ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

ΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΥΣΩΝΑ

Πτυχιακή εργασία του Γκοντσεαρούκ Αλεξάνδρ

Αθήνα, Ιούλιος-Αύγουστος 2013

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
Τμήμα Γεωγραφίας

ΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΥΣΩΝΑ

Περίπτωση της Αθήνας

Πτυχιακή εργασία του Γκοντσεαρούκ Αλεξάνδρ

Επιβλέπων καθηγητής: Σαπουντζάκη Κ., επίκουρος καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος-Αύγουστος 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή μελέτα τον αστικό σχεδιασμό κατά κυμάτων καύσωνα. Βασίζεται σε βιβλιογραφική έρευνα και την εμπειρική παρατήρηση. Γίνεται προσπάθεια μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης από την πλευρά των φυσικών καταστροφών, την ανθρώπινη τρωτότητα απέναντι στο καύσωνα, την πολιτική προστασία, και την αστική παρέμβαση για την αντιμετώπιση και την αποτροπή των κυμάτων καύσωνα.

Παρουσιάζονται οι θεωρητικοί όροι των φυσικών καταστροφών. Γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστεί το φαινόμενο του καύσωνα από τη θεωρητική πλευρά αλλά και τις εμπειρίες που έχουμε από τα καταστροφικά γεγονότα στο Σικάγο και το Παρίσι. Επίσης αναλύεται το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Παρουσιάζονται οι διαφορετικοί τύποι που έχουν παρατηρηθεί. Ακόμη γίνεται προσπάθεια να αναλυθούν τα αίτια δημιουργίας της αλλά και ποιες επιπτώσεις επιφέρει. Καταγράφονται τα στατιστικά στοιχειά απωλειών από τα κύματα καύσωνα την τελευταία δεκαετία.

Γίνεται μια προσέγγιση του τρόπου παρακολούθησης των κυμάτων καύσωνα και του φαινομένου της ΑΘΝ. Παραθέτονται τα πιο διαδεδομένα μέσα για την παρακολούθηση και την καταγραφή της ΑΘΝ. Παρουσιάζονται περιπτώσεις όπως του Παρισίου που έγινε εκτενής παρακολούθηση και καταγραφή του φαινομένου.

Αναλύεται η τρωτότητα του ανθρώπου έναντι των υψηλών θερμοκρασιών. Παρουσιάζονται οι πιο συχνές παθήσεις που προκαλεί ο καύσωνας, οι τρόποι αντιμετώπισης και οι τρόποι διάγνωσης των πιο έντονων θερμικών παθήσεων όπως της θερμικής εξάντλησης και της θερμοπληξίας.

Περιγράφονται τα σχέδια αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών. Γίνεται παρουσίαση των ενεργειών που πρέπει να γίνουν πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη καταστροφή. Αναφέρονται τα ειδικά σχέδια έκτακτων αναγκών των νοσοκομείων και διαχείρισης ανθρώπινων απωλειών.

Γίνεται εντελεχής παρουσίαση των μέτρων αστικής παρέμβασης για το μετριασμό των κυμάτων καύσωνα και του φαινομένου της ΑΘΝ. Αναφέρονται οι πιο διαδεδομένοι τρόποι παρέμβασης καθώς και τα σύγχρονα υλικά που χρησιμοποιούνται.

Τέλος γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της Αθήνας, το μοντέλο εξάπλωσης και το χρονικό του χωροταξικού σχεδιασμού. Αναλύονται οι πιο επιρρεπείς περιοχές σε εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών και ΑΘΝ. Αναφέρονται οι εμπειρίες που είχε η πόλη από κύματα καύσωνα αλλά και τα έργα που έχουν γίνει για το μετριασμό του φαινομένου.

ABSTRACT

This paper focuses on the urban planning against heat wave. It is based on bibliographical research and empirical observation. An integrated approach is taken towards natural disasters, human vulnerability against heat waves, civil protection and urban intervention to deal with and prevent heat waves.

Theoretical terms of natural disasters are presented. It is attempted to see the heat waves from theoretical approach and experiences of the disastrous events of Chicago and Paris. Urban Heat Island is analyzed and different types are presented as well as the causes and impacts it may lead to. Statistical evidence of the heat waves in the last decade is recorded.

The methods of observation of the heat waves and UHI are recorded. The most common means of monitoring and recording are listed on the event of Paris heat wave.

Human vulnerability to the high temperatures is analyzed. Most common diseases caused by heat waves are listed as well as their methods of diagnosis and treatment. The most severe diseases of heat exhaustion and heat-stroke are discussed.

Civil protection plans against natural disasters are described. All the actions and measures before, during and after an emergency are presented. Special hospital and human casualties' plans are listed and described.

Thorough descriptions of urban intervention measures to reduce the heat wave impacts are presented. Most prevalent means of intervention as well as modern materials are listed.

Lastly a short presentation of Athens is shown. The model of rural expansion and the history of spatial planning are discussed. Regions prone to high temperatures and UHI are analyzed. Experiences of disastrous heat waves are listed as well as the projects to mitigate the phenomenons.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Table of Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 3

ABSTRACT 4

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 5

Πίνακας Εικοκογραφήσεων 7

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 8

1. Θεωρητικά ζητήματα σχετικά με τις καταστροφές 9

2. Καύσωνας 11

2.1. Ορισμός- παρατηρήσεις 11

2.2. Θεωρίες-προβλέψεις 11

2.3. Εμπειρίες καταστροφικών καυσώνων από το διεθνή χώρο 12

2.3.1. Σικάγο 1995 12

2.3.2. Παρίσι 2003 14

3. UHI(urban heat island)-ΑΘΝ(Αστική θερμική νησίδα) 18

3.1. Ορισμός-παράμετροι-τυπολογία 18

3.2. Αίτια σχηματισμού ΑΘΝ 21

3.3. Επιπτώσεις της ΑΘΝ 23

4. Στατιστικά στοιχεία απωλειών από συμβάντα κυμάτων καύσωνα 25

5. Τρωτότητα του ανθρώπου απέναντι στο καύσωνα 27

6. Παρακολούθηση (monitoring) του καύσωνα και της ΑΘΝ 29

7. Ζητήματα αντιμετώπισης 31

7.1. Πρόγνωση-Πρόβλεψη 31

7.2. Πρόληψη 32

7.3. Ετοιμότητα 33

7.4. Κινητοποίηση-Επέμβαση-Ανακούφιση 34

7.5. Ανασυγκρότηση- αποκατάσταση 34

7.6. Σχέδιο αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών στα νοσοκομεία σε περίπτωση φυσικών καταστροφών 35

7.7. Σχέδια πολιτικής προστασίας έκτακτων αναγκών 36

8. Πρακτικές αστικής παρέμβασης για την αντιμετώπιση των καυσώνων 38

8.1. Ζώνες πρασίνου 38

8.2. Υδάτινες Επιφάνειες 41
8.3. Τεχνητή σκίαση 41
8.4. Μέτρα μετριασμού του κινδύνου καύσωνα και της ΑΘΝ 43
8.4.1. Υλικά δόμησης 44
8.4.2. Ψυχρές στέγες (Cool Roofs) 48
8.4.3. Ψυχρά δάπεδα(cool pavement) 51
8.4.4. Πράσινες στέγες/ green roofs 55
9. Περίπτωση της Αθήνας 64
9.1. Δημογραφικοί και κοινωνικό-οικονομικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τρωτότητα έναντι κυμάτων καύσωνα 64
9.2. Έκταση-Κτηριακό απόθεμα-Χρήσεις γης 65
9.3. Το μοντέλο εξάπλωσης της Αθήνας και ο ρόλος της χωροταξίας 66
9.4. Περιοχές πρασίνου 69
9.5. Μορφολογία 69
9.6. Κλίμα 70
10. Χαρακτηριστικά των κυμάτων καύσωνα και της ΑΘΝ στην Αθήνα 72
11. Σχέδιο αντιμετώπισης θερμών εισβολών του δήμου Αθηναίων 76
12. Εμπειρίες καυσώνων στην Αθήνα 77
13. Εργα κατα κυματων καυσωνα στην Αθηνα 80
14. Συμπεράσματα 82
Βιβλιογραφία/ Reference 84

Πίνακας Εικοκογραφήσεων

Εικονα 1 Θερμική εικόνα της Αστικής Θερμικής Νησίδας, Τόκυο 18
Εικονα 2 Θερμοκρασίες επιφάνειας και αέρα 20
Εικονα 3 Διαφορά οριακού στρώματος και στρώματος βλάστησης σε διάφορες κλίμακες 21
Εικονα 4 Αριθμός κλιματικών καταστροφών στο πλανήτη(1980-2011) 26
Εικονα 5 Θερμικές εικόνες της ΑΘΝ από το Παρίσι το 2003 30
Εικονα 6 Νικήτρια πρόταση του διαγωνισμού Rethink Athens 43
Εικονα 7 Διαφορά φωτεινότητας με τη χρήση νέων υλικών και συμβατικών 46
Εικονα 8 Συμβατικά και αυξημένης λευκαύγειας δομικά υλικά 47
Εικονα 9 Συγκριτικός πίνακας κόστους και ανακλαστικής ικανότητας συμβατικών και ψυχρών οροφών 50
Εικονα 10 Συγκριτικός πινάκας κόστους διάρκειας ζωής δαπέδων 55
Εικονα 11 Θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα σε πράσινη στέγη και συμβατική 56
Εικονα 12 Διάγραμμα βασικών στρωμάτων Πράσινης Στέγης 57
Εικονα 13 Εκτενής πράσινη στέγη 59
Εικονα 14 Εντατική πράσινη στέγη 60
Εικονα 15 Συγκριτικός πίνακας κόστους-πλεονεκτημάτων πράσινης στέγης 63
Εικονα 16 Πινακας κλιματικων δεδωμενων 1971-2000 71
Εικονα 17 Οι προβληματικές περιοχές της Αττικής 72
Εικονα 18 Διάρκεια θερμών επεισοδίων στο σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών τον 20^{ο} αιώνα 74
Εικονα 19 Μηνιαία μεταβολή της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας 75
Εικονα 20 Μηνιαία μεταβολή της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας 75

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τελευταίο αιώνα οι φυσικές καταστροφές κάνουν την εμφάνισή τους όλο και πιο συχνά. Γίνονται πιο καταστροφικά, μεγαλύτερης διάρκειας και έντασης. Οι φυσικές καταστροφές περιλαμβάνουν και τα κύματα καύσωνα, τα οποία πολλές φορές δεν νοούνται ως φυσική καταστροφή.

Τα κύματα καύσωνα την τελευταία δεκαετία είναι τα πιο φονικά από όλες τις άλλες καταστροφές διότι πλήττουν τις απροετοίμαστες και πιο ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού. Δεν είναι πολύ θεαματικά όμως είναι πάρα πολύ καταστροφικά για την κοινωνία.

Η αντιμετώπιση των κυμάτων καύσωνα είναι ευθύνη όχι μόνο της πολιτείας αλλά και του κάθε ατόμου ξεχωριστά. Τα σχέδια πολιτικής προστασίας θα πρέπει να ενεργοποιούνται πριν κάνει την εμφάνιση του ένα καταστροφικό γεγονός διότι τα μέτρα πρόληψης μιας καταστροφής προετοιμάζουν την κοινωνία και τους υπεύθυνους φορείς για την ταχύτερη και καταλληλότερη αντιμετώπιση του φαινομένου.

Το φαινόμενο του καύσωνα δεν παρουσιάζει πολλές καταστροφές στο δομημένο περιβάλλον όμως μπορεί να οδηγήσει σε πιο καταστροφικά γεγονότα όπως πυρκαγιές, ξηρασίες ακόμη και αστοχίες συστημάτων ύδρευσης και ηλεκτροδότησης.

Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να γνωρίζουμε της παραμέτρους των κυμάτων καύσωνα, πως επιδρούν πάνω στον άνθρωπο, την κοινωνία αλλά και πως γίνεται να μειωθεί η καταστροφικότητά τους ή ακόμη και να αποφευχθούν ολοσχερώς.

1. Θεωρητικά ζητήματα σχετικά με τις καταστροφές

Μια καταστροφή μπορεί να μην έχει υπάρξει ως εμπειρική πραγματικότητα, αλλά να εικάζεται ως ενδεχόμενο του μέλλοντος. Οι καταστροφές, είτε ως εικαζόμενες μελλοντικά γεγονότα είτε ως εμπειρικές πραγματικότητες, αποτελούν συνδυασμούς η συνευρέσεις η καλυτέρα ταυτίσεις ιστορικών γεγονότων με κοινωνικούς προσδιορισμούς περί φυσικών βλαβών και κοινωνικών διαταραχών(*Kreps, 1998)*

Οι καταστροφές είναι γεγονότα που συγκεντρώνουν ορισμένα κοινά αποδεκτά χαρακτηριστικά: επιφέρουν σημαντικές βλάβες στο φυσικό και στο κοινωνικό περιβάλλον, συμβαίνουν ξαφνικά η έστω περιλαμβάνουν φάσεις ιδιαίτερης οξύτητας που προσδιορίζονται κοινωνικά ως τέτοιες και τέλος υπάρχουν πάντα κάποιες δυνατότητες μετριασμού των επιπτώσεων είτε πριν είτε μετά την εκδήλωση τους *(Erikson,1976)*

Οι εν δυνάμει καταστροφές ή απειλές, που δεν συνέβησαν ακόμη, είναι τόσο σημαντικές, όσο και αυτές που συνέβησαν (Britton, 1987). Με άλλα λόγια, κάθε πρόσληψη καταστροφής συνεπάγεται προβληματισμό σχετικά με τα δυσμενέστερα σενάρια, αυτά που η πρόβλεψη τους είναι φερέγγυα από κοινωνιολογική άποψη (από την γένεση μέχρι την εξαφάνιση του καταστρεπτικού γεγονότος και των συνεπειών του) (*Hewitt, 1983, Quarantelli, 1989*). Αυτό σημαίνει ότι τα κοινωνικά συστήματα που είναι τρωτά στις καταστροφές, πρέπει να μελετώνται τόσο πριν όσο και μετά τα καταστροφικά γεγονότα. Οι κοινωνικοί επιστήμονες ξεχώρισαν τέσσερις βασικές χώρο-χρονικές διαστάσεις των καταστροφών ως γεγονότων (*Kreps, 1998*):

- Το χρόνο προειδοποίησης, δηλαδή το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην ταυτοποίηση των επικίνδυνων συνθηκών και την έναρξη της εκδήλωσης των επιπτώσεων σε συγκεκριμένες περιοχές. Ο χρόνος προειδοποίησης μπορεί να κυμαίνεται από πολύ σύντομος ως πολύ μακρύς.
- Το μέγεθος των επιπτώσεων, που αναφέρεται στη σοβαρότητα της κοινωνικής αποδιοργάνωσης και των φυσικών επιπτώσεων (απώλειες ζωής, τραυματισμοί, ασθενείς, βλάβες στο φυσικό και το κτισμένο περιβάλλον).
- Τη διάρκεια των επιπτώσεων, που αναφέρεται στη χρονική καθυστέρηση από την εμφάνιση της κοινωνικής αποδιοργάνωσης και των φυσικών βλαβών μέχρι την αποκατάσταση αυτών ή την παύση της διαδικασίας πρόκλησης τους.

Η επικινδυνότητα(hazard) αναφέρεται σε φαινόμενα η καταστάσεις που ενέχουν κινδύνους, όπως τα φυσικά φαινόμενα η τεχνολογικά ατυχήματα. Η έννοια αυτή εμπεριέχει τα πιθανά αίτια εκδήλωσης μιας καταστροφής*(Sapountzaki, 2007b).*

Κίνδυνος (Risk), «Κίνδυνος είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας εκδήλωσης μιας απειλής με τις απώλειες που συνεπάγεται για τα στοιχεία που ενσωματώνουν ανθρώπινη αξία, λόγο της ποικιλότροπης έκθεσής τους σε αυτή την απειλή» όπως αναφέρει ο Keith Smith(1998).

Έκθεση: Η παρουσία κάποιου/κάτι χωρίς προφύλαξη που να θέτει σε κίνδυνο την ακεραιότητα, την ηρεμία ή την ασφάλεια *(Sapountzaki, 2007b).*

Η τρωτότητα (vulnerability) περιγράφει το πόσο ευάλωτο είναι ένα σύστημα του φυσικού ή ανθρωπογενούς περιβάλλοντος σε έναν κίνδυνο. Η τρωτότητα εξαρτάται από την ένταση του κινδύνου και από τα χαρακτηριστικά του συστήματος (πχ πληθυσμιακή πυκνότητα, παρουσία ή μη ευαίσθητων εγκαταστάσεων κλπ). Κάποιοι ορίζουν την τρωτότητα ως «την τάση ή επιρρέπεια για εμφάνιση απωλειών σε περίπτωση εξωτερικής πίεσης» *(Sapountzaki, 2007b).*

Προσαρμοστικότητα(resilience):Η προσαρμοστικότητα αποδίδει την ικανότητα για επιβίωση προσαρμογή και επαναφορά στις κανονικές συνθήκες. Υπάρχουν μερικοί μελετητές που παρουσιάζουν την προσαρμοστικότητα ως το μηχανισμό μεταβίβασης της τρωτότητας και του κινδύνου*(Sapountzaki, 2007b).* καθοριστικοί παράγοντες για τη προσαρμοστικότητα είναι:

I. Το μέγεθος του σοκ σε μια δεδομένη κατάσταση
II. Ο βαθμός αυτό-οργάνωσης που μπορεί να επιτύχει το σύστημα και
III. Η δυνατότητα του συστήματος να αποκτά γνώση και να κτίζει ικανότητα προσαρμογής *(Sapountzaki, 2007b).*

Τα τελευταία χρόνια ακραία καιρικά φαινόμενα κάνουν την εκδήλωση τους όλο και πιο συχνά σε όλο το κόσμο. Οι μεγαλύτερες επιπτώσεις παρατηρούνται στις μεγάλες πόλεις. Τέτοια φαινόμενα οφείλονται κυρίως στην κλιματική αλλαγή. Οι πιο συνηθισμένες καταστροφές που παρατηρούνται είναι οι πλημμύρες, οι δασικές πυρκαγιές και οι καύσωνες. Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με το φαινόμενο του καύσωνα καθώς είναι από τα πιο συχνά παρατηρούμενα στην χώρα μας.

2. Καύσωνας

2.1.Ορισμός- παρατηρήσεις

Αν και δεν υπάρχει ένας ενιαίος ορισμός για να περιγράψει το φαινόμενο του καύσωνα, υπάρχουν αρκετοί ορισμοί που προέρχονται διαφόρους οργανισμούς(διεθνείς, τοπικούς, περιφερειακούς)που προσπαθούν να το περιγράψουν. Σε γενικές γραμμές μια περίοδος χαρακτηρίζεται ως καύσωνας όταν η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι ανώτερη των 31°C και έχει διάρκεια πάνω από τρεις ημέρες*(World Health Organization 2003)*. Για να οριστεί μια περίοδος ως περίοδος καύσωνα στην Ελλάδα σύμφωνα με την ΕΜΥ πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

a) Η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία στον σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών(ΕΑΑ), στο Θησείο, πρέπει να είναι τουλάχιστον 37°C
b) Η μέση ημερήσια θερμοκρασία να είναι τουλάχιστον 31°C, στον ίδιο σταθμό
c) Η μέση θερμοκρασία στο σταθμό Λαρίσης(κεντρικής Ελλάδας) πρέπει να είναι τουλάχιστον 38°C την ίδια ημέρα.(*Μαυράκης Α. et al. 2010)*

Υπάρχει διαφορά με τον ορισμό της Γενικής Γραμματείας Πολίτικης Προστασίας που θεωρεί μια περίοδο καύσωνα όταν οι θερμοκρασίες στις πεδινές περιοχές της ηπειρωτικής χώρας ξεπερνούν τους 37°C, η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι τουλάχιστον 31°C και έχει διάρκεια τουλάχιστον τρεις ημέρες*(Γενική Γραμματεία Πολίτικης Προστασίας 2014).*

2.2.Θεωρίες-προβλέψεις

Σύμφωνα με τα μοντέλα και τις προβλέψεις τα καιρικά φαινόμενα ενδέχεται να γίνουν πιο ισχυρά, πιο θανατηφόρα, μεγαλύτερης διάρκειας και θα εμφανίζονται πιο συχνά. Τα κύματα καύσωνα πολύ πιθανών να αρχίζουν να εμφανίζονται από πολύ νωρίτερα αλλά και σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη όπου ήταν πολύ σπάνια φαινόμενα μέχρι τώρα. Όπως επισημαίνουν οι *Amengual A. et al*. (2013) στην έρευνα τους, τα ακραία καιρικά φαινόμενα μέχρι το τέλος του αιώνα πολύ πιθανόν να έχουν μέση διάρκεια τις είκοσι (20) ημέρες και μια περιοδικότητα κοντά στις σαράντα (40) ημέρες. Επιπλέον δεν θα περιορίζονται μόνο στην καλοκαιρινή περίοδο.

Αρκετά μοντέλα έχουν προταθεί με τα πιο αισιόδοξα να παρουσιάζουν μια τυπική αύξηση της έντασης των κυμάτων καύσωνα κατά 2,7°C με τα πιο απαισιόδοξα να κλιμακώνουν την αύξηση αυτή έως τους 9°C μέχρι το τέλος του αιώνα. (*Έθνος, 8/12/2007; Dousset et al. 2003)*

2.3.Εμπειρίες καταστροφικών καυσώνων από το διεθνή χώρο

Ο καύσωνας δεν είναι μόνο ένα καιρικό φαινόμενο αλλά έχει και κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις για τη χώρα και την περιοχή που δέχεται το κύμα αυτό. Στις περισσότερες χώρες για να οριστεί μια περίοδος ως καύσωνας προσμετρούνται και τα χαρακτηριστικά της υγρασίας, διεύθυνση ανέμων και η ένταση τους αλλά και το κυριότερο η επίπτωση που έχει στις κοινωνικές δομές. Στις περισσότερες χώρες οι αυξημένες θερμοκρασίες δεν θεωρούνται φυσικές καταστροφές*(K.D.Sullivan et. al 1995;Pumadere et. al 2005)* και γι' αυτό το λόγο παρατηρούνται πάρα πολλά θύματα κατά τη διάρκεια κυμάτων καύσωνα.

2.3.1. Σικάγο 1995

Όπως δείχνει η βιβλιογραφική ανασκόπηση ο καταστροφικός καύσωνας που έπληξε το Σικάγο στα μέσα του Ιουλίου του 1995 οφείλεται σε πολλούς φυσικούς αλλά και ανθρωπογενής παράγοντες. Αν και ο καύσωνας έπληξε όλες τις μεσοδυτικές και βορειοανατολικές πολιτείες παρουσιάζοντας πάνω από 1000 θύματα σε όλη την επικράτεια των ΗΠΑ πάνω από τα μισά θύματα ήταν στη πόλη του Σικάγο.

Από φυσικής άποψης ο καύσωνας οφείλεται σε μια θερμή μάζα που κινήθηκε από τα νότια-νοτιοδυτικά και επηρεάστηκε από το τις υγρές αέριες μάζες του Ειρηνικού. Η ένταση του καύσωνα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό από την πολύ υψηλή υγρασία που είχε η αέρια μάζα αλλά και λόγο της αργής κίνησής της που οφείλεται σε αδύναμους ανέμους που επικρατούσαν την περίοδο εκείνη.*(K.D.Sullivan et. al ,1995)*

Σύμφωνα με τις αναφορές στα επίσημα δεδομένα των δυο αεροδρομίων, της πολης του Σικαγο, οι θερμοκρασίες που σημειώθηκαν ήταν οι υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες στα τελευταία 123 χρόνια που γίνονται επίσημες καταγραφές. Συγκριτικά με τη πόλη του Σαιντ Λούις(St.Louis) που επλήγει και αυτή από τον ίδιο καύσωνα οι μέσες θερμοκρασίες δεν ήταν καν στις 20 υψηλότερες όμως η ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες ήταν ασυνήθιστα υψηλές.*(K.D.Sullivan et. al ,1995)*

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό του καύσωνα αυτού ήταν η πολύ υψηλή υγρασία του αέρα που έφτανε πάνω από το 90% τις απογευματινές ώρες. Αυτό οφείλεται σε γενικότερα υψηλή υγρασία της αέριας μάζας αλλά και από τοπικούς παράγοντες όπως λίμνες, δάση και υψηλές συγκεντρώσεις αστικοποίησης που όξυναν το φαινόμενο.*(K.D.Sullivan et. al ,1995)*

Οι κοινωνικές επιπτώσεις από το κύμα καύσωνα ήταν καταστροφικές καθώς χάθηκαν πάνω από 580 άτομα μόνο στη πόλη του Σικάγο. *(S.A.Changnon et al, 1996)* Αν και εμφανίζονται διαφορετικά νούμερα που

παρουσιάζουν τον αριθμό των θυμάτων ανάλογα με την μέθοδο καταγραφής των θυμάτων και το τρόπο ορισμού των θανάτων που οφείλονται σε υπερβολικές θερμοκρασίες οι αριθμοί υπερβαίνουν τα 500 άτομα σε όλες τις περιπτώσεις.*(K.D.Sullivan et. al ,1995)*

Το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων(Center for Disease Control and Prevention) των ΗΠΑ όρισε για την περίπτωση του Σικάγο έναν θάνατο που οφείλεται σε υπερβολική θερμοκρασία όταν τηρούνται τα εξής κριτήρια:

- Το σώμα την ώρα ή λίγο μετά το θάνατο είχε θερμοκρασία 105°F(40,55°C) .
- Αποδεδειγμένη υψηλή θερμοκρασία στο περιβάλλον που βρέθηκε το σώμα από τους διασώστε.
- Το σώμα βρέθηκε σε κατάσταση αποσύνθεσης ενώ για τελευταία φορά ήταν ζωντανό τη περίοδο του καύσωνα*(K.D.Sullivan et. al ,1995).*

Τα κριτήρια αυτά δεν χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις καύσωνα που καταγράφονται αλλά διαφέρουν ανάλογα με την περιοχή, τον οργανισμό και το ίδρυμα ακόμη και στην ίδια πόλη.*(K.D.Sullivan et. al, 1995)*

Αν και υπήρξε άμεση προειδοποίηση για το κύμα καύσωνα από τις υπεύθυνες αρχές η κοινωνία και οι διοικούντες δεν ήξεραν πώς θα έπρεπε να αντιδράσουν σε ένα τέτοιο φαινόμενο καθώς οι υπερβολικές θερμοκρασίες δεν θεωρούνται φυσική καταστροφή. Υπάρχουν έτοιμα σχέδια για τις φυσικές καταστροφές όπως κακοκαιρίες, πλημύρες, φωτιές, ανεμοστρόβιλοι, παγετοί όμως κανένα δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των κυμάτων καύσωνα.*(K.D.Sullivan et. al, 199)*

Λόγο της μεγάλης νοσηρότητας αλλά και των θανάτων που σημειώθηκαν σε πολύ λίγες ημέρες την τρίτη ημέρα του καύσωνα υπήρχαν 18 νοσοκομεία που ήταν σε καθεστώς παράκαμψης(bypass status) και δεν δέχονταν άλλους ασθενείς. Από τα άτομα που κατέληξαν φαίνεται πως επηρεάστηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό οι ηλικιωμένοι, οι πάσχοντες από χρόνια νοσήματα και άτομα που έπαιρναν ψυχοτροπικά φάρμακα.*(K.D.Sullivan et. al ,1995)*

Από τους 580 θανάτους που σημειώθηκαν τη περίοδο του καύσωνα οι 465 αποδόθηκαν σε αίτια υπερβολικών θερμοκρασιών σύμφωνα με τα κριτήρια που όρισε το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων. Υπήρχαν κυρίως τρεις ηλικιακές κατηγορίες θυμάτων α)κάτω των 44 ετών, β)65 με 74 ετών και γ) πάνω από 74 ετών. Σε αυτές τις κατηγορίες το μεγαλύτερο ποσοστό θυμάτων ήταν στη κατηγορία πάνω από 74 έτη καθώς καταγράφηκα 222 θύματα, 101 θύματα στη κατηγορία 65 με 74 έτη και 15 θύματα στη κατηγορία κάτω των 44 ετών.*(K.D.Sullivan et. al ,1995)*

Υπήρχαν και δυο άλλες κατηγοριοποιήσεις ανάλογα με το φύλο κα τη φυλή για να γίνουν εμφανή ποιοι επλήγησαν περισσότερο. Από τις κατηγοριοποιήσεις ηλικίας, φύλου και φυλής προέκυψε πως το ρίσκο για άτομα κάτω των 44 ετών ήταν 20/100000, για άτομα ηλικίας 65-74 ετών ήταν 53/

100000 και για άτομα άνω των 74 ετών το ρίσκο ήταν 183/100000. Επίσης οι άνδρες είχαν μεγαλύτερο ρίσκο με 19/100000 σε αντίθεση με τις γυναίκες που είχαν ρίσκο 14/100000. Ενώ το ίδιο περίπου ρίσκο παρουσίαζαν οι λευκοί με τους μαύρους 229/100000 και 216/100000 αντίστοιχα, σε αντίθεση με τους ισπανόφωνους που είχαν ελάχιστα κρούσματα.*(K.D.Sullivan et. al ,1995)*

Η τρωτότητα των ηλικιωμένων δεν εκτιμήθηκε σωστά διότι αυτοί που βρίσκονταν σε μεγαλύτερο κίνδυνο ζούσαν απομονωμένοι και σε έλλειψη υποστήριξης από τις διοικητικές αρχές *(S.A.Changnon et al, 1996).*

Από οικονομικής άποψης οι επιπτώσεις επηρεάζουν αρκετούς τομείς. Οι τομείς που πλήττονται περισσότερο είναι των μεταφορών, της κτηνοτροφίας, της καλλιέργειας, της ενέργειας και των φυσικών πόρων όπως το νερό. Δεν είναι δυνατή η καταγραφή της κάθε επίπτωσης σε οικονομικές μονάδες σε κάθε μεταβολή στη θερμοκρασία μόνο η παρατήρηση σε ακραίες περιπτώσεις *(Ruth M. et al.,2007).*

Ο τομέας των μεταφορών επηρεάζεται στο επίπεδο των υποδομών αλλά και των μεταφορικών μέσων-προϊόντων *(C.R.Adams, 1997).* Σύμφωνα με την έρευνα του Κέντρου Ολοκληρωμένης Περιβαλλοντικής Έρευνας(Center for Integrative Environmental Research) ο καύσωνας του 1995 προκάλεσε πτώση στη στάθμη του νερού των Μεγάλων Λιμών (Great Lakes) κατά 2-2,5%. Οι λίμνες χρησιμοποιούνται επί το πλείστον για τη μεταφορά των παραγόμενων προϊόντων της περιοχής.*(M. Ruth et al., 2007)*

Η κτηνοτροφία και οι καλλιέργειες παρουσίασαν το ίδιο αντίκτυπο, από τον ολιγοήμερο καύσωνα, με μια ξηρασία. Η απόδοση των φυτών έπεσε κατακόρυφα και η αναπαραγωγή των ζώων περιορίστηκε σε μεγάλο βαθμό. Η μεγαλύτερη απώλεια ήταν στα πουλερικά και τα κουνέλια που δεν μπόρεσαν σε αρκετές περιπτώσεις να ξεπεράσουν τις μεγάλες θερμοκρασίες.*(C.R.Adams, 1997)*

Στο τομέα της ενέργειας οι ζημίες είναι μετρίσιμα σε οικονομικές μονάδες. Η κατανάλωση της ενέργειας την περίοδο του καύσωνα ξεπέρασε την κανονική ζήτηση για την καλοκαιρινή περίοδο κατά 5,5%. Μια ανάλογη αύξηση της ζήτησης για το καύσωνα του 1980 ανάγκασε της ηλεκτροπαραγωγικές εταιρείες να κάνουν τεχνητά black-out για να μπορέσουν να κρατήσουν τα συστήματα σε λειτουργία*(C.R.Adams, 1997).* Το 1995 οι καταναλωτές του ηλεκτρικού ρεύματος όλων των ΗΠΑ είχαν να πληρώσουν 1,3δισ. δολάρια ($) παραπάνω για την αυξημένη κατανάλωση*(C.R.Adams, 1997).*

2.3.2. Παρίσι 2003

Το 2003 ήταν το θερμότερο καλοκαίρι που έχει περάσει η Ευρώπη από την εποχή που ξεκίνησαν οι μετεωρολογικές καταγραφές. Ο καύσωνας του

2003 ήταν ο πιο καταστροφικός για όλες τις χώρες της Ευρώπης και ιδιαίτερα για τις μεγαλουπόλεις. Το Παρίσι είναι το μεγαλύτερο παράδειγμα της καταστροφικότητας των κυμάτων καύσωνα.

