

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΜΣ Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του χώρου.

Κατεύθυνση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών

**Ο Καύσωνας ως ένα ακραίο φυσικό φαινόμενο.
Παραδείγματα από τον διεθνή και τον Ευρωπαϊκό χώρο.**

Διπλωματική εργασία της φοιτήτριας

Λαβή Αργυρούλας

Αρ. Μητρώου 213108

Επιβλέπων καθηγητής

Κατσαφάδος Πέτρος

Καλλιθέα, Φεβρουάριος 2016

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την πολύτιμη υποστήριξη του και την επιστημονική του καθοδήγηση τον Κο Κατσαφάδο Πέτρο, Επίκουρο Καθηγητή Εφαρμοσμένης Γεωγραφίας του Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου καθώς επίσης και όλους όσους συνέδραμαν στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Περίληψη

Η επίσπευση της υπερθέρμανσης του πλανήτη λόγω της κλιματικής αλλαγής έχει δημιουργήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην μελέτη της συχνότητας εκδήλωσης ακραίων φυσικών φαινομένων όπως τα κύματα καύσωνα.

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην προσέγγιση των κυμάτων καύσωνα ως ένα ακραίο φυσικό φαινόμενο εν δυνάμει θανατηφόρο. Για την καλύτερη και περισσότερο σφαιρική προσέγγιση του θέματος, η εργασία, αρχικά, παρουσιάζει τους μηχανισμούς γένεσης των κυμάτων καύσωνα και έπειτα επικεντρώνεται στο φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας ως ένα μέσο ενίσχυσης των επιπτώσεων τους. Στην συνέχεια, επισημαίνεται η σημασία της Θερμικής Άνεσης και ο ρόλος των βιοκλιματικών δεικτών στον περιορισμό των επιπτώσεων του φαινομένου του καύσωνα στην υγεία του ανθρώπου.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την καταγραφή των σημαντικότερων κυμάτων καύσωνα των τελευταίων δύο αιώνων με σκοπό την παρατήρηση της αύξησης στην συχνότητα εκδήλωσης τους και, αμέσως μετά, αναλύονται μερικά πρόσφατα γεγονότα με σκοπό την διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ του φαινομένου και των συνεπειών του.

Η μελέτη καταλήγει στην εξαγωγή συγκριτικών αποτελεσμάτων για το πώς οι συνέπειες των κυμάτων καύσωνα διαφοροποιούνται από τόπο σε τόπο και από άνθρωπο σε άνθρωπο, ενώ παράλληλα, επιβεβαιώνεται πως ο καύσωνας είναι ένα εν δυνάμει καταστροφικό φυσικό φαινόμενο, του οποίου η συχνότητα παρουσιάζει αυξητική τάση εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.

Abstract

The acceleration of global warming due to climate change has raised awareness on the frequency of extreme weather events, such as heatwaves.

This report approaches heatwaves as extreme natural events which are potentially lethal. For a better and more comprehensive approach the study presents how heatwaves form and then focuses on how the Urban Heat Island effect affects them. The importance of Thermal Comfort and bioclimatic indices is additionally underlined in order to limit impacts on human health.

The study concludes by listing the most severe heatwaves of the past two centuries in order to observe the increase in the occurrence of the phenomenon. Recent events are analyzed in order to investigate the relationship between the phenomenon and its consequences.

The study concludes in exporting comparative results on how the effects of heatwaves vary between different places and different individuals. It is finally proved that a heatwave can turn into a destructive natural phenomenon whose frequency is increasing, due to climate change.

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	5
1ο Κεφάλαιο : Εισαγωγή	8
2ο Κεφάλαιο : Ο μηχανισμός γένεσης ενός καύσωνα	23
2.1 Ευνοϊκές συνοπτικές συνθήκες ατμόσφαιρας για την γένεση ενός καύσωνα	28
2.1.1 Μοντελοποίηση και ομαδοποίηση ατμοσφαιρικών συνθηκών που ευνοούν τα κύματα καύσωνα στην Ευρώπη και την Μεσόγειο σύμφωνα με τους Stefanon, Dandrea και Drobinski	30
3ο Κεφάλαιο : Η Αστική Θερμική Νησίδα ως ενισχυτικό φαινόμενο των κυμάτων καύσωνα	33
3.1 Μηχανισμοί δημιουργίας της ΑΘΝ	34
3.2 Η αστική θερμική νησίδα στην Αθήνα	37
3.3 Η συνέργεια της Αστικής Θερμικής Νησίδας με το φαινόμενο του καύσωνα και οι συνέπειες.....	39
3.4 Ο ρόλος του αστικού σχεδιασμού στην αντιμετώπιση της ΑΘΝ , των κυμάτων καύσωνα και των ακραίων θερμοκρασιών.	40
4ο Κεφάλαιο : Η σημασία της Θερμικής άνεσης και ο ρόλος των βιοκλιματικών δεικτών 43	
4.1 Το Θερμικό Ισοζύγιο του Ανθρώπου.....	45
4.2 Θερμική άνεση και ο ρόλος των μετεωρολογικών και βιομετεωρολογικών δεικτών 46	
4.2.1 Δείκτες δυσφορίας	51
4.2.2 Σύγχρονοι τρόποι υπολογισμού δεικτών προσδιορισμού θερμικής άνεσης	60
4.3 Επιπτώσεις της θερμικής καταπόνησης στην υγεία.....	62
5ο Κεφάλαιο : Συνοπτική περιγραφή ιστορικών κυμάτων καύσωνα και ανάλυση πρόσφατων γεγονότων από το 2010 μέχρι σήμερα.....	65
□ 1900-1950	65
□ 1950-1990	66
□ 1995-2010	68
□ 2010-2015	71
5.1 Ο Καύσωνας Ιουνίου 2013 στις δυτικές ΗΠΑ	81
5.2 Οι Καύσωνες Απριλίου-Μαΐου 2013 και Μαΐου 2015 στην Ινδία	84
5.3 Ο Καύσωνας της Ρωσίας , Ιούλιος 2010.....	91
6ο Κεφάλαιο : Σενάρια για το μέλλον	94
7ο Κεφάλαιο : Συμπεράσματα	102
Βιβλιογραφία.....	105

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Οι δέκα μεγαλύτερες σε θνησιμότητα φυσικές καταστροφές παγκοσμίως (1980- 2014), Πηγή : statista.com, Ιδία Επεξεργασία.....	9
Σχήμα 1.2 Η Ροή λειτουργίας ενός τυπικού συστήματος προειδοποίησης στα πλαίσια ενός ευρύτερου σχεδίου αντιμετώπισης των υψηλών θερμοκρασιών. Πηγή : World Meteorological Organization, 2015.....	11
Σχήμα 1.3 Ο αλγόριθμος του συστήματος προειδοποίησης των ΗΠΑ (PPWWs), Πηγή: Kalkstein ,1996.....	14
Σχήμα 1.4 Ο Αλγόριθμος λειτουργίας ενός συστήματος προειδοποίησης τριών επιπέδων , Πηγή : The European Journal of Public Health , 2006	15
Σχήμα 1.5 Σύντομη περιγραφή σύγχρονων συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης ,Πηγή : World Meteorological Organisation , 2015.....	17
Σχήμα 2.1 Χάρτης απεικόνισης του υποτροπικού αεροχειμάρρου . Με τις λεπτές συνεχείς γραμμές δίνονται οι διαδοχικές θέσεις του υποτροπικού αεροχειμάρρου από 25 έως 29-7-1987 (η τελευταία ημέρα του καύσωνα στην χώρα μας ήταν η 27-7-1987). Με τις τονισμένες συνεχείς και διακεκομμένες γραμμές δίνονται οι μέσες θέσεις του πολικού αεροχειμάρρου στα διαστήματα από 19 έως 24-7-1987 και από 25 έως 28-7-1987 αντίστοιχα (Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία , 2015).....	24
Σχήμα 2.2 Στατιστικές καταγραφές κυμάτων καύσωνα. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία ,2015.....	26
Σχήμα 2.3 Τα έξι μοντέλα που προέκυψαν από την μελέτη Stefanon et al. (2009). Από πάνω αριστερά: Σύμπλεγμα Ρωσίας, Σύμπλεγμα Δυτικής Ευρώπης, Σύμπλεγμα Ανατολικής Ευρώπης, Σύμπλεγμα Ιβηρικής, Σύμπλεγμα Βόρειας Θάλασσας και, τέλος, Σύμπλεγμα Σκανδιναβίας.	32
Σχήμα 3.1 Η υπερθέρμανση του κέντρου της πόλης δίνει την εικόνα ενός «Νησιού» . Πηγή :Mean air temperature in Paris, France at 22:00 CEST in summer 2003. Πηγή : VITO, Planetek [Online at : http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Satellites_predict	35
Σχήμα 3.2 Μια από τις αρχές δημιουργίας της Αστικής Θερμικής Νησίδας, Πηγή: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies.	35
Σχήμα 3.3 Η αλληλεπίδραση της αστικής δραστηριότητας με το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και τις ακραίες θερμοκρασίες. Πηγή: Ιδία Επεξεργασία	36

Σχήμα 3.4 Αποτύπωση του Φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας μέσω προσομοίωσης των θερμοκρασιών του ατμοσφαιρικού αέρα στην Αθήνα, Αύγουστος 2010 Πηγή : Urban Heat Island Project.....	37
Σχήμα 4.1 Σύντομη περιγραφή γνωστών βιομετεωρολογικών δεικτών . Πηγή : Τσέλιου, 2009, Fanger 1970, Ginovi 1976, ASHRAE 2001	51
Σχήμα 4.2 Ταξινόμηση των τιμών δείκτη DI του Thom, Η θερμοκρασία παρουσιάζεται σε οC, Πηγή: http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat	52
Σχήμα 4.3 Ταξινόμηση των τιμών δείκτη DI του Thom, Η θερμοκρασία παρουσιάζεται σε οC ,Πηγή: http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat	54
Σχήμα 4.4 Οι τιμές του δείκτη HUMIDEX . Η θερμοκρασία παρουσιάζεται σε οC ,Πηγή: http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat	56
Σχήμα 4.5 Όρια δείκτη PMV , Πηγή : Mantzarakis ,1995	58
Σχήμα 4.6 Η ταξινόμηση των τιμών του δείκτη CP Πηγή : Bensancenot et al., 1978	59
Σχήμα 4.7 Όψη της ιστοσελίδας www.airquality.gr	61
Σχήμα 5.1 Αναφορά του National Coalition of Humanitarian Agencies in India για τον καύσωνα του 2013 , Πηγή Sphere india [online at: http://www.sphereindia.org.in/]	75
Σχήμα 5.2 Τα 10 φονικότερα καταγεγραμμένα κύματα καύσωνα του 20ού αι.,.....	76
Σχήμα 5.3 Τα 9 μεγαλύτερα σε θνησιμότητα κύματα καύσωνα για τα έτη 1900-2015.	77
Σχήμα 5.4 Συλλογικός πίνακας σημαντικών γεγονότων καύσωνα του 20ού και 21ού αιώνα . Ιδία Επεξεργασία, Πηγή : European Commission, EM-DAT , WHO	79
Σχήμα 5.5 Απεικόνιση θνησιμότητας κυμάτων καύσωνα σε παγκόσμιο επίπεδο για τα έτη 1900-2015. Πηγή Στατιστικών: EM-DAT,2015 , Ιδία Επεξεργασία.....	80
Σχήμα 5.6 Η σελίδα της Υπηρεσίας Διαχείρισης Εθνικών Καταστροφών της Ινδίας (2013) δεν αναγνωρίζει τους καύσωνες ως φυσικό κίνδυνο. Πηγή : National Disaster Management Authority of India ,2013	87

1ο Κεφάλαιο : Εισαγωγή

Σήμερα, οι σημαντικά υψηλότερες θερμοκρασίες, τα κύματα καύσωνα, η διαταραγμένη ποιότητα της ατμόσφαιρας, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και η παράκτια διάβρωση είναι μερικές από τις ποικίλες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και των ολοένα και πιο συχνών υψηλών θερμοκρασιών, που ο άνθρωπος καλείται να αντιμετωπίσει (Topping et al, 2008). Οι μελέτες των τελευταίων ετών πάνω στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και την κλιματική αλλαγή έχουν αποδείξει πως τα φαινόμενα αυτά έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων. Ωστόσο, ή πρόληψη και η έγκαιρη προειδοποίηση μπορούν να προσαρμόσουν τον ανθρώπινο πληθυσμό στις επικείμενες αλλαγές και να μειώσουν τις συνέπειες τους.

Υπό την απειλή της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας, λόγω της «επίσπευσης» της κλιματικής αλλαγής από ανθρωπογενείς παράγοντες, φαινόμενα όπως τα κύματα καύσωνα ενδέχεται να γίνουν ακόμη πιο συχνά και έντονα κατά την διάρκεια του 21^{ου} αιώνα κυρίως στις αστικές περιοχές.

Ο καύσωνας -σε πολλές περιπτώσεις- μπορεί να μην είναι τίποτα περισσότερο από ένα αίσθημα αδιαθεσίας για τον ανθρώπινο πληθυσμό, άλλοτε όμως μπορεί να αποδειχθεί θανατηφόρος. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η υπερβολική ζέστη και το φαινόμενο του καύσωνα προκαλούν μεγάλο αριθμό θανάτων ετησίως, κάνοντας έτσι τον καύσωνα ένα φαινόμενο που συμπεριλαμβάνεται στην λίστα με τις πιο θανατηφόρες φυσικές καταστροφές (Σχ. 1) ¹.

Ένα κύμα καύσωνα μπορεί να οριστεί ως μια «περίοδος ασυνήθιστα ζεστή και άβολη με συνήθως υγρό καιρό» ή απλά ως μια «απόκλιση από το μέσο όρο θερμοκρασίας μιας περιοχής» (Milligan et al, 2004). Ο Robinson (2001) αναφέρει, πως για να χαρακτηριστεί μια σειρά από αυξημένες θερμοκρασίες ως καύσωνας, θα πρέπει να υπάρχει ένας μέσος όρος ίσος με 40,6 ° C κατά την διάρκεια της ημέρας, και κατά τη διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασία να είναι μεγαλύτερη ή ίση με 26,7 °C για τουλάχιστον δύο συνεχόμενες ημέρες, τονίζοντας πως τα κριτήρια αυτά ποικίλουν ανάλογα με τις περιφερειακές συνθήκες.

¹ Πηγή: National Center for Atmospheric research
[online at : <https://www2.ucar.edu/atmosnews/news/10508/long-term-forecasts-heat-waves>]



Σχήμα 1.1 Οι δέκα μεγαλύτερες σε θνησιμότητα φυσικές καταστροφές παγκοσμίως (1980- 2014), Πηγή : statista.com, Ιδία Επεξεργασία

Στην ελληνική βιβλιογραφία, οι Μεταξάς και Κάλλος (1980) αναφέρονται στον όρο «καύσωνας» όταν η μέγιστη θερμοκρασία στον μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών είναι τουλάχιστον 37° C και η μέση ημερήσια τουλάχιστον 31 °C. Στις Η.Π.Α, ένα «κύμα καύσωνα» προϋποθέτει ότι τουλάχιστον σε δέκα πολιτείες οι μέγιστες θερμοκρασίες θα υπερβαίνουν τους 32°C και οι θερμοκρασίες θα είναι τουλάχιστον 5 βαθμούς επάνω από την κανονική μέση τιμή εκείνης της περιοχής για τουλάχιστον δύο ή περισσότερες μέρες (Balafoutis and Makrogiannis, 2001).

Ένας καύσωνας δεν είναι μια «τυπική» φυσική καταστροφή. Χαρακτηρίζεται από τη συσσώρευση μια σειράς προβλημάτων, όπως τα ελλιπή σχέδια έκτακτης ανάγκης και τις ελλειπείς τεχνικές διάσωσης (Riebsame, 1985)². Ο «σιωπηλός» αυτός χαρακτήρας της καταστροφής μπορεί να αποτελέσει τον λόγο που οδηγεί στην στρεβλή αντίληψη του κινδύνου (Valleron και Boumendil, 2004) και την υποτίμηση του, με αποτέλεσμα συχνά να προκαλούνται θάνατοι.

² Σύμφωνα με το Υπουργείο Εμπορίου των Η.Π.Α ,στις Ηνωμένες Πολιτείες, περισσότεροι άνθρωποι πεθαίνουν από τους καύσωνες από ό, τι από τυφώνες, ανεμοστρόβιλους, πλημμύρες, σεισμούς. Στην Ευρώπη τον Αύγουστο του 2003 το κύμα καύσωνα που προκάλεσε περισσότερους από 20.000 θανάτους(Milligan et al, 2004) ενώ άλλοι έκαναν λόγο ότι ο αριθμός των νεκρών ανερχόταν σε 70.000 .

Οι καύσωνες είναι ένας κίνδυνος που εκτιμάται ότι θα αυξηθεί σοβαρά ως απόρροια της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Ο Stern (2007) αναφέρει χαρακτηριστικά: «Μέχρι το 2050, σύμφωνα με ένα σενάριο σχετικά υψηλών εκπομπών βλαβερών προς την ατμόσφαιρα ρύπων, οι θερμοκρασίες που έχουν παρατηρηθεί μέχρι τώρα κατά τη διάρκεια καυσώνων -όπως π.χ. του 2003, θα είναι οι μέσες θερμοκρασίες ενός καλοκαιριού.

Η αύξηση της συχνότητας του φαινομένου του καύσωνα θα γίνει αισθητή εντονότερα σε πόλεις, όπου οι θερμοκρασίες θα είναι υψηλότερες και εξαιτίας της επίδρασης της αστικής θερμικής νησίδας, ενώ η Διακυβερνητική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), αναφέρει, πώς μέχρι το τέλος του 2100 ο άνθρωπος θα κληθεί να αντιμετωπίσει συχνότερα τέτοια φαινόμενα μιας και η θερμοκρασία του πλανήτη θα έχει αυξηθεί από 1.8 έως 4 °C ³.

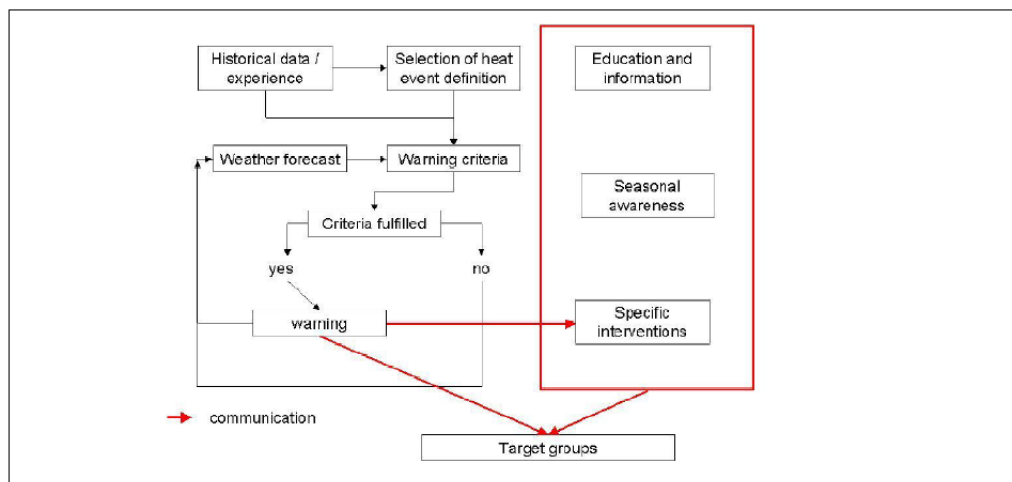
Συμπερασματικά, ο ορισμός του καύσωνα είναι μια διαδικασία πολύπλοκη, και οι κοινωνικές και πολιτιστικές πρακτικές καθορίζουν πολύ διαφορετικές απαντήσεις στο τι ορίζεται ως υπερβολική ζέστη και τι ως καύσωνας. Η απάντηση εξαρτάται από τα εκάστοτε κοινωνικά πλαίσια. Ένας βασικός και διαχρονικός ορισμός του καύσωνα συνεπάγεται ότι πρόκειται για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα από υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να προκαλέσει προσωρινές αλλαγές στον τρόπο ζωής και ενδέχεται να έχει αρνητικές συνέπειες στην υγεία του πληθυσμού της πόλης"⁴ (Robinson, 2001).

³Πηγή: Intergovernmental Panel on Climate Change [online at : http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspmpm-projections-of.html]

⁴ Συχνό φαινόμενο σε αυτές τις περιπτώσεις είναι οι θερμοπληξίες.

Με δεδομένα της σοβαρές επιπτώσεις του καύσωνα στον άνθρωπο, αλλά και τις προβλέψεις για αύξηση της συχνότητας και της έντασης τέτοιων ακραίων φαινομένων (IPCC,2013), πρέπει να αναπτυχθούν μηχανισμοί και συστήματα προειδοποίησης, με σκοπό την έγκαιρη αντιμετώπιση του φαινομένου. Με αφορμή την ολοένα αυξανόμενη ανησυχία για την παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, σε πολλές χώρες έχουν αναπτυχθεί συνεργασίες μεταξύ των μετεωρολογικών υπηρεσιών, των υπηρεσιών πολιτικής προστασίας και των εθνικών αρχών με σκοπό την ενημέρωση των πολιτών για την προστασία τους από τους κινδύνους των καυσώνων.

Εξυπηρετώντας, λοιπόν, τους παραπάνω σκοπούς, σε κάποιες χώρες εκδίδονται προειδοποιήσεις για την εφαρμογή μέτρων έκτακτης ανάγκης, όταν οι συνθήκες είναι τέτοιες, που ενέχεται κίνδυνος για την υγεία του συνόλου ή ενός μέρους του πληθυσμού. Οι πρωτοβουλίες αυτές ονομάζονται Health Heat Warning Systems (HHWSs). Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.1.2) παρουσιάζεται η ροή λειτουργίας ενός τυπικού συστήματος προειδοποίησης υψηλών θερμοκρασιών (HHWSs).



Σχήμα 1.2 Η Ροή λειτουργίας ενός τυπικού συστήματος προειδοποίησης στα πλαίσια ενός ευρύτερου σχεδίου αντιμετώπισης των υψηλών θερμοκρασιών. Πηγή : World Meteorological Organization, 2015

Τα συστήματα προειδοποίησης περιλαμβάνουν ειδικά μοντέλα που παρέχουν πληροφόρηση σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, προκειμένου να υποστηρίξουν την άμεση απόκριση και κινητοποίηση των δυνάμεων πολιτικής προστασίας πάνω σε ένα φαινόμενο (Παπακρίβου,2011). Επιπλέον, αναφέρονται σε διάφορα διοικητικά/γεωγραφικά επίπεδα από το παγκόσμιο ως το τοπικό και, κατά κανόνα, είναι

προσαρμοσμένα στον τύπο του κινδύνου και τους σκοπούς που καλούνται να εξυπηρετήσουν.

Η ανάπτυξη ενός HHWS συμπεριλαμβάνει έναν αριθμό βημάτων, μεταξύ των οποίων είναι η ακριβής πρόγνωση του καιρού, η επαγρύπνηση και διασπορά της προειδοποίησης, ο εντοπισμός των ευάλωτων πληθυσμιακά ομάδων, η συνεργασία με τους πολίτες, η εφαρμογή μιας διαδικασίας μετριασμού των επιπτώσεων και, τελικώς, ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας του.⁵

Η λειτουργία ενός τυπικού συστήματος HHWS χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα και συσσωρευμένη εμπειρία για τον εντοπισμό ενός πιθανώς επικίνδυνου θερμικού επεισοδίου. Κατόπιν, με την βοήθεια της ακριβής πρόγνωσης του καιρού, ελέγχεται αν πληρούνται τα κριτήρια που έχουν θεσπιστεί και κρίνεται αν θα κηρυχτεί συναγερμός. Αν τελικώς κριθεί αναγκαίο, τότε ενεργοποιούνται ειδικές επεμβάσεις που στοχεύουν στην προστασία του πληθυσμού και περιλαμβάνονται στα πλαίσια ενός σχεδίου δράσεων (Παπακρίβου, 2011).

Το κρισιμότερο, ίσως, βήμα κατά την δημιουργία ενός HHWS είναι ο προσδιορισμός της διαδικασίας για τον καθορισμό των ορίων της θερμοκρασίας, πάνω από τα οποία ένα θερμικό κύμα μπορεί να θεωρηθεί επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί πως για τον ορισμό ενός τέτοιου ορίου είναι απαραίτητη η διερεύνηση των σχέσεων της κάθε γεωγραφικής περιοχής και της κάθε κοινωνίας με το φαινόμενο του καύσωνα, μιας και η ερμηνεία του φαινομένου διαφέρει από περιοχή σε περιοχή κυρίως λόγω κλιματολογικών, κοινωνικών και άλλων συνθηκών.

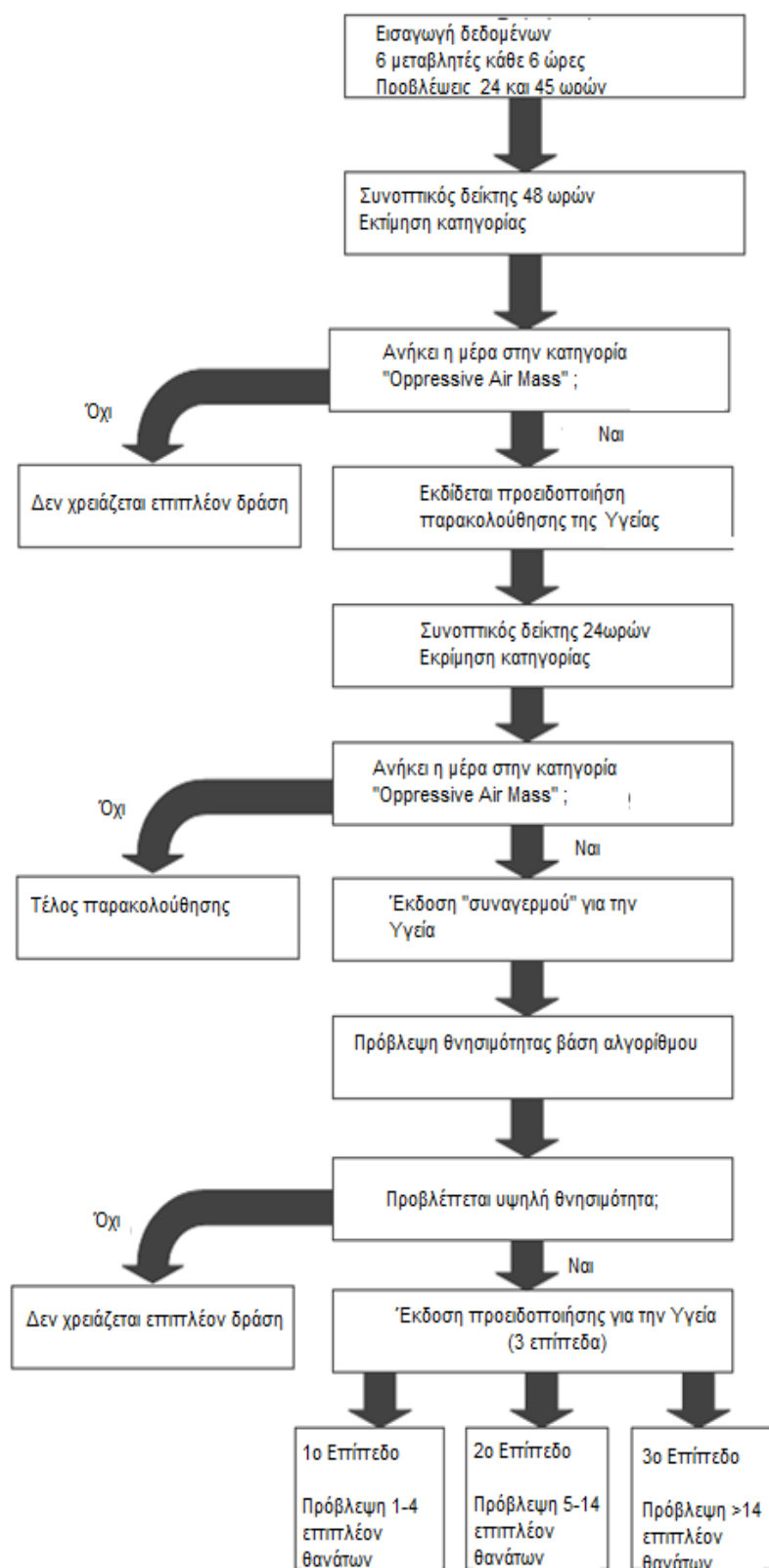
Τα υπάρχοντα συστήματα προειδοποίησης για τους καύσωνες στηρίζονται κυρίως σε μία μόνο μετεωρολογική παράμετρο, την θερμοκρασία, και όταν προβλέπεται απόκλιση από τον μέσο όρο, τότε εκδίδεται προειδοποίηση κυρίως μέσα από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης. Σε μια καταγραφή των χρησιμοποιούμενων συστημάτων προειδοποίησης, από την επιτροπή που έχουν συγκροτήσει από κοινού ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός οργανισμός (World Meteorological Organisation-

⁵ Πηγή: Commission for Climatology Expert Team on Climate and Health, 2010

WMO) και ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας WHO, γνωστή ως Commission for Climatology Expert team on climate and health, αναφέρεται ότι αυτή η μεθοδολογία εφαρμόζεται σε τουλάχιστον 13 ευρωπαϊκές χώρες (Βέλγιο, Γαλλία, Ελβετία, Ελλάδα, Η.Β, Ισπανία, Λευκορωσία, Λιθουανία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Πορτογαλία και Ρουμανία). Τα συστήματα μπορεί να ισχύουν για όλη την έκταση της χώρας, παρόλο που τα όρια επικινδυνότητας μπορεί να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Στις ΗΠΑ και στον Καναδά, εφαρμόζεται ένας αξιοσημείωτος αριθμός συστημάτων προειδοποίησης που βασίζεται στον Heat index, δηλαδή σε δείκτη που συνδυάζει εκτός από την θερμοκρασία και την υγρασία. Ωστόσο, δεν υπάρχουν σαφή στοιχεία που να αποδεικνύουν την ύπαρξη τους στην Ασία.

