



Σχολή Θετικών Επιστημών
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων

Διπλωματική Εργασία

Pocket parks. Η συμβολή των διάσπαρτων χώρων πρασίνου στη
βελτίωση του αστικού μικροκλίματος

Απόστολος Γκεντσίδης

Επιβλέπων καθηγητής: Χατζηδημητρίου Αγγελική

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2020

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή (Γκεντσίδης Απόστολος) που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Pocket parks. Η συμβολή των διάσπαρτων χώρων πρασίνου στη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος

Απόστολος Γκεντσίδης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Χατζηδημητρίου Αγγελική

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
Αναστάσιος Τέλλιος

Δρ. Αρχιτέκτων μηχανικός
ΣΕΠ Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Δρ. Αρχιτέκτων μηχανικός
Αν. Καθηγητής, Τμήμα Αρχιτεκτόνων
ΑΠΘ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2020

Στην πορεία του μεταπτυχιακού προγράμματος που ολοκληρώνεται με το παρόν πόνημα η υποστήριξη, έμπρακτη και ψυχολογική, των γονέων μου, της οικογένειάς μου και των φίλων και συνεργατών μου ήταν καθοριστική. Στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας σημαντική ήταν η βοήθεια και καθοδήγηση της επιβλέπουσας καθηγήτριάς μου, κας Αγγελικής Χατζηδημητρίου. Σε όλους αυτούς απευθύνω τις βαθύτατες ευχαριστίες μου. Θέλω όμως ιδιαίτερα να αφιερώσω την εργασία

στην υπέροχη Έλενα,

στους μοναδικούς Βασίλη, Τάσο και Αθανασία

Περίληψη

Η υπερθέρμανση του πλανήτη σε συνεργασία με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας απειλούν να καταστήσουν τους ανοιχτούς αστικούς χώρους σε τόπους αφιλόξενους έως και επικίνδυνους ορισμένες στιγμές των θερινών ημερών. Το πρόβλημα αφορά σημαντικό κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού αν λάβει κανείς υπόψη την συνεχώς εντεινόμενη συγκέντρωση ανθρώπων στις πόλεις τις τελευταίες δεκαετίες. Η επιστημονική κοινότητα προκρίνει τον εμπλουτισμό του αστικού ιστού με φυσικά τοπία ως την βέλτιστη λύση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ωστόσο, η ανάπλαση λειτουργούντων τμημάτων του αστικού ιστού είναι υπόθεση ιδιαίτερα δύσκολη, ειδικά σε περιόδους οικονομικών κρίσεων. Συχνά όμως στις πόλεις εντοπίζονται μικρά κομμάτια γης αχρησιμοποίητα τα οποία ευκολότερα θα μπορούσαν να μετατραπούν σε πράσινα πάρκα γειτονιάς (pocket parks). Η διασπορά τέτοιων χώρων στον πυκνοδομημένο αστικό ιστό ίσως αποτελεί την βέλτιστη λύση στην σημερινή οικονομική συγκυρία προς τη μετρίαση των φαινομένων υπερθέρμανσης των πόλεων. Με στόχο τη διερεύνηση της αλήθειας της τελευταίας πρότασης στην παρούσα εργασία αναλύεται τμήμα έντεκα οικοδομικών πολυγώνων στο κέντρο της πόλης των Σερρών. Στην υπόθεση μετατροπής δέκα υφιστάμενων αχρησιμοποίητων μικρών χώρων των πολυγώνων σε πάρκα προκύπτει η βελτίωση των κλιματικών μεγεθών στη θερμότερη τυπική ώρα της θερινής περιόδου. Παράλληλα η εργασία εξετάζει την επιρροή των πάρκων στο μικρόκλιμα της γειτονιάς τους και τα αναδεικνύει σε μικρές οάσεις δροσιάς, εξαιρετικά ωφέλιμες στους περιοίκους.

Λέξεις – Κλειδιά

Πάρκα γειτονιάς, αστικό πράσινο, κλιματική αλλαγή, αστικές αναπλάσεις, θερμική άνεση

Abstract

Global warming in cooperation with the phenomenon of the urban heat island threat to render open urban spaces hostile or even dangerous during summer days. The problem concerns a great part of the world population considering the ongoing assemblage of people in cities during the last decades. The scientific community advocates the enrichment of the urban fabric with natural landscapes as the best solution to address environmental problems. However, the redevelopment of the functional parts of the urban fabric is a particularly difficult task, especially in times of financial crisis. But often in the cities there are small pieces of unused land which could more easily be turned into small pocket parks. The distribution of such spaces in the densely populated urban fabric may be the best solution under the current economic circumstances to mitigate the effects of urban warming. In order to investigate the truth of the last sentence, the present dissertation analyzes a section of eleven building blocks in the center of the city of Serres. Concerning the hypothesis of the conversion of ten existing unused small spaces of the blocks into parks, the result is the improvement of the climatic quantities during the warmest typical time of the summer season. At the same time, the dissertation examines the influence of the parks on the microclimate of their neighborhood and highlights them as small oases of coolness, extremely beneficial to the locals.

Keywords

Pocket parks, urban green, climate change, urban reconstructions, thermal comfort

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	ix
Κατάλογος Πινάκων	x
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xi
Highlights	xii
Συνεισφορά της εργασίας.....	xiii
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Σκοπός της εργασίας	1
1.2. Προτεινόμενη μεθοδολογία.....	2
1.3. Προσδοκώμενα αποτελέσματα	3
1.4. Η δομή της εργασίας	3
2. Αστική θερμική νησίδα	5
2.1. Η σημασία της μελέτης του κλίματος των πόλεων	5
2.2. Ορισμός και περιγραφή της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ)	6
2.3. Οι επιπτώσεις της ΑΘΝ	8
2.3.1. Επιπτώσεις στην υγεία και την καθημερινή ζωή	8
2.3.2. Επιπτώσεις στο αστικό περιβάλλον	9
2.3.3. Ενεργειακές επιπτώσεις	9
2.3.4. Επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή.....	10
2.4. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο.....	10
2.5. Στρατηγικές μείωσης της ΑΘΝ.....	11
2.5.1. Ο ρόλος των ανθρωπογενών παραγόντων	12
2.5.2. Ο ρόλος της αστικής γεωμετρίας	12
2.5.3. Ο ρόλος των υλικών και της βλάστησης.....	13
3. Φυτεύσεις στο αστικό περιβάλλον.....	14
3.1. Το πράσινο στο αστικό περιβάλλον	14
3.1.1. Το θεσμικό πλαίσιο για το αστικό πράσινο	16
3.2. Η σημασία του πρασίνου στην πόλη.....	17
3.3. Οι μορφές του αστικού πρασίνου	19
3.4. Τα pocket parks	20
3.4.1. Διεθνή παραδείγματα	22
4. Θερμική άνεση σε υπαίθριους χώρους.....	24
4.1. Συνθήκες θερμικής άνεσης	24
4.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική άνεση	24
4.3. Δείκτες θερμικής άνεσης.....	29
5. Περιοχή μελέτης: υφιστάμενη κατάσταση και προτάσεις αναβάθμισης	32
5.1. Ο αστικός ιστός της πόλης των Σερρών.....	32
5.2. Κλιματικά δεδομένα.....	34
5.3. Η περιοχή μελέτης.....	36
5.4. Προτάσεις αναβάθμισης της περιοχής	39
6. Μέθοδος αξιολόγησης προτάσεων και εργαλεία προσομοίωσης μικροκλίματος.....	41
6.1. Σκοπός και μέθοδος αξιολόγησης.....	41
6.1.1. Το λογισμικό ENVI-met	41
6.2. Δεδομένα προσομοιώσεων.....	42

6.2.1. Κλιματικά δεδομένα.....	42
6.2.2. Ανάλυση του συνόλου της περιοχής μελέτης	43
6.2.3. Ανάλυση των επιλεγμένων πάρκων	45
6.2.4. Δείκτες αποτελεσμάτων	45
7. Προσομοίωση υφιστάμενης κατάστασης και προτάσεων αναβάθμισης	46
7.1. Αποτελέσματα αναλύσεων στη συνολική περιοχή	46
7.1.1. Υφιστάμενη κατάσταση	46
7.1.2. Προτεινόμενη κατάσταση και σύγκριση.....	47
7.2. Αποτελέσματα αναλύσεων σε επιλεγμένα πάρκα.....	48
7.2.1. Πάρκο ΟΠ 4	48
7.2.2. Πάρκο ΟΠ 5	49
7.2.3. Πάρκο ΟΠ 9	51
8. Συμπεράσματα	53
8.1. Αναπάντητα ερωτήματα και αδυναμίες της εργασίας	55
8.2. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	55
8.3. Πιθανές θεωρητικές ή/και πρακτικές εφαρμογές των αποτελεσμάτων της εργασίας	55
Βιβλιογραφικές Αναφορές	57
Παράρτημα Α: Πίνακες ανάλυσης περιοχής Μελέτης Περίπτωσης.....	65
Παράρτημα Β: Κλιματικά δεδομένα του σταθμού Ε.Μ.Υ. Σερρών (1971 – 2017)	89
Παράρτημα Γ: Αναλυτικά δεδομένα εισαγωγής και αποτελεσμάτων προσομοιώσεων	94

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1.	Σχηματοποίηση των κλιμάκων και των κάθετων επιπέδων στο αστικό περιβάλλον	6
Εικόνα 2.	Η ΑΘΝ του Παρισιού: μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα από τον Μάιο έως και τον Αύγουστο του 2003 στις 22:00 GMT	7
Εικόνα 3.	Γραφική αναπαράσταση των κύριων παραγόντων της ΑΘΝ.....	11
Εικόνα 4.	Ανάλυση του αστικού περιβάλλοντος.....	15
Εικόνα 5.	Κατηγοριοποίηση των ελεύθερων αστικών χώρων.....	15
Εικόνα 6.	Σχηματική διάταξη των ενεργειακών ανταλλαγών ενός δέντρου με το περιβάλλον του.....	17
Εικόνα 7.	Τυπολογία του πράσινου στις πόλεις.....	19
Εικόνα 8.	Κατηγοριοποίηση των αστικών χώρων πρασίνου με βάση τη χρήση	20
Εικόνα 9.	Paley Park, New York.....	22
Εικόνα 10.	Μετατροπή κενού χώρου σε Pocket Park (Cocksherd Woodland Pocket Park).....	23
Εικόνα 11.	Κατηγορίες παραγόντων που επηρεάζουν την αντίληψη της θερμικής άνεσης	25
Εικόνα 12.	Predicted Mean Vote	30
Εικόνα 13.	Χάρτης των ελεύθερων χώρων και της περιοχής μελέτης	33
Εικόνα 14.	Χάρτης πυκνοτήτων ανά πολεοδομική ενότητα και περιοχή μελέτης	34
Εικόνα 15.	Η περιοχή μελέτης.....	37
Εικόνα 16.	Άποψη οδού της περιοχής μελέτης.....	39
Εικόνα 17.	Σχεδιαστικές προτάσεις επιλεγμένων πάρκων	40
Εικόνα 18.	Γεωμετρική ανάλυση της περιοχής μελέτης.	44
Εικόνα 19.	Συγκριτική ανάλυση της θερμοκρασίας του αέρα στην περιοχή	47
Εικόνα 20.	Σύγκριση του δείκτη θερμικής άνεσης PMV στο πάρκο του ΟΠ04	49
Εικόνα 21.	Σύγκριση του δείκτη θερμικής άνεσης PMV στο πάρκο του ΟΠ05	50
Εικόνα 22.	Σύγκριση του δείκτη θερμικής άνεσης PMV στο πάρκο του ΟΠ09	51
Εικόνα 23.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4ου ΟΠ – Κάτοψη (κλ. 1:200)	79
Εικόνα 24.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4 ^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 1)	80
Εικόνα 25.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4 ^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 2).....	81
Εικόνα 26.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4 ^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 3).....	82
Εικόνα 27.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 5 ^{ου} ΟΠ – Κάτοψη (κλ. 1:200)	83
Εικόνα 28.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 5 ^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 1)	84
Εικόνα 29.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 5 ^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 2).....	85
Εικόνα 30.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 9 ^{ου} ΟΠ – Κάτοψη (κλ. 1:100)	86
Εικόνα 31.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 9 ^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 1).....	87
Εικόνα 32.	Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 9 ^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 2).....	88

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.	Ελληνικοί Σταθερότυποι Πράσινων Χώρων.....	16
Πίνακας 2.	Μεταβολικός ρυθμός σε διάφορες δραστηριότητες.....	26
Πίνακας 3.	Μονωτική αξία των στοιχείων ένδυσης.....	27
Πίνακας 4.	Αντιστοίχιση δεικτών UTCI και PET με όρους θερμικού στρες.....	31
Πίνακας 5.	Πυκνότητες πολεοδομικών ενοτήτων	33
Πίνακας 6.	Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας της πόλης των Σερρών.....	35
Πίνακας 7.	Μηνιαίες τιμές έντασης και επικρατούσας διεύθυνσης ανέμου της πόλης των Σερρών.....	35
Πίνακας 8.	Συγκεντρωτικά στοιχεία ανάλυσης οικοδομικών πολυγώνων της Π.Μ.....	38
Πίνακας 9.	Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας	43
Πίνακας 10.	Σύγκριση τιμών στα επιλεγμένα σημεία της περιοχής	48
Πίνακας 11.	Περιοχή μελέτης – θέση και σχέσεις.....	66
Πίνακας 12.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ περιοχής μελέτης	67
Πίνακας 13.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 01 (168 ^α).....	68
Πίνακας 14.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 02 (167 ^α).....	69
Πίνακας 15.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 03 (168 ^β).....	70
Πίνακας 16.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 04 (167)	71
Πίνακας 17.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 05 (153 ^α).....	72
Πίνακας 18.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 06 (154 ^α).....	73
Πίνακας 19.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 07 (153 ^β).....	74
Πίνακας 20.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 08 (154)	75
Πίνακας 21.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 09 (144 ^α).....	76
Πίνακας 22.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 10 (144)	77
Πίνακας 23.	Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 11 (145)	78
Πίνακας 24.	Γενικό κλιματικό Σερρών περιόδου 1971-2017	90
Πίνακας 25.	Μέσος αριθμός ημερών κλιματικών φαινομένων στις Σέρρες, περιόδου 1971-2017.....	92
Πίνακας 26.	Εισηγμένα δεδομένα της περιοχής μελέτης	95
Πίνακας 27.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Θερμοκρασία Αέρα.....	96
Πίνακας 28.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων.....	97
Πίνακας 29.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία.....	98
Πίνακας 30.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Δείκτης PMV	99
Πίνακας 31.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α1	100
Πίνακας 32.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α2	101
Πίνακας 33.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α3	102
Πίνακας 34.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α4	103
Πίνακας 35.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Β1	104
Πίνακας 36.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Β2	105
Πίνακας 37.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ1	106
Πίνακας 38.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ2	107
Πίνακας 39.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ3	108
Πίνακας 40.	Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ4	109
Πίνακας 41.	Εισηγμένα δεδομένα του πάρκου γειτονιάς στο ΟΠ4.....	110
Πίνακας 42.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Θερμοκρασία Αέρα.....	111
Πίνακας 43.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων.....	112
Πίνακας 44.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία	113
Πίνακας 45.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Δείκτης PMV	114
Πίνακας 46.	Εισηγμένα δεδομένα του πάρκου γειτονιάς στο ΟΠ5.....	115
Πίνακας 47.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Θερμοκρασία Αέρα.....	116
Πίνακας 48.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων.....	117
Πίνακας 49.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία	118
Πίνακας 50.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Δείκτης PMV	119
Πίνακας 51.	Εισηγμένα δεδομένα του πάρκου γειτονιάς στο ΟΠ9.....	120
Πίνακας 52.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Θερμοκρασία Αέρα.....	121
Πίνακας 53.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων.....	122
Πίνακας 54.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία	123
Πίνακας 55.	Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Δείκτης PMV	124

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΑΘΝ	Αστική θερμική νησίδα
ΓΠΣ	Γενικό πολεοδομικό σχέδιο
ΕΑΠ	Ελληνικό ανοικτό πανεπιστήμιο
ΟΗΕ	Οργανισμός ηνωμένων εθνών
ΟΠ	Οικοδομικό πολύγωνο
MEMI	Munich energy-balance model for individuals
PET	Physiological equivalent temperature
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentage of dissatisfied
SVF	Sky view factor
UHI	Urban heat island
UTCI	Universal thermal climate index

Highlights

Η ΑΘΝ μπορεί να απειλήσει τη ζωή συνανθρώπων μας, κυρίως όσων ανήκουν σε ειδικές ευαίσθητες ομάδες.

Σήμερα είναι ζητούμενο η αραίωση του δομημένου περιβάλλοντος με την συχνή παρεμβολή πράσινων χώρων.

Διερευνάται κατά πόσο η δημιουργία μικρών πάρκων στο κέντρο των Σερρών συμβάλει στο μετριασμό του φαινομένου της ΑΘΝ.

Στις περιοχές των επεμβάσεων μειώνεται η τιμή του δείκτη PMV έως και 3 μονάδες.

Παρατηρείται η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα έως 0.5°C κατά τη θερμότερη ώρα της θερμότερης ημέρας.

Συνεισφορά της εργασίας

Η εργασία συνεισφέρει στην έρευνα για τον ρόλο του πράσινου στην οχύρωση των πόλεων απέναντι στα φαινόμενα υπερθέρμανσης που αντιμετωπίζουν ως αποτέλεσμα της συνέργειας της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Ειδικότερα, προτείνει την πυκνή διασπορά πάρκων γειτονιάς σε αντικατάσταση αχρησιμοποίητων αστικών χώρων και αξιολογεί την επίδρασή τους στο μικρόκλιμα και στη θερμική άνεση των ανθρώπων που χρησιμοποιούν τους ανοιχτούς αστικούς χώρους μέσω συγκριτικών αναλύσεων.

1. Εισαγωγή

1.1. Σκοπός της εργασίας

Οι πόλεις, ως δυναμικοί σχηματισμοί στον χώρο, αλλάζουν μορφή συχνά στην προσπάθεια να καλύψουν τις λειτουργικές ανάγκες τους. Οι αλλαγές αφορούν συνήθως επεκτάσεις, καθώς ο πληθυσμός αυξάνεται, αλλά και εσωτερικές αναπλάσεις προς τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Οι ομαλές συνθήκες διαβίωσης στο εσωτερικό της πόλης ήταν πάντοτε ζητούμενο και κριτήριο επιτυχίας του σχεδιασμού τους ενώ ταυτόχρονα αποτελούν διαχρονικό πεδίο επιστημονικής έρευνας.

Ο τελευταίος αιώνας μεταμόρφωσε σημαντικά και βίαια τις πόλεις (B. Cohen, 2006). Η συσσώρευση πληθυσμού σε αυτές (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2019) οδήγησε σε αύξηση της πυκνότητάς τους. Ταυτόχρονα, η χρήση νέων υλικών με πρωταγωνιστή το σκυρόδεμα και τον χάλυβα, ωφέλησε στη δημιουργία ψηλών κτιρίων και την επίστρωση των ακάλυπτων χώρων με σκληρά και στεγανά υλικά, ενώ η ανάπτυξή τους έγινε σε βάρος του φυσικού τοπίου. Ως απότοκο της μεταμόρφωσης, το σημερινό αστικό τοπίο, παρά την εξέλιξη της τεχνολογίας των υλικών και των οικοδομικών μεθόδων, αποκτά συχνά αφιλόξενο πρόσωπο.

Έτσι, ο σύγχρονος άνθρωπος των πόλεων ζει το μεγαλύτερο μέρος την ημέρας του σε κλειστούς χώρους (Peter Höpfe, 2002). Ο τρόπος ζωής και εργασίας δικαιολογεί έως ένα βαθμό αυτή τη διαπίστωση. Ωστόσο, η ανάγκη για υπαίθρια δραστηριότητα και ακόμη περισσότερο σε επαφή με τη φύση, γίνεται φανερή με τις αποδράσεις από το άστυ που επιδιώκουν με την πρώτη ευκαιρία οι κάτοικοί του. Όπου υπάρχουν παραδείγματα φιλόξενων αστικών υπαίθριων χώρων παρατηρείται, επίσης, η εντονότερη χρήση τους με τη βελτίωση του καιρού (Nikolopoulou et al., 2001).

Παράλληλα, η επερχόμενη κλιματική αλλαγή βρίσκει τις σύγχρονες πόλεις απροετοίμαστες για την αντιμετώπιση φαινομένων υπερθέρμανσης. Η διεξοδική μελέτη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας από την επιστημονική κοινότητα τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναδείξει τους κινδύνους που ελλοχεύουν για τον άνθρωπο που διαβιώνει στα πυκνοδομημένα αστικά κέντρα (Cleugh & Grimmond, 2012; Oke, 1974; Matthaios Santamouris, 2007). Στην προσπάθεια μετρίایش του φαινομένου αποκτά πρωταγωνιστικό

ρόλο το φυσικό τοπίο εντός του πολεοδομικού ιστού (Argiro Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Gonçalves et al., 2019).

Αποτελεί, λοιπόν, ζητούμενο στις σύγχρονες πόλεις η βελτίωση του αδόμητου περιβάλλοντος με διπλό στόχο: την μετρίαση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και την δημιουργία φιλόξενων υπαίθριων χώρων για τους πολίτες. Η αναγκαία ανάπλαση των πυκνοδομημένων κέντρων των πόλεων συναντά πλήθος εμποδίων με κυριότερα ίσως την απουσία αδόμητων εκτάσεων και την αδυναμία μετατροπής δομημένων εκτάσεων λόγω της μεγάλης αξίας της γης.

Ωστόσο, υπάρχουν στις πόλεις μικρότεροι αδόμητοι χώροι, συχνά αχρησιμοποίητοι, οι οποίοι είναι ευκολότερα αξιοποιήσιμοι (Tzortzi-J.Georgi et al., 2019). Η μικρή έκτασή τους μπορεί αρχικά να απογοητεύει, ωστόσο το εγχείρημα θα πρέπει να στηριχθεί στην πυκνή διασπορά των χώρων αυτών στον αστικό ιστό. Στόχος της εργασίας είναι να διερευνήσει τον βαθμό στον οποίο η μετατροπή μικρών χώρων, χωρίς χρήση, του αστικού ιστού σε πράσινα πάρκα μπορεί να βελτιώσει τόσο το μικρόκlima της γειτονιάς τους όσο και το κλίμα της ευρύτερης περιοχής.

1.2. Προτεινόμενη μεθοδολογία

Για τους σκοπούς της εργασίας μελετάται μια περιοχή στο κέντρο της πόλης των Σερρών, στο περισσότερο πυκνοδομημένο τμήμα της, μέσω προσομοίωσης του μικροκλίματος με ειδικό λογισμικό. Η περιοχή μελετάται όπως αποτυπώνεται σήμερα καθώς και μετά την μετατροπή των ορισμένων χώρων της σε πάρκα γειτονιάς. Στόχος είναι η σύγκριση των κλιματικών μεγεθών και της θερμικής άνεσης στο επίπεδο του χρήστη της υφιστάμενης και της προτεινόμενης κατάστασης.

Αρχικά, αποτυπώνεται οι χρήσεις, η γεωμετρία, τα υλικά επιστρώσεων και κατασκευών, οι χρωματισμοί των επιφανειών και οι φυτεύσεις της περιοχής. Στη συνέχεια, προτείνονται δέκα μικροί ανοιχτοί χώροι, ένας σε κάθε οικοδομικό πολύγωνο, που θα μπορούσαν να μετατραπούν σε πάρκα γειτονιάς. Από τη συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης της υφιστάμενης και προτεινόμενης κατάστασης εξάγονται τα συμπεράσματα για την επιρροή της επέμβασης στο κλίμα της περιοχής.

Στους τρεις από τους προτεινόμενους παραπάνω χώρους γίνεται εμβάθυνση στην καταγραφή των φυτεύσεων και των υλικών επίστρωσης αλλά και στην πρόταση ανάπλασής

τους. Εκπονούνται μελέτες, σε επίπεδο προσχεδίου, όπου προτείνονται συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις στο τοπίο με γνώμονα πάντοτε την βιοκλιματική του αναβάθμιση και την έντονη παρουσία του πράσινου. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων στις επιμέρους, αυτές, περιοχές αναμένεται να βοηθήσει στην κατανόηση του αντίκτυπου στο μικρόκλιμα του εμβολισμού των γειτονιών με φυσικό τοπίο σε μορφή πάρκου.

1.3. Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Είναι γνωστή ήδη η θετική επίδραση του πράσινου στο αστικό κλίμα (Gómez et al., 2018; Zölch et al., 2019). Στις προηγούμενες παραγράφους τονίστηκε η δυσκολία ανάπλασης σε μεγάλη κλίμακα τμημάτων των σύγχρονων πόλεων όπου λείπει το φυσικό τοπίο, ως πρώτιστο μέτρο ανάσχεσης των συνακόλουθων προβλημάτων της κλιματικής αλλαγής. Στο πλαίσιο της διερεύνησης εναλλακτικών τρόπων αναβάθμισης του αστικού ιστού η εργασία φιλοδοξεί να προβάλει τον ρόλο των διάσπαρτων μικρών χώρων πρασίνου. Η προσδοκώμενη θετική επιρροή τους στο μικρόκλιμα της γειτονιάς αλλά και στην ευρύτερη περιοχή της μελέτης μπορεί να τους αναδείξει σε προσιτή και ωφέλιμη πρόταση στα περιβαλλοντικά αστικά προβλήματα.

1.4. Η δομή της εργασίας

Η εργασία ολοκληρώνεται σε οκτώ κεφάλαια. Τα τέσσερα πρώτα αποτελούν το θεωρητικό τμήμα της εργασίας, όπου αναλύονται οι βασικές έννοιες που χρησιμεύουν στην κατανόηση του θέματος. Στη συνέχεια ακολουθούν πέντε κεφάλαια που παρουσιάζουν την μελέτη περίπτωσης, τα αποτελέσματα της και τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Αναλυτικότερα, στο εισαγωγικό πρώτο κεφάλαιο αποσαφηνίζεται ο στόχος και η μέθοδος της εργασίας. Στη συνέχεια, το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει το πρόβλημα της αστικής θερμικής νησίδας, το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τους τύπους των φυτεύσεων που συναντώνται στο αστικό τοπίο και αναλύει την επίδραση της φύτευσης στο μικρόκλιμα της περιοχής ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια της θερμικής άνεσης στους ανοιχτούς αστικούς χώρους και δίνεται έμφαση στους δείκτες που την εκφράζουν. Το επόμενο, πέμπτο, κεφάλαιο αναφέρεται στην περιοχή μελέτης, καταγράφοντας τα χαρακτηριστικά της και παρουσιάζοντας τις προτάσεις αναβάθμισής της. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μέθοδος αξιολόγησης των παραπάνω προτάσεων και τα

εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση του μικροκλίματος. Στη συνέχεια στο έβδομο κεφάλαιο εφαρμόζεται η προσομοίωση του μικροκλίματος για στην υφιστάμενη κατάσταση και τις προτάσεις βελτίωσης και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων γίνεται στο τελευταίο, όγδοο κεφάλαιο όπου εξάγονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

2. Αστική θερμική νησίδα

2.1. Η σημασία της μελέτης του κλίματος των πόλεων

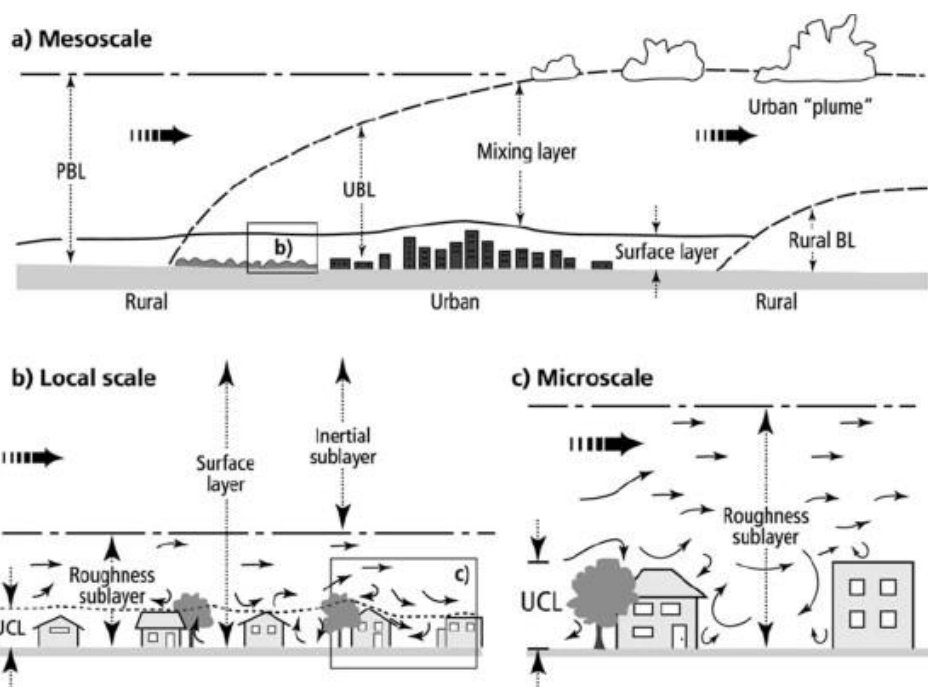
Στην τελευταία αναθεώρηση της αναφοράς του για την αστικοποίηση ο ΟΗΕ καταγράφει την έντονη ενίσχυσή της (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2019). Χαρακτηριστικά παρατηρεί τον τετραπλασιασμό του πληθυσμού των πόλεων από το 1950 ως το 2018. Η ίδια αναφορά προβλέπει την συγκέντρωση των 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού στις πόλεις έως το έτος 2050.

Με τη συνέργεια των υλικών και μεθόδων δόμησης που εισήχθησαν στις πόλεις μετά τη βιομηχανική επανάσταση η παραπάνω μεταβολή του αστικού πληθυσμού τις μεταμορφώνει πολλές φορές με τρόπο βίαιο και άτακτο. Ιδιαίτερα μετά το 1970 το ενδιαφέρον των μελετητών για τη μελέτη του κλίματος εντός των πόλεων και των μηχανισμών που το επηρεάζουν αναβαθμίζεται (Mills, 2014). Κι αυτό τόσο γιατί αφορά την ποιότητα ζωής ολόένα και περισσότερων ανθρώπων όσο και γιατί είναι πλέον διακριτή και η επιρροή της λειτουργίας των πόλεων στο παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Οι Oke (2006) και (Cleugh & Grimmond, 2012) προτείνουν την ανάλυση του κλίματος των πόλεων σε τρία επίπεδα, όπως αυτά σχηματοποιούνται στην Εικόνα 1:

- Στην αστική οριακή στρώση (Urban Boundary Layer – UBL) της οποίας τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά επηρεάζονται από την πόλη στο σύνολό της.
- Στο επίπεδο της γειτονιάς όπου κυρίαρχο ρόλο έχει η χρήση της γης και τα χαρακτηριστικά της
- Στο επίπεδο διαβίωσης του ανθρώπου (Urban Canopy Layer – UCL) που εκτείνεται από το έδαφος έως τις κορυφές των δέντρων ή των κτισμάτων και τα χαρακτηριστικά του κλίματος επηρεάζονται από τα κτίρια, τα υλικά και τα στοιχεία πρασίνου.

Η παρούσα εργασία προσανατολίζεται κυρίως στα φαινόμενα που κυριαρχούν στο επίπεδο όπου διαβιώνει ο άνθρωπος.



Εικόνα 1. Σχηματοποίηση των κλιμάκων και των κάθετων επιπέδων στο αστικό περιβάλλον
Πηγή: Oke, 2006

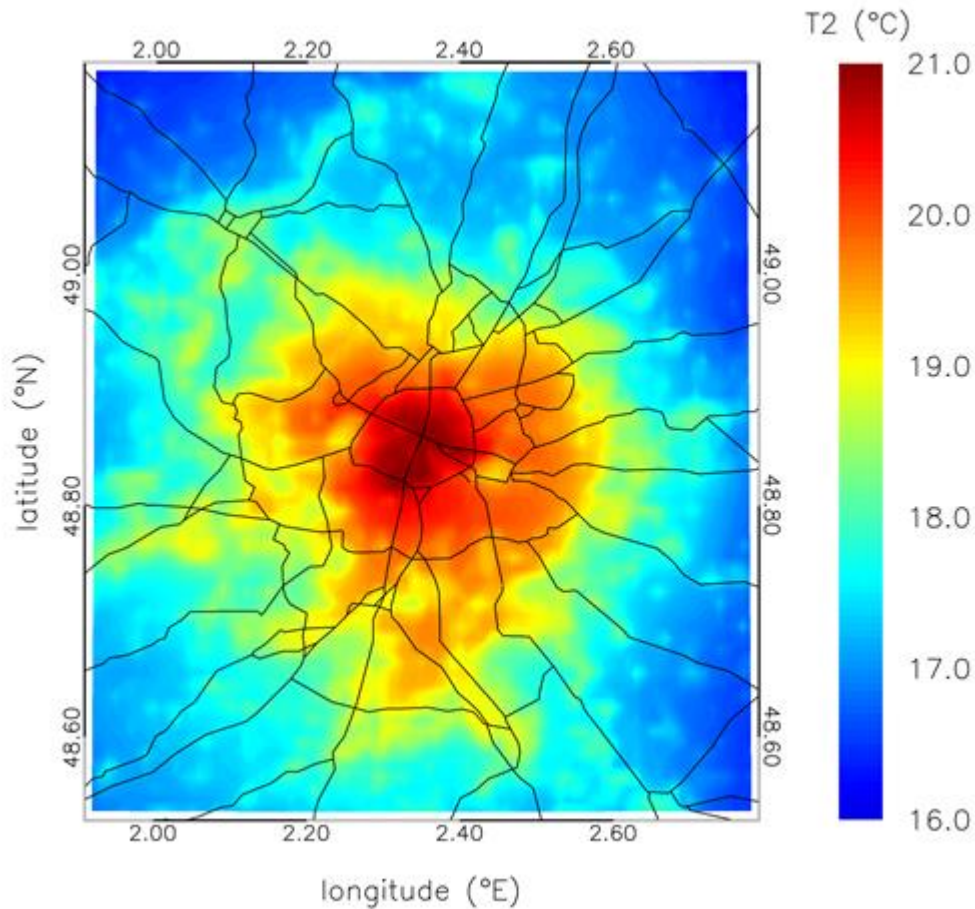
2.2. Ορισμός και περιγραφή της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ)

Το φαινόμενο της ΑΘΝ παρατηρείται όταν η θερμοκρασία των επιφανειών και της ατμόσφαιρας μιας αστικής περιοχής είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της γειτονικής εξοχής (Oke, 1974). Η εμφάνισή του έχει καταγραφεί σε περισσότερες από 400 πόλεις και χαρακτηρίζεται ως το νέο μεγάλο πρόβλημα του πλανήτη (Matthaios Santamouris, 2019a).

Για πρώτη φορά το φαινόμενο επισημάνθηκε από τον Luke Howard το 1820 όταν παρατήρησε ότι η νύχτα στο κέντρο του Λονδίνου ήταν κατά μέσο όρο 3.70° θερμότερη από ό,τι στην εξοχή (Arnfield, 2003). Από τότε, με έμφαση στις τελευταίες δεκαετίες, πλήθος μελετητών έχουν καταγράψει το φαινόμενο σε διάφορες πόλεις του πλανήτη (Pyrgou et al., 2020).

Η ένταση του φαινομένου εκφράζεται με τη διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ της αστικής και περιαστικής περιοχής ΔT_{u-r} . Πρόκειται για δυναμικό μέγεθος που μεταβάλλεται χωρικά στα επίπεδα ανάλυσης του κλίματος των πόλεων (UCL, UBL) και σε τοπικό επίπεδο αλλά και χρονικά κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου (S. Grimmond, 2007) και παρατηρείται εντονότερα τις νυχτερινές ώρες σε συνθήκες ανέφελου ουρανού και ήπιου ανέμου (Cleugh & Grimmond, 2012). Σύμφωνα με τον Oke (1981) η μέση τιμή του είναι $1 - 3^{\circ}$ αλλά τις ήρεμες ανέφελες νύχτες του χειμώνα μπορεί να φτάσει και τους 10° . Νεότερα

δεδομένα από μετρήσεις σε 110 πόλεις της Ευρώπης προσδιορίζουν την μέση ετήσια ένταση του φαινομένου μεταξύ 0.1° και 2° , τη μέση μέγιστη μεταξύ 0.3° και 6.8° και την απόλυτη μέγιστη μεταξύ 2.8° και 12° (Matthaios Santamouris, 2016). Είναι ακόμη πιθανό να εμφανίσει αρνητική τιμή, εκφράζοντας μια αστική ψυχρή νησίδα, σε περιπτώσεις μεγάλων αστικών πάρκων πόλεων που συνορεύουν με ξηρές εκτάσεις, όπως έδειξε η μελέτη των C. S. B. Grimmond et al. (1993) για την πόλη του Σακραμέντο.



Εικόνα 2. Η ΑΘΝ του Παρισιού: μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα από τον Μάιο έως και τον Αύγουστο του 2003 στις 22:00 GMT
Πηγή: *Urban Climate Service Center*, n.d.

Διάφορες μελέτες έχουν καταγράψει το φαινόμενο στις μεγαλύτερες πόλεις του πλανήτη. Στη μελέτη του Moreno-garcia (1994) η Βαρκελώνη μετρήθηκε να είναι θερμότερη κατά 2.9° (μέση ετήσια τιμή) κατά τη διάρκεια της νύχτας ενώ είναι ελαφρώς ψυχρότερη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η ίδια μελέτη κατέγραψε το φαινόμενο να φτάνει και στους 8° και σπανίως να αγγίζει τους 9° . Ανάλογα είναι τα ευρήματα των Kolokotroni & Giridharan (2008) για το Λονδίνο όπου το φαινόμενο μετρήθηκε με μέση ένταση 1.7° την ημέρα, 2.4° τη νύχτα και μέγιστη τιμή τους 8.9° . Νεότερες μελέτες μάλιστα αναδεικνύουν μεθόδους

πρόβλεψης της έντασης και των χαρακτηριστικών του φαινομένου (Mihalakakou et al., 2002; Yun et al., 2020).

Η ΑΘΝ παρατηρείται και σε μικρότερες πόλεις. Στα Χανιά η ένταση του φαινομένου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού φτάνει τους 8° κατά τη διάρκεια της ημέρας παρόλο που τη νύχτα εξομαλύνεται επηρεαζόμενο από τους τοπικούς ανέμους (Kolokotsa et al., 2009). Στο Αγρίνιο οι Vardoulakis et al. (2013) μετρήσαν την ένταση του φαινομένου να φτάνει τους 6° με μέση τιμή των νυχτερινών ωρών του Αυγούστου τους 3.8°.

Οι πιο σύγχρονες έρευνες εστιάζουν την προσοχή τους στη συνέργεια της ΑΘΝ με τους καύσωνες (heat waves), οι οποίοι, λόγω της κλιματικής αλλαγής, παρουσιάζουν αύξηση σε ένταση, διάρκεια και συχνότητα. Ο Santamouris (2019b) παρατηρεί πως σε περιόδους καύσωνα το θερμικό σοκ που δέχονται οι πόλεις είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των επιμέρους από τον καύσωνα και την ΑΘΝ.

2.3. Οι επιπτώσεις της ΑΘΝ

Η αυξημένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που παρατηρείται στις πόλεις μπορεί να φαίνεται επωφελής τη χειμερινή περίοδο, αποδεικνύεται όμως επιβλαβής τους καλοκαιρινούς μήνες. Η συνέργεια μάλιστα του φαινομένου της ΑΘΝ με τα κύματα καύσωνα πολλαπλασιάζει τις επιπτώσεις του (Fallmann et al., 2016). Η αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις ενέχει σοβαρούς κινδύνους για την υγεία και επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των κατοίκων της. Η συνακόλουθη αύξηση της απαίτησης ψύξης αλλά και η μεγιστοποίηση του φορτίου αιχμής αποτελούν σοβαρό εμπόδιο στην προσπάθεια για εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας. Στην οπτική του παγκόσμιου προβλήματος, η ΑΘΝ επιτείνει την κλιματική αλλαγή και ενισχύει το οικολογικό αποτύπωμα των πόλεων.

2.3.1. Επιπτώσεις στην υγεία και την καθημερινή ζωή

Η υγεία μας συνδέεται άρρηκτα με τις συνθήκες και δη τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο διαβιώνουμε. Η ΑΘΝ επιβαρύνοντας το περιβάλλον ιδιαίτερα σε περιόδους καύσωνα μπορεί να απειλήσει τη ζωή συνανθρώπων μας, κυρίως όσων ανήκουν σε ειδικές ευαίσθητες ομάδες (παιδιά, καρδιοπαθείς, ηλικιωμένοι κ.α.). Οι Guo et al. (2014), μελετώντας 306 κοινωνίες σε 12 χώρες με ποικιλία κλιματικών συνθηκών, δείχνουν πως παρά την προσαρμοστικότητα των ανθρώπων στις αλλαγές της θερμοκρασίας, η θνησιμότητα του πληθυσμού αυξάνει στις ακραίες κάθε κλίματος τιμές. Στις πόλεις της

μεσογείου υπολογίζεται πως η αύξηση κατά 1° της μέγιστης αισθητής θερμοκρασίας προκαλεί αντίστοιχη αύξηση των θανάτων από αναπνευστικά προβλήματα κατά 6.71%, ενώ το ποσοστό αυξάνεται στα 8.1% στις ηλικίες άνω των 75 (Baccini et al., 2008).

Η ποιότητα της ζωής στις πόλεις υποβαθμίζεται περαιτέρω μέσω της θερμικής επιβάρυνσης του μικροκλίματος των γειτονιών της (Giannopoulou et al., 2014). Στο 4° κεφάλαιο αναλύεται πώς η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία και η θερμική ακτινοβολία των επιφανειών επηρεάζουν την θερμική άνεση των χρηστών των εξωτερικών αστικών χώρων. Η επίδραση της ΑΘΝ είναι εντονότερη τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες, όταν και η μικρή αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει δυσανάλογα μεγάλη δυσφορία. Στη μελέτη των Bartzokas et al. (2013) είναι ευδιάκριτη η σημαντική άνοδος στην ένταση και τη συχνότητα των θερινών ωρών θερμικής δυσφορίας στην πόλη της Αθήνας ήδη από το 1980.

2.3.2. Επιπτώσεις στο αστικό περιβάλλον

Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα των πόλεων, ενισχύοντας τις συγκεντρώσεις των ρύπων στην ατμόσφαιρά των πόλεων υποβαθμίζοντας την ποιότητα του αέρα που αναπνέουμε (Fallmann et al., 2016; Matthaios Santamouris, 2016; Yang et al., 2015). Η ρύπανση της ατμόσφαιρας σχετίζεται με την υποβάθμιση της υγείας και της ποιότητας ζωής, ενώ επιδρά αρνητικά στην βιοποικιλότητα, της κατασκευές, τα μνημεία και τα έργα τέχνης που βρίσκονται στις πόλεις. Το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας επικίνδυνος δευτερογενής ρύπος που συνδέεται με σειρά αναπνευστικών προβλημάτων, από το άσθμα μέχρι μόνιμες πνευμονικές βλάβες. Οι Stathopoulou et al. (2008), μελετώντας παράλληλα τις συγκεντρώσεις του τροποσφαιρικού όζοντος και την ένταση της ΑΘΝ στην Αθήνα, αναδεικνύουν τη σύνδεση των δύο μεγεθών.

2.3.3. Ενεργειακές επιπτώσεις

Η θερμική δυσφορία δεν αφορά μόνο τους ανοιχτούς χώρους της πόλης. Για την αντιμετώπιση της αντίστοιχης αυξημένης θερμοκρασίας στο εσωτερικών των κτιρίων και την εύρυθμη λειτουργία τους απαιτείται η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (Roxon et al., 2020). Τις τελευταίες δεκαετίες καταγράφεται σημαντική αύξηση στη χρήση των

¹ Η αισθητή θερμοκρασία (apparent temperature - AT) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία αέρα και τη θερμοκρασία δρόσου σύμφωνα με τη σχέση $AT = -2.653 + 0.994temp + 0.0153dew^2$ (Baccini et al., 2008)

κλιματιστικών, η χρήση των οποίων απαιτεί ενέργεια μεγαλύτερη από όση εξοικονομείται από την αύξηση της θερμοκρασίας τη χειμερινή περίοδο (S. Grimmond, 2007). Το ενεργειακό αποτύπωμα της υπερθέρμανσης των πόλεων μπορεί να ξεπεράσει τις 68kWh ανά άτομο και βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας (Matthaios Santamouris, 2019a). Επιπροσθέτως, καθώς αυξάνεται η διάρκεια των ωρών αιχμής, δοκιμάζονται ιδιαίτερα οι αντοχές των υποδομών παραγωγής και η διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (Matthaios Santamouris, 2007).

2.3.4. Επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή

Η αυξημένη απαίτηση ενέργειας για ψύξη οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, την στιγμή που η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα χρεώνει ήδη στα κτίρια το 40% της ευθύνης για την κλιματική αλλαγή και η Ευρώπη θέτει ως στόχο την μείωση της εκπομπής των ρύπων κατά 80% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Το οικολογικό αποτύπωμα² των πόλεων επιβαρύνεται δυσανάλογα από το φαινόμενο της ΑΘΝ. Στη μελέτη των M. Santamouris et al. (2007) το οικολογικό αποτύπωμα της Αθήνας που αποδίδεται στις επιπτώσεις της ΑΘΝ ανέρχεται στο διπλάσιο της πραγματικής της έκτασης.

