

# Η ΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

Υπό  
Ι.Γ. ΔΙΚΑΙΑΚΟΥ

## Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αστικοποίηση μιας περιοχής δηλαδή η προοδευτική αύξηση της αστικής εκτάσεως, του πληθυσμού, του αριθμού του συνολικού όγκου και του μέσου ύψους των κτιρίων, του αριθμού των τροχοφόρων, των εγκαταστάσεων θέρμανσης και η παράλληλη συγχρόνως μείωση του ελεύθερου μεταξύ των κτιρίων χώρου και ιδίως των χώρων πρασίνου συνιστά ένα ανθρωπογενή πολυπαραμετρικό κλιματικό παράγοντα του οποίου οι επιπτώσεις στα αστικά κλίματα και βιοκλίματα αντανακλούν ποιοτικά και ποσοτικά τα ιδιαίτερα κάθε φορά αστικά χαρακτηριστικά μεγέθη μιας πόλεως. Και οι επιπτώσεις του παράγοντα αυτού προσδιορίζονται ποιοτικά και ποσοτικά με δυο βασικά μεθόδους και συγκεκριμένα την συγκριτική μέθοδο σύμφωνα με την οποία αναλύονται οι διαφοροποιήσεις που εμφανίζουν τα κλιματικά στοιχεία εντός και εκτός της αστικής περιοχής και με τη μέθοδο προσδιορισμού των τάσεων μεταβολής (trends) που εμφανίζουν τα κλιματικά στοιχεία συναρτήσει του χρόνου εντός της αστικής περιοχής.

Έτσι με βάση αυτές τις δύο μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών έχει ευρεθεί ότι η αστική επίδραση στο θερμοκρασιακό καθεστώς είναι στην πλειονότητα των περιπτώσεων θετική, δηλαδή οι θερμοκρασίες του αέρα στις πόλεις είναι υψηλότερες απ'ότι είναι εκτός αυτών. Το φαινόμενο αυτό που είναι γνωστό με τον όρο θερμή νησίδα (Heat Island) ποικίλει σε ένταση αναλόγως του μεγέθους των αστικών παρσμέτρων, του τύπου του μακροκλίματος και των καιρικών καταστάσεων που επικρατούν κάθε φορά. Η ένταση αυτή δηλαδή, η θερμομετρική διαφορά πόλεως - περιαστικών περιοχών που προσδιορίστηκε για ένα μεγάλο π.χ. αριθμό αστικών κέντρων στις Η.Π.Α. εμφανίζει θετικές τιμές που αναλόγως περιπτώσεως και καιρικών συνθηκών μπορεί να φθάσουν μέχρι τη στάθμη των 9 °C (LUDWIG, 1970). Στην περίπτωση όμως των μέσων ετήσιων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα η ένταση του φαινομένου της θερμής νησίδας σύμφωνα με εκτιμήσεις του LANDSBERG (1970) κυμαίνεται σε πολύ κατώτερα επίπεδα και συγκεκριμένα μεταξύ των 0.5 και του 1 °C. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ίδιου επίσης ερευνητού ο βαθμός επίδρασης της αστικοποίησης πάνω σε διάφορα κλιματικά στοιχεία εμφανίζει ποιοτικά και ποσοτικά την ακόλουθη αναλυτικά εικόνα (Πίνακας 1.1).

Εκτός αυτών των επιδράσεων υπάρχουν και άλλης φύσεως επιδράσεις όπως είναι η διαφοροποίηση στην ένταση της τυρβώδους ροής και της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας δηλαδή επιδράσεις που οφείλονται κυρίως στην αύξηση του συνολικού όγκου και του μέσου ύψους των

---

THE URBAN EFFECT ON CLIMATIC AND BIOCLIMATIC REGIME OF ATHENS.

J.G. Dikaiakos, Assoc. Prof. of Climatology, Univers. of Athens. 130 Patission str., Athens 112 51, Greece.

κτιρίων μιας πόλεως και οι οποίες έχουν στη συνέχεια άμεσες επιπτώσεις όχι μόνο στο κλιματικό και βιοκλιματικό καθεστώς αλλά και στο καθεστώς της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι τιμές π.χ. που εμφανίζει η παράμετρος της αεροδυναμικής επιφανειακής τραχύτητας στην τυρβώδη ροή πάνω από τις αστικές περιοχές μέρα και νύκτα είναι σε σχέση με τις τιμές που εμφανίζει η ίδια παράμετρος πάνω από τις αντίστοιχες περιστατικές περιοχές μέχρι και 2.5 φορές μεγαλύτερες (DAVENPORT (1965) Pettit και Root (1965), Slotani (1962)).

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.