Ο καύσωνας του 2003 έπληξε το σύνολο σχεδόν της Ευρωπαϊκής ηπείρου και προκάλεσε πάνω από 100000 θύματα σε όλες τις χώρες. Στο Παρίσι και μόνο σημειώθηκαν 1854 θύματα κατά τη διάρκεια του δεκαήμερου καύσωνα. Τα θύματα αυτά ξεπέρασαν τη προσδοκώμενη θνησιμότητα για την περίοδο κατά 142%.*(Picard P. et al., 2005)*

Η θερμή εισβολή οφείλεται στον αντικυκλώνα του ατλαντικού που εξαπλώθηκε και εγκαταστάθηκε πάνω από την δυτική ηπειρωτική Ευρώπη. Η εξάπλωση αυτή διήρκεσε από τις αρχές Ιουνίου ως τα τέλη Αυγούστου *(Εγκυκλοπαίδεια Britannica).* Η θερμοκρασίες που καταγράφηκαν ήταν οι υψηλότερες στην Ευρώπη από το 1500 *(Pumadere M., et al., 2005).* Οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν δεν ήταν μόνο υψηλότερες όσον αφορά τη μέγιστη θερμοκρασία αλλά και τη μικρότερη και τη μέση θερμοκρασία στα ιστορικά της Γαλλίας. Σε μερικές περιπτώσεις η μικρότερη ημερήσια θερμοκρασία ήταν κατά 3,5°C υψηλότερη από το καταγεγραμμένο μέσο όρο των μικρότερων ημερήσιων θερμοκρασιών για την περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου στη χωρά. *(Pumadere M., et al., 2003)*

Οι ανθρώπινες απώλειες για τη Γαλλία ανέρχονται στα 14800 άτομα. Ο ακραίος αυτός αριθμός θυμάτων σε αρκετές περιοχές ξεπέρασε τους προσδοκώμενους θανάτους κατά 190% *(Pumadere M., et al., 2003)* Τα θύματα άρχισαν να εμφανίζονται από τη πρώτη κιόλας ημέρα του καύσωνα με 300 απροσδόκητους θανάτους. Ο αριθμός των θυμάτων κορυφώθηκε την 8 ημέρα με 2000 θανάτους πάνω από το προσδοκώμενο. *(Pumadere M., et al., 2003)*

Τα θύματα αυξάνονται με την ηλικία. Όπως φαίνεται από την έρευνα του Γαλλικού Εθνικού Ινστιτούτου για την Υγεία και την Ιατρική Έρευνα (French National Istitute for Health and Medical Research «Inserm») τα θύματα ήταν επί το πλείστον γυναίκες 64,25% και σε μικρότερο βαθμό άνδρες 35,75%. Οι ηλικιακές ομάδες των θυμάτων διαφέρουν κατά φύλο καθώς ο ανδρικός πληθυσμός εμφανίζει απώλειες από την ηλικιακή ομάδα 35 ετών και άνω ενώ ο γυναικείος πληθυσμός από την ηλικιακή ομάδα των 45 ετών και άνω. Τα ποσοστά των θυμάτων αυξάνουν ραγδαία για τα άτομα 65 ετών και άνω.*(Pumadere M., et al., 2003)*

Η μη προσδοκώμενη θνησιμότητα διαφέρει ανάλογα με το φύλο. Οι γυναίκες ηλικίας έως 75 ετών παρουσίασαν μια αύξηση κατά 85% σε θανάτους κατά τη διάρκεια του καύσωνα. Ενώ οι άνδρες για την ίδια ηλικιακή ομάδα είχαν αύξηση 51%. Ακόμη πιο δραματική ήταν η διαφορά στις ηλικίες 95 ετών και άνω καθώς γυναίκες παρουσίασαν αύξηση 130% του προσδοκώμενου και οι άνδρες 82,49%.*(Pumadere M., et al., 2003)*

Τα κύρια αίτια θανάτου ήταν η αφυδάτωση, η υπερθερμία και η ηλίαση. Αύξηση παρατηρήθηκε και σε θανάτους που αποδόθηκαν σε χρόνια νοσήματα όπως αναπνευστικά προβλήματα, καρδιοαγγειακά νοσήματα και ψυχολογικά

προβλήματα. Καταγράφηκε και μια άνοδος στις αυτοκτονίες που δεν μπορούν να αποδοθούν ευθέως στο κύμα καύσωνα. *(Pumadere M., et al., 2003)*

Σχεδόν το σύνολο των θυμάτων, το 92%, έμεναν μόνοι χωρίς καμία επικοινωνία με συγγενείς ή φίλους. Περίπου οι μισοί, το 42%, διέμεναν σε γκαρσονιέρες ή διαμερίσματα ενός δωματίου με ελάχιστη μόνωση και αερισμό. Τα συνεργεία πρώτης βοήθειας κατέγραφαν πολύ υψηλές θερμοκρασίες στο χώρο όπου έβρισκαν τα θύματα, με θερμοκρασίες να αγγίζουν τους 40°C *(Pumadere M., et al., 2003)*. Ένας μεγάλος αριθμός θυμάτων οφείλεται και στην απουσία των νεότερων που βρίσκονταν σε καλοκαιρινές διακοπές ή διέμεναν εκτός της πόλης των Παρισίων.(*Parry M.L. et al., 2007)*

Ένα παράδοξο που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια του καύσωνα ήταν πως οι πιο ευάλωτες ομάδες είχαν πολύ μικρότερο ποσοστό θυμάτων σε σχέση με τις πιο υγιείς ομάδες(*Ghiasi M., 2011; Pumadere M., et al., 2005).* Αυτό οφείλεται στο ότι τα άτομα που είχαν ανάγκη βοήθειας είχαν συνεχή επικοινωνία και παρακολούθηση από τις αρχές και την πρόνοια ενώ τα πιο υγιή άτομα δεν απευθύνθηκαν σε κάποιο νοσοκομείο ή κέντρο για βοήθεια όπως θα έπρεπε(*Ghiasi M., 2011; Pumadere M., et al., 2005).*

Οι οικονομικές απώλειες ήταν σημαντικές όχι μόνο για τη Γαλλία αλλά για όλη την Ευρώπη. Όπως έδειξαν οι έρευνες οι χώρες τις Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσίασαν οικονομικές ζημίες που έφτασαν τα 100δισ $. Η ζημίες μόνο για τον αγροτικό τομέα ανέρχονταν σε 13δισ $ για τις χώρες που επλήγησαν από τον καύσωνα. Το μεγαλύτερο πλήγμα το παρουσίασε η Γαλλία με απώλειες που ξεπέρασαν τα 4 δισ $, στον αγροτικό τομέα*(Parry M.L. et al., 2007).*

Άλλοι τομείς που επλήγησαν από το κύμα καύσωνα ήταν ο τομέας των κατασκευών, των υποδομών, του τουρισμού, της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, των πωλήσεων και των φυσικών πόρων. Ο τομέας των κατασκευών σχεδόν σταμάτησε όλες τις δραστηριότητες λόγο των ακατάλληλων συνθηκών*(Parry M.L. et al., 2007).*

Οι υποδομές παρουσίασαν ζημίες που ξεπέρασαν τα 3εκατομυρια $ σε αποζημιώσεις λόγο των καθυστερήσεων που παρουσίασαν κυρίως οι σιδηροδρομικές εταιρίες. Η ακρίβεια των δρομολογίων έπεσε στο 77% κατά τη διάρκεια του καύσωνα σε σχέση με την ίδια περίοδο το προηγούμενο έτος*(Parry M.L. et al., 2007).*

Ο τουρισμός και οι πωλήσεις παρουσίασαν διακυμάνσεις. Οι τουριστικές περιοχές και εγκαταστάσεις του βορρά παρουσίασαν μεγάλη αύξηση ενώ οι περιοχές του νότου σημαντικές μειώσεις στη προσέλευση τουριστών. Επίσης οι πωλήσεις ειδών ένδυσης παρουσίασαν πτώση κατά 9% σε σχέση με τις προσδοκώμενες πωλήσεις για την περίοδο. Από την άλλη πλευρά οι πωλήσεις αναψυκτικών και νερού είχαν μια αύξηση της τάξης του18%. Καθώς επίσης οι πώλησης παγωτών είχαν μια αύξηση που έφτασε το 14% σε σχέση με το προηγούμενο χρόνο*(Parry M.L. et al., 2007).*

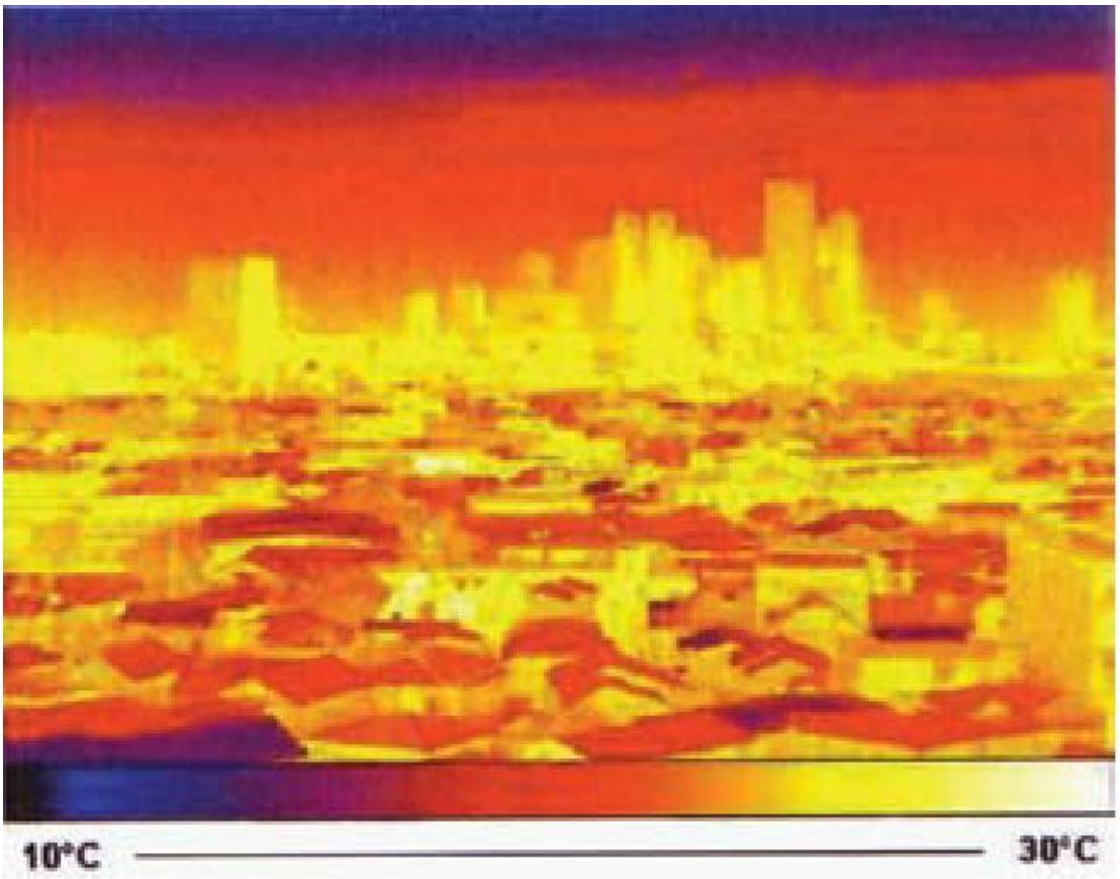
Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι συνδεδεμένη με την κατάσταση, την ποιότητα και την ποσότητα του νερού στους υδάτινους ταμιευτήρες. Οι θερμοκρασίες των νερών στους ποταμούς ανέβηκαν, αυτό οδήγησε στη μείωση της απόδοσης της ψύξης των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Επίσης η πτώση της στάθμης των νερών στους μεγαλύτερους ποταμούς που διατρέχουν τη Γαλλία οδήγησε σε στάση παραγωγής σε έξι ηλεκτροπαραγωγικά εργοστάσια. Η συνολική ζημία από τον καύσωνα στο τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έφτανε το 30%*(Parry M.L. et al., 2007).*

Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους καταστροφές στο μέλλον ο δήμαρχος των Παρισίων έστειλε ανοιχτή επιστολή σε όλα τα άτομα που πιστεύουν πως χρειάζονται βοήθεια σε τέτοιου είδους καταστάσεις. Ανταποκρίθηκαν πάνω από 400000 άτομα και δημιουργήθηκαν βάσεις δεδομένων για κάθε ανάγκη σε περίπτωση μελλοντικού κύματος καύσωνα*(Pumadere M., et al., 2003).*

Όπως έδειξαν οι εμπειρίες αυτές οι έντονες θερμοκρασίες είναι μια φυσική καταστροφή που πλήττει κυρίως τις αναπτυγμένες χώρες. Χρειάζεται κατάλληλη πρόγνωση για το φαινόμενο αλλά και τη κατάλληλη προετοιμασία για την αντιμετώπισή του. Τα έτοιμα σχέδια αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών πολλές φορές δεν αρκούν σε τέτοιου είδους καταστροφές. Απαιτείται ειδικός σχεδιασμός σε όλα τα στάδια και απ’ όλα τα επίπεδα διοίκησης.

3. UHI(urban heat island)-ΑΘΝ(Αστική θερμική νησίδα)

Εικονα 1 Θερμική εικόνα της Αστικής Θερμικής Νησίδας, Τόκυο



Πηγή: Urban Climatology and Urban Thermal Climates, *Photo:* courtesy M. Roth, National University of Singapore, http://publish.uwo.ca/~javoogt/urban%20climate%20.htm.

3.1.Ορισμός-παράμετροι-τυπολογία

Urban Heat Island ή Αστική Θερμική Νησίδα ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο μια αστική συγκέντρωση παρουσιάζει υψηλότερη θερμοκρασία από τις περιαστικές περιοχές *(US Environmental Protection Agency presentation, 2009).*Αυτό οφείλεται στα χαρακτηριστικά των υλικών, την ελάχιστη βλάστηση, τη μορφή της πόλης, την κάλυψη γης, τις χρήσεις γης και κυρίως στην αυξημένη εκπομπή θερμών αέριων ρύπων που παρουσιάζεται στα κέντρα των πόλεων και επιδεινώνουν της θερμικές συνθήκες λόγο της στενότητας των δρόμων, του ύψους των κτηρίων και της υπερβολικά υψηλής κίνησης στους δρόμους.

Οι αστικές θερμικές νησίδες σχηματίζονται όταν η καθημερινή ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τις ανθρώπινες κατασκευές που έχουν την

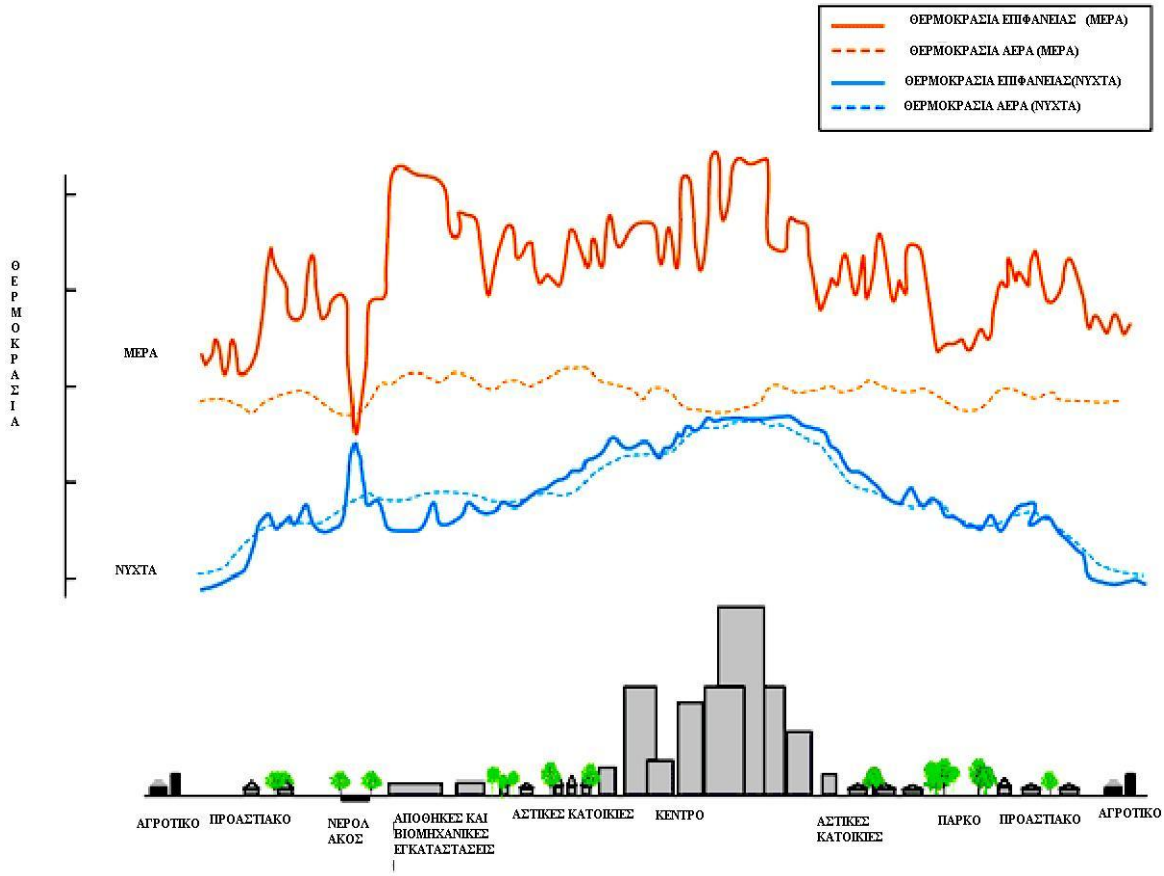
ικανότητα να απορροφούν υψηλά ποσά ακτινοβολίας και να την διατηρούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ανάλογα με το υλικό, άσφαλτος, τσιμέντο, πλακάκια, δέντρα, σίδερα, αλλάζει το κατά πόσο θα αυξηθεί αλλά και για πόσο χρονικό διάστημα θα διατηρηθεί η υψηλότερη των κανονικών θερμοκρασία. Η διαφορά μπορεί να κυμαίνεται από 1-20°C υπό σκιά.(*Aguiar, C. A. 2012)*

Τα κύρια αίτια που επιδεινώνουν την κατάσταση και αυξάνουν την ένταση του φαινομένου είναι η έλλειψη της βλάστησης, διότι μειώνεται η φυσική σκίαση της πόλης και η απορρόφηση της ακτινοβολίας από τα φύλλα των δέντρων και των φυτών καθώς επίσης μειώνεται και η υγρασία που μπορεί να μετριάσει το φαινόμενο. Οι αστικές επιφάνειες, οι θερμικές τους ιδιότητες, η κάλυψη γης καθώς και οι χρήσεις της γης παίζουν σημαντικό ρόλο. Τέλος η γεωμετρία της πόλης παίζει μεγάλο ρόλο γιατί το σχήμα των κτηρίων αλλά και η χωροθέτησή τους μπορούν να επηρεάσουν όχι μόνο το άμεσο περιβάλλον αλλά και το συνολικό κλίμα της περιοχής*(US Environmental Protection Agency presentation, 2009).*

Τα χαρακτηριστικά των υλικών δόμησης αλλά και η αστική εξάπλωση και κάλυψη επιδρούν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Τα υλικά δόμησης επιδρούν με τα χαρακτηριστικά της ανακλαστικότητας, θερμικής εκπομπής και θερμικής χωρητικότητας:

a) Ανακλαστικότητα, είναι η ικανότητα που έχουν τα υλικά να ανακλούν, την ηλιακή ενέργεια που δέχονται, πίσω στο περιβάλλον.
b) Θερμική εκπομπή, είναι η ικανότητα που έχουν τα υλικά να εκπέμπουν τη θερμότητα, που αποθηκεύουν κατά τη διάρκεια της ημέρας, πίσω στο περιβάλλον.
c) Θερμική χωρητικότητα, είναι η ικανότητα που έχουν τα υλικά να αποθηκεύουν θερμότητα.
d) Η αστική εξάπλωση και κάλυψη καθορίζει σε τι ποσοστό αλληλεπιδρούν οι ιδιότητες των υλικών με το περιβάλλον και πόσο θα επιδεινώνουν την κατάσταση. Όταν το συνολικό ποσοστό της δομημένης επιφάνειας ξεπερνά το 70-75% της συνολικής και η βλάστηση καλύπτει λιγότερο του 20% τότε η πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου θερμικής νησίδας είναι υψηλή. Επίσης η γεωμετρία της εξάπλωσης επηρεάζει τη ροη του αέρα, την ενεργειακή απορρόφηση και ανάκλαση της ηλιακής ενέργειας.*(EPA presentation, 2009)*

Εικονα 2 Θερμοκρασίες επιφάνειας και αέρα



Πηγή: Urban Heat Island Basics, 2008, Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, US Environment Protection Agency,p4

Διακρίνονται δυο είδη θερμικής νησίδας:

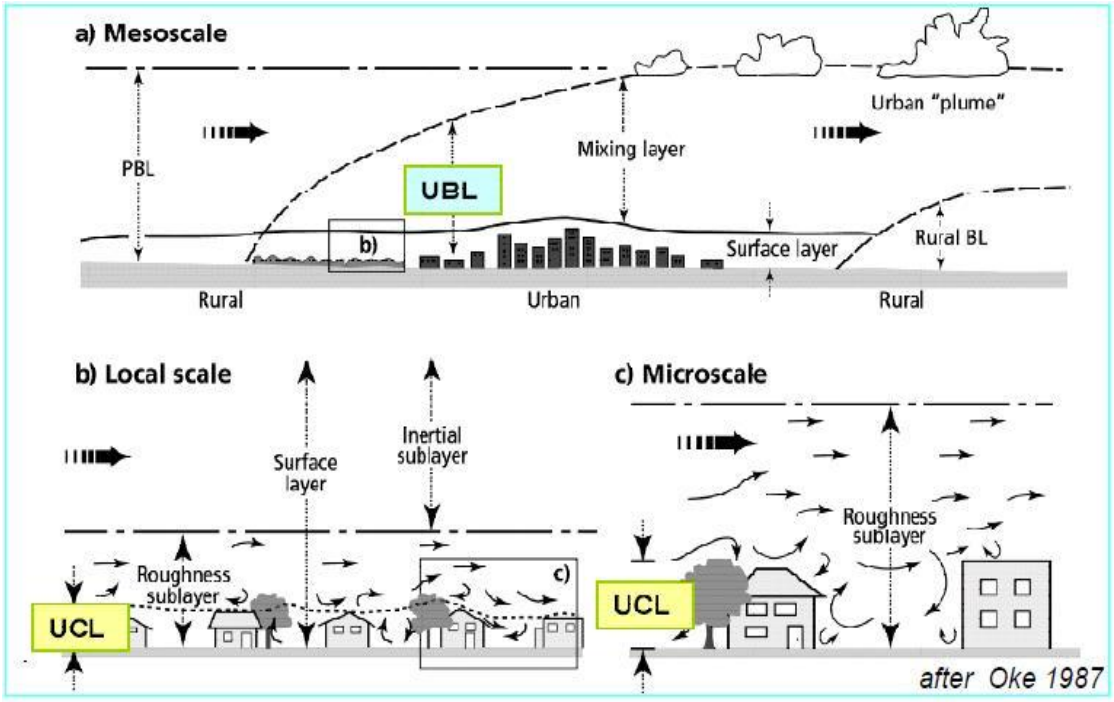
- Επιφανειακή θερμική νησίδα
- Ατμοσφαιρική θερμική νησίδα

Η επιφανειακή θερμική νησίδα είναι το κατεξοχήν φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Οι υψηλές θερμοκρασίες επιφανείας των αστικών συγκεντρώσεων οδηγούν τις πόλεις να έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες από το περιαστικό χώρο, κατά τη διάρκεια της ημέρας και κυρίως της νύχτας. (*EPA presentation, 2008)*

Η ατμοσφαιρική θερμική νησίδα έχει δυο μορφές που διαχωρίζονται ανάλογα με το υψόμετρο που παρατηρείται το φαινόμενο. Το οριακό στρώμα(boundary layer) και το στρώμα βλάστησης(canopy layer) (*EPA presentation, 2008).*

- Στρώμα βλάστησης: Η θερμική νησίδα παρατηρείται στον αέρα και συνήθως καταλαμβάνει το κατώτερο στρώμα, από το έδαφος έως τη κορυφή των δέντρων ή των κτηρίων.
- Οριακό στρώμα: Η θερμική νησίδα που εκτείνεται πάνω από τη κορυφή των κτηρίων έως και μερικά χιλιόμετρα στην ατμόσφαιρα, δημιουργεί το χαρακτηριστικό θερμικό θόλο (heat dome)

Εικονα 3 Διαφορά οριακού στρώματος και στρώματος βλάστησης σε διάφορες κλίμακες



Πηγή: European Space Agency: user consulting meeting, Athens 2007, Dousset B. Presentation, p 5.

Οι επιφανειακές και ατμοσφαιρικές νησίδες διαφέρουν και στον τρόπο παρατήρησης και στο τρόπο καταγραφής. Η επιφανειακή θερμική νησίδα απεικονίζεται και παρακολουθείται με τις θερμικές εικόνες ενώ η ατμοσφαιρική θερμική νησίδα απεικονίζεται με ισόθερμους χάρτες και διαγράμματα. (*EPA presentation, 2008)*

3.2.Αίτια σχηματισμού ΑΘΝ

Τα αίτια για τη δημιουργία της αστικής θερμικής νησίδας δεν είναι μόνο η ηλιακή ακτινοβολία και οι υποτροπικοί ατμοσφαιρικοί αεροχείμαροι

(subtropical jet streams) της ανώτερης ατμόσφαιρας που προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και όλες οι ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας και ακτινοβολίας *(Βλαχου Ο., 2010)*. Ακόμη ο άναρχος τρόπος δόμησης στις περισσότερες μεγαλουπόλεις μαζί με την καταπάτηση των ελάχιστων επιφανειών πρασίνου. Το φαινόμενο ενισχύεται με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο αυξημένων θερμοκρασιών και κυμάτων καύσωνα.

Οι υποτροπικοί αεροχείμαροι ορίζουν την μεταφορά της θερμότητας στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Όσο βορειότερα βρίσκονται από τις συνηθισμένες θέσεις τους τόσο θερμότερη περίοδο διανύει η περιοχή που καλύπτουν*(Βλάχου Ο. 2010)*. Οι αεροχείμαροι μαζί με μεταφορά αέριων μαζών και σκόνης από την Αφρική, κυρίως για τις περιοχές της Μεσογείου, σχηματίζουν τις θερμές εισβολές από την Σαχάρα.

Ο άνθρωπος είναι ένα από τα κύρια αίτια του σχηματισμού των αστικών θερμικών νησίδων διότι παράγει υπερβολικά υψηλά ποσά ενέργειας και θερμότητας μέσα στην πόλη που αποθηκεύεται στα όρια της. Όλες οι βιομηχανικές μονάδες παράγουν θερμότητα και ακτινοβολία που απορροφάται από τον αστικό ιστό κατά την διάρκεια της ημέρας και επανεκπέμπεται πίσω στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της νύχτας αυξάνοντας την ένταση του φαινομένου.(*Dousset B.et al. 2005; Santamouris M., et al.; Garcia-Gueto R. et al. 2007*). Επίσης όλες οι τεχνητές πηγές ψύξης στα κτήρια και τις οικίες απελευθερώνουν την θερμότητα από το εσωτερικό στο περιβάλλον. Η κίνηση στους δρόμους απελευθερώνει τεράστια ποσά αεριών, όχι μόνο υπεύθυνων για την αύξηση της θερμότητας αλλά και για τη δημιουργία ρύπων και αναστροφών στην τροπόσφαιρα.

Η έλλειψη πρασίνου είναι η κυριότερη αιτία της αύξησης των θερμοκρασιών στις πόλεις διότι τα φυτά δεν προσφέρουν μόνο οξυγόνο αλλά και απορροφούν την θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, προσφέρουν φυσική σκίαση, αυξάνουν την υγρασία της ατμόσφαιρας, αυξάνουν την απορροή και την διείσδυση των υδάτων στον υδροφόρο ορίζοντα και τους ταμιευτήρες. Με την διαπνοή τους απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες και παράγουν οξυγόνο, προσφέρουν μόνωση, εξασφαλίζουν την βιοποικιλότητα και τέλος είναι αισθητικά ωραία και αυξάνουν την ευμάρεια και το επίπεδο διαβίωσης μέσα στην πόλη.

Τέλος ο τρόπος δόμησης και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες πόλεις αυξάνουν την θερμοχωρητικότητα των οικοδομημάτων και μειώνουν την λευκαύγεια και την ανακλαστικότητα των υλικών. Η άσφαλτος και το τσιμέντο με τη πάροδο του χρόνου αυξάνουν την θερμοχωρητικότητα τους και απορροφούν όλο και μεγαλύτερα ποσά ενέργειας που εκπέμπουν στο περιβάλλον μόλις αυτό χάσει την ενέργεια του κατά τη διάρκεια την νύχτας.*(US Department of energy, 2003)*

Οι μετεωρολογικοί παράμετροι όπως η ταχύτητα των ανέμων, η νεφοκάληψη και η κυκλοφορία του αέρα παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία των αστικών θερμικών νησίδων.(*Santamouris M., et al., 2007).*

3.3.Επιπτώσεις της ΑΘΝ

Οι επιπτώσεις διαφέρουν ανάλογα με την ένταση, τη διάρκεια, την περίοδο, την οικονομική σταθερότητα, την οργάνωση, την προετοιμασία, το σχεδιασμό, την ασφαλιστική κάλυψη, την κοινωνική δομή, το επίπεδο συμμετοχής και ενδιαφέροντος της κοινωνίας αλλά και την ενημέρωση και τη διαχείριση από της αρχές.