2.4. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο

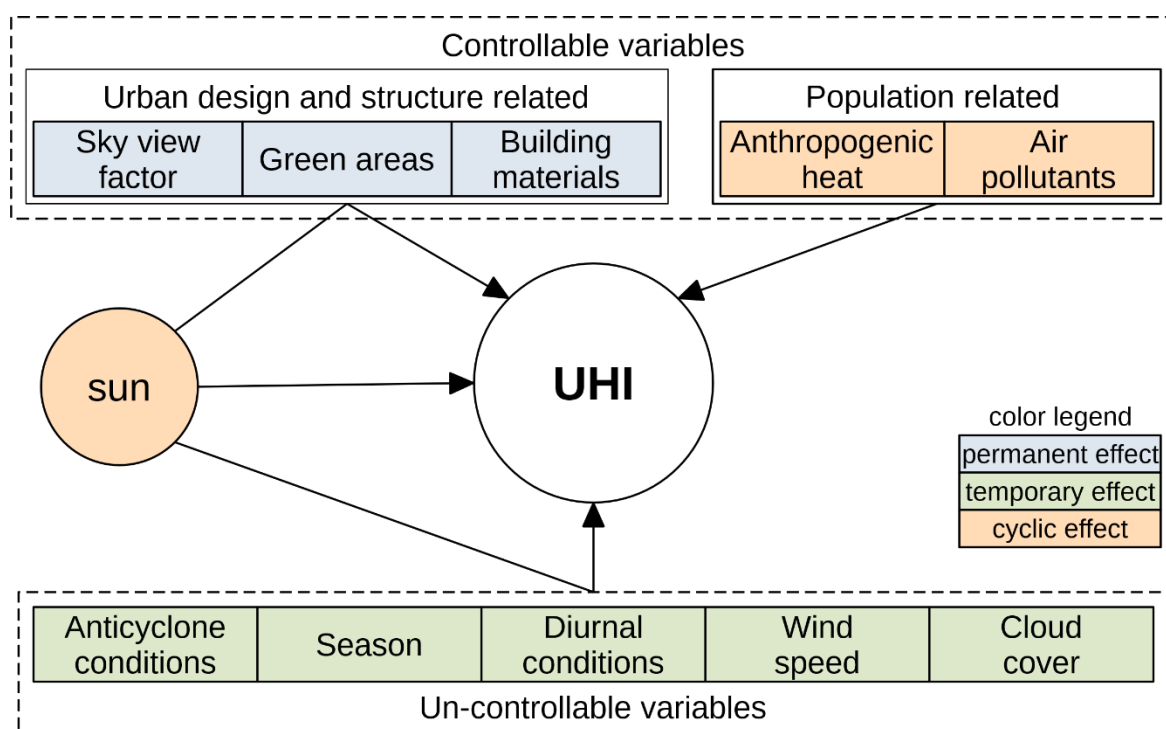
Μια χρήσιμη κατηγοριοποίηση που μπορεί να γίνει στους παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της ΑΘΝ βασίζεται στη δυνατότητα του ανθρώπου να τους ελέγξει. Επιπρόσθετα μπορούν να διακριθούν ανάλογα με την περίοδο εφαρμογής τους σε σταθερούς, προσωρινούς και κυκλικά εφαρμοζόμενους (Rizwan et al., 2008) (Εικόνα 3).

Έτσι, ξεχωρίζουμε από τη μία τους κλιματολογικούς, μετεωρολογικούς και τοπογραφικούς παράγοντες, η επίδραση των οποίων στο φαινόμενο έχει προσωρινό χαρακτήρα. Η μελέτη αυτών των παραγόντων είναι χρήσιμη στον πολεοδομικό σχεδιασμό (Scherer et al., 1999). Οι Pongracz et al., 2006, μελετώντας το φαινόμενο της ΑΘΝ σε 10 πόλεις της Ουγγαρίας, συμπεραίνουν πως η συνθήκες αντικυκλώνα σε γειτονική περιοχή αυξάνουν την ένταση του φαινομένου. Η ίδια μελέτη δείχνει την επιρροή της εποχικότητας και της νεφοκάλυψης, ενώ άλλες μελέτες ερευνούν τη σχέση της έντασης της νησίδας με τις ετήσιες

² Το οικολογικό αποτύπωμα εκφράζει την θεωρητική έκταση (εκτάρια) που απαιτείται για να υποστηρίξει την λειτουργία μια κοινωνίας.

κατακρημνήσεις (Manoli et al., 2019). Ένας άλλος σημαντικός προσωρινός παράγοντας αναδεικνύεται ο άνεμος. Η ένταση της ΑΘΝ ωφελείται από τους ήπιους ανέμους ενώ ένας περιαστικός άνεμος με ταχύτητα μεγαλύτερη των 4ms^{-1} σε ύψος 2.5m μπορεί να εξαλείψει το φαινόμενο (Gross, 2019). Τέλος, η τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής και ειδικότερα η γειτνίαση με ορεινούς όγκους, ξηρές περιοχές, δάση ή υγρά στοιχεία επιδρά στα χαρακτηριστικά του φαινομένου (C. S. B. Grimmond et al., 1993; Ribeiro et al., 2018).

Από την άλλη, τα μορφολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του αστικού τοπίου και ο πληθυσμός επιδρούν επίσης σημαντικά, ειδικότερα στο επίπεδο της γειτονιάς και κυρίως στο κατώτερο στρώμα UCL. Οι επιδράσεις αυτές έχουν μόνιμο ή κυκλικό χαρακτήρα, τα δε στοιχεία που τις προκαλούν εξαρτώνται ή δημιουργούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, άρα είναι δεκτικά σε προσαρμογές. Για αυτό τον λόγο αποτελούν στόχο των προτεινόμενων στρατηγικών μείωσης του φαινομένου. Οι επιδράσεις αυτές και οι στρατηγικές αντιμετώπισής τους αναλύονται στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 3. Γραφική αναπαράσταση των κύριων παραγόντων της ΑΘΝ
Προσαρμογή από Rizwan et al., 2008

2.5. Στρατηγικές μείωσης της ΑΘΝ

Συγκρίνοντας τις αστικές με τις περιοχές της υπαίθρου παρατηρούμε πρωτίστως την πύκνωση σε πληθυσμό αλλά και σε δομές κι έπειτα τις ποιοτικές διαφορές στα υλικά. Σε

αυτές τις βασικές διαφορές ανάγονται τα στοιχεία του αστικού περιβάλλοντος που ωφελούν την ανάπτυξη της ΑΘΝ.

2.5.1. Ο ρόλος των ανθρωπογενών παραγόντων

Όπως έδειξε ο Oke (1973) η ένταση του φαινομένου αυξάνει όσο αυξάνει ο πληθυσμός μιας πόλης. Αυτό εξηγείται με την συνακόλουθη πυκνωση των αστικών δομών αλλά και την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας που έχει ως απόρροια την απόρριψη θερμότητας και ρύπων στο αστικό περιβάλλον (Cleugh & Grimmond, 2012). Η ενέργεια που απαιτείται για τις δραστηριότητες του ανθρώπου μέσα στα κτίρια της πόλης συναρτάται πάντοτε από τις απώλειες του κελύφους και τις αποδόσεις των συστημάτων. Η θωράκιση των κατασκευών, η βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων με στόχο την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας καθώς και η ενσωμάτωση παθητικών συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ελαχιστοποίηση του ανθρωπογενούς παράγοντα αύξησης της ΑΘΝ. Αντίστοιχες στρατηγικές πρέπει να υιοθετηθούν και σε άλλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως στις μεταφορές ή τη βιομηχανία. Ακόμη, προσοχή πρέπει να δοθεί και στην κατεύθυνση της μείωσης των ρύπων καθώς αυτοί συνεργούν στον εγκλωβισμό της θερμικής ενέργειας στο εσωτερικό των πόλεων.

2.5.2. Ο ρόλος της αστικής γεωμετρίας

Η πλεονάζουσα θερμότητα της πόλης θα μπορούσε να απάγεται προς τις υπαίθριες περιοχές με τη βοήθεια των ανέμων, ακόμη και των ήπιων. Αυτό εξαρτάται σε μέγιστο βαθμό από την τραχύτητα του αστικού τοπίου η οποία διαμορφώνεται από την πυκνότητα δόμησης και τον προσανατολισμό και τη σχέση ύψους/πλάτους (H/W) των αστικών χαραδρών. Η αεροδυναμική της πόλης θα μπορούσε να βελτιωθεί προς την καλύτερη εισχώρηση των ανέμων με την πρόβλεψη για μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων και μεγαλύτερη ποικιλία στα ύψη τους.

Οι μείωση της θερμότητας των αστικών επιφανειών επιτυγχάνεται και μέσω της ακτινοβολίας θερμικής ενέργειας από αυτές προς τον ψυχρό ουράνιο θόλο, ιδιαίτερα τις ανέφελες νύχτες. Η γεωμετρία της πόλης σε αυτό το φαινόμενο παίζει σημαντικό ρόλο καθώς η απαγωγή της θερμότητας εξαρτάται από τον βαθμό που κάθε επιφάνεια «βλέπει» τον ουρανό, μέγεθος που εκφράζεται με τον συντελεστή θέασης SVF (Sky view factor). Η μείωση της πυκνότητας του αστικού τοπίου μέσω της αύξησης των αποστάσεων των κτιρίων συμβάλει στην αύξηση της θέασης του ουράνιου θόλου από τις αστικές επιφάνειες.

2.5.3. Ο ρόλος των υλικών και της βλάστησης

Τα υλικά των επιφανειών των αστικών τοπίων χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη απορροφητικότητα και θερμοχωρητικότητα τους. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε αυτές αποθηκεύεται σε μεγάλο βαθμό στη μάζα τους και απορρίπτεται στο αστικό περιβάλλον όταν αυτό ψυχραθεί κυρίως μετά τη δύση του ήλιου. Η γεωμετρία της πόλης, όπως αναλύθηκε παραπάνω, συνεργεί στον εγκλωβισμό της θερμικής ενέργειας στο εσωτερικό της. Προς την υποβάθμιση αυτού του παράγοντα απαιτείται η αύξηση της ανακλαστικότητας των επιφανειών της πόλης μέσω της επιλογής των υλικών και των χρωματισμών τους αλλά και η σκιάσή τους κατά τη διάρκεια των θερινών ημερών (Erell et al., 2014).

Στις πόλεις παρατηρείται ακόμη η αντικατάσταση του φυσικού τοπίου με στεγανές επιφάνειες που περιορίζουν την εξατμισοδιαπνοή. Όπως θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο, οι πράσινες επιφάνειες μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά το αστικό μικρόκλιμα και να συμβάλουν στη μείωση του φαινομένου της ΑΘΝ (Argiro Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Gonçalves et al., 2019). Σύμφωνα μάλιστα με τους Li et al. (2019) η στρατηγικές μείωσης του φαινομένου μέσω της ρύθμισης την εξατμισοδιαπνοής είναι αποτελεσματικότερες από αυτές που έχουν να κάνουν με την αεροδυναμική του τοπίου.

3. Φυτεύσεις στο αστικό περιβάλλον

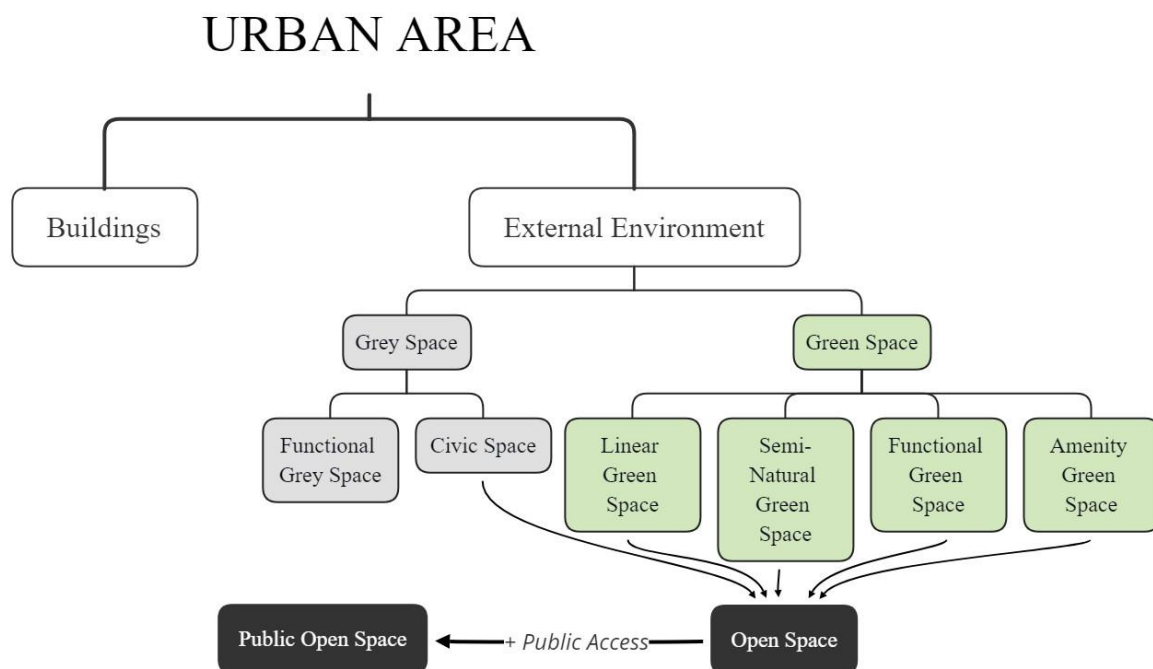
Οι πόλεις, ως χωρικές δομές, μεταμορφώνονται στην πάροδο του χρόνου, συνήθως αργά αλλά και κάποτε βίαια, προσπαθώντας να καλύψουν τις μεταβαλλόμενες ανάγκες των κατοίκων τους. Οι μεταμορφώσεις αυτές συντελούνται μέσω αναπλάσεων και επεκτάσεων, έπειτα από σχεδιασμό, ενίοτε, δυστυχώς, και αυθαίρετα. Οι σύγχρονες ελληνικές πόλεις διαμορφώθηκαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα με κυρίαρχα εργαλεία την αντιπαροχή και την αυθαίρετη δόμηση (Μπίρης, 1997) και χαρακτηριστική την έλλειψη κεντρικού σχεδιασμού και την πρόνοια για ελεύθερους χώρους.

Η ανάδειξη των περιβαλλοντικών προβλημάτων, συνολικά, του πλανήτη αλλά και, συγκεκριμένα, των αστικών τοπίων δημιούργησε τις τελευταίες δεκαετίες την ανάγκη αναθεώρησης της ανάπτυξης των πόλεων μέσα από την οπτική της αειφορίας. Στην κατεύθυνση αυτή αναβαθμίστηκε ο ρόλος του πράσινου στο αστικό τοπίο.

3.1. Το πράσινο στο αστικό περιβάλλον

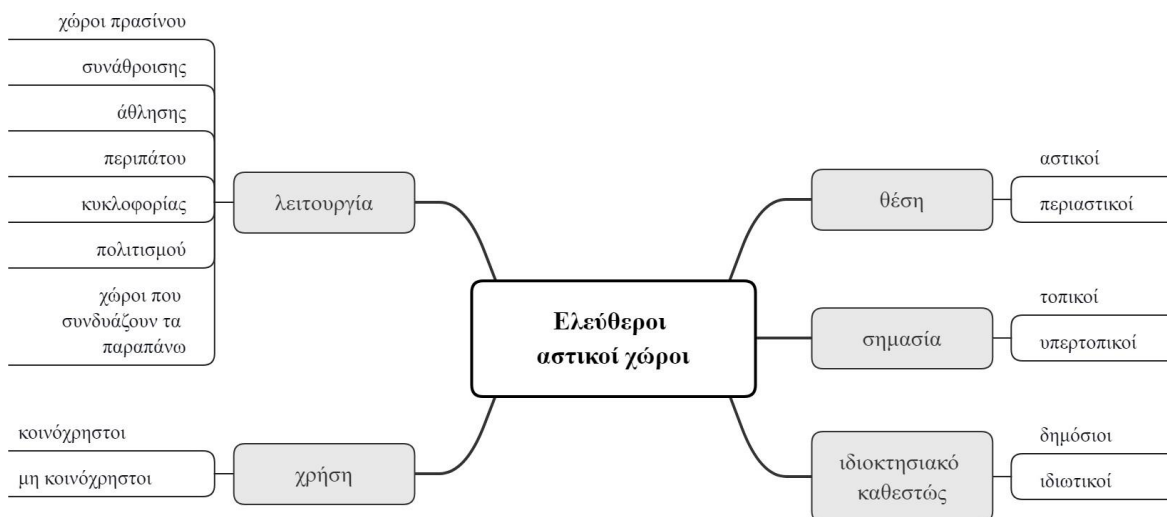
Το αστικό τοπίο αναλύεται στα κτίρια και στον αδόμητο χώρο που «ρέει» ανάμεσα σε αυτά. Το αδόμητο περιβάλλον των πόλεων αποτελεί πεδίο διαχείρισης εξίσου σημαντικό με το συμπληρωματικό του δομημένο στο στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης της πόλης (Λιονάτου, 2008). Προς αυτή την προσπάθεια είναι χρήσιμη η αναγνώριση των επιμέρους χώρων που το αποτελούν. Διακρίνεται, με βάση τα υλικά κάλυψης και τις φυτεύσεις, σε γκρίζους και πράσινους χώρους (Εικόνα 4):

- Οι γκρίζοι χώροι είναι επιστρωμένοι με σκληρά, αδιαπέραστα υλικά (σκυρόδεμα, άσφαλτος) και επιτελούν συγκεκριμένους σκοπούς, όπως την κυκλοφορία και τη συνάθροιση των πολιτών. Τέτοιοι χώροι θεωρούνται οι δρόμοι, οι χώροι στάθμευσης, οι πεζόδρομοι και οι πλατείες.
- Πράσινοι είναι οι χώροι της πόλης με σημαντική παρουσία της βλάστησης και επιστρώσεις με μαλακά, διαπερατά υλικά (χώμα, γρασίδι, κ.α.) (Swanwick et al., 2003). Σε αυτούς συγκαταλέγονται τα πάρκα, οι πρασιές, και οι αυλές



Εικόνα 4. Ανάλυση του αστικού περιβάλλοντος
πηγή: επεξεργασία από Swanwick, Dunnett, & Woolley (2003)

Στη μελέτη τους οι Αραβαντινός & Κοσμάκη (1988) κατηγοριοποιούν τους ελεύθερους αστικούς χώρους με κριτήρια τη θέση τους στην πόλη, τη σημασία, το ιδιοκτησιακό καθεστώς, τη χρήση και τη λειτουργία τους, όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 5. Έτσι, ένας χώρος πρασίνου, όπως αυτός ορίστηκε παραπάνω, μπορεί να είναι ιδιωτικός ή δημόσιος, αστικός ή περιαστικός, τοπικός ή υπερτοπικός.



Εικόνα 5. Κατηγοριοποίηση των ελεύθερων αστικών χώρων
Επεξεργασία από Αραβαντινός & Κοσμάκη (1988)

Το μεταβαλλόμενο μωσαϊκό των αναγκών των πολιτών και της πόλης που οι αδόμητοι χώροι καλούνται να καλύψουν ζητά συχνά την αναπροσαρμογή του ρόλου τους και

ακολουθώντας της μορφής τους (Thompson, 2002). Σήμερα είναι ζητούμενο η αραίωση του δομημένου περιβάλλοντος με την συχνή παρεμβολή χώρων πρασίνου καθώς αναγνωρίζεται ολοένα και περισσότερο η πολύπλευρη αξία του.

3.1.1. Το θεσμικό πλαίσιο για το αστικό πράσινο

Η Υ.Α. 10788/204 (ΦΕΚ Δ'285/5.3.2004) διακρίνει τους ελεύθερους αστικούς χώρους σε

- Ελεύθερους χώρους Πολεοδομικής Ενότητας
 - Νησίδες πρασίνου με ρόλο στη δημιουργία «ανοιγμάτων» στον δομημένο ιστό
 - Πλατείες, όπου το πράσινο δεν είναι το κύριο χαρακτηριστικό τους και χρησιμοποιούνται κυρίως σαν χώροι κοινωνικής επαφής και αναψυχής
 - Παιδικές χαρές – γωνιές (μικρής κλίμακας)
 - Πάρκο Πολεοδομικής Ενότητας – Γειτονιάς με κύριο χαρακτηριστικό το πράσινο και ενδεχομένως δραστηριότητες ενεργητικής αναψυχής.
- Ελεύθεροι χώροι Πόλης / Οικισμού
 - Πάρκο Πόλης / Οικισμού

Σύμφωνα με τα πρότυπα που ορίζονται στο ίδιο κείμενο οι Ελληνικές πόλεις χρειάζονται 8τμ πράσινου χώρου για κάθε κάτοικο. Σε επίπεδο γειτονιάς αρκεί το 1τμ ανά κάτοικο (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ελληνικοί Σταθερότυποι Πράσινων Χώρων
Προσαρμογή από Υ.Α. 10788/204 (ΦΕΚ Δ'285/5.3.2004)

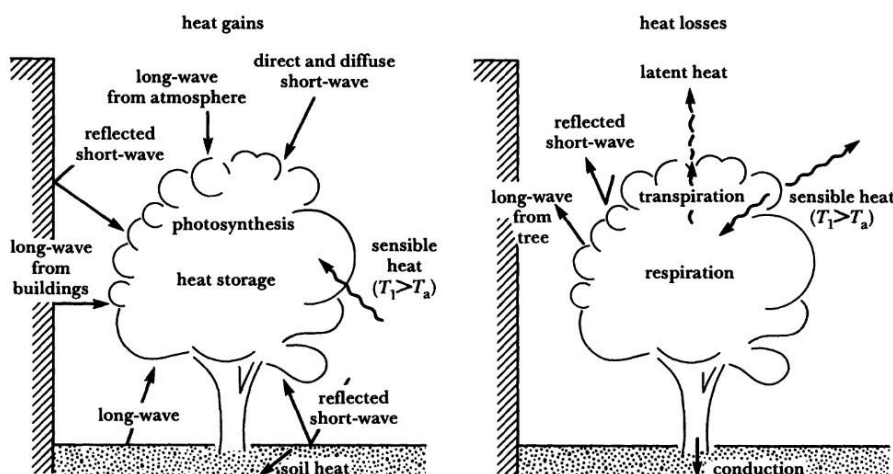
Αναγκαιότητα λειτουργίας κατά πληθυσμιακό μέγεθος πόλης				
	Πολ. Ενότητα – Γειτονιά	Πόλη	Ακτίνα εξυπηρέτησης (μ.)	Βιώσιμο μέγεθος (Ha)
	τ.μ./κάτοικο			
Νησίδες πρασίνου	0,25	-	800	0,01 – 0,10
Πλατείες	0,50	-	800	0,10 – 0,50
Παιδικές χαρές	0,25	-		0,01 – 0,10
Πάρκο	-	1,50	1500	0,50 – 1,50
Πάρκο πόλης	-	5,50	Πόλη	> 1,50
Σύνολο	8,0			

Το πράσινο στους ιδιωτικούς χώρους ρυθμίζεται με τις διατάξεις του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού (Ν.4067/12 - ΦΕΚ Α' /79/09.04.2012) και του Κτιριοδομικού Κανονισμού (Υ.Α. 3046/304 - ΦΕΚ Δ' /59/03.02.1989). Τα άρθρα 12 και 17 του πρώτου ορίζουν πως θα πρέπει να μένει αδόμητο κατ' ελάχιστο το 40% του οικοπέδου και τα 2/3 της επιφάνειας αυτής – συνεπώς, το 26,6% του οικοπέδου – να μην επιστρώνονται. Ο Κτιριοδομικός Κανονισμός επιβάλλει τη φύτευση ενός δέντρου ανά 200m² οικοπέδου και 25m² προκηπίου.

3.2. Η σημασία του πράσινου στην πόλη

Δεν είναι τυχαίο ότι συχνά οι πράσινοι χώροι της πόλης αποτελούν καταφύγια για τους κατοίκους και προσφέρουν ευκαιρίες χαλάρωσης, συναναστροφής και ήπιας δραστηριότητας. Το περιβάλλον στο εσωτερικό τους, αν μάλιστα καλύπτουν ικανή έκταση, είναι φιλικότερο σε πολλά επίπεδα, συγκρινόμενο με το άλλο αστικό πρόσωπο, καθώς υπενθυμίζουν την φύση, ενεργοποιώντας τον ψυχολογικό δεσμό των πολιτών μαζί της (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 1990).

Η διαδικασία της διαπνοής της φυτοκόμης παράλληλα με της εξάτμιση της υγρασίας που συγκρατείται στο έδαφος δεσμεύουν θερμική ενέργεια από το περιβάλλον και ταυτόχρονα υγραίνουν την ατμόσφαιρα (Hagishima et al., 2004; Oke et al., 1989). Επιπροσθέτως, η σκίαση που προσφέρουν τα δέντρα και η σημαντικά χαμηλότερη απορροφητικότητα του εδάφους των πράσινων χώρων μειώνουν την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας (Rahman et al., 2020). Χωρικά, η ωφέλεια επεκτείνεται στο σύνολο της πόλης καθώς το αστικό πράσινο μπορεί να μετριάσει σημαντικά το φαινόμενο της ΑΘΝ (P. Cohen et al., 2012; Gomez et al., 1998; Perini & Magliocco, 2014).



Εικόνα 6. Σχηματική διάταξη των ενεργειακών ανταλλαγών ενός δέντρου με το περιβάλλον του
πηγή: Oke et al., 1989

Το αποτέλεσμα είναι ευεργετικό για το μικρόκλιμα ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες και δεν αφορά αποκλειστικά τους φυτεμένους χώρους αλλά και το ευρύτερο περιβάλλον της γειτονιάς τους (Yu & Hien, 2006). Με το σωστό, μάλιστα, σχεδιασμό μπορούν να επιτευχθούν τα μέγιστα αποτελέσματα θερμικής άνεσης για τους χρήστες των χώρων αυτών (Chatzidimitriou & Yannas, 2016; Gómez et al., 2018; Zölch et al., 2019). Η φυτεύσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την εκτροπή των ψυχρών ανέμων τη χειμερινή περίοδο (Kofoed & Gaardsted, 2004).

Καθώς ο αέρας κινείται στα φυλλώματα συγκρατείται η σκόνη αλλά και πολλοί αέριοι ρύποι. Η μελέτη των Kuttler & Strassburger (1999) καταγράφει μειωμένες συγκεντρώσεις ρύπων σε κεντρικό πάρκο του Έσσεν σε σύγκριση με τους γειτονικούς του δρόμους. Ακόμη και μικρότερης έκτασης φυτεύσεις, όπως είναι οι γραμμικές δενδροφυτεύσεις κατά μήκος πεζοδρομίων, μπορούν να μειώσουν της έκθεση των πεζών στους ρύπους των αυτοκινήτων (Amorim et al., 2013). Εκτός από την ποιότητα του αέρα, κατάλληλα χωροθετημένοι θάμνοι και τα δέντρα, λειτουργώντας ως ηχοπετάσματα, μπορούν να βελτιώσουν και το ηχητικό περιβάλλον, φιλτράροντας τους ενοχλητικούς ήχους της πόλης. Επιπροσθέτως, συντελούν στην αισθητική αναβάθμιση του τοπίου προσφέροντας θέες φιλικότερες στο ανθρώπινο μάτι και μειώνοντας τις οπτικές οχλήσεις (ανακλάσεις, θάμβωση), σε συνεργασία με τα υπόλοιπα υλικά.

Οι πράσινοι χώροι σε κοντινή επαφή με κτίρια μειώνουν τις ενεργειακές απαιτήσεις, συνεπώς και την κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία τους (Akbari et al., 2001). Οι Ca et al. (1998) υπολογίζουν ότι η εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη στην περιοχή που γειτονεύει με πάρκο ανέρχεται στα 4000kW στο διάστημα μεταξύ 1μ.μ και 2μ.μ. μιας ζεστής ημέρας.

Υπάρχουν, όμως, και προβληματικά σημεία στους πράσινους χώρους. Μεταξύ αυτών αναφέρονται τα προβλήματα ασφάλειας για τους πολίτες που μπορεί να υπάρχουν κυρίως σε μεγάλες εκτάσεις πάρκων, οι δυσκολίες προσβασιμότητας σε ειδικές ομάδες πληθυσμού, οι αλλεργίες (Gonçalves et al., 2019) και οι κίνδυνοι τραυματισμών. Ακόμη, παρόλη τη θετική συμβολή τους στη θερμική άνεση την καλοκαιρινή περίοδο, πολλές φορές αποδεικνύονται αφιλόξενοι τις ψυχρές μέρες. Ωστόσο, τα ωφέληματα που αναφέρθηκαν δεν μπορούν να αντισταθμιστούν από αυτά τα μελανά σημεία τα οποία, τις περισσότερες φορές, μπορούν να μετριαστούν ή και να απαλειφθούν με τον σωστό σχεδιασμό των χώρων.

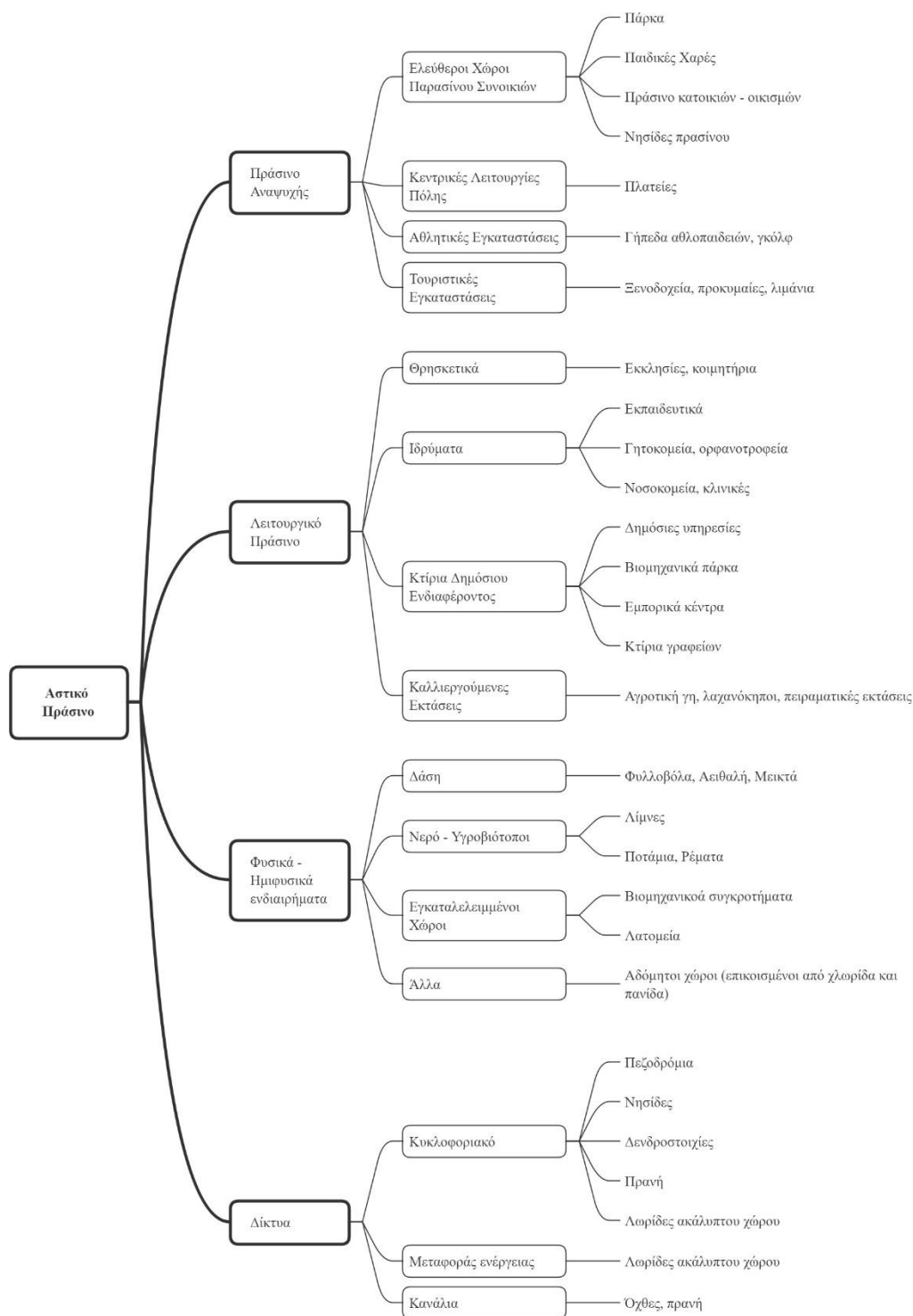
3.3. Οι μορφές του αστικού πρασίνου

Για τη διαχείριση των χώρων, τη σχεδίαση αλλά και τη μελέτη τους γίνονται προσπάθειες κατηγοριοποίησης, κάθε φορά με κριτήρια που εξυπηρετούν τον ειδικότερο σκοπό. Η Λιονάτου (2008) προτείνει την οργάνωση του αστικού πράσινου σε δύο επίπεδα: Το πρώτο βασίζεται στις γενικές χρήσεις που χαρακτηρίζουν τους χώρους. Διακρίνονται οι χώροι αναψυχής, το λειτουργικό πράσινο, τα φυσικά και ημιφυσικά ενδιαίτηματα και τα δίκτυα. Κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες, σε δεύτερο επίπεδο, διαχωρίζεται σε επιμέρους ομάδες με βάση τις ειδικότερες χρήσεις (Εικόνα 8). Η οργάνωση αυτή παρέχει σαφήνεια και κατηγοριοποιεί τους χώρους πρασίνου αποφεύγοντας τις επικαλύψεις μεταξύ τους.

Μία αναλυτικότερη τυπολογία του πράσινου στις πόλεις, με βάση τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά, προτείνεται από τους Koc et al. (2016). Στην ανάλυσή τους συμπεριλαμβάνονται και οι φυτεύσεις στις επιφάνειες των κτιρίων, ωστόσο, για την μελέτη των πράσινων χώρων αρκεί το τμήμα που αναφέρεται στο έδαφος (ground surfaces – GS). Έτσι, μπορεί κανείς να χαρακτηρίσει ένα τμήμα ή και ολόκληρο χώρο συνδυάζοντας τον τύπο της εδαφοκάλυψης και το ύψος της βλάστησής του (Εικόνα 7).

GREEN INFRASTRUCTURE TYPOLOGY (GIT)		Ground surfaces (GS)							Building structures (BS)									
		Terrestrial surfaces (TS)					Water bodies (WB)		Roof structures (RS)						Vertical Structures (VS)			
		Impervious surfaces		Pervious surfaces			Vegetated	Non-vegetated	Intensive		Semi-intensive		Extensive		Living walls (rooted on wall)		Green facades (rooted on ground)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	R1	R2	R3	R4	R5	R6	V1	V2	V3	V4
Vegetation layers (VL)	No Vegetation																	
	L Low vegetation (1-2 m)																	
	M Medium vegetation (2-10 m)																	
	H1 High vegetation (10-20 m)																	
	H2 High vegetation (> 20 m)																	
	C1 Climbing vegetation (< 5 m)																	
	C2 Climbing vegetation (> 5 m)																	
	Example of possible permutations																	

Εικόνα 7. Τυπολογία του πράσινου στις πόλεις
πηγή: (Koc et al., 2016)



Εικόνα 8. Κατηγοριοποίηση των αστικών χώρων πρασίνου με βάση τη χρήση
πηγή: (Λιονάτου, 2008)

3.4. Τα pocket parks

Οι χώροι πρασίνου είναι συνήθως ανομοιόμορφα κατανεμημένοι στον αστικό ιστό και ασύνδετοι μεταξύ τους. Σε πυκνοδομημένα κέντρα συχνά χρειάζεται να διανύσει κανείς μεγάλες αποστάσεις για να βρεθεί σε επαφή με το πράσινο (Λιονάτου, 2008). Η προσπάθεια

συνολικής ανάπλασης των περιοχών αυτών με την δημιουργία πάρκων συχνά προσκρούει στη δυσκολία εύρεσης συγκεντρωμένων εκτάσεων. Μία σύγχρονη πρακτική βελτίωσης είναι η προσπάθεια δημιουργίας μικρών πάρκων (pocket parks) σε αναξιοποίητους χώρους αυτών των περιοχών (Tzortzi-J.Georgi et al., 2019). Τέτοιοι χώροι είναι:

- χώροι εγκαταλελειμμένων μικρών βιομηχανιών
- χώροι που για διάφορους λόγους έμειναν αδόμητοι
- εγκαταλελειμμένα οικοπέδα, συχνά με ερειπωμένα κτίρια
- ακάλυπτοι χώροι στο εσωτερικό των οικοδομικών πολυγώνων
- δημόσιοι χώροι χωρίς χρήση, όπως παλιές κατηργημένες παιδικές χαρές

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, η παρούσα εργασία προτίθεται να αναδείξει τη χρησιμότητα των χώρων αυτών στη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος μέσω της μετατροπής τους σε χώρους πρασίνου. Πολλές φορές οι παραπάνω χώροι δεν ανήκουν στον δημόσιο τομέα, γεγονός που αυξάνει τη δυσκολία στην ένταξή τους σε προγράμματα ανάπλασης καθώς πρέπει πρώτα να απαλλοτριωθούν. Ωστόσο, ο προβληματισμός αυτός δεν εμποδίζει τον σκοπό της εργασίας καθώς, αν και δύσκολα στη σημερινή οικονομική συγκυρία, υπάρχουν τα νομικά εργαλεία για να ξεπεραστεί το πρόβλημα.

Τα pocket parks αποτελούν μια πρόσφατη προσθήκη στους τύπους αστικών χώρων πρασίνου. Κινούνται ανάμεσα στο πάρκο γειτονιάς και την ιδιωτική αυλή (Tzortzi-J.Georgi et al., 2019). Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι (De Rosso & Cadima, 2016):

- το μικρό μέγεθος,
- το κοινό τους που είναι οι κάτοικοι της γειτονιάς και οι χρήστες των γειτονικών γραφείων και καταστημάτων και
- οι δραστηριότητες αναψυχής και χόμπι που αναπτύσσονται σε αυτά

Η μετατροπή κενών χώρων σε pocket parks μπορεί να βοηθήσει στην δημιουργία ενοποιημένων δικτύων πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό, αναβαθμίζοντάς τον οικολογικά, ενεργειακά και αισθητικά. Ακόμη, συντελεί σημαντικά στην κάλυψη της ανάγκης των πολιτών για καθημερινή επαφή με τη φύση, προωθεί την υγεία, την ποιότητα ζωής τους και την ψυχολογική τους ανάταση (Nordh & Østby, 2013; Peschardt et al., 2016).

Καταγράφεται, μάλιστα, σημαντική προτίμηση της χρήσης αυτών των χώρων έναντι παραδοσιακών χώρων πρασίνου όπως είναι οι παιδικές χαρές (D. A. Cohen et al., 2014).

3.4.1. Διεθνή παραδείγματα

Ένα από τα γνωστότερα παγκοσμίως πάρκα είναι το Paley Park στην Νέα Υόρκη (Labuz, 2019). Η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1967 και καλύπτει επιφάνεια 390m². Είναι ανοιχτό και προσβάσιμο από τον δρόμο, ενώ κυκλώνεται στις άλλες τρεις πλευρές του από ψηλά κτίρια. Το δάπεδό του είναι υπερυψωμένο σε σχέση με το πεζοδρόμιο και καλυμμένο με σκληρά υλικά. Τα ψηλά δέντρα και ο κισσός που αναπτύσσεται στους πλαϊνούς τοίχους αποτελούν τις αναφορές στο φυσικό τοπίο μαζί με τον καταρράκτη που κυριαρχεί στο βάθος του πάρκου.



Εικόνα 9. Paley Park, New York
πηγή: (Paley Park / The Cultural Landscape Foundation, n.d.)

Το Ηνωμένο Βασίλειο, προωθεί την δημιουργία μικρών πάρκων επιχορηγώντας την μετατροπή περισσότερων από ογδόντα κενών χώρων (UK Ministry of Housing Communities & Local Government, 2016). Έναυσμα της προσπάθειας αποτέλεσαν αναφορές του τμήματος Περιβάλλοντος (UK department for Environment Food & Rural Affairs: Natural England, 2015) και του τμήματος δημόσιας υγείας (UK department of Health & Social Care: Public Health, 2014) που επισημαίνουν τη μεγάλη δημοτικότητα των φυσικών τοπίων όταν αυτά βρίσκονται κοντά στις κοινότητες και τη σημαντική βελτίωση στην υγεία των ανθρώπων που τα χρησιμοποιούν και στην κοινωνική συνοχή, αντίστοιχα. Τα νέα

πάρκα δημιουργούνται, λειτουργούν και συντηρούνται βασιζόμενα στην ιδιωτική πρωτοβουλία τοπικών κοινωνικών ομάδων (Εικόνα 10).



α



β

Εικόνα 10. Μετατροπή κενού χώρου σε Pocket Park (Cocksherd Woodland Pocket Park)
πηγή: <http://www.evergreen2000trust.org.uk/cwpp/>

4. Θερμική άνεση σε υπαίθριους χώρους

4.1. Συνθήκες θερμικής άνεσης

Ο βαθμός στον οποίο χρησιμοποιούμε κάποιον χώρο, όταν αυτό δεν μας επιβάλλεται, εξαρτάται από την άνεση που νοιώθουμε μέσα σε αυτόν. Μεταξύ των κριτηρίων φιλοξενίας, που συνειδητά ή ασυνείδητα ιεραρχούμε, το η αποδοχή του θερμικού περιβάλλοντος έχει πρωταγωνιστικό ρόλο. Κανείς δεν διαβιώνει, εργάζεται ή αναπτύσσει οποιαδήποτε δραστηριότητα σε χώρους όπου υποφέρει από τη ζέστη ή το κρύο. Έτσι ορίζεται ως θερμική άνεση η κατάσταση του μυαλού που εκφράζει την ικανοποίηση με το θερμικό περιβάλλον (ASHRAE, 1997 όπ. αναφ. στον Peter Höppe, 2002, σ. 661).

Στην προσπάθεια να αναγνωρίσουμε τους μηχανισμούς λειτουργίας της αντίληψής μας για το θερμικό περιβάλλον και να τους εκφράσουμε με μετρήσιμους δείκτες, οδηγούμαστε στο ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου οργανισμού. Το σώμα μας αισθάνεται τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος και διαθέτει έναν σύνθετο μηχανισμό διατήρησης της εσωτερικής του θερμοκρασίας, σταθερά στους 37°C (Nagashima et al., 2018). Ρυθμίζει ανάλογα την παραγωγή της θερμικής ενέργειας μέσω του μεταβολικού ρυθμού του, και την απόρριψη της περίσσιας ενέργειας μέσω της ροής του αίματος, της αναπνοής, της θερμοκρασίας του δέρματος και της εφίδρωσης. Από την ενεργειακή σκοπιά, η θερμική άνεση επιτυγχάνεται όταν οι θερμικές εισροές και εκροές του οργανισμού μας ισορροπούν και η θερμοκρασία του δέρματος και ο ρυθμός εφίδρωσης είναι μεταξύ κάποιων ορίων που ορίζονται μόνο από τον μεταβολισμό (Fanger, 1973). Η παραπάνω ισορροπία εκφράζεται μαθηματικά στον τύπο 1.

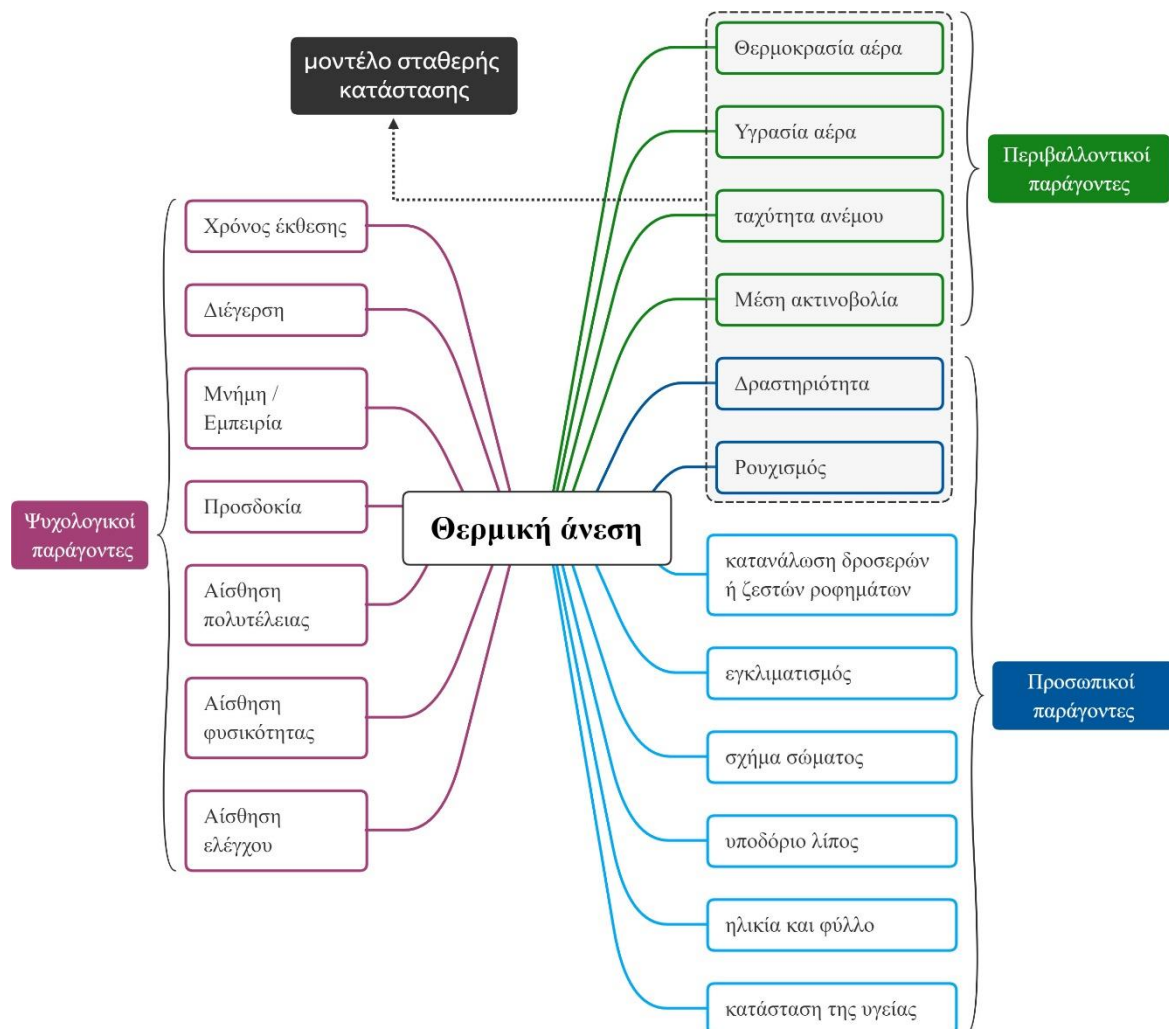
$$M + W + R + C + E_D + E_{Re} + E_{Sw} + S = 0 \quad [1]$$

Όπου M ο μεταβολικός ρυθμός, W η εκροή μέσω έργου, R η εκροή μέσω ακτινοβολίας του σώματος, C η εκροή μέσω συναγωγής, E_D η λανθάνουσα θερμότητα που απορροφάται κατά δημιουργία του ιδρώτα, E_{Re} το σύνολο των εκροών μέσω της αναπνοής, E_{Sw} η εκροή μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα και S η αποθήκευση θερμότητας στη μάζα του σώματος (P. Höppe, 1999).

