

Εκτίμηση χωρικής κατανομής κλιματικών και βιοκλιματικών δεικτών στην περιοχή της Αττικής με χρήση δεδομένων του Δικτύου ΜΕΤΕΟΝΕΤ

Γ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

Ε. ΓΕΩΡΓΙΟΥ

Ν. ΜΑΜΑΣΗΣ

Μ. ΜΙΜΙΚΟΥ

Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

Λέκτορας ΕΜΠ

Καθηγήτρια ΕΜΠ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως κύριο στόχο την κωδικοποίηση του κλίματος στην περιοχή Αττικής μέσα από την εκτίμηση μιας σειράς κλιματικών και βιοκλιματικών παραμέτρων. Η διερεύνηση στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκε με τον υπολογισμό παραμέτρων που απαντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία και είναι συμβατοί με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Αττική. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα ενός δικτύου αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών (METEONET) το οποίο λειτουργεί με ευθύνη του Εργαστηρίου Υδρολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Με τη χρήση των μετεωρολογικών δεδομένων των σταθμών έγινε ο υπολογισμός των επιλεγμένων δεικτών σε σημειακή βάση και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επιφανειακή ολοκλήρωση στην περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής με τη χρήση Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας (ArcMap). Το τελικό αποτέλεσμα ήταν η παραγωγή πλήθους χαρτών χωρικής απεικόνισης για όλους τους κλιματικούς δείκτες σε μηνιαίο χρονικό βήμα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διερεύνηση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή δεν ενδιαφέρει μόνο τους κλάδους της επιστήμης που ασχολούνται με τη μελέτη της δημιουργίας και της εξέλιξης των αντίστοιχων φαινομένων, αλλά το σύνολο της κοινωνίας δεδομένου ότι ο επικρατών καιρός και το κλίμα γενικότερα είναι παράγοντες που επηρεάζουν σχεδόν το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Η επισκόπηση στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία, δείχνει ότι αρκετοί ερευνητές έχουν προτείνει διάφορους δείκτες προκειμένου να επιτύχουν μια κωδικοποιημένη περιγραφή των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή [7, 8, 9, 10, 12, 13, 14]. Οι κλιματικές κατατάξεις που προτείνουν βασίζονται στην επίδραση του κλίματος σε ποικίλους παράγοντες, όπως το θερμοκρασιακό και βροχομετρικό καθεστώς της περιοχής, η βλάστηση, η ανθρώπινη αντίδραση κ.α. [2].

Δεδομένου ότι οι περισσότεροι από τους κλιματικούς δείκτες της βιβλιογραφίας έχουν αναπτυχθεί με βάση κλιματικά δεδομένα που επικρατούν σε άλλες περιοχές της γης, επιλέχθηκαν οι δείκτες εκείνοι που περιγράφουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Αττική. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός τους σε σημειακή βάση με χρήση των μετεωρολογικών δεδομένων του δικτύου των αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών (METEONET). Η επιφανειακή ολοκλήρωση των σημειακών δεικτών έγινε με τη χρήση Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας (ArcMap).

Η χωρική απεικόνιση των κλιματικών και βιοκλιματικών δεικτών, οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με

την επίδραση του κλίματος στον άνθρωπο και σε συναφείς με αυτόν δραστηριότητες, μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στο χωρικό προγραμματισμό και στην ισορροπημένη ανάπτυξη μιας αστικής περιοχής.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης συνολικής έκτασης περίπου 687 km². Η περιοχή ουσιαστικά περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή της πόλης της Αθήνας και ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής [4].



Σχήμα 1: Χάρτης Αττικής

Figure 1: Map of Attica

2. ΔΙΚΤΥΟ METEONET

Το δίκτυο METEONET αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Περιλαμβάνει 10 αυτόματους τηλεμετρικούς μετεωρολογικούς σταθμούς οι οποίοι φαίνονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Χωρική κατανομή δικτύου METEONET

Figure 2: Spatial distribution of METEONET Network

Οι σταθμοί είναι κατάλληλα εξοπλισμένοι για την αυτόματη μέτρηση ανά δεκάλεπτο των ακόλουθων μεταβλητών:

- Βροχόπτωση
- Θερμοκρασία
- Σχετική Υγρασία
- Ταχύτητα, διεύθυνση και ριπή ανέμου
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Καθαρή ακτινοβολία
- Διάρκεια ηλιοφάνειας

Τα χαρακτηριστικά των θέσεων εγκατάστασης των σταθμών δίνονται στο Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Θέσεις εγκατάστασης δικτύου METEONET

Table 1: Places of the stations of METEONET Network

Θέση	Υψόμετρο	Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ '87)	
	(m)	X (m)	Ψ (m)
Ζωγράφου	181	481137,0	4203010,6
Μενίδι	210	476525,5	4217394,2
Ψυτάλλεια	20	463569,2	4199167,6
Ελληνικό	6	475537,3	4194336,4
Ηλιούπολη	206	478845,12	4196491,25
Μάνδρα	258	461612,23	4219259,46
Γαλάτσι	176	478560,86	4208815,54
Πεντέλη	729	487886,13	4215140,08
Πικέρμι	133	493588,36	4205655,86
Άνω Λιόσια	184	470969,29	4213921,93

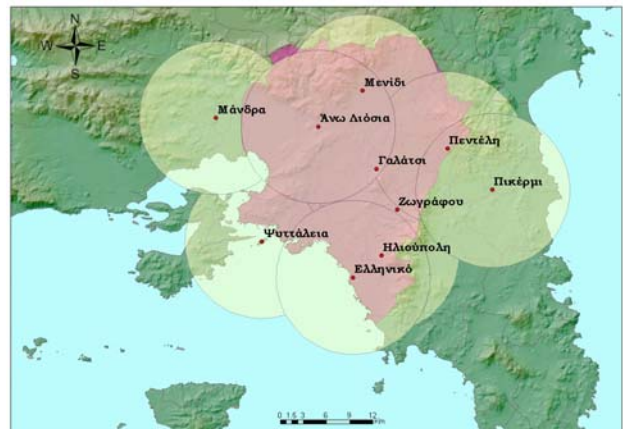
Για την επιλογή των παραπάνω θέσεων, ελήφθησαν υπόψη κριτήρια: (α) καταλληλότητας της θέσης, με βάση τις προδιαγραφές του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (World Meteorological Organization, WMO), (β) ασφάλειας των εγκαταστάσεων και ευκολίας στην πρόσβαση (προτιμώνται θέσεις που βρίσκονται κοντά σε δημόσια φυλασσόμενα κτίρια) και (γ) υψόμετρου, δηλαδή οι σταθμοί να είναι τοποθετημένοι σε διάφορα υψόμετρα ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση της μεταβολής των μεταβλητών (και ειδικότερα της βροχής) συναρτήσει του υψόμετρου.