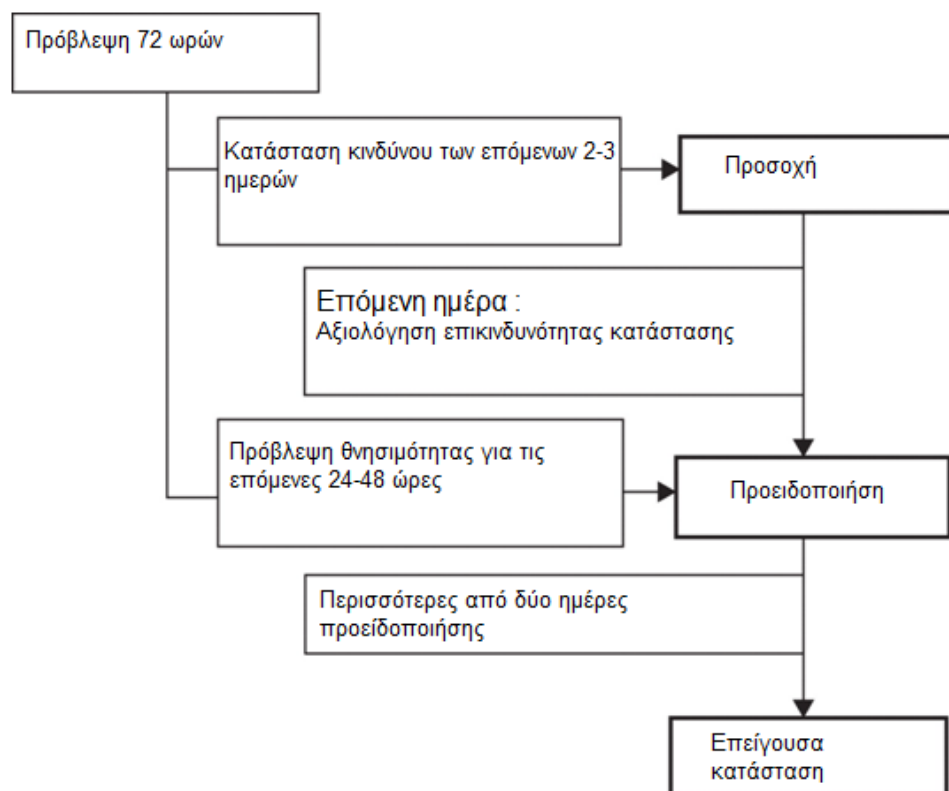
Ένα σημαντικό πρόδρομο σύστημα προειδοποίησης για τους καύσωνες είναι το PWWS : Philadelphia Hot Weather Health Watch/Warning System που αναπτύχθηκε το 1995 στην Φιλαδέλφεια των Η.Π.Α με σκοπό να ειδοποιεί τον πληθυσμό της, όταν οι καιρικές συνθήκες εγκυμονούν κινδύνους για την υγεία (Kalkstein et al 1996). Ο αλγόριθμος λειτουργίας του συστήματος παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα (Διάγραμμα 1). Το σύστημα αυτό βασίστηκε κυρίως στην εμπειρία από καύσωνες του 1993 και 1994. Εκείνη την εποχή, η τοπική Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (NWS: National Weather Service) εξέδωσε ανακοινώσεις που αφορούσαν στα επίπεδα θερμοκρασίας και στηρίχθηκαν σε μεγάλο βαθμό σε δείκτες που συνδυάζουν την θερμοκρασία με την σχετική υγρασία της περιοχής. Ο αλγόριθμος καταλήγει σε τρία επίπεδα προειδοποίησης του πληθυσμού βάση της επικινδυνότητας (Σχ.1.3)

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
ΠΜΣ : Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου



Σχήμα 1.3 Ο αλγόριθμος του συστήματος προειδοποίησης των ΗΠΑ (PPWWs), Πηγή: Kalkstein ,1996.

Ωστόσο, το παραπάνω μοντέλο παρουσιάζει περιορισμούς μιας και υποθέτει πως οι άνθρωποι επηρεάζονται από τον συνδυασμό δύο μόνο μετεωρολογικών μεταβλητών, και αγνοεί την επίδραση άλλων μεταβλητών, όπως οι επιπτώσεις από την μεγάλη διάρκεια ενός φαινομένου. Τελικά, αποδείχθηκε πως ένα τέτοιο σύστημα τριών επιπέδων ειδοποίησης δύναται να μειώσει την ημερήσια θνησιμότητα περίπου 2,6 ζώες κατά μέσο όρο με βάση ορισμένες υποθέσεις (Ebi et al,2004). Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται ο αλγόριθμος λειτουργίας ενός τέτοιου τυπικού συστήματος προειδοποίησης (Σχ.1.4).



Σχήμα 1.4 Ο Αλγόριθμος λειτουργίας ενός συστήματος προειδοποίησης τριών επιπέδων , Πηγή : The European Journal of Public Health , 2006

Μερικά ακόμη σύγχρονα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.5 (Πηγή , World Meteorological Organisation , 2015).

Σύγχρονα συστήματα προειδοποίησης στην Ευρώπη		
Περιγραφή	Χώρα	Πληθυσμό που καλύπτεται από το σύστημα
Το Τμήμα Ιταλικής Πολιτικής Προστασίας έθεσε σε εφαρμογή ένα εθνικό πρόγραμμα για την πρόληψη των επιπτώσεων στην υγεία από τα κύματα καύσωνα	Ιταλία	Εθνικό πρόγραμμα με εφαρμογή σε επίπεδο πόλεων (π.χ Ρώμη , Μιλάνο κλπ)
SACS (Systeme d'alert canicule et sante)	Γαλλία	Από το σύστημα καλύπτονται 14 μεγάλες πόλεις τις Γαλλίας (Marseille, Toulouse, Lyon, Bordeaux, Grenoble, Strasbourg, Tours, Paris, Nantes, Limoges, Nice, Lille, le Havre)
Το Υπουργείο Υγείας πορόθησε ένα Σχέδιο προληπτικών δράσεων κατά των συνεπειών των ακραίων θερμοκρασιών στην υγεία (www.msc.es) (www.msc.es)	Ισπανία	Το σύστημα ελέγχεται και εφαρμόζεται σε εθνικό επίπεδο - αλλά οι αξιωματούχοι υγείας σε περιφερειακό επίπεδο αποφασίζουν αν θα προειδοποιούν τον πληθυσμό ή όχι και λαμβάνουν τα εκάστοτε μέτρα. . Το σύστημα διαθέτει τρία επίπεδα συναγερμού, Καθημερινή επιτήρησης της θνησιμότητας., εκστρατείες ευαισθητοποίησης και μητρώο ατόμων που βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο.
UK Heatwave Plan	Η. Βασίλειο	Σύστημα που καλύπτει την Αγγλία και την Ουαλία αλλά όχι την Σκωτία με όρια θερμοκρασίας ανά περιοχή. Το σύστημα περιλαμβάνει 4 επίπεδα συναγερμού.
ÍCARO Surveillance System. Οι προειδοποιήσεις κοινοποιούνται στο Τμήμα Πολιτικής Προστασίας και τη Γενική Διεύθυνση Υγείας, η οποία με τη σειρά της εκδίδει προειδοποιήσεις για τις πέντε περιφερειακές υγειονομικές αρχές και επικοινωνεί με το Δίκτυο	Πορτογαλία	Ευρύτερη περιοχή Λισαβόνας από το 1999 και εθνική κάλυψη από το 2004.

Υπηρεσιών Υγείας		
Γερμανικό σύστημα βασισμένο στην προσέγγιση HeRATE (Health Related Assessment of the Thermal Environment)	Γερμανία	Σύστημα που ελέγχεται σε εθνικό επίπεδο αλλά τα περιφερειακά τμήματα υγείας αποφασίζουν σε κάθε περίπτωση για την εξέδωση κατάλληλης προειδοποίησης. A country wide warning system

Σχήμα 1.5 Σύντομη περιγραφή σύγχρονων συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης ,Πηγή : World Meteorological Organisation , 2015

Η λύση ενός προβλήματος δεν είναι εφικτό να βρεθεί αν δεν είναι γνωστή η πηγή προέλευσης του . Η πηγή ρύπανσης, στις περισσότερες αναφορές θεωρείται ο άνθρωπος που -λόγω των δραστηριοτήτων του- επεμβαίνει στο περιβάλλον. Στην πραγματικότητα, η μέχρι τώρα δράση του ανθρώπου μπορεί μεν να δρα αρνητικά στο περιβάλλον, αναγκάζεται δε -σε κάθε περίπτωση- να προσαρμόζεται και σε αυτό. Πρόκειται, λοιπόν, περισσότερο για μια αλληλεπίδραση μεταξύ περιβάλλοντος και ανθρώπου. Ωστόσο, είναι άξιο απορίας τι είναι αυτό που κάνει ένα φαινόμενο να χαρακτηριστεί ως καταστροφή. Η καταστροφή μπορεί να θεωρηθεί μια έννοια ανθρωπογενούς προέλευσης, μιας και χρησιμοποιείται μόνο όταν η δράση του γήινου συστήματος επηρεάζει σε τέτοιο βαθμό τον άνθρωπο, που να του στερεί υλικά αγαθά ή την ίδια του την ζωή.

Για την περεταίρω ανάπτυξη του θέματος της εργασίας, έχει εξαιρετική σημασία, να γίνει διαχωρισμός των εννοιών «φυσικό φαινόμενο» και «φυσική καταστροφή». Τα διάφορα συστήματα από τα οποία αποτελείται η γη (υδρόσφαιρα, ατμόσφαιρα, βιόσφαιρα κλπ.) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους δημιουργώντας μια ποικιλία φυσικών φαινομένων⁶. Ένα φυσικό φαινόμενο είναι δηλαδή ένα μη-τεχνητό γεγονός, το οποίο δεν δημιουργείται από τους ανθρώπους παρόλο που μπορεί να τους επηρεάσει. Τα περισσότερα φυσικά φαινόμενα, όπως η βροχή, είναι σχετικά ανώδυνα για τον άνθρωπο. Η φυσική καταστροφή λοιπόν, μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτύπωμα ενός φυσικού φαινομένου πάνω στο ανθρώπινο περιβάλλον (Δανδουλάκη, 2010).

Σύμφωνα με την (Υ.Α 1299/2003), μια φυσική καταστροφή είναι κάθε ταχείας ή βραδείας εξέλιξης φυσικό φαινόμενο ή τεχνολογικό συμβάν στο χερσαίο, θαλάσσιο και εναέριο χώρο, το οποίο προκαλεί εκτεταμένες δυσμενείς επιπτώσεις στον άνθρωπο, καθώς και στο ανθρωπογενές ή φυσικό περιβάλλον. Μια φυσική

⁶ Πηγή : <http://racce.nhmc.uoc.gr/>

καταστροφή, δύναται, συνεπώς, να προκαλέσει σοβαρή διατάραξη της λειτουργίας μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας περιλαμβάνοντας εκτεταμένες ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές ή περιβαλλοντικές απώλειες κι επιπτώσεις, οι οποίες υπερβαίνουν την ικανότητα της πληγείσας κοινότητας να ανακάμψει χρησιμοποιώντας ίδια μέσα⁷.

Η καταστροφή δεν ταυτίζεται με το φαινόμενο ή το συμβάν που την προκαλεί, παρόλο που συχνά υπάρχει αυτή η αντίληψη. Η καταστροφή προκαλείται, όταν η εκδήλωση ενός επικίνδυνου συμβάντος ή φαινομένου συνυπάρξει με συνθήκες ευπάθειας και τρωτότητας στην κοινωνία και αποδεικνύεται ανεπαρκής η ικανότητα της κοινωνίας να μετριάσει τις ενδεχόμενες επιπτώσεις και να ανακάμψει από αυτές (Δανδουλάκη, 2010).

Έτσι, οι φυσικές καταστροφές επηρεάζουν τον άνθρωπο και το περιβάλλον του βάσει παραγόντων, όπως η ένταση της καταστροφής -η οποία προσδιορίζεται από το μέγεθος των απωλειών ή των ζημιών που αφορούν στην υγεία και στην περιουσία των πολιτών, στα αγαθά και στις υποδομές τους -, η τρωτότητα του πληθυσμού και των δομών, η προσαρμοστικότητα του πληθυσμού και της τοπικής κοινωνίας στο εκάστοτε φαινόμενο κλπ. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ένα φαινόμενο το οποίο δύναται να εξελιχθεί σε μια καταστροφή, ενδέχεται να εκφέρεται διαφορετικά από τόπο σε τόπο και από κάθε κοινωνικο-οικονομικό σύστημα σε ένα άλλο. Έτσι, το ίδιο φαινόμενο μπορεί σε έναν τόπο να εξελιχθεί σε μια φυσική καταστροφή και σε έναν άλλον όχι.

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις στους ορισμούς της «καταστροφής». Οι βασικές θεωρήσεις αντιλαμβάνονται την καταστροφή (Gilbert 1998):

- ♦ **Ως ανάλογο του πολέμου:** Η καταστροφή αποδίδεται σε έναν εξωτερικό παράγοντα και οι ανθρώπινες κοινότητες καλούνται να αντιδράσουν συνολικά σε μια «εισβολή». Στην προσέγγιση αυτή, δίνεται έμφαση στην αντιμετώπιση της έκτακτης κατάστασης και σε ένα ιεραρχικό μοντέλο αντιμετώπισης της καταστροφής από ειδικές για το σκοπό αυτό δυνάμεις.
- ♦ **Ως πέρασμα σε μια κατάσταση αβεβαιότητας:** Η καταστροφή συνδέεται στενά με την αδυναμία να εννοήσουμε πραγματικούς και υποθετικούς κινδύνους στη σύγχρονη πραγματικότητα. Χαρακτηριστικές είναι οι

⁷ Πηγή : ISDR ,2009 [online at : http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf , 7/10/2014]

καταστάσεις που προέκυψαν από τον «ιό του 2000», τη «νόσο των τρελών αγελάδων» ή οι απειλές που συνδέονται με την τρομοκρατία. Οι καταστροφές κατηγοριοποιούνται με διάφορους τρόπους. Πιο συνηθισμένη είναι η κατάταξη που βασίζεται στο έναυσμα της καταστροφής, δηλαδή η κατάταξη σε φυσικές, τεχνολογικές και άλλες καταστροφές.

- ♦ **Ως έκφραση κοινωνικής τρωτότητας:** Η καταστροφή είναι προϊόν εσωτερικών κοινωνικών διαδικασιών που αυξάνουν την τρωτότητα σε μια περιοχή ή κοινωνική ομάδα. Επικρατούν, έτσι, συνθήκες τρωτότητας και προκαλείται καταστροφή, όταν εκδηλωθεί ένα εν δυνάμει καταστροφικό φαινόμενο ή διεργασία. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, η προστασία από καταστροφές συνδέεται με μακροπρόθεσμες προσπάθειες για μείωση της τρωτότητας μέσω της ανάπτυξης και την καταπολέμηση της φτώχειας, για εκπαίδευση και για ανάπτυξη μιας νοοτροπίας πρόληψης στην κοινωνία.

Η κοινωνική τρωτότητα είναι η έννοια που περιγράφει την ευπάθεια κοινωνικών ομάδων ή του συνόλου της κοινωνίας σε ενδεχόμενες απώλειες από καταστροφές. (Cutter, 1996) . Στην ευρύτερη έννοιά της, η κοινωνική ευπάθεια είναι μια διάσταση της ευπάθειας της κοινωνίας σε ταυτόχρονα γεγονότα διαταραχών της. Η κοινωνική ευπάθεια αφορά άμεσα στην αδυναμία των ανθρώπων και της οργάνωσης της κοινωνίας να αντέξει σε αντίξοες επιπτώσεις από παράγοντες στους οποίους εκτίθενται. Οι επιπτώσεις αυτές οφείλονται εν μέρει σε εγγενή χαρακτηριστικά στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, στους θεσμούς και στα συστήματα των πολιτιστικών αξιών (Ballesteros, 2008). Η κοινωνική ευπάθεια είναι μια προϋπάρχουσα κατάσταση, που επηρεάζει την ικανότητα μιας κοινωνίας να προετοιμαστεί και να ανακάμψει από ένα καταστροφικό γεγονός.

Οι ανθρώπινες κοινωνίες έχουν βιώσει στο πέρασμα του χρόνου καταστροφές προερχόμενες από φυσικούς κινδύνους. Οι αντιλήψεις, όμως, και η διαχείριση των καταστροφών ποικίλουν σε κάθε ιστορική περίοδο και σε κάθε κοινωνία. Σήμερα, η κοινωνία εκλαμβάνει την καταστροφή ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης του ακραίου φαινομένου και των ποικίλων τρωτοτήτων των σύγχρονων κοινωνιών, ενώ παράλληλα οι σύγχρονες προσεγγίσεις στον τομέα της διαχείρισης των φυσικών κινδύνων βλέπουν τον κίνδυνο ως το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης του καταστροφικού φυσικού φαινομένου και της τρωτότητας της κοινωνίας, των

υποδομών της, της οικονομίας και του περιβάλλοντος που καθορίζεται από την ανθρώπινη συμπεριφορά (Μασούρα ,2009).

Σύμφωνα με τους Wassenhofen et al. (2009), όποιος και αν είναι ο φυσικός κίνδυνος στον οποίο ενδέχεται να βρεθεί εκτεθειμένη μια οικιστική περιοχή, η τρωτότητα της αυξάνεται ή μειώνεται από την πληθυσμιακή της σύνθεση και την οικονομική ευρωστία ή μη των κατοίκων της. Αυτό σημαίνει, πως κάθε φορά ένα τμήμα του πληθυσμού ενδέχεται να αποτελείται από άτομα ευάλωτα λόγω ηλικίας, έλλειψης περιουσιακών στοιχείων, πρόσβασης στους μηχανισμούς πρόληψης ή αποκατάστασης και για διάφορους άλλους λόγους.

Σύμφωνα με τον Wassenhofen (2009), η κοινωνική τρωτότητα είναι ένας από τους πρωταγωνιστές που καθορίζουν το μέγεθος των επιπτώσεων σε ένα φυσικό φαινόμενο όπως ο καύσωνας, και αυτό γιατί η ποιότητα, η οργάνωση και η αποτελεσματικότητα των διοικητικών αρχών, καθώς επίσης και ποιότητα των υποδομών, των κατοικιών, η προσβασιμότητα σε πόρους και οι συνθήκες υγιεινής είναι κρίσιμοι παράγοντες διαμόρφωσης της σε φαινόμενα ακραίων θερμοκρασιών. Έτσι, προκύπτει μια εμφανής σύνδεση του φαινομένου του καύσωνα με αυτές τις κρίσιμες παραμέτρους που αφορά στην κατασκευή υποδομών, στην ετοιμότητα την ενημέρωση του πληθυσμού και την οργάνωση χώρων καταφυγής για την προστασία από αυτό.

Σήμερα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, φαινόμενα όπως τα κύματα καύσωνα ενδέχεται να γίνουν ακόμη πιο συχνά και έντονα κατά την διάρκεια του 21^{ου} αιώνα κυρίως στις αστικές περιοχές. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (2013), φαίνεται πως το 90% του πληθυσμού των κατοίκων των πόλεων είναι εκτεθειμένο σε πολύ υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ακραίες θερμοκρασίες, τα οποία είναι επιβλαβή για την υγεία βάσει του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.⁸ Το ΥΠ.Ε.Κ.Α. (2013) θεωρεί πως με τις κατάλληλες επεμβάσεις η κατάσταση μπορεί να είναι αναστρέψιμη, αρκεί να ισχύσουν νέοι περιβαλλοντικοί και ενεργειακοί δείκτες που θα επιτρέπουν ευνοϊκές σχέσεις μεταξύ δομημένου και ελεύθερου χώρου, ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της λειτουργίας

⁸Πηγή: <http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=392351>

της πόλης και των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται σε αυτήν, καθώς και ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούν τα ίδια τα κτίρια.

Ο καύσωνας σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να μην είναι τίποτα περισσότερο από ένα αίσθημα αδιαθεσίας για τον ανθρώπινο πληθυσμό, άλλοτε όμως μπορεί να αποδειχθεί θανατηφόρος. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η υπερβολική ζέστη και ο καύσωνας σκοτώνουν από 600 έως 1.300 άτομα κάθε χρόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες, ενώ οι θάνατοι που προκαλούνται από τέτοια φαινόμενα υπερτερούν εκείνων που προέρχονται άλλες φυσικές καταστροφές.⁹

Οι παγκόσμια επιστημονική κοινότητα έχει μέχρι σήμερα συμφωνήσει, πως οι πόλεις είναι εξαιρετικά ευπαθείς στους καύσωνες. Ένας βασικός λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η υψηλότερη θερμοκρασία, που έχουν την τάση να έχουν οι πόλεις σε σχέση με την περιβάλλουσα περιοχή. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό και ως Αστική Θερμική Νησίδα, έχει υπάρξει κύριο θέμα συζήτησης τα τελευταία χρόνια και αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας.

Με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα εργασία μελετώνται τα κύματα καύσωνα ως ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο μπορεί να αποβεί καταστροφικό για τον πληθυσμό. Η μελέτη πραγματεύεται επίσης την επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στο αίσθημα δυσφορίας του πληθυσμού απέναντι στα κύματα καύσωνα, ενώ παράλληλα επιχειρείται σύνδεση των επιπτώσεων της αστικής δραστηριότητας, της αστικής θερμικής νησίδας και των κυμάτων καύσωνα με την ποιότητα ζωής των ανθρώπων.

Με βάση τα παραπάνω η συγκεκριμένη εργασία αποσκοπεί:

- Στη μελέτη των κυμάτων καύσωνα ως ένα ακραίο φυσικό φαινόμενο
- Στην καταγραφή και ανάλυση πρόσφατων κυμάτων καύσωνα σε παγκόσμιο επίπεδο

Η εργασία αποτελείται στο σύνολο της από 7 κεφάλαια και πραγματεύεται την σχέση των κυμάτων καύσωνα με διάφορες παραμέτρους. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, παρουσιάζονται μέσω θεματικών χαρτών, πινάκων που δημιουργήθηκαν με την βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού (Open Heat Maps, Excel). Στο τελευταίο

⁹ Πηγή: National Center for Atmospheric research
[online at : <https://www2.ucar.edu/atmosnews/news/10508/long-term-forecasts-heat-waves>]

κεφάλαιο, παρατίθενται οι εξαγόμενες διαπιστεύσεις από την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

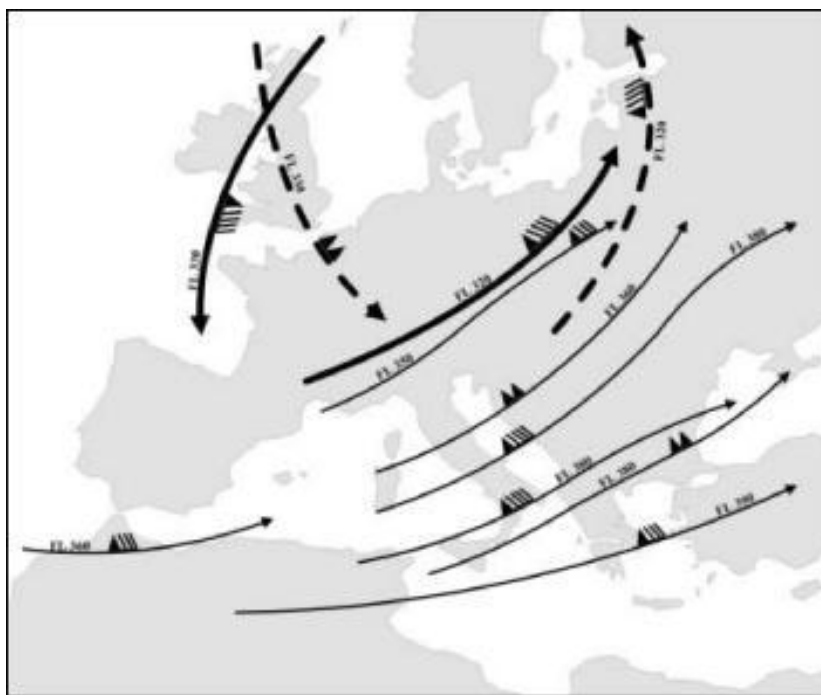
2ο Κεφάλαιο : Ο μηχανισμός γένεσης ενός καύσωνα

Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (2015), ο *αεροχείμαρρος (jet stream)* είναι μια στενή ζώνη ταχέως κινούμενου αέρα, ο οποίος έχει μήκος αρκετές εκατοντάδες km. Άμεσα συνδεδεμένος με την εμφάνιση ενός επεισοδίου καύσωνα είναι ο υποτροπικός αεροχείμαρρος, ο οποίος γενικά παρατηρείται μεταξύ των παραλλήλων 20° και 40° και είναι περισσότερο ευδιάκριτος τους χειμερινούς μήνες. Αναλυτικότερα, ο υποτροπικός αεροχείμαρρος πνέει επάνω από την διαχωριστική γραμμή μεταξύ αερίων μαζών των μέσων και των τροπικών γεωγραφικών πλατών, σε γεωγραφικό πλάτος 20° (τον χειμώνα) και 40° (θερινή περίοδος) και σε ύψος 13-14 km. Μπορεί ο υποτροπικός αεροχείμαρρος να μην φθάνει μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, αλλά είναι πολύ σημαντικός, διότι συνοδεύεται από έντονες καθοδικές κινήσεις, καλοκαιρία και κύματα καύσωνα κατά το θέρους στην νότια πλευρά του. Επιπλέον, μπορεί να δημιουργήσει φαινόμενα αστάθειας ή και συνοπτικά συστήματα κακοκαιρίας (Μπρίκας, 2006).

