



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ
ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ
(ΕΡΕΥΝΑ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENVI-MET)



ΜΟΥΝΤΡΙΧΑΣ Κ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ Ι., ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

Στο γιο μου, Κωνσταντίνο,
και στη γυναίκα μου, Μάρα

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Τζουβαδάκη Ιωάννη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και την ουσιαστική του βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Αισθάνομαι επίσης την υποχρέωση να ευχαριστήσω το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και τη Βιβλιοθήκη του για τη βοήθεια που μου παρείχε στη συλλογή στοιχείων και το δανεισμό σημαντικών άρθρων και βιβλίων.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και τον κ. Λαγουβάρδο Κωνσταντίνο για την παραχώρηση πραγματικών μετεωρολογικών δεδομένων από το αρχείο.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξη τους και την υπομονή που επέδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2013

Μούντριχας Κ. Γεώργιος

Εξώφυλλο: Φυτοκαλυμμένα κτίρια σε περιοχή του Πεκίνο

Πηγή: <http://www.telegraph.co.uk>

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η παρουσίαση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων και, ειδικότερα, η ανάδειξη της συμβολής των φυτοκαλυμμένων επιφανειών και της αξιοποίησης των ελεύθερων χώρων των κτιρίων στη διαμόρφωση ενός ευνοϊκότερου αστικού μικροκλίματος. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό υπολογιστικής ρευστομηχανικής ENVI-met σε μια περιοχή της Νέας Σμύρνης, έκτασης 29 στρεμμάτων. Πραγματοποιήθηκαν οκτώ προσομοιώσεις, από τις οποίες η πρώτη αφορά στην υφιστάμενη κατάσταση και οι ακόλουθες επτά σε τρόπους ανάπλασής της. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα από τον κοντινό μετεωρολογικό σταθμό της Νέας Σμύρνης, τα οποία παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Τα αποτελέσματά των προσομοιώσεων αξιολογήθηκαν με σκοπό τον έλεγχο της αξιοπιστίας και της ακρίβειας του προγράμματος. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνολογίες των φυτεμένων δωμάτων, των κάθετων κήπων, αλλά και η απλή φύτευση των ακάλυπτων χώρων. Μελετήθηκαν τα επίπεδα θερμικής άνεσης για τις διάφορες καταστάσεις, καθώς και οι παράμετροι που τη διαμορφώνουν, όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ένταση του ανέμου και η σχετική υγρασία.

Abstract

The subject of this thesis is to present the principles of bioclimatic design of the buildings and in particular, to highlight the contribution of planted surfaces and use of open spaces of buildings in configuring a more favorable urban microclimate. To achieve this goal, ENVI-met, a computational fluid dynamics software has been used, in an area of Nea Smyrni, which extends to 29 acres. Eight simulations were performed: the first one depicts the current situation and the following seven ways to upgrade it. Real meteorological data from the nearby meteorological station of Nea Smyrni, which were provided by the National Observatory of Athens, have been used as input. The simulation results were compared to real data in order to validate the reliability and accuracy of the program. The study used the technologies of green roofs, vertical gardens and the simple planting of open spaces. Thermal comfort levels and parameters that affect it, such as temperature, wind velocity and relative humidity were studied for the various situations.

ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπό της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η παρουσίαση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Ειδικότερα, στόχος είναι η ανάδειξη της συμβολής των φυτοκαλυμμένων επιφανειών και της αξιοποίησης των ελεύθερων χώρων των κτιρίων στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών άνεσης. Η εργασία περατώθηκε σε διάστημα 6 μηνών και περιλαμβάνει την παρουσίαση των περιβαλλοντικών παραμέτρων που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα, την πρόταση τεχνολογιών βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος, καθώς και την επίδρασή τους στην αίσθηση άνεσης των πολιτών. Επίσης, παρουσιάζεται το λογισμικό ENVI-met, με το οποίο πραγματοποιήθηκε η βιοκλιματική μελέτη τμήματος αστικής περιοχής, και παρατίθεται συνοπτικό εγχειρίδιο χρήσης του. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της μελέτης από την αξιολόγηση των οποίων εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα και προτάσεις.

Το αστικό μικροκλίμα καθορίζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης και, συνακόλουθα, επηρεάζει θετικά ή αρνητικά όλες τις δραστηριότητες και τις συνθήκες διαβίωσης στον αστικό χώρο. Επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η αρχιτεκτονική των κτιρίων και των κοινόχρηστων υπαίθριων χώρων και οι ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας και στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Στα πλαίσια της βελτίωσης της μικροκλιματικής ποιότητας, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ειδικότερα, με την κατάλληλη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου των κτιρίων συνεισφέρει στη δημιουργία καλύτερων συνθηκών άνεσης στον αστικό ιστό. Η χρήση φυτεμένων δωμαίων και κάθετων φυτεύσεων, η αξιοποίηση των ακάλυπτων χώρων, καθώς και η χρησιμοποίηση κατάλληλων υλικών βελτιώνουν την ποιότητα του αστικού μικροκλίματος και προσφέρουν πληθώρα περιβαλλοντικών οφελών.

Το ENVI-met είναι ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό μοντέλο για την προσομοίωση, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό, της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων 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 και η δημιουργία συγκροτημάτων κτιρίων στο αστικό μικροκλίμα. 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. 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 και οι χρόνοι πρέπει να είναι περιορισμένοι.

Για την καθοδήγηση του νέου χρήστη, γίνεται παρουσίαση ενός συνοπτικού οδηγού για το χειρισμό του προγράμματος ENVI-met, ώστε σε σύντομο χρονικό διάστημα, να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μία προσομοίωση. Τα βασικά βήματα για την πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης είναι:

- η κατάρτιση του αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN (Area Input File), όπου δημιουργείται η περιοχή του μοντέλου (πλήθος υπολογιστικών κελιών, κτίρια, βλάστηση, υλικά επιφανειών, γεωγραφική θέση της περιοχής κ.λπ.),
- η κατάρτιση 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 επιλέγοντας την κατάλληλη εκδοχή (version) για το μοντέλο και κάνοντας τους απαραίτητους ελέγχους, και
- η διαχείριση των αποτελεσμάτων της με τη βοήθεια του λογισμικού οπτικοποίησης Leonardo και άλλων προγραμμάτων όπως το Excel και το Xtract.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο ΒΑ τμήμα του Δήμου Νέας Σμύρνης, σε υψόμετρο 64 m, και αποτελείται από τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα και τους περιμετρικούς δρόμους, συνολικής έκτασης 29 στρεμμάτων. Για την αποτύπωση της γεωμετρίας, της δόμησης και της βλάστησης της περιοχής μελέτης, εκτός από επί τόπου επισκέψεις, χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι ηλεκτρονικοί τρισδιάστατοι ή δισδιάστατοι χάρτες, όπως Google Maps, Google Earth, Bing Maps κ.α., αλλά κυρίως το πρόγραμμα Google SketchUp 8. Τα μετεωρολογικά δεδομένα, που χρησιμοποιήθηκαν, παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και αναφέρονται στην 20^η ημέρα του μήνα Ιουλίου του έτους 2012.

Με τη χρήση του λογισμικού ENVI-met έκδοση 3.1 πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση του μικροκλίματος των τεσσάρων οικοδομικών τετραγώνων της περιοχής της Νέας Σμύρνης. Κατά τη μελέτη, έγινε αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης της εν λόγω περιοχής και πρόταση

παρεμβάσεων για ανάπλαση και αναβάθμιση του χώρου με βάση βιοκλιματικά κριτήρια. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος της αξιοπιστίας του λογισμικού και αναλυτική παρουσίαση της διαδικασίας και των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων των διάφορων παρεμβάσεων. Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούν σε φύτευση ακάλυπτων χώρων, ταρατσών (φυτεμένα δώματα), προσόψεων (κάθετες φυτεύσεις) των κτιρίων της περιοχής μελέτης, καθώς και σε όλους τους συνδυασμούς αυτών. Από την επεξεργασία και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, με τη βοήθεια των προγραμμάτων Leonardo και Excel, προέκυψαν τα εξής:

- μείωση της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά 0.53 °C,
- μείωση της μέσης έντασης του ανέμου έως 7.11 %,
- αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά μέσο όρο 1.54 ποσοστιαίες μονάδες,
- βελτίωση των δεικτών θερμικής άνεσης κατά 9.4 % μεσοσταθμικά,
- από τις μεμονωμένες παρεμβάσεις, η κάθετη φύτευση προσφέρει τη μεγαλύτερη βελτίωση του μικροκλίματος.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	13
Ευρετήριο εικόνων	17
Ευρετήριο πινάκων.....	24
Ευρετήριο γραφημάτων	25
1 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	27
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΟ	27
1.1. Γενικά	29
1.2. Αστικό μικροκλίμα	30
1.2.1. Ορισμός.....	30
1.2.2. Περιβαλλοντικές παράμετροι που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα	30
1.2.2.1. Αστική μορφολογία	31
1.2.2.2. Πεδίο ακτινοβολίας.....	32
1.2.2.3. Πεδίο ανέμου	33
1.2.2.4. Θερμοκρασία και υγρασία	35
1.2.3. Μικροκλιματικά φαινόμενα στον αστικό χώρο	35
1.2.3.1. Αστική θερμική νησίδα.....	35
1.2.3.2. Αστική οδική χαράδρα.....	36
1.3. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Θερμική Άνεση	37
1.3.1. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων.....	37
1.3.2. Θερμική άνεση	38
1.3.2.1. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση	38
1.3.2.2. Δείκτες θερμικής άνεσης	42
1.4. Βελτίωση του αστικού μικροκλίματος	47
1.4.1. Εισαγωγή.....	47
1.4.2. Φύτευση	47
1.4.2.1. Έλεγχος της ανεμορροής	48
1.4.2.2. Προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία.....	51
1.4.2.3. Εξατμισοδιαπνοή	53
1.4.2.4. Οπτική άνεση.....	53
1.4.2.5. Ηχοπροστασία.....	54
1.4.2.6. Ποιότητα περιβάλλοντος	54
1.4.3. Υλικά επίστρωσης υπαίθριων χώρων	55
1.5. Η συμβολή των φυτοκαλυμμένων επιφανειών κτιρίου και των ακάλυπτων χώρων στη διαμόρφωση μικροκλίματος.....	58

1.5.1.	Ακάλυπτοι χώροι.....	58
1.5.2.	Φυτεμένο δώμα.....	59
1.5.2.1.	Τύποι φυτεμένων δωμάτων.....	59
1.5.2.2.	Κατασκευή φυτεμένου δώματος.....	60
1.5.3.	Κάθετες φυτεύσεις.....	63
1.5.3.1.	Πράσινες προσόψεις (green facades).....	64
1.5.3.2.	Ζωντανοί τοίχοι (living walls).....	66
1.5.4.	Περιβαλλοντικά οφέλη πράσινων δωμάτων και κάθετων φυτεύσεων.....	69
1.5.4.1.	Βελτίωση της ποιότητας του αέρα.....	69
1.5.4.2.	Μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.....	70
1.5.4.3.	Συγκράτηση νερού βροχοπτώσεων.....	70
1.5.4.4.	Καταφύγιο για πανίδα και χλωρίδα.....	71
1.5.4.5.	Απομόνωση του ήχου.....	71
1.5.4.6.	Αστικές καλλιέργειες.....	72
2°	ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	73
	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET ΕΚΔΟΣΗ 3.1.....	73
2.1.	Γενικά.....	75
2.2.	Γραφική απεικόνιση και δομή του μοντέλου Envi-met.....	76
2.3.	Ροή δεδομένων στο ENVI-met V 3.1.....	78
2.3.1.	Κύριο Αρχείο Διαμόρφωσης (Main Configuration File, .CF).....	78
2.3.2.	Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής (Area Input File, .IN).....	90
2.3.3.	Αρχεία Βάσης Δεδομένων (Database Files).....	94
2.3.3.1.	Εισαγωγή.....	94
2.3.3.2.	Βάση δεδομένων εδαφών SOILS.DAT.....	94
2.3.3.3.	Βάση δεδομένων προφίλ PROFILES.DAT.....	96
2.3.3.4.	Βάση δεδομένων φυτών PLANTS.DAT.....	99
2.3.3.5.	Βάση δεδομένων πηγών SOURCES.DAT.....	101
2.3.3.6.	Πρόσθετες τοπικές βάσεις δεδομένων φυτών και πηγών.....	102
2.3.4.	Παραγόμενα Αρχεία (Output Files).....	103
2.3.4.1.	Γενικά.....	103
2.3.4.2.	Κύρια Αρχεία Δεδομένων .EDI/.EDT (Main Data Files).....	104
2.3.4.3.	Αρχεία Υποδοχέων (Receptor Files).....	107
2.3.4.4.	Αρχεία Μονοδιάστατου Μοντέλου (1D-Model Files).....	110
2.3.4.5.	Αρχεία BOTworld.....	111
2.3.5.	Επιλογή Μεταβλητών (SELECT.VAR).....	111

2.3.6. Ορισμός Ψευδωνύμων (MYALIAS.DAT)	113
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	115
ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET	115
3.1. Εισαγωγή	117
3.2. Εισαγωγή δεδομένων.....	117
3.2.1. Δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN.....	118
3.2.2. Δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF	127
3.3. Εκτέλεση της προσομοίωσης	129
3.4. Διαχείριση των αποτελεσμάτων	137
3.4.1. Επεξεργασία αποτελεσμάτων με το Leonardo.....	138
3.4.2. Επεξεργασία αποτελεσμάτων με το Microsoft Excel	142
4 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	149
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	149
4.1. Ιστορική αναδρομή.....	151
4.2. Δεδομένα για την περιοχή μελέτης.....	152
4.2.1. Γεωγραφική θέση	152
4.2.2. Κλιματικές συνθήκες.....	153
4.2.2.1. Το κλίμα της Ελλάδας.....	153
4.2.2.2. Κλιματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης	154
4.2.3. Συλλογή στοιχείων για τη μελέτη	155
4.2.3.1. Αποτύπωση της περιοχής.....	155
4.2.3.2. Μετεωρολογικά δεδομένα	157
5 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	159
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ..	159
5.1. Γενικά	161
5.2. Κατάρτιση αρχείων εισόδου.....	161
5.2.1. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN (Area Input File)	161
5.2.2. Κύριο αρχείο διαμόρφωσης, .CF (Configuration File)	165
5.3. Προσομοιώσεις.....	166
5.3.1. Υφιστάμενη κατάσταση	167
5.3.1.1. Έλεγχος αξιοπιστίας του λογισμικού ENVI-met 3.1	167
5.3.1.2. Αποτελέσματα.....	168
5.3.2. Φύτευση ακάλυπτων χώρων	170
5.3.2.1. Δεδομένα εισόδου	170
5.3.2.2. Αποτελέσματα.....	171

5.3.2.3.	Συγκριτικά αποτελέσματα	173
5.3.3.	Φύτευση ταρατσών	174
5.3.3.1.	Δεδομένα εισόδου.....	174
5.3.3.2.	Αποτελέσματα	175
5.3.3.3.	Συγκριτικά αποτελέσματα	177
5.3.4.	Φύτευση προσόψεων	178
5.3.4.1.	Δεδομένα εισόδου.....	178
5.3.4.2.	Αποτελέσματα	179
5.3.4.3.	Συγκριτικά αποτελέσματα	181
5.3.5.	Φύτευση ταρατσών – ακάλυπτων χώρων	182
5.3.5.1.	Αποτελέσματα	183
5.3.5.2.	Συγκριτικά αποτελέσματα	184
5.3.6.	Φύτευση προσόψεων – ακάλυπτων χώρων	186
5.3.6.1.	Αποτελέσματα	186
5.3.6.2.	Συγκριτικά αποτελέσματα	188
5.3.7.	Φύτευση προσόψεων - ταρατσών	189
5.3.7.1.	Αποτελέσματα	190
5.3.7.2.	Συγκριτικά αποτελέσματα	191
5.3.8.	Εκτενής φύτευση.....	193
5.3.8.1.	Αποτελέσματα	193
5.3.8.2.	Συγκριτικά αποτελέσματα	195
5.4.	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα – Αξιολόγηση	196
5.5.	Βιοκλιματικοί δείκτες.....	200
5.5.1.	Δείκτης ισχύος αποψύξεως (Cooling Power, CP)	200
5.5.2.	Φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία, PET	201
5.5.3.	Δείκτης δυσφορίας, DI.....	203
5.5.4.	Προβλεπόμενη μέση ψήφος, PMV - Προβλεπόμενο ποσοστό ανικανοποίητων ατόμων, PPD.....	204
6°	ΚΕΦΑΛΑΙΟ	207
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	207
	Βιβλιογραφία.....	213
	Παράρτημα.....	217

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1.1. Κύριες συνιστώσες ακτινοβολίας στο αστικό περιβάλλον. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο ανθρώπινο σώμα μπορεί να είναι είτε άμεση (κατευθείαν από τον ηλιακό δίσκο), είτε διάχυτη (κατόπιν σκέδασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα), είτε ανακλώμενη (κατόπιν ανάκλασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από τα διάφορα στοιχεία της αστικής επιφάνειας). Η θερμική ακτινοβολία που δέχεται το ανθρώπινο σώμα, είναι η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται τόσο από τα στοιχεία της αστικής επιφάνειας όσο και από την ατμόσφαιρα. [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.] 32

Εικόνα 1.2. Παραδείγματα πυρανόμετρου (αριστερά) και πυργεώμετρου (δεξιά). [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.] 33

Εικόνα 1.3. Κατακόρυφη κατανομή της ταχύτητας του ανέμου για τρεις διαφορετικές περιοχές. Η τραχύτητα (α) της επιφάνειας είναι μεγαλύτερη σε πυκνοδομημένη πόλη με ψηλά κτίρια. [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.] 33

Εικόνα 1.4. Σχηματική αναπαράσταση ροής ανέμου σε αστική περιοχή. Ο άνεμος που έρχεται από τις περιαστικές περιοχές διαφοροποιείται στον αστικό θόλο. [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.] 34

Εικόνα 1.5. Διοχέτευση θερινών ανέμων στο κτίριο, με τη βοήθεια σχηματισμού φυλλοβόλων δέντρων. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf] 49

Εικόνα 1.6. Δημιουργία υπήνεμων περιοχών: (α) επιμήκης δασική συστάδα δένδρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή (β) μια μικρή συστάδα δένδρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (γ, δ) μια συστάδα με κεκλιμένη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από τη συστάδα δένδρων με επίπεδη κόμη. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf] 50

Εικόνα 1.7. Οι συμπαγείς φράκτες δημιουργούν στροβιλισμούς, ενώ συνδυασμός δέντρων και θάμνων αυξάνει την ηρεμία. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf] 51

Εικόνα 1.8. Σκίαση νότιας όψης κτιρίου από φυλλοβόλο δέντρο τη θερινή περίοδο, χωρίς να παρεμποδίζεται σημαντικά ο ηλιασμός του τη χειμερινή περίοδο. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf] 52

Εικόνα 1.9. Προτεινόμενα ύψη φύτευσης, αναλόγως με την απόσταση, για νότιο προσανατολισμό. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf] 53

Εικόνα 1.10. Μετρήσεις επιφανειακών θερμοκρασιών σε φυτεμένη επιφάνεια με γρασίδι και σε άσφαλτο κατά τη διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι, στο κέντρο της Αθήνας. [Πηγή: : http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf] 56

Εικόνα 1.11. Εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα (αριστερά). Ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα (κέντρο). Εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα στο Μέγαρο Μουσικής Αθηνών (δεξιά). [Πηγή: Περγιαλιώτη, Ν. 2010. Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών <i>Helichrysum Italicum</i> και <i>Helichrysum Orientale</i> σε συνθήκες φυτοδώματος.]	60
Εικόνα 1.12. Επίπεδα φυτεμένου δώματος. [Πηγή: Περγιαλιώτη, Ν. 2010. Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών <i>Helichrysum Italicum</i> και <i>Helichrysum Orientale</i> σε συνθήκες φυτοδώματος.]	61
Εικόνα 1.13. Πράσινη πρόσοψη τύπου «Modular trellis panel system». [Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]	65
Εικόνα 1.14. Πράσινη πρόσοψη τύπου «Cable wire – rope net system». [Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]	65
Εικόνα 1.15. Ο ψηλότερος κάθετος κήπος 150 μέτρων του Patrick Blanc στο Σύδνεϋ Αυστραλίας. [Πηγή: http://www.georhythmiki.gr]	66
Εικόνα 1.16. «Ζωντανός τοίχος με ενότητες» χωρίς και με υπόστρωμα & φυτικό υλικό. [Πηγή: http://www.georhythmiki.gr]	67
Εικόνα 1.17. Μηχανισμός φυτικού τοίχου «Βιοφίλτρο». [Πηγή: http://www.flickr.com/photos/31652869@N00/278502906/]	68
Εικόνα 1.18. Παράδειγμα «Φυτικοί τοίχοι τοπίου». [Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]	68
Εικόνα 2.1. Το μοντέλο ENVI-met. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	77
Εικόνα 2.2. Ροή δεδομένων. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	78
Εικόνα 2.3. Βασικά δεδομένα του .CF. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	79
Εικόνα 2.4. Section [POSITION]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	83
Εικόνα 2.5. Section [SOILDATA]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	83
Εικόνα 2.6. Section [LOCALDB]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	83
Εικόνα 2.7. Section [TIMING]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	84
Εικόνα 2.8. Section [TURBULENCE]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	84
Εικόνα 2.9. Section [BUILDING]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	85
Εικόνα 2.10. Section [NESTINGAREA]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	86
Εικόνα 2.11. Section [PMV]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	86
Εικόνα 2.12. Section [PLANTMODEL]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	87
Εικόνα 2.13. Section [RECEPTORS]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	87
Εικόνα 2.14. Section [TIMESTEPS]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	88
Εικόνα 2.15. Section [LBC-TYPES]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	88
Εικόνα 2.16. Section [SOURCES]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	89
Εικόνα 2.17. Section [CLOUDS]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	89
Εικόνα 2.18. Section [SOLARADJUST]. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	90

Εικόνα 2.19. Τρισδιάστατη άποψη της περιοχής προσομοίωσης του μοντέλου. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	90
Εικόνα 2.20. Περιοχή του μοντέλου, όπως αυτή φαίνεται στο ENVI-met Editor. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	91
Εικόνα 2.21. Περιστροφή του μοντέλου. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	93
Εικόνα 2.22. Αρχείο SOILS.DAT. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	95
Εικόνα 2.23. Αρχείο PROFILES.DAT. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	97
Εικόνα 2.24. Αρχείο PLANTS.DAT. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	99
Εικόνα 2.25. Αρχείο SOURCES.DAT. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	102
Εικόνα 2.26. Πρόγραμμα Xtract. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	104
Εικόνα 2.27. Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στην ατμόσφαιρα. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	105
Εικόνα 2.28. Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στις επιφάνειες και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	106
Εικόνα 2.29. Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στο εδαφικό μοντέλο. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	106
Εικόνα 2.30. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων της ατμόσφαιρας. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	109
Εικόνα 2.31. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων του εδάφους. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	110
Εικόνα 2.32. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων των επιφανειών/ ροών. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	110
Εικόνα 2.33. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία μονοδιάστατου μοντέλου. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	111
Εικόνα 2.34. Επιλογή μεταβλητών μέσω του αρχείου SELECT.VAR. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	112
Εικόνα 2.35. Παράθυρο επισκόπησης πριν την προσομοίωση. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει αν οι ενεργοποιημένες είναι οι επιθυμητές μεταβλητές. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	112
Εικόνα 2.36. Αρχείο MYALIAS.DAT. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	114
Εικόνα 3.1. Εικονίδιο συντόμευσης του προγράμματος ENVI-met. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	117
Εικόνα 3.2. Αρχικό παράθυρο του προγράμματος ENVI-met. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	117
Εικόνα 3.3. Area Input File Editor. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	118
Εικόνα 3.4. Μενού της επιλογής «File» στο Area Input File Editor. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	119
Εικόνα 3.5. Παράθυρο για τη δημιουργία νέου ή την τροποποίηση υπάρχοντος Αρχείου Εισαγωγής Περιοχής. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	119
Εικόνα 3.6. Εισαγωγή κτιρίων και φυτών. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	121
Εικόνα 3.7. Εισαγωγή εδάφους. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	122

Εικόνα 3.8. Εισαγωγή υποδοχέων. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	123
Εικόνα 3.9. Εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/ σωματιδίων. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	124
Εικόνα 3.10. Βασικά εργαλεία του editor. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	124
Εικόνα 3.11. Επιλογή περιοχής για διαγραφή στοιχείων. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	125
Εικόνα 3.12. Επιλογή των προς διαγραφή στοιχείων στην επιλεγμένη περιοχή. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	125
Εικόνα 3.13. ENVI-met Model Analyzer. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	126
Εικόνα 3.14. Μετακίνηση ολόκληρης της περιοχής προσομοίωσης. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	127
Εικόνα 3.15. Δημιουργία νέου αρχείου .CF και βασικές ρυθμίσεις. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	128
Εικόνα 3.16. Προσθήκη επιπλέον ρυθμίσεων από το μενού «Add Section». [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	128
Εικόνα 3.17. Επιλογή version για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	129
Εικόνα 3.18. Configuration Panel. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	130
Εικόνα 3.19. Έλεγχος του αρχείου .CF μέσω του «Test model configuration». [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	131
Εικόνα 3.20. Output Settings. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	132
Εικόνα 3.21. Simulation Timing. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	133
Εικόνα 3.22. Meteorology. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	133
Εικόνα 3.23. Building Properties. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	134
Εικόνα 3.24. Soil Properties. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	135
Εικόνα 3.25. Sources. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	135
Εικόνα 3.26. Biometeorology. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	136
Εικόνα 3.27. Advanced Settings. [Πηγή: http://www.envi-met.com/]	137
Εικόνα 3.28. Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. [Πηγή Leonardo]	138
Εικόνα 3.29. Data Navigator. [Πηγή Leonardo]	139
Εικόνα 3.30.Επιλογή του αρχείου EDI. [Πηγή Leonardo]	140
Εικόνα 3.31. Επιλογές για την οπτικοποίηση της θερμοκρασίας του αέρα την 20/7/2012 στις 12:00 και σε ύψος 2 m, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή Leonardo]	140
Εικόνα 3.32. Θερμοκρασία του αέρα την 20/7/2012 στις 12:00 και σε ύψος 2 m, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή Leonardo]	141
Εικόνα 3.33. Πεδίο ροής του ανέμου την 20/7/2012 στις 12:00 και σε ύψος 2 m, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή Leonardo]	141
Εικόνα 3.34. Αλλαγές στις ρυθμίσεις χρησιμοποιώντας την επιλογή «Settings 2D». [Πηγή Leonardo]	142

Εικόνα 3.35. Επιλογή Αρχείο> Άνοιγμα. [Πηγή: Microsoft Excel]	142
Εικόνα 3.36. Αναζήτηση αρχείου προς άνοιγμα. [Πηγή: Microsoft Excel]	143
Εικόνα 3.37. Επιλογή αρχείου της ατμόσφαιρας, σε χρονική ακολουθία, του υποδοχέα r1 της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή: Microsoft Excel]	143
Εικόνα 3.38. Οδηγός εισαγωγής κειμένου, βήμα 1. [Πηγή: Microsoft Excel]	144
Εικόνα 3.39. Οδηγός εισαγωγής κειμένου, βήμα 2. [Πηγή: Microsoft Excel]	144
Εικόνα 3.40. Παρουσίαση των δεδομένων σε φύλλο του Excel – Διαγραφή των δύο πρώτων κελιών. [Πηγή: Microsoft Excel]	145
Εικόνα 3.41. Στοίχιση δεδομένων με το υπόμνημά τους και ταξινόμησή τους. [Πηγή: Microsoft Excel]	146
Εικόνα 3.42. Παράθυρο διαλόγου προσαρμοσμένης ταξινόμησης. [Πηγή: Microsoft Excel]	146
Εικόνα 3.43. Επιλογές ταξινόμησης. [Πηγή: Microsoft Excel]	146
Εικόνα 3.44. Ταξινόμηση των τιμών ταχύτητας ανέμου, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κατά ύψος από το επίπεδο του εδάφους και ώρα καταγραφής. [Πηγή: Microsoft Excel]	147
Εικόνα 4.1. Άποψη της περιοχής μελέτης σε σχέση με τα όρια του δήμου και τις γύρω περιοχές. [Πηγή: Google Earth]	152
Εικόνα 4.2. Η περιοχή μελέτης αποτελούμενη από τα τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα. [Πηγή: Google Earth]	153
Εικόνα 4.3. Τρισδιάστατη απεικόνιση ενός οικοδομικού τετραγώνου της περιοχής μελέτης με τη βοήθεια του Google SketchUp. [Πηγή: Google SketchUp 8]	156
Εικόνα 4.4. Θέση του μετεωρολογικού σε σχέση με την περιοχή μελέτης. [Πηγή: Google Earth]	157
Εικόνα 5.1. Στοιχεία διαμόρφωσης του αρχείου .IN. [Πηγή: ENVI-met]	162
Εικόνα 5.2. Αποτύπωση της περιοχής μελέτης. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	163
Εικόνα 5.3. Ορισμός των υποδοχέων (receptors) στην περιοχή μελέτης . [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	163
Εικόνα 5.4. Νέα βάση δεδομένων Plants.DAT. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	164
Εικόνα 5.5. Γενική άποψη της κάθετης φύτευσης του πολυώροφου εμπορικού κτιρίου «Δούκας». [Πηγή: Προσωπικό αρχείο]	164
Εικόνα 5.6. Κάθετος κήπος στο πολυώροφο εμπορικό κτίριο «Δούκας». [Πηγή: Προσωπικό αρχείο]	165
Εικόνα 5.7. Κύριο αρχείο διαμόρφωσης,.CF,για την προσομοίωση της 20/07/2012 . [Πηγή: ENVI-met]	166
Εικόνα 5.8. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	169
Εικόνα 5.9. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, στην υφιστάμενη κατάσταση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	169
Εικόνα 5.10. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, στην υφιστάμενη κατάσταση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	170

Εικόνα 5.11. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, μετά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	170
Εικόνα 5.12. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	171
Εικόνα 5.13. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	172
Εικόνα 5.14. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	172
Εικόνα 5.15. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, μετά τη φύτευση των ταρατσών. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	175
Εικόνα 5.16. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	175
Εικόνα 5.17. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	176
Εικόνα 5.18. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	176
Εικόνα 5.19. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, μετά τη φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	179
Εικόνα 5.20. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση προσόψεων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	179
Εικόνα 5.21. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	180
Εικόνα 5.22. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	180
Εικόνα 5.23. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στη φύτευση ταρατσών-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	182
Εικόνα 5.24. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση ταρατσών- ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	183
Εικόνα 5.25. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των ταρατσών- ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	183
Εικόνα 5.26. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των ταρατσών- ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	184
Εικόνα 5.27. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στη φύτευση των προσόψεων-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	186
Εικόνα 5.28. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση προσόψεων- ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	186
Εικόνα 5.29. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	187
Εικόνα 5.30. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]	187
Εικόνα 5.31. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στη φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]	189

- Εικόνα 5.32. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία] 190
- Εικόνα 5.33. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία] 190
- Εικόνα 5.34. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία] 191
- Εικόνα 5.35. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στην εκτενή φύτευση. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία] 193
- Εικόνα 5.36. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά την εκτενή φύτευση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία] 193
- Εικόνα 5.37. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά την εκτενή φύτευση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία] 194
- Εικόνα 5.38. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά την εκτενή φύτευση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία] 194

Ευρετήριο πινάκων

- Πίνακας 1.1. Εύρος τιμών δείκτη της αναμενόμενης μέσης αποδοχής (PMV). [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.] 43
- Πίνακας 1.2. 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: Matzarakis, A., H. Mayer και M.G. Izionon. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature] 45
- Πίνακας 1.3. Γενικευμένη κλίμακα του δείκτη αποψύξεως CP. [Πηγή: Παπουτσή, Δ. 2012. Βιοκλιματικός σχεδιασμός και περιβαλλοντική άνεση στον αστικό χώρο. Προσομοίωση με το λογισμικό envi-met.] 46
- Πίνακας 1.4. Κλίμακα εκτίμησης της δυσφορίας με βάση τις τιμές του δείκτη δυσφορίας. [Πηγή: Μιχαηλίδης, Σ. 2005. Σχεδιασμός δυναμικού πληροφοριακού συστήματος στο διαδίκτυο για την ποιότητα του αέρα στη δυτική Μακεδονία.] 46
- Πίνακας 1.5. Ιδιότητες υλικών που χρησιμοποιούνται σε δαπεδοστρώσεις. Οι τιμές με (*) προέρχονται από επιτόπιες μετρήσεις σε υπαίθριους χώρους στη Θεσσαλονίκη. [Πηγή: Χατζηδημητρίου et al. 2008. Επίδραση των υλικών επίστρωσης των αστικών υπαίθριων χώρων στη διαμόρφωση του μικροκλίματος.] 56
- Πίνακας 4.1. Πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου Νέας Σμύρνης. [Πηγή: http://el.wikipedia.org/wiki/Νέα_Σμύρνη] 151
- Πίνακας 4.2. Μετεωρολογικά δεδομένα για την Αθήνα. [Πηγή: http://www.meteo.gr/CD_Athens.htm] 155
- Πίνακας 4.3. Μετεωρολογικά δεδομένα από το σταθμό της Νέας Σμύρνης. [Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών] 158
- Πίνακας 5.1. Δεδομένα θερμοκρασίας αέρα, για την υφιστάμενη κατάσταση, από το μετεωρολογικό σταθμό και το ENVI-met. [Πηγή: Προσωπική εργασία] 167
- Πίνακας 5.2. Μέση μεταβολή από την εκάστοτε παρέμβαση στα κλιματικά μεγέθη. [Πηγή: Προσωπική εργασία] 196
- Πίνακας 5.3. Τιμές μέσης θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.75 m και 21.25m από το έδαφος για τις 8 προσομοιώσεις, οι διαφορές μεταξύ των δύο αυτών υψών, καθώς και οι διαφορές τους από αυτές της υφιστάμενης κατάστασης. [Πηγή: Προσωπική εργασία] 198

Ευρετήριο γραφημάτων

Γράφημα 1.1. Σχέση PPD – PMV. [Πηγή: http://bluwiki.com/go/Keep_Cool . 2013]	44
Γράφημα 5.1. Σύγκριση θερμοκρασιών αέρα από το σταθμό της Νέας Σμύρνης και το ENVI-met. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	168
Γράφημα 5.2. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	173
Γράφημα 5.3. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	173
Γράφημα 5.4. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	174
Γράφημα 5.5. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	177
Γράφημα 5.6. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	177
Γράφημα 5.7. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	178
Γράφημα 5.8. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	181
Γράφημα 5.9. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	181
Γράφημα 5.10. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	182
Γράφημα 5.11. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	184
Γράφημα 5.12. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	185
Γράφημα 5.13. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	185
Γράφημα 5.14. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	188
Γράφημα 5.15. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	188
Γράφημα 5.16. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ακαλύπτων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	189
Γράφημα 5.17. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	191
Γράφημα 5.18. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	192
Γράφημα 5.19. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	192

Γράφημα 5.20. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m, που αφορούν στην αρχική κατάσταση και εκτενή φύτευση. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	195
Γράφημα 5.21. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m, που αφορούν στην αρχική κατάσταση και εκτενή φύτευση. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	195
Γράφημα 5.22. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m, που αφορούν στην αρχική κατάσταση και εκτενή φύτευση. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	196
Γράφημα 5.23. Οι ακολουθίες των τιμών της θερμοκρασίας περιβάλλοντος σε ύψος 1.75 m των 8 προσομοιώσεων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	197
Γράφημα 5.24. Η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.75 m και 21.25 m από το έδαφος, για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	198
Γράφημα 5.25. Μέση μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά υποδοχέα και ανά περίπτωση παρέμβασης. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	199
Γράφημα 5.26. Οι ακολουθίες των τιμών του δείκτη CP σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	200
Γράφημα 5.27. Ποσοστιαία κατανομή των τάξεων του δείκτη CP σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	201
Γράφημα 5.28. Ποσοστιαία κατανομή των βαθμών θερμικής αντίληψης του δείκτη PET σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	202
Γράφημα 5.29. Ποσοστιαία κατανομή των βαθμών θερμικής αντίληψης του δείκτη PET σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους ανά υποδοχέα. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	203
Γράφημα 5.30. Ποσοστιαία κατανομή των κατηγοριών δυσφορίας του δείκτη DI σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	203
Γράφημα 5.31. Τιμές του δείκτη PMV από τον υποδοχέα r2, την ώρα 16:00, σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	204
Γράφημα 5.32. Τιμές του δείκτη PPD από τον υποδοχέα r2, την ώρα 16:00, σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]	205

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΟ

1.1. Γενικά

Από τις αρχές του 20ου αιώνα, αλλά κυρίως από το 1950 και έπειτα, άρχισε να συντελείται η συγκέντρωση του παγκόσμιου πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.), σήμερα, πάνω από το 50% του πληθυσμού της γης είναι συγκεντρωμένος στα αστικά κέντρα, ενώ για το 2050 εκτιμάται ότι τα 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού θα διαβιούν σε αυτά [22]. Το σημερινό μοντέλο ανάπτυξης βασίζεται, κυρίως, στην υπερκατανάλωση αγαθών και στην αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Ως εναλλακτική λύση προτείνεται η βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη, η οποία στοχεύει στη συνετή διαχείριση του φυσικού χώρου, στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του δομημένου χώρου, στη χρήση ήπιων τεχνικών και υλικών, μη επιβλαβών για την υγεία των ανθρώπων. Με άλλα λόγια, στοχεύει στην καθιέρωση προδιαγραφών οικολογικής προσέγγισης για το σχεδιασμό και τη χρήση των χώρων ζωής, εσωτερικών και υπαίθριων.

Η βιοκλιματική αντίληψη για τον σχεδιασμό οικιστικών συνόλων και κτιρίων εντάσσεται στη στρατηγική αυτή, μιας ήπιας δηλαδή συμβιωτικής διαχείρισης του φυσικού και δομημένου χώρου και του περιβάλλοντός του, με επιλογές που συντείνουν στη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Επιχειρεί να επαναπροσδιορίσει την αρχιτεκτονική με αρχές και κατευθύνσεις που βασίζονται στην αρμονική συνύπαρξη φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, χρησιμοποιεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως την αδιάπανη ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση και τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων, τους δροσερούς ανέμους για την φυσική τους ψύξη, αποκαθιστώντας έτσι, σε μεγάλο βαθμό, την διαταραγμένη ισορροπία ανάμεσα στον δομημένο και τον φυσικό χώρο.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός του αστικού χώρου είναι μια συνειδητή ενεργειακή προσέγγιση για τη διαχείριση του δομημένου περιβάλλοντος. Αποσκοπεί στην επίλυση των προβλημάτων, τα οποία συνδέονται με την ενέργεια, μέσω μιας προσεκτικής και μελετημένης διαμόρφωσης του αστικού ιστού και των χαρακτηριστικών του μεγεθών, ώστε να βελτιώνεται το μικροκλίμα και η θερμική άνεση στο φυσικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα να περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων. Ουσιαστικά πρόκειται για μια εμπλουτισμένη άποψη για τον σχεδιασμό του δομημένου χώρου, υφιστάμενου ή νέου, καθώς εμπεριέχει πιο έντονα την περιβαλλοντική διάσταση και την αντίστοιχη ευαισθησία. Η προκύπτουσα αρχιτεκτονική χαρακτηρίζεται φιλική τόσο προς το περιβάλλον, όσο και προς τους χρήστες, γιατί διασφαλίζει πιο υγιεινές συνθήκες κατοικισιμότητας, με τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο φυσικό χώρο [39].

1.2. Αστικό μικροκλίμα

1.2.1. Ορισμός

Ο όρος «αστικό μικροκλίμα» αναφέρεται στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε έναν αστικό χώρο (πλατεία, πάρκο, γειτονιά κ.α.), οι οποίες μπορούν να παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες στην ευρύτερη περιοχή. Η αστική μορφολογία¹ επηρεάζει τις μικροκλιματικές αυτές συνθήκες, αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σκίαση και τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα ανάμεσα στα κτίρια, δηλαδή τον αερισμό [31]. Διαφορετικές συνθήκες, όμως, επικρατούν και εντός του ίδιου του αστικού ιστού σε διαφορετικά σημεία του, τα οποία μάλιστα, μπορεί να απέχουν μόλις μερικές δεκάδες μέτρα μεταξύ τους όπως, για παράδειγμα, μια οδός με έντονη κυκλοφορία οχημάτων και ένα διπλανό αστικό πάρκο, με το τελευταίο να αποτελεί μια όαση, ιδιαίτερα κατά τους θερμούς θερινούς μήνες, σε πόλεις με μεσογειακό κλίμα όπως η Αθήνα [8]. Υπάρχει, δηλαδή, μια σημαντική απόκλιση ανάμεσα στα δεδομένα από τις μετρήσεις σε απομακρυσμένους μετεωρολογικούς σταθμούς και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στους διάφορους ανοιχτούς χώρους εντός της πόλης, ως απόρροια της ανθρώπινης δραστηριότητας, του σχεδιασμού και του τρόπου δόμησης. Η διαφοροποίηση αυτή των κλιματικών συνθηκών εντός των πόλεων αλλά και ανάμεσα σε διαφορετικά σημεία τους, συνιστά την ύπαρξη ενός διαφορετικού μικροκλίματος που επικρατεί σε καθένα από αυτά.

1.2.2. Περιβαλλοντικές παράμετροι που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα

Οι βασικές περιβαλλοντικές παράμετροι που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα είναι το πεδίο της ακτινοβολίας και το πεδίο του ανέμου, όπως αυτά διαμορφώνονται από την τρισδιάστατη γεωμετρία, καθώς και από τον τύπο κάλυψης της αστικής επιφάνειας. Τα τοπικά διαμορφωμένα πεδία ακτινοβολίας και ανέμου, διαμορφώνουν με τη σειρά τους τα πεδία της θερμοκρασίας και της υγρασίας, με άλλα λόγια τις συνθήκες θερμικής άνεσης². Η κλιματική ποιότητα στον εξωτερικό αστικό χώρο, καθορίζεται πρωτίστως από τη θερμική άνεση, για την ανάλυση της οποίας είναι απαραίτητο ο μελετητής να λάβει υπόψη του τη χωρική κατανομή της ακτινοβολίας και του διανύσματος του ανέμου σε κάθε σημείο της αστικής επιφάνειας, δηλαδή τα πεδία της

¹ Ο όρος αστική μορφολογία εκφράζει την τρισδιάστατη μορφή μιας ομάδας κτιρίων και των χώρων που αυτά δημιουργούν [20].

² Ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος αισθάνεται ικανοποίηση με το θερμικό του περιβάλλον και δεν επιθυμεί καμία αλλαγή σε αυτό.

ακτινοβολίας και του ανέμου όπως αυτά διαμορφώνονται τοπικά από τα χαρακτηριστικά της αστικής επιφάνειας [33].

1.2.2.1. Αστική μορφολογία

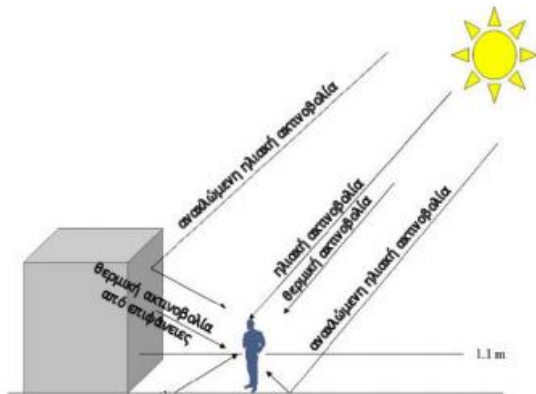
Η αστική μορφολογία εκφράζει την τρισδιάστατη γεωμετρία της αστικής επιφάνειας. Αποτελεί ένα από τους βασικούς παράγοντες διαμόρφωσης του μικροκλίματος αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σκίαση της επιφάνειας και τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα ανάμεσα στα κτίρια. Μεταβολή της αστικής μορφολογίας μπορεί να τροποποιήσει τοπικά τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και τις τιμές βιοκλιματικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, καθώς και το ισοζύγιο ακτινοβολιών. Η αστική μορφολογία λαμβάνεται υπόψη στις βιοκλιματικές μελέτες με χρήση του συντελεστή θέασης του ουρανού (Sky View Factor, SVF)³. Μέσω του συντελεστή αυτού η αστική μορφολογία μπορεί να ληφθεί υπόψη σε μαθηματικά μοντέλα κατάλληλα για την ποσοτική εκτίμηση χαρακτηριστικών του αστικού μικροκλίματος [33].

Καθοριστικός επίσης παράγοντας για την αστική επιφάνεια, εκτός από την τρισδιάστατη γεωμετρία της, αποτελεί και ο τύπος κάλυψής της (κάλυψη γης). Ιδανικό εργαλείο για την αποτύπωση της κάλυψης γης αποτελεί η τηλεπισκόπηση και συγκεκριμένα οι δορυφορικές εικόνες ή οι αεροφωτογραφίες πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (γενικά καλύτερης του 1 m). Για να μπορούν να αξιοποιηθούν τέτοιου τύπου εικόνες στα πλαίσια μιας βιοκλιματικής μελέτης, θα πρέπει να ενσωματώνονται με κατάλληλο τρόπο σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ), συνεπώς απαιτείται η χαρτογραφική προβολή τους σε κατάλληλο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Τέτοιου τύπου απεικονίσεις, για όλες τις περιοχές της Ελλάδας, είναι διαθέσιμες στο δικτυακό τόπο του Εθνικού Κτηματολογίου (www.ktimatologio.gr).

³ Ο συντελεστής θέασης του ουρανού (Sky View Factor- SVF) αφορά στη μέτρηση της στερεάς γωνίας της θέασης του ουράνιου ημισφαιρίου από έναν αστικό χώρο. Ο SVF παίρνει τιμές από 0 έως 1. Τιμές κοντά στη 1 αντιστοιχούν σε ανεμπόδιστη θέα του ουρανού, παραδείγματος χάριν από ένα ανοιχτό πεδίο ενώ, τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν ότι η θέα του ουρανού εμποδίζεται καθολικά [14].

1.2.2.2. Πεδίο ακτινοβολίας

Το πεδίο ακτινοβολίας σε μία αστική περιοχή περιλαμβάνει την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μπορεί να είναι άμεση, διάχυτη ή να προέρχεται από ανάκλαση στις διάφορες επιφάνειες, καθώς και τη θερμική ακτινοβολία ή ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (long-wave radiation), που



Εικόνα 1.1. Κύριες συνιστώσες ακτινοβολίας στο αστικό περιβάλλον. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο ανθρώπινο σώμα μπορεί να είναι είτε άμεση (κατευθείαν από τον ηλιακό δίσκο), είτε διάχυτη (κατόπιν σκέδασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα), είτε ανακλώμενη (κατόπιν ανάκλασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από τα διάφορα στοιχεία της αστικής επιφάνειας). Η θερμική ακτινοβολία που δέχεται το ανθρώπινο σώμα, είναι η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται τόσο από τα στοιχεία της αστικής επιφάνειας όσο και από την ατμόσφαιρα. [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.]

εκπέμπεται από το έδαφος, τις επιφάνειες (π.χ. κτίρια) και την ατμόσφαιρα (Εικόνα 1.1). Η ηλιακή ακτινοβολία ορίζεται στην περιοχή από 0.2 μέχρι 2.5 μm , όπου κυριαρχεί το ηλιακό φάσμα. Αποτελείται από την υπεριώδη ακτινοβολία (0.2-0.4 μm), την ορατή ακτινοβολία (0.4-0.7 μm) και την ακτινοβολία εγγύς υπερώθρου (0.7-2.5 μm), με συνεισφορές περίπου 5%, 55% και 40% αντίστοιχα, στο σύνολο της ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος. Για μήκη κύματος μεγαλύτερα από 5.0 μm , η ακτινοβολία ονομάζεται θερμική και αναφέρεται πλέον στην περιοχή του φάσματος όπου αντί για την ηλιακή, κυριαρχεί η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης ή των υλικών, και η οποία εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία της επιφάνειας. Οι μονάδες μέτρησης της ροής της ακτινοβολίας είναι W/m^2 . Για τη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται τα πυρανόμετρα, ενώ για τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος, την ατμόσφαιρα και τις διάφορες επιφάνειες χρησιμοποιούνται τα πυργεώμετρα (Εικόνα 1.2).

Στις μελέτες που αφορούν βιοκλιματικές παραμέτρους αστικών περιοχών, το πεδίο ακτινοβολίας είναι εξαιρετικής σημασίας και εκφράζεται συνήθως μέσω της έννοιας της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (mean radiant temperature - T_{mrt}). Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ορίζεται ως η ομοιόμορφη θερμοκρασία μιας υποθετικής σφαιρικής επιφάνειας που περιβάλλει έναν

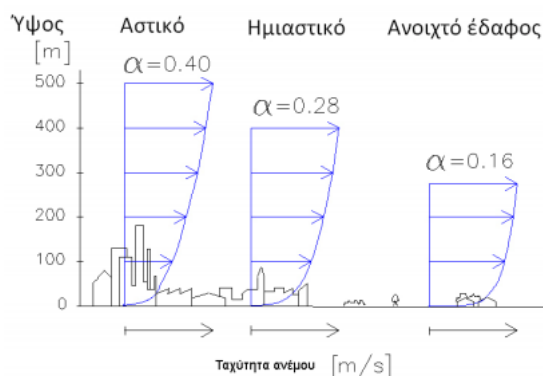
άνθρωπο και η οποία προκαλεί την ίδια ανταλλαγή ενέργειας με το υποκείμενο, όπως το πραγματικό πεδίο ακτινοβολίας στον περιβάλλοντα χώρο του. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι πολύ σημαντική στις μελέτες θερμικής άνεσης, καθώς έχει τον πλέον καθοριστικό ρόλο μεταξύ των παραμέτρων που καθορίζουν το ισοζύγιο ενέργειας ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον γύρω του [21].



Εικόνα 1.2. Παραδείγματα πυρανόμετρου (αριστερά) και πυργεώμετρου (δεξιά). [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.]

1.2.2.3. Πεδίο ανέμου

Οι συνθήκες ανέμου επηρεάζονται από μεγάλο αριθμό παγκόσμιων, περιφερειακών και τοπικών παραγόντων. Σε παγκόσμια κλίμακα ο άνεμος προέρχεται από τον αέρα που κινείται από περιοχές υψηλής πίεσης προς περιοχές χαμηλής πίεσης. Ο άνεμος ποικίλει σημαντικά ως προς τη διεύθυνση και την ένταση και οι διαφοροποιήσεις μπορεί να είναι εποχιακές ή ετήσιες. Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, που προκαλείται από τα παγκόσμια καιρικά συστήματα, επηρεάζονται από την τοπολογία σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Ο ελεύθερος, ανεμπόδιστος άνεμος πάνω από την επιφάνεια της γης ονομάζεται γεωστροφικός άνεμος. Το

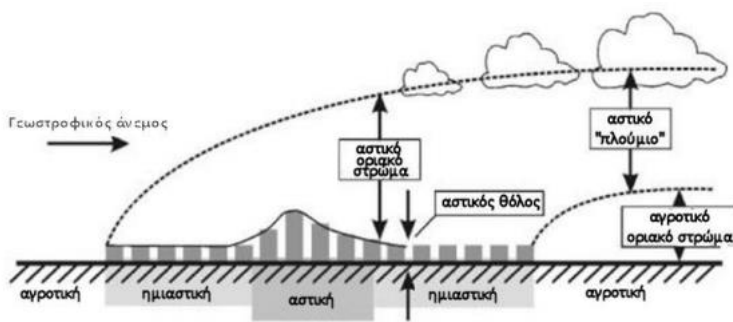


Εικόνα 1.3. Κατακόρυφη κατανομή της ταχύτητας του ανέμου για τρεις διαφορετικές περιοχές. Η τραχύτητα (α) της επιφάνειας είναι μεγαλύτερη σε πυκνοδομημένη πόλη με ψηλά κτίρια. [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.]

γεωστροφικό ύψος ποικίλει από περίπου 275 m σε περίπου 500 m, ανάλογα με την τραχύτητα (α) της επιφάνειας της γης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.3.

Για την εκτίμηση του ανέμου σε επίπεδο μικροκλίματος είναι απαραίτητος ο συνδυασμός μετεωρολογικών δεδομένων με πληροφορία για την αστική μορφολογία και τον τύπο κάλυψης της επιφάνειας. Τα μετεωρολογικά δεδομένα μπορεί να είναι μετρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς, διορθωμένες για τις επιδράσεις του περιβάλλοντος χώρου, όπως δρόμοι, δάση και γειτονικά χωριά. Τα μετεωρολογικά δεδομένα περιλαμβάνουν τιμές ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου σε ύψος 10 m.

Η πληροφορία που δίνεται από τον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό θα πρέπει να μεταφερθεί σε επίπεδο πόλης. Κατά τη ροή του ανέμου από μια περιαστική, σε μια αστική περιοχή, πρέπει να γίνει προσαρμογή του στις συνοριακές συνθήκες της πόλης (Εικόνα 1.3). Μικρές μεταβολές στην τοπογραφία της περιοχής επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στη ροή του ανέμου. Κατά την κίνηση του ανέμου από μια περιαστική σε μία αστική περιοχή, οι νέες συνοριακές συνθήκες που ορίζουν τα όρια της πόλης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ο λεγόμενος αστικός θόλος εκτείνεται από την επιφάνεια του εδάφους έως το ύψος των κτιρίων, ενώ το λεγόμενο αστικό οριακό στρώμα εκτείνεται πάνω από τις στέγες των κτιρίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.4. Η ροή του



Εικόνα 1.4. Σχηματική αναπαράσταση ροής ανέμου σε αστική περιοχή. Ο άνεμος που έρχεται από τις περιαστικές περιοχές διαφοροποιείται στον αστικό θόλο. [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.]

ανέμου στον αστικό θόλο παρουσιάζει διαφοροποιήσεις από τη ροή στην περιβάλλουσα αγροτική περιοχή, οι οποίες εξαρτώνται από την τοπογραφία, τη γεωμετρία των κτιρίων, τους δρόμους, την κίνηση και άλλα τοπικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα την παρουσία δέντρων. Στη γενική περίπτωση, η ροή του ανέμου στον αστικό θόλο παρουσιάζει μείωση σε σύγκριση με τη ροή του ανέμου στις γειτονικές περιαστικές περιοχές. Οι εκτιμήσεις της ροής ανέμου στον αστικό θόλο μπορούν να γίνουν είτε με προσομοιώσεις σε αεροσήραγγες, είτε με χρήση αριθμητικών μοντέλων ροών.

1.2.2.4. Θερμοκρασία και υγρασία

Η θερμοκρασία στον αστικό χώρο διαμορφώνεται τόσο μέσω της μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία όσο και μέσω της μετάδοσης θερμότητας με μεταφορά. Η θερμοκρασία του αέρα είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι επηρεάζει τις εναλλαγές της υγρασίας και τη μεταφορά θερμότητας από και προς την αστική επιφάνεια. Συνεπώς το πεδίο της θερμοκρασίας και το πεδίο της υγρασίας καθορίζονται από τα πεδία της ακτινοβολίας και του ανέμου.

Τα πεδία της θερμοκρασίας και της υγρασίας λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των δεικτών θερμικής άνεσης. Σε περιπτώσεις με μικρή ταχύτητα ανέμου, για παράδειγμα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας έχει περίπου την ίδια επίδραση στο ισοζύγιο θερμότητας του ανθρώπινου σώματος, όπως και η θερμοκρασία του αέρα. Σε περιπτώσεις δυνατότερων σε ένταση ανέμων, η θερμοκρασία του αέρα είναι πιο σημαντική από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, επειδή κυριαρχεί στην ανταλλαγή θερμότητας. Η σχετική υγρασία επιδρά επίσης στη θερμική άνεση επηρεάζοντας την υγρασία του δέρματος και την εφίδρωση.

1.2.3. Μικροκλιματικά φαινόμενα στον αστικό χώρο

Στον αστικό χώρο εμφανίζονται διάφορα μικροκλιματικά φαινόμενα, όπως η αστική θερμική νησίδα (Urban Heat Island) και η αστική οδική χαράδρα (Urban Street Canyon). Ως «αστική θερμική νησίδα» ορίζεται η ύπαρξη υψηλότερων θερμοκρασιών στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές σε σχέση με τον υπόλοιπο αστικό χώρο και τα περίχωρά του. Το φαινόμενο της αστικής χαράδρας, σχετίζεται κυρίως με τη μείωση της ταχύτητας και την αλλοίωση της διεύθυνσης του ανέμου σε ένα αστικό δρόμο, καθώς και την ανάπτυξη μιας θερμοκρασιακής στρωμάτωσης μέσα σε αυτόν [31].

1.2.3.1. Αστική θερμική νησίδα

Η θερμική νησίδα είναι παρούσα σε κάθε πόλη και είναι η πλέον κλιματική ένδειξη της αστικοποίησης [16]. Αποτελεί κυρίαρχο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Η θερμότητα που απορροφάται από τα κτίρια, τους δρόμους και τις άλλες κατασκευές μιας αστικής περιοχής στη διάρκεια της ημέρας επανεκπέμπονται το βράδυ, δημιουργώντας υψηλές θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ της αστικής και της γειτονικής αγροτικής περιοχής [44].

Η ένταση των θερμικών νησίδων ποικίλει μεταξύ 1 και 10 βαθμών Κελσίου, ανάλογα με την ένταση των πηγών θερμότητας στην περιοχή. Στην Αθήνα, μετά από πολυετείς μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη ένταση των θερμικών νησίδων φθάνει σε τιμές κοντά στους 10 °C

ενώ ο αντίκτυπος του φαινομένου στην κατανάλωση ενέργειας από τα κτίρια είναι εξαιρετικά σοβαρός.

Διάφορες τεχνικές έχουν προταθεί για να μετριάσουν το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, όπως αντανakλαστικά φυσικά υλικά, λευκά χρώματα και επιστρώματα ανοικτού, δροσερού χρωματισμού. Τα τελευταία χρόνια, ο ρόλος των φυτοκαλυμμένων περιοχών στην εξισορρόπηση του αστικού κλίματος έχει μελετηθεί εκτενώς σε όλο τον κόσμο. Τα δένδρα και οι φυτοκαλυμμένες επιφάνειες συμβάλλουν σημαντικά στην ψύξη των πόλεων δεδομένου ότι η εξατμισοδιαπνοή από το φύλλωμα του φυτικού υλικού μειώνει τη θερμοκρασία αέρα και αυξάνει την υγρασία. Οι φυτοκαλυμμένες περιοχές είναι συγκριτικά πιο δροσερές κατά τη διάρκεια της ημέρας από τα περισσότερα άλλα αστικά στοιχεία. Η θερμοκρασία στη σκιά των δένδρων, αναφέρθηκε ότι είναι χαμηλότερη κατά 0.7 °C μέχρι και 3.6 °C από τις περιοχές χωρίς βλάστηση [24].

1.2.3.2. Αστική οδική χαράδρα

Οι δρόμοι συνήθως καλύπτουν το ένα τέταρτο της αστικής περιοχής και η μορφολογία τους επιδρά στο αστικό μικρόκλιμα επηρεάζοντας τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία καθώς και την κατεύθυνση και ένταση του ανέμου μέσα στις οδούς [19]. Η κυκλοφορία του αέρα και η κατανομή της θερμοκρασίας του μέσα στις αστικές χαράδρες παίζει σημαντικό ρόλο στη διασπορά των ρύπων, στην ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ των κτιρίων και του αέρα της χαράδρας κ.τ.λ. Τα συμβατικά κτίρια στις αστικές χαράδρες καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια για κλιματισμό και φωτισμό. Χαρακτηριστικό φαινόμενο είναι η δυσφορία του αστικού πληθυσμού που οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες και στην ασυνήθιστη αναταραχή του αέρα [4].

Ο παθητικός δροσισμός ενός δρόμου από την εξασθένηση της ηλιακής θέρμανσης εξαρτάται κυρίως από τον προσανατολισμό των δρόμων και τη γεωμετρία τους. Η αστική γεωμετρία και ο προσανατολισμός διαδραματίζουν δηλαδή σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των κλιματολογικών γνωρισμάτων μιας οδού. Επηρεάζουν το ποσοστό διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας, τη σκιασμένη περιοχή και τον παράγοντα SVF.

1.3. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Θερμική Άνεση

1.3.1. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων

Με τον όρο «βιοκλιματικός σχεδιασμός» εννοείται ο σχεδιασμός ο οποίος αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά τον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών – υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος.

Σκοπός του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η ανέγερση κτιρίων, π.χ. βιομηχανικών μονάδων, γραφείων, κατοικιών, σχεδιασμένων έτσι ώστε, αφενός να καλύπτονται πλήρως οι ενεργειακές τους ανάγκες και αφετέρου, στο ετήσιο ισοζύγιο, να είναι μηδενική η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές βλαβερών αερίων. Ένας άλλος στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η ανέγερση κτιρίων των οποίων οι ενεργειακές ανάγκες, στον τομέα της θέρμανσης και της ψύξης, καλύπτονται πλήρως μέσω συστημάτων εκμετάλλευσης των γεωθερμικών ενεργειακών πόρων, στα οποία η αναγκαία για τις αντλίες θερμότητας ηλεκτρική ενέργεια παράγεται μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τέλος, η ανέγερση κτιρίων στο πλαίσιο του συνήθους κόστους των κατασκευών, αλλά με σεβασμό στους περιορισμένους πόρους του φυσικού περιβάλλοντος, αποτελεί σκοπό του εν λόγω σχεδιασμού.

Ειδικότεροι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι:

- Η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα
- Η προστασία από τους δυνατούς ανέμους του χειμώνα
- Η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα
- Η προστασία από τον ήλιο του καλοκαιριού
- Η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι
- Η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι

Η γενικότερη αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού θέτει ότι η Νότια πλευρά του κτιρίου πρέπει να χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση, ενώ αντίθετα η Βόρεια για προστασία από τους ανέμους και ανάσχεση της θερμότητας. Ειδικότερα, οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού σχετίζονται με την αρχιτεκτονική δομή και τον προσανατολισμό του κτιρίου καθώς και με τον περιβάλλοντα χώρο [30].

1.3.2. Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση αποτελεί κριτήριο του μικροκλίματος ενός εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Γενικά, ο άνθρωπος πάντα πασχίζει να διαμορφώσει ένα θερμικά άνετο περιβάλλον. Αυτό αντανακλάται στις παραδόσεις της δόμησης των κτιρίων σε όλο τον κόσμο, από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα. Έτσι η διαμόρφωση ενός θερμικά άνετου περιβάλλοντος είναι μια από τις πλέον σημαντικές παραμέτρους στο σχεδιασμό κτιρίων.

Για τον ορισμό της έννοιας της θερμικής άνεσης υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις: μία φυσιολογική, μία θερμοφυσιολογική και μία βασισμένη στο ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος [26].

Σύμφωνα με την πρώτη προσέγγιση και όπως καθορίζεται από τα πρότυπα ISO 7730 και ASHRAE 55-92, θερμική άνεση για ένα άτομο ορίζεται «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.

Η θερμοφυσιολογική προσέγγιση της 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, σύμφωνα με τον ενεργειακό ορισμό η κατάσταση της θερμικής άνεσης 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 τον μεταβολισμό.

1.3.2.1. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση είναι:

- Περιβαλλοντικοί, όπως η θερμοκρασία του αέρα, η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία των επιφανειών, η ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα του αέρα και η υγρασία.
- Οργανικοί, όπως το φύλο, η ηλικία και τα φυλετικά χαρακτηριστικά των ενοίκων.
- Προσωπικοί, όπως το επίπεδο δραστηριότητας (σε σχέση με το μεταβολισμό), το είδος και ο βαθμός ένδυσης [34].

Πειραματικές μελέτες απέδειξαν πως οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την άνεση είναι:

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.

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 ένα 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 (°C), η θερμοκρασία αέρα, T_{air} (°C) και η ταχύτητα του αέρα, V_{air} (m/s). Η εξίσωση για τον υπολογισμό της είναι [3]:

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

όπου: D η διάμετρος της σφαίρας (mm) και

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 °C, ανάλογα με τη θέση και το μέγεθος των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο αυτό, καθώς και την ικανότητα εκπομπής θερμότητας.

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 σαν 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.

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, βελτιώνουν 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.

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 $0.115 m^2 \times K/Watt$ » [2].

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.

Στον υπολογισμό δεν πρέπει να ξεχνάμε το ρόλο των επίπλων και ιδιαίτερα της καρέκλας.

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 $50 kcal/(h \cdot m^2)$ 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 σαν 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 [13].

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 [13].

1.3.2.2. 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, στην περιοχή των συνθηκών εφαρμογής, στο ενδιαφέρον που αποδίδεται σε καθέναν από τους παράγοντες και στις προσεγγιστικές εκφράσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ανταλλαγών θερμότητας[34].

Predicted Mean Vote (PMV) και Predicted Percentage Dissatisfied (PPD)

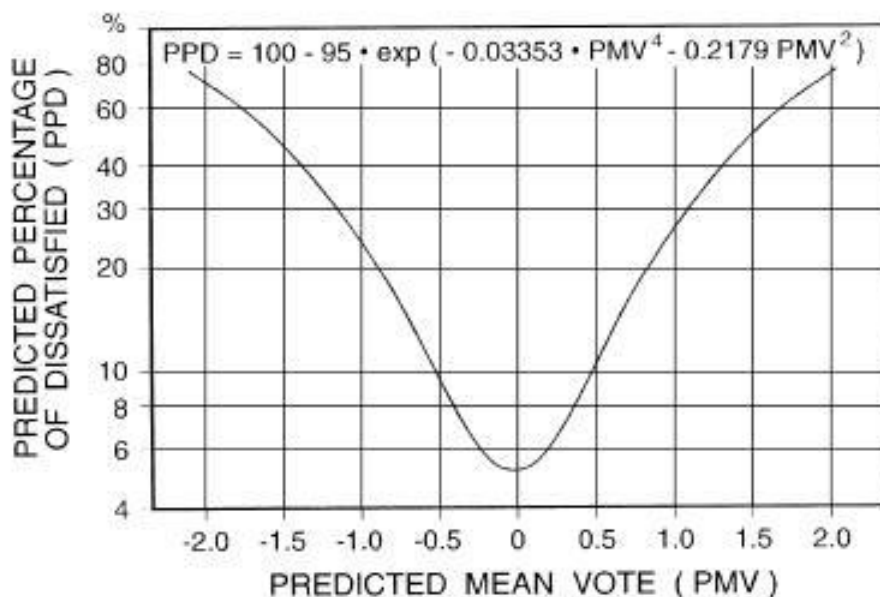
Ένας από τους πλέον διαδεδομένους θερμικούς δείκτες είναι ο δείκτης της προβλεπόμενης μέσης ψήφου PMV [7], που προσδιορίζει την υποκειμενική θερμική αίσθηση, για οποιονδήποτε συνδυασμό δραστηριότητας, ένδυσης και τεσσάρων θερμικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, σε κλίμακα 7 σημείων, από πολύ κρύα αίσθηση σε πολύ θερμή με τιμές από -3 ως +3 αντίστοιχα (Πίνακας 1.1). Ο δείκτης PMV υπολογίζεται από την εξίσωση άνεσης του Fanger (1982), 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).

Πίνακας 1.1. Εύρος τιμών δείκτη της αναμενόμενης μέσης αποδοχής (PMV). [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων.]

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

Εκτός από τον δείκτη PMV, ο Fanger (1982) δημιούργησε και τον δείκτη 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 1.1.

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 ειδικά, κανένα από αυτά δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε εξωτερικούς χώρους.



Γράφημα 1.1. Σχέση PPD – PMV. [Πηγή: http://bluwiki.com/go/Keep_Cool. 2013]

Φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία, PET (Physiological equivalent temperature)

Η φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία PET [12] 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.

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 συγκεκριμένους θερμο-φυσιολογικούς συλλογισμούς.

Οι Andrade και Alcoforado 2008 αναφέρουν ένα εμπειρικό μοντέλο υπολογισμού της PET για μια περιοχή της Λισαβόνας, σύμφωνα με το οποίο η PET σχετίζεται με τον συντελεστή θέασης του ουρανού (SVF), τη θερμοκρασία, T_{air} (°C) και την ταχύτητα αέρα, V (m/s), και δίνεται από τη σχέση [42]:

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

Η σχέση του δείκτη PET με τον δείκτη PMV, την αντίληψη των θερμικών συνθηκών και τη φυσιολογική ένταση που προκαλείται από το θερμικό περιβάλλον σύμφωνα με τον Matzarakis και άλλους (1999) παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2. 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: Matzarakis, A., H. Mayer και M.G. Izionon. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature]

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 θερμή	ελαφριά θερμή ένταση
2.5	35	θερμή	μέτρια θερμή ένταση
3.5	41	ζεστή	ισχυρή θερμή ένταση
		πολύ ζεστή	ακραία θερμή ένταση

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 αυτή 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/m²), δηλαδή ο δείκτης ισχύος αποψύξεως είναι το μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από το σώμα.

Σύμφωνα με τους M. Cena, M. Gregorczyk και G. Wojcik ο δείκτης CP δίνεται από τη σχέση:

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

όπου T_{air} = η μέση θερμοκρασία αέρα σε °C και

V = η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Στον Πίνακα 1.3, 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.

Πίνακας 1.3. Γενικευμένη κλίμακα του δείκτη αποψύξεως CP. [Πηγή: Παπουτσή, Δ. 2012. Βιοκλιματικός σχεδιασμός και περιβαλλοντική άνεση στον αστικό χώρο. Προσομοίωση με το λογισμικό envi-met.]

Τιμές του δείκτη CP	Κατανομή τάξεων του δείκτη CP
CP<0,6	Εξαιρετικά θερμό
0,6≤CP<2,7	Πολύ θερμό
2,7≤CP<5,2	Θερμό
5,2≤CP<6,5	Ανεκτά θερμό
6,5≤CP<8,1	Άνετο
8,1≤CP<10,5	Ανεκτά ψυχρό
10,5≤CP<15,6	Ψυχρό
15,6≤CP<22,6	Πολύ ψυχρό
22,6≤CP<30	Εξαιρετικά ψυχρό
30≤CP	Παγετώδες

Δείκτης Δυσφορίας (Discomfort Index, DI)

Ο δείκτης δυσφορίας (DI) αναπτύχθηκε από τον Thom (1959) και εκφράζει το βαθμό δυσφορίας του ανθρώπου λόγω των επιδράσεων των θερμοϋγρομετρικών συνθηκών. Ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

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

όπου T_a = η μέση τιμή της θερμοκρασία αέρα σε $^{\circ}C$ και

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

Οι οριακές τιμές του δείκτη DI που συνδέονται με τις κατηγορίες αποτίμησης της δυσφορίας δίνονται στον Πίνακα 1.4.

Πίνακας 1.4. Κλίμακα εκτίμησης της δυσφορίας με βάση τις τιμές του δείκτη δυσφορίας. [Πηγή: Μιχαηλίδης, Σ. 2005. Σχεδιασμός δυναμικού πληροφοριακού συστήματος στο διαδίκτυο για την ποιότητα του αέρα στη δυτική Μακεδονία.]

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

1.4. Βελτίωση του αστικού μικροκλίματος

1.4.1. Εισαγωγή

Η χρησιμοποίηση των κατάλληλων υλικών, ιδιαίτερα των ψυχρών, και η χρήση της βλάστησης (δέντρα, θάμνοι, φυτά) στη διαμόρφωση των υπαίθριων χώρων, καθώς και στις επιφάνειες των κτιρίων (δώματα και εξωτερικές τοιχοποιίες) συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης του άμεσου περιβάλλοντος. Επιπλέον, συνεισφέρει στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων και τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των κατοίκων. Η συμβολή αυτή εξειδικεύεται στα ακόλουθα:

- Την προστασία των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα και κατά συνέπεια στον περιορισμό των απωλειών θερμότητας.
- Τον απρόσκοπτο ηλιασμό του υπαίθριου χώρου και των κτιρίων το χειμώνα, για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση.
- Τη μείωση της θερμοκρασίας του υπαίθριου χώρου το καλοκαίρι, και κατ' επέκταση στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για το δροσισμό των κτιρίων.
- Το σκιασμό των κτιρίων το καλοκαίρι [39].

1.4.2. Φύτευση

Ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία είναι οι δύο σημαντικότεροι φυσικοί παράγοντες που αντιμετωπίζονται με τα φυτά, τη δόμηση και τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. Η κατάλληλη γεωμετρική τοποθέτηση της βλάστησης και των δομικών στοιχείων στους ανοιχτούς χώρους δημιουργεί συνθήκες σκίασης τη θερινή περίοδο και ηλιασμού το χειμώνα, με παράλληλη διοχέτευση ή χειραγώγηση των ανέμων.

Ειδικότερα, ο σχεδιασμός της φύτευσης με δέντρα, θάμνους ή χαμηλή βλάστηση στους υπαίθριους χώρους, λειτουργεί αποτελεσματικά σε σχέση με τα κτίρια με τους ακόλουθους τρόπους:

- ως ανεμοφράκτης, προστατεύοντας τα κτίρια το χειμώνα,
- ως στοιχείο ελέγχου της ανεμορροής, κατευθύνοντας το δροσερό άνεμο το καλοκαίρι,
- ως στοιχείο σκιασμού των ανοικτών χώρων και των κτιρίων από την ηλιακή ακτινοβολία,
- ως πηγή δροσισμού, παρέχοντας δροσιά μέσω της εξατμισοδιαπνοής το καλοκαίρι,

- ως ρυθμιστής της θερμικής άνεσης, με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας,
- ως φίλτρο του φυσικού φωτός όλο το χρόνο,
- ως φίλτρο της σκόνης και των μικροσωματιδίων.

Επίσης:

- προστατεύει από τη διάβρωση,
- μειώνει το θόρυβο από τον περιβάλλοντα χώρο,
- βελτιώνει την ποιότητα του αέρα και μειώνει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας,
- μειώνει την οπτική όχληση και δημιουργεί ιδιωτικότητα.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην επιλογή της κατάλληλης φύτευσης. Δηλαδή για την προστασία των υπαίθριων χώρων και των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα επιλέγονται δέντρα ή φυτά αειθαλή. Αντίθετα, για τη διευκόλυνση του ηλιασμού των υπαίθριων χώρων το χειμώνα επιλέγονται δέντρα και φυτά φυλλοβόλα.

Το είδος του φυτού (θάμνοι, δένδρα, αναρριχόμενα, κλπ), το μέγεθος και το σχήμα του φυτού, όταν αυτό είναι πλήρως αναπτυγμένο, η αναλογία μεταξύ κορμού και κόμης, η πυκνότητα του φυλλώματος, η ταχύτητα της ανάπτυξης, η δυνατότητα διατήρησης ή όχι του φυλλώματος όλες τις εποχές (αειθαλή, φυλλοβόλα), ο χρόνος έναρξης ανάπτυξης του φυλλώματος, είναι μερικοί από τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε σχέση και με τον κύριο σκοπό της φύτευσης, για την επιλογή των πλέον κατάλληλων φυτικών ειδών. Πρέπει, επίσης, να αξιολογούνται η ποιότητα του εδάφους και οι ιδιαίτερες απαιτήσεις για την ανάπτυξη και διατήρηση της φύτευσης (ανάγκες σε νερό, ευκολία συντήρησης κοκ). Πάντως τα τοπικά φυτικά είδη που ευδοκιμούν στην περιοχή θα πρέπει να είναι η βάση για την οποιαδήποτε επιλογή [39].

1.4.2.1. Έλεγχος της ανεμορροής

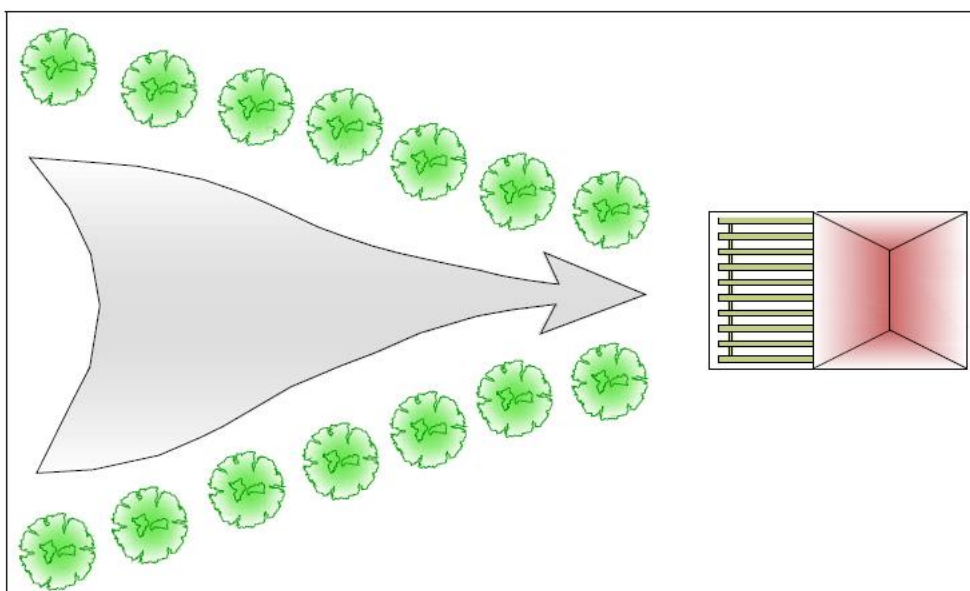
Ο σχεδιασμός για τον έλεγχο του ανέμου σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι πολύπλοκος, καθώς εφαρμόζονται διαφορετικές στρατηγικές για τη χειραγώγηση των ψυχρών ανέμων ή για τη διευκόλυνση της θερινής αύρας. Η κατάλληλη διάταξη της βλάστησης:

- τροποποιεί την πορεία του ανέμου,
- αλλάζει τη ροή του ανέμου,
- ρυθμίζει την ταχύτητα και την ένταση του ανέμου.

Τα φυτά συνεισφέρουν στη μείωση των θερμικών απωλειών των κτιρίων, γιατί μπορούν να εκτρέψουν τον ψυχρό άνεμο ή να μειώσουν την ταχύτητά του. Συνήθως, οι θερμικές απώλειες αερισμού που προκαλούνται μέσω της διαφυγής από τους αρμούς είναι υπεύθυνες για το 1/3 των συνολικών θερμικών απωλειών των κτιρίων. Σε ημέρες με έντονο άνεμο και για κτίρια που βρίσκονται στην ύπαιθρο, οι απώλειες αερισμού μπορεί να φτάσουν και το 50% των συνολικών θερμικών απωλειών [15]. Μια μικρή μείωση στην ταχύτητα του ανέμου που προσπίπτει στο κτίριο, συμβάλλει σε μεγάλη μείωση των θερμικών απωλειών αερισμού, επειδή οι απώλειες αερισμού είναι ευθέως ανάλογες με το τετράγωνο της ταχύτητας του ανέμου.

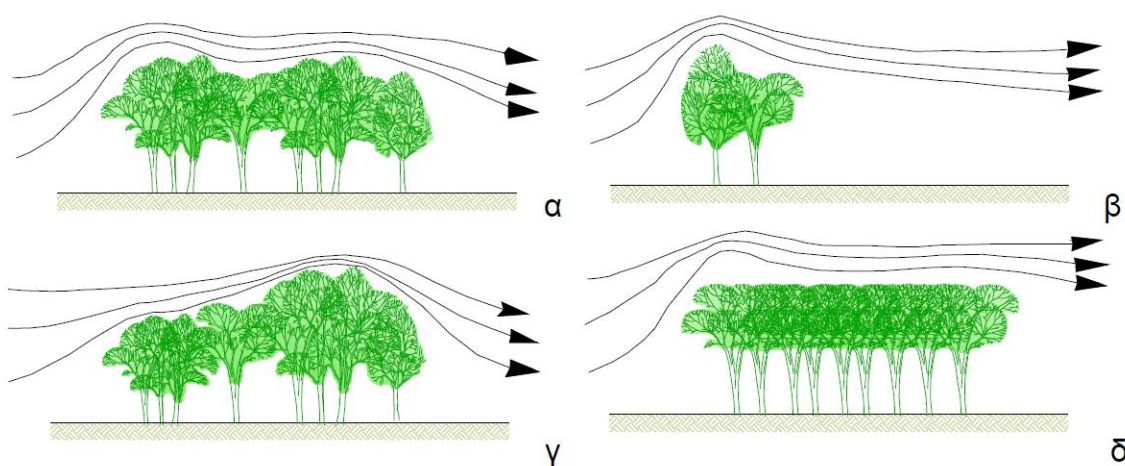
Επίσης, ο ρόλος των φυτών στη μείωση της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι είναι σημαντικός. Βοηθούν στην αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου και πολλές φορές στην αύξηση της ταχύτητάς του, συμβάλλοντας στο φυσικό δροσισμό και στη θερμική άνεση του εσωτερικού χώρου.

Συστάδες δέντρων, που δημιουργούν ένα χωνί, κατευθύνουν τον άνεμο στο κτίριο, ενώ αν τοποθετηθούν κάθετα στην όψη βοηθούν ώστε να μη διασκορπιστεί ο αέρας, αλλά ένα τμήμα του να φτάσει ως το κτίριο (Εικόνα 1.5). Συνεπώς είναι απαραίτητη η γνώση της κατεύθυνσης και της έντασης των τοπικών ανέμων στη διάρκεια του έτους. Αυτές οι λύσεις δεν επηρεάζουν τον ηλιασμό της νότιας όψης το χειμώνα. Δέντρα με υψηλό κορμό και κόμη που προτείνονται για το σκιασμό της νότιας όψης, δεν εμποδίζουν αντίστοιχα τον καλοκαιρινό αερισμό.



Εικόνα 1.5. Διοχέτευση θερινών ανέμων στο κτίριο, με τη βοήθεια σχηματισμού φυλλοβόλων δέντρων. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf]

Η αποτελεσματικότητα της φύτευσης εξαρτάται από το σχήμα, την πυκνότητα, τη δομή, το ύψος και άλλα χαρακτηριστικά των φυτών, καθώς και από την απόσταση της φύτευσης από το κτίριο ή από τον προς χρήση υπαίθριο χώρο (Εικόνα 1.6). Ως «βέλτιστη πυκνότητα» σε μία συστάδα φυτών, θεωρείται η αναλογία των φύλλων, κλαδιών, κορμού κλπ που ξεπερνά το 50-60% του συνόλου. Επίσης ο συνδυασμός φυτών ή φυτών και σταθερών στοιχείων διαμόρφωσης των υπαίθριων χώρων επηρεάζει τη μορφή της ανεμορροής. Ένας εμπειρικός κανόνας αναφέρει ότι «τα δέντρα πρέπει να φυτεύονται σε απόσταση από τα κτίρια ίση με το ύψος τους» [5].

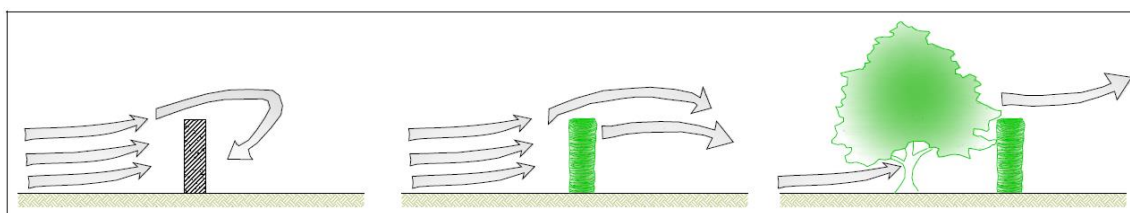


Εικόνα 1.6. Δημιουργία υπήνεμων περιοχών: (α) επιμήκης δασική συστάδα δένδρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή (β) μια μικρή συστάδα δένδρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (γ, δ) μια συστάδα με κεκλιμένη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από τη συστάδα δένδρων με επίπεδη κόμη. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf]

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών [15], [5], [10]:

- Η πυκνή βλάστηση, όταν βρίσκεται κοντά στο κτίριο, είναι αποτελεσματική για τη δημιουργία ανεμοφράκτη σε μικρά οικόπεδα, ενώ η ενδιάμεσης πυκνότητας φύτευση ενδείκνυται για μεγαλύτερες αποστάσεις από το κτίριο, τουλάχιστον τετραπλάσια του ύψους φύτευσης.
- Οι θάμνοι εμποδίζουν τον αέρα κοντά στο έδαφος, ενώ μεμονωμένα δέντρα με ψηλή κόμη βελτιώνουν τον αερισμό κάτω από το φύλλωμα.
- Οι φράκτες από πυκνά δέντρα ανακόπτουν τον άνεμο και μειώνουν την ταχύτητα.
- Όσο υψηλότερη είναι η συστάδα της βλάστησης, τόσο μεγαλύτερη υπήνεμη περιοχή δημιουργείται. Επίσης μια συστάδα δένδρων με κεκλιμένη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από μία με επίπεδη κόμη (Εικόνα 1.6 γ, δ).
- Μια επιμήκης δασική συστάδα δένδρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή, ενώ μια μικρή συστάδα δένδρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (Εικόνα 1.6 α, β).

- Για τη βέλτιστη δημιουργία υπήνεμης περιοχής θα πρέπει το μήκος του ανεμοφράκτη να είναι τουλάχιστον 10 φορές το ύψος του.
- Η πυκνότητα της φύτευσης προσδιορίζει το μέγεθος της υπήνεμης περιοχής και τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου.
- Μια ανομοιογενής συστάδα δέντρων (αποτελούμενη από διάφορα είδη) είναι περισσότερο αποτελεσματική από μια ομοιόμορφη στη μείωση της ταχύτητας του ανέμου.
- Οι συμπαγείς φράκτες προκαλούν στροβιλισμούς, ενώ οι διάτρητοι αυξάνουν τη ζώνη ηρεμίας. Οι πορώδεις φράκτες (δέντρα και θάμνοι) δημιουργούν μια ευρύτερη ζώνη ηρεμίας και περιορίζουν τους στροβιλισμούς στο ελάχιστο, επειδή επιτρέπουν τη διέλευση ενός μέρους του αέρα (Εικόνα 1.7).
- Οι φράκτες με ξυλώδεις θάμνους λειτουργούν με διπλό τρόπο. Ο αέρας που περνά πάνω από το φύλλωμα επιταχύνεται, ενώ η ποσότητα του αέρα που περνά μέσα από το φύλλωμα, φιλτράρεται και επιβραδύνεται. Στο επίπεδο του κορμού, ο αέρας απλώς διαπερνά το φράκτη της φύτευσης. Την ίδια συμπεριφορά με τους ξυλώδεις θάμνους εμφανίζουν και τα δέντρα, μόνον που το ύψος τους διαφέρει. Η χαμηλή φύτευση εμφανίζει τη μικρότερη αντίσταση στον άνεμο και συμβάλλει στον καλό αερισμό.
- Οι καλύτεροι ανεμοφράκτες από την άποψη του περιορισμού της ταχύτητας του ανέμου είναι στοιχεία των οποίων το πορώδες τμήμα κυμαίνεται από 25-60%.



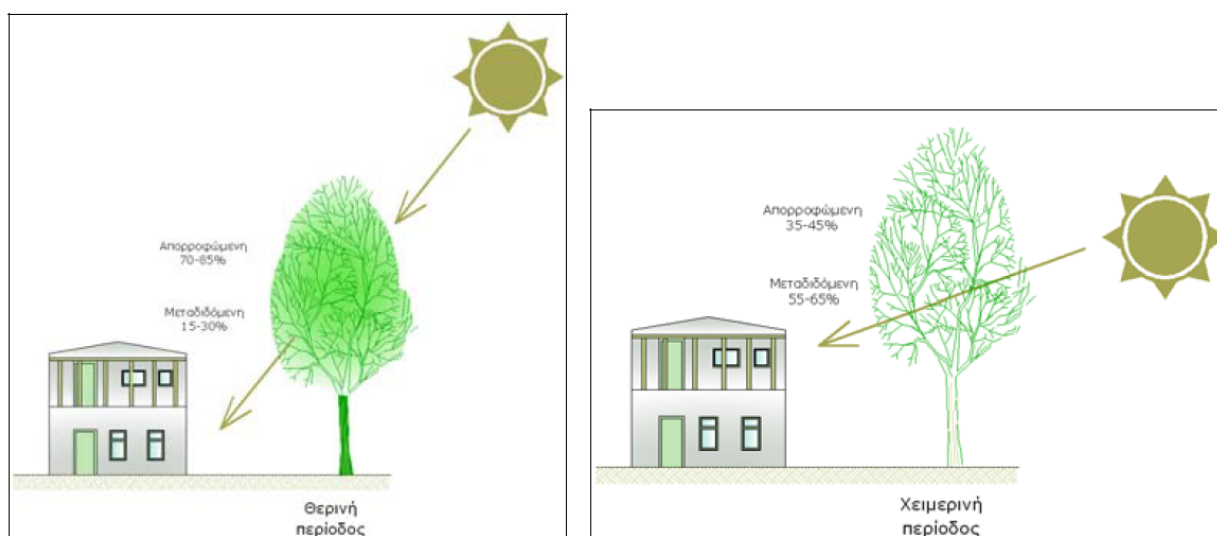
Εικόνα 1.7. Οι συμπαγείς φράκτες δημιουργούν στροβιλισμούς, ενώ συνδυασμός δέντρων και θάμνων αυξάνει την ηρεμία. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf]

1.4.2.2. Προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία

Ο σκιασμός τόσο του υπαίθριου χώρου όσο και των κτιρίων με τη φύτευση είναι πολύ αποτελεσματικός. Ακόμη και δέντρα χωρίς φύλλωμα, εμποδίζουν κατά 40-80% τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η επιλογή της φύτευσης, με υψηλό ή χαμηλό πράσινο, καθορίζεται από την επιθυμητή ηλιοπροστασία των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.

Το είδος του φυτού, και ιδιαίτερα το σχήμα της κόμης (π.χ. στρογγυλό, πυραμιδοειδές κοκ) ρυθμίζουν το ποσοστό του σκιασμού. Τα φυλλοβόλα φυτά είναι τα πλέον κατάλληλα για

ηλιασμό το χειμώνα και σκίασμό το καλοκαίρι. Για παράδειγμα, ένα μεγάλο φυλλοβόλο δέντρο που σκιάζει το νότιο τοίχο τη θερινή περίοδο συνεισφέρει στο δροσισμό του κτιρίου το καλοκαίρι, χωρίς να επηρεάζει σημαντικά τον ηλιασμό του το χειμώνα (Εικόνα 1.8). Επίσης τα ψηλά δέντρα με ψηλή πυκνή κόμη (αιθαλή ή φυλλοβόλα), φυτεμένα κοντά στη νότια όψη προστατεύουν το κτίριο από το θερινό ήλιο, ενώ δεν εμποδίζουν το χαμηλό χειμερινό ήλιο. Συγχρόνως δεν εμποδίζουν τον καλοκαιρινό αερισμό. Αν τα δέντρα είναι χαμηλά (με κόμη στο ύψος των νότιων ανοιγμάτων) θα πρέπει οπωσδήποτε να είναι φυλλοβόλα.



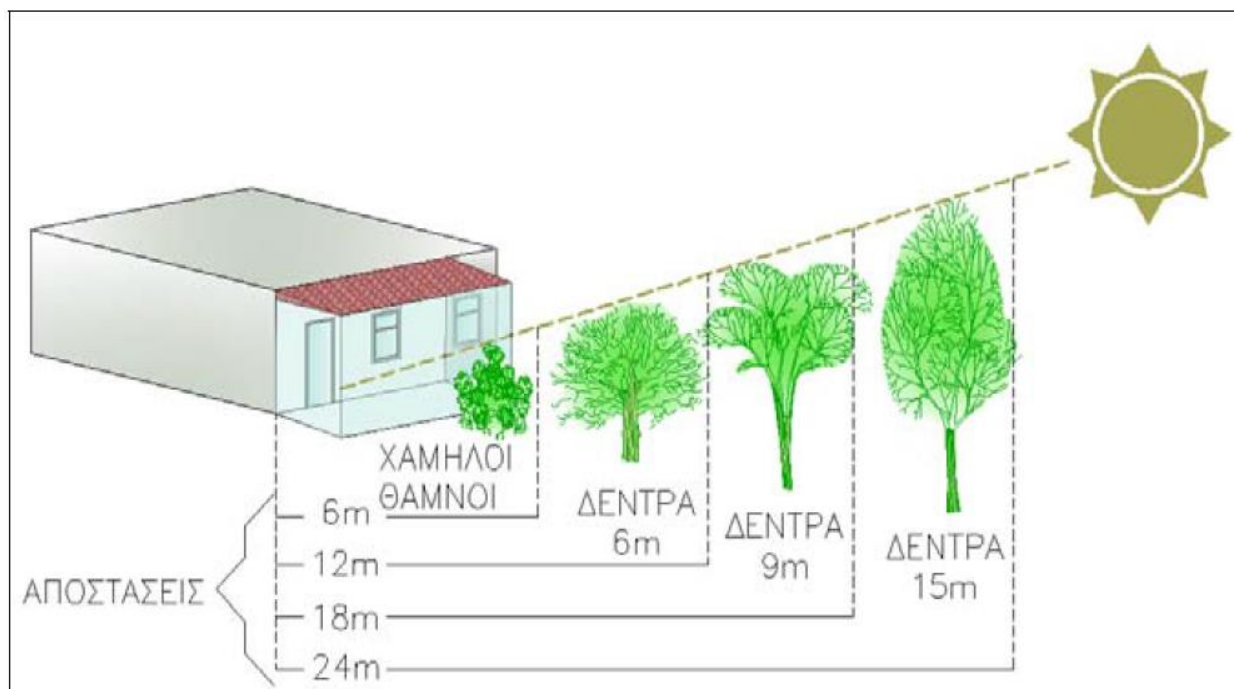
Εικόνα 1.8. Σκίαση νότιας όψης κτιρίου από φυλλοβόλο δέντρο τη θερινή περίοδο, χωρίς να παρεμποδίζεται σημαντικά ο ηλιασμός του τη χειμερινή περίοδο.

[Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf]

Στην ανατολική και δυτική όψη προτείνονται φυλλοβόλα ή αιθαλή δέντρα μικρού ύψους και μικρής πυκνότητας, φυτεμένα κοντά στο κτίριο. Φιλτράρουν τον ήλιο το χειμώνα και συγχρόνως προσφέρουν ολοκληρωμένη ηλιοπροστασία το καλοκαίρι.

Επίσης η απόσταση της φύτευσης από το κτίριο είναι καθοριστικής σημασίας (Εικόνα 1.9). Για τη βέλτιστη τοποθέτηση των δέντρων πρέπει να προηγείται μελέτη ηλιασμού-σκιασμού.

Ο σκίασμός των συμπαγών τμημάτων του κελύφους των κτιρίων επιτυγχάνεται επίσης με την εφαρμογή φυτεμένων δωμαίων και τη χρησιμοποίηση αναρριχώμενων φυτών ή με υδροπονικούς φυτεμένους τοίχους (κατακόρυφοι κήποι). Επιπλέον, οριζόντιες προεξοχές για τη σκίαση νότιων ανοιγμάτων μπορεί να καλυφθούν με φυτά, αποτρέποντας έτσι την αποθήκευση θερμότητας στα δομικά υλικά της προεξοχής.



Εικόνα 1.9. Προτεινόμενα ύψη φύτευσης, αναλόγως με την απόσταση, για νότιο προσανατολισμό. [Πηγή: http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf]

1.4.2.3. Εξατμισοδιαπνοή

Η σχετική υγρασία του αέρα κάτω από το φύλλωμα των δέντρων ή σε επαφή με αυτό αυξάνεται λόγω της εξατμισοδιαπνοής, ενώ συγχρόνως μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα. Σε ζεστά και ξηρά κλίματα η αύξηση της υγρασίας βελτιώνει περαιτέρω την αίσθηση της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι.

Γενικά τα φυτά με το παχύ φύλλωμα απορροφούν μεγάλες ποσότητες θερμότητας και ο αέρας γίνεται πιο δροσερός. Παράλληλα η επικάλυψη με φυτά, αντί της επίστρωσης με σκληρά υλικά, μειώνει σημαντικά την άμεση απορροή των όμβριων, με αποτέλεσμα τη βελτίωση του μικροκλίματος λόγω βραδείας εξάτμισης του νερού και συγχρόνως συνεισφέρει στον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και στην αποφόρτιση του δικτύου των όμβριων.

Ενδείκνυται η επιλογή τοπικών φυτών, προσαρμοσμένων στο μικροκλίμα της περιοχής, για αποφυγή της χρήσης αλόγιστων ποσοτήτων νερού για άρδευση.

1.4.2.4. Οπτική άνεση

Δευτερογενής ρόλος της φύτευσης, αλλά εξίσου σημαντικός, είναι η συμβολή της στον έλεγχο της αντανάκλασης της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο έδαφος καθώς και σε

κατακόρυφες επιφάνειες. Η ηλιακή ακτινοβολία διαχέεται και μειώνεται σε ένταση, ενώ η θάμβωση από την οπτική επαφή με τον έντονα φωτεινό ουράνιο θόλο ελαττώνεται με τη χρήση δέντρων.

Ο έλεγχος της φωτεινής ακτινοβολίας από τα φυτά που βρίσκονται κοντά στα κτίρια ή τον περιβάλλοντα χώρο επιτρέπει στο μελετητή να αυξήσει το μέγεθος των ανοιγμάτων των κτιρίων, χωρίς να προκαλούνται προβλήματα στην οπτική άνεση.

1.4.2.5. Ηχοπροστασία

Η ικανότητα των φυτών να ρυθμίζουν τον ήχο (με απορρόφηση, ανάκλαση και διάχυση) καθορίζεται από την ένταση, τη συχνότητα και την κατεύθυνση του ήχου, όπως επίσης κι από τη θέση, το ύψος, το πλάτος και την πυκνότητα των φυτών.

Η βλάστηση αποκόπτει ευκολότερα ήχους υψηλής συχνότητας. Φυτικές μάζες με ποικιλία φυτικών ειδών είναι αποτελεσματικότερες ως στοιχεία ηχοπροστασίας, λόγω της διαφορετικής ικανότητας των διαφόρων ειδών στη μείωση χαμηλών, μέσων και υψηλών συχνοτήτων. Γενικά ενδείκνυνται δέντρα που το φύλλωμά τους αρχίζει χαμηλά από τη βάση του κορμού και είναι σχετικά πυκνό.

Οι φράκτες πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 7 μέτρα και αρκετό ύψος ώστε να περιορίζεται η διάδοση του ήχου πάνω από τις κορυφές τους. Πολλές φορές φυτικοί φράκτες, οι οποίοι δεν επιτρέπουν οπτική επαφή με την πηγή του θορύβου, ελαττώνουν ψυχολογικά τις επιπτώσεις του θορύβου, παρόλο που δε μειώνουν ουσιαστικά την ένταση του ήχου.

Εκτός από τα δέντρα και τους θάμνους, η παρουσία χλοοτάπητα μειώνει επίσης το θόρυβο, σε σύγκριση με τις επιστρωμένες με σκληρά οικοδομικά υλικά επιφάνειες.

1.4.2.6. Ποιότητα περιβάλλοντος

Σημαντική είναι η συμβολή των φυτών στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την υδατική οικονομία.

Η βλάστηση καθαρίζει τον αέρα:

- i. Με μηχανικό τρόπο: συγκράτηση σκόνης από το φύλλωμα δέντρων/ θάμνων ή/ και από τη χλόη, έως 85% για φυτά με πλήρες φύλλωμα.

- ii. Με βακτηριακτόνα δράση: επιτυγχάνεται με την έκλυση βακτηριοκτόνων ουσιών από ορισμένα είδη φυτών (κυρίως κωνοφόρων).
- iii. Με χημικό τρόπο: συνδέεται ιδιαίτερα με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Υπολογίζεται ότι ένα δώμα 200 m² περίπου, φυτεμένο με γρασίδι, μπορεί να καλύψει τις ετήσιες ανάγκες οξυγόνου για 100 περίπου ανθρώπους.

Επίσης, οι φυτεμένες επιφάνειες συμβάλλουν στη συγκράτηση, εξυγίανση και πρόληψη της διάβρωσης των εδαφών, καθώς και στη ρύθμιση της ροής των όμβριων, με αποτέλεσμα μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως τη συγκέντρωση και χρήση των όμβριων, τη μείωση διοχέτευσης νερού στα δίκτυα αποχέτευσης έως και 50% και την αποφυγή πλημμυρών.

1.4.3. Υλικά επίστρωσης υπαίθριων χώρων

Το είδος των υλικών επίστρωσης των επιφανειών του υπαίθριου χώρου επηρεάζει καθοριστικά τόσο το θερμικό όσο και το οπτικό περιβάλλον. Υλικά με ανοιχτά χρώματα ή/και ανακλαστικές επιφάνειες αποτρέπουν την υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, αλλά παράλληλα μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση και ανάκλαση της θερμότητας προς τους χρήστες του χώρου και τις επιφάνειες των γύρω κτιρίων. Αντιθέτως, υλικά με σκουρόχρωμες επιφάνειες υπερθερμαίνονται, όταν εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία.

Η επικάλυψη των επιφανειών του υπαίθριου χώρου με βλάστηση παρεμποδίζει τις ανακλάσεις, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής του φυλλώματος. Έρευνες σχετικά με την αναπτυσσόμενη επιφανειακή θερμοκρασία υπαίθριων χώρων σε αστικές περιοχές στην Αθήνα τη θερινή περίοδο, αναφέρουν διαφορά στην επιφανειακή θερμοκρασία ως εξής: μεταξύ επικαλύψεων με γρασίδι και άσφαλτο έως και 35.7 °C., ενώ μεταξύ επικαλύψεων με γρασίδι και πλάκες πεζοδρομίου έως και 27.6 °C [1] (Εικόνα 1.10). Όταν η επιφάνεια που καλύπτεται με πράσινο είναι σημαντικού μεγέθους, τότε παρατηρούνται διαφορές στη θερμοκρασία του αέρα, έως και 8 °C ανάμεσα σε φυτεμένες περιοχές και περιοχές με συμπαγή δομικά υλικά [10].

Επιφάνειες νερού, όπως λεπτά στρώματα τρεχούμενου νερού, καταρράκτες, λίμνες ή σιντριβάνια, συνεισφέρουν επίσης στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα και κατά συνέπεια στο δροσισμό του χώρου.



Εικόνα 1.10. Μετρήσεις επιφανειακών θερμοκρασιών σε φυτεμένη επιφάνεια με γρασίδι και σε άσφαλο κατά τη διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι, στο κέντρο της Αθήνας.

[Πηγή: : http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf]

Στον Πίνακα 1.5 καταγράφονται η ανακλαστικότητα και η εκπεμπιμότητα των πιο συνήθων οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται ως επιστρώσεις υπαίθριων χώρων.

Επίσης, αντί για επίστρωση με ενιαίες επιφάνειες, καλό είναι να προτιμούνται πλάκες που επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού και την ανάπτυξη βλάστησης στους αρμούς ή τουλάχιστον να χρησιμοποιείται υδατοπερατή στρώση αδρανών. Τα υλικά αυτά έχουν ευνοϊκά αποτελέσματα, τόσο από θερμικής πλευράς, όσο κι από πλευράς εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και παράλληλης αποφόρτισης του δικτύου όμβριων.

Πίνακας 1.5. Ιδιότητες υλικών που χρησιμοποιούνται σε δαπεδοστρώσεις. Οι τιμές με (*) προέρχονται από επιτόπιες μετρήσεις σε υπαίθριους χώρους στη Θεσσαλονίκη. [Πηγή: Χατζηδημητρίου et al. 2008. Επίδραση των υλικών επίστρωσης των αστικών υπαίθριων χώρων στη διαμόρφωση του μικροκλίματος.]

Υλικό δαπέδου	Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία	Συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας
Άσφαλτος	0,05-0,26 (*)	0,95
Σχιστόπλακες	0,08-0,10	0,90
Κυβόλιθοι γρανίτη γκρι	0,27 (*)	
Μάρμαρο λευκό	0,53 (*)	
Πλάκες τσιμέντου γκρι	0,34 (*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό γκρι	0,38 (*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό (βοτσαλωτό) -με τεχνολογία ψυχρών υλικών	0,87-0,90	0,82-0,84
Προϊόντα τσιμέντου (κυβόλιθοι)- με τεχνολογία ψυχρών υλικών	0,10-0,35	0,90
Προϊόντα ξύλου-σανίδες	0,30-0,40	0,95
Κεραμικά πλακίδια, κόκκινα	0,21(*)	
Γρασίδι και βλάστηση	0,15-0,30	0,67-0,69
Χώμα -άμμος (στεγνό)	0,25-0,30	0,90
Νερό	0,10-0,47	0,96

Η χρήση συμπτυκνωμένου χώματος, είτε στη φυσική του κατάσταση, είτε με σταθεροποιητές αδρανών (κατά προτίμηση φυσικής προέλευσης) ή κεραμικών δαπέδων τύπου «κουρασάνι», εκτός από αυξημένη ανακλαστικότητα σε σχέση με τις ασφαλτικές επικαλύψεις, έχουν επίσης και αυξημένη υδατοπερατότητα, μειώνοντας την αστική θερμοκρασία, όπου εφαρμόζονται (πεζόδρομοι, ποδηλατόδρομοι, αθλητικές εγκαταστάσεις, κηπευτικές επιφάνειες κοκ).

Σε μονοπάτια, θέσεις στάθμευσης κ.α. καλό είναι να τοποθετούνται διάτρητα υλικά (διάτρητες τσιμεντόπλακες, κυβόλιθοι με οπές κ.α.). Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης της τοπικής χαμηλής χλωρίδας στο χώμα μεταξύ των οπών καθώς και η απορρόφηση του νερού.

Ψυχρά υλικά

Η χρήση ψυχρών υλικών στον περιβάλλοντα χώρο και στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων είναι επίσης πολύ σημαντική για τη μείωση των αυξημένων θερμοκρασιών που παρατηρούνται στο δομημένο περιβάλλον.

Με τον όρο «ψυχρά υλικά» νοούνται υλικά που δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και δεν αποθηκεύουν στη μάζα τους μεγάλα ποσά θερμότητας. Πρόκειται δηλαδή για υλικά με υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τα ποσά της θερμότητας που έχουν απορροφήσει), χωρίς να χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα, οπότε και δεν προκαλούν έντονα προβλήματα θάμβωσης. Ανάλογα με το πού τοποθετείται το ψυχρό υλικό, έχουν θεσπισθεί όρια ως προς την ανακλαστικότητα και το συντελεστή εκπομπής του. Σύμφωνα με την υπάρχουσα ΠΕΤΕΠ, προτείνεται η ανακλαστικότητά για την εφαρμογή σε επίπεδο δρόμου να είναι τουλάχιστον 0.60 για έγχρωμα επιφανειακά υλικά και τουλάχιστον 0.75 για υλικά λευκού χρώματος [40].

Τα ψυχρά υλικά εφαρμόζονται σε επιφάνειες κτιρίων (επικαλύψεις, επιχρίσματα) και σε άλλες επιφάνειες του δομημένου περιβάλλοντος (πεζοδρόμια, δρόμοι, πλατείες, χώροι στάθμευσης κοκ). Με την εφαρμογή τους εξασφαλίζονται χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες στο δομημένο χώρο, σε σχέση με άλλα υλικά επίστρωσης, επειδή αποθηκεύουν μικρά ποσά θερμότητας. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των ψυχρών υλικών συνήθως δεν ξεπερνούν τους 50 °C, ενώ για συνήθη δομικά υλικά οι επιφανειακές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. επίστρωση δωματίων με μαύρου χρώματος στεγανοποιητικά φύλλα) να φτάσουν και τους 90 °C.

Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα ψυχρά επιφανειακά υλικά είναι το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η ανακλαστικότητά τους (γήρανση του υλικού, επικάλυψη

σκόνης κοκ). Αναλόγως με τη φύση του υλικού, τη χρήση και τη συντήρησή του, η μείωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται από 0% έως 30%.

Σε κάθε περίπτωση εφαρμογής ψυχρών υλικών τόσο σε κατακόρυφες όσο και σε οριζόντιες επιφάνειες πρέπει να δίνεται προσοχή στην οπτική και θερμική όχληση που μπορεί να προκαλέσουν στα γύρω κτίρια και τον περιβάλλοντα χώρο τους. Συνδυασμός ψυχρών υλικών με κατάλληλους όγκους φύτευσης για σκίαση και εξατμισοδιαπνοή λειτουργούν πολύ θετικά στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος τη θερινή περίοδο.

1.5. Η συμβολή των φυτοκαλυμμένων επιφανειών κτιρίου και των ακάλυπτων χώρων στη διαμόρφωση μικροκλίματος

1.5.1. Ακάλυπτοι χώροι

Οι εσωτερικοί ακάλυπτοι χώροι στα ήδη δομημένα οικοδομικά τετράγωνα των πόλεων, αποτελούν μία από τις δυνητικές περιπτώσεις ανάπλασης, μιας και οι χώροι αυτοί παραμένουν ελεύθεροι αλλά απολύτως υποβαθμισμένοι. Τα τυπολογικά τους χαρακτηριστικά, σχεδόν στο σύνολο των ελληνικών πόλεων, με τις πολυκατοικίες περιμετρικά του οικοδομικού τετραγώνου και τον ακάλυπτο χώρο, παραμελημένο και συχνά βρώμικο στο εσωτερικό του, παρουσιάζουν ομοιότητες λόγω του συστήματος δόμησης του αστικού χώρου και της ισχύουσας πολεοδομικής νομοθεσίας [25].

Οι ακάλυπτοι χώροι μπορούν να ενοποιηθούν, να τεθούν σε χρήση όλων των ενοίκων του οικοδομικού τετραγώνου και να διαμορφωθούν κατάλληλα, χωρίς να θίγονται τα δικαιώματα κυριότητας. Κάτι τέτοιο θα απελευθερώσει τον χώρο περιμετρικά του οικοδομικού τετραγώνου, που σήμερα χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη στάθμευση οχημάτων. Θα δώσει έτσι τη δυνατότητα διαπλάτυνσης των πεζοδρομίων και φύτευσης επί αυτών.

Η αξιοποίηση των ακάλυπτων χώρων, είναι μια παρέμβαση που θα βελτιώσει το μικροκλίμα, ειδικά στο κέντρο μιας πόλης. Εκτός από την αναβάθμιση του χώρου του ακάλυπτου, επιτυγχάνεται μείωση των αέριων ρύπων, κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα. Ο ρόλος του ακάλυπτου χώρου ανεξάρτητα από το μέγεθος του και την κλίμακα των κτιρίων γύρω του, συνιστάται στην ικανότητα ελέγχου του ηλιασμού, σκιασμού, στη διευκόλυνση της κίνησης των αέριων μαζών στο εσωτερικό του οικοδομικού τετραγώνου και στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος με την κατάλληλη χρήση υλικών, φυτεύσεων και υγρών στοιχείων, το οποίο διακρίνεται για την ποιότητα του μικροκλίματος που προσφέρει [41].

Ιδιαίτερη βαρύτητα θα πρέπει να δοθεί στην κατάλληλη επιλογή υλικών, φυτεύσεων και στοιχείων σκιασμού στους ακόλυπτους χώρους, τα οποία δρουν καταλυτικά στην τροποποίηση του μικροκλίματος, που αφορά τόσο τους ίδιους όσο και τους χώρους κατοικίας που αναπτύσσονται γύρω από αυτούς. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σκληρών υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και να προβλέπεται η εγκατάσταση φύτευσης σε κατάλληλα σημεία. Επιπλέον, η αξιοποίηση των ακόλυπτων χώρων μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας όσον αφορά το δροσισμό, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες.

1.5.2. Φυτεμένο δώμα

Φυτεμένο ή πράσινο δώμα, ορίζεται το κομμάτι της επιφάνειας της οροφής κτιρίων, που καλύπτεται με φυτά σύμφωνα τις οδηγίες που δίνονται από κανονισμούς ή/και την εκάστοτε εθνική νομοθεσία και αποτελείται από την κατάλληλη υποδομή (αντιριζική μεμβράνη, αποσραγγιστικό σύστημα, φίλτρα, υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών), φυτά και σύστημα άρδευσης. Τα φυτεμένα δώματα αναφέρονται και ως πράσινες στέγες, οροφόκηποι, ταρατσόκηποι και green roofs [32].

1.5.2.1. Τύποι φυτεμένων δωματίων

Διακρίνονται τρεις τύποι πράσινων δωματίων ανάλογα με την χρήση, τη βλάστηση, το πάχος υποστρώματος ανάπτυξης φυτών, τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή του και τη μέθοδο κατασκευής του [32].

Εκτατικός τύπος

Ο εκτατικός τύπος οργανώνεται σε πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 15 cm, το οποίο μαζί με το φυτικό υλικό δημιουργεί ένα μόνιμο οικοσύστημα, για τη συντήρηση του οποίου απαιτείται ελάχιστη φροντίδα. Το φορτίο κυμαίνεται από 70 ως 140 kg/m² κορεσμένο, και το ριζικό σύστημα των φυτών είναι επιφανειακό. Το περιορισμένο βάρος της κατασκευής επιτρέπει την εγκατάστασή της σχεδόν σε οποιαδήποτε οροφή με κλίση έως και 45°. Σε κλίσεις άνω των 20° είναι απαραίτητη η πρόσθετη χρήση κυψελών ή στοιχείων συγκράτησης του υποστρώματος. Ιδανικά για αυτό το είδος είναι τα φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως φυτικοί τάπητες, αγριολούλουδα και φυτά εδαφοκάλυψης.

Ο εκτατικός τύπος είναι ο πιο ενδεδειγμένος για τη βιοκλιματική εφαρμογή σε υφιστάμενα κτίρια. Για την επίτευξη των βέλτιστων αποτελεσμάτων σε επίπεδο ενεργειακής συμπεριφοράς είναι απαραίτητη η φυτοκάλυψη της επιφάνειας των στεγών/δωματίων σε ποσοστό 95%.

Ημιεντατικός τύπος

Αποτελείται από σύστημα υποδομής και ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 25 cm, με κορεσμένο φορτίο 120-250 kg/m². Είναι ο ενδιάμεσος τύπος μεταξύ εντατικού και εκτατικού, ο οποίος εφαρμόζεται σε επικλινείς ή επίπεδες οροφές και απαιτεί συντήρηση (άρδευση, λίπανση, κλπ). Η ποικιλία των ειδών που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνει φυσικούς τάπητες, χλοοτάπητες, ποώδη φυτά και μικρούς/μεσαίους θάμνους.

Εντατικός τύπος

Συνίσταται στη δημιουργία ενός κήπου, με σύστημα υποδομής και υπόστρωμα ανάπτυξης ύψους 15 έως 150 cm και κορεσμένο φορτίο τουλάχιστον 250 kg/m². Η πράσινη στέγη-φυτεμένο δώμα εντατικού τύπου, απαιτεί τακτική συντήρηση (άρδευση, λίπανση, κλπ.) και περιλαμβάνει ποικιλία φυτών, μικρών δένδρων και θάμνων. Ο εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος μπορεί να υποστηρίξει κατασκευές όπως μονοπάτια, στοιχεία νερού, συστήματα σκίασης κοκ.

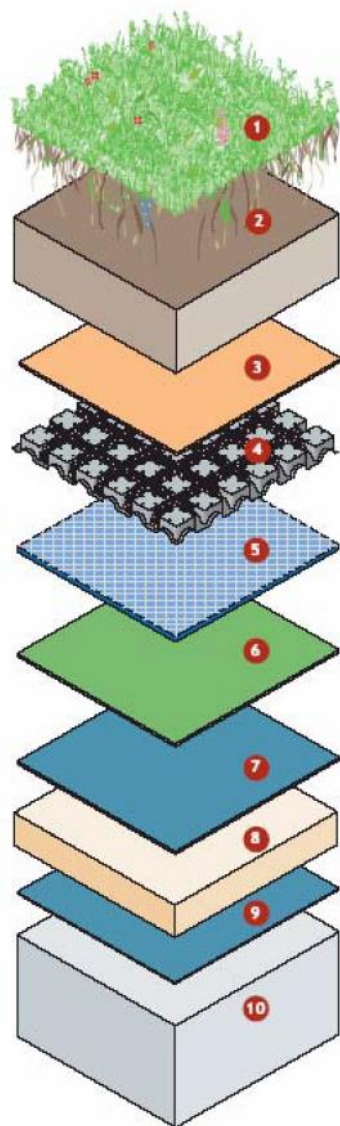
Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση εντατικού τύπου σε υφιστάμενα κτίρια είναι η εκπόνηση στατικής μελέτης.



*Εικόνα 1.11. Εκτατικού τύπου φυτεμένο δώμα (αριστερά). Ημιεντατικού τύπου φυτεμένο δώμα (κέντρο). Εντατικού τύπου φυτεμένο δώμα στο Μέγαρο Μουσικής Αθηνών (δεξιά). [Πηγή: Περγαλιώτη, Ν. 2010. Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Helichrysum Italicum* και *Helichrysum Orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος.]*

1.5.2.2. Κατασκευή φυτεμένου δώματος

Η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος συνίσταται στην κατασκευή των επιπέδων που προστατεύουν το δώμα του κτιρίου, των επιπέδων εγκατάστασης του φυτικού υλικού και των κατάλληλων συστημάτων συντήρησης και προστασίας του [29]. Τα επίπεδα κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος φαίνονται στην Εικόνα 1.12.



1. Φυτικό υλικό
2. Υπόστρωμα ανάπτυξης
3. Επίπεδο διαχωριστικού φίλτρου
4. Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης
5. Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και προστασίας μόνωσης
6. Επίπεδο προστασίας από διείσδυση ριζών
7. Στεγανωτικό επίπεδο
8. Θερμομονωτικό επίπεδο
9. Φράγμα υδρατμών
10. Δώμα κτιρίου με διαχωριστική στρώση

*Εικόνα 1.12. Επίπεδα φυτεμένου δώματος. [Πηγή: Περγαλιώτη, Ν. 2010. Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Helichrysum Italicum* και *Helichrysum Orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος.]*

Διαχωριστική στρώση

Το επίπεδο αυτό παρεμποδίζει τη μετάδοση των συνεπειών που έχουν οι συστολές, οι διαστολές και η τραχύτητα της επιφάνειας του κτιρίου στις υπερκείμενες στρώσεις επικάλυψης του δώματος. Χρησιμοποιούνται κυρίως διάτρητες ασφαλικές μεμβράνες οπλισμένες με υαλοϋφασμα ή συνθετικές μεμβράνες.

Φράγμα υδρατμών

Το φράγμα υδρατμών τοποθετείται πάνω από τη διαχωριστική στρώση και αποσκοπεί στην παρεμπόδιση της συμπύκνωσης των υδρατμών που συμβαίνει στο εσωτερικό της οροφής και στην παρεμπόδιση διέλευσης υδρατμών στο θερμομονωτικό επίπεδο που βρίσκεται υπερκείμενα

αυτού. Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αυτής της στρώσης είναι τα ασφαλτικά φύλλα, τα φύλλα πολυαιθυλενίου και το συνθετικό καουτσούκ.

Θερμομονωτικό επίπεδο

Το επίπεδο αυτό βρίσκεται υπερκείμενα του φράγματος υδρατμών και αποτελείται από αφρώδη υλικά με τη μορφή πλάκας, όπως είναι η αφρώδης και η εξηλασμένη πολυστερίνη, ο αφρός πολουρεθάνης, ο εμποτισμένος φελλός και το αφρώδες γυαλί. Η τοποθέτηση πρέπει να γίνεται με τέτοιον τρόπο που να μη δημιουργούνται μεταξύ των πλακών διάκενα, ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη θερμομόνωση.

Στεγανωτικό επίπεδο

Η στεγανωτική στρώση δημιουργείται για την προστασία των υλικών επικάλυψης του δώματος από το νερό της βροχής και της άρδευσης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι είτε ασφαλτικά, όπως τα ασφαλτικά φύλλα και οι πολυμερισμένες ασφαλτικές μεμβράνες, είτε συνθετικά θερμοπλαστικά, όπως η άσφαλτος με πολυμερισμένο αιθυλένιο, το βινύλιο με πολυαιθυλένιο κ.α.

Επίπεδο προστασίας από διείσδυση ριζών

Για την προστασία των υποκείμενων δομικών στοιχείων από την επιθετική συμπεριφορά των ριζών των φυτών είναι απαραίτητη η στεγάνωση του δώματος με αντιριζικές μεμβράνες. Η ικανότητα των ριζών ορισμένων φυτών να εκκρίνουν τοξικές ουσίες έχει ως αποτέλεσμα τη διάβρωση οποιασδήποτε επιφάνειας. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται και παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στη διεισδυτική ικανότητα των ριζών είναι τα φύλλα ασφαλτικής πίσσας εμποτισμένα με τοξικές για τις ρίζες ουσίες.

Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και προστασίας μόνωσης

Η στρώση αυτή έχει την ικανότητα να συγκρατεί νερό και θρεπτικά συστατικά και να τα αποδίδει στα φυτά ετεροχρονισμένα καθώς, επίσης, προσφέρει προστασία στα υποκείμενα κατασκευαστικά στοιχεία από μηχανικές φθορές. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι συνθετικά υλικά με πολυεστερικές ίνες ή υψηλής πυκνότητας φύλλα πολυαιθυλενίου.

Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης

Το επίπεδο αυτό πρέπει να έχει κοκκώδη σύσταση, ώστε να εξασφαλίζεται εύκολη απορροή υδάτων, υψηλή διαβρεκτική ικανότητα και ικανότητα κατακράτησης νερού και απόδοσής του

στο περιβάλλον. Υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποστράγγιση είναι τα προκατασκευασμένα φύλλα αποστράγγισης από πολυαιθυλένιο, που περιέχουν ένα συνθετικό ύφασμα για αποτροπή της διόδου εδαφικών τεμαχίων.

Επίπεδο διαχωριστικού φίλτρου

Το επίπεδο αυτό αποτρέπει τη διέλευση υλικών προς το αποστραγγιστικό επίπεδο και τελικά προς τις υδρορροές απορροής των όμβριων υδάτων. Μπορεί να κατασκευαστεί από άμμο ή από διάφορες μεμβράνες, όπως υαλοϋφασμα ή γεωϋφασμα.

Υπόστρωμα ανάπτυξης

Το υπόστρωμα ανάπτυξης αποτελεί το βαρύτερο υλικό κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος. Η επιλογή του εξαρτάται, ως ένα βαθμό, από την επιλογή του φυτικού υλικού. Ο ρόλος του υποστρώματος στην ανάπτυξη και διατήρηση των φυτών είναι σημαντικός, γιατί αποτελεί την πηγή τροφοδοσίας των φυτών με νερό, οξυγόνο και θρεπτικά στοιχεία, ενώ επιπλέον εξασφαλίζει τη στήριξή τους. Τα εδαφικά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται συνήθως σε φυτεμένα δώματα είναι μείγματα εδάφους ή άμμου, με προσθήκη ανόργανων ή οργανικών εδαφοβελτιωτικών υλικών σε διάφορες αναλογίες.

Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιείται σε ένα φυτεμένο δώμα, εκτός από τα αισθητικά χαρακτηριστικά, πρέπει να έχει κάποια χαρακτηριστικά που θα το βοηθήσουν να επιβιώσει σε ένα περιβάλλον με τις αντίξοες συνθήκες του φυτοδώματος. Το είδος που επιλέγεται ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος [38].

1.5.3. Κάθετες φυτεύσεις

Οι κάθετες φυτεύσεις μπορεί να είναι είτε αυτόνομη κατασκευή ή μέρος ενός κτιρίου, το οποίο καλύπτεται μερικώς ή πλήρως με βλάστηση. Η εφαρμογή της ιδέας αυτής μπορεί να γίνει τόσο στους εξωτερικούς τοίχους ενός κτιρίου όσο και στους εσωτερικούς. Δεν επιβαρύνουν το κτίριο με πρόσθετο βάρος και παράλληλα οι επιφάνειες που μπορούν να φυτευτούν είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές των δωμάτων. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται τοποθετούνται σε βαθμίδες ή είναι αναρριχώμενα φυτά και μπορούν να αναπτυχθούν με τη χρήση χώματος ή με τη μέθοδο της υδροπονίας [41]. Οι κάθετες φυτεύσεις αναφέρονται ως κάθετοι κήποι, πράσινοι τοίχοι ή green walls.

Τύποι πράσινων τοίχων

Αν και ο εμπνευστής των σύγχρονων κάθετων κήπων θεωρείται ο Patrick Blanc, διαπιστώνει κανείς πως υπάρχουν και προϋπήρχαν πολλές εκδοχές φυτικών τοίχων παγκοσμίως. Η ιδέα των πράσινων τοίχων έχει ξεκινήσει πιθανότατα από τους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας (γύρω στα 600 π.Χ.) ενώ ύστερα ακολούθησαν οι κληματαριές (3ος αι. π.Χ. Ρώμη) σε πέργκολες και σε τοίχους σπιτιών, καθώς και οι γλάστρες με τα αναρριχητικά φυτά. Σήμερα, οι πράσινες τεχνολογίες τοίχων μπορούν να διαιρεθούν σε δύο σημαντικές κατηγορίες: τις «πράσινες προσόψεις» και τους «ζωντανούς τοίχους» [45].

1.5.3.1. Πράσινες προσόψεις (green facades)

Οι πράσινες προσόψεις είναι ένα είδος συστήματος πράσινων τοίχων στο οποίο αναρριχώμενα φυτά ή φυτά που έχουν την ικανότητα να κρέμονται, καλύπτουν τις ειδικά σχεδιασμένες υποστηρικτικές δομές. Τα φυτά είναι ριζωμένα στη βάση αυτών των δομών, στο έδαφος ή σε γλάστρες στα ενδιάμεσα του τοίχου ή ακόμη και στις στέγες. Χρειάζονται συνήθως τρία με πέντε χρόνια πριν από την επίτευξη της πλήρους κάλυψης. Οι πράσινες προσόψεις στηρίζονται στους υπάρχοντες τοίχους ή κατασκευάζονται ως αυτόνομες δομές, όπως φράχτες ή κολώνες.

Τα φυτά που αναρριχώνται απευθείας στους τοίχους καλύπτοντας ολόκληρες επιφάνειες λόγω της κατασκευής της ρίζας τους, είναι γνωστό ότι μπορούν να βλάψουν κάποιους ακατάλληλους τοίχους ενώ παρουσιάζουν προβλήματα όταν έρθει η ώρα για τη συντήρηση της οικοδομής ή την απομάκρυνση των φυτών. Τεχνολογικές καινοτομίες στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων καφασωτών ή άκαμπτων πάνελ και καλωδιακών συστημάτων για την υποστήριξη αμπελιών, διατηρώντας παράλληλα τα φυτά μακριά από τους τοίχους και τις άλλες επιφάνειες των κτιρίων [11].

Για τις πράσινες προσόψεις αντιπροσωπευτικές είναι οι δύο παρακάτω εφαρμογές:

«Modular trellis panel system»

Το δομικό στοιχείο αυτού του συστήματος είναι ένα άκαμπτο, ελαφρύ, τρισδιάστατο πλαίσιο κατασκευασμένο από γαλβανισμένο και συγκολλημένο χαλύβδινο σύρμα που υποστηρίζει φυτά τόσο στην επιφάνεια, όσο και στο εσωτερικό του πλαισίου. Το σύστημα αυτό έχει σχεδιαστεί για να κρατήσει μια πράσινη πρόσοψη μακριά από την επιφάνεια του τοίχου ενός κτιρίου. Τα πάνελ είναι ανακυκλώσιμα και μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους, ώστε να καλύπτουν μεγάλες περιοχές ή να δημιουργήσουν σχήματα και καμπύλες. Επειδή είναι άκαμπτα, μπορούν να εκτείνονται μεταξύ κατασκευών και να χρησιμοποιηθούν για αυτόνομους πράσινους τοίχους.



Εικόνα 1.13. Πράσινη πρόσοψη τύπου «Modular trellis panel system».
[Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]

«Cable wire – rope net system»

Σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιούνται καλώδια και/ ή δίκτυο συρμάτων. Τα καλώδια χρησιμοποιούνται σε πράσινες προσόψεις που έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν ταχέως αναπτυσσόμενα αναρριχώμενα φυτά με πυκνό φύλλωμα. Το δίκτυο συρμάτων χρησιμοποιείται σε βραδέως αναπτυσσόμενα φυτά που χρειάζονται πρόσθετη στήριξη σε μικρότερα διαστήματα. Επίσης, είναι πιο ευέλικτα με μεγαλύτερες δυνατότητες σχεδιασμού από τα καλώδια. Τα δύο αυτά συστήματα χρησιμοποιούν υψηλής αντοχής χάλυβα, αγκυρώσεις και συμπληρωματικό εξοπλισμό. Με τη χρήση ευέλικτων οριζόντιων και κάθετων συρματόσχοινων μπορούν να κατασκευαστούν διάφορα μεγέθη και σχέδια.



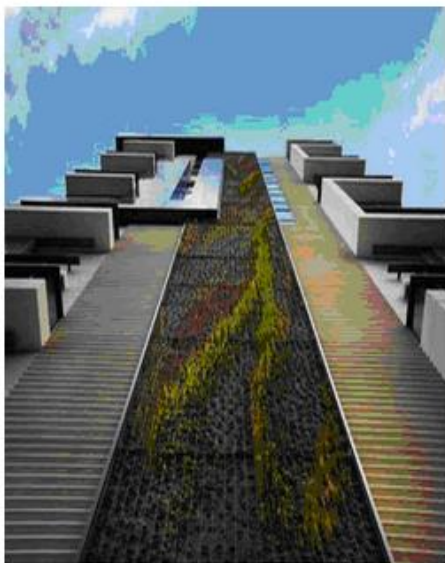
Εικόνα 1.14. Πράσινη πρόσοψη τύπου «Cable wire – rope net system».
[Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]

1.5.3.2. Ζωντανοί τοίχοι (living walls)

Τα συστήματα των «ζωντανών τοίχων» αποτελούνται από πάνελ με βλάστηση, κάθετες ενότητες ή φυτεμένες επιφάνειες που εφαρμόζονται κάθετα σε διαρθρωτικό τοίχο ή πλαίσιο. Τα πάνελ αυτά μπορεί να είναι κατασκευασμένα από πλαστικό, διογκωμένη πολυστερίνη, συνθετικό ύφασμα, πηλό, μέταλλο ή σκυρόδεμα και να υποστηρίζουν μια μεγάλη ποσότητα και ποικιλία φυτικών ειδών (π.χ. ένα πλούσιο μείγμα από εδαφοκαλυπτικά φυτά, φτέρες, χαμηλούς θάμνους, πολυετή λουλούδια και βρώσιμα φυτά). Λόγω της ποικιλομορφίας και της πυκνότητας των φυτών που ζουν στους τοίχους, οι τοίχοι διαβίωσης έχουν συνήθως ανάγκη πιο εντατικής συντήρησης συγκριτικά με τις πράσινες προσόψεις [45]. Διάφορες μορφές «ζωντανών τοίχων» περιγράφονται παρακάτω.

«Φυτικός τοίχος χαλί» (Vegetated mat wall)

Αυτός ο τύπος κάθετου κήπου είναι μια μοναδική μορφή πράσινου τοίχου που την εμπνεύστηκε ο Γάλλος βοτανολόγος Patrick Blanc. Αυτή η μορφή φυτικού τοίχου αποτελείται από δύο στρώσεις συνθετικού υλικού, στις οποίες αναπτύσσονται τα φυτά (χωρίς τη χρήση του εδάφους αφού τα φυτά λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά από το νερό με την τεχνική της υδροπονίας), από ένα πλαίσιο και μια αδιάβροχη μεμβράνη. Σήμερα, αυτός ο τύπος κάθετου κήπου είναι ο πιο δημοφιλής και πετυχημένος γιατί σε αυτόν οι συνθέσεις των φυτών μοιάζουν με πίνακα ζωγραφικής.



Εικόνα 1.15. Ο ψηλότερος κάθετος κήπος 150 μέτρων του Patrick Blanc στο Σύδνεϊ Αυστραλίας.
[Πηγή: <http://www.georhythmiki.gr>]

«Ζωντανός τοίχος με ενότητες» (Modular living wall)

Αυτός ο τύπος κάθετου κήπου προέκυψε από τη χρήση «ενοτήτων» στις πράσινες στέγες με μια σειρά από τεχνολογικές καινοτομίες. Αποτελείται από τετράγωνα ή ορθογώνια πάνελ που διαθέτουν καλλιεργητικά μέσα για την ανάπτυξη του φυτικού υλικού. Η σύνθεση του υποστρώματος διαμορφώνεται ανάλογα με το φυτικό υλικό που έχει επιλεγεί αλλά και με βάση τους ενίοτε στόχους του σχεδιασμού. Οι περισσότερες από τις διατροφικές απαιτήσεις των φυτών καλύπτονται από τα καλλιεργητικά μέσα που διαθέτουν οι ενότητες. Η άρδευση παρέχεται σε διάφορα επίπεδα κατά μήκος του τοίχου και το νερό κινείται με τη βοήθεια της βαρύτητας μέσα στο καλλιεργητικό μέσο. Σε αυτούς τους τύπους κάθετων κήπων, συνήθως, οι ενότητες είναι προ-φυτεμένες προσφέροντας ένα πράσινο αποτέλεσμα κατά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης [11].

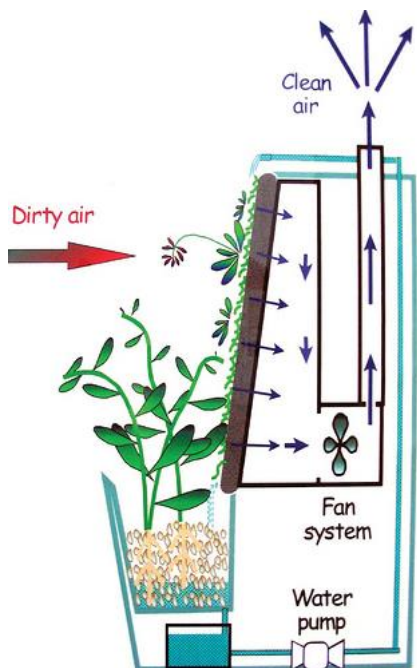


Εικόνα 1.16. «Ζωντανός τοίχος με ενότητες» χωρίς και με υπόστρωμα & φυτικό υλικό. [Πηγή: <http://www.georhythmiki.gr>]

«Τοίχος βιοφίλτρο» (Biowall)

Ο φυτικός τοίχος «βιοφίλτρο» είναι ένας «ενεργός τοίχος» που στην ουσία αποτελεί μέρος της υποδομής ενός κτιρίου και έχει σχεδιαστεί για να φιλτράρει τον αέρα στους εσωτερικούς χώρους και να ρυθμίζει τη θερμότητα. Διαθέτει ένα υδροπονικό σύστημα, που τροφοδοτείται με νερό, πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, το οποίο επαναχρησιμοποιείται με τη βοήθεια ενός συλλέκτη που βρίσκεται στο πάνω μέρος του τοίχου και μίας υδρορροής στην οποία συγκεντρώνεται το νερό και βρίσκεται στο κάτω μέρος του συστήματος του φυτικού τοίχου. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μεταξύ των δύο στρώσεων συνθετικού υφάσματος. Οι στρώσεις αυτές υποστηρίζουν την πυκνή μάζα των ριζών και ευνοούν την ανάπτυξη κάποιων μικροβίων ρίζας, τα οποία έχουν την ιδιότητα να αφαιρούν τις αερομεταφερόμενες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), ενώ το φύλλωμα των φυτών απορροφά το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Οι

φυσικές διεργασίες που συντελούνται στα φυτά παράγουν φρέσκο, δροσερό αέρα, ο οποίος μεταφέρεται δια μέσω ενός συστήματος αερισμού που τοποθετείται εντός του τοίχου και μέσω ενός ανεμιστήρα διανέμεται εντός όλου του κτιρίου. Παραλλαγή αυτού του συστήματος μπορεί να εφαρμοστεί και στις πράσινες προσόψεις.



Εικόνα 1.17. Μηχανισμός φυτικού τοίχου «Βιοφίλτρο».
[Πηγή: <http://www.flickr.com/photos/31652869@N00/278502906/>]

«Φυτικοί τοίχοι τοπίου» (Landscape walls)

Αυτοί οι τοίχοι είναι μία εξέλιξη των αναχωμάτων και ένα στρατηγικό εργαλείο για τη «ζωντανή αρχιτεκτονική». Οι φυτικοί τοίχοι τοπίου έχουν συνήθως κλίση σε αντίθεση με τους κατακόρυφους φυτικούς τοίχους. Πρωταρχική τους λειτουργία αποτελεί η μείωση του θορύβου και η σταθεροποίηση της κλίσης του εδάφους. Συνήθως είναι δομημένοι από στοιβαγμένα υλικά, αποτελούμενα από πλαστικό ή σκυρόδεμα και διαθέτουν χώρο για το καλλιεργητικό μέσο και το φυτικό υλικό.



Εικόνα 1.18. Παράδειγμα «Φυτικοί τοίχοι τοπίου».
[Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]

1.5.4. Περιβαλλοντικά οφέλη πράσινων δωματίων και κάθετων φυτεύσεων

Τα πράσινα δώματα και οι κάθετοι πράσινοι τοίχοι προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα πλεονεκτημάτων, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών, τόσο για τους κατοίκους όσο και το ευρύτερο κοινό. Αυτές οι τεχνολογίες αποτελούν μια σύγχρονη εφαρμογή περιβαλλοντικού σχεδιασμού και είναι χρήσιμες σε αστικές και προαστιακές περιοχές όπου αντιμετωπίζονται περιβαλλοντικά προβλήματα [41].

1.5.4.1. Βελτίωση της ποιότητας του αέρα

Οι κάθετες πράσινες φυτεύσεις και τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά των κτιρίων. Οι πράσινοι τοίχοι εμποδίζουν τη μετακίνηση των μορίων σκόνης και ρύπων κατά μήκος των πλευρών ενός κτιρίου, φιλτράροντας τον αέρα. Ένα μεγάλο ποσοστό των σωματιδίων της ατμόσφαιρας δεσμεύεται από το φύλλωμα των φυτών, λειτουργώντας με τον τρόπο αυτό ως φίλτρο συγκράτησης πολλών επιβλαβών συστατικών του αέρα. Παράλληλα, χημικές ουσίες, όπως η φορμαλδεΰδη και το μονοξείδιο του άνθρακα μπορούν να απομακρυνθούν από τους εσωτερικούς χώρους μέσω των φύλλων.

Οι πράσινες στέγες όπως απέδειξε δημοσιευθείσα έρευνα του Κρατικού Πανεπιστημίου του Michigan, σε ενδεχόμενη ευρεία χρήση τους, θα μπορούσαν να συμβάλουν στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αποδείχθηκε ότι η φύτευση των στεγών μιας αστικής περιοχής με πληθυσμό ενός εκατομμυρίου ισοδυναμεί με τον περιορισμό του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από 10.000 μεσαία αυτοκίνητα τύπου SUV. Επιπλέον, η ίδια έρευνα, εξετάζοντας 13 φυτεμένα δώματα, διαπίστωσε ότι οι πράσινες στέγες μπορούν να κατακρατήσουν περισσότερους από 55.000 τόνους άνθρακα, καθώς τα φυτά λειτουργούν σαν φίλτρο ενάντια στη μόλυνση, αξιοποιώντας τα αιωρούμενα σωματίδια για την ανάπτυξη τους [41].

Παράλληλα έρευνα που έγινε στην Washington έδειξε ότι 58 μετρικοί τόνοι ατμοσφαιρικών ρύπων θα μπορούσαν να απορροφηθούν αν όλες οι στέγες της πόλης μετατρέπονταν σε πράσινες. Στο Chicago και το Detroit αντίστοιχη έρευνα έδειξε ότι καλύπτοντας το 20% των δωματίων με πράσινες στέγες η μείωση του NO₂ ήταν 806 έως 2769 μετρικούς τόνους ανάλογα με το είδος του φυτού [23].

1.5.4.2. Μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας αναφέρεται στη διαφορά των θερμοκρασιών μεταξύ των αστικών κέντρων και των γύρω περιοχών και οφείλεται, εκτός των άλλων, στην ύπαρξη σκληρών επιφανειών στις πόλεις και την ανυπαρξία βλάστησης. Οι πράσινες στέγες, συνεισφέρουν στη μείωση του φαινομένου της θερμικής νησίδας, που κάνει αφόρητη την κυκλοφορία στην πόλη τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται σε οροφές κτιρίων που καλύπτονται με σκληρά υλικά, είναι δραματικά μεγαλύτερες από αυτές που καλύπτονται με φυτεμένο δώμα. Εμπειριστατωμένη μελέτη του Εθνικού Συμβουλίου Ερευνών του Καναδά (NRC) απέδειξε ότι σε μια καλοκαιρινή μέρα στην Ottawa με ατμοσφαιρική θερμοκρασία 35 °C, η θερμοκρασία στην επιφάνεια της στέγης ενός συμβατικού κτιρίου φτάνει στους 65 °C, ενώ σε ένα κτίριο με πράσινη στέγη δεν ανεβαίνει περισσότερο από 25-30 °C. Η ίδια έρευνα διαπίστωσε ότι το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας στη στέγη ενός συμβατικού κτιρίου φτάνει στους 45 °C, ενώ σε ένα κτίριο με φυτεμένη στέγη μόλις τους 6 °C. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ανάγκη για ψυκτικά φορτία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και κατ' επέκταση μειώνεται το φαινόμενο της θερμικής νησίδας.

Τα φυτά με την ανακλαστική τους ικανότητα και με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της εξάτμισης και της διαπνοής, μπορούν να απορροφήσουν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας εξατμίζοντας υγρασία από τα φύλλα, δημιουργώντας έτσι ευνοϊκότερες συνθήκες. Ένα κλιματολογικό μοντέλο στο Toronto του Καναδά προβλέπει ότι αν εφαρμοστούν πράσινα δώματα στο 10% των στεγών της πόλης η ατμοσφαιρική θερμοκρασία θα μειωθεί ως και 2.8 °C [9].

1.5.4.3. Συγκράτηση νερού βροχοπτώσεων

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα της αστικοποίησης αποτελεί η διαχείριση των όμβριων υδάτων. Οι σκληρές επιφάνειες των πόλεων δεν έχουν την ικανότητα συγκράτησης του νερού των βροχοπτώσεων, με αποτέλεσμα το 5% του νερού να εισέρχεται σε ρηχούς και βαθείς υδροφόρους ορίζοντες, το 15% να εξατμίζεται μέσω της βλάστησης και το υπόλοιπο 75% να αποτελεί το νερό της απορροής [18]. Έτσι, η ύπαρξη επαρκούς διαπερατού εδάφους στο δομημένο περιβάλλον είναι ύψιστης σημασίας, ώστε να εμποδιστούν φαινόμενα πλημμυρών λόγω ραγδαίων καταγίδων.

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να συμβάλουν δραστικά στη διαχείριση των όμβριων υδάτων. Το ποσοστό κατακράτησης του νερού της βροχόπτωσης διαφέρει ανάλογα με την κατασκευή.

Παράλληλα, οι κάθετες φυτεύσεις συνεισφέρουν στη μείωση των πλημμυρικών φαινομένων, καθώς σε έντονες βροχοπτώσεις με ισχυρούς ανέμους η βροχή έχει οριζόντιο προσανατολισμό [17]. Βαριά μέταλλα και στοιχεία που μεταφέρονται με τη βροχή απορροφώνται από τα δώματα και τις κάθετες φυτεύσεις, φιλτράρονται και μειώνεται έτσι η κατεύθυνση τους στον υδροφόρο ορίζοντα. Το νερό που συγκρατούν τελικά εξατμίζεται ή απορροφάται από τη βλάστηση, χωρίς να επιφορτίζει τα συστήματα επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Έτσι, εξασφαλίζεται η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του κόστους διαχείρισης λυμάτων.

1.5.4.4. Καταφύγιο για πανίδα και χλωρίδα

Οικολογικές ανησυχίες σχετικά με τα απειλούμενα είδη λόγω της καταστροφής των φυσικών ενδιαιτημάτων τους έχουν εκφραστεί σε πολλές περιοχές. Η δημιουργία νέων ενδιαιτημάτων σε κατοικημένες περιοχές που ενθαρρύνουν την προστασία σπάνιων ειδών μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή πράσινων δωματίων και πράσινων τοίχων. Με την επαναφορά της «χαμένης» φύσης μέσα στο πυκνοδομημένο περιβάλλον των αστικών κέντρων, είναι δυνατόν να πολλαπλασιαστούν πολλά είδη χλωρίδας, τα οποία δεν μπορούσαν να αναπτυχθούν στο επίπεδο του εδάφους.

Διαφορετικοί τύποι φυτεμένων δωματίων μπορούν να αποτελέσουν καταφύγιο για διαφορετικά είδη ανάλογα με το είδος της βλάστησης. Ιδιαίτερα τα εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα, που δεν είναι προσβάσιμα από το κοινό, μπορούν να προσφέρουν ήσυχη κατοικία για πουλιά, μικροοργανισμούς και έντομα [41]. Σε μελέτη που έγινε σε 17 φυτεμένα δώματα στην Ελβετία, καταγράφηκαν 78 είδη αράχνης και 254 είδη σκαθαριών κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων ετών από την κατασκευή τους. Από αυτά, το 18% των αραχνών και το 11% των σκαθαριών ήταν σπάνια ή απειλούμενα είδη.

1.5.4.5. Απομόνωση του ήχου

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να αποτελέσουν μέσα απορρόφησης του θορύβου, καθώς ο συνδυασμός του χώματος, των φυτών και των παγιδευμένων στρωμάτων του αέρα λειτουργούν ως φίλτρο απομόνωσης του ήχου. Ο ήχος μειώνεται καθώς τα ηχητικά κύματα απορροφώνται από τα φυτά ή εκτρέπονται όταν έρχονται σε επαφή με αυτά προς διαφορετική κατεύθυνση. Έρευνα έδειξε ότι υπόστρωμα πάχους 12 cm μπορεί να μειώσει τον ήχο κατά 40 dB, ενώ πάχος 20 cm κατά 46 dB [17].

1.5.4.6. Αστικές καλλιέργειες

Δεδομένου ότι το κόστος των καυσίμων αυξάνεται, δημιουργείται η ανάγκη της προώθησης της αστική γεωργίας για τη μείωση των μεταφορών των προϊόντων. Στο εξωτερικό είναι πολύ έντονο το ενδιαφέρον για τη χρήση των πράσινων δωματίων στις αστικές καλλιέργειες, αφού η επέκταση των πόλεων προς τις αγροτικές περιοχές έχει μειώσει τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Στην Αμερική η τάση αυτή είναι αρκετά διαδεδομένη. Στο Brooklyn μία εταιρεία παραγωγής αγροτικών προϊόντων βιολογικής καλλιέργειας έγινε η μεγαλύτερη φάρμα σε τσάι στον κόσμο. Στόχος της εταιρείας είναι να ξανασυνδέσει την πόλη με τις αγροτικές καλλιέργειες και την παραγωγή τροφίμων και να αποδείξει ότι η αστική γεωργία μπορεί να αποτελέσει μία βιώσιμη επιχειρηματική δραστηριότητα, συνεισφέροντας στην οικονομία των πόλεων [41].

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET

ΕΚΔΟΣΗ 3.1

2.1. Γενικά

Το ENVI-met είναι ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό μοντέλο⁴ για την προσομοίωση, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό, της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων επιφανειών, της βλάστησης και του αέρα [6]. Επιτρέπει τη διερεύνηση της επίδρασης που ασκούν μικρής κλίμακας παρεμβάσεις στον αστικό ιστό, όπως, για παράδειγμα, η φύτευση δέντρων, η δημιουργία χώρων πρασίνου και η δημιουργία συγκροτημάτων κτιρίων στο αστικό μικροκλίμα. Η χωρική του ανάλυση επιτρέπει την προσομοίωση της παραπάνω αλληλεπίδρασης σε μικρή κλίμακα.

Το μοντέλο εμπεριέχει τους ακόλουθους υπολογισμούς:

- Τη ροή ακτινοβολίας μικρού και μεγάλου μήκους κύματος, λαμβάνοντας υπόψη και τη σκίαση.
- Την ανάκλαση ακτινοβολίας και την ακτινοβολία από τα κτίρια και τη βλάστηση.
- Τη διαπνοή, την εξάτμιση και την αισθητή ροή θερμότητας από τη βλάστηση στον αέρα, με πλήρη προσομοίωση όλων των φυσικών παραμέτρων των φυτών όπως, για παράδειγμα, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης.
- Την επιφανειακή θερμοκρασία και αυτήν των τοίχων, για κάθε σημείο στον κάναβο και κάθε τοίχο.
- Την ανταλλαγή θερμότητας και νερού στην εδαφική μάζα.
- Βιομετεωρολογικές παραμέτρους, όπως η M.R.T. και ο δείκτης P.M.V.
- Τη διασπορά διαφόρων αερίων και σωματιδίων, καθώς και την απόθεση των τελευταίων στα φύλλα και στις επιφάνειες.

Τα κτίρια, η βλάστηση, το έδαφος, οι επιφάνειες και οι πηγές ρύπανσης μπορούν να εισαχθούν στην περιοχή του μοντέλου.

Το ENVI-met βασίζεται σε υπολογισμούς ρευστοδυναμικής (Computational Fluid Dynamics - C.F.D.), οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση προβλημάτων ροής των ρευστών. Έχει σχεδιαστεί για την ανάλυση του μικροκλίματος και της ποιότητας του τοπικού αέρα. Είναι σε θέση να επιλύει σύνθετες, τρισδιάστατες ροές (τυρβώδεις ροές κ.λπ.) υπολογίζοντας/παρέχοντας σύνθετες θερμοκρασιακές κατανομές, ποσοστά υγρασίας, ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος και συγκεντρώσεις αερίων και

⁴ Υδροστατικά μοντέλα είναι αυτά που θεωρούν δεδομένο ότι υπάρχει υδροστατική ισορροπία, δηλαδή ότι το σύνολο των κατακόρυφων δυνάμεων στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε ισορροπία και συνεπώς δεν υπάρχει κατακόρυφη επιτάχυνση [35].

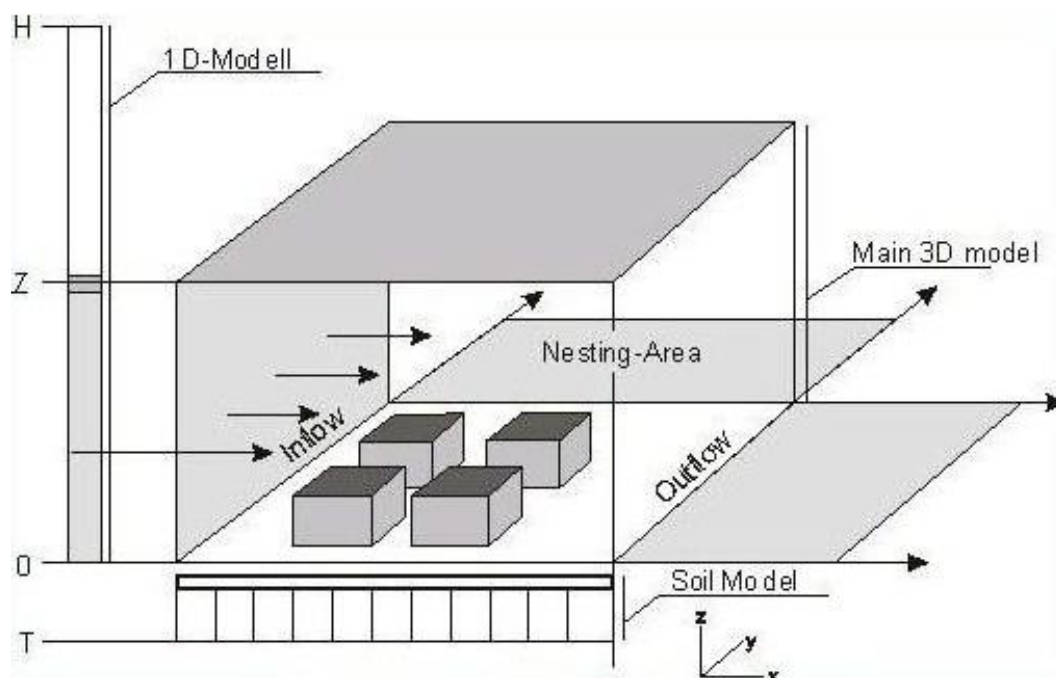
μικροσωματιδίων στον αέρα σε τοπική κλίμακα. Επισημαίνεται, για μία ακόμη φορά, ότι είναι σχεδιασμένο για προσομοιώσεις σε μικρή κλίμακα. Ως ένα C.F.D. μοντέλο, έχει υψηλές απαιτήσεις από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του υπολογιστή (Central Processing Unit - C.P.U.) και γι' αυτό οι προς προσομοίωση περιοχές και οι χρόνοι πρέπει να είναι περιορισμένοι [37].

2.2. Γραφική απεικόνιση και δομή του μοντέλου Envi-met

Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται η βασική δομή ενός μικροκλιματικού μοντέλου όπως το ENVI-met. Η δομή αυτή δεν αφορά μόνο στο εν λόγω μοντέλο αλλά χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα. Είναι σχεδιασμένο στις 3 διαστάσεις του χώρου με τις δύο οριζόντιες (x και y) και τη μία κατακόρυφη (z). Στο εσωτερικό του μπορούν να τοποθετηθούν τα τυπικά στοιχεία που αντιπροσωπεύουν την περιοχή ενδιαφέροντος όπως κτίρια, βλάστηση και διάφορα είδη επιφανειών χρησιμοποιώντας το **αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File .IN)**. Για να γίνει χρήση ενός αριθμητικού μοντέλου, η περιοχή ενδιαφέροντος θα πρέπει να αναχθεί σε μια **εσχάρα κελιών (grid cells)**. Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κελιών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Απ' την άλλη, κάνοντας τα κελιά μικρά, συνεπάγεται ότι απαιτούνται περισσότερα από αυτά για να καλύψουν την εκάστοτε περιοχή. Σε κάθε προσομοίωση απαιτείται ένας συμβιβασμός μεταξύ της ακρίβειας και της ανάλυσης του μοντέλου, στοιχεία που επηρεάζονται άμεσα από τον αριθμό των κελιών. Αναφέρεται στο σημείο αυτό, ως εμπειρικός κανόνας, ότι φτάνοντας τα 100 x 100 x 30 κελιά (ή οποιονδήποτε άλλο συνδυασμό), το μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί μεγάλο και θα απαιτηθεί αρκετός χρόνος επεξεργασίας (CPU) για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Λόγω των περιορισμών που θέτουν οι επεξεργαστές και η διαθέσιμη μνήμη των κοινών Η/Υ, χρησιμοποιούνται διάφορες στρατηγικές ώστε να καλυφθούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερες περιοχές με τα λιγότερα δυνατά κελιά. Μια τέτοια στρατηγική αποτελεί η χρήση ενός πρόσθετου, μονοδιάστατου μοντέλου, 1D-Model, (Εικόνα 2.1). Για να επιτευχθεί μια ακριβής προσομοίωση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στο οριακό στρώμα, είναι απαραίτητο να επεκτείνουμε το μοντέλο σε ένα ύψος το λιγότερο 2500 m. Παρόλο που είναι δυνατό (αλλά όχι απαραίτητο) να επεκτείνουμε ολόκληρο το τρισδιάστατο μοντέλο στο ύψος αυτό, ένα μονοδιάστατο μοντέλο αναλαμβάνει τους υπολογισμούς από την κορυφή του τρισδιάστατου έως την κορυφή ολόκληρου του μοντέλου στα 2500 m. Εκτείνεται από το έδαφος έως τα 2500 m και παρέχει τιμές στην κορυφή του τρισδιάστατου μοντέλου. Επιπλέον, παρέχει το κατακόρυφο

προφίλ όλων των μεταβλητών για το όριο εισροής (Inflow Boundary) του τρισδιάστατου μοντέλου. Το τελευταίο ορίζεται ως το όριο στην προσήνεμη πλευρά του μοντέλου.



Εικόνα 2.1. Το μοντέλο ENVI-met. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

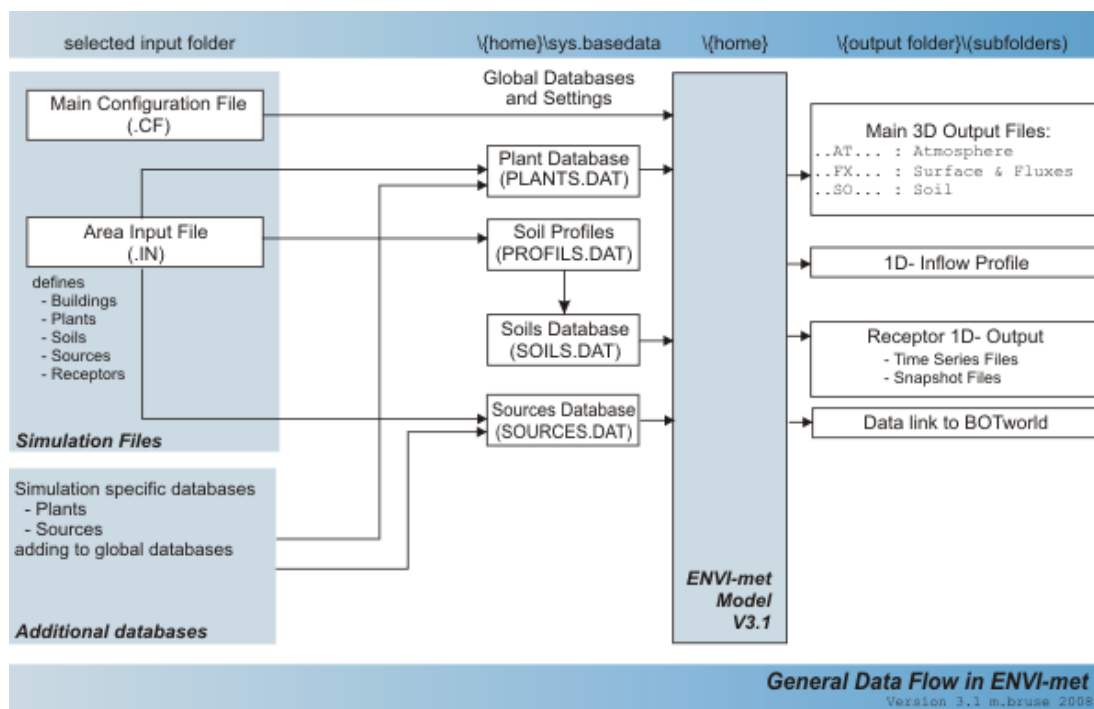
Μια άλλη μέθοδος για την κάλυψη μεγαλύτερων εκτάσεων στο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς ο αριθμός των κελιών της εσχάρας να αυξάνεται υπερβολικά, είναι η χρήση μιας δευτερεύουσας περιοχής (Nesting Area). Η δευτερεύουσα περιοχή είναι μια ζώνη κελιών που περιβάλλει τον πυρήνα του τρισδιάστατου μοντέλου. Όσο τα κελιά απομακρύνονται από τον πυρήνα του μοντέλου, τόσο αυξάνεται το μέγεθός τους. Το γεγονός αυτό επιτρέπει να απομακρυνθούν τα όρια του μοντέλου από τον πυρήνα χωρίς να σπαταληθούν πολλά υπολογιστικά κελιά. Η δευτερεύουσα αυτή περιοχή δημιουργείται αυτόματα από το πρόγραμμα ώστε να επιτευχθεί η εν λόγω απομάκρυνση των ορίων.

Τέλος, το εδαφικό μοντέλο (Soil Model) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μεταφοράς θερμότητας από τις επιφάνειες στην εδαφική μάζα και αντιστρόφως. Επίσης, το υδρολογικό κομμάτι του εδαφικού μοντέλου παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το διαθέσιμο νερό στο έδαφος. Οι πληροφορίες αυτές απαιτούνται για την εκτίμηση της μέγιστης διαπνοής από τη βλάστηση και του διαθέσιμου νερού στην επιφάνεια του εδάφους. Το εδαφικό μοντέλο φτάνει σε βάθος 2 m, όπου οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας θεωρούνται σταθερές κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Οι μεταβλητές που υπολογίζονται είναι η θερμοκρασία του εδάφους και η περιεκτικότητά του σε νερό. Το εδαφικό μοντέλο είναι μονοδιάστατο εκτός από τη θέση (πρώτο κελί) ακριβώς κάτω από την εδαφική επιφάνεια, όπου η θερμοκρασία

υπολογίζεται στις 3 διαστάσεις ώστε να αποφευχθούν μη ρεαλιστικές, με απότομη κλίση κατανομές της θερμοκρασίας στην επιφάνεια.

2.3. Ροή δεδομένων στο ENVI-met V 3.1

Στην Εικόνα 2.2 φαίνεται η ροή των δεδομένων κατά τη λειτουργία του μοντέλου ENVI-met.



Εικόνα 2.2. Ροή δεδομένων. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

2.3.1. Κύριο Αρχείο Διαμόρφωσης (Main Configuration File, .CF)

Στο **.CF (Configuration File)** ορίζονται οι ρυθμίσεις για την εκάστοτε προσομοίωση όπως, για παράδειγμα, το όνομα του **.IN (Area Input File)**, το όνομα των **παραγόμενων αρχείων (Output Files)** ή οι μετεωρολογικές ρυθμίσεις. Κάθε προσομοίωση καθορίζεται από το δικό της **.CF**. Είναι δυνατή η χρήση του ίδιου **.IN** για δύο διαφορετικές αναλύσεις όμως κάθε μια χρειάζεται το δικό της **.CF**.

Κάθε **.CF** περιέχει μια ομάδα βασικών πληροφοριών οι οποίες είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του μοντέλου. Ένα παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 2.3.

```
00:#####ENVI-met Configuration File V3.1
00:#####
00:0MAIN-DATA
01:Name for Simulation (Text):           =Simple Example
02:Input file Model Area                 =C:\mysim\input\street.in
03:Filebase name for Output (Text):     =StreetA
04:Output Directory:                    =C:\mysim\results\StreetA
05:Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): =23.16.1998
06:Start Simulation at Time (HH:MM:SS): =06:00:00
07:Total Simulation Time in Hours:      =24.00
08:Save Model State each ? min         =60
09:Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  =3
10:Roughness Length z0 for Reference Point =0.1
11:Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) =225
12:Initial Temperature Atmosphere [K]   =293
13:Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =7
14:Relative Humidity in 2m [%]          =50
15:Database Plants                       =Plants.dat
```

Εικόνα 2.3. Βασικά δεδομένα του .CF. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστούν κάποιες σημαντικές λεπτομέρειες σχετικά με τη διαμόρφωση του .CF:

Η σειρά εισαγωγής των δεδομένων θα πρέπει να παραμένει ως έχει στο παραπάνω σχήμα. Το ENVI-met δεν ελέγχει τι βρίσκεται μπροστά από την κάθε γραμμή. Χρειάζεται πάντα, για παράδειγμα, το Output Directory να βρίσκεται στη γραμμή 04.

Είναι δυνατή η τοποθέτηση γραμμών με σχόλια-παρατηρήσεις οπουδήποτε αυτό είναι επιθυμητό. Γραμμές οι οποίες αρχίζουν με το σύμβολο «%» αγνοούνται και το πρόγραμμα συνεχίζει διαβάζοντας την επόμενη. Έτσι, όταν αναφερόμαστε στη γραμμή 04, δε μετράμε τις πρόσθετες επεξηγηματικές γραμμές.

Οι πληροφορίες-τιμές σε κάθε γραμμή ξεκινούν με το σύμβολο «=». Είναι σημαντικό να μη χρησιμοποιείται το σύμβολο «<=» στις επεξηγηματικές γραμμές.

Όπως αναφέρθηκε, στην Εικόνα 2.3 φαίνονται όλες οι βασικές και απαραίτητες πληροφορίες ώστε το μοντέλο να μπορεί να λειτουργήσει. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε κάθε γραμμή του παραπάνω σχήματος.

00: Remark Lines

Είναι γραμμές για επεξηγήσεις και προσθήκη σχολίων. Μπορούν να διαγραφούν.

01: Name of Simulation

Εδώ καταχωρείται το όνομα της εκάστοτε προσομοίωσης. Το όνομα αποθηκεύεται στα αρχεία δεδομένων (data files) και φαίνεται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

02: Input File Model Area

Εδώ επιλέγεται το όνομα και ορίζεται η **περιοχή εισαγωγής (Input Area)**. Πρέπει να δίνονται τα πλήρη ονόματα. Για την ανταλλαγή δεδομένων με άλλους χρήστες ή για τη διατήρηση ενός ευέλικτου directory, προτείνεται η χρήση ψευδωνύμων (alias) αντί των κανονικών ονομάτων των αρχείων. Το ENVI-met διαθέτει τα ακόλουθα ψευδώνυμα συστήματος:

«[HOME]» : Ο φάκελος όπου είναι εγκατεστημένο το πρόγραμμα.

«[INPUT]» = [HOME] \ INPUT

«[OUTPUT]» = [HOME] \ OUTPUT

Όλα τα υπόλοιπα ψευδώνυμα θα πρέπει να οριστούν στο **MYALIAS.DAT**. Για παράδειγμα, εάν το ENVI-met είναι εγκατεστημένο στη θέση «C:\envimet», το αρχείο με το όνομα «[INPUT] \ myfiles \ test.in» θα βρίσκεται στη θέση: «C: \ envimet \ input \ myfiles \ test.in». Η έκδοση 3.1 του ENVI-met υποστηρίζει μεγάλα ονόματα αρχείων και κενά στα ονόματα.

03: Filebase Name for Output

Το όνομα αυτό θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία του ονόματος των παραγόμενων αρχείων (Output Files). Υπάρχει ο περιορισμός ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται έγκυρα ονόματα για το εκάστοτε λειτουργικό σύστημα. Στα WINDOWS, για παράδειγμα, το όνομα «Trees+Houses» δεν είναι έγκυρο. Το ENVI-met θα προσπαθεί να δημιουργήσει Output αρχεία που θα περιέχουν τον όρο «Trees+Houses» αλλά το λειτουργικό σύστημα δε θα τα δέχεται εξαιτίας του «+». Επίσης δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται οτιδήποτε το οποίο μπορεί να εκληφθεί ως πληροφορία για το directory.

04 Output Directory

Είναι η θέση όπου το ENVI-met γράφει/τοποθετεί τα παραγόμενα δεδομένα (Output Data). Επίσης, παράγεται μια σειρά από υποφακέλους ώστε τα δεδομένα να αποκτήσουν καλύτερη δομή. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κανονικά ονόματα αρχείων καθώς και ψευδώνυμα αρχείων (alias).

05,06: Start Simulation at Date/Time

Εδώ επιλέγεται ο χρόνος (χρόνος μοντέλου) έναρξης των υπολογισμών. Πρέπει να δίνεται υπό τη μορφή DD.MM.YYYY, HH:MM:SS (π.χ. 03.05.2010, 06:00:00) διότι σε ένα αριθμητικό μοντέλο είναι απαραίτητος ο χρόνος έναρξης. Αυτός δε θα πρέπει να τοποθετείται

αργά το απόγευμα διότι το μοντέλο δε θα μπορεί να «μαντέψει» τις σωστές αρχικές συνθήκες. Ο καλύτερος χρόνος έναρξης είναι τη νύχτα ή το ξημέρωμα, ώστε οι υπολογισμοί να μπορούν να παρακολουθούν τις ατμοσφαιρικές διεργασίες.

07: Total Simulation Time in Hours

Είναι ο χρόνος για τους υπολογισμούς. Θα πρέπει να είναι, το λιγότερο, 6 ώρες, ανάλογα με το πρόβλημα, ενδεχομένως μεγαλύτερος. Εάν χρησιμοποιηθεί μικρότερος χρόνος, τα τελικά αποτελέσματα θα είναι επηρεασμένα από τις αρχικές συνθήκες.

08: Save model state each ? min

Στη θέση αυτή καθορίζεται το χρονικό διάστημα, μετά την πάροδο του οποίου και κάθε φορά, καταγράφεται η κατάσταση του μοντέλου στο δίσκο. Επιπρόσθετα, μια τελική ομάδα δεδομένων καταγράφεται με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Τα παραπάνω αναφέρονται στα κύρια αρχεία προσομοίωσης (**Main Simulation Files**). Για τους υποδοχείς (**Receptors**) μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό χρονικό διάστημα εξαγωγής δεδομένων.

09: Wind Speed in 10 m above ground

Αυτό είναι το πρώτο από μία σειρά μετεωρολογικών δεδομένων που εισάγονται (**Input Data**) για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης. Καθορίζει την ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος και δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη της.

10: Roughness Length z_0 at Reference Point

Είναι δεδομένο συμπληρωματικό της ταχύτητας του ανέμου. Αντιπροσωπεύει την τραχύτητα της επιφάνειας στην περιοχή όπου μετράται η ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος. Τα δύο αυτά δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του γεωστροφικού ανέμου. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη της προσομοίωσης.

11: Wind Direction

Είναι η διεύθυνση του ανέμου σε μοίρες, όπου το 0 αντιστοιχεί στο Βορά (ή στην πάνω πλευρά της κάτοψης της εξεταζόμενης περιοχής), το 90 στην Ανατολή (ή στα αριστερά) και ούτω καθ' εξής. Αν η κάτοψη της υπό ανάλυση περιοχής έχει περιστραφεί, η διεύθυνση εισροής του ανέμου θα αλλάξει αφού οι μοίρες αναφέρονται στο γήινο σύστημα συντεταγμένων.

12: Initial Temperature Atmosphere

Στη θέση αυτή καθορίζονται οι αρχικές θερμοκρασιακές τιμές για όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας και μια σταθερή θερμοκρασία αναφοράς σε ύψος 2500 m. Η θερμοκρασία δίνεται πάντα ως λανθάνουσα. Το ENVI-met αρχίζει με μηδενική κλίση (κατακόρυφη κατανομή) και αφήνει τη θερμική στρωματοποίηση να αναπτυχθεί κατά την έναρξη με βάση την αρχική επιφανειακή θερμοκρασία.

13: Specific Humidity in 2500 m

Τιμή της ειδικής υγρασίας στην κορυφή του μοντέλου. Καθορίζεται, κατά βάση, από τις μετατοπισμένες, μέσης κλίμακας αέριες μάζες και όπως στις περιπτώσεις της θερμοκρασίας και του γεωστροφικού ανέμου, παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

14: Relative Humidity in 2 m

Σχετική υγρασία σε ύψος 2 m. Δίνεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%). Χρησιμοποιείται μαζί με την ειδική υγρασία στα 2500 m για τον υπολογισμό της κατακόρυφης κατανομής της υγρασίας. Δεν χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη της προσομοίωσης.

15: Database Plants

Αυτή η γραμμή δεν χρησιμοποιείται πλέον, αλλά πρέπει να διατηρείται στο αρχείο .CF. Το καθολικό αρχείο plants.dat πρέπει να βρίσκεται στο \ sys.basedata.

Με τις παραπάνω πληροφορίες το μοντέλο ENVI-met είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μια προσομοίωση. Πέραν των προηγούμενων, υπάρχουν πολλές ακόμη επιλογές που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί και μπορούν να προστεθούν στο .CF σαν διαφορετικοί **τομείς (sections)**. Κάθε section αρχίζει με μια λέξη «κλειδί» (π.χ. «[SOIL]» για τα εδάφη) και στη συνέχεια ακολουθούν οι ρυθμίσεις. Παρακάτω δίνεται μια λίστα με όλα τα **sections** του ENVI-met:

[POSITION]

Καθορίζει τη θέση του μοντέλου στη γη, για την οποία γίνεται η προσομοίωση (Εικόνα 2.4). Είναι σημαντικό για τον υπολογισμό της θέσης του ήλιου και την ένταση της ακτινοβολίας του.

```
00: [POSITION] _____  
01: Longitude (+:east -:west) in dec. deg:      =7.50  
02: Latitude (+:northern -:southern) in dec.deg: =53.00  
03: Longitude Time Zone Definition:            =15.00
```

Εικόνα 2.4. Section [POSITION]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[SOILDATA]

Καθορίζονται η αρχική θερμοκρασία και υγρασία στο έδαφος και στις επιφάνειες του μοντέλου (Εικόνα 2.5). Οι ρυθμίσεις για τη θερμοκρασία και την υγρασία αφορούν σε 3 στρώσεις.

```
00: [SOILDATA] _____ Settings for Soil  
01: Initial Temperature Upper Layer (0-20 cm) [K]=293  
02: Initial Temperature Middle Layer (20-50 cm) [K]=293  
03: Initial Temperature Deep Layer (below 50 cm) [K]=293  
04: Relative Humidity Upper Layer (0-20 cm)      =50  
05: Relative Humidity Middle Layer (20-50 cm)    =60  
06: Relative Humidity Deep Layer (below 50 cm)    =60
```

Εικόνα 2.5. Section [SOILDATA]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[LOCALDB]

Πέραν της καθολικής βάσης δεδομένων που είναι διαθέσιμη για όλες τις προσομοιώσεις (**PLANTS.DAT**, **SOURCES.DAT**), μπορούν να οριστούν τοπικές βάσεις δεδομένων οι οποίες θα ανήκουν σε μία, συγκεκριμένη προσομοίωση ή σε μια σειρά από αυτές (Εικόνα 2.6).

```
00: [LOCALDB] _____  
01: Filename additional plants      =[mydir]\MyPlants.dat  
02: Filename additional sources     =c:\myplants.dat
```

Εικόνα 2.6. Section [LOCALDB]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[TIMING]

Το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα για αλλαγές διαφόρων χρονικών ρυθμίσεων που αφορούν σε διεργασίες οι οποίες δεν υπολογίζονται σε κάθε χρονικό βήμα (Εικόνα 2.7). Δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από τα προκαθορισμένα (default). Το ENVI-met θα ελέγχει τα χρονικά βήματα και θα δίνει μηνύματα λάθους εάν υπάρχει πρόβλημα. Τα τελευταία θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη.

```

00: [TIMING] _____ Update & Save Intervals
01: Update Surface Data each ? sec          =30.0
02: Update Wind and Turbulence each ? sec   =900
03: Update Radiation and Shadows each ? sec =600
04: Update Plant Data each ? sec           =600

```

Εικόνα 2.7. Section [TIMING]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[TURBULENCE]

Το section αυτό αλληλεπιδρά με το εσωτερικό μοντέλο στροβιλισμού (τύρβης). Το ENVI-met δίνει τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα στο προγνωστικό, 1.5^{ης} τάξης, E- Epsilon μοντέλο περάτωσης (default) και στο διαγνωστικό, 1^{ης} τάξης, μignonόμενου μήκους μοντέλο (Εικόνα 2.8).

```

00: [TURBULENCE] _____ Options Turbulence Models
01: Turbulence Closure ABL (0:diagn.,1:prognos.) =1
02: Turbulence Closure 3D Model (0,1 see above) =1
03: Upper Boundary for e-epsilon (0:clsd.,1:op.) =0

```

Εικόνα 2.8. Section [TURBULENCE]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[BUILDING]

Τα κτίρια είναι ενεργά στοιχεία της περιοχής του μοντέλου και γι' αυτό είναι απαραίτητο ένα σύνολο δεδομένων για να προσομοιωθούν σωστά (Εικόνα 2.9). Στην έκδοση 3.1, οι ρυθμίσεις-ιδιότητες εφαρμόζονται ίδιες σε όλα τα κτίρια. Για παράδειγμα, δεν μπορούν να οριστούν διαφορετικές θερμικές ιδιότητες ή χρώματα σε μια μεμονωμένη κατασκευή (θα είναι δυνατό σε μελλοντικές εκδόσεις). Η θερμικός ρόλος ενός συγκροτήματος κτιρίων καθορίζεται από την εσωτερική θερμοκρασία (η οποία διατηρείται σταθερή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης) και τη θερμική ακτινοβολία διαμέσου των τοίχων και της οροφής. Επιπλέον, χρειάζεται ο δείκτης ανακλαστικότητας (albedo) των τοίχων και το οροφών. Σημειώνεται, ακόμη, ότι οι οροφές είναι πάντα επίπεδες (στην παρούσα έκδοση δεν είναι δυνατή η προσομοίωση οροφών με κλίση) και ότι είναι δυνατή η προσομοίωση της αποθήκευσης θερμότητας στους τοίχους.

00: [BUILDING]	Building properties
01: Inside Temperature [K]	293
02: Heat Transmission Walls [W/m ² K]	1.94
03: Heat Transmission Roofs [W/m ² K]	6
04: Albedo Walls	0.2
05: Albedo Roofs	0.3

Εικόνα 2.9. Section [BUILDING]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[NESTINGAREA]

Πέραν της «κύριας» περιοχής του μοντέλου, η οποία ορίζεται στο **.IN**, το ENVI-met δημιουργεί μια ζώνη δευτερευόντων κελιών γύρω από την πρώτη, ώστε να απομακρύνει τα όρια μακριά από την περιοχή ενδιαφέροντος και να ελαχιστοποιήσει την επιρροή τους στα αποτελέσματα της ανάλυσης. Κάθε αριθμητικό μοντέλο και ειδικά τρισδιάστατα μοντέλα όπως το ENVI-met, δε δουλεύουν αξιόπιστα στα όριά τους και στα κελιά κοντά σ' αυτά. Έτσι, η καλύτερη λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να απομακρυνθούν τα όρια όσο το δυνατόν περισσότερο από την περιοχή ενδιαφέροντος («πυρήνα» του μοντέλου). Το πρόβλημα αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι το μοντέλο δε μπορεί να υπολογίσει πραγματικές τιμές για κελιά κατά μήκος των ορίων (και ειδικά για κελιά που αποτελούν τα ίδια τα όρια). Στα σημεία αυτά λείπει τουλάχιστον ένα γειτονικό κελί και μόνο απλουστευτικές υποθέσεις μπορούν να γίνουν, ώστε να ληφθούν τιμές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο. Αυτές οι υποθέσεις μπορεί να είναι ότι οι τιμές είναι σταθερές σε αυτά τα σημεία και ονομάζονται **εξαναγκασμένες ή κλειστές συνοριακές συνθήκες (forced or closed Lateral Boundary Condition ~ forced or closed LBC)**, ότι οι τιμές από εσωτερικότερα κελιά αντιγράφονται σε αυτά στα όρια και ονομάζονται **ανοιχτές συνοριακές συνθήκες (open LBC)** ή, τέλος, ότι οι τιμές στο όριο εκροής (outflow boundary) αντιγράφονται στο όριο εισροής (inflow boundary) και ονομάζονται **κυκλικές συνοριακές συνθήκες (cyclic LBC)**. Επιλογή των LBC μπορεί να γίνει για τις μεταβλητές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της τύρβης.

Για το πεδίο ροής θα χρησιμοποιούνται **open LBC** σε κάθε περίπτωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι καμία επιλογή LBC δεν υπερτερεί γενικά έναντι των άλλων δύο και θα πρέπει, ανάλογα με την εξεταζόμενη κάθε φορά περίπτωση, να γίνεται αυτή που περιγράφει πιστότερα τις πραγματικές συνθήκες.

```

00: [NESTINGAREA] _____ Settings for Nesting area
01: Use aver. solar input in nesting area (0:n,1:y) = 1
02: Include nesting grids in output (0:n, 1:y)      = 0

```

Εικόνα 2.10. Section [NESTINGAREA]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[PMV]

Εκτός από τον υπολογισμό καθαρά μετεωρολογικών δεδομένων, το ENVI-met περιλαμβάνει και ένα απλό βιομετεωρολογικό μοντέλο για την πρόβλεψη της θερμικής άνεσης μέσα στην εξεταζόμενη περιοχή. Το P.M.V. (Predicted Mean Vote) είναι, πιθανώς, το καλύτερο γνωστό μοντέλο τέτοιου είδους. Βασιζόμενο στο μοντέλο του Fanger (1972), συσχετίζει την ενεργειακή ισορροπία του ανθρώπινου σώματος με την προσωπική αίσθηση θερμικής άνεσης ενός ατόμου που εκτίθεται στις εξεταζόμενες συνθήκες. Επιπλέον, το ENVI-met υπολογίζει το δείκτη P.P.D. (Predicted Percentage of Dissatisfied), ο οποίος σχετίζεται άμεσα με τον P.M.V. και εκφράζει το ποσοστό των δυσαρεστημένων με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες ατόμων. Για τον υπολογισμό των δεικτών αυτών θα πρέπει να δημιουργηθεί Section [PMV] στο .CF (Εικόνα 2.11).

```

00: [PMV] _____ Settings for PMV-Calculation
01: Walking Speed (m/s)                               0.0
02: Energy-Exchange (Col. 2 M/A)                      116
03: Mech. Factor                                       0.0
04: Heat transfer resistance cloths                    0.5

```

Εικόνα 2.11. Section [PMV]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[PLANTMODEL]

Για να υπολογιστεί η διαπνοή των φυτών, είναι απαραίτητη η γνώση της αντίστασης των πόρων τους. Οι πόροι είναι ενεργά μέρη του συστήματος της βλάστησης και αντιδρούν σε περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα και το διαθέσιμο νερό στο έδαφος. Το ENVI-met διαθέτει δύο μεθόδους υπολογισμού της αντίστασης των πόρων (Εικόνα 2.12). Μια απλή, βασισμένη στην εργασία του Deardorff (1978) και μια ιδιαίτερα πολύπλοκη η οποία ονομάζεται μοντέλο A-gs και ακολουθεί την εργασία του Jacobs (1994).

```
00: [PLANTMODEL] _____ Settings for plant model
01: Stomata res. approach (1=Deardorff, 2=A-gs) =2
02: Background CO2 concentration [ppm] =350
```

Εικόνα 2.12. Section [PLANTMODEL]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[RECEPTORS]

Οι **receptors (υποδοχείς)** είναι επιλεγμένα σημεία στην περιοχή του μοντέλου, στα οποία οι διαδικασίες στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος παρακολουθούνται λεπτομερώς. Υπάρχουν δύο τρόποι να οριστούν. Ο πρώτος είναι μέσω του **.IN** και ο δεύτερος μέσω του **.CF**. Παρόλο που ο κάθε τρόπος έχει τα πλεονεκτήματά του, συνήθως όλοι οι receptors αποθηκεύονται στο **.IN** ενώ το **section [RECEPTORS]** χρησιμοποιείται μόνο για να καθορίζονται τα χρονικά διαστήματα εξαγωγής και αποθήκευσης των αποτελεσμάτων στους αντίστοιχους φακέλους. Σημειώνεται, ακόμη, ότι ο ορισμός receptors στο **.CF** διατηρείται, κυρίως, για λόγους συμβατότητας ανάμεσα στις εκδόσεις του προγράμματος (Εικόνα 2.13).

```
00: [RECEPTORS] _____
01: RECEPTOR 1 Coordinate =6, 6
02: RECEPTOR 2 Coordinate =10, 5
03: RECEPTOR x Coordinate =20, 20
...
n : Save receptors each ? min =30
```

Εικόνα 2.13. Section [RECEPTORS]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[TIMESTEPS]

Στις προηγούμενες εκδόσεις, το **χρονικό βήμα (time step)** ήταν σταθερό με τιμή 10 sec. Αποδείχθηκε, όμως, ότι μπορεί να είναι πολύ μεγάλο για ορισμένες περιπτώσεις με συνέπεια να προκύπτουν προβλήματα αριθμητικής αστάθειας. Στην έκδοση 3.1 μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό βήμα. Κριτήριο επιλογής αποτελεί το ύψος του ήλιου. Μικρότερα χρονικά βήματα απαιτούνται, συνήθως, όταν η ηλιοφάνεια και, κατά συνέπεια, η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη ενώ μεγαλύτερα μπορούν να χρησιμοποιούνται τις πρωινές και τις βραδινές ώρες. Το ύψος του ήλιου χωρίζεται σε 3 διαστήματα, τα οποία ορίζονται από 2 οριακές τιμές A και B (height A και height B). Τα διαστήματα αυτά είναι:

- Διάστημα 1: Ύψος ήλιου < Ύψος A
- Διάστημα 2: Ύψος A ≤ Ύψος ήλιου < Ύψος B
- Διάστημα 3: Ύψος B ≤ Ύψος ήλιου

Μπορούν να οριστούν διαφορετικά χρονικά βήματα σε κάθε διάστημα. Κανονικά, το βήμα στο διάστημα 3 θα πρέπει να είναι το μικρότερο καθώς το διάστημα αυτό είναι ενεργό όταν το ύψος του ήλιου βρίσκεται στο μέγιστο. Ακόμη, είναι δυνατόν να αλλαχθούν οι οριακές τιμές A και B που ορίζουν τα διαστήματα. Οι παραπάνω ρυθμίσεις πραγματοποιούνται στο **Section [TIMESTEPS]** (Εικόνα 2.14).

```
00:[TIMESTEPS] _____ Dynamic Time steps
01:Sun height for switching dt(0) -> dt(1)      =40
02:Sun height for switching dt(1) -> dt(2)      =50
03:Time step (s) for interval 1 dt(0)           =10.0
04:Time step (s) for interval 2 dt(1)           =5.0
05:Time step (s) for interval 3 dt(2)           =2.0
```

Εικόνα 2.14. Section [TIMESTEPS]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[LBC-TYPES]

Όπως αναφέρθηκε, τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα σαν το ENVI-met παρουσιάζουν προβλήματα αξιοπιστίας στα όρια του προσομοιώματος, με αποτέλεσμα την αναγκαστική υιοθέτηση απλουστευτικών παραδοχών στην περιοχή τους. Αυτές οι παραδοχές μπορεί να είναι ότι οι τιμές είναι σταθερές σε αυτά (**forced or closed LBC**), ότι οι τιμές από εσωτερικότερα κελιά (οι τιμές από το μονοδιάστατο μοντέλο) αντιγράφονται σε αυτά στα όρια (**open LBC**) ή ότι οι τιμές στο όριο εκροής αντιγράφονται στο όριο εισροής (**cyclic LBC**) (Εικόνα 2.15).

```
00:[LBC-TYPES] _____ Types of lateral boundary conditions
01:LBC for T and q (1:open, 2:forced, 3:cyclic) =1
02:LBC for TKE (1:open, 2:forced, 3:cyclic)     =2
```

Εικόνα 2.15. Section [LBC-TYPES]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[SOURCES]

Οι **πηγές (sources)** αποτελούν τις πιο πολύπλοκες εισαγόμενες πληροφορίες (input data) διότι πρέπει να περιέχουν:

- Την τοποθεσία των sources
- Το ρυθμό εκπομπής
- Τον τύπο του εκπεμπόμενου στοιχείου

Η τοποθεσία των sources ορίζεται στο **.JN** και οι ρυθμοί εκπομπής και τα ύψη στη βάση δεδομένων **SOURCES.DAT**, σε μια τοπική βάση δεδομένων (local database). Τέλος, ο τύπος της πηγής (αέριο, στοιχείο) ορίζεται στο **.CF**. Προς το παρόν, μπορεί να οριστεί μόνο ένα

εκπεμπόμενο στοιχείο στο μοντέλο (αλλά μπορούν να οριστούν διαφορετικές πηγές σε διαφορετικά σημεία). Έτσι, οι ρυθμίσεις στο **.CF** εφαρμόζονται σε όλες τις πηγές του μοντέλου.

