

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής
Ανάπτυξης**

**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ)
«Βιώσιμη Διαχείριση Περιβαλλοντικών Αλλαγών και Κυκλική
Οικονομία»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΉ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΉ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Κοινωνικο-χωρική ανάλυση της σημασίας των πράσινων υποδομών ως
στρατηγική μείωσης της αστικής θερμικής νησίδας: Συμπεράσματα
από την ανάλυση παραδειγμάτων σε Αμερική και Κίνα**

ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε.

ΒΟΛΟΣ, 2023

Περίληψη

Πολλές είναι οι μελέτες πλέον που υποστηρίζουν τις υπηρεσίες του οικοσυστήματος των πράσινων υποδομών τόσο για το καλό που προσφέρουν στην υγεία των ανθρώπων όσο και ως μέσα προφύλαξης προς την έκθεση της θερμότητας. Η εργασία αναφέρεται σε διάφορες μελέτες που έγιναν κοινωνικό-χωρικής ανάλυσης σχετικά με την ισότητα των πράσινων υποδομών ως στρατηγική μείωσης της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ). Στην εργασία γίνεται μία αξιολόγηση της προσβασιμότητας που έχουν διάφορες ομάδες, μειονότητες ανθρώπων στους προσωρινά κλιματιζόμενους δημόσιους χώρους και κατά πόσο αυτά βρίσκονται στις σωστές τοποθεσίες. Όλες οι περιοχές που περιλαμβάνονται κρίθηκαν ως προς την τρωτότητα τους στο φαινόμενο και κατά πόσο είναι εφικτός ο μετριασμός της ΑΘΝ με τις πράσινες υποδομές. Η ανακλαστικότητα λόγω της αστικοποίησης έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια πράγμα που υποδηλώνει την εντονότερη μελέτη στους μελλοντικούς πολεοδομικούς σχεδιασμούς της κάθε πόλης. Τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής πρέπει να αξιολογούνται κατάλληλα καθώς αυτά είναι που καθοδηγούν την μελέτη στη σωστότερη προφύλαξη από την έκθεση στο φαινόμενο της ΑΘΝ.

Λέξεις – φράσεις κλειδιά: Αστική Θερμική Νησίδα, πράσινες υποδομές, έκθεση στη θερμότητα, αύξηση της θερμοκρασίας, αστικοποίηση.

Abstract

There have been numerous studies which indicate the assets of the ecosystem related to green infrastructure. Not only for the benefits they offer to the human health but also as a mean of protection against heat. The paper refers to several studies that were conducted of socio-spatial analysis regarding the equity of green infrastructure as a strategy to reduce the Urban Heat Island (UHI). The review conducted in the paper concerns the accessibility of numerous teams, human minorities in the cooling centers and the extent of whether they are in the correct spots. All of the areas included were reviewed and studied on the basis of their vulnerability towards the phenomenon and to the extent that the diminuation of the UHI is possible with the green infrastructure. The Albedo phenomenon due to urbanization has augmented in the latest years which implies the intensified study in future urban planning of each city. The socioeconomic remarks and data of each region should be reviewed and analyzed properly since these are the ones which guide us when we study in order to decide the most suitable preservation plan from the exposure in the Urban Heat Island.

Keywords: Urban Heat Island, green infrastructures, heat exposure, increase in temperature, urbanization.

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract.....	ii
Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 1: Τα στοιχεία της Αστικής Θερμικής Νησίδας	6
1.1 Χαρακτηριστικά της Αστικής Θερμικής Νησίδας	6
1.2 Αίτια της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	9
1.3 Επιδράσεις της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	12
Κεφάλαιο 2: Ο ρόλος των πράσινων υποδομών στην κλιματική αλλαγή.....	16
2.1 Περιβαλλοντικά οφέλη	17
2.2 Κοινωνικά οφέλη.....	20
2.3 Οικονομικά οφέλη	23
Κεφαλαίο 3: Προσδιορισμός της τρωτότητας της Αστικής Θερμικής Νησίδας στο διεθνές περιβάλλον.....	26
3.1 Ντιτρόιτ, Μίσιγκαν	28
3.2 Βαλτιμόρη, Μέριλαντ	30
3.3 Κάμντεν, Νιού Τζέρσεϊ.....	31
3.4 Ναντσάνγκ, Κίνα	34
3.5 Χονγκ Κονγκ, Κίνα	36
Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές κοινωνικοχωρικής ανάλυσης της ΑΘΝ	38
4.1 Προσδιοριστικοί παράγοντες και εκτίμηση της ΑΘΝ.....	38
4.2 Επίδραση της ΑΘΝ στη δημογραφική και κοινωνικοχωρική δομή των αστικών περιοχών	42
4.3 Προτάσεις πολιτικής χωρικού σχεδιασμού.....	48
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	57
Βιβλιογραφία	61

Εισαγωγή

Αστική Θερμική Νησίδα (ΑΘΝ) ή αλλιώς θερμονησίδα (*urban heat island*) θεωρείται το φαινόμενο κατά το οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη στο κέντρο μίας πόλης απ' ό,τι στα προάστια της. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται μετά τη δύση του ήλιου κυρίως όταν δεν υπάρχουν ισχυροί άνεμοι και σχετίζεται με δύο παράγοντες: α) ότι στο κέντρο της πόλης η μείωση της θερμοκρασίας γίνεται με πιο αργό ρυθμό απ' ό,τι περιφερειακά της και β) στο ότι υπάρχει υψηλότερη εκπομπή θερμότητας στο κέντρο μιας πόλης λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που υφίστανται εκεί. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας κυμαίνεται από 2-3°C στις μικρές πόλεις και από 10-12°C στις μεγάλες πόλεις (Oke, 1987). Γενικά όμως η αστική θερμική νησίδα παρατηρείται όταν:

- υπάρχει μεγάλη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τους δρόμους και συσσωρευμένη θερμότητα στα υλικά των κτηρίων καθώς έχουν μικρή ανακλαστικότητα και όλη αυτή η θερμότητα απελευθερώνεται τη νύχτα,
- υπάρχουν περισσότερες ανθρωπογενείς δραστηριότητες στο κέντρο της πόλης και μεγαλύτερη κίνηση οχημάτων απ' ό,τι στα άκρα της,
- υπάρχει επανεκπομπή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας στο έδαφος από τους ρύπους που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα,
- δεν υπάρχει η εξάτμιση των ρύπων λόγω έλλειψης δέντρων και πράσινου μέσα στην πόλη (Oke, 1987).

Επίσης, η αστική θερμονησίδα τη νύχτα μεταφέρει τους ρύπους που παράγονται στα περίχωρα της πόλης στο κέντρο της, με αποτέλεσμα την ατμοσφαιρική ρύπανση του κέντρου. Τα στρώματα δηλαδή αναμιγνύονται και δημιουργείται αναστροφή θερμοκρασίας. Όλο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παγίδευση των ρύπων στο κέντρο κατά την διάρκεια της νύχτας (Oke, 1987).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ΑΘΝ είναι: ελεγχόμενοι, για παράδειγμα οι ανθρωπογενείς εργασίες που δημιουργούν επιπρόσθετη θερμότητα και μη ελεγχόμενοι, όπως η ηλιακή ακτινοβολία. Φυσικά και οι δύο παράγοντες όταν συνδυάζονται αποφέρουν μεγάλη θερμότητα, πράγμα δυσάρεστο (Trenberth et.al., 2009). Κάποια παραδείγματα είναι το μοντέλο της οικιακής ανάπτυξης με το είδος της βιομηχανικής δραστηριότητας, το πολεοδομικό μέγεθος, τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται, ο πληθυσμός, η τοπογραφία, η δομή και η σύσταση του εδάφους καθώς και το κλίμα του

τόπου που επικρατεί εκεί (Σάρρας, 2020). Αξιοσημείωτο είναι το μέγεθος της θερμότητας ανάλογα την εποχή αφού διαφοροποιείται κατά πολύ η ένταση της εισερχόμενης ακτινοβολίας και τείνει να είναι υψηλότερη το καλοκαίρι (Oke, 1982).

Ευεργετική γίνεται τον χειμώνα η ΑΘΝ καθώς ανακουφίζει την πόλη, ενώ το καλοκαίρι εξαλείφει τα δροσερά διαστήματα που θα έδιναν μία ανακούφιση στον πληθυσμό από την παρατεταμένη ζέστη. Επομένως, η μελέτη του φαινομένου έχει να κάνει με την ένταση και την εμμονή του και με το αντίκτυπο που έχει στην κοινωνία ως προς την ευεξία, την ποιότητα ζωής και την υγεία της (Rouprkou et al., 2011).

Η λύση στο φαινόμενο αυτό βρίσκεται μάλλον στην αύξηση του αστικού πράσινου που ενισχύει την ενεργειακή απόδοση καθώς μέσα από την έρευνα για τον πολεοδομικό σχεδιασμό αναδεικνύονται τα οφέλη των πράσινων υποδομών, βέβαια η εφαρμογή στις περιοχές με απουσία ήλιου και ζέστης είναι πιο δύσκολη. Οι συνέπειες της αστικής θερμικής νησίδας που βιώνουν οι αστικές περιοχές είναι οι γρήγοροι ρυθμοί αύξησης της θερμοκρασίας λόγω της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, προκαλώντας έτσι ένα υπερβολικά θερμό αστικό κλίμα (Mohajerani et al., 2017). Ένα παράδειγμα είναι το Ντιτρόιτ του Μίσιγκαν που τις πρωινές ώρες έχει έως και 2,5°C βαθμούς μεγαλύτερη θερμοκρασία στο κέντρο του απ' ότι στα περίχωρα (Sanderson et al., 1973). Φυσικά και σε ένα τέτοιο φαινόμενο παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα στις κοινωνίες με βάση τις κοινωνικοοικονομικές τους ανισότητες. Δηλαδή οι χαμηλού εισοδήματος κοινότητες επηρεάζονται περισσότερο αφού δεν έχουν το κεφάλαιο για την ανάπτυξη πράσινων υποδομών με αποτέλεσμα μεγαλύτερο κίνδυνο ασθενειών που σχετίζονται με την αυξημένη θερμοκρασία (Harlan et al., 2006). Αξιοσημείωτος είναι ο τρόπος που κατατάσσονται οι πόλεις με το μεγαλύτερο πρόβλημα, καθώς οι κοινωνικοοικονομικές ανισότητές τους τις επηρεάζουν (Sanchez & Reames, 2019).

Μια επίπτωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας σε μία πόλη όπου το κέντρο της αντιμετωπίζει υψηλότερες θερμοκρασίες είναι ότι οι κάτοικοι χρειάζονται περισσότερη ενέργεια προκειμένου να αντιμετωπίσουν αυτές τις θερμοκρασίες μέσω του κλιματισμού (Akbari & Hashem, 2005). Στο Ντιτρόιτ συγκεκριμένα, το 39,4% του πληθυσμού ζει κάτω από το όριο της φτώχειας οπότε αυτές οι δαπάνες για θέρμανση, εξαερισμό και κλιματισμό είχαν ως αποτέλεσμα την επιδείνωση των ζητημάτων της φτώχειας της πόλης. Όταν τα νοικοκυριά δεν μπορούν να αντέξουν οικονομικά τους λογαριασμούς ενέργειάς τους, θα πρέπει να αντιμετωπίσουν τη διακοπή λειτουργίας

των συσκευών αυτών, εκθέτοντάς την υγεία των κατοίκων του σπιτιού στην υπερβολική ζέστη με αποτέλεσμα την δημιουργία των προβλημάτων υγείας. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί ένα ευρύτερο αστικό ενεργειακό ζήτημα, καθώς η αυξημένη ζήτηση ενέργειας που προκύπτει από το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας τείνει να υπερφορτώνει ενεργειακά τα συστήματα, τα οποία έχουν ως συνέπεια τη διακοπή ρεύματος των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, επιδεινώνοντας έτσι το πρόβλημα (EPA, 2017). Οι κοινότητες χαμηλού εισοδήματος είναι συχνά πιο πιθανό να έχουν συμπαγή περιβάλλοντα με λίγη βλάστηση, με αποτέλεσμα υψηλότερες θερμοκρασίες στην επιφάνεια της γης, οδηγώντας σε μεγαλύτερη ανάγκη για κλιματισμό (Coseo, 2013 & Huang et al., 2011).

Οι συμβατικές στρατηγικές μετριασμού του φαινομένου περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση ψυκτικών υλικών στην ταράτσα ενός κτηρίου, όπως επιφάνειες με επίστρωση λευκής βαφής, που έχουν τη δυνατότητα μείωσης της ενεργειακής δαπάνης του κλιματιστικού μέσω της ηλιακής ανάκλασης και αποτρέποντας τη ροή θερμότητας μέσω μεμβράνης στην στέγη (Berdahl & Bretz, 1997). Πράσινες στέγες, στέγες που έχουν σχεδιαστεί για να φιλοξενούν φυτικό κάλυμμα (που ουσιαστικά αποτελούνται από μια συλλογή από βότανα, χόρτα, και βρύα) (Oberndorfer et al., 2007) και στρώματα για καλλιέργεια και αποστράγγιση, προσφέρουν μια εναλλακτική στρατηγική για τον μετριασμό της αστικής θερμικής νησίδας, με τη μείωση των αστικών θερμοκρασιών μέσω σκίασης και εξατμισοδιαπνοής (EPA, 2019). Οι πράσινες στέγες έχουν υψηλότερη ανακλαστικότητα από τις συμβατές στέγες (Rosenzweig et al., 2006) και αυτό γιατί η ψύξη τους οφείλεται περισσότερο στην βλάστηση και στο κατά πόσο μπορούν να συλλάβουν την ηλιακή ακτινοβολία και να πραγματοποιήσουν εξατμισοδιαπνοή (Federal Energy Management Program, 2004) το οποίο μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των αστικών θερμοκρασιών απελευθερώνοντας αποθηκευμένο νερό στην ατμόσφαιρα (Rosenzweig et al., 2006). Ενώ γενικά η πρακτική των πράσινων στεγών είναι πιο ακριβή και μη δημοφιλής απ' ό,τι των υπολοίπων στεγών, επιτρέπει την ψύξη επιφανειών υποδεικνύοντας τη σημασία της βλάστησης, με τις αστικές περιοχές με χαμηλή βλάστηση να είναι πιθανώς πιο ευαίσθητες σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Moody & Sailor, 2013).

Οι πράσινες υποδομές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τη μείωση της θερμοκρασίας σε περιοχές με χαμηλή αντανάκλαστικότητα καθώς συμβάλλουν στη συνολική μείωση της θερμοκρασίας μιας πόλης με αδιαπέραστο οδόστρωμα (Coseo & Larsen, 2014).

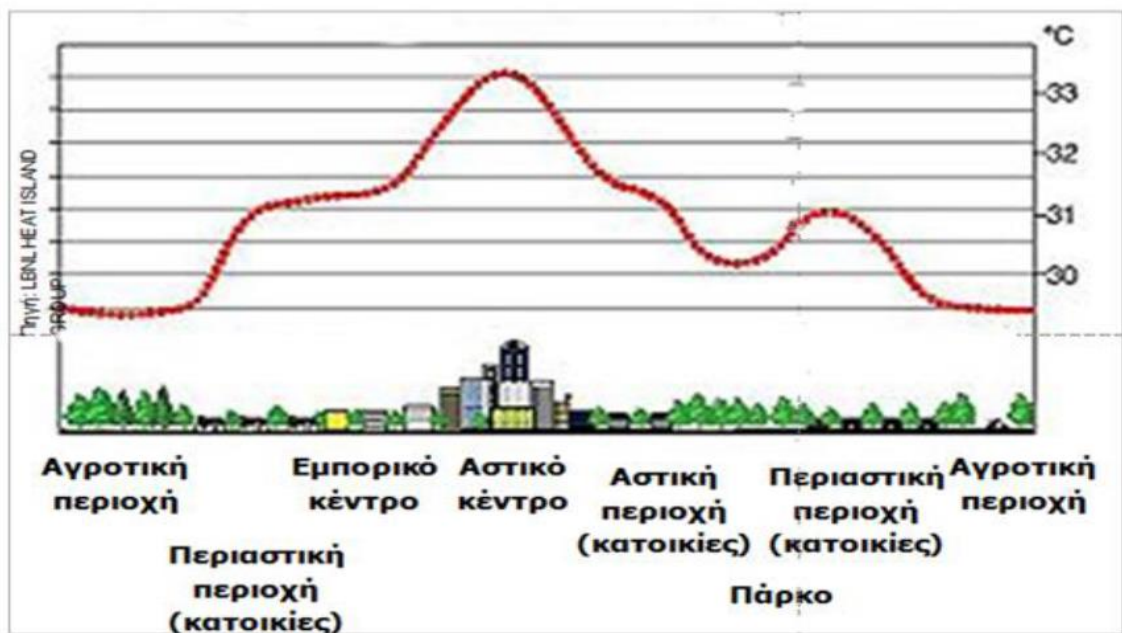
Μεγάλη επιφάνεια αδιαπέραστου οδοστρώματος σημαίνει μεγαλύτερη απορρόφηση της ακτινοβολούμενης θερμότητας, οπότε οι πράσινες στέγες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του φαινομένου με την αύξηση της βλάστησης στις διάφορες επιφάνειες μιας πόλης (Stone & Rodgers, 2001). Με την ποικιλία που υπάρχει στα φυσικά χαρακτηριστικά της βλάστησης οι πράσινες στέγες θα μπορούσαν να βοηθήσουν τις πόλεις δημιουργώντας μια σειρά από οικοσυστήματα, πέρα από τον μετριασμό της αστικής θερμικής νησίδας, συμπεριλαμβανομένου της διαχείρισης των όμβριων υδάτων, την διατήρηση της στέγης και της βιοποικιλότητας αφού προσφέρουν μια αισθητική αξία και καθίστανται ως μια πολύ πιο δυναμική λύση από τις άλλες στέγες (Getter & Bradley, 2006).

Οι πράσινες υποδομές ωφελούν τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος καθώς μειώνουν τους λογαριασμούς ρεύματος. Η έρευνα δεν επικεντρώνεται μόνο στις συσκευές αλλά και στην γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στη μείωση των δαπανών κλιματισμού και το εύαλωτο φαινόμενο τα αστικής θερμικής νησίδας. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί μείζονα κίνδυνο για την δημόσια υγεία για τα αστικά νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος, που οδηγούν σε βαριά ζητήματα υγείας, ακόμη και θάνατο (Hernández, 2013).

Έτσι χρησιμοποιείται η κοινωνικο-χωρική ανάλυση για να αντιμετωπιστεί η κατανομή του «μετοχικού κεφαλαίου» στην πράσινη υποδομή για τον μετριασμό του προβλήματος λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική κατάσταση. Οι στόχοι μιας κοινωνικο-χωρικής ανάλυσης σε αυτή τη μελέτη, που ορίζεται ως μια μεθοδολογία που ενσωματώνει κοινωνικά και χωρικά δεδομένα για τον εντοπισμό των ανισοτήτων πρόσβασης σε πόρους για δημογραφικές ομάδες, είναι ο εντοπισμός των περιοχών που στερούνται τις απαραίτητες πράσινες υποδομές. Έτσι, τίθενται οι κατευθυντήριες γραμμές για μια μελλοντική εφαρμογή πράσινων υποδομών που θα πρέπει να εστιάζει τις προσπάθειές της στην αντιμετώπιση των αναγκών ψύξης των κοινωνιών που επηρεάζονται περισσότερο από το παραπάνω φαινόμενο (Sanchez & Reames, 2019).

Στόχος, της παρούσας εργασίας, είναι αρχικά η αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού προβλήματος της ΑΘΝ καθώς παρουσιάζει σημαντικές επιπτώσεις στον αστικό πληθυσμό. Γι' αυτό, πραγματοποιείται μία κοινωνικο-χωρική ανάλυση για τις πράσινες υποδομές, ώστε να αναδειχθούν οι ανισότητες της ωφέλειας, της εγγύτητας των πράσινων υποδομών στις διάφορες κοινωνικές τάξεις του αστικού χώρου. Διερευνώντας τη διεθνή βιβλιογραφία σε διάφορες πόλεις με διαφορετικά κλίματα,

εισοδήματα και ανθρώπινες νοοτροπίες μελετήθηκε το φαινόμενο της ΑΘΝ. Αρχικά, στα πρώτα κεφάλαια αναλύεται το φαινόμενο αυτό και η συσχέτιση που υπάρχει ανάμεσα στις πράσινες υποδομές και την κλιματική αλλαγή. Στο τρίτο κεφάλαιο, προσδιορίζονται οι περιοχές μελέτης και αναδεικνύονται οι πιο σημαντικές πτυχές του φαινομένου της ΑΘΝ. Έπειτα, γίνεται ένας προσδιορισμός της κοινωνικο-χωρικής δομής της ΑΘΝ στις παραπάνω περιοχές μελέτης και ακολουθούν προτάσεις πολιτικής χωρικού σχεδιασμού για το φαινόμενο. Τέλος, αναγράφονται τα συμπεράσματα της εργασίας και η βιβλιογραφία της.



Εικόνα 1. Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας
(http://ktm.cres.gr/bibliothiki/Psyxres_oufes/Problhmata.php)

Κεφάλαιο 1: Τα στοιχεία της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Το αστικό κλίμα συσχετίζεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή και την επίτευξη της βιωσιμότητας. Η δημιουργία μίας βιώσιμης στρατηγικής πολεοδομικού σχεδιασμού μπορεί να καταστεί δυνατή και να αντιμετωπίσει τα προβλήματα της εκάστοτε αστικής περιοχής μελέτης, έτσι ώστε να καταφέρει να παραδώσει ένα καλύτερο περιβάλλον και να βελτιώσει την ευημερία των ανθρώπινων κοινοτήτων. Η κάθε αστική περιοχή έχει τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και αίτια που δημιουργείται η ΑΘΝ και θα πρέπει να επικεντρωθεί σε αυτά για να μειώσει όσο περισσότερο γίνεται το φαινόμενο. Η κάθε στρατηγική προσαρμόζεται στα δικά της αίτια έτσι ώστε να επιτευχθεί και μια βιώσιμη ανάπτυξη, που τονίζεται μέσα από τις επιδράσεις που προκαλεί η ΑΘΝ (Σαλάτα, 2014).

1.1 Χαρακτηριστικά της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Με το πέρασμα του χρόνου οι πόλεις δημιούργησαν τα δικά τους αστικά κλίματα, μέσω της αστικοποίησης, τα οποία αποτελούν προϊόν σύνθεσης στοιχείων και παραγόντων. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι η περιβάλλουσα αγροτική περιοχή είναι ψυχρότερη σε αντίθεση με την πόλη που είναι η θερμή περιοχή. Αυτό εμφανίστηκε ως συνέπεια της τροποποίησης της ενέργειας και των ροών ακτινοβολίας και κατά κύριο λόγο της αυξημένης ροής αισθητής θερμότητας. Η άμεση αισθητή ροή θερμότητας προκύπτει από την διαφορά των θερμοκρασιών της επιφάνειας και του αέρα. Η έμμεση αισθητή ροή θερμότητας είναι το αποτέλεσμα της εξατμισοδιαπνοής, εξατμίσης και συμπύκνωσης στην επιφάνεια γνώστη και ως υγρασία. Στην περίπτωση της υγρασίας, η θερμότητα αποθηκεύεται με μορφή υδρατμών και δεν είναι αισθητή σαν θερμότητα (Memon et al., 2008). Η τροποποίηση λοιπόν της ενέργειας, ουσιαστικά αυξάνει την θερμοκρασία της επιφάνειας καθώς και του αέρα πάνω από τις πόλεις. Η επιρροή που ασκεί η αστική γεωμετρία παράλληλα με τις ιδιότητες των διαφορετικών υλικών που έχουν οι δυο περιοχές (σκληρές και αδιαπέραστες επιφάνειες πόλεων σε αντίθεση με την φυσική βλάστηση και το έδαφος των αγροτικών περιοχών) δημιουργεί τη διαφορά αυτή στη ροή και στη συσσώρευση θερμότητας. Το παραπάνω φαινόμενο ονομάζεται Αστική Θερμική Νησίδα (Urban Heat Island). Εκτείνεται σε όλο το βάθος του αστικού οριακού στρώματος, με μεγαλύτερη ένταση στην επιφάνεια. Η λέξη νησίδα (island) οφείλεται στο γεγονός ότι οι ισοθερμικές καμπύλες κοντά στην επιφάνεια μοιάζουν με το περίγραμμα ενός νησιού (Voogt, 2004). Αξίζει να σημειωθεί μάλιστα ότι αυτό το

φαινόμενο δεν πρόκειται για πρόσφατο καθώς έχει αναφερθεί πρώτη φορά και τεκμηριωθεί το 1883 από τον Howard (Σαλάτα, 2014).

Το φαινόμενο της ΑΘΝ αποτελεί το σύνολο των μικρο-κλιματικών αλλαγών και επιπτώσεων που προκαλούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες μέσα από την αστικοποίηση (Oke, 1995). Επιπρόσθετα, για την παρουσία του εν λόγω φαινομένου προϋποθέτονται συγκεκριμένοι παράγοντες, στοιχείο που το καθιστά αρκετά πολύπλοκο (Grimm et al., 2008).

Η αστική θερμνησίδα λοιπόν σχετίζεται και με τις χρήσεις γης. Συγκεκριμένα, οι δροσερές χρήσεις γης όπως είναι οι λίμνες, τα πάρκα και οι ανοικτοί χώροι έχουν την μικρότερη ένταση της θερμικής νησίδας και αντίστοιχα οι θερμότερες χρήσεις γης όπως είναι οι εμπορικές ή πυκνοδομημένες περιοχές και οι βιομηχανίες έχουν αυξημένη την ένταση της θερμικής νησίδας. Άρα, σύμφωνα με τα παραπάνω είναι κατανοητό ότι εκτός από την συνολική ΑΘΝ που δημιουργείται στην περιοχή, δημιουργούνται παράλληλα και μικρότερες θερμές και ψυχρές νησίδες που σχετίζονται με τις χρήσεις γης εφόσον η κατανομή της θερμοκρασίας έχει σχέση με την μορφολογία και την αστική χρήση γης της κάθε περιοχής (Σαλάτα, 2014).

Διαφορετικοί είναι και οι τύποι των ΑΘΝ καθώς εμφανίζονται με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ελέγχονται από διάφορες συναθροίσεις των διαδικασιών ανταλλαγής ενέργειας. Η διάκρισή τους γίνεται σύμφωνα με τα δεδομένα των θερμοκρασιών και της κλίμακας (Coutts et al., 2013). Αρχικά, η διάκριση γίνεται μεταξύ της ΑΘΝ του αστικού οριακού στρώματος και του στρώματος αστικού θόλου. Αυτές συσχετίζονται με την πλεονάζουσα θερμότητα του ατμοσφαιρικού αέρα πάνω από τις πόλεις σε σύγκριση με αυτόν της υπαίθρου (Oke, 1976). Η ΑΘΝ που εντοπίζεται στο αστικό οριακό στρώμα (UHI_{UBL}) είναι μικρή σχετικά και εκτείνεται σε μεγάλη απόσταση (Oke, 1995). Με την βοήθεια της τεχνολογίας και την εξέλιξή της, είναι δυνατόν άλλη μία διάκριση της ΑΘΝ. Συγκεκριμένα, τρεις είναι οι διαφορετικοί τύποι διάκρισης της ΑΘΝ. Ο πρώτος είναι με βάση την θερμοκρασία του αέρα, σε στρώμα αστικού θόλου και αστικό οριακό στρώμα. Ο δεύτερος με βάση την θερμοκρασία της επιφάνειας και ο τρίτος με βάση τη θερμοκρασία του υπεδάφους. Βέβαια οι παράγοντες αυτοί έχουν να κάνουν και με την περιοχή (αστική, αγροτική), με την τοποθεσία, το υψόμετρο και τα όρια του αστικού περιβάλλοντος (Roth, 2002). Για να γίνει ο προσδιορισμός τους χρησιμοποιούνται έμμεσες και άμεσες μέθοδοι,

εκτιμήσεις που βασίζονται σε εμπειρικά μοντέλα και αριθμητικές προσομοιώσεις (U.S. EPA, 2008). Οι διαφορές τους έχουν να κάνουν με τις επιπτώσεις τους, τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό τους, τους τρόπους που διαμορφώνονται και τις μεθόδους αντιμετώπισής τους (Σαλάτα, 2014).

