

ΟΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΤΑ ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 100
ΕΤΗ ΟΠΩΣ ΕΚΔΗΛΩΝΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ

Υπό

Φ. ΚΑΝΔΥΛΗ , Χ. ΡΕΠΑΠΗ ΚΑΙ Σ. ΚΟΤΙΝΗ-ΖΑΜΠΑΚΑ

Εισαγωγή

Το κλίμα της γής, κατά τη διάρκεια της μακράς ιστορίας της, μεταβάλλεται συνεχώς λόγω εξωτερικών και εσωτερικών αιτιών. Προσφάτως έχει επιβεβαιωθεί ότι τα τελευταία 100 χρόνια εμφανίζεται μία τάση θερμόναεως του αέρα στην κατώτερη ατμόσφαιρα και το επιφανειακό ατρώμα των ωκεανών. Η θέρμανση αυτή θεωρείται ότι οφείλεται κατά ένα μέρος στην αυξημένη διαπερατότητα της ατμόσφαιρας στην ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια του πρώτου ημίσεως του αιώνα μας και κυρίως θα μπορούσε να αποδοθεί στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Budyko, 1988), δεδομένου ότι η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από τον προηγούμενο αιώνα μέχρι σήμερα κατά 15% περίπου. Το φαινόμενο του ατμοσφαιρικού θερμοκηπίου οφείλεται στην απορρόφηση από την ατμόσφαιρα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γής, μέ αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στους υδρατμούς, καθώς επίσης στα αέρια CO₂, O₃, NO₂, και CH₄, τα γνωστά ως "αέρια θερμοκηπίου" ή "θερμοκηπικά αέρια" (τριτομικά και άνω) και στα νέφη.

THE CLIMATIC CHANGES OF THE LAST 100 YEARS
AS EVIDENCED IN THE EASTERN MEDITERRANEAN

By

Ph.Kandilis, C.Repapis and S.Katini-Zambakas

Φ. Κανδύλης Λέκτωρ του Τομέα Γεωγραφίας-Κλιματολογίας του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Χ. Ρεπαπής Διευθυντής του Κέντρου Ερεύνης Φυσικής της Ατμοσφαιρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών, επικ. Καθηγητής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Σ. Κοτίνη-Ζαμπάκα Επιμελήτρια του Κέντρου Ερεύνης Φυσικής της Ατμοσφαιρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Ο άνθρωπος με τις πακίλες δραστηριότητές του συνεχώς αυξάνει τις συγκεντρώσεις των προηγουμένως αναφερομένων αερίων θερμοκηπίου, ενώ συγχρόνως εκλείπει στην ατμόσφαιρα και μερικά καθαρώς ανθρωπογενή σέρια θερμοκηπίου όπως τα CFCs. Ο εκ της προεκτάσεως της καμπύλης (extrapolation) πρὸς το μέλλον υπολογισμός των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και της ανάπτυξης, μολονότι υποθετικός, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι συγκεντρώσεις των αερίων θερμοκηπίου θα διπλασιασθούν πρὶν ἀπὸ τα μέσα του επομένου αιώνα με την προϋπόθεση ότι δεν θα ληφθούν μέτρα ελαττώσεως των εκπομπών αυτών. Ο διπλασιασμός των αερίων θερμοκηπίου στο προσεχές μέλλον θα έχει σάν συνέπεια να προκληθεί αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του σέρα σε παγκόσμιο κλίμακα που θα πλησιάζει τους 2-3°C, σύμφωνα με τα μαθηματικά μοντέλα του φαινομένου του θερμοκηπίου (Schlessinger 1984). Οι κλιματικές μεταβολές που θα προκληθούν σπ'αυτή την αύξηση της θερμοκρασίας του σέρα θα διαφέρουν σπὸ περιοχή σε περιοχή, και οι αβεβαιότητες στις προγνώσεις των τοπικών κλιματικών ανταποκρίσεων θα είναι μεγάλες. Γι'αυτό τα λόγο έχει μεγάλο ενδιαφέρον να μελετηθούν οι τοπικές κλιματικές τάσεις στο παρελθόν, ώστε να βοηθήσουν στην εκτίμηση των αποτελεσμάτων των μοντέλων για τις αντίστοιχες τάσεις στο μέλλον.