Ακόμη, οι προδιαγραφές του WMO προβλέπουν πως, για την μελέτη φαινομένων τοπικής κλίμακας (π.χ. καταιγίδων) η χωροθέτηση των σταθμών θεωρείται κρίσιμη, αφού το σφάλμα λόγω ελλιπούς αντιπροσωπευτικότητας μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο που αναμένεται από το κάθε όργανο μεμονωμένα [3, 5]. Ως εκ τούτου, κάθε σταθμός πρέπει να καλύπτει έκταση ακτίνας 10 km της περιοχής

ενδιαφέροντος ή και λιγότερο. Πράγματι, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, όλες οι θέσεις εγκατάστασης των σταθμών του δικτύου METEONET ικανοποιούν το παραπάνω κριτήριο.

Οι θέσεις επιλέχθηκαν ώστε να είναι μακριά από δέντρα, κτίρια, τοίχους ή άλλα εμπόδια, όχι μόνο κατά την φάση της εγκατάστασης των σταθμών αλλά και στο μέλλον εκτιμώντας τις πιθανές αλλαγές στις χρήσεις γης ή στο ύψος των κτιρίων στην περιοχή γύρω από το σταθμό. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του WMO, η απόσταση οποιουδήποτε εμποδίου από τον αισθητήρα της βροχόπτωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το διπλάσιο ύψος του εμποδίου.

Τα όργανα εγκαταστάθηκαν σε έδαφος κατά το δυνατόν επίπεδο και αντιπροσωπευτικό της περιοχής, ενώ κατασκευάστηκε περίφραξη σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Αποκλείστηκαν θέσεις που βρίσκονταν σε περιοχές με μεγάλες κλίσεις και κοιλότητες, καθώς εκεί οι παρατηρήσεις μπορούν να παρουσιάσουν σημαντικά σφάλματα.



Σχήμα 3: Χωρική κάλυψη σταθμών δικτύου METEONET

Figure 3: Spatial cover of the stations of METEONET Network

3. ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Οι κλιματικοί δείκτες τυποποιούν τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή. Με τον υπολογισμό τους σε σημειακή βάση (στους σταθμούς όπου έχουν συλλεχθεί τα μετεωρολογικά δεδομένα) και στη συνέχεια με την επιφανειακή ολοκλήρωσή τους στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, επιτυγχάνεται η κατηγοριοποίηση της περιοχής ανάλογα με τις τιμές του εκάστοτε δείκτη και ο άμεσος χαρακτηρισμός της [4]. Στη συνέχεια περιγράφονται οι κλιματικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

3.1 Δείκτης ξηρότητας (Martone)

Οι τιμές για το δείκτη ξηρότητας (Dryness Index of Martone, IDM) υπολογίζονται με βάση τις σχέσεις (1) και (2) που εφαρμόζονται για ετήσιο και μηνιαίο βήμα αντίστοιχα:

$$I = P_e / (T_e + 10) \quad (1)$$

$$I = 12P / (T + 10) \quad (2)$$

όπου P_e , P η ετήσια και μηνιαία κατακρήμνιση σε mm και T_e , T η ετήσια και μηνιαία θερμοκρασία αέρα σε °C.

Τα όρια που ερμηνεύουν το δείκτη IDM και χαρακτηρίζουν το κλίμα της περιοχής είναι: πολύ ξηρό (0-5), ξηρό (5-15), ημίξηρο-μεσογειακό (15-20), μέτρια υγρό (20-30), υγρό (30-60) και πολύ υγρό (>60).

3.2 Δείκτης ξηρότητας (Pinna)

Οι τιμές για το δείκτη ξηρότητας Pinna υπολογίζονται με βάση τη σχέση:

$$I = 1/2 \cdot (P_e / (T_e + 10) + (12 \cdot P_e / (T_e + 10)) \quad (3)$$

όπου P_e , P_e η βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα και η μέση ετήσια βροχόπτωση σε mm και T_e , T_e η θερμοκρασία του ξηρότερου μήνα και η ετήσια θερμοκρασία αέρα σε °C.

Όταν οι τιμές του δείκτη είναι $I < 10$ τότε το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ξηρό, ενώ όταν ισχύει $10 \leq I \leq 20$, τότε το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο-μεσογειακό.

4. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Στη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός βιοκλιματικών δεικτών. Ωστόσο οι δείκτες αυτοί μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τους βιομετεωρολογικούς και τους θερμοφυσιολογικούς δείκτες.

4.1 Βιομετεωρολογικοί δείκτες

Οι βιομετεωρολογικοί δείκτες (Heat Index, Wind Chill Index κ.α.) αξιοποιούν μετεωρολογικά δεδομένα για την περιγραφή της επίδρασης των κλιματικών συνθηκών στον άνθρωπο. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η ταχύτητα ανέμου. Η απλότητα που χαρακτηρίζει τους δείκτες αυτής της κατηγορίας αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα πλην όμως αυτοί δεν λαμβάνουν υπόψη την διαφορετική ανταπόκριση των ανθρώπινων οργανισμών (π.χ. λόγω ηλικίας, φύλου) στις ίδιες κλιματικές συνθήκες [1].

4.1.1 Δείκτης δυσφορίας (Heat index, HI)

Ο δείκτης δυσφορίας εκτιμά μία φαινομενική θερμοκρασία, δηλαδή τη θερμοκρασία που αισθάνεται ένας δέκτης στο περιβάλλον, συνδυάζοντας την μετρημένη ατμοσφαιρική θερμοκρασία με τη σχετική υγρασία. Όπως είναι γνωστό, το ανθρώπινο σώμα φυσιολογικά ψύχεται μέσω του ιδρώτα. Κατά την εφίδρωση το σώμα αποβάλλει νερό, το οποίο στη συνέχεια εξατμίζεται αποβάλλοντας θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα στο περιβάλλον. Όταν η σχετική υγρασία είναι υψηλή, ο ρυθμός εξάτμισης μειώνεται με αποτέλεσμα η θερμότητα να αποβάλλεται με μικρότερο ρυθμό από το σώμα και το άτομο να έχει την αίσθηση ότι η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την πραγματική.

Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία, η ικανότητα της ατμόσφαιρας για συγκράτηση της υγρασίας αυξάνεται αλλά η σχετική υγρασία μειώνεται, θεωρώντας ότι η ποσότητα των υδρατμών παραμένει σταθερή. Έτσι θεωρείται απίθανη η ταυτόχρονη ύπαρξη υψηλής τιμής θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (π.χ. θερμοκρασίας 40°C και σχετικής υγρασίας 90%), αφού αυτό θα σήμαινε ασυνήθιστα μεγάλες ποσότητες υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Συνήθως οι μεγάλες θερμοκρασίες παρουσιάζονται σε μέρη μακριά από τη θάλασσα, όπου η παρουσία υδρατμών είναι περιορισμένη. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι ο μέγιστος δείκτης δυσφορίας που έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα ήταν 80°C και προέκυψε ως συνδυασμός θερμοκρασίας αέρα 42°C και σχετικής υγρασίας 67% (πραγματοποιήθηκε στο Dhahran της Σαουδικής Αραβίας στις 8 Ιουλίου 2003).

Ο δείκτης δυσφορίας (HI) δίνεται από τη σχέση:

$$HI = T \quad \text{για } T < 68 \text{ } ^\circ\text{F} (20 \text{ } ^\circ\text{C})$$

και

$$HI = -42,379 + 2,04901523 * T + 10,14333127 * RH - 0,22475541 * T * RH - 0,00683783 * T^2 - 0,05481717 * RH^2 + 0,00122874 * T^2 * RH + 0,00085282 * T * RH^2 - 0,00000199 * (T * RH)^2 \quad \text{για } T > 68 \text{ } ^\circ\text{F} (20 \text{ } ^\circ\text{C}) \quad (4)$$

όπου T η θερμοκρασία περιβάλλοντος (°F) και RH η σχετική υγρασία (%).

4.1.2 Wind chill index (WCI).

Ο δείκτης WCI κωδικοποιεί την απώλεια θερμότητας του ανθρώπου κατά τη χειμερινή περίοδο σε μονάδες W/m^2 . Ο δείκτης αυξάνεται με την μείωση της θερμοκρασίας και την αύξηση της ταχύτητας ανέμου. Οι τιμές του WCI δεν είναι ίσες με την πραγματική απώλεια θερμότητας από τον ανθρώπινο οργανισμό. Ο δείκτης υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$WCI = (10 \cdot V^{0,5} + 10,45 \cdot V) \cdot (33 - T) \cdot 1,163 \quad (5)$$

όπου V η ταχύτητα του ανέμου σε m/sec και T η θερμοκρασία του αέρα σε °C.

Η θερμική αίσθηση του ανθρώπου ανάλογα με τις τιμές του WCI, δίνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Τιμές WCI

Table 2: Values of WCI

τιμές WCI	κατηγορίες
πάνω από 2326	πάρα πολύ παγωμένος
1628-2326	παγωμένος
930-1628	κρύος
581-930	δροσερός
232-581	άνετος
116-232	ζεστός
58-116	καυτός
κάτω από 58	πάρα πολύ καυτός

4.1.3 Iclp – Insulation predicted index

Ο δείκτης Iclp προσδιορίζει προσεγγιστικά την προβλεπόμενη τιμή της θερμικής μόνωσης που θα πρέπει να παρέχουν τα ενδύματα, ώστε το άτομο να διατηρήσει τη θερμική του άνεση. Ο δείκτης Iclp που εισήχθη από τους Burton & Edholm [6] υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$Iclp = \frac{0,082 \cdot [91,4 - (1,8 \cdot t + 32)]}{(0,0174 \cdot M)} - \frac{1}{(0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5})} \quad (6)$$

όπου t η θερμοκρασία του αέρα σε °C, M ο μεταβολισμός σε W/m² με προεπιλεγμένη τιμή 135 W/m² και v η ταχύτητα του ανέμου σε m/s

Η κατηγοριοποίηση του καιρού ανάλογα με τις τιμές του Iclp, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Τιμές Iclp

Table 3: Values of Iclp

τιμές Iclp	κατηγορίες
πάνω από 0,30	πολύ ζεστός
0,30-0,80	ζεστός
0,80-1,20	ουδέτερος
1,20-2,00	δροσερός
2,00-3,00	κρύος
3,00-4,00	πολύ κρύος

4.2 Θερμοφυσιολογικοί δείκτες

Στους θερμοφυσιολογικούς δείκτες, η εκτίμηση της επίδρασης του κλίματος στον ανθρώπινο οργανισμό, γίνεται με την συγκριτική θεώρηση του συνόλου των

θερμικών παραγόντων. Με τη χρήση τους γίνεται μοντελοποίηση του ανθρώπινου ισοζυγίου θερμότητας. Θερμοφυσιολογικοί θεωρούνται εκείνοι οι δείκτες που ως δεδομένα εισόδου απαιτούν και χαρακτηριστικά της ανθρώπινης φυσιολογίας (ηλικία, φύλο, ένταση εργασίας κ.τ.λ.) [1]. Το πλεονέκτημα των δεικτών αυτών συνίσταται στο γεγονός ότι απαιτούν ως δεδομένα εισόδου τις πλέον κοινές μετεωρολογικές παραμέτρους, όπως: θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ακτινοβολία.

4.2.1 Ο δείκτης TCI

Ο δείκτης TCI είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τους ταξιδιώτες που βρίσκονται σε διάφορα μέρη του κόσμου και σε διαφορετικές περιόδους του έτους. Ο δείκτης TCI είναι ένας συνδυασμός πέντε παραμέτρων, τριών ανεξάρτητων και δύο, οι οποίες απαιτούν βιοκλιματικούς συνδυασμούς [6]. Συγκεκριμένα ο δείκτης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$TCI = 8 \cdot Cld + 2 \cdot Cla + 4 \cdot R + 4 \cdot S + 2 \cdot W \quad (7)$$

όπου:

Cld ο ημερήσιος δείκτης που υπολογίζεται από την T_1 μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία αέρα και από την ελάχιστη ημερήσια σχετική υγρασία RH (%)

Cla ο ημερήσιος δείκτης που υπολογίζεται από τη μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα T_2 (°C) και από τη μέση ημερήσια σχετική υγρασία RH (%)

R η βροχή σε mm

S η ημερήσια διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας (h)

W η μέση ταχύτητα του ανέμου (m/sec)

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση του δείκτη TCI για τις διάφορες τιμές του.