Μέσες διαφοροκαλήσεις σε κλιματικά στοιχεία λόγω αστικοποίησης  
(κατά LANDSBERG, 1970)

A/A	ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΕΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ
1.	Πυρήνες Συμπυκνώσεως	10 φορές περισσότεροι
2.	Νεφοσκευές ημέρες	5 με 10% περισσότερες
3.	Ομίχλη το θέρος	30% συχνότερη
	Ομίχλη το χειμώνα	100% συχνότερη
4.	Ολικό ύψος βροχής	5 με 10% μεγαλύτερο
5.	Ημέρες με ύψος βροχής < 5 mm	10% περισσότερες
6.	Σχετική υγρασία το θέρος	8% μικρότερη
	Σχετική υγρασία το χειμώνα	2% μικρότερη
7.	Ολική ηλιακή ακτινοβολία	15 με 20% κατώτερη
8.	Ηλιοφάνεια	5 με 15% κατώτερη
9.	Μέση ετήσια θερμοκρασία	0.5 - 1.0°C ανώτερη
10.	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου	20-30% μικρότερη

Και όλα τα στοιχεία αυτά που αναφέρθηκαν εδώ δεν έχουν βέβαια σκοπό να περιγράψουν λεπτομερώς όλες της επιδράσεις που ασκεί η αστικοποίηση πάνω στα αστικά κλίματα που σε φύση, ποικιλία και βαθμό οι εν λόγω επιδράσεις παρουσιάζουν άλλωστε ένα τεράστιο πράγματι φάσμα αλλά έχουν σκοπό να αποτελέσουν μια ενδεικτική στάθμη αναφοράς για την αξιολόγηση των επιπτώσεων που εμφανίζει η αστικοποίηση του λεκανοπεδίου των Αθηνών πάνω στο κλιματικό και στην συνέχεια στο βιοκλιματικό αυτού καθεστώς.

Και πριν από την εξέταση των εν λόγω επιδράσεων κρίνεται ακόοιμο να αναφερθούν εδώ εν συντομία στοιχεία που αφορούν στην μεταβολή που εμφάνισαν οι κύριες αστικές παράμετροι των Αθηνών δηλαδή ο πληθυσμός και ο συνολικός όγκος και το μέσο ύψος των κτιρίων κατά τη διάρκεια των ετών του παρόντος αιώνα κατά τη διάρκεια των οποίων η πόλη των Αθηνών γνώρισε κατά καιρούς και συνολικά αμειψή πράγματι αύξηση.

Έτσι λοιπόν η Αθήνα στις αρχές του 20ου αιώνα υπήρξε μια μάλλον μικρή αστική περιοχή με πληθυσμό μικρότερο του ενός πέμπτου του εκατομμυρίου. Έκτοτε άρχισε να αυξάνει με επιταχυνόμενο ρυθμό ιδιαίτερα μετά τη μεταπολεμική περίοδο για να καταστεί επί των ημερών μας ένα μεγάλο πράγματι αστικοβιομηχανικό κέντρο με συνολικό πληθυσμό που υπερβαίνει τα  $3 \times 10^6$  άτομα με συνολική αστική έκταση περί τα  $280 \times 10^6 \text{ m}^2$  από τα οποία μάλιστα τα  $81 \times 10^6 \text{ m}^2$  είναι πλήρως καλυμμένα από τα κτίρια. Ο συνολικός όγκος έξ άλλου των κτιρίων  $V$  και το μέσο ύψος αυτών  $h$  κατόπιν ειδικής έρευνας (ΔΙΚΑΙΑΚΟΣ, 1986, ρ. 114) διαπιστώθηκε ότι η απόλυτη αύξηση της επιφανειακής ταχύτητας της μεταβολής του πληθυσμού σύμφωνα με

τις σχέσεις:

$$V = 199 \times P \quad (10^6 \text{ m}^3) \quad (1)$$

$$h = 2.448 \times P \quad (\text{m}) \quad (2)$$

όπου ο πληθυσμός  $P$  στις σχέσεις αυτές εκφράζεται σε εκατομμύρια.

Αν λοιπόν ληφθεί υπ' όψη ότι ο πληθυσμός των Αθηνών το 1907 και το 1981 δηλαδή κατά το πρώτο και τελευταίο έτος απογραφής πληθυσμού του 20ου αιώνα παρουσίασε αντίστοιχα τιμές  $0.34 \times 10^6$  και  $2.782 \times 10^6$  τότε σύμφωνα με τις σχέσεις (1) και (2) μαζί με τον πληθυσμό τόσο ο συνολικός όγκος όσο και το μέσο ύψος των κτιρίων αυξήθηκαν στο διάστημα 1907 - 1981 κατά 8.2 περίπου φορές.

Αλλά παράλληλα με την τεράστια πράγματι αυτή έκρηξη του πληθυσμού και οικοδομικού όγκου και μάλιστα από μπετόν και οι άλλες αστικές παράμετροι όπως είναι π.χ. ο αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων, οι εγκαταστάσεις εσωτερικής θέρμανσης και οι πηγές γενικότερα ρύπανσης θα πρέπει αναγκαστικό να σημειώσαν μια αλματώδη επίσης αύξηση και ιδιαίτερα τα τελευταία 30 ή 40 χρόνια.

Είναι επομένως φανερό ότι η απάντηση στο ερώτημα αν άλλαξαν και σε τι βαθμό οι κλιματικές και ιδιαίτερα οι βιοκλιματικές συνθήκες στην Αθήνα λόγω της προαναφερθείσας εξαιρετικά έντονης αστικοποίησης δεν παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον μόνο για το ειδικό επιστημονικό κοινό αλλά και για το ευρύτερο κοινό της πρωτεύουσας αφού μάλιστα αυτό το κοινό εκπροσωπεί το 1/3 περίπου του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδας.

