



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΟΨΕΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΥΤΕΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ (ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENVI-MET)



ΠΟΛΟΥΦΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΤΟΥ ΕΥΘΥΜΙΟΥ ΑΜ.01108519

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: Ι.ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ του ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2015

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για αυτή τη Διπλωματική Εργασία τον επιβλέποντα καθηγητή μου Ιωάννη Τζουβαδάκη που μου έδωσε τη δυνατότητα να διαλέξω αυτό το θέμα για τη Διπλωματική Εργασία μου, για τις υποδείξεις του κατά την διάρκεια της εκπόνησης της, αλλά κυρίως τις παροτρύνσεις του προς έμένα, ως άνθρωπο και επικείμενο μηχανικό.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τα τόσα δύσκολα χρόνια γεμάτα προτροπή και υποστήριξη.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ για την ευκαιρία που μου έδωσαν να γνωρίσω τόσο ενδιαφέροντα και εξαιρετο κόσμο, να αποκτήσω γνώσεις και δεξιότητες που δεν ήξερα ότι καν υπήρχαν.

Και τέλος θα ήθελα να δώσω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους φίλους μου και κυρίως στους Κωνσταντίνο Αργυρίου, Χρήστο Ζουπαντή, Μαρίνο Σουλιώτη, Ηλία Κανελλάκη και Ευαγγελία Κατσανεβάκη, που θα με στηρίζουν για μια ζωή.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η έρευνα της συμβολής των κατακόρυφων κήπων στη διαμόρφωση ενός ευνοϊκότερου αστικού μικροκλίματος. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό υπολογιστικής ρευστομηχανικής Envi-Met στην ευρύτερη περιοχή ανέγερσής του Νέου Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά, σε μια έκταση 78 στρεμμάτων. Πραγματοποιήθηκαν 5 προσομοιώσεις, από τις οποίες η πρώτη αφορά στην υφιστάμενη κατάσταση και οι επόμενες 4 σε προτάσεις ανάπλασής της υφιστάμενης κατάστασης μέσω φυτεύσεων. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν τα πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής από τον κοντινό μετεωρολογικό σταθμό της περιοχής του Φαλήρου. Εξετάστηκαν επίσης τα επίπεδα θερμικής άνεσης για τις διάφορες προτάσεις ανάπλασης, καθώς και οι παράμετροι που τις διαμορφώνουν, όπως πχ. η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ένταση του ανέμου και η σχετική υγρασία.

Abstract

The subject of this Thesis is to research and to highlight the contribution of vertical green and living walls in configuring a more favorable urban microclimate. To achieve this goal, Envi-Met, a computational fluid dynamics software has been used, around the general area where the Court House of Peireus is expected to be constructed, which extends to 78 acres. Five simulations were performed: the first one depicts the current situation and the following 4 depicts ways to upgrade the current situation by means of planting green. Real meteorological data from the nearby meteorological station of Faliro was used in the simulations. Thermal comfort levels and parameters that affect it, such as temperature, wind velocity and relative humidity were studied for the various situations.

Εκτενής Περίληψη

Σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η έρευνα της συμβολής των κατακόρυφων κήπων στις όψεις των κτιρίων για τη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών άνεσης. Η έρευνα περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών παραμέτρων που καθορίζουν την κλιματική άνεση του χώρου, προτάσεις βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος με βάση τους κατακόρυφους κήπους καθώς και την επίδρασή τους στην αισθητική του αστικού χώρου. Ακόμη παρουσιάζονται οι τεχνολογίες κατασκευής και δόμησης των κατακόρυφων κήπων με όλα τα σχετικά χαρακτηριστικά τους.

Επίσης, πραγματοποιήθηκε βιοκλιματική έρευνα επιδράσεως των κατακόρυφων κήπων σε εφαρμογή αυτών επί κτιρίου, τμήματος αστικής περιοχής με το λογισμικό Envi-Met. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της έρευνας από την αξιολόγηση των οποίων εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα και προτάσεις.

Η εξέλιξη της αστικοποίησης οδήγησε στην απομάκρυνση του ανθρώπου από τη φύση και τη ρήξη με το περιβάλλον. Αυτό καθιστά την ανάγκη για επανένταξη του φυσικού περιβάλλοντος στο αστικό περιβάλλον. Οι λύσεις οδηγούν σε επεμβάσεις πρασίνου, όπως πάρκα, δενδροφυτεύσεις πεζοδρομίων, ταρατσόκηπους, κατακόρυφους κήπους, κλπ. Οι κατακόρυφοι κήποι προσφέρουν μια σειρά από αισθητικά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.

Η χρήση κατακόρυφων φυτεύσεων αποδεικνύεται ότι βελτιώνει την ποιότητα του αστικού μικροκλίματος και προσφέρει πληθώρα περιβαλλοντικών οφελών. Το λογισμικό Envi-Met είναι ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό μοντέλο για την προσομοίωση, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό, της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διάφορων επιφανειών, της βλάστησης και του αέρα. Επιτρέπει τη διερεύνηση της επίδρασης που ασκούν μικρής κλίμακας παρεμβάσεις στον αστικό ιστό, όπως για παράδειγμα η φύτευση δέντρων, η δημιουργία χώρων πρασίνου, την δημιουργία κατακόρυφων κήπων. Η χωρική του ανάλυση επιτρέπει την προσομοίωση της παραπάνω αλληλεπίδρασης σε μικρή κλίμακα. Βασίζεται σε υπολογισμούς ρευστοδυναμικής, οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση προβλημάτων ροής των ρευστών γύρω από τους κτιριακούς όγκους. Έχει σχεδιαστεί για την ανάλυση του μικροκλίματος και της ποιότητας του τοπικού αέρα. Είναι σε θέση να επιλύει σύνθετες τρισδιάστατες ροές υπολογίζοντας θερμοκρασιακές κατανομές, ποσοστά υγρασίας, ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος και συγκεντρώσεις αερίων και μικροσωματιδίων στον αέρα σε τοπική κλίμακα. Το λογισμικό έχει υψηλές απαιτήσεις από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του υπολογιστή γι' αυτό οι προς προσομοίωση περιοχές πρέπει να είναι περιορισμένες σε έκταση. Τα βασικά βήματα για την πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης με το Envi-Met (έκδοση 3.1) είναι:

- Η κατάρτιση του αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN (Area Input File), όπου περιγράφεται η περιοχή του μοντέλου (πλήθος υπολογιστικών κελιών, κτίρια, βλάστηση, υλικά επιφανειών, γεωγραφική θέση της περιοχής κ.λπ.).
- Η συμπλήρωση του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF (Main Configuration File), όπου εισάγονται βασικές πληροφορίες και ρυθμίσεις (αρχική θερμοκρασία, σχετική υγρασία, χρόνος προσομοίωσης, οριακές συνθήκες μοντέλου κ.λπ.).
- Η εκτέλεση της προσομοίωσης ξεκινά επιλέγοντας την κατάλληλη έκδοση (version) για το μοντέλο κάνοντας τους απαραίτητους ελέγχους.
- Η διαχείριση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του λογισμικού οπτικοποίησης Leonardo και άλλων προγραμμάτων όπως το Excel και το Xtract.

Η υπό έρευνα περιοχή χωροθετείται στην γύρω περιοχή από το Νέο Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά και αποτελείται από δώδεκα οικοδομικά τετράγωνα και τους περιβάλλοντες δρόμους, συνολικής έκτασης 78 στρεμμάτων.

Για την αποτύπωση της γεωμετρίας, της δόμησης και της βλάστησης της περιοχής έρευνας, εκτός από επί τόπου επισκέψεις, χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι ηλεκτρονικοί τρισδιάστατοι ή δισδιάστατοι χάρτες, όπως Google Maps, Google Earth, Bing Maps κ.α..

Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στην 19^η ημέρα του μήνα Ιουλίου του έτους 2015.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	ii
Περιεχόμενα.....	vi
Ευρετήριο Εικόνων.....	viii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η εξέλιξη της αστικοποίησης σε σχέση με το περιβάλλον.....	1
1.2 Επανασύνδεση των πόλεων με το περιβάλλον.....	3
1.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίου- μικροκλίματος.....	4
1.4 Θερμική άνεση.....	5
1.4.1 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση.....	6
1.4.2 Δείκτες θερμικής άνεσης.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΚΗΠΟΙ.....	15
2.1 Οφέλη των κατακόρυφων κήπων στο αστικό περιβάλλον.....	15
2.1.1 Αισθητική αναβάθμιση του τοπίου.....	15
2.1.2 Κοινωνικά οφέλη.....	16
2.1.3 Περιβαλλοντικά οφέλη.....	16
2.1.4 Οικονομικά οφέλη.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΚΗΠΟΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ...	23
3.1 Παραδείγματα κατακόρυφων κήπων.....	23
3.2 Κατηγοριοποίηση κατακόρυφων κήπων.....	30
3.3 Τυπολογία συστημάτων κατακόρυφων κήπων για κτίρια.....	33
3.4 Φυτά για κατακόρυφους κήπους.....	35
3.5 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα των πρασίνων όψεων και των ζωντανών τοίχων.....	44
3.6 Βοηθητικό δεντροδιάγραμμα επιλογής συστήματος κατακόρυφου κήπου.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥY «ΝΕΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ».....	50
4.1 Παρουσίαση περιοχής μελέτης.....	50
4.2 Επιλογή τύπου κατακόρυφου κήπου για το Νέο Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά.....	52
4.3 Προτάσεις επεμβάσεων ανάλογα με τα κυρίαρχα κίνητρα – επιθυμητά οφέλη.....	53

4.3.1 Πρώτη Πρόταση – Οικονομικά κίνητρα	53
4.3.2 Δεύτερη Πρόταση – Κίνητρο η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου	54
4.3.3 Τρίτη Πρόταση – Κίνητρο η βελτίωση της αισθητική του κτιρίου και της γύρω περιοχής.....	54
4.3.4 Τέταρτη Πρόταση – Κίνητρο η βελτίωση της αισθητικής της περιοχής και η επανασύνδεσή της με τη φύση.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ENVI-MET	56
5.1 Γενικά	56
5.2 Κατάρτιση αρχείων εισόδου στο λογισμικό.....	56
5.2.1 Αρχείο εισαγωγής περιοχής, <i>.IN (Area Input File)</i>	56
5.2.2 Κύριο αρχείο διαμόρφωσης, <i>.CF (Configuration File)</i>	60
5.3 Προσομοιώσεις.....	62
5.3.1 Υφιστάμενη κατάσταση	63
5.3.2 Πρώτη Επέμβαση στην πρόσοψη του Δικαστικό Μέγαρο	70
5.3.3 Δεύτερη Επέμβαση, Κάλυψη της νότια πλευρά του Δικαστικό Μέγαρο με κατακόρυφο κήπο.....	75
5.3.4 Τρίτη Επέμβαση, Κάλυψη όλων των πλευρών εκτός της βορειοδυτικής του Δικαστικού Μεγάρου	80
5.3.5 Τέταρτη Επέμβαση γενικής κλίμακας στο ανάγλυφο της περιοχής του Δικαστικού Μεγάρου.....	85
5.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα & αξιολόγηση της έρευνας.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	95
6.1 Συμπέρασμα για τη συγκεκριμένη έρευνα	95
6.2 Παρατηρήσεις - Περιορισμοί	97
6.3 Προτάσεις.....	97

Ευρετήριο Εικόνων

ΕΙΚ. 1.1 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΩ (ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΙΣ, ΝΟΜΑΡΧΙΕΣ,) ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΩ(ΑΠΛΟΙ ΠΟΛΙΤΕΣ) ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΑ. [ΠΗΓΗ: URBAN RECONCILIATION ECOLOGY: THE POTENTIAL OF LIVING ROOFS AND WALLS].....	3
ΕΙΚ. 1.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ΤΗΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΣΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ (PMV). [ΠΗΓΗ: 15. Γ. ΜΟΥΝΤΡΙΑΣ.. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΚΑΛΗΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ.].....	10
ΕΙΚ. 1.3 ΓΡΑΦΗΜΑ ΣΧΕΣΗΣ PPD – PMV. [ΠΗΓΗ: HTTP://BLUWIKI.COM/GO/KEEP_COOL . 2013].....	10
ΕΙΚ. 1.4 ΕΥΡΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΜΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΨΗΦΟΥ (PMV) ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (PET) ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΒΑΘΜΟΥΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ, ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟ 80 W, ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΝΔΥΣΗΣ 0,9 clo. [ΠΗΓΗ 15. ΜΟΥΝΤΡΙΑΣ Γ.. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΚΑΛΗΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ.]	11
ΕΙΚ. 1.5 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΑΠΩΨΕΩΣ CP. [ΠΗΓΗ: 15. ΜΟΥΝΤΡΙΑΣ Γ.. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΚΑΛΗΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ.]	12
ΕΙΚ. 1.6 ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΥΣΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΔΥΣΦΟΡΙΑΣ. [ΠΗΓΗ: 15. ΜΟΥΝΤΡΙΑΣ Γ.. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΚΑΛΗΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ.	13
ΕΙΚ. 2.1 ΜΟΥΣΕΙΟ QUAI BRANLY ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΟ ΑΠΟ PATRICK BLANK [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.MINUS25.COM]	15
ΕΙΚ. 2.2 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.BUZZFEED.COM/]	16
ΕΙΚ. 2.3 ΚΥΚΛΟΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΚΗΠΟ [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS.].....	17
ΕΙΚ. 2.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΚΗΠΟΥ [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS.]	17
ΕΙΚ. 2.5 ΠΡΟΣΘΕΤΟΝΤΑΣ ΠΡΑΣΙΝΟ [ΠΗΓΗ HTTP://WWW.DEZEEN.COM]	18
ΕΙΚ. 2.6 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΜΕΣΩ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.DEZEEN.COM].....	19
ΕΙΚ. 2.7 ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS.]	20
ΕΙΚ. 2.8 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS.]	21
ΕΙΚ. 2.9 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS.]	21
ΕΙΚ. 2.10 BVH HOMME IN PARIS (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) [HTTP://RETAILSQUARE.BLOGSPOT.COM], PACHA, THE DRIVER, LONDON (ΔΕΞΙΑ) [ΠΗΓΗ: HTTP://TWISTEDSIFTER.COM].....	22
ΕΙΚ. 3.1 HERA WATERFALL II, PARAIBA, BRAZIL ΚΡΕΜΑΣΤΟΣ ΚΗΠΟΣ [ΠΗΓΗ: HTTP://TARATSOKIPOS.BLOGSPOT.GR/]	23
ΕΙΚ. 3.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΚΗΠΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΡΡΙΧΩΜΕΝΑ ΦΥΤΑ ΣΤΗΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΥΛΗ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ [ΠΗΓΗ: MEROLOGIES.BLOGSPOT.GR].....	24
ΕΙΚ. 3.3 EX-DUCCATI OFFICE BUILDING ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΚΗΠΟΣ ΜΕ ΕΣΧΑΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΑΡΡΙΧΗΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ. [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.BUZZFEED.COM/].....	24
ΕΙΚ. 3.4 MODULAR TETRIS GARDEN ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΜΕ ΠΑΝΕΛ, ΤΑ ΑΣΠΡΑ ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΕΙΝΑΙ ΕΙΔΙΚΑ ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΡΥΠΩΝ [ΠΗΓΗ: WWW.BUZZFEED.COM]	25
ΕΙΚ. 3.5 ΠΑΙΔΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΣΤΟ SAN VICENTE DE RASPEIG, ΙΣΠΑΝΙΑ. [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.MYMODERNMET.COM/].....	25
ΕΙΚ. 3.6 "GREEN CAST" ΦΥΤΕΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΨΗ ΚΤΙΡΙΟΥ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.BUZZFEED.COM/]	26
ΕΙΚ. 3.7 ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΣΤΗΝ ΟΛΛΑΝΔΙΑ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.BUZZFEED.COM/]	26
ΕΙΚ. 3.8 SINGAPOREAN OFFICE GARDEN ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΚΗΠΟΣ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.BUZZFEED.COM/]	27
ΕΙΚ. 3.9 «FLORAFELT POCKET GARDEN» ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΜΕ ΕΠΕΝΔΥΣΗ	27
ΕΙΚ. 3.10 ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΜΠΟΥΚΑΛΙΑ-PET [ΠΗΓΗ: WWW.LIVINGHOMEGROWN.COM/]	28

ΕΙΚ. 3.11 ΤΣΕΠΕΣ ΓΙΑ ΕΜΦΥΤΕΥΣΗ ΛΟΥΛΟΥΔΙΩΝ ΑΠΟ ΑΦΙΣΕΣ ΣΤΟ ΤΟΡΟΝΤΟ [ΠΗΓΗ: HTTP://SPACING.CA/TORONTO/]	28
ΕΙΚ. 3.12 «Α (LITERAL) TOWER OF FLOWERS» ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΚΗΠΟΣ ΑΠΟ 3 ΣΤΗΛΕΣ ΜΕ ΓΛΑΣΤΡΕΣ ΓΙΑ ΛΟΥΛΟΥΔΙΑ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.BUZZFEED.COM/].....	28
ΕΙΚ. 3.13 BOSCO VERTICALE- ΤΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΑΣΟΣ [ΠΗΓΗ: WWW.BUZZFEED.COM]	29
ΕΙΚ. 3.14 ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΚΗΠΟΣ MERLIN MONROE	29
ΕΙΚ. 3.15 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΗΠΩΝ.[ΠΗΓΗ: 12. DR. SAMAR SHEWEKA. THE LIVING WALLS AS AN APPROACH FOR A HEALTHY URBAN ENVIRONMENT]	30
ΕΙΚ. 3.16 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΚΗΠΟΥ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΑ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.BUZZFEED.COM]	30
ΕΙΚ.3.17 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΗΠΟΥ ΣΤΟ ΣΥΝΔΕΥ ΤΗΣ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑΣ [ΠΗΓΗ: WWW.GSKY.COM]	30
ΕΙΚ. 3.18 ΦΥΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ (ΔΕΞΙΑ) [ΠΗΓΗ: 15. ΜΟΥΝΤΡΙΑΣ Γ.. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ.].....	31
ΕΙΚ. 3.19 ΆΜΕΣΑ ΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΚΗΠΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΈΜΜΕΣΑ ΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΚΗΠΟΣ (ΜΕΣΗ) (ΔΕΞΙΑ) ΖΩΝΤΑΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ [ΠΗΓΗ: 6.ΚΑΤΙΑ PERINI & MARC ΟΤΤΕΛ & Ε. Μ. HAAS & ROSSANA RAITERI. VERTICAL GREENING SYSTEMS, A PROCESS TREE FOR GREEN FACADES AND LIVING WALLS.]	31
ΕΙΚ. 3.20 ΆΜΕΣΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΤΟΙΧΟΥ, (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΈΜΜΕΣΑ ΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΤΟΙΧΟΥ (ΜΕΣΗ), ΣΥΣΤΗΜΑ ΖΩΝΤΑΝΟΥ ΤΟΙΧΟΥ (ΔΕΞΙΑ) [ΠΗΓΗ: 7.ΚΑΤΙΑ PERINI & MARC ΟΤΤΕΛ & Α.Λ.Α. FRAAIJ & Ε.Μ. HAAS & ROSSANA RAITERI. VERTICAL GREENING SYSTEMS AND THE EFFECT ON AIR FLOW AND TEMPERATURE ON THE BUILDING ENVELOPE.]	32
ΕΙΚ. 3.21 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΗΠΩΝ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ [ΠΗΓΗ: 9. PEREZ GABRIEL & LIDIA RINCON & ANNA VILA & JOSEP M. GONZALEZ & LUISA F. CABEZA . GREEN VERTICAL SYSTEMS FOR BUILDINGS AS PASSIVE SYSTEMS FOR ENERGY SAVINGS.]	33
ΕΙΚ. 3.22 HEDERA HELIX (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), PARTHENOCISSUS QUINQUEFOLIA (ΜΕΣΑΙΑ) PARTHENOCISSUS TRICUSPIDATA (ΔΕΞΙΑ) [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS]	36
ΕΙΚ. 3.23 HYDRANGEA PETIOLARIS (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) EUONYMUS FORTUNEI (ΔΕΞΙΑ) [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS]	36
ΕΙΚ. 3.24 POLYGONUM BAULDSCHIANICUM (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) LONICERA PERICLYMENUM (ΜΕΣΗ) CLEMATIS VITALBA (ΔΕΞΙΑ)	39
ΕΙΚ. 3.25 HUMULUS LUPULUS (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ARISTOLOCHIA MACROPHYLLA (ΜΕΣΗ) JASMINUM OFFICINALE (ΔΕΞΙΑ)	39
ΕΙΚ. 3.26 VITIS AMURENSIS (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) WISTERIA FLORIBUNDA (ΜΕΣΗ), CAPSIS RADICANS (ΔΕΞΙΑ) [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS]	39
ΕΙΚ. 3.27 PASSIFLORA CAERULEA (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) LATHYRUS ODORATUS (ΜΕΣΗ), TROPAEOLUM TRICOLORUM (ΔΕΞΙΑ) [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS]	40
ΕΙΚ. 3.28 FORSYTHIA SUSPENSΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), COTONEASTER LACTEUS (ΜΕΣΗ), PYRACANTHA ATALANTIODES (ΔΕΞΙΑ).) [ΠΗΓΗ: : 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS]	42
ΕΙΚ. 3.29 RUBUS FRUITICOUS (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), JASMINUM NODIFLORUM (ΜΕΣΗ), ROSA CANINA (ΔΕΞΙΑ)) [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS]	42
ΕΙΚ. 3.30 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΚΗΠΟΥΣ [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS].....	43
ΕΙΚ. 3.31 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ [ΠΗΓΗ: 8. OZGER BURHAN TIMUR & ELIF KARACA. VERTICAL GARDENS]	44
ΕΙΚ. 3.32 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΨΥΞΗ ΣΕ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ (ΜΕΣ.) .ΚΑΙ ΕΥΚΡΑΤΟ (ΕΥΚΡ.) ΚΛΙΜΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ. ΟΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΙΝΑΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΛΛΑΝΔΙΚΗ ΕΘΝΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΠΧ GWP(100 YEARS) KG CO ₂ . [ΠΗΓΗ: (PERINI, ΟΤΤΕΛΕ ΚΑΙ HAAS, VERTICAL GREENING SYSTEMS, A PROCESS TREE FOR GREEN FACADES)].....	45

ΕΙΚ. 3.33 ΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΗΠΩΝ (ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΙ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ), ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΚΑΙ ΕΥΚΡΑΤΟ ΚΛΙΜΑ ([ΠΗΓΗ: (PERINI, OTTELE ΚΑΙ HAAS, VERTICAL GREENING SYSTEMS, A PROCESS TREE FOR GREEN FAÇADES)]	46
ΕΙΚ. 3.34 ΔΕΝΤΡΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΚΗΠΟΥ [ΠΗΓΗ: (PERINI, OTTELE ΚΑΙ HAAS, VERTICAL GREENING SYSTEMS, A PROCESS TREE FOR GREEN FAÇADES)]	47
ΕΙΚ. 3.35 ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΥΡΙΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΚΑΙ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ [ΠΗΓΗ: (PERINI, OTTELE ΚΑΙ HAAS, VERTICAL GREENING SYSTEMS, A PROCESS TREE FOR GREEN FAÇADES)]	48
ΕΙΚ. 4.1 ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ, ΕΠΙΣΗΜΑΣΜΕΝΟ ΤΟ ΝΕΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΟΥ ΘΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΘΕΙ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENVI-MET 3.1 [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, GOOGLE EARTH].....	50
ΕΙΚ. 4.2 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΑ ΜΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΩΗΝ ΡΑΛΛΕΙΟΣ ΣΧΟΛΗΣ [ΠΗΓΗ: HTTP://WWW.TOVIMA.GR/]	52
ΕΙΚ. 5.1 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ]	57
ΕΙΚ. 5.2 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET].....	58
ΕΙΚ. 5.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ].....	59
ΕΙΚ. 5.4 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ].....	60
ΕΙΚ. 5.5 ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ CF. (CONFIGURATION FILE [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET])	61
ΕΙΚ. 5.6 ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΠΟΔΟΧΕΩΝ Σ R1,R2,R3,R4 ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET]	62
ΕΙΚ. 5.7 ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΙΟΥΝΙΟΥ 2015 ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ [ΠΗΓΗ: WWW.METEO.GR].....	64
ΕΙΚ. 5.8 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ 19.7.2015 [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET].....	65
ΕΙΚ. 5.9 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑ ΤΙΣ 15.00 [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	66
ΕΙΚ. 5.10 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΙΣ 15:00 [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO].....	67
ΕΙΚ. 5.11 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΙΣ 15.00 [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	67
ΕΙΚ. 5.12 ΓΡΑΦΗΜΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΠΛΕΥΡΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	68
ΕΙΚ. 5.13 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΠΛΕΥΡΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	69
ΕΙΚ. 5.14 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΠΛΕΥΡΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL].....	69
ΕΙΚ. 5.15 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET].....	70
ΕΙΚ. 5.16 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΕΙΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΨΗ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	71
ΕΙΚ. 5.17 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	72
ΕΙΚ. 5.18 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO].....	72
ΕΙΚ. 5.19 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	73
ΕΙΚ. 5.20 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	73
ΕΙΚ. 5.21 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	74

ΕΙΚ. 5.22 ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΣΕ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET]	75
ΕΙΚ. 5.23 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΕΙΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΙΣ ΝΟΤΙΕΣ ΟΦΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET]	76
ΕΙΚ. 5.24 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΙΣ ΝΟΤΙΕΣ ΟΦΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET]	77
ΕΙΚ. 5.25 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΙΣ ΝΟΤΙΕΣ ΟΦΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET]	77
ΕΙΚ. 5.26 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	78
ΕΙΚ. 5.27 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	78
ΕΙΚ. 5.28 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	79
ΕΙΚ. 5.29 ΤΡΙΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΣΕ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET]	80
ΕΙΚ. 5.30 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΟΦΕΙΣ ΕΚΤΟΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	81
ΕΙΚ. 5.31 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΟΦΕΙΣ ΕΚΤΟΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	82
ΕΙΚ. 5.32 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΟΦΕΙΣ ΕΚΤΟΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	82
ΕΙΚ. 5.33 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	83
ΕΙΚ. 5.34 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	83
ΕΙΚ. 5.35 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	84
ΕΙΚ. 5.36 ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΓΙΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ENVI-MET]	85
ΕΙΚ. 5.37 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	86
ΕΙΚ. 5.38 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	87
ΕΙΚ. 5.39 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, LEONARDO]	87
ΕΙΚ. 5.40 ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	88
ΕΙΚ. 5.41 ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΕΔΙΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	88
ΕΙΚ. 5.42 ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	89
ΕΙΚ. 5.43 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ 4 th ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ, ΓΙΑ ΤΙΣ 3:00ΜΜ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΡΟΜΟΥΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	89
ΕΙΚ. 5.44 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ. [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	90
ΕΙΚ. 5.45 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΥΣ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΤΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ. [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	90
ΕΙΚ. 5.46 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ. [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	91
ΕΙΚ. 5.47 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΡΕΤ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ. [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	92
ΕΙΚ. 5.48 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ CP ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ. [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	93
ΕΙΚ. 5.49 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ DI ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ. [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	93
ΕΙΚ. 6.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΚΗΠΟΥΣ ΣΤΟ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΑΡΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ [ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, EXCEL]	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η εξέλιξη της αστικοποίησης σε σχέση με το περιβάλλον

Η δημιουργία των πόλεων από την αρχαιότητα σηματοδότησε το θρίαμβο της ανθρωπότητας πάνω στην μεταβαλλόμενη και σκληρή φύση. Όταν οι οικισμοί ήταν μικροί, η φύση βρισκόταν σε κοντινή απόσταση, επιτρέποντας στους ανθρώπους να διατηρούν συχνές επαφές με αυτήν. Καθώς οι οικισμοί μεγάλωναν, η φύση γινόταν όλο και πιο περιθωριοποιημένη και έτσι εν γένει πιο ανεπαρκής, πιο μακρινή και συχνά πιο παραμελημένη ή υποβαθμισμένη. Ορισμένοι κάτοικοι των πόλεων άρχισαν να χάνουν, συνειδητά αλλά και υποσυνείδητα, την έμφυτη σχέση τους με τη φύση. Προσπάθησαν λοιπόν να βρουν παρηγοριά σε κατασκευασμένους φυσικούς θύλακες στις πόλεις.

Υποκατάστατα της φύσης καθιερώθηκαν με τη μορφή των κήπων. Αρχικά με μια χρηστική διάθεση, τα φυτά που φέρουν εδώδιμους καρπούς εξημερώθηκαν και καλλιεργήθηκαν. Η καθολική ανθρώπινη προτίμηση για αισθητικά αντικείμενα σύντομα προκάλεσε την υιοθέτηση των καλλωπιστικών φυτών. Δέντρα με μεγάλα και πυκνά φυλλώματα καλλιεργήθηκαν για σκίαση από τον καυτό ήλιο και τη θωράκιση περιοχών από τις επιδράσεις του αέρα.

Αρχικά, οι κήποι άνηκαν κυρίως στον ιδιωτικό τομέα σε ιδιοκτήτες που είχαν την διάθεση να τους δημιουργήσουν και να τους συντηρήσουν. Οι ευγενείς και η αριστοκρατία τους καθιέρωσαν για προσωπική ικανοποίηση και ως σύμβολα του πλούτου και της εξουσίας. Κάποιοι διατηρούσαν περιοχές σε άγρια ή ημιάγρια κατάσταση για να μπορούν να κυνηγούν. Οι απλοί άνθρωποι δεν είχαν πρόσβαση σε τέτοια ιδιωτικά μέρη. Η συνεχιζόμενη επέκταση των πόλεων απορρόφησε τελικά αρκετές τέτοιες εκτάσεις εντάσσοντας τις στον αστικό ιστό.

Η Βιομηχανική Επανάσταση έφερε τα εργοστάσια και τους εργάτες στις πόλεις, μαζί με την φτώχεια, τη χαμηλή ποιότητα στέγασης, την εκτενή και πυκνή δόμηση, τις κακές συνθήκες υγιεινής και υγείας καθώς και υποβαθμισμένες και περιβαλλοντικές συνθήκες διαβίωσης. Απαντώντας στην εξαθλίωση, οι άνθρωποι συνέρρεαν στους πενιχρούς ανοικτούς και πράσινους χώρους, προσβάσιμους στο κοινό, που συχνά συνδέονταν με θρησκευτικούς και δημόσιους οργανισμούς. Οι κυβερνήσεις τελικά εκλήθησαν να ικανοποιήσουν τέτοια αιτήματα για πράσινο εισάγοντας το θεσμό των αστικών πάρκων, που ξεκίνησε το δέκατο ένατο αιώνα στη Βρετανία. Ορισμένες ιδιωτικές εκτάσεις πρασίνου αποκτήθηκαν από τις δημοτικές αρχές και άνοιξαν για το κοινό. Η τολμηρή καινοτομία αυτή σύντομα υιοθετήθηκε από άλλες χώρες για να γίνει μια υποχρεωτική και καθολική πρακτική.

Το έτος 2010 είναι μία αξιοσημείωτη χρονιά ορόσημο στην ιστορία του ανθρώπου και της αστικοποίησης, με το ήμισυ του 7 δισεκατομμυρίων πληθυσμού να ζει πλέον σε πόλεις. Η αύξηση του πληθυσμού και η δημιουργία μεγάλων πόλεων στις πρόσφατες δεκαετίες σημειώθηκε κυρίως στις

λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές. Οι περισσότερες από τις μεγαλουπόλεις των εκατομμυρίων κατοίκων και των δεκάδων εκατομμυρίων σε πληθυσμό βρίσκονται τώρα σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των πόλεων στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες, ιδιαίτερα σε εκείνες με μακρά ιστορία ανάπτυξης, τείνουν να είναι συμπαγείς με πάρα πολύ πυκνή αστική μορφή, με τα περισσότερα εδάφη τους σφετερισμένα από τα κτίρια και δρόμους, με μόνο τα μικρά διάκενα που εναπόμειναν για πράσινο, με αποτέλεσμα τη σοβαρή ανεπάρκεια σε δημόσιους ανοιχτούς χώρους. Οι αστικές αναμορφώσεις, οι νέες αστικές περιοχές και οι νέες πόλεις ήταν μερικές φορές χτισμένες με βιασύνη και με μικρή συσχέτιση με την ποιότητα του περιβάλλοντος. Η ανάγκη για αραίωση των πυκνό-κατοικημένων περιοχών με χώρους πρασίνου συχνά αγνοήθηκε. Ευκαιρίες για τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής για τα εκατομμύρια των αστών θα μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές στο πνεύμα της αειφόρου και έξυπνης ανάπτυξης. Η αστική δενδροφύτευση προσφέρει έναν βιώσιμο τρόπο για να προστατευτούν οι πόλεις από την κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα οι κατοικημένες περιοχές υψηλής πυκνότητας. Επίσης συμβάλει στην αντιστάθμιση και την παγίδευση του άνθρακα..

Όμοια με την γενική παγκόσμια πορεία της αστικοποίησης, η Ελλάδα έχει καταλήξει σε παρόμοιο περιβαλλοντικό τέλμα. Οι μεγάλες ελληνικές πόλεις είναι πυκνό-δομημένες με φειδωλούς χώρους πρασίνου, απομακρυσμένες από τη φύση, πληττόμενες από τη διπλή μάστιγα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, ενισχυόμενη από το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Η περιβαλλοντική και η οικονομική κρίση περιορίζουν ακόμα περισσότερο το μέγεθος των επεμβάσεων που μπορούν να ληφθούν, γι' αυτό είναι σημαντικό να υπάρξει πολύ καλύτερος και πιο αποτελεσματικός σχεδιασμός από ότι πριν την οικονομική κρίση [5].

1.2 Επανασύνδεση των πόλεων με το περιβάλλον

Η επανασύνδεση των πόλεων με το περιβάλλον μπορεί να χωριστεί σε τρία βασικά βήματα :

Στην **Εφαρμογή των αστικών οικολογικών αρχών** στον αστικό σχεδιασμό του πρασίνου, στη γεωμετρία των πράσινων χώρων, στον εμπλουτισμό της αστικής βιοποικιλότητας και στην ολική αξιολόγηση των οφελών της δημιουργίας πράσινου.

Στην **Προστασία της φύσης στις πόλεις** που περιλαμβάνει την προστασία του υπάρχοντος πρασίνου στη συλλογή εξαιρετικών δέντρων για μεταφύτευση και την έγκαιρη φροντίδα των δέντρων.

Στην **καλλιέργεια των ευκαιριών για δημιουργία πράσινου** όπως η φύτευση των στενών δρόμων, η βελτίωση άγονων περιοχών του εδάφους καθώς και την εισαγωγή πρασίνου σε πυκνοδομημένες περιοχές [5]. Λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική κρίση που περνάει η Ελλάδα και την ύφεση της οικοδομική δραστηριότητα, άρα και την παύση της εξάπλωσης του αστικού ιστού, γίνεται προφανές ότι κάποια από τα παραπάνω βήματα είναι σήμερα πιο εύκολο να πραγματοποιηθούν από ότι παλαιότερα.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η οικοδομική άνθιση τις δεκαετίες του 1970-2000 που έγινε δίχως περιβαλλοντικό σχεδιασμό έχει αφήσει τα κέντρα των πόλεων σχεδόν ορφανά από χώρους πρασίνου και με ελάχιστους δημόσιους χώρους που μπορούν να φυτευτούν.

Αυτή η έλλειψη πόρων οικονομικών και χωρικών απαιτούν την καλύτερη συσχέτιση ιδιωτικών και δημοσίων κεφαλαίων με το μέγιστο δυνατό περιβαλλοντικό αντίκτυπο.



Εικ. 1.1 Δυναμική επανασύνδεσης από άνω (Κυβερνήσεις, Νομαρχίες,) προς τα κάτω (Απλοί Πολίτες) και αντίστροφα. [Πηγή: Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls]

Όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα, η επανασύνδεση με το περιβάλλον μέσω της δημιουργίας μεγάλων χώρων πρασίνου (πχ πάρκα ή υποδομές μεγαλύτερου μεγέθους) έχει υψηλό κόστος σε πόρους, απαιτεί υψηλό γενικευμένο συντονισμό σε επίπεδο περιοχής και λίγα πράγματα μπορούν να γίνουν σε τοπικό επίπεδο.

Αντίθετα η δημιουργία κήπων έχει χαμηλή δυναμική στο γενικευμένο συντονισμό της περιοχής, απαιτεί λίγους πόρους, πάντα σε σχέση με τα

πιο πάνω μεγέθη, και εναπόκειται κυρίως στην τοπική κοινότητα και την ιδιωτική πρωτοβουλία για την δημιουργία τέτοιων χώρων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα φυτεμένα δώματα και οι φυτεμένοι τοίχοι- οι κατακόρυφοι κήποι ή ζωντανοί τοίχοι. Παρατηρώντας το προηγούμενο σχήμα (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**) βλέπουμε ότι απαιτούν λιγότερο γενικό συντονισμό της περιοχής από την δημιουργία ενός πάρκου, απαιτούν μια μέτρια επένδυση σε πόρους και η τοπική δράση παίζει σημαντικό ρόλο. Το ενδιαφέρον σημείο είναι ότι μόνο εκεί συνδυάζεται η τοπική δράση με τον γενικό συντονισμό της περιοχής με ένα μέτριο κόστος, πράγμα που ταιριάζει στις ανάγκες της Ελληνικής πραγματικότητας. [5],[10]

1.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίου- μικροκλίματος

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 ως νέα τάση του αστικού σχεδιασμού, με αναφορές στο μικροκλίμα ενός χώρου. Με τον όρο βιοκλιματικός σχεδιασμός νοείται ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών που επιδιώκει την προσαρμογή τους στο τοπικό κλίμα και στο φυσικό περιβάλλον προστατεύοντας ταυτόχρονα ευαίσθητες περιοχές με σπάνια οικοσυστήματα. Στοχεύει σε μια συμβίωση του κτιρίου με το περιβάλλον μέσω της ελαχιστοποίησης των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επιτυγχάνεται έτσι περιορισμός στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας, η οποία εν τέλει χρησιμοποιείται μόνο ως συμπλήρωμα σε όσα η φύση έχει ήδη προσφέρει στα κτίρια μέσω του μικροκλίματος της περιοχής.

Το μικροκλίμα, το μεσόκλιμα και το μακρόκλιμα καθορίζουν το φωτισμό, τον αερισμό, το σχεδιασμό και την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Συγκεκριμένα, το μακρόκλιμα είναι μορφοποιημένο από τις μέσες καιρικές συνθήκες που επικρατούν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Το μεσόκλιμα χαρακτηρίζεται από την επίδραση της τοπογραφίας, της βλάστησης και της φύσης της περιοχής. Τέλος, το μικροκλίμα είναι δημιούργημα της ανθρώπινης επέμβασης, η οποία αλλάζει άμεσα το δομημένο περιβάλλον.

Οι βασικές αρχές που πρέπει να εφαρμόζονται στα κτίρια είναι οι ακόλουθες:

- Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.

- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό τους όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του προσανατολισμού των χώρων, και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος), και την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες καθώς και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού.

- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.

- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο, με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον, με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός, αλλά κυρίως τις νυχτερινές ώρες.

- Βελτίωση - ρύθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα στους χώρους έτσι ώστε οι άνθρωποι να νιώθουν άνετα και ευχάριστα.

- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για το φυσικό φωτισμό των κτιρίων, ο οποίος θα πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.

- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια με τον κατάλληλο σχεδιασμό των χώρων γύρω και έξω από τα κτίρια ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.

1.4 Θερμική άνεση

Ένα κριτήριο του μικροκλίματος αποτελεί η θερμική άνεση, είτε αναφερόμαστε σε έναν εσωτερικό χώρο, είτε σε έναν εξωτερικό χώρο.

Ένα θερμικά μη-άνετο περιβάλλον αποτελεί ένα τεράστιο αντί-κίνητρο για τους ανθρώπους και γι' αυτό ο άνθρωπος πάντα προσπαθεί να διαμορφώνει ή να παραμένει σε ένα θερμικά άνετο περιβάλλον. Από τους παραδοσιακούς τρόπους δόμησης των κτιρίων σε όλον τον κόσμο από τα αρχαία χρόνια έως τώρα, είναι φανερό ότι σχεδόν πάντα επιδιωκόταν η διαμόρφωση ενός θερμικά άνετου περιβάλλοντος, γι' αυτό και αποτελεί μια από της πλέον σημαντικές παραμέτρους στο σχεδιασμό των κτιρίων.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για τον ορισμό της θερμικής άνεσης ως έννοια: η πρώτη είναι η φυσιολογική, η δεύτερη είναι η θερμοφυσιολογική και η τρίτη αυτή που βασίζεται στο ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος.

Η πρώτη προσέγγιση σύμφωνα με το πώς καθορίζεται από τα πρότυπα ISO 7730 και ASHRAE 55-92, ορίζεται ως θερμική άνεση για ένα άτομο «η κατάσταση του εγκεφάλου που εκδηλώνει ικανοποίηση σε σχέση με το θερμικό περιβάλλον». Ο προφανής υποκειμενισμός αυτού του ορισμού αντανακλά μια ευρύτερη διακύμανση της ατομικής θερμικής άνεσης. [13]

Η δεύτερη προσέγγιση της θερμοφυσιολογικής άνεσης βασίζεται στην ενεργοποίηση των θερμικών αισθητήρων στο δέρμα και τον υποθάλαμο και ορίζεται ως ο ελάχιστος ρυθμός των νευρικών σημάτων που εκπέμπονται από αυτούς.

Τέλος, η τρίτη προσέγγιση, που βασίζεται στον ενεργειακό ορισμό, ορίζει τη θερμική άνεση ως την κατάσταση που επιτυγχάνεται όταν η θερμότητα που ρέει από και προς το ανθρώπινο σώμα είναι ισοσταθμισμένη, ενώ η θερμοκρασία του δέρματος και ο ρυθμός εφίδρωσης κυμαίνονται μέσα σε μια κλίμακα άνεσης που εξαρτάται από το μεταβολισμό.

1.4.1 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Τους **περιβαλλοντικούς**, όπως είναι η θερμοκρασία του αέρα, η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία των επιφανειών, η ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα του αέρα και η υγρασία.
- Τους **οργανικούς**, όπως το φύλο, η ηλικία και τα φυλετικά χαρακτηριστικά των ενοίκων.[2]
- Τους **προσωπικούς**, όπως το επίπεδο δραστηριότητας (σε σχέση με το μεταβολισμό), το είδος και ο βαθμός ένδυσης. [14]
-

Οι **σημαντικοί παράγοντες** από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση είναι:

1.4.1.1 Η θερμοκρασία του αέρα

Θερμοκρασία αέρα είναι «η θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα που περιβάλλει τους χρήστες ενός χώρου» [2]. Η θερμοκρασία ξηρού βολβού είναι σημαντική για τη ρύθμιση της άνεσης, ειδικά σε συνθήκες κρύου και σχετικής υγρασίας μεταξύ 40-60%. Η θερμοκρασία του αέρα μπορεί να μετρηθεί με ένα απλό θερμόμετρο ξηρού βολβού και αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους της θερμικής άνεσης, δημιουργώντας την αίσθηση της «ζέστης» ή του «κρύου» σε ένα συγκεκριμένο εσωτερικό χώρο. Άλλωστε, το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που αποβάλλεται από το ανθρώπινο σώμα, μεταφέρεται στο περιβάλλον ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί σε αυτό.

1.4.1.2 Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (T_{mrt})

Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία σχετίζεται άμεσα με τον άνθρωπο, τη θέση και τον προσανατολισμό του στο χώρο, αλλά και τη στάση του σώματός του. Έτσι, η T_{mrt} μπορεί να διαφέρει ανάμεσα σε έναν άνθρωπο που στέκεται όρθιος και σε κάποιον άλλο που κάθεται σε ένα δεδομένο σημείο του χώρου. Για τον προσδιορισμό της χρησιμοποιούνται η θερμοκρασία μαύρης σφαίρας, T_g ($^{\circ}\text{C}$), η θερμοκρασία αέρα, T_{air} ($^{\circ}\text{C}$), και η ταχύτητα του αέρα, V_{air} (m/s). Η εξίσωση για τον υπολογισμό της είναι [1]:

$$T_{mrt} = \left((T_g + 273.15)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 V_{air}^{0.6}}{\varepsilon \times D^{0.4}} \times (T_g - T_{air}) \right)^{0.25} - 273.15$$

όπου: D = η διάμετρος της σφαίρας (mm)

ε = η εκπεμπτικότητα της σφαίρας

Γενικά, για να αισθάνεται κάποιος θερμικά άνετα σε ένα χώρο, θα πρέπει η διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία του αέρα και των περιβαλλουσών επιφανειών να μην ξεπερνά τους 3-4 $^{\circ}\text{C}$, ανάλογα με τη θέση και το μέγεθος των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο αυτό, καθώς και την ικανότητα εκπομπής θερμότητας.

1.4.1.3 Η σχετική υγρασία

Η υγρασία καθορίζει την ικανότητα αποθήκευσης υδρατμών από τον αέρα. Η χαμηλή σχετική υγρασία του αέρα ενισχύει την αποβολή νερού από το ανθρώπινο σώμα (υπό τη μορφή ιδρώτα που εξατμίζεται), προκαλώντας έτσι μια αίσθηση δροσισμού. Το αντίθετο αποτέλεσμα έχει η υψηλή υγρασία, η οποία παρεμποδίζει την εξάτμιση του ιδρώτα, δηλαδή την αποβολή θερμότητας, που είναι και ο μόνος τρόπος διατήρησης του θερμικού ισοζυγίου σε υψηλές θερμοκρασίες. Η σχετική υγρασία δεν έχει νόημα ως χωριστός περιβαλλοντικός δείκτης χωρίς τη γνώση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού. Γενικά, η σχετική υγρασία σε ένα εσωτερικό χώρο πρέπει να κυμαίνεται ανάμεσα στο 30-70%. Τιμή μικρότερη του 30% προκαλεί ξηρότητα των βλεννογόνων του λαιμού, ακόμη και προβλήματα στην όραση, ενώ σχετική υγρασία μεγαλύτερη του 70% μπορεί να προκαλέσει το σχηματισμό μούχλας στο χώρο.

1.4.1.4 Η ταχύτητα του αέρα

Η κίνηση του αέρα γύρω από το ανθρώπινο σώμα μπορεί να επηρεάσει το αίσθημα της θερμικής άνεσης, καθορίζοντας αφενός την ανταλλαγή της θερμότητας, με μεταφορά (συναγωγή), ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον, και αφετέρου την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς. Έτσι η απώλεια θερμότητας με συναγωγή από το ανθρώπινο σώμα, εξαρτάται από την ένταση του αέρα και τη θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στο δέρμα και το περιβάλλον.

Όταν λοιπόν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, η δημιουργία ρεύματος προκαλεί την αίσθηση του ψύχους και δημιουργεί δυσφορία στους ενοίκους. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, βελτιώνει την αίσθηση του δροσισμού, εξουδετερώνοντας ως ένα βαθμό την αρνητική επίδραση της τυχούσας υψηλής υγρασίας.

Ο βαθμός πάντως στον οποίο αισθάνεται κάποιος τη κίνηση του αέρα εξαρτάται επιπλέον από το είδος της ενδυμασίας, το είδος της απασχόλησης, ακόμη και από το μέρος του σώματος στο οποίο δέχεται το ρεύμα αέρα. Για παράδειγμα, όταν ένας άνθρωπος δέχεται ρεύμα αέρα στην πλάτη, αισθάνεται συνήθως δυσφορία, διότι στο πίσω μέρος του σώματος η αίσθηση της μεταβολής της θερμοκρασίας είναι εντονότερη.

Ειδικά κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ο φυσικός αερισμός μπορεί να αυξήσει την ταχύτητα του αέρα έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη του αισθήματος της θερμικής άνεσης σε υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Με μια υψηλή ταχύτητα αέρα λοιπόν είναι δυνατό να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία ενός χώρου κατά 2 °C υψηλότερη, σε μια υγρασία γύρω στο 60%, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα τη βέλτιστη θερμική άνεση. Αυτό σημαίνει ότι οι ένοικοι μπορούν να αισθάνονται εξίσου άνετα σε υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα.