Μια ειδική περίπτωση είναι αυτή των πηγών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Καθώς το ENVI-met θα πρέπει να υπολογίσει τη συγκέντρωση CO₂ στον αέρα, όταν χρησιμοποιείται το μοντέλο A-gs οι πηγές CO₂ θα προστίθενται στο εσωτερικό μοντέλο CO₂ και όχι στο μοντέλο αερίων/στοιχείων. Τέλος, το ENVI-met μπορεί να χειριστεί sources μικροσωματιδιακής ύλης (Particulate Matter ~ P.M.) στον ίδιο βαθμό με τα αέρια. Για τα τελευταία, το μοντέλο δεν υπολογίζει χημικές διεργασίες. Η προσομοίωση της διασποράς των σωματιδίων περιλαμβάνει την καθίζηση και την εναπόθεση σε επιφάνειες και σε φύλλα φυτών, ανάλογα με το μέγεθος και την πυκνότητα των σωματιδίων.

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

Εικόνα 2.16. Section [SOURCES]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[CLOUDS]

Οι αναλύσεις με το μοντέλο ENVI-met πραγματοποιούνται, συνήθως, σε συνθήκες απουσίας σύννεφων διότι οι χωρικές και οι χρονικές διαφοροποιήσεις μπορούν να παρατηρηθούν καλύτερα. Πάντως, σε περίπτωση που απαιτηθεί η προσομοίωση να περιλαμβάνει κάλυψη από σύννεφα, αυτά μπορούν να ληφθούν υπόψη μέσω του **section [CLOUDS]** (Εικόνα 2.17).

```
00: [CLOUDS] _____ Cloud cover
01: Fraction of LOW clouds (x/8) 0
02: Fraction of MEDIUM clouds (x/8) 0
03: Fraction of HIGH clouds (x/8) 0
```

Εικόνα 2.17. Section [CLOUDS]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

[SOLARADJUST]

Το section αυτό επιτρέπει τη ρύθμιση της μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας που υπολογίζει το ENVI-met (Εικόνα 2.18). Σε κάποιες περιοχές, οι ροές ηλιακής ενέργειας που υπολογίζονται από τις εσωτερικές μεθόδους του μοντέλου, μπορεί να

είναι συστηματικά πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές. Στις περιπτώσεις αυτές είναι δυνατή η ρύθμιση των τιμών των ροών στο 50% έως 150% των αρχικών που υπολογίζει το ENVI-met. Σημειώνεται ότι στην παρούσα έκδοση μπορεί να ρυθμιστεί ο πλήρης ημερήσιος κύκλος και όχι κάποιες ώρες μεμονωμένα.

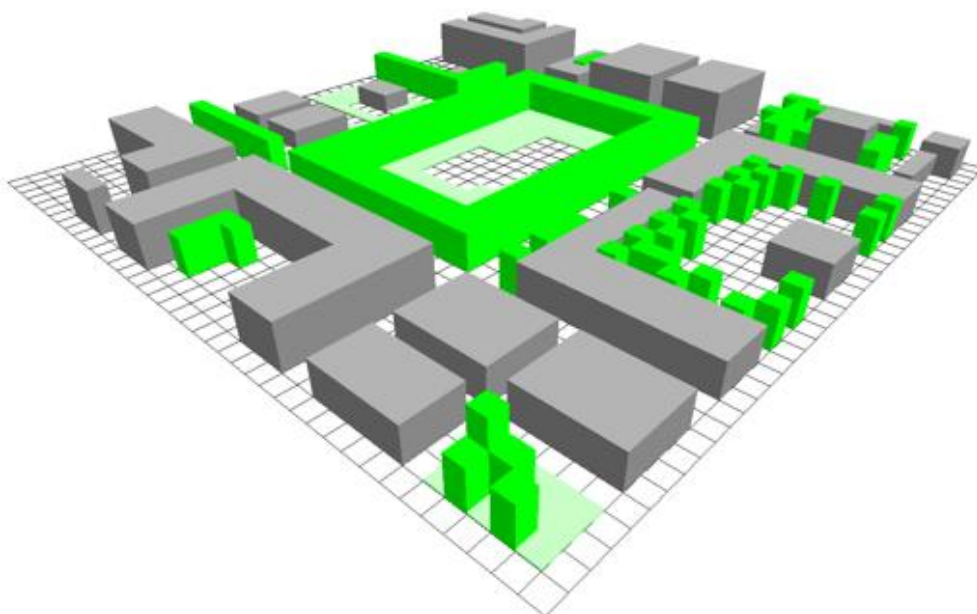
```
00: [SOLARADJUST] _____  
01: Factor of shortwave adjustment (0.5 to 1.5) =1.0
```

Εικόνα 2.18. Section [SOLARADJUST]. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Αναφέρεται, τέλος, ότι τα sections επιτρέπουν την αντικατάσταση προκαθορισμένων τιμών (default values) του μοντέλου ENVI-met. Κάποια sections θα περιλαμβάνονται σε κάθε .CF φάκελο και κάποια σπάνια ή ποτέ. Αν ένα section δεν περιλαμβάνεται στο .CF, χρησιμοποιούνται οι προκαθορισμένες τιμές.

2.3.2. Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής (Area Input File, .IN)

Τα αρχεία .IN είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την εργασία με το πρόγραμμα ENVI-met. Σε καθένα από αυτά (κάθε προσομοίωση απαιτεί το δικό της ξεχωριστό .IN) καθορίζεται με λεπτομέρεια η γεωμετρία του περιβάλλοντος του μοντέλου, δηλαδή του χώρου/περιοχής που προσομοιώνεται.

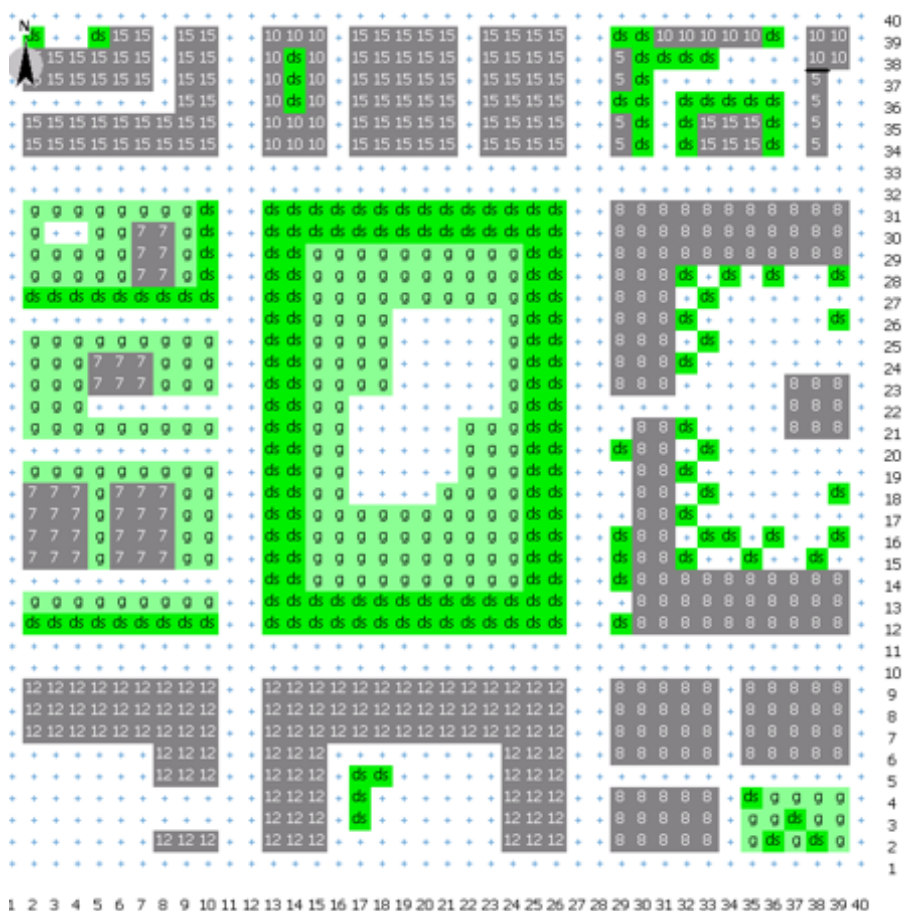


Εικόνα 2.19. Τρισδιάστατη άποψη της περιοχής προσομοίωσης του μοντέλου. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Πιο συγκεκριμένα, καθορίζονται:

- Η θέση και το ύψος των κτιρίων
- Η θέση των φυτών
- Η κατανομή των υλικών των επιφανειών και οι τύποι εδάφους
- Η θέση των sources (πηγές)
- Η θέση των receptors (υποδοχείς)
- Συνδέσεις με βάσεις δεδομένων
- Η γεωγραφική θέση και ο προσανατολισμός του μοντέλου

Την περιοχή του μοντέλου αποτελεί ένα ορθογώνιο (παραλληλεπίπεδο) το οποίο εκτείνεται κατά x, y και z. Στο **.IN** δε φαίνεται η διάσταση z, όμως αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του μοντέλου. Στο σχήμα που ακολουθεί (Εικόνα 2.20) φαίνεται το ίδιο παράδειγμα, που παραπάνω παρουσιάστηκε σε τρισδιάστατη μορφή, όπως αυτό εμφανίζεται στο **ENVI-met Editor**.



Εικόνα 2.20. Περιοχή του μοντέλου, όπως αυτή φαίνεται στο ENVI-met Editor. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Στην έκδοση 3.1, το πλήθος των δευτερευόντων κελιών, δηλαδή το εύρος της δευτερεύουσας ζώνης γύρω από την κύρια, αποθηκεύεται στο **.IN** και όχι στο **.CF**. Στο **.IN** αποθηκεύονται, επίσης, οι πληροφορίες για το έδαφος που αφορούν στα δευτερεύοντα κελιά (**nesting grids**) καθώς ακόμα και η περιστροφή (προσανατολισμός) του μοντέλου.

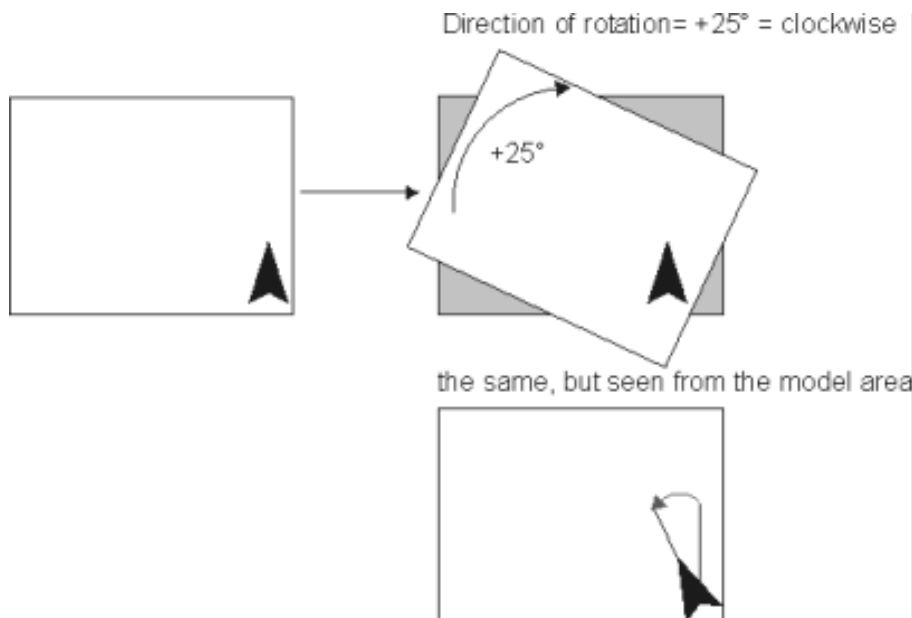
Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, για λόγους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, δημιουργείται μια δευτερεύουσα ζώνη γύρω από τον «πυρήνα» του μοντέλου. Όσο αυξάνεται το εύρος της ζώνης αυτής, τόσο μειώνεται η πιθανότητα να υπάρξουν αριθμητικά προβλήματα. Το ENVI-met θα ειδοποιεί το χρήστη μετά την πάροδο χρονικού διαστήματος 10 δευτερολέπτων σε περίπτωση που το πεδίο ροής είναι ασταθές, προτείνοντας την αύξηση του πλήθους των δευτερευόντων κελιών. Σημειώνεται ότι είναι προκαθορισμένο τα δευτερεύοντα κελιά να μην συμπεριλαμβάνονται στα **αρχεία εξαγωγής αποτελεσμάτων (output files)** και άρα δεν μπορούν να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα εκεί. Για να εμφανιστεί ολόκληρη η περιοχή του μοντέλου θα πρέπει να συμπεριληφθούν στα output files.

Όσον αφορά στις πληροφορίες για το έδαφος στα δευτερεύοντα κελιά, καθώς αυτά δημιουργούνται αποκλειστικά στην εσωτερική μνήμη του προγράμματος, δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν εκεί κτίρια ή να τροποποιηθεί το εδαφικό προφίλ. Για να καταστεί δυνατός ο καθορισμός ενός εδαφικού προφίλ στην δευτερεύουσα περιοχή (**nesting area**) το ENVI-met δημιουργεί ένα μοτίβο σκακιέρας (διάταξη ζατρικού) με δύο εδαφικά προφίλ, A και B. Αυτά μπορεί να αποτελούνται από το ίδιο είδος εδάφους ή από διαφορετικό. Για παράδειγμα, αν η περιοχή που περιβάλλει το μοντέλο αποτελείται από έναν συνδυασμό «φραγμένων» (δρόμοι) και ελεύθερων (π.χ. αργιλικών) επιφανειών, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια «φραγμένη» επιφάνεια για το εδαφικό προφίλ A και μια ελεύθερη επιφάνεια για το B.

Ένα άλλο θέμα που αφορά στην δευτερεύουσα περιοχή είναι αυτό της ακτινοβολίας. Καθώς δεν υπάρχουν κτίρια σε αυτήν, η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς καμία απομείωση με αποτέλεσμα μια μη ρεαλιστική υπερεκτίμηση της επιφανειακής θερμοκρασίας, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται μόνο «φραγμένες» επιφάνειες ως εδαφικό προφίλ. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος το ENVI-met μπορεί να χρησιμοποιήσει μέσες τιμές ακτινοβολίας από την περιοχή του «πυρήνα» του μοντέλου αντί των κανονικών ροών ακτινοβολίας στη δευτερεύουσα περιοχή. Η ενεργοποίηση αυτής της λειτουργίας γίνεται στο **section [NESTINGAREA]** του **.CF**.

Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να διευκολύνει ένας διαφορετικός προσανατολισμός του μοντέλου από τον προκαθορισμένο (ο Y άξονας να δείχνει προς το Βορά). Για παράδειγμα, αν μελετάται μια αστική «χαράδρα» (την οποία δημιουργεί ένας δρόμος μέσα στον ιστό της

πόλης) με διαφορετικό προσανατολισμό, είναι ασύμφορο να «στρίψουμε σε βήματα» τα κτίρια που βρίσκονται κατά μήκος της. Αντ' αυτού, θα στραφεί ολόκληρη η περιοχή του μοντέλου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.21. Η θετική φορά περιστροφής του μοντέλου είναι η σύμφωνη με τους δείκτες του ρολογιού. Η περιοχή του μοντέλου στο παράδειγμα της Εικόνας 2.21 (λευκό ορθογώνιο) έχει περιστραφεί ωρολογιακά κατά 25° σε σχέση με την αρχική θέση (γκρι ορθογώνιο). Η διεύθυνση σχετίζεται πάντα με την περιοχή του μοντέλου και όχι με το γενικότερο χάρτη, οπότε στην περίπτωση που θελήσει κανείς να τοποθετήσει τον τελευταίο στο μοντέλο, θα πρέπει να τον στρέψει ακριβώς αντίθετα, εν προκειμένω κατά 25° αντίθετα με τους δείκτες του ρολογιού. Επίσης, αν σχεδιάσουμε στην περιοχή του μοντέλου ένα βέλος που δείχνει στο Βορά, μια στροφή ωρολογιακής φοράς θα έχει ως αποτέλεσμα μια στροφή φοράς αντίθετης των δεικτών του ρολογιού για το εν λόγω βέλος (Εικόνα 2.21).



Εικόνα 2.21. Περιστροφή του μοντέλου. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Για τη ρύθμιση του προσανατολισμού του μοντέλου χρησιμοποιείται ο **ENVI-met Editor**. Σημειώνεται, τέλος, ότι όλα τα εισαγόμενα και όλα τα εξαγόμενα δεδομένα αναφέρονται στο κανονικό σύστημα συντεταγμένων. Για παράδειγμα, μια διεύθυνση ανέμου 90° σημαίνει ότι ο άνεμος έρχεται από τα ανατολικά. Εάν το μοντέλο έχει περιστραφεί, αυτό δεν σημαίνει αυτόματα ότι ο εν λόγω άνεμος έρχεται από τη δεξιά πλευρά του μοντέλου.

2.3.3. Αρχεία Βάσης Δεδομένων (Database Files)

2.3.3.1. Εισαγωγή

Πέραν των δύο βασικών αρχείων που είναι απαραίτητα για κάθε προσομοίωση (το Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής .IN και το Κύριο Αρχείο Διαμόρφωσης .CF), το πρόγραμμα ENVI-met χρειάζεται πολλές επιπλέον πληροφορίες σχετικές με τις επιφάνειες, τη βλάστηση και τις πηγές εκπομπής αερίων/μικροσωματιδίων στην περιοχή του μοντέλου. Για όλα αυτά τα δεδομένα η φιλοσοφία του προγράμματος είναι η ίδια, δηλαδή κάθε εισαγωγή δεδομένου καθορίζεται από 2 αλφαριθμητικά σύμβολα, για παράδειγμα, «a0» που αποτελούν την ταυτότητα/τον κωδικό του δεδομένου. Έτσι, εάν ένα φυτό έχει ορισθεί ως «a0» στη βάση δεδομένων των φυτών (Plant Database ~ PLANTS.DAT) μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα στο .IN βάζοντας τον κωδικό «a0» στην επιθυμητή θέση στον κánaβο.

Γενικά, τα αρχεία βάσης δεδομένων προορίζονται να λειτουργούν ως καθολικά αρχεία (global files) τα οποία αποθηκεύονται στη θέση /input system directory του ENVI-met και χρησιμοποιούνται σε κάθε προσομοίωση. Επομένως το φυτό «a0» θα είναι το ίδιο σε δύο διαφορετικές προσομοιώσεις εκτός αν γίνει αλλαγή στη βάση δεδομένων μεταξύ των δύο αυτών προσομοιώσεων. Αυτό, επίσης, σημαίνει πως εάν χρειαστεί να γίνει κάποια προσομοίωση με διαφορετικά φυτά (ή πηγές, εδάφη, προφίλ), θα πρέπει να εμπλουτιστεί αυτή η καθολική βάση δεδομένων. Αντ' αυτού, είναι προτιμότερο να ορισθούν τοπικές βάσεις δεδομένων (local databases). Αυτές μπορούν να αποθηκευθούν οπουδήποτε και, σε περίπτωση που αυτό είναι επιθυμητό, μπορούν να προστεθούν στα καθολικά αρχεία. Τέλος, σημειώνεται ότι όλες οι βάσεις δεδομένων αποτελούνται από αρχεία τύπου ASCII, όπως άλλωστε και τα αρχεία .IN και .CF, με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται κάποιο ειδικό σύστημα για την επεξεργασία και τη χρήση των αρχείων αυτών. Συνέπεια αυτού είναι το γεγονός ότι ο χρήστης πρέπει να ακολουθεί προσεκτικά τους κανόνες μορφοποίησης για τα παραπάνω αρχεία.

2.3.3.2. Βάση δεδομένων εδαφών SOILS.DAT

Σε αυτό το αρχείο βρίσκονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν στα διάφορα φυσικά εδάφη και υλικά επίστρωσης επιφανειών. Κάθε υλικό έχει το δικό του κωδικό, αποτελούμενο από δύο γράμματα της αλφαβήτου, ο οποίος στη συνέχεια χρησιμοποιείται στο PROFILES.DAT (βάση δεδομένων προφίλ) για να οριστούν διαφορετικά κατακόρυφα εδαφικά προφίλ. Η συνήθης μορφή του παραπάνω αρχείου φαίνεται στην Εικόνα 2.22.

00: ID	V	ns	nfc	nwilt	matpot	hydr	CP	b	Hen Name..... (40z)....	
00: ss	b	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	x[10-6]	[10+6]	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
01: 00	0	0.451	0.240	0.155	-0.478	7.0	1.212	5.39	0.00	Default Soil (Loam)
02: sd	0	0.395	0.135	0.0068	-0.121	176.0	1.463	4.05	0.00	Sand
03: ls	0	0.410	0.150	0.075	-0.090	156.3	1.404	4.38	0.00	Loamy Sand
04: sl	0	0.435	0.195	0.114	-0.218	34.1	1.320	4.90	0.00	Sandy Loam
05: sl	0	0.485	0.255	0.179	-0.786	7.2	1.271	5.30	0.00	Silt Loam
06: le	0	0.451	0.240	0.155	-0.478	7.0	1.212	5.39	0.00	Loam
07: ts	0	0.420	0.255	0.175	-0.299	6.3	1.175	7.12	0.00	Sandy Clay Loam
08: tl	0	0.477	0.322	0.218	-0.356	1.7	1.317	7.75	0.00	Silty Clay Loam
09: lt	0	0.476	0.325	0.250	-0.630	2.5	1.225	8.52	0.00	Clay Loam
10: st	0	0.426	0.310	0.219	-0.153	2.2	1.175	10.40	0.00	Sandy Clay
11: ts	0	0.492	0.370	0.283	-0.490	1.0	1.150	10.40	0.00	Silty Clay
12: to	0	0.482	0.367	0.286	-0.405	1.3	1.089	11.40	0.00	Clay
13: tf	0	0.863	0.500	0.395	-0.356	8.0	0.836	7.75	0.00	Peat
14: zb	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.083	0.00	1.63	Cement Concrete
15: mb	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	1.750	0.00	2.33	Mineral Concrete
16: ak	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.214	0.00	1.16	Asphalt (with Gravel)
17: ab	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.251	0.00	0.90	Asphalt (with Basalt)
18: gr	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.345	0.00	4.61	Granite
19: ba	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.386	0.00	1.73	Basalt
20: ww	2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.00	Water

Εικόνα 2.22. Αρχείο SOILS.DAT. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Οι δύο πρώτες γραμμές δεν λαμβάνονται υπόψη από το πρόγραμμα αλλά πρέπει να παραμείνουν ως έχουν διότι αποτελούν οδηγό για τη διαμόρφωση του αρχείου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ρόλος της κάθε στήλης.

ID: Είναι ο κωδικός που συνδέει τα εδάφη με τα δεδομένα των προφίλ στο **PROFILES.DAT**.

V: Είδος εδάφους. Το ψηφίο «0» είναι για τα συνήθη εδάφη, το «1» για τα υλικά επίστρωσης (δεν υπάρχει ανταλλαγή νερού) και το «2» για το νερό με σημαντικό βάθος.

ns: Ογκομετρικό περιεχόμενο νερού σε κορεσμό (m^3 νερού/ m^3 εδάφους).

nfc: Ογκομετρικό περιεχόμενο νερού, που προκύπτει μετά από μια έντονη βροχόπτωση και αφού φύγει το επιπλέον νερό που δεν απορροφάται. Αυτό, συνήθως, χρειάζεται χρόνο δύο-τριών ημερών ώστε να συμβεί σε διαπερατά εδάφη με ομοιόμορφη δομή και σύσταση (m^3 νερού/ m^3 εδάφους).

nwilt: Ογκομετρικό περιεχόμενο νερού στο σημείο μαρασμού (wilting point~WP). Ως τέτοιο ορίζεται το ελάχιστο ποσοστό εδαφικής υγρασίας που απαιτείται από κάποιο φυτό ώστε να μην μαραθεί. Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται στο μοντέλο της βλάστησης (m^3 νερού/ m^3 εδάφους).

matpot: Συντελεστής σχετικός με το δυναμικό του νερού (matric potential) εξαιτίας της προσκόλλησης μορίων του σε μη διαλυμένες δομές του συστήματος, όπως μεμβράνες πλάσματος ή κόκκοι εδάφους. Έχει πάντα αρνητικό πρόσημο και είναι σημαντικός μόνο έξω από ζωντανά κύτταρα σε σχετικά ξηρά συστήματα όπως, για παράδειγμα, σε εδάφη όπου σημαντική ποσότητα νερού είναι στενά συνδεδεμένη με κόκκους εδάφους (m).

hydr: Υδραυλική αγωγιμότητα σε συνθήκες κορεσμού [(m/sec)·10⁻⁶].

CP: Ογκομετρική θερμοχωρητικότητα [(J·m⁻³·K⁻¹)·10⁶].

b: Σταθερά των Clapp & Hornberger.

HCN: Θερμική αγωγιμότητα του υλικού (W·m⁻¹·K⁻¹).

Name: Ονομασία του εδαφικού υλικού.

Η λίστα του παραπάνω σχήματος από 01 έως το 13 αναφέρεται σε πραγματικά εδάφη και οι διάφορες παράμετροι έχουν ληφθεί από το διάγραμμα των Clapp & Hornberger (1978). Για τα πραγματικά εδάφη δε διατίθεται τιμή για τη θερμική αγωγιμότητα, καθώς αυτή υπολογίζεται σε σχέση με την πραγματική περιεκτικότητα σε νερό. Η παραπάνω λίστα, γενικώς, είναι πλήρης και επαρκής καθώς καλύπτει όλες τις κατηγορίες εδάφους, όπως αυτές ορίστηκαν από τους Clapp & Hornberger. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν εργασίες για ιδιαίτερα εδάφη και ο χρήστης μπορεί να εμπλουτίσει τη λίστα. Σημειώνεται ότι αυτά τα δεδομένα δε δίνουν πληροφόρηση σχετικά με το πόσο υγρό είναι το έδαφος, αλλά περιέχουν πληροφορίες για τη σύσταση και τις ιδιότητές του. Στις θέσεις 14 έως 19 υπάρχουν πληροφορίες για διάφορα υλικά επίστρωσης. Οι μηδενικές τιμές προέκυψαν καθώς τα υλικά αυτά δεν επιτρέπουν τη μεταφορά νερού και για αυτό δεν έχουν βαθμονομηθεί στο διάγραμμα των Clapp & Hornberger. Σε αντίθεση όμως με τα πραγματικά εδάφη, για τα υλικά επίστρωσης είναι απαραίτητη η γνώση της θερμικής αγωγιμότητας. Τέλος, στη γραμμή 20 ορίζεται το νερό, σαν να ήταν κάποιο είδος εδαφικού υλικού. Αυτό χρειάζεται να γίνει διότι οι ρουτίνες εισαγωγής δεδομένων δεν διακρίνουν το νερό από τα εδάφη όταν προετοιμάζουν το κάναβο του μοντέλου. Οι μοναδικές πληροφορίες που χρειάζονται είναι ο κωδικός (ID) και ο αριθμός «2» για υδάτινο σώμα.

Σημειώνεται, τέλος, ότι είναι απαραίτητο να ακολουθηθεί πιστά ο προκαθορισμένος τρόπος συμπλήρωσης των στηλών στο αρχείο αυτό. Η πρώτη γραμμή δείχνει που ακριβώς αρχίζουν και που τελειώνουν τα προς συμπλήρωση πεδία. Σε περίπτωση που αυτό δε γίνει, το ENVI-met δε θα είναι σε θέση να αναλύσει τα εισαγόμενα δεδομένα, αφού δεν ελέγχει τον τρόπο εισαγωγής τους θεωρώντας ότι το αρχείο αυτό τροποποιείται μόνο από προχωρημένους χρήστες.

2.3.3.3. Βάση δεδομένων προφίλ PROFILES.DAT

Το αρχείο αυτό είναι άμεσα συνδεδεμένο με το **SOILS.DAT** που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Χρησιμοποιώντας το **PROFILES.DAT**, ορίζονται οι διαφορετικές, κατακόρυφες στήλες εδαφικού υλικού που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο. Πρέπει

να οριστεί κάποιο εδαφικό υλικό για κάθε κελί του εδαφικού μοντέλου, συμπεριλαμβανομένου και του ακραίου άνω κελιού που αποτελεί την επιφάνεια του συγκεκριμένου προφίλ. Όπως αναφέρθηκε, τα δύο αρχεία **SOILS.DAT** και **PROFILES.DAT** δημιουργούν μια αλληλένδετη βάση δεδομένων. Στο πρώτο καθορίζονται τα διαθέσιμα εδαφικά υλικά και στο δεύτερο τα κατακόρυφα «σάντουιτς» που αποτελούνται από τα υλικά αυτά. Συνδέονται μέσω των κωδικών (**ID**) που δίνονται στο **SOILS.DAT**. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται ένα παράδειγμα αρχείου **PROFILES.DAT** (Εικόνα 2.23).

ID	z0	a	em	Name
01	0	le	le	Unsealed
02	s	ab	ab	Asphalt
03	p	sb	sb	Pavement
04	l	le	le	Loamy Soil
05	sd	sd	sd	Sandy Soil
06	w	ww	ww	Deep Water

Εικόνα 2.23. Αρχείο **PROFILES.DAT**. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Η πρώτη γραμμή δε λαμβάνεται υπόψη από το πρόγραμμα, όμως δείχνει τη θέση από όπου πρέπει να ξεκινούν οι στήλες, σύμφωνα με την προκαθορισμένη διάταξή τους. Οι στήλες «-0.015» έως «-1.75» είναι οι κατακόρυφες στήλες του εδαφικού μοντέλου (στον τρισδιάστατο κάναβο). Η κατακόρυφη διάσταση των «κουτιών» που σχηματίζονται αυξάνεται καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια του εδάφους σε βαθύτερες στρώσεις. Είναι προκαθορισμένη και δε γίνεται να αλλάξει από το χρήστη. Οι παραπάνω τιμές (κατά τον άξονα z) αναφέρονται στο κέντρο κάθε κύβου. Σε κάθε σχηματιζόμενο «κουτί» καταχωρείται ένα **ID**, το οποίο έχει οριστεί στη βάση δεδομένων **SOILS.DAT**. Αν εισαχθεί ένα **ID** το οποίο δεν υπάρχει, τότε το πρόγραμμα θα βγάλει ένα μήνυμα λάθους και, αυτόματα, θα χρησιμοποιήσει το πρώτο εδαφικό υλικό που έχει οριστεί στην παραπάνω βάση δεδομένων.

Υπάρχουν τρεις, πρόσθετες στήλες οι οποίες αναφέρονται στα επάνω «κουτιά», δηλαδή στην επιφάνεια του εδαφικού μοντέλου, και αφορούν στα παρακάτω:

z0: Τραχύτητα της επιφάνειας (m)

a: Ανακλαστικότητα (**albedo**) της επιφάνειας απέναντι στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία (Η ανακλαστικότητα προς τη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία, για φυσικά εδάφη και υδάτινες επιφάνειες, υπολογίζεται εσωτερικά του ENVI-met χρησιμοποιώντας την υγρασία του εδάφους και τη θέση του ήλιου, δηλαδή τη γωνία υπό την οποία η επιφάνεια δέχεται την ακτινοβολία του και μπορεί να οριστεί η τιμή «0.00» στη βάση δεδομένων. Για εδαφικά προφίλ, όμως, τα οποία στην ανώτατη στρώση τους έχουν κάποιο υλικό επίστρωσης επιφανειών, θα πρέπει να τίθεται μια έγκυρη τιμή της ανακλαστικότητας).

em: Ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος της επιφάνειας

Τέλος, στην πρώτη στήλη υπάρχει και πάλι, ένας κωδικός (**ID**) ο οποίος συνδέει τα προφίλ που έχουν οριστεί στη βάση δεδομένων **PROFILES.DAT** με το αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**.

Όσον αφορά τα **υδάτινα σώματα**, αποτελούν ειδική περίπτωση με διαφορετικές επικρατούσες συνθήκες. Παρ' όλο που είναι τεχνικά δυνατό να δημιουργηθεί μια ρηχή λίμνη, θέτοντας «νερό» στην ανώτατη (επιφανειακή) στρώση του εδαφικού μοντέλου, το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται μονάχα ως πλήρης στήλη. Το ENVI- met δεν είναι σε θέση να προσομοιώσει το ενεργειακό ισοζύγιο και τη θερμοκρασία στον πυθμένα της λίμνης αλλά, μονάχα, υπολογίζει τη θέρμανση του νερού εξαιτίας της απορρόφησης της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας. Έτσι, όταν θέλουμε να προσομοιώσουμε ρηχά νερά, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι τη μεγαλύτερη επίδραση στη θέρμανση του νερού, κατά τη διάρκεια της ημέρας, την ασκούν τα τμήματα του εδάφους που είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία και ζεσταίνουν το νερό μέσω της επαφής τους με αυτό. Σε περίπτωση που δε ληφθεί υπόψη αυτή η πρόσθετη πηγή ενέργειας, η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο νερό θα υποτιμηθεί. Επίσης, ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει ότι, στην παρούσα έκδοση, η επίδραση του υδάτινου σώματος στην υγρασία του εδάφους δε λαμβάνεται υπόψη. Ακόμη, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, όπως και στο **SOILS.DAT** έτσι και στο **PROFILES.DAT**, είναι απαραίτητο να τηρηθεί πιστά ο προκαθορισμένος τρόπος συμπλήρωσης του αρχείου διότι το ENVI-met δε μπορεί να διαβάσει ένα, για παράδειγμα, διαφορετικό πλήθος κενών ή παρόμοιες αλλαγές στο αρχείο.

Σημειώνεται, τέλος, ότι κατά την έναρξη του editor (συντάκτης) **ENVI-met Eddi** για την επεξεργασία **αρχείων εισαγωγής περιοχής .IN**, «αναζητείται» το αρχείο **PROFILES.DAT** στη θέση **/input directory**. Εάν το αρχείο βρεθεί, όλοι οι κωδικοί (**ID**) που περιέχονται σ' αυτό «φορτώνονται» στον editor. Αυτό διευκολύνει την επεξεργασία διότι ο χρήστης είναι σε θέση να γνωρίζει ότι κάθε **ID** (που αντιστοιχεί σε ένα προφίλ) που χρησιμοποιήθηκε στο αρχείο **.IN** υπάρχει και στο αρχείο **PROFILES.DAT**. Επιπρόσθετα, ο editor εμφανίζει το δοσμένο όνομα του εκάστοτε προφίλ, ακριβώς κάτω από τον κέρσορα του ποντικιού. Όπως και να έχει, ο χρήστης μπορεί ακόμη να εισάγει ένα δικό του **ID** στον editor, ακόμα και αν δεν είναι διαθέσιμο ένα αντίστοιχο προφίλ στη βάση δεδομένων **PROFILES.DAT** ή έχει σκοπό να το προσθέσει αργότερα.

2.3.3.4. Βάση δεδομένων φυτών PLANTS.DAT

Το πρόγραμμα ENVI-met δεν αντιμετωπίζει τη βλάστηση απλά, ως μια πορώδη ασπίδα για τον άνεμο. Το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει κάθε είδους φυτό, από κοντό χορτάρι έως πανύψηλα δέντρα, χρησιμοποιώντας το ίδιο σύστημα καταγραφής στη βάση δεδομένων. Είναι προγραμματισμένο οι πληροφορίες για τα φυτά να αποθηκεύονται στο αρχείο **PLANTS.DAT**. Παρ' όλα αυτά, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ένα διαφορετικό όνομα αρχείου ή μια άλλη θέση για τη βάση δεδομένων των φυτών όπως, για παράδειγμα, στην περίπτωση που θα θέλει να δημιουργήσει δύο ξεχωριστά αρχεία για τη χειμερινή και τη θερινή βλάστηση.

Η έκδοση 3.1 επιτρέπει τη χρήση τοπικών βάσεων δεδομένων, οι οποίες μπορούν να περιέχουν περισσότερους ορισμούς φυτών. Η χρήση των τελευταίων ενδείκνυται για τον ορισμό φυτών, τα οποία απευθύνονται μόνο σε μία, συγκεκριμένη προσομοίωση και δε θα πρέπει να αποθηκεύονται στην καθολική βάση δεδομένων. Αν σε μια προσομοίωση χρειάζονται κάποια επιπλέον είδη βλάστησης, αυτά θα πρέπει να μουν σε μια τοπική βάση δεδομένων. Σε περίπτωση που ο φάκελος της προσομοίωσης αυτής μεταφερθεί σε διαφορετικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, θα πρέπει να μεταφερθεί μαζί με αυτόν και η τοπική του βάση δεδομένων. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται ένα παράδειγμα αρχείου **PLANTS.DAT** (Εικόνα. 2.24).

```

V3*****ENVI-met Vegetation Database V3 *****
ID_C?_TY_rs-m_a_f_HH.HH_TT.TT_LAD1...LAD10_RAD1...RAD0_NAME
M0_C3_01_400_0.20_20.00_02.00_0.040_0.000_0.100_0.100_Tree_20m_aver._dense.,_no_distinct_crownlayer
D0_C3_01_400_0.20_20.00_02.00_0.110_0.000_0.100_0.100_Tree_20_m_dense.,_no_distinct_crown_layer
DM_C3_01_400_0.20_20.00_02.00_0.075_0.000_0.100_0.100_Tree_20_m_dense.,_distinct_crown_layer
dm_C3_01_400_0.20_20.00_02.00_0.075_0.000_0.100_0.100_Tree_20_m_dense.,_distinct_crown_layer
ds_C3_01_400_0.20_10.00_02.00_0.075_0.000_0.100_0.100_Tree_10_m_dense.,_distinct_crown_layer
sm_C3_01_400_0.20_20.00_02.00_0.150_0.000_0.100_0.100_Tree_20_m_very_dense,_distinct_crown_layer
H2_C3_01_400_0.20_02.00_01.00_2.000_2.000_0.100_0.100_Hedge_dense,_2m
T1_C3_01_400_0.20_10.00_02.00_0.000_0.000_0.100_0.100_Tree_10_m_very_dense,_leafless_base
g_C3_03_200_0.20_00.50_00.50_0.300_0.300_0.100_0.100_Grass_50_cm_aver._dense
bs_C3_01_400_0.20_20.00_02.00_0.000_0.000_0.100_0.100_Tree_20_m_dense.,_distinct_crown_layer
m_C4_03_200_0.20_01.50_00.50_0.300_0.300_0.100_0.100_Maize,_1.5_m
    
```

Εικόνα 2.24. Αρχείο PLANTS.DAT. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Στο αρχείο αυτό γίνεται διαχωρισμός μεταξύ φυτών τύπου C3, στον οποίο ανήκει η πλειοψηφία αυτών και C4 όπως, για παράδειγμα, ο αραβόσιτος. Οι δύο αυτές κατηγορίες διαφέρουν στον τρόπο δέσμευσης του CO₂. Οι περισσότερες στήλες περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την **πυκνότητα περιοχής φυλλώματος LAD (Leaf Area Density)** και την **πυκνότητα περιοχής ριζών RAD (Root Area Density)**. Και οι δύο δίνονται σε m² επιφάνειας φυλλώματος (ή ριζών) ανά m³ όγκου αέρα. Στο αρχείο που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα έχει καταχωρηθεί μια σειρά από δέντρα (όλα τους φυλλοβόλα) χάριν παραδείγματος. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν περισσότερα διαθέσιμα προφίλ. Αυτά κανονικοποιούνται, με

τιμές για το λόγο z/H από 0.1 (αντιστοιχία με τα LAD1 και RAD1) έως 1 (αντιστοιχία με τα LAD10 και RAD10), όπου z είναι η τιμή της LAD ή της RAD και H το συνολικό ύψος του φυτού ή το βάθος της ριζική ζώνης αντίστοιχα. Χρειάζονται πάντα δέκα καταχωρήσεις, χωρίς να υπάρχει διαφορά είτε πρόκειται για χορτάρι ύψους 50cm είτε για τροπικά δέντρα ύψους 100m. Στη συνέχεια, το εκάστοτε προφίλ θα μεγεθυνθεί ή θα συμπιεστεί στο μέγεθος των κελιών του μοντέλου. Παρακάτω παρουσιάζεται ο ρόλος της κάθε στήλης.

ID: Όπως και σε κάθε άλλο φάκελο, έτσι και εδώ χρησιμοποιείται ένας διψήφιος αλφαριθμητικός κωδικός, μέσω του οποίου καθορίζεται το είδος της βλάστησης. Το **ID** επιλέγεται στο αρχείο εισαγωγής δεδομένων, ώστε να καθοριστούν οι θέσεις της βλάστησης. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά αλφαριθμητικοί κωδικοί, ειδάλλως το ENVI-met θα θεωρήσει ότι πρόκειται για κτίρια.

C?: Διάκριση των φυτών σε αυτά τύπου C3 και αυτά τύπου C4, βάσει του τρόπου δέσμευσης του CO₂. Σε περίπτωση ελλιπών ή λανθασμένων στοιχείων, ένα φυτό θα κατηγοριοποιείται ως C3.

TY: Διαχωρισμός της βλάστησης σε φυλλοβόλα δέντρα (01), σε κωνοφόρα δέντρα (02) και σε χορτάρι (03). Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διαμέτρου των φύλλων και αεροδυναμικών ιδιοτήτων.

rs_min: Είναι η ελάχιστη αντίσταση των πόρων των φύλλων του φυτού. Πρέπει να τίθεται τιμή ίση με 400 για δέντρα και 200 για χορτάρι, εκτός αν ο χρήστης έχει εξειδικευμένες γνώσεις πάνω σε κάποιο είδος βλάστησης (Το **rs_min** χρησιμοποιείται μόνο στην παλαιότερη προσέγγιση Deardorff. Όταν γίνεται χρήση του μοντέλου **A-gs**, που προτείνεται, το **rs_min** δεν επηρεάζει τον υπολογισμό της αντίστασης των πόρων).

a_f: Ανακλαστικότητα (albedo) των φύλλων του φυτού απέναντι στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία. Συνήθως λαμβάνεται ίση με 0.20, εκτός αν πρόκειται για ιδιαίτερη περίπτωση φυτού.

HH.HH: Ύψος φυτού σε m.

TT.TT: Συνολικό βάθος ριζικής ζώνης (θετικές τιμές). Το νερό που εκλύεται στην ατμόσφαιρα μέσω της διεργασίας της διαπνοής των φυτών, προέρχεται από την υγρασία του εδάφους, με την κατανομή των εδαφικών ριζών να αποτελεί μια σχετική συνάρτηση βάρους.

LAD1 έως LAD10: Πυκνότητα περιοχής φυλλώματος σε m^2 επιφάνειας φυλλώματος ανά m^3 όγκου αέρα, για τις 10 θέσεις δεδομένων.

RAD1 έως RAD10: Πυκνότητα περιοχής ριζών σε m² επιφάνειας ριζών ανά m³ όγκου εδάφους, για τις 10 θέσεις δεδομένων.

Name: Το όνομα που έχει δοθεί στο φυτό. Το όνομα της βάσης δεδομένων που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, μπορεί να καταχωρηθεί στο αρχείο **.CF**. Στην περίπτωση που θέλουμε να αγνοηθεί κάθε είδους βλάστηση στην περιοχή του μοντέλου, απλώς διατηρούμε αυτή τη βάση δεδομένων κενή. Σημειώνεται, τέλος, ότι οι αλφαριθμητικοί κωδικοί (**ID**) είναι ευαίσθητοι, όσον αφορά τα κεφαλαία/πεζά γράμματα. Για παράδειγμα, ο «DM» διαφέρει από τον «dm».

2.3.3.5. Βάση δεδομένων πηγών SOURCES.DAT

Το πρόγραμμα ENVI-met έχει τη δυνατότητα να προσομοιώνει την απελευθέρωση και τη διασπορά αερίων και σωματιδίων. Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει να επιλεγούν οι πηγές (sources) στο αρχείο εισαγωγής περιοχής (**.IN**). Στην έκδοση 3.1 θα πρέπει όλες οι πηγές να είναι του ίδιου τύπου, για παράδειγμα, θα πρέπει να είναι όλες πηγές διοξειδίου του θείου (SO₂) και δεν είναι εφικτό να έχουμε, ταυτόχρονα, στο μοντέλο μια πηγή SO₂ και μια μονοξειδίου (NO) ή διοξειδίου (NO₂) του αζώτου.

Εξαιτίας της σημαντικής ποσότητας πληροφοριών, που απαιτούνται για την εισαγωγή πηγών στο μοντέλο, η αποθήκευσή της γίνεται σε τρία διαφορετικά σημεία:

- Η θέση των πηγών αποθηκεύεται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**.
- Ο τύπος των πηγών καθορίζεται στον τομέα (section) SOURCES του αρχείου διαμόρφωσης **.CF**.
- Ο τύπος και το ύψος των πηγών, καθώς επίσης ο ρυθμός εκπομπής αερίων/σωματιδίων καταχωρούνται στην καθολική βάση δεδομένων **SOURCES.DAT** ή σε τοπική βάση δεδομένων.

Η βασική ιδέα παραμένει η ίδια, όπως στα φυτά και στα εδάφη, δηλαδή ένας διψήφιος αλφαριθμητικός κωδικός (**ID**) επιλέγεται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN** και ένα πλήθος από βάσεις δεδομένων χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η συμπεριφορά της πηγής στην οποία αντιστοιχεί ο κωδικός αυτός. Σημειώνεται, ακόμη, ότι η βάση δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικά με:

- Τον τύπο της πηγής (σημειακή, γραμμική ή επιφανειακή πηγή).
- Το ύψος των εκλύσεων.
- Τους ρυθμούς εκπομπής σε ωριαία βάση και για τις 24 ώρες της ημέρας.

Στην Εικόνα 2.25 φαίνεται ένα παράδειγμα αρχείου **SOURCES.DAT**. Οι πρώτες δύο γραμμές αποτελούν οδηγούς που υποδεικνύουν τη θέση εισαγωγής των διαφόρων δεδομένων. Ο ρόλος της κάθε στήλης αναλύεται στη συνέχεια.

```
01: ---- Sources-Database. Type (T) 1,4=point, 2,5=line 3,6=area, E in mg/s (1), mg/s*m (2) or mg/s*m2 (3), µg/s (4), µg/s*m (5) or µg/s*m2 (6)
02: ID T hh.hh E(00h) E(01h) ... E(23h) Name (40)
03: xx 5 0.30 010.00 010.00 ... 010.00 Test_Pointsource 10m,10mg/s
```

Εικόνα 2.25. Αρχείο SOURCES.DAT. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

ID: Ο διψήφιος αλφαριθμητικός κωδικός που συνδέει τη βάση δεδομένων των πηγών με το αρχείο εισαγωγής περιοχής. Στην περίπτωση αυτή, το πρόγραμμα δεν ξεχωρίζει τους κεφαλαίους από τους πεζούς χαρακτήρες.

T: Ο τύπος της πηγής και πληροφόρηση σχετικά με τη μονάδα μέτρησης στην οποία έχουν μετρηθεί και αποθηκευτεί τα δεδομένα των εκπομπών. Πιθανοί τύποι είναι:

- Σημειακή πηγή (T=1), σε mg/sec
- Γραμμική πηγή (T=2), σε mg/(sec*m)
- Επιφανειακή πηγή (T=3), σε mg/(sec*m²)

Εάν οι εκπομπές μετρώνται σε µg/.. αντί mg/.. θα έχουμε T=4, 5 και 6 αντίστοιχα.

hh.hh: Το ύψος της πηγής σε m.

E(00h): Ρυθμός εκπομπής την 00.00 ώρα.

E(01h): Ρυθμός εκπομπής την 01.00 ώρα

και ούτω καθ' εξής, έως

E(23h): Ρυθμός εκπομπής την 23.00 ώρα (συνδέεται με αυτόν της 00.00 ώρας μέσω παρεμβολής).

Name: Το όνομα της πηγής (έως 40 χαρακτήρες).

Τα δεδομένα για τους ρυθμούς εκπομπής προσαρμόζονται δυναμικά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης σύμφωνα με την ώρα που αυτή λαμβάνει χώρα (γραμμική παρεμβολή).

2.3.3.6. Πρόσθετες τοπικές βάσεις δεδομένων φυτών και πηγών

Όπως έχει σημειωθεί σε προηγούμενη ενότητα, πέραν της καθολικής βάσης δεδομένων, η οποία είναι διαθέσιμη για όλες τις προσομοιώσεις, μπορούν να οριστούν τοπικές βάσεις δεδομένων οι οποίες θα ανήκουν σε μία συγκεκριμένη προσομοίωση ή σε

μια σειρά από αυτές. Η δυνατότητα αυτή συμβάλλει στην αποφυγή της υπερβολικής αύξησης του μεγέθους των καθολικών βάσεων δεδομένων. Επίσης, δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να προσθέτει φυτά και πηγές σε μια περιοχή προσομοίωσης χωρίς να χρειάζεται να εμπλακεί σε συνενώσεις διαφορετικών βάσεων δεδομένων. Η δυνατότητα αυτή υπάρχει μόνο για τα φυτά και τις πηγές, ενώ για τα εδάφη και τα εδαφικά προφίλ, συνήθως, δεν είναι απαραίτητες πάρα πολλές καταχωρήσεις ώστε να δουλέψει το μοντέλο. Οι τοπικές βάσεις δεδομένων θα προστίθενται στις καθολικές, οι οποίες είναι αποθηκευμένες στο φάκελο **/input** (στην περίπτωση πηγών) ή σε άλλη θέση (στην περίπτωση βάσης δεδομένων φυτών).

Οι καθολικές βάσεις δεδομένων θα πρέπει να είναι διαθέσιμες, ώστε να είναι δυνατή η προσθήκη τοπικών βάσεων δεδομένων. Εάν το πρόγραμμα αδυνατεί να «ανοίξει» τα αρχεία της καθολικής βάσης δεδομένων, τότε υποθέτει ότι υπάρχει γενικότερο πρόβλημα και δε «διαβάζει» ούτε τις πρόσθετες τοπικές βάσεις δεδομένων, ακόμη και αν σ' αυτές περιέχονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες. Επίσης, στην περίπτωση που έχουν καταχωρηθεί δύο φορές οι ίδιες πληροφορίες σε καθολική και τοπική βάση δεδομένων (ίδιο **ID**), η πρώτη υπερισχύει της δεύτερης.

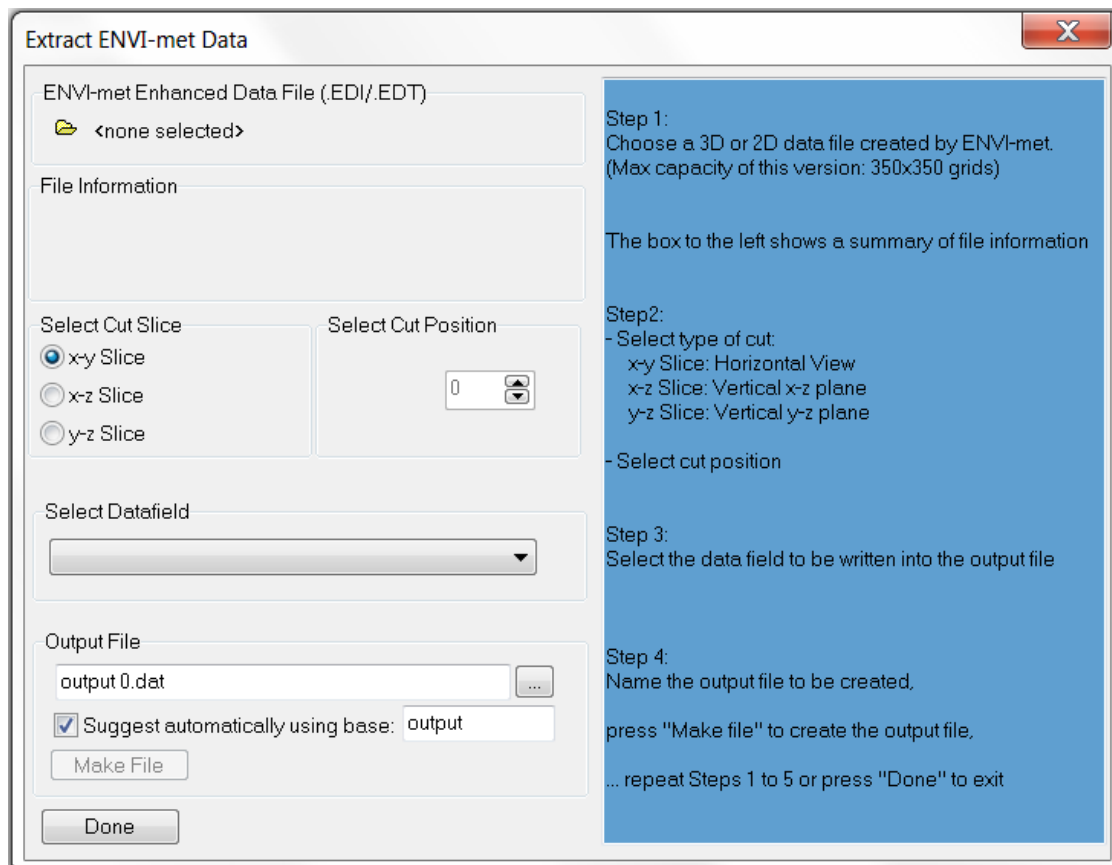
Για τη χρήση τοπικών βάσεων δεδομένων, θα πρέπει να προστεθεί ένας τομέας (section) [**LOCALDB**] στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF**.

2.3.4. Παραγόμενα Αρχεία (Output Files)

2.3.4.1. Γενικά

Το πρόγραμμα ENVI-met παράγει μια πληθώρα δεδομένων σε κάθε προσομοίωση και για την αξιοποίηση και διαχείρισή τους μπορούν να φανούν χρήσιμα κάποια βοηθητικά προγράμματα. Μερικά από τα παραγόμενα αρχεία είναι τύπου ASCII και μπορούν να διαβαστούν με συνηθισμένα προγράμματα (WordPad κ.λπ.), ενώ άλλα και, κυρίως, τα κύρια παραγόμενα αρχεία (main output files) είναι δυαδικά αρχεία (binary files) που πρέπει να διαβαστούν με το πρόγραμμα **XTract** (παράγει αρχεία τύπου ASCII) ή το πρόγραμμα **LEONARDO** (παράγει γραφήματα). Το πρόγραμμα **XTract** (Εικόνα 2.26) είναι ένα απλό εργαλείο με το οποίο μπορούμε να εξάγουμε δεδομένα από τα παραγόμενα binary αρχεία και να τα γράφουμε σε αρχεία ASCII. Περιέχεται ως υποπρόγραμμα εντός του ENVI-met.

Στο πρόγραμμα **LEONARDO** χρησιμοποιείται ένα περιβάλλον γραφικών απεικονίσεων για την έκθεση και ανάλυση αριθμητικών δεδομένων (όχι προερχόμενων αποκλειστικά από το ENVI-met).



Εικόνα 2.26. Πρόγραμμα Xtract. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Τα αρχεία που προκύπτουν από τις προσομοιώσεις με το πρόγραμμα ENVI-met μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες.

2.3.4.2. Κύρια Αρχεία Δεδομένων .EDI/.EDT (Main Data Files)

Στα αρχεία αυτά περιέχονται δεδομένα για την πλήρη κατάσταση του τρισδιάστατου μοντέλου, συμπεριλαμβανομένων της ατμόσφαιρας, των επιφανειών και του εδάφους. Τα αρχεία αυτά μπορεί να έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος και αποθηκεύονται σε δυαδική μορφή (binary format). Χρησιμοποιούν την επέκταση .EDI/.EDT και επειδή είναι δυαδικού τύπου «διαβάζονται» με το πρόγραμμα XTract. Το αρχείο .EDI περιέχει πληροφορίες για το αντίστοιχο .EDT αρχείο, το οποίο περιέχει τα δεδομένα. Απαιτούνται και τα δύο ώστε να εξαχθούν επιτυχώς τα δεδομένα. Κατά την αποθήκευση των αποτελεσμάτων μιας προσομοίωσης δημιουργούνται τρία διαφορετικά αρχεία .EDI/.EDT. Καθένα από αυτά ξεκινά με ένα όνομα το οποίο ορίστηκε στο αρχείο διαμόρφωσης .CF ως **βασικό όνομα αρχείων**. Αν, για παράδειγμα, σε μια προσομοίωση έχει οριστεί ως βασικό όνομα αρχείων το «MySim», τότε όλα τα αρχεία που θα παραχθούν κατά τη διάρκειά της θα έχουν όνομα το οποίο θα ξεκινά με το «MySim».

Τα παραγόμενα αρχεία καταχωρούνται σε διαφορετικούς υποφακέλους του κύριου παραγόμενου φακέλου, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη εποπτεία. Έτσι, μετά από κάθε προσομοίωση λαμβάνουμε:

(Κύριος Φάκελος)\Atmosphere\MySim ATM <ώρα> <ημερομηνία >.EDI.EDT

Στη θέση αυτή περιγράφεται το πεδίο των διαφόρων δεδομένων που αποθηκεύονται στον κύριο φάκελο και αφορούν στην ατμόσφαιρα. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το πλήθος των μεταβλητών που θα εμφανίζονται εδώ, χρησιμοποιώντας το αρχείο **SELECT.VAR**. Έτσι, οι μεταβλητές μπορεί να είναι λιγότερες από αυτές που φαίνονται στη λίστα της Εικόνας 2.27.

FIELD	UNIT	MEANING
z	m	Model height of data
Classed LAD	-	Classified LAD and ID for buildings
Flow u	m/s	Wind speed u-component
Flow v	m/s	Wind speed v-component
Flow w	m/s	Wind speed w-component
Wind Speed	m/s	Total wind speed
Wind Speed change	%	Change of wind speed comp. to inflow
Wind direction	deg	direction of the wind flow relative to geographic north
pressure perturb	Pa	Relative Pressure Perturbation
Pot. Temperature	K	Potential Air temperature
Pot. Temperature (Diff K)	K	Potential Air temp. difference to inflow
Pot. Temperature Change	K/h	Change of Air Temperature with time
Spec. Humidity	g/kg	Specific Humidity Air
Relative Humidity	%	Relative Humidity of Air
TKE	m ² /s ²	Turbulent Kinetic Energy
Dissipation	m ³ /s ²	Dissipation of TKE
Vertical Exchange Coef. I.	m ² /s	Vertical Turbulent exchange coefficient Km
Horizontal Exchange Coef.	m ² /s	Horizontal Turbulent exchange coefficient Km
Absolute LAD	m ² /m ³	Leaf Area Density
Direct SW Radiation	W/m ²	Shortwave Direct Radiation
Diffuse SW Radiation	W/m ²	Shortwave Diffuse Radiation
Reflected SW Radiation	W/m ²	Shortwave Direct Radiation
Longwave Rad. Environment	W/m ²	Longwave Radiation received from the environment
Sky-View-Factor Buildings	-	Sky-View-Factor (only buildings considered)
Sky-View-Factor Bld+ Vegetation	-	Sky-View-Factor (buildings plus vegetation considered)
Temperature Flux	K*m/s	Temperature flux from vegetation per unit leaf area
Vapour Flux	g/kg*m/s	Vapour flux from vegetation per unit leaf area
Water on leaves	g/m ²	Amount of liquid water on leaves
WallTemp Cellborder x	K	Wall Temperature Wall x-axis
WallTemp Cellborder y	K	Wall Temperature Wall y-axis
WallTemp Cellborder z	K	Wall Temperature Wall z-axis
Leaf Temperature	K	Temperature of leaves in grid box
Local Mixing Length	m	Mixing length calculated from the TKE-Dissipation
PMV Value	-	PMV value
PPD Value	%	Percentage People Dissatisfied
Mean Radiant Temperature	K	Mean Radiative temperature
Gas/Particle concentration	µg/m ³	Concentration of selected particle or gas in microgram
Gas/Particle source	µg/s	Emission rate of particle or gas source in microgram
Deposition velocity	mm/s	Deposition velocity
Total Deposited Mass	µg/m ²	Total amount of mass deposited to ground or leaf surface unit area since start
Deposited Mass time averaged	µg/(m ² s)	Average Amount of mass deposited per hour
TKE normalised 1D	-	TKE normalised with 1D profile (E/E_1D)
Dissipation normalised 1D	-	Dissipation normalised with 1D profile (Eps/eps_1d)
Km normalised 1D	-	Vertical Km norm. with 1D profile (Km/Km_1D)
TKE Mechanical Prod	-	Turbulence Production due to wind shear
Stomata Resistance	m/s	Stomata resistance of plant
CO2	mg/m ³	CO2 concentration
CO2	ppm	CO2 concentration in ppm
Plant CO2 flux	mg/kg*m/s	CO2 flux per unit leaf area
Div Rlw Temp change	K/h	Air Temperature change due to longwave flux divergence
Local mass budget	µg/(s*m ³)	Local pollutant mass budget of grid cell

Εικόνα 2.27. Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στην ατμόσφαιρα.
[Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

(Κύριος Φάκελος) \Surface\MySim FX <ώρα> <ημερομηνία>. EDI/EDT

Στη θέση αυτή περιγράφεται το πεδίο των διαφόρων δεδομένων που αποθηκεύονται στον κύριο φάκελο και αφορούν στις επιφάνειες και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. Στο αρχείο αυτό, τα δεδομένα αναφέρονται σε οριζόντια επίπεδα (δύο διαστάσεις) με σταθερό $z=0$. Η λίστα των μεταβλητών φαίνεται στην Εικόνα 2.28.

(Κύριος Φάκελος) \Soil\ MySim SOI <ώρα> <ημερομηνία >.EDI/EDT

Στη θέση αυτή περιγράφεται το πεδίο των διαφόρων δεδομένων που αποθηκεύονται στον κύριο φάκελο και αφορούν στο εδαφικό μοντέλο. Το πρώτο z -επίπεδο είναι η επιφανειακή εδαφική στρώση και προοδευτικά πηγαίνουμε σε βαθύτερες στρώσεις. Η λίστα των μεταβλητών φαίνεται στην Εικόνα 2.29.

FIELD	UNIT	MEANING
z_topo	m	Absolute height of model ground surface
T Surface	K	Ground surface temperature
T Surface Diff	K	Difference of ground surface to reference surface
T Surface change	K/h	Change of ground surface temperature
q Surface	g/kg	Specific humidity of surface (available vapour)
uv above surface	m/s	Wind speed at the first grid level above ground surface
Sensible heat flux	W/m ²	Sensible heat flux into the air (+: towards air)
Exchange coef. heat	m ² /s	Exchange coefficient for heat between surface and air
Latent heat flux	W/m ²	Sensible heat flux into the air (+: towards air)
Soil heat flux	W/m ²	Heat flux into soil (+: directed towards deeper layers)
Sw direct radiation	W/m ²	Direct shortwave radiation reaching ground surface
Sw diffuse radiation	W/m ²	Diffuse shortwave radiation reaching ground surface
Lambert factor	0..1	Value of Lambert's law for solar angle
Longwave radiation bud.	W/m ²	Longwave radiation budget of ground surface
Longwave rad. from vegetation	W/m ²	Longwave radiation received from vegetation layers above
Longwave rad. from environment	W/m ²	Longwave radiation received from buildings
Water flux	g/(m ² s)	Water flux from/to the ground surface
Sky-View Factor	0..1	Sky View factor for $z=0$ (buildings only counted)
Building height	m	Height of building top
Surface albedo	0..1	Albedo of ground surface
Deposition speed	mm/s	Deposition flux of analysed pollutant component
Mass deposited	μg/m ²	Mass deposited at ground surface in μg

Εικόνα 2.28. Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στις επιφάνειες και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

FIELD	UNIT	MEANING
Temperature	K	Soil temperature
Volumetric water content	m ³ /m ³	Water content of the soil matrix
Relative soil wetness	%	Relative wetness of soil compared to its saturation value

Εικόνα 2.29. Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στο εδαφικό μοντέλο. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

2.3.4.3. Αρχεία Υποδοχέων (Receptor Files)

Μια σημαντική ομάδα αρχείων είναι τα αρχεία υποδοχέων, στα οποία υπάρχουν οι πληροφορίες για την κατάσταση της ατμόσφαιρας, των επιφανειών και του εδάφους, σε επιλεγμένα σημεία εντός του μοντέλου. Στον τομέα αυτόν υπάρχουν οι διάφορες μεταβλητές που αποθηκεύονται στα αρχεία υποδοχέων. Η βασική δομή των αρχείων υποδοχέων της ατμόσφαιρας, των επιφανειών και του εδάφους είναι η ίδια, όμως το πλήθος και το είδος των πληροφοριών διαφέρουν.

Τα δεδομένα των υποδοχέων αποθηκεύονται με δύο τρόπους:

- Εν είδει «στιγμιότυπου», αποθηκεύεται σε ένα αρχείο η τρέχουσα κατάσταση του μοντέλου στις θέσεις των υποδοχέων.
- Σε ένα διαφορετικό αρχείο δημιουργείται μια χρονική ακολουθία των καταστάσεων του μοντέλου κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Ο πρώτος τρόπος αποθήκευσης είναι χρήσιμος όταν πρέπει να αναλυθούν τα δεδομένα για το μοντέλο σε διαφορετικούς υποδοχείς, την ίδια χρονική στιγμή. Αυτό διότι θα ήταν ασύμφορο, αν ο χρήστης έπρεπε να διαγράψει πρώτα όλα τα αχρείαστα «χρονικά βήματα» του αρχείου. Έτσι, παράγεται ένα αρχείο για κάθε υποδοχέα, κάθε φορά που έχουμε εξαγωγή αποτελεσμάτων. Ο δεύτερος τρόπος αποθήκευσης είναι χρήσιμος στην περίπτωση που ενδιαφερόμαστε για τη χρονική εξέλιξη διαφόρων μεταβλητών, σε μία συγκεκριμένη θέση κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Όταν, λοιπόν, συμβαίνει αυτό είναι αναγκαία μία πλήρης χρονική ακολουθία.

Το πρόγραμμα ENVI-met δημιουργεί και τους δύο τύπους αρχείων (εκτός από την περίπτωση των επιφανειών/ροών, στην οποία δε δημιουργείται το «αρχείο στιγμιότυπου»), γεγονός που προκαλεί την παραγωγή ενός τεράστιου αριθμού αρχείων. Για την καλύτερη οργάνωσή τους, δημιουργείται ένας υποφάκελος για κάθε υποδοχέα ο οποίος αποθηκεύεται στη διεύθυνση (directory) των υποδοχέων \receptors. Έτσι, αν για τα αρχεία που δημιουργούνται κατά την πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης, επιλέξουμε ως βασικό όνομα αρχείων το «MySim» και r1 είναι ένας από τους υποδοχείς που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν, θα λάβουμε τα ακόλουθα αρχεία:

- i. **ATM <ημερομηνία> <ώρα> MySim r1.dat**
- ii. **ATM MySim r1.dat**

iii. **SOI <ημερομηνία> <ώρα> MySim r1.dat**

iv. **SOI MySim r1.dat**

v. **FLX MySim r1.dat**

Τα αρχεία (i) και (ii) περιέχουν δεδομένα για την κατάσταση της ατμόσφαιρας στον υποδοχέα r1, ενώ τα αρχεία (iii) και (iv) για την κατάσταση του εδαφικού μοντέλου. Τέλος, στο αρχείο (v) τα δεδομένα αφορούν στις συνθήκες των επιφανειών και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. Πάντως, όλα τα αρχεία θα αποθηκεύονται στο φάκελο \receptors\r1.

Τα αρχεία-στιγμιότυπα δείχνουν την κατάσταση του μοντέλου τη στιγμή που αυτή αποθηκεύεται. Αναγνωρίζονται εύκολα, καθώς περιλαμβάνουν την ημερομηνία και την ώρα στο όνομά τους. Στην προηγούμενη λίστα, τέτοια είναι τα αρχεία (i) και (iii).

Η δομή των αρχείων-στιγμιότυπων είναι η εξής:

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(1)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(2)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

...

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(N)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

Επαναλαμβάνεται ότι τα αρχεία αυτά δείχνουν, μέσω των διαφόρων μεταβλητών, την κατάσταση στο μοντέλο τη στιγμή που δημιουργήθηκαν. Στο αρχείο που αφορά στην ατμόσφαιρα οι τιμές του z αυξάνουν, ξεκινώντας από το πρώτο επίπεδο (στρώση) κελιών ακριβώς πάνω από το έδαφος και φθάνοντας έως την κορυφή του τρισδιάστατου μοντέλου. Στην περίπτωση του εδαφικού μοντέλου οι τιμές του z αυξάνουν αρχίζοντας από την πρώτη εδαφική στρώση, ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και φθάνοντας έως τη βαθύτερη στρώση του εδαφικού μοντέλου. Στην προκείμενη περίπτωση, το z μετρείται σε εκατοστά (cm).

Τα αρχεία χρονικής εξέλιξης περιέχουν την κατάσταση του μοντέλου, όπως αυτή καταγράφηκε καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Ακριβώς γι' αυτόν το λόγο, δεν περιέχουν ημερομηνία και ώρα στο όνομά τους. Τέτοια είναι τα αρχεία (ii), (iv) και (v). Η δομή τους, που φαίνεται αμέσως παρακάτω, είναι ουσιαστικά ίδια με αυτήν των αρχείων-στιγμιότυπων με τη διαφορά ότι όλα τα «χρονικά βήματα», ολόκληρης της προσομοίωσης καταγράφονται στον ίδιο φάκελο.

Πρώτο «μπλοκ» για τη χρονική στιγμή $t=0$

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(1)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(2)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

...

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(N)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

Δεύτερο «μπλοκ» για τη χρονική στιγμή $t=t+\Delta t$

<ημερομηνία> <t+Δt> <ύψος z(1)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

<ημερομηνία> <t+Δt> <ύψος z(2)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

...

<ημερομηνία> <t+Δt> <ύψος z(N)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

και ούτω καθ' εξής. Έτσι, κάθε φορά που καταγράφεται η κατάσταση του μοντέλου στα αρχεία υποδοχών, παράγεται ένα νέο «μπλοκ» το οποίο προστίθεται στο αρχείο. Το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαδοχικών καταγραφών της κατάστασης του μοντέλου στα αρχεία υποδοχών, δηλαδή το «χρονικό βήμα», επιλέγεται στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF**.

FIELD	UNIT	MEANING
Date	-	Date of the model time (String)
Time	-	Model time of clock at output (String)
modTime	(min)	Model time in min since start
z	m	Model height of data
u	m/s	Wind speed u-component
v	m/s	Wind speed v-component
w	m/s	Wind speed w-component
wSpeed	m/s	Total wind speed
wDir	°	Wind direction, 0=North, Rotation corrected
T	K	Air temperature
dT/dt	K/h	Change of Air Temperature with time
q	g/kg	Specific Humidity Air
q_rel	%	Relative Humidity Air
Km.vert	m ² /s	Vertical Exchange Coefficient Impulse
Km.vert.nrm	-	Vertical Km normed with logarithmic law
Km.hor	m ² /s	Horizontal Exchange Coefficient Impulse
E	m ² /s ²	Turbulent Kinetic Energy
ε(eps)	m ³ /s ²	Dissipation of TKE
TMRT	K	Mean Radiant Temperature
LAD	m ² /m ³	Leaf Area Density
Tleaf	K	Leaf Foliage Temperature (0 if no leaves)
Hleaf	W/m ²	Sensible Heat Flux from Leafs to Air
LEleaf	W/m ²	Latent Heat Flux from Leafs to Air
rs	m/s	Stomata Resistance (0 if no leaves)
CO2	mg/m ³	CO2 Concentration
CO2.flx	mg/(kg*s)	CO2 Flux at plants (if A-gs model used)
SW.dir	W/m ²	Shortwave Direct Radiation
SW.dif	W/m ²	Shortwave Diffuse Radiation
Press.p	Pa	Pressure Perturbation
mass	mg/m ³	Mass concentration
E.mech		Mechanical Production of TKE
Rlw.warming	K/h	Air temperature change due to longwave flux divergence
SVF.bldg		Sky-View factor (only buildings)

Εικόνα 2.30. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχών της ατμόσφαιρας
[Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Τα δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων της ατμόσφαιρας φαίνονται στην Εικόνα 2.30. Και στα αρχεία στιγμιότυπου και στα αρχεία χρονικής εξέλιξης αποθηκεύονται τα ίδια δεδομένα. Το ίδιο ισχύει και για τα αρχεία υποδοχέων του εδάφους (Εικόνα 2.31).

NR	FIELD	UNIT	MEANING
1	Date	-	Date of the model time (String)
2	Time	-	Model time of clock at output (String)
3	modTime	min	Model time in min since start
4	z	cm	Depth in cm (positive)
5	T	K	Soil Temperature
6	eta	m ³ /m ³	Volumetric Water Content

Εικόνα 2.31. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων του εδάφους.

[Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Αντιθέτως, τα αρχεία υποδοχέων των επιφανειών/ροών είναι αποκλειστικά αρχεία χρονικής εξέλιξης (Εικόνα 2.32).

NR	FIELD	UNIT	MEANING
1	Date	-	Date of the model time (String)
2	Time	-	Model time of clock at output (String)
3	modTime	min	Model time in min since start
4	z	m	Always zero, for compatibility with the other receptor files
5	T0	K	Surface Temperature
6	dT0/dt	K/h	Change in Surface Temperature
7	q0	g/kg	Surface Humidity
8	uv1	m/s	Horizontal Wind Speed above surface
9	w1	m/s	Vertical Component Wind Speed above surface (positive: upward)
9	T1	K	Air temperature of grid point above the surface
10	H	W/m ²	Sensible Heat Flux
11	LE	W/m ²	Latent Heat Flux
12	G	W/m ²	Soil Heat Flux, positive: directed into the soil
13	Km	m ² /s	Mass Exchange Coefficient at Surface
14	Kh	m ² /s	Turbulent Exchange Coefficient for Heat at Surface
15	Qkw.dir	W/m ²	Max Direct Shortwave Radiation
16	Qkw.dif	W/m ²	Max Diffuse Shortwave Radiation
17	Qlw.Budg	W/m ²	Longwave Radiation Budget of surface
18	Qlw.surf	W/m ²	Longwave Emission of Surface
19	Qlw.sky	W/m ²	Absorbed Longwave Radiation from the Sky
20	Qlw.leafs	W/m ²	Absorbed Longwave Radiation from Vegetation
21	Qlw.envir	W/m ²	Absorbed Longwave Radiation from Environment (Buildings)

Εικόνα 2.32. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων των επιφανειών/ροών.

[Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

2.3.4.4. Αρχεία Μονοδιάστατου Μοντέλου (1D-Model Files)

Παράλληλα με το κύριο, τρισδιάστατο μοντέλο, στο πρόγραμμα ENVI-met «τρέχει» και ένα μονοδιάστατο μοντέλο, έτσι ώστε να παραχθούν διαφορετικές αρχικές και συνοριακές συνθήκες. Η κατάσταση του μονοδιάστατου μοντέλου αποθηκεύεται κάθε φορά που αποθηκεύονται τα κύρια δεδομένα του μοντέλου. Τα αρχεία αυτά είναι τύπου ASCII και ο χρήστης μπορεί να τα εντοπίσει στο φάκελο \inflow, δηλαδή στη θέση:

(Κύριος Φάκελος)\Inflow\Inflow MySim <ώρα> <ημερομηνία >.1D

Το πεδίο των διαφορών δεδομένων που αποθηκεύονται στα αρχεία αυτά και περιγράφουν την κατάσταση του μονοδιάστατου μοντέλου φαίνεται στο σχήμα της σελίδας που ακολουθεί (Εικόνα 2.33).

NR	FIELD	UNIT	MEANING
1	z	m	Height of data
2	u	m/s	Wind speed u-component
3	v	m/s	Wind speed v-component
4	T	K	Air temperature
5	q	g/kg	Specific Humidity Air
6	Ri		Richardson Number
7	Km	m ² /s	Exchange Coefficient Impulse
8	E	m ² /s ²	Turbulent Kinetic Energy
9	εps	m ³ /s ²	Dissipation of TKE
10	E_prod		Production of E
11	E_therm		Thermal E production
12	E_trans		Transport of E
13	Km_limit	m ² /s	Limit of Km if using E-eps model
14	L_diag	m	Mixing Length calculated using the diagnostic approach
15	l_prog	m	Mixing Length calculated from the E/eps data

*Εικόνα 2.33. Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία μονοδιάστατου μοντέλου.
[Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]*

2.3.4.5. Αρχεία BOTworld

Τα αρχεία BOTworld περιέχουν τις μεταβλητές:

- ταχύτητα του ανέμου,
- διεύθυνση ανέμου,
- θερμοκρασία του αέρα,
- θερμοκρασία ακτινοβολίας,
- υγρασία και
- ρύπους

στα 1.6 m πάνω από το επίπεδο του εδάφους ή κάποιο άλλο επίπεδο κοντά στα 1.6 m. Αυτά τα αρχεία απαιτούνται από το BOTworld για την προσομοίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης για εικονικούς πεζούς.

2.3.5. Επιλογή Μεταβλητών (SELECT.VAR)

Στην περίπτωση που η περιοχή του μοντέλου είναι μεγάλη, το μέγεθος των κύριων αρχείων της ατμόσφαιρας που θα λάβουμε μπορεί να είναι πολύ μεγάλο. Για την εξοικονόμηση αποθηκευτικού χώρου, μπορούμε να επιλέγουμε ποιες μεταβλητές θα συμπεριλαμβάνονται στα παραγόμενα αρχεία. Αυτό επιτυγχάνεται ανοίγοντας το αρχείο **SELECT.VAR**, το οποίο

βρίσκεται στο φάκελο \input, με έναν επεξεργαστή κειμένου (π.χ. τον WordPad). Η μορφή των πρώτων γραμμών του εν λόγω αρχείου φαίνεται στην Εικόνα 2.34.

```

This File specifies the number of Variables...
Classed LAD and Shelters           = 1
Flow u-Vector                      = 1
Flow v-Vector                      = 1
Flow w-Vector                      = 1
Windspeed                         = 1
Wind Speed Change in %            = 1
[... ]

```

Εικόνα 2.34. Επιλογή μεταβλητών μέσω του αρχείου SELECT.VAR. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, η εξίσωση μιας μεταβλητής με τη μονάδα συνεπάγεται ότι θα συμπεριληφθεί στο κύριο αρχείο της ατμόσφαιρας. Το αντίθετο αποτέλεσμα θα έχει η εξίσωση με το μηδέν. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το **SELECT.VAR** είναι ένα καθολικό αρχείο. Αυτό συνεπάγεται ότι οποιεσδήποτε αλλαγές σε αυτό θα επηρεάσουν όλες τις προσομοιώσεις που θα πραγματοποιηθούν με το ENVI-met. Έτσι, για να λάβουμε δεδομένα για μεταβλητές που είχαν αποκλειστεί, θέτοντάς τες ίσες με το μηδέν, θα πρέπει να επαναλάβουμε τις προσομοιώσεις. Για το λόγο αυτό ο



Εικόνα 2.35. Παράθυρο επισκόπησης πριν την προσομοίωση. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει αν οι ενεργοποιημένες είναι οι επιθυμητές μεταβλητές. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

χρήστης θα πρέπει να είναι προσεκτικός σχετικά με το ποιες μεταβλητές αποκλείει στο αρχείο **SELECT.VAR** και κρίνεται σκόπιμο να ελέγχει εάν είναι ενεργοποιημένες οι επιθυμητές μεταβλητές, πριν την πραγματοποίηση της εκάστοτε προσομοίωσης, μέσω του παραθύρου επισκόπησης που υποστηρίζει το λογισμικό (Εικόνα 2.35).

Σημειώνεται, τέλος, ότι το αρχείο **SELECT.VAR** επηρεάζει μόνο το κύριο αρχείο δεδομένων της ατμόσφαιρας, ενώ τα υπόλοιπα όπως, για παράδειγμα, εκείνο των επιφανειών δεν επηρεάζονται.

2.3.6. Ορισμός Ψευδώνυμων (MYALIAS.DAT)

Τα **ALIAS** είναι λέξεις-κλειδιά οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί των directories (οδηγοί). Όταν το ENVI-met χρειάζεται πληροφορίες για τη θέση ενός συγκεκριμένου αρχείου, μπορεί να γίνει χρήση ενός alias αντί της πλήρους διαδρομής (path) που οδηγεί στο αρχείο αυτό. Στην έκδοση 3.1 είναι, πλέον, δυνατόν ο χρήστης να δημιουργήσει τη δική του λίστα με alias.

Σε προηγούμενες εκδόσεις του ENVI-met, όλα τα directories που χρησιμοποιούσε μια προσομοίωση, έπρεπε να δίνονται με σαφή και συγκεκριμένο τρόπο. Αν, για παράδειγμα, τα εισαγόμενα αρχεία ήταν τοποθετημένα σε ένα φάκελο με όνομα c:\simulation\area1, έπρεπε να εισάγεται ακριβώς αυτό το «path» κάθε φορά που χρειάζονταν να γίνει αναφορά στα εισαγόμενα αρχεία (π.χ. η αναφορά στο αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**, που γίνεται στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF**). Έτσι, στην περίπτωση που ο χρήστης αποφάσιζε να αλλάξει το όνομα του φακέλου ή να αναδιοργανώσει το αρχείο, έπρεπε να αλλάξει όλες τις αντίστοιχες αναφορές. Επίσης, στην περίπτωση που δούλευε σε διαφορετικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ήταν αναγκασμένος να διατηρεί την ίδια δομή στα directories, ώστε να μπορεί να κάνει χρήση των αρχείων χωρίς πρώτα να προβεί σε τροποποιήσεις.

Μέσω των **ALIAS**, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίζει ένα ή περισσότερα διαφορετικά ψευδώνυμα σε κάθε προσομοίωση και στη συνέχεια να τα χρησιμοποιεί στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF**. Εάν χρειαστεί να αλλάξει τη δομή των αρχείων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίον εργάζεται, θα πρέπει απλώς να φροντίσει ώστε να ενημερωθούν οι ορισμοί των ψευδώνυμων και έτσι τα αρχεία θα μπορούν να δουλέψουν. Στην περίπτωση χρήσης διαφορετικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, τα directories μπορούν να αποθηκεύονται οπουδήποτε, αρκεί το αρχείο όπου ορίζονται τα **ALIAS** να οδηγεί το ENVI-met στους σωστούς φακέλους.

Τα ψευδώνυμα ορίζονται στο καθολικό αρχείο **MYALIAS.DAT**, το οποίο βρίσκεται στο φάκελο \input. Το αρχείο αυτό «φορτώνεται» όταν εκτελείται το ENVI-met. Αν ο χρήστης κάνει αλλαγές στα δεδομένα του **MYALIAS.DAT** κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του ENVI-met, αυτές θα πρέπει να γίνουν χειροκίνητα. Επίσης θα πρέπει να «ξαναφορτώσει» το αρχείο **.CF** εάν αυτό χρησιμοποιεί ένα από τα αλλαγμένα **ALIAS**. Το **MYALIAS.DAT** είναι ένα απλό αρχείο κειμένου (ASCII) και μπορεί να ανοιχθεί και να τροποποιηθεί με οποιοδήποτε πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου (Εικόνα 2.35).

Βασικά, ο χρήστης πρέπει να πληκτρολογήσει το ψευδώνυμο που θέλει να χρησιμοποιήσει σε μια προσομοίωση, μέσα σε αγκύλες [...] ακολουθούμενες από το σύμβολο «=>» και τη διαδρομή

```
01: *[areal]=c:\simulation\areal
02: *[trees]=d:\envimet\trees_in_streets
03: [trees_out]=[trees]\output
04: *[CO2]=d:\envimet\sim\CO2\impact
05: [co2_input]=[co2]\input
06: [co2_output]=[co2]\output
(...)
```

Εικόνα 2.36. Αρχείο MYALIAS.DAT. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

(path) που οδηγεί στον εκάστοτε φάκελο (Παρ' όλο που είναι δυνατόν να ανατεθούν φάκελοι οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικούς υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο, υπάρχει ο κίνδυνος τα paths να μην είναι διαθέσιμα κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης και για το λόγο αυτό η μέθοδος αυτή δε συνιστάται).

Όταν τοποθετείται αστερίσκος (*) μπροστά από ένα ψευδώνυμο, τότε αυτό αντιμετωπίζεται ως project alias (ψευδώνυμο μιας συγκεκριμένης προσομοίωσης) όπως, για παράδειγμα, στη γραμμή 01 του σχήματος 2.38. Τα alias αυτά θα εμφανίζονται στη λίστα «Active Project» στον πίνακα ελέγχου του ENVI-met. Επιλέγοντας μια προσομοίωση, θα ανοίγει αυτομάτως ο σωστός φάκελος για την επιλογή αρχείων.

Τέλος, η σειρά με την οποία ορίζονται τα διάφορα ψευδώνυμα δεν είναι δεσμευτική. Για παράδειγμα, το ψευδώνυμο [trees] ορίζεται στη γραμμή 02 και χρησιμοποιείται για τον ορισμό του [trees_out] στη γραμμή 03. Υπάρχει η δυνατότητα να οριστούν έως και 50 διαφορετικά alias (μέχρι 80 χαρακτήρες, χωρίς διάκριση ανάμεσα σε πεζούς ή κεφαλαίους). Τα ψευδώνυμα [HOME], [INPUT] και [OUTPUT] υπάρχουν ήδη στο ENVI-met και οδηγούν στο directory του συστήματος και στους προκαθορισμένους φακέλους εισαγωγής (input) και εξαγωγής (output) δεδομένων.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET

3.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται ένας συνοπτικός οδηγός για το χειρισμό του προγράμματος ENVI-met, έκδοση 3.1 [37]. Στόχος του είναι να καθοδηγήσει το νέο χρήστη, ώστε αυτός σε σύντομο χρονικό διάστημα, να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μία προσομοίωση. Η ενότητα αυτή είναι συμπληρωματική του δεύτερου κεφαλαίου, το οποίο εμβαθύνει περισσότερο στον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού και στις δυνατότητες που υπάρχουν.

3.2. Εισαγωγή δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του προγράμματος, στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή εμφανίζεται το εικονίδιο συντόμευσης του ENVI-met.



Εικόνα 3.1. Εικονίδιο συντόμευσης του προγράμματος ENVI-met. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Για να ξεκινήσουμε τη δημιουργία του μοντέλου μας, πατάμε διπλό κλικ στο παραπάνω εικονίδιο, το οποίο ανοίγει στην επάνω δεξιά γωνία της επιφάνειας εργασίας το παράθυρο που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



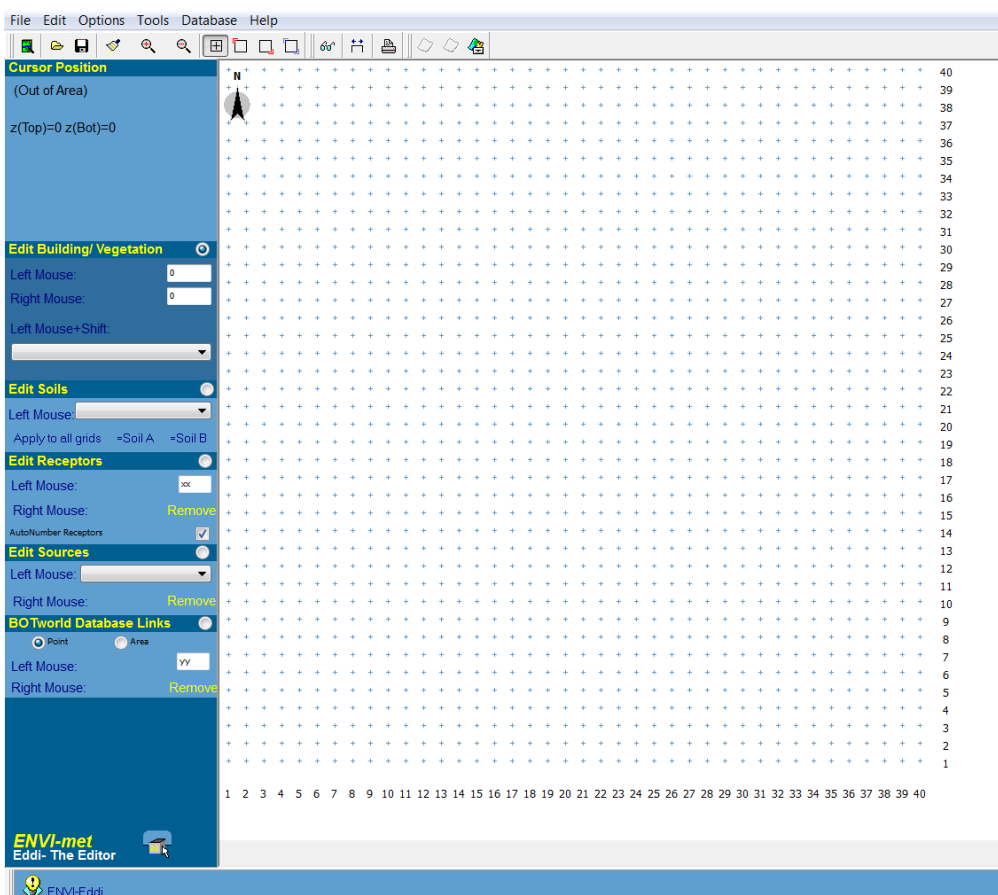
Εικόνα 3.2. Αρχικό παράθυρο του προγράμματος ENVI-met. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Στο παράθυρο αυτό περιέχονται 7 εικονίδια. Το πρώτο από αριστερά αφορά στην δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής **.IN** ενώ το δεύτερο στη δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης **.CF**. Το τρίτο εικονίδιο χρησιμοποιείται για την έναρξη της προσομοίωσης, όταν θα έχει ολοκληρωθεί η εισαγωγή των δεδομένων. Το τέταρτο εικονίδιο ανοίγει το πρόγραμμα **Leonardo**, το οποίο περιέχεται στο ENVI-met και αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την επεξεργασία και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Το επόμενο εικονίδιο ανοίγει το **Xtract**, το οποίο είναι επίσης ένα υποπρόγραμμα του ENVI-met που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή και τη διαχείριση των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια υπάρχει το εικονίδιο που ανοίγει το μενού **help**, το οποίο είναι

ιδιαίτερα χρήσιμο για την εκμάθηση του προγράμματος και τέλος, με το τελευταίο εικονίδιο κλείνουμε το πρόγραμμα.

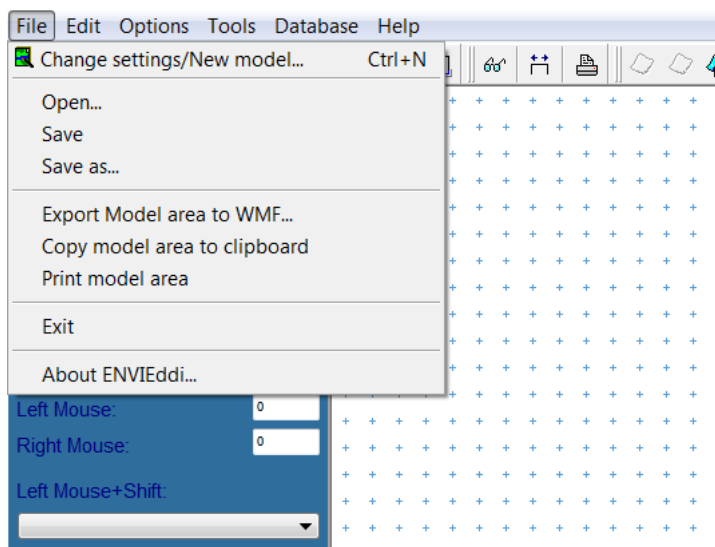
3.2.1. Δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN

Επιλέγοντας το πρώτο εικονίδιο στο παράθυρο της Εικόνας 3.2, ανοίγει ο επεξεργαστής (Area Input File editor) μέσω του οποίου θα δημιουργήσουμε την περιοχή που επιθυμούμε να προσομοιώσουμε.

