

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 3<sup>ΗΣ</sup> ΜΑΪΟΥ 1984

ΠΡΟΕΔΡΙΑ Γ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΟΥ-ΝΟΥΑΡΟΥ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.— Πιθανή επίδρασις τῆς αὐξήσεως τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακός τῆς ἀτμοσφαιρας ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος τῶν Ἀθηνῶν, ὑπὸ *H. Γ. Μαριολοπούλου - Ο. Τ. Μάντη καὶ Χ. Κ. Ρεπανῆ\**, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. *H. Γ. Μαριολοπούλου*.

Εἰς Ἀγγλῆν

Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ἔχει ἐνταθῆ τὸ ἐνδιαφέρον τοῦ κόσμου διὰ τὸ κλίμα καὶ τὴν μεταβλητότητά του (variability) λόγῳ τῆς ἀναμφισβητήτου ἐπιδράσεως ποὺ ἔχουν ταῦτα ἐπὶ τῆς δραστηριότητος τοῦ ἀνθρώπου. Κυμάνσεις καὶ μεταβλητότης τῶν παραμέτρων τοῦ κλίματος ὑπῆρξαν ἀνεκαθεν τὰ χαρακτηριστικά του, ἡ δὲ προσπάθεια διὰ τὴν κατανόησίν των ἔχει γίνεαι ἀντικείμενον πολλῶν μελετῶν. Τὸ γεγονός τῆς ἐπιδράσεως τοῦ κλίματος ἐπὶ τῶν δραστηριοτήτων τοῦ ἀνθρώπου ἔχει συντελέσει εἰς τὴν αὐξήσιν τῆς ἀνησυχίας διὰ τὰ ἀποτελέσματα ποὺ θὰ ἐπιφέρουν πιθαναὶ σημαντικαὶ κλιματικαὶ μεταβολαί, ὅπως π.χ. σταθερὰ μείωσις ἢ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας τῆς ἀτμοσφαιρας, αὐξήσις τῆς συχνότητος τῶν ξηρασιῶν καὶ ἐρήμωσις ἢ ἀκόμη μεταβολὴ τοῦ ὕψους τῆς στάθμης τῆς θαλάσσης.

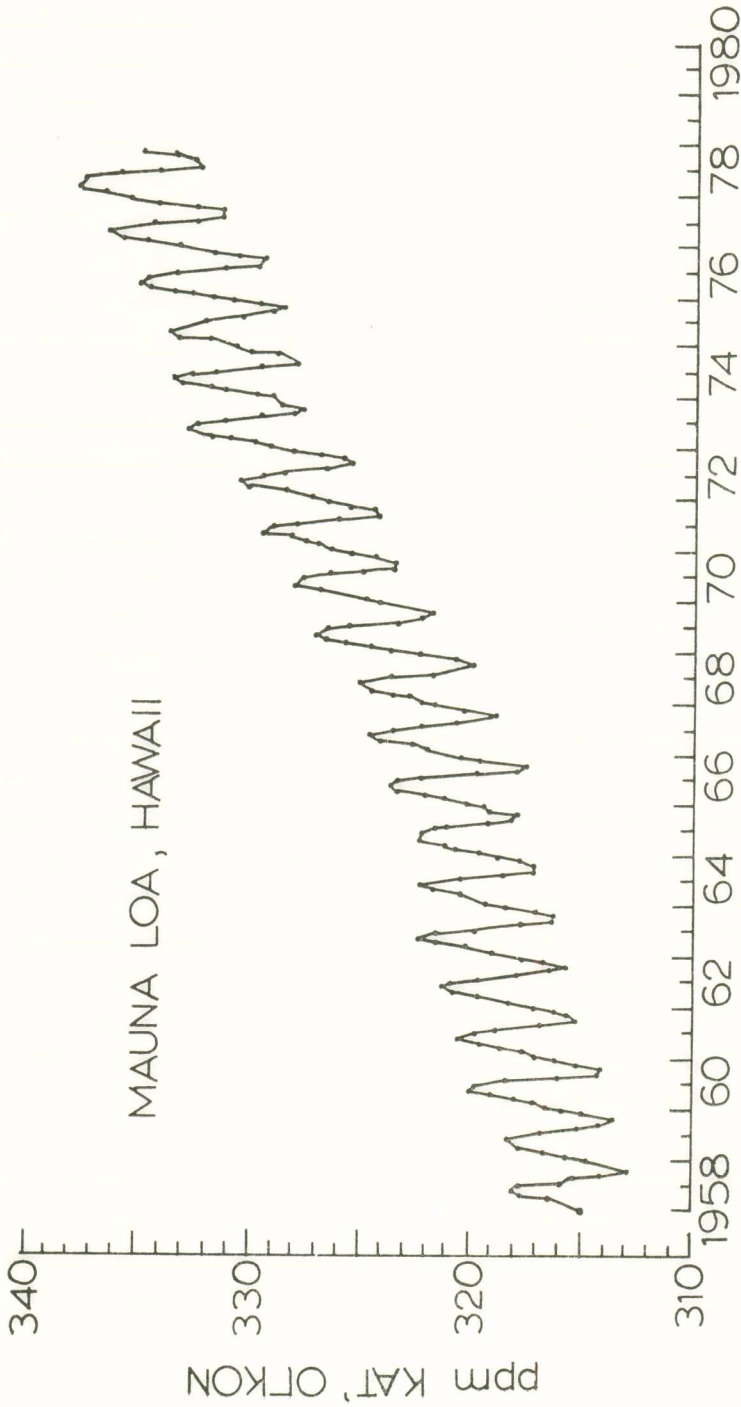
Αἱ αἰτίαι τῶν μακρᾶς διαρκείας κλιματικῶν κυμάνσεων δὲν εἶναι γνωσταὶ λόγῳ κυρίως τῆς εὐαισθησίας τοῦ κλίματος, θεωρεῖται δὲ ἐξ ἴσου πιθανὸν νὰ ὀφείλωνται σὲ διεργασίες ποὺ λαμβάνουν χώραν ἀποκλειστικὰ ἐντὸς τοῦ συστήματος ἀτμόσφαιρα - ὠκεανοὶ - ἥπειροι - πολικοὶ πάγοι, ἢ σὲ διεργασίες ποὺ ὀφείλονται σὲ ἐξωτερικὰ αἴτια (Robock, 1978).