Όσο μεγαλύτερη η ένταση τόσο μεγαλύτερες οι επιπτώσεις στην κοινωνία, την οικονομία και κυρίως τους ανθρώπους που βιώνουν το φαινόμενο. Όταν η κοινωνία δεν έχει συνοχή και αντιμετωπίζει ένα πολύ έντονο φαινόμενο τότε εμφανίζονται περιπτώσεις αύξησης εγκληματικότητας αλλά ακόμη και αυτοκτονιών*(Sullivan D., et al., 1995).*

Ο οικονομικός τομέας πλήττεται διότι αυξάνεται η ζήτηση για ενέργεια για την ψύξη των πόλεων. Υπάρχουν περιπτώσεις αστοχίας των συστημάτων ηλεκτροδότησης αλλά πιο συχνό φαινόμενο είναι η ανεπάρκεια πόρων για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτροδότησης και άρα απαιτείτε εισαγωγή ενέργειας. Τέλος οι άνθρωποι που πλήττονται περισσότερο είναι κυρίως οι ηλικιωμένοι και τα ανήλικα παΐδια, γιατί το ανοσοποιητικό τους σύστημα δεν μπορεί να διαχειριστεί την ένταση των θερμοκρασιών στη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας*(Conner R., et al, 2007).*

Η οργάνωση και η προετοιμασία της κοινωνίας από την πολιτεία παίζει σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση του φαινομένου αλλά κυρίως στο μετριασμό των επιπτώσεων. Όταν υπάρχει σωστή ενημέρωση για το πως αντιμετωπίζεται το φαινόμενο ατομικά και συλλογικά τότε είναι πιθανόν ακόμη και να μειωθεί το φαινόμενο διότι ο ανθρωπογενής παράγοντας είναι από τους πιο καθοριστικούς που μπορούν να μετριάσουν την ένταση μιας ΑΘΝ *(Conner R.,et al., 2007).*

Ο σωστός σχεδιασμός και η συμμετοχή των πολιτών είναι ίσως από τα πιο ισχυρά μετρά για τον μετριασμό του φαινομένου και την αντιμετώπιση των επιπτώσεων. Ο σχεδιασμός δεν γίνεται μόνο στο τοπικό επίπεδο αλλά θα πρέπει να γίνεται επίσης κεντρικά ξεκινώντας μάλιστα από το σχεδιασμό των πόλεων. Οι πολίτες με τη συμμετοχή τους μπορούν να εκφράσουν και να συνεισφέρουν στο σχεδιασμό διότι γνωρίζουν καλύτερα τι απαιτείται για να γίνει πιο βιώσιμη η πόλη και κυρίως ποιες περιοχές είναι αυτές που υστερούν *(Conner R., et al, 2007).*

Τέλος η διαχείριση θα πρέπει να έχει πολλά στάδια που να συνεργάζονται και να αλληλεπιδρούν και όχι να υπάρχει μια κατακόρυφη οργάνωση από επάνω προς τα κάτω του συστήματος διαχείρισης. Όταν υπάρχει

η κατάλληλη διαχείριση τότε μειώνονται τα κόστη αλλά και ο αντίκτυπος από τις δράσεις που αναλαμβάνονται από τους διαχειριστές *(Conner R., et al, 2007).*

4. Στατιστικά στοιχεία απωλειών από συμβάντα κυμάτων καύσωνα

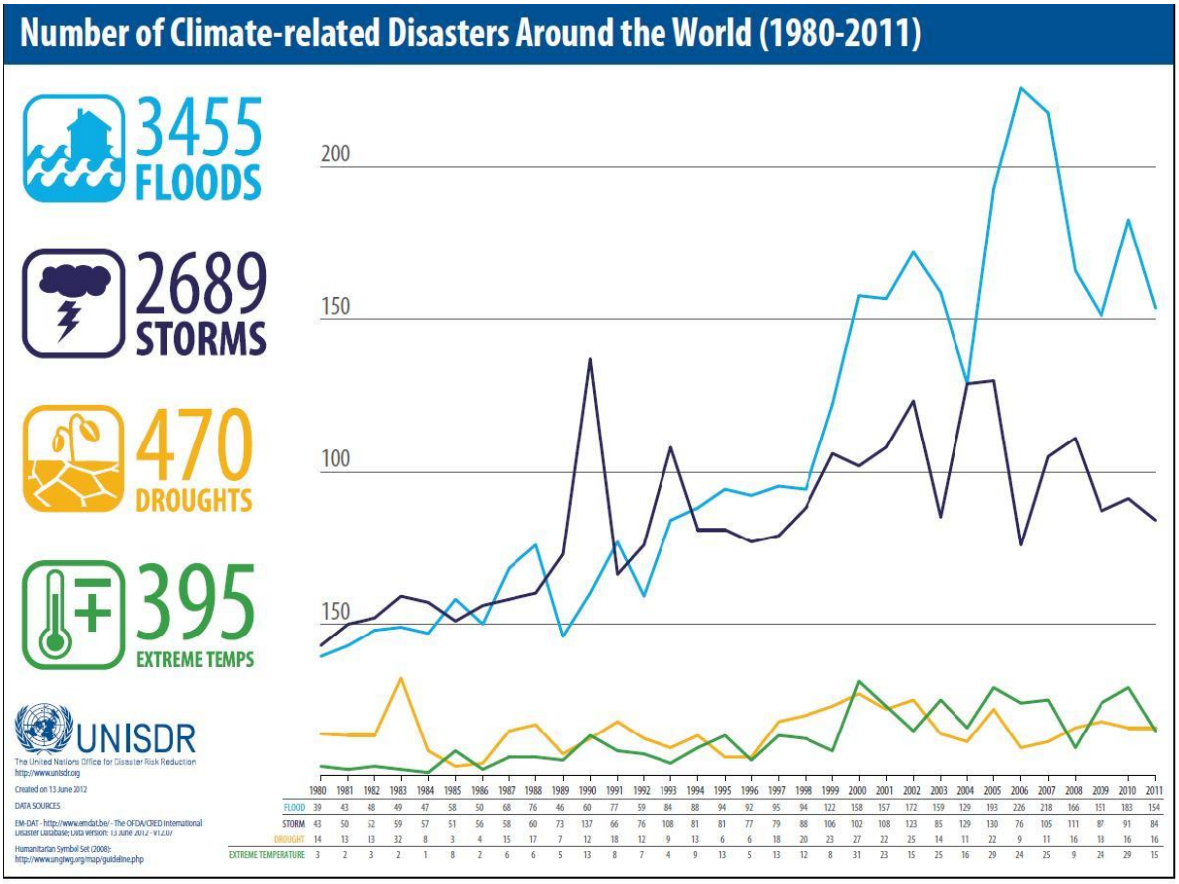
Οι φυσικές καταστροφές έχουν γίνει από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η σύγχρονη κοινωνία. Την περίοδο 2000-2012 μόνο οι φυσικές καταστροφές έχουν προξενήσει 1,2 εκατομμύρια ανθρώπινες ζωές και οικονομικές ζημίες ύψους 1,7 τρισεκατομμυρίων δολαρίων.*(UNISDR, 2013)*

Από άποψη φονικότητας τα κύματα καύσωνα βρίσκοντας στη τρίτη θέση μετά τους σεισμούς και τις καταιγίδες με μέσο όρο 14731 θανάτων κατ' έτος στην δεκαετία 2000-2011. Αν και δεν έχουν γίνει εκτεταμένες καταγραφές και δεν είναι εύκολο να εξακριβωθούν τα αίτια θανάτου κατά τη διάρκεια ενός κύματος καύσωνα τα τελευταία χρονιά δείχνουν απότομη αύξηση κρουσμάτων κατά τις περιόδους αυξημένης θερμοκρασίας.*(UNISDR, 2012)*

Το καλοκαίρι του 2003 είναι από τα πιο καταστροφικά για την Ευρώπη καθώς σημειώθηκαν πάνω από 100000 θύματα που αποδίδονται στο κύμα καύσωνα το καλοκαίρι του ιδίου έτους. Το μεγαλύτερο ρίσκο παρατηρείται στις μητροπόλεις οπού σχηματίζονται οι ΑΘΝ*(Doick K., Hutchings T., 2013).* Οι οικονομικές ζημίες είναι επίσης τεράστιες καθώς μόνο για τις Γαλλία, Ιταλία, Γερμάνια και Ισπανία η συνολική ζημία ξεπέρασε τα 11,3 δισεκατομμύρια δολάρια για το καλοκαίρι του 2003*(UNISDR, 2013).* Συνολικά από το 1980 μέχρι το 2008 είχαν καταγραφεί 126 συμβάντα κυμάτων καύσωνα που προκάλεσαν ζημίες σχεδόν 22 τρισεκατομμυρίων δολαρίων και επλήγησαν πάνω από 4500000 άνθρωποι.*(UNISDR, 2008)*

Οι καύσωνες πλήττουν όλα τα μήκη και τα πλάτη του πλανήτη, αν και ο ορισμός τους διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και τα θερμοκρασιακά όρια αλλάζουν ανάλογα με το κλίμα της περιοχής όμως δεν παύει να προκαλεί ζημίες και να αφαιρεί ανθρώπινες ζωές.

Εικονα 4 Αριθμός κλιματικών καταστροφών στο πλανήτη(1980-2011)



Πηγή: ***The United Nations Office for Disaster Risk Reduction (www.unisdr.org),2013***

5. Τρωτότητα του ανθρώπου απέναντι στο καύσωνα

Τα ιστορικά στοιχεία αποδεικνύουν πως οι καύσωνες είναι πολύ πιο θανατηφόροι απ' οποιοδήποτε άλλο ακραίο καιρικό φαινόμενο, αλλά το «πέρασμα» τους δεν είναι τόσο εντυπωσιακό όσο αυτό ενός τυφώνα ή ενός ανεμοστρόβιλου. Οι καύσωνες όχι μόνο μπορεί να σκοτώσουν αλλά οι άνθρωποι είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι σε αυτόν *(Τα Νεα,5/8/2012)*.

Η τρωτότητα των ανθρώπων απέναντι στον καύσωνα σχετίζεται με τις παθήσεις που οφείλονται στην έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασιακές παθήσεις αποτελούν μια ετερογενή ομάδα και ποικίλουν από μυϊκές κράμπες και την επιφανειακή θερινή ιδρώα ως και την θανατηφόρα θερμοπληξία *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Επιδημιολογικές μελέτες προσπαθούν να φωτίσουν την επίπτωση των βλαβών από τη θερμότητα, τους παράγοντες κινδύνου καινα προσδιορίσουν τις ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού. Η επίπτωση των νοσημάτων από θερμική έκθεση είναι μεγάλη όταν οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι υψηλές. Τα κλινικά κριτήρια διάγνωσης θερμοπληξίας και των συνυπάρχουσων παθησεων δεν είναι σαφή *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Οι θάνατοι από θερμοπληξία σχετίζονται με έκθεση σε υψηλή εξωτερική θερμοκρασία, θερμοκρασία σώματος ≥40,6°C και απουσία άλλου αίτιου υπερπυρεξίας. Η φυσιολογική θερμορύθμιση έχει σκοπό την διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος μεταξύ 36,5-37,5°C εξασφαλίζοντας την ισορροπία μεταξύ παραγωγής και αποβολής θερμότητας από το σώμα *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Οι παθήσεις που σχετίζονται με έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες είναι:

- Θερμικό οίδημα
- Θερμική τετανία
- Θερμική συγκοπή
- Θερμικές κράμπες
- Θερμική ιδρώα
- Θερμική εξάντληση
- Θερμοπληξία *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Η θερμική εξάντληση είναι η συχνότερη κλινική εκδήλωση της οξείας έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν εφίδρωση, ζάλη, κόπωση, κεφαλαλγία, ναυτία, εμετό, ταχυκαρδία και ορθοστατική υπόταση. Η θερμοκρασία του σώματος είναι μικρότερη των 40,2°C. Διακρίνονται δυο μορφές α) θερμική εξάντληση λόγω απώλειας ύδατος και β)

θερμική εξάντληση λόγω απώλειας άλατος. Σπάνια οι δυο μορφές θερμικής εξάντλησης εμφανίζονται ως ξεκάθαρες κλινικές εικόνες, αλλά συχνότερα ως συνδυασμός των δυο. Η θερμική εξάντληση μπορεί να εξελιχθεί σε θερμοπληξία εάν διακοπεί η εφίδρωση *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Η θερμοπληξία είναι η βαρύτερη εκδήλωση της έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα συμπτώματα της θερμοπληξίας περιλαμβάνουν:

i) Θερμοκρασία σώματος μεγαλύτερη του 40,5°C.

ii) Διαταραχή του επιπέδου συνειδήσεως (ακατάληπτος λόγος, σύγχυση, διέγερση, σπασμοί, κώμα).

iii) Έκθεση σε θερμικό (ενδογενές ή εξωγενές) stress.

iv) Αποκλεισμό λοίμωξης του Κεντρικού Νευρολογικού Συστήματος, σηψαιμίας, κακοήθους νευροληπτικού συνδρόμου ή κακοήθης υπερθερμίας από λήψη αναισθητικών φαρμάκων *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Διακρίνονται δυο μορφές θερμοπληξίας α) κλασική (ενδημική) θερμοπληξία και β) θερμοπληξία μετά από άσκηση. Η ενδημική θερμοπληξία εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του καύσωνα και προσβάλλει κυρίως ηλικιωμένους και τους ασθενείς με σοβαρά προβλήματα υγείας. Επέρχεται συνήθως εντός ημερών. Από την άλλη η θερμοπληξία μετά από άσκηση επέρχεται σε υγιείς νέους αθλούμενους, εργαζόμενους ή ασκούμενους σε θερμό και υγρό περιβάλλον. Πλήττει κυρίως άνδρες και επέρχεται εντός λεπτών ή ωρών *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Οι πιο ήπιες μορφές παθήσεων από υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να αντιμετωπιστούν και εξωνοσοκομειακά αρκεί να γίνει η έγκαιρη διάγνωση τους. Οι ενέργειες περιλαμβάνουν συχνή ενυδάτωση, βαμβακερά ανοιχτόχρωμα ρούχα, συχνά μπάνια και κλιματισμό της κατοικίες. Η παραμονή σε κλιματιζόμενους χώρους ακόμη και δυο-τρεις ώρες την ημέρα σε περιόδους καύσωνα ελαχιστοποιεί την πιθανότητα θερμοπληξίας *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Είναι σημαντικό τα περιστατικά με σοβαρή θερμική εξάντληση ή θερμοπληξία να μεταφέρονται αμέσως σε νοσοκομεία. Στα νοσοκομεία οι ασθενείς με θερμοπληξία μεταφέρονται σε μονάδες εντατικής θεραπείας διότι η μείωση της θερμοκρασίας του σώματος αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της θερμοπληξίας *(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

Είναι αναγκαίο σε κάθε κύμα καύσωνα να ενεργοποιούνται τα ειδικά σχέδια αντιμετώπισης και να διαχέονται πληροφορίες για τα ατομικά μέτρα αντιμετώπισης*(Θεοχάρης, Γ., 2009)*.

6. Παρακολούθηση (monitoring) του καύσωνα και της ΑΘΝ

Για να γίνει πιο κατανοητό το φαινόμενο του καύσωνα και ιδιαίτερα της ΑΘΝ που πλήττει τις μεγαλουπόλεις απαιτείται συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή του φαινομένου. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια δορυφόρων, επιφανειακών οργάνων και οργάνων στην ατμόσφαιρα.

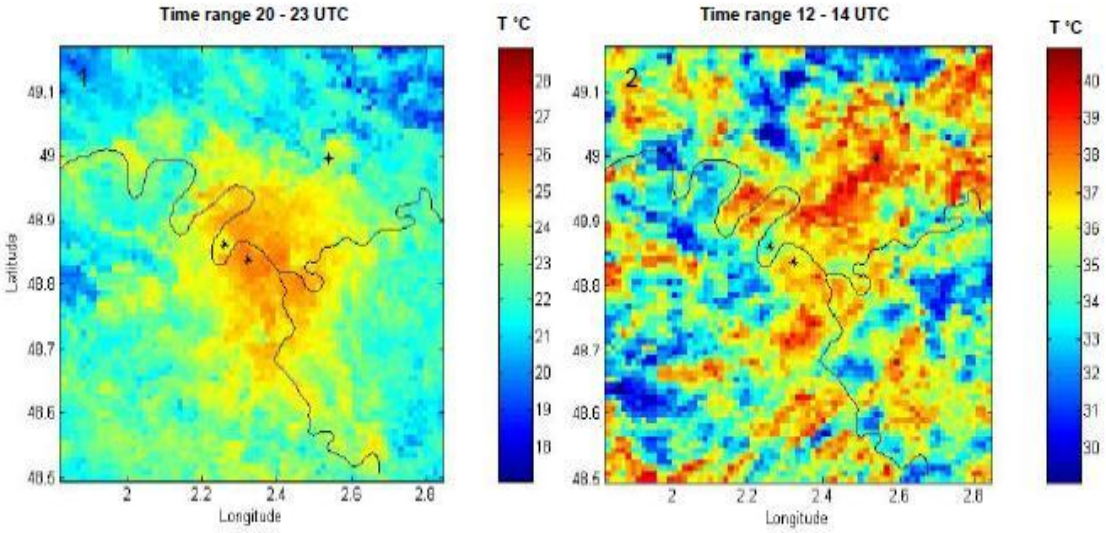
Η παρακολούθηση γίνεται σε δυο στάδια, αρχικά γίνεται ο εντοπισμός της θέσης ενδιαφέροντος και ύστερα γίνεται η καταγραφή των δεδομένων. Ο εντοπισμός της θέσης είναι σχετικά εύκολος και γίνεται με τη χρήση χαρτών, εικόνων και συντεταγμένων ενώ η καταγραφή γίνεται κυρίως σε μια χρονική περίοδο, εάν δεν υπάρχει συνεχόμενο σύστημα παρακολούθησης, που ορίζεται από το φαινόμενο.(*Dousset B. et al., 2007*)

Υπάρχουν πολλοί τρόποι καταγραφής των δεδομένων όμως οι πιο κατάλληλοι είναι αυτοί των θερμικών εικόνων από τους δορυφόρους (Landsat TM/ETM, NOAA-AVHRR, Terra-ASTER) *(Dousset B. et al,2007)*. Το όργανο καταγραφής του κάθε δορυφόρου έχει διαφορετική ανάλυση και διακριτική ικανότητα που κυμαίνεται από 1,1km στον NOAA-AVHRR μέχρι τα 60m στον Landsat ETM+*(Garcia-Gueto O.R. et al, 2007).* Έτσι ανάλογα με το φαινόμενο που παρακολουθείτε γίνεται χρήση διαφορετικών δορυφόρων. Σε περίπτωση που μας ενδιαφέρει απλώς μια διαφορά στις θερμοκρασίες τότε αρκεί ο NOAA εάν όμως χρειάζεται πολύ υψηλή διακριτική ικανότητα ώστε να διακρίνουμε τις μικροδιαφορές μέσα στη πόλη τότε απαιτείται ο ETM+. Για τη καλύτερη αποτύπωση χρησιμοποιούνται όλα τα είδη των δορυφόρων και οι εικόνες τους.*(Dousset B. et al, 2007,; Garcia-Gueto O.R. et al, 2007)*

Οι μελέτες απαιτούν καθημερινή καταγραφή για να γίνει η παρακολούθηση του φαινομένου και άρα χρησιμοποιούνται εικόνες από τους διαθέσιμους δορυφόρους της κάθε ημέρας. Αν και διαφέρει η διακριτική τους ικανότητα είναι δυνατή η αδιάλειπτη καταγραφή των δεδομένων.(Dousset B. et al, 2007) Με τη χρήση εικόνων από πολύ υψηλής ευκρινείας δορυφόρους γίνεται δυνατή η διόρθωση των υπόλοιπων εικόνων για να βγουν οι δείκτες για τη βλάστηση, τη κάλυψη γης και τις χρήσεις γης στα αστικά συγκροτήματα *(Dousset B., 2007)*.

Τέλος για να βγουν τα συμπεράσματα γίνονται οι συγκρίσεις με τις κανονικές τιμές που θα έπρεπε να έχει η περιοχή σύμφωνα με τα προηγούμενα έτη και αποτυπώνονται οι διαφορές σε χάρτες και διαγράμματα. Αυτές παρουσιάζουν τις αποκλίσεις ανάμεσα σε ημερήσιες και νυχτερινές θερμοκρασίες, διαφορές θερμοκρασιών ανάμεσα σε πυκνοδομημένες περιοχές και βλάστηση, σχέσεις μεταξύ υψηλών θερμοκρασιών και δομημένου περιβάλλοντος και χαμηλότερων με τις υψηλές πυκνότητες ελεύθερων χώρων και πρασίνου.(Dousset B., 2007)

Εικονα 5 Θερμικές εικόνες της ΑΘΝ από το Παρίσι το 2003



Πηγή: "Satellite thermography of urban temperature variability, heat islands and extreme climate events", Dousset B. 2007, p 13

7. Ζητήματα αντιμετώπισης

Τα ζητήματα αντιμετώπισης χωρίζονται σε αρκετούς τομείς που είναι αναγκαίοι για την έγκαιρη και σωστή αντιμετώπιση μια καταστροφής. Τα μετρά αυτά περιλαμβάνουν την πρόγνωση-πρόβλεψη, την πρόληψη, την ετοιμότητα, την ανακούφιση-επέμβαση και την ανασυγκρότηση. Επίσης τα μέτρα αυτά χωρίζονται και χρονικά καθώς η πρόβλεψη, πρόληψη και ετοιμότητα είναι οι ενέργειες που θα πρέπει να γίνουν πριν τη καταστροφή, η επέμβαση γίνεται κατά τη διάρκεια και μόλις τελειώσει το συμβάν και τέλος η ανασυγκρότηση πραγματοποιείται εκ των υστέρων αφού έχουν σταματήσει όλες η καταστροφικές ενέργειες και έχουν καταγραφεί οι απώλειες.

7.1.Πρόγνωση-Πρόβλεψη

Η πρόβλεψη ενός φαινόμενου γίνεται από ειδικές υπηρεσίες που είναι υπεύθυνες για την έγκαιρη ενημέρωση των αρχών και της κοινωνίας για μια επικείμενη καταστροφή. Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να είναι είτε κρατικές είτε ιδιωτικές.

Όπως έδειξαν οι διεθνείς εμπειρίες οι υπεύθυνες υπηρεσίες για την πρόγνωση των κυμάτων καύσωνα είναι οι μετεωρολογικές υπηρεσίες της κάθε χώρας ή περιοχής. Όταν γίνεται η σωστή πρόβλεψη για μια θερμή εισβολή τότε παρατηρούνται λιγότερα θύματα εφόσον γίνεται η κατάλληλη ενημέρωση στους πολίτες και βρίσκονται σε ετοιμότητα οι πολιτικές αρχές.

Η διάδοση και η αναπαραγωγή της πρόγνωσης γίνεται συνήθως από τα μέσα ενημέρωσης όπως τηλεοπτικούς σταθμούς, ραδιόφωνα και εφημερίδες. Ο σκοπός είναι να ενημερωθούν οι πολίτες και να γνωρίζουν τις πρώτες κινήσεις για την αντιμετώπιση του φαινόμενου.

Η πρόβλεψη-πρόγνωση ολοκληρώνεται με την έκδοση των κατάλληλων προειδοποιήσεων. Στη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται πέντε μορφές που προειδοποιούν για διαφορετικό βαθμό κινδύνου καθώς και τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν. Τα είδη των προειδοποιήσεων είναι η συμβουλή(advisory), προσοχή(outlook), ανακοίνωση(statement), προειδοποίηση(warning), επαγρύπνηση(watch) *(K.D.Sullivan et. al ,1995).*

- Συμβουλή: η συμβουλή εκδίδεται σε λιγότερο σοβαρές καταστάσεις που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές ενοχλήσεις εάν δεν δοθεί η κατάλληλη προσοχή.
- Προσοχή: η προσοχή εκδίδεται όταν ένα επικίνδυνο γεγονός μπορεί να δημιουργηθεί. Χρησιμοποιείται για να δώσει το κατάλληλο χρόνο για προετοιμασία. Σε γενικές γραμμές χρησιμοποιείται 48 ώρες πριν το γεγονός.
- Ανακοίνωση: εκδίδεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Υποδεικνύει τις κατάλληλες ενέργειες και υπογραμμίζει την

υπάρχουσα κατάσταση και πως μεταβάλλεται ή προσδοκάται να μεταβληθεί στο κοντινό μέλλον.

- Προειδοποίηση: εκδίδεται όταν ένα επικίνδυνο γεγονός είναι σε εξέλιξη, επικείμενο ή έχει πολύ μεγάλη πιθανότητα να εξελιχτεί στις επόμενες ώρες. Προειδοποιεί για καταστάσεις που θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές και περιουσίες.
- Επαγρύπνηση: χρησιμοποιείται για επικίνδυνες καταστάσεις που η πιθανότητα για δημιουργία είναι πολύ μεγάλη όμως ο τόπος και ο χρόνος του συμβάντος είναι ακόμη αβέβαιος. Παρέχει επαρκεί χρόνο στις αρχές και τα άτομα να ξεκινήσουν τις κατάλληλες διαδικασίες. Έχει χρονικό όριο 12-36 ώρες πριν το συμβάν*(K.D.Sullivan et. al ,1995).*

7.2.Πρόληψη

Η πρόληψη για την αντιμετώπιση μιας καταστροφής περιλαμβάνει το σχεδιασμό των ενεργειών και των έργων για την αποφυγή της καταστροφής αλλά και το σχεδιασμό και τη λειτουργία του γενικότερου συστήματος υγείας και περίθαλψης σε περίπτωση που αποτύχουν όλα τα άλλα μέτρα.

Στη πρόληψη θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν και οι πρακτικές αντιμετώπισης όπως ο τεχνικός σχεδιασμός των πόλεων για το μετριασμό του φαινομένου των θερμών εισβολών.

Η πρόληψη ξεκινά με την κατάλληλη μόρφωση της κοινωνίας στις φυσικές και ανθρωπογενής καταστροφές. Η εκπαίδευση της κοινωνίας θα πρέπει να γίνεται με την καθοδήγηση της πολιτείας ώστε να είναι σε θέση το κάθε άτομο ξεχωριστά και σαν σύνολο η κοινωνία να αντιμετωπίσει μια επικίνδυνη κατάσταση μέχρι να επέμβουν οι αρχές*(K.D.Sullivan et. al ,1995).*

Το επόμενο βήμα είναι η συνεχής ενημέρωση της κοινωνίας για όλες τις ενδεχόμενες απειλές και τις ενέργειες που θα πρέπει να γίνουν σε κάθε περίπτωση ώστε να αποφευχθούν οι απώλειες. Αυτό γίνεται με ειδικά σχεδιασμένα φυλλάδια, εκπομπές, συγκεντρώσεις και συνεχίζεται από τα μέσα ενημέρωσης σε περίπτωση ενός γεγονότος για την καλύτερη κατανόηση των όσων συμβαίνουν*(K.D.Sullivan et. al ,1995).*

Έπειτα είναι ο σχεδιασμός ενός πλάνου δράσης σε περίπτωση μιας καταστροφής. Το πλάνο αυτό θα περιγράφει όλες τις απαιτούμενες ενέργειες που πρέπει να γίνουν ώστε να γίνει πιο γρήγορα η αντιμετώπιση του ζητήματος. Ακόμη θα ενεργοποιεί όλες τις υπηρεσίες στο τομέα που είναι υπεύθυνες (νοσοκομεία, πυροσβεστική, αστυνομία κλπ). Η ενεργοποίηση των υπηρεσιών θα οδηγήσει σε ξεχωριστά πλάνα δράσης της κάθε μιας ανά περίπτωση αλλά και τα έκτακτα σχέδια επέμβασης σε περίπτωση εκτεταμένων καταστροφών *(ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003)*. Στο πλάνο θα πρέπει να υπάρχουν όλες οι βέλτιστες διαδρομές καθώς και οι περιοχές που ενδέχεται να έχουν τα

περισσότερα θύματα και απώλειες. Τέλος το πλάνο θα πρέπει να παρέχει ένα σχέδιο εκκένωσης της περιοχής σε μη αναστρέψιμες μεταβολές του περιβάλλοντος ή της κοινωνίας*(K.D.Sullivan et. al ,1995).* Στην Ελλάδα έχει καταρτιστεί από το 2003 το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας με την ονομασία "ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ"*(ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003).*

Το σχέδιο δίνει τις κατευθυντήριες γραμμές για όλες τις επιμέρους στρατηγικές των υπηρεσιών. Παρέχει την τακτική της ορθής οργάνωσης του εξοπλισμού και τον επιχειρησιακό συντονισμό του ανθρώπινου δυναμικού. Τέλος προβλέπει την οργάνωση και τη ροη των πληροφοριών καθώς και την επικοινωνία των εμπλεκόμενων υπηρεσιών*(ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003)*

Ακόμη ενδέχεται να υπάρχουν σχέδια από οργανώσεις, φορείς και ομάδες που είναι σχεδιασμένα για τις ανάγκες τις κάθε ομάδας ξεχωριστά. Τέτοια σχέδια θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο κεντρικό σχέδιο δράσης ώστε να γίνουν συγχρονισμένα όλες οι ενέργειες απ' όλους τους φορείς*(K.D.Sullivan et. al ,1995).*

Για να γίνει σωστά ο σχεδιασμός του προγράμματος δράσεων θα πρέπει να γίνουν έρευνες των πιο ευάλωτων και τρωτών ομάδων της κοινωνίας. Να δημιουργηθούν οι βάσεις δεδομένων με τα άτομα που ενδέχεται να χρειαστούν βοήθεια, τις περιοχές που ενδέχεται να παρουσιάσουν τις μεγαλύτερες απώλειες καθώς και τις υπηρεσίες που μπορούν να συνεισφέρουν σε κάθε περίπτωση καταστροφής*(Pumadere M., et al. 2005).*

7.3.Ετοιμότητα

Η ετοιμότητα της πολιτείας συνήθως ορίζεται από το σχέδιο δράσης. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ετοιμότητας οι κοινωνικές και υγειονομικές υπηρεσίες βρίσκονται σε κατάσταση επαγρύπνησης και ετοιμότητας. Ο σχεδιασμός της ετοιμότητας αυτής γίνεται σε εθνικό και τοπικό επίπεδο για την πιο άμεση επέμβαση σε περίπτωση ανάγκης*(Davies S.C. et al. 2013).*

Ορίζονται δυο φάσεις ετοιμότητας α) συνήθης ετοιμότητα και β) αυξημένη ετοιμότητα. Κατά την συνήθη ετοιμότητα γίνονται όλες οι ενέργειες από το κρατικό μηχανισμό για τη προετοιμασία των επόμενων σταδίων του σχεδίου. Αξιολογούνται τα στοιχειά και οι πληροφορίες για την εμφάνιση του φαινομένου και εκτιμάται η πιθανότητα καταστροφής. Ύστερα τίθεται σε εφαρμογή το σύστημα επικοινωνίας και ροής πληροφοριών. Καταγράφονται όλα τα μέσα πολιτικής προστασίας και ελέγχεται για την επάρκεια και την καταλληλότητα ο εξοπλισμός τους. Τέλος προετοιμάζονται τα κλιμάκια της πολιτικής προστασίας*(ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003).*

Η δεύτερη φάση ετοιμότητας ενεργοποιείται εάν αξιολογηθούν οι πληροφορίες πως είναι σχεδόν βέβαιο πως επίκειται καταστροφικό γεγονός. Γίνεται ευρύτερη κινητοποίηση του μηχανισμού πολιτικής προστασίας σε όλα

τα επίπεδα. Οργανώνονται τα επιτελικά και επιχειρησιακά όργανα και διατελούν σε πλήρη ετοιμότητα καθώς λαμβάνονται και προληπτικά μέτρα όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο*(ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003)*.

Τέλος η ετοιμότητα συμπεριλαμβάνει τη συνεχή παρακολούθηση και την αξιολόγηση της κατάστασης πριν και κατά την εξέλιξη ενός γεγονότος*(S.C. Davies et al. 2013).*

7.4.Κινητοποίηση-Επέμβαση-Ανακούφιση

Σε περίπτωση καταστροφικού γεγονότος γίνεται η κινητοποίηση και δραστηριοποίηση του συστήματος πολιτικής προστασίας. Οι επιχειρησιακές δυνάμεις βρίσκονται σε πλήρη δράση, το ανθρώπινο δυναμικό και ο εξοπλισμός αξιοποιούνται όσο το δυνατόν καλύτερα. Όπου και όταν κρίνεται σκόπιμο γίνεται ενημέρωση των πολιτών για τη λήψη μέτρων αυτοπροστασίας, συνδρομή και διευκόλυνση του έργου των υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες διοικητικής μέριμνας βρίσκονται σε πλήρη ετοιμότητα για τη στήριξη και επίλυση προβλημάτων των πληγέντων*(ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003)*.

Κατά τη φάση της επέμβασης ενεργοποιούνται όλοι οι φορείς(κρατικοί, ιδιωτικοί και εθελοντικοί). Οι φορείς αυτοί είναι υπεύθυνη για το τομέα που έχουν αναλάβει στο γενικό σχέδιο δράσης. Τα νοσοκομεία βρίσκονται σε εγρήγορση και τα κέντρα συμβουλευτικής είναι υπεύθυνα για την επικοινωνία και τον έλεγχο των ατόμων που χρίζουν βοήθεια*(S.C. Davies et al. 2013).*

Ανοίγουν οι ειδικά διαμορφωμένοι χώροι για το κοινό και με τη συμβολή του προσωπικού γίνεται η διευκόλυνση της προσέλευσης και η μεταφορά των ατόμων στους χώρους αυτούς. Ενεργοποιούνται τα τοπικά και κοινοτικά σχέδια των εθελοντικών ομάδων που κάνουν επισκέψεις στα άτομα που έχουν ανάγκη*(S.C. Davies et al. 2013).*

Τέλος η πολιτική προστασία είναι υπεύθυνη για την έκδοση τακτών ανακοινώσεων και προειδοποιήσεων για την αποφυγή της έκθεσης των πολιτών στο φαινόμενο*(Pumadere M., et al. 2003)*. Ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας τροποποιείται η λειτουργία των μέσων μαζικής μεταφοράς και αυξάνεται ο έλεγχος των συστημάτων ηλεκτροδότηση, ύδρευσης και ασφαλείας*(S.C. Davies et al. 2013).*

7.5.Ανασυγκρότηση- αποκατάσταση

Κατά τη φάση της ανασυγκρότησης έχει παρέλθη το καταστροφικό γεγονός και ξεκινά η αποκατάσταση των ζημιών που προκάλεσε. Αρχικά γίνεται εκτίμηση των ζημιών και της κατάστασης από ειδικούς και αρμόδιους φορείς. Παρέχεται βοήθεια στους πληγέντες και λαμβάνονται αποφάσεις για

την αποκατάσταση και την αποφυγή του φαινομένου ή των καταστροφών σε επόμενα γεγονότα*(ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003)*.

Καταρτίζονται ειδικά κλιμάκια για την σύσταση σχεδίου δράσης αποκατάστασης σε τοπικό, νομαρχιακό και εθνικό επίπεδο. Δημιουργούνται επιτροπές με σκοπό την καταγραφή και την εκτίμηση πιθανοτήτων ενός αντίστοιχου γεγονότος στο μέλλον και ξεκινά ο σχεδιασμός για την πρόληψη και την αποφυγή μιας επόμενης καταστροφής*(K.D.Sullivan et. al ,1995).*

7.6.Σχέδιο αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών στα νοσοκομεία σε περίπτωση φυσικών καταστροφών

Το Συντονιστικό Όργανο Τομέα Υγείας έχει σχεδιάσει το σχέδιο έκτακτων αναγκών νοσοκομείων με το κωδικό όνομα «ΠΕΡΣΕΑΣ». Σχεδιάστηκε στα πλαίσια αντιμετώπισης οξέων συμβάντων υγείας στη χωρά. Το σχέδιο περιλαμβάνει την εκπαίδευση του προσωπικού με ασκήσεις ετοιμότητας αλλά και προσομοιώσεις πραγματικών περιστατικών. Το σχέδιο επικαριοποιείται κάθε χρόνο και εφαρμόζεται για να αντιμετωπιστούν οι έκτακτες ανάγκες που προκύπτουν*(Ρούτση, Ε., 2010)*.

Το σχέδιο αποτελείται από τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται η περιγραφή της δύναμης, της οργανικής υπόστασης και της λειτουργίας των νοσοκομείων. Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει το σχεδιασμό και την περιγραφή των δράσεων σε επτά πιθανά σενάρια έκτακτων αναγκών (ένα εκ των οποίων είναι και η περίπτωση καύσωνα). Το τρίτο μέρος αναφέρεται στα φύλλα δράσης και ενεργειών με ανάθεση σε συγκεκριμένους υπηρεσιακούς παράγοντες ανά δράση*(Ρούτση, Ε., 2010)*.