4.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική άνεση

Η αναγνώριση των παραγόντων που διαμορφώνουν την αντίληψή μας για το θερμικό περιβάλλον είναι χρήσιμη σε προσωπικό επίπεδο (επιλογή ρουχισμού, οργάνωση ταξιδιών και δραστηριότητες) αλλά και σε συλλογικό: Τα συμπεράσματα μπορούν να αξιοποιηθούν σε σαφέστερες μετεωρολογικές προβλέψεις και στον σχεδιασμό θερμικά φιλόξενων χώρων.

Αποδεικνύεται ότι η θερμική άνεση εξαρτάται από πλήθος παραγόντων που εντάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες: τους περιβαλλοντικούς, τους προσωπικούς και τους ψυχολογικούς (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Κατηγορίες παραγόντων που επηρεάζουν την αντίληψη της θερμικής άνεσης
 Πηγή: επεξεργασία από Auliciems & Szokolay, 2007; P. Höppe, 1999; Nikolopoulou et al., 2001

Σε πρώτη προσέγγιση αναγνωρίζονται οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν την αίσθηση θερμικής άνεσης. Αυτές είναι η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα, η ταχύτητα του ανέμου και η μέση ακτινοβολία των επιφανειών του περιβάλλοντος (P. Höppe, 1999). Τα παραπάνω μεγέθη είναι μετρήσιμα και μπορούν να προβλεφθούν. Θα μπορούσε λοιπόν να προβλεφθεί και η θερμική άνεση (ή δυσανεξία) σε συγκεκριμένο τόπο, στο βαθμό που εξαρτάται από τους παράγοντες αυτούς (Matzarakis et al., 2010).

Την ίδια στιγμή στην ίδια τοποθεσία, όμως, οι άνθρωποι δεν εκφράζουν ομόφωνα την ίδια αίσθηση θερμικής άνεσης. Αυτό συμβαίνει γιατί ο τρόπος που αντιλαμβανόμαστε το

θερμικό περιβάλλον επηρεάζεται και από ένα πλήθος προσωπικών παραγόντων και επιλογών. Ο μεταβολικός ρυθμός μας – άρα και η παραγωγή θερμότητας – αλλάζει ανάλογα με την δραστηριότητα που εκτελούμε. Η επιλογή του ρουχισμού μας αυξομειώνει τις ροές θερμότητας από και προς το περιβάλλον. Η επιρροή αυτών των δύο παραγόντων έχει πινακοποιηθεί (Πίνακας 2, Πίνακας 3) προκειμένου να εκφραστούν ως συντελεστές των υπολογισμών για τη θερμική άνεση, αυξάνοντας την ακρίβειά τους. Ωστόσο, άλλοι προσωπικοί παράγοντες όπως η κατανάλωση δροσερών ή ζεστών ροφημάτων, ο βαθμός εγκλιματισμού μας στο συγκεκριμένο περιβάλλον, το φύλλο, η ηλικία, η κατάσταση της υγείας μας, αλλά και σωματομετρικοί παράγοντες όπως το σχήμα του σώματος και το υποδόριο λίπος περιπλέκουν την κατάσταση. Οι παράγοντες αυτοί είναι είτε πολύ εξειδικευμένοι, είτε έχουν απρόβλεπτο χαρακτήρα και εντάσσονται στο περιθώριο λάθους των υπολογισμών.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις καταλήγουν στη δημιουργία υπολογιστικών μοντέλων που λαμβάνουν υπόψη τις βασικές διαδικασίες ρύθμισης της θερμότητας του οργανισμού μας μέσω των περιβαλλοντικών παραγόντων, της δραστηριότητας και του ρουχισμού που τις επηρεάζουν. Το μοντέλο MEMI (Munich energy-balance model for individuals) εκτιμά την επίδραση του περιβάλλοντος στην θερμική κατάσταση του σώματος (ροές θερμότητας, θερμοκρασία πυρήνα και δέρματος και ρυθμό εφίδρωσης) (P. Höppe, 1999). Η ερμηνεία της κατάστασης αυτής συνδέεται με την αίσθηση θερμικής άνεσης και καθίσταται έτσι δυνατή η πρόβλεψή της.

Πίνακας 2. Μεταβολικός ρυθμός σε διάφορες δραστηριότητες
Πηγή: επεξεργασία από (Auliciems & Szokolay, 2007)

Activity	Met	W/m ²	W(av)
Sleeping	0.7	40	70
Reclining, lying in bed	0.8	46	80
Seated, at rest	1.0	58	100
Standing, sedentary work	1.2	70	120
Very light work (shopping, cooking, light industry)	1.6	93	160
Medium light work (house, machine tool)	2.0	116	200
Steady medium work (jackhammer, social dancing)	3.0	175	300
Heavy work (sawing, planning by hand, tennis)	6.0	350	600
Very heavy work (squash, furnace work)	7.0	410	700

Πίνακας 3. Μονωτική αξία των στοιχείων ένδυσης
Πηγή: επεξεργασία από (Auliciems & Szokolay, 2007)

	Man	clo		Women	clo
Underwear	Singlets	0.06	Underwear	Bra + panties	0.05
	T-shirt	0.09		Half slip	0.13
	Briefs	0.05		Full slip	0.19
	Long, upper	0.35		Long, upper	0.35
	Long, lower	0.35		Long, lower	0.35
Shirt	Light, short sleeve	0.14	Blouse	Light	0.20
	Light, long sleeve	0.22		Heavy	0.29
	Heavy, short sleeve	0.25	Dress	Light	0.22
	Heavy, long sleeve	0.29		Heavy	0.70
	+5% for tie or turtleneck				
Vest	Light	0.15	Skirt	Light	0.10
	Heavy	0.29		Heavy	0.22
Trousers	Light	0.26	Slacks	Light	0.26
	Heavy	0.32		Heavy	0.44
Pullover	Light	0.20	Pullover	Light	0.17
	Heavy	0.37		Heavy	0.37
Jacket	Light	0.22	Jacket	Light	0.17
	Heavy	0.49		Heavy	0.37
Socks	Angle length	0.04	Stockings	Any length	0.01
	Knee length	0.10		Pantyhose	0.01
Footwear	Sandals	0.02	Footwear	Sandals	0.02
	Shoes	0.04		Shoes	0.04
	Boots	0.08		Boots	0.08

Αν με αυτό τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε την θερμική αίσθηση, δε σημαίνει πάντοτε ότι αυτή είναι αποδεκτή, ή αντίστροφα, ότι δεν μπορούμε να αποδεχθούμε ένα θερμικό περιβάλλον που υπολογίζεται δυσάρεστο. Στο εσωτερικό περιβάλλον, συμβαίνει να επηρεαστούμε από την ύπαρξη ακριβών ή καινοτόμων συστημάτων δροσισμού ή θέρμανσης στην αξιολόγηση του αποτελέσματός τους (Peter Höpfe, 2002), ή να αυξηθεί η δυσαρέσκειά μας από την έλλειψη δυνατότητας προσαρμογής του περιβάλλοντός μας

(Nicol & Humphreys, 2002), π.χ. όταν ο χώρος δε διαθέτει ανοιγόμενα παράθυρα. Στους υπαίθριους χώρους οι ψυχολογικοί παράγοντες δείχνουν να παίζουν ακόμη σημαντικότερο ρόλο. Σύμφωνα με τους Nikolopoulou et al. (2001) και Nikolopoulou & Steemers (2003) η ψυχολογική προσαρμογή στις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος αναλύεται στους παρακάτω παράγοντες:

- Δείχνουμε σημαντικά μεγαλύτερη ανοχή σε μεγάλες αλλαγές του περιβάλλοντος όταν αυτές έχουν φυσικά αίτια ή όταν συνάδουν με τις προσδοκίες μας.
- Η εμπειρία μας από τις συνθήκες των προηγούμενων ημερών ή από τη χρήση του ίδιου χώρου παλαιότερα διαμορφώνουν τις προσδοκίες μας και τις επιλογές μας.
- Η δυσανεξία μας σε δύσκολα θερμικά περιβάλλοντα, με την προϋπόθεση πως δεν κινδυνεύει η υγεία μας, μπορεί να μετριαστεί σημαντικά ανάλογα με τον χρόνο έκθεσής μας σε αυτά.
- Η αίσθηση της ελεύθερης επιλογής ή, αντίθετα, της επιβολής συντελεί σημαντικά στην αποδοχή ή μη του περιβάλλοντός μας.
- Η περιβαλλοντική διέγερση, η ποικιλία ερεθισμάτων και η φόρτιση ή αποφόρτιση που το εξωτερικό περιβάλλον μας προσφέρει, επηρεάζουν την προσαρμογή μας σε αυτό.

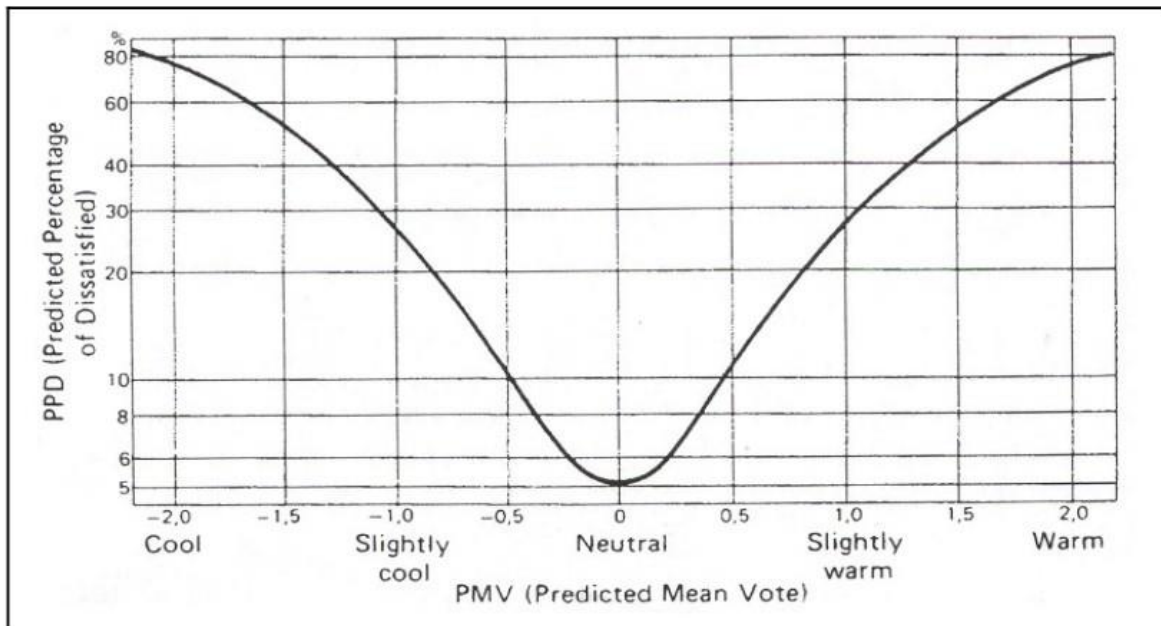
Η υποκειμενικότητα των παραπάνω ψυχολογικών παραγόντων εμποδίζει τον συνυπολογισμό τους από τα μοντέλα θερμικής άνεσης. Η δυσκολία μελέτης της θερμικής άνεσης στους εξωτερικούς χώρους έγκειται σε μεγάλο βαθμό και στην μεγάλη ποικιλία δραστηριοτήτων που αυτοί φιλοξενούν. Μια βασική κατηγορία χρήσης των ανοιχτών χώρων της πόλης, που απλώνεται σε ολόκληρο τον αστικό ιστό, είναι η πεζή μετακίνηση (Vasilikou & Nikolopoulou, 2013, 2020). Περισσότερο χωρικά επικεντρωμένα είναι η μελέτη των αστικών χώρων πρασίνου (Gonçalves et al., 2019), όπου οι δραστηριότητες εμφανίζουν μεγάλο φάσμα έντασης, από τη χαλάρωση της ηλιοθεραπείας έως την αθλητική δράση ενός ποδοσφαιρικού αγώνα. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση το σύνολο των παραγόντων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό των εξωτερικών χώρων καθώς είναι φανερό πως μπορούν να μεταβάλλουν τον βαθμό αποδοχής τους (Tsai & Lin, 2018).

4.3. Δείκτες θερμικής άνεσης

Η αίσθησή της άνεσης στο θερμικό μας περιβάλλον εξαρτάται τελικά από πολύ περισσότερους παράγοντες πέρα από την θερμοκρασία του αέρα (Jendritzky et al., 2012). Παράλληλα με την αναγνώριση της σημασίας της από πλήθος επιστημονικών τομέων και προκειμένου να τη διαχειριστούν σε μελέτες και εφαρμογές παρουσιάστηκε η ανάγκη να ποσοτικοποιηθεί. Τον τελευταίο αιώνα δημιουργήθηκαν περισσότεροι από εκατό δείκτες (Blazejczyk et al., 2012) που εκφράζουν ποσοτικά την θερμική άνεση, με διαφορετικούς τρόπους και μεθοδολογίες. Αρχικά, οι δείκτες δημιουργήθηκαν για να περιγράψουν τις συνθήκες στο εσωτερικό των κτιρίων και αργότερα συμπληρώθηκαν ή τροποποιήθηκαν για να έχουν εφαρμογή και στο εξωτερικό περιβάλλον (Χατζηδημητρίου & Αγγελική, 2012). Στη μελέτη των Coccolo et al. (2016) συγκεντρώνονται πληροφορίες για πολλούς από αυτούς και ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες:

- τους θερμο-φυσιολογικούς δείκτες, οι οποίοι στηρίζονται στις πληροφορίες που παράγονται από υπολογιστικά μοντέλα του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου, όπως το MEMI. Το πλεονέκτημά τους έγκειται στην μαθηματική τους βάση που τους επιτρέπει να ενσωματώνονται σε υπολογιστικά εργαλεία με πλήθος εφαρμογών (Matzarakis et al., 1999). Αδυνατούν, όμως, να αποτυπώσουν τους ψυχολογικές αποχρώσεις της θερμικής άνεσης.
- τους εμπειρικούς δείκτες που βασίζονται στην παρατήρηση της συμπεριφοράς των ανθρώπων σε συγκεκριμένο χώρο. Το αποτέλεσμά τους συνθέτει τους περιβαλλοντικούς παράγοντες με τις ανθρώπινες προτιμήσεις, έχει όμως περιορισμένη τοπική εφαρμογή.
- και τους απλοποιημένους δείκτες γραμμικών εξισώσεων που εξαρτώνται αποκλειστικά από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η κατηγορία αυτή δεικτών είναι περισσότερο χρήσιμη σε αναλύσεις μεγάλου χωρικού ή χρονικού πεδίου και στις μετεωρολογικές προβλέψεις.

Στο πεδίο της ανάλυσης του αστικού περιβάλλοντος, τη μεγαλύτερη εφαρμογή έχουν οι θερμικοί δείκτες με κύριους εκπροσώπους τους PMV, PET και UTCI.



Εικόνα 12. Predicted Mean Vote
Πηγή: (Auliciems & Szokolay, 2007)

Ο δείκτης PMV (Predicted Mean Vote) προβλέπει την μέση έκφραση μιας ομάδας ανθρώπων για το θερμικό περιβάλλον, στην επταβάθμια κλίμακα από -3 (κρύο) έως +3 (ζεστό). Σχετίζεται με τον δείκτη PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) που εκφράζει ποσοστιαία τον αριθμό των δυσαρεστημένων ανθρώπων (Coccolo et al., 2016). Στην εικόνα αποτυπώνεται γραφικά ο δείκτης και διακρίνεται χαρακτηριστικά ότι ακόμη και στις καλύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες το 5% των ανθρώπων δηλώνει δυσαρέσκεια (Auliciems & Szokolay, 2007).

Ο δείκτης PET (Physiological Equivalent Temperature) βασίζεται στο μοντέλο MEMI. Τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την εξαγωγή αποτελεσμάτων είναι η θερμοκρασία αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των περιβαλλουσών επιφανειών, η ταχύτητα του ανέμου και η πίεση των υδρατμών. Η θερμοκρασία που υπολογίζεται εκφράζει τη θερμοκρασία εκείνη στην οποία ένας άνθρωπος που βρίσκεται σε ένα δωμάτιο ελαφρά δραστηριοποιημένος (80W) και με ρουχισμό 0.9clo θα παρουσίαζε την ίδια θερμική κατάσταση κατά το μοντέλο MEMI (P. Höppe, 1999). Σύμφωνα με τους (Matzarakis et al., 1999) ο δείκτης PET πλεονεκτεί έναντι του PMV κυρίως στο ότι εξάγει αποτελέσματα σε βαθμούς θερμοκρασίας τα οποία είναι ευκολότερα κατανοητά και συγκρίσιμα στις μελέτες του αστικού σχεδιασμού.

Ο UTCI (Universal Thermal Climate Index) αποτελεί το αποτέλεσμα μιας φιλόδοξης προσπάθειας δημιουργίας ενός καθολικού δείκτη θερμικής άνεσης για εξωτερικούς χώρους

με ευρύ πεδίο εφαρμογής που βασίζεται στην επιστημονική πρόοδο των τελευταίων δεκαετιών (Jendritzky et al., 2012). Μια βασική διαφορά με τον δείκτη PET είναι εξελιγμένη ρύθμιση της μόνωσης του ρουχισμού που βοηθά τον δείκτη UTCI να παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία σε όλους τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (Matzarakis et al., 2014). Καθίσταται έτσι ιδανικότερος για εφαρμογές και μελέτες του μικροκλίματος (Blazejczyk et al., 2012). Στον Πίνακα 4 αντιστοιχίζονται οι τιμές των δεικτών UTCI και PET με όρους θερμικού στρες.

Πίνακας 4. Αντιστοίχιση δεικτών UTCI και PET με όρους θερμικού στρες
Πηγή: επεξεργασία από Matzarakis et al. (2014)

UTCI (°C)	PET (°C)	Stress Category
Above +46	Above 41	Extreme heat stress
+38 to +46	35 – 41	Very high heat stress
+32 to +38	29 – 35	High heat stress
+26 to +32	23 – 29	Moderate heat stress
+9 to +26	18 – 23	No thermal stress
0 to +9	13 – 18	Slight cold stress
-13 to 0	8 – 13	Moderate cold stress
-27 to -13	4 – 8	High cold stress
-40 to -27	Below 4	Very high cold stress
Below -40		Extreme cold stress

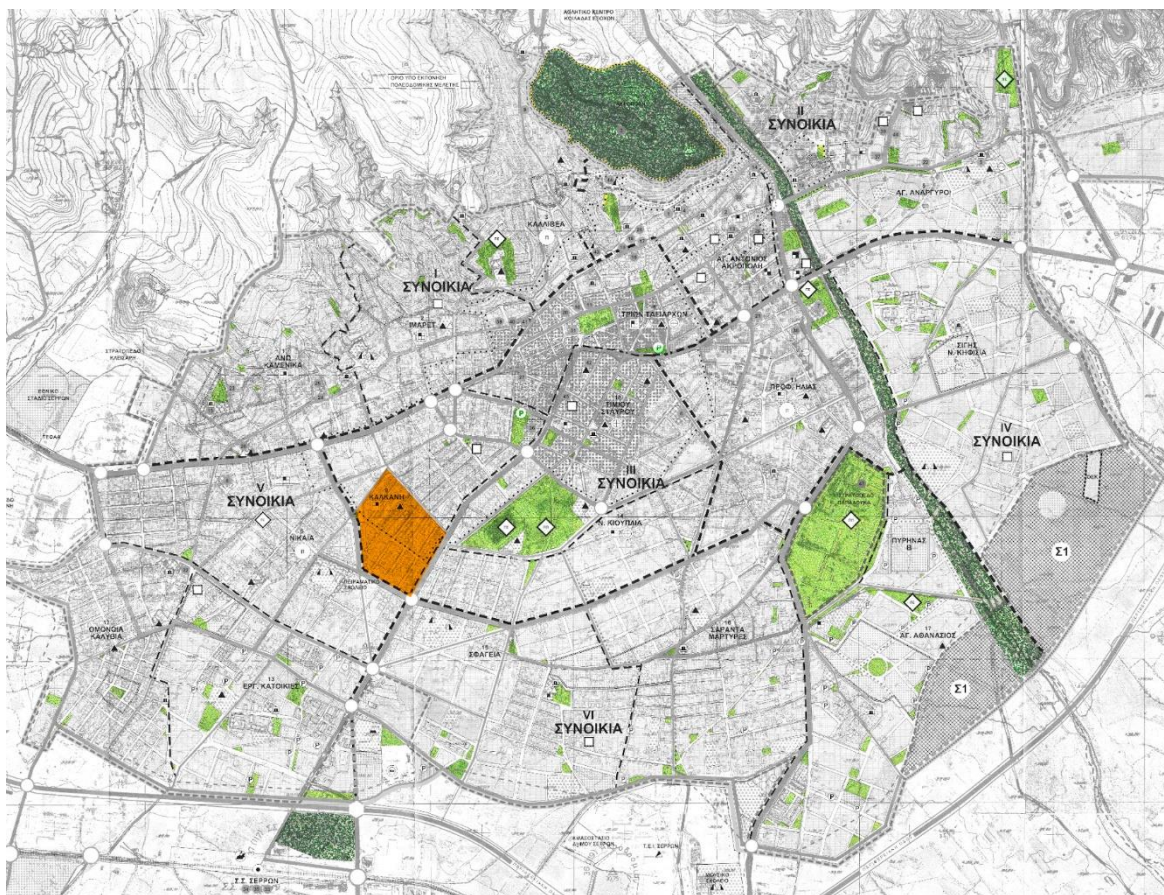
5. Περιοχή μελέτης: υφιστάμενη κατάσταση και προτάσεις αναβάθμισης

5.1. Ο αστικός ιστός της πόλης των Σερρών

Η πορεία της πόλης των Σερρών στον χρόνο ξεκινά στις αρχές της 2^{ης} π.Χ. χιλιετίας (Κανατσούλης, 1976). Δύο γεγονότα σημαδεύουν την έναρξη της σύγχρονης εποχής της και παράλληλα της συμβάλουν δραστικά στη σημερινή μορφή της. Το πρώτο είναι η σχεδόν ολοκληρωτική πυρπόληση της πόλης από τον Βουλγαρικό στρατό λίγο πριν την απελευθέρωσής της στο τέλος των Βαλκανικών πολέμων (28 Ιουνίου 1913). Το δεύτερο, η μετεγκατάσταση σημαντικού αριθμού προσφύγων από την Μικρά Ασία, τη Θράκη και τον Πόντο μετά τη Μικρασιατική καταστροφή (1923) (Κάσος, 1997).

Για να αντιμετωπιστούν οι καταστροφές των Βαλκανικών πολέμων και του 1^{ου} παγκοσμίου εκπονήθηκαν τρία πολεοδομικά σχέδια στα έτη 1913, 1914 και 1920 (Γερόλυμπου, 2008). Σύμφωνα με τη συγγραφέα, το σχέδιο του 1920 δημιουργεί τη σημερινή κεντρική πλατεία της πόλης και προβλέπει ελεύθερους χώρους, δενδροφυτεμένους δρόμους και προκήπια. Κατά την εφαρμογή του σχεδίου του 1920, κι ενώ προέκυψε το ζήτημα της «πλημμυρίδας των προσφύγων», εγκρίθηκε το 1925 το συνολικό πολεοδομικό σχέδιο της πόλης με πυκνή δόμηση και απουσία κοινόχρηστων και κοινωφελών χώρων (Θεοδωρίδου, 2008). Το σχέδιο του 1925 προβλέπει την ένταξη στον αστικό ιστό ενός μεγάλου κεντρικού πάρκου, που, δυστυχώς, δεν έχει, ακόμη και σήμερα, υλοποιηθεί.

Τις δεκαετίες μετά το 1960, η πόλη ανοικοδομείται με κυρίαρχο εργαλείο το σύστημα της αντιπαροχής και τα μικρής κλίμακας προσφυγικά σπίτια αντικαθίστανται σωρηδόν από τις σημερινές πολώροφες οικοδομές. Η ανοικοδόμηση αυτή φτάνει μέχρι την πρόσφατη οικονομική κρίση του 2008. Αυτή την περίοδο οργανώνεται η πόλη σε 17 πολεοδομικές ενότητες με το ΓΠΣ του 1991 (Υ.Α. 85695/4966, ΦΕΚ Δ'704/14.10.1991). Το νέο ΓΠΣ του 2013 (Υ.Α. 2319, ΦΕΚ Α.Α.Π./168/20.05.2013) επεκτείνει τον αστικό ιστό κυρίως προς την ανατολή. Ενώ το τελευταίο ΓΠΣ ασχολείται με το πρόβλημα των πράσινων χώρων στις επεκτάσεις, παραμένει η δυσκολία εύρεσης τέτοιων χώρων στον ήδη διαμορφωμένο αστικό ιστό. Χαρακτηριστικά φαίνεται αυτό στον χάρτη (Εικόνα 13) κυρίως στις ΠΕ 6, 8, 9, 12, 13 και 14 του κέντρου.



Εικόνα 13. Χάρτης των ελεύθερων χώρων και της περιοχής μελέτης

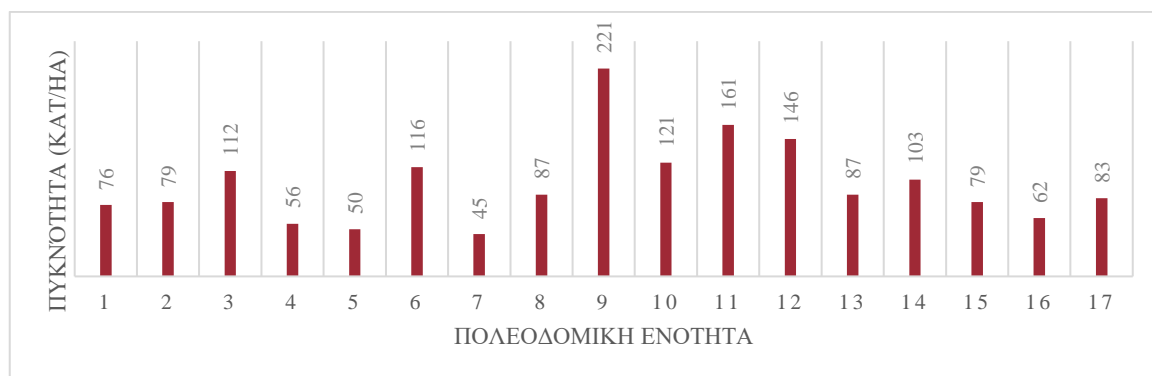
Πηγή: Επεξεργασία από Υ.Α. 2319 (ΦΕΚ Α.Α.Π./168/20.05.2013).

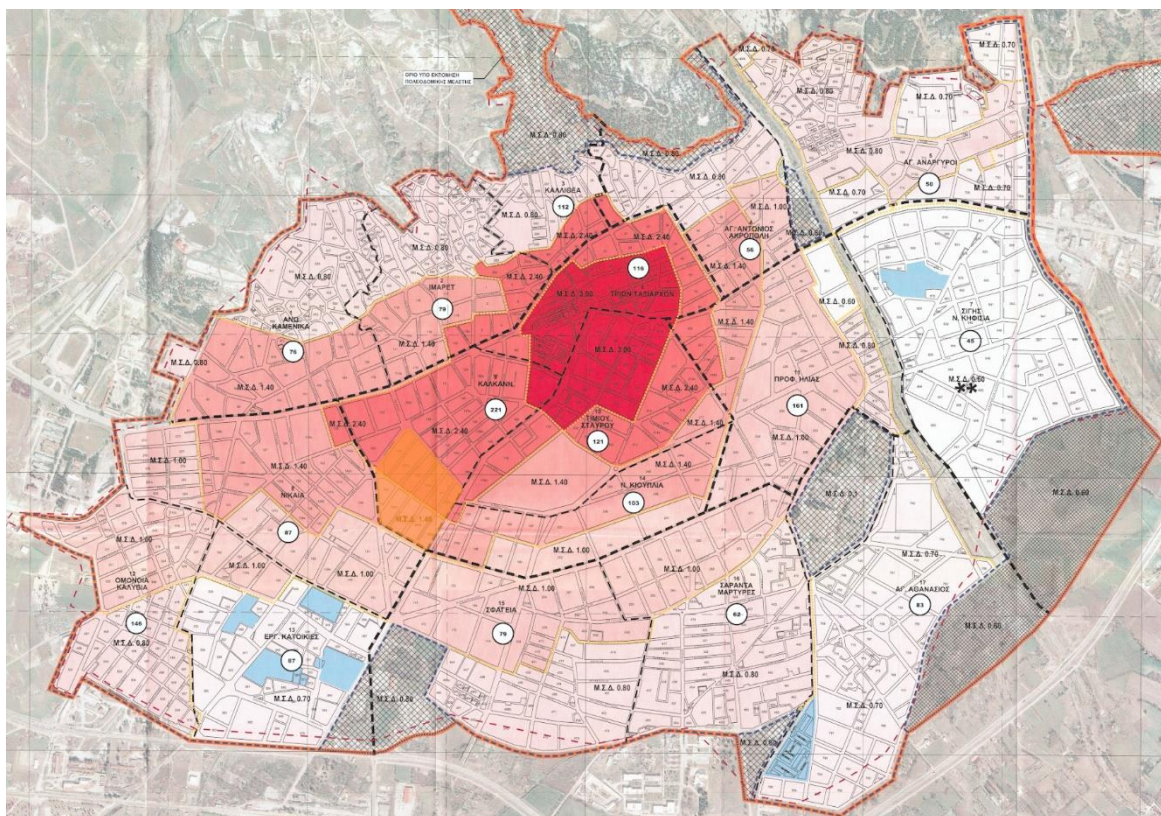
Χρώματα: σκούρο πράσινο: Περιαστικό πράσινο, Ανοιχτό πράσινο: Αστικό πράσινο / πλατείες, πορτοκαλί: περιοχή μελέτης

Στην καταγραφή του πληθυσμού του 2011 μετρήθηκαν 58,287 κάτοικοι (Τμήμα Στατιστικών Πληθυσμού και Μετανάστευσης, 2011) ενώ το πρόσφατο ΓΠΣ εκτιμά τον πληθυσμό της πόλης το 2021 στους 70,750 κατοίκους. Η Π.Ε. 9 αποτελεί την περισσότερη πυκνοδομημένη περιοχή με 221 κατοίκους/Ha με σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες (Πίνακας 5, Εικόνα 14).

Πίνακας 5. Πυκνότητες πολεοδομικών ενοτήτων

Πηγή: επεξεργασία από Υ.Α. 2319 (ΦΕΚ Α.Α.Π./168/20.05.2013)





Πηγή: επεξεργασία από Υ.Α. 2319 (ΦΕΚ Α.Α.Π./168/20.05.2013)

Χρώματα: διαβαθμίσεις κόκκινου: διαβάθμιση πυκνότητας, πορτοκαλί: περιοχή μελέτης

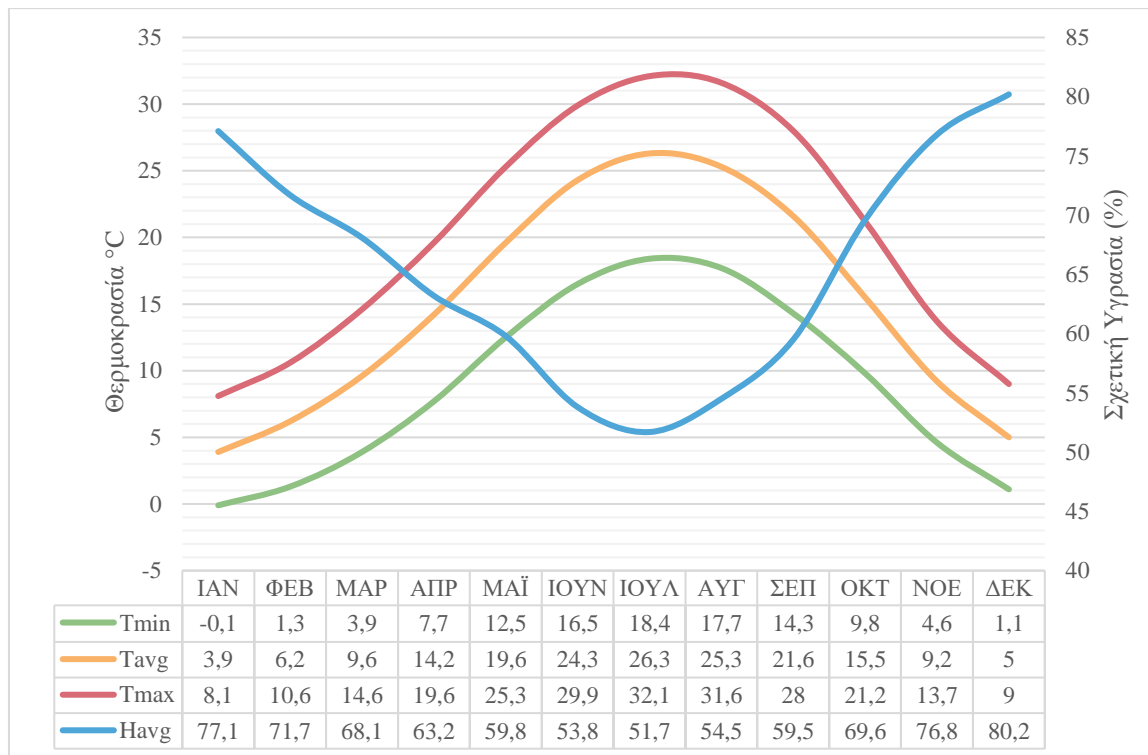
5.2. Κλιματικά δεδομένα

Οι Σέρρες βρίσκονται στην κεντρική Μακεδονία, στο γεωγραφικό πλάτος $41^{\circ}05'N$ και μήκος $23^{\circ}33'E$, σε ύψος 61m από το επίπεδο της θάλασσας. Το κλίμα της πόλης είναι εύκρατο μεσογειακό με υγρούς χειμώνες, θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ανέμους μέτριας έντασης, συνήθως ανατολικούς ή δυτικούς (Πίνακας 6, Πίνακας 7). Ο σταθμός μετρήσεων της Ε.Μ.Υ. που βρίσκεται σε περιφερειακή περιοχή νότια της πόλης καταγράφει τις απολύτως μέγιστες θερμοκρασίες τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες να ξεπερνούν τους $40^{\circ}C$ (Παράρτημα Β: Πίνακας 24).

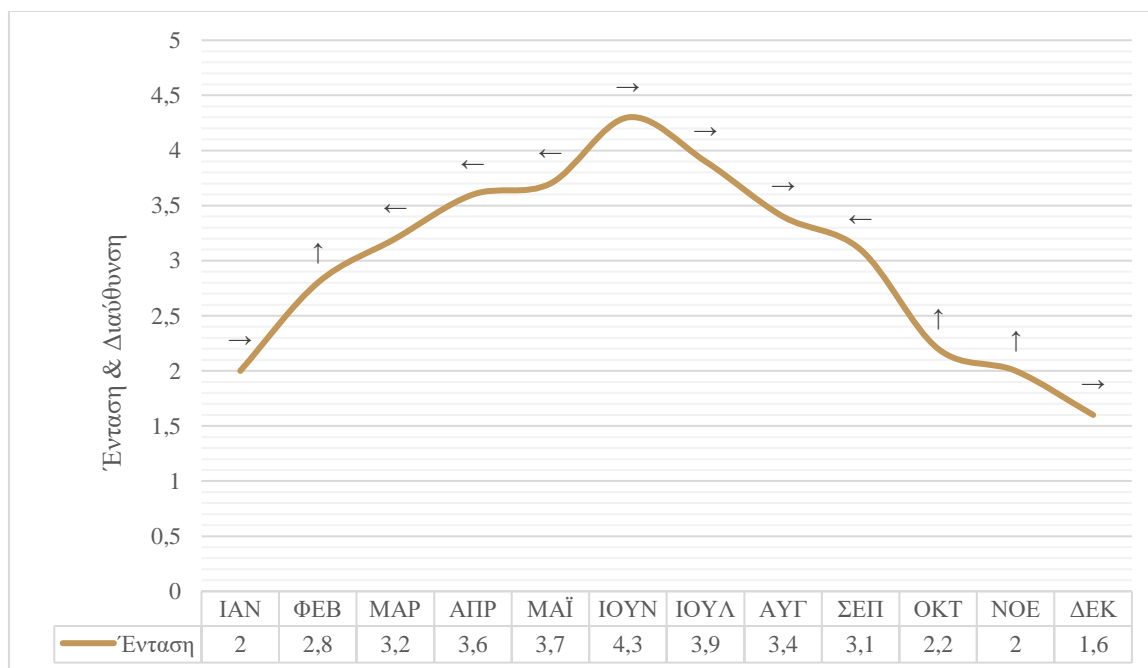
Η ένταση του φαινομένου της ΑΘΝ στο κέντρο της πόλης έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα (A Dimoudi et al., 2013, 2014). Οι μετρήσεις γίνανε με σταθμούς που τοποθετήθηκαν σε κεντρική περιοχή της πόλης και οι τιμές συγκρίθηκαν με τα δεδομένα της περιαστικής περιοχής που παρέχονται από τον σταθμό της Ε.Μ.Υ.. Η μελέτη έδειξε πως τις απογευματινές και νυχτερινές ώρες του καλοκαιριού η ένταση του φαινομένου αγγίζει τους 5,5°C, ενώ τα πρωινά η πόλη είναι ψυχρότερη μέχρι και 7° από

την περιαστική περιοχή. Ακόμη, οι άνεμοι στους δρόμους του κέντρου έχουν μειωμένη ένταση στο 1/4 – 1/3 αυτών που μετρούνται στον σταθμό της Ε.Μ.Υ..

Πίνακας 6. Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας της πόλης των Σερρών
πηγή: Επεξεργασία από Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, n.d.



Πίνακας 7. Μηνιαίες τιμές έντασης και επικρατούσας διεύθυνσης ανέμου της πόλης των Σερρών
πηγή: Επεξεργασία από Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, n.d.
Σύμβολα: ↓ Βόρειος άνεμος, → Δυτικός άνεμος, ↑ Νότιος άνεμος, ← Ανατολικός άνεμος



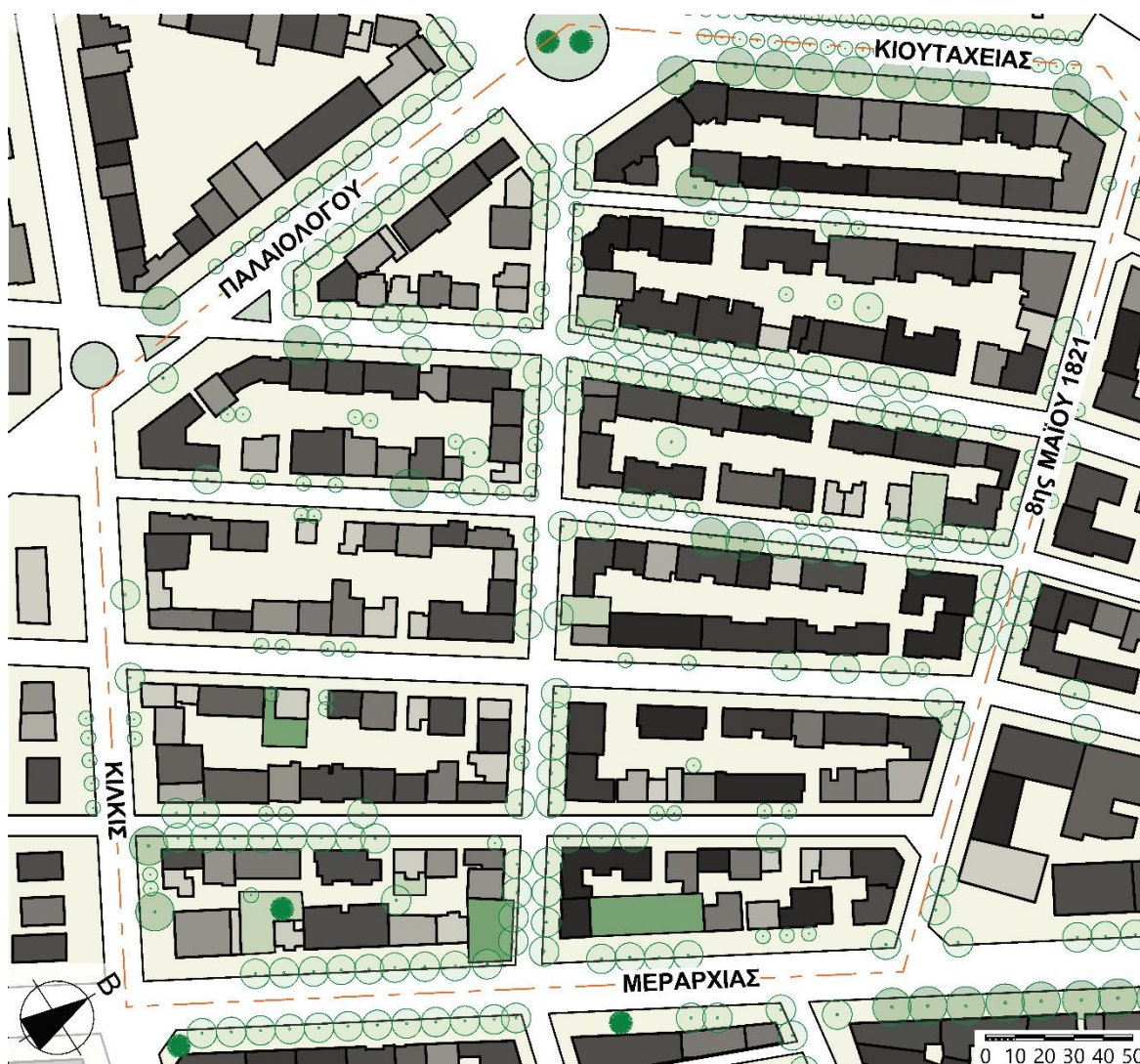
Η περιοχή που μελετήθηκε έχει όμοια χαρακτηριστικά (ύψος κτιρίων, πλάτος οδών, ελεύθεροι χώροι, υλικά και προσανατολισμός) με την περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε για τους σκοπούς αυτής της εργασίας και βρίσκεται σε μικρή απόσταση (800m). Έτσι, μπορούμε να υποθέσουμε ότι και η επιλεγμένη περιοχή παρουσιάζει παρόμοια κλιματικά χαρακτηριστικά την καλοκαιρινή περίοδο.

5.3. Η περιοχή μελέτης

Για τους σκοπούς της εργασίας επιλέχθηκε μία περιοχή έντεκα οικοδομικών πολυγώνων (ΟΠ 144, 144^α, 145, 153^α, 153^β, 154, 154^α, 167, 167^α, 168^α και 168^β) στο κέντρο της πόλης και συγκεκριμένα στην περισσότερο πυκνοδομημένη πολεοδομική ενότητα, την ΠΕ9 (Εικόνα 15). Η συγκεκριμένη ΠΕ παρουσιάζει σημαντική έλλειψη ανοικτών ελεύθερων χώρων πρασίνου, ειδικότερα στο νότιο τμήμα της, όπου χωροθετείται η περιοχή μελέτης.

Η περιοχή περικλείεται από τις οδούς Κιλκίς, Παλαιολόγου, Κιουτάχειας, 8^{ης} Μαΐου 1821 και Μεραρχίας. Η οδός Μεραρχίας, η «ραχοκοκαλιά» της πόλης, καθώς και η οδός Κιλκίς είναι ένας δρόμοι με έντονη κυκλοφοριακή φόρτιση και εμπορική δραστηριότητα, ενώ οι υπόλοιπες παρουσιάζουν μέτρια κίνηση. Οι οδοί στο εσωτερικό της περιοχής εξυπηρετούν σχεδόν αποκλειστικά τις κατοικίες. Η περιοχή βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το εμπορικό και λειτουργικό κέντρο της πόλης (Παράρτημα Α: Πίνακας 11).

Το εμβαδό της περιοχής μελέτης φτάνει τα 9.2ha γης εκ των οποίων το 31% καλύπτεται από τις οδούς και τα πεζοδρόμια (Παράρτημα Α: Πίνακας 12). Στο υπόλοιπο έχουν δομηθεί περίπου 130.000 m² σε κτίρια που φιλοξενούν την κατοικία και ελάχιστα εμπορικά καταστήματα. Τα ύψη τους ποικίλουν από 4 έως 27m και το ισόγειο των πολυωρόφων είναι διαμορφωμένο ως Πυλωτή. Οι ακάλυπτοι χώροι είναι επιστρωμένοι με σκυρόδεμα και χρησιμοποιούνται για τη στάθμευση των αυτοκινήτων. Στην περιοχή εντοπίζονται ελάχιστα κενά ή/και με ισόγεια ερειπωμένα κτίρια τα οποία δεν έχουν καμία χρήση και των οποίων το δάπεδο είναι χωμάτινο και φυτεμένο με άγρια βλάστηση. Αναμένεται μετά το πέρας της οικονομικής κρίσης και με την επανέναρξη της οικοδομικής δραστηριότητας να δομηθούν και αυτά όμοια με τα γειτονικά τους.



Εικόνα 15. Η περιοχή μελέτης

Στα έντεκα οικοδομικά πολύγωνα της περιοχής δεν υπάρχει κάποιος κοινόχρηστος ελεύθερος χώρος. Η βλάστηση περιορίζεται στις ελάχιστες αυλές και κατά μήκος των πεζοδρομίων. Υπολογίζεται ότι μόνο το 3% του εμβαδού των οικοπέδων δεν έχει επιστρωθεί με σκυρόδεμα ή άλλο στεγανό υλικό. Από την ανάλυση της περιοχής (Πίνακας 8, Παράρτημα Α: Πίνακας 11 έως Πίνακας 23) προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Τα κτίρια αφήνουν ακάλυπτο περίπου το 60% των οικοπέδων, αυτό όμως σε μεγάλο ποσοστό επιστρώνεται με υδατοστεγανά υλικά (σκυρόδεμα). Στα πολύγωνα 3 έως 9 το ποσοστό χώρων που μένει χωρίς επίστρωση τείνει στο μηδέν. Στα πολύγωνα 1 και 2 το υψηλότερο ποσοστό χώρων χωρίς επίστρωση συγκεντρώνεται στα αδόμητα οικόπεδα τα οποία, όμως, είναι πιθανό να οικοδομηθούν.