Πίνακας 1.1. Οι τύποι της Αστικής Θερμικής Νησίδας (Σαλάτα, 2014).

Τύπος ΑΘΝ		Τοποθεσία
ΑΘΝ θερμοκρασίας αέρα	Στρώμα αστικού θόλου	Βρίσκεται στο στρώμα αέρα κάτω από τον τελευταίο όροφο
	Αστικό οριακό στρώμα	Βρίσκεται στο στρώμα αέρα πάνω από τον τελευταίο όροφο/στέγη κτιρίων και τις κορυφές δέντρων μέχρι το σημείο όπου τα αστικά τοπία δεν επηρεάζουν πλέον την ατμόσφαιρα. Η περιοχή αυτή συνήθως εκτείνεται όχι περισσότερο από ένα μίλι (1,5 χλμ.) από την επιφάνεια [μπορεί να προσάγεται καθοδικά με το αστικό σύννεφο]
ΑΘΝ θερμοκρασίας επιφάνειας		Διαφορετικές θερμικές νησίδες σύμφωνα με τον ορισμό της "επιφάνειας" που χρησιμοποιείται
ΑΘΝ κάτω από την επιφάνεια		Βρίσκεται στο έδαφος κάτω από την επιφάνεια

Σε μεγάλες πυκνοκατοικημένες πόλεις κατά την θερινή περίοδο με θερμά κλίματα η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 5 – 10°C, ενώ σε μικρές πόλεις κυμαίνεται μεταξύ 2 – 3°C. Με βάση όμως τους διαφορετικούς τύπους, η ένταση της ΑΘΝ του στρώματος θόλου βρίσκεται μεταξύ 1 – 3°C, με την μεγαλύτερη ένδειξη να φτάνει τους 12°C κατά την διάρκεια των ωρών μετά την δύση του ήλιου και πριν την αυγή. Η ένταση του οριακού στρώματος είναι γενικά ομαλή και κατά την διάρκεια της μέρας και της νύχτας με καταγεγραμμένες θερμοκρασίες μεταξύ 1,5 – 2°C. Η ΑΘΝ της επιφάνειας κάνει αισθητή την παρουσία της κατά την διάρκεια της μέρας και είναι πάντα θετική. Στην Ελλάδα, υπολογίστηκε η ένταση της ΑΘΝ κατά την διάρκεια της νύχτας στην περιαστική περιοχή και στο κέντρο της πόλης είναι μεγαλύτερη από 10°C. Για παράδειγμα στην Αθήνα μπορεί να φτάσει από 10 – 12°C η διαφορά θερμοκρασίας. Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί να είναι έντονο με μέγιστη τιμή που να φτάνει τους 2 – 4°C (Papamanolis, 2014).

1.2 Αίτια της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Τα αίτια εμφάνισης μιας ΑΘΝ είναι πολύ σημαντικά καθώς έτσι μπορούν να γίνουν κινήσεις αντιμετώπισης της με συγκεκριμένες παρεμβάσεις. Μερικά από τα κυριότερα αίτια της ατμοσφαιρικής ΑΘΝ στο στρώμα θόλου είναι (Oke, 1995):

- ❖ η αυξημένη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος,
- ❖ η αυξημένη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος από τη γήινη ακτινοβολία,
- ❖ η μειωμένη απώλεια μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας,
- ❖ η ανθρωπογενής θερμότητα,
- ❖ η αυξημένη αποθήκευση αισθητής θερμότητας,
- ❖ η μειωμένη εξατμισοδιαπνοή,
- ❖ η μειωμένη συνολική μεταφορά τυρβώδης θερμότητας.

Συνήθεις υποθετικές αιτίες της ΑΘΝ για το οριακό στρώμα είναι:

- η αυξημένη απορρόφηση ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος,
- η ανθρωπογενής θερμότητα,
- η αυξημένη ροή αισθητής θερμότητας από κάτω,
- η αυξημένη ροή αισθητής θερμότητας από επάνω.

Πιο αναλυτικά, η συνεχής επέκταση των αστικών περιοχών αλλά και τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη της αστικής γης όπως για παράδειγμα τα κτήρια και οι δρόμοι, αλλάζουν τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας. Η αλλαγή αυτή οφείλεται στο φαινόμενο albedo, δηλαδή της ανακλαστικότητας των επιπρόσθετων υλικών. Σημαντικό ρόλο παίζει η απορροφητικότητα, η θερμοχωρητικότητα και η εκπεμπτικότητα (Taha et al., 1992).

Ουσιαστικά, η ανακλαστικότητα στα υλικά των επιφανειών των αστικών περιοχών είναι χαμηλότερη από εκείνα των αγροτικών περιοχών. Αυτό όμως έχει σαν αποτέλεσμα την λιγότερη ανάκλαση και την περισσότερη απορροφητικότητα της ηλιακής ενέργειας στις αστικές περιοχές, πράγμα που επιφέρει αυξημένες θερμοκρασίες σε αυτές. Επιπρόσθετα, στις περιοχές με στενούς δρόμους και ψηλά κτίρια υπάρχει λιγότερη διαφυγή θερμικής ενέργειας λόγω του αναγλύφου του αστικού περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα η θερμότητα να παγιδεύεται σε αυτή την περιοχή (Sailor, 2002). Συνήθως, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους κατασκευές έχουν μεγάλες

τιμές συντελεστή εκπομπής, με αυτό από την μία αποβάλλουν εύκολα την αναρροφούμενη θερμότητα αλλά από την άλλη εκπέμπουν ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες θερμότητας. Αξιοσημείωτη είναι η θερμοχωρητικότητα του κάθε υλικού που ορίζεται από την ικανότητά του στην αποθήκευση θερμότητας. Το συμπέρασμα είναι ότι οι αστικές επιφάνειες λειτουργούν από μόνες τους ως πηγές θερμότητας (Σαλάτα, 2014).

Οι πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές επιφέρουν πολλαπλές ανακλάσεις μεταξύ των κτηρίων γιατί γίνονται εμπόδια της ακτινοβολίας να επιστρέψει στον ουρανό και ουσιαστικά παγιδεύεται. Καθώς παρεμποδίζεται η θέαση προς τον ουρανό δυσχεραίνεται η απελευθέρωση της θερμότητας, οπότε δημιουργούνται μεγάλες θερμοκρασίες, ιδίως κατά την διάρκεια της νύχτας διότι τα υλικά ακτινοβολούν προς τα πίσω τη θερμότητα που απορρόφησαν κατά την ημέρα. Για τις αγροτικές περιοχές δεν ισχύει το ίδιο αφού η θερμότητα που έχουν απορροφήσει κατά την διάρκεια της μέρας εκπέμπεται πάλι πίσω από πολλές οπτικές γωνίες (Σαλάτα, 2014).

Επιπρόσθετα, άλλο ένα κύριο χαρακτηριστικό στοιχείο των αστικών περιοχών είναι η υστέρηση ψύξης των υλικών τους σε αντίθεση με τις αγροτικές περιοχές και την βλάστηση τους που τη νύχτα απελευθερώνουν την ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα μέχρι την ανατολή του ήλιου (Memon et al., 2008). Κατά το πρώτο μέρος της νύχτας, παρατηρείται η μεγαλύτερη τιμή έντασης της ΑΘΝ. Επίσης, οι αστικές περιοχές όταν δεν προλαβαίνουν να αποβάλλουν τη νύχτα την θερμότητα που έχουν συσσωρεύσει, ξεκινάν την επόμενη μέρα με επιπρόσθετο ηλιακό φορτίο (Kleerekoper, 2009).

Άλλη μία αιτία της ΑΘΝ είναι η μεταφορά του αέρα. Εξαιτίας της πολεοδομικής οργάνωσης και της αστικής γεωμετρίας, παρατηρείται μειωμένη μεταφορά ανέμου. Η ελαττωμένη τυρβώδης θερμότητα που μεταφέρεται δημιουργεί και την αντίστοιχη αποβολή του θερμού αέρα. Αυτό προκαλεί μείωση της ανανέωσης του αέρα και αποθέρμανση των αστικών περιοχών αφού εμποδίζεται η ψυκτική επίδραση του ανέμου. Ενώ αντίθετα στην ύπαιθρο ο αέρας μπορεί και ανανεώνεται πολύ πιο συχνά. Σύμφωνα λοιπόν με την αστική μορφή καθορίζεται η διασπορά και η μεταφορά των αέριων ρύπων σε τοπική κλίματα αλλά και σε μεσοκλίμακα (Σαλάτα, 2014).

Τα πρότυπα της αστικοποίησης έχουν συμβάλει στην επιφανειακή στεγανοποίηση του εδάφους καθώς δεν επιτρέπουν την διαπέραση υλικών και οδηγούν σε μειωμένη εξατμισοδιαπνοή και κατακράτηση υγρασίας. Με τα σκληρά και μη πορώδη υλικά να

καλύπτουν την επιφάνεια των πόλεων, δεν απορροφάται το νερό και για αυτό δεν ψύχονται μέσω της διαδικασίας της εξάτμισης. Ακόμα και οι λιγοστές περιοχές βλάστησης εμποδίζουν την διαδικασία της διαπνοής που απορροφά ένα σημαντικό ποσοστό λανθάνουσας θερμότητας το οποίο ψύχει τον αέρα. Ουσιαστικά, υπάρχει μεγαλύτερη ροή αισθητής θερμότητας από ότι λανθάνουσας (Sailor, 2002).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες παρουσιάζονται ως βασικές αιτίες της αστικής θερμικής νησίδας. Με τις διεργασίες καύσης, με τις μετακινήσεις/κυκλοφορία, με την παραγωγή ενέργειας, τις βιομηχανίες, τη θέρμανση και τη χρήση κλιματιστικών συμβάλουν στην αποβολή αλλά και παραγωγή περαιτέρω θερμότητας, τόσο στο αστικό περιβάλλον, αλλά και στην εκπομπή ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου. Η ατμοσφαιρική ρύπανση και κυρίως τα αερολύματα μειώνουν την εισερχόμενη ακτινοβολία και παράλληλα απορροφούν και εκπέμπουν εκ νέου την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία στο περιβάλλον. Αναστέλλουν έτσι την ψύξη των επιφανειών και δημιουργούν ένα είδος αστικού φαινομένου του θερμοκηπίου (Wania, 2007).

Η ένταση του φαινομένου, με τις καιρικές συνθήκες, το κλίμα, τα φαινόμενα θερμοκρασιακής αναστροφής και το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην αστική ατμόσφαιρα είναι παράγοντες που συμβάλλουν στην ένταση και τη δημιουργία του φαινομένου. Ο συντονισμός όλων αυτών των στοιχείων συντελεί τη δημιουργία ενός θερμικού ισοζυγίου διαφορετικό στις αστικές απ' ότι στις υπαίθριες περιοχές. Δύσκολος είναι να υπολογιστεί ο συντελεστής βαρύτητας για κάθε αιτία λόγω της πολυπλοκότητάς τους σύμφωνα με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τις κλιματολογικές/μετεωρολογικές συνθήκες (Σαλάτα, 2014).



Εικόνα 2. Παράγοντες δημιουργίας αστικής θερμικής νησίδας (Σαλάτα, 2014).

1.3 Επιδράσεις της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Η βιώσιμη ανάπτυξη στηρίζεται σε τρεις πυλώνες: οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς. Οι επιδράσεις της ΑΘΝ λοιπόν, μπορούν να φέρουν επιπτώσεις σε αυτούς τους τομείς. Η ανάλυση των βασικότερων επιπτώσεων που επιφέρει το φαινόμενο αναγράφονται παρακάτω με στόχο την αναγνώριση και την γρήγορη αντιμετώπισή τους.

Ύδατα

Λόγω της αστικοποίησης πλέον η βλάστηση έχει μειωθεί και αντικατασταθεί από τα αδιαπέραστα και σκληρά δομικά υλικά με αποτέλεσμα όλο και λιγότερο νερό να διηθείται από τις κατακρημνίσεις μέσα στο έδαφος και παράλληλα η ύπαρξη λιγότερης εξάτμισης και μεγαλύτερης απορροής όμβριων υδάτων. Αυτό επιφέρει μικρούς κύκλους νερού. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται γιατί η μικρή εξάτμιση επιφέρει μειωμένες κατακρημνίσεις στα ευρύτερα πλαίσια των αστικών περιοχών τα οποία συνδυάζονται με την στεγανοποίηση της επιφάνειας και επιταχύνουν την απορροή και αυτό προκαλεί μία έμμεση αύξηση του επιπέδου της θάλασσας (Kleerekoper, 2009). Μειώνοντας την διείσδυση του νερού, αυτό που γίνεται είναι να επιδράσει αρνητικά στο ρυθμό ανανέωσης του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής. Έτσι δημιουργούνται προβλήματα ύδρευσης και άρδευσης στην περιοχή. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι εμποδίζεται η ικανότητα των επιφανειών εδάφους να ψύξουν το περιβάλλον τους μέσα από την εξάτμιση των επιφανειακών υδάτων. Η αυξημένη απορροή όμβριων υδάτων από τις αστικές επιφάνειες είναι ικανή να συμπαρασύρει ρύπους και απορρίμματα που ίσως συμβάλουν στην ρύπανση γειτνιαζόντων υδατικών σωμάτων (Jain et al., 2009). Από την άλλη όμως αυτοί που κινδυνεύουν είναι οι υδατικοί αποδέκτες από την υποβάθμιση που υφίστανται μέσα από την θερμική ρύπανση. Η ΑΘΝ επιφάνειας με την πλεονάζουσα θερμότητα των επιφανειών μεταφέρεται μέσα από την απορροή στους υδατικούς αποδέκτες και επηρεάζει έτσι όλες τις πτυχές της υδρόβιας ζωής (U.S. EPA, 2008). Η διάβρωση των αστικών περιοχών αλλάζει με την αυξημένη απορροή, στοιχείο που συμβάλει στους υδατικούς αποδέκτες των όμβριων υδάτων και την βιοποικιλότητα των αστικών περιοχών (Σαλάτα, 2014).

Θερμική άνεση

Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει η ΑΘΝ είναι η θερμική άνεση των κατοίκων στις αστικές περιοχές. Οι φυσικές μεταβλητές από τις οποίες εξαρτάται η θερμική άνεση δηλαδή η υγρασία, η θερμοκρασία, η θερμική ακτινοβολία και η ταχύτητα του αέρα επηρεάζονται άμεσα από αυτό το φαινόμενο. Φυσικά, ένας παράγοντας όπως η θερμική άνεση διαφέρει από άτομο σε άτομο σύμφωνα με το φύλλο, τα ατομικά χαρακτηριστικά, τα ρούχα, την ηλικία αλλά και το επίπεδο καθώς και το είδος των δραστηριοτήτων του αφού είναι υποκειμενικά. Η προσαρμοστικότητα του ατόμου παίζει σημαντικό ρόλο καθώς τα άτομα που δέχονται να προσαρμόσουν τις δραστηριότητές τους κατά τις θερμές ημέρες έχουν λιγότερη καταπόνηση. Βέβαια, αυτό δεν είναι πάντα εφικτό λόγω πολύ υψηλών θερμοκρασιών και μη επαρκών σχεδιασμένων κτηρίων καθώς και αρκετών πράσινων, ανοικτών χώρων. Οπότε εντός των κτηρίων θα πρέπει να υπάρχει μία αυτόματη προσαρμογή στις κατάλληλες θερμοκρασίες ειδικά στους χώρους εργασίας. Αξιοσημείωτη είναι η απώλεια παραγωγικότητας των εργαζομένων κατά 2% για κάθε βαθμό θερμοκρασίας που υπερβαίνει τους 25°C. Δηλαδή η παραγωγικότητα σε ένα περιβάλλον εργασίας αυξομειώνεται με βάση την θερμοκρασία του (Kleerekoper, 2009).

Προβλήματα υγείας

Προβλήματα υγείας στους ανθρώπους μπορούν να υπάρξουν με την έκθεσή τους σε αυξημένη θερμοκρασία. Αυτό συνεπάγεται σοβαρά προβλήματα όπως δυσφορία και θερμική καταπόνηση. Η χειρότερη περίπτωση σε αυτήν την κατάσταση είναι η αυξημένη θνησιμότητα των ανθρώπων στον πληθυσμό των πόλεων, κυρίως όταν υπάρχουν κύματα καύσωνα. Οι πιο ευάλωτες ομάδες ανθρώπων κατά την διάρκεια του καύσωνα, δηλαδή οι ομάδες που δεν είναι εύκολη η προσαρμογή τους είναι: τα μικρά παιδιά, οι ηλικιωμένοι, άνθρωποι που δεν μπορούν να μετακινηθούν σε δροσερά μέρη και οι μειονεκτούσες κοινωνικοοικονομικές ομάδες (Coutts et al., 2013). Άλλη μία ευάλωτη ομάδα είναι οι ασθενείς και μάλιστα μελέτες αναφέρουν ότι με την αυξημένη αστική θερμοκρασία οι ψυχικά ασθενείς είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι (Hunter et al., 2012). Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της νύχτας εξαιτίας της ΑΘΝ καθιστούν δύσκολη την οποιαδήποτε αποβολή του θερμικού στρες που έχει δημιουργηθεί την μέρα. Εντός των αστικών περιοχών, τα σημεία που εμφανίζουν εντονότερο το φαινόμενο αυτό δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα με αποτέλεσμα οι κοινωνικά

μειονεκτούσες ομάδες να αποκτούν μεγαλύτερη έκθεση στη θερμότητα γιατί συνήθως συγκεντρώνονται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές χωρίς βλάστηση και χωρίς ανοικτούς χώρους (Hunter et al., 2012). Λόγω του αντίκτυπου που αφήνει το φαινόμενο δυσχεραίνεται η επίτευξη των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης (Σαλάτα, 2014).

Ατμοσφαιρική ρύπανση

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες με τις εκπομπές ρύπων από την κυκλοφορία, τη θερμοκρασία και την σκόνη προσθέτουν στην ατμόσφαιρα σωματίδια που σχηματίζουν θερμότερους θόλους πάνω στις αστικές περιοχές. Η αύξηση της θερμοκρασίας στους θόλους δεν επιτρέπει την διασπορά των σωματιδίων. Η συγκέντρωση, η μετατροπή και η διασπορά των ρύπων επηρεάζεται αρνητικά εξαιτίας των πόλεων που τροποποιούν τις καιρικές συνθήκες του περιβάλλοντός τους σε τέτοιο βαθμό που μπορούν να αλλάξουν ακόμα και την κατεύθυνση των καταιγίδων τους (Grimmond et al., 2010). Όμως, η ατμοσφαιρική ρύπανση όταν συνδυάζεται με την ΑΘΝ φέρνει λιγότερες βροχοπτώσεις αλλά πιο έντονες και ραγδαίες στις πόλεις και στις κατάντη περιοχές (Roth, 2005). Η υποβάθμιση της ποιότητας ζωής στα αστικά κέντρα είναι άλλο ένα παράγωγο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αφού συσχετίζεται με αναπνευστικά προβλήματα υγείας, την αύξηση του ποσοστού θνησιμότητας και την ζωτικότητα των αστικών δέντρων και χώρων πράσινου. Επιπρόσθετα, επηρεάζεται το ευρύτερο κλίμα μέσα από την έκλυση των αερίων του θερμοκηπίου. Άρα υπάρχει μία αλληλεξάρτηση των φαινομένων σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο.

Ενέργεια

Γενικά η υπερθέρμανση του πλανήτη μαζί με την ΑΘΝ θεωρείται ότι μπορεί να αποδώσει οφέλη για τις πόλεις με ψυχρά κλίματα τον χειμώνα ως προς τη μείωση αναγκών θέρμανσης των χώρων και λιγότερη κατανάλωση καυσίμων και ενέργειας. Οι έρευνες βέβαια έχουν αποδείξει ότι ουσιαστικά τέτοιο όφελος δεν υπάρχει αφού οι αυξημένες θερμοκρασίες, σε τοπικό επίπεδο λόγω κλιματικής αλλαγής επιφέρουν μία σειρά προβλημάτων (άνοδος της στάθμης της θάλασσας, αύξηση ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μεγαλύτερη κατανάλωση νερού). Κατά την θερινή περίοδο ειδικά, οι ανάγκες για ψύξη των κτιρίων είναι πολλαπλάσιες. Έτσι υπάρχει αυξημένη ζήτηση ενέργειας οπότε τα κέρδη του χειμώνα χάνονται, σε σχέση με τις καλοκαιρινές απώλειες, κατά πολύ. Στην Ελλάδα συγκεκριμένα, έχει υπολογιστεί ότι η ΑΘΝ οδηγεί σε διπλασιασμό του ψυκτικού φορτίου στα κτίρια, σε αντίθεση με το φορτίο αιχμής

ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη που τριπλασιάζεται για υψηλές θερμοκρασίες (Santamouris et al., 2001). Η όλη κατάσταση οδηγείται σε αυξημένη χρήση ορυκτών καυσίμων, ενεργειακή εξάρτηση, περαιτέρω υποβάθμιση του τοπικού περιβάλλοντος, συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη, επιδείνωση του φαινομένου και διάφορα προβλήματα υγείας για τον αστικό πληθυσμό (Σαλάτα, 2014).

Χλωρίδα – Πανίδα

Η αστική θερμική νησίδα με την αστική θέρμανση προκαλεί πρόωρη βλάστηση, ανθοφορία των λουλουδιών και των δέντρων στην πόλη. Γενικά είναι υπεύθυνη για την αύξηση της καλλιεργητικής περιόδου και της καλλιεργήσιμης γης. Βέβαια, η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει την ανάπτυξη μη γηγενών φυτών, με αποτέλεσμα να αλλάζει το τοπικό κλίμα και τη βιοποικιλότητα. Από την άλλη η αυξημένη βλάστηση επιφέρει αύξηση των καλλιεργειών στον αστικό πληθυσμό. Επίσης, ορισμένα είδη πανίδας ίσως μεταναστεύσουν σε ευνοϊκότερα θερμικά περιβάλλοντα και αυτό πάλι μπορεί να επιφέρει τροποποίηση του τοπικού περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, η αύξηση της θερμοκρασίας και η πρόωρη ανθοφορία θα εμφανίσει και πρόωρη εμφάνιση εντόμων με ταχύτερους ρυθμούς. Άρα, οι επιδράσεις σε κάθε περιοχή πρέπει να μελετώνται ξεχωριστά και αναλυτικά αφού υπάρχει αλληλεπίδραση των παραγόντων (Oke, 1987).

Κεφάλαιο 2: Ο ρόλος των πράσινων υποδομών στην κλιματική αλλαγή

Η εφαρμογή των πράσινων υποδομών (ΠΥ) βελτιώνει αποτελεσματικά τα μικροκλίματα και το αστικό περιβάλλον και παράλληλα προσφέρει κοινωνική ευημερία και οικονομική ανάπτυξη. Το κύριο χαρακτηριστικό των αστικών περιοχών είναι ότι βασίστηκαν σε αρχικά φυσικά οικοσυστήματα, τα οποία όμως τροποποιήθηκαν προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες του αστικού μεταβολισμού (Wania, 2007). Έπειτα η ισορροπία ανάμεσα στους ανθρώπους και την φύση κλονίστηκε μέσω της έντονης αστικοποίησης και επέφερε την ρήξη τους στα όρια των αστικών περιοχών αποκόπτοντας έτσι τους ανθρώπους από τις υπηρεσίες του οικοσυστήματος που παρείχε η φύση. Αποτέλεσμα αυτού ήταν μια σειρά συνεπειών λόγω της αδυναμίας προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Η λύση ήταν μια στροφή προς την σωστότερη προσέγγιση του οικοσυστήματος όπου θα συνυπάρχουν, αλληλεπιδρούν και αλληλοεξαρτώνται με βιώσιμο τρόπο το φυσικό περιβάλλον με τις γκρι υποδομές (δομημένο περιβάλλον) (Schäffler & Swilling, 2013). Επί της ουσίας ξανά δημιουργήθηκαν τα όρια μεταξύ των σχέσεων: των βιοτικών (άνθρωποι, χλωρίδα, πανίδα), των αβιοτικών (έδαφος, νερό, ατμόσφαιρα) και των πολιτιστικών και τεχνητών στοιχείων (κτίρια, δρόμοι, υποδομές) για την σωστή λειτουργία του αστικού οικοσυστήματος. Ένας από τους βασικούς τρόπους αποκατάστασης του οικοσυστήματος και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και στις επιπτώσεις της ΑΘΝ μέσα από τον χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό είναι οι πράσινες υποδομές που τα τελευταία χρόνια κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος για μελέτες και έρευνες. Δεν υπάρχει συγκεκριμένος ορισμός για τις ΠΥ καθώς μεγάλη σημασία έχει το υπόβαθρο του μελετητή και ο σκοπός της έρευνάς του. Επίσης, δεν πρόκειται για μια νέα έννοια καθώς πρωτοεμφανίστηκε από τον Howard το 1902 (Benedict & McMahon, 2002). Τα οφέλη των πράσινων υποδομών μπορούν να καταταγούν σε τρεις γενικές κατηγορίες: περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Αυτοί άλλωστε είναι και οι πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης.

2.1 Περιβαλλοντικά οφέλη

Οι τρόποι που βοηθάει η βλάστηση των ΠΥ είναι μέσω της σκίασης των επιφανειών εξαιτίας της μείωσης των αστικών θερμοκρασιών, μέσα από την διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής καθώς και μέσω της φύτευσης όπου αλλάζει η κίνηση και η ροή του ανέμου. Επιπρόσθετα, η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τον θόλο ενός δέντρου μειώνει άμεσα την ενέργεια που φτάνει στο έδαφος, έτσι μειώνεται και η θερμοκρασία της επιφάνειας κάτω από το δέντρο και η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος (Hunter et al., 2012). Αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι η βελτίωση του θερμικού περιβάλλοντος του αστικού χώρου καθώς και η επιρροή στην ανθρώπινη θερμική άνεση αφού παράλληλα επιτυγχάνεται η μείωση της ΑΘΝ αφού ουσιαστικά μειώνεται η αύξηση της θερμοκρασίας (Dimoudi & Nikolopoulou (2003). Μάλιστα, μελετήθηκε ότι το 25–50% της αύξησης της θερμοκρασίας μπορεί να μετριαστεί λόγω της βλάστησης (Chang et al., 2007).

Έρευνες αναφέρουν ότι κάτω από τους θόλους των δέντρων οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες και ότι έτσι δημιουργούνται ψυχρές νησίδες (Shashua-Bar et al., 2010). Παράλληλα, το ίδιο ισχύει και για την χαμηλή βλάστηση αλλά και για τις πράσινες στέγες (Alexandri & Jones, 2007). Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι παρατηρήθηκε πιο δροσερή η γύρω περιοχή των αστικών χώρων πρασίνου δημιουργώντας έτσι μία ψυχρή νησίδα πάρκου (Park Cool Island) (Chang et al., 2007). Βέβαια, το μέγεθος της επίδρασης ψύξης τους ποικίλει μεταξύ των μελετών.

Συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια της ημέρας οι χώροι με δεντροκάλυψη τείνουν να είναι πιο δροσεροί, όμως κατά την διάρκεια της νύχτας εμποδίζεται η ανταλλαγή θερμότητας με τον ουρανό λόγω χαμηλού συντελεστή θέασης του ουρανού με αποτέλεσμα να μην ψύχονται εύκολα (Bowler et al., 2010). Όταν η κάλυψη εδάφους γίνεται με χαμηλή βλάστηση οι θερμοκρασίες επιφάνειας είναι χαμηλότερες απ' ότι αν γινόταν η κάλυψη με σκληρά υλικά (άσφαλτο, σκυρόδεμα) καθ' όλη την διάρκεια της μέρας και της νύχτας. Αντίθετα, οι θερμοκρασίες αέρα πάνω από την επιφάνεια έχουν να κάνουν με την ώρα αλλά γενικά θεωρούνται υψηλότερες από τις προηγούμενες (Χατζηδημητρίου, 2012). Παράλληλα, για να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση της αύξησης της θερμοκρασίας με την χαμηλή βλάστηση θα πρέπει να υπάρχει παροχή αρκετής ποσότητας νερού καθώς η βλάστηση εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους (Χατζηδημητρίου, 2012).

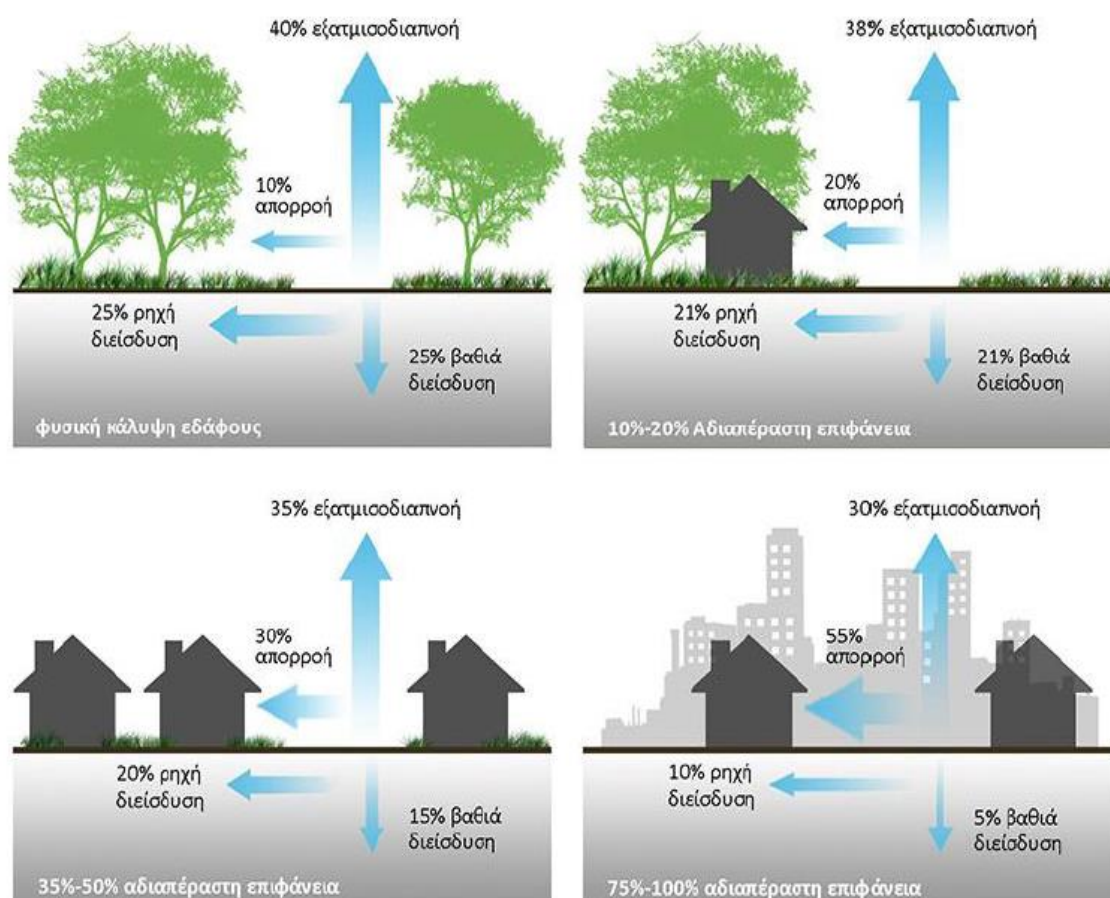
Μία ακόμα θετική επίδραση των ΠΥ είναι στην ποιότητα του αέρα, Εάν και αναγνωρίζεται το γεγονός ότι επιβραδύνεται η κυκλοφορία του και επιτρέπεται έτσι η συσσώρευση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Oke, 1989). Ουσιαστικά, η βλάστηση λειτουργεί ως φίλτρο του αέρα και άμεσα απομακρύνει ατμοσφαιρικούς ρύπους και σκόνη, καθώς προσκολλώνται πάνω στα φύλλα ή στον κορμό των φυτών (Agur, 2014). Αυτά τα σωματίδια που προσκολλώνται στην επιφάνεια είτε επαναιωρούνται είτε ξεπλένονται από την βροχή στο έδαφος (Wania, 2007).

Σχετικά με τα δέντρα, το είδος τους και το μέγεθος τους παίζουν σημαντικό ρόλο στα σωματίδια που είναι ικανά να συγκρατήσουν (το βαθμό, το είδος). Συγκεκριμένα, τα δέντρα με περισσότερη φυλλική επιφάνεια και τα κωνοφόρα είναι πιο αποτελεσματικά σε αντίθεση με τα πλατύφυλλα και αυτά με τραχιά και κολλώδη επιφάνεια φύλλων. Με την χρήση των πράσινων τοίχων έχει αποδειχτεί ότι υπάρχει μείωση περίπου: 40% για το NO₂ και 60% για PM₁₀. Βέβαια θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για τους συνδυασμούς δέντρων και την γεωμετρία τους και κάθε περιοχή να εξεταστεί χωριστά. Επίσης επιδιώκεται και η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και του όζοντος (O₃).

Τον χειμώνα οι επιφάνειες βλάστησης έχουν υψηλότερη θερμοκρασία στο περιβάλλον τους απ' ότι το καλοκαίρι. Οπότε ο σωστός σχεδιασμός των ΠΥ μειώνει την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και κατά συνέπεια την εκπομπή CO₂ στις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Kleerekoper, 2009). Σχετικά με αυτό όμως οι απόψεις δίστανται καθώς η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα είναι αμελητέα συγκριτικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ενθαρρύνοντας τις ήπιες μεταφορές με τον σχεδιασμό πράσινων υποδομών και δημιουργίας πεζόδρομων εμφανίζεται ένα πιο ελκυστικό περιβάλλον με οπτική μείωση των οδών. Αυτό συνεπάγεται μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων στα αστικά κέντρα και επομένως οι ΠΥ συμβάλλουν στην μείωση του αποτυπώματος CO₂ των αστικών περιοχών.

Άλλο ένα περιβαλλοντικό όφελος βρίσκεται στη διαχείριση των υδάτων και στον αστικό υδρολογικό κύκλο όπου τα στοιχεία της βλάστησης διαδραματίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο (Oke, 1989). Η βλάστηση αναπτύσσεται μέσα από το νερό που απορροφά και παρεμποδίζει τις κατακρημνίσεις. Τα όμβρια ύδατα κρατούνται στα φυτά, στα φύλλα τους και τον κορμό τους. Από το νερό της βροχής ένα τμήμα του θα εξατμιστεί και ένα θα απορροφηθεί από το έδαφος. Οι ρίζες των φυτών είναι υπεύθυνες

για την αποθήκευση του στο έδαφος (Jaluzot et al., 2012). Κάτι σημαντικό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι στις αστικές περιοχές αυτή η φυσική λειτουργία καταστέλλεται λόγω των σκληρών επιφανειών. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα όμβρια ύδατα να μην διεισδύουν στο έδαφος και να προκαλούν ζημιές όπως καθιζήσεις και να καταλήγουν στο αποχετευτικό δίκτυο. Έτσι δημιουργούνται οι υπερχειλίσσεις, ο κίνδυνος πλημμύρας και η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων αφού σε μία απρόσμενη ραγδαία και έντονη βροχόπτωση τα νερά δεν θα έχουν που να αποθηκευτούν (Agur, 2014).



Εικόνα 3. Η επιφανειακή απορροή με βάση την κάλυψη του εδάφους
(<http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/beltiosi-astikou-klimatos/>)

2.2 Κοινωνικά οφέλη

Τα στοιχεία των ΠΥ όπως τα κοινωνικά και ψυχολογικά οφέλη είναι πολύ σημαντικά για την επίτευξη υγιών ανθρώπινων κοινοτήτων. Για παράδειγμα, η επαφή με την φύση δημιουργεί θετικά συναισθήματα, δίνει νόημα στην ζωή του ανθρώπου, έχει ευεργετικές υπηρεσίες και καταπολεμά καταναλωτικές ανθρώπινες ανάγκες (Chiesur, 2004). Η σωματική, ψυχική δημόσια υγεία και ευεξία εξασφαλίζονται και μέσα από την πρόσβαση σε ένα καλής ποιότητας τοπίο, το οποίο έχει σχεδιαστεί και διαχειριστεί με τον βέλτιστο τρόπο. Τα πάρκα, οι πράσινοι δρόμοι δημιουργούν ελκυστικούς χώρους διαδρομών και προωθούν τους ήπιους τρόπους μετακίνησης όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Με το ποδήλατο, το περπάτημα σε τέτοια μέρη πετυχαίνεται η άσκηση και η αναψυχή. Ουσιαστικά παρέχεται στους κατοίκους ένας δωρεάν τρόπος άσκησης, που με βάση την τωρινή οικονομική κατάσταση είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Έτσι, οι άνθρωποι υιοθετούν έναν πιο υγιή τρόπο ζωής (Jaluzo et al., 2012). Επίσης, ένα αίσθημα ασφάλειας για τους πεζούς δημιουργείται, όταν υπάρχουν δέντρα και οπτική μείωση των οδών (Wania, 2007).

Γενικά η βλάστηση και τα δέντρα οδηγούν σε μία καλύτερη ποιότητα νερού. Βελτιώνεται η ποιότητα του αέρα, μειώνεται η ρύπανση του και έτσι λιγοστεύουν οι αρνητικές συνέπειες στην υγεία των κατοίκων στο αναπνευστικό τους σύστημα δηλαδή. Επιπρόσθετα, οι πράσινες στέγες μειώνουν την θερμοκρασία των κτιρίων και των εσωτερικών χώρων οπότε, αυξάνεται η ανθεκτικότητα των κατοίκων στα θερινά κύματα καύσωνα.

Η μακροζωία συνδέεται άμεσα με την επαφή με την φύση και το περπάτημα σε αυτήν όπως και η μείωση της παχυσαρκίας. Η πρόσβαση σε πράσινους χώρους έχει μελετηθεί ότι αναρρώνει τους ασθενείς με ταχύτερο ρυθμό καθώς επίσης και τις επισκέψεις σε ιατρούς (Agrup, 2014). Το άγχος είναι άλλος ένας παράγοντας που μειώνεται με την παθητική αλληλεπίδραση με το πράσινο. Τα στοιχεία των ΠΥ ενισχύουν την παραγωγικότητα, τη συγκέντρωση, την αποκατάσταση της προσοχής και αναζωογονούν. Προσφέρουν μία αίσθηση ηρεμίας, γαλήνης, ευχαρίστησης και χαράς πράγματα πολύ σημαντικά (Σαλάτα, 2014).

Αξίζει να σημειωθεί η μελέτη που κατέγραψε ότι οι κάτοικοι περιοχών με βλάστηση και πράσινο έδειξαν λιγότερο αντικοινωνική, βίαιη και επιθετική συμπεριφορά καθώς

χρησιμοποιούσαν περισσότερο εποικοδομητικές μεθόδους για την αντιμετώπιση των προβλημάτων τους. Η μείωση των αρνητικών κοινωνικών συμπεριφορών συνδέεται με τους αστικούς χώρους πρασίνου (Chiesura, 2004). Από την άλλη, οι καταγραφές που υπάρχουν για τις περιοχές χωρίς αστικό πράσινο υποστηρίζουν ότι έχουν υψηλότερα ποσοστά αυτοκτονιών και επιθετική αντιμετώπιση των συγκρούσεων. Παράλληλα, ο αριθμός των διάφορων δραστηριοτήτων που παρέχεται παίζει σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά των κατοίκων (M'Ikiugu et al., 2012). Οι ΠΥ χαρίζουν μία αισθητική αξία στον χώρο και επιδρούν στην οπτική βελτίωση του.

Βέβαια, δεν μπορούν όλοι να συμφωνούν με όλα για αυτό και υπάρχει ένα μικρότερο ποσοστό ανθρώπων που έχουν αρνητική αντίληψη για τα πάρκα. Το ποσοστό αυτό αναφέρεται σε κατοίκους που φοβούνται για βανδαλισμούς και εγκλήματα σε αυτές τις περιοχές οπότε τους προκαλεί περισσότερο άγχος ένας τέτοιος χώρος (James et al., 2009). Αντίστοιχα όμως τα μειωμένα ποσοστά εγκληματικότητας στο εσωτερικό των αστικών περιοχών τα αναιρούν όλα αυτά λόγω της παρουσίας φυτών, δέντρων και ανοικτών χώρων (Chiesura, 2004). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η διαδικασία φύτευσης δέντρων που εντάσσει και τους κατοίκους επιφέρει λιγότερα ποσοστά βανδαλισμών τους (Brady et al., 2001).

Οι εγκαταλελειμμένοι και ερημικοί χώροι βγάζουν ένα αίσθημα ανασφάλειας αφού δεν διαχειρίζονται και δεν συντηρούνται σωστά σε σχέση με τους πράσινους χώρους. Τα τελευταία χρόνια όμως παρατηρείται η ανάγκη της ένταξης της φύσης στον αστικό ιστό. Το φαινόμενο αυτό υλοποιείται με την εμφάνιση πάρκων και χώρων με φυσικά χαρακτηριστικά όπως λιβάδια. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο «Κήπος των Εποχών» στη νέα παραλία της Θεσσαλονίκης καθώς δημιουργήθηκε ένα όμορφο λιβάδι με άγρια βλάστηση (Εικόνα 4). Αυτή η πράξη επέφερε οφέλη όπως: επανασύνδεση της κοινωνίας με την φύση, οικονομικά οφέλη, ενίσχυση της βιοποικιλότητας και αλλαγή στην εποχικότητα του τοπίου (Brady et al., 2001).

Για αυτά τα πάρκα όμως έχει διαπιστωθεί ότι δεν βοηθάνε ιδιαίτερα στις ΠΥ, καθώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες που γίνονται εκεί εμποδίζουν την ανάπτυξη διάφορων ενδιαιτημάτων στο έδαφος (Brady et al., 2001). Οι αντιφάσεις αυτές οδηγούν σε μία πιο αποτελεσματική μελέτη που πρέπει να γίνει πριν την υλοποίηση του έργου προκειμένου να ληφθούν σωστά κάποιες αποφάσεις που έχουν να κάνουν με την επιλογή του χώρου, της βλάστησης και την ένταξης των κατοίκων σε όλο αυτό (Σαλάτα, 2014).



Εικόνα 4. Ο «Κήπος των Εποχών» στη Νέα Παραλία της Θεσσαλονίκης (Σαλάτα, 2014).

Άλλο ένα όφελος των πράσινων υποδομών είναι η εκπαιδευτική εμπειρία που προσφέρεται μέσα από την διαδικασία φύτευσης των δέντρων (Brady et al., 2001). Δίνονται εκπαιδευτικές ευκαιρίες σε άτομα ανεξαρτήτου κοινωνικής τάξης και ηλικίας καθώς αναπτύσσει τις ικανότητές τους. Οι κάτοικοι εξοπλίζονται με δεξιότητες και εμπειρίες και ενδεχόμενες θέσεις εργασίας (Walker, 2004). Ένα παράδειγμα ΠΥ μπορεί να είναι οι λαχανόκηποι, τα περιβόλια, οι κοινοτικοί κήποι και οι οπωρώνες. Έτσι, εξασφαλίζεται η πρόσβαση σε υγιεινά τοπικά τρόφιμα για τους ανθρώπους και αποτελούν βιώσιμα συστήματα παραγωγής. Γίνεται μία προσπάθεια επανασύνδεσης των κοινοτήτων με το τοπικό τους περιβάλλον. Δίνεται η ευκαιρία για γνώση πάνω σε διάφορους τομείς όπως: οι καλλιέργειες οπωροκηπευτικών, η κηπουρική, η μελισσοκομία και διάφορα άλλα χρήσιμα εφόδια για τα νεαρά άτομα (Landscape Institute, 2013). Όσον αφορά στους ηλικιωμένους και συνταξιούχους κατοίκους τους προσφέρει έναν πιο δραστήριο τρόπο ζωής μέσα από τον εθελοντισμό. Με αυτούς τους τρόπους ενίσχυσης της κοινωνικοποίησης προάγεται και ο δεσμός σύσφιξης της γειτονιάς αφού έχουν ένα κοινό στόχο για τον χώρο που ζούνε όλοι μαζί. Επιπρόσθετα, ίσως κερδίζουν και οικονομικά οφέλη που δεν είναι καθόλου αμελητέος παράγοντας. Με αυτό το ποσό θα συμβάλουν στην πλήρωση αστικών κενών και στη χρήση εγκαταλελειμμένων τμημάτων (Jaluzo et al., 2012).

2.3 Οικονομικά οφέλη

Άλλο ένα κύριο πλεονέκτημα των ΠΥ είναι οι οικονομικές ευκαιρίες που προσφέρουν στο Δήμο και το κράτος, ένα στοιχείο ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένης της οικονομικής κρίσης. Ένας τρόπος για να χρησιμοποιηθούν οι ΠΥ είναι να υποκαταστήσουν τις γκρι υποδομές, με αυτόν τον τρόπο μειώνονται τα περιβαλλοντικά προβλήματα όπως οι πλημμύρες αποφεύγοντας τις δαπανηρές γκρι υποδομές που δεν αποτελούν φυσική λύση (Brady et al., 2001). Τέτοιοι τρόποι αντιμετώπισης των προβλημάτων λύνουν αυτόματα και άλλα προβλήματα όπως μια βλάβη σε υφιστάμενα τεχνητά έργα υποδομής. Άρα μειώνεται το κόστος αποκατάστασης και συντήρησης τους. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα αντιπλημμυρικά έργα και τα δίκτυα αποχέτευσης αφού η φυτοκάλυψη μειώνει την επιφανειακή απορροή όμβριων υδάτων και αυξάνει την διήθηση του νερού στο έδαφος (Wania, 2007). Το να αντικατασταθούν οι γκρι υποδομές με πράσινες δεν σημαίνει ότι δεν θα υπάρξει κάποιο κόστος αλλά αυτό που έχει αποδειχθεί είναι ότι είναι μια επένδυση που αποδίδει καλύτερα, είναι πιο ανθεκτική και πετυχαίνει τους στόχους της βιώσιμης οικονομίας και ανάπτυξης (Arup, 2014).

Η επίδραση της ΑΘΝ μειώνεται με την βλάστηση και τα δέντρα παρέχοντας σκίαση, ψύξη με εξατμισοδιαπνοή και αξιοποίηση της ροής του αέρα. Το γεγονός αυτό μειώνει την ανάγκη ψύξης το καλοκαίρι και θέρμανσης τον χειμώνα. Οπότε μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας καθώς και η χρήση πόρων, άρα υπάρχουν οικονομικά οφέλη τόσο για τους κατοίκους όσο και για τις τοπικές αρχές. Βέβαια για να επιτευχθούν αυτά τα αποτελέσματα χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή και μελέτη για την τοποθέτηση τους (Wania, 2007).

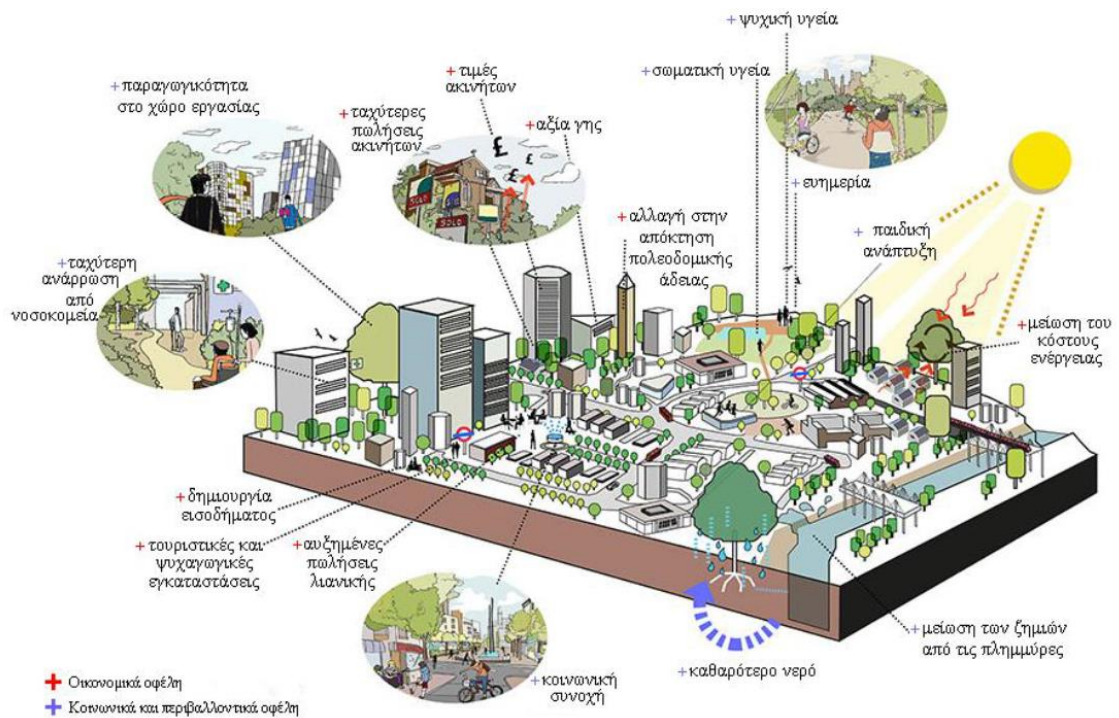
Η θνησιμότητα είναι άλλος ένα παράγοντας που επηρεάζεται καθώς μειώνεται λόγω της αντιμετώπισης της ΑΘΝ, όπως και τα κρούσματα ασθενειών αφού σχετίζονται με υψηλές θερμοκρασίες. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αφαιρούνται οι ατμοσφαιρικοί ρύποι και η σκόνη οπότε βελτιώνει την υγεία των κατοίκων της πόλης (Chiesura, 2004). Ουσιαστικά, οι καλύτερες συνθήκες για ψυχική και σωματική υγεία μέσα στην πόλη δημιουργούνται σε περιβάλλον με πράσινες υποδομές (Σαλάτα, 2014).

Η υψηλή ποιότητα αστικού περιβάλλοντος προσελκύει αποδεδειγμένα ειδικευόμενους εργαζομένους οι οποίοι έπειτα προσελκύουν επιχειρήσεις και επενδύσεις στην περιοχή (Landscape Institute, 2013). Η καινοτομία που εισάγουν οι ΠΥ να προσαρμόζονται

δηλαδή, στην κλιματική αλλαγή κάνει τις περιοχές αυτές πιο ελκυστικές (Schäffler & Swilling, 2013). Επίσης, η περιοχή επιτυγχάνει να γίνει ένας τουριστικός πόλος έλξης που φυσικά θα έχει διάφορα οφέλη. Αλλά και τα μεμονωμένα στοιχεία της ΠΥ μπορούν να προσελκύσουν τον τουρισμό μέσα από τους λαχανόκηπους και οπωρώνες που αναφέρθηκαν και παραπάνω (Arup, 2014). Η όμορφη και ευχάριστη διαμόρφωση του περιβάλλοντος αφού θα έχει προσελκύσει ήδη αγοραστές θα τους κάνει να παρατείνουν κιόλας την χρονική διάρκεια των αγορών τους αγοράζοντας περισσότερα προϊόντα, μία εμπορική κίνηση σε καλά σχεδιασμένη περιοχή είναι ικανή να αυξήσει τα έσοδα μέχρι και 40% (Jaluzo et al., 2012).

Νέες θέσεις εργασίας θα έρθουν μέσω του τομέα του τουρισμού και της γεωργίας (Chiesura, 2004). Όχι όμως μόνο σε αυτούς τους τομείς καθώς θα χρειαστούν και άτομα για την φύλαξη των χώρων πρασίνου και διαχειριστές τους και άλλες θέσεις εργασίας που θα έχουν να κάνουν με τη συντήρηση των κήπων και των τοπίων θα δημιουργηθούν. Βέβαια, οι τομείς που υποστηρίζουν οι ΠΥ δεν είναι μόνο αυτοί αλλά ακόμα και οι κατασκευαστικοί και των υδραυλικών εγκαταστάσεων, αλυσίδων εφοδιασμού και θέσεις εργασίας στο κομμάτι της κατασκευής των υλικών για παράδειγμα μεμβράνες οροφής, συστήματα συλλογής όμβριων υδάτων και διαπερατά πεζοδρόμια (Schäffler & Swilling, 2013).

Ένα ακόμα οικονομικό όφελος που δίνουν οι ΠΥ είναι η αξία των ακινήτων που αυξάνεται στην περιοχή. Συγκεκριμένα, υπάρχει μία προτίμηση κατοικιών κοντά σε πρασίνους χώρους σύμφωνα με μελέτες ανεξάρτητα από την κοινωνικό-οικονομική κατάσταση του αγοραστή (Arup, 2014). Ο χρόνος πώλησης των κατοικιών μειώνεται κατά πολύ σε οδούς με δεντροστοιχία. Το παράδειγμα την Βοστώνης όπου η αύξηση ακινήτων δημιούργησε ένα υπόγειο παρκινγκ για τα αυτοκίνητα και τα έσοδα αυτού δόθηκαν για την συντήρηση του πράσινου αποδεικνύει ότι οι πράσινες υποδομές χρηματοδοτούν και δημόσιες δαπάνες (Arup, 2014). Από την άλλη πλευρά αυτό που θέλει προσοχή είναι τα μειονεκτήματα των ΠΟΥ (ο φόβος για βανδαλισμό), που προβληματίζουν τους υποψήφιους αγοραστές για αυτό και χρειάζονται σοβαρές μελέτες κατά τον σχεδιασμό τους (Σαλάτα, 2014).



Εικόνα 5. Διαγραμματική παρουσίαση από τα οφέλη των πράσινων υποδομών (Σαλάτα, 2014).

Πίνακας 2. Συγκεντρωτικά τα οφέλη των πράσινων υποδομών και από τις τρεις κατηγορίες (Σαλάτα, 2014).

