μήνα του έτους, στο οποίο προβάλλονται ταυτόχρονα οι μέσες μηνιαίες διευθύνσεις και οι συχνότητες έντασης του ανέμου στην κλίμακα Beaufort (Bf), ενώ γίνεται και μια ιδιαίτερη επισήμανση στην επικρατέστερη διεύθυνση του κάθε μήνα.

Στα ειδικά διαμορφωμένα ροδογράμματα περιλαμβάνονται οι οκτώ κύριες διευθύνσεις του ανέμου : [Βόρειοι (N) 337,5° - 022,5° , ΒορειοΑνατολικοί (NE) 022,5° - 067,5° , Ανατολικοί (E) 067,5° - 112,5° , ΝοτιοΑνατολικοί (SE) 112,5° - 157,5° , Νότιοι (S) 157,5° - 202,5° , ΝοτιοΔυτικοί (SW) 202,5° - 247,5° , Δυτικοί (W) 247,5° - 292,5° , ΒορειοΔυτικοί (NW) 292,5° - 337,5° , καθώς και οι σχετικές συχνότητες επί τοις εκατό (%) των εντάσεων του ανέμου στην κλίμακα Beaufort (Bf) για κάθε μία από τις παραπάνω διευθύνσεις. Επιπλέον, όσον αφορά την ένταση, στο κέντρο του ειδικού ροδογράμματος περιλαμβάνεται το ποσοστό επί τοις εκατό της άπνοιας ενώ οι βαθμίδες της κλίμακας Beaufort ξεκινούν από 1 Bf και φθάνουν έως 11 Bf και άνω.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία του ανέμου έχουν ληφθεί από τους επεξεργασμένους ανεμολογικούς πίνακες της EMY, για τον υπολογισμό των οποίων έχουν ληφθεί υπόψη οι παρατηρήσεις της 06^{ης}, της 12^{ης} και της 18^{ης} ώρας UTC.

ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Μ. Σ. ΣΟΥΔΑΣ

3. 1 Ανάλυση Δεδομένων Θερμοκρασίας του αέρα

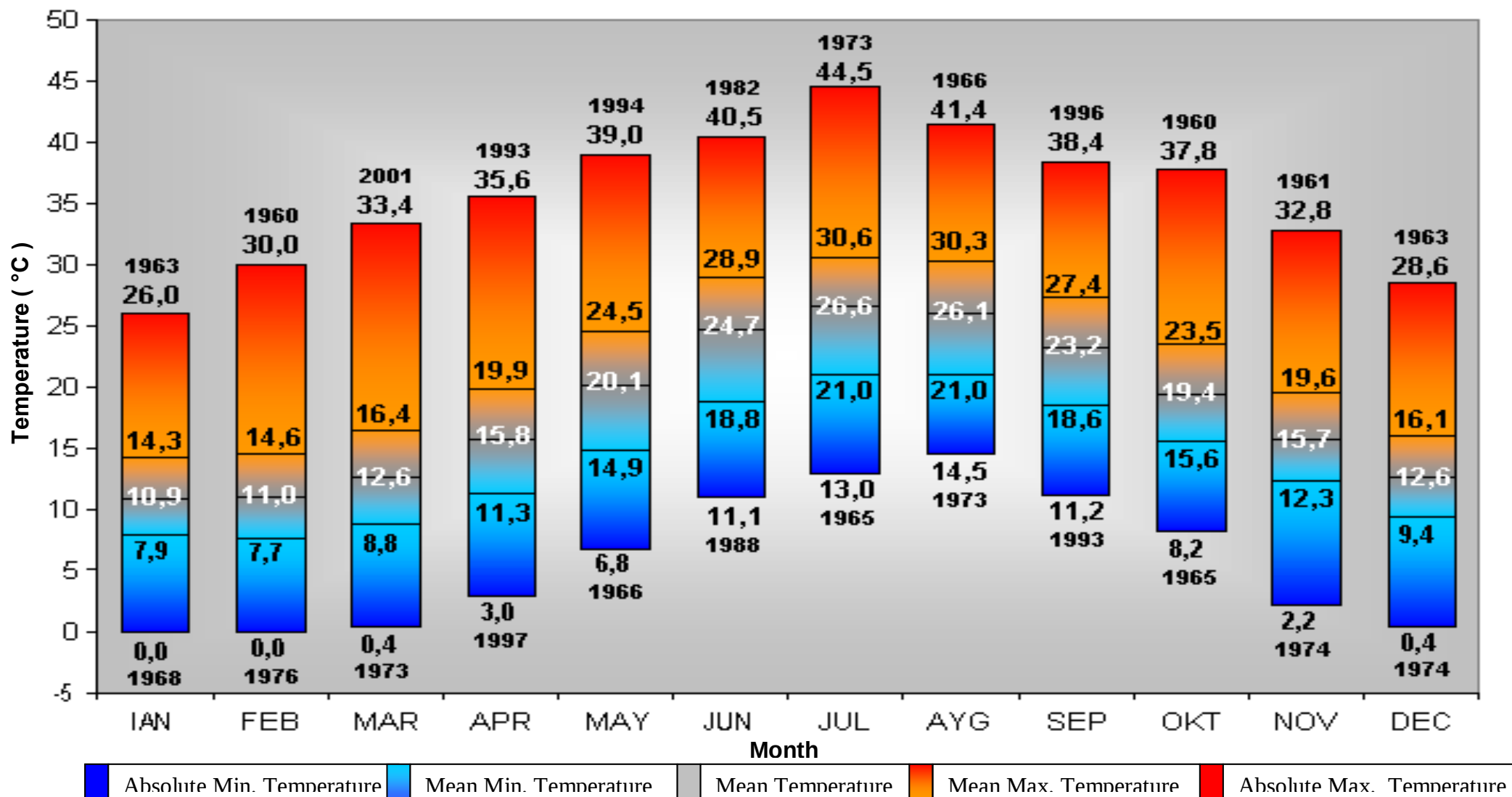
Για την καλύτερη απεικόνιση όλων των θερμοκρασιακών τιμών κατασκευάστηκε ειδικό ραβδόγραμμα (**διάγραμμα 1**), στο οποίο εμφανίζονται σε αποχρώσεις του μπλε και κόκκινου οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα για κάθε μήνα, ενώ ενδιάμεσα αυτών των τιμών εμφανίζεται η μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα. Προκειμένου ο πίνακας αυτός να είναι πιο εύχρηστος αναγράφτηκαν πάνω στα ραβδογράμματα οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας, της μέσης ελάχιστης και της μέσης μέγιστης. Ιδιαίτερα για τις θερμοκρασιακές τιμές της απόλυτα ελάχιστης και απόλυτα μέγιστης αναγράφτηκαν, εκτός από τις ακραίες παρατηρηθείσες τιμές, και οι χρονολογίες που αυτές σημειώθηκαν, προκειμένου εύκολα να διαπιστώνει κανείς αν οι ακραίες αυτές τιμές είναι φαινόμενο των τελευταίων ετών.

Ο Μ. Σ. Σούδας διαθέτει στοιχεία (μετεωρολογικές παρατηρήσεις θερμοκρασίας του αέρα) πλέον της 30ετίας, από το 1959 έως το 2004, συνολικά 46 έτη και ως εκ τούτου οι εμφανιζόμενες τιμές μπορούν να θεωρηθούν ως ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικές.

Παρατηρώντας το θερμοραβδόγραμμα του Μ. Σ. Σούδας, εύκολα διακρίνει κάποιος την διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια του έτους. Ο Ιανουάριος εμφανίζεται ως ο πιο ψυχρός μήνας του έτους, αφού περιέχει τις μικρότερες τιμές θερμοκρασίας σε όλα τα επίπεδα. Ακολουθεί σταδιακή αύξηση των τιμών στους επόμενους μήνες με αποκορύφωμα τον μήνα Ιούλιο, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως ο θερμότερος μήνας του έτους, αφού τον μήνα αυτό σημειώνονται οι υψηλότερες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα, σε όλα τα επίπεδα. Στη συνέχεια σημειώνεται αντιστροφή της αυξητικής τάσης της θερμοκρασίας και ακολουθεί σταδιακή πτώση μέχρι τον μήνα Δεκέμβριο. Από την μελέτη των καταγεγραμμένων ως ακραίων τιμών της Απόλυτα Μέγιστης και Ελάχιστης θερμοκρασίας, οι οποίες συνοδεύονται και από το χρονολογικό έτος που σημειώθηκαν, συμπεραίνουμε ότι τόσο οι ακραίες Μέγιστες όσο και οι ακραίες Ελάχιστες τιμές δεν εκδηλώθηκαν στα τελευταία έτη αλλά έχουν μία διασπορά σε όλα τα έτη παρατήρησης (από το 1959 έως το 2004).

Επισημαίνεται όμως ότι, εκτός αυτών των ακραίων καταγεγραμμένων τιμών της Απόλυτα Μέγιστης και Ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας του αέρα, έχουν επαναληφθεί, σε κάποιες περιπτώσεις, οι ίδιες αυτές ακραίες τιμές της θερμοκρασίας και σε άλλα έτη, αλλά στο συγκεκριμένο θερμοραβδόγραμμα εμφανίζεται η πρώτη χρονιά που καταγράφηκε η ακραία αυτή τιμή. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι υπάρχουν και μήνες στους οποίους οι Απόλυτα Μέγιστες και Ελάχιστες καταγραφείσες τιμές της θερμοκρασίας έχουν πολύ μικρή απόκλιση (μόλις λίγα δέκατα του βαθμού °C) από την ακραία τιμή που εμφανίζεται σε αυτό το θερμοραβδόγραμμα. Γενικά, ο κάθε μήνας στην χρονοσειρά την οποία διαθέτουμε έχει τα δικά του ξεχωριστά χαρακτηριστικά και ως εκ τούτου δεν μπορεί με μία μόνο τιμή να χαρακτηριστεί ως ο ψυχρότερος ή ο θερμότερος μήνας στο σύνολο των μηνών που περιλαμβάνονται στη συγκεκριμένη χρονοσειρά δεδομένων. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι ο Ιανουάριος του 1963 έχει ως Απόλυτη μέγιστη τιμή θερμοκρασίας (ακραία τιμή) τους 26,0 °C. Το γεγονός αυτό όμως δεν μπορεί να τον χαρακτηρίσει ως το “θερμότερο Ιανουάριο” μεταξύ του συνόλου των μηνών Ιανουαρίου που περιέχονται στην υπό μελέτη χρονοσειρά από το 1959 έως το 2004, συνολικά 46 μήνες Ιανουαρίου. Για τον χαρακτηρισμό ενός μήνα ως ψυχρότερου ή θερμότερου, στο σύνολο μιας χρονοσειράς μηνιαίων δεδομένων θερμοκρασίας, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι : μέση, μέση μέγιστη και μέση ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα.

ΘΕΡΜΟΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΟΥΔΑΣ (1959 - 2004)



Διάγραμμα 1 : Θερμοραβδόγραμμα Μ. Σ. Σούδας (1959 – 2004)
 Chart 1 : Column chart of Temperature for Souda (1959 – 2004)

3.2 Ανάλυση Δεδομένων Υετού

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο ο υετός αποτελεί μια ιδιαίτερη σημαντική μετεωρολογική και κλιματολογική παράμετρο για κάθε περιοχή. Είναι ένα σπουδαίο καιρικό στοιχείο για την επιβίωση των κατοίκων καθώς και την ανάπτυξη της κάθε περιοχής. Πολλές δραστηριότητες της τοπικής κοινωνίας σχετίζονται άμεσα από τις βροχομετρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκεια του χρόνου. Ιδιαίτερα ευπαθείς δραστηριότητες στις βροχομετρικές συνθήκες είναι η γεωργία και ο τουρισμός.

Η γεωργία στηρίζεται κατά βάση στην επάρκεια νερού τόσο κατά την χειμερινή περίοδο, που προσφέρεται από τις βροχοπτώσεις και τις χιονοπτώσεις, όσο και στην θερινή περίοδο που καλύπτεται από επιφανειακές ή υπόγειες πηγές. Ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο επίσης, κατά την χειμερινή περίοδο, είναι και το μέγιστο ποσοστό υετού που μπορεί να σημειωθεί σε μια περιοχή σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, όπου είναι δυνατό να δημιουργήσει αρκετά προβλήματα στις γεωργικές καλλιέργειες. Τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν από τα μέγιστα ποσοστά βροχοπτώσεων είναι οι πλημμύρες γεωργικών εκτάσεων, η έκπλυση του επιφανειακού εδάφους και τέλος οι κατολισθήσεις, που εκτός των άλλων είναι δυνατό να επηρεάζουν και το οδικό δίκτυο μια περιοχής, αποκόπτοντας τις χερσαίες μεταφορές με άλλες περιοχές. Είναι προφανές ότι τα παραπάνω προβλήματα εμφανίζονται περισσότερο απειλητικά όταν οι μεγάλες ποσότητες νερού δεν προλαμβάνουν να απορροφηθούν από το έδαφος και κατευθυνόμενες στις φυσικές οδούς απορροής δημιουργούν εκτεταμένες φυσικές καταστροφές στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις καθώς και στις κατοικημένες περιοχές.

Μόνος τρόπος αντιμετώπισης όλων των παραπάνω προβλημάτων είναι η μελετημένη εκτέλεση έργων αντιπλημμυρικής προστασίας, όπως η διαπλάτυνση ή και ο καθαρισμός των ποταμιών, η κατασκευή αποχετευτικών αγωγών, οι δεντροφυτεύσεις, η κατασκευή έργων αντιστήριξης στα επικίνδυνα σημεία του επαρχιακού οδικού δικτύου και άλλων. Για τον σωστό σχεδιασμό και την εκτέλεση όλων αυτών των έργων κοινής ωφέλειας απαιτείται ο μελετητής να έχει πλήρη γνώση των βροχομετρικών συνθηκών της κάθε περιοχής και ταυτόχρονα να έχει την δυνατότητα κατανόησης όλων αυτών των στοιχείων μέσα από επεξεργασμένα βροχομετρικά διαγράμματα, τα οποία εκτός από το ότι θα πρέπει να περιλαμβάνουν όλα τα σημαντικά στοιχεία, από την άλλη πλευρά θα πρέπει να είναι εύκολα στην ανάγνωση τους.

Η δραστηριοποίηση μιας περιοχής στον τομέα του τουρισμού απαιτεί να υπάρχει σημαντική επάρκεια νερού, κύρια την θερινή περίοδο, που η τουριστική κίνηση βρίσκεται στο κορύφωμα της. Η έλλειψη υδάτινων πόρων είναι δυνατό να έχει καταστροφικές συνέπειες για τον τουρισμό καθώς και όλων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τον τομέα αυτόν. Οι υπόγειοι υδροφορείς αποτελούν την σημαντικότερη πηγή επάρκειας νερού, καλύπτοντας τις ανάγκες όλης της Κρήτης. Φυσικά, οι υπόγειοι αυτοί υδροφορείς αυξάνουν τα αποθέματα τους κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων και επομένως, σε μία “ξηρή” χειμερινή περίοδο τα αποθέματα θα είναι μειωμένα, δημιουργώντας προβλήματα επάρκειας κατά την περίοδο του θέρους. Το πρόβλημα αυτό θα γίνεται πιο αισθητό και επικίνδυνο αν ακολουθήσουν συνεχόμενα χρόνια ανομβρίας, οπότε τα αποθέματα των υπόγειων υδροφορέων θα μειώνονται διαρκώς.

Ένας σημαντικός παράγοντας που πιθανά θα συμβάλει στην όξυνση του προβλήματος επάρκειας σε νερό είναι και η υπεράντληση υπόγειων νερών προκειμένου να καλυφθούν όλο και περισσότερες ανάγκες, οι οποίες προκύπτουν από την αύξηση του εισερχόμενου τουρισμού με την εκτεταμένη και αλόγιστη πολλές φορές αύξηση των τουριστικών καταλυμάτων. Ένα επί πλέον πρόβλημα το οποίο εμφανίζεται δειλά – δειλά, και αναμένεται να γίνει εντονότερο τα επόμενα χρόνια, είναι και η ορθή διαχείριση των υδάτινων πόρων, αφού εκτός από τον τουρισμό και η γεωργία αυξάνει τις ανάγκες κατανάλωσης νερού την θερινή περίοδο, αφ’ ενός μεν λόγω αύξησης των αρδευόμενων εκτάσεων, αφ’ ετέρου λόγω αύξησης των αναγκών των φυτών σε νερό, εξ’ αιτίας της μακράς και θερμότερης “ξηρής” (θερινής) περιόδου. Ήδη σε πολλές περιοχές εκπονούνται μελέτες και προγραμματίζεται η κατασκευή φραγμάτων, καθώς και επιφανειακών λιμνοδεξαμενών, προκειμένου να καλυφθούν οι ήδη υπάρχουσες ανάγκες ύδρευσης-άρδευσης, και με απώτερο στόχο να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα επάρκειας νερού.

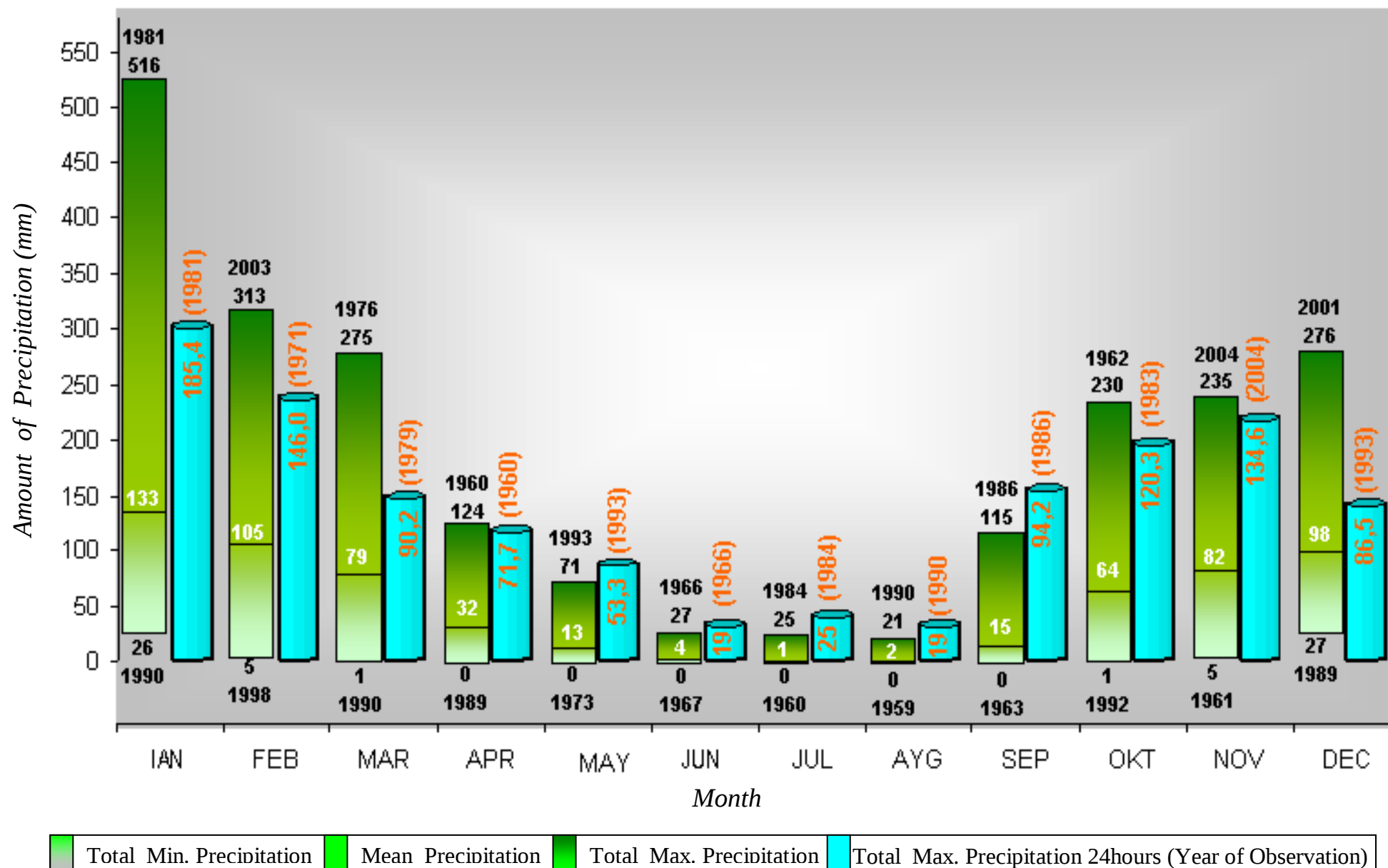
Από όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πόσο αναγκαία είναι η παρουσίαση των δεδομένων υετού μιας περιοχής σε απλή μορφή, με στοιχεία που θα είναι χρήσιμα σε κάθε μελετητή που ασχολείται, είτε με έργα κοινής ωφέλειας, είτε με έργα ανάπτυξης της περιοχής.

Για την καλύτερη απεικόνιση των δεδομένων του υετού κατασκευάστηκε ένα Υετοραβδόγραμμα στο οποίο περιέχονται σημαντικά στοιχεία, χρήσιμα στον κάθε ενδιαφερόμενο (**διάγραμμα 2**). Στο συγκεκριμένο Υετοραβδόγραμμα εμφανίζεται το μέσο μηνιαίο ύψος υετού, το απόλυτα ελάχιστο ποσό καθώς και το απόλυτα μέγιστο το οποίο είναι ταυτισμένο με την χρονολογία που παρατηρήθηκε. Ταυτόχρονα σε μία παράπλευρη στήλη εμφανίζεται το μέγιστο ύψος υετού που σημειώθηκε μόλις σε ένα 24ωρο, κατά την διάρκεια του μήνα και σε ένα συγκεκριμένο έτος. Το στοιχείο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού από μόνο του υποδηλώνει ότι το αυξημένο αυτό ποσοστό βροχόπτωσης σε μικρό χρονικό διάστημα μπορεί να είναι η αιτία πρόκλησης πλημμύρων ή και άλλων καταστροφών σε μια περιοχή.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο, αν και δευτερεύουσας σημασίας στα δεδομένα του υετού, είναι και η καταγραφή των ημερών που σημειώθηκε υετός στον κάθε μήνα ξεχωριστά. Από την επεξεργασία αυτών των δεδομένων κατασκευάστηκε ένα ραβδόγραμμα (**διάγραμμα 3**), στο οποίο απεικονίζεται ο μέσος αριθμός ημερών υετού κάθε μήνα καθώς και ο μέγιστος και ελάχιστος αριθμός ημερών υετού, ταυτισμένος με το έτος που παρατηρήθηκε.

