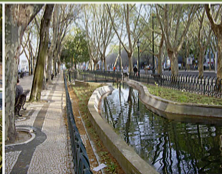


Αικατερίνη Χρονοπούλου-Σερέλη  
Καθηγήτρια Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ιωάννης Κ. Χρονόπουλος  
Ομότιμος Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

# ΒΙΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Εφαρμογές στη διαμόρφωση  
υπαίθριων χώρων



Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή των συγγραφέων

Οι φωτογραφίες του εξωφύλλου και οπισθόφυλλου προέρχονται από το αρχείο του Δρα Κ. Ι. Χρονόπουλου

ISBN 978-960-456-309-8

© Copyright, 2011, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Αικατερίνη Χρονοπούλου-Σερέλη, Ιωάννης Κ. Χρονόπουλος

---

*Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.*

---

**Φωτοστοιχειοθεσία**

**Εκτύπωση**

**Βιβλιοδεσία**

**Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ**

18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαίας

Τ.Θ. 4171 • Περαία Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19

Τηλ.: 2392.072.222 - Fax: 2392.072.229 • e-mail: info@ziti.gr



**www.ziti.gr**

**ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ:**

Αρμενοπούλου 27, 546 35 Θεσσαλονίκη

Τηλ.: 2310.203.720, Fax: 2310.211.305 • e-mail: sales@ziti.gr

**ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ - ΕΝΩΣΗ ΕΚΔΟΤΩΝ ΒΙΒΛΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ:**

Στοά του Βιβλίου (Πεσμαζόγλου 5), 105 64 Αθήνα • Τηλ.-Fax: 210.3211.097

**ΑΠΟΘΗΚΗ ΑΘΗΝΩΝ - ΠΩΛΗΣΗ ΧΟΝΔΡΙΚΗ:**

Ασκληπιδίου 60, 114 71 Αθήνα

Τηλ.-Fax: 210.3816.650 • e-mail: athina@ziti.gr

**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ:** www.ziti.gr

Το έναυσμα για τη συγγραφή του βιβλίου ήταν η ανάγκη κάλυψης των απαιτήσεων διδασκαλίας των γνωστικών αντικειμένων της Βιομετεωρολογίας και της Βιοκλιματολογίας, που περιλαμβάνονται στα προγράμματα σπουδών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και των Γεωτεχνικών και άλλων Τμημάτων και Σχολών των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων της Χώρας. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και από φοιτητές Πολυτεχνικών Σχολών ως και από επαγγελματίες μηχανικούς, που ενδιαφέρονται για τον ορθολογικό σχεδιασμό των ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων, έτσι ώστε αυτοί να λειτουργούν με τρόπο που να βελτιώνεται το ατμοσφαιρικό περιβάλλον της πόλης.

Η ανάλυση των αντικειμένων, που περιέχονται στο βιβλίο, έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε το κείμενο να είναι εύκολα αναγνώσιμο και κατανοητό από τους φοιτητές αλλά και από κάθε αναγνώστη. Για την κάλυψη της απαιτούμενης διδακτικής συνοχής η ύλη του βιβλίου χωρίστηκε σε έξι κεφάλαια. Στα πρώτα περιγράφονται οι παράγοντες, που επιδρούν και επηρεάζουν τη διαμόρφωση των βιομετεωρολογικών-βιοκλιματικών συνθηκών. Εξετάζονται οι επιπτώσεις του θερμικού περιβάλλοντος (καταπόνηση) στη δραστηριότητα, παραγωγικότητα και υγιεινή των ζωικών οργανισμών και αναλύονται αντιπροσωπευτικοί δείκτες με επιλεγμένες εφαρμογές στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου. Στα τελευταία κεφάλαια αναλύεται η βιοκλιματική συμπεριφορά των κτηρίων ενώ δίνεται ιδιαίτερο βάρος στις συνθήκες, που διαμορφώνονται στους ελεύθερους κοινόχρηστους χώρους (πλατείες, πάρκα, άλση). Από την ανάλυση αυτή αναδύονται τα προβλήματα σχεδιασμού των χώρων αυτών, που οδηγούν στην υποβάθμιση της βιοκλιματικής τους συμπεριφοράς και κατά συνέπεια της αρνητικής τους επίδρασης στο αστικό περιβάλλον. Παράλληλα, με την ανάδειξη των προβλημάτων αυτών προκύπτουν και οι ενδεδειγμένες προτάσεις βελτίωσης των συνθηκών περιβάλλοντος των ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων.

Οι συγγραφείς επιθυμούν να ευχαριστήσουν για τη βοήθεια και τη συμπαράστασή τους, κατά τη διάρκεια της συγγραφής του βιβλίου, τα μέλη του Εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Ιδιαίτερα ευχαριστούν τη γεωπόνο-περιβαλλοντολόγο Δρ Φανή Δρούλια για την ουσιαστική συμβολή της στη συγγραφή των αντικειμένων της θερμικής καταπόνησης των ζώων και των δεικτών θερμικής αίσθησης, τον πολιτικό μηχανικό-πολεοδόμο MSc Γιώργο Χρονόπουλο για τη συμμετοχή του στη συγγραφή του κεφαλαίου της βιοκλιματικής συμπεριφοράς των κτηρίων ως και τον κ. Μ. Παγώνη για τη δακτυλογράφηση και αρχική σχεδίαση διαγραμμάτων του βιβλίου. Ακόμη ευχαριστούν τις εκδόσεις Ζήτη και τους έμπειρους συνεργάτες τους που φιλοτέχνησαν με ιδιαίτερη επιμέλεια την έκδοση του παρόντος βιβλίου.

Αικατερίνη Χρονοπούλου-Σερέλη  
Ιωάννης Κ. Χρονόπουλος

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1.	Γενικά	1
1.2.	Ιστορική εξέλιξη και αντικείμενο της Βιομετεωρολογίας-Βιοκλιματολογίας	2
<b>2</b>	<b>Παράγοντες διαμόρφωσης βιομετεωρολογικών συνθηκών</b>	<b>5</b>
2.1.	Συνθήκες ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος	5
2.1.1.	Ηλιακή ακτινοβολία	6
2.1.1.1.	Ολική ηλιακή ακτινοβολία	9
2.1.1.2.	Γήινη ακτινοβολία	11
2.1.2.	Ηλιοφάνεια	12
2.1.3.	Θερμοκρασία αέρα	13
2.1.3.1.	Θερμοκρασία ακτινοβολίας	15
2.1.4.	Υγρασία αέρα	18
	Τάση υδρατμών	19
	Αναλογία μίγματος	19
	Ειδική υγρασία	20
	Απόλυτη υγρασία	21
	Σχετική υγρασία	21
2.1.5.	Άνεμος	22
2.2.	Γεωγραφικοί παράγοντες	27
2.3.	Γεωμετρία του χώρου	31
2.3.1.	Δομημένος χώρος	31
2.3.2.	Ελεύθεροι κοινόχρηστοι χώροι	39
2.4.	Δομικά υλικά και βλάστηση	43

### **3** Ατμοσφαιρικό θερμικό περιβάλλον. Θερμική αίσθηση 49

3.1. Θερμικό περιβάλλον και ζωικοί οργανισμοί .....	49
3.2. Θερμική αίσθηση ανθρώπου .....	54
3.3. Θερμική καταπόνηση ζώων .....	60
3.3.1. Ευαισθησία στη θερμική καταπόνηση .....	63
3.3.2. Επιπτώσεις θερμικής καταπόνησης στην αναπαραγωγή .....	65
3.3.3. Επιπτώσεις θερμικής καταπόνησης στη γαλακτοπαραγωγή .....	66
3.3.4. Επιπτώσεις θερμικής καταπόνησης στην παραγωγή κρέατος .....	68
3.3.5. Επιπτώσεις θερμικής καταπόνησης στην υγιεινή κατάσταση των εκτρεφόμενων ζώων .....	70

### **4** Δείκτες θερμικής αίσθησης 73

4.1. Εξέλιξη, κατηγοριοποίηση και σπουδαιότητα δεικτών .....	73
4.2. Αντιπροσωπευτικοί δείκτες και επιλεκτικές εφαρμογές .....	78
4.2.1. Δείκτης PET (Physiological Equivalent Temperature) .....	78
4.2.2. Δείκτης PMV (Predicted Mean Vote) .....	89
4.2.3. Δείκτης THI (Thermohygro-metric Index) .....	99
4.2.4. Δείκτης RSI (Relative Strain Index), «Beergarden days» .....	103
4.2.5. Δείκτης Humidex .....	106

### **5** Βιοκλιματική συμπεριφορά κτηρίων 109

5.1. Διαχρονική εξέλιξη της κατοικίας .....	109
5.2. Πολεοδομική οργάνωση και ατμοσφαιρικό περιβάλλον .....	113
5.3. Το κέλυφος του κτηρίου και η θερμική συμπεριφορά του .....	115
5.3.1. Ηλιασμός - Προσανατολισμός κτηρίου .....	116
5.3.2. Κτήριο-Συλλέκτης θερμότητας .....	121
5.3.3. Φυσικός δροσισμός κτηρίου .....	126
5.3.3.1. Έλεγχος ηλιακής ακτινοβολίας .....	127
5.3.3.2. Μείωση θερμικής επιβάρυνσης από πηγές εντός του κτηρίου .....	130
5.3.3.3. Αερισμός - Εξαερισμός .....	131
5.3.3.4. Άλλες τεχνικές δροσισμού .....	134

6.1. Διαχρονική εξέλιξη ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων .....	137
6.2. Βιοκλιματικές συνθήκες πλατειών .....	139
6.3. Βιοκλιματικές συνθήκες φυτοκαλυμμένων επιφανειών αστικού χώρου .....	155
6.3.1. Πάρκα .....	155
Εθνικός Κήπος .....	156
Πεδίον του Άρεως .....	164
6.3.2. Άλση-Λόφοι .....	171
Άλσος Παγκρατίου .....	171
Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας .....	176
6.4. Περιαστικό πράσινο .....	181
6.5. Χαρακτηριστικά φυτικού υλικού και προϋποθέσεις ευνοϊκής επίδρασής του στο αστικό περιβάλλον .....	188
6.6. Θερμική αίσθηση ανθρώπου στους ελεύθερους κοινόχρηστους χώρους .....	190
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	201
<b>Ευρετήριο όρων</b> .....	225

## 1.1 Γενικά

Η Γη, όπως είναι γνωστό, περιβάλλεται από ένα στρώμα αερίων μαζών, το οποίο ακολουθεί το σύνολο των κινήσεών της. Οι αέριες αυτές μάζες είναι αόρατες και άοσμες και χαρακτηρίζονται ως ατμόσφαιρα. Εντός αυτών παρατηρούνται θερμοδυναμικές και μηχανικής φύσεως διεργασίες, οι οποίες ευθύνονται για τη δημιουργία των μετεωρολογικών φαινομένων. Η επιστήμη που διερευνά τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και τα φαινόμενα που διαδραματίζονται μέσα σ' αυτήν, ονομάζεται Μετεωρολογία. Η Μετεωρολογία, δηλαδή, πραγματεύεται τη μελέτη του καιρού και γενικότερα των καιρικών συστημάτων του, που η χρονική διάρκειά τους έχει ανώτερο όριο το χρόνο ζωής του ατμοσφαιρικού φαινομένου ή συστήματος.

Οι μεταβολές των τιμών των διάφορων μετεωρολογικών παραμέτρων, για έναν ορισμένο τόπο έχουν το χαρακτηριστικό ότι κυμαίνονται περίξ μιας μέσης τιμής. Αν η τιμή αυτή αναφέρεται σε μια σειρά μετεωρολογικών παρατηρήσεων διάρκειας τουλάχιστον 30 ετών, τότε το μετεωρολογικό αυτό στοιχείο μπορεί να θεωρηθεί ως διάκριτο και σταθερό χαρακτηριστικό γνώρισμα του τόπου. Οι μέσες αυτές τιμές των διάφορων μετεωρολογικών δεδομένων συνδυαζόμενες δίδουν το κλίμα ενός τόπου ενώ η φυσική κατάσταση της ατμόσφαιρας, όπως περιγράφεται από τα μετεωρολογικά στοιχεία για ένα δεδομένο τόπο και μια δεδομένη χρονική στιγμή, αποδίδουν την έννοια του καιρού. Μ' άλλα λόγια, κλίμα είναι ο «μέσος καιρός» ενός τόπου, που προκύπτει από μια μεγάλη σειρά μετεωρολογικών παρατηρήσεων.