Ο υποτροπικός αεροχείμαρρος είναι πολύ σημαντικός στην διαμόρφωση του κλίματος της Μεσογείου μιας και οποιαδήποτε μετακίνηση του στα βόρεια της Μεσογείου έχει άμεσες επιπτώσεις στην ξηρασία, την βροχόπτωση ή στις καλλιέργειες. Μερικές πολύ βασικές παρατηρήσεις που αφορούν τον υποτροπικό αεροχείμαρρο είναι (ΕΜΥ, 2015) :

- το επίπεδο του μεγίστου ανέμου βρίσκεται περίπου στα 200 hPa και μπορεί να ανέλθει μέχρι τα 150 hPa, όταν ο άξονάς του βρίσκεται κοντά στον Ισημερινό.
- η βαροκλινική ζώνη που συνδέεται με τον υποτροπικό αεροχείμαρρο περιορίζεται στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας. Κάτω από τα 500 hPa η ατμόσφαιρα μπορεί να είναι σχεδόν-βαροτροπική.
- υπάρχει μικρή απ' ευθείας σύνδεση μεταξύ του υποτροπικού αεροχειμάρρου και των αναπτύξεων των επιφανειακών συστημάτων.

Κατά μέσο όρο ο υποτροπικός αεροχειμάρρος κινείται προς τον Ισημερινό (0° - 90°) τον χειμώνα και προς τους πόλους (0° - 90°) το καλοκαίρι. Ειδικότερα, στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου κατά την διάρκεια του χειμώνα ο υποτροπικός αεροχειμάρρος εντοπίζεται συνήθως στην Μέση Ανατολή έχοντας κατεύθυνση από τα ΝΔ προς τα ΒΑ. Το καλοκαίρι ο υποτροπικός αεροχειμάρρος χάνει τα αμιγή χαρακτηριστικά του και η μέση θέση του στο Βόρειο Ημισφαίριο είναι κοντά στον 44° βόρειο παράλληλο. Έλληνες ερευνητές θεωρούν, ότι το καλοκαίρι συνήθως ο υποτροπικός αεροχειμάρρος βρίσκεται μεταξύ Πελοποννήσου και Κρήτης. Όμως στις περιπτώσεις καύσωνα στην Ελλάδα, ο υποτροπικός αεροχειμάρρος εντοπίζεται σχεδόν πάντοτε στα Βόρεια Βαλκάνια, όπως απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα (Σχ. 2.1) (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία , 2015).



Σχήμα 2.1 Χάρτης απεικόνισης του υποτροπικού αεροχειμάρρου . Με τις λεπτές συνεχείς γραμμές δίνονται οι διαδοχικές θέσεις του υποτροπικού αεροχειμάρρου από 25 έως 29-7-1987 (η τελευταία ημέρα του καύσωνα στην χώρα μας ήταν η 27-7-1987). Με τις τονισμένες συνεχείς και διακεκομμένες γραμμές δίνονται οι μέσες θέσεις του πολικού αεροχειμάρρου στα διαστήματα από 19 έως 24-7-1987 και από 25 έως 28-7-1987 αντίστοιχα (Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία , 2015).

Ο καύσωνας συμπίπτει -κατά κανόνα- με περιόδους διακοπής των ετησίων ανέμων (μελέτμια). Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις υψηλών μεγίστων θερμοκρασιών κατά την διάρκεια γενικά βορείων ανέμων, οι οποίοι λόγω ειδικών συνοπτικών αιτιών αποκτούν ισχυρή ανατολική συνιστώσα και έτσι διερχόμενοι κατά μήκος της Μικράς

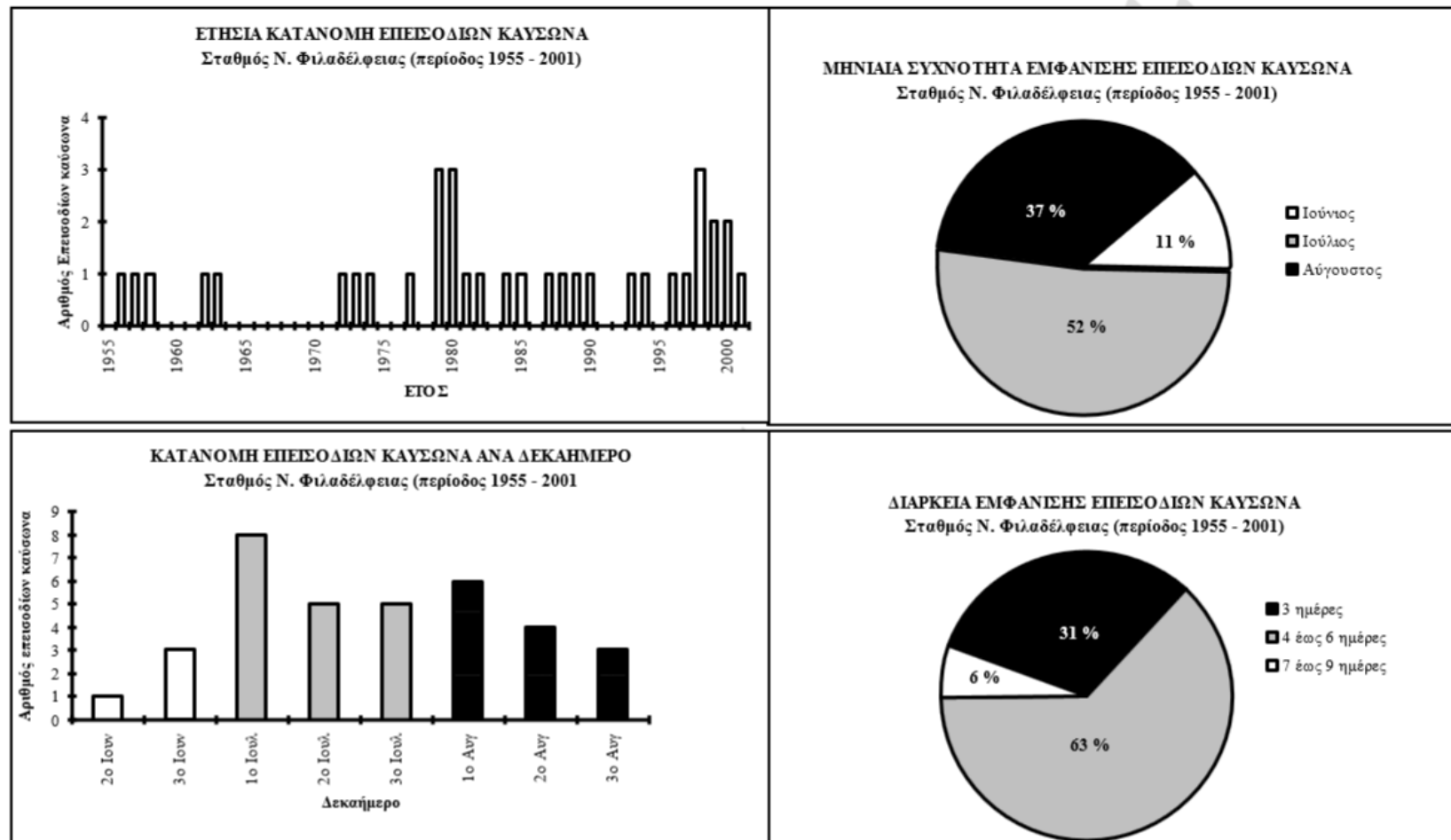
Ασίας θερμαίνονται, είτε λόγω επίδρασης του θερμού εδάφους, είτε αδιαβατικά (EMY, 2015).

Αν εξαιρεθούν οι μεμονωμένες ημέρες υψηλών θερμοκρασιών, ο καύσωνας στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας συνδέεται με έντονες θερμές μεταφορές μεγάλης κλίμακας (συνήθως από την Βόρεια Αφρική), διαρκεί περισσότερο από μία ημέρα και καλύπτει σχεδόν ολόκληρη την χώρα.

Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (2015), οι μετεωρολογικοί παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την γένεση ενός καύσωνα είναι οι εξής:

- Η πολύ ισχυρή θερμή μεταφορά σε όλη την ελεύθερη τροπόσφαιρα. Στην περίπτωση της Ελλάδας αέριες μάζες είναι τροπικές - ηπειρωτικές με προέλευση την Βόρεια Αφρική, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις θερμές αέριες μάζες είναι δυνατόν να μεταφερθούν στην χώρα από τις ηπειρωτικές περιοχές του τριγώνου Ανατολικής Τουρκίας - Ιράκ - Συρίας.
- Οι μεγάλης κλίμακας καθοδικές κινήσεις του αέρα σε μια εκτεταμένη περιοχή που περιλαμβάνει την χώρα μας και που οφείλονται στην αρνητική μεταφορά στροβιλισμού λόγω της έντονα αντικυκλωνικής κυκλοφορίας στην Κεντρική Μεσόγειο, Νότια Ιταλία και Βαλκάνια.
- Η έντονη μη αδιαβατική θέρμανση, λόγω της παρατεταμένης ηλιοφάνειας. Σε αρκετές περιπτώσεις καύσωνα η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα στο στρώμα επιφανείας είναι υπερξηροαδιαβατική.

Για το διάστημα 1955-2001 παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 2.2) η στατιστική επεξεργασία των παρατηρήσεων θερμοκρασίας του μετεωρολογικού σταθμού της Ν. Φιλαδέλφειας.



Σχήμα 2.2 Στατιστικές καταγραφές κυμάτων καύσωνα. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία ,2015

Σύμφωνα με την ΕΜΥ (2015), η στατιστική επεξεργασία των παρατηρήσεων θερμοκρασίας του μετεωρολογικού σταθμού της Ν. Φιλαδέλφειας για το διάστημα 1955-2001 έδειξε ότι:

- Συνολικά από το 1955 έως το 2001, παρατηρήθηκαν 35 επεισόδια καύσωνα στο χρονικό διάστημα από το 2 ° δεκαήμερο του Ιουνίου έως το 3 ° δεκαήμερο του Αυγούστου.
- Η μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης επεισοδίων καύσωνα παρατηρήθηκαν τον μήνα Ιούλιο.
- Η μεγαλύτερη ανά δεκαήμερο συχνότητα εμφάνισης του καύσωνα παρατηρήθηκαν το 1 ° και το 2 ° δεκαήμερο του Ιουλίου και το 1 ° δεκαήμερο του Αυγούστου.
- Τα επεισόδια καύσωνα διάρκειας 4-6 ημερών είχαν συχνότητα 63%, τα επεισόδια καύσωνα διάρκειας 3 ημερών είχαν συχνότητα 31% και τα επεισόδια καύσωνα διάρκειας μεγαλύτερης των 6 ημερών είχαν συχνότητα 6%.

2.1 Ευνοϊκές συνοπτικές συνθήκες ατμόσφαιρας για την γένεση ενός καύσωνα

Οι διάφορες καταστάσεις καιρού προκαλούνται από τη δράση των μεγάλων ατμοσφαιρικών σχηματισμών, όπως οι κυκλώνες και οι αντικυκλώνες, ή από συγκεκριμένες μετεωρολογικές καταστάσεις, όπως η ατμοσφαιρική αστάθεια. Τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της επικρατούσας συνοπτικής κατάστασης συνδυάζονται με τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής (ανάγλυφο εδάφους και κατανομή ξηράς – θάλασσας). Η κατάταξη των όμοιων καταστάσεων καιρού μιας γεωγραφικής περιοχής σε τύπους καιρού και για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα μπορεί να αξιοποιηθεί, ώστε να μελετηθεί το κλίμα, αλλά και να γίνει μια ακριβέστερη πρόγνωση των τιμών των μετεωρολογικών μεταβλητών (Πλακά, 2006).

Έχει παρατηρηθεί, πως ορισμένες συνοπτικές καταστάσεις καιρού, των οποίων τα κοινά χαρακτηριστικά συμπίπτουν, έχουν μεγάλη συχνότητα. Η διαπίστωση αυτή οδήγησε στην δημιουργία του όρου «Τύπος καιρού», ο οποίος ορίζεται ως συνοπτική κατάσταση χαρακτηριζόμενη από αναλόγου κατανομής μετεωρολογικά στοιχεία (Καράλης, 1969). Στη βιβλιογραφία, με τον όρο αυτό αποδίδονται και οι τύποι ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας (Πλακά, 2006). Οι τύποι αυτοί προσδιορίζονται με βάση τη συνοπτική κατάσταση και εξετάζονται ειδικότερα τα στατικά (μορφή, θέση, ένταση των κέντρων δράσης) και τα δυναμικά (τροχιές υφέσεων, μετώπων) συνοπτικά στοιχεία (Μαχαίρας, 1979). Οι διάφορες κατατάξεις τύπων καιρού που έχουν παρουσιαστεί, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, διότι έχουν πραγματοποιηθεί με διαφορετικές μεθοδολογίες και αναφέρονται σε περιοχές με διαφορετικά κλιματικά και φυσιογραφικά χαρακτηριστικά.

Το σημαντικότερο σύστημα στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία, όπως αυτή εμφανίζεται στην στάθμη των 500 hPa, για να ευνοηθεί η δημιουργία ενός κύματος καύσωνα, είναι ένα αποκομμένο βαρομετρικό χαμηλό στην ΒΔ Ευρώπη που κινείται αργά Α-ΒΑ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το αποκομμένο αυτό χαμηλό αποτελεί το δυτικό χαμηλό ενός αντικυκλώνα εμποδισμού με τον άξονα των υψηλών πιέσεων, αρχικά κατά μήκος του 20ου περίπου Ανατολικού Μεσημβρινού και με το ανατολικό χαμηλό στην περιοχή της Ρωσίας. Ο άξονας των υψηλών πιέσεων κατά την διάρκεια του καύσωνα μετατοπίζεται αργά ανατολικά και στρέφεται κατά την διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ,

καθώς ο αντικυκλώνας εμποδισμού διαλύεται στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης.

Συνήθως ο καύσωνας σε μια χώρα φτάνει ομαλά και η άνοδος της θερμοκρασίας είναι βαθμιαία. Κατά κανόνα, παρατηρείται καθυστέρηση στην άνοδο της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του αέρα της επιφάνειας του εδάφους περίπου κατά 24 ώρες από την έναρξη της θέρμανσης της ισοβαρικής επιφάνειας των 850 hPa (EMY, 2015). Για την Ελλάδα, ένα φαινόμενο καύσωνα τελειώνει απότομα με την εισβολή ψυχρών αερίων μαζών από τα Βόρεια Βαλκάνια, που πολλές φορές προκαλούν την εκδήλωση καταιγίδων κυρίως στην Βόρεια Ελλάδα.

Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, η εμπειρία για την περιοχή της Αττικής δείχνει, ότι συχνά παρατηρούνται μικρά σφάλματα στην πρόγνωση του ακριβούς χρόνου επικράτησης των B-BA ανέμων. Για μια πρόγνωση μικρής διάρκειας είναι εξαιρετικά χρήσιμες οι ενδείξεις του χρόνου έναρξης των B-BA ανέμων στην νήσο Λήμνο διότι συνήθως μετά από ένα διάστημα 4-5 ωρών, BA άνεμοι παρατηρούνται και στην Αττική. Όταν το αναμενόμενο ρεύμα για την λήξη του καύσωνα είναι ΒΔ, η πτώση της θερμοκρασίας στην Αττική γίνεται με αργό τρόπο και όχι απότομα, ενώ συχνά την ημέρα της υποτιθέμενης λήξης του καύσωνα παρατηρούνται οι υψηλότερες θερμοκρασίες.

Έχουν μελετηθεί πολλοί φυσικοί μηχανισμοί που σχετίζονται με τα κύματα καύσωνα. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η βασική διαδικασία για την εμφάνισή τους είναι η παρουσία ενός αντικυκλωνικού συστήματος πάνω από μια περιοχή με έντονη επιφανειακή θέρμανση. Σύμφωνα με τους Cassou et al. (2005), αυτό το αντικυκλωνικό σύστημα μπορεί να προσδιοριστεί ως ένας ατμοσφαιρικός εμποδισμός (blocking) κάτω από επίμονες συνθήκες νότιου ανέμου.

Η μελέτη των Cassou et al (2005) ασχολήθηκε με την επιρροή των ωκεανών στις καιρικές συνθήκες στον Βόρειο Ατλαντικό. Αποδείχτηκε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μουσώνες και η ανωμαλία στην επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας μπορεί να δημιουργήσει καθίζηση αερίων μαζών πάνω από την περιοχή της Μεσογείου και, ως εκ τούτου, αναστείλει την μεταφορά θερμότητας και ως εκ τούτου, οι κατακρημνίσεις να μειωθούν στην ηπειρωτική χώρα προκαλώντας ξηρασία.

Το σύστημα της γης-ατμόσφαιρας, ειδικά κατά τη διάρκεια της ξηρασίας, μπορεί να ευνοήσει περεταίρω θερμοκρασιακές ανωμαλίες και αύξηση της ροής θερμότητας σε τοπικό επίπεδο (Fischer et al 2007, Ferranti και Viterbo 2006).

2.1.1 Μοντελοποίηση και ομαδοποίηση ατμοσφαιρικών συνθηκών που ευνοούν τα κύματα καύσωνα στην Ευρώπη και την Μεσόγειο, σύμφωνα με τους Stefanon, Dandrea και Drobinski ¹⁰

Η μελέτη των Stefanon et. al (2012) παρουσίασε έξι τυπικά πρότυπα καιρού (Σχ. 2.3) που προέκυψαν από ομαδοποίηση (clusters) γεγονότων από το 1950 έως το 2009. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τα έξι τυπικά πρότυπα καιρού που ευνοούν την γένεση ενός καύσωνα. Οι τύποι καιρού παρουσιάζονται σε χάρτες γεωδυναμικού ύψους 500 hPa .

- Σύμπλεγμα της Ρωσίας (RU) (Σχ. 2.3α)

Η δομή αυτή εκτείνεται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό τμήμα της περιοχή πάνω από τη Ρωσία μεταξύ 35° και 45°E. Έχει σχήμα που είναι παρόμοιο με αυτό που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του μεγάλου καύσωνα της Ρωσίας το 2010, αν και τα δεδομένα αυτά δεν συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση.

- Σύμπλεγμα Δυτικής Ευρώπης (Western Europe –WE) (Σχ. 2.3β)

Η δομή αυτή επικεντρώνεται κυρίως πάνω από τη Γαλλία. Θεωρείται πως άνηκε σε αυτό το σύμπλεγμα κατά το πρώτο μισό του Αυγούστου 2003.

- Σύμπλεγμα Ανατολικής Ευρώπης (Eastern Europe – EE) (Σχ. 2.3γ)

Το σύμπλεγμα της Ανατολικής Ευρώπης επικεντρώνεται κυρίως πάνω από την Πολωνία· είναι σχετικά μεγαλύτερο σε σχέση με τις άλλες παρατηρήσεις της έρευνας και φανερώνει εμφάνιση γεγονότων καύσωνα, κυρίως γύρω από την Βαλτική Θάλασσα και γύρω από την Μαύρη θάλασσα.

- Σύμπλεγμα Ιβηρικής (IB) (Σχ. 2.3δ)

¹⁰ Marc Stefanon, Fabio Dandrea, Philippe Drobinski. Heatwave classification over Europe and the Mediterranean region. Environmental Research Letters, IOP Publishing, 2012, 7.

Το Σύμπλεγμα της Ιβηρικής επικεντρώνεται πάνω από την Ιβηρική Χερσόνησο και παρουσιάζει ένα δεύτερο κέντρο, επίσης πάνω από την Τουρκία και κατά μήκος του ίδιου γεωγραφικού πλάτους

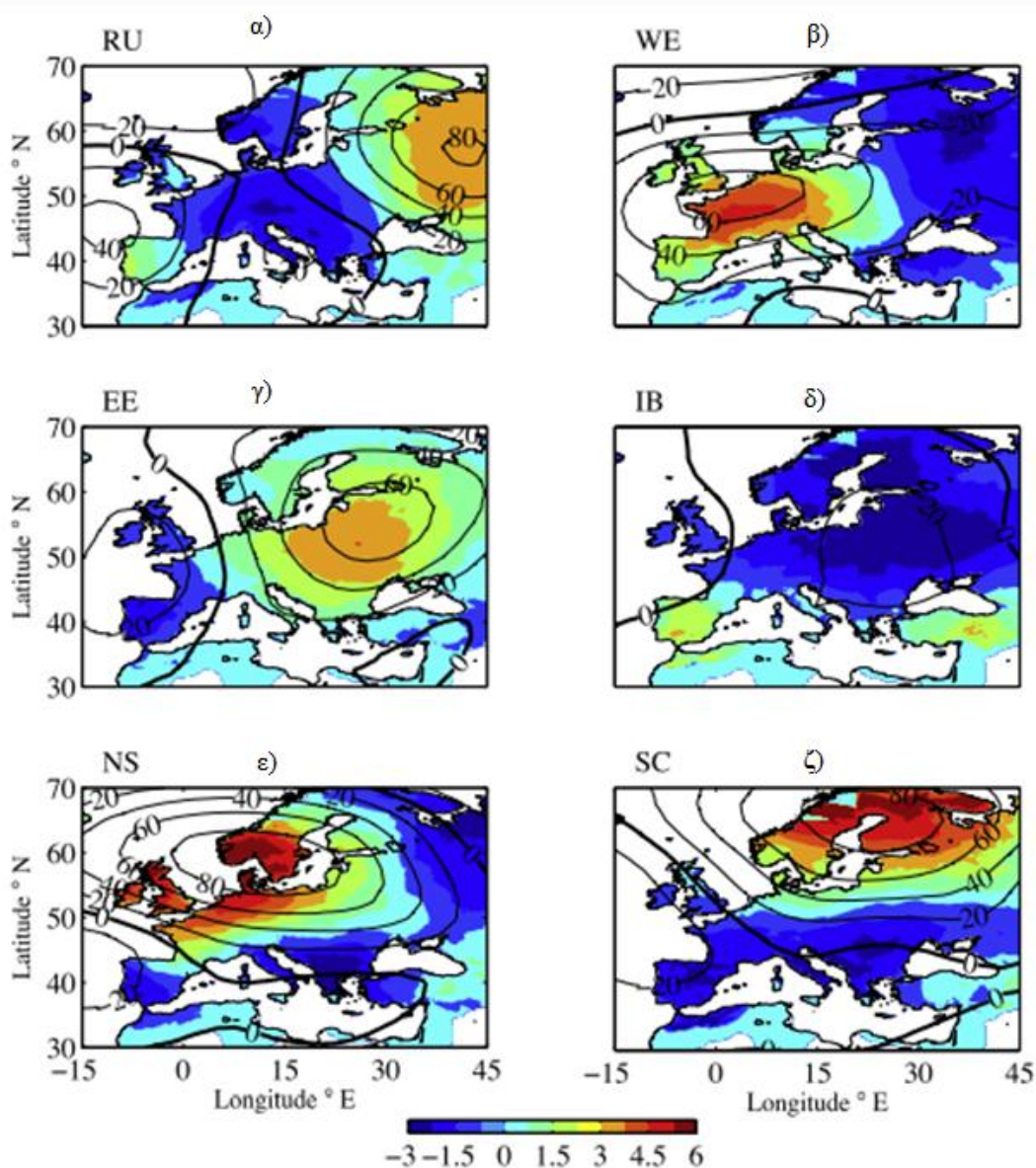
- Σύμπλεγμα Βόρειας Θάλασσας (Σχ. 2.3ε)

Το σύμπλεγμα της Βόρειας Θάλασσας (Northern Sea –NS) φαίνεται να είναι το πιο θερμό, με τις θερμοκρασιακές ανωμαλίες να επικεντρώνονται κυρίως πάνω από την Βόρεια θάλασσα (Μεγάλη Βρετανία στα δυτικά, ακτές Βόρειας Ευρώπης και Ανατολική Σκανδιναβία).

- Σύμπλεγμα Σκανδιναβίας (Σχ. 2.3ζ)

Τέλος, το Σκανδιναβικό Σύμπλεγμα εκτείνεται στο μεγαλύτερο μέρος της σκανδιναβικής χερσονήσου και παρουσιάζει θερμοκρασιακές ανωμαλίες μέχρι 6°C.

Επιπρόσθετα, η σημασία της υγρασίας του εδάφους στο πλαίσιο των κυμάτων καύσωνα έχει ήδη τονιστεί από μεγάλο αριθμό μελετών, όπως των Huang και Van Den Dool 1992, D'Andrea et al 2006, Ferranti και Viterbo 2006, Seneviratne et al 2006, Fischer et al 2007. Οι συνθήκες ξηρασίας έχει συχνά θεωρηθεί πως ευνοούν τις θερμοκρασιακές ανωμαλίες. Όπως προτείνεται από τους Vautard et al (2007) και Zampieri et al (2007), η ξηρασία στη νότια Ευρώπη φαίνεται να προωθεί τα κύματα καύσωνα που συμβαίνουν στο πιο ηπειρωτικό τμήμα της Ευρώπης.



Σχήμα 2.3 Τα έξι μοντέλα που προέκυψαν από την μελέτη Stefanon et al. (2009). Από πάνω αριστερά: Σύμπλεγμα Ρωσίας, Σύμπλεγμα Δυτικής Ευρώπης, Σύμπλεγμα Ανατολικής Ευρώπης, Σύμπλεγμα Ιβηρικής, Σύμπλεγμα Βόρειας Θάλασσας και, τέλος, Σύμπλεγμα Σκανδιναβίας.

Τα πρότυπα αυτά παρουσιάζονται μέσω του μέσου όρου θερμοκρασιακών ανωμαλιών και απεικονίζονται στους παραπάνω χάρτες (Σχ.2.3) γεωδυναμικού ύψους 500hPa. Οι μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασιακές ανωμαλίες παρουσιάζονται με την χρωματική διαβάθμιση και οι ισοπληθείς αντιστοιχούν στις ανωμαλίες του γεωδυναμικού ύψους στα 500hPa.

3ο Κεφάλαιο : Η Αστική Θερμική Νησίδα ως ενισχυτικό φαινόμενο των κυμάτων καύσωνα

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές συζητήσεις γύρω από το ζήτημα της αστικής θερμικής νησίδας, το οποίο σχετίζεται άμεσα με το μικροκλίμα¹¹ των αστικών περιοχών και αφορά στην υπερθέρμανση αστικών, κεντρικών ή προαστιακών περιοχών, σε σχέση με την περιβάλλουσα περιοχή, λόγω της στεγανοποιημένης κάλυψης εδάφους, της εντατικής οικοδόμησης, αλλά και λόγω των εκπομπών βιομηχανιών, κυκλοφορίας, θέρμανσης κλπ. Οι υψηλές αυτές θερμοκρασίες δημιουργούνται μέσω της αστικής δραστηριότητας και έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Αστική θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο, η θερμοκρασία του αέρα στις αστικές περιοχές είναι κατά μέσο όρο υψηλότερη μερικούς βαθμούς από την αντίστοιχη θερμοκρασία σε μη αστικές περιοχές (Καρτάλης, 1999).

Η διαφορά αυτή κυμαίνεται συνήθως από 1-2° C στη διάρκεια της ημέρας και μπορεί να φτάσει τους 6-8° C τη νύχτα, όταν επικρατεί άπνοια ή πνέουν ασθενείς άνεμοι (Καρτάλης, 1999).

Ο μετεωρολόγος Μιχάλης Σιούτας (2012) αναφέρει: «Η πόλη μοιάζει με ένα μεγάλο θερμοσυσσωρευτή, λόγω των τσιμεντένιων κτιρίων, της ασφάλτου αλλά και των αυτοκινήτων, που μαζεύει θερμότητα όλη την ημέρα, την οποία αποβάλλει το βράδυ. Και ενώ αναμένεται τις νυχτερινές ώρες να δροσίσει η ατμόσφαιρα, ουσιαστικά δεχόμαστε τη θερμότητα που έχει συγκεντρωθεί και αποβάλλει η πόλη». Υπογραμμίζει, επίσης, ότι «κατά κανόνα οι θερμοκρασίες στις αστικές πυκνοδομημένες περιοχές είναι υψηλότερες και μπορεί να φτάσουν την ημέρα τους

¹¹ Ως μικροκλίμα χαρακτηρίζονται τα κλιματικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής μικρής έκτασης. Ο όρος ενίοτε χρησιμοποιείται και για την περιγραφή των κλιματικών χαρακτηριστικών σε ακόμη μικρότερους χώρους, όπως ένα κτίριο ή ένα εργοστάσιο. Η μελέτη του μικροκλίματος περιορίζεται στο αέριο στρώμα, που εκτείνεται μεταξύ της επιφάνειας και του ύψους πάνω από το οποίο η (υποκείμενη) επιφάνεια δεν έχει δυνατότητα να επηρεάσει το κλίμα της περιοχής. Σε γενικές γραμμές, το μικροκλίμα εκτείνεται μέχρι το ύψος που είναι τετραπλάσιο του μέγιστου ύψους των πάσης φύσεως επιφανειακών δομών ή ανωμαλιών (Καρτάλης, 1999).