1.4.1.5 Η ένδυση

Η ένδυση λειτουργεί ως ένα είδος θερμικής αντίστασης στην αποβολή θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η μονάδα της θερμικής αυτής αντίστασης ονομάζεται clo και χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη θερμική μόνωση που παρέχουν τα ενδύματα και τα σύνολα ρουχισμού, και ισοδυναμεί με 0.115m²/K Watt. Η ένδυση αποτελεί μια από τις παραμέτρους που εύκολα μπορεί να ρυθμίσει ο κάθε άνθρωπος προκειμένου να αισθανθεί θερμικά άνετα, χωρίς να καταναλωθεί κάποια μορφή ενέργειας. Σε πρώτο λοιπόν στάδιο είναι σαφώς προτιμότερο να προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε το αίσθημα της άνεσης αφαιρώντας κάποια περιττά ρούχα το καλοκαίρι ή προσθέτοντας κάποια το χειμώνα, παρά να μεταβάλλουμε απευθείας το επίπεδο της θερμοκρασίας του αέρα με τον κλιματισμό ή τη θέρμανση αντίστοιχα. [2]

1.4.1.6 Ο μεταβολισμός

Ο μεταβολισμός είναι το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο ανθρώπινο σώμα. Επειδή η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντα χώρου, οι αντιδράσεις του μεταβολισμού πραγματοποιούνται προκειμένου να αντισταθμίσουν τις απώλειες προς το περιβάλλον. Στόχος είναι να διατηρηθεί το σώμα σε μια εσωτερική θερμοκρασία γύρω στους 37 ± 0.5 °C. Έτσι η θερμότητα που παράγει ένας μέσος ενήλικας την ώρα ανάπαυσης είναι, περίπου 100W. Επειδή το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής μεταφέρεται στο περιβάλλον μέσω της επιφάνειας του δέρματος, έχει επικρατήσει να εκφράζεται ο μεταβολισμός σε μονάδες θερμότητας προς μονάδες συνολικής επιφάνειας ανθρώπινου σώματος. Εάν λοιπόν θεωρήσουμε ότι ένας μέσος άνθρωπος έχει εμβαδόν επιφάνειας σώματος περίπου 1.8 m^2 , τότε ο μεταβολισμός του την ώρα που αναπαύεται ισοδυναμεί με 58.2 W/m^2 ή $50 \text{ kcal/(h}\cdot\text{m}^2)$ ή διαφορετικά ισούται με 1 met .[2]

Ο μεταβολισμός σχετίζεται άμεσα με την ηλικία, το φύλο και το βάρος του σώματος. Ο βασικός παράγοντας όμως από τον οποίο εξαρτάται είναι το επίπεδο της δραστηριότητας. Έτσι, η θερμότητα που παράγει το ανθρώπινο σώμα αυξάνεται ανάλογα με το βαθμό δραστηριότητας. Έχοντας ως βάση το 1 met, μπορούμε να πούμε πως ο μεταβολισμός ενός ανθρώπου την ώρα που δακτυλογραφεί ισούται με 1.1 met, όταν σηκώνει βαριά αντικείμενα είναι 2.1 met, όταν παίζει μπάσκετ ισούται με 6.5 met, κοκ.

Όταν υπολογίζεται ο μεταβολικός ρυθμός ενός ατόμου είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται μια μέση τιμή για τις δραστηριότητές του την τελευταία ώρα. Ο λόγος είναι ότι η θερμοχωρητικότητα του σώματος επηρεάζει τη ροή θερμότητας με βάση το επίπεδο δραστηριότητας της τελευταίας μίας ώρας. Σε κάθε περίπτωση οι δραστηριότητες των τελευταίων 15 min έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα. [4]

1.4.1.7 Η τοπική θερμική δυσφορία

Ακόμα και αν ένα άτομο αισθάνεται θερμικά ουδέτερα, μέρη του σώματός του μπορεί να εκτίθενται σε συνθήκες που έχουν ως αποτέλεσμα τη θερμική δυσφορία. Η τοπική θερμική δυσφορία δεν μπορεί να αναιρεθεί αυξάνοντας ή χαμηλώνοντας τη θερμοκρασία του χώρου. Είναι αναγκαίο να αναιρεθεί η αιτία της υπερθέρμανσης ή ψύξης. Μόνον όταν οι τοπικές και οι γενικές παράμετροι της θερμικής άνεσης έχουν διερευνηθεί μπορεί να κριθεί η ποιότητα του θερμικού περιβάλλοντος. [4]

1.4.2 Δείκτες θερμικής άνεσης

Είναι φανερό ότι η απόκριση σε ζεστό ή κρύο περιβάλλον εξαρτάται κυρίως από τη συνδυασμένη επίδραση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας του ανέμου, και επιπρόσθετα από τον τύπο του ντυσίματος και τη δραστηριότητα. Η γνώση του τρόπου που οι διάφορες μεταβλητές επηρεάζουν τη θερμική άνεση έχει χρησιμοποιηθεί για να μορφοποιηθούν θερμικοί δείκτες και θερμικές κλίμακες που υποδεικνύουν τις επιδράσεις των συνδυασμών των διαφόρων μεταβλητών στην άνεση.

Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για να συνδυασθούν όλοι αυτοί οι παράγοντες σε ένα μόνο δείκτη ούτως ώστε να ορισθεί το επίπεδο της θερμικής άνεσης και να αποτελεί μια μέτρηση γύρω από την ποιότητα του περιβάλλοντος. Διάφοροι δείκτες έχουν αναπτυχθεί, οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την προσέγγιση του προβλήματος, την περιοχή των συνθηκών εφαρμογής, το ενδιαφέρον που αποδίδεται σε καθέναν από τους παράγοντες και τις προσεγγιστικές εκφράσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ανταλλαγών θερμότητας. [14]

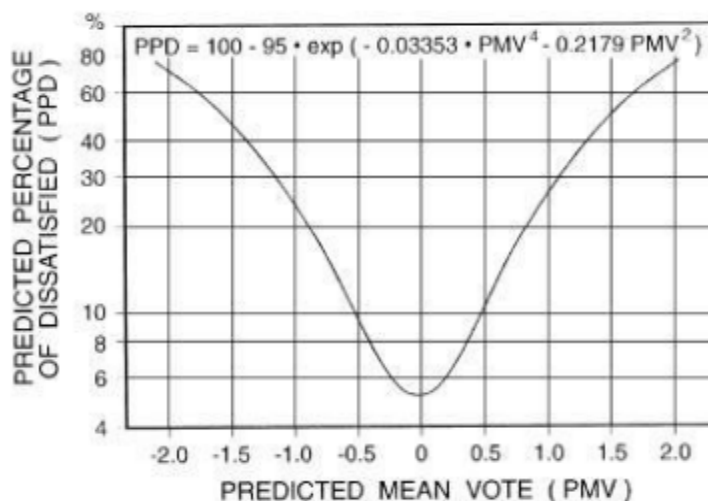
1.4.2.1 Δείκτης της προβλεπόμενης μέσης ψήφου (PMV) & Δείκτης προβλεπόμενου ποσοστού ανικανοποίητων ατόμων (PPD)

Ένας από τους πλέον διαδεδομένους θερμικούς δείκτες είναι ο δείκτης της προβλεπόμενης μέσης ψήφου PMV (Predicted Mean Vote), που προσδιορίζει την υποκειμενική θερμική αίσθηση για οποιονδήποτε συνδυασμό δραστηριότητας, ένδυσης και τεσσάρων θερμικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, σε κλίμακα 7 σημείων, από πολύ κρύα αίσθηση σε πολύ θερμή με τιμές από -3 ως +3 αντίστοιχα (Εικ. 1.2). Ο δείκτης PMV υπολογίζεται από την εξίσωση άνεσης η οποία βασίζεται στο θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και σε στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων πειράματος σε ειδικούς κλιματιζόμενους θαλάμους (τιμές θερμοκρασίας δέρματος και ρυθμού εφίδρωσης, εκφρασμένες ως συναρτήσεις του ρυθμού μεταβολισμού). [11]

Τιμές Δείκτη PMV	Αίσθηση Θερμότητας
3	Πολύ Θερμό
2	Θερμό
1	Ελαφρώς Θερμό
0	Ουδέτερο
-1	Ελαφρώς Ψυχρό
-2	Ψυχρό

Εικ. 1.2 Πίνακας του εύρους τιμών δείκτη της αναμενόμενης μέσης αποδοχής (PMV). [Πηγή: 15. Γ. Μουντρίτσας. Συμβολή της φυτοκάλυψης στο μικροκλίμα κτιριακών συγκροτημάτων στο αστικό ιστό.]

Εκτός από τον δείκτη PMV, προτάθηκε και ο δείκτης PPD, που εκφράζει το προβλεπόμενο ποσοστό ανικανοποίητων ατόμων σε συγκεκριμένες θερμικές συνθήκες. Ο δείκτης PPD εξαρτάται από την τιμή του δείκτη PMV και μειώνεται όσο ο PMV τείνει στο 0, δηλαδή στη θερμική ουδετερότητα, όμως δεν φτάνει ποτέ κάτω από 5%, καθώς είναι αδύνατο να ικανοποιηθεί πλήρως ένα μεγάλο πλήθος ανθρώπων που βρίσκονται στο ίδιο θερμικό περιβάλλον. Η σχέση των δύο δεικτών φαίνεται στο Γράφημα (Εικ. 1.3)



Εικ. 1.3 Γράφημα σχέσης PPD – PMV. [Πηγή: http://bluwiki.com/go/Keep_Cool. 2013]

Ο ορισμός του Fanger, ο οποίος βασίζεται σε ένα θερμικό ισοζύγιο για ένα επίπεδο άνεσης της θερμοκρασίας του δέρματος και του ρυθμού εφίδρωσης, μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για συνθήκες μόνιμης κατάστασης. Το ίδιο ισχύει για όλα τα μοντέλα ενεργειακού ισοζυγίου μόνιμης κατάστασης για το ανθρώπινο σώμα. Τα μοντέλα αυτά τείνουν να υπερεκτιμήσουν την δυσαρέσκεια και κανένα από αυτά δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε εξωτερικούς χώρους.

1.4.2.2 Φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία PET (Physiological equivalent temperature)

Η φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία PET είναι ένας δείκτης θερμικής έντασης, ο οποίος περιγράφει το θερμικό περιβάλλον με βάση τη φυσιολογία του ανθρώπινου σώματος. Ο δείκτης PET ανήκει στην κατηγορία δεικτών που εκφράζουν την αντικειμενική αντίδραση, την οποία προκαλούν οι συνθήκες του περιβάλλοντος στο ανθρώπινο σώμα, και καθορίζεται ως ενδεικτική θερμοκρασία σε κλίμακα βαθμών Κελσίου [3].

Η PET υπολογίζει την τελική κατάσταση του σώματος ως προς θερμοκρασίες, ροή θερμότητας και ρυθμό εφίδρωσης για οποιονδήποτε συνδυασμό κλιματικών συνθηκών, δραστηριότητας και ένδυσης, μέσω ενός συστήματος τριών εξισώσεων και συγκεκριμένου θερμο-φυσιολογικούς συλλογισμούς.

PMV	PET(°C)	Θερμική Αντίληψη	Βαθμός Φυσιολογικής Έντασης
-3,5	4	πολύ ψυχρή	ακραία ψυχρή ένταση
-2,5	8	ψυχρή	ισχυρή ψυχρή ένταση
-1,5	13	δροσερή	μέτρια ψυχρή ένταση
-0,5	18	ελαφρά δροσερή	ελαφριά ψυχρή ένταση
0,5	23	συνθήκες άνεσης	καμία θερμική ένταση
1,5	29	ελαφρά θέρμη	ελαφριά θερμή ένταση
2,5	35	θέρμη	μέτρια θερμή ένταση
3,5	41	ζέστη	ισχυρή θερμική ένταση
		πολύ ζέστη	ακραία θερμική ένταση

Εικ. 1.4 Εύρος των θερμικών δεικτών μέσης προβλεπόμενης ψήφου (PMV) και φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET) για διαφορετικούς βαθμούς θερμικής αντίληψης και φυσιολογικής έντασης αντίστοιχα, με σταθερό μεταβολισμό 80 W, και αντίσταση ένδυσης 0,9 clo. [Πηγή 15. Μουντρίχας Γ.. Συμβολή της φυτοκάλυψης στο μικροκλίμα κτιριακών συγκροτημάτων στο αστικό ιστό.]

Ένα εμπειρικό μοντέλο υπολογισμού της PET για μια περιοχή της Λισαβόνας, σύμφωνα με το οποίο η PET σχετίζεται με το συντελεστή θέασης του ουρανού (SVF), τη θερμοκρασία, T_{air} (°C), και την ταχύτητα αέρα, V (m/s), και δίνεται από τη σχέση: [17]

$$PET = -1.46184 + 1.07735 * T_{\text{air}} - 3.07473 * SVF - (2.77031 * \ln V + 1)$$

Η σχέση του δείκτη PET με τον δείκτη PMV, την αντίληψη των θερμικών συνθηκών και τη φυσιολογική ένταση που προκαλείται από το θερμικό περιβάλλον όπως παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα. (Εικ. 1.4)

1.4.2.3 Δείκτης Ισχύος Αποψύξεως (Cooling Power, CP)

Ο δείκτης ισχύος αποψύξεως (CP) εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος, το οποίο διατηρείται στη θερμοκρασία των 36.5 °C, όταν αυτό

Τιμές του δείκτη CP	Κατανομή τάξεων του δείκτη CP
$CP < 0.6$	Εξαιρετικά θερμό
$0.6 \leq CP < 2.7$	Πολύ θερμό
$2.7 \leq CP < 5.2$	Θερμό
$5.2 \leq CP < 6.5$	Ανεκτά θερμό
$6.5 \leq CP < 8.1$	Άνετο
$8.1 \leq CP < 10.5$	Ανεκτά Ψυχρό
$10.5 \leq CP < 15.6$	Ψυχρό
$15.6 \leq CP < 22.6$	Πολύ ψυχρό
$22.6 \leq CP < 30$	Εξαιρετικά ψυχρό
$30 \leq CP$	Παγετώδες

Εικ. 1.5 Γενικευμένη κλίμακα του δείκτη αποψύξεως CP. [Πηγή: 15. Μουντρίχας Γ.. Συμβολή της φυτοκάλυψης στο μικροκλίμα κτιριακών συγκροτημάτων στο αστικό ιστό.]

εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα. Με την παραπάνω μέθοδο υπολογίζονται τα απαγόμενα ποσά θερμότητας από τον ατμοσφαιρικό αέρα στη μονάδα του χρόνου και τη μονάδα επιφάνειας του σώματος (W/m^2). Δηλαδή ο δείκτης ισχύος αποψύξεως είναι το μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από το σώμα. Δίνεται από τη σχέση:

$$CP = (0.412 + 0.087 \cdot V) \cdot (36.5 - T_{\text{air}}) \quad \text{mcal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s}),$$

όπου T_{air} = η μέση θερμοκρασία αέρα σε °C και
 V = η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Στον Πίνακα (Εικ. 1.5) παρατίθεται η γενικευμένη κλίμακα του δείκτη CP που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των βιοκλιματικών συνθηκών του περιβάλλοντος. Η κατανομή αυτή είναι η καταλληλότερη για πειράματα που διεξάγονται σε περιορισμένο χώρο με μικρές θερμοκρασιακές αποκλίσεις. [15]

1.4.2.4 Δείκτης Δυσφορίας (Discomfort Index, DI)

Ο δείκτης δυσφορίας (DI) εκφράζει το βαθμό δυσφορίας του ανθρώπου λόγω των επιδράσεων των θερμοϋγρομετρικών συνθηκών. Ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$DI (\text{°C}) = T_a - 0.55(1 - 0.01RH) \cdot (T_a - 14.5)$$

όπου T_a = η μέση τιμή της θερμοκρασία αέρα σε °C και RH

RH = η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας (%).

Οι οριακές τιμές του δείκτη DI που συνδέονται με τις κατηγορίες αποτίμησης της δυσφορίας δίνονται στον πίνακα. (Εικ. 1.6) [15]

DI	Κατηγορίες Δυσφορίας
DI < 21	Δεν υπάρχει δυσφορία
21 ≤ DI < 24	Δυσφορεί ποσοστό 50% του πληθυσμού
24 ≤ DI < 27	Δυσφορεί ποσοστό >50% του πληθυσμού
27 ≤ DI < 29	Δυσφορεί το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού πληθυσμού
29 ≤ DI < 32	Ο καθένας αισθάνεται δυσφορία
DI ≥ 32	Κατάσταση αυξημένης ετοιμότητας στα νοσοκομεία

Εικ. 1.6 Κλίμακα εκτίμησης της δυσφορίας με βάση τις τιμές του δείκτη δυσφορίας. [Πηγή: 15. Μουντριχας Γ.. Συμβολή της φυτοκάλυψης στο μικροκλίμα κτιριακών συγκροτημάτων στο αστικό ιστό.

Στη Διπλωματική Εργασία αυτή θα ασχοληθούμε τους **κατακόρυφους κήπους** καθώς παρουσιάζουν μεγαλύτερη **δυναμική** σε σχέση με άλλες υποδομές, όπως τα **πάρκα**, οι **κήποι** ακόμα και τα φυτεμένα δώματα, αφού οι κατακόρυφοι κήποι είναι ορατοί από τη στάθμη του εδάφους, άρα έχουν και αισθητικό αποτέλεσμα. Κατά δεύτερον, οι όψεις των κτιρίων αποτελούν επιφάνειες με μικρό χρηστικό ενδιαφέρον πέρα του αισθητικού, αντίθετα από τις ταράτσες των κτιρίων που μπορούν να αξιοποιηθούν και με άλλες τεχνολογίες (πχ. φωτοβολταϊκά).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΚΗΠΟΙ

2.1 Οφέλη των κατακόρυφων κήπων στο αστικό περιβάλλον

Τα φυτά στις πόλεις μπορούν να προσφέρουν πολλά οφέλη, είτε ποσοτικά (πχ. με τη μορφή οικονομικών κερδών), είτε ποιοτικά με τη μορφή περιβαλλοντικής, κοινωνικής καθώς και αισθητικής αναβάθμισης της περιοχής. Παρότι αυτά τα οφέλη θα παρουσιαστούν, ξεχωριστά, είναι αδιαχώριστα και θα πρέπει να εκτιμώνται σε ένα οικοδομημένο περιβάλλον, όπως αυτό μιας πόλης.

2.1.1 Αισθητική αναβάθμιση του τοπίου

Η αρχιτεκτονική τοπίου, και ως εργαλείο της οι κατακόρυφοι κήποι, χρησιμοποιούνται συχνά για να αναβαθμιστεί αισθητικά μια αστική περιοχή. Η βλάστηση μπορεί να δημιουργήσει μια ευχάριστη αντίθεση και να ανακουφίσει τον αστό σε σχέση με το πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον. Επίσης δίνει στους κατοίκους ένα αίσθημα επαφής με τη φύση μέσα στις τσιμεντούπολεις του σήμερα. Εξάλλου, το φυσικό τοπίο προβάλλει στοιχεία φυσικής κλίμακας και κάλους που δρουν ως αισθητήρες-αναμεταδότες των εποχών στη στείρα από εποχιακές μεταβολές πόλη.



Εικ. 2.1 Μουσείο Quai Branly σχεδιασμένο από Patrick Blanc [Πηγή: <http://www.minus25.com>]



Εικ. 2.2 Πριν και μετά από την επέμβαση [Πηγή: <http://www.buzzfeed.com/>]

Επιπλέον οι κατακόρυφοι κήποι προσφέρουν κάλυψη σε δομικά στοιχεία των κτιρίων, αφού κρύβουν τους κενούς ή άσχημους τοίχους των κτιρίων. Η «απαλότητα» του πράσινου σε αντίθεση με τις σκληρές τσιμεντένιες επιφάνειες προσφέρει οπτική ανακούφιση σε σύγκριση με τους ξερούς τοίχους.

2.1.2 Κοινωνικά οφέλη

Τα φυτά μπορούν να έχουν διάφορες λειτουργίες. Για παράδειγμα να δημιουργούν χώρους για παιχνίδια, αθλήματα και αναψυχή, αποτελούν χώρους γνωριμίας, απομόνωσης και διαφυγής από την αστική ζωή, αισθητικής αναζωογόνησης, παρατήρησης των κτιρίων από απόσταση, κλπ. Έτσι οι κατακόρυφοι κήποι αποτελούν σημεία ενδιαφέροντος και συνάθροισης μέσα σε μια πόλη.

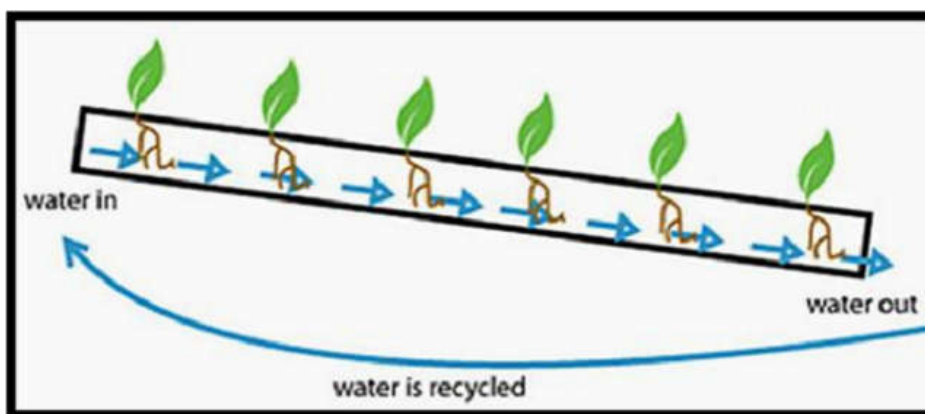
Η φύτευση μπορεί να παρέχει μια οπτική και απτή επαφή με τη φύση, γεγονός που επιδρά άμεσα στην υγεία. Τα φυτά έχουν ευεργετικές συνέπειες στη μείωση του στρες, βελτιώνουν την ταχύτητα ανάρρωσης των ασθενών και αυξάνουν το ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου.

Η παρουσία φυτών στο χώρο εργασίας όχι μόνο μειώνει το στρες, αλλά αυξάνει και την παραγωγικότητα των εργαζομένων. Συμμετέχοντες σε μελέτη από το πανεπιστήμιο του TEXAS A&M και το πανεπιστήμιο του Surrey επίσης ανέφεραν ότι ένιωθαν πιο εξυπηρετικοί όταν υπήρχαν φυτά στο χώρο. Συμμετέχοντες που δούλευαν σε ένα περιβάλλον με φυτά ήταν 12% πιο παραγωγικοί και λιγότερο αγχωμένοι από αυτούς που εργαζόνταν σε ένα στείρο από φυτά περιβάλλον.

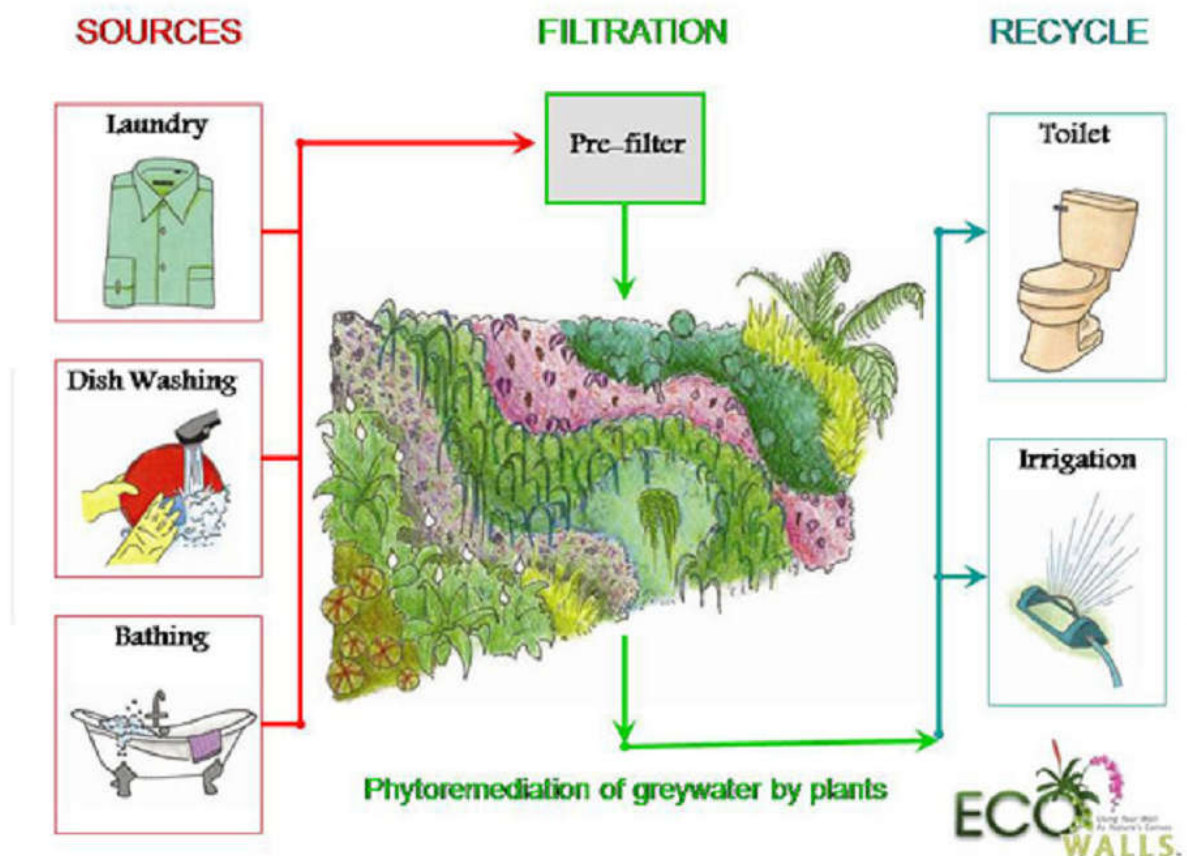
2.1.3 Περιβαλλοντικά οφέλη

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των κατακόρυφων κήπων είναι το πώς διαχειρίζονται το νερό. Καταρχάς το πότισμα είναι πολύ αποτελεσματικό όταν γίνεται με τη χρήση συστήματος στάγδην άρδευσης ή συστήματος υδροπονίας. Κάθε περίσσειμα νερού συλλέγεται στη βάση του κήπου μέσα σε ένα ειδικό δοχείο που εν τέλει αποστραγγίζεται. Εναλλακτικά το νερό αυτό μπορεί να ανακυκλωθεί και να εισέρθει ξανά στον κήπο. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά όλο το νερό χρησιμοποιείται από τα φυτά και υπάρχουν ελάχιστες διαφυγές. Επίσης δεν υπάρχουν απορροές στους αγωγούς όμβριων, οπότε οι φυσικοί υδροφορείς δεν επηρεάζονται από ρύπους που μπορούν να βρεθούν στα νερά της βροχής ή στο νερό για του ποτίσματος.

Οι κατακόρυφοι κήποι δρουν και ως φυσική μόνωση για τον κρύο και το ζεστό αέρα και εξοικονομούν ενέργεια για το κτίριο. Τα φυτά μπορούν να χαμηλώσουν τη θερμοκρασία μέσω δύο μηχανισμών, της απευθείας σκίασης και της εξατμισοδιαπνοής. Οι κατακόρυφοι κήποι χρησιμοποιούν φυτά τα οποία προσφέρουν σκιά σε ένα κτίριο, ανάλογα βέβαια με την πυκνότητα των φυτών στην πράσινη όψη. Απευθείας συνέπεια αυτού είναι ότι όχι μόνο το εν λόγω κτίριο αλλά και η θερμοκρασία στην γύρω ατμόσφαιρά θα επηρεαστεί. Έτσι σε μια πιο μεγάλη κλίμακα, η μείωση της θερμοκρασίας δεν θα επηρεάσει μόνο το κτίριο αλλά και το αστικό περιβάλλον. Κατά το χειμώνα η αειθαλής βλάστηση στους τοίχους προσφέρει ένα είδος μόνωσης, παγιδεύοντας ένα στρώμα αέρα μπροστά από την όψη του κτιρίου μειώνοντας την μεταγωγική απώλεια θερμότητας. Έχουν καταγραφεί μονωτικές

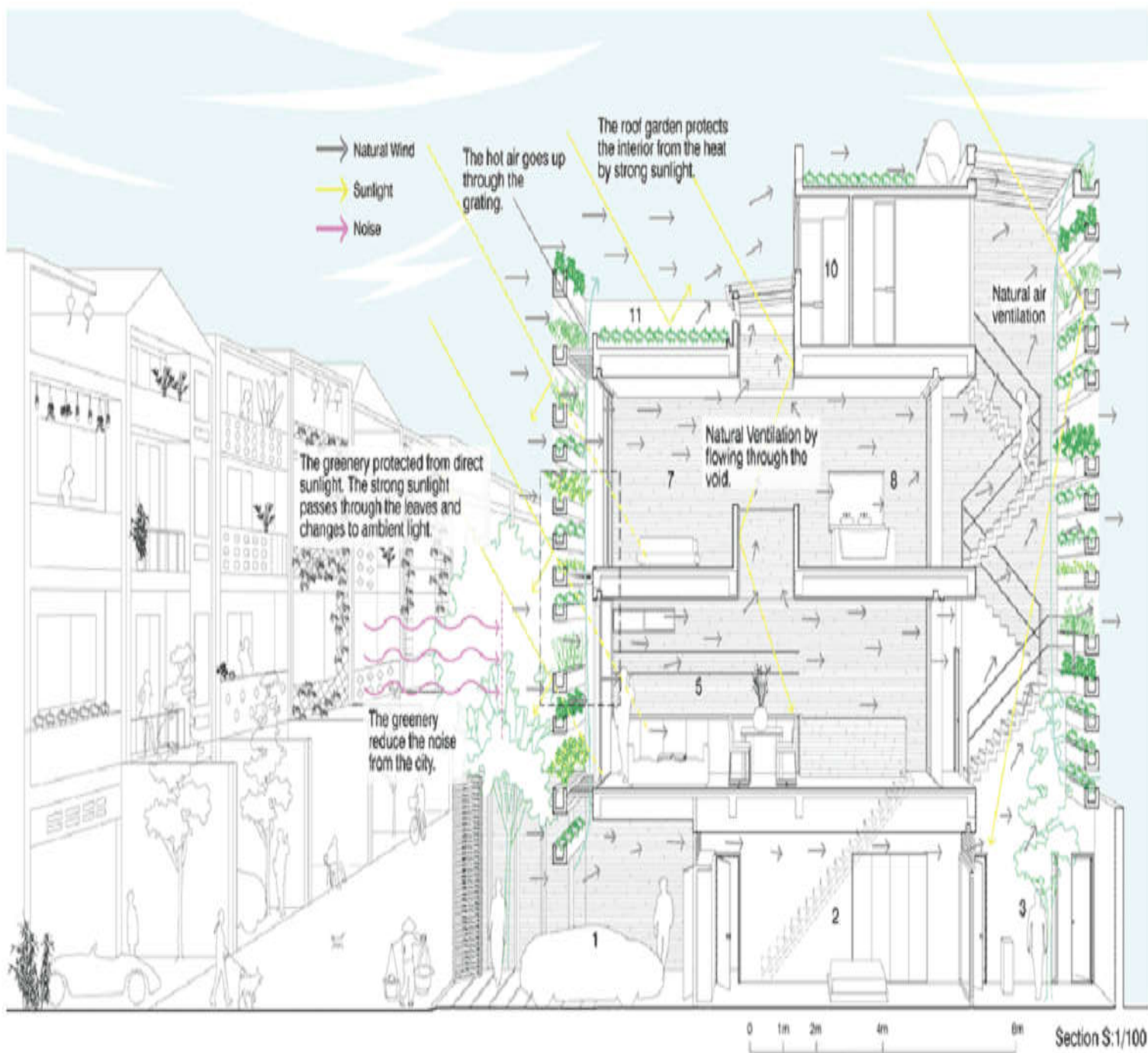


Εικ. 2.3 Κύκλος νερού μέσα στον κατακόρυφο κήπο [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. Vertical Gardens.]

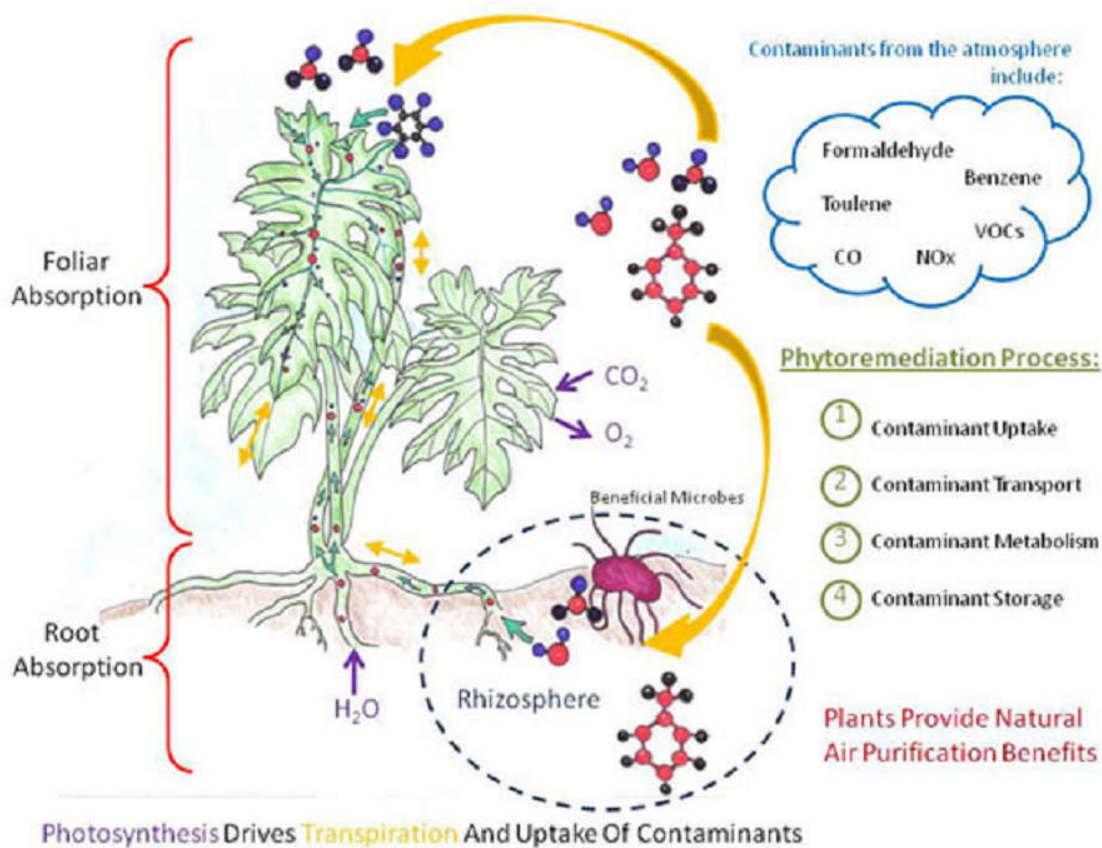


Εικ. 2.4 Ανακύκλωση αποβλήτων νερού μέσω του κατακόρυφου κήπου [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. Vertical Gardens.]

ικανότητές έως και 30%, υπό την προϋπόθεση όμως ότι η θερμοκρασία φτάνει κοντά σε επίπεδα ψύξης. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μικρότερης σημασίας σε καλά μονωμένα κτίρια, όπως αυτά με τοίχους από τούβλα με κενά. Κατά το καλοκαίρι η θερμοκρασία στην επιφάνεια των τοίχων που είναι καλυμμένοι από βλάστηση πέφτει έως και 15°F, δηλαδή σχεδόν 10°C, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση στην ενέργεια για την ψύξη του κτιρίου. Δοκιμές που έγιναν στο Tokyo Institute of Technology Wall έδειξαν ότι τα πάνελ για κατακόρυφους κήπους μειώνουν τη θερμοκρασία του τοίχου κατά 10°C και τη μεταφορά ενέργειας στο κτίριο κατά 0.24kWh/m². Οι υπολογισμοί για την εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτώνται πολύ από τον προσανατολισμό του τοίχου, τη γωνιά του ηλίου και πολλούς άλλους παράγοντες [INT11]



Εικ. 2.5 Προσθέτοντας πράσινο [Πηγή <http://www.dezeen.com>]



Εικ. 2.6 Βελτίωση της ποιότητας του αέρα μέσω φυσικών διεργασιών των φυτών [Πηγή: <http://www.dezeen.com>]

Τα φυτά, και ιδιαίτερα τα δέντρα, είναι ευρέως διαδεδομένο ότι δρουν ως απορροφητές ρύπων και σωματιδίων της ατμόσφαιρας ενός αστικού περιβάλλοντος. Μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα φιλτράροντας τα εναέρια σωματίδια με τα φύλλα και τα κλαδιά τους καθώς και να απορροφήσουν αέριους ρύπους μέσω της φωτοσύνθεσης τους. Δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και εμπλουτίζουν τον αέρα με οξυγόνο (O_2). Είναι εύκολο κανείς να καταλάβει την ευεργετική δράση των φυτών, όταν περίπου 1 τετραγωνικό μέτρο φυτεμένου τοίχου φιλτράρει τον αέρα για σχεδόν 100 τετραγωνικά μέτρα μιας περιοχής γραφείων. Ακόμα, οι ρίζες συγκρατούν τα νιτρικά και το φώσφορο για την ανάπτυξη του φυτού, διαφορετικά αυτά θα μόλυναν το έδαφος

Επιπλέον, τα φυτά δημιουργούν ένα πιο υγρό περιβάλλον με τα φύλλα και τις ρίζες τους. Έτσι προσλαμβάνουν πιο εύκολα με τα φύλλα τους τα σωματίδια σκόνης που κυκλοφορούν στον αέρα, καθώς επίσης σχεδόν εξοντώνουν τους βλαβερούς μικροοργανισμούς με τους χυμούς και τη ρητίνη που παράγουν. Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα από τα φυτά έχει δείξει ότι συμβάλει στη μείωση του βήχα κατά 30%, την ξηροστομία καθώς και τους ερεθισμούς κατά 24%. Επίσης τα φυτά καθαρίζουν τον αέρα σε χώρους γραφείων απορροφώντας ρύπους με τα φύλλα τους και μεταφέρουν τις τοξίνες στις ρίζες τους, όπου και καταναλώνονται ως τροφή για το φυτό. Με καθαρότερο αέρα στο

γραφείο οι ένοικοι του κτιρίου είναι λιγότερο πιθανόν να αρρωστήσουν. Τα δωμάτια με φυτά περιέχουν 50% έως 60% λιγότερα εναέρια σωματίδια και βακτήρια από τα δωμάτια χωρίς φυτά.

Τα φυτά και το χώμα, που χρησιμοποιούνται για τις συνθέσεις των κατακόρυφων κήπων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως ήχο-προπετάσματα, αφού μειώνουν το θόρυβο που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής και απορροφούν κάποιες συχνότητες του ήχου. Έτσι παρέχεται μια μείωση στο θόρυβο και στις δονήσεις (έως 40dB) στην περιοχή κοντά στον κατακόρυφο κήπο, αλλά και μέσα στο κτίριο.[INT11]

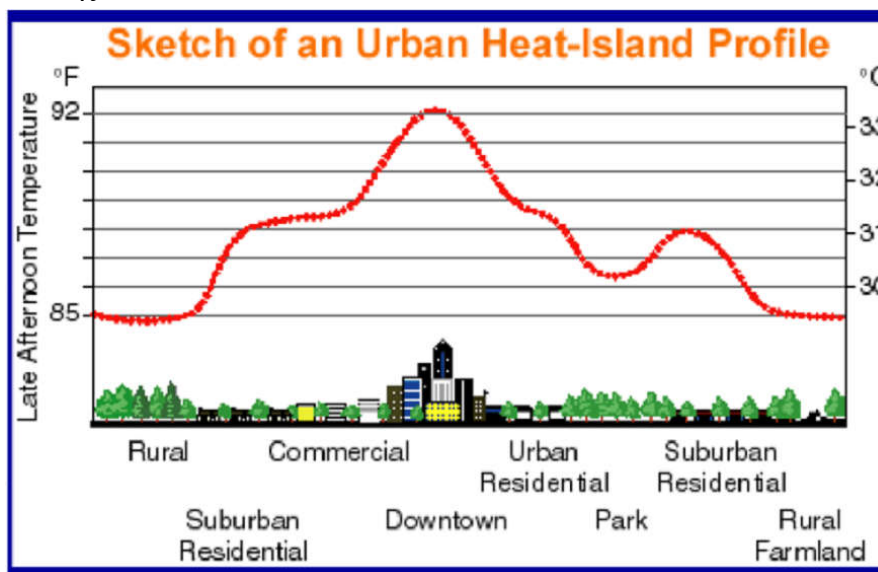


Εικ. 2.7 Ζωντανός τοίχος για την μείωση του θορύβου [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. Vertical Gardens.]

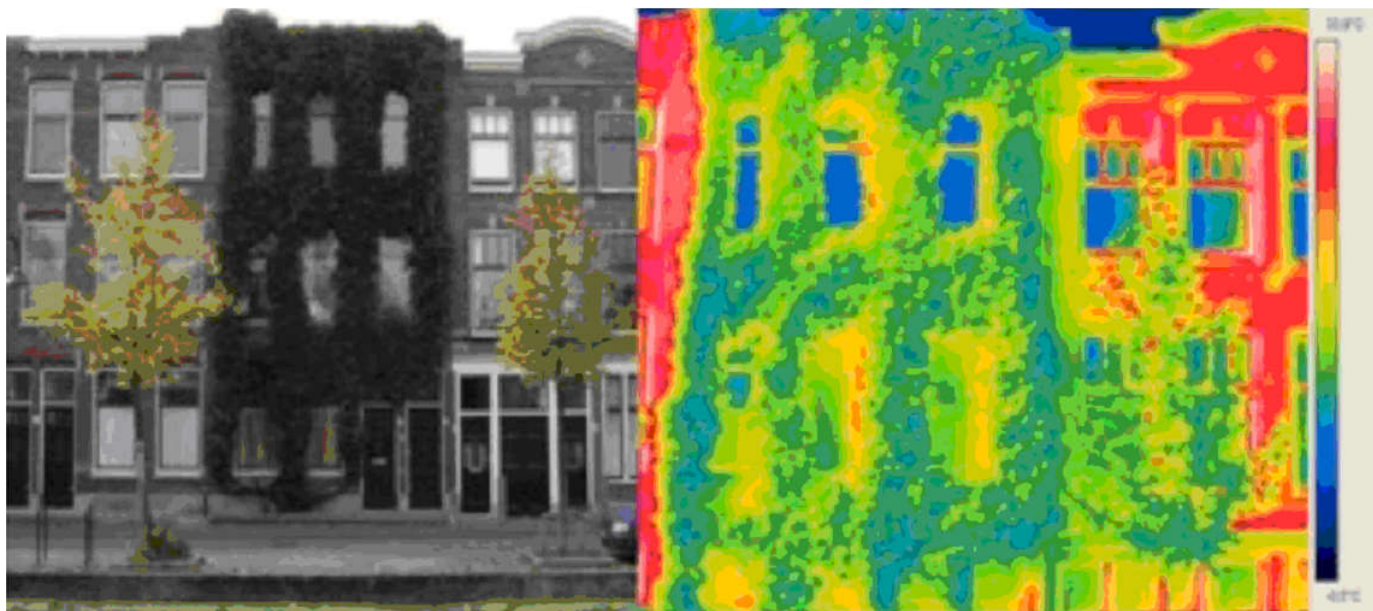
Καθώς τα φυτά μεγαλώνουν κατακόρυφα, πολλά παράσιτα δεν μπορούν καν να φτάσουν τα φυτά. Επομένως υπάρχουν πολύ λίγα προβλήματα με παράσιτα και έτσι δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν φυτοφάρμακα ή εντομοκτόνα πάνω στα φυτά, γεγονός που αποτρέπει τη χρήση χημικών. Ακόμα, επειδή ο αέρας κυκλοφορεί καλά γύρω από τους κατακόρυφους κήπους και επειδή τα φυτά λαμβάνουν αρκετό φως υπάρχει πολύ λιγότερος κίνδυνος αυτά να υποφέρουν από μούχλα, μύκητες και ασθένειες.

Οι κατακόρυφοι κήποι βοηθούν στον εμπλουτισμό της πανίδας και της άγριας ζωής σε μια πόλη. Με την προσεκτική επιλογή και φύτευση φυτών θα προσελκύουν πουλιά και έντομα. Οι κατακόρυφοι κήποι είναι ιδανικοί για την επιβίωση πουλιών, πεταλούδων και μελισσών. Παρέχουν νερό, πηγές τροφής, προστασία και ένα μέρος για χτίσουν τις φωλιές τους. Ως συνέπεια αυτού, οι κατακόρυφοι κήποι δεν προσφέρουν μόνο ηχομόνωση, αλλά και εμπλουτίζουν τους ήχους της πόλης με τους ήχους των πουλιών.

Μια ακόμη χρησιμότητα των κατακόρυφων κήπων είναι ότι βοηθούν στο να μετριαστεί το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Η αστική θερμική νησίδα (UHI) είναι μια περιοχή η οποία είναι σημαντικά πιο θερμή από τη γύρω περιοχή, ιδιαίτερα αργά το απόγευμα και τις νύχτες στη χειμερινή περίοδο. Υπάρχουν πολλοί λόγοι οι οποίοι μπορούν να εξηγήσουν το φαινόμενο αυτό, αλλά ο κυριότερος είναι η υπερβολική αστική ανάπτυξη. Οι κατακόρυφοι κήποι είναι με διαφορά ο πιο δημοφιλής τρόπος για να «ψύξεις» μια πόλη. Οι κατακόρυφοι κήποι δροσίζουν τα κτίρια και καταπολεμούν το φαινόμενο της θερμικής αστικής νησίδας, απορροφώντας αρκετή θερμότητα μέσω της εξατμισμού διαπνοής.



Εικ. 2.8 Φαινόμενο Αστικής Νησίδας [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. Vertical Gardens.]



Εικ. 2.9 Η Επίδραση του φαινομένου της αστικής νησίδας [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. Vertical Gardens.]

2.1.4 Οικονομικά οφέλη

Τα φυτά είναι ένα από τους πιο γρήγορους και αποδοτικούς τρόπους για να ανορθώσεις την αρνητική εικόνα μιας περιοχής, να ενισχύσεις τη δημόσια εικόνα ενός κτιρίου καθώς και να αυξήσεις τις αισθητικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες μια πόλης. Έχει υποδειχθεί πώς η εφαρμογή των κατακόρυφων κήπων αυξάνει την αντικειμενική αξία του ακινήτου δραματικά καθώς και την αναγνωρισιμότητα του κτιρίου, καθιστώντας το ένα δημοφιλές αξιοθέατο. Αμερικανικές και Βρετανικές μελέτες έχουν δείξει ότι η ύπαρξη ενός κατακόρυφου κήπου αυξάνει την αξία του ακινήτου κατά 6-15%. [INT07]



Εικ. 2.10 BHV Homme in Paris (αριστερά) [<http://retailsquare.blogspot.com>], Pacha, The Driver, London (Δεξιά) [Πηγή:<http://twistedstifler.com>].

Τα **υπόλοιπα οικονομικά** οφέλη σχετίζονται με τα περιβαλλοντικά οφέλη των κατακόρυφων κήπων. η **εξοικονόμηση ενέργειας** λόγω την μονωτικής ικανότητας των κατακόρυφων κήπων, της **προστασία των όψεων του κτιρίου** από τα καιρικά φαινόμενα άρα και την πιο αραιή συντήρηση αυτών καθώς και **την παρατεταμένη ζωή του κτιρίου**, της ικανότητας των φυτεμένων επιφανειών να συγκρατούν τα νερά της βροχής καθώς και τα νερά που απορρέουν από τις ταράτσες με συνέπεια να βοηθούν στη μείωση του μέγεθος των εγκαταστάσεων απορροής όμβριων υδάτων.[8]

Τα οφέλη αυτά διαφέρουν από περίπτωση σε περίπτωση λόγω των διαφορετικών τεχνολογιών κατακόρυφων κήπων, των ποικίλων ειδών των φυτών της φυτοκάλυψης καθώς και των διαφορετικών χαρακτηριστικών των κτιρίων. Τέλος, ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι συνήθως ο σκοπός και τα κίνητρα του σχεδιαστή, όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΚΗΠΟΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.1 Παραδείγματα κατακόρυφων κήπων



Εικ. 3.1 Hera Waterfall II, Paraiba, Brazil κρεμαστός κήπος [Πηγή: <http://taratsokipos.blogspot.gr/>]

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε διάφορα παραδείγματα κατακόρυφων κήπων. Ο λόγος ο οποίος παρουσιάζονται τα παραδείγματα πριν από τις κατηγοριοποιήσεις των κατακόρυφων κήπων είναι για να έχουμε μια πρώτη εικόνα στο αντικείμενο που ερευνούμε, αλλά και γιατί υπάρχουν και συνεχίζουν να δημιουργούνται τόσες πολλές και διαφορετικές δημιουργίες από κατακόρυφους κήπους που δεν είναι πλέον εύκολο να τις κατηγοριοποιήσει κάποιος.

Στην εικόνα (Εικ. 3.1) βλέπουμε έναν κατακόρυφο κήπο στο εσωτερικό ενός κτιρίου στη Βραζιλία. Η τεχνική που χρησιμοποιείται είναι αυτή των κρεμαστών κήπων και δίνει την αίσθηση ενός καταρράκτη. Εάν αυτή η ίδια τεχνική χρησιμοποιούταν σε μια κατασκευή του ίδιου ύψους, αλλά στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου, θα αντιμετώπιζε προβλήματα με τον άνεμο, αφού δεν θα μπορούσε να εξασφαλιστεί έναντι αυτού.