Τα τελευταία χρόνια για τον προσδιορισμό ορισμένων κλιματικών παραμέτρων έχει γίνει αποδεκτή η χρήση δεδομένων και μικρότερης χρονικής διάρκει-



ας (10 έως 15 έτη), δεδομένου ότι τα συμπεράσματα είναι εξίσου ορθά με αυτά που προκύπτουν από δεδομένα μεγαλύτερης χρονοσειράς (Χρονοπούλου-Σερέλη 1996). Έτσι, ενώ οι μέσες αυτές τιμές των μετεωρολογικών δεδομένων μπορούν πρακτικά να θεωρηθούν σταθερές και διάκριτα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του κλίματος ενός τόπου, διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή λόγω της επίδρασης διάφορων παραγόντων. Οι σπουδαιότεροι απ' αυτούς είναι το γεωγραφικό πλάτος, η διανομή ξηράς και θάλασσας, το υψόμετρο, τα θαλάσσια ρεύματα, οι αέριες μάζες, το ανάγλυφο, το έδαφος, η φυτοκάλυψη και άλλα. Το κλίμα, όπως είναι φυσικό, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον καιρό. Γι' αυτό πολλές φορές εσφαλμένα ταυτίζονται οι δύο αυτές έννοιες. Μπορεί όμως να παραλληλιστεί το μεν κλίμα με τον χαρακτήρα ενός ανθρώπου, ο δε καιρός με τη στιγμή συμπεριφορά του (Φλόκας 1997).

Η Βιομετεωρολογία και η Βιοκλιματολογία, ως εφαρμοσμένοι κλάδοι αντίστοιχα της Μετεωρολογίας και της Κλιματολογίας, μελετούν τις σχέσεις που συνδέουν τις ατμοσφαιρικές συνθήκες με βιολογικά φαινόμενα και διεργασίες. Διαφοροποιούνται μόνο όσον αφορά στη χρονική διάρκεια των απαιτούμενων δεδομένων των παραμέτρων του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Δηλαδή, η Βιοκλιματολογία μελετά τα φαινόμενα υπό την επίδραση των κλιματικών συνθηκών, ενώ η Βιομετεωρολογία υπό την επίδραση του παρόντος καιρού (AMS 1959, VDI 1998, Allaby 2007).

Επειδή, όμως, τα βιολογικά φαινόμενα και οι διεργασίες ανταποκρίνονται γενικά με τον ίδιο τρόπο στα ατμοσφαιρικά «ερεθίσματα», ανεξάρτητα της χρονικής τους διάρκειας, η αναφορά στην επιστήμη της Βιοκλιματολογίας στο παρόν πόνημα συχνά θα ταυτίζεται με τη Βιομετεωρολογία και αντίστροφα. Εξαιρεση αποτελεί η μελέτη ορισμένων μόνο αντικειμένων της Βιοκλιματολογίας, όπως είναι η πρόγνωση της συμπεριφοράς και του ρυθμού ανάπτυξης των οργανισμών, η εξέλιξη των οικοσυστημάτων σε διαφορετικά περιβαλλοντικά μέσα κ.ά., όπου απαιτείται μεγάλη χρονοσειρά δεδομένων των παραμέτρων του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος.

## 1.2

### Ιστορική εξέλιξη και αντικείμενο της Βιομετεωρολογίας-Βιοκλιματολογίας

Το ατμοσφαιρικό περιβάλλον, ιδιαίτερα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, επηρεάζει καθοριστικά τις συνθήκες διαβίωσης φυτικών και ζωικών οργανισμών. Ορισμένοι από τους έμβιους οργανισμούς μπορούν, ανάλογα με τους μηχανισμούς άμυνας που διαθέτουν, να ανταπεξέλθουν σε εξαιρετικά αντίξοες συνθή-

κες ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος και να επιβιώσουν, ενώ άλλοι θα μετακινηθούν προς αναζήτηση βελτιωμένων συνθηκών περιβάλλοντος. Τέλος κάποιοι άλλοι αδυνατούν να αντιμετωπίσουν τις συνθήκες αυτές και δεν επιβιώνουν (εξαφάνιση φυτικών ειδών και ζώων).

Οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί με τους μηχανισμούς προσαρμογής που διαθέτουν για την αντιμετώπιση των δυσμενών επιδράσεων του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, μπορούν να επιβιώσουν σ' ένα εύρος τιμών περιβαλλοντικών παραμέτρων πέραν των οποίων η ζωή τους είναι επισφαλής. Το εύρος αυτό διαφοροποιείται έντονα ανάλογα με το είδος και την ποικιλία των φυτών ή το είδος και τις φυλές των ζώων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η χωροταξική κατανομή των διαφορετικών φυτών και ζώων στον πλανήτη, η οποία καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες, που επικρατούν κατά τη διάρκεια του έτους σε κάθε περιοχή (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας 2010).

Από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των φυτικών οργανισμών παρουσιάζει η ακτινοβολία, η θερμοκρασία (WMO 1954, Blennow and Persson 1998) και η ατμοσφαιρική υγρασία. Οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν τόσο την υγιεινή κατάσταση όσο και την παραγωγικότητα των ζωικών οργανισμών. Ιδιαίτερο ρόλο στις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπινου οργανισμού παίζουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, με αποτέλεσμα σε ορισμένες οριακές καταστάσεις να έχουν καθοριστική σημασία και στην επιβίωσή του. Τόσο οι φυτικοί όσο και οι ζωικοί οργανισμοί μέσω των φυσιολογικών τους διεργασιών και δραστηριοτήτων επηρεάζουν με τη σειρά τους το ατμοσφαιρικό περιβάλλον μέσα στο οποίο διαβιούν. Αυτή η αλληλεπίδραση ατμοσφαιρικών συνθηκών και έμβιων οργανισμών αποτελεί το αντικείμενο της Βιομετεωρολογίας-Βιοκλιματολογίας (Burton et al. 2009).

Η επιστήμη της Βιομετεωρολογίας-Βιοκλιματολογίας είναι μια από τις παλαιότερες περιβαλλοντικές επιστήμες. Το ενδιαφέρον του ανθρώπου για τον κόσμο που τον περιβάλλει τον οδήγησε στη μελέτη του καιρού και του κλίματος και των επιπτώσεων τους στην υγιεινή του κατάσταση. Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι ανήκουν στους πρώτους που αναζήτησαν τη διερεύνηση των μετεωρολογικών φαινομένων, βασιζόμενοι στην παρατήρηση, ενώ ο πρώτος που επεσήμανε το σημαντικό ρόλο των μετεωρολογικών παραμέτρων στην υγιεινή κατάσταση του ανθρώπου ήταν ο Ιπποκράτης, όπως αυτό αναλύεται με εξαιρετικό τρόπο στην πραγματεία του «Αέρας-Νερό-Γη». Εκτός όμως από τον Ιπποκράτη και άλλοι Έλληνες φιλόσοφοι, μεταξύ των οποίων ο Αριστοτέλης, ο Θεόφραστος και ο Πλίνιος, διαπίστωσαν την ιδιαίτερη σημασία που έχουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες στη ζωή του ανθρώπου και στις διεργασίες της φύσης (Taub 2003).

Κατά τα νεώτερα χρόνια, οι αναζητήσεις αυτές δεν έπαψαν να αποτελούν αντικείμενο έρευνας πολλών επιστημόνων, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά στη διερεύ-

νηση των σχέσεων μεταξύ των ατμοσφαιρικών συνθηκών και της ζωής του ανθρώπου. Κατά το μεσαίωνα, η διερεύνηση αυτή στον ευρωπαϊκό χώρο ανεστάλη λόγω των θρησκευτικών αντιλήψεων και του πολιτικού κλίματος που επικρατούσε στην Ευρώπη κατά την περίοδο αυτή. Αντίθετα, οι Άραβες επιστήμονες συνέχισαν το έργο τους και τα αποτελέσματα των ερευνών τους διοχετεύθηκαν στο δυτικό κόσμο σε μια εποχή που συνέπεσε με το διαφωτισμό, με αποτέλεσμα να βρουν πρόσφορο επιστημονικά έδαφος για περαιτέρω ανάπτυξη.

Έτσι, για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι περιβαλλοντικές παράμετροι ήταν οι μόνες που λαμβάνονταν υπόψη στην ερμηνεία της διάδοσης των επιδημιών και άλλων ασθενειών του ανθρώπου. Κατά τον 18<sup>ο</sup> και 19<sup>ο</sup> αιώνα, μεγάλου βεληνεκούς επιστήμονες, όπως οι Lussac, von Humboldt, Fourier και Carnot, ανέπτυξαν τη μετεωρολογική επιστήμη, η οποία συνδυαζόμενη με τα προϊόντα εξαιρετικών ερευνών μεγάλων βιολόγων (Pasteur κ.ά.) έθεσαν τις βάσεις της Βιομετεωρολογίας (WMO 1954, AMS 1959, Oliver 2005, Allaby 2007). Τα παλαιότερα δηλαδή χρόνια η έννοια της Βιομετεωρολογίας-Βιοκλιματολογίας περιοριζόταν στην επίδραση του καιρού και του κλίματος στον ανθρώπινο οργανισμό. Αργότερα, όμως, ο ορισμός και η περιγραφή της επιστήμης αυτής υπέστη αναθεωρήσεις και εμπλουτίστηκε μέχρι να καταλήξει στη σημερινή του μορφή. Έτσι, σήμερα ως Βιομετεωρολογία - Βιοκλιματολογία χαρακτηρίζεται η επιστήμη που ασχολείται με τις άμεσες και τις έμμεσες σχέσεις και αλληλεπιδράσεις γεωφυσικού και γεωχημικού περιβάλλοντος της ατμόσφαιρας και των ζώντων οργανισμών (Flach 1957, WMO 2004). Η επιστήμη αυτή βρίσκει σημαντικές εφαρμογές στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου σε διαφορετικά περιβάλλοντα, στον αστικό σχεδιασμό, στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα φυτών και ζώων και σε άλλα επιστημονικά πεδία (Oliver 2005, Allaby 2007).

## 2

# Παράγοντες διαμόρφωσης βιομετεωρολογικών συνθηκών

Με τον όρο «βιομετεωρολογικές συνθήκες» εκφράζεται η συνδυασμένη επίδραση των παραμέτρων του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στους έμβιους οργανισμούς. Η επίδραση αυτή δεν είναι μονομερής αλλά στην πλειονότητα των περιπτώσεων αμφίδρομη και περιλαμβάνει πολλά ενδιάμεσα στάδια και διεργασίες. Στη διαμόρφωση των τιμών των παραμέτρων αυτών, εκτός από τους φυσικούς και δυναμικούς, υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι η τοπογραφία και η γεωμετρία του περιβάλλοντος χώρου (Landsberg 1981, Oke 1999, Stull 2000, Vardavas and Taylor 2007).

### 2.1 Συνθήκες ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος

Το ατμοσφαιρικό περιβάλλον, εντός του οποίου διαβιούν και αναπτύσσονται οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί, εκφράζεται ως συνδυασμός των επιμέρους μετεωρολογικών παραμέτρων. Οι παράμετροι αυτές ασκούν μεμονωμένα ιδιαίτερες επιδράσεις στους έμβιους οργανισμούς και η βαρύτητά τους ως προς το ρόλο τους στην ανάπτυξη των φυτών και των ζώων είναι διαφορετική (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας 2010).