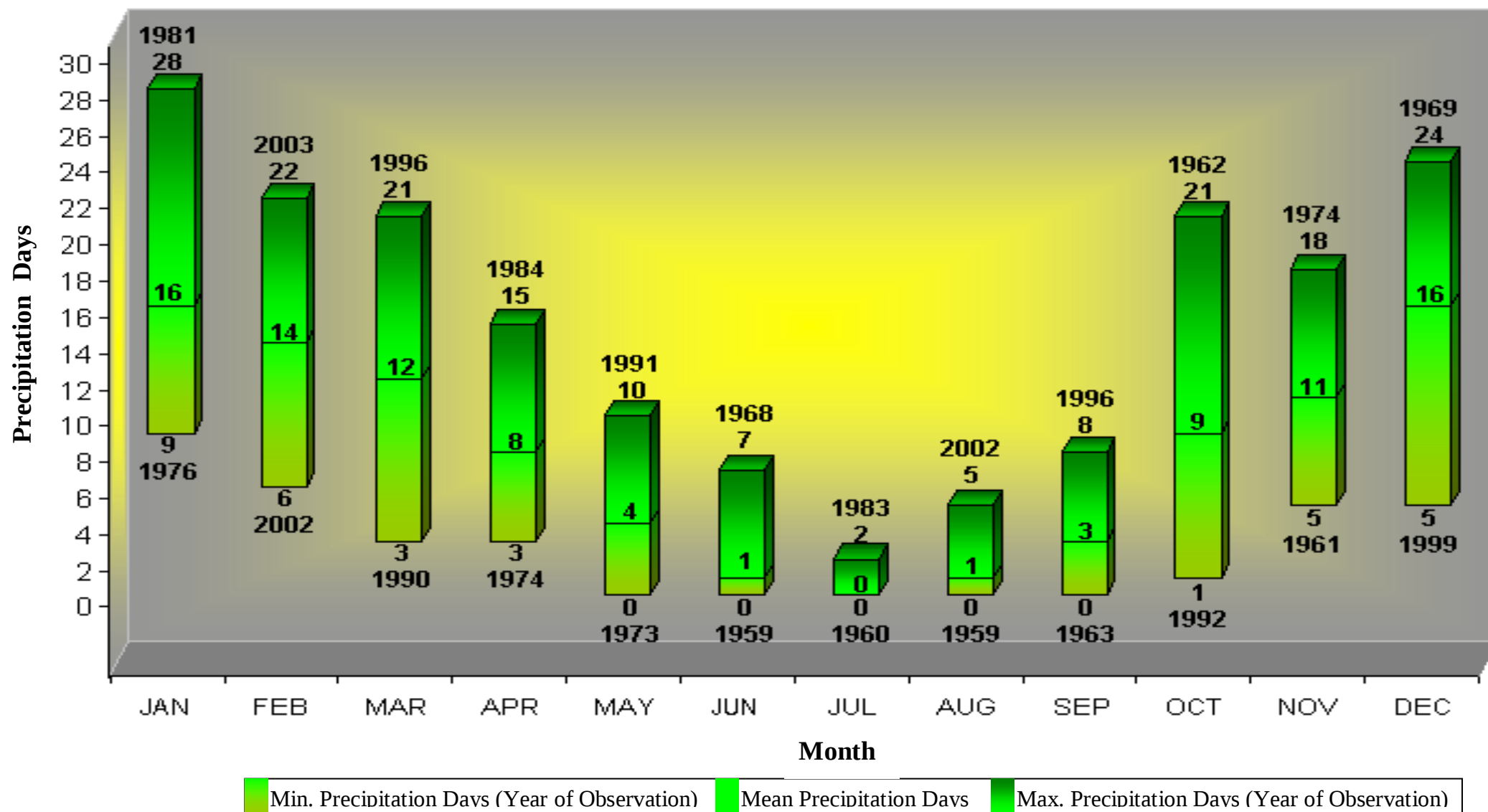
Στον Μ. Σ. Σούδας διατίθενται στοιχεία υετού πλέον της 30ετίας, από το 1959 έως το 2004, συνολικά 46 έτη και ως εκ τούτου οι εμφανιζόμενες τιμές μπορούν να θεωρηθούν ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικές της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι το μέσο ετήσιο ύψος υετού, το οποίο προκύπτει από την επεξεργασία του σύνολο των 46 ετών καταγεγραμμένων παρατηρήσεων, φθάνει στα 627 mm.

ΥΕΤΟΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΟΥΔΑΣ (1959 – 2004)



Διάγραμμα 2 : Υετοραβδόγραμμα Μ.Σ.Σούδας (1959 – 2004)
 Chart 2 : Column chart of Precipitation for Souda (1959 – 2004)

ΗΜΕΡΕΣ ΥΕΤΟΥ ΣΤΟΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΣΟΥΔΑΣ (1959 – 2004)



Διάγραμμα 3 : Ημέρες Υετού για τον Μ. Σ. Σούδας (1959 – 2004)
 Chart 3 : Column chart of Precipitation days for Souda (1959 – 2004)

3.3 Ανάλυση Δεδομένων Ανέμου

Ο συσχετισμός της διεύθυνσης με την ένταση του ανέμου είναι δυνατό να βοηθήσει σημαντικά στην εξέταση των ανεμολογικών στοιχείων της κάθε περιοχής. Στην εξέταση αυτή ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το στοιχείο της συχνότητας των εντάσεων του ανέμου από τις διάφορες διευθύνσεις.

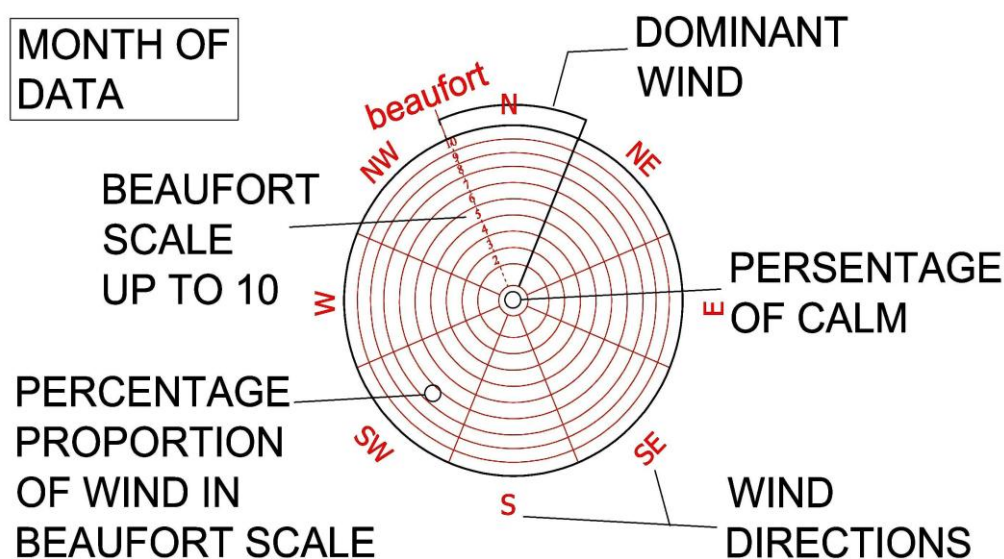
Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι οκτώ κύριες διευθύνσεις του ανέμου ως ακολούθως : [Βόρειοι (N) 337,5° - 022,5° , ΒορειοΑνατολικοί (NE) 022,5° - 067,5° , Ανατολικοί (E) 067,5° - 112,5° , ΝοτιοΑνατολικοί (SE) 112,5° - 157,5° , Νότιοι (S) 157,5° - 202,5° , ΝοτιοΔυτικοί (SW) 202,5° - 247,5° , Δυτικοί (W) 247,5° - 292,5° , ΒορειοΔυτικοί (NW) 292,5° - 337,5°].

Στην ένταση του ανέμου χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα Beaufort, αφού είναι η πλέον γνωστή κλίμακα μέτρησης του ανέμου στο ευρύτερο κοινό. Για επιστημονικές όμως μελέτες είναι δυνατό, με πίνακες, να εκτιμηθεί η ένταση του ανέμου σε άλλες κλίμακες (m/sec ή km/h), ανάλογα με τις ανάγκες του μελετητή.

Τα ανεμολογικά στοιχεία παρουσιάζονται με ένα ιδιαίτερα πρωτότυπο τρόπο ο οποίος βασίστηκε στην ευρέως διαδεδομένη μέθοδο παρουσίασης με ανεμολογικά ροδογράμματα, στα οποία όμως δεν επιτυγχάνεται αναλυτική παρουσίαση όλων των στοιχείων της διεύθυνσης του ανέμου. Στα συγκεκριμένα αναβαθμισμένα ανεμολογικά ροδογράμματα, της παρούσας εργασίας, παρουσιάζονται ταυτόχρονα, σε μια και μόνο εικόνα (σύμφωνα με το υπόμνημα του **σχήματος 5**), οι συχνότητες στις οκτώ διευθύνσεις του ανέμου, με τις αντίστοιχες συχνότητες έντασης στην κλίμακα Beaufort, ξεχωριστά για τον κάθε μήνα (**διάγραμμα 4**). Η αναλυτική αυτή παρουσίαση βοηθά στο διαχωρισμό των εντάσεων του ανέμου, που όπως προαναφέρθηκε, η διαφοροποίηση στην ένταση εξυπηρετεί διαφορετικές κάθε φορά δραστηριότητες.

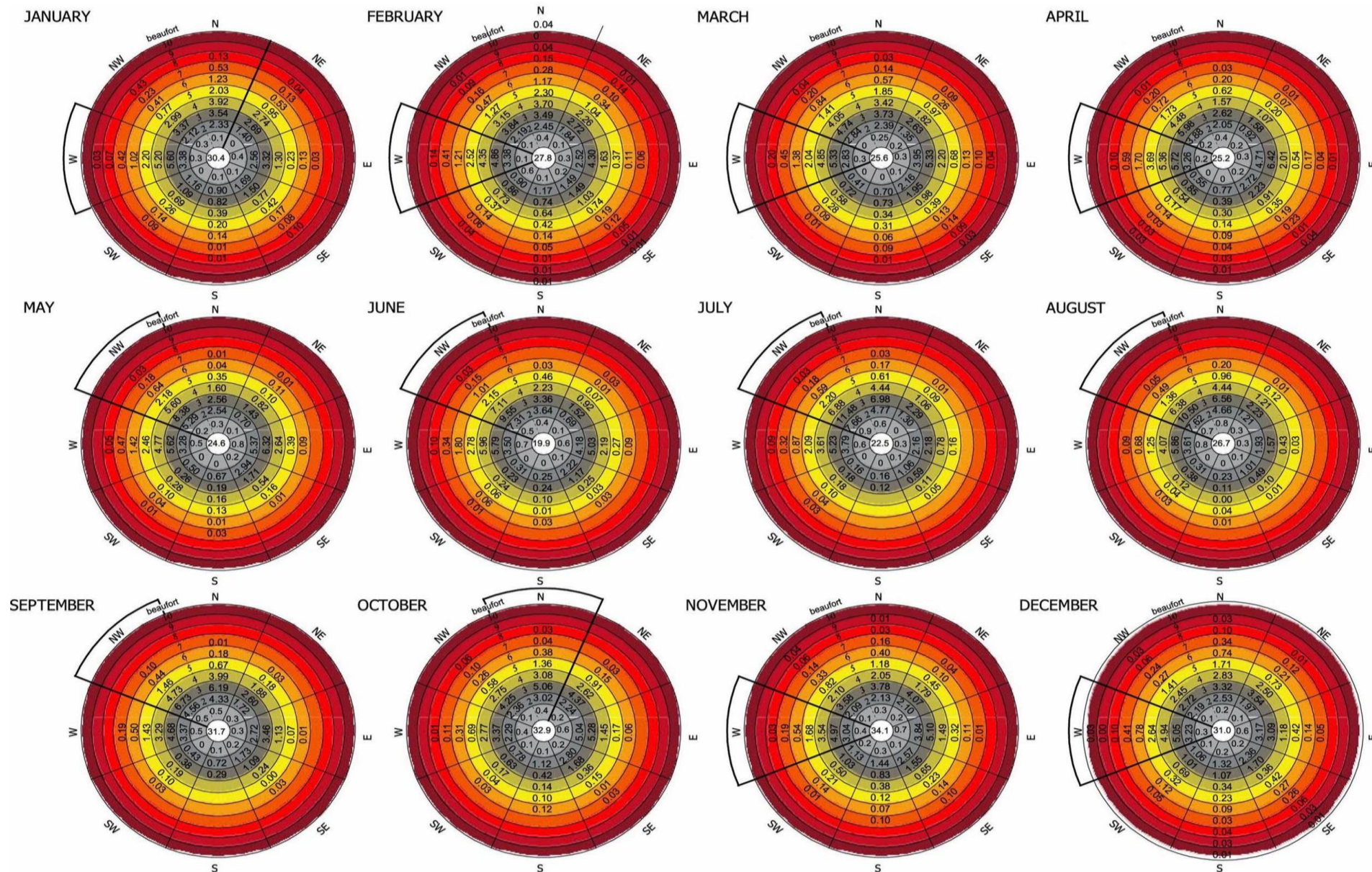
Η προβολή των ανεμολογικών στοιχείων με τον τρόπο αυτό μπορεί να αξιολογηθεί και να εφαρμοστεί σε άλλες παρόμοιες μελέτες σε περιοχές του Ελληνικού χώρου ώστε να υπάρχουν ταυτόσημες πληροφορίες για τα πεδία ανέμου. Από τα αναβαθμισμένα αυτά ανεμολογικά ροδογράμματα είναι δυνατόν να προκύψουν συγκριτικά στοιχεία μεταξύ διαφορετικών περιοχών ενώ ταυτόχρονα μπορούν να εξαχθούν πολύ αξιόλογα συμπεράσματα ανάλογα με τις ανάγκες κάθε μελέτης.

ADVANCED WIND ROSE



Σχήμα 5: Υπόμνημα Αναβαθμισμένων Ανεμολογικών Ροδογραμμάτων.
Figure 5: Advanced Wind Roses' Legend.

ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΟΥΔΑΣ (1959 – 1997)



Διάγραμμα 4 : Μηνιαία Αναβαθμισμένα Ανεμολογικά Ροδογράμματα του Μ. Σ. Σούδας (1959 – 1997)
 Chart 4 : Monthly Advanced Wind Roses for M.S. Souda (1959 – 1997)

advanced wind-rose

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ : ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Μ. Σ. ΣΟΥΔΑΣ

4. 1 Κατάταξη και Περιγραφή του Κλίματος μιας περιοχής

Η ταξινόμηση του κλίματος μιας περιοχής 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 κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό. Όμως, παρά το μεγάλο πλήθος αυτών των κριτηρίων, είναι δυνατό να περιληφθούν σε δύο βασικές κατηγορίες. 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, κ.α.), ενώ η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα κριτήρια που αναφέρονται στις αιτίες διαμόρφωσης του κλιματικού περιβάλλοντος κάθε περιοχής. Φυσικά, η δεύτερη κατηγορία είναι περιπλοκότερη, εξαιτίας των πολλών παραγόντων, που συντελούν στην διαμόρφωση του κλίματος και της μεταβλητότητας τους (Φλόκας, 1984). Όπως αναφέρθηκε συνοπτικά και στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αυτής, στους παράγοντες αυτούς διαμόρφωσης των κλιματικών συνθηκών 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 τον σκοπό που επιδιώκεται. Αν για παράδειγμα η ταξινόμηση στηρίζεται στην φυτοκάλυψη, τότε αυτή είναι περισσότερο χρήσιμη στην εξυπηρέτηση των αναγκών που αφορούν την Γεωργία. Στην περίπτωση όμως που η βάση της ταξινόμησης είναι οι άνεμοι, τότε αυτή εξυπηρετεί περισσότερο την Ναυσιπλοΐα, την Αεροπορία, την καταγραφή του Αιολικού δυναμικού, κ.α.

Επομένως, γίνεται φανερό ότι είναι πολύ δύσκολο να καταλήξουμε σε έναν αυτοτελή και ολοκληρωμένο χαρακτηρισμό του κλιματικού τύπου μιας περιοχής, αν ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι το κλίμα είναι το αθροιστικό αποτέλεσμα πολλών μετεωρολογικών παραμέτρων με τις μεταβολές τους. Για να ξεπεραστεί, κατά κάποιο τρόπο, αυτή η δυσκολία, λαμβάνονται υπόψη, πολλές φορές, και οι αντιδράσεις των ζώντων οργανισμών (άνθρωποι, ζώα, φυτά). Οι αντιδράσεις τους διευκολύνουν στην λήψη αποφάσεων για ένα πετυχημένο ή όχι χαρακτηρισμό ή ορισμό των διαφόρων κλιμάτων.

Μια άλλη δυσκολία αποτελεί το γεγονός ότι τα όρια των κλιματικών ζωνών δεν είναι σαφή, αλλά σημειώνεται μια βαθμιαία μετάβαση από τον ένα κλιματικό τύπο στον άλλο. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι ανάμεσα στο Μεσογειακό και στο Ηπειρωτικό Μεσοευρωπαϊκό 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 δεν συνθέτουν αρμονικά το μεσόκlima και το μακρόκlima των ευρύτερων περιοχών στις οποίες ανήκουν, αποτελεί μία άλλη δυσκολία στην ταξινόμηση των διαφόρων κλιματικών τύπων.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι οι διάφορες κλιματικές ταξινομήσεις δεν έχουν έως σήμερα επιτύχει σαφή μαθηματική περιγραφή των ορίων των κλιματικών τύπων και παραμένουν ακόμη γενικές και μάλλον ποιοτικές. Σε όλες ανεξαιρέτως τις κλιματικές ταξινομήσεις, επισημαίνεται η επίδραση ορισμένων μόνο στοιχείων, συνήθως της θερμοκρασίας και του υετού, χωρίς όμως να έχει δοθεί ένας αυστηρός ορισμός για την χρήση ενός συνόλου μετεωρολογικών στοιχείων, τα οποία συνεισφέρουν και αυτά στην διαμόρφωση του κλιματικού περιβάλλοντος.

Η συστηματική λοιπόν κατάταξη των κλιμάτων δεν μπορεί να επιτευχθεί μ'έναν ομοιόμορφο τρόπο που να ισχύει για όλες τις περιοχές της γης. Επομένως, 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 των κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής και να ελέγχεται η μεταβλητότητα αυτών των χαρακτηριστικών, με την

πάροδο του χρόνου. Αυτός ακριβώς είναι και ο λόγος που η παρούσα εργασία έχει μία απλή, κατανοητή μορφή ώστε τα αποτελέσματα της να μπορούν να δώσουν μία, όσο το δυνατό, σαφή απάντηση στα ερωτήματα που ακούγονται καθημερινά : αλλάζει τελικά το κλίμα ; , και αν όχι, τι είναι αυτό που αλλάζει και προκαλεί μία διαφορετική αίσθηση στους κατοίκους, σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες ;.

Με γνώμονα όλα τα παραπάνω, και με βάση τα επεξεργασμένα μετεωρολογικά δεδομένα του Μ. Σ. Σούδας, επιχειρείται στην συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου να προσδιορισθεί ο κλιματικός τύπος της περιοχής του Ακρωτηρίου Χανίων, όπου εδρεύει ο υπόψη μετεωρολογικός σταθμός από το 1958 και μετά, μέσω μιας μικροκλιματικής ανάλυσης των δεδομένων αυτών θα διατυπωθούν ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία εκτιμάται ότι θα είναι χρήσιμα για την κατανόηση των κλιματικών δρώμενων της περιοχής.

Αρχικά θα γίνει μία αναφορά στην κλιματική κατάταξη κατά Köppen και στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω κλιματικοί δείκτες :

- α. του Johansson, ο οποίος εξετάζει την ωκεανικότητα ή ηπειρωτικότητα μιας περιοχής και
- β. τους δείκτες ξηρότητας του de Martone και του Pinna οι οποίοι αναφέρονται στην ερημικότητα και την ευφορία μιας περιοχής.

Επιπλέον, με την περαιτέρω επεξεργασία των χρονοσειρών της θερμοκρασίας και του υετού που αποκτήθηκαν από τα μετεωρολογικά δεδομένα του Μ. Σ. Σούδας ακολουθεί μία κλιματολογική μελέτη της περιοχής, τηρώντας τους κλιματολογικούς κανόνες επεξεργασίας που έχουν θεσπιστεί από τον WMO (World Meteorological Organization), σύμφωνα με τους οποίους για να θεωρηθεί αντιπροσωπευτική και αξιόπιστη μία χρονοσειρά θα πρέπει να διαθέτει στοιχεία, τουλάχιστον μιας 30ετίας.

4. 2 Κλιματική Κατάταξη κατά Köppen

Βάση της αρχικής κλιματικής κατάταξης του Köppen, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, αποτέλεσε η προσπάθεια του να συσχετίσει το κλίμα με την βλάστηση. Αργότερα, το 1918, το κλιματικό πλαίσιο του Köppen, κατά κύριο λόγο βασίσθηκε, αφ'ενός στο ετήσιο ύψος υετού με την κατανομή του μέσα στο έτος και, εφ'ετέρου στις μηνιαίες και ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα. Από τότε η κατάταξη αυτή συνεχώς βελτιώνονταν από τον ίδιο ή με συνεργάτες του και αργότερα από άλλους ερευνητές.

Το κριτήριο του προσδιορισμού του κλίματος μιας περιοχής, με βάση την θερμοκρασία και τον υετό, αποτέλεσε η φυσική βλάστηση. Αυτό, γιατί ορισμένα είδη φυτών παρουσιάζουν περιορισμό της εξάπλωσής τους, κάτω από την επικράτηση συγκεκριμένων συνθηκών θερμοκρασίας και υετού. Οι δύο αυτές παράμετροι εξεταζόμενες χωριστά η καθεμιά και σε συνδυασμό, αποτελούν το κύριο κλιματικό πλαίσιο για τις διάφορες υποδιαιρέσεις του κλίματος.

