



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

**Σχολή Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση & Προστασία Περιβάλλοντος**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

**<< Βιοκλιματικός σχεδιασμός αστικού πρασίνου στο πρώην παρκινγκ
στην οδό Αβάντων στη Χαλκίδα >>**

**Φοιτητής
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΥΔΗΣ**

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ ΦΟΙΤΗΤΗ
11100845**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
ΑΣΠΑΣΙΑ ΕΥΘΥΜΙΑΔΟΥ**

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2014

Ευχαριστίες

Για τη συγγραφή της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα << Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος>> του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου για την καθοδήγηση, που μου έχουν προσφέρει κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κα Σίσσυ (Ασπασία) Ευθυμιάδου, για τις σαφείς οδηγίες, παρατηρήσεις και τα σχόλιά της, που με βοήθησαν ώστε να ολοκληρώσω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

Ακόμη τους συναδέλφους Γεωτεχνικούς Υπαλλήλους της Διεύθυνσης Γεωτεχνικών Υπηρεσιών του Δήμου Χαλκίδας για την βοήθεια τους, την εμπειρία και την συνδρομή τους σε κρίσιμα σημεία της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω, τη σύζυγο μου Ιωάννα και τα παιδιά μου, Νίκο και Αθανάσιο, για την υπομονή τους και την απαραίτητη συμπαράσταση τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποτελεί την παρουσίαση των αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού, που αφορούν το αστικό πράσινο, και των βελτιώσεων τις οποίες αυτές επιφέρουν στον αστικό ιστό μιας πόλης. Οι βελτιώσεις αυτές αποδεικνύονται μέσα από την αναβάθμιση μιας συγκεκριμένης περίπτωσης μελέτης. Την περίπτωση μελέτης αποτελεί το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98, που αποτελεί χώρο πρώην παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) στην Οδό Αβάντων στη Χαλκίδα. Η αναβάθμιση, που προτείνεται, αφορά στην μετατροπή του πρώην παρκινγκ σε πάρκο με απώτερο στόχο της βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής, την αποφυγή υπερβολικά αυξημένων θερμοκρασιών το καλοκαίρι και τέλος τη βελτίωση των επιπέδων άνεσης των χρηστών του. Η προτεινόμενη αναβάθμιση εστιάζει στην εισαγωγή πράσινου στην περιοχή τόσο μέσα από την μετατροπή του παρκινγκ σε πάρκο όσο και από την δεντροφύτευση των οδών που το περικλείουν. Μάλιστα, για την αξιολόγηση της αναβάθμισης αυτής χρησιμοποιείται το λογισμικό πρόγραμμα ENVI-met, που είναι εξειδικευμένο στη μελέτη του μικροκλίματος αστικών περιοχών.

Abstract

The present thesis is a presentation of the principles of bioclimatic design related to urban green spaces and the improvements these principles can bring to a city. These improvements are demonstrated through the upgrade of a particular case study. The case study is the block O.T.98, a former parking lot in Avanton Street in Chalkida, Greece. The proposed upgrade relates to the conversion of the former parking lot into a park and has as an ultimate goal to improve the microclimate of the area, avoid excessively elevated temperatures during the summer, and finally improve the comfort levels of its users. The proposed upgrade focuses on introducing vegetation in the region both through the conversion of the parking lot into a park and the planting of streets that surround it. For the evaluation of this upgrade, the software ENVI-met, which is specialized in the study of the microclimate in urban areas, is utilised.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περίληψη.....	ii
Abstract	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iv
Κατάλογος Εικόνων.....	ix
Κατάλογος Πινάκων.....	xiii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ.....	1
1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	1
1.3 Ο ΑΞΟΝΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ (ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ)	3
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	4
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2.1.1 Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας	4
2.1.1.1 Παράγοντες που διαφοροποιούν το κλίμα των πόλεων από τις αγροτικές περιοχές.....	5
2.1.1.2 Αιτίες και αποτελέσματα που διαφοροποιούν το κλίμα των πόλεων από τις αγροτικές περιοχές.....	10
2.1.2 Παγκόσμια τάση για την εφαρμογή βιώσιμου σχεδιασμού	11
2.1.3 Δείκτης θερμικής άνεσης.....	12
2.2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΛΕΩΝ.....	18
2.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	19
2.3.1 Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	20

2.3.2 Βασικά συστήματα - εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού	26
2.3.2.1 Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης	26
2.3.2.2 Παθητικά Συστήματα Δροσισμού.....	29
2.3.2.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.....	30
2.3.3 Βασικά στοιχεία - εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πράσινου.....	32
2.4 ΒΙΩΣΙΜΗ ΠΟΛΗ	33
2.4.1 Μοντέλα βιώσιμης πόλης	35
2.4.1.1 Αειφόρος πόλη (Sustainable city).....	35
2.4.1.2 Οικολογική πόλη (Ecocity).....	39
2.4.1.3 Έξυπνη πόλη (Smart city).....	43
2.3.1.4 Πράσινη πόλη (Green city).....	46
2.4.2 Διεθνή παραδείγματα επιτυχούς εφαρμογής μοντέλων βιώσιμης πόλης.....	49
2.5 ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ	51
2.5.1. Τα οφέλη του αστικού πράσινου.....	51
2.5.2. Ο ρόλος του αστικού πράσινου στην διαμόρφωση του κλίματος στη πόλη.....	56
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	58
4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENVIMET.....	60
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	61
4.2 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΟΥ ΔΙΕΠΟΥΝ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ.....	64
4.2.1 Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο ατμόσφαιρας.....	65
4.2.1.1 Μέση ροή αέρα.....	65
4.2.1.2 Θερμοκρασία και υγρασία	66
4.2.1.3 Ατμοσφαιρικός στροβιλισμός.....	67
4.2.1.4 Ροές ακτινοβολίας.....	70
4.2.2 Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο εδάφους.....	72
4.2.3 Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο βλάστησης.....	73
4.2.3.1 Τυρβώδεις ροές (ή ροές στροβιλισμού) της θερμότητας και της υγρασίας	73
4.2.3.2 Αντίσταση των στομάτων των φύλλων.....	75

4.2.3.3	Ενεργειακή ισορροπία των φύλλων	75
4.2.3.4	Υδατική ισορροπία μεταξύ του φυτού και του εδάφους	76
4.2.4	Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο επιφάνειας.....	77
4.2.4.1	Ροές ακτινοβολίας.....	77
4.2.4.2	Τυρβώδεις ροές (ή ροές στροβιλισμού) της θερμότητας και της υγρασίας	79
4.2.4.3	Ροή θερμότητας του εδάφους και ροή θερμότητας μέσω των τοίχων του κτιρίου	81
4.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ.....	81
4.3.1	Δημιουργία αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN για την περιοχή ενδιαφέροντος	82
4.3.2	Δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF για την περιοχή ενδιαφέροντος	83
4.3.3	Έναρξη προσομοίωσης	84
4.3.4	Ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.....	85
4.4	ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΠΟ ΕΜΥ (ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΑΝΑΓΡΑΣ)ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENVI-MET.....	86
5.	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΧΑΛΚΙΔΑΣ (Ο.Τ.98) ΠΡΩΗΝ ΠΑΡΚΙΝΓΚ(ΧΩΡΟΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ) ΟΔΟΥ ΑΒΑΝΤΩΝ.....	89
5.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ	90
5.2	ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	96
5.3	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ	99
5.3.1	Προσομοίωση υφιστάμενης κατάστασης οικοδομικού τετραγώνου	99
5.3.1.1	Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN	101
5.3.1.2	Μετεωρολογικά δεδομένα προσομοίωσης – Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF.....	103
5.4	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ.....	107
5.4.1	Αναλυτική παρουσίαση προτάσεων αναβάθμισης του οικοδομικού τετραγώνου	109
5.4.2	Προσομοίωση πρότασης οικοδομικού τετραγώνου	113
6.	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ENVI-MET	114
6.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	114

6.1.1 Αποτελέσματα τυπικής θερινής μέρας	114
6.1.2 Αποτελέσματα θερμότερης μέρας.....	115
6.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ.....	116
6.2.1 Αποτελέσματα τυπικής θερινής μέρας	116
6.2.2 Αποτελέσματα θερμότερης μέρας.....	118
6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΝΒΙ- ΜΕΤ	120
6.3.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	120
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	124
7.1 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	124
7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	124
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	12626

Κατάλογος Εικόνων

<i>Εικόνα 2.1 Διακυμάνσεις στη θερμοκρασία για διαφορετικές χρήσεις γη (Zero Energy Buildings 2013).</i>	4
<i>Εικόνα 2.2 Η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων σκιάζει ένα κτίριο το καλοκαίρι (αριστερή εικόνα) και αφήνει τον Ήλιο να το βλέπει το χειμώνα (δεξιά εικόνα) (Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: Ενέργεια και Περιβάλλον 2007)</i>	22
<i>Εικόνα 2.3 Η ευεργετική επίδραση του θερμικού τοίχου το καλοκαίρι (αριστερή εικόνα) και το χειμώνα (δεξιά εικόνα) (Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: Ενέργεια και Περιβάλλον 2007)</i>	25
<i>Εικόνα 2.4 Ο νότιος προσανατολισμός (Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: Ενέργεια και Περιβάλλον 2007)</i>	26
<i>Εικόνα 2.5 Αρχή λειτουργίας παθητικών συστημάτων (Γεωργίου και Γιανναράς et al. χ.χ.)</i>	26
<i>Εικόνα 2.6 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του τοίχου Trombe (αριστερή εικόνα) και του τοίχου μάζας (δεξιά εικόνα) (Αζαρλή και Γιάννας et al. 2001)</i>	27
<i>Εικόνα 2.7 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του θερμοκηπίου (Αζαρλή και Γιάννας et al. 2001).....</i>	28
<i>Εικόνα 2.8 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του ηλιακού χώρου (Αζαρλή και Γιάννας et al. 2001) ..Error!</i> Bookmark not defined.	
<i>Εικόνα 2.9 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του roof pond (Αζαρλή και Γιάννας et al.2001).....</i>	29
<i>Εικόνα 2.10 Η πόλη της Μελβούρνης μέσα από μια σειρά βιώσιμων εφαρμογών για τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, τη διαχείριση των κινδύνων από την κλιματική αλλαγή, τη μείωση παραγωγής οικιακών αποβλήτων και την εφαρμογή της αστικής γεωργίας μεταξύ άλλων φιλοδοξεί να αποτελέσει την πιο αειφόρο πόλη παγκοσμίως μέχρι το έτος 2020 (Pillai 2008)</i>	39
<i>Εικόνα 2.11 Η Hacienda, στα περίχωρα της Μομπάσα, αποτελεί τον πρώτο περιβαλλοντικό, κοινωνικό, οικονομικό και πολιτιστικό αυτοτροφοδοτούμενο οικολογικό οικισμό, στον οποίο εφαρμόζονται καινοτόμες πράσινες τεχνολογίες στην παραγωγή ενέργειας, την ανακύκλωση και τη βιολογική διαχείριση των παραγόμενων υγρών αποβλήτων. Συνιστά πρότυπο οικολογικής πόλης, καθώς σχεδιάστηκε απόλυτα με βάση τα κριτήρια και τις αρχές των ecocities (Mwangasha 2009).....</i>	40

<i>Εικόνα 2.12 Η πόλη της Βιέννης μέσα από καινοτομίες και αποτελώντας μια περιφερειακά πράσινη πόλη που κατοχυρώνει την ποιότητα ζωής των πολιτών της μέσα από μια ψηφιακή διακυβέρνηση, έχει καταφέρει να αποτελέσει την πιο έξυπνη πόλη παγκοσμίως (Göschl 2012).....</i>	45
<i>Εικόνα 2.13 Το Βανκούβερ στον Καναδά αποτελεί πρότυπο πράσινης πόλης που μέσα από την ευρεία χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας έχει καταφέρει να καλύψει το 90 % του τροφοδοτικού της πόλης. Το Βανκούβερ έχει ακόμη εισάγει συμπιεστές απορριμμάτων που λειτουργούν με την ηλιακή ενέργεια μεγαλύτερης αποθηκευτικής ικανότητας αποβλήτων που συντελούν σε λιγότερες αναβλύζουσες εκπομπές από τα απορριμματοφόρα στους δρόμους (Trimarchi και Clifton 2013).....</i>	48
<i>Εικόνα 4.1 Το παράθυρο διαλόγου του λογιστικού προγράμματος Envi-met (Envi-met χ.χ. α).....</i>	81
<i>Εικόνα 4.2 Το παράθυρο Area Input File Editor για τη δημιουργία της περιοχής ενδιαφέροντος (Envi-met χ.χ. α).....</i>	82
<i>Εικόνα 4.3 Το παράθυρο δημιουργίας ενός νέου κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF (Envi-met χ.χ. α).</i>	83
<i>Εικόνα 4.4 Το παράθυρο έναρξης της προσομοίωσης κατά το οποίο επιλέγεται το μέγεθος του μοντέλου με βάση τρεις διαφορετικές version (Envi-met χ.χ. α).....</i>	84
<i>Εικόνα 4.5 Το παράθυρο της διαμόρφωσης (configuration panel) του προγράμματος (Envi-met χ.χ. α)</i>	85
<i>Εικόνα 5.1 Χάρτης της Χαλκίδας και θέση στο χάρτη της Ελλάδας (Μυλωνάκη, 2013; Ευβοϊκή Γνώμη Online 2011).....</i>	89
<i>Εικόνα 5.2 Το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98 και τα γειτονικά δικαστικό και δημαρχιακό μέγαρο (Google Maps 2013).....</i>	90
<i>Εικόνα 5.3 Το παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) με κάποια από τα γειτονικά κτίρια και μέρος της υπάρχουσας βλάστησης.....</i>	92
<i>Εικόνα 5.4 Άλλη οπτική γωνία του παρκινγκ(χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) με ορατή την ασφαλτόστρωση.....</i>	92
<i>Εικόνα 5.5 Άλλη οπτική γωνία του παρκινγκ(χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) με ορατή το δικαστικό μέγαρο και τη διαθέσιμη σε αυτό δεντροφύτευση.....</i>	92
<i>Εικόνα 5.6 Το παρκινγκ(χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) και η είσοδος σε αυτό.....</i>	93

<i>Εικόνα 5.7 Η συμβολή των οδών Καραμουρτζούνη και Κριεζώτου (στα δεξιά είναι ορατό το δικαστικό μέγαρο).....</i>	93
<i>Εικόνα 5.8 Η οδός Αβάντων και στα δεξιά ο υπάρχων πεζόδρομος της οδού Καραμουρτζούνη</i>	93
<i>Εικόνα 5.9 Η οδοί Αβάντων, Καραμουρτζούνη και Κριεζώτου γύρω από το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98 (Google Maps 2013).....</i>	94
<i>Εικόνα 5.10 Δεντροφύτευση και χρήσεις των κτιρίων στη περιοχή του οικοδομικού τετραγώνου Ο.Τ.98 (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).....</i>	95
<i>Εικόνα 5.11 Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία (Meteonorm v.5.102)</i>	96
<i>Εικόνα 5.12 Μέση μηνιαία σχετική υγρασία (Meteonorm v.5.102)</i>	96
<i>Εικόνα 5.13 Μέση μηνιαία βροχόπτωση και μέσος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ανά μήνα (Meteonorm v.5.102)</i>	97
<i>Εικόνα 5.14 Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια (Meteonorm v.5.102)</i>	97
<i>Εικόνα 5.15 Μέση μηνιαία νεφοκάλυψη (Meteonorm v.5.102)</i>	98
<i>Εικόνα 5.16 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμων και μέση διεύθυνση ανέμου ανά μήνα (Meteonorm v.5.102)</i>	98
<i>Εικόνα 5.17 Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN</i>	102
<i>Εικόνα 5.18 Μοντέλο για την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης.....</i>	103
<i>Εικόνα 5.19 Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF για τη θερμότερη μέρα.....</i>	105
<i>Εικόνα 5.20 Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF για τη τυπική θερινή μέρα</i>	106
<i>Εικόνα 5.21 Πρόταση οικοδομικού τετραγώνου Ο.Τ.98 (Τριανταφύλλου & Παπαδόπουλος et al. 2013)</i>	112

<i>Εικόνα 5.22 Μοντέλο για την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης.....</i>	113
<i>Εικόνα 6.1 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την τυπική θερινή μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo).....</i>	114
<i>Εικόνα 6.2 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo).....</i>	115
<i>Εικόνα 6.3 Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.8 m στις 12:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo).....</i>	115
<i>Εικόνα 6.4 Κατανομή θερμοκρασίας επιφάνειας στις 15:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo).....</i>	116
<i>Εικόνα 6.5 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την τυπική θερινή μέρα της πρότασης (Leonardo).....</i>	117
<i>Εικόνα 6.6 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την τυπική θερινή μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo).....</i>	118
<i>Εικόνα 6.7 Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.8 m στις 13:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo).....</i>	118
<i>Εικόνα 6.8 Κατανομή θερμοκρασίας επιφάνειας στις 15:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo).....</i>	119
<i>Εικόνα 6.9 Δείκτης θερμικής άνεσης της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης αναβάθμισης από τις οκτώ το πρωί μέχρι και τις οκτώ το βράδυ.....</i>	122
<i>Εικόνα 6.10 Μέση μέγιστη θερμοκρασία σε ύψος 1,8 m ανά περιοχή της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης αναβάθμισης από τις οκτώ το πρωί μέχρι και τις οκτώ το βράδυ</i>	122

Κατάλογος Πινάκων

<i>Πίνακας 2.1</i>	<i>Επιδράσεις του φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας στο κλίμα (Meteoclub.gr 2013)....</i>	11
<i>Πίνακας 2.2</i>	<i>Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση το δείκτη DI (Γιάνναρος, Μ. 2014)</i>	14
<i>Πίνακας 2.3</i>	<i>Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση το δείκτη HI (Γιάνναρος, Μ. 2014)</i>	15
<i>Πίνακας 2.4</i>	<i>Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση το δείκτη HU (Γιάνναρος, Μ. 2014)</i>	16
<i>Πίνακας 2.5</i>	<i>Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση την κλίμακα ASHRAE (Γιάνναρος, Μ. 2014) ..</i>	17
<i>Πίνακας 2.6</i>	<i>Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση την κλίμακα UTCI (Γιάνναρος, Μ. 2014).....</i>	18
<i>Πίνακας 2.7</i>	<i>Χαρακτηριστικά διαφορετικών μοντέλων βιώσιμων πόλεων</i>	49
<i>Πίνακας 2.8</i>	<i>Παραδείγματα πόλεων που εφάρμοσαν τα διάφορα μοντέλα βιώσιμης ανάπτυξης.....</i>	50
<i>Πίνακας 2.9</i>	<i>Πίνακας κλιματολογικών στοιχείων για τον μήνα Ιούλιο στη Χαλκίδα από τον μετεωρολογικό σταθμό Τανάγρας (EMY).....</i>	88

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Οι περισσότερες σύγχρονες πόλεις χαρακτηρίζονται από την έλλειψη του πράσινου και την ταυτόχρονη εγκατάλειψη κτιρίων, που πλέον δεν χρησιμοποιούνται με βάση τον πρότερο στόχο για τον οποίο κατασκευάστηκαν. Οι χώροι αυτοί μπορούν να αξιοποιηθούν με στόχο τη διαμόρφωση νέων πράσινων ζωνών, που θα αναβαθμίσουν τόσο το μικροκλίμα των περιοχών στην περιοχή, που θα τις περιβάλλει, αλλά και θα βελτιώσουν τις συνθήκες της καθημερινότητας όλων των κατοίκων της πόλης, καθώς μπορούν να χρησιμεύσουν ως χώροι αναψυχής και άσκησης διαφορετικών περιβαλλοντικών δραστηριοτήτων.

1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετήσει την εφαρμογή μέτρων βιοκλιματικού σχεδιασμού στην πόλη της Χαλκίδας, και πιο συγκεκριμένα την εφαρμογή βιώσιμων μεθόδων αστικού πράσινου σε ένα πρώην παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) στην οδό Αβάντων που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης. Πιο συγκεκριμένα, τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα, που στοχεύεται να απαντηθούν, είναι τα εξής:

- Βιβλιογραφική ανασκόπηση του ρόλου του αστικού πράσινου και του βιοκλιματικού αστικού σχεδιασμού στην αναβάθμιση των σύγχρονων πόλεων
- Αναγνώριση των βασικών μεθόδων εφαρμογής αστικού πράσινου σε διαφορετικά σημεία των πόλεων με στόχο την περιβαλλοντική τους αναβάθμιση και τη βελτίωση του μικροκλίματός τους
- Μελέτη εφαρμογής των συγκεκριμένων μεθόδων στο πρώην παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) στην οδό Αβάντων στη Χαλκίδα

- Αξιολόγηση των δυνατών παρεμβάσεων του βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πρασίνου στο πρώην παρκινγκ στην Οδό Αβάντων στη Χαλκίδα μέσα από την χρησιμοποίηση του λογισμικού προγράμματος ENVI-met.

Η καινοτομία της παρούσας έρευνας στηρίζεται στο γεγονός πως με την ολοκλήρωσή της θα αποτελέσει μια πρότυπη μελέτη για την εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πρασίνου σε περιοχές πόλεων του Ελλαδικού χώρου, που πλέον δε χρησιμοποιούνται για τον αρχικό τους σκοπό και είναι εγκαταλελειμμένες. Θα αποτελέσει την αφορμή για την κατανόηση ότι οι σύγχρονες πόλεις έχουν τη δυνατότητα να διαθέσουν αχρησιμοποίητους χώρους για βιώσιμη ανάπτυξη, βελτιώνοντας έτσι την άνεση και τη διαβίωση των πολιτών τους.

Βέβαια, η βιώσιμη ανάπτυξη δεν είναι μια άγνωστη έννοια στην Ελλάδα. Δεν έχει εφαρμοστεί, ωστόσο, σε ευρεία κλίμακα για διαφορετικούς λόγους. Ίσως, λοιπόν, η παρούσα μελέτη μέσα από την άρτια τεκμηριωμένη ανάλυση και αριθμητική ανάδειξη των πλεονεκτημάτων από τη βιοκλιματική αστική πράσινη ανάπτυξη, να βοηθήσει στην αλλαγή των υπαρχουσών νοοτροπιών, που μέχρι σήμερα έχουν αναστείλει την ευρεία εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πρασίνου στις ελληνικές πόλεις.

Παράλληλα, η τελική πρόταση θα μπορεί να εφαρμοστεί τελικά στην πράξη, συντελώντας έτσι στην βελτίωση της περιοχής γύρω από το πρώην παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) στην πόλη της Χαλκίδας.

Τέλος, θα μπορούσε να αποτελέσει πρότυπο οδηγό για φοιτητές που μελλοντικά θα ήθελαν να μελετήσουν την ενδεχόμενη εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πρασίνου σε άλλες ελληνικές πόλεις, καθώς παρέχει συγκεκριμένη μεθοδολογία και λεπτομερή χρήση λογισμικού.

1.3 Ο ΑΞΟΝΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ (ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ)

Η παρούσα, λοιπόν, εργασία πραγματεύεται την μελέτη του βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πράσινου με βάση τη μελέτη περίπτωσης του πρώην παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) στην οδό Αβάντων της πόλης της Χαλκίδας. Για το λόγο αυτό η δομή της διαμορφώνεται ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η εισαγωγή στο θέμα, ορίζονται οι στόχοι και η σπουδαιότητα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, ενώ τέλος αναπτύσσεται ο άξονας της μελέτης, ώστε να καταστεί δυνατή η εξυπηρέτηση των στόχων της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ξεδιπλώνεται το εννοιολογικό πλαίσιο της μελέτης μέσα από την παρουσίαση του ορισμού, των χαρακτηριστικών, των κατευθυντήριων αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πράσινου. Παρουσιάζονται έτσι τα προβλήματα των σύγχρονων πόλεων με εστίαση στο αστικό πράσινο, ενώ ταυτόχρονα επεξηγούνται τα οφέλη από την εισαγωγή πράσινου στον αστικό ιστό.

Στο επόμενο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία της διατριβής, οι στόχοι που αποσκοπεί να επιτύχει και οι μέθοδοι επίτευξης των στόχων αυτών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται διεξοδικά το λογισμικό πρόγραμμα ENVI-met, ώστε να γίνει κατανοητή η μέθοδος χρησιμοποίησής του για την αξιολόγηση των παρεμβάσεων στη μελέτη περίπτωσης.

Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται η μελέτη περίπτωσης μέσα από την παρουσίαση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, που απαιτούνται για την πρόταση των παρεμβάσεων, ενώ στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η αξιολόγηση των προτάσεων με τη συμβολή του λογισμικού προγράμματος ENVI-met .

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα του προγράμματος, ώστε στο τελευταίο κεφάλαιο να εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα.

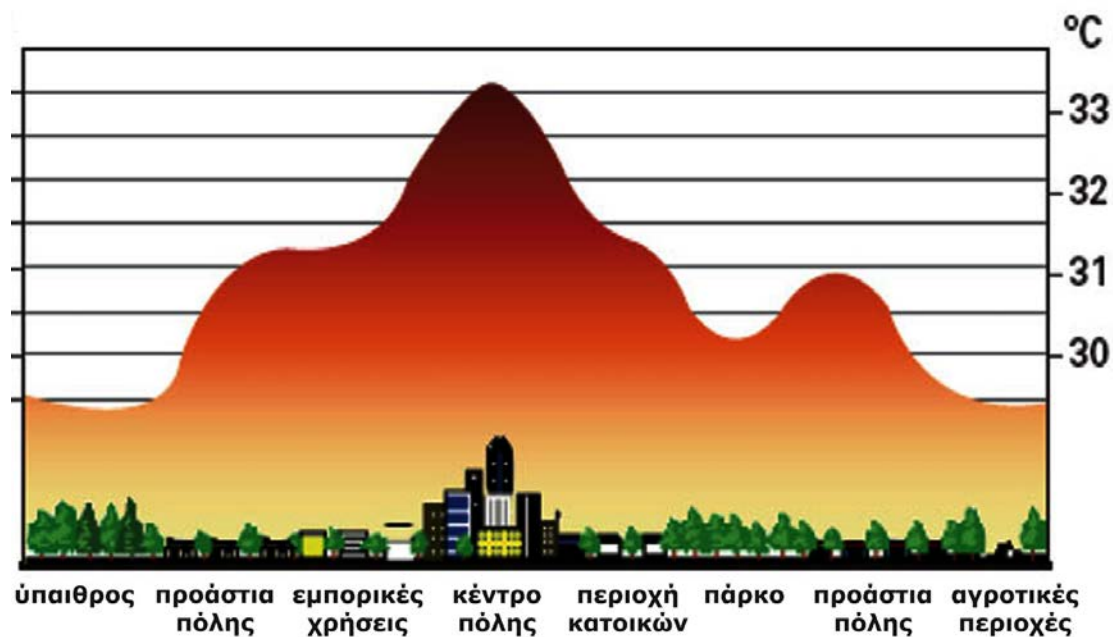
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1.1 Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας

Αστική θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο, που παρατηρείται στις μεγάλες πόλεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλότερη θερμοκρασία από την περιβάλλουσα εξοχή. Η διαφορά γίνεται αισθητή σε συνθήκες άπνοιας και είναι ανάλογη του μεγέθους της πόλης (Αξαρχλή και Γιάννας et al. 2001).

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, παρατηρείται σε αστικές περιοχές, όπου η κτιριακή δόμηση είναι έντονη και όταν τα κτίρια είναι πολυώροφα, συνήθως άνω των δύο ορόφων. Παρατηρείται ακόμη και μεταξύ κτιρίων άνω των πέντε ορόφων, που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση, ενώ οφείλεται κατεξοχήν στη διάχυση ζέστης αλλά και στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Το κύριο αποτέλεσμα του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας είναι οι αστικές περιοχές να χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερες θερμοκρασίες από αυτές της υπαίθρου, που κυμαίνονται κατά μέσο όρο μεταξύ 2°C και 4°C ετησίως (Meteoclub.gr 2013).



Εικόνα 2.1 Διακυμάνσεις στη θερμοκρασία για διαφορετικές χρήσεις γης (Zero Energy Buildings 2013)

2.1.1.1 Παράγοντες που διαφοροποιούν το κλίμα των πόλεων από τις αγροτικές περιοχές

Οι διαφορές μεταξύ των μετεωρολογικών συνθηκών στις πόλεις και εκείνων που παρατηρούνται στις αγροτικές περιοχές έχουν διαπιστωθεί ήδη από τους ρωμαϊκούς χρόνους. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας του Λονδίνου και αυτό στο Παρίσι, περιγράφηκε με ακριβείς μετρήσεις από τους Howard το 1820 και Renou το 1855 αντιστοίχως. Από τότε έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες μελέτες αναφορικά με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, οι οποίες έχουν αποδείξει πως όντως αυτό το φαινόμενο έχει συμβάλει στη διαμόρφωση υψηλότερων θερμοκρασιών στα αστικά περιβάλλοντα, ενώ παράλληλα έχουν αναδείξει τις διαφορές στο ψυκτικό και θερμικό φορτίο των κτιρίων, που βρίσκονται στις πόλεις (Williamson και Erell 2001, σελ. 159-166).

Οι διαφορές μεταξύ της πόλης και του υπαίθριου περιβάλλοντος λαμβάνουν χώρα σε δύο διαφορετικές κλίμακες (Williamson και Erell 2001, σελ. 159-166):

- 1) Στο θολωτό αστικό στρώμα (urban canopy layer), το οποίο αποτελείται από τον αέρα που περιέχεται μεταξύ των αστικών στοιχείων τραχύτητας, με τυπικό παράδειγμα στοιχείου τραχύτητας να αποτελούν τα κτίρια, και του οποίου η κατάσταση εξαρτάται από τη φύση του άμεσου περιβάλλοντος και ειδικά από τα υλικά και τη γεωμετρία του περιβάλλοντος αυτού και
- 2) Στο αστικό οριακό στρώμα (urban boundary layer), το οποίο είναι το τμήμα του περιβαλλοντικού εκείνου οριακού στρώματος, του οποίου τα χαρακτηριστικά επηρεάζονται από την παρουσία μιας αστικής περιοχής στο χαμηλότερο όριο του, και που γενικά θεωρείται ότι είναι περίπου στο επίπεδο της στέγης.

Υπάρχουν πέντε κύριες διαφορές μεταξύ του αστικού κλίματος και των φυσικών αγροτικών περιβαλλόντων. Αυτές είναι τα εξής (Williamson και Erell 2001, σελ. 159-166):

- 1) **Το περιεχόμενο/ ποσό της ακτινοβολίας (radiation budget):** η αστικοποίηση επηρεάζει (κυρίως) την απορρόφηση της εισερχόμενης μικρού κύματος ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και την εκπομπή της μεγάλου μήκους

κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας από την επιφάνεια. Η αιτία της μεγαλύτερης απόκλισης μεταξύ των αστικών και των αγροτικών συνθηκών είναι προφανώς ο χαρακτηριστικά μικρότερος παράγοντας ορατότητας του ουρανού (sky view factor), που παρατηρείται στα πυκνά αστικά κέντρα και ο οποίος οδηγεί στην μειωμένη απώλεια θερμότητας, που οφείλεται στην μεγάλου μήκους κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία. Η αστική επιφανειακή ανακλαστικότητα (albedo), με βάση μετρήσεις τηλεπισκόπησης σε πολυάριθμες μελέτες, είναι εντός ενός εύρους από 0.09 έως 0.27, με μια μέση τιμή περίπου 0.14 όταν πρόκειται για αστικά κέντρα. Οι αντίστοιχες αγροτικές τιμές είναι κατά κανόνα υψηλότερες κατά περίπου 0.05, πιθανώς λόγω των σκουρόχρωμων υλικών στέγης και του ρόλου παγίδευσης, που ασκείται από την αστική γεωμετρία με αποτέλεσμα τη χαμηλότερη αντανάκλαση σε σχέση με τυπικές αγροτικές επιφάνειες. Οι μέγιστες εντάσεις της αστικής θερμικής νησίδας συνήθως λαμβάνουν χώρα τη νύχτα και σε συνθήκες άπνοιας και ως εκ τούτου αποδίδονται στην μορφολογία της πόλης.

Οι μετρήσεις σε πολλές πόλεις, δείχνουν ότι η ακτινοβολία μικρού κύματος, που λαμβάνεται από την επιφάνεια, μπορεί να μειωθεί μεταξύ ενός ποσοστού που κυμαίνεται 1-15 % ανάλογα με το είδος των αερολυμάτων, των μετεωρολογικών συνθηκών και ούτω καθεξής.

Η ατμοσφαιρική μέτρηση της ακτινοβολίας πάνω από τις πόλεις είναι, επίσης, μεγαλύτερη από αυτή των αγροτικών περιοχών, λόγω της αυξημένης ζέστης της ατμόσφαιρας της πόλης.

- 2) **Η υπό της επιφάνειας ροή/ αποθήκευση θερμότητας (sub-surface (storage) heat flux):** οι μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια καθορίζονται κυρίως από την ανταλλαγή ενέργειας με αυτήν. Αυτή με τη σειρά της επηρεάζεται από τη θερμική αγωγιμότητα και τη θερμική χωρητικότητα του υλικού. Μια παράμετρος που συνδυάζει αυτές τις ιδιότητες είναι η λεγόμενη «θερμική αγωγιμότητα» με βάση την οποία, υλικά με υψηλή αγωγιμότητα απορροφούν εύκολα τη θερμότητα και τη διαβιβάζουν στο υπόστρωμα, μόνο ώστε να την απελευθερώσουν εύκολα όταν ο αέρας του

περιβάλλοντος γίνεται πιο δροσερός. Τέτοια υλικά χαρακτηρίζονται από μια σχετικά μικρή ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας. Ωστόσο, οι τυπικές τιμές θερμικής αγωγιμότητας τόσο για τις αστικές όσο και για τις αγροτικές επιφάνειες κυμαίνονται σε ένα ευρύ φάσμα (από περίπου $300 \text{ Jm}^{-2} \text{ s}^{1/2} \text{ K}^{-1}$ για την τύρφη ξηρού εδάφους και το κυψελωτό σκυρόδεμα έως περίπου $2500 \text{ Jm}^{-2} \text{ s}^{1/2} \text{ K}^{-1}$ για τον υγρό αμμώδη άργιλο ή το πυκνό σκυρόδεμα). Ενώ η θερμική αγωγιμότητα έχει αναμφίβολα επιπτώσεις στην θερμοκρασία της επιφάνειας, και συνεπώς και στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος του αέρα, η πολυπλοκότητα του αστικού περιβάλλοντος, καθιστά πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί η συνολική επίδραση των διαφορών μεταξύ των αστικών και των αγροτικών υλικών. Η επίδραση αυτή έχει χαρακτηριστεί από αμελητέα έως και ιδιαίτερα σημαντική, σε σημείο που να καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας.

- 3) Η οριζόντια μεταφορά (advection):** η οριζόντια μεταφορά ή αλλιώς μεταγωγή λειτουργεί σε πολλές διαφορετικές κλίμακες στην πόλη. Ο περιφερειακός άνεμος, που συναντά την τραχεία αστική επιφάνεια επηρεάζεται με διάφορους τρόπους. Η οριζόντια συνιστώσα του ανέμου μπορεί γενικά να υπολογίζεται ως ποσοστό της κλίσης του ανέμου, χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση δύναμης. Ο εκθέτης του νόμου της δύναμης μεταβάλλεται σε αντίδραση προς τα επιφανειακά χαρακτηριστικά και πιο συγκεκριμένα προς το μήκος τραχύτητας z_0 , έτσι ώστε η ταχύτητα του ανέμου σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές να είναι, κατά μέσο όρο, χαμηλότερη από αυτήν σε εκτεθειμένες φυσικές τοποθεσίες, όπως είναι για παράδειγμα τα χωράφια ή τα μεγάλα υδατικά συστήματα. Το μήκος μετατόπισης μηδενικού επιπέδου (z_D) είναι επίσης μεγαλύτερο στις κατοικημένες περιοχές σε σύγκριση με αυτό των περισσότερων φυσικών περιβαλλόντων, ποικίλλοντας από μερικά εκατοστά μέχρι και 2 έως και 10 μέτρα ή και ακόμη περισσότερο στις αστικές περιοχές, στις οποίες αυξάνεται η πυκνότητα των κτιρίων. Ενώ τα κτίρια μπορούν να μειώσουν τη μέση ταχύτητα του ανέμου, μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε αύξηση του στροβιλισμού του, με αποτέλεσμα οι αστικές περιοχές να εκτεθούν σε πολύ υψηλότερες ταχύτητες ανέμου και πολύ ισχυρά φυσήματα. Οι συνθήκες ανέμου σε μια αστική περιοχή, που αποτελεί

μέρος ενός ομοιογενούς αστικού ιστού, μπορεί γενικά να περιγραφούν ως ο σχηματισμός ενός ρότορα με μία διαμήκη συνιστώσα εκτός από τα εγκάρσια και τα κατακόρυφα στοιχεία. Ωστόσο, οι πραγματικές συνθήκες του ανέμου σε μια συγκεκριμένη αστική περιοχή, είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθούν, δεδομένου ότι επηρεάζονται από μια μεταγωγή μικρής κλίμακας, που οφείλεται στις τοπικές διαφορές στις θερμοκρασίες της επιφάνειας καθώς και σε μια ποικιλία αποκρίσεων στη μεταβαλλόμενη ατμοσφαιρική σταθερότητα.

- 4) Η ανθρωπογενής έκλυση θερμότητας (anthropogenic heat release):** η απελευθέρωση της θερμότητας, που οφείλεται στην καύση των καυσίμων είναι μια πηγή θερμότητας της πόλης, που δεν παρατηρείται σε κάποιο ακατοίκητο περιβάλλον. Το μέγεθος της απελευθέρωσης αυτής ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των πόλεων, σύμφωνα με την κατά κεφαλήν χρήση της ενέργειας και την πυκνότητα του πληθυσμού, ενώ εξαρτάται από το κλίμα (λόγω της ζήτησης για θέρμανση ή ψύξη), τον βαθμό και το είδος της βιομηχανικής δραστηριότητας και το είδος του συστήματος αστικών συγκοινωνιών.

Η συμβολή της ανθρωπογενούς θερμότητας στο θολωτό αστικό στρώμα επηρεάζεται επίσης και από τον τρόπο που καταναλώνεται η ενέργεια. Για παράδειγμα, τα συστήματα κλιματισμού σε μεγάλα συγκροτήματα γραφείων, συνήθως, εκβάλλουν τη θερμότητα που απορροφάται από το κτίριο μέσω των εναλλακτών θερμότητας στην οροφή, οπότε στην πραγματικότητα, μεταφέρουν ενέργεια από το θολωτό αστικό στρώμα κοντά στο επίπεδο του δρόμου, στο αστικό οριακό στρώμα πάνω από την οροφή, όπου και διαχέεται γρήγορα. Ωστόσο, τα κλιματιστικά που είναι τοποθετημένα σε τοίχους ή σε παράθυρα απορρίπτουν την πλεονάζουσα θερμότητα κατευθείαν πάνω στο δρόμο, όπου συμβάλλει στη θερμική νησίδα του θολωτού αστικού στρώματος.

- 5) Η τυρβώδης μεταφορά θερμότητας (turbulent heat transfer), που περιλαμβάνει και τις επιπτώσεις της βλάστησης:** ο διαχωρισμός της ενέργειας σε αισθητές και λανθάνουσες μορφές εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του νερού. Τα αστικά περιβάλλοντα μπορούν να

διαφοροποιηθούν σε αυτά τα περιβάλλοντα που αποτελούν το εσωτερικό της πόλης, που αποτελούνται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από τοιχοποιίες, σκυρόδεμα, άσφαλτο και γυαλί έως και στα προαστιακά περιβάλλοντα με πυκνή βλάστηση και καλά αρδευόμενους χλοοτάπητες. Τα πρώτα περιβάλλοντα μπορούν να οδηγήσουν σε ένα πολύ ξηρό σύστημα με πολύ μικρή λανθάνουσα θερμότητα, ενώ τα προαστιακά στη δημιουργία ενός περισσότερο υγρού μικροκλίματος, το οποίο θα κυριαρχείται από τις επιδράσεις της εξατμισοδιαπνοής.

Πολλές αδιαπέραστες αστικές επιφάνειες, όπως η άσφαλτος στους δρόμους, διοχετεύουν το συνολικό καθαρό ακτινοβολό πλεόνασμα τους κατά τη διάρκεια της ημέρας σε αισθητή θερμότητα, θερμαίνοντας το υπόστρωμα ή τον γειτονικό αέρα.

Οι φυσικές επιφάνειες είναι σπάνια εντελώς αδιαπέραστες, με αποτέλεσμα κατά την παρουσία υγρασίας, το συνολικό καθαρό ακτινοβολό πλεόνασμα τους να μπορεί να μετατραπεί σε λανθάνουσα θερμότητα.

Από την άλλη πλευρά, κατά την παρουσία βροχόπτωσης, οι φυσικές επιφάνειες απορροφούν μεγάλο μέρος του επιπλέον νερού, ενώ οι αδιαπέραστες αστικές επιφάνειες παραμένουν υγρές και κατά συνέπεια σημαντική υγρασία μπορεί να είναι διαθέσιμη για περιορισμένο χρονικό διάστημα ώστε να μετατραπεί σε λανθάνουσα θερμότητα.

Από την άποψη της κλιματικής απόκρισης, υπάρχουν λοιπόν, δύο τύποι επιφανειών μεγάλης σημασίας: α) οι αδιαπέραστες επιφάνειες, που μπορούν να καλύψουν όλο το φάσμα της υγρασίας από την «υγρή» (μετά από βροχή) στη «στεγνή» σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και β) οι διαπερατές φυσικές επιφάνειες που μπορούν να καλύψουν ένα παρόμοιο φάσμα με τη διαφορά ότι πρέπει να περάσουν μεγαλύτερες χρονικές περιόδους και ότι έχουν μια πολύ αργή απόκριση.

