ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ:
ΜΑΡΙΝΑ Ε. ΜΙΧΑΗΛΙΔΟΥ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΧΑΝΙΑ, 2011

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Αναπ.Καθηγητης Θ.ΤΣΟΥΤΣΟΣ *(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)*
Αναπ.Καθηγητης Μ.ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ
Αναπ.Καθηγητης Ν.ΠΑΠΑΜΑΝΩΛΗΣ

Μελέτη ανάπλασης αστικού πάρκου στην Κρήτη με τη χρήση μετρήσεων και προσομοίωσης κατά τη θερινή περίοδο

“Science can only ascertain what is, but not what should be, and outside of its domain, value judgments of all kind remain necessary”

Albert Einstein

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή

Για πολλά χρόνια στην Ελλάδα η οικοδόμηση προχωρούσε σχεδόν ανεξάρτητα από τις τοπικές συνθήκες κλίματος, από τις ανάγκες του χρήστη και τις δυνατότητες της τοποθεσίας. Μία τυπική πλατεία ή ένα πάρκο κατασκευάζεται συνήθως με τα ίδια υλικά και αντίστοιχη αισθητική είτε πρόκειται για την ψυχρή πόλη της Φλώρινας, είτε για το θερμό κλίμα της Κρήτης. Στις μέρες μας βέβαια υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση της σημασίας των αστικών πάρκων στη βελτίωση του μικροκλίματος και κατά συνεπεία και της ποιότητας ζωής. Γνωρίζουμε πως ο διαμορφωμένος υπαίθριος χώρος πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του τοπικού κλίματος και να απαντάει σε αυτές βελτιώνοντας την εμπειρία του επισκέπτη και του περιβάλλοντος χώρου.

Πλέον η ανάπτυξη των τεχνολογικών μέσων όπως οργάνων μέτρησης και προγραμμάτων προσομοίωσης και σχεδιασμού παρέχει μεγάλες δυνατότητες μελέτης και κατασκευής χώρων που ανταποκρίνονται στις παραπάνω προδιαγραφές και παρέχουν θερμικής άνεση. Ενώ γίνεται μεγάλη συζήτηση γύρω από τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και θεσμοθετούνται διαδικασίες ενσωμάτωσης των αρχών αυτών στα κτήρια, ακόμα δεν έχει ληφθεί αντίστοιχη μέριμνα για τους υπαίθρους χώρους.

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη ανάπλασης ενός αστικού πάρκου στην Κρήτη συνεκτιμώντας τις ιδιαίτερες μικροκλιματικές συνθήκες και ανάγκες που υποβάλλουν αυτές στον χρήστη. Αυτό γίνεται με χρήση κατάλληλων εργαλείων μέτρησης του μικροκλίματος, διαμόρφωσης προτάσεων με βάση τις ανάγκες θερμικής άνεσης και με τη χρήση με λογισμικού προσομοίωσης και εκτίμησης των αποτελεσμάτων.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην συλλογή και μελέτη δεδομένων που προκύπτουν από:

(α) την ανάλυση των γεωμετρικών, πολεοδομικών και κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του πάρκου

(β) την οργάνωση συστήματος καταγραφής της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας, της ακτινοβολίας και της ταχύτητας του ανέμου ως αντιπροσωπευτικούς παράγοντες του υφισταμένου μικροκλίματος

(γ) την χρήση λογισμικού προσομοίωσης της θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη επικύρωση της πιστότητας του προγράμματος

Τα παραπάνω δεδομένα χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση δύο σεναρίων ανάπλασης του πάρκου και στη συνέχεια προσομοιώνονται τα αποτελέσματα για την εκτίμηση της βελτίωσης της θερμικής άνεσης.

Αδιαμφισβήτητα στο μέλλον η δόμηση θα γίνεται με γνώμονα το μικροκλίμα και τις ιδιαίτερες ανάγκες του τόπου, αλλά ο τρόπος και οι κατάλληλοι μέθοδοι που θα εφαρμοστούν αυτά είναι ακόμα υπό διερεύνηση. Αυτή η μελέτη φιλοδοξεί να διατυπώσει έναν ολοκληρωμένο τρόπο αντιμετώπισης μιας ανάπλασης αστικού πάρκου με εφικτά και άμεσα εφαρμόσιμα εργαλεία.

2. Διεθνής εμπειρία

Η διερεύνηση πηγών από τη διεθνή εμπειρία σχετικά με την ανάλυση και μελέτη αστικών κοινόχρηστων χώρων προσφέρει στοιχεία και τρόπους μελέτης και εφαρμογής που σχετίζονται με:

- τον παράγοντα της θερμικής άνεσης
- τα μετρούμενα χαρακτηριστικά του μικροκλίματος
- τα λογισμικά προσομοίωσης του μικροκλίματος και την επικύρωσή τους
- τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες των μοντέλων προσομοίωσης
- τη δυνατότητα διαμόρφωσης προτάσεων ανάπλασης ανοικτών χώρων με βασική παράμετρο το μικροκλίμα.

Αναφέρονται παρακάτω οι βασικές μελέτες και προγράμματα που αποτελούν τη βάση της παρούσας εργασίας.

Η μελέτη που αποτελεί εφαλτήριο της παρούσας είναι η διατριβή της κας Τσίτουρα στο Πολυτεχνείο Κρήτης, η οποία επικεντρώνεται στη διερεύνηση παραμέτρων θερμικής άνεσης στο περιβάλλον του μεσογειακού νησιού με χαρακτηριστικά όπως η τουριστικοποίηση, η αυξημένη υγρασία, η εποχική χρήση με έντονες διακυμάνσεις, μικρό μέγεθος αστικού ιστού κλπ.

Η μελέτη των αστικών υπαίθριων χώρων ως προς τις συνθήκες άνεσης είναι ένα θέμα που έχει ήδη μελετηθεί σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, για τον ορθό σχεδιασμό και διαμόρφωση συγκεκριμένων χώρων στις ευρωπαϊκές πρωτεύουσες. Στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου RUROS 2001-2004 (Rediscovering the Urban Realms and Open Spaces) μελετήθηκε η σχέση των περιβαλλοντικών συνθηκών σε εξωτερικούς χώρους, με στόχο την ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών και υπολογιστικών εργαλείων για το σχεδιασμό νέων και την ανάδειξη υφισταμένων ελεύθερων χώρων (http://alpha.cres.gr/ruros, 2010).

Ο κύριος στόχος του έργου BUGS (Benefits of urban green space) της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήταν να μελετήσει το κατά πόσο οι αστικοί χώροι πρασίνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της ποιότητας της αστικής ζωής. (Lahme και Bruse, 2004) Η ανάλυση του μικροκλίματος ήταν ο βασικός ερευνητικός στόχος του έργου. Ένα από τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν και βελτιώθηκαν με τη βοήθεια του ήταν το λογισμικό ENVI-met. Έτσι επιχειρήθηκε η σύγκριση της προσομοίωσης με δεδομένα μετρήσεων πεδίου για την περιοχή του Stadtgarten, στην πόλη του

Essen, Γερμανία. Διαπιστώθηκε ότι το μοντέλο ENVI-met αναπαράγει με επαρκή ακρίβεια την πραγματική κατάσταση. Ωστόσο, ορισμένα ατμοσφαιρικά φαινόμενα όπως καταβατικές κινήσεις των αέριων μαζών δεν είναι δυνατόν να προσομοιωθούν. Τα συμπεράσματα της επικύρωσης της πιστότητας του λογισμικού αφορούν κυρίως τις νυχτερινές ώρες και περιοχές με ψυχρό κλίμα όπως στη βόρεια Ευρώπη.

Στην Ολλανδία διεξήχθη μία ενδιαφέρουσα μελέτη που συνδέει τον σχεδιασμό των δημόσιων ανοικτών χώρων με την χωρική και οπτική αντίληψη των χρηστών, καθώς και με την αντίληψη που διαμορφώνουν αυτοί για το μικροκλίμα. Η μελέτη αναφέρεται σε τρεις αστικές πλατείες της χώρας όπου ζητήθηκε από τους χρήστες να προσδιορίσουν τις ζώνες που αντιλαμβάνονται ως θερμικά άνετες και μη άνετες. (Lenzholzer και Koh, 2010) Παράλληλα με τις συνεντεύξεις έγιναν και κλιματικές μετρήσεις πεδίου. Αποδείχτηκε ότι οι παράμετροι του μικροκλίματος δεν έχουν ισότιμη σημασία στην αντίληψη των χρηστών. Η ταχύτητα του ανέμου και η παράμετρος ηλιασμού ήταν σαφώς οι πιο σημαντικές παράμετροι στην αισθητή θερμική άνεση παρόλο που οι μετρήσεις έδειξαν ηπιότερες τιμές από τις αισθητές. Η παραπάνω μελέτη αποτελεί βάση της παρούσας ως προς την εκτίμηση των μετρούμενων χαρακτηριστικών του μικροκλίματος και την ένταξη της θερμικής άνεσης στο σχεδιασμό του δημόσιου χώρου.

Στη Γερμανία το ερευνητικό έργο KLIMES με αναλυτικό τίτλο «Ανάπτυξη στρατηγικών για το μετριασμό της θερμικής καταπόνησης των αστικών περιοχών λόγω της κλιματικής αλλαγής στην Κεντρική Ευρώπη» είχε ως στόχο να μετρηθούν οι επιδράσεις του μικροκλίματος στη θερμική άνεση κατά τη θερινή περίοδο και να αναπτύξει προτάσεις για τον στον πολεοδομικό σχεδιασμό (Huttner et al., 2009). Διάφορες μέθοδοι εφαρμόστηκαν για την επίτευξη των στόχων αυτών όπως μετρήσεις, συνεντεύξεις και η χρήση του λογισμικού προσομοίωσης ENVI-met. Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις και προσομοιώσεις του μικροκλίματος χρησιμοποιήθηκαν για να επανασχεδιαστούν οι υπό μελέτη ελεύθεροι χώροι με σκοπό τη μεγιστοποίηση της θερμικής άνεση. Ένα από τα πιο σημαντικά αποτελέσματα ήταν η σημαντική βελτίωση των θερινών συνθηκών με την πρόταση «πρασινίσματος» των υπαίθριων χώρων. (Huttner et al., 2009)

Η μελέτη των Mehrez Samaali et al. (2007) εντοπίζει τα κύρια πλεονεκτήματα του υποδείγματος προσομοίωσης ENVI-met συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του με αυτά υποδειγμάτων που έχουν επικυρωθεί ως προς την ορθότητα της αναπαράστασης της ακτινοβολίας. Έτσι συμπεραίνει πως το λογισμικό έχει τα παρακάτω σημαντικά πλεονεκτήματα:
(1) απλότητα και χαμηλή απαίτηση σε υπολογιστικό χρόνο, (2) καλή αναπαράσταση των ανταλλαγών ενέργειας μεταξύ των επιφανειών, (3) δυνατότητα χρήσης μικρού κανάβου και εισαγωγή λεπτομέρειας, (4) μικρού αριθμού αρχικών δεδομένων εισόδου για τα συστήματα εδάφους, βλάστησης και ατμόσφαιρας. Ωστόσο, τονίζει πως το μοντέλο και δεν έχει ακόμη επικυρωθεί επαρκώς συγκρινόμενο με μετρήσεις. (Mehrez Samaali et al., 2007)

Οι δύο παραπάνω έρευνες είναι οι μόνες που δημοσιεύτηκαν σχετικά με την επικύρωση του προγράμματος χωρίς να αναφέρονται σε περιπτώσεις θερμών κλιμάτων μεσογειακού τύπου.

Η καινοτομία αυτής της ερευνητικής εργασίας εντοπίζεται στο γεγονός ότι συνδυάζει τα παραπάνω στοιχεία και γνώσεις για την ολοκληρωμένη μελέτη ανάπλασης ενός συγκεκριμένου υπαίθριου αστικού χώρου με έμφαση στη θερινή περίοδο και στο μεσογειακό κλίμα της Κρήτης. Χρησιμοποιεί τις διαδικασίες αποτύπωσης και μικροκλιματικών μετρήσεων πεδίου, εντοπίζει προβλήματα και ανάγκες μέσω λογισμικού προσομοίωσης, διατυπώνει σενάρια ανάπλασης και εκτιμά τη βελτίωση στο μικροκλίμα μέσω προσομοίωσης. Επίσης το λογισμικό προσομοίωσης επικυρώνεται ως προς την πιστότητά του με την διεξαγωγή συστήματος μετρήσεων πεδίου για μία περίοδο τεσσάρων μηνών. Τέλος δίνεται ιδιαίτερο βάρος στην εφαρμοσιμότητα των προτάσεων ανάπλασης και στη δυνατότητα αποτίμησης της επίδρασης του στη θερμική άνεση.

3. Μεθοδολογία

Η μελέτη ανάπλασης των ελεύθερων αστικών χώρων γίνεται σύμφωνα με διαδικασίες που ορίζει η νομοθεσία και οι Κανονισμοί και των δημοσίων έργων, χωρίς όμως να λαμβάνεται ειδική μέριμνα για τον παράγοντα του μικροκλίματος. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των αστικών πάρκων δεν αποτελεί συνήθη πρακτική και επαφίεται στην κατάρτιση και ευαισθησία του εκάστοτε μελετητή και των ελεγκτικών αρχών.

Η παρούσα μελέτη ακολουθεί συνδυαστική μεθοδολογία, συνυπολογίζοντας στις βιοκλιματικές αρχές σχεδιασμού τις μετρήσεις πεδίου και τις προσομοιώσεις μέσω υπολογιστή προτείνοντας έτσι μια ολοκληρωμένη μέθοδο μελέτης και λήψης αποφάσεων για τους αστικούς υπαίθριους χώρους.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την οργάνωση της μελέτης ανάπλασης του αστικού πάρκου περιλαμβάνει επιγραμματικά τις διατάξεις αποτύπωσης των γεωμετρικών δεδομένων και καταγραφής των κλιματικών συνθηκών και σε τοπική κλίμακα, το σύστημα μετρήσεων πεδίου με μετεωρολογικά όργανα, το σύστημα προσομοίωσης του μικροκλίματος, την ανάλυση του παράγοντα της θερμικής άνεσης, την διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων ανάπλασης με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και την εκτίμηση αποτελεσματικότητας των προτάσεων ανάπλασης μέσω της προσομοίωσης.

3.1 Η επιλογή του χώρου ανάλυσης

Το Πάρκο Ειρήνης και Φιλίας των Λαών βρίσκεται στην καρδιά του κέντρου της πόλης των Χανίων, επηρεάζεται και επηρεάζει τον αστικό ιστό. Περιλαμβάνει περιοχές με ποικιλία οργάνωσης και υλικών, όπως αυτές που χαρακτηρίζονται από χαμηλή φύτευση, από δέντρα αειθαλή και φυλλοβόλα, από πλακοστρώσεις κυβόλιθων, νερό, σκληρά υλικά και χώμα (Εικόνα 3.1). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αποτελούν παράγοντες που διαμορφώνουν τις κλιματικές συνθήκες σε τοπική κλίμακα, το ονομαζόμενο μικροκλίμα της περιοχής. Επιπλέον το Πάρκο γειτνιάζει με τον Δημοτικό Κήπο αποτελώντας τον «πνεύμονα» του κέντρου της πόλης.

Η παρούσα μορφή του πάρκου αποτελεί αποτέλεσμα της μελέτης «Διαμόρφωσης του Στρατοπέδου Τζομπανάκη σε χώρο πρασίνου» που παραδόθηκε στο Δήμο Χανίων το 1987. Διατηρείται σε καλή κατάσταση με εξαίρεση τους χώρους των τεχνιτών λιμνών που χαρακτηρίζονται από εγκατάλειψη. Ο βαθμός καθημερινής επισκεψιμότητας του πάρκου είναι περιορισμένος παρόλο που αξιοποιείται στο μέγιστο κατά τις περιστάσεις που διοργανώνονται εκεί πολιτιστικές εκδηλώσεις. Ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες κατά τους οποίους εκπονήθηκε η παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε αμελητέα χρήση του πάρκου ενώ τις ίδιες ημέρες και ώρες ο Δημοτικός Κήπος συγκέντρωνε μεγάλο πλήθος επισκεπτών. Η μελέτη του μικροκλίματος έχει σκοπό να εντοπίσει τις ιδιαίτερες συνθήκες εκείνες που αποτρέπουν τη χρήση του πάρκου τους θερινούς μήνες και το καθιστούν θερμικά μη άνετο.

Για την ζώνη του κέντρου των Χανίων όπου βρίσκεται και το πάρκο υπό μελέτη έχει ήδη αποδειχτεί από μελέτη των εξωτερικών συνθηκών ότι συναντούμε χαρακτηριστικά φαινόμενου της θερμικής νησίδας . (Kolokotsa et al., 2009)

Εικόνα 3.1 Αεροφωτογραφία του Πάρκου Ειρήνης και Φιλίας στα Χανιά.(Windows maps 2010)

3.2 Η επιλογή των προγραμμάτων επεξεργασίας της πρότασης ανάπλασης

Το θέμα της μοντελοποίησης της εξωτερικής θερμικής άνεσης και των μικροκλιματικών συνθηκών συχνά αντιμετωπίζεται με τη χρήση απλουστευμένων μεθόδων, και με προγράμματα στα οποία οι πολύπλοκες ατμοσφαιρικές διεργασίες αντικαθίστανται από ένα σύστημα εισαγωγής δεδομένων (Huttner και Bruse, 2009)

Στην παρούσα εργασία, για τη μελέτη και προσομοίωση του μικροκλίματος επιλέχτηκε η χρήση του προγράμματος ENVI-met3.1, το οποίο ορίζεται από τους δημιουργούς του ως ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό μοντέλο πρόγνωσης και αποτύπωσης μικροκλιματικών δεδομένων στους υπαιθρίους χώρους. Το λογισμικό αυτό επιλέχτηκε για τους παρακάτω βάσιμους λόγους: Πρόκειται για πρόγραμμα ελεύθερου λογισμικού το οποίο βασίζεται σε διάφορες επιστημονικές εργασίες και έρευνες και διαρκώς βρίσκεται σε εξέλιξη και αναβάθμιση. Επιπλέον στη βιβλιογραφία δεν συναντώνται ακόμα πολλές σχετικές δημοσιεύσεις για το λογισμικό. Πρόκειται για υπόδειγμα με προγνωστικό χαρακτήρα και στόχο την αξιολόγηση επεμβάσεων και αποφάσεων χωρίς να επιδιώκει την πιστή αναπαράσταση των κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής , αλλά την προσέγγιση της κλιματικής κατάστασης που επικρατεί όπως αυτή είναι αντιληπτή από τον χρήστη. Θεωρείται απαραίτητη η διαπίστωση της πιστότητας προσέγγισης των πραγματικών μικροκλιματικών συνθηκών, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του προγράμματος με της μετρήσεις πεδίου.

Τα δευτερεύοντα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα παρακάτω:

- Τα σχεδιαστικά λογισμικά διανυσματικού χαρακτήρα: **Google SketchUp, AutoCAD 2006** και **GIS**: για την σχεδιαστική απεικόνιση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του χώρου.
- **Windows Leonardo 3.x., Microsoft Office Excel 2003 και Adobe PhotoshopCS2:** Για την επεξεργασία και συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και των μετρήσεων.

3.3 Η επιλογή των οργάνων μέτρησης του μικροκλίματος

Κατά τις μετρήσεις πεδίου χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω μετεωρολογικά όργανα του Εργαστηρίου Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων του Πολυτεχνείου Κρήτης, τα οποία φαίνονται στις Εικόνες 3.2 και 3.5:

-Φορητός μετεωρολογικός σταθμός HOBO Weather Station και τα φορητά όργανα χειρός:

-Frederiksen Pyranometer (πυρανόμετρο)

-Radio Controlled Weather Station (θερμόμετρο - υγρόμετρο)

Ο Φορητός μετεωρολογικός σταθμός της εταιρίας (HOBO Weather Station) περιέχει:

- Logger στο οποίο καταγράφονται τα δεδομένα των μετρήσεων και από εκεί δίνεται η δυνατότητα ηλεκτρονικής επεξεργασίας τους

- πυρανόμετρο το οποίο καταγράφει την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2

- ανεμόμετρο το οποίο καταγράφει την ένταση του ανέμου σε m/s και τη διεύθυνση σε μοίρες απόκλισης από το Βορρά και χωριστά τις έντονες ριπές του ανέμου.

- θερμόμετρο για την θερμοκρασία του αέρα σε ^oC

- αισθητήρα για την υγρασία την οποία την εκφράζει σε ποσοστό σχετικής υγρασίας επί τις εκατό(%).

- πρόγραμμα επεξεργασίας των δεδομένων, υπολογισμού παραμέτρων όπως το σημείο δρόσου (dewpoint ^oC), μετατροπής τους σε πίνακες και σε λογιστικά φύλλα (Excel)

Η αποθήκευση των δεδομένων ορίστηκε ανά 3 min και οι καταγραφές αναφέρονται σε ύψος μέτρησης 2 m από τη στάθμη του εδάφους.

Στο Παράρτημα παρατίθενται και τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά των οργάνων.

Εικόνα 3.2 και 3.3 Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις πεδίου (2010)

Οι μετρήσεις του φορητού πυρανόμετρου και θερμόμετρου χειρός κατέγραψαν τη θερμοκρασία σε βαθμούς Celsius, το ποσοστό της σχετικής υγρασίας RH (%), και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 ανά 15 min σε μέσο ύψος μέτρησης 0,40 m από τη στάθμη του εδάφους.

3.4 Η διαδικασία των μετρήσεων του μικροκλίματος

Με σκοπό την επικύρωση της πιστότητας της αναπαράστασης του μικροκλίματος από το πρόγραμμα προσομοίωσης, οργανώθηκε σύστημα μετρήσεων πεδίου για τους θερινούς μήνες του 2010, το οποίο αποτυπώνεται στη διάταξη των μετρήσεων του Πίνακα 3.1.

	ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			
	ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ			
ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ	**ΙΟΥΝΙΟΣ 2010**	**ΙΟΥΛΙΟΣ 2010**	**ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2010**	**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010**
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	21,36	27,36	30,65	27,17
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (W/m²)	356,67	756,67	874,19	701,90
ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	55,17	68,97	57,32	65,09
ΤΑΧΥΤ. ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	1,53	1,74	1,76	1,63
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ ψ	152,67	210,00	181,38	126,78
ΜΕΘΟΔΟΣ 	Μετρήσεις: Για το σημείο Σ με το Μετ.Σταθμό (αποθηκευση ανα 3 min.για 1 ημέρα) και για τα σημεία 1-5 με φορητά όργανα (αποθήκευση ανά 15 min.)	Μετρήσεις: Για το σημείο Σ με το Μετ.Σταθμό (αποθηκευση ανα 3 min. για 1 ημέρα)	Μετρήσεις: Για το σημείο Σ με το Μετ.Σταθμό (αποθηκευση ανα 3 min. για 1 ημέρα)	Μετρήσεις: Για το σημείο Σ με το Μετ.Σταθμό (αποθηκευση ανα 3 min. για 1 ημέρα)
	* Σημειώνονται οι μέσες τιμές για την κάθε κατηγορία μεγέθους			

Πίνακας 3.1 Η διάταξη των μετρήσεων πεδίου

Τα μετρούμενα μεγέθη της θερμοκρασίας, της ακτινοβολίας, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου καταγράφονται για μία συνήθη ημέρα του Ιουνίου, του Ιουλίου, του Αυγούστου και του Σεπτεμβρίου. Η ημερομηνίες αυτές επιλέχτηκαν στις αρχές του κάθε μήνα, ως ημέρες με χαρακτηριστικά στοιχεία θερινής περιόδου, χωρίς όμως να περιλαμβάνουν ακραίες καιρικές συνθήκες (καύσωνα, βροχή, κλπ.).

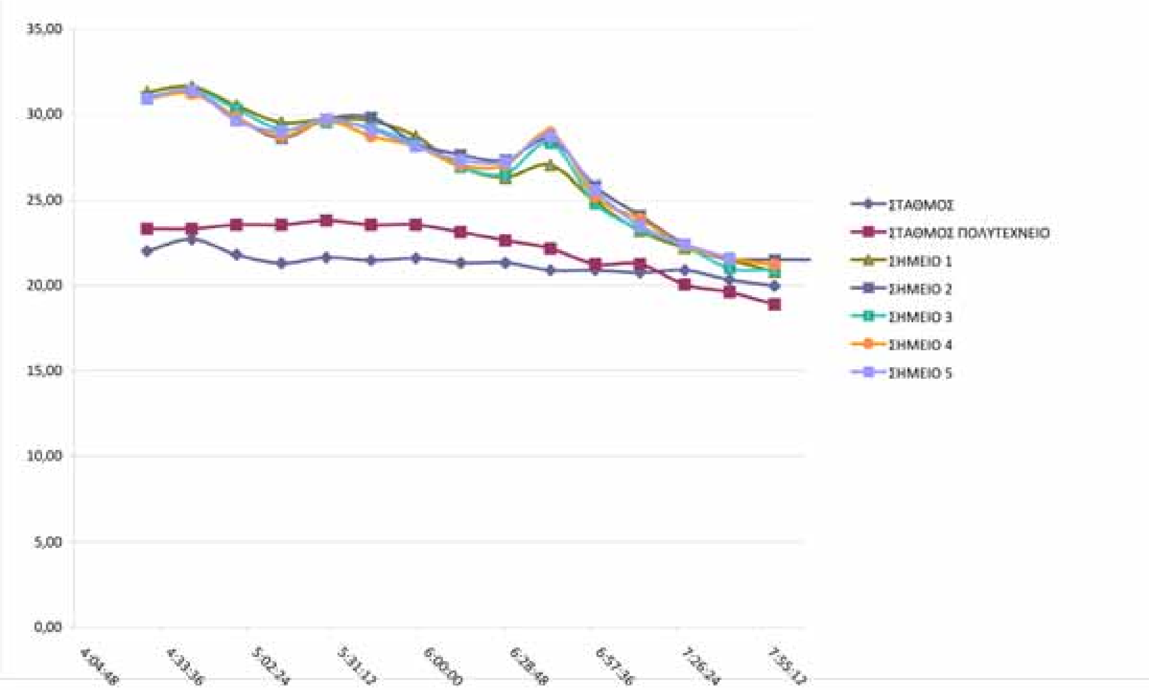
Αρχικά, για το μήνα Ιούνιο επιχειρήθηκε η αποτύπωση των μικροκλιματικών συνθηκών στο σύνολο του πάρκου με την επιλογή πέντε περιφερειακών σημείων για τις μετρήσεις με τα φορητά όργανα και ενός κεντρικού σημείου (σημείο Σ) για την τοποθέτηση του Μετεωρολογικού Σταθμού. Η διασπορά των σημείων μέτρησης είχε στόχο την κάλυψη του συνόλου των διαφορετικών περιοχών του πάρκου. (Εικόνες 3.4, 3.5, 3.6)

Εικόνα 3. 4 Αποτύπωση των Θέσεων λήψης μετρήσεων (Windows maps 2010)

Εικόνα 3.5 Οι θέσεις λήψης μετρήσεων **01**, **02** και **03** αντίστοιχα (2010)

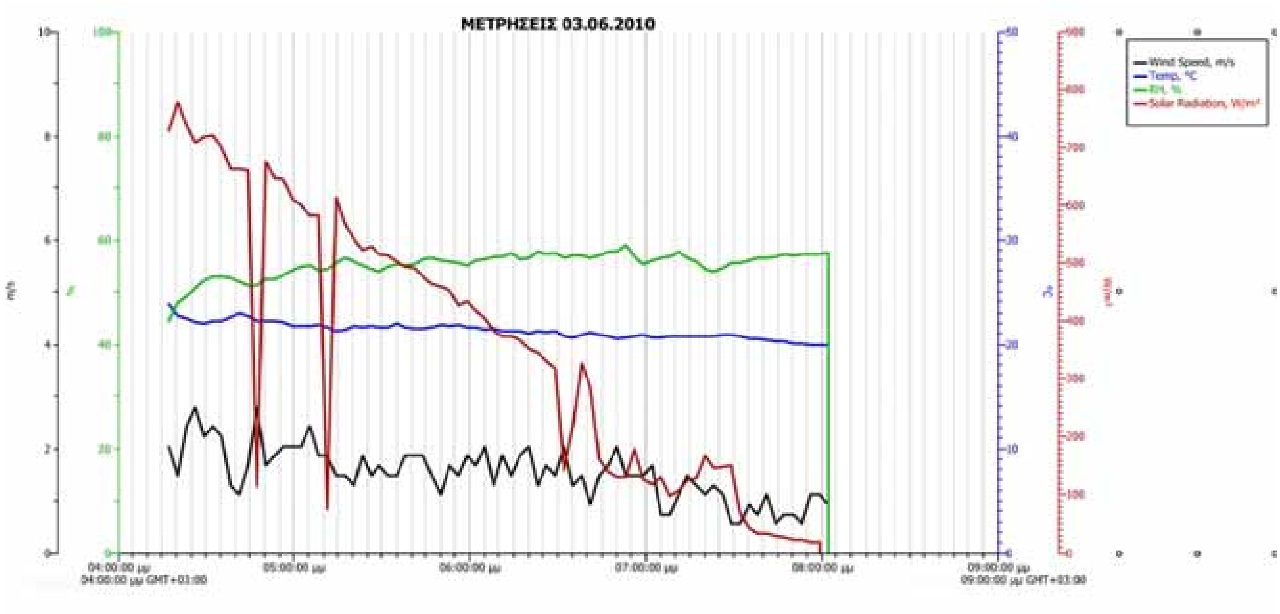
Εικόνα 3.6 Οι θέσεις λήψης μετρήσεων **04**, **05** και **Σ** αντίστοιχα (2010)

Διαπιστώθηκε πως οι μετρούμενες τιμές του σταθμού στο σημείο Σ διαφέρουν από τις τιμές των φορητών οργάνων (Διάγραμμα 3.1), πράγμα που δικαιολογείται από τη διαφορά στο στάθμη μέτρησης κάθε φορά. Επιλέχτηκε επομένως η χρήση μόνο των μετρήσεων του σταθμού στο σημείο (Σ) ως πιο αξιόπιστες, για τις επόμενες μετρήσεις των θερινών ημερών.



Διάγραμμα 3.1 Διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων πεδίου για τη Θερμοκρασία που καταμετρήθηκε από τον Σταθμό, τα φορητά όργανα και από το Σταθμό στο Πολυτεχνείο

Στο Διάγραμμα 3.2 αποτυπώνονται οι μετρήσεις του σταθμού για τις 3 Ιουνίου 2010 και στο παράρτημα βρίσκονται τα αντίστοιχα διαγράμματα του Ιουλίου, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου. Παρατηρούμε στο διάγραμμα με κόκκινο χρώμα όπου αποτυπώνεται η ακτινοβολία, καταγράφονται οι απότομες πτώσεις της καμπύλης που αντιστοιχούν στις στιγμές της συννεφιάς. Με μπλε χρώμα και πράσινο χρώμα αποτυπώνονται αντίστοιχα η θερμοκρασία και η υγρασία που χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές και με μαύρο χρώμα η ταχύτητα του ανέμου.

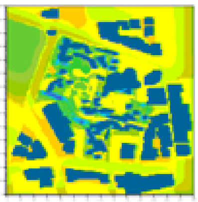
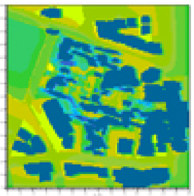
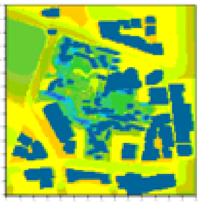
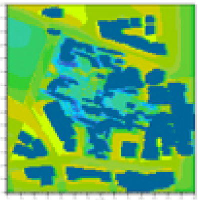
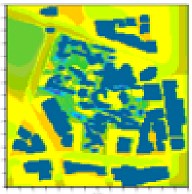
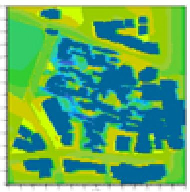
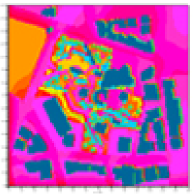
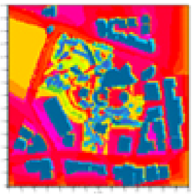


Διάγραμμα 3.2 Διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων πεδίου του Σταθμού για τη θερμοκρασία, την ταχύτητα ανέμου, τη σχετική υγρασία και την ένταση της ακτινοβολίας

3.5 Η οργάνωση των μοντέλων προσομοίωσης του μικροκλίματος

Γνωρίζουμε ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν εντονότερα το μικροκλίμα στους ελεύθερους χώρους είναι η τοπιογραφία, η γεωμορφολογία, τα υλικά του επιφανειακού εδάφους, και οι δομημένοι όγκοι (Gaitani et al, 2007). Αυτές είναι και οι βασικές παράμετροι που εισάγονται στο πρόγραμμα προσομοίωσης ως δεδομένα εισαγωγής. Πιο αναλυτικά, τα δεδομένα εισαγωγής περιλαμβάνουν τη γεωμετρία του χώρου και των γειτονικών κτισμάτων, το επιλεγμένο βήμα του κανάβου προσομοίωσης (grid), τις ατμοσφαιρικές και κλιματικές συνθήκες, τα είδη των φυτεύσεων, των υλικών δαπεδόστρωσης, και τα υψόμετρα των κτισμάτων και των επιπέδων.