Η κλιματική κατάταξη κατά Köppen παρουσιάζει επίσης το πλεονέκτημα ότι είναι απλή στην εφαρμογή της και χρησιμοποιεί μετεωρολογικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα από όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Ο Köppen, στην προσπάθειά του να προσδιορίσει τους κύριους κλιματικούς τύπους που επικρατούν στην γη, χρησιμοποίησε τρία σύνολα συμβόλων-γραμμάτων. Τα στοιχεία-σύμβολα του πρώτου συνόλου είναι τα κεφαλαία γράμματα Α, Β, C, D, E, Η του Λατινικού αλφαβήτου και προσδιορίζουν γενικές θερμοκρασιακές καταστάσεις, εκτός από το Β που προσδιορίζει αυτόματα την βροχόπτωση ως συνάρτηση της θερμοκρασίας. Το πρώτο στοιχείο-σύμβολο που αντιπροσωπεύει τον κλιματικό τύπο της περιοχής του Ακρωτηρίου είναι το :

C : Μεσόθερμα ή θερμά εύκρατα κλίματα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν θερμά κλίματα με ήπιους χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (T_{θ}) είναι μεγαλύτερη των 10 °C και του ψυχρότερου (T_{ψ}) βρίσκεται ανάμεσα στους 18 °C και - 3 °C. Στην περιοχή του Ακρωτηρίου η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (Ιούλιος) είναι $T_{\theta} = 26,6$ °C και του ψυχρότερου (Ιανουάριος) είναι $T_{\psi} = 10,9$ °C.

Τα στοιχεία-σύμβολα του δεύτερου συνόλου F, f, m, s, T, w προσδιορίζουν τα βροχομετρικά χαρακτηριστικά, εκτός από τα F και T που αναφέρονται στην παράμετρο της θερμοκρασίας. Το δεύτερο στοιχείο-σύμβολο που αντιπροσωπεύει τον κλιματικό τύπο του Ακρωτηρίου είναι το:

s : Ξηρή περίοδος το θέρος. Το ύψος του υετού του ξηρότερου θερμού μήνα (r_x) θα πρέπει να είναι, αφ'ενός, μικρότερο των 30 mm και αφετέρου, μικρότερο από το 1/3 του ύψους υετού του πιο υγρού μήνα (r_u). Στην περιοχή του Ακρωτηρίου το μέσο ύψος του υετού τον Ιούλιο είναι μόλις 1mm και είναι κατά πολύ μικρότερο από το 1/3 των 133 mm του Ιανουαρίου, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως ο πιο υγρός μήνας του έτους.

Τέλος τα στοιχεία-σύμβολα του τρίτου συνόλου a, b, c, d, h, k προσδιορίζουν ειδικότερες θερμοκρασιακές καταστάσεις. Το αντιπροσωπευτικό σύμβολο του τρίτου συνόλου, για την περιοχή του Ακρωτηρίου είναι το :

a : Κλίματα πολύ θερμού θέρους. Η τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα θα πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη των 22 °C. Στην περιοχή του Ακρωτηρίου η μέση μηνιαία θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (Ιουλίου) , είναι 26,6 °C.

Συνοψίζοντας τους παραπάνω κύριους τύπους της κατάταξης Köppen, με τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά τους, σχηματίζεται η παρακάτω εικόνα κλιματικού τύπου για την περιοχή του Ακρωτηρίου :

Csa : Κλίμα της ενδοχώρας της Μεσογείου (Μεσογειακό κλίμα). Ο τύπος του κλίματος αυτού χαρακτηρίζεται από πολύ ξηρά καλοκαίρια ενώ οι χειμώνες είναι ήπιοι.

4. 3 Κλιματικοί Δείκτες

4. 3. 1 Κλιματικός Δείκτης του Johansson

Ο Johansson, προκειμένου να κάνει μία κλιματική κατάταξη από άποψη Ωκεανικότητας και Ηπειρωτικότητας , χρησιμοποίησε τον τύπο :

$$K = \frac{1,7 \cdot E}{\sin \varphi} - 20,4$$

όπου : E = Ετήσιο θερμομετρικό εύρος, εκφρασμένο σε °C.

φ = Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

Λαμβανομένου υπόψη ότι το ετήσιο θερμομετρικό εύρος στην περιοχή του Ακρωτηρίου είναι : ΕΘΕ = 15,9 °C, και το γεωγραφικό πλάτος είναι : $\eta\mu \varphi = 35^\circ 32' (0,578)$, έχουμε :

$$K = \frac{1,7 \cdot 15,9}{0,578} - 20,4 = 46,8 - 20,4 = 26,4$$

Με την βοήθεια των τιμών του k ο Johansson προχώρησε στην παρακάτω κλιματική ταξινόμηση :

<u>Χαρακτηρισμός κλίματος</u>	<u>Τιμές του k</u>
Θαλάσσιο	0 μέχρι 33
Ηπειρωτικό	34 » 66
Εξαιρετικά Ηπειρωτικό	67 » 100

Επομένως, σύμφωνα με αυτή την κλιματική ταξινόμηση η περιοχή του Ακρωτηρίου κατατάσσεται στην κατηγορία των θαλάσσιων κλιμάτων.

4. 3. 2 Κλιματικοί δείκτες Ερημικότητας και Ευφορίας

Οι δείκτες αυτοί, που ονομάζονται και δείκτες ξηρότητας – υγρασίας, ορίζονται δύσκολα και είναι σε μεγάλο βαθμό τοπικού χαρακτήρα. Η ερημικότητα μίας περιοχής είναι συνάρτηση του υετού, της θερμοκρασίας, της εξάτμισης, των ανέμων και της διανομής των πιέσεων. Είναι αρκετά δύσκολο μία εμπειρική σχέση να προσδιορίζει με ακρίβεια την ερημικότητα σε ολόκληρη την επιφάνεια της γης. Όμως για διάφορες υποπεριοχές υπάρχουν αποτελεσματικές εκφράσεις. Επιλέχθηκαν δύο εξ'αυτών, οι οποίοι χρησιμοποιούν παραμέτρους που είναι διαθέσιμοι από τα μετεωρολογικά δεδομένα του Μ. Σ. Σούδας.

α. Δείκτες ξηρότητας του de Martone και Pinna

Ο δείκτης ξηρότητας του de Martone προσδιορίζεται από την σχέση :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

όπου : P = μέσο ετήσιο ύψος υετού (mm), και

T = μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα (°C).

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

Για την περιοχή του Ακρωτηρίου το μέσο ετήσιο ύψος υετού είναι $P = 627$ mm, και η μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας $T = 18.2$ °C. Επομένως :

$$I = \frac{627}{18,2 + 10} = 22,4$$

Έχοντας ως βάση τις τιμές του I και το ύψος υετού (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	α. $35 \leq I \leq 55$ β. $I > 55$	$700 \leq P < 800$ $P < 800$

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές του I και P για την περιοχή του Ακρωτηρίου και σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, αυτή ταξινομείται στα Υγρά Μεσογειακά κλίματα. Από την άλλη πλευρά ο Pinna εφάρμοσε, για τις μεσογειακές χώρες, ένα συνδυαστικό δείκτη στον οποίο περιέλαβε, εκτός από τις μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας και του Υετού, και μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας και του Υετού από τον θερμότερο μήνα της θερμής περιόδου. Διατύπωσε, έτσι τον παρακάτω κλιματικό δείκτη :

$$I\pi = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{T + 10} + \frac{12P\xi}{T\xi + 10} \right)$$

όπου T και P είναι οι μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας και του υετού, ενώ οι T_ξ και P_ξ είναι τα αντίστοιχα μεγέθη της θερμοκρασίας και του υετού για τον ξηρότερο μήνα.

Αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες τιμές της περιοχής Ακρωτηρίου στον παραπάνω κλιματικό δείκτη, από τα μετεωρολογικά δεδομένα του Μ. Σ. Σούδας, έχουμε :

$$I\pi = \frac{1}{2} \left(\frac{627}{18,2 + 10} + \frac{12 \cdot 1}{26,8 + 10} \right) = \frac{1}{2} (22,2 + 0,3) = 11,3$$

Σύμφωνα λοιπόν με τον Pinnau, και τον συνδυαστικό κλιματικό δείκτη που εφάρμοσε στην περιοχή της Μεσογείου, για Iπ < 10 τα κλίματα χαρακτηρίζονται ξηρά, ενώ για 10 ≤ Iπ ≤ 20 τα κλίματα θεωρούνται ημίξηρα Μεσογειακά, με τυπική μεσογειακή βλάστηση.

4. 4 Χαρακτηρισμός του κλίματος της περιοχής Ακρωτηρίου

Με βάση τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη από τις κλιματικές κατατάξεις και τους διάφορους κλιματικούς δείκτες είναι δυνατό να προσδιορίσουμε τον κλιματικό τύπο της κάθε περιοχής. Ο προσδιορισμός αυτός δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να είναι απόλυτα σαφής, αφού τα μετεωρολογικά δεδομένα του κάθε έτους διαφέρουν, άλλοτε και σημαντικά, από τα δεδομένα που προκύπτουν από την κλιματολογική επεξεργασία μιας σειράς μετεωρολογικών δεδομένων πολλών ετών παρατήρησης. Θα μπορούσαμε λοιπόν να θεωρήσουμε ότι το κάθε έτος ανήκει σε ένα διαφορετικό κλιματικό τύπο, και αυτό θα ήταν το πλέον αληθές, αλλά την κατάταξη αυτή θα την γνωρίζαμε μετά την ολοκλήρωση του κάθε έτους. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα να μην διαθέτουμε κανένα κλιματικό στοιχείο που να περιγράφει την γενική κλιματική κατάσταση μιας περιοχής, ώστε να μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για τις ανάγκες ανάπτυξης κάποιων δραστηριοτήτων. Όπως αναφέρθηκε λοιπόν και στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου, η ανάγκη εξυπηρέτησης τόσο επιστημονικών όσο και πρακτικών σκοπών, κύρια για την ανάπτυξη διαφόρων δραστηριοτήτων, ώθησε στην αναζήτηση μιας σειράς αντικειμενικών κριτηρίων, τα οποία θα καθιστούν δυνατή μια λεπτομερή περιγραφή του κλιματικού τύπου της κάθε περιοχής. Είναι σαφές επομένως ότι ανάλογα με τα κριτήρια που επιλέγονται, αλλά και από την διάρκεια (ή τα διαστήματα) των χρονοσειρών μετεωρολογικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται, έχει την δυνατότητα ο κάθε μελετητής να υποστηρίξει ότι επιτελείται ή όχι κλιματική αλλαγή σε μία περιοχή.

Οι τάσεις όμως μεταβολής των μετεωρολογικών δεδομένων, όπως διαπιστώνεται από πολλούς μελετητές, σε μία περιοχή, δεν προδικάζει εξ'ανάγκης και άμεση αλλαγή του κλιματικού τύπου της περιοχής αυτής. Για να επιβεβαιωθούν οι τάσεις αυτές, οι οποίες θα οδηγήσουν πιθανά σε μία μόνιμη αλλαγή του κλιματικού καθεστώτος μιας περιοχής, απαιτούνται πολλά έτη συστηματικών παρατηρήσεων και θέσπιση αυστηρών κανόνων αντικειμενικής επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων. Εκτιμάται επομένως ότι, η χρήση του ορισμού των κλιματικών αλλαγών, σε παγκόσμια ή τοπική κλίμακα, δεν είναι η πλέον ενδεδειγμένη, και θα πρέπει ίσως να καθιερωθεί κάποιος άλλος τεχνικός ή επιστημονικός όρος που να εκφράζει καλύτερα την τάση μεταβολής των κλιματολογικών στοιχείων από έτος σε έτος ή και για ακόμη μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Κατόπιν των ανωτέρω, και σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των κλιματολογικών δεδομένων του Μ. Σ. Σούδας η περιοχή του Ακρωτηρίου ανήκει στην κατηγορία των εύκρατων – θαλάσσιων ημίξηρων Μεσογειακών κλιμάτων με ήπιους χειμώνες και ξηρά - πολύ θερμά καλοκαίρια. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 7,9 °C τον Ιανουάριο (μέση ελάχιστη τιμή) έως 30,6 °C τον Ιούλιο (μέση μέγιστη τιμή). Σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος της περιοχής είναι ότι περιβάλλεται από θάλασσα, γεγονός που δημιουργεί ευνοϊκές προϋποθέσεις, ώστε να μετριάζεται η μεγάλη ζέση του θέρους και το πολύ κρύο του χειμώνα. Οι τιμές του υετού κυμαίνονται από μέτρια έως υψηλά επίπεδα, κατά μέσο όρο 627 mm ετησίως. Τα μεγαλύτερα ποσοστά υετού σημειώνονται από τον Οκτώβριο μέχρι τον

Απρίλιο, με τον Ιανουάριο να είναι ο πιο υγρός μήνας (παρουσιάζει το μεγαλύτερο μέσο μηνιαίο ύψος υετού και τον μεγαλύτερο μέσο μηνιαίο αριθμό ημερών υετού), ενώ κατά την διάρκεια των θερινών μηνών τα ποσοστά υετού σχεδόν μηδενίζονται. Οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή Ακρωτηρίου είναι Δυτικών διευθύνσεων κατά την χειμερινή περίοδο και ΒορειοΔυτικοί στην περίοδο των θερινών μηνών, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στην ηπιότητα των κλιματικών συνθηκών της περιοχής. Από πλευράς έντασης του ανέμου, σημειώνεται ότι, τα μεγαλύτερα ποσοστά άπνοιας παρατηρούνται τους χειμερινούς μήνες, ενώ οι πλέον επικρατέστερες εντάσεις φθάνουν μέχρι τα 5 Beaufort.

4. 5 Ανάλυση των Χρονοσειρών της θερμοκρασίας του αέρα και του υετού

Αν και η κλιματική κατάσταση της περιοχής του Ακρωτηρίου είναι αρκετά σαφής και προσδιορίζει το κλιματικό της πλαίσιο, εντούτοις δεν μπορεί να δώσει απάντηση στο ερώτημα που γεννάται σε όλους : τελικά τι είναι αυτό που έχει αλλάξει και μας κάνει να νοιώθουμε διαφορετικά από το παρελθόν ;

Προκειμένου να δοθεί μία απάντηση στο ερώτημα αυτό, επιχειρείται στη συνέχεια, μία ανάλυση των τάσεων των χρονοσειρών που αποκτήθηκαν από τον Μ. Σ. Σούδας. Η ανάλυση αυτή περιορίστηκε στην εξέταση μόνο δύο παραμέτρων, της θερμοκρασίας του αέρα και του υετού, λόγω της ευρύτητας του θέματος. Η εξέταση και άλλων παραμέτρων, όπως της υγρασίας, της νεφοκάλυψης, του ανέμου κ.α., θα μπορούσαν να αποδώσουν σημαντικά αποτελέσματα και θα είχε αξία πράγματι να συνεξετασθούν και αυτές σε μια μελλοντική μελέτη.

Αξίζει να επισημανθεί και πάλι ότι, στην ανάλυση αυτή των χρονοσειρών των μετεωρολογικών δεδομένων, τηρήθηκε με απόλυτο σεβασμό η κανονιστική οδηγία του WMO, η οποία θεωρεί ότι, για να είναι αξιόπιστα τα κλιματολογικά αποτελέσματα μιας χρονοσειράς, θα πρέπει αυτή να διαθέτει μετεωρολογικές παρατηρήσεις τουλάχιστον 30 ετών. Οι χρονοσειρές του Μ.Σ. Σούδας διαθέτουν μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασίας και υετού από το 1959 έως το 2004, επομένως 46 συνολικά έτη συστηματικών παρατηρήσεων. Η κλιματολογική επεξεργασία, του συνόλου των ετών παρατήρησης, είχε σαν αποτέλεσμα να καταγραφούν οι μέσοι όροι καθώς και οι άκρες τιμές των μετεωρολογικών δεδομένων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Είναι προφανές ότι όσο οι χρονοσειρές θα αυξάνουν σε έτη παρατήρησης, τα αποτελέσματα θα μεταβάλλονται πολύ ελάχιστα, αφού σημειώνονται μεταβολές από έτος σε έτος, είτε προς τα πάνω, είτε προς τα κάτω, οι οποίες όμως δεν μπορούν, παρά ελάχιστα να επηρεάσουν τους μέσους όρους. Ένα άλλο πρόβλημα από αυτή την κλιματολογική επεξεργασία, του συνόλου της χρονοσειράς των μετεωρολογικών δεδομένων, είναι ότι δεν υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης αυτών των αποτελεσμάτων με αντίστοιχα δεδομένα παρελθόντος χρόνου, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για τυχόν αξιόλογες αλλαγές ή να διερευνηθούν τυχόν περιοδικές αλλαγές στις τάσεις των μετεωρολογικών παραμέτρων. Προκειμένου να εξασφαλισθούν αξιόπιστες χρονοσειρές μετεωρολογικών δεδομένων και ταυτόχρονα να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων, δημιουργήθηκαν χρονοσειρές μετεωρολογικών δεδομένων (30 ετών) με την μεθοδολογία του κινητού μέσου όρου (Moving Average). Επομένως, από το σύνολο των 46 ετών παρατήρησης των χρονοσειρών της θερμοκρασίας και του υετού, δημιουργήθηκαν 17 νέες χρονοσειρές για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους, όπου η κάθε μία περιλαμβάνει ακριβώς 30 έτη παρατήρησης. Η πρώτη χρονοσειρά περιλαμβάνει μετεωρολογικά δεδομένα από το 1959 έως το 1988 (30 έτη), η επόμενη από το 1960 έως το 1989, αφαιρείται δηλαδή ένα προηγούμενο έτος και προστίθεται ένα νεώτερο σε κάθε επόμενη χρονοσειρά. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται, ως επί το πλείστον, για υδρολογικούς σκοπούς, προκειμένου να εξαχθούν συγκρίσιμα αποτελέσματα από την επεξεργασία μικρών χρονοσειρών (σε έτη παρατηρήσεων), όπου, συνήθως, ο κινητός μέσος όρος που χρησιμοποιείται είναι των 4 έως 7 ετών.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση των 17 αυτών χρονοσειρών για τις μετεωρολογικές παραμέτρους της μέσης, της μέσης μέγιστης και της μέσης ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας του αέρα, καθώς και του υετού.

4. 5. 1 Ανάλυση των Χρονοσειρών της Μέσης τιμής θερμοκρασίας του αέρα

Ο διαχωρισμός στην επεξεργασία της μέσης τιμής θερμοκρασίας του αέρα από την μέση μέγιστη και ελάχιστη προτιμήθηκε, λόγω διαφορετικής επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων, για την απόκτηση αυτών των τιμών. Αναφέρθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο ότι για να υπολογισθεί η μέση τιμή της θερμοκρασίας του κάθε μήνα χρησιμοποιούνται 3 ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας $([06,00 \text{ UTC} + 12,00 \text{ UTC} + \{18,00 \text{ UTC} \times 2\}] / 4)$, ενώ για να υπολογισθεί η μέση μηνιαία μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία χρησιμοποιούνται μόνο οι αντίστοιχες μέγιστες και ελάχιστες τιμές κάθε ημέρας, για ολόκληρο τον μήνα. Το γεγονός αυτό δεν επιτρέπει την σύγκριση της μέσης μηνιαίας τιμής της θερμοκρασίας με την μέση μέγιστη και ελάχιστη. Αντιθέτως οι μέσες μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους αφού περιέχουν τον ίδιο αριθμό ημερήσιων παρατηρήσεων κάθε μήνα.

Από την επεξεργασία και την σύγκριση των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας των 17 χρονοσειρών, με του 30ετείς κινητούς μέσους όρους προέκυψαν τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στα **σχήματα 6-1, 6-2 και 6-3**. Τα συνολικά αποτελέσματα από τα επεξεργασμένα αυτά διαγράμματα εμφανίζονται στο **σχήμα 7**. Στο σχήμα αυτό εμφανίζεται η συνολική (μέγιστη) διακύμανση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας για τον κάθε μήνα, το οποίο αποτυπώνεται από το συνολικό ύψος της κάθε ράβδου. Με την χρωματική απεικόνιση φαίνεται η σύγκριση της πρώτης 30ετίας με την τελευταία 30ετία, όπου με μπλε συμβολίζεται αρνητική διαφορά ενώ με κόκκινο η διαφορά είναι θετική. Για παράδειγμα, τον μήνα Ιανουάριο διαπιστώνεται από το αντίστοιχο διάγραμμα ότι η μέγιστη διακύμανση είναι $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (διαφορά της πρώτης 30ετίας $[11 \text{ }^{\circ}\text{C}]$ με την έκτη στη σειρά 30ετία $[10,7 \text{ }^{\circ}\text{C}]$). Η διαφορά της πρώτης 30ετίας με την τελευταία 30ετία $[10,9 \text{ }^{\circ}\text{C}]$ είναι $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (με την τελευταία 30ετία να είναι $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ψυχρότερη από την πρώτη).