Και τούτο ακριβώς επιχειρείται στη συνέχεια να γίνει εδώ με τη βοήθεια όχι της συγκριτικής μεθόδου αλλά της μεθόδου αναλύσεως των διακυμάνσεων και των τάσεων μεταβολής μετά του χρόνου που εμφανίζουν τα διάφορα κλιματικά στοιχεία στον αστικό στίβο του Μετεωρολογικού Ινστιτούτου του Ε.Α.Α. ο οποίος άλλωστε διαθέτει πολλά, συνεχή και μακροχρόνια κλιματολογικά δεδομένα.

## II. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ

### 2.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ.

Όπως προκύπτει από το σχήμα (2.1), οι μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα δεν παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση από έτος σε έτος. Η μεγαλύτερη μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας του αέρα που σημειώθηκε στην Αθήνα κατά τη διάρκεια της περιόδου 1868-1978 ήταν  $18.9^\circ\text{C}$ , που σημειώθηκε το 1927, και η μικρότερη  $16.5^\circ\text{C}$ , που σημειώθηκε το 1884.

Η τάση άλλωστε μεταβολής της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας είναι επίσης μικρή αλλά θετική. Η ευθεία παλινδρομήσεως της θερμοκρασίας αυτής που παρέχεται από τη σχέση 2.1.

$$T = 17.56 + 0.0066 N \quad (2.1)$$

όπου  $N = 1, 2, \dots, 111$  (είναι ο αύξοντας αριθμός που αντιστοιχεί στη σειρά των ετών 1868-1978) παρέχει μια αύξηση που για ολόκληρη την περίοδο των 111 ετών δεν ξεπερνά τους  $0.73^\circ\text{C}$ . Μικρές είναι επίσης και οι διακυμάνσεις από έτος σε έτος των εποχικών τιμών της θερμοκρασίας του αέρα, όπως επίσης και οι τάσεις αύξησής τους (Σχ. 2.2).

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

Από τις ευθείες παλινδρομήσεως των εποχικών τιμών της θερμοκρασίας του αέρα στην Αθήνα που παρίστανται από τις σχέσεις:

$$\text{Χειμώνας: } T = 9.358 + 0.012 N \quad (2.2)$$

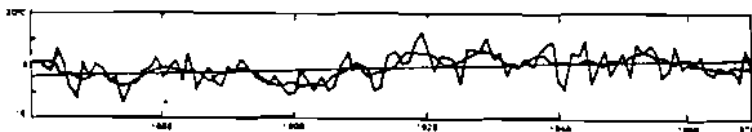
$$\text{Άνοιξη: } T = 15.484 + 0.006 N \quad (2.3)$$

$$\text{Καλοκαίρι: } T = 26.18 + 0.005 N \quad (2.4)$$

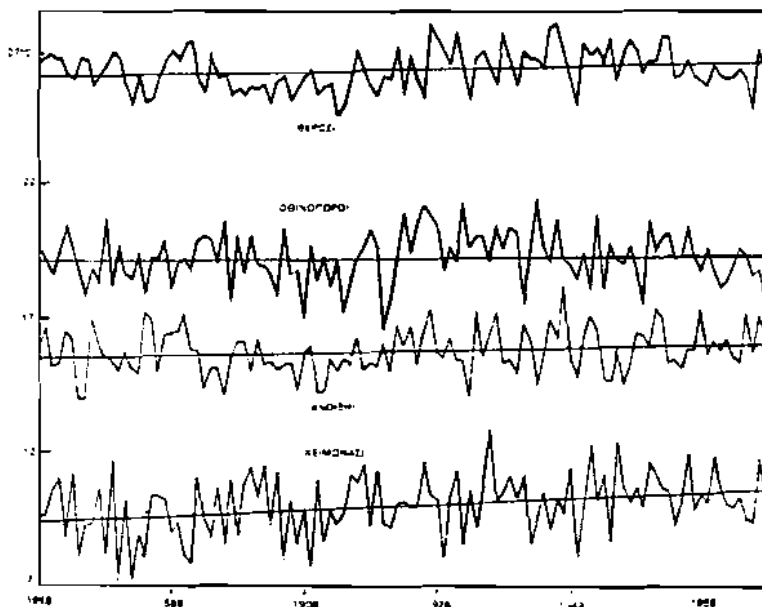
$$\text{Φθινόπωρο: } T = 19.138 + 0.003 N \quad (2.5)$$

προκύπτει, συγκεκριμένα, ότι η αύξηση των εποχικών τιμών της θερμοκρασίας του αέρα κατά την περίοδο 1868-1978 είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση του χειμώνα ( $1.33^{\circ}\text{C}$ ) από ότι είναι στην περίπτωση της άνοιξης ( $0.67^{\circ}\text{C}$ ), του καλοκαιριού ( $0.56^{\circ}\text{C}$ ) και στην περίπτωση του φθινοπώρου ( $0.33^{\circ}\text{C}$ ).

Το γεγονός αυτό ουνηγορεί υπέρ της παραδοχής ότι οι τάσεις που παρουσιάζει η θερμοκρασία του αέρα γενικά σε όλες τις εποχές και ιδίως τον χειμώνα δεν οφείλονται σε γενικότερα ίσως αίτια αλλά στην επέκταση της Αθήνας, αφού η υπεραχμή των θερμοκρασιών της πόλης έναντι εκείνων της υπαίθρου προβλέπεται θεωρητικό να είναι πιο έντονη κατά τη διάρκεια του χειμώνα, παρά κατά τη διάρκεια των άλλων εποχών.