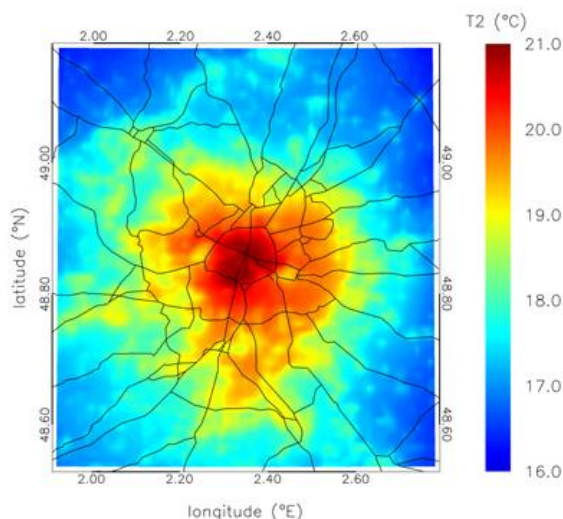
3-4 βαθμούς πάνω σε σύγκριση με αυτούς που επικρατούν σε κατοικημένα προάστια ή σε αγροτικές γειτονικές περιοχές. Η διαφορά αυτή της θερμοκρασίας φτάνει τους 6-8 βαθμούς τη νύκτα, όταν επικρατεί άπνοια. Βέβαια, αποκλίσεις από περιοχή σε περιοχή έχουν δείξει ότι για παράδειγμα στην Αθήνα είχαμε μέχρι και 15 βαθμούς διαφορά μεταξύ της δυτικής Αττικής και των βορείων προαστίων.

Ο Μ. Σιούτας¹² ορίζει, επίσης, την θερμική αστική νησίδα ως «το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία στο κέντρο μιας πόλης είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν των προαστίων και της αγροτικής περιοχής που την περιβάλλει».

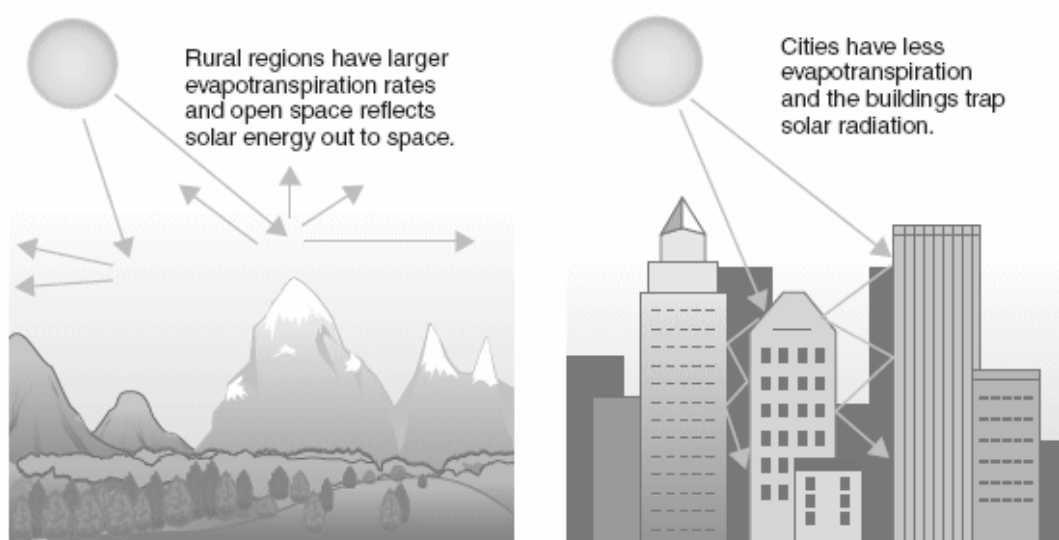
3.1 Μηχανισμοί δημιουργίας της ΑΘΝ

Πιο συγκεκριμένα, οι αστικές επιδράσεις στο περιβάλλον έχουν οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στην παρατήρηση ενός φαινομένου της αύξησης της θερμοκρασίας εντός των πόλεων. Πρόκειται κυρίως για μεμονωμένα φαινόμενα που δεν αποτελούν κομμάτι του κλίματος της ευρείας περιοχής, αλλά προέρχονται κυρίως από την ρύπανση του εκάστοτε μικροπεριβάλλοντος και την διατάραξη των βιοχημικών κύκλων. Η αυξημένη θερμοκρασία εντός των πόλεων στηρίζεται στην δημιουργία του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας ή (αστικής θερμονησίδας). Η θερμική αυτή νησίδα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1 περιλαμβάνει την περιοχή η οποία έχει μεγαλύτερες συγκριτικά θερμοκρασίες με την περιβάλλουσα της. Τα παραπάνω έχουν δώσει την αφορμή για μια σειρά συζητήσεων σχετικά με το αν πρέπει οι αστικές περιοχές να αντιμετωπίζονται ως μεμονωμένοι βιότοποι, παρά το γεγονός ότι το μικροπεριβάλλον τους επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το συνολικό κλίμα της κάθε περιοχής. Το σχήμα 3.2 αναπαριστά έναν τρόπο δημιουργίας του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

¹² Κέντρο Μετεωρολογικών Εφαρμογών του ΕΛΓΑ, Αεροδρόμιο «Μακεδονία» της Θεσσαλονίκης.



Σχήμα 3.1 Η υπερθέρμανση του κέντρου της πόλης δίνει την εικόνα ενός «Νησιού». Πηγή :Mean air temperature in Paris, France at 22:00 CEST in summer 2003. Πηγή : VITO, Planetek [Online at : http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Satellites_predict

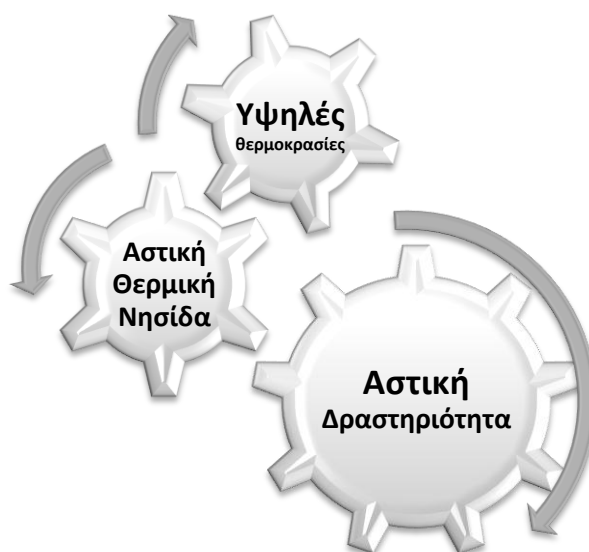


Σχήμα 3.2 Μια από τις αρχές δημιουργίας της Αστικής Θερμικής Νησίδας, Πηγή: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies.

Ορισμένα αίτια δημιουργίας της αστικής θερμικής νησίδας είναι: η μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και θερμοχωρητικότητα των υλικών των κτιρίων και άλλων κατασκευών του αστικού περιβάλλοντος, η αυξημένη απορρόφηση και ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας, η εκπομπή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τις κάθετες πλευρές των ψηλών κτιρίων, η μείωση της ταχύτητας των ανέμων κατά 25%

περίπου μέσα στα οικοδομικά συγκροτήματα, η έλλειψη πρασίνου και, συνεπώς, εξατμισιοδιαπνοής, οι ανθρωπογενείς εκλύσεις θερμότητας κ.α. (Καρτάλης, 1999).

Μεγάλο μέρος αυτού του φαινομένου μπορεί να αποδοθεί στην χαμηλή λευκαύγεια της πόλης (albedo),¹³ την μεγάλη αντανάκλαση της επιφάνειας και την αυξημένη επιφάνεια των κτιρίων που απορροφούν ηλιακή ενέργεια. Το σκυρόδεμα, το τσιμέντο και οι μεταλλικές επιφάνειες τείνουν να απορροφούν την ηλιακή και γήινη ακτινοβολία και την επανεκπέμπουν ως θερμική ακτινοβολία. Τέλος, μελέτες που έχουν γίνει για την πόλη της Βαλτιμόρης έχουν δείξει συσχέτιση της πυκνότητας του πληθυσμού με την ένταση του φαινομένου της θερμικής αστικής νησίδας (Brazel, 2000). Ωστόσο, η επίδραση αυτή έχει παρατηρηθεί μόνο στα εύκρατα κλίματα. Παρακάτω (Σχ. 3.3) παρουσιάζεται μια σχηματική αναπαράσταση της αλληλεπίδρασης της αστικής δραστηριότητας με το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και την σύνδεση τους με την έκφραση ακραίων θερμοκρασιών.



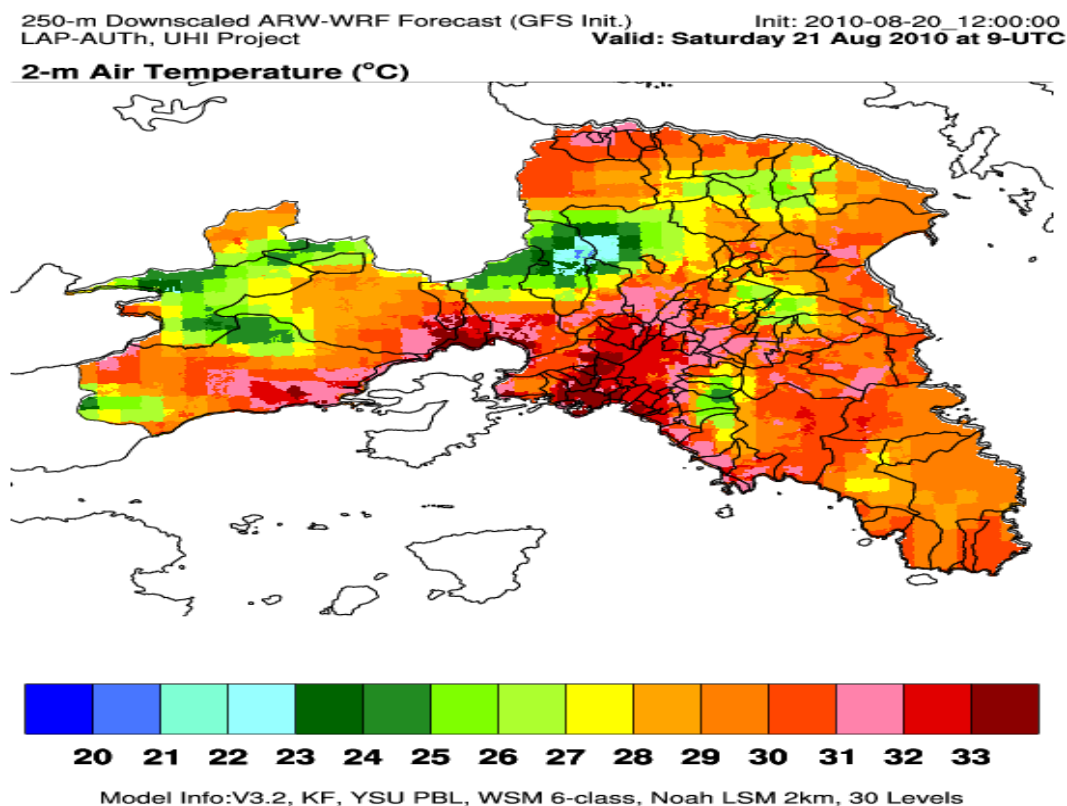
Σχήμα 3.3 Η αλληλεπίδραση της αστικής δραστηριότητας με το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και τις ακραίες θερμοκρασίες. Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

¹³ Η λευκαύγεια ή albedo είναι το μέτρο ανακλαστικότητας μιας επιφάνειας ή ενός σώματος. Ως ανακλαστικότητα ορίζεται το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας προς την προσπίπτουσα σε μία επιφάνεια.

3.2 Η αστική θερμική νησίδα στην Αθήνα

Η αστική θερμική νησίδα μελετάται συστηματικά στην Αθήνα από το 1996 με στόχο την διερεύνηση της έντασης του φαινομένου, τα στάδια ανάπτυξης του στο χώρο και την χρονική μεταβολή του (Μπουγατιώτη, 2010). Για την υλοποίηση της παραπάνω ανάλυσης, λαμβάνονται τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας από σταθμούς εγκατεστημένους στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας και των προαστίων της και έπειτα από επεξεργασία δημιουργούνται διαγράμματα στα οποία αποτυπώνεται γραφικά η ανάπτυξη του φαινομένου όπως δείχνει και το σχήμα 3.4 (Σανταμούρης, 2000). Μια από τις πιο σημαντικές μελέτες πάνω στο θέμα της αστικής θερμικής νησίδας στην Αθήνα έγινε

από τους Livada κ.α (2001), όπου χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν 30 σταθμοί επιφανειακής θερμοκρασίας και εκτελέστηκαν μετρήσεις σε ωριαία βάση για πολλά χρόνια στην περιοχή της Αθήνας. Προέκυψε ότι η μέγιστη ένταση¹⁴ της ΑΘΝ στην πιο κεντρική περιοχή ήταν κοντά στους 16°C, ενώ μια μέση τιμή για θα ήταν κοντά στους 12°C.



Σχήμα 3.4 Αποτύπωση του Φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας μέσω προσομοίωσης των θερμοκρασιών του ατμοσφαιρικού αέρα στην Αθήνα, Αύγουστος 2010 Πηγή : Urban Heat Island Project

Επίσης, οι απόλυτα μέγιστες τιμές θερμοκρασίας στην κεντρική περιοχή ήταν κοντά στους 15 °C υψηλότερες από τις προαστιακές περιοχές, ενώ οι απόλυτες ελάχιστες θερμοκρασίες ήταν 3 °C υψηλότερες στο κέντρο. Βρέθηκε, επίσης, ότι η ένταση¹⁵ της αστικής θερμικής νησίδας σε κεντρικό πάρκο της Αθήνας ήταν κοντά στους 6,1 °C, ενώ η ένταση στους κοντινούς σταθμών ήταν κοντά στους 10°C (Livada et al , 2001).

Συνοπτικά, σχετικά με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην Αθήνα (Σανταμούρης, 2000), ως προς την ένταση του φαινομένου :

- Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου της πόλης και της ανοικτής υπαίθρου μπορεί να φτάνει έως και τους 15°C.
- Η μέση αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή του κέντρου φτάνει έως και τους 10 °C.
- Η ένταση του φαινομένου είναι μικρότερη στους χώρους πρασίνου και η θερμοκρασία εκεί είναι έως και 6 °C υψηλότερη από τις περιαστικές περιοχές.

Ως προς την χωρική κατανομή ημερησίως :

- Στην αρχή της ημέρας, οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στην περιοχή του κέντρου της Αθήνας.
- Αργότερα, οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στις δυτικές συνοικίες της πόλης.
- Χρονική μεταβολή:
 - 10:00: Αρχίζει να παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας.
 - 14:00- 15:00:Σημειώνονται οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας.
 - 19:00: Μειώνεται η διαφορά θερμοκρασίας.

¹⁵Ένταση της Αστικής θερμικής νησίδας ορίζεται ως η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του κέντρου της πόλης και της ανοικτής υπαίθρου (Μπουγατιώτη, 2009)

3.3 Η συνέργεια της Αστικής Θερμικής Νησίδας με το φαινόμενο του καύσωνα και οι συνέπειες

Οι πόλεις λόγω των δομικών τους υλικών και των δραστηριοτήτων που φιλοξενούν έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις περιαστιακές περιοχές, παρουσιάζοντας μια πληθώρα αλλοιώσεων των κλιματολογικών τους χαρακτηριστικών. Παράλληλα, η έντονη αστική δραστηριότητα και οι ενεργειακές απαιτήσεις οξύνουν το πρόβλημα της υπερθέρμανσης τους σε σχέση με τις περιβάλλουσες περιοχές, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις να δημιουργείται η αντίληψη ενός «καύσωνα», χωρίς όμως να ισχύει. Για την κάλυψη όλων των αναδυόμενων ενεργειακών αναγκών αυξάνονται εκ νέου τα επίπεδα της ρύπανσης δημιουργώντας έναν κύκλο αίτιου και αιτιατού.

Από την άλλη, οι πόλεις είναι ούτως ή άλλως ευπαθείς στους καύσωνες. Ο Milligan (2004) ορίζει, εναλλακτικά, τα κύματα καύσωνα ως μια αποκλειστικά αστική καταστροφή γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της αστικής, φυσικής, κοινωνικής και οικονομικής τρωτότητας. Οι βασικοί λόγοι που οι πόλεις έλκουν τέτοια φαινόμενα καύσωνα είναι η υψηλή περιβαλλοντική ρύπανση και η υψηλότερη θερμοκρασία τους –σε σχέση με τα προάστια- λόγω του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Η διαδικασία της αστικοποίησης επιδείνωσε τις αρνητικές επιπτώσεις στην αλλαγή του κλίματος και συνδέθηκε άμεσα με το πρόβλημα της αστικής θερμικής νησίδας (Rizwan et al., 2008). Σε μια πόλη, τα κτιριακά απόβλητα και η δομή των δρόμων εντείνουν ακόμη περισσότερο το πρόβλημα. Εν τούτοις, η αστική θερμική νησίδα δεν είναι μόνο χαρακτηριστικό των μεγάλων μητροπόλεων αλλά και μικρότερων πόλεων (Σταθοπούλου και Κ. Καρτάλης, 2007) και παράλληλα διαφοροποιείται εντός της πόλης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε επιμέρους περιοχής.

Συνεπώς, η αστική θερμική νησίδα είναι ένα φαινόμενο, η ένταση του οποίου εξαρτάται από το σχέδιο πόλεως, την ένταση της αστικοποίησης, καθώς και των χαρακτηριστικών της αστικής δομής, των κτιρίων και των υποδομών. Η αστική θερμική νησίδα συμβάλλει σε φαινόμενα όπως αυτό του θερμοκρασιακού στρες-θερμοπληξίας και παράλληλα κάνει των αντίκτυπο των κυμάτων καύσωνα πολύ πιο σοβαρό.

Η μείωση της αστικής θερμονησίδας είναι μια εξαιρετικά σημαντική, αλλά δύσκολη στο να ποσοτικοποιηθεί, διαδικασία. Η εφαρμογή μεθόδων παθητικής ψύξης των κτιρίων (όπως π.χ. των πράσινων ταρατσών) ίσως αποτελούσε ένα σημαντικό βήμα στην επαναφορά χαμηλότερων θερμοκρασιών στο εσωτερικό των πόλεων και την επαναφορά θερμικής ισορροπίας σε αυτή (Φουτρή, 2008).

Σήμερα, η αντιμετώπιση του φαινομένου της Αστικής θερμικής Νησίδας είναι αναπόσπαστο κομμάτι του αστικού σχεδιασμού και της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και προϋποθέτει την κατανόηση των ανθρώπινων σχέσεων με το περιβάλλον. Παράλληλα, πραγματοποιούνται δράσεις σε ευρωπαϊκό (λ.χ. Urban heat island project), εθνικό (ΥΠ.Ε.ΚΑ–ΚΑΠΕ), και τοπικό-ατομικό επίπεδο (φύτευση ταρατσών), οι οποίες αποσκοπούν στην βελτίωση του μικροκλίματος των περιοχών και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην άμβλυνση του φαινομένου.

3.4 Ο ρόλος του αστικού σχεδιασμού στην αντιμετώπιση της ΑΘΝ, των κυμάτων καύσωνα και των ακραίων θερμοκρασιών.

Το στοιχείο της ασφάλειας μπορεί να αποκτηθεί μέσα από έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό ασφάλειας, ο οποίος συναντάται στην διεθνή βιβλιογραφία ως «risk management planning», δηλαδή ως διαχείριση της διακινδύνευσης (Πανοζάχου, 2012). Το πόσο αποτελεσματικός όμως θα είναι αυτός ο σχεδιασμός ασφάλειας, εξαρτάται από το πόσο αλληλεπιδρά και συσχετίζεται με τα άλλα επίπεδα σχεδιασμού, όπως ο πολεοδομικός, ο κανονιστικός (κανονισμοί, νόμοι και πολιτικές) και ο στρατηγικός σχεδιασμός (Δελλαδέτσημας, 2009). Το επίπεδο της σύνδεσης αυτής του σχεδιασμού ασφάλειας με τα άλλα επίπεδα σχεδιασμού, και κυρίως με τον πολεοδομικό, διαφέρει για τις χώρες και τα συστήματα χωρικού σχεδιασμού ανά τον κόσμο. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι σχεδιαστές του χώρου και οι αρχιτέκτονες δίνουν ιδιαίτερη σημασία στον σχεδιασμό κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη τους τον παράγοντα «περιβάλλον». Οι μεμονωμένες, όμως, αυτές προσεγγίσεις αφορούν κατ' αποκλειστικότητα τα εκάστοτε κτίρια χωρίς να έχουν υπάρξει συστηματικές δράσεις διαμόρφωσης του αστικού χώρου.

Η σύγχρονη πόλη είναι ένα συνονθύλευμα κτιρίων με διαφορετικά ύψη που διαμερίζει την ροή του ανέμου. Για παράδειγμα, τα ενιαία πολυώροφα κτίρια προκαλούν εκτροπή του ανέμου σε διαφορετικές κατευθύνσεις και αυτό, παράλληλα, μπορεί να οδηγήσει στην ροή περισσότερου αέρα μέσα σε έναν κοντινό δρόμο αυτών των κτιρίων (Golany, 1996). Η κίνηση του αέρα και η ταχύτητα του μέσα στην πόλη είναι ένας παράγοντας που διαμορφώνεται από το σχεδιασμό του δρόμου και τον προσανατολισμό του. Σε ένα ζεστό και ξηρό κλίμα οι στέγες των κτιρίων είναι επίπεδες με παρόμοια ύψη -συνήθως απόκλισης 2-3 ορόφων. Η μορφή αυτή υποστηρίζει την ισχυρή κίνηση του ανέμου πάνω από την πόλη χωρίς εμπόδιο. Από την άλλη πλευρά, σε ένα ζεστό και υγρό κλίμα οι στέγες συνήθως είναι κεκλιμένες και έτσι επιβραδύνουν τον άνεμο σε κάποιο βαθμό (Σαπουντζάκη, 2010).

Η διαφοροποίηση των προσανατολισμών των κτιρίων, οι διαφορές στα ύψη τους, η διαφορετική σύνθεση των υποδομών, η ένταση της ανθρώπινης δραστηριότητας κ.α. οδηγούν στην δημιουργία αστικών μικρό-κλιμάτων, με συνέπεια κάθε τμήμα της πόλης να διαφέρει σε θερμική απόδοση από τα άλλα. Γενικότερα ισχύει ότι το κέντρο των πόλεων είναι θερμότερο από το περιβάλλον του και τα προάστια, λόγω της έντονης αστικής δραστηριότητας που το χαρακτηρίζει. Σε αντίθεση, στα περιφερειακά μέρη της πόλης (προάστια) αναμένεται χαμηλότερη θερμοκρασία.

Σήμερα, ο πολεοδομικός σχεδιασμός οργανώνεται με σκοπό την καταπολέμηση της Αστικής Θερμικής Νησίδας και την προστασία από εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες που αποτελεί και θεμελιώδη ανάγκη. Παρά την αναγκαιότητά που έχει προκύψει για την αρμονία του αστικού σχεδιασμού με τα κλιματικά κριτήρια, το πρόβλημα ακόμη δεν έχει κατασταλεί. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι δίνεται προτεραιότητα σε άλλους στόχους (π.χ. οικονομική ανάπτυξη), καθώς επίσης και στον μακροχρόνιο και δαπανηρό χαρακτήρα των αλλαγών στον αστικό σχεδιασμό (Σαπουντζάκη, 2010).

Ο Vasishtth υποστηρίζει πως τρεις είναι οι στρατηγικές που πρέπει να ακολουθηθούν για να μετριαστεί η επίδραση της Αστικής Θερμικής Νησίδας (Σαπουντζάκη, 2010):

- Αύξηση της ανακλαστικότητας των κτιρίων . Η χρήση ανοιχτόχρωμων υλικών μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τα υλικά, που χρησιμοποιούνται στους υπαίθριους χώρους και στο κέλυφος των κτιρίων. Μπορεί να επιτευχθεί με το βάψιμο υφιστάμενων επιφανειών ή με την εφαρμογή ανοιχτόχρωμων υλικών. Η χρήση του χρώματος για τη μείωση των

επιφανειακών θερμοκρασιών των υλικών, που είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μία από τις πιο κοινά χρησιμοποιούμενες πρακτικές. Λόγω της αυξημένης ανακλαστικότητας τους, τα ανοιχτόχρωμα υλικά παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες σε σχέση με τα αντίστοιχα σκουρόχρωμα. Οι διαφορές αυτές μπορεί να φτάνουν έως και τους 20 °C για κάποιες ομάδες υλικών (Μπουγατιώτη, 2009).

- Αύξηση του ποσοστού της βλάστησης και της θαμνώδους περιοχής στο συνολικό τοπίο, μέσα από προαγωγή των πράσινων στεγών.
- Προώθηση της αστικής δασικής οικονομίας σε ολόκληρη την αστική περιοχή για την αύξηση της διαπνοής και της φυσικής σκίασης.

4ο Κεφάλαιο : Η σημασία της Θερμικής άνεσης και ο ρόλος των βιοκλιματικών δεικτών

Ως θερμική άνεση ορίζεται, σύμφωνα με την Αμερικανική Επιστημονική Εταιρεία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating Air Conditioning) η κατάσταση κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες.

Βάση της βιολογίας του ανθρώπινου οργανισμού, το άτομο βιώνει θερμική άνεση όταν επικρατεί ισορροπία στην ανταλλαγή θερμότητας και διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία σώματος στους 37 °C. Οι κυρίες μεταβλητές της θερμικής άνεσης είναι η θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του αέρα, η δραστηριότητα του ατόμου και το ντύσιμο του. Στις περιπτώσεις που ο περιβάλλοντας χώρος δεν ευνοεί την θερμική άνεση του ατόμου, ο ίδιος ο οργανισμός του δύναται να προσαρμοστεί και να βελτιώσει τις συνθήκες με διάφορους τρόπους, όπως οι αλλαγές στην ένδυση κ.α.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η θερμική άνεση είναι μία κατάσταση υποκειμενική. Συνεπώς, είναι δυνατό σε συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος, στον ίδιο χώρο και σε καθορισμένη χρονική στιγμή, κάποιο άτομο να βιώνει θερμική άνεση, ενώ παράλληλα κάποιο άλλο όχι. Όπως φαίνεται, το εύρος των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση ενός ατόμου, είναι μεγάλο και μέσα σε αυτό εμπεριέχονται ακόμα και παράγοντες που έχουν σχέση με την κοινωνική και ψυχολογική κατάσταση του κάθε ατόμου. Οι βασικότεροι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη θερμική άνεση είναι οι εξής (Κοτσίρης Γ., 2007):

i. Περιβαλλοντικοί:

- Μέση θερμοκρασία του αέρα [°C]
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [°C]
- Μέση σχετική υγρασία του αέρα [%]
- Μέση ταχύτητα αέριων ρευμάτων που επιδρούν στο σώμα [m/s]

ii. Βιολογικοί παράγοντες

- Η μέση θερμοκρασία δέρματος του ατόμου
- Ο ρυθμός εφίδρωσης του ατόμου
- Η ξηρότητα του δέρματος του ατόμου
- Το φύλο των χρηστών του χώρου
- Η ηλικία των χρηστών του χώρου

iii. Εξωτερικοί παράγοντες

- Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου
- Το είδος και ο βαθμός ένδυσης των χρηστών του χώρου

Έτσι, ο άνθρωπος διαθέτει μια σειρά από μηχανισμούς οι οποίοι στοχεύουν να διατηρούν τη θερμική κατάσταση του σώματος σταθερή και να την προσαρμόζουν στις εκάστοτε συνθήκες του περιβάλλοντος (Παπαδόπουλος, 2006).