\* H. G. MARIOLOPOULOS — H. T. MANTIS — C. C. REPAPIS, **Possible Influence of the Increased Carbon Dioxide of the Atmosphere on the Air Temperature at Athens.**

Τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ( $\text{CO}_2$ ) εἶναι συστατικὸν τῆς ἀτμοσφαιράρας καὶ ἡ συγκέντρωσις του εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν πρὸ τῆς βιομηχανικῆς ἐποχῆς θεωρεῖται ὅτι ἦτο σταθερὰ (τὸ ἔτος 1860 ὑπολογίζεται σὲ 295 ppm κατ' ὄγκον), ἂν καὶ εἶναι πιθανὸν νὰ ἔλαβαν χώραν μεταβολαὶ τῆς συγκεντρώσεώς του κατὰ τὸ παρελθὸν συνυφασμένοι μὲ γεωφυσικὰς μεταβολάς. Μετρήσεις ὅμως τῶν τελευταίων δεκαετιῶν ἀπὸ ἀντιπροσωπευτικούς Σταθμούς ἔδειξαν αὐξήσιν τῆς συγκεντρώσεώς του εἰς παγκόσμιον κλίμακα, ὀφειλομένην εἰς τὴν αὐξήσιν τῆς παραγωγῆς αὐτοῦ ἀπὸ τὴν ὅλον καὶ αὐξανομένην καύσιν πετρελαιοειδῶν καὶ ἄνθρακος (ιδεὲ σχῆμα 1). Οὕτω τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος χαρακτηρίζεται ὡς ἐξωτερικὴ παράμετρος λόγῳ αὐξήσεως αὐτοῦ ἐκ τῶν δραστηριοτήτων τοῦ ἀνθρώπου, ἀλλὰ καὶ ὡς ἐσωτερικὴ παράμετρος τοῦ συστήματος, λόγῳ ἀπορροφήσεώς του ἀπὸ τὸ ἐπιφανειακὸν στρώμα τῶν ὠκεανῶν, ἡ ὁποία ὅμως πιθανὸν νὰ μεταβάλλεται. Τὸ  $\text{CO}_2$  εἶναι βασικὸν συστατικὸν τῆς ἀτμοσφαιράρας ὅσον ἀφορᾷ τὸ ἰσοζύγιον τῶν ἀκτινοβολιῶν καὶ γενικώτερα τοῦ κλίματος, διότι ὡς γνωστὸν ἀπορροφᾷ τὴν ὑπερύθρον ἐκ τῆς Γῆς ἀκτινοβολίαν καὶ ἐπανεικέμπει θερμότητα πρὸς τὴν Γῆν κατὰ τὸ φαινόμενον θερμοκηπίου. Πιθανὴ σημαντικὴ αὐξήσις τῆς συγκεντρώσεώς του εἶναι δυνατὸν νὰ ὀδηγήσῃ εἰς αὐξήσιν τῆς θερμοκρασίας τῆς ἀτμοσφαιράρας. Τὸ ποσοστὸν αὐξήσεως τοῦ  $\text{CO}_2$  εἰς τὸ μέλλον καθὼς ἐπίσης καὶ τὰ ἀποτελέσματα ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τῆς ἀτμοσφαιράρας γίνεται ἀντικείμενον πολλῶν μελετῶν.

Ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος, ὅπως ὅλαι αἱ μετεωρολογικαὶ παράμετροι ποῦ χαρακτηρίζουν τὸ κλίμα ἐνὸς τόπου, κυμαίνεται σὲ ὀρισμένα πλαίσια λόγῳ διαφόρων μετεωρολογικῶν διεργασιῶν. Οὕτω, βασικὴ δυσκολία συνυφασμένη μὲ τὸ ὅλον πρόβλημα εἶναι ἡ ἀνίχνευσις μιᾶς πιθανῆς ἐπιδράσεως τῆς αὐξήσεως τῆς συγκεντρώσεως τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος. Δηλαδή, εἶναι δύσκολον νὰ ἀπομονωθῇ ἡ ἐπίδρασις ποῦ θὰ ἔχῃ ἀπὸ τὴν ἤδη ἐνυπάρχουσαν μεταβλητότητα τοῦ κλίματος. Οἱ Madden καὶ Ramanathan (1980) χαρακτηροῖσαντες ὡς «σῆμα» τὴν μεταβλητότητα τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος λόγῳ αὐξήσεως τοῦ  $\text{CO}_2$  καὶ ὡς «κλιματικὸ θόρυβον» τὴν ἐνυπάρχουσαν μεταβλητότητα, ἐμελέτησαν τὸ θέμα χρησιμοποίησαντες μέσες τιμὲς θερμοκρασίας ἀέρος 12 Σταθμῶν κειμένων ἀπὸ 50° ἕως 65° βορείου γεωγραφικοῦ πλάτους.