Οργανώνονται τρία μοντέλα προσομοίωσης με το πρόγραμμα ENVI-met, όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.2 (διάταξη προσομοιώσεων). Το πρώτο μοντέλο αντιστοιχεί στην υπάρχουσα κατάσταση του πάρκου. Εξετάζεται το μικροκλίμα και η θερμική άνεση για τους χρήστες και στη συνέχεια εντοπίζονται τα κριτικά σημεία που χρήζουν βελτίωσης. Εξάγονται αποτελέσματα για τους τέσσερεις μήνες της θερινής περιόδου που αναλύουμε. Τα δύο επόμενα υποδείγματα αντιστοιχούν στις προσομοιώσεις των δύο προτάσεων ανάπλασης του πάρκου Α και Β.

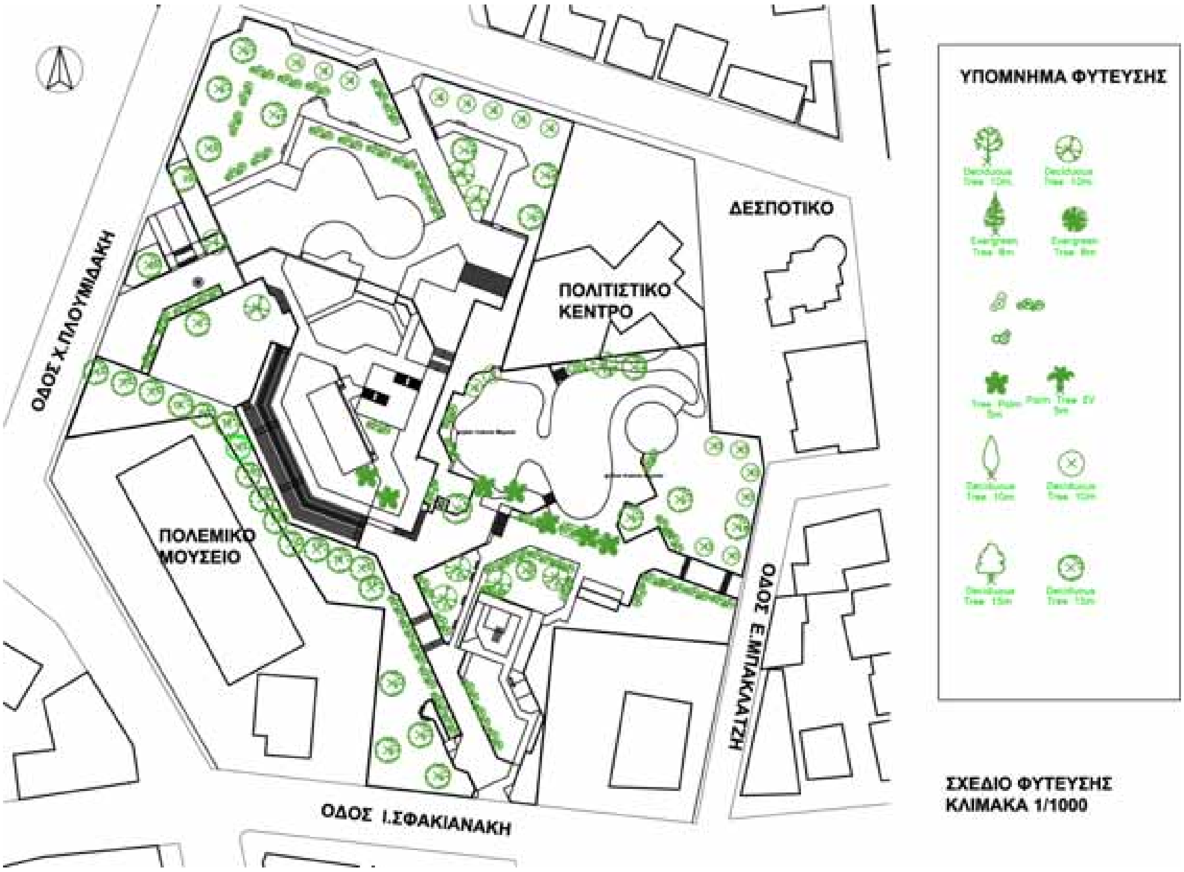
ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ	ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ				ΜΕΘΟΔΟΣ
	ΙΟΥΝΙΟΣ 2010	ΙΟΥΛΙΟΣ 2010	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2010	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010	
01. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ					4 μοντέλα προσομοίωσης - εξαγωγή δείκτη θερμικής άνεσης (PMV)
02. ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ Α					4 μοντέλα προσομοίωσης - εξαγωγή δείκτη θερμικής άνεσης (PMV)
03. ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ Β					4 μοντέλα προσομοίωσης - εξαγωγή δείκτη θερμικής άνεσης (PMV)

Πίνακας 3.2 Η διάταξη των προσομοιώσεων

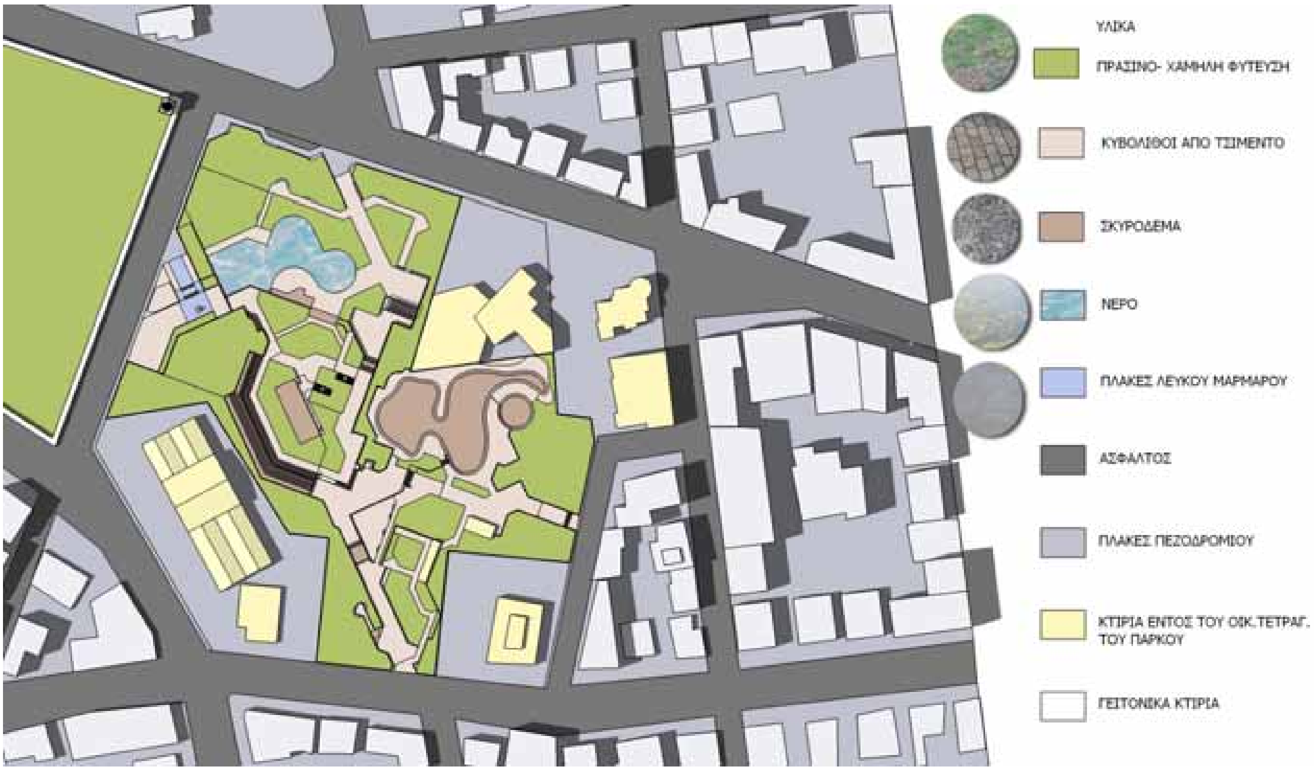
Αναλυτικότερα, για την οργάνωση της πρώτης προσομοίωσης, αποτυπώθηκαν:

- η υπάρχουσα φύτευση στο πάρκο (θέσεις, διαστάσεις, ύψη και είδος των φυτεύσεων, όπως φαίνονται στην Εικόνα 3.7) και

- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πάρκου και των γειτονικών οικοδομικών τετραγώνων. (καταγράφονται τα υλικά δαπεδοστρώσεων, τα ύψη των κτισμάτων, όπως φαίνονται στην Εικόνα 3.8)



Εικόνα 3.7 Αποτύπωση των Φυτεύσεων του Πάρκου



Εικόνα 3.8 Αποτύπωση των υλικών δαπεδόστρωσης και των γειτονικών κτιρίων

Οι διαστάσεις του υποδείγματος στο Envi-met ορίστηκαν ως εξής:

Η περιοχή γύρω από το πάρκο αναλύθηκε σε κάναβο πλέγματος 140 x 140 x 20 grids (x, y z) με διατάσεις ψηφίδας (grid) της 2 m x 2 m x 2 m, με αποτέλεσμα την συνολική κάλυψη έκτασης διαστάσεων 280 m x 280 m (78.400 m^2). Ο συνολικός χρόνος προσομοίωσης ορίστηκε στις 6 h. (Εικόνα 3.10)

Ως κλιματικές τιμές αφετηρίας ορίστηκαν οι αρχικές μετρήσεις του Μετεωρολογικού Σταθμού για κάθε ημέρα που διεξήχθηκαν μετρήσεις. (Πίνακας 3.3) Το αρχείο των δεδομένων εισαγωγής της προσομοίωσης (Configuration File) για τον μήνα Ιούνιο φαίνεται Πίνακα 3.4 . Πέρα από τις αρχικές κλιματικές συνθήκες αφετηρίας, στα δεδομένα εισαγωγής περιλαμβάνονται χαρακτηριστικά στοιχεία του εδάφους, των κτηρίων, της φύτευσης και του ανθρώπινου παράγοντα της θερμικής άνεσης. Οι υπόλοιπες μετρήσεις του Σταθμού και των φορητών οργάνων χρησιμεύουν για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης ανά περιοχές.

	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENVI-met			
	ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ			
ΔΕΔΟΜΕΝΑ (INPUT)	03 ΙΟΥΝΙΟΥ 2010	04 ΙΟΥΛΙΟΥ 2010	07 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 2010	11 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2010
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	23,76	27,43	29,92	26,74
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (W/m²)	730,60	1001,00	665,60	625,60
ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	44,50	62,80	59,90	63,40
ΤΑΧΥΤ. ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	2,04	1,74	1,30	1,30
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ ψ	134,80	210,00	154,40	140,40

Πίνακας 3.3 Τα δεδομένα εισαγωγής για τα κύρια μεγέθη (Input)

Οι κύριες μεταβλητές που υπολογίζονται από το ENVI-met είναι η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία και η ακτινοβολία.

Εικόνα 3.9 Η περιοχή του πάρκου όπως εισάγεται στην πλατφόρμα του προγράμματος ENVI-met

ENVI-met Configuration File V1.1

MAIN-DATA	
Name for Simulation (Text):	= parko_JUNE
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY):	= 03.06.2010
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):	= 15:00:00
Total Simulation Time in Hours:	= 6.00
Save Model State each ? min	= 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]	=2.04
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..)	= 134.00
Initial Temperature Atmosphere [K]	= 296.76
Relative Humidity in 2m [%]	= 44.5
Database Plants	=Plants.dat
Optional data	
[SOILDATA]	Settings for Soil
Initial Temperature Upper Layer (0-20 cm)	[K] = 296.76
Relative Humidity Upper Layer (0-20 cm)	= 44.5
[BUILDING]	Building properties
Inside Temperature [K]	= 293
Heat Transmission Walls [W/m²K]	= 1.94
Heat Transmission Roofs [W/m²K]	= 6
[TIMESTEPS]	Dynamical Timesteps
Sun height for switching dt(0) -> dt(1)	= 40
[PLANTMODEL]	Settings for plant model
Stomata res. approach (1=Deardorff, 2=A-gs)	= 2
Background CO2 concentration [ppm]	= 350
[PMV]	Settings for PMV-Calculation
Walking Speed (m/s)	= 0.3
Energy-Exchange (Col. 2 M/A)	= 116
Heattransfer resistance cloths	= 0.5

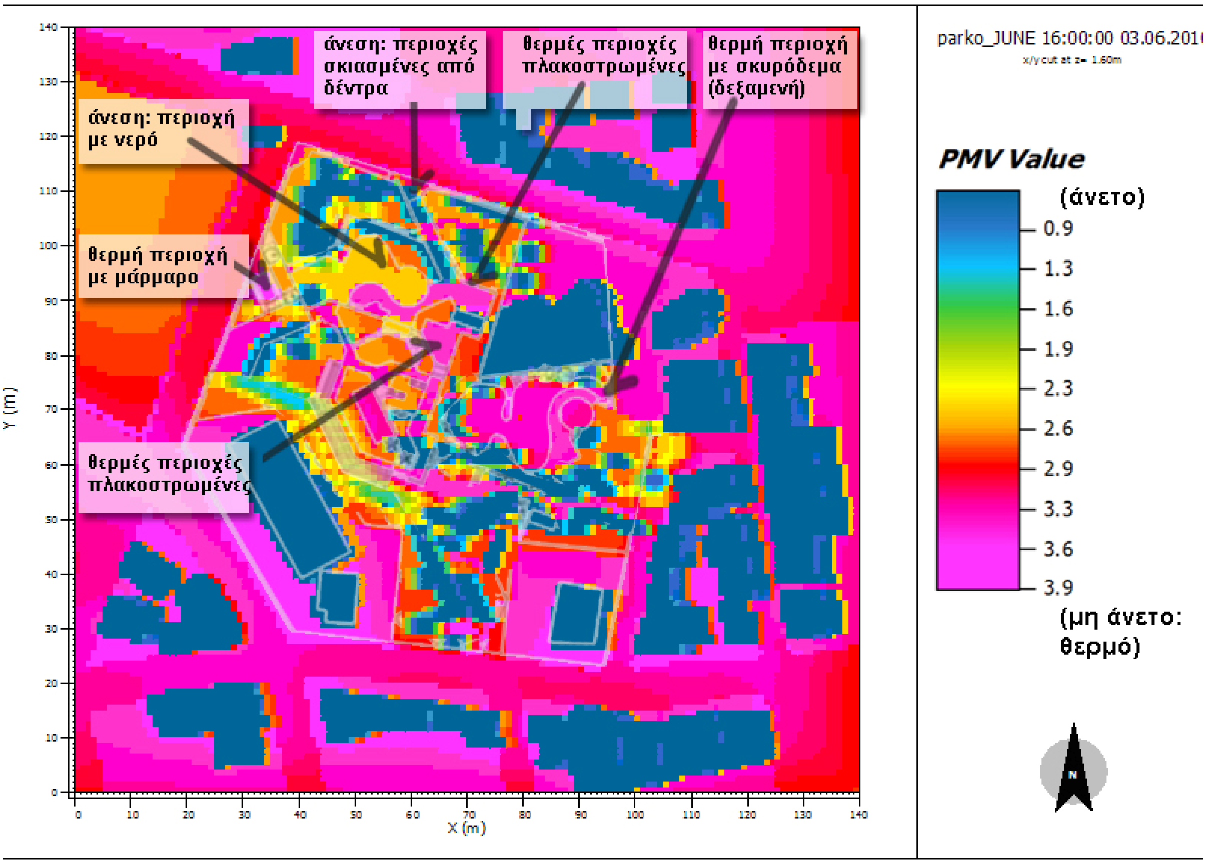
Πίνακας 3.4 Οι αρχικές ρυθμίσεις του προγράμματος προσομοίωσης (confg)

3.5 Επικύρωση πιστότητας προγράμματος   και εξαγωγή αποτελεσμάτων

Στο επόμενο βήμα εξάγονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και συγκρίνονται με τις μετρούμενες τιμές της θερμοκρασίας, ταχύτητας ανέμου, σχετικής υγρασίας και ακτινοβολίας. Τα δεδομένα εισάγονται σε Πίνακες του λογισμικού Excel για την διαγραμματική τους απεικόνιση και σύγκριση. Σημαντική παράμετρο αποτελεί η σύγκριση της καμπύλης των μετρούμενων και προσομοιωμένων μεγεθών, η τάση και η εξέλιξη των τιμών με το πέρας της ημέρας και όχι η αντιπαράθεση απόλυτων τιμών.

Επιπλέον με το λογισμικό Leonardo εξάγονται οι χρωματικοί χάρτες των προσομοιωμένων μεγεθών, οι οποίοι εποπτικοποιούν αποτελεσματικά τις μικροκλιματικές συνθήκες. Το μέγεθος της Θερμικής Άνεσης (PMV- Predicted Mean Vote) όπως ορίζεται από τα Διεθνή πρότυπα, προκύπτει από τις εξής βασικές παραμέτρους σε συνδυασμό : υγρασία, ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία, ακτινοβολία, ρυθμός μεταβολισμού και ρουχισμός των χρηστών (βλέπε Παράρτημα για τα πρότυπα ANSI/ASHRAE 55-2004 και ISO7730:2005).

Με το λογισμικό προσομοίωσης υπολογίζεται ο Δείκτης PMV και αποτυπώνεται σε χρωματικούς χάρτες, έτσι ώστε να γίνονται ευδιάκριτες οι διάφορες περιοχές που παρουσιάζουν άνεση, μη άνεση, που είναι εκτεθειμένες σε υψηλές θερμοκρασίες ή ανέμους, κλπ. Στην Εικόνα 3.11 αποτυπώνεται η θερμική άνεση της υφιστάμενης κατάστασης του πάρκου για το απόγευμα του Ιουνίου. Παρατηρούνται: οι περιοχές που είναι σκιασμένες από τα δέντρα και από τα κτίρια και χαρακτηρίζονται άνετες, οι περιοχές που είναι μη άνετες λόγω της πλακόστρωσης, ή του σκυροδέματος και η περιοχή της λίμνης που παρουσιάζει ευνοϊκές συνθήκες και η περιοχή με επίστρωση από μάρμαρο με ιδιαίτερα αυξημένη τιμή του δείκτη PMV. Στο κεφάλαιο 6 παρατίθενται οι αντίστοιχοι χάρτες για τους υπόλοιπους θερινούς μήνες, συγκρινόμενοι με τους αντίστοιχους χάρτες των προτάσεων ανάπλασης του πάρκου.

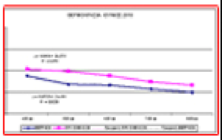
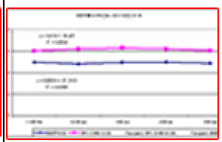
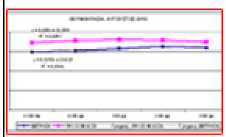
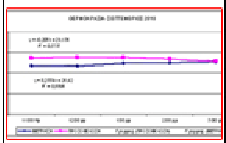
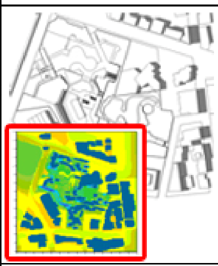
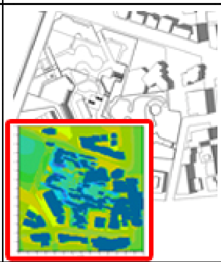
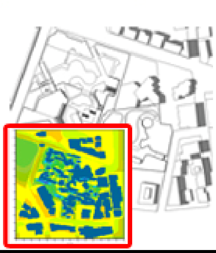
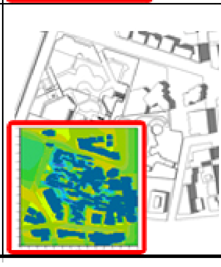
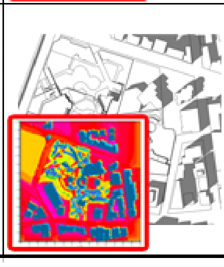


Εικόνα 3.10 Προσομοίωση του δείκτη PMV και επισήμανση των διακριτών περιοχών του πάρκου

3.6 Προτάσεις ανάπλασης του Πάρκου Ειρήνης και Φιλίας

Με βάση τα παραπάνω, διατυπώνονται δύο ολοκληρωμένες προτάσεις ανάπλασης του πάρκου. Η προσομοίωση και ανάλυση της θερμικής άνεσης ανά μήνα για την υφιστάμενη κατάσταση, βοηθά στον εντοπισμό των περιοχών του πάρκου που επιδέχονται βελτίωσης. Έτσι ανασχεδιάζονται αυτές οι περιοχές με εφικτά και οικονομικά μέσα. Η πρόταση Α στηρίζεται στη διαφοροποίηση των υλικών δαπεδόστρωσης του πάρκου και η πρόταση Β στηρίζεται στην αύξηση των σκιασμένων περιοχών.

Στη συνέχεια συγκρίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της υφιστάμενης κατάστασης, με τα αποτελέσματα των μοντέλων προσομοίωσης των προτάσεων Α και Β. Η διάταξη εκτίμησης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων φαίνεται στον Πίνακα 3.4. Ο δείκτης συγκρινόμενου μεγέθους για την κάθε προσομοίωση είναι η Θερμική Άνεση PMV. Έτσι γίνεται η αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της κάθε προτεινόμενης επέμβασης ως προς την άνεση του χρήστη του χώρου. Τέλος εξάγονται συμπεράσματα λήψης αποφάσεων για την ανάπλαση του πάρκου με βάση την προσομοίωση των προτάσεων και την αναπαράσταση του μικροκλίματος και της θερμικής άνεσης στην κάθε περίπτωση.

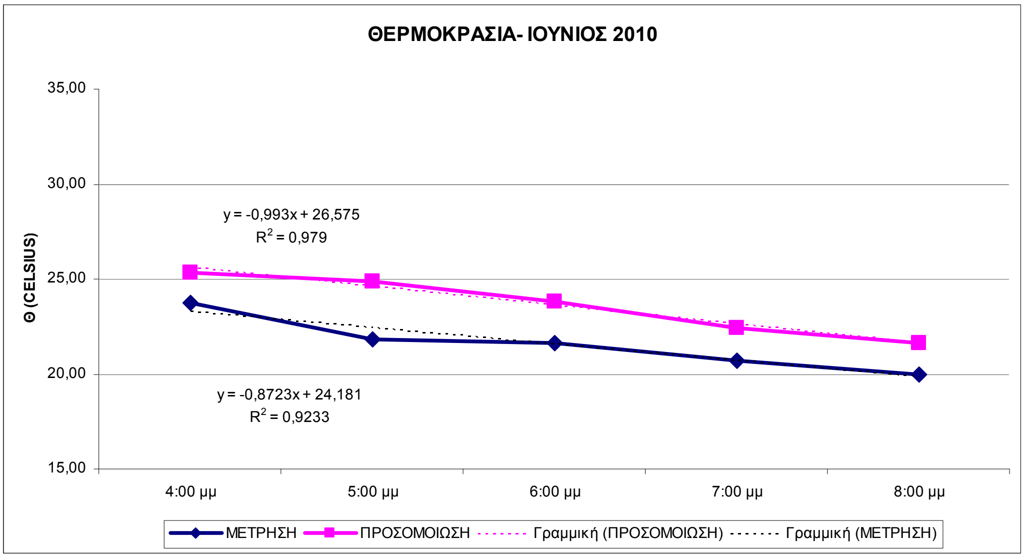
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ				ΜΕΘΟΔΟΣ
	ΙΟΥΝΙΟΣ 2010	ΙΟΥΛΙΟΣ 2010	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2010	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 201	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ + ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ					Συμπέρασμα για την πιστότητα του προγράμματος με σύγκριση όλων των παραγόντων (Θ, Wind, Radiation, RH)
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ + ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ Α					Συγκριση PMV - Συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της Πρότασης
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ + ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ Β					Συγκριση PMV- Συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της Πρότασης

Πίνακας 3.5 Η διάταξη των οργάνωσης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και των προσομοιώσεων

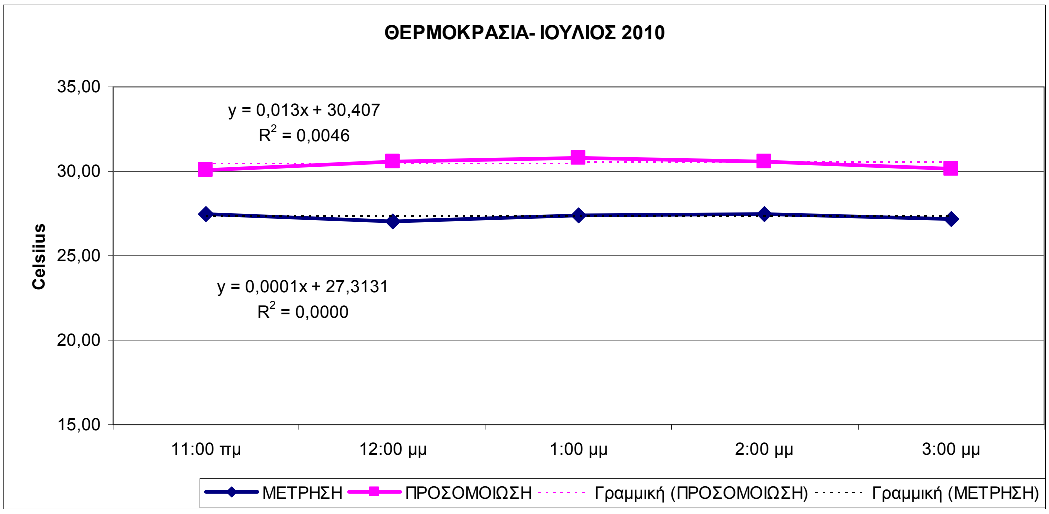
4. Αποτελέσματα

4.1 Επικύρωση πιστότητας προσομοίωσης του παράγοντα της Θερμοκρασίας

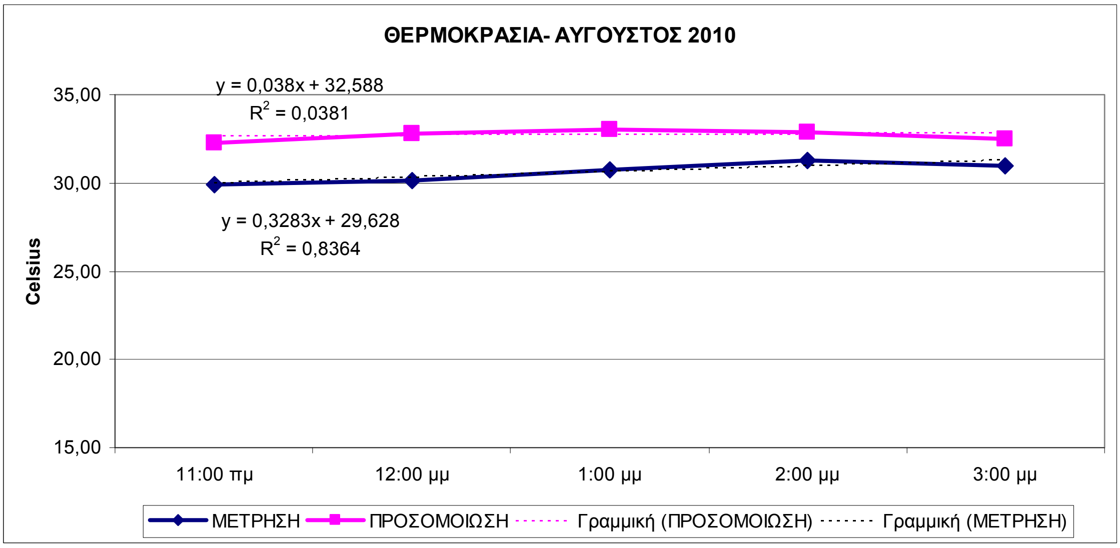
Στα διαγράμματα 4.1-4.4 αποτυπώνονται οι γραφικές παραστάσεις της διακύμανσης της θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, όπως καταγράφονται από τον μετεωρολογικό Σταθμό (γραμμή χρώματος μπλε) και όπως προκύπτουν από τον λογισμικό προσομοίωσης (γραμμή χρώματος μωβ). Για τη σύγκριση των γραφικών παραστάσεων χρησιμοποιείται και η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Στον πίνακα 4.1 καταγράφονται οι εξισώσεις και ο παράγοντας R^2 για τις μετρήσεις και την προσομοίωση ανά μήνα.



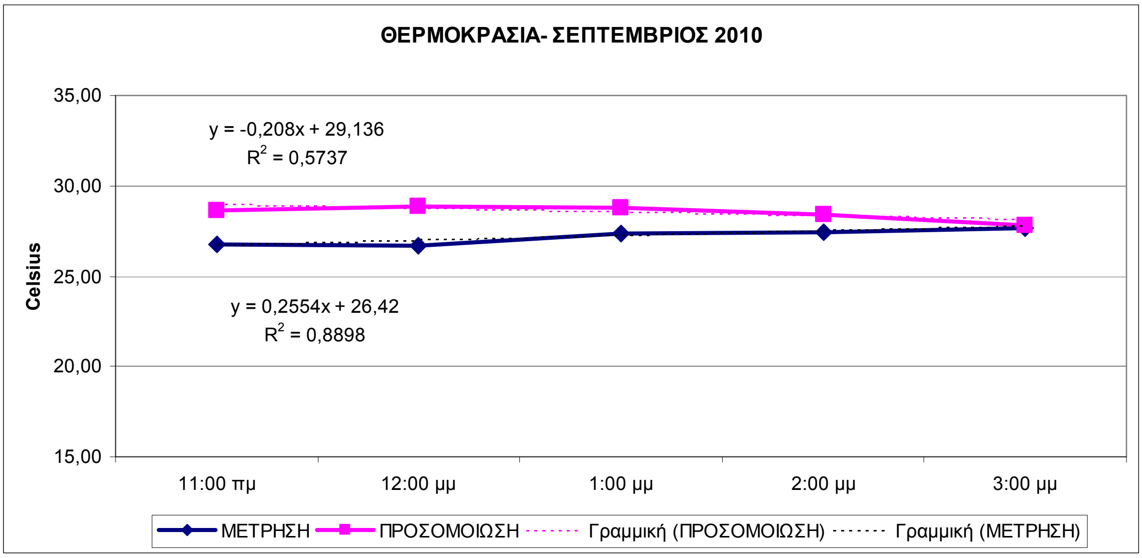
Διάγραμμα 4.1 Γραφική παράσταση της Θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Ιούνιο



Διάγραμμα 4.2 Γραφική παράσταση της Θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Ιούλιο



Διάγραμμα 4.3 Γραφική παράσταση της Θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Αύγουστο



Διάγραμμα 4.4 Γραφική παράσταση της Θερμοκρασία σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Σεπτέμβριο

	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΙΣΩΣΗ	R^2
ΙΟΥΝΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = -0,8723x + 24,181	0,923
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = -0,993x + 26,576	0,979
ΙΟΥΛΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 0,0001x + 27,31	0,000
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = 0,013x + 30,407	0,005
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 0,3283x + 29,62	0,836

	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = 0,038x + 32,588	0,038
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 0,2554x + 26,42	0,890
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = -0,208x + 29,136	0,574

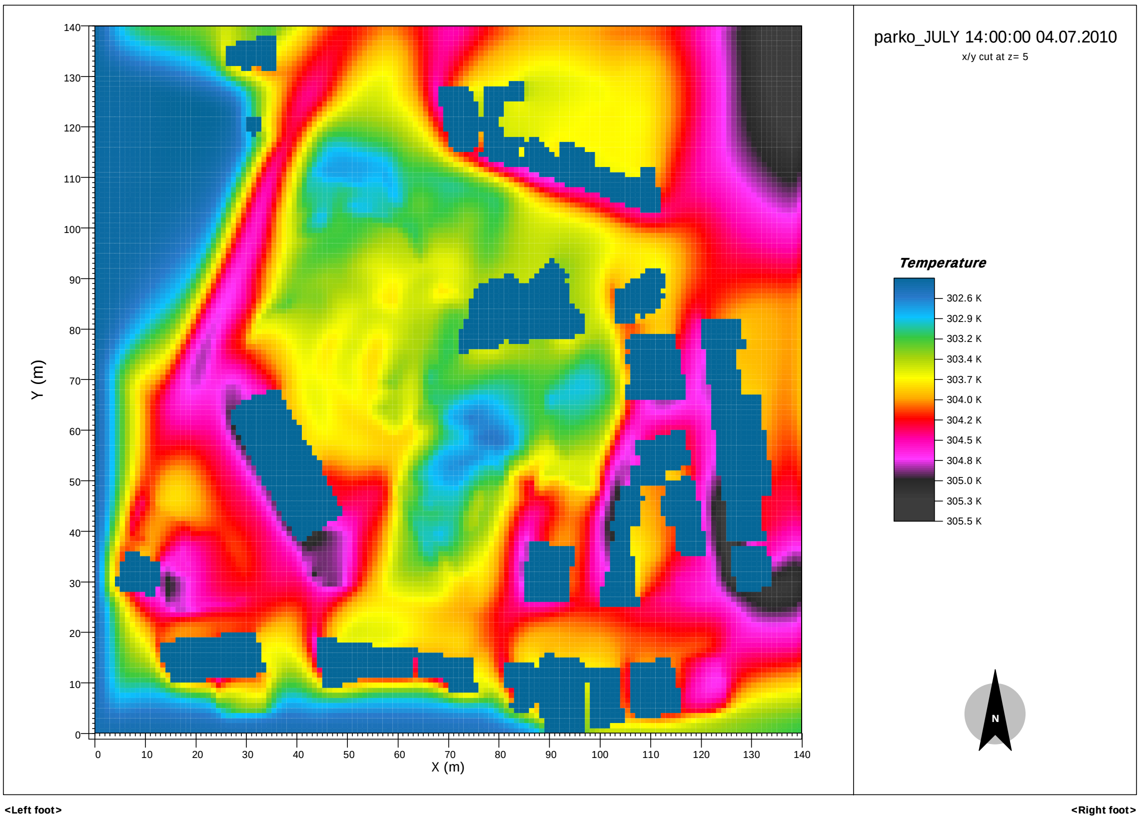
Πίνακας 4.1 Οι εξισώσεις της γραμμικής παλινδρόμησης για τον παράγοντα της θερμοκρασίας

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα, με την εξαίρεση του μήνα Σεπτεμβρίου, οι υπόλοιποι προσομοιώνονται ικανοποιητικά. Οι κλίσεις των εξισώσεων της θερμοκρασίας είναι παραπλήσιες, με τις τιμές της προσομοίωσης σταθερά λίγο πιο υψηλές σε σχέση με τις μετρούμενες. Αυτό προκύπτει καθώς στην πραγματικότητα οι μετρήσεις περιλαμβάνουν και στιγμιαίες περιπτώσεις συννεφιάς ή έντονων ριπών ανέμου που μεταβάλλουν την θερμοκρασία. Αυτές οι διεργασίες δεν μπορούν να αποτυπωθούν στην προσομοίωση. Μπορούμε ακόμα να προσθέσουμε πως σύμφωνα με τον πίνακα 4.1, το μοντέλο της προσομοίωσης δεν μπορεί να λειτουργήσει προγνωστικά με ακρίβεια για τον παράγοντα της θερμοκρασίας (δηλαδή να μας προσδιορίσει τη θερμοκρασία κάποια ώρα της ημέρας ή και της νύχτας). Μόνο στην περίπτωση του Ιουνίου που οι συνθήκες ήταν πιο ήπιες και οι μεταβολές πιο ομαλές , η τιμή R^2 στην παλινδρόμηση προκύπτει κοντά στη μονάδα και κάτι τέτοιο είναι εφικτό.