Η στενή παράθεση επιφανειών, που αντιδρούν τόσο διαφορετικά στην ακτινοβολούμενη ροή θερμότητας, όπως δηλαδή αυτή που παρατηρείται σε πολλά αστικά συστήματα είναι, επίσης, πολύ πιθανό να οδηγήσει σε οριζόντια μεταφορά μικρής κλίμακας.

2.1.1.2 Αιτίες και αποτελέσματα που διαφοροποιούν το κλίμα των πόλεων από τις αγροτικές περιοχές

Πιο συγκεκριμένα, οι αιτίες και τα αποτελέσματα του φαινομένου συνοψίζονται παρακάτω (Meteoclub.gr 2013):

- Η φωτοχημική ομίχλη και η αστική ρύπανση οδηγούν στη συσσώρευση της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα και στην παρεμπόδιση της διαφυγής της στο διάστημα.
- Η παρεμπόδιση της διαφυγής της θερμικής ενέργειας, που προκαλείται από το ανάγλυφο του αστικού περιβάλλοντος έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα αυτή να παγιδεύεται στην πόλη.
- Απαιτείται, έτσι, λιγότερη θερμική ενέργεια για τη εξάτμιση της υγρασίας, ενώ η στράγγιση των υγρών στοιχείων πραγματοποιείται γενικότερα με πιο άμεσο και ταχύ ρυθμό, ενώ παράλληλα οι άνεμοι είναι μικρότερης ταχύτητας (τα υψηλά κτίρια παρεμποδίζουν τους υψηλούς ανέμους ή μειώνουν την ταχύτητά τους).
- Τα κτήρια αποθηκεύουν αποδοτικότερα και γρηγορότερα τη θερμότητα σε μεγάλη κλίμακα με αποτέλεσμα τη λιγότερη απώλεια αυτής στη συνέχεια.
- Η καύση ορυκτών καυσίμων, όπως είναι για παράδειγμα ο άνθρακας και ο λιγνίτης, για εμπορικούς και άλλους σκοπούς συμβάλλουν στην απορρόφηση περισσότερης θερμότητας στη γη από τον ήλιο.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι αλλαγές στο κλίμα λόγω της επίδρασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Meteoclub.gr 2013):

Πίνακας 2.1 Επιδράσεις του φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας στο κλίμα (Meteoclub.gr 2013)

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΜΗ ΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
Θερμοκρασία	
Τις ηλιόλουστες μέρες	2°C - 6°C περισσότερο.
Μεγαλύτερη διαφορά τη νύχτα	10°C περισσότερο.
Μέσος όρος	1°C - 1.5°C περισσότερο.
Μέγιστη Χειμώνα	2°C περισσότερο.
Μη παγετώδης περίοδος	3 εβδομάδες περισσότερο
Άνεμοι	
Μέσος όρος	10-30% Λιγότερο
Ρυπές	15-30% Λιγότερο
Άπνοια	5-30% Περισσότερο
Ακτινοβολία	
Μέσος όρος	3-10% Λιγότερο
Υπεριώδης ακτινοβολία Καλοκαίρι	5% Λιγότερο
Υπεριώδης ακτινοβολία Χειμώνας	25-30% Λιγότερο
Διάρκεια ηλιοφάνειας	5-20% Λιγότερο
Νεφοκάλυψη	
Σύννεφα CCN(πυρήνες συμπύκνωσης)	11 φορές περισσότερο
Νεφοκάλυψη	5-15% περισσότερο
Ομίχλη - μικρή ορατότητα χειμώνας	90%-100% περισσότερο
Ομίχλη – μικρή ορατότητα καλοκαίρι	40-50% περισσότερο
Αέρια (συγκέν. ρυπαντικών CO2 κλπ.)	5-20% περισσότερο
Σχετική υγρασία	
Κατά το χειμώνα	2% Λιγότερο
Κατά το καλοκαίρι	8-11% Λιγότερο
Βροχόπτωση	
Γενική	5-20% περισσότερο
Αριθμός ημερών βροχόπτωσης	5-10% περισσότερο
Ημέρες χιονιού	16% Λιγότερο

2.1.2 Παγκόσμια τάση για την εφαρμογή βιώσιμου σχεδιασμού

Οι πόλεις βιώνουν τακτικές αλλαγές ως αποτέλεσμα και προκειμένου να εγκλιματιστούν στην οικονομική ανάπτυξη και άλλες κοινωνικές παραμέτρους (Couch 1990). Αυτές οι αστικές αλλαγές είναι πιο εμφανείς από ποτέ στην σύγχρονη κοινωνία. Οι πόλεις του δυτικού πολιτισμού έχουν σαφώς πολύ διαφορετική μορφή από αυτήν που είχαν στις αρχές του 20ου αιώνα. Οι πόλεις έχουν εξελιχθεί κατά κύριο λόγο μέσω της ανάπτυξης των μεταφορών και της επικοινωνίας, της ανάπτυξης μητροπολιτικών χαρακτηριστικών, της αυξανόμενης αστικής κυριαρχίας σε ολόένα και πιο περίπλοκα και πιο κοινωνικοποιούμενα αστικά κέντρα, καθώς και μέσω

καινοτόμων μεθόδων οργάνωσης σε σχέση με τις ευθύνες και τα δικαιώματα του πληθυσμού τους (Ginot 2010).

Καθώς οι πόλεις επιχειρούν να προσαρμοστούν στις αλλαγές της κοινωνίας και προκειμένου να είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν τις τροποποιήσεις αυτές, τα περιβάλλοντα τους κινούνται προς τη διαμόρφωση νέων αστικών μορφών, αναμφίβολα διαφορετικών με αυτές του παρελθόντος. Δύο είναι οι βασικοί τρόποι, σύμφωνα με τις οποίους οι πόλεις προσαρμόζονται στις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας: α) με την κατασκευή νέων κτιρίων και άλλων κατασκευών και β) την ανανέωση υφιστάμενων κτιρίων ή ακόμη και ολόκληρων περιοχών, που έχουν διασωθεί ιστορικά μέχρι την παρούσα περίοδο. Η δεύτερη λύση, δηλαδή η αστική ανάπλαση, έχει διευρυνθεί ώστε να θεωρείται πλέον ιδιαίτερα σημαντική, ενώ ενδεχομένως να συνιστά τον πρωταρχικό στόχο των σχεδίων των παγκόσμιων κυβερνήσεων και χαρτοφυλακίων και ιδιαίτερα μάλιστα των χωρών που βρίσκονται σήμερα σε σοβαρή βιομηχανική, φυσική και οικονομική παρακμή (Smith 2007).

Μια ακόμη, πιο σύγχρονη, μέθοδος της εξέλιξης των πόλεων αποτελεί ο βιώσιμος σχεδιασμός και η βιοκλιματική αναγέννηση. Καθώς, η κλιματική αλλαγή και εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου βρίσκονται σε σταθερό ρυθμό ανόδου, και δεδομένου ότι οι πόλεις είναι υπεύθυνες για ένα σημαντικό ποσοστό αυτού του ρυθμού, πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν αειφόρες πρακτικές, μεθόδους και στρατηγικές. Στόχοι τους είναι να μειώσουν τις επιπτώσεις της πόλης τους στο περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα στοχεύουν στο να παράσχουν στους κατοίκους τους ασφαλέστερες, υγιεινότερες και πιο ευημερούσες συνθήκες διαβίωσης μέσα από την εφαρμογή μεθόδων βιώσιμου σχεδιασμού (Sustainable Urban Futures 2013).

2.1.3 Δείκτης θερμικής άνεσης

Η θερμική άνεση εξαρτάται από τις βιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος, δηλαδή από αυτό που ονομάζουμε μεταβολισμό, και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες γύρω του (Αξαρή και Γιάννας et al. 2001).

Πιο συγκεκριμένα, οι παράμετροι που καθορίζουν το αίσθημα θερμικής άνεσης διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες (Γιάνναρος, Μ. 2014):

- Περιβαλλοντικές παράμετροι, που περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία αέρα, τη θερμοκρασία ακτινοβολίας, τον άνεμο και την υγρασία και
- Προσωπικές παράμετροι που περιλαμβάνουν τη μόνωση ενδύματος, τον μεταβολισμό και την ηλικία, το φύλο και το επίπεδο δραστηριότητας του εκάστοτε ατόμου.

Όταν η παραγωγή θερμότητας από ένα άτομο είναι ίση με τις απώλειες που έχει προς το περιβάλλον του, τότε έχουμε «θερμική ουδετερότητα». Η θερμική ουδετερότητα είναι θεωρητικά η αναγκαία συνθήκη για τη θερμική άνεση (Αξαρχή και Γιάννας et al. 2001).

Η ικανοποίηση των υποκειμενικών απαιτήσεων διασφαλίζεται με την οριοθέτηση μιας περιοχής συνθηκών θερμικής άνεσης για ένα πλήθος ανθρώπων που εκφράζει τη στατιστική πλειοψηφία (Αξαρχή και Γιάννας et al. 2001).

Η ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στον ανθρώπινο οργανισμό και το περιβάλλον του επιτυγχάνεται με πέντε βασικές μεθόδους: α) με τη μεταγωγή, β) με την αγωγή, γ) με την εξάτμιση, δ) με την ακτινοβολία και ε) με την αναπνοή. Το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπου ορίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση (Γιάνναρος, Μ. 2014):

$$M + W + Q^* (T_{mrt,v}) + Q_H (T_{a,v}) + Q_L (e,v) + Q_{sw} (e,v) + Q_{Re} (T_{a,e}) + S = 0 \quad (2.1)$$

Όπου:

M: ο μεταβολισμός που εξαρτάται από το επίπεδο της δραστηριότητας του ατόμου

W: το έργο που παράγεται από το άτομο, και που εξαρτάται από τη δραστηριότητα στην οποία βρίσκεται

Q*: το ισοζύγιο της ακτινοβολίας που εξαρτάται από τη θερμοκρασία ακτινοβολίας και τον άνεμο

Q_H: η τυρβώδης ροή αισθητής θερμότητας που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τον άνεμο

Q_L: η τυρβώδης ροή λανθάνουσας θερμότητας που εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς (υγρασία) και από τον άνεμο

Q_{sw}: η τυρβώδης ροή λανθάνουσας θερμότητας μέσω εφίδρωσης που εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς (υγρασία) και τον άνεμο

Q_{Re}: η ροή αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας μέσω της αναπνοής που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς (υγρασία)

S: η ροή της θερμότητας που τελικά αποθηκεύει το ανθρώπινο σώμα.

Το παραπάνω ισοζύγιο σχετίζεται με το αίσθημα θερμικής άνεσης μέσω των προαναφερθέντων δεικτών θερμικής άνεσης, που είναι οι φυσικές ποσότητες με τις οποίες γίνεται η προσπάθεια παραμετροποίησης της εξίσωσης 2.1, με σκοπό την ποσοτικοποίηση της θερμικής άνεσης. Οι δείκτες θερμικής άνεσης διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες (Γιάνναρος, Μ. 2014):

- **«Απλοί δείκτες»:** Οι «απλοί δείκτες» αποτελούν υπεραπλουστευμένες εκδοχές του θερμικού ισοζυγίου και έχουν σα βασικό πλεονέκτημα την ταχύτερη και ευκολότερη απόδοση της θερμικής άνεσης.

Συνηθέστερα χρησιμοποιούν μία ή δύο κλιματικές μεταβλητές, ενώ δεν περιλαμβάνονται προσωπικές παράμετροι, όπως είναι για παράδειγμα το φύλο ή η ηλικία του ατόμου. Λόγω αυτού, ωστόσο, έχουν μειωμένη ακρίβεια απόδοσης του αισθήματος θερμικής άνεσης. Παράλληλα όμως, και καθώς είναι υπεραπλουστευμένοι δείκτες γίνονται εύκολα κατανοητοί από το ευρύ κοινό και τους υπεύθυνους δημόσιους φορείς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα στην κατηγορία αυτή είναι οι παρακάτω δείκτες:

- ✓ Δείκτης δυσφορίας (Discomfort Index): αποτελεί ίσως το γνωστότερο και απλούστερο τρόπο για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης. Η εξίσωση, με βάση την οποία υπολογίζεται, παρατίθεται παρακάτω:

$$DI = T_a - 0.55 \cdot (1 - RH/100) \cdot (T_a - 14.5) \quad (2.2)$$

Όπου:

T_a : η θερμοκρασία

RH : η σχετική υγρασία

Μάλιστα ανάλογα με τις τιμές του δείκτη, που ορίζεται σε βαθμούς Κελσίου (°C), προκύπτουν οι παρακάτω κατηγορίες θερμικής άνεσης:

Πίνακας 2.2 Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση το δείκτη DI (Γιάνναρος, Μ. 2014)

DI (°C)	Κατηγοριοποίηση αισθήματος δυσφορίας
< 21	Καθόλου δυσφορία
21 – 24	Λιγότερο από το 50% του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
25 – 27	Περισσότερο από το 50% του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
28 – 29	Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
30 – 32	Όλος ο πληθυσμός αισθάνεται δυσφορία
> 32	Επείγουσα κατάσταση, επικίνδυνη για τη δημόσια υγεία

- ✓ Δείκτης Θερμότητας (Heat Index, Stull): η σχέση με βάση την οποία υπολογίζεται ο συγκεκριμένος δείκτης θερμότητας προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση:

$$HI = (5/9)*[(16.923+A+B-C+D+E+F+G+H-I+K+L+M-N+O-P)-32] \quad (2.3)$$

Όπου:

A, B, ... P: πολυώνυμα διαφορετικών βαθμών ως προς τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία.

Μάλιστα ανάλογα με τις τιμές του δείκτη, που ορίζεται σε βαθμούς Κελσίου, προκύπτουν οι κατηγορίες θερμικής άνεσης του Πίνακα 2.3. Θα πρέπει να τονιστεί πως ο συγκεκριμένος δείκτης θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή, καθώς τα αποτελέσματά του είναι έγκυρα μόνο στην περίπτωση που η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 24 °C και η σχετική υγρασία μεγαλύτερη από 40 %.

Πίνακας 2.3 Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση το δείκτη HI (Γιάνναρος, Μ. 2014)

HI (°C)	Κατηγοριοποίηση θερμικής άνεσης
< 27	Καμία δυσφορία
27 – 32	Συνίσταται προσοχή
32 – 41	Συνίσταται μεγάλη προσοχή
41 – 54	Επικίνδυνη κατάσταση
> 54	Εξαιρετικά επικίνδυνη κατάσταση

- ✓ Humidex: η σχέση με βάση την οποία υπολογίζεται ο συγκεκριμένος δείκτης θερμότητας προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση:

$$HU = T_a + (5/9)*[(6.112*10^{7.5*Ta/(237.7+T_a)})*(RH/100)-10] \quad (2.4)$$

Όπου:

T_a: η θερμοκρασία

RH: η σχετική υγρασία

Μάλιστα ανάλογα με τις τιμές του δείκτη, που ορίζεται σε βαθμούς Κελσίου, προκύπτουν οι παρακάτω κατηγορίες:

Πίνακας 2.4 Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση το δείκτη HU (Γιάνναρος, Μ. 2014)

Humidex (°C)	Κατηγοριοποίηση θερμικής άνεσης
< 29	Καμία δυσφορία
30 – 34	Ελαφριά δυσφορία
35 – 39	Ισχυρή δυσφορία
40 – 45	Έντονη αίσθηση αδιαθεσίας
46 - 53	Σοβαρός κίνδυνος για την υγεία
> 54	Κίνδυνος θανάτου

- **«Σύνθετοι δείκτες»:** Οι «σύνθετοι δείκτες» λαμβάνουν υπόψη και το ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα, που όμως ταυτόχρονα αυξάνει και την ακρίβειά τους.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα στην κατηγορία αυτή είναι οι παρακάτω δείκτες θερμικής άνεσης:

- ✓ Αναμενόμενη μέση ψήφος/ Αναμενόμενο ποσοστό δυσφορίας (Predicted Mean Vote (PMV)/ Predicted Percentage of Dissatisfaction (PPD)): Η αναμενόμενη μέση ψήφος (PMV) έχει ως στόχο την πρόβλεψη της μέσης απόκρισης στο θερμικό περιβάλλον ενός μεγάλου δείγματος πληθυσμού, ενώ βασίζεται στη κλίμακα θερμικής αίσθησης της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers). Η συγκεκριμένη κλίμακα διαμορφώθηκε κατόπιν ανάλυσης αποτελεσμάτων αρκετών πειραμάτων, στα οποία τα άτομα περιέγραψαν το πως αισθάνονται όταν άλλαζαν οι περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες κάθε φορά αυτοί βρίσκονταν. Η κλίμακα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

*Πίνακας 2.5 Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση την κλίμακα ASHRAE
(Γιάνναρος, Μ. 2014)*

Κλίμακα ASHRAE	Αριθμητικές τιμές PMV
Ζεστός	+3
Θερμός	+2
Ελαφρά θερμός	+1
Ουδέτερος (άνετος)	0
Ελαφρά δροσερός	-1
Δροσερός	-2
Ψυχρός	-3

Ο δείκτης PMV χρησιμοποιεί το μεταβολισμό του ατόμου, τη μόνωση των ρούχων και φυσικά μια σειρά από μετεωρολογικές παραμέτρους, και πιο συγκεκριμένα, τη θερμοκρασία, τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, τον άνεμο και την τάση υδρατμών (υγρασία). Από την άλλη πλευρά, ο δείκτης PPD βασίζεται στο δείκτη PMV με τη διαφορά ότι η θερμική άνεση αποδίδεται με ποσοστά.

- ✓ **Thermal Stress Index (TSI):** Ο δείκτης θερμικού στρες (TSI) χρησιμοποιείται για τη πρόβλεψη του θερμικού στρες, στο οποίο υπόκειται ένα άτομο με βάση τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες. Λαμβάνει υπόψη την ανταλλαγή της θερμότητας και της ακτινοβολίας ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον, το μεταβολισμό και τον τρόπο ένδυσης του ατόμου. Τέλος, χρησιμοποιεί και την επίδραση του ανέμου, της θερμοκρασίας, της ηλιακής ακτινοβολίας και της τάσης των υδρατμών.
- ✓ **Physiological Equivalent Temperature (PET):** Η φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία (PET) αποτελεί έναν δείκτη θερμικής άνεσης που προκύπτει από την θερμοκρασία εκείνη στην οποία το ανθρώπινο σώμα ισορροπεί με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Λαμβάνει υπόψη τις επιδράσεις του ανέμου, της θερμοκρασίας, της τάσης των υδρατμών, του μεταβολισμού και του τρόπου ένδυσης.
- ✓ **Universal Thermal Climate Index (UTCI):** Ο συγκεκριμένος δείκτης λαμβάνει υπόψη το ισοζύγιο θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με

βασικό κριτήριο τη δυνατότητα που έχει η εφαρμογή του σε οποιοδήποτε περιβάλλον και κάτω από όλες τις δυνατές συνθήκες. Η κλίμακα του UTCI περιλαμβάνει 10 κατηγορίες θερμικού στρες, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.6 Χαρακτηρισμός θερμικής άνεσης με βάση την κλίμακα UTCI (Γιάνναρος, Μ. 2014)

UTCI (°C)	Κατηγορία θερμικού στρες
Πάνω από +46	Υπερβολικό θερμικό στρες
+38 μέχρι +46	Πολύ ισχυρό θερμικό στρες
+32 μέχρι +38	Ισχυρό θερμικό στρες
+26 μέχρι +32	Μέτριο θερμικό στρες
+9 μέχρι +26	Κανένα θερμικό στρες
+9 μέχρι 0	Ελαφρύ ψυχρό στρες
0 μέχρι -13	Μέτριο ψυχρό στρες
-13 μέχρι -27	Ισχυρό ψυχρό στρες
-27 μέχρι -40	Πολύ ισχυρό ψυχρό στρες
Κάτω από -40	Υπερβολικό ψυχρό στρες

2.2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΛΕΩΝ

Στη σύγχρονη εποχή, οι πόλεις εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα, που τις καθιστούν σε πολλές περιπτώσεις, κάθε άλλο παρά βιώσιμες. Τα προβλήματα των σύγχρονων πόλεων είναι κοινά σε παγκόσμιο επίπεδο αν και χαρακτηρίζονται από μικρές διαφοροποιήσεις από την μια πόλη στην άλλη, που αφορούν κυρίως στο βαθμό (ποσοστό) με τον οποίο παρατηρούνται. Και στον Ελλαδικό χώρο, οι πόλεις εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα, έντονες αντιθέσεις, δυσαρμονίες και μια μειωμένη ποιότητα και ποσότητα σε ότι αφορά τον υπαίθριο δημόσιο χώρο. Κατά συνέπεια, η καθημερινότητα των πολιτών υποβαθμίζεται συνεχώς. Τα σημαντικότερα προβλήματα του σύγχρονου αστικού τοπίου, συνοψίζονται παρακάτω:

- Υπερδόμηση, με τα κέντρα κυρίως των πόλεων να είναι ιδιαίτερος πυκνά δομημένα
- Κυκλοφοριακό πρόβλημα
- Ατμοσφαιρική ρύπανση και ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων
- Σημαντική μείωση στη διαθεσιμότητα των ελεύθερων χώρων

- Έλλειψη πρασίνου
- Σημαντική υποβάθμιση ακόμη και πλήρης καταστροφή των φυσικών οικοσυστημάτων
- Παραμέληση και υποβίβαση του περιβάλλοντος των αστικών ρεμάτων, των πρώην εγκαταστάσεων στρατοπέδων, βιομηχανικών μονάδων, αεροδρομίων, λιμανιών και ούτω καθεξής που οδηγούν στην αλλοίωση και την υποβάθμιση του τοπίου γύρω από αυτές
- Ανάπτυξη υπολειμματικών χώρων σε περιαστική κλίμακα, που προκαλείται από το φαινόμενο της αστικής διάχυσης

2.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, η οποία πρέπει να μελετά ισορροπημένα τα θέματα ενεργειακής αλληλεπίδρασης ενός κτιρίου με το περιβάλλον του. Ανεξάρτητα από το εάν η προσοχή του μελετητή επικεντρώνεται στην παθητική θέρμανση, στο φυσικό φωτισμό, στο φυσικό αερισμό ή στον παθητικό δροσισμό, η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου σε όλους τους χρόνους και τις εποχές καθορίζει την επιτυχία του σχεδιασμού (Κοσμόπουλος 2007; Ευθυμίουπουλος 2000).

Οι κύριες επιδιώξεις του βιοκλιματικού σχεδιασμού, διατυπώνονται παρακάτω (Αξαρχλή και Γιάννας et al. 2001):

- Να εξοικονομήσει και να αντικαταστήσει μερικά ή και ολικά την κατανάλωση καυσίμων για τη θέρμανση, το δροσισμό και τις άλλες ανάγκες του κατοικήσιμου χώρου
- Να εξασφαλίσει παράλληλα εσωτερικές συνθήκες στα πλαίσια της άνεσης

- Να διασφαλίσει σύντομη σχετικά απόσβεση του επιπλέον, σε σύγκριση με ένα συμβατικό κτίριο, αρχικού κόστους, από την εξοικονόμηση που πετυχαίνει

Για τους παραπάνω σκοπούς ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνδυάζει την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ήλιος, άνεμος και ούτω καθεξής) με τη ρύθμιση των θερμικών ροών (μόνωση, στεγάνωση, αερισμός, σκιασμός και ούτω καθεξής) στα πλαίσια βέβαια των υπάρχοντων κλιματικών δεδομένων και ενδεχόμενων κτιριακών στόχων (Αξαρχλή και Γιάννας et al. 2001).

2.3.1 Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Στα κυρίαρχα στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού συγκαταλέγονται τα παθητικά συστήματα, που ενσωματώνονται στο κτιριακό κέλυφος με στόχο την εκμετάλλευση των διαφορετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό (Ανδρεαδάκη 2006).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποτελεί μια νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική, που συνδέεται περισσότερο με την οικολογία παρά με την ενεργειακή εξοικονόμηση που μπορεί να επιφέρει. Ωστόσο, τα ενεργειακά οφέλη από τις διάφορες εφαρμογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι ιδιαίτερος σημαντικά, ενώ προκύπτουν από τις παρακάτω μεθόδους (Ανδρεαδάκη 2006):

- 1) Εξοικονόμηση ενέργειας, που πραγματοποιείται με την αξιοσημείωτη μείωση των απωλειών μέσα από τη βελτιωμένη προστασία του κελύφους και τη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών στοιχείων
- 2) Παραγωγή θερμικής ενέργειας μέσα από τη στρατηγική εγκατάσταση σε διαφορετικούς χώρους ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους, της συνεισφοράς που αυτά έχουν στις θερμικές απαιτήσεις των χώρων, στους οποίους εγκαθίστανται και τέλος της μερικής κάλυψης των κτιριακών αναγκών σε θέρμανση
- 3) Πρόκληση συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των αναγκών για τη ρύθμιση του θερμοστάτη,

- 4) Διατήρηση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου σε υψηλά επίπεδα το χειμώνα και χαμηλά το καλοκαίρι με αποτέλεσμα τη μείωση του απαιτούμενου φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από πρόσθετα ή επικουρικά συστήματα κατά τη κτιριακή χρήση.

Η βιοκλιματική άποψη για το σχεδιασμό του χώρου σχετίζεται με τους εξής βασικούς στόχους (Ανδρεαδάκη 2006):

- α) την απεξάρτηση από το πετρέλαιο και ταυτόχρονα την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- β) την εξοικονόμηση χρημάτων, μέσω της χρήσης/ εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας ή των δροσερών ανέμων που δεν έχουν κανένα επιβαρυντικό κόστος
- γ) την προστασία του περιβάλλοντος μέσα από τον περιορισμό των συμβατικών καύσιμων και έτσι και τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Για να πραγματοποιηθούν οι βασικές αρχές του σχεδιασμού, το κτίριο θα πρέπει να (Ανδρεαδάκη 2006):

- 1) Λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα
- 2) Λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας
- 3) Λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας
- 4) Λειτουργεί ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι
- 5) Περιλαμβάνει την κατάλληλη επιλογή της θέσης του οικοδομήματος
- 6) Διαθέτει τον κατάλληλο προσανατολισμό
- 7) Λαμβάνει υπόψη το σχήμα, που διαμορφώνει η κατοικία

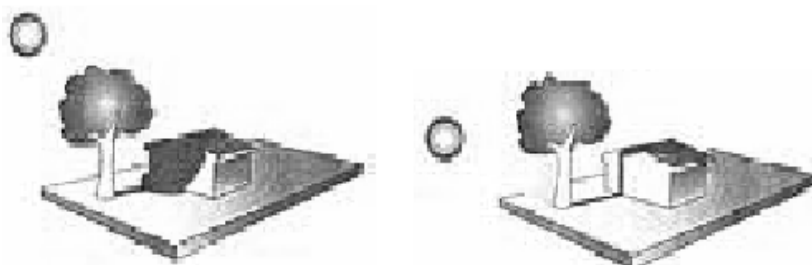
- 8) Λαμβάνει υπόψη τα υλικά δόμησης
- 9) Διαθέτει τις φυτεύσεις που πρέπει να βρίσκονται περιμετρικά της κατοικίας
- 10) Βασίζεται και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- 11) Διαμορφώνει το μέγεθος των ανοιγμάτων με βάση το διαθέσιμο προσανατολισμού
- 12) Στηρίζει τη λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων

Παρακάτω παρουσιάζεται μια πρώτη προσέγγιση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής απέναντι στο κλίμα, που όπως έχει διαπιστωθεί από τους παραπάνω ορισμούς του βιοκλιματικού κτιρίου και σχεδιασμού, αποτελεί τη βάση τους (Κοσμόπουλος 2007; Αξαρλή και Γιάννας et al. 2001; Ευθυμιόπουλος 2000):

1) Ως προς τον ηλιασμό – σκίασμό του οικοπέδου:

Η φύτευση του οικοπέδου θεωρείται ιδιαίτερα κρίσιμη, αφού με την κατάλληλη εκλογή δεντροφύτευσης (φυλλοβόλων και αιθαλών δέντρων και φυτών) ενδέχεται να συμβάλλει σημαντικά στο επιθυμητό με βάση το βιοκλιματικό σχεδιασμό αποτέλεσμα. Πιο συγκεκριμένα:

- Η φύτευση φυλλοβόλων στην προσήλια πλευρά του κτιρίου έχει σαν αποτέλεσμα τη σκίαση του κτιρίου το καλοκαίρι και τον ηλιασμό του το χειμώνα.



Εικόνα 2.2 Η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων σκιάζει ένα κτίριο το καλοκαίρι (αριστερή εικόνα) και αφήνει τον Ήλιο να το βλέπει το χειμώνα (δεξιά εικόνα) (Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: Ενέργεια και Περιβάλλον 2007)

- Η εδαφοκάλυψη με φυλλοβόλους θάμνους, έρποντα φυτά ή χορτάρι έχει σαν αποτέλεσμα το χώμα να σκιάζεται και να διατηρείται δροσερό κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την ηλιακή ακτινοβολία να εισβάλει σ' αυτό και να το θερμάνει το χειμώνα.
- Τα φυτά μέσω της εξάτμισης κατά τη διαπνοή συντελούν στο δροσισμό του αέρα γύρω από το κτίριο.

2) Ως προς τον άνεμο:

Τα κτίρια εμποδίζουν την κίνηση του ανέμου, ενώ χαρακτηρίζονται από μια προσήνεμη πλευρά που παρουσιάζει θετική πίεση και μια υπήνεμη με αρνητική πίεση. Ένα επίμηκες κτίριο αναγκάζει τον αέρα να κινηθεί από πάνω του, ενώ ένα πυργοειδές από δίπλα του. Ένα υψηλό κτίριο σε πιλοτή πολλαπλασιάζει την ταχύτητα του αέρα που περνά από κάτω του, δημιουργώντας ένα ισχυρό καθοδικό ρεύμα στην προσήνεμη όψη του. Τα κτίρια μέσα στις πόλεις, υπό γωνία προς την κατεύθυνση, μεταβάλλουν την κατεύθυνση του ανέμου. Τέλος, ένα κτίριο δημιουργεί μια σκιά αέρα πίσω του, που έχει μήκος περίπου έξι φορές το ύψος του. Σαν αποτέλεσμα:

- Οι προστατευμένες εξωτερικές λειτουργίες, όπως είναι οι κινήσεις των πεζών, θα πρέπει να σχεδιάζονται και να τοποθετούνται στη σκιά του κτιρίου.
- Η τοποθέτηση ενός δεύτερου κτιρίου πρέπει να γίνεται σε απόσταση μεγαλύτερη από το εξαπλάσιο του ύψους του πρώτου κτιρίου \Rightarrow πλήρης εκμετάλλευση της κίνησης του αέρα για δροσισμό το καλοκαίρι.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια πρώτη προσέγγιση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής απέναντι στη θερμική άνεση (που είναι συνάρτηση των βιολογικών λειτουργιών του ανθρώπινου σώματος των περιβαλλοντικών συνθηκών γύρω του), που όπως έχει διαπιστωθεί από τους παραπάνω ορισμούς του βιοκλιματικού κτιρίου και σχεδιασμού, θα πρέπει να εξασφαλίζεται για κάθε κτίριο (Κοσμόπουλος 2007; Αξαρχλή και Γιάννας et al. 2001; Ευθυμιόπουλος 2000):

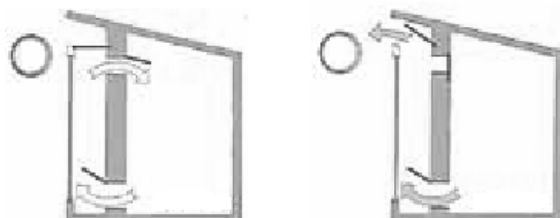
1) Ως προς την κίνηση του αέρα:

Η κίνηση του αέρα επιδρά στη θερμική άνεση με δύο τρόπους:

- Επηρεάζοντας την ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον του μέσω αγωγιμότητας και μεταφοράς και
- Επηρεάζοντας την ταχύτητα ψύξης του σώματος μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα.

Μάλιστα, θεωρείται πως η κίνηση του αέρα σε συνδυασμό με μια υγρασία χαμηλότερη από ή ίση με 70 %, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση και μείωση της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι και το χειμώνα αντίστοιχα. Στην βιοκλιματική αρχιτεκτονική η κίνηση του αέρα θα πρέπει να ελέγχεται έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η θετική επίδρασή του στη θερμική άνεση. Έτσι:

- Μια κρύα επιφάνεια ενός τοίχου ή υαλοστασίου μαζί με την κατάλληλη θερμομόνωση οδηγεί στη θερμική άνεση
- Ένας θερμικός τοίχος οδηγεί σε δροσισμό του κτιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ λειτουργεί ως θερμοσυσσωρευτής το χειμώνα



Εικόνα 2.3 Η ενεργητική επίδραση του θερμικού τοίχου το καλοκαίρι (αριστερή εικόνα) και το χειμώνα (δεξιά εικόνα) (Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: Ενέργεια και Περιβάλλον 2007)

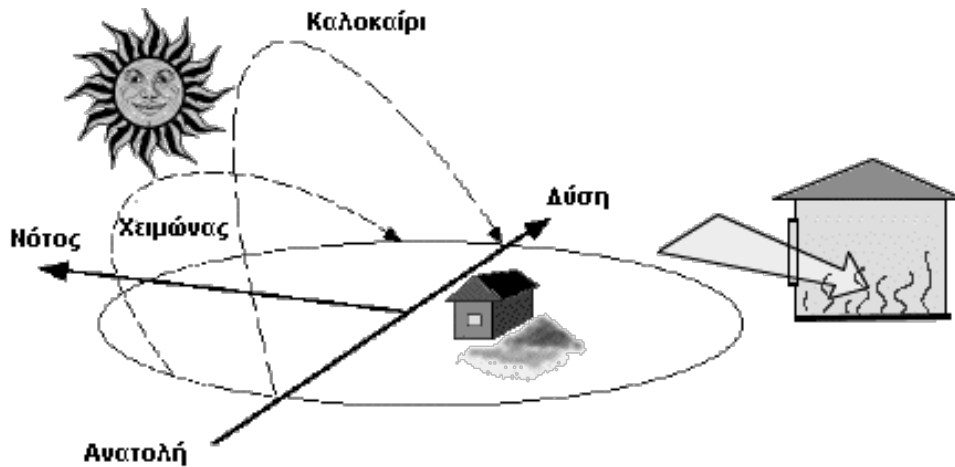
2) Ως προς την υγρασία:

Μια υψηλή υγρασία (μεγαλύτερη ή ίση με 80 %) σε συνδυασμό με μια υψηλή θερμοκρασία (μεγαλύτερη ή ίση με 25 °C) επιδρά αρνητικά στη θερμική άνεση, ενώ μια υγρασία μικρότερη ή ίση με 30 % μπορεί να μην επηρεάζει τη θερμική άνεση, προκαλεί ωστόσο ερεθισμό στο δέρμα.

Τέλος παρακάτω παρουσιάζεται μια πρώτη προσέγγιση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής απέναντι στον ήλιο, λαμβάνοντας αρχικά υπόψη τα εξής (τα στοιχεία αφορούν το βόρειο ημισφαίριο) (Κοσμόπουλος 2007; Αξαρχή και Γιάννας et al. 2001; Ευθυμιόπουλος 2000):

- 1) Ο ανατολικός και δυτικός προσανατολισμός αποδίδουν την ελάχιστη ηλιακή πρόσοδο το χειμώνα, ενώ προσφέρουν σημαντική ηλιακή πρόσοδο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με αποτέλεσμα τα ανοίγματα σε αυτούς τους προσανατολισμούς να επιτείνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης.
- 2) Ο βόρειος προσανατολισμός δεν οδηγεί σε ηλιακή πρόσοδο κατά τη διάρκεια του χειμώνα και σε ελάχιστη το καλοκαίρι, εξαιτίας της μετατόπισης της θέσης της ανατολής και δύσης του ηλίου προς το βορρά τους καλοκαιρινούς μήνες.
- 3) Ο νότιος προσανατολισμός οδηγεί στη μέγιστη ηλιακή ενεργειακή πρόσοδο τους χειμερινούς μήνες και στην ελάχιστη το καλοκαίρι.

Κατά συνέπεια, ο νότιος προσανατολισμός κρίνεται ως ο καταλληλότερος για τα ανοίγματα, από τα οποία αποζητούνται τα βέλτιστα ενεργειακά αποτελέσματα.

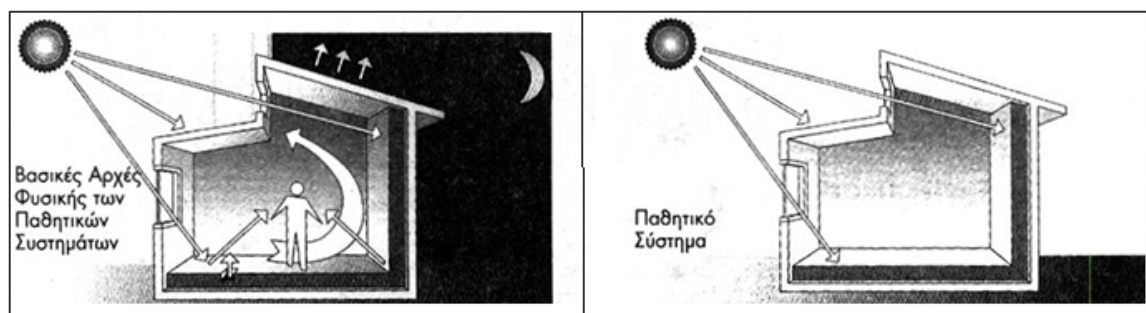


Εικόνα 2.4 Ο νότιος προσανατολισμός (Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: Ενέργεια και Περιβάλλον 2007)

2.3.2 Βασικά συστήματα - εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού

2.3.2.1 Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης λειτουργούν μέσω της συλλογής της ηλιακής ενέργειας, την οποία και αποθηκεύουν με τη μορφή θερμότητας και στην συνέχεια την διανέμουν στο χώρο. (Λάζαρη και Τζανακάκη 2002).



Εικόνα 2.5 Αρχή λειτουργίας παθητικών συστημάτων (Γεωργίου και Γιανναράς et al. χ.χ.)

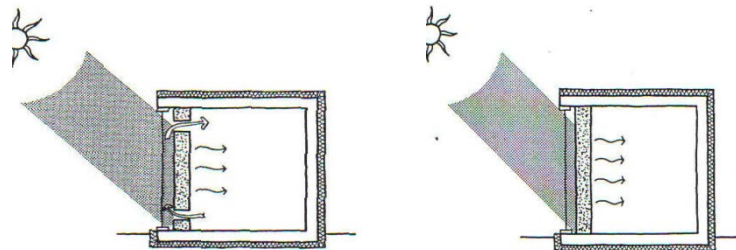
Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται στις δύο παρακάτω κατηγορίες (Παπαδόπουλος και Αξαρχή 1995):

- **Σύστημα άμεσου κέρδους:** Εδώ η συλλογή, αποθήκευση και μετάδοση θερμότητας γίνεται μέσα στο χώρο, όπου έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί το σύστημα. Είναι απλό στη δομή και στη λειτουργία του, ενώ συγκροτείται από

ένα κλειστό χώρο -που εξυπηρετεί ανάγκες διαβίωσης ή εργασίας-, από το νότιο ή τα νότια υαλοστάσια, του οποίου συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία και στη μάζα του οποίου αποθηκεύεται η θερμότητα.

- **Συστήματα έμμεσου κέρδους:** Εδώ η συλλογή και αποθήκευση θερμότητας γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένο τμήμα του κελύφους, επαπτόμενο του χώρου που προβλέπεται να θερμανθεί. Τύποι συστημάτων έμμεσου ηλιακού οφέλους είναι οι εξής:

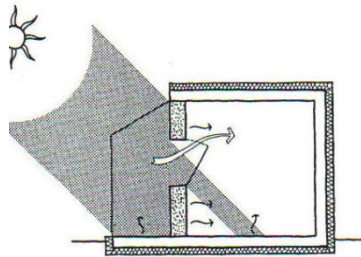
- ✓ **Τοίχος Trombe και τοίχος μάζας:** Το σύστημα τοίχου Trombe αποτελείται από ένα υαλοστάσιο τοποθετημένο σε μικρή απόσταση μπροστά από ένα αγωγίμο νότιο τοίχο, του οποίου η εξωτερική επιφάνεια βάφεται με σκούρο χρώμα έτσι ώστε να αυξηθεί η απορροφητικότητά του. Από την άλλη πλευρά, στον τοίχο μάζας ο αέρας παραμένει στάσιμος στο διάκενο και έτσι διαφέρει από τον τοίχο Trombe καθώς δεν έχει θυρίδες για την κυκλοφορία του αέρα. Η μετάδοση θερμότητας από τον τοίχο μάζας προς το χώρο γίνεται μόνο με αγωγή έως την εσωτερική επιφάνεια του τοίχου και από εκεί με ακτινοβολία και μεταφορά.