Εικ. 3.2 Κατακόρυφος κήπος από αναρριχώμενα φυτά στην εσωτερική αυλή μοναστηριού [Πηγή: merologies.blogspot.gr]

Στην εικόνα (Εικ. 3.2) βλέπουμε το μοναδικό ελληνικό παράδειγμα σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία για κατακόρυφο κήπο. Συγκεκριμένα πρόκειται για την εσωτερική αυλή μοναστηριού, στην οποία έχει φυτευτεί κισσός ο οποίος έχει εξαπλωθεί σε όλη την εσωτερική επιφάνεια, δίχως να υπάρχει κατασκευή στήριξης που να διαχωρίζει την επιφάνεια του τοίχου από το φυτό. Αποτελεί παλιά τεχνική δημιουργίας κατακόρυφου κήπου. Στην εικόνα (Εικ. 3.3) βλέπουμε μια σύγχρονη αντίστοιχη κατασκευή όπου ο σχεδιαστής έχει προνοήσει να τοποθετήσει μια

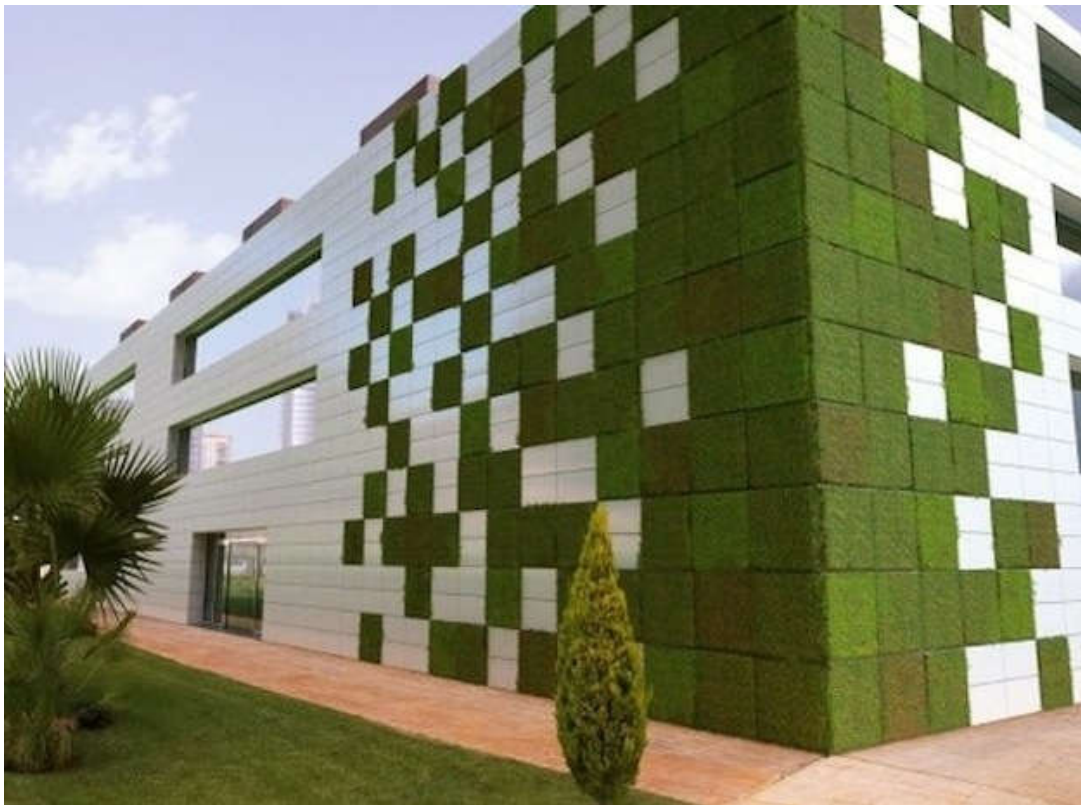
εσχάρα για την δημιουργία της επιφάνειας αναρρίχησης του φυτού έναντι του τοίχου του κτιρίου.



Εικ. 3.3 Ex-Ducati Office Building Κατακόρυφος κήπος με εσχάρα για την υποστήριξη των αναρριχητικών φυτών. [Πηγή: <http://www.buzzfeed.com/>]

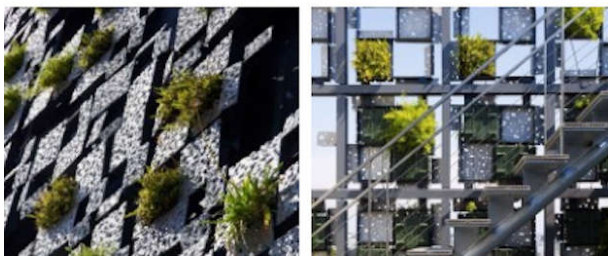


Εικ. 3.5 Παιδική βιβλιοθήκη στο San Vicente de Raspeig, Ισπανία. [Πηγή: <http://www.mymodernmet.com/>]



Εικ. 3.4 Modular Tetris Garden Ζωντανός τοίχος με πάνελ, τα άσπρα πλακάκια είναι ειδικά πλακάκια απορρόφησης ρύπων [Πηγή: www.buzzfeed.com]

Στην εικόνα (Εικ. 3.5) φαίνεται ένας κατακόρυφος κήπος με αρθρωτό μεταλλικό δίκτυο.



Περιέχει μεγάλη ποικιλία από θαμνώδη φυτά και ανήκει στην κατηγορία των ζωντανών τοίχων και βρίσκεται στην Ισπανία. Στην εικόνα (Εικ. 3.4) βλέπουμε πάλι έναν κατακόρυφο κήπο από την Ισπανία. Αποτελείται από πάνελ με φυτεμένο γρασίδι πάνω τους. Το συγκεκριμένο εγχείρημα συνδυάζει και άλλες τεχνολογίες, όπως αυτές των κεραμικών πλακών που απορροφούν εναέριους ρύπους. Στην εικόνα (Εικ. 3.6) παρουσιάζεται ένας κατακόρυφος κήπος από πάνελ σε συνδυασμό με άλλα μεταλλικά στοιχεία, για να επιτύχει αυτόν τον αισθητικό συνδυασμό. Τα κίνητρα του σχεδιαστή ήταν κυρίως αισθητικά, σε αντίθεση με την προηγούμενη εικόνα (Εικ. 3.4) που είχε ως κίνητρο πιο περιβαλλοντικούς σκοπούς. Στο παράδειγμα της εικόνας (Εικ. 3.7) παρουσιάζεται ένας κατακόρυφος κήπος στην Ολλανδία. Ο ζωντανός τοίχος αυτός αποτελείται από διάφορα θαμνώδη φυτά, σε διάφορους συνδυασμούς φυτεμένα στην επιφάνεια του τοίχου. Έχει χρησιμοποιηθεί ένα ειδικό μέσο για την φύτευση.

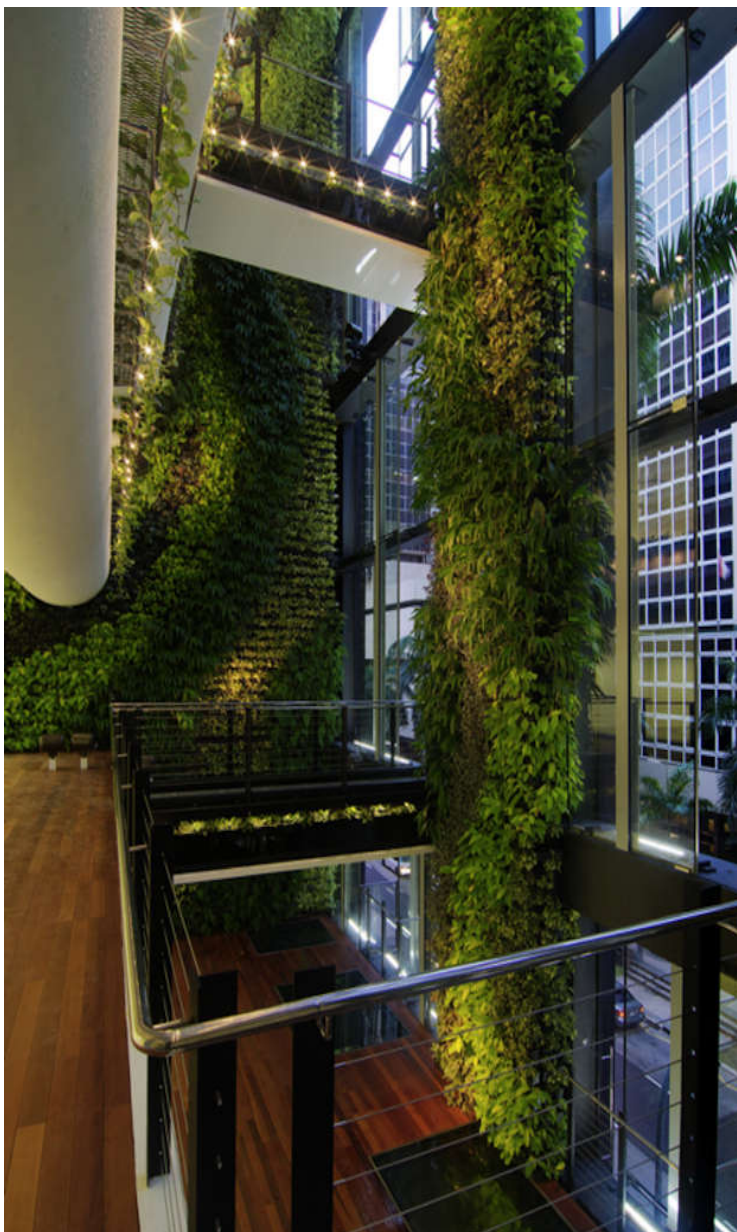
Εικ. 3.6 "Green Cast" Φυτεμένη πρόσοψη κτιρίου [Πηγή: <http://www.buzzfeed.com/>]

Στην εικόνα (Εικ. 3.8,) φαίνεται ένας εσωτερικός κατακόρυφος κήπος από αναρριχητικά φυτά σε κτίριο γραφείων στην Σιγκαπούρη. Στην εικόνα (Εικ. 3.9) παρουσιάζεται μια εντελώς διαφορετική τεχνολογία κατακόρυφων κήπων. Πρόκειται για ένα κατεξοχήν παράδειγμα ζωντανού τοίχου. Η εφεύρεση μπορεί να πιστωθεί στον Patrick Blanc, καθώς αυτός έκανε τον τύπο αυτό γνωστό.



Εικ. 3.7 Ζωντανός τοίχος στην Ολλανδία [Πηγή: <http://www.buzzfeed.com/>]

Αποτελείται από ένα ειδικό μανδύα επένδυσης του κτιρίου, με τη χρήση του οποίου δημιουργούνται τσέπες στις οποίες μπορεί να φυτευτούν και να αναπτυχθούν φυτά με βάση την υδροπονία. Στη συγκεκριμένη λήψη ο κήπος δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως, γι' αυτό φαίνεται τόσο ξεκάθαρα η τεχνική. Όταν ο κατακόρυφος κήπος αναπτυχθεί πλήρως, τότε θα έχει εκπληκτικά αισθητικά αποτελέσματα, αφού θα καλύπτει εκτενώς την επιφάνεια και θα δημιουργεί μια αμιγώς καλυμμένη με φυτά επιφάνεια. Στην εικόνα (Εικ. 3.11) χρησιμοποιείται η ίδια σκέψη, αλλά με άλλη προσέγγιση. Αυτός ο άναρχος τρόπος δημιουργίας κατακόρυφων κήπων χρησιμοποιεί τις αφίσες σε τοίχους στους δρόμους για δημιουργήσει τσέπες στις οποίες μπορεί κανείς μετά να φυτέψει κάποιο μικρό φυτό ή λουλούδι. Η διάρκεια ζωής τους είναι μικρή, επειδή το χαρτί της αφισοκόλλησης δεν είναι κατάλληλο για



Εικ. 3.9 «Florafelt Pocket Garden» Ζωντανός τοίχος με επένδυση
[Πηγή: <http://www.buzzfeed.com/>]

Εικ. 3.8 Singaporean Office Garden Εσωτερικός κατακόρυφος κήπος
[Πηγή: <http://www.buzzfeed.com/>]

το πότισμα. Στις άλλες δύο εικόνες (Εικ. 3.10),(Εικ. 3.12) βλέπουμε την ίδια τεχνική σκέψη με εντελώς διαφορετική προσέγγιση. Στη μια περίπτωση χρησιμοποιούνται μεταλλικές γλάστρες για την φύτευση λουλουδιών σε υπερβολικά μεγάλο ύψος και για την προσέγγιση πουλιών ενώ στην άλλη χρησιμοποιούνται

πλαστικά μπουκάλια για τη φύτευση κηπευτικών



Εικ. 3.11 Τσέπες για εμφύτευση λουλουδιών από αφίσες στο Τορόντο
 [Πηγή: <http://spacing.ca/toronto/>]

φυτών για προσωπική χρήση και σε αρκετά περιορισμένο ύψος. Στην εικόνα (Εικ. 3.10) είναι ευδιάκριτο ένα σύστημα συλλογής του νερού των απορροών από το πότισμα. Το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.



Εικ. 3.12 «A (literal) Tower of Flowers»
 Κατακόρυφος κήπος από 3 στήλες με γλάστρες για λουλούδια [Πηγή: <http://www.buzzfeed.com/>]



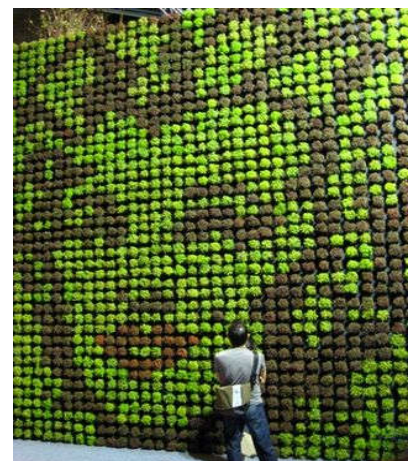
Εικ. 3.10 Ζωντανός τοίχος από ανακυκλωμένα πλαστικά μπουκάλια-PET [Πηγή: www.livinghomegrown.com/]

Το «Bosco Verticale» ή στα ελληνικά το «Κατακόρυφο Δάσος» είναι ένα πρωτοποριακό εγχείρημα για την δημιουργία ενός τεχνητού κατακόρυφου δάσους στην όψη ενός κτιρίου. Η έμπνευση των δημιουργών προήλθε από το γεγονός ότι υπάρχει κατακόρυφο δάσος στη φύση σε κάποιους απότομους σχηματισμούς βράχων.



Εικ. 3.13 Bosco Verticale- Το κατακόρυφο δάσος [Πηγή: www.buzzfeed.com]

Εν κατακλείδι υπάρχουν ποικίλοι τύποι κατακόρυφων κήπων και συνεχώς δημιουργούνται και άλλα νέα είδη που εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Οι κατακόρυφοι κήποι είναι μια μορφή έκφρασης (Εικ. 3.14), που εκφράζει την ανησυχία μας για το περιβάλλον και την ανάγκη να βρισκόμαστε σε επαφή με αυτό.



Εικ. 3.14 Πράσινος κήπος Merlin Monroe
[Πηγή: www.livinghomegrown.com/]

3.2 Κατηγοριοποίηση κατακόρυφων κήπων

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί βασικοί τρόποι κατηγοριοποίησης των κατακόρυφων κήπων ανάλογα τα χαρακτηριστικά τους.

Βασικές Κατηγοριοποιήσεις Κατακόρυφων Κήπων	
Εσωτερικοί	Εξωτερικοί
Άμεσα Στηριζόμενοι στο Κτήριο	Έμμεσα Στηριζόμενοι στο Κτήριο
Πράσινοι Τοίχοι	Ζωντανοί Τοίχοι
Εντατικοί	Εκτατικοί

Εικ. 3.15 Βασικές κατηγοριοποιήσεις κατακόρυφων κήπων. [Πηγή: 12. Dr. Samar Sheweka. *The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment*]

Εσωτερικοί ή Εξωτερικοί ανάλογα με το εάν τοποθετούνται στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό ενός κτιρίου. Ο χώρος στον οποίο τοποθετείται ένας κατακόρυφος κήπος έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι αλλάζουν αδρά οι καιρικές συνθήκες, ο τρόπος πρόσβασης στην επιφάνεια της κατασκευής, τα επιθυμητά επίπεδα υγρασίας και αερισμού, καθώς και οι συνθήκες φωτοσύνθεσης των φυτών. Έτσι η κατηγοριοποίηση αυτή έχει ιδιαίτερο ρόλο στην λήψη αποφάσεων σε σχέση με το τι φυτά θα χρησιμοποιηθούν, πόσο στέρεα πρέπει να είναι η κατασκευή στήριξης του κήπου, πώς θα γίνεται η συντήρηση, τι είδος υποστρωμάτων θα χρησιμοποιηθούν, πόσο θα ποτίζονται καθημερινώς αλλά και τι βακτήρια, μύκητες και ασθένειες πρέπει να περιμένουμε ώστε να προφυλάξουμε τα φυτά μας. Ακόμα, ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι οι ώρες λειτουργίας του εσωτερικού χώρου (υπνοδωμάτιο- βραδινές ώρες, γραφεία-πρωινές, μεσημεριανές ώρες, κλπ.), διότι αυτές είναι οι ώρες που θα πρέπει να οξυγονώνονται σωστά οι χώροι και να μην καταναλώνεται το οξυγόνο από τα φυτά.



Εικ. 3.16 Παράδειγμα εξωτερικού κατακόρυφου κήπου στην Αγγλία [Πηγή: <http://www.buzzfeed.com>]

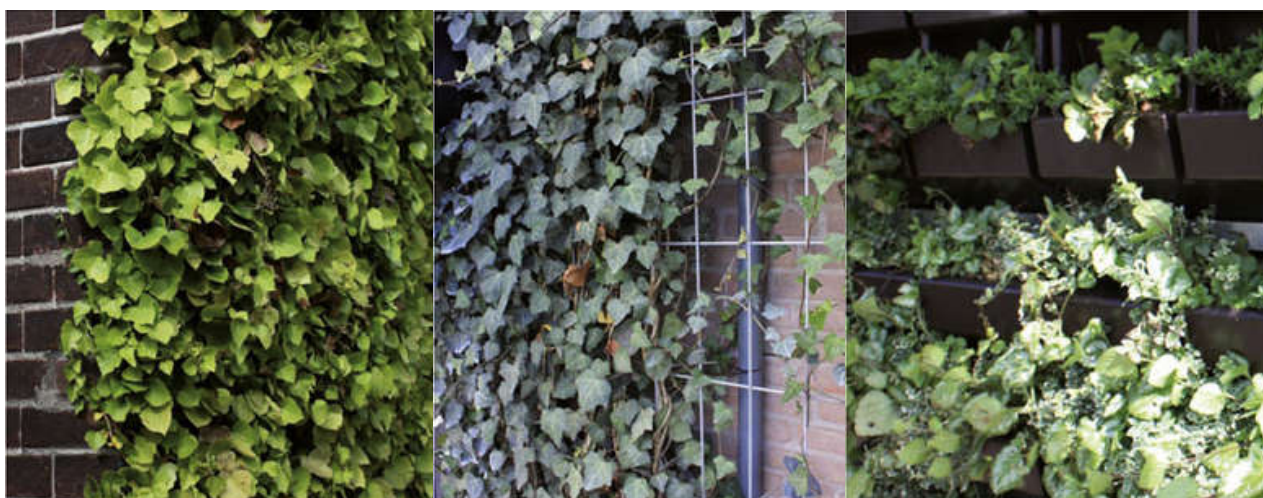


Εικ.3.17 Παράδειγμα εσωτερικού κήπου στο Σύνδεν της Αυστραλίας [Πηγή: www.gsky.com]

Άμεσα ή Έμμεσα στηριζόμενοι στο κτίριο. Αυτή είναι μια διαφοροποίηση που σχετίζεται με την όψη του κτιρίου και το κατά πόσο αυτή θα επηρεαστεί από τον κατακόρυφο κήπο. Η άμεση στήριξη στο κτίριο θα προκαλέσει ζημιές λόγω του τρόπου εγκατάστασης, πχ. άγκιστρα, ή τυχόν υγρασίες λόγω βλαβών που μπορούν να συμβούν. Επίσης σημαντικός είναι ο χρόνος ζωής του κατακόρυφου κήπου, διότι εάν υπολογίζεται αντικατάσταση του ή των φυτών σε πχ. 10 χρόνια τότε θα υπάρξουν περεταίρω ζημιές στην όψη του κτιρίου εάν η στήριξη είναι άμεση. Αυτά είναι μερικά από



Εικ. 3.18 Φυτικός τοίχος πριν την ανάπτυξη των φυτών (αριστερά) μετά από την ανάπτυξη των φυτών (δεξιά)
[Πηγή: 15. Μουντρίχας Γ.. Συμβολή της φυτοκάλυψης στο μικροκλίμα κτιριακών συγκροτημάτων στο αστικό ιστό.]



Εικ. 3.19 Άμεσα Στηριζόμενος Κατακόρυφος κήπος (αριστερά) Έμμεσα στηριζόμενος κατακόρυφος κήπος (μέση) (δεξιά) Ζωντανός τοίχος
[Πηγή: 6. Katia Perini & Marc Ottel & E. M. Haas & Rossana Raiteri. Vertical greening systems, a process tree for green facades and living walls.]

τα προβλήματα των παραδοσιακών τεχνικών (αναρριχώμενοι ή κρεμαστοί κήποι). Αντίθετα η έμμεση στήριξη μέσω μιας κατασκευής υποστήριξης του κατακόρυφου κήπου παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα, όπως το αυξημένο κόστος. Αν το διάκενο ανάμεσα στον τοίχο και τον κήπο είναι μεγαλύτερο από 10cm, τότε αυτό δεν λειτουργεί σαν θερμική μόνωση έναντι του ανέμου, αφού αυτός με τη σειρά του διατηρεί την ίδια ταχύτητα. Εξάιρεση σε αυτή την κατηγοριοποίηση αποτελούν οι «Φυτικοί τοίχοι τοπίου» (Εικ. 3.18) ή «Landscape walls», όπου οι ίδιοι οι κήποι αποτελούν τον τοίχο.

Πράσινες όψεις ή Ζωντανοί τοίχοι. Η κατηγοριοποίηση αυτή αφορά το πώς αντιμετωπίζουμε τον κατακόρυφο κήπο ως επιφάνεια. Εάν στην επιφάνεια αυτή υπάρχουν στάθμες όπου εκεί φυτεύουμε τα φυτά, τότε ο τοίχος είναι πράσινος τοίχος. Οι στάθμες αυτές μπορεί να είναι είτε στη βάση του κτιρίου, είτε στην οροφή, είτε στη βάση κάθε ορόφου, είτε ενδιάμεσα σε κάθε όροφο, είτε οπουδήποτε αρκεί να είναι διακριτές μεταξύ τους, ακόμα και σε σειρές με γλάστρες. Εάν δεν υπάρχουν διακριτές στάθμες αλλά φυτεύουμε σε συνεχόμενα κομμάτια ή σε σχεδόν όλη ή ολόκληρη την επιφάνεια του τοίχου, τότε αυτός είναι ένας ζωντανός τοίχος.



Εικ. 3.20 Άμεσο σύστημα πράσινου τοίχου, (αριστερά) Έμμεσα στηριζόμενο σύστημα πράσινου τοίχου (μέση), Σύστημα ζωντανού τοίχου (δεξιά) [Πηγή: 7.Katia Perini & Marc Ottel & A.L.A. Fraaij & E.M. Haas & Rossana Raiteri. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope.]

Εντατικοί ή Εκτατικοί. Όπως και στους ταρατσόκηπους, έτσι και στους κατακόρυφους κήπους υπάρχει η διαφοροποίηση ανάμεσα στους εντατικούς, δηλαδή τους κήπους εκείνους που δεν αναπτύσσονται σε επιφάνειες πέρα από την προκαθορισμένη, και στους εκτατικούς, όπου τα φυτά αναπτύσσονται συνήθως προς μια προκαθορισμένη κατεύθυνση προσπαθώντας να καλύψουν όση περισσότερη επιφάνεια μπορούν. Τα Εκτακτικά συστήματα είναι εύκολα στην κατασκευή και χρειάζονται ελάχιστη μελλοντική συντήρηση, ενώ τα Εντατικά συστήματα χρειάζονται πιο περιπλοκή εμφύτευση και απαιτούν πιο υψηλότερο επίπεδο μετέπειτα συντήρησης.

Αυτές είναι οι τέσσερις βασικές κατηγοριοποιήσεις όσον αναφορά τους κατακόρυφους κήπους ως τοίχους. Επειδή οι κατακόρυφοι κήποι είναι ένας τεχνολογικός κλάδος που συνεχώς εξελίσσεται, σκόπιμο είναι να αντιμετωπίσουμε τους κατακόρυφους κήπους ως τεχνολογικά προϊόντα και γι' αυτό είναι σημαντικότερη η κατηγοριοποίηση ανάμεσα σε ζωντανούς τοίχους και πράσινους τοίχους. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι κατηγοριοποίησης των κατακόρυφων κήπων, όπως με βάση την τεχνική καλλιέργειας τους (έδαφος ή υδροπονία), αλλά ουσιαστικά είναι μέρη του τεχνολογικού προϊόντος που λέγονται **συστήματα κατακόρυφων κήπων**. [12]

3.3 Τυπολογία συστημάτων κατακόρυφων κήπων για κτίρια.

Ως παραδοσιακές πράσινες όψεις θεωρούνται αυτές που έχουν φτιαχτεί από αναρριχητικά φυτά που αναπτύσσονται απευθείας στον τοίχο του κτιρίου χωρίς κανένα σύστημα υποταγής του. Αυτή η πρακτική της αρχιτεκτονικής τοπίου έχει τυπικά συσχετιστεί με ζημιές στα υλικά της πρόσοψης, προσέλκυση ζώων και υψηλού κόστους συντήρησης. Πρόσφατα όμως, διαφορετικά είδη κτηριακών συστημάτων έχουν αναπτυχθεί. Αυτά τα νέα συστήματα που επιτρέπουν το πράσινο στις όψεις των κτιρίων έχουν εξελιχθεί τεχνολογικά και εννοιολογικά σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα. Μπορούμε να συμπεριλάβουμε όλα τα διαθέσιμα συστήματα της αγοράς υπό το κοινό όνομα των συστημάτων κατακόρυφων κήπων για κτίρια στον πίνακα (Εικ. 3.21).

Τύποι των συστημάτων κατακόρυφων κήπων για κτίρια		
	Εκτακτικό Σύστημά	Εντατικά Συστήματα
Πράσινες Όψεις	Παραδοσιακή ή άμεσα στηριζόμενη πράσινη όψη έμμεσα στηριζόμενη πράσινη όψη	Αρθρωτά Δίκτυα Ενσύρματο Εσχάρα
Ζωντανοί Τοίχοι		Με Περιμετρικά Κουτιά εμφύτευσης Με Πάνελ Με τσέπες από επένδυση γεωφάσματος

Εικ. 3.21 Κατηγοριοποίηση των κατακόρυφων κήπων για κτίρια [Πηγή: 9. Perez Gabriel & Lidia Rincon & Anna Vila & Josep M. Gonzalez & Luisa F. Cabeza . Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings.]

Η πρώτη διαφοροποίηση είναι μεταξύ των πράσινων όψεων και των ζωντανών τοίχων. Οι πράσινες όψεις ή πράσινοι τοίχοι είναι συστήματα όψεων στις οποίες αναπτύσσονται αναρριχητικά φυτά ή θαμνώδη-αναρριχητικά φυτά σε κρεμασμένες γλάστρες με τη χρήση κατασκευών στήριξης, κυρίως με μία προσχεδιασμένη φορά και διεύθυνση, για να καλύψουν την επιθυμητή περιοχή. Τα

φυτά αυτά μπορούν να φυτευτούν κατευθείαν στο έδαφος στη βάση του κτιρίου ή σε γλάστρες σε διαφορετικές στάθμες της όψης. Οι **πράσινες όψεις** μπορούν με τη σειρά τους να υποδιαιρεθούν σε τρία διαφορετικά συστήματα. Τις **παραδοσιακές πράσινες όψεις**, όπου τα αναρριχητικά φυτά χρησιμοποιούν τα υλικά της όψης για στήριξη, τις **έμμεσα στηριζόμενες πράσινες όψεις**, με σκοπό να δημιουργηθεί ένα διάκενο ανάμεσα στην πράσινη όψη και τον τοίχο, και τα **περιμετρικά κουτιά εμφύτευσης**, όταν ως μέρος μιας σύνθεσης μιας πράσινης όψης τοποθετούνται κουτιά εμφύτευσης κρεμασμένα σε διάφορα στάθμες καθ' ύψος γύρω από το κτίριο για να δημιουργήσουν μια πράσινη όψη. Στην περίπτωση των πράσινων όψεων με διάκενο, τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι κατασκευές από αρθρωτά δίκτυα, ενσύρματα και εσχάρες.

Τα **Αρθρωτά δίκτυα** είναι πολύ ελαφριά μεταλλικά πάνελ εσχάρας αναρτώμενα πάνω στον τοίχο του κτιρίου ή σε ανεξάρτητη κατασκευή, η οποία λειτουργεί ως στήριγμα για την ανάπτυξη των αναρριχώμενων φυτών.

Οι **Ενσύρματες κατασκευές** χρησιμοποιούν ένα σύστημα από ατσάλινα καλώδια, αγκυρώσεις, διαχωριστικά και άλλα αντικείμενα τα οποία συνθέτουν μια ελαφριά κατασκευή που λειτουργεί ως φορέας-υποστήριγμα για αναρριχώμενα φυτά.

Οι **κατασκευές από εσχάρες** είναι πολύ ελαφρές κατασκευές που παρέχουν υποστηρίγματα για αναρριχώμενα φυτά, φτιαγμένες από ατσάλινα πλέγματα αγκιστρωμένα πάνω στην τοιχοποιία του κτιρίου ή στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου.

Οι **ζωντανοί τοίχοι** είναι φτιαγμένοι από πάνελ και/ή με γεωφάσματα με τσέπες, μερικές φορές προ-καλλιεργημένα, τα οποία είναι στερεωμένα σε ένα κατακόρυφο υποστήριγμα ή στην τοιχοποιία του κτιρίου. Τα πάνελ και τα γεωφάσματα αποτελούν τη βάση για τη σχηματιζόμενη βλάστηση από τάπητες φυτών, φτέρες, μικρών θάμνων και πολυετών λουλουδιών, μεταξύ άλλων.

Τα **συστήματα με πάνελ** διαφορετικών μεγεθών και τύπου, με εσοχές που μέσα τους τοποθετούνται το υπόστρωμα και τα φυτά, και σταθεροποιούνται στον τοίχο.

Τα **συστήματα με επένδυση γεωφάσματος** χρησιμοποιούν την επένδυση με γεωφάσμα ως στήριξη για τα φυτά ή τα βρύα, όντας αγκιστρωμένα κατευθείαν στον τοίχο

Αυτή η κατηγοριοποίηση εξετάζει τα διάφορα κατασκευαστικά συστήματα, τους διάφορους τύπους φυτών, καθώς επίσης και την απαραίτητη μελλοντική συντήρηση. Όπως οι ταρατσόκηποι, έτσι και τα κατακόρυφα πράσινα συστήματα μπορούν να διαχωριστούν σε εκτακτικά και εντατικά. εκτακτικά συστήματα είναι εύκολα στην κατασκευή και χρειάζονται ελάχιστη μελλοντική συντήρηση. Τα εντατικά συστήματα χρειάζονται πιο περιπλοκή εμφύτευση και απαιτούν πιο υψηλό επίπεδο μετέπειτα συντήρησης. [9]

3.4 Φυτά για κατακόρυφους κήπους

Πολλά είδη φυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους κατακόρυφους κήπους. Για παράδειγμα, υπάρχουν 15000 φυτά από σχεδόν 150 διαφορετικά είδη στον κατακόρυφο κήπο του Caixa Forum Museum, που έχει σχεδιαστεί από τον Patrick Blanc. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε μερικά από τα φυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως για κατακόρυφους κήπους.

1. Αυτό-προσκολλώμενα αναρριχώμενα φυτά (Γενικά δεν χρειάζονται στηρίγματα. Μπορεί να προσκολληθούν σε πολύ λείους τοίχους.) (Johnston and Newton 2004).						
ΕΙΔΗ	Φυλλοβόλα (Φ) Αειθαλή (Α) Ετήσια (Ε)	ΟΨΗ Bold:Προ τιμητέα not Bold:ανεκ τή	Ρυθμός Ανάπτυξη ς	Χώμα	Εγγεν ή (Εγ.) Εξωτι κά (Εξ.)	Εξειδικευμένα σε
Hedera helix (Εικ. 3.22)	A	B A N Δ	Αργός	Πλούσιο	Εγ.	Εξαιρετικό άγριο φυτό . Καλό μέρος για φωλιές για κοκκινολαίμηδες και τρυποφράκτες, και πεταλούδες σε χειμερία νάρκη-ιδιαίτερα με θειάφι. Νέκταρ και γύρη για μέλισσες.
Parthenocissus quinquefolia (Εικ. 3.22)	Φ	B A N Δ	Μέτριος	Οποιοδή ποτε	Εξ.	Χρήσιμο για φωλιές πουλιών εάν αναπτυχτεί πάνω σε trellis system. Μπορεί να προσελκύσει φωλιές για μυγογάφρες.
Parthenocissus tricuspidata (Εικ. 3.22)	Φ	B A N Δ	Γρήγορος	Οποιοδή ποτε	Εξ.	
Hydrangea petiolaris (Εικ. 3.23)	Φ	B A Δ	Μέτριος	Έφορο	Εξ.	Καλό για φωλιές πουλιών και παράγει νέκταρ για μέλισσες και άλλα έντομα.
Euonymus fortunei (Εικ. 3.23)	A	B A Δ	Αργός	Οποιοδή ποτε	Εξ.	



Εικ. 3.22 *Hedera helix* (αριστερά), *Parthenocissus quinquefolia* (μεσαία) *Parthenocissus tricuspidata* (δεξιά)
[Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]



Εικ. 3.23 *Hydrangea petiolaris* (αριστερά) *Euonymus fortunei* (δεξιά) [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]

Αυτά τα φυτά είναι καλοί αναρριχητές από τη φύση τους και δεν χρειάζονται απαραίτητα υποστηρικτική κατασκευή. Οποιαδήποτε είδος επιφάνειας μπορεί χρησιμοποιηθεί για τη ανάπτυξη αυτών των φυτών.

2. Ελικοειδή αναρριχητικά φυτά (Χρειάζονται στήριξη. Λεπτά ατσάλινα καλώδια, τραχείες πλαστικές γραμμές ή ξύλινα δοκάρια κατακόρυφα σε όλο το μήκος θα αρκείσει για μερικά είδη. Αλλά χρειάζονται ένα καλό δίκτυο με καλώδια ή ένα ξύλινο καφασωτό δίκτυο) .

ΕΙΔΗ	Φυλλοβόλα (Φ) Αειθαλή (Α) Ετήσια (Ε)	ΟΨΗ Bold: Προτιμητέα not Bold: ανεκτή	Ρυθμός Ανάπτυξης	Χόμα	Εγγενή (Εγ.) Εξωτικά (Εξ.)	Εξειδικευμένα σε
Polygonum bauldschianicum (Εικ. 3.24)	Φ	B A N Δ	Γρήγορος	Οποιοδήποτε	Εξ.	Καλό για φωλιές πουλιών.
Lonicera Periclymenum (Εικ. 3.24)	Φ	A N Δ	Μέτριος	Καλό, έφορο	Εγ.	Πρέπει να διατηρείται θαμνώδες για τις φωλιές πουλιών. Εξαιρετικό για έντομα, ιδιαίτερα για σκόρους, λόγω του αρώματος των λουλουδιών του. Ο φλοιός των μεγαλύτερων στελεχών χρησιμοποιείται για φωλιές πουλιών. Τα μούρα του τρώγονται από τα πουλιά.
Lonicera spp.	Φ-Α	B A N Δ	Μέτριος	Καλό, πλούσιο	Εξ.	Αρκετές ποικιλίες είναι χρήσιμες για το νέκταρ και τους σπόρους των φυτών. Το Αειθαλές αγιόκλημα, ανεπτυγμένο πάνω σε ένα δικτυωτό σύστημα δημιουργεί εάν εξαιρετικό χώρο για να κουρνιάζουν πουλιά.
Clematis vitalba (Εικ. 3.24)	Φ	A N Δ	Γρήγορος	Προτιμητέο το Αλκαλικό	Εγ.	Σπόροι για πουλιά. Μέρος για φωλιές. Νέκταρ για έντομα.
Clematis spp.	Φ	A Δ	Γρήγορος	Πολλά είδη ανάλογα με τις συνθήκες.	Εξ.	Χρήσιμο για το νέκταρ και/ή τους σπόρους που παρέχει. Χρήσιμο για μέρος για φωλιές εάν αναπτυχθεί πυκνά πάνω σε ένα δικτυωτό σύστημα.

Humulus lupulus (Εικ. 3.25)	Φ	A N Δ	Γρήγορος	Πλούσιο και υγρό	Εγ.	Καλό για μέλισσες.
Aristolochia spp. (Εικ. 3.25)	Φ	B N Δ	Μέτριος	Όχι ιδιαίτερες προτιμήσεις .	Εξ.	
Jasminum officinale (Εικ. 3.25)	Φ	A Δ	Γρήγορος	Στραγγισμένο καλά	Εξ.	Το βραδινό άρωμα προσελκύει σκώρους και άλλα νυχτερινά έντομα.
Vitis spp. (Εικ. 3.26)	Φ	A N Δ	Μέτριος Γρήγορος	Υγρό και έφορο	Εξ.	Παρέχει φρούτα για τα πουλιά και νέκταρ και γύρη για μέλισσες.
Wisteria spp (Εικ. 3.26)	Φ	A N Δ	Μέτριος	Υγρό και έφορο	Εξ.	Εξαιρετικό νέκταρ και γύρη για μέλισσες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φωλιές.
Capsis radicans (Εικ. 3.26)	Φ	A N Δ	Αργός	Πλούσιο-και καλά στραγγισμένο	Εξ.	
Passiflora caerulea (Εικ. 3.27)	Φ	A N Δ	Γρήγορος	Οποιοδήποτε	Εξ.	Νέκταρ και γύρη για μέλισσες.
Lathyrus odoratus (Εικ. 3.27)	E	N Δ	Γρήγορος	Πλούσιο-και καλά στραγγισμένο	Εξ.	
Tropaeolum spp. (Εικ. 3.27)	Κυρίως E	A N Δ	Γρήγορος	Φτωχό	Εξ.	Νέκταρ/γύρη για μέλισσες και σκαθάρια. Σπόροι τρώγονται από πουλιά και μικρά θηλαστικά. Φυτική τροφή για μικρές και μεγάλες άσπρες πεταλούδες.

Αυτά τα φυτά χρησιμοποιούνται συνήθως για κρεμαστούς κήπους χωρίς κατασκευή υποστήριξης. Διαφορετικά, παρότι είναι αναρριχητικά, δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε μεγάλα ύψη χωρίς κατασκευή υποστήριξης.



Εικ. 3.24 *Polygonum bauldschianicum* (αριστερά) *Lonicera periclymenum* (μέση) *Clematis vitalba* (δεξιά)

[Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]



Εικ. 3.25 *Humulus lupulus* (αριστερά), *Aristolochia macrophylla* (μέση) *Jasminum officinale* (δεξιά)

[Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]



Εικ. 3.26 *Vitis amurensis* (αριστερά) *Wisteria floribunda* (μέση), *Capsis radicans* (δεξιά)

[Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]



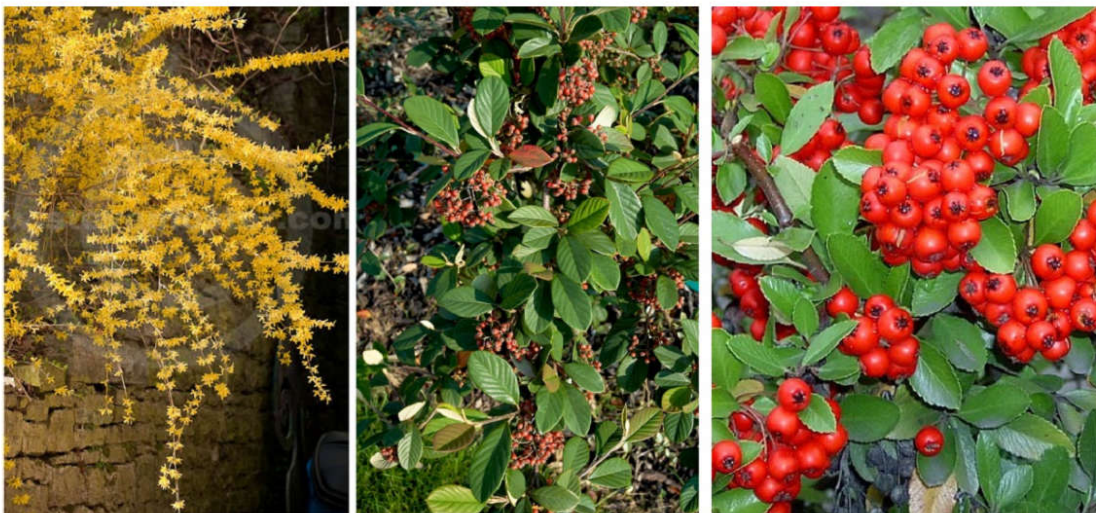
Εικ. 3.27 *Passiflora caerulea* (αριστερά) *Lathyrus odoratus* (μέση), *Tropaeolum tricolorum* (δεξιά) [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]

3. Θαμνώδη (όχι ακριβώς αναρριχητικά αλλά μπορεί να καλλιεργηθούν μέσα σε ένα εύρος δικτυωτών πλεγμάτων δομών ή να αναρτηθούν στον τοίχο) (Johnston and Newton 2004).						
ΕΙΔΗ	Φυλλοβόλα (Φ) Αειθαλή (Α) Ετήσια (Ε)	ΟΨΗ Bold:Προτιμητέα not Bold:ανεκτή	Ρυθμός Ανάπτυξης	Χώμα	Εγγενή (Εγ.) Εξωτικά (Εξ.)	Εξειδικευμένα σε
Rubus fruticosus (Εικ. 3.29)	Α	B A N Δ	Μέτριος	Όχι ιδιαίτερες προτιμήσεις. Γενικά τους αρέσει το όξινο	Εγ.	Παρέχει γύρη για μέλισσες και νέκταρ για πεταλούδες. Μούρα για πουλιά και μικρά θηλαστικά, το νυχτερινό άρωμα προσελκύει σκώρους.
Jasminum nodiflorum (Εικ. 3.29)	Φ	B N Δ	Μέτριος	Όχι ιδιαίτερες προτιμήσεις	Εξ.	

Rosa canina (Εικ. 3.29)	Φ	A N Δ	Μέτριος	Καλό	Εγ.	Νυχτερινό άρωμα για σκώρους. Νέκταρ για έντομα, αγριο-τριαντάφυλλα για πουλιά και μικρά θηλαστικά. Καλή κάλυψη για φωλιές πουλιών.
Rosa spp.	Φ	A N Δ	Μέτριος	Όχι ιδιαίτερες προτιμήσεις	Εξ.	Εξαιρετικό νέκταρ για μέλισσες. Μέρος για φωλιές πουλιών.
Forsythia suspensa (Εικ. 3.28)	Φ	B A N Δ	Μέτριος	Όχι ιδιαίτερες προτιμήσεις	Εξ.	Μέρος για φωλιές πουλιών, όπως παραπάνω
Cotoneaster spp. (Εικ. 3.28)	Φ μερικά A	B Δ	Αργός	Οποιοδήποτε	Εξ.	Η Πυκνή βλάστηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φωλιές από κοτσύφια και τσίχλες. Μούρα για πουλιά και ιδιαίτερα για κοτσύφια και μικρά θηλαστικά. Νέκταρ και γύρη για μέλισσες.
Pyracantha atalantiodes (Εικ. 3.28)	A	A N Δ	Αργός	Όχι ιδιαίτερες προτιμήσεις, στραγγιγμένο καλά	Εξ.	Καλό μέρος για φωλιές πουλιών πχ. Τσίχλες, και παρέχει νέκταρ για μέλισσες και μούρα για τα πουλιά ιδιαίτερα για κοτσύφια.



Εικ. 3.28 *Forsythia suspensa* (αριστερά), *Cotoneaster lacteus* (μέση), *Pyracantha atalantioides* (δεξιά.)
 [Πηγή: : 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]



Εικ. 3.29 *Rubus fruticosus* (αριστερά), *Jasminum nodiflorum* (μέση), *Rosa canina* (δεξιά)) [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. *Vertical Gardens*]

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζονται κάποια ακόμη θαμνώδη φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ζωντανούς τοίχους. Μπορούν να επιλεγθούν είδη ανάλογα με την κλιματική ζώνη, τις ιδιαιτερότητες της περιοχής, τις ανάγκες τους σε νερό, την περίοδο άνθησης, τη διάρκεια ζωής τους, και ώστε το παραγόμενο αποτέλεσμα να ικανοποιεί τις ανάγκες του έργου.



Syngonium podophyllum



Philodendron giganteum



Ficus elastica



Hatiora salicornioides



Soleirolia soleirolii



Haworthia attenuata



Kalanchoe spp.



Tradescantia zebrina



Asplenium nidus



Chlorophytum spp.



Fittonia spp.



Scindapsus aureus



Siderasis spp.



Tillandsia spp.



Aucuba spp.



Nidularium spp.



Maranta spp.



Fatsia spp.



Ctenanthe spp.



Cordyline spp.



Dracaena marginata



Dracaena warneckii



Dracaena craig



Dracaena sanderiana



Dracaena deremensis



Phalaenopsis spp.



Hibiscus spp.



Gardenia spp.



Schefflera spp.



Nephrolepis spp.



Asparagus sprengeri



Hoya kernii



Sansevieria hani



Chamaedorea elegans

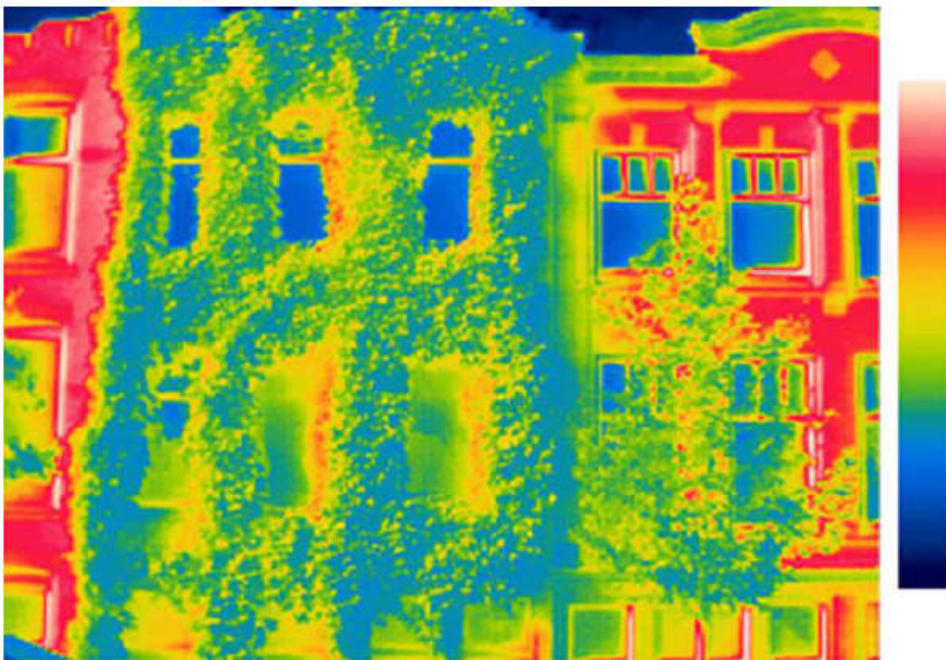


Begonia tuberhybrida

3.5 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα των πρασίνων όψεων και των ζωντανών τοίχων

Η φύτευση των τοίχων προκαλεί θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά μένει να αποδειχθεί αν όλα αυτά τα συστήματα είναι βιώσιμα, λόγω των υλικών που χρησιμοποιούνται, της συντήρησής τους, των θρεπτικών συστατικών και του νερού που χρειάζονται. Η βιωσιμότητα μπορεί να οριστεί ως μια γενική ιδιότητα ενός υλικού ή ενός προϊόντος, που υποδεικνύει κατά πόσο και σε ποιο βαθμό οι ισχύουσες απαιτήσεις πληρούνται στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Αυτές οι απαιτήσεις, οι οποίες αφορούν τον αέρα, το νερό και το είδος του εδάφους, έχουν επιδράσεις στην ευημερία και την υγεία των ζωντανών οργανισμών, καθώς και στην ορθή χρήση των πρώτων υλών και της ενέργειας.

Τα παραπάνω έχουν επίσης συνέπειες για το τοπίο, τη δημιουργία αποβλήτων και την



Εικ. 3.31 Η επίδραση του φαινομένου της αστικής νησίδας [Πηγή: 8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. Vertical Gardens] εμφάνιση όχλησης στο άμεσο περιβάλλον.

Η ανάλυση του κύκλου ζωής είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενός κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη ολόκληρη την ισορροπία μεταξύ της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και των πιθανών οφελών. Για το σκοπό αυτό ερευνητές μελέτησαν την ανάλυση του κύκλου ζωής των τεσσάρων συστημάτων κατακόρυφων κήπων και η έρευνα έδειξε το προφίλ της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας για κλιματισμό και θέρμανση. Η έρευνα έλαβε υπόψη την εκτίμηση του οφέλους στα μικροκλίματα των συστημάτων κατακόρυφων κήπων σε ένα μεσογειακό κλίμα και σε ένα εύκρατο κλίμα. Τα τέσσερα συστήματα κατακόρυφων κήπων που αναλύθηκαν σε αυτή την έρευνα του κύκλου ζωής ήταν: ένα σύστημα απευθείας στήριξης

πράσινης όψης, ένα σύστημα έμμεσης στήριξης πράσινης όψης, ένα σύστημα ζωντανού τοίχου με βάση κουτιά εμφύτευσης και ένα σύστημα ζωντανού τοίχου με βάση στρώματα γεωφάσματος .