Την εκτίμηση της ορθότητας της προσομοίωσης της θερμοκρασίας μπορούμε να την κατανοήσουμε και με τη χρήση των χρωματικών χαρτών, οι οποίοι αποτυπώνουν την κατάσταση της θερμοκρασίας ανά περιοχές. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από το λογισμικό ENVI-met εισάγονται στο πρόγραμμα Leonardo και δημιουργούνται οι αντίστοιχοι χάρτες με ευδιάκριτες τις περιοχές με διαφοροποίηση θερμοκρασίας. Όπως βλέπουμε στο χάρτη της εικόνας 4.1 ο οποίος αντιστοιχεί στην αποτύπωση του θερμοκρασιακού εύρους για το μεσημέρι του Ιουλίου, αναγνωρίζονται οι περιοχές:

- της λίμνης (βόρειο τμήμα) με χαμηλότερες θερμοκρασίας (μπλε χρώμα)
- της πλακόστρωσης με πλάκες πεζοδρομίου και της ασφάλτου (περιμετρικά με μωβ και κόκκινο χρώμα)
- οι περιοχές με δεντροφύτευση (ανατολικά στη θέση του Κήπου με μπλε χρώμα και κεντρικά με πράσινο χρώμα μέσα στο πάρκο).

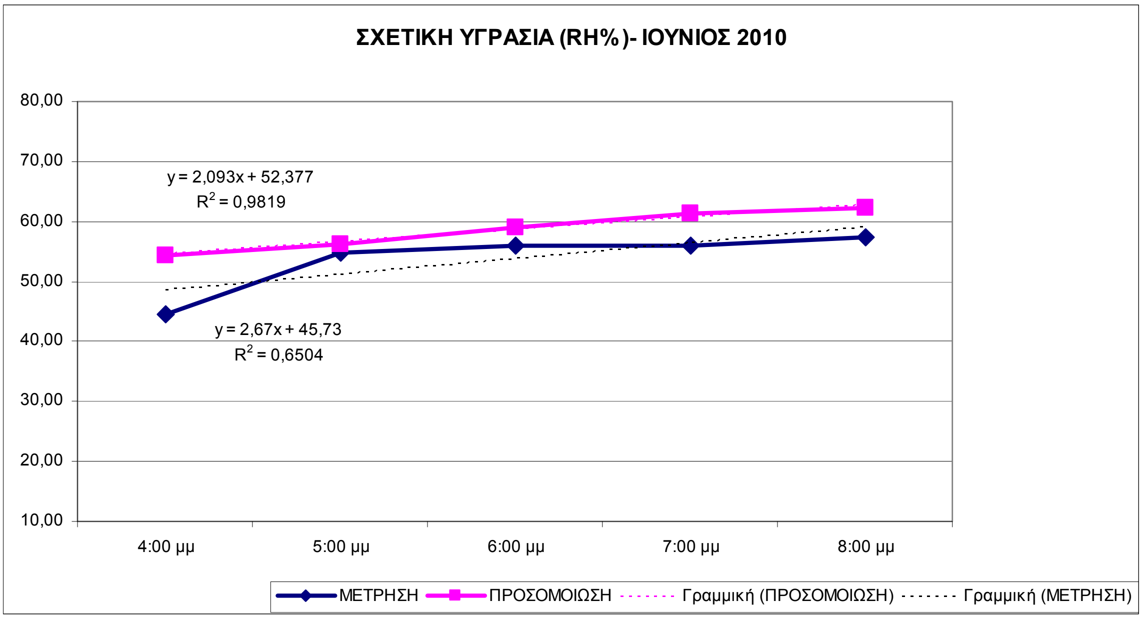
Μπορούμε να πούμε πως τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι σύμφωνα με την πραγματική κατάσταση ως προς τη διάκριση των θερμότερων και ψυχρότερων περιοχών και την αναγνώριση των χαρακτηριστικών των υλικών.



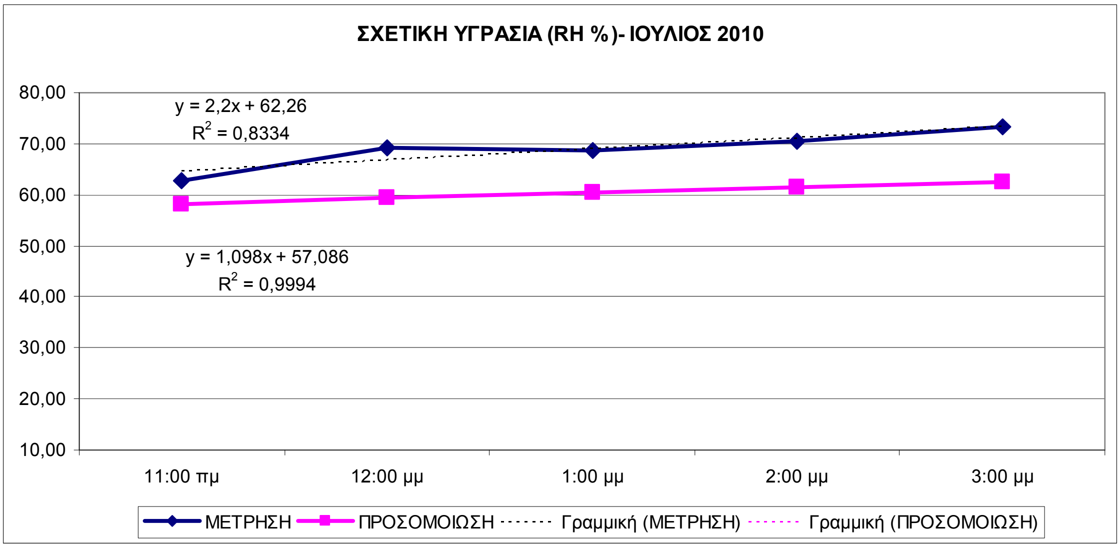
Εικόνα 4.1 Η αποτύπωση της προσομοίωσης της θερμοκρασίας για το μεσημέρι του Ιουλίου όπως αποτυπώνεται στο πρόγραμμα Leonardo

4.2 Επικύρωση πιστότητας προσομοίωσης του παράγοντα της Σχετικής υγρασίας

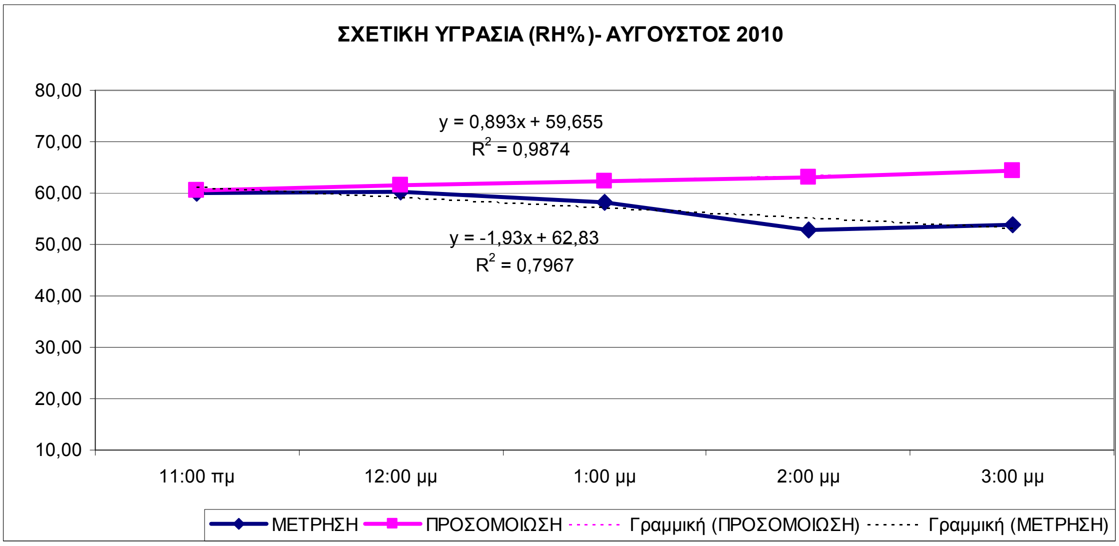
Στα διαγράμματα 4.5-4.8 αποτυπώνονται οι γραφικές παραστάσεις της διακύμανσης της σχετικής υγρασίας με την πάροδο του χρόνου για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, όπως καταγράφονται από τον μετεωρολογικό σταθμό (γραμμή χρώματος μπλε) και όπως προκύπτουν από τον λογισμικό προσομοίωσης (γραμμή χρώματος μωβ.) Στον πίνακα 4.2 καταγράφονται οι εξισώσεις και ο παράγοντας R^2 για τις μετρήσεις και την προσομοίωση ανά μήνα.



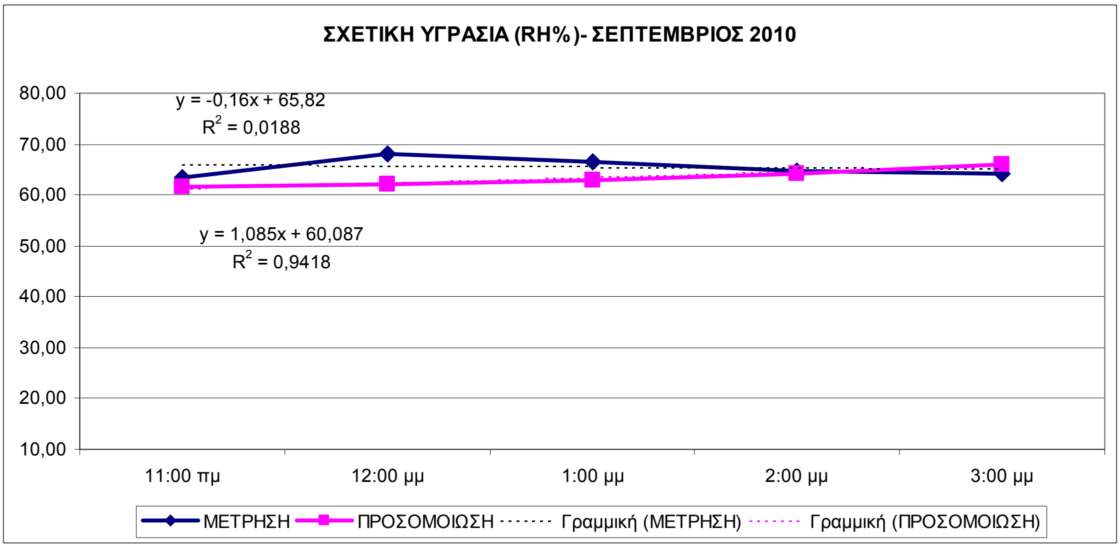
Διάγραμμα 4.5 Γραφική παράσταση της Σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Ιούνιο



Διάγραμμα 4.6 Γραφική παράσταση της Σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Ιούλιο



Διάγραμμα 4.7 Γραφική παράσταση της Σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Αύγουστο



Διάγραμμα 4.8 Γραφική παράσταση της Σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Σεπτέμβριο

	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΕΞΙΣΩΣΗ	R^2
ΙΟΥΝΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 2,67x + 45,73	0,650
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = 2,093x + 52,377	0,982
ΙΟΥΛΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 2,2x + 62,26	0,833
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = 1,098x + 57,086	0,999
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = -1,93x + 62,83	0,797
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = 0,893x + 59,655	0,987
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = -0,16x + 65,82	0,19

	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = 1,085x + 60,087	0,942

Πίνακας 4.2 Οι εξισώσεις της γραμμικής παλινδρόμησης για τον παράγοντα της Σχετικής υγρασίας

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα, ο μήνας Ιούλιος προσομοιώνεται ικανοποιητικά. Οι κλίσεις των εξισώσεων είναι παραπλήσιες.

Για τον Ιούνιο, παρατηρούμε πως οι κλίσεις των εξισώσεων είναι επίσης παραπλήσιες αλλά η εξίσωση δεν περιγράφει ικανοποιητικά την σχέση των τιμών κατά τη μέτρηση. Ο παράγοντας του ανέμου που παρουσίαζε διαφοροποιημένες τιμές λόγω ριπών, ευθύνεται για την μη ομαλή μεταβολή της υγρασίας για τον Ιούνιο.

Παρατηρούμε γενικά ότι οι γραφικές παραστάσεις της προσομοίωσης της σχετικής υγρασίας για όλους τους μήνες είναι ανοδικές. Οι τιμές της προσομοιωμένης σχετικής υγρασίας ξεκινούν από μια τιμή και με την πάροδο του χρόνου, προς τις απογευματινές ώρες αυξάνονται. Στην πραγματικότητα όμως ιδιαιτέρα για τους θερμούς μήνες (Αύγουστος) κάτι τέτοιο δεν ισχύει, καθώς η μετρούμενη σχετική υγρασία μειώνεται.

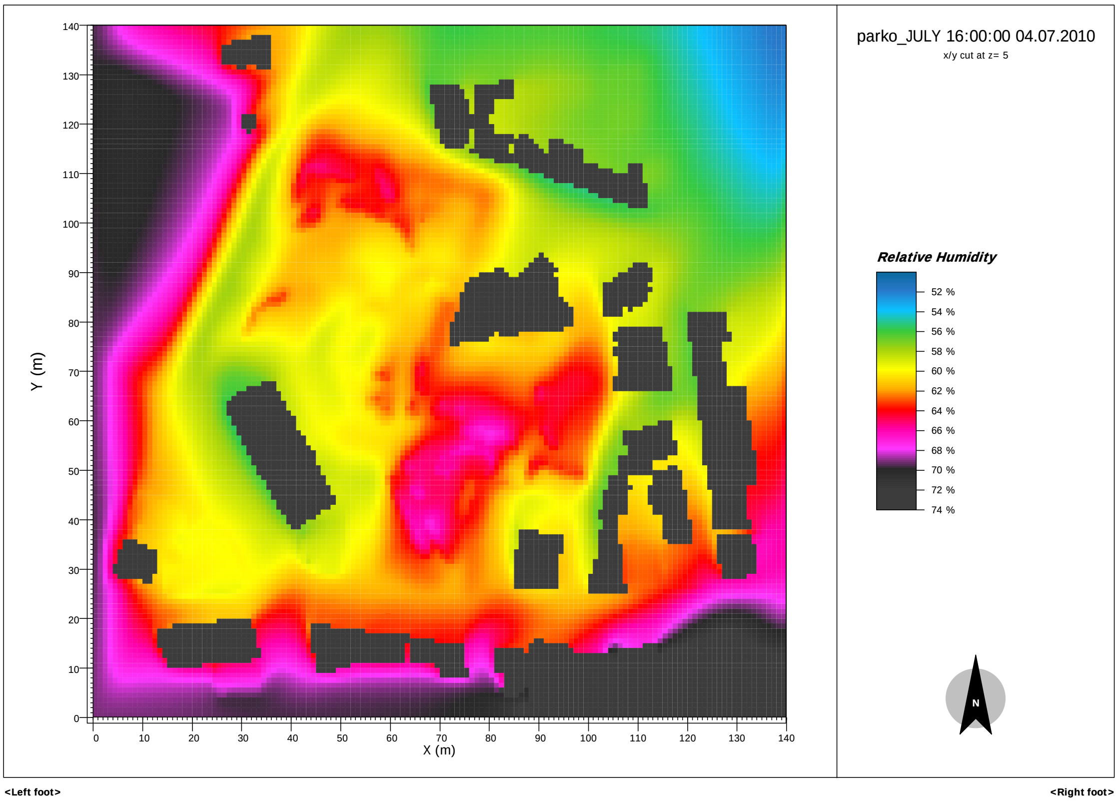
Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 4.2 το μοντέλο της προσομοίωσης αλλά και η εξίσωση που περιγράφει τη μετρούμενη σχετική υγρασία δεν μπορεί να λειτουργήσει προγνωστικά καθώς η τιμή R^2 στην παλινδρόμηση παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση τιμών. Η σχετική υγρασία εξαρτάται άμεσα και από την ταχύτητα του ανέμου, που όπως θα δούμε δεν μπορεί να προσομοιωθεί αποτελεσματικά. Για παράδειγμα τον μήνα Σεπτέμβριο βλέπουμε διακυμάνσεις της τιμής της σχετικής υγρασίας που συνδέονται με τις ριπές του ανέμου, ενώ οι τιμές της προσομοίωσης δεν δύνανται να αποτυπώσουν αυτές τις διεργασίες.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από το λογισμικό ENVI-met εισάγονται στο πρόγραμμα Leonardo και δημιουργούνται οι αντίστοιχοι χάρτες με ευδιάκριτες τις περιοχές με διαφορετική σχετική υγρασία. Όπως βλέπουμε στο χάρτη της εικόνας 4.1 για το μεσημέρι του Ιουλίου, αναγνωρίζονται οι περιοχές:

- της λίμνης (βόρειο τμήμα) με υψηλή σχετική υγρασία (κόκκινο χρώμα)
- της άδειας δεξαμενής στο ανατολικό τμήμα με ιδιαίτερα υψηλή σχετική υγρασία (κόκκινο χρώμα)
- με άσφαλτο ή πλακόστρωση και χαμηλή υγρασία (πράσινο χρώμα)

- οι περιοχές που είναι επιστρωμένες με σκληρά υλικά (όπως οι κερκίδες, τα κεντρικά τμήματα του πάρκου με κυβόλιθο, που χαρακτηρίζονται από μέτριες τιμές σχετικής υγρασίας (κίτρινο χρώμα)
- ο δημοτικός κήπος με πολύ υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας (μαύρο χρώμα)

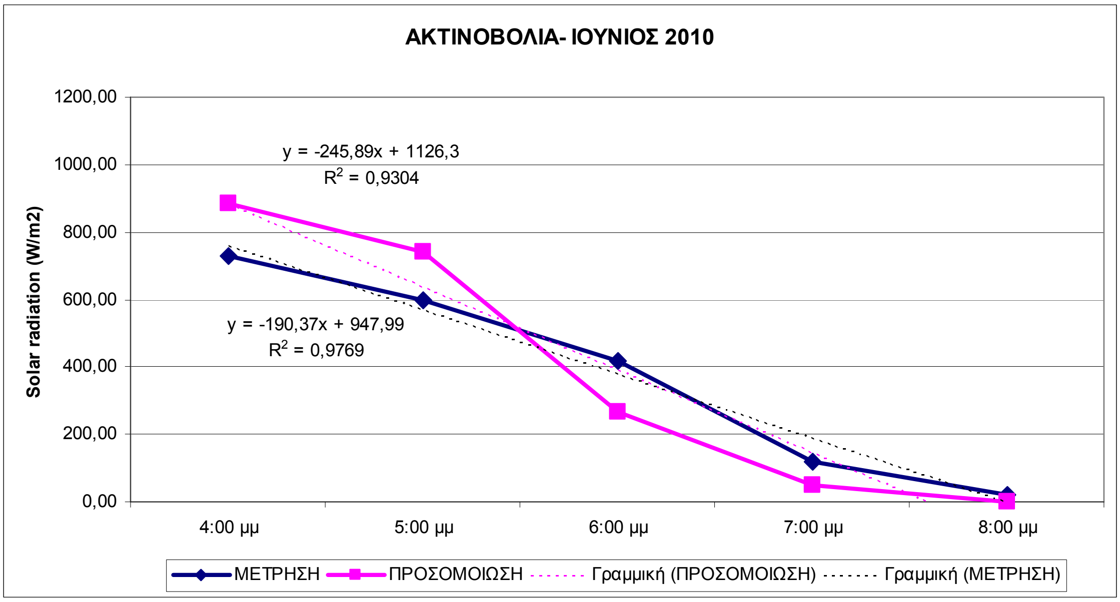
Μπορούμε να πούμε πως τα αποτελέσματα της προσομοίωσης προσεγγίζουν ποιοτικά την πραγματική κατάσταση όπως αυτή μετρήθηκε από τα όργανα.



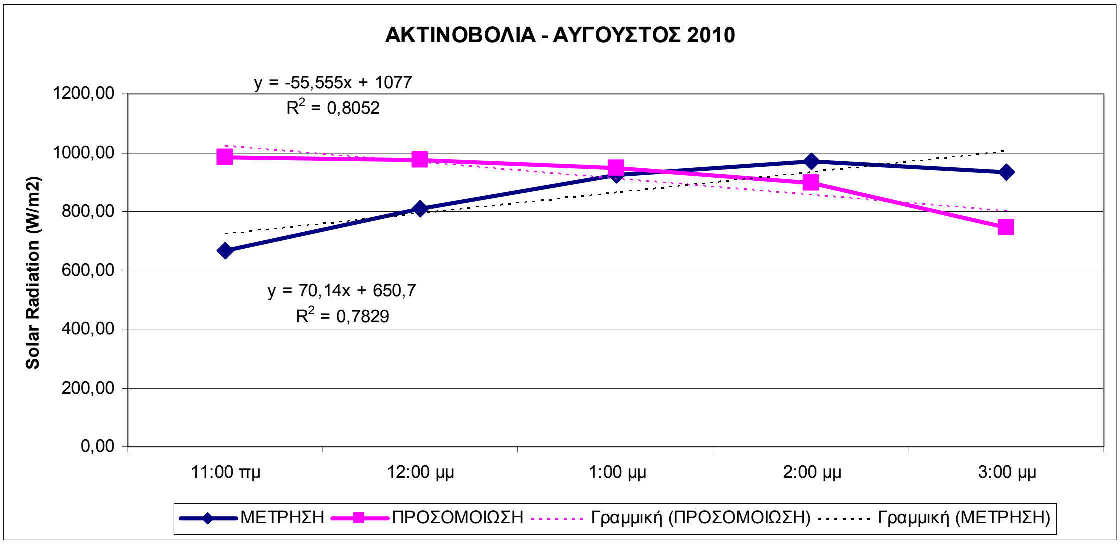
Εικόνα 4.2 Η αποτύπωση της προσομοίωσης της Σχετικής υγρασίας για το μεσημέρι του Ιουλίου όπως αποτυπώνεται στο πρόγραμμα Leonardo

4.3 Επικύρωση πιστότητας προσομοίωσης του παράγοντα της Ακτινοβολίας

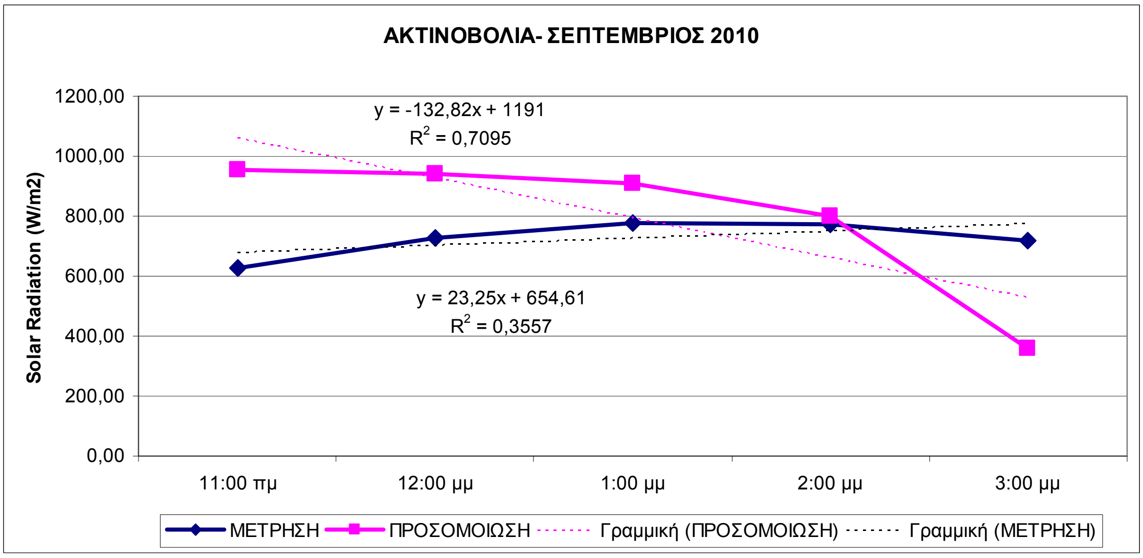
Στα διαγράμματα 4.9-4.11 αποτυπώνονται οι γραφικές παραστάσεις της μεταβολής της ακτινοβολίας με την πάροδο του χρόνου για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, όπως καταγράφονται από τον μετεωρολογικό Σταθμό (γραμμή χρώματος μπλε) και όπως προκύπτουν από τον λογισμικό προσομοίωσης (γραμμή χρώματος μωβ.) Στον πίνακα 4.3 καταγράφονται οι εξισώσεις και ο παράγοντας R^2 για τις μετρήσεις και την προσομοίωση ανά μήνα.



Διάγραμμα 4.9 Γραφική παράσταση της Ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Ιούνιο



Διάγραμμα 4.10 Γραφική παράσταση της Ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Αύγουστο



Διάγραμμα 4.11 Γραφική παράσταση της Ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Σεπτέμβριο

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ		ΕΞΙΣΩΣΗ	R^2
ΙΟΥΝΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = -190,37x + 947,99	0,977
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = -245,89x + 1126,3	0,930
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 70,14x + 650,7	0,783
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = -55,555x + 1077	0,805
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 23,25x + 654,61	0,356
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = -132,82x + 1191	0,710

Πίνακας 4.3 Οι εξισώσεις της γραμμικής παλινδρόμησης για τον παράγοντα της Ακτινοβολίας

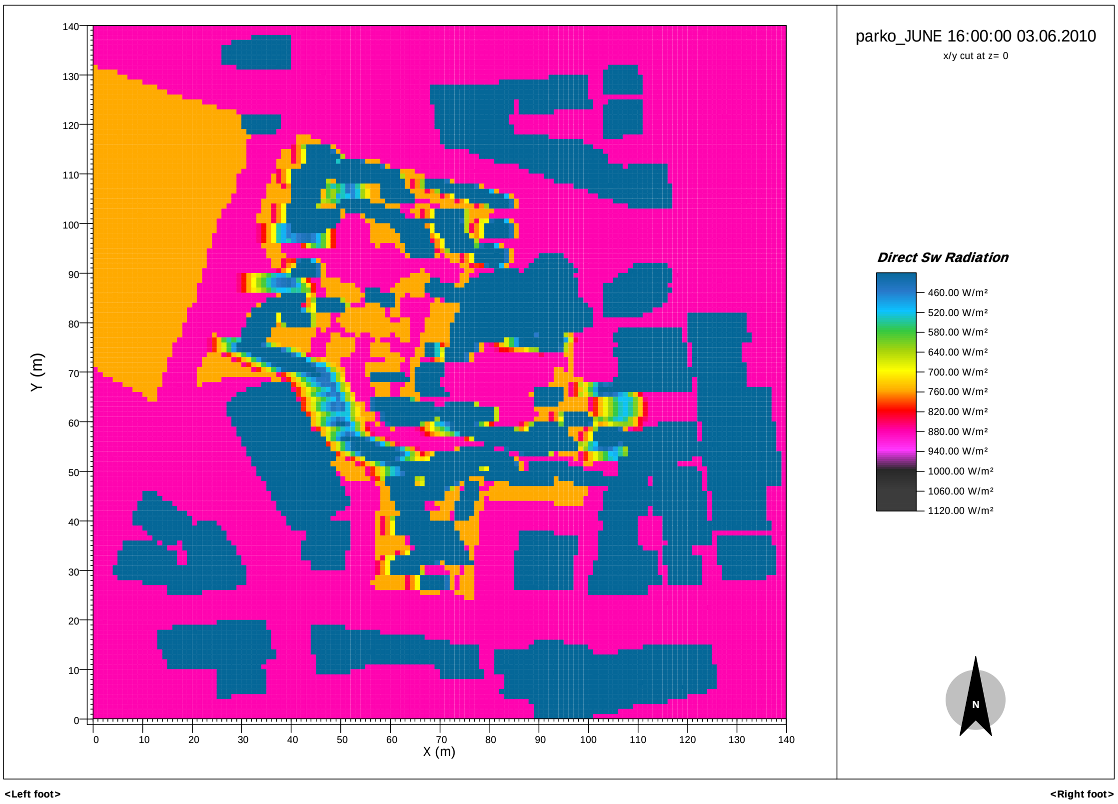
Όπως προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα, ο μήνας Ιούνιος προσομοιώνεται ικανοποιητικά καθώς οι κλίσεις των εξισώσεων είναι παραπλήσιες. Επίσης μόνο για τον Ιούνιο η τιμή R^2 πλησιάζει τη μονάδα.

Παρατηρούμε ότι οι γραφικές παραστάσεις της προσομοίωσης της ακτινοβολίας για όλους τους μήνες είναι καθοδικές. Οι τιμές της προσομοιωμένης ακτινοβολίας ξεκινούν από μια τιμή και με την πάροδο του χρόνου, προς τις απογευματινές ώρες μειώνονται. Στην πραγματικότητα όμως ιδιαίτερα για τους θερμούς μήνες (όπως τον Αύγουστο) κάτι τέτοιο δεν ισχύει, καθώς η μετρούμενη ακτινοβολία φαίνεται να αυξάνεται τις απογευματινές ώρες. Ιδιαίτερα το μήνα Σεπτέμβριο όπου καταγράφηκαν συχνές εναλλαγές συννεφιάς και ηλιοφάνειας, η προσομοίωση αδυνατεί να αναπαριστάνει τις πραγματικές συνθήκες.

Το λογισμικό επομένως δεν μπορεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά τον παράγοντα της ακτινοβολίας αριθμητικά, παρόλο που ακολουθώντας την διαδικασία εισαγωγής των αποτελεσμάτων στο πρόγραμμα Leonardo έχουμε πάλι μια ικανοποιητική αναγνώριση των περιοχών με διαφορετικά υλικά και ένταση ακτινοβολίας (Εικόνα 4.3). Διακρίνονται οι περιοχές:

- με δεντροφύτευση και έντονη σκίαση, άρα χαμηλή ακτινοβολία (μπλε χρώμα)
- με ασφαλτόστρωση και σκληρά υλικά που χαρακτηρίζονται από υψηλά ακτινοβολία (μωβ χρώμα)
- με πράσινο και χώμα όπου η ακτινοβολία αποκτά μέτριες τιμές (πορτοκαλί χρώμα).