Οι στόχοι του σχεδίου είναι:

- Να προσδιορίζει και να αναλύει τις ενέργειες για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών σε πολλαπλά σενάρια.
- Να καλύψει τη δυνατότητα των νοσοκομείων να συνεχίζουν να παρέχουν ένα σύνολο από κρίσιμες υπηρεσίες σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης.
- Να επανέρχονται ομαλά τα νοσοκομεία σε κατάσταση «κανονικής» λειτουργίας όταν οι συνθήκες ανάγκης εκλείψουν*(Ρούτση, Ε., 2010)*.

Το κάθε νοσοκομείο συντάσσει το σχέδιο στις ανάγκες του κάθε νοσοκομείου για να επικαιροποιηθεί από το Εθνικό Κέντρο Επιχειρήσεων Υγείας και το εφαρμόζει σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης*(Ρούτση, Ε., 2010)*.

7.7.Σχέδια πολιτικής προστασίας έκτακτων αναγκών

Το υπουργείο Προστασίας του Πολίτη και η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας έχουν συντάξει δυο ειδικά σχέδια αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών. Τα σχέδια αυτά περιλαμβάνουν το ειδικό σχέδιο διαχείρισης ανθρώπινων απωλειών και το σχέδιο αντιμετώπισης φυσικών κινδύνων. Τα δυο σχέδια απευθύνονται προς τις τοπικές αρχές και τις περιφέρειες.

Το ειδικό σχέδιο διαχείρισης ανθρώπινων απωλειών δημιουργήθηκε για την περίπτωση που υπάρξουν ανθρώπινες απώλειες από οποιοδήποτε συμβάν και περιλαμβάνει τα μέτρα, τις ενέργειες και τους φορείς που ενεργοποιούνται σε κάθε περίπτωση καθώς και τις δράσεις που πρέπει να γίνουν. Από την άλλη το σχέδιο αντιμετώπισης φυσικών κινδύνων περιγράφει όλες τις ενέργειες σε κάθε είδος φυσικό κίνδυνο καθώς και όλους τους αρμόδιους φορείς που εμπλέκονται στα μέτρα αυτά.

Το ειδικό σχέδιο διαχείρισης ανθρώπινων απωλειών περιέχει εννέα στάδια επιχειρήσεων για τους αρμόδιους φορείς. Τα στάδια αυτά είναι:

1. Ασφάλεια χώρου/ Έλεγχος περιμέτρου
2. Αυτοψία χώρου
3. Έρευνα/ Απεγκλωβισμός/ Περισυλλογή θυμάτων
4. Διαλογή, Καταγραφή και Αρχική Ταυτοποίηση Θανόντων
5. Ορισμός χώρων προσωρινής συντήρησης και αναγνώρισης των σορών
6. Λειτουργία χώρου προσωρινής συντήρησης
7. Νεκροτόμηση σορών
8. Διαχείριση σορών και απόδοση τους σε συγγενείς
9. Αποκλιμάκωση *(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*

Σε κάθε στάδιο επιχειρούν οι αρμόδιοι που έχουν αναλάβει το κάθε τομέα.

Το σχέδιο αυτό έχει αναπτυχθεί για κάθε περίπτωση που μπορούν να υπάρξουν ανθρώπινα θύματα και ενεργοποιείται όταν συντρέχουν οι προϋποθέσεις και αφού ενημερωθεί ο γενικός γραμματέας πολιτικής προστασίας *(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

Οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή του σχεδίου είναι να διαπιστωθεί ο αριθμός των θυμάτων προσεγγίζει ή υπερβαίνει τους 30 και έχει ενημερωθεί η αρμόδια προανακριτική αρχή. Έπειτα ενημερώνεται ο γενικός γραμματέας πολιτικής προστασίας και ενεργοποιείται το σχέδιο διαχείρισης ανθρώπινων απωλειών εφόσον έχει δοθεί κάθε δυνατή βοήθεια προς τους επιζώντες και έχουν ληφθεί όλα τα μέτρα περιορισμού ή ελαχιστοποίησης των επιπτώσεων του συμβάντος. Έχει να ολοκληρωθεί η διαλογή και η διακομιδή των τραυματιών στα κοντινότερα νοσοκομεία. Και τέλος έχει εξασφαλιστεί ο έλεγχος και η ασφάλεια της περιοχής του συμβάντος*(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

Το σχέδιο αντιμετώπισης φυσικών κινδύνων έχει ως στόχο τη κατάρτιση προγράμματος διαχείριση και αντιμετώπισης κρίσεων που προκαλούνται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές. Με σκοπό τη κατανομή αρμοδιοτήτων και την ανάληψη δράσεων από του αρμόδιους φορείς, οργανισμούς και ιδιώτες*(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

Οι γενικοί στόχοι του σχεδίου δράσης περιλαμβάνουν τη πρόληψη, την ετοιμότητα και την αποκατάσταση. Περιγράφονται όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς καθώς και όλες οι πρωτοβουλίες που θα πρέπει να αναλάβουν. Τέλος ορίζονται οι αρμοδιότητες και οι ρόλοι της κεντρικής διοίκησης.

Η πρόληψη αποσκοπεί στο περιορισμό των επερχόμενων κινδύνων. Αποτελείται από δράσεις για το περιορισμό της έκτασης της καταστροφής, τον έλεγχο του ρυθμού επέκτασης της και την εφαρμογή διαδικασιών ειδοποίησης και επικοινωνίας των αρμοδίων. Καθώς και την εφαρμογή ολοκληρωμένων ή μεμονωμένων μέτρων πρόληψης*(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

Η ετοιμότητα περιλαμβάνει δράσεις αποτίμησης διαθέσιμων πόρων. Σχεδιασμό, εκπαίδευση και πρακτική άσκηση του προσωπικού. Επίσης την εξέλιξη και την βελτίωση των συστημάτων πρόληψης. Ακόμη η ετοιμότητα περιλαμβάνει και το στάδιο απόκρισης*(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

Στο στάδιο απόκρισης γίνεται η ενεργοποίηση του προσωπικού και των υπηρεσιών. Η ενημέρωση των κυβερνητικών παραγόντων και η διάχυση πληροφοριών στο κοινό. Σε περίπτωση που απειλούνται περιοχές γίνεται η εκκένωση τους αλλά και παροχή υπηρεσιών υγείας και κοινωνικής αλληλεγγύης στους πολίτες που έχουν ανάγκη*(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

Κατά το στάδιο αποκατάστασης γίνεται αναδόμηση υπηρεσιών κοινής ωφελείας. Η καταγραφή και αποτίμηση καταστροφών καθώς και εξεύρεση απαιτούμενων κεφαλαίων για την αντιμετώπιση της κρίσης. Τέλος γίνεται αποκατάσταση των περιοχών που έχουν πληγεί*(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

Οι φορείς που εμπλέκονται στα στάδια αυτά είναι η πυροσβεστική υπηρεσία, η αστυνομία και το εθνικό σύστημα διαχείριση κρίσεων. Ακόμη γίνεται ανάπτυξη συνεργασιών με άλλους φορείς. Το εθνικό σύστημα διαχείρισης κρίσεων είναι υπεύθυνο για το σχεδιασμό ολοκληρωμένων προγραμμάτων αντιμετώπισης κρίσεων, την κατανομή των αρμοδιοτήτων, το συντονισμό των δράσεων αλλά και την χρηματοδότηση και τη διοίκηση των προγραμμάτων*(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2011)*.

8. Πρακτικές αστικής παρέμβασης για την αντιμετώπιση των καυσώνων

Στη βιβλιογραφία συναντώνται αρκετά μέτρα που έχουν προταθεί, εφαρμοστεί και σχεδιαστεί για την μείωση του αντίκτυπου των κυμάτων καύσωνα αλλά και την αντιμετώπιση και την εξάλειψη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Τέτοιες πρακτικές περιλαμβάνουν τις ζώνες πρασίνου, τις ζώνες ύδατος, τεχνητή σκίαση, τεχνικές απορρόφησης και μετριασμού για την αντιμετώπιση του φαινομένου.

8.1.Ζώνες πρασίνου

Το πράσινο είναι ένας από τους καλύτερους, πιο φιλικούς και οικονομικούς τρόπους για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Η βλάστηση και κυρίως τα δέντρα είναι από τα πιο αποτελεσματικά μέτρα διότι προσφέρουν ταυτόχρονα αρκετούς μηχανισμούς που λειτουργούν για τη μείωση της θερμοκρασίας και συνεπώς τη μείωση της έντασης των κυμάτων καύσωνα και της ΑΘΝ. Η αποτελεσματικότητα της βλάστησης όμως εξαρτάται από το είδος των φυτών, το εύρος τους και κυρίως τη στρατηγική χωροθέτησή τους.(*Doick K., Hutchings T., 2013*)

Ο αντίκτυπος της βλάστησης δεν είναι μονοσήμαντος αλλά έχει αρκετές παραμέτρους που λειτουργούν τη ίδια στιγμή άλλες φόρες αθροιστικά και άλλες συμπληρωματικά. Η βλάστηση έχει τέσσερις τρόπους να ισορροπεί τη θερμοκρασία , με την εξάτμιση, την ανασοδιαπνοή, την ανάκλαση και τη σκίαση. Σε συνδυασμό και οι τέσσερις τρόποι μπορούν να μειώσουν τη θερμοκρασία ως και 15-20°C για το δομημένο περιβάλλον και 2-8°C για την ατμοσφαιρική θερμοκρασία.*(Doick K., Hutchings T., 2013*)

Με την εξάτμιση η ενέργεια που προσλαμβάνουν τα φυτά χρησιμοποιείται για την μετατροπή του νερού σε ατμούς, το νερό που βρίσκεται πάνω στα φύλλα, εντός το κορμού ή στις ρίζες αποβάλλεται με την ανασοδιαπνοή. Με αυτόν το τρόπο δεσμεύεται ένα μέρος της ενέργειας του περιβάλλοντος για την διαδικασία αυτή και μειώνεται η αισθητή θερμοκρασία.*(Doick K., Hutchings T., 2013)*

Η σκίαση λειτουργεί με τρεις ευεργετικούς τρόπους για την καταπολέμηση του φαινομένου της ΑΘΝ. Αρχικά περιορίζει την διείσδυση του ηλιακού φωτός και άρα αποτρέπει την θέρμανση του γύρω δομημένου χώρου, και την απελευθέρωση του τις ώρες που έχει υποχωρήσει η θερμοκρασία. Επίσης με τη σκιά μειώνεται η ενέργεια που δέχονται τα κτήρια και άρα θερμαίνονται εσωτερικά λιγότερο με συνέπεια να απαιτείται μικρότερη ενέργεια για την ψύξη τους.(*Doick K., Hutchings T., 2013).* Τέλος έρευνες δείχνουν πως η απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί μεγαλύτερη δυσφορία από την υψηλότερη ατμοσφαιρική θερμοκρασία

(Emmanuel, 2005). Η σκιά μειώνει την απευθείας έκθεση για τους ανθρώπους όταν η βλάστηση βρίσκεται κοντά στις κατοικημένες περιοχές. Σε αυτή την περίπτωση απορροφά επίσης την εκπεμπόμενη θερμότητα που αποβάλλουν τα κτήρια.*(Doick K., Hutchings T., 2013*)

Η πυκνότητα και το σχήμα του φυλλώματος παίζουν το μεγαλύτερο ρόλο στην αποτελεσματικότητα της σκίασης που προσφέρει ένα δέντρο. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν είναι διάρκεια ζωής του δέντρου, ο ρυθμός ανάπτυξης και κυρίως η χωροθέτησή τους.(*Doick K., Hutchings T., 2013*) Εκτιμάται πως η σκίαση προσφέρει σχεδόν δυόμιση φορές καλύτερο αποτέλεσμα στην μείωση της θερμότητας απ' ότι η εξάτμιση.(*McPherson, 1993*)

Ο αντίκτυπος της σκιάς στο δομημένο περιβάλλον και την ατμοσφαιρική θερμοκρασία εξαρτάται από την έκταση που καταλαμβάνουν οι ζώνες πρασίνου καθώς και ποσό απέχουν μεταξύ τους. Ανάλογα με την έκταση που καταλαμβάνει μια ζώνη πρασίνου η ευεργετική μείωση της θερμοκρασίας επεκτείνεται και στις γύρω περιοχές. Ένα πάρκο με έκταση περίπου 500 εκταρίων έχει την ικανότητα να μείωση τη θερμοκρασία των γύρω περιοχών σε απόσταση ως και δυο (2) χιλιομέτρων από αυτό, ενώ ακόμη και από μια ζώνη 0,5 εκταρίων η ευεργετική μείωση στην θερμοκρασία εκτείνεται έως και 150 μέτρα απ το πάρκο.*(Doick K., Hutchings T., 2013*)

Η επιλογή του είδους των δέντρων και των φυτών παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόδοση και την μείωση που θα επιφέρουν τα δέντρα αυτά στη ζώνη πρασίνου.(*Doick K., Hutchings T., 2013*). Δέντρα με πολλά φύλλα και πλατιά φυλλώματα προσφέρουν καλύτερο αποτέλεσμα στη σκίαση καθώς και δέντρα με ψηλούς κορμούς μαζί με θαμνώδης βλάστηση προσφέρουν μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας. Επίσης η πυκνότητα των δέντρων επηρεάζει το κατά πόσο θα αποδώσει ωφέλημα το πάρκο.(*Potchter O., Cohen P., Bitan A., 2006)*

Τα δέντρα αντιδρούν διαφορετικά σε περιόδους ξηρασίας, έντονης ηλιοφάνειας, υψηλών θερμοκρασιών. Έτσι θα πρέπει να γίνει επιλογή των καταλληλότερων φυτών και δέντρων που θα χρησιμοποιηθούν στις ζώνες πρασίνου ώστε να αντέχουν και να αποδίδουν στις κλιματικές και καιρικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή αλλά και τις μεταβολές που θα υποστούν αυτές στο κοντινό μέλλον*(Doick K., Hutchings T., 2013*). Δέντρα με μικρά φύλλα τείνουν να διαχειρίζονται καλύτερα τις υψηλές θερμοκρασίες, την έλλειψη νερού και τον περιορισμένο χώρο για την ανάπτυξη των ριζών τους. Επίσης ψηλά δέντρα με πυκνό φύλλωμα παρέχουν μεγαλύτερη σκιά και είναι πιο ευεργετικά για την βιοποικιλότητα των πόλεων καθώς και στη αποστράγγιση των βρόχινων νερών σε σχέση με μικρά διακοσμητικά είδη.*(Doick K., Hutchings T., 2013*)

Ένας ακόμη παράγοντας είναι η απόσταση που είναι χωροθετημένη η μια ζώνη από την άλλη, αλλά και εάν υπάρχουν πεζοδρόμια, γρασίδι και γενικώς εάν έχουν χρησιμοποιηθεί μαλακά ή σκληρά υλικά για τη δημιουργία της ζώνης. Μελέτες έδειξαν πως οι ζώνες πρασίνου έχουν μια εμβέλεια και εκτός

των πάρκων που επιδρά στη μείωση της θερμοκρασίας των γύρω περιοχών. Μια βέλτιστη απόσταση μεταξύ ζωνών πρασίνου είναι τα 300 μέτρα για την καλύτερη δυνατή μείωση της θερμοκρασίας μέσα σε μια περιοχή *(Honjo T., Takakura T., 1991*). Με τον κατάλληλο σχεδιασμό γίνεται δυνατή η δημιουργία ενός συλλογικού δικτύου από πάρκα, κήπους, βλάστηση πράσινων στεγών και δέντρων στους δρόμους που θα μειώνουν τη θερμοκρασία σε όλη την εκταση της πόλης *(Doick K., Hutchings T., 2013).*

Ακόμη καθοριστικό ρόλο παίζει και ο προσανατολισμός των πράσινων ζωνών και κυρίως των δέντρων που παρέχουν σκίαση κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Η εσφαλμένη τοποθέτηση τους μπορεί να αυξήσει τις ανάγκες θέρμανσης το χειμώνα ξεπερνώντας τα πλεονεκτήματα της μείωσης της θερμοκρασίας το καλοκαίρι *(Doick K., Hutchings T., 2013).* Η επιλογή της θέσης του κάθε δέντρου εάν βρίσκεται κοντά σε κτίσματα θα πρέπει να γίνει με κριτήρια την ηλιοφάνεια και το προσανατολισμό του κτηρίου ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση από το κάθε δέντρο. Η θέση του δέντρου εξαρτάται και από το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα διότι μπορεί να τοποθετηθεί ώστε να μην παρέχει απευθείας σκίαση σε κάποιο κτίσμα αλλά να επηρεάζει το μικροκλίμα της περιοχής και να μειώνει την ένταση των ανεμών που προσβάλλουν το κτίσμα.*(Doick K., Hutchings T., 2013)*

Οι ζώνες πρασίνου έχουν ένα ακόμη ευεργετικό ρόλο. Έχουν θετική επίδραση στην υγεία των κατοίκων των πόλεων και στο καλλωπισμό τους. Μια πιο πράσινη πόλη είναι πιο ευχάριστη για τους κατοίκους της διότι τους προσφέρει χώρους αναψυχής, περιπάτων αλλά ακόμη και βιοποικιλότητας μέσα στην πόλη όταν συναντώνται πτηνά και μικρά ζώα.

Υπάρχουν βέβαια και μειονεκτήματα από τη χρήση δέντρων και ζωνών πρασίνου διότι καθώς παρέχουν σκιά όταν είναι ακατάλληλα τοποθετημένα και χωροθετημένα τότε πολύ πιθανό να μειώσουν την απόδοση των ηλιακών συσκευών, ηλιακών συλλεκτών, αλλά και να αυξήσουν την απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση των κτηρίων. Επίσης υπάρχουν κίνδυνοι από τις ρίζες τους γιατί ο περιορισμένος χώρος που έχουν οι ρίζες να αναπτυχθούν μπορεί να οδηγήσει σε παραμορφώσεις και ζημίες των πεζοδρομίων και σε μικρότερο βαθμό σε κτήρια, που θα αυξήσουν τα κόστη διαχείριση των ζωνών αυτών. Σε περιόδους και περιοχές με έντονες καταιγίδες υπάρχει η πιθανότητα πτώσης κλαδιών ακόμη και δέντρων που μπορούν να προκαλέσουν ζημίες. Τέλος τα φυτά με τη γύρη τους προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα σε άτομα που πάσχουν από κάποιο αναπνευστικό νόσημα.*(Doick K., Hutchings T., 2013)*

Οι ζώνες πρασίνου μαζί με τις υδάτινες μάζες λειτουργούν αθροιστικά και συμπληρωματικά για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ΑΘΝ. Προσφέρουν νερό για την άρδευση των ζωνών πρασίνου δεσμεύουν και αυτά με τη σειρά τους κάποιο μέρος της ηλιακής ενέργειας και προσφέρουν ζωή στη πόλη.

8.2.Υδάτινες Επιφάνειες

Οι ζώνες ύδατος είναι ίσως από τα πιο αποτελεσματικά μέσα για την αντιμετώπιση των κυμάτων καύσωνα και τη μείωση του αντίκτυπου του φαινομένου της ΑΘΝ. Το νερό λειτουργεί σαν ένας καθρέφτης που ανακλάει το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται και ένα μέρος της ενέργειας χρησιμοποιείται για την εξάτμιση (την μετατροπή του νερού σε υδρατμούς). Συνεπώς μειώνει την ατμοσφαιρική θερμοκρασία του περιβάλλοντος.*(Doick K., Hutchings T., 2013*)

Το αποτελέσματα από τις ζώνες ύδατος στη μείωση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας είναι σημαντικό σε αστικά περιβάλλοντα και θα πρέπει να γίνεται με σωστό σχεδιασμό για να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ενα υδάτινο σώμα δημιουργεί μια ψυχρή νησίδα στη πόλη κατά τη διάρκεια της ημέρας και λειτουργεί ως κέντρο αναψυχής για τον πληθυσμό *(Ranhao S., 2012*).

Το μέγεθος των ζωνών ύδατος και η διασπορά τους παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους στη μείωση της θερμοκρασίας της πόλης. Μεγάλες λίμνες έχουν μεγαλύτερη επιρροή στη θερμοκρασία κοντά στις ακτές και στις περιοχές που επηρεάζονται από τους ανέμους που διέρχονται από τη λίμνη. Μικρότερες λιμνούλες που έχουν διασκορπιστεί ομοιόμορφα μέσα στον αστικό ιστό έχουν μεγαλύτερο αποτέλεσμα για το σύνολο της πόλης παρά την μικρή εμβέλεια της επιρροής τους τοπικά *(Solcerova A. et al, 2012).*

Η διασπορά των υδάτινων ζωνών είναι αναγκαία για την ομοιόμορφη κατανομή της μείωσης της θερμοκρασίας στη πόλη. Το αποτέλεσμα μπορεί να ενισχυθεί όταν έχουν σχετικά κανονικά σχήματα για την αντιμετώπιση της ετερογένειας που παρουσιάζεται στο δομημένο ιστό της πόλης *(Ranhao S., 2012).*

Αν και οι υδάτινες ζώνες έχουν ευεργετικές συνέπειες για την μείωση της θερμοκρασίας κατά την ήμερα όταν η θερμοκρασία πέφτει, όπως κατά της νυχτερινές ώρες, τότε οι λίμνες τείνουν να απελευθερώνουν τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει κατά τη διάρκεια τη ημέρας επιφέροντας το αντίθετο αποτέλεσμα. Επίσης η εξάτμιση από ανοιχτές υδάτινες μάζες μειώνει τη θερμοκρασία όμως αυξάνει την υγρασία, που μπορεί να οδηγήσει τους ανθρώπους σε άβολες καταστάσεις παρά τη μειωμένη ατμοσφαιρική θερμοκρασία *(Solcerova A. et al, 2012).*

8.3.Τεχνητή σκίαση

Η τεχνητή σκίαση είναι η διαδικασία για τη δημιουργία χώρων σκιάς με τεχνητά μέσα, όπως σκέπαστρα, κλείστρα, καθρέπτες κα. Σε πολλές περιοχές με ισχυρή ηλιοφάνεια και ελάχιστη βλάστηση γίνονται προσπάθειες να δημιουργηθούν δημόσιοι χώροι που θα προσφέρουν σκιά και μειωμένες

θερμοκρασίες κατά την περίοδο των κυμάτων καύσωνα για τους κατοίκους των πόλεων.

Η τεχνητή σκίαση μπορεί να επιτευχτεί και μέσα από τον σχεδιασμό των κτηρίων και την χωροθέτησή τους ώστε να παρέχουν τις ώρες αιχμής τις κατάλληλες συνθήκες σκιάς για τις περιοχές που βρίσκονται γύρω τους. Τέτοια μέτρα στο σχεδιασμό μπορούν να επηρεάσουν και τη θερμοκρασία εντός των κτηρίων αλλά και την ενεργειακή κατανάλωση για το φωτισμό και την ψύξη τους *(Doick K., Hutchings T., 2013).*

Η μορφή ενός κτηρίου μπορεί να λειτουργεί ως ένα μέσο τεχνητής σκίασης. Έτσι κτήρια που έχουν κατασκευαστεί με πιλοτές παρέχουν σκιά σε μικρή κλίμακα για το κτίσμα και τους κατοίκους του . Οι πιλοτές επισκιάζουν το έδαφος κάτω από τα οικοδομήματα που διατηρεί σχετικά χαμηλότερη θερμοκρασία εδάφους σε σχέση με τους περιβάλλοντες δρόμους. Η θερμοκρασία του εδάφους με τη σειρά της επιδρά με την ατμοσφαιρική και μειώνεται αισθητά η αντιλαμβανόμενη θερμοκρασία.

Μια ακόμη μορφή τεχνητής σκίασης στη βάση του παραπάνω πρότυπου είναι και οι στοές ανάμεσα στα κτήρια αλλά και δρόμους ολόκληρους. Η τεχνική των στοών έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετά κτήρια στο κέντρο της Αθήνας.

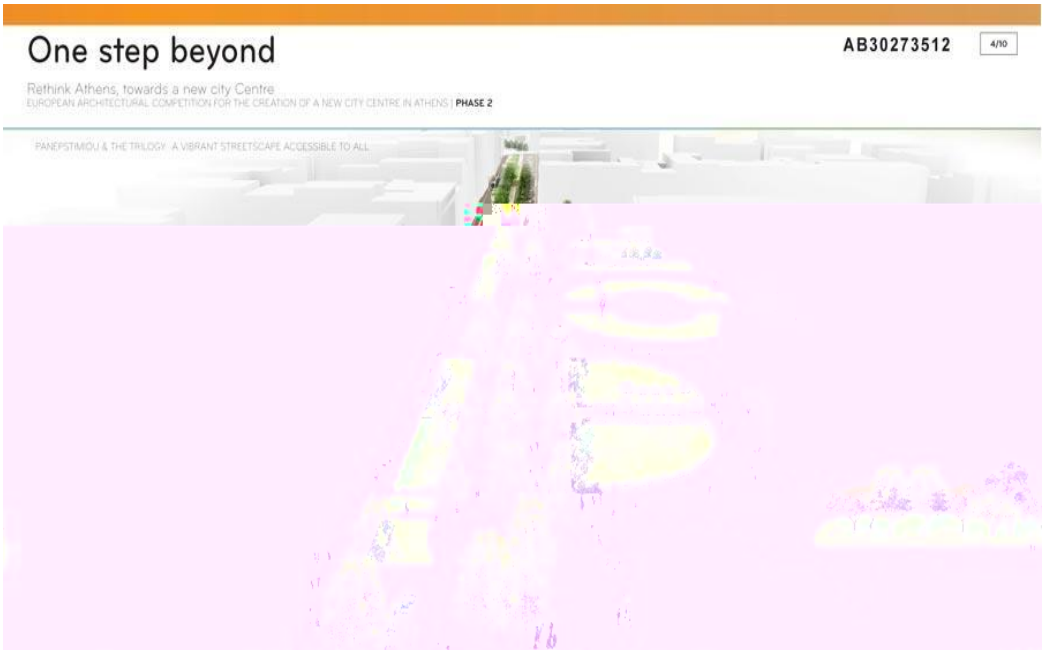
Τέλος ειδικές κατασκευές έχουν αναπτυχθεί που μιμούνται τη λειτουργιά της φύσης για τη δημιουργία σκιάς. Κατασκευές τεχνητής σκίασης έχουν σχεδιαστεί πάνω στα μοντέλα των δέντρων και φύλλων πάνω στα κλαδιά, που επιτρέπουν τη διείσδυση του αέρα στα χαμηλότερα στρώματα ενώ απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία όπως τα δέντρα στη φύση. Τέτοιες κατασκευές έχουν χρησιμοποιηθεί σε μερικά κτήρια στο Τόκυο, που προσελκύουν υψηλό αριθμό ατόμων κατά τη διάρκεια της ημέρας όπως εμπορικά κέντρα και γραφεία εταιρειών *(INSAM, 2011).*

Οι κατασκευές αυτές αναπτύχτηκαν από το πανεπιστήμιο του Τόκυο, βασίζονται στη μορφή των δέντρων, κλαδιών και φύλλων κατασκευάζονται από συνθετικό υλικό, και η πειραματική τους χρήση έδειξε πως η θερμοκρασία του εδάφους ήταν 15°C χαμηλότερη από τις εκτεθειμένες επιφάνειες. Ακόμη η θερμοκρασία της ίδιας της κατασκευής ήταν μέχρι και 20°C χαμηλότερη από τις επίπεδες οροφές των άλλων κτηρίων. Η αισθητή θερμοκρασία, κάτω από την σκιά της κατασκευής, ήταν δυο με τρεις βαθμούς χαμηλότερη. Τέτοιες κατασκευές έχουν εγκατασταθεί σε αρκετά κτήρια του Τόκυο από το 2009*(INSAM, 2011).*

Υπάρχουν βέβαια και πιο παραδοσιακές τεχνικές όπως έχουν προταθεί από τους νικητές του διαγωνισμού για την ανάπλαση της Αθήνας, rethink Athens. Η χρήση περγκολών, περιπτέρων και αναρριχώμενων φυτών σε περιοχές όπου υπάρχει αρκετή διαθέσιμη έκταση για την κατασκευή τους. Τέντες και μεταβλητά στοιχεία σε πιο περιορισμένες εκτάσεις που θα μπορούν να περιστραφούν ή και να μετακινηθούν για τις ανάγκες των χρηστών του χώρου *(Rethink Athens, 2013).*

Οι πέργκολες θα λειτουργούν σε συνεργασία με φυτά και υδάτινες μάζες για να προσφέρουν το καλύτερο και το πιο καλαίσθητο αποτέλεσμα για τις πλατείες και τους ανοιχτούς χώρους. Τα περίπτερα δεν θα είναι μονό χώροι σκιάς αλλά θα προσφέρουν επίσης διάφορες δραστηριότητες για τους πολίτες και θα λειτουργούν ως χώροι συνάντησης καθώς θα παρέχουν τέτοιες λειτουργίες. Τα μικρότερης κλίμακας σκίαστρα και τέντες θα τοποθετηθούν σε περιοχές με ελάχιστο ελεύθερο χώρο και θα λειτουργούν ως μέσα ανακούφιση από τις υψηλές θερμοκρασίες προσφέροντας σκιά της ώρες αιχμής κυρίως του καλοκαιρινούς μήνες *(Rethink Athens, 2013).*

Εικονα 6 Νικήτρια πρόταση του διαγωνισμού Rethink Athens



Πηγή: επεξεργασία από « **http://www.rethinkathenscompetition.org/uploads/proposal_entries/AB30273512/images/Rethink-Athens2-AB30273512-4.jpg** **»**

8.4.Μέτρα μετριασμού του κινδύνου καύσωνα και της ΑΘΝ

Μετριασμός του κινδύνου είναι η διαδικασία και τα μέτρα για τη μείωση της έντασης και των επιπτώσεων από τα κύματα καύσωνα και ειδικά τις ΑΘΝ. Για να μετριαστούν οι επιπτώσεις του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας χρησιμοποιούνται αρκετά εργαλεία που μπορούν να μετριάσουν ή και να μειώσουν τον αντίκτυπο. Τα μέτρα αυτά κυμαίνονται από απλή επίστρωση με ειδικά υλικά ως και τη καλλιέργεια φυτών και δέντρων στις οροφές των κτηρίων.

Τα μέτρα μετριασμού του φαινομένου της αστική θερμικής νησίδας είναι δυνατόν να αποδειχθούν ευεργετικά σε διάφορους τομείς, τον οικονομικό, τον ενεργειακό, το πολιτικό και το περιβαλλοντικό τομέα.

Τα πλεονεκτήματα αφορούν κυρίως στον οικονομικό και τον ενεργειακό τομέα καθώς όταν αυξάνονται οι θερμοκρασίες αυξάνεται και η κατανάλωση ενέργειας για τη ψύξη των εσωτερικών χώρων, με τη χρήση κλιματιστικών. Η ανάγκη για μεγαλύτερα ποσά ενέργειας οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανάλωση των φυσικών πόρων. Οι άμεσες συνέπειες από τη χρήση των φυσικών πόρων πλήττουν το περιβάλλον με αυξημένες εκπομπές αερίων ρύπων και αλόγιστη εξόρυξη φυσικών πόρων. Οι έμμεσες συνέπειες είναι για την οικονομία και το πολιτικό σύστημα.

8.4.1. Υλικά δόμησης

Οι σημερινές κατασκευές τείνουν να έχουν μια μέση διάρκεια ζωής 60-80 χρόνια*(Conner R, Enticknap L., 2007*). σε πολλές περιπτώσεις ξεπερνά και τα 100 χρόνια. Στη διάρκεια αυτή τα κτήρια θα υποστούν αλλαγές στη λειτουργία τους, της χρήση τους αλλά και τη διαχείρισή τους. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να επιφέρουν επιπτώσεις στη λειτουργικότητα, τη δομή και τη μορφή του κτηρίου.

Τα συμβατικά υλικά δόμησης έχουν μικρό βαθμό ανάκλασης της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή λευκαύγεια ή albedo, και άρα απορροφούν το μεγαλύτερο πόσο της ενέργειας που δέχονται, υπό την μορφή ακτινοβολίας. Το ποσοστό της ενέργειας που συγκρατούν μπορεί να φτάσει έως και το 95% *(EPA, 2006).* Υλικά δόμησης δεν είναι μόνο τσιμέντο και το μπετόν αλλά όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές όπως άσφαλτος, σίδερο, τούβλα κα.