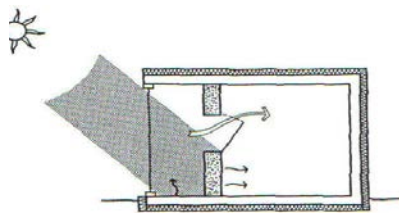
Εικόνα 2.6 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του τοίχου Trombe (αριστερή εικόνα) και του τοίχου μάζας (δεξιά εικόνα) (Αζαρλή και Γιάννας et al. 2001)

- ✓ **Προσαρτημένο θερμοκήπιο και ηλιακός χώρος:**

Ένα νότια προσανατολισμένο θερμοκήπιο προσαρτημένο στο κτίριο είναι η κύρια κατασκευή για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, που στεγάζεται σε έναν χώρο με υαλοπίνακες, του οποίου μια ή περισσότερες περιμετρικές πλευρές κλείνουν επίσης με γυαλί



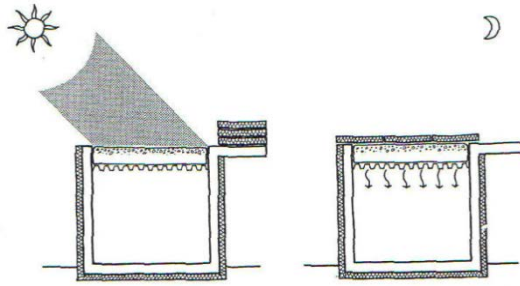
Εικόνα 2.7 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του θερμοκηπίου (Αζαρλή και Γιάννας et al. 2001)



Εικόνα 2.8 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του ηλιακού χώρου (Αζαρλή και Γιάννας et al. 2001)

Από την άλλη πλευρά στον ηλιακό χώρο (sunporch) η στέγαση (οριζόντια ή κεκλιμένη) είναι αδιαφανής και θερμομονωμένη. Η αντικατάσταση της γυάλινης οροφής με μια αδιαφανή επιλύει το ζήτημα της μετάδοσης μεγάλων ποσών ενέργειας που προκύπτουν από τη στέγαση (γεγονός όμως όχι πάντα μορφολογικά αποδεκτό).

- ✓ **Σύστημα roof pond (δεξαμενή δώματος):** Το παρόν σύστημα χρησιμοποιεί ποσότητα νερού που βρίσκεται τοποθετημένη στο δώμα με σκοπό τη συλλογή, την αποθήκευση και τη μετάδοση θερμότητας στο κτίριο.



Εικόνα 2.9 Σχηματική διάταξη λειτουργίας του roof pond (Αζαρλή και Γιάννας et al.2001)

- **Συστήματα απομονωμένου κέρδους:** Το σύστημα απομονωμένου ηλιακού οφέλους αξιοποιεί το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού για να θερμάνει νερό ή αέρα και να μεταφέρει τη θερμότητα σε περιοχές του κτιρίου που απέχουν από τη θέση συλλογής της ηλιακή ενέργειας.

2.3.2.2 Παθητικά Συστήματα Δροσισμού

Η μελέτη δροσισμού των κτιρίων πραγματεύεται το σχεδιασμό και τις δράσεις που αποσκοπούν στη διατήρηση της θερμοκρασίας στα όρια της ζώνης θερμικής άνεσης, όταν παρατηρείται υπέρβαση των ορίων αυτών στο εξωτερικό περιβάλλον. Ανάλογα με τους τρόπους που επιτυγχάνεται το αποτέλεσμα διακρίνουμε τρεις κατηγορίες δροσισμού (Λάζαρη και Τζανακάκη, 2002):

- **Ο φυσικός δροσισμός (natural cooling)**, που βασίζεται στον έλεγχο ή/ και στην εκμετάλλευση των φυσικών φαινομένων που δρουν στο περιβάλλον του κτιρίου με σκοπό της μείωση της θερμοκρασίας των εσωτερικών του χώρων
- **Ο παθητικός δροσισμός (passive cooling)**, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στη διοχέτευση της πλεονάζουσας θερμότητας του κτιρίου με φυσικούς τρόπους σε περιβαλλοντικούς απαγωγείς θερμότητας
- **Ο τεχνητός δροσισμός (mechanical cooling)**, ο οποίος χρησιμοποιεί μηχανικά μέσα για τη μείωση της θερμοκρασίας του κτιρίου

Ο τρόπος που λειτουργούν τα παθητικά συστήματα και οι τεχνικές δροσισμού στηρίζεται στις εξής τέσσερεις παρακάτω τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού (Λάζαρη και Τζανακάκη, 2002):

- 1) Στη μείωση των ηλιακών και θερμικών κερδών στο κτίριο
- 2) Στη μεταφορά της θερμότητας στο φυσικό περιβάλλον από το εσωτερικό του κτιρίου
- 3) Στην εκμετάλλευση της κτιριακής θερμοχωρητικότητας, έτσι ώστε να ρυθμιστεί η εσωτερική θερμοκρασία
- 4) Στην καλύτερευση της θερμικής άνεσης των χρηστών του κτιρίου, ανεξάρτητα από την ψύξη αυτού, τροποποιώντας τους περιβαλλοντικούς παράγοντες του εσωτερικού του.

2.3.2.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός έχει σα στόχο να επιτύχει την οπτική άνεση στο εσωτερικό των κτιρίων, αλλά και στην γενικότερη αναβάθμιση των συνθηκών διαβίωσης στους διάφορους κτιριακούς χώρους μέσα από το συνδυασμό του φωτός, της θέας, του εν δυνάμει αερισμού, την εκμετάλλευση και τον έλεγχο της ηλιακής ενέργειας που μπαίνει στο κτίριο. Κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού σημαντικό είναι να επιτευχθεί η όσο το δυνατό μεγαλύτερη κάλυψη των αναγκών για φωτισμό από το φυσικό φως. Ο σχεδιασμός αυτός εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που πραγματοποιείται στους εσωτερικούς χώρους. Για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, που να ωφελεί το κτίριο, με σκοπό την διασφάλιση οπτικής άνεσης απαιτείται, μέσα από τα κατάλληλα συστήματα και τεχνικές, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους ικανή ποσότητα και ομαλή κατανομή, έτσι ώστε να μη δημιουργούνται έντονες ανομοιομορφίες στη στάθμη του φωτός, οι οποίες και οδηγούν στο λεγόμενο «θάμβωσης». Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/ υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα) (Λάζαρη και Τζανακάκη 2002).

Το σύστημα φυσικού φωτισμού περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία (Λάζαρη και Τζανακάκη 2002):

- Υαλοπίνακα ή κάποιο άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- Πλαίσιο
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

Αντιστοίχως, οι διάφορες μέθοδοι όταν εφαρμοστούν στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο οδηγούν στην αύξηση της απόδοσης του συστήματος και στη βελτίωση των συνθηκών της οπτικής άνεσης. Τα διάφορα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στα παρακάτω (Λάζαρη και Τζανακάκη 2002):

- **Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία**
- **Ανοίγματα οροφής**
- **Αίθρια**
- **Φωταγωγοί**

Περαιτέρω εκθέτονται οι μέθοδοι φυσικού φωτισμού για τα παραπάνω συστήματα (Λάζαρη και Τζανακάκη 2002):

1) Υαλοπίνακες:

- Έγχρωμοι και ανακλαστικοί υαλοπίνακες
- Απορροφητικοί υαλοπίνακες
- Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής
- Ηλεκτροχημικοί
- Φωτοχρωμικοί

- Θερμοχρωμικοί

2) Πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία:

- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού)
- Ανακλαστικές περσίδες

2.3.3 Βασικά στοιχεία - εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πράσινου

Ο περιβαλλοντικός ή βιοκλιματικός σχεδιασμός των πόλεων εστιάζει στους δρόμους, στους δημόσιους υπαίθριους χώρους και στα οικοδομικά τετράγωνα, που αποτελούνται τόσο από ιδιωτικούς όσο και κοινόχρηστους χώρους. Οι τομείς στους οποίους δραστηριοποιείται είναι: α) οι μετακινήσεις, β) οι δραστηριότητες και οι χρήσεις της γης, γ) τα δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, δ) οι υποδομές και ε) οι υπαίθριοι χώροι (Κατσιμίγας, 2013).

Σε ότι αφορά πιο συγκεκριμένα το αστικό πράσινο, εφαρμόζονται οι εξής βασικές αρχές (Κατσιμίγας 2013; Σιαπκαλής, Γ. 2013):

- Οι υπαίθριοι χώροι σχεδιάζονται, ενώ οι υπάρχοντες ιδιωτικοί και δημόσιοι ακάλυπτοι χώροι επανασχεδιάζονται, όλα τα κενά οικόπεδα αξιοποιούνται με βιοκλιματικά κριτήρια και με στόχο να ενοποιηθούν με τον λοιπό αστικό ιστό.
- Αυξάνονται οι φυτεύσεις, που πραγματοποιούνται μετά από μελέτη που αφορά στο είδος και το μέγεθος των διαφορετικών φυτών και στο αποτέλεσμα που επιθυμείται.
- Εισάγονται πράσινες στέγες στις ταράτσες των δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων και πράσινες προσόψεις στα κτίρια αυτά.

- Μέσα από το σχεδιασμό αναλύονται, αξιολογούνται και χρησιμοποιούνται με κατάλληλο τρόπο η τοπιομορφία, το κλίμα, το ανάγλυφο, η βλάστηση και ούτω καθεξής.
- Αξιοποιούνται οι διάφοροι μηχανισμοί της φύσης, όπως είναι για παράδειγμα το νερό, η βλάστηση και ο αέρας με στόχο να εξασφαλιστεί θερμική άνεση τόσο σε κοινόχρηστους χώρους όσο και σε κτίρια.
- Διατηρείται και ενισχύεται η βιοποικιλότητα μέσα από τη φύτευση ενδημικών φυτών και την προστασία των υπαρχόντων ζωτικών οργανισμών.
- Εξοικονομούνται οι πόροι (νερό και ενέργεια) στο στάδιο κατασκευής των πράσινων χώρων όσο και στο στάδιο της λειτουργία τους.
- Χρησιμοποιούνται υλικά φιλικά προς το περιβάλλον.
- Το αστικό και το περιαστικό πράσινο συνδέονται έτσι ώστε η φύση να διεισδύσει στην πόλη.
- Αναπτύσσονται επικαλυπτόμενα δίκτυα ώστε να λειτουργούν ανεξάρτητα αλλά και συνδυαστικά και να εξυπηρετούν παράλληλες λειτουργίες, όπως είναι για παράδειγμα η αναψυχή και οι καθημερινές μετακινήσεις, ενώ ταυτόχρονα εξοικονομούνται οι πόροι και μειώνονται οι παραγόμενοι ρύποι.

2.4 ΒΙΩΣΙΜΗ ΠΟΛΗ

Ένας από τους μεγαλύτερους στόχους των παγκόσμιων κυβερνήσεων και πρακτικών είναι η λειτουργία των σύγχρονων πόλεων με τρόπο βιώσιμο. Για την εφαρμογή του στόχου αυτού, και ανάλογα με τις ανάγκες και την ανάπτυξη κάθε εποχής, διαμορφώθηκαν διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς τον αρχιτεκτονικό, χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό, οι οποίες θα εξασφάλιζαν πόλεις κατάλληλες, για να ζήσει ο άνθρωπος σ' αυτές (Ζήσης 2008).

Βιώσιμη πόλη χαρακτηρίζεται ως η σύγχρονη εκείνη πόλη που έχει ως στόχο την ανθρώπινη αλλά και οικολογική χωροταξική δομή, ούτως ώστε ο κάθε πολίτης να έχει την δυνατότητα μιας λειτουργικής και αξιοπρεπούς καθημερινότητας (Βουρέκας 2008). Πρόκειται για εκείνη την πόλη, στην οποία υιοθετούνται αρχιτεκτονικές και άλλες στρατηγικές ώστε να εξασφαλιστεί το βιώσιμο σπίτι, η βιώσιμη γειτονιά και ευρύτερα η πόλη ως τμήμα ενός βιώσιμου χωροταξικού σχεδιασμού (Ζήσης 2008).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η αρχιτεκτονική και η στρατηγική μιας βιώσιμης πόλης έχουν άμεση σχέση με την υλοποίηση της μεμονωμένης κατοικίας αλλά και της βιώσιμης γειτονιάς, αφού αποτελούν για την πόλη τα ζωτικά μέρη ενός ευρύτερου βιώσιμου χωροταξικού σχεδιασμού. Η βιώσιμη πόλη είναι το αποτέλεσμα των προβλημάτων των πόλεων, που αναδείχτηκαν κυρίως την εποχή του Μεσαίωνα αλλά και στη σύγχρονη εποχή, όπως για παράδειγμα η περίπτωση του Λονδίνου, όπου έγιναν ορατές οι παρενέργειες στην οργάνωση και διαχείριση των πόλεων (Ζήσης 2008).

Η διαχείριση των βιώσιμων πόλεων, περνά δια μέσου των αρχιτεκτονικών, πολεοδομικών και χωροταξικών προσεγγίσεων ενώ η όποια μελέτη εκπονείται, αποβλέπει σε μια προοπτική των κατάλληλων κριτηρίων για την ανοικοδόμηση των πόλεων για όλους ανεξαιρέτως τους πολίτες, σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες των κοινωνικών, οικονομικών και αναπτυξιακών δυνατοτήτων τους (Βουρέκας 2008). Μάλιστα, η βιώσιμη πόλη αναφέρεται στην ενεργειακή διαχείριση, στη διαχείριση των απορριμμάτων, των αποβλήτων αλλά και στη ποιότητα του αέρα στην πόλη, στα πάρκα και το πράσινο, στην ύδρευση και γενικότερα σε όλους εκείνους τους τομείς πολιτικής με βάση τους οποίους πραγματοποιείται η βιώσιμη ανάπτυξη.

Κατά συνέπεια, η βιώσιμη πόλη αναφέρεται στο βιώσιμο νοικοκυριό, τη βιώσιμη οργάνωση και λειτουργία στο χώρο εργασίας, στους χώρους άθλησης, αλλά και την ψυχαγωγία και ούτω καθεξής (Ζήσης 2008). Η βιωσιμότητα μιας πόλης συνίσταται από το βαθμό των υπηρεσιών που διατηρούν τον κοινωνικό ιστό σε συνοχή και που μεριμνούν για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, που προκύπτουν. Η αντιμετώπιση προβλημάτων, δια μέσου των προγραμμάτων που βοηθούν τον πολίτη σε προσωπικό επίπεδο να ανταπεξέλθει στην πίεση της κοινωνικής πραγματικότητας και των προσωπικών του κοινωνικών προβλημάτων και αναγκών (γειτονιά, ομάδες,

σχέσεις) εξασφαλίζεται με την κοινωνική συνοχή, απαραίτητο στοιχείο μιας βιώσιμης πόλης (Βουρέκας 2008).

Η πόλη γίνεται επίσης ουσιαστικά βιώσιμη μέσα από τη δυνατότητα της ίδιας να προσφέρει στους πολίτες της την ευκαιρία να δραπετεύσουν από αυτήν, δηλαδή να έχουν την δυνατότητα να βιώνουν την εμπειρία της φύσης. Η αναζωογόνηση της πόλης συνίσταται στην αρμονική σχέση που πρέπει να έχει ο πολίτης, η φύση και η πόλη, ώστε μέσα από τον εμπλουτισμό της καθημερινότητας των πολιτών της, να γίνεται πιο ανεκτή και βιώσιμη. Με αυτό το τρόπο μια βιώσιμη πόλη κρίνεται από την ικανότητα της κοινωνίας της να μην λειτουργεί ως γκετοποιημένη έκταση κτιρίων ενάντια στη φύση και τη βιοποικιλότητα (Βουρέκας 2008).

2.4.1 Μοντέλα βιώσιμης πόλης

2.4.1.1 Αειφόρος πόλη (Sustainable city)

Η αειφόρος ανάπτυξη ή η βιώσιμη ανάπτυξη, αναφέρεται αποκλειστικά στην οικονομική ανάπτυξη που σχεδιάζεται λαμβάνοντας υπόψη την προστασία και διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα έχοντας ως περαιτέρω στόχο την δημιουργία μιας οικολογικής πόλης. Ο βασικός μηχανισμός της πολιτικής που λέγεται αειφορία είναι η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των αγαθών από το περιβάλλον. Αυτό, βέβαια, δεν πρέπει να συνεπάγεται την καταστροφή του τελευταίου με την αλόγιστη παραγωγικότητα μη λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες μιας κοινωνίας, αλλά και την δυναμικότητα των φυσικών πόρων. Με βάση αυτή την προμελετημένη περιβαλλοντική δυναμική του εκάστοτε περιβάλλοντος η βιώσιμη ανάπτυξη συνίσταται σε μια ουσιαστική ανάπτυξη των παραγωγικών δομών της οικονομίας. Παράλληλα, απαιτείται η δημιουργία των καταλληλότερων υποδομών για την εγγυημένη στάση απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και στα οικολογικά προβλήματα (Τσαγκαράκης 2010).

Η περιβαλλοντική ποιότητα της αειφόρου πόλης, είναι η βιώσιμη υπεροχή της, καθώς υπάρχει άρτια σχεδιασμένη εστίαση για τη μείωση της χρήσης των πηγών, την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων, και ταυτόχρονα τη μείωση για την ανάγκη

εφαρμογής κανόνων ισότητας και κοινωνικής πρόνοιας μέσα από την εφαρμογή σωστών υποδομών. Μια πόλη, αντιληπτή ως αειφόρος, θα είναι ταυτόχρονα ελκυστικός προορισμός για επενδύσεις και ευχάριστος τόπος διαμονής και εργασίας. (Expert Group on the Urban Environment 1996). Η αειφόρος ανάπτυξη, λοιπόν, είναι η ανάπτυξη εκείνη η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας κοινωνίας χωρίς να διακυβεύει την βιωσιμότητα των μελλοντικών γενεών, ώστε να αδυνατούν να παράγουν και να διαχειριστούν τους απαιτούμενους φυσικούς πόρους για την ικανοποίηση των δικών τους αναγκών (Τσαγκαράκης 2010).

Η μορφή της αειφόρου πόλης, αντικατοπτρίζει τον άξονα προτεραιοτήτων και πράξεων που λαμβάνονται κάθε φορά από τις αστικές πολιτικές και τις κοινωνικές απαιτήσεις (Expert Group on the Urban Environment 1996). Οι βασικοί στόχοι που έχει σκοπό να πραγματοποιήσει κάθε αειφόρος πόλη, ανάλογα φυσικά με τις ιδιαιτερότητές της περιγράφονται παρακάτω (Goldfarb 1992; Rodrigues 2006):

- 1) Ενεργειακή αυτονομία: η ενέργεια είναι διαθέσιμη στην σύγχρονη κοινωνία μέσα από πολλές διαφορετικές πλέον ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή, αιολική, βιομάζα κλπ.), μέσα από προηγμένα τεχνολογικά επιτεύγματα. Στόχος της αειφόρου πόλης είναι η ενσωμάτωσή τους στον κτιριακό σχεδιασμό και την παραγωγή για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.
- 2) Νέα υλικά και απόβλητα: η χρησιμοποίηση νέων υλικών με λιγότερες αρνητικές επιπτώσεις και οι οργανωμένες στρατηγικές ανακύκλωσης και κομποστοποίησης, αποτελούν πρότερο στόχο της αειφόρου πόλης.
- 3) Φυσικός φωτισμός και αερισμός: στρατηγικός σχεδιασμός των κτιρίων με εφαρμογή κανόνων φυσικού φωτισμού και αερισμού για περαιτέρω μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.
- 4) Κοινωνική δικαιοσύνη: η αειφόρος πόλη εφαρμόζει στρατηγικές για την προστασία από ενδεχόμενη, μελλοντική περιβαλλοντική κατάρρευση, ενδιαφέρεται όμως παράλληλα για την εξασφάλιση των ανθρώπινης αξιοπρέπειας και υγιεινής ακόμη και στα πιο αδύναμα μέλη της.

- 5) Τεχνολογία: η τεχνολογία ως μέσο διευκόλυνσης της καθημερινότητας και της εργασίας του ανθρώπου και ταυτόχρονα ως τρόπος αποδοτικότερης διαχείρισης των αγορών και ορθότερης κατανομής της πραγματικής χρήσης των πηγών ενέργειας και των επιπτώσεων αυτής στο περιβάλλον.
- 6) Στρατηγικός σχεδιασμός της πόλης: επικέντρωση στη διαχείριση της ανάπτυξης της πόλης με νέα εργαλεία, που συναρτήσκει του χρόνου θα υπολογίζουν την ανάπτυξη αυτή. Εργαλεία δηλαδή, για το συνολικό σχεδιασμό, τον καθορισμό ζωνών, την υποδιαίρεση, την οριοθέτηση της αστικής ανάπτυξης και τέλος την πράσινη υποδομή για τη βελτίωση της «υγείας» της πόλης.
- 7) Μέσα μεταφοράς: η αειφόρος πόλη έχει κύριο στόχο να αποτελείται από προσβάσιμες γειτονιές, που διαχωρίζουν τους πεζούς, τα ποδήλατα και την κυκλοφορία των οχημάτων και οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους μέσω πολλαπλών μέσων μεταφοράς, μαζικές επιλογές διέλευσης πέραν αυτών του αυτοκινήτου. Η εργασία εξ αποστάσεως, η δυνατότητα ηλεκτρονικών αγορών και τέλος η συλλογική διανομή προϊόντων μέσα από υπηρεσίες μεταφοράς (courier), που θα μείωνε τις ανάγκες μετακίνησης, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε μια τέτοια πόλη, διαμορφώνοντας κατά συνέπεια ασφαλέστερες και πιο ανθρώπινες γειτονιές μέσα από την μειωμένο όγκο κυκλοφορίας των αυτοκινήτων.
- 8) Νερό: στόχος είναι η καλύτερη δυνατή διαχείριση του νερού μέσα από στρατηγικές διαχείρισης βρόχινων υδάτων (sustainable urban drainage systems), όπως για παράδειγμα πράσινες στέγες, εγκαταστάσεις βιο-διαχείρισης (bio-retention cells), ταινίες φιλτραρίσματος (filter strips), βάλτοι βλάστησης (vegetated swales), δεξαμενές συλλογής (cistern collection systems) και διαπερατές επιφάνειες οδοστρωμάτων (permeable pavement surfaces).
- 9) Τρόφιμα και καταστήματα αγαθών: η αστική γεωργία στην αειφορία, δεν παρέχει μόνο διέξοδο για την πλήρωση κενής γης στην πόλη

(αντιμετωπίζοντας έτσι τη μάλιστα και τη βλαβερή επίδραση της παραμέλησης στις αξίες των ακινήτων) αλλά αποτελεί και μια πιθανή στρατηγική καθαρισμού της μόλυνσης. Αντιμετωπίζει το πρόβλημα της έλλειψης τροφίμων σε ερειπωμένες γειτονιές, ενώ ταυτόχρονα εκπαιδεύει τα παιδιά και τους ενήλικες για τη γεωργία και τις τοπικές επιχειρήσεις. Τέλος, ενισχύει το κοινωνικό κεφάλαιο και την κοινωνική συνοχή. Εκτός όμως από την αστική γεωργία η αειφόρος πόλη υποστηρίζει τη λειτουργία ηλεκτρονικών καταστημάτων πώλησης αγαθών με στόχο τη μείωση του χώρου που καταλαμβάνουν τα ήδη υπάρχοντα καταστήματα στην πόλη.

10) Κτίρια και γειτονιές: κρίσιμος στόχος της αειφόρου πόλης είναι ο βιώσιμος και βιοκλιματικός σχεδιασμός, με την εφαρμογή νομοθεσίας και την τήρηση κανόνων γύρω από την βιωσιμότητα, τόσο σε επίπεδων ατομικών κτιρίων όσο και επίπεδο ολόκληρων γειτονιών και ευρύτερα πόλεων.

11) Εργασία και μετακινήσεις: όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η εργασία εξ αποστάσεως μέσω της τεχνολογίας των υπολογιστών και του διαδικτύου, περιορίζει τις ανάγκες για μετακίνηση, αλλά και για χώρους στέγασης εργασίας, ελευθερώνοντας χώρο στις ήδη περιορισμένες χωρικά πόλεις.

12) Εκπαίδευση: Το αειφόρο σχολείο θα εξακολουθεί να περιέχει αίθουσες διδασκαλίας, αλλά κατά πάσα πιθανότητα θα συμπληρώνεται από εξατομικευμένα εργαστήρια εκμάθησης ηλεκτρονικών υπολογιστών. Κάθε μαθητής θα έχει το δικό του προσωπικό υπολογιστή, που θα τον συνδέει με το Διαδίκτυο. Οι αίθουσες διδασκαλίας θα έχουν δυνατότητες πολυμέσων, που θα τις συνδέουν με άλλες τάξεις σε όλο τον κόσμο. Τέλος, η ηλεκτρονική μάθηση θα μειώνει τις ανάγκες, για εκτυπώσεις και έτσι την κατανάλωση χαρτιού για την εκπαίδευση.

Από όλα τα παραπάνω, αδιαμφισβήτητα, προκύπτει ότι η αειφόρος ανάπτυξη είναι ένας εναλλακτικός τρόπος ζωής που έχει ως αποκλειστικό στόχο την βαθμιαία επιστροφή και την αρμονική επανένταξη του ανθρώπου στο φυσικό του περιβάλλον και εκτείνεται σε όλους τους τομείς της σύγχρονης καθημερινότητας. Το φυσικό αυτό

περιβάλλον δεν πρέπει να είναι ένας επιπρόσθετος τρόπος ζωής εντός της πόλεως αλλά να είναι η ουσιαστική φυσική πραγματικότητα μιας πόλεως (Τσαγκαράκης 2010).



Εικόνα 2.10 Η πόλη της Μελβούρνης μέσα από μια σειρά βιώσιμων εφαρμογών για τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, τη διαχείριση των κινδύνων από την κλιματική αλλαγή, τη μείωση παραγωγής οικιακών αποβλήτων και την εφαρμογή της αστικής γεωργίας μεταξύ άλλων φιλοδοξεί να αποτελέσει την πιο αειφόρο πόλη παγκοσμίως μέχρι το έτος 2020 (Pillai 2008)

Οι σύγχρονες πόλεις έχουν ανάγκη την αειφόρο ανάπτυξη, γιατί οδηγούνται σε μια γενικότερη υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος και του γενικού επιπέδου ζωής. Η πόλη έχει γίνει ο χώρος εκείνος, που δεν πληροί πλέον τις προϋποθέσεις για να ανατραφούν οι μελλοντικές γενιές. Η απαίτηση και η ανάγκη της δημιουργίας μίας περισσότερο αειφόρου πόλης είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πολεοδόμοι, οι περιβαλλοντολόγοι, οι γεωτεχνικοί, οι πολιτικοί και οι τεχνοκράτες παντός τύπου του 21ου αιώνα.

2.4.1.2 Οικολογική πόλη (Ecocity)

Η εφαρμογή της γενικής ιδέας της βιωσιμότητας στον αστικό σχεδιασμό παρουσιάζει την έννοια της αειφόρου πόλης. Η σύγχρονη εποχή, γίνεται μάρτυρας μιας αυξημένης δημοτικότητας άλλων όρων, όπως αυτής της οικολογικής πόλης (eco-city). Ένας αυξημένος αριθμός πόλεων παρουσιάζουν πλέον τις αρχές ανάπτυξής τους με βάση το μοντέλο της οικολογικής πόλης. Παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στα 1980, και αρχικά δημοσιοποιήθηκε από γερμανούς μελετητές. Με τον όρο Eco-city το 1987, ο

Richard Register (στο βιβλίο: «Ecocity Berkeley: building cities for a healthy future»), εισήγαγε μια νέα προοπτική δημιουργίας οικολογικών πόλεων, που ήταν άμεσα συνδεδεμένη με τη διαμάχη γύρω από την οικολογική υπευθυνότητα, που εντατικοποιήθηκε από το 1960 και μετά. Στη σύγχρονη εποχή, έχει αναπτυχθεί ένα παγκόσμιο κίνημα, που αναζητά την πραγματοποίηση οικολογικών πόλεων, πόλεων δηλαδή σε ισορροπία με τη φύση (Coplák 2003).



Εικόνα 2.11 Η Hacienda, στα περίχωρα της Μομπάσα, αποτελεί τον πρώτο περιβαλλοντικό, κοινωνικό, οικονομικό και πολιτιστικό αυτοτροφοδοτούμενο οικολογικό οικισμό, στον οποίο εφαρμόζονται καινοτόμες πράσινες τεχνολογίες στην παραγωγή ενέργειας, την ανακύκλωση και τη βιολογική διαχείριση των παραγόμενων υγρών αποβλήτων. Συνιστά πρότυπο οικολογικής πόλης, καθώς σχεδιάστηκε απόλυτα με βάση τα κριτήρια και τις αρχές των ecocities (Mwangasha 2009)

Οι αρχές του κινήματος της οικολογικής πόλης είναι σχετικά απλές και άμεσες. Αναφέρονται τόσο στην κατασκευή κτιρίων και προαστίων, μεγάλης διάρκειας στο χρόνο και άμεσα προσβάσιμων από τον άνθρωπο σε μικρές αποστάσεις. Η οικολογική πόλη αποσκοπεί τόσο στην κοινωνική ισορροπία, όσο και την ισορροπία ανάμεσα στο άνθρωπο και τη φύση, αποτελώντας μια σειρά από ηθικές και προγράμματα, που διαμορφώνουν πόλεις οικολογικής αποκατάστασης. Προχωρά ένα βήμα μετά την βιωσιμότητα (θεωρώντας πως η διατήρηση (sustaining) δεν επαρκεί), απαιτώντας την «ίαση» των σύγχρονων πόλεων (Altenberg 1990). Πιο συγκεκριμένα, στις αρχές της βιώσιμης πόλης συγκαταλέγονται (Witting 2008, Coplák 2003):

- 1) Τα φυσικά υλικά όπως το έδαφος, το νερό και ο αέρας είναι απαραίτητο να προστατεύονται ως βάση για τη ζωή. Ταυτόχρονα, οι κατεστραμμένες φυσικές περιοχές θα πρέπει να αποκαθίστανται και να αναπτύσσονται εκ νέου.

- 2) Όλες οι περιοχές πρέπει να κατασκευάζονται για μεικτή χρήση, με μια βέλτιστη αναλογία ανάμεσα στις οικιακές, εμπορικές, παραγωγικές και ψυχαγωγικές χρήσεις. Μάλιστα, οι καινούργιες κατασκευές θα πρέπει να εναρμονίζονται με το υπάρχον αστικό και τοπικό περιβάλλον, ώστε να υποστηρίζεται η αστική συνοχή.
- 3) Το αστικό περιβάλλον και τα κτίρια θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ποικιλία, η επεκτασιμότητα, η μετασκευή, η επαναχρησιμοποίηση ή η λειτουργική μετατροπή.
- 4) Η πυκνότητα της ανάπτυξης θα πρέπει να βελτιστοποιείται σε σχέση πάντα με τις αντικρουόμενες ανάγκες για την μετακίνηση, την οικολογία, την οικονομία τις κοινωνικές και υγειονομικές πτυχές της πόλης.
- 5) Η στέγαση θα πρέπει να προσφέρεται σε όλα τα επίπεδα και στρώματα του πληθυσμού, συμπεριλαμβάνοντας οικονομικά προσιτές κατοικίες. Ταυτόχρονα, οι λοιπές εγκαταστάσεις είναι σημαντικό να βρίσκονται σε κρίσιμα σημεία της πόλης, ώστε να είναι προσβάσιμες από τους πεζούς.
- 6) Τα στρατηγικά σημεία της πόλης θα πρέπει να είναι προσβάσιμα από τα μέσα μαζικής μεταφοράς.
- 7) Οι δρόμοι και οι γειτονιές είναι κρίσιμο να λαμβάνουν υπόψη τον ανθρώπινο παράγοντα, και να σχηματοποιούνται προς διασυνδεδεμένες κατασκευές που θα περιλαμβάνουν λογικά και αναλογικά σχεδιασμένους χώρους αναψυχής. Παράλληλα, θα πρέπει να μην αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την κυκλοφορία ατόμων με ειδικές ανάγκες.
- 8) Είναι αναγκαία η μείωση κατανάλωσης ενέργειας στο ελάχιστο, που θα εξασφαλίζεται μέσα από τη χρήση τοπικών υλικών και πηγών. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε όλους τους κτιριακούς τύπους.

- 9) Κρίσιμη θεωρείται η διασφάλιση της εσωτερικής κυκλοφορίας της ενέργειας και έτσι να αυξηθεί η ανακύκλωση και η μείωση της κατανάλωσης νέων πρώτων υλών.
- 10) Όλες οι πηγές θα πρέπει να ανακυκλώνονται και να επαναχρησιμοποιούνται, ώστε να μειωθεί η παραγωγή αποβλήτων, ενώ παράλληλα θα πρέπει να μειωθεί η κατανάλωση του νερού. Μάλιστα, το πόσιμο νερό θα πρέπει να είναι διαθέσιμο σε όλους τους κατοίκους και τα νοικοκυριά.
- 11) Οι κάτοικοι της πόλης θα πρέπει να είναι ελεύθεροι από τις αρνητικές επιπτώσεις της μετακίνησης και της βιομηχανίας, να είναι δηλαδή αποδεδειγμένοι από ρύπους, θορύβους και δονήσεις.
- 12) Για τη διατήρηση της φύσης στην πόλη και την αναζωογόνηση των φυσικών περιοχών είναι απαραίτητη η αύξηση του ποσοστού της φύσης, που μεταφέρει φυσικές υπηρεσίες οικοσυστημάτων.
- 13) Επίσης, χρήσιμη κρίνεται η αύξηση των ενδιαιτημάτων της πανίδας και της χλωρίδας, ώστε να αυξηθεί κατά συνέπεια και η βιοποικιλότητα.
- 14) Τέλος, σημαντική κρίνεται η διατήρηση, η ενίσχυση και η περαιτέρω καλλιέργεια των τοπικών παραδόσεων και της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Παράλληλα, και με στόχο να χαρακτηριστεί μια πόλη ως ecocity, θα πρέπει να αποσαφηνιστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει. Έτσι λοιπόν, σε μια οικολογική πόλη, ιδιαίτερα σημαντικοί θεωρούνται οι αγροτικοί κόμβοι, με την έννοια της ύπαρξης αγροτικών κέντρων μέσα στην πόλη, ώστε να μειώνεται η απόσταση ανάμεσα στην παραγωγή και την κατανάλωση ενός τροφίμου. Η παραγωγή αυτή, μπορεί να πραγματοποιείται είτε τοπικά, όπως για παράδειγμα στις ταράτσες των κτιρίων, είτε συγκεντρωτικά, όπως σε μεγάλες φάρμες. Ένα δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό θεωρείται η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παράλληλα, κρίσιμος θεωρείται ο περιορισμός του φαινομένου της αστικής νησίδας, με την τοποθέτηση βλάστησης σε διαφορετικά

σημεία της πόλης και την υιοθέτηση των αρχών βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στα κτίρια (Η Ομάδα του Βιοχωριού 2009).

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της οικολογικής πόλης, είναι η βελτίωση του κυκλοφοριακού σχεδιασμού, ώστε να ενθαρρυνθεί το βάδισμα και το ποδήλατο έναντι του αυτοκινήτου, μέσα από την ενσωμάτωση στο σχεδιασμό αυτό των βιομηχανικών, αστικών και εμπορικών ζωνών. Τέλος, στην οικολογική πόλη προτείνεται ο σχεδιασμός εκείνος, που επιτρέπει την ισοκατανομή του πληθυσμού, ώστε να αποφευχθεί η παρατήρηση των κατά τόπους πυρήνων συγκέντρωσης και κατά συνέπεια και των αυξημένων τοπικά επιπέδων θερμότητας (Η Ομάδα του Βιοχωριού 2009).

2.4.1.3 Έξυπνη πόλη (Smart city)

Ο όρος «έξυπνες πόλεις» χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσουμε και να προσδιορίσουμε γεωγραφικές ενότητες, όπως πόλεις, περιφέρειες, συνοικίες πόλεων και συγκροτήματα, στις οποίες το γεωγραφικό αυτό σύστημα καινοτομίας ενισχύεται και αναβαθμίζεται μέσω ψηφιακών δικτύων και διαδικτυακών υπηρεσιών. Στις έξυπνες πόλεις, από τη μία η ανάπτυξη στηρίζεται στην αντίληψη πως η πόλη είναι ένα περιβάλλον γνώσης, ενώ από την άλλη υποστηρίζεται η επικοινωνία, η λειτουργία και η διακυβέρνηση μέσω της τεχνολογίας των πληροφοριών (Κομνηνός 2010).

Οι έξυπνες πόλεις αναφέρονται στο μοντέλο εκείνο, που δημιουργείται από τις βάσεις ενός ευρύτερου θεωρητικού και πρακτικού πολιτικού και πολιτισμικού υπόβαθρου των δυτικών κοινωνιών, με σκοπό τη βαθμιαία μετάβαση στην κοινωνία και οικονομία της γνώσης. Η μελέτη των σύγχρονων έξυπνων πόλεων περιγράφει επί το πλείστον τα βιώσιμα περιβάλλοντα, που βελτιώνουν την ανθρώπινη ικανότητα δημιουργικότητας, την εκμάθηση και την καινοτομία (Κομνηνός 2010).

Η έξυπνη πόλη είναι σε βασικές γραμμές τα τοπικά συστήματα καινοτομίας που λειτουργούν μέσα στις πόλεις όπως για παράδειγμα οι τεχνολογικές συνοικίες, τα τεχνολογικά πάρκα, οι πόλοι καινοτομίας και τα συγκροτήματα με την συνένωση των

ψηφιακών δικτύων και των εφαρμογών της κοινωνίας της πληροφορίας. Η αξία και η σημαντικότητα του μοντέλου της έξυπνης πόλης, συνίσταται στη δυνατότητα να συγκεντρώνονται και να συνδυάζονται τρεις μορφές ευφυΐας: «η ανθρώπινη του πληθυσμού των πόλεων, η συλλογική των θεσμών καινοτομίας και η τεχνητή των ψηφιακών δικτύων και εφαρμογών» (Κομνηνός 2006).

Η έξυπνη πόλη υποστηρίζεται και αναβαθμίζεται μέσω των σύγχρονων ψηφιακών δικτύων και εφαρμογών, που αποτελούν χωρίς αμφιβολία τις λειτουργίες εκείνες που παρέχουν τη δυνατότητα και τις προϋποθέσεις μιας κοινωνίας γνώσης. Με βάση την παραπάνω παραδοχή, σχεδόν οι λειτουργίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη διαφάνεια και αποτελεσματικότητα, και συνεπώς εξυπηρετούν όλους τους πολίτες σε μια ισότιμη και δίκαιη βάση (Κομνηνός 2006).

Η έξυπνη πόλη δημιουργεί ένα σύνθετο και εξελιγμένο αστικό σύστημα. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας συστηματοποίησης και σύνθεσης ψηφιακής τεχνολογίας, γνώσης και ανεπτυγμένης περιβαλλοντικής συνείδησης συνδράμει στην ανάπτυξη δημοκρατικότερων πρακτικών εντός της κοινωνίας. Οι πολιτικές και κοινωνικές πτυχές της έξυπνης πόλης είναι εξαιρετικά σημαντικές αφού σε ένα γενικότερο πλαίσιο η παραγωγή του πλούτου μιας πόλης, η καταναλωτική ένταση της όσον αφορά την διανομή και η ανταλλαγή των προϊόντων θα γίνεται στη βάση της γνώσης και της τεχνολογίας τρίτης γενιάς (Κομνηνός 2010).

Δημιουργείται η βάση ενός νέου επιπέδου, που είναι ο ψηφιακός χώρος, στο αστικό σύστημα σε σχέση με τις υποδομές, την οικονομία της γνώσης και γενικά σε ολόκληρο το πολιτικοοικονομικό οικοδόμημα. Οι ψηφιακές υποδομές και οι ψηφιακές υπηρεσίες δημιουργούν ένα υποσύστημα επικοινωνίας σε όλα τα επίπεδα, «από το τοπικό μέχρι το παγκόσμιο και προσφέρονται ψηφιακά εργαλεία συμμετοχής στη λήψη αποφάσεων και στη διακυβέρνηση των πόλεων» σε οποιοδήποτε ζήτημα με ευκολία και αποτελεσματικότητα (Κομνηνός 2010). Το αστικό σύστημα θέτει τις βάσεις, όπως προαναφέραμε, στην επίτευξη της πολυπόθητης συλλογικότητας, δηλαδή της κοινωνικής ευφυΐας με τις πιο εξελιγμένες μηχανές σε μια βιώσιμη και έξυπνη πόλη (Κομνηνός 2006).



Εικόνα 2.12 Η πόλη της Βιέννης μέσα από καινοτομίες και αποτελώντας μια περιφερειακά πράσινη πόλη που κατοχυρώνει την ποιότητα ζωής των πολιτών της μέσα από μια ψηφιακή διακυβέρνηση, έχει καταφέρει να αποτελέσει την πιο έξυπνη πόλη παγκοσμίως (Göschl 2012)

Επτά θεωρούνται οι βασικές αρχές για την ανάπτυξη της έξυπνης πόλης (New Smart City 2011):

- 1) Οι έξυπνες πόλεις πρέπει να έχουν ισχυρή πολιτική ηγεσία. Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί το σύνολο του σχεδιασμού, που μπορεί να υλοποιηθεί. Η προσέγγιση μιας πόλης, που βασίζεται στα πλαίσια ενός Εθνικού Αστικού Συστήματος θεωρείται η βέλτιστη επιλογή σχεδιασμού.
- 2) Αναγνωρίζουν τα συμφέροντα της κοινότητας σε πολλά θεσμικά επίπεδα (νοικοκυριά, γειτονίες, βιομηχανίες και υπηρεσίες, τόσο δημόσιες και όσο ιδιωτικές). Για παράδειγμα, η διαφάνεια και η λογοδοσία μπορούν να οικοδομηθούν μέσω σύγχρονων καινοτομιών, όπως λόγου χάριν με τη διαχείριση παραπόνων και φόρουμ ανοιχτού διαλόγου μέσω του διαδικτύου.
- 3) Οι έξυπνες πόλεις διευκολύνουν την πράσινη οικοδόμηση, την καλύτερη ποιότητα και το ασφαλέστερο περιβάλλον.
- 4) Αναγνωρίζουν τη φωνή και τις επιλογές του συνόλου των κατοίκων της, συμπεριλαμβανομένου αυτών με χαμηλό εισόδημα.
- 5) Προωθούν τη ενεργειακή απόδοση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέσω της εφαρμογής πολιτικών μείωσης των εκπομπών του άνθρακα.

- 6) Απαιτούν οι οικονομικές αρχές και οι αρχές σχεδιασμού της πόλης να εναρμονίζονται και τέλος,
- 7) Μοχλεύουν τις υπάρχουσες πηγές τεχνολογίας των πληροφοριών και των επικοινωνιών (information and communication technology, ICT) για τη βελτίωση του σχεδιασμού και της διαχείρισης των μεταφορών.