Όσον αφορά στους φυτικούς οργανισμούς ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η μελέτη των μετεωρολογικών και κλιματικών παραμέτρων μεμονωμένα και όχι συνδυαστικά μέσω δεικτών, διότι στην περίπτωση αυτή δεν είναι εφικτή η ποσοτικοποίηση των αντιδράσεών τους. Επειδή η επίδραση των περιβαλλοντικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, βροχή, άνεμος κ.ά.) στην επιβίωση, ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτικών οργανισμών, όπως και ο ρόλος που παίζουν οι φυσιολογικές τους λειτουργίες στη διαμόρφωση των τιμών των μετεωρολογι-

κών παραμέτρων, αποτελεί αντικείμενο κυρίως της Γεωργικής Μετεωρολογίας<sup>1</sup>, δεν αναλύονται στο βιβλίο αυτό.

Στην προκειμένη περίπτωση κρίνεται σκόπιμη η περιληπτική αναφορά στην ακτινοβολία, στη θερμοκρασία, στην υγρασία και στη διεύθυνση και ένταση του ανέμου. Όλα τα παραπάνω αποτελούν παραμέτρους που υπεισέρχονται στην πλειονότητα των βιομετεωρολογικών-βιοκλιματικών δεικτών, για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης των ζωικών οργανισμών και ιδιαίτερα του ανθρώπου.

### 2.1.1. Ηλιακή ακτινοβολία

Ο όρος ηλιακή ακτινοβολία αναφέρεται στην ηλιακή ενέργεια, η οποία φτάνει στη Γη από τον ήλιο. Αυτή στο μεγαλύτερο ποσοστό της (περίπου 99%) είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσης και το υπόλοιπο σωματιδιακής. Η ηλιακή ακτινοβολία παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ζωής στη Γη, διότι δημιουργεί τις προϋποθέσεις διαμόρφωσης του θερμικού καθεστώτος διατήρησης των βιολογικών δραστηριοτήτων των έμβιων όντων της βιόσφαιρας και συντήρησης του υδρολογικού κύκλου.

Η Βιομετεωρολογία-Βιοκλιματολογία ασχολείται κυρίως με τις μετεωρολογικές συνθήκες των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας, όπου η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε άλλες μορφές ενέργειας κοντά στην επιφάνεια της Γης, επηρεάζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης, ανάπτυξης και διαβίωσης των ζώντων οργανισμών. Έτσι, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας, που φτάνει στη γήινη επιφάνεια απευθείας λέγεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία (direct solar radiation), ενώ το ποσοστό εκείνο της ηλιακής ακτινοβολίας που διαχέεται από την ατμόσφαιρα και φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους απ' όλα τα σημεία του ουρανού ονομάζεται διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία (diffused solar radiation). Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές της κατά τις ανέφελες ημέρες του θέρους και τις χαμηλότερες κατά τις νεφοσκεπείς του χειμώνα. Αντίθετα, η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι γενικά υψηλότερη κατά τις νεφοσκεπείς ημέρες και χαμηλότερη τις ανέφελες. Το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια εκφράζει την ολική ηλιακή ακτινοβολία (global solar radiation).

Το ποσοστό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, που ανακλάται από την επιφάνεια του εδάφους και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, απ' όπου και πάλι επιστρέφει στο έδαφος, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία, ορίζεται ως ανακλώμενη ακτινοβολία (reflected radiation).

1. *Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. Αικ. Χρονοπούλου-Σερέλη και Α. Φλόκας 2010. Εκδόσεις Ζήτη.

Η γήινη επιφάνεια θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να εκπέμπει θερμικής μορφής ενέργεια μεγάλου μήκους κύματος, που ονομάζεται γήινη ακτινοβολία (terrestrial radiation). Παράλληλα, η ατμόσφαιρα, θερμαινόμενη κι αυτή με τη σειρά της, εκπέμπει ακτινοβολία προς κάθε κατεύθυνση, που ονομάζεται ατμοσφαιρική ακτινοβολία (atmospherical radiation).

Οι ακτινοβολίες, όπως έχουν οριστεί ανωτέρω, παρουσιάζουν διαφορετική φασματική σύνθεση. Πιο συγκεκριμένα, η άμεση και η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι μικρού μήκους κύματος (short wave radiation), ενώ η γήινη και η ατμοσφαιρική χαρακτηρίζονται ως ακτινοβολίες μεγάλου μήκους κύματος (long wave radiation). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα υπάρχει ολόκληρο σύστημα ακτινοβολιών διαφορετικών φασματικών τύπων και διευθύνσεων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η γνώση του ενεργειακού ποσού που μεταφέρεται από τις παραπάνω ακτινοβολίες, ώστε να είναι τελικά δυνατό να προσδιοριστεί για κάθε επιφάνεια το πολύ χρήσιμο, από κλιματικής πλευράς, ισοζύγιο των ακτινοβολιών (Φλόκας 1997).

Για τη μελέτη της μεταφερόμενης ποσότητας ενέργειας, χρησιμοποιούνται μεγέθη όπως η ροή και η ένταση ακτινοβολίας. Με τον όρο ροή (radiant flux - flux of radiation) εκφράζεται η ισχύς που εκπέμπεται, μεταδίδεται ή προσλαμβάνεται με τη μορφή ακτινοβολίας. Ένταση ακτινοβολίας (intensity-radiant intensity) είναι το πηλίκο της ροής, που εκπέμπεται από μια πηγή ή από ένα στοιχείο της πηγής σε ένα στοιχειώδη κώνο, που περιλαμβάνει τη δεδομένη διεύθυνση, διά της στερεάς γωνίας του κώνου αυτού. Ροή ακτινοβολίας (irradiance) ονομάζεται το πηλίκο της ροής ακτινοβολίας, που προσπίπτει σε ένα απειροστό στοιχείο επιφάνειας, που περιλαμβάνει το θεωρούμενο σημείο, διά της στοιχειώδους αυτής επιφάνειας (Ελληνική Μετεωρολογική Εταιρεία 1998) και εκφράζεται αριθμητικά σε  $W \cdot m^{-2}$ .

Η ηλιακή ακτινοβολία κατανέμεται σε τέσσερις διακριτές φασματικές περιοχές. Η πρώτη αναφέρεται στην περιοχή του φάσματος της υπεριώδους ακτινοβολίας (290 έως 380 nm), η δεύτερη στη φωτοσυνθετικά ενεργό (380 έως 710 nm), η τρίτη στην υπέρυθρη (750 έως 4.000 nm) και η τέταρτη στη μεγάλου μήκους κύματος (4.000 έως 100.000 nm) ακτινοβολία.

Ειδικότερα, το φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας υποδιαιρείται σε δυο περιοχές. Η πρώτη έχει μήκος κύματος άνω των 315 nm και ευθύνεται για τον φθορισμό των φυτών, ενώ η δεύτερη που βρίσκεται κάτω των 315 nm, παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή της βιταμίνης D, που συντίθεται στην επιδερμίδα του σώματος των ζωικών οργανισμών από την εργοστερόλη και έχει αντιραχτιτικές ιδιότητες. Ακόμη, έχει διαπιστωθεί ότι ακτινοβολία με μήκος κύματος 297 nm προκαλεί αποστείρωση του δέρματος. Επισημαίνεται ότι στο ηλιακό φως δεν υπάρχει ακτινοβολία με μήκος κύματος μικρότερο από 280 nm, δύναται όμως να

παραχθεί τεχνητά με λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας. Αυτή έχει ισχυρή αποστειρωτική δράση, είναι εξαιρετικά επιβλαβής στην όραση και καταστροφική για ορισμένα είδη φυτών (Gates 1965).

Η φασματική περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (Photosynthetically Active Radiation, PAR) διαιρείται σε τρεις υποπεριοχές. Η πρώτη φτάνει μέχρι τα 510 nm και είναι η περιοχή του μπλε-ιώδους χρώματος, η οποία απορροφάται σε μεγάλο ποσοστό από τη χλωροφύλλη των φυτών, συμβάλλοντας στην έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και στη δημιουργία σημαντικών ποσοτήτων βιομάζας. Η δεύτερη, που φτάνει τα 610 nm, είναι η περιοχή του φάσματος με πράσινο και κίτρινο χρώμα και χαρακτηρίζεται από χαμηλή φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα, ενώ η τρίτη υποπεριοχή φτάνει μέχρι τα 700 nm και αντιστοιχεί στο ερυθρό τμήμα του φάσματος, που αφορά ακτινοβολίες με ισχυρή απορρόφηση από τη χλωροφύλλη και έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας 2010).

Η φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία εκφράζει το 46% περίπου της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία αυτή αντιπροσωπεύει την εισερχόμενη ενέργεια στην περιοχή του ορατού φάσματος ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου και εκφράζεται σε  $W \cdot m^{-2}$ . Η PAR σε πολλές εφαρμογές, που αφορούν βιολογικά φαινόμενα, εκφράζεται αριθμητικά σε  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot sec^{-1}$  και υποδηλώνει τον αριθμό των εισερχόμενων φωτονίων στην περιοχή του ορατού φάσματος ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου και είναι γνωστή ως PPF (Photosynthetic Photon Flux Density).

Τέλος, η φασματική περιοχή της υπέρυθρης ακτινοβολίας θεωρείται ότι έχει εκτός από θερμικές και σημαντικές φωτομορφογενετικές επιδράσεις στα φυτά, ενώ η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία έχει μόνο θερμικές επιδράσεις.

Η ηλιακή ακτινοβολία και ιδιαίτερα η άμεση παίζει σημαντικό ρόλο στη θερμορρύθμιση των ζωικών οργανισμών και κατ' επέκταση του ανθρώπου, με αποτέλεσμα να έχει ιδιαίτερη σημασία στις διαμορφούμενες συνθήκες της θερμικής του άνεσης (Nielsen et al. 1988, Nielsen 1990, Blazejczyk 1994). Έχει αποδειχθεί ότι σε ιδιαίτερα θερμές περιοχές η ηλιακή ακτινοβολία μειώνει τη θερμική άνεση του ανθρώπου και διαμορφώνει δυσμενείς βιομετεωρολογικές συνθήκες (Rohles and Wallis 1979, Parsons 1993). Αντίθετα, σε ψυχρές περιοχές η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να διαμορφώσει ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες και για το λόγο αυτόν είναι ιδιαίτερα επιθυμητή από τους κατοίκους των περιοχών αυτών.

Για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης, ως αποτέλεσμα της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας, έχουν χρησιμοποιηθεί δύο τεχνικές. Η πρώτη αναφέρεται σε μετρήσεις της φυσιολογικής απόκρισης του ανθρώπου και η δεύτερη σε μετρήσεις κατάλληλων ομοιωμάτων του (Hodder and Parsons 2007).