Η άσφαλτος καλύπτει ως και το 1/3των πόλεων διότι χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλες της κατασκευές είτε για την κάλυψη των επιφανειών, είτε για τη μόνωση τους, είτε για τη βελτίωση της σταθερότητας και την λείανσή τους. Είναι ένα υλικό εύπλαστο και χρήσιμο όμως απορροφά πάνω από το 95% της ενέργειας που δέχεται και άρα θερμαίνεται ακόμη και όταν δεν έχουμε πολύ υψηλές θερμοκρασίες αέρα. Η θερμοκρασία της φτάνει τους 68°C με μέση θερμοκρασία αέρα στους 35°C *(Roese L. 2003).* Η αύξηση της θερμοκρασίας εδάφους οδηγεί σε μεγαλύτερη αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας που με τη σειρά της οδηγεί σε αυξημένη ζήτηση για ενέργεια ειδικά μέσα στις πόλεις για την ψύξη των κτηρίων. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να παραχθούν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας και να απελευθερωθούν όλο και περισσότερα αέρια από την καύση των ορυκτών καυσίμων για τη παράγωγη της ενέργειας(*Rose L. 2003*).

Σύγχρονες δομικές τεχνολογίες προσφέρουν υλικά που μπορούν να έχουν βαθμό ανακλαστικότητας που να φτάνει ως και το 85% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας *(EPA, 2006).* Τέτοια υλικά έχουν χρωστικές ουσίες μέσα στη

δομή τους που προσφέρουν αυξημένη λευκαύγεια για την μείωση της ενέργειας που απορροφούν οι κατασκευές. Η θερμοκρασία τέτοιων κατασκευών δεν ξεπερνά τους 45-46°C,τους καλοκαιρινούς μήνες, και παραμένει 6-10°C υψηλότερη από την ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Συγκριτικά με κατασκευές που έχουν μόνο συμβατικά υλικά στα οποία η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 75°C, τους καλοκαιρινούς μήνες *(EPA,2006).*

Οι οροφές των κτηρίων καταλαμβάνουν το 25% τους συνόλου της επιφάνειας των δομημένων χώρων και είναι από τα λειτουργικά στοιχεία που αυξάνουν την ένταση της ΑΘΝ διότι η θερμοκρασίες των οροφών τους καλοκαιρινούς μήνες μπορούν να φτάσουν και τους 80°C. Οι οροφές παίζουν ρόλο και στην κατακόρυφη κίνηση της θερμότητας μέσα στο κτήριο διότι θερμαίνουν τον αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων που βρίσκεται κοντά στην κορυφή και μετέπειτα αυτή η ενέργεια μεταφέρεται σε όλο το κτήριο που οδηγεί σε αυξημένες ανάγκες για τη μηχανική ψύξη των κτηριακών χώρων *(EPA, 2006).*

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση και τη κάλυψη των ταρατσών των κτηρίων είναι συνήθως ασφαλτικής προέλευσης. Εναλλακτικά οι ταράτσες επενδύονται με τσιμεντένιες πλάκες *(Savio P., et al, 2006).* Τα υλικά αυτά αν και έχουν έναν σχετικά υψηλό βαθμό ανακλαστικότητας, 15-20%, δεν το διατηρούν λόγο της φθοράς, της σκόνης και της εσφαλμένης ή και καθόλου συντήρησης τους *(EPA,2006).* Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί τεχνικές που βελτιώνουν τη λευκαύγεια των επιφανειών των ταρατσών που μπορούν να αυξήσουν το βαθμό αντανάκλασης έως και το 65% *(EPA, 2006).* Θα πρέπει να γίνει η σωστή επιλογή του υλικού και του χρώματος διότι μερικά υλικά όπως τα λεύκα μέταλλα τείνουν να συγκρατούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που δέχονται παρά την υψηλή ανακλαστικότητά τους *(Savio P., et al, 2006).*

Οι τεχνικές για την αύξηση της λευκαύγειας και της ανακλαστικότητας αν και είναι σχετικά φθηνές όμως τείνουν να χάνουν ένα μέρος της αποδοτικότητάς τους με τη πάροδο του χρόνου. Οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα εύρος επιφανειών όπως υδατοστεγή πεζοδρόμια, δρόμοι, οροφές κα. Επίσης οι επιφάνειες με υψηλή λευκαύγεια διασπείρουν την ακτινοβολία που δέχονται σε γειτονικές επιφάνειες μειώνοντας το συνολικό αποτέλεσμα σε σχέση με πιο μόνιμες τεχνικές όπως αστικές πράσινες ζώνες και πράσινες οροφές *(Savio P., et al, 2006).*

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της μεθόδου αύξησης ανακλαστικής ικανότητας έχει αντίκτυπο σε αρκετούς τομείς όπως οικονομικό, περιβαλλοντικό, δημόσια υγεία, εκπομπές αερίων , διαχείριση κρίσεων αλλά και συντήρησης. Ανάλογα με τη οικία, τη μόνωση και το γύρω περιβάλλον στον ιδιωτικό τομέα μπορούν να προσφέρουν οικονομίες που να φτάνουν το 80% ή 7,4KWh/ήμερα.*(Aguiar A.C., 2012)*

Η ενεργειακή κατανάλωση για το κλιματισμό στα κτήρια επηρεάζεται και από την επιφανειακή θερμοκρασία και από την θερμοκρασία του αέρα με

αλληλοεξαρτούμενες διαδικασίες. Όταν μειώνεται η θερμοκρασία των επιφανίων, όπως πεζοδρόμια, δρόμοι, τείχη, οροφές, τότε μειώνεται και η θερμοκρασιακή ροη στο εσωτερικό των κτηρίων. Αυτό οδηγεί σε μικρότερες θερμοκρασίες στο εσωτερικό των κτηρίων που είναι από τους κυριότερους λόγους για τη χρήση κλιματιστικών και της αυξημένης ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια *(Savio P., et al,2006).* Η μείωση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας οδηγεί σε μειώσεις αναγκών για κλιματισμό και επιτρέπει τον απλό αερισμό των εσωτερικών χώρων.

Επίσης οι ανάγκες για το φωτισμό της νυχτερινές ώρες μειώνονται όταν έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά με υψηλό δείκτη λευκαύγειας επιτρέποντας τη χρήση λιγότερο ενεργοβόρων λαμπτήρων και φωτεινών στοιχείων*(Ronnen L., Haley G., 2011*). Ακόμη αυξάνεται η ασφάλεια στις περιοχές αυτές.

Εικονα 7 Διαφορά φωτεινότητας με τη χρήση νέων υλικών και συμβατικών



Πηγή: «Cool pavements for cool communities», Ronnen L., Haley G., Lawrence Berkeley National Laboratory, 2011, p32.

Εικονα 8 Συμβατικά και αυξημένης λευκαύγειας δομικά υλικά

ΥΛΙΚΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (%)
ΜΑΥΡΗ ΑΚΡΥΛΙΚΗ ΜΠΟΓΙΑ	5
ΝΕΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	5 – 10
ΠΑΛ/ΝΟ ΑΣΦΑ/ΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	10 -15
ΠΑΛ/ΝΟ ΓΚΡΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	20 – 35
ΝΕΟ ΓΚΡΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	35 – 50
ΕΙΔΙΚΗ ΧΡΩΜ/ΣΤΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ	45 - 55
ΝΕΟ ΛΕΥΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	70 – 80
ΛΕΥΚΗ ΑΚΡΥΛΙΚΗ ΜΠΟΓΙΑ	80

Πηγή: επεξεργασία από παρουσίαση «Cool pavements for cool communities», Ronnen L., Haley G., Lawrence Berkeley National Laboratory, 2011, p15.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω πίνακα τα υλικά με αυξημένη λευκαύγεια και οι νέες τεχνολογίες αύξηση της ανακλαστικής ικανότητας των υλικών προσφέρουν ως και τρεις φορές μεγαλύτερο ποσοστό ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας-ενέργειας.

Τα υλικά με ανοιχτούς χρωματισμούς και κυρίως με λευκό χρώμα ανακλούν την ακτινοβολία στο ορατό φάσμα, 400-700nμ, όμως τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία έχει δώσει χρωματισμούς που εμπεριέχουν στοιχεία που κάνουν δυνατή την ανάκλαση και του κοντινού υπέρυθρου φάσματος, 700-2500nμ, που είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανίων *(SavioP., et al, 2006*).

Εκτός από την απευθείας χρήση των στοιχείων στα δομικά υλικά έχουν αναπτυχθεί και τεχνικές που επιτρέπουν την επικάλυψη των επιφανίων με ειδικά υλικά που αυξάνουν την λευκαύγεια και την ανακλαστικότητα των επιφανίων.

8.4.2. Ψυχρές στέγες (Cool Roofs)

Υλικά επικάλυψης χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις για την αύξηση της ανακλαστικής ικανότητας των επιφανίων και επιτρέπουν τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας αλλά και περαιτέρω πλεονεκτήματα από τη χρήση τους.

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν δυο είδη στέγης που μπορεί να εφαρμοστούν οι τεχνικές επικάλυψης, στέγες μικρής κλίσης και στέγες μεγάλης κλίσης. Οι στέγες μικρής κλίσης είναι τυπικές λείες οροφές των κτηρίων που έχουν ελάχιστη κλίση μόνο για την απορροή των βρόχινων νερών, ενώ οι στέγες μεγάλης κλίσης είναι οι οροφές κυρίως των μονοκατοικιών που έχουν αρκετά μεγάλη κλίση και προσφέρουν επιπλέον χώρο κάτω από τη στέγη(σοφίτες). Η τεχνικές για την αύξηση της λευκαύγειας στις στέγες μικρής κλίσης είναι πιο αποδοτικές σε σχέση με της τεχνικές για τις στέγες μεγάλης κλίσης *(EPA, 2006).*

Οι τεχνικές επικάλυψης για τις στέγες μικρής κλίσης(συνήθως είναι κατασκευασμένες είτε από τσιμέντο είτε από ασφαλτικής φύσεως μεμβράνες) προσφέρουν δυο ειδών επεξεργασία, την επένδυση(coating) και την μονή μεμβράνη(single-ply membranes). Η επένδυση είναι τεχνική κατεργασίας των στεγών μικρής κλίσης ώστε να αυξηθεί η ανακλαστικότητά τους. Τα υλικά έχουν την ίδια συνοχή με μια παχύρευστη μπογιά και περιέχουν συμπληρώματα που βελτιώνουν τη προσκόλληση, την ανθεκτικότητα, την ικανότητα για αυτοοκαθαρισμό(με απλό βρόχινο νερό) καθώς και να αποτρέπει οποιαδήποτε ανάπτυξη μυκήτων, βακτηριδίων και φυκιών*(EPA,2006).*Η τεχνική της επένδυσης εφαρμόζεται σε ευρύ φάσμα υλικών όπως ασφαλτικές μεμβράνες, τσιμέντο, χαλίκια, μέταλλα καθώς και όλες τη μεμβράνες μόνωσης *(Ronnen L., Haley G., 2011).*

Υπάρχουν δυο ειδών τεχνικές επένδυσης τσιμεντοειδή(cementitious) και ελαστομερή(elastomeric). Η τσιμεντοειδής επένδυση περιέχει μόρια τσιμέντου για μεγαλύτερη συνοχή ενώ η ελαστομερής επένδυση περιέχει πολυμερή που προσφέρουν μεγαλύτερη ευκαμψία για την αποφυγή ρωγμών, θραυσμάτων και βελτιώνουν τη πρόσφυση στην επιφάνεια. Και τα δυο είδη έχουν μια ανακλαστική ικανότητα μεγαλύτερη του 65%, όταν είναι καινούργια, και θερμική εκπομπή 80 με 90% *(EPA,2006).*

Η μεγάλη διαφορά μεταξύ των δυο ειδών επένδυσης είναι πως η ελαστομερής επένδυση προσφέρει υδατοστεγή μόνωση ενώ η τσιμεντοειδής βασίζεται στα κατώτερα στρώματα για τη μόνωση της οροφής. Επίσης υπάρχει διαφορά στη τιμή. Η τσιμεντοειδής επένδυση ξεκινά από τα δυο δολάρια το τετραγωνικό μέτρο(2$/$m^2$) και φτάνει τα πέντε δολάρια (5$/$m^2$) και περιλαμβάνει τα υλικά και την εργασία. Η τιμή για την ελαστομερή ξεκινά από τα τεσσεράμισι δολάρια και φτάνει ως τα δέκα δολάρια το τετραγωνικό μέτρο(4,5-10$/$m^2$) και περιλαμβάνει τα υλικά, την εργασία και την

προετοιμασία της οροφής. Υπάρχει μια επιβάρυνση σε σχέση με τα συμβατικά υλικά και στις δυο τεχνικές*(Savio P., et al, 2006; EPA, 2006).*

Η μέθοδος της μονής μεμβράνης χρησιμοποιείται κυρίως σε οροφές με αρκετά εκτενής ζημιές (όπου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική της επένδυσης) και σχετικά μικρότερη επιφάνεια. Η επισκευή και αντικατάσταση του συνόλου της οροφής για την επένδυσή της θα ήταν αρκετές φορές ακριβότερη σε σχέση με τη χρήση μεμβράνης *(EPA, 2006).*

Οι μεμβράνες είναι προκατασκευασμένα φύλλα που εφαρμόζονται στις οροφές μικρής κλίσης σε ένα μονό στρώμα υλικού που προσφέρει αυξημένη λευκαύγεια και ανακλαστικότητα. Τα υλικά συνήθως τεντώνονται μηχανικά και συγκολλούνται πάνω στην επιφάνεια της οροφής. Τα άκρα των φύλλων είτε συγκολλούνται είτε συρράβονται θερμικά για να είναι όσο το δυνατόν ομοιόμορφα και υδατοστεγή *(EPA, 2006).*

Υπάρχουν τέσσερα είδη μεμβρανών που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή. Χρησιμοποιούνται κυρίως συνθετικά και ανθεκτικά υλικά όπως EPDM(ethylene propylene diene monomer), CSPE(chlorosulfonated polyethylene), PVC(polyvinyl chloride) και TPO(thermoplastic olefins). Το EPDM είναι ένα συνθετικό ελαστικό υλικό που συρράβεται η συγκολλάτε πάνω στην επιφάνεια. Το CSPE είναι πολυμερές που συγκολλάτε θερμικά. Τα PVC και TPO είναι θερμοπλαστικά υλικά τα οποία συγκολλούνται θερμικά. Έχουν συνήθως λευκούς ή πολύ ανοιχτούς χρωματισμούς και έχουν μια διάρκεια ζωής περίπου είκοσι χρόνια *(EPA, 2006).*

Οι στέγες μεγάλης κλίσης δεν έχουν τόσο αναπτυγμένες τεχνολογίες όπως οι στέγες μικρής κλίσης. Μέθοδοι και τεχνικές για τη βελτίωση της ανακλαστικότητας των στεγών μεγάλης κλίσης προσφέρουν άλλα πλεονεκτήματα όπως ανάκλαση της ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο *(EPA, 2006).*

Τα πιο συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για τις συμβατικές στέγες μεγάλης κλίσης είναι πλακάκια, κεραμίδια και "βότσαλα" . Τα υλικά είναι είτε από ασφαλτικά μείγματα είτε από μέταλλα και πηλό. Αν και δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην όψη των συμβατικών υλικών και των υλικών με αυξημένη ανακλαστικότητα, παρατηρείται σχεδόν η διπλάσια ανακλαστική ικανότητα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τις στέγες μεγάλης κλίσης έχουν μικρότερη λευκαύγεια (λόγο των χρωματισμών τους) και ανακλαστική ικανότητα σε σχέση με τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε τις στέγες μικρής κλίσης *(EPA, 2006).*

Η ανακλαστική ικανότητα των συμβατικών υλικών κυμαίνεται από 10-30% ενώ υλικά με αυξημένη ανακλαστικότητα παρουσιάζουν 25-65%. Έχουν αυξημένη ανθεκτικότητα και μεγάλη διάρκεια ζωής, ειδικά τα μεταλλικά υλικά προσφέρουν ανάκλαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας με ελάχιστη έως καθόλου επιβάρυνση σε σχέση με τα συμβατικά υλικά *(EPA, 2006).*

Οι οροφές με αυξημένη ανακλαστικότητα και λευκαύγεια χαρακτηρίζονται και ψυχρές στέγες λόγο της ιδιότητάς τους να έχουν

σημαντικά μικρότερη θερμοκρασία σε σχέση με τις συμβατικές οροφές. Είναι μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές για τη μείωση του αντίκτυπου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στη βιβλιογραφεία.

Εικονα 9 Συγκριτικός πίνακας κόστους και ανακλαστικής ικανότητας συμβατικών και ψυχρών οροφών

θερμες οροφες				ψυχρες οροφες			
ειδος οροφης	ανα/τητα	εκπομπη	κοστος ($/ft²)	ειδος οροφης	ανα/τητα	εκπομπη	κοστος ($/ft²)
Built-up Roof			**1.2-2.1**	**Built-up Roof**			**1.2-2.15**
With dark gravel	0.08-0.15	0.80-0.90		With white gravel	0.30-0.50	0.80-0.90	
With smooth asphalt surface	0.04-0.05	0.85-0.95		With gravel and cementitious coating	0.50-0.70	0.80-0.90	
With aluminum coating	0.25-0.60	0.20-0.50		Smooth surface with white roof coating	0.75-0.85	0.80-0.90	
Single-Ply Membrane			**1.0-2.0**	**Single-Ply Membrane**			**1.0-2.05**
Black (PVC)	0.04-0.05	0.80-0.90		White (PVC)	0.70-0.78	0.80-0.90	
				Color with cool pigments	0.40-0.60	0.80-0.90	
Modified Bitumen			**1.5-1.9**	**Modified Bitumen**			**1.5-1.95**
With mineral surface capsheet (SBS, APP)	0.10-0.20	0.80-0.90		White coating over a mineral surface (SBS, APP)	0.60-0.75	0.80-0.90	
Metal Roof			**1.8-3.7**	**Metal Roof**			**1.8-3.75**
Unpainted, corrugated	0.30-0.50	0.05-0.30		White painted	0.60-0.70	0.80-0.90	
Dark-painted, corrugated	0.05-0.08	0.80-0.90		Color with cool pigments	0.40-0.70	0.80-0.90	
Asphalt Shingle			**0.5-2.0**	**Asphalt Shingle**			**0.6-2.1**
Black or dark brown with conventional pigments	0.04-0.15	0.80-0.90		"White" (light gray)	0.25-0.27	0.80-0.90	
				Medium gray or brown with cool pigments	0.25-0.27	0.80-0.90	
Liquid Applied Coating			**0.5-0.7**	**Liquid Applied Coating**			**0.6-0.8**
Smooth black	0.04-0.05	0.80-0.90		Smooth white	0.70-0.85	0.80-0.90	
				Smooth, off-white	0.40-0.60	0.80-0.90	
				Rough white	0.50-0.60	0.80-0.90	
Concrete Tile			**1.0-6.0**	**Concrete Tile**			**1.0-6.0**
Dark color with conventional pigments	0.05-0.35	0.80-0.90		White	0.70	0.80-0.90	
				Color with cool pigments	0.40-0.50	0.80-0.90	
Clay Tile			**3.0-5.0**	**Clay Tile**			**3.0-5.0**
Dark color with conventional pigments	0.20	0.80-0.90		White	0.70	0.80-0.90	
				Terra cotta (unglazed red tile)	0.40	0.80-0.90	
				Color with cool pigments	0.40-0.60	0.80-0.90	
Wood Shake			**0.5-2.0**	**Wood Shake**			**0.5-2.0**
Painted dark color with conventional pigment	0.05-0.35	0.80-0.90		Bare	0.40-0.55	0.80-0.90	

Πηγή:επεξεργασία από «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of strategies Cool Roofs», US Environmental Protection Agency, 2006, p13.

8.4.3. Ψυχρά δάπεδα(cool pavement)

Τα ψυχρά δάπεδα σε αντίθεση με της ψυχρές οροφές δεν έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και ιδιότητες που να μπορούν να μεταβληθούν με τη χρήση μιας και μόνο τεχνικής για να μειωθεί η θερμοκρασία τους. Εξαπλώνονται σε τεράστιες εκτάσεις μέσα στη πόλη και έχουν διαφορετικές χρήσεις ανάλογα από την ιδιότητα τους. Ως δάπεδο στις πόλεις εννοούνται όλες οι επιφάνειες που βρίσκονται πάνω στη γη όπως δρόμοι, πεζοδρόμια, χώροι στάθμευσης, πλατείες, πεζόδρομοι κα. Όλες οι επιφάνειες λειτουργούν διαφορετικά, έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες που πρέπει να συμπεριληφθούν για να γίνει εφικτή η μείωση της θερμοκρασίας τους *(EPA, 2008).*

Μέσα στις πόλεις υπάρχουν αρκετά διαφορετικά είδη δαπέδου και οι χρήσεις τους διαφέρουν από απλά πεζοδρόμια μέχρι λεωφόρους. Η χρήση τους, ο φόρτος κίνησης και τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τους διαφέρουν και αυτά.

Τα δάπεδα είναι πιο πολύπλοκα συστήματα από τις οροφές και οι τρόποι που προσλαμβάνουν και διαχειρίζονται τη θερμότητα διαφέρουν καθώς επηρεάζονται από διαφορετικές διεργασίες. Τα δάπεδα φθείρονται από την καθημερινή χρήση και έχουν διαφορετικά θερμοχωρητικά χαρακτηριστικά *(EPA, 2008).*

Ένα χαρακτηριστικό των δαπέδων είναι η θερμική εκπομπή. Θερμική εκπομπή είναι η ιδιότητα που έχουν τα σώματα που θερμαίνονται να αποβάλλουν τη θερμοκρασία που δέχονται. Η θερμική εκπομπή ενός υλικού είναι καθοριστικής σημασίας για την συνεισφορά του στο φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Τα δάπεδα λόγο των υλικών τους έχουν πολύ υψηλό βαθμό θερμικής εκπομπής που τα κατατάσσει στις πρώτες θέσεις υπευθυνότητας για την ένταση της ΑΘΝ *(EPA, 2008).* Η θερμική εκπομπή μαζί με τη λευκαύγεια και ανακλαστικότητα είναι υπεύθυνα για τις υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται στα δάπεδα τους καλοκαιρινούς μήνες. Η ανακλαστικότητα είναι υπεύθυνη για την υψηλή επιφανειακή θερμοκρασία και η θερμική εκπομπή για την ταχύτητα με την οποία τα δάπεδα την αποβάλλουν*(EPA, 2005).*

Ένας διαδεδομένος τρόπος για την μείωση της θερμοκρασίας των δαπέδων είναι η διαπερατότητα. Διαπερατότητα αναπτύχθηκε κυρίως για τη διαχείριση των κατακρισμάτων και των νερών από καταιγίδες. Έχει αποδειχτεί ένας κατάλληλος τρόπος για την μείωση της θερμοκρασίας των δαπέδων. Τα διαπερατά δάπεδα επιτρέπουν στο νερό, τον αέρα, τους ατμούς ακόμη και τη βλάστηση να διαπερνούν την επιφάνεια των δαπέδων και να επικοινωνούν με τα υποκείμενα στρώματα εδάφους. Η ιδιότητα τους αυτή τα κάνει ιδιαίτερα ψυχρά σε σχέση με τα συμβατικά δάπεδα από άσφαλτο και τσιμέντο. Δομικά δεν χάνουν σε κανένα σημείο σε σχέση με τα συμβατικά υλικά. Είναι δυνατόν

να χρησιμοποιηθούν σε δρόμους με μεγάλο φόρτο κίνησης, όπως σε εθνικές οδούς για τη καλύτερη πρόσφυση όταν βρέχει. Η υγρασία που διαπερνά το δάπεδο απορροφά ένα μέρος της θερμότητας που αυτό έχει (επιφανειακή ή εσωτερική) μειώνοντας τη θερμοκρασία του ακριβώς όπως γίνεται στα φύλλα των φυτών *(EPA, 2008)*.

Μερικά διαπερατά δάπεδα έχουν σχεδιαστεί για να έχουν μέσα στα κενά και στις ενώσεις τους βλάστηση που διατηρούν τη θερμοκρασία τους σχετικά σταθερή και αρκετά χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική μειώνοντας παραπάνω τη θερμοκρασία των διαπερατών δαπέδων *(EPA, 2008)*

Τα διαπερατά δάπεδα δεν μειώνουν τη θερμοκρασία τους μόνο λόγο της υγρασίας αλλά και του αέρα που κυκλοφορεί στα κενά του δαπέδου. Η λειτουργία αυτή έχει δυο μηχανισμούς. Πρώτος είναι η επιφανειακή μεταφορά θερμότητας που γίνεται κυρίως από τη κίνηση του αέρα πάνω από την επιφάνεια του δαπέδου και απάγει ένα μέρος της θερμότητάς τους. Ο δεύτερος μηχανισμός βασίζεται στον αέρα που βρίσκεται μέσα στα κενά του υλικού και έχει μικρότερη θερμοχωρητικότητα και άρα μπορεί να αποθηκεύσει λιγότερη ενέργεια *(EPA, 2008)*.

Υπάρχουν διαφορετικά είδη ψυχρών δαπέδων που έχουν διαφορετικούς μηχανισμούς και βασίζονται σε διαφορετικές ιδιότητες. Μηχανισμοί όπως η αύξηση της λευκαύγειας και της ανακλαστικότητας εφαρμόζονται και στα δάπεδα έχουν όμως πολύ μικρότερη διάρκειας ζωής σε σχέση με της οροφές λόγο της καθημερινής χρήσης.

Τα πιο διαδεδομένα ψυχρά δάπεδα είναι τα τροποποιημένα συμβατικά ασφαλτικά δάπεδα. Σε αυτό έχουν εφαρμοστεί τεχνικές επίστρωσης ή έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά μείγματα για να αυξηθεί η λευκαύγεια όπως η χρήση ανοιχτόχρωμων αδρανών υλικών, άμμοι, και λευκά στεγανωτικά. Σε τέτοιου είδος δάπεδα αυξάνει η ανακλαστικότητα κατά 10-15% και εφαρμόζεται σε αρκετά μεγάλες ανοιχτές περιοχές όπως πλατείες και χώρους στάθμευσης *(EPA, 2008)*.

Ενας άλλος τρόπς που χρησιμοποιείται είναι τα τσιμεντένια πλακάκια που έχουν τροποποιηθεί με τη χρήση λευκών αδρανών υλικών και λευκού μπετόν. Σε τέτοιου είδους δάπεδα παρατηρείται ανακλαστικότητα πάνω από 70% και χρησιμοποιείται κυρίως για πεζοδρόμια σε ανοιχτές επιφάνειες όπως πλατείες, χώρους στάθμευσης και λεωφόρους *(EPA, 2008)*.

Εναλλακτικά είδη όπως δάπεδα φυτικής ρητίνης και πολύχρωμα δάπεδα χρησιμοποιούνται σε χώρους με μικρότερο φόρτο κίνησης όπως σχολεία, παιδικές χαρές, πάρκα και χώρους αναψυχής. Ο βαθμός ανακλαστικότητας τους διαφέρει ανάλογα με το βασικό συνδετικό υλικό που έχει χρησιμοποιηθεί. Η διαφορά οφείλεται στα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τους όπως τα αδρανοί υλικά, άσφαλτος, τσιμέντο, ρητίνες, πολυμερή κα. *(EPA, 2008)*.

Πιο παραδοσιακές τεχνικές όπως τα λιθόστρωτα δάπεδα χρησιμοποιούνται σε περιορισμένες περιοχές και ελάχιστο φόρτο κίνησης από

αυτοκίνητα. Γίνεται χρήση πιο λευκών πετρωμάτων ή γίνεται επένδυση τους με μονωτικά υλικά για να έχουν μεγαλύτερη ανακλαστικότητα. Επίσης παρατηρείται η ανάπτυξη βλάστησης ανάμεσα στα πετρώματα που μειώνει τη θερμοκρασία του δαπέδου.

Ακόμη χρησιμοποιείται η τεχνική της μικροεπιφάνειας ή μικροεπίστρωσης(microsurfacing) όπου εφαρμόζεται ένα λεπτό στρώμα μόνωσης(2-5cm) στα είδη υπάρχοντα δάπεδα ως επισκευή ή και συντήρηση διότι αυξάνει τη διάρκεια ζωής του δαπέδου αλλά και το βαθμό ανακλαστικότητάς τους *(EPA, 2008; LNBL, 2006).* Χρησιμοποιείται σε δάπεδα που δέχονται πολύ μεγάλο φόρτο κίνησης όπως υπερλεωφόροι και αεροδιάδρομοι.(*EPA, 2008*)

Τέλος πιο προηγμένες τεχνολογίες όπως διαπερατά δάπεδα που συγκροτούν νερό και ψεκαζόμενα δάπεδα, χρησιμοποιούνται στην Ιαπωνία. Είναι διαπερατά δάπεδα που αποτελούνται από στρώματα διαφορετικών υλικών στο κατώτερο μέρος και συγκρατούν την υγρασία, το νερό και τους ατμούς. Τέτοια δάπεδα συνήθως έχουν σωληνώσεις για την διαχείριση των υδάτων σε περίπτωση υπερφόρτωσης ή ανεπάρκειας ύδατος στη περιοχή *(EPA, 2008).*

Τα δάπεδα καταλαμβάνουν έως και το 45%της συνολικής επιφάνειας της πόλης *(LNBL, 2006).* Υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που παίζουν ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου δαπέδου για τη κάθε περίπτωση. Επίσης θα πρέπει να υπολογιστούν και οι διεργασίες ψύξης τους για την όσο τον δυνατόν καλύτερη απόδοσή τους.

Οι διεργασίες που παίζουν το κυριότερο ρόλο στην αποδοτικότητα των ψυχρών δαπέδων εξαρτούνται από τις φυσικές διεργασίες, τα υλικά αλλά και τη γεωμετρία των πόλεων.

- Διάδοση θερμότητας(convection). Η διεργασία αυτή μεταφέρει το θερμό αέρα από την επιφάνεια του δαπέδου με τη κίνηση του αέρα. Εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα, τη θερμοκρασία του αλλά και την επιφανειακή ανωμαλία καθώς όσο πιο τραχειά η επιφάνεια τόσο πιο πολλές αναταραχές δημιουργούνται στη κίνηση του αέρα ώστε να μεταφέρεται πιο γρήγορα η θερμότητα
- Θερμική αγωγιμότητα(thermal conductivity). Τα δάπεδα με μικρή θερμική αγωγιμότητα θερμαίνονται επιφανειακά όμως η θερμότητα αυτή αργεί να διεισδύσει στα εσωτερικά στρώματα. Το δάπεδο παραμένει πιο ψυχρό και έχει μικρότερη ενέργεια να αποβάλλει κατά τη διάρκεια της νύχτας μειώνοντας την επιβάρυνση που θα προκαλούσε αν είχε υψηλό βαθμό θερμικής αγωγιμότητας.
- Θερμοχωρητικότητα(heat capacity). Η θερμοχωρητικότητα είναι ένα χαρακτηριστικό όλων των υλικών όμως τα τεχνητά υλικά αποθηκεύουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από τα φυσικά (μερικές φορές ως και διπλάσια). Η μεγάλη

θερμοχωρητικότητα των υλικών των δαπέδων αυξάνει την ενέργεια που αυτά μπορούν να αποθηκεύσουν και να επανεκπέμψουν στο περιβάλλον όταν αποσυρθεί η πηγή της θερμότητας. Με αυτό το τρόπο συνεισφέρουν στην επιδείνωση της έντασης της ΑΘΝ.

- Πάχος(thickness). Το πάχος των δαπέδων έχει μεγάλη σημασία διότι το πάχος των στρωμάτων καθορίζει την ποσότητα ενέργειας που αυτό μπορεί να αποθηκεύσει.
- Αστική γεωμετρία(urban geometry). Οι διαστάσεις της πόλης αλλά και οι αποστάσεις μεταξύ των κτηρίων καθορίζουν πόση ακτινοβολία δέχονται τα δάπεδα και πόση ενέργεια απορροφούν. Σε πολύ πυκνοδομημένες πόλεις παρατηρείται το φαινόμενο αστικού φαραγγιού(urban canyon) όπου τα ψηλά κτήρια επισκιάζουν τα πιο χαμηλά επίπεδα και τα δάπεδα μειώνοντας την ακτινοβολία που δέχονται. Τα ίδια τα κτήρια τείνουν να απορροφήσουν την εκπεμπόμενη ενέργεια από το γύρω περιβάλλον συσσωρεύοντας την. Το ύψος των κτηρίων δημιουργεί αναστροφές στη κίνηση του αέρα στα κατώτερα στρώματα παγιδεύοντας όλους του ρύπους στο ύψος των κτηρίων *(EPA, 2008).*

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των ψυχρών δαπέδων δεν είναι μόνο άμεσα αλλά και έμμεσα. Η μικρότερη θερμοκρασία στις πόλεις παρουσιάζει βελτίωση στην ποιότητα του αέρα, στην μόλυνση του νερού και του αέρα, του εδάφους και του υπεδάφους. Παρουσιάζονται μειώσεις στην ζήτηση για ενέργεια που οδηγεί σε αύξηση της οικονομίας.