Εἰς τὴν παροῦσαν μελέτην ἐξητάσθη ἡ δυνατότης ἀπομονώσεως ἀπὸ τὸν κλιματικὸν θόρυβον, τοῦ ἀποτελέσματος ποῦ ἔχει ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος ἡ αὐξήσις τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος, διὰ τῆς χρησιμοποίησεως τῶν δεδομένων τοῦ Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν. Οὕτω συνεκρίναμεν τὸν ἐκτιμώμενον κλιματικὸν θόρυβον, δηλαδή τὴν ἐνυπάρχουσαν μεταβλητότητα, μὲ τὸ ἀναμενόμενον σῆμα, δηλαδή μὲ τὸ ἀποτέλεσμα ποῦ ἀναμένεται νὰ ἔχῃ ἡ αὐξήσις τῆς συγκεντρώσεως τοῦ



Σχ. 1. Συγκέντρωση CO<sub>2</sub>, παρατηρηθείσα εις τὸν σταθμὸν Mauna Loa, Hawaii, ἀπὸ τὸν C. D. Keeling καὶ τοὺς συνεργάτες του (Oeschger et al, 1980).

CO<sub>2</sub> βάσει τῶν κλιματικῶν ἀριθμητικῶν προτύπων (numerical climatic models). Τὰ κλιματικά ἀριθμητικά πρότυπα τῆς ἀτμοσφαιρας δίδουν πρόγνωση τῶν κλιματικῶν συνθηκῶν, βάσει τῶν ἀρχικῶν συνθηκῶν διὰ τῶν ὁποίων τὰ τροφοδοτοῦμεν, μὲ ὀρισμένον βαθμὸν στατιστικῆς ἀξιοπιστίας.

Τὸ Ἑθνικὸν Ἀστεροσκοπεῖον Ἀθηνῶν (E.A.A.) διαθέτει μετεωρολογικὰ δεδομένα τῆς πόλεως τῶν Ἀθηνῶν ἀπὸ τὸ ἔτος 1858, ἀπὸ δὲ τοῦ Σεπτεμβρίου τοῦ 1890 διεξάγονται αἱ παρατηρήσεις του ἀκριβῶς εἰς τὴν ἰδίαν τοποθεσίαν μέχρι σήμερον (37°58' βορείου γεωγραφικοῦ πλάτους, 23°43' ἀνατολικοῦ μήκους καὶ ὑψόμετρο 101 μέτρων).

Εἰς τὴν παροῦσαν μελέτην ὑπελογίσαμεν τὶς μέσες ἐποχικῆς τιμὲς τῆς θερμοκρασίας ἀέρος, χρησιμοποιήσαντες τὶς μέσες μηνιαῖες τιμὲς αὐτῆς (ὡς χειμῶν ἐλήφθη Δεκ. + Ἰαν. + Φεβρ./3), διὰ τὴν περίοδον Δεκεμβρίου 1890 μέχρι Νοεμβρίου 1980 καὶ τὶς μέσες ἐτήσιες τιμὲς τῆς περιόδου 1891 - 1980, ἀπὸ τὶς δημοσιεύσεις τοῦ E.A.A. Ἐφημερίσθη ἡ μέθοδος ἀναλύσεως τῶν φασμάτων ἰσχύος (power spectrum analysis) ἐπὶ τῶν ἐτησίων τιμῶν καθὼς ἐπίσης ἐπὶ ἐκάστης ἐποχῆς χρησιμοποιήσαντες μέγιστον χρόνον καθυστέρησεως (maximum lag) 22 ἔτη.

Οἱ Madden καὶ Ramanathan (1980) ὥρισαν ὡς θόρυβον σὲ ἓνα κλιματικὸν μέσον N ἐτῶν τὸ διπλάσιον γινόμενον τῆς ἐκτιμωμένης τυπικῆς ἀποκλίσεως τῶν τιμῶν τῶν N ἐτῶν (2σ<sub>N</sub>). Ἡ ἐκτιμωμένη τυπικὴ ἀπόκλισις ὑπελογίσθη ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον συνάρτησιν

$$\sigma^2_N = \int_{-\infty}^{+\infty} S(f) |H(f)_N|^2 df$$

ὅπου S(f) εἶναι αἱ φασματικαὶ ἐκτιμήτριαι (spectral estimates) διὰ τὰς συχνότητας f καὶ H(f)<sub>N</sub> ἡ συνάρτησις μεταφορᾶς (transfer function) δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν

$$H(f)_N = \frac{\text{Sin}(\pi Nf)}{\pi Nf}$$

διὰ μέσον ὅρον N ἐτῶν (Blackman καὶ Tukey, 1958).