Πίνακας 4: Κατηγορίες TCI

Table 4: Categories of TCI

Αριθμητικές τιμές δείκτη	Περιγραφική κατηγορία
90 έως 100	ιδανική
80 έως 89	άριστη
70 έως 79	πολύ καλή
60 έως 69	καλή
50 έως 59	αποδεκτή
40 έως 49	οριακή
30 έως 39	δυσμενής
20 έως 29	πολύ δυσμενής
10 έως 19	εξαιρετικά δυσμενής
9 έως -9	αδύνατη
-10 έως -20	αδύνατη

4.2.2 Ο δείκτης Summer Simmer Index (SSI)

Ο δείκτης θερμικής άνεσης-Summer Simmer Index (SSI) έχει εισαχθεί από το Ινστιτούτο Μηχανικών Θερμότητας και Ψύξης των Η.Π.Α. (ASHRAE) και έχει επικυρωθεί με αναλύσεις και δοκιμές από το Πανεπιστήμιο του Κάνσας. Ο SSI εκτιμά την πραγματική θερμοκρασία που αισθάνονται τα άτομα, προσφέροντας μία εύκολα αναγνωρίσιμη προειδοποίηση για τους κινδύνους που εγκυμονεί η έκθεση των ανθρώπων στη ζέστη (www.summersimmer.com).

Ο δείκτης SSI υπολογίζεται από τη σχέση [14]:

$$SSI = 1.98 \cdot [T(F) - (0.55 - 0.0055 \cdot (RH))] \cdot (T(F) - 58) - 5683 \quad (8)$$

όπου $T(F)$ η θερμοκρασία του αέρα σε F° και RH (%) η σχετική υγρασία.

Στον Πίνακα 5 περιγράφεται η αντίδραση των ατόμων στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που εξάγεται από το δείκτη SSI.

Πίνακας 5: Τιμές δείκτη SSI

Table 5: Values of SSI

SSI τιμές (F°)	SSI τιμές (C°)	Θερμική αντίληψη
70 έως 77	21 έως 25	τα άτομα αισθάνονται άνετα, αλλά ελαφρώς δροσερά
77 έως 83	25 έως 28	τα άτομα αισθάνονται αρκετά άνετα
83 έως 91	28 έως 32	τα άτομα αισθάνονται αρκετά άνετα, αλλά ελαφρώς ζεστά
91 έως 100	32 έως 37	αυξάνεται η δυσφορία που τα άτομα την αισθάνονται ως ζέστη
100 έως 112	37 έως 44	κίνδυνος ηλίας και θερμικής καταπόνησης από παρατεταμένη έκθεση και δραστηριότητα στον ήλιο
112 έως 125	44 έως 51	εγκυμονεί κίνδυνος θερμοπληξίας και μεγάλη δυσφορία στα άτομα
125 έως 150	51 έως 65	μεγάλος κίνδυνος θερμοπληξίας ειδικά για άτομα αδύναμα ή ηλικιωμένα ή μικρά παιδιά

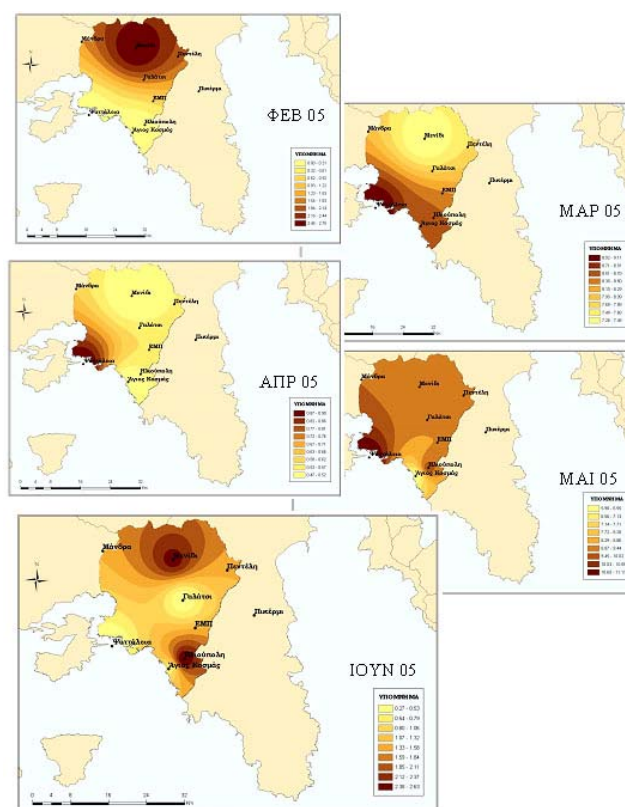
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΙΚΤΩΝ

Η εφαρμογή των κλιματικών και των βιοκλιματικών δεικτών στο δίκτυο των αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών (METEONET) στην περιοχή μελέτης έγινε μέσω της χρήσης Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας. Οι μέθοδοι χωρικής ολοκλήρωσης της σημειακής πληροφορίας που εξετάστηκαν προς εφαρμογή στα

πλαίσια του Σ.Γ.Π., είναι οι Kriging, Spline και σταθμισμένων αντιστρόφων αποστάσεων (Inverse Distance Weighted) [11].

Και οι τρεις αποτελούν μεθόδους παρεμβολής που στην ουσία προσαρμόζουν μια επιφάνεια, η οποία διέρχεται ακριβώς από τα σημεία της διαθέσιμης πληροφορίας (τη θέση των σταθμών μέτρησης). Η επιφάνεια αυτή συνίσταται από ψηφίδες (pixels) όπου σε καθεμία υπολογίζεται η τιμή της μεταβλητής. Η προσέγγιση της πιο αξιόπιστης και πιο αντιπροσωπευτικής επιφάνειας καθορίζεται από τη βέλτιστη επιλογή των παραμέτρων για καθεμία από τις μεθόδους παρεμβολής. Τελικά επιλέχθηκε η μέθοδος άμεσης ολοκλήρωσης IDW για την γεωγραφική κατανομή των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών της παρούσας εργασίας.

Οι χάρτες για το δείκτη Martone είναι σε μηνιαίο βήμα και ενδεικτικά παρουσιάζονται στο Σχήμα 4 από το Φεβρουάριο έως τον Ιούνιο του 2005.



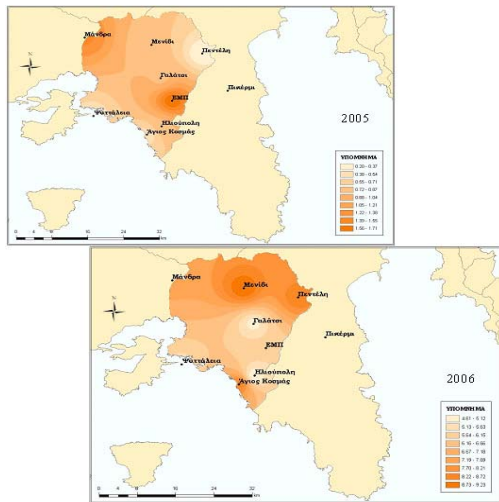
Σχήμα 4: Χωρική απεικόνιση του δείκτη Martone για τους μήνες Φεβρουάριο – Ιούνιο του 2005

Figure 4: Spatial representation of index de Martone from February '05 till June '05

Παρατηρώντας τους χάρτες στο Σχήμα 4 διαπιστώνεται ότι, οι διακυμάνσεις των τιμών του δείκτη Martone στις περιοχές των σταθμών είναι σημαντικές. Η χωρική ολοκλήρωση των τιμών αυτών δίνει τον χαρακτηρισμό

‘πολύ ξηρό’ για τους μήνες Φεβρουάριο Απρίλιο και Ιούνιο του 2005 και ‘ξηρό για τους μήνες Μάρτιο και Μάιο του ίδιου έτους.