Σχήμα 2.1. Χρονοσειρά (1868-1978) μέσωσ ετήσιων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα στην Αθήνα και ευθεία παλινδρομήσεώς τους.



Σχήμα 2.2. Χρονοσειρές (1958-1978) μέσωσ εποχικών τιμών της θερμοκρασίας του αέρα στην Αθήνα και ευθείες παλινδρομήσεώς τους.

Αν όμως γίνει αποδεκτή η άποψη αυτή τότε οι τάσεις μεταβολής που εμφανίζει το θερμοκρασιακό καθεστώς στην Αθήνα σε σχέση με τις ενδεικτικές τιμές αναφοράς του 0.5 και του 1, °C που προαναφέρθηκαν μπορούν να χαρακτηρισθούν πράγματι ως σημαντικές ή ως πολύ σημαντικές ιδιαίτερα στην περίπτωση του χειμώνα.

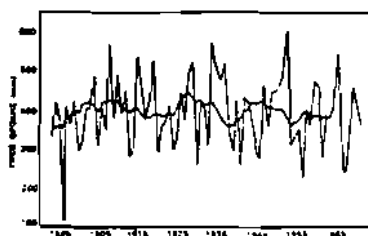
## 2.2. ΒΡΟΧΗΣ

Σε αντίθεση με τη θερμοκρασία, τα ετήσια ύψη βροχής στην Αθήνα εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις από έτος σε έτος (Σχ. 2.3), χωρίς καμιά όμως σαφή συνολική τάση αύξησης ή μείωσης κατά τη διάρκεια της περιόδου 1895-1974.

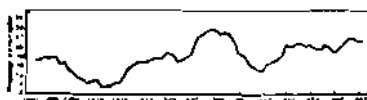
Όπως συγκεκριμένα προκύπτει και από τα στοιχεία του πίνακα 2.1, η δεκαετία 1895-1904 είναι η ξηρότερη απ'όλες τις άλλες, αφού όλα τα ετήσια ύψη βροχής της 10ετίας αυτής κυμάνθηκαν κάτω από τη στάθμη των 400 χιλιοστομέτρων. Από το 1905 παρατηρείται μια

Πίνακας 2.1. Μέσα ύψη βροχής (χιλιοστά ανά δεκαετία στην Αθήνα) για την περίοδο 1895 - 1974.

δεκαετία	μέσο ύψος	δεκαετία	μέσο ύψος
1895 - 1904	347.9	1935 - 1944	415.4
1905 - 1914	421.9	1945 - 1954	402.6
1915 - 1924	391.7	1955 - 1964	379.0
1925 - 1934	394.7	1965 - 1974	383.7



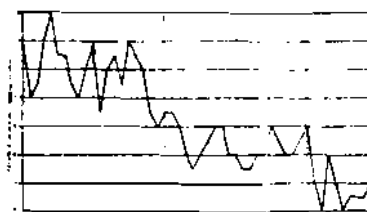
Σχήμα 2.3. Χρονοσειρά (1895 - 1974) μέσων ετήσιων υψών βροχής στην Αθήνα.



Σχήμα 2.4. Χρονοσειρά (1893 - 1971) συνεχών κινητών μέσων τιμών 10ετιών, αριθμού ημερών καταλύδων στην περιοχή της Αθήνας.

Πίνακας 2.2. Μέσες τιμές δεκαετιών και τελευταίας εξαετίας ταχύτητας ανέμου V (m/s) στην Αθήνα για την περίοδο 1901 - 1976.

διάρκεια	V	διάρκεια	V
1901 - 1910	3.83	1941 - 1950	3.32
1911 - 1920	3.54	1951 - 1960	3.65
1921 - 1930	3.52	1961 - 1970	3.22
1931 - 1940	3.50	1971 - 1976	3.00



Σχήμα 2.5. Χρονοσειρά (1931 - 1969) μέσων ετήσιων τιμών ορατότητας 14.00 ώρας προς Επύρα στην Αθήνα (Σταθμός Αστεροσκοπείου), Α.Π.Θ.

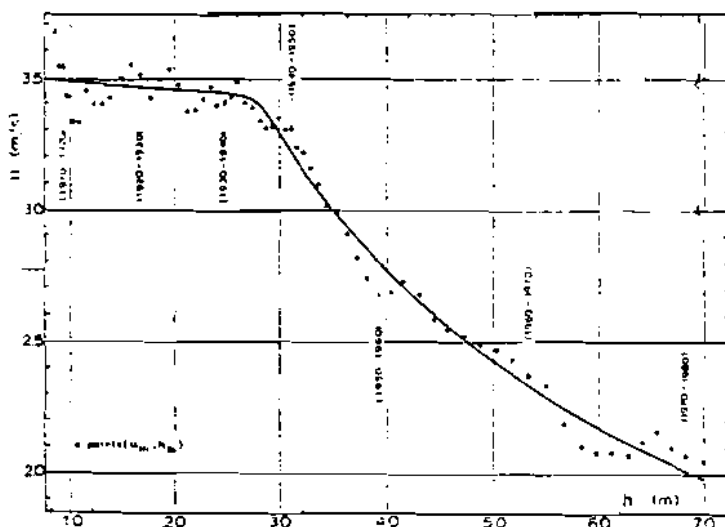
Πράγματι, όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 2.2 (ΖΑΜΠΑΚΑΣ, Ι. και Σ., 1972), η ταχύτητα του ανέμου καθ'όλη τη διάρκεια της περιόδου 1901-1976 παρουσιάζει μια σαφή και μεγάλη μείωση, που εμφανίζεται πολύ πιο έντονη κατά τα τελευταία και ιδιαίτερα κατά την τελευταία εξαετία.