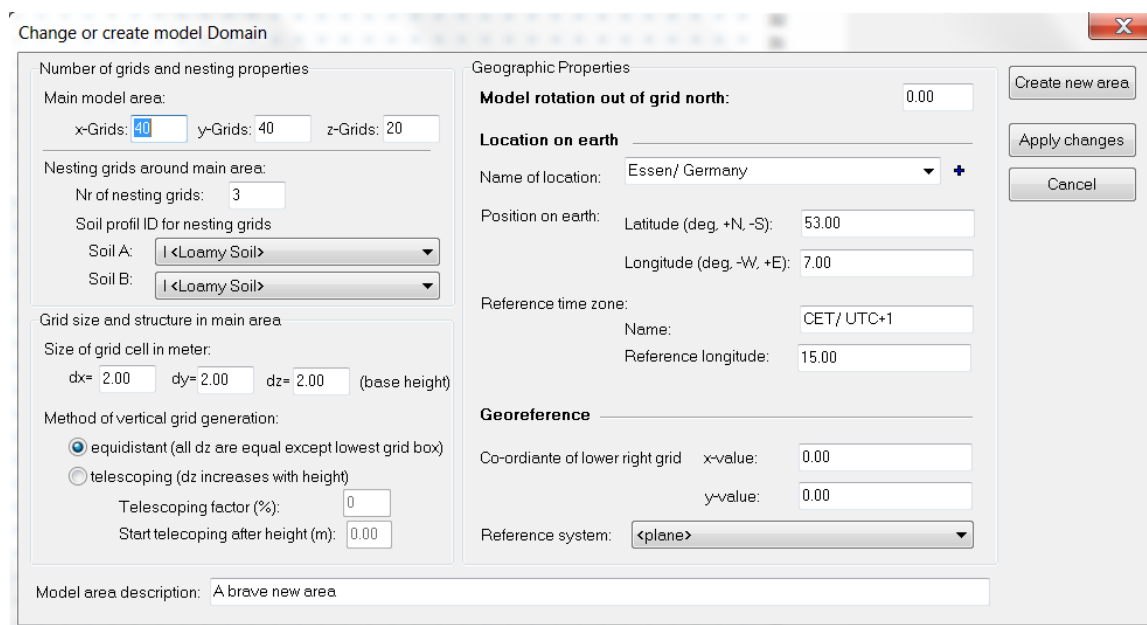


Εικόνα 3.3. Area Input File Editor. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Με τη χρήση του editor, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα νέο αρχείο ή να επεξεργαστούμε κάποιο υπάρχον. Στην επάνω δεξιά γωνία του παραθύρου αναγράφεται η έκδοση του προγράμματος, το όνομα που έχουμε δώσει στο αρχείο και ο αριθμός των υπολογιστικών κελιών κατά τους άξονες x, y και z (δεν περιλαμβάνονται αυτά της δευτερεύουσας ζώνης ~ nesting grids). Ακριβώς από κάτω, φαίνεται το βασικό μενού με τις επιλογές «File», «Edit», «Options», «Tools», «Database» και «Help» ενώ στην επόμενη γραμμή υπάρχουν συντομεύσεις βασικών λειτουργιών του editor. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.4, πατώντας «File», εμφανίζεται η επιλογή «Change settings/New model». Επιλέγοντάς την, ανοίγει το παράθυρο της Εικόνας 3.5.



Εικόνα 3.4. Μενού της επιλογής «File» στο Area Input File Editor. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]



Εικόνα 3.5. Παράθυρο για τη δημιουργία νέου ή την τροποποίηση υπάρχοντος Αρχείου Εισαγωγής Περιοχής. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Στη θέση αυτή εισάγεται μία σειρά πληροφοριών και δεδομένων που αφορούν στο μοντέλο προσομοίωσης και στην περιοχή ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα:

- Καθορίζεται ο αριθμός των υπολογιστικών κελιών του κυρίως μοντέλου, κατά τις διευθύνσεις x, y και z (x-Grids, y-Grids, z-Grids).
- Καθορίζεται το πλήθος των ζωνών που περιβάλλουν το κυρίως μοντέλο (περιοχή ένθεσης), απομακρύνοντάς το από τα όρια του υπολογιστικού πεδίου (Nr of nesting grids).

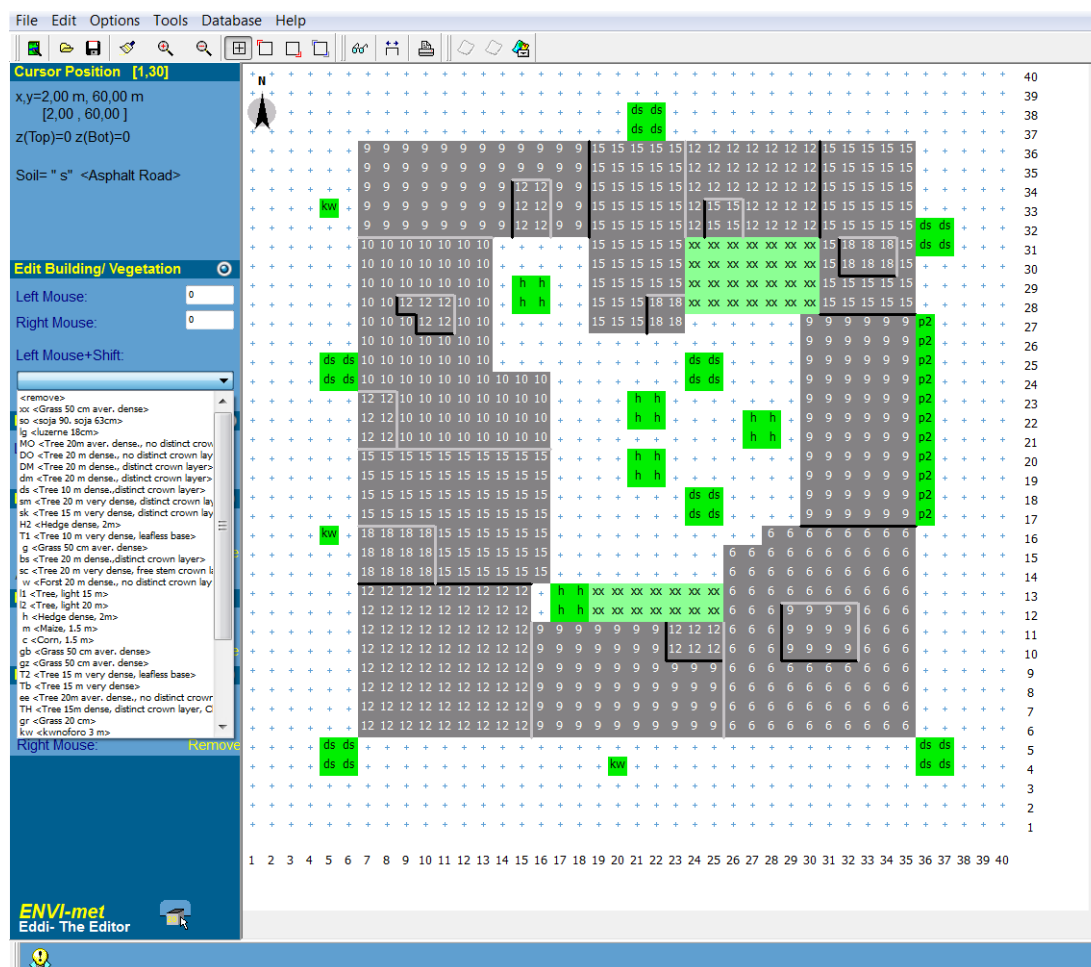
- Καθορίζεται το προφίλ του εδάφους στην περιοχή των δευτερευόντων κελιών (Soil profiled for nesting grids).
- Εισάγονται οι διαστάσεις των υπολογιστικών κελιών dx, dy και dz. Οι διαστάσεις αυτές είναι κοινές για όλα τα κελιά και δεν υπάρχει δυνατότητα πύκνωσης του πλέγματος (Size of grid cell in meter).
- Επιλέγεται το είδος των υπολογιστικών κελιών, όσον αφορά την κατακόρυφη διάσταση (Method of vertical grid generation). Υπάρχει η επιλογή κελιών ίδιου και σταθερού ύψους (equidistant) και η επιλογή τηλεσκοπικών κελιών (telescoping). Για το δεύτερο είδος κελιών ορίζεται ένας συντελεστής, ο οποίος καθορίζει την επί τοις εκατό ποσοστιαία αύξηση του ύψους ενός κελιού, σε σχέση με το αμέσως προηγούμενό του (Telescoping factor %). Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα ορισμού ενός συγκεκριμένου ύψους, μετά το οποίο θα αρχίσει η δημιουργία τηλεσκοπικών κελιών (Start telescoping after height (m)).
- Καθορίζεται η γωνία περιστροφής του μοντέλου, σε σχέση με το Βορρά (Model rotation out of grid north).
- Εισάγεται η γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, το πρόγραμμα περιέχει μία λίστα από πόλεις, στις οποίες αυτομάτως γίνεται ανάθεση του γεωγραφικού τους μήκους και πλάτους (Location on earth).

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής των παραπάνω πληροφοριών, αποθηκεύουμε τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν, επιλέγοντας «Apply changes». Έτσι, επιστρέφουμε στο κύριο παράθυρο του editor (Εικόνα 3.3), για να συνεχίσουμε την κατάρτιση του αρχείου .IN. Τώρα θα πρέπει να δημιουργήσουμε την περιοχή που θέλουμε να προσομοιώσουμε, εισάγοντας τη θέση των κτιρίων, τη βλάστηση (δέντρα, φυτά, γρασίδι) και το έδαφος. Επίσης, θα τοποθετήσουμε τις θέσεις εκπομπής αερίων/σωματιδίων (πηγές) καθώς και τις θέσεις των υποδοχέων.

Εισαγωγή κτιρίων και βλάστησης

Για να εισάγουμε τα κτίρια και τη βλάστηση της περιοχής προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή «Edit Building/Vegetation», που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Εικόνα 3.6). Στο πεδίο «Left mouse» συμπληρώνουμε το ύψος της κορυφής των κτιρίων σε μέτρα και στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας «αριστερό κλικ» τα σχεδιάζουμε σε κάτοψη στην περιοχή του κανάβου. Στο πεδίο «Right mouse» εισάγεται το ύψος του κάτω μέρους των κτιρίων (π.χ. για την προσομοίωση Pilotis) και στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας

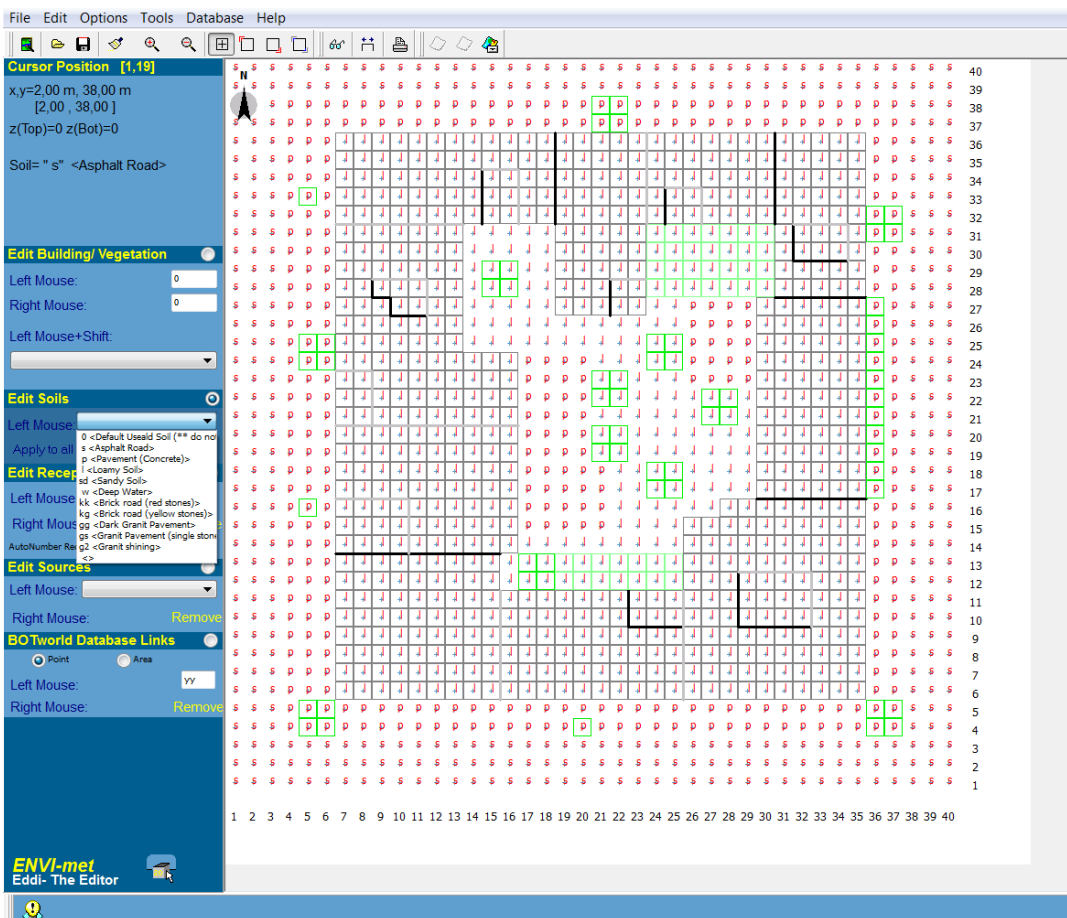
«δεξί κλικ» σχεδιάζουμε. Σημειώνεται ότι στην περιοχή σχεδίασης, φαίνεται μόνο ο αριθμός των κελιών και όχι οι διαστάσεις τους. Κατά συνέπεια, στην περίπτωση που τα dx και dy δεν είναι ίσα μεταξύ τους, η κάτοψη δεν απεικονίζει την πραγματική γεωμετρία των κτιρίων. Τέλος, για την αφαίρεσή τους από τον κάναβο, χρησιμοποιούμε την ίδια μέθοδο, θέτοντας το ύψος κτιρίου ίσο με το μηδέν. Στο πεδίο «Left mouse+shift», πατώντας το εικονίδιο με το βέλος εμφανίζεται μία λίστα με τα διαθέσιμα είδη βλάστησης. Αφού γίνει η επιθυμητή επιλογή, πηγαίνουμε στον κάναβο και χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα «αριστερό κλικ» και το πλήκτρο Shift, σχεδιάζουμε τη βλάστηση σε κάτοψη. Τα φυτά που εμφανίζονται στη λίστα είναι αυτά που περιέχονται στη βάση δεδομένων PLANTS.DAT. Αυτή η βάση δεδομένων μπορεί να εμπλουτιστεί με νέα είδη φυτών και δέντρων τα οποία θα έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά (ύψος, είδος και πυκνότητα φυλλώματος κ.λπ.). Για να αφαιρέσουμε βλάστηση εκτελούμε την ίδια διαδικασία επιλέγοντας, όμως, «remove» στην παραπάνω λίστα. Εναλλακτικά, χρησιμοποιούμε ταυτόχρονα τα πλήκτρα Shift, Ctrl και «αριστερό κλικ».



Εικόνα 3.6. Εισαγωγή κτιρίων και φυτών. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Εισαγωγή εδάφους

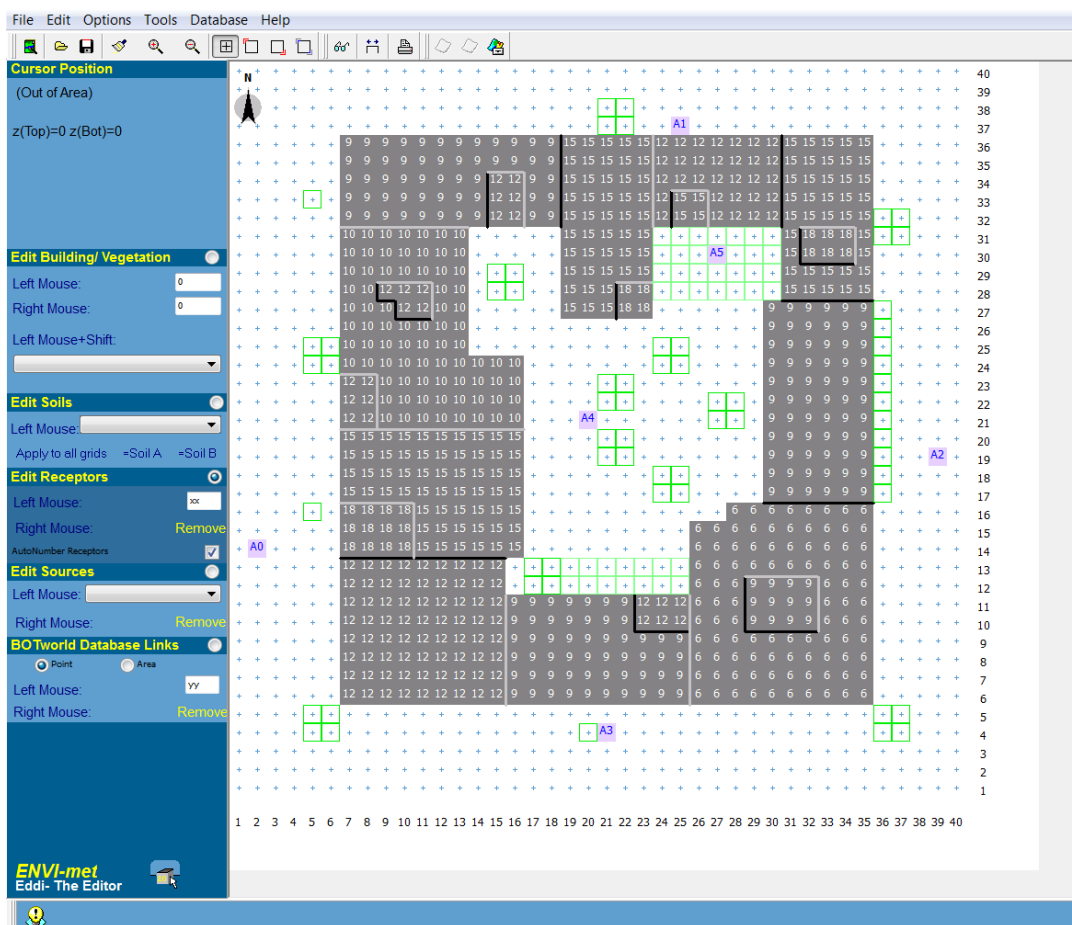
Για να εισάγουμε το έδαφος της περιοχής προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή «Edit Soils», που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Εικόνα 3.7). Στο πεδίο «Left mouse», πατώντας το εικονίδιο με το βέλος εμφανίζεται μία λίστα με τους διαθέσιμους τύπους εδάφους. Αφού επιλέξουμε το επιθυμητό έδαφος, χρησιμοποιώντας «αριστερό κλικ» σχεδιάζουμε σε κάτοψη στον κানাβο, την περιοχή που καλύπτεται από το συγκεκριμένο τύπο εδάφους (π.χ. σχεδιάζουμε ένα δρόμο καλυμμένο με άσφαλτο επιλέγοντας «Asphalt Road», ή μία πλατεία καλυμμένη με πλάκες πεζοδρομίου, επιλέγοντας «Pavement»). Στην περίπτωση που θέλουμε να θέσουμε παντού τον ίδιο τύπο εδάφους, χρησιμοποιούμε το «Apply to all grids». Τα εδάφη που εμφανίζονται στη λίστα είναι αυτά που περιέχονται στη βάση δεδομένων SOILS.DAT. Αυτή μπορεί να εμπλουτιστεί, με τον ίδιο τρόπο, όπως και στην περίπτωση των φυτών. Τέλος, σε όλα τα υπολογιστικά κελιά, υπάρχει η ρύθμιση να έχουν ως αρχικό έδαφος άργιλο (Loamy Soil). Για να θέσουμε κάποιο άλλο έδαφος, απλώς σχεδιάζουμε από πάνω.



Εικόνα 3.7. Εισαγωγή εδάφους. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Εισαγωγή υποδοχέων (Receptors)

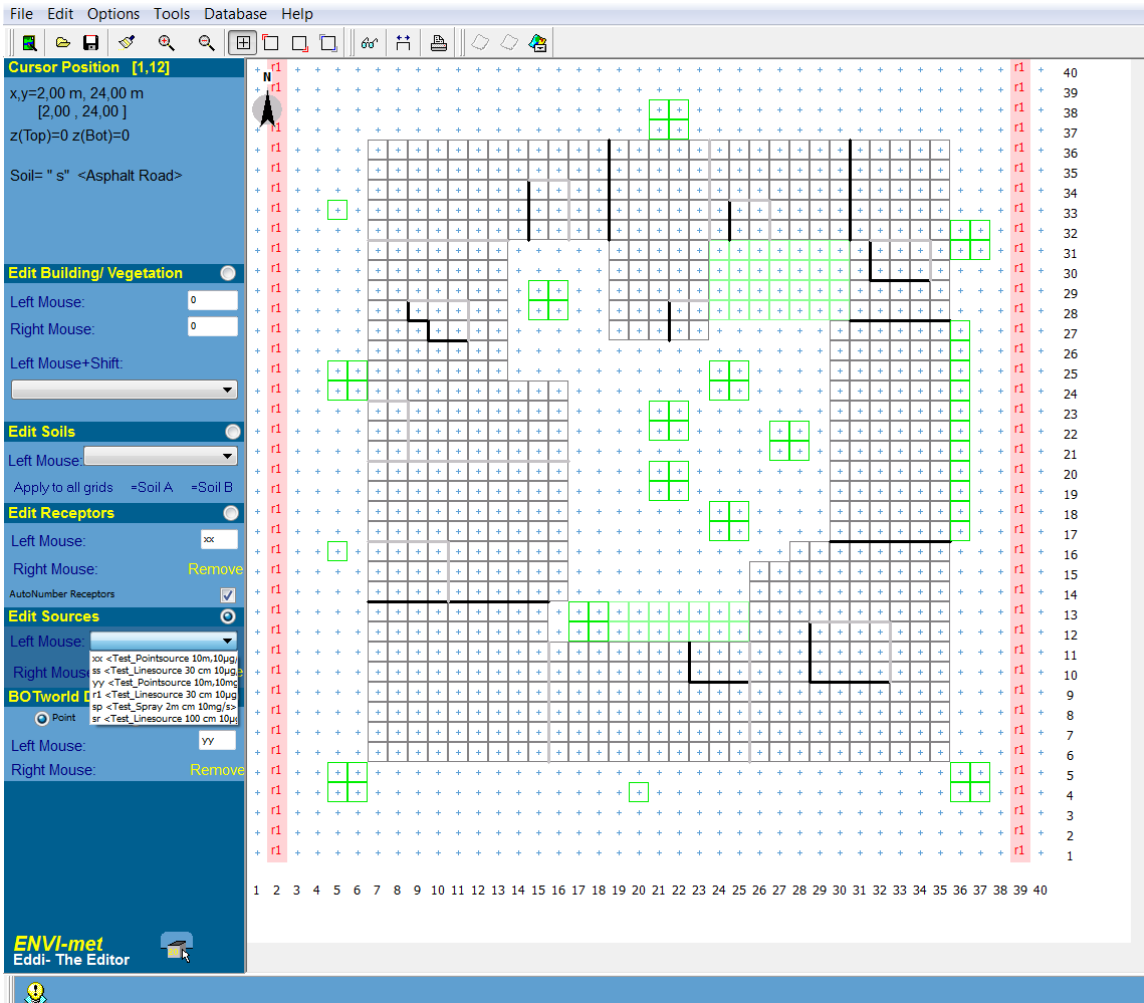
Για την εισαγωγή υποδοχέων στην περιοχή προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή «Edit Receptors», που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Εικόνα 3.8). Στο πεδίο «Left mouse» συμπληρώνουμε τον αριθμό του υποδοχέα (δηλαδή το όνομά του) και στη συνέχεια, με «αριστερό κλικ» στον κάναβο σχεδιασμού, τον εισάγουμε στην επιθυμητή θέση. Για την αφαίρεση υποδοχέων απλώς χρησιμοποιούμε «δεξί κλικ».



Εικόνα 3.8. Εισαγωγή υποδοχέων. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/σωματιδίων (Sources)

Για την εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/σωματιδίων στην περιοχή προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή «Edit Sources», που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Εικόνα 3.9). Στο πεδίο «Left mouse» επιλέγουμε τον τύπο της πηγής και στη συνέχεια, με «αριστερό κλικ» στον κάναβο σχεδιασμού, την εισάγουμε στην επιθυμητή θέση. Το σχήμα της εκάστοτε πηγής ποικίλει, αφού μπορεί να είναι σημειακή ή γραμμική (π.χ. αν πρόκειται για ρύπους οχημάτων, σχεδιάζουμε μια γραμμική πηγή κατά μήκος του δρόμου). Για την αφαίρεση των πηγών απλώς χρησιμοποιούμε «δεξί κλικ».



Εικόνα 3.9. Εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/ σωματιδίων. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

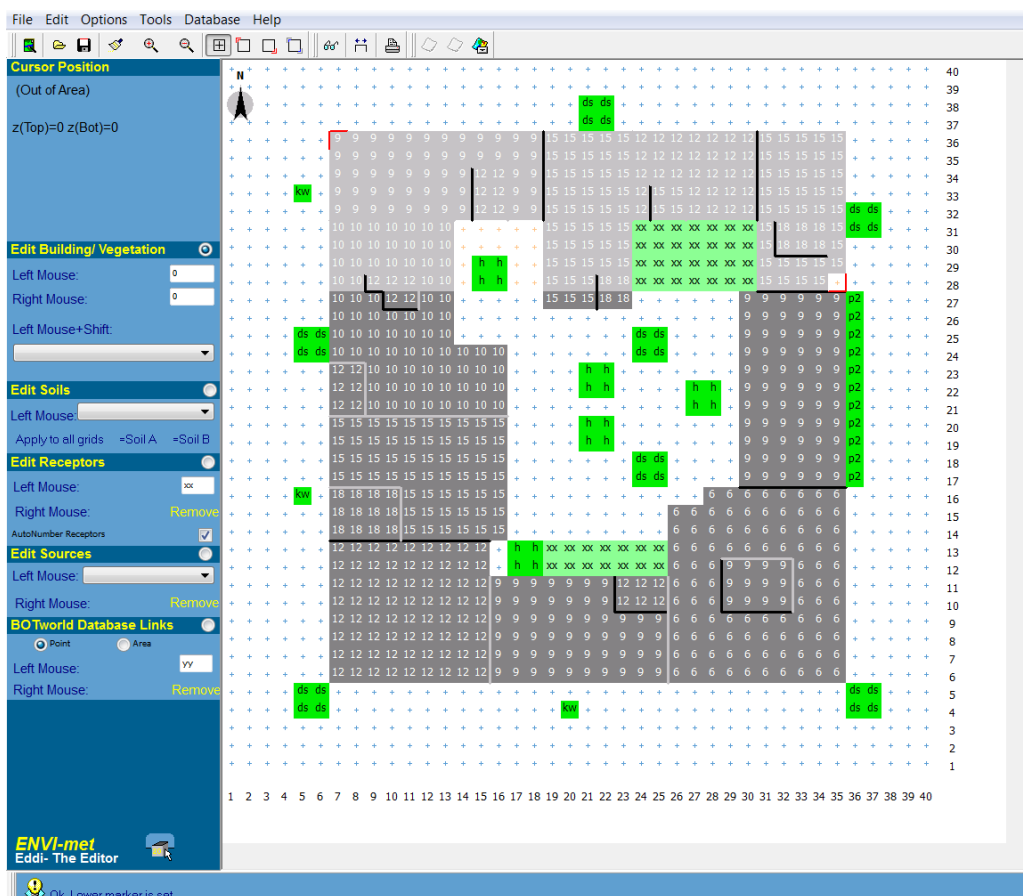
Όσον αφορά τις συντομεύσεις των λειτουργιών, οι οποίες βρίσκονται κάτω από το βασικό μενού του κύριου παραθύρου του editor και φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί (Εικόνα 3.10), έχουμε τα εξής:



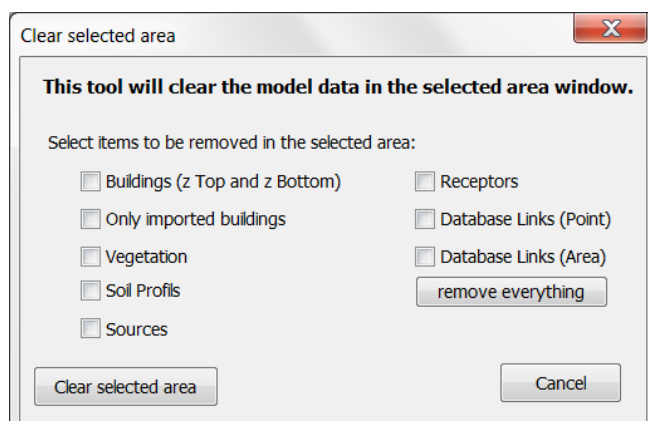
Εικόνα 3.10. Βασικά εργαλεία του editor. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

- Το πρώτο από αριστερά εικονίδιο ανοίγει το παράθυρο για τη δημιουργία νέου ή την τροποποίηση υπάρχοντος Αρχείου Εισαγωγής Περιοχής (Εικόνα 3.5).
- Το δεύτερο εικονίδιο ανοίγει το επιθυμητό αποθηκευμένο Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής.
- Το τρίτο εικονίδιο αποθηκεύει το Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής.
- Το τέταρτο εικονίδιο επανασχεδιάζει το μοντέλο.
- Το πέμπτο και το έκτο εικονίδιο αφορούν στον έλεγχο του μεγέθους της επιφάνειας σχεδίασης στην οθόνη (Zoom in, Zoom out).

- Το έβδομο εικονίδιο αποκρύπτει ή εμφανίζει τους σταυρούς στον κάναβο.
- Με τη βοήθεια του όγδοου και του ένατου εικονιδίου, μπορούμε να επιλέξουμε ένα τμήμα του μοντέλου (το επάνω αριστερά και το κάτω δεξιά όριο του) και στη συνέχεια να σβήσουμε τα δεδομένα του τμήματος αυτού,πηγαίνοντας στο μενού Edit > Clear model inside selection (Εικόνα 3.11). Με την επιλογή αυτή εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου της Εικόνας 3.12, στο οποίο ο χρήστης επιλέγει τα προς διαγραφή στοιχεία.



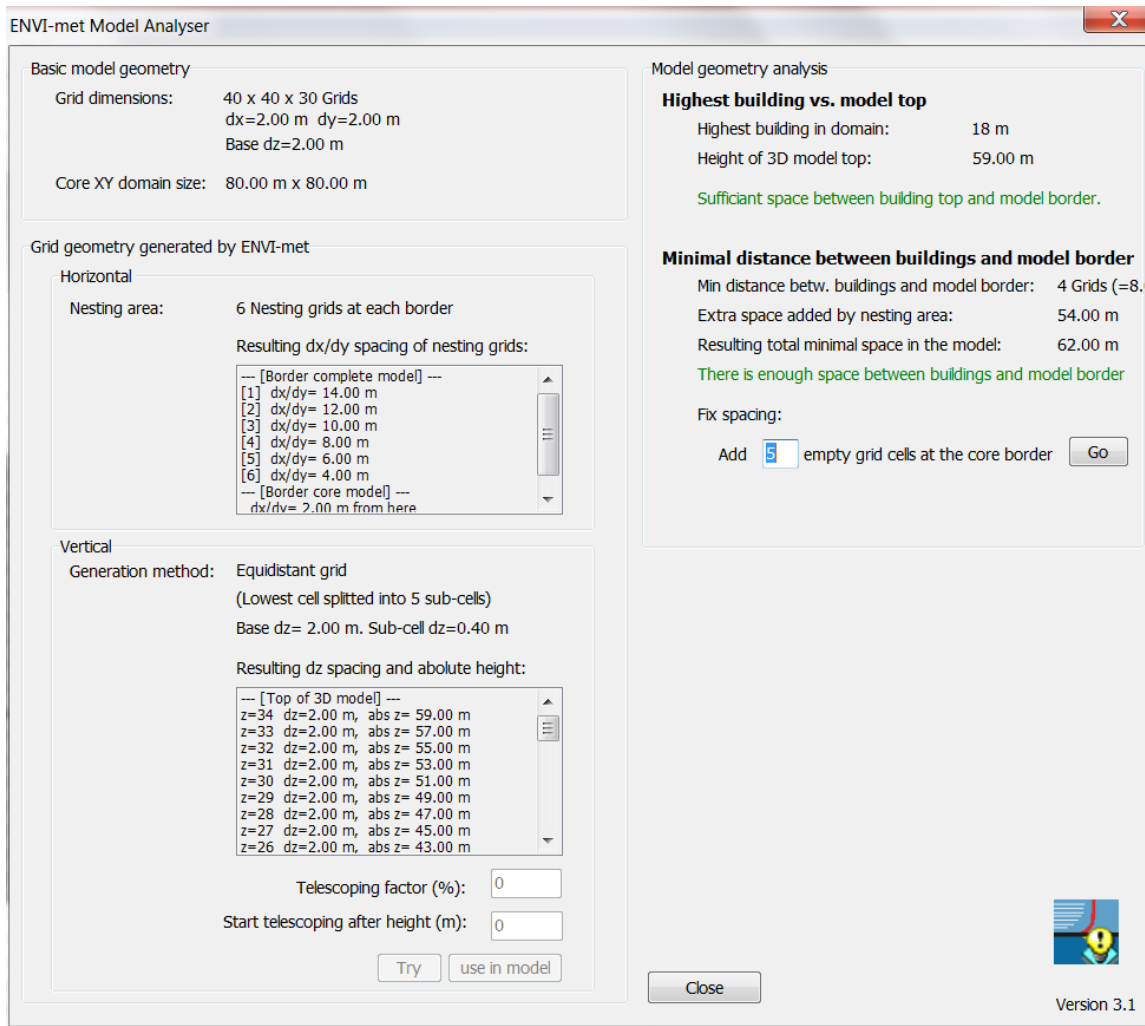
Εικόνα 3.11. Επιλογή περιοχής για διαγραφή στοιχείων. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]



Εικόνα 3.12. Επιλογή των προς διαγραφή στοιχείων στην επιλεγμένη περιοχή. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

- Το δέκατο εικονίδιο απαλείφει τα παραπάνω όρια.

Το ενδέκατο εικονίδιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την επίτευξη μιας προσομοίωσης, η οποία θα δώσει αξιόπιστα και ακριβή, κατά το δυνατό, αποτελέσματα. Με τη χρήση του εμφανίζεται το παράθυρο με τίτλο «ENVI- met Model Analyzer» (Εικόνα 3.13). Το παράθυρο αυτό μας δίνει μία σειρά

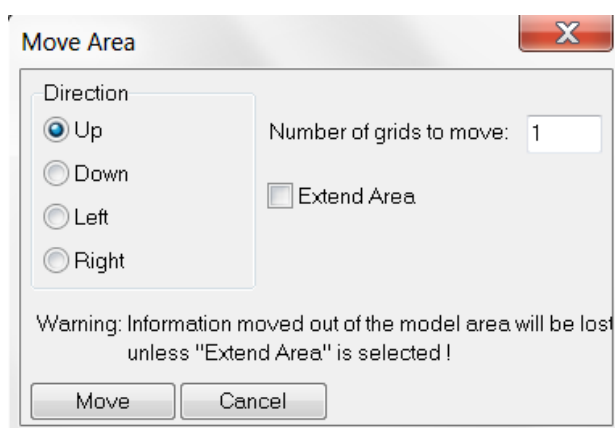


Εικόνα 3.13. ENVI-met Model Analyzer. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

πληροφοριών για το μοντέλο που έχουμε δημιουργήσει, όπως το πλήθος των υπολογιστικών κελιών και τις διαστάσεις τους, το μέγεθος (κάτοψη) του πυρήνα του μοντέλου, δηλαδή του κυρίως μοντέλου χωρίς τη δευτερεύουσα περιοχή, τον αριθμό των δευτερευουσών ζωνών που περιβάλλουν το κύριο μοντέλο, το είδος των υπολογιστικών κελιών όσον αφορά την κατακόρυφη διάσταση (κελιά σταθερού ύψους ή τηλεσκοπικά) κ.λπ. Οι σημαντικότερες, όμως, πληροφορίες είναι το ύψος του μοντέλου και το ύψος του υψηλότερου κτιρίου μέσα σε αυτό. Εφόσον το πρώτο είναι τουλάχιστον διπλάσιο του δεύτερου, εμφανίζεται μήνυμα (με πράσινα γράμματα) που μας ενημερώνει ότι υπάρχει αρκετός χώρος ανάμεσα στην κορυφή

του υψηλότερου κτιρίου και το όριο του μοντέλου. Επίσης σημαντική, αν όχι σημαντικότερη, είναι η πληροφορία που αφορά στην απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των κτιρίων και του ορίου του μοντέλου στην οριζόντια διεύθυνση. Οι δύο τελευταίες παράμετροι που αναφέρθηκαν θα πρέπει να ελέγχονται πάντα πριν την πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης, ώστε να μην προκύπτουν προβλήματα σύγκλισης και να λαμβάνονται σωστά αποτελέσματα.

- Το δωδέκατο εικονίδιο, δίνει τη δυνατότητα μετακίνησης ολόκληρης της περιοχής προσομοίωσης, στη διεύθυνση που θέλουμε και κατά τον επιθυμητό αριθμό κελιών (Εικόνα 3.14).



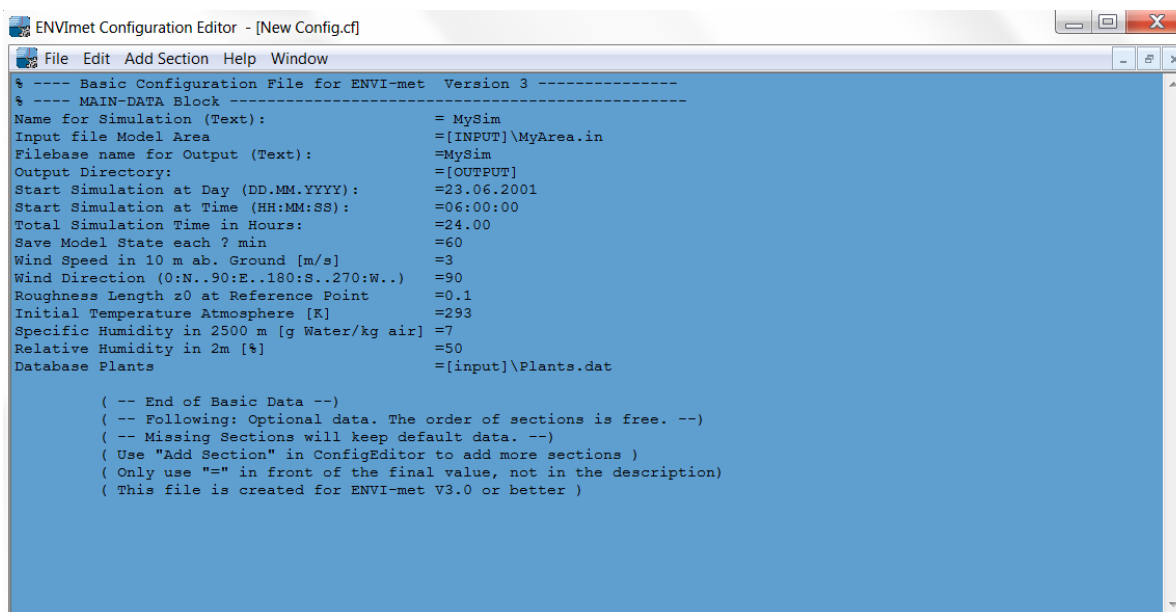
Εικόνα 3.14. Μετακίνηση ολόκληρης της περιοχής προσομοίωσης. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

- Το δέκατο τρίτο εικονίδιο αφορά στην εκτύπωση.
- Τα τρία τελευταία εικονίδια αφορούν στη δυνατότητα εισαγωγής μιας εικόνας ως φόντο (background) στην περιοχή του κανάβου. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική διότι η εικόνα (π.χ. ένα τοπογραφικό σχέδιο, μία κάτοψη ή μία αεροφωτογραφία του Google Earth) χρησιμεύει ως οδηγός για τη σχεδίαση της περιοχής προσομοίωσης.

3.2.2. Δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF

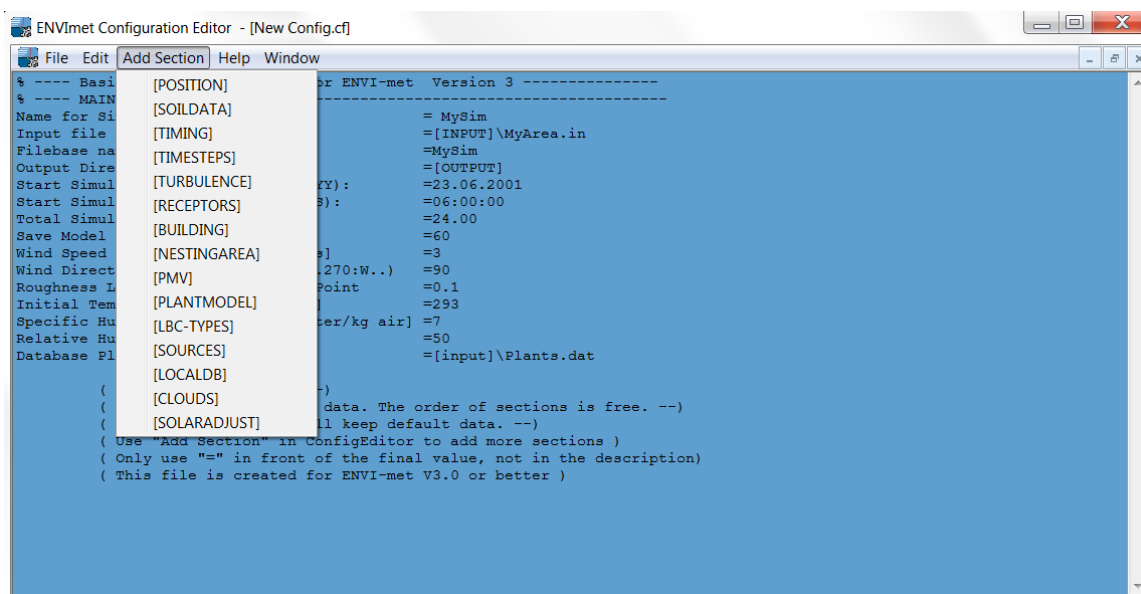
Επιλέγοντας το δεύτερο εικονίδιο στο αρχικό παράθυρο έναρξης του ENVI-met (Εικόνα 3.2), ανοίγει ο επεξεργαστής του κύριου αρχείου διαμόρφωσης (ENVI-met Configuration Editor). Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα νέο αρχείο .CF ή να επεξεργαστούμε κάποιο υπάρχον. Για τη δημιουργία ενός νέου αρχείου, πηγαίνουμε στο μενού File > New Configuration, οπότε εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 3.15.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET



Εικόνα 3.15. Δημιουργία νέου αρχείου .CF και βασικές ρυθμίσεις. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Η επεξεργασία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης είναι απλή, καθώς έχει τη μορφή ενός αρχείου κειμένου (.txt file). Όπως έχει αναφερθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 2, αρχικά υπάρχουν μόνο οι βασικές και απαραίτητες για την προσομοίωση πληροφορίες. Για την προσθήκη περαιτέρω στοιχείων, χρησιμοποιούμε το μενού «Add section» και προσθέτουμε επιπλέον τομείς (Εικόνα 3.16).



Εικόνα 3.16. Προσθήκη επιπλέον ρυθμίσεων από το μενού «Add Section». [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

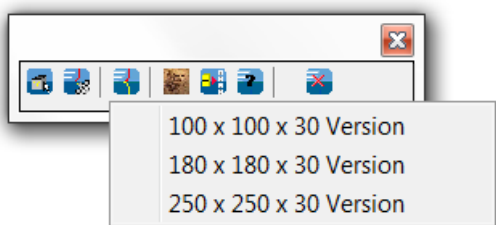
Για την εισαγωγή των ρυθμίσεων, απλώς σβήνουμε τις προκαθορισμένες και πληκτρολογούμε τις νέες. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον τρόπο γραφής τους, καθώς θα πρέπει να ακολουθείται αυστηρά η τυποποίηση (format) του αρχείου (λατινικοί

χαρακτήρες, κενά, αριθμός δεκαδικών ψηφίων, τελεία ή κόμμα κ.λπ.), όπως επίσης και οι μονάδες μέτρησης των μεγεθών.

Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα Batch File, χρησιμοποιώντας το μενού File > New Batch-File.

3.3. Εκτέλεση της προσομοίωσης

Έχοντας ολοκληρώσει τη δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής **.IN** και του κύριου αρχείου διαμόρφωσης **.CF**, μπορούμε να ξεκινήσουμε την προσομοίωση. Επιλέγοντας το τρίτο εικονίδιο του αρχικού παραθύρου του προγράμματος ENVI-met (Εικόνα 3.2), εμφανίζονται τα διαθέσιμα μεγέθη μοντέλου (versions), που στην έκδοση αυτή είναι 3 (Εικόνα 3.17).

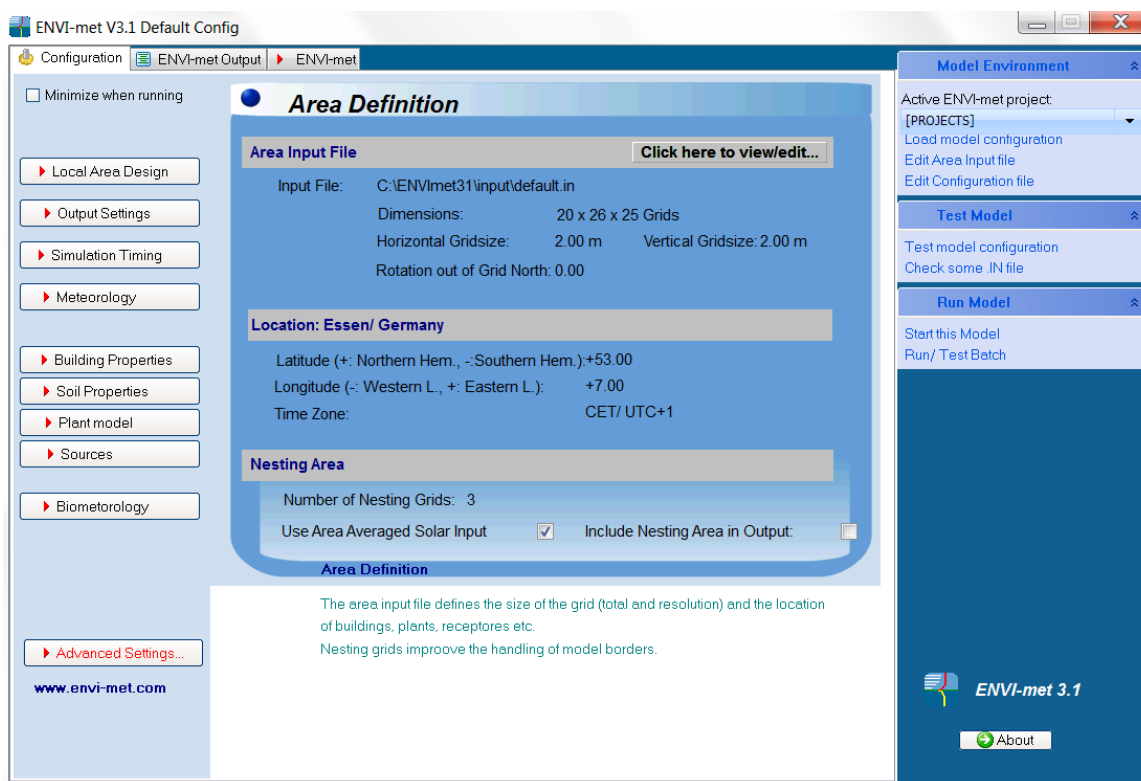


Εικόνα 3.17. Επιλογή version για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Η επιλογή βασίζεται στον αριθμό των κελιών από τον οποίον αποτελείται το μοντέλο στο αρχείο **.IN**. Σε αυτόν θα πρέπει να προστεθεί και το πλήθος των δευτερευόντων κελιών (nesting grids), δηλαδή ο αριθμός των ζωνών που περιβάλλουν τον πυρήνα του μοντέλου. Έτσι, η version που θα επιλέξουμε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη, ώστε τα παραπάνω κελιά να χωρούν σε αυτήν (και στο οριζόντιο επίπεδο και κατακόρυφως). Αφού επιλέξουμε το μέγεθος της version, αμέσως εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 3.18, το οποίο αποτελεί τον τελικό πίνακα ελέγχου (Configuration Panel) της προσομοίωσης που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε.

Στο σημείο αυτό, το λογισμικό θα «διαβάσει» όλες τις πληροφορίες που του έχουν δοθεί μέσω των αρχείων **.IN** και **.CF**. Παρόλο που είναι δυνατό, δε συνιστάται να γίνουν περεταίρω αλλαγές και ρυθμίσεις στη θέση αυτή, παρά μόνον τέτοιες που αφορούν σε προχωρημένους χρήστες (Advanced Settings). Ο βασικότερος λόγος είναι ότι, πιθανότατα, μετά τη λήξη της προσομοίωσης ο χρήστης δε θα είναι σε θέση να ελέγξει τις ρυθμίσεις που είχε αλλάξει. Χρησιμοποιώντας το εικονίδιο «Configuration», το οποίο βρίσκεται

στο επάνω αριστερά μέρος του παραθύρου, μπορούμε να δούμε εποπτικά τις βασικότερες ρυθμίσεις που έχουμε επιλέξει στο αρχείο **.IN**.



Εικόνα 3.18. Configuration Panel. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Οι σημαντικότερες λειτουργίες βρίσκονται στο δεξιό τμήμα του παραθύρου και είναι οι εξής:

Load model configuration

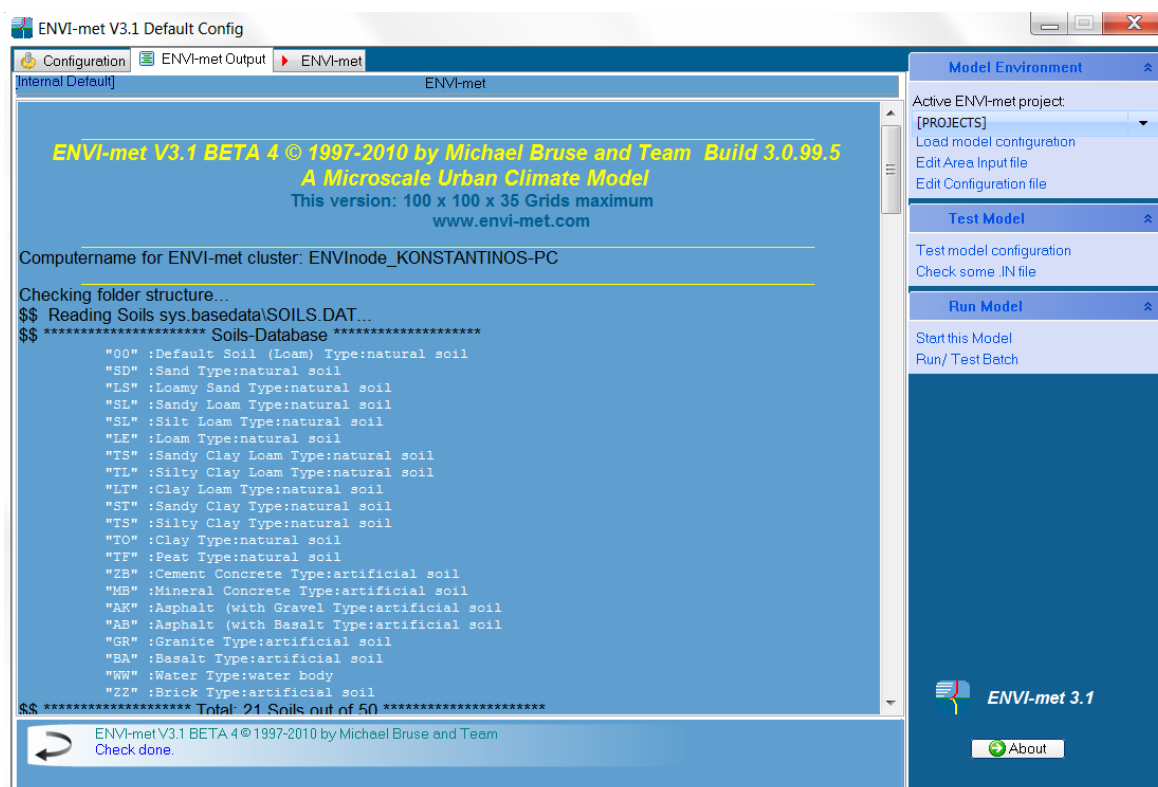
Στην περίπτωση που θέλουμε να «φορτώσουμε» ένα αρχείο **.CF**, δηλαδή μία προσομοίωση, χρησιμοποιούμε το «Load model configuration». Τότε, ανοίγει ένα παράθυρο αναζήτησης των Windows, ώστε εμείς να βρούμε το αρχείο που επιθυμούμε. Κάνοντας «διπλό κλικ», αυτό «διαβάζεται» και εμφανίζεται στο πάνελ. Εδώ θα πρέπει να σχολιάσουμε ότι το αρχείο **.CF** καθοδηγεί το πρόγραμμα, ώστε να «φορτώσει» και το αντίστοιχο αρχείο **.IN** (αυτό προγραμματίστηκε στη φάση δημιουργίας του **.CF**).

Test model configuration

Επιλέγοντας «Test model configuration», ελέγχονται οι ρυθμίσεις και οι πληροφορίες που έχουμε εισαγάγει στο αρχείο **.CF**. Τα αποτελέσματα του ελέγχου εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο στην καρτέλα «ENVI-met Output», η οποία βρίσκεται στο επάνω αριστερά μέρος του παραθύρου (Εικόνα 3.19). Πιο αναλυτικά αποτελέσματα αποθηκεύονται στο φάκελο «Output», τον οποίο είχαμε ορίσει στο αρχείο **.CF**.

Check some .IN file

Εκτός του προηγούμενου ελέγχου, είναι επίσης πολύ σημαντικό να ελέγχουμε και το αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**. Αυτό γίνεται μέσω του «Check some .IN file» και μπορεί να πραγματοποιηθεί για οποιοδήποτε αρχείο **.IN**, χωρίς να υπάρχει απαραίτητα το αντίστοιχο αρχείο **.CF**.



Εικόνα 3.19. Έλεγχος του αρχείου **.CF** μέσω του «Test model configuration». [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Start this Model

Έχοντας πραγματοποιήσει τους παραπάνω ελέγχους, είμαστε πλέον έτοιμοι να «τρέξουμε» το μοντέλο. Επιλέγοντας «Start this Model», η προσομοίωση ξεκινά και η πορεία της με τα αντίστοιχα μηνύματα εμφανίζεται σε πραγματικό χρόνο στην καρτέλα «ENVI-met Output».

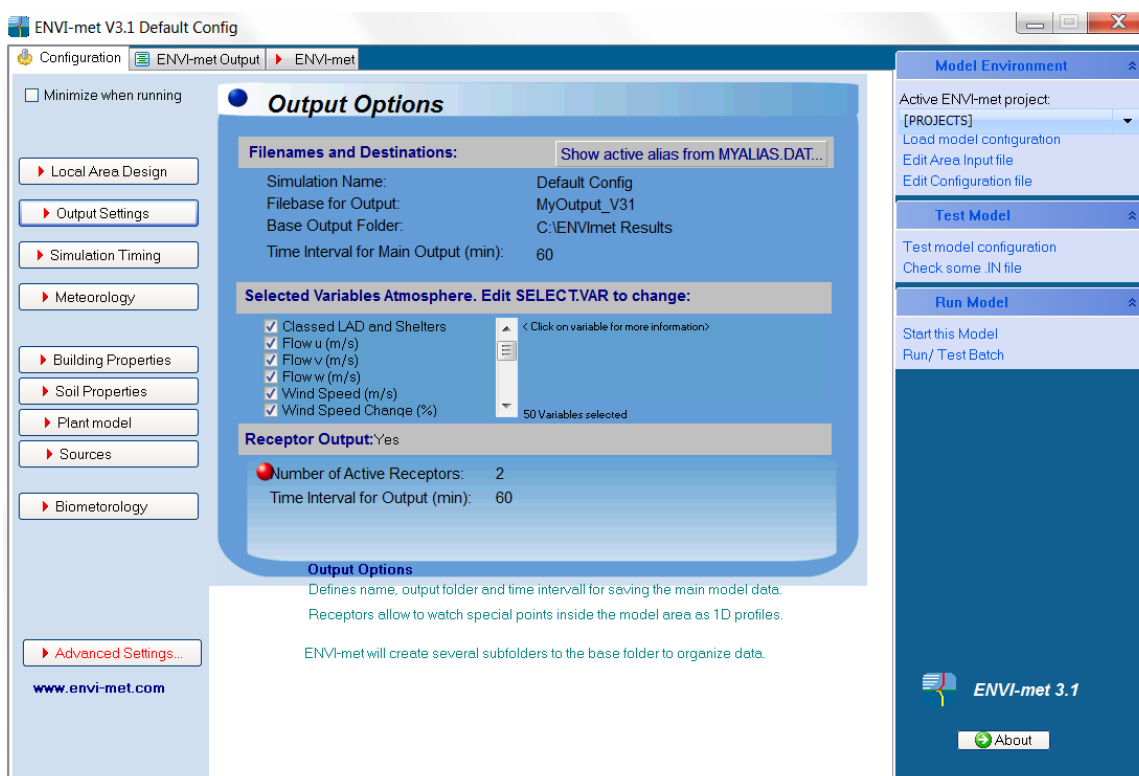
Ευρισκόμενοι στον τελικό πίνακα ελέγχου (Configuration Panel) της Εικόνας 3.18, επιλέγοντας την καρτέλα «Configuration», η οποία βρίσκεται στο επάνω αριστερά μέρος του παραθύρου, μπορούμε να δούμε μία σειρά από πληροφορίες για το μοντέλο που έχουμε «φορτώσει».

Local Area Design

Εμφανίζει πληροφορίες για το αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN** (Σχ. 3.18). Πατώντας «Click here to view/edit...», ανοίγει το συγκεκριμένο αρχείο για περαιτέρω επεξεργασία.

Output Settings

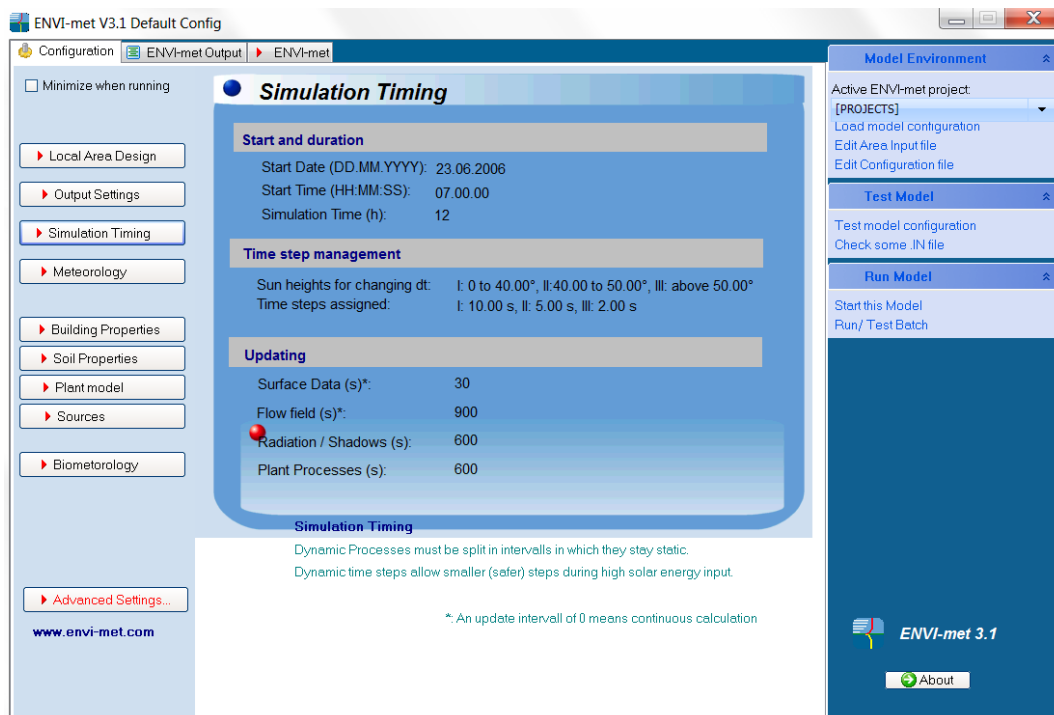
Εδώ συνοψίζονται πληροφορίες για τα εξαγόμενα δεδομένα της προσομοίωσης (Εικόνα 3.20). Συγκεκριμένα αναφέρονται το όνομα της προσομοίωσης, οι καθορισμένοι φάκελοι αποθήκευσης των αποτελεσμάτων, ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην εξαγωγή διαδοχικών δεδομένων, οι μεταβλητές που έχουν επιλεγθεί και στοιχεία για τους υποδοχείς (receptors).



Εικόνα 3.20. Output Settings. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Simulation Timing

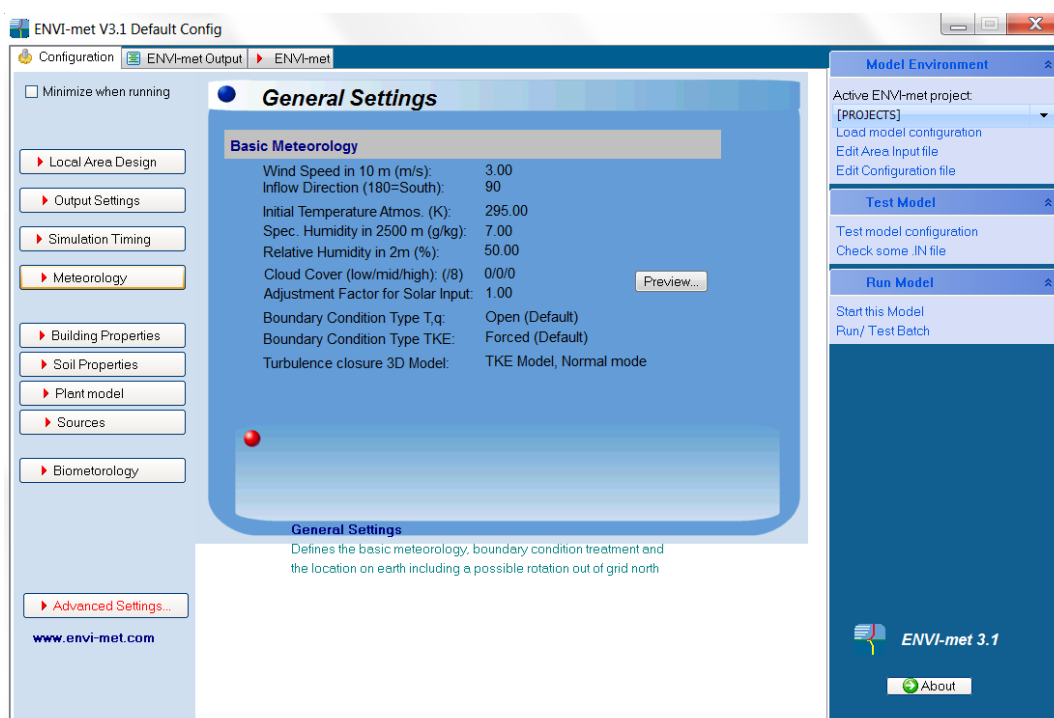
Στη θέση αυτή παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικές με το χρόνο έναρξης της προσομοίωσης (ημερομηνία και ώρα) και τη διάρκειά της, όπως επίσης και τα χρονικά βήματα για τους εσωτερικούς υπολογισμούς, δηλαδή κάθε πότε θα ανανεώνεται το πεδίο ροής του ανέμου, τα δεδομένα σχετικά με τις επιφάνειες, τα φυτά, την ακτινοβολία κ.λπ. (Εικόνα 3.21)



Εικόνα 3.21. Simulation Timing. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Meteorology

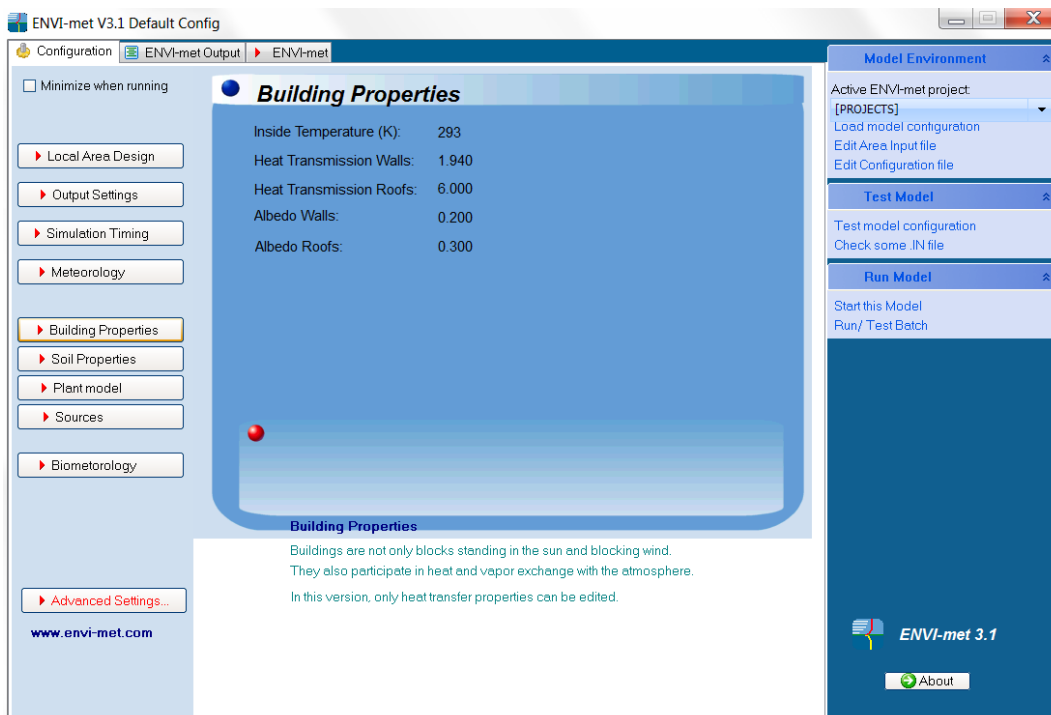
Εδώ συνοψίζονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν στις κλιματικές συνθήκες (αρχική θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου κ.λπ.), καθώς επίσης και ο τύπος οριακών συνθηκών που έχουμε επιλέξει για το μοντέλο.



Εικόνα 3.22. Meteorology. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Building Properties

Στη θέση αυτή συνοψίζονται οι ρυθμίσεις για τις ιδιότητες των κτιρίων και συγκεκριμένα η εσωτερική θερμοκρασία, η εκπομπή θερμότητας και η ανακλαστικότητα των οροφών και των τοίχων (Εικόνα 3.23).



Εικόνα 3.23. Building Properties. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Soil Properties

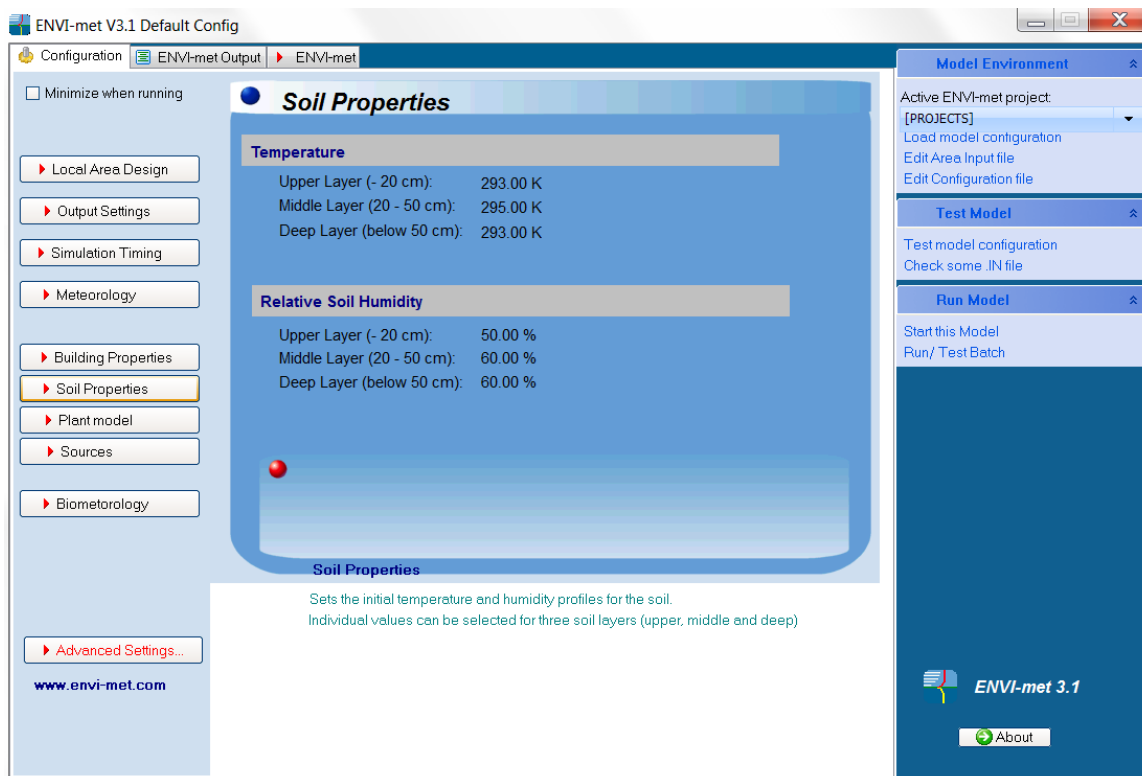
Εδώ εμφανίζονται πληροφορίες που αφορούν στο εδαφικό προφίλ (Εικόνα 3.24). Συγκεκριμένα φαίνονται οι τιμές της αρχικής θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας των τριών στρώσεων του εδάφους (από την επιφάνεια έως βάθος 20 cm, από τα 20 cm έως τα 50 cm και βαθύτερα των 50 cm).

Plant Model

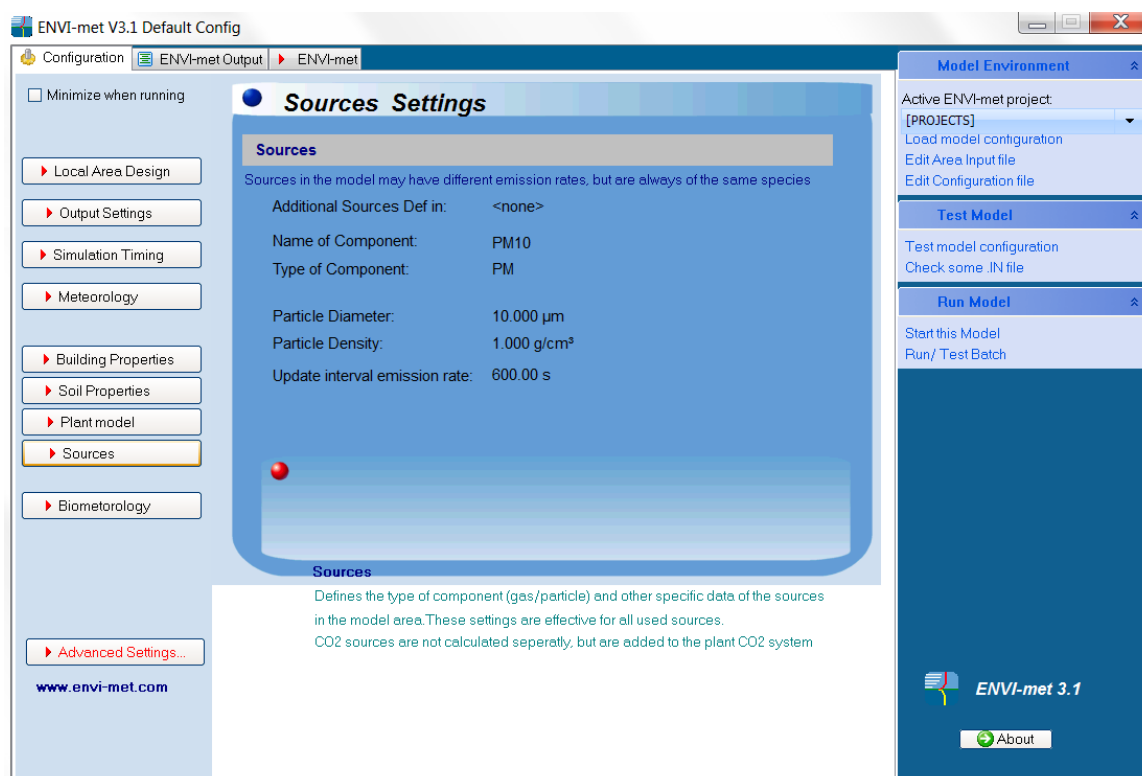
Εδώ φαίνεται η θέση της καθολικής βάσης δεδομένων των φυτών και το μοντέλο για την αντίσταση πόρων των φύλλων.

Sources

Στη θέση αυτή δίνονται πληροφορίες για τις πηγές εκπομπής αερίων/σωματιδίων. Συγκεκριμένα αναγράφεται το όνομα και ο τύπος του σωματιδίου, η πυκνότητά του, η διάμετρος του κ.λπ. (Εικόνα 3.25).



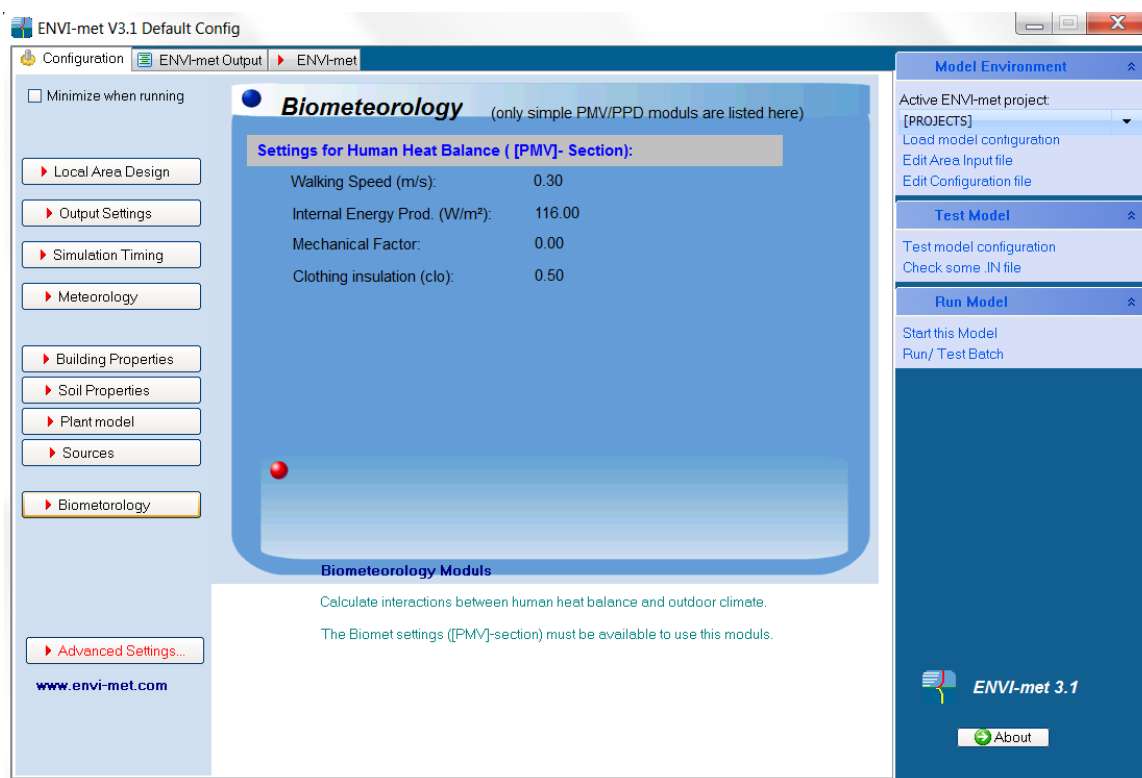
Εικόνα 3.24. Soil Properties. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]



Εικόνα 3.25. Sources. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Biometeorology

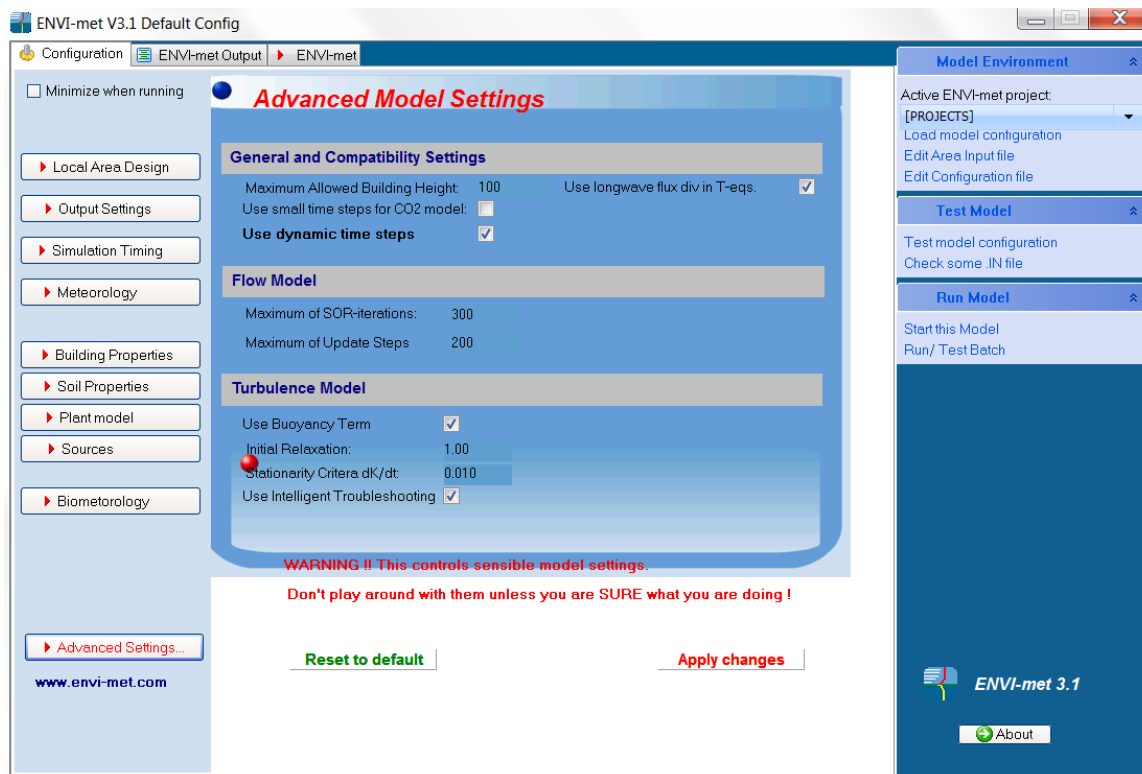
Εδώ εμφανίζονται πληροφορίες που αφορούν σε ανθρωπολογικές παραμέτρους για τον υπολογισμό του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. Συγκεκριμένα φαίνεται η ταχύτητα βάδισης, η εσωτερική παραγωγή ενέργειας, ο μηχανικός συντελεστής και η θερμική μόνωση λόγω ρουχισμού (Εικόνα 3.26).



Εικόνα 3.26. Biometeorology. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

Advanced Settings

Στη θέση αυτή υπάρχουν ρυθμίσεις οι οποίες συναντώνται μόνο εδώ (Εικόνα 3.27). Αυτές αφορούν κυρίως στα διάφορα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιεί το ENVI-met. Συγκεκριμένα, ορίζεται το μέγιστο επιτρεπτό ύψος κτιρίου, το χρονικό βήμα για τον υπολογισμό του CO₂ και τα μοντέλα που αφορούν στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία, στις διάφορες ροές, στην τύρβη, στην αρχική χαλαρότητα (relaxation) κ.λπ. Καλό είναι να μη γίνονται επεμβάσεις στις ρυθμίσεις αυτές εάν δεν υπάρχει μεγάλη εμπειρία στη χρήση του προγράμματος και γνώση σε θέματα ρευστομηχανικής και σε αντίστοιχα προγράμματα υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (C.F.D.).



Εικόνα 3.27. Advanced Settings. [Πηγή: <http://www.envi-met.com/>]

3.4. Διαχείριση των αποτελεσμάτων

Σε κάθε προσομοίωση το λογισμικό ENVI-met παράγει έναν τεράστιο όγκο δεδομένων. Αυτά αποθηκεύονται στη θέση όπου ο χρήστης είχε καθορίσει στη φάση κατάρτισης του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF και τοποθετούνται σε υποφακέλους οι οποίοι αφορούν στην ατμόσφαιρα, στις επιφάνειες, στους υποδοχείς κ.λπ. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται υπό μορφή αρχείων τύπου EDT., EDI., 1D, 1DT, 1DR και BWD, και περιέχουν πληροφορίες για τα μεγέθη τα οποία είχαμε επιλέξει ότι μας ενδιαφέρουν.

Υπάρχουν πολλές επιλογές σχετικά με τον τρόπο που μπορεί κάποιος να διαχειριστεί το μεγάλο αυτό όγκο δεδομένων. Μπορούν να δημιουργηθούν εικόνες και διαγράμματα ή, ακόμη, απομονώνοντας τις τιμές ενός συγκεκριμένου μεγέθους, να τις διαχειριστούμε και να παράξουμε μέσους όρους και άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές, οι οποίες θα αφορούν στο σύνολο της περιοχής του μοντέλου ή σε τμήματα αυτής. Τα παραπάνω μπορούν να γίνουν με τη χρήση των δύο υποπρογραμμάτων που περιέχονται στο ENVI-met, δηλαδή το Leonardo και το Xtract, σε συνεργασία με άλλα προγράμματα όπως το Excel και το Access. Στη συνέχεια θα γίνει μια σύντομη αναφορά στον τρόπο επεξεργασίας των αποτελεσμάτων με τη βοήθεια του Leonardo και του Excel.

3.4.1. Επεξεργασία αποτελεσμάτων με το Leonardo

Επιλέγοντας το τέταρτο εικονίδιο του αρχικού παραθύρου του προγράμματος ENVI- met (Εικόνα 3.2), ανοίγει η εφαρμογή Leonardo, η οποία μας βοηθάει στην απεικόνιση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων.

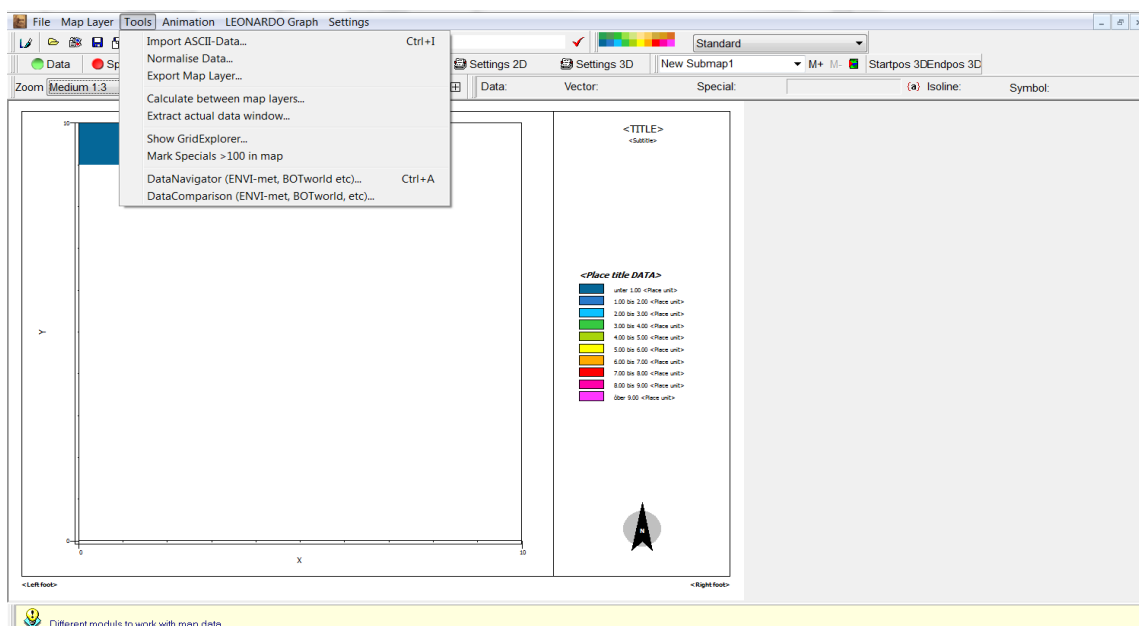
Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται με τη μορφή ενός χάρτη της περιοχής προσομοίωσης, στον οποίο φαίνονται οι τιμές του επιλεγμένου κάθε φορά μεγέθους, με τη βοήθεια χρωμάτων, ισοϋψών καμπυλών, διανυσμάτων κ.λπ. Η εφαρμογή διαθέτει 6 φίλτρα (layers), καθένα από τα οποία προορίζεται για την απεικόνιση διαφορετικού είδους δεδομένων. Τα πιο σημαντικά είναι:

Layer data: Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται για την απεικόνιση βαθμωτών μεγεθών, όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία.

Layer vector: Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση διανυσματικών μεγεθών, όπως η ταχύτητα ανέμου.

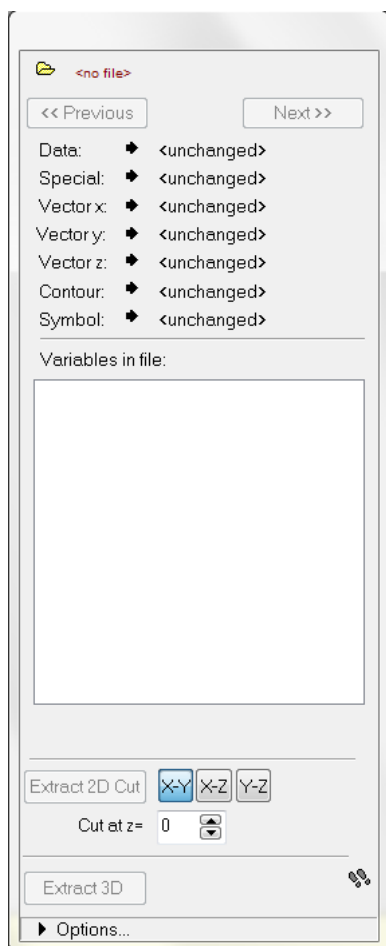
Layer contour: Το συγκεκριμένο φίλτρο εφαρμόζεται για τη δημιουργία καμπυλών τύπου ισοϋψών (για μεγέθη που μπορούν να απεικονιστούν με τον τρόπο αυτό).

Μπορούμε να έχουμε ενεργοποιημένα περισσότερα από ένα φίλτρα ταυτόχρονα. Όταν είναι ενεργοποιημένα έχουν πράσινη σήμανση ενώ, σε αντίθετη περίπτωση, κόκκινη. Στη συνέχεια δίνεται ένα παράδειγμα της πορείας που ακολουθείται για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων μιας προσομοίωσης.



Εικόνα 3.28. Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. [Πηγή Leonardo]

Χρησιμοποιώντας το βασικό μενού του αρχικού παραθύρου του Leonardo, πηγαίνουμε στο «Tools» και στη συνέχεια επιλέγουμε «Data Navigator» (Εικόνα 3.28). Στη συνέχεια εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 3.29, μέσω του οποίου μπορούμε να εισάγουμε τα αποτελέσματα που επιθυμούμε στο Leonardo.



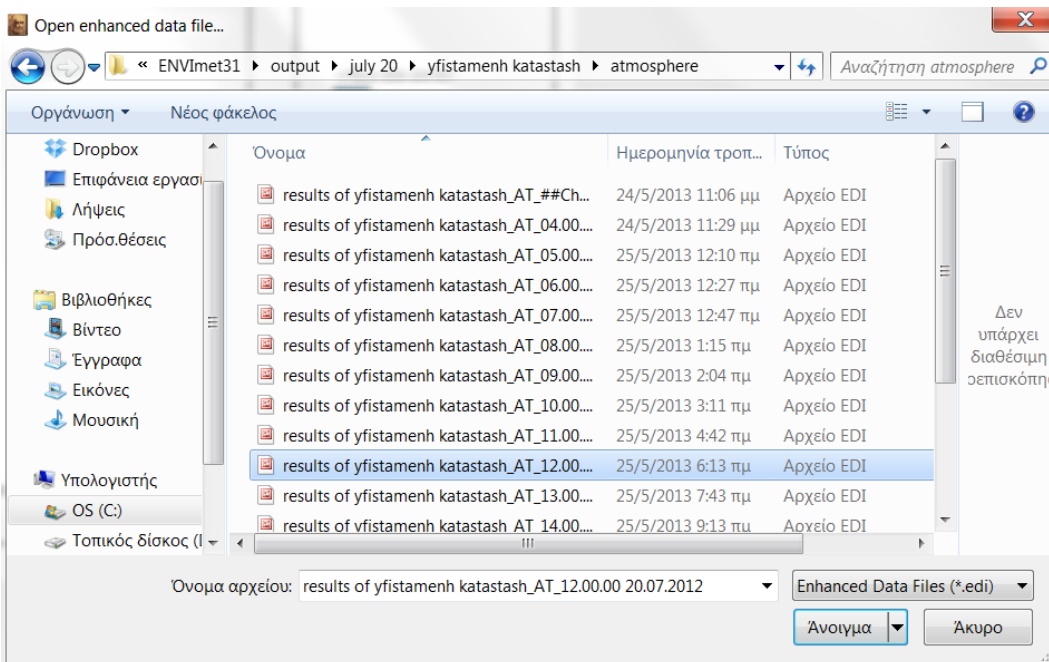
Εικόνα 3.29. Data Navigator. [Πηγή Leonardo]

Χρησιμοποιώντας το εικονίδιο του κίτρινου φακέλου (στην επάνω αριστερή πλευρά του ίδιου παραθύρου), ενεργοποιούμε το παράθυρο αναζήτησης των Windows για την εύρεση του αρχείου EDI. που επιθυμούμε. Με διπλό «κλικ» στο αρχείο, το Leonardo «διαβάζει» τις πληροφορίες και εμφανίζει μία λίστα με τις διαθέσιμες μεταβλητές.

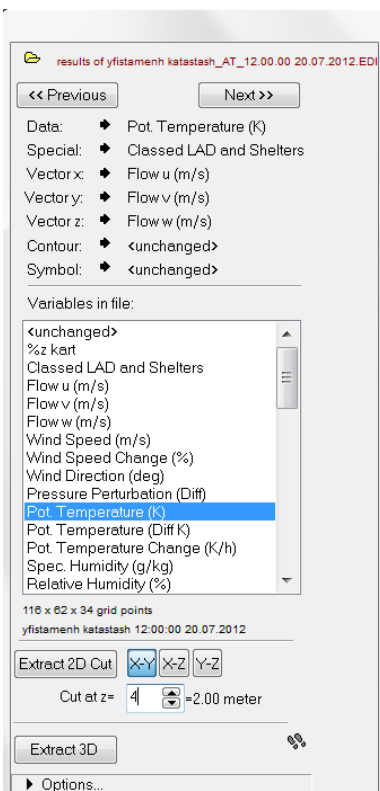
Για παράδειγμα, έστω ότι θέλουμε να οπτικοποιήσουμε τη θερμοκρασία του αέρα την 20/7/2012 στις 12:00 και σε ύψος 2 m, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Αφού επιλέξουμε το σωστό αρχείο EDI., δηλαδή αυτό που βρίσκεται στο φάκελο atmosphere και το οποίο αντιστοιχεί στην ώρα 12:00 (Εικόνα 3.30), στο παράθυρο του Data Navigator επιλέγουμε από τη λίστα με τις διαθέσιμες μεταβλητές αυτήν με την ονομασία «Pot. Temperature (K)». Για την οπτικοποίηση αυτών των δεδομένων, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, πρέπει να επιλέξουμε το κατάλληλο φίλτρο, δηλαδή το Data. Έτσι, στη συνέχεια πατάμε το βέλος που στην αριστερή

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET

του πλευρά αναγράφεται η λέξη Data. Στη συνέχεια, στο πεδίο «Cut at z =» επιλέγουμε το ύψος στο οποίο «κόβουμε», ώστε να λάβουμε τις αντίστοιχες τιμές. Τέλος, για δισδιάστατη απεικόνιση επιλέγουμε «Extract 2D Cut», καθώς επίσης και το επίπεδο στο οποίο θέλουμε να πραγματοποιηθεί η τομή (X-Y, X- Z ή Y-Z). Οι παραπάνω επιλογές φαίνονται στην Εικόνα 3.31.