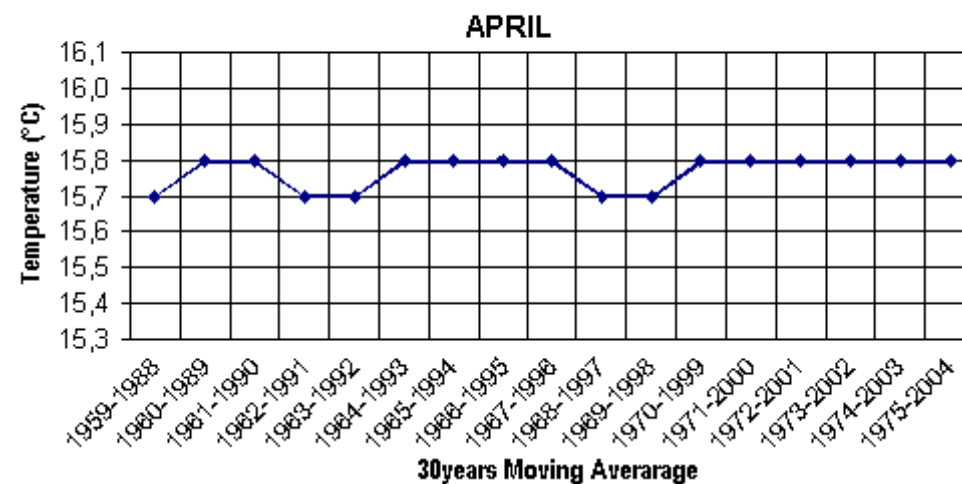
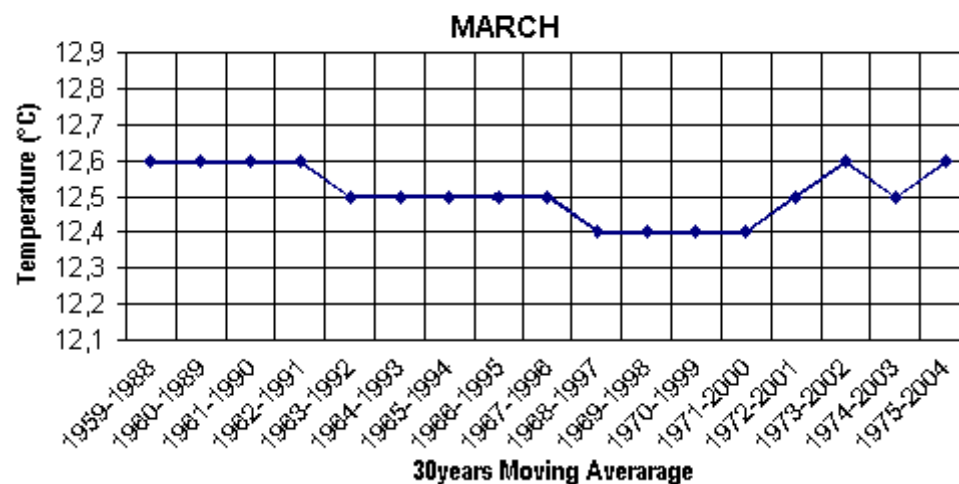
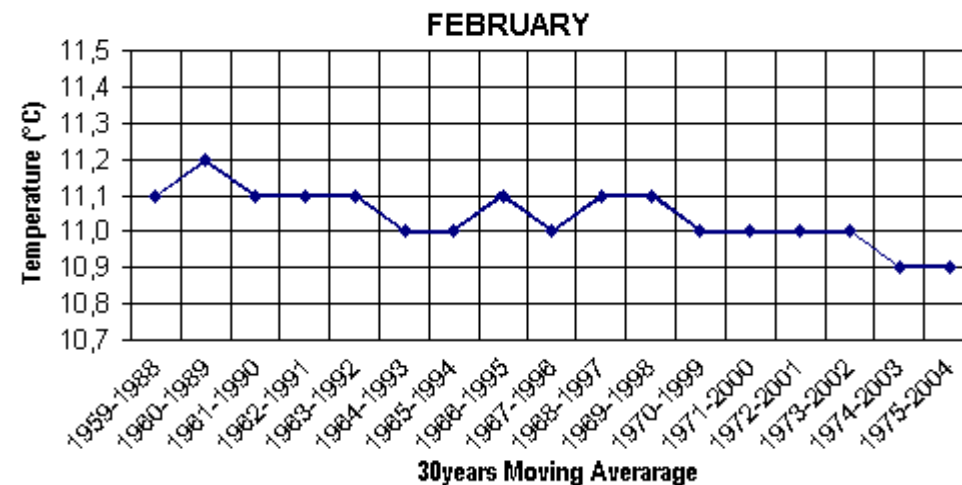
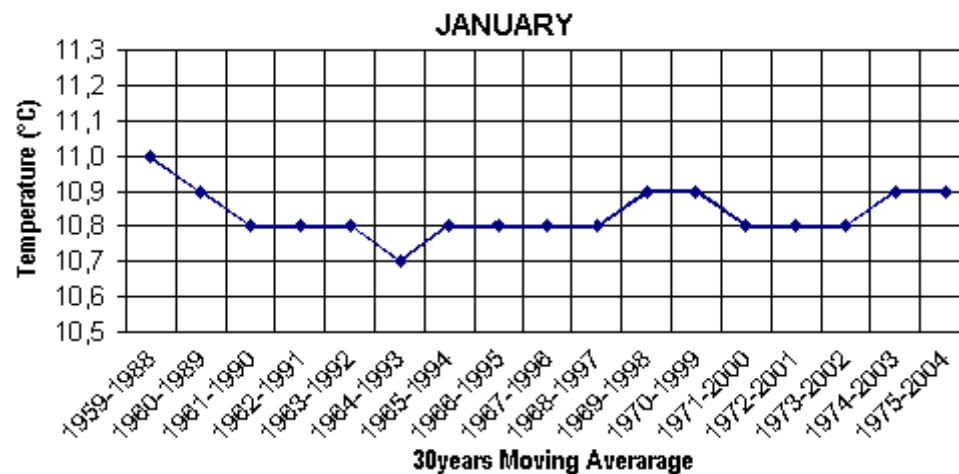
Από την μελέτη του σχήματος 7, διαπιστώνεται ότι η μηνιαία διακύμανση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του αέρα είναι $0,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, κατά μέσο όρο, στο σύνολο των εξεταζόμενων χρονοσειρών, με την μέγιστη διακύμανση να σημειώνεται τον μήνα Νοέμβριο ($0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$) και την ελάχιστη τον Απρίλιο ($0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Διαπιστώνεται επίσης ότι η χειμερινή περίοδος τείνει να εμφανίζεται ελαφρώς ψυχρότερη του παρελθόντος, ενώ η θερινή περίοδος τείνει να είναι αρκετά θερμότερη. Επίσης, οι μήνες της Άνοιξης παρουσιάζουν μικρότερη διακύμανση της μέσης τιμής σε αντίθεση με τους μήνες του Φθινοπώρου οι οποίοι παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση, με τον Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο να είναι αρκετά θερμότεροι και τον Νοέμβριο ελαφρά ψυχρότερο.

Από λεπτομερή εξέταση των στοιχείων που παρουσιάζονται στο ραβδόγραμμα του σχήματος 7, και συγκεκριμένα από την εμφανιζόμενη διαφορά μεταξύ της πρώτης 30ετίας (1959 – 1988) και της τελευταίας (1975 - 2004), διαπιστώνεται μία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας η οποία στο σύνολο της φθάνει στους $1,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Η μεσοσταθμική αυτή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας προκύπτει από την διαφορά της αύξησης των μέσων μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας από Απρίλιο έως και Οκτώβριο κατά $2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ και της μείωσης των μέσων μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας από Νοέμβριο έως και Φεβρουάριο κατά $0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Ποσοστιαία, η αύξηση αυτή της μέσης θερμοκρασίας μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας 30ετίας, αποδίδεται ως αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας περίπου $0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, κατά μέσο όρο, σε ετήσια βάση. Από τη στατιστική επεξεργασία επιβεβαιώνεται επίσης ότι, η μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας την 30ετία 1959 - 1988 ήταν $18,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ κατά μέσο όρο, ενώ η μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας την τελευταία 30ετία (1975 - 2004) ανέβηκε στους $18,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

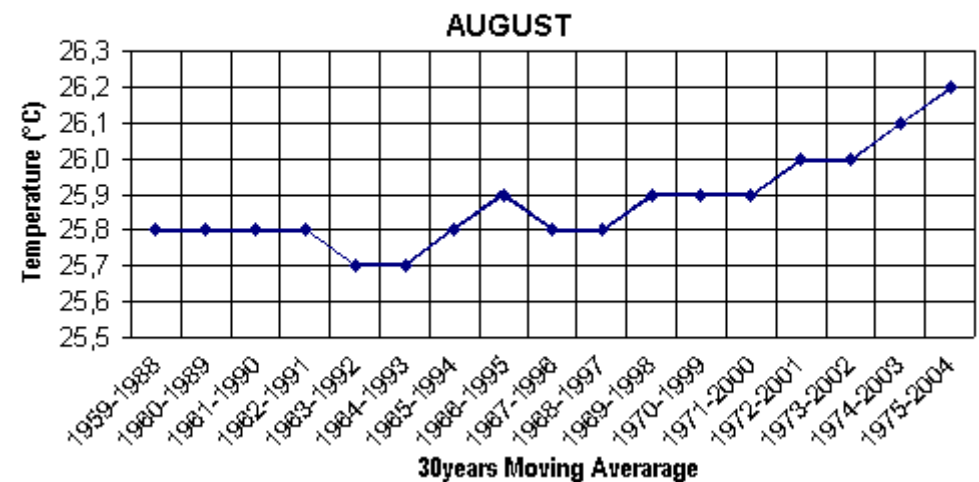
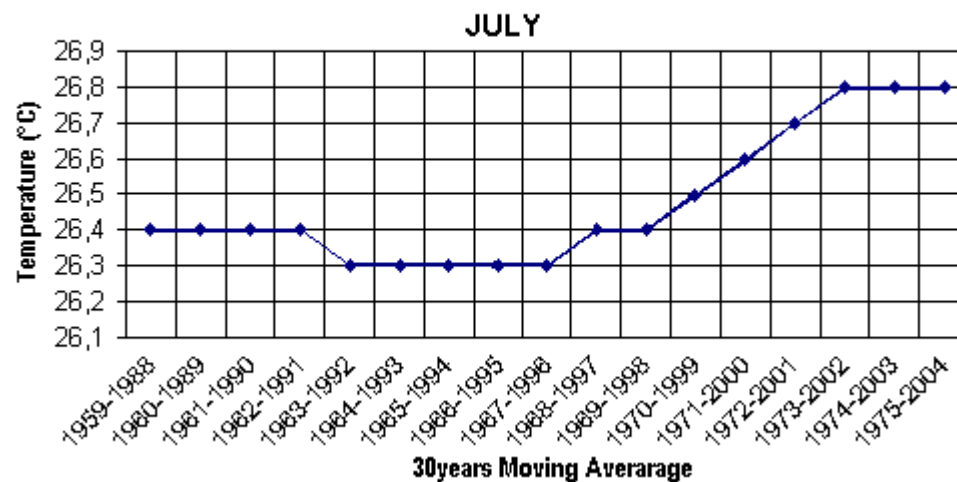
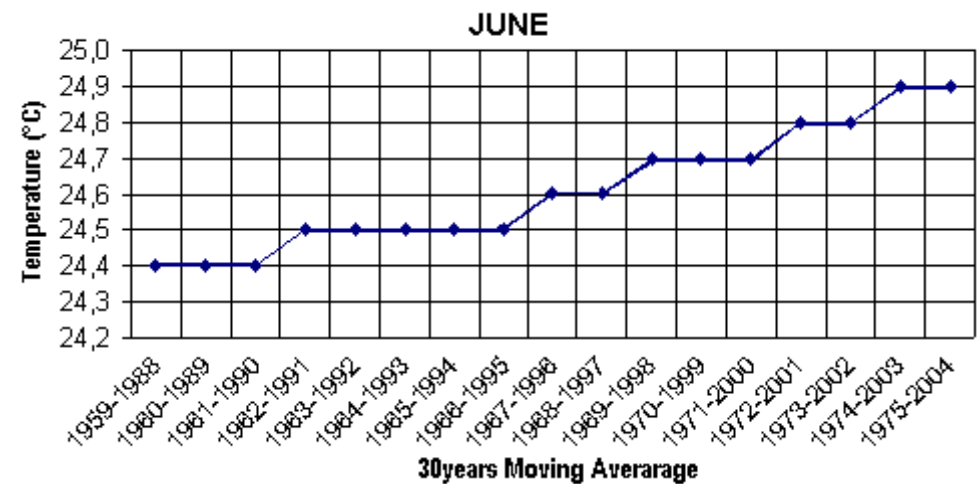
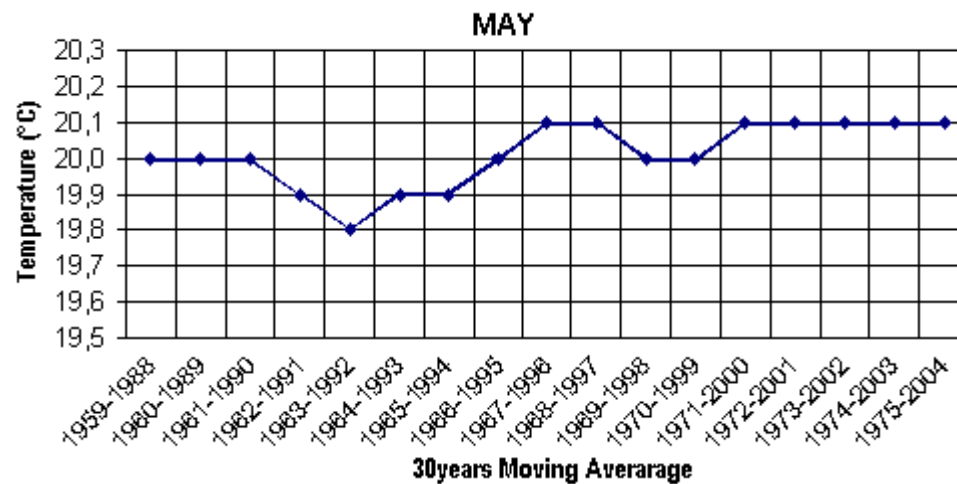
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, οι μήνες στους οποίους διαπιστώνεται η αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας (Απρίλιο έως Οκτώβριο), θα εμφανίζονται θερμότεροι, σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες. Αντίστοιχα, οι μήνες στους οποίους σημειώνεται μείωση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας (Νοέμβριο έως Φεβρουάριο), θα εμφανίζονται ψυχρότεροι του παρελθόντος. Παρά το γεγονός ότι, από μόνη της, η μέση τιμή της θερμοκρασίας δεν είναι απόλυτα αντιπροσωπευτική παράμετρος ώστε να δώσει ικανοποιητικές ενδείξεις για μια αισθητή, από τον άνθρωπο, αλλαγή των συνθηκών της ατμόσφαιρας, εντούτοις από την μελέτη των παραπάνω διαγραμμάτων διαπιστώνεται μία τάση μεταβολής της και επομένως και των κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής Ακρωτηρίου. Η διαπιστωθείσα αυτή κλιματολογική μεταβολή σε συνδυασμό με πιθανές μεταβολές στη μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία είναι δυνατό να προκαλούν την διαμόρφωση ενός διαφορετικού κλιματικού περιβάλλοντος, σε σχέση με το παρελθόν. Φυσικά, επειδή κάθε έτος εμφανίζει τα δικά του χαρακτηριστικά, είναι βέβαιο ότι οι

διαφαινόμενες αυτές μεταβολές θα διαμορφώνονται από έτη που παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις, και επομένως τα έτη αυτά θα γίνονται περισσότερο αισθητά από το σύνολο του πληθυσμού μιας περιοχής.

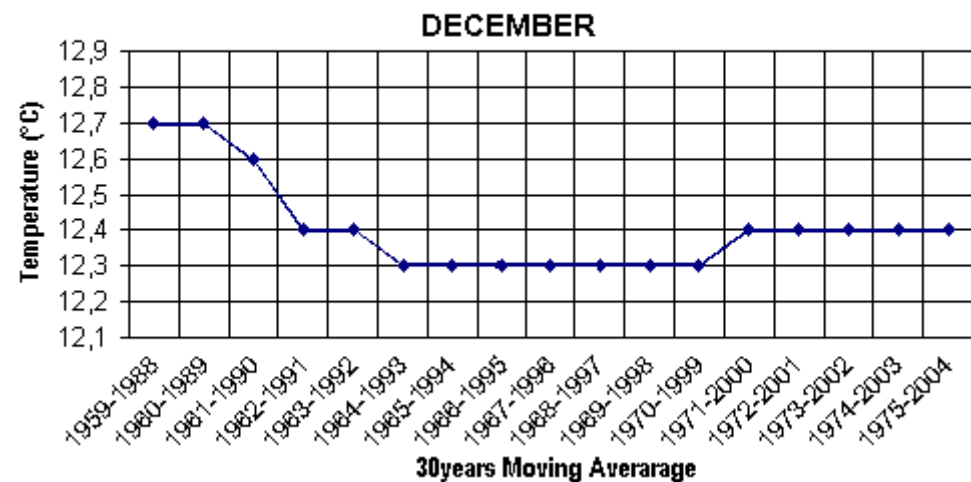
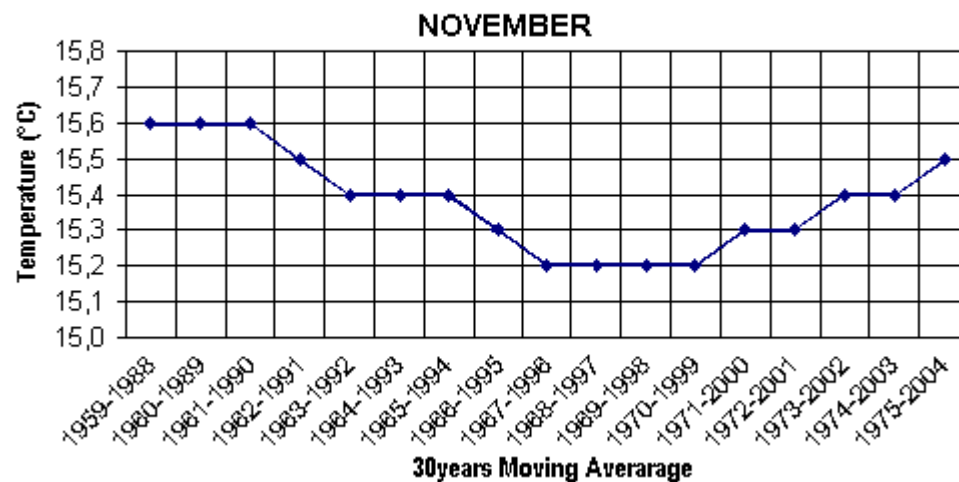
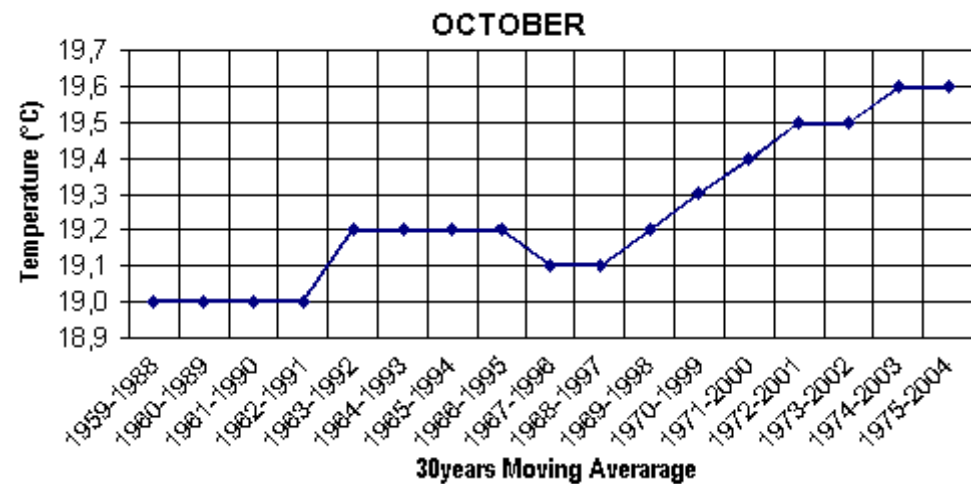
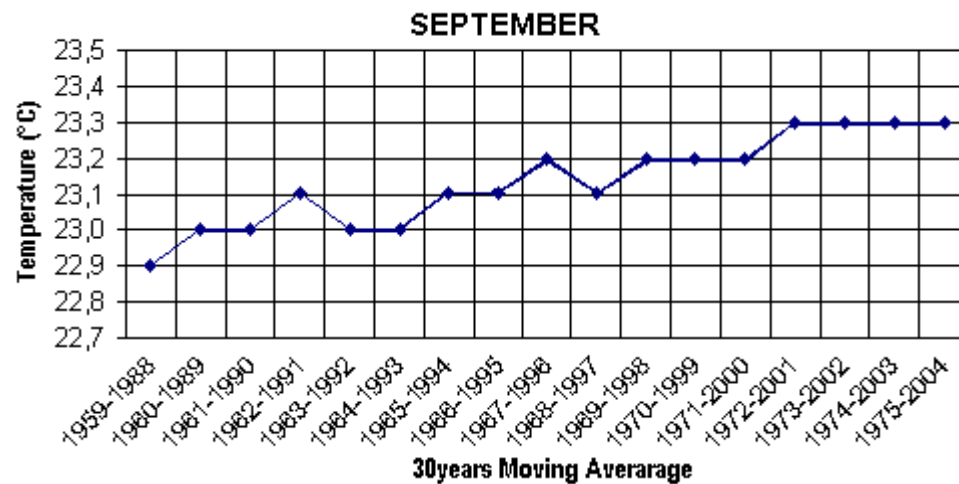
Η διακύμανση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του αέρα, με μία ενδεικτική τάση ανόδου τους θερινούς μήνες και πτωτική τους χειμερινούς, μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Οι κύριες αιτίες που αναφέρονται στην Διεθνή βιβλιογραφία είναι η μεγάλη αστική ανάπτυξη (ιδιαίτερα των περιοχών γύρω από την θέση εγκατάστασης των Μετεωρολογικών σταθμών), η άρδευση, η ερημοποίηση πολλών εκτάσεων και η αλλαγή χρήσης γης, ενώ πολλοί μελετητές δεν παραλείπουν να αναφέρουν και τη συμβολή των θερμοκηπιακών αερίων, των οποίων η συγκέντρωση, στην ατμόσφαιρα, αυξάνεται λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Στην περίπτωση της περιοχής του Ακρωτηρίου, η διακύμανση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας, μπορεί να δικαιολογηθεί σε μεγάλο βαθμό από τους παραπάνω παράγοντες, λαμβανομένου υπόψη ότι η ευρύτερη περιοχή έχει αναπτυχθεί σημαντικά τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Σημαντικά, επίσης, έχει διαφοροποιηθεί και ο περιβάλλον χώρος που βρίσκεται εγκατεστημένος ο Μ.Σ.Σούδας (από το 1958), λόγω έργων εκσυγχρονισμού του Αεροδρομίου (εκχερνώσεις, ασφαλτοστρώσεις, κατασκευή κτιρίων, κ.α.). Άλλοι παράγοντες, οι οποίοι θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικοί στην διαμόρφωση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του αέρα, είναι η νέφωση και οι επικρατούντες άνεμοι. Παράγοντες, οι οποίοι αν και δεν εξετάζονται στην παρούσα εργασία, θα πρέπει να έχουν τροποποιηθεί αρκετά, τουλάχιστον την τελευταία δεκαετία.