Συγκεκριμένο, αν η μέση τιμή των τεσσάρων πρώτων δεκαετιών ληφθεί ως τιμή αναφοράς, τότε η ταχύτητα του ανέμου υποβιβάστηκε κατά τα τελευταία 40 χρόνια κατά 40%. Κατά τη διάρκεια ειδικά της εξαετίας 1971-1976 η μείωση ήταν της τάξεως του 50%.

Και η εξαιρετικά εντυπωσιακή αυτή μείωση φαίνεται καλύτερα στο σχήμα 2.6 όπου απεικονίζεται η χρονοσειρά συνεχών κινητών μέσων τιμών 11ετιών της έντασης του ανέμου που καλύπτει την περίοδο 1908-1981. Η απεικόνιση ειδικά στο σχήμα αυτό γίνεται συναρτήσει του μέσου ύψους των κτηρίων και προσδιορίζεται (DILLON, 1986, p.115) μάλιστα ότι η σχέση που συνδέει τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος των κτηρίων ή δηλαδή η σχέση:

$$V = 3.768 \cdot 6.27 + h(24.755 + 2.802 \times 10^{-16} \times h^{39})^{-0.015} \quad (\text{m/s})$$

ακολουθεί τόσο πολύ πιστά την όλη μεταβολή ώστε να αποτελεί νόμο.



Σχ. 2.6. Μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου  $V$  συναρτήσει του μέσου ύψους των κτηρίων  $h$  στην Αθήνα κατά τη διάρκεια της περιόδου 1908-1981.

Αν η σχέση αυτή εφαρμοσθεί για τις τιμές 0.83 m και 6.81 m, δηλαδή για τιμές που εμφανίζει το μέσο ύψος των κτηρίων το 1908 και το 1981 αντίστοιχα τότε υπαίτιος είναι ότι ενώ κατά το διάστημα της περιόδου 1908-1981 το μέσο ύψος των κτηρίων αυξήθηκε κατά 8.2 περίπου φορές, η ένταση αντίθετα του ανέμου μειώθηκε κατά 43%.

Είναι επομένως φανερό ότι η επίδραση της έντονης αστικοποίησης των Αθηνών πάνω στις ανεμολογικές συνθήκες είναι αναμφισβήτητα αυτοπόδεικτη και αυγχρόνως πολύ σημαντική αφού μόλις α εν λόγω βαθμός επίδρασης υπερβαίνει κατά 10 και πλέον ποσοστιαίες μονάδες τα ανώτατα όρια που έχουν μέχρι τώρα επισημανθεί σε παγκόσμια κλίμακα (Πίνακας 1.1).

Έπειτα από όλα όσα προαναφέρθηκαν μπορεί να διατυπωθεί τώρα σαν γενικό συμπέρασμα ότι η έντονη αστικοποίηση που σημειώθηκε στο λεκανοπέδιο της πρωτεύουσας είχε σαν αποτέλεσμα:

- i. Τη σαφή αύξηση των θερμοκρασιών η οποία είναι πιο σαφής και σημαντική στην περίπτωση των μέσων ετήσιων ( $0.73^{\circ}\text{C}$ ) και ιδιαίτερα των μέσων χειμερινών τιμών αυτής ( $1.33^{\circ}\text{C}$ ).
  - ii. Τη σαφή και πολύ σημαντική αύξηση του ετήσιου αριθμού των ημερών καταγίγδας, δηλαδή κατά ποσοστό 26% περίπου.
  - iii. Την πολύ σημαντική ελάττωση της μέσης ετήσιας οροστότητας κατά ένα ποσοστό περίπου 11%, και
  - iv. Την εξαιρετικά μεγάλη και σημαντική εξασθένηση του μέσου ετήσιου πεδίου εντάσεως των ανέμων κατά ποσοστό 43%
- Στην περίπτωση ειδικά των ετησίων υψών βροχής η εν λόγω αστικοποίηση:
- v. Δεν σημείωσε καμιά σαφή επίδραση.