Στοιχεία - Υλικό

Τα στοιχεία για το Κάιρό και την Ιερουσαλήμ που χρησιμοποιήθηκαν σ'αυτή τη μελέτη λήφθηκαν ἀπὸ τις εκδόσεις World Weather Records (WWR) και Monthly Climatic Data for the World (Smithsonian Institution 1927, 1934, 1947; U.S. Weather Bureau, 1952-1987). Τα στοιχεία για την Αθήνα λήφθηκαν ἀπὸ τη δημοσιευθείσα ομογενοποιημένη χρονική σειρά (Arseni-Paradimitriou, 1973) και ἀπὸ τα Climatological Bulletin του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (1972-1987), ενώ τα στοιχεία για τη Λευκωσία ευγενώς παραχωρήθηκαν ἀπὸ τη Μετεωρολογική Υπηρεσία της Κύπρου, την οποία και ευχαριστούμε.

Η επιφανειακή θερμοκρασία του σέρα για το βόρειο ημισφαίριο (AT) και η θερμοκρασία της επιφανείας θαλάσσης (SST) λήφθηκαν αντίστοιχα ἀπὸ τους Jones et al. (1986) και Palttidge and Woodruff (1981).

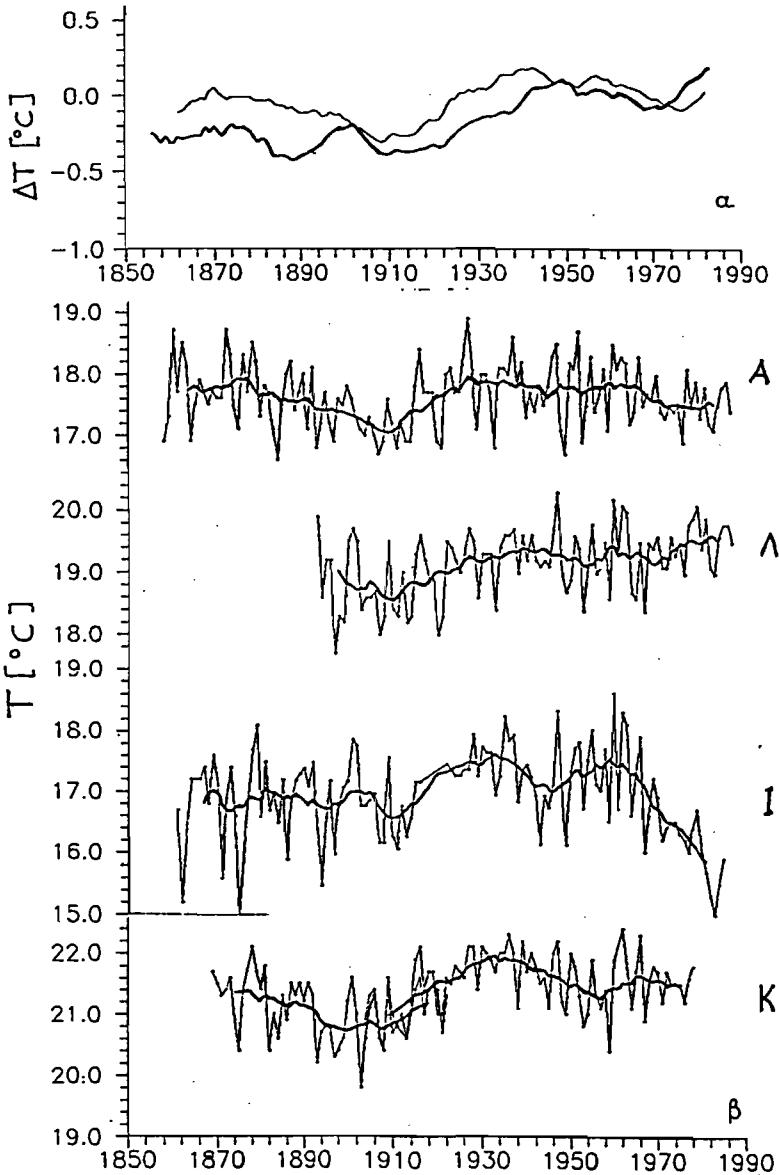
Συζήτηση - Συμπέρασμα

Τα τελευταία 100 έτη σε όλη τη γή παρατηρείται μια σε γενικές γραμμές τάση θερμάνσεως του αέρα στην επιφάνεια του εδάφους. Η κατά μέσον όρο για όλο το βόρειο ημισφαίριο τάση θερμάνσεως των τελευταίων 100 ετών, η οποία ανέρχεται κατά μέσον όρο σε 0.7°C , όρchiσε από τα τέλη του 19ου αιώνα και κορυφώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1940. Μετά την δεκαετία του 1940 παρατηρείται ψύξη, μεκροτέρας όμως εντάσεως, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970, οπότε η τάση αυτή αντιστρέφεται και εμφανίζεται εκ νέου τάση θερμάνσεως του αέρα στην επιφάνεια της γής (Thorzenkova et.al. 1976, Jones et.al. 1986).