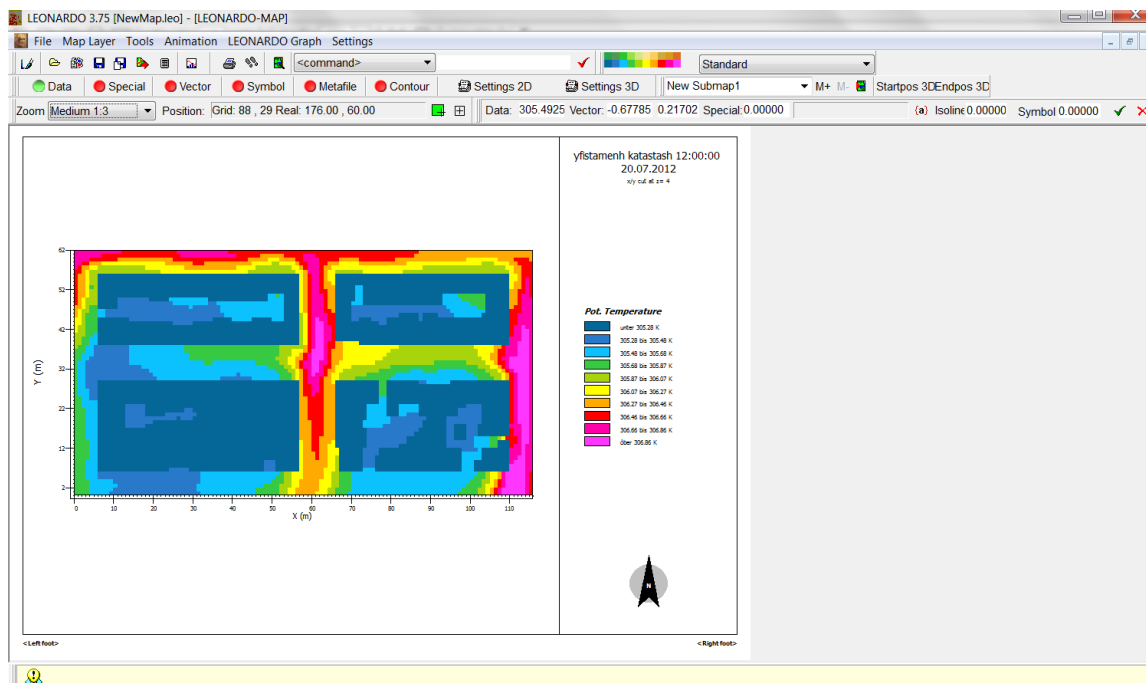


Εικόνα 3.30.Επιλογή του αρχείου EDI. [Πηγή Leonardo]

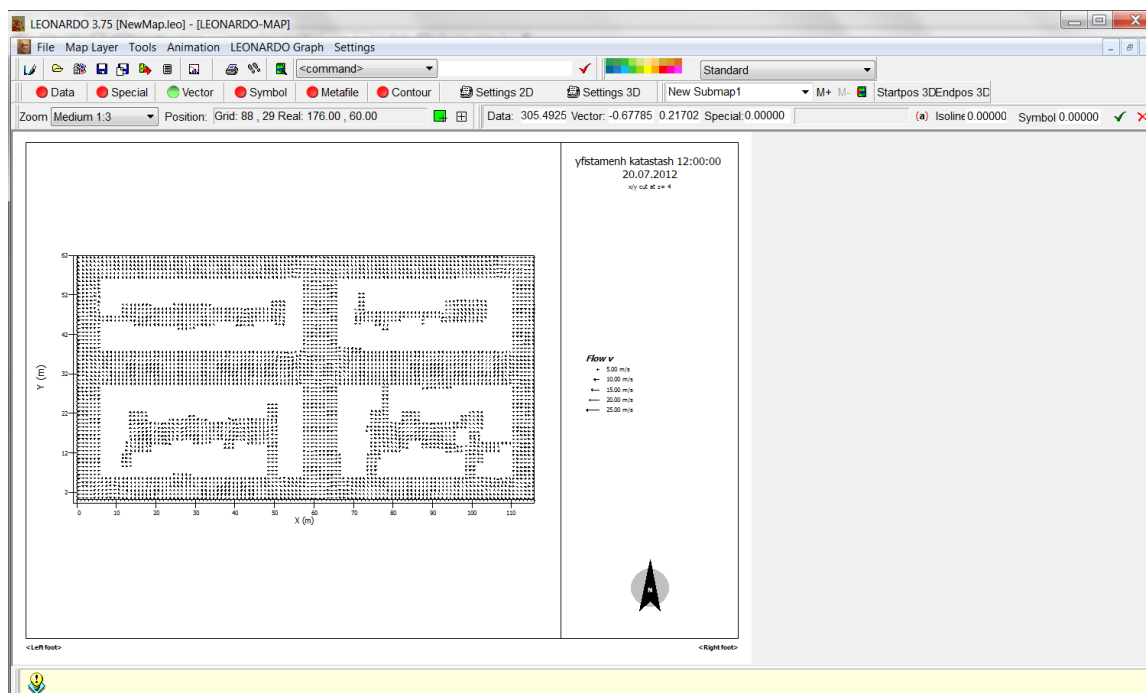


Εικόνα 3.31. Επιλογές για την οπτικοποίηση της θερμοκρασίας του αέρα την 20/7/2012 στις 12:00 και σε ύψος 2 m, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή Leonardo]

Έτσι, αφού ενεργοποιήσουμε το layer data, λαμβάνουμε την εικόνα που φαίνεται στην Εικόνα 3.32. Παρόμοια διαδικασία ακολουθούμε και για την οπτικοποίηση αποτελεσμάτων που αφορούν στο πεδίο ροής του ανέμου, ενεργοποιώντας το layer vector (Εικόνα 3.33).

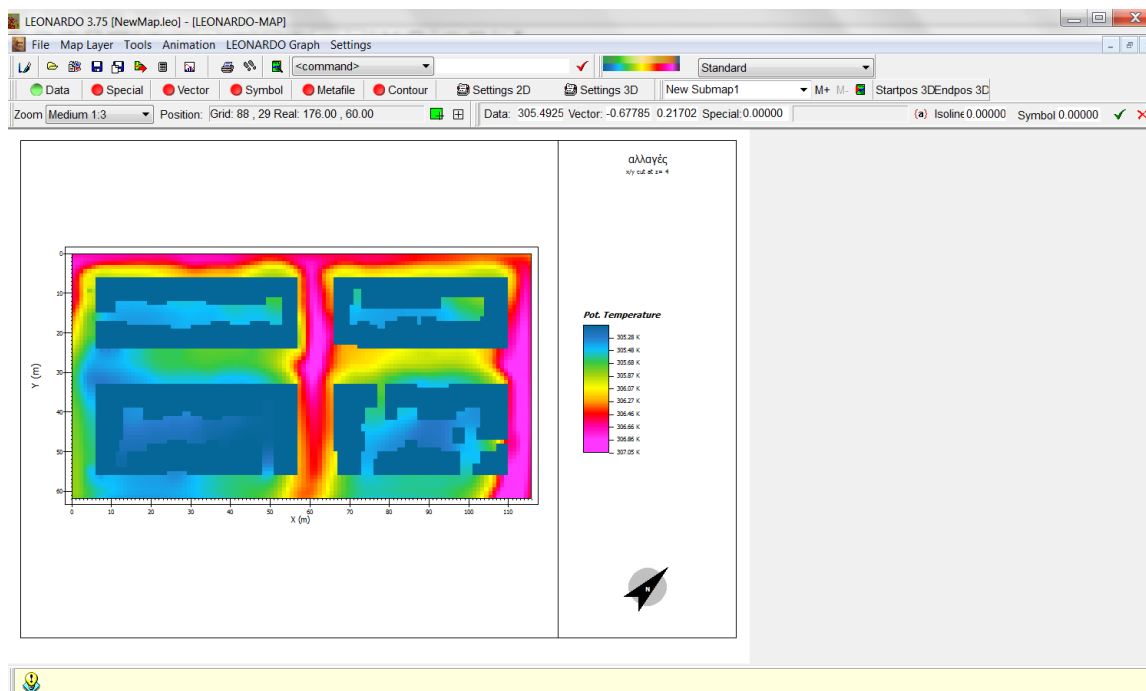


Εικόνα 3.32. Θερμοκρασία του αέρα την 20/7/2012 στις 12:00 και σε ύψος 2 m, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή Leonardo]



Εικόνα 3.33. Πεδίο ροής του ανέμου την 20/7/2012 στις 12:00 και σε ύψος 2 m, για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή Leonardo]

Χρησιμοποιώντας την επιλογή «Settings 2D», υπάρχει η δυνατότητα πολλών διαφορετικών ρυθμίσεων, όσον αφορά τα χρώματα, τα μεγέθη των διανυσμάτων, τις ισοϋψείς καμπύλες, το υπόμνημα, την κλίμακα, το βέλος του Βορρά κ.λπ. Κάποιες από αυτές τις αλλαγές φαίνονται στην Εικόνα 3.34.

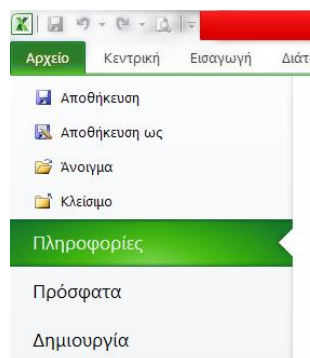


Εικόνα 3.34. Αλλαγές στις ρυθμίσεις χρησιμοποιώντας την επιλογή «Settings 2D». [Πηγή Leonardo]

3.4.2. Επεξεργασία αποτελεσμάτων με το Microsoft Excel

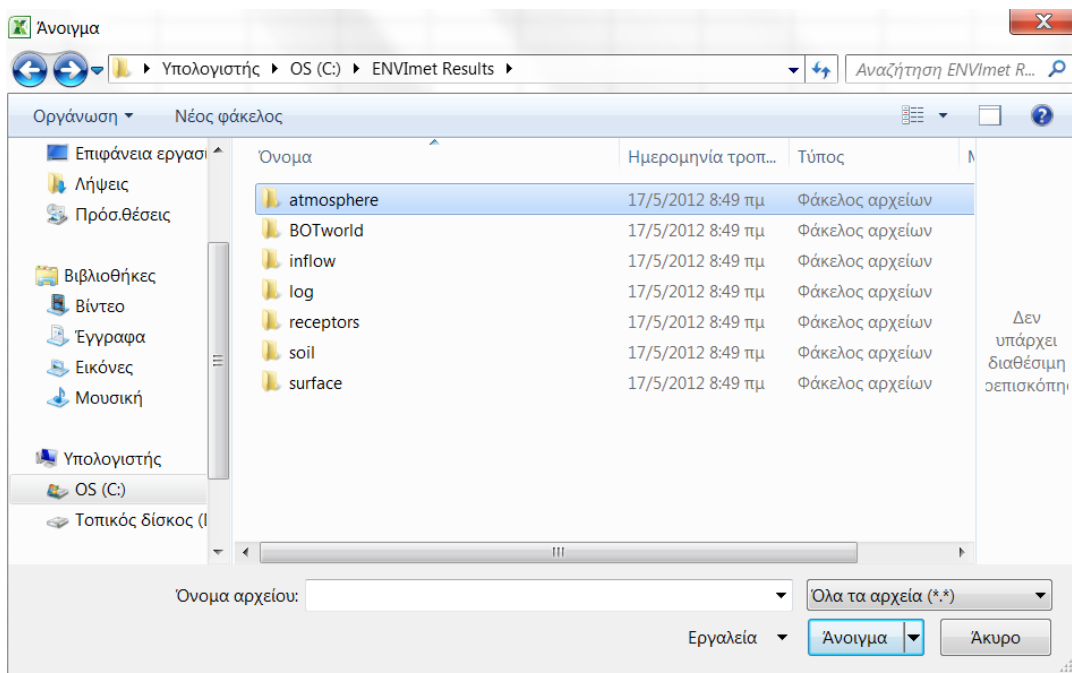
Με τη βοήθεια του Microsoft Excel μπορούμε να επεξεργαστούμε όλα τα αρχεία της μορφής .1D, 1DR, 1DT. Τέτοιου είδους αρχεία υπάρχουν στους φακέλους των υποδοχέων (receptors) και του μονοδιάστατου μοντέλου (inflow). Προκειμένου να γίνει αυτό ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία.

Αρχικά «ανοίγουμε» ένα καινούργιο ή παλιό αρχείο Excel, κατόπιν επιλέγουμε Αρχείο> Άνοιγμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.35.

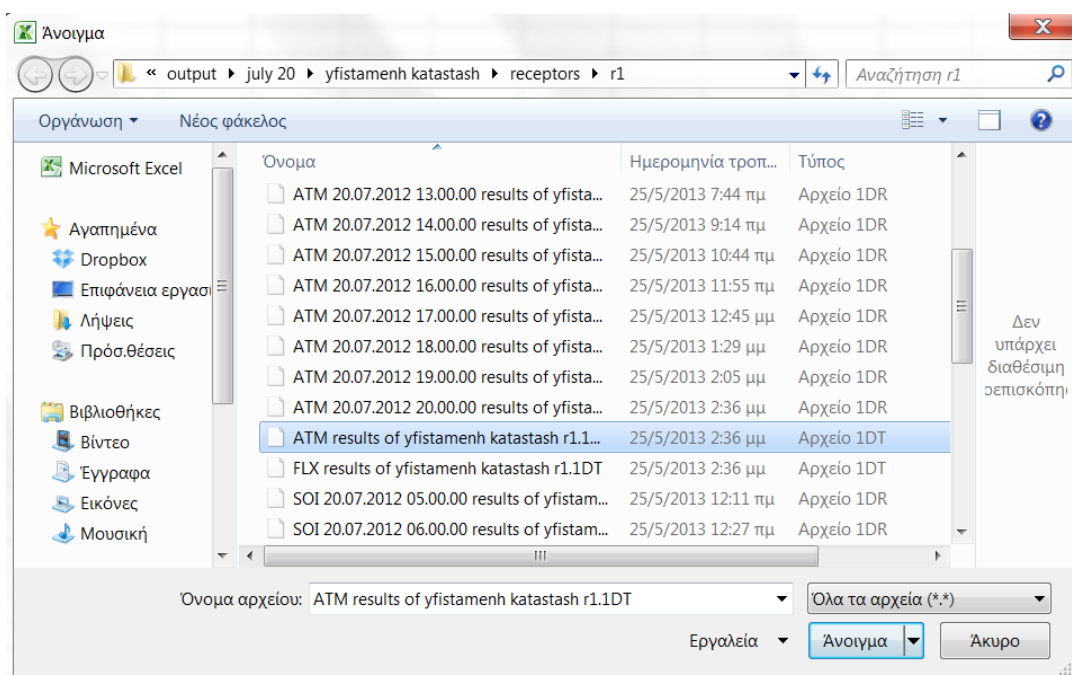


Εικόνα 3.35. Επιλογή Αρχείο> Άνοιγμα. [Πηγή: Microsoft Excel]

Έτσι ενεργοποιείται το παράθυρο αναζήτησης των Windows για την εύρεση του αρχείου που επιθυμούμε (Εικόνα 3.36). Για να ανοίξουμε κάποιο από τα αρχεία πατάμε διπλό «κλικ» πάνω σε αυτό, αφού πρώτα έχουμε επιλέξει, χαμηλά, στο Αρχεία τύπου> Όλα τα αρχεία, διότι διαφορετικά θα εμφανιστούν μόνο τα αρχεία του Excel και αυτά του ENVI-met δεν είναι τέτοιου τύπου.



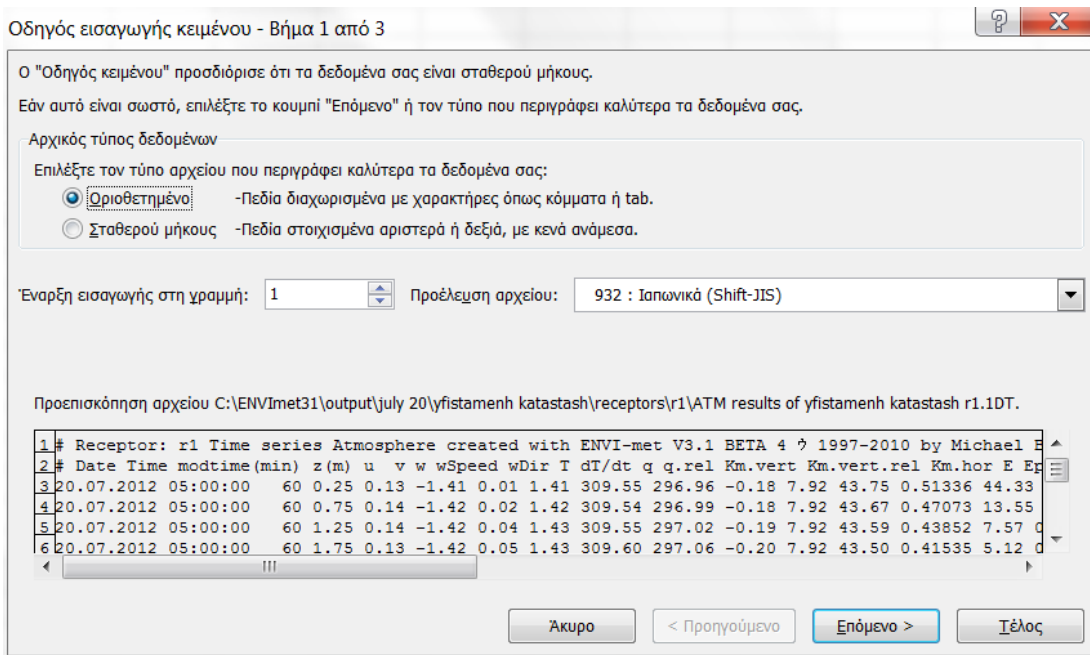
Εικόνα 3.36. Αναζήτηση αρχείου προς άνοιγμα. [Πηγή: Microsoft Excel]



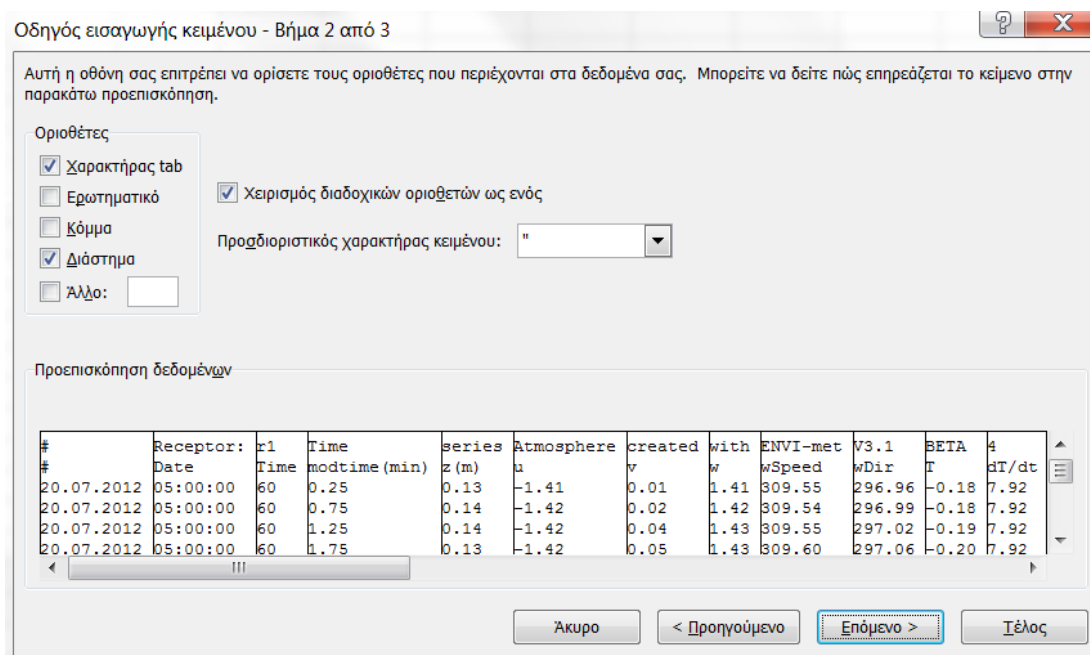
Εικόνα 3.37. Επιλογή αρχείου της ατμόσφαιρας, σε χρονική ακολουθία, του υποδοχέα r1 της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας. [Πηγή: Microsoft Excel]

Στο φάκελο των υποδοχέων υπάρχουν αρχεία που αφορούν την ατμόσφαιρα, το έδαφος και τις ροές, και είναι είτε τύπου «στιγμιότυπο» (1DR), είτε τύπου «χρονικής ακολουθίας» (1DT).

Για παράδειγμα, έστω ότι θέλουμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα για την ατμόσφαιρα, σε χρονική ακολουθία, του υποδοχέα r1 της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας. Αφού επιλέξουμε το σωστό αρχείο (Εικόνα 3.37) εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο διαλόγου.



Εικόνα 3.38. Οδηγός εισαγωγής κειμένου, βήμα 1. [Πηγή: Microsoft Excel]



Εικόνα 3.39. Οδηγός εισαγωγής κειμένου, βήμα 2. [Πηγή: Microsoft Excel]

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.38, στον τύπο αρχείου επιλέγεται «οριοθετημένο» και στην προέλευση αρχείου «932 : Ιαπωνικά (Shift-JIS)». Στη συνέχεια, κάνουμε «κλικ» στο «Επόμενο», για να πάμε στο δεύτερο βήμα, όπου επιλέγουμε «χαρακτήρας tab» και «διάστημα» στο πεδίο «οριοθέτες», ενώ «τικάρουμε» την επιλογή «χειρισμός διαδοχικών οριοθετών ως ενός», ώστε να εξαχθούν με ακρίβεια οι στήλες (Εικόνα 3.39). Επειδή στο βήμα 3 δεν χρειάζεται να γίνει κάποια αλλαγή, επιλέγουμε «Τέλος» και εμφανίζεται το φύλλο Excel της Εικόνας 3.40.

#	Receptor: r1	Time	series	Atmosphere	created	with	ENVI-met	V3.1	BETA	4 γ	1997-2010 by	Michael	Bruse	and	Team	Tmrt	LAD	Tleaf	Hleaf	LE			
3	20.07.2011	5:00:00	60	0.25	0.13	-1.41	0.01	1.41	309.55	296.96	-0.18	7.92	43.75	0.51336	44.33	0.51336	1.7664	0.66854	288.35	0	0	0	0
4	20.07.2011	5:00:00	60	0.75	0.14	-1.42	0.02	1.42	309.54	296.99	-0.18	7.92	43.67	0.47073	13.55	0.47073	1.3111	0.40171	288.35	0	0	0	0

Εικόνα 3.40. Παρουσίαση των δεδομένων σε φύλλο του Excel – Διαγραφή των δύο πρώτων κελιών.
[Πηγή: Microsoft Excel]

Αρχικά, διαγράφουμε τα δύο πρώτα κελιά με το σύμβολο «#» (Εικόνα 3.40) για να στοιχηθούν τα δεδομένα με το υπόμνημά τους (Εικόνα 3.41). Για την ευκολότερη επεξεργασία των δεδομένων μπορούμε να τα ταξινομήσουμε, όπως επιθυμούμε, κάνοντας «κλικ» στην επιλογή «Ταξινόμηση & Φιλτράρισμα» (Εικόνα 3.41).

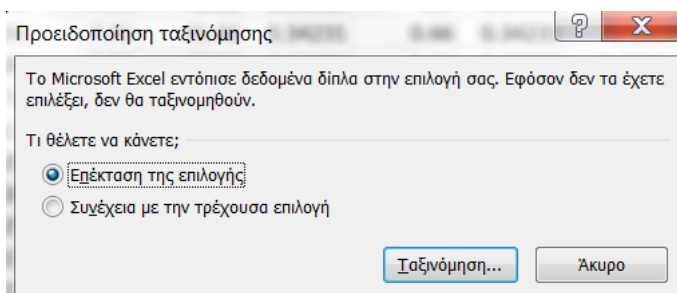
Επιλέγοντας «Προσαρμοσμένη ταξινόμηση...», εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου της εικόνας 3.42, όπου κάνουμε «κλικ» στο «Ταξινόμηση...», αφού πρώτα έχουμε «τικάρει» την επιλογή «Επέκταση της επιλογής».

Έτσι εμφανίζεται το παράθυρο της εικόνας 3.43, στο οποίο μπορούμε να κάνουμε ταξινόμηση κατά οποιαδήποτε μεταβλητή του υπομνήματος και να προσθέσουμε νέο επίπεδο ταξινόμησης, κάνοντας «κλικ» στο «Προσθήκη επίπεδο».

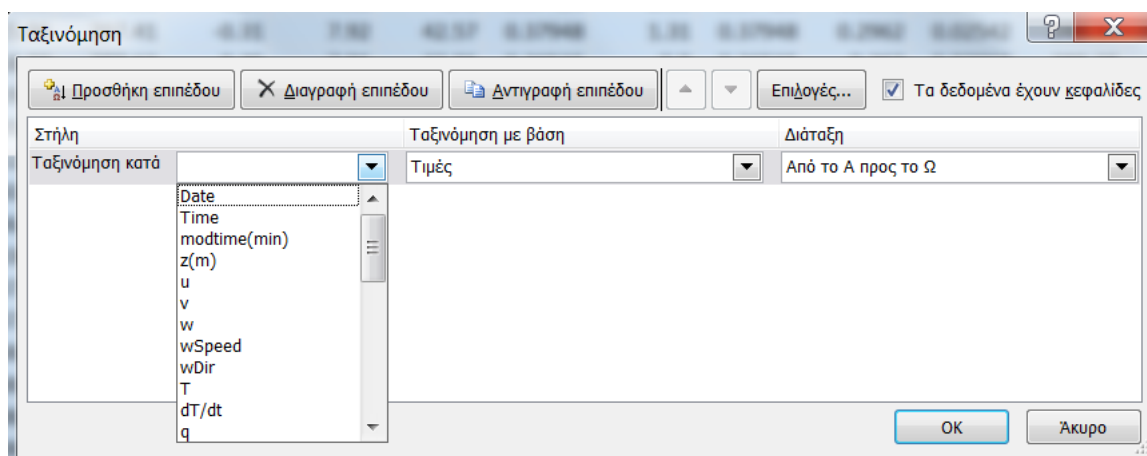
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET

Receptor	r1	Time	series	Atmospheric	created	with	ENVI-met	V3.1	BETA	4	1997-2010	Michael	Bruse	and	Team	Tmrt	LAD	Tle	
Date	Time	modtime(z(m)	u	v	w	wSpeed	wDir	T	dT/dt	q	q.rel	Km.vert	Km.vert.re	Km.hor	E	Eps			
20.07.2011	5:00:00	60	0.25	0.13	-1.41	0.01	1.41	309.55	296.96	-0.18	7.92	43.75	0.51336	44.33	0.51336	1.7664	0.66854	288.35	0
20.07.2011	5:00:00	60	0.75	0.14	-1.42	0.02	1.42	309.54	296.99	-0.18	7.92	43.67	0.47073	13.55	0.47073	1.3111	0.40171	288.35	0
20.07.2011	5:00:00	60	1.25	0.14	-1.42	0.04	1.43	309.55	297.02	-0.19	7.92	43.59	0.43852	7.57	0.43852	1.0034	0.25254	288.36	0
20.07.2011	5:00:00	60	1.75	0.13	-1.42	0.05	1.43	309.6	297.06	-0.2	7.92	43.5	0.41535	5.12	0.41535	0.7947	0.16725	288.36	0
20.07.2011	5:00:00	60	2.25	0.13	-1.43	0.06	1.43	309.74	297.09	-0.2	7.92	43.4	0.3972	3.81	0.3972	0.655	0.11881	288.36	0
20.07.2011	5:00:00	60	3.75	0.11	-1.43	0.1	1.44	310.56	297.21	-0.24	7.92	43.1	0.37421	2.15	0.37421	0.3898	0.04466	288.36	0
20.07.2011	5:00:00	60	6.25	-0.03	-1.52	0.14	1.53	315.96	297.41	-0.31	7.92	42.57	0.37948	1.31	0.37948	0.2962	0.02542	288.37	0
20.07.2011	5:00:00	60	8.75	-0.11	-1.62	0.16	1.64	318.77	297.62	-0.35	7.91	42.01	0.36515	0.9	0.36515	0.262	0.02068	288.38	0
20.07.2011	5:00:00	60	11.25	-0.14	-1.72	0.14	1.73	319.74	297.83	-0.36	7.91	41.46	0.34231	0.66	0.34231	0.245	0.01929	288.39	0
20.07.2011	5:00:00	60	13.75	-0.17	-1.81	0.08	1.82	320.28	298.04	-0.35	7.91	40.94	0.32693	0.51	0.32693	0.2383	0.01911	288.41	0
20.07.2011	5:00:00	60	16.25	-0.25	-1.91	0	1.92	322.35	298.24	-0.32	7.9	40.45	0.3282	0.44	0.3282	0.2572	0.02218	288.43	0
20.07.2011	5:00:00	60	18.75	-0.52	-1.9	-0.05	1.97	330.18	298.37	-0.3	7.9	40.11	0.34804	0.4	0.34804	0.3121	0.03078	288.45	0
20.07.2011	5:00:00	60	21.25	-0.81	-2.1	0.02	2.25	336.13	298.49	-0.29	7.9	39.82	0.28981	0.29	0.28981	0.2167	0.01782	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	23.75	-0.89	-2.25	0.12	2.42	336.7	298.63	-0.28	7.9	39.48	0.2321	0.21	0.2321	0.1213	0.00697	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	26.25	-0.93	-2.29	0.17	2.48	337.14	298.77	-0.25	7.9	39.15	0.25791	0.21	0.25791	0.081	0.0028	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	28.75	-0.96	-2.29	0.19	2.49	337.63	298.89	-0.23	7.89	38.86	0.38733	0.29	0.38733	0.0646	0.00118	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	31.25	-0.97	-2.28	0.19	2.49	338.05	298.99	-0.21	7.89	38.62	0.62812	0.43	0.62812	0.057	0.00057	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	33.75	-0.98	-2.27	0.18	2.48	338.35	299.07	-0.19	7.89	38.43	0.93514	0.6	0.93514	0.0525	0.00032	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	36.25	-0.99	-2.27	0.17	2.48	338.54	299.14	-0.18	7.89	38.25	1.23894	0.74	1.23894	0.0494	0.00022	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	38.75	-0.99	-2.26	0.16	2.48	338.67	299.2	-0.17	7.88	38.1	1.50208	0.84	1.50208	0.0469	0.00016	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	41.25	-1	-2.26	0.15	2.48	338.75	299.26	-0.15	7.88	37.96	1.72184	0.9	1.72184	0.045	0.00013	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	43.75	-1	-2.26	0.13	2.48	338.81	299.31	-0.14	7.88	37.82	1.90876	0.94	1.90876	0.0433	0.00011	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	46.25	-1	-2.26	0.12	2.48	338.85	299.37	-0.13	7.88	37.7	2.07361	0.97	2.07361	0.0419	0.00009	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	48.75	-1	-2.27	0.1	2.48	338.88	299.41	-0.12	7.87	37.58	2.22394	0.98	2.22394	0.0408	0.00008	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	51.25	-1.01	-2.27	0.09	2.48	338.91	299.46	-0.11	7.87	37.47	2.36461	1	2.36461	0.0398	0.00007	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	53.75	-1.01	-2.27	0.08	2.49	338.93	299.5	-0.1	7.87	37.36	2.49905	1	2.49905	0.0388	0.00007	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	56.25	-1.01	-2.27	0.06	2.49	338.96	299.54	-0.09	7.87	37.26	2.6303	1.01	2.6303	0.038	0.00006	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	58.75	-1.01	-2.27	0.05	2.49	338.99	299.58	-0.08	7.86	37.17	2.76119	1.01	2.76119	0.0374	0.00006	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	61.25	-1.01	-2.27	0.04	2.48	339.03	299.62	-0.07	7.86	37.08	2.89327	1.02	2.89327	0.0368	0.00005	288.46	0
20.07.2011	5:00:00	60	63.75	-1.01	-2.26	0.03	2.47	339.09	299.65	-0.06	7.86	36.99	3.02427	1.02	3.02427	0.0366	0.00005	288.46	0

Εικόνα 3.41. Στοιχισμός δεδομένων με το υπόμνημά τους και ταξινόμησή τους. [Πηγή: Microsoft Excel]



Εικόνα 3.42. Παράθυρο διαλόγου προσαρμοσμένης ταξινόμησης. [Πηγή: Microsoft Excel]



Εικόνα 3.43. Επιλογές ταξινόμησης. [Πηγή: Microsoft Excel]

Στην εικόνα 3.44 είναι σημειωμένες οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου, wSpeed (m/s), της θερμοκρασίας, T (K) και της σχετικής υγρασίας, q.rel (%), για την ατμόσφαιρα του υποδοχέα r1, ταξινομημένες κατά ύψος από το επίπεδο του εδάφους, z(m), και ώρα καταγραφής, Time.

1	Receptor: r1	Time	series	Atmosphe	created	with	ENVI-met	V3.1	BETA	dT/dt	q	qrel	Kn.vert	Kn.vert.re	Kn.hor	E	Eps	Tmrt	LAD	Tleaf	Hleaf	LEleaf	Rs
2	Date	Time	modtime(t	u	v	w	wSpeed	wDir	T														
3	20.07.2011	5:00:00	60	0.25	0.13	-1.41	0.01	1.41	309.55	296.96	-0.18	7.92	43.75	0.51336	44.33	0.51336	1.7664	0.66854	288.35	0	0	0	0
4	20.07.2011	6:00:00	120	0.25	0.11	-1.39	0.01	1.39	310.27	297.26	0.3	7.86	42.66	0.50502	43.61	0.50502	1.7119	0.63833	289.7	0	0	0	0
5	20.07.2011	7:00:00	180	0.25	0.1	-1.37	0.01	1.37	310.94	298.04	0.78	7.82	40.52	0.49182	42.47	0.49182	1.6451	0.60528	295.41	0	0	0	0
6	20.07.2011	8:00:00	240	0.25	0.08	-1.35	0.01	1.35	311.53	299.35	1.31	7.8	37.34	0.47993	41.44	0.47993	1.586	0.57656	298.59	0	0	0	0
7	20.07.2011	9:00:00	300	0.25	0.07	-1.33	0.01	1.33	311.98	301.11	1.75	7.77	33.56	0.51376	44.36	0.51376	1.6453	0.57959	301.08	0	0	0	0
8	20.07.2011	10:00:00	360	0.25	0.05	-1.31	0.01	1.31	312.65	302.98	1.87	7.72	29.94	0.66886	57.75	0.66886	1.9959	0.65518	303.11	0	0	0	0
9	20.07.2011	11:00:00	420	0.25	0.04	-1.32	0	1.32	313.31	305.01	2.03	7.7	26.58	0.81938	70.75	0.81938	2.3514	0.74229	347.5	0	0	0	0
10	20.07.2011	12:00:00	480	0.25	0.03	-1.33	0	1.33	313.51	306.86	1.86	7.67	23.84	0.93801	80.99	0.93801	2.6437	0.81961	346.53	0	0	0	0
11	20.07.2011	13:00:00	540	0.25	0.04	-1.34	0	1.34	313.41	308.3	1.44	7.64	21.92	0.99498	85.91	0.99498	2.808	0.87172	347.74	0	0	0	0
12	20.07.2011	14:00:00	600	0.25	0.04	-1.36	0	1.36	313.11	309.39	1.09	7.61	20.57	1.00522	86.8	1.00522	2.8714	0.90225	351.76	0	0	0	0
13	20.07.2011	15:00:00	660	0.25	0.05	-1.37	0.01	1.37	312.74	309.84	0.45	7.58	19.99	0.93901	81.08	0.93901	2.7584	0.89131	340.17	0	0	0	0
14	20.07.2011	16:00:00	720	0.25	0.06	-1.38	0.01	1.38	312.46	309.84	0	7.56	19.92	0.84011	72.54	0.84011	2.5609	0.8587	355.92	0	0	0	0
15	20.07.2011	17:00:00	780	0.25	0.07	-1.4	0.01	1.4	312.3	309.5	-0.34	7.53	20.22	0.73074	63.1	0.73074	2.3245	0.81333	353.93	0	0	0	0
16	20.07.2011	18:00:00	840	0.25	0.07	-1.41	0.01	1.41	312.25	308.71	-0.79	7.5	21.03	0.63618	54.93	0.63618	2.1083	0.76854	344.99	0	0	0	0
17	20.07.2011	19:00:00	900	0.25	0.07	-1.42	0.01	1.42	312.36	307.58	-1.13	7.46	22.29	0.56971	49.19	0.56971	1.9513	0.73518	314.79	0	0	0	0
18	20.07.2011	20:00:00	960	0.25	0.06	-1.43	0.01	1.43	312.69	306.53	-1.05	7.44	23.57	0.53822	46.47	0.53822	1.8785	0.72121	298.47	0	0	0	0
19	20.07.2011	20:00:00	960	0.25	0.06	-1.43	0.01	1.43	312.69	306.53	-1.05	7.44	23.57	0.53822	46.47	0.53822	1.8785	0.72121	298.47	0	0	0	0
20	20.07.2011	5:00:00	60	0.75	0.14	-1.42	0.02	1.42	309.54	296.99	-0.18	7.92	43.67	0.47073	13.55	0.47073	1.3111	0.40171	288.35	0	0	0	0
21	20.07.2011	6:00:00	120	0.75	0.12	-1.4	0.02	1.4	310.25	297.29	0.3	7.86	42.6	0.46323	13.33	0.46323	1.2706	0.38335	289.7	0	0	0	0
22	20.07.2011	7:00:00	180	0.75	0.1	-1.38	0.02	1.38	310.92	298.06	0.77	7.82	40.48	0.45083	12.98	0.45083	1.2181	0.36205	295.38	0	0	0	0
23	20.07.2011	8:00:00	240	0.75	0.08	-1.36	0.02	1.36	311.5	299.37	1.31	7.8	37.31	0.43951	12.65	0.43951	1.1714	0.34343	298.57	0	0	0	0
24	20.07.2011	9:00:00	300	0.75	0.07	-1.34	0.02	1.34	311.95	301.12	1.75	7.77	33.54	0.4751	13.67	0.4751	1.236	0.35373	301.07	0	0	0	0
25	20.07.2011	10:00:00	360	0.75	0.05	-1.32	0.02	1.32	312.63	302.99	1.87	7.72	29.93	0.63371	18.24	0.63371	1.5748	0.43046	303.1	0	0	0	0
26	20.07.2011	11:00:00	420	0.75	0.04	-1.32	0.01	1.32	313.29	304.95	1.96	7.7	26.67	0.78726	22.66	0.78726	1.9146	0.51218	347.5	0	0	0	0
27	20.07.2011	12:00:00	480	0.75	0.03	-1.33	0.01	1.33	313.51	306.77	1.82	7.67	23.97	0.90702	26.11	0.90702	2.1903	0.58179	346.54	0	0	0	0
28	20.07.2011	13:00:00	540	0.75	0.04	-1.35	0.01	1.35	313.41	308.2	1.43	7.64	22.05	0.9641	27.75	0.9641	2.341	0.62529	347.75	0	0	0	0
29	20.07.2011	14:00:00	600	0.75	0.04	-1.36	0.01	1.36	313.12	309.28	1.08	7.61	20.69	0.97401	28.03	0.97401	2.3941	0.64729	351.77	0	0	0	0
30	20.07.2011	15:00:00	660	0.75	0.05	-1.37	0.02	1.38	312.77	309.73	0.45	7.58	20.11	0.90691	26.1	0.90691	2.2777	0.62927	340.18	0	0	0	0
31	20.07.2011	16:00:00	720	0.75	0.06	-1.39	0.02	1.39	312.49	309.75	0.02	7.56	20.02	0.80671	23.22	0.80671	2.0813	0.59067	355.93	0	0	0	0
32	20.07.2011	17:00:00	780	0.75	0.07	-1.4	0.02	1.4	312.32	309.4	-0.35	7.53	20.33	0.69581	20.03	0.69581	1.8488	0.54038	353.93	0	0	0	0

Εικόνα 3.44. Ταξινόμηση των τιμών ταχύτητας ανέμου, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κατά ύψος από το επίπεδο του εδάφους και ώρα καταγραφής. [Πηγή: Microsoft Excel]

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1. Ιστορική αναδρομή

Η Νέα Σμύρνη είναι ένα από τα νότια προάστια της Αθήνας και συνορεύει με τους δήμους Αθηναίων και Δάφνης στα βόρεια, Αγίου Δημητρίου στα ανατολικά, Παλαιού Φαλήρου στα νότια, και Καλλιθέας στα δυτικά. Η σημερινή της έκταση είναι 3,524 km² [27].

Η περιοχή της σημερινής Νέας Σμύρνης ονομαζόταν στο παρελθόν «Ανάλατος», λόγω ενός πηγαδιού με γλυκό νερό που βρισκόταν κοντά στο ναό των Αγίων Θεοδώρων, στη θέση όπου βρίσκεται σήμερα το γήπεδο του Πανιωνίου. Στις 24 Απριλίου 1827 έγινε στη θέση αυτή μάχη μεταξύ Τούρκων και εξεγερμένων Ελλήνων για την ανακατάληψη της Ακρόπολης, γνωστή ως Μάχη Αναλάτου. Στις 14 Φεβρουαρίου 1898 στον Ανάλατο έγινε απόπειρα δολοφονίας του Βασιλιά Γεωργίου Α΄. Σε ανάμνηση της διάσωσης του, η Βασίλισσα Όλγα έχτισε το ναό του Αγίου Σώστη.

Η περιοχή άρχισε να κατοικείται στις αρχές του 20ού αιώνα, ενώ μέχρι τότε δεν είχε κατοικηθεί συστηματικά. Τη διέσχισε η «Φαληρική Οδός» η οποία ένωνε την Αθήνα με το Φάληρο, το αρχαιότερο επίγειο της Αθήνας. Μετά τη Μικρασιατική καταστροφή, το 1922-1923, η κυβέρνηση αποφάσισε την κατασκευή συνοικισμού για τους πρόσφυγες από τη Σμύρνη στην περιοχή, του οποίου η ανοικοδόμηση άρχισε το 1926. Το 1928 είχε πληθυσμό μόλις 210 κατοίκων. Μέχρι το 1933 η περιοχή αναπτύχθηκε σε πραγματική πόλη, με πληθυσμό 6,500 κατοίκων, ο οποίος είχε φτάσει τους 15,000 κατοίκους πριν το 1940. Η Νέα Σμύρνη έγινε Δήμος με το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου και την Απελευθέρωση, το 1944, και οφείλει το όνομά της στην καταγωγή των προσφύγων κατοίκων της. Μεταπολεμικά, η Νέα Σμύρνη ενσωματώθηκε στην Αθήνα, όπου γιγαντώθηκε από την εσωτερική μετανάστευση και επεκτάθηκε προς τα ανατολικά και νότια με αυξανόμενο πληθυσμό.

Η πληθυσμιακή εξέλιξη της Νέας Σμύρνης φαίνεται στον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1. Πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου Νέας Σμύρνης. [Πηγή: http://el.wikipedia.org/wiki/Νέα_Σμύρνη]

Έτος	1928	1933	1940	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011
Πληθυσμός	210	6,500	15,000	22,074	32,865	42,512	67,408	69,749	73,986	73,090

4.2. Δεδομένα για την περιοχή μελέτης

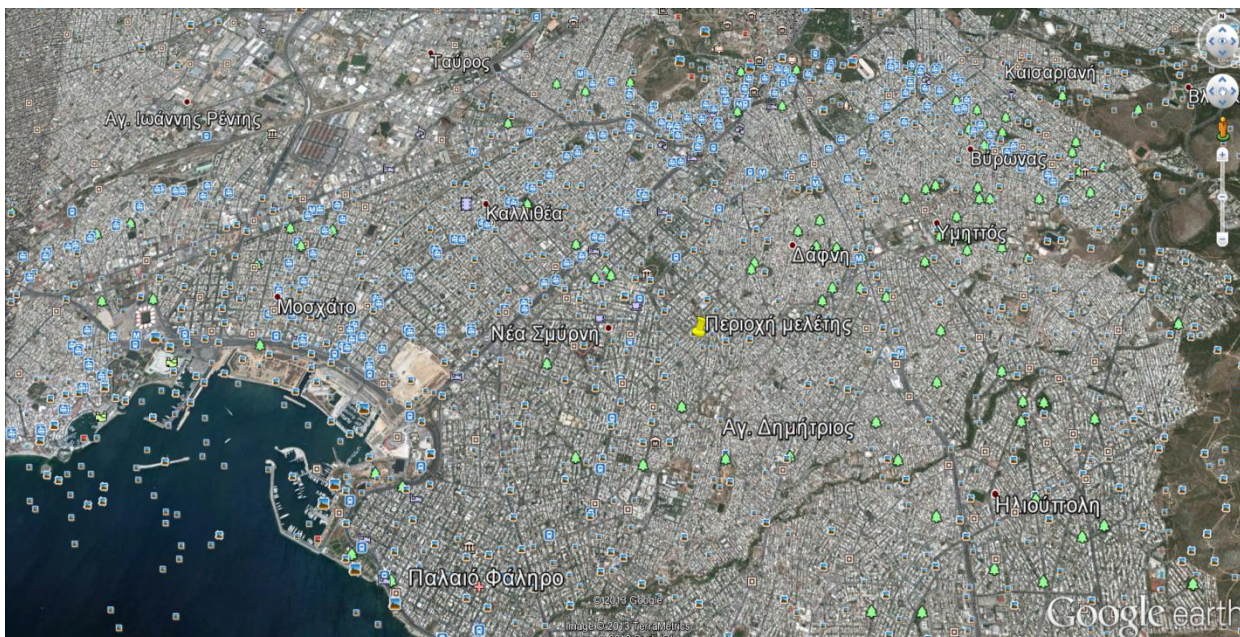
4.2.1. Γεωγραφική θέση

Ο δήμος Νέας Σμύρνης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, βρίσκεται στα νότια προάστια της Αθήνας, σε γεωγραφικό πλάτος $37^{\circ} 56'$ Β και γεωγραφικό μήκος $23^{\circ} 43'$ Α, και απέχει περίπου 3 km από τη θάλασσα. Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο ΒΑ τμήμα του Δήμου, σε υψόμετρο 64 m, και αποτελείται από τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα και τους περιμετρικούς δρόμους, συνολικής έκτασης 29 στρεμμάτων.

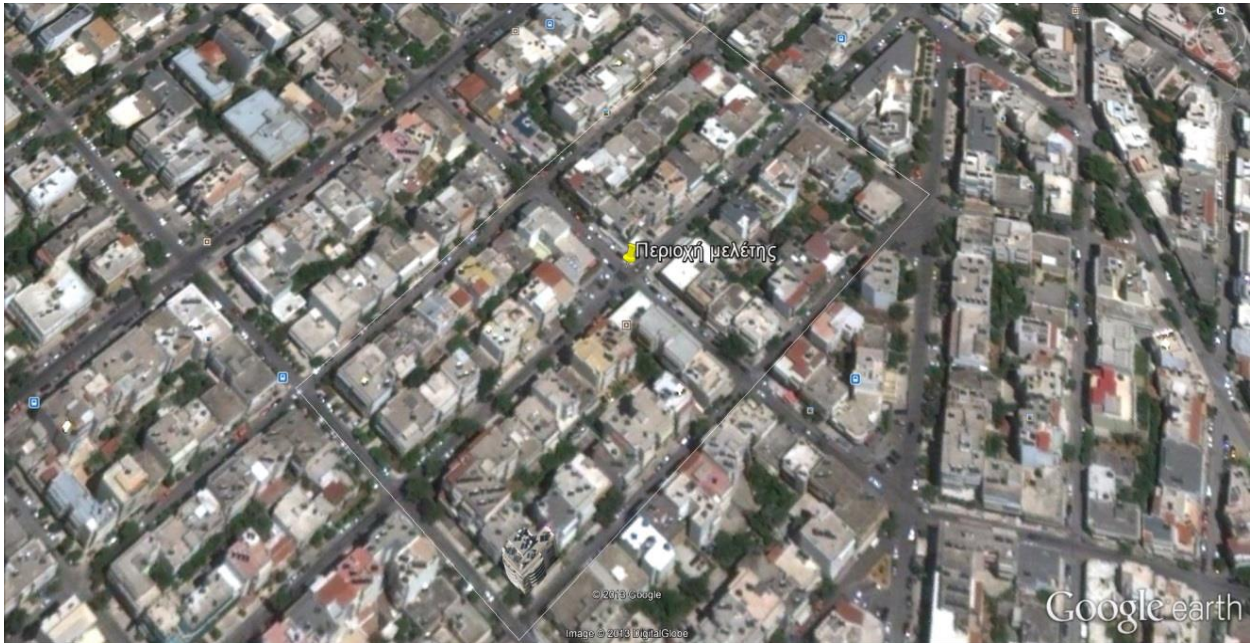
Οι δρόμοι που οριοθετούν την περιοχή μελέτης είναι:

- οδός Πατριάρχου Γρηγορίου Ε', από τα ΒΑ,
- οδός Αμισού, από τα ΒΔ,
- οδός Ανδριανουπόλεως, από τα ΝΔ και
- οδός Βοσπόρου, από τα ΝΑ.

Οι δύο δρόμοι που χωρίζουν την περιοχή σε τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα είναι η οδός Δαρδανελλίων και η οδός Αγκιαλού, οδός με τη μεγαλύτερη κυκλοφορία (άρα και τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ρύπων από τις ανωτέρω). Στις Εικόνες 4.1, 4.2 φαίνεται άποψη της περιοχής μελέτης από δορυφόρο.



Εικόνα 4.1. Άποψη της περιοχής μελέτης σε σχέση με τα όρια του δήμου και τις γύρω περιοχές.
[Πηγή: Google Earth]



Εικόνα 4.2. Η περιοχή μελέτης αποτελούμενη από τα τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα. [Πηγή: Google Earth]

4.2.2. Κλιματικές συνθήκες

4.2.2.1. Το κλίμα της Ελλάδας

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό, δηλαδή χαρακτηρίζεται από ήπιους και υγρούς χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους [28]. Στις διάφορες περιοχές της παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στο πλαίσιο του μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλες υψομετρικές διαφορές (ύπαρξη μεγάλων οροσειρών κατά μήκος του κεντρικού της τμήματος και άλλων ορεινών όγκων) και από εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι, από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας.

Από κλιματολογικής πλευράς, το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές, την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο, που διαρκεί από τα μέσα Οκτωβρίου έως τα τέλη Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Κατά την πρώτη, οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, στους οποίους η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5 °C έως 10 °C στις παραθαλάσσιες περιοχές, από 0 °C έως 5 °C στις ηπειρωτικές και σε χαμηλότερες τιμές κάτω του μηδενός στις βόρειες περιοχές.

Οι βροχές στη χώρα μας, ακόμη και κατά τη χειμερινή περίοδο, δε διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός της Ελλάδας δε μένει συννεφιασμένος για συνεχόμενες ημέρες. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από τις ηλιόλουστες «Αλκυονίδες ημέρες». Ακόμη, η χειμερινή εποχή είναι γλυκύτερη στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου από ότι στη Βόρεια και Ανατολική Ελλάδα.

Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός, ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός, ενώ δεν παρατηρούνται βροχοπτώσεις εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος εντοπίζεται στο τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και στο πρώτο του Αυγούστου, οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από τους 29 °C έως τους 35 °C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές και από τους βόρειους ανέμους που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο. Η άνοιξη έχει μικρή διάρκεια διότι ο μεν χειμώνας είναι όψιμος, το δε καλοκαίρι αρχίζει πρώιμα. Το φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό ενώ συχνά παρατείνεται στη Νότια Ελλάδα έως και τα μέσα του Δεκεμβρίου.

4.2.2.2. Κλιματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης

Οι τοπικές κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Νέα Σμύρνη μπορούν με καλή προσέγγιση να περιγραφούν από το κλίμα Αθήνας. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, το κλίμα εντάσσεται στο μεσογειακό τύπο και χαρακτηρίζεται από ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Οι νεφώσεις είναι σπάνιες και μικρής διάρκειας, ακόμη και κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ οι ηλιόλουστες ημέρες αποτελούν πολύ συνηθισμένο φαινόμενο [37]. Βροχές σημειώνονται κυρίως από τον Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο, με το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης να είναι πολύ χαμηλό, κάτω από τα 400 mm. Τους μήνες του καλοκαιριού οι θερμοκρασίες φτάνουν σε πολύ υψηλά επίπεδα και συχνά επικρατεί καύσωνας, με τιμές θερμοκρασίας που ξεπερνούν ακόμη και τους 40 °C.

Η ξηρότητα είναι ακόμη ένα θετικό στοιχείο που χαρακτηρίζει το κλίμα της Αθήνας. Η μέση ετήσια υγρασία υπολογίζεται περίπου στο 62 %, σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 4.2. Τέλος, όσον αφορά τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή της Αθήνας, επικρατούν κυρίως οι βόρειοι-βορειοανατολικοί άνεμοι ενώ συχνοί είναι και οι νότιοι- νοτιοδυτικοί. Ακόμη, η περιοχή δέχεται την ευεργετική δράση του «φυσικού κλιματιστικού» που ονομάζουμε «μελτέμια».

Πίνακας 4.2. Μετεωρολογικά δεδομένα για την Αθήνα. [Πηγή: http://www.meteo.gr/CD_Athens.htm]

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
Μέση θερμοκρασία (°C)	9.3	9.8	11.7	15.5	20.2	24.6	27.0	26.6	23.3	18.3	14.4	11.1	17.7
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	12.9	13.6	16.0	20.3	25.3	29.8	32.6	32.3	28.9	23.1	18.6	14.7	22.3
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	6.5	6.9	8.4	11.6	15.4	20.1	22.5	22.3	19.2	14.9	11.4	8.3	14.0
Μέση σχετική υγρασία (%)	72	71	68	61	58	52	48	49	56	66	73	73	62
Μέση βροχόπτωση (mm)	45	48	43	28	17	10	4	5	12	48	51	67	378
Μέσος αριθμός ημερών με βροχή μεγαλύτερη από 1 mm	5	6	6	4	2	1	1	1	1	4	5	7	43
Μέση ένταση ανέμου (m/s)	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.8	2.1	2.2	1.9	2.0	1.8	2.0	2.0

Πρόκειται για εποχικούς βορειοανατολικούς ανέμους οι οποίοι εμφανίζονται τους θερινούς μήνες, από τα τέλη του Ιουλίου μέχρι τα τέλη του Αυγούστου, στην Ανατολική Μεσόγειο. Αποτελούν χαρακτηριστικό του ελληνικού καλοκαιριού και προσφέρουν ανακούφιση από τη ζέστη στην ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα και κυρίως στο Αιγαίο.

4.2.3. Συλλογή στοιχείων για τη μελέτη

4.2.3.1. Αποτύπωση της περιοχής

Αποτύπωση της γεωμετρίας – δόμησης

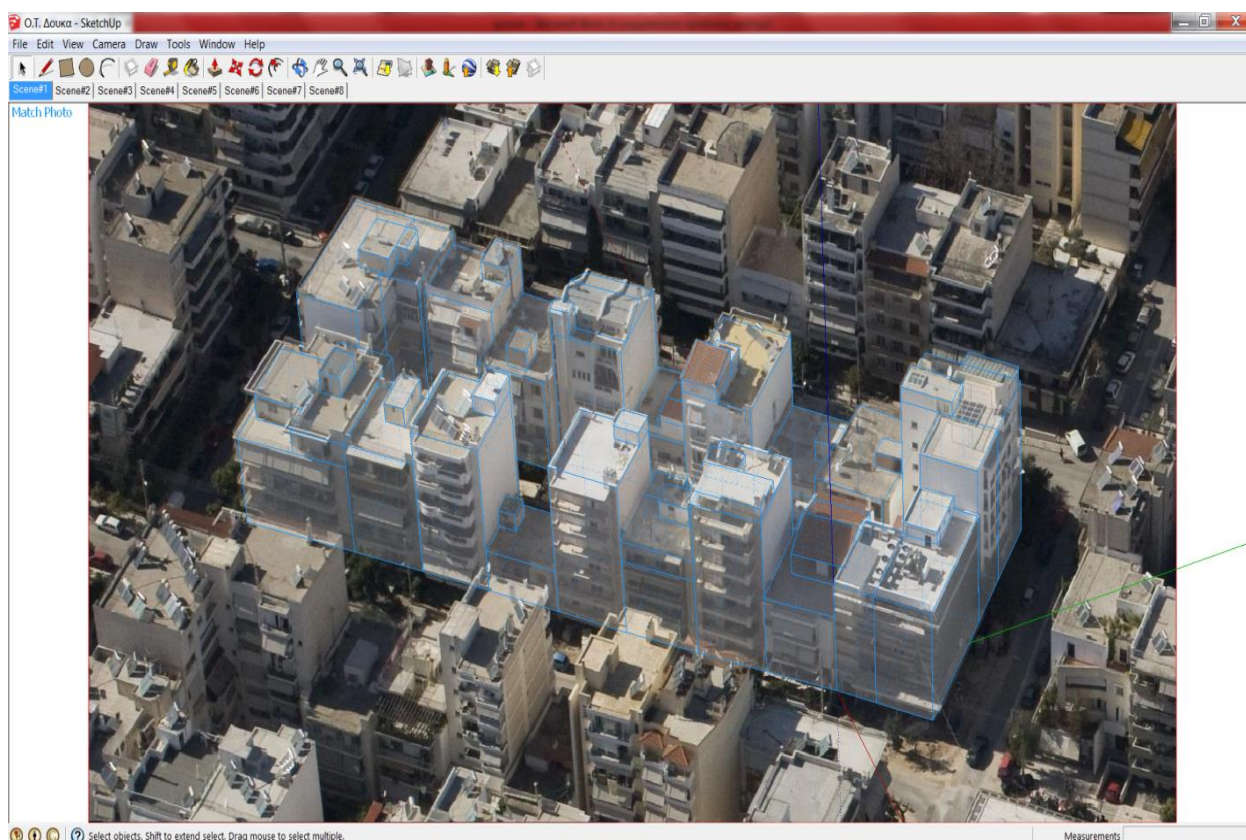
Για την αποτύπωση της γεωμετρίας και της δόμησης της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι ηλεκτρονικοί τρισδιάστατοι ή δισδιάστατοι χάρτες, όπως Google Maps, Google Earth, Bing Maps κ.α., αλλά κυρίως το πρόγραμμα Google SketchUp 8.

Με τη βοήθεια του SketchUp και ιδιαίτερα του 3D Warehouse, μπορεί κανείς να αποτυπώσει τρισδιάστατα ένα κτίριο, ένα οικοδομικό τετράγωνο, ακόμα και μια μεγάλη πυκνοδομημένη

περιοχή. Στο 3D Warehouse, παρέχεται, για την εκάστοτε περιοχή ενδιαφέροντος, ένας μεγάλος αριθμός αεροφωτογραφιών από διάφορες οπτικές γωνίες και με τη βοήθεια μιας γκάμας στερεών (κύβος, ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, πυραμίδα, κύλινδρος κ.α.), μπορεί κάποιος να περιγράψει ένα κτίριο ή/ και κάποια στοιχεία αυτού (μπαλκόνια, στέγες, δώματα κ.λπ.). Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης των στερεών αυτών μεταξύ τους, ώστε να υπάρχει μια συνέχεια στην καταγραφή, με αποτέλεσμα ένα συσσωμάτωμα τρισδιάστατων σχημάτων, όπως είναι ένα οικοδομικό τετράγωνο. Τέλος, εισάγοντας το αποτέλεσμα αυτό στο SketchUp μπορούν να γίνουν διορθώσεις, κατασκευές λεπτομερειών, μετρήσεις αποστάσεων και άλλες επεξεργασίες με τα σχεδιαστικά εργαλεία που διαθέτει.

Βέβαια, εκτός από τη χρήση του προγράμματος Google SketchUp, έγιναν και πολλές επισκέψεις στην περιοχή για επί τόπου έλεγχο και καταγραφή της γεωμετρίας και της δόμησης της περιοχής μελέτης.

Στην Εικόνα 4.3 φαίνεται μία όψη ενός οικοδομικού τετραγώνου της περιοχής μελέτης, με τα εν λόγω στερεά να οριοθετούν οριζόντια και κατακόρυφα το κάθε κτίριο.



Εικόνα 4.3. Τρισδιάστατη απεικόνιση ενός οικοδομικού τετραγώνου της περιοχής μελέτης με τη βοήθεια του Google SketchUp. [Πηγή: Google SketchUp 8]

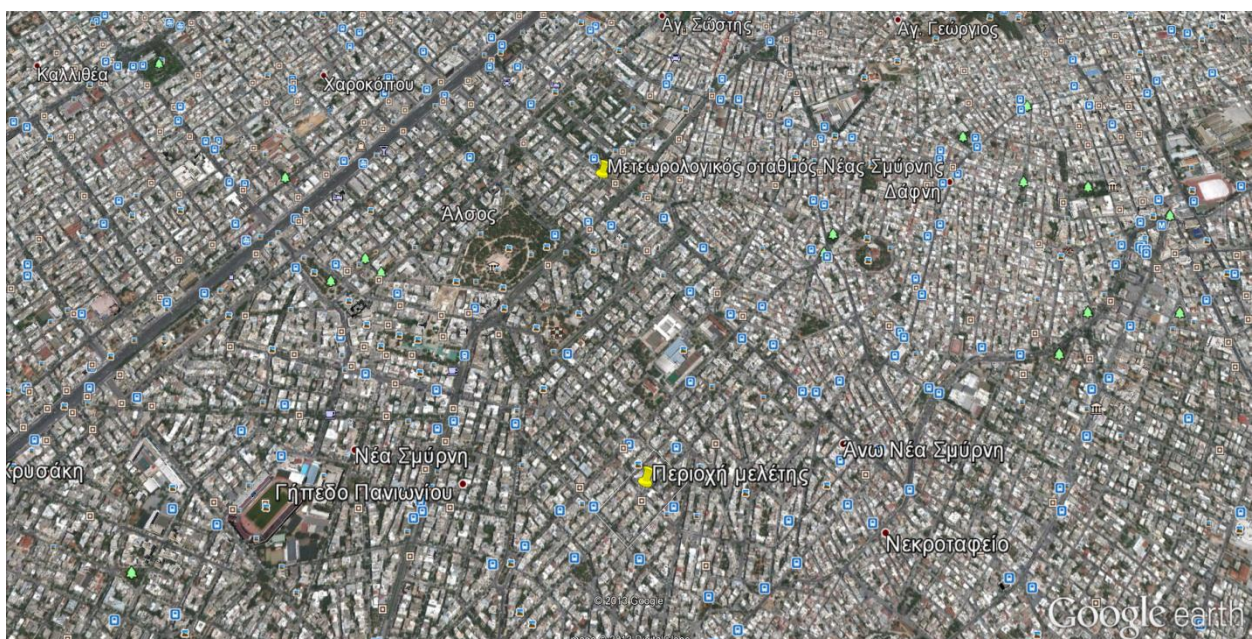
Αποτύπωση της φύτευσης

Η καταγραφή της υφιστάμενης φύτευσης έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Google SketchUp 8, αλλά κυρίως, με επί τόπου καταμέτρηση του πλήθους των δέντρων, των θάμνων και της χαμηλής βλάστησης, καθώς και καταγραφή των διαστάσεών τους. Επίσης, στις προσομοιώσεις λήφθηκε υπόψη το είδος της βλάστησης, καθώς το λογισμικό λαμβάνει υπόψη την πυκνότητα και το είδος του φυλλώματος.

4.2.3.2. Μετεωρολογικά δεδομένα

Δεδομένου ότι, στην Ελλάδα η θερμότερη περίοδος εντοπίζεται στο τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου, επιλέχθηκε η 20^η ημέρα του μήνα Ιουλίου του έτους 2012 για να πραγματοποιηθεί η μελέτη, αφού πρώτα διαπιστώθηκε ότι τη μέρα αυτή δεν είχαν λάβει χώρα ακραία καιρικά φαινόμενα για την εποχή αυτή, που θα έδιναν αποκλίσεις στις τιμές των κλιματικών μεγεθών στο πρόγραμμα προσομοίωσης.

Για τον προσδιορισμό των μετεωρολογικών συνθηκών, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό στη Νέα Σμύρνη, ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση μόλις 1 km από την περιοχή μελέτης (Εικόνα 4.4). Ο σταθμός αυτός είναι ιδιοκτησία του 4ου Δημοτικού Σχολείου Νέας Σμύρνης και του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στεγάζεται στο σχολείο και βρίσκεται σε υψόμετρο 51 m.



Εικόνα 4.4. Θέση του μετεωρολογικού σε σχέση με την περιοχή μελέτης. [Πηγή: Google Earth]

4° ΚΕΦΑΛΑΙΟ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα δεδομένα αφορούν σε ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας (°C), σχετικής υγρασίας (%), ταχύτητας του ανέμου (m/s) και διεύθυνσής του, για την 20/07/2012 και για τη χρονική διάρκεια των προσομοιώσεων (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3. Μετεωρολογικά δεδομένα από το σταθμό της Νέας Σμύρνης. [Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών]

Ωρα	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Ταχύτητα ανέμου (km/h)	Διεύθυνση ανέμου
5:00	26.3	44	0	N
6:00	26.1	45	0	NE
7:00	26.4	45	0	---
8:00	27.7	42	1.6	NNW
9:00	29.3	38	8	NNW
10:00	30.7	35	6.4	NNW
11:00	31.4	31	9.7	NNE
12:00	32.5	29	9.7	NNW
13:00	33.7	26	6.4	NW
14:00	34.9	24	6.4	NNW
15:00	34.6	24	11.3	NNW
16:00	35.3	23	8	NNW
17:00	35.1	22	9.7	NNW
18:00	34.5	22	12.9	NNW
19:00	34	22	9.7	NNW
20:00	33.1	21	9.7	NW

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΣΤΙΚΗΣ

ΠΕΡΙΟΧΗΣ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

5.1. Γενικά

Με τη χρήση του λογισμικού ENVI-met έκδοση 3.1 πραγματοποιήθηκε η βιοκλιματική μελέτη και ειδικότερα η προσομοίωση του μικροκλίματος τεσσάρων οικοδομικών τετραγώνων στην περιοχή της Νέας Σμύρνης. Η μελέτη αυτή αφορά στην αξιολόγηση αφενός της υφιστάμενης κατάστασης της εν λόγω περιοχής, και αφετέρου στην πρόταση παρεμβάσεων για ανάπλαση και αναβάθμιση του χώρου με βάση βιοκλιματικά κριτήρια. Στόχος είναι η εύρεση της καλύτερης λύσης, που θα προκύψει από τη σύγκριση των διάφορων προτάσεων ανάπλασης της περιοχής.

5.2. Κατάρτιση αρχείων εισόδου

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

Για την αποτύπωση της περιοχής μελέτης, μήκους 232 m και πλάτους 124 m, επιλέχθηκε το παρακάτω κύριο πλέγμα:

- 116 κελιά κατά τον άξονα x, με διάσταση $dx=2.00$ m
- 62 κελιά κατά τον άξονα y, με διάσταση $dy=2.00$ m
- 30 κελιά κατά τον άξονα z, με διάσταση $dz=2.50$ m

Περιμετρικά του κυρίου πλέγματος τέθηκαν 8 κελιά, προς κάθε πλευρά, υπό τη μορφή επάλληλων πλεγμάτων (nesting grids), προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή θέση των ορίων του υπολογιστικού πεδίου και να μην επηρεαστεί η ροή του αέρα από την ύπαρξη των υπό προσομοίωση στοιχείων. Επίσης, στα πεδία «Soil A» και «Soil B» έγινε ανάθεση τσιμεντένιων πλακών πεζοδρομίου, Pavement (Concrete), επειδή η ευρύτερη περιοχή γύρω από τα τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα είναι δομημένη.

Επιπρόσθετα, κατά τον άξονα z επιλέχθηκε τα υπολογιστικά κελιά να είναι σταθερού ύψους (equidistant). Σημειώνεται, ότι η επιλογή του πλήθους και της διάστασης των κελιών αυτών, έγινε με κριτήριο το γεγονός ότι η υψηλότερη κορυφή κτιρίου της περιοχής δεν πρέπει να υπερβαίνει το ήμισυ του συνολικού ύψους του μοντέλου. Στην περίπτωση μας, το υψηλότερο κτίριο βρίσκεται στα 24 m και το ύψος της οροφής του μοντέλου στα 73.75 m, πράγμα που συμβαδίζει με την παραπάνω προϋπόθεση.

Επειδή η περιοχή μελέτης δεν ήταν προσανατολισμένη προς το Βορρά, το μοντέλο περιστράφηκε με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού κατά 45° , ώστε να προσομοιωθούν με ακρίβεια οι συνθήκες ηλιασμού και ροής του ανέμου. Τέλος, στη συγκεκριμένη έκδοση του

προγράμματος είναι καταχωρημένη η πόλη της Αθήνας, έτσι το λογισμικό χρησιμοποιεί, αυτόματα, τις αντίστοιχες γεωγραφικές συντεταγμένες.

Στην Εικόνα 5.1 φαίνονται τα στοιχεία διαμόρφωσης του αρχείου εισαγωγής περιοχής, .IN, της περιοχής ενδιαφέροντος.

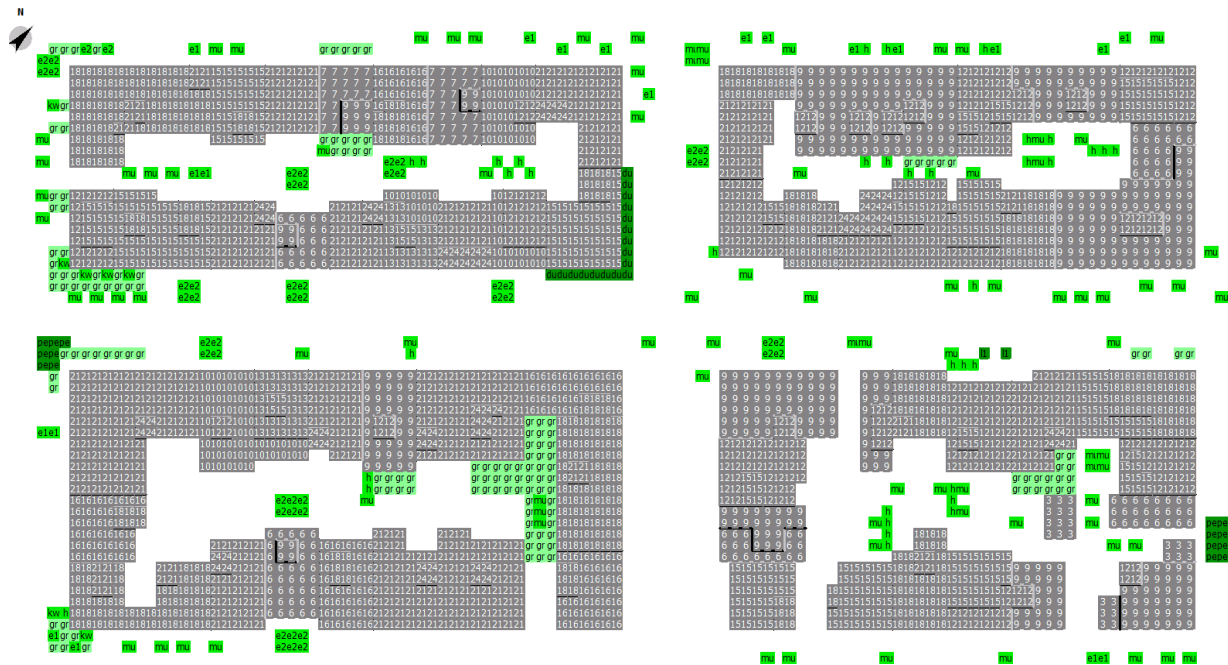
Εικόνα 5.1. Στοιχεία διαμόρφωσης του αρχείου .IN. [Πηγή: ENVI-met]

Στην Εικόνα 5.2 φαίνεται το μοντέλο της υφιστάμενης κατάστασης της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, με γκρι χρώμα απεικονίζονται τα κτίρια και τα δώματά τους, τα οποία κυμαίνονται από μονοόροφα έως επταόροφα (3 έως 21 m), ενώ με τις διάφορες αποχρώσεις του πράσινου συμβολίζεται η βλάστηση της περιοχής. Σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο, τα κτίρια οριοθετούν τους ακάλυπτους χώρους, οι οποίοι καλύπτονται από βλάστηση, αργιλικό έδαφος (Loamy Soil) ή πλάκες πεζοδρομίου (Pavement). Ο χώρος γύρω από τα κτίρια, συντίθεται από πεζοδρόμια, ασφαλτοστρωμένους δρόμους και αυλές, οι οποίες καλύπτονται είτε από αργιλικό έδαφος είτε από πλάκες πεζοδρομίου με κάποια στοιχεία βλάστησης.

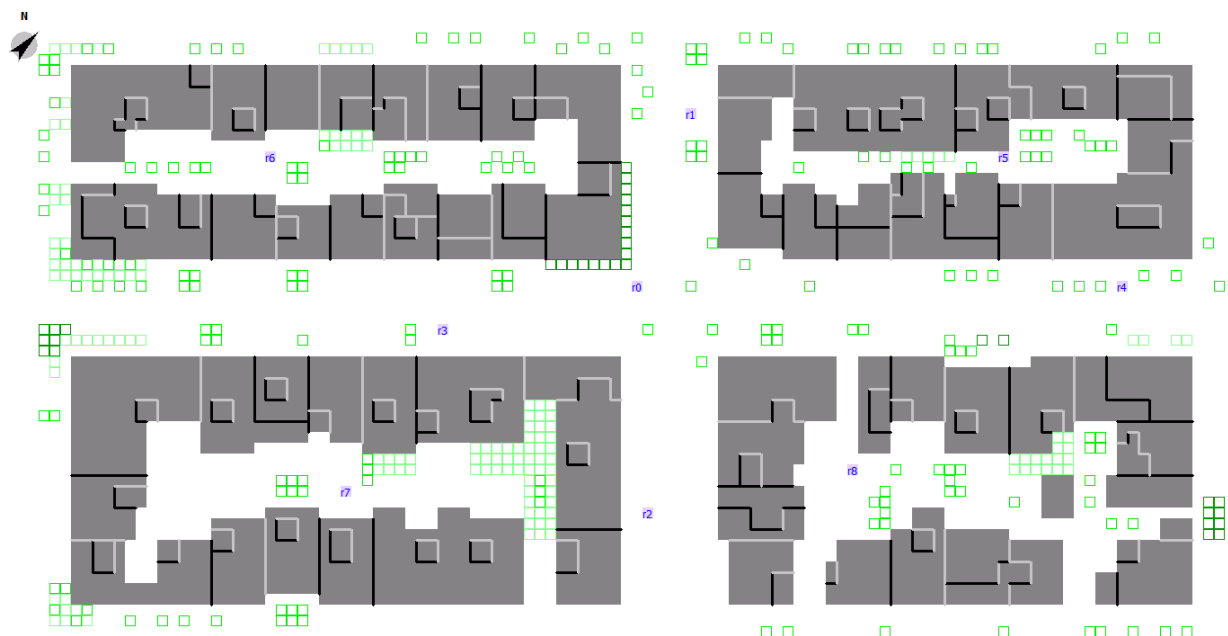
Ειδικότερα, η αναλογία του εμβαδού που καταλαμβάνουν οι διάφορες δομές στη συνολική επιφάνεια του μοντέλου αντιστοιχεί ως εξής: κτίρια 39.4 %, ακάλυπτοι χώροι 14.8 %, πεζοδρόμια 8.2 %, αυλές 16.4 % και δρόμοι 21.2 %.

Ως πηγή εκπομπής αέριων ρύπων ορίστηκε, γραμμικά, ο πιο πολυσύχναστος δρόμος (ο μεσαίος εκ των κατακόρυφων της κάτωσης, οδός Αγκιαλού), ενώ στους υπόλοιπους η εκπομπή θεωρήθηκε αμελητέα λόγω της μικρής κυκλοφορίας των οχημάτων. Τέλος, ορίστηκαν 9

υποδοχείς (receptors), από r0 έως r8, σε αντιπροσωπευτικά σημεία της περιοχής μελέτης, για την εξαγωγή αποτελεσμάτων προς σύγκριση και επεξεργασία (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.2. Αποτύπωση της περιοχής μελέτης. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]



Εικόνα 5.3. Ορισμός των υποδοχέων (receptors) στην περιοχή μελέτης. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]



Εικόνα 5.6. Κάθετος κήπος στο πολυώροφο εμπορικό κτίριο «Δούκας». [Πηγή: Προσωπικό αρχείο]

5.2.2. Κύριο αρχείο διαμόρφωσης, .CF (Configuration File)

Οι σημαντικότερες ρυθμίσεις που έγιναν στο κύριο αρχείο διαμόρφωσης, .CF, για την προσομοίωση της 20/07/2012, ήταν οι εξής:

- Ως ώρα έναρξης της προσομοίωσης ορίστηκε η τέταρτη πρωινή ώρα (04:00) της 20/07/2012. Αυτό έγινε για να δοθεί στο μοντέλο ο απαραίτητος χρόνος ώστε να μπορέσει να ακολουθήσει τις ατμοσφαιρικές διεργασίες.
- Ως συνολικός χρόνος προσομοίωσης ορίστηκαν οι 16 ώρες. Ο ελάχιστος χρόνος προσομοίωσης είναι οι 6 ώρες, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μην επηρεάζονται από τις αρχικές συνθήκες. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετός για να λάβουμε αξιόπιστα αποτελέσματα για τις μεσημεριανές ώρες.
- Τα δεδομένα αποθηκεύονταν κάθε 60 min., μιας και οι τιμές των δεδομένων που είχαμε από το μετεωρολογικό σταθμό ήταν ωριαίες.
- Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους τέθηκε ίση με 2 m/s.
- Η διεύθυνση του ανέμου ορίστηκε ως ΒΒΔ (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 31.35 °C ($273.15 + 31.35 = 304.5$ K).

- Στην ειδική υγρασία στην κορυφή του μοντέλου δόθηκε η τιμή 7 g Water/kg air.
- Η σχετική υγρασία σε ύψος 2 m από το έδαφος τέθηκε ίση με 31 %.

Πέραν των βασικών αυτών ρυθμίσεων, προστέθηκε το section [BUILDING], στο οποίο η εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων τέθηκε ίση με 25 °C (298 K), με βάση την παραδοχή ότι στο εσωτερικό των κτιρίων, λόγω της σκίασης και του κλιματισμού, η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη. Όσον αφορά τις τιμές του δείκτη ανακλαστικότητας (albedo), καθώς και της θερμικής ακτινοβολίας διαμέσου των τοίχων και της οροφής, διατηρήθηκαν οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις.

```

ENVI-met Configuration Editor - [yfistamenh.katastash.cf]
File Edit Add Section Help Window
% --- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 ---
% --- MAIN-DATA Block ---
Name for Simulation (Text):           =yfistamenh.katastash
Input file Model Area                 =C:\ENVI-met31\input\july.20\yfistamenh.katastash.in
Filebase name for Output (Text):      =results of yfistamenh.katastash
Output Directory:                     =C:\ENVI-met31\output\july.20\yfistamenh.katastash
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): =20.07.2012
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]    =304.5
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =7
Relative Humidity in 2m [%]           =31
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

```

Εικόνα 5.7. Κύριο αρχείο διαμόρφωσης, .CF, για την προσομοίωση της 20/07/2012. [Πηγή: ENVI-met]

Σημειώνεται, τέλος, ότι οι παραπάνω ρυθμίσεις οριστικοποιήθηκαν κατόπιν πολλών δοκιμών, που στόχο είχαν τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων και τη μείωση του υπολογιστικού χρόνου.

5.3. Προσομοιώσεις

Στην ενότητα αυτή, πραγματοποιείται έλεγχος της αξιοπιστίας του λογισμικού ENVI-met 3.1 και αναλυτική παρουσίαση της διαδικασίας και των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων των διάφορων παρεμβάσεων. Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούν σε φύτευση ακάλυπτων χώρων, ταρατσών (φυτεμένα δώματα), προσόψεων (κάθετες φυτεύσεις) των κτιρίων της περιοχής μελέτης, καθώς και σε όλους τους συνδυασμούς αυτών. Για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 100 x 100 x 30 του προγράμματος με κριτήριο την

όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων αλλά και την εξοικονόμηση υπολογιστικής ισχύος και, κατά συνέπεια, χρόνου προσομοίωσης. Οι τιμές όλων των κλιματολογικών δεδομένων αναφέρονται σε ύψος 1.75 m (αριθμητικά δεδομένα) και 2 m (οπτικοποιημένα δεδομένα) από τη στάθμη του εδάφους διότι, στόχος της εργασίας είναι 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 9 υποδοχέων (receptors) που έχουν τοποθετηθεί στην περιοχή μελέτης.

5.3.1. Υφιστάμενη κατάσταση

Για την προσομοίωση της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή χρησιμοποιήθηκε το αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, της Εικόνας 5.2 και το κύριο αρχείο διαμόρφωσης, .CF, της Εικόνας 5.7.

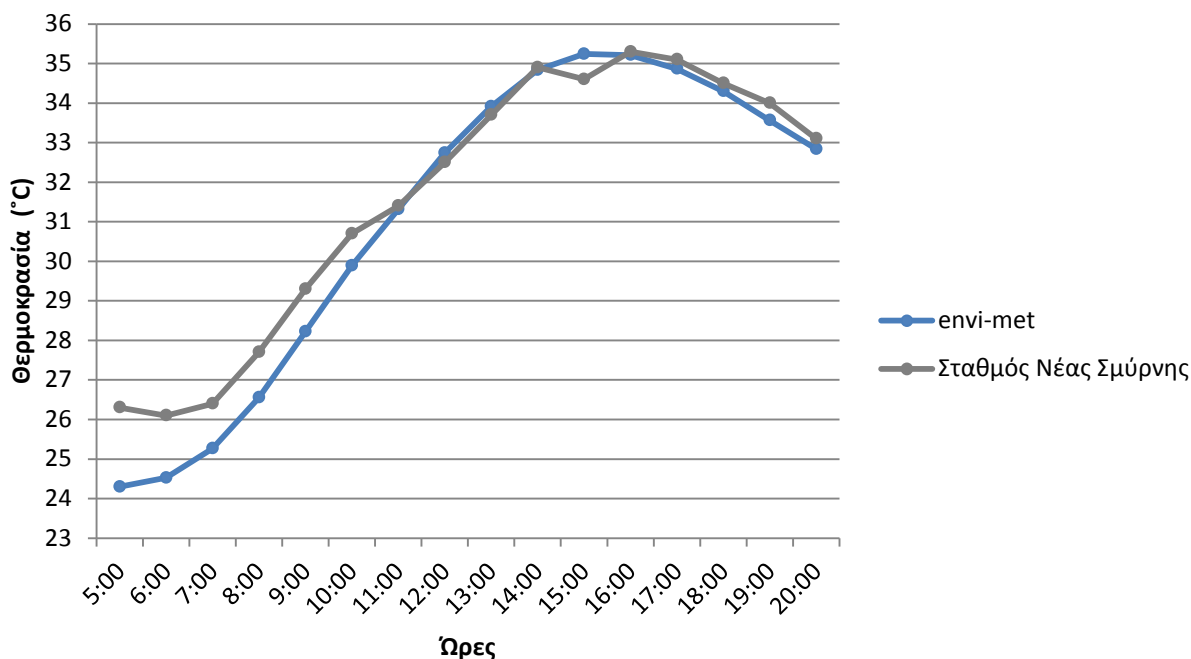
5.3.1.1. Έλεγχος αξιοπιστίας του λογισμικού ENVI-met 3.1

Στον Πίνακα 5.1 παρατίθενται οι τιμές της θερμοκρασίας αέρα όπως καταγράφηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό και όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα ENVI-met.

Πίνακας 5.1. Δεδομένα θερμοκρασίας αέρα, για την υφιστάμενη κατάσταση, από το μετεωρολογικό σταθμό και το ENVI-met. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Ωρες	Σταθμός Νέας Σμύρνης (°C)	ENVI-met (°C)
5:00	26.3	24.30
6:00	26.1	24.52
7:00	26.4	25.27
8:00	27.7	26.55
9:00	29.3	28.22
10:00	30.7	29.89
11:00	31.4	31.31
12:00	32.5	32.74
13:00	33.7	33.91
14:00	34.9	34.84
15:00	34.6	35.24
16:00	35.3	35.21
17:00	35.1	34.86
18:00	34.5	34.30
19:00	34	33.56
20:00	33.1	32.84

Για την καλύτερη σύγκριση, οι δύο ακολουθίες μετρήσεων παρουσιάζονται και γραφικά στο Γράφημα 5.1.



Γράφημα 5.1. Σύγκριση θερμοκρασιών αέρα από το σταθμό της Νέας Σμύρνης και το ENVI-met.

[Πηγή: Προσωπική εργασία]

Όπως παρατηρείται και στο γράφημα, το λογισμικό έχει προσεγγίσει πολύ καλά τις κανονικές συνθήκες, με μέση διαφορά θερμοκρασίας, από αυτή του σταθμού, μόλις 0.50 °C και συντελεστή συσχέτισης των δύο σειρών δεδομένων $r = 0.9962$.

Έτσι, το πρόγραμμα ENVI-met κρίνεται αξιόπιστο και δίνεται η δυνατότητα συνέχισης της μελέτης με τις επί μέρους παρεμβάσεις στην περιοχή.

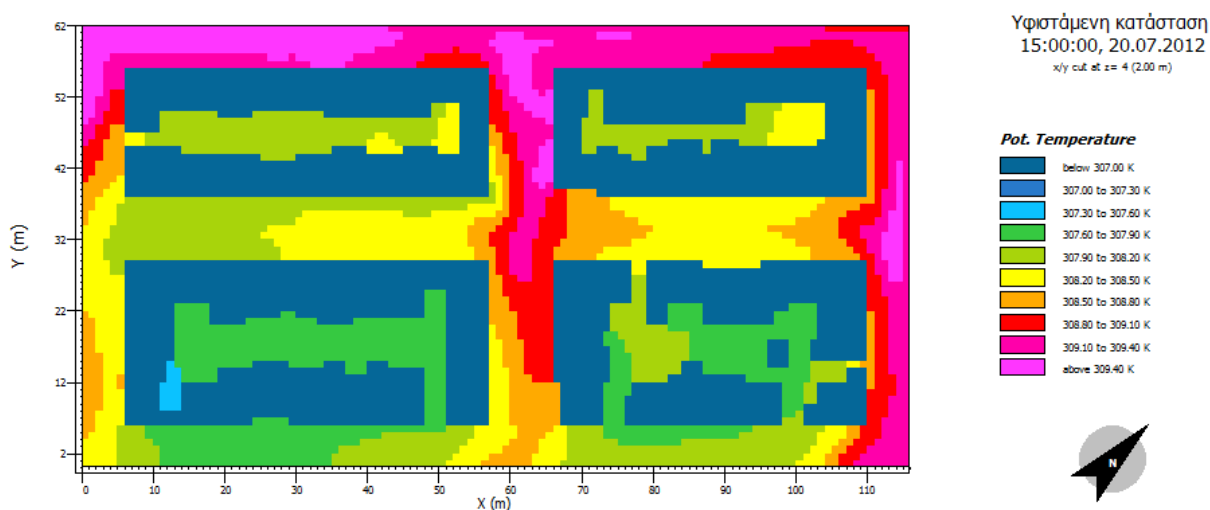
5.3.1.2. Αποτελέσματα

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται μια σειρά οπτικοποιημένων αποτελεσμάτων που αφορούν στην υφιστάμενη κατάσταση, με τη βοήθεια του προγράμματος Leonardo και συγκεκριμένα, η κατανομή της θερμοκρασίας για την ώρα 15:00 (κατά την οποία παρατηρούνται οι μέγιστες τιμές της), του πεδίου του ανέμου για την ώρα 20:00 και της σχετικής υγρασίας για την ώρα 14:00 στο χώρο.

Όπως φαίνεται και παρακάτω, η θερμοκρασία στους δρόμους αλλά και περιμετρικά των κτιρίων, ιδιαίτερα από τα ΒΔ από όπου έρχεται ο ζεστός αέρας, είναι μεγαλύτερη από αυτή των ακάλυπτων χώρων. Στους οριζόντιους οδικούς άξονες παρατηρούνται μικρότερες ταχύτητες ανέμου (φαινόμενο αστικής χαράδρας) από αυτές των κατακόρυφων, οι οποίοι είναι σχεδόν

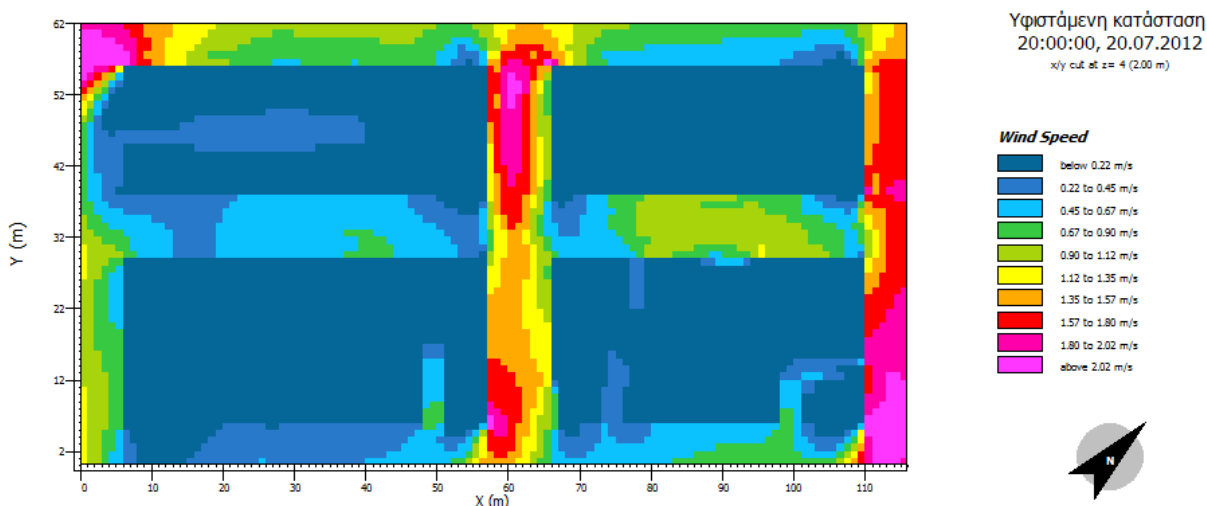
παράλληλοι με την κατεύθυνσή του. Τέλος, στο βόρειο τμήμα εμφανίζονται χαμηλότερες τιμές σχετικής υγρασίας σε σύγκριση με αυτές του νότιου, μιας και ο ζεστός αέρας ξηραίνει την ατμόσφαιρα κατά τη διέλευσή του.