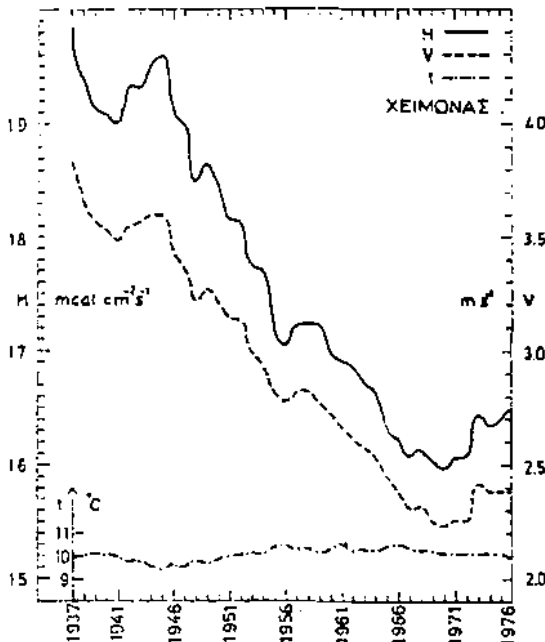
Εδώ βέβαια θα πρέπει να αναφερθεί ότι το θέμα των επιδράσεων της αστικοποίησης, πάνω στο κλιματικό καθεστώς των Αθηνών, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ολοκληρωμένο με την ανάλυση μερικών μόνον κλιματικών στοιχείων έστω και βασικών όπως έγινε εδώ. Το όλο θέμα αποτελεί άλλωστε στόχα ειδικού προγράμματος που βρίσκεται σε εξέλιξη και μερικά από τα πρώτα συμπεράσματα αυτού εξετέθησαν εδώ υπό μορφή προκαταρκτικής μελέτης. Για τον αυτό δε λόγω και η ανάλυση της επίδρασης που σημειώνει η αστικοποίηση στο βιοκλιματικό και ειδικότερα στο ανθρωποβιοκλιματικό καθεστώς της Αθήνας και που γίνεται στη συνέχεια εδώ δεν έχει παρά προκαταρκτικό επίσης χαρακτήρα.

### ΙΙΙ. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ

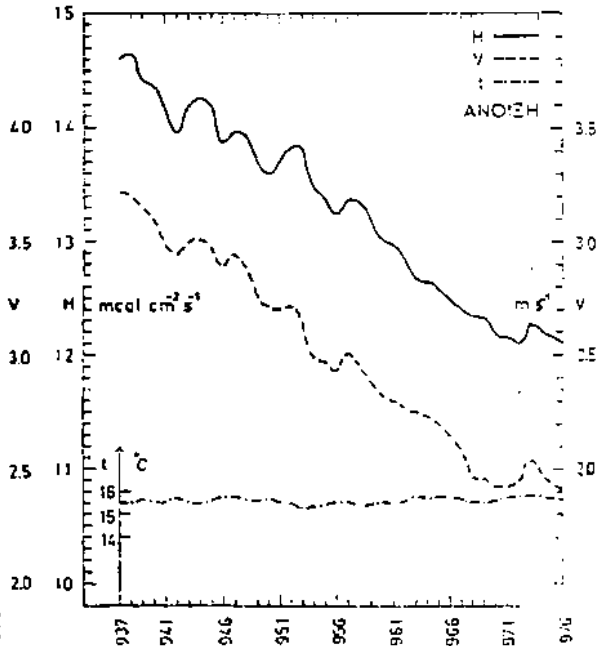
Οι βιοκλιματικές διακυμάνσεις και ιδιαίτερα οι τάσεις αυτών μεταβολής που σημειώνονται λόγω της αστικής επίδρασης της Αθήνας αναλύονται με βάση την ψυκτική ισχύ του αέρα, δηλαδή τον ανθρωποβιοκλιματικό εκείνο δείκτη ο οποίος εκφράζει τα ποσά θερμότητας που αποβάλλει το ανθρώπινο σώμα ανά μονάδα επιφανείας και χρόνου κάτω από δοθείσες συνθήκες θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου και με τον οποίο εκτιμάται και η ένταση του αισθήματος ψύχους ή θερμότητας που προκαλεί στον άνθρωπο το περιβάλλον του.

Στην όλη ανάλυση μαζί με την ψυκτική ισχύ συνεκτιμάται και η συμβολή του θερμοκρασιακού και ανεμολογικού καθεστώτος πάνω στις βιοκλιματικές διακυμάνσεις και τάσεις μεταβολής που προαναφέρθηκαν. Στο σημείο όμως αυτό θα πρέπει για λόγους ευχερούς κατανοήσεως των αποτελεσμάτων της ανάλυσης που ακολουθεί να σημειωθεί ότι αύξηση ή ελάττωση των τιμών της ψυκτικής ισχύς σημαίνει ότι το περιβάλλον γίνεται αισθητά ψυχρότερο ή θερμότερο αντίστοιχα.

Έτσι λοιπόν από την όλη πορεία που εμφανίζει η ψυκτική ισχύς του ατμοσφαιρικού αέρα (Σχ. 3.1) συνάγεται το συμπέρασμα ότι η επίδραση της αστικοποίησης στο βιοκλιματικό καθεστώς πάνω από την Αθήνα είναι πολύ σημαντική. Το ατμοσφαιρικό περιβάλλον του χειμώνα στην Αθήνα έγινε αισθητά θερμότερο κατά 3 περίπου μονάδες ψυκτικής ισχύος περί το τέλος της χρονικής περιόδου 1932-1981. Το αυτό επίσης συμβαίνει και στην περίπτωση της άνοιξης (Σχ. 3.2) του καλοκαιριού (Σχ. 3.3) και του φθινοπώρου (Σχ. 3.4). Οι τάσεις και



Σχ. 3.1. Χρονοσειρά (1932-1981) συνεχών κινητών μέσων τιμών 11ετιών ψυκτικής ισχύος  $H$ , ταχύτητας ανέμου  $V$  και θερμοκρασίας  $t$  στην Αθήνα το χειμώνα.