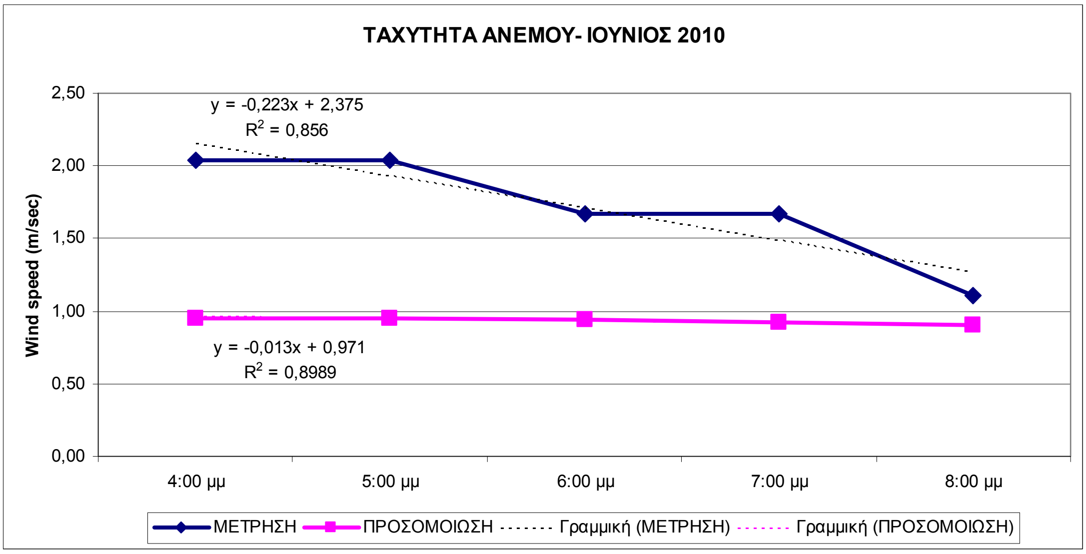
Μπορούμε να συμπεράνουμε πως οι περιοχές με διαφοροποίηση στην ακτινοβολία λόγω υλικών αναπαρίστανται ποιοτικά σωστά.



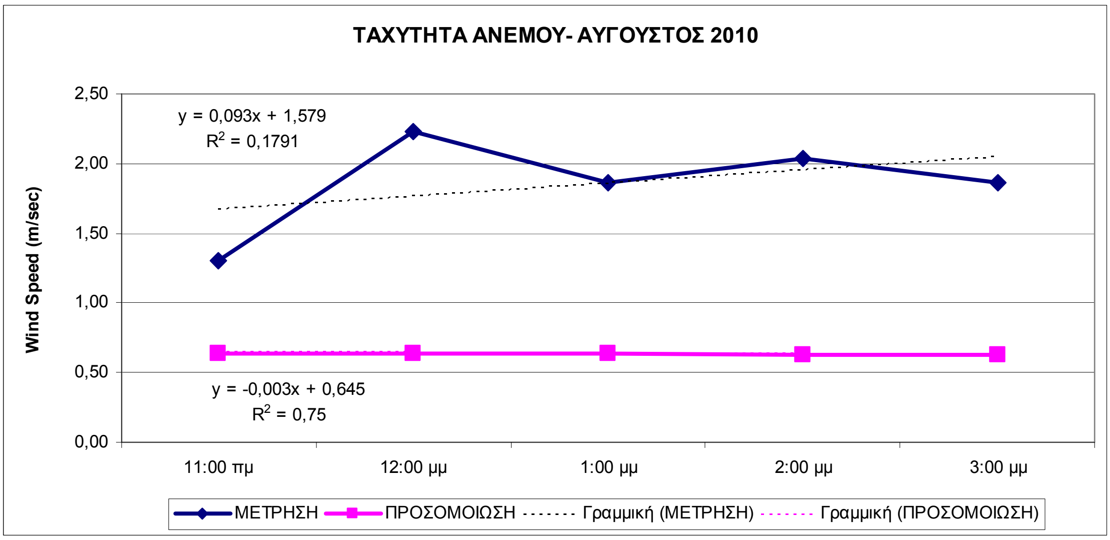
Εικόνα 4.3 Η αποτύπωση της προσομοίωσης της Ακτινοβολίας για το μεσημέρι του Ιουνίου όπως αποτυπώνεται στο πρόγραμμα Leonardo

4.4 Επικύρωση πιστότητας προσομοίωσης του παράγοντα της Ταχύτητας του ανέμου

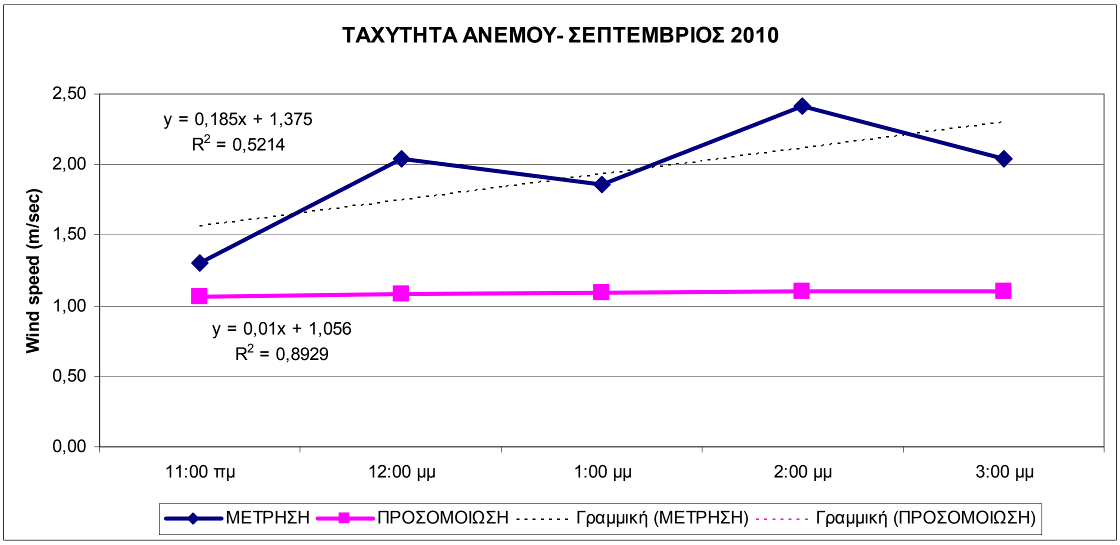
Στα διαγράμματα 4.12-4.14 αποτυπώνονται οι γραφικές παραστάσεις της διακύμανσης της ταχύτητας του ανέμου με την πάροδο του χρόνου για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, όπως καταγράφονται από το μετεωρολογικό Σταθμό (γραμμή χρώματος μπλε) και όπως προκύπτουν από τον λογισμικό προσομοίωσης (γραμμή χρώματος μωβ). Στον πίνακα 4.4 καταγράφονται οι εξισώσεις και ο παράγοντας R^2 για τις μετρήσεις και την προσομοίωση ανά μήνα.



Διάγραμμα 4.12 Γραφική παράσταση της ταχύτητας του ανέμου σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Ιούνιο



Διάγραμμα 4.13 Γραφική παράσταση της ταχύτητας του ανέμου σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Αύγουστο



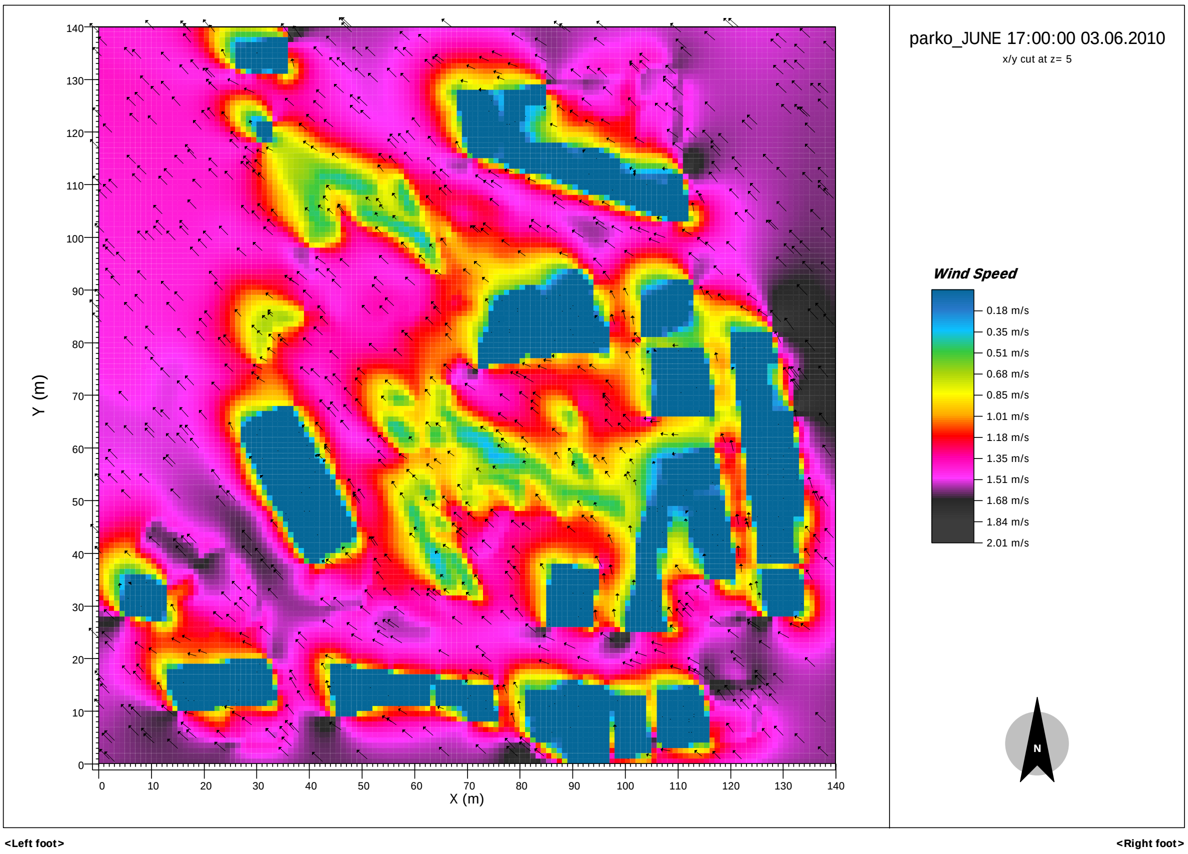
Διάγραμμα 4.14 Γραφική παράσταση της ταχύτητας του ανέμου σε συνάρτηση με το χρόνο για το μήνα Σεπτέμβριο

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ		ΕΞΙΣΩΣΗ	R^2
ΙΟΥΝΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = -0,223x + 2,375	0,856
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = -0,013x + 0,971	0,899
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 0,093x + 1,579	0,179
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = -0,003x + 0,645	0,750
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	y = 0,185x + 1,375	0,521
	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	y = 0,01x + 1,056	0,893

Πίνακας 4.4 Οι εξισώσεις της γραμμικής παλινδρόμησης για τον παράγοντα της Ταχύτητας του ανέμου

Στην παρούσα έκδοση του προγράμματος προσομοίωσης ENVI-met δεν είναι δυνατή η ενδιάμεση εισαγωγή στοιχείων (forcing data) πέρα από τις αρχικές δεδομένες συνθήκες. Έτσι δεν υπολογίζονται οι ριπές του ανέμου και οι στιγμιαίες αλλαγές διεύθυνσης, παράγοντες όχι αμελητέοι στο θερινό κλίμα του νησιού. Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα η προσομοίωση του ανέμου δεν προσεγγίζει καθόλου την πραγματική κατάσταση και οι τιμές της ταχύτητας κατά την προσομοίωση παραμένουν κοντά στις αρχικές τιμές εισαγωγής.

Με τη διαδικασία εισαγωγής των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στο πρόγραμμα Leonardo προκύπτουν οι χρωματικοί χάρτες που δίνουν ικανοποιητική εικόνα της πραγματικής κατάστασης μόνο ως προς τη διασαφήνιση των περιοχών που προστατεύονται ή που εκτίθενται στους ανέμους. Όπως βλέπουμε στην εικόνα 4.4, το κέντρο του πάρκου προστατεύεται περισσότερο από τους ανέμους και η τιμή της ταχύτητας είναι μικρότερη (κίτρινο και μπλε χρώμα) σε σχέση με τις ανοικτές περιοχές που χαρακτηρίζονται από πιο έντονους ανέμους (μωβ χρώμα). Επίσης διακρίνονται οι περιοχές που λόγω των δέντρων παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές ταχύτητας ανέμου. Τα παραπάνω συμπεράσματα προσεγγίζουν και τα αποτελέσματα των μετρήσεων πεδίου.



Εικόνα 4.4 Η αποτύπωση της προσομοίωσης της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου για το μεσημέρι του Ιουνίου όπως αποτυπώνεται στο πρόγραμμα Leonardo

4.5 Συμπεράσματα για την πιστότητα της προσομοίωσης

Το λογισμικό προσομοίωσης ENVI-met 3.1 προσφέρεται για την μικροκλιματική ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης ενός υπαίθριου χώρου και για τη διατύπωση και εκτίμηση προτάσεων ανάπλασης.

Πρόκειται για όχι ιδιαίτερα εύχρηστο πρόγραμμα, αλλά με εξαιρετική λογική οργάνωσης και εποπτικοποίησης των αποτελεσμάτων. Δε συνεργάζεται με άλλα προγράμματα σχεδιασμού του χώρου καθώς δεν έχει διανυσματική λογική, αλλά επικοινωνεί ικανοποιητικά με τα λογιστικά φύλλα Excel και το συνοδευόμενο πρόγραμμα παραγωγής χαρτών Leonardo.

Όσον αφορά την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων:

Η θερμοκρασία προσομοιώνεται αποτελεσματικά, ενώ η σχετική υγρασία, η ακτινοβολία και η ταχύτητα του ανέμου δεν αποτελούν πιστή αναπαράσταση των πραγματικών συνθηκών. Όπως είδαμε με την αναλυτική εξέταση της προσομοίωσης του μικροκλίματος στο πάρκο, με τη βοήθεια του προγράμματος Leonardo, η προσομοίωση της σχετικής υγρασίας και ακτινοβολίας ποιοτικά είναι κοντά στην πραγματικότητα όπως αυτή μετρήθηκε με τα μετεωρολογικά όργανα. Το λογισμικό αναγνωρίζει τις διαφορετικές ιδιότητες των υλικών και των σκιασμένων περιοχών και διαφοροποιεί ανάλογα τις τιμές της ακτινοβολίας και της σχετικής υγρασίας. Συνεπώς αποτελεί χρήσιμο εργαλείο αξιολόγησης του μικροκλίματος και των εναλλακτικών προτάσεων βελτίωσης του για έναν υπαίθριο χώρο.

Στοιχεία που θα βελτίωναν την αξιοπιστία της προσομοίωσης είναι η δυνατότητα επιλογής διαφορετικών υλικών για τις όψεις και τα δώματα των κτιρίων καθώς και διαφοροποιήσεις στον καθορισμό της εσωτερικής τους θερμοκρασίας, και η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, όπως των ριπών ανέμου.

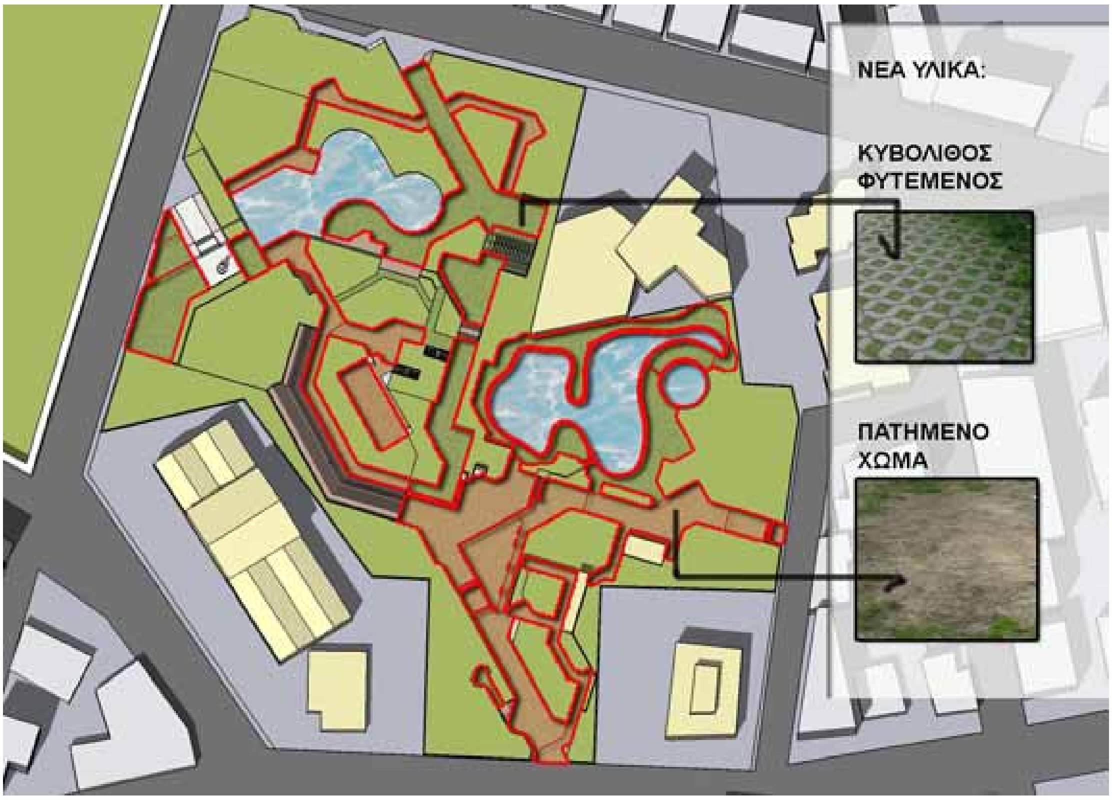
5. Διαμόρφωση προτάσεων ανάπλασης του πάρκου

Οι προτάσεις ανάπλασης δεν έχουν στόχο τον αρχιτεκτονικό επανασχεδιασμό του πάρκου το οποίο θεωρείται επιτυχημένο και καλαίσθητο αλλά στην ενίσχυση των υφιστάμενων στοιχείων του, των σκιάστρων, της φύτευσης και των φυσικών υλικών δαπεδόστρωσης. Επίσης λαμβάνεται υπόψη η εφαρμοσιμότητα και η οικονομία των προτεινόμενων λύσεων.

5.1 Πρόταση ανάπλασης Α με βάση τον παράγοντα των υλικών δαπεδόστρωσης

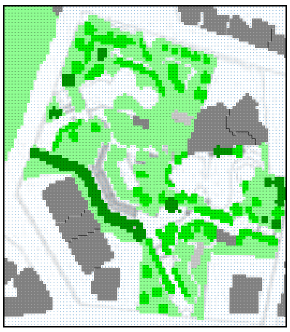
Το κύριο εργαλείο ανάπλασης αποτελεί η τοποθέτηση νέων υλικών δαπεδόστρωσης. Με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της θερμικής άνεσης εντοπίζονται οι περιοχές με τα σκληρά υλικά (πλακόστρωση και σκυρόδεμα), οι οποίες χαρακτηρίζονται μη άνετες και προτείνεται η αντικατάστασή τους με φυσικά υλικά (κυβόλιθος με χώμα και γρασίδι και «πατημένο» χώμα. Επίσης προτείνεται η τοποθέτηση νερού στην υφιστάμενη (άδεια) δεξαμενή από σκυρόδεμα. Τα υπόλοιπα στοιχεία (δέντρα, χαράξεις, δομημένα στοιχεία) διατηρούνται σταθερά. Στις Εικόνες 5.1, 5.2 και 5.3 αποτυπώνονται οι προτεινόμενες επεμβάσεις .

Ο βασικός άξονας της Πρότασης Α, η αξιοποίηση δηλαδή των νέων υλικών οδηγεί και σε μια αισθητική αναβάθμιση της φυσικής εικόνας του πάρκου, όπως φαίνεται και στις εικόνες 5.4, 5.5, 5.6 και 5.7. Η ουσιαστική αναβάθμιση του πάρκου θα αποτιμηθεί με αναλυτικό τρόπο στο Κεφάλαιο 4.



Εικόνα 5.1 Κάτοψη του Πάρκου με σημειωμένες της περιοχής ανάπλασης

Εικόνα 5.2 Τρισδιάστατη απεικόνιση του πάρκου και των νέων προτεινόμενων δαπέδων



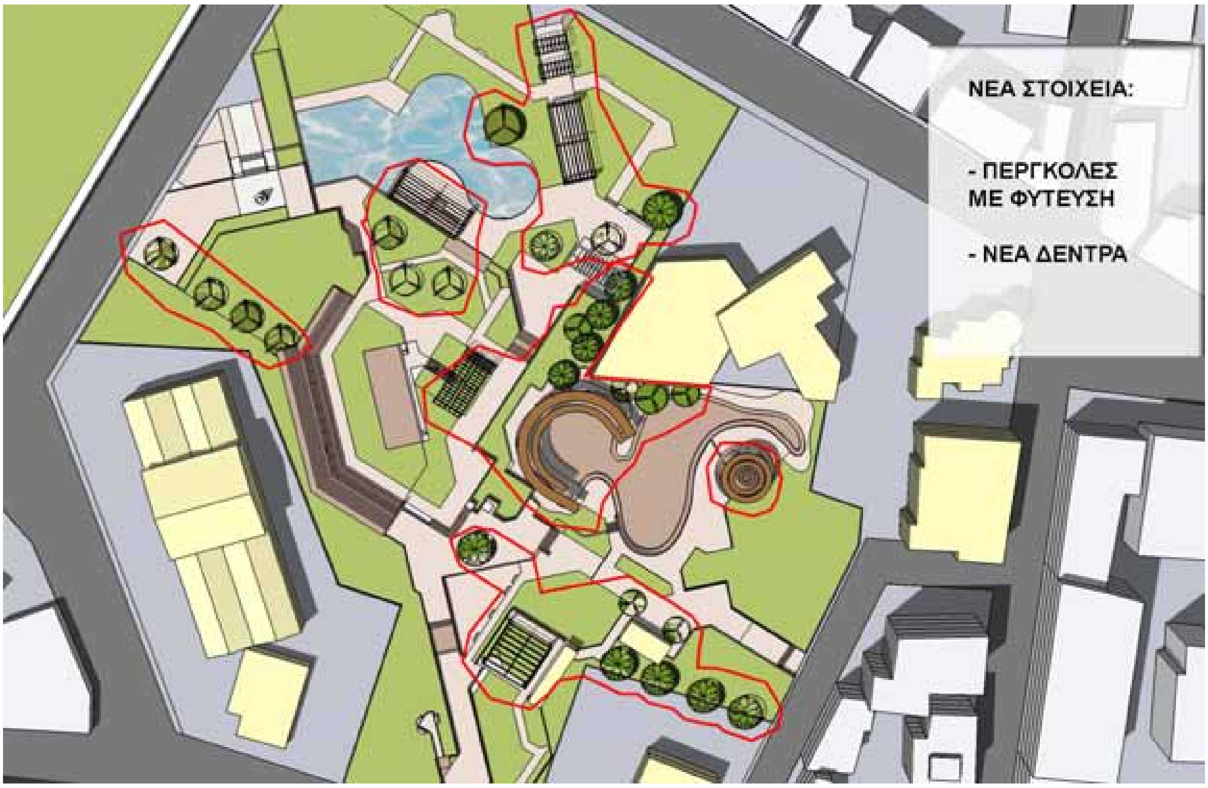
Εικόνα 5.3 Εισαγωγή της πρότασης Α στο λογισμικό προσομοίωσης


Εικόνα 5. 4 και 5.5 Πρόταση αποκατάστασης της υφιστάμενης δεξαμενής – σε λίμνη με νερό (φωτογραφία Ιούνη 2010 και φωτομοντάζ)


Εικόνα 5. 6 και 5.7 Αντικατάσταση των «σκληρών δαπέδων» από τσιμέντο και κυβόλιθο με πράσινο και πατημένο χώμα (φωτογραφία Ιούνη 2010 και φωτομοντάζ)

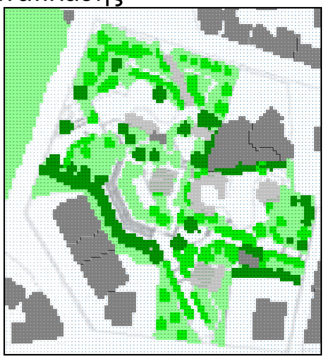
5.2 Πρόταση ανάπλασης Β με βάση τον παράγοντα της σκίασης

Εδώ το βασικό εργαλείο της πρότασης ανάπλασης είναι ο παράγοντας της σκίασης. Εξετάζοντας τους χάρτες της προσομοίωσης της θερμικής άνεσης εντοπίζονται οι περιοχές που σκιάζονται ελάχιστα και διαμορφώνουν μη άνετες συνθήκες σε συνδυασμό πάντα με την παραμονή επισκεπτών και τα υποκείμενα υλικά δαπεδόστρωσης. Για παράδειγμα διαπιστώνεται πως ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες παρουσιάζει η άδεια δεξαμενή από σκυρόδεμα. Προτείνονται νέα δέντρα και στέγαστρα, σκιάζοντας έτσι μεγαλύτερο μέρος της πλατείας. Διατηρούνται σταθερά τα υφιστάμενα δάπεδα, χαράξεις και υλικά. Στις εικόνες 5.8, 5.9 και 5.10 αποτυπώνονται οι προτεινόμενες επεμβάσεις και στις εικόνες 5.11 έως 5.14 αναπαριστάνεται η παραλλαγμένη εικόνα του πάρκου μετά τις επεμβάσεις σκίασης.



Εικόνα 5.8 Κάτοψη του Πάρκου με σημειωμένες της περιοχής ανάπλασης

Εικόνα 5.9 Τρισδιάστατη απεικόνιση του πάρκου και των νέων προτεινόμενων στεγάστρων



Εικόνα 5.10 Εισαγωγή της πρότασης Β στο ENVI-met

Εικόνα 5.11 και 5.12 Προτεινόμενα στοιχεία στέγασης - πέργκολες με αναρριχόμενη φύτευση (Φωτογραφία Ιούνη 2010 και φωτομοντάζ)


Εικόνα 5.14 και 5.14 Προτεινόμενα στοιχεία στέγασης - πέργκολες με αναρριχόμενη φύτευση (Φωτογραφία Ιούνη 2010 και φωτομοντάζ)

Οι δύο προτάσεις ανάπλασης του πάρκου χρησιμοποιούν εργαλεία και μέσα προσιτά και συνήθη στις περιπτώσεις κατασκευής και ανάπλασης δημοσίων έργων. Δεν προτείνονται καινοτόμα υλικά και ακριβές λύσεις καθώς εκτιμάται πως με τις προτεινόμενες αλλαγές σε υλικά και με απλές δενδροφυτεύσεις και τοποθετήσεις στεγάστρων στα κατάλληλα σημεία, θα βελτιωθεί το μικροκλίμα του πάρκου.

6. Συζήτηση

6.1 Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των προτάσεων πρότασης ανάπλασης Α και Β μέσω προσομοίωσης

Οι δύο προτάσεις ανάπλασης Α και Β συγκρίνονται με βασικό κριτήριο τη μεταβολή του δείκτη της θερμικής άνεσης σε σχέση με την αρχική του τιμή. Μέσω της προσομοίωσης μπορούμε να συγκρίνουμε σημειακές τιμές PMV όπως βλέπουμε στον πίνακα 6.1. Οι τιμές του πίνακα αντιστοιχούν στην θερμική άνεση του σημείου του κανάβου με συντεταγμένες (x,y)= (71, 71) και σε ύψος στάθμης z= 1,60m που αντιστοιχεί σε εσωτερικό σημείο της άδειας δεξαμενής από σκυρόδεμα. Σε αυτή τη θέση κατά την αποτύπωση μετρήθηκαν ιδιαίτερα υψηλές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας. Στην πρόταση Α η δεξαμενή γεμίζει νερό και στην πρόταση Β δημιουργούνται δύο στέγαστρα που σκιάζουν τμήμα του εσωτερικού της. Η θερμική άνεση PMV προσομοιώνεται μέσω του λογισμικού ENVI-met και εξάγονται σημειακές τιμές στο πρόγραμμα Excel. Όπως φαίνεται στον πίνακα 6.1 η θερμική άνεση βελτιώνεται και στις δύο προτάσεις ανάπλασης. Καθίσταται χρήσιμο όμως να εξετάσουμε την θερμική άνεση στο σύνολο του πάρκου, μέσω των χρωματικών χαρτών που εξάγονται από το πρόγραμμα Leonardo.

	ώρα	**PMV ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ**	**PMV ΠΡΟΤΑΣΗΣ Α**	**PMV ΠΡΟΤΑΣΗΣ Β**
ΙΟΥΝΙΟΣ	17.00	3,15	3,01	3,00
ΙΟΥΛΙΟΣ	14.00	5,43	5,24	5,14
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	14.00	6,40	6,26	6,14
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	14.00	5,05	5,01	4,92

Πίνακας 6.1 Οι τιμές του Δείκτη της θερμικής άνεσης που αντιστοιχεί στη θέση της άδειας δεξαμενής από σκυρόδεμα για την υφιστάμενη κατάσταση και για τις 2 προτάσεις ανάπλασης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ (PMV)

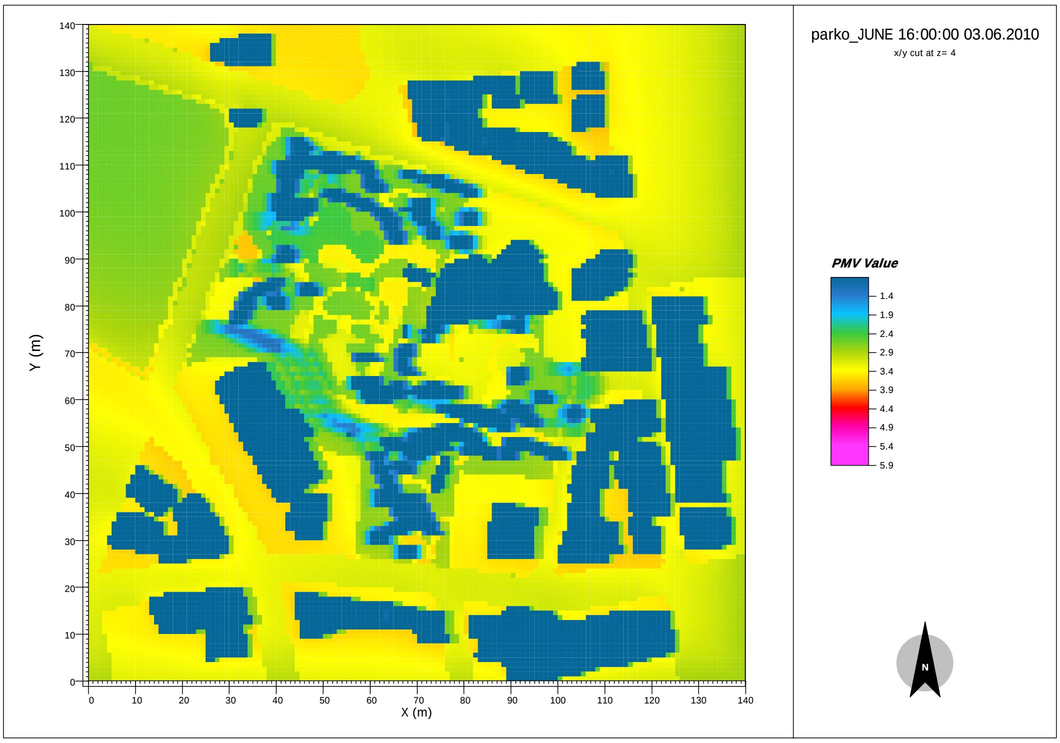
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της θερμικής άνεσης για τον **Ιούνιο**, στις 16:00 (εικόνες 6.1-6.3) :

Με την πρόταση ανάπλασης Α στο κέντρο του πάρκου η θερμική άνεση βελτιώνεται αρκετά, καθώς αλλάζουν οι πλακοστρώσεις. Οι περιοχές που στην υφιστάμενη κατάσταση ήταν σημειωμένες με κίτρινο χρώμα, τώρα μεταπίπτουν σε καλύτερη κατηγορία (πράσινο χρώμα). Επίσης αισθητή βελτίωση της θερμικής άνεσης παρατηρείται ανατολικά στη θέση της μεγάλης δεξαμενής. Καθώς προτείνεται να γεμίσει με νερό, η θερμική άνεση στη θέση αυτή βελτιώνεται. Επιπλέον δυτικά στη θέση του μνημείου μετά την αντικατάσταση των μαρμάρινων πλακών με μαλακά υλικά, παρατηρούμε βελτίωση.

Με την πρόταση Β, παρατηρούμε αισθητή βελτίωση της θερμικής άνεσης κυρίως στα σημεία που σκιάζονται με τα προτεινόμενα στέγαστρα. Οι υπόλοιπες περιοχές διατηρούν τις αρχικές συνθήκες.