- Το σταθμισμένο ύψος των κτιρίων κάθε πολυγώνου κυμαίνεται από 11,5 έως 19,6m. Το μέγιστο ύψος κτιρίου είναι 27m. Η απόσταση μεταξύ των απέναντι κτιρίων είναι 15 ή 19m. Ο λόγος ύψους κτιρίων προς πλάτος δρόμου είναι κατά μέσο όρο $H/W=1$
- Η πραγματοποιημένη δόμηση των πολυγώνων τείνει να καλύψει ή καλύπτει την μέγιστη επιτρεπόμενη³.

Πίνακας 8. Συγκεντρωτικά στοιχεία ανάλυσης οικοδομικών πολυγώνων της Π.Μ.
για περισσότερα στοιχεία και επεξηγήσεις βλέπε στο Παράρτημα Α

ΟΠ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Εμβαδό	m ²	5477	4542	5743	5058	6231	5719	6038	6157	8104	7144	3746
Ακάλυπτοι	%	59,3	60,5	53,8	51,4	60,6	53,1	55,2	55,9	50,7	49,7	57,0
Χωρ. επίστρ.	%	22,5	18,4	6,0	0,4	0,3	0,3	0,3	7,0	3,3	0,6	0,9
Μέγ. ύψος	m	20,0	24,0	18,0	27,0	19,0	24,0	18,0	27,0	24,0	24,0	18,0
Σταθμ. ύψος	m	11,8	17,2	12,8	17,4	12,7	19,6	15,0	17,9	18,9	18,6	11,5
Μέγ. Σ.Δ.		1,40	2,40	1,40	2,40	1,40	2,40	1,40	2,40	2,40	2,40	1,40
Πραγμ. Σ.Δ.		1,28	1,94	1,79	2,36	1,36	2,63	1,86	2,2	2,63	2,53	1,34

Η περιοχή μπορεί να διαιρεθεί σε δύο τμήματα με διακριτά χαρακτηριστικά. Το νότιο τμήμα των ΟΠ που συνορεύουν με τις οδούς Παλαιολόγου και Κιλκίς (ΟΠ 1, 3, 5, 7 και 11) επιτρέπουν λιγότερη δόμηση και διαθέτουν χαμηλότερα κτίρια. Το έτερο τμήμα των ΟΠ που συνορεύουν με την οδό 8^{ης} Μαΐου 1821 (ΟΠ 2, 4, 6, 8, 9 και 10) εκτός από τα ψηλότερα κτίρια έχει εντονότερη φύτευση κατά μήκος των οδών του.

³ Ο τρόπος υπολογισμού της πραγματοποιημένης δόμησης (βλ. Παράρτημα Α) έχει μειωμένη ακρίβεια καθώς δεν συμπεριλαμβάνει χώρους που εξαιρούνται της δόμησης σύμφωνα με τις πολεοδομικές διατάξεις και την αυθαίρετη δόμηση, ωστόσο, χρησιμοποιείται ως μια ισχυρή ένδειξη του κορεσμού των πολυγώνων. Η λεπτομερέστερη και ακριβέστερη καταγραφή της δόμησης δεν είναι απαραίτητη για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.



Εικόνα 16. Αποψη οδού της περιοχής μελέτης

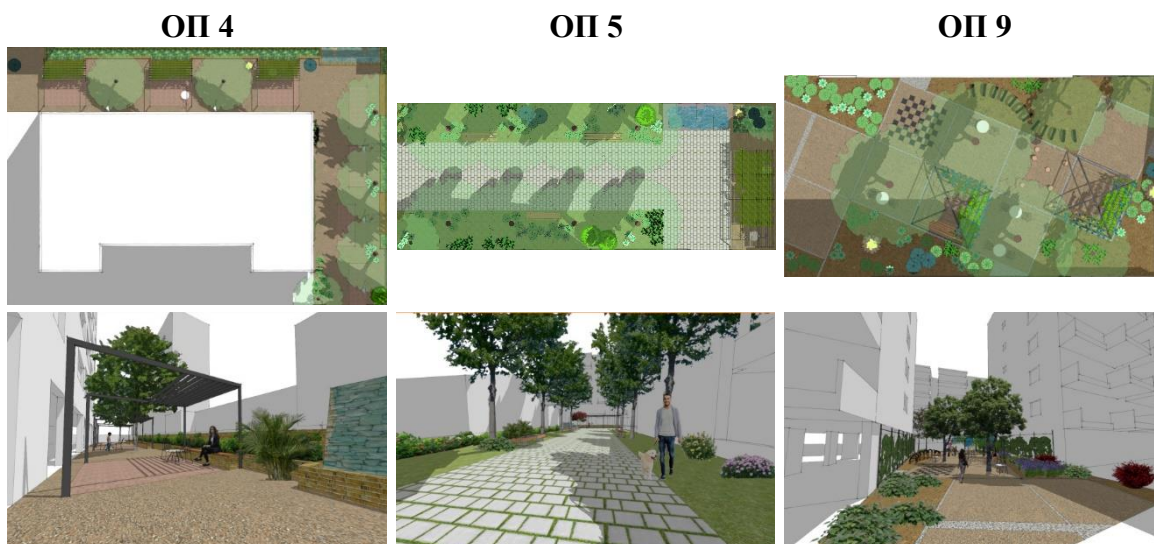
5.4. Προτάσεις αναβάθμισης της περιοχής

Η εργασία μελετά τις επιπτώσεις στο κλίμα της αναβάθμισης της περιοχής μελέτης της με τη διασπορά στον ιστό της μικρών πάρκων γειτονιάς (pocket parks). Στα πολεοδομικά πολύγωνα της περιοχής εντοπίστηκαν ελεύθεροι χώροι που δυνητικά θα φιλοξενήσουν τη νέα χρήση των πάρκων. Σχεδόν όλοι αυτοί οι χώροι είναι τμήματα των ακάλυπτων χώρων των ΟΠ, χωρίς χρήση ή κατειλημμένοι για τη στάθμευση αυτοκινήτων (Παράρτημα Α: Πίνακας 13 έως Πίνακας 23). Τα κύρια χαρακτηριστικά της μετατροπής είναι:

- Η αντικατάσταση των δαπέδων και του υποστρώματός τους: τα νέα δάπεδα κατασκευάζονται από υδατοδιαπερατά φυσικά υλικά σε κατάλληλο υπόστρωμα ώστε να επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του υπεδάφους και η συγκράτηση υγρασίας. Ως τέτοια δάπεδα προτείνονται το σταθεροποιημένο χώμα, το φυτοκαλυμμένο χώμα και τα φυσικά πετρώματα τοποθετημένα επί του εδάφους.
- Η φύτευση των χώρων με ψηλά φυλλοβόλα δέντρα σε κατάλληλες θέσεις και πυκνότητα ώστε να επιτυγχάνεται η σκίαση του μεγαλύτερου μέρους των δαπέδων
- Η φύτευση με χαμηλά θαμνώδη φυτά και πολυετείς πόες για των καλλωπισμό του χώρου και την ενίσχυση του δροσισμού μέσω της εξατμισοδιαπνοής.

- Η αξιοποίηση του υγρού στοιχείου στη βελτίωση του μικροκλίματος με την κατασκευή σιντριβανιών κυρίως σε ηλιόλουστα τμήματα του χώρου.
- Ο συνδυασμός σταθερού και κινητού αστικού εξοπλισμού (τραπέζια, καθίσματα, παιχνίδια) ώστε να καθίσταται το κάθε πάρκο ελκυστικό στους περιοίκους και να μπορεί να αξιοποιηθεί με διαφορετικό τρόπο όλες τις εποχές και τις ώρες της ημέρας.

Τα πάρκα των ΟΠ 04, 05 και 09 της περιοχής μελέτης σχεδιάστηκαν σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας ως αντιπροσωπευτικά παραδείγματα και με σκοπό την μεγαλύτερη εμβάθυνση της ανάλυσης (Εικόνα 17). Στο παράρτημα Α παρατίθενται οι κατόψεις και προοπτικά σχέδια των πάρκων αυτών (Εικόνα 23 έως Εικόνα 32).



Εικόνα 17. Σχεδιαστικές προτάσεις επιλεγμένων πάρκων

6. Μέθοδος αξιολόγησης προτάσεων και εργαλεία προσομοίωσης μικροκλίματος

6.1. Σκοπός και μέθοδος αξιολόγησης

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, ο σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων της δημιουργίας μικρών πάρκων σε κενούς χώρους των οικοδομικών πολυγώνων, στο μικρόκλιμα της γειτονιάς τους και της ευρύτερης περιοχής. Για την εξαγωγή των συμπερασμάτων αναλύονται οι επιλεγμένες περιοχές σε μία συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα. Όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, η καλοκαιρινή περίοδος θεωρείται η δυσμενέστερη του έτους και για τους δύο παραπάνω στόχους.

Έτσι, για την ανάλυση των επιπτώσεων σε επίπεδο ευρύτερης περιοχής συγκρίνεται η μέση θερμοκρασία του αέρα της περιοχής μελέτης τη συγκεκριμένη ημερομηνία μετά τη δημιουργία των προτεινόμενων πάρκων με εκείνη της υφιστάμενης κατάστασης. Αντίστοιχα, τα συμπεράσματα για τις επιπτώσεις στη γειτονιά του πάρκου προκύπτουν από την σύγκριση του δείκτη PMV σε χαρακτηριστικά σημεία των τριών επιλεγμένων χώρων των ΟΠ 4, 5 και 9.

6.1.1. Το λογισμικό ENVI-met

Για την ανάλυση της περιοχής μελέτης επιλέχθηκε το ειδικό λογισμικό ENVI-met και συγκεκριμένα η έκδοση V4.4.5 Summer20 (*ENVI-met*, n.d.). Το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιείται από την επιστημονική κοινότητα σε πλήθος μελετών που αφορούν στην ανάλυση των μικροκλιματικών συνθηκών, της ποιότητας του αέρα αλλά και στην διερεύνηση των μέτρων μετριασμού του φαινομένου της ΑΘΝ (Tsoka et al., 2018).

Για την λειτουργία του προγράμματος απαιτείται η εισαγωγή της γεωμετρίας της περιοχής, των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των κατασκευών και του εδάφους, οι φυτεύσεις, τα κλιματικά χαρακτηριστικά του τόπου και ο προσανατολισμός. Στη συνέχεια, αξιοποιώντας τους θεμελιώδεις νόμους της ρευστοδυναμικής και θερμοδυναμικής, το ENVI-met μπορεί να προσομοιώσει τον ημερήσιο κύκλο κλιματικών μεταβλητών όπως η θερμοκρασία του αέρα, η διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου, η υγρασία και η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στα σημεία του τρισδιάστατου χώρου (Bruse, 2004; Bruse & Fleer, 1998). Με τη χρήση του πρόσθετου λογισμικού BIO-met και την κατάλληλη παραμετροποίησή του είναι εφικτός ο υπολογισμός δεικτών θερμικής άνεσης στην περιοχή μελέτης.

Το ENVI-met προσφέρεται σε διάφορες εκδόσεις: εμπορική, επιστημονική, για σπουδαστές και ελεύθερη. Η κλιμάκωση των εκδόσεων παράλληλα με την αντίστοιχη κλιμάκωση του κόστους αγοράς αναιρεί περιορισμούς και προσθέτει χρήσιμα στις μελέτες εργαλεία. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε η βασική ελεύθερη έκδοση (Lite) καθώς θεωρήθηκε ότι εξυπηρετεί τους σκοπούς της παρά τους περιορισμούς της.

6.2. Δεδομένα προσομοιώσεων

6.2.1. Κλιματικά δεδομένα

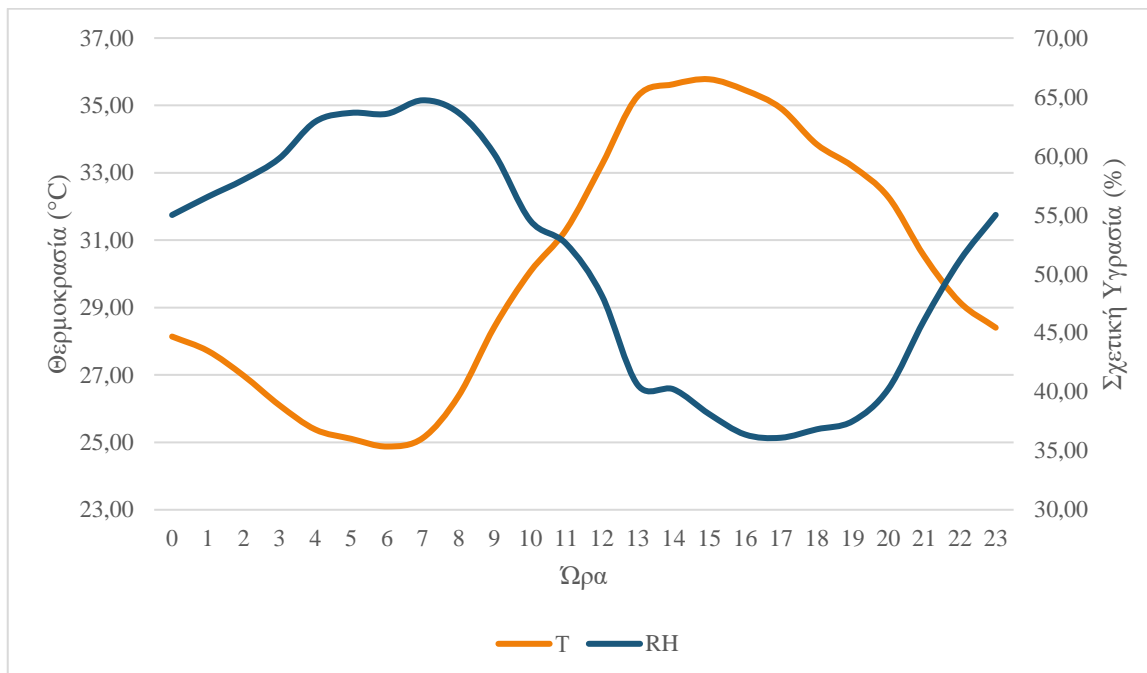
Η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος $41^{\circ}05'N$ και γεωγραφικό μήκος $23^{\circ}32'E$. Η έναρξη της προσομοίωσης ορίζεται η 6^η πρωινή ώρα και παρακολουθείται ένας κύκλος διάρκειας $24^{ωv}$.

Η περιοχή των βιοκλιματικών αναπλάσεων στην πόλη των Σερρών (A Dimoudi et al., 2014) παρακολουθείται καθημερινά από μόνιμα τοποθετημένους σταθμούς μέτρησης κλιματικών δεδομένων, βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την περιοχή μελέτης και παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά. Η ανάλυση των μετρήσεων επιβεβαιώνει τον Ιούλιο ως τον θερμότερο μήνα του καλοκαιριού στις Σέρρες. Καθώς, η εργασία επιδιώκει να εξάγει συμπεράσματα για μια τυπική μέρα του θερμότερου μήνα και όχι για περιόδους θερμικών εξάρσεων, έπειτα από στατιστική ανάλυση των μέσων, μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών και της μέσης σχετικής υγρασίας των ημερών του Ιουλίου των ετών 2016 και 2017, επιλέχθηκε ως αντιπροσωπευτική ημέρα η 15^η Ιουλίου 2016.

Για την ημέρα αυτή χρησιμοποιήθηκαν οι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας του αέρα και σχετικής υγρασίας της τυπικής ημέρας του Ιουλίου από την ανάλυση των τιμών κοντινού σταθμού μέτρησης. Η μέγιστη θερμοκρασία στους $35.78^{\circ}C$ καταγράφεται στις 15:00 ενώ η αντίστοιχη ελάχιστη στις 6:00 είναι $24.88^{\circ}C$. Σε ό,τι αφορά την σχετική υγρασία, παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της, 64.72%, στις 7:00 και την ελάχιστη, 36.11%, στις 17:00. Αναλυτικότερα η διακύμανση των παραπάνω μεγεθών στον 24ωρο κύκλο παρουσιάζεται στον Πίνακα 9. Η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου είναι η δυτική (270°) και η έντασή του την περίοδο της μελέτης στα 2m/s σε υψόμετρο 10m. Η θερμοκρασία που χρησιμοποιήθηκε για το έδαφος είναι $19,85^{\circ}C$, σταθερή σε όλες τις στρώσεις του. Η σχετική υγρασία του εδάφους ορίστηκε 50% για το ανώτερο στρώμα (0-20εκ), 60% για το μεσαίο (20-50εκ), 70% στο βαθύ (50-200εκ) και 75% για τις στρώσεις σε μεγαλύτερο βάθος.

Πίνακας 9. Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας

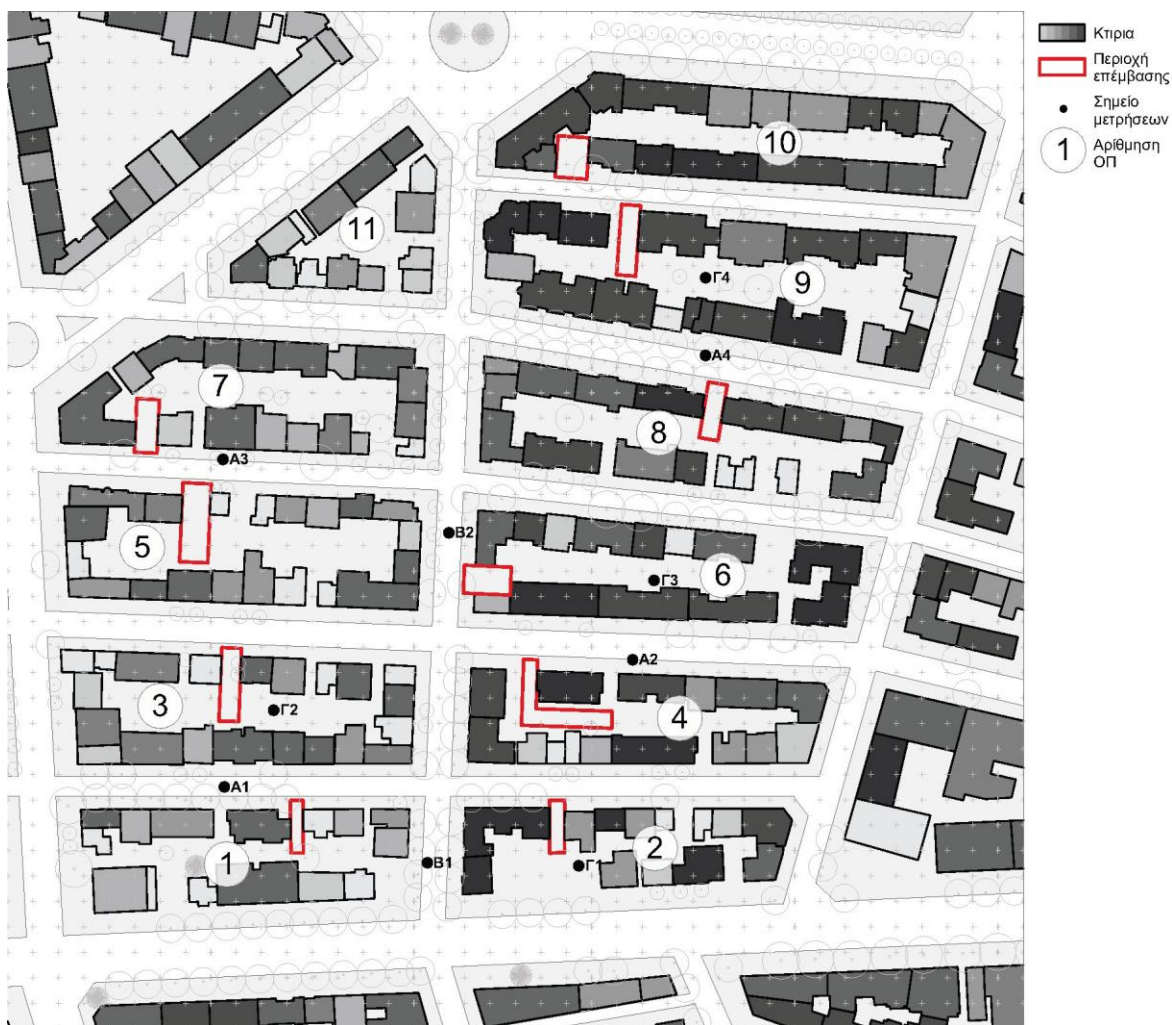
Πηγή: επεξεργασία από δεδομένα της Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Δήμου Σερρών



6.2.2. Ανάλυση του συνόλου της περιοχής μελέτης

Με την ανάλυση των 11 πολεοδομικών πολυγώνων στο κέντρο της πόλης των Σερρών διερευνάται κατά πόσο η δημιουργία μικρών πάρκων σε 10 από αυτά μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία και να συμβάλει στη μείωση του φαινομένου της ΑΘΝ.

Η περιοχή μελέτης έχει διαστάσεις 360m*360m. Αναλύθηκε σε κάναβο 40 κελιών και προς τις δύο διευθύνσεις με εμβάτη 9m*9m. Η περιμετρική ζώνη (nesting grids) της περιοχής έχει διάσταση 5 κελιών, δηλαδή 45m. Το συνολικό ύψος της προσομοίωσης είναι 60m, το οποίο αναλύεται σε 30 κελιά των 2m, με επιπρόσθετη ανάλυση της πρώτης στρώσης 3m ανά 40εκ..



Εικόνα 18. Γεωμετρική ανάλυση της περιοχής μελέτης.
βλ. Παράρτημα Α

Το ύψος των κτιρίων της περιοχής κυμαίνεται μεταξύ 4m και 27m και έχει γίνει καταγραφή αυτών που έχουν πυλωτή στο ισόγειο (Εικόνα 18). Η περίοδος κατασκευής της πλειονότητας των κτιρίων είναι μετά το 1980, γεγονός που δικαιολογεί την παραδοχή ότι διαθέτουν μέτρια θερμομόνωση στο κέλυφός τους. Η ανακλαστικότητα (reflection) των εξωτερικών επιφανειών τους ορίστηκε στην μέση τιμή 0.5 ώστε να εκφράζει τις διαφορές αποχρώσεις που συναντώνται. Όλοι οι δρόμοι της περιοχής είναι ασφαλτοστρωμένοι και τα πεζοδρόμια επιστρωμένα με τσιμεντόπλακες ανοιχτόχρωμες εδραζόμενες σε υπόστρωμα σκυροδέματος, ενώ, όπως αναλύθηκε στην ενότητα 5.3 (σελ. 36), τα οικοδομικά πολύγωνα είναι σχεδόν ολόκληρα καλυμμένα με σκυρόδεμα.

Στην περιοχή μελέτης επιλέχθηκαν σημεία στα οποία υπολογίζονται οι τιμές των κλιματικών δεδομένων ανά ώρα με σκοπό να εξαχθούν συμπεράσματα από τις συγκρίσεις. Τα σημεία χωροθετήθηκαν με γνώμονα την ποικιλία στα κριτήρια της απόστασης από τα

πάρκα, του προσανατολισμού των οδών, την κάλυψη πεζοδρομίων και ακαλύπτων τα ύψη των γειτονικών οικοδομών και τις υπάρχουσες φυτεύσεις με την προσδοκία της ανάλογης ποικιλίας και στα παραγόμενα συμπεράσματα. Στη σειρά Α ορίζονται σημεία στη μέση των οδών με διεύθυνση νότου – βορρά, στη σειρά Β σημεία οδών με διεύθυνση ανατολής – δύσης και στη σειρά Γ σημεία στο εσωτερικό των οικοδομικών πολυγώνων.

6.2.3. Ανάλυση των επιλεγμένων πάρκων

Για τη διερεύνηση της βελτίωσης του μικροκλίματος εντός των πάρκων και στη γειτονιά τους επιλέχθηκαν τρία από τα πάρκα που προτείνονται στην περιοχή μελέτης, αυτά στα πολύγωνα 4, 5 και 9. Τα πάρκα αυτά σχεδιάστηκαν σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας (Παράρτημα Α: Εικόνα 23 έως Εικόνα 32).

Η ανάλυση των επιλεγμένων πάρκων των ΟΠ 4, 5 και 9 γίνεται σε περιοχή διαστάσεων 81m*120m, σε κάναβο 27*40 κελιών και τετραγωνικό εμβαή με πλευρά 3m, ενώ η περιμετρική ζώνη έχει διάσταση 15m.

6.2.4. Δείκτες αποτελεσμάτων

Από την ανάλυση των περιοχών, για την κατανόηση του μικροκλίματος, καταγράφονται οι ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας αέρα (potential air temperature [°C]), της ταχύτητας (wind speed [m/s]) και διεύθυνσης των ανέμων, της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας (mean radiant temp. [°C]) και της σχετικής υγρασίας (relative humidity [%]). Οι παραπάνω καταγραφές γίνονται σε στάθμη 1,40m πάνω από το επίπεδο του εδάφους ώστε να καλύπτεται η χρήση των χώρων τόσο από καθημένους όσο και από όρθιους.

Για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την θερμική άνεση των χρηστών των χώρων χρησιμοποιείται ο δείκτης PMV. Ο υπολογισμός του γίνεται για άνδρα 35 ετών, βάρους 75kg και ύψους 175cm, με θερινό ρουχισμό (0,5clo) και σε ελαφριά κίνηση (1,48met).

7. Προσομοίωση υφιστάμενης κατάστασης και προτάσεων αναβάθμισης

7.1. Αποτελέσματα αναλύσεων στη συνολική περιοχή

7.1.1. Υφιστάμενη κατάσταση

Η ανάλυση της περιοχής μελέτης, όπως αυτή είναι σήμερα, προβλέπει την διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ 33.67°C και 35.50°C (Παράρτημα Γ: Πίνακας 27). Οι υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται στις πλατύτερες οδούς περιμετρικά της περιοχής και στους κυκλικούς κόμβους, όπου κυριαρχεί η ασφαλτόστρωση και η απουσία σκίασης. Χαρακτηριστικό είναι πως οι ίδιες περιοχές παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες μέσες ακτινοβολούμενες θερμοκρασίες που αγγίζουν τους 78°C.

Ενώ οι διαφορές στην θερμοκρασία του αέρα δεν ξεπερνούν τους 2°C, πολύ μεγαλύτερες είναι οι διαφορές στις μέσες ακτινοβολούμενες θερμοκρασίες (Παράρτημα Γ: Πίνακας 29). Στους εντονότερα σκιασμένους χώρους η μέση η τιμή τους είναι κατά 33°C χαμηλότερη σε σχέση με τους αντίστοιχους που βρίσκονται πάνω από την ασκίαστη ασφαλτο των οδών. Στις σκιασμένες, άλλωστε, περιοχές, στο κέντρο των 4^{ου}, 6^{ου} και 8^{ου} ΟΠ τα οποία γειτονεύουν με ψηλά κτίρια καθώς και στους εντονότερα δενδροφυτεμένους δρόμους, εμφανίζει η θερμοκρασία του αέρα τις χαμηλότερες τιμές της, καταδεικνύοντας την έντονη επιρροή των δύο δεικτών.

Ο άνεμος οδηγεί τις υψηλές θερμοκρασιών προς το εσωτερικό της περιοχής μέσω των οδικών αξόνων με διεύθυνση ανατολής – δύσης (Παράρτημα Γ: Πίνακας 28). Οι κάθετοι σε αυτή τη διεύθυνση δρόμοι της περιοχής παρουσιάζουν μείωση στην ταχύτητα του ανέμου. Το ίδιο παρατηρείται και στο εσωτερικό των οικοδομικών πολυγώνων και ειδικότερα σε όσα από αυτά περικλείονται σε μεγαλύτερο βαθμό από οικοδομές χωρίς πυλωτή. Σε γενικές γραμμές, ο άνεμος ρέει σχετικά ομοιόμορφα σε όλη την περιοχή, στη στάθμη των αναλύσεων.

Όπως αναμένεται για την θερμότερη ώρα της θερμότερης ημέρας του έτους, ο δείκτης PMV υπολογίζεται σε αυξημένες τιμές, κοντά στο 5 (Παράρτημα Γ: Πίνακας 30). Στις πλατύτερες οδούς που περικλείουν την περιοχή φτάνει και σε τιμές πάνω του 7, ενώ στα πεζοδρόμια των οδών που σκιάζονται έντονα από κτίρια και δέντρα παρατηρούνται νησίδες μικρότερων τιμών κοντά στο 3.

7.1.2. Προτεινόμενη κατάσταση και σύγκριση

Μετά τη μετατροπή των 10 χώρων που εντοπίστηκαν στα πολεοδομικά πολύγωνα της περιοχής σε μικρά πάρκα παρατηρείται η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα έως $0,5^{\circ}\text{C}$ (Εικόνα 19). Η ελάττωση αυτή συγκεντρώνεται στα νέα πάρκα και εξαπλώνεται στη γειτονιά τους μειούμενη με την απόσταση από αυτά. Η μείωση της θερμοκρασίας φαίνεται να επιδρά χωρικά σε μεγαλύτερη κλίμακα βορινό τμήμα της περιοχής που ήδη διαθέτει μεγαλύτερη σκίαση.



Εικόνα 19. Συγκριτική ανάλυση της θερμοκρασίας του αέρα στην περιοχή

Η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται έως και 0.42m/s εντός των νέων πάρκων και στο επίπεδο που γίνονται οι μετρήσεις (Παράρτημα Γ: Πίνακας 28). Η μικρή αυτή μείωση αυτή οφείλεται στην εκτροπή του ανέμου από την κόμη των νέων φυτεύσεων. Η σκίαση, όμως, των δέντρων σε συνδυασμό με τα νέα υλικά φαίνεται να μειώνουν σημαντικά και τη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στους χώρους των πάρκων (Παράρτημα Γ: Πίνακας 29). Η μείωση αυτή είναι τουλάχιστον $7-10^{\circ}\text{C}$ σε όλα τα πάρκα ενώ φτάνει και στους 30°C σε εκείνα που είχαν αρχικά πολύ υψηλές τιμές. Οι μεταβολές των τιμών των κλιματολογικών

δεικτών στα επιλεγμένα σημεία της περιοχής παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 10, ενώ αναλύονται στο Παράρτημα Γ (Πίνακας 31 έως Πίνακας 40).

Σε ό,τι αφορά στην αίσθηση θερμικής άνεσης, στις περιοχές των επεμβάσεων μειώνεται η τιμή του δείκτη PMV έως και 3 μονάδες (Παράρτημα Γ: Πίνακας 30). Ωστόσο δε διαφαίνεται η χωρική εξάπλωση της μείωσης του δείκτη PMV πέρα από μια μικρή απόσταση κοντά στα όρια των πάρκων. Η παραπάνω μείωση εμφανίζεται όμοια σε όλα τα πάρκα, ανεξάρτητα από την υφιστάμενη κατάστασή τους.

Πίνακας 10. Σύγκριση τιμών στα επιλεγμένα σημεία της περιοχής

ΔS_W : διαφορά ταχύτητας ανέμου (m/s), ΔT_A : διαφορά θερμοκρασίας αέρα ($^{\circ}\text{C}$), ΔH : διαφορά σχετικής υγρασίας (%), ΔT_S : διαφορά μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)

Σημείο	ΔS_W	ΔT_A	ΔH	ΔT_S
A1	-0,08462	-0,09400	0,49000	-0,40100
A2	-0,00247	-0,08900	0,47100	-0,65700
A3	-0,00332	-0,03000	0,21200	-0,30700
A4	-0,04628	-0,26300	2,46900	-10,12400
B1	-0,00245	-0,04400	0,27300	-0,29600
B2	-0,01980	-0,01700	0,05100	-0,47300
Γ1	-0,04158	-0,27800	1,09900	-0,73600
Γ2	-0,16141	-0,15300	0,81500	-0,82200
Γ3	0,00086	-0,04100	0,15500	-0,47300
Γ4	-0,04353	-0,09500	0,39700	-0,61600

7.2. Αποτελέσματα αναλύσεων σε επιλεγμένα πάρκα

7.2.1. Πάρκο ΟΠ 4

Η περιοχή που επιλέχθηκε να μετατραπεί σε πάρκο βρίσκεται στο νότιο τμήμα του 4^{ου} ΟΠ και επηρεάζεται εντονότερα από τις μεγάλες θερμοκρασίες που καταγράφονται νοτιοδυτικά του, καθώς ο ήπιος άνεμος τις οδηγεί προς το εσωτερικό του. Ακόμη, τα χαμηλά κτίρια στην ανατολική πλευρά του πάρκου αφήνουν εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία το εσωτερικό του.

Οι μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στην είσοδο του χώρου και στην οδό πρόσβασης αγγίζει τους 73°C ενώ στο εσωτερικό του είναι 49.5°C (Παράρτημα Γ: Πίνακας 44). Μετά την μετατροπή του σε πάρκο παρατηρείται η σημαντική μείωση των αντίστοιχων θερμοκρασιών στους 39°C και η ομοιόμορφη κατανομή τους σε όλο το πάρκο.

Όταν ο άνεμος πνέει από το δυτικό τμήμα της περιοχής με ταχύτητα 2m/s το μεγάλο άνοιγμα της εισόδου επιτρέπει την εισχώρησή του στο βάθος του χώρου με μέγιστη ταχύτητα στο επίπεδο των μετρήσεων 2.31m/s (Παράρτημα Γ: Πίνακας 43). Η νέα προτεινόμενη φύτευση μειώνει την ένταση κατά 0.64m/s στο κέντρο του πάρκου χωρίς να εμποδίζεται όμως η εισχώρησή του.

Οι υψηλές θερμοκρασίες αέρα που μετρούνται στην είσοδο του χώρου (37.42°C) οδηγούνται από τον άνεμο προς το εσωτερικό του. Εκεί καταγράφονται θερμοκρασίες κοντά στους 36,25°C σχεδόν στο σύνολο του χώρου (Παράρτημα Γ: Πίνακας 42). Η μείωση της ταχύτητας του ανέμου και η σκίαση του χώρου ωφελούν και τη θερμοκρασία του αέρα που καταγράφεται να πέφτει έως και 0.9°C στο εσωτερικό του πάρκου. Μικρότερη μείωση, κατά 0.2°C, παρατηρείται στο κεντρικό τμήμα της οδού που βρίσκεται ανατολικά.

Ο δείκτης PMV προβλέπει την έντονη αίσθηση ζέστης τόσο στην οδό πρόσβασης, με τιμές κοντά στο 7, όσο και εντός του χώρου, με τιμές από 4 έως 6 (Παράρτημα Γ: Πίνακας 45). Η μετατροπή του χώρου σε πάρκο μειώνει δραστικά τις τιμές στις 3 μονάδες σε όλο τον χώρο. Η μείωση αυτή δεν φαίνεται να απλώνεται στην ευρύτερη περιοχή, παρά μόνο στα τμήματά της που συνορεύουν με το πάρκο (Εικόνα 20).



Εικόνα 20. Σύγκριση του δείκτη θερμικής άνεσης PMV στο πάρκο του ΟΠ04

7.2.2. Πάρκο ΟΠ 5

Το πάρκο βρίσκεται στο κέντρο του οικοδομικού πολυγώνου και χαρακτηρίζεται από τον έντονο ηλιασμό του ανατολικού τμήματός του, ελλείπει ψηλού κτιρίου στο νότο ή δέντρων.

Αυτό αποτυπώνεται και στην ανάλυση των μέσων ακτινοβολούμενων θερμοκρασιών που αγγίζουν στην περιοχή αυτή τους 78°C, όσο και στις ασφαλτοστρωμένες οδούς (Παράρτημα Γ: Πίνακας 49). Το δυτικό τμήμα του που σκιάζεται από την όμορη οικοδομή παρουσιάζει μειωμένες τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στους 53°C. Η φύτευση του χώρου με δέντρα μπορεί να τις μειώσει κοντά στους 46°C. Το ανατολικό τμήμα του πάρκου που καλύφθηκε τμηματικά με πέργκολα ενώ κάποιοι χώροι του όπου εγκαταστάθηκαν στοιχεία νερού μείνανε ακάλυπτοι, εμφανίζει μικρότερη μείωση στις ακτινοβολούμενες θερμοκρασίες.

Η θέση του πάρκου κεντρικά του οικοδομικού πολυγώνου και η μικρού πλάτους οδός, κάθετη στον κυρίαρχο άνεμο, συμβάλουν στις μικρές ταχύτητες ανέμων, έως 1m/s, και τη μικρή κάλυψη του χώρου (Παράρτημα Γ: Πίνακας 48). Η δενδροφύτευση οδηγεί σε μια περεταίρω μικρή μείωση έως 0.34m/s.

Στον συγκεκριμένο χώρο οι θερμοκρασίες του αέρα επηρεάζονται σχεδόν αποκλειστικά από τις μέσες ακτινοβολούμενες θερμοκρασίες που αναλύθηκαν παραπάνω, καθώς φαίνεται να τις ακολουθούν χωρικά (Παράρτημα Γ: Πίνακας 47). Η μέγιστη θερμοκρασία στην είσοδο του χώρου καταγράφεται στους 36.25°C ενώ και στο εσωτερικό του παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Μετά τις παρεμβάσεις, η θερμοκρασία του αέρα δείχνει να μειώνεται έως και 0.77°C κυρίως στα έντονα σκιασμένα τμήματά του.



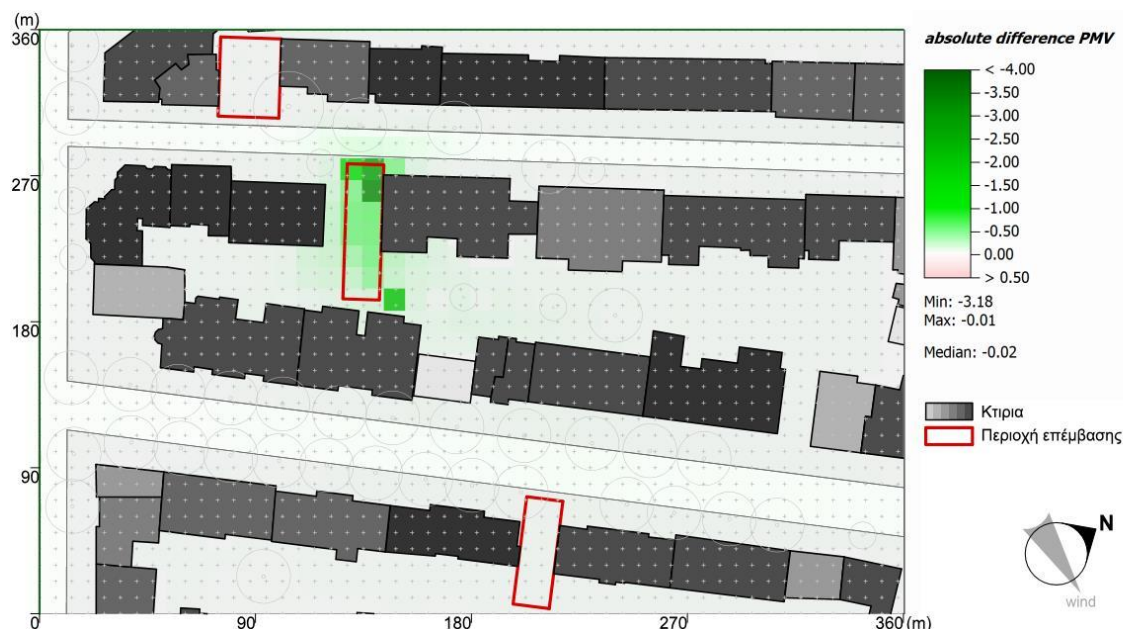
Εικόνα 21. Σύγκριση του δείκτη θερμικής άνεσης PMV στο πάρκο του ΟΠ05

Η βελτίωση του δείκτη PMV είναι επίσης εντονότερη στο δυτικό, εντονότερα σκιασμένο τμήμα του πάρκου, όπου μειώνεται από 5 έως 7 στις 4 μονάδες (Εικόνα 21, Παράρτημα Γ: Πίνακας 50). Ανατολικότερα, όπου η αίσθηση της ζέστης αρχικά ήταν η εντονότερη, στις 7 μονάδες, η πρόταση δεν κατάφερε να τη μειώσει κάτω από τις 5 μονάδες σημειακά.

7.2.3. Πάρκο ΟΠ 9

Το πάρκο αυτό έχει ανάλογα χαρακτηριστικά με το προηγούμενο του 5^{ου} ΟΠ, ως προς τον προσανατολισμό του και το πλάτος της οδού πρόσβασης. Η ύπαρξη πυλωτής στο σύνολο σχεδόν των οικοδομών της περιοχής επιτρέπει τον ομοιόμορφο αερισμό των χώρων και τη διατήρηση της έντασης του ανέμου στα 2m/s. Και σε αυτή την περίπτωση, οι φυτεύσεις στο πάρκο μειώνουν σε μικρό βαθμό, έως 0.35m/s, την ταχύτητα χωρίς να περιορίζουν σημαντικά τον αερισμό του εσωτερικού του χώρου (Παράρτημα Γ: Πίνακας 53).

Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στον χώρο του νέου πάρκου καταγράφεται στους 49.5°C, μειωμένη ήδη σε σύγκριση με τα άλλα πάρκα, γεγονός που οφείλεται στα ψηλότερα κτίρια (Παράρτημα Γ: Πίνακας 54). Ωστόσο, η σκίαση των νέων δέντρων μειώνει τις τιμές κοντά στους 39°C στο σύνολο του χώρου. Η θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει τιμή κοντά στους 35.5°C, ομοιόμορφα κατανεμημένη στον χώρο, η οποία μετά τις παρεμβάσεις της πρότασης μειώνεται μεσοσταθμικά κατά 0.4°C (Παράρτημα Γ: Πίνακας 52).



Εικόνα 22. Σύγκριση του δείκτη θερμικής άνεσης PMV στο πάρκο του ΟΠ09

Τα ψηλά κτίρια και ο καλός αερισμός της περιοχής καθιστούν τον χώρο θερμικά ανετότερο από τους αντίστοιχους των άλλων πάρκων, με τον δείκτη PMV να υπολογίζεται σε τιμές 4

έως 5 μονάδων (Εικόνα 22, Παράρτημα Γ: Πίνακας 55). Στην πρόταση αναμόρφωσης του χώρου σε πάρκο φαίνεται ότι μπορεί ο δείκτης PMV να μειωθεί κατά 1 μονάδα.

8. Συμπεράσματα

Όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, η επανένταξη του φυσικού τοπίου στις σύγχρονες πόλεις αποτελεί στοίχημα για την επιβίωσή τους καθώς αποτελεί την ισχυρότερη άμυνα στα περιβαλλοντικά προβλήματα που αυτές ήδη αντιμετωπίζουν και θωράκιση για τα επερχόμενα. Ο χώρος, όμως, των αστικών κέντρων έχει ήδη καταναλωθεί στην κάλυψη άλλων αναγκών. Συχνά εντοπίζονται πυκνοδομημένα τμήματα μέσα στον αστικό ιστό με ελάχιστη παρουσία του φυσικού τοπίου.

Στο δυσεπίλυτο πρόβλημα της ανάπλασης των ήδη διαμορφωμένων τομέων της πόλης, ειδικά όταν αυτοί χρησιμοποιούνται έντονα χωρίς να αντιμετωπίζουν άλλα λειτουργικά προβλήματα, η ιδανική απάντηση του συνολικού επανασχεδιασμού είναι εξαιρετικά δυσεφάρμοστη στο σημερινό οικονομικό πλαίσιο της κρίσης και ελάχιστες μητροπολιτικές πόλεις τολμούν να την σκεφτούν. Ως λογικότερη λύση προτείνεται η μετατροπή όσων χώρων μπορούν να εξοικονομηθούν σε πάρκα.

Το ερώτημα που έθεσε η παρούσα εργασία είναι αν είναι ικανή η διασπορά μικρών πάρκων (pocket parks), μέσω της μετατροπής αχρησιμοποίητων χώρων στον πυκνοδομημένο αστικό ιστό, να βοηθήσει στη μείωση της θερμοκρασίας, άρα και στην αντιμετώπιση του φαινομένου της ΑΘΝ. Για τον σκοπό αυτό εντοπίστηκαν δέκα χώροι σε αντίστοιχα πολεοδομικά πολύγωνα στο περισσότερο πυκνοδομημένο τμήμα της πόλης των Σερρών και έγινε η υπόθεση μετατροπής τους σε μικρά πάρκα με έντονη παρουσία του φυσικού τοπίου. Ο χώρος των νέων πάρκων αντιστοιχεί μόλις στο 2.7% του συνολικού εμβαδού των οικοδομικών πολυγώνων, ενώ εντοπίστηκαν πιθανές επεκτάσεις που θα μπορούσαν να αυξήσουν το παραπάνω ποσοστό. Στη συνολική περιοχή, συμπεριλαμβανομένων των οδών και των περιμετρικών τμημάτων το ποσοστό των πάρκων μειώνεται σε 1.32%

Η συγκριτική ανάλυση στην περιοχή μελέτης έδειξε ότι παρά το πολύ μικρό μέγεθος τους οι παρεμβάσεις μείωσαν την μέση θερμοκρασία του αέρα της συνολικής περιοχής. Όπως αναμενόταν οι περιοχές εντός και κοντά στα νέα πάρκα παρουσίασαν τη μεγαλύτερη μείωση (0.5°C). Η επίδραση αυτή στη θερμοκρασία εξαπλώνεται χωρικά στη γειτονιά σε μεγαλύτερο βαθμό στο τμήμα της περιοχής που διαθέτει ήδη μεγαλύτερη σκίαση από τα ψηλότερα κτίρια και τα δέντρα.

Για την εμβάθυνση των συμπερασμάτων αναλύθηκαν οι μεταβολές σε χαρακτηριστικά σημεία, απομακρυσμένα από τα πάρκα: στο κέντρο οδών με διεύθυνση νότου – βορρά, κάθετη στον κυρίαρχο άνεμο (σειρά Α), στο κέντρο οδών με διεύθυνση παράλληλη στον κυρίαρχο άνεμο (σειρά Β) και στο εσωτερικό των οικοδομικών πολυγώνων (σειρά Γ) (Εικόνα 18 και Παράρτημα Γ). Σημειώνεται ότι λόγω της μορφής των οικοδομικών πολυγώνων σχεδόν όλα τα νέα πάρκα έχουν πρόσβαση από τους κάθετους στον άνεμο δρόμους και προσανατολισμό παράλληλο σε αυτούς.

Η αρχική ομαδοποίηση των επιλεγμένων σημείων προδίδει την πρόθεση να εξαχθούν συμπεράσματα σε σχέση με τον προσανατολισμό των οδών και το εσωτερικό των πολυγώνων. Ωστόσο, αυτό δεν μπορεί να προκύψει από την ανάλυση, καθώς η ύπαρξη πυλωτών επιτρέπει τη ομοιόμορφη κατανομή των ανέμων και διασπορά του δροσισμού των πάρκων σχεδόν ανεμπόδιστα προς τη φορά που αυτοί πνέουν. Έτσι τα σημεία που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες μειώσεις στη θερμοκρασία είναι αυτά που βρίσκονται σε πολύ μικρές αποστάσεις από τα πάρκα (Α4, Γ1) και όσα βρίσκονται στο φάσμα επιρροής των πάρκων μέσω των ανέμων (Α1, Α2, Γ2, Γ4).