Οι χάρτες για το δείκτη Pinna υπολογίστηκαν σε ετήσια βάση και παρουσιάζονται στο Σχήμα 5 για τα έτη 2005 και 2006.



Σχήμα 5: Χωρική απεικόνιση του δείκτη Pinna για τα έτη 2005 και 2006

Figure 5: Spatial representation of index Pinna for the years 2005 and 2006

Ισχύει ότι για τιμές του δείκτη Pinna $I < 10$ το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ξηρό. Σύμφωνα με το Σχήμα 5 δεν παρατηρήθηκε ποθενά τιμή του δείκτη μεγαλύτερη του 10, οπότε το κλίμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ξηρό.

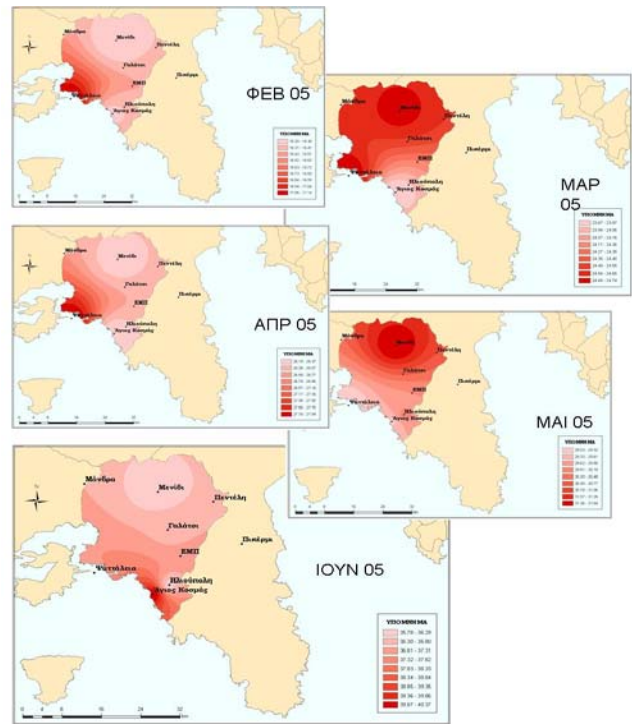
Οι χάρτες για το δείκτη δυσφορίας σε μηνιαίο βήμα παρουσιάζονται στο Σχήμα 6 από το Φεβρουάριο έως τον Ιούνιο του 2005.

Από το Σχήμα 6 και γενικότερα από τον υπολογισμό του δείκτη δυσφορίας προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι τιμές του δείκτη αυτού είναι μεγαλύτερες από τη θερμοκρασία του αέρα μόνο για τους μήνες από τον Απρίλιο έως και τον Σεπτέμβριο.

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι χάρτες της επιφανειακής ολοκλήρωσης των τιμών του δείκτη WCI από το Φεβρουάριο έως τον Ιούνιο του 2005.

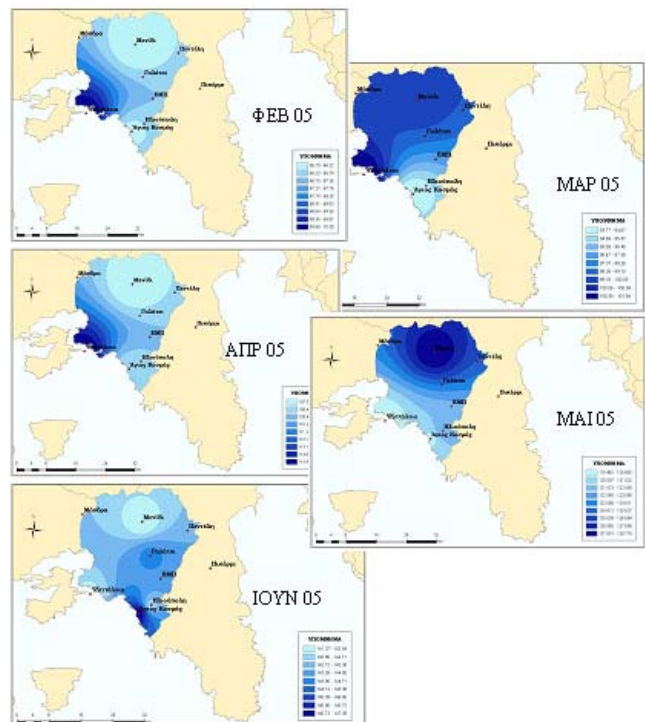
Οι τιμές του δείκτη WCI εκφράζουν τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου χρησιμοποιώντας την ένδυση του ως μονωτικό.

Σύμφωνα με τις κατηγορίες του Πίνακα 2 εξάγονται οι κατηγορίες θερμικής αντίληψης για κάθε μήνα όπου κυμαίνονται από άνετος μέχρι ζεστός.



Σχήμα 6: Χωρική απεικόνιση του δείκτη δυσφορίας για τους μήνες Φεβρουάριο – Ιούνιο του 2005

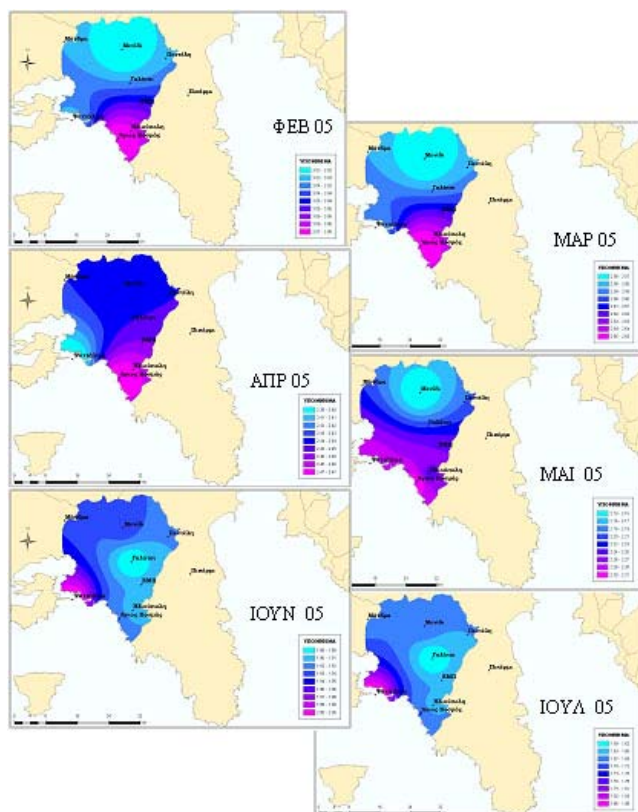
Figure 6: Spatial representation of heat index from February '05 till June '05