Σχ. 3.2. Χρονοσειρά (1932-1981) συνεχών κινητών μέσων τιμών 11ετιών ψυκτικής ισχύος  $H$ , ταχύτητας ανέμου  $V$  και θερμοκρασίας  $t$  στην Αθήνα την Άνοιξη.

το συνολικό εύρος διολίσθησης του περιβάλλοντος προς την κατεύθυνση θερμότερων συνθηκών περιβάλλοντος όχι μόνον σαφείς είναι αλλά και εντυπωσιακά σημαντικές. Και η διολίσθηση που σημειώνεται το χειμώνα σημαίνει ότι το ψυχρό περιβάλλον του χειμώνα έχει γίνει σήμερα πιο ήπιο από ότι ήταν τούτο προ 50 περίπου ετών. Το αυτό επίσης συμβαίνει και στην περίπτωση του δροσερού περιβάλλοντος των μεταβατικών εποχών της άνοιξης και του φθινοπώρου. Τα δροσερά ή ελαφρώς θερμά περιβάλλοντα της άνοιξης και του φθινοπώρου έγιναν προς το τέλος της υπ'όψη περιόδου πιο ήπια δροσερά ή πιο ευχάριστα θερμά λόγω του φαινομένου της αστικοποίησης. Αντίθετα το θερμό θερινό περιβάλλον έγινε πιο έντονα θερμό επομένως και περισσότερο δυσάρεστο λόγω επίσης του ίδιου φαινομένου. Και τούτο μπορεί να υποστηριχθεί πολύ εύκολα ότι συμβαίνει λόγω του φαινομένου της αστικοποίησης αν λησθεί υπ'όψη το γεγονός 1) ότι η ψυκτική ισχύς είναι φθίνουσα συναρτήσεως της θερμοκρασίας και αύξουσα συνάρτησης της ταχύτητας του ανέμου, 2) ότι όπως ευρέως η μεν θερμοκρασία και όλες τις εποχές πλην του φθινοπώρου εμφανίζει στατιστικώς σαφή τάση αύξησης η δε ταχύτητα του ανέμου σημαντικώς ελαττώσεως καθ'όλησ ανελκυστά τις εποχές, 3) ότι οι τάσεις



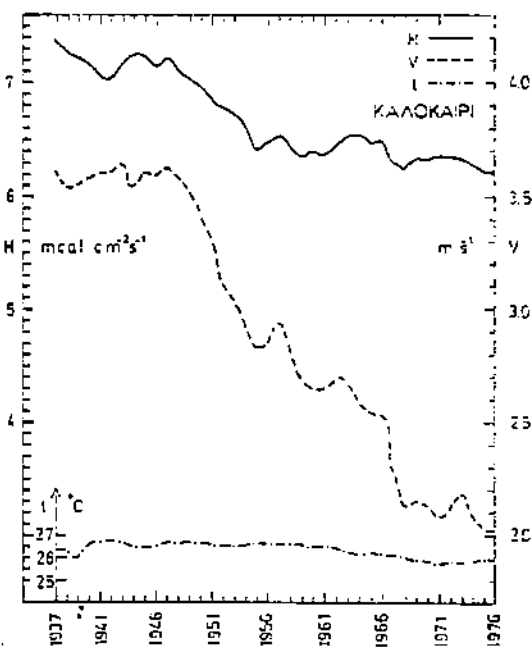
αυξήσεως της θερμοκρασίας και ιδιαίτερα της μείωσης της ταχύτητας του ανέμου βρέθηκαν ότι είναι καθαρώς αποτέλεσμα της αστικοποίησης του λεκανοπεδίου των Αθηνών, και 4) ότι οι συντελεστές συσχέτισης ψυκτικής ισχύος - ταχύτητας ανέμου όπως φαίνεται στον πίνακα 3.1 εμφανίζουν θετικές και πολύ υψηλές τιμές σε όλες τις εποχές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

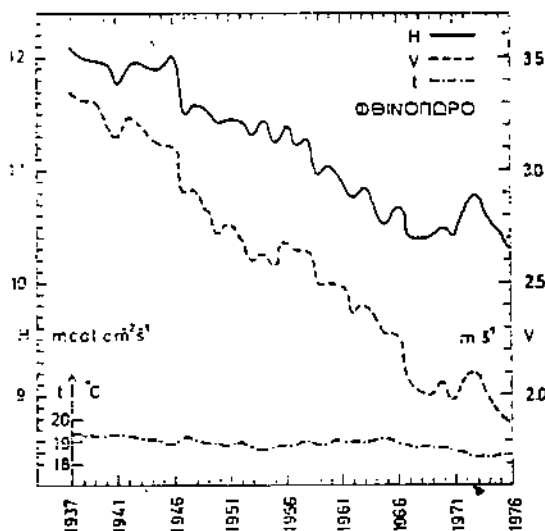
Συντελεστές συσχέτισης Ψυκτικής Ισχύος - Ταχύτητας Ανέμου ( $r_{H,V}$ ) και Ψυκτικής Ισχύος - Θερμοκρασίας ( $r_{H,t}$ ).