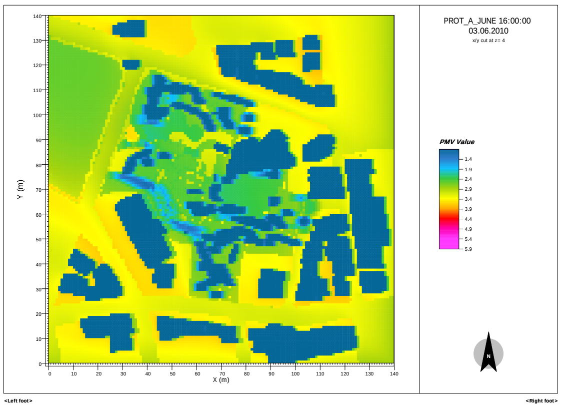
Οι παραπάνω παρατηρήσεις ενισχύονται και με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τις 17:00. (εικόνες 6.4-6.6)

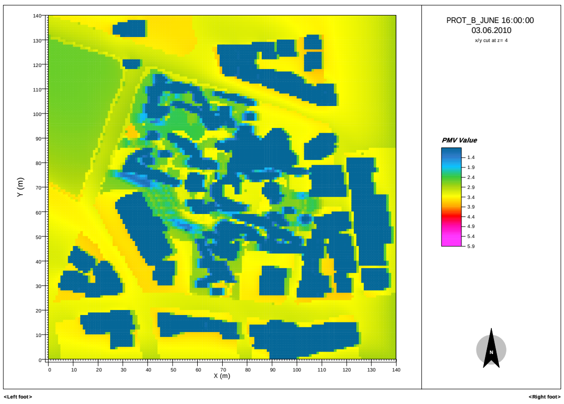
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΙΟΥΝΙΟΣ 16.00)



<Left foot> <Right foot>

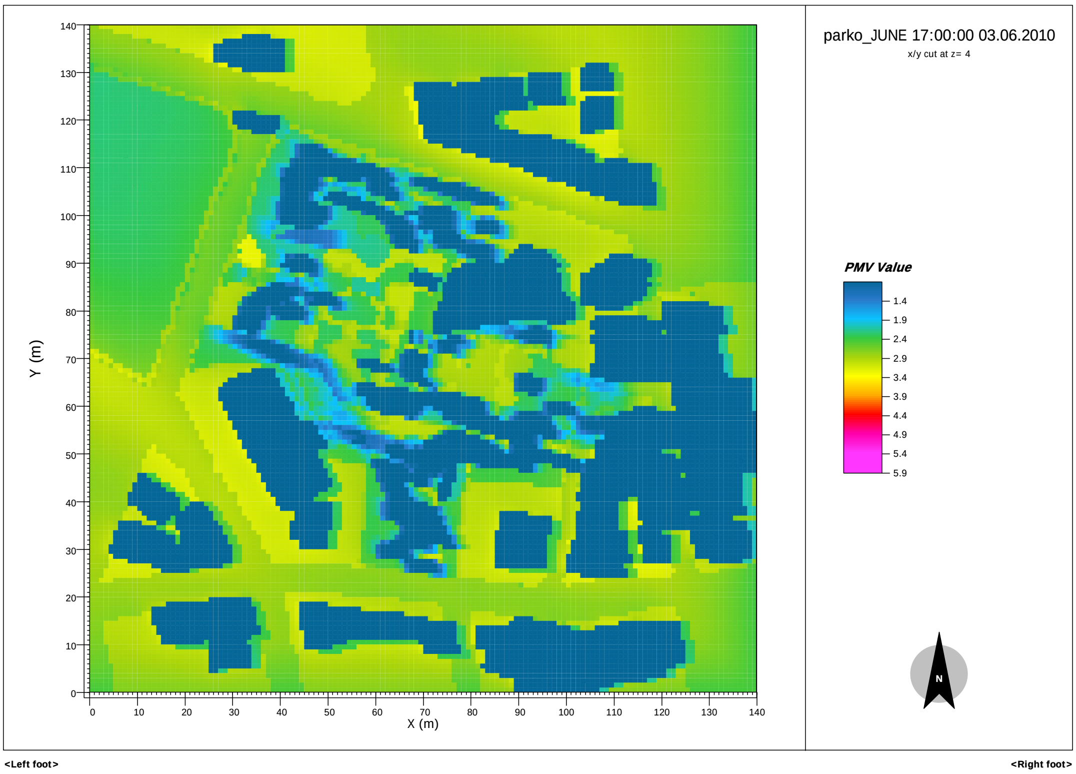
ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΝΙΟΣ 16.00) **ΠΡΟΤΑΣΗ Β** (ΙΟΥΝΙΟΣ 16.00)



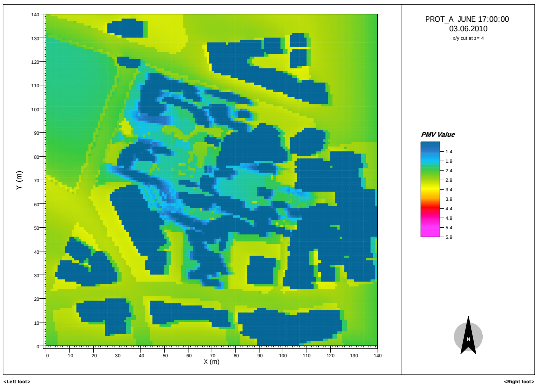


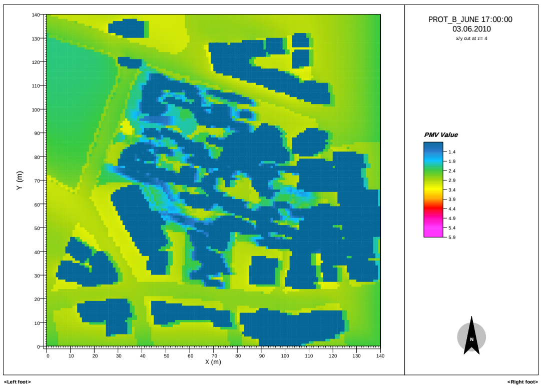
Εικόνες 6.1-6.3 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Ιούνιο

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΙΟΥΝΙΟΣ 17.00)



ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΝΙΟΣ 17.00) **ΠΡΟΤΑΣΗ Β** (ΙΟΥΝΙΟΣ 17.00)





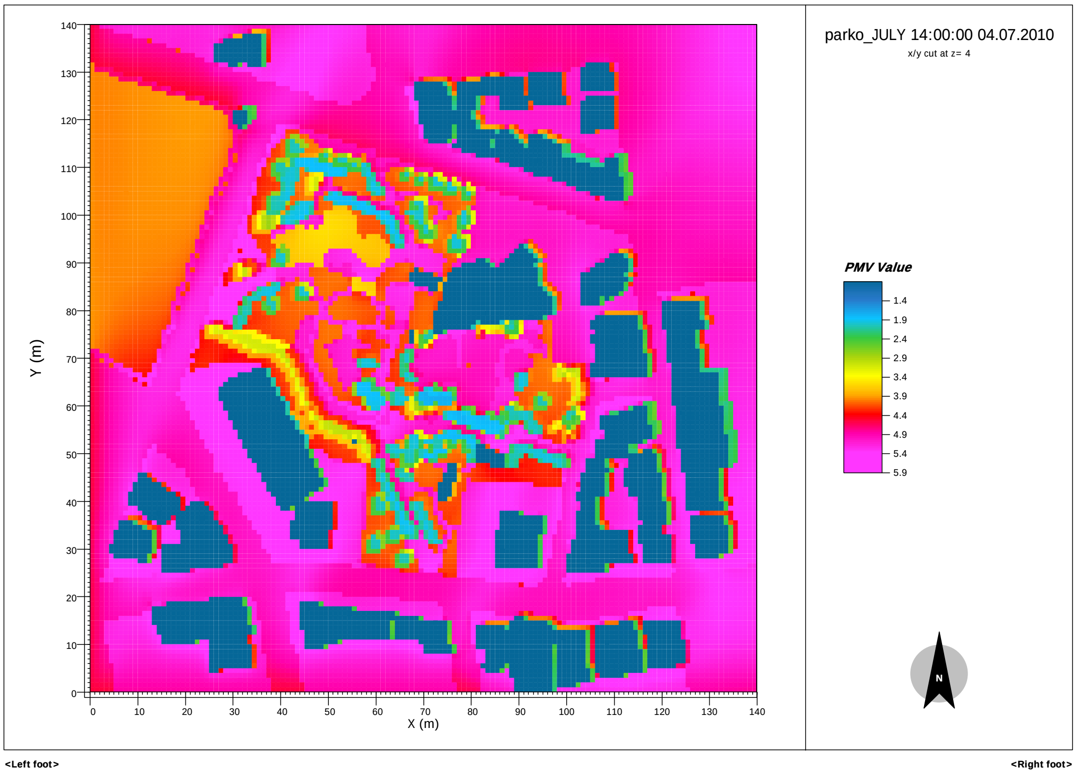
Εικόνες 6.4-6.6 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Ιούνιο

- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της θερμικής άνεσης για τον **Ιούλιο** στις 14:00 (εικόνες 6.7-6.9) :

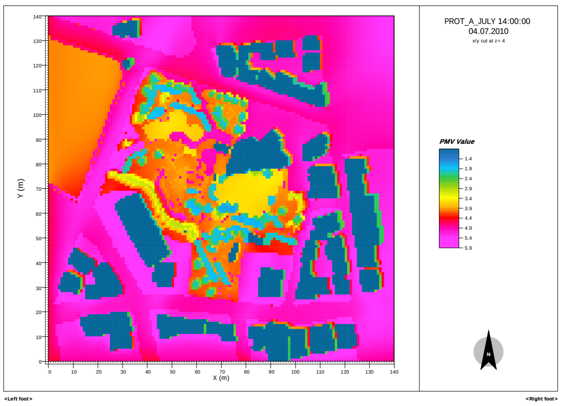
Με την πρόταση ανάπλασης Α στο κέντρο του πάρκου η θερμική άνεση βελτιώνεται σε μεγάλο βαθμό, σε σχέση με την μη άνετη κατάσταση που επικρατούσε λόγω της υψηλής θερμοκρασίας. Οι περιοχές που στην υφιστάμενη κατάσταση ήταν σημειωμένες με κόκκινο χρώμα (θερμές), τώρα μεταπίπτουν σε καλύτερη κατηγορία (κίτρινο και πορτοκαλί χρώμα). Ιδιαίτερη βελτίωση παρατηρείται πάλι στη θέση της μεγάλης δεξαμενής. Για το θερμό μήνα του Ιουλίου η άδεια αυτή δεξαμενή αποτελεί χώρο με δυσμενείς συνθήκες οι οποίες καταργούνται με τη χρήση νερού στην πρόταση Α.

Με την πρόταση Β, παρατηρούμε βελτίωση της θερμικής άνεσης πάλι στα σημεία που σκιάζονται με τα προτεινόμενα στέγαστρα. Οι γαλάζιες περιοχές που αναπαριστούν κατηγορία άνεσης πληθαίνουν και καταδεικνύουν πόσο σημαντικός παράγοντας είναι η σκίαση για το καλοκαίρι. Οι υπόλοιπες περιοχές διατηρούν τις αρχικές συνθήκες. Οι παραπάνω παρατηρήσεις ενισχύονται και με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τις 16:00. (εικόνες 6.10-6.12).

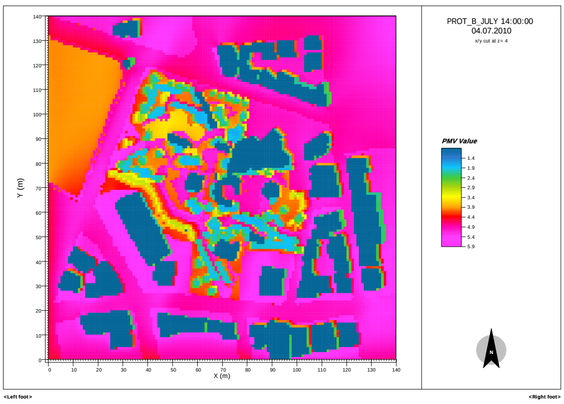
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΙΟΥΛΙΟΣ 14.00)



ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΛΙΟΣ 14.00)

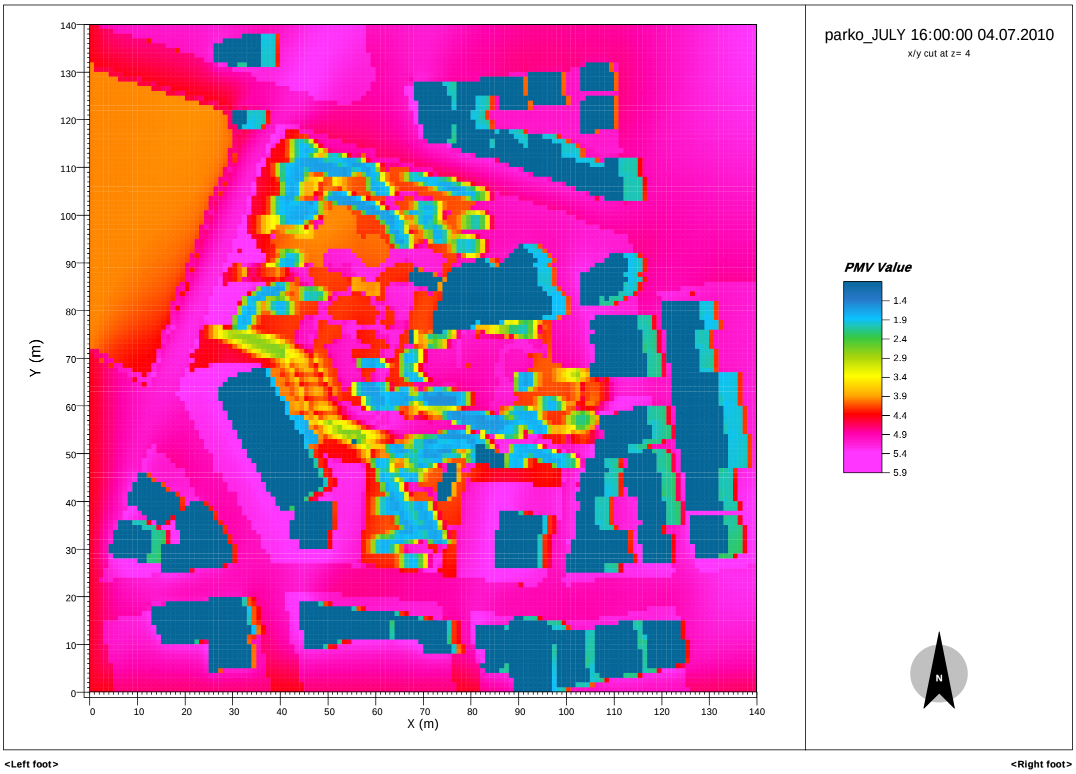


ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΙΟΥΛΙΟΣ 14.00)

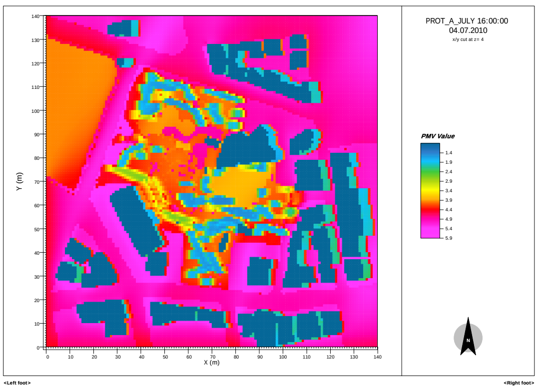


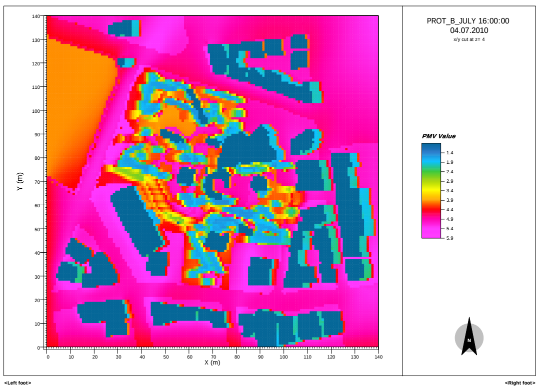
Εικόνες 6.7-6.9 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Ιούλιο

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΙΟΥΛΙΟΣ 16.00)



ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΛΙΟΣ 16.00) **ΠΡΟΤΑΣΗ Β** (ΙΟΥΛΙΟΣ 16.00)





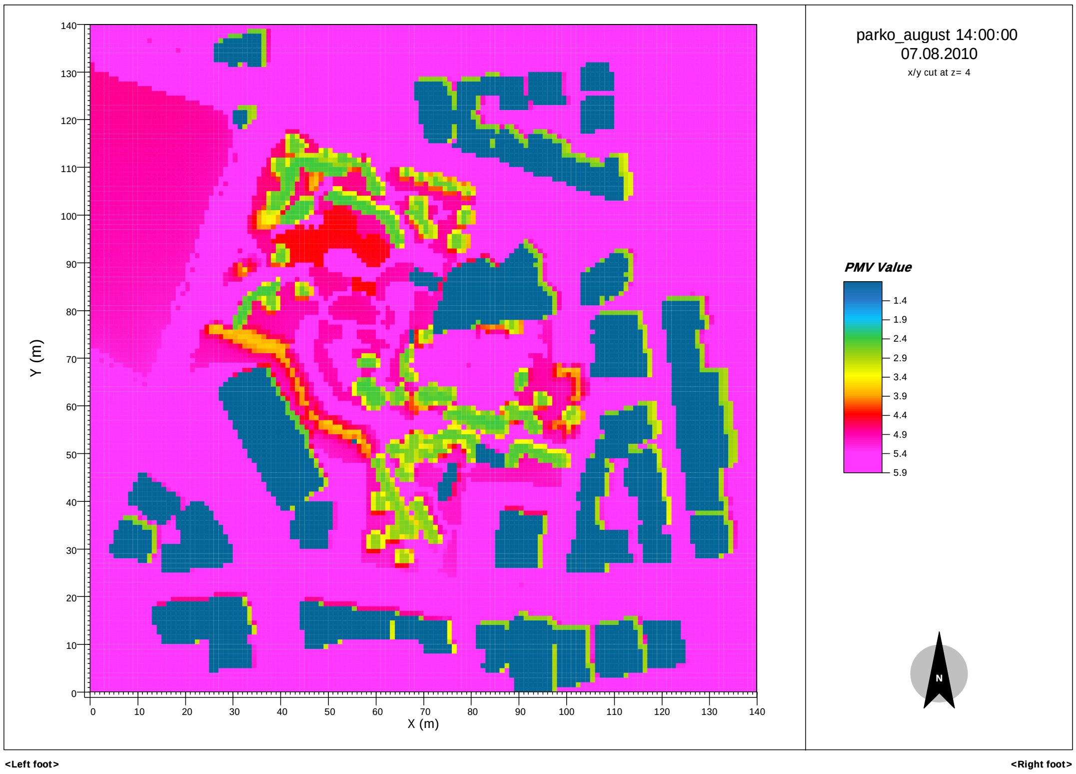
Εικόνες 6.10-6.12 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Ιούλιο

- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της θερμικής άνεσης για τον **Αύγουστο** στις 14:00 (εικόνες 6.13-6.15) και στις 16:00 (εικόνες 6.16-6.18) :

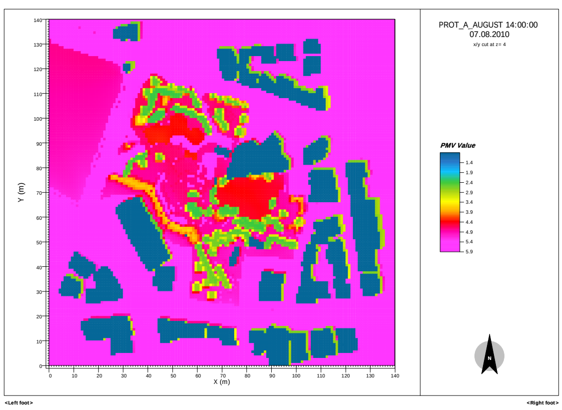
Οι συνθήκες άνεσης είναι δυσμενείς και το μεσημέρι του Αυγούστου είναι ιδιαίτερα θερμό. Στη πρόταση Α οι περιοχές που είχαν αναπαρασταθεί με μωβ χρώμα (κέντρο πάρκου, και δεξαμενή) τώρα εμφανίζονται ελαφρά βελτιωμένες, με κόκκινο χρώμα. Αυτή η βελτίωση αντιστοιχεί με πτώση του δείκτη PMV από μισή έως και μία μονάδα.

Στην πρόταση Β η βελτίωση των συνθηκών, με πτώση του δείκτη PMV φτάνει τις 2 μονάδες, αλλά περιορίζεται χωρικά μόνο στις σκιαζόμένες περιοχές από τα νέα στέγαστρα. Και στις δύο προτάσεις παρατηρείται αναβάθμιση των συνθηκών άνεσης.

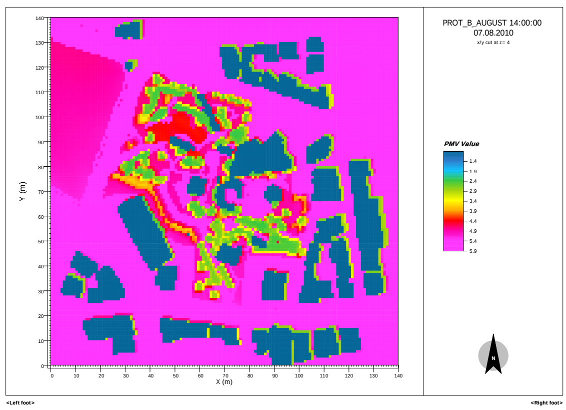
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 14.00)



ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 14.00)

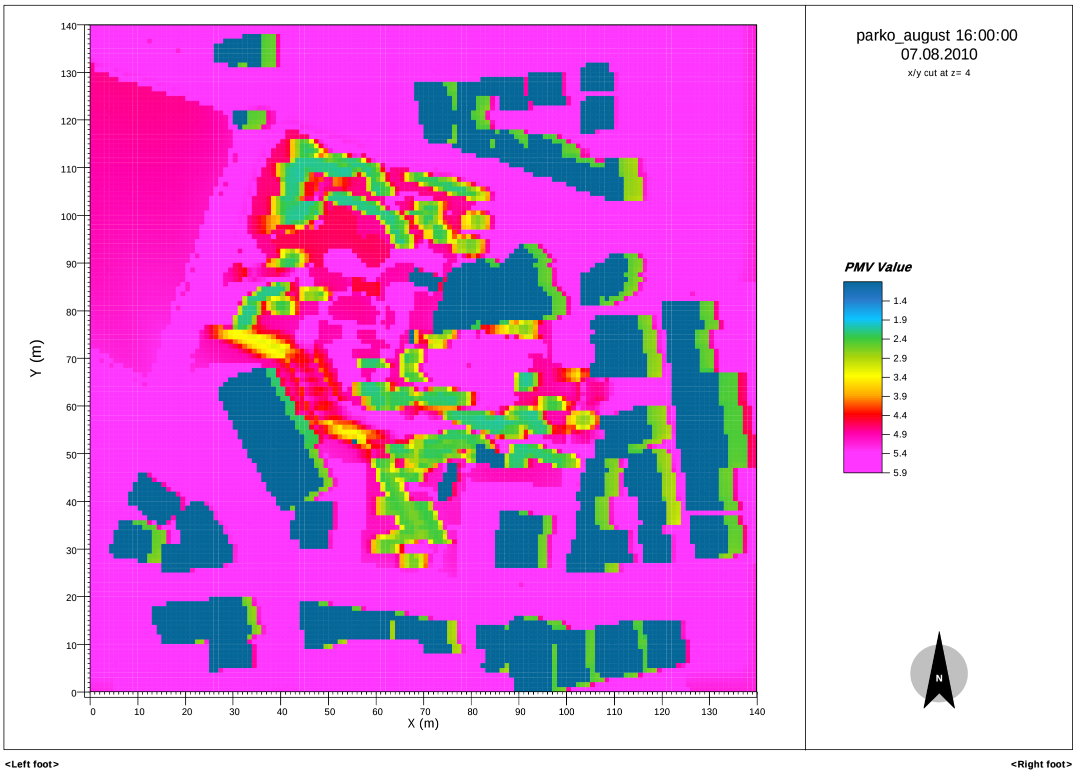


ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 14.00)

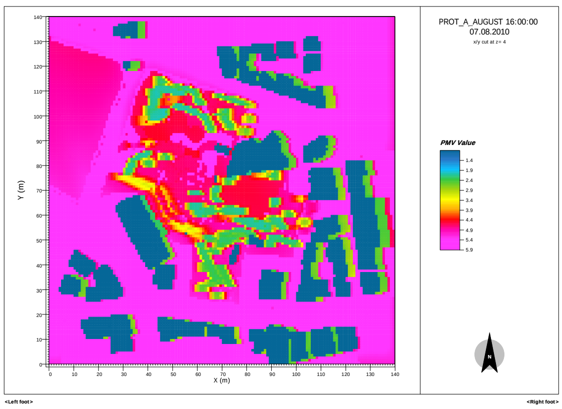


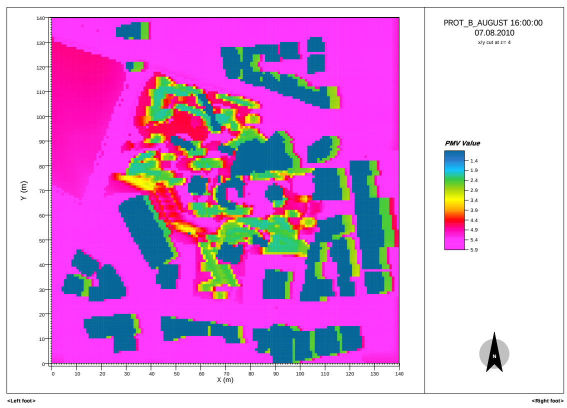
Εικόνες 6.13-6.15 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Αύγουστο

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 16.00)



ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 16.00) **ΠΡΟΤΑΣΗ Β** (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 16.00)





Εικόνες 6.16-6.18 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Αύγουστο

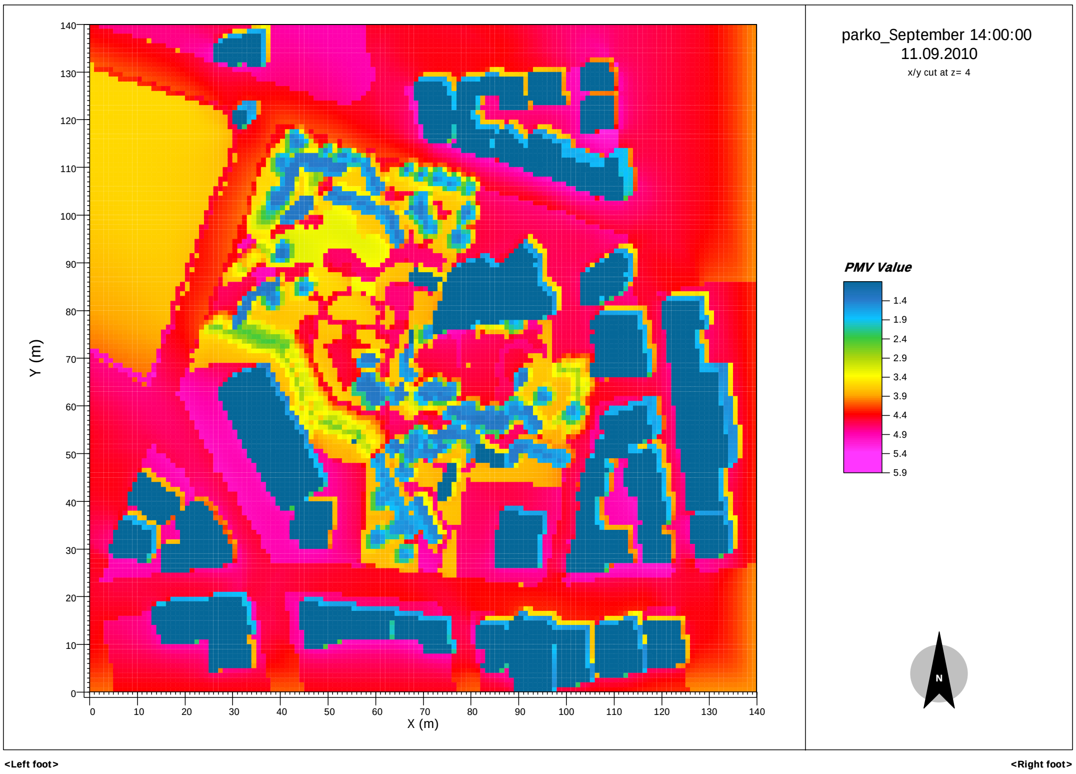
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της θερμικής άνεσης για τον **Σεπτέμβριο** στις 14:00 (εικόνες 6.19-6.21):

Με τις επεμβάσεις της πρότασης Α αυξάνονται οι περιοχές άνεσης σε όλη την έκταση του πάρκου (με κίτρινο χρώμα) και ελαχιστοποιούνται οι ιδιαίτερα θερμές περιοχές (με κόκκινο χρώμα).

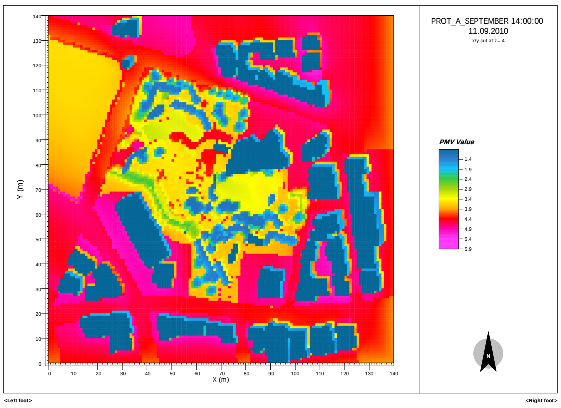
Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις επεμβάσεις της πρότασης Β, μόνο που εδώ διατηρούνται μεγαλύτερες περιοχές με κόκκινο χρώμα. Πρόκειται για τις περιοχές με σκληρά υλικά που δεν σκιάζονται και εμφανίζουν συνθήκες δυσφορίας.

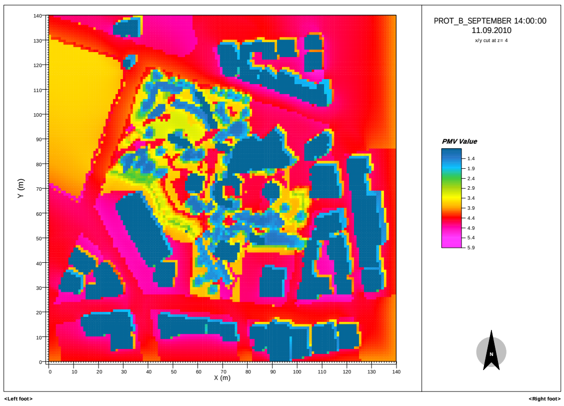
Οι παραπάνω παρατηρήσεις ενισχύονται και με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τις 16:00. (εικόνες 6.22-6.24). Για το μήνα Σεπτέμβριο παρατηρούμε πως οι συνθήκες θερμικής άνεσης είναι γενικά καλύτερες, και στην πρόταση Β τα προτεινόμενα στέγαστρα και δενδροφυτεύσεις σκιάζουν μεγαλύτερες επιφάνειες του πάρκου βελτιώνοντας τις συνθήκες άνεσης αισθητά.