Στον αντίποδα, η πυκνή οικοδόμηση, η γεωμετρική διαμόρφωση και τα υλικά κατασκευής των αστικών περιοχών, καθώς επίσης και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που τις περιβάλλουν, έχουν οδηγήσει στην υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των πόλεων και στη διαμόρφωση ατμοσφαιρικών συνθηκών που οδηγούν σε μειωμένη θερμική άνεση (Τσέλιου, 2009).

Δεδομένου ότι η ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων είναι άμεση συνάρτηση του μικροκλίματος κάθε περιοχής, είναι προφανές ότι οι κλιματικές μεταβολές επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις στο σύνολο του περιβάλλοντος. Οι σύγχρονοι τρόποι βελτίωσης της θερμικής άνεσης που εφαρμόζονται απαιτούν για την εφαρμογή τους μεγάλα ποσά ενέργειας με αποτέλεσμα την διαταραχή της ποιότητας του περιβάλλοντος, ενώ η δράση τους είναι εφήμερη και δεν αποτελούν συστηματικό τρόπο βελτίωσης των συνθηκών, που προκαλούν το πρόβλημα (Ασημακόπουλος κ.α., 2001).

Έχει ήδη διαπιστωθεί ότι η αυξανόμενη θερμική υποβάθμιση των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος -σαν αποτέλεσμα τοπικών και παγκόσμιων μεταβολών, η εμμονή στην χρήση εμπειρικών και ξεπερασμένων τεχνικών σχεδιασμού του αστικού χώρου και των κτιρίων, η αποψίλωση του αστικού και περιαστικού πράσινου, δημιουργούν συνθήκες δυσφορίας στον αστικό ιστό, μεγιστοποιούν την χρήση ενεργοβόρων μηχανικών μέσων για την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης και δημιουργούν πρόβλημα

επιβίωσης σε σημαντικό κομμάτι του πληθυσμού που αδυνατεί να ανταποκριθεί στην νέα πραγματικότητα.

Η έρευνα πάνω στις τεχνικές γεωμετρικής διάταξης των αστικών πόλεων και των υλικών που χρησιμοποιούνται για τη δόμησή τους (π.χ. βιοκλιματικός σχεδιασμός) είναι πολύ σημαντική για την άμβλυνση του προβλήματος. Μέσω των τεχνικών αυτών δύναται να προκύπτουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης και κατ' επέκταση ποιότητας ζωής (Χαραλαμπίδης Ι., 2006).

4.1 Το Θερμικό Ισοζύγιο του Ανθρώπου

Ο ανθρώπινος οργανισμός είναι ευρέως γνωστό πως διαθέτει μηχανισμούς που διατηρούν σταθερή την θερμοκρασία του σώματος του. Σε φυσιολογικές συνθήκες η θερμοκρασία αυτή ορίζεται στους $36,6^{\circ}\text{C}$ με μεταβολές που κυμαίνονται από $36,1^{\circ}\text{C}$ έως $37,3^{\circ}\text{C}$. Η εσωτερική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος, συνεπώς, πρέπει να διατηρείται εντός των παραπάνω ορίων. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει θερμική ισορροπία μεταξύ σώματος και περιβάλλοντός. Η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος μπορεί να περιγραφεί με διάφορες εξισώσεις, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τους παραμέτρους, όπως η παραγωγή θερμότητας από το ίδιο το σώμα, η μεταφορά θερμότητας από το περιβάλλον προς αυτό και η συσσώρευση θερμότητας εντός του (Χαραλαμπίδης Ι., 2006).

Η θερμική ισορροπία βασίζεται στον τρόπο που το ανθρώπινο σώμα διατηρεί την εσωτερική του θερμοκρασία κοντά στους 37°C , όπως προαναφέρθηκε. Η ανταλλαγή θερμότητας στο σύστημα περιβάλλον-άνθρωπος δεν περιγράφει μια σταθερή κατάσταση, αλλά μια δυναμική κατάσταση από την οποία γίνεται προφανές πως οι εξωτερικές συνθήκες αλλάζουν διαρκώς και το σώμα για να ανταπεξέλθει δρα ανάλογα (Χαραλαμπίδης Ι., 2006). Τότε ο άνθρωπος εγκεφαλός επικεντρώνεται στην προσπάθεια να διατηρήσει την θερμοκρασία του σώματος μέσα στα φυσιολογικά όρια ισορροπώντας την παραγωγή θερμότητας. Όσο η θερμοκρασία του αέρα πλησιάζει τη θερμοκρασία του δέρματος, είναι δυνατό να προσληφθεί θερμότητα, και όταν η θερμοκρασία του αέρα ξεπεράσει τη θερμοκρασία του δέρματος η μόνη διέξοδος για απώλεια θερμότητας από τον οργανισμό είναι η παραγωγή ιδρώτα και η εξάτμιση, η οποία παρεμποδίζεται από την αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας.

4.2 Θερμική άνεση και ο ρόλος των μετεωρολογικών και βιομετεωρολογικών δεικτών

Η μελέτη και ανάλυση του περιβάλλοντος του ανθρώπου έχει γίνει με τη βοήθεια πολλών βιομετεωρολογικών δεικτών. Από το 1938, ο Buttner διαπίστωσε, ότι για τον υπολογισμό της θερμικής επίδρασης του περιβάλλοντος στον άνθρωπο πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες και όχι μόνο η θερμοκρασία (Ασσαέλ κ.α., 2009). Έτσι, διαμορφώθηκαν με την πάροδο των χρόνων οι κατάλληλοι βιοκλιματικοί δείκτες που έχουν σκοπό την πρόγνωση, την ποσοτικοποίηση και την έκφραση της θερμικής άνεσης του ανθρώπου, όπως αυτή διαμορφώνεται από τις περιβαλλοντικές – ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Σύμφωνα με τον Givoni (1976), οι επιδράσεις, που δέχεται το ανθρώπινο σώμα από το θερμικό περιβάλλον, αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο και δεν αναγνωρίζονται ως επιμέρους παράγοντες που τον επηρεάζουν, μιας και ο ανθρώπινος οργανισμός δε διαθέτει αισθητήρια όργανα για κάθε έναν από αυτούς (Τσέλιου, 2009).

Οι δείκτες αυτοί προκύπτουν από τον μαθηματικό τύπο διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η μετακίνηση αέρα, η ακτινοβολία, λαμβάνοντας υπόψη και άλλες φυσιολογικές μεταβλητές, μεταβολισμού, ενδυμασίας, και τροφής (Χαραλαμπίδης, 2006). Η βάση ενός βιομετεωρολογικού δείκτη στηρίζεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί ένα σύνολο παραγόντων (θερμοκρασία αέρα, υγρασία, ταχύτητα αέρα, ακτινοβολία) σε μία μοναδική μεταβλητή που συνοψίζει τις ταυτόχρονες επιδράσεις τους στα αισθητήρια όργανα του ανθρώπινου σώματος (Givoni, 1976). Ο αριθμός των μετεωρολογικών δεικτών είναι μεγάλος, όμως πολλοί από αυτούς μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά και μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες (Givoni, 1976).

Τα τελευταία χρόνια, έχουν μελετηθεί δείκτες που περιγράφουν τόσο την εσωτερική όσο και την εξωτερική θερμική άνεση του πληθυσμού. Οι δείκτες αυτοί μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τους βιομετεωρολογικούς και τους θερμοφυσιολογικούς δείκτες (Παπαδοπούλου κ.α., 2010).

Οι βιομετεωρολογικοί δείκτες (Heat Index, Wind Chill Index κ.α.) αξιοποιούν μετεωρολογικά δεδομένα για την περιγραφή της επίδρασης των κλιματικών συνθηκών στον άνθρωπο. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η

θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η ταχύτητα ανέμου. Η απλότητα, που χαρακτηρίζει τους δείκτες αυτής της κατηγορίας, αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα πλην, όμως, αυτοί δεν λαμβάνουν υπόψη τη διαφορετική ανταπόκριση των ανθρώπινων οργανισμών (π.χ. λόγω ηλικίας, φύλου) στις ίδιες κλιματικές συνθήκες (Παπαδοπούλου, 2010).

Στους θερμοφυσιολογικούς δείκτες, η εκτίμηση της επίδρασης του κλίματος στον ανθρώπινο οργανισμό γίνεται με τη συγκριτική θεώρηση του συνόλου των θερμικών παραγόντων. Με τη χρήση τους γίνεται μοντελοποίηση του ανθρώπινου ισοζυγίου θερμότητας. Θερμοφυσιολογικοί θεωρούνται εκείνοι οι δείκτες που ως δεδομένα εισόδου απαιτούν και χαρακτηριστικά της ανθρώπινης φυσιολογίας (ηλικία, φύλο, ένταση εργασίας κ.τ.λ.). Το πλεονέκτημα των δεικτών αυτών συνίσταται στο γεγονός, ότι απαιτούν ως δεδομένα εισόδου τις πλέον κοινές μετεωρολογικές παραμέτρους, όπως: θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ακτινοβολία.

Οι βιοκλιματικοί δείκτες μπορεί να είναι απλοί ή σύνθετοι. Οι απλοί βιοκλιματικοί δείκτες χρησιμοποιούν μετεωρολογικές παραμέτρους, ενώ άλλοι πιο σύνθετοι μπορεί να περιλαμβάνουν ακόμα και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντα χώρου, όπως και δεδομένα που αφορούν το άτομο που δέχεται την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών (Τσέλιου, 2009).

Μία άλλη κατηγορία χωρίζει τους δείκτες σε εμπειρικούς και ορθολογικούς (Givoni, 1976, ASHRAE, 2001).

Ο Ματζαράκης (1995) σημειώνει πως ένας άλλος διαχωρισμός των δεικτών μπορεί να γίνει με βάση τις θερμομετρικές συνθήκες και τους χωρίζει:

- i) σε δείκτες που αναφέρονται στο ψυχρό περιβάλλον, όπου γίνεται συνδυασμός της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου (π.χ. οι δείκτες απόψυξης)
- ii) σε δείκτες που αναφέρονται στο θερμό περιβάλλον, όπου γίνεται συνδυασμός της θερμοκρασίας του αέρα με διάφορους δείκτες υγρασίας, για την μελέτη της εξάτμισης που προκαλείται από το ανθρώπινο σώμα.

Μια άλλη ταξινόμηση των δεικτών από τον Scudo (2002)¹⁶ κατηγοριοποιεί τους βιοκλιματικούς δείκτες σε (Γιαννούτσου & Γαλάνης, 2012):

- i) Εμπειρικοί δείκτες θερμικής άνεσης-δυσφορίας, που συνδυάζουν μερικές μόνο παραμέτρους και μπορούν να έχουν εφαρμογή σε συγκεκριμένες κλιματικές περιοχές.
- ii) Ψυχο-κοινωνικοί κλιματικοί δείκτες οι οποίοι συσχετίζουν την υποκειμενική αντίληψη του ατόμου ως προς τη θερμική άνεση ή δυσφορία με μικροκλιματικές παραμέτρους.
- iii) Δείκτες που υπολογίζονται από εξισώσεις ενεργειακού ισοζυγίου, που βασίζονται σε μοντέλα δύο κόμβων για το ανθρώπινο σώμα, καθώς επίσης και στον υπολογισμό των θερμικών εμπλεκόμενων κλιματικών παραμέτρων.
- iv) Δείκτες που υπολογίζονται από εξισώσεις ενεργειακού ισοζυγίου που βασίζονται σε μοντέλα ενός κόμβου για το ανθρώπινο σώμα.

Η Τσέλιου (2009) αναφέρει πως η πλειοψηφία των δεικτών δεν λαμβάνει υπόψη τον ρόλο της ανθρώπινης φυσιολογίας, δραστηριότητας, ένδυσης ή άλλων προσωπικών χαρακτηριστικών (ύψος, βάρος, ηλικία, φύλο). Ωστόσο, οι πιο πρόσφατοι δείκτες - μερικοί εκ των οποίων αναγράφονται παρακάτω- στηρίζονται σε πιο σύνθετες τεχνικές, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν την ανθρώπινη ενεργειακή ισορροπία (ASHRAE, 2001). Γνωστοί δείκτες είναι:

- Ο δείκτης των Siple και Passel (Siple και Passel, 1945), που είναι γνωστός και ως δείκτης ψυκτικής ισχύος (Cooling Power) και είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου.
- Ο δείκτης θερμικής δυσφορίας του Thom (Thorn 1959, Giles κ.α. 1990, Tzenkova κ.α. 2003), που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας.
- Ο δείκτης της αποτελεσματικής θερμοκρασίας (Effective Temperature Index), που συνδυάζει τις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα.
- Ο βιοκλιματικός δείκτης της Φυσιολογικά Ισοδύναμης Θερμοκρασίας, γνωστός και ως PET (Physiologically Equivalent Temperature), που βασίζεται στο ανθρώπινο ενεργειακό ισοζύγιο και περιγράφει τη συνδυασμένη επίδραση

¹⁶ Online at : <http://www.greenstructureplanning.eu/COSTC11/comfort.htm>

του θερμικού περιβάλλοντος στο ανθρώπινο σώμα (Nastos και Matzarakis 2008).

- Ο δείκτης Προβλεπόμενη μέση ψήφος, γνωστός και ως PMV (Predicted Mean Vote), που είναι ένας πιο σύνθετος δείκτης θερμικής άνεσης-δυσφορίας (Fagner, 1972) και λαμβάνει υπόψη του πολλές παραμέτρους.

Στη συνέχεια δίνονται αναλυτικότερα πληροφορίες για μερικούς από αυτούς. Πρόκειται για τους πιο συχνά αναφερόμενους και χρησιμοποιούμενους δείκτες στη διεθνή βιβλιογραφία.

Επιγραμματικά, μερικοί θερμικοί δείκτες που έχουν μέχρι σήμερα αναπτυχθεί είναι:

- Προβλεπόμενη μέση ψήφος (Predicted Mean Vote –pmv)
- Ισοδύναμη θερμοκρασία T_{eq}
- Heat Index
- Humidex
- Αισθητή θερμοκρασία (E.T) ή Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Tef)
- Καθορισμένη ενεργή Θερμοκρασία (SET)
- Διορθωμένη ET (CET)
- Παρατηρούμενη θερμοκρασία (PE)
- Δείκτης Θερμικής δυσφορίας (I.T.S)
- Δείκτης Δυσφορίας (DI)
- Προκύπτουσα θερμοκρασία (RT)
- Wet-bulb globe temperature (W.B.G.T)
- Δείκτης άνεσης ισημερινού (E.C.I)
- Δείκτης θερμικής καταπόνησης (Heat Stress Index , H.S.I)
- Προβλεπόμενος τετράωρος ρυθμός εφίδρωσης (P4.S.R)
- Τροπικός δείκτης καλοκαιριού (T.S.I)
- Wind chill ισοδύναμη θερμοκρασία (W.C.E.T)
- Πραγματική αίσθηση θερμότητας (ASV)
- Δείκτης θερμικού stress (ITS)
- Ισοδύναμη Θερμότητα (EW)
- Humidex

Μια συνοπτική περιγραφή μερικών από τους πιο διαδεδομένους βιομετεωρολογικούς δείκτες παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 4.1)

Προβλεπόμενη μέση ψήφος –Predicted Mean Vote (PMV)	Ο δείκτης αποτελεί τη μέση ψήφο ενός συνόλου ανθρώπων που εκφράζουν την άποψή τους για τη θερμική αίσθηση κάτω από διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, σε μια κλίμακα που κυμαίνεται από το -3 μέχρι το +3.
Ισοδύναμη θερμοκρασία T_{eq}	Η Ισοδύναμη Θερμοκρασία υπολογίζει επιπλέον την επίδραση της ταχύτητας του αέρα πάνω στο ισοζύγιο θερμότητας του θερμαινόμενου σώματος. Η πιο σημαντική αρχή του αισθητήρα της Ισοδύναμης Θερμότητας είναι η προσομοίωση με την απώλεια θερμότητας του ανθρώπινου σώματος.
Αισθητή θερμοκρασία ET ή αποτελεσματική θερμοκρασία T_{eff}	Ο δείκτης αυτός αναπτύχθηκε για την ASHRAE από τους Houghten και Yaglou το 1923. Η κλίμακα στην οποία βασίστηκε υπερτιμά το ρόλο της υγρασίας σε δροσερές και ουδέτερες συνθήκες και υποτιμά την επίδραση που έχει σε ζεστές συνθήκες και δεν συμπεριλαμβάνει πλήρως τις επιδράσεις που προξενεί η ταχύτητα του αέρα σε συνθήκες ζέστης και υγρασίας.
Δείκτης θερμικής δυσφορίας ITS	Ο προσδιορισμός του δείκτη βασίζεται στον υπολογισμό του παραγόμενου ιδρώτα, στο μεταβολισμό, στο παραγόμενο έργο, στην εναλλαγή θερμότητας μέσω των μηχανισμών σύγκλισης, στην εναλλαγή ακτινοβολίας και σε ένα συντελεστή απόψυξης μέσω του ιδρώτα για τον ανθρώπινο οργανισμό.
Δείκτης Θερμότητας Heat Index	Ο δείκτης θερμότητας αποτέλεσε μια μεταγενέστερη προσπάθεια μελέτης της αίσθησης άνεσης ή δυσφορίας του ανθρώπινου οργανισμού. Αποτελεί ένα μέτρο του κατά πόσο η θερμοκρασία του αέρα, σε συνδυασμό με τα ποσοστά σχετικής υγρασίας, επηρεάζει στην αίσθηση άνεσης ή δυσφορίας του πληθυσμού καθώς και τις συνέπειες που μπορεί να υποστεί ο ανθρώπινος οργανισμός.

Διορθωμένη αισθητή θερμοκρασία CET	Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια βελτίωση της ET και ενσωματώνει την επίδραση της ακτινοβολίας.
--	---

Σχήμα 4.1 Σύντομη περιγραφή γνωστών βιομετεωρολογικών δεικτών . Πηγή : Τσέλιου, 2009, Fanger 1970, Ginovi 1976, ASHRAE 2001

4.2.1 Δείκτες δυσφορίας

Μια ομάδα βιοκλιματικών δεικτών αποτελούν οι δείκτες δυσφορίας. Γενικά, οι Δείκτες δυσφορίας εκφράζουν την ικανοποίηση ή μη, που βιώνει ο άνθρωπος από το περιβάλλον και τις επικρατούσες συνθήκες. Οι δείκτες δυσφορίας δίνουν μια εκτίμηση των συνθηκών που επικρατούν και είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι στις ευπαθείς ομάδες, όπως ηλικιωμένα άτομα, παιδιά, στους ανθρώπους με πνευμονικές παθήσεις (πχ. άσθμα), σε αθλητές και γενικά στις ομάδες ανθρώπων που επηρεάζονται άμεσα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Ασσαέλ κ.α, 2011).

Σύμφωνα με τους Ασσαέλ κ.α. (2011), οι δείκτες αυτοί εξαρτώνται κυρίως από παράγοντες που αναφέρθηκαν προηγουμένως όπως :

- η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η σχετική νέφωση
- η ηλιακή ακτινοβολία
- η ενδυμασία και ο μεταβολισμός του ανθρώπου σε σχέση με τις δραστηριότητές του.

4.2.1.1 Δείκτης θερμότητας (Heat Index – HI)

Ο δείκτης θερμότητας είναι ένας μετεωρολογικός δείκτης που συνδέει την θερμοκρασία του αέρα με την σχετική υγρασία με σκοπό τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης του πληθυσμού. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης θερμότητας, τόσο μειώνεται η θερμική άνεση του πληθυσμού και σταδιακά προκύπτει το αίσθημα δυσφορίας. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την θερμότητα ως συνάρτηση της θερμοκρασίας (σε βαθμούς F) και της σχετικής υγρασίας (%). Ο δείκτης παρουσιάζει αδυναμίες μιας και οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, καθώς επίσης και το αίσθημα, εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, όπως το φύλλο, η ηλικία, η ένδυση, η φυσική κατάσταση και η κατάσταση της υγείας κάθε ατόμου.

Ο συγκεκριμένος δείκτης είναι ευρέως χρησιμοποιούμενος στις ΗΠΑ και θεωρείται αρκετά αποτελεσματικός σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 26°C με ταυτόχρονη υγρασία μεγαλύτερη του 40% (Παπακρίβου, 2011). Η εξίσωση υπολογισμού του Heat Index είναι :

$$HI = c_1 + c_2T + c_3R + c_4TR + c_5T^2 + c_6R^2 + c_7T^2R + c_8TR^2 + c_9T^2R^2$$

Όπου:

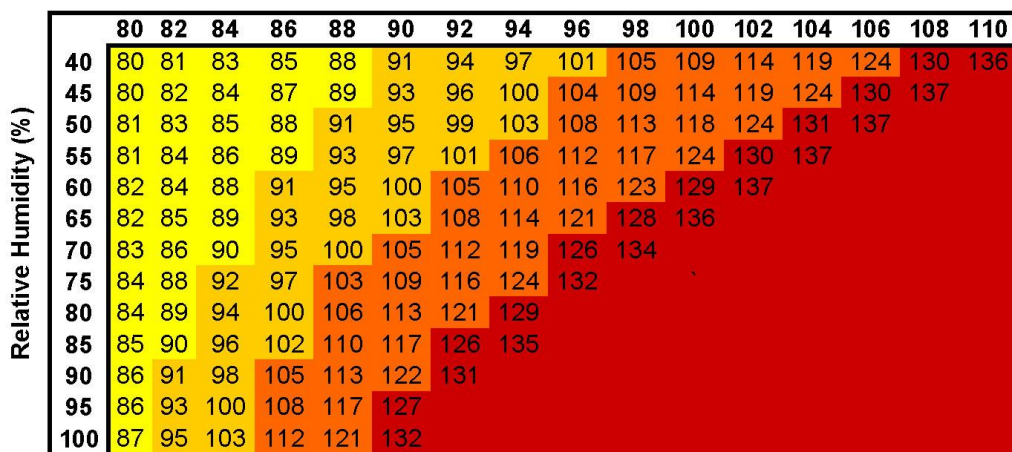
- T η θερμοκρασία αέρα σε βαθμούς Fahrenheit
- R η σχετική υγρασία (%)

c ₁	=	-42.379	c ₂	=	-2.04901523
c ₃	=	-10.14333127	c ₄	=	-0.22475541
c ₅	=	-6.83783 x 10 ⁻³	c ₆	=	-5.481717 x 10 ⁻²
c ₇	=	-1.22874 x 10 ⁻³	c ₈	=	8.5282 x 10 ⁻⁴
c ₉	=	-1.99 x 10 ⁻⁶			

Οι τιμές που μπορεί να πάρει ο Heat Index παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα (Σχ.4.2) ενώ η διαβάθμιση των χρωμάτων παρουσιάζει το επίπεδο επικινδυνότητας.

NOAA's National Weather Service

Heat Index Temperature (°F)



Likelihood of Heat Disorders with Prolonged Exposure or Strenuous Activity

Caution Extreme Caution Danger Extreme Danger

Σχήμα 4.2 Ταξινόμηση των τιμών δείκτη DI του Thom, Η θερμοκρασία παρουσιάζεται σε οC, Πηγή:
http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat

4.2.1.2 Ο γενικός Δείκτης Δυσφορίας DI (Discomfort Index)

Ένας σημαντικός δείκτης υπολογισμού της θερμικής άνεσης ενός ατόμου είναι ο γενικός δείκτης δυσφορίας DI (Discomfort Index). Προτάθηκε το 1959 από τον Thom και τροποποιήθηκε το 1978 από τον Besancenot. Ο δείκτης θεωρεί δεδομένες συνθήκες σκίασης και απουσία ανέμου. Επίσης, προϋποθέτει ότι το άτομο βρίσκεται σε κατάσταση χαλάρωσης, χωρίς έντονη σωματική δράση και με ελαφρύ ρουχισμό (Moustris κ.α. ,2009). Μπορεί να προσδιορίσει τη θερμική άνεση ή δυσφορία των ατόμων σε εσωτερικούς χώρους και σε ωριαία βάση. Για τον υπολογισμό των τιμών του δείκτη DI χρησιμοποιούνται τιμές της θερμοκρασίας του αέρα (°C) και οι αντίστοιχες τιμές της σχετικής υγρασίας (%) του αέρα. Πρόκειται για έναν εμπειρικό δείκτη, ο οποίος βασίζεται σε μια μεγάλη σειρά παρατηρήσεων και είναι συνάρτηση μόνον της θερμοκρασίας και της υγρασίας της ατμόσφαιρας. Η εξίσωση υπολογισμού των τιμών του δείκτη DI είναι η παρακάτω (Giles κ.α., 1990):

$$DI = T - (0.55 - 0.0055 \times RH) \times (T - 14.5) \text{ σε } ^\circ\text{C}$$

όπου T η θερμοκρασία του αέρα σε °C και RH η σχετική υγρασία (%) του ατμοσφαιρικού αέρα. Τα όρια του Δείκτη DI δίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 4.3)

Ο δείκτης δυσφορίας θεωρείται ένας εύχρηστος και εύκολα υπολογιζόμενος δείκτης. Κατά κύριο λόγο, χρησιμοποιείται και εφαρμόζεται μόνο για την περιγραφή της θερμικής άνεσης ή δυσφορίας στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους, ενώ δεν μπορεί να περιγράψει με σαφήνεια τη δυσφορία του ατόμου κάτω από χαμηλές θερμοκρασίες (Giles κ.α. 1990).

Τιμές Δείκτη Δυσφορίας (Discomfort Index – DI)

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37	37	38	38	38
41°	31	32	32	33	33	34	34	35	35	35	36	36	37	37	37	37
40°	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	35	35	36	36	36	37
39°	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34	34	35	35	35	36	36
38°	29	30	30	31	31	31	32	32	33	33	34	34	34	35	35	35
37°	28	29	29	30	30	31	31	32	32	32	33	33	33	34	34	34
36°	28	28	29	29	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33	33	34
35°	27	27	28	28	29	29	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33
34°	26	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31	31	32	32
33°	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31	31
32°	25	25	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	30
31°	24	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30
30°	24	24	24	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29
29°	23	23	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28
28°	22	23	23	23	24	24	25	25	25	25	26	26	26	27	27	27
27°	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	26	26
26°	21	21	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	25	26
25°	20	21	21	21	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	25	25
24°	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	24	24	24
23°	19	19	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23
22°	18	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22

32. 0 °C < DI	Κατάσταση επικινδυνότητας. Ανάγκη επιβολής ιατρικών και άλλων μέτρων
30 °C < DI < 32 °C	Ολόκληρος ο πληθυσμός αισθάνεται έντονη δυσφορία.
28 °C < DI < 29 °C	Ο πληθυσμός αισθάνεται δυσφορία
25 °C < DI < 27 °C	Ποσοστό μεγαλύτερο του 50% του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
21°C < DI < 24 °C	Ποσοστό μικρότερο του 50% του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
21°C < DI	Καμία δυσφορία δεν παρατηρείται στον πληθυσμό

Σχήμα 4.3 Ταξινόμηση των τιμών δείκτη DI του Thom, Η θερμοκρασία παρουσιάζεται σε οC ,Πηγή:
http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat

Ο δείκτης Humidex

Ο δείκτης Humidex είναι ένας δείκτης θερμικής άνεσης που χρησιμοποιείται κυρίως στον Καναδά από το 1965. Η τρέχουσα φόρμουλα αναπτύχθηκε από τους J. M. Masterton και F. A. Richardson της Καναδικής υπηρεσίας ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος (Canada's Atmospheric Environment Service) το 1979. Ο Humidex διαφέρει από τον δείκτη θερμότητας που χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες στο ότι προκύπτει από τη θερμοκρασία δρόσου και όχι από την σχετική υγρασία. Η εξίσωση υπολογισμού του Humidex είναι :

$$\text{Humidex} = T_c + h$$

$$h = 0,5555 \cdot (e - 10,0)$$

$$e = 6,11 \cdot \{5417,7530 \cdot [(1/273,16) - (1/T_d)]\}$$

Όπου T_c η θερμοκρασία αέρα σε βαθμούς Celsius

T_d η θερμοκρασία σημείου δρόσου σε βαθμούς Kelvin

e : η τάση ατμών σε hPa

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Σχ.4.4) όταν ο Humidex παίρνει τιμές κάτω των 2 βαθμών δηλώνεται κατάσταση ευεξίας και όχι δυσφορίας για τον πληθυσμό. Τιμές από 30 μέχρι και 39 δηλώνουν μερική δυσφορία, ενώ από 40 έως 45 δηλώνουν υψηλή δυσφορία. Οι τιμές άνω των 45 προειδοποιούν πως υπάρχει σημαντικός κίνδυνος για την υγεία, ενώ πλέον από τους 54 βαθμούς εκδηλώνεται θερμοπληξία στον πληθυσμό.