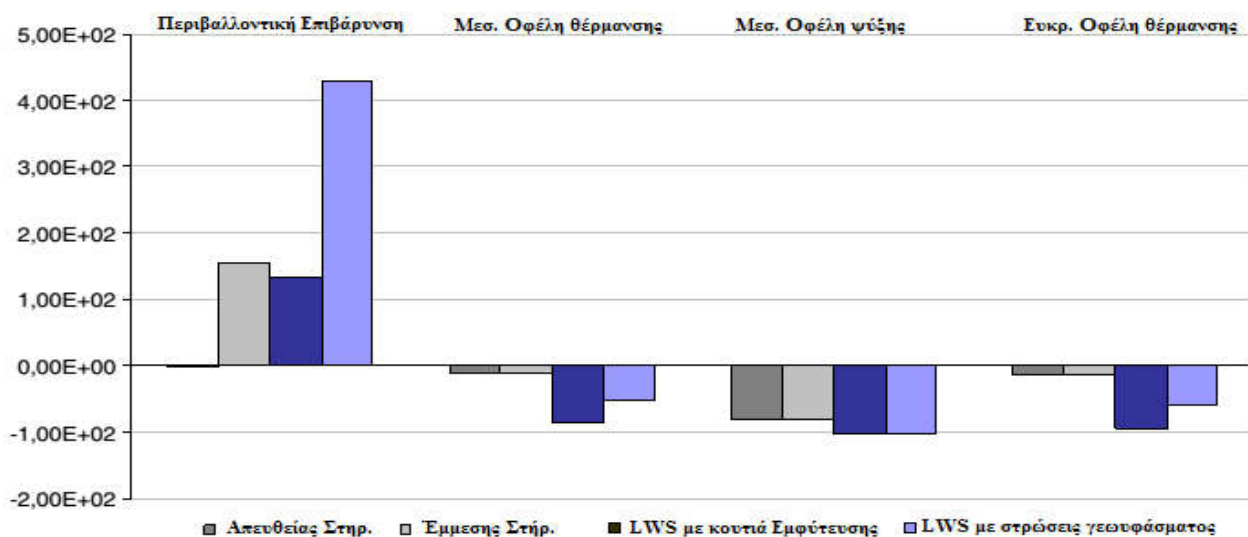
Τα ενεργειακά οφέλη που παρέχονται από τις οικολογικές επιλογές έχουν ένα αξιοσημείωτο αντίκτυπο στην ανάλυση του κύκλου ζωής σε ένα μεσογειακό κλίμα. Τα οφέλη που υπολογίζονται είναι περίπου δύο φορές μεγαλύτερα από ότι για τα εύκρατα κλίματα (Εικ. 3.32). Αυτό οφείλεται στην εξοικονόμηση ενέργειας που σχετίζεται με τη δυναμική της ψύξης του κτιρίου. Αυτή η ανάλυση του κύκλου ζωής αποδεικνύει ότι:

Τα απευθείας στήριξης συστήματα πράσινης όψης έχουν πολύ μικρή επίδραση στη συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση. Έτσι, αυτό το είδος πρασίνου, χωρίς οποιοδήποτε πρόσθετα υλικά να εμπλέκονται, είναι πάντα μια βιώσιμη επιλογή για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις.

Τα έμμεσης στήριξης συστήματα πράσινης όψης που αναλύθηκαν βασίζονται σε ένα σύστημα στήριξης με ανοξειδωτο χάλυβα που έχει υψηλή επίδραση στην συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Τα συστήματα Ζωντανών Τοίχων που βασίζονται σε κουτιά εμφύτευσης δεν έχουν μεγάλο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, λόγω των υλικών που εμπλέκονται, δεδομένου ότι τα υλικά που επηρεάζουν θετικά τη θερμική αντίσταση του συστήματος.

Τα συστήματα Ζωντανών Τοίχων που βασίζονται σε στρώματα γεωφάσματος έχουν μια υψηλή περιβαλλοντική επιβάρυνση από την άποψη της αντοχής και λόγω των υλικών που χρησιμοποιούνται.



Εικ. 3.32 Συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση και οφέλη από την θέρμανση και την ψύξη σε Μεσογειακό (Μεσ.) και Εύκρατο (Ευκρ.) Κλίμα αντίστοιχα. Οι μονάδες είναι σύμφωνα με την Ολλανδική Εθνική Περιβαλλοντική βάση δεδομένων σε ισοδύναμα περιβαλλοντικών ρύπων πχ GWP(100 years) kg CO₂. [Πηγή: (Perini, Ottelé και Haas, Vertical greening systems, a process tree for green façades)]

Εξοικονόμηση ενέργειας υπολογισμένη με το λογισμικό Termo 8.0, Ottelé et al. 2011) για θέρμανση, εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση της θερμοκρασίας για τα Μεσογειακό και Ευκρατα Κλίματα βασισμένη στους Alexandri and Jones (2008)			
Συστημα Κατακόρυφου Κήπου	Οφέλη	Μεσογειακό Κλίμα	Εύκρατο Κλίμα
Απευθείας Στήριξης πράσινη πρόσοψη	Εξ/ση ενέργ. θέρμανσης	1,20%	1,20%
	Μείωση θερμοκρασίας	4,5°C	2,6°C
	Εξ/ση ενέργ. ψύξης	43%	–
Έμμεσης στήριξης πράσινη όψη	Εξ/ση ενέργ. θέρμανσης	1,20%	1,20%
	Μείωση θερμοκρασίας	4,5°C	2,6 °C
	Εξ/ση ενέργ. ψύξης	43%	–
Ζωντανός Τοίχος με κουτιά εμφύτευσης	Εξ/ση ενέργ. θέρμανσης	6,30%	6,30%
	Μείωση θερμοκρασίας	4,5°C	2,6°C
	Εξ/ση ενέργ. ψύξης	43%	–
Ζωντανός Τοίχος με στρώσεις γεφυρώσματος	Εξ/ση ενέργ. θέρμανσης	4%	4%
	Μείωση θερμοκρασίας	4,5°C	2,6°C
	Εξ/ση ενέργ. ψύξης	43%	–

Εικ. 3.33 Ολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα τεσσάρων συστημάτων κατακόρυφων κήπων (συμπεριλαμβανομένου του συστήματος στήριξης και βλάστησης), οφέλη για την θέρμανση και ψύξη του κτιρίου σε Μεσογειακό και Εύκρατο κλίμα ([Πηγή: (Perini, Ottelé και Haas, *Vertical greening systems, a process tree for green facades*)])

Αυτό είναι ένα αναπτυσσόμενο πεδίο της μελέτης, το οποίο έχει αναπτυχθεί ραγδαία, ιδίως κατά τα τελευταία 3-4 χρόνια, έτσι ώστε τα διάφορα συστήματα ζωντανών τοίχων και συστήματα πράσινη όψης με διαφορετικά υλικά και χαρακτηριστικά να είναι διαθέσιμα. Το τελευταίο επηρεάζει θετικά ή αρνητικά την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Πολλοί τύποι υλικών, όπως διάφορα είδη ξύλου, το πλαστικό, το αλουμίνιο και ο χάλυβας, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή συστημάτων έμμεσης στήριξης πράσινων όψεων, που μπορούν να είναι ένα στήριγμα για τα αναρριχόμενα φυτά αντί του πλέγματος από ανοξείδωτο χάλυβα. Αυτά τα υλικά μπορούν να προκαλέσουν περιβαλλοντική επιβάρυνση στο σύστημα περίπου 10 φορές μικρότερη από ό, τι το πλέγμα από ανοξείδωτο χάλυβα .

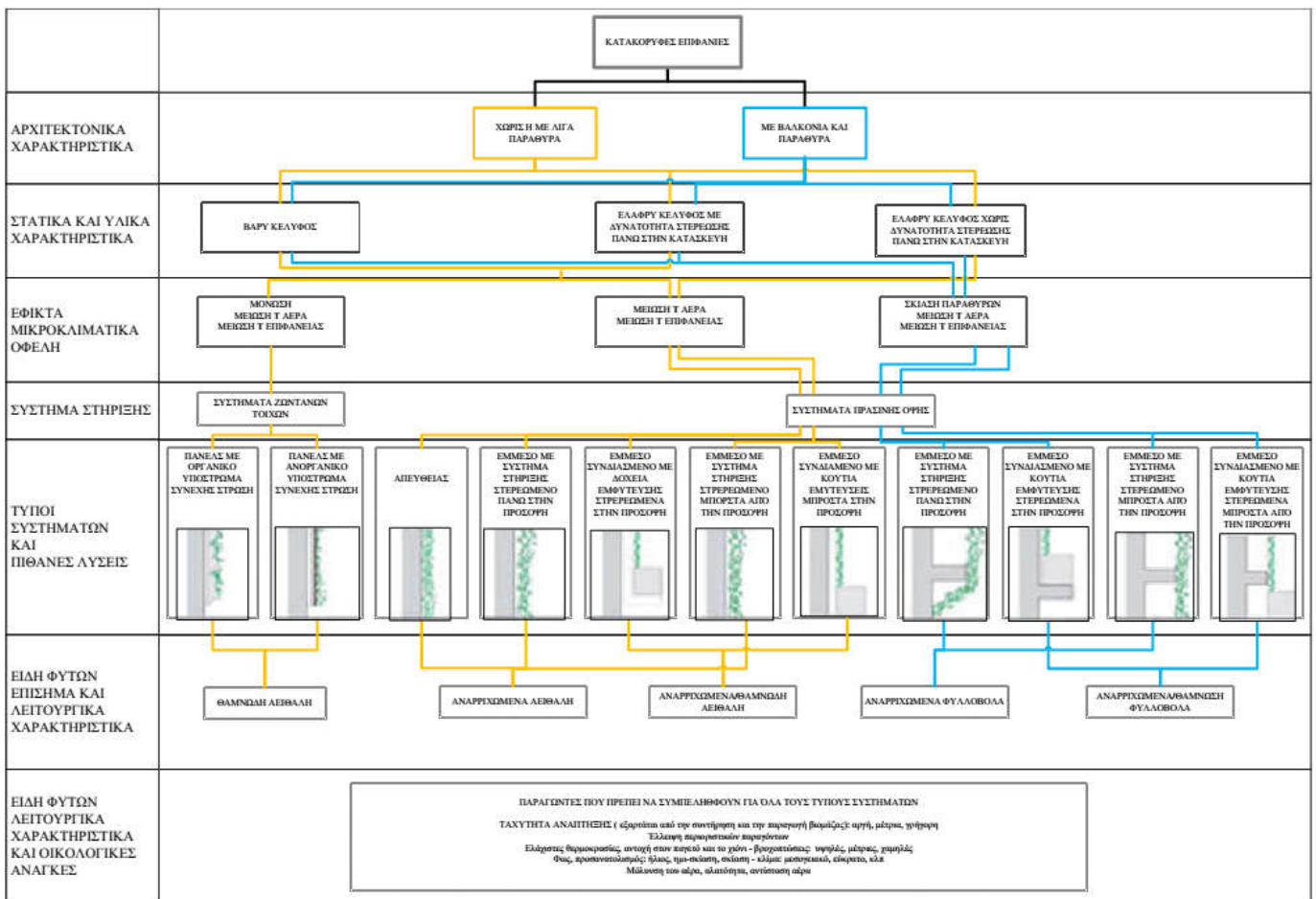
Εκτός απ' αυτό, μια βιώσιμη προσέγγιση για τα συστήματα ζωντανών τοίχων μπορεί να περιλαμβάνει μια υψηλότερη ενσωμάτωση εντός του κελύφους του κτιρίου, συνδυάζοντας τις λειτουργίες τους, δεδομένου ότι λόγω της προστασίας ενάντια στην περιβαλλοντική παράμετρο μπορεί να απαλλαγεί από τις στρώσεις που εμπλέκονται. Το «πρασίνισμα» του κελύφους του κτιρίου είναι μια βιώσιμη επιλογή για νέες κατασκευές και για ανακαινίσεις κατά τη χρήση υλικών με υψηλή επίδραση στο περιβαλλοντικό προφίλ, αν δεν είναι όλα τα μεγέθη ακόμα μετρήσιμα και ποσοτικοποιημένα. [6]

3.6 Βοηθητικό δεντροδιάγραμμα επιλογής συστήματος κατακόρυφου κήπου

Προκειμένου να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος συστήματος κατακόρυφου κήπου για μια εφαρμογή, είναι χρήσιμο να αναπτυχθεί ένα δεντροδιάγραμμα προκειμένου να σχεδιάζονται οι νέες κατασκευές, ανακαινίσεις και επεμβάσεις, ξεκινώντας από τα χαρακτηριστικά των συστημάτων κατακόρυφων κήπων, τα περιβαλλοντικά οφέλη που συνεπάγεται, καθώς και την ανάλυση του κύκλου ζωής. Το δεντροδιάγραμμα είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για να εξετάσουμε τις κύριες παραμέτρους, όπως το κλιματικά και κτιριακά χαρακτηριστικά, και να αποφύγουμε ζημιές και προβλήματα συντήρησης που προκαλούνται από τον κακό σχεδιασμό.

Το δεντροδιάγραμμα της εικόνας (Εικ.3.36) δείχνει τις κύριες παραμέτρους για μια πρώτη ενδεικτική επιλογή συστήματος κατακόρυφου κήπου και ειδή φυτών. Αυτό το σχεδιάγραμμα συμπεριλαμβάνει τα αρχιτεκτονικά, τα στατικά και τα υλικά σαν χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου για να αξιολογήσει την πιθανότητα το σύστημα κατακόρυφου κήπου να στερεωθεί απευθείας στο κέλυφος του κτιρίου, στον φέροντα οργανισμό του ή στη βάση της όψης του. Τα μικροκλιματικά οφέλη που μπορούν να επιτευχθούν (τα οφέλη που επηρεάζονται πιο πολύ από την επιλογή συστήματος) εξαρτώνται από τον τρόπο στερέωσης και ως εκ τούτου από τα χαρακτηριστικά του κτιρίου.

Τα συστήματα των ζωντανών τοίχων μπορούν να έχουν θετική επιρροή στη θερμική αντίσταση του κελύφους του κτιρίου, λόγω των υλικών που περιέχουν και τη δυνατότητα τους να συνδυάζουν








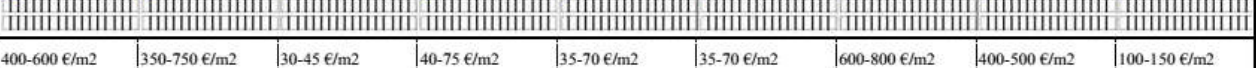


Εικ. 3.34 Δεντροδιάγραμμα διαδικασία επιλογής συστήματος κατακόρυφου κήπου [Πηγή: (Perini, Ottelè και Haas, Vertical greening systems, a process tree for green façades)]

λειτουργίες, λειτουργώντας ως μονωτικό υλικό. Οι πράσινες όψεις με ένα καλά-αναπτυγμένο αναρριχητικό φυτό μπορούν να πετύχουν μείωση της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών του κτιρίου και στην περίπτωση μια όψης με ανοίγματα σκίαση του εσωτερικού.

Στην επιλογή των ειδών των φυτών λαμβάνονται υπόψη πολλές παράμετροι, συμπεριλαμβανομένου του τύπου του συστήματος στήριξης (αναρριχώμενα φυτά ή θαμνώδη), τα μικροκλιματικά οφέλη (αιθαλή ή φυλλοβόλα), την απαραίτητη συντήρηση, τη βιομάζα που παράγεται (ταχύτητα ανάπτυξης), τον τύπο του κλίματος και τις περιβαλλοντικές παραμέτρους (ελάχιστες θερμοκρασίες, παγετό ή χιόνια, βροχοπτώσεις, αντίσταση του αέρα, κλπ.), τον προσανατολισμό της όψης και τους περιορισμούς εντός της αστικής περιοχής.

Ξεκινώντας από την πρώτη ενδεικτική επιλογή που κάναμε μέσα στο δεντροδιάγραμμα, είναι δυνατόν να προχωρήσουμε σε ένα πιο λεπτομερές σχεδιάγραμμα (Εικ. 3.35). Αυτό το σχεδιάγραμμα περιλαμβάνει περιληπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων των πράσινων όψεων και των ζωντανών τοίχων, όπως τα χρησιμοποιούμενα υλικά, τις διαστάσεις (πάχος και ύψος), τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τα περιβαλλοντικά οφέλη (εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση και στην ψύξη στα Μεσογειακά κλίματα και μόνο στη θέρμανση στα ηπειρωτικά κλίματα) και ένα φάσμα κόστους. Μέσα σε ένα δοσμένο φάσμα, το κόστος εξαρτάται από την επιφάνεια της όψης (εξοπλισμός), το ύψος, τη θέση, τις συνδέσεις, κλπ.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	 LWS - modular πανέλ με οργανικό υπόστρωμα υψηλής πυκνότητας	 LWS - modular πανέλ με ενσωματωμένο ανόργανο υπόστρωμα	 απευθείας πράσινη πρόσοψη	 έμμεση πράσινη πρόσοψη			 έμμεση πράσινη πρόσοψη με κουτιά εμφύτευσης		
ΥΛΙΚΑ	υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE)	στρώσεις γεωυφάσματος υποστηρίξιμους από φύλλο PVC		πλέγμα από ανοξείδωτο χάλυβα	ανοξείδωτος χάλυβα	υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE) πλέγμα	κουτιά εμφύτευσης και πλέγμα από ανοξείδωτο χάλυβα	κουτιά εμφύτευσης και πλέγμα από γαλβανισμένο χάλυβα	κουτιά εμφύτευσης και πλέγμα από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	πάνελ: 60x50x20 cm βλάστηση: 5-10 cm	πάνελ: 300x150x2,5 cm βλάστηση: 5-10 cm	βλάστηση πάχος: 10-20 cm H.max 10/25 m	εσχάρα πάχος: 0,4 cm βλάστηση: 10-20 cm H.max 10/25 m	εσχάρα πάχος: 0,4 cm βλάστηση: 10-20 cm H.max 10/25 m	εσχάρα πάχος: 60x60x5 cm βλάστηση: 10-20 cm H.max 10/25 m	κουτιά εμφύτευσης: 100x40x35 cm βλάστηση: 10-20 cm	κουτιά εμφύτευσης: 100x40x35 cm βλάστηση: 10-20 cm	κουτιά εμφύτευσης: 60x22x20 cm βλάστηση: 10-20 cm
ΒΑΡΟΣ μέσου καλλιέργειας ¹	100 kg/m ²	20 kg/m ²	5 kg/m ²	6,5 kg/m ²	6,5 kg/m ²	6,5 kg/m ²	60 kg/m ²	60 kg/m ²	25 kg/m ²
ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ²	> 50 χρόνια	περίπου 10 χρόνια		> 50 χρόνια	> 50 χρόνια	> 50 χρόνια	> 50 χρόνια	> 50 χρόνια	> 50 χρόνια
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ³									
ΕΞΟΙΚΟΝΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣ. ΚΛΙΜΑ ⁴ ΨΥΞΗ-GERMANIA									
ΕΞΟΙΚΟΝΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΥΚΡΑΤΟ ΚΛΙΜΑ ⁴									
ΚΟΣΤΟΣ	400-600 €/m ²	350-750 €/m ²	30-45 €/m ²	40-75 €/m ²	35-70 €/m ²	35-70 €/m ²	600-800 €/m ²	400-500 €/m ²	100-150 €/m ²
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΕΙΔΩΝ ΦΥΤΩΝ ⁵	evergreen shrubs Pterospida, Lamium galeobdolon, Carex, Alchemilla, Hosta, Geraniums.		evergreen climblings Hedera Helix, Vitis, Clematis, Jasmine, Pyracantha			evergreen shrubs Laurus nobilis, Pittosporum, Nerium oleander, Genistea, Jasminum			
<p>1. Εξαρτάται από την ποσότητα νερού. 2. Η αντοχή θεωρείται μόνο από το σύστημα στήριξης, αφού για την βλάστηση υφίστανται πολύ παράγοντες. 3. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι σχηματική να συγκριθούν οι επιπτώσεις των διαφόρων συστημάτων (περισσότερα κόκκινα κουτιά σημαίνει μεγαλύτερο αντίκτυπο). 4-5. Τα περιβαλλοντικά οφέλη (για τις μεσογειακές και Ηπιο κλίμα), σε σύγκριση με την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, επιτρέπει την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των συστημάτων (Ottelé et al. 2011). 5. Φυτά κατάλληλα για το Μεσογειακό και Εύκρατο κλίμα (δεν υπάρχουν ακραίες καταστάσεις). Η επιλογή των φυτών εξαρτάται από πολλές παραμέτρους (όπως φαίνεται στο Δεντροδιάγραμμα).</p>									

Εικ. 3.35 Πίνακας κύριων χαρακτηριστικών και παραμέτρων επιλογής πράσινων προσώψεων και ζωντανών τοίχων [Πηγή: (Perini, Ottelé και Haas, Vertical greening systems, a process tree for green façades)]

Είναι ξεκάθαρο ότι το κόστος των συστημάτων των ζωντανών τοίχων είναι πολύ υψηλότερο από τα απευθείας και τα έμμεσα συστήματα πρασίνων όψεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός της συντήρησης που απαιτούν (θρεπτικά συστατικά και συστήματα ποτίσματος, τα εμπεριεχόμενα υλικά και την πολυπλοκότητα του σχεδίου). Ένα τμήμα του αρχικού κόστους μπορεί να αποσβεστεί χάρη στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη καθώς και χάρη στην αισθητική αξία του κτιρίου. Επίσης η ανθεκτικότητα παίζει σημαντικό ρόλο στο θέμα της οικονομίας. Ένα σύστημα όπως οι ζωντανοί τοίχοι βασισμένο σε στρώσεις με επενδύσεις (σε σύγκριση με ένα βασισμένο σε κουτιά εμφύτευσης) με ένα χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης μπορεί να χρειάζεται αντικατάσταση των πάνελ κάθε λίγα χρόνια.. Το σύστημα απευθείας πράσινης όψης αποτελεί την πιο βιώσιμη και οικονομικότερη επιλογή. Μερικά αναρριχητικά φυτά μπορούν να φτάσουν τα 5 ως 6 μέτρα σε ύψος, άλλα γύρω στα 10 μέτρα, και κάποια είδη τουλάχιστον 25 μέτρα –αν και τα φυτά κάνουν χρόνια για να φτάσουν σε ένα ικανοποιητικό ύψος.

Όσο αφορά τα απευθείας ή μη συστήματα πρασίνων όψεων, δύνανται να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με κουτιά εμφύτευσης διάφορων υλικών. Τα εφικτά περιβαλλοντικά οφέλη είναι ίδια οποιαδήποτε υλικά και αν χρησιμοποιηθούν, αφού μόνο η βλάστηση παίζει ρόλο, αλλά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να διαφέρουν πάρα πολύ (ο ανοξείδωτος χάλυβας έχει πολύ πιο μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις), όπως επίσης και τα κόστη. Στην περίπτωση μιας βιώσιμης επιλογής, η αισθητική αξία δεν μπορεί να είναι η κύρια παράμετρος.

Το δεντροδιάγραμμα δεν νοείται να είναι εξαντλητικό, συμπεριλαμβανομένου του μεγάλου αριθμού των διαθέσιμων συστημάτων στην Ευρωπαϊκή αγορά, αλλά να επιτρέπει να ληφθούν υπόψη οι ποικίλες μεταβλητές και παράμετροι που εμπλέκονται.[6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

«ΝΕΟΥ ΔΙΚΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΓΑΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ»

4.1 Παρουσίαση περιοχής μελέτης

Ο Πειραιάς είναι πόλη της Αττικής και ο σημαντικότερος λιμένας της Ελλάδας και της ανατολικής Μεσογείου. Ο Δήμος Πειραιώς αποτελεί τον τρίτο μεγαλύτερο δήμο και οικισμό της Ελλάδας, με πληθυσμό 175.697, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, ενώ η έκτασή του είναι 10,9 τ.χμ. Η ευρύτερη περιοχή του Πειραιά αποτελείται από τον ομώνυμο Δήμο και ακόμα έξι δήμους-προάστια, με συνολικό πληθυσμό 466.065 κατοίκους και έκταση 50,4 τ.χμ. και αποτελεί το νοτιοδυτικό τμήμα του πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας που συγκροτεί την περιφέρεια πρωτεύουσας. Το κέντρο του Πειραιά απέχει περίπου 12 χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας, της οποίας αποτελεί ιστορικό επίγειο, ενώ ο Δήμος αποτελεί την έδρα της Νομαρχίας Πειραιώς, που περιλαμβάνεται στην Υπερνομαρχία Αθηνών-Πειραιώς.



Εικ. 4.1 Πανοραμική φωτογραφία της περιοχής, επισημασμένο το Νέο Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά καθώς και η περιοχή που θα προσομοιωθεί με το πρόγραμμα Envi-met 3.1 [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Google Earth]

Ο Πειραιάς στη σύγχρονη εποχή είναι το μεγαλύτερο βιομηχανικό κέντρο της χώρας, ενώ διαθέτει το μεγαλύτερο λιμένα της Ευρώπης και τον τρίτο στον κόσμο σε επιβατική κίνηση, γεγονός που τον καθιστά ως το μεγαλύτερο εμπορικό κέντρο της ελληνικής οικονομίας, ενώ μέσω αυτού συνδέεται ακτοπολοϊκά με τα νησιά του Αιγαίου. Ως τμήμα του πολεοδομικού συγκροτήματος Αθηνών, εξυπηρετείται συγκοινωνιακά από πληθώρα μέσων: λεωφορεία, τρόλεϊ, τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο, το Τραμ Αθήνας και το Μετρό Αθήνας, προς το παρόν από την παλαιά γραμμή του ηλεκτρικού σιδηροδρόμου και μελλοντικά από την επέκταση της γραμμής του μετρό, ενώ συνδέεται και με το σιδηροδρομικό δίκτυο του ΟΣΕ. [INT12]

Το κτίριο που επιλέχθηκε για τη συγκεκριμένη έρευνα είναι το Νέο Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά. Βρίσκεται πάνω στη διασταύρωση της Λεωφόρου Ηρώων Πολυτεχνείου με τη Λεωφόρο Βασιλέως Γεωργίου, απέναντι από την πλατεία Κοραή και δίπλα από το Δημοτικό Θέατρο Πειραιά. Το κτίριο αυτό, ενώ βρίσκεται σε κομβικό σημείο του Πειραιά, αυτή τη στιγμή καλύπτεται από υφασμάτινα πετάσματα, τα οποία κρύβουν το ημιτελές κτίριο. Ακόμα, εφόσον το κτίριο θα λειτουργήσει ως Δικαστικό Μέγαρο αναμένεται να **αυξηθεί η προσέλευση του κόσμου στην περιοχή**, που βρίσκεται κεντρικά του Πειραιά. Επιλέξαμε αυτό το κτίριο λόγω θέσης και μελλοντικής χρήσης με σκοπό :

- Να δείξουμε πώς μπορεί να **αναβαθμιστεί αισθητικά** το κτίριο και η περιοχή με μια επέμβαση με κατακόρυφους κήπους στις όψεις του.
- Να αποδείξουμε ότι μέσω της εφαρμογής των κατακόρυφων κήπων μπορούν να **αντιμετωπιστούν οι περιβαλλοντικές συνέπειες** της αύξησης της κίνησης και ταυτόχρονα να **παραμείνει ένα σημείο ενδιαφέροντος** για το σύνολο των τουριστών και των κατοίκων.
- **Σαν εκπαιδευτική διαδικασία**, με τις όψεις του κτιρίου ως μαυροπίνακα, ώστε να ευαισθητοποιηθεί το κοινό για τα περιβαλλοντικά ζητήματα και για να δημιουργηθεί μια απτή εικόνα του τι σημαίνει φύση στην πόλη.
- Γιατί πρόκειται για ένα κτίριο το οποίο αναμένεται να ανακατασκευαστεί και αυτό μας δίνει την ευκαιρία η θεωρητική μελέτη της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας να **έχει πρακτική εφαρμογή**.

Για τους λόγους αυτούς επιλέχθηκε το συγκεκριμένο κτίριο για την ανάλυση μέσω του Envi-Met 3.1.

4.2 Επιλογή τύπου κατακόρυφου κήπου για το Νέο Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά.



Εικ. 4.2 Φωτογραφία που χρησιμοποιήθηκε από τα ΜΜΕ για την παρουσίαση της παρούσας κατάστασης της πρώην Ράλλειος σχολής
[Πηγή: <http://www.tovima.gr/>]

Για να επιλέξουμε τον κατάλληλο τύπο κατακόρυφου κήπου ακολουθούμε το διάγραμμα του Κεφαλαίου 4. Βλέπουμε τις όψεις του δικαστικού Μεγάρου και παρατηρούμε ότι διαθέτει πληθώρα ανοιγμάτων. Ανεξάρτητα από το είδος του κελύφους του κτιρίου, οδηγούμαστε σε λύσεις πρασίνων όψεων.

Εάν δεν θέλουμε να επιβαρύνουμε με πρόσθετα βάρη το κτίριο, επιλέγουμε ένα σύστημα από τα δύο έμμεσα συστήματα στερεωμένα μπροστά από την όψη. Αυτή η επιλογή κρίνεται επίσης ως θετική, διότι δεν έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της όψης και μπορεί να αφαιρεθεί μελλοντικά δίχως συνέπειες. Η όψη δεν χρειάζεται επιπλέον επενδύσεις για μόνωση έναντι υγρασίας. Η λύση αυτή έχει αυξημένο κόστος, λόγω της απαίτησης για ξεχωριστό σύστημα στήριξης.

Διαφορετικά, εάν μπορούμε να εκτιμήσουμε το βάρος του συστήματος της πράσινης όψης εξαρχής στη στατική μελέτη του κτιρίου, τότε τα συστήματα της πράσινης όψης στερεώνονται στην όψη και η λύση είναι πιο οικονομική, αφού δεν απαιτεί πρόσθετο σύστημα στήριξης. Σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται επιπλέον στρώσεις προστασίας στην όψη έναντι της υγρασίας. Επίσης πρέπει

να τονίσουμε ότι αυτή η επιλογή είναι πλέον μόνιμη και πως η αφαίρεση της πράσινης όψης θα προκαλέσει ζημιές στην όψη του κτιρίου, ενώ θα δυσκολεύει και τυχόν αλλαγές-συντηρήσεις στην όψη.

Ένα άλλος παράγοντας που πρέπει να προσεχθεί είναι ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών καθώς και το ύψος του Δικαστικού Μεγάρου. Λίγα αναρριχητικά φυτά μπορούν να φτάσουν στα +30 μέτρα από τη στάθμη του εδάφους και αυτά απαιτούν χρόνια. Από την άλλη, αν και η λύση με τα κουτιά εμφύτευσης εγγυάται ότι τα φυτά θα αναπτυχθούν μέσα σε 3-4 χρόνια σε όλη την έκταση της όψης του κτιρίου, έχει αυξημένο κόστος συντήρησης, διότι προϋποθέτει εργασία τοποθέτησης και συντήρησης σε αρκετές στάθμες καθ' όλο το ύψος της όψης.

Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος και το χρόνο ανάπτυξης των φυτών, επιλέγουμε ένα έμμεσο σύστημα στήριξης στερεωμένο πάνω στην όψη. Για να μειώσουμε το χρόνο που θα χρειαστεί για την κάλυψη όλης της επιφάνειας της όψης βάζουμε άλλη μια στάθμη εμφύτευσης (εκτός από αυτή του εδάφους) στην οροφή του κτιρίου.

Για την επιλογή των φυτών θα πρέπει να λάβουμε υπόψη πολλούς παράγοντες. Έως τώρα με βάση τη πορεία που έχουμε επιλέξει στο διάγραμμα έχουμε μόνο μικρό-περιβαλλοντικά οφέλη, λόγω σκίασης παραθύρων, μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα που έρχεται σε επαφή με την κατασκευή και μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της όψης. Τα φυτά που επιλέγονται πρέπει να είναι αναρριχητικά. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την αλατότητα λόγω της γειτνίασης του κτιρίου με τη θάλασσα, την ένταση του αέρα χειμώνα και καλοκαίρι καθώς και τον προσανατολισμό κάθε πλευράς του κτιρίου ξεχωριστά.

4.3 Προτάσεις επεμβάσεων ανάλογα με τα κυρίαρχα κίνητρα – επιθυμητά οφέλη.

Με βάση τους στόχους που τέθηκαν στο 4.1 θα εξετάσουμε στη συνέχεια τα διάφορα κίνητρα που οδηγούν στις επιλογές χρήσης πράσινων κήπων στις όψεις του Δικαστικού Μεγάρου.

4.3.1 Πρώτη Πρόταση – Οικονομικά κίνητρα

Με βάση οικονομικά κίνητρα (εξοικονόμηση πόρων) η επέμβαση θα πρέπει να είναι περιορισμένου μεγέθους, αλλά ταυτόχρονα σε περίοπτη θέση, ώστε να έχει εμφανές αισθητικό αποτέλεσμα. Επιλέγεται συνεπώς η κάλυψη μόνο της πρόσοψης της κύριας εισόδου του Νέου Δικαστικού Μεγάρου με κατακόρυφο κήπο.

Καθ' αυτό τον τρόπο το αισθητικό αποτέλεσμα θα είναι ορατό από όλη την πλατεία Κοραή και τη Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου. Θα καλύπτει τη νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου, άρα θα προσφέρει και σκίαση στο κτίριο. Επιπλέον, επειδή υπάρχει προαύλιος χώρος και πεζόδρομος στην διπλανή οδό Δραγάση, θα λειτουργεί και ως σημείο κοινωνικής συνάθροισης ακόμα και σε ώρες που δεν θα λειτουργεί το Δικαστικό Μέγαρο. Με αυτό τον τρόπο προβλέπεται το χαμηλότερο κόστος επένδυσης, αφού θα καλυφθούν λιγότερα τετραγωνικά μέτρα των όψεων του κτιρίου με κατακόρυφο κήπο.

4.3.2 Δεύτερη Πρόταση – Κίνητρο η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Με βάση το κίνητρο της βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, οφείλουμε να τοποθετήσουμε κατακόρυφους κήπους στη νότια πλευρά του κτιρίου, αφού αυτή είναι που θερμαίνεται περισσότερο, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι στο συγκεκριμένο κτίριο του Δικαστικού Μεγάρου θα πρέπει να καλύψουμε τη νοτιοανατολική πλευρά επί της οδού Δραγάση και τη νοτιοδυτική πλευρά επί της Λεωφόρου Ηρώων Πολυτεχνείου.

Μέσω αυτής της επέμβασης προβλέπεται να δημιουργηθεί μεγαλύτερη κοινωνική δραστηριότητα επί του πεζόδρομου της οδού Δραγάση, που πλέον θα διαθέτει μια ωραία θεά.

4.3.3 Τρίτη Πρόταση – Κίνητρο η βελτίωση της αισθητικής του κτιρίου και της γύρω περιοχής

Με κίνητρο τη βελτίωση της αισθητικής, η επέμβαση στις όψεις του κτιρίου πρέπει να διατηρεί τη συνέχεια και την ομοιομορφία της όψης. Επίσης πρέπει να έχει εμφανώς βελτιωμένο αισθητικά αποτέλεσμα, ορατό από τους πιο πολυσύχναστους δρόμους, δηλαδή τις Λεωφόρους Ηρώων Πολυτεχνείου και Βασιλέως Γεωργίου καθώς και τον πεζόδρομο της Δραγάση, όπου λειτουργούν μαγαζιά. Γι' αυτό το λόγο προτείνεται να τοποθετηθεί κατακόρυφος κήπος στις τρεις αυτές πλευρές του Νέου Δικαστικού Μεγάρου. Δεν θα τοποθετηθεί κατακόρυφος κήπος στην όψη της οδού Κολοκοτρώνη, διότι ως δρόμος είναι μικρού πλάτους με λίγη κίνηση και η πλευρά της όψης δεν θα είναι εμφανής με αποτέλεσμα να αυξηθεί το κόστος. Αυτός ο συνδυασμός, εκτός από τη βελτίωση της αισθητικής του κτιρίου, θα συντελέσει επίσης στην περεταίρω βελτίωση των θερμομονωτικών και ηχομονωτικών ιδιοτήτων του Νέου Δικαστικού Μεγάρου, αφού θα δημιουργηθούν φυτικά ηχοπροπετάσματα επί των όψεων των δύο πιο πολυσύχναστων οδών γύρω από το κτίριο. Επιπλέον, επειδή ο κατακόρυφος κήπος θα καλύπτει τους δρόμους με την περισσότερη κίνηση, θα συμβάλει στην καλύτερη διαχείριση των ρύπων.

4.3.4 Τέταρτη Πρόταση – Κίνητρο η βελτίωση της αισθητικής της περιοχής και η επανασύνδεσή της με τη φύση

Σε αυτή την τελευταία πρόταση, το κυρίαρχο κίνητρο αποτελεί η επανασύνδεση της πόλης και των κατοίκων με τη φύση. Για το λόγο αυτό ξεφεύγει από τις επεμβάσεις αποκλειστικά στο Νέο Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά και απλώνεται σε όλη την περιοχή του μοντέλου. Έτσι επιδιώκεται η διαμόρφωση και η σύνδεση των υπαρχόντων χώρων πρασίνου (πάρκο στην κάτω αριστερή γωνία εκτός χάρτη, της οδού Κολοκοτρώνη, της πλατείας Κοραή, των φυτεμένων πεζοδρομίων, κλπ), μέσω διαδρόμων πράσινου, αλλά και με τη δημιουργία μεγάλων ανοιχτών χώρων με πράσινο που θα προσφέρει την αίσθηση της αρμονίας των κτιρίων με τη φύση. Παρότι στα πλαίσια αυτής της πρότασης θα μπορούσαμε να προτείνουμε και τη φύτευση δρόμων, ακόμα και την πεζοδρόμηση κάποιων, σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία θα προτείνουμε μόνο επεμβάσεις με κατακόρυφους κήπους.

Με αυτή την κίνηση επιτυγχάνεται η βελτίωση των κλιματικών συνθηκών (μικροκλίματος) ολόκληρης της περιοχής και όχι μόνο τοπικά στην άμεση περιοχή του Δικαστικού Μεγάρου. Επίσης αναμένεται η αύξηση της εμπορικής δραστηριότητας της περιοχής, αφού θα δημιουργηθεί ένα ιδιαίτερα ελκυστικό αστικό κέντρο. Αυτή η πρόταση είναι η πλέον ελκυστική, αλλά υπερβαίνει κατά πολύ το κόστος των προηγούμενων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ENVI-MET

5.1 Γενικά

Με τη χρήση του λογισμικού ENVI-met, έκδοση 3.1, πραγματοποιήθηκε η βιοκλιματική μελέτη στην περιοχή γύρω από το Νέο Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά, σε έκταση εννιά οικοδομικών τετραγώνων περιμετρικά του. Η μελέτη αυτή αφορά την αξιολόγηση αφενός της υφιστάμενης κατάστασης της εν λόγω περιοχής και αφετέρου την πρόταση παρεμβάσεων για ανάπλαση και αναβάθμιση του Δικαστικού Μεγάρου και του γύρω χώρου, με σκεπτικό τα κίνητρα που αναπτύχθηκαν ανωτέρω. Στόχος είναι η εύρεση της βέλτιστης λύσης, που θα προκύψει από τη σύγκριση των διάφορων προτάσεων για ανακατασκευή του Μεγάρου και ανάπλαση της περιοχής.

5.2 Κατάρτιση αρχείων εισόδου στο λογισμικό

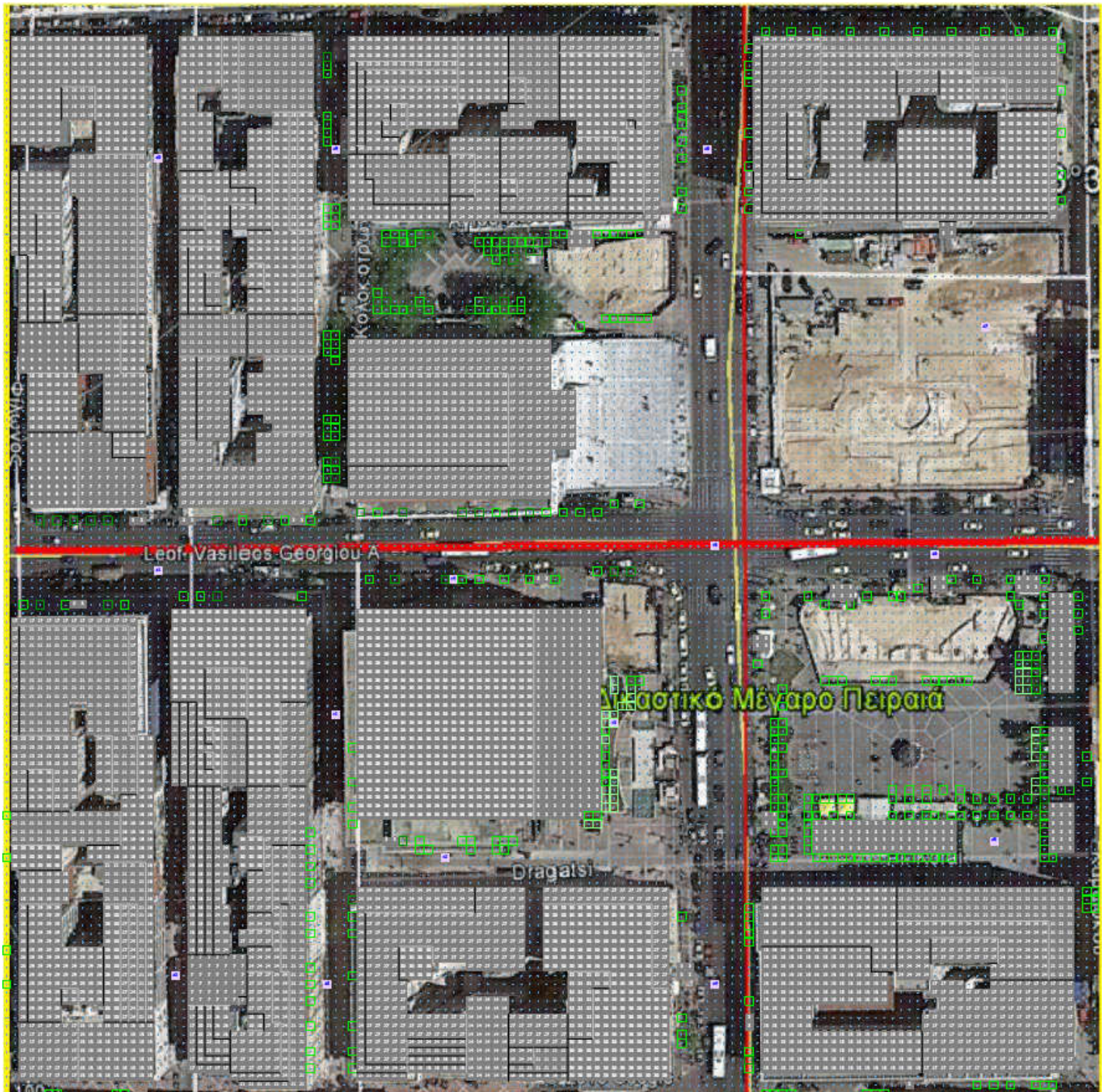
5.2.1 Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN (Area Input File)

Για την αποτύπωση της περιοχής μελέτης, μήκους 280 m και πλάτους 280 m, δημιουργήθηκε ένα κύριο πλέγμα με:

- 140 κελιά κατά τον άξονα x, με διάσταση $dx=2.00$ m
- 140 κελιά κατά τον άξονα y, με διάσταση $dy=2.00$ m
- 30 κελιά κατά τον άξονα z, με διάσταση $dz=2.30$ m

Στην περίμετρο της περιοχής μελέτης τέθηκαν 8 κελιά προς κάθε διεύθυνση, υπό τη μορφή επάλληλων πλεγμάτων (nesting grids), ώστε να επιτευχθεί καταρχήν η ευστάθεια του μοντέλου και κατά δεύτερον να μειωθεί όσο το δυνατόν λιγότερο η επιρροή των ορίων του υπολογιστικού πεδίου και να μην επηρεαστεί η ροή του αέρα από την ύπαρξη των υπό προσομοίωση στοιχείων. Ακόμη τα πεδία «Soil A» και «Soil B» θεωρηθήκαν ότι είναι από υλικό σκυροδέματος, άρα επελέγησαν οι τσιμεντένιες πλάκες πεζοδρομίου, Pavement (Concrete).

Κατά τον άξονα z επιλέχθηκαν κελιά σταθερού ύψους (equidistant), 30 στον αριθμό, με διάσταση 2.30 μέτρα το ένα και συνολικό ύψος 69m. Ο αριθμός και το ύψος των κελιών έγινε με βάση το κανόνα ότι το συνολικό ύψος του μοντέλου πρέπει να είναι διπλάσιο ή παραπάνω από το ψηλότερο κτίριο στο μοντέλο. Τα ψηλότερα κτίρια στην περιοχή του Δικαστικού Μεγάρου είναι 33m από τη στάθμη του εδάφους. Το μοντέλο έχει λοιπόν συνολικό ύψος 69 μέτρα, δηλαδή λίγο παραπάνω από το διπλάσιο του ύψους των κτιρίων της περιοχής.



Εικ. 5.1 Αποτύπωση ευρύτερης περιοχής του Νέου Δικαστικού Μεγάρου Πειραιά [Πηγή: Προσωπική Εργασία]

Ακόμη δηλώσαμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης του μοντέλου, καθώς και τη διεύθυνση του Βορρά. Επίσης δηλώσαμε και τη χρονική ζώνη στην οποία ανήκει η Αθήνα. Αυτές οι τρεις ρυθμίσεις γίνονται για να προσδιορισθούν κατάλληλα οι συνθήκες ηλιασμού και η ροή του ανέμου.

Στην εικόνα Εικ. 5.2 φαίνονται τα παραπάνω στοιχεία διαμόρφωσης του αρχείου εισαγωγής.

Ακολουθεί ο σχεδιασμός της περιοχής στο μοντέλο. Αυτή απεικονίζεται στις εικόνες Εικ. 5.1 και Εικ. 5.3, όπου φαίνεται η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης.

Στο δισδιάστατο αυτό μοντέλο, με γκρι χρώμα φαίνονται τα κτίρια και όλων των ειδών οι κατασκευές. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται τα φυτά. Όσο πιο σκούρο είναι το πράσινο, τόσο πιο ψηλό είναι το φυτό. Πέρα των κτιρίων και των φυτών, στο μοντέλο δηλώνονται και τα υλικά του εδάφους. Με αυτό τον τρόπο δηλώνονται τα πεζοδρόμια, η άσφαλτος των δρόμων και το αργιλικό έδαφος, όπου υπάρχουν φυτά. Σε όποιο κελί δεν δηλωθεί ένα υλικό, τότε τοποθετείται αυτό που έχει οριστεί αυτόματα ως 0.