Σχήμα 7: Χωρική απεικόνιση του δείκτη WCI για τους μήνες Φεβρουάριο – Ιούνιο του 2005

Figure 7: Spatial representation of index WCI from February '05 till June '05

Στο Σχήμα 8 απεικονίζεται η χωρική κατανομή του δείκτη Iclp ενδεικτικά για το διάστημα από Φεβρουάριο έως Ιούλιο του 2005.



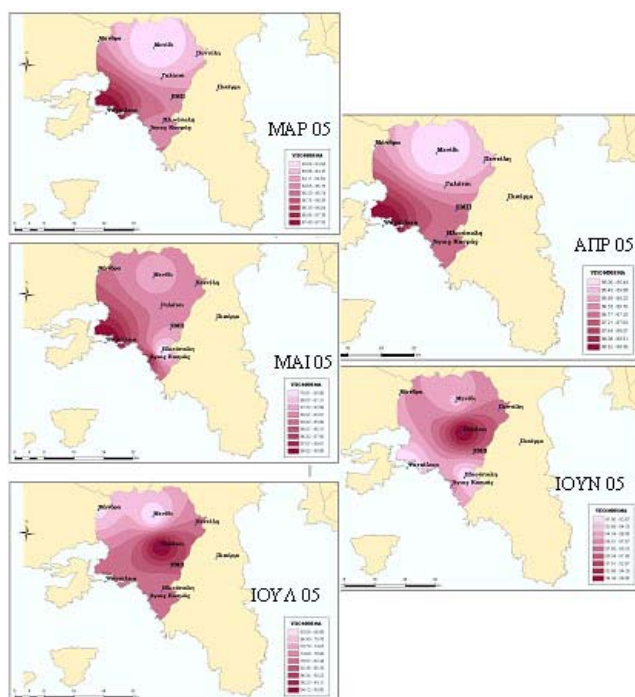
Σχήμα 8: Χωρική απεικόνιση του δείκτη Iclp για τους μήνες Φεβρουάριο – Ιούνιο του 2005

Figure 8: Spatial representation of index Iclp from February '05 till July '05

Από τους χάρτες αυτούς και σύμφωνα με τις κατηγορίες του Πίνακα 3 συνάγονται οι ακόλουθες κατηγορίες θερμικής αντίληψης για κάθε μήνα:

Μήνας	Θερμική αντίληψη
▪ Φεβ-05	πολύ κρύος
▪ Μάρ-05	κρύος
▪ Απρ-05	κρύος
▪ Μάι-05	κρύος
▪ Ιούν-05	δροσερός
▪ Ιούλ-05	δροσερός

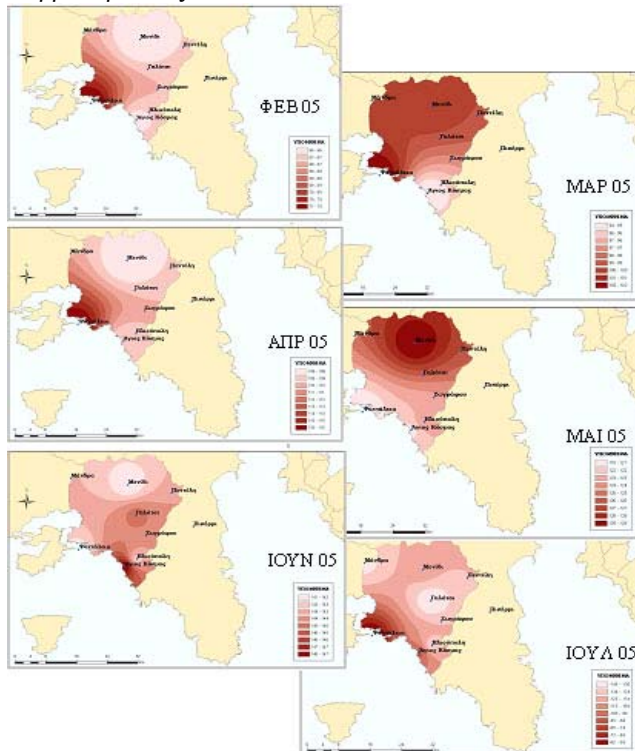
Οι τιμές για το δείκτη TCI υπολογίζονται για τους μήνες που θεωρούνται τουριστικοί για την περιοχή, δηλαδή από Μάρτιο έως και Οκτώβριο. Η χωρική απεικόνιση του δείκτη TCI παρουσιάζεται ενδεικτικά στο Σχήμα 9 για τους μήνες Μάρτιο έως Ιούλιο του 2005. Από την επεξεργασία του δείκτη tourism climatic index TCI προκύπτει ότι οι κλιματολογικές συνθήκες για την περιοχή της Αθήνας είναι από καλές έως και ιδανικές.



Σχήμα 9: Χωρική απεικόνιση του δείκτη TCI από Μάρτιο έως Ιούλιο 2005

Figure 9: Spatial representation of index TCI from March '05 till July '05

Τέλος οι χάρτες της επιφανειακής ολοκλήρωσης για το δείκτη SSI απεικονίζονται ενδεικτικά στο Σχήμα 10 από το Φεβρουάριο έως τον Ιούλιο του 2005.



Σχήμα 10: Χωρική απεικόνιση του δείκτη SSI για τους μήνες Φεβρουάριο - Ιούλιο του 2005

Figure 10: Spatial representation of index SSI from February '05 till July '05

Από τους χάρτες αυτούς γίνεται αντιληπτό πως οι τιμές του δείκτη παρουσιάζουν πολλές διακυμάνσεις. Η κάθε τιμή χαρακτηρίζει τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες το συγκεκριμένο μήνα.

6. ΣΥΝΟΨΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε μια προσπάθεια να αναδειχθούν και να ξεπεραστούν τα προβλήματα που παρουσίαζαν τα δίκτυα του παρελθόντος, αλλά και να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες των νέων τεχνολογιών, εγκαταστάθηκε το δίκτυο METEONET, που αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες για την ολοκληρωμένη διαχείριση της υδρομετεωρολογικής πληροφορίας, δηλαδή τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και προώθηση της παραγόμενης πληροφορίας, σε ένα ενιαίο σύστημα από διαδοχικές αλληλένδετες διαδικασίες.

Σε ότι αφορά την περιοχή της Αθήνας, η συστηματική μελέτη και κατανόηση της χρονικής και χωρικής εξέλιξης των μετεωρολογικών και κλιματικών μεταβλητών, μπορεί να οδηγήσει στον καθορισμό μέτρων και δράσεων που πρέπει να ληφθούν για τη βέλτιστη διαχείριση και ανάπτυξη. Για να γίνει όμως, κάτι τέτοιο χρειάζεται η γνώση του γενικού υποβάθρου που διέπει τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Ο κλιματικός δείκτης είναι το εργαλείο που συμβάλλει στην τυποποιημένη περιγραφή των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή. Με τον υπολογισμό των κλιματικών δεικτών αρχικά στα σημεία όπου έχουν συλλεχθεί τα μετεωρολογικά δεδομένα και στη συνέχεια με την επιφανειακή ολοκλήρωσή τους στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, επιτυγχάνεται η απόδοση της περιοχής σε κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές αποτελούν την ερμηνεία των αριθμητικών αποτελεσμάτων του εκάστοτε δείκτη και παράλληλα παραπέμπουν στον άμεσο χαρακτηρισμό της περιοχής, ανάλογα με το τι περιγράφει ο δείκτης.

Πέρα από τον υπολογισμό των κλιματικών δεικτών στην παρούσα μελέτη έγινε μια έρευνα για τους βιοκλιματικούς δείκτες οι οποίοι έχουν να κάνουν με την περιγραφή της επίδρασης των κλιματικών συνθηκών στον άνθρωπο. Ο δείκτης δυσφορίας (heat index), ο Wind Chill Index, ο Insulation Predicted Index και ο Summer Simmer Index είναι κάποιοι από τους πολλούς βιοκλιματικούς δείκτες που υπάρχουν στη σύγχρονη βιβλιογραφία. Όλες οι τιμές των παραπάνω δεικτών έχουν να κάνουν με την αντίληψη του ανθρώπινου σώματος στις διάφορες παραμέτρους του κλίματος, δηλαδή αν το χειμώνα τα

ρούχα ενός ατόμου παρέχουν σ' αυτόν την κατάλληλη θερμική μόνωση, ή το πώς αισθάνεται ένας άνθρωπος ανάλογα με τις τιμές της θερμοκρασίας το καλοκαίρι και το πώς πρέπει να διαφυλάξει τον οργανισμό του από τη θερμοπληξία.

Αξίζει να σημειωθεί πως η βιοκλιματική διερεύνηση δείχνει ότι η ευρύτερη περιοχή της Αθήνας χαρακτηρίζεται από πολύ καλές κλιματικές συνθήκες. Αξιοσημείωτη αναφορά γίνεται και σε ένα δείκτη που αφορά τους μήνες της τουριστικής περιόδου και που έχει κατασκευαστεί καθαρά και μόνο για τουριστική χρήση. Ο Tourism Climatic Index (TCI) που είναι συνδυασμός πέντε κλιματικών παραμέτρων έχει εξαιρετικά αποτελέσματα. Από την επεξεργασία προκύπτει [4] ότι οι κλιματολογικές συνθήκες για την περιοχή της Αθήνας είναι από καλές έως και ιδανικές. Ο υπολογισμός του δείκτη TCI θα πρέπει μελλοντικά να πραγματοποιηθεί για ολόκληρη την ηπειρωτική χώρα και τα νησιωτικά συμπλέγματα, ώστε να αναδειχθούν πιστοποιημένα επιστημονικά συμπεράσματα για τις ιδιαίτερα καλές συνθήκες που επικρατούν στην πατρίδα μας η οποία άλλωστε αποτελεί πόλο έλξης εκατομμυρίων επισκεπτών.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί και η μεγάλη χρησιμότητα των συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών που μετατρέπουν τις σημειακές τιμές των δεικτών σε θεματικούς χάρτες. Η επιφανειακή ολοκλήρωση των δεικτών είναι σημαντική, γιατί καθιστά εφικτό στο να έχουμε πληροφορίες για τις κλιματικές συνθήκες σε οποιαδήποτε σημείο του χώρου επιθυμούμε.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γραμματικογιάννης Αν., 2005: «Διερεύνηση Υδρομετεωρολογικών μεταβλητών στην Αθήνα. Πιλοτική Εφαρμογή του Συστήματος METEONET», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.
2. Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ., 2003: «Κλιματολογία και κλιματική αλλαγή», σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος Υδρομετεωρολογία του Δ.Π.Μ.Σ. Υδρολογία Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ.
3. Μιμίκου Μ. και Μπαλάς Ε., 2003: «Τεχνική Υδρολογία», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
4. Παπαδοπούλου Γ., 2006: «Χωρική Απεικόνιση Κλιματικών & Βιοκλιματικών Δεικτών στην περιοχή της Αττικής με το σύστημα METEONET», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.
5. Τσούτρα Γ., 2004: «Τυποποίηση Επεξεργασιών Υδρομετεωρολογικών Χρονοσειρών Λεπτής Χρονικής Διακριτότητας. Εφαρμογή σε δεδομένα της Πολυτεχνειούπολης», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.

6. Burton, A. C. and Edholm, O. G. (1955) «**Man in a Cold Environment**», Edward Arnold, London.
7. Tsakiris G. and D. Pangalou (2005) «**Drought assessment: Comparing RDI with SPI and Deciles**», 6th International Conference of European Water Resources Association
8. Matzarakis Andreas, 2000 «**Climate data for tourism: Identification of data sources-building meta database-identification of gaps**», Meteorological Institute, University of Freiburg.
9. Matzarakis A., Mayer H. and M.G. Iziomon, 1999: «**Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature**», International Journal of Biometeorology, 43:76-84.
10. Mieczkowski Z., 1985: «**The Tourism Climatic Index: A method of evaluating world climates for tourism**», Canadian Geographer 29, no 3 (1985) 220-33.
11. GIS by ESRI, 1999:«**Using Arc View GIS**», Arc View GIS: The Geographic International System for everyone, USA.
12. www.ellinikietairia.gr/media/pdf/Migiros.pdf
13. www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm
14. www.summersimmer.com/home.htm