Η κλιματική αυτή τάση της θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια της γής δεν είναι ίδια σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη, αναφερόμενοι δε στο βόρειο ημισφαίριο είναι μεγάλη στα μεγάλα πλάτη και σχεδόν μηδενική στην περιοχή του Ισημερινού (Parker 1988). Όμως και στο αυτό γεωγραφικό πλάτος οι διάφοροι τόποι εμφανίζουν διαφορετικές κλιματικές τάσεις, όπως εξ άλλου και το ίδιο το κλίμα πολύ απέχει από του να είναι ομοιόμορφο στους διαφόρους τόπους της γής. Η αναγνώριση των από τόπο σε τόπο διαφορών των κλιματικών τάσεων είναι μεγάλης σημασίας για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων των κλιματικών αριθμητικών προτύπων (models) που αφορούν στις προβλεπόμενες κλιματικές μεταβολές λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.

Η Μεσόγειος θάλασσα είναι μία σχεδόν κλειστή θάλασσα, η οποία παρουσιάζει το χαρακτηριστικό μεσαγειακό κλίμα σε γενικές γραμμές αλλά με σημαντικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή.

Στην εργασία αυτή εξετάζονται οι κλιματικές τάσεις που παρατηρούνται στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Στο Σχ. 1α, παρουσιάζονται οι χρονοσειρές των μέσων τιμών (αποχές από την μέση τιμή της περιόδου 1951-60) για ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο (κινητοί μέσοι όροι 10ετιών) αφ'ενός της μέσης ετησίως θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια του εδάφους και αφ'ετέρου της μέσης ετησίως θερμοκρασίας επιφανείας θαλάσσης (λεπτή γραμμή). Οι χρονοσειρές των μέσων ετησίως τιμών της θερμοκρασίας του αέρα για τους υπό μελέτη σταθμούς της ανατολικής Μεσογείου παρουσιάζονται στα Σχ. 1β.