### 2.1.1.1. Ολική ηλιακή ακτινοβολία

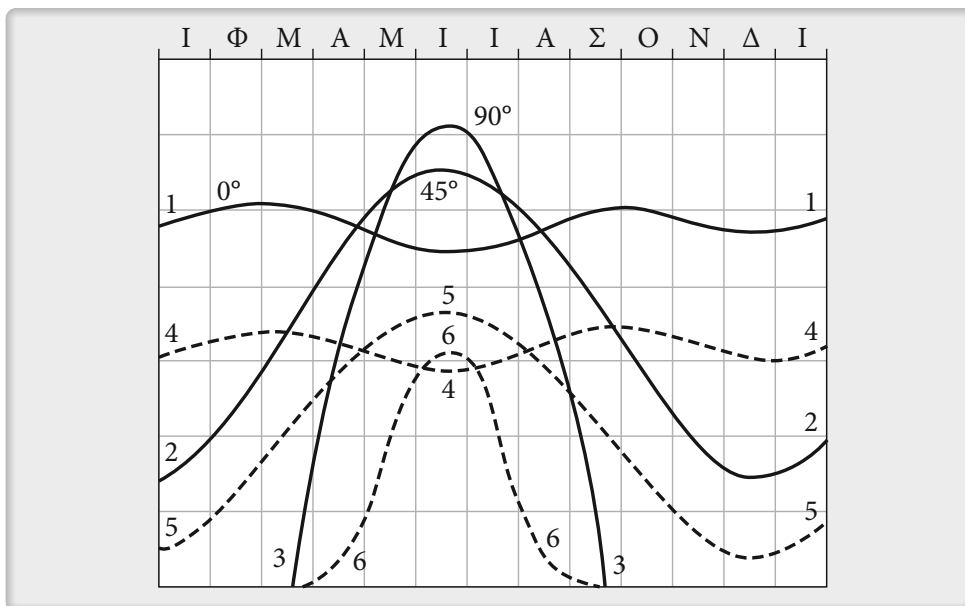
Η βασικότερη ρυθμιστική παράμετρος της θερμικής κατάστασης της Γης είναι η ολική ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι σπουδαιότεροι των οποίων είναι η τιμή της ηλιακής σταθεράς, το ύψος του Ήλιου, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και η εποχή του έτους, το υψόμετρο, ο προσανατολισμός και η κλίση της επιφάνειας πρόσπτωσης, η απορρόφηση και η διάχυση της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, ως και το ποσοστό της νέφωσης και ειδικότερα ο τύπος των νεφών και η διάταξή τους στον ουράνιο θόλο σε συνδυασμό με τη θέση του Ήλιου.

Η ηλιακή σταθερά εκφράζει την ολοφασματική ηλιακή ενέργεια, που διέρχεται από τη μονάδα της επιφάνειας ( $1 \text{ cm}^2$ ), που βρίσκεται κάθετα στις ηλιακές ακτίνες, στη μονάδα του χρόνου ( $1 \text{ min}$ ) χωρίς την επίδραση της ατμόσφαιρας ή σε σημείο οριακά έξω απ' αυτήν και σε απόσταση μιας αστρονομικής μονάδας ( $149,5 \times 10^6 \text{ km}$ ) από τον ήλιο (Φλόκας 1997). Η τιμή της ηλιακής σταθεράς παίρνει τη μέγιστη τιμή της τον Ιανουάριο ( $1.435 \text{ Wm}^{-2}$ ) και την ελάχιστη τον Ιούλιο ( $1.335 \text{ Wm}^{-2}$ ) λόγω της μεταβαλλόμενης απόστασης γης και Ήλιου στις διαφορετικές εποχές του έτους. Η μικρή αυτή διακύμανση των τιμών της ηλιακής σταθεράς συμβάλλει στη διατήρηση της θερμοκρασιακής κατάστασης του πλανήτη μας σε σταθερά επίπεδα.

Η Γη, όπως είναι γνωστό, εκτός από την ετήσια περιστροφή της γύρω από τον ήλιο, εκτελεί παράλληλα και μια εικοσιτετράωρη περιοδική περιστροφική κίνηση γύρω από τον άξονά της. Οι κινήσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τόσο το μεταβαλλόμενο χρονικό διάστημα παραμονής του Ήλιου πάνω από τον ορίζοντα ενός τόπου κατά τη διάρκεια του έτους, όσο και το μεταβαλλόμενο ύψος του. Οι μεταβολές αυτές διαμορφώνουν διαφορετικές τιμές έντασης ηλιακής ακτινοβολίας, ανάλογα με την εποχή του έτους και το γεωγραφικό πλάτος της εκάστοτε περιοχής. Έτσι, σε περιοχές του Ισημερινού (μηδενική τιμή γεωγραφικού πλάτους) με σταθερή διάρκεια ημέρας σ' όλο το έτος και μεταβαλλόμενο μόνο το ύψος του Ήλιου από μήνα σε μήνα, διαπιστώνεται τόσο με ατμόσφαιρα όσο και χωρίς αυτή (Σχ. 2.1.1) διπλή κύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, με δύο μέγιστα κατά το Μάρτιο και Σεπτέμβριο και δύο ελάχιστα τον Ιούνιο και Δεκέμβριο. Με την αύξηση όμως του γεωγραφικού πλάτους τα δύο μέγιστα συγκλίνουν σ' ένα, δηλαδή παρατηρείται απλή κύμανση της ετήσιας πορείας της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το υψόμετρο, ο προσανατολισμός και η κλίση των επιφανειών παίζουν σημαντικό ρόλο στο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφός τους, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στα προσλαμβανόμενα ποσά ενέργειας σε θέσεις που έχουν σχετικά μικρή απόσταση μεταξύ τους.





**Σχήμα 2.1.1.** Ενδεικτική πορεία της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας (— χωρίς ατμόσφαιρα, ---- με ατμόσφαιρα) στον Ισημερινό και σε περιοχές με γεωγραφικό πλάτος 45° και 90° κατά τη διάρκεια του έτους (κατά Καραπιπέρη 1967).

Έτσι, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή και την ώρα της ημέρας, η ένταση και η διάρκεια της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζει έντονη μεταβλητότητα στο χώρο και στο χρόνο. Αυτό αποδίδεται κυρίως στη μεταβλητότητα των γωνιών πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων. Επιπλέον, θέσεις όπου η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει κάθετα δέχονται σημαντικά μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από αντίστοιχες στις οποίες η γωνία πρόσπτωσης είναι πολύ μικρή έως μηδενική. Η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έτσι σε οριζόντιες επιφάνειες οι μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρος παρατηρούνται κατά τις μεσημβρινές ώρες. Το ίδιο δεν συμβαίνει όταν πρόκειται για κεκλιμένες επιφάνειες, όπου η διαμόρφωση της μέγιστης θερμοκρασίας είναι συνάρτηση της κλίσης και του προσανατολισμού τους ανάλογα με την ώρα της ημέρας (Goulding et al. 1992).

Ο συνδυασμός της μεταβλητότητας του υψομέτρου, των κλίσεων, και του προσανατολισμού των διάφορων θέσεων παίζει καθοριστικό ρόλο στην προσλαμβανόμενη ολική ηλιακή ακτινοβολία και κατ' επέκταση στη διαμόρφωση του ανάλογου θερμικού καθεστώτος. Έτσι, κατά τις πρωινές ώρες της ημέρας οι ανατολικές και νοτιοανατολικές και κατά τις απογευματινές οι δυτικές και νοτιοδυτικές εκθέσεις περιοχών του βορείου ημισφαιρίου της Γης δέχονται θεωρητι-

κά το ίδιο ποσοστό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά παρουσιάζουν διαφορετική θερμική κατάσταση. Εμφανίζονται δηλαδή, οι ανατολικές εκθέσεις γενικά ψυχρότερες απ' ό,τι οι δυτικές. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι ένα ποσοστό της ακτινοβολίας καταναλώνεται για την εξάτμιση της πρωινής δρόσου των ανατολικών εκθέσεων, πράγμα που δεν συμβαίνει στις δυτικές.

Η ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διέλευσή της μέσα από την ατμόσφαιρα εξασθενεί λόγω της σκέδασης - διάχυσης. Το φαινόμενο αυτό δημιουργείται, όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σ' ένα σωματίδιο που αιωρείται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η ηλιακή ακτινοβολία να κατανέμεται προς όλες τις κατευθύνσεις γύρω απ' αυτό. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπέσει σε σωματίδια, που η διάστασή τους είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το μήκος κύματός της, τότε η σκέδαση χαρακτηρίζεται ως μοριακή. Στην περίπτωση αυτή η εξασθένιση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι εκλεκτική ως εξαρτώμενη από το μήκος κύματός της και εκθετική (νόμος του Rayleigh). Σκέδαση εκλεκτική και εκθετική παρατηρείται και σε αερολύματα διαμέτρου ίσης περίπου με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Για αερολύματα όμως μεγάλου μεγέθους, όπως οι υδροσταγόνες των νεφών, η εξασθένιση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ανεξάρτητη του μήκους κύματός της.

Εκτός από τη σκέδαση - διάχυση η ηλιακή ακτινοβολία διερχόμενη από την ατμόσφαιρα υφίσταται και απορρόφηση, η οποία οφείλεται κυρίως στο οξυγόνο, στο όζον, στο διοξείδιο του άνθρακα, στους υδρατμούς και στον κονιορτό της ατμόσφαιρας. Η απορρόφηση αυτή σχετίζεται με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας και τις ιδιότητες των στοιχείων ή ενώσεων να την απορροφούν σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. Έτσι, το όζον και το οξυγόνο της ανώτερης ατμόσφαιρας για μήκη κύματος μικρότερα από 0,3 μm απορροφούν σχεδόν καθολικά την ακτινοβολία, με αποτέλεσμα η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στη Γη να είναι αμελητέα. Αντίθετα, στην περιοχή του φάσματος από 0,3 έως 0,7 μm η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, που οφείλεται κυρίως στο όζον και στο οξυγόνο είναι σταθερή και μικρή, επιτρέποντας έτσι τη διέλευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας προς την επιφάνεια της Γης (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκα 2010). Για μεγαλύτερα μήκη κύματος (έως 4 μm) η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα, που αποδίδεται στο οξυγόνο και στους υδρατμούς, ενώ για μήκη κύματος ακόμη μεγαλύτερα (έως 15 μm) η απορρόφηση, που αποδίδεται στο διοξείδιο του άνθρακα, στους υδρατμούς και στο οξυγόνο, είναι εξαιρετικά έντονη σ' ορισμένες περιοχές του φάσματος. Επισημαίνεται ότι υπάρχουν υποπεριοχές όπου η απορρόφηση είναι αμελητέα.

### 2.1.1.2. Γήινη ακτινοβολία

Το σύνολο των ακτινοβολιών που εκπέμπονται από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρά της (ύψος έως 50 km) χαρακτηρίζονται ως γήινη ακτινοβολία.

Αυτή είναι μεγάλου μήκους κύματος και το φάσμα της πρακτικά εντοπίζεται στο εύρος των 1,5 έως 100 μ, με μέγιστη ένταση, που αντιστοιχεί σε ακτινοβολίες που βρίσκονται περίπου στα 10 μ. Στην περιοχή αυτή του φάσματος (8 έως 12 μ) που είναι γνωστή ως ατμοσφαιρικό παράθυρο (χαρακτηρίζεται από μικρή απορρόφηση) ποσοστό 9% περίπου της γήινης ακτινοβολίας διαφεύγει προς το διάστημα, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό απορροφάται έντονα από τα συστατικά της ατμόσφαιρας με μεγάλο μοριακό βάρος (H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>), με αποτέλεσμα τη θέρμανση της γήινης ατμόσφαιρας (Σαχσαμάνογλου και Μακρογιάννης 1998). Έτσι, παρατηρούνται θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές που θα διαμορφώνονταν εάν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα. Η δέσμευση αυτή της ακτινοβολίας από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είναι γνωστή ως φαινόμενο ή ατμοσφαιρική επίδραση θερμοκηπίου.

### 2.1.2. Ηλιοφάνεια

Ως ηλιοφάνεια ή διάρκεια ηλιοφάνειας χαρακτηρίζεται το χρονικό διάστημα (συνήθως σε ώρες) κατά το οποίο η άμεση ηλιακή ακτινοβολία δεν παρεμποδίζεται από νέφη ή άλλα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια και φτάνει ανεμπόδιστα μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Αυτό σημαίνει ότι, αν δεν υπήρχε η μεταβαλλόμενη νέφωση από ημέρα σε ημέρα και από εποχή σε εποχή και οι διαφορετικές εδαφικές εξάρσεις στον ορίζοντα της ανατολής και της δύσης του Ήλιου, η διάρκεια της ηλιοφάνειας θα είχε την ίδια τιμή για μια συγκεκριμένη ημέρα σε όλους τους τόπους του ίδιου γεωγραφικού πλάτους (θεωρητική ηλιοφάνεια). Αυτό όμως δεν ισχύει, δηλαδή η πραγματική ηλιοφάνεια (H<sub>π</sub>), η οποία εκφράζει τις μετρούμενες τιμές της διάρκειας της ηλιοφάνειας, είναι πάντα μικρότερη από την αντίστοιχη θεωρητική (H<sub>θ</sub>).