Πιο άμεσα πλεονεκτήματα είναι η διάρκεια ζωής των δαπέδων διότι η μικρότερη θερμοκρασία οδηγεί τα δάπεδα σε λιγότερες αστοχίες, ρωγμές και βυθίσεις λόγο της ακεραιότητας των στρωμάτων τους. Επίσης αυξάνεται η ασφάλεια στους δρόμους η άνεση στην οδήγηση και στο περπάτημα όταν αυτοί είναι φωτεινοί και δεν παρουσιάζουν φθορές.(*EPA, 2008*)

Η ποιότητα των νερών βελτιώνεται γιατί μειώνεται η θερμοκρασία των υδάτων που καταλήγουν στις αποχετεύσεις και το υπέδαφος. Ακόμη παρουσιάζεται μικρότερη μόλυνση από τα βλαβερά χημικά που χρησιμοποιούνται στα συμβατικά δάπεδα όπως πίσσα, τέφρα κα.*(EPA, 2008).*

Το κόστος για την κατασκευή των ψυχρών δαπέδων διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιούνται, σε γενικές γραμμές κυμαίνεται από τα πέντε έως τα τριάντα δολάρια το τετραγωνικό μέτρο(5-30$/$m^2$).

Εικονα 10 Συγκριτικός πινάκας κόστους διάρκειας ζωής δαπέδων

Βασικα ειδη δαπεδων	Παραδειγμα ψυχρης επεξεργασιας	Εκτειμομενο Κοστος $/square foot*	Διαρκεια Ζωης, Χρονια
New Construction			
Asphalt (conventional)	Hot mix asphalt with light aggregate, if locally available	$0.10–$1.50	7–20
Concrete (conventional)	Portland cement, plain-jointed	$0.30–$4.50	15–35
Nonvegetated permeable pavement	Porous asphalt	$2.00–$2.50	7–10
	Pervious concrete	$5.00–$6.25	15–20
	Paving blocks	$5.00–$10.00	> 20
Vegetated permeable pavement	Grass/gravel pavers	$1.50–$5.75	> 10
Maintenance			
Surface applications	Chip seals with light aggregate, if locally available	$0.10–$0.15	2–8
	Microsurfacing	$0.35–$0.65	7–10
	Ultra-thin whitetopping	$1.50–$6.50	10–15

Πηγή:επεξεργασία από «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Cool Pavements», US Environmental Protection Agency, 2008, p 40.

8.4.4. Πράσινες στέγες/ green roofs

Πράσινες στέγες ονομάζονται οι στέγες που έχουν ένα στρώμα βλάστησης ως ανώτερη επιφάνεια. Αν και η τεχνολογία και η χρήση τους δεν είναι ένα νέο φαινόμενο τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες για τη χρήση τους σχεδόν σε όλες τις υπάρχουσες οροφές.

Η χρήση της βλάστησης στις στέγες ήταν διαδεδομένη πριν την εμφάνιση των βιομηχανικών σκεπών. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές για χρήση της βλάστησης για τη προστασία των κατοικιών και άλλων οικοδομημάτων ακόμη και πριν την ιστορική περίοδο.

Στη σύγχρονη εποχή οι ερευνητές κάνουν χρήση του όρου πράσινη στέγη(green roof) και προσπαθούν να αναπτύξουν τεχνολογίες για τη καλύτερη εφαρμογή τους σε οποιαδήποτε κτίσμα. Μπορούν να τοποθετηθούν σε όλα τα κτήρια όπως βιομηχανικά, εκπαιδευτικά, κυβερνητικά, εμπορικά, κατοικίες και γραφεία *(EPA, 2007).*

Πείραμα από τους *Liu* και *Baskaran(2003)* έδειξε πως συμπεριφέρονται οι πράσινες στέγες σε σχέση με τις συμβατικές κατά τη διάρκεια του χρόνου αλλά και πως λειτουργούν τα διάφορα είδη φυτών. Το πείραμα έδειξε πως οι

πράσινες στέγες συμπεριφέρονται καλύτερα από τις συμβατικές στέγες σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Από την άνοιξη μέχρι το χειμώνα παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες διαφορές όπου το χειμώνα η απόδοση τους είναι περίπου η ίδια καθώς το χιόνι απομονώνει και τα δυο διατηρώντας σταθερές τις θερμοκρασίες.

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, Ιούνιο- Σεπτέμβριο, παρατηρείται η μεγαλύτερη διαφορά στις θερμοκρασίες καθώς οι διαφορές αγγίζουν ακόμη και τους 50°C τις ημέρες με πολύ υψηλή θερμοκρασία αέρα και ηλιοφάνεια. Τις περιόδους άνοιξης και φθινοπώρου η πράσινες στέγες είχαν μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις από τις συμβατικές στέγες και συμπεριφέρονταν καλύτερα στη διαχείριση των ανέμων και των βρόχινων νερών.*(Liu K., Baskaran B., 2003; Samuels R., 2010)*

Εικονα 11 Θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα σε πράσινη στέγη και συμβατική



Πηγή: «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Green roofs», US Environmental Protection Agency, 2007, p 4.

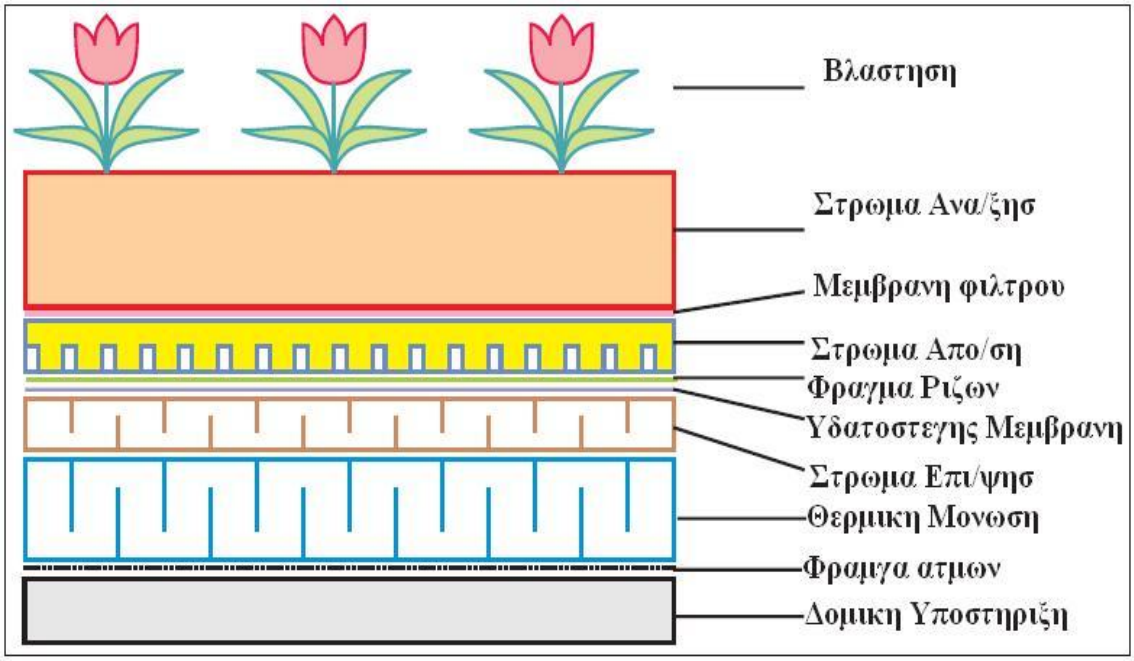
Τα φυτά και το χώμα απορροφούν την ηλιακή ενέργεια πριν αύτη φτάσει στην επιφάνεια της στέγης μειώνοντας την επιφανειακή και την κοντά στην επιφάνεια ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Η επισκίαση που δημιουργείται μειώνει τη μεταφορά θερμότητας από και προς το κτήριο οδηγώντας το σε καλύτερη απόδοση και διαχείριση της θερμότητας *(HAL, 2011).*

Η βλάστηση πάνω στη στέγη λειτούργει ακριβώς όπως και η βλάστηση στις ζώνες πρασίνου. Τα φυτά στις πράσινες οροφές απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας (για φωτοσύνθεση) και ένα μέρος ανακλάται πίσω στην ατμόσφαιρα. Μόλις το 10-30% φτάνει στην επιφάνεια του κτηρίου όπου το μεγαλύτερο μέρος απορροφάται από τα στρώματα ανάπτυξης. Η ελάχιστη ενέργεια που δέχεται η οροφή του κτηρίου μειώνει τη θερμοκρασία της οροφής και άρα εκπέμπει μικρότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας, συνεισφέροντας ελάχιστα στη ΑΘΝ *(EPA, 2007).*

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται πως μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια ήταν κατά τέσσερις βαθμούς κελσίου (4°C) μικρότερη σε σχέση με τις γειτονικές συμβατικές στέγες *(EPA, 2007).*

Η θερμοκρασία που επικρατεί στις πράσινες στέγες εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως η σύσταση των υποστρωμάτων, την υγρασία, την έκθεση στον ήλιο και τους ανέμους αλλά και τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης θέσης του κτηρίου που βρίσκεται επάνω *(EPA, 2007).* Σημαντικό παράγοντα παίζει και η σύνθεση των φυτών και η αλληλουχία των στρωμάτων *(Liu K., Baskaran B., 2003).*

Εικονα 12 Διάγραμμα βασικών στρωμάτων Πράσινης Στέγης



Πηγή: επεξεργασία από «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Green roofs», US Environmental Protection Agency, 2007, p 15.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα οι πράσινες στέγες έχουν μια συγκεκριμένη αλληλουχία στρωμάτων που εξυπηρετούν διάφορες λειτουργιές της βλάστησης αλλά και την προστασία της οροφής του κτηρίου.

Το χαμηλότερο στρώμα είναι το στρώμα υποστήριξης καθώς οι πράσινες στέγες έχουν αρκετά μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με τις συμβατικές στέγες. Ανάλογα με το είδος της στέγης που επιλέγεται, χρειάζεται περεταίρω υποστήριξη εάν δεν έχει υπολογιστεί το βάρος της πράσινης στέγης στο σχεδιασμό του κτηρίου ή εάν γίνεται τροποποίηση παλαιότερων κτηρίων. Το στρώμα υποστήριξης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να στηρίζει την οροφή μαζί με τα στρώματα ανάπτυξης και τα φυτά καθώς και τα νερά της βροχής σε περίπτωση καταιγίδας. Το στρώμα υποστήριξης θα πρέπει να συμμορφώνεται με τους κανόνες για τις χιονοπτώσεις, ανεμοθύελλες και πυρκαγιές *(EPA, 2007).*

Το αμέσως επόμενο στρώμα είναι το φράγμα ατμών που αποτελείτε από πλαστική επένδυση ή αλουμινένια φύλλα. Είναι υπεύθυνο για την συγκράτηση της υγρασίας και των ατμών σε περίπτωση διαρροών ώστε να αποφευχθούν οι βλάβες στην οροφή *(EPA, 2007).*

Έπειτα είναι το θερμομονωτικό στρώμα που είναι υπεύθυνο για τη μόνωση της οροφής. Τα στρώματα τη πράσινης στέγης αν και προσφέρουν μόνωση δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τις συμβατικές μονωτικές μεθόδους. Η μόνωση που προσφέρει η πράσινη στέγη αυξάνει όσο μειώνεται η υγρασία στα στρώματά του *(EPA, 2007).*

Το στρώμα επικάλυψης ή στρώμα διαχωρισμού όπως ονομάζεται ακόμη. Είναι ένα λεπτό διάτρητο στρώμα που προσφέρει προστασία και διαχωρισμό ανάμεσα στα στρώματα της οροφής και τα στρώματα της βλάστησης *(EPA, 2007)*

Το υδατοστεγές στρώμα μπορεί να τοποθετηθεί είτε πριν είτε μετά το θερμομονωτικό στρώμα. Το στρώμα αυτό προστατεύει το κτήριο από τα νερά της βροχής και από τις ρίζες των φυτών. Έχει μια ελαστικότητα και πάχος κατάλληλο για τη λειτουργία αυτή. Συνήθως είναι μια μεμβράνη με μεγαλύτερο πάχος από τα μονά φύλλα υδατοστεγών στρωμάτων που χρησιμοποιούνται στις συμβατικές στέγες *(EPA, 2007)*

Το φράγμα ριζών δεν χρησιμοποιείται σε όλες τις πράσινες στέγες είτε γιατί δεν χρησιμοποιούνται δέντρα με μεγάλες επιθετικές ρίζες είτε το υδατοστεγές στρώμα λειτουργεί ως φράγμα για τις ρίζες. Χρησιμοποιείται για την αποφυγή ζημιών στα κατώτερα στρώματα διότι οι ρίζες μπορούν να καταστρέψουν τις μονώσεις *(EPA, 2007).*

Τα τρία ανώτερα στρώματα λειτουργούν ως συμπληρωματικά το ένα με το άλλο διότι προσφέρουν τα αναγκαία συστατικά για την ανάπτυξη της βλάστησης. Το στρώμα απορροής βοηθάει στην απορροή των νερών. Το στρώμα ανάπτυξης δεν συγκρατεί όλη την ποσότητα του νερού που δέχεται αλλά χρειάζεται ένα μέσο για να αποβάλλει του περίσσιο νερό. Αυτό είναι απαραίτητο για τις περιπτώσεις νεροποντών και καταιγίδων διότι το νερό αποβάλλεται από το σύστημα στις αποχετεύσεις. Επίσης το νερό δεν λιμνάζει στα άλλα στρώματα καταστρέφοντας της βλάστηση και δημιουργώντας το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη μικροβίων και κουνουπιών *(EPA, 2007)*

Η μεμβράνη φιλτραρίσματος είναι συνήθως ένα γεωύφασμα που αποστραγγίζει το νερό από το στρώμα ανάπτυξης και συγκρατεί όλα τα ιχνοστοιχεία και μέταλλα απαραίτητα για την ανάπτυξη της βλάστησης *(EPA, 2007).*

Τέλος το ανώτερο στρώμα είναι το στρώμα ανάπτυξης που προσφέρει το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη της βλάστησης. Το στρώμα ανάπτυξης είναι ένα συνθετικό υπόστρωμα είτε με βάση το έδαφος είτε τα οργανικά υλικά για να προσφέρει όλα τα απαραίτητα στοιχειά για την ανάπτυξη των φυτών. Είναι ένα ελαφρύ υπόστρωμα που προσφέρει τη μεγαλύτερη

δυνατή στήριξη στα φυτά και αρκετό όγκο για να απορροφά το νερό της βροχής. Ανάλογα με το είδος της πράσινης στέγης που θα φυτευτεί έχει πάχος από δέκα έως σαράντα εκατοστά(10-40 cm) *(EPA, 2007).*

Υπάρχουν δυο είδη πράσινης στέγης οι εκτεταμένες πράσινες στέγες(extensive green roofs) και οι εντατικές πράσινες στέγες(intensive green roofs), υπάρχει και η μεικτή πράσινη στέγη όμως ακολουθεί τα πρότυπα για τις εντατικές πράσινες στέγες.

- Οι εκτεταμένες πράσινες στέγες είναι πιο απλές και ελαφρότερες πράσινες στέγες. Περιλαμβάνει φυτά σχετικά μικρά και κατάλληλα για μεγαλύτερες κλίσεις εδάφους. Οι στέγες αυτές συνήθως τοποθετούνται σε οροφές μεγάλων κλίσεων πάνω από 30° και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και προσοχή. Δεν χρειάζονται πότισμα και είναι αρκετά φθηνότερες σε σχέση με τις εντατικές πράσινες στέγες. Είναι κατάλληλες για παλιότερα και μικρότερα κτήρια και οικίες *(EPA, 2007)*

Εικονα 13 Εκτενής πράσινη στέγη



Πηγή: «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Green roofs», US Environmental Protection Agency, 2007, p 8.

- Οι εντατικές πράσινες στέγες προσεγγίζουν τη μορφή ενός πάρκου πάνω στην οροφή ενός κτηρίου διότι περιλαμβάνει δέντρα, θάμνους και καλλωπιστικά φυτά. Πολύ συχνά τοποθετούνται για την εξοικονόμηση ενέργειας από την ψύξη το καλοκαίρι και την θέρμανση το χειμώνα. Επίσης προσφέρουν ένα πράσινο

περιβάλλον για τους χρήστες του κτηρίου. Οι εντατικές πράσινες στέγες είναι αρκετά βαρύτερες των εκτενών. Κατ' αρχάς λόγο του υποστρώματος ανάπτυξης που φτάνει το ένα μέτρο(1m) σε πάχος αλλά και από τη βλάστηση που έχει σημαντικά μεγαλύτερο βάρος από τη βλάστηση των εκτενών στεγών. Απαιτούν επιπλέον υποστήριξη από το κτήριο και τις περισσότερες φόρες χρειάζονται πότισμα και συντήρηση *(EPA, 2007)*

Εικονα 14 Εντατική πράσινη στέγη



Πηγή: «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Green roofs», US Environmental Protection Agency, 2007, p 2.

Οι πράσινες στέγες είναι ευκολότερο να ενσωματωθούν στα νεότερα κτήρια διότι μπορεί να συνυπολογιστεί το βάρος της πράσινης στέγης στο σχεδιασμό των κτηρίων. Από δομικής πλευράς τα περισσότερα κτήρια βιομηχανικής κατασκευής θα μπορούσαν να υποστηρίξουν μια πράσινη στέγη με τις λιγότερες επεμβάσεις να απαιτούνται στα κτίσματα από μπετόν. Κτήρια με οροφές μικρής κλίσης όπως οικιστικά και εμπορικά μπορούν να τροποποιηθούν με ελάχιστη έως καθόλου επέμβαση στην οροφή *(EPA, 2007).*

Τα πλεονεκτήματα από μια πράσινη στέγη είναι μια μίξη από τα πλεονεκτήματα των πράσινων ζωνών και τον ψυχρών οροφών. Οι πράσινες στέγες προσφέρουν μειωμένες θερμοκρασίες επιφανείας και ατμοσφαιρικού αέρα. Μετριάζουν της θερμικές ροές από και προς το εσωτερικό των κτηρίων. Μειώνουν την ανάγκη για ψύξη και θέρμανση διότι το κτήριο έρχεται σε ενεργειακή ισορροπία πιο γρήγορα *(EPA, 2007).*

Μειώνουν την μόλυνση του αέρα αλλά και τις εκπομπές των αεριών του θερμοκηπίου καθώς απορροφούν ένα μεγάλο μέρος αυτών.

Επίσης μειώνουν έμμεσα τη μόλυνση από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας διότι απαιτούνται λιγότερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας *(EPA, 2007)*

Τα πλεονεκτήματα για την κοινωνία είναι πολλά. Αυξάνουν την ποιότητα ζωής μέσα στη πόλη. Προσφέρουν άνεση διότι μειώνουν τη θερμική καταπόνηση που δέχονται οι πολίτες κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα. Παρατηρούνται πλεονεκτήματα και στην υγεία των κατοίκων όχι μόνο του κτηρίου αλλά και των γύρω περιοχών διότι ο αέρας δεν είναι τόσο επιβαρυμένος από ρύπους και αέρια *(EPA, 2007).*

Οι πράσινες στέγες είναι άριστες στη διαχείριση βρόχινων νερών και καταιγίδων. Μειώνουν και επιβραδύνουν την απορροή των νερών στο αστικό περιβάλλον. Η βλάστηση και τα στρώματα ανάπτυξης λειτουργούν όπως τα φυσικά εδαφικά στρώματα. Τα φυτά απορροφούν ένα μέρος του νερού και το υπόλοιπο αποβάλλεται από τα υποστρώματα. Οι τοπικές συνθήκες κατακρισμάτων διαφοροποιούν την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των υδάτων. Ακόμη και σε περιπτώσεις που η πράσινη στέγη δεν μπορεί να συγκράτηση όλη τη ποσότητα των υδάτων επιβραδύνει την απορροή μειώνοντας το κίνδυνο υπερχείλισης των υπονόμων *(EPA, 2007)*

Επίσης τα φυτά και τα στρώματα ανάπτυξης λειτουργούν ως φίλτρα για το νερό της βροχής. Η βιβλιογραφική έρευνα έδειξε πως οι πράσινες στέγες έχουν την ικανότητα να συγκρατούν βαρέα μέταλλα όπως κάδμιο, χαλκό, μόλυβδο και χημικά στοιχεία όπως άζωτο, οξείδια και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες *(EPA, 2007).* Βέβαια υπάρχουν περιπτώσεις που παρουσίασαν αυξημένες συγκεντρώσεις αζωτούχων και φωσφορούχων ενώσεων στο νερό που απορρέει από τις πράσινες στέγες ιδιαίτερα όταν είναι πολύ νέες (κάτω των δυο ετών) *(EPA, 2008).*

Οι πράσινες στέγες προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα όπως και οι συμβατικές πράσινες ζώνες. Έχουν ένα ακόμη πλεονέκτημα καθώς μπορούν να χωροθετηθούν σε πολύ πυκνοδομημένες περιοχές οπού είναι αδύνατη η χωροθέτηση συμβατικών πράσινων ζωνών στο επίπεδο του εδάφους. Τέλος προσφέρουν ασφαλές περιβάλλον για τα απειλούμενα είδη διότι τα απομονώνει από τους θηρευτές του εδάφους *(EPA, 2007).*

Τα κόστη για τις πράσινες στέγες διαφοροποιούνται ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα υποστρώματα, τα συστήματα αποστράγγισης, διαχωρισμού και μόνωσης, το είδος των φυτών και πάνω απ' όλα το είδος της στέγης που θα χρησιμοποιηθεί.

Οι τιμές ξεκινούν από τα εκατό δολάρια το τετραγωνικό μέτρο(100$/m^2) για τις εκτεταμένες πράσινες στέγες και διακόσια πενήντα δολάρια το τετραγωνικό μέτρο(250$/m^2) για τις εντατικές πράσινες στέγες. Οι τιμές διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα διότι με της πιο προηγμένες χώρες όπως Γερμανία, Βέλγιο και Σκανδιναβικές χώρες η

τιμή ξεκινά από τα ογδόντα δολάρια(80$/$m^{2)}$ και φτάνει τα εκατόν πενήντα(150$/$m^2$) ενώ σε χώρες που δεν εφαρμόζεται η τεχνολογία σε τόσο μεγάλο βαθμό είναι ακριβότερα *(EPA, 2007).*

Επίσης υπάρχει και το κόστος συντήρησης. Ανάλογα με το είδος της στέγης μπορεί να προκύψει και κόστος άρδευσης, σε περιπτώσεις εντατικής πράσινης στέγης, όμως τα τελευταία χρόνια προτιμούνται αυτόματα συστήματα ποτίσματος που προσαρμόζονται ανάλογα με το είδος των φυτών. Τα κόστη μειώνονται με τη πάροδο του χρόνου. Όταν τα φυτά καλύψουν όλη την επιφάνεια της οροφής παραμένει μόνο το κόστος απεντόμωσης(μια φόρα το χρόνο) και λίπανσης (μια φορά στα δυο-τρία χρόνια) *(EPA, 2007).*

Μια μελέτη, του πανεπιστήμιου του Michigan, έδειξε πως το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης μιας πράσινης στέγης ανέρχεται στα 464000$ σε αντίθεση με το κόστος μιας συμβατικής στέγης να ανέρχεται στα 335000$ για μια επιφάνεια περίπου 2000 τετραγωνικών μέτρων. Στη διάρκεια ζωής της η πράσινη στέγη αποφέρει οικονομίες πάνω από 200000$. Το μεγαλύτερο μέρος προέρχεται από τις μειωμένες ενεργειακές ανάγκες και τη διαχείριση των νερών της βροχής *(EPA, 2007)*

Το δημαρχείο της πόλης του Chicago έχει εγκαταστήσει μια πράσινη στέγη. Τα αποτελέσματα από τη χρήση της δείχνουν πως υπάρχει ενεργειακή οικονομία από την εγκατάσταση της κατά 9270 Kwh το χρόνο και μείωση στα έξοδα κατά 3600$ το χρόνο. Οι οικονομίες αυτές προέρχονται κατά κύριο λόγο από τη μείωση του κόστους ψύξης και θέρμανσης και τη διαχείριση των νερών των καταιγίδων *(EPA, 2003).*

Εικονα 15 Συγκριτικός πίνακας κόστους-πλεονεκτημάτων πράσινης στέγης

	Ενεργεια, Υδρολογια, ΑΘΝ	Αλλα πλεονεκτηματα
Πλεονεκτηματα ιδιωτων	· Μειωμενη χρηση ενεργειασ · Επεκταση της διαρκειασ ζωησ	·Μειωση θορυβου ·Αισθητικη αξια ·Παραγωγη τροφης
Δημοσια Πλεονεκτηματα	· Μειωση θερμοκρασιας · Μειωση ομβριων υδατων · Μειωμενα κοστοι εγκαταστασης	· Μειωση μολυνσης · Μειωση ρυπων/αεριων του · θερμοκηπιου Υγεια των πολιτων
Ιδιοτικα Κοστοι	· Εγκατασταση · Αρχιτεκτονικη/μηχανικη ·Συντηρηση	N/A
Δημοσια Κοστοι	· Διαχειριση του Προγραμματος	N/A

Πηγή: επεξεργασία από «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Green roofs», US Environmental Protection Agency, 2007, p 11.

Η επιλογή της θέσης μιας πράσινης στέγης διαφέρει ανάλογα με τις πολιτικές, τα συμφέροντα και τον σχεδιασμό. Όταν γίνεται οργανωμένα με ένα κεντρικό σχεδιασμό σε επίπεδο πόλης, περιοχής ή κράτους τότε προτιμούνται οι προβληματικές περιοχές όπως ονομάζονται "hot spots". Οι πυκνοδομημένες περιοχές όπου υπάρχει ελάχιστο πράσινο και καθόλου έκταση στο επίπεδο του εδάφους για τη δημιουργία πράσινων ζωνών. Τέτοιες περιοχές συνήθως είναι οι παρακμασμένες συνοικίες με οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα. Οι πράσινες στέγες είναι η μόνη επιλογή για την ανάπτυξη της περιοχής και βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων *(EPA, 2007).*

Η χωροθέτηση μιας πράσινης στέγης με ιδιωτική πρωτοβουλία συνήθως αποσκοπεί σε μειώσεις κατανάλωσης ενέργειας και διαχείρισης των όμβριων υδάτων. Προτιμούνται οι πολύ μεγάλες κατασκευές που έχουν αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις όπως παραγωγικές μονάδες και βρίσκονται κυρίως εκτός των ορίων των πόλεων *(EPA, 2007).*

9. Περίπτωση της Αθήνας

Η Αθήνα είναι η μεγαλύτερη πόλη και πρωτεύουσα της Ελλάδας. Στα χρονικά υπάρχουν αρκετά παραδείγματα που η Αθήνα έχει πληγεί από καταστροφικά γεγονότα. Δεν είναι σπάνιο φαινόμενο να υπάρχουν ακόμη και ανθρώπινα θύματα ειδικά σε περιπτώσεις πολύ έντονων φαινομένων.

Για την περιοχή συλλέχτηκαν τα στοιχεία για το πληθυσμό του δήμου, την οικονομία, την κοινωνία και αναλύθηκαν για να προκύψουν τα αναγκαία στοιχεία που χρειάζονταν για την εργασία. Χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά στοιχεία από τις βάσεις δεδομένων της ΕΛ.ΣΤΑΤ και της EuroStat.

Παρουσιάζονται οι ιδιότητες των περιοχών που πλήττονται περισσότερο αλλά και παραδείγματα καταστροφικών καυσώνων που έπληξαν την πόλη των Αθηνών τις τελευταίες δεκαετίες.

9.1.Δημογραφικοί και κοινωνικό-οικονομικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τρωτότητα έναντι κυμάτων καύσωνα

Όπως προκύπτει από την απογραφή της ΕΣΥΕ του 2011 ο μόνιμος πληθυσμός του δήμου Αθηναίων είναι 664046 άτομα από τα οποία τα 72863 άτομα είναι παιδία ηλικίας 0 έως 14 χρονών και τα 126083 άτομα είναι ηλικίας άνω των 65 ετών. Οι ηλικίες αυτές είναι σημαντικές διότι είναι οι πιο ευαίσθητες ομάδες της κοινωνίας που πλήττονται από τα κύματα καύσωνα και το φαινόμενο της ΑΘΝ. Οι ομάδες αυτές είναι περίπου το 30% του συνόλου του πληθυσμού του δήμου *(ΕΛΣΤΑΤ, 2013)*.

Τα παιδία και τα ηλικιωμένα άτομα μαζί με τους πάσχοντες από χρόνια νοσήματα συμπεριλαμβάνονται στις ομάδες υψηλού κινδύνου κατά το σχεδιασμό μέτρων αντιμετώπισης οποιασδήποτε καταστροφής αλλά και στο σχεδιασμό των υποδομών.

Κατά το σχεδιασμό των μέτρων για την αντιμετώπιση των κυμάτων καύσωνα και την άμβλυνση των επιπτώσεων της ΑΘΝ κατά πρώτο λόγο υπολογίζονται οι ευαίσθητες ομάδες(ηλικιωμένοι, παιδία, άποροι, άτομα με κινητικά προβλήματα, άστεγοι) καθώς είναι οι πιο τρωτές ομάδες του πληθυσμού.

Όπως έδειξαν τα καταστροφικά γεγονότα στο Chicago(1995), το καλοκαίρι του 2003 σε όλη την Ευρώπη και ιδιαίτερα στο Παρίσι, τα περισσότερα θύματα είναι από τις ομάδες των υπερήλικων και κυρίως όσων ζουν μόνοι τους *(Pumadere M., et al., 2005; K.D.Sullivan et. al ,1995).*

Ένας άλλος παράγοντας που ανεβάζει την τρωτότητα είναι η οικονομική κατάσταση με τα άτομα που διαβιούν κάτω από το επίπεδο της φτώχειας να παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα προβλήματα *(Sapountzaki K.,Chalkias C., 2014).*

Από τις βάσεις δεδομένων βρέθηκαν πως για τα έτη 2003, 2004 και 2005 τα άτομα που ζούσαν κάτω από το όριο της φτώχειας στο δήμο Αθηναίων ήταν 39240, 43328 και 42932 άτομα αντίστοιχα. Την ίδια περίοδο ο πληθυσμός του δήμου ήταν 789166 σύμφωνα με την απογραφή του 2001.

Η κοινωνικοοικονομική κατάσταση της χώρας επιδεινώνει την κατάσταση των ανθρώπων απέναντι στις καταστροφές και μειώνει την ικανότητα τους για αναπροσαρμογή σε περίπτωση μεγάλης εξωτερικής πίεσης. Η οικονομική κατάσταση των ανθρώπων αυξάνει τη τρωτότητα και την έκθεση τους σε κάθε κίνδυνο διότι στερούνται πολλά βασικά αγαθά, όπως φαγητό, σπίτι, ασφάλιση, κοινωνική πρόνοια και οικονομική σταθερότητα*(Sapountzaki K.,Chalkias C., 2014)*.

9.2.Έκταση-Κτηριακό απόθεμα-Χρήσεις γης

Το πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας καταλαμβάνει μια έκταση 412km^2 με μια μέση πυκνότητα τους 16830 κατοίκους/km^2 . Ο δήμος Αθηνών παρουσιάζει κατά τόπους πυκνότητες που ξεπερνούν του 30000κατοικους/km^2 *(ΕΛΣΤΑΤ, 2011)*

Στα όρια του δήμου το 2000 υπήρχαν συνολικά 62277 κτήρια, από τα κτήρια αυτά τα 52913 ήταν κατασκευασμένα από μπετόν, τα 6549 από πέτρα, τα 3360 από τούβλα, 116 από μέταλλο, 21 από ξύλο και τα 318 από άλλα υλικά, με περισσότερα από τα κτήρια από μπετόν να έχουν κατασκευαστεί μετά το 1960. Τα παλαιότερα κτήρια βρίσκονται κυρίως στο κέντρο τη πόλης ενώ τα νεότερα εξαπλώνονται στις άλλες περιοχές. Η κύρια χρήση των κτηρίων είναι οικιστική και εμπορική. Ένα αξιόλογο ποσοστό αντιστοιχεί σε κτήρια με διοικητική χρήση, ιδιωτικά γραφεία και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα *(ΕΛΣΤΑΤ, 2008)*.

Η έκταση της περιφέρειας Αττικής είναι 3798km^2. Σε σχέση με την κάλυψη της γης τα 771km^2 είναι το δομημένο περιβάλλον. Οι υγροβιότοποι καταλαμβάνουν μια έκταση 117km^2 ενώ οι δασικές εκτάσεις καταλαμβάνουν 1268km^2. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις καταλαμβάνουν 490km^2, 645km^2 είναι θαμνώδης εκτάσεις και τα 465km^2 είναι περιοχές χαμηλής βλάστησης *(EuroStat, 2009)*.

Σε σχέση με τις χρήσεις γης στην περιφέρεια Αττικής το 2009 τα 1021km^2 είχαν δασική χρήση, 675km^2 αγροτική και τα 132km^2 κτηνοτροφική χρήση. Στον αστικό ιστό τα 618km^2 είχαν υπηρεσίες και οικιστική χρήση, τα 394km^2 είχαν βιομηχανική χρήση ενώ τα 957km^2 δεν είχαν εμφανή χρήση *(EuroStat, 2009)*.