2.3.1.4 Πράσινη πόλη (Green city)

Η έννοια της πράσινης πόλης αφορά πρωταρχικά την δόμηση και τον σχεδιασμό της λειτουργίας της και κατά δεύτερον αφορά τον πολιτισμό της (συμπεριφορές, πρακτικές, οικολογική συνείδηση, σχέση φύσης-ανθρώπου).

Πέραν των πολιτισμικών της διαστάσεων χαρακτηρίζεται, από την προσπάθεια υλοποίησης της οικολογικής πολιτικής με στόχο τον περιορισμό του μεγέθους και της προαστιακής επέκτασης μιας πόλης. Η πρακτική αυτή λέγεται πράσινη ζώνη. Οι πράσινες ζώνες είναι οι ζώνες που οριοθετούν μια πόλη και περιορίζουν όσο το δυνατόν την ανάπτυξη της για να μην επεκταθεί σε τέτοιο βαθμό, που θα επιβαρύνει εν τέλει το περιβάλλον και εν συνεχεία τους πολίτες της. Με την βοήθεια των πράσινων ζωνών που καθορίζουν έτσι την πράσινη πόλη συντηρείται η πολυπόθητη διάκριση μεταξύ των αστικών και αγροτικών περιοχών (Ahern 2007).

Πέρα των πράσινων ζωνών, η πράσινη πόλη συγκροτείται από κάποια χαρακτηριστικά που διασφαλίζουν τη βιωσιμότητα της στη βάση της πολιτισμικής της συνιστώσας. Η πράσινη πόλη έχει το πλεονέκτημα να επιβαρύνει το περιβάλλον στο ελάχιστο δυνατό βαθμό. Χρησιμοποιεί και επιμένει σφοδρά στην πρακτική των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιδιώκει να παράγονται όσο το λιγότερο μη ανακυκλώσιμα απορρίμματα, προωθεί με οποιοδήποτε τρόπο την ανακύκλωση και την χρήση οικολογικών μέσων μεταφοράς. Γενικώς, συμβάλει με αυτό το τρόπο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, αφού η αλόγιστη χρήση της ενέργειας και η μη οικολογική συνείδηση οδηγούν την ανθρωπότητα στο χείλος μιας οικολογικής παγκόσμιας καταστροφής (Ahern 2007).

Ένα από τα πλέον βασικά συστατικά της πράσινης πόλης είναι οι πράσινοι πολίτες. Με τον όρο αυτό καταδεικνύεται ότι μια πράσινη πόλη μπορεί να είναι πράσινη μόνο εάν έχει πράσινους πολίτες οι οποίοι με τις μικρές τους καθημερινές πρακτικές και συμπεριφορές συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά και ανοικοδομούν, πάνω σε οικολογικές βάσεις, την ίδια τους την πόλη για την ευημερία των ιδίων αλλά και της κοινωνίας γενικότερα. Η έμπρακτη συμβολή των πράσινων πολιτών είναι οι εύκολες πρακτικές ιδέες που αλλάζουν όμως τη δομή και τη συμπεριφορά μιας πόλης. Ο πολιτισμός δεν είναι τίποτα άλλο παρά η πρόοδος στη βάση του σεβασμού και της συνειδητοποίησης της σημαντικότητας της φύσης για τον άνθρωπο (Brennan και O'Connor 2008).

Οι βασικότερες τώρα οικολογικές πρακτικές αλλαγές που θα αναφερθούν στο παρόν υποκεφάλαιο έχουν άμεση σχέση με την χρήση των κτιρίων - σπιτιών μιας πόλης και των αυτοκινήτων. Για παράδειγμα η εργασία που λαμβάνει χώρα σε κτιριακά κέντρα (σπίτια, πολυκατοικίες, συγκροτήματα κ.α.) με ένα σωστό και με πειθαρχημένο προγραμματισμό μπορεί να καταφέρει την εξοικονόμηση ενέργειας, προστατεύοντας παράλληλα το περιβάλλον. Επιγραμματικά αναφέρονται (Ahern 2007, Brennan και O'Connor 2008):

- 1) Ενεργειακός έλεγχος του κτιρίου έτσι ώστε να λαμβάνεται υπόψη πού καταξοδεύεται αλόγιστα η ενέργεια και πως θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί αναζητώντας ενδεδειγμένους τρόπους εξοικονόμησης της.
- 2) Αγορά εξοπλισμού γραφείου (υπολογιστές, φωτοτυπικά, εκτυπωτές, λάμπες κ.α.) με τη μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα. Με αυτό το τρόπο εξοικονομούνται χρήματα και καταναλώνονται, επίσης, λιγότεροι φυσικοί πόροι.
- 3) Σβήσιμο οθόνης του υπολογιστή και τηλεοράσεων εν ώρα διαλείμματος ή αποχώρησης από οποιοδήποτε χώρο.
- 4) Εξοικονόμηση χαρτιού με την καλή χρήση τυπώματος (για παράδειγμα με την εκτύπωση και στις δυο πλευρές αλλά και την ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου χαρτιού).

- 5) Μείωση κατανάλωσης ενέργειας στις παλιές κατοικίες-κτίρια μέχρι και 60%. Σε νέες κατοικίες η κατανάλωση μπορεί να μειωθεί ακόμα και σε ποσοστό 90%.
- 6) Επιπλέον, τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας, είναι η λελογισμένη χρήση του νερού των κτιρίων, η δυνατότητα συμβίωσης κτιρίου και χλωρίδας, όπως για παράδειγμα με τις πράσινες ταράτσες ενώ ο τεχνολογικός τους εξοπλισμός οφείλει να είναι τέτοιος, που να μην αποβαίνει εις βάρος του περιβάλλοντος. Ταυτόχρονα, όμως, με όλα αυτά θα πρέπει λαμβάνεται υπόψη και το αισθητικό προφίλ των κτιρίων (Brennan και O'Connor 2008).



***Εικόνα 2.13** Το Βανκούβερ στον Καναδά αποτελεί πρότυπο πράσινης πόλης που μέσα από την ευρεία χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας έχει καταφέρει να καλύψει το 90 % του τροφοδοτικού της πόλης. Το Βανκούβερ έχει ακόμη εισάγει συμπιεστές απορριμμάτων που λειτουργούν με την ηλιακή ενέργεια μεγαλύτερης αποθηκευτικής ικανότητας αποβλήτων που συντελούν σε λιγότερες αναβλύζουσες εκπομπές από τα απορριμματοφόρα στους δρόμους (Trimarchi και Clifton 2013)*

Η χρήση των αυτοκινήτων εντός της πόλεως αποτελεί το μεγάλο βραχνά της οικολογικής συνείδησης. Η εξάρτηση από το αυτοκίνητο είναι τόσο μεγάλη, που πολλές φορές δε γίνεται αντιληπτή η αλόγιστη χρήση του. Στην πράσινη πόλη, οι λεγόμενοι πράσινοι πολίτες αντιλαμβάνονται τις θετικές επιδράσεις από τη μείωση χρήσης τους και τα αντικαθιστούν με εναλλακτικά μέσα μεταφοράς (Brennan και O'Connor 2008). Η πράσινη πόλη έχει ως προϋποθέσεις της τις πράσινες χωροταξικές δομικές προτεραιότητες και μια πολεοδομία με πράσινες επίσης προτεραιότητες. Η

χρήση των υλικών στην πράσινη πόλη δεν θα ήταν άλλη από τα λεγόμενα πράσινα υλικά.

Οι πράσινοι χώροι είναι μια από τις σημαντικότερες προϋποθέσεις της σωστής λειτουργίας των βιώσιμων και οικολογικών δομών μιας πράσινης πόλης. Η αμοιβαία και άμεση σχέση της φύσης με τον άνθρωπο στα πλαίσια και στα όρια μιας πράσινης πόλης είναι το θεμέλιο εκείνο που καθορίζει το πολιτισμικό επίπεδο μιας κοινωνίας και ενός ανθρώπου (Ahern 2007). Εντούτοις, ασκείται κριτική σε αυτή την νέα πολιτική για μια πράσινη πόλη, αφού η δημιουργία νέων οικισμών πέρα των πράσινων ζωνών δεν θα μειώσει τελικά τις καθημερινές μακρινές μετακινήσεις, οι οποίες καθίστανται αναπόφευκτες ακόμα και σε αυτό το νέο μοντέλο λειτουργίας της πόλης (Ahern 2007). Σε παρακάτω ενότητα, θα αναφερθούν διεξοδικότερα οι διαστάσεις μιας βιώσιμης πόλης σε σχέση με την μόλυνση του περιβάλλοντος, τις μεταφορές, την κατ' οίκον εξοικονόμηση ενέργειας και τις ανανεώσιμες πηγές.

2.4.2 Διεθνή παραδείγματα επιτυχούς εφαρμογής μοντέλων βιώσιμης πόλης

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά, οι διαφορές και οι ομοιότητες μεταξύ των προαναφερθέντων μοντέλων, με βάση όσα έχουν ήδη περιγραφεί για αυτά.

Πίνακας 2.7 Χαρακτηριστικά διαφορετικών μοντέλων βιώσιμων πόλεων

Χαρακτηριστικό	Τύπος πόλης			
	Sustainable City	Ecocity	Smart City	Green City
Ενεργειακή αυτονομία – Α.Π.Ε.	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Νέα υλικά και απόβλητα	Ναι	Ναι		Ναι
Φυσικός φωτισμός και αερισμός κτιρίων	Ναι	Ναι		Ναι
Κοινωνική δικαιοσύνη	Ναι	Ναι	Ναι	
Τεχνολογία	Ναι		Ναι	
Νερό	Ναι	Ναι		Ναι
Τρόφιμα και καταστήματα αγαθών	Ναι	Ναι		Ναι
Κτίρια και γειτονιές	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Εργασία και μετακινήσεις	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Εκπαίδευση	Ναι			
Αποκατάσταση και ανάπτυξη κατεστραμμένων φυσικών περιοχών		Ναι		
Μεικτή αστική χρήση – ενσωμάτωση με την υπάρχουσα πόλη		Ναι		

Αναζωογόνηση των φυσικών περιοχών	Ναι	Ναι		Ναι
Αύξηση βιοποικιλότητας		Ναι		
Διατήρηση, ενίσχυση και καλλιέργεια τοπικών παραδόσεων και πολιτιστικής κληρονομιάς		Ναι		
Πράσινη οικοδόμηση	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Εναρμονισμός οικονομικών αρχών και αρχών σχεδιασμού			Ναι	
Ισχυρή πολιτική ηγεσία			Ναι	
Ανακύκλωση	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Πράσινοι πολίτες				Ναι
Πράσινες ζώνες				Ναι
Συμμετοχή του πολίτη στις αποφάσεις			Ναι	
Έξυπνα εργαλεία τεχνολογίας			Ναι	
Ισοκατανομή του πληθυσμού		Ναι		

Όμοια στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται διεθνή παραδείγματα που εφάρμοσαν, τα μοντέλα βιώσιμης πόλης που επεξηγήθηκαν στις προηγούμενες ενότητες (οι πόλεις που αναφέρονται προκύπτουν από πολυάριθμες ηλεκτρονικές σελίδες)

Πίνακας 2.8 Παραδείγματα πόλεων που εφάρμοσαν τα διάφορα μοντέλα βιώσιμης ανάπτυξης

Τύπος πόλης	Παράδειγμα
Αειφόρος πόλη	
	Μελβούρνη (Αυστραλία)
	Τορόντο (Καναδάς)
	Κάλγκαρι (Καναδάς)
	Ελσίνκι (Φιλανδία)
	Όκλαντ (Η.Π.Α.)
Ecocity	
	Hacienda (Κένυα)
	Hammarby Sjöstad (Σουηδία)
	Kalunborg (Δανία)
	Waitakere (Νέα Ζηλανδία)
	St Davids (Αγγλία)
Smart city	
	Βιέννη (Αυστρία)
	Παρίσι (Γαλλία)
	Άμστερνταμ (Ολλανδία)
	Ντουμπάι (Ηνωμένα Εμιράτα)
Green city	
	Μάλαγα (Ισπανία)
	Växjö (Σουηδία)
	Freiburg (Γερμανία)
	Reykjavik (Ισλανδία)
	Malmö (Σουηδία)
	Seattle (Η.Π.Α.)

2.5 ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ

2.5.1. Τα οφέλη του αστικού πράσινου

Τα φυτά και γενικότερα το πράσινο μπορούν να παρέχουν ποσοτικά οφέλη σε μια πόλη, με τη μορφή της οικονομικής απόδοσης, καθώς και ποιοτικά περιβαλλοντικά, κοινωνικά και αισθητικά οφέλη. Τα οφέλη αυτά παρατίθενται παρακάτω (Green Building Technology Lab 2006):

- **Περιβαλλοντικά οφέλη:**

- 1) Το αστικό πράσινο μπορεί να προσφέρει οφέλη ψύξης σε μια πόλη μέσω δύο μηχανισμών, αυτού της άμεσης σκίασης και αυτού της εξατμισοδιαπνοής.

Η επίδραση ψύξης ενός απομονωμένου ώριμου δέντρου, που διαπνέει 450 lt/ ημέρα από τα φύλλα του, έχει υπολογιστεί ότι είναι ισοδύναμη κατά μέσο όρο με πέντε συμβατικά κλιματιστικά μεγέθους δωματίου, που λειτουργούν είκοσι ώρες την ημέρα.

- 2) Είναι κοινώς αποδεκτό ότι τα φυτά και κυρίως τα δέντρα αποτελούν αποτελεσματικούς δεσμευτές τόσο αερίων όσο και σωματιδιακών ρύπων της ατμόσφαιρας στο αστικό περιβάλλον.

Έχει, για παράδειγμα, υπολογιστεί ότι στο Σικάγο, και κατά το έτος 1991, περίπου 5.575 Mg ατμοσφαιρικών ρύπων, οι οποίοι περιλαμβάνουν 223mg του μονοξειδίου του άνθρακα, 706 mg διοξειδίου του θείου, 806 Mg διοξειδίου του αζώτου, 1.840Mg PM10 (σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο ίση ή μικρότερη από 10 mm ή λιγότερο) και 2.000 mg όζοντος, απομακρύνθηκαν χάρη στο αστικό δάσος της πόλης.

Μια μελέτη σε δύο πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου απέδειξε ότι μπορεί να επιτευχθεί η μείωση των PM10 κατά ένα ποσοστό 18 -20 %, όταν περιοχές, ίσες με περίπου το ένα τρίτο της περιοχής των PM10, διατεθούν για φύτευση.

- 3) Η ικανότητα των καλλιεργούμενων επιφανειών να συγκρατούν τα όμβρια ύδατα, συχνά αναφέρεται ως μια πρακτική τεχνική για τον έλεγχο της απορροής σε ένα δομημένο περιβάλλον.

Μια μελέτη, που πραγματοποιήθηκε στο Βερολίνο, έδειξε ότι η απορροή από έναν κατάφυτο χώρο κοντά στο σιδηροδρομικό αντιστοιχούσε μόλις στο 9 % των βροχοπτώσεων, ενώ αντιστοιχούσε σε ένα ποσοστό 70-80 % για μια ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια.

Η τεχνική αυτή μάλιστα μπορεί να εφαρμοστεί και σε αδιαπέραστες στέγες. Στο Βερολίνο, η μέση ικανότητα κατακράτησης του νερού αντιστοιχούσε στο 75 % των βροχοπτώσεων ανά 1 m² φυτεύσεων σε μια ταράτσα.

- 4) Οι αστικοί χώροι πρασίνου και φυτά γύρω από τα κτίρια μπορούν να θεωρηθούν ως μια αποδεκτή εναλλακτική λύση βιότοπων για αστικά φυτά και αυτόχθονα ζώα.

Τα δέντρα στο επίπεδο του εδάφους, μπορούν να παρέχουν έναν βέλτιστο βιότοπο τόσο για τα έντομα όσο και τα πουλιά. Οι πράσινες στέγες, που χαρακτηρίζονται από λιγότερη ανθρώπινη παρέμβαση, μπορούν να υποστηρίξουν ευαίσθητα φυτά και ορισμένα είδη ζώων, όπως είναι οι πεταλούδες, οι μέλισσες, τα πουλιά και ούτω καθεξής που σε άλλη περίπτωση θα είχαν πρόβλημα επιβίωσης σε μια αστική περιοχή.

- 5) Η παρουσία των φυτών μπορεί να απελευθερώσει οξυγόνο στην ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης, η οποία διασπά το διοξείδιο του

άνθρακα και το νερό ώστε να δημιουργήσει σάκχαρο και οξυγόνο. Παράλληλα, τα φυτά έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν άνθρακα στους ιστούς τους, καθώς μεγαλώνουν.

Μελέτη, μάλιστα, αποκάλυψε ότι μια οξιά θα μπορούσε να παράγει αρκετό οξυγόνο για 10 ανθρώπους ανά ώρα.

Ορισμένες μελέτες, επίσης, παρέχουν αποδείξεις ότι η συγκέντρωση του CO₂ σε αστικές περιοχές ενδέχεται να είναι κατά 5-80 ppm μεγαλύτερη από ότι στις παρακείμενες αγροτικές περιοχές, όπου τα φυτά αναπτύσσονται εκτεταμένα, αποδεικνύοντας έτσι έμμεσα την ευεργετική επίδραση των φυτών.

- 6) Οι ρίζες και το χώμα των φυτών έχουν τη δυνατότητα να αφαιρέσουν κάποιες από τις ακαθαρσίες του νερού, όπως για παράδειγμα το νιτρικό άλας και διάφορα βαρέα μέταλλα, πριν αυτό να εισέλθει σε έναν υδροφόρο.
- 7) Τα φυτά που βρίσκονται μεταξύ μιας πηγής και ενός δέκτη θορύβου μπορούν να συντελέσουν στη μείωση του επιπέδου θορύβου που γίνεται αντιληπτό από τον δέκτη.

Είναι πιθανό ζώνες δέντρων να μπορέσουν να μετριάσουν τις χαμηλές συχνότητες των συχνοτήτων με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από κάποια τεχνητή κατασκευή, εφόσον είναι διατεταγμένα σε ένα πλέγμα διαμόρφωσης. Μάλιστα, έχει διαπιστωθεί ότι η μείωση του θορύβου που μπορεί να επιτευχθεί, αντιστοιχεί σε απόσταση οκτώ φορές το ύψος του δέντρου. Τέλος, έχει αποδειχτεί πως οι πράσινες στέγες έχουν την ικανότητα να μειώσουν τα επίπεδα του θορύβου έως και 50 dB.

- **Οικονομικά οφέλη:**

- 1) Η ικανότητα των βλαστικών επιφανειών να συγκρατούν τα όμβρια ύδατα και να μειώνουν τη μέγιστη απορροή, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της έκτασης των υποδομών αποχέτευσης των όμβριων υδάτων.
- 2) Τα φυτά, που εισάγονται γύρω από τα κτίρια, μπορούν να βελτιώσουν την «ακεραιότητα» των δομικών κατασκευών, περιορίζοντας την επίδραση του καιρού. Ως εκ τούτου, μπορεί να παρατείνουν την πρακτική ζωή των κτιρίων και τις υπηρεσίες, που αυτά παρέχουν στους χρήστες τους.

Μάλιστα, η μείωση των ακραίων διακυμάνσεων της θερμοκρασίας μέσω της χρήσης πράσινων στεγών μπορεί να μειώσει την καταπόνηση λόγω διαστολής και συστολής επί της μεμβράνης, με αποτέλεσμα έτσι να μειώσει την πυρόλυση και τη γήρανση της μεμβράνης.

- 3) Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μια σημαντική οικονομική συμβολή του πρασίνου στις πόλεις.

Μελέτες, μάλιστα, για την εξοικονόμηση ενέργειας από τα φυτά, έχουν αποδείξει μια εξοικονόμηση της τάξεως του 50 % σε ορισμένες ζεστές μέρες και μακροπρόθεσμες εξοικονομήσεις σε ένα ποσοστό περίπου 25 %. Όμοια, με την εφαρμογή δενδροφύτευσης και ψυχρών στεγών, θεωρείται ότι μπορούν επιτευχθούν μεγάλες εξοικονομήσεις στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων.

- 4) Ανεξαρτήτως αν πρόκειται για κατοικημένες γειτονιές ή για εμπορικά κτίρια, η ενσωμάτωση πράσινων χώρων εντός των ορίων τους, μπορεί εύκολα να αυξήσει την αξία τους. Ως εκ τούτου, η φύτευση δέντρων στις πόλεις είναι μια καλή επένδυση, που οδηγεί σε ελκυστικό περιβάλλον .

Οι άνθρωποι είναι πρόθυμοι να πληρώσουν περισσότερα για τα σπίτια που περικλείονται και περιέχουν δέντρα στην αυλή τους, ενώ έχει

αποδειχτεί πως ακίνητα που έχουν δέντρα πωλούνται ή ενοικιάζονται ταχύτερα από εκείνα που δεν έχουν δέντρα.

5) Όταν τα φυτά εισάγονται σε κτίρια και ειδικά με τη μορφή κήπων στον τελευταίο όροφο κτιρίων (ταρατσόκηπος), μπορούν να διευκολύνουν τη γεωργική παραγωγή στο αστικό περιβάλλον.

- **Αισθητικά οφέλη:**

1) Η βλάστηση μπορεί να παρέχει οπτική αντίθεση και ανακούφιση από το εξαιρετικά δομημένο περιβάλλον της πόλης.

2) Επίσης, τα φυτά προσφέρουν στους κατοίκους των αστικών κέντρων τη σημαντική ψυχολογική αίσθηση της πρόσβασης της φύσης.

3) Η βλάστηση παρέχει στοιχεία φυσικής κλίμακας, οπτικής ομορφιάς, καθώς και εποχιακών δεικτών σε κτίρια και δρόμους.

4) Τα φυτά που ενσωματώνονται γύρω από κτίρια μπορούν, επίσης, να προσφέρουν οπτικό ενδιαφέρον και ανακούφιση από τους απλούς τοίχους και τις οροφές, ενώ ταυτόχρονα διαχωρίζουν τα κτίρια αυτά από τις ενοχλητικά σκληρές άκρες των γύρω κτιρίων. Τα «άσχημα» συστήματα ενός κτιρίου μπορούν, τέλος, να κρυφτούν πίσω από τη βλάστηση των στεγών και των προσόψεων.

- **Κοινωνικά οφέλη:**

1) Τα φυτά παρέχουν χώρους για παιχνίδι, αθλητισμό και ψυχαγωγία, συνάντηση, δημιουργία κοινωνικών επαφών, απομόνωση και διαφυγή από την αστική ζωή, αισθητική απόλαυση και ούτω καθεξής.

2) Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι τα δέντρα και τα πάρκα μπορούν να βοηθήσουν στη δημιουργία μιας αίσθησης κοινότητας στις αστικές γειτονιές.

- 3) Οι κήποι οροφής (ταρατσόκηποι) παρέχουν ευκαιρίες για έναν πιο απομονωμένο, λιγότερο ρυπασμένο και θορυβώδη χώρο για άτυπη αναψυχή.
- 4) Η οπτική και φυσική επαφή με τα φυτά μπορεί να οδηγήσει σε άμεσο όφελος για την υγεία.

Μελέτες, μάλιστα, αναφορικά με τις ψυχολογικές επιπτώσεις των φυτών στον άνθρωπο αποκάλυψαν ότι τα φυτά μπορούν να δημιουργήσουν επιδράσεις αποκατάστασης, που οδηγούν σε μείωση του στρες, ενώ μπορούν παράλληλα να βελτιώσουν τα ποσοστά των ανάκαμψης των ασθενών ανάκαμψη και να διαμορφώσουν μεγαλύτερη αντοχή σε διάφορες ασθένειες. Ακόμη, η μελέτη των φυτών σε αστικές περιοχές, έδειξε ότι οι κάτοικοι, που έχουν στο μπαλκόνι ή τη βεράντα του φυτά, είναι λιγότερο ευαίσθητοι σε διάφορες ασθένειες, που αποτελούν προϊόν ενός περιβάλλοντος υψηλής πυκνότητας.

- 5) Η ποιότητα του καθαρισμού του αέρα που προσφέρουν τα φυτά έχει άμεσα αναπνευστικά οφέλη για τους ανθρώπους, που υποφέρουν από άσθμα και άλλες αναπνευστικές παθήσεις. Παράλληλα, τα φυτά μέσω αυτού του καθαρισμού, μειώνουν άμεσα το νέφος και άλλες μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- 6) Τέλος, η δυνατότητα του πρασίνου για τη μείωση των υψηλών θερμοκρασιών στις πόλεις, μπορεί να μειώσει τα ποσοστά των ασθενειών και των θανάτων που επιδεινώνονται ή και προκαλούνται από τη υπερθέρμανση των πόλεων.

2.5.2. Ο ρόλος του αστικού πράσινου στην διαμόρφωση του κλίματος στη πόλη

Το αστικό πράσινο συμβάλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μέσα από την άμεση σκίαση των επιφανειών και τον περιορισμό της ηλιακής θερμότητας, η οποία συντελείται με την εξατμισοδιαπνοή των φυτών και τη μετατροπή της ηλιακής

ακτινοβολίας σε λανθάνουσα θερμότητα. Παράλληλα, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες οδηγούν στη μείωση της ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από το έδαφος και τα φύλλα, γεγονός που δεν ισχύει για τις τεχνητές σκληρές επιφάνειες των κτιρίων και των δρόμων των πόλεων (Κατσογιάννη 2011).

Η βλάστηση επιδρά με φυσικό τρόπο στο αστικό περιβάλλον ως προς την ποιότητα της ατμόσφαιρας, τα επίπεδα θορύβου, ενώ διαμορφώνει και τις θερμοκρασίες που θα αναπτυχθούν τελικά στις περιοχές γύρω από αυτή. Τα πάρκα περιορίζουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας όχι μέσα από την ψύξη του αέρα αλλά μέσα από τον περιορισμό της θέρμανσης αυτού (Κατσογιάννη 2011).

Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές στην πόλη που διακρίνονται από έντονη παρουσία φυτικού υλικού, όπως είναι τα πάρκα, οι μικρές δασικές εκτάσεις και ούτω καθεξής, παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές σε σχέση αυτές του υπόλοιπου περιβάλλοντος του αστικού ιστού. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται σαν ψυχρή κηλίδα των χώρων πρασίνου. Το παρόν φαινόμενο εντατικοποιείται και επιδρά σε μεγαλύτερη κλίμακα, καθώς το κλίμα γίνεται πιο θερμό και ξηρό (Κατσογιάννη 2011).

Μάλιστα, η επίδραση της βλάστησης επεκτείνεται και πέρα από το ίδιο το πάρκο, έχοντας κυρίως επιπτώσεις στην υπήνεμη πλευρά του. Ο λόγος αυτής της επίδρασης είναι η διάχυση του δροσερού αέρα από το πάρκο στον περιβάλλοντα αστικό ιστό (Κατσογιάννη 2011).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετήσει την εφαρμογή μέτρων βιοκλιματικού σχεδιασμού στην πόλη του Χαλκίδας, και πιο συγκεκριμένα την εφαρμογή βιώσιμων μεθόδων αστικού πράσινου σε ένα πρώην παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) στην Οδό Αβάντων της πόλης.

Για την κάλυψη του παραπάνω στόχου, η μεταπτυχιακή διατριβή χωρίζεται σε δύο τμήματα. Στο πρώτο τμήμα γίνεται μια επισκόπηση των παγκόσμιων τάσεων για την διαμόρφωση βιώσιμων πόλεων, ορίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του βιοκλιματικού σχεδιασμού και ο ρόλος του αστικού πράσινου για την βελτίωση των κλιματικών συνθηκών της πόλης. Το πρώτο αυτό τμήμα είναι κατά συνέπεια καθαρό βιβλιογραφικό και βασίζεται στην επισκόπηση βιβλίων, ηλεκτρονικών εγγράφων και ηλεκτρονικών σελίδων, σχετικών με τις παγκόσμιες τάσεις βιώσιμης πόλης. Τέλος, και με βάση την αξιολόγηση των παραπάνω τάσεων, των χαρακτηριστικών και του ρόλου του αστικού πράσινου αναδεικνύονται οι μέθοδοι που μπορούν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν στο παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) της παρούσας έρευνας.

Παράλληλα, πραγματοποιείται μια αναλυτική περιγραφή του συγκεκριμένου παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων), των κλιματικών και γεωγραφικών του συνθηκών, καθώς και του περιβάλλοντος χώρου, που το περιβάλλει. Για την περιγραφή αυτή γίνεται εκ νέου βιβλιογραφική ανασκόπηση. Η συλλογή κλιματικών δεδομένων βασίζεται σε δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών σε εγγύτητα με το σημείο και από υπάρχοντα δεδομένα σε λογισμικά κλίματος, όπως είναι το λογισμικό METEONORM v.5.1. Για την επισκόπηση του χώρου του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) και του περιγύρου ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί το Google Earth, λογισμικό που προφέρει λεπτομερή χαρτογράφηση περιοχών σε παγκόσμια κλίμακα. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται και επιτόπια έρευνα, ώστε να προσδιοριστούν οι πραγματικές συνθήκες του οικοδομικού τετραγώνου και του περιγύρου του, από όπου προκύπτουν και οι φωτογραφίες του χώρου του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων), που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία.

Μέσα από παραπάνω γίνεται δυνατή η διαπίστωση των δυνατών αλλαγών στο οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98 μέσα από την εφαρμογή των βιοκλιματικών μεθόδων αστικού πράσινου. Οι μέθοδοι και οι προτάσεις αυτές στην συνέχεια αναλύονται ως προς την αποδοτικότητά τους με τη βοήθεια του λογισμικού ENVI-met (έτσι η έρευνα προχωρά στο δεύτερο τμήμα).

Το δεύτερο τμήμα της εργασίας στηρίζεται στη χρήση του λογισμικού ENVI-met για αξιολόγηση της πρότασης για την περίπτωση του παρκινγκ (η αναλυτική περιγραφή του προγράμματος και του τρόπου με τον οποίο θα εφαρμοστεί για την περίπτωση του συγκεκριμένου παρκινγκ θα πραγματοποιηθεί στο επόμενο ξεχωριστό κεφάλαιο).

Το λογισμικό αυτό (ENVI-met) είναι ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για τη προσομοίωση αστικών περιοχών με στόχο τη μελέτη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στη βλάστηση, τον αέρα και τις διάφορες επιφάνειες. Κατά συνέπεια, οι διάφορες εναλλακτικές μπορούν μέσα από το λογισμικό αυτό να χαρακτηριστούν ως προς την αποτελεσματικότητά τους αναφορικά με τη βελτίωση των συνθηκών που θα παρέχουν στο παρκινγκ. Τα αποτελέσματα του λογισμικού αναλύονται και κατόπιν προκύπτει η τελική πρόταση για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του παρκινγκ.

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENVI-MET

Οι βιώσιμες πόλεις, της παρούσας χιλιετίας, χρειάζονται διαδικασίες αστικής διαχείρισης που να εξετάζουν την επίδραση της κατασκευαστικής ανάπτυξης στο τοπικό κλίμα. Οι ευφυείς στρατηγικές για τη βελτίωση του αστικού κλίματος δεν πραγματοποιούνται μόνο για αισθητικούς λόγους, αλλά αντιθέτως έχουν άμεσες επιπτώσεις και σε διάφορους τομείς της καθημερινής κοινωνικής και οικονομικής ζωής, καθώς περιλαμβάνουν (Bruce 1999):

- Την εξοικονόμηση ενέργειας μέσα από τη βελτιστοποιημένη κατανομή της θερμότητας, τη χρήση αρχιτεκτονικής χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και την αξιοποίηση φυσικών πηγών ενέργειας
- Τη μείωση των κινδύνων για την υγεία μέσα από την εγγύηση ότι οι πόλεις εξαερίζονται επαρκώς καθώς και τη μείωση των συγκεντρώσεων ρύπων κοντά στην επιφάνεια
- Τη βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσα από τη δημιουργία άνετων συνθηκών βιοκλίματος.

Τα αριθμητικά μοντέλα μικρής κλίμακας προσφέρουν την ευκαιρία της προσομοίωσης διαφορετικών σεναρίων σχεδιασμού, προκειμένου να καταστεί δυνατή η εύρεση της τελικής και βέλτιστης απόφασης για σχεδιασμό. Πιο συγκεκριμένα, στην αστική κλιματολογία, ο αριθμός των διάφορων φυσικών διεργασιών και ο αριθμός των μη γραμμικών αλληλεπιδράσεων, καθιστούν αδύνατη την εκτίμηση των επιπτώσεων των αλλαγών και των τροποποιήσεων χωρίς τη χρήση έμπειρων συστημάτων, όπως είναι για παράδειγμα τα αριθμητικά λογισμικά μοντελοποίησης (Bruce 1999).

Οι αλλαγές στο αστικό περιβάλλον μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες α) σε αυτές όπου λαμβάνουν χώρα αλλαγές μεγαλύτερης κλίμακας, δηλαδή οι γενικές διαρθρωτικές αλλαγές, όπως για παράδειγμα η ανάπλαση ολόκληρων περιοχών και β) σε αυτές, όπου λαμβάνουν χώρα, αλλαγές μικρότερης κλίμακας, δηλαδή, οι διαρθρωτικές τροποποιήσεις εντός συγκεκριμένων δομών, όπως για παράδειγμα η τοποθέτηση βλάστησης κατά τόπους στο αστικό ιστό, στις στέγες ή και στις προσόψεις των κτιρίων. Και οι δύο αλλαγές περιλαμβάνουν διάφορες δυσκολίες και

επιλογές για τους σχεδιαστές τους με τελικό στόχο τη βελτιστοποίηση του τοπικού αστικού κλίματος (Bruce 1999).

Ένα τέτοιο αριθμητικό μοντέλο μικρής κλίμακας, αποτελεί και το ENVI-met, που είναι και αυτό που χρησιμοποιείται για την παρούσα ανάλυση της βιοκλιματικής πρότασης αστικού πρασίνου στο πρώην παρκινγκ στην Οδό Αβάντων στη Χαλκίδα.

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το ENVI-met αποτελεί τρισδιάστατο μοντέλο μικροκλίματος (στην πραγματικότητα αποτελεί μοντέλο τεσσάρων διαστάσεων με την τέταρτη διάσταση να αποτελεί τον χρόνο), που έχει σχεδιαστεί για την προσομοίωση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυτών, αέρα και επιφανειών στο αστικό περιβάλλον με μια τυπική ανάλυση από 0,5 έως 10 m στο χώρο και 10 δευτερόλεπτα στο χρόνο. Τυπικά πεδία εφαρμογής του ENVI-met είναι η Αστική Κλιματολογία, Αρχιτεκτονική και ο Κτιριακός ή ο Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός μεταξύ άλλων (Envi-met χ.χ. β).

Αποτελεί ένα δωρεάν πρόγραμμα που βασίζεται σε διαφορετικά επιστημονικά ερευνητικά προγράμματα και είναι, επομένως, υπό συνεχή εξέλιξη. Συνοδεύεται από μια σειρά από επιπλέον λογισμικών που κυμαίνονται από συντάκτες (editors) έως και εργαλεία οπτικοποίησης με στόχο την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου. Στην ουσία είναι ένα προγνωστικό μοντέλο που βασίζεται στους θεμελιώδεις νόμους της μηχανικής των ρευστών και της θερμοδυναμικής. Το μοντέλο περιλαμβάνει την προσομοίωση (Envi-met χ.χ. β):

- Της ροής γύρω και μεταξύ των κτιρίων
- Των διαδικασιών ανταλλαγής θερμότητας και ατμού στην επιφάνεια του εδάφους και τις τοιχοποιίες
- Του στροβιλισμού (τυρβώδης ροή)
- Της ανταλλαγής στη βλάστηση και των παραμέτρων βλάστησης

- Της βιοκλιματολογίας
- Της διασποράς των ρύπων

Όπως προαναφέρθηκε, το ENVI-met αποτελεί ένα μοντέλο μικροκλίματος τριών διαστάσεων, που έχει σχεδιαστεί για την προσομοίωση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του εδάφους, της βλάστησης και της ατμόσφαιρας στο αστικό περιβάλλον σε μια τυπική ανάλυση πλέγματος από 0,5 m έως 10 m. Το ENVI-met χαρακτηρίζεται ως ένα από τα λίγα μοντέλα στο είδος του, που επιδιώκει να περιγράψει τις σημαντικότερες κλιματικές διεργασίες που ενεργούν στο αστικό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων του στροβιλισμού, της τυρβώδους μεταφοράς αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας, των ροών ακτινοβολίας εντός των αστικών δομών και της επίδρασης της βλάστησης (Jansson 2006).

Το λογιστικό πρόγραμμα ENVI-met αποτελείται από έναν πυρήνα μοντέλου τριών διαστάσεων, που συνδέεται με ένα μονοδιάστατο οριακό μοντέλο. Στο βασικό μοντέλο, το αστικό τοπίο είναι κατασκευασμένο από κελιά πλέγματος, στα οποία περιέχονται πληροφορίες για τα εδάφη, τα κτίρια, τη βλάστηση και τους ανοιχτούς χώρους. Το ενεργειακό ισοζύγιο της τυρβώδους μεταφοράς αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας μεταξύ της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας και της μεταφοράς θερμότητας μεταξύ της επιφάνειας και των υλικών, επιλύεται σε όλες τις επιφάνειες χρησιμοποιώντας τις ατμοσφαιρικές συνθήκες από τα κελιά του πλέγματος, που είναι γειτονικά προς την επιφάνεια, υποθέτοντας καμία αποθήκευση θερμότητας στο εσωτερικό των φύλλων και καμία εξάτμιση από σφραγισμένες επιφάνειες (σκυρόδεμα, άσφαλτος, τοίχοι, στέγες και ούτω καθεξής) (Jansson 2006).

Η μεταφορά θερμότητας στα κτίρια υπολογίζεται από τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας της επιφάνειας και μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία και έναν συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, δηλαδή η αποθήκευση θερμότητας στα κτίρια δεν λαμβάνεται υπόψη. Ωστόσο, η δυναμική αποθήκευση θερμότητας υπολογίζεται για τα προφίλ εδάφους (Jansson 2006).

Η εισερχόμενη βραχέων κυμάτων ακτινοβολία και η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος παρέχονται ως οριακές συνθήκες στην κορυφή του κύριου μοντέλου. Μέσα στον θολωτό αστικό στρώμα, το ισοζύγιο ακτινοβολίας επηρεάζεται σημαντικά από τη σκίαση, την ανάκλαση, την απορρόφηση και την εκπομπή εντός και μεταξύ των αστικών δομών και της βλάστησης. Για την αποφυγή αριθμητικών ασταθειών, προστίθενται πλέγματα ένθεσης (nesting grids) εκτός του περιβάλλοντος του πυρήνα του μοντέλου ώστε να λειτουργήσουν ως μια «νεκρή ζώνη» μεταξύ του πλευρικού ορίου και του κύριου μοντέλου. Η περιοχή ένθεσης είναι ανοικτή (δεν περιλαμβάνει ούτε τα κτίρια, ούτε τη βλάστηση) και ως εκ τούτου, είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένη στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές θερμοκρασίες της επιφάνειας, που δεν είναι αντιπροσωπευτικές του εκτός του περιβάλλοντος του πυρήνα του μοντέλου. Ως εκ τούτου, υπάρχει μια επιλογή στην οποία η εισερχόμενη ακτινοβολία βραχέων κυμάτων στα κελιά του πλέγματος υπολογίζεται ως ο μέσος όρος της συνολικής ακτινοβολίας, που φθάνει στην επιφάνεια εντός του πυρήνα του μοντέλου. Το κύριο μοντέλο γενικά εκτείνεται σε ύψος τουλάχιστον διπλάσιο από εκείνο του υψηλότερου εμπόδιου. Το μονοδιάστατο μοντέλο ορίων παρέχει οριακές ατμοσφαιρικές συνθήκες στην κορυφή του πυρήνα μοντέλου και επεκτείνει το μοντέλο σε ένα ύψος 2.500 m (Jansson 2006).

Το λογισμικό πρόγραμμα ENVI-met απαιτεί βασικές πληροφορίες για το κλίμα, όπως είναι για παράδειγμα η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία και η υγρασία κατά την έναρξη της προσομοίωσης. Μετά τη φάση της έναρξης της προσομοίωσης, στην οποία ο άνεμος, η θερμοκρασία και η υγρασία κλιμακώνονται από την επιφάνεια έως τα 2.500 m, το μοντέλο χρησιμοποιεί ένα σταθερό εξαναγκασμό ανέμου, ενώ διατηρούνται σταθερές και η θερμοκρασία και η υγρασία στα 2.500 m καθ' όλη την διάρκεια της προσομοίωσης (Jansson 2006).

Η αριθμητική μοντελοποίηση του κλίματος είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την περιγραφή του αστικού μικροκλίματος και των βασικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτό. Τα βασικά, λοιπόν πλεονεκτήματα από τη χρήση του λογισμικού προγράμματος ENVI-met, συνοψίζονται παρακάτω (Jansson 2006):

- Το μοντέλο του λογισμικού προγράμματος λειτουργεί σε ημερήσια κλίμακα

- Το μοντέλο αποτελεί ένα μη υδροστατικό μοντέλο που χαρακτηρίζεται από την ικανότητα της πρόβλεψης της κίνησης των ανέμων και της μεταβλητότητας της ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας και της υγρασίας
- Μέσα από το μοντέλο παρέχεται η δυνατότητα της προσομοίωσης των δομών σε μεγάλη λεπτομέρεια
- Οι φυτικές μάζες αντιμετωπίζονται ολοκληρωτικά, ενώ ταυτόχρονα συμπεριλαμβάνονται και οι διάφορες διεργασίες της βλάστησης, όπως είναι για παράδειγμα τα φαινόμενα της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής
- Το έδαφος αντιμετωπίζεται ως σύνολο από στρώματα, ενώ παρέχεται μεγάλη ποικιλία αναφορικά με την επιλογή των τύπων των εδαφών
- Μέσα από τις δυνατότητες του λογιστικού προγράμματος παρέχεται μια ποιοτική και ακριβής χώρο-χρονική ανάλυση
- Τέλος, υπολογίζεται και η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται στοιχεία αναφορικά με την έκδοση ENVI-met 3.1, που είναι και αυτή που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα πτυχιακή.