Για τη συγκριτική μελέτη της πραγματικής ηλιοφάνειας των διάφορων περιοχών κρίνεται απαραίτητη η χρήση ενός μεγέθους, που ονομάζεται κλάσμα ηλιοφάνειας (K). Αυτό εκφράζεται από το λόγο της πραγματικής διάρκειας ηλιοφάνειας για μια δεδομένη περιοχή προς την αντίστοιχη τιμή της θεωρητικής ηλιοφάνειας.

$$K = \frac{H_{\pi}}{H_{\theta}} \quad 2.1.1$$

Η διάρκεια της πραγματικής ηλιοφάνειας προσδιορίζεται με ειδικά όργανα, τα οποία ονομάζονται ηλιογράφοι. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας οι ηλιογράφοι διακρίνονται σε αυτούς στους οποίους χρησιμοποιείται η θερμαντική ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας (όπως οι Campbell-Stokes και Marvin) και σ' αυτούς που αξιοποιείται η χημική δράση της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας (όπως οι Jordan και Pers). Στην περίπτωση των αυτόματων μετεωρολογικών

σταθμών χρησιμοποιείται αισθητήρας, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να προσδιορίζει την άμεση, τη διάχυτη και την ολική ηλιακή ακτινοβολία, ενώ παράλληλα προσδιορίζεται και η διάρκεια της πραγματικής ηλιοφάνειας (Χρονοπούλου-Σερέλη κ.ά. 2001). Όταν δεν υπάρχει η κατάλληλη υποδομή οργάνων μέτρησης της ηλιοφάνειας, τότε αυτή μπορεί να υπολογιστεί έμμεσα με τη βοήθεια ορισμένων παραμέτρων.

Πιο συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων και ετήσιων τιμών της πραγματικής ηλιοφάνειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο εμπειρικός τύπος του Angot (Ζαμπάκας 1981), στον οποίο συμμετέχουν οι παράμετροι της νέφωσης ( $N$ ), που εκφράζει το κλάσμα σε όγδοα του ουράνιου θόλου μιας περιοχής, η οποία καλύπτεται από νέφη και της θεωρητικής ηλιοφάνειας ( $H_0$ ).

$$H_{\pi} = H_0 \left(1 - \frac{N}{8}\right) \quad 2.1.2$$

Για την εκτίμηση της μηνιαίας τιμής της πραγματικής ηλιοφάνειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης ο ακόλουθος εμπειρικός τύπος

$$H_{\pi} = \frac{H_0}{v} (a_n + \beta v_1 + \gamma v_2) \quad 2.1.3$$

όπου:  $v$  = αριθμός ημερών του μήνα

$v_1$  = αριθμός των αίθριων ημερών (νέφωση μικρότερη ή ίση με 1,8 όγδοα) του μήνα

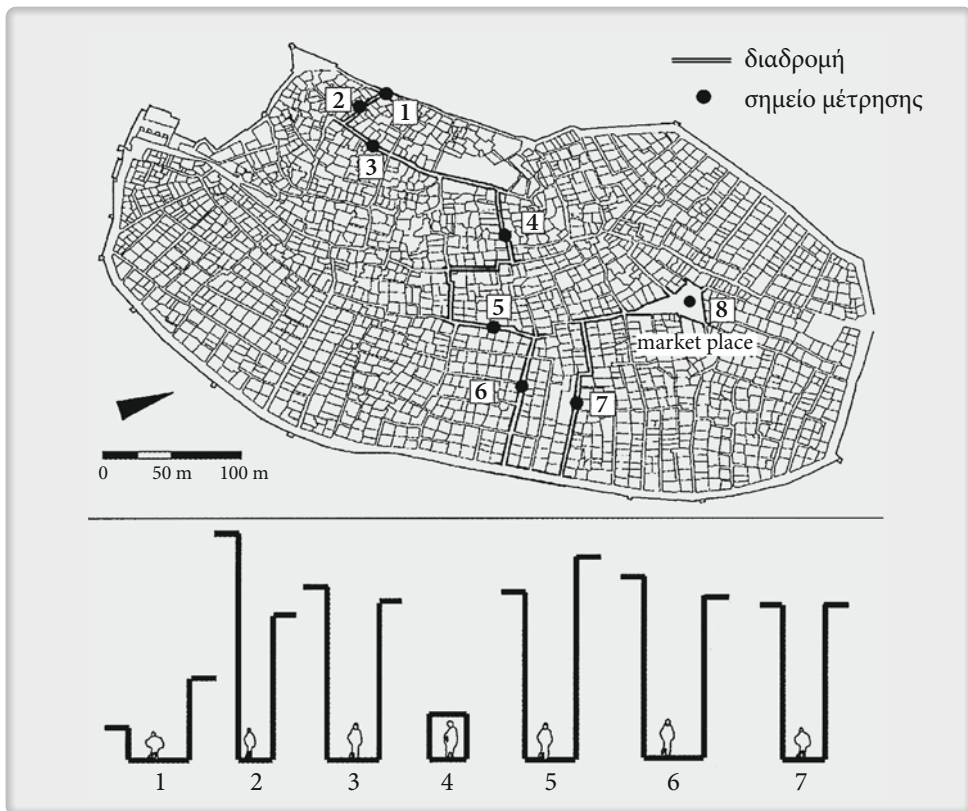
$v_2$  = αριθμός των νεφοσκεπών ημερών (νέφωση μεγαλύτερη ή ίση με 6,4 όγδοα) του μήνα

Κατά την ψυχρή περίοδο του έτους (Οκτώβριος έως και Μάρτιος) οι εμπειρικοί συντελεστές  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  παίρνουν αντίστοιχα τις τιμές 0,625, 0,275 και -0,525, ενώ κατά τη θερμή περίοδο (Απρίλιος έως και Σεπτέμβριος) τις τιμές 0,75, 0,15 και -0,65 (Ζαμπάκας 1981).

Ο εμπειρικός αυτός τύπος δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε περιοχές με μεσογειακό τύπο κλίματος και έχει ιδιαίτερη εφαρμογή σε περιπτώσεις εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

### 2.1.3. Θερμοκρασία αέρα

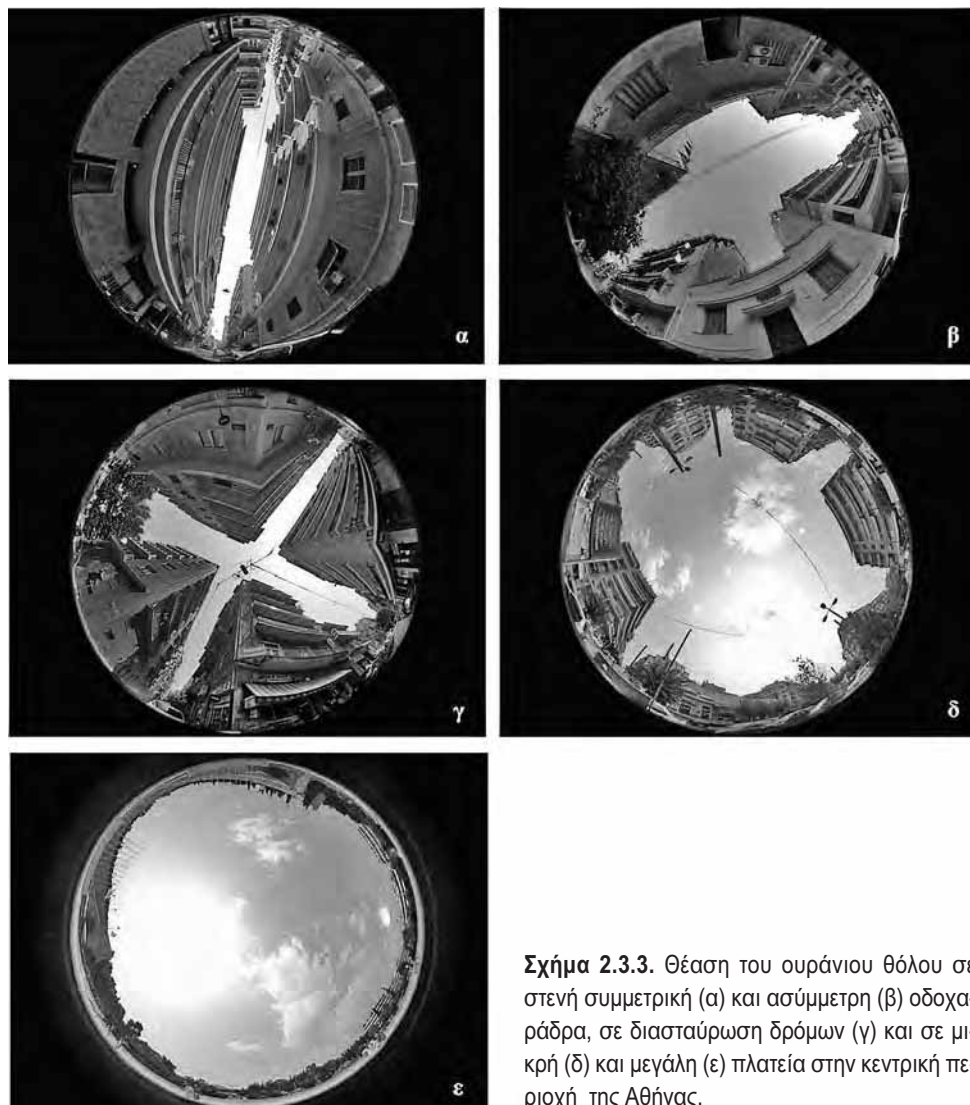
Η θερμοκρασία ενός υλικού εκφράζει το βαθμό της μοριακής του δράσης ή της θερμότητάς του. Διευκρινίζεται ότι με τον όρο θερμότητα χαρακτηρίζεται η μορφή της ενέργειας που εξαρτάται από τη δομή της ύλης και η οποία είναι δυνατόν να μεταδοθεί σε διάφορα συστήματα ή σώματα με διάφορους τρόπους ή να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας 2010).



**Σχήμα 2.3.2.** Κάτοψη της παλιάς πόλης Beni-Isguen, στην κοιλάδα Mzab ( $32.40^{\circ}$  N,  $3.80^{\circ}$  E) της Αλγερίας, με τη διαδρομή και τα διαδοχικά σημεία μέτρησης σε μικρή πλατεία και οδοχαράδρες με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά (κατά Ali-Toudert et al. 2005).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συσχέτιση του SVF μεταξύ στενής συμμετρικής και ασύμμετρης οδοχαράδρας, διασταύρωσης δρόμων, όπως και μικρής και μεγάλης πλατείας (Σχ. 2.3.3). Ο δείκτης αυτός στη στενή οδοχαράδρα θα λαμβάνει πολύ μικρή τιμή, σχεδόν μηδενική, σε αντίθεση με τη μεγάλη πλατεία που θα πλησιάζει τη μονάδα, ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις θα λαμβάνει ενδιάμεσες τιμές.