Γ. Παπαδοπούλου,

Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 157 80 Ζωγράφος, Αθήνα

Ε. Γεωργίου,

Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 157 80 Ζωγράφος, Αθήνα

Ν. Μαμάσης,

Λέκτορας ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 157 80 Ζωγράφος, Αθήνα

Μ. Μιμίκου

Καθηγήτρια ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 157 80 Ζωγράφος, Αθήνα

Estimation of areal distribution of climatic and bioclimatic indices in Attica region using the METEONET Network data

G. PAPADOPOULOU

Rural & Surveying Engineer
NTUA

E. GEORGIU

Rural & Surveying Engineer
NTUA

N. MAMASSIS

Lecturer NTUA

M. MIMIKOU

Professor NTUA

Abstract

This paper has as main objective the climatic and bioclimatic investigation of the wider area of Athens that is defined by the fully automated telemetric network of stations (METEONET), which has been installed by the National Technical University of Athens. The climatic and bioclimatic investigation of study area was accomplished by the use of climatic and bioclimatic indices. Through a wide spectrum of indices that exist, the appropriate indices were selected in order to describe as well as possible the climatic conditions of Athens. Firstly the indices were calculated for every hydrometeorological station and afterwards a surface completion of data was realized with the use of Arc Map software by applying the interpolation method IDW. The results were many thematic maps for every climatic index in monthly basis. The spatial depiction points out the climatic classification of study area and concludes to valuable information for climatic conditions.

1. INTRODUCTION

The investigation of climatic conditions interests not only the sectors of science that deal with the study of meteorology and climatology, but also that sectors that are activated in the study of prevention and management of their effects, as the climatic effects influence the entire spectrum of human activities.

For this aim, the review in the international and Greek bibliography shows that many researchers have proposed different indices in order to achieve a detail description of climatic conditions in a study area. The climatic classification that they propose is based on the statistical analysis of the climate effect to various factors, such as the temperature and precipitation conditions of a study area, the vegetation, the human reaction etc.

Firstly the suitable indices that describe with the better possible way the climatic conditions of Attica region were selected, as most of the indices have been calculated by scientists of abroad, based on climatic data that prevail in other countries and continents. Afterwards a surface completion of data was realized with the use of GIS.

The mapping of climatic and bioclimatic indices based on the Meteonet Network data had as a result the production of many thematic maps that depict the effect of climate on the human beings and in relevant human activities. These maps can constitute a useful tool in the territorial planning and in the balanced growth of urban areas.

2. METHODOLOGY

The laboratory of Hydrology and Water Resources Management has developed an extensive automatic network of hydrometeorological stations in Attica (METEONET). The network consists of 10 automated telemetric hydrometeorological stations, installed so as to provide the optimum recording of the weather conditions in the Athens Metropolitan area (687 km²). The siting of the stations was based on the following criteria:

- (a) Meteorological, because the low barometric systems arrive from the west, south-west or north-west;
- (b) Elevation, so as to record the increased amounts of precipitation in upland areas;
- (c) Security, accessibility and infrastructure facilities;
- (d) Topographical, according to the World Meteorological Organization (WMO) regulations.

Each of the stations is equipped with sensors that monitor weather conditions (precipitation, temperature, relative humidity, wind and radiation); a data logger for recording data; a transmission system; and finally an energy supply unit. The measurements are analyzed and processed with the use of suitable software, registered in a database and afterwards they become accessible via the internet. Using techniques of interpolation (Thiessen polygons, Kriging etc), the system estimates the spatial representation of the weather conditions at the wider area of Athens.

Based on the Meteonet Network data, climatic and bioclimatic indices were calculated for each station and followed the interpolation of the stations' measurements using the Inverse Distance Weighted method, in a GIS platform, so as to provide standardized maps, depicting the spatial evolution of the climatic and bioclimatic indices within the research area. The resulting maps depict the spatial distribution of climatic and bioclimatic indices and can be used to assess quantitatively the impact of different regional characteristics of the area's climate regime (distance to the coast, elevation etc) and thus they can become very useful tools for urban planning and management

As climatic index was selected and calculated the Dryness Index of Martone. Moreover the comparative study of the two greatest categories of bioclimatic indices, the biometeorological (in this study, the heat index, the wind chill index and the insulation predicted index were applied) and the thermophysiological indices (the TCI and the Summer Simmer Index were used),

proved that biometeorological indices, even though they require simpler data inputs, they cannot sufficiently describe the variations of the sensible heat, perceivable by the human body, which is expected due to the complexity of procedures that describe the relevant phenomena.

It was also proven that there is a wider variation in the heat perceived by the human body during a single day and specifically in the winter months, as the incoming radiation changes rapidly and hence it seems to influence more efficiently human bodies, compared with the corresponding period in summer.

The investigation of the spatial variability of these indices as well as of the indices related to the energy demands of an urban area, can lead to concrete results in regard to the actions that need to be implemented in order to improve the living conditions, and the energy saving, two parameters that apart from their social importance, lately they also gain a continuously increasing financial importance.

3. CONCLUSIONS

A well-organized hydrometeorological station network is a basic requirement for the monitoring and processing of the relevant hydrologic and climate data, especially in urban areas with high growth rates where all activities are related and mutually influenced by the alterations of the natural environment. Unfortunately, in Greece, there is still no hydrometeorological station network organized under a main administration that works through a unified scientific and technical medium.

Various State Services have established sectional networks of specific coverage, so the standardization of the equipment used or the procedures followed for all services has not yet been achieved. METEONET Network constitutes one of the first efforts on the integrated management of hydrological information.

Recently, there is a strong tendency of using data from hydrometeorological networks not only for conventional climatic or hydrological studies, but also for bioclimatic studies. It is clear that the ability of these networks to provide reliable data for further processing in various fields depends on the quality and kind of instruments installed and also their correct placement, which is based on specific criteria. More specifically in this paper, the bioclimatic investigation of Athens has shown very good results as long as concerns the effects of climatic conditions in the human beings, which means that the wider region of Athens is characterized by very good climatic conditions.

Finally it should be underlined the utility of Geographic Information Systems, as far as concern the interpolation of calculated indices and the production of thematic maps.

G. Papadopoulou,

Rural & Surveying Engineer NTUA, Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering, School of Civil Engineering, National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou 5, 157 80 Zografou, Athens, Greece

E. Georgiou,

Rural & Surveying Engineer NTUA, Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering, School of Civil Engineering, National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou 5, 157 80 Zografou, Athens, Greece

N. Mamassis,

Lecturer NTUA, Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering, School of Civil Engineering, National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou 5, 157 80 Zografou, Athens, Greece

M. Mimikou

Professor NTUA, Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering, School of Civil Engineering, National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou 5, 157 80 Zografou, Athens, Greece