Οι τιμές του δείκτη HUMIDEX

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33
22°	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

<29 °C	Καμία δυσφορία
Από 30°C έως 34	Ελαφρύ αίσθημα δυσφορίας
Από 35°C έως 39 °C	Αίσθημα δυσφορίας. Προσοχή και περιορισμός στις φυσικές δραστηριότητες.
Από 40°C έως 45 °C	Έντονο αίσθημα δυσφορίας
Από 46°C έως 53 °C	Υψηλός κίνδυνος Συνίσταται Περιορισμός της πλειοψηφίας των σωματικών δραστηριοτήτων
59°C <	Κίνδυνος θερμοπληξίας και θανάτου.

Σχήμα 4.4 Οι τιμές του δείκτη HUMIDEX . Η θερμοκρασία παρουσιάζεται σε οC ,Πηγή:
http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat

4.2.1.3 Ο Προσωπικός Δείκτης Δυσφορίας ή Προβλεπόμενη μέση ψήφος PMV (Predicted Mean Vote)

Ο Προσωπικός δείκτης Δυσφορίας ή αλλιώς Μέση προβλεπόμενη ψήφος PMV (Predicted Mean Vote), ο οποίος προτάθηκε το 1973 από τον Fanger και βασίζεται στην απόκλιση από τη θερμική άνεση. Ο συγκεκριμένος δείκτης εκτός από τα αριθμητικά δεδομένα που συλλέγει, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του

ανέμου, η σχετική νέφωση και η ηλιακή ακτινοβολίας, εμπλέκει για τον υπολογισμό του την ένδυση και τη δραστηριότητα του ανθρώπου.

Ο δείκτης επιβεβαιώνει πως εντός μιας ομάδας ανθρώπων παρευρισκόμενων στον ίδιο χώρο, εκτελώντας όλοι την ίδια δραστηριότητα -ακόμα και αν φορούν τα ίδια ρούχα- η αντίληψη περί της θερμικής άνεσης μπορεί να είναι διαφορετική. Συνεπώς, οι τιμές του δείκτη δύναται να διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο, κυρίως επειδή υπάρχει ανομοιομορφία συνθηκών ακόμη και στον ίδιο χώρο, όπως αυτή που παρατηρείται κοντά σε παράθυρα, στα αέρια ρεύματα που τυχόν υπάρχουν ή δημιουργούνται σε ένα χώρο, στις θερμοκρασιακές διαφορές που υπάρχουν από το πάτωμα έως την οροφή, και γενικά σε ότι αφορά τις τοπικές συνθήκες άνεσης.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια απλουστευμένη μορφή της σχέσης υπολογισμού του δείκτη PMV (Ismail et al, 2009).

$$PMV = (0.028 + 0.303 * e^{(-0.036M)}) * [(M-W)-H-E- C_{res} - E_{res}]$$

όπου:

M: ο ρυθμός μεταβολισμού του ατόμου

W: ο ρυθμός παραγωγής μηχανικού έργου από το άτομο εξαιτίας της σωματικής του δραστηριότητας

H: ο ρυθμός με τον οποίο αποβάλλει το σώμα προς το περιβάλλον θερμότητα με αγωγή, ακτινοβολία και μεταφορά

E: το ποσό θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας

C_{res}: ο ρυθμός με τον οποίο ανταλλάσσεται με το περιβάλλον θερμότητα με αγωγή μέσω της αναπνοής

E_{res}: ο ρυθμός με τον οποίο ανταλλάσσεται με το περιβάλλον θερμότητα με εξάτμιση μέσω πάλι της αναπνευστικής οδού

Τα όρια του Προσωπικού Δείκτη PMV δίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 4.5) :

Προσωπικός Δείκτης Δυσφορίας PMV	
+4	Έντονη ζέστη
+3	Πολύ ζέστη
+2	Ζέστη
+1	Ελαφριά Ζέστη
0	Ουδέτερος
-1	Ελαφριά δροσιά
-2	Δροσιά
-3	Κρύο
-4	Πολύ κρύο

Σχήμα 4.5 Όρια δείκτη PMV , Πηγή : Mantzarakis , 1995

4.2.1.4 Δείκτης Θερμικής Άνεσης-Δυσφορίας (CP – Cooling Power)

Ο δείκτης CP, εισήχθηκε από τους Siple και Passel το 1945 και περιγράφει το ποσό θερμότητας, που δύναται ο ανθρώπινος οργανισμός να αποβάλλει, στη μονάδα του χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας του σώματος λαμβάνοντας υπόψη του και την ταχύτητα του ανέμου.

Για τον υπολογισμό του δείκτη CP, χρησιμοποιούνται οι ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας (T) του αέρα (οC), της σχετικής υγρασίας (RH) του αέρα (%), καθώς επίσης και της ταχύτητας (V) του ανέμου (m/sec). Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται με βάση τη σχέση (Τσέλιου, 2009):

Η ταξινόμηση των τιμών του δείκτη CP (Bensancenot et al., 1978) με την αντίστοιχη αίσθηση της άνεσης ή της δυσφορίας που δημιουργείται, εμφανίζονται στο σχήμα (Σχ. 4.6).

CP (W/ m2)	Αίσθημα που δημιουργείται
CP<0	Πολύ ισχυρή δυσφορία του πληθυσμού λόγω ζέστης
0<CP≤174	Ισχυρή δυσφορία του πληθυσμού λόγω ζέστης
175≤CP≤349	Μερική δυσφορία του πληθυσμού λόγω ζέστης
350≤CP≤699	Αίσθημα θερμικής άνεσης στον πληθυσμό
700≤CP≤1049	Μερική δυσφορία του πληθυσμού λόγω ψύχους
CP≥1050	Πολύ ισχυρή δυσφορία του πληθυσμού λόγω ψύχους

Σχήμα 4.6 Η ταξινόμηση των τιμών του δείκτη CP Πηγή : Bensancenot et al., 1978

Ο δείκτης CP, σε αντίθεση με τον Δείκτη Δυσφορίας DI, λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα του αέρα (Moustris, 2009). Η Εξίσωση υπολογισμού του δείκτη όπως παρουσιάζεται από τους Tzenkova et al. (2003) είναι :

$$CP = 1.163 \times (10.45 + 10 \times V^{0.5} - V) \times (33 - T)$$

Όπου:

V είναι η ωριαία μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου (m / s) και

T είναι η αντίστοιχη ωριαία μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα (°C).

4.2.1.5 *Ο δείκτης «Τυπική ενεργή θερμοκρασία(SET Standard Effective Temperature)»*

Ένας ακόμη πολύ σημαντικός δείκτης προσδιορισμού της θερμικής άνεσης είναι ο δείκτης SET - Standart Effective Temperature. Ο δείκτης συσχετίζει τις περιβαλλοντολογικές σταθερές με την θερμική άνεση ενός ατόμου. Ο δείκτης SET αριθμητικά αντιπροσωπεύει την θερμική καταπόνηση, που βιώνει ένα πρότυπο ανθρώπου υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Ο δείκτης λαμβάνει υπόψη του ένα μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η υγρασία του αέρα και η ταχύτητα του αέρα, καθώς επίσης και προσωπικές παραμέτρους όπως το επίπεδο δραστηριότητας του ατόμου ή η ενδυμασία (Γιαννούτσου & Γαλάνης, 2012). Ωστόσο, ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται υπό σταθερές συνθήκες. Ο δείκτης έχει το πλεονέκτημα να επιτρέπει συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών περιβαλλόντων, απλώς και μόνο αλλάζοντας τις μεταβλητές του περιβάλλοντος (λ.χ. Θερμοκρασία αέρα, Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, Υγρασία αέρα, Ταχύτητα αέρα κ.λπ.) αλλά ταυτόχρονα βασίζεται σε ένα πρότυπο ανθρώπινου μοντέλου, αποτελώντας βασικό του μειονέκτημα.

Σύμφωνα με τους Γιαννούτσου & Γαλάνη (2012), ο υπολογισμός του δείκτη συναντάει εμπόδια, λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, τα οποία εμπλέκονται και περιλαμβάνουν τις περιβαλλοντολογικές παραμέτρους, που αναφέρθηκαν προηγουμένως (Γιαννούτσου & Γαλάνης, 2012):

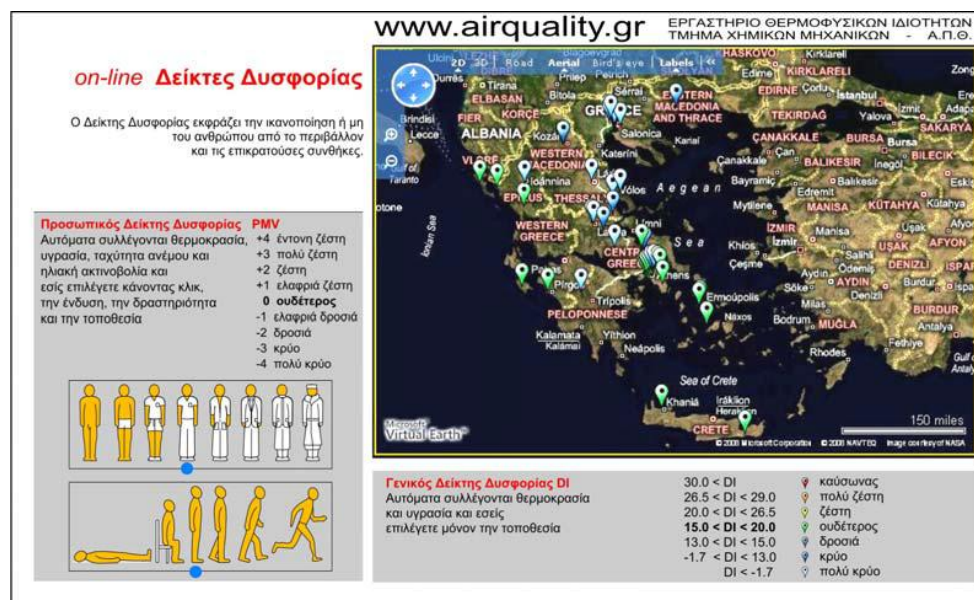
4.2.2 Σύγχρονοι τρόποι υπολογισμού δεικτών προσδιορισμού θερμικής άνεσης

Στο διαδίκτυο σήμερα, υπάρχουν ιστότοποι, οι οποίοι ασχολούνται με τον υπολογισμό δεικτών, όπως οι παραπάνω και με άλλους ατμοσφαιρικούς δείκτες. Επί παραδείγματι, για την Ελλάδα η ιστοσελίδα www.airquality.gr υπολογίζει δύο δείκτες δυσφορίας: τον γενικό Δείκτη Δυσφορίας DI (Discomfort Index) και τον προσωπικό δείκτη PMV (Predicted Mean Vote), που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ο συγκεκριμένος ιστότοπος αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Θερμοφυσικών Ιδιοτήτων του τμήματος Χημικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, και φαίνεται να έχει πανελλαδική κάλυψη. Τα δεδομένα που

απαιτούνται για τον υπολογισμό των δύο δεικτών συλλέγονται από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ως εξής (Ασσαέλ, 2011) :

Τα μετεωρολογικά δεδομένα -από 60 περίπου τοποθεσίες στον Ελλαδικό χώρο- λαμβάνονται αυτόματα από τους αντίστοιχους ιδιωτικούς μετεωρολογικούς σταθμούς που αναφέρουν τις μετρήσεις τους σε έναν διεθνή οργανισμό και δημοσιοποιούνται μέσω του www.wunderground.com. Έτσι, συλλέγονται on-line για κάθε τοποθεσία, η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική νέφωση και οι γεωγραφικές συντεταγμένες της. Συγχρόνως, με βάση τη γεωγραφική θέση, υπολογίζεται η ηλιακή ακτινοβολία και διορθώνεται ανάλογα με την επικρατούσα νέφωση. Η ιστοσελίδα λειτουργεί σε 2 στάδια, αυτό της συλλογής των δεδομένων και στη συνέχεια της γραφικής απεικόνισής τους. Αυτόματα αναγνωρίζονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί κάθε πόλης από την ιστοσελίδα www.wunderground.com και τα δεδομένα τους καταχωρούνται σε τράπεζες δεδομένων αρχιτεκτονικής για περαιτέρω επεξεργασία τους. Το επόμενο στάδιο είναι η εμφάνιση των δεδομένων, όπως και η γραφική απεικόνισή τους πάνω στον χάρτη. Παρακάτω απεικονίζεται η ιστοσελίδα airquality.gr (Σχ. 4.7)



Σχήμα 4.7 Όψη της ιστοσελίδας www.airquality.gr

Εκτός από την παραπάνω ιστοσελίδα υπάρχουν πολλά ακόμη παρόμοια παραδείγματα ιστοσελίδων όπως αυτό του National Oceanic Atmospheric

Administration (NOAA) για τον υπολογισμό του Δείκτη Θερμότητας (Heat index) ¹⁷, ή προγράμματα όπως αυτό της εταιρίας Casio Ltd για τον υπολογισμό του δείκτη δυσφορίας (Discomfort Index) ¹⁸.

Σύμφωνα με τις παραπάνω συσχετίσεις των δεικτών με την θερμική άνεση ενός ατόμου, είναι αντιληπτό πως, όταν οι τιμές των δεικτών παίρνουν ακραίες τιμές, η θερμική άνεση του ατόμου είναι μειωμένη, και αυτό δύναται να οδηγήσει στην διατάραξη της υγείας του. Από τις παραπάνω περιγραφές των δεικτών, έγινε σαφές πως όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη από αυτή του σώματος και αυτό συνδυάζεται με σχετικά υψηλή υγρασία αέρα, τότε μειώνεται η ικανότητα του σώματος να αποβάλλει προς το περιβάλλον του ποσά θερμότητας. Αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος και τη δημιουργία του αισθήματος της θερμικής δυσφορίας προκαλώντας θερμική καταπόνηση του ατόμου. Επειδή οι επιπτώσεις της θερμικής καταπόνησης στην υγεία ενός ατόμου είναι πολλές, οι παραπάνω δείκτες είναι εξαιρετικά χρήσιμοι στην πρόληψη ή αποφυγή της.

4.3 Επιπτώσεις της θερμικής καταπόνησης στην υγεία

Η μεγάλη έκθεση του ατόμου σε συνθήκες ακραίων θερμοκρασιών, όπως συμβαίνει κατά την διάρκεια ενός κύματος καύσωνα, προκαλεί στο άτομο θερμική καταπόνηση. Η θερμική καταπόνηση ενός ατόμου μπορεί να μεταφραστεί από απλό αίσθημα αδιαθεσίας έως και θερμοπληξία. Οι βιοκλιματικοί δείκτες διαδραματίζουν βασικό εργαλείο προσδιορισμού της θερμικής άνεσης ενός ατόμου σε περιόδους ακραίων θερμοκρασιών και μπορούν να προλάβουν την θερμική καταπόνηση του. Η θερμική καταπόνηση ενός ατόμου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με την κατάσταση της υγείας του. Εκτός, δηλαδή, του συνδυασμού της υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα υπάρχουν και άλλα κριτήρια βάσει των οποίων διαμορφώνεται η θερμική καταπόνηση. Μερικά από αυτά είναι:

- Η ηλικία : Άτομα άνω των 65 ετών, παιδιά και βρέφη ανήκουν στις ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού.

¹⁷ Online at : http://www.srh.noaa.gov/epz/?n=wxcalc_heatindex

¹⁸ Online at : <http://keisan.casio.com/exec/system/1351058230>

- Η κατάσταση της υγείας του ατόμου : Η καρδιακή ανεπάρκεια, τα αναπνευστικά προβλήματα, η χρόνια ασθένεια των νεφρών ή του ήπατος μειώνουν την αντοχή του ατόμου ενάντια σε ακραίες θερμοκρασίες.
- Η χρήση αλκοόλ και άλλων κατασταλτικών ή αντικαταθλιπτικών φαρμάκων,
- Ιστορικό παλαιότερης θερμοπληξίας.
- Η παχυσαρκία
- Η φυσική κατάσταση του ατόμου
- Η εργασία κάτω από πολύ υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος

Σύμφωνα με εγκύκλιο του Υπουργείου Εργασίας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Πρόνοιας (2014)¹⁹, μερικές από τις βασικές επιπτώσεις της θερμικής καταπόνησης στην υγεία του ανθρώπου είναι:

1. Θερμικό εξάνθημα:

- Αποτελεί το πιο κοινό πρόβλημα σε θερμά περιβάλλοντα εργασίας· εκδηλώνεται ως ερύθημα, αλλά μπορεί να συνυπάρχουν οίδημα ή/και φλύκταινες στη προσβεβλημένη περιοχή. Αν το εξάνθημα προσβάλλει μεγάλες επιφάνειες του σώματος, επιδρά αρνητικά στους μηχανισμούς της θερμορύθμισης, λόγω της καταστολής της θερμοαποβολής μέσω της εξάτμισης του ιδρώτα, και μπορεί να προκληθεί σοβαρό πρόβλημα στη γενικότερη κατάσταση του παθόντα.

2. Κράμπες θερμότητας

- Οι θερμικές κράμπες είναι επώδυνες μυϊκές συσπάσεις των μεγάλων μυϊκών ομάδων που εκλύονται μετά από βαριά σωματική εργασία σε θερμό περιβάλλον· συμβαίνουν λόγω της απώλειας νατρίου που αναπληρώνεται από υποτονικά διαλύματα, με αποτέλεσμα την υπονατρίαμία από αραίωση. Συχνότερα προσβάλλονται οι γάμπες, οι γλουτοί, οι κοιλιακοί και οι βραχιόνιοι μύες. Σπάνια συνυπάρχει πυρετός και, συνήθως, οι κράμπες εμφανίζονται μερικές ώρες μετά την έντονη σωματική προσπάθεια. Σε ένα θερμό περιβάλλον, μη εγκλιματισμένα άτομα εμφανίζουν υψηλό κίνδυνο εμφάνισης κραμπών λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα τους.

¹⁹ Αθήνα, 25-06-2013 Αρ. Πρωτ. Οικ.: 10462 , Θέμα : Πρόληψη της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων

3. Θερμική εξάντληση

- Η θερμική εξάντληση είναι η συχνότερη κλινική εκδήλωση της οξείας έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες· εκδηλώνεται με συμπτώματα όπως: εφίδρωση, ζάλη, κόπωση, κεφαλαλγία, ναυτία, έμετο και στην κλινική εξέταση ανευρίσκονται ταχυκαρδία και ορθοστατική υπόταση. Η θερμοκρασία του σώματος είναι μικρότερη του 40,2ο C και τα άτομα δεν παρουσιάζουν διαταραχές του επιπέδου συνειδήσεως, κώμα ή σπασμούς, αλλά μπορεί να εμφανίσουν ζάλη και συναισθηματική αστάθεια. Η θερμική εξάντληση εμφανίζεται λόγω ανεπαρκούς ενυδάτωσης κατά τη διάρκεια σωματικής καταπόνησης άσκησης σε θερμό περιβάλλον, με ταχεία εισβολή ή λόγω απώλειας άλατος που είναι αποτέλεσμα της αναπλήρωσης του μεγάλου όγκου του ιδρώτα με υπότονα διαλύματα

4. Θερμική κατάρρευση (λιποθυμία)

- Αποτελεί ένα επεισόδιο ορθοστατικής υπότασης, που οδηγεί σε απώλεια συνείδησης. Οφείλεται στην περιφερική αγγειοδιαστολή ως μηχανισμό άμυνας στην έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες και συνυπάρχουν συνήθως παρατεταμένη ορθοστασία ή απότομη έγερση σε όρθια θέση. Η θερμική συγκοπή είναι συνήθως αυτοπεριοριζόμενη, καθώς με την πτώση και την οριζόντια θέση του σώματος αποκαθίσταται η ροή αίματος στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

5. Θερμοπληξία

- Είναι μία σοβαρή εκδήλωση και εμφανίζεται όταν το σύστημα θερμικής ισορροπίας του οργανισμού δεν είναι πλέον αποτελεσματικό. Ο ορισμός της θερμοπληξίας περιλαμβάνει θερμοκρασία σώματος μεγαλύτερη του 40,5ο C και διαταραχή του επιπέδου συνειδήσεως (ακατάληπτος λόγος, σύγχυση, διέγερση, σπασμοί, κώμα), μετά από έκθεση σε θερμικό stress, είτε ενδογενές είτε εξωγενές. Τα κύρια συμπτώματα είναι η σύγχυση, η παράλογη συμπεριφορά, η απώλεια αισθήσεων, οι σπασμοί, η έλλειψη εφίδρωσης (συνήθως), το θερμό και ξηρό δέρμα και η ασυνήθιστα υψηλή θερμοκρασία. Η θερμοπληξία είναι μια κατάσταση συναγερμού από ιατρικής πλευράς· η πρόγνωση εξαρτάται από την γενικότερη κατάσταση υγείας του ασθενή και την έγκαιρη και αποτελεσματική παροχή πρώτων βοηθειών.

5ο Κεφάλαιο : Συνοπτική περιγραφή ιστορικών κυμάτων καύσωνα και ανάλυση πρόσφατων γεγονότων από το 2010 μέχρι σήμερα

Η παρούσα ενότητα αφορά σε μια **ιστορική αναδρομή** σημαντικών επεισοδίων καύσωνα, που έπληξαν διάφορες περιοχές του πλανήτη, κατά τη διάρκεια του εικοστού και του εικοστού πρώτου αιώνα. Η ιστορική προσέγγιση των κυμάτων καύσωνα από τις αρχές του 1900 δείχνει μια συστηματική αύξηση της εμφάνισης τους ιδιαίτερα μετά το δεύτερο μισό του αιώνα, με την εμφάνιση τους σήμερα να είναι ολοένα συχνότερη. Για τον 20ο αιώνα υπάρχουν ήδη από το 1899 αναφορές για ισχυρά κύματα καύσωνα. Παρακάτω παρατίθεται μια αναλυτική λίστα με τα σημαντικότερα, όπως αυτά συλλέχθηκαν από βιβλιογραφικές πηγές.

1900-1950

Το 1923 καταγράφηκε ένα από τα ισχυρότερα κύματα καύσωνα όλων των εποχών που διήρκεσε 160 ημέρες με μέσες θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 38 ° C. Ο καύσωνας αυτός έλαβε χώρα στην πόλη Marble Bar στην δυτική Αυστραλία²⁰.

Το 1936, ισχυρό κύμα καύσωνα έπληξε τις βόρειες ΗΠΑ και θεωρήθηκε ένα από τα πιο ισχυρά κύματα καύσωνα στην σύγχρονη ιστορία της Β. Αμερικής. Περισσότεροι από 500 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους και σε αρκετές πολιτείες σημειώθηκαν θερμοκρασίες άνω των 42-43 ° C - στην πόλη Steele της Β. Ντακότα καταγράφηκε η θερμοκρασία 49° C ²¹- προκαλώντας τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις, κυρίως λόγω της ξηρασίας.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, και πάλι στις Η.Π.Α, αυτή τη φορά όμως νοτιότερα, καταγράφεται μια παρατεταμένη περίοδος ζέστης ή οποία μεταφράστηκε πολύ γρήγορα σε ξηρασία. Η ξηρασία θεωρείται ότι ήταν μεγαλύτερης έντασης ακόμη και από εκείνη του 1936, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Φαίνεται πως καθ' όλη την δεκαετία το φαινόμενο ακραίων θερμοκρασιών ήταν σύνηθες. Το 1954, σύμφωνα με τις πηγές, καταγράφηκε το πιο ισχυρό κύμα καύσωνα στην περιοχή με διάρκεια 22

²⁰ "Marble Bar heatwave, 1923–1924". Australian Climate Extremes. Bureau of Meteorology. Retrieved 21 September 2008.

²¹ "Brutal July heat a new U.S. record". Cable News Network. August 8, 2012. Retrieved 2012-08-08. "The average temperature across the Lower 48 was 77.6 degrees Fahrenheit, 3.3 degrees above the 20th-century average, the National Oceanographic and Atmospheric Administration reported. That edged out the previous high mark, set in 1936, by two-tenths of a degree, NOAA said."

ημερών και θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 38 °C. Στις 14 Ιουλίου 1954 το θερμόμετρο έδειξε 47 °C στην περιοχή East St. Louis στο Illinois²².

1950-1990

Το 1976, το Ηνωμένο Βασίλειο αντιμετώπισε ένα σοβαρό κύμα καύσωνα, το οποίο οδήγησε την χώρα σε μια από τις ισχυρότερες περιόδους ξηρασίας με τις οποίες έχει έρθει αντιμέτωπη. Η περιοχή του Heathrow είχε 16 συνεχόμενες ημέρες πάνω από 30 ° C (από την 23 Ιουνίου - 8 Ιουλίου) και για 15 συνεχόμενες ημέρες (από τις 23 Ιουνίου έως τις 7 Ιουλίου) οι θερμοκρασίες έφταναν τους 32,2 ° C. Υπήρξαν μέρες όπου η θερμοκρασία ξεπέρασε τους 35 ° C· στις 28 Ιουνίου, η θερμοκρασία έφθασε τους 35,6 ° C στο Southampton, ενώ η πιο ζεστή ημέρα ήταν η 3η Ιουλίου, με θερμοκρασίες που έφτασαν τους 35,9 ° C στο Cheltenham.^{23 24}

Το 1980, για ακόμα μια φορά στις Η.Π.Α ένα ισχυρό κύμα καύσωνα και μια περίοδος έντονης ζέστης και ξηρασίας προκάλεσε σοβαρές απώλειες στα κεντρικά και ανατολικά της χώρας. Ήταν μια από τις πιο καταστροφικές φυσικές καταστροφές από την άποψη των θανάτων και το εύρος της καταστροφής στην ιστορία των Η.Π.Α.. Μετρήσεις κατέδειξαν περισσότερους από 1300 θανάτους²⁵ άμεσα συνδεδεμένους με το φαινόμενο, ενώ άλλες τους υπολογίζουν περίπου 1700. Οι ζημιές στον αγροτικό και οικονομικό τομέα, λόγω της ξηρασίας, έφθασαν τα 20,0 δισεκατομμύρια δολάρια (US \$ 55.4 δισεκατομμύρια το 2007, προσαρμοσμένο για τον δείκτη πληθωρισμού ΑΕΠ).²⁶ Οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες στις νότιες πεδιάδες. Από τον Ιούνιο μέχρι το Σεπτέμβριο, οι θερμοκρασίες παρέμειναν συστηματικά πάνω από 32 ° C εκτός κάποιων ημερών (Κάνσας Σίτι, Μιζούρι). Η περιοχή του Dallas / Fort Worth βίωσε για 42 συνεχόμενες ημέρες θερμοκρασίες άνω των 38 ° C, με ακραίες τιμές 47 ° C στην περιοχή Wichita Falls στο Τέξας στις 28 Ιουνίου.