Περιβαλλοντικά οφέλη	Κοινωνικά Οφέλη	Οικονομικά Οφέλη
Βελτιωμένη αισθητική	Ενθάρρυνση φυσικής δραστηριότητας	Αντικατάσταση/συμπλήρωση γκρι υποδομών
Βελτιωμένο αστικό μικροκλίμα	Βελτίωση παιδικής ανάπτυξης	Μειωμένο κόστος ενέργειας μέσω ρύθμισης του μικροκλίματος
Βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα	Βελτίωση σωματικής υγείας	Χαμηλότερο κόστος υγειονομικής περίθαλψης
Μειωμένος κίνδυνος πλημμύρας	Ταχύτερη ανάρρωση από νοσοκομεία	Ενθάρρυνση ξένων επενδύσεων
Καλύτερη ποιότητα νερού	Βελτίωση της ψυχικής υγείας	Αύξηση της ελκυστικότητας της αστικής περιοχής
Βελτιωμένη βιοποικιλότητα	Βελτιωμένη παραγωγικότητα στο χώρο εργασίας	Ενίσχυση τοπικής οικονομίας
Μειωμένος θόρυβος περιβάλλοντος	Αύξηση της κοινωνικής συνοχής	Παροχή θέσεων εργασίας
Μείωση ατμοσφαιρικών εκπομπών CO ₂	Μείωση της εγκληματικότητας	Αυξημένες τιμές ακινήτων και γης

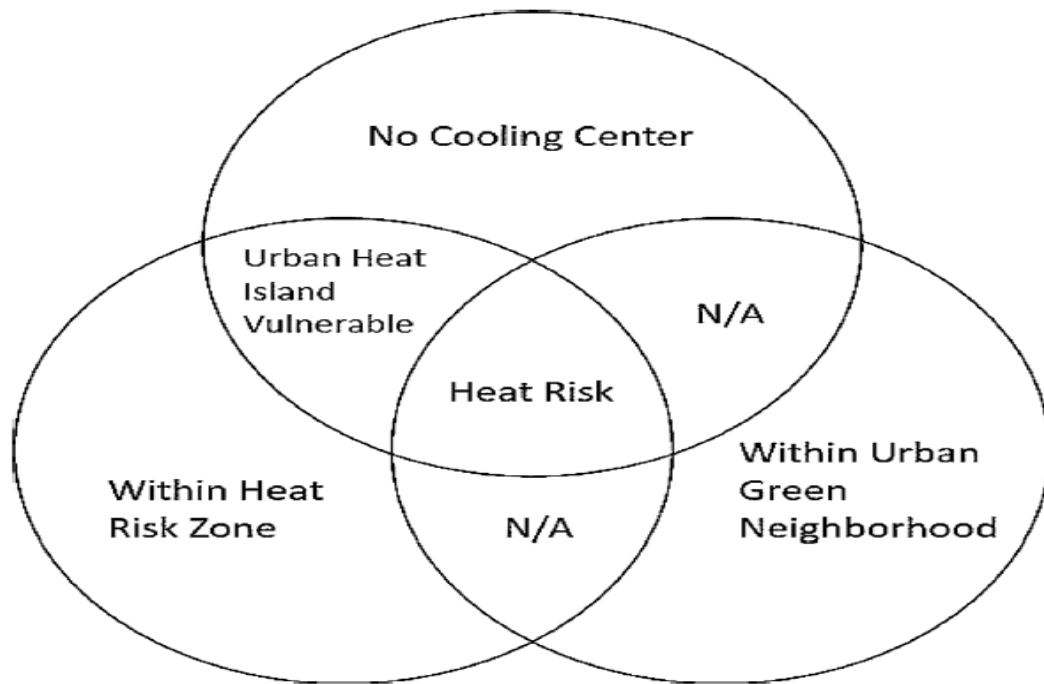
Κεφαλαίο 3: Προσδιορισμός της τρωτότητας της Αστικής Θερμικής Νησίδας στο διεθνές περιβάλλον

Η ευπάθεια της αστικής θερμικής νησίδας μίας περιοχής ορίζεται ως μια κατάσταση όπου οι κάτοικοι της συγκεκριμένης περιοχής, που είναι επιρρεπής σε υψηλά επίπεδα θερμότητας και χωρίς αστικό πράσινο, δεν έχουν πρόσβαση σε ένα πιο ψυχρό κέντρο. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η μετακίνηση σε κέντρα ψύξης μπορεί να προσφέρει ανακούφιση από τον κίνδυνο ασθενειών που σχετίζονται με την θερμότητα αλλά δεν βοηθάει στον μετριασμό του φαινομένου. Τα κέντρα ψύξης είναι χώροι προσωρινά κλιματιζόμενοι και δημόσιοι όπου κάτοικοι μπορούν να αναζητήσουν ανακούφιση από την υπερβολική ζέστη. Κίνδυνος για επικίνδυνες θερμοκρασίες θεωρείται ότι υπάρχει όταν υπάρχουν θερμοκρασίες 32,2°C και άνω χωρίς άμεση πρόσβαση σε πιο ψυχρές περιοχές. Αυτοί οι αριθμοί ορίστηκαν από την εθνική μετεωρολογική υπηρεσία ως έναρξη για τον κίνδυνο ασθενειών που σχετίζονται με την ζέστη (National Weather Service, 2011).

Σύμφωνα με την λογική Boole ο προσδιορισμός της ευπάθειας της ΑΘΝ γίνεται με τρεις παραμέτρους:

- 1) την άμεση πρόσβαση σε κέντρα ψύξης,
- 2) την τοποθεσία εντός ζώνης κινδύνου θερμότητας και
- 3) την τοποθεσία σε μία αστική πράσινη γειτονία (Εικόνα 6).

Στην εικόνα 6 φαίνεται η εντός ζώνη κινδύνου θερμότητας (HRZ) όπου είναι τα όρια μιας καθορισμένης ζώνης κινδύνου θερμότητας, ο κίνδυνος θερμότητας (HR) όπου είναι μίας καθορισμένη ζώνης κινδύνου θερμότητας χωρίς όμως πρόσβαση σε ψυχρή περιοχή και η ευπάθεια της αστικής θερμικής νησίδας (UHIV) όπου είναι τα όρια μίας καθορισμένης ζώνης κινδύνου θερμότητας χωρίς πρόσβαση σε ψυχρή περιοχή και χωρίς να περιλαμβάνονται πράσινες υποδομές (Sanchez & Reames, 2019).



Εικόνα 6. Διάγραμμα που εκφράζει τη λογική προσέγγιση του Boole (Sanchez & Reames, 2019).

Σχετικά με το Ντιτρόιτ, το στρατηγικό του σχέδιο για την ανάπτυξη ενσωματώνει συγκεκριμένους πυλώνες βιωσιμότητας, όπως η βέλτιστη χωροθέτηση του αστικού πρασίνου για την άμβλυνση του φαινομένου της ΑΘΝ καθώς και τη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Ωστόσο, για τη δημιουργία ενός αστικού τοπίου ενσαρκώνεται η έννοια της βιωσιμότητας παρέχοντας συγκεκριμένη έρευνα για την υλοποίηση των πράσινων υποδομών (Detroit Future City, 2012). Έτσι, στη χωροθέτηση των συγκεκριμένων πράσινων υποδομών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και να διασφαλιστεί για το έργο ότι στο οικοσύστημα οι υπηρεσίες θα μεγιστοποιούνται στο έπακρο των δυνατοτήτων τους. Για να διασφαλιστεί ότι εξυπηρετείται ο σκοπός του αστικού πρασίνου μέσω της επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων και των στόχων δημόσιας υγείας και όχι μόνο η αισθητική του έργου, θα πρέπει η έρευνα να περιλαμβάνει την τοποθεσία της αστικής βλάστησης, την διαχείριση των όμβριων υδάτων, τα ζητήματα της ποιότητας του αέρα και την ευπάθεια της αστικής θερμικής νησίδας. Στα πράσινα έργα υποδομής αν δεν γίνει σωστά η μελέτη τους ενδέχεται να μην έχουν το μεγαλύτερο δυνατό όφελος τόσο περιβαλλοντικά όσο και κοινωνικά και έτσι να μειώσουν την αποτελεσματικότητά τους στις περιοχές αυτές (Meerow & Newell, 2017). Ως εκ τούτου, οι στρατηγικές βελτιστοποίησης, επικεντρώνονται στην αποτελεσματικότερη χωροθέτηση που απαιτείται για την υλοποίηση των έργων

πράσινων υποδομών που θα παρέχουν το μεγαλύτερο όφελος και την ανάγκη στην μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας για τις περιθωριοποιημένες κοινότητες και τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος (Sanchez & Reames, 2019).

Στην Κίνα, υποτίθεται ότι έχει αυξηθεί η συνολική μέση θερμοκρασία κατά 0,2-0,3°C τα τελευταία 50 χρόνια. Αυτό οφείλεται στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Kikon et al., 2016). Σήμερα, το φαινόμενο αυτό αποτελεί κύριο ερευνητικό θέμα και βρίσκεται στο επίκεντρο για έρευνα των αστικών περιοχών σε διάφορες πόλεις σε όλη την Κίνα. Η Ναντσάνγκ είναι η πρωτεύουσα πόλη της επαρχίας Τσιανγκσί και χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας ραγδαίας αστικοποιημένης πόλης. Άρχισε το 1978, να αστικοποιείται προς τα νοτιοανατολικά και βορειοδυτικά της τμήματα και έφερε μία οικονομική μεταρρύθμιση (Zhang & Xu, 2015). Η πόλη Ναντσάνγκ θεωρείται ως μία από τις πιο θερμές πόλεις της Κίνας (Zhang et al., 2017). Το Χονγκ Κονγκ είναι επίσης μία πόλη της Κίνας εξαιρετικά αστικοποιημένη και πυκνοκατοικημένη με ανθρώπους διαφορετικών ηλικιών, μορφωτικών επιπέδων, επαγγελματών και εισοδημάτων και έχει μια από τις υψηλότερες εισοδηματικές ανισότητες στον κόσμο (Wong et al., 2016).

Η λεκάνη απορροής που ορίζεται από τους καταρράκτες Gwynns είναι μια ιδανική περίπτωση μελέτης της ΑΘΝ καθώς μέσα τους έχουν αστικό, αγροτικό και προαστιακό κλίμα. Αυτή η τοποθεσία βρίσκεται στις ΗΠΑ, στη Μέριλαντ και πιο συγκεκριμένα στην Βαλτιμόρη (Huang et al., 2011). Άλλη μία περιοχή ενδιαφέρουσα για μελέτη είναι η πόλη Κάμντεν του Νιού Τζέρσεϊ στις ΗΠΑ. Αυτή η περιοχή έχει διάφορα κοινωνικοοικονομικά προβλήματα που μεταφέρονται στο περιβάλλον και κατ' επέκταση στην ΑΘΝ (Sabrin et al., 2020).

3.1 Ντιτρόιτ, Μίσιγκαν

Για τον 21^ο αιώνα η κλιματική αλλαγή αποτελεί πρόκληση. Μάλιστα η επιστημονική κοινότητα αναφέρει ότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μεταβάλλουν συνεχώς τα παγκόσμια κλιματικά πρότυπα (IPCC, 2007). Βέβαια η κλιματική αλλαγή από περιοχή σε περιοχή αλλάζει με βάση τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για παράδειγμα στο Ντιτρόιτ, η μέση ετήσια θερμοκρασία από το 1980 έως το 2010 έχει αυξηθεί κατά 1,4°F, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία για το Ανν Άρμπορ του Μίσιγκαν έχει αυξηθεί μόνο κατά 0,2°F κατά την ίδια περίοδο. Αν και αυτοί οι βαθμοί φαίνονται μικροί, μια μικρή αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας

αυξάνει δραστικά την πιθανότητα ακραίων καιρικών φαινομένων όπως κύματα καύσωνα, ξηρασίες και καταρρακτώδεις βροχές (Kisner et al., 2013).

Αναμενόμενο είναι ότι με τέτοιες τοπικές κλιματικές αλλαγές, έπονται και πολλές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Γενικά, οι πιο ζεστές μέρες και τα μεγαλύτερα συχνότερα κύματα καύσωνα αυξάνουν την πιθανότητα ασθενειών και θανάτου που σχετίζονται με τη ζέστη (Altman, 2012). Για αυτό το Ντιτρόιτ κατασκεύασε 21 κέντρα ψύξης (City of Detroit, 2012). Τα κέντρα ψύξης είναι χώροι προσωρινά κλιματιζόμενοι και δημόσιοι όπου κάτοικοι μπορούν να αναζητήσουν ανακούφιση από την υπερβολική ζέστη. Ωστόσο, η εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή του Ντιτρόιτ και η σχετικά χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού δημιουργούν προκλήσεις για την αποτελεσματική παροχή υπηρεσιών της πόλης και τον μετριασμό των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία (Kisner et al., 2013).

Στο Ντιτρόιτ οι ζεστές μέρες επηρεάζουν αρνητικά τον πληθυσμό και μάλιστα κατά 5,3% περισσότερο υπάρχει θνησιμότητα στον έγχρωμο πληθυσμό. Αυτή η φυλετική ανισότητα επέφερε οικονομικά μειονεκτήματα (O'Neill et al., 2005). Το φαινόμενο της ΑΘΝ για το Ντιτρόιτ χαρακτηρίζεται από το βαθμό της επιφάνειας κάλυψης του εδάφους που είναι αδιαπέραστη. Το 59% του εδάφους αυτού σχετίζεται με τον βαθμό διαπερατότητας και την θερμοκρασία του αέρα. Καθώς το Ντιτρόιτ έχει ένα αστικό κέντρο με ανησυχητικά χαμηλά επίπεδα βλάστησης σε σύγκριση με την αδιαπέραστη επιφάνεια, η πόλη παραμένει ιδιαίτερα ευάλωτη στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Το Ντιτρόιτ έχει καταταχθεί ως η δεύτερη πιο ευάλωτη μεγάλη πόλη στα φαινόμενα της ακραίας ζέστης στην Αμερική. Εντός του Ντιτρόιτ οι πιο ευάλωτες περιοχές, κυρίως στον αστικό πυρήνα της πόλης, όπου εντοπίζεται ο υψηλότερος βαθμός αδιαπέραστης επιφάνειας, οι πληθυσμοί που βρίσκονται σε κίνδυνο περισσότερο αποτελούνται από «ηλικιωμένους, ανάπηρους, μικρά παιδιά και φτωχούς», δημιουργώντας την ανάγκη αντιμετώπισης του ζητήματος του φαινομένου στο Ντιτρόιτ ως θέμα, όχι μόνο μετριασμού της θερμότητας και της ανακλαστικότητας, αλλά και της περιβαλλοντικής δικαιοσύνης (Sanchez & Reames, 2019).

Το σχέδιο για την ανάπτυξη του αστικού πράσινου στο Ντιτρόιτ ονομάστηκε «η μελλοντική πόλη του Ντιτρόιτ» και ήταν ένα όραμα για ένα βιώσιμο μέλλον για την πόλη σε διάστημα 50 ετών. Επίσης είχε σχέδια οικονομικής ανάπτυξης και συμμετοχής των πολιτών. Το 2013 έγιναν οι προτάσεις για την στρατηγική που θα ακολουθούσε το

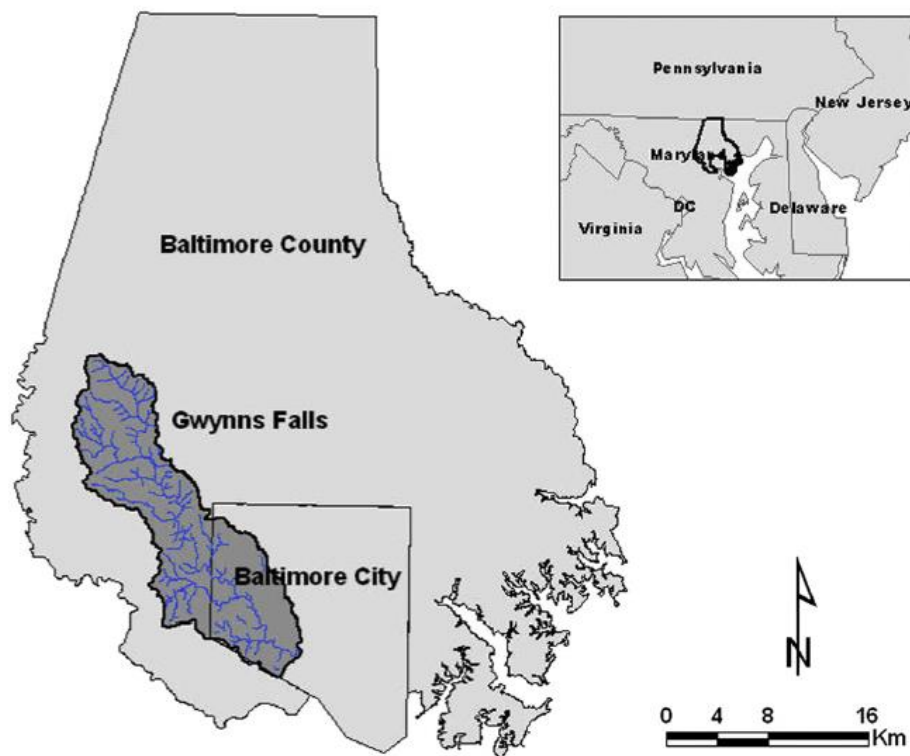
σχέδιο καθώς είχε ήδη κερδίσει την υποστήριξη της δημόσιας αρχής. Στόχος ήταν η αναζωογόνηση που θα στήριζε τις κοινότητες μέσα από τα αχρησιμοποίητα οικόπεδα της πόλης (Detroit Future City, 2012). Όντως τα πρώτα βήματα είχαν υλοποιηθεί για αυτήν την μελλοντική πόλη με την τοπική πολιτική της βιωσιμότητας, την ιδιωτική πρωτοβουλία και την υποστήριξη του δήμου με κονδύλια και χορηγούς (Jackson, 2016). Τα προβλήματα όμως της διαχείρισης των όμβριων υδάτων της πόλης και τα ζητήματα των αχρησιμοποίητων οικοπέδων μπήκαν σε προτεραιότητα μπροστά στην αστική θερμική νησίδα που ήταν ο πρωταρχικός στόχος του Ντιτρόιτ (MLive, 2014). Οπότε ουσιαστικά, τα σχέδια της πράσινης υποδομής επικεντρώθηκαν μόνο στην διαχείριση των όμβριων υδάτων και τη βελτίωση των περιβαλλοντικών και αισθητικών συνθηκών των οικοπέδων, χωρίς σαφή σχέδια χρήσης πράσινης υποδομής για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων στα τοπικά κτίρια. Ενώ οποιαδήποτε επιπρόσθετη επιφάνεια βλάστησης θα υποστήριζε τον μετριασμό της αστικής θερμικής νησίδας, η στρατηγική της πράσινης υποδομής της μελλοντικής πόλης, φαίνεται ουσιαστικά να μην ξεκίνησε ποτέ για τη βελτιστοποίηση και τον μετριασμό του φαινομένου (Sanchez & Reames, 2019).

3.2 Βαλτιμόρη, Μέριλαντ

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και της επιφάνειας στις αστικές περιοχές είναι συνήθως αρκετούς βαθμούς υψηλότερη από τις γύρω περιοχές σύμφωνα με το φαινόμενο της ΑΘΝ (Oke, 1982). Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας δεν επηρεάζει μόνο την άνεση και την υγεία των κατοίκων στις πόλεις, αλλά συμβάλλει και σε άλλες καταστροφές. Οι επιπτώσεις του καύσωνα έχουν αναφερθεί ως η κυρίαρχη αιτία για την ανθρώπινη θνησιμότητα που προκύπτει από φυσικούς κινδύνους στις μεταβιομηχανικές κοινωνίες παγκοσμίως (Poumadere et al., 2005). Για παράδειγμα, η ζέστη και η ξηρασία στις ΗΠΑ κατατάσσονται στις πιο επικίνδυνες επιπτώσεις λόγω φυσικών κινδύνων με ποσοστό 19,6% μεταξύ των πλημμύρων, των κεραυνών, της κακοκαιρίας, των ανεμοστρόβιλων, της πυρκαγιάς και άλλους γεωφυσικούς κινδύνους (Huang et al., 2011).

Μια από τις πολιτείες των ΗΠΑ είναι η Μέριλαντ όπου και βρίσκεται η Βαλτιμόρη. Σαν λεκάνη απορροής ορίζουμε τα όρια στους καταρράκτες Gwynns που εκτείνονται μέσω της πόλης της Βαλτιμόρης. Η λεκάνη αυτή απορροής είναι περίπου 171,5 km² και διοχετεύεται στον κόλπο Chesapeake (Εικόνα 9). Το 2000 ο συνολικός πληθυσμός της

λεκάνης απορροής ήταν περίπου 348.000, με πυκνότητα πληθυσμού 2029 ατόμων/km². Η συγκεκριμένη λεκάνη απορροής της Βαλτιμόρης έχει σαν τοποθεσία στοιχεία από αστικά, προαστιακά και αγροτικά τοπία. Επίσης, τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των κατοίκων ποικίλουν εκεί σε μεγάλο βαθμό. Για παράδειγμα, το μέσο εισόδημα των νοικοκυριών στην προαστιακή περιοχή ήταν 52.378 δολάρια, αλλά μόνο 25.217 δολάρια στην αστική περιοχή (Geolytics, 2000). Αυτή η ποικιλία σε κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά και ο βαθμός αστικοποίησης κάνει τους καταρράκτες Gwynns ιδανική τοποθεσία μελέτης (Huang et al., 2011).



Εικόνα 7. Η λεκάνη απορροής των καταρρακτών Gwynns που εκτείνεται από την προαστιακή κομητεία της Βαλτιμόρης μέχρι την πιο αστική πόλη της Βαλτιμόρης και διοχετεύεται στον κόλπο Chesapeake (Huang et al., 2011).

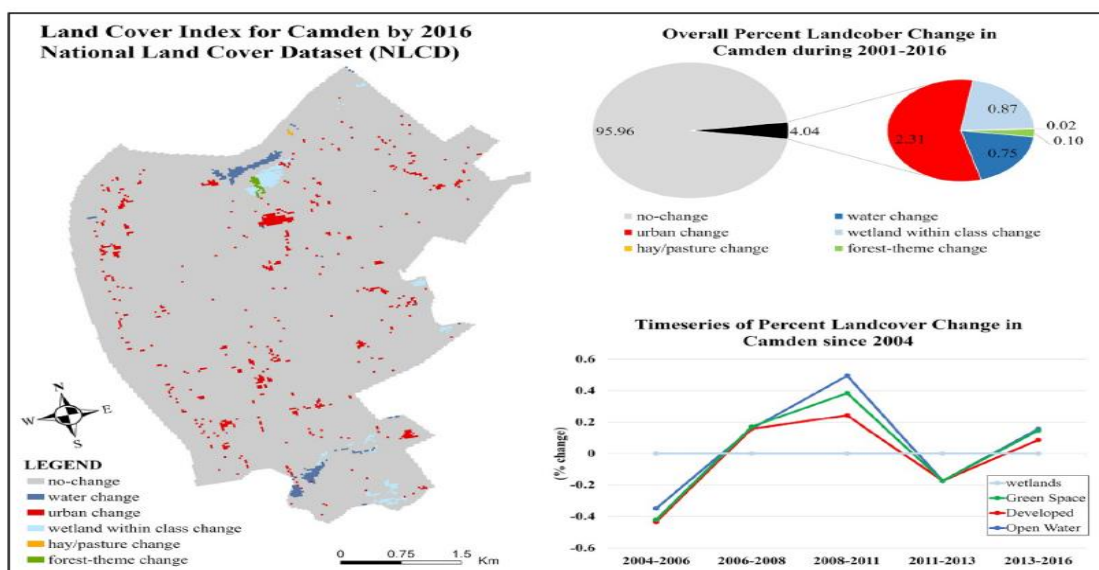
3.3 Κάμντεν, Νιού Τζέρσεϊ

Η παγκόσμια αστική εξάπλωση οδήγησε σε μεγάλη τροποποίηση της γης και προκάλεσε σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα, καθώς μεγαλύτερο μέρος της πράσινης γης μετατρέπεται σε αδιαπέραστο πεζοδρόμιο και η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται

(Roxon et al., 2020). Στις ΗΠΑ οι θερμοκρασίες του αέρα στις πόλεις και τις αγροτικές περιοχές κάθε δεκαετία αυξάνονται κατά $0,24^{\circ}\text{C}$ και $0,16^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα και αυτό γίνεται ταυτόχρονα με τον ρυθμό αστικής ανάπτυξης (Stone et al., 2012). Η μέση ετήσια θερμοκρασία στις βορειοανατολικές και μεγάλες πόλεις των ΗΠΑ αυξάνονται περίπου κατά $0,15^{\circ}\text{C}$ ανά δεκαετία και τα καλοκαίρια αυτή η αύξηση φτάνει μέχρι και $0,83 - 1,9^{\circ}\text{C}$. Στις ΗΠΑ, ο αριθμός των θανάτων που σχετίζονται με τη ζέστη κλιμακώνεται με την πάροδο του χρόνου και έχει ξεπεράσει άλλες ακραίες καιρικές συνθήκες θανάτου (Sabrin et al., 2020).

Ο κίνδυνος βλάβης από επιδράσεις της ΑΘΝ βασίζεται στα κύρια στοιχεία: έκθεση και ευπάθεια. Για παράδειγμα, το ποσοστό θνησιμότητας αυξήθηκε σημαντικά κατά την έκθεση σε ζεστό και υγρό καιρό στις βόρειες πόλεις των ΗΠΑ λόγω της υψηλότερης συχνότητας ημερών ακραίας ζέστης τις τελευταίες δεκαετίες. Ενώ μια ουσιαστική αύξηση της θνησιμότητας που σχετίζεται με τη ζέστη αναμένεται μέχρι τη δεκαετία του 2050. Υψηλότερη θνησιμότητα έχει επίσης παρατηρηθεί στον ηλικιωμένο πληθυσμό. Συμπτώματα όπως η υποθερμία ή το θερμικό στρες μπορούν να ξεκινήσουν με μια απλή αλλαγή θερμοκρασίας κατά 1°C από την συνηθισμένη θερμοκρασία του σώματος ($37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) (Sabrin et al., 2020).

Η πόλη Κάμντεν του Νιού Τζέρσεϊ είχε διάφορες επιπτώσεις από την ΑΘΝ. Αρχικά το γεγονός αλλαγής χρήσεων γης της κατά $4,04\%$, με το $2,31\%$ αυτού να γίνεται αστική κάλυψη γης κατά την περίοδο 2001–2016 (Εικόνα 8). Μια μελέτη έδειξε ότι η θερμοκρασία της αυξάνονταν κατά $0,2^{\circ}\text{C}$ κάθε δεκαετία την περίοδο 1955 – 1999 και $0,33^{\circ}\text{C}$ στις μεγάλες αστικοποιημένες περιοχές. Επιπλέον, το Κάμντεν κατέλαβε τη δεύτερη θέση στη λίστα με τις δέκα πιο πυκνοκατοικημένες μεγάλες περιοχές το 2016. Ο πυκνός αστικός ιστός της πόλης και το υψηλό ποσοστό φτώχειας κάνουν τον πληθυσμό της ευάλωτο σε σχέση με τα φαινόμενα θερμότητας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Sabrin et al., 2020).