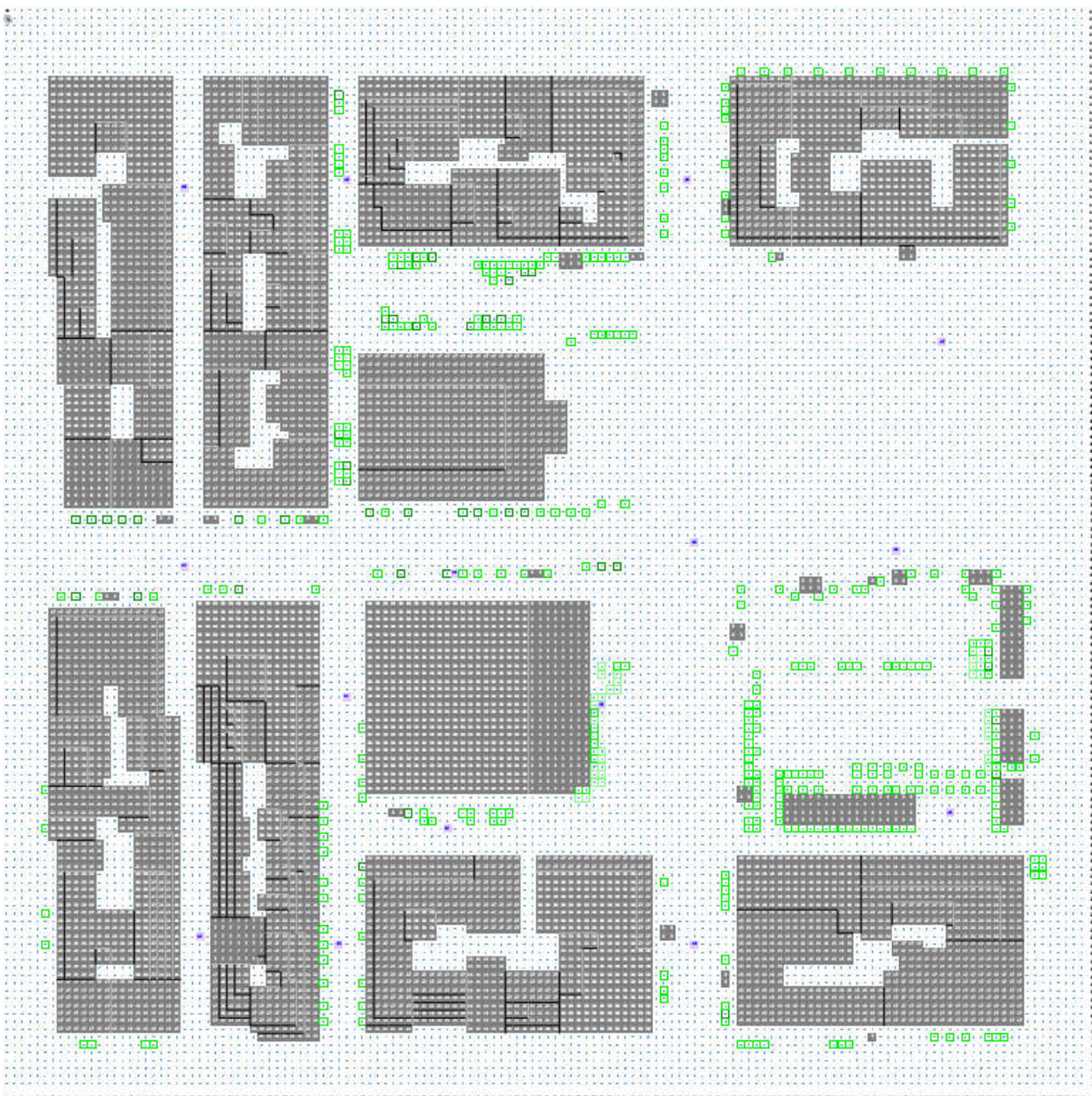
Ακόμη τοποθετήθηκαν 15 υποδοχείς (αισθητήρες) για τη μέτρηση των δεδομένων σε προκαθορισμένες θέσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρον κατά το μελετητή. Αυτές είναι 4 γύρω από το νέο δικαστικό Μέγαρο Πειραιά, 1 στο κέντρο του χάρτη και άλλες 9 διάσπαρτες σε σημεία στρατηγικά σε όλη την έκταση του μοντέλου. Τέλος ορίστηκαν ως πηγές εκπομπών αέριων ρύπων οι δύο κύριοι δρόμοι που διατρέχουν την περιοχή, δηλαδή η Λεωφόρος Βασιλέως Γεωργίου & Λεωφόρος Ηρώων Πολυτεχνείου, ενώ στους υπόλοιπους δρόμους η κυκλοφορία θεωρήθηκε σχετικά μικρή και δεν δηλώθηκε (Εικ. 5.1).

The image shows a software configuration window with two main panels. The left panel is titled 'Number of grids and nesting properties' and contains several input fields and dropdown menus. The right panel is titled 'Geographic Properties' and contains fields for location, coordinates, and time zone. At the bottom, there is a 'Model area description' field.

Section	Parameter	Value
Number of grids and nesting properties	Main model area: x-Grids	140
	Main model area: y-Grids	140
	Main model area: z-Grids	30
	Nesting grids around main area: Nr of nesting grids	8
	Soil profile ID for nesting grids: Soil A	p <Pavement (Concrete)>
	Soil profile ID for nesting grids: Soil B	p <Pavement (Concrete)>
	Grid size and structure in main area: Size of grid cell in meter: dx	2.00
	Grid size and structure in main area: Size of grid cell in meter: dy	2.00
	Grid size and structure in main area: Size of grid cell in meter: dz	2.30 (base height)
	Method of vertical grid generation: equidistant	(selected)
Geographic Properties	Model rotation out of grid north	34.20
	Name of location	Athens/Greece
	Position on earth: Latitude (deg. +N, -S)	37.58
	Position on earth: Longitude (deg. -W, +E)	23.43
	Reference time zone: Name	GMT+2
Reference time zone: Reference longitude	30.00	
Georeference	Co-ordinate of lower right grid: x-value	0.00
	Co-ordinate of lower right grid: y-value	0.00
	Reference system	<plane>
Model area description		DIKASTIKO MEGARO PEIREUS

Εικ. 5.2 Εισαγωγικά στοιχεία μοντέλου προσομοίωσης [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

Στο **αρχείο εισαγωγής περιοχής**, .IN (Area Input File) υπάρχουν 4 βάσεις δεδομένων (database), εκ των οποίων η μόνη που χρειάστηκε εμπλουτισμό για τις ανάγκες της μελέτης είναι η βάση δεδομένων για τα φυτά. Στην περιοχή υπάρχουν αρκετά είδη φυτών, αφού υπάρχουν φυτεμένοι πεζόδρομοι, και επίσης υπάρχουν δέντρα στα πεζοδρόμια σχεδόν όλων των δρόμων. Στη νέα βάση δεδομένων για τα φυτά, Plants.DAT (Εικ. 5.4), δημιουργήθηκε ακόμα και η προσομοίωση της πράσινης όψης που θα χρησιμοποιηθεί αργότερα. Τα βασικότερα είδη που δημιουργήθηκαν είναι νεραντζιές, λεύκες αφρικανικές, και άλλα πολλά.



Εικ. 5.3 Μοντέλο προσομοίωσης υφιστάμενης κατάστασης [Πηγή: Προσωπική Εργασία]

τις συνθήκες καθ' όλη την διάρκεια της μέρας μετά τις 11.00πμ. Επίσης να σημειωθεί ότι όσο πιο πολλές ώρες προσομοιώνει το μοντέλο, τόσο πιο βαρύ γίνεται υπολογιστικά.

- Τα δεδομένα αποθηκεύονται κάθε 60 min.
- Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους τέθηκε ίση με 2 m/s σύμφωνα με τα δεδομένα του Μετρολογικού σταθμού.
- Η διεύθυνση του ανέμου ορίστηκε ως BBA (340°).
- Για την τραχύτητα του εδάφους χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0.1 m, που αντιστοιχεί σε συνθήκες εδάφους με μικρές ανωμαλίες.
- Ως αρχική θερμοκρασία ορίστηκαν οι 30.5 °C ($273.15 + 30.5 = 303.2$ K).
- Ως ειδική υγρασία στην κορυφή του μοντέλου δηλώθηκε η τιμή 7 g Water/kg air.
- Η σχετική υγρασία σε ύψος 2 m από το έδαφος τέθηκε ίση με 33 %.

Πέραν των βασικών αυτών ρυθμίσεων, παρέχεται η δυνατότητα να προσθέσει κάποιος διάφορα sections για να εξειδικεύσει περισσότερο της συνθήκες προσομοίωσης. Στην προκειμένη περίπτωση προστέθηκε ένα μόνο SECTION [BUILDING] προκειμένου να προσδιοριστεί η θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων σε 25°C (298 K) αντί της default θερμοκρασίας των 19.85°C (293 K). Όσον αφορά τις υπόλοιπες τιμές, πχ του δείκτη ανακλαστικότητας (albedo), καθώς και της θερμικής ακτινοβολίας διαμέσου των τοίχων και της οροφής, διατηρήθηκαν οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι ο πειραματισμός με τις ρυθμίσεις χωρίς να έχει κανείς ακριβή γνώση των παρεμβάσεων του μπορεί να οδηγήσει σε ασταθή ή ανακριβή μοντέλα και λανθασμένες αναλύσεις.

```
ENVI-met Configuration Editor - [Modified2.CF]
File Edit Add Section Help Window
$ --- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 -----
$ --- MAIN-DATA Block -----
Name for Simulation (Text):           =VFISTAMENI
Input file Model Area                 =C:\ENVI-met31\ENVIMET\modified.in
Filebase name for Output (Text):     =VFISTAMENI
Output Directory:                    =C:\ENVI-met31\ENVIMET\Results\
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): =19.07.2015
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
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..)=340
Roughness Length z0 at Reference Point =0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]:  =303.2
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =7
Relative Humidity in 2m [%]:         =33
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]                = 298
Heat Transmission Walls [W/m²K]       =1.94
Heat Transmission Roofs [W/m²K]       =6
Albedo Walls                          =0.2
Albedo Roofs                          =0.3

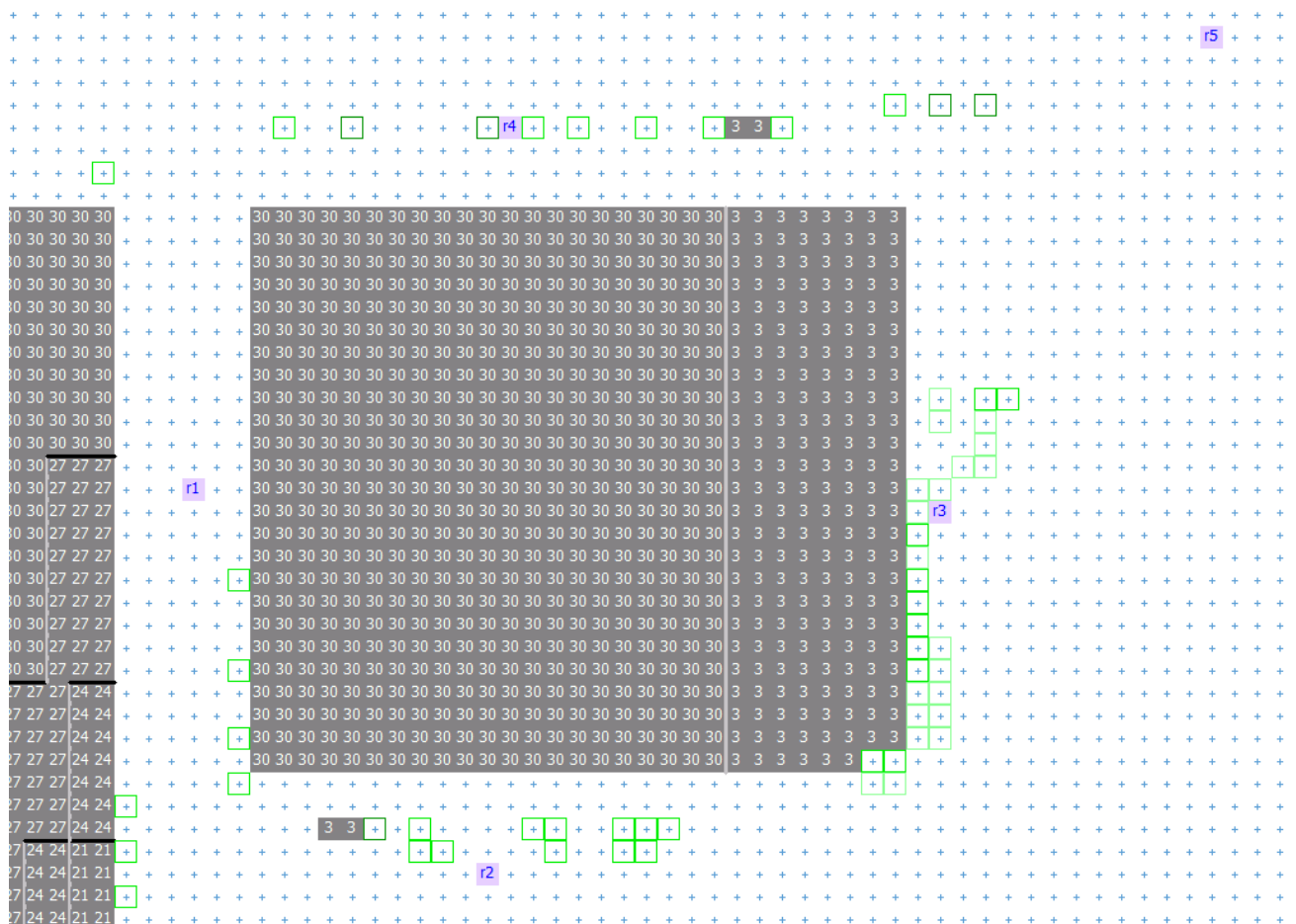
[SOURCES]
Type of emitted gas/particle
Name of component                     =PM10
Type of component                     =PM
Particle Diameter in [µm] (0 for gas) =10
Particle Density [g/cm³]              =1
Update interval for emission rate [s] =600
```

Εικ. 5.5 Το Κύριο Αρχείο Διαμόρφωσης CF. (Configuration File ^{δηλ}: Προσωπική Εργασία, Envi-Met)

5.3 Προσομοιώσεις

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί μια σύγκριση των πραγματικών συνθηκών και των αποτελεσμάτων από το μοντέλο προσομοίωσης για να ελεγχθεί η ρεαλιστικότητα της προσομοίωσης του λογισμικού ENVI-met 3.1. Έπειτα θα εξετάσουμε τις διάφορες επεμβάσεις και τα αποτελέσματά τους στο μοντέλο.

Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούν κυρίως το Δικαστικό Μέγαρο και τις όψεις του (κατακόρυφοι κήποι), καθώς και τις όψεις των κτιρίων στη γενικότερη περιοχή. Το μοντέλο αποτελείται από 140 x 140 x 30 κελία, οπότε χρησιμοποιήθηκε η αμέσως μεγαλύτερη έκδοση των 160 x 160 x 30 για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων. Ο κύριος στόχος είναι η ισοστάθμιση της ακρίβειας με το



Εικ. 5.6 Οι θέσεις των υποδοχέων $r1, r2, r3, r4$ γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

χρόνο ανάλυσης, ώστε να υπάρχει ικανοποιητική ακρίβεια, αλλά και εξοικονόμηση χρόνου προσομοίωσης, λαμβάνοντας υπ' όψη την υπολογιστική ισχύ του συστήματος H/Y και το κόστος που αυτή συνεπάγεται.

Οι τιμές όλων των κλιματολογικών δεδομένων αναφέρονται σε ύψος 2.07 m (αριθμητικά δεδομένα) και 2 m (οπτικοποιημένα δεδομένα) από τη στάθμη του εδάφους, διότι στόχο της εργασίας

αποτελεί η καταγραφή των αλλαγών, με τις διάφορες παρεμβάσεις, στο ύψος που αντιστοιχεί σε ένα μέσο χρήστη της περιοχής. Επίσης, οι αριθμητικές τιμές προκύπτουν ως μέσος όρος των τιμών των 15 υποδοχέων αισθητήρων (receptors) που έχουν τοποθετηθεί στην περιοχή μελέτης και οι τιμές γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο πηγάζουν από το μέσο όρο των τεσσάρων υποδοχέων γύρω από αυτό.

5.3.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Επειδή το κτίριο στην παρούσα φάση είναι ένα εγκαταλελειμμένο κτίριο στη φάση διαμόρφωσης των τοιχοποιιών, σαν υφιστάμενη κατάσταση ορίστηκε αυτή στην οποία θα βρισκόταν εάν είχαν ολοκληρωθεί οι εργασίες σε αυτό και ήταν σε κατάσταση λειτουργίας. Αυτό έγινε λόγω περιορισμών της έκδοσης 3.1 του προγράμματος Envi-Met, όπου δεν διαχωρίζονται ακόμα οι ημιτελείς καταστάσεις στα κτίρια. Λαμβάνει υπόψη το μέσο όρο των επιφανειών (πχ από σκυρόδεμα) και δέχεται ότι τα κτίρια έχουν μια σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό τους.

Για την προσομοίωση της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή χρησιμοποιήθηκε το αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, της εικόνας Εικ. 5.3 και το κύριο αρχείο διαμόρφωσης, .CF, της εικόνας Εικ. 5.5.

5.3.1.1 Ρεαλιστικότητα υπολογισμών υφιστάμενου μοντέλου με ENVI-met 3.1

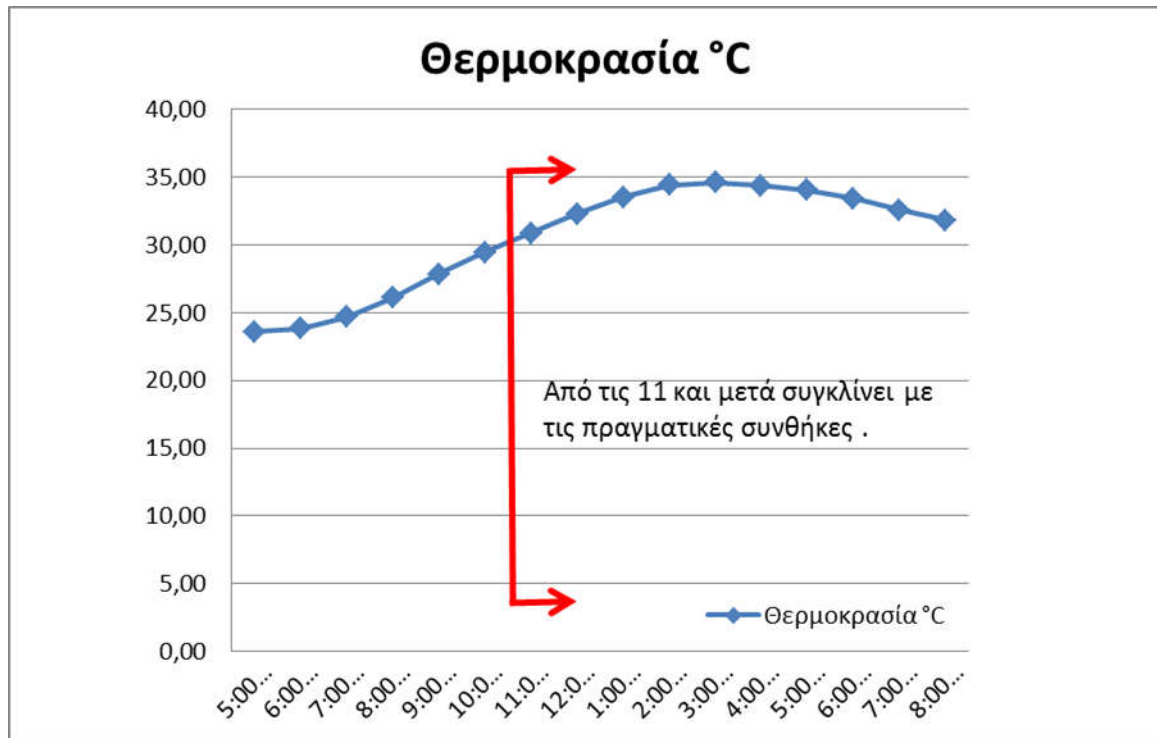
Στην εικόνα Εικ. 5.7 περιέχονται τα κλιματικά δεδομένα από το σταθμό του Φαλήρου κοντά στην περιοχή μελέτης για το μήνα Ιούλιο. Τονισμένα με διαφορετικά χρώματα είναι τα στοιχεία που μπορούν να συγκριθούν με τα αποτελέσματα από την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης. Ο πίνακας παρουσιάζει τα μετεωρολογικά στοιχεία όλου του μήνα Ιουλίου για να μπορεί να γίνει μια πιο κατανοητή σύγκριση των αποτελεσμάτων ανάμεσα στις αναμενόμενες τιμές από την προσομοίωση και τις πραγματικές συνθήκες. Επίσης είναι σημαντικό να τονισθεί ότι η 19/7/2015 είναι συνήθως μια από τις πιο θερμές μέρες του μήνα, με μέση θερμοκρασία 31 °C, μεγαλύτερη από τη μέση θερμοκρασία των 25 εκ των 31 ημερών του Ιουλίου. Σε επίπεδο μέγιστων θερμοκρασιών, μόνο 6 ημέρες έχουν υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες από 34.8 °C.

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for JUL. 2015, NAME: faliro												
temperature(°C), Rain (mm), Wind Speed (m/sec)												
DAY	MEAN TEMP.	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG. DAYS	COOL DEG. DAYS	RAIN	AVG. WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	23.8	29.4	15:30	20.1	4:40	0.0	5.5	3.2	0,67	19.3	14:30	N
2	26.2	30.7	16:30	21.7	6:00	0.0	7.8	0.0	1,47	43.5	16:00	NW
3	27.4	30.7	14:20	24.3	4:00	0.0	9.1	0.0	1,78	37.0	19:00	NE

4	26.5	29.8	16:00	23.4	6:30	0.0	8.2	0.0	1,83	37.0	11:40	NE
5	27.3	31.8	16:20	23.3	5:30	0.0	9.0	0.0	1,08	29.0	14:50	NE
6	28.3	33.8	16:30	24.8	6:20	0.0	9.9	0.0	0,75	27.4	14:10	NNE
7	29.7	33.7	15:10	26.0	6:20	0.0	11.4	0.0	1,75	54.7	16:30	NNE
8	30.5	35.2	17:00	25.3	0:00	0.0	12.2	0.0	1,19	37.0	10:50	NW
9	27.0	30.4	14:40	24.4	5:00	0.0	8.7	0.0	0,86	24.1	17:10	SSE
10	27.4	31.4	14:00	24.5	5:50	0.0	9.1	0.0	0,67	25.7	23:30	SSE
11	28.6	31.9	15:40	25.6	6:40	0.0	10.2	0.0	1,25	27.4	17:10	NE
12	28.6	32.8	15:30	24.8	6:30	0.0	10.2	0.0	1,11	25.7	9:50	NE
13	28.6	32.8	14:10	25.2	6:00	0.0	10.3	0.0	1,25	32.2	12:10	NNE
14	28.3	32.9	16:30	25.4	6:30	0.0	10.0	0.0	0,64	17.7	11:30	SW
15	29.3	32.6	16:50	26.7	6:50	0.0	10.9	0.0	1,97	33.8	15:20	NE
16	29.9	33.5	14:30	26.3	6:00	0.0	11.6	0.0	1,67	38.6	13:10	NNE
17	30.1	33.5	14:40	27.3	6:30	0.0	11.7	0.0	2,72	51.5	12:20	NE
18	29.9	33.8	16:10	26.3	6:40	0.0	11.6	0.0	2,64	49.9	11:10	NE
19	31.0	34.8	14:30	27.6	3:50	0.0	12.7	0.0	2,36	43.5	8:50	NE
20	31.6	36.1	16:40	27.2	6:30	0.0	13.2	0.0	1,39	33.8	13:10	NE
21	32.3	36.3	14:50	28.3	5:20	0.0	14.0	0.0	2,69	53.1	12:00	NE
22	31.4	34.2	15:00	28.9	6:30	0.0	13.1	0.0	3,22	46.7	0:30	NE
23	30.3	35.0	15:20	26.2	0:00	0.0	12.0	0.0	1,19	27.4	17:00	NW
24	27.4	31.4	15:20	24.9	2:10	0.0	9.1	0.0	0,81	24.1	16:10	SSE
25	27.4	29.9	15:40	25.3	7:00	0.0	9.1	0.0	0,64	20.9	16:00	SSE
26	27.7	31.2	13:40	24.9	6:30	0.0	9.4	0.0	0,50	17.7	16:30	SSE
27	29.3	33.3	14:30	26.8	6:40	0.0	10.9	0.0	0,81	25.7	18:20	SSE
28	29.9	33.9	14:30	27.5	6:10	0.0	11.6	0.0	0,64	22.5	19:10	SSW
29	29.9	33.1	13:40	27.8	1:40	0.0	11.6	0.0	0,58	19.3	15:20	W
30	30.7	35.3	14:40	28.3	6:50	0.0	12.4	0.0	0,81	24.1	20:00	WSW
31	31.1	35.0	14:50	28.8	6:30	0.0	12.7	0.0	0,53	17.7	16:00	SSE
Χαρακτηριστικές τιμές μήνα Ιουλίου του 2015												
	MEAN TEMP.	HIGH	DAY	LOW	DAY	HEAT DEG. DAYS	COOL DEG. DAYS	RAIN	AVG. WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
	28.9	36.3	21	20.1	1	0.0	329.1	3.2	1,33	54.7	7	NE

Εικ. 5.7 Πίνακας με τα μετεωρολογικά στοιχεία του Ιουνίου 2015 για το μετεωρολογικό σταθμό του Φάληρου [Πηγή: www.meteo.gr]

Στην Εικ. 5.8 παρουσιάζονται για την προσομοίωση η μέση τιμή της θερμοκρασίας, η μέγιστη τιμή καθώς και οι ωριαίες.

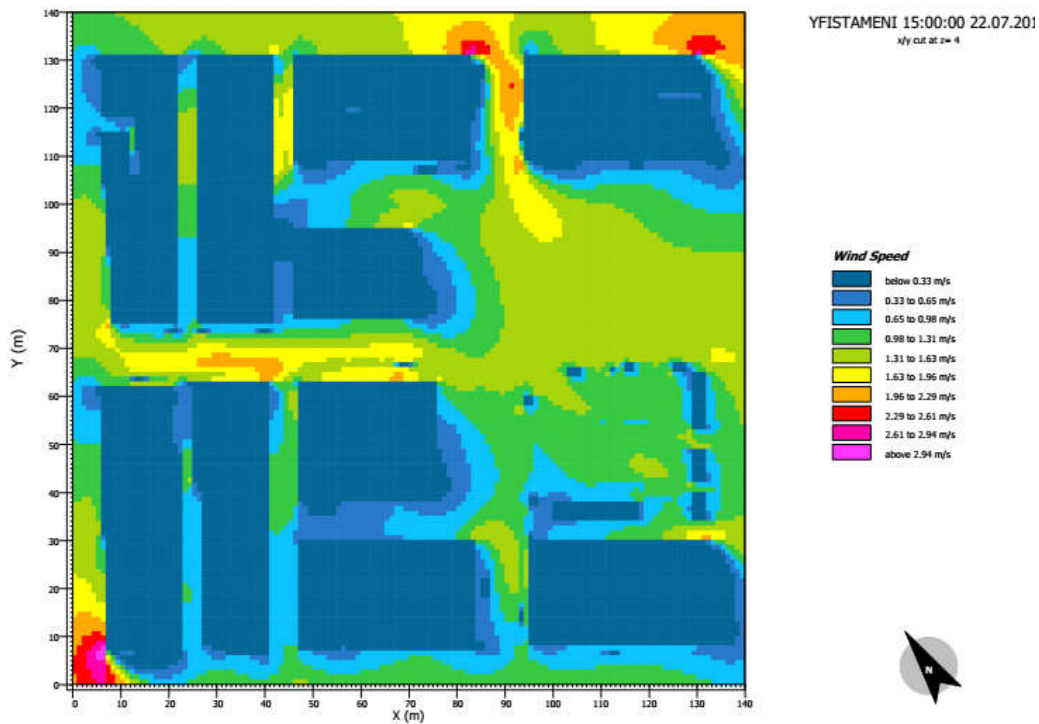


Εικ. 5.8 Κατανομή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας μέσω του προγράμματος Envi-Met για την ημέρα 19.7.2015 [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

Η μέση θερμοκρασία για την ημέρα είναι 30,56 °C και η μέγιστη 34,61 °C. Η διαφορά της 19 Ιουλίου με την προσομοίωση είναι μόλις 0,5 °C. και 0,2 °C στη μέγιστη θερμοκρασία που εμφανίζεται σχεδόν την ίδια ώρα. Ακόμα, η μέση θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από αυτή των 25 ημερών το μήνα Ιούλιο και η μέγιστη θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη από 24 μέρες τον ίδιο μήνα. Η προσομοίωση δίνει αποτελέσματα μέσα στο εύρος τιμών για το μήνα Ιούλιο, άρα είναι αξιόπιστη, και τα αποτελέσματα της είναι ρεαλιστικά. Αν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα αυτά και με τις υπόλοιπες μέρες του μήνα βλέπουμε πως όχι μόνο είναι κοντά στην 19/7/2015, αλλά θα μπορούσε να αποτελεί και μια οποιαδήποτε μέρα εκείνο το μήνα.

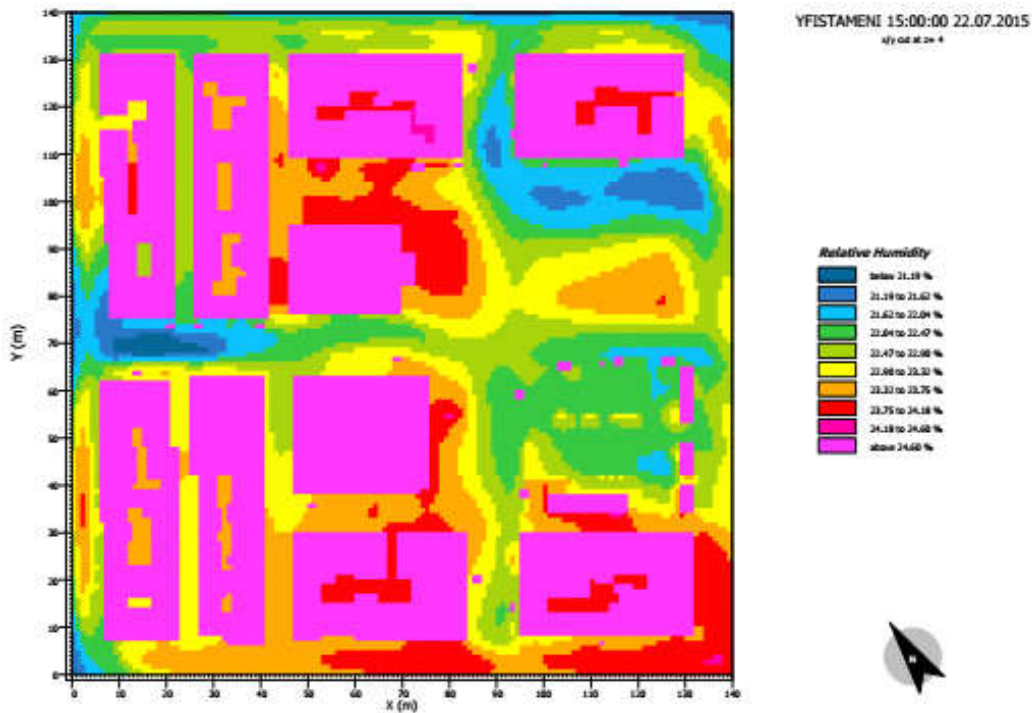
Στην καμπύλη αυτή παρουσιάζονται οι μέσες τιμές από τους 10 υποδοχείς-αισθητήρες τοποθετημένους σε όλο το εύρος της περιοχής έρευνας. Δεν περιλαμβάνονται οι 4 υποδοχείς περίξ του Δικαστικού Μεγάρου για να μην επηρεάσουν χωρικά την ομοιομορφία του δείγματος. Αυτοί οι 4 υποδοχείς θα χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουμε μια καμπύλη αναφοράς θερμοκρασιών γύρω

Ταχύτητα Πεδίου Ανέμου



Εικ. 5.10 Κατανομή ταχύτητας πεδίου του ανέμου στην περιοχή τις 15:00 [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

Κατανομή Σχετικής Υγρασίας

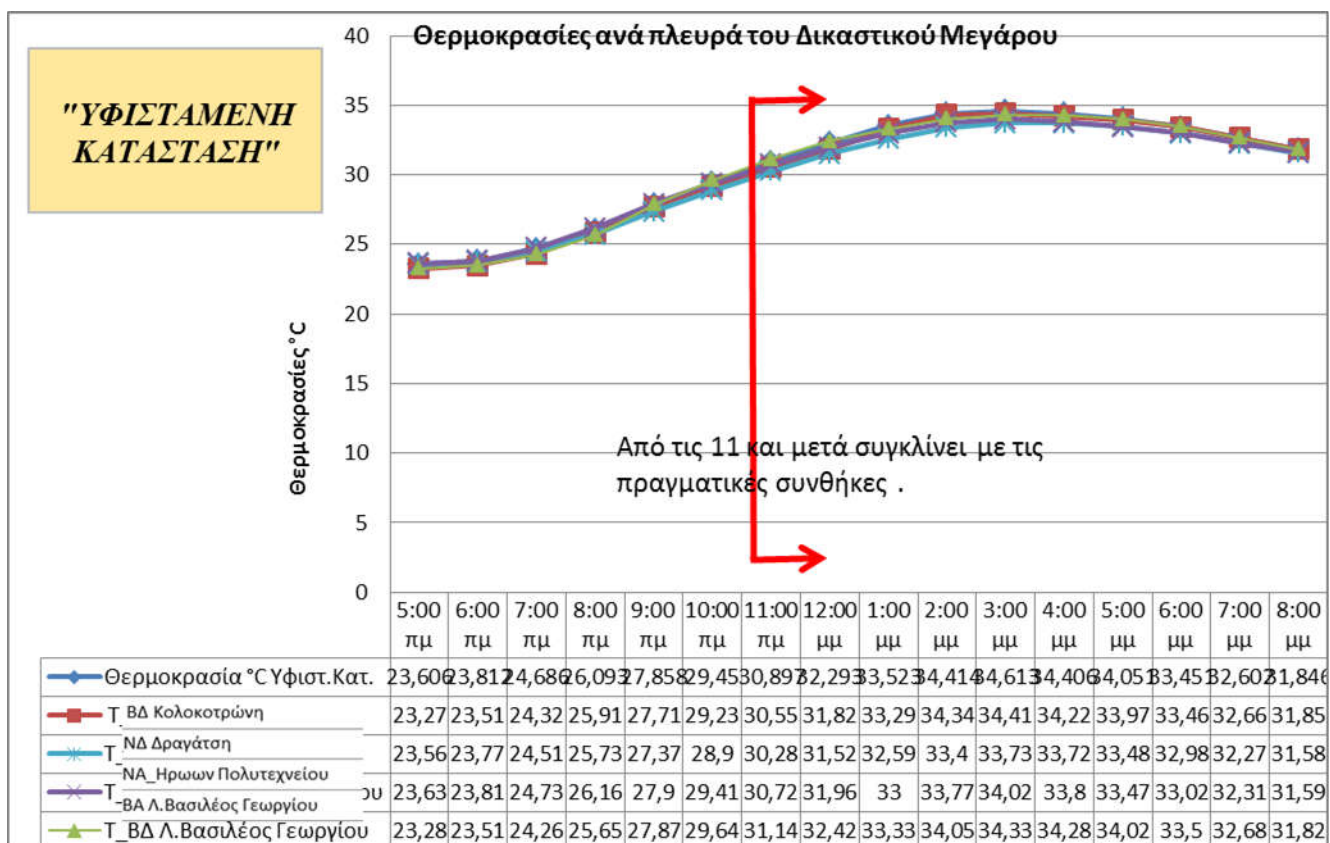


Εικ. 5.11 Κατανομή σχετικής υγρασίας στην περιοχή τις 15.00 [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

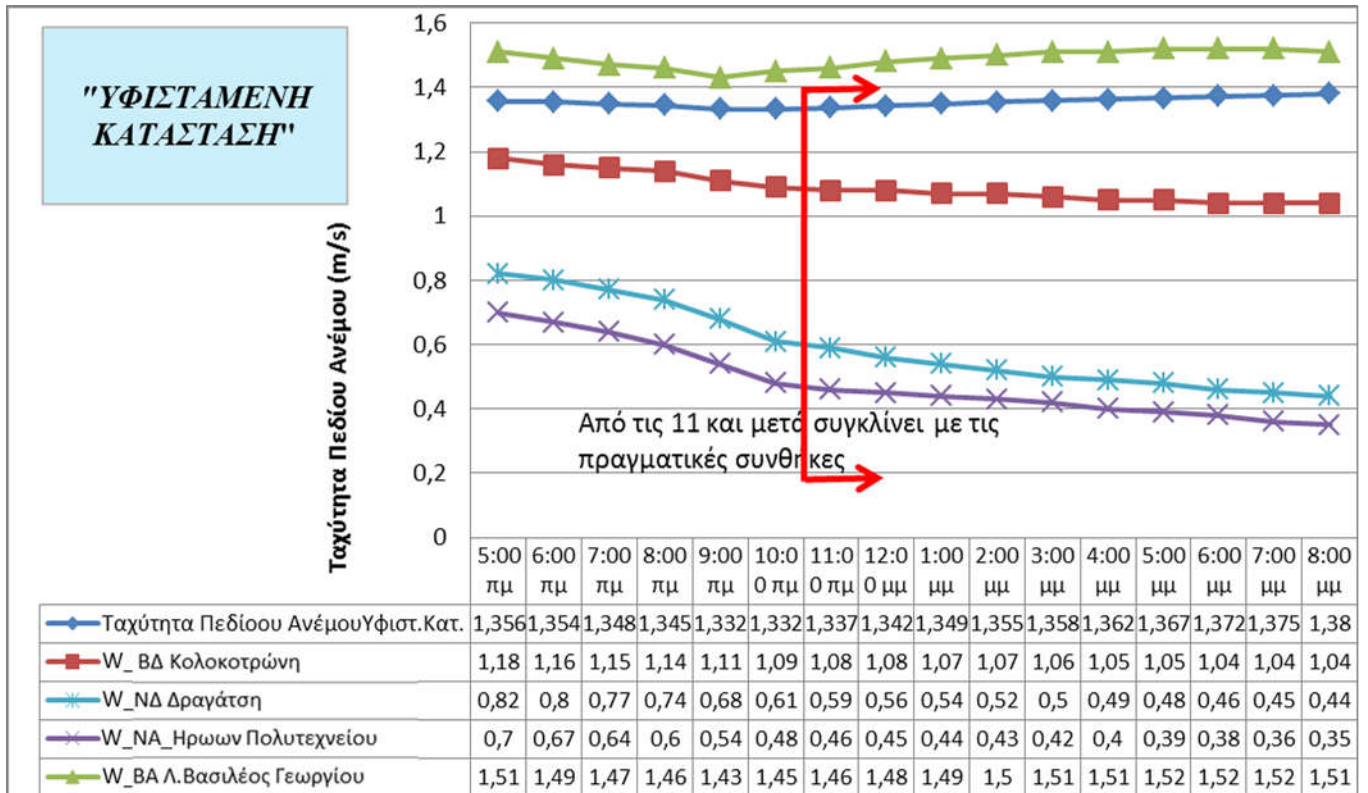
5.3.1.3 Συγκριτικά αποτελέσματα μοντέλου υφιστάμενης κατάστασης και πραγματικής υφιστάμενης κατάστασης

Σε αυτή την ενότητα θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα της θερμοκρασίας, της ταχύτητας του ανέμου και της σχετικής υγρασίας της υφιστάμενης κατάστασης καθώς και των μετέπειτα επεμβάσεων. Κρίνεται σκόπιμο, αφού οι πρώτες τρεις επεμβάσεις είναι μικρής κλίμακας σε σχέση με το μοντέλο ανάλυσης, να εξετάσουμε πρώτα τοπικά γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο τις επιρροές στους διπλανούς δρόμους και ύστερα εάν υπάρξει ειδοποιός διαφορά θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα με το μικροκλίμα της περιοχής.

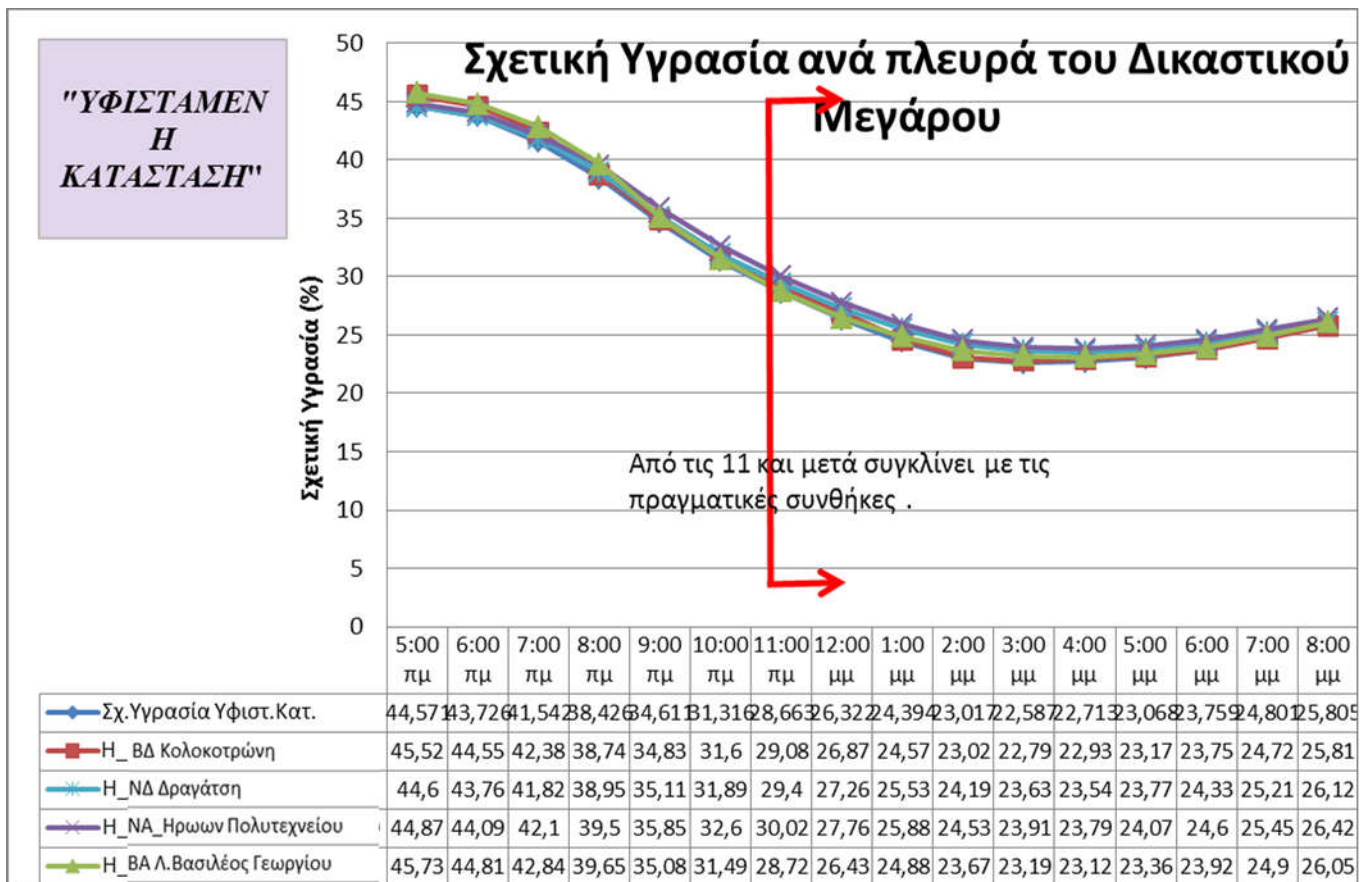
Κρίνεται ενδιαφέρον να παρουσιάσουμε επίσης ένα ιστόγραμμα με τις θερμοκρασίες ανά πλευρά του Δικαστικού Μεγάρου σε σχέση με την γενική θερμοκρασία της περιοχής στην υφιστάμενη κατάσταση. Αυτά τα στοιχεία θα συγκριθούν μετέπειτα με τα στοιχεία από τις μεμονωμένες επεμβάσεις στις όψεις του Δικαστικού Μεγάρου.



Εικ. 5.12 Γράφημα σύγκρισης θερμοκρασιών ανάμεσα στις πλευρές του Δικαστικού Μεγάρου και της μέσης θερμοκρασίας της περιοχής [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.13 Καμπύλες των ταχυτήτων πεδίου ανέμου του μέσου όρου σε σύγκριση με τις πλευρές του Δικαστικού Μεγάρου [Πηγή: προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.14 Καμπύλες της σχετικής υγρασίας του μέσου όρου σε σύγκριση με τις πλευρές του Δικαστικού Μεγάρου [Πηγή: προσωπική Εργασία, Excel]

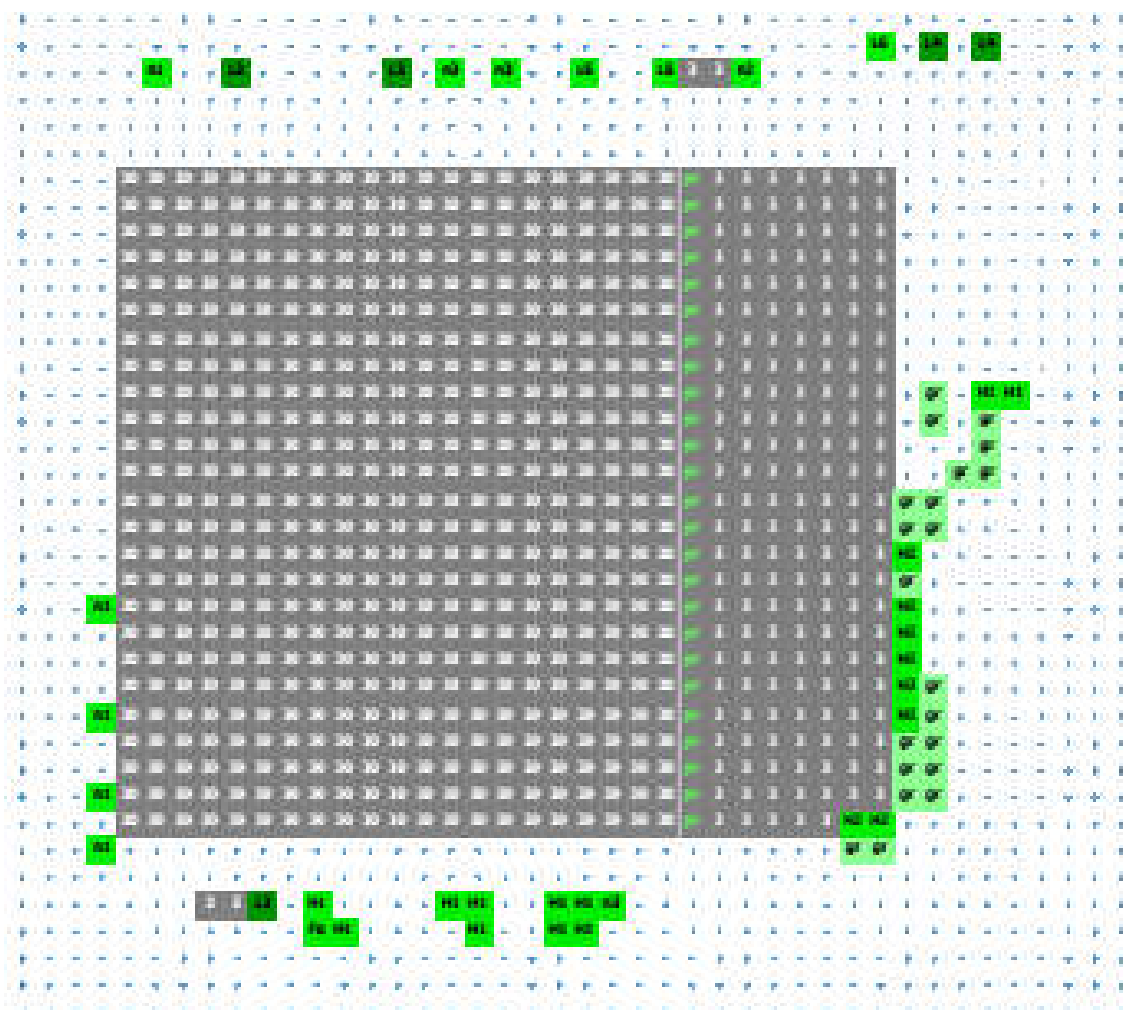
5.3.2 Πρώτη Επέμβαση στην πρόσοψη του Δικαστικό Μέγαρο

5.3.2.1 Δεδομένα εισόδου

Το κύριο αρχείο διαμόρφωσης θα παραμείνει το ίδιο για όλες τις παρεμβάσεις, αφού οι συνθήκες δεν αλλάζουν παρά μόνο τις επεμβάσεις που θα κάνουμε εμείς στο ανάγλυφο του χάρτη της περιοχής γενικά, και συγκεκριμένα τις επεμβάσεις στην πρόσοψη του Δικαστικού Μεγάρου. Έτσι αλλάζοντας ή προσθέτοντας φυτά στα κελία του χάρτη .IN της υφιστάμενης προσομοίωσης δημιουργούμε τις προσομοιώσεις με τις επεμβάσεις που θέλουμε.

Συγκεκριμένα, η πρώτη επέμβαση που θα δούμε είναι η κάλυψη της **πρόσοψης** του Δικαστικού Μεγάρου με μια προσομοίωση κατακόρυφου κήπου. Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι στην βάση δεδομένων για τα φυτά έχουμε δημιουργήσει ένα «νέο είδος φυτού» με το οποίο προσομοιώσαμε τη λειτουργία του κατακόρυφου κήπου.

Σε αυτή την πρώτη επέμβαση τα κίνητρα είναι πρώτον οικονομικά (μικρότερο δυνατό κόστος) και κατά δεύτερον αισθητικά. Εξ' ου και η κάλυψη μόνο της πρόσοψης με πράσινο.