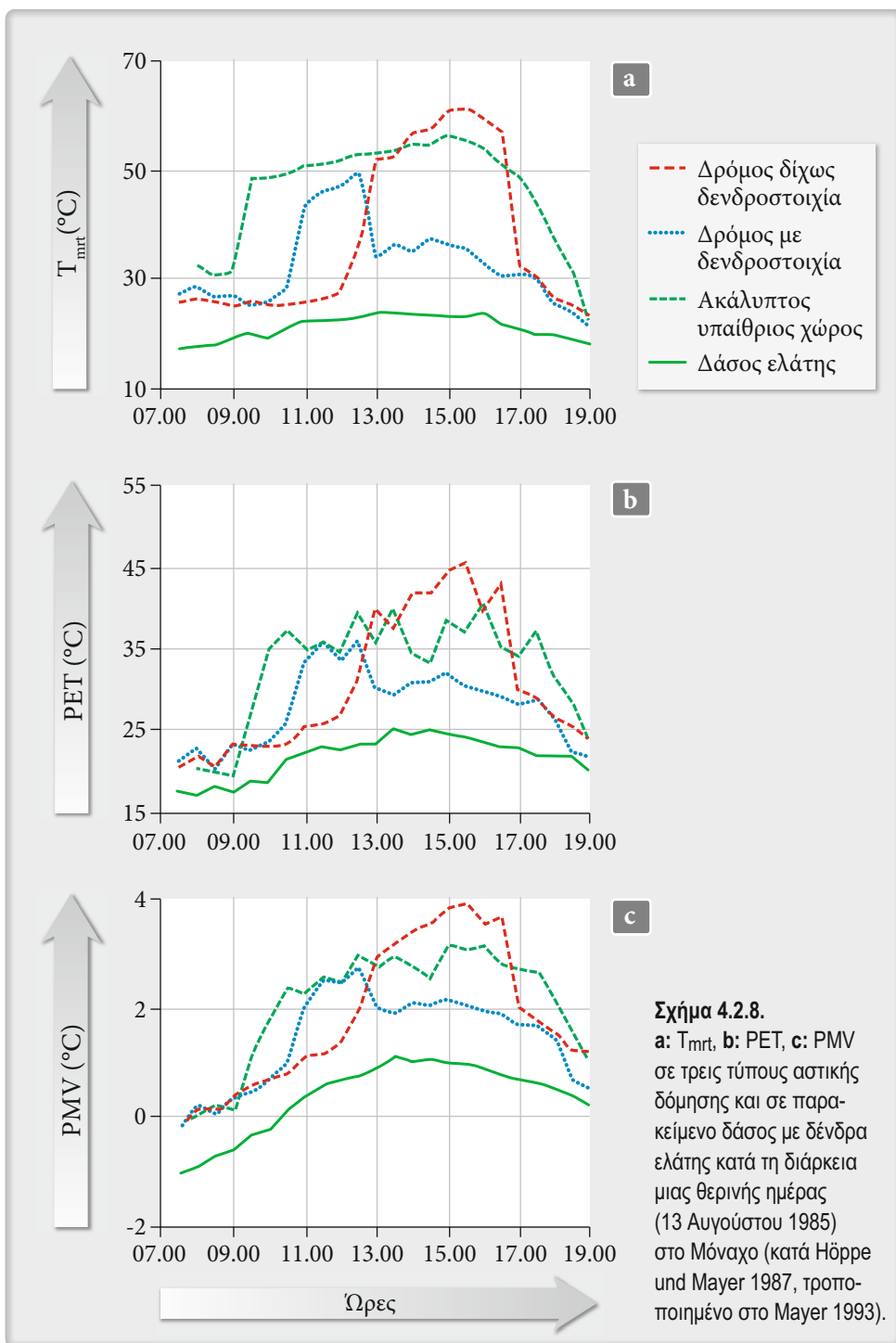
Αξίζει να επισημανθεί η συμμετοχή της βλάστησης στη διαμόρφωση της τιμής του SVF σε οδοχαράδρες, που έχουν χαρακτηριστεί και χρησιμοποιούνται ως πεζόδρομοι. Δηλαδή, όταν η βλάστηση βρίσκεται δίπλα στα κτήρια (Σχ. 2.3.4α) η συμμετοχή της στη διαμόρφωση της τιμής του SVF είναι εξαιρετικά μικρή, σε αντίθεση με την περίπτωση που αυτή αναπτύσσεται σχεδόν σε όλο το πλάτος του δρόμου (Σχ. 2.3.4β) οπότε η συμμετοχή της είναι μεγάλη.



**Σχήμα 2.3.3.** Θέαση του ουράνιου θόλου σε στενή συμμετρική (α) και ασύμμετρη (β) οδοχαράδρα, σε διασταύρωση δρόμων (γ) και σε μικρή (δ) και μεγάλη (ε) πλατεία στην κεντρική περιοχή της Αθήνας.

Σε φυτοκαλυμμένους χώρους, όπως είναι τα πάρκα, η διάταξη και η πυκνότητα της βλάστησης παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τιμή του SVF. Έτσι, σε φυσικά αίθρια (Σχ. 2.3.4γ) πάρκων, τα οποία θα μπορούσε κανείς να αντιστοιχίσει με πλατείες του δομημένου χώρου, η τιμή του SVF πλησιάζει, ενίοτε, τη μονάδα. Αντίθετα, σε θέσεις με πυκνή και υψηλή βλάστηση, όπου ο ουράνιος θόλος καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από αυτήν (Σχ. 2.3.4δ) η τιμή του SVF είναι πολύ μικρή και ορισμένες φορές πλησιάζει το μηδέν, συνθήκες δηλαδή θέασης ουράνιου θόλου αντίστοιχες με αυτές που επικρατούν σε πυκνοδομημένη αστική περιοχή με βαθιές οδοχαράδρες.





# 6

## Βιοκλιματική συμπεριφορά ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων

### 6.1

#### Διαχρονική εξέλιξη ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων

Οι ελεύθεροι κοινόχρηστοι χώροι είχαν αρχικά διακριθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη αναφερόταν σε κήπους και πάρκα και η δεύτερη σε δρόμους και πλατείες. Οι κήποι εμφανίστηκαν αρχικά στις ανεπτυγμένες κοινωνίες της Ασίας και είχαν τη μορφή αγροκηπίου με διάφορες καλλιέργειες κηπευτικών και καρποφόρων δένδρων. Η χρήση του νερού ήταν απαραίτητη τόσο για την ανάπτυξη των φυτών, όσο και για την προσπάθεια μείωσης των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούσαν στις περιοχές αυτές. Οι κήποι βρίσκονταν συνήθως κοντά και γύρω από τα κτήρια και εντάσσονταν οργανικά σε αυτά. Η φύτευση ήταν γραμμική και αναπτυσσόταν τόσο περιμετρικά του κτηρίου όσο και κατά μήκος της κύριας εισόδου (Αίγυπτος, Περσία και αργότερα Ινδία). Στην Ιταλία κατά την Αναγέννηση υπήρχε σύνδεση του κήπου με το κτήριο διά μέσου στεγαστρων και προοδευτικά ο κήπος κατέληξε να θεωρείται λειτουργικά ισοδύναμος με το κτήριο (Αραβαντινός και Κοσμάκη 1988).

Οι κήποι στα ισλαμικά τεμένη και τα ανάκτορα της Ισπανίας διακρίνονται από την παρουσία περιστυλίων και τη συνέχεια που έχουν μεταξύ τους. Τα γεωμετρικά σχήματα χαρακτηρίζουν τη μορφή των φυτεύσεων και το νερό είναι απαραίτητο στοιχείο στη συνολική εικόνα του χώρου. Αυτό συμμετέχει είτε ως κινούμενο στοιχείο με τη μορφή καναλιού ή πηγής είτε ως στάσιμο με τη μορφή λίμνης.

Κατά το μεσαίωνα, στα κάστρα και στα συγκροτήματα των μοναστηριών αρχικά οι κήποι εξυπηρετούσαν κυρίως ανάγκες διατροφής. Αυτός είναι ο κύριος λόγος που οδήγησε στην καλλιέργεια χρηστικών φυτών (κηπευτικά, καρποφόρα



δένδρα, αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά κ.ά.). Το σχήμα του κήπου ήταν ορθογώνιο για να διευκολύνονται οι κάθε είδους καλλιεργητικές φροντίδες. Στους κήπους των κάστρων εμφανίζονται αργότερα και άλλα στοιχεία, που εξυπηρετούν περισσότερο αισθητικούς και ψυχαγωγικούς σκοπούς, όπως είναι η δημιουργία οριοθετημένων ανθοφόρων παρτεριών, καθιστικών κ.ά.

Μετά το μεσαίωνα, ο λειτουργικός υπαίθριος χώρος, που περιβάλλει τα ανάκτορα βασιλέων και αυτοκρατόρων, είχε σε σύγκριση με το μέγεθός τους πολλαπλάσια έκταση, ήταν ελεγχόμενος και χρησιμοποιούνταν για κυνήγι και διάφορες εορταστικές εκδηλώσεις. Οι αρχές οργάνωσης των χώρων αυτών καθορίζονταν ανάλογα με το περιβάλλον τοπίο, τη χρήση και τη φιλοσοφική αντίληψη, που επικρατούσε την εποχή εκείνη. Έτσι, τα πρώτα μεγάλα πάρκα δημιουργήθηκαν ως χώροι αναψυχής βασιλέων, αυτοκρατόρων και άλλων ατόμων εύπορων οικογενειών. Οι διαμορφωμένοι αυτοί χώροι με την προοδευτική επέκταση των κατοικημένων περιοχών ενσωματώθηκαν σ' αυτές και αποτέλεσαν τα πρώτα διαμορφωμένα δημόσια αστικά πάρκα.

Η διαμόρφωση των πάρκων κατά τον 17ο αιώνα εμφανίζει μία έντονα αξονική ανάπτυξη, με συμμετρικά σχήματα και ανοικτό οπτικό πεδίο. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται να δηλωθεί η επιβολή της άρχουσας τάξης, που εκφράζεται με την κοινωνική θέση, τον πλούτο και την ισχύ στο φυσικό τοπίο. Το επίπεδο τοπογραφικό ανάγλυφο του φυσικού τοπίου, η ακτινωτή δημιουργία μονοπατιών για τις ανάγκες του κυνηγιού (Βερσαλλίες) και τα ανθοφόρα παρτέρια σε γεωμετρικά σχήματα αποτέλεσαν τα αρχικά στοιχεία οργάνωσης των γαλλικών πάρκων. Η διαμόρφωση των πάρκων στην Αγγλία δεν ακολούθησε το γαλλικό πρότυπο αλλά βασίστηκε στη δημιουργία ελεύθερων τοπίων με οφιοειδείς δρομίσκους και μονοπάτια, ήπιο ανάγλυφο και επιφάνειες με χλοοτάπητες, που οριοθετούνταν από εκτεταμένες συστάδες δένδρων και θάμνων. Απαραίτητο στοιχείο ήταν επίσης και η παρουσία του νερού με τη μορφή μικρών ποταμών, που δημιουργούνταν τεχνητά ή, εάν προϋπήρχαν στην περιοχή, ενσωματώνονταν στο πάρκο.

Στην Κίνα και στην Ιαπωνία οι διαμορφωμένοι χώροι σε πάρκα περιείχαν λόφους, λίμνες και άλλα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος. Επικράτησε δηλαδή μία τάση αναπαραγωγής του φυσικού τοπίου σε μικρή κλίμακα.

Η δεύτερη κατηγορία κοινόχρηστων χώρων, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι οι δρόμοι και οι πλατείες, που αποτελούν τους πρώτους ανοικτούς δημόσιους χώρους (Zucker 1966). Οι πλατείες κατά την αρχαιότητα χωροθετούνται σε εστιακό σημείο του οικισμού, που μπορεί να είναι η ακρόπολη, το λιμάνι, η πύλη στο εσωτερικό του τείχους κ.ά. Λειτουργούν ως σημεία συνάθροισης των κατοίκων, ως εμπορικό κέντρο και ως χώρος αναψυχής. Οι λειτουργίες αυτές των πλατειών εξακολουθούν και σήμερα να υπάρχουν σε οικισμούς και χωριά, δηλαδή οι δρόμοι και οι πλατείες αποτελούν κυρίαρχα χαρακτηριστικά του τόπου. Στους χώ-

ρους αυτούς η φυτοκάλυψη είναι εξαιρετικά περιορισμένη και στις περισσότερες περιπτώσεις απουσιάζει, ενώ το δάπεδο καλύπτεται με δομικά υλικά, δημιουργώντας μία συνέχεια του δομημένου χώρου.