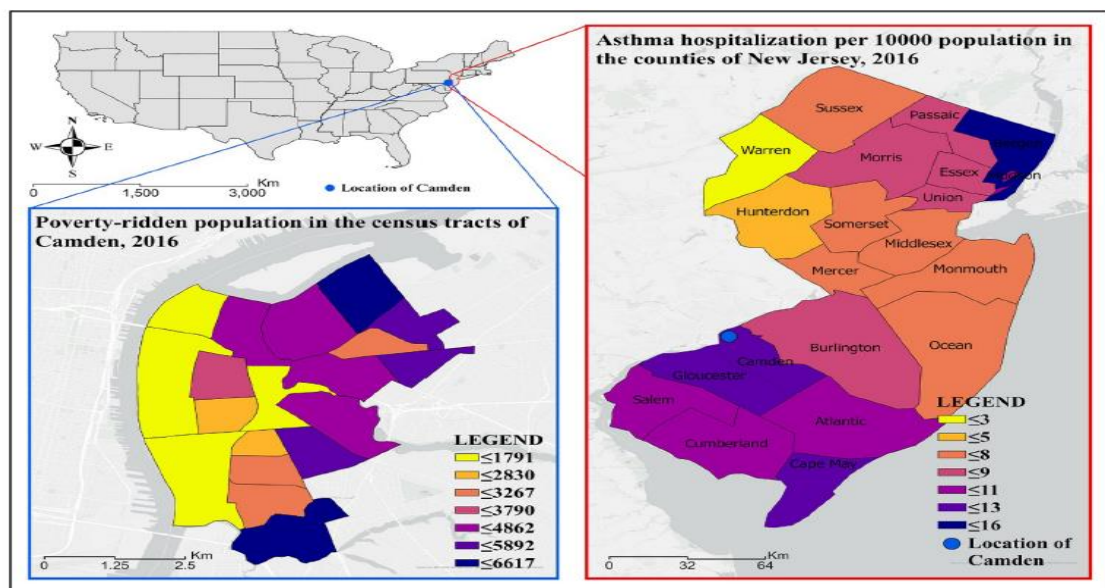


Εικόνα 8. Αλλαγές χρήσεων γης στην πόλη Camden, New Jersey (Sabrin et al., 2020).

Ο βαθμός ευπάθειας στις επιδράσεις της ΑΘΝ διαφέρει σε κάθε περιοχή με βάση τον πολιτισμό, τις υποδομές, το κλίμα και πολλούς άλλους παράγοντές της. Η ποιότητα του αέρα που σχετίζεται με το φαινόμενο παρατηρήθηκε σε τρεις δείκτες: α) ο δείκτης κοινωνικής ευπάθειας (SVI), β) ο δείκτης επιπτώσεων στην υγεία (HII) και γ) ο δείκτης εντοπισμού τοποθεσιών που σχετίζονται με το μεγάλο κίνδυνο που συνδέεται με την ατμοσφαιρική ρύπανση (ERII) (Sabrin et al., 2020).

Η πόλη Κάμντεν είναι η πέμπτη μεγαλύτερη πόλη του Νιού Τζέρσεϊ η οποία είναι μια οικονομικά προβληματική περιοχή. Έχει έναν κυρίαρχο πληθυσμό αφροαμερικανών και ισπανόφωνων ομάδων με υψηλό ποσοστό ανεργίας και φτώχειας. Ένας στους τρεις είναι το ποσοστό ανεργίας τους και 40% το ποσοστό φτώχειας τους (NJ Health, 2018). Οι τροποποιήσεις στις χρήσεις γης αντιπροσωπεύουν το ένα τρίτο της γης του Κάμντεν, και οι εκτάσεις αποτελούν περισσότερες από το ήμισυ όλων των βιομηχανικών χώρων της πόλης, που ευθύνονται για τη σημαντική ρύπανση του αέρα, του εδάφους και του νερού και συμβάλλουν σε διάφορα ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα (Fahad et al., 2020). Σύμφωνα με στοιχεία από υγειονομικές υπηρεσίες η πόλη κατέλαβε την τρίτη θέση κατά την περίοδο 2011-2014 για νοσηλεία άσθματος, η οποία συνεχίστηκε μέχρι το 2016. Στην εικόνα 9 φαίνεται το υψηλό ποσοστό νοσηλείας άσθματος στην κομητεία Κάμντεν κατά τη διάρκεια του 2016 και ο πληθυσμός που πλήττεται από τη

φτώχεια που ζει σε 9 από τις 19 απογραφές του Κάμντεν είναι μεταξύ 3791–6617 (Sabrin et al., 2020).

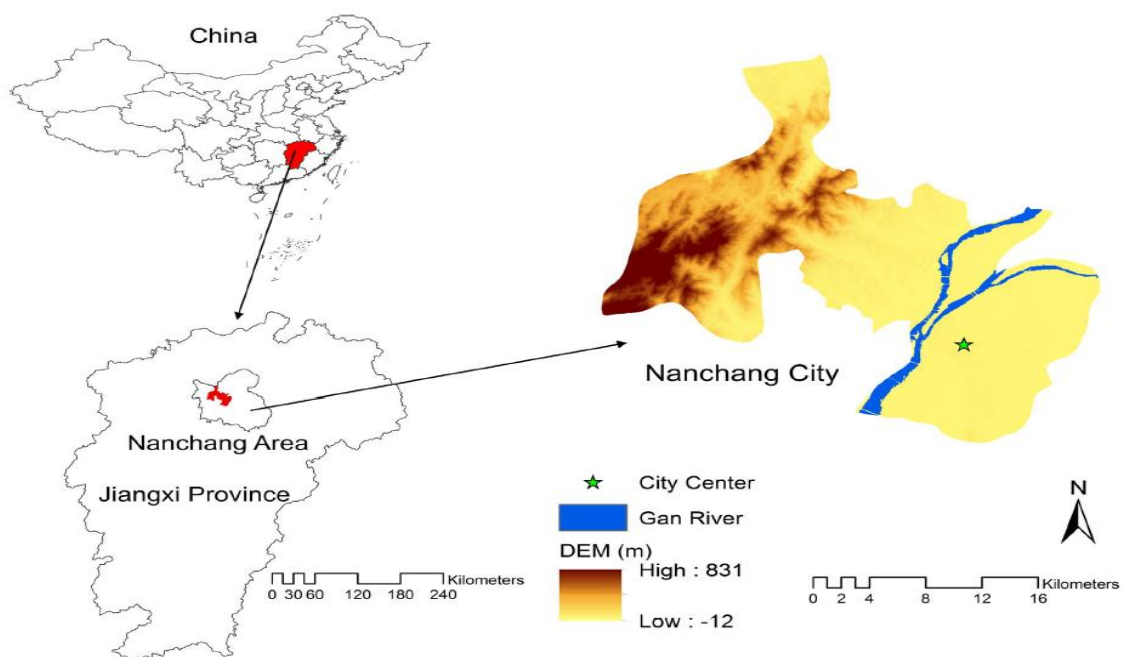


Εικόνα 9. Τοποθεσία του Κάμντεν, με ποσοστό νοσηλείας άσθματος ανά 10.000 πληθυσμό στις κομητείες του Νιού Τζέρσεϊ και πληθυσμός που ζει κάτω από τη φτώχεια στις απογραφές του Κάμντεν το 2016 (Sabrin et al., 2020).

3.4 Ναντσάνγκ, Κίνα

Γενικά, αυτό που έχει προβλεφθεί παγκοσμίως είναι ότι περισσότερα από 5,87 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα γης θα μετατραπούν σε αστικές περιοχές μέχρι το 2030. Επίσης, ο συνολικός πληθυσμός του πλανήτη θα αυξηθεί από 7,24 δισεκατομμύρια σε 8,42 δισεκατομμύρια έως το 2030. Αυτό δείχνει ότι τα αστικά τοπία γίνονται όλο και πιο σημαντικά για την καθημερινή ζωή της πλειοψηφίας του παγκόσμιου πληθυσμού. Λόγω αυτής της ραγδαίας ανάπτυξης, αναμένονται προβλήματα στην ΑΘΝ, ειδικά όταν οι επιπτώσεις της δεν έχουν προβλεφθεί σωστά. Για την σωστή διατήρηση των ευνοϊκών συνθηκών διαβίωσης στις αστικές περιοχές, το φαινόμενο αυτό θα πρέπει να μελετάται συνεχώς έτσι ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις κατασκευής για το βιώσιμο περιβάλλον και τοπίο. Ωστόσο, μελέτες έχουν αποδείξει και την σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και την ΑΘΝ όπως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και η κατανάλωση ενέργειας. Η μελέτη για την πόλη Ναντσάνγκ έγινε με βάση τα τηλεπισκοπικά δεδομένα LandScan κατά την διάρκεια της γρήγορης αστικοποίησης της (Zhang et al., 2017).

Η πόλη Ναντσάνγκ είναι η πρωτεύουσα της επαρχίας Τσιανγκσί και βρίσκεται στη νοτιοδυτική πλευρά της λίμνης Πογιάνγκ που είναι η μεγαλύτερη λίμνη με γλυκό νερό στην Κίνα (Εικόνα 10). Ο ποταμός Γκαν διέρχεται από την πόλη, χωρίζοντας την σε δύο πλευρές. Η δυτική πλευρά θεωρείται ως η αναδυόμενη κεντρική επιχειρηματική περιοχή, ενώ η ανατολική πλευρά ορίζεται ως η παραδοσιακή της πόλης Ναντσάνγκ. Έχει υγρό με ήπιο υποτροπικό κλίμα και μέση ετήσια θερμοκρασία 39,4°C (Nanchang Statistical Yearbook, 2014). Το υψόμετρο της περιοχής είναι 12 – 831m και μέσα της βρίσκονται δασικές εκτάσεις στα βορειοδυτικά τμήματα σε σχετικά υψηλά υψόμετρα (Zhang et al., 2017).



Εικόνα 10. Η πόλη Ναντσάνγκ της Κίνας (Zhang et al., 2017).

Με την βοήθεια της εφαρμογής LandScan η οποία είναι μια παγκόσμια βάση δεδομένων για την εκτίμηση των πληθυσμών, έγινε μία ανάλυση παγκοσμίως για τον πληθυσμό και τη γεωγραφική του κατανομή σε 1km για 24 ώρες (Dobson et al., 2000). Αυτά τα δεδομένα πληθυσμού χρησιμοποιήθηκαν ευρέως από διάφορους ερευνητές. Η υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα σε μία περιοχή οδηγεί στην επέκταση των κτιρίων και των πολυώροφων κατοικιών (Bokaie et al., 2016). Έμμεσα δηλαδή η πυκνότητα του πληθυσμού ήταν ένας από τους σημαντικότερους συντελεστές στη δημιουργία της ΑΘΝ. Τα δεδομένα του LandScan χρησιμοποιήθηκαν και για την πόλη Ναντσάνγκ.

Η καύση ορυκτών καυσίμων ήταν μια από τις χειρότερες εκπομπές ενέργειας CO₂, αυτές οι εκπομπές αυξάνονται σε παγκόσμιο επίπεδο ολοένα και περισσότερο. Η ραγδαία αυτή αύξηση χρήσης των ορυκτών καυσίμων οφείλεται στην αστικοποίηση και την εκβιομηχάνιση (Sadorsky, 2014). Η χρήση τους συμβάλει άμεσα στην ατμοσφαιρική ρύπανση, την υπερθέρμανση του πλανήτη και άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα (Zhang et al., 2017).

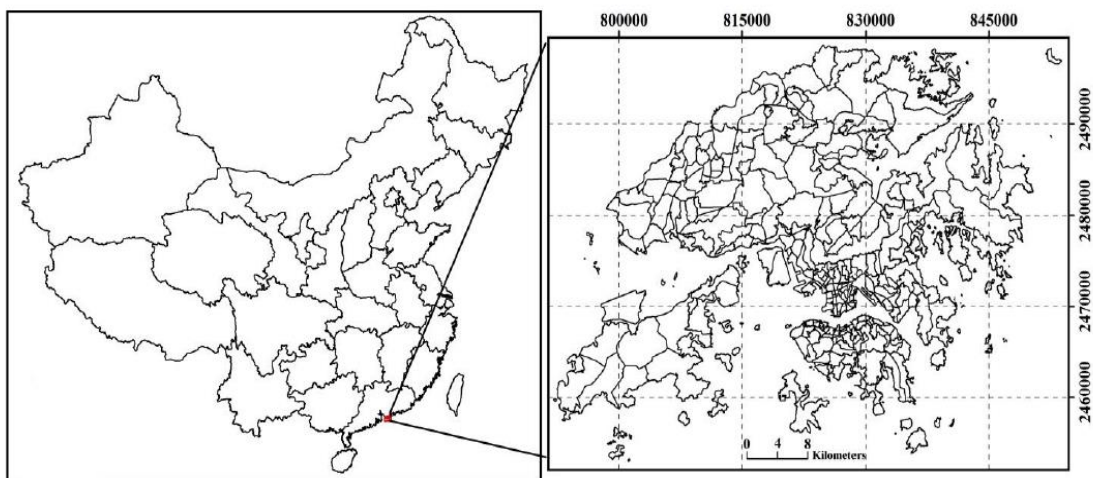
3.5 Χονγκ Κονγκ, Κίνα

Το Χονγκ Κονγκ είναι μία πυκνοκατοικημένη πόλη με πυκνή χωρική κατανομή του πληθυσμού της και μεγάλες εισοδηματικές ανισότητες. Καθώς λοιπόν η ΑΘΝ σχετίζεται στενά με το δομημένο περιβάλλον, τα κοινωνικοοικονομικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά της πόλης έχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις γειτονιές και αυτό επιφέρει διάφορα προβλήματα. Οι επιφάνειες γης της πόλης σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τη φτώχεια, τους ανθρώπους με μη επαρκή εκπαίδευση και τις εθνικές μειονότητες. Τα άτομα εκεί άνω των 75 ετών, που είναι πιο ευπαθείς στις υψηλές θερμοκρασίες, είναι συνήθως παντρεμένα και κατοικούν σε περιοχές χαμηλής κοινωνικοοικονομικής κατάστασης οπότε δημιουργούνται υψηλά ποσοστά θνησιμότητας για την περιοχή. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο Χονγκ Κονγκ για την μέτρηση της ΑΘΝ είναι (Wong et al., 2016):

- 1) οι παραδοσιακές παρατηρήσεις που βασίζονται σε δεδομένα ατμοσφαιρικής παρατήρησης από σταθμούς παρακολούθησης,
- 2) οι τεχνικές τηλεπισκόπησης που εξάγουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της γης, του αέρα, τους δείκτες βλάστησης και το θερμικό τοπίο,
- 3) η μοντελοποίηση και πρόβλεψη για παράδειγμα μοντέλα οριακών επιπέδων,
- 4) η μέθοδος παρατήρησης σταθερού σημείου,
- 5) η μέθοδος τομής δειγματοληψίας που λόγω της αραιής και ανομοιόμορφης κατανομής της παρακολούθησης στους σταθμούς της πόλης τα δεδομένα τηλεπισκόπησης παρέχουν μια συνοπτική παρατήρηση για τα εδάφη.

Το Χονγκ Κονγκ είναι μία από τις δύο διοικητικές περιοχές της Λαϊκής Δημοκρατίας της Κίνας (Εικόνα 8). Βρίσκεται στη νοτιοανατολική ακτή της ηπειρωτικής Κίνας, με

συνολικό πληθυσμό 7,19 εκατομμύρια το 2013. Αυτός ο αριθμός αποτελείται από το νησί Χονγκ Κονγκ (17,7% του συνολικού πληθυσμού), τη χερσόνησο Kowloon (30,0% του συνολικού πληθυσμού) και τις Νέες Περιοχές (52,2% του συνολικού πληθυσμού). Το Χονγκ Κονγκ έχει ένα υγρό υποτροπικό κλίμα, όπου η άνοιξη είναι ζεστή με υγρασία, ενώ το φθινόπωρο είναι ζεστό με ξηρασία. Περίπου 1948 ώρες ηλιοφάνειας μπορούν να παρατηρηθούν ετησίως και περίπου το 90% των βροχοπτώσεων συμβαίνει μεταξύ Απριλίου και Σεπτεμβρίου. Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες του κυμαίνονται μεταξύ 16,1°C και 28,7°C. Οι υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες που έχουν καταγραφεί ποτέ για το Χονγκ Κονγκ είναι αντίστοιχα: 36,1°C στις 18 Αυγούστου 1900, και 0,0°C στις 18 Ιανουαρίου 1893. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα τον Νοέμβριο του 2005 ήταν 23,0° C, με βάση τα δεδομένα που παρατηρήθηκαν στο Διεθνές Αεροδρόμιο του Χονγκ Κονγκ (Wong et al., 2016). Έρευνα έδειξε ότι οι μέγιστες τιμές κατά μέσο όρο της ΑΘΝ το 2005 έγιναν τον χειμώνα και την άνοιξη, ενώ οι αμέσως επόμενες υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν το φθινόπωρο στο Χονγκ Κονγκ (Memon, 2009).



Εικόνα 11. Περιοχή μελέτης του Χονγκ Κονγκ. Αριστερά: όριο επαρχίας της Κίνας. Δεξιά: Τριτογενείς Μονάδες Σχεδιασμού του Χονγκ Κονγκ (Wong et al., 2016).

Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές κοινωνικοχωρικής ανάλυσης της ΑΘΝ

4.1 Προσδιοριστικοί παράγοντες και εκτίμηση της ΑΘΝ

Ντιτρόιτ, Μίσιγκαν

Προκειμένου να αξιοποιηθούν κατάλληλα τα δεδομένα που αποκτήθηκαν για αυτή την μελέτη και να πλαισιώνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια το ζήτημα της ΑΘΝ του Ντιτρόιτ, χρησιμοποιήθηκαν δείκτες για να αναπαραστήσουν τη θερμική κατάσταση του. Αρχικά, η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους υπολογίστηκε από τον κανονικοποιημένο διαφορικό δείκτη βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) για την αναπαράσταση του φαινομένου της ΑΘΝ και την μελέτη του μέτρου της ανακλαστικότητας στις επιφάνειες των πεζοδρομίων και στις επιφάνειες που στερούνταν την βλάστηση. Όμως τα δεδομένα καιρού του Ντιτρόιτ δεν μπορούν να χαρτογραφηθούν χωρικά για μία δεδομένη χρονική περίοδο, όπως η θερινή ώρα, άρα δεν είναι κατάλληλα για μια κοινωνικο-χωρική ανάλυση. Με την εφαρμογή Landsat δημιουργήθηκαν εικόνες που οπτικοποίησαν και ανέλυσαν την μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης μαζί με άλλες παραμέτρους, επομένως αναγνωρίστηκαν οι περιοχές με το σοβαρό πρόβλημα του φαινομένου. Αν και δεν είναι λογικό το συμπέρασμα της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης ως ο σοβαρότερος δείκτης της ΑΘΝ, είναι αρκετά αξιόπιστο για να προσδιορίσει τη συνάρτηση του χαμηλού φαινομένου albedo λόγω έλλειψης βλάστησης που εντοπίστηκε μέσω του δείκτη NDVI (Zaeemdar & Baycan, 2017). Θεωρείται λοιπόν, ότι οι μεγαλύτεροι ρυθμοί απορρόφησης θερμότητας θα οδηγήσουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, που με την σειρά τους θα επιφέρουν επικίνδυνες συνθήκες για τον άνθρωπο (Sanchez & Reames, 2019).

Ένας ακόμα παράγοντας που μελετήθηκε είναι ο κοινωνικοοικονομικός για το φαινόμενο ΑΘΝ του Ντιτρόιτ. Με βάση την φυλή, την εθνικότητα, την πυκνότητα του πληθυσμού χαρτογραφήθηκαν για παράδειγμα περιοχές που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας και λαμβάνουν εισόδημα από δημόσια βοήθεια. Η συγκεκριμένη χαρτογράφηση βοήθησε στην αξιολόγηση της οικονομικής ανθεκτικότητας ευάλωτων κοινοτήτων που χρησίμευε για συμπεράσματα όπως το ποσοστό που λάμβανε κρατική βοήθεια στους λογαριασμούς ενέργειας (Sanchez & Reames, 2019).

Βαλτιμόρη, Μέριλαντ

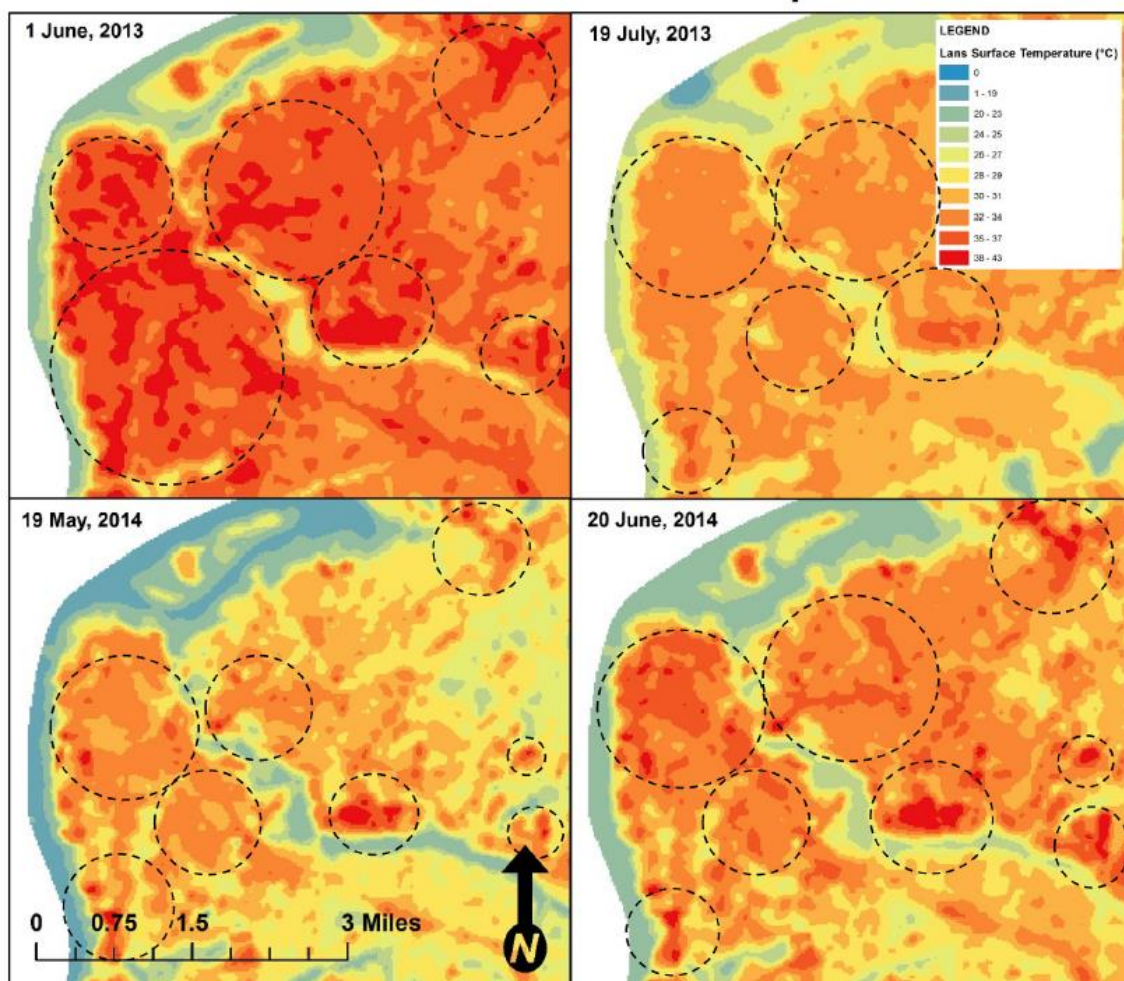
Τα όρια στην Βαλτιμόρη έχουν να κάνουν με την απογραφή για την μελέτη αυτή. Για την λεκάνη απορροής των καταρρακτών Gwynns δημιουργήθηκαν δεδομένα στο πρόγραμμα GIS. Οι περιοχές που δημιουργήθηκαν περιέχονται κυρίως εντός της λεκάνης απορροής τουλάχιστον το 50% τους και είναι μεγαλύτερες από 50.000m². Στην ανάλυση έλαβαν χώρα 298 ομάδες. Βέβαια, υπήρχε και έλλειψη δεδομένων (στο νοτιοανατολικό της άκρο) για την λεκάνη αυτή. Μέσα σε αυτές τις 298 ομάδες που δημιουργήθηκαν στα όρια της λεκάνης απορροής υπάρχουν και άλλες ελλείψεις δεδομένων για παράδειγμα στην εκπαίδευση, την εθνικότητα, την ηλικία και το ποσοστό του πληθυσμού που ζουν εκεί. Επίσης, η θερμοκρασία επιφάνειας της γης χρησιμοποιήθηκε σαν δείκτης της θερμοκρασίας της γειτονιάς (Huang et al., 2011).

Οι κοινωνικές μεταβλητές για αυτή την μελέτη περιλαμβάνουν το μέσο εισόδημα ενός νοικοκυριού, το ποσοστό των νοικοκυριών κάτω από το όριο της φτώχειας, το ποσοστό των ατόμων με πτυχίο και αυτών με κάτω από 9 χρόνια εκπαίδευση, το ποσοστό των λευκών ανθρώπων, τα άτομα άνω των 65 ετών, το ποσοστό των ανθρώπων που ζουν μόνοι τους και τα συνολικά εγκλήματα για την περιοχή. Οι κοινωνικές μεταβλητές που αναφέρονται στο μέσο εισόδημα νοικοκυριών, το ποσοστό νοικοκυριών στα όρια της φτώχειας, το ποσοστό ατόμων με πτυχίο και το ποσοστό ατόμων με λιγότερα από 9 χρόνια εκπαίδευσης συμπεριλήφθηκαν για να περιγράψουν τα γενικά οικονομικά και εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά μιας γειτονιάς. Ενώ, το ποσοστό λευκών ατόμων, ατόμων άνω των 65 ετών και το ποσοστό που ζουν μόνοι τους συμπεριλήφθηκαν επειδή αναγνωρίζονται ως σημαντικοί κοινωνικοί χαρακτήρες του ευάλωτου πληθυσμού στην υπερβολική ζέστη. Ο δείκτης για τα εγκλήματα περιλαμβάνεται επειδή έχει μεγάλη επίδραση στην αποτελεσματικότητα της προσπάθειας μετριασμού της θερμοκρασίας. Όταν ο κίνδυνος εγκληματικότητας είναι υψηλός σε μία περιοχή, οι άνθρωποι χωρίς κλιματισμό στο σπίτι ίσως να είναι λιγότερο πρόθυμοι να περπατήσουν μέχρι τις κλιματιζόμενες δημόσιες εγκαταστάσεις όπως τράπεζες, καταστήματα ή κέντρα ψύξης (Klinenberg, 2002). Επίσης, ίσως είναι πρόθυμοι να βγουν έξω ή να ανοίξουν τα παράθυρα τους το βράδυ για να δροσιστούν. Σχετικά με τους δείκτες της εκπαίδευσης είναι δυο διότι έτσι έχουν μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης στις διαφορετικές ομάδες του πληθυσμού. Το μέσο εισόδημα του νοικοκυριού αντανakλά στη συνολική διακύμανση του ποσοστού των ανθρώπων που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας και λαμβάνονται έτσι περισσότερες πληροφορίες

για το κατώτερο όριο της κλίμακας του εισοδήματος. Ομοίως, το ποσοστό των ανθρώπων που έχουν πτυχίο περιγράφει το υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης, ενώ το ποσοστό των ατόμων με λιγότερο από 9 χρόνια εκπαίδευσης περιγράφει το τμήμα του φάσματος με χαμηλό επίπεδο εκπαίδευσης. Τα παραπάνω κοινωνικά δεδομένα, εκτός αυτά του εγκλήματος προέρχονται από την απογραφή των ΗΠΑ του 2000 (Geolytics, 2000).