#### Ἀποτελέσματα

Θὰ ἀναπτύξωμεν τὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰ δεδομένα τῶν Ἀθηνῶν ἐν σχέσει μὲ τὰ εὔρεθέντα ἀπὸ τοὺς Madden καὶ Ramanathan (1980) διὰ τὴν ζώνην 50° ἕως 65° βορείου γεωγραφικοῦ πλάτους.

Τὰ φάσματα ἰσχύος (power spectrum) τῶν μέσων ἐτησίων τιμῶν τῆς θερμο-



κρασίας αέρος τῶν Ἀθηνῶν (σχῆμα 2) καθὼς καὶ τῶν μέσων τιμῶν τῶν ἐποχῶν τοῦ θέρους καὶ τῆς ἀνοιξέως ὀλίγον μόνον διαφέρουν ἀπὸ φάσματα ἰσχύος λευκοῦ θορύβου (white noise) μὲ ἐπιπρόσθετον διακύμανσιν εἰς τὰς πολὺ χαμηλὰς συχνοτήτας (καὶ ὁμοιάζουν εἰς τὸ μῆμα αὐτὸ τοῦ φάσματος μὲ φάσματα ἐρυθροῦ θορύβου red noise). Διὰ τὰς τιμὰς ὅμως τοῦ χειμῶνος ὁ συντελεστὴς αὐτοσυσχετίσεως μετὰ χρονικῆς καθυστερήσεως (time lag) ἑνὸς ἔτους εὐρέθῃ ἀρνητικὸς μὲ ἀποτέλεσμα σημαντικὸν ποσοστὸν τῆς διακυμάνσεως νὰ ἐμφανίζεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ φάσματος ἰσχύος μὲ περίοδον 2 - 3 ἐτῶν (ἡμιδιετῆς κύμανσις — Quasi Biennial Oscillation) καὶ τελικῶς τὸ φάσμα νὰ μὴν ἐμφανίζῃ τὴν μορφήν φάσματος ἰσχύος ἐρυθροῦ θορύβου. Ἡ τάσις νὰ συσχετίζωνται ἀρνητικῶς οἱ διαδοχικοὶ χειμῶνες ἐν συνδυασμῶ μὲ τὰς εὐρεθείσας περιοδικότητας τῶν 2 - 3 μηνῶν (Ζερεφόρ, 1975), δηλαδὴ ἡ ἀρνητικὴ συσχέτισις τῶν διαδοχικῶν ἐποχῶν ἐντὸς τοῦ ἔτους, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα ἢ διακύμανσις τῶν μέσων ἐτησίων τιμῶν νὰ εἶναι μικρά, ἄρα εἰς ἐπίπεδον ἀπλοῦ θορύβου.

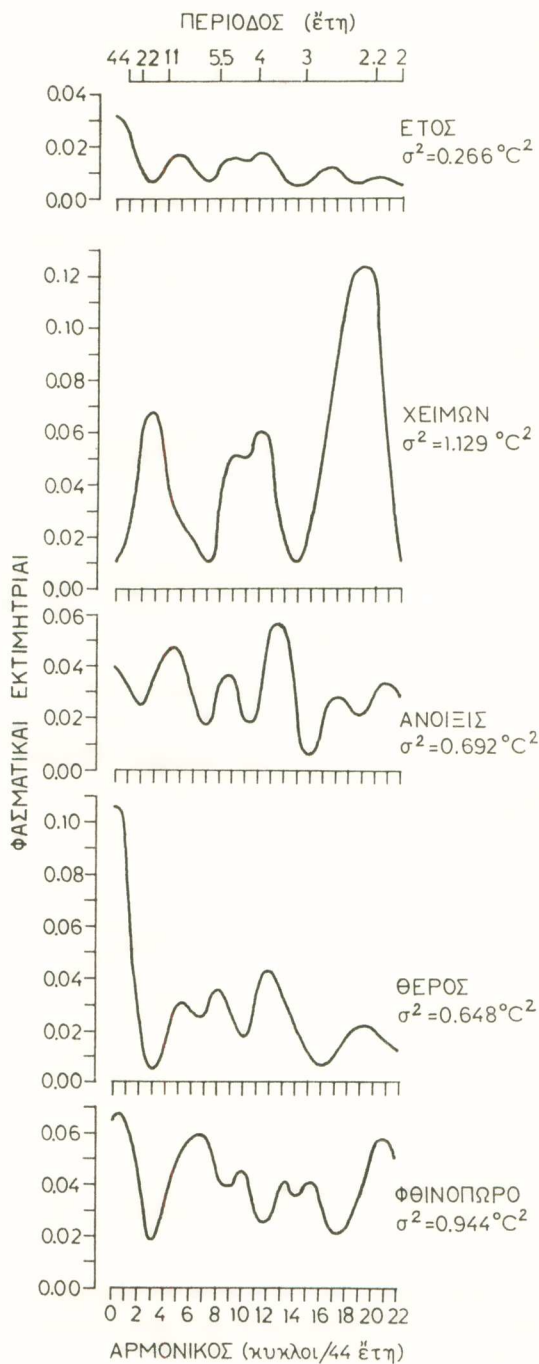
Ἡ διακύμανσις τῆς θερμοκρασίας αέρος τῶν Ἀθηνῶν καὶ τῆς θερμοκρασίας αέρος διὰ τὴν ζώνην τῶν 60° βορείου γεωγραφικοῦ πλάτους περίπου, δίδεται εἰς τὸν πίνακα 1. Ἡ διακύμανσις τῶν τιμῶν τῆς θερμοκρασίας αέρος τοῦ χειμῶνος εἰς τὰ