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 14.00)



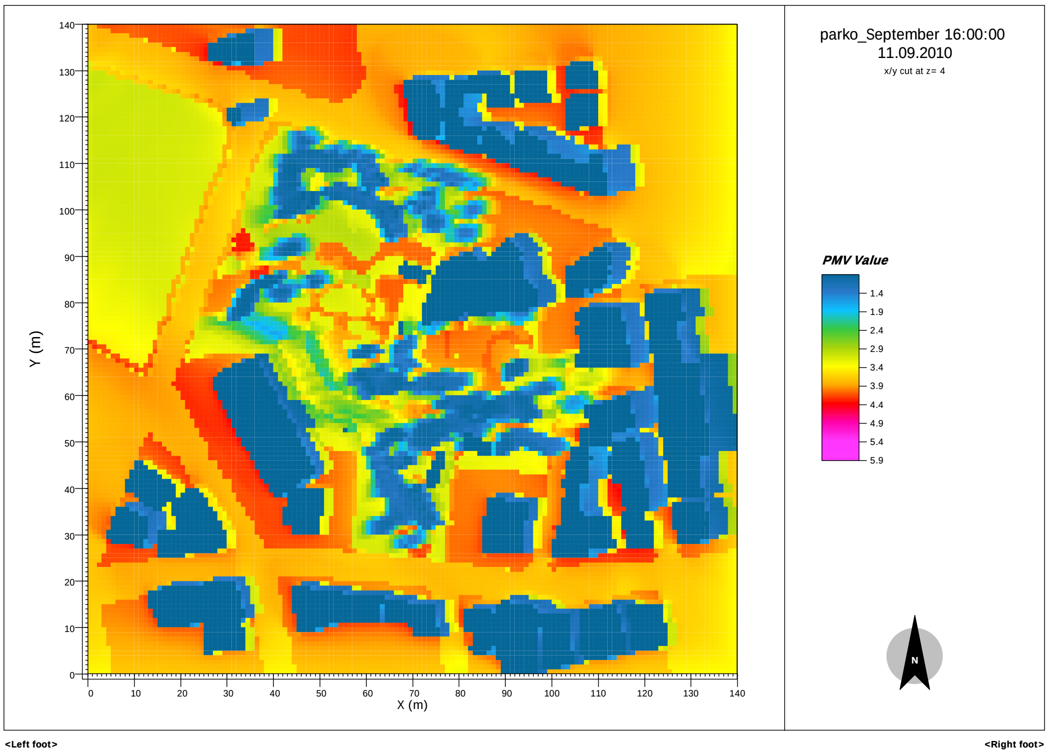
ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 14.00)   **ΠΡΟΤΑΣΗ Β** (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 14.00)



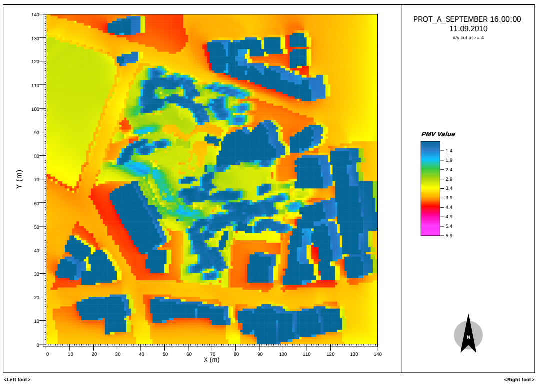


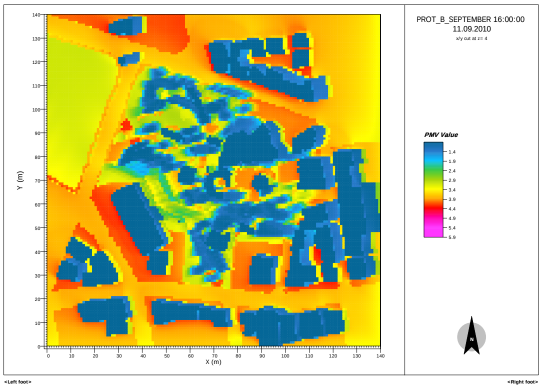
Εικόνες 6.19-6.21 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Σεπτέμβρη

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 16.00)



ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 16.00) **ΠΡΟΤΑΣΗ Β** (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 16.00)





Εικόνες 6.22-6.24 Προσομοιώσεις της θερμικής άνεσης για το μήνα Σεπτέμβρη

Οι παραπάνω χάρτες προσομοιώσεων εμπεριέχονται και στο Παράρτημα σε καλύτερη ανάλυση.

7. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε στο Πάρκο Ειρήνης και Φιλίας των Λαών στο κέντρο της πόλης των Χανίων κατά τη διάρκεια τεσσάρων μηνών της θερινής περιόδου. Αποτελείται από τη διατύπωση και εκτίμηση προτάσεων ανάπλασης του πάρκου, μετά από διερεύνηση των αναγκών και του υφιστάμενου μικροκλίματος και από τη συνδυαστική χρήση μετρήσεων μικροκλίματος και συστήματος προσομοιώσεων. Επιμέρους στόχο αποτέλεσε και η επικύρωση της πιστότητας του λογισμικού προσομοίωσης ENVI-met3.1 μέσω μετρήσεων πεδίου.

Τα αποτελέσματα από την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης του μικροκλίματος μετά την εισαγωγή των γεωμετρικών, φυτοτεχνικών και κλιματικών δεδομένων βοήθησαν στον εντοπισμό περιοχών με θερμική άνεση και περιοχών μη άνετων, με ιδιαίτερα υψηλές τιμές PMV. Έτσι ανασχεδιάζονται αυτές οι περιοχές με εφικτά και οικονομικά μέσα. Η πρόταση Α στηρίζεται στη διαφοροποίηση των υλικών δαπεδόστρωσης του πάρκου και η πρόταση Β στηρίζεται στην αύξηση των σκιασμένων περιοχών. Οι δύο παράγοντες αυτοί (υλικά δαπεδόστρωσης και επιφάνειες σκίασης) είναι και τα βασικά εργαλεία ανάπλασης που χρησιμοποιούνται και στην πραγματικότητα από τους αρμόδιους Δήμους ή Υπηρεσίες για την ανάπλαση ανοικτών χώρων.

Μετά το σχεδιασμό και την προσομοίωση των δύο σεναρίων ανάπλασης αποδείχτηκε μέσω της σύγκρισης χαρτών PMV, πριν και μετά την επέμβαση, ότι και οι δύο προτάσεις παρουσιάζουν βελτίωση στις συνθήκες άνεσης. Ειδικότερα στην περίπτωση των επεμβάσεων στα υλικά παρατηρείται βελτίωση της θερμικής άνεσης λόγω της αντικατάστασης των σκληρών υλικών με πράσινο και χώμα και λόγω της αύξησης των υδάτινων επιφανειών. Η ακτίνα της βελτίωσης λόγω των συγκεκριμένων παρεμβάσεων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα αποτελέσματα της πρότασης με άξονα τα στέγαση. Όσον αφορά τη δεύτερη πρόταση, με την αύξηση της δεντροφύτευσης στις θερμικά επιβαρυμένες περιοχές και με τη χρήση σκιάστρων, επιτυγχάνεται βελτίωση της θερμικής άνεσης με σημειακό χαρακτήρα.

Ιδιαίτερα αποδείχτηκε ότι κατά τις θερμότερες ημέρες και ώρες οι βελτιώσεις είναι αισθητές στο μεγαλύτερο τμήμα του πάρκου. Αξίζει να σημειωθεί πως αυτές οι βελτιώσεις δεν πρέπει να εκτιμώνται μόνο ως σημειακοί αριθμοί μείωσης των υψηλών τιμών PMV, αλλά ως εκτάσεις περιοχών που χαρακτηρίζονται από ανεκτές συνθήκες και αυτές με τη σειρά τους επιδρούν στις γειτονικές και δυναμικά βελτιώνουν το μικροκλίμα όλου του πάρκου και την εμπειρία του επισκέπτη.

Η εργασία αυτή είχε ως δευτερεύοντα στόχο να εκτιμήσει την ορθότητα της προσομοίωσης του λογισμικού ENVI-met σε σχέση με τις μετρήσεις πεδίου του μικροκλίματος. Έτσι για τον παράγοντα της θερμοκρασίας αποδείξαμε ότι η προσομοίωση είναι κοντά στις πραγματικές συνθήκες, και η διαφοροποίηση των θερμών περιοχών είναι σωστή. Επίσης για τη σχετική υγρασία, η προσομοίωση είναι ικανοποιητική και η αναπαράσταση των περιοχών με διαφορετική υγρασία είναι πιστή. Το λογισμικό δεν μπορεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά τον παράγοντα της ακτινοβολίας αριθμητικά, παρόλο που έχουμε πάλι ικανοποιητική αναγνώριση των περιοχών με διαφορετικά υλικά και ένταση ακτινοβολίας. Τέλος, η προσομοίωση του ανέμου δεν προσεγγίζει καθόλου την πραγματική κατάσταση μόνο ως προς τη διασαφήνιση των περιοχών που προστατεύονται ή που εκτίθενται στους ανέμους.

Συμπερασματικά μπορούμε να θεωρήσουμε το λογισμικό προσομοίωσης ως ένα χρήσιμο εργαλείο με αξιόπιστα αποτελέσματα. Η γνώση των αδυναμιών του συμβάλει στην κατανόηση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης και στην ορθή αξιοποίηση τους. Ως εργαλείο λήψης αποφάσεων και ποιοτικής εκτίμησης προτάσεων ανάπλασης είναι πολύ εύχρηστο και συνεπές. Σε μια εποχή που ο παράγοντας βιοκλιματικός σχεδιασμός εισάγεται νομοθετικά πλέον στον κανονισμό δόμησης, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως οι ελεύθεροι χώροι μπορούν να αναλυθούν να αξιολογηθούν και να επανασχεδιαστούν με στόχο τη βελτίωση του μικροκλίματος και με τη χρήση σύγχρονων εργαλείων.

8. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα έρευνα ασχολήθηκε με τη μελέτη ενός ελεύθερου χώρου σε μεσογειακό κλίμα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αδιαμφισβήτητα αντίστοιχες μελέτες διερεύνησης του μικροκλίματος και προσομοίωσης προτάσεων ανάπλασης θα είχαν διαφορετικά αποτελέσματα για χώρους με διαφοροποιημένα χαρακτηριστικά. Οι ελεύθεροι χώροι σε πιο ψυχρά κλίματα, σε ορεινό ή παραθαλάσσιο περιβάλλον, θα παρουσίαζαν άλλες ανάγκες και προοπτικές ανάπλασης ακόμα και αν χρησιμοποιήσουμε τα ίδια εργαλεία.

Επιπλέον θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μελέτη του παρόντος πάρκου κατά τη διάρκεια όλου του έτους με μετρήσεις και προσομοιώσεις και η ανάπτυξη καθολικών σεναρίων βελτίωσης του μικροκλίματος. Επιπρόσθετα δεν έχει διερευνηθεί η ποιότητα των αποτελεσμάτων προσομοίωσης για τις νυκτερινές ώρες όπου τελούνται διαφορετικές ατμοσφαιρικές διεργασίες. Για την παρούσα μελέτη δεν έχουν διερευνηθεί ποσοστά επηρεασμού της θερμικής άνεσης από την κάθε επέμβαση ανάπλασης ούτε και οικονομοτεχνική εκτίμηση των προτάσεων.

Για μια πιο καινοτόμα αντιμετώπιση επεμβάσεων σε υπαίθριο χώρο υπό μελέτη, προτείνεται και η ένταξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) για κάλυψη ενεργειακών αναγκών αλλά και για εκπαιδευτικούς λόγους, με αντίστοιχες μελέτες προσομοίωσης και εκτίμησης των αποτελεσμάτων επέμβασης. Το λογισμικό ENVI-met έχει τη δυνατότητα προσομοίωσης μεγαλύτερης ακτίνας από την εξεταζόμενη περιοχή. Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η εισαγωγή στο υπόδειγμα προσομοίωσης περισσότερων γειτονικών οικοδομικών τετραγώνων με σκοπό την εξέταση της επίδρασης στο μικροκλίμα και τη θερμική άνεση πολεοδομικών παρεμβάσεων, όπως για παράδειγμα η εξάντληση του συντελεστή δόμησης στα περιβάλλοντα κτίρια ή ακόμα και η πιθανή μελλοντική αύξηση του.

Οι προτεινόμενες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα έχουν κοινό άξονα την επιστημονική προσέγγιση στις επεμβάσεις στους ελεύθερους χώρους και την αναγνώριση του βαθμού επηρεασμού του μικροκλίματος από αυτές. Οι ελεύθεροι αστικοί χώροι, πάρκα, αυλές σχολείων, χώροι στάθμευσης μεγάλης έκτασης, δεν είναι «κενοί» χώροι, αλλά χώροι που διαμορφώνουν άνετες, μη άνετες ακόμα και αβίωτες συνθήκες για τους χρήστες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ πολύ, για την πολύτιμη βοήθειά τους :

- τον Αναπ. Καθηγητή Θ. Τσούτσο
- την κα Μ.Τσίτουρα, υποψήφια Διδάκτορα του Πολυτεχνείου Κρήτης
- τον Αναπ.Καθηγητή Ν.Παπαμανώλη
- τον Αναπ.Καθηγητή Μ.Λαζαρίδη
- τους Γιάννη Τσαγκαράκη και Ανδρέα Τζαγκαράκη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bruse Michael, ***“Simulating human thermal comfort and resulting usage patterns of urban open spaces with a Multi-Agent System”*****,** (2007) Proceedings of the 24th International Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA, p.699-706

Gaitania N., Mihalakakoua, Santamouris M., ***“On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces”*****,** Building and Environment 42 (2007) 317–324

Georgi Julia N., Dimitriou Dimos, ***“The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece”***, Building and Environment 45 (2010) 1401–1414

Huttner Sebastian, Bruse Michael, ***“Numerical modeling of the urban climate a preview on ENVI-met 4.0”,*** The seventh International Conference on Urban Climate,29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan

Huttner Sebastian, Bruse Michael, Dostal Paul, Katzschner Antje, ***“Strategies for mitigating thermal heat stress in central European cities: the project KLIMES”,*** The seventh International Conference on Urban Climate,29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan

Kolokotsa D. - Psomas A. - Karapidakis E.***,"Urban heat island in southern Europe: The case study of Hania, Crete"*****,** Solar Energy 83 (2009) 1871–1883

Lahme Esther, Bruse Michael, *“**Microclimatic effects of a small urban park in a densely buildup area: meassurements and model simulations”,*** European Union project BUGS (Benefits of urban green space, 2001–2004)

Lenzholzer Sanda, Koh Jusuck*,* ***“Immersed in microclimatic space: Microclimate experience and perception of spatial configurations in Dutch squares”*****,** Landscape and Urban Planning 95 (2010) 1–15

Nikolopoulou Marialena, Lykoudis Spyros***, "Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area",*** Building and Environment 42 (2007) 3691–3707

Robitu Mirela, Musy Marjorie, Inard Christian, Groleau Dominique, ***"Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate",*** Solar Energy 80 (2006) 435–447

Samaali Mehrez , Courault Dominique , Bruse Michael, Olioso Albert, Occelli René, "***Analysis of a 3D boundary layer model at local scale: Validation on soybean surface radiative measurements",*** Atmospheric Research 85 (2007) 183–198

Τσίτουρα Μαριάννα, ***"Συνθήκες Άνεσης σε αστικούς ελεύθερους χώρους στην Κρήτη, με έμφαση στον ενεργειακό σχεδιασμό"***, Πολυτεχνείο Κρήτης, ΠΜΣ Περιβαλλοντική και Υγειονομική Μηχανική, 2010.

Διαδίκτυο

http://www.envi-met.com (06/2010)
http://www.iso.org (11/2010)
http://www.ashrae.org (11/2010)
http://alpha.cres.gr/ruros/ (05/2010)

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

01. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Οργάνων Μέτρησης μικροκλίματος

Chapter 1
Introduction

The HOBO® Weather Station is a data logger designed for multi channel climate monitoring. The Weather Station represents the next generation of data logging because it uses a network of smart sensors for taking measurements. Key features of the smart sensors include:

- **Automatic detection.** No extensive programming, wiring, or calibrating is required to set up sensors.
- **Easy expansion.** Because the logger is not pre-configured, up to 15 sensor parameters of any type or combination can be added simply by plugging them in before logging begins.
- **Digital network.** The connections between the smart sensors and the logger are digital, ensuring accurate, reliable data collection and storage.

Specifications

HOBO Weather Station	
Operating Range	-20° to 50°C (-4° to 122°F) with alkaline batteries -40° to 70°C (-40° to 158°F) with lithium batteries
Sensor Inputs	10, expandable to 15 with optional adapters
Data Channels	Maximum of 15 (some sensors use more than one data channel; see sensor manual for details)
Communication	3.5 mm serial port on weatherproof external connector
Dimensions	23 cm H x 10 cm D x 18 cm W (9 x 4 x 7 inches)
Weight	1.9 kg (7 lbs)
Memory	512K nonvolatile flash data storage
Memory Modes	Stop when full, wrap around when full
Operational Indicators	Seven status lights provide logging and sensor network status
Logging Interval	1 second to 18 hours, user specified interval
Battery Life	1 year typical use (up to 10 sensors with 10 minutes or longer logging interval)

[illegible]OBO Weather Station User's Guide

User's Guide: Hand pyranometer with display

24.10.05 Ae 4890.20

Description

The instrument is designed for field measurements of global solar irradiance. It is supplied with a digital display for direct readout of the irradiance in watts per square meter. Two 4 mm safety jack terminals are provided so that the signal can, if required, be used by a datalogger. The device is powered by a 9 volt block battery (provided).

Operation

The instrument is very easy to use. It is switched on using the on/off button, the silicon cell detector is oriented to the direction of interest, and the global irradiance in watts per square meter can be read directly from the digital display. It is important to orient the detector in the proper direction. To obtain a value for solar irradiance on a horizontal surface, it should be placed on a horizontal surface with no shadow covering the detector. If the global irradiance on for example a solar collector is desired, then the detector should be oriented so that it is parallel to the surface of interest. Note that the instrument is not designed for permanent outdoor installation but for field measurements.

Calibration

Each instrument is individually calibrated in sunlight using a Kipp-Zonen CM21 pyranometer as a reference instrument. Under typical conditions the accuracy of the instrument is within +/-5% of full scale. The precision of the instrument is +/- 1 watt per square meter. The user can make fine adjustments of the calibration if required by means of a trim potentiometer accessible through a small circular aperture on the rear of the instrument.

Technical data

Dimensions: 185 x 108 x 56 mm.

Power supply: 9V block battery.

Measuring range: 0-1999 W/m².

Resolution: 1 W/m².

Accuracy: +/-5% of full scale.

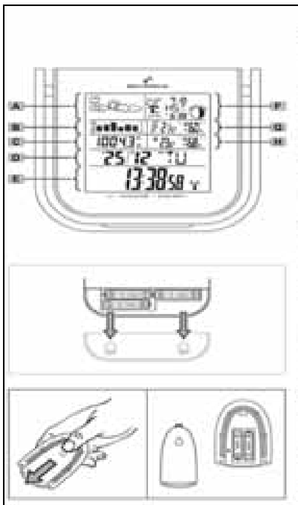
Sample application:

The instrument can be used in laboratory exercises and projects to measure the solar global irradiance in watts per square meter. When measuring the performance of for example a solar cell module, the efficiency of the module can be found. Here is an example:

A solar cell module has an area of 0.5 square meters, and it supplies af voltage of 20 volts and a current of 3.5 amperes when operating at the maximum power point. The hand pyranometer shows that the irradiance is 1000 watts per square meter. The output of the module is then 20 volts times 3.5 amperes = 70 watts, i.e. 140 watts per square meter. The module efficiency is therefore equal to 140 watts divided by 1000 watts per square meter = 14%.

A/S Søren Frederiksen, Ølgod Tel. +45 7524 4966 sflab@sflab.dk
Viaduktvej 35 · DK-6870 Ølgod Fax +45 7524 6282 www.sflab.dk

Frederiksen



Radio Controlled Weather Station
Operating instructions

02. Αποτύπωση - σχεδιασμός πάρκου

(Σχεδιασμός Μ.Μιχαηλίδου με AutoCad2004 και GoogleSketchUp6)

03. Μελέτη σκιασμού

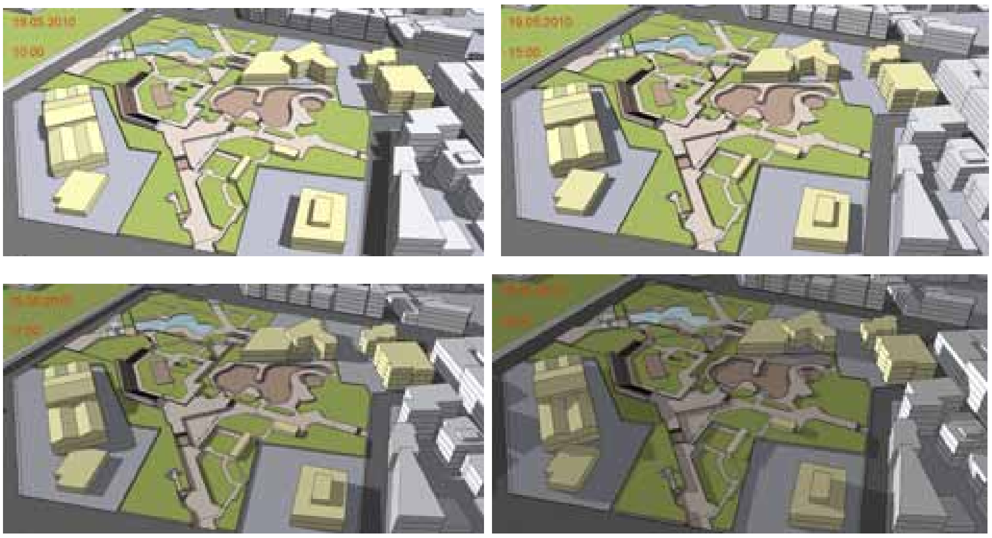
Ιούνιος

Ιούλιος

Αύγουστος

Σεπτέμβριος

Κατά τη διάρκεια μίας ημέρας



04. Τα μοντέλα εξισώσεων του λογισμικού ENVI-met 3.1

(πηγή: www.envi-met.com)

2 THE ATMOSPHERIC MODEL

This section describes the main prognostic variables in the atmospheric model. These variables are the main wind flow, temperature, humidity and turbulence:

2.1 Mean Air Flow

The three-dimensional turbulent air flow in the model is given by the non-hydrostatic incompressible Navier-Stokes equations (1-a) - (1-c):

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u_i\frac{\partial u}{\partial x_i}=-\frac{\partial p}{\partial x}+K_m\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2}\right)+f(v-v_g)-S_u \tag{1 a}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u_i\frac{\partial v}{\partial x_i}=-\frac{\partial p}{\partial y}+K_m\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x_i^2}\right)-f(u-u_g)-S_v \tag{1 b}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t}+u_i\frac{\partial w}{\partial x_i}=-\frac{\partial p}{\partial z}+K_m\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_i^2}\right)+g\frac{\theta(z)}{\theta_{ref}(z)}-S_w \tag{1 c}$$

2.2 Temperature and Humidity

The distribution of the air temperature θ and specific humidity q is given by the combined advection-diffusion equation with internal source/sinks :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t}+u_i\frac{\partial \theta}{\partial x_i}=K_h\left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x_i^2}\right)+\frac{1}{c_p\rho}\frac{\partial R_{n,lw}}{\partial z}+Q_h \tag{4}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t}+u_i\frac{\partial q}{\partial x_i}=K_q\left(\frac{\partial^2 q}{\partial x_i^2}\right)+Q_q \tag{5}$$

2.4 Radiative Fluxes

As a boundary condition, the incoming shortwave and longwave fluxes are needed at the model top. Those are provided using a two-stream radiative flux approximation for the longwave fluxes and a set of empirical equations for the shortwave wavelength spectra (Taesler and Anderson 1984; Gross 1991).

Inside the three-dimensional model, the radiative fluxes are modified by plants and buildings. To estimate their effect on the radiative conditions, the concept of flux reduction coefficients ($\sigma_{...}$) ranging from 1 for undisturbed fluxes to 0 for a total absorption is used (Bruse 1995).
In total, five different reduction coefficients are defined:

$$
\begin{aligned}
&(\mathrm{I})\quad \sigma_{sw,dir}(z)=\exp\left(-F\cdot LAI^{*}(z)\right)\\
&(\mathrm{II})\quad \sigma_{sw,dif}(z)=\exp\left(-F\cdot LAI(z,z_p)\right)\\
&(\mathrm{III})\quad \sigma_{lw}^{\downarrow}(z)=\exp\left(-F\cdot LAI(z,z_p)\right)\\
&(\mathrm{IV})\quad \sigma_{lw}^{\uparrow}(z)=\exp\left(-F\cdot LAI(0,z)\right)\\
&(\mathrm{V})\quad \sigma_{svf}(z)=1/360\sum_{\pi=0}^{360}\cos\lambda(\pi)
\end{aligned}
\qquad (13\ \text{a-e})
$$

3. THE SOIL MODEL

It is typical for urban environments that a wide range of different soil and surface type can be found varying form natural soils to completely artificial materials. To simulate these heterogenous situation, individual soil properties such as thermodynamic and hydraulic conductivity or albedo, can be assigned to each grid cell of the surface/ soil model.

The soil model is organised in 14 layers between the surface and its lower boundary in 2 m depth. The vertical resolution varies between 0.01 m close to the surface and 0.5 m in the deeper layers. The exchange processes are simulated in terms of heat and water transfer between the layers. Except of the uppermost soil layer in which the heat transfer is calculated in three dimensions, the soil is treated as a one dimensional vertical column. The distribution of heat T and soil volumetric moisture content η are given by the one dimensional prognostic equations:

$$\frac{\partial T}{\partial t}=\kappa_s\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \qquad (15)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}=D_\eta\frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2}+\frac{\partial K_\eta}{\partial z}-S_\eta(z) \qquad (16)$$

For natural soils, the thermal diffusivity κ_s is a function of the available soil moisture η and is calculated after Tjernström (1989). The hydraulic parameters used in (16) are: volumetric water content η, its saturation value η_s, the hydraulic conductivity K_η and the hydraulic diffusivity D_η. All coefficients are calculated using the equations given by Clapp and Hornberger (1978).

As an additional factor, the water uptake by the plant roots (S_η) provided by the vegetation model has to be considered as an internal sink of moisture. Further more, the evaporation of the soil surface as given by (26 c) has to be considered as an external sink (or source in case of condensation) at the top layers of the soil model.

4.1 Turbulent fluxes of heat and vapour

The interactions between the plant leafs and the surrounding air can be expressed in terms of sensible heat flux ($J_{f,h}$), evaporation flux of liquid water on the leafs ($J_{f,evap}$) and transpiration flux controlled by the leaf stomata ($J_{f,trans}$):

$$\begin{aligned} J_{f,h} &= 1.1 r_a^{-1}(T_f - T_a) \\ J_{f,evap} &= r_a^{-1}\Delta q \delta_c f_w + r_a^{-1}(1-\delta_c)\Delta q \\ J_{f,trans} &= \delta_c (r_a + r_s)^{-1}(1-f_w)\Delta q \end{aligned} \qquad (17a,b,c)$$

T_a and q_a are the temperature and the specific humidity of the air around the leaf, Δq is the leaf-to-air humidity deficit with $\Delta q = q_*(T_f)-q_a$. T_f is the foliage temperature and q_* the saturation value of q at the leaf surface. Following Barden (1982), the aerodynamic resistance r_a is a function of the leaf geometry and wind speed:

$$r_a = A\sqrt{\frac{D}{\max(W, 0.05)}} \qquad (18)$$

where W= wind speed at the leaf surface. The parameter A is 87 $sec^{0.5}m^{-1}$ for conifers and grass and 200 $sec^{0.5}m^{-1}$ for deciduous trees. D is the typical leaf diameter ranging from 0.02 m for conifers up to 0.5 m or more for tropical plants (Schilling, 1990). The max condition ensures that no invalid values appear in the case of very low winds.

The factor δ_c is set to 1 if evaporation and transpiration can occur ($\Delta q \geq 0$), otherwise δ_c is 0 and only condensation is possible. Assuming that only wet parts of the vegetation can evaporate (17b) and, on the other side, only dry parts will transpire (17c), the fraction of wet leaves inside one grid box is needed. Following Deardorff (1978) the wet fraction can be calculated as

$$f_w = \left(\frac{W_{dew}}{W_{dew,max}}\right)^{2/3} \qquad (19)$$

where W_{dew} is the actual amount of dew on the leave surfaces and $W_{dew,max}$ is the maximum possible value (0.2 kgm^{-2})

4.2 Stomatal resistance

The stomatal resistance r_s of a vital plant is calculated with respect to actual and maximum shortwave radiation input (R_{sw} and $R_{sw,max}$) and of the available soil water content inside the root zone (η) as described by Deardorff (1978):

$$r_s = r_{s,min}\left[\frac{R_{sw,max}}{0.03R_{sw,max} + R_{sw}} + \left(\frac{\eta_{wilt}}{\eta}\right)^2\right] \qquad (20)$$

5.1 Radiative fluxes

$R_{sw,net}$ and $R_{lw,net}$ are the net shortwave and longwave radiation absorbed by the surface calculated with respect to the temperatures of surfaces and walls „seen" by the ground.
Using the radiative fluxes scheme introduced in section 2.4, the shortwave net flux can be written as:

$$R_{sw,net} = \left(R_{sw,dir}(z=0)\cos\beta + R_{sw,dif}(z=0)\right)\left(1-a_s\right)$$

where β is the angle of incidence of the incoming shortwave radiation relative to the surface exposition and a_s is the surface albedo.

The calculation of the longwave net radiation must take in account the influence of potential vegetation layers above the surface as well as the longwave fluxes from buildings and reflection of radiation between buildings and the surface. For simplicity, the longwave budget is split into a fraction that is unshielded by buildings ($R^{us}_{lw,net}$) and a fraction obstructed by buildings ($R^{s}_{lw,net}$):

$$R_{lw,net}(T_0) = \sigma_{svf} R^{us}_{lw,net}(T_0) + (1-\sigma_{svf}) R^{s}_{lw,net}$$

where the sky-view-factor σ_{svf} is used to weight the energy budget for the shielded and unshielded fraction according to the situation.
After Deardorff (1978) the exchange of longwave radiation between the ground and the vegetation (unshielded part, first term) and between the ground and buildings (shielded part, second term) can be written as:

$$\begin{aligned} R^{us}_{lw,net} &= \sigma^{\downarrow}_{lw}(0)\left(R^{\downarrow,0}_{lw} - \varepsilon_s \sigma_B T_0^4\right) + \left(1-\sigma^{\downarrow}_{lw}(0)\right)\frac{\varepsilon_f \varepsilon_s}{\varepsilon_f + \varepsilon_s - \varepsilon_f \varepsilon_s}\left(\sigma_B \overline{T}_f^4 - \sigma_B T_0^4\right) \\ R^{s}_{lw,net} &= \frac{\varepsilon_w \varepsilon_s}{\varepsilon_w + \varepsilon_s - \varepsilon_w \varepsilon_s}\left\{\max\left(\sigma_B \overline{T}_w^4, \sigma_B T_0^4\right) - \sigma_B T_0^4\right\} \end{aligned} \qquad (27)$$

5.2 Turbulent fluxes of sensible heat and vapour

The turbulent fluxes of heat J_h^0 and vapor J_v^0 at the ground surface and at building walls and roofs are calculated as

$$\begin{aligned} J_h^0 &= -K_h^0 \left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=0} = -K_h^0 \left.\frac{\theta(k=1) - T_0}{0.5\Delta z(k=1)}\right| \\ J_v^0 &= -K_v^0 \left.\frac{\partial q}{\partial z}\right|_{z=0} = -K_v^0 \left.\frac{q(k=1) - q_0}{0.5\Delta z(k=1)}\right| \end{aligned} \qquad (28\ a,b)$$

5.3 Soil heat flux and heat flux through building walls

The soil heat flux is calculated from the surface temperature and the temperature of the first level of the soil model below the surface:

$$G = \lambda_s(k=-1)\frac{T_0 - T(k=-1)}{0.5\Delta z(k=-1)} \qquad (31)$$

where λ_s is the heat conductivity of the first soil layer which depends on the soil material and the water content.
For buildings, G is replaced by Q_w :

$$Q_w = k\left(T_w - T_{a,i}\right) \qquad (32)$$

in which k is the heat transmission coefficient of the wall material and $T_{a,i}$ is the air temperature inside the building. This approach is rather simple and does not take into account the heat storage inside the wall material.

6. NUMERICAL ASPECTS

6.1 Solution Techniques

The differential equations in the model are solved on a staggered grid system using the finite difference method. The three dimensional advection-diffusion equations are de-coupled using the Alternating Directions Implicit (ADI) method in combination with an upstream advection scheme. This scheme implies a relatively high numerical diffusion but allows a quick and implicit solution of the equations and has therefore been chosen in the ENVI-met model.