	$r_{H,V}$	$r_{H,t}$
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	+0.99	-0.61
ΑΝΟΙΞΗ	+0.98	-0.37
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	+0.98	+0.62
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	+0.94	+0.49

Οι πολύ μικρές και επομένως ασήμαντες στοτιστικές τιμές του συντελεστού συσχέτισης Ψυκτικής Ισχύος - θερμοκρασίας και οι πολύ υψηλές αντίθετα τιμές συντελεστού συσχέτισης Ψυκτικής Ισχύος - Ταχύτητας ανέμου σημαίνουν ακόμη ότι μεταξύ θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου ο παράγων άνεμος είναι αποκλειστικά σχεδόν και ο αποφασιστικός παράγων διαφοροποίησης και τάσεως υποβάθμισης των ανθρωποβιοκλιματικών συνθηκών στην Αθήνα λόγω ακριβώς του έντονου φαινομένου της αστικοποίησης.



Σχ. 3.3. Χρονοσειρά (1932-1981) συνεχών μηνιαίων μέσων τιμών 11ετιών ψυκτικής ισχύος H, ταχύτητας ανέμου V και θερμοκρασίας t για το καλοκαίρι.



Σχ. 3.4. Χρονοσειρά (1932-1981) συνεχών μηνιαίων μέσων τιμών 11ετιών ψυκτικής ισχύος H, ταχύτητας ανέμου V και θερμοκρασίας t για το φθινόπωρο.

Αν τέλος ληφθεί υπ' όψη ότι η φύση και ιδιαίτερα ο βαθμός της αστικής υποβάθμισης των κλιματικών και βιοκλιματικών συνθηκών της Αθήνας που προαναφέρθηκε βασίστηκε σε κλιματικά στοιχεία του σταθμού του Ε.Α.Α. που βρίσκεται 63 m περίπου πάνω από τη μέση στάση οροφής των κτηρίων της πρωτεύουσας τότε είναι φανερό ότι σε κατώτερα ύψη από αυτό και μάλιστα μέσα στις στάθμες που ζει και κινείται ο Αθηναϊκός πληθυσμός ο υπ' όψη υποβιβασμός θα πρέπει να έχει ίσως προσλάβει δραματικές πράγματι διαστάσεις.

#### SUMMARY

The urban effect on climatic and bioclimatic regimes of Athens is examined in this study. For this examination, the time-series which show the annual and seasonal values of air temperature wind speed cooling power and the annual ones of rainfall, thunderstorms and visibility over central Athens in recent years are analysed and in

TABLE I.

Average change in urban, climatic and bioclimatic elements caused by urbanization.

ELEMENT	PERIOD	TOTAL TREND OF CHANGE	
		Difference (final - initial value)	Comparison (with initial value)
Population	1907-1981	$2.442 \times 10^6$	7.18 times more
Total Volume of Buildings	"	$487 \times 10^6 \text{ m}^3$	"
Bulk height " "	"	5.99 m	"
Annual temperature	1868-1978	0.73 °C	
Winter temperature	1868-1978	1.33 °C	
Spring "	"	0.67 "	
Summer "	"	0.56 "	
Autumn "	"	0.33 "	
Annual wind speed	1901-1974		43% less
Winter " "	1937-1981		38% less
Spring " "	"		40% less
Summer " "	"		44% less
Autumn " "	"		55% less
Winter cooling power	"	-3.32 kcal/cm <sup>2</sup> sec	
Spring " "	"	-2.49 "	
Summer " "	"	-1.16 "	
Autumn " "	"	-1.80 "	
Annual rainfall	1895-1974	(no significant change)	
Annual days of thunderstorm	1893-1971		28% more
Annual visibility	1931-1980		11% less

certain cases in connection with the evolution which show the population total volume and bulk height of the buildings of Athens at the same time. The results which are summarized in table I., express with no doubt that a significant or even very significant urban effect on the climatic and bioclimatic regimes takes place and develops over Athens.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

DAVENPORT, A.G. 1968. Η Εξέλιξη της Αθήνας. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. Parameters. Pp

Symp. wind effects on struct., Univ. Toronto Press, 19-82.

- ΔΙΚΑΙΑΚΟΣ, J.G., 1986: The law of evolution of the wind speed over central Athens. Journal of Meteorology. Vol. 11, No 108, P. 114 and p. 115.
- ΖΑΜΠΑΚΑΣ, Ι.Δ. καί ΓΚΙΝΗΣ, Σ.Χ., 1976: 'Επίδρασις τῆς ἀστικοποιήσεως τοῦ λεκανοπεδίου Ἀθηνῶν ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἐπιφανειακοῦ ἀνέμου. Δελτ. Ἑλλην. Μετεωρ. Ἐταιρείας, Τεύχος 1<sup>ο</sup>, Τόμος 1<sup>ος</sup>, σελ. 41-45.
- LANDSBERG, H.E., 1970: Climates and urban planning. W.M.O. Techn. Note No 108, p.p. 366-374.
- LUDWING, F.L., 1970: Urban temperature fields. W.M.O., Techn. Note No 108, pp 80-112.
- PETTIT, R.B. and ROOT, R.G., 1965: Vertical wind shear in the boundary layer. CIR-4345, TEC. 950, Met. Branch Toronto, p. 35.
- SHIODANI, M., 1962: The relationship between wind profiles and stabilities of the air layer in the outskirts of the city. J. Met. Soc. Japan, 40, p. 315-329.