²² Westcott, Nancy E. (July 2011). "The Prolonged 1954 Midwestern U.S. Heat Wave: Impacts and Responses". Wea. Climate Soc. 3 (3): 165–76. doi:10.1175/WCAS-D-10-05002.1.

²³ "The drought of 1976". BBC News. Retrieved 20 May 2011. [online at : http://www.bbc.co.uk/stoke/content/articles/2006/08/04/drought_1976_series_feature.shtml]

²⁴ <http://www.weatheronline.co.uk/reports/philip-eden/The-greatest-droug>

²⁵ Karl, T, Quayle, G, The 1980 Summer Heat Wave and Drought in Historical Perspective , Monthly Weather Review VOL. 109 No 10 , October 1981 [online at : [http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0493\(1981\)109%3C2055:TSHWAD%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0493(1981)109%3C2055:TSHWAD%3E2.0.CO%3B2)]

²⁶ National Climatic Data Center - Chronological List of U.S. Billion Dollar Events - 22-Jul-2008 [Online at : <http://www.ncdc.noaa.gov/billions/>]

Το 1981, στην Πορτογαλία καταγράφηκαν 1906 θάνατοι, εκ των οποίων οι 406 στην Λισαβόνα, ως συνέπεια του κύματος καύσωνα τον Ιούνιο του 1981.²⁷

Ένα από τα πρώτα τεκμηριωμένα επεισόδια καύσωνα στην Ιταλία, και συγκεκριμένα στην Ρώμη, καταγράφηκε το 1983. Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 16 ημερών (19 Ιουλίου – 3 Αυγούστου), οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν σε διάφορα μέρη της Ιταλίας παρέμειναν σταθερά πάνω από το μέσο όρο. Οι μέγιστες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στο κέντρο της Ρώμης ήταν 34° C (ως ή υψηλότερη για 13 συνεχόμενες ημέρες) και 36 ° C (ως ή υψηλότερη για 5 συνεχόμενες ημέρες)²⁸. Κατά την διάρκεια του συγκεκριμένου κύματος καύσωνα, έχασαν την ζωή τους αρκετά άτομα. Οι αναφορές σημειώνουν μια αύξηση της θνησιμότητας σε σχέση με τα προηγούμενα έτη της τάξεως του 35%, η οποία προφανώς θεωρείται απόρροια του φαινομένου^{29 30}.

Εξίσου σημαντικά είναι και τα γεγονότα καύσωνα του 1983 στις Η.Π.Α., όπου πλήχθηκαν περιοχές όπως η Iowa, Missouri, Illinois, Michigan, Indiana, Ohio, Minnesota, Nebraska κ.α.. Το 1988 και πάλι έντονοι καύσωνες σε συνδυασμό με ξηρασία προκάλεσαν αρκετούς θανάτους στις Η.Π.Α.. Εγγεγραμμένοι 5.000³¹ άνθρωποι έχασαν την ζωή τους από θερμοπληξία, αν και σύμφωνα με πολλές εκτιμήσεις ο αριθμός των θανάτων ήταν αρκετά μεγαλύτερος.

Τον Ιούλιο του 1987 και συγκεκριμένα στις 20/7, ξεκίνησε στην Αθήνα ένα από τα πιο θανατηφόρα καιρικά γεγονότα στην σύγχρονη ελληνική ιστορία. Το κύμα καύσωνα διήρκησε 11 ημέρες (από τις 20/7 έως τις 31/7) και κατά την διάρκεια του έχασαν την ζωή τους περισσότεροι από 1000 άνθρωποι στον Ν. Αττικής³².

²⁷ Nogueira, P, 2005, Mortality in Portugal associated with the heat wave of August 2003: early estimation of effect, using a rapid method. Eurosurveillance, vol. 10, no. 7 [Online at : <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=553>]

²⁸ MMWR : International Notes Heat-Related Mortality -- Latium Region, Italy, Summer 1983. MMWR 33 91984) , PP. 518-521. [online at : <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00000405.htm>]

²⁹ Kavats R, Ebi K. Heatwaves and public health in Europe. European Journal of Public Health. 2006;16(6):592–599.

³⁰ MMWR : International Notes Heat-Related Mortality -- Latium Region, Italy, Summer 1983. MMWR 33 91984) , PP. 518-521. [online at : <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00000405.htm>]

³¹ Billion-Dollar U.S. Weather/Climate Disasters 1980-2013 National Climatic Data Center Asheville, NC [online at : <http://www.ncdc.noaa.gov/billions/events.pdf>]

³² Matzarakis A. and H. Mayer (1991) 'The Extreme Heat Wave in Athens in July 1987 from the Point of view of Human Biometeorology' Atmospheric Environment. Part B. Urban

Το 1990, στην Πορτογαλία, ένα κύμα καύσωνα που διήρκησε από τις 14 Ιουλίου έως τις 25 Ιουλίου προκάλεσε 690 θανάτους και το 1991 ,από τις 19 έως τις 28 Μαΐου, ένα άλλο κύμα καύσωνα προκάλεσε 475 θανάτους σε εθνικό επίπεδο³³. Την ίδια χρονιά, από τις 12-21 Ιουλίου, ένα ακόμα κύμα καύσωνα προκάλεσε στην Πορτογαλία 997 θανάτους³⁴.

■ 1995-2010

Αν και πολυσυζητημένος, ο καύσωνας του 1995 στο Σικάγο είναι αναμφισβήτητα ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα φονικού καύσωνα. Η έλλειψη εγκαταστάσεων ψύξης έκτακτης ανάγκης και η ανεπαρκής ανταπόκριση των αρχών οδήγησαν σε 739³⁵ περίπου θανάτους μέσα σε διάστημα πέντε σχεδόν ημερών. Τα περισσότερα θύματα ήταν ηλικιωμένοι και οι οικονομικά ασθενέστεροι. Υπάρχουν αναφορές που σημειώνουν πως υπήρχαν άνθρωποι που, παρά την απουσία συστημάτων τεχνητής ψύξης (air- conditions), δεν άνοιγαν τα παράθυρα των σπιτιών τους όντας φοβισμένοι από τα υψηλά επίπεδα εγκληματικότητας της περιοχής. Άλλο κύμα καύσωνα που έπληξε τις Η.Π.Α., ήταν αυτό του 1999 στην πολιτεία της Δυτικής Virginia, το οποίο προκάλεσε περίπου 500 θανάτους σε εθνικό επίπεδο και υπήρξε η αιτία εκδήλωσης καταστροφικών πυρκαγιών³⁶.

Τον Μάιο του 2002, ένα κύμα καύσωνα που έπληξε την νότια Ινδία σκότωσε περισσότερους από 1000 ανθρώπους σε διάστημα περίπου πέντε ημερών (9 έως 15

Atmosphere, Vol. 25, pp. 203-211. [online at :

<http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/HEAT1987.PDF>]

³³ Nogueira. P , 2007 , Models for mortality associated with heatwaves: update of the Portuguese heat health warning system , International Journal of Climatology Volume 28, Issue 4 [online at : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1546/pdf>]

³⁴ Trigo RM, Ramos AM, Nogueira P, Santos FD, Garcia-Herrera R, Gouveia C and Santo FE (2009) Evaluating the impact of extreme temperature based indices in the 2003 heatwave excessive mortality in Portugal. Environmental science & policy, Volume 12, 844 - 854., [online at : http://ephyslab.uvigo.es/publica/documents/file_240%5B4%5D%20Evaluating%20the%20impact%20of%20extreme%20temperature%20based%20indices%20in%20the%202003.pdf]

³⁵ S Whitman, G Good, E R Donoghue, N Benbow, W Shou, and S Mou. Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. American Journal of Public Health September 1997: Vol. 87, No. 9, pp. 1515-1518. [online at : <http://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/AJPH.87.9.1515>]

³⁶ Palecki, M.A., Changnon, S.A., and Kunkel, K.E.: The Nature and Impacts of the July 1999 Heatwave in the Midwestern United States: Learning from the Lessons of 1995. B. Am. Meteorol. Soc. [online at: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477%282001%29082%3C1353%3ATNAIOT%3E2.3.CO%3B2>

Μαΐου)³⁷. Οι περισσότεροι από τους θανάτους σημειώθηκαν στην περιοχή Άντρα Πραντές. Σε περιοχές, όπως ο κόλπος της Βεγγάλης, η θερμοκρασία έφτασε τους 49°C. Αναφορές στο διαδίκτυο σημειώνουν πως η ζέστη ήταν τόσο έντονη που οι παράγκες που οι οροφές τους ήταν φτιαγμένες από κασσίτερο μετατράπηκαν σε «τεχνητούς φούρνους», οι λίμνες και τα ποτάμια στέρεψαν, πουλιά έπεφταν από τον ουρανό και τα ζώα κατέρρευσαν³⁸.

Το 2003, ένα από τα πιο φονικά κύματα καύσωνα παγκοσμίως έλαβε χώρα στην Ευρώπη. Συγκεκριμένα, στην Γαλλία περίπου 14800 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους μέσα στο διάστημα 1 έως 20 Αυγούστου³⁹. Παράλληλα, στην Αγγλία και την Ουαλία ο αριθμός των νεκρών υπολογίστηκε σε 2045, στην Ολλανδία σε 500, στην Ελβετία σε 975, στην Ισπανία σε 3000-4000 –δεν υπάρχουν σαφείς καταγραφές, στην Ιταλία σε 3134, και στην Πορτογαλία σε 2099.⁴⁰ Ο αριθμός των νεκρών σε κάθε περίπτωση είναι αρκετά δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια. Συχνά, οι διάφορες μετρήσεις φαίνεται να μην συμφωνούν ως προς τον ακριβή αριθμό των νεκρών. Ωστόσο, υπάρχουν αναφορές, όπως αυτή των Robin et al., που σημειώνουν πως αριθμός των νεκρών στην Ευρώπη από το συγκεκριμένο καύσωνα του 2003 υπολογίζεται σε 90.000.⁴¹

Το καλοκαίρι του 2006, η Βόρεια Ευρώπη βίωσε ένα ακόμη κύμα καύσωνα. Σύμφωνα με τις πηγές για τον μήνα Ιούλιο (από τις 12 έως τις 19 Ιουλίου) οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες από τον μέσο όρο. Χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία, το Βέλγιο, η Ολλανδία, το Λουξεμβούργο, η Ιταλία, η Πολωνία, η Τσεχική Δημοκρατία, η Ουγγαρία, η Γερμανία και το δυτικό τμήμα της Ρωσίας επλήγησαν περισσότερο. Συγκεκριμένα, αναφορές στο διαδίκτυο υποστηρίζουν πως στο Βέλγιο στις 19/7 η θερμοκρασία άγγιξε τους 36°C κάνοντας την πιο ζεστή ημέρα τα τελευταία 60 χρόνια στο Βέλγιο. Το κύμα διήρκεσε 36 μέρες με αρκετά υψηλές

³⁷ CBC News : Heat wave in India kills 1,000 people this week , Posted: May 22, 2002 [online at : <http://www.cbc.ca/news/world/heat-wave-in-india-kills-1-000-people-this-week-1.328964>]

³⁸ USA Today : More than 1,000 dead in southern India heat wave , Posted : May 22,2002 [online at : <http://usatoday30.usatoday.com/weather/news/2002/2002-05-22-indiaheat.htm>]

³⁹ .Pirard, P. et al (2005), Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heatwave in France, Eurosurveillance (2005) 10 (7) [online at : <http://www.eurosurveillance.eu/images/dynamic/EQ/v05n03/v05n03.pdf#page=6>]

⁴⁰ Kovats RS, Ebi KL (2006) Heatwaves and public health in Europe , European Journal of Public Health, Vol. 16, No. 6, 592–599

⁴¹ Robine. J.M et al, 2008, Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003, Comptes Rendus Biologies Volume 331, Issue 2, February 2008, Pages 171–178. [online at : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069107003770/>]

για την χώρα θερμοκρασίες, ενώ ακολούθησε άλλο ένα με διάρκεια 17 ημερών. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, στις 19/7/2006, καταγράφηκε η θερμοκρασία 36.3°C στην περιοχή Charlwood, ενώ ακολούθησαν και υψηλότερες (36.5 περιοχή Wisley). Στην Γερμανία καταγράφηκαν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 40°C και τουλάχιστον 20 νεκροί.

Τον Ιούνιο 2007 εκδηλώθηκε ένα πολύ ισχυρό κύμα καύσωνα το οποίο επηρέασε κυρίως την Νότια και Βαλκανική Ευρώπη. Ξεκίνησε επηρεάζοντας χώρες του ευρωπαϊκού νότου, όπως η Ιταλία και η Τουρκία, και συνέχισε επηρεάζοντας χώρες όπως η Ελλάδα, η Ουκρανία και η Ουγγαρία, η Αλβανία κ.α. Τον Ιούλιο οι θερμοκρασίες κυμαίνονταν σταθερά από 36-39 °C σημειώνοντας συνεχώς ρεκόρ υψηλών θερμοκρασιών για χώρες όπως η Βουλγαρία και η Ρουμανία. Στις 24 -25-26 Ιουνίου έφτασαν τους 43-44 °C, ενώ στην Αθήνα σημειώθηκε θερμοκρασία 46.2 °C προκαλώντας πληθώρα προβλημάτων και αδυναμία διαχείρισης των ενεργειακών απαιτήσεων, λόγω της χρήσης κλιματιστικών. Πηγές αναφέρουν πως εκείνο το διάστημα περισσότεροι από 200 άνθρωποι μεταφέρθηκαν σε νοσοκομεία για προβλήματα που προέκυψαν λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, ενώ 18 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους. Τον Ιούλιο και τον Αύγουστο οι θερμοκρασίες εξακολουθούσαν να παραμένουν σε πολύ υψηλά επίπεδα (>40 °C). Στις 21 Ιουλίου σημειώθηκαν σε πολλά μέρη της Ιταλίας, Βουλγαρίας, Ρουμανίας και της Σερβίας θερμοκρασίες που άγγιξαν τους 45°C. Στην Ουγγαρία περισσότεροι από 500 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους, στην Βουλγαρία τουλάχιστον 8 και στην Ελλάδα ξέσπασαν πυρκαγιές που κατέστρεψαν μεγάλο μέρος της χλωρίδας και της πανίδας της Πελοποννήσου.

Τον Ιανουάριο του 2008, η Βόρεια Αυστραλία βρέθηκε αντιμέτωπη με ένα δεκαήμερο κύμα καύσωνα. Οι θερμοκρασίες παρέμειναν σταθερά πάνω από 40°C (Μ.Ο 39,8°C). Τον Μάρτιο της ίδιας χρονιάς καταγράφηκε κι άλλο κύμα καύσωνα διάρκειας 15 ημερών με θερμοκρασίες πάνω από 35°C. Το 2009, η Νότια Αυστραλία αυτή την φορά αντιμετώπισε ένα κύμα καύσωνα διάρκειας 6 ημερών, όπου οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες των 40°C. Στην περιοχή Kyancutta στην Χερσόνησο Eyre η θερμοκρασία έφτασε τους 48°C και θερμοκρασίες όπως 46°C και 47°C θεωρούνται αναμενόμενες. Στην Μελβούρνη καταγράφηκε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 43°C για τρεις συνεχόμενες μέρες και σημειώθηκε η θερμοκρασία ρεκόρ για την περιοχή 46,4°C. Το αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν η απώλεια 173 ανθρώπινων ζωών,

κυρίως λόγω εκδήλωσης πυρκαγιών που κατέστρεψαν περισσότερα από 2500 σπίτια και η διακοπή ηλεκτροδότησης, λόγω και της πυρκαγιάς αλλά και των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων.

Τον Αύγουστο του 2009, η Αργεντινή διήνυσε μια περίοδο ασυνήθιστα υψηλών θερμοκρασιών. Την περίοδο εκείνη, αν και χειμώνας -στο νότιο ημισφαίριο- εκδηλώθηκε ένας χειμερινός καύσωνας διάρκειας 6 ημερών. Οι θερμοκρασίες στο Buenos Aires και στις βόρειες περιοχές της χώρας ήταν σταθερά υψηλές για την εποχή (22 °C). Οι μέσες θερμοκρασίες για την εποχή κυμαίνονται γύρω από τους 15 °C, όμως τότε καταγράφηκαν θερμοκρασίες 30°C , 32°C, 33.8°C και 34.6°C (Buenos Aires) ξεπερνώντας έτσι το ρεκόρ των 33,7 °C που είχαν καταγραφεί παλαιότερα.⁴² Στην πόλη Santa Fe η θερμοκρασία έφτασε τους 38,3 °C στις 30 Αυγούστου.

■ 2010-2015

Το 2010 στο Βόρειο Ημισφαίριο εκδηλώθηκαν συστηματικά κύματα καύσωνα, τα οποία έπληξαν περιοχές όπως Η.Π.Α., Καζακστάν, Μογγολία, Κίνα, Χονγκ Κονγκ, Βόρεια Αφρική και Ευρώπη, Καναδά, Ρωσία, Ινδοκίνα, Νότια Κορέα και την Ιαπωνία, κυρίως κατά τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η πρώτη φάση αυτού του «Παγκόσμιου Καύσωνα» συνδέθηκε με την εκδήλωση του φαινομένου El Nino⁴³, το οποίο διήρκεσε από τον Ιούνιο του 2009 έως τον Μάιο του 2010. Από τον Απρίλιο του 2010 άρχισαν να αναπτύσσονται ισχυροί αντικυκλώνες στις περισσότερες περιοχές του Βορείου Ημισφαιρίου και οι θερμοκρασίες άρχισαν να κυμαίνονται πάνω από τον μέσο όρο στις παραπάνω περιοχές. Τα αποτελέσματα αυτής της αλυσίδας ήταν ποικίλα. Στην Κίνα ξέσπασαν μεγάλες δασικές πυρκαγιές, λόγω μεγάλης ξηρασίας. Τον Αύγουστο του 2010 ένα τμήμα του παγετώνα Petermann, που σύνδεε την Β. Γροιλανδία, το στενό του Nares

⁴² **Edant Clarin. com** , La temperatura llegó a 34,4° y batió el récord histórico de agosto , Online at : <http://edant.clarin.com/diario/2009/08/31/sociedad/s-01988981.htm>

⁴³ Ελ Νίνιο (El Niño) ονομάζεται το θερμό βόρειο θαλάσσιο ρεύμα που εμφανίζεται στις ακτές του Περού και του Ισημερινού, αντικαθιστώντας το ψυχρό νότιο ρεύμα Humboldt. Με κλιματικούς όρους αποτελεί μέρος των διακυμάνσεων που παρουσιάζει η επιφανειακή θερμοκρασία του Ειρηνικού και του Ινδικού Ωκεανού εντός της Τροπικής Ζώνης. Ο όρος El Niño, που στα Ισπανικά σημαίνει “το μικρό αγόρι”, αναφέρεται ουσιαστικά στο Θείο Βρέφος καθώς το φαινόμενο εκδηλώνεται την περίοδο των Χριστουγέννων στις δυτικές ακτές της Νοτίου Αμερικής. Συνήθως κάνει την εμφάνισή του στο τέλος κάθε χρόνου και διαρκεί μερικές εβδομάδες, ωστόσο κάθε 3 με 7 χρόνια αποκτά τη μέγιστή του ένταση. Η αντίστροφη αυτή φάση του El Niño είναι γνωστή σαν φαινόμενο La Niña (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών - Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος, www.meteo.gr)

και τον Αρκτικό Ωκεανό, έσπασε με αποτέλεσμα να αποκοπεί χαρακτηριζόμενο έτσι ως το μεγαλύτερο κομμάτι παγετώνα που αποκόπηκε τα τελευταία, μέχρι τότε, 48 χρόνια. Το κόστος των ζημιών στο Β. Ημισφαίριο υπολογίστηκε περίπου στα 500 τρισεκατομμύρια δολάρια και οι θάνατοι ήταν περισσότεροι από 17.905.000 παγκοσμίως.⁴⁴

Το 2010, στην Ρωσία ξεκίνησε ένα κύμα καύσωνα το οποίο οδήγησε στην μεγαλύτερη ξηρασία των τελευταίων μέχρι τότε 40 ετών. Λόγω της ξηρασίας αυτής, ξέσπασαν εκτεταμένες δασικές πυρκαγιές και καταστράφηκαν τουλάχιστον 90 εκατ. στρέμματα καλλιεργειών. Στην ευρωπαϊκή Ρωσία, η υψηλότερη θερμοκρασία (44,0 °C) καταγράφηκε στις 11 Ιουλίου στην περιοχή Yashkul, ενώ στην ασιατική Ρωσία, στην περιοχή Belogorsk, η θερμοκρασία έφτασε τους 42,3 °C (Katsafados et al., 2014).

Για το 2010 υπάρχουν επίσης καταγραφές για τον καύσωνα στην περιοχή Mojenjo – daro στο Πακιστάν, που η θερμοκρασία έφτασε τους 53,5°C. Ακόμα, στην περιοχή Ruse της Βουλγαρίας η θερμοκρασία έφτασε τους 36,6 °C στις 13 Ιουνίου και 37,2 °C στις 15 Ιουνίου σημειώνοντας έτσι την θερμότερη μέρα της Ευρώπης για την δεδομένη περίοδο. Άλλα ρεκόρ θερμοκρασιών σημειώθηκαν στην πόλη Vidin (35,8°C), στο Sandanski (35,5°C), στην Lovech (35,1°C), στην Σόφια (33,3 °C), στην Papardzhik (35.1°C), στην Ahtopol (28,6 °C), στην Dobrich (33.8 °C), στην Karnobathit (34 °C), στην Sliven (35 °C) και στην Elhovo (36.1°C), πόλεις που βρίσκονται επίσης στην Βουλγαρία.⁴⁵

Από τις 4 έως τις 9 Ιουλίου 2010, η Ανατολική ακτή των ΗΠΑ αντιμετώπισε ένα ακόμη κύμα καύσωνα. Σε περιοχές όπως Φιλαδέλφεια, Νέα Υόρκη, Ουάσιγκτον και Βοστόνη, η θερμοκρασία κυμαινόταν γύρω από τους 38°C

Ομοίως, ένας καύσωνας που κατέρριψε όλα τα ρεκόρ έλαβε χώρα στην Νοτιοδυτική Ασία, σε περιοχές όπως το Ιράκ και η Γεωργία, όπου η θερμοκρασία ξεπέρασε τους 49 °C. Το κύμα καύσωνα αποτέλεσε ιδιαίτερη δοκιμασία για τους κατοίκους της περιοχής, οι οποίοι διένυαν την περίοδο του Ραμαζάνι και επιβάρυνε περισσότερο το

⁴⁴ Dole, R., Hoerling, M., Perlwitz, J., Eischeid, J., Pегion, P., Zhang, T., Quan, X.-W., Xu, T. and Murray, D. 2011. Was there a basis for anticipating the 2010 Russian heat wave? *Geophysical Research Letters* **38**: 10.1029/2010GL046582

⁴⁵ "bTV - Времето - Централна емисия - 15.06.10". Btv.bg. 15 June 2010. Retrieved 17 July 2013.

αίσθημα δυσφορίας που αισθάνονταν. Το φθινόπωρο του ίδιου έτους, το Ηνωμένο Βασίλειο βίωσε μια περίοδο ασυνήθιστα ζεστή με την θερμοκρασία να φτάνει τον Οκτώβριο τους 30°C⁴⁶. Τον Μάρτιο του 2012 παρατηρήθηκε ένα ισχυρό κύμα καύσωνα στην Β.Αμερική για το οποίο καταγράφηκαν περισσότερα από 7000 ακρότατα θερμοκρασιών σε περίοδο σχεδόν ενός μήνα. Σε πολλές περιοχές η θερμοκρασία ξεπέρασε τους 30°C.⁴⁷

Το καλοκαίρι του 2013 ήταν ένα από τα θερμότερα στην Αυστραλία κατά την περίοδο του οποίου καταγράφηκε η υψηλότερη θερμοκρασία για την περιοχή με 123 ακρότατα θερμοκρασιών, καταγράφηκε ο θερμότερος Ιανουάριος όλων των εποχών και το θερμότερο καλοκαίρι επίσης, ενώ σε ολόκληρη την χώρα για 7 συνεχόμενες μέρες η θερμοκρασία διατηρήθηκε υψηλότερη από 39°C.⁴⁸

Τον Ιούνιο του 2013, ένα ακόμη κύμα καύσωνα έλαβε χώρα στην νοτιοδυτικές Η.Π.Α. με την θερμοκρασία να φτάνει στις 30 Ιουνίου τους 54 °C στην περιοχή Death Valley της Καλιφόρνια. Η συγκεκριμένη θερμοκρασία αποτελεί παγκόσμιο ρεκόρ και είναι η υψηλότερη καταγεγραμμένη θερμοκρασία στην γη για τον μήνα Ιούνιο. Στην ίδια περιοχή, το 1913 η θερμοκρασία έφτασε τους 57°C και αποτελεί μέχρι σήμερα την υψηλότερη θερμοκρασία που σημειώθηκε ποτέ.⁴⁹ Σύντομα, το ίδιο κύμα προχώρησε στις περιοχές British Columbia (40°C), Washington και Oregon .

Το ίδιο καλοκαίρι στη Νότια Κίνα, τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, σε πολλές περιοχές, όπως Zhejiang, Chongqing, Shanghai, Hunan, η θερμοκρασία ήταν υψηλή για αρκετό διάστημα. Σύμφωνα με τις αναφορές στην Hangzhou, η θερμοκρασία παρέμεινε μεγαλύτερη των 40°C για 56 συνεχόμενες ημέρες και στην Shanghai έφτασε τους 40.8 °C. Για τα συγκεκριμένα γεγονότα καύσωνα, υπάρχουν επίσης αναφορές για πολυπληθή κρούσματα θερμοπληξίας και ηλίας και επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού.

⁴⁶ Jones, Sam (3 October 2011). "UK weather returns to normal after record-breaking heatwave" *The Guardian* (London).

⁴⁷ "Historic Heat in North America Turns Winter to Summer" NASA Earth Observatory. 21 March 2012. Retrieved 23 March 2012.

⁴⁸ Jessica Aldred (7 March 2013). Australia links 'angry summer' to climate change – at last *The Guardian*. Guardian News and Media. Retrieved 24 April 2013.

⁴⁹ "Dr. Jeff Masters' WunderBlog : Historic Heat Wave Responsible for Death Valley's 129°F Gradually Weakening | Weather Underground" *Wunderground.com*. Retrieved 17 July 2013.

Από τον Απρίλιο μέχρι τον Ιούνιο του 2013, η Ινδία κλήθηκε να αντιμετωπίσει μια σειρά κυμάτων καύσωνα με περισσότερους από 500 θανάτους σε πολύ μικρό διάστημα, σύμφωνα με το τμήμα Disaster Management της Ινδίας (Σχ. 5.1).⁵⁰ Στις 29 Μαΐου 2013 στο Νέο Δελχί η θερμοκρασία ήταν 43°C, ενώ στις δυτικές πολιτείες, όπως η Gujarat, η θερμοκρασία έφτασε τους 48°C.

Στην Ινδία και πάλι, πολύ πιο πρόσφατα, τον Μάιο του 2015 ένα ισχυρό κύμα καύσωνα προκάλεσε περισσότερους από 2200 θανάτους σε όλη την χώρα.⁵¹ Οι ημερήσιες θερμοκρασίες κυμαίνονταν από 45°C έως 47°C. Στην περιοχή Andhra Pradesh ο αριθμός των νεκρών έφτασε τους 1.636 από τον Απρίλιο μέχρι τον Μάιο.⁵²

Την ίδια περίοδο, 20-21 Ιουνίου 2015, ένας δριμύς καύσωνα προκάλεσε περισσότερους από 1200 θανάτους στο Pakistan, κυρίως στην περιοχή Karachi.⁵³ Τον Αύγουστο περισσότεροι από 60 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους στην Αίγυπτο από ακραίες θερμοκρασίες, ενώ ισχυρά κύματα καύσωνα έπληξαν την ευρύτερη Μέση Ανατολή (Κατάρ, Ιράκ, κ.α.).⁵⁴ Στα σχήματα 5.2, 5.3 και 5.5 παρουσιάζονται τα πιο θανατηφόρα κύματα καύσωνα του 20^{ου} και του 21^{ου} αιώνα.