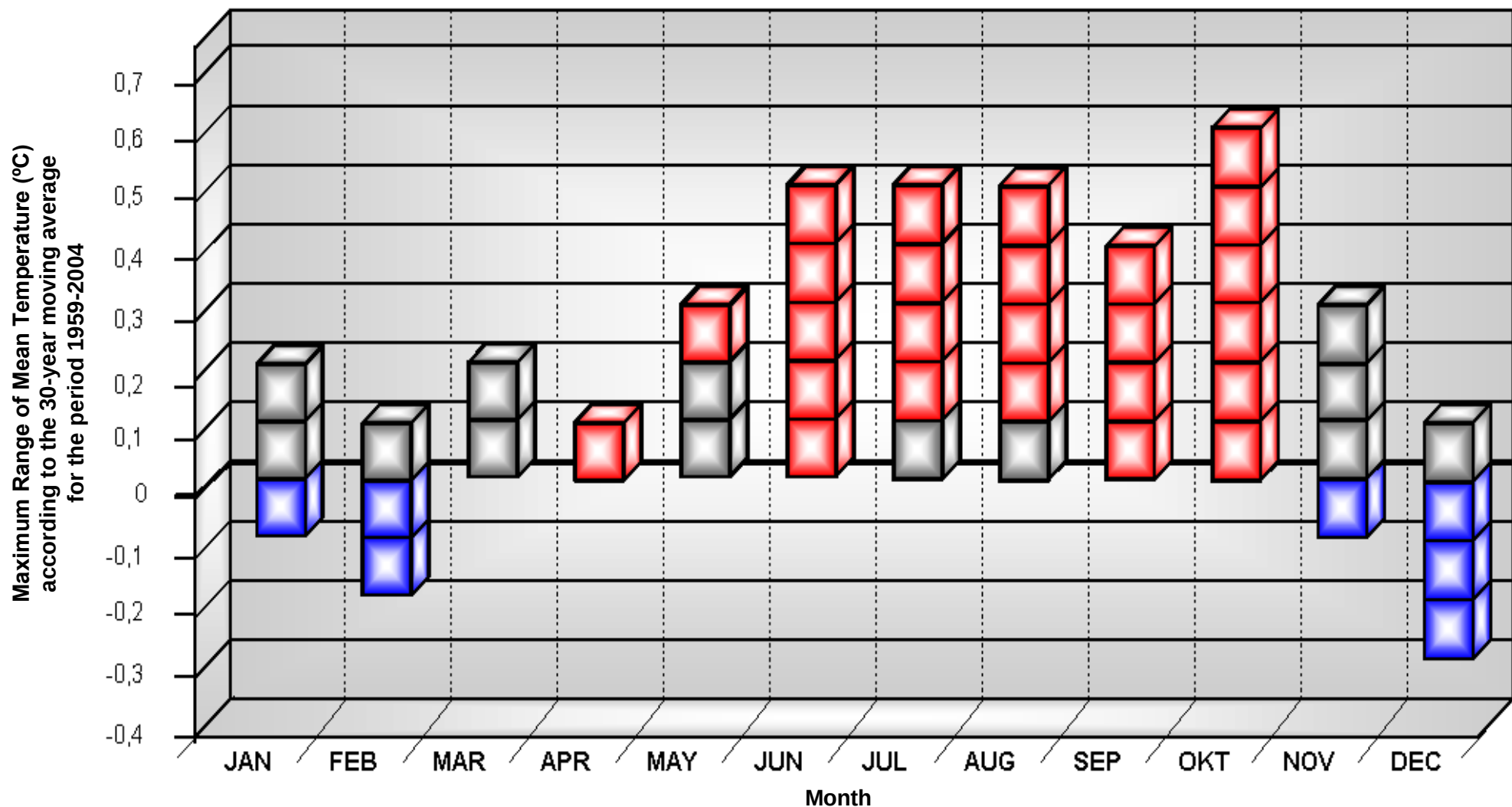
Σχήμα 6-1 : Μηνιαία Διαγράμματα Διακύμανσης της Μέσης Θερμοκρασίας, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για τον Μ.Σ.Σούδας.
 Figure 6-1 : Monthly Variation's Diagrams of the Mean Temperature, according to the 30-year Moving Average, for M.S.Souda.



Σχήμα 6-2 : Μηνιαία Διαγράμματα Διακύμανσης της Μέσης Θερμοκρασίας, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για τον Μ.Σ.Σούδας.
 Figure 6-2 : Monthly Variation's Diagrams of the Mean Temperature, according to the 30-year Moving Average, for M.S.Souda.



Σχήμα 6-3 : Μηνιαία Διαγράμματα Διακύμανσης της Μέσης Θερμοκρασίας, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για τον Μ.Σ.Σούδας.
 Figure 6-3 : Monthly Variation's Diagrams of the Mean Temperature, according to the 30-year Moving Average, for M.S.Souda.



Σχήμα 7 : Μέγιστη Διακύμανση της Μέσης Θερμοκρασίας, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για κάθε μήνα και απόκλιση της 1^{ης} 30ετίας (1959-1988) από την τελευταία 30ετία (1975-2004) σε χρωματική απεικόνιση (μπλε αρνητική, κόκκινη θετική) .

Figure 7 : Maximum Variation of the Mean Temperature, according to the 30-year Moving Average, for each month and standard deviation of the 1st 30-year time series (1959-1988) from the last 30-year time series (1975-2004) in color depiction (blue negative, red positive).

4. 5. 2 Ανάλυση των Χρονοσειρών της Μέσης Μέγιστης και Μέσης Ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα

Για την επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων της μέσης μέγιστης και ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία όπως και για την ανάλυση των 17 χρονοσειρών της μέσης τιμής της θερμοκρασίας. Διαπιστώθηκε όμως στη συνέχεια ότι η διακύμανση αυτών των δύο τιμών διαφοροποιούσε και το θερμοκρασιακό εύρος του κάθε μήνα (μηνιαίο θερμοκρασιακό εύρος ορίζεται ως η διαφορά της μέσης μέγιστης και της μέσης ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε στο μήνα αυτό). Προκειμένου να μελετηθεί και η διακύμανση του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους κατασκευάστηκαν μηνιαία διαγράμματα στα οποία εμφανίζεται ταυτόχρονα η διακύμανση της μέσης μέγιστης και της μέσης ελάχιστης με το μέσο μηνιαίο θερμοκρασιακό εύρος, και σύμφωνα με τους 30ετείς κινητούς μέσους όρους των 17 χρονοσειρών, όπως παρουσιάζονται στα **σχήματα 8-1, 8-2 και 8-3**. Στα διαγράμματα αυτά εμφανίζεται η διακύμανση της μέσης μέγιστης και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας, ξεχωριστά για τον κάθε μήνα, στους κινητούς μέσους όρους των 30ετιών των 17 συνολικά χρονοσειρών που δημιουργήθηκαν. Στο ενδιάμεσο αυτών σημειώνεται η τιμή του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους. Από την ανάλυση του συνόλου των διαγραμμάτων διαπιστώνεται ότι η μέση τιμή της ελάχιστης έχει αυξηθεί σε όλους τους μήνες του έτους (σημαντικότερη αύξηση παρατηρείται στους μήνες από Μάρτιο έως και Νοέμβριο), ενώ η μέση μέγιστη μειώνεται από Νοέμβριο έως Μάρτιο, διατηρείται αμετάβλητη τον Απρίλιο έως και τον Μάιο και στη συνέχεια αυξάνει από Ιούλιο έως και Οκτώβριο. Άξιο προσοχής είναι επίσης το γεγονός ότι σε όλους ανεξαιρέτως τους μήνες παρατηρείται σταδιακή και μόνιμη μείωση της τιμής του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους, όπως αυτή σημειώνεται στα πλαίσια ενδιάμεσων των διαγραμμάτων.

Ολοκληρωμένα τα αποτελέσματα αυτών των διαγραμμάτων εμφανίζονται στο **σχήμα 9**. Στο επάνω διάγραμμα απεικονίζεται η διαφορά της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας της 1ης 30ετίας (1959-1988) από αυτήν της τελευταίας 30ετίας (1975-2004). Αντίστοιχα στο κάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διαφορά της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας της 1ης από την τελευταία 30ετία. Οι αποχρώσεις του μπλε και κόκκινου συμβολίζουν αν αυτή η μεταβολή της θερμοκρασίας ήταν θετική (κόκκινο) ή αρνητική (μπλε). Στις ενδιάμεσες ράβδους του σχήματος αποτυπώνεται η συρρίκνωση του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους. Στο άνω τμήμα της κάθε ράβδου σημειώνεται η τιμή του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους της 1ης 30ετίας, στο κάτω άκρο σημειώνεται η τιμή της τελευταίας 30ετίας, ενώ μέσα στη ράβδο σημειώνεται η διαφορά τους.

Από τη μελέτη του σχήματος 9 προκύπτουν τα ακόλουθα :

- Η μέση ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας εμφανίζεται αυξημένη σε όλους ανεξαιρέτως τους μήνες. Η μικρότερη αύξηση σημειώνεται τον Φεβρουάριο με 0,3 °C και η μεγαλύτερη τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο με 1,1 °C αντίστοιχα. Επομένως η συνολική αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας, η οποία έχει επιτευχθεί κατά την τελευταία 30-ετία, ανέρχεται στους 9,3 °C. Η διαπιστωθείσα αυτή αύξηση της μέσης ελάχιστης ουσιαστικά σημαίνει ότι έχουν απολεσθεί συνολικά 9,3 °C ψύξης από κλιματικό περιβάλλον της περιοχής Ακρωτηρίου Χανίων. Ποσοστιαία, η αύξηση αυτή της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας 30ετίας, αποδίδεται ως αύξηση της μέσης τιμής της ελάχιστης θερμοκρασίας περίπου 0,8 °C, κατά μέσο όρο, σε ετήσια βάση. Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων επιβεβαιώνεται ότι, η μέση ετήσια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας την 30ετία 1959 - 1988 ήταν 13,6 °C κατά μέσο όρο, ενώ η μέση ετήσια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας την τελευταία 30ετία (1975 - 2004) ανέβηκε στους 14,4 °C.
- Η μέση μηνιαία μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας, την τελευταία 30ετία, εμφανίζεται πτωτική από Νοέμβριο έως και Μάρτιο, ενώ αντίθετως από Ιούνιο έως και Οκτώβριο εμφανίζεται ανοδική. Η συνολική πτώση της μέσης μέγιστης από Νοέμβριο έως και Μάρτιο φθάνει τους 2,5 °C, ενώ η συνολική αύξηση από Ιούνιο έως και Οκτώβριο ανέρχεται στους 1,8 °C. Μεσοσταθμικά η μέση μέγιστη θερμοκρασία έχει ελαττωθεί συνολικά κατά 0,7 °C την τελευταία 30ετία. Αυτό λογικά σημαίνει ότι δεν αποδίδεται

περισσότερη θερμότητα στο περιβάλλον, σε σχέση με το παρελθόν, αλλά αντιθέτως σημειώνεται μείωση. Ποσοστιαία, η μείωση αυτή της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας 30ετίας, αποδίδεται ως μείωση της μέσης μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας περίπου 0,1 °C, κατά μέσο όρο, σε ετήσια βάση. Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων επιβεβαιώνεται ότι, η μέση ετήσια τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας την 30ετία 1959 - 1988 ήταν 22,2 °C κατά μέσο όρο, ενώ η μέση ετήσια τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας την τελευταία 30ετία (1975 - 2004) μειώθηκε στους 22,1 °C.

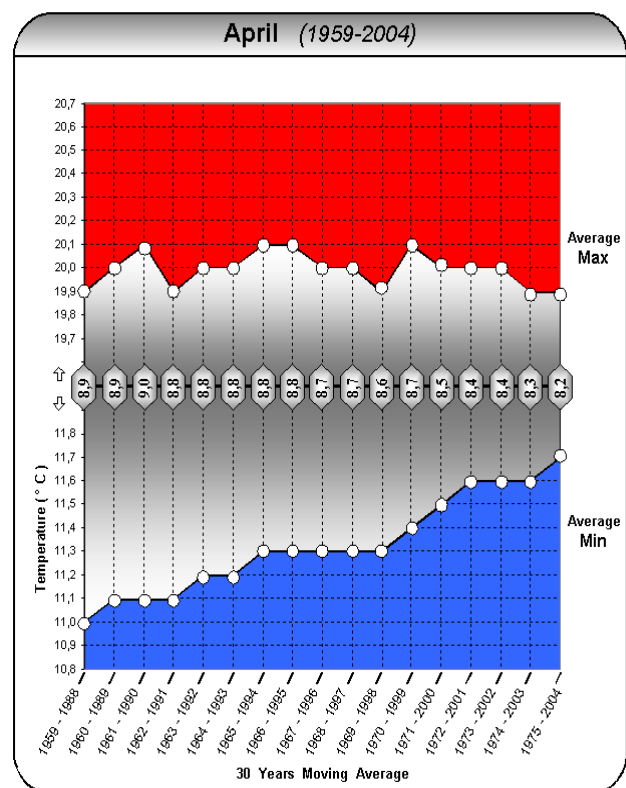
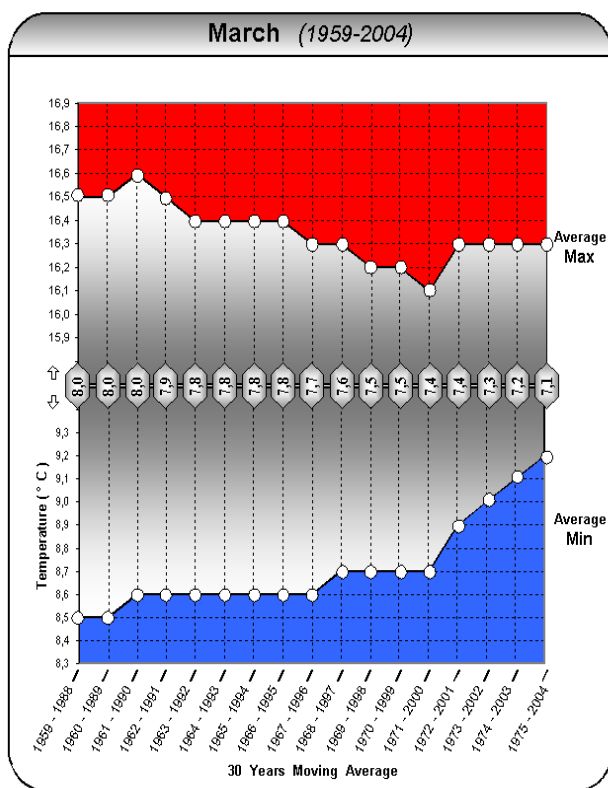
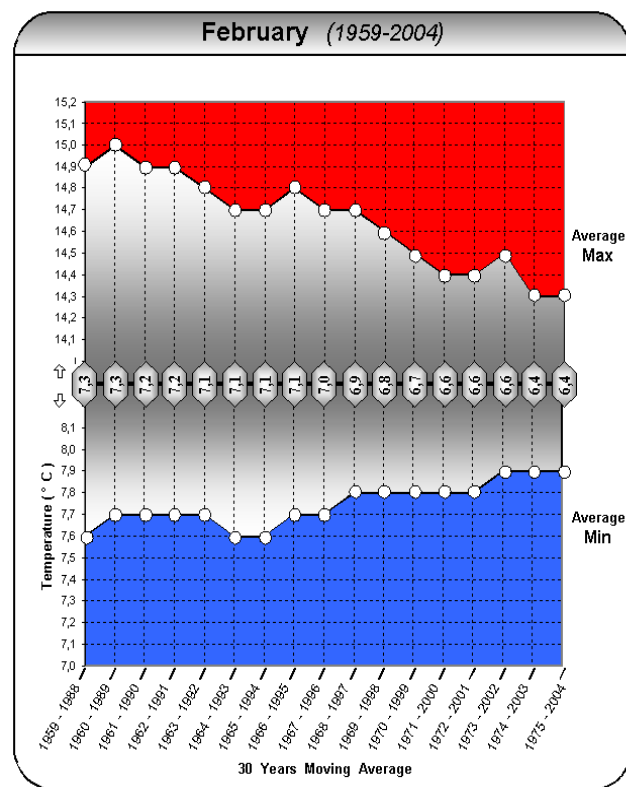
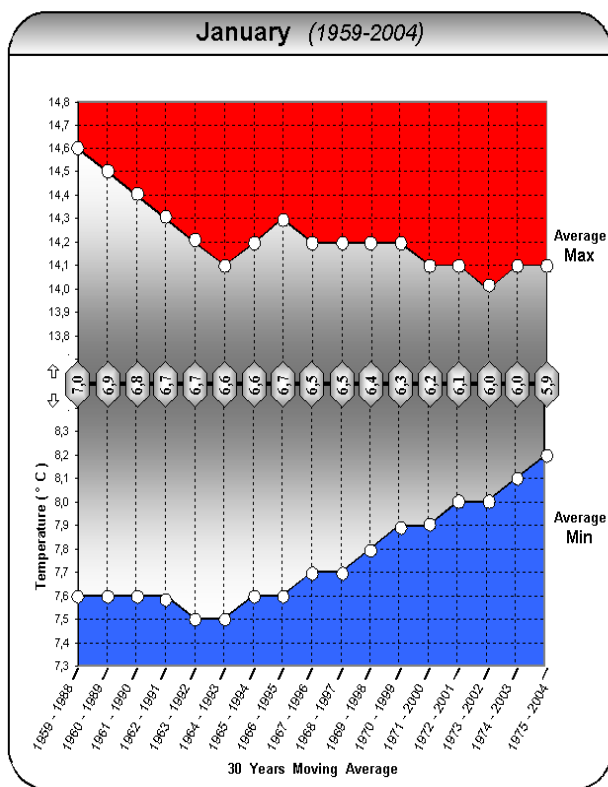
- Η αύξηση της μέσης μέγιστης από Ιούνιο έως και Οκτώβριο, αν και σε μικρότερο ποσοστό, σε συνδυασμό με την μεγαλύτερη αύξηση της μέσης ελάχιστης την ίδια περίοδο, καθιστούν τους μήνες αυτούς αισθητά θερμότερους τα τελευταία χρόνια σε σχέση με το παρελθόν.
- Η απώλεια ψύξης κατά την χειμερινή περίοδο, που είναι αποτέλεσμα της αύξησης της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας, καθιστά τους χειμώνες ηπιότερους απ'ότι στο παρελθόν. Την περίοδο αυτή, η αντίστοιχη μείωση της μέσης μέγιστης εκτιμάται ότι δεν έχει αξιολογη συμμετοχή.
- Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος έχει συρρικνωθεί 0,8 °C, κατά μέσο όρο, την τελευταία 30ετία. Τους μήνες Νοέμβριο έως Μάρτιο η συρρίκνωση του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους οφείλεται, αφενός μεν στη αύξηση της μέσης τιμής της ελάχιστης θερμοκρασίας και αφετέρου, στη μείωση της μέσης τιμής της μέγιστης. Αντίθετα στους μήνες Ιούνιο έως και Οκτώβριο, παρά το γεγονός ότι σημειώνεται ταυτόχρονα αύξηση και στις δύο τιμές (μέσης μέγιστης και ελάχιστης), εντούτοις η αύξηση της μέσης ελάχιστης είναι αρκετά μεγαλύτερη ώστε να προκαλεί συρρίκνωση του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους στα ίδια επίπεδα με των υπόλοιπων μηνών. Το Απρίλιο και τον Μάιο, η συρρίκνωση του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους, οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην αύξηση της μέσης τιμής της ελάχιστης θερμοκρασίας. Η μεγαλύτερη συρρίκνωση του μέσου μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους σημειώνεται κατά τη Χειμερινή περίοδο, γεγονός που αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία διότι κατά τους μήνες αυτούς επικρατούν και τα καιρικά συστήματα, τα οποία με τα δημιουργούμενα νεφικά στρώματα συμβάλουν στη μείωση του θερμοκρασιακού εύρους.

Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, όσον αφορά τη μείωση του ημερήσιου θερμοκρασιακού εύρους, σε παγκόσμια κλίμακα, εκτιμάται ότι η παρατηρούμενη αυτή μείωση οφείλεται, κύρια, στην αύξηση των νεφώσεων και της εδαφικής υγρασίας (Easterling, et al., 1997, Dai, et al., 1999, Stone and Weaver, 2002, Braganza, et al., 2004). Οι νεφώσεις περιορίζουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανακλώντας την πίσω στο διάστημα, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας περιορίζουν την εξερχόμενη, μεγάλου μήκους κύματος, γήινη ακτινοβολία, διατηρώντας υψηλότερες θερμοκρασίες κοντά στην επιφάνεια της γης. Η εδαφική υγρασία (η οποία έχει αυξηθεί λόγω αλλαγής χρήσης πολλών εδαφικών εκτάσεων), μπορεί να μειώσει το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος, δια μέσου της ψύξης του εδάφους, λόγω αυξημένης εξάτμισης. Η διεργασία αυτή είναι περισσότερο αποτελεσματική κατά τη διάρκεια των ημερών που το κατώτερο οριακό στρώμα είναι ασταθές και η δυναμική εξατμισοδιαπνοή λαμβάνει την υψηλότερη τιμή της.

Αν και η κύρια αιτία μείωσης του ημερήσιου θερμοκρασιακού εύρους αποδόθηκε στους δύο παραπάνω παράγοντες, παρόλα αυτά αναφέρεται και μία σειρά πολλών άλλων παραγόντων (σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, διέλευση μετωπικών υφέσεων, άνεμος, αστικοποίηση, ανθρωπογενείς δραστηριότητες, κ.α.), οι οποίοι όμως ελάχιστα συνεισφέρουν στο φαινόμενο αυτό.