4.2 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΟΥ ΔΙΕΠΟΥΝ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Το λογισμικό πρόγραμμα ENVI-met αποτελείται από τα ακόλουθα υπο-μοντέλα (Spangenberg 2005, σελ. 345-352):

- Το μοντέλο ατμόσφαιρας (άνεμος πεδίου, θερμοκρασία, ατμός, υγρασία, ρύποι)
- Το μοντέλο εδάφους (θερμοκρασία και υγρασία στο εσωτερικό του εδάφους, του νερού και ούτω καθεξής)
- Το μοντέλο βλάστησης (ανταλλαγή ατμών με τον αέρα στην περιοχή κάτω από τα δέντρα, θερμοκρασία φυλλωμάτων και ούτω καθεξής)

- Το μοντέλο επιφάνειας (ροές σε οριζόντιες και κάθετες επιφάνειες, πεζοδρόμια, στέγες και τοίχους των κτιρίων και ούτω καθεξής).

Κάθε ένα από τα υπο-μοντέλα αυτά διέπεται από μια σειρά εξισώσεων, στις οποίες περιλαμβάνονται οι μεταβλητές που λαμβάνει υπόψη το πρόγραμμα. Οι εξισώσεις αυτές και οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται, παρουσιάζονται στις επόμενες υποενότητες.

4.2.1 Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο ατμόσφαιρας

4.2.1.1 Μέση ροή αέρα

Το τρισδιάστατο μοντέλο τυρβώδους ροής αέρα στο μοντέλο δίνεται από τις μη υδροστατικές ασυμπίεστες εξισώσεις Navier-Stokes (Bruse 2004):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u_i \frac{\partial u}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial x} + K_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} \right) + f(v - v_g) - S_u \quad (4.1)$$

$$S_\eta(-z) = \frac{m_{trans}}{\rho_w} (RAS(-z)D_\eta(-z)) \left(\int_{-z_r}^0 RAD(-z)D_\eta(-z)dz \right)^{-1} \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u_i \frac{\partial w}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial z} + K_m \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_i^2} \right) + g \frac{\theta(z)}{\theta_{ref}(z)} - S_w \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4.4)$$

Όπου:

$f (= 10^4 \text{ sec}^{-1})$ είναι η παράμετρος Coriolis

p είναι η τοπική διαταραχή πίεσης και

θ το δυναμικό θερμοκρασίας στο επίπεδο z .

Η θερμοκρασία αναφοράς θ_{ref} αντιπροσωπεύει τις μεγαλύτερης κλίμακας μετεωρολογικές συνθήκες και υπολογίζεται ως ο μέσος όρος της θερμοκρασίας πάνω από όλα τα κελιά του πλέγματος σε ύψος z , με εξαίρεση εκείνα που καταλαμβάνονται από κτίρια (Bruse 2004).

Η πυκνότητα ρ του αέρα απομακρύνθηκε από τις αρχικές συμπίεσιμες Navier-Stokes εξισώσεις, χρησιμοποιώντας την προσέγγιση Boussinesq, η οποία οδηγεί σε ένα επιπλέον όρο πηγής στην εξίσωση (4.3), ώστε να συμπεριλάβει τη θερμικά αναγκαστική κατακόρυφη κίνηση και μια εξίσωση συνέχειας, την (4.4) η οποία πρέπει να πληρούται για κάθε χρονικό βήμα, προκειμένου να διατηρήσει τη ροή πεδίου διατήρησης μάζας (σημειώνεται πως όλοι οι τρισδιάστατοι όροι μεταγωγής και διάχυσης, αναγράφονται με βάση την άθροιση του Einstein ($u_i = u, v, w, x_i = x, y, z$ για $i = 1,2,3$) (Bruse 2004).

Οι τοπικοί όροι πηγών/ καταβόθρων S_u, S_v και S_w περιγράφουν την απώλεια της ταχύτητας του ανέμου λόγω οπισθελκουσών δυνάμεων, που εμφανίζονται στα στοιχεία της βλάστησης. Η επίδραση αυτή μπορεί να παραμετροποιηθεί ως εξής (Bruse 2004):

$$S_{u(i)} = \frac{\partial p'}{\partial x_i} = c_{d,f} LAD(z) * W * u_i \quad (4.5)$$

Όπου:

$W = (u^2 + v^2 + w^2)^{0.5}$ είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z

$LAD(z)$ είναι η πυκνότητα φυλλικής επιφάνειας σε $m^2 m^{-3}$ του φυτού σε αυτό το ύψος.

Ο μηχανικός συντελεστής οπισθελκουσας δύναμης στα φυτά $c_{d,f}$ ορίζεται με τιμή 0,2.

Οριακές συνθήκες: Μια κατάσταση όπου όλες οι στερεές επιφάνειες δε θεωρούνται ως γλιστερές χρησιμοποιείται. Το προφίλ εισροής λαμβάνεται από το μονοδιάστατο μοντέλο αναφοράς και μια μηδενικής βαθμίδωσης κατάσταση Neumann χρησιμοποιείται κατά την εκροή και τα πλευρικά όρια. Στο κορυφαίο όριο όλες οι κατακόρυφες κινήσεις θεωρούνται ότι είναι μηδενικές. Οι ειδικές οριακές συνθήκες χρησιμοποιούνται για τη διατάραξη της πίεσης σε όλα τα όρια εκροής προκειμένου να διατηρηθεί η ροή πεδίο διατήρησης μάζας (Bruse 2004).

4.2.1.2 Θερμοκρασία και υγρασία

Η κατανομή της θερμοκρασίας αέρα θ και η ειδική υγρασία q δίνεται από την εξίσωση συνδυασμένης μεταφοράς-διάχυσης με εσωτερικές πηγές/ καταβόθρες (Bruse 2004):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u_i \frac{\partial \theta}{\partial x_i} = K_h \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x_i^2} \right) + \frac{1}{c_p \rho} \frac{\partial R_{n,1w}}{\partial z} + Q_h \quad (4.6)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} = K_q \left(\frac{\partial^2 q}{\partial x_i^2} \right) + Q_q \quad (4.7)$$

Παρόμοια με τις εξισώσεις ορμής, οι Q_h και Q_q χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν την ανταλλαγή θερμότητας και ατμού ανάμεσα στα φυτά και το ατμοσφαιρικό μοντέλο. Οι τιμές των Q_h και Q_q παρέχονται από το μοντέλο της βλάστησης, που περιγράφεται σε επόμενη υποενότητα. Ο όρος $\partial R_{n,1w} / \partial z$ είναι η κατακόρυφη απόκλιση της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της ψύξης και της θέρμανσης στην επίδραση των ροών ακτινοβολίας (Bruse 2004).

Οριακές συνθήκες: Η επιφανειακή θερμοκρασία των επιφανειών του εδάφους, των στεγών και των τοίχων χρησιμοποιούνται ως πραγματικά φυσικά όρια. Για το προφίλ εισροής, μπορούν να επιλεγούν οι Dirichlet, Neuman ή οι κυκλικές οριακές συνθήκες. Στην εκροή και τα πλευρικά όρια χρησιμοποιείται μια κατάσταση μηδενικής κλίσης. Οι τιμές για την κορυφή του τρισδιάστατου μοντέλου λαμβάνεται από το μονοδιάστατο μοντέλο οριακού στρώματος, το οποίο εκτείνεται μέχρι και τα 2500 m (Bruse 2004).

4.2.1.3 Ατμοσφαιρικός στροβιλισμός

Όταν η ροή του αέρα προσκρούει σε τοίχους κτιρίων ή σε στοιχεία της βλάστησης παράγεται στροβιλισμός. Κάτω από ανεμώδεις συνθήκες, το μέγεθος της τοπικής παραγωγής στροβιλισμών ξεπερνά συνήθως το διασκορπισμό του, έτσι ώστε οι τυρβώδεις δίνες να μεταφέρονται από τη μέση ροή του αέρα. Ανάλογα με τη δομή της ροής, αυτό οδηγεί σε αυξημένο στροβιλισμό μακριά από την αρχική πηγή της διαταραχής (Bruse 2004).

Για την προσομοίωση αυτού του φαινομένου, το λογισμικό ENVI-met υιοθετεί το λεγόμενο 1.5 order turbulence closure model. Δύο επιπλέον προγνωστικοί

παράγοντες, δηλαδή η τοπική αναταραχή (E) και ο ρυθμός διάχυσης (ε), προστίθενται επίσης στο μοντέλο. Η κατανομή τους δίνεται από τις παρακάτω προγνωστικές εξισώσεις (Bruse 2004):

$$\begin{aligned}\frac{\partial E}{\partial t} + u_i \frac{\partial E}{\partial x_i} &= K_E \left(\frac{\partial^2 E}{\partial x_i^2} \right) + \text{Pr} - \text{Th} + Q_E - \varepsilon \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} &= K_\varepsilon \left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x_i^2} \right) + c_1 \frac{\varepsilon}{E} \text{Pr} - c_3 \frac{\varepsilon}{E} \text{Th} - c_2 \frac{\varepsilon^2}{E} + Q_\varepsilon\end{aligned}\quad (4.8)$$

Οι όροι Pr και Th περιγράφουν την παραγωγή και τη διάχυση της τυρβώδους ενέργειας λόγω διάτμησης αέρα και θερμικής διαστρωμάτωσης, ενώ οι όροι Q_E και Q_ε εκφράζουν τις τοπικές πηγές για την παραγωγή αναταράξεων και διάχυσης στη βλάστηση (Bruse 2004).

Η μηχανική παραγωγή Pr, παραμετροποιείται χρησιμοποιώντας τον τρισδιάστατο τανυστή παραμόρφωση του τοπικού πεδίου ανέμου (Bruse 2004):

$$\text{Pr} = K_m \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad \text{με } i, j = 1, 2, 3 \quad (4.9)$$

Ο όρος Th δίνεται από την παρακάτω εξίσωση (Bruse 2004):

$$\text{Th} = \frac{g}{\theta_{ref}(z)} K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} \quad (4.10)$$

Για τη βαθμονόμηση της εξίσωσης του ρυθμού διάχυσης, χρησιμοποιούνται οι στάνταρ τιμές $c_1 = 1.44$, $c_2 = 1.92$ και $c_3 = 1.44$. Πρέπει να σημειωθεί, ότι η εφαρμογή του 1.5 order turbulence closure model στο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα έχει ορισμένες αβεβαιότητες. Ανάλογα με την συγκεκριμένη κατάσταση, διαφορετικές τιμές βαθμονόμησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και η παραγωγή της τυρβώδους ενέργειας πρέπει κανονικά να περιορίζεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (Bruse 2004).

Δύο επιπλέον όροι προστίθενται στο σύστημα εξισώσεων τοπικής αναταραχής (E) και του ρυθμού διάχυσης (ε), ώστε να εξετάσουν τον πρόσθετο στροβιλισμό που παράγεται στη βλάστηση, καθώς και την καταστροφή του στροβιλισμού λόγω της

αλληλουχίας από μεγαλύτερες δίνες παραγόμενες από τη διάτμηση σε μικρότερες και πιο αδύνατες δίνες (Bruse 2004):

$$Q_E = c_{d,f} LAD(z) * W^3 - 4c_{d,f} LAD(z) * |W| * E \quad (4.11)$$

$$Q_\varepsilon = 1,5c_{d,f} LAD(z) * W^3 - 6c_{d,f} LAD(z) * |W| * \varepsilon \quad (4.12)$$

Όπου:

W είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου

Από το υπολογιζόμενο πεδίο της τοπικής αναταραχής (E) και του ρυθμού διάχυσης (ε) υπολογίζονται οι συντελεστές ανταλλαγής στροβιλισμού, υποθέτοντας ισότροπη τοπική αναταραχή και χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες σχέσεις (Bruse 2004):

$$\begin{aligned} K_m &= c_\mu \frac{E^2}{\varepsilon} \\ K_H, K_q &= 1,35 K_m \\ K_E &= \frac{K_m}{\sigma_E} \\ K_\varepsilon &= \frac{K_m}{\sigma_\varepsilon} \end{aligned} \quad (4.13)$$

Όπου:

$c_\mu=0.09$, $s_E=1$ και $s_\varepsilon=1.3$

Οριακές συνθήκες: Σε όλες τις στερεές επιφάνειες οι E και ε υπολογίζονται ως συνάρτηση της τοπικής εφαπτομενικής ταχύτητας τριβής u^* , που υπολογίζεται με βάση τα στοιχεία της ροής που εφάπτονται στην επιφάνεια που κάθε φορά σχετίζεται (Bruse 2004):

$$E(z=0), E_w = \frac{(u^*)^2 \tan}{\sqrt{c_\mu}}, \quad \varepsilon(z=0), \varepsilon_w = \frac{(u^*)^3 \tan}{K^* z_0} \quad (4.14)$$

Όπου:

K είναι η von Kármán σταθερά που ισούται με 0,4

z_0 : το μήκος τραχύτητας μικροκλίμακας της επιφάνειας.

4.2.1.4 Ροές ακτινοβολίας

Ως οριακή συνθήκη, απαιτούνται οι εισερχόμενες βραχέων και μακρών κυμάτων ροές στην κορυφή του μοντέλου. Αυτές παρέχονται χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση δύο ρευμάτων για τις ροές ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος και μια σειρά από εμπειρικές εξισώσεις για τα φάσματα μικρού κύματος (Bruse 2004).

Μέσα από το τρισδιάστατο μοντέλο, οι ροές ακτινοβολίας τροποποιούνται από τα φυτά και τα κτίρια. Για να εκτιμηθεί η επίδραση αυτών στις συνθήκες ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται η έννοια της ροής συντελεστών μείωσης, που κυμαίνονται από 1 όταν πρόκειται για ανενόχλητες ροές έως και 0, όταν πρόκειται για μια συνολική απορρόφηση. Συνολικά, οι πέντε διαφορετικοί συντελεστές μείωσης ορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις (Bruse 2004):

$$\begin{aligned}\sigma_{sw,dir}(z) &= \exp(-F \cdot LAI^*(z)) \\ \sigma_{sw,dif}(z) &= \exp(-F \cdot LAI^*(z \cdot z_p)) \\ \sigma_{lw}^\downarrow(z) &= \exp(-F \cdot LAI^*(z \cdot z_p)) \quad (4.15) \\ \sigma_{lw}^\downarrow(z) &= \exp(-F \cdot LAI^*(0, z)) \\ \sigma_{svf}(z) &= 1 / 360 \sum_{\pi=0}^{360} \cos \lambda(\pi)\end{aligned}$$

Ο πρώτος και ο δεύτερος συντελεστής περιγράφουν την επίδραση της βλάστησης για την άμεση και διάχυτη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος και ο τρίτος και τέταρτος την προς τα κάτω και προς τα πάνω ροή της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Ο πέμπτος συντελεστής παραμετροποιεί την τοπική παρεμπόδιση του ουρανού από τα κτίρια και κυμαίνεται από 1 (ελεύθερος ουρανός) έως 0 (χωρίς ορατό ουρανό), όπου λ είναι η μέγιστη γωνία προστασίας ευρισκόμενη από το μοντέλο ανίχνευσης ακτινών στην κατεύθυνση π (Bruse 2004).

Ο όρος LAI είναι ο μονοδιάστατος κατακόρυφος δείκτης της επιφάνειας των φυλλωμάτων του φυτού από το επίπεδο z προς την κορυφή του φυτού (z_p) ή προς το έδαφος όπου το $z = 0$ (Bruse 2004):

$$LAI(z, z + \Delta z) = \int_z^{z'+\Delta z} LAD(z')dz' \quad (4.16)$$

Για τον υπολογισμό της μείωσης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται ο τρισδιάστατος δείκτης LAI* αντί του μονοδιάστατου κατακόρυφου LAI. Ο τρισδιάστατος δείκτης LAI* υπολογίζεται σε σχέση με τη γωνία πρόσπτωσης από τις εισερχόμενες ακτίνες του ήλιου και αναλύει το περιβάλλον του μοντέλου για τα αντικείμενα που τέμνονται με τη διαδρομή ακτίνων. Εάν διαπιστωθεί ότι ένα κτίριο βρίσκεται μεταξύ του σημείου ενδιαφέροντος και τον ήλιο, τότε ο πρώτος συντελεστής μείωσης της εξίσωσης 4.15 γίνεται αμέσως ίσος με το μηδέν. Οι άμεσες και διάχυτες ροές ακτινοβολίας μικρού κύματος σε οποιοδήποτε σημείο μπορούν στη συνέχεια να υπολογιστούν ως εξής (Bruse 2004):

$$\begin{aligned} R_{SW,dir}(z) &= \sigma_{SW,dir}(z)R_{SW,dir}^0 \\ R_{SW,dif}(z) &= \sigma_{SW,dir}(z)\sigma_{svf}(z)R_{SW,dif}^0 + (1 - \sigma_{svf}(z))R_{SW,dir}^0 \cdot a \end{aligned} \quad (4.17)$$

Όπου:

$R_{SW,dir}^0$ και $R_{SW,dif}^0$ είναι οι άμεσες και διάχυτες ροές ακτινοβολίας μικρού κύματος στην κορυφή του μοντέλου. Ο τελευταίος πρόσθετος όρος για τη διάχυτη συνιστώσα λαμβάνει υπόψη την αντανάκλαση της ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων μέσα στο περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τη μέση ανακλαστικότητα τοίχου (a) ως τον δείκτη ανακλαστικότητας.

Στην περίπτωση ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος γίνεται δεκτό ότι τα στρώματα προστασίας της βλάστησης θα απορροφήσουν τμήματα της ροής και θα την αντικαταστήσουν με τη δική τους ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Οι οριζόντιες ροές ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τους τοίχους του κτιρίου υπολογίζονται με τη στάθμιση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τα τείχη με τον παράγοντα ορατότητας του ουρανού. Χρησιμοποιώντας την έννοια των συντελεστών μείωσης, οι ροές μακρών κυμάτων σε ένα επίπεδο z ορίζονται ως εξής (Bruse 2004):

$$\begin{aligned} R_{lw}^\downarrow(z) &= \sigma_{lw}^\downarrow(z)R_{lw}^{\downarrow,0} + (1 - \sigma_{lw}^\downarrow(z))\varepsilon_f \sigma_B \overline{T_{f+}}^4 \\ R_{lw}^\uparrow(z) &= \sigma_{lw}^\uparrow(z)\varepsilon_s \sigma_B T_0^4 + (1 - \sigma_{lw}^\uparrow(z))\varepsilon_f \sigma_B \overline{T_{f-}}^4 \\ R_{lw}^{\leftrightarrow}(z) &= (1 - \sigma_{svf}^\uparrow(z))\varepsilon_w \sigma_B \overline{T_w}^4 \end{aligned} \quad (4.18)$$

Με:

$\overline{T_{f+}^4}$, $\overline{T_{f-}^4}$ να είναι η μέση θερμοκρασία φυλλώματος των υπερκείμενων (+) και υποκειμένων (-) στρωμάτων βλάστησης

T_0 : η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους

T_w : η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας των τοίχων του κτιρίου

ϵ_f , ϵ_s , ϵ_w : η εκπομπή του φυλλώματος, της επιφάνειας του εδάφους και των τοίχων

σ_B : η σταθερά Stefan-Boltzman

4.2.2 Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο εδάφους

Είναι χαρακτηριστικό για τα αστικά περιβάλλοντα ότι μπορεί να βρεθεί ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών εδαφών και τύπων επιφανειών, που μπορεί να ποικίλει από εδάφη φυσικής μορφής σε εδάφη από εντελώς τεχνητά υλικά. Για την προσομοίωση αυτών των ετερογενών καταστάσεων, ατομικές ιδιότητες του εδάφους, όπως η θερμοδυναμική και η υδραυλική αγωγιμότητα ή ανακλαστικότητα, μπορούν να ανατεθούν σε κάθε κελί του πλέγματος του μοντέλου επιφάνειας/ εδάφους (Bruse 2004).

Το μοντέλο εδάφους είναι οργανωμένο σε 14 στρώσεις μεταξύ της επιφάνειας και κάτω ορίου της σε 2 m βάθος. Η κάθετη ανάλυση κυμαίνεται μεταξύ 0,01 m κοντά στην επιφάνεια και σε 0,5 m στα βαθύτερα στρώματα. Οι διαδικασίες ανταλλαγής προσομοιώνονται από την άποψη της θερμότητας και μεταφοράς νερού μεταξύ των στρωμάτων. Εκτός από το ανώτατο στρώμα του εδάφους, στο οποίο η μεταφορά θερμότητας υπολογίζεται σε τρεις διαστάσεις, το έδαφος αντιμετωπίζεται ως μια μονοδιάστατη κατακόρυφη στήλη. Η κατανομή της θερμότητας T και η ογκομετρική περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία παρέχονται από τις μονοδιάστατες προγνωστικές εξισώσεις (Bruse 2004):

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= \kappa_s \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \\ \frac{\partial \eta}{\partial t} &= D_\eta \frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2} + \frac{\partial K_\eta}{\partial z} - S_\eta(z) \end{aligned} \quad (4.19)$$

Για τα φυσικά εδάφη, η θερμική διαχυτότητα (κ_s) είναι συνάρτηση της διαθέσιμης υγρασίας του εδάφους (η). Οι υδραυλικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στη δεύτερη εξίσωση της 4.19 είναι (Bruse 2004):

η : η ογκομετρική περιεκτικότητα σε νερό

$K\eta$: η υδραυλική αγωγιμότητα

$D\eta$: η υδραυλική διαχυτικότητα

Ο επιπλέον παράγοντας της πρόσληψης νερού από τις ρίζες των φυτών ($S\eta$), που παρέχεται από το μοντέλο βλάστησης, πρέπει να θεωρηθεί ως μια εσωτερική καταβόθρα υγρασίας. Επιπλέον, η εξάτμιση της επιφάνειας του εδάφους, πρέπει να θεωρηθεί ως μια εξωτερική καταβόθρα (ή πηγή σε περίπτωση συμπύκνωσης) στα κορυφαία στρώματα του μοντέλου εδάφους (Bruse 2004).

4.2.3 Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο βλάστησης

Η βλάστηση αντιμετωπίζεται ως μια μονοδιάστατη στήλη με ύψος z_p , στο οποίο το προφίλ της πυκνότητας φυλλικής επιφάνειας (LAD) χρησιμοποιείται για να περιγράψει το ποσό και την κατανομή των φύλλων. Η ίδια έννοια χρησιμοποιείται και στο εσωτερικό του συστήματος του εδάφους: η κατανομή των ριζών αντιπροσωπεύεται από την πυκνότητα της περιοχής της ρίζας μέσω του προφίλ RAD, που εκτείνεται από την επιφάνεια προς τα κάτω στο βάθος ρίζας $-z_r$. Αυτό το σύστημα είναι καθολικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μικρή βλάστηση, όπως είναι για παράδειγμα το γρασίδι ή οι καλλιέργειες, καθώς και για τεράστια δέντρα με την προϋπόθεση ότι τα z_p και $-z_r$ αναπροσαρμόζονται ανάλογα (Bruse 2004).

4.2.3.1 Τυρβώδεις ροές (ή ροές στροβιλισμού) της θερμότητας και της υγρασίας

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φύλλων των φυτών και του περιβάλλοντος αέρα μπορεί να εκφραστεί σε όρους συνετής ροής θερμότητας ($J_{f,h}$), εξάτμιση ροής του υγρού νερού επί των φύλλων ($J_{f, \text{evap}}$) και η ροή διαπνοής ελέγχεται από το στόματα των φύλλων ($J_{f, \text{trans}}$) (Bruse 2004):

$$\begin{aligned}
J_{f,h} &= 1.1r_a^{-1}(T_f - T_a) \\
J_{f, \text{evap}} &= r_a^{-1}\Delta_q \delta_c f_w + r_a^{-1}(1 - \delta_c)\Delta_q \quad (4.20) \\
J_{f, \text{trans}} &= \delta_c (r_a + r_s)^{-1}(1 - f_w)\Delta_q
\end{aligned}$$

Οι όροι T_a και q_a είναι η θερμοκρασία και η ειδική υγρασία του αέρα γύρω από το φύλλο, ο όρος Δ_q είναι το έλλειμμα υγρασίας μεταξύ των φύλλων και του αέρα και ισούται με $\Delta_q = q^*(T_f) - q_a$. Ο όρος T_f είναι η θερμοκρασία φυλλώματος και q^* είναι η τιμή κορεσμού της q στην επιφάνεια των φύλλων. Η αεροδυναμική αντίσταση r_a είναι συνάρτηση της γεωμετρίας των φύλλων και της ταχύτητας του ανέμου (Bruse 2004):

$$r_a = A \sqrt{\frac{D}{\max(W, 0.05)}} \quad (4.21)$$

Όπου:

W : η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια των φύλλων.

Η παράμετρος A είναι $87 \text{ sec}^{0.5} \text{ m}^{-1}$ όταν πρόκειται για κωνοφόρα φυτά και για το γκαζόν και $200 \text{ sec}^{0.5} \text{ m}^{-1}$ όταν πρόκειται για φυλλοβόλα δέντρα.

D είναι η τυπική διάμετρος των φύλλων που κυμαίνεται από 0,02 m για τα κωνοφόρα μέχρι και 0,5 m ή και περισσότερο για τα τροπικά φυτά. Η μέγιστη αυτή προϋπόθεση εξασφαλίζει ότι μη έγκυρες τιμές δεν θα εμφανίζονται στην περίπτωση των πολύ χαμηλών ανέμων.

Ο συντελεστής δ_c ορίζεται ίσος με 1, εάν η εξάτμιση και η διαπνοή μπορούν να συμβούν ($\Delta_q \geq 0$). Διαφορετικά συντελεστής δ_c ορίζεται ίσος με το μηδέν και μόνο για την περίπτωση που είναι δυνατή η συμπύκνωση. Θεωρώντας ότι μόνο τα υγρά μέρη της βλάστησης μπορούν να εξατμιστούν (δεύτερη σχέση της εξίσωσης 4.20), και από την άλλη πλευρά, ότι μόνο τα ξηρά μέρη μπορούν να εξατμιστούν (τρίτη σχέση της εξίσωσης 4.20), το κλάσμα των υγρών φύλλων μέσα σε ένα κελί του πλέγματος είναι απαραίτητο. Το υγρό κλάσμα μπορεί να υπολογιστεί ως εξής (Bruse 2004):

$$f_w = \left(\frac{W_{\text{dew}}}{W_{\text{dew, max}}} \right)^{2/3} \quad (4.22)$$

Όπου:

W_{dew} είναι το πραγματικό ποσό της δροσιάς στις επιφάνειες των φύλλων

$W_{\text{dew, max}}$ είναι η μέγιστη δυνατή τιμή δροσιάς στις επιφάνειες των φύλλων ($0,2 \text{ kgm}^{-2}$)

4.2.3.2 Αντίσταση των στομάτων των φύλλων

Η αντίσταση των στομάτων r_s ενός ζωτικής σημασίας φυτού, υπολογίζεται σε σχέση με την πραγματική και μέγιστη είσοδο ακτινοβολίας μικρού κύματος (R_{SW} και $R_{SW,max}$ αντίστοιχα) και τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία μέσα στο ριζικό σύστημα (η), όπως περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση (Bruse 2004):

$$r_s = r_{s,min} \left[\frac{R_{SW,max}}{0.03R_{SW,max} + R_{SW}} + \left(\frac{\eta_{wilt}}{\eta} \right)^2 \right] \quad (4.23)$$

Η ελάχιστη αντίσταση στομάτων αντίσταση $r_{s,min}$ εξαρτάται από το είδος του φυτού και κυμαίνεται από $200 \text{ sec}^{0.5} \text{ m}^{-1}$ όταν πρόκειται για το γκαζόν έως και $400 \text{ sec}^{0.5} \text{ m}^{-1}$ όταν πρόκειται για φυλλοβόλα φύλλα (Bruse 2004).

4.2.3.3 Ενεργειακή ισορροπία των φύλλων

Αν η εσωτερική αποθήκευση ενέργειας στο εσωτερικό του φύλλου παραμεληθεί, τότε η θερμοκρασία T_f του φυλλώματος μπορεί να ληφθεί από το σταθερής κατάστασης ενεργειακό περιεχόμενο των φύλλων (Bruse 2004):

$$0 = R_{SW,net}(z) + R_{TW,net}(z) - c_p \rho J_{f,h} - \rho L (J_{f,evap} + J_{f,trans}) \quad (4.24)$$

Όπου:

c_p είναι η ειδική θερμότητα του αέρα

ρ η πυκνότητα του αέρα

L είναι η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης

Ο όρος $R_{SW,net}$ είναι η καθαρή ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος που απορροφάται από την επιφάνεια του φύλλου και υπολογίζεται ως εξής (Bruse 2004):

$$R_{SW,net}(z) = (F \cdot R_{SW,dir}(z) + R_{SW,dif}(z))(1 - a_f - tr_f) \quad (4.25)$$

Εδώ, το F είναι μια αδιάστατη παράμετρος, που περιγράφει τον προσανατολισμό των φύλλων προς τον ήλιο (ισούται με 0.5 για τυχαία προσανατολισμένα φύλλα), το a_f

είναι η ανακλαστικότητα του φυλλώματος και T_{RF} είναι ένας παράγοντας μετάδοσης (ισούται με 0.3) (Bruse 2004).

Το περιεχόμενο της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος δίνεται από την παρακάτω εξίσωση (Bruse 2004):

$$R_{IW,net}(z, T_f) = \varepsilon_f R_{IW}^\downarrow(z) + R_{IW}^{\leftrightarrow}(z) + \varepsilon_f R_{IW}^\uparrow(z) - 2\varepsilon_f \sigma_B T_f^4 - (1 - \sigma_{svf}(z)) \sigma_B T_f^4 \quad (4.26)$$

Οι όροι πηγής/ καταβόθρας για το ατμοσφαιρικό μοντέλο μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις 4.20 με τον όρο T_f να λαμβάνεται με την επίλυση της (Bruse 2004):

$$\begin{aligned} Q_h(z) &= LAD(z) J_{f,h} \\ Q_q(z) &= LAD(z) (J_{f,evap} + J_{f,trans}) \end{aligned} \quad (4.27)$$

Όπου:

LAD είναι η πυκνότητα φυλλικής επιφάνειας σε ύψος z .

Οι εξισώσεις 4.27 υποθέτουν, ότι μόνο μία πλευρά του φύλλου συμμετέχει στις τυρβώδεις διαδικασίες ανταλλαγής θερμότητας και ατμού και απορροφά ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος, ενώ στα φάσματα ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, και οι δύο πλευρές του φύλλου λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία ανταλλαγής ακτινοβολίας (Bruse 2004).

4.2.3.4 Υδατική ισορροπία μεταξύ του φυτού και του εδάφους

Για να εξασφαλιστεί μια ρεαλιστική προσομοίωση των μηχανισμών ανάδρασης μεταξύ της διαπνοής νερού από το φυτό και την παροχή νερού από το έδαφος, το νερό που διαπνέεται από το φυτό θα πρέπει να ληφθεί από το έδαφος μέσω της ρίζας που προσλαμβάνει το νερό, με αποτέλεσμα την απώλεια της περιεκτικότητας σε νερό του εδάφους. Εάν το έδαφος αδυνατεί να παράσχει αρκετό νερό, η αντίσταση των στομάτων θα αυξηθεί και ο ρυθμός διαπνοής μειώνεται (Bruse 2004).

Η συνολική μάζα του νερού (m_{trans}) που διαπνέεται από το φυτό δίνεται από το κατακόρυφο ολοκλήρωμα για τις ροές διαπνοής στα διάφορα στρώματα των φυτών (Bruse 2004):

$$m_{trans} = \rho \int_0^{z_p} LAD(z) J_{f,trans}(z) dz \quad (4.28)$$

Το νερό λαμβάνεται από διαφορετικά στρώματα του εδάφους μέσα στη ζώνη της ρίζας του φυτού ανάλογα με την ποσότητα των ριζών στο στρώμα ($RAD(z)$) και την υδραυλική διάχυση του στρώματος του εδάφους ($D_\eta(z)$) (Bruse 2004):

$$S_\eta(-z) = \frac{m_{trans}}{\rho_w} (RAS(-z) D_\eta(-z)) \left(\int_{-z_r}^0 RAD(-z) D_\eta(-z) dz \right)^{-1} \quad (4.29)$$

4.2.4 Εξισώσεις και μεταβλητές που διέπουν το μοντέλο επιφάνειας

Η θερμοκρασία T_0 της επιφάνειας του εδάφους σε ισορροπία, μπορεί να υπολογιστεί από το ενεργειακό ισοζύγιο (Bruse 2004):

$$0 = R_{SW,net} + R_{LW,net} - c_p \rho J_h^0 - \rho L J_v^0 - G \quad (4.30)$$

Όπου:

$R_{SW,net}$ και $R_{LW,net}$ είναι οι καθαρές ενεργειακές ροές ακτινοβολίας

J_h και J_v είναι οι τυρβώδεις ροές θερμότητας και ατμού

G είναι η ροή θερμότητας στο έδαφος

Στην περίπτωση οικοδομικών επιφανειών (όπως για παράδειγμα οι τοίχοι ή οι οροφές), η ροή θερμότητας του εδάφους αντικαθίσταται από τη μετάδοση θερμότητας μέσω του τοιχώματος ή της οροφής (Q_w) (Bruse 2004).

4.2.4.1 Ροές ακτινοβολίας

Οι $R_{SW,net}$ και $R_{LW,net}$ είναι οι καθαρές ακτινοβολίες βραχέων και μακρών κυμάτων, που απορροφώνται από την επιφάνεια και υπολογίζονται σε σχέση με τις θερμοκρασίες των επιφανειών και των τοίχων, που είναι ορατοί από το έδαφος (Bruse 2004).

Χρησιμοποιώντας το σύστημα ροών ακτινοβολίας που παρουσιάστηκε στην υποενότητα 4.2.1.4, η καθαρή ροή βραχέων κυμάτων μπορεί να γραφτεί ως εξής (Bruse 2004):

$$R_{SW,net} = (R_{SW,dir}(z=0) \cos \beta + R_{SW,dif}(z=0))(1 - a_s) \quad (4.31)$$

Όπου:

β είναι η γωνία προσπτώσεως της εισερχόμενης ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων σε σχέση με την έκθεση της επιφάνειας

a_s είναι η ανακλαστικότητα της επιφάνειας

Ο υπολογισμός της καθαρής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος πρέπει να λάβει υπόψη την επίδραση των δυνητικών στρωμάτων βλάστησης πάνω από την επιφάνεια, καθώς και τις ροές μεγάλου μήκους κύματος από κτίρια και την αντανάκλαση της ακτινοβολίας μεταξύ των κτιρίων και της επιφάνειας. Για λόγους απλότητας, το περιεχόμενο του μεγάλου μήκους κύματος, χωρίζεται σε ένα κλάσμα, που είναι ανεπηρέαστο από τα κτίρια ($R_{IW,net}^{us}$) και ένα κλάσμα που εμποδίζεται από κτίρια ($R_{IW,net}^s$) (Bruse 2004):

$$R_{IW,net}(T_0) = \sigma_{svf} R_{IW,net}^{us}(T_0) + (1 - \sigma_{svf}) R_{IW,net}^s \quad (4.32)$$

Ο όρος όρασης του ουρανού σ_{svf} χρησιμοποιείται για τη στάθμιση της ενέργειας του περιεχομένου για το ανεπηρέαστο από τα κτίρια κλάσμα και το κλάσμα που εμποδίζεται από τα κτίρια ανάλογα με την κατάσταση (Bruse 2004).

Η ανταλλαγή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας μεταξύ του εδάφους και της βλάστησης (ανεπηρέαστο από τα κτίρια κλάσμα, πρώτος όρος) και μεταξύ του εδάφους και των κτιρίων (κλάσμα που εμποδίζεται από τα κτίρια, δεύτερος όρος) μπορεί να γραφτεί ως (Bruse 2004):

$$R_{IW,net}^{us} = \sigma_{IW}^{\downarrow}(0) (R_{IW}^{\downarrow,0} - \varepsilon_s \sigma_B T_0^4) + (1 - \sigma_{IW}^{\downarrow}(0)) \frac{\varepsilon_f \varepsilon_s}{\varepsilon_f + \varepsilon_s - \varepsilon_f \varepsilon_s} (\sigma_B \overline{T_f}^4 - \sigma_B \overline{T_0}^4) \quad (4.33)$$

$$R_{IW,net}^s = \frac{\varepsilon_w \varepsilon_s}{\varepsilon_w + \varepsilon_s - \varepsilon_w \varepsilon_s} \{ \max(\sigma_B \overline{T_w}^4, \sigma_B \overline{T_0}^4) - \sigma_B \overline{T_0}^4 \}$$

Όπου:

T_w είναι η μέση θερμοκρασία των τοίχων του κτιρίου

ϵ_w ο συντελεστής εκπομπής των τοίχων

Για το ανεπηρέαστο από τα κτίρια κλάσμα του ενεργειακού ισοζυγίου γίνεται η υπόθεση ότι η ροή ενέργειας από τους τοίχους ισχύει μόνο αν οι τοίχοι είναι θερμότεροι από την επιφάνεια του εδάφους. Αν η επιφάνεια του εδάφους είναι θερμότερη, τότε η ανάκλαση της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από την επιφάνεια του εδάφους στους τοίχους είναι η κυρίαρχη άποψη (Bruse 2004).

Στην περίπτωση τοίχων κτιρίου, το σύστημα ακτινοβολίας είναι λιγότερο περίπλοκο. Οι επιδράσεις της βλάστησης παραμελούνται διότι μόνο λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες σχετικά με τις οριζόντιες ροές μεγάλου μήκους κύματος από τα στρώματα της βλάστησης. Για κατακόρυφους τοίχους γίνεται η υπόθεση ότι το ανεπηρέαστο από τα κτίρια κλάσμα θα λάβει το 50 % της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τον ουρανό και το άλλο 50 % από το έδαφος. Για το κλάσμα που εμποδίζεται από τα κτίρια, γίνεται η υπόθεση ότι τα 2/3 της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος προέρχονται από την εκπομπή των άλλων τοίχων και ότι το υπόλοιπο 1/3 της είναι ακτινοβολία από το έδαφος, που αντανακλάται από τους τοίχους (Bruse 2004).

Για τις στέγες οι συνιστώσες της ακτινοβολίας είναι οι ίδιες όπως και για την επιφάνεια του εδάφους, με τις μόνες διαφορές ότι το $z \neq 0$ και ότι δεν λαμβάνονται υπόψη πρόσθετα στρώματα βλάστησης πάνω από την οροφή (Bruse 2004).

4.2.4.2 Τυρβώδεις ροές (ή ροές στροβιλισμού) της θερμότητας και της υγρασίας

Οι τυρβώδεις ροές της θερμότητας J_h^0 και των ατμών J_v^0 στην επιφάνεια του εδάφους, στους τοίχους του κτιρίου και τις στέγες υπολογίζονται ως εξής (Bruse 2004):

$$\begin{aligned} J_h^0 &= -K_h^0 \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=0} = -K_h^0 \left. \frac{\theta(k=1) - T_0}{0.5\Delta z(k=1)} \right| \\ J_v^0 &= -K_v^0 \left. \frac{\partial q}{\partial z} \right|_{z=0} = -K_v^0 \left. \frac{q(k=1) - q_0}{0.5\Delta z(k=1)} \right| \end{aligned} \quad (4.34)$$

Στις παραπάνω σχέσεις το $k = 1$ υποδεικνύει το πρώτο στρώμα υπολογισμού πάνω ή δίπλα στην επιφάνεια, ενώ οι όροι K_h^0 και K_v^0 είναι οι συντελεστές ανταλλαγής θερμότητας και ατμών μεταξύ της επιφάνειας και του αέρα. Και οι δύο υπολογίζονται σε σχέση με τη θερμική διαστρωμάτωση μεταξύ της επιφάνειας και την υπερκείμενη στοιβάδα του αέρα. Στην περίπτωση των τοίχων, οι σχέσεις της 4.34 θα πρέπει να τροποποιηθούν ώστε να συμπεριλάβουν τον προσανατολισμό του εκάστοτε τοίχου. Σε περίπτωση χαμηλών ταχυτήτων ανέμου, που οδηγούν σε ελεύθερες συνθήκες μεταφοράς, ο λεγόμενος νόμος $z^{-1/3}$ ($z^{-1/3}$ law) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κάθετη θερμική μεταφορά (Bruse 2004).

Η επιφανειακή υγρασία q_0 μπορεί να ληφθεί από την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους στο επίπεδο $z=-1$ χρησιμοποιώντας τα παρακάτω (Bruse 2004):

$$q_0 = \beta q^*(T_0) + (1 - \beta)q(z = 1) \quad (4.35)$$

$$\beta = \min(1, \eta(z = -1) / \eta_{fc})$$

Όπου:

η είναι η ογκομετρική περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό στο πρώτο στρώμα του εδάφους
 η_{fc} είναι η ογκομετρική περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό στη χωρητικότητα του πεδίου

Η ροή του νερού είναι συνδεδεμένη με το μοντέλο υδραυλικού εδάφους, χρησιμοποιώντας τον πρόσθετο όρο καταβόθρας $S_{\eta,0}$, που σχετίζεται με την εξάτμιση στην επιφάνεια. Ο όρος $S_{\eta,0}$ υπολογίζεται με βάση την εξίσωση (Bruse 2004):

$$S_{\eta,0}(k = -1) = -\frac{\rho}{\rho_w} J_v^0 \frac{1}{\Delta z(k = -1)} \quad (4.36)$$

Στην παραπάνω σχέση το $k = -1$ είναι το πρώτο στρώμα του μοντέλου εδάφους με πάχος Δz και πυκνότητα του νερού ρ_w . Πρακτικές εφαρμογές έχουν δείξει ότι είναι πιο ρεαλιστικό, η απώλεια του νερού να διανεμηθεί πάνω από τα δύο άνω στρώματα του εδάφους και επίσης να χρησιμοποιηθούν αυτά τα δύο στρώματα για να εκτιμηθεί ο όρος β στην εξίσωση 4.35, αντί να χρησιμοποιηθεί μόνο το ανώτατο στρώμα. Διαφορετικά, λόγω της λεπτότητας των στρωμάτων, θα στεγνώσει πολύ γρήγορα (Bruse 2004).