Κάμντεν, Νιού Τζέρσεϊ

Έλλειψη δεδομένων υπάρχει στις πληροφορίες της θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο για την ανάλυση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Κάμντεν. Εφόσον στο Κάμντεν δεν υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί, τα δεδομένα ελήφθησαν από τον σταθμό της Φιλαδέλφειας μέσα από δορυφορικές εικόνες Landsat 8 με δείκτη για την διαφορά βλάστησης (NDVI). Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των περιοχών με τάσεις ΑΘΝ. Η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης προκύπτει από την θερμότητα και την ενέργεια που ακτινοβολείται από τον ήλιο που ανακλάται, διαθλάται και απορροφάται από τον φλοιό της γης. Αυτή η θερμοκρασία ποικίλει ανάλογα με τις αλλαγές στο κλίμα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες μετασχηματίζονται μέσω της παγκόσμιας αστικοποίησης. Αυτή η μετατροπή της φυσικής κάλυψης γης σε αστικές επιφάνειες έχει σημαντικό αντίκτυπο τόσο στην θερμοκρασία όσο και στην ΑΘΝ. Ο δορυφόρος Landsat 8 είναι ικανός να δώσει δεδομένα χωρικής ανάλυσης 30 μέτρων, κατάλληλα για την μελέτη της ΑΘΝ σε περιφερειακή και τοπική κλίμακα. Η μελέτη αυτή στηρίχθηκε στην θερμοκρασία επιφάνειας της γης από εικόνες και στα δεδομένα του προγράμματος Landsat 8. Εμφανίστηκαν έτσι οι ζώνες 4, 5 και 10. Οι εικόνες από το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκαν για να προσδιοριστούν οι τοποθεσίες που ενδεχομένως να υποστούν επιπτώσεις της ΑΘΝ στην πόλη του Κάμντεν. Οι κύκλοι στην εικόνα 13 υποδεικνύουν τις περιοχές που είναι επιρρεπείς στην υψηλή θερμοκρασία. Ο αντίκτυπος της ΑΘΝ παρατηρείται ότι ποικίλει από γειτονιά σε γειτονιά ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους. Οι θερμότερες περιοχές είναι οι ίδιες σε όλους τους χάρτες αυτό που αλλάζει όμως είναι η ένταση που ποικίλει ανάλογα με τις ημέρες (Sabrin et al., 2020).



Εικόνα 12. Προσδιορισμός των θερμών σημείων του Κάμντεν χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία επιφάνειας της γης που προέρχεται από εικόνες Landsat 8 (Sabrin et al., 2020).

Ναντσάγκ, Κίνα

Με την παγκόσμια βάση δεδομένων LandScan έγινε η εκτίμηση των πληθυσμών στην πόλη Ναντσάγκ. Η γεωγραφική κατανομή του πληθυσμού αναλύθηκε για 1 χιλιόμετρο σε ένα εικοσιτετράωρο. Η υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα σε μια περιοχή οδηγεί στην επέκταση των οικισμών και των πολυώροφων κτιρίων (Bokaie et al., 2016). Έμμεσα, η πυκνότητα του πληθυσμού ήταν ένας από τους σημαντικότερους συντελεστές στη δημιουργία της ΑΘΝ (Zhang et al., 2017).

Χονγκ Κονγκ, Κίνα

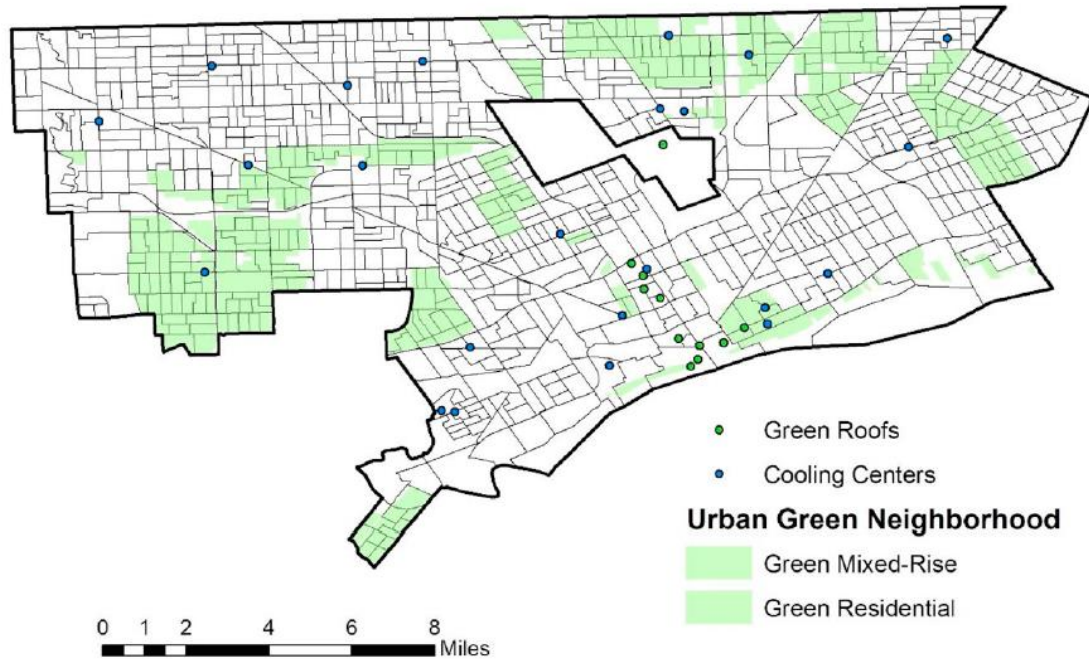
Το GIS είναι ένα από τα προγράμματα αξιολόγησης των ανισοτήτων στην έκθεση της ΑΘΝ του Χονγκ Κονγκ. Επίσης, μέσα από το πρόγραμμα Landsat ανακτήθηκαν

εικόνες σε χωρική ανάλυση 30 μέτρων. Οι θερμοκρασίες επιφάνειας της γης χωρίστηκαν σε έξι κατηγορίες (χαμηλές, σχεδόν χαμηλές, μεσαίες, σχεδόν υψηλές, υψηλές και εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες) με βάση τη μέση απόκλιση (SD) της κατανομής της θερμοκρασίας, στην οποία οι κατηγορίες υψηλών και ακραίων υψηλών θερμοκρασιών προσδιορίστηκαν ως οι βασικές περιοχές για την ΑΘΝ. Η λογική για την κατηγοριοποίηση των επικίνδυνων και μη περιοχών για υψηλή ΑΘΝ σε έκταση 120 μέτρων γίνεται με βάση τους συνολικούς αριθμούς θερμοκρασιών (Wong et al., 2016).

4.2 Επίδραση της ΑΘΝ στη δημογραφική και κοινωνικοχωρική δομή των αστικών περιοχών

Ντιτρόιτ, Μίσιγκαν

Με το πρόγραμμα ArcMap έγινε μία γεωχωρική και κοινωνικο-χωρική ανάλυση της ΑΘΝ του Ντιτρόιτ. Τα δεδομένα αυτά χαρτογραφήθηκαν εντός των ορίων του Ντιτρόιτ μέσω ενός ενωμένου αρχείου απογραφής με δημογραφικά στοιχεία. Όλα τα δεδομένα είχαν διανυσματική μορφή, εκτός από αυτά της επιφάνειας της γης και της θερμοκρασίας τα οποία ήταν ράστερ αρχεία. Η μελλοντική πόλη του Ντιτρόιτ λοιπόν είχε διανυσματικά αρχεία ως δεδομένα απογραφής με σχέδια για τα επόμενα πενήντα χρόνια (Sanchez & Reames, 2019). Πολλά ήταν τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με την αντιμετώπιση του φαινομένου στην πόλη. Για παράδειγμα το εργαλείο buffer χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργηθεί ένα πολύγωνο που υποδεικνύει την απόσταση από τα κέντρα ψύξης που οριοθετήθηκε στα 0,775 μίλια, με βάση την απόσταση που μπορεί να κάνει κάποιος μέσα σε 15 λεπτά όταν η θερμοκρασία βρίσκεται στους 32,22°C. Με το εργαλείο clip εντοπίστηκαν τα νοικοκυριά που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας σε κοντινή απόσταση από τα κέντρα ψύξης και άθροισε τις μειονεκτικές περιοχές που θέλουν δημόσια βοήθεια για θέρμανση και κλιματισμό (Sanchez & Reames, 2019).



Εικόνα 13. Η πόλη του Ντιτρόιτ με τις πράσινες υποδομές, τα κέντρα ψύξης και τους μελλοντικούς χώρους πρασίνου (Sanchez & Reames, 2019).

Η χωρική ανάλυση των πράσινων υποδομών του Ντιτρόιτ αποκάλυψε πολλές προφανείς κοινωνικο-χωρικές ανισότητες όσον αφορά την πρόσβαση των ευάλωτων κοινοτήτων σε κέντρα ψύξης λόγω της ΑΘΝ της πόλης. Μέσα από τα κομμένα πολύγωνα εμφανίζονται φυλετικές και εθνικές ομάδες, ποσοστά δηλαδή εντός των αστικών περιοχών που δεν έχουν άμεση πρόσβαση στα κέντρα ψύξης και ούτε την οικονομική ευχέρεια να μην τα χρειάζονται. Με αυτά τα ποσοστά που προέκυψαν μπορούν να υπολογιστούν οι δημογραφικές ομάδες που είναι περισσότερο ευάλωτες. Παρατηρήθηκε ότι περίπου τα μισά νοικοκυριά ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας και ανάλογα με την δημόσια βοήθεια που δέχονται δεν ζουν σε κοντινή απόσταση από ένα κέντρο ψύξης. Επίσης, το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού έχει αποκλειστεί από μελλοντικές περιοχές πρασίνου. Με τον μισό πληθυσμό να ζει με δημόσια βοήθεια και κάτω από το όριο της φτώχειας αρκετές περιοχές προσδιορίστηκαν ως ευάλωτες από την ΑΘΝ χωρίς πρόσβαση σε κέντρα ψύξης και χωρίς σχέδια να υπάρξουν κιόλας στην μελλοντική πόλη (Sanchez & Reames, 2019).

Βαλτιμόρη, Μέριλαντ

Τα δεδομένα για τα εγκλήματα ελήφθησαν από την βάση δεδομένων Applied Geographic Solution's 1999 «CrimeRisk». Τα χαρακτηριστικά ήταν διαθέσιμα από τις ομάδες απογραφής που περιλαμβάνουν τους φόνους, βιασμούς, ληστείες, επιθέσεις,

διαρρήξεις και κλοπές. Οι μετρήσεις για τα εγκλήματα παρουσιάζονται ως δείκτες που αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό της εθνικής μέσης τιμής. Για παράδειγμα, το 100 ισοδυναμεί με τον εθνικό μέσο όρο και το 200 ισοδυναμεί με το διπλάσιο του εθνικού μέσου όρου (Huang et al., 2011).

Πίνακας 3. Κατηγορίες κοινωνικών δεδομένων σε σχέση με την θερμοκρασία της επιφάνειας της γης (Huang et al., 2011).

Category	Data description	Source	Pearson correlation	Sign (2-tailed)	N
Economic status	Percentage of households in a block group which have an income below the poverty line	Census	0.525	<0.001	297
	Annual household median income	Census	-0.554	<0.001	298
Education	Percentage of people in a block group who received a bachelor's degree	Census	-0.571	<0.001	297
	Percentage of people in a block group who received less than nine-years of education	Census	0.354	<0.001	297
Ethnicity	Percentage of people in a block group who are White	Census	-0.328	<0.001	297
Age	Percentage of people in a block group who are older than 65	Census	0.106	0.069	297
Lifestyle	Percentage of households in a block group which have only one person	Census	-0.085	0.146	297
Crime	Total crime index of a block group	CrimeRisk	0.519	<0.001	298

Η συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης και των κοινωνικών μεταβλητών γίνεται μέσα από τον χάρτη με τις χωρικές κατανομές της λεκάνης απορροής. Οι κοινωνικά ευάλωτες περιοχές ήταν τέσσερις και είχαν τιμές χαμηλότερες από το μέσο όρο στο εισόδημα, την εκπαίδευση και υψηλότερη εγκληματικότητα. Για τη διευκόλυνση της χαρτογράφησης, οι μεταβλητές χωρίστηκαν σε 5 κατηγορίες. Ο χάρτης δημιουργήθηκε για να δείξει την επικάλυψη μεταξύ των εξεταζόμενων γειτονιών σύμφωνα με την θερμοκρασία επιφάνειας της γης και τους ευάλωτους πληθυσμούς (Huang et al., 2011).

Στις 298 ομάδες που δημιουργήθηκαν στην περιοχή μελέτης η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης ήταν από 24,52°C έως 41,10°C, με μέση τιμή την 39,94°C και τυπική απόκλιση 3,50°C. Αυτό το μεγάλο εύρος της θερμοκρασίας υποδηλώνει αλλαγές στην κάλυψη γης όπως τα πεζοδρόμια και η βλάστηση καθώς έχει δραματική επίδραση στην θερμοκρασία της επιφάνειας. Οι κοινωνικές μεταβλητές έδειξαν ότι η υψηλή θερμοκρασία συσχετίζεται με τις περιοχές των ανθρώπων με χαμηλό εισόδημα, εκπαίδευση, τους ηλικιωμένους, τις εθνικές μειονότητες και τις ομάδες υψηλής επικινδυνότητας στο έγκλημα. Άλλωστε αυτές οι ομάδες ήταν και οι αναμενόμενες για αυτά τα αποτελέσματα. Το ποσοστό των ανθρώπων από την άλλη που ζουν μόνοι τους δεν συσχετίζεται με την θερμοκρασία της επιφάνειας της γης. Γενικά, οι θερμοκρασίες μειώνονταν όσο αυξάνονταν η απόσταση από το κέντρο της πόλης (Huang et al., 2011).

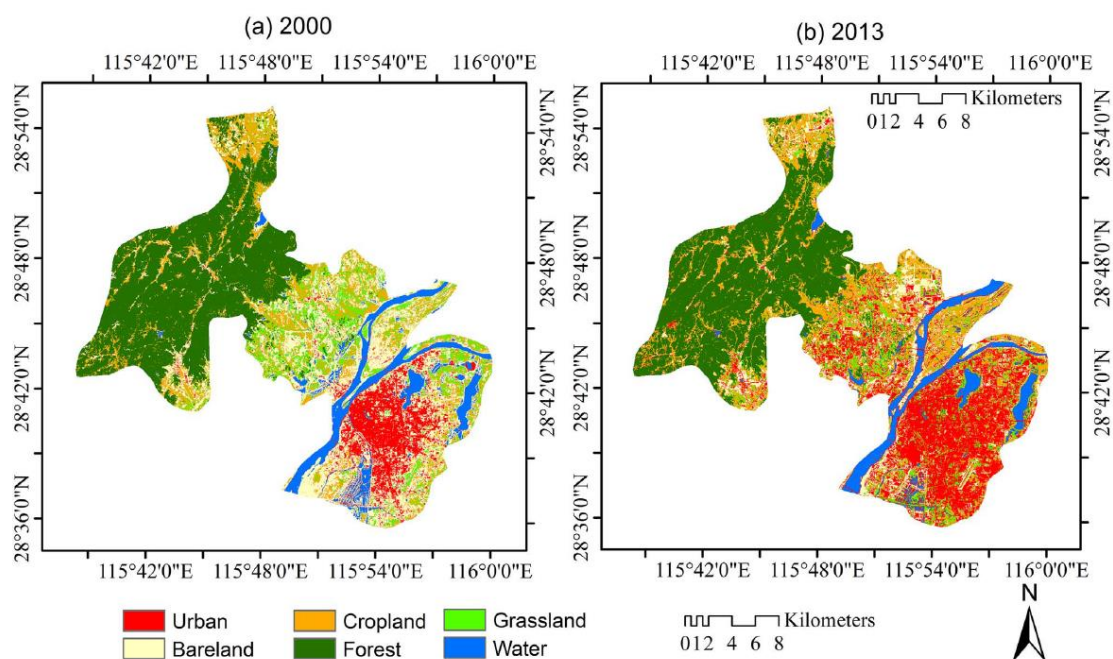
Κάμντεν, Νιού Τζέρσεϊ

Η πλειοψηφία της αδιαπέραστης επιφάνειας της γης περιέχει κτίρια, ασφαλτοστρωμένους δρόμους και αστικές υποδομές που αυξάνουν την ποσότητα απορροφούμενης θερμότητας στις αστικές περιοχές. Τα μεγάλα κτίρια επηρεάζουν την θερμοκρασία επιφάνειας και περιβάλλοντος. Η ΑΘΝ επίσης επηρεάζεται από το ύψος, την περιοχή και τη διάταξη αυτών των αστικών υποδομών. Η πόλη του Κάμντεν έχει μόνο έναν σταθμό για την ποιότητα του αέρα και αυτό σημαίνει ότι η μελέτη συσχέτισης του αέρα και της θερμοκρασίας δεν είναι επαρκής. Έτσι υπολογίστηκαν οι τοξικές ουσίες, το όζον, τα σωματίδια και οι όξινες διαθέσεις του αέρα. Οι παράμετροι αυτοί βασίστηκαν σε δείγματα από 20.000 σημεία (Sabrin et al., 2020).

Ουσιαστικά, όλοι οι περιβαλλοντικοί και κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες καθώς και τα προβλήματα υγείας φαίνεται να σχετίζονται με το φαινόμενο της ΑΘΝ και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η συσχέτιση μεταξύ αυτών των παραμέτρων και οι κίνδυνοι σε σχέση με το περιβάλλον, την κοινωνία και την ευπάθεια της υγείας των κατοίκων εκτιμήθηκαν βάσει συναρτήσεων (Sabrin et al., 2020).

Ναντσάνγκ, Κίνα

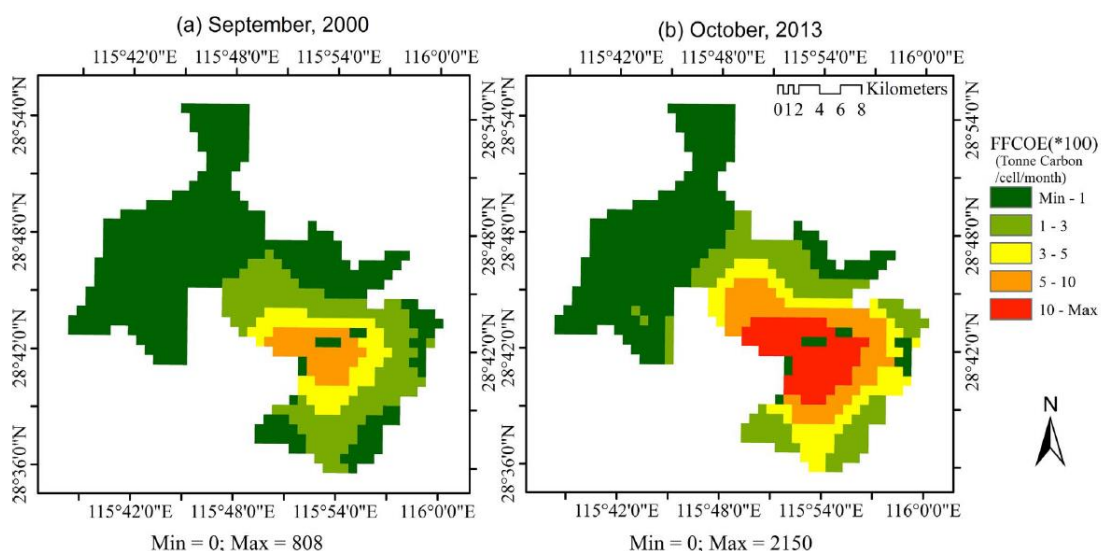
Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 14) φαίνονται οι χάρτες της πόλης Ναντσάνγκ για το 2000 και 2013. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η αστική έκταση αυξήθηκε από 9,48% το 2000 σε 23,72% το 2013. Αυτό μεταφράζεται σε καθαρή αύξηση 150,31% και ετήσιο ρυθμό αύξησης 7,3% μέσα σε 13 χρόνια. Συμπεραίνεται ότι η πόλη είχε υποστεί μια ταχεία αστικοποίηση. Όχι μόνο η δεξιά πλευρά του ποταμού Gan είχε επεκταθεί και είχε γίνει πιο πυκνή με τα χρόνια αλλά και η αριστερή πλευρά του ποταμού υπέστη ταχεία αστικοποίηση. Στη μελέτη η περιοχή κυμάνθηκε από 17,09°C έως 35,20°C, με μέση θερμοκρασία 23,02°C. Το 2000 οι περιοχές με υψηλή θερμοκρασία επιφάνειας ήταν αυτές από την δεξιά πλευρά του ποταμού. Ωστόσο, το 2013 αυτές οι περιοχές επεκτάθηκαν και στην αριστερή πλευρά του (Zhang et al., 2017).



Εικόνα 14. Χάρτης της πόλης Ναντσάνγκ το 2000 και το 2013 (Zhang et al., 2017).

Οι περιοχές όπου αυξήθηκε ο πληθυσμός μεταξύ 2000 και 2013 βρίσκονται κυρίως στο κέντρο και νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης λόγω ταχείας αστικοποίησης και οικονομικής ανάπτυξης της πόλης. Ωστόσο, η πλατεία Bayi που είναι το κέντρο της πόλης Ναντσάνγκ, βίωσε την συρρίκνωση του πληθυσμού κατά την περίοδο της μελέτης. Τα δεδομένα έδειξαν την μετακίνηση του πληθυσμού από το κέντρο της πόλης προς τα περίχωρα της (Zhang et al., 2017).

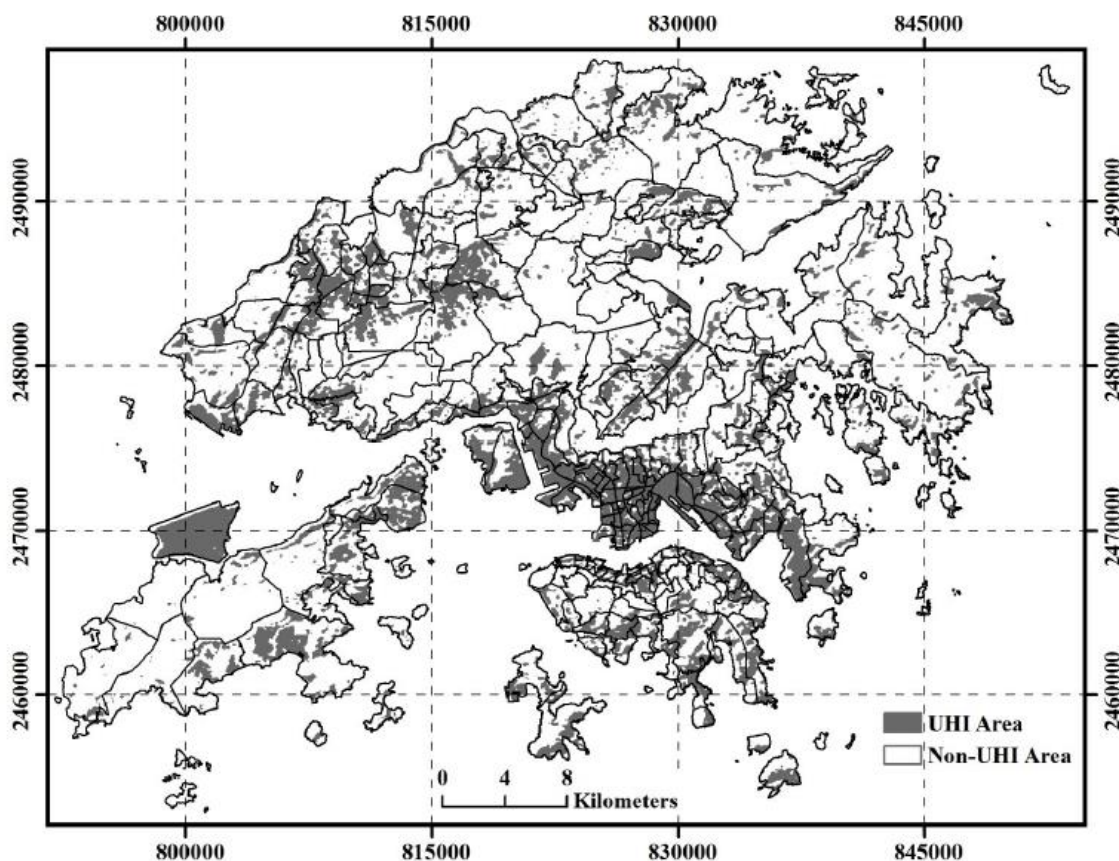
Οι χάρτες εκπομπών CO₂ από τα ορυκτά καύσιμα της πόλης για το 2000 και το 2013 φαίνονται στην εικόνα 15. Το 2000 η πόλη είχε κατά μέσο όρο εκπομπές καυσίμου CO₂ 130 τόνους/μήνα. Το 2013 αυτή η τιμή αυξήθηκε σε 216 τόνους/μήνα. Οι χάρτες δείχνουν ότι οι περιοχές με μεγάλη αύξηση εκπομπών εντοπίζονται κυρίως γύρω από το κέντρο της πόλης όπου και υπήρχε μια ταχεία αστικοποίηση και οικονομική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης αποκάλυψαν ότι η περίπτωση της πυκνότητας του πληθυσμού και οι εκπομπές CO₂ από τα ορυκτά καύσιμα είχαν αδύναμη αλλά σημαντική συσχέτιση με την θερμοκρασία της επιφάνειας της γης (Zhang et al., 2017).



Εικόνα 15. Οι χάρτες εκπομπών CO₂ από τα ορυκτά καύσιμα της πόλης Ναντσάνγκ για το 2000 και το 2013 (Zhang et al., 2017).

Χονγκ Κονγκ, Κίνα

Η πυκνότητα του πληθυσμού στο Χονγκ Κονγκ μοντελοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Population Dynamic Mapping Model (PDMM). Τα κοινωνικοδημογραφικά χαρακτηριστικά παρουσιάστηκαν σε διαφορετικές ομοιογενείς ζώνες σχετικά με τις αστικές περιοχές. Η αστική τάξη βασίζεται σε δεδομένα χρήσης και κάλυψης γης σε χωρική ανάλυση 30m. Το ArcMap χρησιμοποιήθηκε για τη μοντελοποίηση της πυκνότητας πληθυσμού, η οποία μπορεί να αυτοματοποιηθεί με τη διαδικασία περιφερειακής παρεμβολής σε ένα πρόγραμμα GIS. Από τα δεδομένα Landsat προκύπτει η μέση θερμοκρασία 24,8°C στο Χονγκ Κονγκ και ένα ισχυρό φαινόμενο ΑΘΝ γύρω του. Οι περιοχές που έχουν πιο έντονο το φαινόμενο αυτό είναι αυτές με την υψηλή αστικοποίηση όπως είναι η χερσόνησος Kowloon, το βόρειο νησί του Χονγκ Κονγκ και το διεθνές αεροδρόμιο της πόλης (Wong et al., 2016).



Εικόνα 16. Χωρική κατανομή των επικίνδυνων και μη περιοχών για ΑΘΝ στο Χονγκ Κονγκ (Wong et al., 2016).

Μεγάλη ανισότητα στο φαινόμενο της ΑΘΝ παρατηρείται επίσης και στις περιοχές με μεγάλες διαφορές εισοδήματος. Για παράδειγμα, υψηλού κινδύνου περιοχές χαρακτηρίστηκαν αυτές με εισοδήματα 400\$/μήνα. Ενώ για εισόδημα 4.000\$ - 10.000\$/μήνα χαρακτηρίστηκαν ως μεσαίου κινδύνου. Περιοχές με εισοδήματα 10.000\$ - 20.000\$/μήνα θεωρήθηκαν επίσης μεσαίου μεγέθους και περιοχές με 20.000\$/μήνα και άνω χαρακτηρίστηκαν ως μη υψηλού κινδύνου (Wong et al., 2016).