Θερμοκρασία



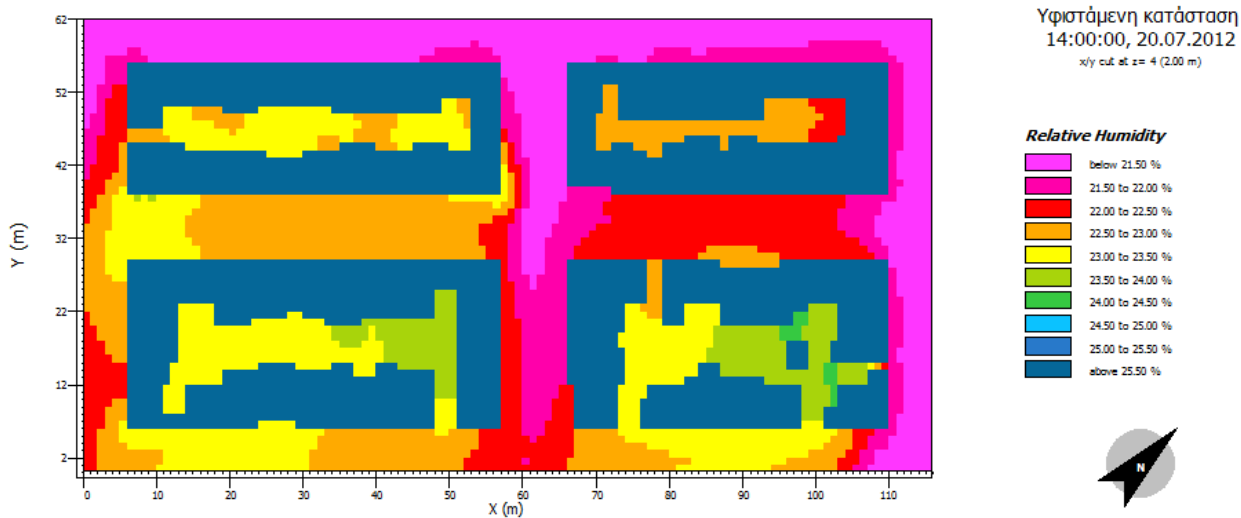
Εικόνα 5.8. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.9. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, στην υφιστάμενη κατάσταση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

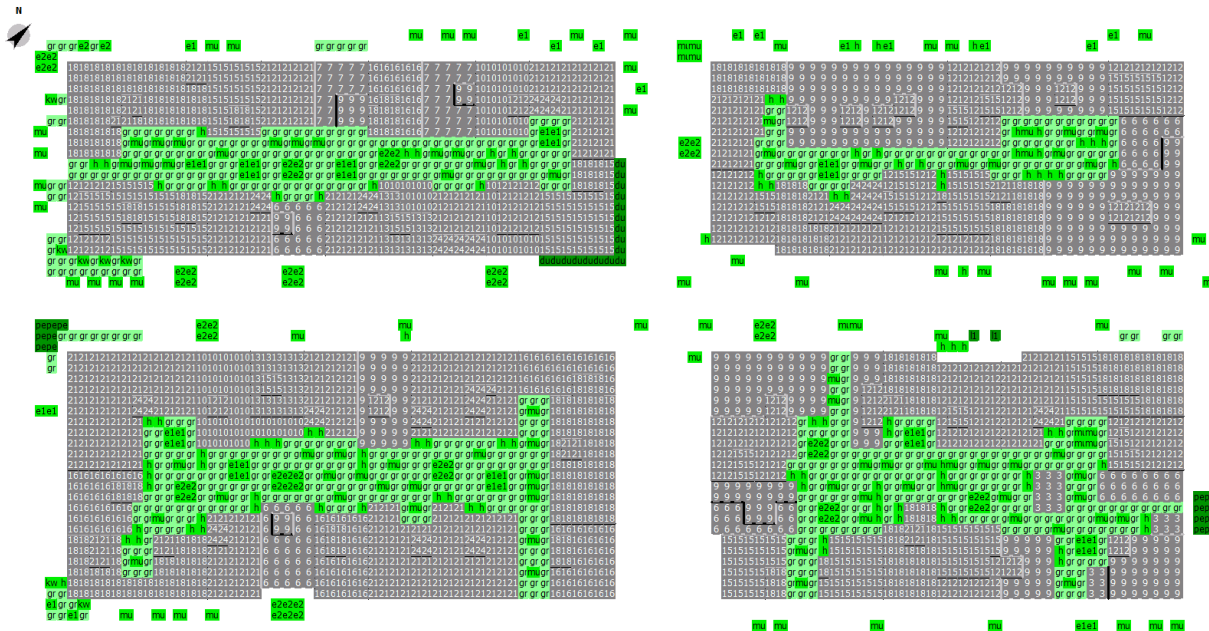
Σχετική υγρασία



Εικόνα 5.10. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, στην υφιστάμενη κατάσταση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

5.3.2. Φύτευση ακάλυπτων χώρων

5.3.2.1. Δεδομένα εισόδου



Εικόνα 5.11. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, μετά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

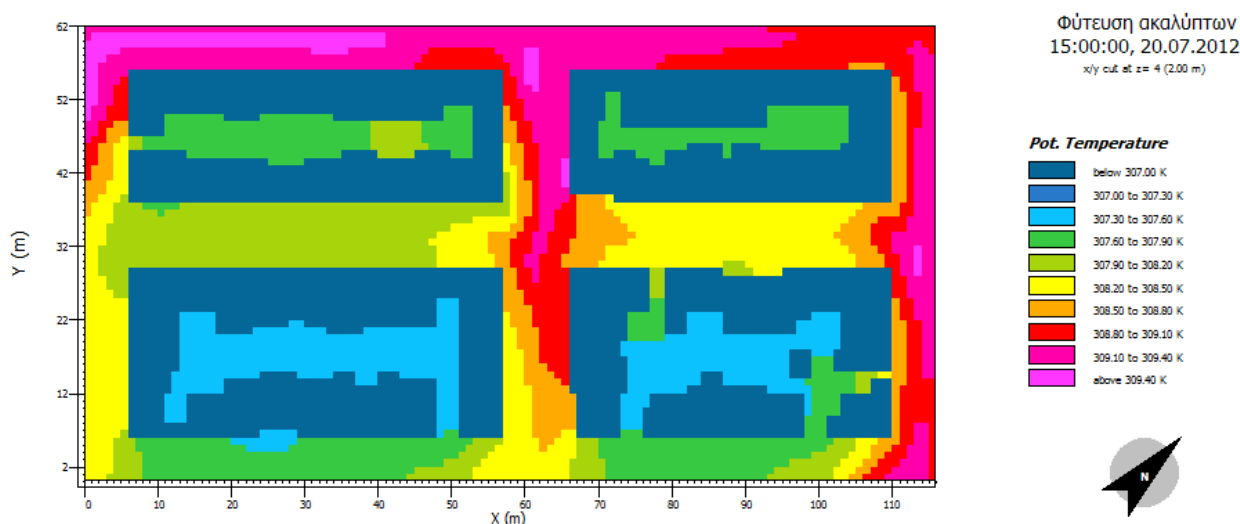
Το κύριο αρχείο διαμόρφωσης αυτής της παρέμβασης είναι ίδιο με αυτό της υφιστάμενης κατάστασης, αφού οι κλιματικές συνθήκες δεν αλλάζουν (όλες οι προσομοιώσεις αναφέρονται στο ίδιο χρονικό διάστημα). Όμως, το αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, διαφοροποιείται (Εικόνα 5.11). Σε όλη την έκταση των ακάλυπτων χώρων έχει προστεθεί χαμηλή βλάστηση (γρασίδι) ύψους 20 cm. Επίσης, σε διάφορα σημεία έχουν τοποθετηθεί θάμνοι και δέντρα ύψους έως και 10 m. Το είδος του εδάφους άλλαξε σε αργιλώδες καταργώντας, όπου υπήρχαν, τις πλάκες πεζοδρομίου.

Οι ακάλυπτοι χώροι καταλαμβάνουν το 14.8 % της επιφάνειας της περιοχής μελέτης, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, ενώ καλύπτουν το 27.3 % του εμβαδού των κτιρίων στη βάση τους.

Στις επόμενες ενότητες, με τη βοήθεια του Leonardo και του Excel παρουσιάζεται η επίδραση της φύτευσης των ακάλυπτων χώρων στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, την ταχύτητα του ανέμου και τη σχετική υγρασία και γίνεται σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση.

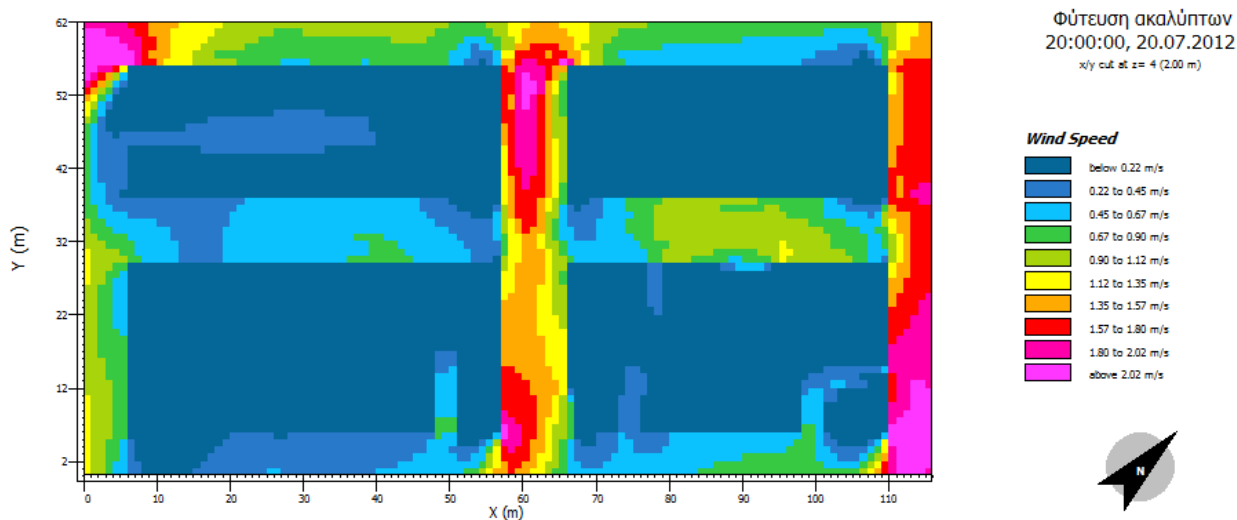
5.3.2.2. Αποτελέσματα

Θερμοκρασία



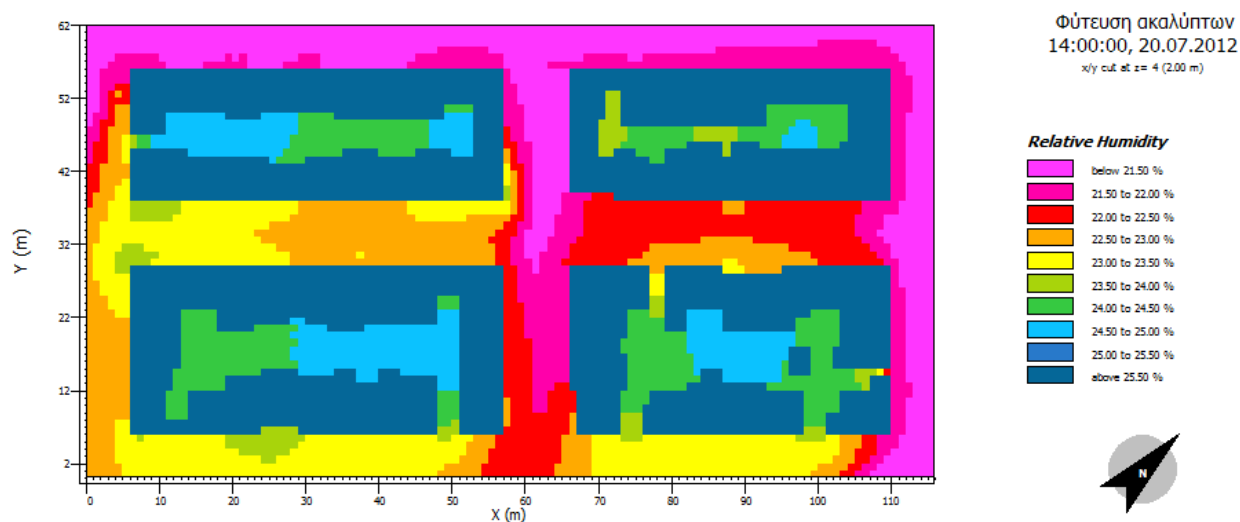
Εικόνα 5.12. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.13. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία

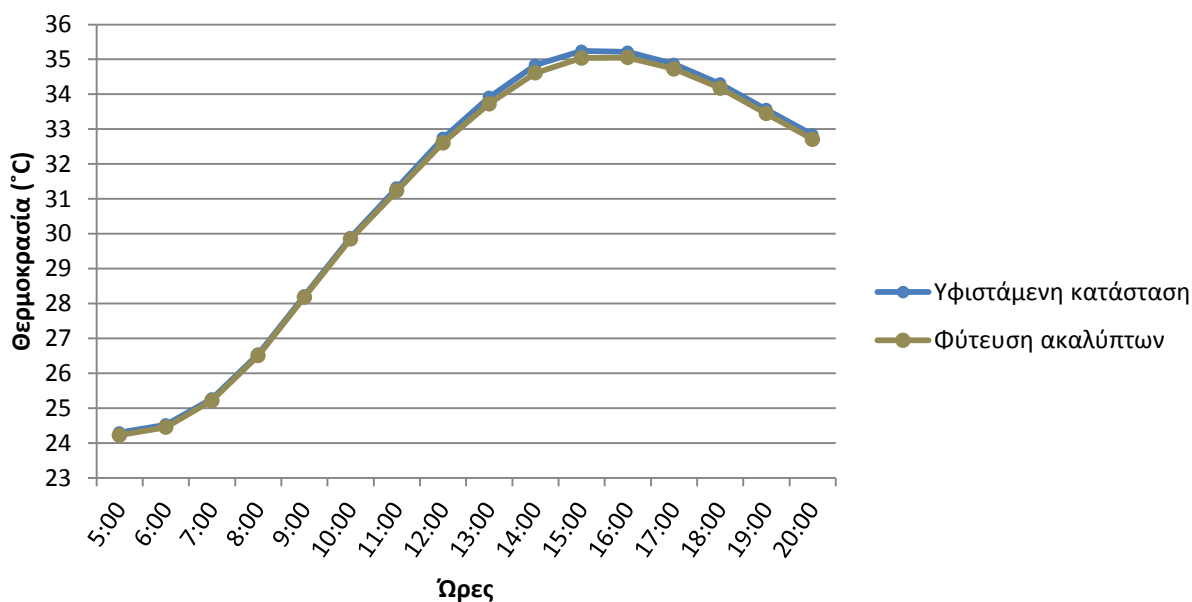


Εικόνα 5.14. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Παρατηρούμε ότι οι εικόνες που αφορούν τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, μέσα στους ακάλυπτους χώρους, είναι σαφώς βελτιωμένες σε σχέση με την αρχική κατάσταση.

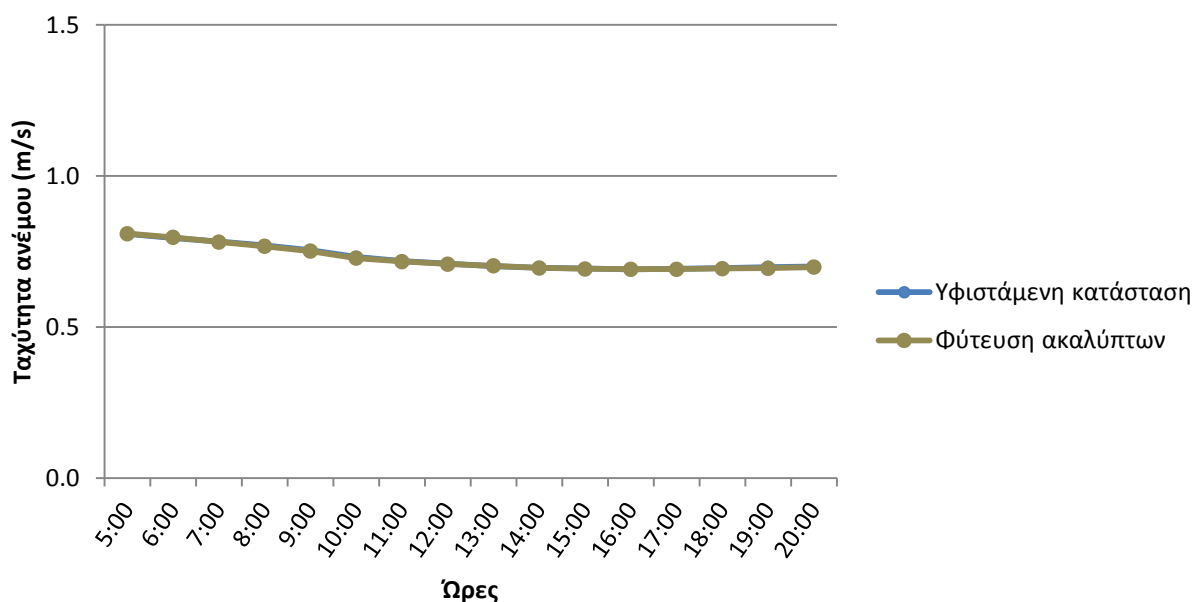
5.3.2.3. Συγκριτικά αποτελέσματα

Θερμοκρασία

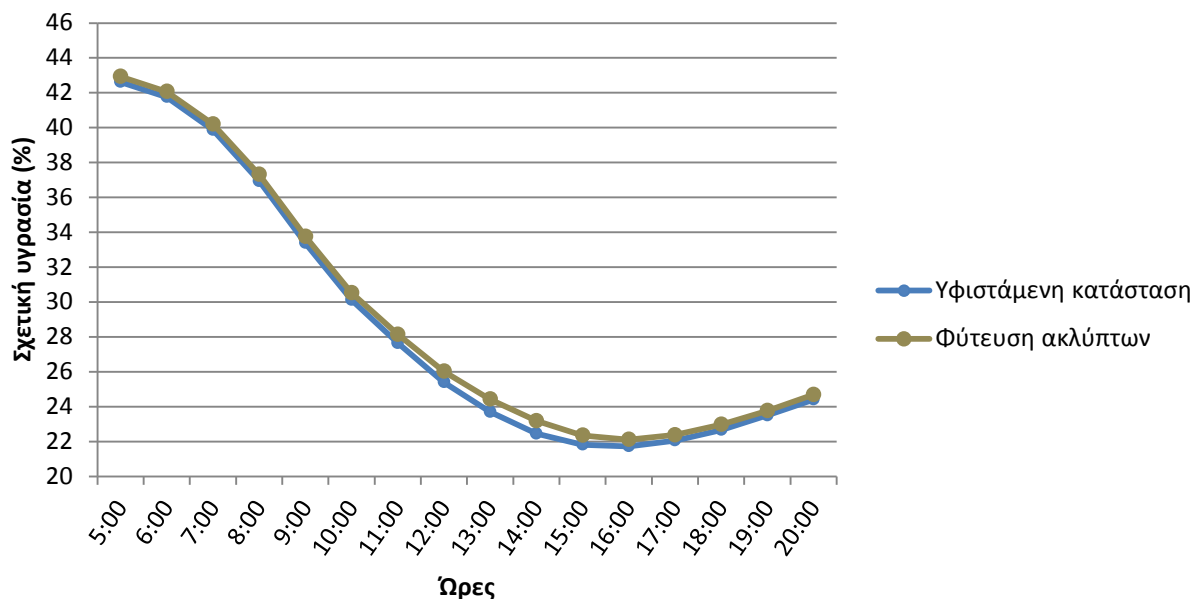


Γράφημα 5.2. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ακάλυπτων χώρων.
[Πηγή: Προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Γράφημα 5.3. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ακάλυπτων χώρων.
[Πηγή: Προσωπική εργασία]

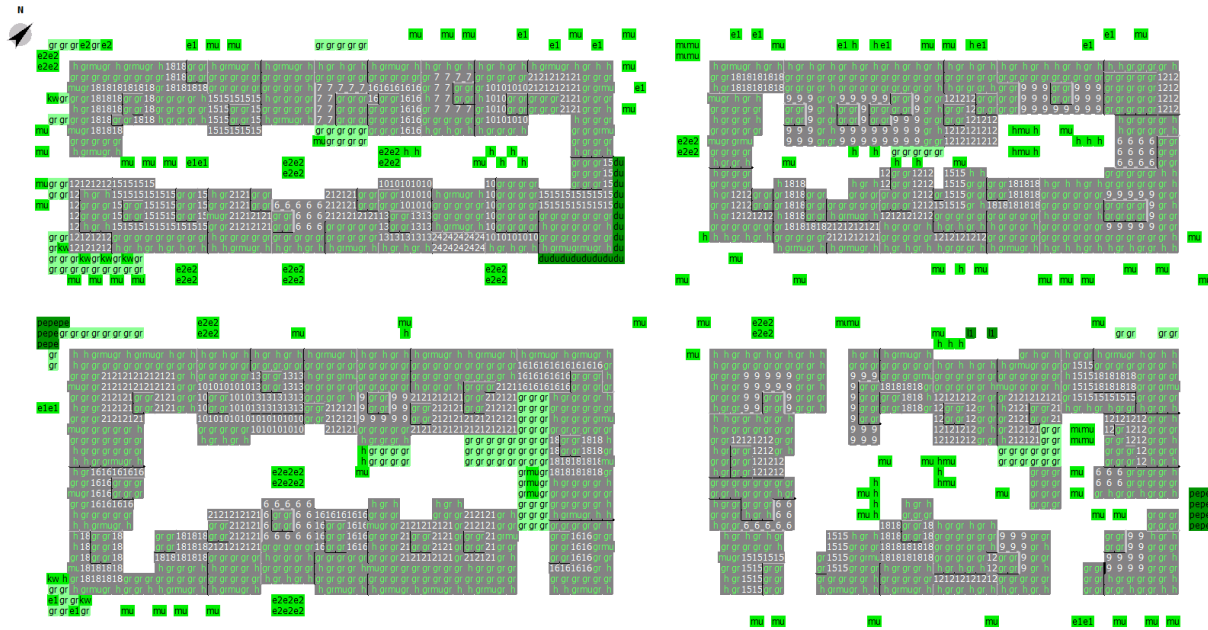
Σχετική υγρασία

Γράφημα 5.4. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ακάλυπτων χώρων.
[Πηγή: Προσωπική εργασία]

Οι τιμές της θερμοκρασίας στην περιοχή μειώθηκαν αισθητά σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, με μεμονωμένα σημεία να φτάνουν σε μείωση της τάξεως του 0.5 °C τις μεσημεριανές ώρες. Η συνολική μέση διαφορά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ήταν 0.11 °C. Στο πεδίο του ανέμου δεν παρατηρήθηκαν διαφορές, όπως αναμενόταν, μιας και η παρέμβαση αφορούσε τους υπήνεμους ακάλυπτους χώρους. Τέλος, σημαντική αύξηση σημειώθηκε στη σχετική υγρασία με μέση διαφορά 0.42 %, με κάποια σημεία εντός των ελεύθερων χώρων να παρουσιάζουν αύξηση κοντά στο 1.7 %.

5.3.3. Φύτευση ταρατσών**5.3.3.1. Δεδομένα εισόδου**

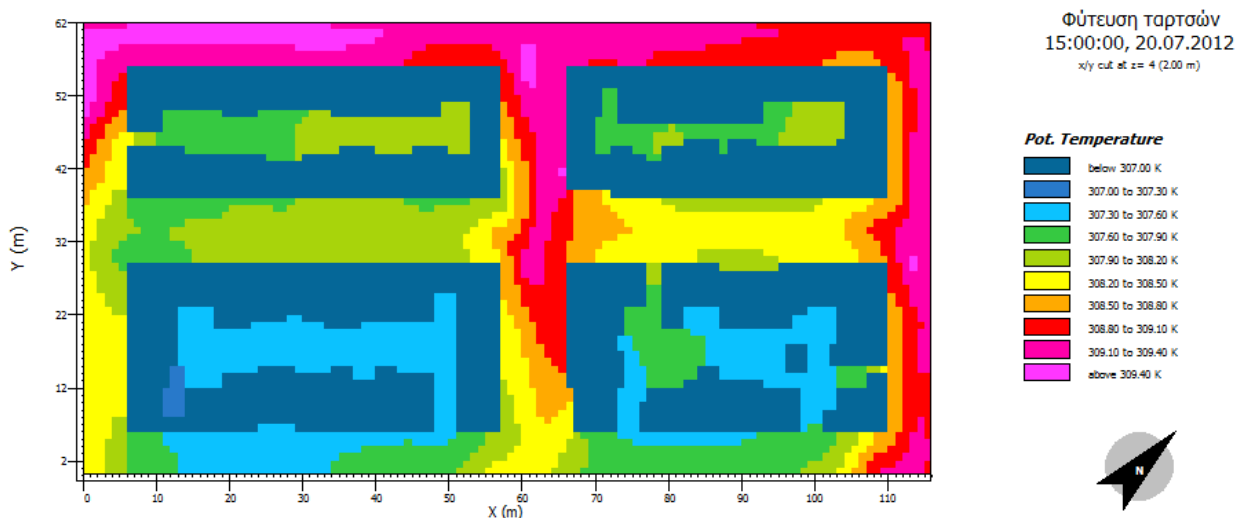
Όπως στην προηγούμενη προσομοίωση, έτσι και σε αυτήν το αρχείο .CF παραμένει ίδιο με το αρχικό, ενώ στο αρχείο .IN έγιναν αλλαγές που αφορούν την τεχνολογία των φυτεμένων δωματίων. Στο επίπεδο των ταρατσών και των δωματίων τους, τοποθετήθηκε χαμηλή βλάστηση (γρasiίδι) ύψους 20 cm, σε ποσοστό 65 % (ώστε να μένει χώρος για εκμετάλλευση, όπως τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών, άπλωμα ρούχων κ.α.). Επίσης, στα περισσότερα κτίρια φυτεύτηκαν θάμνοι και λίγα δέντρα χαμηλού ύψους (ημιεντατικός και εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος). Στην Εικόνα 5.15 φαίνονται οι παραπάνω παρεμβάσεις.



Εικόνα 5.15. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, μετά τη φύτευση των ταρτσών.
[Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

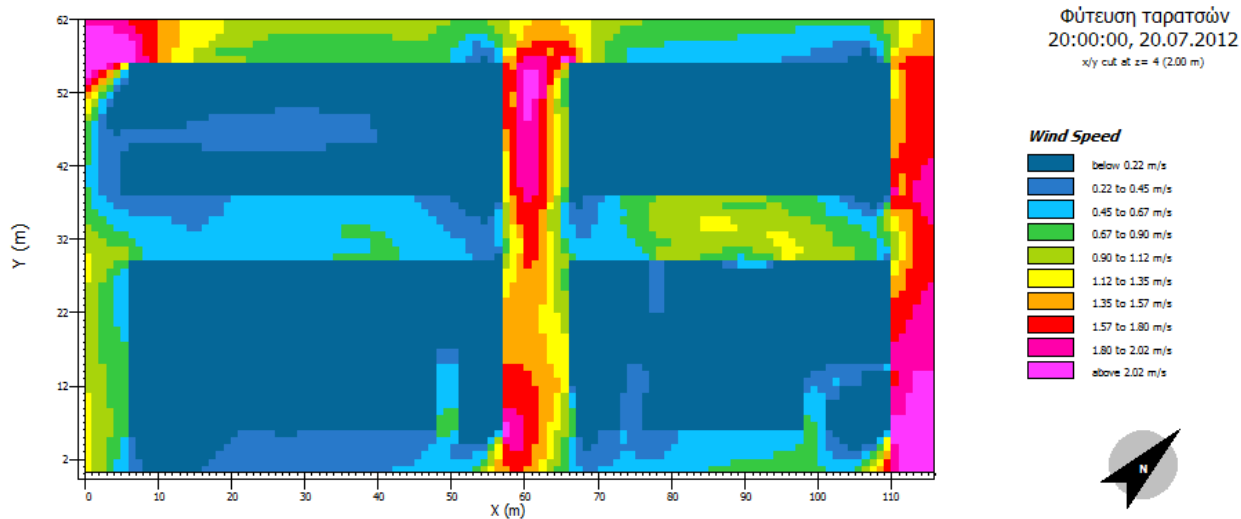
5.3.3.2. Αποτελέσματα

Θερμοκρασία



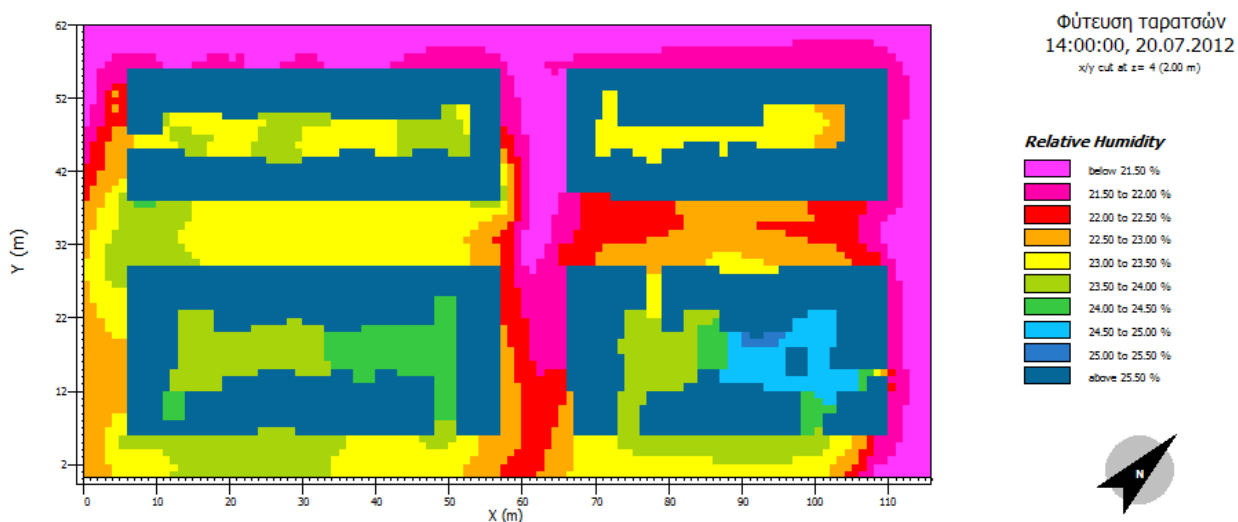
Εικόνα 5.16. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση ταρτσών.
[Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.17. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των παρασών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία

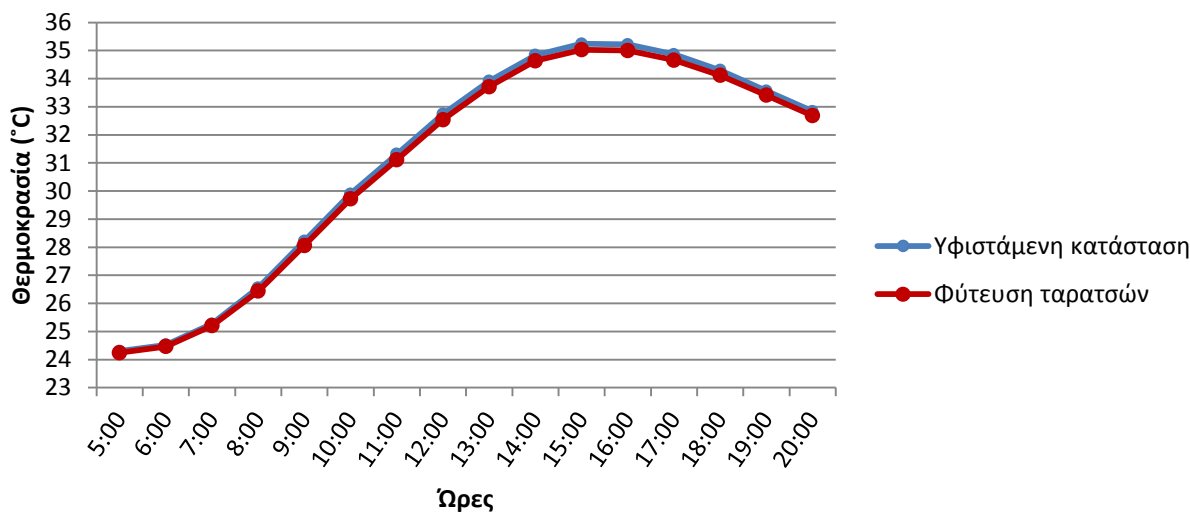


Εικόνα 5.18. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των παρασών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Με τη χρήση των φυτεμένων δωματίων παρατηρείται βελτίωση της εικόνας της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας τόσο περιμετρικά των κτιρίων όσο και μέσα στους ακόλυπτους χώρους.

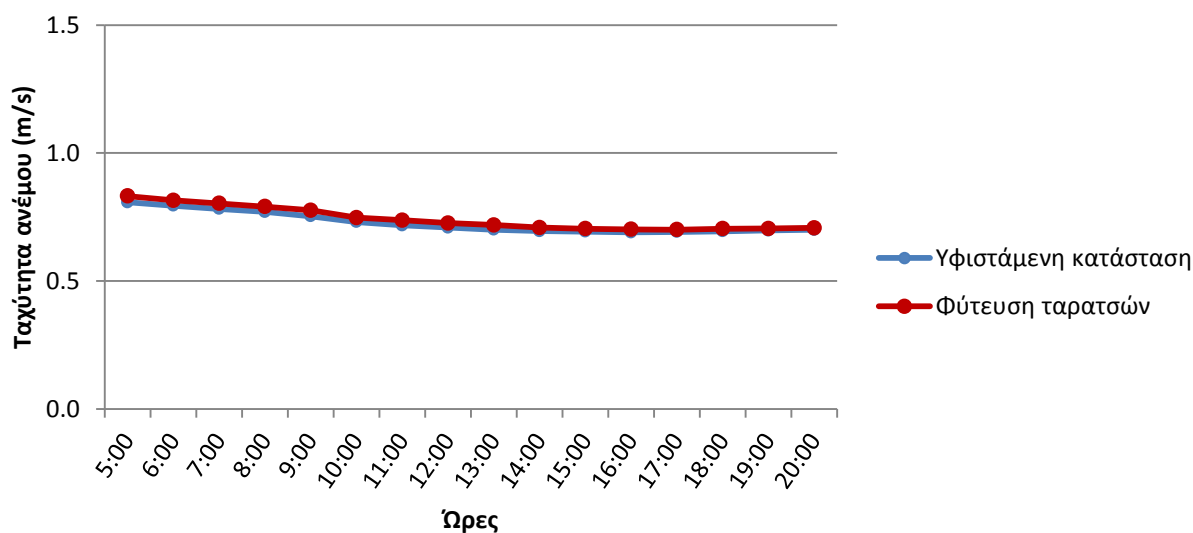
5.3.3.3. Συγκριτικά αποτελέσματα

Θερμοκρασία

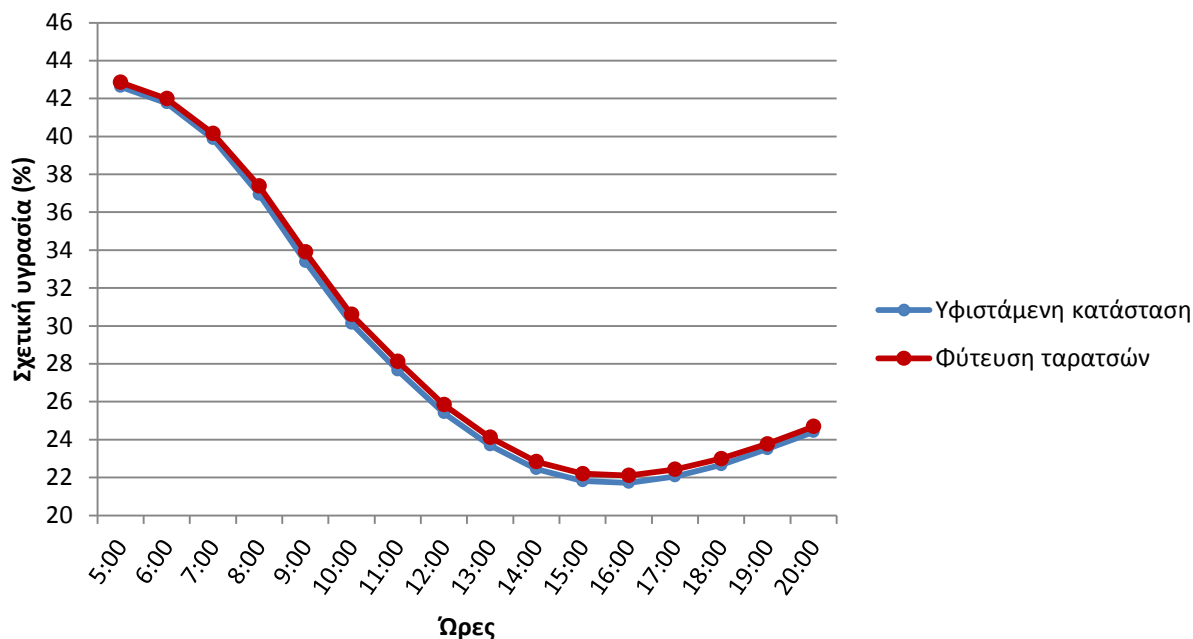


Γράφημα 5.5. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών.
[Πηγή: Προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Γράφημα 5.6. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών.
[Πηγή: Προσωπική εργασία]

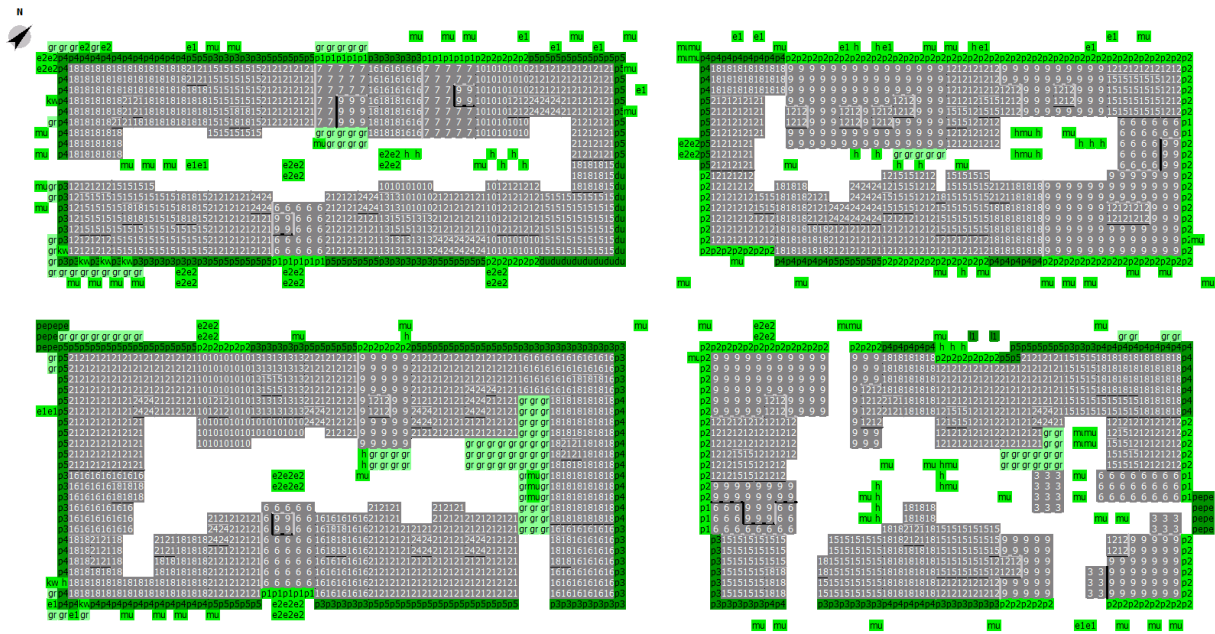
Σχετική υγρασία

Γράφημα 5.7. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών.
[Πηγή: Προσωπική εργασία]

Η παρέμβαση αυτή παρουσιάζει λίγο καλύτερη εικόνα από αυτή των ακάλυπτων χώρων, με μέση μείωση της θερμοκρασίας αέρα κατά 0.16 °C. Στη σχετική υγρασία επήλθε μέση αύξηση κατά 0.37 % από την αρχική κατάσταση. Η ένταση του ανέμου παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεταβολές των μεγεθών, στα 9 σημεία (υποδοχείς) συλλογής δεδομένων, παρουσιάζουν ομοιομορφία, καθώς η παρέμβαση αυτή έλαβε χώρα στο μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής μελέτης.

5.3.4. Φύτευση προσόψεων**5.3.4.1. Δεδομένα εισόδου**

Για τις κατακόρυφες φυτεύσεις χρησιμοποιήθηκε μια νέα βάση δεδομένων βλάστησης. Για κάθε ύψος κτιρίου, δημιουργήθηκε μια φυτική πρόσοψη με βλάστηση στις στάθμες των μπαλκονιών και σε κάποια τμήματα των εξωτερικών τοίχων (βλ. Εικόνα 5.4). Η τεχνολογία των κάθετων κήπων εφαρμόστηκε στην πλειοψηφία των κτιρίων (πλην αυτών που είχαν ύψος 3 m), για την επίτευξη της βέλτιστης επίδρασης της επέμβασης αυτής. Οι ρυθμίσεις στο αρχείο .CF παρέμειναν οι ίδιες.



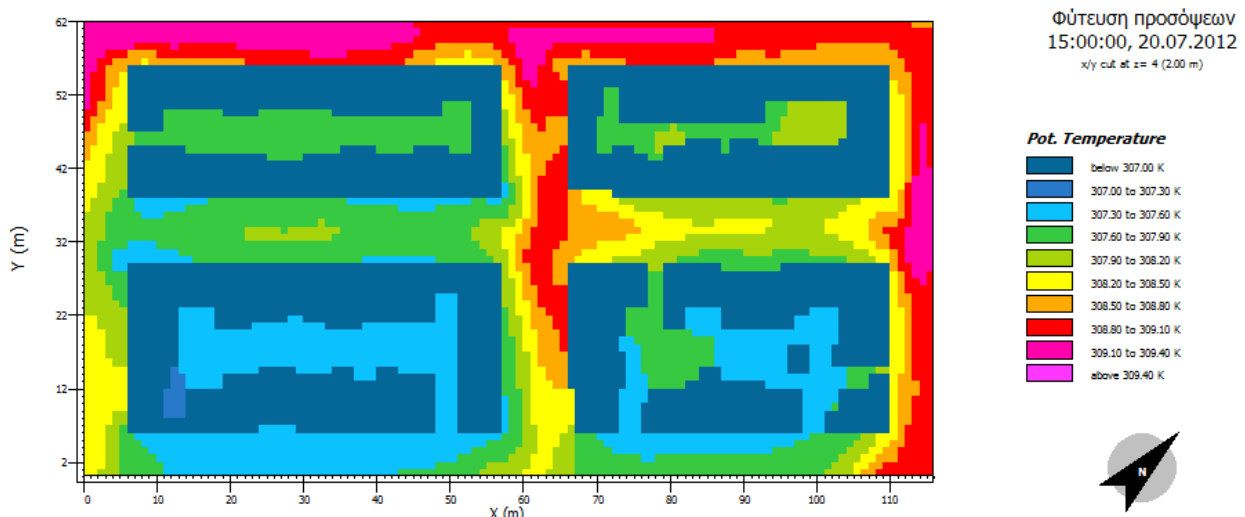
Εικόνα 5.19. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, μετά τη φύτευση των προσόψεων.

[Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Στις παρακάτω εικόνες και γραφήματα δίνονται τα αποτελέσματα της παρέμβασης αυτής.

5.3.4.2. Αποτελέσματα

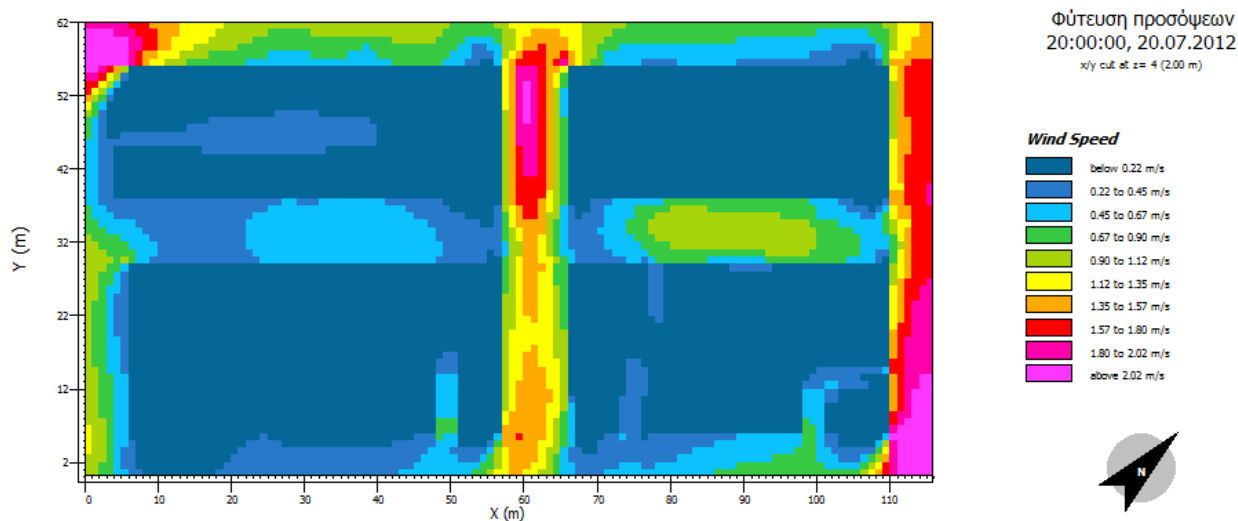
Θερμοκρασία



Εικόνα 5.20. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση προσόψεων.

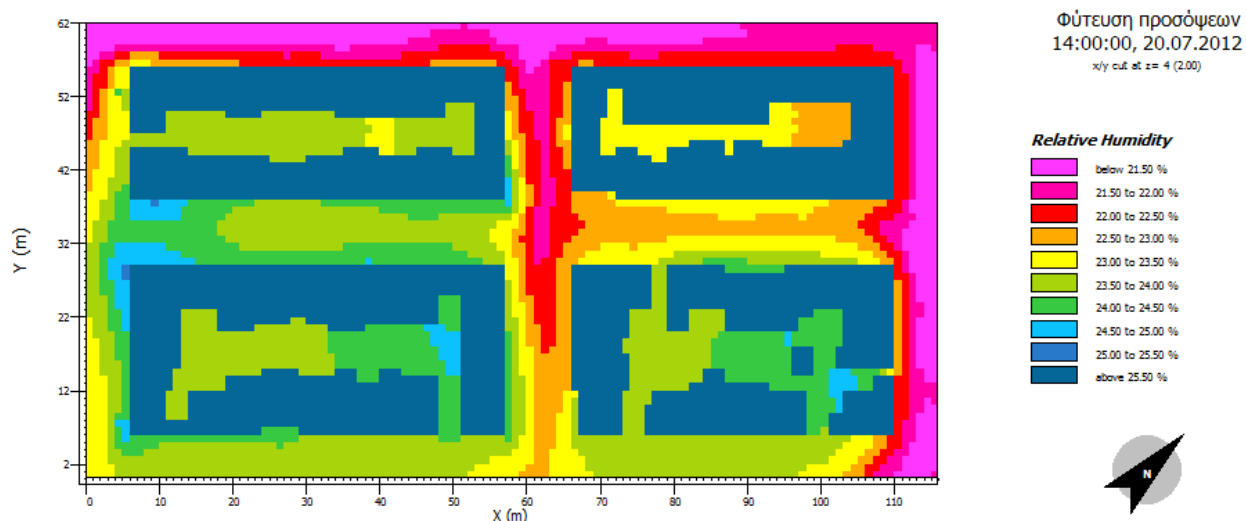
[Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.21. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία

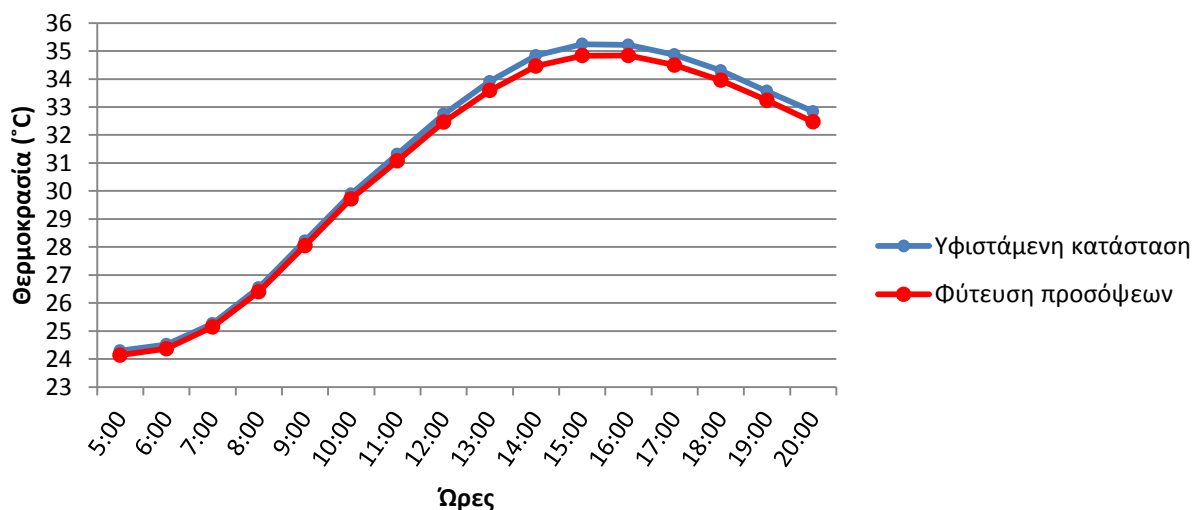


Εικόνα 5.22. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Περιμετρικά των κτιρίων, και όχι μόνο, παρατηρείται μεγάλη βελτίωση των εικόνων όλων των μεγεθών σε σύγκριση με την αρχική κατάσταση και τις προηγηθείσες παρεμβάσεις.

5.3.4.3. Συγκριτικά αποτελέσματα

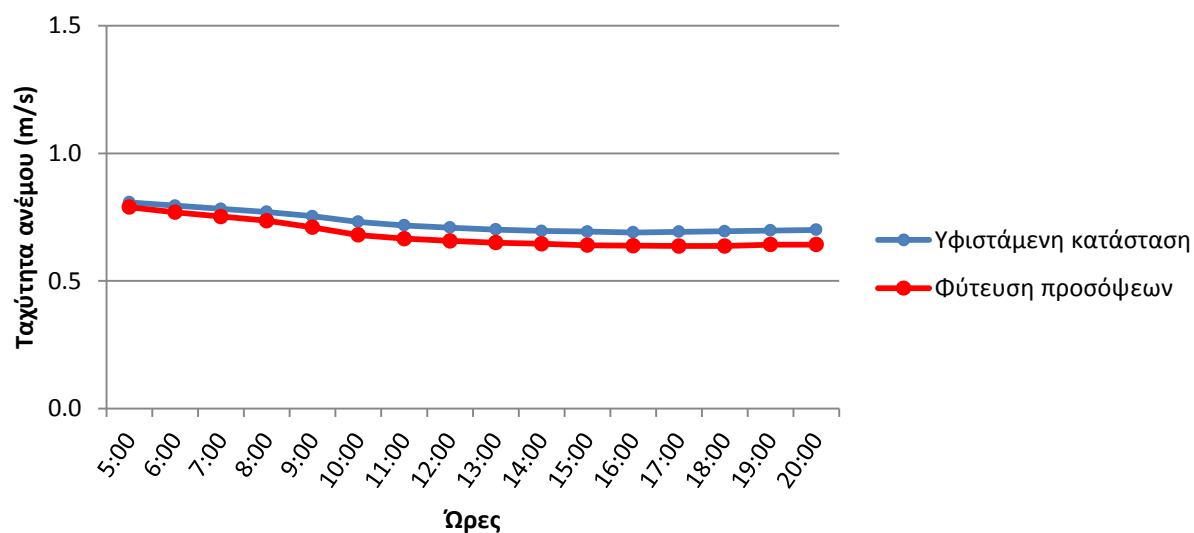
Θερμοκρασία



Γράφημα 5.8. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων.

[Πηγή: Προσωπική εργασία]

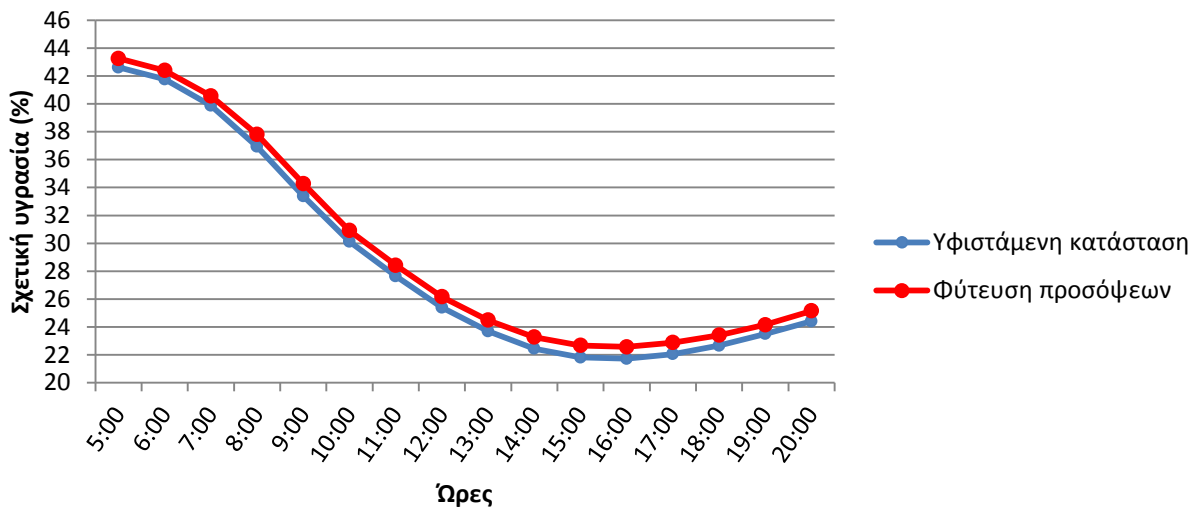
Πεδίο ανέμου



Γράφημα 5.9. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων.

[Πηγή: Προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία

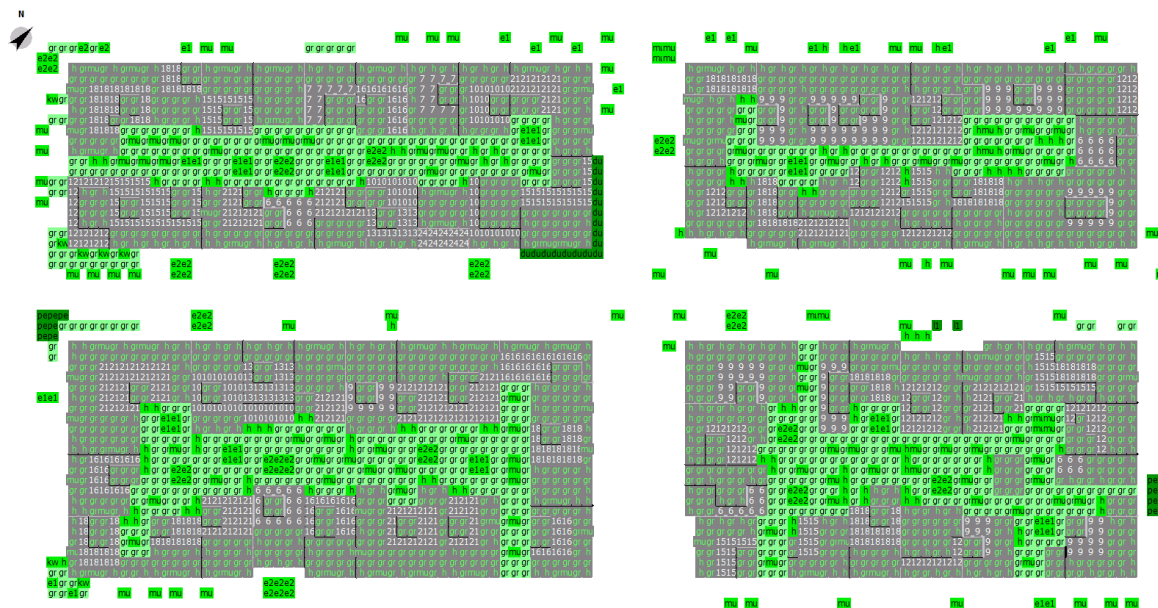


Γράφημα 5.10. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων.

[Πηγή: Προσωπική εργασία]

Κατά τη κάθετη φύτευση η μέση θερμοκρασία αέρα ελαττώθηκε κατά 0.27 °C, με τα περισσότερα περιμετρικά των κτιρίων σημεία να παρουσιάζουν μείωση της τάξεως του 0.5 °C. Η ένταση του ανέμου είχε αισθητή πτώση κατά 6.47 ποσοστιαίες μονάδες. Η σχετική υγρασία σε κάποια σημεία της περιοχή αυξήθηκε σημαντικά (έως 1.8 %), ενώ η μέση μεταβολή της ήταν 0.77 %. Η καλύτερη εικόνα αυτής της παρέμβασης σε σχέση με τις προηγούμενες ήταν αναμενόμενη λόγω, της μεγάλης έκτασής της (η συνολικά διαθέσιμη επιφάνεια προσόψεων προς φύτευση είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των δωμάτων ή των ακαλύπτων).

5.3.5. Φύτευση ταρατσών – ακάλυπτων χώρων



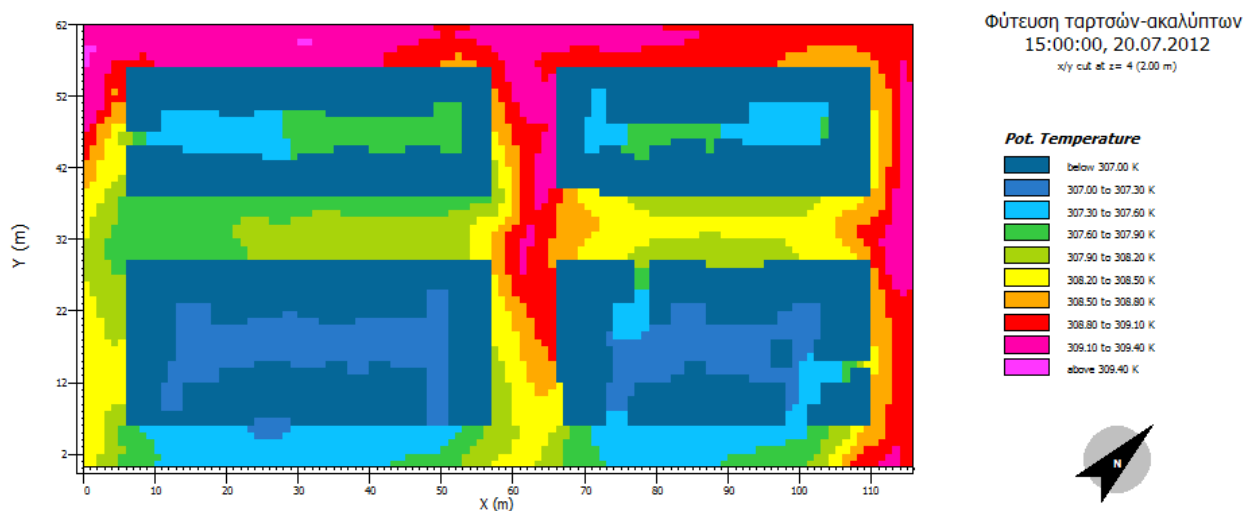
Εικόνα 5.23. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στη φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων χώρων.

[Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Στην παρούσα ενότητα καθώς και τις δύο επόμενες, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων των συνδυασμών των παραπάνω επεμβάσεων (3 ανά 2), με σκοπό τη μεγαλύτερη βελτίωση των κλιματικών μεγεθών.

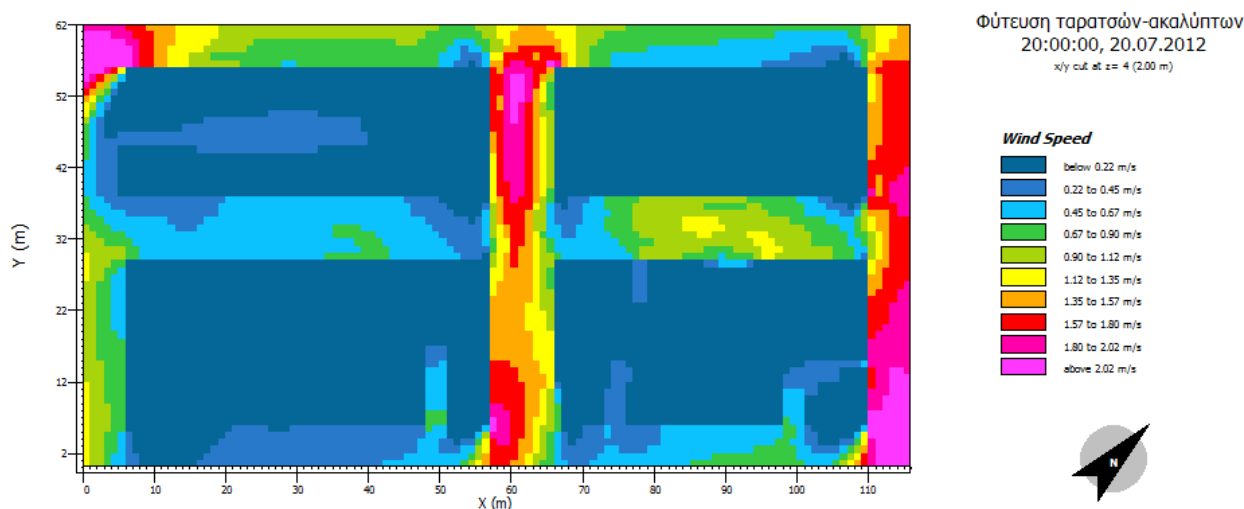
5.3.5.1. Αποτελέσματα

Θερμοκρασία



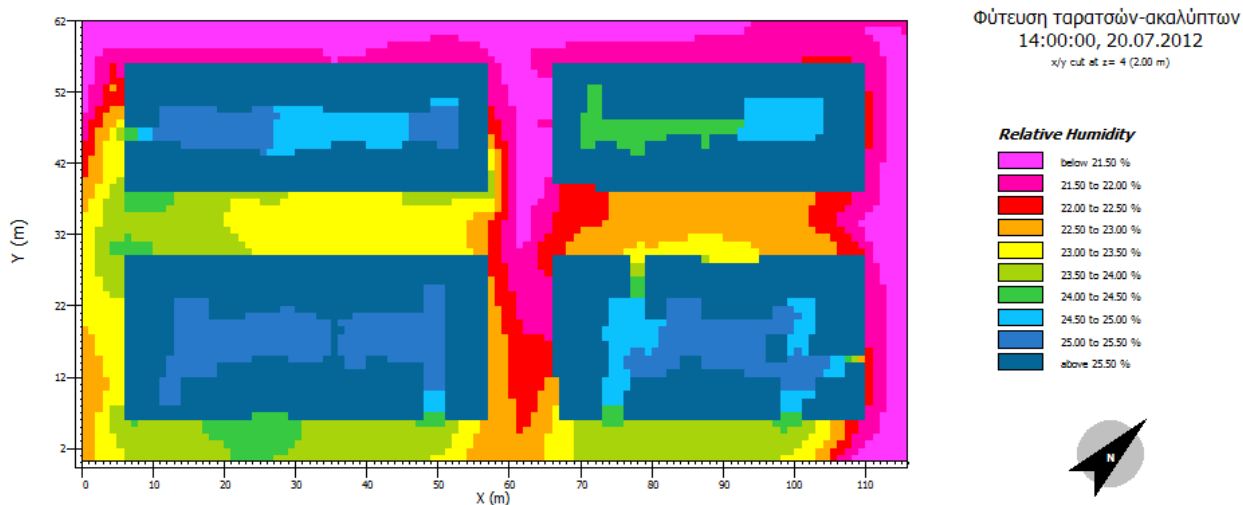
Εικόνα 5.24. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση ταρασών-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.25. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των ταρασών-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

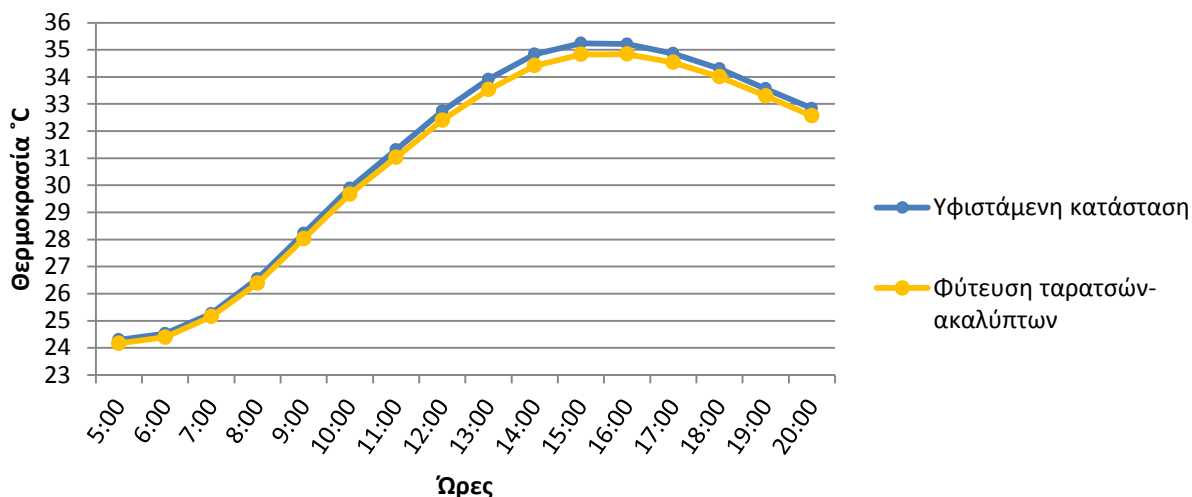
Σχετική υγρασία



Εικόνα 5.26. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των ταρατσών-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

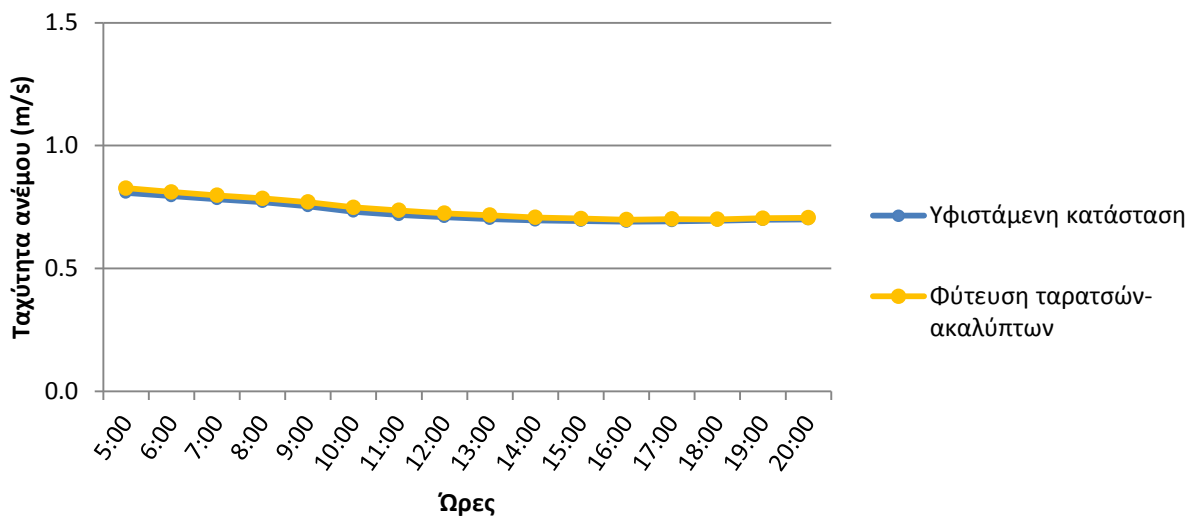
5.3.5.2. Συγκριτικά αποτελέσματα

Θερμοκρασία



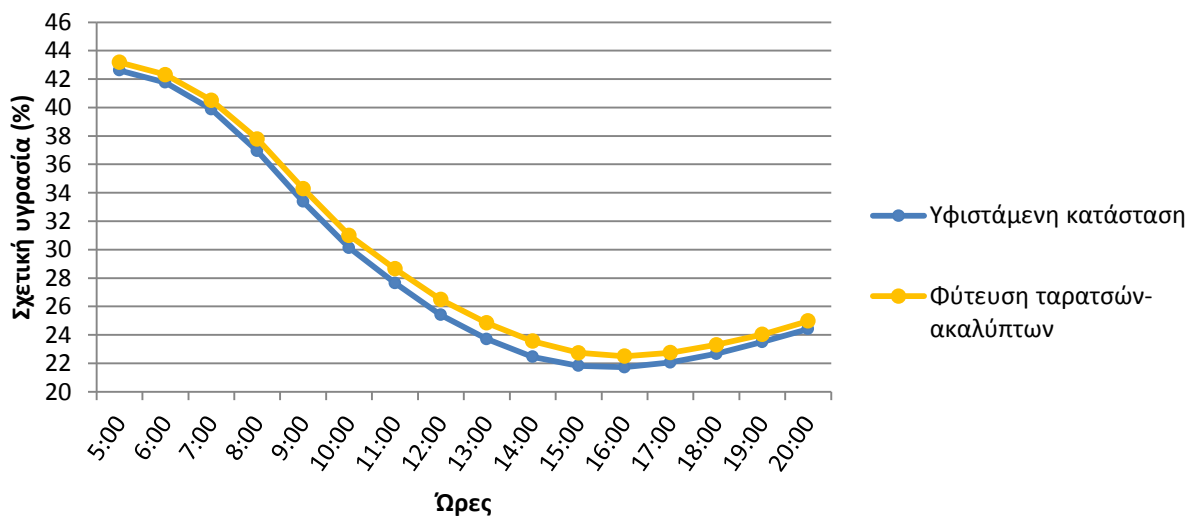
Γράφημα 5.11. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Γράφημα 5.12. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία



Γράφημα 5.13. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των ταρατσών-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

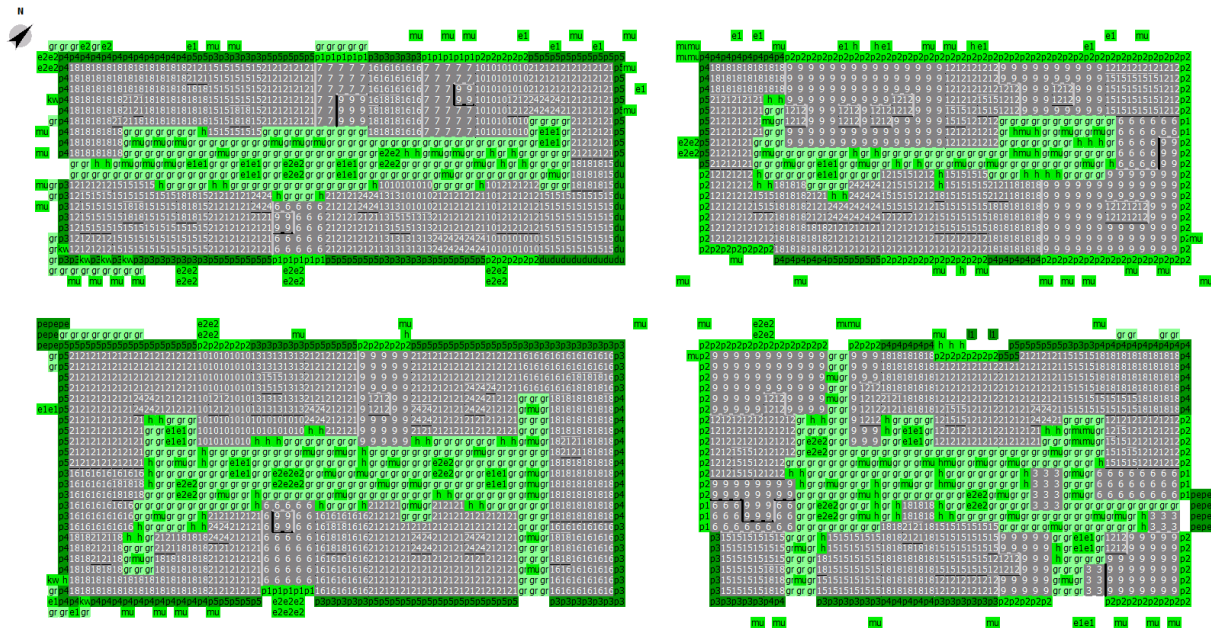
Συνοπτικά:

Η θερμοκρασία είχε μέση μείωση κατά 0.27 °C.

Η μέση σχετική υγρασία αυξήθηκε κατά 0.80 ποσοστιαίες μονάδες.

Η ένταση του ανέμου δε μεταβλήθηκε ιδιαίτερα.

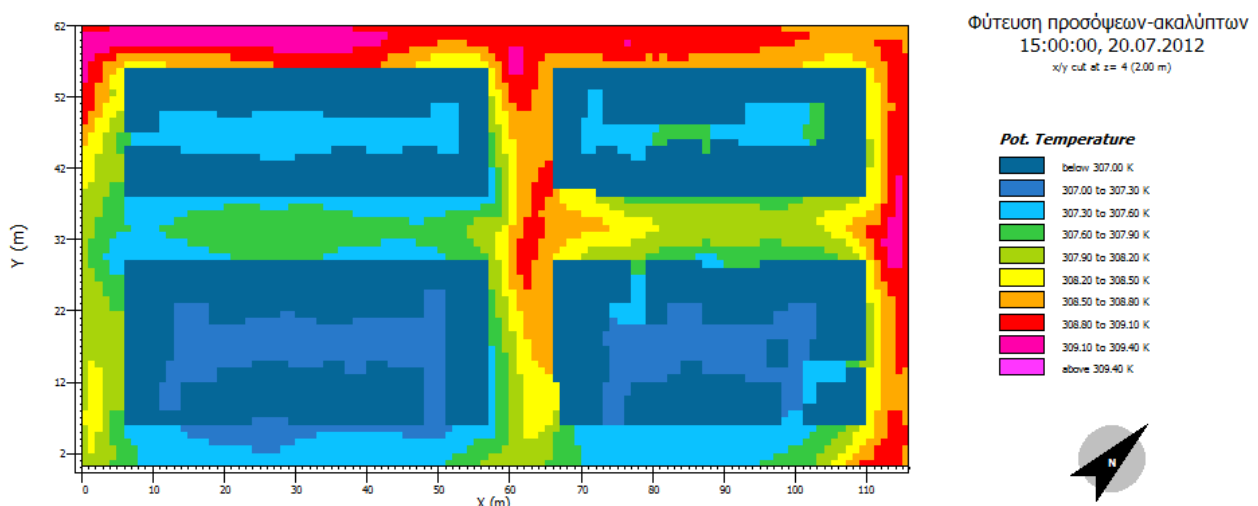
5.3.6. Φύτευση προσόψεων – ακάλυπτων χώρων



Εικόνα 5.27. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στη φύτευση των προσόψεων-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

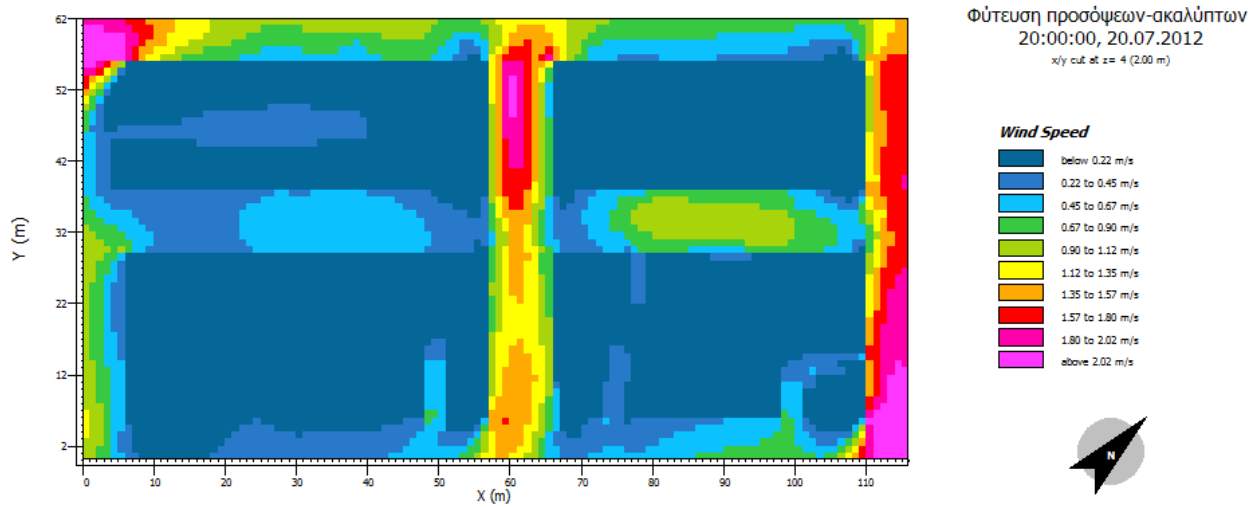
5.3.6.1. Αποτελέσματα

Θερμοκρασία



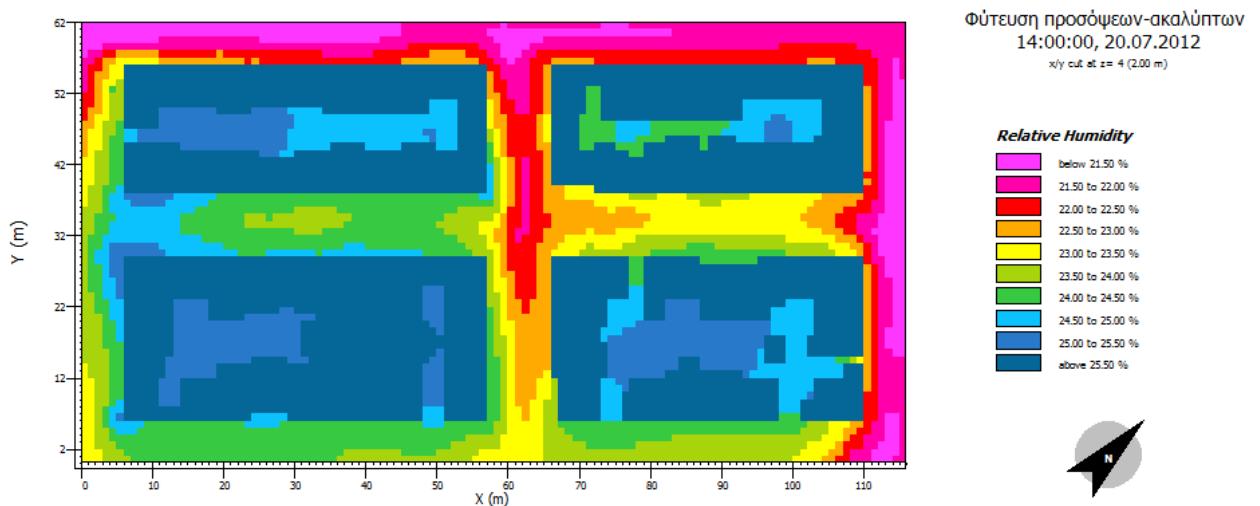
Εικόνα 5.28. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση προσόψεων-ακάλυπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.29. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

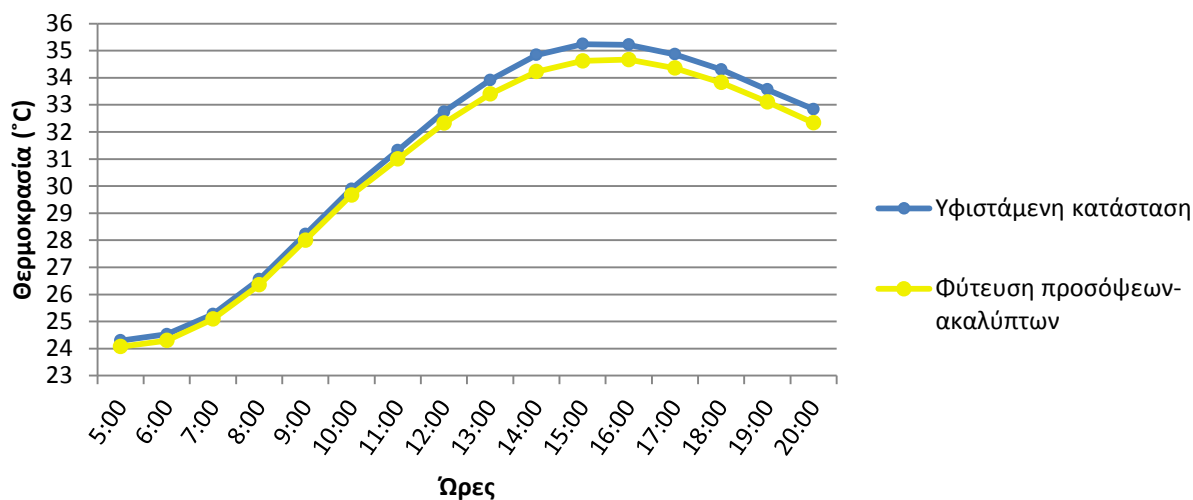
Σχετική υγρασία



Εικόνα 5.30. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

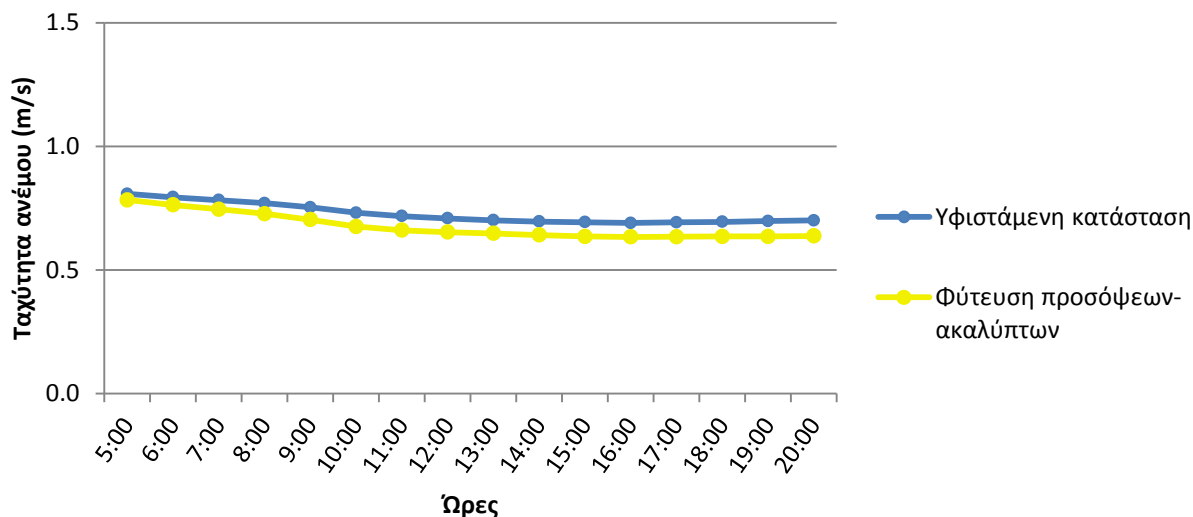
5.3.6.2. Συγκριτικά αποτελέσματα

Θερμοκρασία



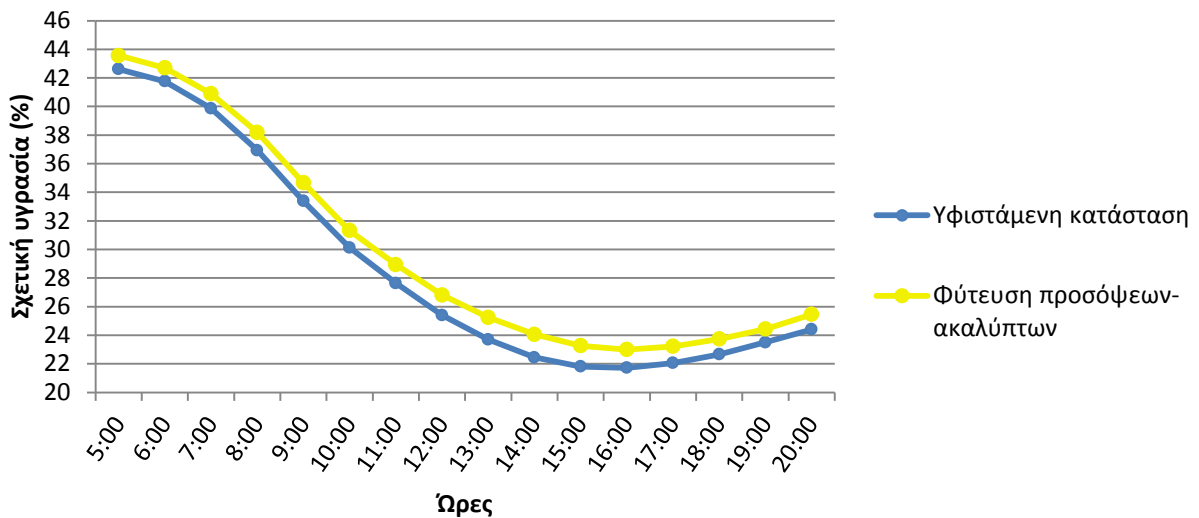
Γράφημα 5.14. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Γράφημα 5.15. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ακαλύπτων χώρων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία



Γράφημα 5.16. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ακαλύπτων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

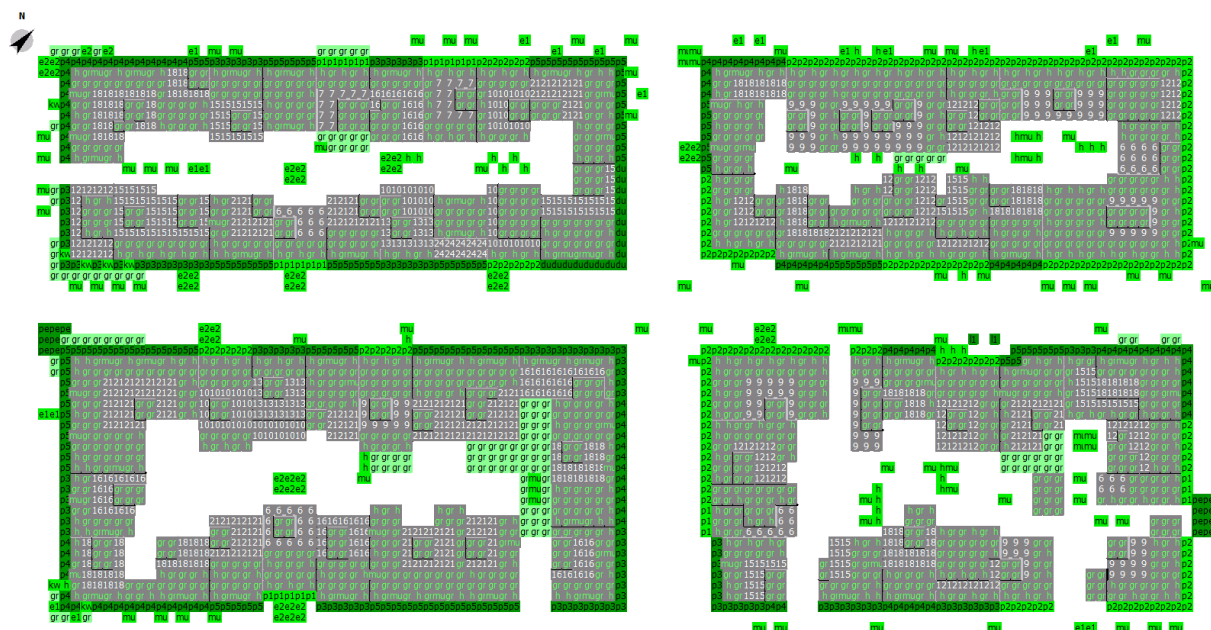
Από την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρείται:

Πτώση της μέσης θερμοκρασίας αέρα κατά 0.39 °C.

Σημαντική μείωση της έντασης του ανέμου κατά 7.11 % μεσοσταθμικά.

Αύξηση της μέσης σχετικής υγρασίας κατά 1.22 ποσοστιαίες μονάδες.

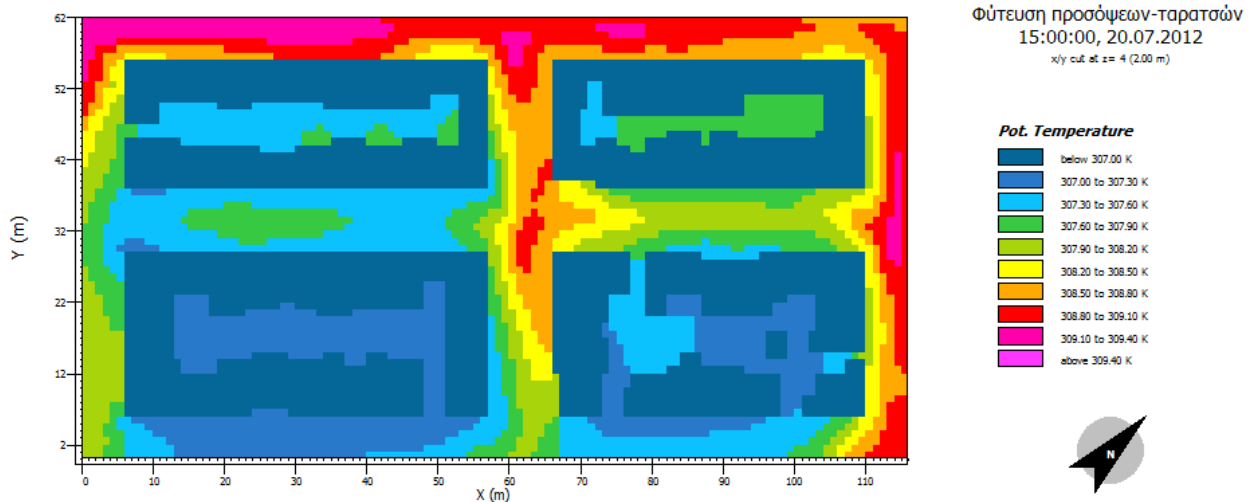
5.3.7. Φύτευση προσόψεων - ταρατσών



Εικόνα 5.31. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στη φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

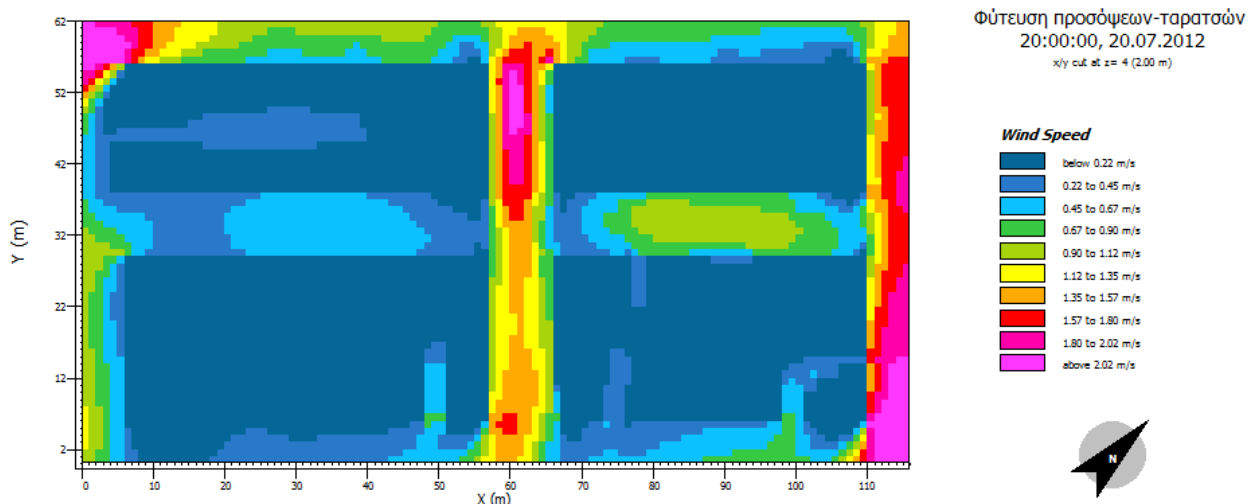
5.3.7.1. Αποτελέσματα

Θερμοκρασία



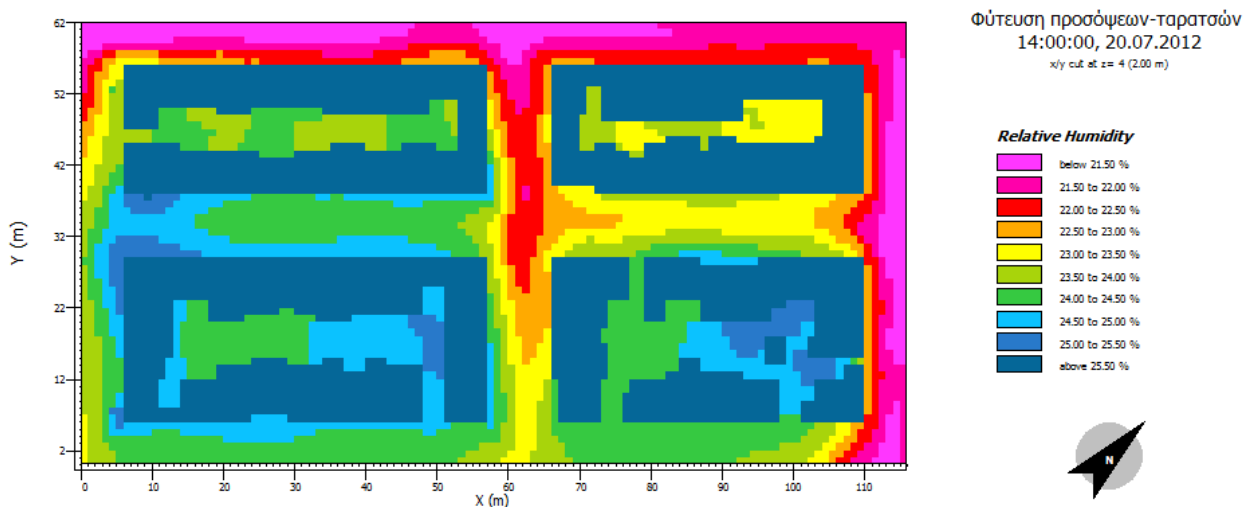
Εικόνα 5.32. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά τη φύτευση προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.33. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

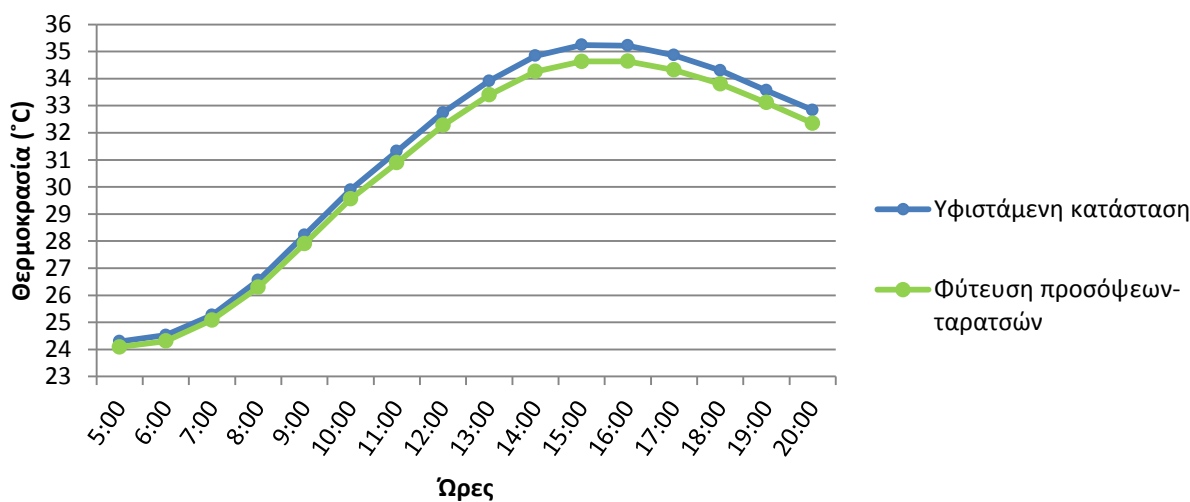
Σχετική υγρασία



Εικόνα 5.34. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά τη φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

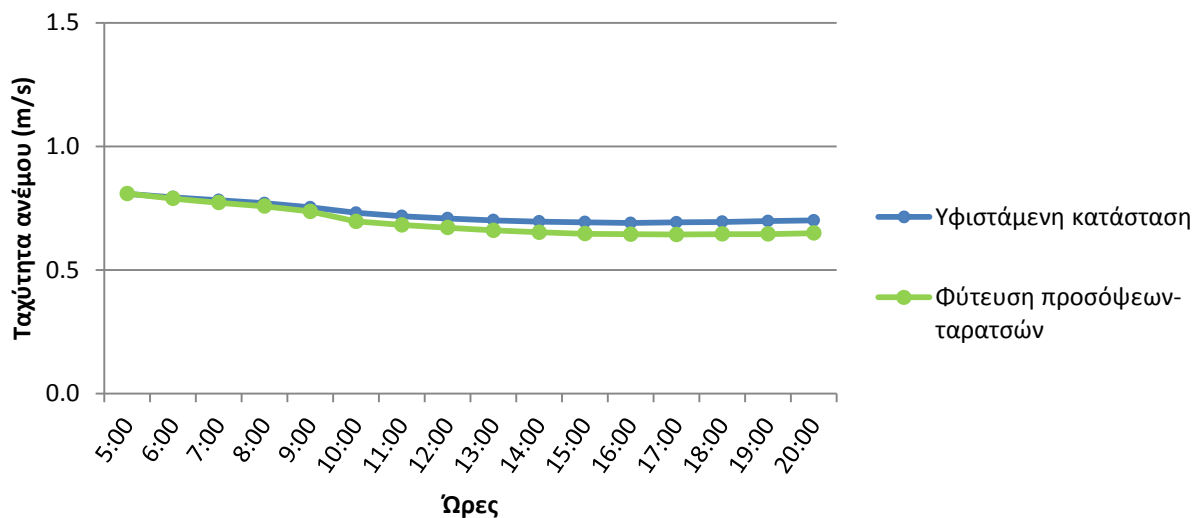
5.3.7.2. Συγκριτικά αποτελέσματα

Θερμοκρασία



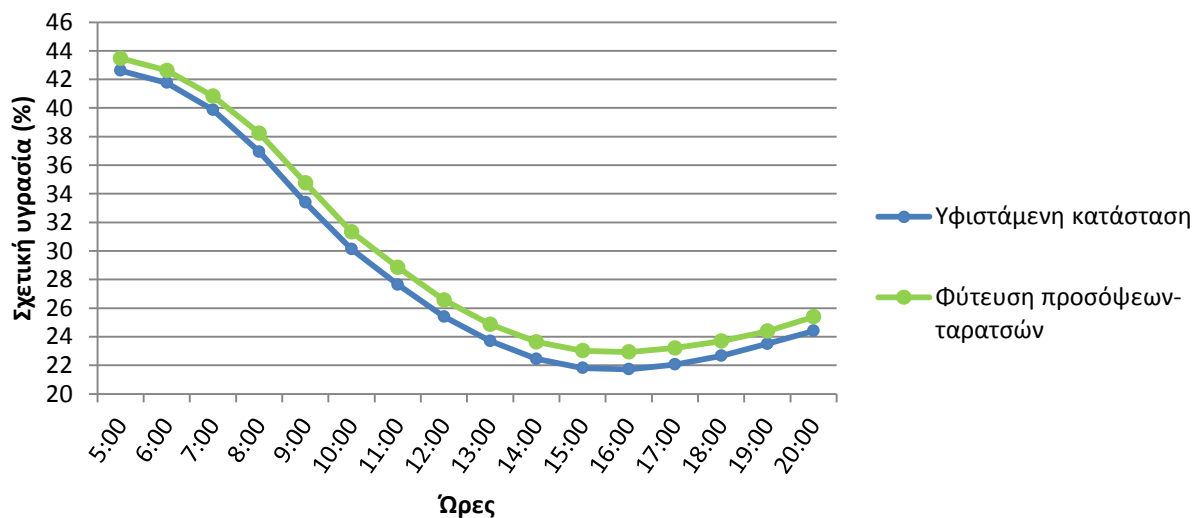
Γράφημα 5.17. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Γράφημα 5.18. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία



Γράφημα 5.19. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m με ή χωρίς φύτευση των προσόψεων-ταρατσών. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Παρατηρείται παραπλήσια εικόνα με την προηγούμενη παρέμβαση. Αναλυτικά:

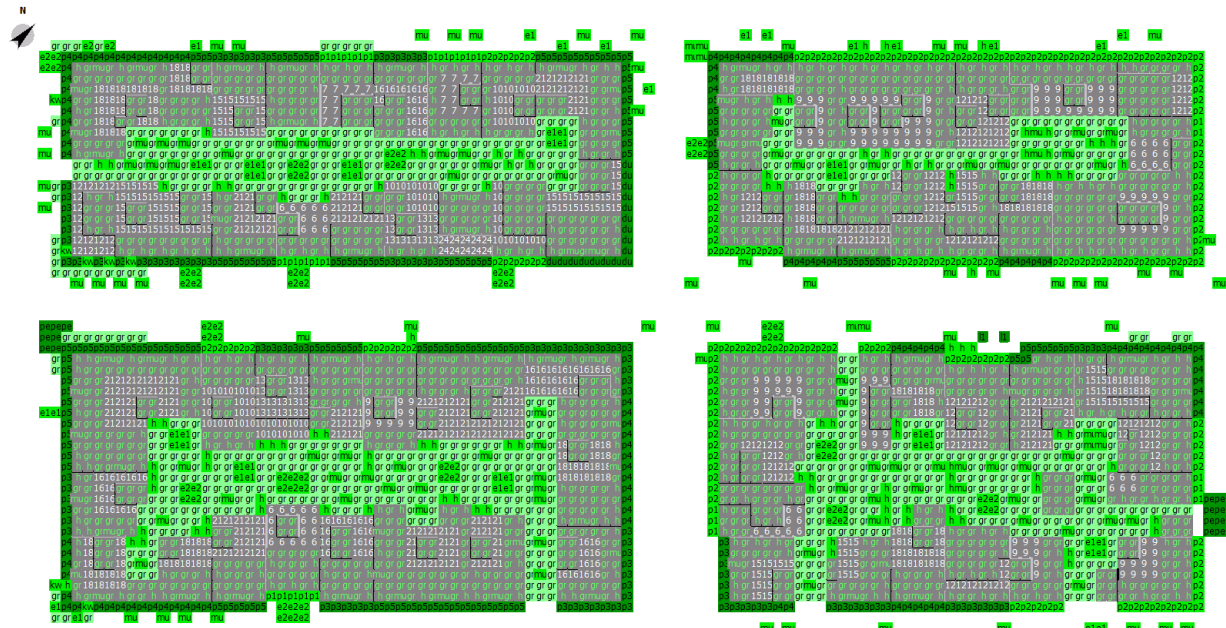
Η μέση θερμοκρασία ελαττώθηκε λίγο περισσότερο, κατά 0.42 °C.