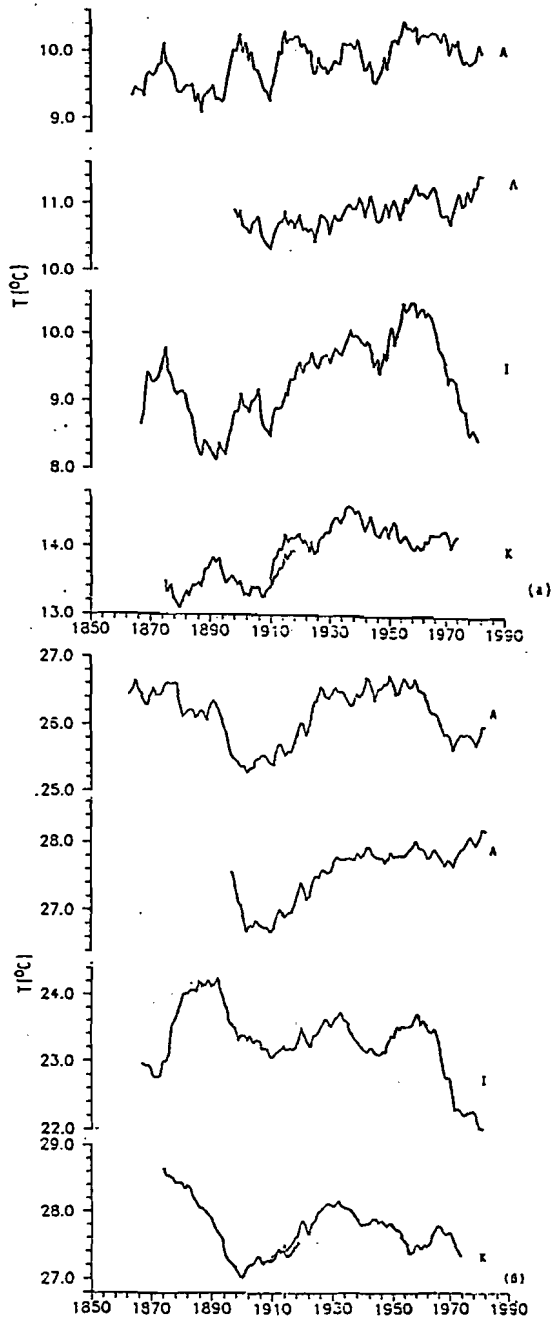
Σχ. 1.α. Μέσες τιμές για ολόκληρο το βόρειο Ημισφαίριο (κινητοί μέσοι όροι 10 ετιών) της μέσης ετησίας θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια της γης (χονδρή γραμμή) και της μέσης ετησίας θερμοκρασίας επιφανειακού στρώματος θαλάσσης (λεπτή γραμμή). [Αποχές από την μέση τιμή της περιόδου 1951-1960].

β. Μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα (λεπτή γραμμή) και οι κινητοί μέσοι όροι 10ετιών (χονδρή γραμμή) για τους σταθμούς Αθηνών, Λευκωσίας, Ιερουσαλήμ και Καΐρου.

Η ομοιομορφία των τάσεων των μέσων ετησίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα στην ανατολική Μεσόγειο (Repapis and Philandras, 1988) μας οδήγησε στην περαιτέρω έρευνα της κλιματικής μεταβλητότητας στην περιοχή αυτή. Στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου η θερμοκρασία αέρος της επιφανείας της γης εμφανίζει καθοδική τάση μέχρι την πρώτη δεκαετία του 20^{ου} αιώνα, ακολούθως αυξάνει ταχέως μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1920 οπότε παραμένει σε υψηλά σχετικώς επίπεδα μέχρι την δεκαετία του 1960 με μικρές διακυμάνσεις. Καθοδική τάση στην θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζεται από την δεκαετία του 1960 μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970 οπότε και εμφανίζεται ανοδική τάση στην δεκαετία του 1980. (θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η παρατηρούμενη μεγάλη πτώση της θερμοκρασίας του αέρα στην Ιερουσαλήμ κατά τα τελευταία 15 έτη πιθανόν να οφείλεται σε ανομοιογένεια των στοιχείων του εν λόγω σταθμού).