Π Ι Ν Α Κ Ε 1

	Χειμῶν	Ἀνοιξις	Θέρος	Φθινόπωρον	Ἔτος
$\sigma^2_{EAA} (^\circ\text{C})^2$	1.13	0.69	0.65	0.94	0.27
$\sigma^2_{60^\circ\text{B}} (^\circ\text{C})^2$	1.45	0.38	0.14	0.35	0.22

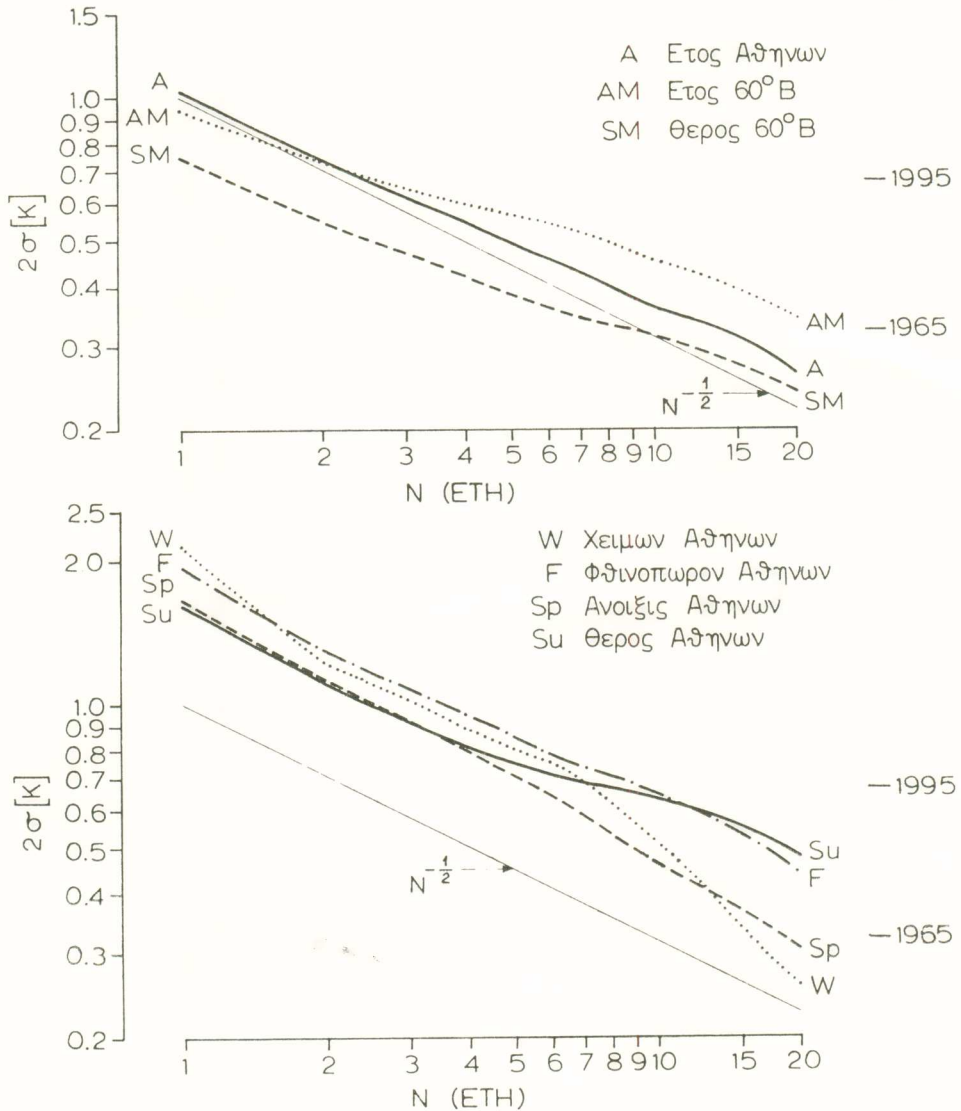
ὕψηλὰ πλάτη εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀντίστοιχον τιμὴν διὰ τὰς Ἀθήνας, ἂν καὶ ἐλήφθησαν μέσες τιμὲς ἀπὸ 12 Σταθμοὺς — ὡς γνωστὸν ἢ χρησιμοποίησις μέσων ὄρων ἐλαττώνει τὴν διακύμανσιν. Ἀντιθέτως ἡ διακύμανσις τῆς θερμοκρασίας αέρος τῆς ζώνης τῶν 60° Β δι' ὅλας τὰς ἄλλας ἐποχὰς εἶναι κατὰ πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὴν ἀντίστοιχον τιμὴν διὰ τὰς Ἀθήνας. Ἡ διακύμανσις δὲ τῶν μέσων ἐτησίων τιμῶν τῆς θερμοκρασίας αέρος τῆς ζώνης τῶν 60°Β εἶναι τῆς αὐτῆς τάξεως μὲ τὴν ἀντίστοιχον τῶν Ἀθηνῶν. Ὅπως ἐξ ἄλλου φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα 3 τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὸν ἐκτιμώμενον θόρυβον, διὰ μὲν τὰς Ἀθήνας αἱ μέσαι ἐτήσιαι τιμαὶ ἔχουν τὸν μικρότερον θόρυβον, διὰ δὲ τὴν ζώνην τῶν 60°Β τὸ θέρος ἔχει τὸν μικρότερον θόρυβον.