9.3.Το μοντέλο εξάπλωσης της Αθήνας και ο ρόλος της χωροταξίας

Η πόλη της Αθήνας υπάρχει από τους αρχαίους χρόνους και ως μια πόλη με αρχαιολογική σημασία έχει πολλά διάσπαρτα απομεινάρια της εποχής. Οι αρχαιολογικές θέσεις ενσωματώνονται στον αστικό ιστό της σύγχρονης πόλης όμως υπάρχουν και συγκρούσεις ανάμεσα στις πολιτικές ανάπτυξης της σύγχρονης πόλης και των αρχαιολογικών μνημείων.

Η εξάπλωση της Αθήνας χωρίζεται σε τρεις χρονικές περιόδους. Η πρώτη περίοδος ξεκινάει από την μικρασιατική καταστροφή και διαρκεί ως την πτώση της χούντας (1922-1974). Η δεύτερη περίοδος ορίζεται χρονικά από την μεταπολίτευση ως την δεκαετία του 1990(1975-1990). Και η τελευταία περίοδος είναι από το 1990 έως και σήμερα(1990-σημερα) *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Οι κινητήριοι μοχλοί της αστικής εξάπλωσης και διάχυσης ήταν η εισροή μεγάλων πληθυσμών με τις ανταλλαγές πληθυσμών, η αστικοποίηση και η αγροτική έξοδος. Οι λόγοι αυτοί οδήγησαν τις πόλεις της Ελλάδας και κυρίως την Αθήνα σε ασχεδίαστη οικοδόμηση ολόκληρων συνοικιών κατά τη διάρκεια των χρόνων *(Σαπουντζάκη Κ., 2012;Παγώνης Θ., Χωριανόπουλος Ι., Κουκούλας Σ.2009)*.

Η πρώτη περίοδος (1922-1974) χαρακτηρίζεται από την ανάγκη για αποκατάσταση των προσφύγων και την εμφάνιση νέων ρυθμίσεων που θα καθορίσουν την ανοικοδόμηση της πόλης τα επόμενα χρόνια (θεσμοθέτηση της εκτός σχεδίου δόμησης, οριζόντια ιδιοκτησία κα). Παρά τα έργα και τις δράσεις μεγάλων χωροτακτών και πολιτικών ο κύριος τρόπος δόμησης νέων περιοχών ήταν η αυθαίρετη δόμηση για λόγους αυτοστέγασης *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Κατά τη πρώτη περίοδο παρατηρούνται τρεις ξεχωριστές υποπερίοδοι (προπολεμικά, μεταπολεμικά και χρόνια της δικτατορίας) νομοθετικών αλλαγών και ρυθμών ανάπτυξης. Τα προπολεμικά χρόνια χαρακτηρίζονται από τις προσπάθειες αποκατάστασης των προσφύγων. Κύριο ρόλο έπαιζε η ιδιωτική εκμετάλλευση της γης. Ο κατακερματισμός της γης και η αυθαίρετη δόμηση οδήγησαν σε τμηματική επέκταση της πόλης με ένταξη των οικοπέδων στο ρυμοτομικό σχέδιο της Αθήνας *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Η μεταπολεμική περίοδος χαρακτηρίζεται από την έξαρση της οικοδομικής δραστηριότητας λόγω της αντιπαροχής και της συνέχισης της αυθαίρετης δόμησης στη περίμετρο του τότε αστικού ιστού. Η ανέγερση κατοικιών είναι το πρώτο μέλημα με ανεπανόρθωτες ζημίες στο αστικό περιβάλλον *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Τα χρόνια της δικτατορίας χαρακτηρίζονται από έκρηξη οικοδομικής δραστηριότητας λόγω ευνοϊκών μέτρων και των αυξημένων οικοδομικών δανείων. Γίνονται προσπάθειες προώθησης ανάπτυξης με την εισαγωγή των ζωνών ενεργού πολεοδομίας όμως περιορίζονται όλες οι ανανεωτικές προσπάθειες χωροταξικού σχεδιασμού λόγω του πολιτικού καθεστώτος *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Η δεύτερη περίοδος (1974-1990) εξάπλωσης της πόλης χαρακτηρίζεται από καινοτόμες ρυθμίσεις και την ένταξη στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Το σύνταγμα του 1975 ορίζει πως η χωροταξική οργάνωση της χώρας είναι ευθύνη του κράτους, το οποίο υποχρεούται να φροντίζει για την προστασία του περιβάλλοντος *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Η αστικοποίηση και η συγκέντρωση οικονομικών δραστηριοτήτων στην Αθήνα οδηγεί στα πρώτα περιβαλλοντικά προβλήματα. Εμφανίζονται νέες χωροταξικές και πολεοδομικές πολιτικές καθώς και το πρώτο Ρυθμιστικό Σχέδιο για την Αθήνα *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Η αυθαίρετη δόμηση συνεχίζει να υφίσταται όχι όμως για λόγους αυτοστέγασης αλλά ως επιδίωξη δεύτερης ή παραθεριστικής κατοικίας. Οι διαδοχικές νομιμοποιήσεις αυθαιρέτων δημιουργούν τις συνθήκες για την εμφάνιση νέων, παρά την πολιτική πως το δάσος είναι ένα δημόσιο αγαθό και είναι ασυμβίβαστο με την κατοικία *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Η τρίτη περίοδος (1990-σημερα) εξάπλωσης χαρακτηρίζεται από πολιτικές ανακατατάξεις στην Ανατολική Ευρώπη και τα Βαλκάνια που οδηγούν σε μεγάλες εισροές πληθυσμών στην χώρα, τους μειωμένους ρυθμούς αύξησης της πόλης, την κοινοτική παρέμβαση- στήριξη και τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Οι εισροές μεταναστών αναζωπυρώνουν την αστικοποίηση και την πληθυσμιακή αύξηση της Αθήνας όμως δεν παρατηρείται αντίστοιχη αύξηση στην επέκταση της πόλης.

Τα Διαρθρωτικά Ταμεία και τα Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης από την Ευρωπαϊκή Ένωση επηρεάζουν το χωροταξικό σχεδιασμό και την περιβαλλοντική πολιτική. Γίνονται ειδικές χωροταξικές και περιβαλλοντικές μελέτες και υιοθετούνται οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Αλλαγές στη δημόσια διοίκηση θεσμοθετούν αλλαγές στην τοπική αυτοδιοίκηση με συνέπειες στη χωροταξική οργάνωση. Εμφανίζονται νέοι νόμοι σχετικά με Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές, Περιοχές Ολοκληρωμένης Τουριστικής Ανάπτυξης, το Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και την Αειφόρο Ανάπτυξη, Συμπράξεις Δημοσίου- Ιδιωτικού Τομέα αλλά και προετοιμασίες για την αναθεώρηση της πολεοδομικής νομοθεσίας *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Οι Ολυμπιακοί Αγώνες επιφέρουν συνεχής τροποποιήσεις στο Ρυθμιστικό Σχέδιο Αθήνας που βρίσκεται ακόμη στο στάδιο επικαριοποίησης. Καθορίζονται οι στρατηγικοί άξονες και πόλοι ανάπτυξης καθώς και έργα εθνικού βεληνεκούς για τις ανάγκες των αγώνων *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*.

Η αυθαίρετη δόμηση συνεχίζεται στις παρυφές της πόλης, τους πρόποδες των ορεινών όγκων και τις δασικές εκτάσεις κυρίως για λόγους δεύτερης κατοικίας για να μπορέσουν οι εύπορες τάξεις να ξεφύγουν από το υποβαθμισμένο περιβάλλον της πόλης *(Σαπουντζάκη Κ., 2012)*. Η συστηματική

καταπάτηση των δασικών και αγροτικών περιοχών υποβαθμίζει το περιβάλλον και αυξάνει το κίνδυνο εμφάνισης πυρκαγιών στις περιοχές αυτές.

«Στην Ελλάδα η μητροπολιτική ανάπτυξη υπήρξε αναγκαστικό προϊόν κρίσιμων γεωπολιτικών ανακατατάξεων και συγκρούσεων, σε αντίθεση με τις περισσότερης ευρωπαϊκές χώρες» *(Γιαννακούρου Γ., 2004 σελ 351)* το γεγονός αυτό εξηγεί ακόμη και σήμερα γιατί οι ελληνικές μητροπόλεις δεν διαθέτουν όλα τα χαρακτηριστικά των μητροπόλεων παρά μόνο τα ποσοτικά (μέγεθος, πυκνότητα πληθυσμού, ένταση χρήσεων) και όχι τα λειτουργικά και τα πολιτισμικά όπως οι μητροπόλεις της Δύσης(αστικές υποδομές, σύγχρονη τεχνολογία, ελεύθερους χώρους, κοινωφελείς εξυπηρετήσεις, αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις μνημειακού χαρακτήρα) *(Καυκάλας Γ., 2004).*

Στην Αθήνα τα ρυθμιστικά σχέδια για την ανάπτυξη της πόλης, την προστασία του περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομίας εμφανίζονται μόλις το 1985. Παρατηρείται έντονος κατακερματισμός της γης και των ιδιοκτησιών καθώς και η αυθαίρετη δόμηση ακόμη και στους κεντρικούς τομείς της πόλης. Η γη και η κατοικία είναι συνδεδεμένα με πολιτικές προτεραιότητες. Ο σχεδιασμός των πόλεων είχε γίνει ο μηχανισμός για την προώθηση των πολιτικών σχέσεων αλλά και άσκησης κοινωνικής πολιτικής.(Καυκάλας Γ., 2004)

Προσπάθειες για τον οργανωμένο σχεδιασμό της πόλης των Αθηνών είχαν γίνει κατά καιρούς ξεκινώντας ακόμη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα αλλά οι επιτροπές διαλυόντουσαν για πολιτικούς λόγους χωρίς να παραδώσουν κανένα σχέδιο. Άλλες προσπάθειες έγινα μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και την δεκαετία του 1960 οι οποίες οδήγησαν σε ένα ρυθμιστικό σχέδιο που δεν εφαρμόστηκε ποτέ και έμεινε μόνο στα χαρτιά.(Καυκάλας Γ., 2004)

Σήμερα υπάρχει το Ρυθμιστικό Σχέδιο Αθήνας. Αυτό ορίζει τους τομείς προτεραιότητας και τους άξονες ανάπτυξης της πόλης. Υπάρχουν και εξωτερικές πιέσεις που καθορίζουν την ανάπτυξη τη πόλης όπως οι διεθνείς επιρροές και κοινοτικές οδηγίες. Τα οικονομικά μεγέθη και ο ανταγωνισμός, οι μεταφορές και η διεθνοποίηση καθώς και εισροή ξένων επενδυτών και απόψεων έχουν μεσολαβήσει στις αλλαγές του σχεδιασμού της σύγχρονης πόλης. Όλα αυτά υπό την επίβλεψη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.(Οικονόμου Δ., Πετράκος Γ., 2007)

Λόγο της ιδιόρρυθμης ανάπτυξης της πόλης η διαστρωμάτωση της πόλης δεν παρουσιάζει ομοιογένεια. Οι μεγάλες πυκνότητες παρατηρούνται στις φτωχότερες γειτονίες του κεντρικού και του δυτικού τομέα. Οι μεγάλες κατασκευές των προηγούμενων περιόδων βρίσκονται και αυτές στο κέντρο μειώνοντας το πλάτος των δρόμων, την έκταση για πράσινο και αυξάνοντας τις πυκνότητες οικοδομών. Οι λόγοι αυτοί είναι που οδηγούν στο σχεδιασμό εκ των υστέρων για την αντιμετώπιση των κυμάτων καύσωνα αλλά και την μείωση του φαινομένου της ΑΘΝ που πλήττει ιδιαίτερα το κέντρο της Αθήνας.

9.4.Περιοχές πρασίνου

Σύμφωνα με το δήμο των Αθηνών ο δήμος έχει στην έκταση του 1325 χώρους πρασίνου με συνολική έκταση τα 3.355.000m^2 τετραγωνικά μέτρα. Όμως δεν έχει γίνει καμιά έρευνα που να μέτρα τι ποσοστό και τι έκταση αναλογεί σε κάθε κάτοικο από αυτό το πράσινο. Η τελευταία επίσημη έκθεση ήταν του 1999 και αναλογούσε μόλις 2,55m^2 τετραγωνικά μέτρα ανά κάτοικο *(Τα Νέα, 13/10/2001)*. Η έκταση αυτή δεν πλησιάζει το όριο που θέτει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος που είναι τα 10m^2 πρασίνου ανά κάτοικο αλλά ούτε το επιθυμητό όριο που προωθεί το Ρυθμιστικό Σχέδιο Αθηνάς που είναι τα 8m^2 ανά κάτοικο *(Μπελαβίλας Ν., κ.α., 2012)*. Οι μεγαλύτερη χώροι πρασίνου στο δήμο Αθηνών είναι το Πεδίο του Άρεως, ο Εθνικός Κήπος, ο Λόφος Στρέφη και ο λόφος του Λυκαβηττού *(Δήμος Αθηνών, 2013)*.

Η περιφέρεια Αττικής έχει στα όρια της τους εθνικούς δρυμούς της Πάρνηθας, της Πεντέλης και τις δασικές εκτάσεις του Μαραθώνα. Ο δήμος της Αθήνας όμως έχει ελάχιστο πράσινο που περιορίζεται σε δυο μεγάλα πάρκα (Εθνικό Πάρκο και το πεδίο του Άρεως) και σε δυο λόφους (του Λυκαβηττού και του Στρέφη).

Σε μικρότερη κλίμακα στις γειτονίες υπάρχουν μικρές πλατιές μερικών δεκάδων μέτρων όμως δεν είναι όλες φυτεμένες ή έχουν επαρκεί πράσινο για τις πυκνότητες που συγκεντρώνουν. Μόνο οι κεντρικές λεωφόροι έχουν δέντρα στα πεζοδρόμια και νησίδες με φυτά. Ο καθημερινός φόρτος κίνησης και οι ρύποι υποβαθμίζουν την υγεία και την κατάσταση των φυτών αυτών.

Οι αθλητικές εγκαταστάσεις προσφέρουν μικρές εκτάσεις πρασίνου όμως λόγο της κακής συντήρησης των χώρων και του ελλιπούς φωτισμού οι κάτοικοι των περιοχών αποφεύγουν τους χώρους αυτούς.

Τη μεγαλύτερη προσφορά σε χώρους πρασίνου την κάνουν οι εκκλησίες που έχουν πράσινες αυλές και ελκύουν το κόσμο στις μικρές ή μεγάλες γειτονίες. Το πράσινο των εκκλησιών δεν προσμετράτε στο πράσινο της πόλης διότι ο Δήμος δεν έχει δικαιοδοσία σε αυτά *(Δήμος Αθηνών, 2013)*.

9.5.Μορφολογία

Η μορφολογία του λεκανοπεδίου είναι σχετικά ήπια και ομαλή. Περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους, Αιγάλεω στα δυτικά, Πάρνηθας στα βόρεια, Πεντέλης βορειοανατολικά και Υμηττού στα νοτιοδυτικά. Ενώ στα δυτικά βρέχεται από το Σαρωνικό κόλπο. Η υψηλότερη κορυφή είναι της Πάρνηθας στα 1413 μέτρα ενώ στον δήμο της Αθήνας το υψόμετρο κυμαίνεται από τα 71εως τα 378 μέτρα *(Δήμος Αθηναίων, 2014)*.

Μέσα στη πόλη βρίσκονται διάσπαρτοι αρκετοί λόφοι και λοφίσκοι όπως της Ακρόπολης, του Λυκαβηττού, του Στρέφη, του Φιλοπάππου κα. Το

υψηλότερο είναι αυτό του Λυκαβηττού που επιτρέπει την παρατήρηση ολόκληρης της πόλης των Αθηνών.

Η Αθήνα διατρέχεται από τρεις ποταμούς τον Ιλισό, τον Ηριδανό και τον Κηφισό ποταμό. Μόνο ο Κηφισός ποταμός έχει απομείνει ως εμφανής υδάτινη μάζα, οι άλλοι δυο κυλάνε υπογείως καθώς σκεπάστηκαν την δεκαετία του 1960. Ο Κηφισός πηγάζει από τις συμβολές των ορεινών όγκων της Πάρνηθας και της Πεντέλης και χύνεται στο Σαρωνικό Κόλπο στον Φαληρικό όρμο. Υπήρχαν πάνω από 500km παραποτάμων των τριών ποταμών όμως τα περισσότερα έχουν μπαζωθεί για τις ανάγκες της πόλης *(Το Βήμα, 15/5/2011)*.

Λόγο των ορεινών όγκων που περικυκλώνουν το λεκανοπέδιο η Αθήνα πάσχει πολύ συχνά από το φαινόμενο της Αστικής θερμικής νησίδας. Οι θερμοκρασιακές αναστροφές που δημιουργούν οι ορεινοί όγκοι αλλά και η μορφολογία της ίδιας της πόλης παγιδεύουν μεγάλα ποσά ενέργειας από την ακτινοβολία που δέχονται. Τα μεγαλύτερα προβλήματα παρατηρούνται στο κέντρο της πόλης.

9.6.Κλίμα

Η Αθήνα έχει μεσογειακό κλίμα όμως βρίσκεται στη σκιά των ορεινών όγκων που τη περιβάλλουν και δέχεται οριακές βροχοπτώσεις. Έχει χαρακτηριστικά παρατεταμένα θερμά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Η περίοδος των βροχών είναι κυρίως από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο με ελάχιστες καταιγίδες. Η μέση βροχόπτωση είναι 414χιλιοστα βροχής και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας κυμαίνονται από τους 10°C το χειμώνα έως τους 34°C το καλοκαίρι. Οι χιονοπτώσεις είναι σπάνιες όμως προκαλούν αρκετές ζημίες και αποδιοργανώνουν την λειτουργιά της πόλης, οι χιονοπτώσεις είναι πιο συχνές στα βόρεια προάστια και στους πρόποδες των ορεινών όγκων *(ΕΜΥ, 2003)*.

Η πόλη πλήττεται αρκετά συχνά από κύματα καύσωνα την περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου. Αλλά και από κύματα σκόνης από τη Σαχάρα κατά τη διάρκεια όλου του έτους.

Εικονα 16 Πινακας κλιματικων δεδωμενων 1971-2000

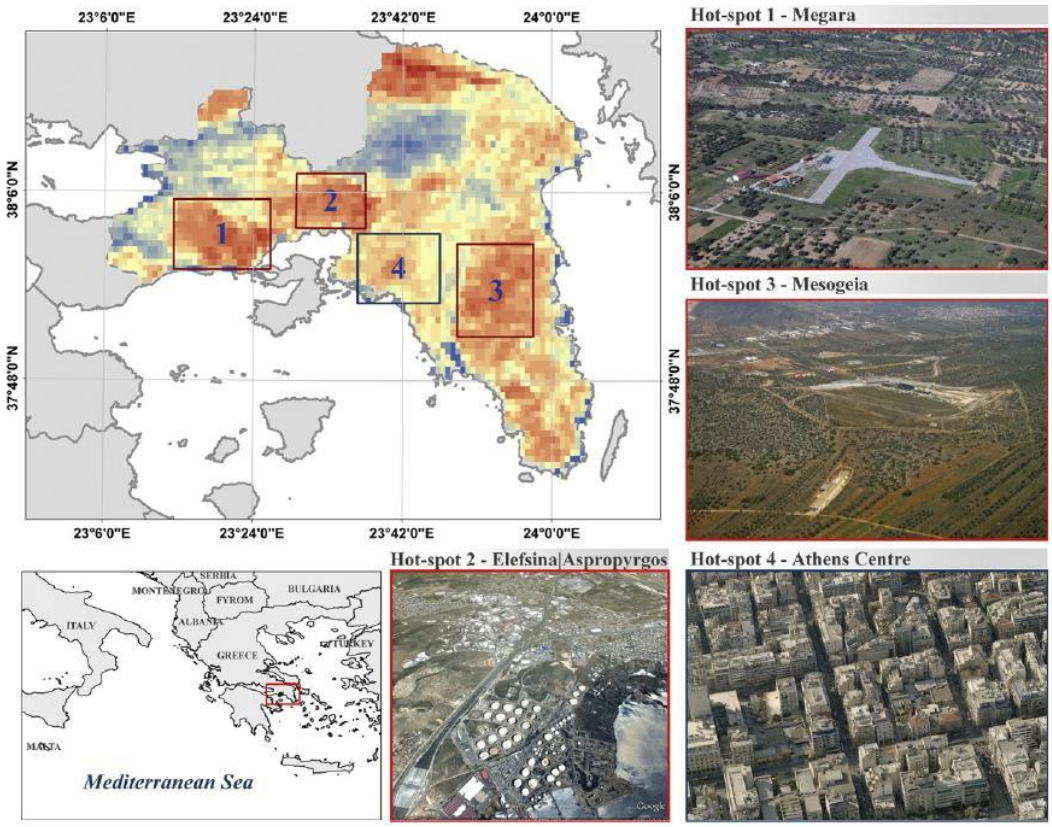
Climate data for Nea Filadelfeia													
μηνας	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
μεση μεγιστη °C (°F)	12.5 (54.5)	13.5 (56.3)	15.7 (60.3)	20.2 (68.4)	26.0 (78.8)	31.1 (88)	33.5 (92.3)	33.2 (91.8)	29.2 (84.6)	23.3 (73.9)	18.1 (64.6)	14.1 (57.4)	22.5 (72.5)
μεση ημερισια °C (°F)	8.9 (48)	9.5 (49.1)	11.2 (52.2)	14.9 (58.8)	20.0 (68)	24.7 (76.5)	27.2 (81)	27.0 (80.6)	23.3 (73.9)	18.4 (65.1)	14.0 (57.2)	10.5 (50.9)	17.4 (63.3)
μεση ελαχιστη °C (°F)	5.2 (41.4)	5.4 (41.7)	6.7 (44.1)	9.6 (49.3)	13.9 (57)	18.2 (64.8)	20.8 (69.4)	20.7 (69.3)	17.3 (63.1)	13.4 (56.1)	9.8 (49.6)	6.8 (44.2)	12.3 (54.1)
κατακριμνησεις (inches)	56.9 (2.24)	46.7 (1.839)	40.7 (1.602)	30.8 (1.213)	22.7 (0.894)	10.6 (0.417)	5.8 (0.228)	6.0 (0.236)	13.9 (0.547)	52.6 (2.071)	58.3 (2.295)	69.1 (2.72)	414.1 (16.303)
μεσος αριθμοσ ημερων βροχης	12.6	10.4	10.2	8.1	6.2	3.7	1.9	1.7	3.3	7.2	9.7	12.1	87.1
μεσο % υγρασια	74.5	72.2	68.8	61.7	53.9	46.1	43.1	45.3	53.7	66.1	74.3	76.1	60.8
μεσος αριθμοσ ημερων ηλιοφανειας	130.2	139.2	182.9	231.0	291.4	336.0	362.7	341.0	276.0	207.7	153.0	127.1	2,778.2

Πηγή: επεξεργασία από Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό «www.wmo.int»

10. Χαρακτηριστικά των κυμάτων καύσωνα και της ΑΘΝ στην Αθήνα

Η Αττική παρουσιάζει τέσσερις προβληματικές περιοχές που πάσχουν από τις υψηλές θερμοκρασίες κατά του θερινούς μήνες (Μάιος- Σεπτέμβριος). Οι περιοχές αυτές είναι τα Μέγαρα(1), τα Μεσόγεια(3), ο Ασπρόπυργος(2) και ο δήμος των Αθηνών(4)*(Keramitsoglou I., et. al, 2001).*

Εικονα 17 Οι προβληματικές περιοχές της Αττικής



Πηγή: Remote sensing of environment, issue 115, p.3082,

Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν διαφορές ανάλογα με την περίοδο εκδήλωσης των υψηλότερων θερμοκρασιών αλλά και την έντασή τους. Οι περιοχές των Μεγάρων, των Μεσογείων και του Ασπρόπυργου έχουν χαρακτηριστικά υψηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας σε αντίθεση με το δήμο των Αθηνών που παρουσιάζει τις μέγιστες θερμοκρασίες διαφορές κατά τη διάρκεια της νύχτας (Αστική Θυμική Νησίδα) *(Keramitsoglou I., et. al, 2001).*

Ο δήμος των Αθηνών αν και παρουσιάζει υψηλές θερμοκρασίες και κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά σε σχέση με το περαστικό περιβάλλον. Αυτό οφείλεται στα χαρακτηριστικά του αστικού ιστού

που έχει διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με τη βλάστηση και το έδαφος που επικρατούν στις περαστικές περιοχές *(Keramitsoglou I., et. al, 2001).*

Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν το περαστικό περιβάλλον αποβάλλει τη θερμοκρασία πιο γρήγορα από το αστικό ιστό. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία ΑΘΝ στο κέντρο της Αθήνας που αρχίζει να αποβάλλει τη θερμοκρασία πολύ αργότερα κατά τη διάρκεια της νύχτας*(Keramitsoglou I., et. al, 2001).*

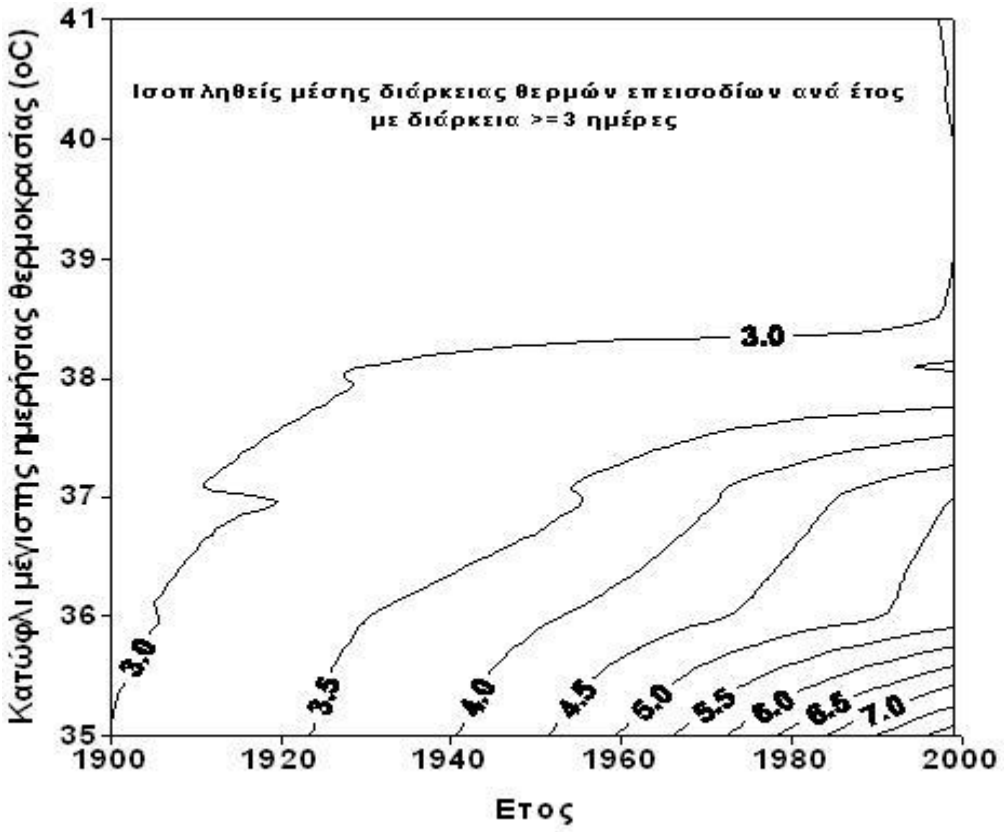
Παρατηρείται διαφορά στην περίοδο εμφάνισης της μέγιστης θερμοκρασίας. Οι περιοχές των Μεγάρων, των Μεσογείων και του Ασπρόπυργου παρουσιάζουν τις μέγιστες θερμοκρασίες στα μέσα Ιουλίου ενώ το κέντρο της Αθήνας παρουσιάζει τη μέγιστη θερμοκρασία στο τέλος Ιουλίου με καθυστέρηση περίπου δυο εβδομάδων από τις άλλες περιοχές*(Keramitsoglou I., et. al, 2001).*

Τέλος είναι εμφανή η διαφορά στο εμβαδό που καταλαμβάνουν οι περιοχές κατά τη διάρκεια εμφάνισης των υψηλότερων θερμοκρασιών. Το κέντρο της Αθήνας στη κορύφωση των μέγιστων θερμοκρασιών καταλαμβάνει ένα εμβαδό περίπου 55km^2 . Όλες οι περιοχές δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία σε όλη την έκταση όμως παρατηρείται μια διακύμανση μέχρι 1,2°C στην έκταση αυτή*(Keramitsoglou I., et. al, 2001).*

Με τη πάροδο του χρόνου οι θερμές περιοχές τείνουν να εξαπλώνονται μέχρι να συναντήσουν μια τοπογραφική μεταβολή, μια περιοχή πυκνής βλάστησης ή μάζα ύδατος*(Keramitsoglou I., et. al, 2001).*

Σύμφωνα με τις καταγραφές των υψηλότερων θερμοκρασιών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών παρατηρείται αύξηση στην ένταση και στην διάρκεια των θερμών ημερών τον τελευταίο αιώνα.

Εικονα 18 Διάρκεια θερμών επεισοδίων στο σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών τον 20ο αιώνα

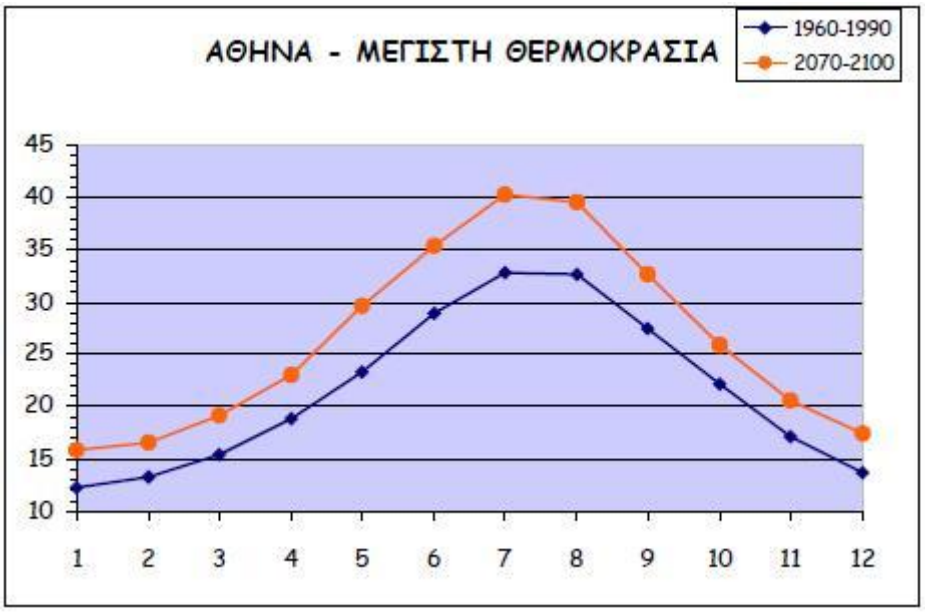


Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2006

Τα επόμενα χρόνια οι θερμοκρασίες αναμένεται να ανέβουν περισσότερο. Βασιζόμενο σε διεθνής προγνωστικά μοντέλα το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών δημιούργησε μοντέλο που προσομοιώνει το κλίμα και τις θερμοκρασίες για την περίοδο 2070-2100(Κοτρώνη Β. κ.α, 2006).

Από τα μοντέλα προσομοίωσης (2070-2100) πρόεκυψε πως οι μέσες μέγιστες θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες για την Αθήνα θα έχουν μια αύξηση της τάξης των 7°C. Αντίστοιχη αύξηση αναμένεται και στις μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες(Κοτρώνη Β. κ.α, 2006).

Εικονα 19 Μηνιαία μεταβολή της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας



Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, "Περιοχικές κλιματικές προγνώσεις στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου: αποτελέσματα για τη χρονική περίοδο 2071-2100", 2006, p. 4

Εικονα 20 Μηνιαία μεταβολή της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας



Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, "Περιοχικές κλιματικές προγνώσεις στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου: αποτελέσματα για τη χρονική περίοδο 2071-2100", 2006, p. 4

11. Σχέδιο αντιμετώπισης θερμών εισβολών του δήμου Αθηναίων

Ο δήμος Αθηνών έχει δημιουργήσει το Επιχειρησιακό Σχέδιο Αντιμετώπισης Θερμικής Εισβολής με το κωδικό όνομα "ΦΑΕΘΩΝ". Το σχέδιο ενεργοποιείται από τον Οργανισμό Αντιμετώπισης Καθημερινών Προβλημάτων (ΟΑΚΠ) του δήμου Αθηνών όταν ενδέχεται να αυξηθούν οι θερμοκρασίες ύστερα από την υπόδειξη της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ)και της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) *(Δήμος Αθηναίων, 2014).*

Το σχέδιο προβλέπει την λειτουργιά των Λεσχών Φιλίας από τις 8πμ έως τις 9μμ. Όλοι οι χώροι στις λέσχες διαθέτουν κλιματισμό και δέχονται πολίτες. Στα κεντρικά σημεία της πόλης(Σύνταγμα) ο ΟΑΚΠ σε συνεργασία με εθελοντικές ομάδες διανέμει εμφιαλωμένο νερό και ενημερωτικά φυλλάδια για την αντιμετώπιση του καύσωνα *(Δήμος Αθηναιων,2014)*.