Στις κατοικημένες αυτές περιοχές συνήθως υπάρχει ο κεντρικός δρόμος, που τις διασχίζει και συνδέει τα κύρια τμήματά τους. Στην κεντρική περιοχή του οικισμού ο δρόμος αυτός διευρύνεται, δημιουργώντας την πλατεία, το μέγεθος της οποίας καθορίζεται από τις δυνατότητες που προσφέρει ο χώρος. Ο κεντρικός δρόμος και η πλατεία συγκεντρώνουν σχεδόν το σύνολο των εμπορικών δραστηριοτήτων και αναψυχής των κατοίκων. Με την εξέλιξη των οικισμών δημιουργήθηκαν νέες πλατείες σε διαφορετικές θέσεις και η κεντρική πλατεία έχασε τον αρχικό της κυρίαρχο ρόλο. Αυτές λειτουργούν πλέον ως ενδιάμεσες στάσεις μιας διαδρομής και όχι ως το κεντρικό σημείο του οικισμού.

## 6.2

### Βιοκλιματικές συνθήκες πλατειών

Οι αστικές περιοχές του μεσογειακού χώρου και ιδιαίτερα της χώρας μας στερούνται ελεύθερων δόμησης φυτοκαλυμμένων επιφανειών που θα βελτιώναν τις μικροκλιματικές συνθήκες της πόλης και θα προσέφεραν αναψυχή στους κατοίκους τους. Εξ αυτού του λόγου προκύπτει η ανάγκη αξιοποίησης κάθε προσφερόμενης για φυτοκάλυψη επιφάνειας ανεξάρτητα μεγέθους.

Για τον επιτυχή σχεδιασμό των επιφανειών αυτών απαραίτητη προϋπόθεση είναι η πρόβλεψη των βιομετεωρολογικών συνθηκών, που αναμένεται να προκύψουν μετά τη διαμόρφωσή τους. Οι γνώσεις αυτές μπορούν να αντληθούν από τη μελέτη υφιστάμενων αστικών χώρων διάφορων μεγεθών και είδους διαμόρφωσης. Στη συνέχεια, με βάση τα δεδομένα που θα προκύψουν, θα γίνει η κατηγοριοποίηση των χώρων αυτών ως προς τη βιομετεωρολογική-βιοκλιματική τους συμπεριφορά. Αυτό σημαίνει ότι αυτοί είναι δυνατόν να αξιολογηθούν ως προς την ικανότητα τους, να διαμορφώσουν ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος στο εσωτερικό τους και ως προς τη δυνατότητά τους να επιδράσουν και να επηρεάσουν ευνοϊκά τον περιβάλλοντα δομημένο χώρο. Έτσι, στοιχεία τα οποία θα έχουν αρνητικές συνέπειες ως προς τη διαμόρφωση ευνοϊκών βιοκλιματικών συνθηκών απορρίπτονται ή περιορίζεται η χρήση τους, ενώ αντίθετα τα θετικά υιοθετούνται και βρίσκουν εφαρμογή στους υπό διαμόρφωση χώρους.

Η μικρότερη κατηγορία φυτοκαλυμμένων κοινόχρηστων χώρων είναι οι πλατείες. Αυτές καλύπτονται, συνήθως, σε μεγάλο ποσοστό από πλάκες, σκυρόδεμα, άσφαλτο κ.ά. και μικρά μόνο τμήματά τους περιέχουν καλλωπιστική βλάστηση. Οι επιφάνειες αυτές βρίσκονται κατά κύριο λόγο σε πυκνοδομημένες περιοχές με έντονο κυκλοφοριακό φόρτο, εξυπηρετούν κυρίως τη ρύθμιση της κυκλο-

φορίας και μόνο, όταν έχουν ικανό μέγεθος, μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως χώροι αναψυχής. Επειδή όμως το μέγεθος των επιφανειών αυτών ποικίλει, με αποτέλεσμα αυτό να έχει επιπτώσεις στη διαμόρφωση των συνθηκών του περιβάλλοντός τους, κρίθηκε αναγκαία η διάκριση των πλατειών ανάλογα με το μέγεθός τους σε τρεις κατηγορίες, δηλαδή στις μικρές, μεσαίες και μεγάλες με έκταση, που φτάνει έως 1, 5 και 10 στρ. αντίστοιχα.

Οι μικρές πλατείες έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τους γνώρισμα ότι το μεγαλύτερο τμήμα τους, το οποίο πολλές φορές υπερβαίνει το 70%, είναι διαστρωμένο με δομικά υλικά. Στους χώρους αυτούς, η παρουσία της βλάστησης είναι μηδαμινή και αντιπροσωπεύεται κυρίως από χλοοτάπητα και ορισμένα διάσπαρτα δένδρα ή θάμνους. Ο ρόλος των επιφανειών αυτών εστιάζεται κυρίως στην κυκλοφοριακή ρύθμιση και την ολιγόλεπτη στάση των πεζών, που τις διασχίζουν.

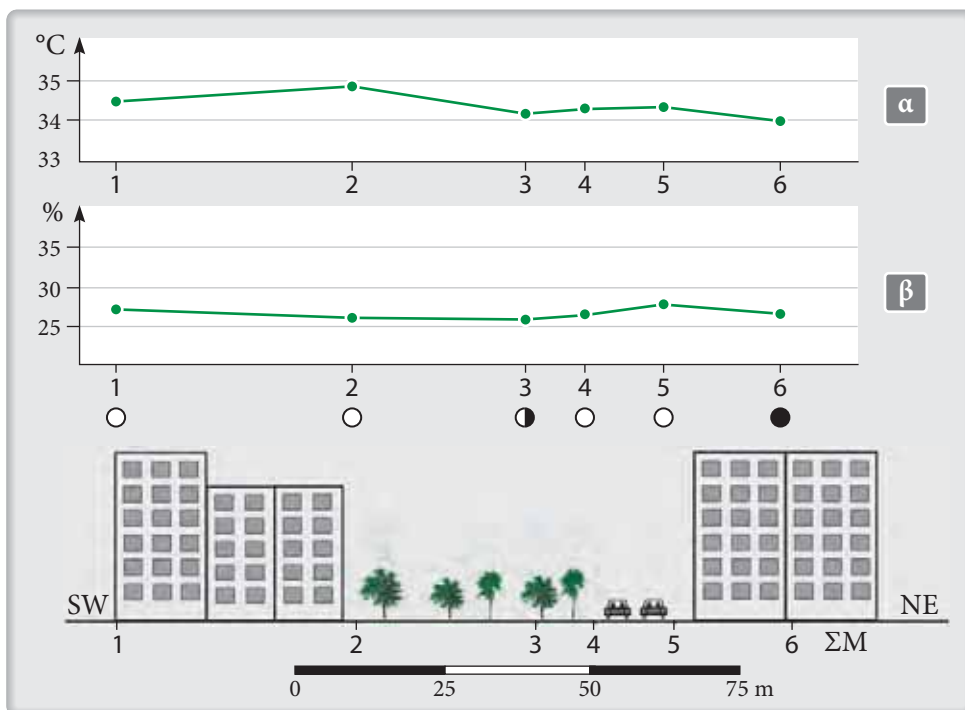
Σε ό,τι αφορά στις βιοκλιματικές συνθήκες, που διαμορφώνονται στους χώρους αυτούς, έχει διαπιστωθεί ότι αυτοί υπερθερμαίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε η παραμονή των διερχομένων να είναι ανεκτή μόνο σε σκιαζόμενες θέσεις. Κατά τη διάρκεια της νύκτας, η μείωση της θερμοκρασίας είναι μικρή έως ασήμαντη, με αποτέλεσμα οι επιφάνειες αυτές να μη διαφοροποιούνται από το άμεσο δομημένο περιβάλλον.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα βιοκλιματικής συμπεριφοράς πλατείας μικρής έκτασης είναι η πλατεία Βάθη, που βρίσκεται στην κεντρική περιοχή της Αθήνας, βορειοδυτικά του ιστορικού κέντρου της πόλης. Η πλατεία παλαιότερα είχε μικρότερη έκταση, διαφορετική διαμόρφωση και μεγαλύτερη συμμετοχή βλάστησης. Με την ανακατασκευή - «ανάπλαση», που έγινε αργότερα, ενσωματώθηκαν σ' αυτήν τα πεζοδρόμια που βρίσκονται δυτικά της πλατείας και τμήμα της οδού Μαιζώνος. Αποτέλεσμα αυτών ήταν η αύξηση της συνολικής επιφάνειάς της σε περίπου 1 στρέμμα. Η πλατεία οριοθετείται από ορισμένα παλαιά κτίσματα χαμηλού ύψους και μιας πολυώροφης οικοδομής (Σχ. 6.2.1). Στη συνολική όμως επιφάνεια του κυκλοφοριακού κόμβου επικρατούν οι υψηλές οικοδομές και ο μεγάλος κυκλοφοριακός φόρτος κατά τις εργάσιμες ημέρες και ώρες. Μειωμένη κίνηση παρατηρείται κατά τις βραδινές ώρες, τις Κυριακές και τις αργίες. Η βλάστηση στην πλατεία είναι ελάχιστη και περιορίζεται σε ορισμένες νησίδες με θάμνους και λίγα δένδρα.

Στην πλατεία Βάθη, όπως στο σχήμα 6.2.2. φαίνεται, κατά τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες, όταν η θερμοκρασία του αέρα παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές της, δεν παρατηρείται ουσιαστική διαφοροποίηση των μικροκλιματικών παραμέτρων. Μια μικρή πτώση της θερμοκρασίας διαφαίνεται στο σημείο 3 που βρίσκεται σε θέση, που καλύπτεται με βλάστηση (κέντρο πλατείας) ως και στο σημείο 6, που σκιαζεται. Παρόμοια εικόνα παρουσιάζει και η κατανομή των τιμών της σχετικής υγρασίας.