Στη δυτική Μεσόγειο οι τάσεις των ετησίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα εμφανίζουν διαφορετική μορφή από τις αντίστοιχες τάσεις της ανατολικής Μεσογείου, ιδιαίτερα δε από την ψυχρά περίοδο των αρχών του 20ου αιώνα μέχρι την περίοδο της μέγιστης θέρμανσης κατά τα μέσα του 20ου αιώνα. Οι μικρότερες τιμές της μέσης ετησίας θερμοκρασίας του αέρος εμφανίζονται ενωρίτερα στους περισσότερους σταθμούς της δυτικής Μεσογείου (Maheras, 1989) από ότι στην ανατολική, η δε μέγιστη θέρμανση εμφανίζεται ενωρίτερα στην ανατολική Μεσόγειο. Οι διαφορές αυτές θα πρέπει να αποδωθούν στους διαφορετικούς τύπους ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας που επικρατούν αφενός στην δυτική και αφετέρου στην ανατολική Μεσόγειο. Η δυτική Μεσόγειος βρίσκεται κυρίως υπό την επήρεια δυτικής ζωνικής κυκλοφορίας ενώ στην ανατολική Μεσόγειο η ζωνική ροή συχνά διακόπτεται από μεσημβρινή ροή κυκλοφορίας (Makrogiannis, 1984).

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται οι κινητοί μέσοι όροι 10ετιών των χρονοσειρών των μέσων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα για τον χειμώνα (α) και για το θέρος (β) στους αντίστοιχους σταθμούς. Οι χειμώνες γενικά εμφανίζουν μία τάση ανόδου με διακυμάνσεις από τα ελάχιστα των αρχών του 20ου αιώνα.