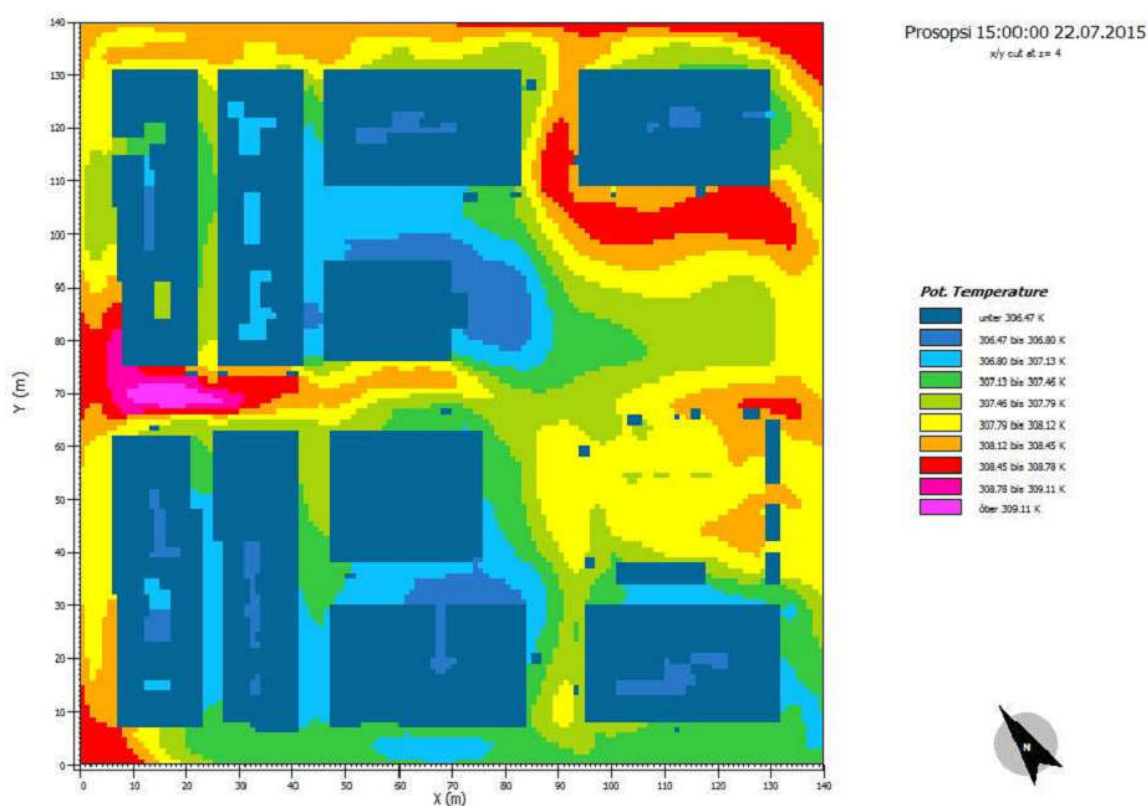
Εικ. 5.15 Μοντέλο προσομοίωσης σε μεγέθυνση στην περιοχή επέμβασης [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

Κρίθηκε σκόπιμο, λόγω του μεγέθους του χάρτη, να δοθεί σε μεγέθυνση η περιοχή όπου έγινε η επέμβαση. Όπως βλέπουμε στην εικόνα Εικ.5.15 έχει τοποθετηθεί κατακόρυφος κήπος με την ονομασία (pr) μπροστά, στην κύρια όψη του κτιρίου.

5.3.2.2 Αποτελέσματα

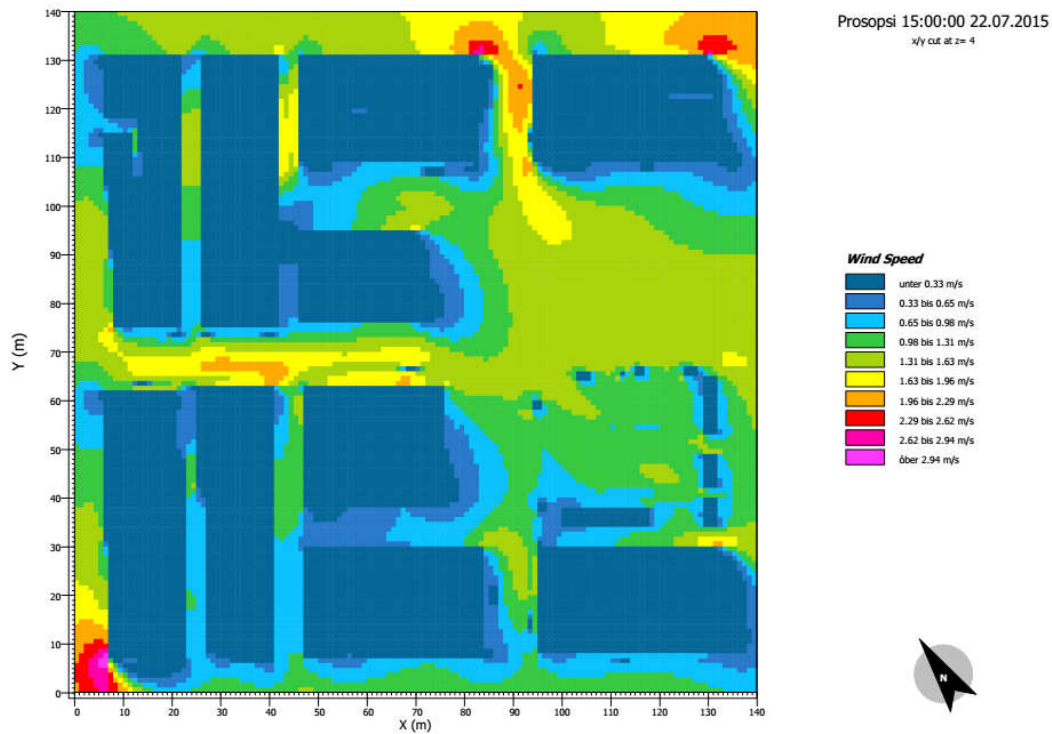
Κατανομή Θερμοκρασίας

Τα αποτελέσματα της πρώτης επέμβασης στο Δικαστικό Μέγαρο μοιάζουν οπτικά με αυτά της παρούσας κατάστασης. Διαφέρουν ελαφρώς, με μια πιο επαυξημένη μπλε περιοχή στη νότια γωνία του Δικαστικού Μεγάρου στη χρωματική κατανομή της θερμοκρασίας (Εικ. 5.16). Αντίστοιχα και στις άλλες δύο κατανομές, ταχύτητας πεδίου ανέμου και σχετική υγρασίας. Άρα σωστά υποθέσαμε ότι δεν χρειάζεται γενική ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων των υποδοχέων παρά μόνο της περιοχής δίπλα από το Δικαστικό Μέγαρο.



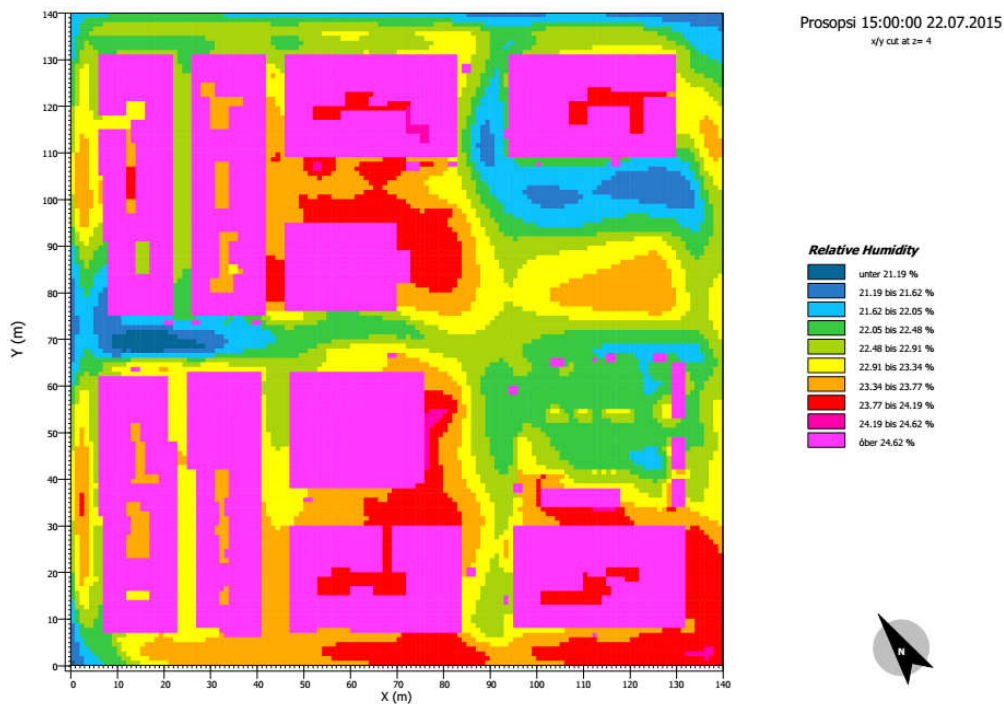
Εικ. 5.16 Κατανομή θερμοκρασία στην περιοχή έπειτα από την επέμβαση στην πρόσοψη [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

Ταχύτητα Πεδίου Ανέμου



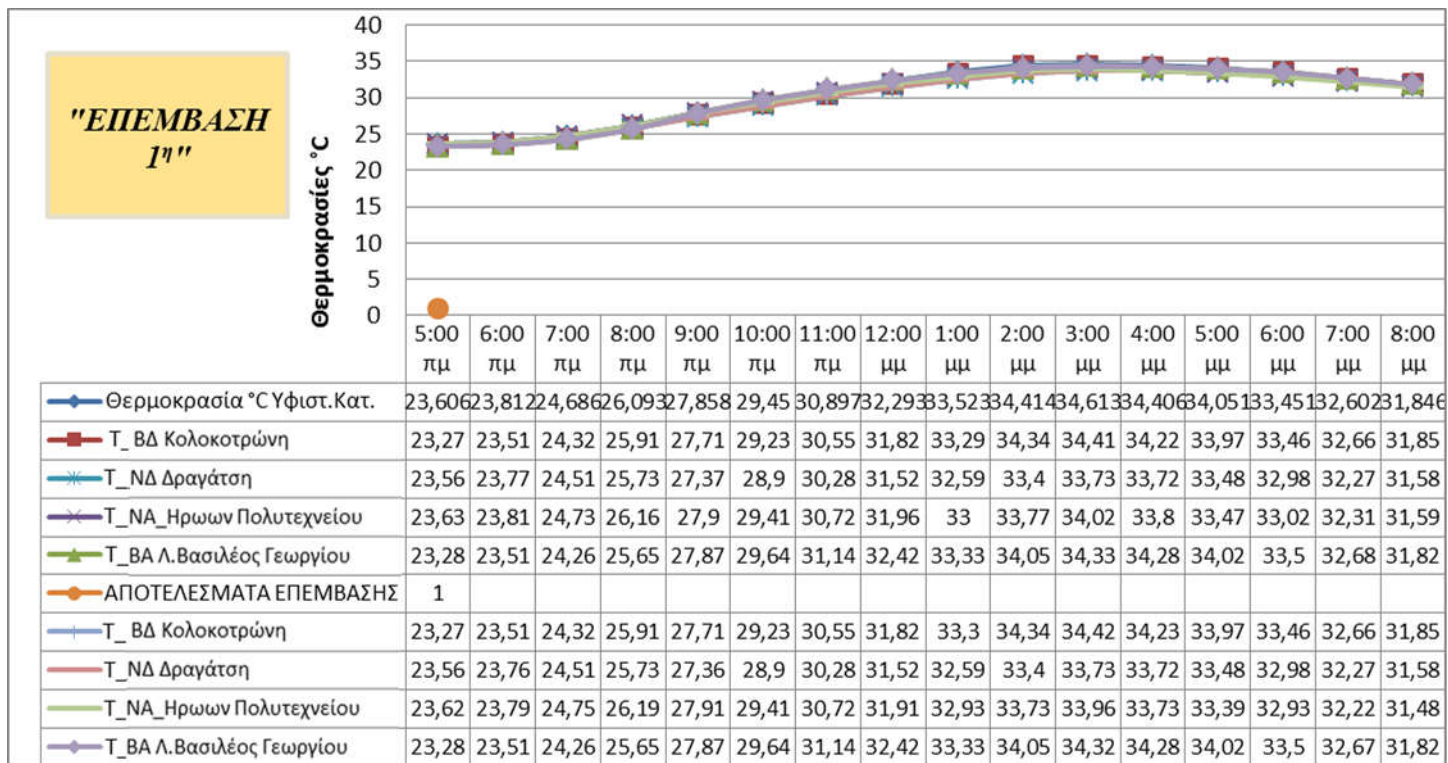
Εικ. 5.17 Ταχύτητα πεδίου ανέμου μετά από επέμβαση στην πρόσοψη του Δικαστικού Μεγάρου [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

Κατανομή Σχετικής Υγρασίας

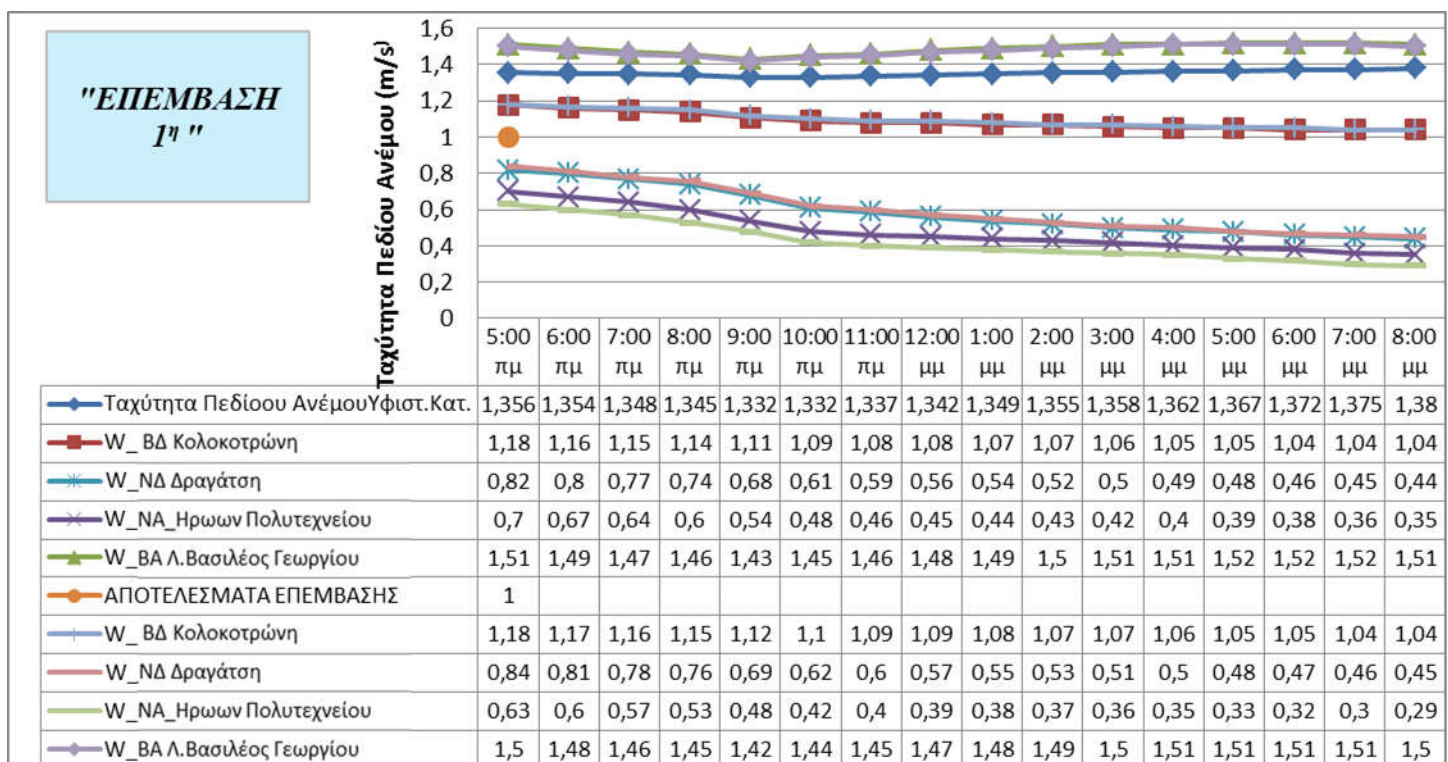


Εικ. 5.18 Κατανομή σχετικής υγρασίας μετά από επέμβαση στην πρόσοψη του Δικαστικού Μεγάρου [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

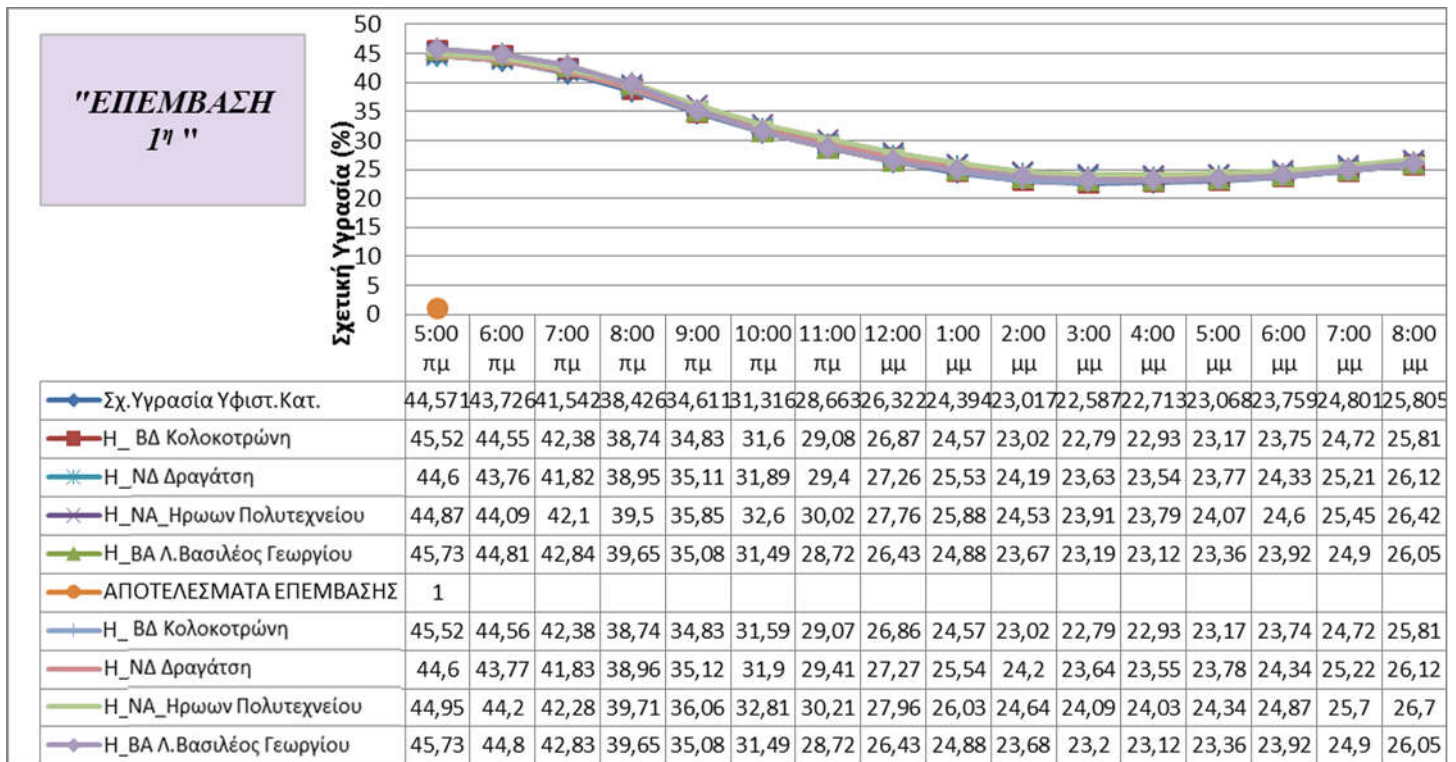
5.3.2.3 Συγκριτικά Αποτελέσματα



Εικ. 5.19 Συγκριτικός πίνακας θερμοκρασιών γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.20 Συγκριτικός πίνακας ταχυτήτων πεδίου ανέμου γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.21 Συγκριτικός πίνακας σχετικής υγρασίας γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

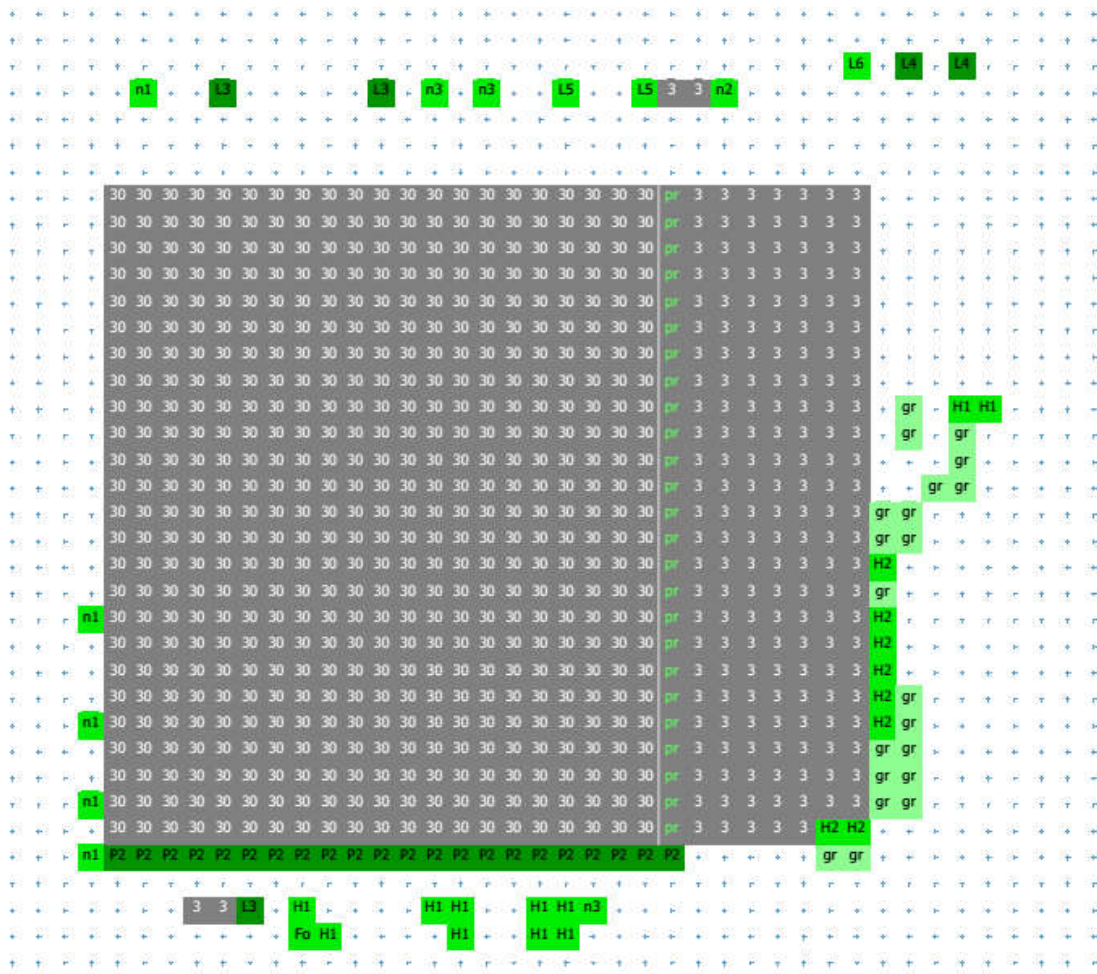
Η θερμοκρασία μπροστά από το Δικαστικό Μέγαρο ελαττώθηκε κατά $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$, η ταχύτητα του ανέμου μειώθηκε κατά $0,06\text{ m/s}$ και η σχετική υγρασία αυξήθηκε κατά $0,1\%$ στο ίδιο σημείο. Σε αυτή τη πρώτη επέμβαση μόνο στην όψη του κτιρίου δεν αναμενόταν κάποια μεγάλα περιβαλλοντικά αποτελέσματα ή κάποια αποτελέσματα γενικής κλίμακας. Όλα αυτά για τις 3.00 μμ, όπου εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου.

Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνουν όμως, έστω και με την αμελητέα επιρροή τους, την κατεύθυνση που θέλουμε να ακολουθήσουμε με τις επόμενες επεμβάσεις. Επίσης μας επιβεβαιώνουν ότι δεν υπήρξε κάποιο χοντροειδές λάθος στην προσομοίωση.

5.3.3 Δεύτερη Επέμβαση, Κάλυψη της νότια πλευρά του Δικαστικό Μέγαρο με κατακόρυφο κήπο

5.3.3.1 Δεδομένα εισόδου

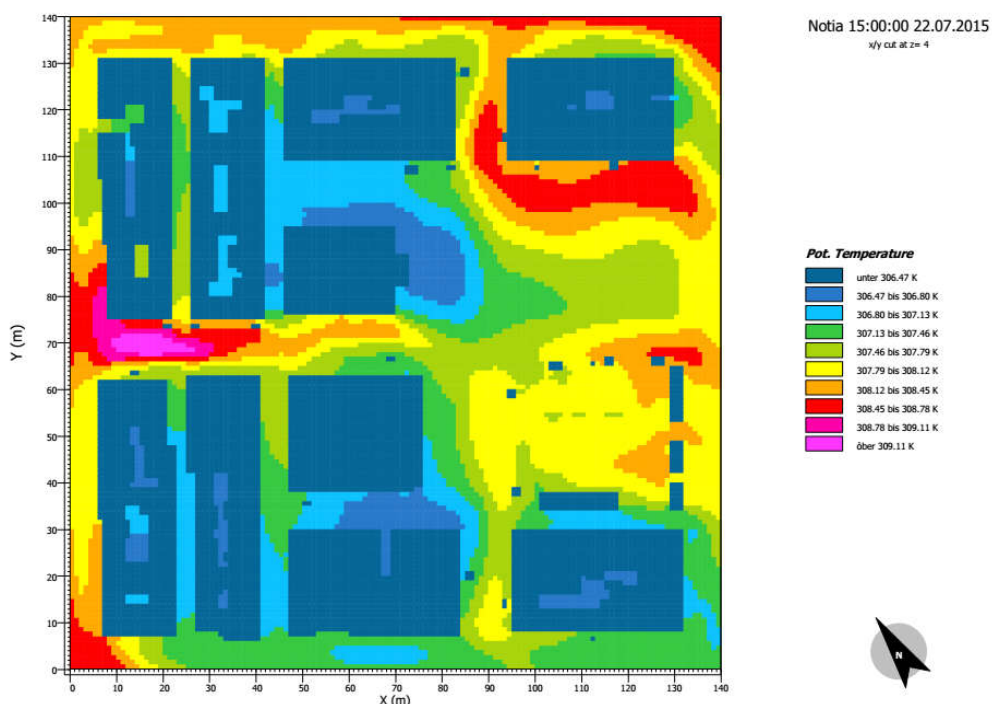
Σε αυτή την υποενότητα θα δούμε τα αποτελέσματα της κάλυψης των νότιων πλευρών του Δικαστικού Μεγάρου με κατακόρυφο Κήπο. Συγκεκριμένα, καλύφθηκαν με κατακόρυφο κήπο η Νοτιοδυτική όψη της οδού Δραγάτση και η νοτιοανατολική όψη της Λεωφόρου Ηρώων Πολυτεχνείου. Για τους ίδιους λόγους με παραπάνω, παρουσιάζεται μεγεθυμένη η περιοχή της επέμβασης. Αυτή η επέμβαση έχει ως πρωταρχικό κίνητρό την καλύτερη ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Για αυτό το λόγο καλύψαμε με κατακόρυφο κήπο τη νοτιοανατολική και νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου. Να τονιστεί εδώ ότι στα Μεσογειακά κλίματα η εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται κατά τους θερινούς μήνες μέσω της «ψύξης» του κτιρίου.



Εικ. 5.22 Δεύτερο Μοντέλο Προσομοίωσης σε μεγέθυνση στην περιοχή επέμβασης [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

5.3.3.2 Αποτελέσματα

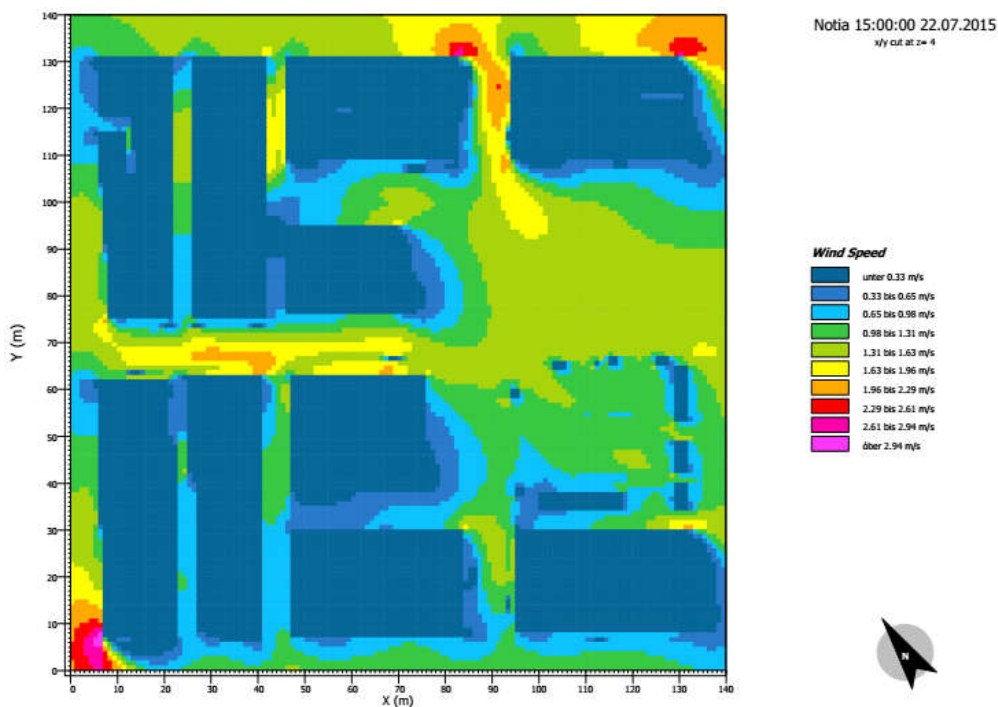
Κατανομή Θερμοκρασίας



Εικ. 5.23 Κατανομή θερμοκρασία στην περιοχή έπειτα από την επέμβαση στις νότιες όψεις του Μεγάρου [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

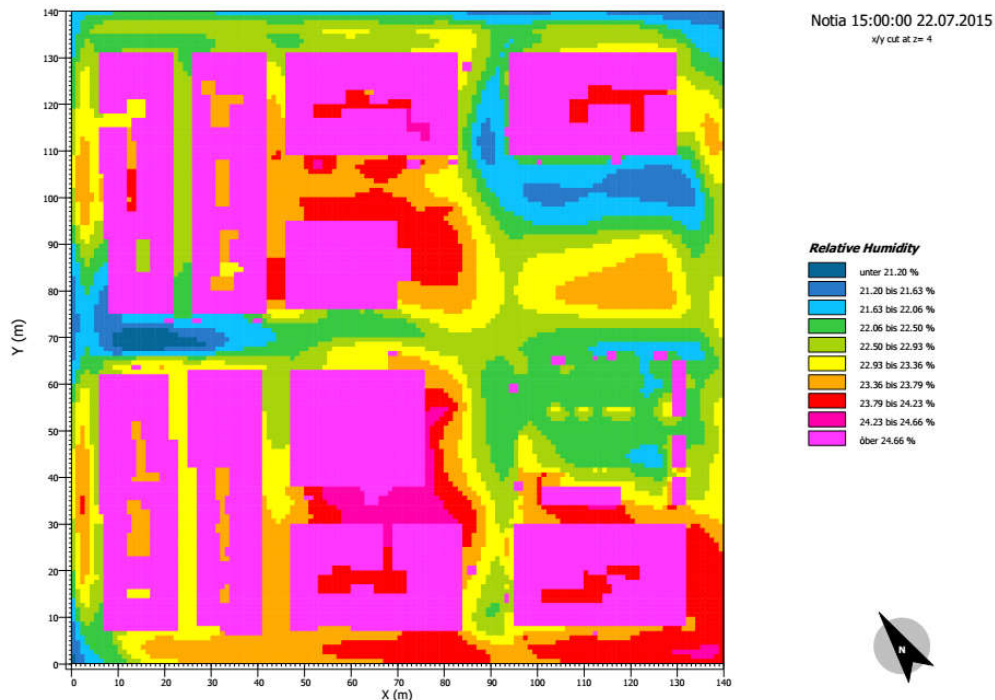
Τα αποτελέσματα της δεύτερης επέμβασης στο Δικαστικό Μέγαρο μοιάζουν οπτικά με αυτά της πρώτης επέμβασης, όμως εδώ πλέον μπορεί να κανείς να διακρίνει πολύ πιο ξεκάθαρα την επιρροή των κατακόρυφων κήπων στην οδό Δραγάτση. Η μπλε περιοχή στην Νότια γωνία του Δικαστικού Μεγάρου στη χρωματική κατανομή της θερμοκρασίας έχει αυξηθεί. Η ταχύτητα του πεδίου του ανέμου στην πλευρά του Δικαστικού Μεγάρου στην οδό Δραγάτση αρχίζει και πέφτει σημαντικά, ιδιαίτερα προς τη διασταύρωση με την Κολοκοτρώνη και η σχετική υγρασία στην οδό Δραγάτση πλέον έχει ομοιόμορφο ροζ χρώμα, το μοναδικό στην εικόνα (Εικ. 5.25) πέρα από τα κτίρια. Τέλος δεν παρατηρούνται αλλαγές γενικής κλίμακας πέρα από την οδό Δραγάτση, άρα σωστά υποθέσαμε ότι δεν χρειάζεται γενική ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων των υποδοχέων, παρά μόνο της περιοχής δίπλα από το Δικαστικό Μέγαρο.

Ταχύτητα Πεδίου Ανέμου



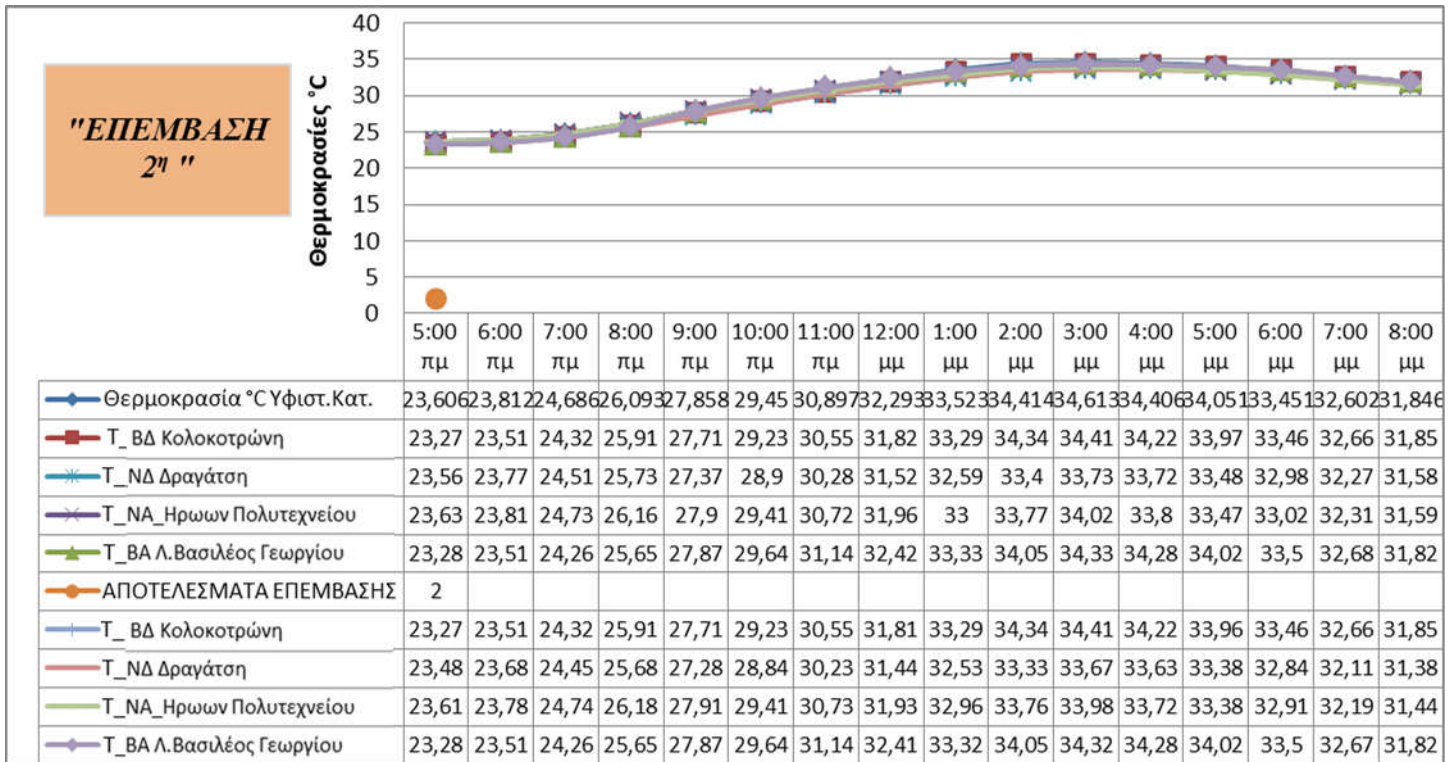
Εικ. 5.24 Ταχύτητα πεδίου ανέμου μετά από επέμβαση στις νότιες όψεις του Δικαστικού Μεγάρου [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

Κατανομή Σχετικής Υγρασίας

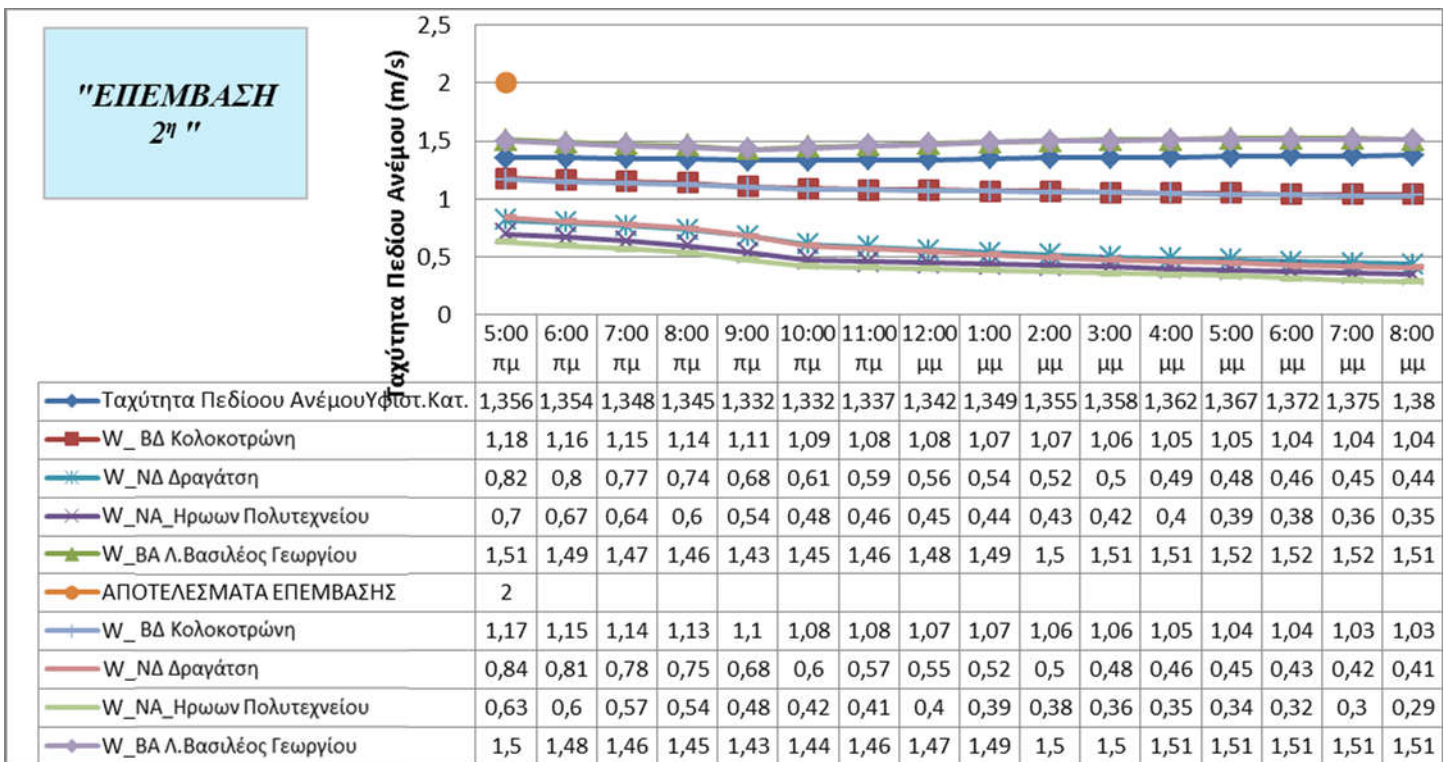


Εικ. 5.25 Κατανομή σχετικής υγρασίας μετά από επέμβαση στις νότιες όψεις του Δικαστικού Μεγάρου [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

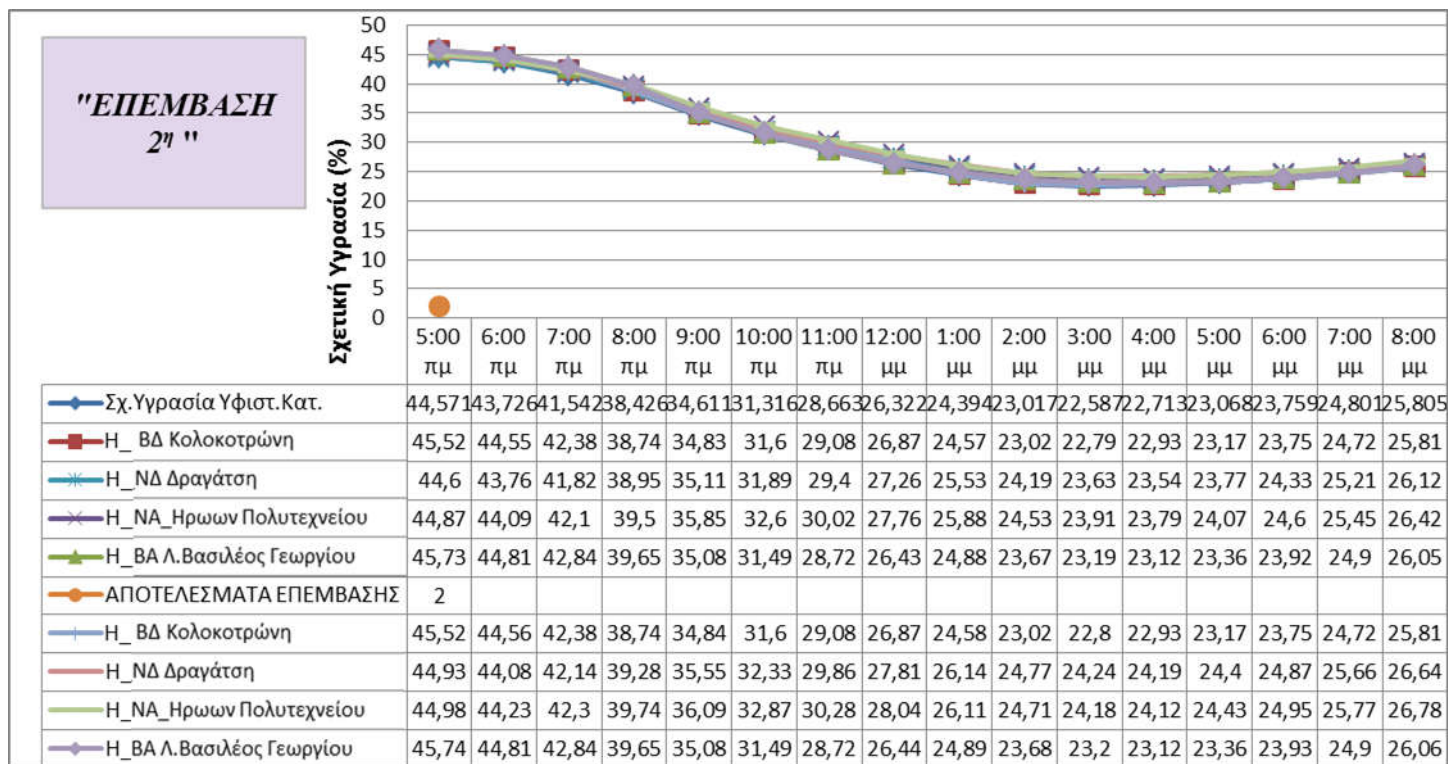
5.3.3.3 Συγκριτικά Αποτελέσματα



Εικ. 5.26 Συγκριτικός πίνακας θερμοκρασιών γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.27 Συγκριτικός πίνακας ταχυτήτων πεδίου ανέμου γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.28 Συγκριτικός πίνακας σχετικής υγρασίας γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

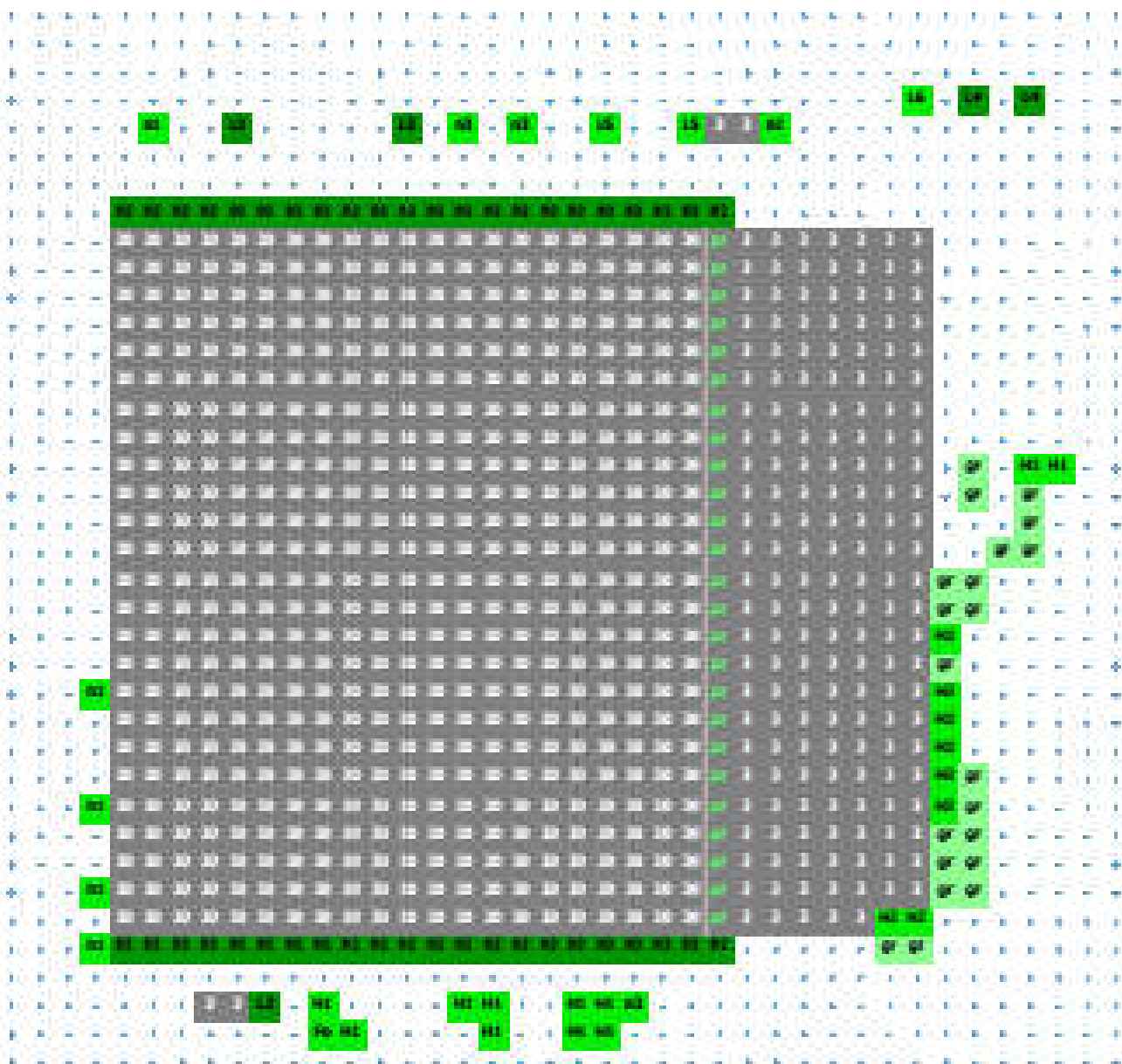
Η θερμοκρασία μπροστά από το Δικαστικό Μέγαρο στην Ηρώων Πολυτεχνείου μειώθηκε κατά 0.05 °C, και κατά 0.04 °C στην οδό Δραγάτση. Η ταχύτητα του ανέμου ελαττώθηκε κατά 0,06 m/s στη Ηρώων Πολυτεχνείου και κατά 0.02 m/s στη Δραγάτση. Η σχετική υγρασία αυξήθηκε κατά 0.6% στη Δραγάτση και κατά 0.3% στην Ηρώων Πολυτεχνείου. Όλα αυτά για τις 3:00 μμ.

Σε αυτή τη δεύτερη επέμβαση στις όψεις του Δικαστικού Μεγάρου στις Οδούς Δραγάτση και Ηρώων Πολυτεχνείου, όπως και στην πρώτη περίπτωση, δεν αναμένονταν κάποια σπουδαία περιβαλλοντικά αποτελέσματα ή κάποια αποτελέσματα γενικής κλίμακας. Τα αποτελέσματα παρότι εξακολουθούν να έχουν πολύ μικρή επιρροή στη θερμοκρασία και την ταχύτητα του ανέμου, στην οποία δεν δημιουργούν κανενός είδους σύστημα, αλλά δρουν ευεργετικά στην πλευρά που τοποθετήθηκαν. Παρατηρούμε όμως ότι η αύξηση της σχετικής υγρασίας ήταν πολλαπλάσια της επέμβασης από την πρώτη επέμβασή, γεγονός που υπονοεί τη δημιουργία μιας ζώνης επιρροής των κατακόρυφων κήπων ως σύστημα. Παρόλα αυτά οι επιρροές εξακολουθούν να είναι μικρές.