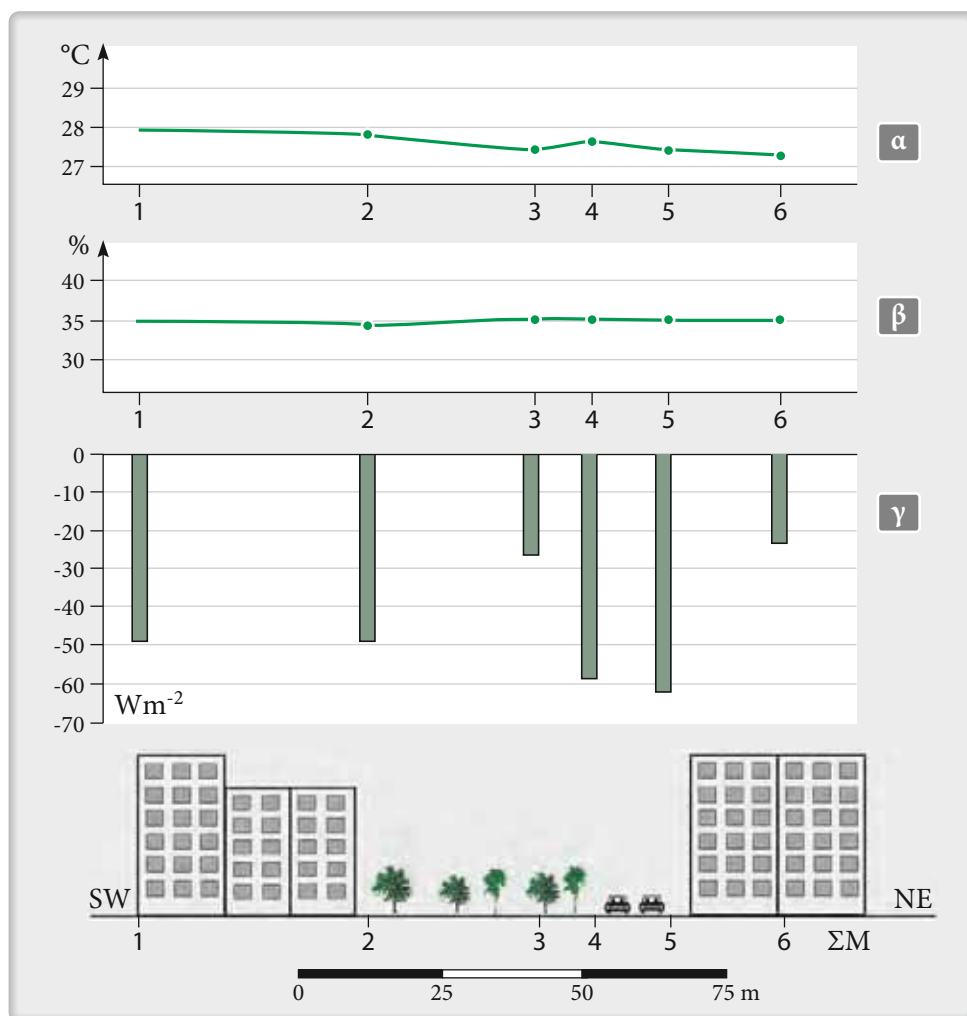
**Σχήμα 6.2.1.** Κάτοψη της πλατείας Βάθη (περιλαμβάνονται στη σκιαγράφιση και τα πεζοδρόμια) με τις θέσεις των σημείων μέτρησης: 1 δρόμος (άσφαλτος), 2 πλατεία (πλακόστρωση), 3 πλατεία (νησίδα πρασίνου), 4 πλατεία (πλακόστρωση), 5 πεζοδρόμιο (πλακόστρωση), 6 δρόμος (άσφαλτος). Πηγή: Χάρτης Αθηνών. Google Maps 2011, ιστοσελίδα [maps.google.com](http://maps.google.com).



**Σχήμα 6.2.2.** Τομή πλατείας Βάθη με τα σημεία μέτρησης και τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα (α) και της σχετικής υγρασίας (β) που αντιστοιχούν σ' αυτά. (Θέρος 2010, ώρα 15.00, ύψος μέτρησης 1,80 m, 17 σειρές μετρήσεων, ταχύτητα ανέμου <1,5 m/sec, νέφωση <1/8).

ΣΜ: σημείο μέτρησης, ● σημείο σκιαζόμενο, ◐ σημείο ημισκιαζόμενο, ○ σημείο ηλιαζόμενο

Ανάλογη εμφανίζεται και η πορεία των βιοκλιματικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια της νύχτας (Σχ. 6.2.3). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η θερμικά αποδιδόμενη ακτινοβολία από τα σημεία μέτρησης. Δηλαδή τα σημεία 3 και 6, τα οποία κατά τη διάρκεια της ημέρας παρουσίασαν περιοδική σκίαση απέδωσαν θερμική ενέργεια ίση με το 50% περίπου των αντίστοιχων σημείων, που δέχονταν για μεγάλα χρονικά διαστήματα την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.



**Σχήμα 6.2.3.** Τομή πλατείας Βάθη με τα σημεία μέτρησης και τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα (α), της σχετικής υγρασίας (β) και της θερμικής ακτινοβολίας (γ) που αντιστοιχούν σ' αυτά. (Θέρος 2010, ώρα 24.00, ύψος μέτρησης 1,80 m, 17 σειρές μετρήσεων, ταχύτητα ανέμου <1,5 m/sec, νέφωση <1/8).

Ενδεικτικό της αρνητικής παρουσίας των δομικών στοιχείων στο Πεδίον του Άρεως είναι το γεγονός ότι θέσεις του πάρκου που βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες ηλιασμού, όπως ο δρομίσκος και η βλάστηση που τον περιβάλλει (Σχ.6.3.7α) έχουν σημαντικά διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας. Όταν όμως δημιουργούνται διαφορετικές συνθήκες σκίασης η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας αποδίδεται και στον παράγοντα αυτόν. Η θερμική δηλαδή κατάσταση του καθιστικού (παγκάκι), που πριν από λίγο βρισκόταν υπό την άμεση επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, παρουσίασε αυξημένες τιμές θερμοκρασίας (ανάλογες με αυτές της παράπλευρης ηλιαζόμενης θέσης) σε σύγκριση με τις άλλες σκιαζόμενες θέσεις (Σχ. 6.3.7β).

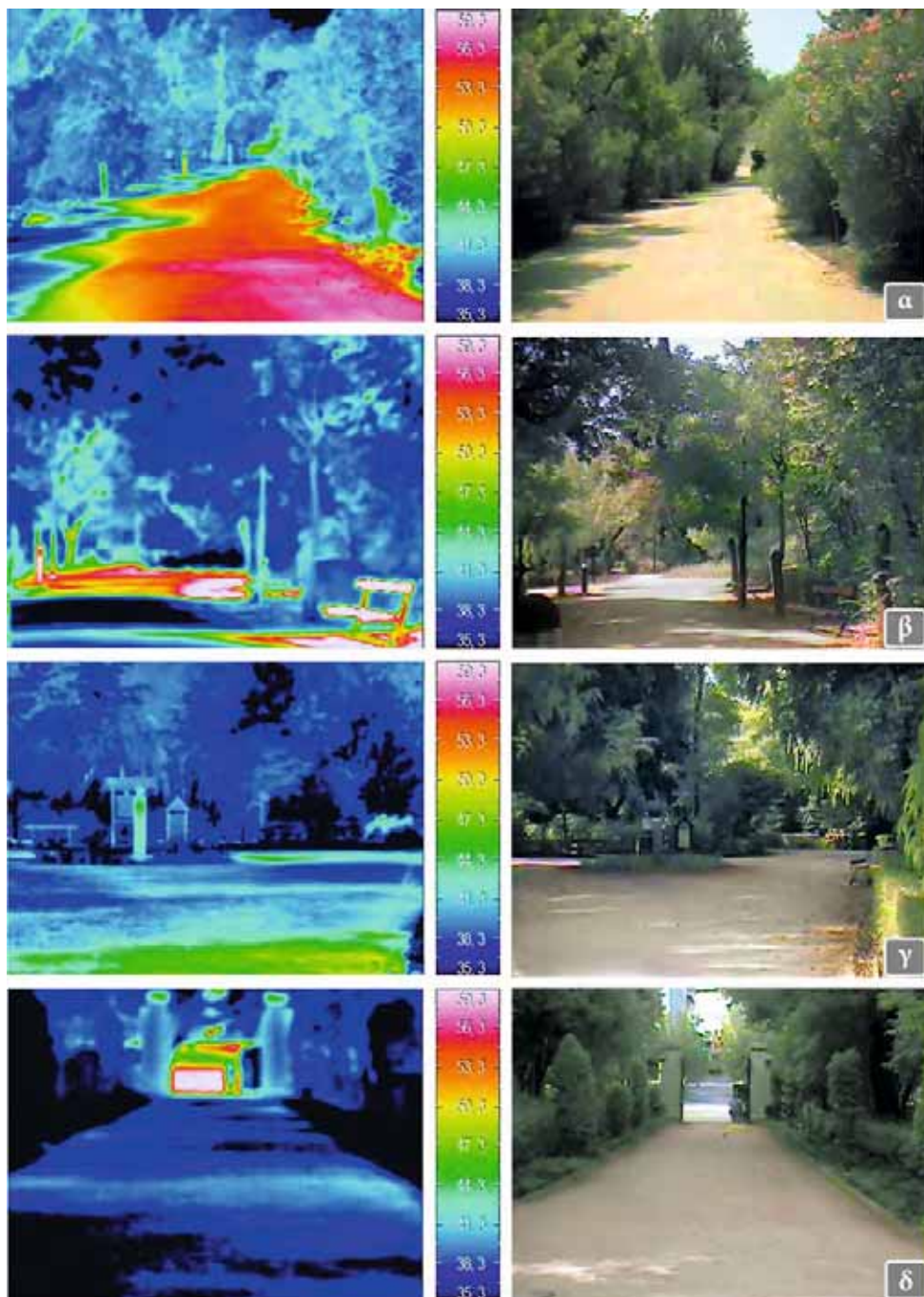
Στην περίπτωση του Εθνικού Κήπου (Σχ. 6.3.7γ) όπου η επιφάνεια του εδάφους των δρομίσκων καλύπτεται με πατημένο αμμοχάλικο και η φύτευση των δένδρων είναι πυκνή, διαπιστώνονται σχεδόν ομοιόμορφες αλλά σημαντικά μικρότερες θερμοκρασίες λόγω σκίασης. Επισημαίνεται επιπλέον η αυξημένη θερμοκρασία που εμφανίζεται εκτός του Κήπου (Σχ. 6.3.7δ), όπως αυτή διακρίνεται μέσω του ανοίγματος της εισόδου προς τη λεωφόρο Βασ. Σοφίας. Δηλαδή, ο Κήπος αποτελεί «όαση» δροσιάς την ημέρα κατά τη θερινή περίοδο.

Η αρνητική επίδραση των δομικών υλικών και ιδιαίτερα των κτισμάτων σε ένα πάρκο συνάγεται έμμεσα και από την έρευνα των Yu και Wong (2006). Μελέτησαν δύο πάρκα (360 και 120 στρ.) στη Σιγκαπούρη και διαπίστωσαν αξιοσημείωτες επιδράσεις δροσισμού στο γύρω απ' αυτά περιβάλλον. Για την έρευνα όμως του ρόλου των πάρκων στην εξοικονόμηση ενέργειας κτηρίων, που βρίσκονται κοντά σ' αυτά, δημιούργησαν σενάρια τοποθέτησης ενός κτηρίου εντός και εκτός του μεγάλου πάρκου. Μέσω προγραμμάτων προσομοίωσης διαπίστωσαν ότι, όταν το κτήριο τοποθετήθηκε μέσα στο πάρκο παρουσίασε τη μεγαλύτερη ενεργειακή εξοικονόμηση εν αντιθέσει με τη μικρότερη που παρατηρήθηκε στο πιο απομακρυσμένο σημείο έρευνας (400 m) εκτός του πάρκου. Αυτό σημαίνει ότι, όταν υπάρχει δομικό υλικό εντός της φυτοκαλυμμένης επιφάνειας, δημιουργείται ενεργειακή εξισορρόπηση προς όφελος του δομικού υλικού και στην προκειμένη περίπτωση του κτηρίου, η οποία αποδυναμώνει σημαντικά τη συνολική ψυκτική ικανότητα του πάρκου.

Η ανάλυση των μεγάλων αστικών πάρκων, του Εθνικού Κήπου και του Πεδίου του Άρεως που έχουν διαφορετική διαμόρφωση, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η παρουσία δομικών υλικών είτε υπό τη μορφή κτισμάτων είτε ως υλικό διάστρωσης δρόμων ή αιθρίων εντός του πάρκου λειτουργεί αρνητικά στη βιοκλιματική του συμπεριφορά, με συνέπεια να το καθιστά αναποτελεσματικό ως προς τη δυνατότητά του να βελτιώσει τις συνθήκες του γύρω δομημένου χώρου.

Γενικά, οι διαμορφωμένοι χώροι πράσινου στις ελληνικές πόλεις, που έχουν συνήθως μικρή έκταση, περιέχουν επιφάνειες με δομικά υλικά, τα οποία μειώνουν σημαντικά την «ψυκτική» ικανότητα της βλάστησής τους, γεγονός το οποίο έχει ως συνέπεια οι επιφάνειες αυτές συγκρινόμενες με αντίστοιχες που





**Σχήμα 6.3.7.** Απεικόνιση με τη βοήθεια κάμερας υπέρυθρων της θερμικής κατάστασης δρομίσκων εντός του Πεδίου του Άρεως (α, β) και του Εθνικού Κήπου (γ, δ).