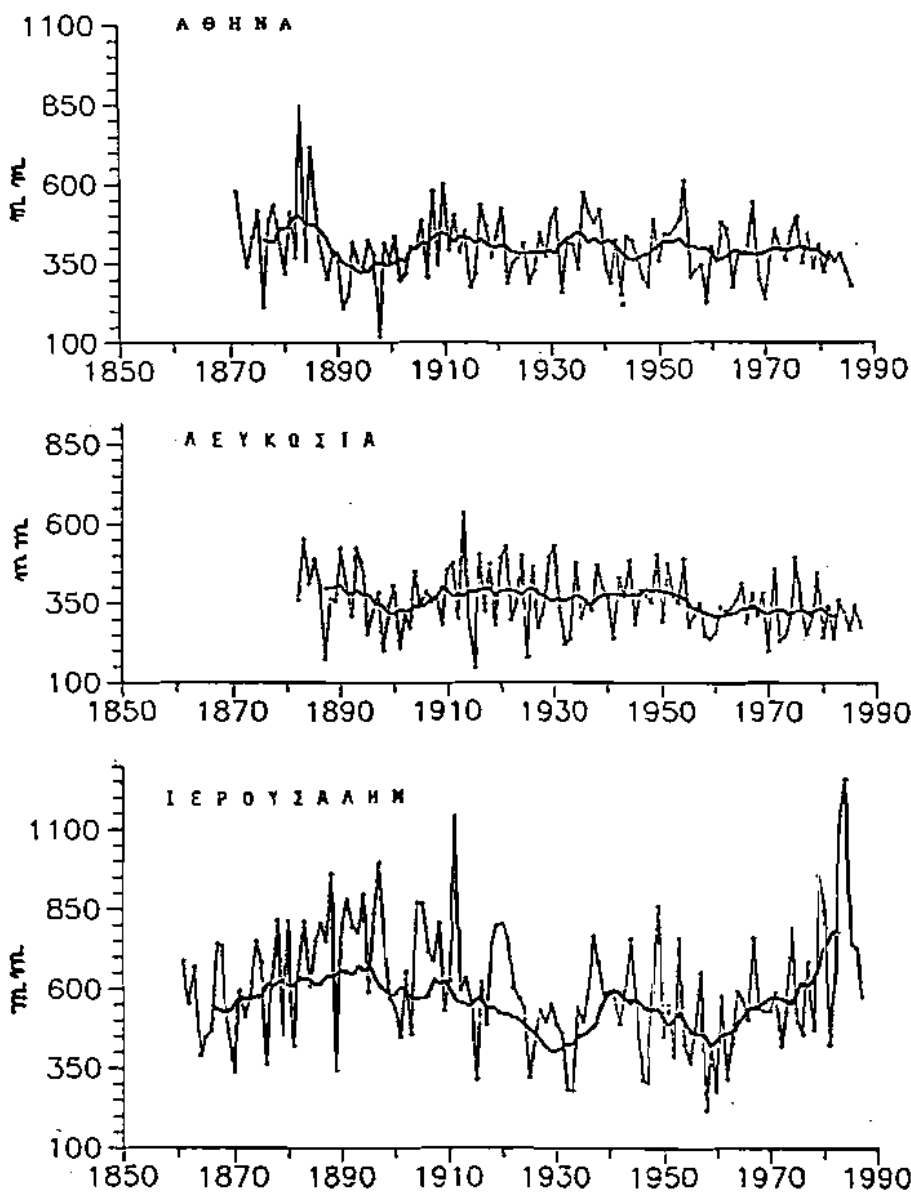


Σχ. 2. Κινητοί μέσοι όροι 10ετιών των μέσων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα του χειμώνα (α) και του θέρους (β) για τους σταθμούς Αθηνών, Λευκωσίας, Ιερουσαλήμ και Καΐρου.

Αντιθέτως τα θέρη παρουσιάζουν τις τάσεις που δείχνουν οι ετήσιες τιμές (και εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι οι χρονοσειρές του σταθμού της Ιερουσαλήμ εμφανίζουν τις πολύ χαμηλές τιμές των τελευταίων 15 ετών λόγω ανομοιογένειας των στοιχείων του σταθμού).

Συμπερασματικό μπορούμε να πούμε ότι οι μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια της περιοχής της ανατολικής Μεσογείου εμφανίζουν μία ανοδική τάση από τις χαμηλές τιμές των αρχών του αιώνα μας μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1920, παραμένουν δε σε οχετικώς υψηλά επίπεδα μέχρι την δεκαετία του 1960, οπότε εμφανίζεται μία μικρή ψύξη μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970, η οποία ακολουθείται από ενδείξεις θερμάνσεως. Σε γενικές γραμμές παράλληλη πορεία δεικνύουν και οι μέσες θερμοκρασίες του θέρους, ενώ οι χειμώνες εμφανίζουν μία ανοδική τάση με μικρές διακυμάνσεις. Έτσι η γενική μορφή της τάσεως των ετησίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ομοιόμορφη τάση που παρουσιάζουν οι εποχές πλὴν του χειμώνα, χωρίς να είναι πρὸς το παρόν σαφής η εκδήλωση της εντάσεως του φαινομένου του θερμοκηπίου στη μέση θερμοκρασία του αέρα της επιφανείας της γης στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου.

Οι κλιματικές τάσεις της βροχής εξετάσθηκαν για τους υπό μελέτη σταθμούς πλὴν του Καΐρου, όπου η βροχή κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά ύψη (μέσο ολικό ετήσιο ύψος 25mm). Το ύψος της βροχής είναι ως γνωστόν ανώμαλη μετεωρολογική παράμετρος και ως πρὸς τον χρόνο και ως πρὸς τα χώρο. Οι τιμές της βροχής σε ένα τόπο έχουν μεγάλη μεταβλητότητα σπὸ έτος σε έτος ολλά και παρουσιάζουν ενίοτε και σημαντικές διαφορές από τόπο σε τόπο, έστω και αν οι εν λόγω τόποι απέχουν ολίγον μεταξύ των. Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται για κάθε ένα σταθμό τα ετήσια ολικά ύψη (λεπτή γραμμή) και οι κινητοί μέσοι όροι δεκαετιών. Στην Αθήνα και στην Λευκωσία οι τάσεις των ετησίων ολικών υψών βροχής παρουσιάζουν μικρές τιμές κατά το τέλος του 19ου αιώνα και τις αρχές του 20ου αιώνα και εμφανίζονται ενωρίτερον από τα ελάχιστα που παρατηρούνται στην θερμοκρασία αέρος.