4.2.4.3 Ροή θερμότητας του εδάφους και ροή θερμότητας μέσω των τοίχων του κτιρίου

Η ροή θερμότητας του εδάφους υπολογίζεται από τη θερμοκρασία της επιφάνειας και τη θερμοκρασία του πρώτου επιπέδου εδάφους κάτω από την επιφάνεια του μοντέλου (Bruse 2004):

$$G = \lambda_s (k = -1) \frac{T_0 - T(k = -1)}{0.5\Delta z(k = -1)} \quad (4.37)$$

Όπου:

λ_s είναι η θερμική αγωγιμότητα του πρώτου στρώματος του εδάφους, η οποία εξαρτάται από το υλικό του εδάφους και την περιεκτικότητα σε νερό

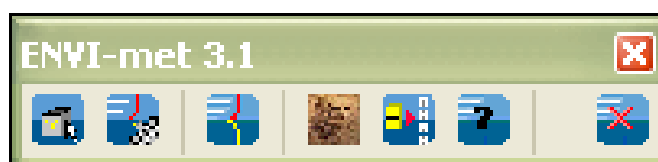
Για τα κτίρια, η ροή θερμότητας του εδάφους G αντικαθίσταται από τη ροή θερμότητας των τοίχων Q_w (Bruse 2004):

$$Q_w = k(T_w - T_{a,i}) \quad (4.38)$$

Στην παραπάνω εξίσωση, το k είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του υλικού του τοιχώματος και $T_{a,i}$ είναι η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτή η προσέγγιση είναι μάλλον απλή, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη την αποθήκευση θερμότητας στο εσωτερικό του υλικού του τοιχώματος (Bruse 2004).

4.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ

Κατόπιν εγκατάστασης του λογισμικού προγράμματος Envi-met, εμφανίζεται το εικονίδιο συντόμευσης του προγράμματος στην επιφάνεια εργασίας. Ανοίγοντας το συγκεκριμένο εικονίδιο, εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου του προγράμματος για την ανάπτυξη του μοντέλου, που θα χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση των αποτελεσμάτων. Στο παράθυρο διαλόγου περιλαμβάνονται επτά διαφορετικά εικονίδια, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Envi-met χ.χ. α):



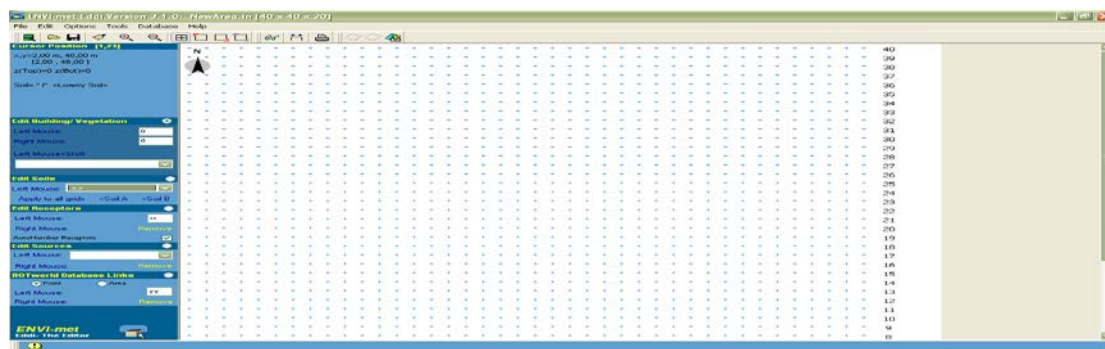
Εικόνα 4.1 Το παράθυρο διαλόγου του λογισμικού προγράμματος Envi-met (Envi-met χ.χ. α)

Το πρώτο εικονίδιο στα αριστερά είναι αυτό με το οποίο θα δημιουργηθεί το αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN, στο οποίο και εισάγονται πληροφορίες και δεδομένα της περιοχής ενδιαφέροντος, όπως για παράδειγμα τα κτίρια, η βλάστηση και ούτω καθεξής. Το επόμενο εικονίδιο αναφέρεται η δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF, στο οποίο ορίζονται οι βασικές και απαραίτητες παράμετροι, ώστε να είναι λειτουργήσιμο το μοντέλο της εκάστοτε προσομοίωσης, όπως για παράδειγμα οι μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής ενδιαφέροντος. Το τρίτο εικονίδιο χρησιμοποιείται για την έναρξη της εκάστοτε προσομοίωσης, ενώ το επόμενο αποτελεί το εικονίδιο του προγράμματος Leonardo, που είναι αυτό που χρησιμεύει για την οπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων (το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι ενσωματωμένο στην εγκατάσταση του ENVI-met). Το πέμπτο εικονίδιο, το λεγόμενο Xtract, είναι ένα ενσωματωμένο στο ENVI-met πρόγραμμα, που χρησιμεύει στην εξαγωγή και την διαχείριση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Το έκτο εικονίδιο αποτελεί το λεγόμενο Help, που περιλαμβάνει οδηγίες για την χρησιμοποίηση του προγράμματος, ενώ τέλος το έβδομο εικονίδιο χρησιμοποιείται για το κλείσιμο του προγράμματος (Envi-met χ.χ. α).

Στις παρακάτω υποενότητες πραγματοποιείται η ανάλυση της εισαγωγής των δεδομένων, που απαιτούνται για την ορθή λειτουργία του προγράμματος.

4.3.1 Δημιουργία αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN για την περιοχή ενδιαφέροντος

Πατώντας το πρώτο εικονίδιο του παράθυρου διαλόγου του προγράμματος, ανοίγει ένα νέο παράθυρο, που αποτελεί τον επεξεργαστή για τη διαμόρφωση της εκάστοτε για προσομοίωση περιοχής ενδιαφέροντος (Envi-met χ.χ. α):



Εικόνα 4.2 Το παράθυρο Area Input File Editor για τη δημιουργία της περιοχής ενδιαφέροντος (Envi-met χ.χ. α)

Στον συγκεκριμένο Editor παρέχεται η δυνατότητα της δημιουργίας ενός νέου ή της επεξεργασίας ενός υπάρχοντος αρχείου. Όπως διαπιστώνεται από την παραπάνω εικόνα διατίθεται ένα τριαξονικό πλέγμα για τη δημιουργία της περιοχής ενδιαφέροντος, ενώ μέσα από τις γραμμές εργαλείων προσφέρονται οι διάφορες δυνατότητες για τη δημιουργία αυτή. Μέσα στον συγκεκριμένο editor πραγματοποιούνται τα εξής (Envi-met χ.χ. α):

- Ορίζεται ο αριθμός, το μέγεθος και το είδος των κελιών του κυρίως μοντέλου σε τρεις διαφορετικές διαστάσεις (x, y, z), ο προσανατολισμός και η γεωγραφική θέση του κυρίως μοντέλου και των ζωνών που το περιβάλλουν και το έδαφος των ζωνών αυτών.
- Εισάγονται τα κτίρια, η βλάστηση και το έδαφος της περιοχής προσομοίωσης.
- Εισάγονται οι υποδοχές, που αποτελούν σημεία στο μοντέλο προσομοίωσης στα οποία παρακολουθείται λεπτομερώς οι διαδικασίες στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος.
- Εισάγονται οι πηγές εκπομπής σωματιδίων και αερίων, όπως για παράδειγμα οι ρύποι που προέρχονται από αυτοκίνητα.

4.3.2 Δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF για την περιοχή ενδιαφέροντος

Πατώντας το δεύτερο εικονίδιο του παράθυρου διαλόγου του προγράμματος, ανοίγει ένα νέο παράθυρο, που αποτελεί το αρχείο διαμόρφωσης .CF(Envi-met χ.χ. α):

```

ENVI-met Configuration Editor
File Edit Add Section Help Window

New Config.cf

! ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 ----
! ---- MAIN-DATA Block ----
Name for Simulation (Text):           = MySim
Input file Model Area                 = [INPUT]\MyArea.in
Filename name for Output (Text):     = MySim
Output Directory:                    = [OUTPUT]
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): = 23.06.2001
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):  = 06:00:00
Total Simulation Time in Hours:       = 24.00
Save Model State each 7 min:         = 60
Wind Speed in 10 m abv. Ground [m/s]: = 2
Wind Direction (0: N, 90: E, 180: S, 270: W...): = 90
Roughness Length at Reference Point  = 0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]:  = 293
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air]: = 7
Relative Humidity in 2m [4]:          = 80
Database Plants                       = [input]\Plants.dat

( -- End of Basic Data -- )
( -- Following: Optional data. The order of sections is free. -- )
( -- Missing Sections will keep default data. -- )
( Use "Add Sections" in Configuration to add more sections )
( Only use "=" in front of the final value, not in the description )
( This file is created for ENVI-met V3.0 or better )

```

Εικόνα 4.3 Το παράθυρο δημιουργίας ενός νέου κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF (Envi-met χ.χ. α)

Το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός νέου αρχείου .CF ή την επεξεργασία ενός υπάρχοντος. Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, πρόκειται για ένα αρχείο κειμένου της μορφής .txt (Envi-met χ.χ. α)).

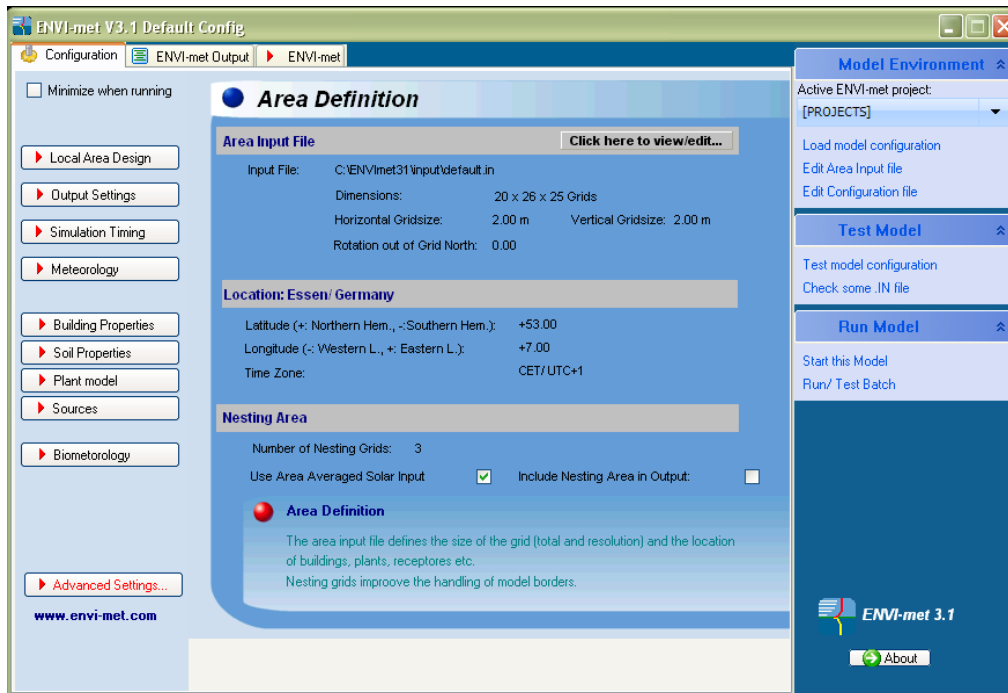
4.3.3 Έναρξη προσομοίωσης

Μετά τη δημιουργία και τη διαμόρφωση των αρχείων .IN και .CF μπορεί να αρχίσει η προσομοίωση με τη βοήθεια του τρίτου εικονιδίου του παράθυρου διαλόγου του προγράμματος. Κατά την έναρξη της προσομοίωσης επιλέγεται το διαθέσιμο μέγεθος του μοντέλου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Envi-met χ.χ. α):



Εικόνα 4.4 Το παράθυρο έναρξης της προσομοίωσης κατά το οποίο επιλέγεται το μέγεθος του μοντέλου με βάση τρεις διαφορετικές version (Envi-met χ.χ. α)

Η version που επιλέγεται έχει τη βάση της στο αρχείο .IN και στον αριθμό των κελιών που έχουν οριστεί σε αυτό. Η επιλεγθείσα version θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το μοντέλο (τόσο σε οριζόντιο όσο και σε κατακόρυφο επίπεδο), ώστε να μπορέσει να συμπεριλάβει τον αριθμό των ζωνών που περιβάλλουν το κύριο μοντέλο του ενδιαφέροντος. Με την επιλογή της version, εμφανίζεται το παρακάτω ξεχωριστό παράθυρο (Envi-met χ.χ. α):



Εικόνα 4.5 Το παράθυρο της διαμόρφωσης (configuration panel) του προγράμματος (Envi-met χ.χ. α))

Με την εμφάνιση του παράθυρου αυτού, το πρόγραμμα υιοθετεί όλες τις πληροφορίες που έχουν εισαχθεί στα αρχεία .IN και .CF. Μάλιστα, στο παράθυρο είναι δυνατή η συνοπτική επισκόπηση όλων των παραμέτρων που έχουν εισαχθεί στο αρχείο .IN (Envi-met χ.χ. α)).

4.3.4 Ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης

Τα δεδομένα που παράγονται από την προσομοίωση, καταλαμβάνουν ένα μεγάλο όγκο δεδομένων, ενώ αποθηκεύονται στη θέση που έχει επιλέξει ο χρήστης κατά τη φάση της επεξεργασίας και διαμόρφωσης του αρχείου .CF. Όλα τα παραγόμενα δεδομένα αποθηκεύονται σε αρχεία της μορφής .edt και .edi, στα οποία παρέχονται όλες οι πληροφορίες, που έχουν προηγουμένως επιλεγεί για την περιοχή, που ενδιαφέρει τον χρήστη (Envi-met χ.χ. α).

Τα δεδομένα, που έχουν εξαχθεί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία εικόνων και διαγραμμάτων ακόμη και για την απομόνωση τιμών ενός συγκεκριμένου μεγέθους, από τις οποίες είναι δυνατή η παραγωγή μέσω όρων και άλλων σημαντικών δεδομένων για την ανάλυση της περιοχής ενδιαφέροντος. Η δημιουργία

των παραπάνω πραγματοποιείται με τη βοήθεια των ενσωματωμένων στο ENVI-met Leonardo και Xtract και τη συνεργασία αυτών με άλλα προγράμματα, όπως για παράδειγμα το Excel.

4.4 ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΠΟ ΕΜΥ (ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΑΝΑΓΡΑΣ)ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENVI-MET.

Σύμφωνα με την ΕΜΥ ο πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός στη περιοχή της Χαλκίδας θεωρείται αυτός της Τανάγρας (πολεμικό αεροδρόμιο) όπου καταγράφονται τα παρακάτω γεωγραφικά και κλιματολογικά στοιχεία για την περιοχή έρευνας:

Γ. Μήκος (Lon) 23 32' 00'' / Γ. Πλάτος (Lat) 38 19'0'' Ύψος 139 μ.

Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία: 46 C / Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία: -16,6 C

Ο Ιούλιος του 2011 ήταν ο πιο θερμός μήνας το διάστημα 2010-2013 σύμφωνα με τη πηγή <http://penteli.meteo.gr/meteosearch/stationInfo.asp> , και θεωρείται ως ο πιο ζεστός μήνας για την περιοχή έρευνας.

Τα παρακάτω κλιματολογικά δεδομένα (πίνακας 2.9) θα ληφθούν υπόψη στο επόμενο κεφάλαιο για τη εφαρμογή του λογισμικού ENVIMET στην περιοχή έρευνας της μεταπτυχιακής διατριβής, για την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης, για το αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN, για το κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF για τη θερμότερη ημέρα, και για το αρχείο .CF για τη τυπική ημέρα. Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής βασίζονται σε αυτά που έχουν παρουσιαστεί παραπάνω και στην τεχνική οδηγία TEE TOTEE 20701-3/2010, στην οποία περιλαμβάνονται μέσες τιμές μετεωρολογικών δεδομένων για την πόλη της Χαλκίδας.

NAME	CHALKIDA	CITY		STATE	LONG	23 39'	00"E				
ELEV	200m	LAT 38 28' 00" N									
				TEMP C	RAIN mm	WIND SPEED km/hr			COOL DEG	AVG WIND	
DAY	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DAYS	DAYS	RAIN	SPEED	HIGH	
TIME		DIR							D	H	
1	26,4	32,3	16.30	22,4	6.20	0.0	8,1	0.0	8,2	38,6	
20.10		E									
2	25,9	31,7	14.20	21,4	6.40	0.0	7,6	0.0	14,3	41,8	
17.00	NNW										
3	26,7	33,3	17.10	21,6	6.20	0.0	8,3	0.0	7,2	32,2	
12.00	SE										
4	25,3	30,2	17.00	21,3	6.30	0.0	6,9	0.0	13	33,8	
0.20	NNW										
5	27,1	34,6	15.30	20,4	6.50	0.0	8,7	0.0	7,1	30,6	
16.30	ENE										
6	27,6	33,2	14.20	23,2	5.50	0.0	9,2	0.0	8,7	32,2	
4.50	W										
7	27,1	32,8	16.10	22,7	6.20	0.0	8,7	0.0	7,4	24,1	
11.00	W										
8	27,1	31,7	13.50	22,2	6.20	0.0	8,7	0.0	13,5	48,3	
15.00	NE										
9	27,5	32,9	12.30	22,9	5.50	0.0	9,2	0.0	13,7	51,5	
13.40	NE										
10	28,6	33,5	16.20	23,7	6.40	0.0	10,3	0.0	13,2	51,5	
15.00	NE										
11	28,6	32,7	13.40	24,3	6.40	0.0	10,2	0.0	12,9	56,3	
16.20	NE										
12	27,7	31,4	12.50	23,6	4.10	0.0	9,4	0.0	12,6	54,7	
16.30	MNW										
13	28,4	32,1	16.20	25,2	5.30	0.0	10,1	0.0	14,2	49,9	
13.20	NE										
14	27,9	31,7	12.40	23,9	5.50	0.0	9,6	0.0	13,2	45,1	
12.50	NE										
15	28,4	32,9	12.50	24,2	6.30	0.0	10,1	0.0	12,7	46,7	
12.10	NE										
16	29,7	36,6	16.40	25,1	7.10	0.0	11,4	0.0	7,6	29	
15.40	WNW										
17	30,9	38,8	16.30	25,9	5.30	0.0	12,6	0.0	6	29	
18.50	NE										
18	29,7	35,3	15.50	25,3	6.30	0.0	11,3	0.0	9,2	27,4	

12.30	W										
19	30,9	38,5	17.10	25,3	7.10	0.0	12,6	0.0	5,6	32,2	
17.50	NE										
20	32,9	40,3	16.30	26,9	7.00	0.0	14,6	0.0	9,2	40,2	
17.00	S										
21	29,1	33,9	16.40	25,6	6.50	0.0	10,8	0.0	12,7	43,5	
5.20	W										
22	28,3	34	16.40	23,9	6.50	0.0	10	0.0	9,3	27,4	
4.40	W										
23	28,5	34,8	17.10	23,9	6.40	0.0	10,2	0.0	10,9	35,4	
18.50	WNW										
24	28,6	33,7	16.50	23,5	6.40	0.0	10,2	0.0	9,3	35,4	
5.50	W										
25	28,9	35,8	16.00	24,3	6.30	0.0	10,6	0.0	8,5	29	
17.20	WNW										
26	28,5	34,9	17.10	23,2	5.40	0.0	10,2	0.0	8,9	35,4	
17.40	SW										
27	27,8	33,8	16.20	23,4	5.50	0.0	9,4	0.0	9,5	27,4	
13.50	WNW										
28	28,3	34,1	16	22,7	7.30	0.0	10	0.0	9	29	
14.50	WNW										
29	29	35,9	16	23,8	6.10	0.0	10,7	0.0	10,3	30,6	
19.30	NW										
30	29,1	35,3	15.30	24,4	6.50	0.0	10,7	0.0	9,2	29	
9.40	W										
31	28,6	35,3	17.20	24,1	6.30	0.0	10,7	0.0	12,1	35,4	
16.40	W										
AV	28,4	40,3	20	20,4	5	0.0	310,7	0.0	10,3	56,3	
11	W										
MAX	>=	32.0: 26									
MAX	<=	0.0:0									
MIN	<=	0.0:0									
MIN	<=	- 18,0:0									
MAX	RAIN:0.00										
DAYS	(>,2mm	0(>2mm									
OF	RAIN:0)	0(>20mm)								
Heat	base:	18,3	cool base:	18,3	method:	integration					

Πίνακας 2.9 Πίνακας κλιματολογικών στοιχείων για τον μήνα Ιούλιο του 2011 στη Χαλκίδα από τον μετεωρολογικό σταθμό του πολεμικού αεροδρομίου της Τανάγρας (EMY)

5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΧΑΛΚΙΔΑΣ (Ο.Τ.98) ΠΡΩΗΝ ΠΑΡΚΙΝΓΚ ΟΔΟΥ ΑΒΑΝΤΩΝ

Η πόλη της Χαλκίδας αποτελεί την πρωτεύουσα του νομού Εύβοιας που ανήκει στην περιφέρεια της Στερεάς Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, βρίσκεται μεταξύ των δύο πλευρών του πορθμού του Ευρίπου, καθώς το ένα τμήμα της είναι κτισμένο στο νησί της Εύβοιας και το άλλο στην Στερεά Ελλάδα (Βοιωτική πλευρά). Ενώνεται με την Στερεά Ελλάδα μέσω μιας σιδερένιας ανοιγόμενης γέφυρας και μιας κρεμαστής γέφυρας συνολικού μήκους 1.000 m. Αποτελεί σημαντικό διοικητικό, εμπορικό, βιομηχανικό και πνευματικό κέντρο για το νησί της Εύβοιας, που καθώς βρίσκεται σε σημαντική γεωγραφική θέση αποτέλεσε ανέκαθεν σταυροδρόμι πολιτισμών και λαών. Σήμερα, η πόλη αποτελείται από περίπου 80.000 κατοίκους με τους 53.594 να είναι δημότες και οι λοιποί ετεροδημότες (δημογραφικά στοιχεία 2001) (ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2014; Evia-Guide 2010).



Εικόνα 5.1 Χάρτης της Χαλκίδας και θέση στο χάρτη της Ελλάδας (Μυλωνάκη, 2013; Ευβοϊκή Γνώμη Online 2011)

5.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ

Το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98, που αποτελεί την περιοχή της πλατείας του δικαστικού μεγάρου της Χαλκίδας, χαρακτηρίζεται ως ένας κεντρικός υπαίθριος δημόσιος χώρος με δυνατότητες ανάπλασης μέσα από την εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πράσινου. Ανήκει στην ευρύτερη περιοχή του παλαιότερου πολεοδομικού κέντρου του δήμου Χαλκίδας, ενώ βρίσκεται σε εγγύτητα με την παλιά γέφυρα της Χαλκίδας. Έτσι ανήκει σε μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από σημαντικά διατηρητέα κτίρια και κτιριακά συγκροτήματα (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).

Μάλιστα, το συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο συνδέεται με τη λεωφόρο Ελευθέριου Βενιζέλου μέσω υπάρχοντος πεζόδρομου. Το δικαστικό μέγαρο, που αποτελεί διατηρητέο κτίριο νεοκλασικής αρχιτεκτονικής, βρίσκεται απέναντι από το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98, το οποίο βρίσκεται ακόμα σε εγγύτητα με το επίσης διατηρητέο δημαρχιακό μέγαρο νεοκλασικής αρχιτεκτονικής (στο παραλιακό μέτωπο της Χαλκίδας). Τέλος, γειτονικά του τετραγώνου βρίσκεται το ιστορικό εμπορικό κέντρο της πόλης, στο οποίο συγκαταλέγονται πολλά διατηρητέα κτίρια (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).



Εικόνα 5.2 Το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98 και τα γειτονικά δικαστικό και δημαρχιακό μέγαρο (Google Maps 2013)

Έτσι λοιπόν, γίνεται εύκολα κατανοητό πως το συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο είναι σημαντικό στοιχείο για τη σύνδεση του ιστορικού εμπορικού κέντρου με τα δημόσια κτίρια της περιοχής και τη παραλία της πόλης, ενώ παράλληλα αποτελεί κρίσιμο κόμβο για την μετακίνηση και τη διόδο μεγάλου αριθμού πολιτών, κατοίκων αλλά και επισκεπτών της πόλης (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).

Στη σημερινή του μορφή το οικοδομικό τετράγωνο είναι ένα παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων), που περικλείεται από έναν πυκνά δομημένο ιστό (φωτογραφίες του οικοδομικού τετραγώνου και χάρτης των οδών γύρω από αυτό παρατίθενται στο τέλος της υποενότητας). Πιο συγκεκριμένα, τα περιβάλλοντα κτίρια είναι τριώροφα με ύψος που αγγίζει τα 9 m, εκτός από το κτίριο στη συμβολή των οδών Αβάντων και Κριεζώτου, που είναι εξαώροφο με ύψος 18 m. Το υψόμετρο του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) είναι στο επίπεδο της θάλασσας, καθώς το οικοδομικό τετράγωνο βρίσκεται κοντά στο βορειοδυτικό θαλάσσιο μέτωπο της πόλης, που χαρακτηρίζεται από μια ιδιαίτερα ήπια κλίση γενικότερα (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).

Το παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) περικλείεται από περιορισμένο αριθμό δέντρων, με κυρίαρχο είδος τις λεύκες, οι οποίες κλαδεύονται ώστε να αποκτούν ένα στενό σχήμα που δε προσφέρει ουσιαστική σκίαση στο χώρο (χάρτης της υπάρχουσας βλάστησης παρατίθεται στο τέλος της υποενότητας). Άλλα δέντρα αποτελούν μια χαρουπιά, μια αγγελική σε μορφή φυτικής μπορντούρας και δύο μικρές μουριές. Το εσωτερικό του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) δε διαθέτει καμία φύτευση πράσινου. Τέλος, στο γειτονικό δικαστικό μέγαρο υπάρχουν νεραντζιές διαμορφωμένες σε σφαιρικό σχήμα, ενώ στα λοιπά πεζοδρόμια γύρω από το τετράγωνο η βλάστηση δεν υφίσταται καθώς κατά το παρελθόν υπήρχε χλοοτάπητας, ο οποίος έχει καταστραφεί (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).

Το έδαφος τόσο του οικοδομικού τετραγώνου όσο και των γειτονικών τετραγώνων είναι καλυμμένο με άσφαλτο, ενώ το χώμα λόγω συμπίεσης από τη καθημερινή στάθμευση των αυτοκινήτων χαρακτηρίζεται ως μειωμένης πορώδους ικανότητας, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η κυκλοφορία του αέρα ανάμεσα στους πόρους του, και

κατά συνέπεια να αυξάνεται η περιεκτικότητα του CO₂ ενώ μειώνεται η αντίστοιχη του O₂, με κίνδυνο οι ρίζες των δέντρων να πάθουν ασφυξία (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).



Εικόνα 5.3 Το παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) με κάποια από τα γειτονικό κτίρια και μέρος της υπάρχουσας βλάστησης



Εικόνα 5.4 Άλλη οπτική γωνία του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) με ορατή την ασφαλτόστρωση



Εικόνα 5.5 Άλλη οπτική γωνία του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) με ορατή το δικαστικό μέγαρο και τη διαθέσιμη σε αυτό δεντροφύτευση



Εικόνα 5.6 Το παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων και η είσοδος σε αυτό



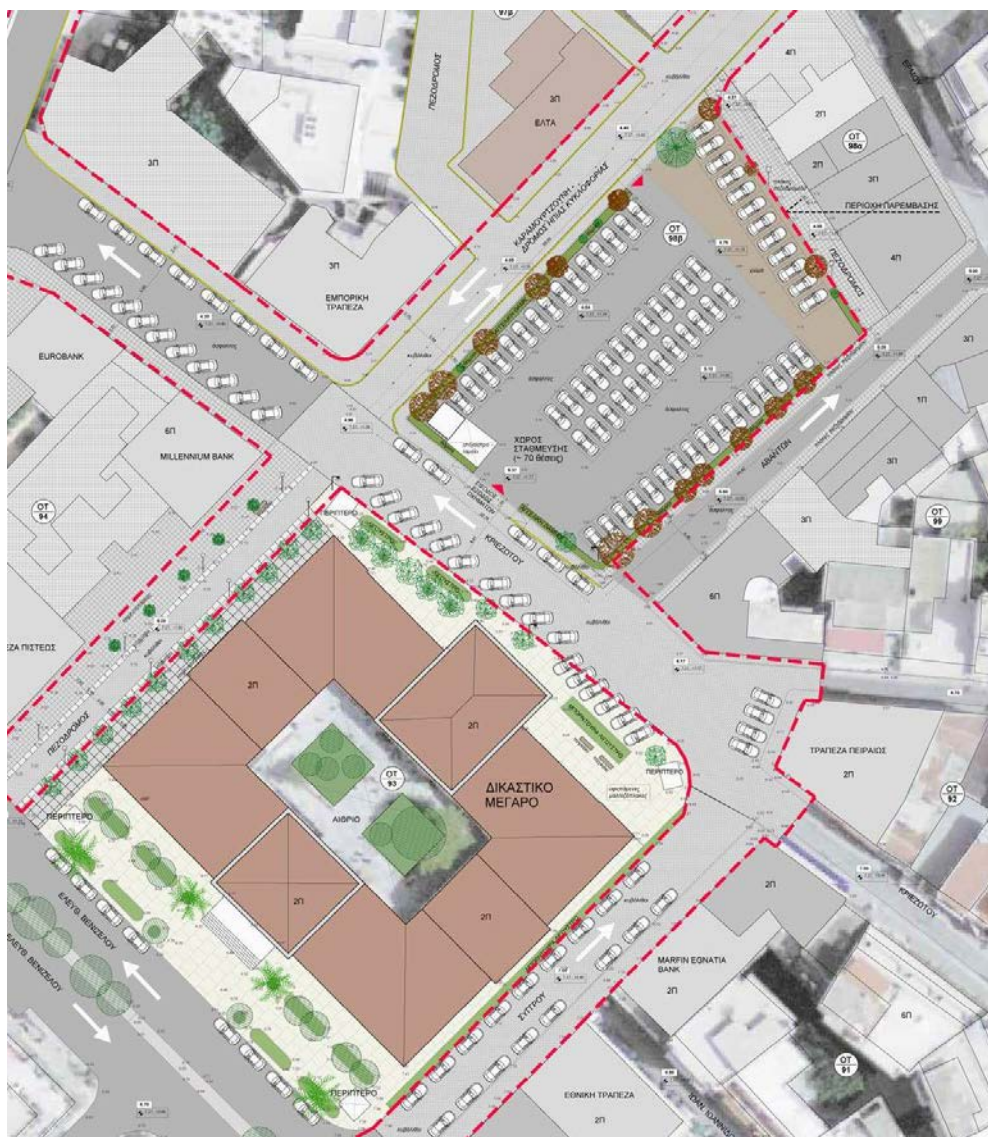
Εικόνα 5.7 Η συμβολή των οδών Καραμουρτζούνη και Κριεζώτου (στα δεξιά είναι ορατό το δικαστικό μέγαρο)



Εικόνα 5.8 Η οδός Αβάντων και στα δεξιά ο υπάρχων πεζόδρομος της οδού Καραμουρτζούνη



Εικόνα 5.9 Η οδοί Αβάντων, Καρμουρτζούνη και Κριεζώτου γύρω από το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ.98 (Google Maps 2013)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ		ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΧΡΗΣΕΩΝ	
● ●	ΚΑΡΤΟΘΗΛΕΦΩΝΟ		ΜΙΚΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΜΠΟΡΙΟ - ΚΑΤΟΙΚΙΑ
• •	ΓΡΑΜΜΑΤΟΚΩΒΩΠΙΟ ΕΛΤΑ		ΑΜΙΓΓΗΣ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΧΡΗΣΗ
	ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΗΣ ΟΤΕ		ΑΜΙΓΓΗΣ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΧΡΗΣΗ
	ΣΤΥΛΟΣ ΔΕΝ		ΔΗΜΟΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑ
	ΣΤΥΛΟΣ ΟΤΕ		ΤΡΑΠΕΖΕΣ
	ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ		ΘΡΗΣΚΕΙΑ
	ΦΡΕΑΤΙΟ		
	ΛΙΘΟΧΤΙΣΤΗ ΜΑΝΤΡΑ		
	ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ		
	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ		
	$1.17.4500 = 1.60$		

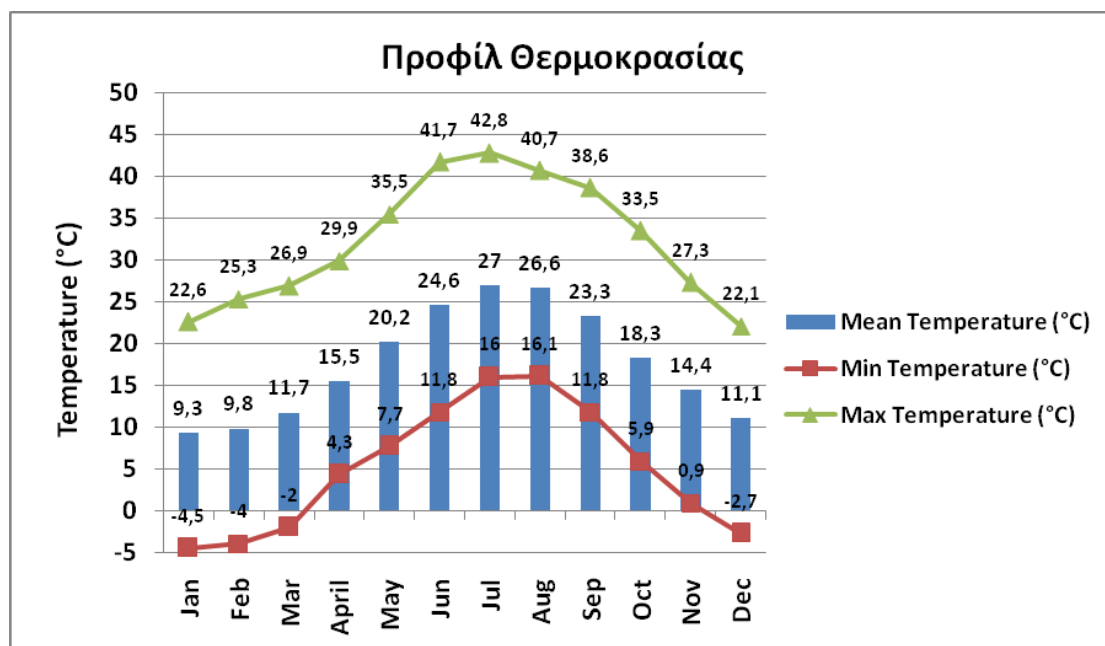
ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΕΤ)	
1	
1	
2	
25	
4	
2	
2	
12	
1	
171	
181	
5	

Εικόνα 5.10 Δεντροφύτευση και χρήσεις των κτιρίων στη περιοχή του οικοδομικού τετραγώνου Ο.Τ.98 (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013)

5.2 ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Για τη μελέτη του κλίματος της Χαλκίδας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Meteonorm Version 5.102, που περιλαμβάνει μέσα κλιματικά δεδομένα για την πόλη με βάση την παρατήρηση του κλίματος της Χαλκίδας για την περίοδο 1990-1997. Με βάση τα δεδομένα αυτά πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα (Meteonorm v.5.102):



Εικόνα 5.11 Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία (Meteonorm v.5.102)

Όπως διαπιστώνεται από την παραπάνω εικόνα, η μέση μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται τον Ιούλιο (27 °C), ενώ η μέση ελάχιστη το Γενάρη (9,3 °C), ενώ η απολύτως μέγιστη και ελαχίστη θερμοκρασία είναι 42,8 °C και -4,5 °C αντίστοιχα.



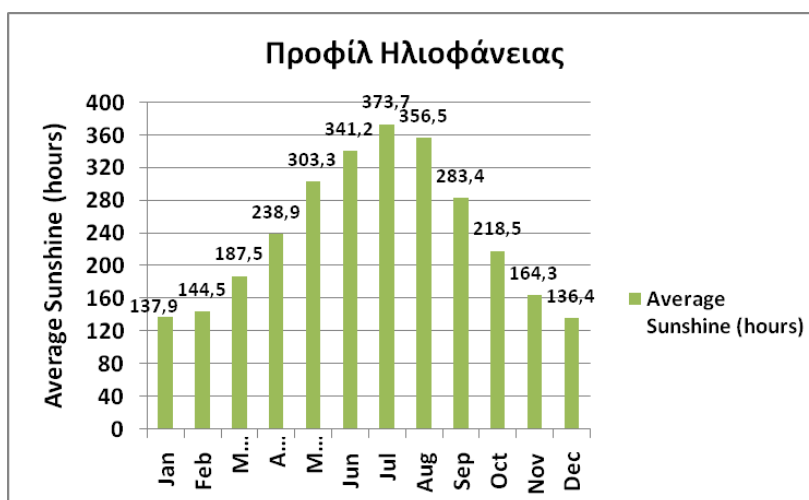
Εικόνα 5.12 Μέση μηνιαία σχετική υγρασία (Meteonorm v.5.102)

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 62,3 %, ενώ οι μέγιστες τιμές της παρατηρούνται κατά τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Γενάρη.

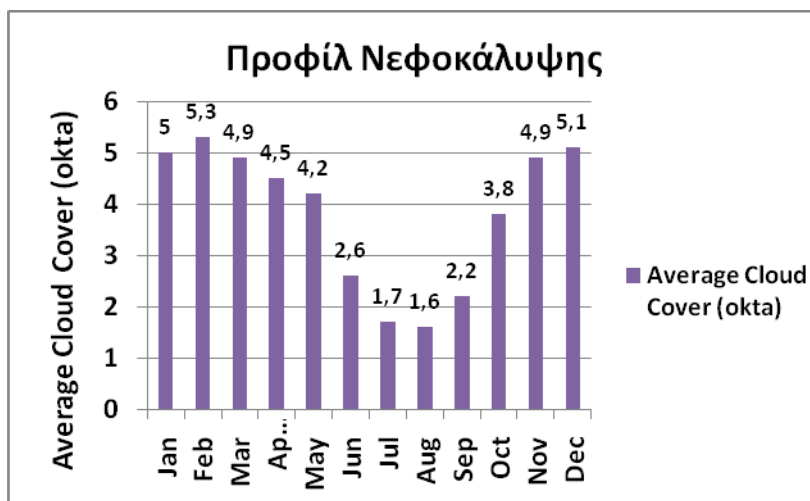


Εικόνα 5.13 Μέση μηνιαία βροχόπτωση και μέσος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ανά μήνα (Meteonorm v.5.102)

Η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι χαμηλή της τάξεως των 376,2 mm με τους καλοκαιρινούς μήνες να χαρακτηρίζονται ουσιαστικά από ανομβρία.

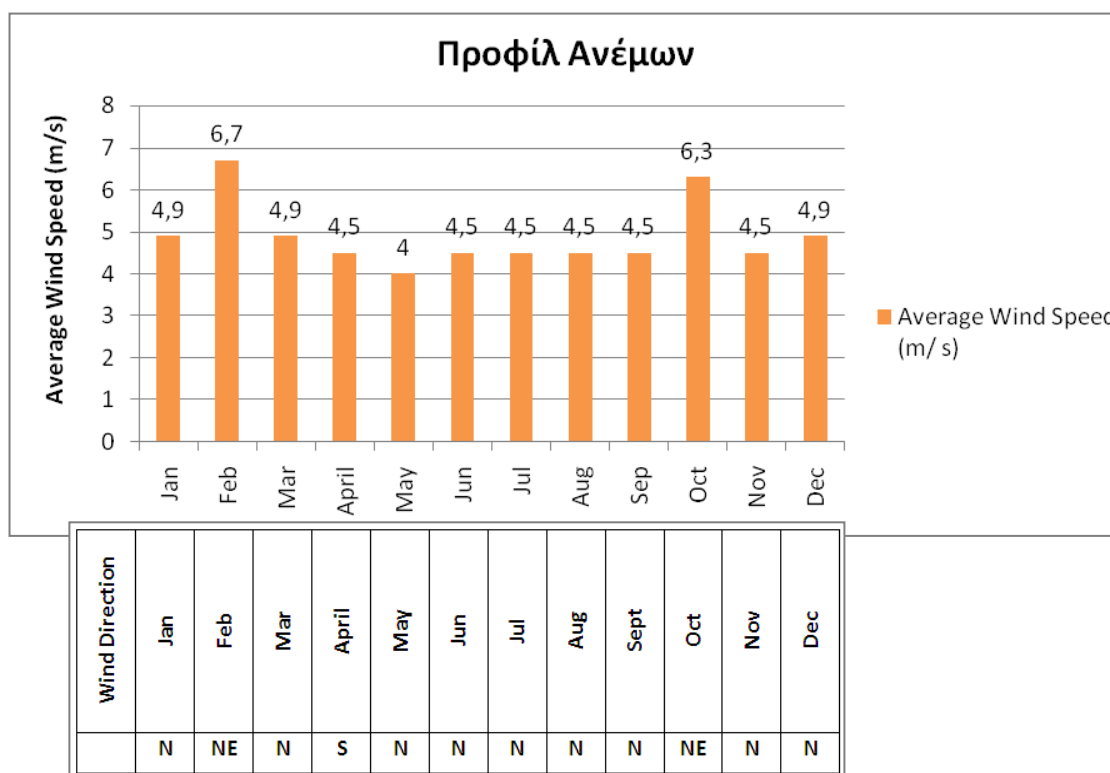


Εικόνα 5.14 Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια (Meteonorm v.5.102)



Εικόνα 5.15 Μέση μηνιαία νεφοκάλυψη (Meteonorm v.5.102)

Η πόλη χαρακτηρίζεται ακόμη από υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας και αντιστοίχως ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα νεφοκάλυψης.