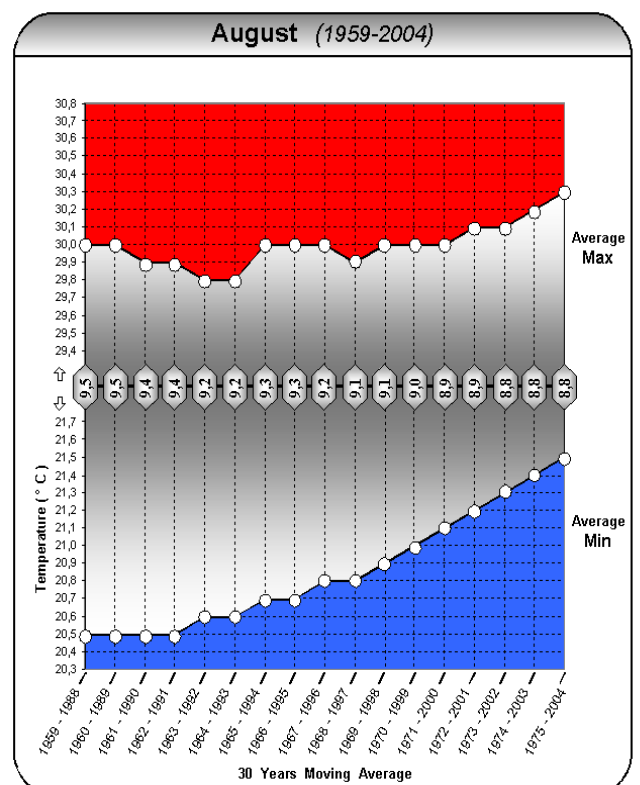
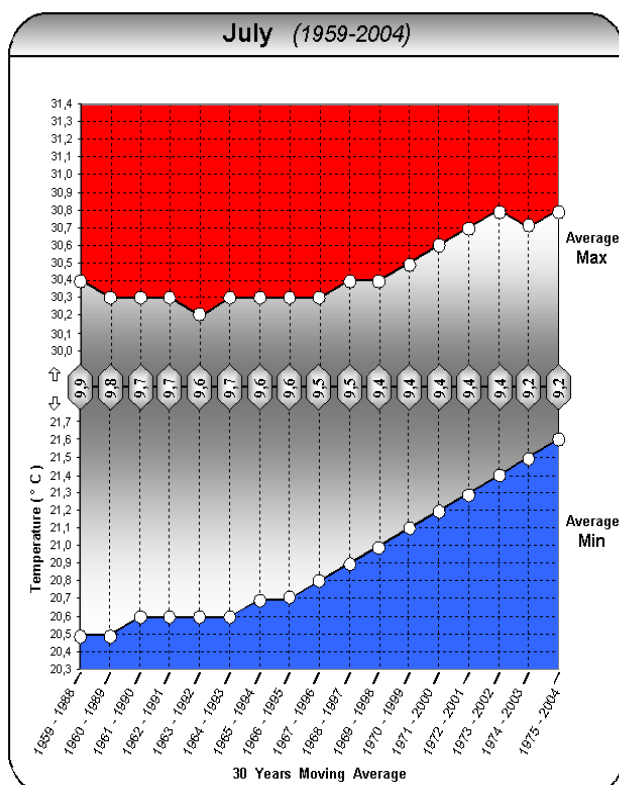
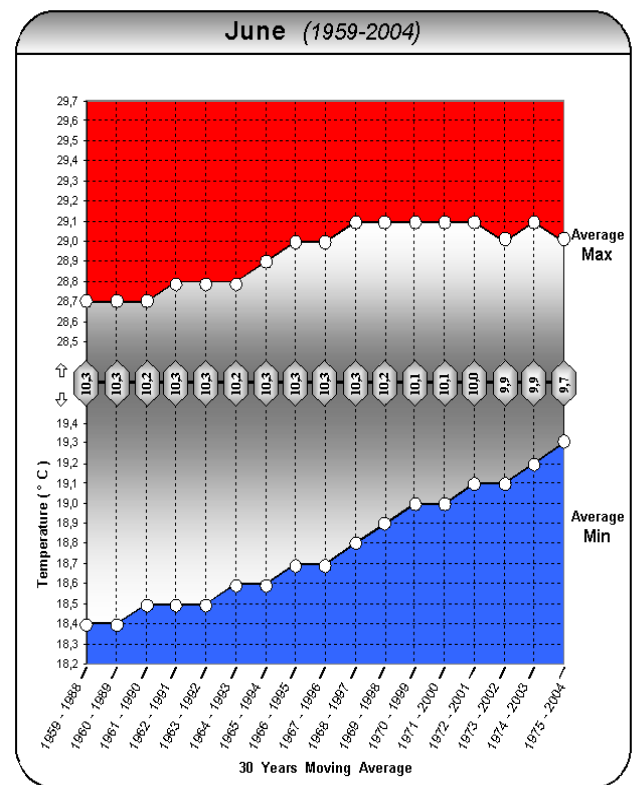
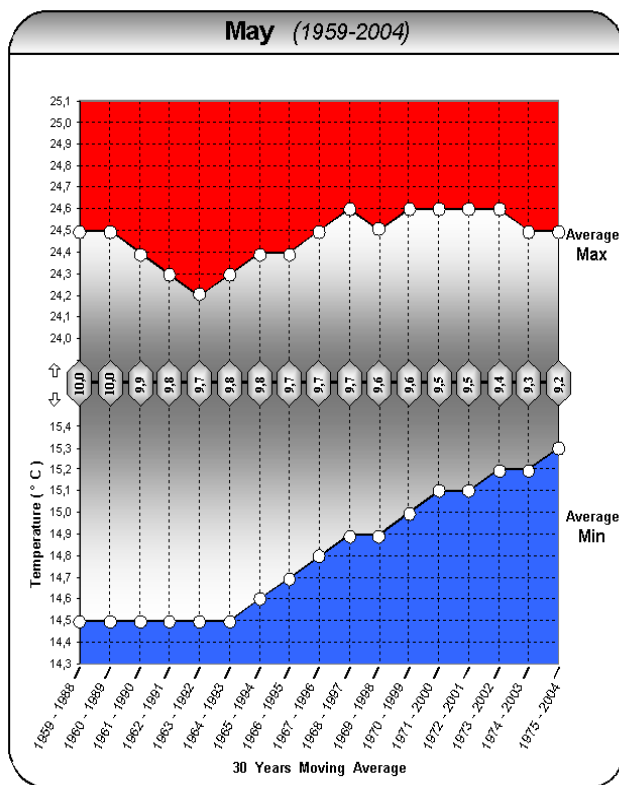
Από τη μελέτη μεταβολής της μέσης, της μέσης μέγιστης και ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας του αέρα, όπως απεικονίζεται στο **σχήμα 10**, καθώς και της συρρίκνωσης του θερμοκρασιακού εύρους, εκτιμάται ότι μπορεί να απαντηθεί το ερώτημα που τέθηκε στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου. Πράγματι, διαπιστώνεται αλλαγή των παραπάνω κλιματολογικών στοιχείων, τα οποία συνιστούν μια αλλαγή των περιβαλλοντικών συνθηκών διαβίωσης των κατοίκων της περιοχής Ακρωτηρίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να γίνεται

αισθητή η διαφοροποίηση των συνθηκών από το παρελθόν μέχρι σήμερα. Εκτιμάται ότι ή μόνιμη τάση αύξησης της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με την συρρίκνωση του θερμοκρασιακού εύρους, αποτελούν τις σημαντικότερες αιτίες ώστε να γίνεται αισθητή η αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής, αφού χάνεται το αίσθημα του ψύχους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι μήνες της άνοιξης, του καλοκαιριού και του φθινοπώρου να εμφανίζονται αισθητά θερμότεροι τα τελευταία χρόνια, ενώ οι χειμερινοί μήνες εμφανίζονται ελαφρώς ηπιότεροι του παρελθόντος. Λαμβανομένου δε υπόψη ότι το κάθε έτος, ξεχωριστά, παρουσιάζει τα δικά του χαρακτηριστικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα έτη που εμφανίζουν πιο έντονα τις προαναφερθείσες τάσεις μεταβολής θα γίνονται περισσότερο αισθητά από το σύνολο των κατοίκων, ενώ αντιθέτως, τα έτη των οποίων οι μέσες τιμές προσεγγίζουν τους μέσους όρους (ή μπορεί να είναι και κατώτερες αυτών) δεν προκαλούν ιδιαίτερη αίσθηση.



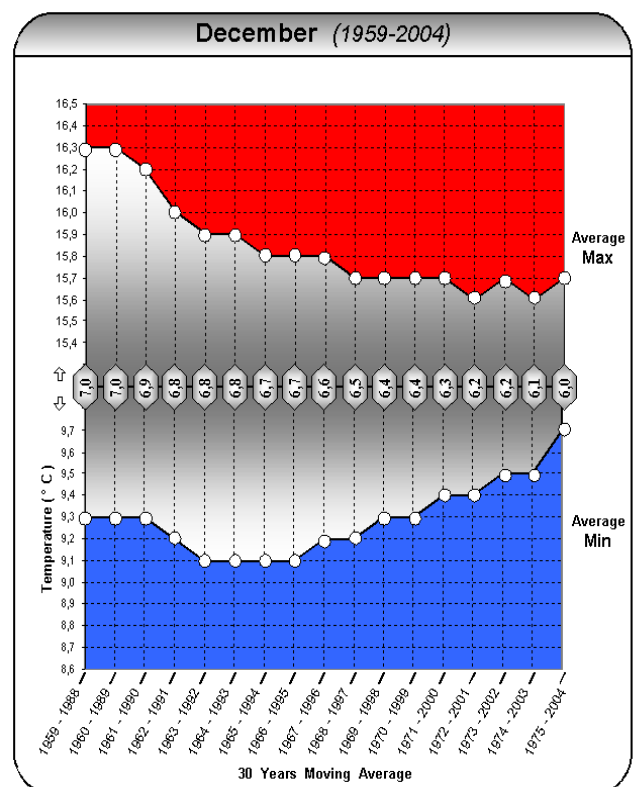
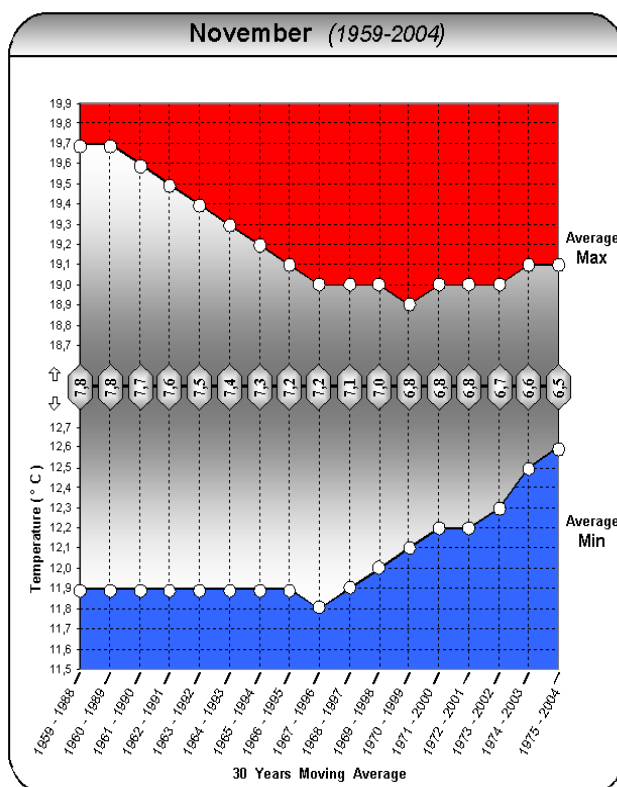
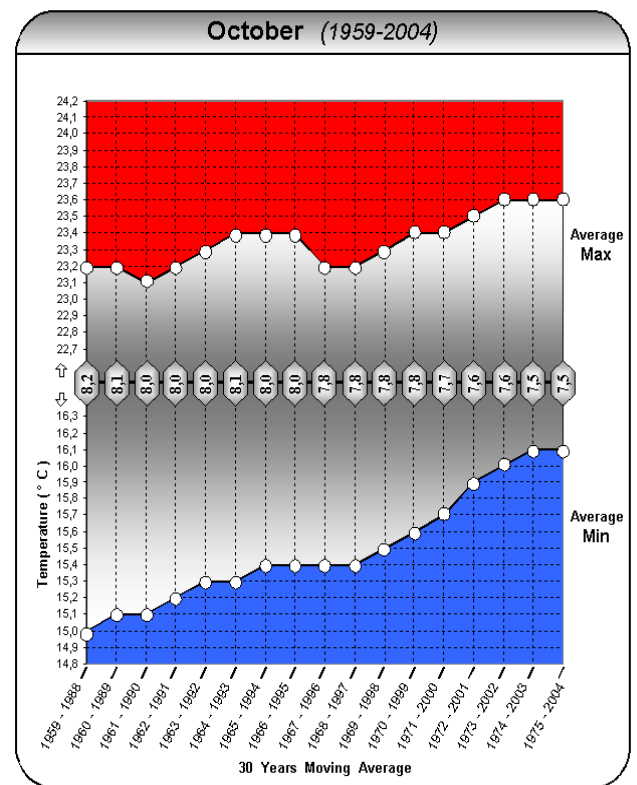
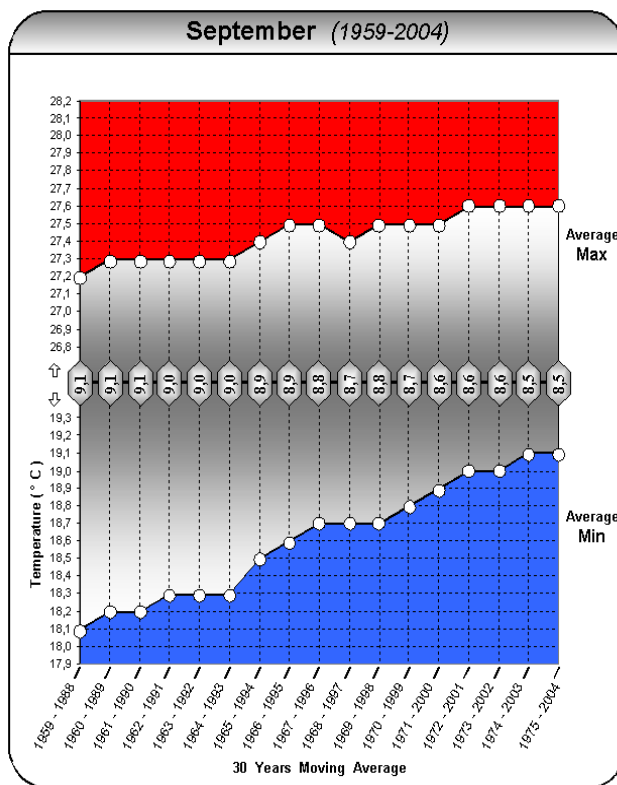
Σχήμα 8-1 : Μηνιαία Διαγράμματα Διακύμανσης της Μέσης Μέγιστης - Μέσης Ελάχιστης Θερμοκρασίας και αποτύπωση της διαμόρφωσης του Θερμοκρασιακού Εύρους, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για τον Μ.Σ.Σούδας.

Figure 8-1 : Monthly Variation's Diagrams of the Mean Maximum – Minimum Temperature and depiction of the formation of the Temperature Range Difference, according to the 30-year Moving Average, for M.S.Souda.



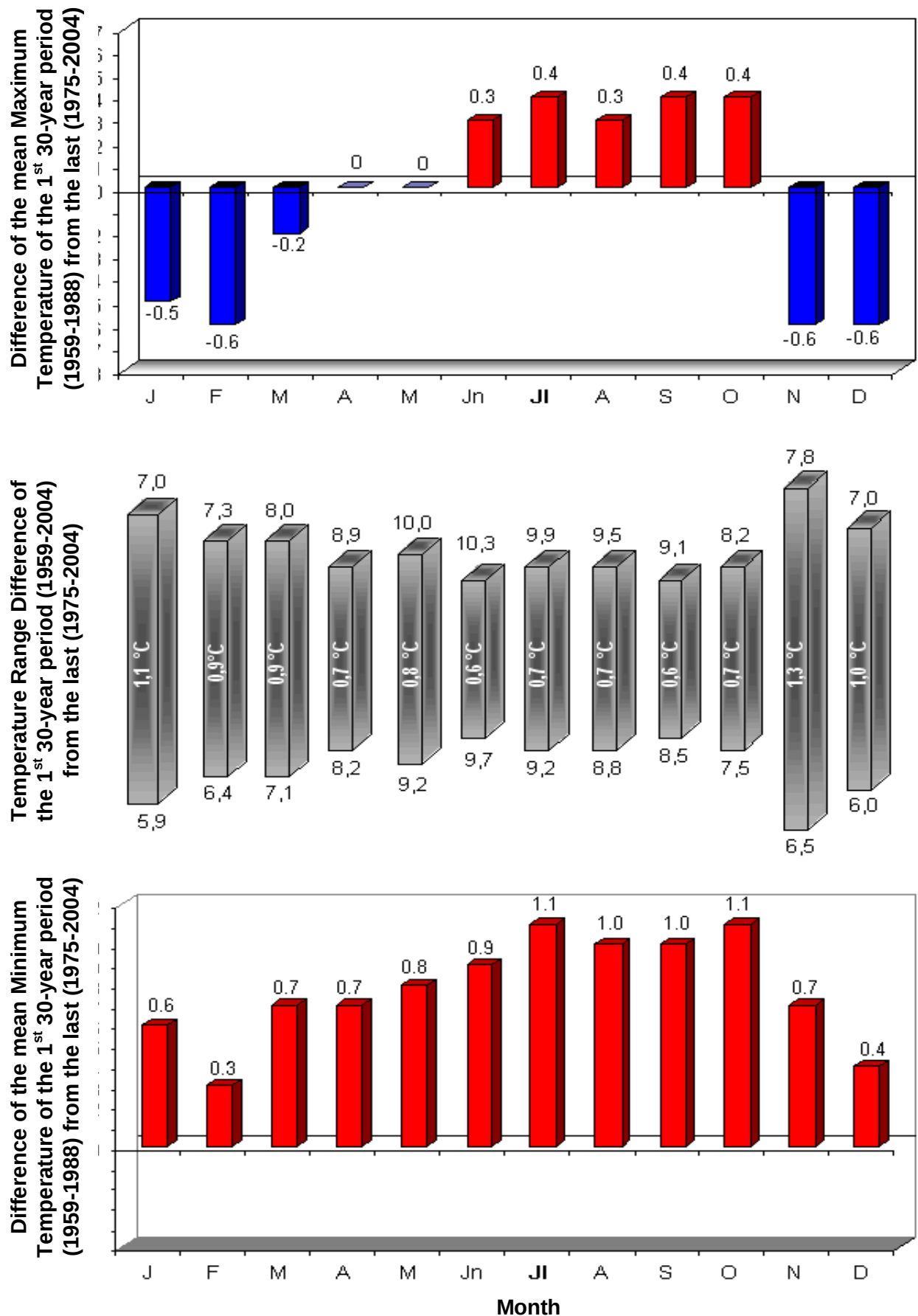
Σχήμα 8-2 : Μηνιαία Διαγράμματα Διακύμανσης της Μέσης Μέγιστης - Μέσης Ελάχιστης Θερμοκρασίας και αποτύπωση της διαμόρφωσης του Θερμοκρασιακού Εύρους, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για τον Μ.Σ.Σούδας.

Figure 8-2 : Monthly Variation's Diagrams of the Mean Maximum – Minimum Temperature and depiction of the formation of the Temperature Range Difference, according to 30-year Moving Average, for M.S.Souda.

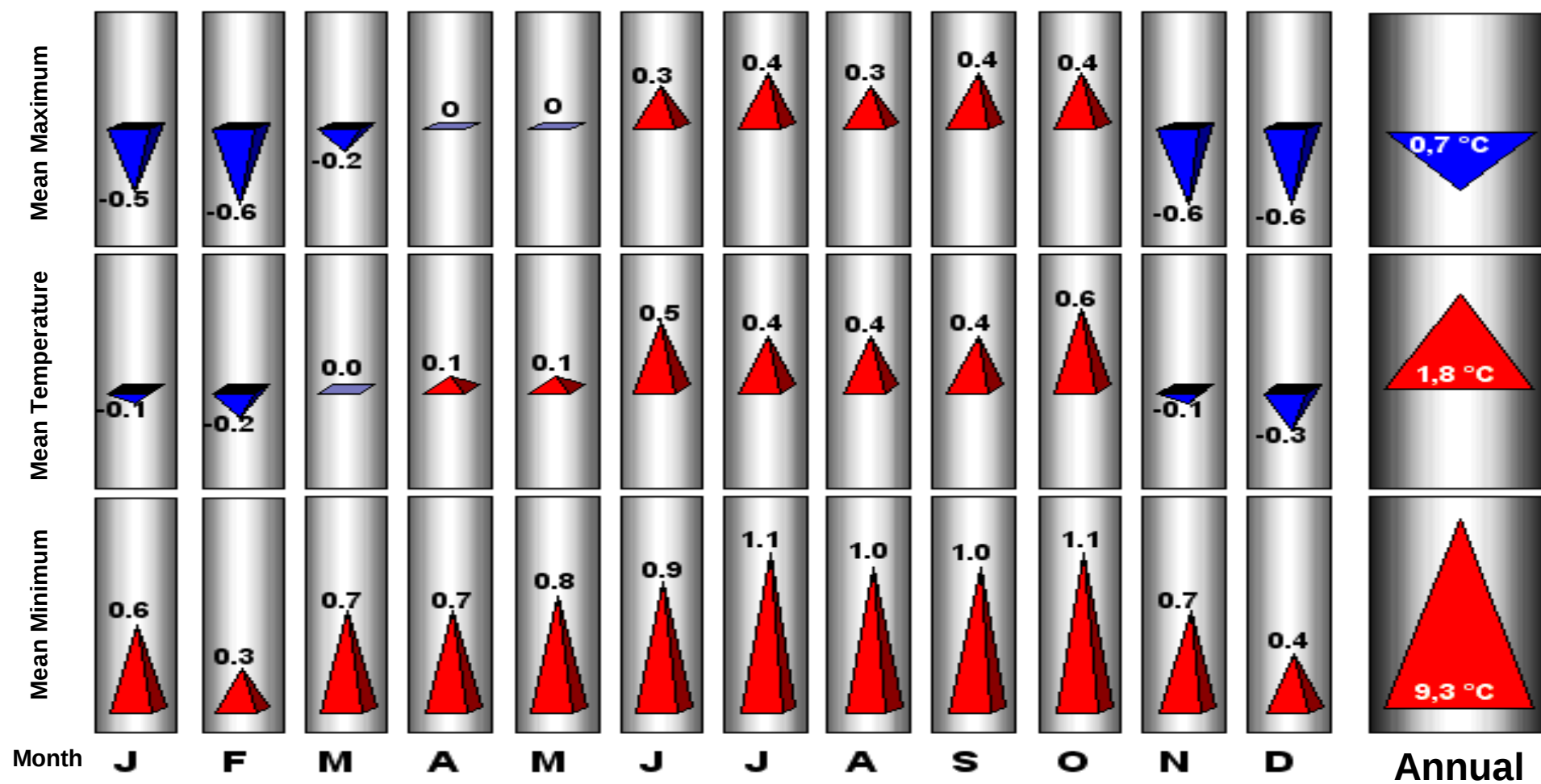


Σχήμα 8-3 : Μηνιαία Διαγράμματα Διακύμανσης της Μέσης Μέγιστης - Μέσης Ελάχιστης Θερμοκρασίας και αποτύπωση της διαμόρφωσης του Θερμομετρικού Εύρους, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για τον Μ.Σ.Σούδας.