Σχ. 3. Ολικά ετήσια ύψη βροχής (λεπτή γραμμή) και οι κινητοί μέσοι όροι 10ετιών (χονδρή γραμμή) για τους σταθμούς Αθηνών, Λευκωσίας και Ιερουσαλήμ.

Ακολουθως τα ύψη βροχής εμφανίζουν μία τάση αύξησης, σύγχρονο με την τάση θερμάνσεως, τις τελευταίες δε δύο δεκαετίες υπάρχει μία μικρή τάση μείωσης των υψών βροχής στα επίπεδα των μέσων τιμών ολοκλήρου της μακράς χρονικής περιόδου. Έτσι σε γενικές γραμμές μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι σχετικά υγρότερες περίοδοι γι' αυτούς τους σταθμούς συνδέονται με αύξηση της ζωνικής κυκλοφορίας, ενώ στη δυτική Μεσόγειο οι σχετικά υγρότερες περίοδοι συνδέονται κυρίως με μεσημβρινή κυκλοφορία στην περιοχή της δυτικής Ευρώπης (Maheras, 1988). Αντιθέτως η βροχάπτωση στην Ιερουσαλήμ, ο σταθμός της οποίας ευρίσκεται σε μεγάλο υψόμετρο, εμφανίζει διαφορετικές τάσεις, ιδιαίτερα δε κατά τον 20ο αιώνα η μέση πορεία της είναι αρνητικά συσχετισμένη με την μέση θερμοκρασία του αέρος.

Εν κατακλείδι, η υπολογιζόμενη από τα κλιματικά πρότυπα (Models) ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου, λόγω της ήδη γνωστής αύξησης κατά 15% της συγκεντρώσεως του CO₂ τα τελευταία 100 χρόνια, δεν φαίνεται μετά βεβαιότητας να έχει επηρεάσει τον παρόντος τις βροχοπτώσεις της ανατολικής Μεσογείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη αυτή εξετάζει τις κλιματικές τάσεις της θερμοκρασίας του αέρα και της βροχής που παρατηρούνται στην περιοχή ανατολικής Μεσογείου τα τελευταία 100 έτη.

Η θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια της γης παρουσιάζει καθοδική τάση μέχρι την δεκαετία του 1910, στη συνέχεια αυξάνει τοχέως μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1920 και παραμένει στα ίδια επίπεδα μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1960, οπότε εμφανίζεται και πάλι καθοδική τάση. Από το 1980 και μετά η καθοδική τάση της θερμοκρασίας του αέρα αντιστρέφεται. Σε γενικές γραμμές παράλληλη πορεία δεικνύουν και οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρος του θέρους ενώ οι αντίστοιχες του χειμώνα εμφανίζουν μία σχεδόν συνεχή ανοδική τάση με μικρές διακυμάνσεις την οποία ορισμένοι μελετητές συνδέουν με την αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Τα ολικά ύψη βροχής για τους σταθμούς των Αθηνών και της Λευκωσίας εμφανίζουν χαμηλές τιμές κατά τα τέλη του 19ου αιώνα και τις αρχές του 20ου, υψηλές τιμές κατά την θερμή περίοδο των δεκαετιών 1920-1950, σε συνέχεια δε και πάλι χαμηλές τιμές. Οι τιμές των ολικών υψών βροχής για τον σταθμό της Ιερουσαλήμ παρουσιάζουν σχεδόν αντίθετη πορεία.