4.3 Προτάσεις πολιτικής χωρικού σχεδιασμού

Ντιτρόιτ, Μίσιγκαν

Σύμφωνα με την κοινωνικο-χωρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με την χρήση των μεθοδολογιών GIS για την αξιολόγηση της ισότητας όσον αφορά την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών μετριασμού της ΑΘΝ στο Ντιτρόιτ του Μίσιγκαν, εμφανίστηκαν διάφορα ζητήματα σχετικά με τα κέντρα ψύξης και τις

υπάρχουσες ή πιθανές πράσινες υποδομές. Τα στοιχεία της απογραφής χρησιμοποιήθηκαν ως μέσο αναγνώρισης των νοικοκυριών που ζούσαν κάτω από το όριο της φτώχειας και δεν μπορούσαν να αντέξουν οικονομικά τον κλιματισμό τους καθώς και ούτε μπορούσαν να μετριάσουν την απόσταση τους από το κοντινότερο κέντρο ψύξης ή έστω να επωφεληθούν από την ψύξη των κοντινών πράσινων υποδομών. Οι πράσινες στέγες επισημάνθηκαν ως βασικές υποδομές για την στρατηγική μετριασμού της αστικής θερμικής νησίδας σε διάφορες τοποθεσίες τόσο υπάρχουσες όσο και πιθανές. Οι ανισότητες αναλύθηκαν σχετικά με την κατά πόσο είναι εφικτή και γρήγορη η πρόσβαση με τα πόδια για κάποιον σε αστικά κέντρα ψύξης για την ανακούφιση από την ΑΘΝ στις πιο ευάλωτες κοινότητες (Sanchez & Reames, 2019).

Η έρευνα έδειξε ότι οι ομάδες χαμηλού εισοδήματος διατρέχουν σοβαρότερο κίνδυνο για ασθένειες που συσχετίζονται με την ζέστη και ειδικά οι ομάδες των ηλικιωμένων και των άστεγων έχουν ακόμα μεγαλύτερο κίνδυνο λόγω της ΑΘΝ. Ωστόσο, η μελέτη έδειξε και την μεγάλη πολυπλοκότητα που υπάρχει προκειμένου να δημιουργηθεί μια δίκαιη πρόσβαση για όλους. Σχετικά με την εθνικότητα, την ηλικία και την οικονομική κατάσταση σημειώνεται ότι υπάρχει περιβαλλοντική αδικία όσο αναφορά το φαινόμενο της ΑΘΝ και την διαβίωση σε πράσινες γειτονιές. Αυτή η μελέτη μπόρεσε να προσδιορίσει ποιες δημογραφικές ομάδες είναι περισσότερο ευάλωτες στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και ποιες δημογραφικές ομάδες εκπροσωπούνται περισσότερο στα σχέδια της μελλοντικής πράσινης πόλης του Ντιτρόιτ (Detroit Future City). Δεδομένης της πολυπλοκότητας γύρω από τα κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα που προτείνονται σε αυτήν την μελέτη είναι δύσκολη μια απλή κατάταξη με βάση τις δεδομένες παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν και σχετικά με τις δημογραφικές ομάδες που έχουν περισσότερο ανάγκη από ανακούφιση και όχι τόσο ανθεκτικότητα στην αστική θερμική νησίδα, για να μπορέσουν οι στρατηγικές να προσδιοριστούν με βάση μια απλή κοινωνικο-χωρική ανάλυση (Sanchez & Reames, 2019).

Η δημογραφική ανισότητα θέλει ιδιαίτερη προσοχή όσο αναφορά την χωροθέτηση στην στρατηγική μετριασμού της ΑΘΝ καθώς προκύπτει ένα πρακτικό δίλλημα, δηλαδή που θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην κοινωνικοοικονομική ευπάθεια ή απλώς στην θερμοκρασία για την μείωση του φαινομένου. Θα πρέπει να μπει σαν στόχος η ολοκληρωμένη βελτιστοποίηση της στρατηγικής έτσι ώστε να σταθμιστούν οι

κοινωνικοοικονομικές ανισότητες των ευπαθών κοινοτήτων με την δημιουργία πράσινων υποδομών στις επιφάνειες με χαμηλή αντανakλαστικότητα (Sanchez & Reames, 2019).

Παράλληλα, εκτός από τα μεμονωμένα νοικοκυριά η βελτιστοποιημένη τοποθέτηση πράσινων στεγών θα επιφέρει ανθεκτικότητα στη θερμότητα και γενική υγεία για τους ευάλωτους κατοίκους σε μια μεγαλύτερη κλίμακα. Αυτός είναι εξάλλου και ένας οικονομικά αποδοτικός τρόπος για την πόλη του Ντιτρόιτ στην αντιμετώπιση του φαινομένου. Περαιτέρω σχέδια θα μπορούσαν να αναπτυχθούν σε βιομηχανικά και εμπορικά κτίρια όπως βιομηχανικές εγκαταστάσεις και σχολεία. Με την αύξηση της βλάστησης στις επιφάνειες της πόλης πετυχαίνεται η μείωση των επιπτώσεων της ΑΘΝ, συνεπώς η αύξηση των ψυκτικών φορτίων για όλα τα νοικοκυριά και τις εγκαταστάσεις. Η μείωση του φαινομένου δεν έχει μόνο οικονομικές απολαβές αλλά και βελτίωση του περιβάλλοντος και του αέρα που αναπνέουν οι κάτοικοι, καλύτερη διαχείριση των όμβριων υδάτων και μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Sanchez & Reames, 2019).

Βαλτιμόρη, Μέριλαντ

Η αστική θερμική νησίδα χρησιμοποιείται εδώ και καιρό για να περιγράψει το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας στο κέντρο των πόλεων σε σχέση με τις γύρω αγροτικές περιοχές. Η έρευνα δείχνει ότι πέρα από την διαφορά αστικού και αγροτικού τοπίου η θερμοκρασία ποικίλει και εντός των αστικών περιοχών. Γίνεται μια διερεύνηση για το αν τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά μιας γειτονιάς οδηγούν στην έκθεση της υπερβολικής ζέστης. Πιο ευάλωτες αποδείχτηκαν οι περιοχές με χαμηλή εκπαίδευση, κοινωνικοοικονομική κατάσταση, εισόδημα, εθνικές μειονότητες και αυτές που είχαν υψηλότερη εγκληματικότητα. Γειτονίες με λιγότερους προσωπικούς πόρους για τον μετριασμό των επιπτώσεων του φαινομένου από ένα κύμα καύσωνα έτειναν να έχουν υψηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας γης. Ομοίως, ο ηλικιωμένος πληθυσμός που ζει μόνος του και έχει μικρή κοινωνική επαφή αναγνωρίστηκε επίσης ως ευάλωτη ομάδα στην υπερβολική ζέστη καθώς σε αυτήν την μελέτη βρέθηκε να ζει σε γειτονίες με υψηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας (Conti et al., 2007).

Σύμφωνα με τους κοινωνικούς παράγοντες που χρησιμοποιούνται συχνά σε τέτοιες μελέτες αυτή η μελέτη περιείχε περισσότερα εμπειρικά στοιχεία για την γειτονιά και

την συσχέτιση της με την θερμοκρασία της επιφάνειας της γης. Αν και δεν εξετάστηκε ο άμεσος θάνατος από την ζέστη σε αυτήν την μελέτη επιβεβαιώθηκε ότι ένα κύμα καύσωνα μπορεί να επηρεάσει διαφορετικούς πληθυσμούς με διαφορετικούς τρόπους σύμφωνα με την κατανομή της θερμοκρασίας που δεν είναι ομοιογενής. Άνθρωποι που ζουν σε διαφορετικές γειτονίες στην ίδια πόλη πάντα έχουν διαφορετικές εμπειρίες με την θερμοκρασία. Περιθωριοποιημένες ομάδες όπως αυτές με τα χαμηλά εισοδήματα, την λίγη εκπαίδευση και οι εθνικές μειονότητες τείνουν να ζουν σε θερμότερα μέρη γεγονός που πιθανώς να αυξάνει την έκθεση τους στην υπερβολική θερμότητα (Huang et al., 2011).

Εκτός από τις στρατηγικές μείωσης του φαινομένου, οι προσπάθειες για μετριασμό της έκθεσης στην υπερβολική θερμότητα είναι ικανές να αλλάξουν την κατάσταση θετικά. Το αστικό πράσινο και η ανάπτυξη του μπορεί να μειώσει σημαντικά τη θερμότητα. Πέρα από τον μετριασμό στην ζέστη που κάνει το αστικό πράσινο, είναι και εργαλείο για τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος της γειτονιάς (Grove et al., 2005). Η πόλη της Βαλτιμόρης δημιούργησε αστικό πράσινο για οικολογικούς και κοινωνικούς λόγους και έπειτα στόχευσε να το διπλασιάσει αφού κατάλαβε τα οφέλη του.

Αυτή η μελέτη έχει άμεση εφαρμογή για την υπεράσπιση της δικαιοσύνης του περιβάλλοντος. Οι υπερασπιστές της περιβαλλοντικής δικαιοσύνης επιδιώκουν την αποκατάσταση της άνιση κατανομής των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων προκειμένου να κατανεμηθεί πιο δίκαια και με καλύτερη πρόσβαση στα περιβαλλοντικά αγαθά. Το χωρικό μοτίβο για την θερμοκρασία επιφάνειας μέσα σε μια πόλη έδειξε την άνιση κατανομή της θερμότητας ως περιβαλλοντική επιβάρυνση και η κατανομή αυτή συσχετίστηκε με την μειονότητα του πληθυσμού (Huang et al., 2011).

Ορισμένοι περιορισμοί υπήρχαν και σε αυτήν την μελέτη. Αρχικά, τα δεδομένα για την θερμοκρασία της επιφάνειας που χρησιμοποιήθηκαν αντιπροσώπευαν την ΑΘΝ, η οποία δεν λαμβάνει θερμοκρασίες κάθετων επιφανειών και όγκου αέρα στους δρόμους υπόψη. Έπειτα, το κύριο χαρακτηριστικό ενός καύσωνα είναι η έλλειψη νυχτερινής ψύξης. Αυτή η έλλειψη πιέζει τον ανθρώπινο οργανισμό μετά από την υπερβολική έκθεση στη θερμότητα κατά την διάρκεια της ημέρας. Η διαφορά θερμοκρασίας της νύχτας μεταξύ αστικών και μη περιοχών ή μεταξύ διαφορετικών τμημάτων μιας πόλης συνήθως είναι πιο σημαντικές από τις ώρες της ημέρας αλλά υπήρχε έλλειψη

δεδομένων για αυτές τις ώρες οπότε χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα ωρών κατά την διάρκεια της ημέρας (Huang et al., 2011).

Κάμντεν, Νιού Τζέρσεϊ

Τα δείγματα για την περιοχή του Κάμντεν πάρθηκαν από 20.000 σημεία της πόλης. Τα αποτελέσματα σχετικά με την υγεία των κατοίκων έδειξαν ότι το άσθμα και τα εγκεφαλικά επεισόδια έχουν μέτρια συσχέτιση με τις συγκεντρώσεις όζοντος του αέρα. Επιπλέον, τα άτομα ηλικίας μικρότερης των 5 ετών και άνω των 65 ετών βρέθηκαν πολύ ευάλωτα στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Sabrin et al., 2020).

Ένας από τους στόχους αυτής της μελέτης ήταν να βοηθήσει στα οικονομικά προβλήματα της πόλης του Κάμντεν. Οι δείκτες της μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για μελλοντικά ακραία φαινόμενα θερμότητας. Οι στρατηγικές προσαρμογής για τα φαινόμενα θερμότητας διαφέρουν ανάλογα με τους στόχους αντιμετώπισης τους (Sabrin et al., 2020).

Τα δεδομένα για αυτήν την έρευνα αντλήθηκαν από το πρόγραμμα Landsat 8. Ο συγκεκριμένος δορυφόρος κάνει κύκλο τροχιάς 16 ημερών και περιορίζει κάθε μελέτη σε 2 ημέρες/μήνα. Η κλίμακα του κινδύνου για τις καλοκαιρινές ημέρες για 5 συνεχόμενα έτη σχετίζεται με την αστική θερμική νησίδα και την ποιότητα του αέρα. Μια τέτοια αξιολόγηση κινδύνου θα ήταν χρήσιμο εργαλείο καθοδήγησης για τον μακροπρόθεσμο πολεοδομικό σχεδιασμό μια περιοχής (Sabrin et al., 2020).

Ναντσάνγκ, Κίνα

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πόλη Ναντσάνγκ είχε υποστεί μια ραγδαία αστικοποίηση την περίοδο 2000 έως 2013. Αυτό συμπεραίνεται από τη σημαντική αύξηση της έκτασης της αστικοποίησης που φαίνεται στην εικόνα 14 παραπάνω. Το φαινόμενο της αστικής ανάπτυξης στην πόλη είναι πιθανό να συνεχιστεί στο μέλλον (Liu, 2013). Η γεωγραφική τοποθεσία της πόλης στην κεντρική Κίνα έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ισχυρή της οικονομική ανάπτυξη. Το 2000, η πόλη Ναντσάνγκ είχε ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) 30,9 δισεκατομμυρίων γιουάν, το οποίο αυξήθηκε σε 225,5 δισεκατομμύρια γιουάν το 2013 (Nanchang Statistical Yearbook, 2014). Ο πληθυσμός της είχε επίσης ραγδαία ανάπτυξη από 1,70 εκατομμύρια το 2000 σε περισσότερα από 2,26 εκατομμύρια το 2013 (Nanchang Statistical Yearbook, 2001). Επιπλέον, η πρόσφατα ενσωματωμένη συνοικία Τσιανγκσί που βρίσκεται στη δυτική

πλευρά του ποταμού Gan είχε ενσωματωθεί σε μια περιοχή της πόλης Ναντσάνγκ. Αυτή η περιοχή έχει μεγάλες δυνατότητες να προσελκύσει τις αστικές επεκτάσεις στη δυτική πλευρά του ποταμού Gan στο μέλλον (Zhang et al., 2017).

Η αστική ανάπτυξη της πόλης Ναντσάνγκ έχει δύο σημαντικά χωρικά χαρακτηριστικά:

- 1) ότι οι αστικές περιοχές επεκτάθηκαν στα δυτικά του ποταμού Gan γιατί η οικονομική πολιτική, με την υποστήριξη της τοπικής αυτοδιοίκησης, ώθησε την οικονομική ανάπτυξη σε αυτό το τμήμα της πόλης,
- 2) ότι οι αστικές περιοχές επεκτάθηκαν προς τις νοτιοανατολικές, χαμηλές περιοχές που βρίσκεται η πεδιάδα της λίμνης Poyang και οι γειτονικές της περιοχές.

Οι περισσότερες δασικές εκτάσεις βρίσκονταν στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης γιατί υπήρχαν μεγάλες υψομετρικές διαφορές στις περιοχές και το Εθνικό Δασικό Πάρκο Meiling. Πλέον οι επεκτάσεις αστικής γης στην πόλη προέρχονται από μετατροπές καλλιεργήσιμων και άγονων εκτάσεων (Zhang et al., 2017).

Η ταχεία αστικοποίηση της πόλης Ναντσάνγκ ωστόσο, αντικατέστησε το καλλιεργήσιμο τμήμα φυσικών επιφανειών γης με κτίρια, δρόμους και άλλες αδιαπέραστες επιφάνειες. Αυτό επέφερε μια σημαντική συνέπεια στην πλαίσιο του φαινομένου της ΑΘΝ στο επίκεντρο αυτής της μελέτης. Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά όπως κτίρια, δρόμοι και άλλες αδιαπέραστες επιφάνειες απορροφούν περισσότερη θερμότητα, ακτινοβολία από τον ήλιο από τις επιφάνειες που καλύπτονται με βλάστηση (Estoque, Murayama, & Myint, 2017). Τα αποτελέσματά της έρευνας έδειξαν ότι η αστική επέκταση είχε σταθερά υψηλότερο μέσο όρο θερμοκρασίας επιφάνειας γης από τις επιφάνειες με βλάστηση (Zhang et al., 2017).

Η διαφορά ώρας μεταξύ των δύο χρησιμοποιούμενων δορυφορικών εικόνων μπορεί να έχει επίδραση στη χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας επιφάνειας στην περιοχή μελέτης μεταξύ των δύο χρονικών σημείων. Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η ταχύτητα του ανέμου, μπορεί να μην είναι σταθερά στα δύο χρονικά σημεία, είναι όμως σημαντικοί παράγοντες που θα μπορούσαν να έχουν επηρεαστεί από την παρατηρούμενη χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας επιφάνειας γης. Ωστόσο, η παρατηρούμενη αύξηση της συνολικής μέσης

θερμοκρασίας επιφάνειας κατά $1,64^{\circ}\text{C}$, την περίοδο μεταξύ 2000 και 2013 ίσως να οφείλεται στην απώλεια πράσινων χώρων και στην επέκταση των αδιαπέραστων επιφανειών. Η χαμηλή συσχέτιση της μέσης θερμοκρασίας επιφάνειας με την πυκνότητα πληθυσμού και την εκπομπή CO_2 από ορυκτά καύσιμα μπορεί να οφείλεται σε χρονική (ημερομηνία σύλληψης δεδομένων) και χωρική ανάλυση στην ασυνέπεια μεταξύ των δεδομένων (Zhang et al., 2017).

Η συσχέτιση της πυκνότητας πληθυσμού με τη μέση θερμοκρασία επιφάνειας έχει δύο συνέπειες. Πρώτον, η σχέση αυτή μπορεί να σημαίνει ότι όσο μεγαλώνει η πυκνότητα του πληθυσμού, τόσο αυξάνεται και η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης. Ωστόσο, δεν είναι ο ίδιος ο αριθμός των ανθρώπων που προκαλεί η θέρμανση της επιφάνειας της γης, αλλά μάλλον οι κοινωνικοοικονομικές τους καταστάσεις και δραστηριότητες για παράδειγμα τα σπίτια τους και τα βιομηχανικά κέντρα είναι αυτά που αυξάνουν την θερμότητα. Αυτό σημαίνει ότι η πυκνότητα του πληθυσμού συμβάλλει έμμεσα στο να γίνει πιο έντονο το φαινόμενο της ΑΘΝ. Τα βιομηχανικά κέντρα και άλλες αδιαπέραστες επιφάνειες όπως δρόμοι, χώροι στάθμευσης, εμπορικά και δημόσια κτίρια συμβάλλουν στο φαινόμενο. Δεύτερον, η συσχέτιση αυτή μπορεί επίσης να σημαίνει ότι περισσότεροι άνθρωποι εκτίθενται σε υψηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας κάτι που επίσης δεν είναι καλό (Zhang et al., 2017).

Ο άνθρακας είναι ένα από τα πιο άφθονα ορυκτά καύσιμα στην Κίνα και υπήρξε σημαντική πηγή ενέργειας για τον αστικό βιομηχανικό τομέα. Το 2013, αυτό το ορυκτό καύσιμο παρείχε το 70,7% της ενέργειας την κατανάλωση για στην οικονομική ανάπτυξη στην επαρχία Τσιανγκσί. Ωστόσο, η συσχέτιση του με την μέση θερμοκρασία επιφάνειας οι εκπομπές CO_2 δηλαδή, φάνηκαν επίσης να συμβάλουν στη συνολική αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης Ναντσάνγκ τη δεκαετία 2000 έως 2013 (Zhang et al., 2017).

Γενικά, η αστικοποίηση φέρνει βελτίωση στη κοινωνική και οικονομική ευημερία των ανθρώπων, αλλά επίσης και αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον (Estoque & Murayama, 2016). Για παράδειγμα, η αστικοποίηση δημιουργεί θέσεις εργασίας για τους κατοίκους και αυξάνει τα εισοδήματα της πόλης. Ωστόσο, η απώλεια αστικών χώρων πρασίνου λόγω αστικοποίησης επηρεάζει τις πολύτιμες υπηρεσίες οικοσυστήματος που καλύπτει η βλάστηση για τους στους ανθρώπους όπως η ρύθμιση του καθαρού αέρα και ο μετριασμός του φαινόμενο ΑΘΝ (Zhang et al., 2017).

Στην πόλη Ναντσάνγκ, τα αποτελέσματα δείχνουν ενδείξεις για την παρουσία του φαινομένου της ΑΘΝ, που γενικά το φαινόμενο αυτό δείχνει μια σημαντική διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αδιαπέραστων επιφανειών και τοπίων με βλάστηση. Οι αδιαπέραστες επιφάνειες γενικά αυξάνουν την θερμοκρασία εξαιτίας τις υψηλότερης θερμικής αδράνειας που έχουν, ενώ οι χώροι πρασίνου γενικά μειώνουν την θερμοκρασία λόγω της χαμηλότερης θερμικής τους αδράνειας. Μέσω της εξατμισοδιαπνοής και της εκπνεμτικότητας, οι χώροι πρασίνου μπορούν να δημιουργήσουν δροσερά φαινόμενα. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι σημαντικό για την τοπική πολιτική κυβέρνηση της Ναντσάνγκ να εξετάσει την παροχή χώρων αστικού πράσινου όπως τα αστικά πράσινα πάρκα για τον μελλοντικό αστικό σχεδιασμό καθώς μετριάζουν της επίδραση της ΑΘΝ στην περιοχή (Zhang et al., 2017).

Η μη ισορροπημένη άνοδος της θερμοκρασίας έχει δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στον πληθυσμό της πόλης όσο και στα φυσικά της οικοσυστήματα (Kikon et al., 2016). Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο αντίκτυπος του φαινομένου στους ανθρώπους της πόλης Ναντσάνγκ, οι κήποι των σπιτιών θα πρέπει επίσης να ενθαρρύνονται κατά τη διάρκεια του τοπικού πολεοδομικού σχεδιασμού. Σε αντίθεση με τη βλάστηση, τα αδιαπέραστα υλικά έχουν μεγαλύτερη ικανότητα να παγιδεύουν τη θερμότητα και στη συνέχεια να την διοχετεύουν στην πόλη. Ένας τρόπος προσαρμογής στο φαινόμενο της ΑΘΝ και μετριασμού του είναι η χρήση ανοιχτόχρωμων χρωμάτων και ειδικών υλικών για τα κτίρια, με υψηλή εκπομπή θερμότητας που αποθηκεύουν λιγότερη θερμότητα (Kikon et al., 2016). Η ξηρασία, που είναι ένα ακόμα φυσικό φαινόμενο, είναι επίσης σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας, αλλά έτσι και αλλιώς δεν θα μπορούσε να αποφευχθεί. Από την άλλη πλευρά, για την μείωση της έντασης της ΑΘΝ καλή θα ήταν μια κατάλληλη διαχείριση της αλλαγής των αγροτικών περιοχών σε αστικών. Το επίπεδο των εκπομπών CO₂ από ορυκτά καύσιμα θα πρέπει επίσης να παρακολουθείται με σωστή συχνότητα. Επιπρόσθετα, στο μέτρο του δυνατού καλό θα ήταν η τοπική αυτοδιοίκηση της πόλης να εξετάζει το ενδεχόμενο ενσωμάτωσης της έννοιας της ανάπτυξης χαμηλών εκπομπών άνθρακα στον μελλοντικό πολεοδομικό σχεδιασμό (Zhang et al., 2017).

Χονγκ Κονγκ, Κίνα

Αυτή η μελέτη διερεύνησε τα κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά μιας γειτονιάς ενδεικτικά για την έκθεση σε υπερβολική θερμότητα των κατοίκων και συνδυάζει

δεδομένα θερμικής δορυφορικής εικόνας και δεδομένα απογραφής. Η περιοχή που συμμετείχε είχε χαμηλά κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά, ευάλωτες ομάδες για παράδειγμα ηλικιωμένους, ανθρώπους που είχαν μόνο δευτεροβάθμια εκπαίδευση και ανθρώπους που ζουν μόνοι τους. Όλες οι εισοδηματικές ομάδες κάτω των 40.000\$ ήταν ομάδες επαγγελματιών, όπως υπαλλήλων, εργαζομένων σε υπηρεσίες, εργάτες καταστημάτων, χειριστές μηχανημάτων, ειδικευμένοι εργάτες στη γεωργία και την αλιεία και για τα επαγγέλματα που δεν ταξινομήθηκαν παρουσίασαν παρόμοια έκθεση στο φαινόμενο της ΑΘΝ με τα παραπάνω. Οι ομάδες με χαμηλή κοινωνικο-οικονομική θέση ήταν περισσότερο ευαίσθητες από άλλες ομάδες στις επιδράσεις της υψηλής θερμοκρασίας στο Χονγκ Κονγκ (Chan et al., 2012). Ωστόσο, η μελέτη αυτή ανέδειξε τις χωρικές ανισότητες του φαινομένου ανά ηλικία, εισόδημα, εκπαίδευση, οικογενειακή κατάσταση και επάγγελμα (Wong et al., 2016).

Σε αυτήν την μελέτη υπήρχαν επίσης κάποιοι περιορισμοί στα δεδομένα όσο αναφορά τις ατομικές πληροφορίες για παράδειγμα οι μειωμένες δραστηριότητες λόγω εργασίας και ο τρόπος αναψυχής των κατοίκων της πόλης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα της μελέτης ήταν περιβαλλοντικά και κοινωνικο-δημογραφικά (Wong et al., 2016).

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Τα ευρήματα αυτής της εργασίας βασίζονται σε βιβλιογραφική έρευνα που αφορά στην διερεύνηση των πράσινων υποδομών στις περιοχές: Ντιτρόιτ, Βαλτιμόρη, Κάμντεν, Ναντσάνγκ και Χονγκ Κονγκ. Από αυτά προκύπτει ότι οι κάτοικοι της πόλης του Ντιτρόιτ και των γύρω νησιών του Ειρηνικού είναι ευάλωτοι στην ΑΘΝ. Για να γίνει η σύνδεση μεταξύ φυλής και εθνικότητας στην ευπάθεια και στη ανθεκτικότητα της ΑΘΝ, πρέπει πρώτα να γίνει ο εντοπισμός των ευπαθών ομάδων που είναι ένας στόχος μιας κοινωνικο-χωρικής ανάλυσης, αφού υπάρχει μεγάλη πολυπλοκότητα που θα πρέπει να αξιολογηθεί. Ο έγχρωμος πληθυσμός του Ντιτρόιτ, είναι στην πραγματικότητα η πιο περιλαμβανόμενη φυλετική ομάδα για μελλοντικούς χώρους πρασίνου της πόλης, καθώς οι μειονότητες με χαμηλό εισόδημα είναι γενικά αποκλεισμένες όσον αναφορά στο αστικό πράσινο. Το Ντιτρόιτ είναι επίσης μια πόλη με πλειονότητα στον έγχρωμο πληθυσμό (73% της πόλης) όπως εντοπίστηκε σε σχετική έρευνα. Τέτοιες κοινότητες στο Ντιτρόιτ αποκαλύφθηκε ότι δεν είχαν εύκολη πρόσβαση στα κέντρα ψύξης εντός της πόλης. Ωστόσο, τα συμπεράσματα που έβγαλε η μελέτη είναι ότι οι λευκοί λαοί αποτελούν τη μεγαλύτερη μεμονωμένη φυλή για τις πιο ζεστές περιοχές του Ντιτρόιτ όσον αναφορά την θερμοκρασία επιφάνειας της γης που υπάρχει κυρίως στο κέντρο της πόλης. Αν και οι ήδη υπάρχουσες πράσινες στέγες σχετικά με την κατανομή της πόλης βρίσκονται σε αποτελεσματικές περιοχές για την ένταση της θερμοκρασίας, αφού είναι στο κέντρο της πόλης ουσιαστικά αντικατοπτρίζεται μια προτίμηση για την τοποθέτηση σε πιο εύπορες περιοχές στο κέντρο.