Ἡ σχέσις τοῦ ἐκτιμώμενου θορύβου ( $2\sigma_N$ ) ὡς πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐτῶν ποὺ λαμβάνομεν ὡς μέσον ὄρον (N), παριστᾶται εἰς τὸ σχῆμα 3 ἐπὶ λογαριθμικῆς κλί-



Σχ. 2. Φάσματα ισχύος (power spectra) των μέσων ετησίων και των μέσων εποχικών τιμών της θερμοκρασίας αέρος των Αθηνών (1890 - 1980). Επίσης σημειούται και η όλμη διακύμανσις ενός έκαστου φάσματος ( $\sigma^2$ ).

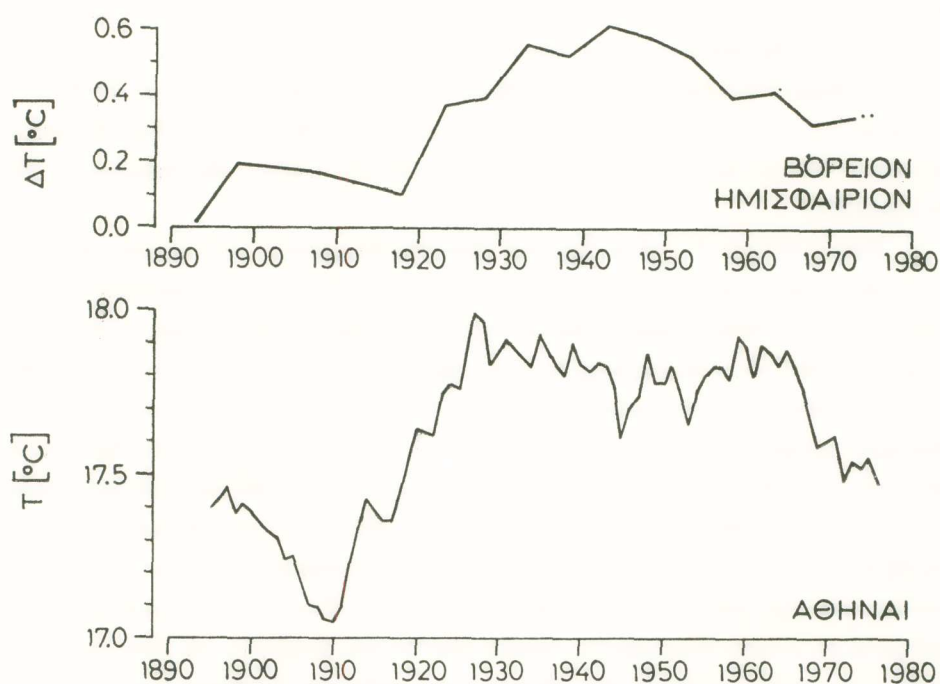
μακος, ώστε να είναι περισσότερο κατανοητή ή σχέσις τοῦ ἐκτιμωμένου θορύβου μετὰ τὴν παράστασιν  $N^{-1/2}$ . Ἐκ πρώτης ὕψεως θὰ ἠδύνατο νὰ λεχθῆ ὅτι, ἐπειδὴ ὁ κλιματικὸς θόρυβος τῶν μέσων τιμῶν τοῦ θέρους εἰς τὴν ζώνην τῶν  $60^{\circ}$  Β εἶναι μικρότερος ἀπὸ τὸν ἀντίστοιχον τῶν Ἀθηνῶν, προσφέρεται ὡς πλέον εὐαίσθητος δείκτης διὰ



Σχ. 3. Ὁ ἐκτιμωμένος κλιματικὸς θόρυβος ( $2\sigma$ ) συναρτῆσει τῆς χρονικῆς περιόδου ποὺ λαμβάνεται ὡς μέσος ὄρος ( $N$ ), διὰ τὰς τιμὰς τῆς θερμοκρασίας τῶν Ἀθηνῶν καὶ διὰ τὰς τιμὰς τῆς θερμοκρασίας τῆς ζώνης τῶν  $60^{\circ}$  β. πλ. κατὰ τοὺς R. Madden καὶ V. Ramanathan (1980).

κλιματικές μεταβολές. "Όμως, ή διακύμανσις εις τὰς χαμηλάς συχνότητας (περίοδο  $> 10$  ἐτῶν) εις τὰ φάσματα τῶν ἐτησίων καὶ τῶν ἐποχικῶν τιμῶν τῆς θερμοκρασίας ἀέρος τῶν Ἀθηνῶν ἀντικατοπτρίζει μίαν κλιματικὴν τάσιν ποὺ ἐμφανίζεται εις ὅλοκληρον τὸ Βόρειον Ἡμισφαίριον.