Τρία από τα παραπάνω πάρκα σχεδιάστηκαν και αναλύθηκαν σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια με στόχο να εξαχθούν συμπεράσματα για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης που τα *pocket parks* μπορούν να προσφέρουν τόσο στο εσωτερικό τους όσο και στο γειτονικό τους περιβάλλον. Και στις τρεις περιπτώσεις ο δείκτης PMV μειώθηκε σημαντικά σε τιμές 3 έως 4 όταν στην ευρύτερη περιοχή επικρατούν τιμές 6 έως 7, καταδεικνύοντας τα πάρκα σε μικρές οάσεις δροσιάς στη θερμότερη στιγμή του καλοκαιριού. Η βελτίωση της θερμικής άνεσης περιορίζεται κοντά στα όρια των πάρκων.

Σε σημεία των πάρκων που δεν σκιάζονται τοποθετήθηκαν στοιχεία νερού με σκοπό τη βελτίωση του μικροκλίματος μέσω της εξάτμισης. Η επίδραση του στοιχείου αυτού δεν μπόρεσε να αποτυπωθεί στην ανάλυση λόγω περιορισμών του λογισμικού, όπως αναφέρεται παρακάτω.

Για τη σκίαση των πάρκων χρησιμοποιήθηκαν στις προτάσεις δέντρα ύψους 5m και 10m καθώς και πέργκολες. Στο πάρκο του ΟΠ 09 όπου συνδυάζονται πέργκολες με ψηλά δέντρα μειώθηκε ομοιόμορφα ο δείκτης PMV. Αντίθετα, στο πάρκο του ΟΠ04 όπου χρησιμοποιήθηκαν πέργκολες σε εναλλαγή με μετρίου ύψους δέντρα και στο πάρκο του ΟΠ05 όπου στο ανατολικό τμήμα τοποθετήθηκαν πέργκολες χωρίς δέντρα σε κοντινή

απόσταση, παρατηρείται η μείωση του δείκτη PMV σε μικρότερο βαθμό κάτω από τις πέργκολες απ' ό,τι κάτω από την κόμη των δέντρων.

8.1. Αναπάντητα ερωτήματα και αδυναμίες της εργασίας

Στη μελέτη της περιοχής χρησιμοποιήθηκε η ελεύθερη έκδοση του λογισμικού Envi-met η οποία περιορίζει την ανάλυση τόσο στα κελιά όσο και στη μορφοποίηση των δέντρων. Ως αποτέλεσμα αυτού δεν ήταν δυνατή η εισαγωγή λεπτομερειών των προτάσεων, όπως είναι οι σημειακές θαμνώδεις φυτεύσεις. Ακόμη, με αυτή την έκδοση δεν ήταν δυνατό να προσομοιωθεί ο δροσισμός της ατμόσφαιρας από τα στοιχεία νερού των προτάσεων καθώς και η επιρροή κάθετων φυτεύσεων.

Η προσομοίωση της περιοχής έγινε για έναν κύκλο 24 ωρών στη θερμότερη ημέρα του έτους. Επιλέχθηκε να αναλυθεί η θερμότερη ώρα της ημέρας και σε αυτήν επικεντρώνονται τα συμπεράσματα. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, εκτιμάται ότι τα οφέλη είναι εντυπωσιακότερα στις πρωινές και απογευματινές ώρες που τα πάρκα χρησιμοποιούνται περισσότερο. Ωστόσο, αυτή η εκτίμηση μένει να αποδειχθεί και από την ανάλυση των προσομοιώσεων τις ώρες αυτές.

8.2. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η εργασία ανέλυσε την ωφέλεια για το κλίμα της πόλης και το μικρόκλιμα των γειτονιών της διασποράς μικρών πάρκων στον αστικό ιστό της. Η διερεύνηση της σχέσης του ποσοστού του εμβαδού των πάρκων ως προς της συνολικής περιοχής με τα παραγόμενα αποτελέσματα θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο μελλοντικής έρευνας. Επίσης, θα μπορούσε να διερευνηθεί η επίδραση δραστικότερων επεμβάσεων με μεγαλύτερη αναλογία έκτασης πάρκων στο ΟΠ. Ακόμη, χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν και από την επέκταση της ανάλυσης σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, όπως στην έναρξη και το τέλος της θερινής περιόδου ή στην χειμερινή περίοδο.

8.3. Πιθανές θεωρητικές ή/και πρακτικές εφαρμογές των αποτελεσμάτων της εργασίας

Στην αντιμετώπιση του δυσεπίλυτου προβλήματος της ανάπλασης των αστικών κέντρων με παράλληλη ενίσχυση του φυσικού τους τοπίου η εργασία ενδυναμώνει την λύση της δημιουργίας μικρών πάρκων γειτονιάς. Τα συμπεράσματα μπορούν να αποτελέσουν βάση

εκτενέστερης επιστημονικής έρευνας και να κινητοποιήσουν παράγοντες λήψης αποφάσεων σε δήμους προς την αναζήτηση περιβαλλοντικών βελτιώσεων του αστικού ιστού των πόλεων. Ακόμη, μπορούν να βοηθήσουν τους μελετητές μικρών αστικών πάρκων στην κατανόηση της περιβαλλοντικής λειτουργίας τους.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), 295–310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X)
- Amorim, J. H., Valente, J., Cascão, P., Rodrigues, V., Pimentel, C., Miranda, A. I., & Borrego, C. (2013). Pedestrian Exposure to Air Pollution in Cities: Modeling the Effect of Roadside Trees. *Advances in Meteorology*, 2013, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2013/964904>
- Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 23(1), 1–26. <https://doi.org/10.1002/joc.859>
- Auliciems, A., & Szokolay, S. V. (2007). PLEA Handbook - Thermal comfort. *PLEA International*, 66. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0393-2>
- Baccini, M., Biggeri, A., Accetta, G., Kosatsky, T., Katsouyanni, K., Analitis, A., Anderson, H. R., Bisanti, L., D'Ippoliti, D., Danova, J., Forsberg, B., Medina, S., Paldy, A., Rabchenko, D., Schindler, C., & Michelozzi, P. (2008). Heat Effects on Mortality in 15 European Cities. *Epidemiology*, 19(5), 711–719. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318176bfcd>
- Bartzokas, A., Lolis, C. J., Kassomenos, P. A., & McGregor, G. R. (2013). Climatic characteristics of summer human thermal discomfort in Athens and its connection to atmospheric circulation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(12), 3271–3279. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-3271-2013>
- Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., & Tinz, B. (2012). Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 515–535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>
- Bruse, M. (2004). *ENVI-met 3.0: Updated Model Overview*. <http://envi-met.net/documents/papers/overview30.pdf>
- Bruse, M., & Fleer, H. (1998). Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling and Software*, 13(3–4), 373–384. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5)
- Ca, V. T., Asaeda, T., & Abu, E. M. (1998). Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Energy and Buildings*, 29(1), 83–92. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(98\)00032-2](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00032-2)
- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2016). Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer. *Sustainable Cities and Society*, 26, 27–47. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2016.05.004>
- Cleugh, H., & Grimmond, S. (2012). Urban Climates and Global Climate Change. In *The Future of the World's Climate* (pp. 47–76). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386917-3.00003-8>
- Coccolo, S., Kämpf, J., Scartezzini, J. L., & Pearlmutter, D. (2016). Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. *Urban Climate*, 18, 33–57. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.08.004>
- Cohen, B. (2006). Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges for sustainability. *Technology in Society*, 28(1–2), 63–80. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.10.005>
- Cohen, D. A., Marsh, T., Williamson, S., Han, B., Derose, K. P., Golinelli, D., &

- McKenzie, T. L. (2014). The potential for pocket parks to increase physical activity. *American Journal of Health Promotion*, 28(SUPPL 3).
<https://doi.org/10.4278/ajhp.130430-QUAN-213>
- Cohen, P., Potchter, O., & Matzarakis, A. (2012). Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. *Building and Environment*, 51, 285–295.
<https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2011.11.020>
- De Rosso, L. C., & Cadima, P. (2016). Pocket Parks in Sao Paulo: The potential for the implementation. *PLEA2016 Los Angeles - Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments*, 1044–1050.
- Dimoudi, A., Kantzioura, A., Zoras, S., Pallas, C., & Kosmopoulos, P. (2013). Investigation of urban microclimate parameters in an urban center. *Energy and Buildings*, 64, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.04.014>
- Dimoudi, A., Zoras, S., Kantzioura, A., Stogiannou, X., Kosmopoulos, P., & Pallas, C. (2014). Use of cool materials and other bioclimatic interventions in outdoor places in order to mitigate the urban heat island in a medium size city in Greece. *Sustainable Cities and Society*, 13, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.04.003>
- Dimoudi, Argiro, & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), 69–76.
[https://doi.org/10.1016/s0378-7788\(02\)00081-6](https://doi.org/10.1016/s0378-7788(02)00081-6)
- ENVI-met. (n.d.). Retrieved August 18, 2020, from <https://www.envi-met.com/>
- Erell, E., Pearlmutter, D., Boneh, D., & Kutiel, P. B. (2014). Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. *Urban Climate*, 10(P2), 367–386. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.10.005>
- Fallmann, J., Forkel, R., & Emeis, S. (2016). Secondary effects of urban heat island mitigation measures on air quality. *Atmospheric Environment*, 125, 199–211.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.10.094>
- Fanger, P. O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *Occupational and Environmental Medicine*, 30(4), 313–324. <https://doi.org/10.1136/oem.30.4.313>
- Giannopoulou, K., Livada, I., Santamouris, M., Saliari, M., Assimakopoulos, M., & Caouris, Y. (2014). The influence of air temperature and humidity on human thermal comfort over the greater Athens area. *Sustainable Cities and Society*.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.09.004>
- Gomez, F., Gaja, E., & Reig, A. (1998). Vegetation and climatic changes in a city. *Ecological Engineering*, 10(4), 355–360. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(98\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(98)00002-0)
- Gómez, F., Valcuende, M., Matzarakis, A., & Cárcel, J. (2018). Design of natural elements in open spaces of cities with a Mediterranean climate, conditions for comfort and urban ecology. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26), 26643–26652. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2736-1>
- Gonçalves, A., Ribeiro, A. C., Maia, F., Nunes, L., & Feliciano, M. (2019). Influence of green spaces on outdoors thermal comfort-structured experiment in a Mediterranean climate. *Climate*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/cli7020020>
- Grimmond, C. S. B., Oke, T. R., & Cleugh, H. A. (1993). The role of “rural” in comparisons of observed suburban-rural flux differences.” *Exchange Processes at the Land Surface for a Range of Space and Time Scales. Proc. International Symposium, Yokohama, 1993, June 2014*, 165–174.
- Grimmond, S. (2007). Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *The Geographical Journal*, 173(1), 83–88.

- https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2007.232_3.x
- Gross, G. (2019). On the self-ventilation of an urban heat island. *Meteorologische Zeitschrift*, 28(1), 87–92. <https://doi.org/10.1127/metz/2019/0961>
- Guo, Y., Gasparrini, A., Armstrong, B., Li, S., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E., De Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Leone, M., Pan, X., Tong, S., Tian, L., Kim, H., Hashizume, M., Honda, Y., Guo, Y. L. L., Wu, C. F., Punnasiri, K., Yi, S. M., ... Williams, G. (2014). Global variation in the effects of ambient temperature on mortality: A systematic evaluation. *Epidemiology*, 25(6), 781–789. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000165>
- Hagishima, A., Narita, K. I., & Tanimoto, J. (2004). Field experiment on the oasis effect of urban areas using potted plants. *5th Symposium on the Urban Environment, October 2014*, 243–245.
- Höppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), 71–75. <https://doi.org/10.1007/s004840050118>
- Höppe, Peter. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34(6), 661–665. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00017-8)
- Jendritzky, G., de Dear, R., & Havenith, G. (2012). UTCI-Why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 421–428. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0513-7>
- Koc, C. B., Osmond, P., & Peters, A. (2016). A Green Infrastructure Typology Matrix to Support Urban Microclimate Studies. *Procedia Engineering*, 169, 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.022>
- Kofoed, N.-U., & Gaardsted, M. (2004). Μελέτη του Ανέμου σε Αστικούς Χώρους. In M. Νικολοπούλου (Ed.), *Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με Βιοκλιματικά Κριτήρια* (p. 56). ΚΑΠΕ. <http://alpha.cres.gr/ruros/>
- Kolokotroni, M., & Giridharan, R. (2008). Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. *Solar Energy*, 82(11), 986–998. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.05.004>
- Kolokotsa, D., Psomas, A., & Karapidakis, E. (2009). Urban heat island in southern Europe: The case study of Hania, Crete. *Solar Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.06.018>
- Kuttler, W., & Strassburger, A. (1999). Air quality measurements in urban green areas – a case study. *Atmospheric Environment*, 33(24–25), 4101–4108. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00151-X](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00151-X)
- Labuz, R. (2019). Pocket Park-A New Type of Green Public Space in Kraków (Poland). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(11). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/11/112018>
- Li, D., Liao, W., Rigden, A. J., Liu, X., Wang, D., Malyshev, S., & Shevliakova, E. (2019). Urban heat island: Aerodynamics or imperviousness? *Science Advances*, 5(4), eaau4299. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau4299>
- Manoli, G., Fatichi, S., Schlöpfer, M., Yu, K., Crowther, T. W., Meili, N., Burlando, P., Katul, G. G., & Bou-Zeid, E. (2019). Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. *Nature*, 573(7772), 55–60. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1512-9>
- Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of*

- Biometeorology*, 43(2), 76–84. <https://doi.org/10.1007/s004840050119>
- Matzarakis, A., Muthers, S., & Rutz, F. (2014). Application and comparison of UTCI and pet in temperate climate conditions. *Finisterra*, 49(98), 21–31. <https://doi.org/10.18055/Finis6453>
- Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: Basics of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 54(2), 131–139. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0>
- Mihalakakou, G., Flocas, H. A., Santamouris, M., & Helmis, C. G. (2002). Application of Neural Networks to the Simulation of the Heat Island over Athens, Greece, Using Synoptic Types as a Predictor. *Journal of Applied Meteorology*, 41(5), 519–527. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2002\)041<0519:AONNTT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2002)041<0519:AONNTT>2.0.CO;2)
- Mills, G. (2014). Urban climatology: History, status and prospects. *Urban Climate*. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.06.004>
- Moreno-garcia, M. C. (1994). Intensity and form of the urban heat island in barcelona. *International Journal of Climatology*, 14(6), 705–710. <https://doi.org/10.1002/joc.3370140609>
- Nagashima, K., Tokizawa, K., & Marui, S. (2018). Thermal comfort. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 156, pp. 249–260). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63912-7.00015-1>
- Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the Human parameter. *Solar Energy*, 70(3), 227–235. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00093-1)
- Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35(1), 95–101. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00084-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00084-1)
- Nordh, H., & Østby, K. (2013). Pocket parks for people - A study of park design and use. *Urban Forestry and Urban Greening*, 12(1), 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.11.003>
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967), 7(8), 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Oke, T. R. (1974). *Review of urban climatology 1968-1973* (Techical Note No. 134). World Meteorological Organization.
- Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237–254. <https://doi.org/10.1002/joc.3370010304>
- Oke, T. R. (2006). *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites*.
- Oke, T. R., Crowther, J. M., McNaughton, K. G., Monteith, J. L., & Gardiner, B. (1989). The Micrometeorology of the Urban Forest [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 324(1223), 335–349. <https://doi.org/10.1098/rstb.1989.0051>
- Paley Park* | *The Cultural Landscape Foundation*. (n.d.). Retrieved April 25, 2020, from <https://tclf.org/landscapes/paley-park>
- Perini, K., & Magliocco, A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(3), 495–506.

- <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2014.03.003>
- Peschardt, K. K., Stigsdotter, U. K., & Schipperrijn, J. (2016). Identifying Features of Pocket Parks that May Be Related to Health Promoting Use. *Landscape Research*, 41(1), 79–94. <https://doi.org/10.1080/01426397.2014.894006>
- Pongracz, R., Bartholy, J., & Dezso, Z. (2006). Remotely sensed thermal information applied to urban climate analysis. *Advances in Space Research*. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.06.069>
- Pyrgou, A., Hadjinicolaou, P., & Santamouris, M. (2020). Urban-rural moisture contrast: Regulator of the urban heat island and heatwaves' synergy over a mediterranean city. *Environmental Research*, 109102. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109102>
- Rahman, M. A., Stratopoulos, L. M. F., Moser-Reischl, A., Zölch, T., Häberle, K.-H., Rötzer, T., Pretzsch, H., & Pauleit, S. (2020). Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Building and Environment*, 170, 106606. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106606>
- Ribeiro, F. N. D., Oliveira, A. P. d., Soares, J., Miranda, R. M. d., Barlage, M., & Chen, F. (2018). Effect of sea breeze propagation on the urban boundary layer of the metropolitan region of Sao Paulo, Brazil. *Atmospheric Research*, 214, 174–188. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.07.015>
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y. C., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120–128. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4)
- Roxon, J., Ulm, F. J., & Pellenq, R. J. M. (2020). Urban heat island impact on state residential energy cost and CO2 emissions in the United States. *Urban Climate*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100546>
- Santamouris, M., Paraponiaris, K., & Mihalakakou, G. (2007). Estimating the ecological footprint of the heat island effect over Athens, Greece. *Climatic Change*, 80(3–4), 265–276. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9128-0>
- Santamouris, Matthaios. (2007). Heat island research in Europe: The state of the art. *Advances in Building Energy Research*, 1(1), 123–150. <https://doi.org/10.1080/17512549.2007.9687272>
- Santamouris, Matthaios. (2016). Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. *Solar Energy*, 128, 61–94. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.01.021>
- Santamouris, Matthaios. (2019a). Introduction. In *Minimizing Energy Consumption, Energy Poverty and Global and Local Climate Change in the Built Environment: Innovating to Zero* (pp. 1–27). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811417-9.00001-5>
- Santamouris, Matthaios. (2019b). Recent progress on urban overheating and heat island research. integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact synergies with the global climate change. In *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>
- Scherer, D., Fehrenbach, U., Beha, H. D., & Parlow, E. (1999). Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes. *Atmospheric Environment*. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00161-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00161-2)
- Stathopoulou, E., Mihalakakou, G., Santamouris, M., & Bagiorgas, H. S. (2008). On the impact of temperature on tropospheric Ozone concentration levels in urban environments. *Journal of Earth System Science*, 117(3), 227–236.

- <https://doi.org/10.1007/s12040-008-0027-9>
- Swanwick, C., Dunnett, N., & Woolley, H. (2003). Nature, role and value of green space in towns and cities: An overview. *Built Environment*, 29(2), 94–106.
<https://doi.org/10.2148/benv.29.2.94.54467>
- Thompson, C. W. (2002). Urban open space in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 60(2), 59–72. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00059-2)
- Tsai, K.-T., & Lin, Y.-H. (2018). Identification of urban park activity intensity at different thermal environments and visible sky by using sound levels. *International Journal of Biometeorology*, 62(11), 1987–1994. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1603-6>
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 55–76.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009>
- Tzortzi-J.Georgi, N., Ioannou, D., & Oikonomaki, E. (2019). Green corridors and exterior common areas, enhancing connectivity in Athens, Greece. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012002>
- UK department for Environment Food & Rural Affairs: Natural England. (2015). *Monitor Engagement with the Natural Environment: Annual report from the 2013-2014 survey - JP009*.
<http://publications.naturalengland.org.uk/publication/6579788732956672?category=47018>
- UK department of Health & Social Care: Public Health. (2014). *Local action on health inequalities: evidence papers*. <https://www.gov.uk/government/publications/local-action-on-health-inequalities-evidence-papers>
- UK Ministry of Housing Communities & Local Government. (2016). *Green light given to over 80 pocket parks*. <https://www.gov.uk/government/news/green-light-given-to-over-80-pocket-parks>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, P. D. (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*.
<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Urban Climate Service Center. (n.d.). Retrieved January 15, 2020, from <https://www.urban-climate.eu/c/urbanheatisland/>
- Vardoulakis, E., Karamanis, D., Fotiadi, A., & Mihalakakou, G. (2013). The urban heat island effect in a small Mediterranean city of high summer temperatures and cooling energy demands. *Solar Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.04.016>
- Vasilikou, C., & Nikolopoulou, M. (2013). Thermal Walks : Identifying pedestrian thermal comfort variations in the urban continuum of historic city centres. *Plea 2013, September*.
- Vasilikou, C., & Nikolopoulou, M. (2020). Outdoor thermal comfort for pedestrians in movement: thermal walks in complex urban morphology. *International Journal of Biometeorology*, 64(2), 277–291. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01782-2>
- Yang, J., Wang, Z. H., & Kaloush, K. E. (2015). Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a “silver bullet” for mitigating urban heat island? In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.092>
- Yu, C., & Hien, W. N. (2006). Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, 38(2), 105–120. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2005.04.003>
- Yun, G. Y., Ngarambe, J., Duhirwe, P. N., Ulpiani, G., Paolini, R., Haddad, S.,

- Vasilakopoulou, K., & Santamouris, M. (2020). Predicting the magnitude and the characteristics of the urban heat island in coastal cities in the proximity of desert landforms. The case of Sydney. *Science of the Total Environment*.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136068>
- Zölch, T., Rahman, M. A., Pfleiderer, E., Wagner, G., & Pauleit, S. (2019). Designing public squares with green infrastructure to optimize human thermal comfort. *Building and Environment*, 149, 640–654. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.051>

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αραβαντινός, Α., & Κοσμάκη, Π. (1988). *Υπαίθριοι χώροι στην πόλη: θέματα ανάλυσης και πολεοδομικής οργάνωσης αστικών ελεύθερων χώρων και πρασίνου*. Ε.Μ.Π. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις.
- Γερόλυμπου, Α. (2008). Μια πρότυπη πολεοδομική επέμβαση: Ο ανασχεδιασμός των Σερρών, 1913-1920. In Α. Γερόλυμπου & Λ. Θεοδωρίδου (Eds.), *Σέρρες 1900-1940: Χώρος και Ιστορία* (p. 304). Τμήμα εκδόσεων και βιβλιοθήκης ΤΕΙ Σερρών.
http://teachers.cm.ihu.gr/theod/files/Serres_1900-1940.pdf
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. (n.d.). *Κλιματικά Δεδομένα ανά Πόλη-METEΩΓΡΑΜΜΑΤΑ*. Retrieved May 22, 2020, from
http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Central Macedonia&poli=Serres
- Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (1990). *Πράσινο βιβλίο για το αστικό περιβάλλον*. Υπηρεσία επίσημων εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.
- Θεοδωρίδου, Λ. (2008). Η ανοικοδόμηση της πόλης κατά το μεσοπόλεμο. In Α. Γερόλυμπου & Λ. Θεοδωρίδου (Eds.), *Σέρρες 1900-1940: Χώρος και Ιστορία* (p. 304). Τμήμα εκδόσεων και βιβλιοθήκης ΤΕΙ Σερρών.
http://teachers.cm.ihu.gr/theod/files/Serres_1900-1940.pdf
- Κανατσούλης, Δ. (1976). Δημητρίου Κ. Σαμσάρη, Ιστορική γεωγραφία της Ανατολικής Μακεδονίας κατά την αρχαιότητα. *Μακεδονικά*, 16(1), 401.
<https://doi.org/10.12681/makedonika.655>
- Κάσσοι, Μ. (1997). *ΕΡΤ στη βόρειο Ελλάδα: Η Σέρρες, πορεία μέσα στο χρόνο*. ΕΡΤ ΑΕ.
<https://archive.ert.gr/7617/>
- Λιονάτου, Μ. (2008). *Αρχιτεκτονική τοπίου και δίκτυα πρασίνου στα σύγχρονα αστικά κέντρα* [Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Γεωπονική. Τομέας Οπωροκηπευτικών και Αμπέλου]. <https://doi.org/10.12681/eadd/19291>
- Μπίρης, Μ. (1997). Η νεοελληνική πόλη του μεσοπολέμου: Οι ιδιωτικοί οικισμοί του μεσοπολέμου ως αντικείμενο πολεοδομικής εκμετάλλευσης. *Αρχαιολογία Και Τέχνες*, 65. <https://www.archaiologia.gr/wp-content/uploads/2011/07/65-7.pdf>
- N.4067/12 (ΦΕΚ Α'79/09.04.2012). (2012). *Νέος Οικοδομικός Κανονισμός*.
- Υ.Α. 10788/204 (ΦΕΚ Δ'285/5.3.2004). (2004). *Έγκριση πολεοδομικών σταθεροτύπων (standards) και ανώτατα όρια πυκνοτήτων που εφαρμόζονται κατά την εκπόνηση των γενικών πολεοδομικών σχεδίων, των σχεδίων χωρικής και οικιστικής οργάνωσης "ανοικτής πόλης" και των πολεοδομικών μελετών*.
- Υ.Α. 2319 (ΦΕΚ Α.Α.Π./168/20.05.2013). (2013). *Έγκριση του Νέου Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.) Δημοτικής Ενότητας Σερρών Δήμου Σερρών της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας*.
- Υ.Α. 3046/304 (ΦΕΚ Δ'59/03.02.1989). (1989). *Κτιριοδομικός Κανονισμός*.
- Υ.Α. 85695/4966 (ΦΕΚ Δ'704/14.10.1991). (1991). *Έγκριση γενικού πολεοδομικού σχεδίου της πόλης των Σερρών του δήμου Σερρών (Ν. Σερρών)*.

Χατζηδημητρίου, Α., & Αγγελική. (2012). *Αξιολόγηση της επίδρασης των παραμέτρων σχεδιασμού στη διαμόρφωση του μικροκλίματος των αστικών υπαίθριων χώρων και στις συνθήκες θερμι...* <https://doi.org/10.12681/EADD/27035>

Παράρτημα Α: Πίνακες ανάλυσης περιοχής Μελέτης Περίπτωσης









Η περιοχή μελέτης αναλύθηκε σε πίνακες ανά οικοδομικό πολύγωνο. Σε κάθε ΟΠ εντοπίστηκε ένας χώρος που θα μετατραπεί σε πάρκο τσέπης και κάποιοι χώροι επέκτασης, όπου μπορεί να επεκταθεί το πάρκο ή να δημιουργηθεί έναν νέο.

Επεξηγήσεις πινάκων









Στοιχεία Οικοδομικού Πολυγώνου		
Εμβαδό	m ²	Καταγράφεται το εμβαδό του ΟΠ όπως μετρήθηκε στο ρυμοτομικό σχέδιο
Ακάλυπτοι Χώροι	m ²	Το εμβαδό των χώρων του ΟΠ που δεν καταλαμβάνονται από κτίρια, όπως αυτό εκτιμήθηκε από αεροφωτογραφία
Χωρίς Επίστρωση	m ²	Το εμβαδό των χώρων που δεν έχουν επιστρωθεί με υδατοστεγανό υλικό, όπως αυτό εκτιμήθηκε από αεροφωτογραφία. Το ποσοστό υπολογίζεται επί των ακάλυπτων χώρων του ΟΠ
Μέγιστο Ύψος Κτιρίων	m	Αναφέρεται στο ύψος του ψηλότερου κτιρίου του ΟΠ. Το ύψος των κτιρίων υπολογίστηκε οπτικά, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των ορόφων (με ύψος 3m έκαστος) και την εκτίμηση του ύψους του ισόγειου.
Σταθμισμένο ύψος κτιρίων	m	Υπολογίζεται με τη σχέση $v = \frac{\sum h_{big} A_{big}}{\sum A_{big}}$
Εκτ. Δόμηση	m ²	Εκτίμηση της συνολικής Δόμησης του ΟΠ. Υπολογίζεται με τη σχέση $\Delta_{εκτ} = \left[\frac{h_{big}}{3} - (h_{big} > 10) \right] A_{big}$. Τα κτίρια με ύψος άνω των 10m θεωρείται ότι έχουν πυλωτή στον ισόγειο όροφο.
Εκτ. Πραγματοπ. Σ.Δ.		Εκτίμηση του πραγματοποιημένου Σ.Δ. του Ο.Π. Υπολογίζεται με τη σχέση $\Sigma \Delta_{εκτ} = \Delta_{εκτ} / A_{ΟΠ}$. Η εκτίμηση του πραγματοποιημένου Σ.Δ. βοηθά στην εκτίμηση του κορεσμού του ΟΠ
Στοιχεία Περιοχής Μελέτης		
Εμβαδό	m ²	Το εμβαδό της περιοχής επέμβασης. Το ποσοστό υπολογίζεται επί των ακάλυπτων χώρων του ΟΠ.
Επέκταση	m ²	Το εμβαδό των περιοχών του ΟΠ όπου μπορεί να επεκταθεί το πάρκο ή να δημιουργηθεί νέο. Το ποσοστό υπολογίζεται επί των ακάλυπτων χώρων του ΟΠ.
Διαστάσεις	m	Οι διαστάσεις του πάρκου
Επίστρωση		Τα υλικά επίστρωσης του δαπέδου του χώρου επέμβασης
Φύτευση		Το είδος φύτευσης που υπάρχει στον χώρο επέμβασης
Ιδιοκτησιακό καθεστ.		Το ιδιοκτησιακό καθεστώς στον χώρο επέμβασης
Χρήση		Η τρέχουσα χρήση του χώρου επέμβασης

Υπόμνημα





Συμβολισμοί

-  Περιοχή μελέτης (ΠΜ)
-  Επέκταση
-  Ασφαλτος
-  Στεγανό δάπεδο
-  Χώμα
-  Γρασίδι
-  Θάμνοι
-  Θέση λήψης

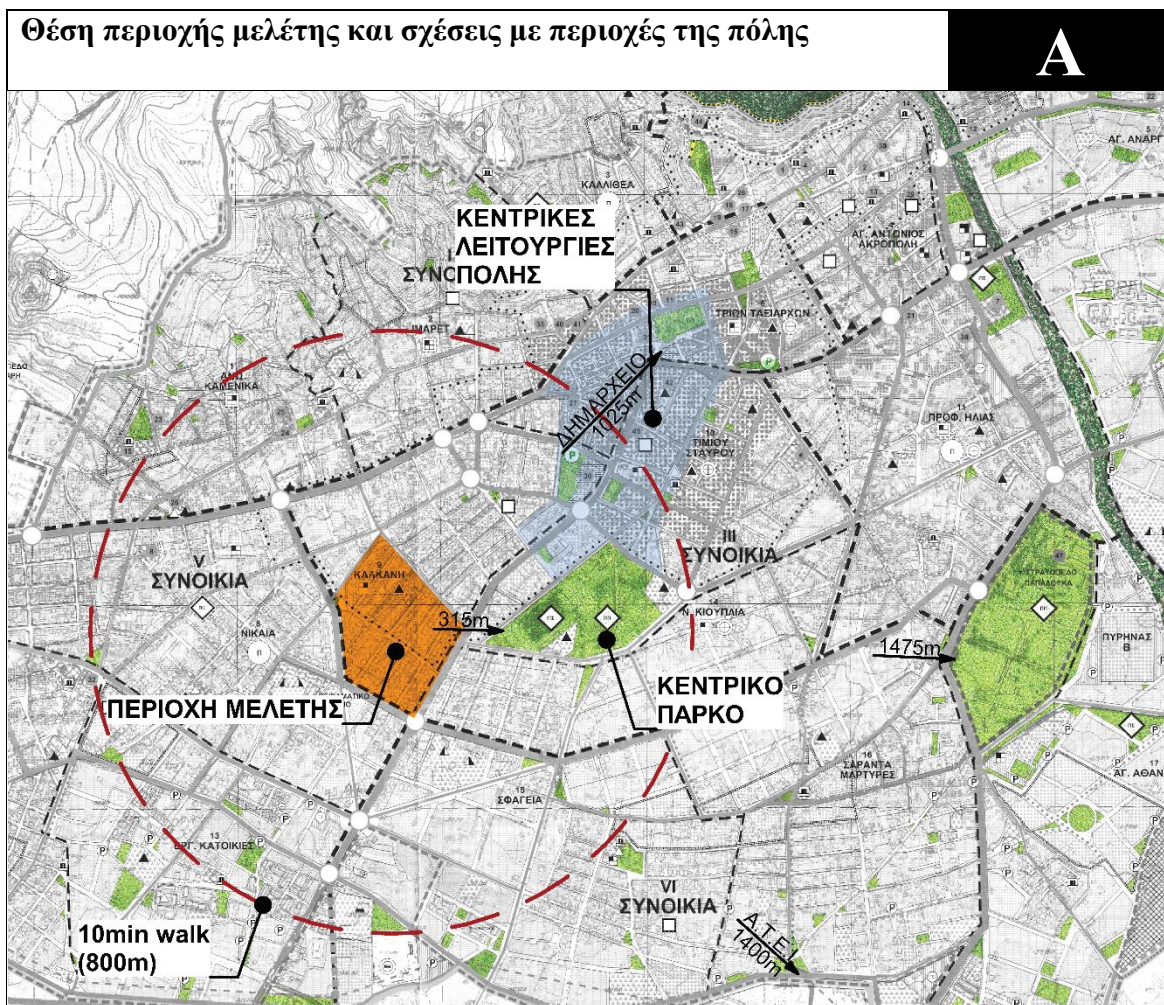
Ύψη κτιρίων (m)

-  > 23
-  20 - 23
-  17 - 20
-  14 - 17
-  11 - 14
-  8 - 11
-  5 - 8
-  ≤ 5

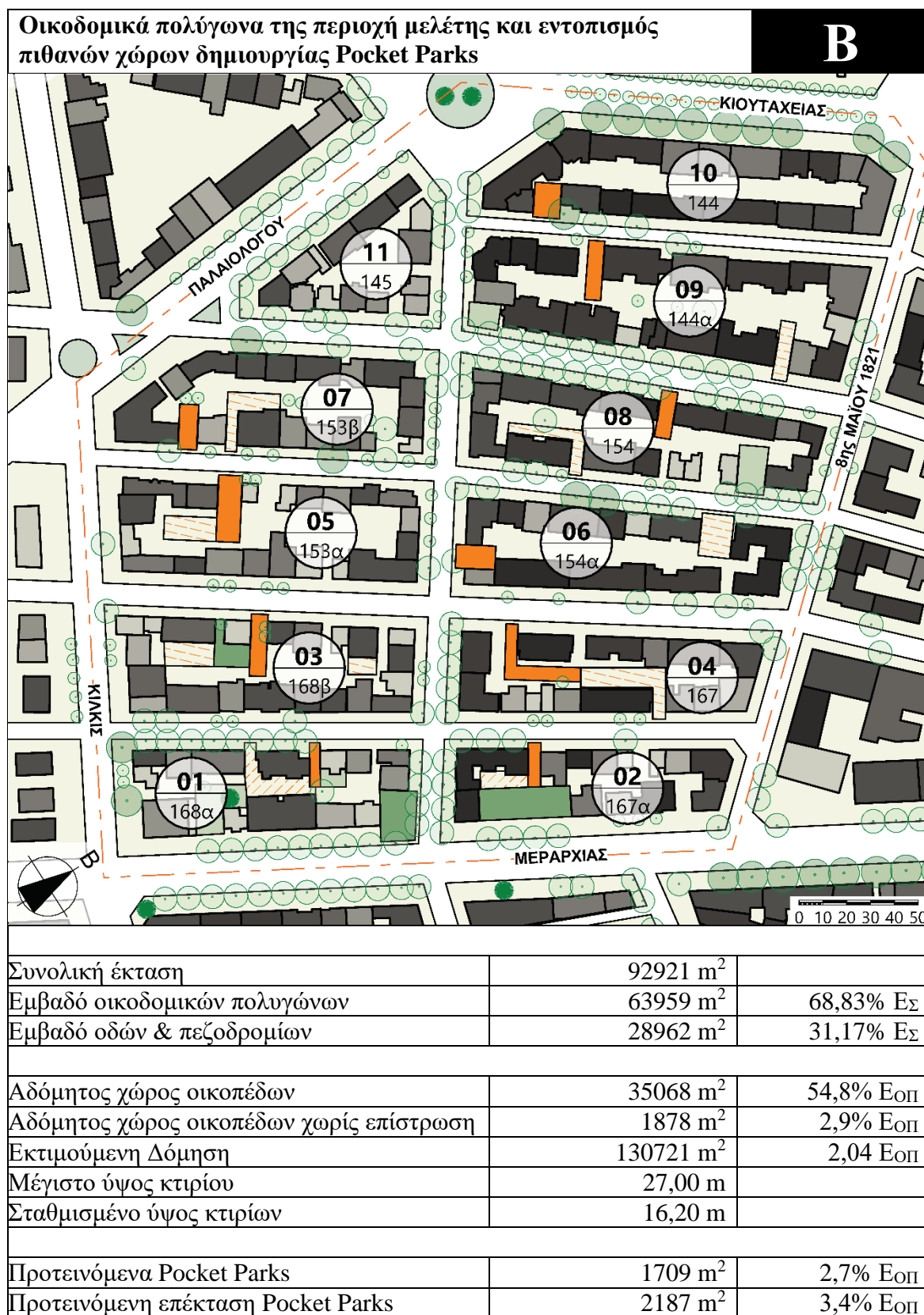
Δέντρα

-  Φυλλοβόλο h=5m
-  Φυλλοβόλο h=10m
-  Φυλλοβόλο h=15m
-  Αειθαλές h=10m

Πίνακας 11. Περιοχή μελέτης – θέση και σχέσεις



Πίνακας 12. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ περιοχής μελέτης



Πίνακας 13. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 01 (168^α)



Πίνακας 14. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 02 (167^α)



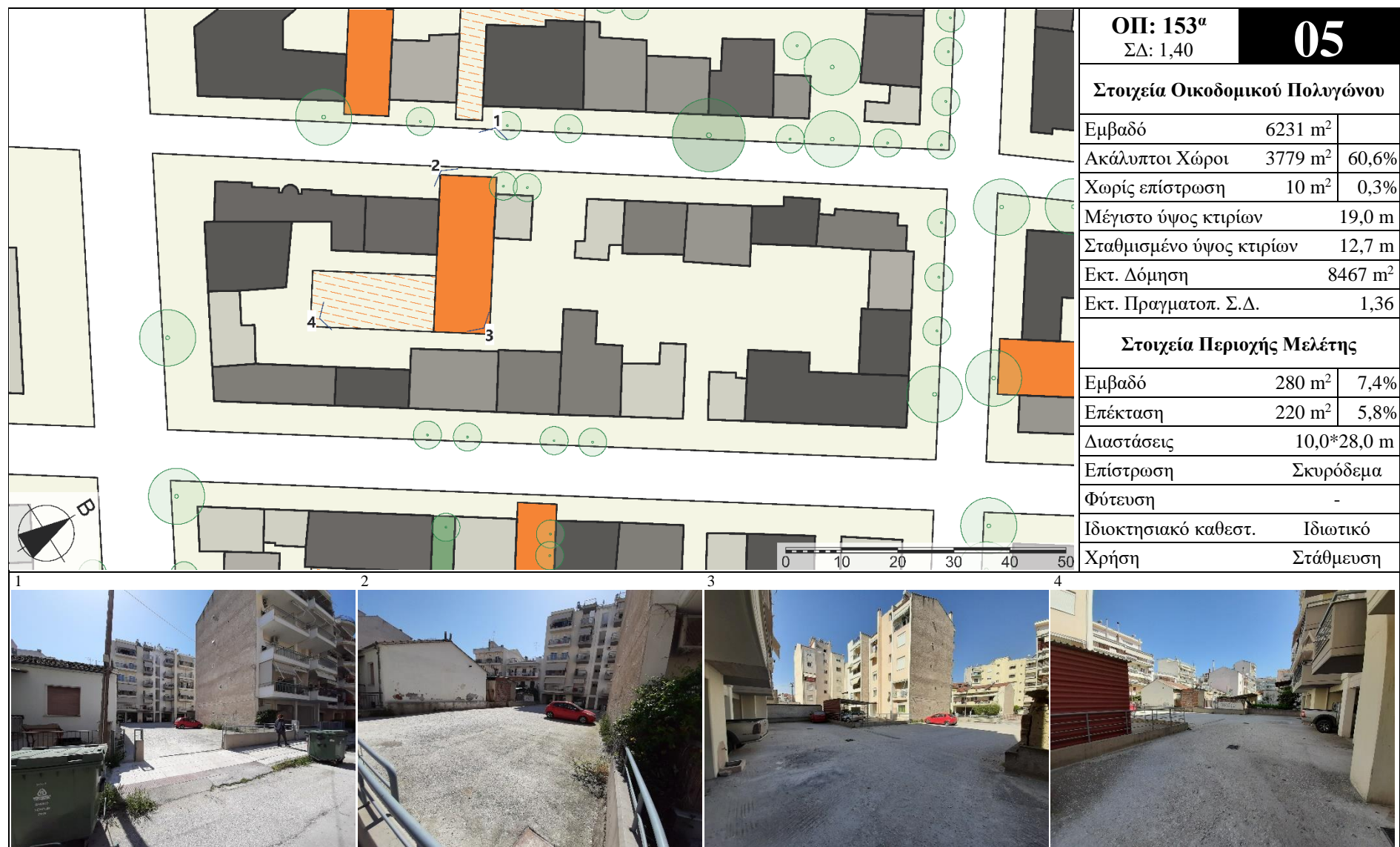
Πίνακας 15. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 03 (168^β)



Πίνακας 16. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 04 (167)



Πίνακας 17. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 05 (153^α)



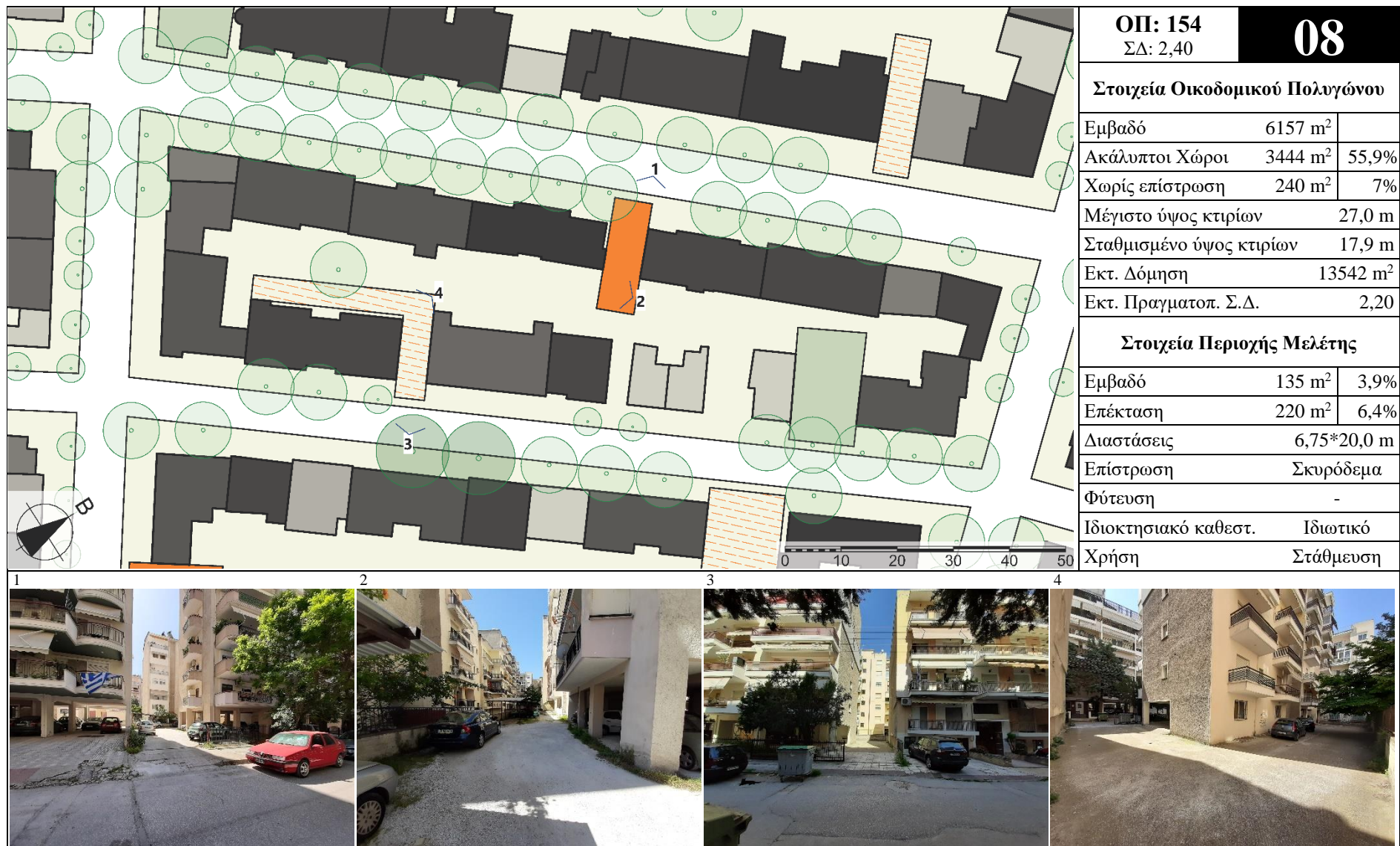
Πίνακας 18. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 06 (154^α)



Πίνακας 19. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 07 (153^β)