Εικόνα 5.16 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμων και μέση διεύθυνση ανέμου ανά μήνα (Meteonorm v.5.102)

Οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι κατά το πλείστον βόρειοι και δευτερευόντως βορειοανατολικοί με μέση ετήσια ταχύτητα 4,89 m/s.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα το κλίμα χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Επίσης, κύρια χαρακτηριστικά του είναι η πολλή υγρασία, η ηλιοφάνεια και τέλος η ανομβρία το καλοκαίρι.

5.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ

Όπως προαναφέρθηκε, το συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο χαρακτηρίζεται από μια βλάστηση που δεν υπάρχει στο εσωτερικό του, ενώ παράλληλα αποτελείται κατά κόρον από μια ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια. Έτσι η σκίαση του είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη, ενώ λόγω της ασφαλτοστρωμένης επιφάνειας και των γύρω κτιρίων υπάρχει έντονη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Το αποτέλεσμα της έλλειψης σκίασης και της αυξημένης απορρόφησης είναι να αναμένεται στο τετράγωνο αυξημένο θερμοκρασιακό πρόβλημα (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).

Ταυτόχρονα, και καθώς η οδός Αβάντων, που είναι ένα ιδιαίτερα στενό δρομάκι μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου, αποτελεί μια εστία επιβάρυνσης της υπάρχουσας κατάστασης λόγω εκπομπής καυσαερίων από τις εξατμίσεις και τα αυτοκίνητα (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013).

Για την υποστήριξη των παραπάνω συμπερασμάτων και για την απόδειξη της ανάγκης για τη βιοκλιματική αναβάθμιση της περιοχής πραγματοποιήθηκε προσομοίωση της περιοχής στο ENVI-met. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αυτής παρατίθενται στην παρακάτω υποενότητα.

5.3.1 Προσομοίωση υφιστάμενης κατάστασης οικοδομικού τετραγώνου

Τα κριτήρια για την ανάλυση τόσο της υφιστάμενης κατάστασης όσο και της πρότασης είναι η μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία, η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία, η θερμική άνεση και το τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 ° C. Θα πρέπει να τονιστεί ότι για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της μέσης μέγιστης θερινής θερμοκρασίας και της μέγιστης επιφανειακής θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση της θερμότερης μέρας, ενώ για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της θερμικής άνεσης και του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος

βαθμοωρών βάσης 26 ° C η τυπική θερινή μέρα (Παπαματθαίου, Α. Και Συνεργάτες – ΔΗΜΕΚΟ και Χριστόλης et al. 2011).

Για το κριτήριο της θερμικής άνεσης χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Ισχύος Αποψύξεως CP (Cooling Power), καθώς έχει σχεδιαστεί για εφαρμογή σε εξωτερικούς χώρους. Με βάση τον CP, εκφράζεται ο ρυθμός απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος, το οποίο διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία 36,5 ° C όταν αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα. Αποτελεί δηλαδή το μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα (Παπαματθαίου, Α. Και Συνεργάτες – ΔΗΜΕΚΟ και Χριστόλης et al. 2011).

Ο τύπος με βάση τον οποίο υπολογίζεται ο παραπάνω δείκτης ορίζεται παρακάτω (Παπαματθαίου, Α. Και Συνεργάτες – ΔΗΜΕΚΟ και Χριστόλης et al. 2011):

$$CP = (0,412+0.087*v)*(36.5-t),$$

Όπου: CP σε mcal/ (cm²*s)

t: η μέση θερμοκρασία του αέρα σε ° C

v: η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/ s

Τέλος, η παρακάτω γενικευμένη κλίμακα του δείκτη CP εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό των βιοκλιματικών συνθηκών του περιβάλλοντος Παπαματθαίου, Α. Και Συνεργάτες – ΔΗΜΕΚΟ και Χριστόλης et al. 2011):

- <0,6: εξαιρετικά θερμό
- 0,6-2,6: πολύ θερμό
- 2,7-5,1: ενοχλητικά θερμό
- 5,2-6,4: ανεκτά θερμό
- 6,5-8,0: άνετο, ευχάριστο
- 8,1-10,4: ανεκτά ψυχρό

- 10,5-15,5: ψυχρό
- 15,6-22,4: πολύ ψυχρό
- 22,5-30,0: εξαιρετικά ψυχρό
- >30,0: παγετώδες

5.3.1.1 Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN

Για τη δημιουργία της περιοχής που θα χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση τόσο της υφιστάμενης κατάστασης όσο και της προτεινόμενης αναβάθμισης του οικοδομικού τετραγώνου και με βάση το γεγονός ότι η υπό μελέτη περιοχή είναι 6.332, 20 m², ορίστηκαν τα παρακάτω για το τελικό πλέγμα:

- 85 κελιά στον άξονα x, με την αντίστοιχη διάσταση $dx = 2 \text{ m}$
- 95 κελιά στον άξονα y, με την αντίστοιχη διάσταση $dy = 2 \text{ m}$
- 25 κελιά στον άξονα z, με την αντίστοιχη διάσταση $dz = 2 \text{ m}$

Σε αυτό το πλήθος κελιών, κατά τις διευθύνσεις x και y, περιλαμβάνονται 8 κελιά με τη μορφή επάλληλων πλεγμάτων με στόχο τη βελτιστοποίηση των ορίων του υπολογιστικού πεδίου και την αποφυγή της επίδρασης της ροής του αέρα λόγω των διαφορετικών στοιχείων, που διαμορφώνουν την περιοχή. Παράλληλα κατά τη διεύθυνση z χρησιμοποιήθηκε η επιλογή equidistant, που οδηγεί σε σταθερό ύψος κελιών. Ως έδαφος τύπου A και B επιλέχτηκε το ασφαλτώδες έδαφος (αυτή η παράμετρος είναι και η μόνη που θα αλλάξει κατά την προσομοίωση της πρότασης). Τα λοιπά δεδομένα για την περιοχή ενδιαφέροντος συνοψίζονται στην παρακάτω εικόνα:

Change or create model Domain

Number of grids and nesting properties

Main model area:
 x-Grids: 85 y-Grids: 95 z-Grids: 25

Nesting grids around main area:
 Nr of nesting grids: 4
 Soil profile ID for nesting grids
 Soil A: § <Asphalt Road>
 Soil B: § <Asphalt Road>

Grid size and structure in main area

Size of grid cell in meter:
 dx= 2.00 dy= 2.00 dz= 2.00 (base height)

Method of vertical grid generation:
 equidistant (all dz are equal except lowest grid box)
 telescoping (dz increases with height)
 Telescoping factor (%): 0
 Start telescoping after height (m): 0.00

Geographic Properties

Model rotation out of grid north: 0.00

Location on earth

Name of location: Chalkida, Greece +
 Position on earth: Latitude (deg, +N, -S): 38.47
 Longitude (deg, -W, +E): 23.60
 Reference time zone: Name: GMT+2
 Reference longitude: 30.00

Georeference

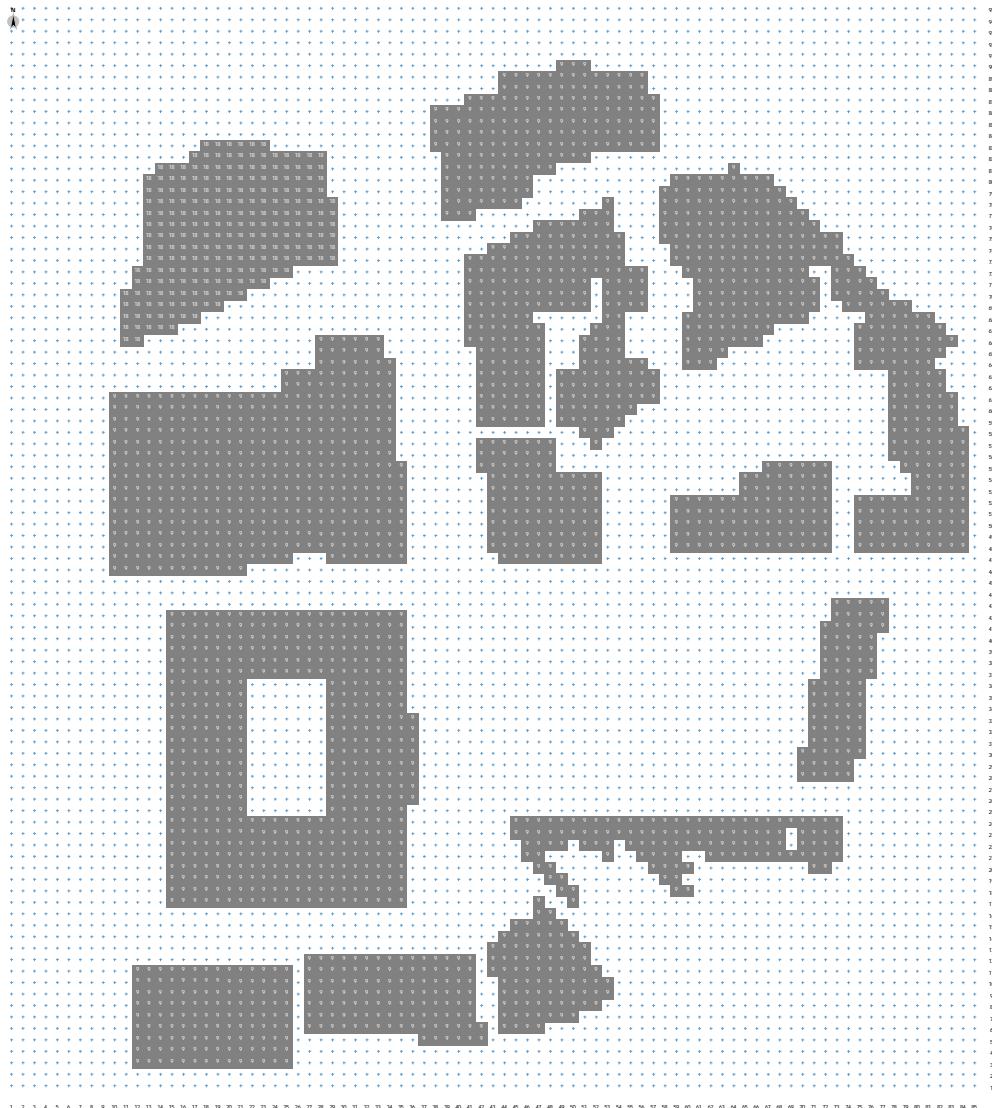
Co-ordiante of lower right grid x-value: 0.00
 y-value: 0.00
 Reference system: <plane>

Model area description: Οikodomiko tetragwno O.T.98

Buttons: Create new area, Apply changes, Cancel

Εικόνα 5.17 Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN

Το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης παρατίθεται παρακάτω:



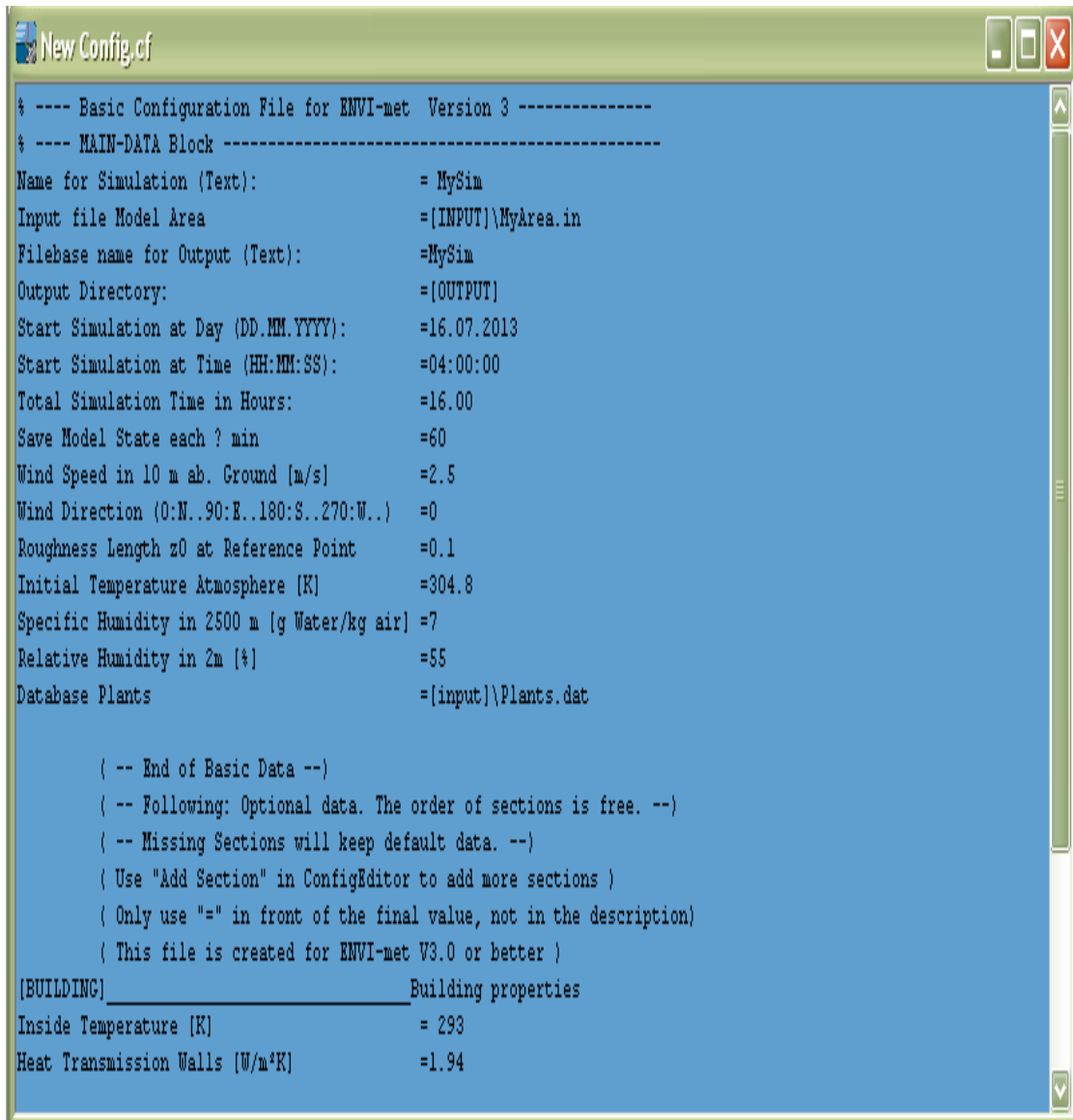
Εικόνα 5.18 Μοντέλο για την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης

5.3.1.2 Μετεωρολογικά δεδομένα προσομοίωσης – Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF

Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής βασίζονται σε αυτά που έχουν παρουσιαστεί παραπάνω και στην τεχνική οδηγία ΤΕΕ ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010, στην οποία περιλαμβάνονται μέσες τιμές μετεωρολογικών δεδομένων για την πόλη της Χαλκίδας.

Η μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία και η μέση θερινή θερμοκρασία, που θα χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση της θερμότερης μέρας και της τυπικής θερινής μέρας τόσο για την υφιστάμενη όσο και την προτεινόμενη περίπτωση του οικοδομικού τετραγώνου προκύπτει με βάση το μέσο όρο των θερμότερων ημερών κατά τους 3 καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι για τη θερμότερη μέρα προέκυψε θερμοκρασία 31,8 ° C, σχετική υγρασία 55 %, ταχύτητα ανέμου 2.5 m/ s και βόρειος προσανατολισμός ανέμου, ενώ για την τυπική θερινή μέρα θερμοκρασία 27,9 ° C, σχετική υγρασία 54 %, ταχύτητα ανέμου 2.4 m/ s και βόρειος προσανατολισμός ανέμου. Αυτά είναι τα αρχικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση των δύο παραπάνω ημερών (θερμότερη μέρα και τυπική θερινή μέρα).

Από τα μετεωρολογικά αυτά δεδομένα προκύπτουν και τα κύρια αρχεία διαμόρφωσης για την θερμότερη και την τυπική θερινή μέρα, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες:



```

% ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 -----
% ---- MAIN-DATA Block -----
Name for Simulation (Text):           = MySim
Input file Model Area                 = [INPUT]\MyArea.in
Filebase name for Output (Text):      = MySim
Output Directory:                     = [OUTPUT]
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): = 16.07.2013
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):  = 04:00:00
Total Simulation Time in Hours:       = 16.00
Save Model State each ? min          = 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  = 2.5
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) = 0
Roughness Length z0 at Reference Point = 0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]    = 304.8
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] = 7
Relative Humidity in 2m [%]           = 55
Database Plants                       = [input]\Plants.dat

( -- End of Basic Data --)
( -- Following: Optional data. The order of sections is free. --)
( -- Missing Sections will keep default data. --)
( Use "Add Section" in ConfigEditor to add more sections )
( Only use "=" in front of the final value, not in the description)
( This file is created for ENVI-met V3.0 or better )

[BUILDING] _____ Building properties
Inside Temperature [K]           = 293
Heat Transmission Walls [W/m²K]  = 1.94

```

Εικόνα 5.19 Κόριο αρχείο διαμόρφωσης .CF για τη θερμότερη μέρα

```

% ---- Basic Configuration File for ENVI-met  Version 3  -----
% ---- MAIN-DATA Block -----
Name for Simulation (Text):           = MySim
Input file Model Area                 = [INPUT]\MyArea.in
Filebase name for Output (Text):     = MySim
Output Directory:                    = [OUTPUT]
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): = 16.07.2013
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):  = 04:00:00
Total Simulation Time in Hours:       = 16.00
Save Model State each ? min          = 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  = 2.4
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) = 0
Roughness Length z0 at Reference Point = 0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]    = 300.9
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] = 7
Relative Humidity in 2m [%]           = 54
Database Plants                       = [input]\Plants.dat

( -- End of Basic Data --)
( -- Following: Optional data. The order of sections is free. --)
( -- Missing Sections will keep default data. --)
( Use "Add Section" in ConfigEditor to add more sections )
( Only use "=" in front of the final value, not in the description)
( This file is created for ENVI-met V3.0 or better )

[BUILDING]_____ Building properties
Inside Temperature [K]                 = 293
Heat Transmission Walls [W/m^2K]       = 1.94
Heat Transmission Roofs [W/m^2K]      = 6
Albedo Walls                           = 0.2
Albedo Roofs                           = 0.3

[NESTINGAREA]_____ Settings for nesting
Use aver. solar input in nesting area (0:n,l:y) = 1
Include Nesting Grids in Output (0:n,l:y)     = 0

```

Εικόνα 5.20 Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF για τη τυπική θερινή μέρα

Πέραν των μετεωρολογικών δεδομένων που προστέθηκαν χρησιμοποιήθηκαν και τα εξής δεδομένα:

- Η τραχύτητα του εδάφους ορίστηκε με τιμή 0,1 m που αντιστοιχεί με βάση το πρόγραμμα σε συνθήκες εδάφους με μικρές ανωμαλίες.
- Ο χρόνος προσομοίωσης ορίστηκε στις 16 ώρες (6 ώρες είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος με βάση το λογισμικό), ώστε να επαρκεί για την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων κατά τις μεσημεριανές ώρες.
- Ως ώρα έναρξης της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε η πρωινή ώρα 4:00 π.μ. με στόχο να δοθεί στην προσομοίωση ο απαιτούμενος χρόνος για την ακολουθία των ατμοσφαιρικών διεργασιών.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

5.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Τα κριτήρια για την πρόταση αναβάθμισης του οικοδομικού τετραγώνου είναι τα εξής:

- Η βελτίωση του μικροκλίματος, ώστε να αποτελέσει ένα χώρο που θα συμβάλει στη βελτίωση του μικροκλίματος της γύρω περιοχής στην πόλη
- Η αναβάθμιση της υπάρχουσας υποβαθμισμένης αισθητικά περιοχής
- Η δημιουργία ενός χώρου, που με τη μορφή πάρκου, θα αποτελέσει πόλο έλξης για την αναψυχή των πολιτών της Χαλκίδας.

Οι προτάσεις γίνονται με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και τις προσεγγίσεις βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πράσινου που έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Έτσι, προτείνονται τα εξής:

- Μετατροπή του οικοδομικού τετραγώνου σε πάρκο μέσα από τις εξής παρεμβάσεις:

- ✓ Εισαγωγή δεντροφύτευσης με σωστή αναλογία φυλλοβόλων και αειθαλών δένδρων και θάμνων και κατά πλειονότητα φυλλοβόλα.
- ✓ Χρήση ειδών της τοπικής χλωρίδας και πανίδας . Προσαρμογή στο μικροκλίμα της περιοχής με επιλογή ενδημικών ειδών ή ειδών προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες.
- ✓ Η επιλογή και τοποθέτηση των φυτικών ειδών θα γίνει με βάση το λειτουργικό σκοπό που πρόκειται να ικανοποιήσουν (σκίαση, στοιχειά θέας, οριοθέτηση, απόκρυψη, διακοσμητική φύτευση κ.τ.λ.)
- ✓ Κάλυψη των ασφαλτοστρωμένων επιφανειών με χλοοτάπητα για την αλλαγή του προφίλ απορρόφησης της ακτινοβολίας και την ορθότερη διαχείριση και εκμετάλλευση των όμβριων υδάτων
- ✓ Δεντροφύτευση με στόχο τη διοχέτευση - εισροή των βόρειων ανέμων στο οικοδομικό τετράγωνο, που θα έχει ως αποτέλεσμα την επιπλέον θερμοκρασιακή ανακούφισή του κατά τους θερινούς μήνες.
- ✓ Τονίζεται πως αποφεύγεται η άσκοπη κοπή των υπαρχόντων δένδρων . Τα υφιστάμενα δένδρα, ως επί το πλείστον διατηρούνται, φροντίζονται, διαμορφώνονται και εφαρμόζεται η απαραίτητη φυτοπροστασία.

Οι προτάσεις αυτές αναλύονται διεξοδικότερα στις επόμενες υποενότητες. Τα εξειδικευμένα χαρακτηριστικά των προτάσεων βασίστηκαν στο συγκερασμό δύο διαφορετικών μελετών, που έχουν πραγματοποιηθεί για το συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο. Πιο συγκεκριμένα, οι δύο μελέτες πραγματοποιήθηκαν το 2011 και 2013 από τις εξής ομάδες μελέτης:

- 2011: Α. Παπαμαθαίου και Συνεργάτες – ΔΗΜΕΚΟ (αρχιτεκτονική μελέτη), Μιχάλης Χριστόλης – Ελένη Κατσακλή – Δημήτριος Παπουτσή (βιοκλιματική μελέτη), Μαρία Βορρεάκου – Σταυρούλα Κατσογιάννη (φυτοτεχνική μελέτη), Ματθαίος Παπαμαθαίου – Χαράλαμπος Γεωρτισογιαννάκος (μελέτη η/μ εγκαταστάσεων), Diathlasis Architectural Lighting – Βίκυ Δημάκη, Γιάννα Μακριδάκη (φωτοτεχνική μελέτη)
- 2013: Τριανταφύλλου Κων/νος (Πολιτικός μηχανικός), Παπαδόπουλος Χρήστος (Μηχανολόγος Μηχανικός ΤΕ), Κρινής Γεώργιος (Γεωπόνος)

Ο λόγος, που επιλέγεται ο συγκεκρισμός αυτός, είναι το γεγονός πως οι μελέτες πραγματοποιήθηκαν από εξειδικευμένους επιστήμονες στη χρήση και εφαρμογή δεντροφύτευσης για τη βιοκλιματική αναβάθμιση μέσω υιοθέτησης αστικού πρασίνου. Έτσι, ενώ οι γενικές παρεμβάσεις αποτελούν προϊόν που απορρέει τόσο από την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης όσο και από τα προβλήματα που έχουν προσδιοριστεί για το οικοδομικό τετράγωνο από τον ίδιο τον μελετητή της παρούσας πτυχιακής, η υιοθέτηση - επιλογή συγκεκριμένου είδους φύτευσης βασίζεται στις δύο προαναφερθείσες μελέτες. Οι προτάσεις αυτές συγκεράζονται, ώστε να προκύψει η τελική βέλτιστη λύση, η οποία κατόπιν θα αξιολογηθεί μέσω προσομοίωσης, που θα επιτρέψει τη σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση.

5.4.1 Αναλυτική παρουσίαση προτάσεων αναβάθμισης του οικοδομικού τετραγώνου

Οι εργασίες που προτείνονται περιγράφονται παρακάτω:

- **Για τις φυτεύσεις στους χώρους πρασίνου:**
 - ✓ Τα δένδρα που θα χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της υπάρχουσας βλάστησης είναι κατά κύριο λόγο πλατύφυλλα φυλλοβόλα, όπως για παράδειγμα το σφενδάμι -ψευδοπλάτανος (*acer platanoides*), το σφενδάμι σφαιρικό (*acer platanoides globosum*), ο λικιδάμβαρς (*liquidambar styrasiflua*), και ο προύνος (*prunus sp*) . Ο λόγος επιλογής τους βασίζεται στην αυξημένη εξατμισοδιαπνοή τους και στην άριστη αίσθηση δροσισμού, που αυτά παρέχουν το καλοκαίρι.
 - ✓ Προτείνεται η εισαγωγή εκτεταμένων επιφανειών χλοοτάπητα με επιλογή μίγματος αποτελούμενο από σπόρους που διατηρούν το πράσινο χρώμα όλη τη διάρκεια του έτους, για τη μείωση απορρόφησης ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες και την αποφυγή αυξημένων θερμοκρασιών. Ο χλοοτάπητας βελτιώνει τη δομή του εδάφους με το ριζικό του σύστημα αλλά και τους μικροοργανισμούς, προφυλάσσει το έδαφος από διαβρώσεις, συγκρατεί το διοξείδιο του άνθρακα και απελευθερώνει οξυγόνο, μειώνει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος από 4 έως 8

βαθμούς C., αυξάνει την υγρασία του περιβάλλοντος, μειώνει τα αιωρούμενα σωματίδια στον αέρα, τη σκόνη και τα αλλεργιογόνα όπως η γύρη, λειτουργεί σαν φίλτρο καθαρίζοντας το νερό που εμπλουτίζει τα υπόγεια αποθέματα. Τέλος συμβάλει στη μείωση της θερμοκρασίας του υπαίθριου χώρου το καλοκαίρι.

- ✓ Παράλληλα με την πεζοδρόμηση της οδού Αβάντων, προτείνεται η τοποθέτηση δένδρων (π.χ. προύνοι) ανά 6 μέτρα επί της οδού και εισαγωγή ψυχρής ασφάλτου στο εσωτερικό του διαμορφωμένου πάρκου
- ✓ Εισάγονται στον χλοοτάπητα ελληνικά ποώδη αρωματικά φυτά, σε κυματοειδή φύτευση, όπως για παράδειγμα η αρτεμισία (*artemisia absinthium*), η λεβαντίνη (*santafolina chamaecyparissus*), ο στάχυς (*stachys byzantine*) και ούτω καθεξής.
- ✓ Κάτω από τα δέντρα φυτεύονται χαμηλοί θάμνοι όπως για παράδειγμα η βερβερίδα νάνα (*berberis thubergii nana*), η αγελική νάνα (*pittosporum tobira nanum*), το πυξάρι (*buxus sempervirens*) και η μυρτιά (*myrtus communis*) με στόχο να αυξηθεί περαιτέρω η εξατμισοδιαπνοή και ο δροσισμός το καλοκαίρι.
- ✓ Εδαφοκάλυψη με χλοοτάπητα, ποώδη φυτά και θάμνους, ώστε να βελτιωθεί η εδαφική δομή, να προστατευτεί ο χώρος από ενδεχόμενη διάβρωση και να φιλτράρεται το βρόχινο νερό, ενισχύοντας έτσι το υπόγειο υδατικό απόθεμα της πόλης.
- **Εκμετάλλευση των ανέμων:** Προτείνεται η Δεντροφύτευση της οδού Κριεζώτου με πλατύφυλλα φυλλοβόλα που επιτύχουν τη διοχέτευση - εισροή των βόρειων ανέμων στο οικοδομικό τετράγωνο.
- **Σκίαση:** η σκίαση επιτυγχάνεται μέσω των παραπάνω δεντροφυτεύσεων.

Η τελική πρόταση απεικονίζεται παρακάτω:



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

--- ΟΡΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ
ΔΕ ΔΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΣ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ
ΔΕ ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ
ΔΕ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ

ΔΑΠΕΔΑ

- Δ1 ΨΥΧΡΟΙ ΚΥΒΟΛΙΘΟΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
- Δ2 ΓΡΑΝΙΤΟΛΩΦΟΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΓΚΡΙ ΑΝΟΙΚΤΟ
- Δ20 ΓΡΑΝΙΤΟΠΛΑΚΕΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΓΚΡΙ ΑΝΟΙΚΤΟ
- Δ3 ΧΩΜΑΤΙΝΟ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΑΠΕΔΟ
- Δ4 ΨΥΧΡΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣ
- Δ5 ΓΡΑΝΙΤΟΠΛΑΚΕΣ ΟΡΘΟΓΩΝΙΣΜΕΝΕΣ ΣΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ
- Δ6 ΣΥΝΑΙΟ ΔΑΠΕΔΟ - DECK
- Δ7 ΦΥΤΕΥΣΗ (ΠΡΑΣΙΝΟ)
- Δ8 ΧΩΜΑ
- Δ9 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΝΕΡΟΥ
- Δ10 ΓΡΑΝΙΤΟΠΛΑΚΕΣ ΜΕ ΣΚΟΤΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ - ΟΔΗΓΟΣ ΟΔΕΥΣΗΣ ΤΥΦΛΩΝ

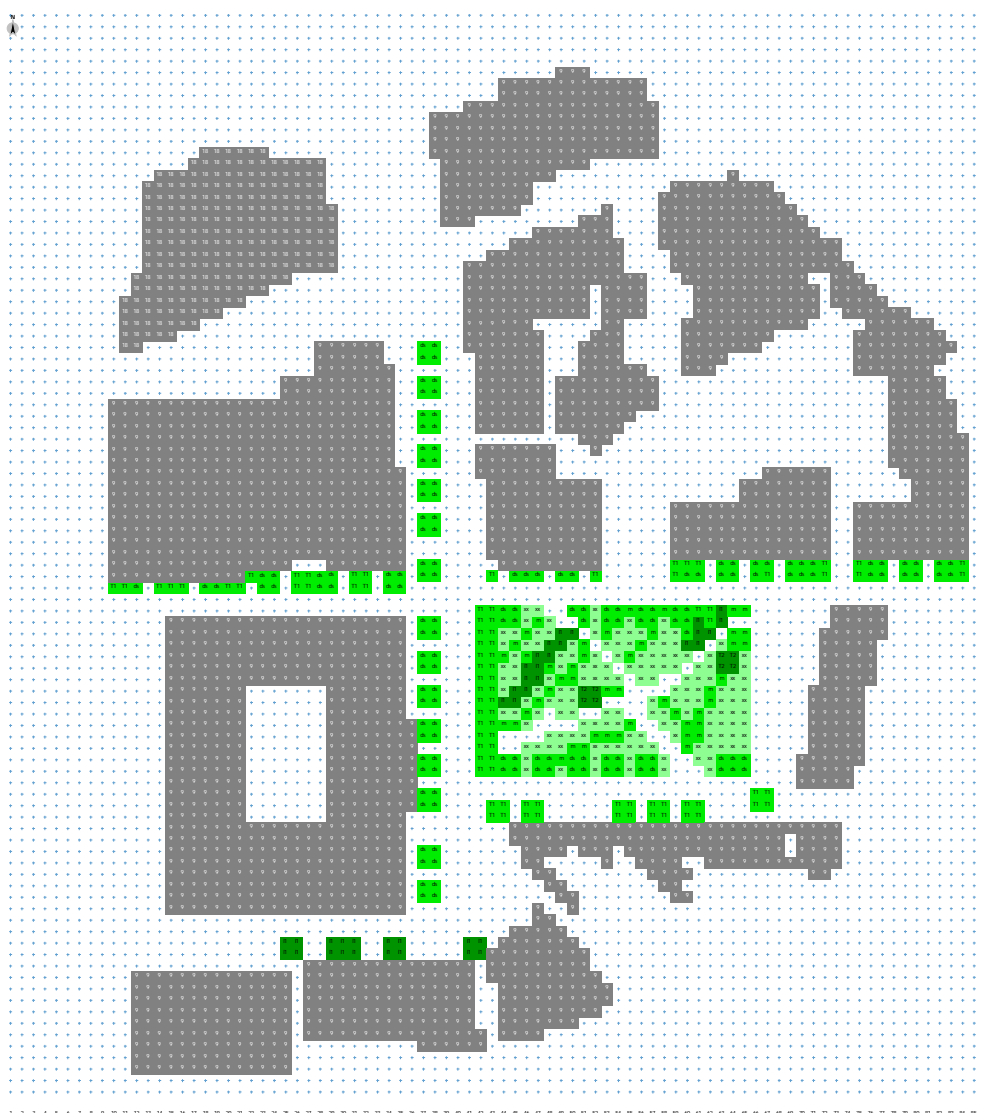
ΣΤΙΣ ΡΑΜΠΕΣ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΓΡΑΝΙΤΟΠΛΑΚΕΣ ΦΟΛΙΩΤΕΣ

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ				
ΣΥΜΒΟΛΟ	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΥΝ/ΣΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΤΕΜ.)
A. ΔΕΝΔΡΑ				
ΑΕΙΘΑΛΗ				
	ΦΙΚΟΣ ΜΙΚΡΟΦΥΛΛΟΣ	FICUS NITIDA	fi.ni	1
	ΧΑΡΟΥΠΙΑ	CERATONIA SILIQUA	ce.si.	1
ΦΥΛΛΟΒΟΛΑ				
	ΚΑΛΩΔΠ ΔΑΜΑΣΚΗΘΕΑ	PRUNUS PISSARDI	pr.pi	18
	ΚΡΑΝΑ	CORNUS CONTROVERSA "VARIEGATA"	co.co.va	11
	ΛΙΚΙΔΑΜΒΑΡΣ	LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA	li.st.	21
	ΣΦΕΝΔΑΜΙ ΚΟΚΚΙΝΟ	ACER PALMATUM "ATROPURPUREUM"	ac.pa.at.	5
	ΣΦΕΝΔΑΜΙ ΣΦΑΡΚΙΚΟ	ACER PLATANOIDES "GLOBOSUM"	ac.pl.gl.	22
	ΨΕΥΔΟΠΛΑΤΑΝΟΣ	ACER PLATANOIDES	ac.pl.	16
B. ΘΑΜΝΟΙ				
ΑΕΙΘΑΛΕΙΣ				
	ΑΡΤΕΜΙΣΙΑ	ARTEMISIA ABSINTHIUM	ar.ab.	360
	ΓΚΑΟΥΡΑ	GAURA LINDHEIMERI	ga.li.	240
	ΛΕΒΑΝΤΙΝΗ	SANTOLINA CHAMAECYPARISSUS	sa.ch.	320
	ΜΥΡΤΙΑ	MYRTUS COMMUNIS	my.co.	600
	ΠΥΞΑΡΙ	BUXUS SEMPERVIRENS	bux.se.	640
	ΣΤΑΧΥΣ	STACHYS BYZANTINA	st.by.	560
ΦΥΛΛΟΒΟΛΟΙ				
	ΒΕΡΒΕΡΙΔΑ	Berberis thunbergii	be.th.	200
Γ. ΦΟΙΝΙΚΟΕΙΔΗ				
	ΦΟΡΜΙΟ	PHORMIUM TENAX	fo.te.	30
Δ. ΧΑΛΟΟΤΑΠΗΤΑΣ				
				700m ²

Εικόνα 5.21 Πρόταση οικοδομικού τετραγώνου Ο.Τ.98 (Τριανταφύλλου και Παπαδόπουλος et al. 2013)

5.4.2 Προσομοίωση πρότασης οικοδομικού τετραγώνου

Η προτεινόμενη παρέμβαση αποδίδεται με το παρακάτω μοντέλο (οι διαφορετικές αποχρώσεις πράσινου αντιστοιχούν σε διαφορετικά είδη δέντρων, θάμνων, καθώς και το είδος χλοοτάπητα). Παράλληλα, τονίζεται πως έχει αλλάξει η οδός Αβάντων, που πλέον έχει πεζοδρομηθεί, ενώ το έδαφος του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινητων) έχει καλυφθεί από χλοοτάπητα και ψυχρή άσφαλτο, για την οποία χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτης ανακλαστικότητας η τιμή $a = 0,65$ και ως συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας $e = 0,90$. Τα δεδομένα των αρχείων .CF παρέμειναν ως έχουν,



ώστε να καταστεί δυνατή η σύγκριση.

Εικόνα 5.22 Μοντέλο για την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ENVI-MET

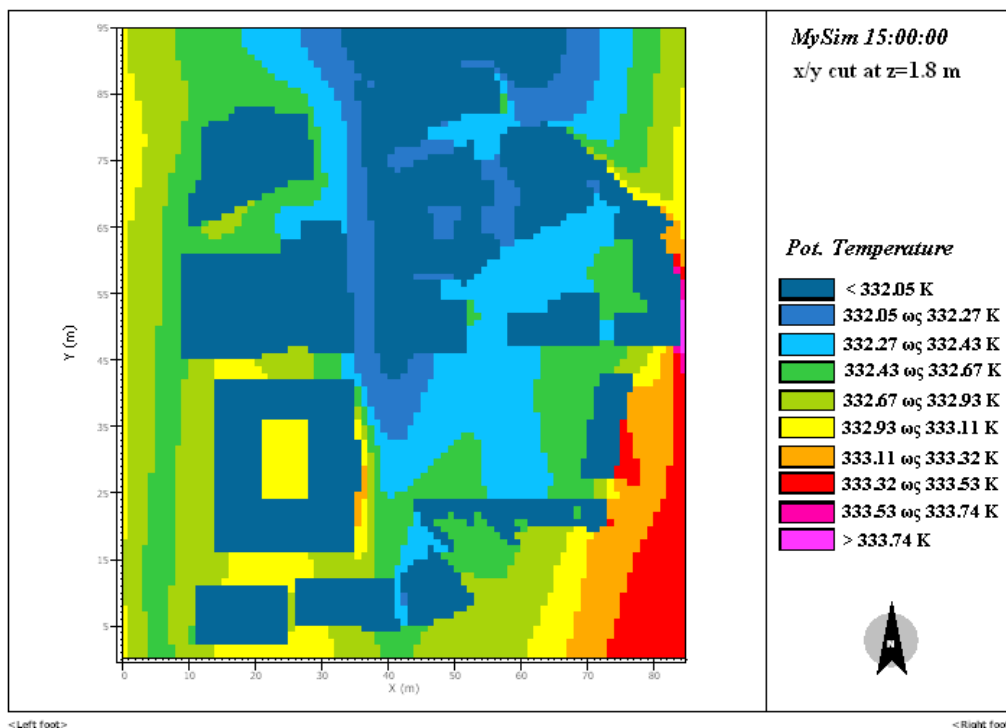
Μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης, τα δεδομένα εισάγονται στο λογισμικό Leonardo με το οποίο παρέχεται η δυνατότητα επισκόπησης των διάφορων παραμέτρων που αφορούν την αξιολόγηση τόσο της υφιστάμενης κατάστασης όσο και την πρόταση βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πρασίνου. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται, είναι η θερμοκρασία για την τυπική θερινή μέρα, η ταχύτητα του ανέμου και η θερμοκρασία επιφάνειας για τη θερμότερη μέρα (τονίζεται πως όλα τα υπομνήματα έχουν ξαναγραφτεί με τη βοήθεια του προγράμματος Photoshop CS3, ώστε να καταστεί δυνατή η ανάγνωσή τους στη παρούσα πτυχιακή).