Η μεγάλη χρονική και τοπική μεταβλητότητα της τιμής της βροχής καθιστά δύσκολη τη συσχέτιση της με την υπολογιζόμενη ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

SUMMARY

A study of the long-term climatic trends in the eastern Mediterranean area, is presented. The time series of Athens, Nicosia, Jerusalem and Cairo were investigated. The air temperature time series of all the stations display a minimum in the late 1900s which is followed by a rapid warming till the late 1920s. The air temperature almost levelled off until the mid 1960s while after that a slight cooling is apparent, where as from the 1980s a warming tendency is revealed. These trends of the annual mean air temperature are almost the same for all the seasons except winters. The winters air temperature time series display an increasing trend with fluctuations on top of it. The time series of the rainfall in the stations of the eastern Mediterranean are less uniform. The rainfall time series of Athens and Nicosia display almost identical trends - though very small - with low values on the turn of the century and higher values during the warm period of the middle of the present century. This is not though the case for the rainfall in Jerusalem, which from high values in the turn of the century decreases to low values during the warm period in the middle of our century. During the last two decades the rainfall in Athens and Nicosia almost levelled off to a little bit lower than the warm period values, while the rainfall in Jerusalem display an increasing trend. The rainfall in Cairo is not discussed because of the very small amounts of the total precipitation in that place. Comparisons with the corresponding trends for the western Mediterranean are discussed and the discrepancies between these two regions are pointed out.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arseni-Papadimitriou, A., 1973: On the annual variation of air temperature in Athens. *Sci. Annals. Fac. Phys. and Mathem., Univ. Thessaloniki, Greece*, 13, 325-345.
- Borzenkova, I. I., Vinnikov, K. Ya., Spirina, L. P., Stekhnovskii, O. I., 1976: Variation of air temperature of the Northern Hemisphere during the period of 1881-1975. *Soviet Meteorology and Hydrology*, 7, 27-35.
- Budyko, M. I., 1988: Climate of the end of the 20th century. *Soviet Meteorology and Hydrology*, 10, 5-24.
- Jones, P. D., Raper, S. C. B., Bradley, R. S., Diaz, H.F., Kelly, P. M., Wigley, T. M. L., 1986: Northern Hemisphere surface air temperature variations, 1851-1984. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 25, 161-179.
- Maheras, P., 1988: Changes in Precipitation conditions in the Western Mediterranean over the last century. *J. Climatol.*, 8, 179-189.
- Maheras, P., 1989: Principal components analysis of Western Mediterranean air temperature Variations 1866-1985. *Theor. Appl. Climatol.*, 39, 137-145.
- Makrogiannis, T., 1984: Local Index and Circulations Change in the European Area, 1873-1972. *Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. B*, 34, 39-48.
- Paltridge, G., Woodruff, S., 1981: Changes in global surface temperature from 1880 to 1977 derived from historical records of sea surface temperature. *Mon. Weat. Rev.*, 109, 2427-2434.
- Parker, D. E., 1988: Observed climatic change and the Greenhouse effect. *Met. Mag.* 118, 128-131.
- Repapis, C. and Philadras, K., 1988: A Note on the air temperature trends of the last 100 years as evidenced in the Eastern Mediterranean time series. *Theor. Appl. Climat.* 39, 93-97.
- Schiesinger, M. E., 1984: Climate model simulations of CO₂ induced climatic change. *Adv. Geophys.*, 26, 141-231.

- Smithsonian Institution, 1927, 1935, 1947: World Weather Records, Smithsonian Inst. Miscellaneous Collections. Vols. 79, 90 and 104. Smithsonian Inst. Washington D. C.
- U.S. Weather Bureau, 1959-1982: World Weather Records, 1941-1950 (1361pp.) 1951-1960 (vols. 1-6), 1961-1970 (vols. 1-6). U.S. Department of Commerce Washington, D. C.