Η ταχύτητα του ανέμου μειώθηκε κατά μέσο όρο 4.68 %.

Η μέση σχετική υγρασία εμφάνισε άνοδο κατά 1.11 %.

5.3.8. Εκτενής φύτευση

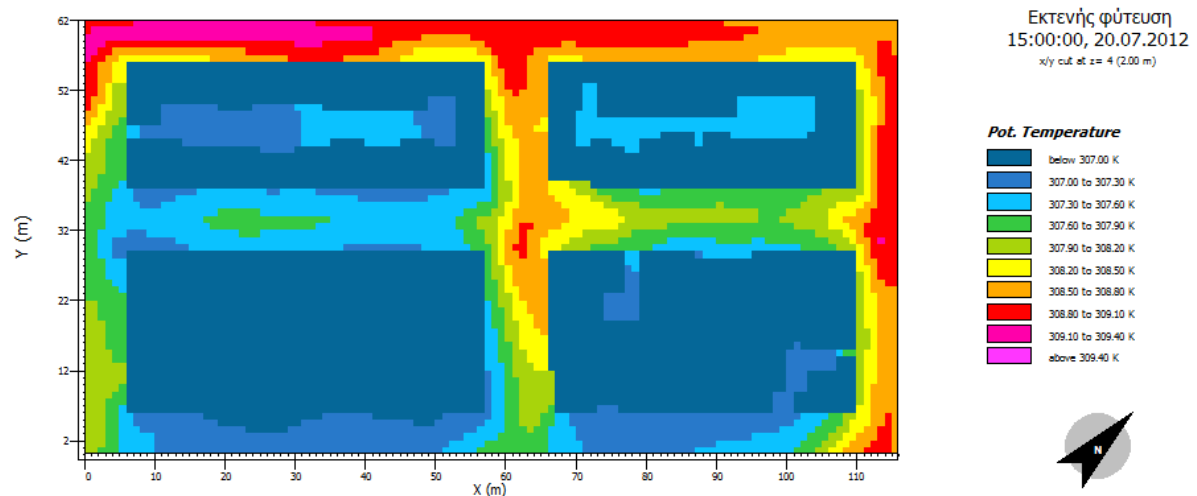
Η τελευταία, αλλά πιο ουσιαστική, παρέμβαση που έγινε στην περιοχή μελέτης αφορούσε στην ταυτόχρονη εφαρμογή όλων των προηγούμενων μεθόδων φύτευσης, δηλαδή, σε όλη την περιοχή εφαρμόστηκε η τεχνολογία του φυτεμένου δώματος, του κάθετου κήπου, καθώς και φύτευση των ακάλυπτων χώρων (Εικόνα 5.35).



Εικόνα 5.35. Αρχείο εισαγωγής περιοχής, .IN, που αφορά στην εκτενή φύτευση. [Πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

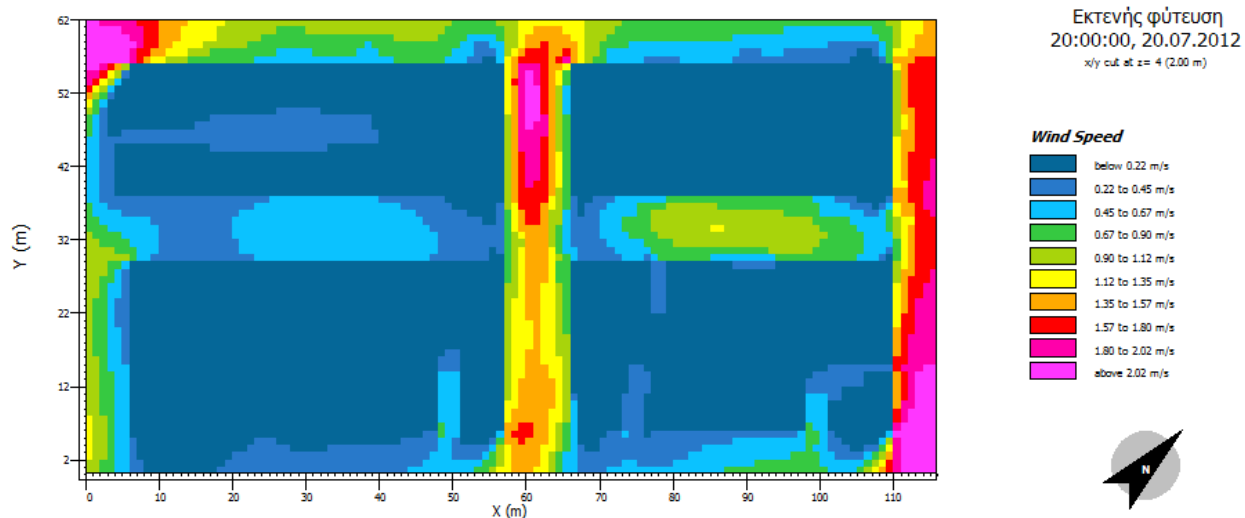
5.3.8.1. Αποτελέσματα

Θερμοκρασία



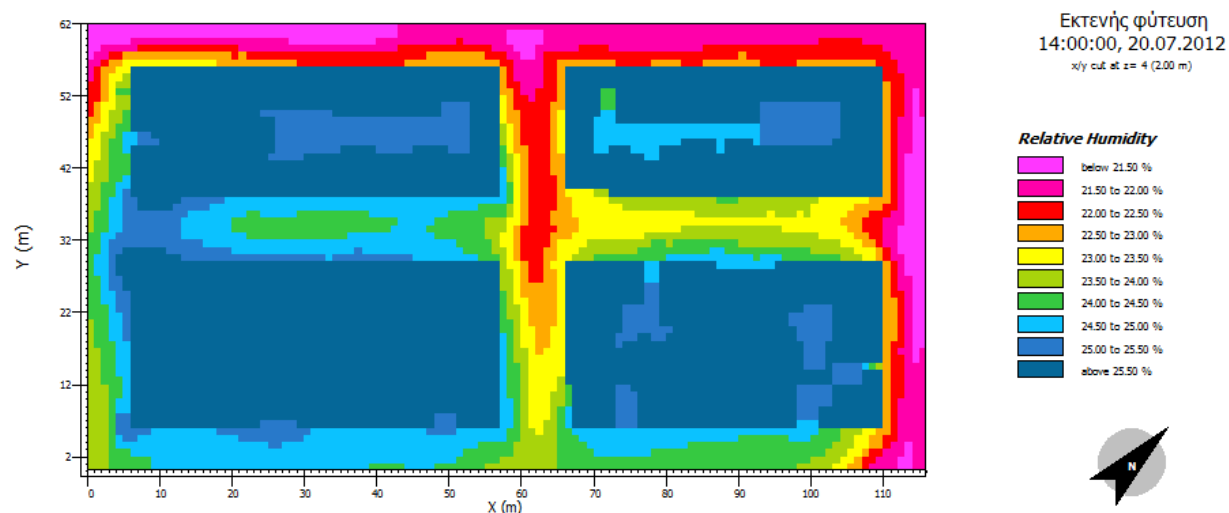
Εικόνα 5.36. Κατανομή της θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 15:00, κατά την εκτενή φύτευση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Εικόνα 5.37. Κατανομή της ταχύτητας ανέμου σε ύψος 2.00 m για την ώρα 20:00, κατά την εκτενή φύτευση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία



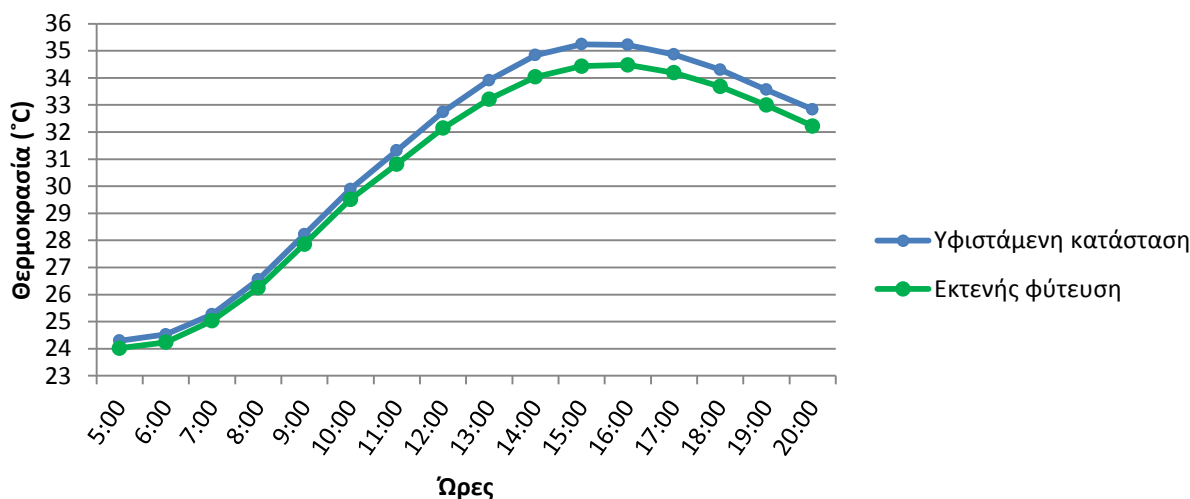
Εικόνα 5.38. Κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ύψος 2.00 m για την ώρα 14:00, κατά την εκτενή φύτευση. [Πηγή: Leonardo, προσωπική εργασία]

Όσον αφορά τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, η εικόνα είναι πολύ βελτιωμένη σε όλο τον κάναβο και ιδιαίτερα στις υπήνεμες περιοχές και τους ακάλυπτους χώρους. Μικρότερη βελτίωση παρουσιάζουν τα Δ και ΒΔ κομμάτια, τα οποία δέχονται άμεσα, αυτήν την ώρα, την ηλιακή ακτινοβολία και τη ζεστή αύρα. Στο πεδίο του ανέμου παρατηρείται βελτίωση στις νότιες περιοχές του χάρτη, αφού εκεί έχει προλάβει να φανεί η επίδραση της φύτευσης, που λειτουργεί ως ανεμοφράκτης.

Παρακάτω, παρατίθενται συγκριτικά αποτελέσματα για την καλύτερη αξιολόγηση της επίδρασης της παρέμβασης αυτής στις κλιματικές παραμέτρους.

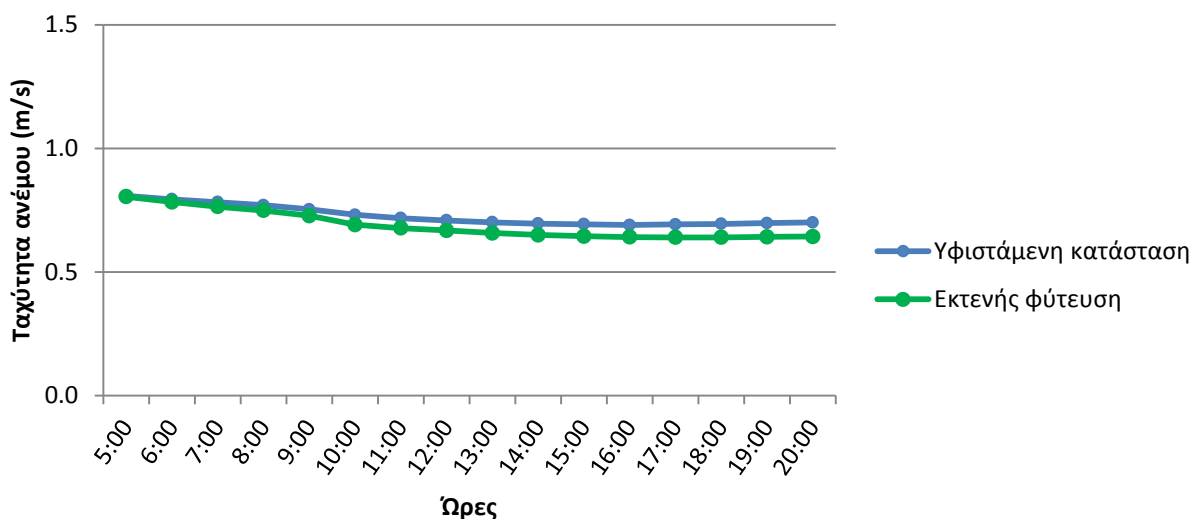
5.3.8.2. Συγκριτικά αποτελέσματα

Θερμοκρασία



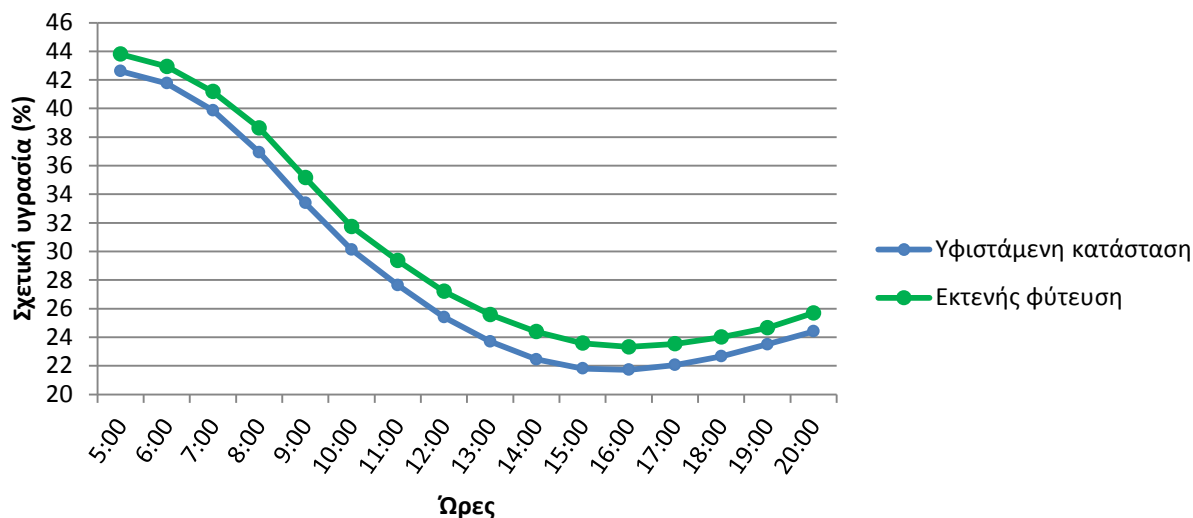
Γράφημα 5.20. Καμπύλες θερμοκρασιών αέρα σε ύψος 1.75 m, που αφορούν στην αρχική κατάσταση και εκτενή φύτευση. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Πεδίο ανέμου



Γράφημα 5.21. Καμπύλες ταχύτητας ανέμου σε ύψος 1.75 m, που αφορούν στην αρχική κατάσταση και εκτενή φύτευση. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Σχετική υγρασία



Γράφημα 5.22. Καμπύλες σχετικής υγρασίας σε ύψος 1.75 m, που αφορούν στην αρχική κατάσταση και εκτενή φύτευση. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Η συνολική μέση μείωση της θερμοκρασίας αέρα ανέρχεται σε 0.53 °C, με πολλά σημεία στο χάρτη να σημειώνουν πτώση της τάξεως του 1 °C, τις μεσημεριανές ώρες. Η ένταση του ανέμου περιορίστηκε κατά 5.34 %, μεσοσταθμικά, με μεγαλύτερη μείωση στον υποδοχέα r2 (βλ. Εικόνα 5.3) που έφτασε το 13%. Παρόμοια, σημαντική βελτίωση παρουσιάστηκε και στη μέση τιμή της σχετικής υγρασίας, όπου η αύξηση ήταν 1.54 ποσοστιαίες μονάδες. Ιδιαίτερα αισθητή έγινε στους ακάλυπτους χώρους, όπου η αύξηση άγγιξε το 3 %, τις ενδιάμεσες ώρες.

5.4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα – Αξιολόγηση

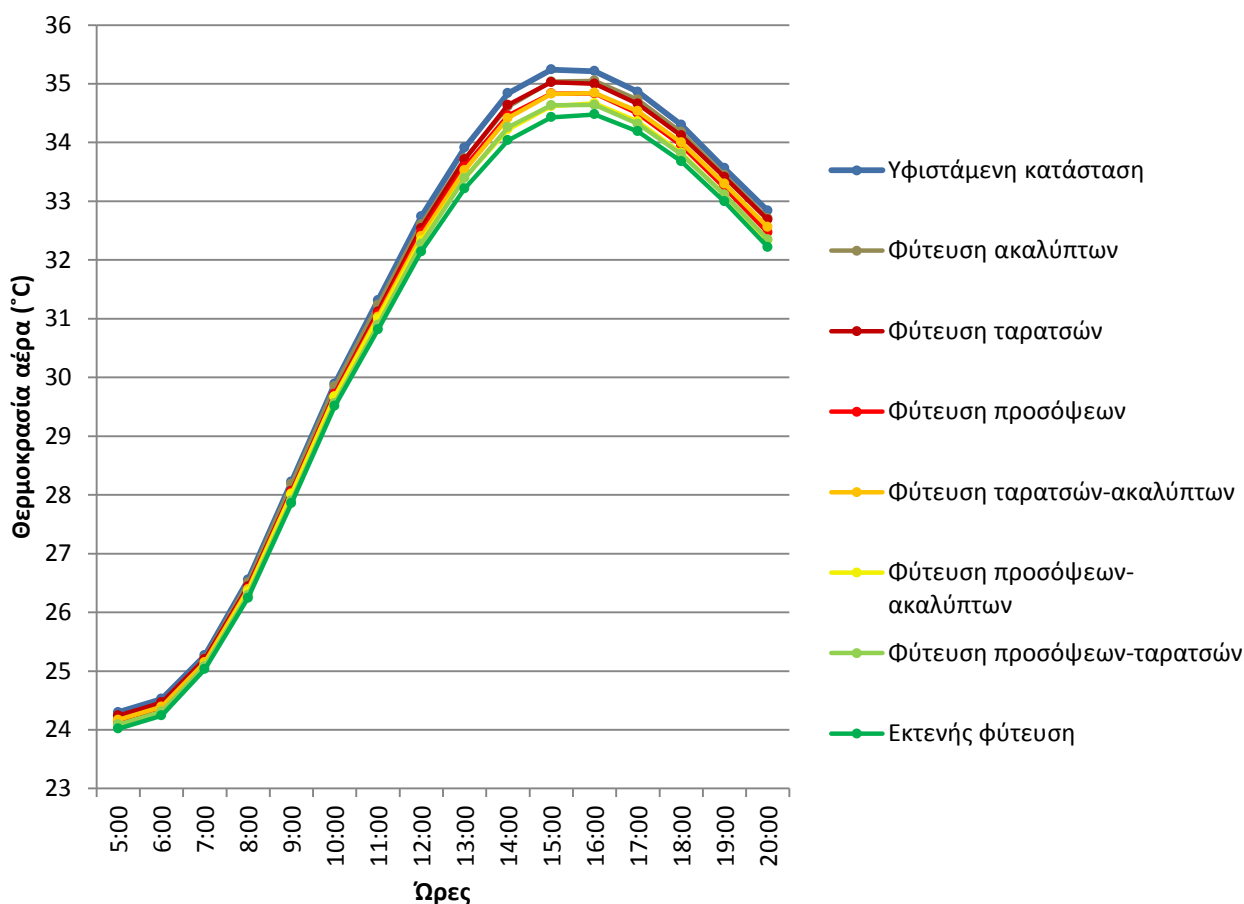
Τα αποτελέσματα των προηγούμενων προσομοιώσεων συγκεντρώνονται στον Πίνακα 5.2, όπου φαίνεται η μέση μεταβολή των κλιματικών μεγεθών για την εκάστοτε παρέμβαση.

Πίνακας 5.2. Μέση μεταβολή από την εκάστοτε παρέμβαση στα κλιματικά μεγέθη. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

		Μέση μεταβολή στη		
		θερμοκρασία αέρα (°C)	ένταση ανέμου (%)	σχετική υγρασία (%)
Παρεμβάσεις	Φύτευση ακαλύπτων	-0.11	-0.14	0.42
	Φύτευση ταρατσών	-0.16	2.16	0.37
	Φύτευση προσόψεων	-0.27	-6.47	0.77
	Φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων	-0.27	1.79	0.80
	Φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων	-0.39	-7.11	1.22
	Φύτευση προσόψεων-ταρατσών	-0.42	-4.68	1.11
	Εκτενής φύτευση	-0.53	-5.34	1.54

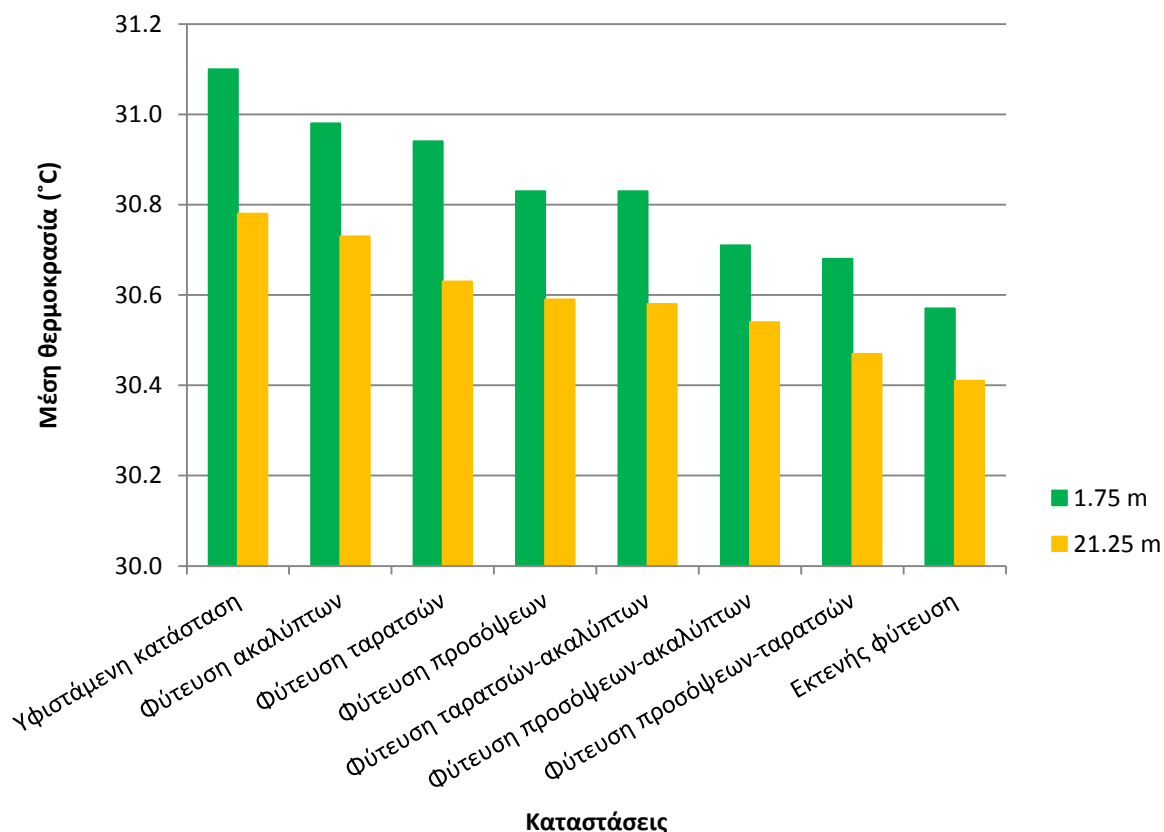
Συγκρίνοντας τις μεμονωμένες παρεμβάσεις, η κάθετη φύτευση προσφέρει τη μεγαλύτερη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής μελέτης. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλη την έκταση του κανάβου, χωρίς να περιορίζεται σε μικρά τμήματά του όπως η φύτευση των ακάλυπτων χώρων, καθώς και σε μεγαλύτερες επιφάνειες, καθ' ύψος όλων των κτιρίων της περιοχής. Η εκτενής φύτευση προσφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα, όπως ήταν αναμενόμενο, βελτιώνοντας ικανοποιητικά τα τρία περιβαλλοντικά μεγέθη. Κατά τη φύτευση δωματών, μεμονωμένα ή σε συνδυασμούς που εμπλέκεται η τεχνική αυτή, παρατηρείται αύξηση της έντασης του ανέμου λόγω σχηματισμού τυρβωδών ροών στα κατώτερα στρώματα του αέρα.

Οι χρονοσειρές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος των προηγούμενων προσομοιώσεων, σε ύψος 1.75 m από τη στάθμη του εδάφους, παρουσιάζονται στο Γράφημα 5.23. Είναι εμφανής η επίδραση της οποιαδήποτε φύτευσης στη θερμοκρασία, ιδιαίτερα τις μεσημεριανές ώρες.



Γράφημα 5.23. Οι ακολουθίες των τιμών της θερμοκρασίας περιβάλλοντος σε ύψος 1.75 m των 8 προσομοιώσεων. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Παρακάτω παρουσιάζονται οι μέσοι όροι της θερμοκρασίας αέρα για όλες τις ώρες καταγραφής για δύο διαφορετικά ύψη, οι διαφορές μεταξύ των δύο αυτών υψών, καθώς και οι διαφορές τους από τις τιμές της αρχικής κατάστασης (Πίνακας 5.3).

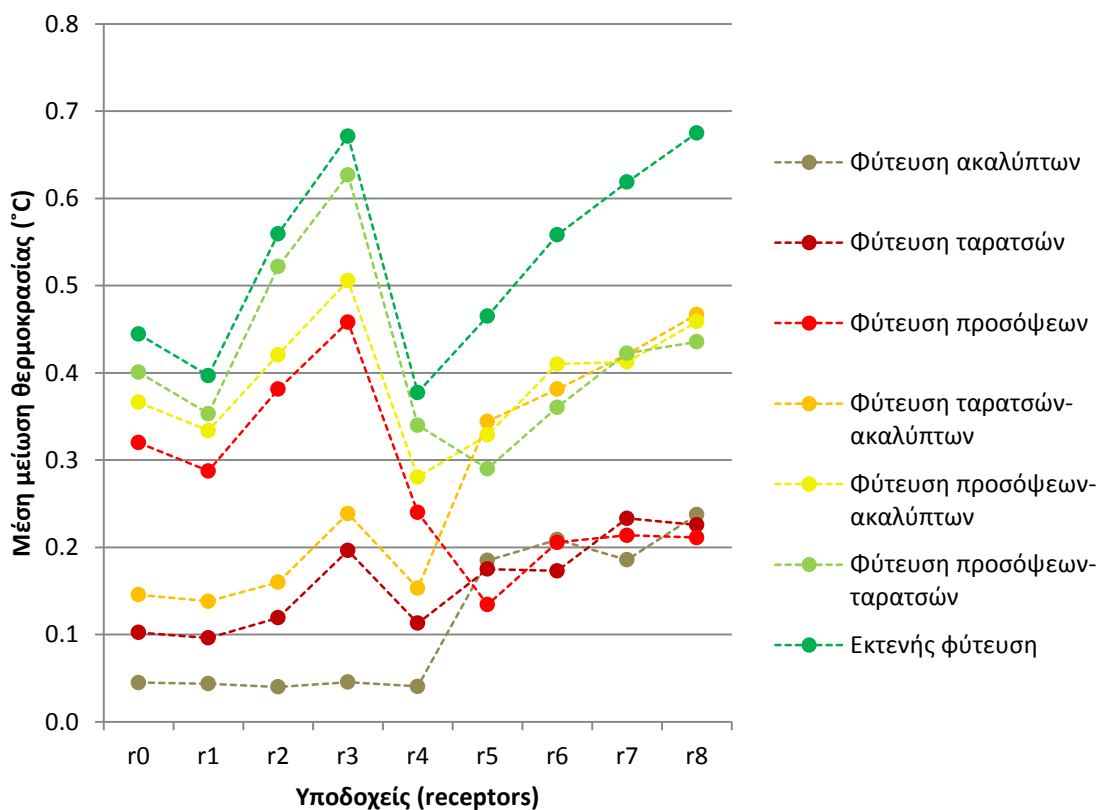


Γράφημα 5.24. Η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.75 m και 21.25 m από το έδαφος, για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Πίνακας 5.3. Τιμές μέσης θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.75 m και 21.25m από το έδαφος για τις 8 προσομοιώσεις, οι διαφορές μεταξύ των δύο αυτών υψών, καθώς και οι διαφορές τους από αυτές της υφιστάμενης κατάστασης. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

	Μέση θερμοκρασία αέρα (°C)		Διαφορά των δύο υψών (°C)	Διαφορά από υφιστάμενη κατάσταση (°C)	
	H=1.75 m	H=21.25 m		H=1.75 m	H=21.25 m
Υφιστάμενη κατάσταση	31.10	30.78	-	-	-
Φύτευση ακαλύπτων	30.98	30.73	0.25	0.12	0.05
Φύτευση ταρατσών	30.94	30.63	0.31	0.16	0.15
Φύτευση προσόψεων	30.83	30.59	0.24	0.27	0.19
Φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων	30.83	30.58	0.25	0.27	0.20
Φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων	30.71	30.54	0.17	0.39	0.24
Φύτευση προσόψεων-ταρατσών	30.68	30.47	0.21	0.42	0.31
Εκτενής φύτευση	30.57	30.41	0.16	0.53	0.37

Οι μετρήσεις στα 21.25 m από την επιφάνεια του εδάφους χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση των φυτεμένων δωματίων στη γύρω περιοχή. Η επιλογή του ύψους έγινε με βάση το δεδομένο ότι ο μεγαλύτερος αριθμός των κτιρίων βρίσκεται σε ύψος 21 m, που τυχάνει να είναι και το μέγιστο ύψος των κτιρίων (πάρθηκε η τιμή 21.25 ως η πλησιέστερη από τις διαθέσιμες τιμές των προσομοιώσεων). Οι τιμές στο ύψος αυτό ακολουθούν την τάση των τιμών στη στάθμη H=1.75 m, αλλά σε χαμηλότερα επίπεδα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοχή πάνω από τα 21 m είναι ελεύθερη δόμησης αποφεύγοντας έτσι τις αρνητικές επιδράσεις των κτιρίων. Από τις τιμές του πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η μείωση της μέσης θερμοκρασίας σε ύψος 21.25 m κατά τα φυτοδώματα είναι αναλογικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες μεμονωμένες παρεμβάσεις. Έτσι συμπεραίνουμε ότι η επίδραση της φύτευσης ταρατσών είναι εμφανέστερη στα υψηλότερα τμήματα των κτιρίων και ιδιαίτερα στο εσωτερικό των ανώτατων ορόφων τους. Τέλος, οι διαφορά μέσης θερμοκρασίας μεταξύ των δύο υψών είναι μικρότερη στην περίπτωση της εκτενούς φύτευσης και της φύτευσης προσόψεων-ακαλύπτων, λόγω του ότι η πτώση της θερμοκρασίας στα χαμηλότερα επίπεδα για αυτές τις παρεμβάσεις είναι περισσότερο αισθητή (οι ακάλυπτοι χώροι επιδρούν κυρίως κοντά στην επιφάνεια του εδάφους ενώ ένα μέρος μόνο των κάθετων φυτεύσεων φτάνουν σε ύψος 21.25 m).

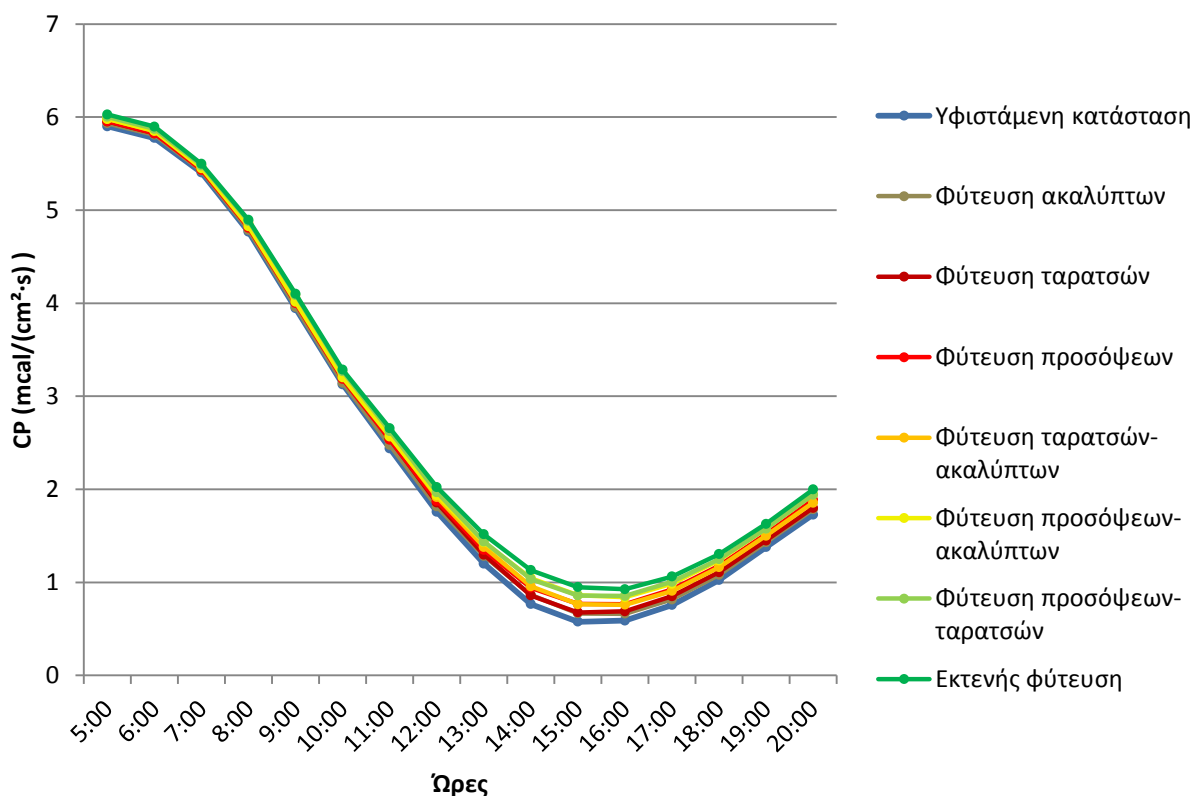


Γράφημα 5.25. Μέση μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά υποδοχέα και ανά περίπτωση παρέμβασης. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Το παραπάνω γράφημα αφορά στη μέση μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά σημείο καταγραφής δεδομένων (υποδοχέας) και ανά περίπτωση παρέμβασης. Παρατηρείται ότι η επίδραση των φυτοκαλυμμένων δωματίων κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλους τους υποδοχείς, σε αντίθεση με τη φύτευση ακάλυπτων χώρων όπου, όπως αναμένεται, μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρείται στους υποδοχείς που βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Οι κάθετες φυτεύσεις δημιουργούν καλύτερες συνθήκες στους εξωτερικούς υποδοχείς r0, r1, r2, r3 και r4 (βλ. Εικόνα 5.3), με τον r4 να έχει τη μικρότερη μείωση, επειδή βρίσκεται κοντά στα χαμηλότερα κτίρια της περιοχής μελέτης. Επίσης, οι τιμές του υποδοχέα r5 είναι χαμηλότερες από αυτές των αντίστοιχων υποδοχέων στους υπόλοιπους ακάλυπτους χώρους, λόγω της μορφολογίας του χώρου στον οποίον έχει τοποθετηθεί (πολύ στενός χωρίς ανοίγματα). Τέλος, το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στα εξωτερικά σημεία αναφοράς r0 και r1, το οποίο οφείλεται στην ικανοποιητική υφιστάμενη βλάστηση των περιοχών γύρω από αυτά.

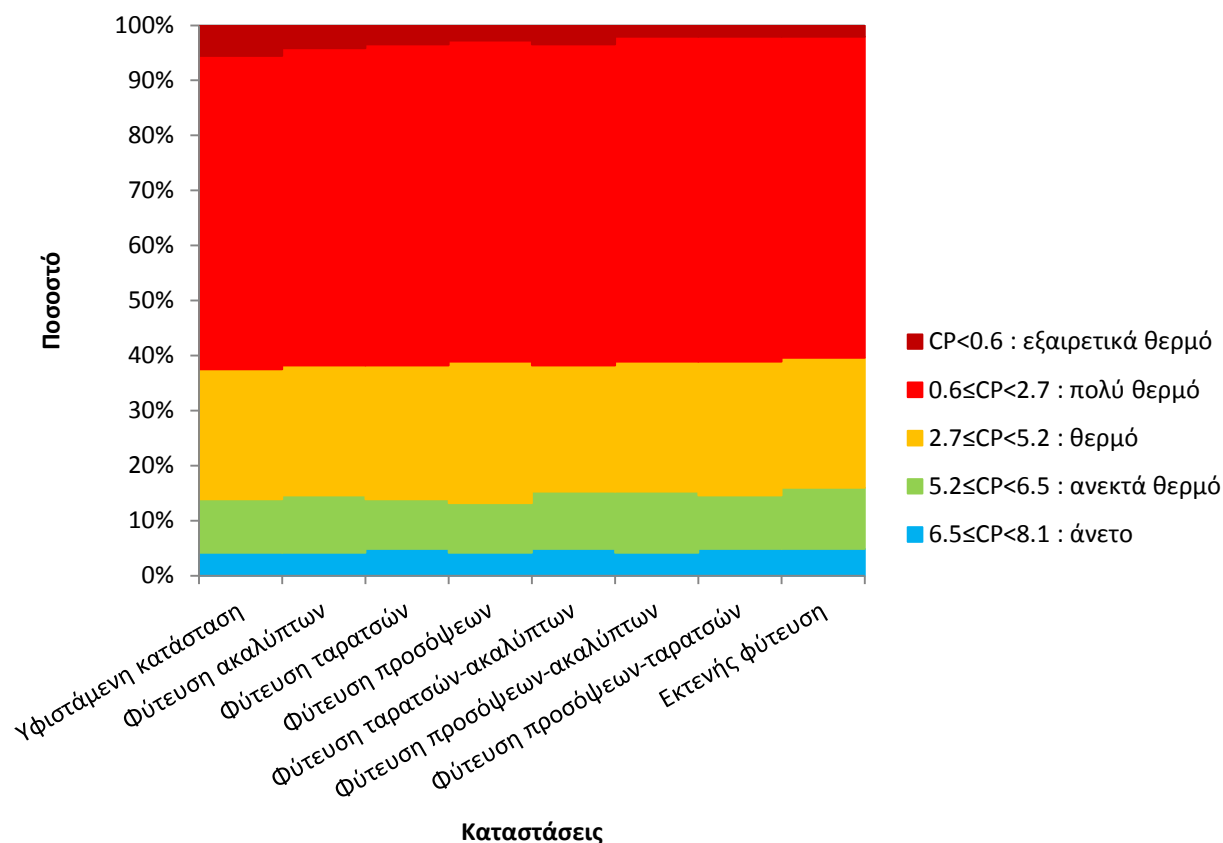
5.5. Βιοκλιματικοί δείκτες

5.5.1. Δείκτης ισχύος αποψύξεως (Cooling Power, CP)



Γράφημα 5.26. Οι ακολουθίες των τιμών του δείκτη CP σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζονται οι ακολουθίες των τιμών του δείκτη ισχύος αποψύξεως (CP) στη στάθμη αναφοράς των χρηστών της περιοχής για τις 8 προσομοιώσεις. Είναι εμφανής η βελτίωση των συνθηκών άνεσης κατά τις μεσημεριανές ώρες, ιδιαίτερα στην περίπτωση της εκτενούς φύτευσης (κατά μέσο όρο τις ενδιάμεσες ώρες, 10:00-18:00, παρατηρείται βελτίωση της αρχικής κατάστασης κατά 21.3%). Στο Γράφημα 5.27, παρατίθενται η ποσοστιαία κατανομή των τάξεων του δείκτη CP (βλ. Πίνακα 1.3) ανά κατάσταση. Από το γράφημα φαίνεται ότι κυριαρχούν οι τάξεις «θερμό» και «πολύ θερμό» με ποσοστά μεγαλύτερα του 20 % και 55 % αντίστοιχα. Με τις παρεμβάσεις επιτυγχάνεται μείωση του ποσοστού της τάξης «εξαιρετικά θερμό», και ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που περιλαμβάνεται φύτευση προσόψεων η μείωση υπερβαίνει το 50 % της αρχικής τιμής. Επίσης, με τη φύτευση παρατηρείται μικρή αύξηση του ποσοστού των τάξεων «ανεκτά θερμό» και «άνετο».

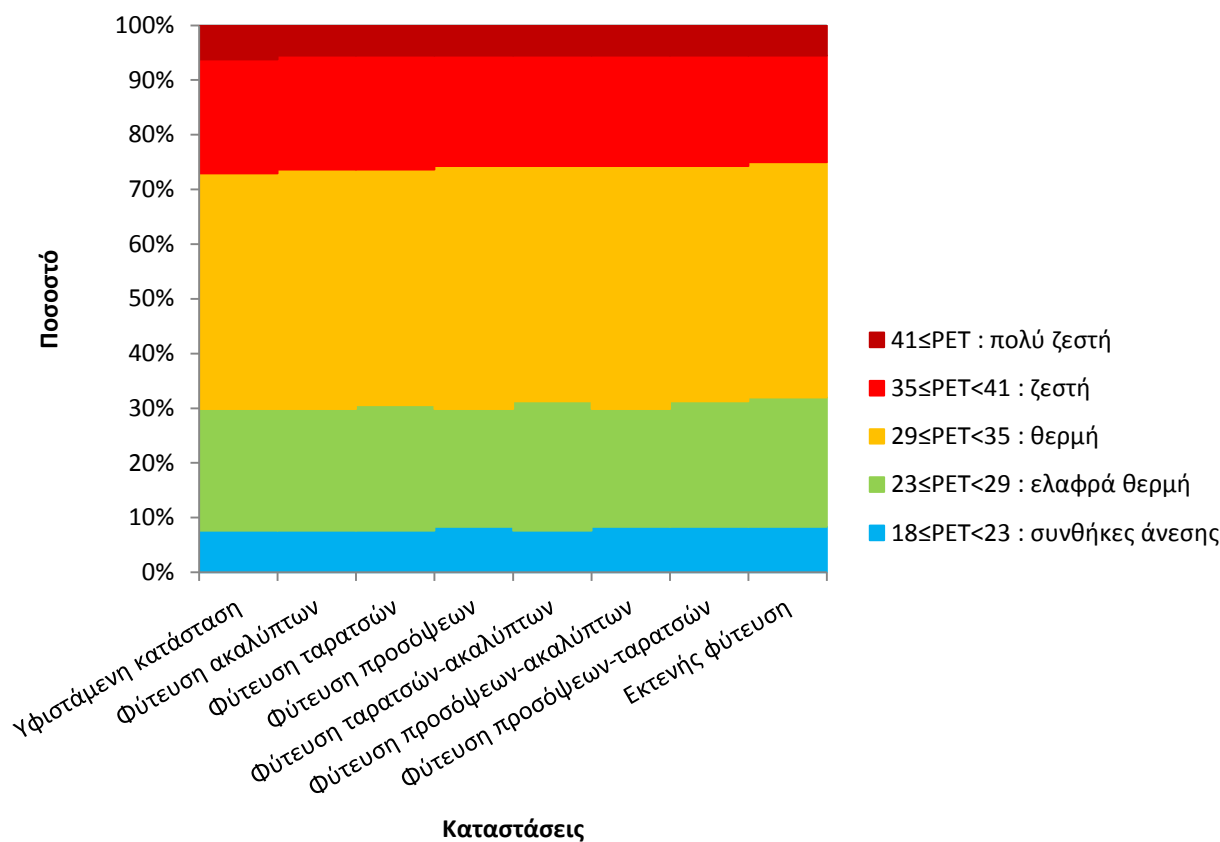


Γράφημα 5.27. Ποσοστιαία κατανομή των τάξεων του δείκτη CP σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

5.5.2. Φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία, PET

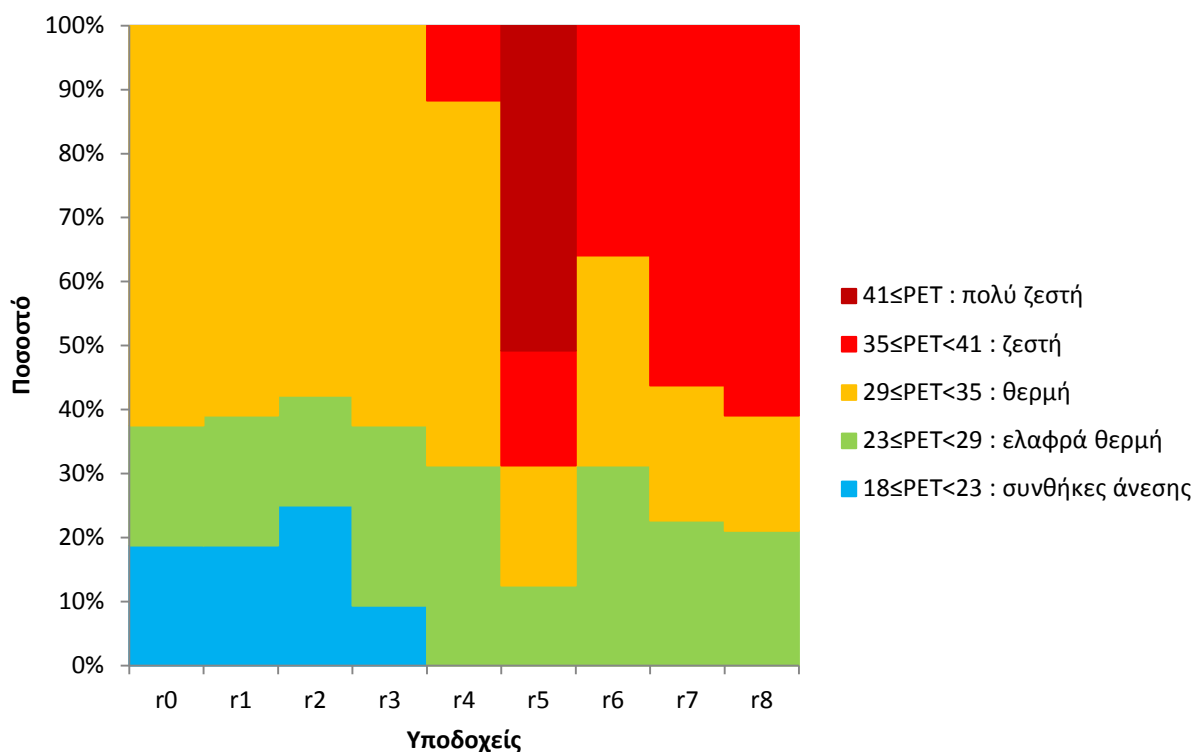
Ένας άλλος δείκτης θερμικής άνεσης που μελετήθηκε για την περιοχή ενδιαφέροντος είναι η φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία (Physiological equivalent temperature, PET). Στο

γράφημα που ακολουθεί καταγράφεται η ποσοστιαία κατανομή των βαθμών θερμικής αντίληψης (βλ. Πίνακα 1.2) ανά περίπτωση.



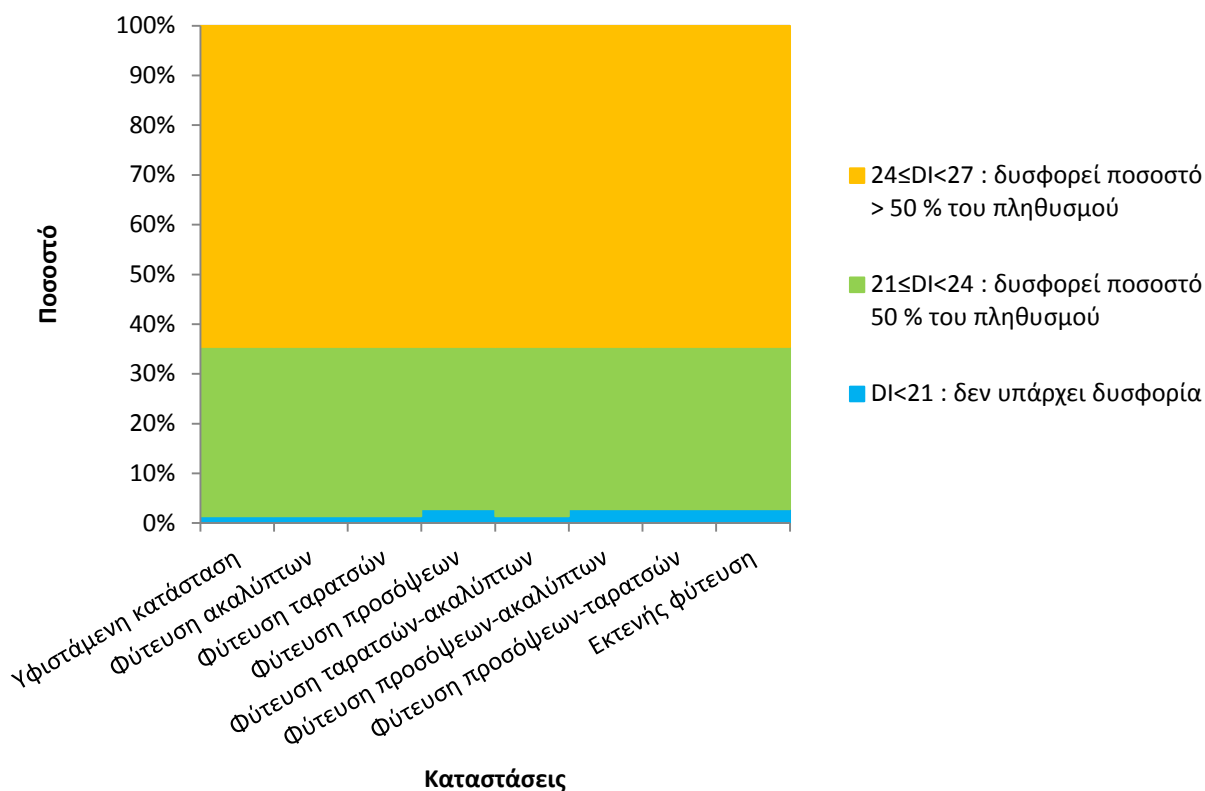
Γράφημα 5.28. Ποσοστιαία κατανομή των βαθμών θερμικής αντίληψης του δείκτη PET σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Σημειώνεται μικρή αλλά παρατηρήσιμη βελτίωση των συνθηκών άνεσης κατά τη φύτευση, με μεγαλύτερη στην περίπτωση της εκτενούς φύτευσης. Στο Γράφημα 5.29 φαίνεται ότι οι ακραίες τιμές της PET του υποδοχέα r5, αλλά και γενικότερα όλων των υποδοχέων που βρίσκονται μέσα στους ακάλυπτους χώρους, είναι υπεύθυνες για την κατάταξη της περιοχής σε βαθμίδες θερμότερης τάξης. Όπως έχει αναφερθεί, η PET είναι συνάρτηση του συντελεστή θέασης του ουρανού (SVF), της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, T_{air} (°C) και της ταχύτητας αέρα, V (m/s). Έτσι, στο σημείο αναφοράς r5 καταγράφονται υψηλές τιμές του δείκτη PET λόγω των χαρακτηριστικών της θέσης του: βρίσκεται στον πιο μικρό και στενό ακάλυπτο χώρο (χαμηλή τιμή SVF), δίχως ανοίγματα (μικρή ροή αέρα). Παρόμοια, αλλά όχι τόσο έντονα, είναι τα φαινόμενα στους υπόλοιπους ακάλυπτους χώρους. Τέλος, οι εξωτερικοί υποδοχείς κυμαίνονται σε πολύ καλύτερα επίπεδα άνεσης, με τον r2 να υπερτερεί. Ο r4 παρουσιάζει λίγο χειρότερη εικόνα λόγω της μειωμένης έντασης του ανέμου που επικρατεί στη γύρω περιοχή.



Γράφημα 5.29. Ποσοστιαία κατανομή των βαθμών θερμικής αντίληψης του δείκτη PET σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους ανά υποδοχέα. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

5.5.3. Δείκτης δυσφορίας, DI

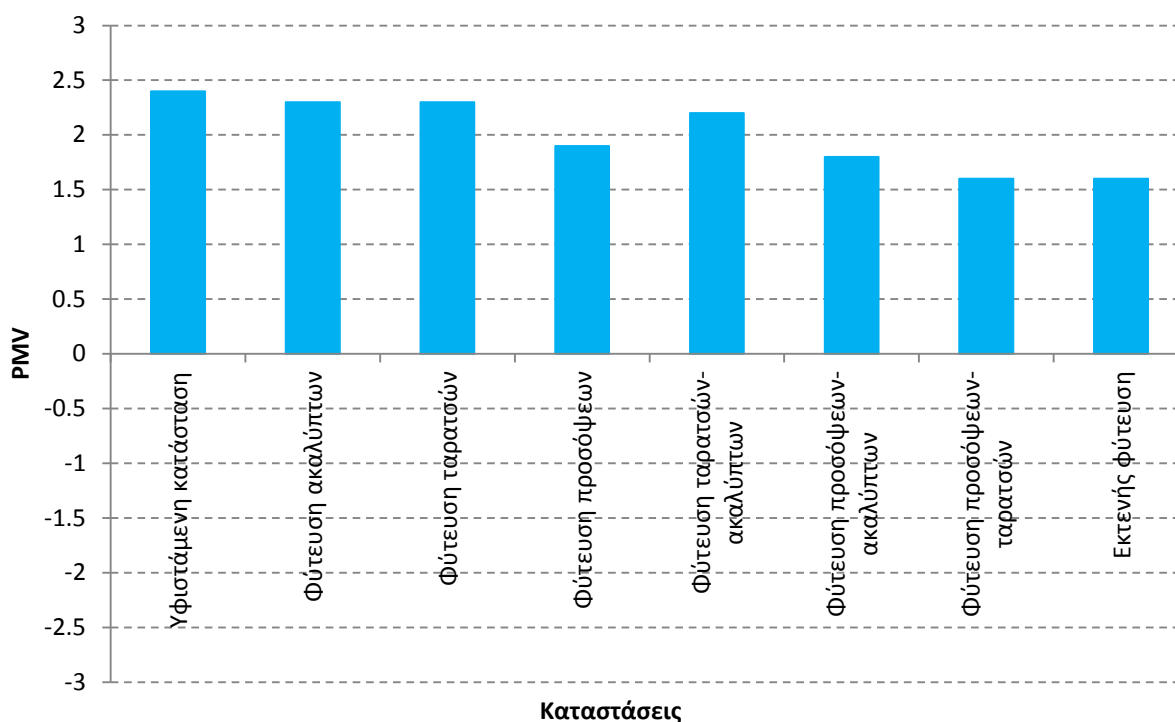


Γράφημα 5.30. Ποσοστιαία κατανομή των κατηγοριών δυσφορίας του δείκτη DI σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

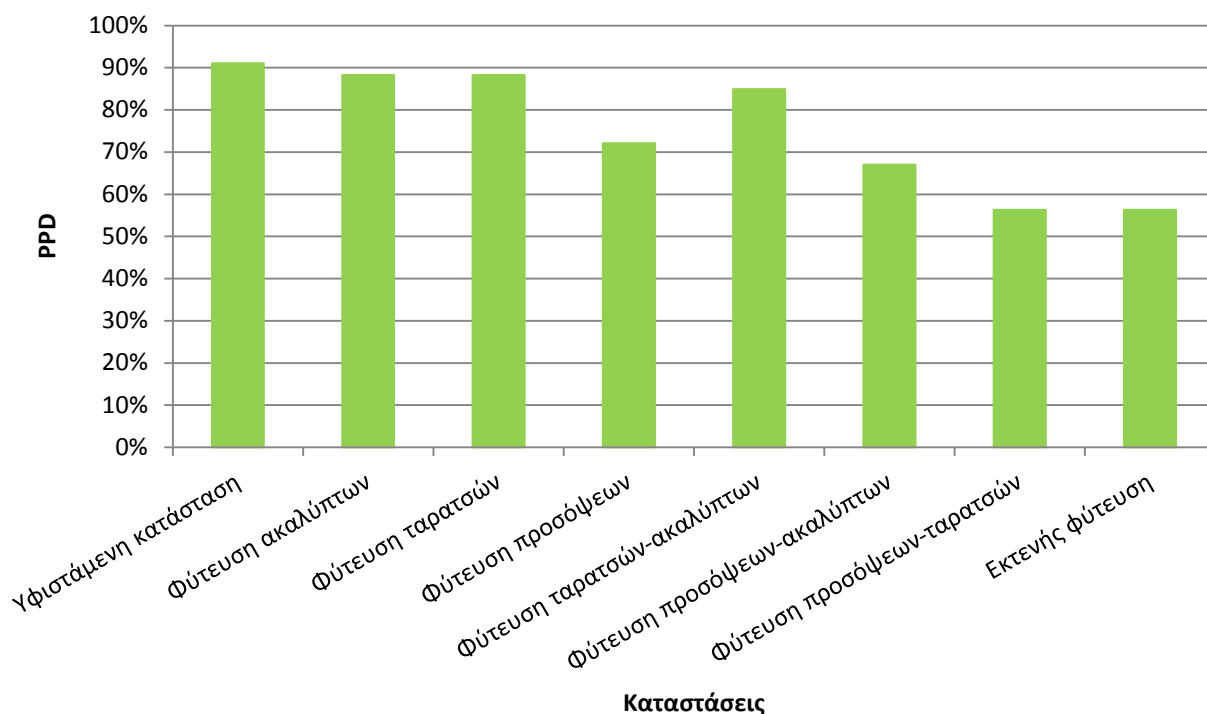
Ο δείκτης δυσφορίας, DI, είναι ένας δείκτης άνεσης που επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αέρα και την υγρασία. Η κατανομή των τιμών του ανάλογα με την κατηγορία δυσφορίας (βλ. Πίνακα 1.4) ανά προσομοίωση δίνεται στο παραπάνω γράφημα. Οι διακυμάνσεις των τιμών του δείκτη DI είναι μικρότερες σε σχέση με τους προηγούμενους δείκτες άνεσης. Υπάρχει, βέβαια, μια τάση αύξησης του ποσοστού της κατηγορίας «δεν υπάρχει δυσφορία» με τη φύτευση και ιδιαίτερα με την χρήση κάθετων κήπων, οι οποίοι αυξάνουν σημαντικά τα ποσοστά σχετικής υγρασίας.

5.5.4. Προβλεπόμενη μέση ψήφος, PMV - Προβλεπόμενο ποσοστό ανικανοποίητων ατόμων, PPD

Οι δείκτες PMV – PPD δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε εξωτερικούς χώρους, διότι εφαρμόζονται μόνο σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης. Παρ' αυτά, παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των δύο δεικτών για τον υποδοχέα r2, την ώρα 16:00 και σε ύψος 1.75 m από το έδαφος, με σκοπό τη συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ των 8 προσομοιώσεων. Έγινε η παραδοχή ότι η ένταση της δραστηριότητας είναι «ανάπαυση» και το επίπεδο ένδυσης «σορτς και μπλουζάκι».



Γράφημα 5.31. Τιμές του δείκτη PMV από τον υποδοχέα r2, την ώρα 16:00, σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]



Γράφημα 5.32. Τιμές του δείκτη PPD από τον υποδοχέα r2, την ώρα 16:00, σε ύψος 1.75 m από την επιφάνεια του εδάφους για τις 8 καταστάσεις. [Πηγή: Προσωπική εργασία]

Η μεγαλύτερη πτώση των δεικτών εντοπίζεται στις περιπτώσεις της εκτενούς φύτευσης και φύτευσης προσόψεων-ταρατσών. Παρατηρείται ότι η χρήση κάθετων κήπων είναι ιδιαίτερης σημασίας για την βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η παρατεταμένη φύτευση των προσόψεων των κτιρίων μειώνει θεαματικά τη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (T_{mrt}), μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους υπολογισμού του δείκτη PMV.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συμπεράσματα

Σκοπό της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η παρουσίαση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων και, ειδικότερα, η ανάδειξη της συμβολής των φυτοκαλυμμένων επιφανειών και της αξιοποίησης των ελεύθερων χώρων των κτιρίων στη διαμόρφωση ευνοϊκότερου μικροκλίματος. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό υπολογιστικής ρευστομηχανικής, ENVI-met, σε μια περιοχή της Νέας Σμύρνης, έκτασης 29 στρεμμάτων. Πραγματοποιήθηκαν οκτώ προσομοιώσεις: η πρώτη απεικόνιζε την υφιστάμενη κατάσταση και οι ακόλουθες επτά τρόπους ανάπλασής της. Στην πραγματικότητα έγιναν πολλές περισσότερες προσομοιώσεις, προκειμένου να γίνει σωστή παραμετροποίηση του προγράμματος για την εξαγωγή βέλτιστων και αντιπροσωπευτικών αποτελεσμάτων. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα από τον κοντινό μετεωρολογικό σταθμό της Νέας Σμύρνης, τα οποία παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνολογίες των φυτεμένων δωμαίων, των κάθετων κήπων, αλλά και η απλή φύτευση των ακάλυπτων χώρων. Μελετήθηκαν τα επίπεδα θερμικής άνεσης για τις διάφορες καταστάσεις, καθώς και οι παράμετροι που τη διαμορφώνουν, όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ένταση του ανέμου και η σχετική υγρασία.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων με το λογισμικό ENVI-met, αλλά και από τη γενικότερη έρευνα που έγινε γύρω από το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Με τη χρήση υψηλής ευκρίνειας μαθηματικών μοντέλων, επιτυγχάνεται η μελέτη του μικροκλίματος μιας περιοχής και του τρόπου με τον οποίο επιδρούν σε αυτό η αστική μορφολογία, η βλάστηση και τα υλικά των επιφανειών. Επιπλέον, τα μοντέλα αυτά αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση προτάσεων αναβάθμισης προβληματικών περιοχών και μπορούν να συμβάλλουν στην αποφυγή λανθασμένων ενεργειών.
- Η αξιοπιστία και η ακρίβεια του λογισμικού ENVI-met κρίνεται ικανοποιητική και συστήνεται η χρήση του για τη μελέτη του μικροκλίματος περιοχών απλής γεωμετρίας, όπως αυτή της παρούσας εργασίας. 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 συνθηκών.

- Η πρόταση αναβάθμισης της περιοχής μελέτης κρίνεται αποτελεσματική, δεδομένου της έκτασής της, της πυκνής δόμησής της και της υπάρχουσας βλάστησης. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων επέφεραν:
 - μείωση της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά 0.53 °C
 - μείωση της μέσης έντασης του ανέμου έως 7.11 %
 - αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά μέσο όρο 1.54 ποσοστιαίες μονάδες
 - βελτίωση των δεικτών θερμικής άνεσης κατά 9.4 % μεσοσταθμικά (CP) και ειδικότερα κατά 21.3 % τις ενδιάμεσες ώρες.

- Η επιρροή της βλάστησης στη διαμόρφωση του μικροκλίματος είναι καταλυτική. Η παρουσία της κατά τον σχεδιασμό ή την αναβάθμιση των αστικών χώρων είναι αναγκαία. Η κατάλληλη επιλογή της μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά στον έλεγχο της θερμοκρασίας και στη εξοικονόμηση ενέργειας που καταναλώνεται για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό.

- Η βελτίωση των κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη χρήση του βιοκλιματικού σχεδιασμού, που αφορά μια σειρά από ζητήματα όπως:
 - τη δόμηση σε σχέση με το ανάγλυφο του εδάφους, τους προσανατολισμούς, την κυκλοφορία του αέρα στον αστικό ιστό και τα γενικότερα κλιματικά χαρακτηριστικά
 - 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
 - την αναλογία δομημένων και αδόμητων επιφανειών
 - 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 των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτιρίων
 - τα κάθε είδους στοιχεία σκίασης
 - την παρουσία του υγρού στοιχείου στον αστικό ιστό.

Παρατηρήσεις - περιορισμοί

Κατά τη διάρκεια των προσομοιώσεων αλλά και της έρευνας γύρω από την περιοχή μελέτης σημειώθηκαν οι εξής παρατηρήσεις που αφορούν το λογισμικό ENVI-met:

- Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το ENVI-met είναι ένα μη-υδροστατικό μοντέλο προσομοίωσης του μικροκλίματος μιας περιοχής. Αυτό καθιστά αδύνατη την προσομοίωση τοπίων που παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση νερού ή χιόνι (έγινε ανεπιτυχής προσπάθεια προσομοίωσης της περιοχής μελέτης κατά τη διάρκεια μιας χειμερινής μέρας).
- Επίσης, 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).
- Τέλος, 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.

Προτάσεις

Σε συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας προτείνονται τα παρακάτω θέματα προς περαιτέρω διερεύνηση:

- Πραγματοποίηση των ανωτέρω προσομοιώσεων κάτω από τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες, στην ίδια περιοχή και για την ίδια χρονική διάρκεια με άλλα μοντέλα υπολογιστικής ρευστομηχανικής (Radtherm, Fluent, Rayman), με σκοπό την πιο τεκμηριωμένη αξιολόγηση του λογισμικού ENVI-met και των αποτελεσμάτων της μελέτης.
- Πραγματοποίηση άλλου είδους παρεμβάσεων και αξιολόγηση της επίδρασής τους στη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής, όπως χρησιμοποίηση «ψυχρών υλικών» τόσο στους υπαίθριους χώρους όσο και στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων και ανάπλαση των δημόσιων χώρων της περιοχής (φύτευση πεζοδρομίων).
- Εγκατάσταση βιοκλιματικών στοιχείων στα κτίρια της περιοχής μελέτης, όπως παθητικά και ενεργητικά συστήματα θέρμανσης, παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού, συστήματα φυσικού φωτισμού και αξιολόγηση της συμβολής τους στη εξοικονόμηση ενέργειας.

- Αξιολόγηση των χρησιμοποιηθέντων βιοκλιματικών δεικτών με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τους χρήστες της περιοχής. Επιλογή και επεξεργασία περισσότερων δεικτών θερμικής άνεσης, ώστε να βρεθεί ο καταλληλότερος για αυτήν την περιοχή.
- Διεύρυνση της περιοχής μελέτης για την καλύτερη μελέτη του πεδίου του ανέμου, καθώς και των άλλων κλιματικών παραμέτρων, ώστε να εξαχθούν περισσότερο ικανοποιητικά και πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα.
- Αναλυτική κοστολόγηση των προτεινόμενων παρεμβάσεων και τη συσχέτιση με τα περιβαλλοντικά οφέλη της κάθε επέμβασης.
- Επιλογή του κατάλληλου φυτικού υλικού με τη βοήθεια εξειδικευμένου γεωπόνου για τη καλύτερη αξιοποίηση των ευεργετικών για το κλίμα ιδιοτήτων των φυτών.

Βιβλιογραφία

1. Alexandri, E. 2001. The Effect of Green Roofs on the Urban Climate. Case Study: Athens. University of Cambridge, Department of Architecture, MPhil Dissertation.
2. ASHRAE Standard 55-1992. 1992. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
3. ASHRAE. 2005. Fundamentals. SI Edition. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
4. Bitan, A. 1982. The Impact of Climate on Planning and Building. Lausanne, Elsevier Sequoia Publishing.
5. Brown, R., Gillespie, T. 1995. Microclimatic Landscape Design. John Wiley and Sons.
6. Bruse, M. et al. 2011. V3.1 online manual. Website: <http://www.envi-met.com/>
7. Fanger, P.O. 1982. Thermal Comfort; Analysis and Applications in Environmental Engineering. Florida, Robert E. Krieger Publishing Company.
8. Gaitani, N., Mihalakou, G. and Santamouris, M. 2007. On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. *Building and Environment* **42** : 317-324.
9. Gartland, L. 2008 Heat islands: Understanding and Mitigating heat in urban areas. London.
10. Givoni, B. 1994. Passive and low energy cooling of buildings. New York, Van Nostrand Reinhold.
11. Green roofs for healthy cities. 2008. Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design. California, www.greenscreen.com. Website: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf
12. Hoppe, P. 1999. The Physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology* **43** : 71-75.
13. INNOVA Air Tech Instruments. 2002. Thermal Comfort. Denmark.
14. Klemen, Z., Kristof, O. and Žiga, K. 2011. Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. *Remote Sensing* **3** : 401-404.
15. Lechner, N. 1991. Heating, Cooling, Lighting: Design methods for architects. John Wiley & Sons.
16. Mihalakakou, G., Santamouris, M., Papanikolaou, N., Cartalis, C. and Tsangrassoulis, A. 2004. Simulation of the Urban Heat Island Phenomenon in Mediterranean Climates. *Pure and applied Geophysics* **161** : 429-451.

17. Peck, S., Callaghan, C., Kuhn, M. and Bass, B. 1999. Greenbacks from green roofs : forging a new industry in Canada status report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion. Canada, Ottawa.
18. Scholz-Barth, K. 2001. Green Roofs: Stormwater Management from the Top Down. Environmental Design & Construction, Feature January/February.
19. Shashua-Bar and Hoffman M.E. 2003. Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees. Journal of Energy and Buildings **35** : 61-68.
20. Steemers, K., Ramos, M. and Sinou, M. 2004. Urban Morphology at Designing Open Spaces in the Urban Environment – A Bioclimatic Approach. European Union: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces.
21. Thorsson et al. 2007. Different methods for estimating the mean radiant temperature in the outdoor urban setting. Int. J. Climatol **27**(14) : 1983-1993.
22. UNFPA. 2009. Population Dynamics and Climate Change. New York, N.Y.: UNFPA. Website: <http://www.unfpa.org/>
23. Yang, J., Yu, Q. and Gong, P. 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. Atmospheric Environment **42**: 7266–7273.
24. Zouli, I., Santamouris, M. and Dimoudi, A. 2009. Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. Environ Monit Assess **156** : 275-292.
25. Ανδρεαδάκη, Ε. 2008. Η βιωσιμότητα του δομημένου χώρου. Περιοδικό του Σ.Α.Δ.Α.Σ-Π.Ε.Α **70** : 56-59.
26. Γαϊτάνη, Ν. 2003. Βιοκλιματική αξιολόγηση ανοικτών χώρων. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία.
27. Δήμος Νέας Σμύρνης. 2008. Η επίσημη ιστοσελίδα του Δήμου Νέας Σμύρνης. Website: <http://www.neasmyrni.gr>
28. Ε.Μ.Υ. 2013. Κλιματολογία: Το κλίμα της Ελλάδας. Website: <http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology.html>
29. Ευμορφοπούλου, Α. 1992. Οι κήποι στα δώματα των κτιρίων, η συμβολή τους στο οικοσύστημα των αστικών κέντρων, οι κατασκευαστικές λύσεις και οι δυνατότητες εφαρμογής στον Ελληνικό χώρο. Θεσσαλονίκη, Διδακτορική διατριβή Α.Π.Θ.
30. Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη. 2009. Οικολογικά Κτίρια σε Αειφόρες Πόλεις. Website: <http://www.evonymos.org/greek/eidikathemata.asp?parentid=14>
31. Καρακούνος, Ι., Σταθάκης, Δ. 2013. Αστική μορφολογία και μικροκλίμα στις πόλεις. Website: http://www.citybranding.gr/2013/04/blog-post_11.html

32. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πράσινα Δώματα σε Δημόσια Κτήρια. Αθήνα, Υ.Π.Ε.Κ.Α. Website:
http://www.cres.gr/kape/Prodiagrafes_fytemenon_domaton.pdf
33. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 2011. Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων. Αθήνα, Υ.Π.Ε.Κ.Α. Website:
http://www.cres.gr/kape/Scientific_Guide_19_7.pdf
34. Κοτσίρης, Γ. 2007. Θερμική άνεση. Αθήνα, Εκδόσεις Ίων.
35. Κυριαζή, Α. 2012. Συμβολή φυτοκαλυμμένων επιφανειών κτιρίου και ελεύθερων χώρων στη διαμόρφωση μικροκλίματος περιοχής. Αθήνα, Ε.Μ.Π., Μεταπτυχιακή εργασία.
36. Μιχαηλίδης, Σ. 2005. Σχεδιασμός δυναμικού πληροφοριακού συστήματος στο διαδίκτυο για την ποιότητα του αέρα στη δυτική Μακεδονία. Λευκωσία, Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας.
37. Παπουτσή, Δ. 2012. Βιοκλιματικός σχεδιασμός & περιβαλλοντική άνεση – Προσομοίωση με το λογισμικό envi-met. Αθήνα, Ε.Μ.Π., Διπλωματική εργασία.
38. Περγαλιώτη, Ν. 2010. Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *Helichrysum Italicum* και *Helichrysum Orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος. Αθήνα, Μεταπτυχιακή εργασία Γ.Π.Α.
39. Τ.Ε.Ε. 2011. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων. Αθήνα, Υ.Π.Ε.Κ.Α. Website:
http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf
40. ΥΠΕΧΩΔΕ. 2010. Προσωρινές Εθνικές Προδιαγραφές – ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00 Εφαρμογές ψυχρών υλικών (cool materials). Αθήνα, Έκδοση 3.
41. Φέτση, Θ. 2012. Ο επαναπροσδιορισμός του αστικού πρασίνου στον αστικό ιστό. Η περίπτωση των φυτεμένων δωματίων και κάθετων φυτεύσεων. Αθήνα, Ε.Μ.Π., Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.
42. Χατζηδημητρίου, Α. 2012. 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. Θεσσαλονίκη, Διδακτορική διατριβή Α.Π.Θ.
43. Χατζηδημητρίου, Α., Αζαρλή, Κ., Γιάννας, Σ. 2008. Επίδραση των υλικών επίστρωσης των αστικών υπαίθριων χώρων στη διαμόρφωση του μικροκλίματος. Αθήνα, Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου του ΤΕΕ «Δομικά Υλικά και Στοιχεία».
44. Χέλμης, Κ. και Παπαϊωάννου, Γ. 2001. Φυσική Περιβάλλοντος. Αθήνα, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

45. Ψαριανού, Α. 2013. Κάθετοι κήποι και εφαρμογές.

Website: <http://www.georythmiki.gr>

Ιστοσελίδες

<http://penteli.meteo.gr/meteosearch/>

<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>

<http://www.bing.com/maps/>

<http://www.google.com/earth/explore/products/plugin.html>

http://www.healthyheating.com/solutions.htm#.UbyC4_kVMYk

<http://www.noa.gr/>

<https://maps.google.com/>

Παράρτημα

i. Θερμοκρασία αέρα (°C) σε ύψος 1.75 m από το έδαφος για την 20/07/2012.

υψιστάμενη κατάσταση																		
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	φύτευση ακαλύπτων								
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	23.75	23.91	23.99	24.37	24.3	24.47	24.2	24.89	24.81	23.75	23.91	23.99	24.36	24.29	24.3	24.05	24.76	24.63
6:00	24.03	24.2	24.26	24.58	24.55	24.66	24.42	25.04	24.98	24.03	24.2	24.25	24.57	24.55	24.49	24.26	24.9	24.8
7:00	24.88	24.94	25.06	25.31	25.57	25.31	25.08	25.63	25.62	24.88	24.94	25.06	25.31	25.57	25.21	24.94	25.53	25.49
8:00	26.6	26.24	26.52	26.48	27.12	26.42	26.27	26.63	26.7	26.6	26.24	26.51	26.48	27.12	26.34	26.13	26.55	26.58
9:00	28.64	27.98	28.66	27.98	28.74	27.93	27.93	28.01	28.13	28.64	27.98	28.66	27.98	28.74	27.85	27.8	27.95	28.04
10:00	30.6	29.83	30.57	29.57	30.24	29.55	29.57	29.45	29.65	30.6	29.83	30.56	29.56	30.24	29.47	29.46	29.4	29.52
11:00	32.07	31.66	32.02	30.93	31.6	30.91	30.93	30.72	30.99	32.07	31.66	32	30.9	31.59	30.78	30.8	30.61	30.74
12:00	33.47	33.42	33.35	32.38	33.02	32.29	32.3	32.06	32.36	33.47	33.42	33.32	32.33	32.98	32.09	32.11	31.85	31.99
13:00	34.48	34.82	34.39	33.6	34.17	33.55	33.49	34.19	34.38	34.48	34.82	34.37	33.53	34.11	33.24	33.19	32.91	33.06
14:00	35.23	35.9	35.05	34.62	35.07	34.61	34.48	34.19	34.38	35.15	35.81	34.97	34.53	34.99	34.17	34.11	33.8	33.96
15:00	35.44	36.37	35.39	35.12	35.48	34.96	34.94	34.66	34.81	35.34	36.28	35.31	35.03	35.4	34.65	34.61	34.29	34.43
16:00	35.37	36.4	35.36	35.09	35.36	34.92	34.96	34.68	34.79	35.28	36.31	35.28	35	35.27	34.71	34.71	34.39	34.51
17:00	35.05	36.04	35.03	34.63	34.91	34.63	34.66	34.36	34.46	34.97	35.97	34.95	34.55	34.83	34.46	34.43	34.15	34.24
18:00	34.46	35.32	34.44	34.05	34.38	34.11	34.13	33.86	33.95	34.39	35.25	34.37	33.98	34.31	33.95	33.91	33.69	33.75
19:00	33.62	34.28	33.67	33.34	33.72	33.44	33.44	33.24	33.32	33.56	34.22	33.61	33.27	33.65	33.28	33.21	33.08	33.12
20:00	32.75	33.31	32.87	32.62	33.06	32.78	32.73	32.66	32.75	32.68	33.25	32.81	32.56	33	32.59	32.47	32.48	32.52

φύτευση προσόψεων																		
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	φύτευση προσόψεων								
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	23.76	23.9	23.94	24.3	24.24	24.44	24.13	24.79	24.68	23.76	23.8	23.71	24.07	24.17	24.41	24.12	24.75	24.63
6:00	24.03	24.19	24.21	24.51	24.5	24.63	24.34	24.93	24.85	24.03	24.09	23.97	24.27	24.42	24.61	24.34	24.9	24.81
7:00	24.86	24.94	25	25.22	25.54	25.27	25	25.51	25.5	24.86	24.85	24.84	25.06	25.46	25.28	25.02	25.53	25.5
8:00	26.5	26.2	26.4	26.34	27.08	26.33	26.14	26.43	26.51	26.5	26.44	26.3	26.18	26.94	26.38	26.2	26.52	26.56
9:00	28.52	27.88	28.45	27.81	28.7	27.77	27.74	27.77	27.91	28.48	27.8	28.42	27.63	28.52	27.87	27.83	27.87	28
10:00	30.48	29.71	30.45	29.34	30.13	29.36	29.39	29.19	29.4	30.41	29.6	30.41	29.16	30.05	29.5	29.45	29.32	29.54
11:00	31.94	31.52	31.91	30.65	31.47	30.68	30.73	30.43	30.72	31.81	31.31	31.78	30.44	31.4	30.81	30.75	30.55	30.85
12:00	33.33	33.29	33.26	32.08	32.89	32.04	32.09	31.77	32.1	33.16	33.06	33.08	31.81	32.8	32.16	32.06	31.85	32.18
13:00	34.34	34.7	34.24	33.35	34.04	33.28	33.28	32.94	33.23	34.05	34.44	33.97	33.08	33.9	33.38	33.2	33	33.27
14:00	35.09	35.76	34.91	34.4	34.95	34.33	34.27	33.91	34.12	34.7	35.42	34.55	34.12	34.75	34.4	34.14	33.93	34.11
15:00	35.3	36.21	35.23	34.89	35.31	34.71	34.71	34.37	34.51	34.9	35.83	34.84	34.6	35.14	34.73	34.58	34.37	34.51
16:00	35.24	36.27	35.21	34.82	35.15	34.68	34.73	34.4	34.49	34.88	35.99	34.82	34.55	35.05	34.7	34.63	34.39	34.51
17:00	34.91	35.91	34.88	34.38	34.73	34.4	34.43	34.08	34.19	34.59	35.71	34.48	34.08	34.6	34.42	34.35	34.05	34.18
18:00	34.33	35.2	34.31	33.83	34.23	33.91	33.94	33.61	33.71	34.05	35.02	33.92	33.5	34.08	33.91	33.86	33.56	33.67
19:00	33.52	34.18	33.56	33.16	33.59	33.28	33.28	33.03	33.12	33.25	34.01	33.16	32.8	33.43	33.25	33.21	32.96	33.04
20:00	32.65	33.22	32.76	32.45	32.93	32.63	32.56	32.42	32.53	32.35	32.98	32.28	31.99	32.74	32.58	32.5	32.34	32.44

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων

T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	23.61	23.8	23.71	24.06	24.17	24.24	23.96	24.62	24.47
6:00	23.88	24.09	23.97	24.26	24.42	24.44	24.18	24.77	24.64
7:00	24.76	24.85	24.84	25.06	25.46	25.17	24.88	25.43	25.37
8:00	26.44	26.1	26.29	26.18	26.94	26.3	26.05	26.44	26.45
9:00	28.47	27.79	28.42	27.62	28.52	27.79	27.7	27.81	27.91
10:00	30.4	29.59	30.41	29.15	30.04	29.42	29.35	29.26	29.4
11:00	31.79	31.28	31.77	30.42	31.38	30.68	30.63	30.43	30.58
12:00	33.11	33	33.05	31.75	32.76	31.95	31.88	31.63	31.79
13:00	33.98	34.37	33.92	33.01	33.85	33.06	32.92	32.66	32.82
14:00	34.61	35.33	34.47	34.03	34.68	33.94	33.78	33.49	33.67
15:00	34.8	35.74	34.76	34.5	35.05	34.4	34.25	33.95	34.11
16:00	34.79	35.9	34.74	34.46	34.96	34.48	34.38	34.07	34.21
17:00	34.51	35.63	34.41	33.99	34.52	34.24	34.13	33.83	33.95
18:00	33.97	34.95	33.84	33.43	34.01	33.73	33.65	33.38	33.46
19:00	33.18	33.94	33.09	32.73	33.36	33.07	32.99	32.78	32.82
20:00	32.28	32.92	32.21	31.93	32.68	32.37	32.24	32.16	32.19

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων

T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	23.76	23.9	23.93	24.29	24.23	24.28	23.97	24.65	24.5
6:00	24.03	24.21	24.21	24.51	24.49	24.47	24.18	24.79	24.66
7:00	24.86	24.94	25	25.22	25.54	25.16	24.86	25.41	25.36
8:00	26.5	26.2	26.4	26.34	27.08	26.25	25.99	26.35	26.39
9:00	28.52	27.88	28.45	27.8	28.7	27.7	27.62	27.71	27.82
10:00	30.47	29.69	30.45	29.33	30.13	29.29	29.28	29.14	29.28
11:00	31.91	31.48	31.88	30.62	31.44	30.56	30.59	30.32	30.46
12:00	33.28	33.24	33.21	32.03	32.84	31.86	31.89	31.55	31.71
13:00	34.27	34.63	34.18	33.28	33.98	33	32.99	32.62	32.78
14:00	35	35.68	34.83	34.32	34.87	33.94	33.9	33.52	33.68
15:00	35.21	36.12	35.15	34.8	35.23	34.42	34.39	33.99	34.14
16:00	35.15	36.19	35.13	34.74	35.07	34.49	34.48	34.11	34.22
17:00	34.84	35.84	34.81	34.31	34.66	34.25	34.21	33.88	33.98
18:00	34.27	35.14	34.24	33.77	34.17	33.76	33.72	33.43	33.51
19:00	33.45	34.12	33.5	33.1	33.53	33.14	33.05	32.86	32.92
20:00	32.59	33.17	32.7	32.39	32.88	32.46	32.31	32.24	32.3

εκτενής φύτευση

T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	23.61	23.8	23.68	23.99	24.1	24.22	23.9	24.54	24.33
6:00	23.88	24.08	23.94	24.19	24.36	24.42	24.11	24.68	24.5
7:00	24.74	24.84	24.8	24.97	25.44	25.13	24.8	25.32	25.24
8:00	26.35	26.07	26.18	26.04	26.92	26.22	25.92	26.25	26.26
9:00	28.37	27.71	28.21	27.47	28.5	27.65	27.54	27.59	27.69
10:00	30.31	29.51	30.24	28.96	29.96	29.25	29.19	29.02	29.17
11:00	31.67	31.19	31.58	30.2	31.26	30.5	30.44	30.17	30.32
12:00	32.99	32.92	32.86	31.53	32.64	31.76	31.69	31.37	31.52
13:00	33.86	34.29	33.72	32.79	33.73	32.86	32.74	32.4	32.55
14:00	34.5	35.25	34.27	33.82	34.55	33.74	33.59	33.23	33.39
15:00	34.7	35.65	34.55	34.28	34.91	34.19	34.06	33.68	33.84
16:00	34.69	35.81	34.55	34.24	34.78	34.29	34.19	33.82	33.94
17:00	34.42	35.54	34.24	33.8	34.37	34.06	33.95	33.6	33.71
18:00	33.89	34.87	33.72	33.26	33.89	33.58	33.49	33.17	33.25
19:00	33.12	33.88	33	32.6	33.26	32.96	32.87	32.6	32.66
20:00	32.23	32.86	32.14	31.79	32.58	32.27	32.12	31.97	32.01

φύτευση προσόψεων-ταρατσών

T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	23.61	23.8	23.68	23.99	24.1	24.39	24.05	24.67	24.5
6:00	23.88	24.08	23.94	24.19	24.36	24.58	24.27	24.81	24.67
7:00	24.74	24.84	24.8	24.97	25.44	25.24	24.95	25.42	25.36
8:00	26.35	26.07	26.19	26.05	26.92	26.3	26.07	26.33	26.37
9:00	28.38	27.72	28.22	27.47	28.5	27.72	27.66	27.66	27.78
10:00	30.32	29.52	30.25	28.97	29.97	29.33	29.29	29.08	29.29
11:00	31.69	31.22	31.59	30.23	31.27	30.61	30.56	30.29	30.57
12:00	33.03	32.97	32.89	31.58	32.68	31.94	31.86	31.59	31.91
13:00	33.93	34.36	33.77	32.86	33.78	33.13	33.01	32.73	32.98
14:00	34.58	35.33	34.34	33.9	34.62	34.13	33.94	33.66	33.83
15:00	34.8	35.74	34.63	34.37	34.99	34.5	34.37	34.09	34.22
16:00	34.78	35.9	34.63	34.33	34.86	34.49	34.42	34.13	34.22
17:00	34.49	35.62	34.31	33.88	34.44	34.22	34.16	33.81	33.93
18:00	33.97	34.94	33.78	33.33	33.96	33.74	33.7	33.35	33.46
19:00	33.19	33.94	33.06	32.66	33.32	33.12	33.08	32.78	32.87
20:00	32.29	32.92	32.2	31.86	32.64	32.46	32.37	32.15	32.25

ii. Ταχύτητα ανέμου (m/s) σε ύψος 1.75 m από το έδαφος για την 20/07/2012.