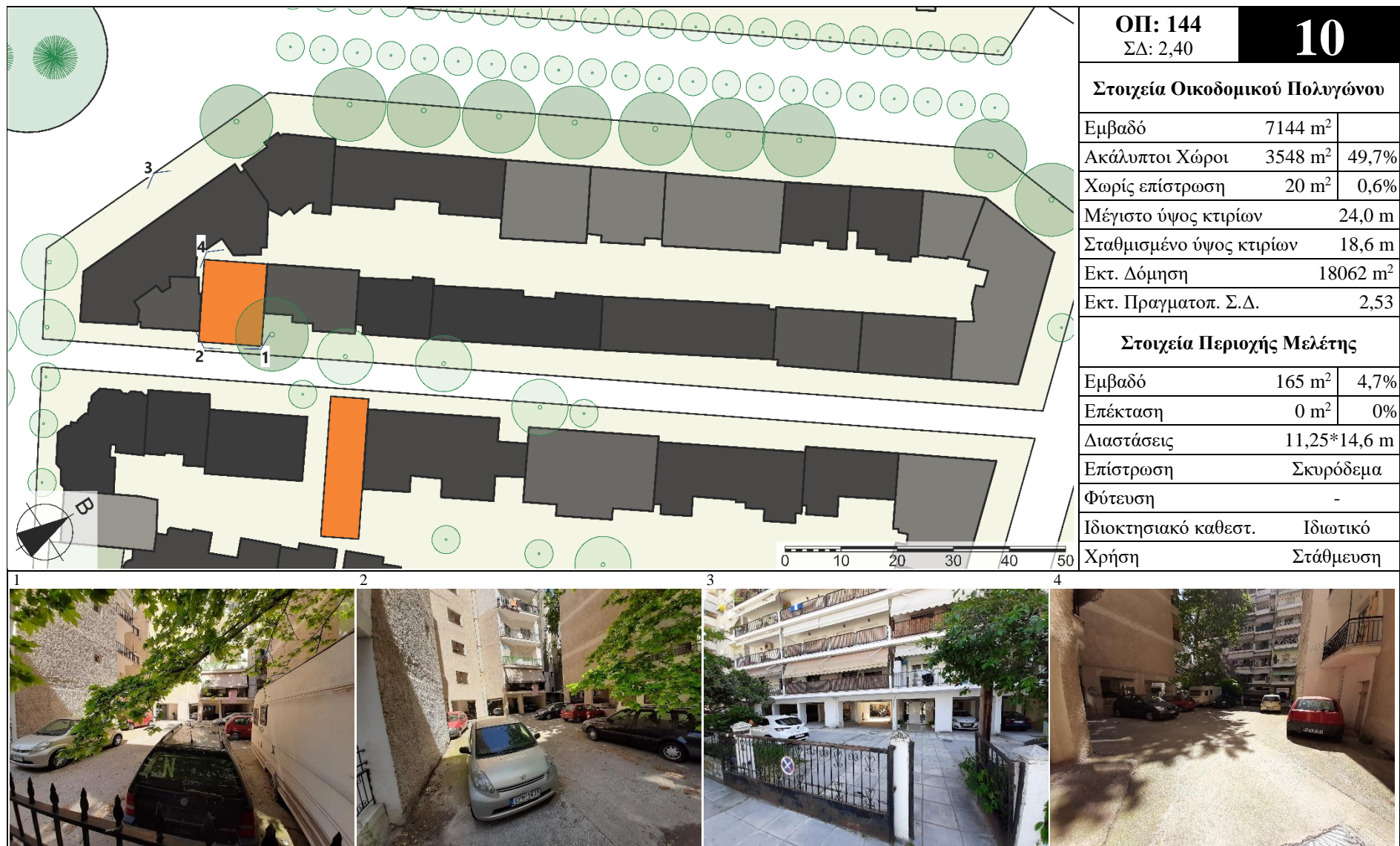
Πίνακας 20. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 08 (154)



Πίνακας 21. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 09 (144^α)

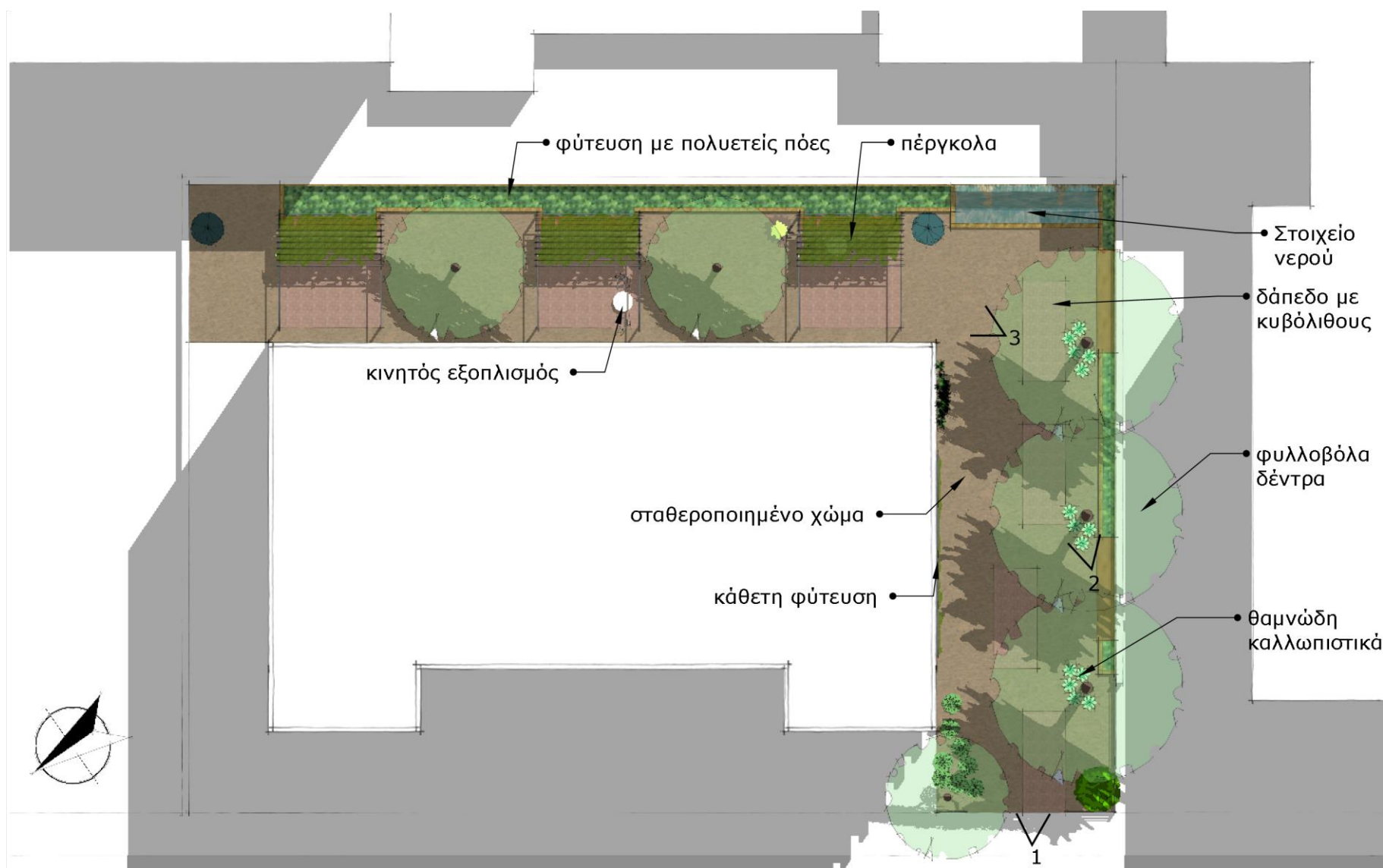


Πίνακας 22. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 10 (144)



Πίνακας 23. Υφιστάμενη κατάσταση ΟΠ 11 (145)





Εικόνα 23. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4ου ΟΠ – Κάτοψη (κλ. 1:200)



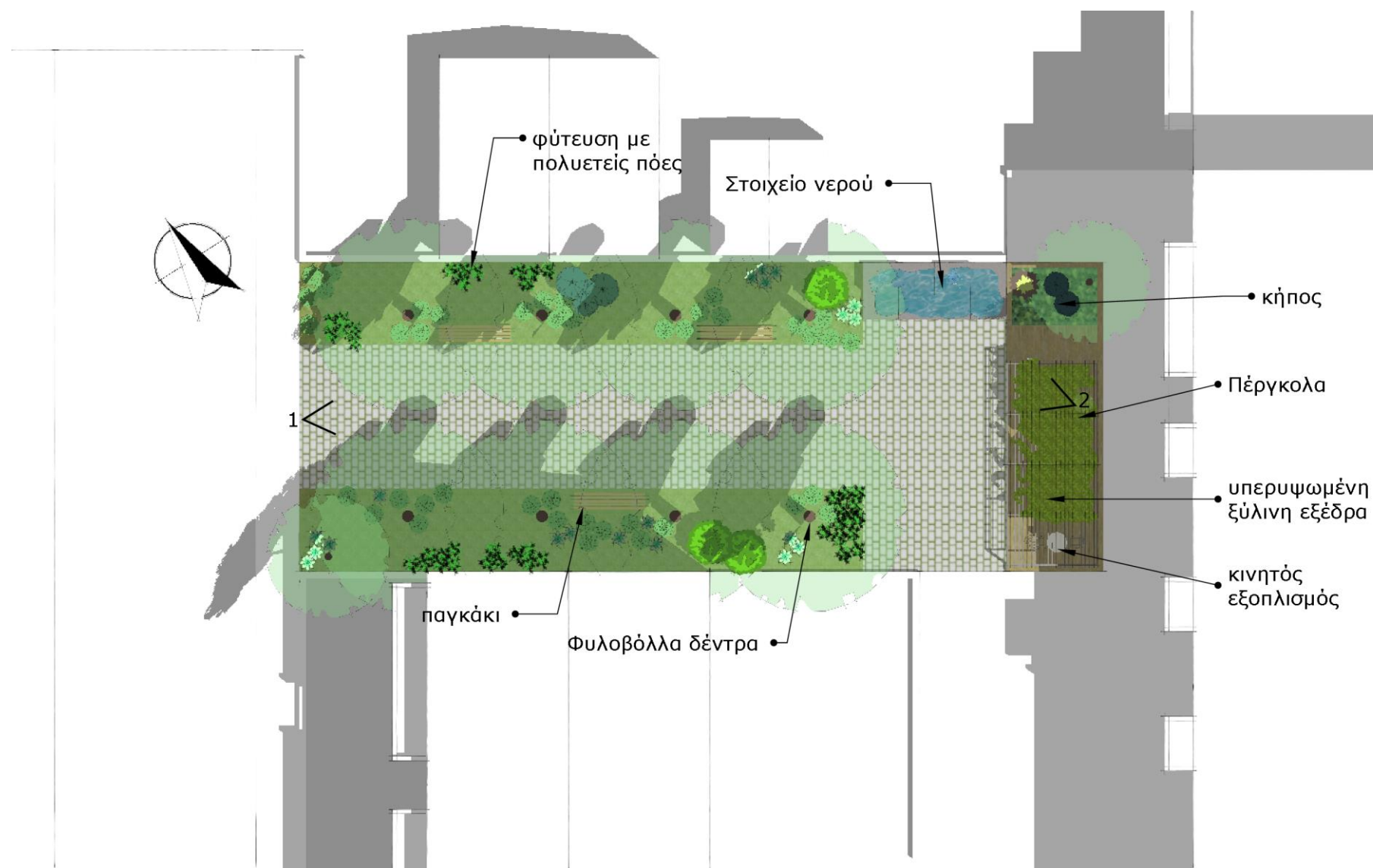
Εικόνα 24. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 1)



Εικόνα 25. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 2)



Εικόνα 26. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 4^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 3)



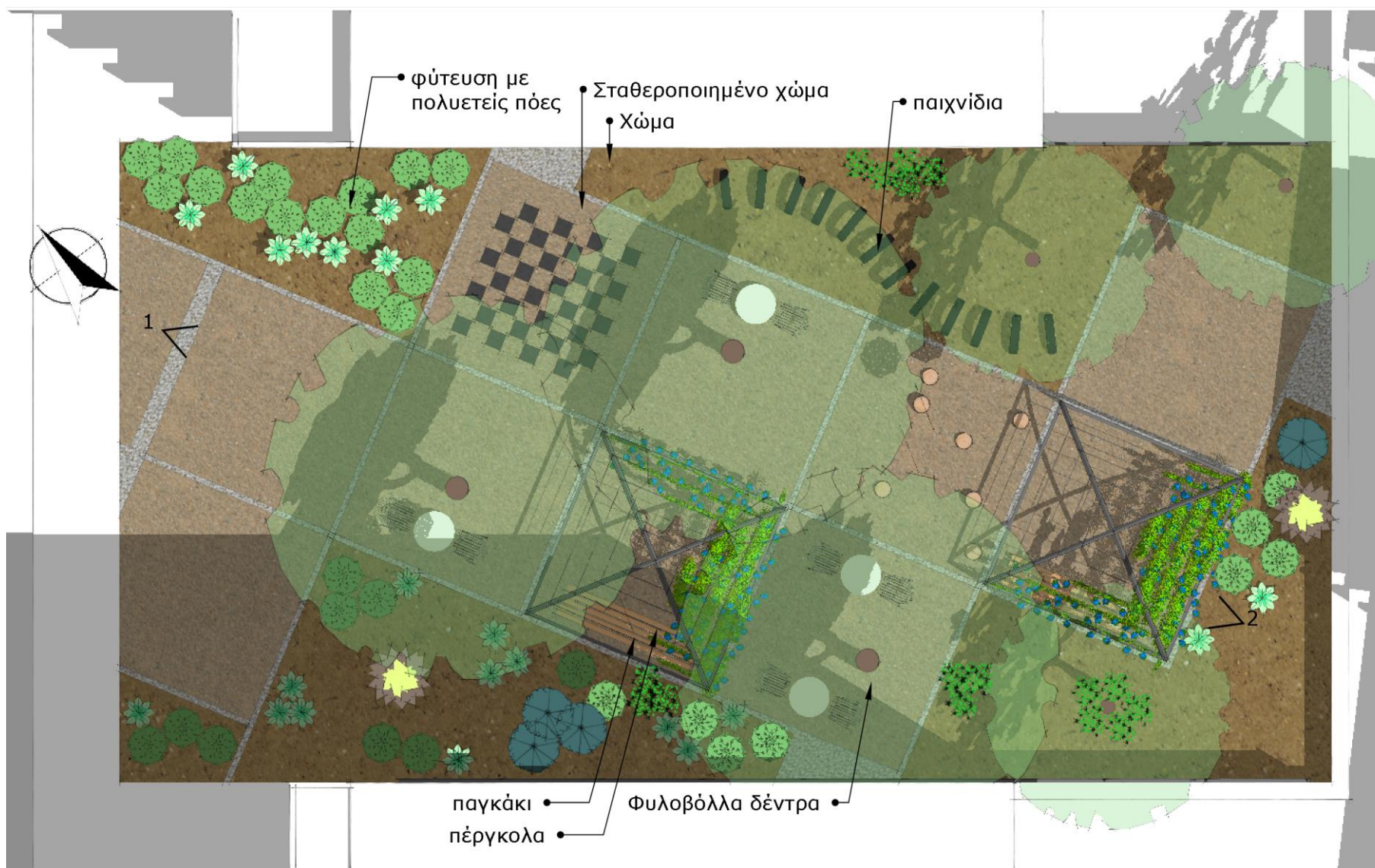
Εικόνα 27. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 5^{ου} ΟΠ – Κάτοψη (κλ. 1:200)



Εικόνα 28. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 5^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 1)



Εικόνα 29. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 5^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 2)



Εικόνα 30. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 9^{ου} ΟΠ – Κάτοψη (κλ. 1:100)



Εικόνα 31. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 9^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 1)



Εικόνα 32. Πρόταση πάρκου γειτονιάς του 9^{ου} ΟΠ – Προοπτική απεικόνιση (θέση 2)

Παράρτημα Β:

Κλιματικά δεδομένα του σταθμού Ε.Μ.Υ. Σερρών (1971 – 2017)

Πίνακας 24. Γενικό κλιματικό Σερρών περιόδου 1971-2017
Πηγή: Ε.Μ.Υ., σταθμός Σερρών

Όνομα Σταθμού	Κωδικός Σταθμού	Γεωγ. Μήκος Σταθμού	Γεωγ. Πλάτος Σταθμού	Ύψος Σταθμού	Περίοδος Λειτουργίας
ΣΕΡΡΕΣ	16606	23,53	41,08	32 μέτρα	1971 - 2017

ΓΕΝΙΚΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ Α

ΜΗΝΕΣ	Μέση πίεση hPa στην επιφ. της θάλασσας	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ °C								Μέση σχετική υγρασ. %	Μέση Ηλιοφάνεια σε ώρες	Μέση νέφωση όγδοα	ΥΨΟΣ		Επικρατ · διεύθυν ανέμου	Μέση έντ. ανέμου σε κόμβους
								Μέσο ύψος χλσμ.	Μέγ. 24ωρου σε χλσμ.							
		Μέση	Μέση Ελάχιστη		Απολύτως Μέγιστη	Απολύτως Ελάχιστη	Μέση απολύτως Μέγιστη	Μέση απολύτ Ελάχιστη								
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.019,98	4,23	8,50	0,04	21,20	-17,60	15,06	-6,91	78,27	99,98	4,56	37,00	23,40	N	1,89	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1.018,08	6,36	11,08	1,42	44,00	-12,60	19,15	-4,86	72,65	115,02	4,60	36,20	54,70	S	2,64	
ΜΑΡΤΙΟΣ	1.016,54	10,07	15,24	4,15	27,00	-6,80	22,61	-2,09	67,29	150,22	4,55	31,94	34,90	S	3,16	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.013,55	14,72	20,29	7,96	30,60	-5,40	26,20	2,33	63,16	190,36	4,34	40,28	38,60	S	3,23	
ΜΑΙΟΣ	1.013,42	20,21	25,85	12,90	38,20	4,60	31,63	7,34	60,39	237,20	4,06	48,62	65,30	S	3,14	
ΙΟΥΝΙΟΣ	1.012,82	24,68	30,46	16,85	41,40	7,60	36,23	11,92	54,96	295,57	3,09	43,31	59,30	S	3,61	
ΙΟΥΛΙΟΣ	1.012,07	26,97	32,85	18,87	44,60	11,40	38,04	14,68	51,64	318,33	2,27	27,77	47,10	S	3,27	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1.013,00	26,23	32,53	18,28	42,00	10,60	36,73	13,92	54,70	297,59	2,27	27,13	50,90	S	2,79	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1.015,56	21,88	28,19	14,57	36,60	1,80	33,24	9,02	60,91	237,45	2,81	24,43	43,30	S	2,65	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.018,72	15,97	21,63	9,93	34,20	-4,80	28,51	2,50	70,49	170,87	3,75	39,49	59,20	S	1,81	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1.019,27	9,87	14,64	5,01	26,40	-6,80	21,56	-2,43	76,93	107,34	4,61	47,56	42,50	S	1,75	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.019,65	5,20	9,31	1,18	20,40	-18,00	15,73	-5,48	81,13	81,65	4,70	55,17	58,90	S	1,52	
ΕΤΟΣ	1.016,06	15,53	20,88	9,26	44,60	-18,00	27,06	3,33	66,04	191,80	3,80	458,89	65,30	S	2,62	

Πίνακας 25. Μέσος αριθμός ημερών κλιματικών φαινομένων στις Σέρρες, περίοδου 1971-2017
Πηγή: Ε.Μ.Υ., σταθμός Σερρών

Όνομα Σταθμού	Κωδικός Σταθμού	Γεωγ. Μήκος Σταθμού	Γεωγ. Πλάτος Σταθμού	Ύψος Σταθμού	Περίοδος Λειτουργίας
ΣΕΡΡΕΣ	16606	23,53	41,08	32 μ	1971 - 2017

ΠΙΝΑΚΑΣ Β

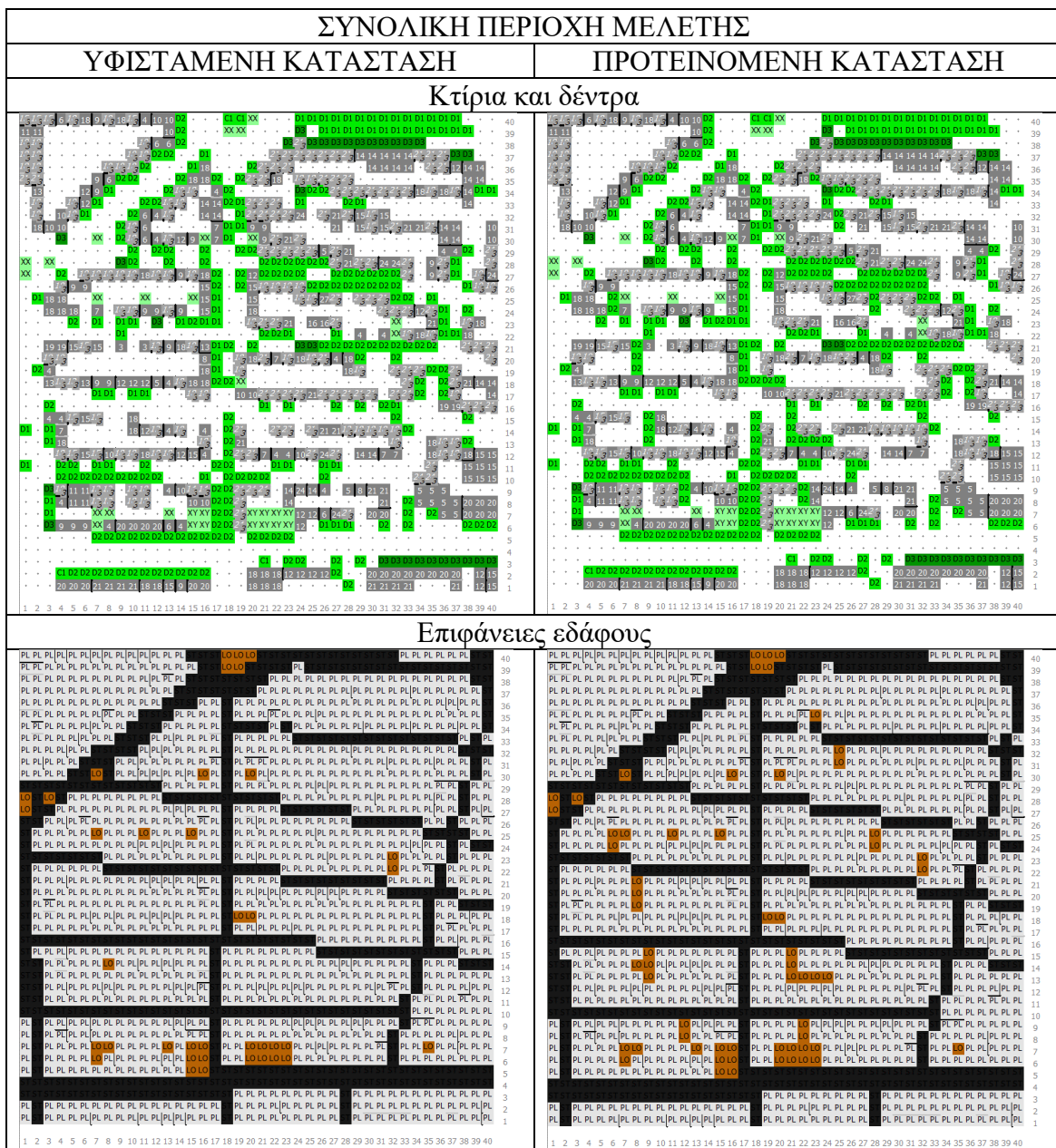
ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΣΗΜΕΙΩΘΗΚΕ

ΜΗΝΕΣ	Νέφωση από 0 - 1.5/8	Νέφωση από 1.6/8 - 6.4/8	Νέφωση από 6.5/8 - 8/8	Όμβρος	Βροχή	Χιόνι	Καταιγίδα	Χαλάζι	Ψεκάδες	Ομίχλη	Δρόσος	Πάχνη	Ελάχιστη θερμοκρασία α <= 0.0 °C	Μέγιστη θερμοκρασία <= 0.0 °C	Μέγιστ. Ταχύτητα ανέμου >= από 6 Μπ οφόρ	Μέγιστ. Ταχύτητα ανέμου >= από 8 Μπ οφόρ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6,43	12,91	11,00	0,09	7,27	1,79	0,21	0,00	0,42	5,27	0,19	6,73	16,61	0,49	1,70	0,43
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,40	12,00	9,23	0,00	7,09	1,51	0,17	0,00	0,49	3,29	0,41	4,05	10,95	0,20	2,60	0,48
ΜΑΡΤΙΟΣ	5,44	16,53	8,61	0,06	7,82	0,62	0,56	0,06	0,74	2,97	1,73	1,43	4,70	0,00	2,00	0,16
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4,49	17,83	7,23	0,09	9,32	0,06	1,82	0,06	0,24	1,26	2,54	0,03	0,16	0,00	1,92	0,00
ΜΑΙΟΣ	3,74	21,66	5,11	0,12	10,06	0,00	5,42	0,21	0,09	0,24	2,11	0,00	0,00	0,00	1,92	0,29
ΙΟΥΝΙΟΣ	7,62	20,35	1,73	0,12	7,27	0,00	6,55	0,03	0,09	0,12	1,58	0,00	0,00	0,00	2,65	0,30
ΙΟΥΛΙΟΣ	14,60	15,40	0,87	0,10	5,60	0,00	4,77	0,00	0,03	0,03	0,32	0,00	0,00	0,00	1,91	0,05
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	13,97	15,75	1,19	0,03	5,31	0,00	5,09	0,03	0,00	0,47	2,59	0,00	0,00	0,00	1,64	0,09
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	11,55	16,10	2,00	0,00	4,67	0,00	2,40	0,00	0,00	0,80	4,35	0,00	0,00	0,00	2,26	0,68
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	8,15	16,73	5,82	0,03	6,03	0,00	1,03	0,00	0,25	2,84	4,97	0,26	0,26	0,00	1,50	0,09
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	5,94	13,61	9,83	0,00	8,28	0,17	0,47	0,00	0,50	6,89	2,55	3,32	4,76	0,00	1,76	0,20
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6,03	13,68	10,26	0,00	8,48	1,06	0,23	0,00	0,52	7,13	0,47	7,35	13,00	0,19	0,90	0,05
ΕΤΟΣ	94,37	192,54	72,88	0,64	87,21	5,21	28,73	0,39	3,36	31,32	23,83	23,17	50,44	0,88	22,75	2,83

Οι στατιστικές τιμές αναφέρονται στο χρονικό διάστημα υπολογισμών της κλιματικής βάσης

Παράρτημα Γ: Αναλυτικά δεδομένα εισαγωγής και αποτελεσμάτων προσομοιώσεων

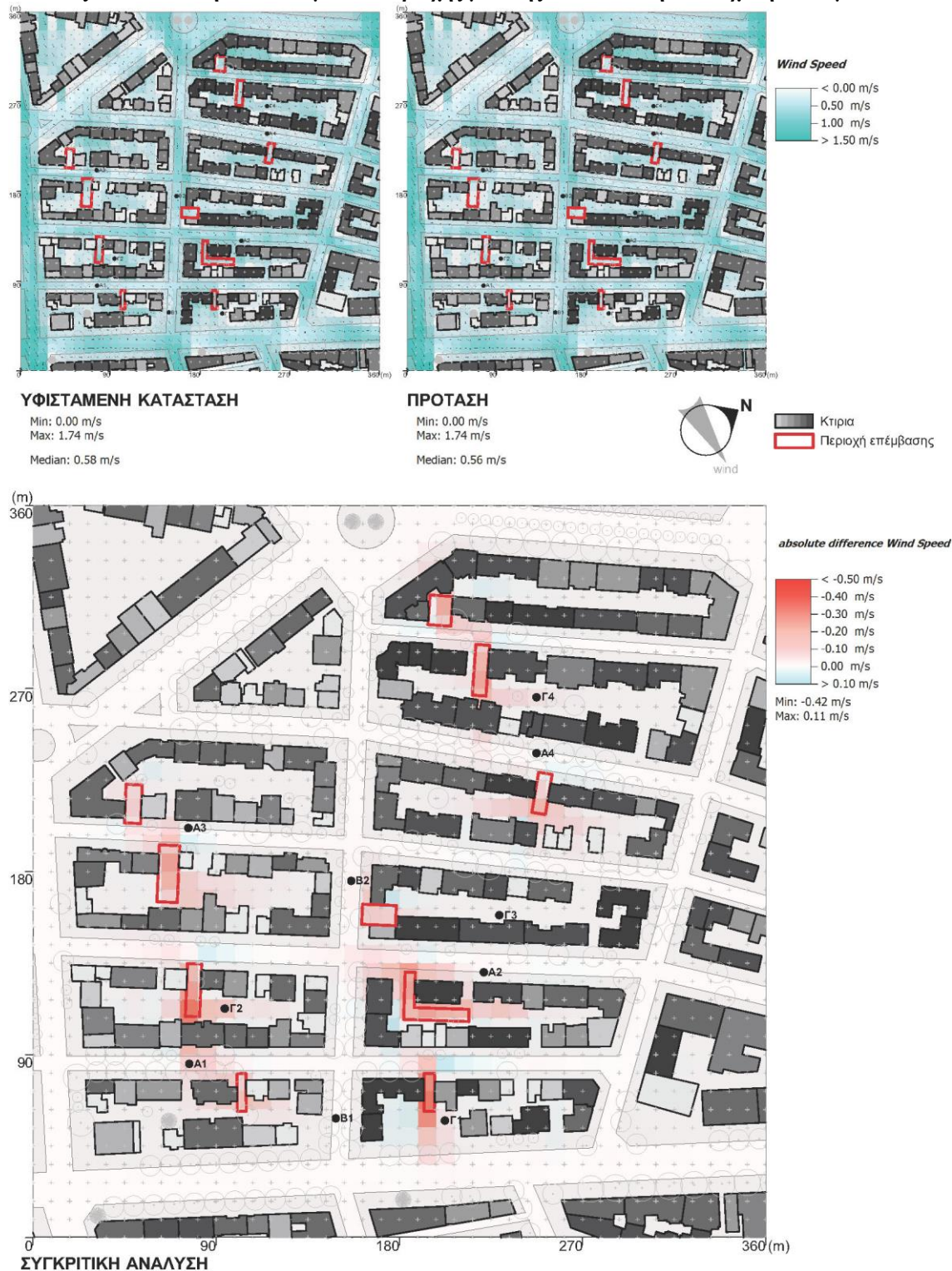
Πίνακας 26. Εισηγμένα δεδομένα της περιοχής μελέτης



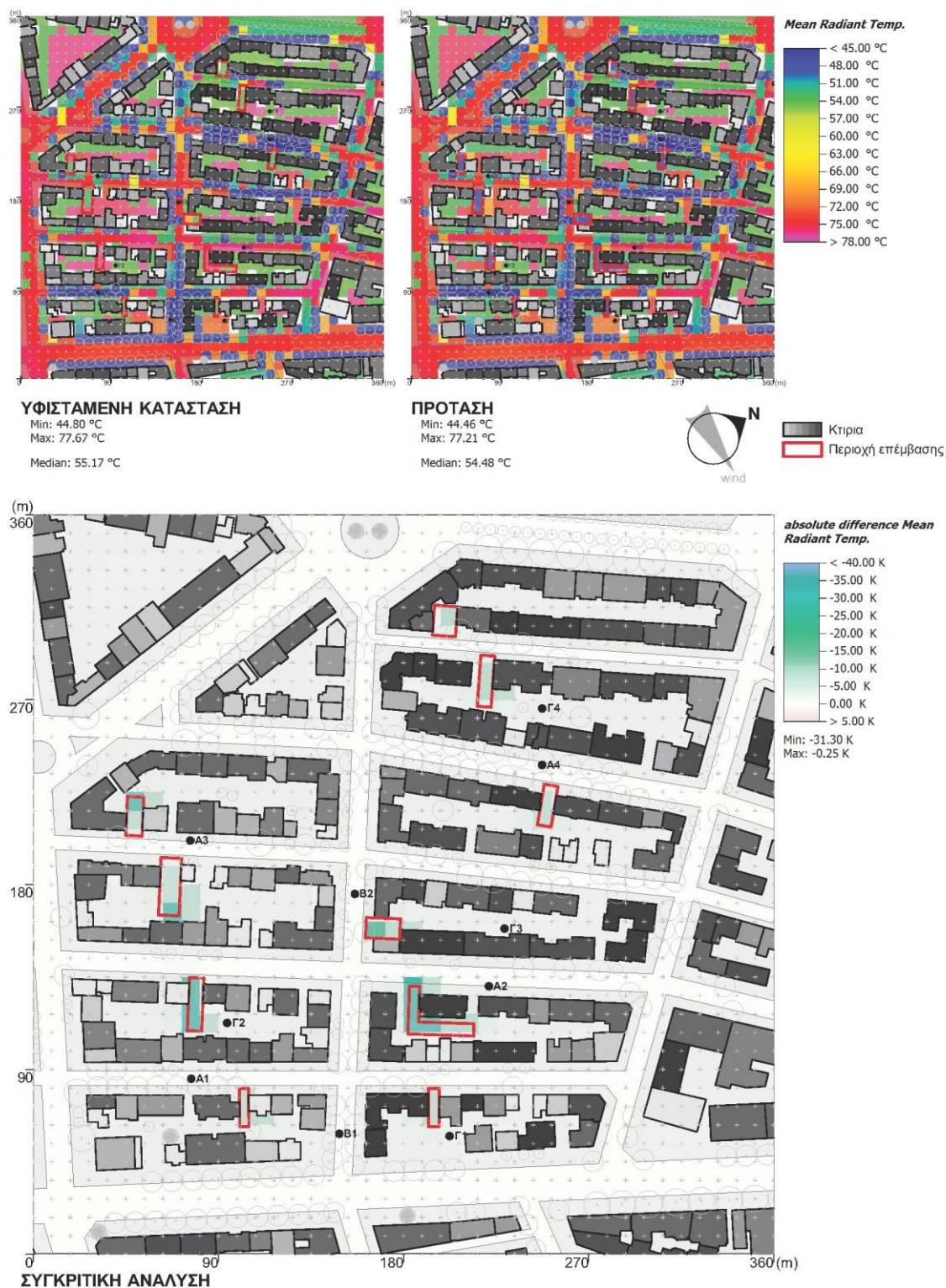
Πίνακας 27. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Θερμοκρασία Αέρα



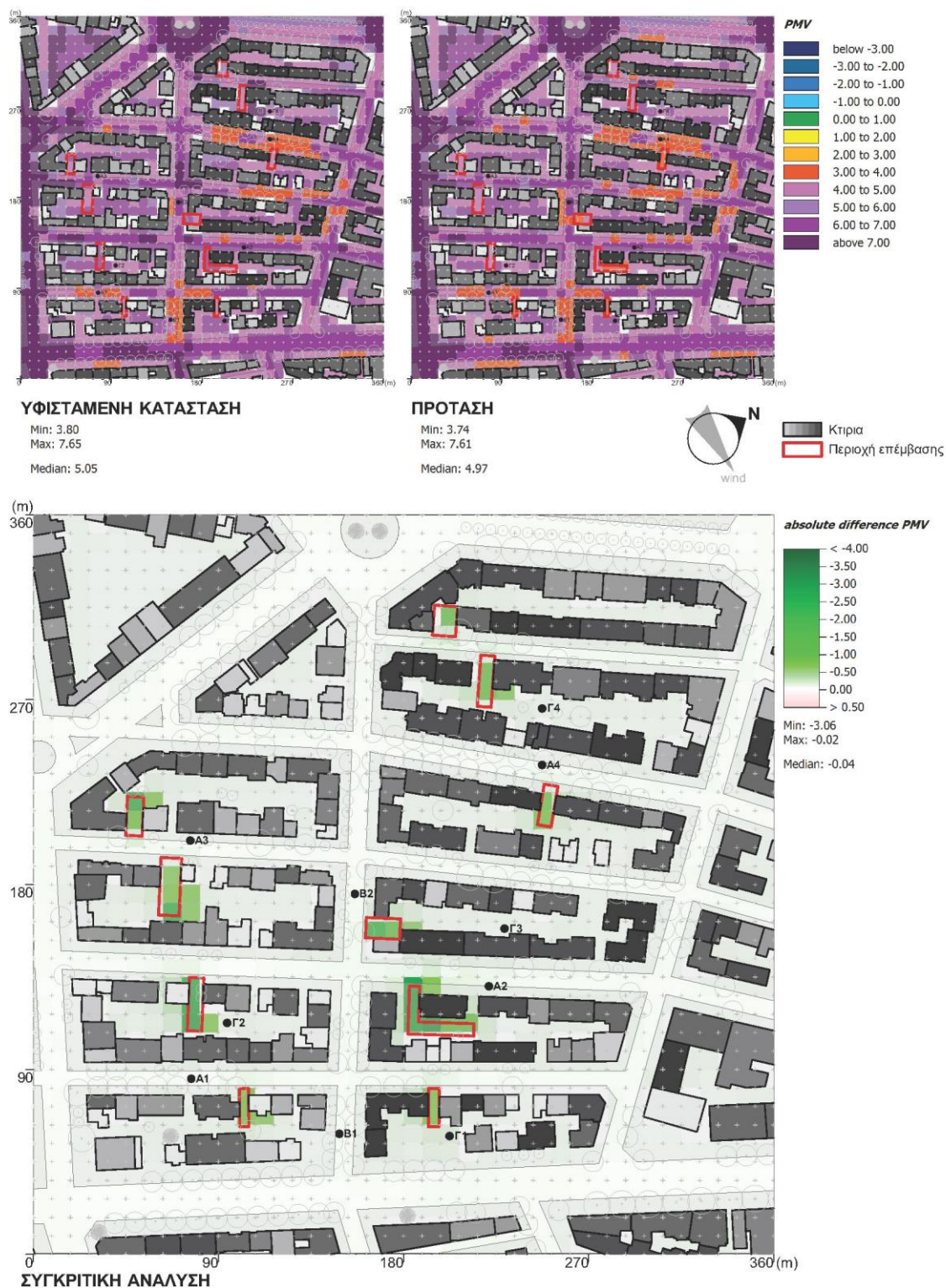
Πίνακας 28. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων



Πίνακας 29. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία



Πίνακας 30. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – Δείκτης PMV



Πίνακας 31. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α1

ΣΗΜΕΙΟ Α1								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,56	24,90	66,97	23,69	0,47	24,70	68,24	23,60
8	0,56	26,21	64,68	29,10	0,46	26,04	66,13	28,89
9	0,55	28,16	60,62	34,80	0,45	28,00	62,15	34,47
10	0,53	29,85	56,04	42,90	0,43	29,74	57,33	42,51
11	0,49	30,86	53,16	45,98	0,39	30,77	54,00	45,51
12	0,47	31,88	50,56	49,00	0,37	31,81	51,13	48,46
13	0,45	33,05	46,73	51,36	0,36	32,97	47,21	50,92
14	0,44	33,78	44,76	51,11	0,35	33,70	45,23	50,67
15	0,43	34,10	43,44	46,32	0,34	34,01	43,93	45,92
16	0,42	34,10	42,39	45,58	0,34	33,99	42,93	45,19
17	0,41	33,86	42,00	44,94	0,33	33,73	42,59	44,64
18	0,41	33,30	42,27	34,48	0,33	33,14	42,98	34,25
19	0,40	32,68	42,43	30,45	0,32	32,51	43,06	30,34
20	0,40	32,05	43,23	28,88	0,32	31,93	43,64	28,82
21	0,40	31,13	46,07	27,81	0,32	31,00	46,58	27,76
22	0,40	30,25	49,17	26,84	0,31	30,12	49,70	26,81
23	0,39	29,57	51,92	26,08	0,31	29,43	52,47	26,05
24	0,39	29,10	53,26	25,54	0,31	28,97	53,83	25,52
1	0,39	28,70	54,53	25,09	0,31	28,57	55,10	25,08
2	0,39	28,25	55,73	24,63	0,30	28,11	56,31	24,61
3	0,38	27,72	56,98	24,11	0,30	27,59	57,56	24,10
4	0,38	27,22	58,74	23,60	0,30	27,09	59,33	23,59
5	0,38	26,85	59,93	23,20	0,29	26,72	60,52	23,19
6	0,38	26,56	60,53	22,93	0,29	26,43	61,13	22,93

Πίνακας 32. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α2

ΣΗΜΕΙΟ Α2								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,65	25,45	64,40	23,77	0,65	25,40	64,72	23,61
8	0,64	26,47	62,67	32,31	0,65	26,41	63,08	31,86
9	0,64	28,11	59,30	40,21	0,65	28,03	59,83	39,53
10	0,63	29,76	54,53	46,93	0,64	29,69	55,08	46,14
11	0,62	30,97	51,12	52,09	0,62	30,90	51,66	51,20
12	0,62	32,04	48,72	55,81	0,62	31,97	49,18	54,84
13	0,61	33,24	45,08	73,67	0,61	33,17	45,53	72,96
14	0,61	34,02	43,01	76,17	0,61	33,94	43,47	75,48
15	0,61	34,28	41,91	76,87	0,61	34,19	42,38	76,21
16	0,61	34,21	41,11	50,30	0,61	34,11	41,59	49,45
17	0,61	33,95	40,86	45,35	0,61	33,84	41,35	44,64
18	0,61	33,44	41,28	38,54	0,61	33,34	41,74	37,99
19	0,61	32,78	41,93	30,97	0,60	32,70	42,24	30,77
20	0,60	32,09	43,11	26,65	0,60	32,03	43,30	26,67
21	0,60	31,23	45,72	25,14	0,60	31,18	45,91	25,20
22	0,60	30,41	48,55	23,93	0,59	30,36	48,74	24,02
23	0,60	29,76	51,08	23,04	0,59	29,71	51,27	23,14
24	0,59	29,31	52,46	22,43	0,59	29,27	52,64	22,54
1	0,59	28,93	53,65	21,91	0,58	28,89	53,83	22,03
2	0,59	28,50	54,82	21,36	0,58	28,46	55,00	21,49
3	0,59	28,01	56,03	20,76	0,58	27,97	56,21	20,89
4	0,58	27,53	57,64	20,19	0,57	27,49	57,81	20,33
5	0,58	27,17	58,80	19,76	0,57	27,13	58,98	19,91
6	0,58	26,89	59,44	19,47	0,57	26,85	59,62	19,62

Πίνακας 33. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α3

ΣΗΜΕΙΟ Α3								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,65	25,32	64,87	27,98	0,65	25,22	65,36	27,91
8	0,64	26,45	62,81	32,70	0,64	26,37	63,28	32,54
9	0,63	28,33	58,75	40,28	0,63	28,27	59,19	40,03
10	0,61	29,98	54,10	46,43	0,61	29,94	54,44	46,12
11	0,60	31,14	51,18	50,50	0,59	31,11	51,46	50,11
12	0,58	32,21	48,78	52,86	0,58	32,20	49,00	52,42
13	0,57	33,39	45,07	55,19	0,57	33,38	45,27	54,83
14	0,57	34,15	43,10	55,48	0,56	34,14	43,29	55,12
15	0,56	34,48	41,80	52,37	0,56	34,45	42,01	52,06
16	0,55	34,41	40,75	42,93	0,55	34,37	40,98	42,62
17	0,55	34,12	40,48	39,13	0,54	34,08	40,71	38,89
18	0,54	33,58	40,83	34,54	0,54	33,53	41,04	34,36
19	0,53	32,91	41,36	30,38	0,53	32,87	41,53	30,28
20	0,53	32,21	42,60	28,76	0,52	32,18	42,69	28,68
21	0,52	31,31	45,41	27,67	0,52	31,27	45,53	27,60
22	0,52	30,43	48,48	26,68	0,51	30,39	48,60	26,62
23	0,51	29,75	51,18	25,91	0,51	29,72	51,31	25,86
24	0,51	29,30	52,48	25,37	0,50	29,26	52,62	25,32
1	0,50	28,90	53,73	24,92	0,50	28,87	53,87	24,88
2	0,50	28,45	54,92	24,44	0,49	28,41	55,07	24,40
3	0,49	27,92	56,18	23,90	0,49	27,88	56,32	23,87
4	0,49	27,41	57,93	23,38	0,48	27,38	58,07	23,35
5	0,48	27,05	59,10	22,98	0,48	27,01	59,24	22,95
6	0,48	26,76	59,70	22,71	0,48	26,72	59,84	22,68

Πίνακας 34. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Α4

ΣΗΜΕΙΟ Α4								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,47	25,00	65,95	24,68	0,34	24,34	69,96	23,20
8	0,46	26,12	63,94	33,51	0,34	25,53	68,56	28,18
9	0,45	27,87	60,25	41,39	0,33	27,37	65,33	33,53
10	0,43	29,55	55,44	47,92	0,32	29,17	59,99	38,58
11	0,40	30,71	52,49	52,77	0,31	30,44	56,28	44,21
12	0,38	31,82	50,00	56,28	0,30	31,70	52,86	47,08
13	0,36	33,02	46,26	58,32	0,29	32,85	48,95	49,47
14	0,34	33,79	44,25	57,85	0,29	33,56	46,96	49,28
15	0,33	34,16	42,68	54,82	0,28	33,90	45,15	44,70
16	0,32	34,17	41,59	51,26	0,28	33,77	44,31	41,32
17	0,31	33,94	41,12	46,37	0,28	33,49	43,85	37,86
18	0,30	33,39	41,48	39,51	0,28	32,92	44,11	33,72
19	0,29	32,68	42,11	31,52	0,28	32,29	44,05	30,19
20	0,29	31,93	43,34	26,87	0,27	31,73	44,21	28,82
21	0,28	30,97	46,33	25,43	0,27	30,77	47,29	27,77
22	0,28	30,08	49,50	24,30	0,27	29,89	50,47	26,82
23	0,27	29,39	52,30	23,43	0,27	29,20	53,28	26,07
24	0,27	28,92	53,69	22,79	0,27	28,73	54,68	25,53
1	0,26	28,52	54,98	22,28	0,27	28,33	55,96	25,09
2	0,26	28,06	56,21	21,80	0,27	27,89	57,14	24,63
3	0,25	27,54	57,48	21,29	0,26	27,39	58,34	24,12
4	0,25	27,04	59,24	20,78	0,26	26,91	60,05	23,62
5	0,25	26,68	60,44	20,35	0,26	26,55	61,24	23,22
6	0,24	26,39	61,06	20,06	0,26	26,26	61,84	22,95

Πίνακας 35. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου B1

ΣΗΜΕΙΟ B1								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,50	25,26	65,73	23,75	0,50	25,21	66,11	23,67
8	0,50	26,39	64,00	28,90	0,50	26,33	64,47	28,75
9	0,49	28,13	60,86	34,37	0,49	28,07	61,40	34,13
10	0,47	29,72	56,78	39,50	0,47	29,66	57,25	39,20
11	0,45	30,72	53,99	45,21	0,45	30,68	54,38	44,83
12	0,44	31,77	51,39	48,13	0,44	31,74	51,73	47,70
13	0,43	32,93	47,62	50,44	0,43	32,90	47,91	50,09
14	0,43	33,70	45,43	50,24	0,42	33,66	45,70	49,88
15	0,42	34,05	43,96	47,27	0,42	34,01	44,24	46,97
16	0,41	33,90	43,17	42,10	0,41	33,82	43,52	41,81
17	0,41	33,60	42,84	38,49	0,41	33,53	43,18	38,27
18	0,41	33,10	42,94	34,19	0,40	33,02	43,27	34,02
19	0,40	32,55	42,91	30,34	0,40	32,48	43,17	30,25
20	0,40	31,99	43,55	28,94	0,40	31,94	43,71	28,86
21	0,40	31,14	46,16	27,89	0,40	31,09	46,34	27,82
22	0,40	30,32	49,01	26,92	0,39	30,28	49,18	26,86
23	0,39	29,67	51,55	26,17	0,39	29,62	51,72	26,11
24	0,39	29,22	52,93	25,63	0,39	29,18	53,09	25,58
1	0,39	28,84	54,12	25,19	0,39	28,80	54,29	25,14
2	0,39	28,41	55,30	24,72	0,39	28,37	55,46	24,68
3	0,38	27,91	56,53	24,20	0,38	27,87	56,68	24,16
4	0,38	27,42	58,15	23,69	0,38	27,39	58,31	23,65
5	0,38	27,06	59,32	23,29	0,38	27,03	59,48	23,25
6	0,38	26,78	59,97	23,03	0,38	26,75	60,12	22,99