Figure 8-3 : Monthly Variation's Diagrams of the Mean Maximum – Minimum Temperature and depiction of the formation of the Temperature Range Difference, according to 30-year Moving Average, for M.S.Souda.



Σχήμα 9 : Διαφορά Μέσης Μέγιστης – Μέσης Ελάχιστης Θερμοκρασίας της 1^{ης} 30ετίας (1959-1988) από την τελευταία 30ετία (1975-2004) και αποτύπωση της συρρίκνωσης του Θερμομετρικού Εύρους, για κάθε μήνα.
 Figure 9 : Difference of the Mean Maximum – Minimum Temperature of the 1st 30-year time series (1959-1988) from the last 30-year time series (1975-2004) and depiction of the narrowing of the Temperature Range Difference, for each month.



Σχήμα 10 : Μηνιαία και συνολική Ετήσια μεταβολή της Μέσης Μέγιστης - Μέσης και Μέσης Ελάχιστης Θερμοκρασίας μεταξύ της 1^{ης} 30ετίας (1959-1988) και της τελευταίας 30ετίας (1975-2004).

Figure 10 : Monthly and total Annual variation of Mean Maximum – Mean and Mean Minimum Temperature between the 1st 30-year time series (1959-1988) and the last 30-year time series (1975-2004).

4. 5. 3 Ανάλυση Χρονοσειρών Υετού

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, ο υετός αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κλιματολογικά στοιχεία στη διαμόρφωση του κλιματικού τύπου μιας περιοχής. Επειδή το νερό είναι ένα από τα σημαντικότερα αγαθά για την υγιή ανάπτυξη και την ευημερία ενός τόπου, η διακύμανση του εξετάζεται με προσοχή και από πολλές άλλες επιστημονικές ειδικότητες, προκειμένου να εξαχθούν διαφορετικής μορφής αποτελέσματα, τα οποία θα βοηθήσουν στη σωστή διαχείριση αυτού του πολύτιμου αγαθού. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που το νερό γίνεται επικίνδυνος αντίπαλος, αφού μπορεί να προκαλέσει ανυπολόγιστες ζημιές από την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, ενώ η έλλειψή του μπορεί να προκαλέσει έντονες προστριβές μεταξύ των κατοίκων μιας περιοχής.

Με απώτερο στόχο να παρουσιαστούν καλύτερα οι διακυμάνσεις του υετού σε ετήσια βάση, προηγήθηκε μία επεξεργασία του συνόλου των 46 ετών παρατήρησης (1959 – 2004) και στη συνέχεια ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία δημιουργώντας τους 30ετείς κινητούς μέσους όρους.

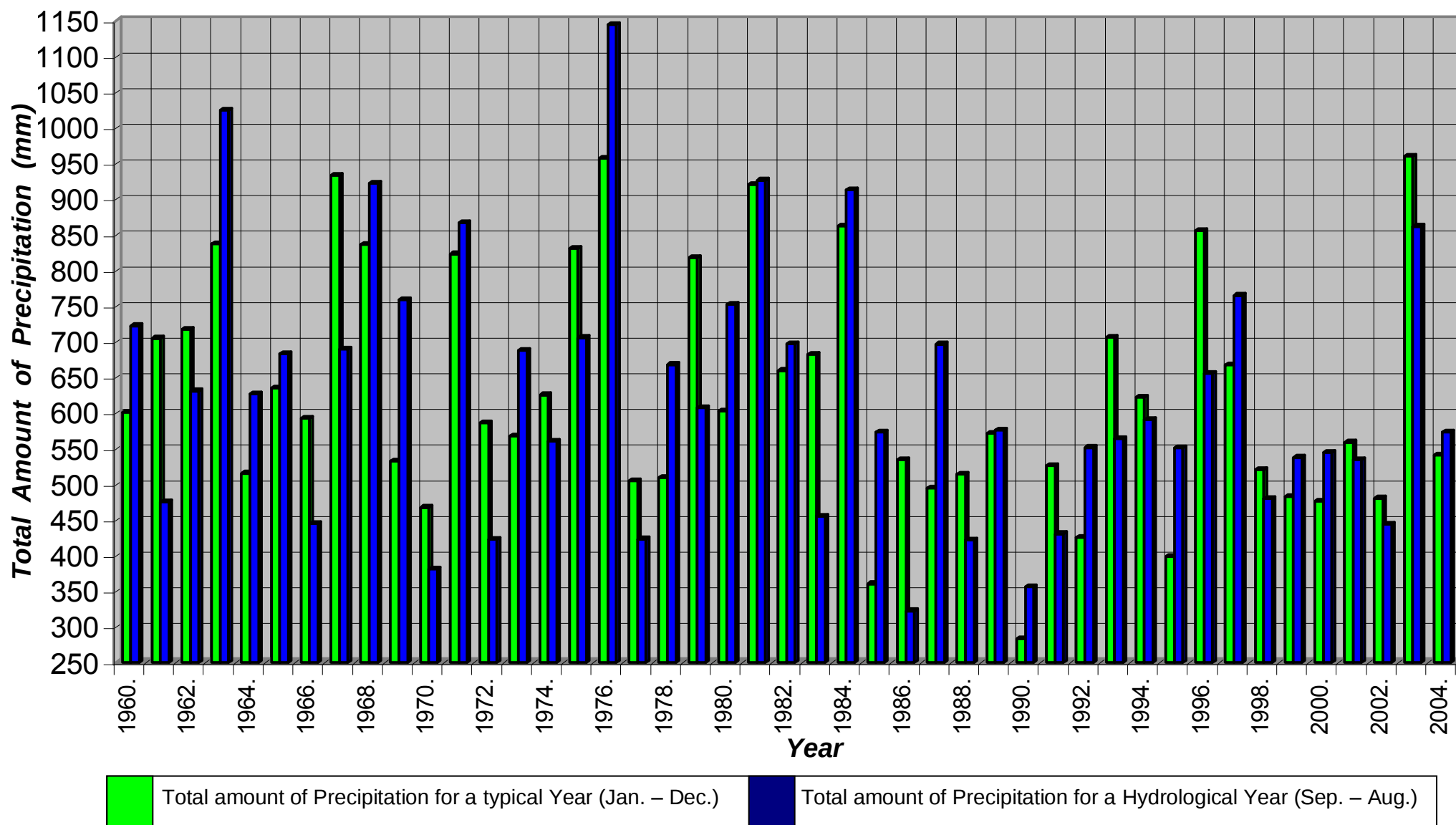
Το υδάτινο δυναμικό μιας περιοχής που είναι διαθέσιμο για χρήση κατά την “ξηρή” περίοδο του έτους δεν εξαρτάται από το συνολικό ύψος υετού που συγκεντρώνεται κατά τη διάρκεια ενός πλήρους χρονολογικού έτους (Ιανουάριος – Δεκέμβριος). Το υδάτινο δυναμικό μιας περιοχής, που διατίθεται κατά την “ξηρή” περίοδο συγκεντρώνεται από τις ποσότητες υετού των μηνών της φθινοπωρινής περιόδου, του προηγούμενου χρονολογικού έτους, και τις ποσότητες υετού της χειμερινής και εαρινής περιόδου του υπό εξέταση έτους. Με βάση λοιπόν αυτό το σκεπτικό, δημιουργήθηκε μια νέα χρονοσειρά δεδομένων υετού, στις οποίες περιλαμβάνονται 12 μήνες υετού, με αρχή έναρξης το Σεπτέμβριο του προηγούμενου έτους. Με την παραδοχή αυτή δημιουργήθηκαν 45 νέες χρονοσειρές “υδρολογικών ετών” με περίοδο 12 μηνών (Σεπτέμβριος – Αύγουστος). Στο διάγραμμα του **σχήματος 11** εμφανίζεται η σύγκριση των 45 αυτών νέων χρονοσειρών υδρολογικών ετών με τις 45 χρονοσειρές των κανονικών ετών παρατήρησης του υετού (Ιανουάριος – Δεκέμβριος). Από την εξέταση αυτού του διαγράμματος διαπιστώνεται ότι δεν ταυτίζονται απόλυτα τα ύψη υετού των δύο αυτών χρονοσειρών. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, το πλέον ξηρό έτος εμφανίζεται να είναι το 1990 με ύψος υετού 270mm, ενώ στην πραγματικότητα το ύψος υετού που σημειώθηκε την περίοδο Σεπτεμβρίου 1989 – Αυγούστου 1990 ήταν πολύ μεγαλύτερο και έφτασε τα 350mm. Αντίθετα, το 1986 το ύψος υετού εμφανίζεται αυξημένο, αγγίζοντας τα 530mm, ενώ στην πραγματικότητα την περίοδο Σεπτεμβρίου 1985 έως Αύγουστο 1986 η προσφερόμενη ποσότητα υετού έφτασε μόνο τα 310mm. Εκτιμάται επομένως ότι για τον υπολογισμό του αποθεματικού νερού (το οποίο διατίθεται για χρήση την “ξηρή” περίοδο) θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα “υδρολογικά έτη” για καλύτερη ανταπόκριση των αποτελεσμάτων.

Σύμφωνα με την επεξεργασία των 46 ετών παρατηρήσεων του υετού στο Μ.Σ.Σούδας, το μέσο ετήσιο ύψος υετού φτάνει τα 627 mm. Με βάση αυτό το ποσοστό κατασκευάστηκε ένα διάγραμμα (**σχήμα 12a**), στο οποίο εμφανίζονται τα έτη με “πλεόνασμα” υετού (άνω των 627 mm σε πράσινη απόχρωση), και τα έτη με “έλλειμμα” υετού (κάτω των 627mm με κίτρινη απόχρωση). Αντίστοιχα, από την επεξεργασία των 45 “υδρολογικών ετών” υετού κατασκευάστηκε το διάγραμμα του **σχήματος 12b**, ακολουθώντας την ίδια πρακτική.

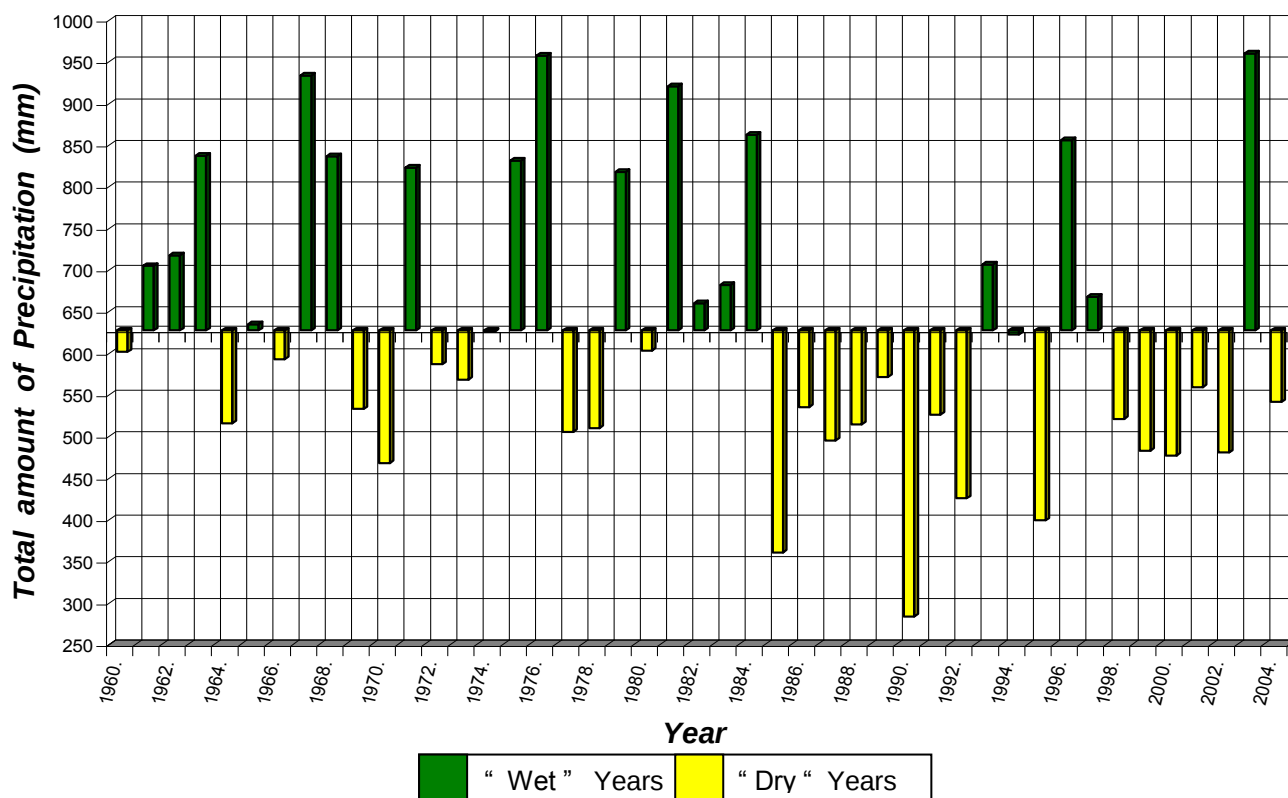
Από την προσεκτική και από κοινού εξέταση των διαγραμμάτων διαπιστώνεται ότι από το 1960 – 1984 τα “υγρά” έτη υπερτερούν σε αντίθεση με τα “ξηρά” έτη, των οποίων μάλιστα το ποσοστό ελλείμματος είναι κατά πολύ μικρότερο του ποσοστού πλεονάσματος των “υγρών” ετών. Αντιθέτως από το 1985 έως και σήμερα σημειώνεται μία αντιστροφή αυτής της κατάστασης. Τα “ξηρά” έτη υπερτερούν σε πλήθος και σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό ελλείμματος υετού των “υγρών” ετών. Αβίαστα λοιπόν διατυπώνεται το συμπέρασμα ότι η μετά το 1985 παρατεταμένη “ξηρή” περίοδος είναι δυνατόν να γίνει αισθητή από τους κατοίκους της περιοχής, ώστε να οδηγηθούν στη διαπίστωση περί αλλαγής της βροχομετρικής κατάστασης, σε σχέση με παλαιότερα έτη.

Στην κλιματολογική επεξεργασία των δεδομένων του υετού ακολουθείται και πάλι η μεθοδολογία των 30ετών κινητών μέσων όρων και αφού δημιουργήθηκαν οι 17 συνολικά χρονοσειρές κατασκευάστηκε το διάγραμμα του **σχήματος 13**. Από το διάγραμμα αυτό διαπιστώνεται η σταδιακή πτώση του μέσου ετήσιου ύψους υετού που την πρώτη 30ετία (1959 - 1988) προσέγγιζε τα 660mm ενώ στην τελευταία (1975 - 2004) φτάνει μόλις τα 610mm. Επομένως, προκύπτει μία αρνητική διαφορά 50mm ύψους υετού κατά την τελευταία 30ετία. Από το γεγονός αυτό διαπιστώνεται ότι έχει επιτευχθεί σταδιακή μείωση του ύψους υετού σε ποσοστό της τάξης του 8%. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί πολύ περισσότερο τα επόμενα χρόνια, εφόσον διατηρηθεί η τάση επικράτησης “ξηρών” ετών, η οποία φαίνεται να ξεκινά από το 1985. Για να ανατραπεί αυτή η περίπτωση θα πρέπει τα επόμενα χρόνια (μετά το 2004) να είναι “υγρά” και μάλιστα με αρκετά υψηλά ποσοστά υετού προκειμένου να αντισταθμίσουν τα χαμηλά ποσοστά των ετών 1985 - 2002.

Αξίζει να διευκρινισθεί ότι, το σύνολο του υδάτινου δυναμικού που διατίθεται προς χρήση την “ξηρή” περίοδο του κάθε έτους, δεν εξαρτάται μόνο από τα ποσοστά του υετού που εξετάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Το ύψος του χιονιού, και η διάρκεια παραμονής του στους ορεινούς όγκους, συνεισφέρει σε μεγάλο ποσοστό στην τροφοδότηση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής Χανίων και κατ’επέκταση της περιοχής Ακρωτηρίου. Επομένως, η μείωση των ποσοστών υετού μιας περιοχής δεν συνιστά αυτόματα και έλλειψη των υδάτινων πόρων. Έλλειψη των υδάτινων πόρων στο άμεσο μέλλον είναι πιθανότερο να προέλθει και από την αυξημένη κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση (σε μικρό αλλά σημαντικό ποσοστό), αλλά πολύ περισσότερο από την αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων καθώς και από την αύξηση της τουριστικής ανάπτυξης των Χανίων. Η ορθολογική διαχείριση του υδάτινου δυναμικού θα βοηθήσει στο σχεδιασμό των αναγκαίων έργων υποδομής, τα οποία θα συμβάλουν στην αντιμετώπιση ενός πιθανού προβλήματος λειψυδρίας στα επόμενα χρόνια, για την ευρύτερη περιοχή των Χανίων.

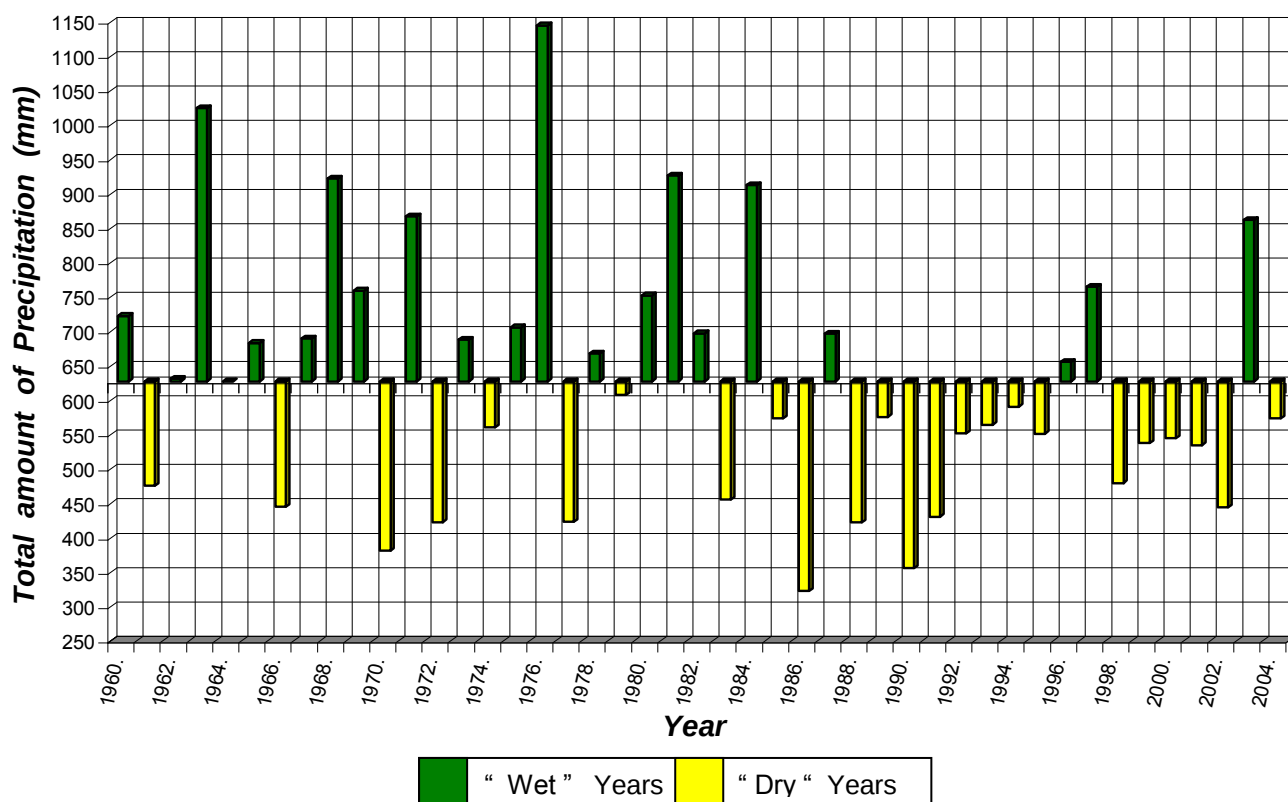


Σχήμα 11 : Σύγκριση του ετήσιου συνολικού ύψους υετού ενός κανονικού έτους (Ιαν.- Δεκ.,) με το αντίστοιχο ενός Υδρολογικού έτους (Σεπ. – Αυγ.) για τον Μ.Σ.Σούδας.
 Figure 11 : Comparison of the Annual total amount of Precipitation for a typical year (Jan. – Dec.) with a Hydrological year (Sep. – Aug.) for M.S.Souda.