φύτευση ακαλύπτων

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.39	1.44	1.8	0.81	0.64	0.17	0.5	0.28	0.25
6:00	1.37	1.42	1.8	0.82	0.64	0.14	0.5	0.26	0.22
7:00	1.34	1.39	1.79	0.83	0.64	0.11	0.5	0.23	0.2
8:00	1.32	1.38	1.77	0.84	0.64	0.08	0.49	0.21	0.17
9:00	1.3	1.35	1.75	0.84	0.64	0.06	0.48	0.2	0.14
10:00	1.28	1.33	1.72	0.84	0.61	0.04	0.45	0.17	0.11
11:00	1.29	1.34	1.7	0.83	0.59	0.03	0.42	0.15	0.1
12:00	1.29	1.35	1.68	0.81	0.58	0.03	0.4	0.13	0.1
13:00	1.3	1.36	1.67	0.78	0.58	0.03	0.38	0.12	0.1
14:00	1.32	1.37	1.64	0.75	0.58	0.02	0.37	0.11	0.1
15:00	1.33	1.39	1.62	0.72	0.59	0.02	0.35	0.11	0.1
16:00	1.34	1.4	1.61	0.71	0.59	0.02	0.35	0.1	0.1
17:00	1.36	1.42	1.59	0.69	0.6	0.02	0.34	0.1	0.1
18:00	1.38	1.43	1.58	0.69	0.6	0.02	0.34	0.1	0.1
19:00	1.39	1.44	1.57	0.69	0.6	0.02	0.34	0.1	0.1
20:00	1.41	1.45	1.56	0.69	0.6	0.03	0.34	0.1	0.1

υφιστάμενη κατάσταση

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.38	1.43	1.8	0.81	0.64	0.17	0.53	0.26	0.25
6:00	1.36	1.41	1.8	0.82	0.64	0.13	0.53	0.23	0.23
7:00	1.34	1.39	1.79	0.83	0.64	0.1	0.53	0.21	0.21
8:00	1.32	1.37	1.77	0.84	0.64	0.08	0.53	0.2	0.18
9:00	1.3	1.35	1.75	0.84	0.63	0.05	0.52	0.18	0.16
10:00	1.28	1.33	1.72	0.84	0.61	0.04	0.48	0.15	0.13
11:00	1.28	1.33	1.7	0.83	0.59	0.03	0.44	0.14	0.12
12:00	1.29	1.34	1.68	0.81	0.58	0.03	0.42	0.12	0.11
13:00	1.3	1.36	1.66	0.78	0.57	0.03	0.39	0.11	0.11
14:00	1.31	1.37	1.64	0.75	0.58	0.02	0.37	0.11	0.11
15:00	1.33	1.39	1.62	0.72	0.59	0.02	0.36	0.1	0.11
16:00	1.34	1.4	1.6	0.7	0.59	0.02	0.35	0.1	0.11
17:00	1.36	1.41	1.59	0.69	0.6	0.02	0.35	0.1	0.11
18:00	1.38	1.43	1.58	0.69	0.6	0.02	0.34	0.1	0.11
19:00	1.4	1.44	1.57	0.68	0.6	0.03	0.35	0.1	0.11
20:00	1.41	1.45	1.56	0.69	0.6	0.03	0.35	0.1	0.11

φύτευση προσόψεων

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.26	1.43	1.66	0.81	0.63	0.17	0.56	0.29	0.29
6:00	1.23	1.4	1.65	0.81	0.62	0.13	0.56	0.26	0.26
7:00	1.2	1.37	1.64	0.81	0.62	0.1	0.56	0.23	0.24
8:00	1.18	1.34	1.62	0.81	0.62	0.07	0.56	0.21	0.21
9:00	1.14	1.3	1.58	0.8	0.62	0.05	0.54	0.18	0.18
10:00	1.12	1.29	1.52	0.78	0.6	0.04	0.48	0.15	0.14
11:00	1.12	1.3	1.49	0.76	0.58	0.03	0.45	0.13	0.13
12:00	1.14	1.33	1.46	0.73	0.57	0.03	0.41	0.12	0.12
13:00	1.15	1.35	1.43	0.71	0.56	0.03	0.39	0.11	0.12
14:00	1.17	1.37	1.4	0.69	0.56	0.02	0.37	0.11	0.12
15:00	1.18	1.39	1.37	0.67	0.56	0.02	0.35	0.1	0.12
16:00	1.2	1.4	1.35	0.65	0.56	0.02	0.34	0.1	0.12
17:00	1.21	1.41	1.33	0.64	0.57	0.02	0.33	0.1	0.12
18:00	1.22	1.42	1.32	0.63	0.57	0.02	0.33	0.1	0.12
19:00	1.24	1.43	1.31	0.63	0.58	0.03	0.34	0.1	0.12
20:00	1.25	1.42	1.31	0.63	0.58	0.03	0.34	0.1	0.12

φύτευση ταρατσών

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.41	1.49	1.83	0.8	0.66	0.19	0.56	0.28	0.27
6:00	1.39	1.46	1.82	0.81	0.65	0.15	0.57	0.25	0.24
7:00	1.37	1.44	1.81	0.82	0.65	0.12	0.57	0.23	0.22
8:00	1.35	1.42	1.8	0.83	0.65	0.09	0.57	0.22	0.19
9:00	1.33	1.4	1.77	0.84	0.65	0.07	0.57	0.2	0.16
10:00	1.31	1.37	1.74	0.83	0.63	0.04	0.52	0.17	0.12
11:00	1.32	1.37	1.72	0.83	0.61	0.04	0.49	0.15	0.11
12:00	1.33	1.38	1.7	0.81	0.59	0.03	0.46	0.14	0.1
13:00	1.34	1.4	1.68	0.78	0.58	0.03	0.43	0.13	0.1
14:00	1.35	1.41	1.66	0.75	0.58	0.02	0.4	0.12	0.09
15:00	1.37	1.42	1.64	0.73	0.58	0.02	0.38	0.11	0.09
16:00	1.38	1.44	1.62	0.71	0.58	0.02	0.37	0.11	0.09
17:00	1.4	1.45	1.6	0.69	0.59	0.02	0.36	0.11	0.09
18:00	1.42	1.46	1.59	0.69	0.59	0.02	0.36	0.11	0.1
19:00	1.44	1.47	1.58	0.68	0.59	0.02	0.36	0.11	0.1
20:00	1.45	1.48	1.57	0.68	0.59	0.02	0.37	0.11	0.1

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.26	1.44	1.66	0.81	0.63	0.17	0.52	0.3	0.26
6:00	1.23	1.4	1.65	0.81	0.62	0.13	0.52	0.27	0.24
7:00	1.2	1.37	1.64	0.81	0.62	0.1	0.52	0.24	0.21
8:00	1.18	1.34	1.62	0.81	0.62	0.07	0.51	0.22	0.18
9:00	1.14	1.3	1.58	0.8	0.62	0.05	0.5	0.19	0.15
10:00	1.12	1.29	1.53	0.78	0.6	0.04	0.45	0.16	0.11
11:00	1.12	1.3	1.49	0.76	0.58	0.03	0.43	0.14	0.1
12:00	1.13	1.32	1.46	0.74	0.57	0.03	0.4	0.13	0.1
13:00	1.15	1.35	1.43	0.71	0.56	0.03	0.38	0.12	0.1
14:00	1.16	1.37	1.4	0.69	0.56	0.02	0.36	0.11	0.1
15:00	1.18	1.38	1.37	0.67	0.56	0.02	0.34	0.1	0.1
16:00	1.19	1.4	1.35	0.65	0.56	0.02	0.33	0.1	0.1
17:00	1.21	1.41	1.33	0.64	0.57	0.02	0.33	0.1	0.1
18:00	1.22	1.42	1.32	0.63	0.57	0.02	0.33	0.1	0.11
19:00	1.23	1.42	1.31	0.63	0.57	0.02	0.33	0.1	0.11
20:00	1.25	1.42	1.3	0.62	0.58	0.03	0.33	0.1	0.11

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.41	1.49	1.82	0.8	0.66	0.18	0.53	0.3	0.25
6:00	1.39	1.46	1.82	0.81	0.65	0.15	0.53	0.27	0.22
7:00	1.37	1.44	1.81	0.82	0.65	0.11	0.53	0.25	0.2
8:00	1.35	1.42	1.8	0.83	0.65	0.09	0.53	0.23	0.17
9:00	1.33	1.4	1.77	0.84	0.65	0.07	0.52	0.21	0.14
10:00	1.31	1.38	1.74	0.84	0.63	0.05	0.49	0.19	0.11
11:00	1.32	1.38	1.72	0.83	0.61	0.04	0.47	0.17	0.09
12:00	1.33	1.38	1.7	0.81	0.59	0.03	0.44	0.15	0.09
13:00	1.34	1.4	1.68	0.79	0.58	0.03	0.42	0.13	0.08
14:00	1.35	1.41	1.66	0.76	0.58	0.02	0.39	0.12	0.08
15:00	1.36	1.42	1.64	0.73	0.58	0.02	0.38	0.12	0.08
16:00	1.38	1.43	1.62	0.71	0.58	0.02	0.36	0.11	0.08
17:00	1.4	1.45	1.6	0.7	0.59	0.02	0.36	0.11	0.08
18:00	1.41	1.46	1.59	0.69	0.59	0.02	0.35	0.11	0.08
19:00	1.43	1.47	1.58	0.69	0.59	0.02	0.36	0.11	0.09
20:00	1.45	1.48	1.57	0.69	0.59	0.02	0.36	0.11	0.09

εκτενής φύτευση

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.29	1.48	1.69	0.8	0.65	0.19	0.55	0.31	0.28
6:00	1.26	1.45	1.68	0.8	0.64	0.15	0.55	0.28	0.24
7:00	1.23	1.41	1.67	0.8	0.64	0.11	0.55	0.25	0.22
8:00	1.21	1.38	1.65	0.8	0.64	0.09	0.55	0.23	0.19
9:00	1.18	1.35	1.62	0.79	0.64	0.06	0.54	0.21	0.16
10:00	1.15	1.32	1.55	0.77	0.62	0.04	0.49	0.17	0.11
11:00	1.16	1.34	1.52	0.75	0.6	0.04	0.45	0.15	0.09
12:00	1.17	1.36	1.49	0.73	0.58	0.03	0.42	0.14	0.09
13:00	1.18	1.38	1.45	0.71	0.57	0.03	0.39	0.12	0.09
14:00	1.2	1.4	1.42	0.68	0.56	0.02	0.37	0.11	0.09
15:00	1.21	1.41	1.39	0.66	0.56	0.02	0.35	0.11	0.09
16:00	1.23	1.42	1.36	0.64	0.56	0.02	0.34	0.11	0.09
17:00	1.24	1.44	1.35	0.63	0.56	0.02	0.33	0.1	0.09
18:00	1.26	1.44	1.33	0.62	0.57	0.02	0.33	0.1	0.09
19:00	1.27	1.45	1.32	0.62	0.57	0.02	0.33	0.1	0.1
20:00	1.28	1.44	1.32	0.61	0.58	0.02	0.34	0.1	0.1

φύτευση προσόψεων-ταρατσών

W.S. (m/s)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	1.29	1.48	1.69	0.8	0.65	0.19	0.58	0.29	0.31
6:00	1.26	1.44	1.68	0.8	0.64	0.15	0.59	0.26	0.28
7:00	1.23	1.41	1.67	0.8	0.64	0.12	0.59	0.24	0.25
8:00	1.21	1.38	1.65	0.8	0.64	0.09	0.6	0.22	0.23
9:00	1.18	1.35	1.62	0.79	0.64	0.07	0.59	0.2	0.19
10:00	1.15	1.32	1.55	0.77	0.62	0.04	0.52	0.16	0.14
11:00	1.16	1.34	1.52	0.75	0.6	0.03	0.48	0.14	0.12
12:00	1.17	1.36	1.49	0.73	0.58	0.03	0.44	0.13	0.11
13:00	1.18	1.38	1.45	0.7	0.57	0.03	0.4	0.12	0.11
14:00	1.2	1.4	1.42	0.68	0.56	0.02	0.38	0.11	0.1
15:00	1.21	1.41	1.39	0.66	0.56	0.02	0.36	0.11	0.1
16:00	1.23	1.43	1.37	0.64	0.56	0.02	0.34	0.1	0.11
17:00	1.24	1.44	1.35	0.63	0.56	0.02	0.34	0.1	0.11
18:00	1.26	1.45	1.34	0.62	0.57	0.02	0.34	0.1	0.11
19:00	1.27	1.45	1.33	0.62	0.57	0.02	0.34	0.1	0.11
20:00	1.29	1.45	1.32	0.62	0.58	0.02	0.35	0.1	0.11

iii. Σχετική υγρασία (%) σε ύψος 1.75 m από το έδαφος για την 20/07/2012.

φύτευση ακαλύπτων												
R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	44.17	43.5	43.4	42.59	42.48	42.87	43.82	41.58	41.93			
6:00	43.17	42.45	42.42	41.77	41.55	42.1	42.95	40.94	41.22			
7:00	41.13	40.4	40.35	40.12	38.93	40.43	41.43	39.48	39.57			
8:00	37.33	37.27	37.01	37.54	35.41	37.93	38.8	37.25	37.23			
9:00	33.14	33.52	32.57	34.22	32.09	34.85	34.91	34.26	34.28			
10:00	29.49	29.97	29	30.91	29.29	31.6	31.61	31.36	31.56			
11:00	26.9	26.93	26.57	28.43	27	29.1	29.33	29.41	29.63			
12:00	24.77	24.3	24.56	26.09	24.85	27.04	27.35	27.58	27.66			
13:00	23.34	22.42	23.11	24.3	23.27	25.5	25.95	26.08	25.85			
14:00	22.32	21.06	22.23	22.91	22.08	24.25	24.73	24.72	24.36			
15:00	21.99	20.45	21.73	22.14	21.49	23.04	23.36	23.67	23.31			
16:00	21.98	20.33	21.67	22.07	21.51	22.63	22.71	23.17	22.93			
17:00	22.26	20.65	21.98	22.55	21.95	22.83	22.91	23.19	23.07			
18:00	22.84	21.41	22.61	23.19	22.51	23.42	23.51	23.67	23.57			
19:00	23.74	22.56	23.47	24.01	23.27	24.03	24.28	24.27	24.21			
20:00	24.86	23.75	24.49	24.93	24.07	24.94	25.21	25.02	24.97			

υφιστάμενη κατάσταση												
R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	44.18	43.5	43.39	42.56	42.47	42.18	42.98	41.07	41.2			
6:00	43.18	42.45	42.41	41.74	41.54	41.43	42.14	40.43	40.5			
7:00	41.14	40.4	40.34	40.1	38.92	39.75	40.45	38.94	38.82			
8:00	37.33	37.26	37	37.52	35.41	37.18	37.67	36.64	36.39			
9:00	33.14	33.51	32.55	34.18	32.1	33.95	33.97	33.69	33.37			
10:00	29.47	29.95	28.97	30.86	29.27	30.74	30.7	30.8	30.39			
11:00	26.86	26.88	26.51	28.35	26.95	28.23	28.39	28.61	28.05			
12:00	24.7	24.23	24.47	25.95	24.76	25.96	26.17	26.49	25.88			
13:00	23.24	22.32	22.99	24.12	23.14	24.14	24.39	24.68	24.29			
14:00	22.2	20.95	22.09	22.71	21.94	22.7	23.09	23.29	23.09			
15:00	21.87	20.34	21.6	21.98	21.36	22.09	22.27	22.49	22.35			
16:00	21.86	20.23	21.55	21.94	21.4	22	22.01	22.33	22.19			
17:00	22.15	20.56	21.87	22.42	21.84	22.3	22.29	22.63	22.44			
18:00	22.74	21.32	22.51	23.07	22.41	22.88	22.87	23.17	22.99			
19:00	23.64	22.47	23.38	23.91	23.18	23.64	23.67	23.88	23.72			
20:00	24.76	23.66	24.39	24.83	23.98	24.47	24.57	24.6	24.42			

φύτευση προσόψεων												
R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	44.8	43.93	44.53	43.87	42.97	42.37	43.29	41.62	41.85			
6:00	43.82	42.91	43.57	43.08	42.04	41.59	42.44	40.98	41.14			
7:00	41.83	40.87	41.58	41.54	39.59	39.89	40.73	39.55	39.48			
8:00	38.29	37.87	38.63	39.29	36.32	37.34	38	37.39	37.13			
9:00	34.11	34.21	34.2	35.96	33.06	34.14	34.33	34.44	34.04			
10:00	30.35	30.65	30.31	32.57	30.09	30.89	31.02	31.43	30.92			
11:00	27.66	27.69	27.68	30.05	27.71	28.43	28.78	29.22	28.57			
12:00	25.49	25	25.57	27.62	25.46	26.2	26.62	27.1	26.4			
13:00	24.18	23.11	24.25	25.6	23.79	24.43	24.9	25.28	24.84			
14:00	23.26	21.84	23.42	24.07	22.64	23.03	23.64	23.88	23.68			
15:00	22.93	21.3	22.98	23.46	22.04	22.44	22.85	23.13	22.95			
16:00	22.87	21.06	22.95	23.57	22.07	22.32	22.56	22.99	22.79			
17:00	23.1	21.28	23.26	23.98	22.52	22.62	22.81	23.29	23.04			
18:00	23.6	21.95	23.8	24.47	23.03	23.19	23.34	23.8	23.56			
19:00	24.38	22.98	24.53	25.14	23.75	23.94	24.04	24.44	24.25			
20:00	25.57	24.26	25.7	26.25	24.6	24.8	24.96	25.23	25.03			

φύτευση ταρατσών												
R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	44.17	43.51	43.57	42.84	42.67	42.36	43.31	41.53	41.73			
6:00	43.17	42.46	42.57	42.02	41.72	41.6	42.46	40.89	41.03			
7:00	41.18	40.41	40.54	40.47	39.07	40	40.82	39.54	39.44			
8:00	37.55	37.35	37.33	38.06	35.58	37.57	38.23	37.55	37.24			
9:00	33.37	33.71	33.07	34.79	32.28	34.47	34.58	34.63	34.23			
10:00	29.69	30.16	29.31	31.51	29.57	31.22	31.21	31.65	31.15			
11:00	27.09	27.1	26.83	29.04	27.27	28.74	28.92	29.43	28.77			
12:00	24.93	24.41	24.75	26.59	25.06	26.46	26.67	27.21	26.53			
13:00	23.45	22.48	23.33	24.65	23.41	24.62	24.85	25.37	24.89			
14:00	22.42	21.11	22.41	23.18	22.18	23.14	23.52	23.92	23.65			
15:00	22.06	20.53	21.92	22.43	21.65	22.5	22.69	23.1	22.92			
16:00	22.05	20.38	21.86	22.43	21.73	22.41	22.44	22.92	22.77			
17:00	22.34	20.71	22.17	22.91	22.15	22.69	22.71	23.23	23			
18:00	22.91	21.46	22.76	23.5	22.67	23.23	23.24	23.71	23.49			
19:00	23.79	22.6	23.58	24.24	23.4	23.91	23.97	24.32	24.12			
20:00	24.9	23.78	24.59	25.18	24.2	24.75	24.88	25.11	24.88			

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων

R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	44.8	43.93	44.55	43.89	42.97	43.07	44.15	42.13	42.58
6:00	43.83	42.91	43.59	43.1	42.04	42.28	43.28	41.49	41.86
7:00	41.83	40.87	41.59	41.56	39.59	40.57	41.74	40.09	40.25
8:00	38.29	37.88	38.64	39.33	36.32	38.1	39.17	38.01	38.01
9:00	34.13	34.22	34.22	36.01	33.07	35.05	35.28	35.03	35.02
10:00	30.37	30.68	30.34	32.62	30.12	31.74	31.88	32.01	32.17
11:00	27.7	27.74	27.74	30.14	27.77	29.33	29.69	30.09	30.25
12:00	25.56	25.07	25.66	27.77	25.55	27.33	27.76	28.31	28.33
13:00	24.29	23.2	24.37	25.78	23.92	25.87	26.41	26.86	26.55
14:00	23.38	21.95	23.57	24.27	22.79	24.7	25.25	25.56	25.09
15:00	23.07	21.42	23.13	23.65	22.18	23.48	23.93	24.51	24.01
16:00	23	21.17	23.09	23.72	22.19	22.99	23.25	23.96	23.61
17:00	23.22	21.38	23.38	24.11	22.63	23.2	23.41	23.93	23.71
18:00	23.71	22.05	23.91	24.6	23.13	23.77	23.95	24.35	24.19
19:00	24.48	23.07	24.64	25.26	23.84	24.37	24.63	24.86	24.79
20:00	25.68	24.36	25.81	26.37	24.7	25.3	25.61	25.68	25.62

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων

R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	44.17	43.51	43.58	42.86	42.67	43.03	44.17	42.07	42.51
6:00	43.17	42.46	42.58	42.04	41.73	42.25	43.3	41.44	41.8
7:00	41.18	40.41	40.55	40.49	39.07	40.65	41.84	40.12	40.25
8:00	37.55	37.35	37.34	38.09	35.59	38.31	39.41	38.23	38.16
9:00	33.38	33.72	33.08	34.83	32.28	35.31	35.58	35.28	35.18
10:00	29.71	30.18	29.33	31.55	29.59	31.95	32.14	32.25	32.37
11:00	27.14	27.16	26.9	29.13	27.33	29.58	29.9	30.29	30.41
12:00	25.01	24.49	24.85	26.73	25.16	27.48	27.87	28.4	28.39
13:00	23.56	22.58	23.45	24.83	23.54	25.86	26.42	26.86	26.43
14:00	22.53	21.22	22.54	23.36	22.33	24.49	25.18	25.43	24.91
15:00	22.18	20.64	22.05	22.59	21.78	23.38	23.78	24.32	23.87
16:00	22.16	20.48	21.98	22.56	21.85	23	23.13	23.82	23.52
17:00	22.44	20.8	22.27	23.02	22.24	23.19	23.34	23.83	23.62
18:00	23.01	21.55	22.85	23.61	22.76	23.71	23.88	24.25	24.09
19:00	23.88	22.69	23.67	24.34	23.48	24.28	24.57	24.73	24.63
20:00	24.99	23.87	24.68	25.28	24.29	25.19	25.53	25.55	25.44

εκτενής φύτευση

R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	44.79	43.94	44.66	44.19	43.18	43.21	44.48	42.55	43.17
6:00	43.81	42.92	43.68	43.41	42.23	42.41	43.6	41.93	42.45
7:00	41.85	40.89	41.71	41.94	39.73	40.78	42.13	40.64	40.95
8:00	38.49	37.95	38.91	39.89	36.47	38.47	39.75	38.89	38.96
9:00	34.32	34.38	34.7	36.57	33.23	35.5	35.85	35.93	35.89
10:00	30.54	30.83	30.71	33.14	30.37	32.09	32.33	32.79	32.91
11:00	27.89	27.88	28.13	30.66	28.06	29.76	30.14	30.81	30.91
12:00	25.75	25.2	26.04	28.26	25.82	27.71	28.17	28.97	28.91
13:00	24.45	23.31	24.73	26.22	24.16	26.18	26.77	27.49	26.96
14:00	23.54	22.05	23.93	24.69	23.04	24.94	25.6	26.15	25.51
15:00	23.2	21.52	23.47	24.04	22.44	23.74	24.26	25.05	24.49
16:00	23.12	21.27	23.4	24.13	22.51	23.28	23.59	24.48	24.11
17:00	23.34	21.49	23.67	24.49	22.9	23.46	23.76	24.46	24.22
18:00	23.82	22.15	24.13	24.93	23.35	24.01	24.25	24.82	24.63
19:00	24.56	23.16	24.79	25.53	24.03	24.56	24.85	25.24	25.15
20:00	25.75	24.44	25.95	26.67	24.89	25.51	25.85	26.12	26.05

φύτευση προσόψεων-ταρατσών

R.H. (%)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	44.79	43.94	44.65	44.18	43.18	42.53	43.59	42.02	42.42
6:00	43.82	42.92	43.67	43.39	42.23	41.75	42.74	41.4	41.7
7:00	41.85	40.89	41.7	41.93	39.74	40.12	41.08	40.08	40.14
8:00	38.48	37.95	38.9	39.86	36.48	37.71	38.53	38.23	38.03
9:00	34.31	34.37	34.69	36.53	33.23	34.62	34.88	35.3	34.93
10:00	30.52	30.8	30.69	33.1	30.35	31.32	31.48	32.18	31.66
11:00	27.85	27.83	28.08	30.57	28.01	28.89	29.26	29.95	29.28
12:00	25.68	25.13	25.95	28.12	25.74	26.66	27.07	27.74	27.04
13:00	24.36	23.22	24.62	26.04	24.05	24.87	25.31	25.89	25.42
14:00	23.42	21.95	23.79	24.5	22.9	23.45	24.03	24.48	24.22
15:00	23.07	21.41	23.33	23.87	22.31	22.81	23.23	23.71	23.5
16:00	23	21.17	23.28	23.99	22.4	22.69	22.95	23.53	23.34
17:00	23.23	21.4	23.55	24.36	22.8	22.97	23.18	23.83	23.56
18:00	23.71	22.06	24.02	24.81	23.26	23.5	23.65	24.27	24.01
19:00	24.46	23.07	24.69	25.42	23.94	24.17	24.29	24.82	24.62
20:00	25.65	24.35	25.85	26.56	24.8	25.04	25.22	25.67	25.45

iv. Θερμοκρασία αέρα (°C) σε ύψος 21.25 m από το έδαφος για την 20/07/2012.

φύτωση ακαλύπτων												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	25.3	25.34	25.06	25.16	25.61	25.24	25.07	25.07	25.21	25.21	25.36	25.36
6:00	25.44	25.48	25.22	25.3	25.72	25.38	25.23	25.22	25.36	25.36	25.51	25.51
7:00	25.79	25.81	25.69	25.78	25.97	25.74	25.7	25.75	25.81	25.81	25.96	25.96
8:00	26.53	26.51	26.58	26.63	26.53	26.49	26.62	26.68	26.66	26.66	26.81	26.81
9:00	27.71	27.66	27.88	27.87	27.57	27.69	27.9	27.96	27.89	27.89	28.04	28.04
10:00	29.21	29.15	29.37	29.33	29.08	29.23	29.37	29.34	29.33	29.33	29.48	29.48
11:00	30.48	30.42	30.61	30.57	30.32	30.49	30.64	30.54	30.54	30.54	30.69	30.69
12:00	31.8	31.73	31.89	31.86	31.6	31.79	31.94	31.79	31.81	31.81	31.96	31.96
13:00	32.95	32.9	33.02	32.99	32.74	32.95	33.08	32.89	32.92	32.92	33.07	33.07
14:00	33.9	33.86	33.94	33.94	33.68	33.9	34.03	33.81	33.84	33.84	33.99	33.99
15:00	34.43	34.4	34.45	34.46	34.2	34.43	34.56	34.32	34.35	34.35	34.5	34.5
16:00	34.55	34.52	34.56	34.55	34.32	34.54	34.67	34.43	34.46	34.46	34.61	34.61
17:00	34.36	34.34	34.36	34.33	34.15	34.36	34.46	34.22	34.25	34.25	34.4	34.4
18:00	33.95	33.94	33.94	33.9	33.78	33.96	34.03	33.81	33.84	33.84	33.99	33.99
19:00	33.42	33.43	33.39	33.33	33.33	33.45	33.46	33.26	33.32	33.32	33.47	33.47
20:00	32.9	32.92	32.86	32.79	32.88	32.94	32.91	32.74	32.83	32.83	32.98	32.98

υφιστάμενη κατάσταση												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	25.3	25.34	25.07	25.16	25.61	25.24	25.07	25.09	25.22	25.22	25.36	25.36
6:00	25.44	25.48	25.23	25.31	25.72	25.39	25.23	25.23	25.36	25.36	25.51	25.51
7:00	25.79	25.81	25.7	25.78	25.97	25.74	25.7	25.77	25.82	25.82	25.96	25.96
8:00	26.53	26.51	26.59	26.63	26.54	26.49	26.62	26.69	26.66	26.66	26.81	26.81
9:00	27.71	27.66	27.89	27.88	27.58	27.7	27.91	27.97	27.91	27.91	28.06	28.06
10:00	29.21	29.15	29.37	29.33	29.08	29.23	29.37	29.34	29.33	29.33	29.48	29.48
11:00	30.48	30.42	30.61	30.57	30.32	30.49	30.64	30.54	30.54	30.54	30.69	30.69
12:00	31.8	31.73	31.89	31.86	31.6	31.79	31.94	31.79	31.81	31.81	31.96	31.96
13:00	32.95	32.9	33.02	32.99	32.74	32.95	33.08	32.89	32.92	32.92	33.07	33.07
14:00	33.9	33.86	33.94	33.94	33.68	33.9	34.03	33.81	33.84	33.84	33.99	33.99
15:00	34.43	34.4	34.45	34.46	34.2	34.43	34.56	34.32	34.35	34.35	34.5	34.5
16:00	34.55	34.52	34.56	34.55	34.32	34.54	34.67	34.43	34.46	34.46	34.61	34.61
17:00	34.36	34.34	34.36	34.33	34.15	34.36	34.46	34.22	34.25	34.25	34.4	34.4
18:00	33.95	33.94	33.94	33.9	33.78	33.96	34.03	33.81	33.84	33.84	33.99	33.99
19:00	33.42	33.43	33.39	33.33	33.33	33.45	33.46	33.26	33.32	33.32	33.47	33.47
20:00	32.9	32.92	32.86	32.79	32.88	32.94	32.91	32.74	32.83	32.83	32.98	32.98

φύτωση προσόψεων												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	25.25	25.29	24.97	25.06	25.59	25.23	25.03	24.97	25.18	25.18	25.32	25.32
6:00	25.38	25.43	25.13	25.2	25.71	25.38	25.18	25.12	25.32	25.32	25.46	25.46
7:00	25.75	25.77	25.62	25.71	25.96	25.74	25.67	25.68	25.78	25.78	25.92	25.92
8:00	26.48	26.47	26.5	26.55	26.53	26.47	26.59	26.6	26.61	26.61	26.76	26.76
9:00	27.63	27.59	27.77	27.73	27.54	27.64	27.82	27.84	27.82	27.82	27.97	27.97
10:00	29.1	29.07	29.24	29.14	29.04	29.17	29.27	29.21	29.24	29.24	29.39	29.39
11:00	30.3	30.28	30.43	30.31	30.23	30.39	30.48	30.36	30.4	30.4	30.55	30.55
12:00	31.55	31.54	31.65	31.53	31.47	31.65	31.73	31.57	31.62	31.62	31.77	31.77
13:00	32.64	32.65	32.72	32.61	32.55	32.75	32.81	32.63	32.68	32.68	32.83	32.83
14:00	33.54	33.56	33.59	33.5	33.44	33.66	33.71	33.51	33.56	33.56	33.71	33.71
15:00	34.05	34.09	34.09	34	33.95	34.17	34.22	33.99	34.05	34.05	34.2	34.2
16:00	34.19	34.23	34.22	34.14	34.09	34.31	34.37	34.12	34.18	34.18	34.33	34.33
17:00	34.03	34.07	34.04	33.95	33.93	34.14	34.18	33.92	33.98	33.98	34.13	34.13
18:00	33.65	33.7	33.63	33.55	33.58	33.75	33.77	33.52	33.59	33.59	33.74	33.74
19:00	33.15	33.21	33.1	33.02	33.15	33.26	33.24	32.99	33.08	33.08	33.23	33.23
20:00	32.62	32.71	32.54	32.46	32.71	32.77	32.7	32.45	32.59	32.59	32.74	32.74

φύτωση ταρατσών												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	25.28	25.31	25.01	25.14	25.58	25.21	24.9	25.01	25.16	25.16	25.31	25.31
6:00	25.41	25.45	25.17	25.28	25.69	25.35	25.05	25.15	25.3	25.3	25.45	25.45
7:00	25.76	25.78	25.63	25.73	25.95	25.72	25.55	25.67	25.75	25.75	25.9	25.9
8:00	26.47	26.45	26.48	26.52	26.51	26.46	26.44	26.53	26.55	26.55	26.7	26.7
9:00	27.61	27.55	27.74	27.71	27.52	27.62	27.73	27.76	27.74	27.74	27.89	27.89
10:00	29.09	29.03	29.19	29.12	29	29.12	29.19	29.11	29.14	29.14	29.29	29.29
11:00	30.32	30.27	30.4	30.33	30.21	30.36	30.43	30.27	30.32	30.32	30.47	30.47
12:00	31.63	31.59	31.66	31.61	31.48	31.65	31.72	31.52	31.57	31.57	31.72	31.72
13:00	32.78	32.76	32.78	32.74	32.61	32.79	32.87	32.62	32.68	32.68	32.83	32.83
14:00	33.73	33.73	33.7	33.69	33.55	33.75	33.82	33.55	33.61	33.61	33.76	33.76
15:00	34.25	34.26	34.21	34.2	34.07	34.27	34.33	34.05	34.11	34.11	34.26	34.26
16:00	34.37	34.37	34.33	34.3	34.18	34.38	34.45	34.16	34.21	34.21	34.36	34.36
17:00	34.18	34.19	34.14	34.09	34.01	34.2	34.25	33.97	34.02	34.02	34.17	34.17
18:00	33.8	33.8	33.75	33.69	33.66	33.82	33.84	33.58	33.63	33.63	33.78	33.78
19:00	33.29	33.31	33.23	33.16	33.22	33.33	33.29	33.06	33.14	33.14	33.29	33.29
20:00	32.78	32.81	32.7	32.62	32.78	32.84	32.72	32.53	32.65	32.65	32.8	32.8

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8			
5:00	25.25	25.29	24.96	25.05	25.6	25.23	25.03	24.95	25.17			
6:00	25.38	25.43	25.12	25.19	25.71	25.38	25.18	25.1	25.32			
7:00	25.75	25.77	25.62	25.71	25.96	25.74	25.67	25.67	25.78			
8:00	26.48	26.47	26.5	26.54	26.53	26.47	26.59	26.59	26.61			
9:00	27.62	27.58	27.76	27.73	27.54	27.63	27.81	27.83	27.81			
10:00	29.09	29.05	29.23	29.12	29.03	29.15	29.25	29.19	29.21			
11:00	30.27	30.25	30.4	30.28	30.2	30.36	30.44	30.32	30.34			
12:00	31.5	31.49	31.6	31.48	31.41	31.59	31.66	31.49	31.52			
13:00	32.57	32.58	32.65	32.54	32.47	32.67	32.72	32.51	32.56			
14:00	33.45	33.47	33.5	33.4	33.34	33.54	33.58	33.35	33.41			
15:00	33.95	33.99	33.99	33.89	33.84	34.06	34.1	33.83	33.91			
16:00	34.1	34.14	34.13	34.04	33.99	34.21	34.25	33.99	34.05			
17:00	33.95	33.99	33.95	33.86	33.85	34.05	34.08	33.82	33.88			
18:00	33.58	33.63	33.56	33.48	33.51	33.68	33.69	33.43	33.5			
19:00	33.08	33.15	33.03	32.95	33.08	33.19	33.16	32.9	33			
20:00	32.56	32.64	32.47	32.39	32.65	32.7	32.62	32.36	32.51			

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8			
5:00	25.28	25.31	25	25.13	25.58	25.21	24.9	24.99	25.16			
6:00	25.41	25.45	25.16	25.27	25.69	25.35	25.05	25.13	25.3			
7:00	25.76	25.78	25.63	25.73	25.95	25.72	25.55	25.66	25.74			
8:00	26.47	26.45	26.48	26.52	26.51	26.46	26.43	26.52	26.54			
9:00	27.6	27.55	27.73	27.71	27.52	27.62	27.72	27.75	27.73			
10:00	29.08	29.02	29.18	29.11	28.98	29.11	29.17	29.09	29.11			
11:00	30.29	30.24	30.36	30.3	30.17	30.32	30.38	30.23	30.26			
12:00	31.57	31.53	31.61	31.55	31.42	31.58	31.65	31.43	31.48			
13:00	32.7	32.68	32.71	32.66	32.53	32.71	32.76	32.49	32.56			
14:00	33.64	33.64	33.61	33.59	33.45	33.64	33.69	33.4	33.47			
15:00	34.16	34.17	34.12	34.11	33.97	34.17	34.21	33.9	33.98			
16:00	34.29	34.29	34.25	34.21	34.1	34.29	34.35	34.04	34.1			
17:00	34.11	34.12	34.07	34.02	33.94	34.13	34.16	33.87	33.93			
18:00	33.73	33.74	33.68	33.62	33.6	33.75	33.76	33.49	33.55			
19:00	33.23	33.25	33.17	33.1	33.16	33.27	33.22	32.99	33.07			
20:00	32.73	32.76	32.64	32.56	32.72	32.78	32.66	32.46	32.59			

εκτενής φύτευση												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8			
5:00	25.22	25.26	24.9	25.02	25.56	25.2	24.87	24.88	25.11			
6:00	25.35	25.39	25.06	25.16	25.68	25.35	25.02	25.02	25.25			
7:00	25.72	25.74	25.56	25.66	25.94	25.71	25.52	25.58	25.7			
8:00	26.42	26.41	26.4	26.44	26.5	26.44	26.39	26.43	26.49			
9:00	27.53	27.48	27.62	27.58	27.49	27.58	27.65	27.64	27.66			
10:00	28.98	28.96	29.06	28.96	28.96	29.07	29.09	28.99	29.03			
11:00	30.15	30.14	30.2	30.09	30.11	30.25	30.27	30.09	30.15			
12:00	31.37	31.38	31.39	31.29	31.32	31.48	31.48	31.25	31.32			
13:00	32.44	32.48	32.44	32.34	32.38	32.56	32.55	32.27	32.36			
14:00	33.31	33.38	33.29	33.21	33.24	33.43	33.41	33.11	33.2			
15:00	33.81	33.89	33.77	33.7	33.75	33.94	33.92	33.59	33.7			
16:00	33.97	34.05	33.92	33.85	33.9	34.09	34.08	33.76	33.85			
17:00	33.81	33.89	33.76	33.69	33.75	33.94	33.92	33.61	33.69			
18:00	33.46	33.54	33.39	33.32	33.42	33.58	33.54	33.24	33.33			
19:00	32.98	33.07	32.9	32.82	33	33.11	33.04	32.75	32.86			
20:00	32.46	32.56	32.34	32.26	32.58	32.63	32.48	32.2	32.37			

φύτευση προσόψεων-ταρατσών												
T (°C)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8			
5:00	25.22	25.26	24.91	25.03	25.56	25.2	24.87	24.9	25.11			
6:00	25.35	25.39	25.07	25.17	25.68	25.35	25.02	25.04	25.25			
7:00	25.72	25.74	25.56	25.66	25.94	25.71	25.52	25.59	25.71			
8:00	26.42	26.41	26.4	26.44	26.51	26.44	26.4	26.44	26.5			
9:00	27.53	27.49	27.63	27.59	27.5	27.58	27.66	27.65	27.67			
10:00	28.99	28.97	29.07	28.97	28.97	29.09	29.11	29.01	29.06			
11:00	30.17	30.17	30.23	30.12	30.14	30.29	30.3	30.13	30.2			
12:00	31.41	31.43	31.44	31.33	31.37	31.54	31.55	31.33	31.41			
13:00	32.5	32.55	32.5	32.41	32.45	32.64	32.64	32.39	32.47			
14:00	33.4	33.46	33.37	33.3	33.33	33.54	33.54	33.27	33.34			
15:00	33.9	33.98	33.86	33.79	33.84	34.05	34.04	33.75	33.83			
16:00	34.05	34.13	34.01	33.94	33.99	34.19	34.19	33.89	33.96			
17:00	33.89	33.97	33.84	33.77	33.83	34.02	34.01	33.71	33.79			
18:00	33.53	33.6	33.46	33.39	33.49	33.65	33.62	33.33	33.41			
19:00	33.05	33.13	32.96	32.88	33.07	33.18	33.11	32.83	32.93			
20:00	32.52	32.62	32.4	32.32	32.64	32.69	32.55	32.28	32.44			

v. Τιμές του δείκτη CP σε ύψος 1.75 m από το έδαφος για την 20/07/2012.

φύτευση ακαλύπτων									
CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.79	6.76	7.11	5.86	5.71	5.21	5.67	5.12	5.15
6:00	6.62	6.59	6.97	5.77	5.59	5.09	5.58	5.04	5.04
7:00	6.14	6.16	6.49	5.42	5.11	4.76	5.27	4.74	4.73
8:00	5.22	5.46	5.65	4.86	4.39	4.26	4.71	4.28	4.23
9:00	4.13	4.51	4.42	4.13	3.63	3.61	3.95	3.67	3.59
10:00	3.09	3.53	3.34	3.37	2.91	2.92	3.18	3.03	2.94
11:00	2.34	2.57	2.52	2.71	2.27	2.37	2.56	2.50	2.42
12:00	1.61	1.66	1.77	2.01	1.63	1.83	1.96	1.97	1.90
13:00	1.10	0.93	1.20	1.43	1.11	1.35	1.47	1.52	1.45
14:00	0.71	0.37	0.85	0.94	0.70	0.96	1.06	1.14	1.07
15:00	0.61	0.12	0.66	0.70	0.51	0.77	0.84	0.93	0.87
16:00	0.64	0.10	0.67	0.71	0.57	0.74	0.79	0.89	0.84
17:00	0.81	0.28	0.85	0.92	0.78	0.84	0.91	0.99	0.95
18:00	1.12	0.67	1.17	1.19	1.02	1.06	1.14	1.18	1.16
19:00	1.57	1.22	1.59	1.52	1.32	1.33	1.45	1.44	1.42
20:00	2.04	1.75	2.02	1.86	1.62	1.62	1.78	1.69	1.67

υφιστάμενη κατάσταση									
CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.78	6.75	7.11	5.85	5.71	5.13	5.63	5.05	5.07
6:00	6.61	6.58	6.96	5.76	5.59	5.01	5.53	4.95	4.98
7:00	6.14	6.16	6.49	5.42	5.11	4.71	5.23	4.68	4.68
8:00	5.22	5.45	5.65	4.86	4.39	4.22	4.69	4.24	4.19
9:00	4.13	4.51	4.42	4.13	3.62	3.57	3.92	3.63	3.56
10:00	3.09	3.52	3.33	3.36	2.91	2.89	3.14	3.00	2.90
11:00	2.32	2.55	2.51	2.70	2.27	2.32	2.51	2.45	2.33
12:00	1.59	1.63	1.76	1.99	1.61	1.75	1.88	1.88	1.75
13:00	1.06	0.89	1.17	1.39	1.08	1.22	1.34	1.38	1.27
14:00	0.67	0.32	0.80	0.90	0.66	0.78	0.90	0.97	0.89
15:00	0.56	0.07	0.61	0.66	0.47	0.64	0.69	0.77	0.71
16:00	0.60	0.05	0.63	0.67	0.53	0.65	0.68	0.77	0.72
17:00	0.77	0.25	0.81	0.88	0.74	0.77	0.81	0.90	0.86
18:00	1.09	0.63	1.13	1.16	0.98	0.99	1.05	1.11	1.08
19:00	1.54	1.19	1.55	1.49	1.29	1.27	1.35	1.37	1.34
20:00	2.01	1.72	1.99	1.83	1.60	1.54	1.67	1.62	1.58

φύτευση προσόψεων									
CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.72	6.81	7.12	6.00	5.76	5.16	5.70	5.14	5.19
6:00	6.55	6.62	6.96	5.90	5.63	5.03	5.60	5.04	5.08
7:00	6.06	6.19	6.47	5.52	5.14	4.72	5.29	4.74	4.76
8:00	5.18	5.49	5.64	4.98	4.45	4.23	4.75	4.29	4.28
9:00	4.10	4.57	4.44	4.27	3.72	3.59	3.98	3.69	3.64
10:00	3.10	3.62	3.31	3.52	2.99	2.91	3.20	3.05	2.95
11:00	2.39	2.73	2.56	2.90	2.36	2.36	2.59	2.52	2.39
12:00	1.71	1.82	1.84	2.23	1.71	1.80	1.99	1.96	1.82
13:00	1.25	1.09	1.36	1.62	1.20	1.29	1.47	1.48	1.36
14:00	0.92	0.57	1.04	1.12	0.81	0.87	1.05	1.08	1.01
15:00	0.82	0.36	0.88	0.89	0.67	0.73	0.85	0.90	0.84
16:00	0.84	0.27	0.89	0.91	0.67	0.74	0.83	0.89	0.84
17:00	0.99	0.42	1.07	1.13	0.88	0.86	0.95	1.03	0.98
18:00	1.27	0.79	1.36	1.40	1.12	1.07	1.16	1.24	1.20
19:00	1.69	1.34	1.76	1.73	1.42	1.35	1.45	1.49	1.46
20:00	2.16	1.89	2.22	2.11	1.74	1.63	1.77	1.75	1.72

φύτευση ταρατσών									
CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.81	6.82	7.17	5.88	5.76	5.17	5.70	5.11	5.15
6:00	6.65	6.64	7.01	5.78	5.62	5.05	5.61	5.02	5.04
7:00	6.18	6.21	6.55	5.45	5.14	4.74	5.31	4.75	4.74
8:00	5.29	5.52	5.74	4.92	4.41	4.27	4.78	4.34	4.28
9:00	4.21	4.60	4.56	4.22	3.65	3.65	4.04	3.75	3.66
10:00	3.17	3.61	3.41	3.47	2.97	2.97	3.25	3.12	3.00
11:00	2.40	2.65	2.58	2.83	2.34	2.42	2.62	2.58	2.44
12:00	1.67	1.71	1.81	2.13	1.67	1.85	1.99	2.01	1.85
13:00	1.14	0.96	1.26	1.51	1.14	1.34	1.45	1.51	1.38
14:00	0.75	0.40	0.88	1.00	0.72	0.90	1.00	1.09	1.00
15:00	0.64	0.16	0.70	0.77	0.55	0.74	0.80	0.90	0.84
16:00	0.67	0.12	0.71	0.80	0.62	0.75	0.79	0.89	0.84
17:00	0.85	0.32	0.89	1.00	0.82	0.87	0.92	1.02	0.97
18:00	1.16	0.70	1.21	1.26	1.05	1.07	1.13	1.22	1.17
19:00	1.60	1.25	1.62	1.57	1.35	1.33	1.43	1.46	1.42
20:00	2.07	1.77	2.05	1.91	1.65	1.60	1.75	1.72	1.67

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων

CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.72	6.82	7.12	6.00	5.76	5.23	5.73	5.20	5.23
6:00	6.55	6.62	6.96	5.91	5.63	5.11	5.63	5.11	5.13
7:00	6.06	6.19	6.47	5.52	5.14	4.77	5.31	4.79	4.79
8:00	5.18	5.50	5.65	4.98	4.45	4.26	4.77	4.34	4.30
9:00	4.10	4.57	4.44	4.28	3.72	3.63	4.01	3.72	3.65
10:00	3.11	3.62	3.32	3.53	3.00	2.94	3.23	3.08	2.99
11:00	2.40	2.74	2.56	2.91	2.37	2.41	2.64	2.57	2.49
12:00	1.73	1.84	1.86	2.26	1.73	1.89	2.06	2.06	1.98
13:00	1.29	1.13	1.38	1.65	1.22	1.43	1.59	1.62	1.55
14:00	0.97	0.62	1.08	1.17	0.84	1.06	1.21	1.27	1.19
15:00	0.87	0.40	0.92	0.94	0.67	0.87	0.99	1.07	1.01
16:00	0.88	0.32	0.93	0.96	0.71	0.84	0.93	1.02	0.96
17:00	1.03	0.47	1.10	1.17	0.91	0.94	1.04	1.12	1.07
18:00	1.31	0.83	1.40	1.43	1.15	1.15	1.26	1.31	1.28
19:00	1.72	1.37	1.79	1.76	1.45	1.42	1.55	1.57	1.55
20:00	2.20	1.92	2.25	2.13	1.77	1.71	1.88	1.83	1.82

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων

CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.81	6.82	7.17	5.88	5.76	5.23	5.74	5.19	5.21
6:00	6.65	6.64	7.01	5.78	5.63	5.11	5.64	5.10	5.10
7:00	6.18	6.21	6.55	5.45	5.14	4.78	5.33	4.81	4.78
8:00	5.29	5.52	5.74	4.92	4.41	4.30	4.81	4.38	4.31
9:00	4.21	4.60	4.56	4.22	3.65	3.68	4.06	3.78	3.68
10:00	3.17	3.62	3.41	3.48	2.97	3.00	3.28	3.15	3.04
11:00	2.42	2.67	2.59	2.85	2.35	2.47	2.68	2.64	2.54
12:00	1.70	1.73	1.84	2.16	1.70	1.92	2.08	2.10	2.01
13:00	1.18	1.00	1.29	1.55	1.17	1.45	1.57	1.64	1.56
14:00	0.79	0.44	0.93	1.04	0.75	1.06	1.16	1.26	1.18
15:00	0.68	0.20	0.75	0.81	0.59	0.86	0.94	1.06	0.99
16:00	0.72	0.17	0.76	0.83	0.66	0.83	0.90	1.01	0.96
17:00	0.89	0.36	0.93	1.04	0.85	0.93	1.02	1.10	1.06
18:00	1.19	0.73	1.24	1.29	1.08	1.13	1.23	1.29	1.25
19:00	1.64	1.28	1.65	1.60	1.38	1.39	1.53	1.53	1.50
20:00	2.10	1.80	2.08	1.94	1.68	1.67	1.86	1.80	1.76

εκτενής φύτευση

CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.76	6.87	7.17	6.02	5.81	5.26	5.79	5.25	5.31
6:00	6.58	6.68	7.01	5.93	5.68	5.13	5.70	5.16	5.19
7:00	6.10	6.23	6.52	5.55	5.17	4.79	5.38	4.85	4.85
8:00	5.25	5.55	5.73	5.04	4.48	4.32	4.87	4.43	4.39
9:00	4.18	4.65	4.58	4.34	3.74	3.69	4.11	3.83	3.75
10:00	3.17	3.68	3.42	3.61	3.05	3.01	3.32	3.19	3.09
11:00	2.48	2.81	2.68	3.01	2.43	2.49	2.73	2.69	2.59
12:00	1.80	1.90	1.97	2.36	1.79	1.97	2.16	2.18	2.09
13:00	1.36	1.18	1.50	1.76	1.28	1.51	1.68	1.73	1.66
14:00	1.03	0.67	1.19	1.26	0.90	1.14	1.29	1.38	1.31
15:00	0.93	0.45	1.04	1.04	0.73	0.96	1.08	1.19	1.12
16:00	0.94	0.37	1.03	1.06	0.79	0.91	1.02	1.13	1.07
17:00	1.08	0.52	1.20	1.26	0.98	1.01	1.12	1.22	1.17
18:00	1.36	0.88	1.47	1.51	1.20	1.21	1.33	1.40	1.36
19:00	1.77	1.41	1.84	1.82	1.50	1.46	1.60	1.64	1.62
20:00	2.23	1.96	2.30	2.19	1.81	1.75	1.93	1.91	1.89

φύτευση προσόψεων-ταρατσών

CP	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	6.76	6.87	7.17	6.02	5.81	5.19	5.76	5.17	5.27
6:00	6.58	6.67	7.01	5.93	5.68	5.07	5.67	5.08	5.16
7:00	6.10	6.23	6.52	5.55	5.17	4.76	5.35	4.80	4.83
8:00	5.25	5.55	5.73	5.03	4.48	4.28	4.84	4.38	4.38
9:00	4.18	4.65	4.58	4.34	3.74	3.67	4.10	3.80	3.74
10:00	3.16	3.68	3.42	3.61	3.04	2.98	3.30	3.16	3.06
11:00	2.47	2.79	2.67	2.99	2.43	2.44	2.70	2.63	2.51
12:00	1.78	1.87	1.96	2.34	1.77	1.89	2.09	2.08	1.94
13:00	1.32	1.14	1.47	1.72	1.26	1.40	1.56	1.59	1.48
14:00	0.99	0.62	1.16	1.23	0.87	0.98	1.14	1.20	1.12
15:00	0.88	0.41	1.00	1.00	0.70	0.83	0.94	1.02	0.96
16:00	0.89	0.32	0.99	1.01	0.76	0.83	0.92	1.00	0.96
17:00	1.04	0.47	1.16	1.22	0.95	0.94	1.03	1.13	1.08
18:00	1.32	0.84	1.44	1.48	1.17	1.14	1.24	1.33	1.28
19:00	1.73	1.38	1.82	1.79	1.47	1.40	1.51	1.57	1.53
20:00	2.21	1.93	2.27	2.16	1.79	1.67	1.83	1.83	1.79

vi. Τιμές του δείκτη PET σε ύψος 1.75 m από το έδαφος για την 20/07/2012.

φύτευση ακαλύπτων										
PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	
5:00	20.23	20.65	19.96	22.83	23.11	27.61	24.17	26.45	26.39	
6:00	20.57	21.00	20.24	23.02	23.39	28.35	24.40	26.81	26.92	
7:00	21.55	21.86	21.13	23.78	24.49	29.80	25.13	27.83	27.93	
8:00	23.43	23.28	22.72	25.01	26.16	31.90	26.47	29.18	29.55	
9:00	25.68	25.22	25.07	26.62	27.91	34.32	28.33	30.82	31.67	
10:00	27.82	27.23	27.17	28.33	29.65	37.19	30.29	32.83	33.93	
11:00	29.36	29.17	28.75	29.80	31.20	39.40	31.93	34.48	35.51	
12:00	30.85	31.02	30.21	31.41	32.75	40.81	33.47	36.22	36.85	
13:00	31.90	32.49	31.32	32.81	33.96	42.05	34.78	37.58	38.01	
14:00	32.65	33.61	32.05	34.00	34.91	44.17	35.84	38.78	38.98	
15:00	32.84	34.08	32.45	34.65	35.31	44.69	36.54	39.31	39.48	
16:00	32.75	34.09	32.44	34.65	35.17	44.76	36.65	39.68	39.57	
17:00	32.37	33.68	32.11	34.25	34.64	44.49	36.42	39.42	39.28	
18:00	31.71	32.89	31.51	33.63	34.08	43.94	35.86	38.92	38.75	
19:00	30.80	31.76	30.71	32.87	33.37	43.22	35.11	38.27	38.07	
20:00	29.81	30.69	29.86	32.10	32.67	41.35	34.31	37.62	37.42	

υφιστάμενη κατάσταση										
PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	
5:00	20.25	20.67	19.96	22.84	23.12	27.79	24.16	26.75	26.47	
6:00	20.59	21.02	20.25	23.03	23.39	28.74	24.40	27.25	26.88	
7:00	21.55	21.86	21.13	23.78	24.49	30.17	25.11	28.14	27.82	
8:00	23.44	23.30	22.74	25.01	26.16	31.98	26.39	29.35	29.42	
9:00	25.68	25.22	25.07	26.62	27.95	34.91	28.23	31.13	31.28	
10:00	27.83	27.25	27.18	28.34	29.65	37.27	30.22	33.18	33.49	
11:00	29.42	29.22	28.77	29.84	31.21	39.54	31.93	34.74	35.16	
12:00	30.91	31.10	30.24	31.47	32.79	41.02	33.53	36.61	36.88	
13:00	31.97	32.56	31.39	32.88	34.08	42.38	35.02	38.12	38.08	
14:00	32.76	33.71	32.14	34.09	35.00	44.65	36.23	39.15	39.05	
15:00	32.94	34.17	32.54	34.74	35.39	45.02	36.80	39.92	39.52	
16:00	32.85	34.19	32.54	34.79	35.26	44.98	36.90	39.94	39.50	
17:00	32.46	33.78	32.20	34.33	34.73	44.67	36.58	39.60	39.14	
18:00	31.79	32.96	31.58	33.71	34.16	44.11	36.09	39.06	38.59	
19:00	30.84	31.82	30.77	32.98	33.45	42.26	35.26	38.39	37.91	
20:00	29.88	30.76	29.93	32.17	32.74	41.55	34.50	37.77	37.30	

φύτευση προσόψεων										
PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	
5:00	20.42	20.83	20.03	22.77	23.14	27.73	23.93	26.29	25.86	
6:00	20.78	21.20	20.33	22.98	23.46	28.69	24.16	26.76	26.36	
7:00	21.79	22.08	21.28	23.83	24.58	30.13	24.90	27.78	27.33	
8:00	23.65	23.50	22.89	25.04	26.17	32.31	26.17	29.10	28.84	
9:00	25.94	25.40	25.24	26.64	27.87	34.85	28.03	30.98	30.82	
10:00	28.07	27.36	27.50	28.35	29.61	37.22	30.10	33.04	33.17	
11:00	29.58	29.18	29.03	29.80	31.16	39.43	31.68	34.77	34.79	
12:00	30.98	31.01	30.48	31.39	32.72	40.88	33.35	36.39	36.44	
13:00	31.92	32.45	31.50	32.84	33.95	42.20	34.71	37.87	37.62	
14:00	32.57	33.47	32.18	34.04	34.87	44.42	35.87	38.87	38.52	
15:00	32.76	33.87	32.56	34.64	35.29	44.77	36.50	39.61	38.95	
16:00	32.70	34.02	32.58	34.67	35.19	44.74	36.63	39.63	38.95	
17:00	32.36	33.70	32.25	34.20	34.66	44.44	36.41	39.26	38.60	
18:00	31.76	32.94	31.67	33.62	34.10	43.89	35.89	38.74	38.05	
19:00	30.85	31.83	30.87	32.87	33.35	42.06	35.10	38.09	37.37	
20:00	29.86	30.74	29.92	31.99	32.60	41.33	34.34	37.42	36.72	

φύτευση ταρατσών										
PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	
5:00	20.27	20.60	19.93	22.86	23.06	27.49	23.97	26.47	26.16	
6:00	20.60	20.97	20.23	23.05	23.38	28.35	24.15	26.93	26.67	
7:00	21.53	21.81	21.10	23.78	24.50	29.66	24.86	27.79	27.62	
8:00	23.34	23.21	22.62	24.95	26.16	31.60	26.09	28.90	29.11	
9:00	25.56	25.06	24.88	26.50	27.91	33.85	27.81	30.61	31.09	
10:00	27.71	27.09	27.08	28.18	29.53	37.11	29.84	32.59	33.50	
11:00	29.26	29.04	28.69	29.60	31.07	38.53	31.45	34.27	35.16	
12:00	30.74	30.93	30.17	31.20	32.69	40.80	33.09	35.91	36.91	
13:00	31.81	32.41	31.26	32.68	33.97	42.13	34.56	37.37	38.13	
14:00	32.60	33.53	32.02	33.92	34.95	44.39	35.83	38.64	39.38	
15:00	32.78	33.99	32.39	34.52	35.34	44.80	36.45	39.37	39.80	
16:00	32.70	34.02	32.41	34.52	35.17	44.76	36.54	39.41	39.78	
17:00	32.30	33.61	32.09	34.13	34.67	44.46	36.29	39.06	39.45	
18:00	31.64	32.83	31.49	33.53	34.13	43.93	35.77	38.56	38.64	
19:00	30.73	31.71	30.70	32.85	33.44	43.26	35.05	37.93	38.01	
20:00	29.77	30.66	29.85	32.09	32.73	42.55	34.20	37.27	37.37	

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων

PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.42	20.81	20.03	22.75	23.14	27.55	23.97	26.11	26.10
6:00	20.78	21.20	20.33	22.97	23.46	28.51	24.21	26.56	26.51
7:00	21.79	22.08	21.28	23.83	24.58	30.02	24.96	27.60	27.67
8:00	23.65	23.49	22.88	25.04	26.17	32.22	26.28	28.93	29.26
9:00	25.93	25.39	25.24	26.62	27.87	34.76	28.11	30.81	31.33
10:00	28.06	27.35	27.48	28.34	29.60	37.14	30.18	32.85	33.80
11:00	29.56	29.15	29.02	29.78	31.14	39.29	31.69	34.48	35.33
12:00	30.96	30.96	30.45	31.29	32.67	40.66	33.23	35.98	36.64
13:00	31.84	32.38	31.45	32.76	33.90	41.85	34.50	37.31	37.75
14:00	32.50	33.37	32.10	33.94	34.79	43.93	35.57	38.45	38.66
15:00	32.66	33.79	32.47	34.53	35.19	44.42	36.24	39.20	39.14
16:00	32.62	33.92	32.49	34.57	35.09	44.51	36.46	39.33	39.25
17:00	32.27	33.61	32.17	34.11	34.57	44.25	36.19	39.08	38.96
18:00	31.67	32.86	31.58	33.55	34.02	43.70	35.67	38.59	38.17
19:00	30.80	31.77	30.79	32.79	33.32	42.99	34.96	37.94	37.48
20:00	29.78	30.67	29.87	31.97	32.54	41.11	34.15	37.28	36.80

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων

PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.27	20.60	19.93	22.85	23.05	27.47	23.96	26.17	26.28
6:00	20.60	20.97	20.23	23.05	23.37	28.18	24.19	26.61	26.81
7:00	21.53	21.81	21.10	23.78	24.50	29.78	24.92	27.49	27.83
8:00	23.34	23.21	22.62	24.95	26.16	31.51	26.14	28.73	29.39
9:00	25.56	25.06	24.88	26.49	27.91	33.77	27.95	30.45	31.47
10:00	27.70	27.05	27.08	28.14	29.53	36.42	29.90	32.27	33.71
11:00	29.23	28.98	28.65	29.56	31.03	38.40	31.43	33.85	35.53
12:00	30.69	30.87	30.12	31.15	32.63	40.60	33.01	35.52	36.88
13:00	31.73	32.33	31.20	32.57	33.91	41.83	34.33	37.07	38.36
14:00	32.50	33.44	31.93	33.79	34.87	43.97	35.51	38.26	39.33
15:00	32.70	33.90	32.31	34.42	35.26	44.48	36.11	38.77	39.82
16:00	32.60	33.95	32.32	34.44	35.08	44.56	36.36	39.14	39.91
17:00	32.23	33.54	32.01	34.01	34.59	44.30	36.07	38.89	39.65
18:00	31.59	32.76	31.41	33.47	34.07	43.77	35.62	38.41	39.15
19:00	30.67	31.65	30.63	32.75	33.38	43.10	34.82	37.79	38.18
20:00	29.70	30.60	29.79	31.98	32.68	42.37	34.02	37.12	37.52

εκτενής φύτευση

PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.40	20.74	20.00	22.72	23.03	27.26	23.79	25.96	25.79
6:00	20.75	21.10	20.29	22.94	23.35	28.13	24.02	26.39	26.40
7:00	21.75	21.99	21.24	23.78	24.52	29.75	24.76	27.39	27.43
8:00	23.53	23.38	22.76	24.93	26.11	31.48	25.97	28.63	28.94
9:00	25.77	25.20	24.99	26.51	27.81	34.15	27.77	30.32	30.96
10:00	27.93	27.21	27.30	28.18	29.47	36.99	29.81	32.45	33.59
11:00	29.37	28.97	28.80	29.59	30.96	38.34	31.39	34.03	35.38
12:00	30.77	30.80	30.24	31.10	32.55	40.49	32.93	35.52	36.68
13:00	31.69	32.23	31.24	32.53	33.77	41.68	34.27	37.05	37.79
14:00	32.33	33.23	31.89	33.76	34.70	43.75	35.33	38.19	38.69
15:00	32.52	33.64	32.25	34.34	35.09	44.24	35.99	38.67	39.18
16:00	32.47	33.79	32.31	34.38	34.95	44.34	36.21	38.83	39.28
17:00	32.15	33.46	32.00	33.95	34.51	44.10	36.04	38.85	39.04
18:00	31.54	32.74	31.48	33.42	33.94	43.58	35.54	38.39	38.54
19:00	30.69	31.65	30.72	32.70	33.26	42.91	34.87	37.77	37.61
20:00	29.70	30.57	29.80	31.88	32.48	42.17	33.98	37.10	36.91

φύτευση προσόψεων-ταρατσών

PET	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.40	20.74	20.00	22.72	23.03	27.44	23.80	26.24	25.59
6:00	20.75	21.11	20.29	22.94	23.35	28.30	23.98	26.69	26.05
7:00	21.75	21.99	21.24	23.78	24.52	29.63	24.72	27.57	27.11
8:00	23.53	23.38	22.77	24.94	26.11	31.57	25.88	28.79	28.43
9:00	25.78	25.21	25.01	26.51	27.81	33.79	27.64	30.49	30.48
10:00	27.94	27.22	27.32	28.19	29.48	37.08	29.74	32.64	32.95
11:00	29.40	29.01	28.81	29.62	30.98	39.26	31.33	34.31	34.76
12:00	30.82	30.85	30.27	31.15	32.59	40.69	32.97	35.92	36.44
13:00	31.76	32.31	31.29	32.65	33.82	41.97	34.48	37.37	37.59
14:00	32.42	33.31	31.96	33.85	34.78	44.17	35.62	38.61	38.77
15:00	32.63	33.73	32.34	34.44	35.17	44.57	36.23	39.07	39.19
16:00	32.56	33.87	32.38	34.48	35.03	44.56	36.45	39.38	38.93
17:00	32.23	33.55	32.07	34.04	34.58	44.27	36.17	39.04	38.62
18:00	31.62	32.80	31.52	33.49	34.02	43.75	35.67	38.54	38.11
19:00	30.76	31.72	30.77	32.77	33.33	43.08	35.00	37.93	37.48
20:00	29.75	30.62	29.86	31.91	32.55	42.37	34.16	37.25	36.81

vii. Τιμές του δείκτη DI σε ύψος 1.75 m από το έδαφος για την 20/07/2012

φύτευση ακαλύπτων									
DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.91	20.99	21.04	21.25	21.19	21.22	21.10	21.46	21.39
6:00	21.05	21.13	21.16	21.34	21.32	21.31	21.20	21.52	21.47
7:00	21.52	21.52	21.60	21.75	21.85	21.70	21.58	21.86	21.84
8:00	22.42	22.19	22.35	22.36	22.64	22.30	22.22	22.39	22.41
9:00	23.44	23.05	23.41	23.10	23.42	23.07	23.04	23.09	23.15
10:00	24.35	23.91	24.29	23.84	24.12	23.84	23.83	23.77	23.87
11:00	24.99	24.75	24.93	24.44	24.73	24.43	24.46	24.36	24.45
12:00	25.59	25.51	25.51	25.08	25.34	25.03	25.07	24.94	25.03
13:00	26.02	26.11	25.95	25.61	25.83	25.56	25.58	25.43	25.49
14:00	26.33	26.56	26.21	26.04	26.21	25.97	25.99	25.81	25.86
15:00	26.40	26.75	26.35	26.24	26.38	26.12	26.13	25.98	26.02
16:00	26.36	26.75	26.33	26.21	26.30	26.11	26.12	25.99	26.03
17:00	26.22	26.60	26.17	26.01	26.10	25.99	25.98	25.85	25.89
18:00	25.95	26.28	25.91	25.75	25.87	25.76	25.74	25.63	25.66
19:00	25.57	25.82	25.57	25.43	25.57	25.43	25.42	25.34	25.36
20:00	25.17	25.39	25.21	25.10	25.27	25.12	25.08	25.07	25.08

υφιστάμενη κατάσταση									
DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.91	20.99	21.04	21.25	21.20	21.30	21.16	21.52	21.48
6:00	21.05	21.13	21.17	21.35	21.32	21.39	21.26	21.59	21.55
7:00	21.52	21.52	21.59	21.75	21.85	21.73	21.61	21.89	21.88
8:00	22.43	22.19	22.36	22.36	22.64	22.30	22.24	22.40	22.43
9:00	23.44	23.05	23.41	23.10	23.42	23.05	23.05	23.08	23.14
10:00	24.35	23.92	24.29	23.84	24.12	23.82	23.83	23.76	23.85
11:00	25.00	24.76	24.94	24.46	24.73	24.43	24.46	24.35	24.46
12:00	25.61	25.54	25.52	25.10	25.36	25.05	25.07	24.96	25.08
13:00	26.04	26.14	25.97	25.63	25.85	25.60	25.59	25.47	25.58
14:00	26.36	26.60	26.24	26.07	26.24	26.06	26.03	25.88	25.97
15:00	26.44	26.79	26.38	26.27	26.41	26.19	26.20	26.07	26.14
16:00	26.40	26.79	26.36	26.25	26.34	26.16	26.18	26.06	26.11
17:00	26.25	26.63	26.21	26.04	26.14	26.03	26.04	25.91	25.95
18:00	25.98	26.31	25.94	25.78	25.90	25.79	25.80	25.68	25.71
19:00	25.59	25.85	25.59	25.46	25.60	25.49	25.49	25.39	25.42
20:00	25.20	25.41	25.23	25.13	25.30	25.19	25.17	25.13	25.16

φύτευση προσόψεων									
DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.84	20.93	20.90	21.12	21.14	21.27	21.12	21.46	21.39
6:00	20.98	21.08	21.03	21.21	21.26	21.36	21.22	21.52	21.47
7:00	21.48	21.48	21.52	21.66	21.82	21.72	21.59	21.86	21.84
8:00	22.39	22.14	22.32	22.28	22.58	22.29	22.21	22.38	22.39
9:00	23.41	22.99	23.38	23.01	23.36	23.03	23.02	23.05	23.10
10:00	24.32	23.84	24.31	23.72	24.07	23.80	23.78	23.73	23.83
11:00	24.92	24.62	24.91	24.31	24.68	24.39	24.38	24.30	24.43
12:00	25.51	25.40	25.47	24.92	25.30	24.99	24.97	24.89	25.02
13:00	25.90	26.01	25.86	25.48	25.77	25.53	25.48	25.40	25.51
14:00	26.17	26.43	26.11	25.93	26.13	25.98	25.89	25.80	25.88
15:00	26.25	26.60	26.22	26.14	26.29	26.10	26.06	25.97	26.03
16:00	26.23	26.66	26.21	26.12	26.24	26.07	26.06	25.97	26.01
17:00	26.09	26.53	26.05	25.89	26.03	25.94	25.92	25.80	25.85
18:00	25.84	26.21	25.78	25.61	25.79	25.71	25.70	25.57	25.61
19:00	25.45	25.75	25.41	25.27	25.49	25.41	25.39	25.29	25.32
20:00	25.04	25.28	25.01	24.90	25.18	25.10	25.07	25.00	25.04

φύτευση ταρατσών									
DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.92	20.98	21.01	21.22	21.17	21.29	21.13	21.48	21.42
6:00	21.05	21.12	21.14	21.32	21.29	21.38	21.23	21.54	21.49
7:00	21.51	21.52	21.57	21.71	21.84	21.72	21.58	21.85	21.84
8:00	22.38	22.17	22.30	22.31	22.62	22.27	22.19	22.33	22.36
9:00	23.38	23.00	23.31	23.04	23.41	22.99	22.98	23.00	23.06
10:00	24.30	23.87	24.25	23.75	24.08	23.74	23.76	23.67	23.76
11:00	24.95	24.70	24.90	24.35	24.68	24.34	24.39	24.25	24.37
12:00	25.56	25.48	25.50	24.98	25.31	24.95	25.00	24.86	24.99
13:00	25.99	26.09	25.92	25.54	25.81	25.49	25.52	25.37	25.49
14:00	26.30	26.54	26.20	25.99	26.20	25.95	25.95	25.79	25.88
15:00	26.38	26.72	26.33	26.19	26.34	26.10	26.12	25.97	26.03
16:00	26.35	26.74	26.31	26.15	26.26	26.07	26.10	25.96	26.00
17:00	26.19	26.57	26.16	25.95	26.07	25.94	25.96	25.81	25.85
18:00	25.92	26.26	25.89	25.70	25.84	25.71	25.73	25.59	25.63
19:00	25.55	25.80	25.55	25.38	25.55	25.42	25.43	25.32	25.35
20:00	25.15	25.37	25.19	25.06	25.25	25.13	25.10	25.04	25.08

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων

DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.84	20.93	20.90	21.11	21.14	21.19	21.05	21.40	21.32
6:00	20.98	21.08	21.03	21.21	21.26	21.28	21.16	21.47	21.40
7:00	21.48	21.48	21.52	21.67	21.82	21.68	21.55	21.83	21.80
8:00	22.39	22.14	22.31	22.28	22.58	22.28	22.19	22.37	22.38
9:00	23.41	22.98	23.38	23.00	23.36	23.04	23.00	23.05	23.12
10:00	24.31	23.84	24.31	23.72	24.07	23.82	23.79	23.74	23.84
11:00	24.91	24.61	24.91	24.30	24.67	24.39	24.39	24.30	24.41
12:00	25.49	25.38	25.47	24.90	25.28	24.98	24.97	24.88	24.97
13:00	25.87	25.98	25.84	25.45	25.75	25.49	25.46	25.35	25.42
14:00	26.14	26.39	26.08	25.90	26.11	25.89	25.85	25.72	25.77
15:00	26.21	26.56	26.19	26.10	26.25	26.02	25.99	25.87	25.91
16:00	26.20	26.62	26.18	26.09	26.20	26.02	25.99	25.89	25.93
17:00	26.06	26.49	26.02	25.85	26.00	25.90	25.86	25.74	25.79
18:00	25.80	26.18	25.75	25.58	25.76	25.67	25.64	25.52	25.55
19:00	25.42	25.71	25.38	25.24	25.46	25.35	25.33	25.23	25.24
20:00	25.01	25.26	24.98	24.87	25.15	25.03	24.98	24.94	24.95

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων

DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.92	20.98	21.00	21.21	21.16	21.22	21.06	21.42	21.34
6:00	21.05	21.12	21.14	21.32	21.29	21.30	21.16	21.48	21.41
7:00	21.51	21.52	21.57	21.71	21.84	21.68	21.55	21.82	21.79
8:00	22.38	22.17	22.30	22.31	22.62	22.26	22.16	22.32	22.35
9:00	23.38	23.00	23.32	23.03	23.41	23.00	22.97	23.01	23.07
10:00	24.30	23.86	24.25	23.75	24.08	23.75	23.76	23.68	23.78
11:00	24.93	24.68	24.89	24.34	24.67	24.34	24.39	24.25	24.35
12:00	25.53	25.46	25.48	24.97	25.29	24.94	24.99	24.84	24.93
13:00	25.96	26.06	25.89	25.52	25.79	25.46	25.51	25.33	25.38
14:00	26.27	26.50	26.17	25.97	26.17	25.87	25.92	25.72	25.76
15:00	26.35	26.68	26.30	26.16	26.31	26.03	26.05	25.88	25.92
16:00	26.31	26.70	26.28	26.12	26.23	26.02	26.03	25.89	25.92
17:00	26.16	26.54	26.13	25.92	26.04	25.91	25.90	25.76	25.80
18:00	25.90	26.23	25.86	25.67	25.81	25.68	25.67	25.54	25.57
19:00	25.52	25.78	25.52	25.36	25.52	25.38	25.35	25.26	25.28
20:00	25.13	25.35	25.16	25.04	25.23	25.07	25.02	24.98	25.00

εκτενής φύτευση

DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.84	20.93	20.89	21.08	21.10	21.18	21.03	21.37	21.26
6:00	20.98	21.07	21.02	21.17	21.23	21.28	21.13	21.43	21.33
7:00	21.46	21.48	21.50	21.63	21.81	21.67	21.52	21.79	21.75
8:00	22.34	22.12	22.26	22.22	22.58	22.25	22.14	22.30	22.31
9:00	23.36	22.94	23.29	22.95	23.36	22.99	22.94	22.98	23.04
10:00	24.27	23.80	24.24	23.64	24.04	23.74	23.72	23.65	23.76
11:00	24.86	24.57	24.83	24.21	24.63	24.32	24.32	24.21	24.31
12:00	25.44	25.34	25.39	24.81	25.24	24.90	24.90	24.78	24.87
13:00	25.82	25.94	25.76	25.37	25.71	25.41	25.39	25.26	25.30
14:00	26.09	26.35	26.00	25.82	26.06	25.80	25.78	25.62	25.65
15:00	26.17	26.52	26.11	26.02	26.20	25.93	25.91	25.77	25.81
16:00	26.15	26.58	26.10	26.00	26.14	25.94	25.92	25.80	25.83
17:00	26.02	26.45	25.95	25.78	25.94	25.83	25.79	25.66	25.70
18:00	25.77	26.15	25.70	25.51	25.72	25.61	25.58	25.45	25.48
19:00	25.39	25.69	25.35	25.19	25.42	25.30	25.28	25.16	25.18
20:00	24.99	25.23	24.96	24.82	25.11	24.99	24.93	24.87	24.89

φύτευση προσόψεων-ταρατσών

DI	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
5:00	20.84	20.93	20.89	21.08	21.10	21.26	21.09	21.43	21.33
6:00	20.98	21.07	21.02	21.17	21.23	21.35	21.19	21.49	21.41
7:00	21.46	21.48	21.50	21.63	21.81	21.70	21.56	21.82	21.78
8:00	22.34	22.12	22.26	22.23	22.58	22.26	22.16	22.31	22.32
9:00	23.37	22.95	23.29	22.94	23.36	22.97	22.95	22.98	23.03
10:00	24.27	23.80	24.25	23.65	24.04	23.73	23.72	23.64	23.73
11:00	24.87	24.58	24.83	24.22	24.63	24.31	24.31	24.21	24.32
12:00	25.46	25.36	25.40	24.83	25.25	24.91	24.90	24.80	24.92
13:00	25.85	25.97	25.78	25.39	25.73	25.43	25.41	25.30	25.40
14:00	26.12	26.36	26.02	25.84	26.09	25.87	25.82	25.70	25.77
15:00	26.21	26.56	26.14	26.05	26.23	26.01	25.98	25.87	25.92
16:00	26.19	26.62	26.14	26.04	26.17	25.99	25.98	25.87	25.91
17:00	26.05	26.49	25.98	25.82	25.97	25.87	25.85	25.72	25.76
18:00	25.80	26.18	25.72	25.54	25.75	25.64	25.64	25.50	25.54
19:00	25.42	25.71	25.37	25.21	25.45	25.35	25.34	25.22	25.25
20:00	25.02	25.26	24.98	24.85	25.14	25.06	25.02	24.93	24.97

viii. Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας σε ύψος 1.75 m από το έδαφος για την 20/07/2012.

φύτωση ακαλύπτων										
Tmrt (K)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r8
5:00	288.32	288.36	288.51	288.01	287.86	287.15	286.58	287	287.02	287.02
6:00	289.54	289.69	289.83	289.39	297.89	288.43	287.68	288.16	288.1	288.1
7:00	294.79	295.3	295.4	295.34	335.52	295.67	294.18	294.83	294.44	294.44
8:00	346.07	298.5	298.61	298.59	346.74	299.56	297.44	298.49	298.15	298.15
9:00	350.27	301.01	350.05	301.02	302.01	302.09	299.72	301.09	300.95	300.95
10:00	350.75	303.07	350.52	302.94	350.25	303.9	337.63	303.11	337.04	337.04
11:00	349.11	347.5	348.76	304.54	349.31	305.27	335.1	304.75	335.41	335.41
12:00	347.27	346.56	346.77	305.89	347.78	306.43	304.87	326.93	333.09	333.09
13:00	348.22	347.78	330.66	346.29	348.94	330.96	333.01	332.63	334.44	334.44
14:00	352.09	351.81	309.87	351.3	352.91	335.52	338.25	337.6	339.47	339.47
15:00	311.83	340.22	309.35	355.25	356.39	307.61	307	335.55	314.18	314.18
16:00	309.77	355.96	308.51	342.56	311.65	307.95	309.9	355.72	310.58	310.58
17:00	307.94	353.97	307.09	308.48	309.08	306.54	308.04	308.74	308.45	308.45
18:00	305.4	345.04	304.72	305.52	306.23	304.16	305.41	305.74	305.75	305.75
19:00	300.84	314.9	300.02	300.35	301.34	298.8	300.11	300.38	300.73	300.73
20:00	298.54	298.63	297.67	297.67	298.81	295.91	297.3	297.56	298.1	298.1

υφιστάμενη κατάσταση										
Tmrt (K)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r8
5:00	288.32	288.36	288.51	288.01	287.86	287.46	287.72	287.5	287.51	287.51
6:00	289.54	289.69	289.83	289.39	297.9	288.83	289.12	288.77	288.71	288.71
7:00	294.79	295.3	295.4	295.34	335.52	295.42	295.43	294.92	294.55	294.55
8:00	346.07	298.5	298.62	298.59	346.74	298.72	298.72	298.19	297.81	297.81
9:00	350.27	301.01	350.05	301.02	302.01	300.99	301.07	300.55	300.24	300.24
10:00	350.75	303.07	350.52	302.95	350.25	302.7	349.98	302.36	347.13	347.13
11:00	349.11	347.5	348.76	304.54	349.33	304.05	349.23	303.85	348.35	348.35
12:00	347.27	346.56	346.77	305.89	347.78	305.14	307.89	341.62	346.39	346.39
13:00	348.22	347.78	330.66	346.29	348.94	345.31	347.89	346.47	347.3	347.3
14:00	352.09	351.81	309.87	351.3	352.91	350.29	352.34	350.65	351.19	351.19
15:00	311.83	340.22	309.35	355.25	356.39	309	312.1	354.33	354.72	354.72
16:00	309.77	355.96	308.51	342.56	311.65	307.95	309.9	355.72	310.58	310.58
17:00	307.94	353.97	307.09	308.48	309.08	306.54	308.04	308.74	308.45	308.45
18:00	305.4	345.04	304.72	305.52	306.23	304.16	305.41	305.74	305.75	305.75
19:00	300.84	314.9	300.02	300.35	301.34	298.8	300.11	300.38	300.73	300.73
20:00	298.54	298.63	297.67	297.67	298.81	295.91	297.3	297.56	298.1	298.1

φύτωση προσόψεων										
Tmrt (K)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r8
5:00	288.23	288.34	288.39	287.98	287.84	287.46	287.74	287.51	287.53	287.53
6:00	289.44	289.66	289.7	289.34	297.87	288.83	289.15	288.79	288.73	288.73
7:00	294.7	295.27	295.29	295.28	335.5	295.41	295.46	294.93	294.56	294.56
8:00	346.03	298.45	298.5	298.51	308.63	298.71	298.74	298.19	297.81	297.81
9:00	350.27	300.93	349.81	300.91	301.23	300.97	301.08	300.53	300.23	300.23
10:00	350.79	302.96	350.5	302.81	344.23	302.67	349.96	302.33	347.11	347.11
11:00	349.17	346.76	348.81	304.36	348.9	304	349.17	303.8	348.82	348.82
12:00	347.33	346.26	346.87	305.66	347.48	305.07	307.78	341.57	346.34	346.34
13:00	348.26	347.54	312.24	344.98	348.68	345.23	347.78	346.35	347.19	347.19
14:00	352.08	351.57	309.44	350.87	352.68	350.18	352.21	350.51	351.05	351.05
15:00	311.74	314.3	308.99	354.96	356.19	308.85	311.9	354.18	354.57	354.57
16:00	309.62	320.84	308.19	313.72	311.31	307.81	309.72	355.58	310.42	310.42
17:00	307.77	353.15	306.79	307.8	308.79	306.41	307.87	308.56	308.28	308.28
18:00	305.23	344.54	304.44	305.01	305.96	304.03	305.25	305.56	305.59	305.59
19:00	300.67	314.43	299.74	299.9	301.08	298.67	299.96	300.21	300.57	300.57
20:00	298.35	298.18	297.36	297.24	298.56	295.8	297.16	297.39	297.94	297.94

φύτωση ταρασσών										
Tmrt (K)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r8
5:00	288.33	288.38	288.5	288	287.88	287.46	287.75	287.5	287.52	287.52
6:00	289.55	289.71	289.82	289.38	297.91	288.83	289.16	288.78	288.72	288.72
7:00	294.8	295.32	295.39	295.32	335.52	295.42	295.47	294.93	294.55	294.55
8:00	331.98	298.49	298.58	298.55	346.73	298.71	298.74	298.19	297.8	297.8
9:00	350.03	300.98	349.61	300.96	301.97	300.97	301.08	300.53	300.22	300.22
10:00	350.58	303.03	350.38	302.87	348.04	302.67	349.41	302.34	347.11	347.11
11:00	348.96	347.43	348.65	304.45	349.12	304.02	348.99	303.82	348.16	348.16
12:00	347.12	346.46	346.68	305.79	347.63	305.11	307.65	341.6	346.28	346.28
13:00	348.08	347.67	314.15	345.86	348.82	344.61	347.72	347.13	347.19	347.19
14:00	351.95	351.71	309.63	351.11	352.82	350.11	352.19	350.66	351.09	351.09
15:00	311.62	313.56	309.17	355.1	352.49	308.8	311.91	354.27	354.61	354.61
16:00	309.6	355.73	308.35	334.07	311.15	307.78	309.72	355.64	310.17	310.17
17:00	307.78	353.8	306.94	308.06	308.77	306.38	307.86	308.68	308.23	308.23
18:00	305.25	344.9	304.59	305.22	306	304.01	305.25	305.66	305.58	305.58
19:00	300.71	314.76	299.9	300.1	301.15	298.66	299.96	300.3	300.58	300.58
20:00	298.43	298.5	297.56	297.46	298.65	295.78	297.17	297.48	297.96	297.96

φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων												
Tmrt (κ)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	288.23	288.34	288.39	287.98	287.84	287.15	286.54	286.96	286.99			
6:00	289.44	289.66	289.7	289.34	297.87	288.43	287.63	288.12	288.07			
7:00	294.7	295.27	295.29	295.28	335.5	295.66	294.11	294.78	294.41			
8:00	346.03	298.45	298.5	298.51	308.62	299.55	297.34	298.43	298.1			
9:00	350.26	300.93	349.81	300.91	301.22	301.97	299.59	301	300.87			
10:00	350.78	302.95	350.5	302.8	344.22	303.77	337.57	303.07	336.99			
11:00	349.15	346.74	348.79	304.34	348.88	305.09	335.04	304.67	335.34			
12:00	347.3	346.23	346.84	305.63	347.45	306.21	304.74	326.83	332.99			
13:00	348.21	347.5	312.18	344.95	348.64	330.87	332.91	332.52	334.31			
14:00	352.02	351.52	309.37	352.62	352.62	335.42	338.14	337.47	339.31			
15:00	311.65	314.22	308.91	354.91	356.13	307.41	306.83	335.39	313.87			
16:00	309.54	320.77	308.11	313.65	311.23	306.83	305.95	324.73	307.23			
17:00	307.7	353.1	306.72	307.74	308.72	305.58	304.54	305.52	305.78			
18:00	305.16	344.5	304.38	304.95	305.9	303.3	302.06	303.39	303.6			
19:00	300.6	314.37	299.68	299.84	301.02	298.2	296.56	298.34	298.72			
20:00	298.29	298.12	297.3	297.19	298.5	294.89	293.45	295.27	295.75			

φύτευση ταρατσών-ακαλύπτων												
Tmrt (κ)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	288.33	288.38	288.5	288	287.88	287.14	286.52	286.98	287			
6:00	289.55	289.71	289.82	289.38	297.91	288.43	287.61	288.14	288.09			
7:00	294.79	295.32	295.39	295.32	335.52	295.66	294.08	294.78	294.43			
8:00	331.98	298.49	298.57	298.55	346.73	299.55	297.28	298.4	298.12			
9:00	350.03	300.97	349.61	300.95	301.97	302	299.51	300.94	300.9			
10:00	350.58	303.02	350.37	302.86	348.03	303.79	337.37	302.94	337.01			
11:00	348.94	347.42	348.63	304.43	349.1	305.15	334.86	304.52	335.34			
12:00	347.09	346.42	346.65	305.76	347.6	306.3	304.51	326.73	333.03			
13:00	348.03	347.63	314.09	345.82	348.77	330.89	332.81	332.5	332.25			
14:00	351.89	351.65	309.56	351.06	352.77	335.37	338.07	337.51	337.13			
15:00	311.54	313.49	309.09	355.05	352.44	307.52	306.76	335.44	314.01			
16:00	309.53	355.68	308.27	334.01	311.07	307.05	305.83	324.78	307.09			
17:00	307.71	353.75	306.87	308	308.71	305.79	304.39	305.79	306			
18:00	305.19	344.86	304.53	305.16	305.94	303.35	301.9	303.43	303.74			
19:00	300.65	314.7	299.84	300.05	301.09	298.24	296.39	298.37	298.88			
20:00	298.37	298.44	297.5	297.41	298.59	294.93	293.28	295.31	295.82			

εκτενής φύτευση												
Tmrt (κ)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	288.25	288.36	288.39	287.96	287.86	287.14	286.48	286.95	286.97			
6:00	289.46	289.68	289.7	289.32	297.89	288.43	287.57	288.11	288.06			
7:00	294.71	295.28	295.28	295.25	335.5	295.66	294.02	294.75	294.39			
8:00	331.91	298.44	298.47	298.47	308.61	299.54	297.2	298.36	298.05			
9:00	350.01	300.9	349.53	300.85	301.2	301.96	299.41	300.89	300.8			
10:00	350.62	302.92	350.38	302.74	342.8	303.76	337.34	302.93	336.95			
11:00	349.01	346.71	348.69	304.27	348.76	305.1	334.84	304.5	335.28			
12:00	347.17	346.17	346.74	305.56	347.35	306.21	304.51	326.69	332.94			
13:00	348.09	347.43	310.39	344.89	348.56	330.81	332.76	332.43	332.09			
14:00	351.91	351.45	309.24	350.77	352.56	335.28	337.99	337.39	336.94			
15:00	311.47	310.57	308.79	354.85	352.24	307.34	306.69	335.3	313.79			
16:00	309.41	320.68	308	312.61	310.82	306.86	305.81	324.63	306.96			
17:00	307.57	353.03	306.61	307.62	308.48	305.58	304.41	305.39	305.71			
18:00	305.05	344.43	304.28	304.85	305.72	303.24	301.94	303.26	303.49			
19:00	300.5	314.3	299.59	299.76	300.87	298.1	296.44	298.22	298.66			
20:00	298.2	298.05	297.22	297.11	298.38	294.81	293.33	295.17	295.66			

φύτευση προσόψεων-ταρατσών												
Tmrt (κ)	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
5:00	288.25	288.36	288.39	287.96	287.86	287.46	287.77	287.51	287.54			
6:00	289.46	289.68	289.7	289.32	297.89	288.83	289.18	288.79	288.74			
7:00	294.71	295.28	295.28	295.25	335.5	295.41	295.49	294.93	294.57			
8:00	331.91	298.44	298.47	298.47	308.61	298.7	298.76	298.18	297.81			
9:00	350.02	300.9	349.53	300.86	301.21	300.96	301.08	300.52	300.22			
10:00	350.63	302.93	350.39	302.75	342.81	302.65	349.4	302.32	347.1			
11:00	349.03	346.72	348.7	304.29	348.78	303.99	348.95	303.78	348.41			
12:00	347.2	346.2	346.76	305.59	347.38	305.06	307.57	341.55	346.22			
13:00	348.13	347.47	310.44	344.92	348.6	344.55	347.64	346.65	347.08			
14:00	351.96	351.5	309.31	350.82	352.6	350.01	352.09	350.46	350.94			
15:00	311.55	310.65	308.87	354.9	352.3	308.67	311.76	354.11	354.46			
16:00	309.49	320.74	308.07	312.68	310.89	307.65	309.58	355.5	310.2			
17:00	307.64	353.07	306.67	307.69	308.54	306.27	307.73	308.46	308.12			
18:00	305.11	344.47	304.34	304.91	305.77	303.9	305.13	305.47	305.45			
19:00	300.57	314.36	299.65	299.81	300.93	298.55	299.85	300.13	300.45			
20:00	298.26	298.11	297.28	297.16	298.43	295.69	297.06	297.31	297.83			

- ix. Τιμές του συντελεστή θέασης του ουρανού, SVF, του κάθε υποδοχέα σε ύψος 1.75 m από το έδαφος ανά κατάσταση (το τοπίο περιλαμβάνει κτίρια και βλάστηση).

SVF	r0	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
Υφιστάμενη κατάσταση	0.646	0.532	0.583	0.501	0.596	0.331	0.393	0.435	0.533
Φύτευση ακαλύπτων	0.646	0.532	0.583	0.501	0.596	0.330	0.389	0.419	0.497
Φύτευση ταρασών	0.623	0.515	0.562	0.481	0.568	0.317	0.380	0.425	0.517
Φύτευση προσόψεων	0.623	0.442	0.535	0.419	0.558	0.331	0.391	0.435	0.533
Φύτευση ταρασών-ακαλύπτων	0.623	0.515	0.562	0.481	0.568	0.317	0.376	0.411	0.485
Φύτευση προσόψεων-ακαλύπτων	0.623	0.442	0.535	0.419	0.558	0.330	0.387	0.419	0.497
Φύτευση προσόψεων-ταρασών	0.609	0.441	0.520	0.416	0.542	0.317	0.378	0.425	0.517
Εκτενής φύτευση	0.609	0.441	0.520	0.416	0.542	0.317	0.374	0.411	0.485