Πίνακας 36. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου B2

ΣΗΜΕΙΟ B2								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,77	25,30	65,44	23,49	0,76	25,29	65,51	23,36
8	0,77	26,37	64,00	30,74	0,75	26,35	64,08	30,41
9	0,76	28,21	60,22	37,88	0,74	28,19	60,31	37,38
10	0,74	30,25	54,35	68,89	0,73	30,24	54,40	68,42
11	0,72	31,57	50,66	69,28	0,70	31,57	50,68	68,71
12	0,71	32,71	47,99	69,16	0,69	32,70	48,02	68,51
13	0,70	33,88	44,37	71,41	0,68	33,87	44,41	70,88
14	0,70	34,63	42,38	74,00	0,68	34,61	42,44	73,48
15	0,69	34,96	41,13	74,50	0,67	34,95	41,18	74,03
16	0,69	34,82	40,49	64,85	0,67	34,79	40,56	64,34
17	0,68	34,23	40,99	49,06	0,66	34,20	41,06	48,60
18	0,68	33,48	41,91	36,67	0,66	33,45	41,98	36,29
19	0,67	32,79	42,27	30,61	0,65	32,77	42,32	30,46
20	0,67	32,20	42,83	27,53	0,65	32,18	42,86	27,49
21	0,67	31,29	45,62	26,18	0,65	31,28	45,66	26,17
22	0,66	30,42	48,64	25,04	0,64	30,41	48,68	25,05
23	0,66	29,74	51,30	24,19	0,64	29,73	51,34	24,21
24	0,66	29,28	52,65	23,63	0,64	29,27	52,68	23,65
1	0,65	28,89	53,88	23,13	0,63	28,88	53,92	23,17
2	0,65	28,44	55,08	22,59	0,63	28,43	55,11	22,63
3	0,65	27,92	56,33	21,99	0,63	27,91	56,36	22,03
4	0,64	27,42	58,03	21,42	0,62	27,41	58,07	21,46
5	0,64	27,06	59,21	21,00	0,62	27,05	59,24	21,05
6	0,64	26,77	59,82	20,72	0,62	26,76	59,85	20,77

Πίνακας 37. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ1

ΣΗΜΕΙΟ Γ1								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,20	25,33	65,46	23,01	0,15	25,17	66,60	22,82
8	0,19	26,42	63,70	30,36	0,15	26,27	65,21	29,86
9	0,19	28,16	60,39	37,16	0,14	28,01	62,23	36,42
10	0,18	30,11	56,24	67,75	0,13	29,88	58,03	67,06
11	0,17	31,20	52,70	67,33	0,12	30,98	54,26	66,53
12	0,16	32,24	49,87	66,80	0,12	32,05	51,15	65,90
13	0,16	33,43	45,89	68,53	0,12	33,23	46,98	67,72
14	0,16	34,30	43,27	71,37	0,12	34,08	44,38	70,60
15	0,16	34,67	41,69	73,12	0,12	34,40	42,79	72,38
16	0,16	34,18	41,76	46,62	0,11	33,98	42,75	45,70
17	0,15	33,78	41,75	42,54	0,11	33,57	42,76	41,76
18	0,15	33,29	42,07	36,82	0,11	33,03	43,21	36,23
19	0,15	32,63	42,57	30,28	0,11	32,43	43,45	30,07
20	0,15	31,97	43,57	26,54	0,10	31,85	44,06	26,57
21	0,14	31,12	46,17	25,03	0,10	31,00	46,68	25,10
22	0,14	30,30	48,98	23,81	0,10	30,19	49,47	23,91
23	0,14	29,65	51,49	22,92	0,10	29,55	51,98	23,03
24	0,14	29,20	52,92	22,32	0,10	29,10	53,40	22,45
1	0,13	28,82	54,11	21,81	0,09	28,72	54,58	21,94
2	0,13	28,40	55,29	21,26	0,09	28,30	55,75	21,39
3	0,13	27,91	56,51	20,65	0,09	27,82	56,96	20,79
4	0,13	27,43	58,08	20,07	0,09	27,35	58,54	20,21
5	0,13	27,07	59,27	19,65	0,09	26,99	59,71	19,79
6	0,13	26,79	59,93	19,36	0,09	26,71	60,37	19,51

Πίνακας 38. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ2

ΣΗΜΕΙΟ Γ2								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,49	25,65	63,11	23,97	0,32	25,54	63,99	23,83
8	0,48	26,80	60,75	32,80	0,31	26,66	61,93	32,38
9	0,48	28,55	56,90	40,75	0,30	28,38	58,33	40,09
10	0,47	30,05	52,82	47,35	0,29	29,89	54,10	46,57
11	0,46	30,96	50,50	52,27	0,29	30,83	51,51	51,38
12	0,46	31,96	48,36	55,88	0,29	31,86	49,20	54,90
13	0,46	33,19	44,66	73,53	0,29	33,07	45,47	72,79
14	0,45	33,99	42,63	76,07	0,29	33,85	43,43	75,35
15	0,45	34,36	41,28	54,53	0,29	34,21	42,10	53,70
16	0,45	34,41	40,17	50,90	0,29	34,23	41,04	50,05
17	0,44	34,16	39,85	46,01	0,29	33,97	40,77	45,29
18	0,44	33,67	40,18	39,11	0,28	33,45	41,16	38,55
19	0,43	32,98	41,03	31,10	0,28	32,78	41,82	30,90
20	0,43	32,22	42,59	26,38	0,28	32,09	43,04	26,41
21	0,42	31,34	45,28	24,83	0,27	31,20	45,80	24,91
22	0,42	30,48	48,26	23,62	0,27	30,34	48,78	23,73
23	0,41	29,81	50,90	22,71	0,27	29,67	51,41	22,84
24	0,41	29,36	52,21	22,08	0,26	29,23	52,73	22,22
1	0,41	28,97	53,43	21,56	0,26	28,85	53,95	21,71
2	0,40	28,52	54,64	21,02	0,25	28,40	55,16	21,18
3	0,40	27,99	55,92	20,44	0,25	27,87	56,43	20,61
4	0,39	27,48	57,65	19,88	0,25	27,37	58,15	20,06
5	0,39	27,12	58,81	19,45	0,24	27,01	59,32	19,63
6	0,39	26,84	59,42	19,16	0,24	26,73	59,92	19,34

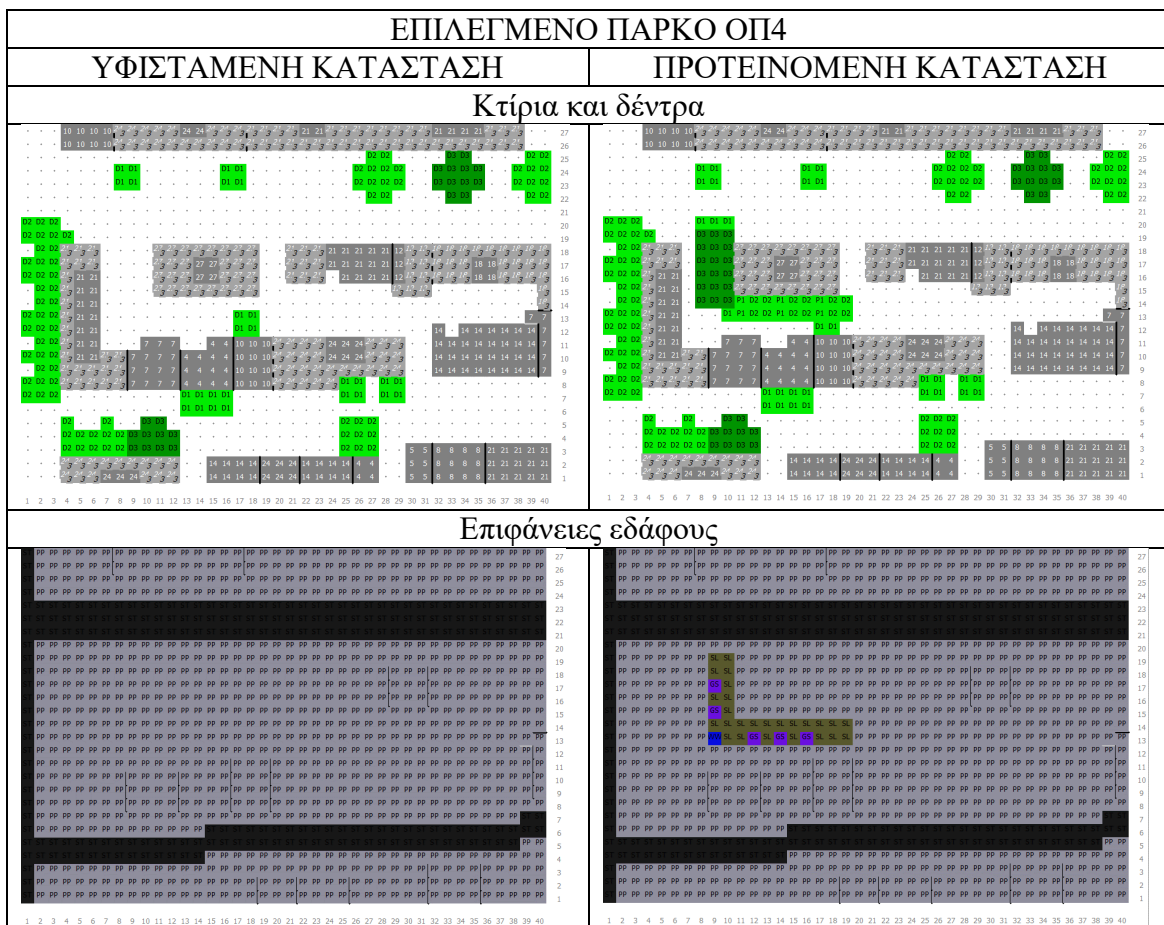
Πίνακας 39. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ3

ΣΗΜΕΙΟ Γ3								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,98	25,42	64,62	23,88	0,98	25,41	64,66	23,73
8	0,97	26,42	63,08	32,55	0,98	26,41	63,15	32,23
9	0,96	28,03	59,85	40,52	0,97	28,01	59,97	40,03
10	0,94	29,61	55,28	47,30	0,95	29,58	55,43	46,71
11	0,91	30,69	52,14	52,47	0,91	30,66	52,30	51,78
12	0,89	31,75	49,68	56,20	0,90	31,71	49,82	55,44
13	0,88	32,95	45,95	73,99	0,88	32,92	46,08	73,44
14	0,87	33,74	43,84	76,48	0,87	33,70	43,99	75,94
15	0,85	34,12	42,43	77,16	0,86	34,08	42,58	76,69
16	0,84	34,14	41,42	50,65	0,84	34,09	41,58	50,06
17	0,83	33,91	41,06	45,66	0,83	33,86	41,21	45,17
18	0,82	33,41	41,44	38,77	0,82	33,37	41,58	38,37
19	0,82	32,75	42,01	31,06	0,82	32,72	42,11	30,87
20	0,81	32,06	43,17	26,64	0,81	32,04	43,24	26,55
21	0,80	31,19	45,84	25,12	0,81	31,17	45,91	25,07
22	0,80	30,36	48,73	23,92	0,80	30,34	48,79	23,88
23	0,79	29,70	51,30	23,02	0,79	29,68	51,35	23,00
24	0,79	29,26	52,65	22,41	0,79	29,24	52,70	22,39
1	0,78	28,88	53,85	21,89	0,78	28,86	53,89	21,87
2	0,78	28,44	55,02	21,34	0,78	28,43	55,07	21,33
3	0,77	27,94	56,25	20,75	0,77	27,93	56,30	20,75
4	0,77	27,45	57,88	20,19	0,77	27,44	57,93	20,18
5	0,76	27,10	59,04	19,76	0,76	27,09	59,09	19,76
6	0,76	26,82	59,67	19,47	0,76	26,81	59,71	19,47

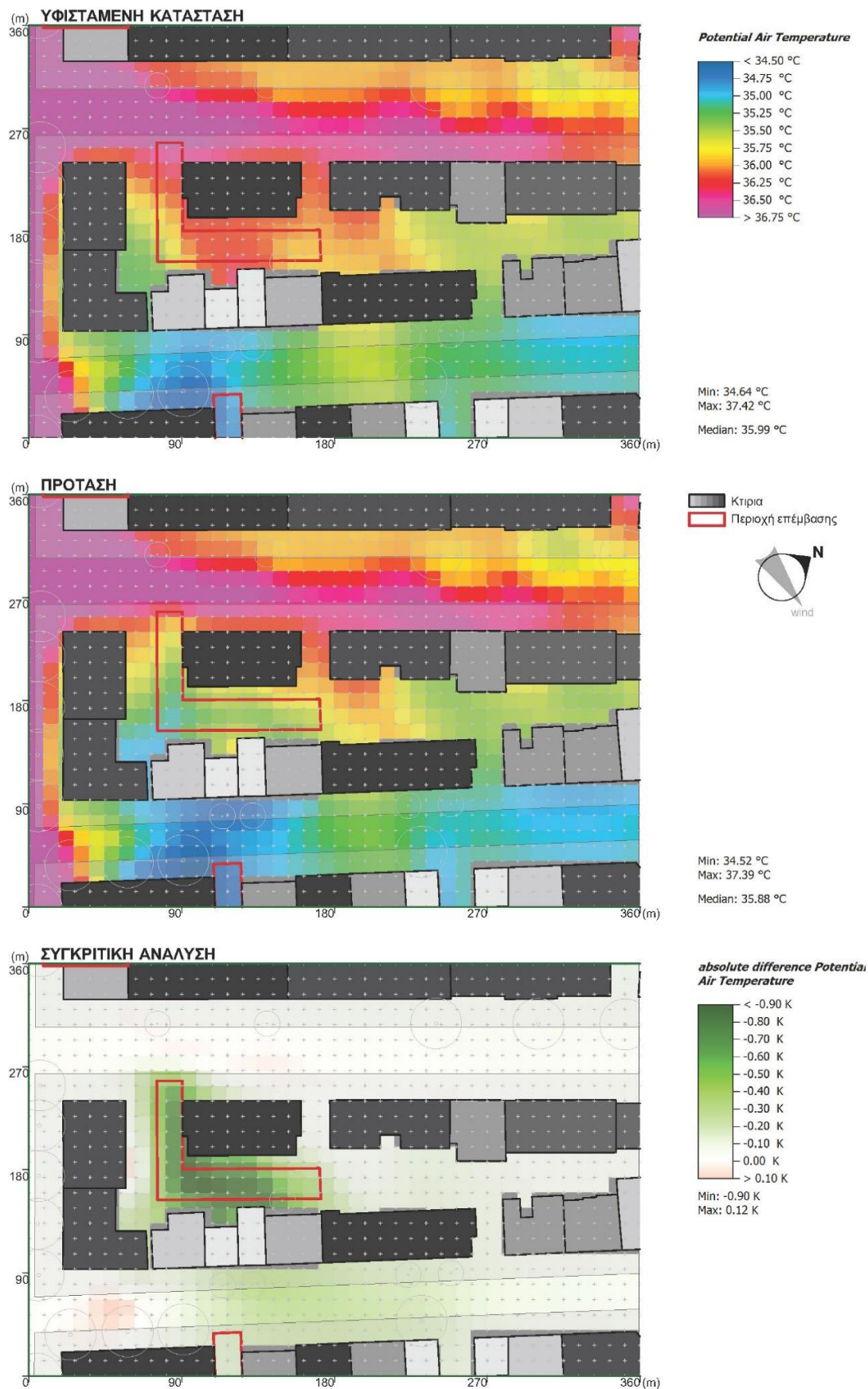
Πίνακας 40. Ανάλυση αποτελεσμάτων περιοχής μελέτης – μετρήσεις σημείου Γ4

ΣΗΜΕΙΟ Γ4								
ΩΡΑ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ				ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση θερμοκρασία επιφανειών	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)
7	0,72	24,54	68,00	23,95	0,67	24,46	68,56	23,79
8	0,71	25,81	65,68	32,74	0,67	25,71	66,44	32,40
9	0,70	27,76	61,45	40,68	0,66	27,63	62,49	40,16
10	0,68	29,66	55,35	47,29	0,64	29,50	56,35	46,67
11	0,66	30,92	51,67	52,23	0,62	30,78	52,50	51,51
12	0,65	32,03	48,95	55,85	0,61	31,93	49,55	55,05
13	0,65	33,29	44,97	73,51	0,61	33,21	45,42	72,93
14	0,65	34,11	42,91	76,06	0,60	34,01	43,34	75,49
15	0,64	34,46	41,54	54,47	0,60	34,36	41,94	53,85
16	0,64	34,43	40,55	50,82	0,60	34,31	41,06	50,17
17	0,63	34,18	40,24	45,93	0,59	34,03	40,81	45,39
18	0,63	33,63	40,69	39,04	0,59	33,47	41,32	38,60
19	0,62	32,88	41,46	31,09	0,58	32,72	42,01	30,89
20	0,62	32,09	42,77	26,42	0,58	31,96	43,17	26,34
21	0,61	31,08	45,94	24,88	0,57	30,95	46,40	24,83
22	0,61	30,14	49,32	23,66	0,57	30,02	49,76	23,64
23	0,61	29,41	52,28	22,76	0,56	29,30	52,72	22,74
24	0,60	28,93	53,65	22,13	0,56	28,82	54,10	22,12
1	0,60	28,51	55,01	21,61	0,56	28,40	55,45	21,61
2	0,59	28,03	56,25	21,07	0,55	27,93	56,69	21,07
3	0,59	27,49	57,52	20,49	0,55	27,40	57,96	20,50
4	0,59	26,98	59,39	19,93	0,54	26,88	59,81	19,94
5	0,58	26,60	60,60	19,50	0,54	26,51	61,03	19,52
6	0,58	26,31	61,20	19,21	0,54	26,22	61,62	19,22

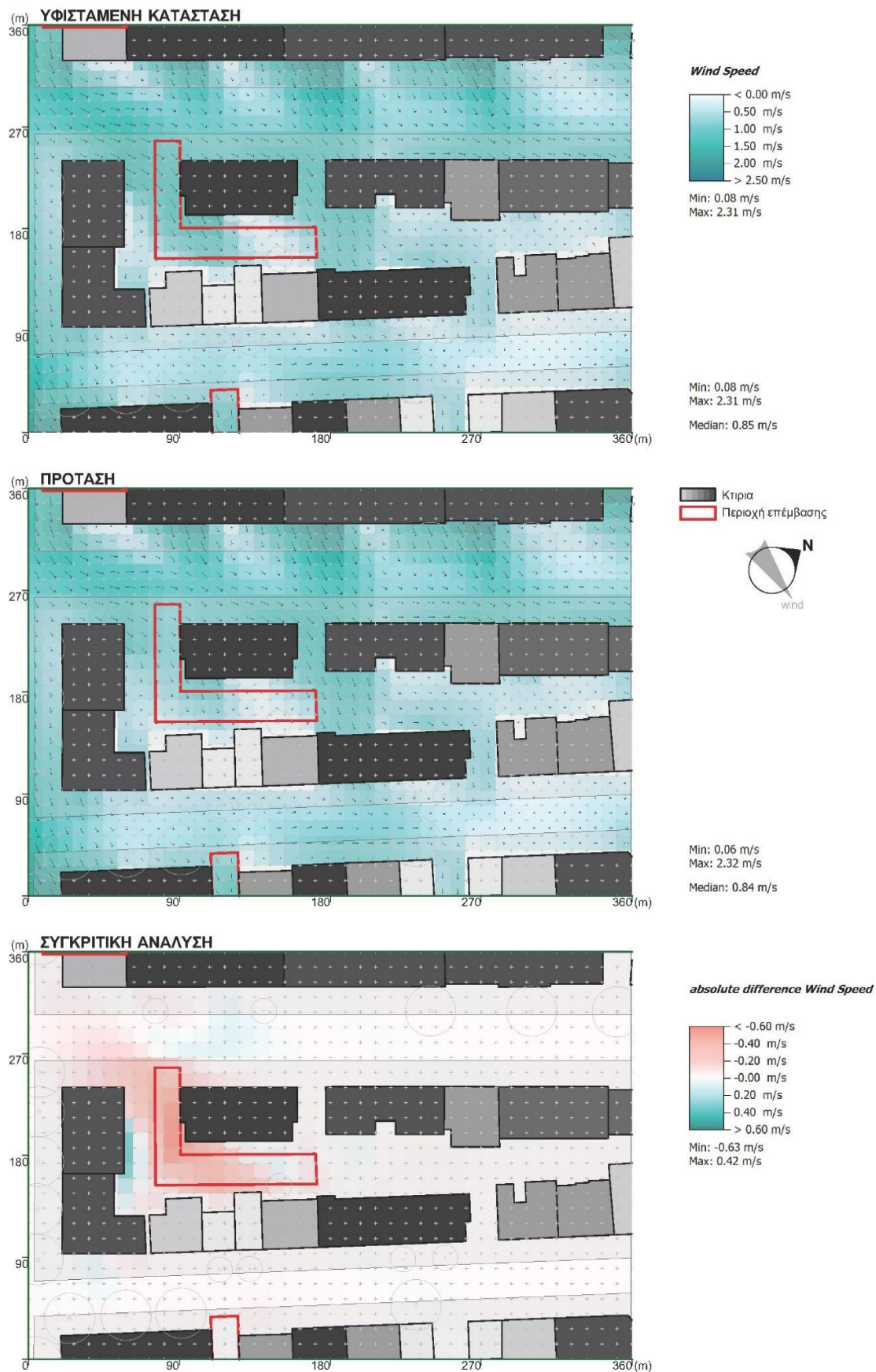
Πίνακας 41. Εισηγμένα δεδομένα του πάρκου γειτονιάς στο ΟΠ4



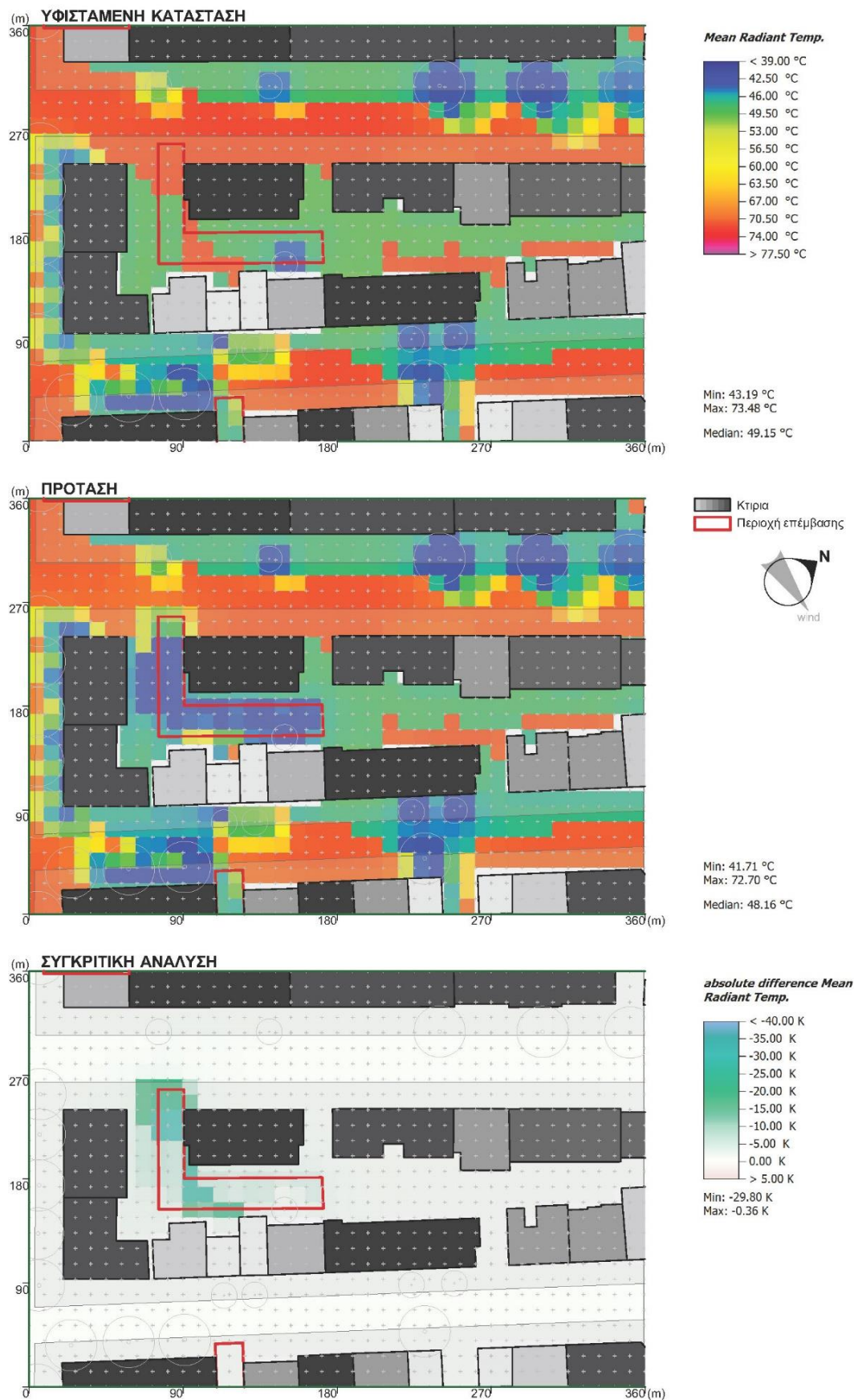
Πίνακας 42. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Θερμοκρασία Αέρα



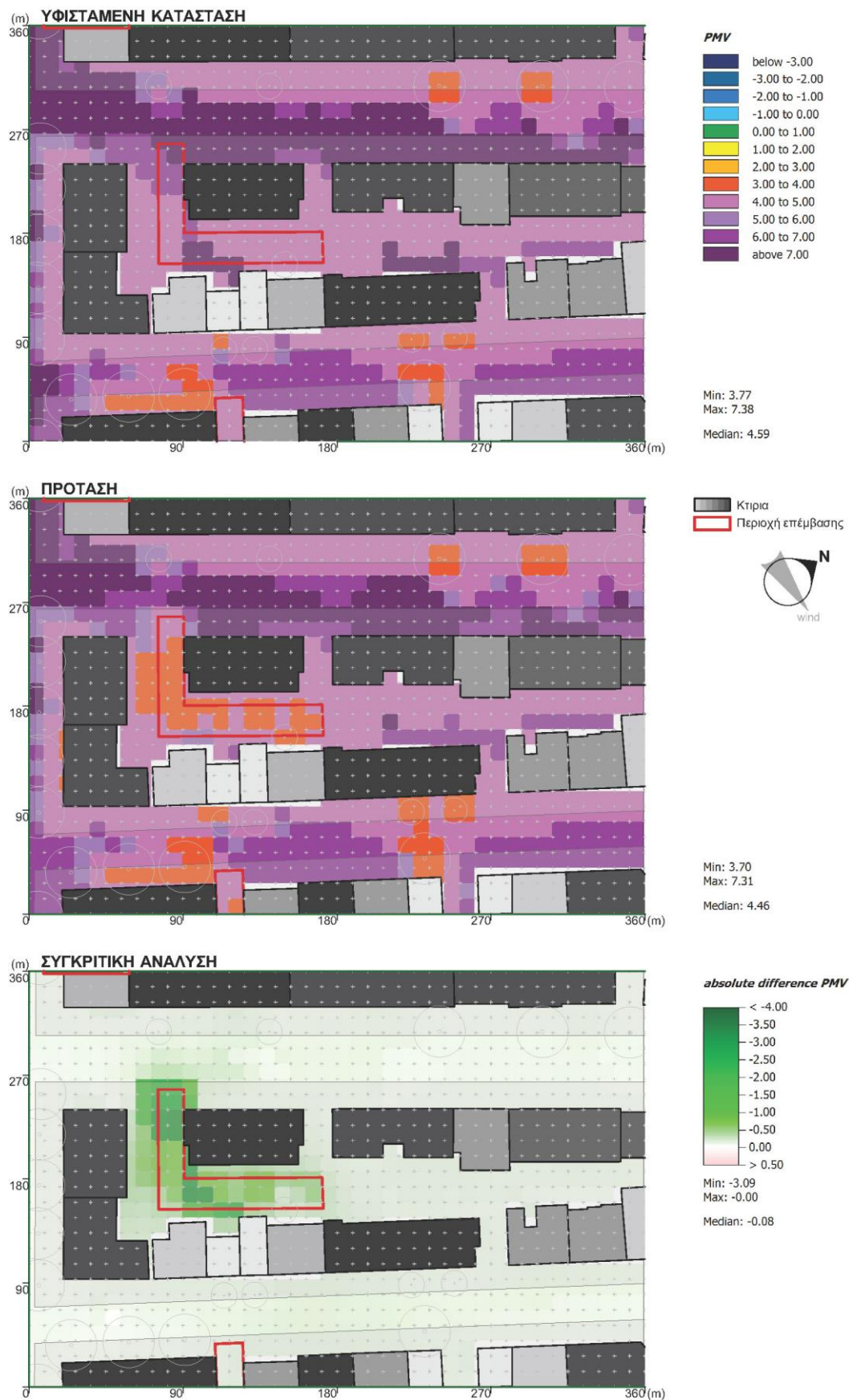
Πίνακας 43. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων



Πίνακας 44. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία



Πίνακας 45. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ4 – Δείκτης PMV



ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟ ΠΑΡΚΟ ΟΠΣ

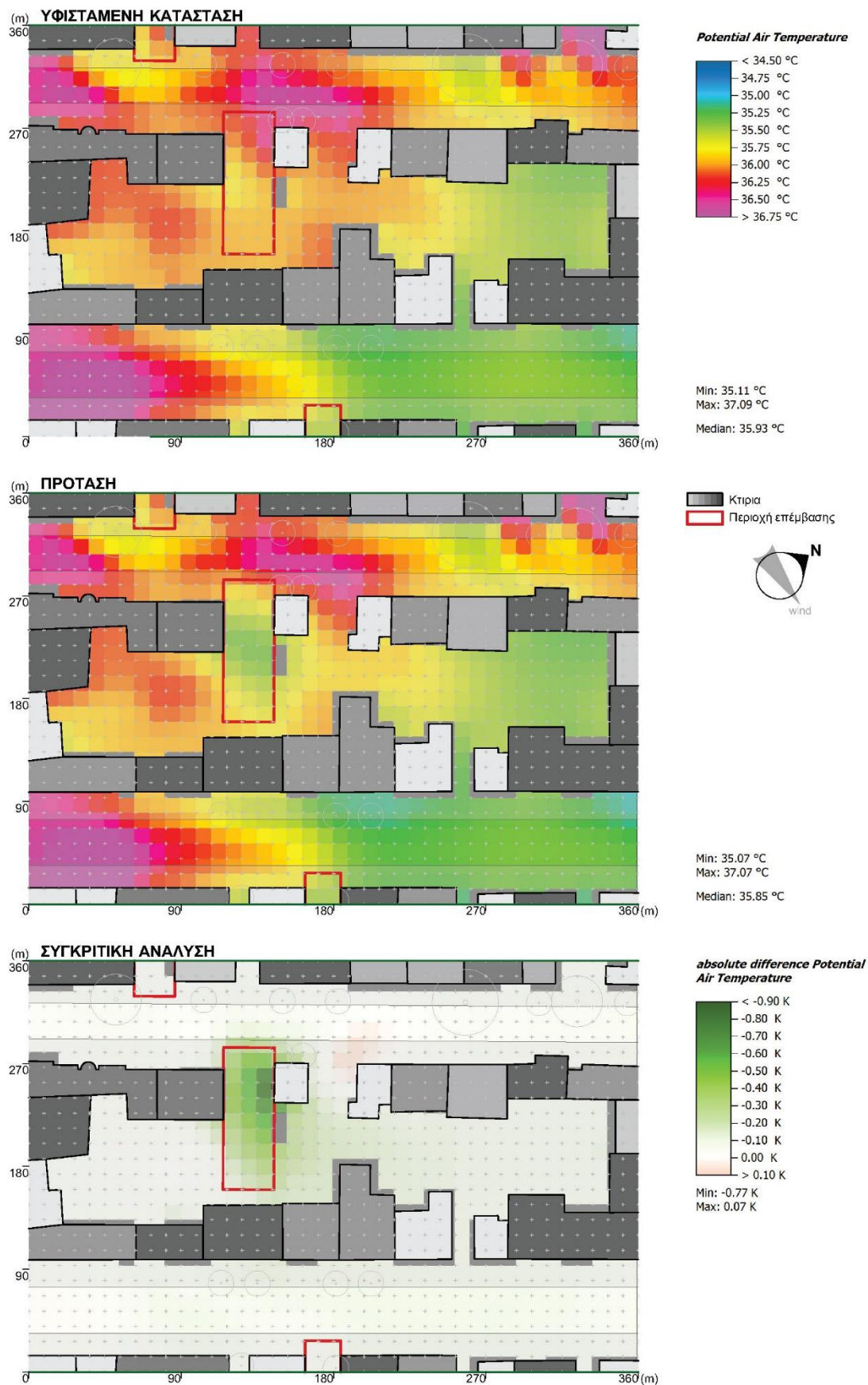
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

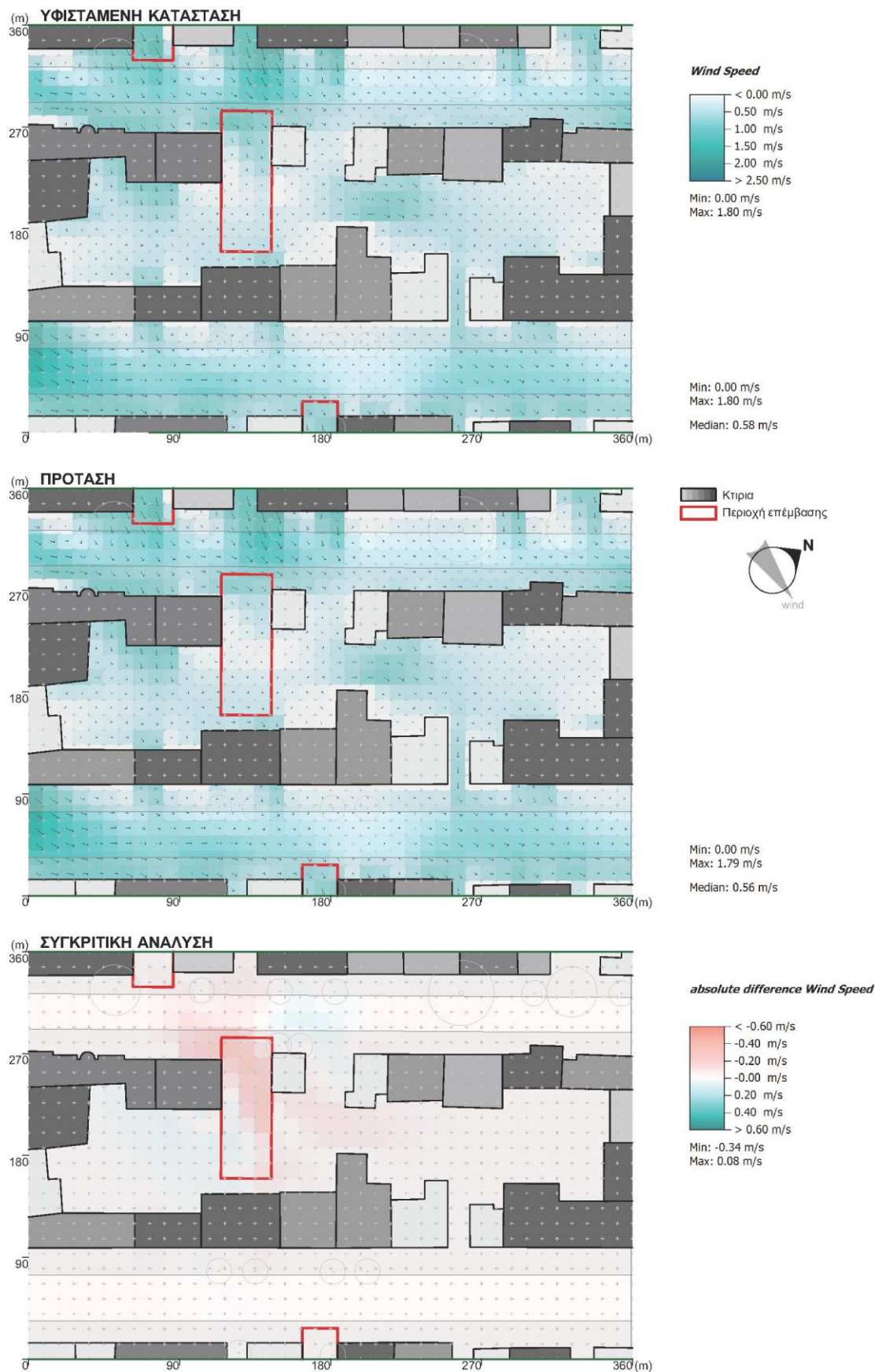
Κτίρια και δέντρα

Επιφάνειες εδάφους

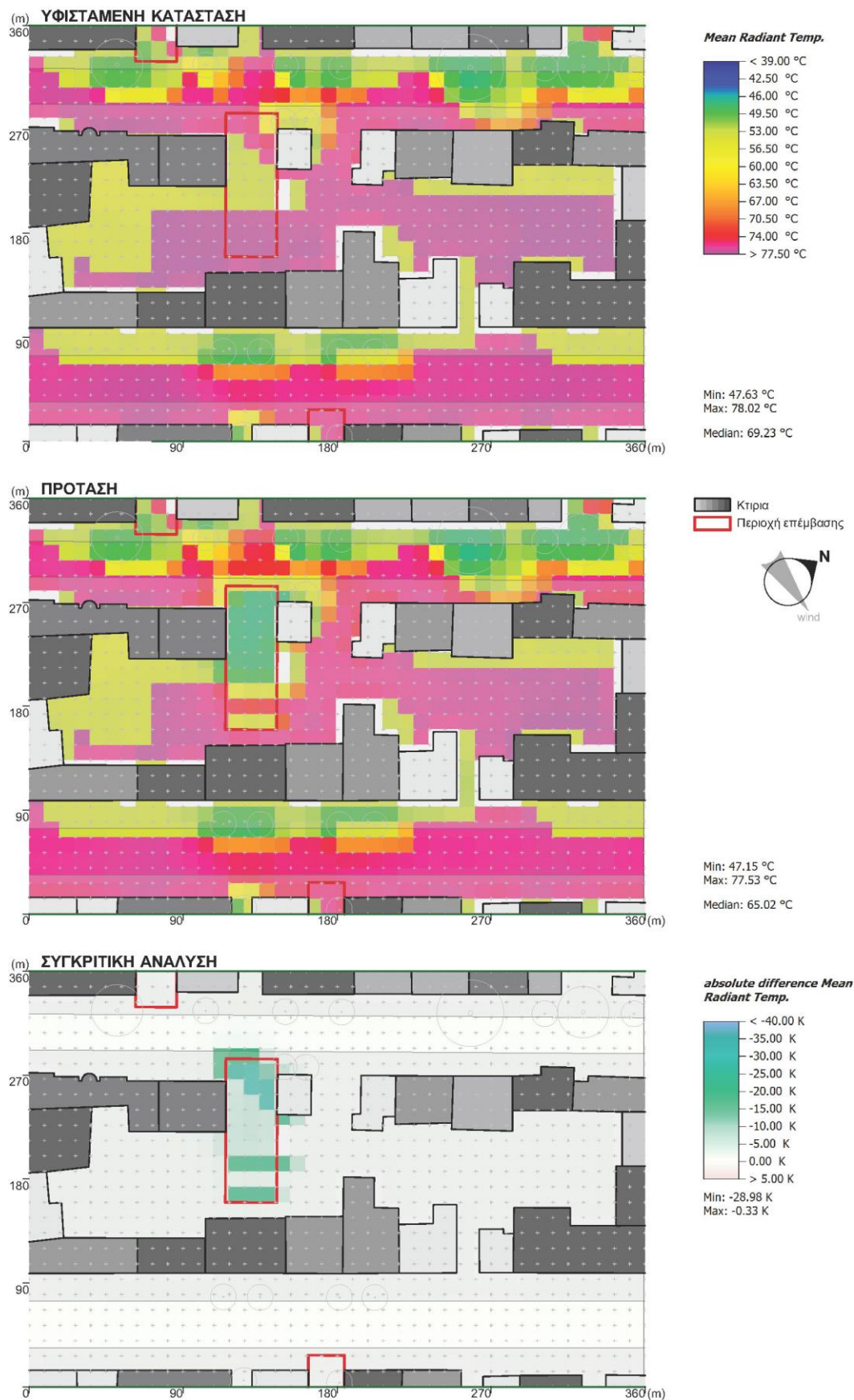
Πίνακας 47. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Θερμοκρασία Αέρα



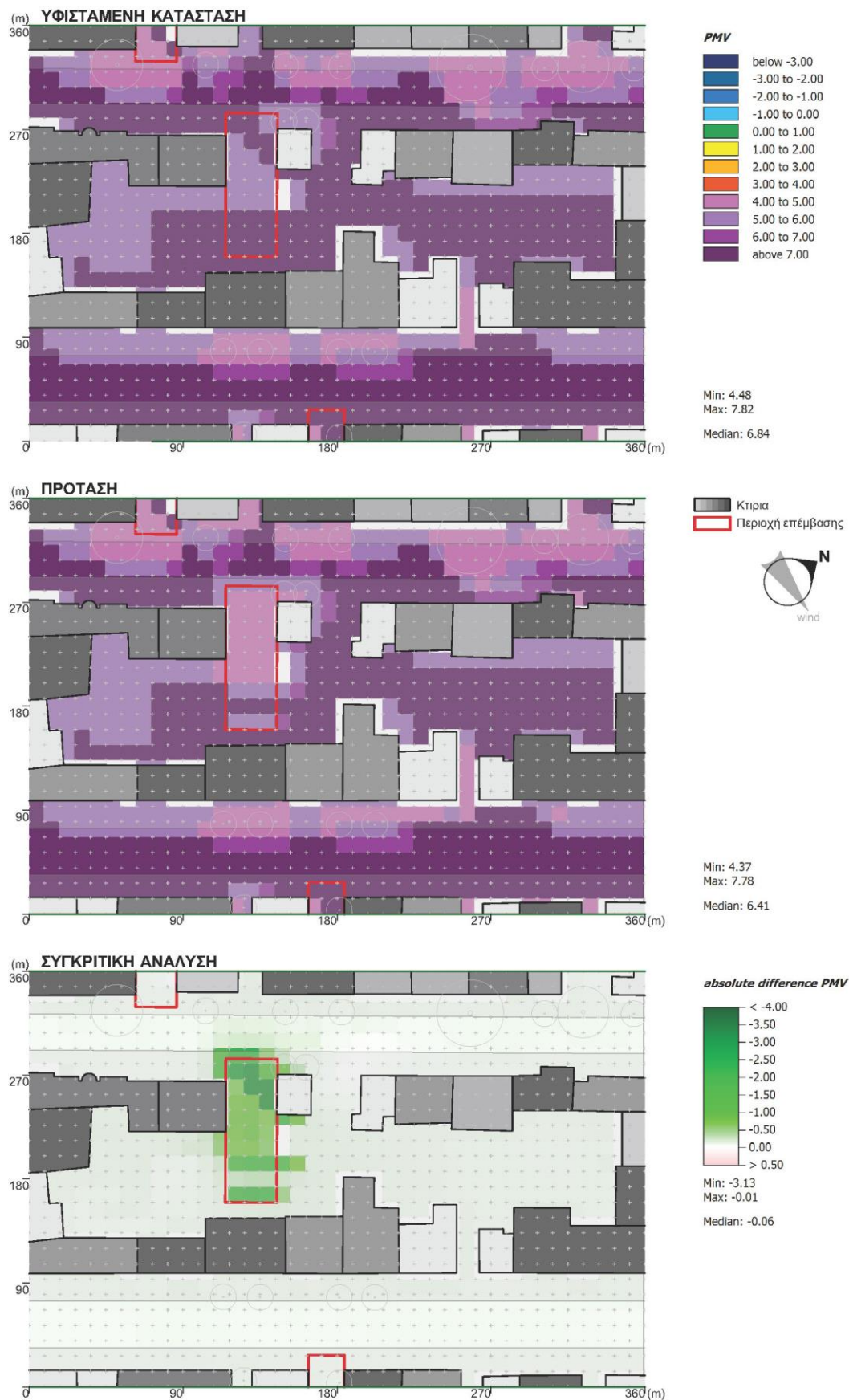
Πίνακας 48. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων



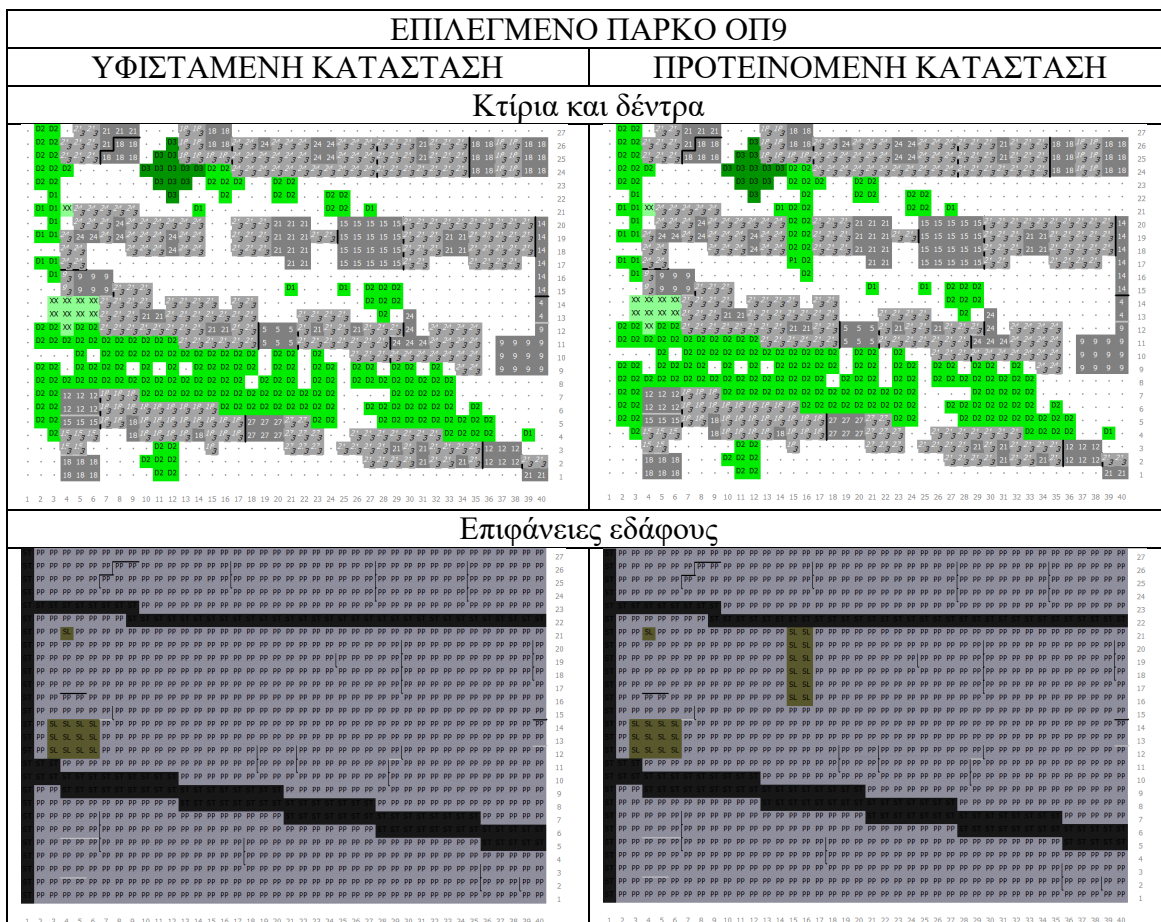
Πίνακας 49. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία



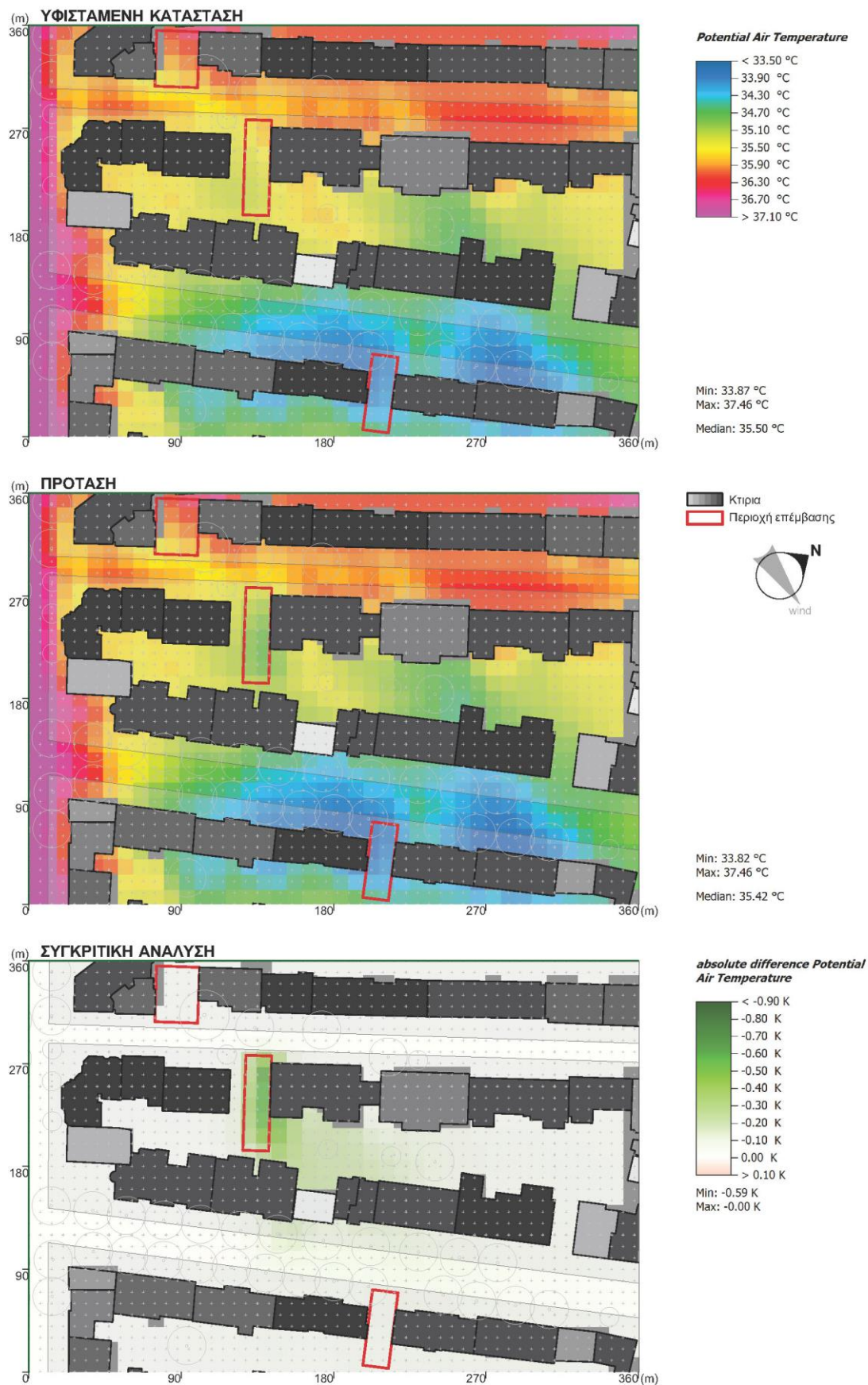
Πίνακας 50. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ5 – Δείκτης PMV



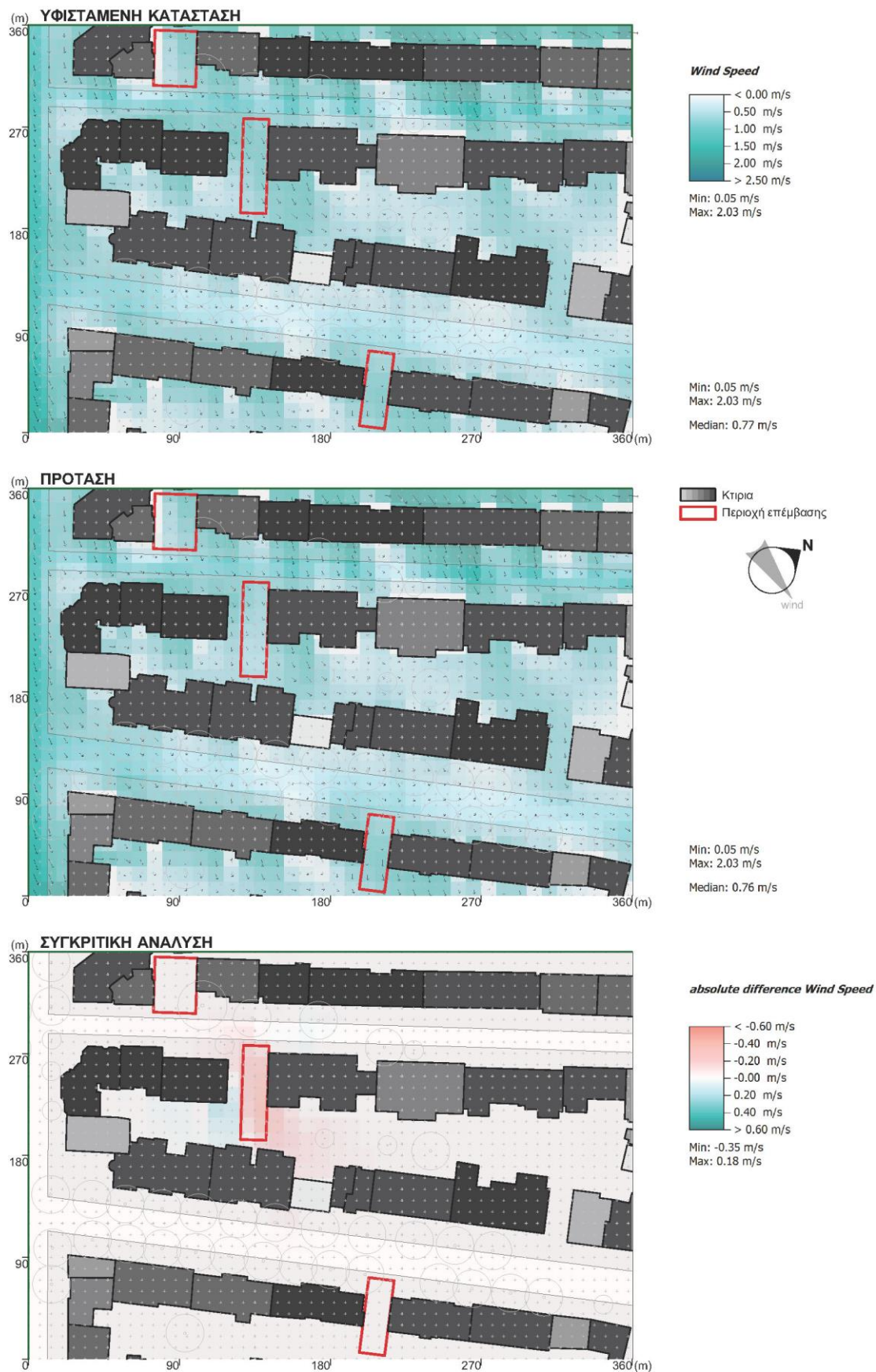
Πίνακας 51. Εισηγμένα δεδομένα του πάρκου γειτονιάς στο ΟΠ9



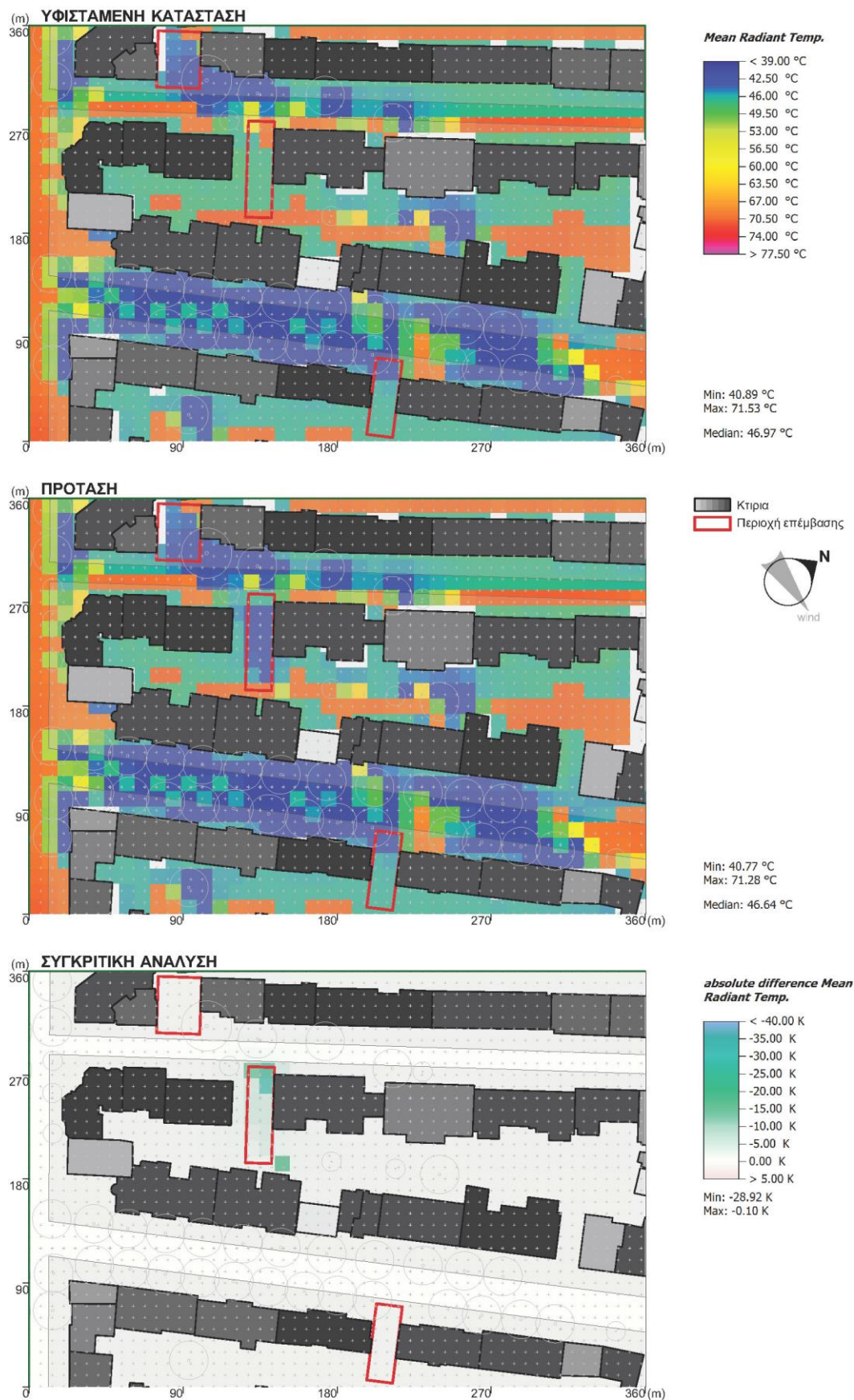
Πίνακας 52. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Θερμοκρασία Αέρα



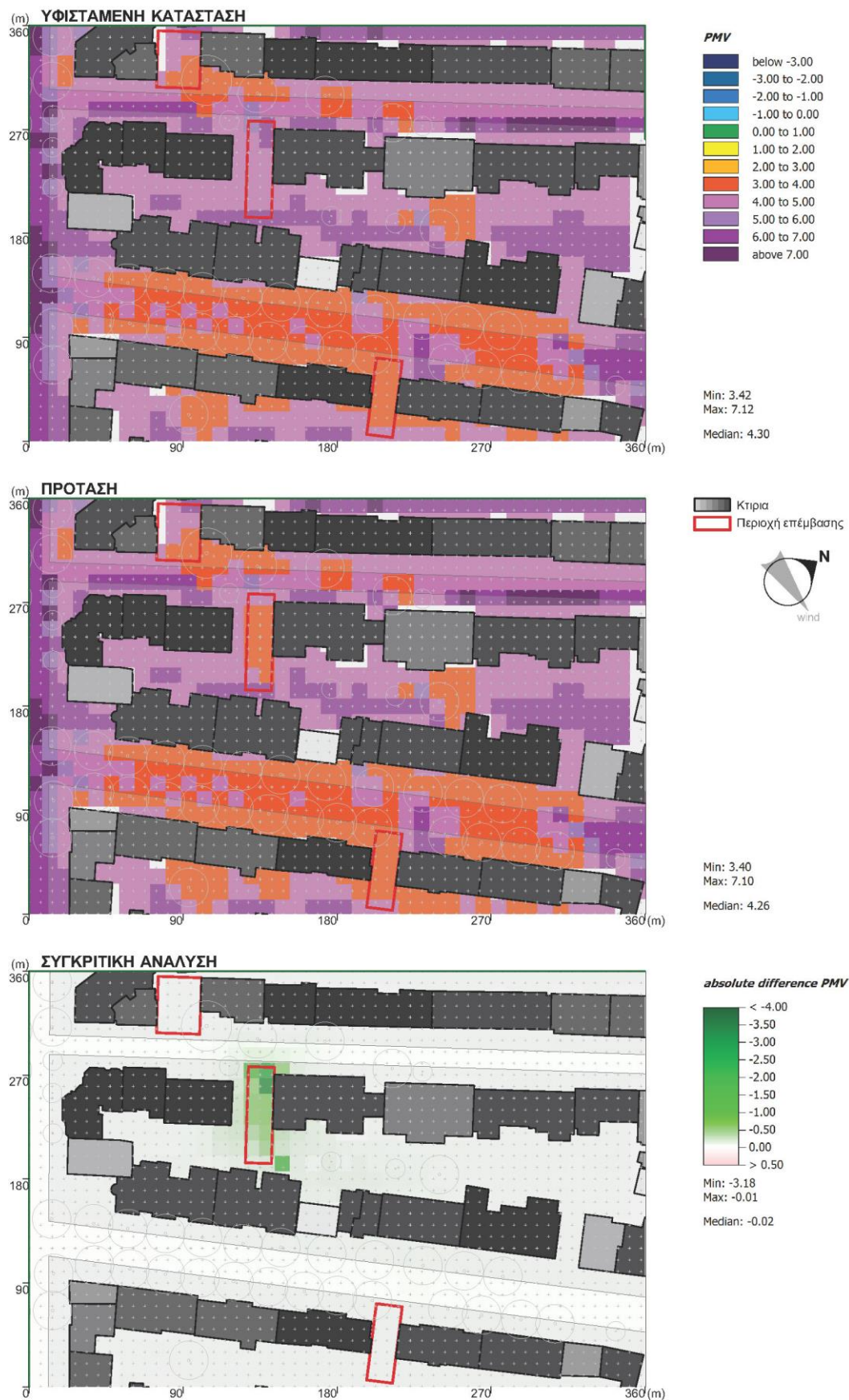
Πίνακας 53. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Διεύθυνση και ταχύτητα ανέμων



Πίνακας 54. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία



Πίνακας 55. Ανάλυση αποτελεσμάτων πάρκου ΟΠ9 – Δείκτης PMV



Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.

ROCKET PARKS. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΠΑΡΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ

Απόστολος Γκεντσίδης¹, Αγγελική Χατζηδημητρίου¹

¹Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Πάτρα

email: std104053@ac.eap.gr, chatzidimitriou.angeliki@ac.eap.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υπερθέρμανση του πλανήτη και το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ) απειλούν να καταστήσουν αφιλόξενους, έως και επικίνδυνους ορισμένες στιγμές των θερινών ημερών, τους ανοιχτούς αστικούς χώρους. Το πρόβλημα αφορά σημαντικό κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού αν λάβει κανείς υπόψη την συνεχώς εντεινόμενη συγκέντρωση ανθρώπων στις πόλεις. Ο εμπλουτισμός του αστικού ιστού με φυσικά τοπία προκρίνεται ως η βέλτιστη λύση. Ωστόσο, η ανάπτυξη λειτουργούντων τμημάτων του αστικού ιστού είναι υπόθεση ιδιαίτερα δύσκολη, ειδικά σε περιόδους οικονομικών κρίσεων. Συχνά όμως στις πόλεις εντοπίζονται μικρά, αχρησιμοποίητα κομμάτια γης τα οποία ευκολότερα μετατρέπονται σε πράσινα πάρκα γειτονιάς (rocket parks). Με στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης της διασποράς αυτών των χώρων στο αστικό μικρόκλιμα στην παρούσα εργασία αναλύεται τμήμα έντεκα οικοδομικών πολυγώνων στο κέντρο της πόλης των Σερρών. Στην υπόθεση μετατροπής δέκα υφιστάμενων αχρησιμοποίητων μικρών χώρων σε πάρκα προκύπτει η βελτίωση των κλιματικών μεγεθών και της θερμικής άνεσης κατά τη θερινή περίοδο.

Λέξεις κλειδιά: Πάρκα γειτονιάς, αστικό πράσινο, κλιματική αλλαγή, αστικές αναπλάσεις, θερμική άνεση.

ABSTRACT

Global warming and the UHI phenomenon threat to render open urban spaces hostile or even dangerous during summer days. The problem concerns a great part of the world population considering the ongoing assemblage of people in cities. Enriching the urban fabric with natural landscapes qualifies as the best solution. However, the redevelopment of the functional parts of the urban fabric is a particularly difficult task, especially in times of financial crisis. But small, unused pieces of land are often found in cities, which are more easily converted into green neighborhood parks (pocket parks). In order to investigate the impact of the dispersion of these spaces on the urban microclimate, the present dissertation analyzes a section of eleven building blocks in the center of the city of Serres. Concerning the hypothesis of the conversion of ten existing unused small spaces into parks, the result is the improvement of the climatic quantities and thermal comfort during the summer season.

Keywords: Pocket parks, urban green, climate change, urban reconstructions, thermal comfort.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον τελευταίο μισό αιώνα παρατηρείται διαρκώς εντεινόμενη η αστικοποίηση του πλανήτη. Οι προβλέψεις θέλουν τις πόλεις του 2050 να φιλοξενούν το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού όταν το αντίστοιχο ποσοστό ήταν μόλις 30% το 1950 (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2019). Ως αποτέλεσμα αυτού, η διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών αποτελεί δυσεπίλυτο ζήτημα για την επιστήμη και την πρακτική της πολεοδομίας.

Μεταξύ άλλων η μεγέθυνση των πόλεων συνδέεται και με την ένταση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας (Oke, 1973). Σε μεγάλα αστικά κέντρα καταγράφονται διαφορές στη θερμοκρασία σε σχέση με την περιαστική περιοχή που αγγίζουν τους 12°C (Santamouris, 2016). Η συνέργεια του φαινομένου με τα αυξανόμενα λόγω της κλιματικής αλλαγής κύματα καύσωνα επιτείνει την ανησυχία της επιστημονικής κοινότητας (Santamouris, 2019).

Το θερμικά αφιλόξενο περιβάλλον των πόλεων, όποτε συμβαίνει, εγκλωβίζει τους ανθρώπους σε εσωτερικούς, ελεγχόμενους χώρους, με αρνητικές επιπτώσεις στη φυσική και ψυχολογική τους κατάσταση, στην κοινωνικοποίησή τους και γενικότερα στην υγεία και την ποιότητα ζωής τους (Cohen et al., 2014). Παράλληλα με την αναθεώρηση του ρόλου των ανοιχτών αστικών χώρων (Thompson, 2002) χρειάζεται και ο ολιστικός επανασχεδιασμός τους συμπεριλαμβανομένου και του μικροκλίματός τους.

Το πράσινο προκρίνεται ως βέλτιστη λύση στα σύγχρονα αστικά περιβαλλοντικά προβλήματα. Ο εμπλουτισμός του αστικού ιστού με στοιχεία και χώρους του φυσικού τοπίου ωφελεί το τοπικό κλίμα και επαναφέρει τη θελκτικότητα των ανοιχτών χώρων στους πολίτες (Yu & Hien, 2006). Επιπροσθέτως, προτείνεται από την επιστημονική κοινότητα ως βασικό μέτρο

για το μετριασμό της έντασης της ΑΘΝ (Gomez et al., 1998).

Η αναγκαία, προς τον σκοπό αυτό, ανάπτυξη των πυκνοδομημένων κέντρων των πόλεων συναντά πλήθος εμποδίων με κυριότερα την απουσία αδόμητων εκτάσεων και την αδυναμία μετατροπής δομημένων εκτάσεων λόγω της μεγάλης αξίας της γης. Συνήθως οι ελεύθεροι κοινόχρηστοι αστικοί χώροι περιορίζονται στα πεζοδρόμια, πολλές φορές μεγέθους τέτοιου που δεν επιδέχεται εμπλουτισμό με πράσινο. Η επιτακτική ανάγκη να πρασινίσουν οι πόλεις οδηγεί την επιστήμη και πρακτική στην αναζήτηση άλλων χώρων και μεθόδων, όπως είναι η φύτευση των οροφών και των τοίχων των κατασκευών (Perini & Magliocco, 2014).

Ως μία εναλλακτική προτείνεται και η αξιοποίηση μικρότερων χώρων, συνήθως χωρίς χρήση, που μπορούν ευκολότερα να εντοπιστούν στα κέντρα των πόλεων (Tzortzi-J.Georgi et al., 2019). Η μετατροπή τους σε πάρκα γειτονιάς (pocket parks) ωφελεί το μικρόκλιμα της γειτονιάς τους και προσελκύει τους περιοίκους στην ανάπτυξη ήπιων δραστηριοτήτων στο εσωτερικό τους (De Rosso & Cadima, 2016).

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ωφέλεια της παραπάνω μεθόδου, έπειτα από την διασπορά των πάρκων γειτονιάς στον αστικό ιστό σε συγκεκριμένη πυκνότητα (ένα σε κάθε οικοδομικό πολύγωνο). Διερευνά την επίδραση στο μικρόκλιμα χώρων που μετατρέπονται σε πάρκα και των γειτονιών τους και στη θερμοκρασία της ευρύτερης περιοχής κατά τη θερινή περίοδο.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η εξαγωγή των συμπερασμάτων της εργασίας γίνεται μέσα από την συγκριτική ανάλυση μιας πυκνοδομημένης περιοχής έντεκα οικοδομικών πολυγώνων στο κέντρο της πόλης των Σερρών (41°05'Β, 23°33'Α) και προτεινόμενων παρεμβάσεων, με χρήση του

λογισμικού Envi-met (ENVI-met, n.d.). Στις προσομοιώσεις αξιοποιήθηκαν δεδομένα προερχόμενα από την αποτύπωση της γεωμετρίας και των φυτεύσεων, την αναγνώριση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των κατασκευών και τις μετεωρολογικές καταγραφές σταθμού που λειτουργεί ο Δήμος Σερρών σε κοντινή περιοχή με παρόμοια χαρακτηριστικά. Οι αναλύσεις στοχεύουν την τυπικά θερμότερη ώρα και ημέρα της θερινής περιόδου, ως δυσμενέστερης περίπτωσης, την 15^η ώρα της 15^{ης} Ιουλίου.

Ως υπόθεση εργασίας, εντοπίστηκαν δέκα χώροι, ένας σε κάθε οικοδομικό πολύγωνο της περιοχής, που προσφέρονται να μετατραπούν σε πάρκα. Τρεις από τους παραπάνω χώρους σχεδιάστηκαν σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας με σκοπό την εμβάθυνση της μελέτης της επίδρασης των πάρκων στο μικρόκλιμα της γειτονιάς τους και στην θερμική άνεση των περιοίκων.

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

3.1. Ανάλυση

Η περιοχή των Σερρών που επιλέχθηκε να μελετηθεί περικλείεται από τις οδούς Κιλκίς, Παλαιολόγου, Κιοιτάχειας, 8^{ης} Μαΐου 1821 και Μεραρχίας (Εικόνα 1). Εντάσσεται στην περισσότερο πυκνοδομημένη πολεοδομική ενότητα με 221 κατοίκους/ha. Καλύπτει επιφάνεια 9.2ha εκ των οποίων το 69% αποτελούν τα οικοδομικά πολύγωνα (ΟΠ),

τα οποία έχουν σχήμα επίμηκες στη διεύθυνση βορρά – νότου.



Εικόνα 1. Περιοχή μελέτης και προτεινόμενα Pocket Parks

Τα κτίρια φιλοξενούν κατοικίες και μικρό αριθμό εμπορικών καταστημάτων. Το ύψος τους κυμαίνεται από 4 έως 27m. Η περιοχή μοιράζεται σε δύο πολεοδομικούς τομείς με διαφορετικούς όρους δόμησης. Έτσι, το βορινό τμήμα της είναι περισσότερο πυκνοδομημένο, σε ψηλότερα κτίρια (Πίνακας 1).

Περίπου το 55% των οικοδομικών πολυγώνων παραμένει αδόμητο αλλά μόλις το 3% παραμένει χωρίς επίστρωση σκυροδέματος ή άλλου στεγανού υλικού. Οι οδοί εντός της περιοχής έχουν παρόμοιο πλάτος και υπολογίζεται ο λόγος H/W=1 στις περισσότερες περιπτώσεις. Η φύτευση περιορίζεται στα πεζοδρόμια, όπου κατά περίπτωση συναντούμε σειρές φυλλοβόλων δέντρων, ύψους 10m.

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικά στοιχεία ανάλυσης οικοδομικών πολυγώνων της Π.Μ.

ΟΠ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Εμβαδό	m ²	5477	4542	5743	5058	6231	5719	6038	6157	8104	7144	3746
Ακάλυπτοι	%	59,3	60,5	53,8	51,4	60,6	53,1	55,2	55,9	50,7	49,7	57,0
Χωρ. επίστρ.	%	22,5	18,4	6,0	0,4	0,3	0,3	0,3	7,0	3,3	0,6	0,9
Μέγ. ύψος	m	20,0	24,0	18,0	27,0	19,0	24,0	18,0	27,0	24,0	24,0	18,0
Σταθμ. ύψος	m	11,8	17,2	12,8	17,4	12,7	19,6	15,0	17,9	18,9	18,6	11,5
Μέγ. Σ.Δ.		1,40	2,40	1,40	2,40	1,40	2,40	1,40	2,40	2,40	2,40	1,40

Εκτίμηση Σ.Δ.	1,28	1,94	1,79	2,36	1,36	2,63	1,86	2,2	2,63	2,53	1,34
---------------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------

Τα ποσοστά αναφέρονται επί του εμβαδού του ΟΠ

Οι κοινόχρηστοι ελεύθεροι χώροι εκλείπουν από την περιοχή μελέτης (ΠΜ). Οι χώροι που μετατρέπονται σε πάρκα, ως υπόθεση εργασίας της μελέτης, ανήκουν κυρίως στους ακάλυπτους των ΟΠ. Συνολικά, καταγράφηκε το 3,4% των ΟΠ ως δυνητικά πάρκα γειτονιάς, όμως επιλέχθηκε να περιοριστεί το ποσοστό στο 2,7% ώστε να διατηρηθεί ο χαρακτήρας του μικρού πάρκου και να είναι εφαρμόσιμα τα συμπεράσματα σε τομείς πόλεων που είναι δυσκολότερη η εύρεση αντίστοιχων χώρων.

3.2. Πρόταση αναβάθμισης

Η δημιουργία των rocket parks προσελκύει αρχικά τους κατοίκους της ευρύτερης γειτονιάς (De Rosso & Cadima, 2016). Έτσι, σχεδιάζονται ώστε να προσφέρουν νέες δυνατότητες αναψυχής, κοινωνικής συναναστροφής και ήπιας δραστηριότητας παράλληλα με τη βελτίωση του μικροκλίματος. Η μετατροπή των επιλεγμένων χώρων σε πάρκα ακολουθεί τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά:

- Την αντικατάσταση των δαπέδων και του υποστρώματός τους: τα νέα δάπεδα κατασκευάζονται από υδατοδιαπερατά φυσικά υλικά σε κατάλληλο υπόστρωμα ώστε να επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του υπεδάφους και η συγκράτηση υγρασίας. Ως τέτοια δάπεδα προτείνονται το σταθεροποιημένο χώμα, το φυτοκαλυμένο χώμα και τα φυσικά πετρώματα τοποθετημένα επί του εδάφους.
- Την φύτευση των χώρων με ψηλά φυλλοβόλα δέντρα σε κατάλληλες θέσεις και πυκνότητα ώστε να επιτυγχάνεται η σκίαση του μεγαλύτερου μέρους των δαπέδων
- Την φύτευση με χαμηλά θαμνώδη φυτά και πολυετείς πόες για των καλλωπισμό του χώρου και την ενίσχυση του δροσισμού μέσω της εξατμισοδιαπνοής.

- Την αξιοποίηση του υγρού στοιχείου στη βελτίωση του μικροκλίματος με την κατασκευή σιντριβανιών κυρίως σε ηλιόλουστα τμήματα του χώρου.
- Τον συνδυασμό σταθερού και κινητού αστικού εξοπλισμού (τραπέζια, καθίσματα, παιχνίδια) ώστε να καθίσταται το κάθε πάρκο ελκυστικό στους περιοίκους και να μπορεί να αξιοποιηθεί με διαφορετικό τρόπο όλες τις εποχές και τις ώρες της ημέρας.

Για την υπόδειξη τρόπων συνδυασμού των παραπάνω βασικών αρχών στην παραγωγή αρχιτεκτονικής πρότασης για τα νέα πάρκα εκπονήθηκε μελέτη, σε επίπεδο προσχεδίου, σε τρία από αυτά (Εικόνα 2). Τα δέντρα και οι πέργκολες χρησιμοποιήθηκαν σε ποικιλία υψών και σχέσεων μεταξύ τους με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων για την επίδρασή τους στο μικρόκλιμα του πάρκου.

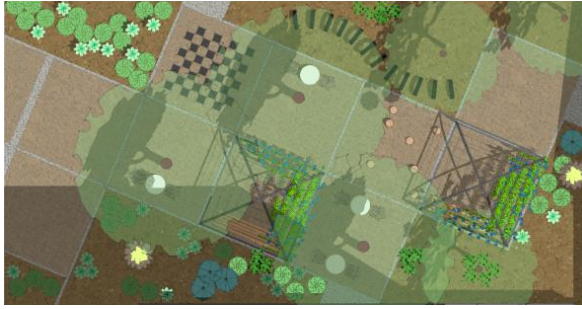
ΟΠ 4



ΟΠ 5



ΟΠ 9



Εικόνα 2. Σχεδιαστικές προτάσεις πάρκων

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως αναφέρθηκε, οι προσομοιώσεις των κλιματικών παραγόντων της περιοχής μελέτης στόχευσαν τη θερμότερη θερινή ημέρα. Από τα αποτελέσματα για κύκλο 24 ωρών, ως δυσμενέστερη περίπτωση επιλέχθηκε η 3^η μεσημβρινή ώρα. Οι μετρήσεις και τα διαγράμματα επικεντρώθηκαν στη στάθμη +1,40 από το έδαφος, ώστε να καλύπτουν τόσο τον πεζό όσο και τον καθήμενο χρήστη του χώρου.

Κατά την ανάλυση της περιοχής μελέτης, όπως αυτή είναι σήμερα, καταγράφονται θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ 33.67°C και 35.50°C. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται στις πλατύτερες οδούς περιμετρικά της περιοχής και στους κυκλικούς κόμβους, όπου κυριαρχεί η ασφαλτόστρωση και η απουσία σκίασης. Χαρακτηριστικό είναι πως οι ίδιες περιοχές παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες μέσες ακτινοβολούμενες θερμοκρασίες που αγγίζουν τους 78°C. Όπως αναμενόταν η θερμική δυσφορία αποτυπώνεται με τις τιμές του δείκτη PMV άνω του 3 (πολύ θερμό) έως και 7.

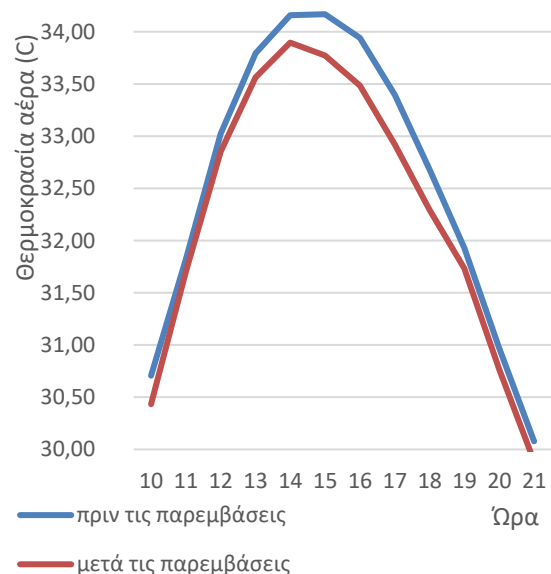
Μετά τη δημιουργία των 10 πάρκων παρατηρείται η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα έως 0,5°C (Εικόνα 3). Η ελάττωση αυτή συγκεντρώνεται στα νέα πάρκα και εξαπλώνεται στη γειτονιά τους μειούμενη με την απόσταση από αυτά. Η μείωση της θερμοκρασίας φαίνεται να επιδρά χωρικά σε μεγαλύτερη κλίμακα στο βορινό τμήμα της περιοχής που ήδη διαθέτει μεγαλύτερη σκίαση. Ακόμη, παρατηρείται η σχέση της

διασποράς με την διεύθυνση πνοής των ανέμων.

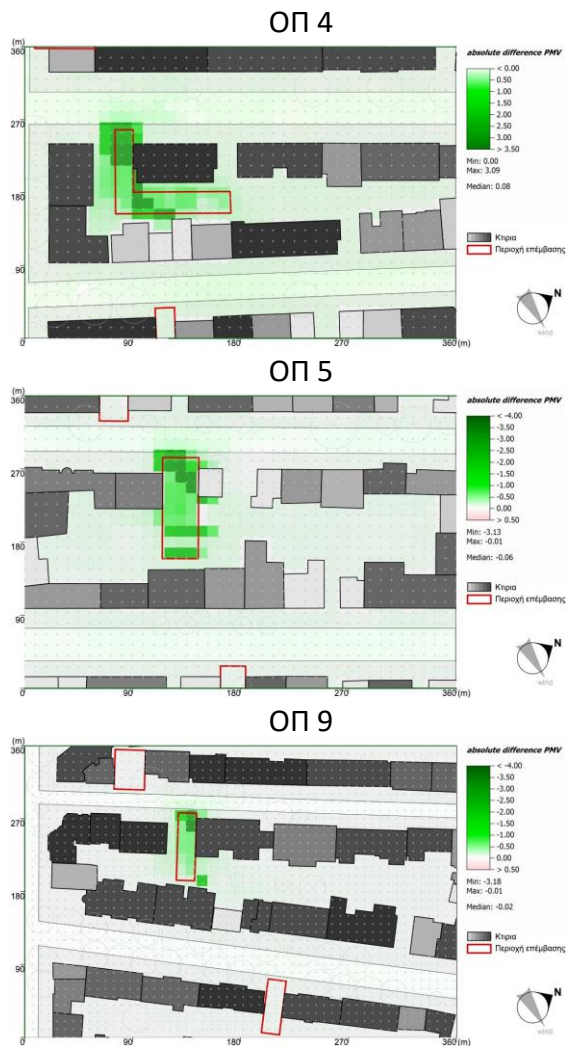
Σε σημεία της περιοχής που επιλέχθηκαν με κριτήριο την ποικιλία χαρακτηριστικών (προσανατολισμός οδού, απόσταση από πάρκο) καταγράφηκαν οι τιμές των κλιματικών παραγόντων σε ωριαίο βήμα. Όλα τα σημεία εμφανίζουν πτώση της θερμοκρασίας αέρα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, με τη μεγαλύτερη να σημειώνεται στα σημεία που βρίσκονται κοντά στα πάρκα (Εικόνα 4).



Εικόνα 3. Συγκριτική ανάλυση της θερμοκρασίας αέρα.



Εικόνα 4. Σύγκριση θερμοκρασιών στη διάρκεια της ημέρας σε σημείο κοντά σε πάρκο.



Εικόνα 5. Σύγκριση τιμών PMV στα επιλεγμένα πάρκα.

Τα δέντρα σε συνδυασμό με τα υλικά δαπέδων φαίνεται να μειώνουν σημαντικά τη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στους χώρους των πάρκων, όπως έχει δείξει και η μελέτη των Chatzidimitriou & Yannas (2016). Στην περίπτωση της περιοχής που μελετήθηκε, η μείωση αυτή είναι τουλάχιστον 7-10°C σε όλα τα πάρκα ενώ φτάνει και στους 30°C σε εκείνα που είχαν αρχικά πολύ υψηλές τιμές. Στις προσομοιώσεις των τριών επιλεγμένων πάρκων παρατηρείται ότι η χρήση των ψηλών δέντρων για τον σκοπό αυτό είναι προτιμότερη από τις πέργκολες.

Η βελτίωση του μικροκλίματος αποτυπώνεται και στον δείκτη θερμικής άνεσης PMV. Σε όλα τα πάρκα η τιμή του

μειώθηκε έως 4 μονάδες. Η νέα τιμή, κοντά στο 3, θεωρείται σημαντική βελτίωση για την δεδομένη χρονική στιγμή του έτους και της ημέρας, σε σχέση με τις αρχικές ακραίες συνθήκες. Η ανάλυση των τριών επιλεγμένων πάρκων δείχνει την επιρροή των τύπων σκίασης (δέντρα, πέργκολες) στον δείκτη PMV καθώς και την συγκέντρωση της ελάττωσης σε μικρή απόσταση από τα πάρκα (Εικόνα 5).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην προσπάθεια ανάπλασης των πυκνοδομημένων αστικών κέντρων, με παράλληλο εμπλουτισμό τους με στοιχεία του φυσικού τοπίου, η μετατροπή των μικρών, χωρίς χρήση χώρων σε πάρκα γειτονιάς μπορεί συμβάλει στην αντιστάθμιση του ελλείματος ελεύθερων χώρων.

Η συγκριτική ανάλυση στην περιοχή μελέτης έδειξε ότι παρά το πολύ μικρό μέγεθος τους οι παρεμβάσεις μείωσαν την μέση θερμοκρασία του αέρα της συνολικής περιοχής. Όπως αναμενόταν οι περιοχές εντός και κοντά στα νέα πάρκα παρουσίασαν τη μεγαλύτερη μείωση (0.5°C). Η επίδραση αυτή στη θερμοκρασία εξαπλώνεται χωρικά στη γειτονιά σε μεγαλύτερο βαθμό στο τμήμα της περιοχής που διαθέτει ήδη μεγαλύτερη σκίαση από τα ψηλότερα κτίρια και τα δέντρα.

Επιπροσθέτως, το βελτιωμένο, σε σύγκριση με τη γειτονιά τους, μικρόκλιμα των πάρκων, προσελκύει τους περιοίκους. Ενδυναμώνονται έτσι οι κοινωνικές συναναστροφές, η δραστηριότητα και η υγεία τους.

Συμπερασματικά, η διασπορά μικρών πάρκων γειτονιάς στην πόλη αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο μετριασμού του φαινομένου της ΑΘΝ και παράλληλα μέθοδο αναβάθμισης του αστικού ιστού και της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2016). Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer. *Sustainable Cities and Society*, 26, 27–47. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2016.05.004>
- Cohen, D. A., Marsh, T., Williamson, S., Han, B., Derosé, K. P., Golinelli, D., & McKenzie, T. L. (2014). The potential for pocket parks to increase physical activity. *American Journal of Health Promotion*, 28(SUPPL 3). <https://doi.org/10.4278/ajhp.130430-QUAN-213>
- De Rosso, L. C., & Cadima, P. (2016). Pocket Parks in Sao Paulo: The potential for the implementation. *PLEA2016 Los Angeles - Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments*, 1044–1050.
- ENVI-met. (n.d.). Retrieved August 18, 2020, from <https://www.envi-met.com/>
- Gomez, F., Gaja, E., & Reig, A. (1998). Vegetation and climatic changes in a city. *Ecological Engineering*, 10(4), 355–360. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(98\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(98)00002-0)
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967), 7(8), 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Perini, K., & Magliocco, A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(3), 495–506. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2014.03.003>
- Santamouris, M. (2016). Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. *Solar Energy*, 128, 61–94. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.01.021>
- Santamouris, M. (2019). Recent progress on urban overheating and heat island research. integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact synergies with the global climate change. In *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>
- Thompson, C. W. (2002). Urban open space in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 60(2), 59–72. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00059-2)
- Tzortzi-J.Georgi, N., Ioannou, D., & Oikonomaki, E. (2019). Green corridors and exterior common areas, enhancing connectivity in Athens, Greece. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012002>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, P. D. (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Yu, C., & Hien, W. N. (2006). Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, 38(2), 105–120. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2005.04.003>

Απόστολος Γκεντσίδης¹, Αγγελική Χατζηδημητρίου¹¹Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,

Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Πάτρα

email: std104053@ac.eap.gr, chatzidimitriou.angeliki@ac.eap.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έντονη αστικοποίηση του πλανήτη ενδυναμώνει το φαινόμενο της ΑΘΝ που σε συνέργεια με την κλιματική αλλαγή απειλεί την ποιότητα ζωής και την υγεία των κατοίκων των πόλεων. Ο εμπλουτισμός του αστικού ιστού με πράσινο προτείνεται ως βέλτιστη λύση, αλλά απαιτεί ελεύθερους χώρους που δεν υπάρχουν ή δαπανηρές αναπλάσεις δομημένων τμημάτων της πόλης. Ως εναλλακτική πρόταση προτείνεται η αξιοποίηση μικρότερων χώρων, χωρίς χρήση, που ευκολότερα εντοπίζονται στα αστικά κέντρα στην μετατροπή τους σε πάρκα γειτονιάς (rocket parks).

Η παρούσα εργασία εξετάζει την ωφέλεια της παραπάνω μεθόδου, έπειτα από την διασπορά των πάρκων γειτονιάς στον αστικό ιστό σε συγκεκριμένη πυκνότητα (ένα σε κάθε οικοδομικό πολύγωνο).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η εξαγωγή των συμπερασμάτων της εργασίας γίνεται μέσα από την συγκριτική ανάλυση μιας πυκνοδομημένης περιοχής έντεκα οικοδομικών πολυγώνων στο κέντρο της πόλης των Σερρών και προτεινόμενων παρεμβάσεων, με χρήση του λογισμικού Envi-met. Διερευνάται η επίδραση στο μικρόκλιμα κατά τη θερινή περίοδο της δημιουργίας 10 πάρκων γειτονιάς.



Εικόνα 2. Ανάλυση της θερμοκρασιακής μεταβολής

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρά το μικρό μέγεθος τους οι παρεμβάσεις μείωσαν την μέση θερμοκρασία του αέρα της συνολικής περιοχής.

Η διασπορά μικρών πάρκων γειτονιάς στην πόλη αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο μετριασμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ) και παράλληλα μέθοδο αναβάθμισης του αστικού ιστού και της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- De Rosso, L. C., & Cadima, P. (2016). Pocket Parks in Sao Paulo: The potential for the implementation. PLEA2016 Los Angeles - Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments, 1044–1050.
- Thompson, C. W. (2002). Urban open space in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 60(2), 59–72. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00059-2)



Εικόνα 1. Πρόταση πάρκου γειτονιάς

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Η μείωση της θερμοκρασίας είναι εντονότερη εντός των πάρκων και εξαπλώνεται στη γειτονιά τους μειούμενη με την απόσταση από αυτά.
- Η διεύθυνση της πνοής των ανέμων επηρεάζει την εξάπλωση της μείωσης της θερμοκρασίας από αυτά.
- Το τμήμα της περιοχής που έχει ήδη μεγαλύτερη σκίαση από κτίρια και δέντρα εμφανίζει μεγαλύτερη εξάπλωση της επίδρασης των νέων πάρκων στη θερμοκρασία του αέρα
- Τα δέντρα σε συνδυασμό με τα υλικά δαπέδων φαίνεται να μειώνουν σημαντικά τη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στους χώρους των πάρκων.
- Ο δείκτης predicted mean vote (PMV) εντός των πάρκων υπολογίζεται κοντά στις 3 μονάδες όταν στην γειτονιά του φτάνει και τις 7.



Εικόνα 3. Ανάλυση της μεταβολής του δείκτη PMV σε επιλεγμένο πάρκο