"Ἐχει διαπιστωθῆ ἀπὸ πολλοὺς ἐρευνητὰς ὅτι ή θερμοκρασία ἀέρος τοῦ Βορείου Ἡμισφαιρίου (Β.Η.) ἔχει ἀυξήθῃ κατὰ  $1^{\circ}\text{C}$  ἀπὸ τὸ τέλος τοῦ περασμένου αἰῶνος μέχρι τὴν δεκαετιάν 1930 - 40 περίπου καὶ ἔκτοτε ἔχει μειωθῆ κατὰ περίπου  $0.5^{\circ}\text{C}$  (Mitchell, 1961, Budyko, 1969, καὶ Robock, 1978). Εἰς τὸ σχῆμα 4 δίδεται ή



Σχ. 4. Μέσαι τιμαὶ πενταετιῶν τῆς θερμοκρασίας ἀέρος τοῦ Βορείου Ἡμισφαιρίου (ἀποχαι ἀπὸ τὴν μέσην θερμοκρασίαν τῆς περιόδου 1880 - 84, Lamb 1977) καὶ κινούμενοι μέσοι ὄροι δεκαετιῶν τῆς θερμοκρασίας ἀέρος τοῦ Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπείου Ἀθηνῶν.

θερμοκρασία ἀέρος (ἀποχῆς ἀπὸ τὴν μέσην τιμὴν θερμοκρασίας τῆς περιόδου 1880 - 84) τοῦ Β. Η., ὡς μέσα πενταετιῶν (Lamb, 1977) καὶ οἱ κινούμενοι μέσοι ὄροι δεκαετιῶν τῆς θερμοκρασίας ἀέρος τῶν Ἀθηνῶν. Ὁ συντελεστὴς συσχετίσεως τῶν τιμῶν (17 τιμῆς) τῶν δύο χρονοσειρῶν εἶναι πολὺ ὑψηλὸς ( $r = 0.85$ ) γεγονός ποὺ ὑποδηλοῖ ὅτι ή διακύμανσις τῶν ἐτησίων μέσων τῶν δεκαετιῶν διὰ τὰς Ἀθήνας συνδέεται μὲ τὴν κλιματικὴν τάσιν ὀλοκλήρου τοῦ Β. Η. Οὕτως, ἐὰν θέλωμεν νὰ διαπιστώσωμεν ἐὰν ὑπάρχη κλιματικὴ τάσις ὀφειλομένη εις ἀύξισιν τοῦ διοξει-



δίου του άνθρακος, ή διακύμανσις αὐτῆ (εἰς τὰς χαμηλὰς συχνότητας) πράγματι ἀντιπροσωπεύει κλιματικὸν θόρυβον, ὁ ὁποῖος ὅμως εἶναι ὀλοκλήρου τοῦ Β. Η. καὶ ὄχι τοπικός. Ἡ ἴδια κλιματικὴ τάσις παρατηρήθη εἰς ὅλας τὰς ἐποχὰς ἐξαιρουμένου τοῦ χειμῶνος ὁ ὁποῖος δείχνει μίαν θετικὴν γραμμικὴν τάσιν διὰ τὴν ὑπὸ μελέτην περίοδον τῶν 90 ἐτῶν ἢ ὁποῖα πιθανὸν νὰ ὀφείλεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἀστικοποιήσεως (Μεταξῆς, 1974 καὶ Repapis and Zambaka, 1983). Τὰ ἀποτελέσματα τῆς μελέτης αὐτῆς εὐρέθησαν ἐν συμφωνίᾳ μὲ τὰ ἀντίστοιχα τῶν Madden καὶ Ramanathan καὶ εἰδικώτερον παρατηρήθη ὅτι ἡ φυσικὴ μεταβλητότης τοῦ κλίματος ἐμποδίζει νὰ ἐξάγωμεν ὀριστικὰ συμπεράσματα διὰ παγκόσμιον αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας ἀέρος ὀφειλομένης εἰς αὐξησιν τῆς συγκεντρώσεως τοῦ CO<sub>2</sub>.

Ὁ Μαριολόπουλος (1971) ἐπεσήμανε ὅτι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποδοθῆ ἡ ἀνωτέρω περιγραφεῖσα κλιματικὴ κύμανσις εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ CO<sub>2</sub>, τὸ ὁποῖον θὰ πρέπει νὰ δρᾷ κατὰ μίαν κατεύθυνσιν καὶ μάλιστα ἐκείνην τῆς θερμάνσεως τῆς ἀτμοσφαιράς.

Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι τὰ ἀριθμητικὰ πρότυπα κλιματικῆς προγνώσεως τὰ ὁποῖα ἐχρησιμοποίησαν καὶ οἱ Madden καὶ Ramanathan (1980) ἔχουν ὀρισμένην ἰσχύν, τότε ἡ ὡς ἄνω ὑπολογιζομένη θέρμανσις λόγῳ αὐξήσεως τῆς συγκεντρώσεως τοῦ CO<sub>2</sub> θὰ πρέπει νὰ γίνῃ ἐμφανῆς εἰς τὰς παρατηρήσεις τοῦ Ε.Α.Α. τὸ ἔτος 2000, ὁπότε θὰ ὑπερβῆ τὸν κλιματικὸν θόρυβον. Θὰ πρέπει ἐδῶ νὰ σημειώσωμεν ὅτι αἱ ἀνωτέρω ἐκτιμήσεις ἐκ τῶν δεδομένων τοῦ Ε.Α.Α. θὰ ἰσχύσουν, ἐὰν δὲν ἐπέλθῃ σημαντικὴ ἀλλοίωσις τοῦ μικροκλίματος τῶν Ἀθηνῶν λόγῳ αὐξανομένης ρυπάνσεως τῆς ἀτμοσφαιράς τῶν Ἀθηνῶν (Μαριολόπουλος, 1982). Ἐπίσης θὰ πρέπει νὰ ἀναφερθῆ ὅτι ἡ ἀξιοπιστία τῶν μετεωρολογικῶν παρατηρήσεων εἶναι πρωταρχικῆς σημασίας διὰ τὴν ἐκτίμησιν κλιματικῶν μεταβολῶν. Εἶναι δυνατὸν μετεωρολογικὰ δεδομένα μὲ μικρὰν διακύμανσιν, ὀλίγων ἀξιοπίστων Σταθμῶν, νὰ εἶναι καλῆτεροι δείκται διὰ μελέτας κλιματικῶν τάσεων παρὰ δεδομένα Σταθμῶν πού καλύπτουν μεγάλην ἔκτασιν ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀλλὰ ὄχι ὅμως ὁμοιογενῆ. Τὸ Ε.Α.Α. πού ἀπὸ τὴν ἐποχὴν τοῦ Αἰγινήτη, τὸ 1890, μέχρι σήμερον ἐκτελεῖ τὰς παρατηρήσεις μὲ μεγάλην ἐπιμέλειαν καὶ ἀκρίβειαν καὶ εἰς τὴν ἴδιαν τοποθεσίαν, εἶναι ἀπὸ τὴν ἄποψιν αὐτὴν ἓνας καλὸς δείκτης διὰ μελέτας ἐπὶ τῶν κλιματικῶν κυμάνσεων, ἂν καὶ εὐρίσκεται εἰς ἀστικοποιημένην περιοχὴν. Ἡ τοποθεσία του ὅμως ἐπὶ λόφου τοῦ προσδίδει πλεονεκτήματα ἔναντι Σταθμῶν ἄλλων μεγαλουπόλεων, κυρίως δὲ οἱ Σταθμοὶ τῶν μεγαλουπόλεων εἶναι ἐκεῖνοι οἱ ὁποῖοι διαθέτουν πολυετεῖς παρατηρήσεις διὰ κλιματικὰς μελέτας.

## SUMMARY

A difficult problem in climatology is to detect climatic effects of increased  $\text{CO}_2$  and to isolate them from the inherent variability of climate. Climate modelers have already projected a  $\text{CO}_2$ -induced global warming. The inter-annual variability of air temperature at Athens Observatory for the period 1890 - 1980 has been investigated. The spectra and noise functions for the Athens record has been interpreted with reference to those obtained by Madden and Ramanathan (1980) for the mean zonal temperature at  $60^\circ\text{N}$ .

Comparing the variance at Athens with that at  $60^\circ\text{N}$  we note that the variance of annual means is the same order in both records, the winter variance at Athens is smaller than that at  $60^\circ\text{N}$  while in the other seasons the variance of the Athens record is 2 - 4 times larger. Summer means at  $60^\circ\text{N}$  have less meteorological noise than at Athens and would appear to offer a more sensitive indicator of climate change. However this is a misleading conclusion because the low frequency variance (periods  $> 10$  year) in the Athens spectra reflects a global temperature trend. In agreement with Madden and Ramanathan (1980) results, we find that the natural variability of climate prevents for the present time a firm conclusion of a global warming due to increased  $\text{CO}_2$ . Nevertheless if modeling results have certain validity, this warming trend should be clear in the Athens observations by the year 2000.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. B. Blackman, and J. W. Tukey, The measurement of power spectra from the view point of communications engineering. Dover, New York, 1958.
2. M. I. Budyko, The effect of solar radiation variations on the climate of the earth. *Tellus*, 21, 611 - 619, 1969.
3. C. S. Zerefos, Tests of randomness against other alternatives in the mean monthly and mean yearly air temperatures in Athens Greece. *Proc. Academy of Athens*, 50, 262 - 274, 1975.
4. H. H. Lamb, Understanding climatic change and its relevance to the world food problem. *Climatic Res. Unit., Res. Pub. No 5*, pp. 22, (Univ. of East Anglia), 1977.
5. R. A. Madden, and V. Ramanathan, Detecting climate change due to increasing carbon dioxide. *Science*, 209, 763 - 768, 1980.
6. Η. Γ. Μαρούλιος: Μετεβλήθη τὸ κλίμα; Πρακτικά Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν 46, 1974.

7. Η. Γ. Μαριολόπουλος, 'Η επίδρασις τῆς ρυπάνσεως τῆς ἀτμοσφαιράς ἐπὶ τοῦ κλίματος τῶν Ἀθηνῶν. Πρακτικὰ Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, 57, 447 - 448, 1982.
8. Δ. Α. Μεταξᾶς, Κλιματικὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος εἰς Ἀθήνας. Πανεπιστήμιο Ἰωαννίνων, Tech. Report No 19, pp. 22, 1974.
9. J. M. Mitchell, Recent secular changes of global temperature. Ann. N. Y. Acad. Sci., 95, 235 - 250, 1961.
10. H. Oeschger, U. Siegenthaler and M. Heimann, The carbon cycle and its perturbation by man. Interactions of Energy and Climate Eds W. Bach, J. Pankrath and J. Williams, Reidel Pub. Co. p. 107 - 127, 1980.
11. C. C. Repapis, S. I. Zambaka: A note on the interannual variability in Greece. Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. b. 33, p. 267 - 274, 1983.
12. A. Roberck, Internally and externally caused climate change. J. Atmos. Sci., 35, 1111 - 1122, 1978.