5.3.4 Τρίτη Επέμβαση, Κάλυψη όλων των πλευρών εκτός της βορειοδυτικής του Δικαστικού Μεγάρου

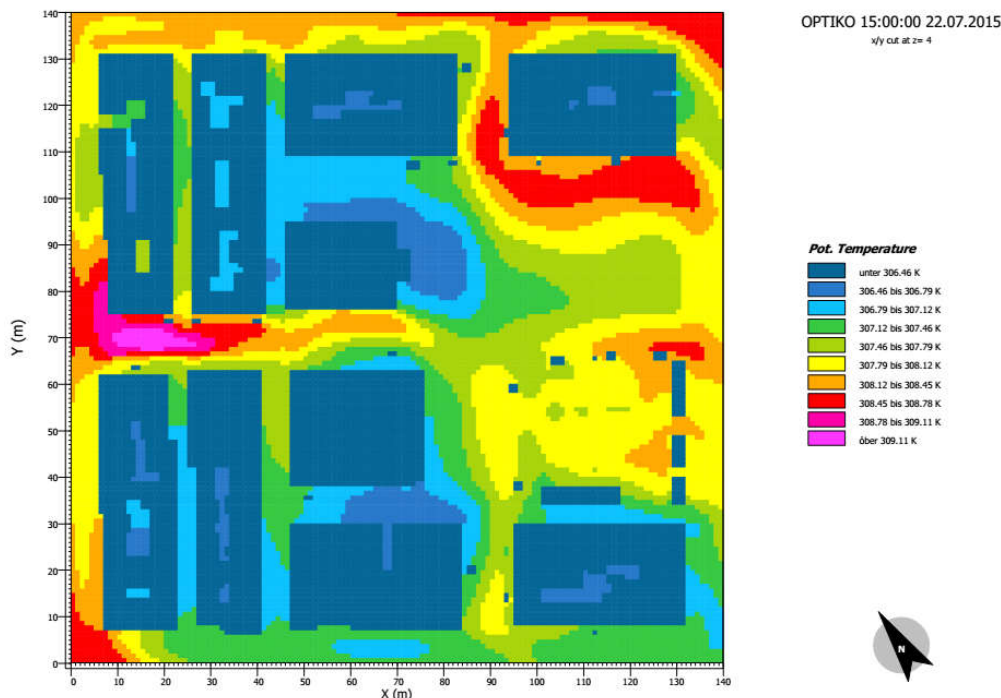
5.3.4.1 Δεδομένα Εισόδου

Σε αυτή την τρίτη προσομοίωση η επέμβαση έχει ως κύριο γνώμονα την ομοιομορφία στην όψη του κτιρίου και το αισθητικό αποτέλεσμα, την αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας του κτιρίου, την εξοικονόμηση ενέργειας και την ενεργειακή απόδοση της επέμβασης, γι' αυτό και δεν τοποθετείται κατακόρυφος κήπος στην βορειοανατολική όψη, που βλέπει σε ένα σκοτεινό δρόμο με μικρό πλάτος και υψηλά κτίρια από την απέναντι πλευρά.



Εικ. 5.29 Τρίτο μοντέλο προσομοίωσης σε μεγέθυνση στην περιοχή επέμβασης [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

5.3.4.2 Αποτελέσματα

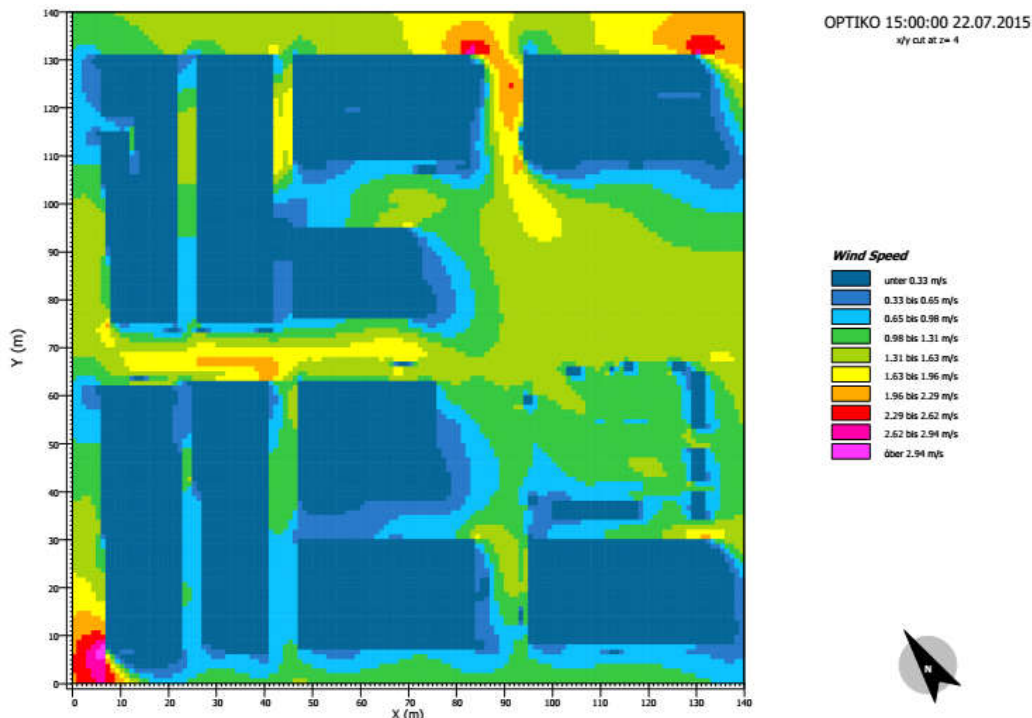


Εικ. 5.30 Κατανομή θερμοκρασίας μετά από τις επεμβάσεις σε όλες τις όψεις εκτός της βορειοανατολικής [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

Κατανομή Θερμοκρασίας

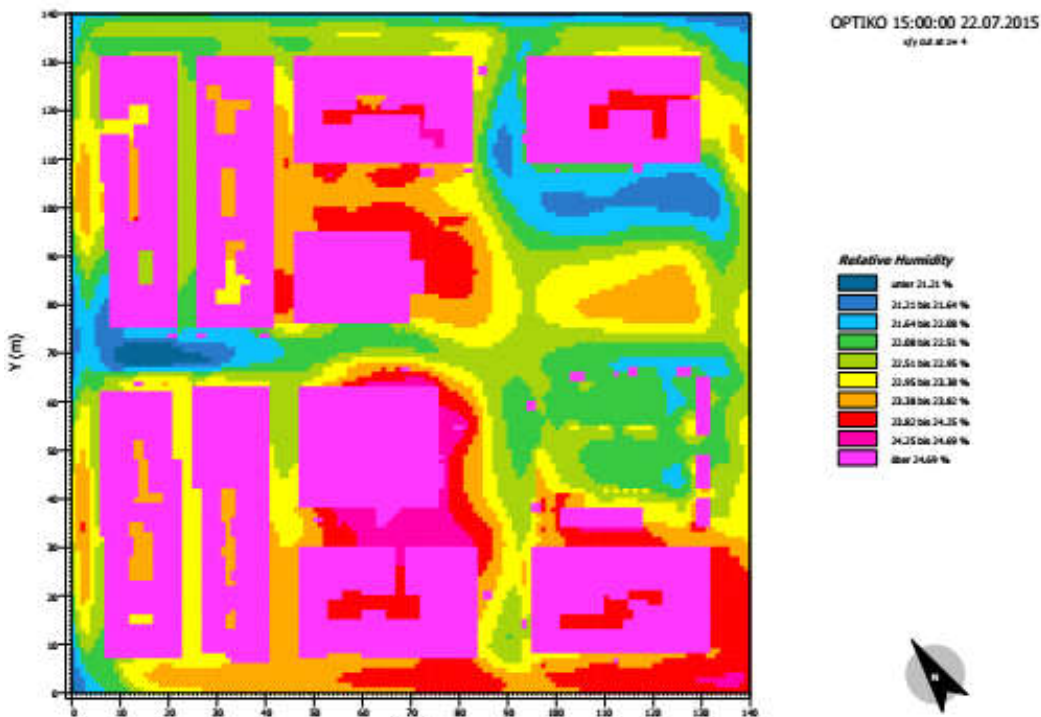
Τα αποτελέσματα της τρίτης επέμβασης στο Δικαστικό Μέγαρο μοιάζουν οπτικά με αυτά της δεύτερης επέμβασης, όμως εδώ πλέον μπορεί να κανείς να παρατηρήσει την επιρροή των κατακόρυφων κήπων στην πλευρά του Δικαστικού Μεγάρου στη Λεωφόρο Βασιλέως Γεωργίου. Δημιουργήθηκαν γαλάζιες περιοχές γύρω από το κτίριο, οι οποίες δεν υπήρχαν πριν. Η ταχύτητα του πεδίου του ανέμου έχει μειωθεί σε όλους τους εφαπτόμενους δρόμους με τις όψεις με τους κατακόρυφους κήπους. Επίσης παρατηρείται μια ιδιαίτερη μείωση της ταχύτητας του ανέμου στις γωνίες του κτιρίου, όπου αλλάζει διεύθυνση ο άνεμος. Η σχετική υγρασία έχει αλλάξει εικόνα γύρω από το κτίριο. Παρόλα αυτά δεν παρατηρούνται αλλαγές γενικής κλίμακας, πέρα από μια ζώνη γύρω από το κτίριο, άρα σωστά υποθέσαμε ότι δεν χρειάζεται γενική ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων των υποδοχέων, παρά μόνο της περιοχής δίπλα από το Δικαστικό Μέγαρο.

Ταχύτητα Πεδίου Ανέμου



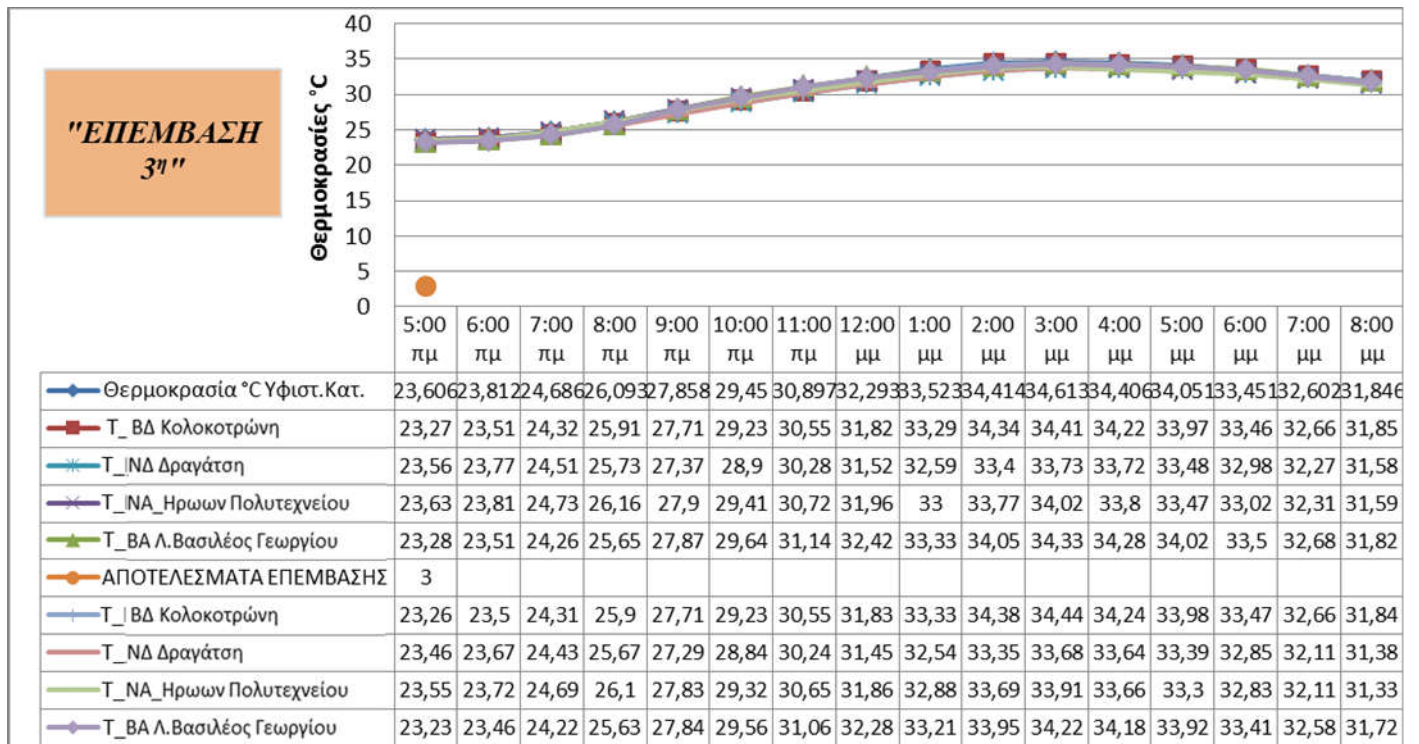
Εικ. 5.31 Ταχύτητα πεδίου ανέμου μετά από τις επεμβάσεις σε όλες τις όψεις εκτός της βορειοανατολικής [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

Κατανομή Σχετικής Υγρασίας

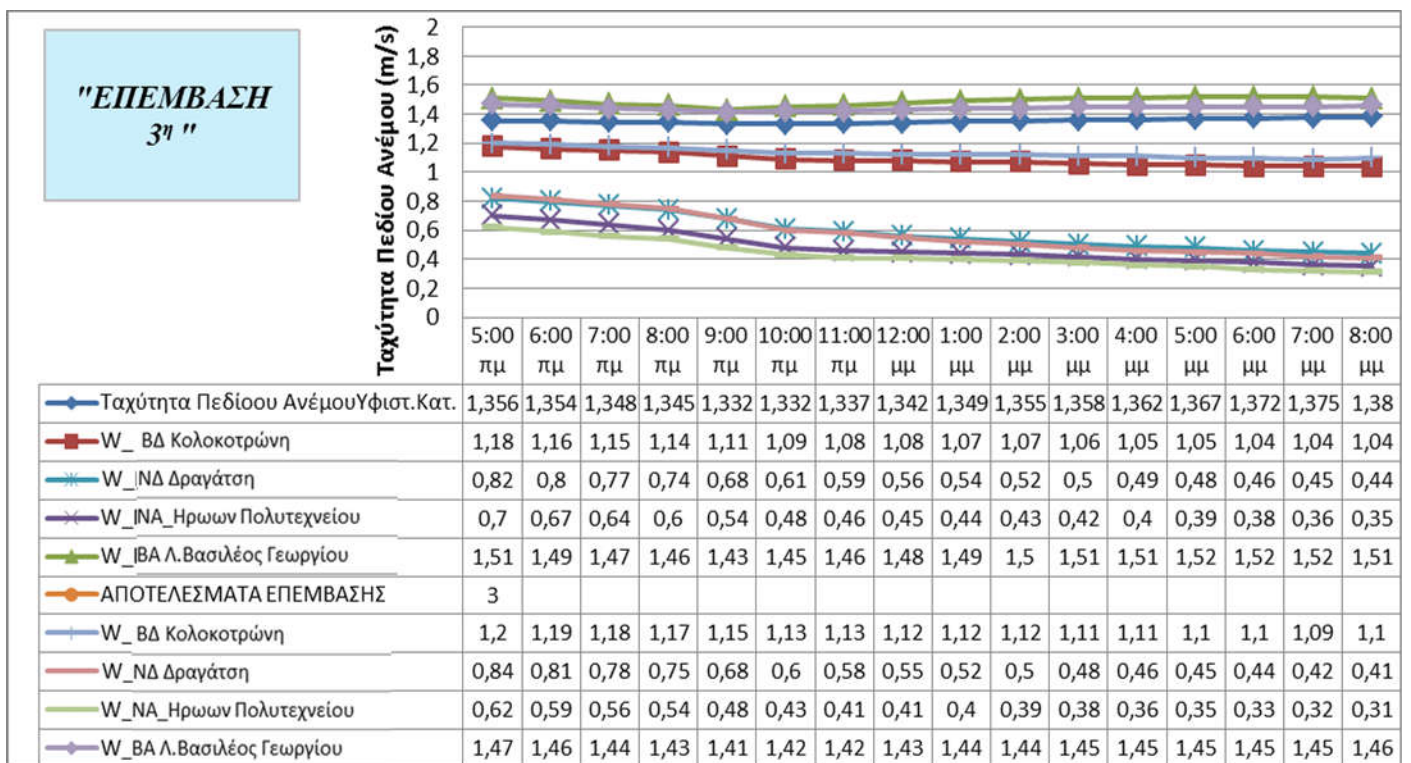


Εικ. 5.32 Κατανομή σχετικής υγρασίας μετά από τις επεμβάσεις σε όλες τις όψεις εκτός της Βορειοανατολικής [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

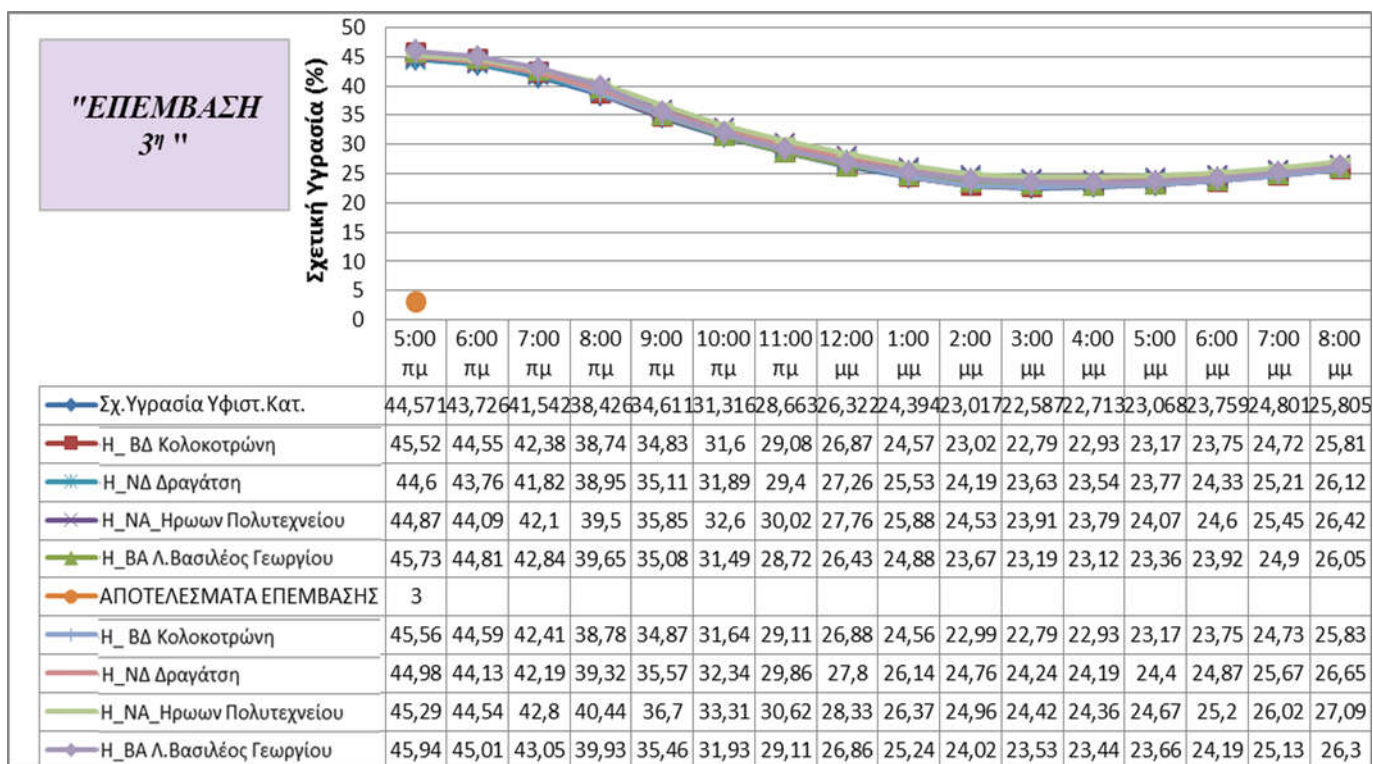
5.3.4.3 Συγκριτικά Αποτελέσματα



Εικ. 5.33 Συγκριτικός πίνακας θερμοκρασιών γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.34 Συγκριτικός πίνακας ταχυτήτων πεδίου ανέμου γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



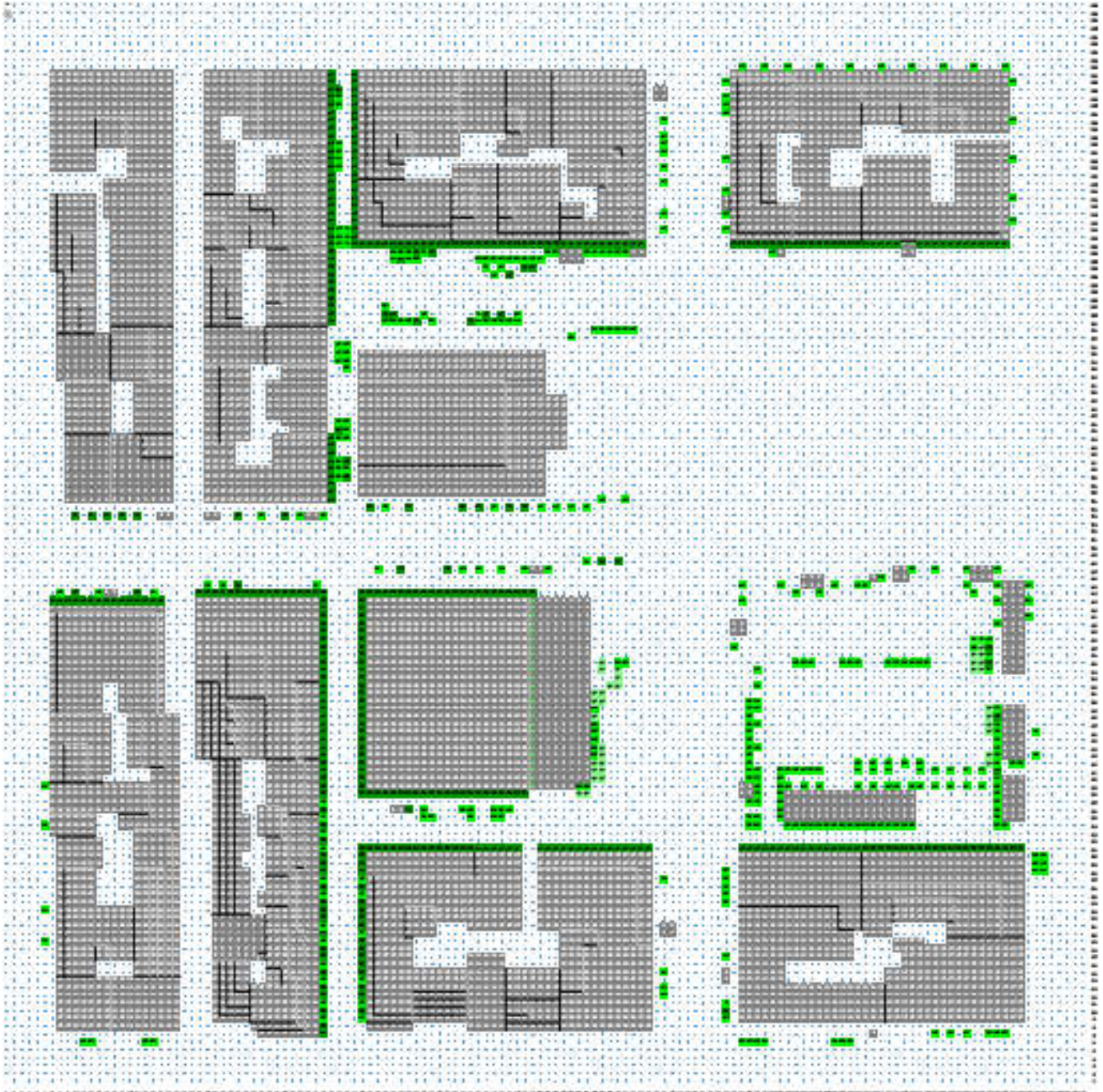
Εικ. 5.35 Συγκριτικός πίνακας σχετικής υγρασίας γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

Η θερμοκρασία στο Δικαστικό Μέγαρο μειώθηκε γύρω από του κατακόρυφους κήπους κατά 0.05 °C, 0.08 °C και 0.1 °C και αυξήθηκε 0.04 °C στην οδό Κολοκοτρώνη. Η ταχύτητα του ανέμου αυξήθηκε κατά 0.05m/s στην Κολοκοτρώνη και ελαττώθηκε στις άλλες πλευρές κατά 0.02m/s, 0.04m/s και 0.06m/s. Η σχετική υγρασία ανέβηκε κατά 0.6% στην Δραγάτση, κατά 0.5% στην Ηρώων Πολυτεχνείου και κατά 0.3% στην Βασιλέως Γεωργίου και παρέμεινε σταθερή για την Κολοκοτρώνη. Όλα αυτά για τις 3:00 μμ. Παρότι η αύξηση της θερμοκρασίας στην Κολοκοτρώνη με την πρώτη ματιά μοιάζει παράδοξη, η μείωση της ταχύτητας του πεδίου του ανέμου στην λεωφόρους Βασιλέως Γεωργίου μπορεί πιθανότατα να οδήγησε στην αύξηση της ταχύτητας του ανέμου στην Κολοκοτρώνη, που με την σειρά της είχε ως συνέπεια την αύξηση την θερμοκρασίας και την διατήρηση της ίδιας σχετικής υγρασίας.

Σε αυτή την τρίτη επέμβαση στις όψεις του Δικαστικού Μεγάρου στην οδό Δραγάτση και στις Λεωφόρους Ηρώων Πολυτεχνείου και Βασιλέως Γεωργίου, όπως και στις άλλες δύο περιπτώσεις δεν αναμένονταν κάποια σημαντικά περιβαλλοντικά αποτελέσματα ή κάποια αποτελέσματα γενικής κλίμακας. Τα αποτελέσματα, παρότι εξακολουθούν να έχουν την πολύ μικρή επιρροή στην θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου και τη σχετική υγρασία, δημιούργησαν ένα είδος συστήματος που χρειάστηκε εξήγηση. Όμως οι επιρροές εξακολουθούν να είναι μικρές

5.3.5 Τέταρτη Επέμβαση γενικής κλίμακας στο ανάγλυφο της περιοχής του Δικαστικού Μεγάρου

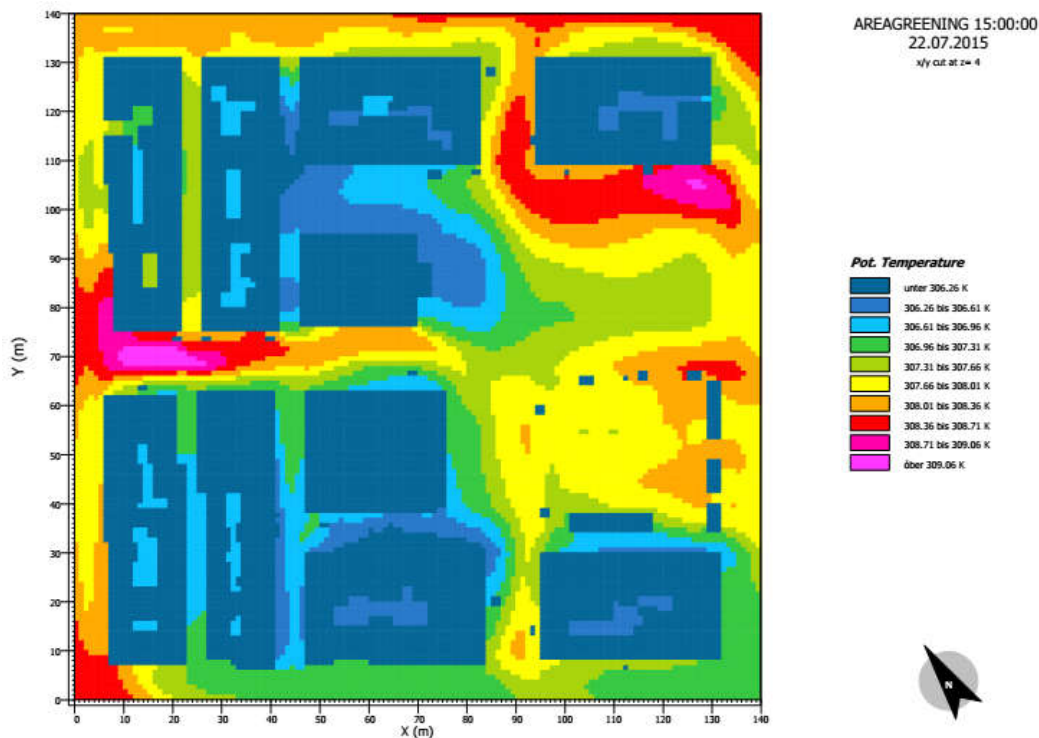
5.3.5.1 Δεδομένα Εισόδου



Εικ. 5.36 Τέταρτο μοντέλο προσομοίωσης της περιοχής για γενικής κλίμακας επέμβασης [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Envi-Met]

Αυτή η τέταρτη και γενικευμένη επέμβαση στοχεύει στην επανασύνδεση της πόλης και των κατοίκων με τη φύση. Περικλείει με κατακόρυφους κήπους τα κτίρια γύρω από την πλατεία Κοραή, την Κολοκοτράνη, τη Λεωφόρο Βασιλέως Γεωργίου και το Δικαστικό Μέγαρο, αλλά αφήνει εκτός όλα τα πέτρινα σπίτια και το Δημοτικό θέατρο Πειραιά.

5.3.5.2 Αποτελέσματα

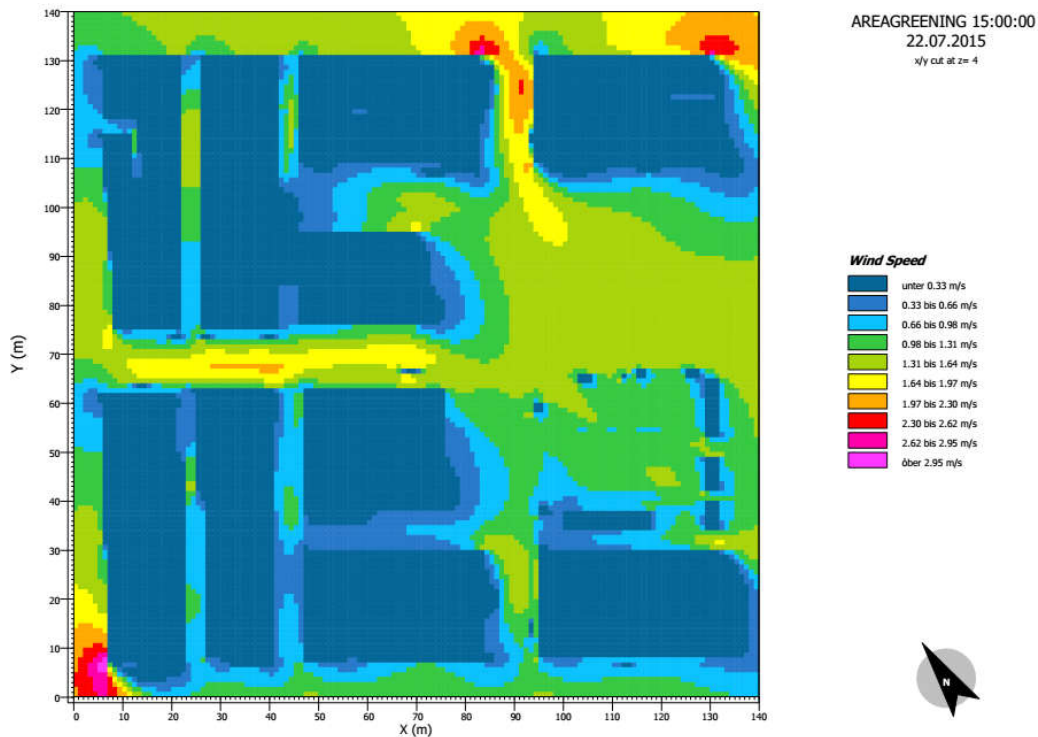


Εικ. 5.37 Κατανομή θερμοκρασιών μετά από επέμβαση γενικής κλίμακας [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

Κατανομή Θερμοκρασίας

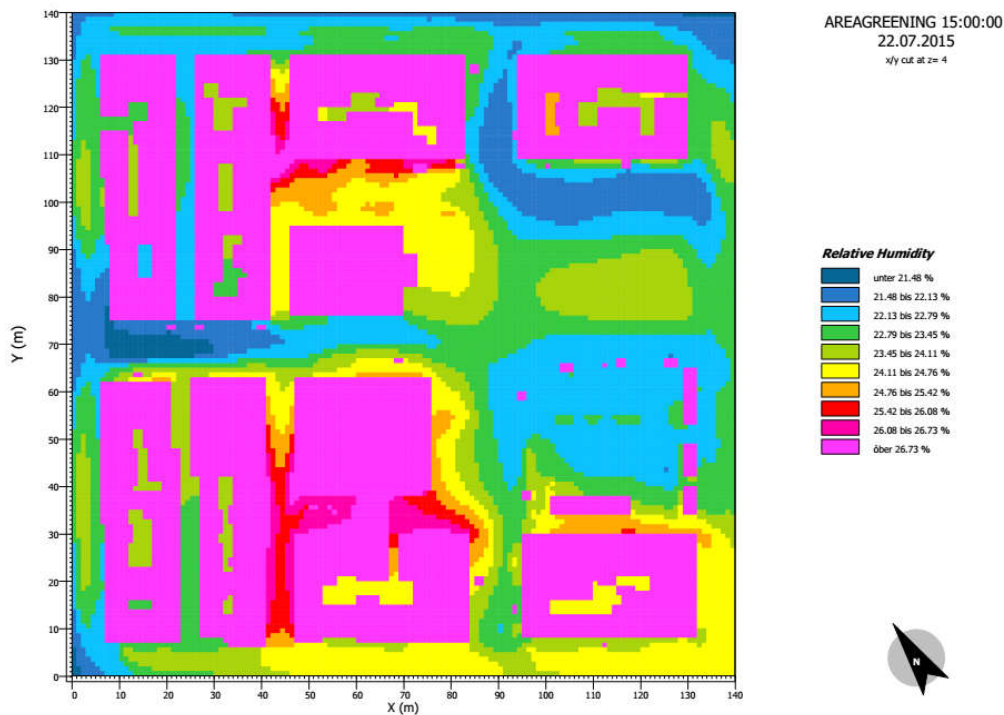
Τα αποτελέσματα της τέταρτης επέμβασης στο Δικαστικό Μέγαρο **δεν μοιάζουν οπτικά** πλέον με αυτά των υπόλοιπων επεμβάσεων ούτε της υφιστάμενης κατάστασης και εδώ πλέον μπορεί να παρατηρηθούν αλλαγές στο μικροκλίμα όλης της περιοχής και όχι μόνο στους κατακόρυφους κήπους του Δικαστικού Μεγάρου, αλλά σε όλες σχεδόν της φυτεμένες όψεις των κτιρίων στην περιοχή. Η χρωματική κατανομή της θερμοκρασία είναι πιο μπλε και η ταχύτητα του πεδίου του ανέμου έχει μειωθεί σε όλους τους εφαιπόμενους δρόμους με τις όψεις που έχουν μετατραπεί σε κατακόρυφους κήπους. Επίσης παρατηρείται μια ιδιαίτερη πτώση της ταχύτητας του ανέμου στις γωνίες των κτιρίων (NA) εκεί που αλλάζει διεύθυνση ο άνεμος. Η σχετική υγρασία έχει αλλάξει εικόνα. Γενικά έχει αυξηθεί, αλλά στο βόρειο κομμάτι της Κοραή, εκεί που έρχεται θερμή αέρια μάζα από την Ηρώων Πολυτεχνείου, η σχετική υγρασία έχει μειωθεί τοπικά. Επειδή υπάρχουν αλλαγές γενικής κλίμακας πέρα από μια ζώνη γύρω από το κτίριο, όπως σωστά υποθέσαμε στην αρχή, θα διερευνήσουμε τις αλλαγές σε όλους τους υποδοχείς-αισθητήρες.

Ταχύτητα Πεδίου Ανέμου



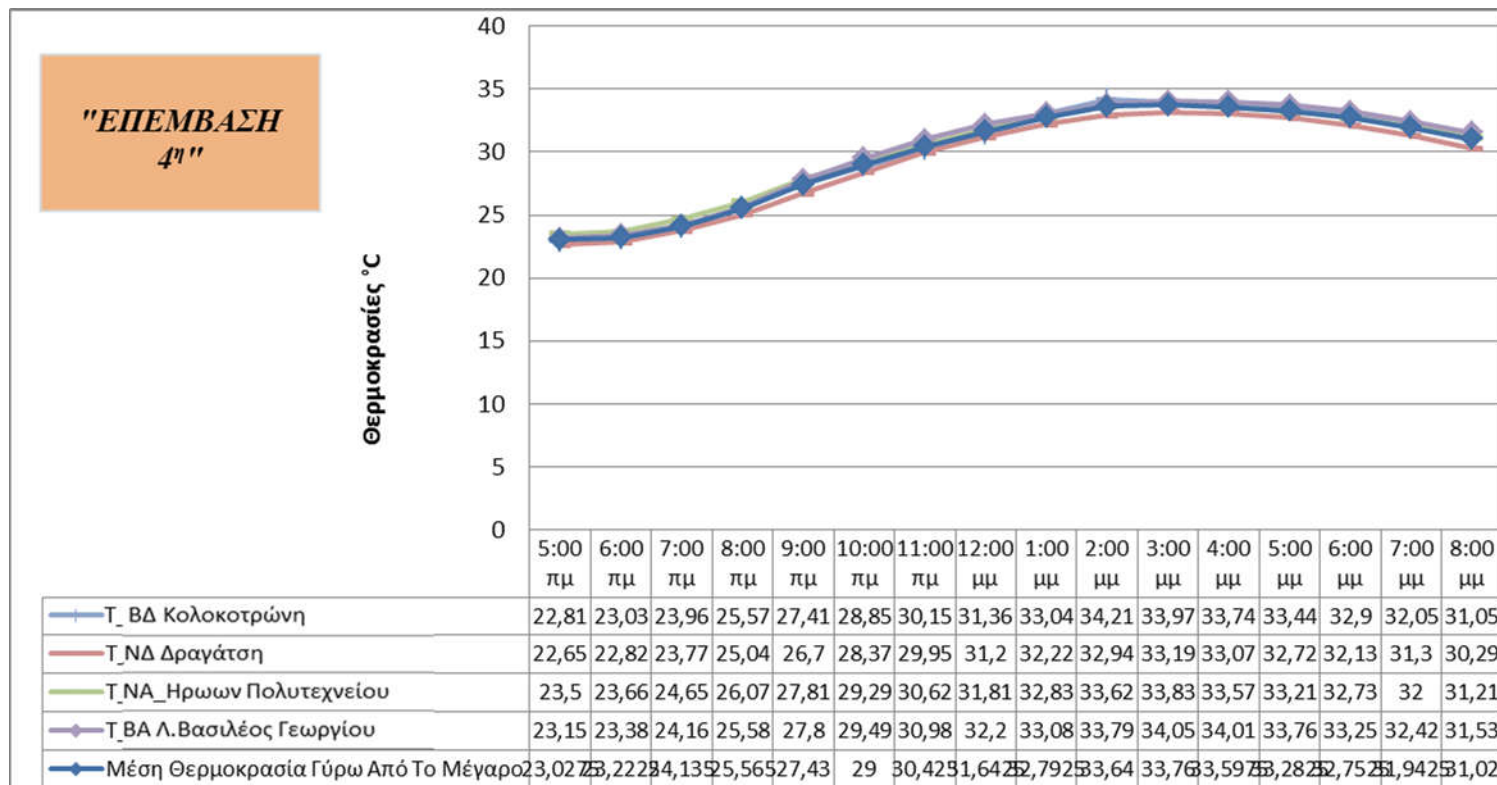
Εικ. 5.38 Ταχύτητα πεδίου ανέμου μετά από επέμβαση γενικής κλίμακας [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

Κατανομή Σχετικής Υγρασίας

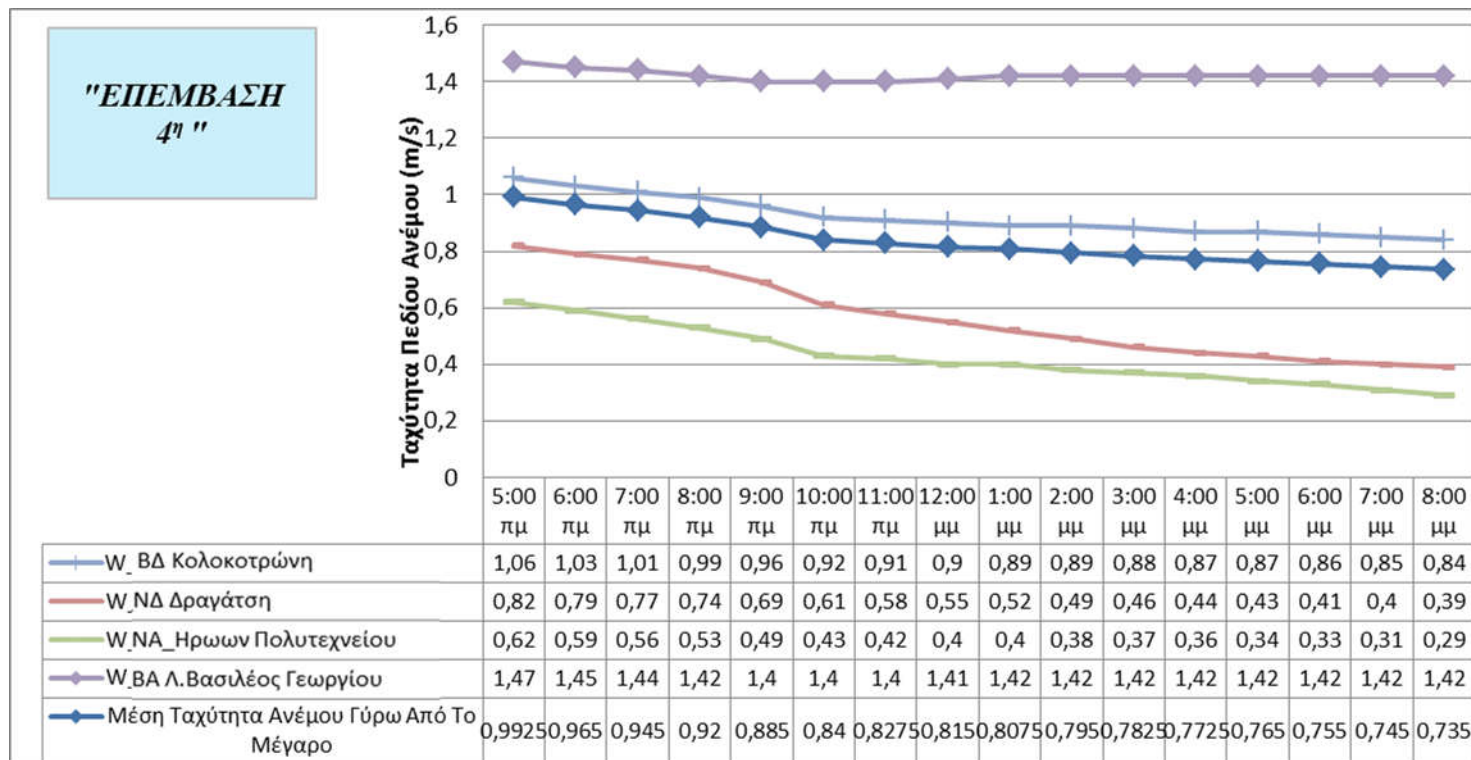


Εικ. 5.39 Κατανομή σχετικής υγρασίας μετά από επέμβαση γενικής κλίμακας [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Leonardo]

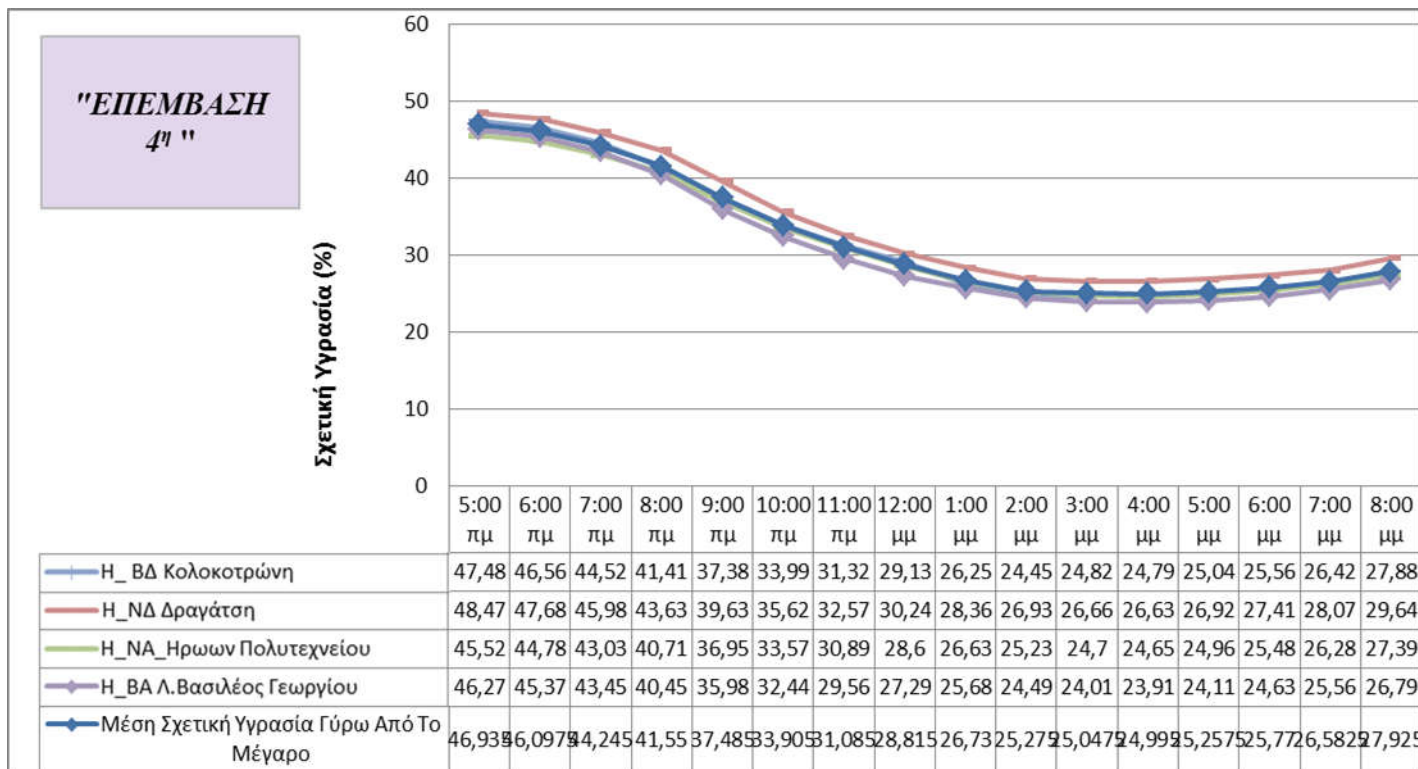
5.3.5.3 Συγκριτικά Αποτελέσματα



Εικ. 5.40 Πίνακας θερμοκρασιών γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.41 Πίνακας ταχυτήτων πεδίου ανέμου γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.42 Πίνακας σχετικής υγρασίας γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

Η μέση θερμοκρασία γύρω από το Μέγαρο έπεσε στους 33,76 °C και ο πιο δροσερός δρόμος γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο εξακολουθεί να είναι η οδός Δραγάτση με 33,19 °C. Η μέση ταχύτητα του ανέμου γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο έχει πέσει στα 0,7825 m/s και η πιο απάνεμη πλευρά είναι προς την Λεωφόρο Ηρώων Πολυτεχνείου με 0,37 m/s. Η μέση σχετική υγρασία γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο αυξήθηκε σε 25,047% και η οδός Δραγάτση έχει την υψηλότερη σχετική υγρασία με 26,93%. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι διαφορές σε θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου και σχετική υγρασία της υφιστάμενης κατάστασης σε σχέση με τα αποτελέσματα αυτής της επέμβασης.