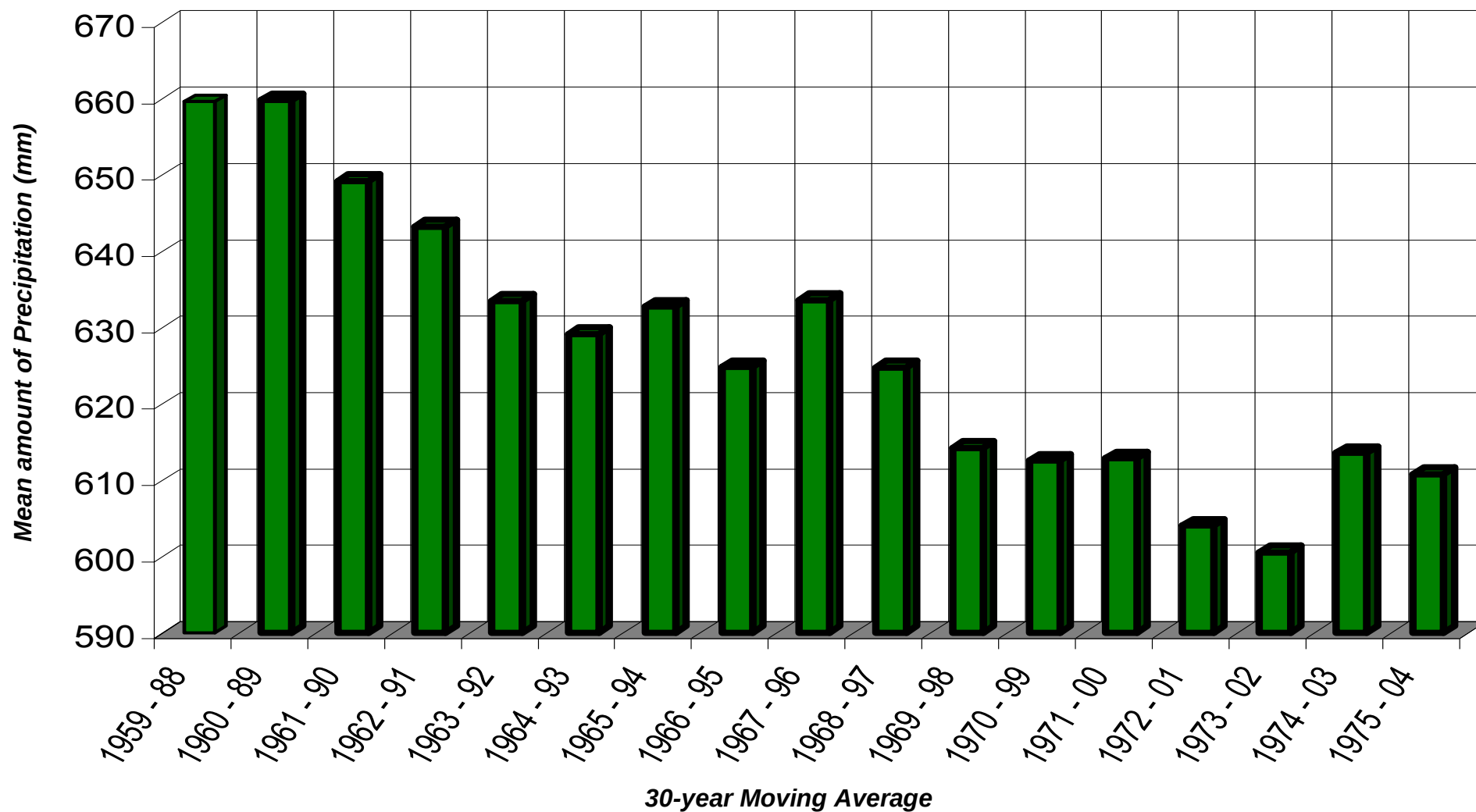
Σχήμα 12a : Κατανομή του ετήσιου ύψους Υετού για ένα κανονικό έτος (Ιαν.-Δεκ.), σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος (627 mm), στον Μ.Σ.Σούδας (1960 – 2004).

Figure 12a : Distribution of the annual amount of precipitation for a typical year (Jan.-Dec), in accordance with the mean amount of Precipitation (627 mm), for the M.S.Souda (1960 – 2004).



Σχήμα 12b : Κατανομή του ετήσιου ύψους υετού για ένα Υδρολογικό έτος (Σεπ.-Αυγ.), σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος (627 mm), στον Μ.Σ.Σούδας (1960 – 2004).

Figure 12b : Distribution of the annual amount of precipitation for a Hydrological year (Sep.-Aug), in accordance with the mean amount of Precipitation (627 mm), for the M.S.Souda (1960 – 2004).



Σχήμα 13 : Διακύμανση του μέσου ύψους υετού, σύμφωνα με τον 30ετή κινητό μέσο όρο, για τον Μ.Σ.Σούδας.

Figure 13 : Variation of the average amount of Precipitation, in accordance with the 30-year moving average, for M.S.Souda.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σήμερα το ζήτημα της “αλλαγής του κλίματος” έχει πάρει ασυνήθιστα μεγάλες διαστάσεις. Απασχολεί τα ΜΜΕ και την κοινή γνώμη σχεδόν καθημερινά. Ενδιαφέρει οικολογικές οργανώσεις και κοινωνικές ομάδες αλλά και το σύνολο των πολιτών σε Παγκόσμια κλίμακα. Διατίθενται σημαντικά κονδύλια για την έρευνα του κλίματος, της αλλαγής του, και των ποικίλων επιπτώσεων της. Στην έρευνα αυτή συστρατεύονται όλο και περισσότεροι επιστήμονες, οι οποίοι μάλιστα ξεκινούν από διαφορετικούς δρόμους. Ως κοινή βάση όμως, στις έρευνες τους, χρησιμοποιούν τα κλιματολογικά δεδομένα τα οποία προκύπτουν από μετρήσεις επίγειων μετεωρολογικών σταθμών. Οι εκτιμήσεις, τα τελευταία χρόνια, ενοχοποιούν σε μεγάλο βαθμό τις ανθρώπινες δραστηριότητες, για τις δυσμενείς επιπτώσεις στο κλιματικό γίγνεσθαι του πλανήτη, αφού κατά κύριο λόγο αυτές προκαλούν το γνωστό “φαινόμενο του θερμοκηπίου”.

Τα ως τώρα αποτελέσματα των ερευνών για την πρόγνωση των κλιματικών αλλαγών κάθε άλλο παρά μονοσήμαντα, κατηγορηματικά και σαφή είναι. Αντίθετα, είναι σαφείς οι διαφορετικές ερμηνείες που φτάνουν συχνά να γίνονται αντιμαχίες ανάμεσα στους επιστήμονες. Είναι γενικά όμως αποδεκτά ορισμένα θεμελιώδη γεγονότα:

- Το κλίμα στον πλανήτη μας ουδέποτε υπήρξε σταθερό, αλλά εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις σε όλες τις χρονικές κλίμακες.
- Πολλοί είναι οι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση και την εξέλιξη του κλίματος. Μεταξύ αυτών είναι οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, της τροχιάς και της ανακλαστικότητας της γης, της δραστηριότητας των ηφαιστείων, της σύνθεσης της ατμόσφαιρας, των αλληλεπιδράσεων της ατμόσφαιρας-ξηράς-θάλασσας και της κυκλοφορίας των θαλάσσιων ρευμάτων.
- Το κλιματικό σύστημα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο, και ορισμένοι παράγοντες που συμμετέχουν στη διαμόρφωση του τόσο απρόβλεπτοι, καθώς και η αλληλεπίδραση αυτών των παραγόντων τόσο σύνθετη, ώστε τα μοντέλα που έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα να είναι κατά γενική ομολογία απλουστευμένα, και επομένως περιορισμένης προγνωστικής ικανότητας.

Το κλίμα σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά και σε τοπικό επίπεδο, περιγράφεται με βάση κλιματολογικά δεδομένα, τα οποία προκύπτουν από συστηματικές παρατηρήσεις παρελθόντων ετών. Η κλιματική ταξινόμηση ενός τόπου δεν είναι αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης τιμής της κάθε κλιματολογικής παραμέτρου, ώστε η ελάχιστη απόκλιση από την τιμή αυτή να δηλώνει άμεσα και κλιματική αλλαγή. Οι κλιματικές κατατάξεις και οι κλιματικοί δείκτες χρησιμοποιούν ένα καθορισμένο εύρος των κλιματολογικών παραμέτρων προκειμένου να προσδιορίσουν τον κλιματικό χαρακτήρα κάθε περιοχής. Κλιματικές αλλαγές είναι βέβαιο ότι θα προκύψουν στο μέλλον, αλλά αυτό απαιτεί βάθος χρόνου, και από παράγοντες οι οποίοι είναι ακόμα αδιευκρίνιστοι, όσο και αν η σημερινή κλασική λογική της αιτιοκρατίας καταδεικνύει ως κύριο υπεύθυνο τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις και δραστηριότητες.

Πέρα όμως από τις προαναφερθείσες γενικές διαπιστώσεις τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία και μελέτη των μετεωρολογικών δεδομένων του Μ.Σ.Σούδας για τη χρονική περίοδο 1959 - 2004 συνοψίζονται παρακάτω :

1. Η παρουσίαση των κυριότερων κλιματολογικών παραμέτρων μιας περιοχής, σε μορφή οπτικοποιημένης πληροφορίας, εκτιμάται ότι αποτελεί ένα σημαντικό και εύκολα κατανοητό βοήθημα σε κάθε χρήστη, καθότι περιέχει ένα μεγάλο αριθμό επεξεργασμένων μετεωρολογικών δεδομένων.
2. Από την ανάλυση των χρονοσειρών της θερμοκρασίας του αέρα του Μ.Σ.Σούδας, με τη χρήση της μεθοδολογίας του 30ετή κινητού μέσου όρου, προκύπτουν τα ακόλουθα:

- α. Η μέση θερμοκρασία εμφανίζει μία αύξηση την τελευταία 30ετία (1975 - 2004), σε σχέση με τη πρώτη 30ετία (1959 - 1988), η οποία στο σύνολο της φθάνει τους 1,8 °C. Η μεταβολή αυτή της μέσης θερμοκρασίας υποδηλώνει ότι το κλιματικό περιβάλλον της περιοχής Ακρωτηρίου βρίσκεται πλέον σε ένα μόνιμα υψηλότερο θερμοκρασιακό επίπεδο, σε σχέση με το παρελθόν. Σε μηνιαία βάση η επιβάρυνση αυτή εμφανίζεται να είναι μεγαλύτερη από Ιούνιο έως και Οκτώβριο.
 - β. Ποσοστιαία η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας 30ετίας, εκφράζεται ως αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας περίπου 0,2 °C, κατά μέσο όρο, σε ετήσια βάση.
 - γ. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία εμφανίζει μία αύξηση την τελευταία 30ετία η οποία στο σύνολο της φθάνει τους 9,3 °C. Η μικρότερη αύξηση σημειώνεται τους Χειμερινούς μήνες, ενώ τους υπόλοιπους μήνες του έτους η αύξηση της μέσης ελάχιστης είναι πολύ μεγαλύτερη. Αύξηση της μέσης ελάχιστης, κατά 9,3°C, ουσιαστικά σημαίνει ότι χάνεται ένα αντίστοιχο ποσό ψύξης από το κλιματικό περιβάλλον της περιοχής Ακρωτηρίου.
 - δ. Ποσοστιαία, η αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας 30ετίας, αποδίδεται ως αύξηση της μέσης τιμής της ελάχιστης θερμοκρασίας περίπου 0,8 °C, κατά μέσο όρο, σε ετήσια βάση.
 - ε. Η μέση μηνιαία μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας, την τελευταία 30ετία, εμφανίζεται πτωτική από Νοέμβριο έως και Μάρτιο, ενώ αντιθέτως από Ιούνιο έως και Οκτώβριο εμφανίζεται ανοδική. Μεσοσταθμικά η μέση μέγιστη θερμοκρασία έχει ελαττωθεί συνολικά κατά 0,7°C, την τελευταία 30ετία. Αυτό λογικά σημαίνει ότι δεν αποδίδεται περισσότερη θερμότητα στο κλιματικό περιβάλλον της περιοχής Ακρωτηρίου, σε σχέση με το παρελθόν, αλλά αντιθέτως σημειώνεται μείωση.
 - στ. Ποσοστιαία, η μείωση της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας 30ετίας, αποδίδεται ως μείωση της μέσης μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας περίπου 0,1 °C, κατά μέσο όρο, σε ετήσια βάση.
 - ζ. Από Ιούνιο έως Οκτώβριο σημειώνεται αύξηση της μέσης ελάχιστης και της μέσης μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας. Την ίδια περίοδο καταγράφεται και σημαντική αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας. Επομένως, η συμβολή της απώλειας ψύξης (ή δροσισμού), το πρόσκαιρο θερμοκρασιακό κέρδος και η παρατεταμένη παραμονή σε ένα μόνιμα υψηλότερο θερμοκρασιακό περιβάλλον καθιστούν τους συγκεκριμένους μήνες αισθητά θερμότερους σε σχέση με το παρελθόν.
 - η. Τους Χειμερινούς μήνες σημειώνεται αύξηση της μέσης ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα την απώλεια ψύξης. Αντίθετα, η μέση μέγιστη και η μέση τιμή της θερμοκρασίας ελαττώνονται. Το κύριο χαρακτηριστικό της Χειμερινής περιόδου είναι το ψύχος, το οποίο όμως μετριάζεται από την αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας και επομένως οι Χειμώνες εμφανίζονται ηπιότεροι σε σχέση με το παρελθόν.
 - θ. Την τελευταία 30ετία σημειώνεται συρρίκνωση του μηνιαίου θερμοκρασιακού εύρους εξ' αιτίας των μεταβολών της μέσης μέγιστης και της μέσης ελάχιστης μηνιαίας τιμής της θερμοκρασίας. Η συρρίκνωση του θερμοκρασιακού εύρους συμβάλλει στην επιβάρυνση του κλιματικού περιβάλλοντος, αφού η διακύμανση της θερμοκρασίας, αποτελεί σημαντικό ρυθμιστικό παράγοντα στην άνετη διαβίωση των κατοίκων μίας περιοχής.
3. Από την ανάλυση των χρονοσειρών του υετού, σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα του Μ.Σ.Σούδας και με τη χρήση του 30ετή κινητού μέσου όρου, προκύπτουν τα ακόλουθα :

- α. Συγκρίνοντας τα κλιματολογικά δεδομένα της πρώτης 30ετίας (1959 - 1988) με τα αντίστοιχα δεδομένα της τελευταίας 30ετίας (1975 - 2004), διαπιστώνεται μία σχεδόν σταθερή πτωτική τάση του μέσου ύψους υετού. Έως τώρα έχει σημειωθεί πτώση του μέσου ετήσιου ύψους υετού περίπου 50mm, κατά μέσο όρο, σε ετήσια βάση.
- β. Η σημειωθείσα πτωτική τάση του μέσου ετήσιου ύψους υετού εκφρασμένη σε ποσοστό φθάνει στο 8%. Το ποσοστό αυτό είναι βέβαιο ότι θα αυξηθεί στα επόμενα χρόνια, εφόσον διατηρηθεί η τάση επικράτησης των “ξηρών” ετών, η οποία φαίνεται να ξεκινά από το 1985. Το γεγονός αυτό εκτιμάται ότι θα προκαλέσει στο προσεχές μέλλον σημαντικά προβλήματα επάρκειας νερού στην περιοχή Ακρωτηρίου, αλλά και στην ευρύτερη περιοχή του νομού Χανίων.
- γ. Από μετεωρολογικής πλευράς για την ανατροπή αυτής της δυσοίωνης κατάστασης απαιτείται στα επόμενα χρόνια να σημειώνονται υψηλά ποσοστά υετού προκειμένου να επιτευχθεί αντιστροφή αυτής της πτωτικής τάσης, η οποία φαίνεται να επικρατεί μετά το 1985. Σε κάθε περίπτωση όμως από την πλευρά της πολιτείας επιβάλλεται να ληφθούν σοβαρά μέτρα για την ορθή διαχείριση του υδάτινου δυναμικού προκειμένου να εξασφαλισθεί έγκαιρη αντιμετώπιση της οποιασδήποτε κατάστασης.
4. Επειδή κάθε έτος παρουσιάζει τα δικά του χαρακτηριστικά, είναι βέβαιο ότι οι παραπάνω διαπιστωθείσες μεταβολές στην θερμοκρασία και τον υετό θα διαμορφώνονται από έτη που παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις των παραμέτρων αυτών, και επομένως τα έτη αυτά θα γίνονται περισσότερο αισθητά από το σύνολο του πληθυσμού της περιοχής Ακρωτηρίου.
5. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων του Μ.Σ.Σούδας στα πρότυπα του WMO, σε συνδυασμό με τις κλιματικές κατατάξεις και τους βιοκλιματικούς δείκτες που είναι δυνατό να εφαρμοσθούν στην περιοχή, δεν δικαιολογούν άμεσα αλλαγές στο κλιματικό κατεστημένο της περιοχής Ακρωτηρίου. Από την άλλη πλευρά όμως διαπιστώθηκαν χαρακτηριστικές τάσεις μεταβολών των κλιματολογικών δεδομένων της θερμοκρασίας και ιδιαίτερα του υετού. Υπό την προϋπόθεση ότι οι τάσεις των μεταβολών αυτών δεν θα αναστραφούν, τότε σε βάθος χρόνου, αναπόφευκτα, θα προκύψουν μόνιμες κλιματικές αλλαγές, οι οποίες είναι βέβαιο ότι θα επηρεάσουν και την ευρύτερη περιοχή των Χανίων.
- Τέλος, επισημαίνεται ότι οι διαπιστωθείσες τάσεις μεταβολών των κλιματολογικών δεδομένων του Μ.Σ.Σούδας είναι σχεδόν στα ίδια επίπεδα που καταγράφονται σε μελέτες που πραγματοποιούνται σε Παγκόσμια κλίμακα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ζαμπάκας Ι., 1981:** ΓΕΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ. Αθήνα, 1981.
- Ζερεφός Χ., 1984 :** ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ. Θεσσαλονίκη, 1984.
- Φλόκας Α., 1997:** ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ. Θεσσαλονίκη, εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1997.
- Baron E.J., W.M.Washington, 1984:** *The role of Geographic variables in explaining paleoclimates: Results from Cretaceous Climate model sensitivity studies.* Journal of Geophysics, Res. 89, 1984.
- Berger AL, 1977:** *Support for Astronomical theory of climatic change.* Nature, Vol. 269, p.44-45, 1977.
- Berger AL, 1987:** *Long-term variations of caloric insolation resulting from the Earth's orbital elements.* Quaternary, Res. 9, p.139-167, 1987.
- Bolin B., 1980:** *Changes and their effects on the Biosphere.* WMO, No 542, 1980.
- Braganza K., D.J.Karoly, J.M.Arblaster, 2004:** *Diurnal Temperature Range as an Index of Global Climate Change during the Twentieth Century.* Geophysical Research Letters, Vol. 31, 2004.
- Budyko M.I., 1975:** *The dependence of Mean Air Temperature on Solar Radiation variations.* Meteorological Gidrol., Vol. 10, 1975.
- Dai A., K.E.Trenberth, T.R.Karl, 1999:** *Effects of Clouds, Soil Moisture, Precipitation and Water Vapor on Diurnal Temperature Range.* Journal of Climate, Vol. 12, August 1999.
- Dyer A.J. and B.B.Hicks, 1965:** *Stratospheric Transport of Volcanic Dust Inferred from Solar Radiation Measurements.* Nature 208, p.131-133, 1965.
- Dyer A.J. and B.B.Hicks, 1968:** *Global Spread of Volcanic Dust from the Bali Eruption of 1963.* Q.J.R. Meteorological Society, Vol. 94, p.545-554, 1968.
- Easterling D.R., B.Horton, P.D.Jones, T.C.Peterson, T.R.Karl, D.E.Parker, M.J.Salinger, V.Razuvaev, N.Plummer, P.Jamason, C.K.Folland, 1997:** *Maximum and Minimum Temperature Trends for the Globe.* Science, Vol. 277, 18 July 1997.
- Folland C.K., et al., 2001 :** *Observed Climate Variability and Change*, in Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by J.T.Houghton, chap.2, pp.99-181, Cambridge University Press, 2001.
- Flohn H., 1988:** *Das Problem der Klimanderung in Vergangenheit und Zukunft.* Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, Germany, p.228, 1988.
- Hay W.W., E.J.Barron, S.L. Thompson, 1990:** *Global Atmospheric circulation experiments on an Earth with polar and tropical continents.* Journal of Geological Society, Res.147, London 1990.
- Hay W.W., R.M.DeConto, Ch.N.Wold, 1997:** *Climate: Is the Past the Key to the Future?.* Geol. Rundsch, Vol. 86, 1997.
- Imbrie J., JZ Imbrie, 1980:** *Modeling the climatic response to orbital variations.* Science, Vol. 107, p.943-953, 1980.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, Policymakers Summary of the Scientific Assessment of Climate Change (Working Group 1).** (New York: Cambridge University Press, 1990).
- Kellogg W., 1991:** *Response to sceptics of Global Warming.* Bulletin of the American Meteorological Society 74, No 4 1991.

- Meehl G.A., C.Tebaldi, 2004:** *More intense, More frequent, and Longer lasting Heat waves in the 21st Century.* Science, Vol. 305,14 Aug 2004.
- Pal J.S., F.Giorgi, Xunqiang Bi, 2004:** *Consistency of recent European summer precipitation trends and extremes with future regional climate projections.* Geophysical Research Letters, Vol. 31, 3 Jul 2004.
- Peixoto J.P., A.H.Oort, 1992:** *PHYSICS OF CLIMATE.* American Institute of Physics, New York, 1992
- Pervitali E., M.Colasino, M.Conte, 1997:** *Signals of Climatic Change in the Central-Western Mediterranean Basin.* Theoretical and Applied Climatology, Vol.58, p.211-219.
- Spencer R.W., J.R.Christy, 1990:** *Precise monitoring of Global Temperature Trends from Satellites.* Science, Vol. 247, 1990.
- Stone D.A., A.J.Weaver, 2002:** *Factors Contributing to Diurnal Temperature Range Trends in Twentieth and Twenty-first century Simulations of the CCCma coupled model.* Climate Dynamics, Vol. 20, p.435-445, 2003.
- Wilson K.M., 2000:** *Drought, Debate and Uncertainty: Measuring Reporters' Knowledge and Ignorance about Climate Change.* Public Understand, Sci. 9, UK 2000.