6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

6.1.1 Αποτελέσματα τυπικής θερινής μέρας

Τα αποτελέσματα για την τυπική μέρα έχουν ως ακολούθως:

- Θερμοκρασία:

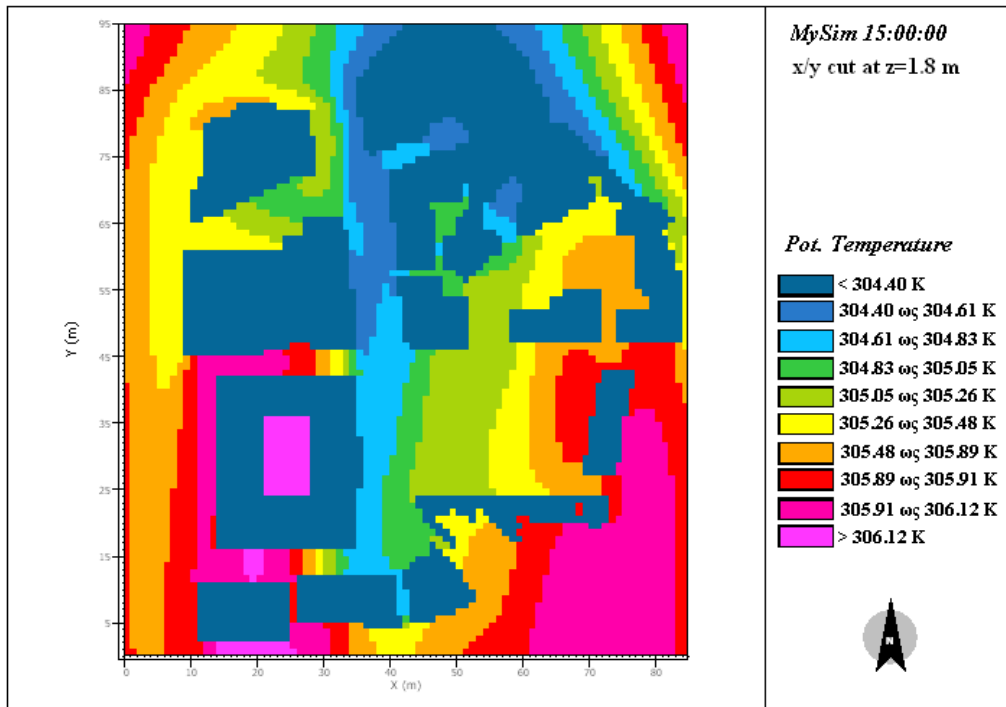


Εικόνα 6.1 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την τυπική θερινή μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo)

6.1.2 Αποτελέσματα θερμότερης μέρας

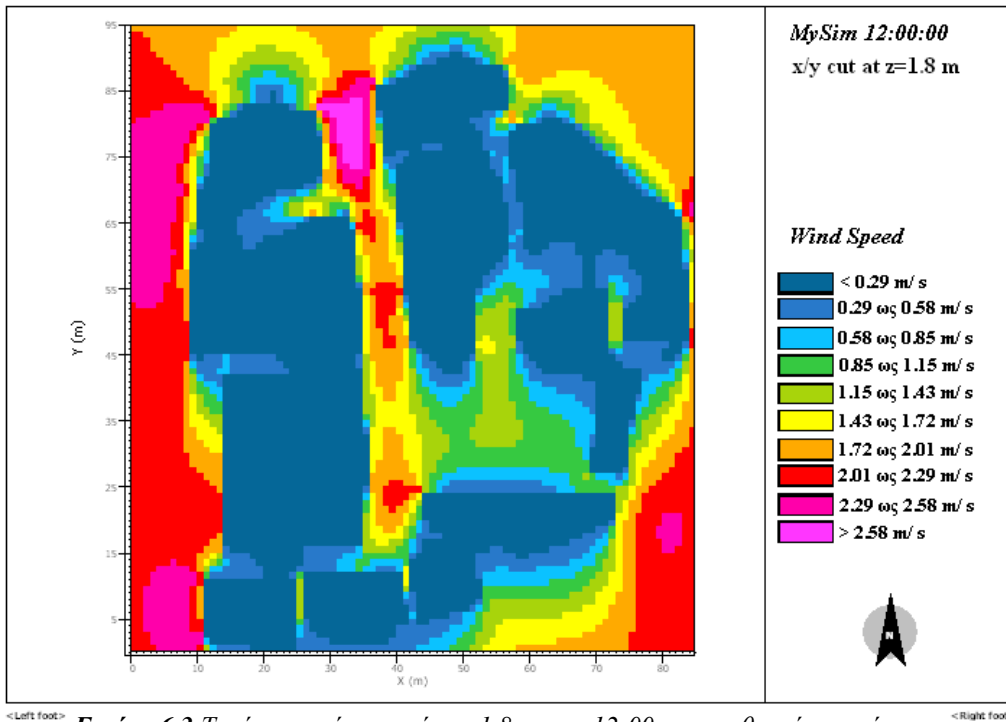
Τα αποτελέσματα για την τυπική μέρα έχουν ως ακολούθως:

- Θερμοκρασία:



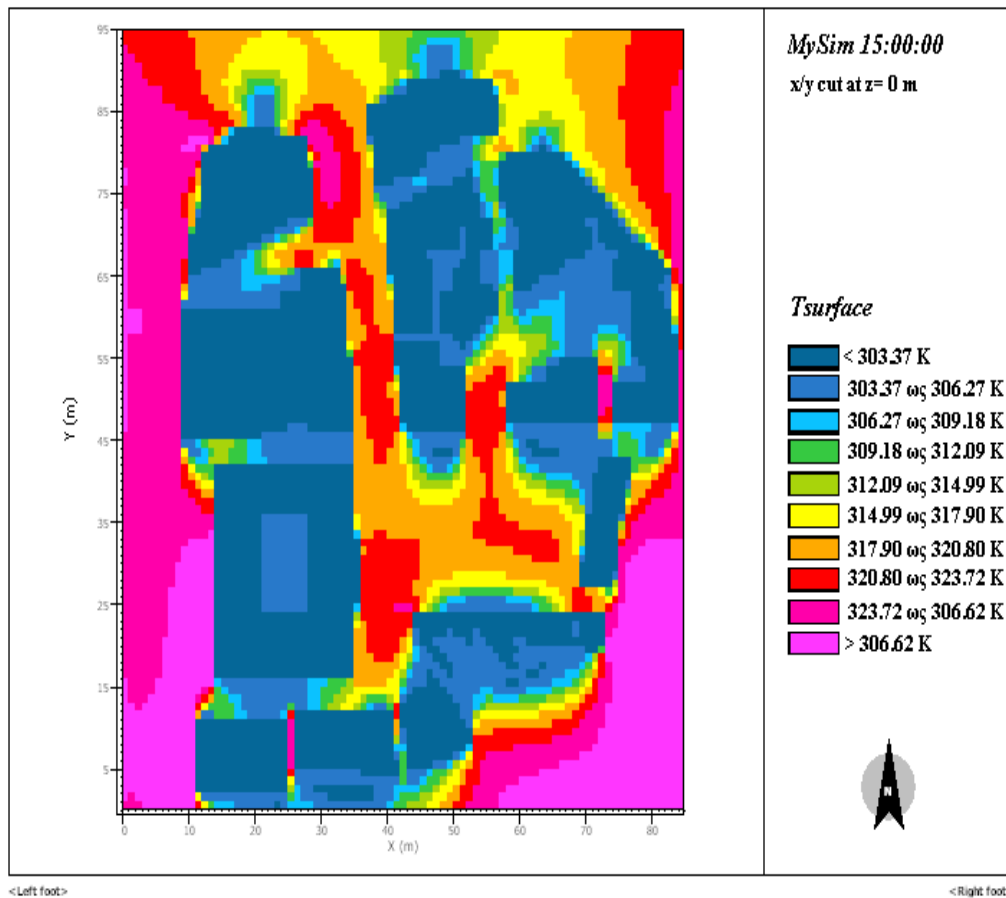
Εικόνα 6.2 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo)

- Ταχύτητα ανέμου:



Εικόνα 6.3 Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.8 m στις 12:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo)

- Θερμοκρασία επιφάνειας:



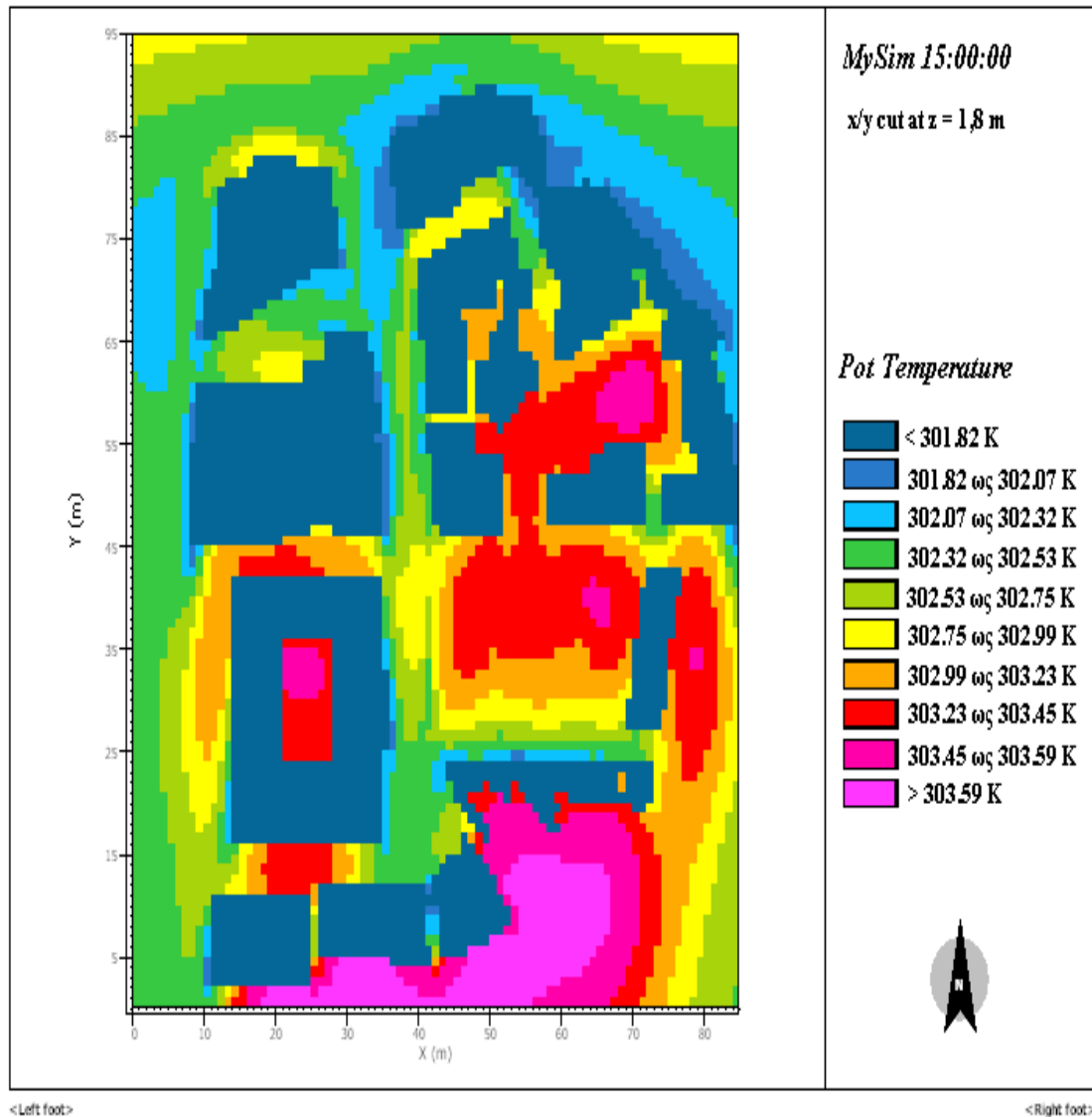
Εικόνα 6.4 Κατανομή θερμοκρασίας επιφάνειας στις 15:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo)

6.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

6.2.1 Αποτελέσματα τυπικής θερινής μέρας

Τα αποτελέσματα για την τυπική μέρα έχουν ως ακολούθως:

- Θερμοκρασία:

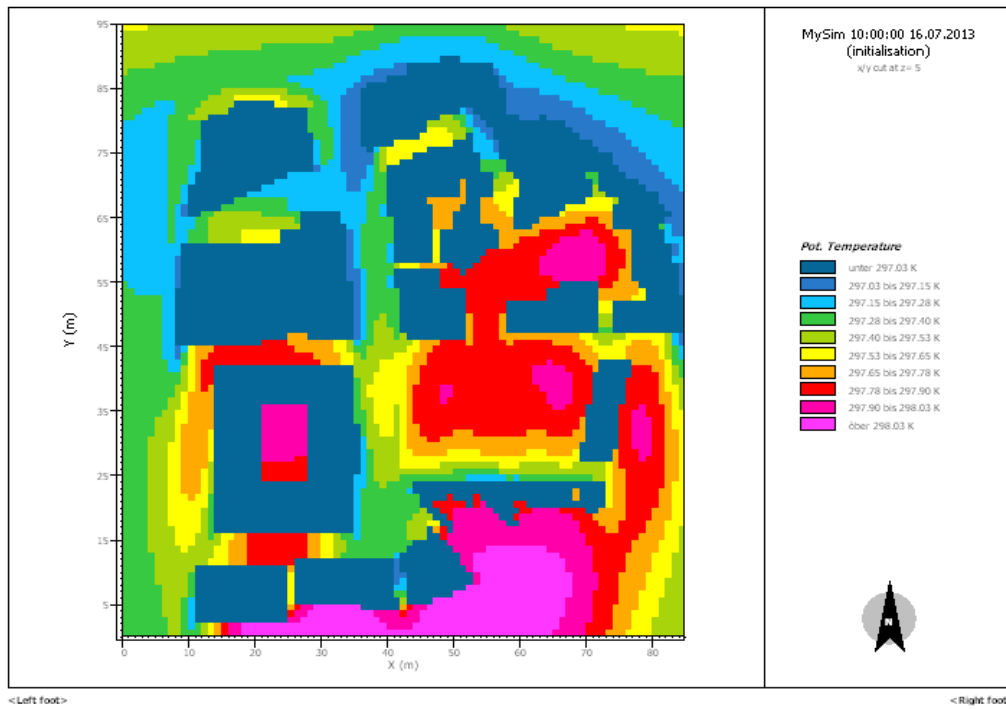


Εικόνα 6.5 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την τυπική θερινή μέρα της πρότασης (Leonardo)

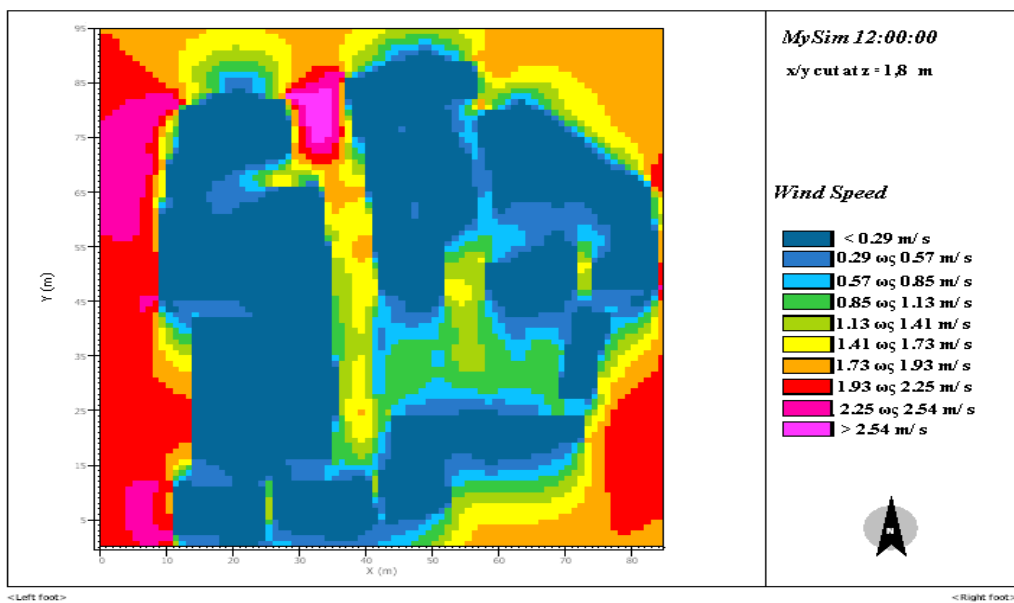
6.2.2 Αποτελέσματα θερμότερης μέρας

Τα αποτελέσματα για την τυπική μέρα έχουν ως ακολούθως:

- Θερμοκρασία:

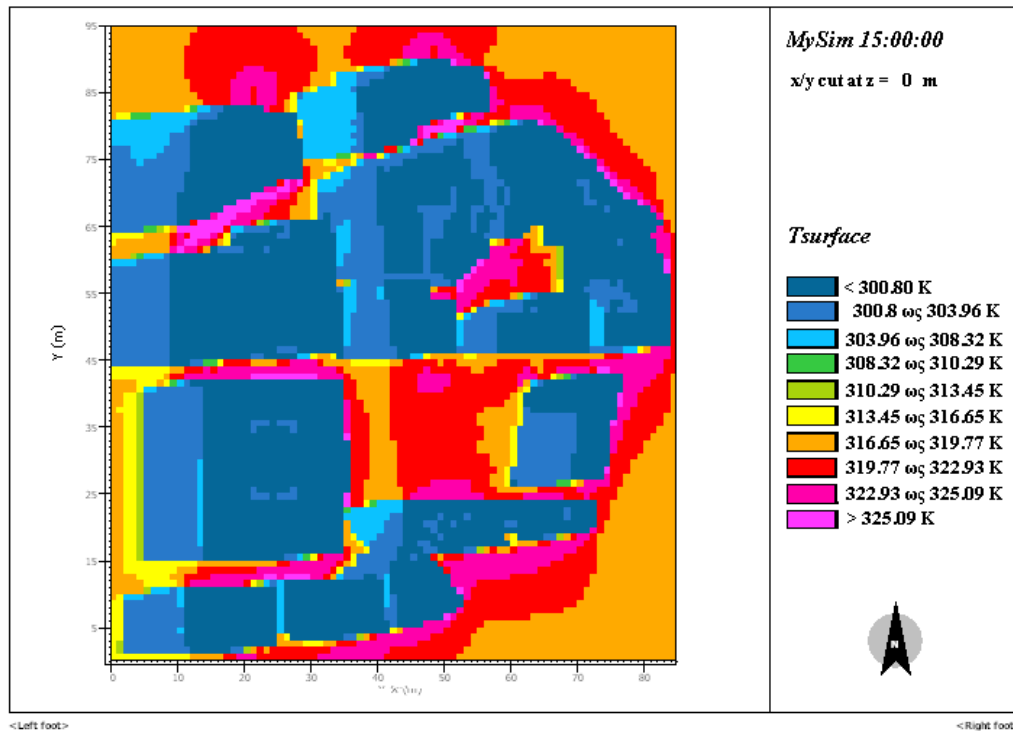


Εικόνα 6.6 Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.8 m στις 15:00 για την τυπική θερινή μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo)



Εικόνα 6.7 Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.8 m στις 13:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo)

- Θερμοκρασία επιφάνειας:



Εικόνα 6.8 Κατανομή θερμοκρασίας επιφάνειας στις 15:00 για την θερμότερη μέρα της υφιστάμενης κατάστασης (Leonardo)

6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ENVI-MET

6.3.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατόπιν εφαρμογής του λογισμικού προγράμματος ENVI-met v.3.1 προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα για την υφιστάμενη κατάσταση και την πρόταση βιοκλιματικού σχεδιασμού αστικού πρασίνου:

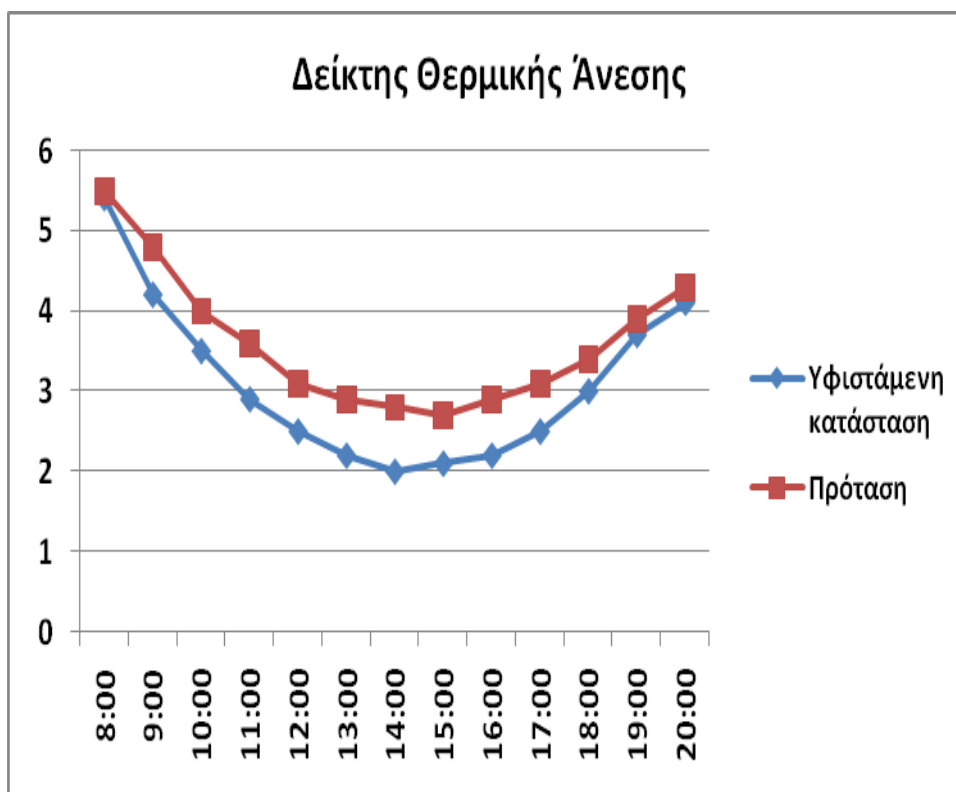
- **Υφιστάμενη κατάσταση:**
 - ✓ Η μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος για ύψος 1,8 m ισούται με 32,4 ° C.
 - ✓ Η μέση χωρική μέγιστη θερμοκρασία επιφάνειας κατά τη θερινή περίοδο είναι 47,2° C.
 - ✓ Το τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 ° C ισούται με 339,7.
 - ✓ Ο μέσος δείκτης θερμικής άνεσης CP μεταξύ των ωρών 10:00 και 18:00 είναι ίσος με 2,6.
- **Πρόταση:**
 - ✓ Η μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος για ύψος 1,8 m ισούται με 30,9 ° C.
 - ✓ Η μέση χωρική μέγιστη θερμοκρασία επιφάνειας κατά τη θερινή περίοδο είναι 34,2° C.
 - ✓ Το τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 ° C ισούται με 253,3.
 - ✓ Ο μέσος δείκτης θερμικής άνεσης CP μεταξύ των ωρών 10:00 και 18:00 είναι ίσος με 3,1.

Όπως έχει ήδη διατυπωθεί για τον προσδιορισμό του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος βαθμοωρών βάσης 26 ° C χρησιμοποιήθηκε η τυπική θερινή μέρα, ενώ για τη μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία, τη θερμική άνεση και τη μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση της θερμότερης μέρας (Παπαματθαίου, Α. Και Συνεργάτες – ΔΗΜΕΚΟ και Χριστόλης et al. 2011).

Επιπλέον, και αναφορικά με τη χωρική κατανομή των επιμέρους παραμέτρων διαπιστώνονται τα παρακάτω:

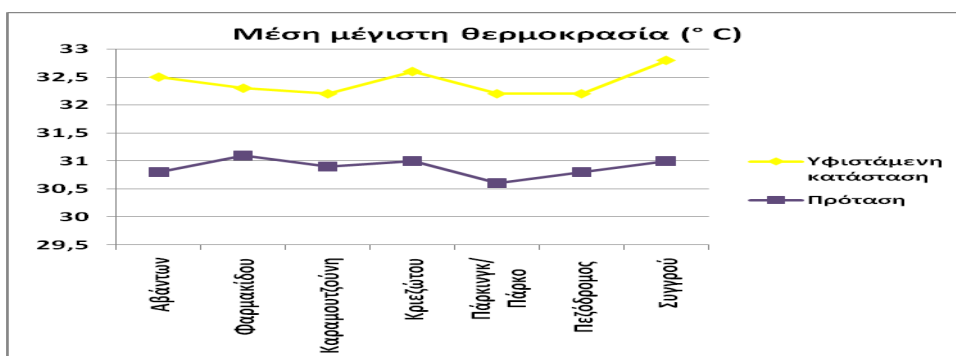
- Ο δείκτης θερμικής άνεσης μεγιστοποιείται στις οκτώ το πρωί, ενώ εμφανίζει την ελάχιστη τιμή του στις δύο και τρεις το μεσημέρι
- Οι θερμοκρασιακές διαφορές στο χώρο και τον περίγυρο του οικοδομικού τετραγώνου δεν είναι σημαντικές, γεγονός που οφείλεται στο ότι η ατμόσφαιρα είναι ένα ρευστό ικανοποιητικού βαθμού ανάμιξης, με αποτέλεσμα να εξομαλύνονται ταχύτατα οι διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας, κατόπιν της εισαγωγής των αρχιτεκτονικών εφαρμογών.
- Οι παρατηρούμενες χαμηλές τιμές της ταχύτητας του ανέμου οφείλονται στην πυκνή δόμηση και τον κτιριακό ιστό, που περιβάλλει το οικοδομικό τετράγωνο. Μάλιστα, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται περαιτέρω όταν ο άνεμος έχει κάθετη διεύθυνση προς τις κεντρικές οδούς. Έτσι, παρατηρείται ανεπάρκεια επαρκούς κυκλοφορίας στα εκεί σημεία.

Η ωριαία διαφορά στο δείκτη θερμικής άνεσης CP μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης για αναβάθμιση παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (επιλέγονται οι ώρες οκτώ το πρωί μέχρι και οκτώ το βραδύ, καθώς κατά αυτές πιστεύεται ότι παρατηρείται η κυκλοφορία του κόσμου στην περιοχή):



Εικόνα 6.9 Δείκτης θερμικής άνεσης της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης αναβάθμισης από τις οκτώ το πρωί μέχρι και τις οκτώ το βράδυ

Στην επόμενη εικόνα παρατίθεται η μέση μέγιστη θερμοκρασία σε ύψος 1,8 m για το οικοδομικό τετράγωνο με βάση τις διαφορετικές περιοχές που το διαμορφώνουν:



Εικόνα 6.10 Μέση μέγιστη θερμοκρασία σε ύψος 1,8 m ανά περιοχή της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης αναβάθμισης από τις οκτώ το πρωί μέχρι και τις οκτώ το βράδυ

Από όλα τα παραπάνω διαπιστώνονται τα εξής:

- Η διαφορά της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας σε ύψος 1,8 m μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης είναι 1,5 ° C.
- Η διαφορά της μέσης χωρικής μέγιστης θερμοκρασίας επιφάνειας μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης είναι 12,9 ° C.
- Η διαφορά του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος βαθμοωρών βάσης 26 ° C μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης είναι 25,44 %.
- Η διαφορά του μέσου δείκτη θερμικής άνεσης CP μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της πρότασης είναι 0,6 ή αλλιώς 23,1 %.

Από την παραπάνω σύγκριση διαπιστώνεται η σημαντική βελτίωση του μικροκλίματος μετά τη μετατροπή του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων) σε πάρκο, που αποδίδεται κυρίως στην εισαγωγή πράσινου και την αντικατάσταση της ασφάλτου με ψυχρά υλικά και χλοοτάπητα.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βάσει των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο διαπιστώνεται πως η πρόταση ανάπλασης του οικοδομικού τετραγώνου με βιοκλιματικά κριτήρια οδήγησε στη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής ενώ ταυτόχρονα αύξησε τη θερμική άνεση για τους κατοίκους και τους επισκέπτες της περιοχής. Οι σημαντικές πραγματοποιηθείσες βελτιώσεις αποδεικνύουν πως με την υιοθέτηση βιοκλιματικών προσεγγίσεων σε αστικό επίπεδο μπορούν οι συνθήκες διαβίωσης των πολιτών να αλλάξουν σημαντικά προς το καλύτερο. Κατά συνέπεια, η παρούσα εργασία αποτελεί μια ακόμη απόδειξη των ωφελειών του βιοκλιματικού σχεδιασμού και πιο συγκεκριμένα της σημασίας της ύπαρξης εστιών πρασίνου μέσα στις σύγχρονες πόλεις.

Ταυτόχρονα, διαπιστώνεται η σημαντικότητα της χρησιμοποίησης λογισμικών που αναφέρονται στην ανάλυση των βελτιώσεων που δημιουργούνται μετά από μια βιοκλιματική παρέμβαση, καθώς αν αυτά χρησιμοποιηθούν σωστά και με την ακρίβεια που απαιτείται μπορούν να συμβάλουν στην ικανοποιητική αξιολόγηση μιας σειράς προτάσεων, ώστε να αναδειχτεί η βέλτιστη και να αποδειχτούν λάθη, που χωρίς ένα λογισμικό δεν είναι δυνατό να προβλεφτούν, παρά μόνο μετά την εφαρμογή των μέτρων που κρίνονται ως βιοκλιματικά αλλά δεν αναβαθμίζουν αναγκαστικά όλες τις περιοχές.

7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Ως προτάσεις μελλοντικής έρευνας προτείνονται τα παρακάτω:

- Εισαγωγή πρόσθετων βιοκλιματικών εφαρμογών στην περιοχή του παρκινγκ (χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων), όπως η εισαγωγή συστημάτων σκίασης πέραν της βλάστησης (πέργκολες που θα συνδυάζονται με αναρριχητικά φυλλοβόλα φυτά) ή η εισαγωγή άλλων διατάξεων σκίασης, στα οποία θα

μπορούσαν να ενσωματωθούν φωτοβολταϊκά για την εξοικονόμηση της ενέργειας που απαιτείται για τον φωτισμό του πάρκου.

- Μελέτη των επιπλέον αυτών εφαρμογών με τη βοήθεια του προγραμμάτων ENVI-met και PVsyst (πρόγραμμα μελέτης φωτοβολταϊκής απόδοσης), ώστε να καταστεί δυνατή η αξιολόγηση αυτών και των επιπλέον θετικών, που προσφέρουν στην περιοχή.
- Αξιολόγηση της παρούσας πρότασης και των επιπλέον εφαρμογών τόσο με το ENVI-met και όσο και με κάποιο άλλο αντίστοιχο πρόγραμμα, ώστε τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην παρούσα πτυχιακή να προσδιοριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια μέσω μιας συγκριτικής μελέτης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Ανδρεαδάκη, Ε. 2006. Βιοκλιματικός σχεδιασμός. Περιβάλλον και βιωσιμότητα. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Αξαρχή, Κ., Γιάννας, Σ., Ευαγγελινός, Ε. και Μάρδα, Ν. 2001. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Περιβάλλοντος Χώρου, Τόμος Α'. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Βουρέκας, Κ. (2008) ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΩΣΙΜΗ ΠΟΛΗ ΣΤΗΝ ΒΙΩΣΙΜΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ – Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ. Εργασία στο μάθημα: Θέματα αστικού σχεδιασμού.
- Γεωργίου, Χ., Γιανναράς, Γ., Κούτσικος, Η. και Τσίμας, Σ. χ.χ. Βιομηχανική Παραγωγή και Ενέργεια. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Γιάνναρος, Μ., Θ. 2014. Θερμική Άνεση. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/4203-thermal-comfort-part-a> [Πρόσβαση: 8 Φλεβάρη 2014].
- Ευθυμίουπουλος, Η. 2000. Οικολογική Δόμηση. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Ευβοϊκή Γνώμη Online. 2011. Οι μισοί Ευβοείς μένουν στη Χαλκίδα. [Ηλεκτρονική Εφημερίδα] 5 Αυγούστου. Διαθέσιμο στην: http://egnomi.gr/article.php?id=17005&category_id=59 [Πρόσβαση: 30 Δεκεμβρίου 2013].
- Ζήσης, Γ. 2008. ΒΙΩΣΙΜΗ ΠΟΛΗ - Σειρά Πράσινη Πόλη. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.solon.org.gr/index.php/2008-07-16-12-47-53/82-2008-07-15-14-55-16/246-2008-07-27-08-56-22.html> [Πρόσβαση: 12 Νοεμβρίου 2013].
- Κατσιμίγας, Κ. 2013. "ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΑ ΚΤΙΡΙΑ, ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΧΩΡΟΥ", εργασία δημοσιευμένη στην ημερίδα ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΩΡΟΥ, Κομοτηνή, 12 Νοεμβρίου. Κομοτηνή: ΤΕΕ Θράκης.
- Κατσογιάννη, Σ. 2011. Το πράσινο κάνει τη διαφορά και στις θερμοκρασίες. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.newscity.gr/urban-green/45-thermokrasia-prasino.html> [Πρόσβαση: 15 Νοεμβρίου 2013].
- Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: Ενέργεια και Περιβάλλον. 2007. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα. [online] Διαθέσιμο στην: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/pathitika.htm> [Προσβάσιμο: 1 Φλεβάρη 2014].
- Κομνηνός, Ν. 2010. Ευφείς πόλεις – ευφείς συνοικίες: Ένα νέο παράδειγμα σχεδιασμού των πόλεων βασισμένο στην καινοτομία και ευρυζωνικότητα UNIVERSITY STUDIO PRESS Εκδόσεις Επιστημονικών Λιβελλων και Περιοδικών ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, σελ. 83. Διαθέσιμο στην:

<http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2008/11/2011-Eyfyeis-Poleis-Eyfyeis-Synoikies.pdf>

[Πρόσβαση: 14 Νοεμβρίου 2013].

Κομνηνός, Ν. 2006. Έξυπνες Πόλεις: Συστήματα Καινοτομίας και Τεχνολογίες Πληροφορίας στην Ανάπτυξη των Πόλεων', Περιοδικό Αρχιτέκτονες, 60.

Κοσμοπούλου, Π. 2007. Περιβαλλοντικός σχεδιασμός, 2^η έκδοση. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Λάζαρη, Α., Ε. και Τζανακάκη, Ε. 2002. Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής. Πικέρμι: ΚΑΠΕ.

Μυλωνάκη, Δ. 2013. Ελλάδα - Γεωγραφικά διαμερίσματα και νομοί. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: http://60dim-patras.ach.sch.gr/mathimata_ellada.htm [Πρόσβαση: 30 Δεκεμβρίου 2013].

Παπαδόπουλος, Μ. και Αξαρή, Κ. 1995. Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων. Δομική Φυσική II. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη Α.Ε..

Σιαπκαλής, Γ., Α. 2013. Περιβαλλοντικός σχεδιασμός πόλεων. Αστικό πράσινο. Η περίπτωση της πόλης της Λάρισας: Πόλεις και Πολιτικές. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: http://www.citybranding.gr/2013/01/blog-post_31.html [Πρόσβαση: 12 Νοεμβρίου 2013].

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ. 2014. Δήμος Χαλκιδέων. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://hellas.teipir.gr/Thesis/xalkida/gr/grmenu.htm> [Πρόσβαση: 28 Δεκεμβρίου 2013].

Τριανταφύλλου, Κ., Παπαδόπουλος, Χ. και Κρινής, Γ. 2013. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ: α) Ο.Τ. 98 (ΠΡΩΗΝ ΠΑΡΚΙΝΓΚ) ΚΑΙ ΤΙΣ ΟΔΟΥΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΚΛΕΙΟΥΝ ΑΥΤΟ β) ΤΙΣ ΟΔΟΥΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΚΛΕΙΟΥΝ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ, και γ) ΤΙΣ ΟΔΟΥΣ ΚΡΙΕΖΩΤΟΥ, ΑΠΟ ΚΑΡΑΜΟΥΡΤΖΟΥΝΗ ΕΩΣ ΚΑΙ ΟΔΟ ΦΑΡΜΑΚΙΔΟΥ ΕΩΣ ΤΗΝ ΟΔΟ ΛΥΚΟΦΡΟΝΟΣ. Τ.Δ. ΤΕΥΧΟΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΕΡΓΟΥ. [Report] Χαλκίδα: Δήμος Χαλκιδέων.

Παπαμαθαίου, Α. και Συνεργάτες – ΔΗΜΕΚΟ, Χριστόλης, Μ., Κατσακλή, Ε., Παπουτσής, Δ., Βορρέακου, Μ., Κατσογιάννη, Σ., Παπαμαθαίου, Μ., Γεωρτισσογιαννάκος, Χ., Diathlasis Architectural Lighting, Δημάκη, Β. και Μακρυνάκη, Γ. 2011. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ: α) Ο.Τ. 98 (ΠΡΩΗΝ ΠΑΡΚΙΝΓΚ) ΚΑΙ ΤΙΣ ΟΔΟΥΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΚΛΕΙΟΥΝ ΑΥΤΟ β) ΤΙΣ ΟΔΟΥΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΚΛΕΙΟΥΝ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ, και γ) ΤΙΣ ΟΔΟΥΣ ΚΡΙΕΖΩΤΟΥ, ΑΠΟ ΚΑΡΑΜΟΥΡΤΖΟΥΝΗ ΕΩΣ ΚΑΙ ΟΔΟ ΦΑΡΜΑΚΙΔΟΥ ΕΩΣ ΤΗΝ ΟΔΟ ΛΥΚΟΦΡΟΝΟΣ. Τ.Δ. ΤΕΥΧΟΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΕΡΓΟΥ. [Report] Χαλκίδα: Δήμος Χαλκιδέων.

Τσαγκαράκης, Μ. 2010. Sustainable City Award για το 2010 : Αξιολόγηση Βιωσιμότητας των πόλεων: Πόλεις και Πολιτικές. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.citybranding.gr/2010/04/sustainable-city-award-2010.html> [Πρόσβαση: 12 Νοεμβρίου 2013].

Τρατσέλα, Μ. 2013. Βιώσιμα αστικά τοπία και σύγχρονη ελληνική πόλη. Η συμβολή της Αρχιτεκτονικής Τοπίου. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.greekarchitects.gr/> [Πρόσβαση: 14 Νοεμβρίου 2013].

Evia-Guide. 2010. Χαλκίδα. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.evia-guide.gr>[Πρόσβαση: 28 Δεκεμβρίου 2013].

Google Maps. 2013. Χαλκίδα. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <https://maps.google.com/> [Πρόσβαση: 30 Δεκεμβρίου 2013].

Meteoclub.gr. 2013. Φαινόμενο θερμικής νησίδας σε μεγαλουπόλεις. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.meteoclub.gr/prognosi/attiki/2861-thermiki-nisida-urban-island-effect> [Πρόσβαση: 14 Νοεμβρίου 2013].

Zero Energy Buildings. 2013. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ [HEAT ISLAND EFFECT]. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.zeroenergybuildings.org/2012/04/fainomeno-heat-island-effect.html> [Πρόσβαση: 14 Δεκεμβρίου 2013].

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Ahern, J. 2007. Cities of the Future towards Integrated Sustainable Water and Landscape. Λονδίνο: IWA Publishing, p.268-282.

Altenberg, L. 1990. The 1st International Ecocity Conference. Στο: *The prism*. North Carolina: Chapel Hill. Διαθέσιμο στην: <http://dynamics.org/Altenberg/PAPERS/Prism-Ecocity.3.html> [Πρόσβαση: 8 Φλεβάρη 2014].

Brennan, C. και O'Connor, D. 2008. Green City Guidelines. Advice for the protection and enhancement of biodiversity in medium to high-density urban developments. [pdf] Δουβλίνο: UCD Urban Institute Ireland. Διαθέσιμο στην: http://www.uep.ie/pdfs/guidelines_intro.pdf [Πρόσβαση: 14 Νοεμβρίου 2013].

Bruce, M. 1999. "Modelling and Strategies for improved urban climates", έγγραφο που παρουσιάστηκε στα πρακτικά του International Conference on Urban Climatology & International Congress of Biometeorology, Σύδνεϋ, 8-12 Νοεμβρίου. Σύδνεϋ.

Bruse, M. 2004. ENVI-met 3.0: Updated Model Overview. [Report].

Coplák, J. 2003. The conceptual framework of EU project Ecocity. Alpha-Spectra, 10 (2).

Couch, A. 1990. Urban Renewal. London: Macmillan Publishers.

Envi-met.com. χ.χ α). Manual Contents. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.envi-met.com/htmlhelp/helpindex.htm> [Πρόσβαση: 23 Δεκεμβρίου 2013].

Envi-met. χ.χ β). Welcome to ENVI-met. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.envi-met.com/> [Πρόσβαση: 23 Δεκεμβρίου 2013].

Expert Group on the Urban Environment. 1996. EUROPEAN SUSTAINABLE CITIES. [Report] Βρυξέλες: Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

- Ginot, B. 2010. Urban Regeneration in Europe: State of the Art and Perspectives. An analytical study interrogating sustainability. Master of Science. Chalmers University of Technology.
- Goldfarb, E. 1992. The Sustainable City. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://cnx.org/content/m44935/latest/#footnote1> [Πρόσβαση: 12 Νοεμβρίου 2013].
- Göschl, D. 2012. Vienna: The smartest city in the world. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://news.viennaresidence.com/press/vienna-smartest-city-worldwide> [Πρόσβαση: 15 Δεκεμβρίου 2013].
- Green Building Technology Lab. 2006. Benefits of greenery. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.greenlab.bdg.nus.edu.sg/benefits.aspx> [Πρόσβαση: 9 Φλεβάρη 2014].
- Jansson, C. 2006. URBAN MICROCLIMATE AND SURFACE HYDROMETEOROLOGICAL PROCESSES. Διδακτορικό επίπεδο. KTH Architecture and the Built Environment.
- Mwangasha, W. 2009. Hacienda eco city construction well underway. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.constructionkenya.com/489/hacienda-eco-city-mombasa-profile/> [Πρόσβαση: 15 Δεκεμβρίου 2013].
- New Smart City. 2011. Principles of Smart City Development. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.newsmartcity.com/principles-of-smart-city-development/> [Πρόσβαση: 15 Νοεμβρίου 2013].
- Pillai, K. 2008. Future Melbourne - making Melbourne sustainable. *EcoGeneration*.
- Rodrigues, L. 2006. Sustainable City Concept. [Report] Μιάμι: ECOMB.
- Spangenberg, J. 2005. "Sustainable Architecture & Urbanism and Transportation. Simulation of Urban Microclimates in Tropical Metropolis' Maracanã/ Rio De Janeiro - A Case Study", έγγραφο που παρουσιάστηκε στο RIO 5 - World Climate & Energy Event, Ρίο ντε Τζανέιρο, 15-17 Φλεβάρη. Ρίο ντε Τζανέιρο: σελ. 345-352.
- Sustainable Urban Futures. 2013. Cities and Climate Change. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://www.ias.unu.edu/urban/index.php/cities-and-climate-change/> [Πρόσβαση: 13 Νοεμβρίου 2013].
- Trimarchi, M. και Clifton, J. 2013. 10 Amazing Green Cities. [Ηλεκτρονική σελίδα] Διαθέσιμο στην: <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/five-amazing-green-cities.htm#page=9> [Πρόσβαση: 15 Δεκεμβρίου 2013].
- Williamson, J., T. και Erell, E. 2001. "THERMAL PERFORMANCE SIMULATION AND THE URBAN MICROCLIMATE: MEASUREMENTS AND PREDICTION", έγγραφο που παρουσιάστηκε στο Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 13-15 Αυγούστου. Rio de Janeiro: σελ. 159-166.
- Witting, R. 2008. Principles for Guiding Eco-city Development. *Ecology, Planning and Management of Urban Forests*, Springer, σελ. 24-29.