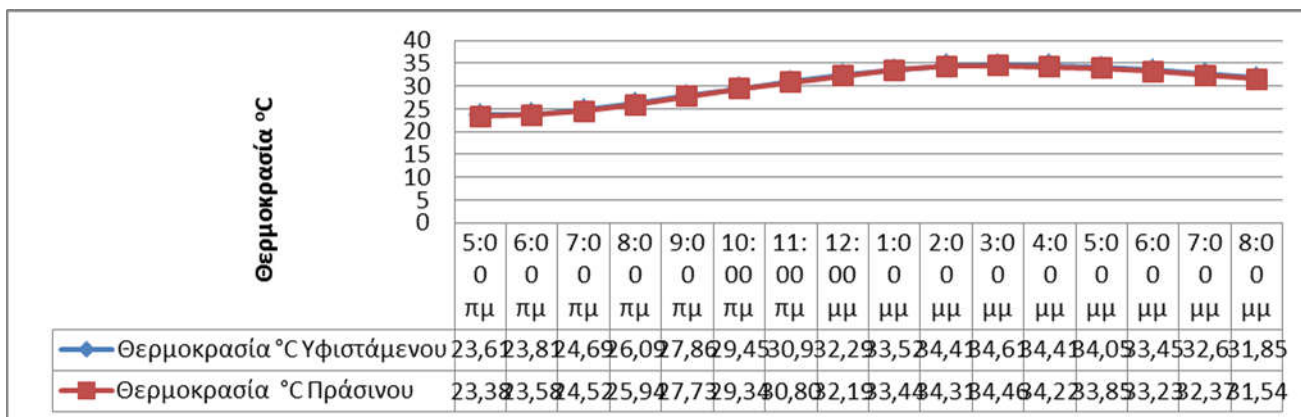
Όψεις Δικαστικού Μεγαρού Πειραιά	Υφιστάμενη Κατάσταση			Επέμβαση 4 ^η			Διαφορά [Επέμβ.-Υφ.]		
	Ταχ. Ανέμου (m/s)	Θερμοκρασία (°C)	Σχ. Υγρασία (%)	Ταχ. Ανέμου (m/s)	Θερμοκρασία (°C)	Σχ. Υγρασία (%)	Ταχ. Ανέμου (m/s)	Θερμοκρασία (°C)	Σχ. Υγρασία (%)
ΒΔ Κολοκοτρώνη	1,06	34,41	22,79	0,88	33,97	24,82	0,18	0,44	2,03
ΝΔ Δραγάτση	0,5	33,73	23,63	0,46	33,19	26,66	0,04	0,54	3,03
ΝΑ Ηρ. Πολυτεχνείου	0,42	34,02	23,91	0,37	33,83	24,7	0,05	0,19	0,79
ΒΑ Λ.Βασ. Γεωργίου	1,51	34,33	23,19	1,42	34,05	24,01	0,09	0,28	0,82

Εικ. 5.43 Συγκριτικός πίνακας υφιστάμενης κατάστασης με 4^{ης} επέμβασης, για τις 3:00μμ για τους δρόμους γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

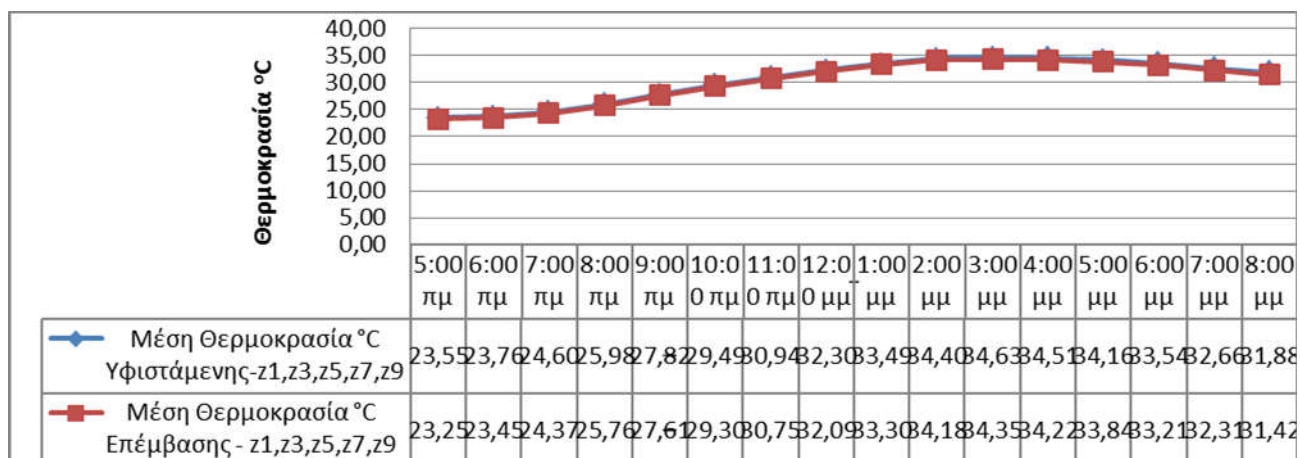
Παρατηρούμε ότι οι διαφορές παρουσιάζονται στην Κολοκοτρώνη και στην Δραγάτση που είναι πιο στενοί δρόμοι από τις Λεωφόρους Ηρώων Πολυτεχνείου και Βασιλέως Γεωργίου. Παρατηρείται σχεδόν 0,5(°C) μείωση στη θερμοκρασία και 2%-3% αύξηση στη σχετική υγρασία. Αυτές οι διαφορές μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και της επέμβασης θεωρούνται σημαντικές.

Μας οδηγούν όπως υποθέσαμε αρχικά να διερευνήσουμε και τις επιδράσεις των επεμβάσεων με κατακόρυφους κήπους σε όλη την περιοχή, παρατηρώντας τις μεταβολές καταγραφών κάθε υποδοχέ-αισθητήρα ξεχωριστά, αλλά και στο σύνολο των καταγραφών των αισθητήρων.

Στο επόμενο διάγραμμα βλέπουμε τη διαφορά της μέσης θερμοκρασίας ανάμεσα στην υφιστάμενη κατάσταση και τη γενικής κλίμακας επέμβαση. Οι διαφορές μετά τις 11:00πμ που μπορούμε να εντοπίσουμε είναι από 0,2 μέχρι και 0,3. Σε σχέση και με τον προηγούμενο πίνακα (Εικ. 5.44) βλέπουμε ότι οι διαφορές δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες στην περιοχή..



Εικ. 5.44 Διάγραμμα σύγκρισης μέσης θερμοκρασίας επέμβασης με υφιστάμενης κατάστασης κατά τη διάρκεια της ημέρας. [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

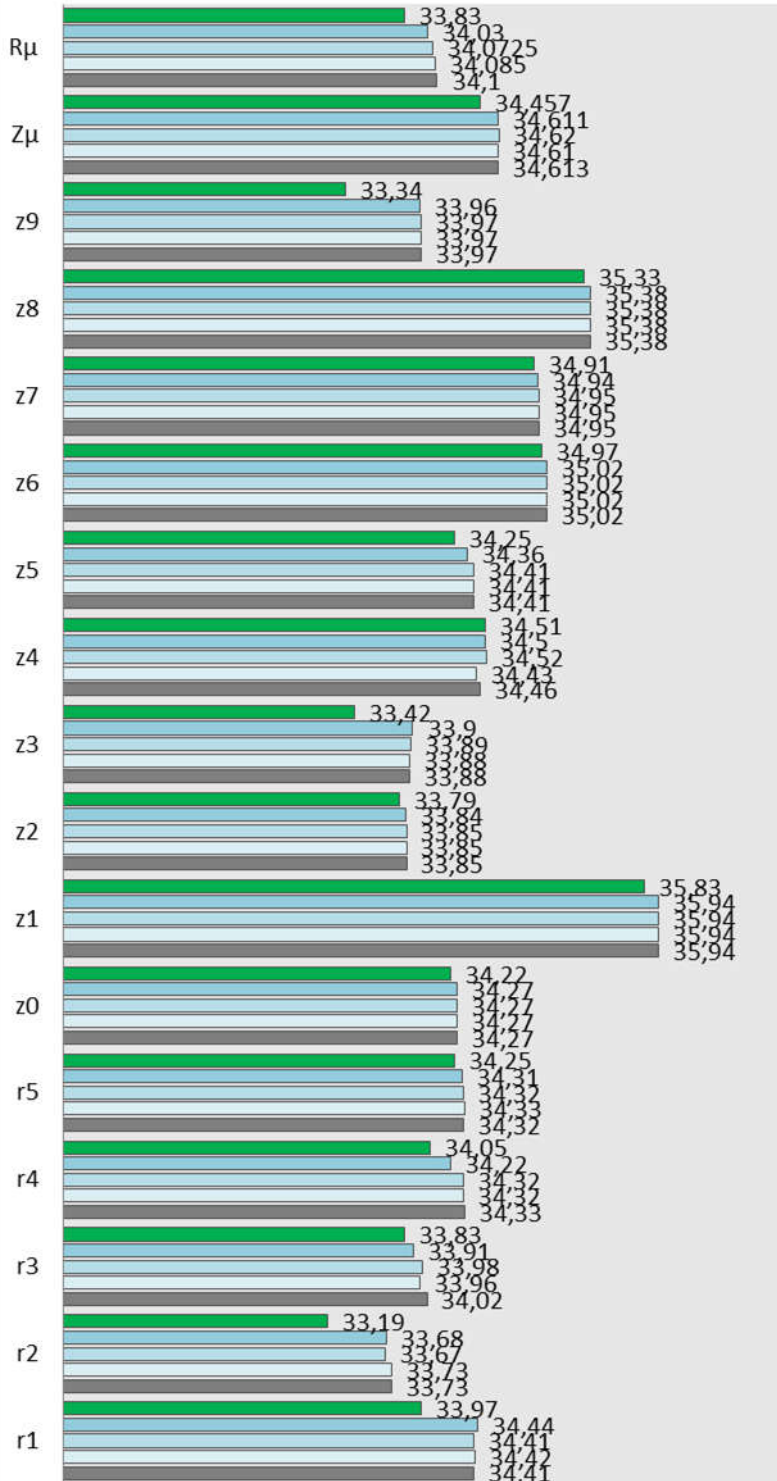


Εικ. 5.45 Διάγραμμα σύγκρισης μέσης θερμοκρασίας από επιλεγμένους υποδοχείς της επέμβασης με υφιστάμενης κατάστασης κατά τη διάρκεια της ημέρας. [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

Στο διάγραμμα Εικ. 5.45 παρατηρούμε τη διαφορά της μέσης θερμοκρασίας ανάμεσα στην υφιστάμενη κατάσταση και τη γενικής κλίμακας επέμβαση σε επιλεγμένους υποδοχείς-αισθητήρες που είναι πιο κοντά στις όψεις με τους κατακόρυφους κήπους από 0,3 μέχρι και 0,4, σταθερά σε όλες τις ώρες της ημέρας.

T (°C) , [t=15:00 ; z=2,07]

■ Επέμβαση4 ■ Επέμβαση3 ■ Επέμβαση2
 ■ Επέμβαση1 ■ Υφιστάμενη

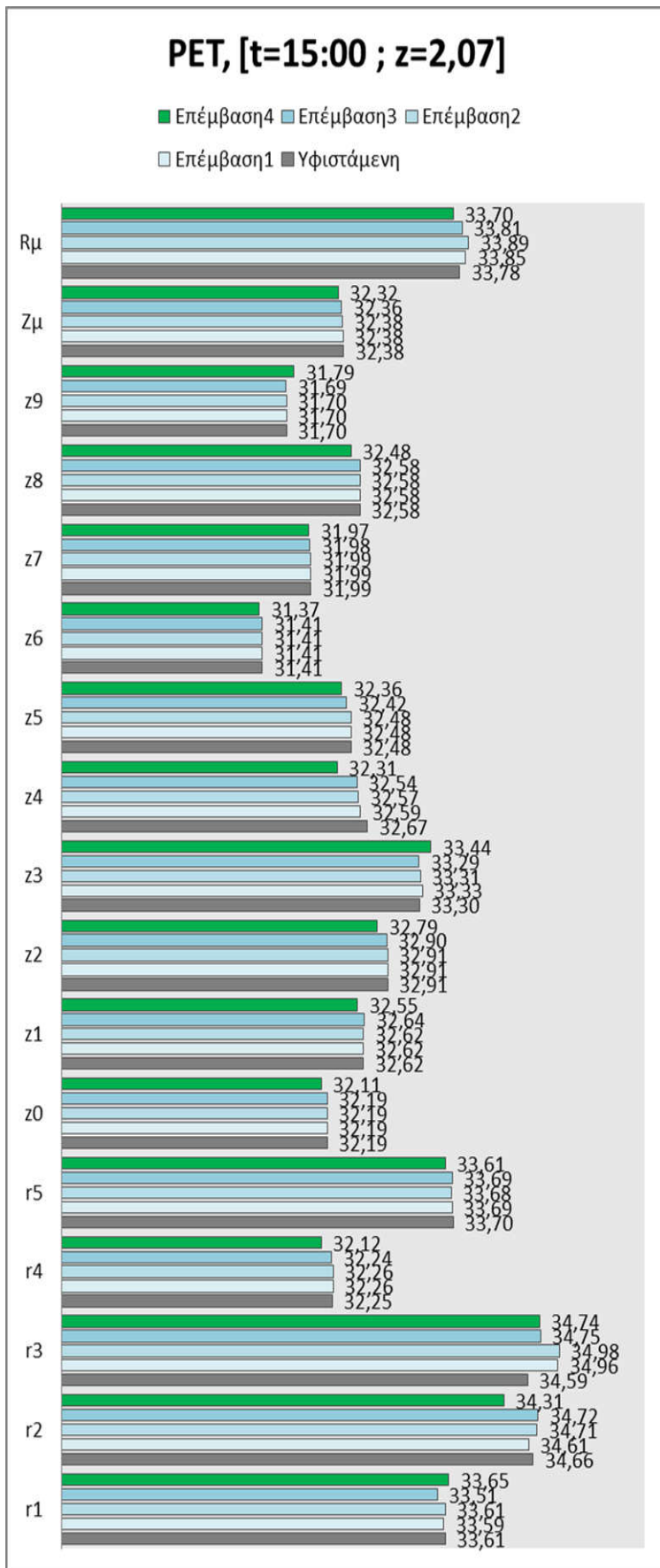


Εικ. 5.46 Ιστόγραμμα θερμοκρασιών του συνόλου των περιπτώσεων. [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

επιρροή των κατακόρυφων κήπων σε στενούς δρόμους.

5.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα & αξιολόγηση της έρευνας

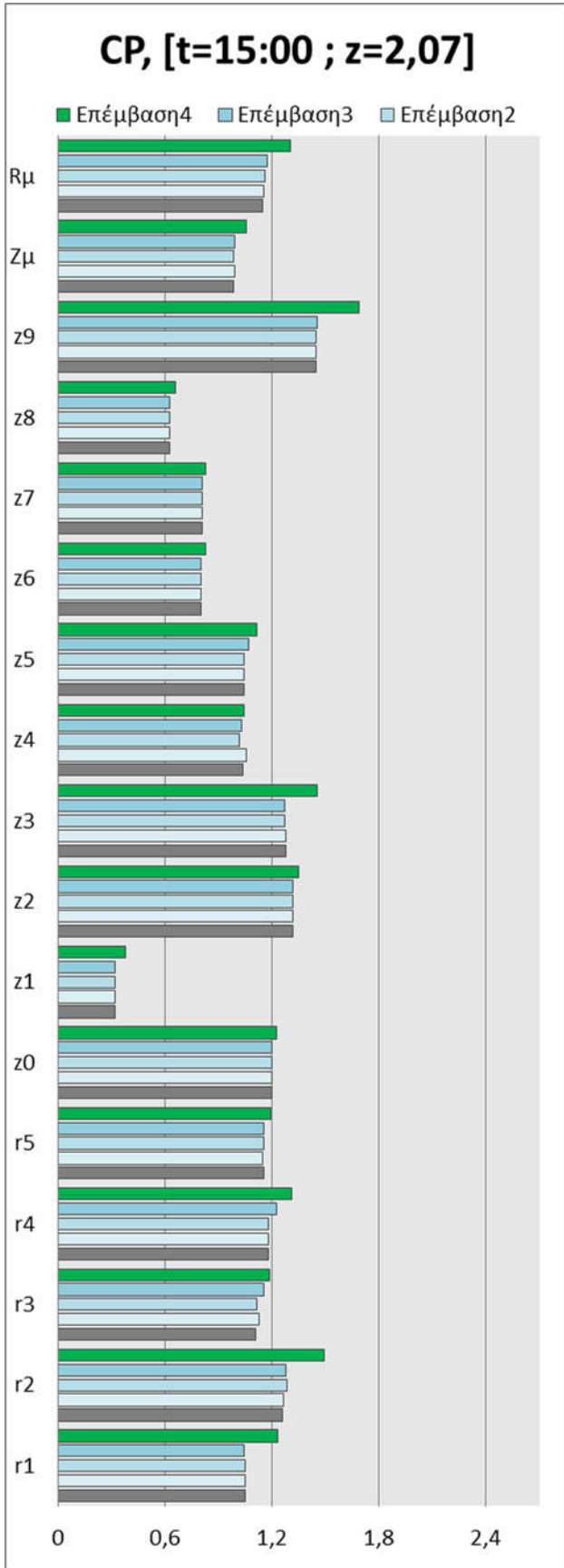
Σε αυτή την ενότητα θα συγκρίνουμε όλα τα αποτελέσματα από όλες τις επεμβάσεις για τις 3:00μμ μέσω αναλυτικών ιστογραμμάτων από όλους τους υποδοχείς-αισθητήρες. Όπως παρατηρεί κανείς στο διπλανό ιστόγραμμα με μια πρώτη ματιά, οι πράσινες στήλες, δηλαδή οι στήλες που αναπαριστούν τη γενικής κλίμακας επέμβαση, έχουν εμφανή αποτελέσματα σε όλους τους υποδοχείς. Οι υποδοχείς είναι 15 (από z0 ως z9 και από r1 ως r5) συν τους Rμ και Ζμ, οι οποίοι αντιστοιχούν στους μέσους όρους των r_i και των z_i. Οι r_i υποδοχείς αφορούν τους δρόμους γύρω από το Δικαστικό Μέγαρο Πειραιά και οι z_i υποδοχείς είναι ομοιόμορφα απλωμένοι σε όλη την έκταση της προσομοιωμένης περιοχής. Από ότι παρατηρούμε στο ιστόγραμμα μέσω του Ζμ και των υποδοχέων z_i, μόνο η επέμβαση γενικής κλίμακας είχε επιρροή σε όλους τους υποδοχείς, ενώ από ότι παρατηρούμε μέσω του Rμ και των r_i όλες οι επεμβάσεις είχαν αυξανόμενη επιρροή στην πτώση της θερμοκρασίας στο Δικαστικό Μέγαρο, με την τέταρτη επέμβαση να ξεπερνά όλες της άλλες με πτώση 0,3 °C. Η μεγαλύτερες θερμοκρασιακές μεταβολές παρατηρούνται στους υποδοχείς z9, z3, r2, r1, με πτώση της θερμοκρασίας κατά 0,63°C, 0,46 °C, 0,54 °C, και 0,44 °C αντίστοιχα. Οι υποδοχείς αυτοί (z9, z3, r1) βρίσκονται κατά μήκος της Κολοκοτρώνη, ενώ ο r2 στην οδό Δραγάτση . **Πλέον είναι εμφανής η**



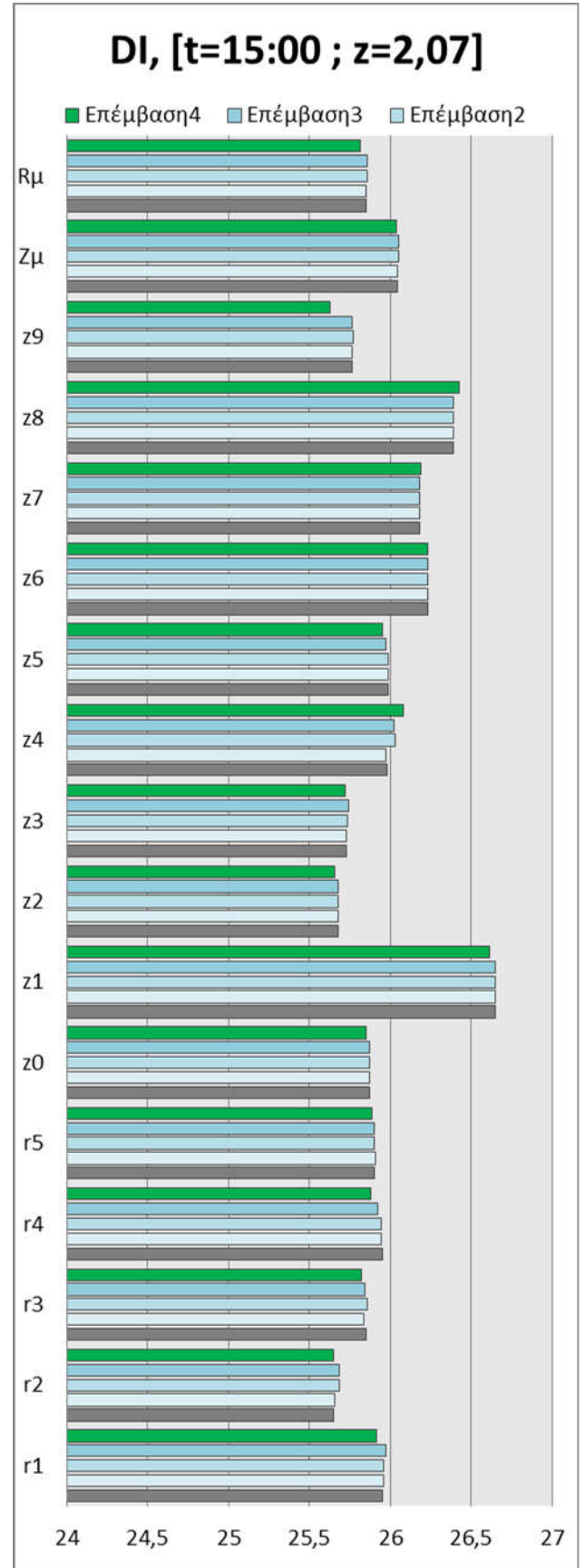
Εικ. 5.47 Ιστόγραμμα PET του συνόλου των περιπτώσεων. [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

Βιοκλιματικοί δείκτες

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα συγκρίνουμε τους βιοκλιματικούς δείκτες PET, DI και CP για την περιοχή σε ύψος $z=2.0m$ και ώρα $t= 3:00μμ$. Οι βιοκλιματικοί δείκτες είναι πιο σημαντικοί από τη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου ή τη σχετική υγρασία, διότι αντιστοιχούν σε κατάσταση που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος σύμφωνα με τις επικρατούσες συνθήκες στον περιβάλλοντα χώρο του. Σε αυτό το ιστόγραμμα, σε αντιστοιχία με το προηγούμενο ιστόγραμμα (Εικ. 5.47), βλέπουμε τις μεταβολές του PET, ή της φυσιολογικά ισοδύναμης θερμοκρασίας. Όσο πιο κοντά στο 18 με 23 βρισκόμαστε, τόσο πλησιάζουμε στη θερμική άνεση. Εδώ παρατηρούμε ότι οι τιμές του PET κυμαίνονται από 31, 37 έως 34.95, δηλαδή βρισκόμαστε στην κλάση της θερμής θερμικής αντίληψης και μέτρια θερμής θερμικής έντασης. Επίσης παρατηρούμε ότι σε συγκεκριμένες θέσεις αντί να μειώνεται ο δείκτης PET μετά από τις επεμβάσεις, αυτός αυξάνει. Αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι παρά τη μείωση της θερμοκρασίας, ταυτόχρονα μειώνεται και η ταχύτητα του ανέμου. Αυτό παρατηρείται στους υποδοχείς z9, z3, r1,r2, οι οποίοι βρίσκονται σε στενούς δρόμους, και στον r3. Αυτό συμβαίνει και για τις επεμβάσεις 1 και 2, όπου όπως είδαμε ελαττώνεται και η θερμοκρασία, αλλά και η ταχύτητα του ανέμου. Ο δείκτης PET επηρεάζεται και από τον SVF(sky view factor), δηλαδή τον συντελεστή θέασης του ουρανού. Γι' αυτό σε θέσεις όπου δεν είναι υπό σκιά ή έχουν υψηλές ταχύτητες ανέμου ή χαμηλές θερμοκρασίες καταλήγουν να έχουν χαμηλότερες τιμές του δείκτη PET.



Εικ. 5.48 Ιστόγραμμα CP του συνόλου των περιπτώσεων. [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]



Εικ. 5.49 Ιστόγραμμα DI του συνόλου των περιπτώσεων. [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

Στο ιστόγραμμα (Εικ. 5.48) παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις του **Δείκτη Ισχύος Απόψυξης**, δηλαδή η δυνατότητα του αέρα να αυξήσει την απώλεια θερμότητας στο ανθρώπινο σώμα. Από ότι παρατηρείται στο ιστόγραμμα, οι επεμβάσεις λειτουργούν ευεργετικά για το δείκτη αυτό, αυξάνοντας τις τιμές του. Ακόμα, παρατηρείται ότι υπάρχουν σημεία-υποδοχείς που βρίσκονται κάτω από την τιμή 0,6 (z1 υποδοχέας), γεγονός το οποίο δηλώνει ότι η θέση αυτή είναι εξαιρετικά θερμή, ενώ οι υπόλοιπες τιμές των υποδοχέων είναι από 0,6 έως 1,7 μικρότερες από 2,7, άρα ανήκουν στην τάξη των πολύ θερμών στη γενικευμένη κλίμακα του CP. Αυτό μοιάζει λογικό, αφού μελετάμε τη δυσμενέστερη ώρα της ημέρας για μια από τις πιο θερμές μέρες του καλοκαιριού, όπου επικρατούν αυτές οι συνθήκες.

Χαρακτηριστικά να αναφέρουμε ότι την 1^η μέρα του ίδιου μήνα με μέγιστη θερμοκρασία 29,4°C και μέγιστη ταχύτητα ανέμου 0,67m/s ο αντίστοιχος δείκτης θα ήταν 3,3, δηλαδή μία τάξη πιο κάτω.

Στο ιστόγραμμα (Εικ. 5.49) παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις του **Δείκτης Δυσφορίας**, δηλαδή του δείκτη που εκφράζει το βαθμό δυσφορίας του ανθρώπου λόγω των επιδράσεων των θερμοϋδρομετρικών συνθηκών. Οι τιμές για τους υποδοχείς για τις 3:00 μμ είναι στο εύρος τιμών από 24 έως 27 και σύμφωνα με τις οριακές κατηγορίες αποτίμησης της δυσφορίας παραπάνω από το ήμισυ το πληθυσμού θα δυσφορεί σε αυτές τις συνθήκες. Οι μέγιστες τιμές του δείκτη DI παρουσιάζονται στις θέσεις-υποδοχείς z1 και z8, όπου εμφανίζονται οι ελάχιστες στο ιστόγραμμα του δείκτη CP. Οι θέσεις των z1 και z8 αντιστοιχούν στις λεωφόρους Βασιλέως Γεωργίου (αριστερά του χάρτη) και Ηρώων Πολυτεχνείου (άνω μέρος του χάρτη). Σε αυτά τα σημεία, όπως φαίνεται στην εικόνα, για όλες τις περιπτώσεις θα υπάρχει αυξημένη θερμοκρασία και μειωμένη σχετική υγρασία καθώς και αυξημένες ταχύτητες πεδίου ανέμου.

Οι βιοκλιματικοί δείκτες και τα μετεωρολογικά αποτελέσματα όλων των προσομοιώσεων συμφωνούν μεταξύ τους, άρα φαίνεται να μην υπάρχουν λάθη στην προσομοίωση. Η ευεργετική επιρροή των κατακόρυφων κήπων στο μικροκλίμα της περιοχής είναι εμφανής σε όλες τις περιπτώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Συμπέρασμα για τη συγκεκριμένη έρευνα

Σκοπός αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι η παρουσίαση των κατακόρυφων κήπων και η διερεύνηση της επιρροής τους στο μικροκλίμα των πόλεων μέσω αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Συγκεκριμένα, σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία προσομοιώθηκε η περιβάλλουσα το Δικαστικό Μέγαρο περιοχή του Πειραιά μέσω του λογισμικού Envi-Met 3.1. Πραγματοποιήθηκαν 5 συνολικά προσομοιώσεις: η υφιστάμενη κατάσταση, τρεις επεμβάσεις αποκλειστικά στο Δικαστικό Μέγαρο και μια γενικής κλίμακας. Έγιναν επεμβάσεις κυρίως με κατακόρυφους κήπους και φυτεύσεις στην ευρύτερη περιοχή. Λόγω του μεγέθους της προς προσομοίωσης περιοχής (78,4 στρέμματα), της απαιτούμενης υπολογιστικής ισχύος και του απαιτούμενου χρόνου προσομοίωσης για κάθε περίπτωση, έγινε λεπτομερής σχεδιασμός ώστε να μην σπαταληθεί υπολογιστική δύναμη και μάλιστα διερευνήθηκαν τρόποι για δανεισμό και εν τέλει ενοικίαση υπολογιστικής ισχύος μέσω ιντερνέτ. Τα μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν λήφθηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό του Φαλήρου μέσω του meteo.gr και του Εθνικού Αστεροσκοπείου. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία των κατακόρυφων κήπων στις όψεις κτιρίων, κυρίως στις όψεις του Δικαστικού Μεγάρου. Εξετάστηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα των επεμβάσεων, όπως τιμές της θερμοκρασίας, της ταχύτητας του άνεμου, και της σχετικής υγρασίας, αλλά και βιοκλιματικοί δείκτες που διαμορφώνουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης στις δυσμενέστερες συνθήκες της ημέρας.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων μέσω του λογισμικού Envi-Met, αλλά και με όλη την έρευνα για την εκπόνηση αυτής της Διπλωματικής Εργασίας πάνω στον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων και κυρίως για τους κατακόρυφους κήπους, προέκυψαν **τα εξής συμπεράσματα:**

- Η αξιοπιστία και η ακρίβεια του λογισμικού Envi-Met κρίνεται ικανοποιητική και συστήνεται η χρήση του για τη μελέτη του μικροκλίματος περιοχών απλής γεωμετρίας, σε συνδυασμό με σύγχρονες τεχνολογίες για εξεύρεση υπολογιστικής ισχύος. Είναι χρήσιμο κατά τη μελέτη να χρησιμοποιούνται κλιματικά δεδομένα από κοντινούς μετεωρολογικούς σταθμούς, αλλά και επί τόπου μετρήσεις των αναγκαίων μεγεθών για την καλύτερη προσέγγιση των πραγματικών κλιματικών συνθηκών, αλλά και για την διαμόρφωση του μοντέλου της περιοχής.
- Το Envi-Met ως λογισμικό δημιουργεί υψηλής ακρίβειας μαθηματικά μοντέλα για να επιτύχει την μελέτη του μικροκλίματος μιας περιοχής και του τρόπου με τον οποίο επιδρούν σε αυτό η αστική μορφολογία, η βλάστηση και τα υλικά των επιφανειών. Συνιστά σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση προτάσεων αναβάθμισης προβληματικών περιοχών και μπορεί να συμβάλλει στην αποφυγή λανθασμένων παρεμβάσεων.
- Η επιρροή των κατακόρυφων κήπων στη διαμόρφωση του μικροκλίματος είναι τελικά ενδιαφέρουσα. Η μεμονωμένη χρήση δεν επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα πέρα από μια μικρή ακτίνα επιρροής, αλλά η γενική χρήση τους μπορεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό να αναβαθμίσει μια αστική περιοχή. Η κατάλληλη χρήση φυτών και κατακόρυφων κήπων δύναται να λειτουργήσει αποτελεσματικά στον έλεγχο της θερμοκρασίας των κτιρίων και στη εξοικονόμηση ενέργειας που καταναλώνεται για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό.

➤ Η βελτίωση των κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων και τη χρήση πράσινων κήπων στις όψεις αυτών, που εξαρτάται από μια σειρά παραμέτρων όπως:

- τη δόμηση σε σχέση με το ανάγλυφο του εδάφους, τους προσανατολισμούς των όψεων των κτιρίων, την κυκλοφορία του αέρα στον αστικό ιστό και τα γενικότερα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής
- τους όρους δόμησης, την οικιστική πυκνότητα και τον πληθυσμό
- τον προσανατολισμό των δρόμων και τη γεωμετρία του αστικού ιστού
- τα ύψη των κτιρίων σε σχέση με το πλάτος των δρόμων και των ελεύθερων χώρων
- τα υλικά των εξωτερικών επιφανειών των κτιρίων και των επιφανειών εδαφοκάλυψης των υπαίθριων χώρων
- την ποσότητα, την κατανομή και το είδος των χώρων πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό
- τις εκπομπές θερμότητας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτιρίων
- τα κάθε είδους στοιχεία σκίασης
- την παρουσία του υγρού στοιχείου στον αστικό ιστό.

➤ Οι τρεις πρώτες προτάσεις για παρεμβάσεις στις όψεις του Δικαστικού Μεγάρου, όπως παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια 4 και 5, κρίθηκαν ανεπαρκείς στην επιρροή στο μικροκλίμα της ευρύτερης περιοχής, παρά το γεγονός ότι βελτίωσαν τις συνθήκες σε μια πολύ κοντινή ακτίνα από το Δικαστικό Μέγαρο. Η τέταρτη ευρύτερης κλίμακας πρόταση για παρέμβαση με κατακόρυφους κήπους σε κομβικά σημεία της περιοχής ήταν η πιο πολλά υποσχόμενη όσον αναφορά το μικροκλίμα της περιοχής και το Δικαστικό Μέγαρο. Σε πίνακα που ακολουθεί υπάρχουν τα συγκριτικά αποτελέσματα σε συνάρτηση με ένα εκτιμώμενο κόστος της επένδυσης.

ΟΦΕΛΟΙ & ΚΟΣΤΟΙ		Οφέλη Μικροκλίματος λόγω των Επεμβάσεων			Κόστος		
		Ταχύτητα Ανέμου (%)	Θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία (%)	AREA (m ²)	Ελάχιστη-Μέγιστη (35€-70€)/ m ²	
Επέμβαση1	ΜΕΓΑΡΟ	-1,43	-0,02	0,05	650	22.750 €	45.500 €
	ΠΕΡΙΟΧΗ	0,07	0,00	0,01			
Επέμβαση2	ΜΕΓΑΡΟ	-2,62	-0,03	0,21	1300	45.500 €	91.000 €
	ΠΕΡΙΟΧΗ	0,52	0,01	0,03			
Επέμβαση3	ΜΕΓΑΡΟ	-2,06	-0,06	0,37	1950	68.250 €	136.500 €
	ΠΕΡΙΟΧΗ	0,51	0,00	0,05			
Επέμβαση4	ΜΕΓΑΡΟ	-11,50	-0,36	1,67	2670	93.450 €	186.900 €
	ΠΕΡΙΟΧΗ	-3,51	-0,16	0,74		258.160,00 €	516.320,00 €
Στην τέταρτη επέμβαση το κόστος που αναφέρεται είναι για το Δικαστικό Μέγαρο ΜΟΝΟ. Συνολικό κόστος χοντρικά είναι:						351.610,00 €	703.220,00 €

Εικ. 6.1 Συγκριτικά αποτελέσματα μετεωρολογικών παραγόντων σε συνάρτηση με το κόστος των τεσσάρων επεμβάσεων με κατακόρυφους κήπους στο Δικαστικό Μέγαρο και στην ευρύτερη περιοχή [Πηγή: Προσωπική Εργασία, Excel]

6.2 Παρατηρήσεις - Περιορισμοί

Κατά τη διάρκεια των προσομοιώσεων, της αναζήτησης πληροφοριών για τους κατακόρυφους κήπους αλλά και της έρευνας γύρω από την περιοχή μελέτης σημειώθηκαν τα ακόλουθα σχόλια που αφορούν το λογισμικό Envi-Met:

- Παρατηρήθηκε ότι **το μοντέλο δεν αποκρίνεται αποτελεσματικά σε προσομοιώσεις με πολύ υψηλές θερμοκρασίες** (συνθήκες καύσωνα). Παρ' όλη την «ώθηση» από το μελετητή προς αυτή την κατεύθυνση, το πρόγραμμα αδυνατεί να ακολουθήσει τις πραγματικές συνθήκες (έγινε προσπάθεια προσομοίωσης θερμότερων ημερών από αυτήν της παρούσας εργασίας, χωρίς αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα).
- **Δεν προβλέπεται σαφής τρόπος προσομοίωσης για κατακόρυφους κήπους** και για όλους τους διαφορετικούς τύπους και τις διαφορετικές ιδιότητες που έχουν σε αυτή την έκδοση του Envi-Met 3.1, ούτε στην επόμενη του προγράμματος Envi-Met 4.0. Ο μόνος τύπος κατακόρυφου κήπου που μπορεί να προσομοιωθεί είναι αυτός της έμμεσα στηριζόμενης πράσινης όψης, διότι δεν αποτελεί ακριβώς επιφάνεια του κτιρίου και φυτεύεται μπροστά του.
- Παρατηρήθηκε ότι **η προσομοίωση ημερών με μεγάλο εύρος θερμοκρασίας** δίνει αποτελέσματα που είναι **πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες** από αυτές με μικρό εύρος τιμών θερμοκρασίας περιβάλλοντος.
- **Γενικά παρατηρήθηκε ελλειπής ελληνική ορολογία & βιβλιογραφία.** Πολύ λίγα πράγματα για τους κατακόρυφους κήπους υπάρχουν στα ελληνικά. Σχεδόν το σύνολο όλης της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε ή αναζητήθηκε στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας ήταν στην αγγλική γλώσσα, με λίγες αναφορές να υπάρχουν από Έλληνες επιστήμονες. Επίσης υπάρχουν ελάχιστα βιβλία για τους κατακόρυφους κήπους στις βιβλιοθήκες της Ελλάδας.
- **Η μετάβαση του λογισμικού Envi-Met από την έκδοση 3.1 στην 4.0** περιόρισε το πλήθος των βιοκλιματικών δεικτών που μπορούσαν να προκύψουν από τις αναλύσεις και **δημιούργησε προβλήματα** συμβατότητας των αναλύσεων.
- **Ελάχιστοι Κατακόρυφοι Κήποι** υπάρχουν στην Ελλάδα, γεγονός που δυσχεραίνει την απτή επαφή του μελετητή με το αντικείμενο.

6.3 Προτάσεις

Για συνέχιση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προτείνονται τα παρακάτω:

- Πραγματοποίηση περεταίρω επεμβάσεων γενικής ανάπλασης της περιοχής, των στενών δρόμων της, την ανάπλαση των πλατειών της περιοχής με δενδροφύτευση και με θεώρηση τελικών επιφανειών των κτιρίων αφού ολοκληρωθούν όλα τα έργα στην περιοχή, (πχ. έργα Μετρό, ανακατασκευή Δικαστικού Μεγάρου, διαμόρφωση πλατειών) και χρήση ανακλαστικών υλικών στις ταράτσες των κτιρίων.
- Η μελέτη των παρεμβάσεων στις όψεις των κτιρίων (όσον αναφορά την εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο), του κύκλου ζωής των επεμβάσεων αυτών καθώς και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος τους.

- Τη βοτανική μελέτη των καταλληλότερων φυτών για τη σύνθεση των κατακόρυφων κήπων σε προσόψεις κτιρίων, την αξιολόγηση της διαδικασίας συντήρησης, φύτευσης και απομάκρυνσης τους.
- Το σχεδιασμό και την αξιολόγηση των αισθητικού αποτελέσματος μέσω φωτορεαλιστικών και τρισδιάστατων μοντέλων.
- Την περαιτέρω ανάλυση κοινωνικών και ψυχολογικών επιδράσεων εφαρμογών κατακόρυφων κήπων σε προσόψεις κτιρίων, όπως π.χ. του Δικαστικού Μεγάρου, καθώς και στην ευρύτερη περιοχή αυτών μέσω ερωτηματολογίων.
- Την αναλυτική κοστολόγηση της διαμόρφωσης των όψεων του Δικαστικού Μεγάρου αλλά και ο οικονομικός συνυπολογισμός από οφέλη των επεμβάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγλική Βιβλιογραφία

1. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.. ASHRAE fundamentals SI Edition. ASHRAE. 2005. ASHRAE fundamentals SI Edition
2. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Thermal Enviromental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE. Μάιος 1992.ASHRAE Standard 55-1992
3. Hoppe P. . The Physiologiactal equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment...Οκτώβριος 1999.International Journal of Biometeorology σελ.71-75
4. INNOVA Air Tech Instruments. Thermal Comfort Denmark. INNOVA Air Tech Instruments. Denmark..
5. Jim C. Y. . Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies. Springer. Hong Kong, China.2012 October. Urban Ecosyst (2013) σελ.741-761
6. Katia Perini & Marc Ottel & E. M. Haas & Rossana Raiteri. Vertical greening systems, a process tree for green facades and living walls. Springer Science&Business Media New York 2012.Italy, Netherlands. Σεπτέμβριος 2012.Urban Ecosyst 16 (2013) σελ.265–277
7. Katia Perini & Marc Ottel & A.L.A. Fraaij & E.M. Haas & Rossana Raiteri. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. Elsevier Ltd. Italy, Netherlands. Μάιος 2011.Building and Environment 46 (2011) σελ.2287-2294
8. Ozger Burhan Timur & Elif Karaca. Vertical Gardens. InTech.Cankiri,Turkey. Δεκέμβριος 2013. Advances in Landscape Architecture σελ.587 - 622
9. Perez Gabriel & Lidia Rincon & Anna Vila & Josep M. Gonzalez & Luisa F. Cabeza. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. Elsevier Ltd. Spain Ιούλιος 2011.Applied Energy 88 (2011) σελ.4854–4859
10. Robert A. Francis & Jamie Lorimer. Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. Elsevier Ltd. London, UK. Φεβρουάριος 2011.Journal of Environmental Management σελ.1429-1437
- 11.Robert E. Krieger. Thermal Comfort; Analysis and Applications in Environmental Engineering. Publishing Company. Fanger P.O. .Florida, USA.1 Σεπτέμβριος 1982.
12. Dr. Samar Sheweka. The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment. Elsevier Ltd. Cairo, Egypt. 2011. Energy Procedia 6 σελ.593-599

Ελληνική Βιβλιογραφία

13. Γαϊτάνη Ν. . Βιοκλιματική αξιολόγηση ανοικτών χώρων. Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα. Ιούνιος 2005.
14. Γ. Κότσιρης. Θερμική άνεση. Εκδόσεις Ιων. Αθήνα. Ιούνιος 2007.
15. Μουντρίχας Γ.. Συμβολή της φυτοκάλυψης στο μικροκλίμα κτιριακών συγκροτημάτων στο αστικό ιστό. ΕΜΠ. Αθήνα. Ιούλιος 2013.
16. Μπρόμης Β. & Νάκα Κ.. Βιοκλιματική ανάπλαση οικοδομικού τετραγώνου στη Νέα Σμύρνη. ΕΜΠ. Αθήνα. Μάρτιος 2011.
17. Χατζηδημητρίου Α.. Αξιολόγηση της επίδρασης των παραμέτρων σχεδιασμού στη διαμόρφωση του μικροκλίματος των αστικών υπαίθριων χώρων και στις συνθήκες θερμικής άνεσης, κατά τη θερινή περίοδο, σε κλίμα μεσογειακό. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη. Νοέμβριος 2012.

Βιβλιογραφικές πηγές εκ του Διαδικτύου

- INT1 <http://www.buzzfeed.com/> 7-3-2015
- INT2 <http://www.dezeen.com/> 15-5-2015
- INT3 <http://www.homeimprovementpages.com.au/> 10-4-2015
- INT4 <http://www.greenology.sg/> -9-4-2015
- INT5 <http://merologies.blogspot.gr/> 13-5-2015
- INT6 <http://www.mymodernmet.com/> 2015
- INT7 <http://www.buzzfeed.com> 1-3-2015
- INT8 <http://spacing.ca/toronto/> 17-3-2015
- INT9 <http://www.plantsonwalls.com/> 23-3-2015 :
- INT10 <http://www.livinghomegrown.com/> 18-4-2015
- INT11 <http://gsky.com/wp-content/uploads/> 20-5-2015
- INT12 <http://www.pireasnet.gr> 21/10/2015
- INT13 <http://taratsokipos.blogspot.gr/> 29 4 2015
- INT14 <http://www.tovima.gr/> 10-10-2015
- INT15 <http://www.greenroofs.com> 14-3-2015
- INT16 <http://www.minus25.com> 2-5-2015

Παράρτημα Α Χειροποίητοι Κατακόρυφοι Κήποι

Α.1 Τσέπες Πρασίνου Από Αφίσες (poster pocket planters or green sleeves)



Αυτό το αυτοσχέδιο είδος γλάστρας δημιουργήθηκε από τους Eric Cheung και Sean Martindale στην προσπάθεια τους να αφυπνίσουν τους κατοίκους του Τορόντο και να εισάγουν λίγο πράσινο στην πόλη τους. Η ιδέα είναι απλή, πρώτα κόβεις σε τριγωνική μορφή ένα χοντρό στρώμα με ήδη υπάρχουσες αφίσες. Μετά τις τυλίγεις σε κωνική μορφή πιάνοντας σημείο που έκομες και ενώνοντας το με τον τοίχο, στύλο ή ό,τι άλλο. Συρράπτεις την ραφή με ένα συρραπτικό για να

κρατά τον κώνο που θα υποστηρίξει τον χώμα και τα λουλούδια που θα φυτεύσεις. Κάποιοι κώνοι μπορεί να χρειάζονται να τους κολλήσεις επιπλέον χαρτί-αφίσας στην κάτω πλευρά τους. Όλοι οι κώνοι έχουν μια τρύπα για αερισμό στον πάτο τους και είναι τοποθετημένοι έτσι ώστε να πέφτει το νερό από τον έναν στον άλλον. Δεν είναι φτιαγμένοι για να αντέχουν πολύ καιρό αλλά σου κάνουν ξεκάθαρη την επιλογή ανάμεσα στην ασχήμια της πόλης και του λίγου πράσινου.



Α.2 Κατακόρυφος κήπος από ανακυκλωμένα μπουκάλια PET(σόδας)



Αυτός ο τύπος κατακόρυφου κήπου έγινε γνωστός από μια εκπομπή στην Βραζιλία όπου ανακαινίζουν σπίτια ατόμων με ειδικές ανάγκες (AMEA). Δημιουργός του ο Marcelo Rosenbaum. Όπως αναφέρει και ο ίδιος στην ιστοσελίδα του οι φιάλες PET ή τερεφθαλικού πολυαιθυλένιο ήταν μια εφεύρεση πολύ επιτυχής από οικονομικής απόψης. Όμως εάν

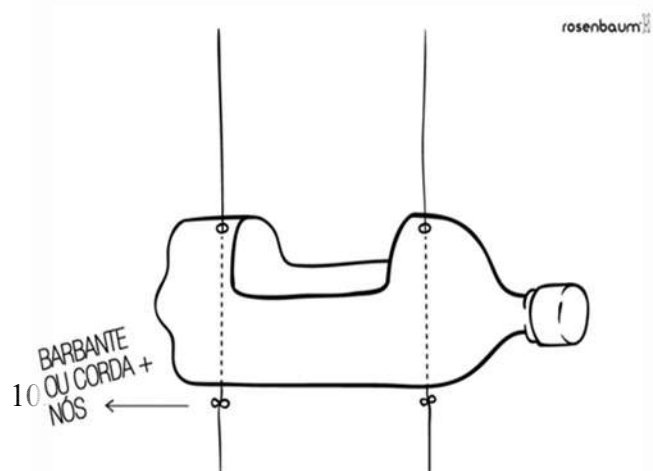
λάβουμε υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μας δημιουργεί τεράστιο πρόβλημα με την ανακύκλωσή του. Για να μειωθεί ο όγκος προς ανακύκλωση οδηγούμαστε σε μια προσπάθεια για επαναχρησιμοποίηση τους. Η ιδέα δεν είναι πρωτοπόρα όσο αναφορά την χρήση των πλαστικών μπουκαλιών για να την καλλιέργεια μικρών λαχανικών, μπαχαρικών ή φαρμακευτικών φυτών κατακόρυφα σε τοίχους αλλά το αισθητικό αποτέλεσμα, τα υλικά χαμηλού κόστους και η προβολή της μέσω του φιλικού χαρακτήρα της εκπομπής, την έκανε ευρέως γνωστή στην χώρα.

Υλικά

- Φιάλες PET 1,5lt (άδειες και καθαρές)
- Ψαλίδι
- Σχοινί για άπλωμα ρούχων, σχοιινιά, σπάγκους ή σύρμα
- Για όσους επιλέγουν να τα σχοιινιά ή σύρμα θα απαιτηθούν δύο ροδέλες ανά φιάλη PET
- Χώμα
- Προσαρμογή του σχεδίου

Διαδικασία

Κόβεις το μπουκάλι όπως στο σχήμα. Για να εξασφαλιστούν οι φιάλες πρέπει να γίνουν δυο οπές στο πάνω και κάτω μέρος τη φιάλης προσκειμένου να περάσει το σχοινί. Όπως βλέπετε και στην παραπάνω εικόνα αναζητείται μια ευθεία. Ακόμη χρειάζεται μια οπή στον πυθμένα για να στραγγίζουν τα νερά. Η μέθοδος αυτή επιδέχεται βελτιώσεις και προσαρμογές ανάλογα με τις ανάγκες του



καθενός. Εξάλλου πρέπει να αναφέρουμε ότι έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αυτοσχέδιων κατακόρυφων τοίχων ξύλινες παλέτες, γυναικείες τσάντες, παπούτσια, παλιές ηλεκτρικές συσκευές, αντρικοί μπιντέδες ακόμα και χρησιμοποιημένες φιάλες δακρυγόνων.