Ο δήμος είναι υπεύθυνος για τη σύσταση ενημερωτικού φυλλαδίου με τις συστάσεις για τους πολίτες την περίοδο του καύσωνα. Ο ραδιοφωνικός σταθμός του δήμου Αθηνών (Αθήνα 9,84FM) μεταδίδει οδηγίες για την αποφυγή θερμικής εξάντλησης και θερμοπληξίας. Επίσης μεταδίδονται όλες οι διευθύνσεις των διαθέσιμων κλιματιζόμενων χώρων του δήμου *(Δήμος Αθηναιων,2014)*.

Ο γενικός γραμματέας του δήμου είναι υπεύθυνος για την έκδοση εγκυκλίου με τα μέτρα για τις ομάδες υψηλού κίνδυνου (ηλικιωμένοι, έγκυες και πάσχοντες από χρονιά νοσήματα). Ακόμη ορίζει για τους εργαζόμενους των εξωτερικών χώρων το ωράριο εργασιών και την ώρα πρόωρης αποχώρησης τους*(Δήμος Αθηναιων,2014)*.

Η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, το Εθνικό Κέντρο Επιχειρήσεων Υγείας και το κέντρο επιχειρήσεων του Οργανισμού Αντιμετώπισης Καθημερινών Προβλημάτων βρίσκονται σε συνεχή επαφή για την παρακολούθηση των θερμοκρασιακών μεταβολών και τη λήψη πρόσθετων μέτρων σε περίπτωση ανάγκης*(Δήμος Αθηναιων,2014)*.

12. Εμπειρίες καυσώνων στην Αθήνα

Υπάρχουν πολλές καταγραφές που δείχνουν πως τα καλοκαίρια στην Αθήνα ήταν, είναι και θα είναι ζεστά. Τι θεωρείται καύσωνας αλλάζει από τη γεωγραφική περιοχή αλλά και από τη χρονική περίοδο. Στις αρχές του 19ου αιώνα υψηλές θερμοκρασίες θεωρούνταν όταν πλησίαζαν ή ξεπερνούσαν τους 33°C. Τον 20ο αιώνα οι θερμοκρασίες αυτές θεωρούνταν μάλλον φυσιολογικές και αναφέρονταν ως υψηλές όταν ξεπερνούσαν τους 36°C. Την περίοδο του 21ου αιώνα υψηλές θεωρούνται οι θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 40°C*(Το Βήμα, 29/06/2003)*.

Τα τελευταία πενήντα χρόνια στην Αθήνα έχουν καταγραφεί αρκετές περιπτώσεις με την θερμοκρασία να ξεπερνά τους 40°C. Υψηλές θερμοκρασίες καταγράφηκαν το 1957(41,9°C), το 1966(40°C), το1973(46,4°C),το 1977(48°C), το 1981(40°C), το 1987(44°C)*(Ο Μικρός Ρωμηός, 2012)*. Το 2003 ήταν ένα θερμό καλοκαίρι με υψηλές θερμοκρασίες όμως οι θερμοκρασίες αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Το καλοκαίρι του 2007 ήταν το πιο θερμό της τελευταίας πενηνταετίας για όλη την Ελλάδα όχι μόνο για την Αθήνα. Καταγράφηκαν συνολικά τρεις καύσωνες μέσης διάρκειας έξι ημερών ο καθένας. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν έφτασαν τους 46,4°C στο Αργος ενώ στην Αθήνα ο υδράργυρος έφτασε τους 46,2°C στο μετεωρολογικό σταθμό στα Νέα Φιλαδέλφεια*(Η Καθημερινή, 9/09/2007)*. Το πιο πρόσφατο καλοκαίρι που καταγράφηκαν υψηλές θερμοκρασίες ήταν το 2012. Οι θερμοκρασίες ξεπέρασαν σε αρκετές περιπτώσεις τους 40°C*(Το Βήμα, 23/8/2012)*.

Το πιο τραγικό καλοκαίρι για την Αθήνα ήταν του 1987. Είχε διάρκεια εννέα ημέρες(20/7-28/7) και οι μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες δεν έπεσαν κάτω από τους 40°C. Σε αρκετές περιοχές ο υδράργυρος έφτασε τους 44-45°C για δυο και τρεις συνεχόμενες ημέρες. Οι ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες για τέσσερις συνεχόμενες ημέρες βρίσκονταν πάνω από τους 30°C. Η σχετική υγρασία στις παραθαλάσσιες περιοχές έφτασε το 60%*(Τα Νέα, 30/8/1987)*.

Οι καιρικές συνθήκες οδήγησαν χιλιάδες κόσμο στα νοσοκομεία που βρίσκονταν σε κατάσταση έκτακτου ανάγκης. Ο κόσμος κατασκήνωνε στα προαύλια των νοσοκομείων για να βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πρώτες βοήθειες*(Τα Νέα, 30/8/1987)*.

Τελικά ο καύσωνα προκάλεσε πάνω από 1000 θύματα μόνο στην Αθήνα. Ο αριθμός των νεκρών προκάλεσε διαμάχες και στο κοινοβούλιο. Οι άνθρωποι βρίσκονταν νεκροί στις πλατείες, πάρκα, εισόδους πολυκατοικιών ακόμη και παραλίες. Τα περισσότερα θύματα ήταν μοναχικοί άνθρωποι, ηλικιωμένοι σε οίκους ευγηρίας, ιδρύματα και νοσοκομεία*(Τα Νέα, 30/8/1987)*.

Οι κάτοικοι ήταν απροετοίμαστοι για ένα τέτοιο γεγονός. Ο κλιματισμός στα σπίτια ήταν πολυτέλεια και βρίσκονταν σε ελάχιστα σπίτια. Ακόμη και τα μεγαλύτερα νοσοκομεία δεν είχαν κλιματιζόμενους χώρους*(Ο Μικρός Ρωμηός, 2012)*.

Το καλοκαίρι του 2007 ήταν το θερμότερο που πέρασε η Ελλάδα τα τελευταία πενήντα χρόνια. Καταγράφηκαν τρεις καύσωνες(19-28/6, 18-25/7, 21-26/7) με πιο θερμό να καταγράφεται πολύ νωρίτερα από τη συνηθισμένη περίοδο καύσωνα (τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου). Οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν ήταν υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες δεκαετιών για τις περισσότερες περιοχές της χώρας*(Η Καθημερινή, 9/9/2007)*.

Το πρώτο κύμα καύσωνα(19-28/6/2007) ήταν το πιο θερμό από τα δυο που ακλούθησαν. Ο μετεωρολογικός σταθμός στα Νέα Φιλαδέλφεια κατέγραψε τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία στους 46,2°C ενώ ο σταθμός του Αστεροσκοπείου στο Θησείο κατέγραψε 44,8°C. Οι θερμοκρασίες αυτές ήταν οι υψηλότερες από το 1955. Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καύσωνα έφτασαν τους 33,9°C που είναι οι υψηλότερες καταγεγραμμένες για την Αθήνα*(Η Καθημερινή, 9/9/2007)*.

Κατά το δεύτερο κύμα καύσωνα(18-25/7/2007) επικράτησαν γενικά υψηλές θερμοκρασίες. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφηκαν στην δυτική και την βόρεια Ελλάδα και όχι στην Αθήνα. Καθώς ο Ιούλιος ήταν θερμός σε όλη τη διάρκειά του, η μέση μέγιστη θερμοκρασία για τον μήνα ήταν 36,1°C, είναι η τρίτη κατά σειρά υψηλότερη από το 1955*(Η Καθημερινή, 9/9/2007)*.

Ο τρίτος καύσωνας του Αυγούστου(21-26/8/2007) ήταν ηπιότερος για την ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα. Οι μέγιστες θερμοκρασίες δεν ξεπέρασαν τους 39°C στην Αθήνα. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία για τον Αύγουστο ήταν 35,1°C που είναι αρκετά υψηλή οφείλεται όμως σε μεγάλο βαθμό και στους δυο προηγούμενους καύσωνες*(Η Καθημερινή, 9/9/2007)*.

Οι καύσωνες του 2007 δεν προξένησαν τόσα πολλά ανθρώπινα θύματα όπως ο καύσωνας του 1987. Καταγράφηκαν συνολικά 366 περιστατικά θερμοπληξίας τα όποια όμως είχαν ελάχιστα θύματα(18 άτομα). Οι καύσωνες του 2007 επισκιάστηκαν από τις καταστροφικές πυρκαγιές που έκαψα ένα μεγάλο μέρος της χώρας*(Η Καθημερινή, 9/9/2007)*.

Συνολικά καταγράφηκαν πάνω από 12000 συμβάντα πυρκαγιών σε όλη τη χωρά*(Γκίκα Σ.-Μ., 2012)* εκ των οποίων οι 259 στην περιφέρεια Αττικής *(Μπαλάφα Χ., 2013).* Οι καμένες εκτάσεις ανήρθαν στα 225733 εκτάρια(2257km^2), από αυτά τα 8348 εκτάρια(83,5km^2) ήταν στην Αττική *(Μπαλάφα Χ., 2013)*.

Υπήρξαν και ανθρώπινες απώλειες που έφτασαν τα 74 άτομα. Λόγο της μεγάλης έκτασης των καμένων εκτάσεων πάρα πολλοί άνθρωποι βρέθηκαν άστεγοι (6000 άτομα).Οι φωτιές προκάλεσαν πολλές οικονομικές ζημίες στην γεωργία, την κτηνοτροφία και τους οικισμούς. Οι εκτιμήσεις για την ζημιά από τις φωτιές ανήρθαν στα 3,5 δις ευρώ *(Γκίκα Σ.-Μ., 2012)*.

Οι φωτιές ήταν υψίστης σημασίας για την Αθήνα διότι καήκαν οι μεγαλύτεροι πνεύμονες της πρωτεύουσας (ο εθνικός δρυμός Πάρνηθας και Πεντέλης) *(Γκίκα Σ.-Μ., 2012).* Οι πυρκαγιές προκάλεσαν έντονη δυσφορία και

γενικευμένη επιβάρυνση στην υγεία των κατοίκων της Αθήνας*(Η Καθημερινή, 9/9/2007)*.

Πολλά συνηγορούν πως οι πυρκαγιές ήταν αποτέλεσμα των πολύ εντόνων καυσώνων που προηγήθηκαν αλλά και της γενικευμένης αλλαγής του κλίματος του πλανήτη.

13. Εργα κατα κυματων καυσωνα στην Αθηνα

Η διεθνής εμπειρία δείχνει πως ο σχεδιασμός κατά κυμάτων καύσωνα στις σύγχρονες πόλεις γίνεται εκ των υστέρων καθώς οι πόλεις πια δεν αναπτύσσονται με τους ίδιους ρυθμούς όπως τα παλιότερα χρόνια είτε γιατί έχει κορεστεί η ανάγκη για νέες επεκτάσεις είτε γιατί η επέκταση δεν σημαίνει πια δόμηση νέων περιοχών αλλά προσάρτηση των ήδη υπάρχοντων οικισμών και περιοχών.

Οι μητροπόλεις όπως η Νέα Υόρκη, το Λος Άντζελες, το Λονδίνο, το Παρίσι, το Τόκυο και οι περισσότερες μεγαλουπόλεις έχουν σταματήσει να επεκτείνονται χωρικά και έχουν αρχίσει να επενδύουν στην ανάπτυξη των παλαιών κέντρων και των παρηκμασμένων περιοχών.

Ο σχεδιασμός γίνεται για την ανάπτυξη της περιοχής αλλά και την βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων. Ταυτόχρονα προστατεύεται το περιβάλλοντος και τη μειώνεται ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής. Προτιμούνται οι νέες τεχνολογίες δόμησης και η ανάπτυξη πρασίνου σε τοπική κλίμακα.

Στην Ελλάδα σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) ο σχεδιασμός της γενικότερης περιοχής της πρωτεύουσας αποσκοπεί στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας , τη προστασία του πρασίνου και της βιοποικιλότητας. Δεν γίνεται λόγος για ανάπτυξη νέων περιοχών πρασίνου αλλά χρήση των διαθέσιμων αποθεμάτων γης στα όρια του λεκανοπεδίου για αναδιάρθρωση του αστικού ιστού και της βλάστησης. (2013)

Οι προσπάθειες για ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως ηλιακή, αιολική και υδροηλεκτρική οφείλονται στις ευρωπαϊκές οδηγίες και κανονισμούς που υποχρεώνουν τη χώρα να εναρμονιστεί με τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

Τα έργα κατά κυμάτων καύσωνα στο δήμο της Αθήνας έχουν τη μορφή κάποιας τοπικής παρέμβασης σε κτήρια απο δημόσια ή ιδιωτική πρωτοβουλία. Αν και υπάρχουν πολλά σχέδια που περιλαμβάνουν μεγαλύτερες περιοχές και στοχεύουν ως μια ενιαία αντιμετώπιση του προβλήματος δεν έχουν υλοποιηθεί.

Παραδείγμα τέτοιων σχεδίων είναι η Ενωποίηση Αρχαιολογικών Χώρων και η Πεζοδρόμιση της Πανεπιστημίου. Τα σχέδια αυτά έχουν πολλαπλές δράσεις διότι αποσκοπούν στην πολιτιστική, περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική ανάδειξη των περιοχών με την επέμβαση αυτή. Τα σχέδια υπάρχουν

εδώ και αρκετά χρόνια όμως δεν υλοποιούνται λόγο αντιρρήσεων απο τοπικές ομάδες και ιδιώτες.

Υπάρχει το πρόγραμμα «Πράσινα Δώματα σε Δημόσια Κτήρια» που προσανατολίζεται στην ανάπτυξη πράσινων στεγών στα δημόσια κτήρια. Το πρόγραμμα αυτό έχει ως σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας στα δημόσια κτήρια, στη βελτίωση της οπτικής του κτηρίου και των θερμικών του χαρακτηριστικών. Στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και το μετριασμό της αστικής κλιματικής αλλαγής.(Λαβή Α., 2013)

Παραδείγματα σχεδίων που έχουν υλοποιηθεί περιλαμβάνουν τα κτήρια του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών, και το Υπουργείο Ανταγωνιστικότητας, Υποδομ΄βν, Μεταφορών και Δικτύων. Και τα δυο κτήρια τροποποιήθηκαν και σε αυτά εγκαταστάθηκαν πράσινες στέγες το 2008(Λαβη Α., 2013)

Άλλα παραδείγματα ιδιωτικής πρωτοβουλίας είναι το κτήριο διοίκησης του Εμπορευματικού Σταθμού στο Νέο Ικόνιο απο τον Οραγανισμό Λιμένα Πειραιά (ΟΛΠ). Το κτήριο αγοράστηκε και φυτεύθηκε η οροφή του το 2010 για την στέγαση των διοικητικών γραφείων του σταθμού. Επίσης και το 11^{ο} Δημοτικό σχολείο Ηλιούπολης που έγινε πειραματικά με την Πρωτοβουλία του Γεωπονικού Πανεπιστημιού και την υποστήριξη του Δήμου Ηλιούπολης και του 11^{ου} Δημοτικού σχολείου. Το έργο ολοκληρώθηκε το 2010 ενω το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο επέβλεπε όλη τη διαδικασία και προσέφερε τις γνώσεις και τα φυτά για την κάλυψη της οροφής (Λαβη Α., 2013).

14. Συμπεράσματα

Οι καύσωνες είναι ένα φυσικό φαινόμενο που πολλές φορές δεν θεωρείται ως φυσική καταστροφή. Οι υπεράριθμες περιπτώσεις στα χρονικά δείχνουν πως είναι μια καταστροφή κυρίως του ανεπτυγμένου κόσμου. Πλήττει όλα τα πλάτη και τα μήκη του πλανήτη προξενώντας πολλά ανθρώπινα θύματα. Στη βιβλιογραφία φαίνεται πως τα κύματα καύσωνα σε ένα μόνο γεγονός μπορούν να προκαλέσουν μερικές χιλιάδες θύματα. Τα θύματα είναι κυρίως ηλικιωμένοι, πάσχοντες από χρόνια νοσήματα και άτομα που διαβιούν μόνα τους.

Οι άνθρωποι είναι ευάλωτοι στις υψηλές θερμοκρασίες διότι προκαλούν πολλά αόρατα προβλήματα στην υγεία. Προβλήματα που μπορεί να είναι ήπια, πιο σοβαρά ακόμη και θανατηφόρα. Η αντιμετώπιση των θερμικών παθήσεων μπορεί να γίνει και από τα ίδια τα άτομα αρκεί να γίνει έγκαιρα η διάγνωση. Τα πιο σοβαρά περιστατικά θα πρέπει να αντιμετωπίζονται από ειδικευμένο προσωπικό των νοσοκομείων για να αποφευχθούν οι ανθρώπινες απώλειες.

Η πολιτεία είναι υπεύθυνη για τη σύνταξη σχεδίων για την αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών και κάθε κοινωνικής απειλής. Τα σχέδια θα πρέπει να εφαρμόζονται από τους αρμόδιους φορείς σύμφωνα με τις οδηγίες και τα μέτρα που περιγράφονται στα ειδικά σχέδια. Τα σχέδια θα πρέπει να περιλαμβάνουν μέτρα για την αποφυγή της καταστροφής αλλά και την προετοιμασία της κοινωνίας και των φορέων σε περίπτωση που είναι αδύνατον να γίνει αυτό.

Η αντιμετώπιση μιας καταστροφής γίνεται σε χρονικούς ορίζοντες, πριν τη καταστροφή, κατά τη διάρκεια και μετά τη καταστροφή. Τα στάδια της πρόληψης και της ετοιμότητας θα πρέπει να γίνουν πριν την εμφάνιση της καταστροφής. Η κινητοποίηση και η επέμβαση συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μιας καταστροφής. Τελικό στάδιο είναι η ανακούφιση και ανασυγκρότηση από μια καταστροφή.

Πολλά μέτρα αστικής παρέμβασης έχουν σχεδιαστή για την μείωση του κινδύνου εμφάνισης μιας καταστροφής. Άλλα μέτρα σχεδιάστηκαν για την μείωση της έντασης ενός καταστροφικού γεγονότος και άλλα για την εξομάλυνση των επιπτώσεων από μια καταστροφή. Αρκετά από τα μέτρα που έχουν προταθεί λειτουργούν συμπληρωματικά για μια ολοκληρωμένη πρόληψη και αντιμετώπιση των κυμάτων καύσωνα.

Τα μέτρα αστικής παρέμβασης λειτουργούν όχι μόνο ως ανασταλτικοί παράγοντες μιας καταστροφής αλλά και ως μέσα βελτίωσης της ποιότητας ζωής στη πόλη. Μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας παρεμβάσεις οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα για την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον.

Η Αθήνα είναι μια πόλη που πλήττεται από αρκετές φυσικές καταστροφές και άρα είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις πιο ευάλωτες ομάδες και πως μπορούμε να τις προστατέψουμε σε περίπτωση μιας καταστροφής. Η ιστορική εξάπλωση της πόλης και η χωροταξία παίζουν μεγάλο ρόλο στα μέτρα

που μπορούν να προταθούν και να εφαρμοστούν για να αντιμετωπιστούν οι φυσικές καταστροφές.

Η πόλη επηρεάζεται από τα κύματα καύσωνα και ειδικά σε τέσσερις μεγάλες περιοχές, το κέντρο της πόλης, τα Μέγαρα, τα Μεσόγεια και τον Ασπρόπυργο-Ελευσίνα. Το κέντρο της πόλης παρουσιάζει το μεγαλύτερο πρόβλημα από το φαινόμενο της ΑΘΝ.

Τα προηγούμενα χρόνια η Αθήνα έχει χτυπηθεί πολλές φορές από κύματα καύσωνα. Το 1987 ήταν το πιο καταστροφικό για τους πολίτες διότι χάθηκαν πάνω από 1000 ανθρώπινες ζωές. Οι προηγούμενες εμπειρίες από τους καύσωνες έχουν οδηγήσει την πολιτεία και το δήμο της Αθήνας να δημιουργήσουν σχέδια αντιμετώπισης καυσώνων αλλά και να παρέμβουν τοπικά σε μερικά διοικητικά κτήρια για την μείωση της επίπτωσης των κυμάτων καύσωνα.

Βιβλιογραφία/ Reference

Πρωτογενής πηγές

Υπουργική απόφαση: *ΥΑ 1299/2003 ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003*

Φύλλο εφημερίδας: *Η Καθημερινή, 9/9/2007*

Φύλλο εφημερίδας: *Τα Νέα, 30/8/1987*

Φύλλο εφημερίδας: *Το Βήμα, 23/8/2012*

Φύλλο εφημερίδας: *Το Βήμα, 29/06/2003*

Φύλλο εφημερίδας: *Το Βήμα, 15/5/2011*

Φύλλο εφημερίδας: *Τα Νεα,5/8/2012*

Φύλλο εφημερίδας: *Ο Μικρός Ρωμηός*

Ελληνόγλωσσα βιβλία

Σαπουντζάκη, Κ. (2007) (επιμ.-μτφρ.). *Το Αύριο Εν κινδύνω: φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα,* Αθήνα: Gutenberg.

Σαπουντζάκη, Κ. (2012). Σημειώσεις μαθήματος Στρατηγικός και τοπικός σχεδιασμός. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2014.

Μαυράκης, Α., Δασακλής, Σ., Λουκαίδη, Β., Σίγαλος, Γ., Φωτόπουλος, Ν. (2010). *Χωρικά χαρακτηριστικά της θερμοκρασίας στον ελλαδικό χώρο κατά την διάρκεια των επεισοδίων καύσωνα του Ιουνίου και Ιουλίου 2007.* Πάντειο πανεπιστήμιο.

Βλάχου, Ο. (2010). *Γεωγραφική κατανομή, μεταβλητότητα και επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων στην Ελλάδα βάσει αναφορών ημερησίου τύπου και καταγεγραμμένων μετρήσεων,* Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2010.

Παγώνης Θ., Χωριανόπουλος Ι., Κουκούλας Σ.(2009). Σημειώσεις μαθήματος αρχιτεκτονικής. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009.

Καυκάλας, Γ(επιμ.). (2004). *Ζητήματα χωρικής ανάπτυξης θεωρητικές προσεγγίσεις και πολιτικές.* Αθήνα: Κριτική, 2004.

Οικονόμου, Δ., Πετράκος, Γ. (2007). *Η ανάπτυξη των ελληνικών πόλεων.* Βόλος: Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας Guttenberg, 2007.

Μπλεαβίλας, Ν., Βαταβάλη, Φ., Σουρέλη, Ν., Πρέντου, Π. (2012). «Ελεύθεροι χώροι, αστικό και περιαστικό πράσινο στο μητροπολιτικό συγκρότημα Αθήνας». 3° Πανελλήνιο συνέδριο πολεοδομίας, χωροταξίας και περιφερειακής ανάπτυξης. Βόλος 27-30/9/2012.

Ρούτση, Ε. (2010). *Γνώσεις και απόψεις των επαγγελματιών υγείας που εργάζονται στο τμήμα Επειγόντων Περιστατικών Σχετικά με την Αντιμετώπιση μαζικών καταστροφών.* Πανεπιστήμιο Κρήτης ,2010.

Κοτρώνη, Β., Λαγουβάρδο, Κ., Μοιρασγεντή, Σ., Γεωργοπούλου, Ε. Σαραφίδη, Γ. (2006). *Περιοχικές κλιματικές προγνώσεις στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου: αποτελέσματα για τη χρονική περίοδο 2071-2100.* Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2006.

Γκίκα, Σ-Μ. (2013). *Πολιτική προστασία στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι σχέσεις αλληλοϋποστήριξης στις δασικές πυρκαγιές του 2007.* Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2013.

Μπαλάφα, Χ. (2013). *Οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών στις τοπικές κοινωνίες: έρευνα για τις καμμένες εκτάσεις του Ν. Αρκαδίας που επλήγησαν από τις πυρκαγιές του 2007.* Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2013.

Λαβή, Α. (2013). *Αστική οικολογία- Η περίπτωση της πράσινης στέγης στις ευρωπαϊκές πόλεις.* Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2013.

Ξενόγλωσσα βιβλία

Britton, N. (1987). *Towards a re-conceptualization of disasters for the enhancement of social preparedness*. In R. Dynes, B. De Marchi and C. Pelanda (eds), *Sociology of Disasters*, Franco Angeli, Milan, Italy.

Kreps, G. (1998). *Disaster as systematic event and social catalyst*, in E. L. Quarantelli (ed.). *What is a disaster? Perspectives on the question*. Routledge, London and New York, p.31-55.

Smith, K. (1998). *Environmental hazards- Assessing risk and reducing disaster, second edition, Routledge, London.*

Amengual, A., Homar, V., Romero, R., Brooks, H., Ramis, C., Alonso, S. (2013). *Projections of heat waves with high impact on human health in Europe. Univsitat de les Illes Balears.* Access from: *www.uib.es/depart/dfs/.../**european_heatwaves/european_heatwaves**.pdf*

Dousset, B., Gourmelon, F., Mauri, E., (2007). «Application of satellite remote sensing for urban risk analysis: a case study of the 2003 extreme heat wave in paris», Urban Remote Sensing Event 2007, Paris. Access from: *www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/.../pdf/384388-1-090518140731-002.pdf*

Dousset, B., Gourmelon, F., Laaidi, K., Zeghnoun, A., Giraudet, E., Bretin, R., Vandentorren, S. (2009). «Satellite monitoring of summer heat waves in the paris metropolitan area», The seventh International Conference on Urban Climate 29 June- 3 July 2009, Yokohama, Japan. Access from: *www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/.../pdf/384388-1-090518140731-002.pdf*

Dousset, B. (2007). «Satellite thermography of urban temperature variability, heat islands and extreme climate events», ESA: Urban Thermography User consultation meeting, Athens, June 8 2007. Access from: *www.space.noa.gr/welcome/documents/UHI.../Athens_UHI_Dousset.pdf*

Sullivan, D., Auceiello, E., Kremakau, L., Adams, C., Feldt, J., Franjevic, M., Exler, R. Wasley, A., Livezey, R., Hooke, W. (1995). «July 1995 heat wave», Natural disaster survey report, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Silver Spring, MD, December., 1995. Access from: *www.nws.noaa.gov/os/assessments/pdfs/**heat**95.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 Vol. 25, No6,2005. Access from: www.coe.int/t/dg4/.../activites/.../**HeatWave2003**_Poumadere2005.pdf

Changnon, S., Kunkel, K., Reinke, B. (1996). «Impacts and responses to the 1995 heat wave: a call to action», Bulletin of the American Meteorological Society 1996. Access from: *www.tc.umn.edu/~blume013/Changnon_chicago.pdf*

Adams, C.R. (1997). «Impacts of temperatures extremes», Workshop on the social and economic impacts of weather, Boulder Colorado, April 2-4 1997. Access from: http://sciencepolicy.colorado.edu/socasp/weather1/adams.html

Ruth, M., Coelho, D., Karetnikov, D. (2007). *The US economic impacts of climate change and the costs of inaction.* University of Maryland, Center for Integrative Environmental Research, 2007. Access from: http://www.cier.umd.edu/documents/US%20Economic%20Impacts%20of%20Climate%20Change%20and%20the%20Costs%20of%20Inaction.pdf

Picard, P., Vanderntorren, S., Pascal, M., Laaidi, K., Cassadou, S., Ledrans, M. (2005). «Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France», Eurosurveilance, Vol. 10, Issue 7, 1July 2005.

Ghiasi, M. (2011). ***Social Risk Factors for Heat Wave Mortality Among the Elderly****: A case study of the 2003 heat wave in Paris, France, McGill University, 2011.*

Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P., Hanson, C.(2007). *Climate change 2007:Impacts, Adaptation and Vulnerabily.* Cambridge University press, 2007. Access from: *www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf*

Garcia-Gueto, O., Jauregui-Ostos, E., Toudert, D., Tejeda-Martinez, A. (2006). «detection of the urban heat island in Mexicali, B.C., Mexixo and its relationship with land use», Atmosfera, Vol.20, p 111-131 (2007). Access from: *www.ejournal.unam.mx/atm/vol20-2/ATM20201.pdf*

Conner, R., Enticknap, L. (2007). *Climate change and urban green space.* Communities and local governance, 2007. Access from: www.communities.gov.uk

Roese, S. *(2012).Asphalt Heat Islands: Silent Perpetrator of heat waves and blackouts.* Emerald Cities organization presentation, 2012. Access from: *www.ongreen.com/sites/ongreen.com/files/**heat**_domes-10.pdf*

Aguiar, A.C. (2012). *Urban heat islands: differentiating between the benefits and drawbacks of using native or exotic vegetation in mitigating climate,* University of Wollongong, 2012. Access from: *ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=4755&context=theses*

Santamouris, M., Paraponiaris, K., Mihalakakou, G. (2007). «Estimating the ecological footprint of the heat island effect over Athens, Greece», Climatic Change Vol.80, p 265-277, 2007. Access from: http://www.sze.hu/fk/kornyezet/Cikkek/sz%E1mit%E1sok/Estimating-the-ecological-footprint-of-the-heat-island-effect-over-Athens,-Greece_2007_Climatic-Change.pdf.

Doick, K., Hutchings, T. (2013). *Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure,* Forestry Commission Uk, 2013. Access from: *www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN012.pdf/$FILE/FCRN012.pdf*

Davies, S.C. (2013). *Heatwave plan for England 2013- Protecting andreducing harm from severe heat and heaatwaves.* Public Healh England, 2013. Access from: *https://www.gov.**uk**/government/.../**Heatwave**-Main_**Plan-2013**.pdf*

Solcerova, A., Theeuwes, N.E., Steeneveld, G.J. (2012). «Mesoscale modeling the influence of water bodies on the urban heat island and human thermal comfort», EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 9, 2012. Access from: *library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/lang/428571*

Ranhao, S. (2012). «How can water bodies be designed for urban heat island mitigation?», Eurogeograpy conference, Dublin 2012. Access from: www.eurogeography.eu/conference/dublin-2012/.../RanhaoSun.pdf

Savio P., Rosenzweig C., Solecki W.,Slosberg R. (2006). *Mitigating New York City's Heat Island with urban forestry, living roofs and light surfaces.* The New York State Energy Research and Development Authority, 2006. Access from: *www.fs.fed.us/ccrc/topics/**urban-forests**/docs/NYSERDA_**heat_island**.pdf*

Ronnen, L., Haley, G. (2011). *Cool pavements for cool communities.* Lawrence Berkeley National Laboratory, 2011.

Liu, K., Baskaran, B. (2003). *Thermal performance of green roofs through field evaluation.* National Research Council Canada, 2003.

Samuels, R.(2010).*Urban Heat Islands. Sustainable cities 2025 inquiry.* House of Representatives Standing Committee on Environment and Heritage, 2010.

Sapountzaki, K., Chalkias, C.(2014). *Urban geographies of vulnerability and resilience in the economic crisis era-the case of Athens.* Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2014.

Santamouris, M., Paraponiaris, K., Mihalakakou, G.(2007). «Estimating the ecological footprint of the heat island effect over Athens, Greece». Climatic Change Vol.80, p.265-276. 2007.

Keramitsoglou, I., Kiranoudis, C., Ceriola, G., Weng, Q., Rejasekar, U.(2011). «Identification and analysis od urban surface temperature patterns in Greater Athens, Greece, using MODIS imagery». Remote sensing of Environment Vol.115, p. 3080-3090, 2011.

Ισότοποι

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας(World Health Organization), http://www.who.int/ , τελευταία επίσκεψη 15/2/2014.

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, http://www.gscp.gr/ggpp/ , τελευταία επίσκεψη 15/2/2014.

Environmental Protection Agency (USA): http://www.epa.gov/ , τελευταία επίσκεψη 15/2/2014.

Rethink Athens, διεθνής διαγωνισμός ανάπλασης της Αθήνας. www.rethinkathens.org, τελευταία επίσκεψη 16/2/2014.

Lawrence Berkeley National Laboratory: http://www.lbl.gov/ , τελευταία επίσκεψη 16/2/2014.

Healthy Air Living: http://www.healthyairliving.com/ , τελευταία επίσκεψη 16/2/2014.

Ελληνική Στατιστική Αρχή: http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE ,τελευταία επίσκεψη 16/2/2014.

EuroStat: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/ , τελευταία επίσκεψη 16/2/2014.

Δήμος Αθηνών: https://www.cityofathens.gr/ ,τελευταία επίσκεψη 17/2/2014.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία: http://www.hnms.gr/hnms/greek/index_html ,τελευταία επίσκεψη 20/2/2014.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής: http://www.ypeka.gr/ , τελευταία επίσκεψη 20/2/2014.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction: http://www.unisdr.org/ , τελευταία επίσκεψη 16/2/2014.

Διεθνής κοινότητα για την αγροτική μετεωρολογία(International Society for Agricultural Meteorology), http://www.agrometeorology.org/ , τελευταία επίσκεψη 16/2/2014.