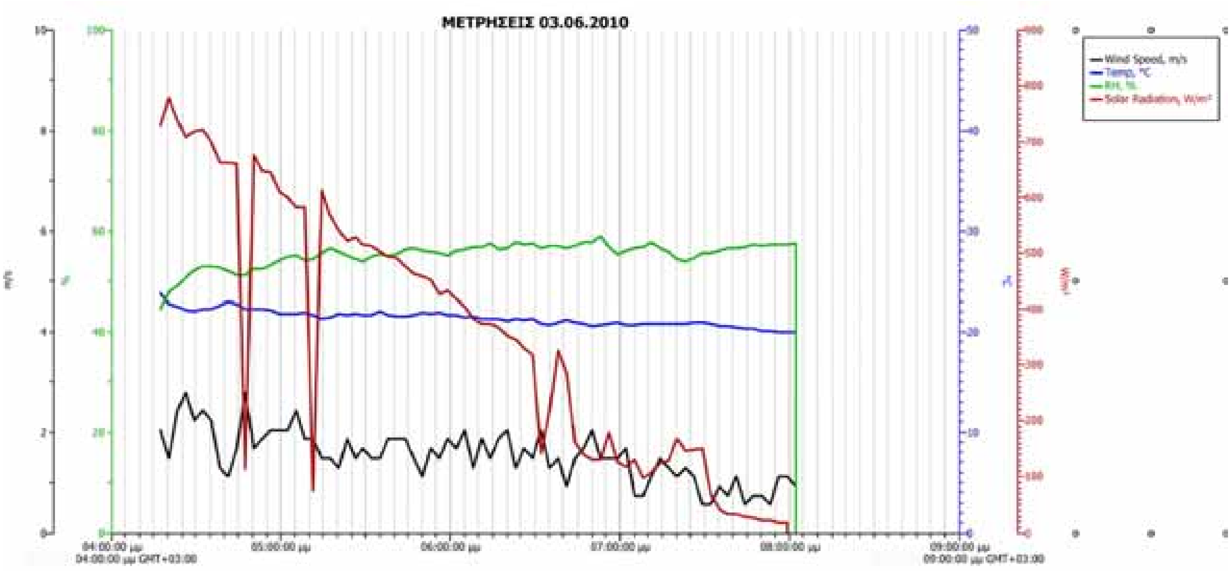
To solve the Navier-Stokes equations, a splitting method after Patrinos and Kistler (1977) is used. Here, the prognostic equations for a mass-conserving wind field $u_i^{t+\Delta t}$ are split into an auxiliary flow field (u^{aux}) and a pressure field (p):

$$\frac{\partial u_i^{t+\Delta t}}{\partial t} = \frac{\partial u_i^{aux}}{\partial t} + \frac{1}{\rho}\nabla p \qquad (33)$$

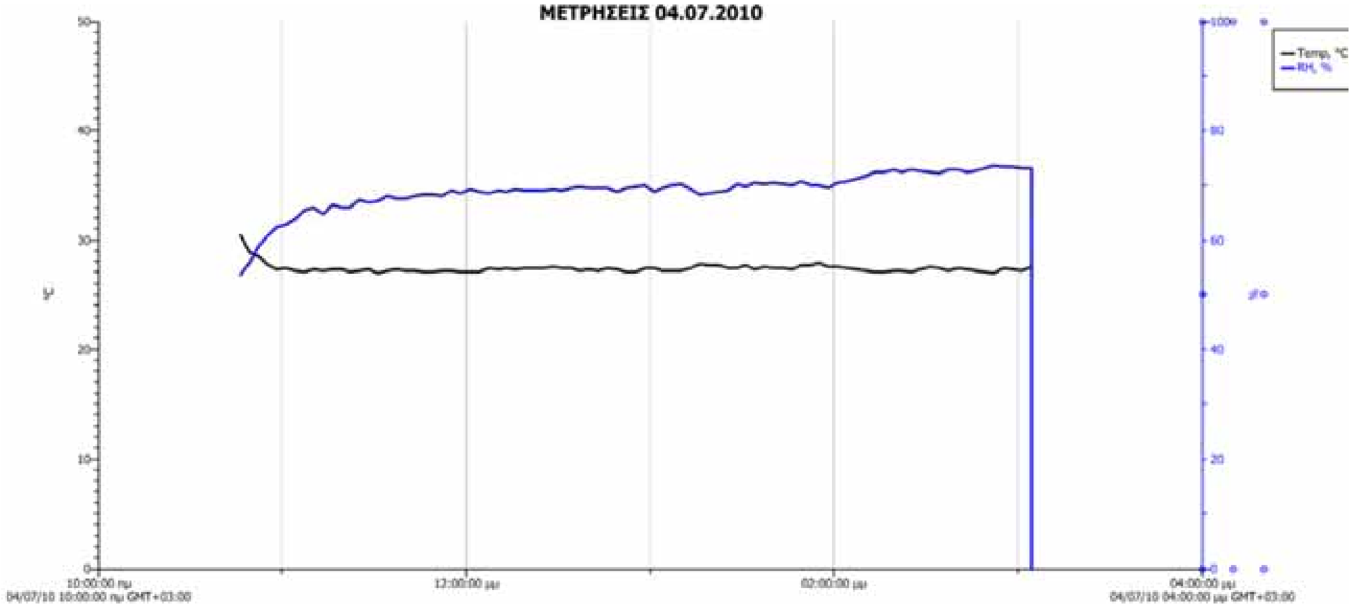
The pressure variable is then removed from the prognostic equations (1 a-c) leading to a set of three prognostic equations for an auxiliary flow field:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial u^{aux}}{\partial t} + u_i\frac{\partial u^{aux}}{\partial x_i} &= K_m\left(\frac{\partial^2 u^{aux}}{\partial x_i^2}\right) + f(v - v_g) - S_u \\
\frac{\partial v^{aux}}{\partial t} + u_i\frac{\partial v^{aux}}{\partial x_i} &= K_m\left(\frac{\partial^2 v^{aux}}{\partial x_i^2}\right) - f(u - u_g) - S_v \qquad (34\ a\text{-}c) \\
\frac{\partial w^{aux}}{\partial t} + u_i\frac{\partial w^{aux}}{\partial x_i} &= K_m\left(\frac{\partial^2 w^{aux}}{\partial x_i^2}\right) + g\frac{\theta(z)}{\theta_{ref}(z)} - S_w
\end{aligned}$$

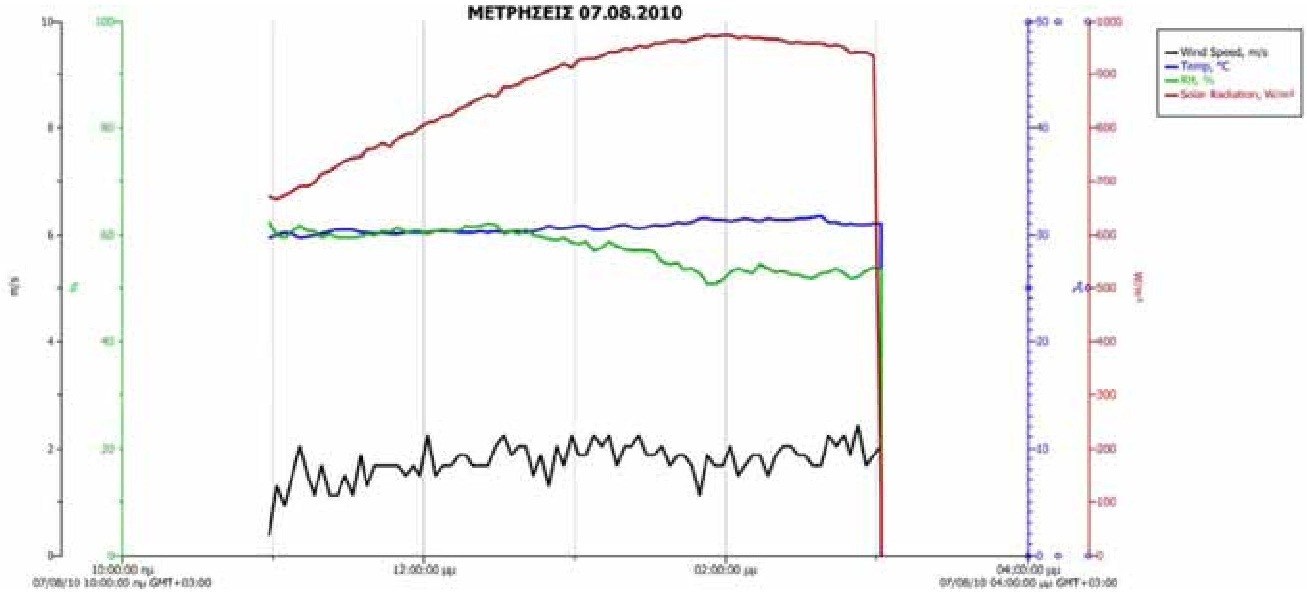
05. Διαγράμματα καταγραφής των μετρήσεων πεδίου του μετ.σταθμού Hoboware



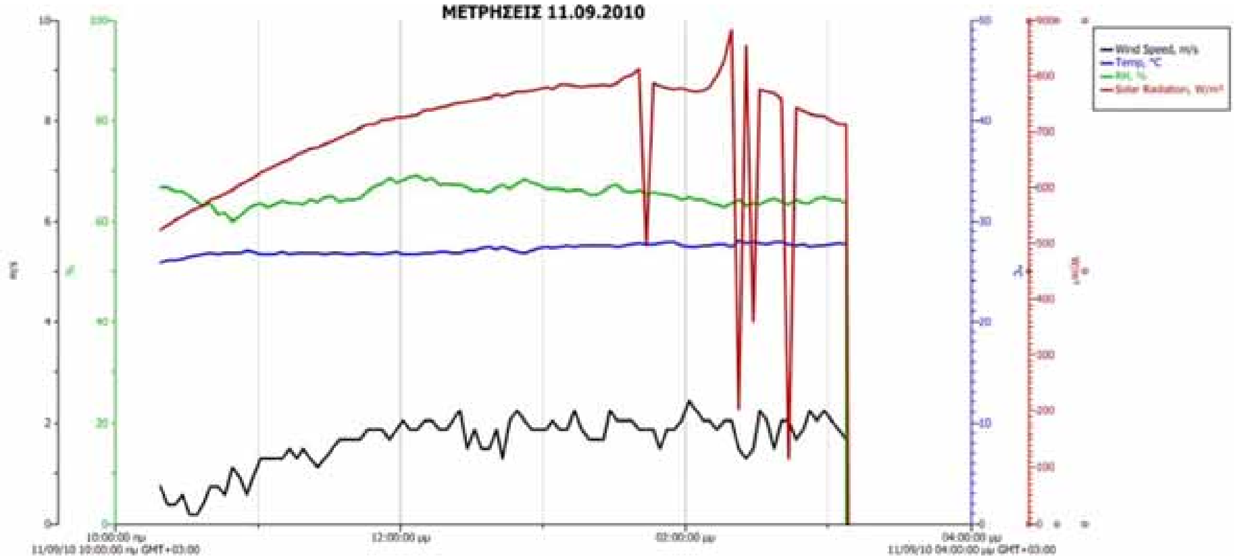
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 04.07.2010



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 07.08.2010



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 11.09.2010



06. Πίνακας συνόλου μετρήσεων και αποτελεσμάτων προσομοιώσεων

ΙΟΥΝΙΟΣ 2010

ΠΗΓΗ	Time, GMT+03:00	Wind Speed (m/s)	Temperature (□C)	RH, %	Solar Radiation (W/m2)
ΜΕΤΡΗΣΗ	4:00 μμ	2,04	23,76	44,50	730,60
	5:00 μμ	2,04	21,80	54,90	599,40
	6:00 μμ	1,67	21,60	56,00	416,90
	7:00 μμ	1,67	20,72	56,00	118,10
	8:00 μμ	1,11	19,94	57,30	19,40
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	4:00 μμ	0,95	25,34	54,34	884,48
(Z= 1,80)	5:00 μμ	0,95	24,86	56,28	740,91
	6:00 μμ	0,94	23,78	59,09	266,69
	7:00 μμ	0,92	22,39	61,25	51,00
	8:00 μμ	0,90	21,61	62,32	0,00
ΠΡΟΤΑΣΗ Α - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	4:00 μμ	0,93	24,75	59,31	884,42
	5:00 μμ	0,93	24,24	60,90	740,85
	6:00 μμ	0,92	23,18	63,05	266,69
	7:00 μμ	0,90	21,84	64,75	0,00
	8:00 μμ	0,88	21,10	65,64	0,00
ΠΡΟΤΑΣΗ Β - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	4:00 μμ	0,93	25,23	54,28	879,23
	5:00 μμ	0,92	24,78	56,15	740,68
	6:00 μμ	0,91	23,77	58,65	266,56
	7:00 μμ	0,88	22,45	60,64	0,00
	8:00 μμ	0,86	21,69	61,70	0,00

ΙΟΥΛΙΟΣ 2010

ΠΗΓΗ	Time, GMT+03:00	Wind Speed (m/s)	Temperature (□C)	RH, %	Solar Radiation (W/m2)
ΜΕΤΡΗΣΗ	11:00 πμ	1,74	27,43	62,80	1001,00
	12:00 μμ		27,04	69,20	
	1:00 μμ		27,41	68,70	
	2:00 μμ		27,48	70,40	
	3:00 μμ		27,21	73,20	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	0,77	30,09	58,14	1012,64
(Z= 1,80)	12:00 μμ	0,77	30,61	59,30	1002,90
	1:00 μμ	0,77	30,77	60,43	978,61
	2:00 μμ	0,76	30,60	61,50	934,15
	3:00 μμ	0,74	30,16	62,53	856,70
ΠΡΟΤΑΣΗ Α - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	0,77	29,48	63,51	1012,63
	12:00 μμ	0,76	29,92	64,72	1002,91
	1:00 μμ	0,75	30,07	65,67	978,63
	2:00 μμ	0,74	29,94	66,35	934,19
	3:00 μμ	0,73	29,57	66,80	856,74
ΠΡΟΤΑΣΗ Β - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	0,88	29,71	59,31	9,99
	12:00 μμ	0,88	30,19	60,33	8,89
	1:00 μμ	0,88	30,39	61,15	21,24
	2:00 μμ	0,87	30,32	61,77	858,53

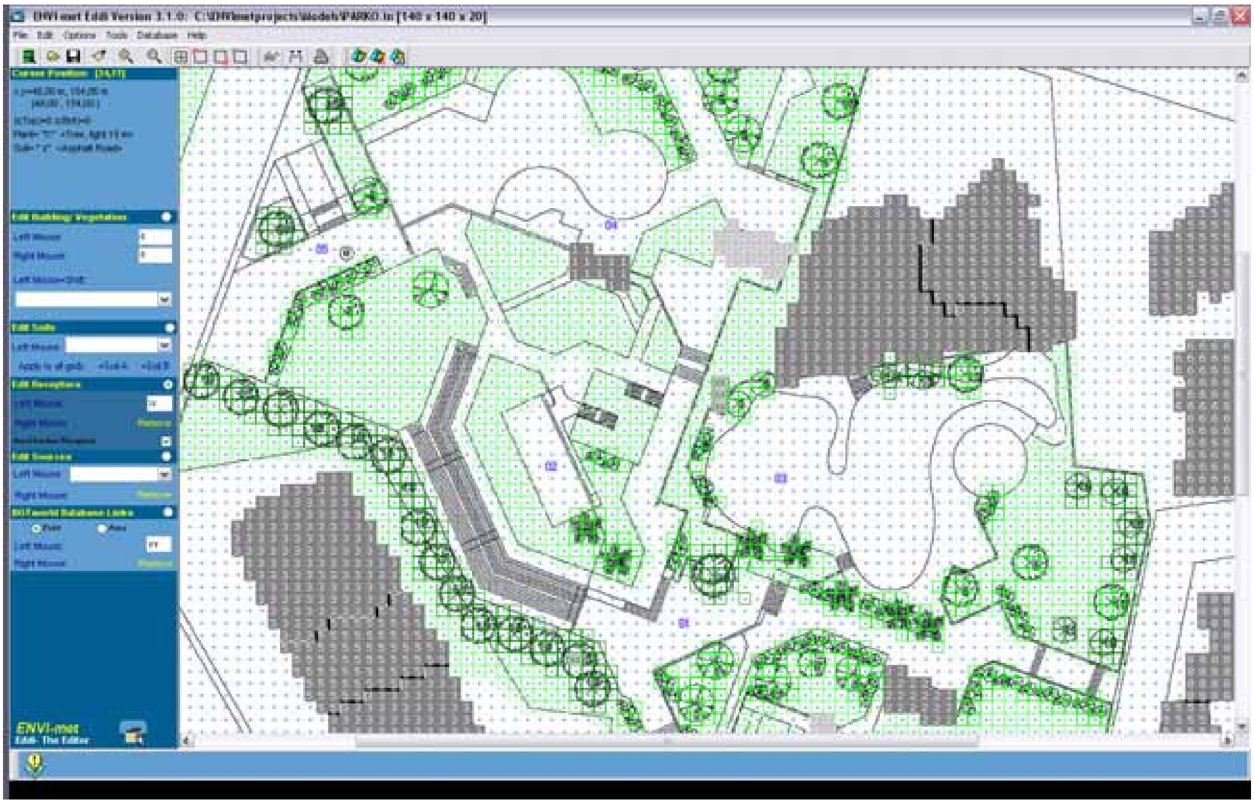
	3:00 μμ	0,87	29,94	62,52	851,59

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2010					
ΠΗΓΗ	Time, GMT+03:00	Wind Speed (m/s)	Temperature (□C)	RH, %	Solar Radiation (W/m2)
ΜΕΤΡΗΣΗ	11:00 πμ	1,30	29,92	59,90	665,60
	12:00 μμ	2,23	30,14	60,20	808,10
	1:00 μμ	1,86	30,75	58,30	925,60
	2:00 μμ	2,04	31,26	52,90	971,90
	3:00 μμ	1,86	31,00	53,90	934,40
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	0,64	32,30	60,56	985,38
(Z= 1,80)	12:00 μμ	0,64	32,83	61,54	974,65
	1:00 μμ	0,64	33,03	62,28	947,82
	2:00 μμ	0,63	32,89	62,99	897,84
	3:00 μμ	0,63	32,46	64,30	746,01
ΠΡΟΤΑΣΗ Α - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	0,64	31,72	65,66	985,40
	12:00 μμ	0,63	32,14	66,87	974,68
	1:00 μμ	0,62	32,29	67,62	947,87
	2:00 μμ	0,62	32,17	68,11	897,90
	3:00 μμ	0,61	31,79	69,00	746,07
ΠΡΟΤΑΣΗ Β - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	0,61	32,21	60,22	8,38
	12:00 μμ	0,61	32,61	61,44	7,41
	1:00 μμ	0,60	32,76	62,25	33,07
	2:00 μμ	0,60	32,67	62,72	633,51
	3:00 μμ	0,60	32,29	63,73	742,54

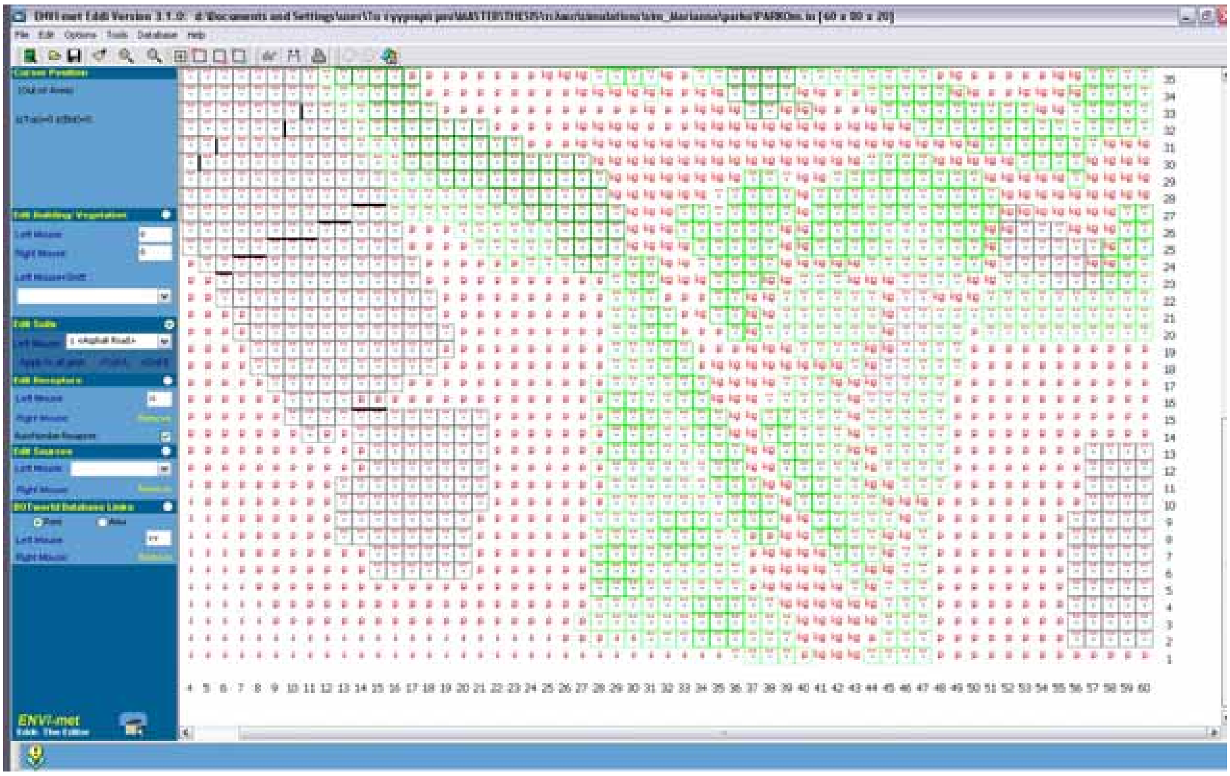
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010					
ΠΗΓΗ	Time, GMT+03:00	Wind Speed (m/s)	Temperature (□C)	RH, %	Solar Radiation (W/m2)
ΜΕΤΡΗΣΗ	11:00 πμ	1,30	26,74	63,40	625,60
	12:00 μμ	2,04	26,72	68,00	725,60
	1:00 μμ	1,86	27,36	66,40	779,40
	2:00 μμ	2,41	27,46	64,60	773,10
	3:00 μμ	2,04	27,65	64,30	718,10
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	1,06	28,62	61,62	953,66
(Z= 1,80)	12:00 μμ	1,08	28,88	62,02	941,15
	1:00 μμ	1,09	28,82	62,95	907,26
	2:00 μμ	1,10	28,44	64,13	800,90
	3:00 μμ	1,10	27,80	65,99	359,69
ΠΡΟΤΑΣΗ Α - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	1,06	28,03	66,28	953,67
	12:00 μμ	1,07	28,23	66,89	941,17
	1:00 μμ	1,08	28,16	67,77	907,29
	2:00 μμ	1,08	27,80	68,73	800,92
	3:00 μμ	1,08	27,20	70,17	359,71
ΠΡΟΤΑΣΗ Β - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	11:00 πμ	1,02	28,53	61,17	71,94
	12:00 μμ	1,03	28,72	61,55	56,76
	1:00 μμ	1,11	28,48	62,38	61,27
	2:00 μμ	1,04	28,32	63,55	711,77
	3:00 μμ	1,03	27,72	65,29	357,42

07. Διατάξεις προσομοίωσης στο λογισμικό ENVI-met3.1 (Input - Configuration files)

Οργάνωση κανάβου



Εισαγωγή δεδομένων κτιρίων



Εισαγωγή δεδομένων υλικών και φυτεύσεων

08. Διεθνή πρότυπα για Θερμική άνεση PMV

(πηγή: www.iso.org, www.ashrae.org)

ISO 7730:2005

Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Media and price

Language	Format	Add to basket
English	PDF (1 340 kB)	CHF 158,00
English	Paper	CHF 158,00
French	PDF (1 360 kB)	CHF 158,00
French	Paper	CHF 158,00

General information

Number of Pages: 52

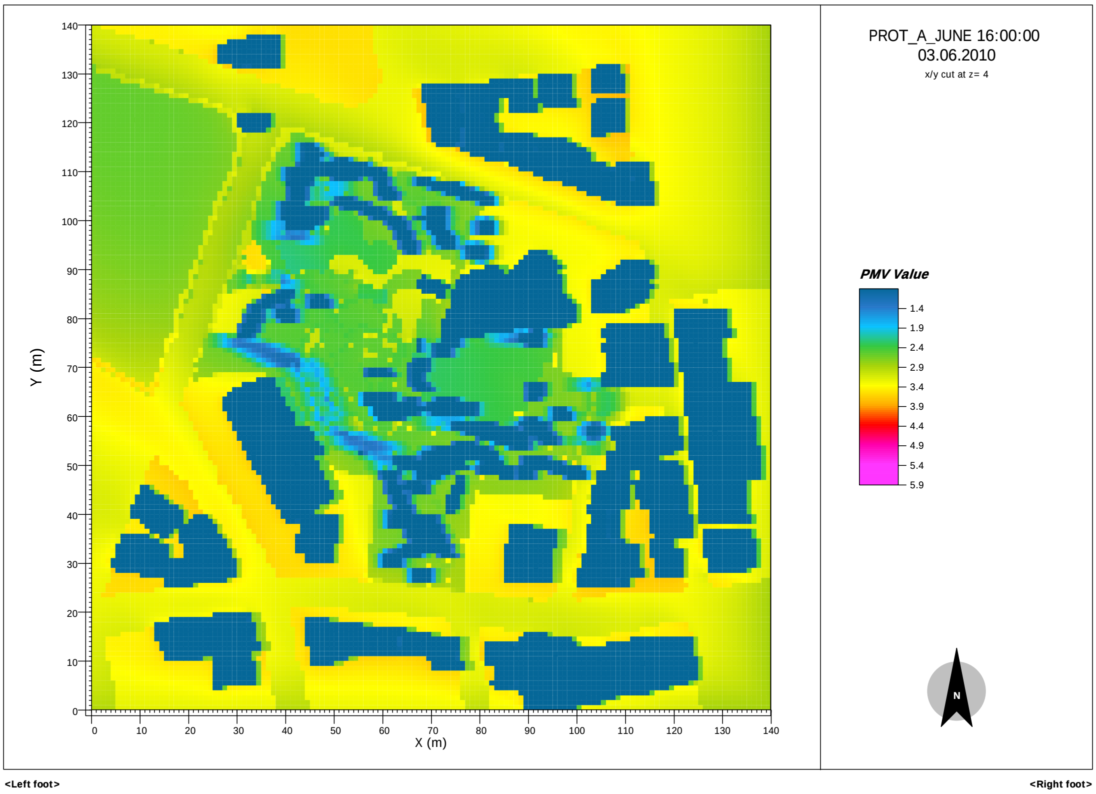
Edition: 3 (Monolingual)	**ICS:** 13.180
Status: Published	**Stage:** 90.93 (2009-04-08)
TC/SC: TC 159/SC 5	

Abstract

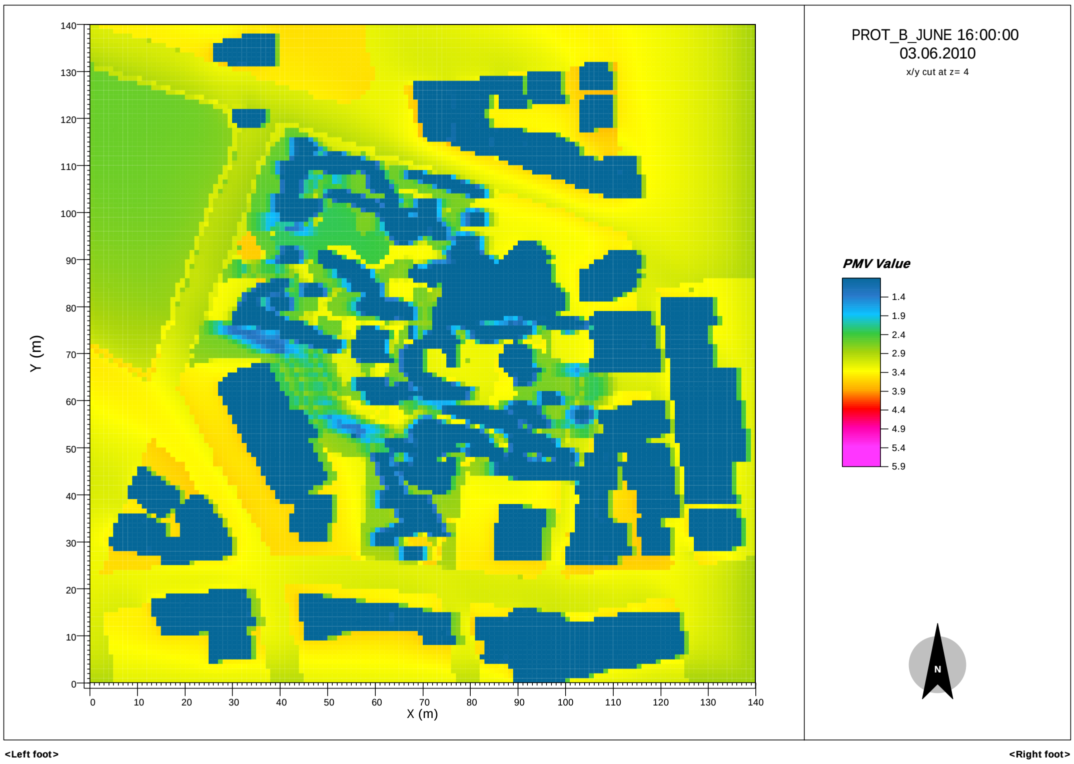
ISO 7730:2005 presents methods for predicting the general thermal sensation and degree of discomfort (thermal dissatisfaction) of people exposed to moderate thermal environments. It enables the analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV (predicted mean vote) and PPD (predicted percentage of dissatisfied) and local thermal comfort, giving the environmental conditions considered acceptable for general thermal comfort as well as those representing local discomfort.

09. Χάρτες προσομοίωσης

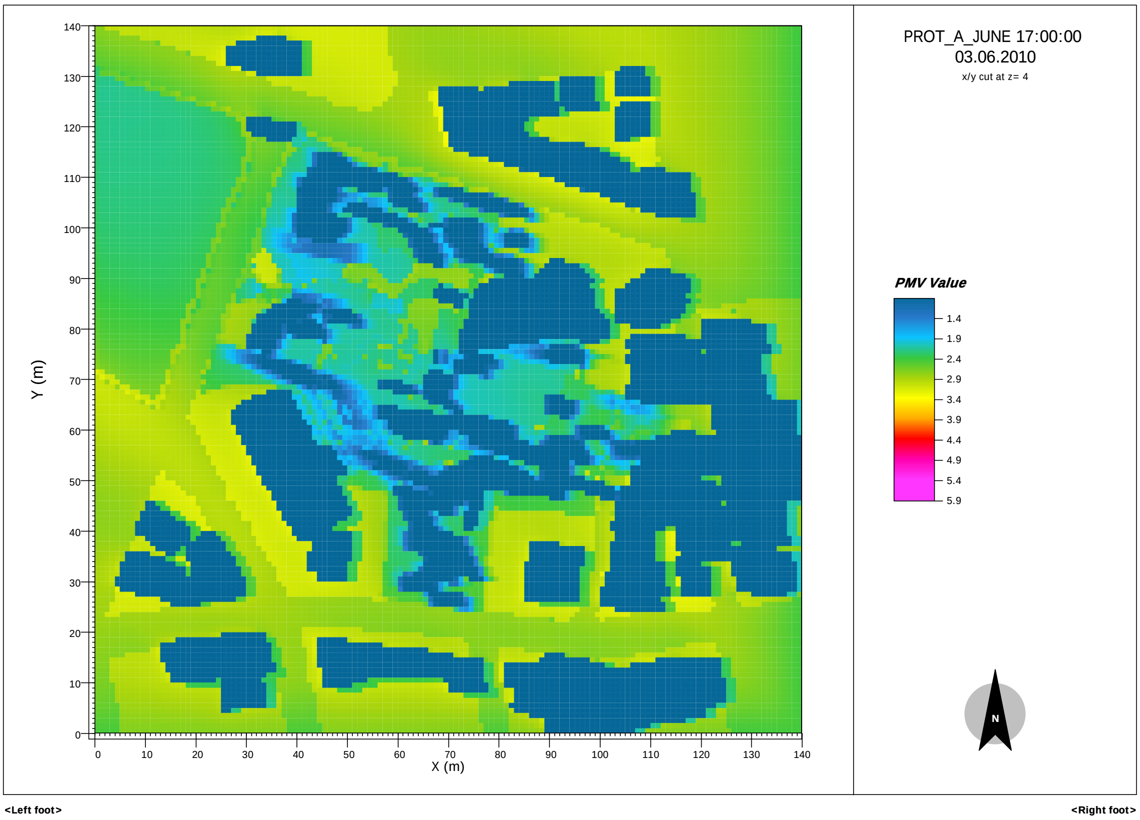
ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΝΙΟΣ 16.00)



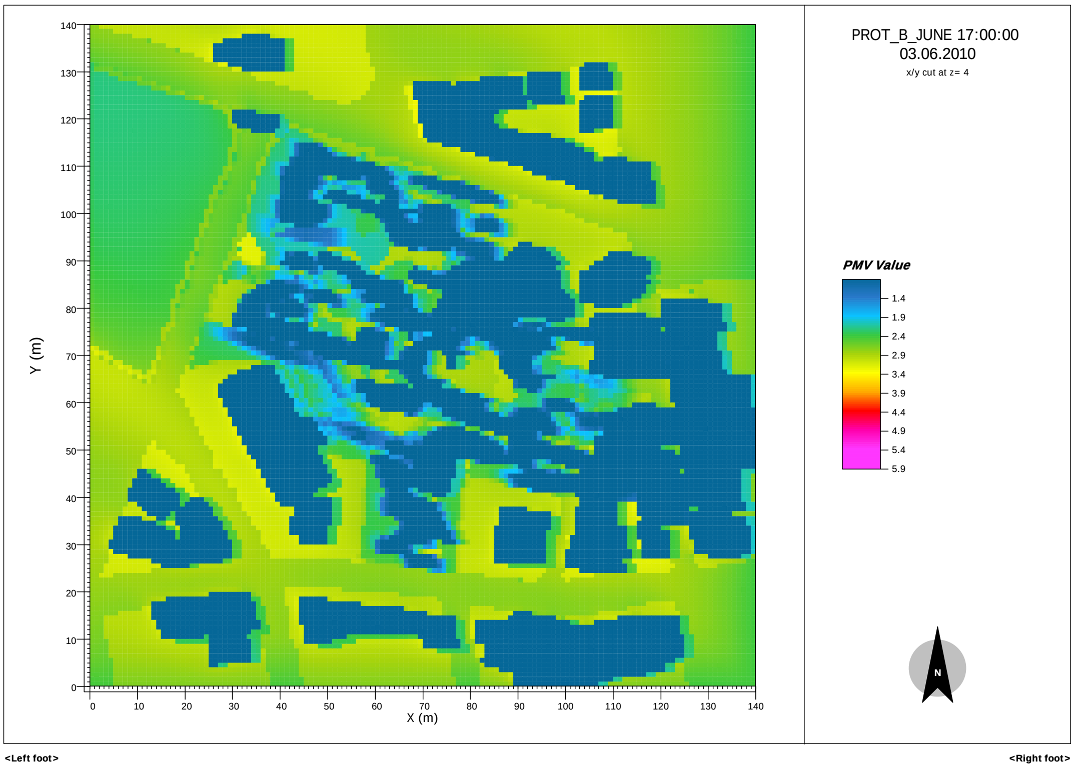
ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΙΟΥΝΙΟΣ 16.00)



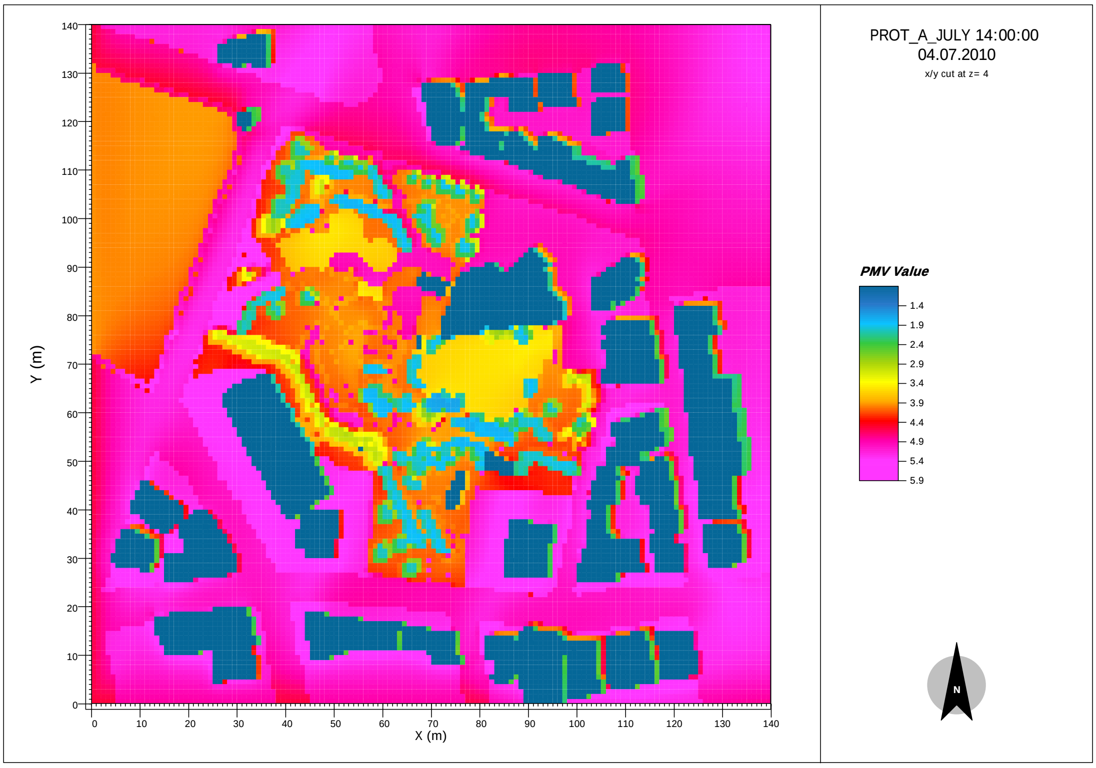
ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΝΙΟΣ 17.00)



ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΙΟΥΝΙΟΣ 17.00)

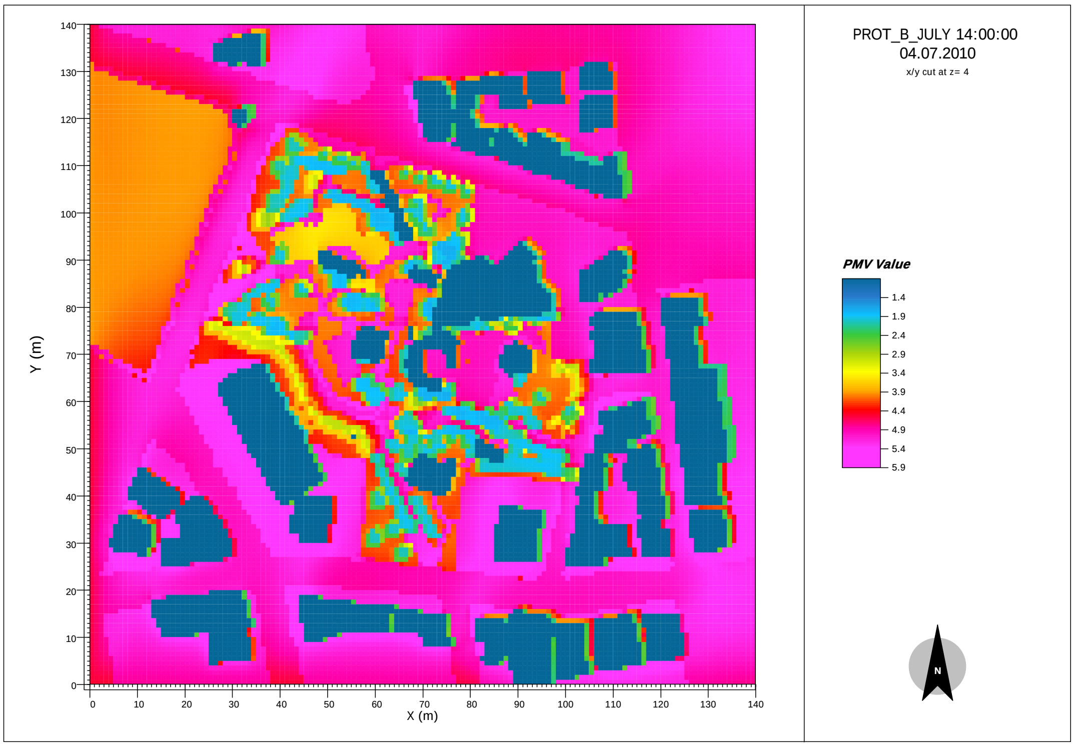


ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΛΙΟΣ 14.00)



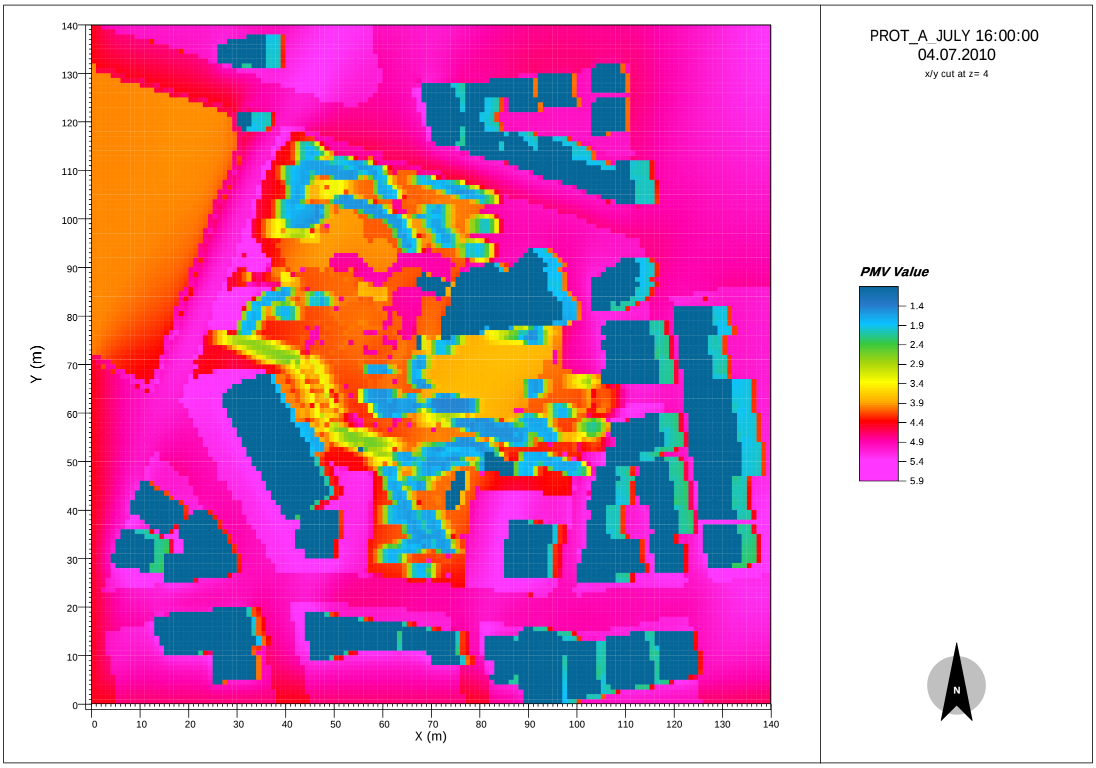
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΙΟΥΛΙΟΣ 14.00)



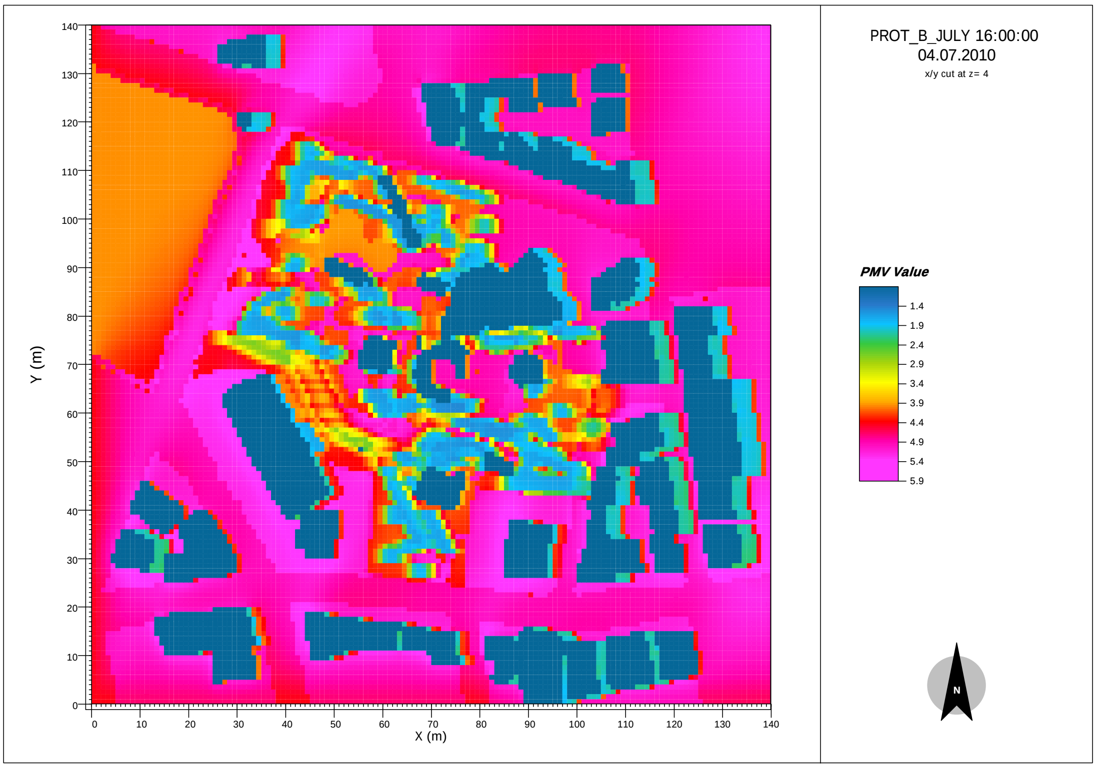
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΙΟΥΛΙΟΣ 16.00)



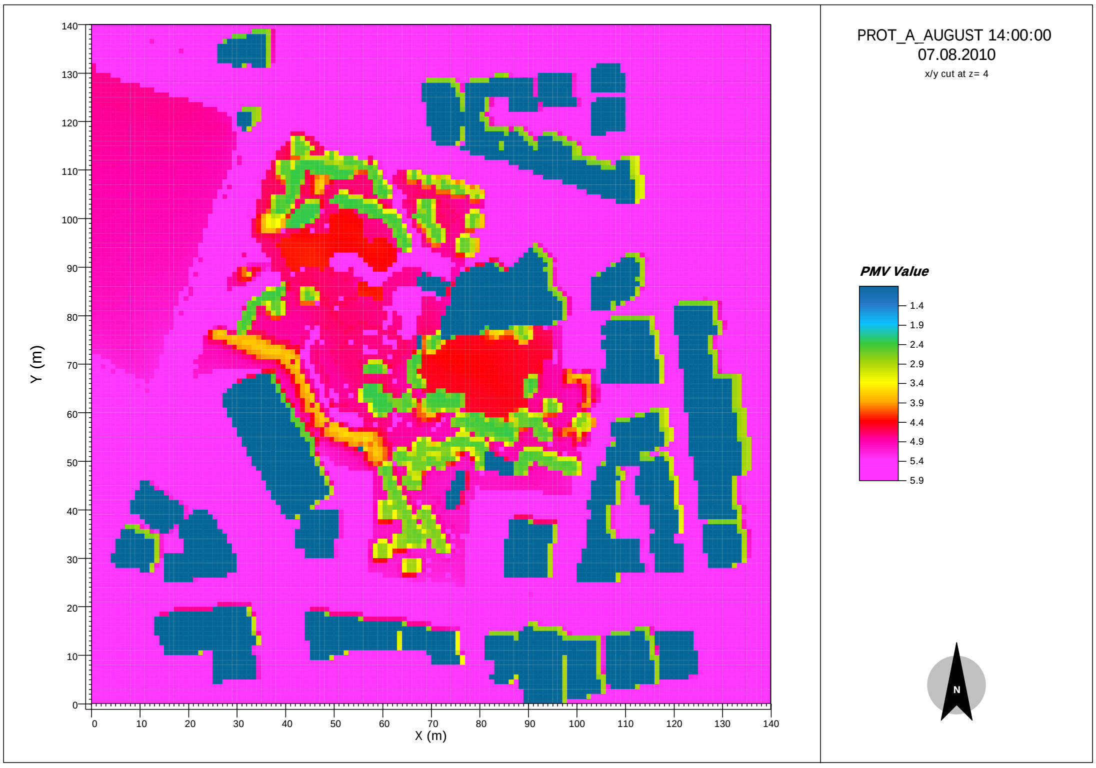
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΙΟΥΛΙΟΣ 16.00)



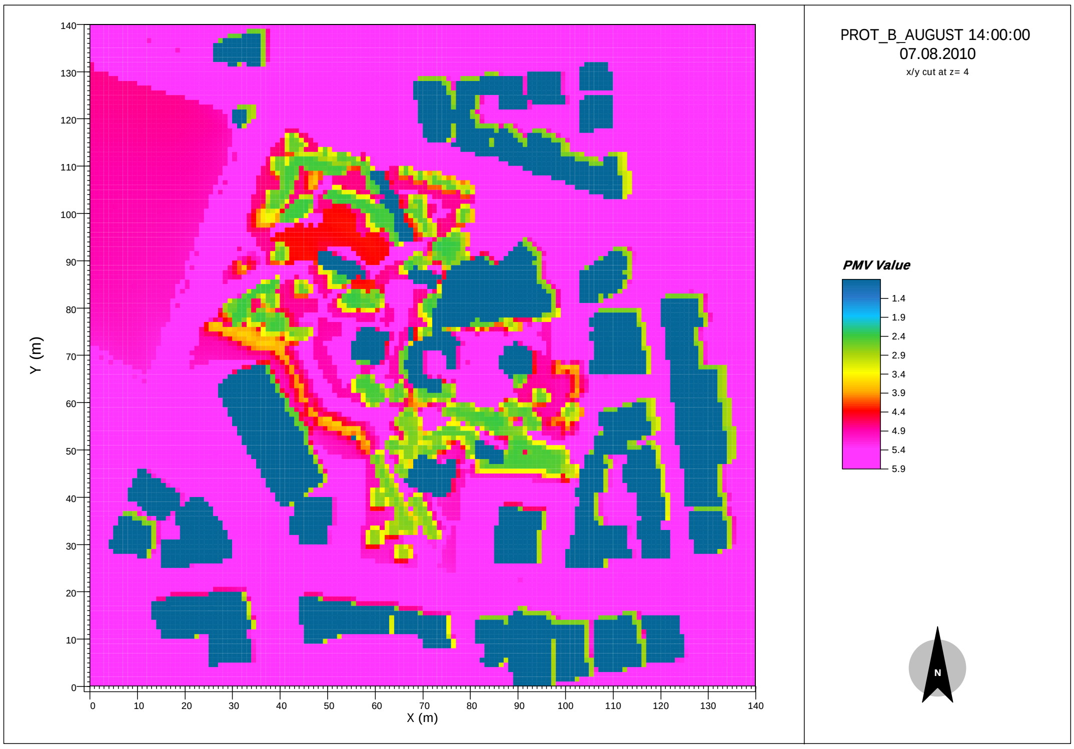
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 14.00)



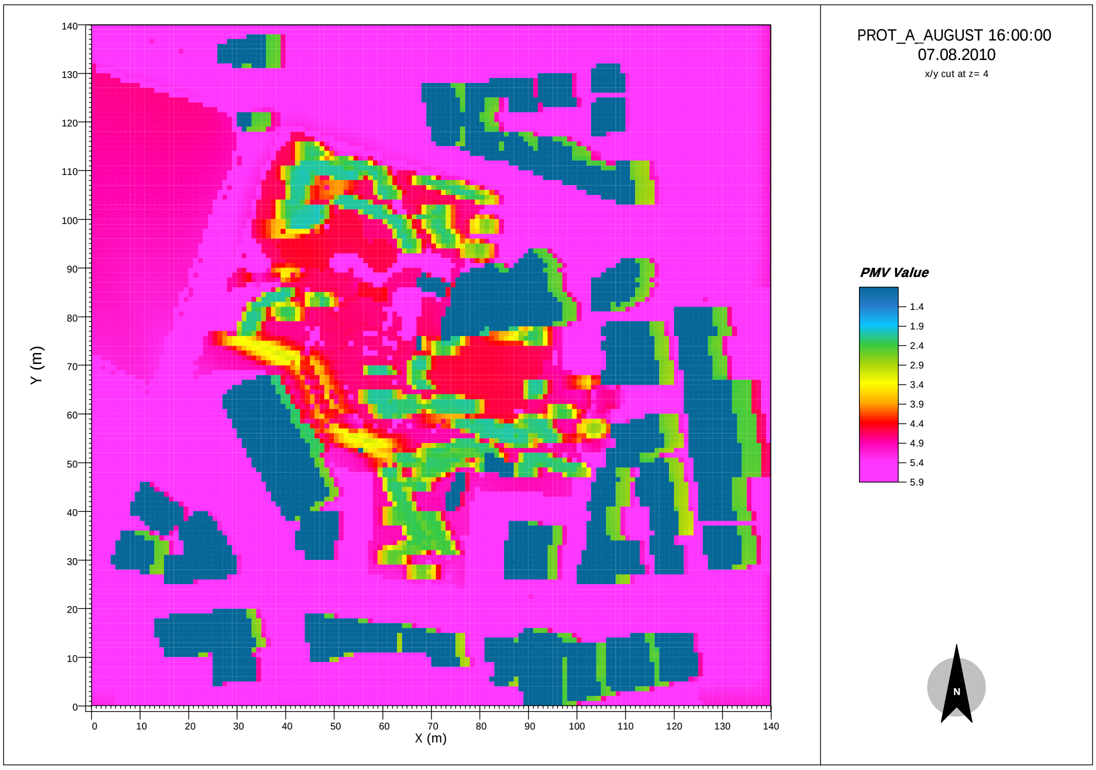
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 14.00)



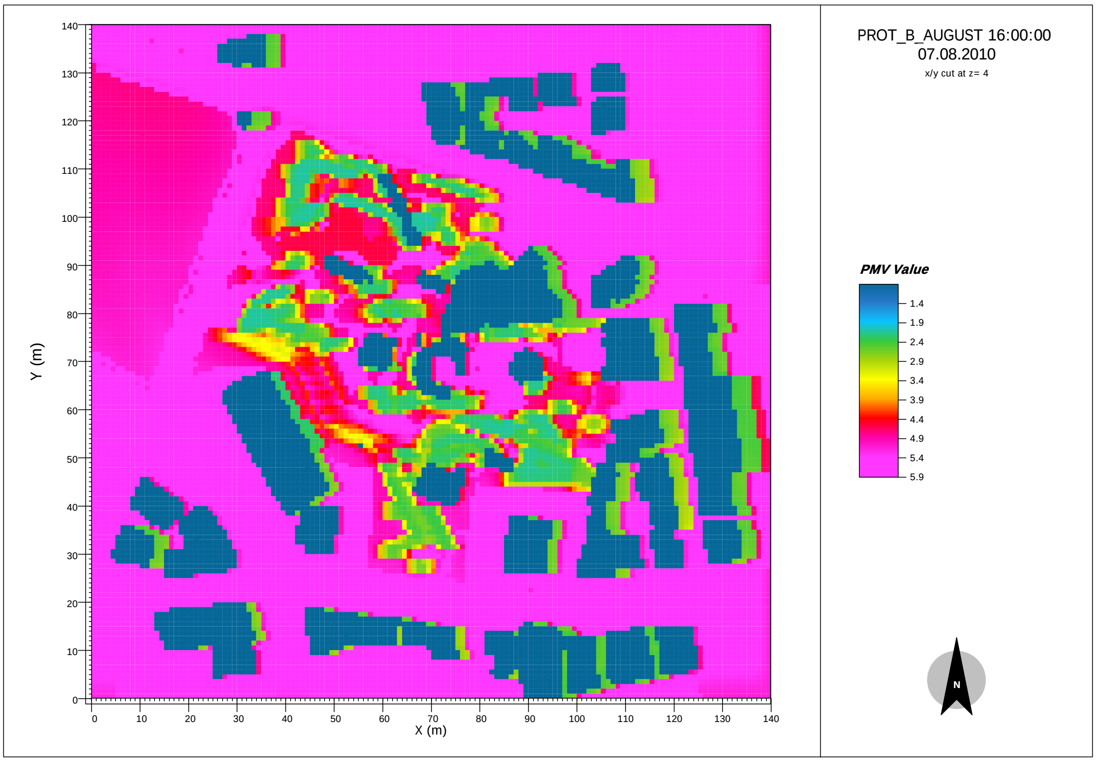
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 16.00)



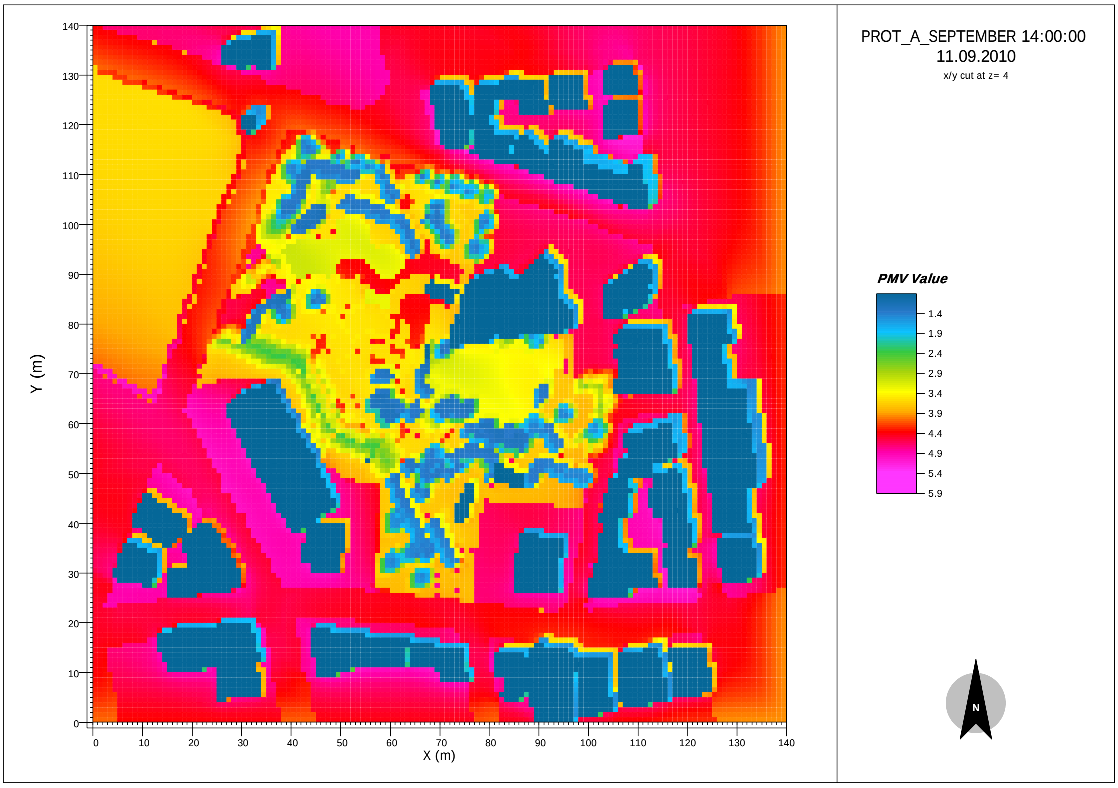
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 16.00)



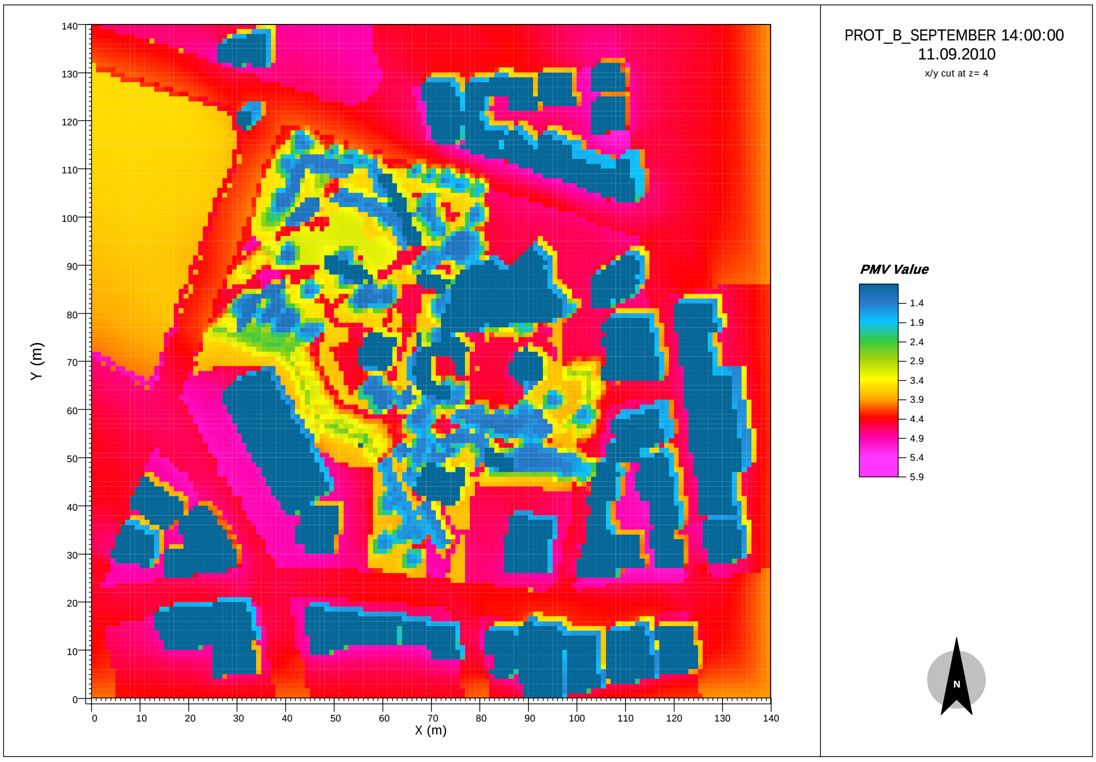
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 14.00)



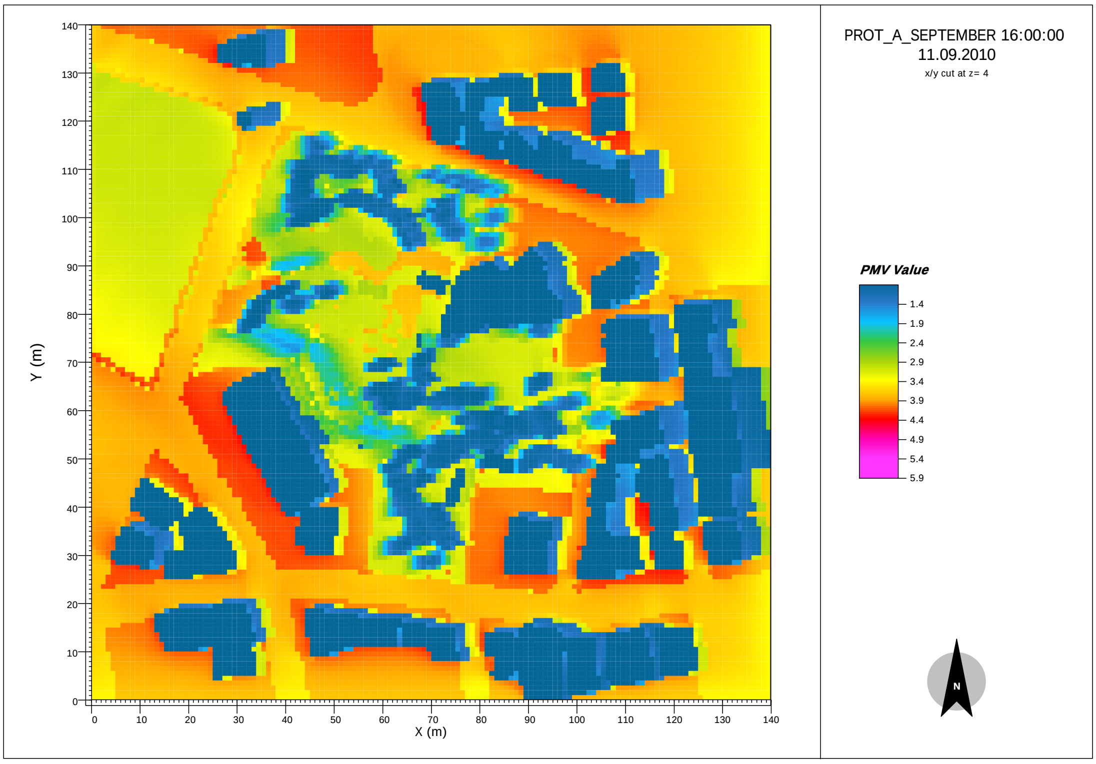
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 14.00)



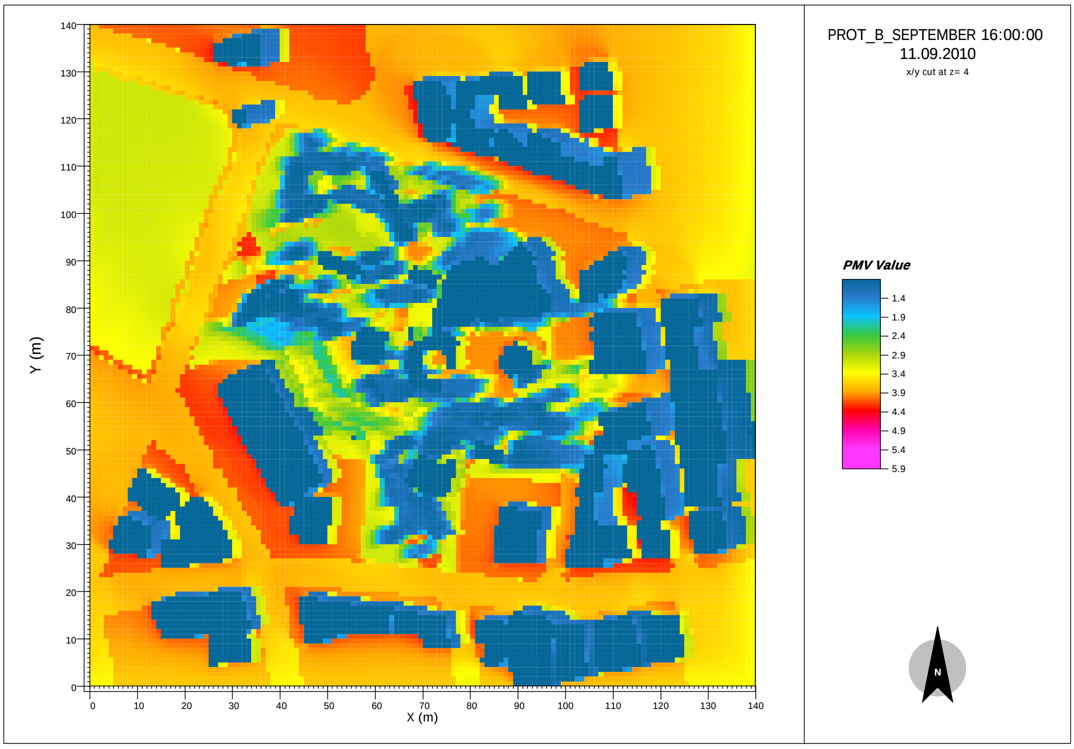
<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Α (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 16.00)



<Left foot> <Right foot>

ΠΡΟΤΑΣΗ Β (ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 16.00)



<Left foot> <Right foot>

10. Φωτογράφηση μετρήσεων θερινής περιόδου 2010