Η μελέτη στην Βαλτιμόρη, εξέτασε 298 ομάδες κοντά στους καταρράκτες Gwynns ως λεκάνη απορροής και διαπίστωσε ότι η θερμοκρασία επιφάνειας της γης των ομάδων αυτών διέφερε από 24,52°C έως 41,10°C. Οι γειτονίες με χαμηλότερο εισόδημα, λιγότερα χρόνια εκπαίδευσης, οι εθνικές μειονότητες, οι ηλικιωμένοι και οι περιοχές με μεγάλη εγκληματικότητα αποδείχτηκε ότι είχαν μεγαλύτερη αύξηση θερμοκρασίας στην επιφάνεια τους. Αυτό υποδηλώνει ότι οι πληθυσμοί αυτοί έχουν αυξημένο κίνδυνο λόγω υπερβολικής έκθεσης στη θερμότητα. Φυσικά οι πράσινες υποδομές μπορούν να βοηθήσουν ως πρακτικές πρόληψης για την θερμότητα στα κύματα καύσωνα ειδικά τους θερινούς μήνες. Η μελέτη επίσης υπέδειξε και πιθανούς χώρους μελλοντικών

πράσινων υποδομών έτσι ώστε να έχουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο για την πρόληψη των υψηλών θερμοκρασιών και την μείωση της έκθεσης στη θερμότητα.

Σχετικά με το Κάμντεν, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης επίσης μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τα πολεοδομικά σχέδια σχετικά με τη μελλοντική ανάπτυξη της πόλης και να παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές για τον μετριασμό των επιπτώσεων της ΑΘΝ. Δεδομένου ότι η ευπάθεια ενός πληθυσμού αυξάνεται με τις υψηλές θερμοκρασίες και την έκταση της ρύπανσης, αναμένεται ότι η αύξηση της τοπικής ρύπανσης και οι αλλαγές της θερμοκρασίας θα δημιουργήσουν προβλήματα στον πληθυσμό. Βέβαια, τα δημογραφικά και τα περιβαλλοντικά δεδομένα αλλάζουν γρήγορα με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, τα ευρήματα της εργασίας μπορούν να συμβάλουν καθοδηγητικά σε μελλοντικές μελέτες για την τοποθέτηση των πράσινων υποδομών.

Οι αλλαγές της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης που παρατηρούνται κατά το φαινόμενο της ΑΘΝ επηρεάζουν άμεσα τη βραχυπρόθεσμη τοπική ρύπανση και μακροπρόθεσμα επηρεάζουν την παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση. Λόγω της αναστροφής θερμοκρασίας παγιδεύονται οι ρύποι με αποτέλεσμα υψηλότερες συγκεντρώσεις ρύπων. Οι αυξημένες θερμοκρασίες και ο αυξημένος αριθμός συμβάντων ακραίας ζέστης προκαλούν θερμική εξάντληση, εγκεφαλικά επεισόδια και θανάτους, ιδιαίτερα στους ευάλωτους πληθυσμούς. Οι δείκτες της μελέτης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη πρόληψη του κινδύνου που σχετίζεται με τη θερμότητα σε ασθένειες και θανάτους στα ευάλωτα άτομα. Σύμφωνα με την έρευνα υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας επιφάνειας με το ύψος των κτιρίων. Η ΑΘΝ έφερε προβλήματα υγείας στους κατοίκους του Κάμντεν μέσα από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι περισσότερες πλατείες της περιοχής αναγνωρίστηκαν ως εκτεθειμένες στη ζέστη και την ατμοσφαιρική ρύπανση για αυτό και έχουν τους πιο ευάλωτους πληθυσμούς.

Στην πόλη Ναντσάνγκ, η μελέτη εξέτασε τα χωρικά και χρονικά δεδομένα της θερμοκρασίας επιφάνειας της γης της πόλης την περίοδο 2000 έως 2013 στο πλαίσιο του φαινομένου της ΑΘΝ. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η συνολική μέση τιμή θερμοκρασίας επιφάνειας στην περιοχή μελέτης αυξήθηκε κατά 1,64°C μεταξύ 2000 και 2013. Αυτή η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας επηρέασε τις συνθήκες του περιβάλλοντος σύμφωνα με τις δορυφορικές εικόνες. Η μέση αύξηση της θερμοκρασίας

επήλθε από την ραγδαία αστικοποίηση της περιοχής, με αποτέλεσμα την επέκταση των αδιαπέραστων επιφανειών και απώλειες σε πράσινους χώρους. Την περίοδο 2000 και 2013, η αστική περιοχή αυξήθηκε από 4.830 εκτάρια σε 12.090 εκτάρια (150,31% αύξηση). Η θερμοκρασία επιφάνειας της γης κυμάνθηκε από 17,09°C έως 35,20°C τον Σεπτέμβριο του 2000 και από 14,98°C έως 37,87°C τον Οκτώβριο του 2013. Εξετάστηκαν αρκετές κοινωνικο-οικολογικές μεταβλητές (δείκτης βλάστησης, δείκτης πυκνότητας, δείκτης νερού, πυκνότητα πληθυσμού και εκπομπές CO₂ ορυκτών καυσίμων) που είχαν σχέση με την θερμότητα. Στο μέλλον θα μπορούν αυτοί οι δείκτες να ληφθούν για μελλοντικό πολεοδομικό σχεδιασμό στην ανάπτυξη της πόλης Ναντσάνγκ. Αυτή η μελέτη τονίζει επίσης τη σημασία του αστικού πρασίνου λόγω της ικανότητας του να μετριάξει το φαινόμενο της ΑΘΝ και να παρέχει στους ανθρώπους πολύτιμες υπηρεσίες οικοσυστήματος. Οι πράσινες υποδομές στις πόλεις μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της συνολικής βιωσιμότητας και του περιβάλλοντος των πόλεων.

Για το Χονγκ Κονγκ, στην μελέτη χρησιμοποιήθηκαν χωρικά, κοινωνικά και δημογραφικά δεδομένα για την έκθεση της πόλης στην ΑΘΝ. Αποδείχτηκε ότι οι πληθυσμοί που ανήκουν σε μειονότητες είναι πιο εύκολο να εκτεθούν στην θερμότητα. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν παρέχουν πληροφορίες για τον μελλοντικό πολεοδομικό σχεδιασμό της πόλης προκειμένου να επιτευχθεί ο μετριασμός του φαινομένου και να υπάρξει μια πρόληψη για την θερμότητα. Η μελέτη μπορεί επίσης να επεκταθεί και για τον μελλοντικό σχεδιασμό της πόλης, σχετικά με τη μείωση της έκθεσης στη θερμότητα και τον μετριασμό της ΑΘΝ. Η μελέτη υποδεικνύει και μελλοντικούς χώρους αστικού πρασίνου για να μειωθεί η έκθεση στη θερμότητα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω βγαίνει το γενικό συμπέρασμα ότι η ΑΘΝ παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ζωή των ανθρώπων. Το φαινόμενο αυτό επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες που στην πλειοψηφία τους ελέγχονται από τον άνθρωπο. Οι περιοχές μελέτης που αναφέρθηκαν είχαν το ενδιαφέρον τους σε διάφορους τομείς που κάθε φορά προσαρμοζόταν η μελέτη, για παράδειγμα το διαφορετικό κλίμα, τα άνισα εισοδήματα και οι δημογραφικοί παράγοντες. Μέσα από την εργασία αναδείχθηκαν οι περιοχές που είναι πιο ευάλωτες στο φαινόμενο και αναπτύχθηκαν τρόποι αντιμετώπισής του. Οι πράσινες υποδομές μπορούν να προσφέρουν μεγάλη βοήθεια

στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ΑΘΝ, αρκεί να γίνουν οι σωστές μελέτες και όσο το δυνατόν η καλύτερη εφαρμογή τους για την κάθε διαδικασία.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Akbari, H., (2005). Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Alexandri, D., & Jones, P., (2007). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, *Building and Environment*, 43(4), 480-493, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306003957>.

Altman, P., et al. (2012). *Killer Summer Heat: Projected Death Toll from Rising Temperatures in America Due to Climate Change*. Natural Resources Defense Council issue brief, <http://www.nrdc.org/globalwarming/killer-heat/files/killer-summer-heat-report.pdf>.

Arup, A., (2014). *Cities Alive: Rethinking Green Infrastructure*, London: Arup, http://publications.arup.com/Publications/C/Cities_Alive.aspx.

Benedict, M.A. & McMahon, E.T., (2002). Green infrastructure: smart conservation for the 21st century, *Renewable Resources Journal*, 20(3), 12-17, <http://www.sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf>.

Berdahl, Paul, Bretz & Sarah E., 1997. Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials. *Energy Build.* 25.2, 149–158.

Bokaie, M., Zarkesh, M. K., Arasteh, P. D., & Hosseini, A., (2016). Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/Land Cover in Tehran. *Sustainable Cities and Society*, 23, 94–104.

Bowler, D., Buyung-Ali, L., Knight, T. & Pullin, A.S., (2010). *How effective is 'greening' of urban areas in reducing human exposure to ground level ozone concentrations, UV exposure and the 'urban heat island effect'?*, CEE review 08-004 (SR41). Environmental Evidence, http://www.environmentalevidence.org/Documents/Completed_Reviews/SR41.pdf.

Brady, A.B., Brake, D.R. & Starks, C.W., (2001). *The Green Infrastructure Guide Planning for a Healthy Urban and Community Forest*, Princeton: The Regional Planning Partnership, <http://plansmartnj.dreamhosters.com/wp-content/uploads/2011/10/GIG.pdf>.

- Chan, E.Y.Y., Goggins, W.B., Kim, J.J. & Griffiths, S.M., (2012).** A study of intracity variation of temperature-related mortality and socioeconomic status among the Chinese population in Hong Kong. *J. Epidemiol. Commun. Health* 2012, 66, 322–327.
- Chang, C. R., Li, M-H. & Chang, S-D., (2007).** A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks, *Landscape and Urban Planning*, 80(4), 386-395, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204606002076#>.
- Chiesur, A., (2004).** The role of urban parks for the sustainable city, *Landscape and Urban Planning*, 68(1), 129-138.
- City of Detroit., (2012).** *City of Detroit Cooling Centers Open During Extreme Summer Heat.* City of Detroit Official Website, June <http://www.detroitmi.gov/News/tabid/3196/ctl/ReadDefault/mid/4561/ArticleId/76/Default.aspx>.
- Conti, S., Masocco, M., Meli, P., Minelli, G., Palummeri, E., Solimini, R., Toccaceli, V. & Vichi, M., (2007).** General and specific mortality among the elderly during the 2003 heat wave in Genoa (Italy). *Environmental Research* 103, 267e274.
- Coseo, Paul J., (2013).** Evaluating Neighborhood Environments for Urban Heat Island Analysis and Reduction." PhD Dissertation. Urban and Regional Planning. University of Michigan.
- Coseo, Paul, Larsen, Larissa, (2014).** How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain Urban Heat Islands in Chicago. *Landsc. Urban Plann.* 125, 117–129.
- Coutts, A., Livesley, S., Norton, B. & Williams, N., (2013).** *Urban Heat Island Report: Decision principles for the selection and placement of Green Infrastructure*, Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research, <http://www.vcccar.org.au/sites/default/files/publications/Decision%20Principles%20-%20Technical%20Report.pdf>.
- Detroit Future City, (2012).** Detroit Future City: 2012 Detroit Strategic Framework Plan.
- Dimoudi, A. & Nikolopoulou, M., (2003).** Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits», *Energy and Buildings*, 35(1), 69-76, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000816>.
- Dobson, J. E., Bright, E. A., Coleman, P. R., Durfee, R. C., & Worley, B. A., (2000).** LandScan: A global population database for estimating populations at risk. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(7), 849–857.

- EPA, (2017).** "Heat Island Impacts, Heat Island Effect, US EPA. 20 Jun. 2017. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-impacts>.
- EPA, (2019).** Using Green Roofs to Reduce Heat Islands. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/heat-islands/using-green-roofs-reduce-heat-islands>.
- Estoque, R. C., & Murayama, Y., (2016).** Quantifying landscape pattern and ecosystem service value changes in four rapidly urbanizing hill stations of Southeast Asia. *Landscape Ecology*, 31(7), 1481–1507.
- Estoque, R. C., Murayama, Y., & Myint, S. W., (2017).** Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577, 349–359.
- Fahad, M.G.R., Nazari, R., Motamedi, M.H. & Karimi, M.E., (2020).** Coupled hydrodynamic and geospatial model for assessing resiliency of coastal structures under extreme storm scenarios. *Water Resources Management* 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02490-y>.
- Federal Energy Management Program, (2004).** Federal Technology Alert. Green Roofs. Federal Energy Management Program. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/10/f3/fta_green_roofs.pdf.
- Geolytics, (2000).** Census 2000 Long Form Dataset Geolytics Incorporated, East Brunswick, NJ.
- Getter, Kristin L. and Bradley Rowe, D., (2006).** The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience* 41.5, 1276–1285.
- Grove, J.M., Burch Jr., W.R., Pickett, S.T.A., (2005).** Social mosaics and urban community forestry in Baltimore, Maryland. In: Lee, R.G., Field, D.R. (Eds.), *Communities and Forests: Where People Meet the Land*. Oregon State University Press, Corvallis, pp. 249e273.
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Jianguo, W., Xuemei, B. & Briggs, J.M., (2008).** Global Change and the Ecology of Cities, *Science*, 319(5864), 756-760, http://www.public.asu.edu/~nbgrimm/USEL/web/images/pubs/2008/Grimm_etal_Science_2008.pdf.
- Grimmond, C.S.B., Roth, M., Oke, T.R., Au, Y.C., Best, M., Betts, R., Carmichael, G., Cleugh, H., Dabberdt, W., Emmanuel, R., Freitas, E., Fortuniak, K., Hanna, S., Klein, P., Kalkstein, L.S., Liu, C.H., Nickson, A., Pearlmutter, D., Sailor, D. &**

- Voogt J., (2010).** Climate and More Sustainable Cities: Climate Information for Improved Planning and Management of Cities (Producers/Capabilities Perspective), *Procedia Environmental Sciences*, 1, 247-274, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610000174>.
- Harlan, Sharon L., et al., (2006).** Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Soc. Sci. Med.* 63.11, 2847–2863.
- Hernández, D., (2013).** "Energy Insecurity: a Framework for Understanding Energy, the Built Environment, and Health among Vulnerable Populations in the Context of Climate Change." pp. e32–e34.
- Huang, Ganlin, Zhou, Weiqi, Cadenasso, M.L., (2011).** Is everyone hot in the city? Spatial pattern of land surface temperatures, land cover and neighborhood socioeconomic characteristics in Baltimore, MD. *J. Environ. Manage.* 92.7, 1753–1759.
- Hunter Block, A., Livesley, S.J. & Williams, N.S.G., (2012).** *Responding to the urban heat island: A review of the potential of green infrastructure*, Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research, <http://www.vcccar.org.au/sites/default/files/publications/VCCCAR%20Urban%20Heat%20Island%20-WEB.pdf>.
- IPCC, (2007).** Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jackson, W., (2016).** Rebuilding from strength as a strategy to safeguard Middle neighborhoods in Detroit: a philanthropic perspective. *Invest. Rev.* 141.
- Jain, A., Kensek, K., Spiegelhalter, S., Schiler, M., Banaei-Kashani, F. & Noble, D., (2009).** Development and Validation of a U-BIM Model: For mitigation of the urban heat island effect, in *Architecture Energy and the Occupant's Perspective Proceedings of the 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA)*, eds. Demers, C. MH & Potvin, A., Quebec, Canada: Les Presses de l'Université Laval, 237-242, <http://www.plea2009.arc.ulaval.ca/attaches/PLEA2009Quebec-BOOK.pdf>.
- Jaluzot, A., James, S. & Pauli, M., (2012).** *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*, Trees and Design Action Group, <http://www.tdag.org.uk/trees-in-the-townscape.html>.

James, P., Tzoulas, K., Adams, M.D., Barber, A., Box, J., Breuste, J., Elmqvist, T., Frith, M., Gordon, C., Greening, K.L., Handley, J., Haworth, S., Kazmierczak, A.E., Johnston, M., Korpela, K., Moretti, M., Niemelä, J., Pauleit, S., Roe, M.H., Sadler, J.P. & Ward Thompson, C., (2009). Towards an integrated understanding of green space in the European built environment, *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(2), 65-75, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866709000144>.

Kikon, N., Singh, P., Singh, S. K., & Vyas, A., (2016). Assessment of urban heat islands (UHI) of Noida City: India using multi-temporal satellite data. *Sustainable Cities and Society*, 22, 19–28.

Kisner, C., Mulder, K., & VanGessel, B., (2013). Assessing Heat Vulnerability and Access to Cooling Centers in Detroit, Michigan.

Kleerekoper, L., (2009). *Urban Heat: Design principles for Urban Heat Management in the Netherlands*, (Msc Thesis), Delft University of Technology <http://www.stedelijkinterieur.com/pdf/Scriptie%20Laura%20Kleerekoper%20-%20TU%20Delft/Scriptie%20Laura%20Kleerekoper.pdf>.

Klinenberg, E., (2002). *Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago*. University of Chicago Press, Chicago, IL.

Landscape Institute, (2013). *Green Infrastructure: An integrated approach to land use-Position Statement*, London: Landscape Institute, <http://www.landscapeinstitute.co.uk/PDF/Contribute/2013GreenInfrastructureLIPositionStatement.pdf>.

Liu, J., (2013). Spatial pattern simulation on land use change in Nanchang based on CLUE-S model. Master's thesis. 2013 (in Chinese) Jiangxi Normal University.

Meerow, Sara, Newell & Joshua P., (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: growing resilience in Detroit. *Landsc. Urban Plann.* 159, 62–75.

Memon, R.A., Leung, D.Y.C. & Chunho, L., (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074208600194>.

Memon, R.A., Leung, D.Y.C. & Liu, C.H., (2009). An investigation of urban heat island intensity (SUHI) as an indicator of urban heating. *Atmos. Res.* 94, 491–500.

MLive, (2014). After the Flood: Expanded Green Infrastructure Could Help Absorb Rain, Planners Say. *MLive.com*. 16 Aug. Accessed 26 Jun. 2018.. http://www.mlive.com/news/detroit/index.ssf/2014/08/after_the_flood_expanded_green.html.

- Mohajerani, A., Bakaric, J., Jeffrey-Bailey & T., (2017).** The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *J. Environ. Manage.* 197, 522–538.
- Moody, Seth S., Sailor, David J., (2013).** Development and application of a building energy performance metric for green roof systems. *Energy Build.* 60, 262–269.
- M'Ikiugu, M.M, Kinoshita, H. & Tashiro, Y., (2012).** Urban Green Space Analysis and Identification of its Potential Expansion Areas, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 35, 449-458, http://ac.els-cdn.com/S1877042812004223/1-s2.0-S1877042812004223-main.pdf?_tid=07a929c4-aa04-11e3-bef8-00000aab0f6c&acdnat=1394642183_4b1c39277d4c20ed29bae94dab095021.
- Nanchang Statistical Yearbook., (2001).** China Statistics Press: Beijing.
- Nanchang Statistical Yearbook., (2014).** China Statistics Press: Beijing.
- National Weather Service, (2011).** History of Consecutive 90 Degree Days in Southeast Michigan. National Weather Service. <https://www.weather.gov/dtx/heatwave90degreedays2011>.
- NJ Health, (2018).** New Jersey Department of Health. Retrieved from. <https://www.state.nj.us/health/ceohs/environmental-occupational/hazardous-waste-sites/camden/>, Accessed date: 5 May 2019.
- Oberndorfer, E., et al., (2007).** Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience* 57.10, 823–833.
- Oke, T.R., (1976).** The distinction between canopy and boundary-layer heat islands, *Atmosphere*, 14(4), 268-277, <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00046973.1976.9648422>.
- Oke, T. R., (1982).** The energetic basis of the urban heat island, *Quart. J. R. Met. Soc.*, 108, 1 – 24.
- Oke, T.R., (1987).** *Boundary Layer CLimates* London: Routledge.
- Oke, T.R., Crowther, M., McNaughton, K. G., Monteith, J. L. & Gardiner, B., (1989).** The micrometeorology of the urban forest [and Discussion], *Journal of Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 324(1223), 335-349, http://fergusonportal.macmate.me/Portal/Urban_Systems_files/Temp%20Oke%20Urban%20Forest.pdf.
- Oke, T.R., (1995).** The heat island of the urban boundary layer: Characteristics, causes and effects, in *Wind climate in cities*, (eds.) Cermak, J. E., Davenport, A.G., Plate, E.J.

& Viegas, D.X., Kluwer Academic Publishers, 81-107, http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3686-2_5.

O'Neill, Marie S., Zanobetti, Antonella, Schwartz, Joel, (2005). Disparities by race in heatrelated mortality in four US cities: the role of air conditioning prevalence. *J. Urban Health* 82.2, 191–197.

Papamanolis, N., (2014). The urban climate characteristics of Greek cities, in *12th International Conference of Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere (COMECAP)*, (eds.) Kanakidou, M., Mihalopoulos, N. & Nastos P., Crete University Press, Heraklion, 3, 39-43, <http://comecap2014.chemistry.uoc.gr/COMECAP-ISBN-978-960-524-430-9-vol.%203.pdf>.

Poumadere, M., Mays, C., Le Mer, S., Blong, R., (2005). The 2003 heat wave in France: dangerous climate change here and now. *Risk Analysis* 25 (6), 1483e1494. An Official Publication of the Society for Risk Analysis.

Poupkou, A., Nastos, P., Melas, D., Zerefos, C., (2011). Climatology of discomfortindex and air quality index in a large urban mediterranean agglomeration. *Water Air Soil Pollut.* 222, 163–183.

Rosenzweig, C., Gaffin, S., Parshall, L., (2006). Green Roofs in the New York Metropolitan Region: Research Report. Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard Institute for Space Studies, New York, pp.1–59.

Roth, M., (2002). Effects of Cities on Local Climates, *Proceedings of Workshop of IGES/APN Mega-City Project*, 23-25 January, Kitakyushu Japan, [http://pub.iges.or.jp/contents/13/data/PDF/08-1\(Roth\).pdf](http://pub.iges.or.jp/contents/13/data/PDF/08-1(Roth).pdf).

Roth, M., (2005). *Urban Climates and Global Environmental Change*, MEM-NUS/Seminars 2004-05, <http://www.mem.nus.edu.sg/events/seminars/NUS%20MEM%2005.pdf>.

Roxon, J., Ulm, F.J., Pellenq, R.M., (2020). Urban heat island impact on state residential energy cost and CO₂ emissions in the United States. *Urban Clim.* 31, 100546.

Sabrin, S., Karimi, M., Fahad, M. G. R., & Nazari, R., (2020). Quantifying environmental and social vulnerability: Role of urban Heat Island and air quality, a case study of Camden, NJ. *Urban Climate*, 34, 100699.

Sadorsky, P., (2014). The effect of urbanization and industrialization on energy use in emerging economies: Implications for sustainable development. *American Journal of Economics and Sociology*, 73(2), 392–409.

- Sailor, D.J., (2002).** *Urban Heat Islands: Opportunities and Challenges for Mitigation and Adaptation*, invited Plenary presentation, North American Urban Heat Island Summit, Toronto, Canada, May 1, http://www.cleanairpartnership.org/pdf/finalpaper_sailor.pdf.
- Sanchez, L., & Reames, T. G., (2019).** Cooling Detroit: A socio-spatial analysis of equity in green roofs as an urban heat island mitigation strategy. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 126331.
- Sanderson, Marie, et al., (1973).** Three aspects of the urban climate of Detroit-Windsor. *J. Appl. Meteorol.* 12.4, 629–638.
- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A. & Assimakopoulos, D.N., (2001).** On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings, *Solar Energy*, 70(3), 201-216 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X00000955#>.
- Schäffler, A. & Swilling, M., (2013).** Valuing green infrastructure in an urban environment under pressure-The Johannesburg case, *Ecological Economics*, 86, 246-257, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800912002212>.
- Shashua-Bar, L. & Hoffman, M.E., (2000).** Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees, *Energy and Buildings*, 31(3), 221-235.
- Stone, B., Vargo, J., Habeeb, D., (2012).** Managing climate change in cities: will climate action plans work? *Landsc. Urban Plan.* 107 (3), 263–271.
- Stone Jr., Brain, Rodgers, Michael O., (2001).** Urban form and thermal efficiency: how the design of cities influences the urban heat island effect. *Am. Plann. Assoc. J.* Am. Plann. Assoc. 67.2, 186.
- Taha, H., Sailor, D., and Akbari, H., (1992).** *High-Albedo Materials for Reducing Building Cooling Energy Use*, Lawrence Berkeley National Laboratory Report LBL-31721, Berkeley, CA, <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/10178958>.
- Trenberth, E. Kevin, Fasullo T. and Kiehl J., (2009).** Earth's Global Energy Budget Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 90, no. 3, pp. 311-323, March 2009.
- U.S. EPA, (Environmental Protection Agency), (2008).** *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*, Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/heatisland/resources/reports.htm>.

- Voogt, J.A., (2004).** *Urban Heat Islands: Hotter Cities*, <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>.
- Walker, C., (2004).** *The public value of urban parks*, The Urban Institute, Washington, D.C.: The Wallace Foundation, http://www.urban.org/uploadedPDF/311011_urban_parks.pdf.
- Wania, A., (2007).** Urban vegetation-detection and function evaluation for air quality Assessment, (Thesis), Department of Geography and Planning, Louis Pasteur University in Strasbourg, France, http://scd-theses.u-strasbg.fr/1442/01/WANIA_Annett_2007.pdf.
- Wong, M. S., Peng, F., Zou, B., Shi, W. Z., & Wilson, G. J., (2016).** Spatially analyzing the inequity of the Hong Kong urban heat island by socio-demographic characteristics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3), 317.
- Zaeemdar, S. and Baycan, T., (2017).** Analysis of the relationship between Urban heat Island and Land cover in Istanbul through Landsat 8 OLI. *J. Earth Sci. Clim. Change* 8, 423. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000423>.
- Zhang, X., Estoque, R. C., & Murayama, Y., (2017).** An urban heat island study in Nanchang City, China based on land surface temperature and social-ecological variables. *Sustainable cities and society*, 32, 557-568.
- Zhang, Y., & Xu, B., (2015).** Spatiotemporal analysis of land use/cover changes in Nanchang area, China. *International Journal of Digital Earth*, 8(4), 312–333.

Ελληνόγλωσση

- Σαλάτα, Κ. Α., (2014).** *Η πράσινη υποδομή στις συμπαγείς πόλεις ως εργαλείο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή: ζητήματα πολεοδομικού σχεδιασμού στην περίπτωση του Δήμου Καλαμαριάς* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
- Σάρρας, Χ. Π., (2020).** Αστική θερμική νησίδα στη Θεσσαλονίκη: κλιματολογία, διαχρονικές τάσεις και φυσικοί μηχανισμοί (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
- Χατζηδημητρίου, Α., (2012).** Αξιολόγηση της επίδρασης των παραμέτρων σχεδιασμού στη διαμόρφωση του μικροκλίματος των αστικών υπαίθριων χώρων και στις συνθήκες

θερμικής άνεσης, κατά την θερινή περίοδο, σε κλίμα μεσογειακό, (Διδακτορική διατριβή), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.