⁵⁰ National Disaster Management Authority of India [online at: <http://www.ndma.gov.in/en/>]

⁵¹ CNN : <http://edition.cnn.com/2015/06/01/asia/india-heat-wave-deaths/>

⁵² <http://www.theguardian.com/weather/2015/may/31/southern-india-heatwave-death-toll-nears-2200-rain-brings-little-relief>

⁵³ <http://www.theguardian.com/world/2015/jun/23/pakistan-karachi-heatwave-death-toll-tops-450-officials-say>

⁵⁴ <http://www.theguardian.com/world/2015/aug/12/egypt-heatwave-death-toll-rises>



**Sitrep-1 Severe Heat Wave
Dated 27.05.2013**

Current Situation:

Due to extreme high temperature and heat waves across India, 7 people were reported death in Gurgaon, Haryana State and 524 people were reported death from Andhra Pradesh due to heat related illness and heat stroke since 1st week of April.

Details:

Worst Affected State	Andhra Pradesh
Death toll	524
Districts from where deaths reported	Guntur (95 deaths), Parakasm (75 deaths), East Godavari (60 deaths), Nalgonda (47 deaths), Adilabad and Karimnagar 43 each, Khamam (26), Warangal (20), west Godawari and Nizamabad districts (16 each)
Maximum Temperature on 27 th May 2013	42.4
Minimum Temperature on 27 th May 2013	31.4

Response from Government and Humanitarian Agencies:

The government has announced 50,000 INR for families below poverty line under the 'Apathbhandhu' scheme. (Apathbhandhu scheme was implemented to provide insurance coverage in case of accidental deaths to the below poverty families in Andhra Pradesh.

Severe Weather Warning:

Heat wave conditions would prevail over some parts of South Uttar Pradesh, North Madhya Pradesh, Vidarbha and Chhattisgarh during next 24 hours.

Severe heat wave conditions are expected to prevail in Prakasam, Guntur, Krishna, East and West Godavari and Viasakhapatnam districts in coastal Andhra Pradesh.

Heat wave conditions would also prevail over Warangal and Karimnagar of the Telangana region during next 48 hours.

Thunderstorm/squalls:

Thunder squall would occur at one or two places over Bihar, Jharkhand, North Chhattisgarh, Odisha and West Bengal & Sikkim during next 48 hours.

Source:

- Indian Meteorological Department
<http://www.imd.gov.in/section/nhac/dynamic/cyclone.htm>
- Media Sources: Deccan Chronicle and Post

Σχήμα 5.1 Αναφορά του National Coalition of Humanitarian Agencies in India για τον καύσωνα του 2013 , Πηγή Sphere india [online at: <http://www.sphereindia.org.in/>]

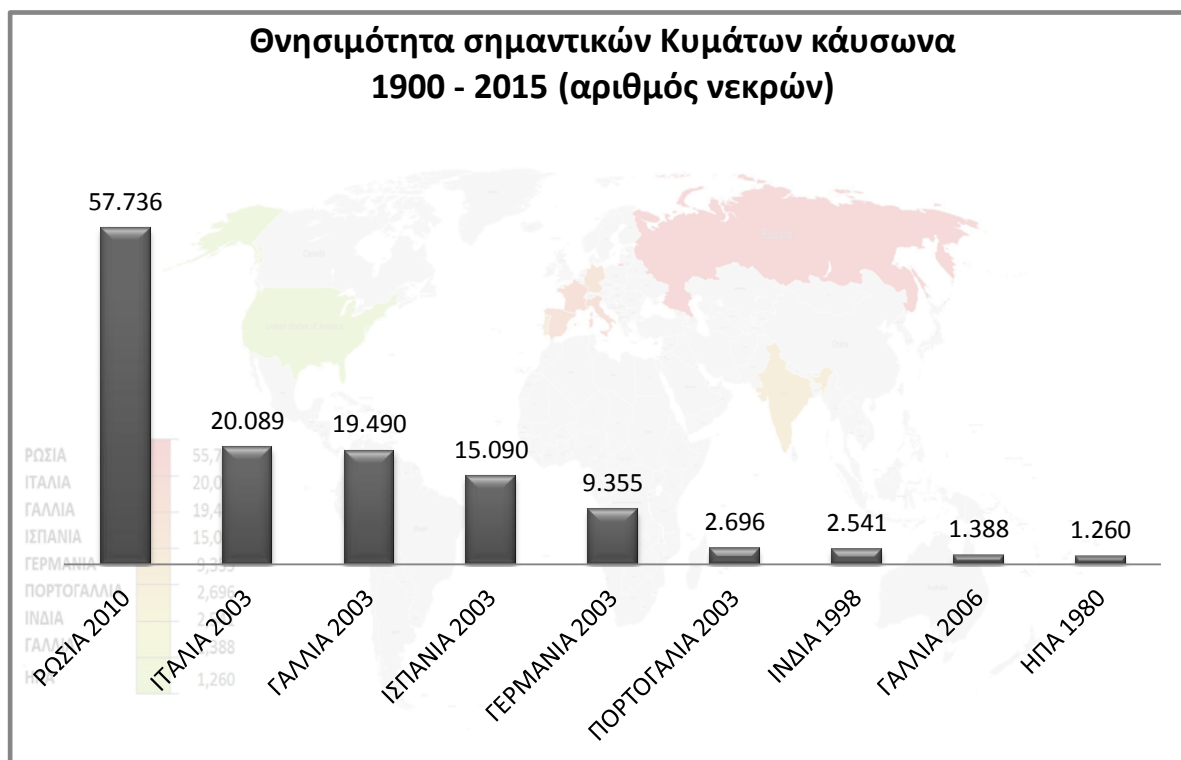
Στην πραγματικότητα, είναι πολύ δύσκολο να καταγραφούν με ακρίβεια όλα τα γεγονότα καύσωνα και οι επιπτώσεις τους, διότι πολλές φορές τα στοιχεία αλλοιώνονται λόγω παραπληροφόρησης έλλειψης μηχανισμών καταγραφής επίσημων απωλειών. Το έργο γίνεται πλέον πιο δύσκολο, με το γεγονός πως οι θάνατοι που προέρχονται από κύματα καύσωνα είναι δύσκολο να αναγνωριστούν μιας και οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου είναι έμμεσες (θερμοπληξία , ηλίαση) και πάντα οι περισσότεροι τρωτοί στα κύματα καύσωνα είναι όσοι ανήκουν στις ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα συχνά οι θάνατοι που προήλθαν από ένα τέτοιο γεγονός να μην αποδόθηκαν στην συγκεκριμένη αιτία.

Θέση	Έτος	Περιοχή	Εκτιμώμενοι θάνατοι	*Ο αριθμός αποτελεί τον συλλογικό απολογισμό των θανάτων που προήλθαν από διαταραχές στην υγεία του πληθυσμού λόγω των κυμάτων καύσωνα αλλά και των συνεπειών των πυρκαγιών που ξέσπασαν λόγω παρατεταμένης περιόδου υψηλών θερμοκρασιών.
1.	2003	Europe	70,000	
2.	2010	Russia	56,000*	
3.	1988	United States	έως 10000	Ο αριθμός αποτελεί τον συλλογικό απολογισμό των θανάτων που προήλθαν από διαταραχές στην υγεία του πληθυσμού λόγω των κυμάτων καύσωνα της έντονης ξηρασίας- που διήρκησε σχεδόν δύο έτη και εξαπλώθηκε σχεδόν στο μισό μέρος ολόκληρης της χώρας- και των πυρκαγιών που ξέσπασαν ως απόρροια της ξηρασίας.
4.	2006	Europe	3,418	
5.	1998	India	2,541	
6.	2015	India	2,500	
7.	2015	Pakistan	2,500	
8.	1980	United States	1,700–5,000	
9.	2010	Japan	1,718	
10.	1936	North America	1,693	

Σχήμα 5.2 Τα 10 φονικότερα καταγεγραμμένα κύματα καύσωνα του 20ού αι.,

Τα κύματα καύσωνα θα μπορούσαν να θεωρηθούν γεγονότα με όχι τόσο συχνή εμφάνιση. Στην πραγματικότητα όμως τα περιστατικά είναι πολυάριθμα και η πιθανότητα, με την πάροδο των χρόνων, πολλά από αυτά να μην έχουν καταγραφεί μεγάλη. Από τα παραπάνω, είναι σαφές πως τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αύξηση καταγραφής κυμάτων καύσωνα, η οποία ίσως στηρίζεται στην συστηματικότερη

καταγραφή των καταστροφικών φαινομένων, λόγω της αισθητής αύξησης στην συχνότητα εμφάνισής τους. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συλλογικός πίνακας (Σχ. 5.4) σημαντικών γεγονότων καύσωνα του 20ού και 21ού αιώνα με τα εκάστοτε στατιστικά θνησιμότητας για το κάθε ένα από αυτά.



Σχήμα 5.3 Τα 9 μεγαλύτερα σε θνησιμότητα κύματα καύσωνα για τα έτη 1900-2015.

ΕΤΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΝΩΤΑΤΗ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ
1923	Marble Bar , West Australia	45°C	Ναι -Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1936	Northern USA	49°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1950	Southern USA (Illinois)	47°C	Ναι- Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1976	UK	35,9°C	>900 νεκροί
1980	Southern USA	47 °C	>1000 νεκροί
1981	Portugal	>32°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1983	Italy (Rome)	36°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1983	USA (Iowa ,Missouri , Illinois , Michigan , Indiana , Ohio , Minnesota , Nebraska)	>38°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1987	Greece , Athens	43.6°C	>1000 νεκροί
1988	Northern America	Έλλειψη επίσημων στοιχείων	>5000 νεκροί
1990	Portugal	Έλλειψη επίσημων στοιχείων	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1991	Portugal	Έλλειψη επίσημων στοιχείων	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
1995	USA , Chicago	41°C	>700 νεκροί
1999	USA (West Virginia)	Έλλειψη επίσημων στοιχείων	>500 νεκροί
2002	South India	49°C	>1000 νεκροί
2003	Europe (France , UK, The Netherlands , Switzerland , Spain, Italy ,Portugal)	Auxerre,Γαλλία : 40 °C , Jerez,Ισπανία 45.1 °C , Sicily Ιταλία : 46 °C	>70.000 (Γαλλία: 14,802 , Ισπανία : 4.130 , Ιταλία : 18.257)
2006	Northern Europe (UK , France ,Belgium , The Netherlands , Luxemburg , Hungary , Czech Republic , Poland , Germany , Italy , W.Russia)	Belgium 36°C UK 36,5°C Germany 40°C	>2060
2007	Southern Europe (Italy , Turkey , Greece , Ukraine , Hungary , Albania, Romania , Bulgaria)	Greece – 46,2°C Italy 45 °C	>520
2008	Northern Australia	40°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2009	Southern Australia	48°C	>370
2010	Northern Hemisphere		Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2010	Pakistan	53,5°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2010	Russia	44 °C	>55.000
2010	USA East Coast	39°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2011	Northern America (Midwestern USA,	43°C	>25

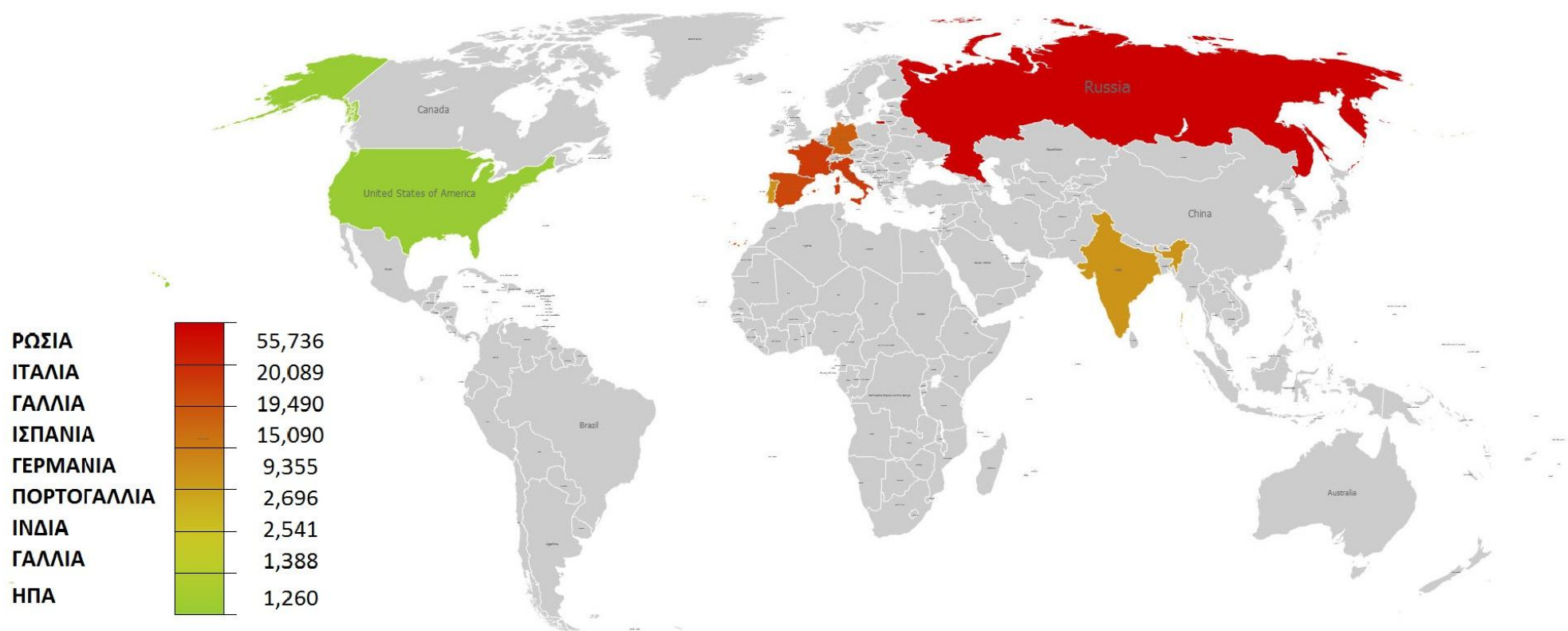
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
ΠΜΣ : Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου

	Eastern Canada , Eastern Seaboard)		
2011	Southwestern Asia (Iraq)	52°C	Ναι - Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2011	UK	30°C	Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2012	North America	30°C	>20
2013	Australia	50°C	Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2013	Southwestern United States.	54°C	Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2013	Southern United States (British Columbia, Washington and Oregon)	43°C	Έλλειψη επίσημων στοιχείων
2013	Southern China	43,5°C	>40
2015	India	47°C	>2000
2015	Pakistan	45°C	>2500
2015	Middle East (Egypt, Iraq, Qatar)	50°C	>90 Egypt

Σχήμα 5.4 Στοιχισμένος πίνακας σημαντικών γεγονότων καύσωνα του 20ού και 21ού αιώνα. Ιστοσελίδα εργασίας,

Πηγή : European Commission, EM-DAT , WHO

Τα 9 μεγαλύτερα σε θνησιμότητα Κύματα Καύσωνα παγκοσμίως (1900-2015)



Σχήμα 5.5 Απεικόνιση θνησιμότητας κυμάτων καύσωνα σε παγκόσμιο επίπεδο για τα έτη 1900-2015. Πηγή Στατιστικών: EM-DAT, 2015, Ιδία Επεξεργασία

Ο χάρτης παρουσιάζει τον αριθμό των θανάτων που προήλθαν από τα 9 πιο θανατηφόρα κύματα καύσωνα του 20^{ου} και του 21^{ου} αι. Αξίζει να σημειωθεί πως τα πλέον θανατηφόρα γεγονότα που αποτυπώθηκαν στον χάρτη είναι γεγονότα που συνέβησαν από το 1980 κι έπειτα. Είναι επίσης σημαντικό το γεγονός πως για την Ιταλία, την Γαλλία, την Ισπανία, την Γερμανία και την Πορτογαλία οι καταγραφές αφορούν τους καύσωνες του 2003. Παρατηρείται ότι τα κύματα καύσωνα των τελευταίων ετών, από το 1980 κι έπειτα, είναι ολοένα και πιο θανατηφόρα σε σχέση αυτά στις αρχές του 20^{ου} αιώνα.

5.1 Ο Καύσωνας Ιουνίου 2013 στις δυτικές ΗΠΑ

Οι ΗΠΑ είναι από τις από τις περισσότερο ανεπτυγμένες χώρες στον κόσμο σε οικονομικό, τεχνολογικό και κοινωνικό επίπεδο. Απαρτίζεται από εξελιγμένες υπηρεσίες πολιτικής προστασίας και πλαισιώνεται από οργανισμούς και συστήματα όπως η FEMA (Federation Emergency Management Agency), EPA (United States Environmental Protection Agency) κ.α., τα οποία συμπληρώνουν το έργο των υπηρεσιών πολιτικής προστασίας της χώρας. Και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, έχουν, ήδη από το 1995, εξελιγμένα συστήματα προειδοποίησης για τους καύσωνες.

Η Καλιφόρνια είναι η μεγαλύτερη σε πληθυσμό πολιτεία των ΗΠΑ (Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής). Είναι μια από τις πλουσιότερες πολιτείες της χώρας και έδρα πολλών πολυεθνικών εταιριών και έντονων αστικών δραστηριοτήτων. Η οικονομία των Η.Π.Α. είναι η μεγαλύτερη εθνική οικονομία του κόσμου, με υπολογιζόμενο ΑΕΠ το 2011 \$15,1 τρισεκατομμύρια (22% του ονομαστικού παγκόσμιου ΑΕΠ και άνω του 19% του παγκόσμιου ΑΕΠ σε ισοτιμία αγοραστικής δύναμης).⁵⁵ Έρχεται τρίτη σε έκταση (411.014 km²) και πρώτη σε πληθυσμό (33.800.000) στις Η.Π.Α.. Πρωτεύουσα της είναι το Σακραμέντο (467.000 κατ.). Οι μεγαλύτερες, όμως, πόλεις της πολιτείας είναι το Λος Άντζελες (3.849.378 κατ.), το Σαν Φρανσίσκο, το Σαν Ντιέγκο, το Φρέσνο και το Σακραμέντο.

Η ευρύτερη περιοχή, λόγω των κλιματολογικών της χαρακτηριστικών και της έντονης αστικής δραστηριότητας που φιλοξενεί, ευνοεί την εμφάνιση κυμάτων καύσωνα και έχει κληθεί πολλές φορές στο παρελθόν να αντιμετωπίσει ισχυρά κύματα «εμπλουτίζοντας» έτσι την ήδη πλούσια εμπειρία των ΗΠΑ πάνω στο συγκεκριμένο φαινόμενο.⁵⁶ Σε γενικές γραμμές, η Καλιφόρνια καλείται κάθε χρόνο να αντιμετωπίσει εκτεταμένα κύματα καύσωνα, ενώ τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται

⁵⁵Πηγή :Internationally Monetary Fund [online at: <http://www.imf.org>]

⁵⁶ Όπως για παράδειγμα το φονικό κύμα καύσωνα που έπληξε την πολιτεία την περίοδο Σεπτεμβρίου 2007 και περίπου 25 άτομα έχασαν την ζωή τους στη νότια Καλιφόρνια εξαιτίας καύσωνα που έπληξε την περιοχή για οκτώ ημέρες Πηγή : New York Times [online at: http://www.nytimes.com/2007/09/07/us/07heat.html?_r=0]

ολοένα μεγαλύτερες θερμοκρασίες καταρρίπτοντας θερμοκρασιακά ρεκόρ, όπως αυτό του 2012.⁵⁷

Το Ιούνιο του 2013, ένα πρωτοφανές κύμα καύσωνα έπληξε την ευρύτερη περιοχή της Καλιφόρνια. Ειδικότερα, ο καύσωνας, που οφείλεται σε θερμό αέρα που είχε παγιδευτεί στην ατμόσφαιρα, έπληξε την τελευταία εβδομάδα του Ιουνίου την Καλιφόρνια, την Αριζόνα, το Αϊντάχο, το Κολοράντο, τη Νεβάδα, τη Γιούτα και το Τέξας καταγράφοντας θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 38 °C. Στις 29 Ιουνίου στην Κοιλάδα του Θανάτου η θερμοκρασία έφτασε τους 54 °C σημειώνοντας την υψηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί για μήνα Ιούνιο και πλησιάζοντας την υψηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί στην γη (57 °C), τον Ιούλιο του 1913 και πάλι στην Κοιλάδα του Θανάτου. Καθ' όλη την διάρκεια του φαινομένου οι υπηρεσίες πολιτικής προστασίας συνιστούσαν στους κατοίκους να αποφεύγουν τις άσκοπες μετακινήσεις και την παρατεταμένη παραμονή σε υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 1 Τα θερμόμετρα διαδραμάτισαν τον ρόλο ενός τουριστικού προορισμού. Death Valley, Ιούνιος 2013. Πηγή : New York Times

Έκπληξη, προκαλεί το γεγονός πως υπήρξαν άτομα τα οποία θεώρησαν τις προγνώσεις για ακραίες θερμοκρασίες αφορμή για ένα ταξίδι στην ευρύτερη περιοχή με σκοπό να υπάρξουν μάρτυρες σε ακραίες θερμοκρασίες ρεκόρ. Στην Κοιλάδα του Θανάτου το ηλεκτρονικό θερμόμετρο που κατέγραφε τις ακραίες θερμοκρασίες έγινε ένας προσωρινός τουριστικός προορισμός⁵⁸.

⁵⁷ Πηγή : Los Angeles Times [online at : <http://latimesblogs.latimes.com/lanow/2012/08/record-highs-set-southern-california-heat-wave.html>]

⁵⁸ Πηγή : New York Times [online at: http://www.nytimes.com/2013/07/01/us/heat-wave-in-the-west-brings-fires-travel-delays-and-a-death.html?_r=0]

Η ζέστη ήταν τόσο ασφυκτική που ειδικοί φρουροί φυλούσαν περιοχές, όπως η λίμνη Mead στην Νεβάδα, με σκοπό να αποτρέψουν τον κόσμο από αναρριχήσεις,



Εικόνα 2 Οι υπεύθυνοι στους Ζωολογικούς κήπους δροσίζουν τα ζώα. Πηγή : New York Times

πεζοπορία και άλλες παρόμοιες δραστηριότητες⁵⁹

και στους ζωολογικούς κήπους οι υπεύθυνοι παρείχαν παγωμένες τροφές στα ζώα.

Αξιοσημείωτο ήταν και το γεγονός πως οι αεροπορικές εταιρίες ήταν σε επαγρύπνηση διότι πολλές πτήσεις έπρεπε να ακυρωθούν λόγω των

υψηλών θερμοκρασιών που εμποδίζουν την εύρυθμη λειτουργία των αεροπλάνων.

Συγκεκριμένα, οι υψηλές θερμοκρασίες

δυσκολεύουν την απογείωση των αεροπλάνων, επειδή ο θερμός μπορεί να μειώσει την απόδοση του κινητήρα. Τα αεροσκάφη που απογειώνονται υπό τέτοιες συνθήκες πολλές φορές χρειάζονται μακρύτερους διαδρόμους για την απογείωση τους και, άλλες φορές, κρίνεται αναγκαίο να αποβάλλουν φορτίο ή καύσιμα. Τα μικρότερα αεροσκάφη και τα Jet είναι συνήθως πιο ευάλωτα σε τέτοιες συνθήκες.

Για την άμβλυνση της δυσφορίας, σε πολλές πόλεις στις δυτικές Η.Π.Α. οι αρχές έθεσαν σε λειτουργία κλιματιζόμενες αίθουσες για την προστασία από τον καύσωνα. Επιπλέον, οι ιθύνοντες όρισαν συγκεκριμένα σημεία (βιβλιοθήκες και δημόσια κτίρια), στα οποία υπήρχαν κλιματιστικά, ως καταφύγια για τους αστέγους, τους ηλικιωμένους και όσους δεν μπορούσαν να υποστηρίξουν οικονομικά την λειτουργία των κλιματιστικών, ενώ στο Φοίνιξ ο σερίφης προσέφερε παγωτά και κρύες πετσέτες στους τροφίμους των φυλακών για την ανακούφιση τους από την ζέστη.

Οι αρχές εξέφρασαν ανησυχίες σχετικά με την παράνομη είσοδο μεταναστών από το Μεξικό, που ενδεχομένως να χάσουν την ζωή του στην έρημο κατά την προσπάθεια τους αυτή μιας και ήδη μέχρι τις 29 Ιουνίου οι συνοριοφύλακες στην Αριζόνα είχαν εντοπίσει τρεις νεκρούς από τέτοιες προσπάθειες.

Ο απολογισμός του φαινομένου ήταν στο Λος Άντζελες πολλοί άνθρωποι να νοσηλευθούν με συμπτώματα αφυδάτωσης, θερμοπληξίας και εξάντλησης καθώς επίσης και στις γύρω περιοχές δεκάδες άνθρωποι να παρουσιάσουν ανάλογα

⁵⁹ Πηγή: The guardian [Online at : <http://www.theguardian.com/world/2013/jun/29/california-temperatures-western-us-heatwave>]

συμπτώματα⁶⁰. Στην Πασαντίνα στις 30 Ιουνίου κατά την διάρκεια μαραθώνιου 6 συμμετέχοντες νοσηλεύτηκαν με σοβαρά προβλήματα αφυδάτωσης και θερμοκρασιακού στρες, ενώ 22 αναγκάστηκαν να διακόψουν λόγω δυσφορίας. Οι αναφορές ανέφεραν και ένα περιστατικό θανάτου που σχετίζεται άμεσα με τον καύσωνα.⁶¹ Ταυτόχρονα, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και η ξηρασία ευνόησαν την δημιουργία και την επέκταση πυρκαγιών σε πολλά σημεία της πολιτείας.⁶²

5.2 Οι Καύσωνες Απριλίου-Μαΐου 2013 και Μαΐου 2015 στην Ινδία

Η Gujarat (Γκουτζαράτ) είναι μία από τις 28 Ομόσπονδες Πολιτείες που συγκροτούν σήμερα την Ινδία. Βρίσκεται στο δυτικό παράλιο τμήμα της χώρας και στα σύνορα με το Πακιστάν. Η συνολική της έκταση είναι 196.077 τ. χλμ. και ο πληθυσμός της περίπου 50.597.000. Η Ινδία αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη σε πληθυσμό χώρα στον κόσμο, μετά την Κίνα, με εκτιμώμενο πληθυσμό σχεδόν 1.2 δισεκατομμυρίων κατοίκων.⁶³ Τα τελευταία πενήντα χρόνια έχει καταγραφεί μία έντονη πληθυσμιακή αύξηση, η οποία αποδίδεται στη βελτίωση της ιατρικής και την εντατικοποίηση της γεωργίας. Σήμερα, η Ινδία θεωρείται μια από τις ανερχόμενες υπερδυνάμεις.

Τα μεγάλα περιβαλλοντικά ζητήματα που απασχολούν την χώρα αφορούν την δασική και γεωργική υποβάθμιση της γης, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζει προβλήματα εξάντλησης πόρων όπως το νερό και τα ορυκτά. Η κοινωνία της καλείται να αντιμετωπίσει ζητήματα δημόσιας υγείας και ασφαλούς διαβίωσης του πληθυσμού της, κυρίως για τους φτωχούς. Ωστόσο, σύμφωνα με μελέτες και αξιολογήσεις, η πρόοδος που έχει σημειώσει η Ινδία στην βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος της είναι μια από τις ταχύτερες στον κόσμο (Ali & Alison, 2005) .

Η κοινωνία της Ινδίας αντιμετωπίζει ένα σοβαρό πρόβλημα ταξικής κατανομής, το οποίο είναι υπαίτιο για την αδυναμία μέρους του πληθυσμού της. Οι κάστες, όπως ονομάζονται, αφορούν ταξικές διακρίσεις που καθορίζουν την εσωτερική οργάνωση της κοινωνίας καθώς και την ζωή των κατοίκων της Ινδίας και εξακολουθούν να

⁶⁰ Πηγή: <http://www.econews.gr/2013/07/01/kafswnas-ipa-102180/>

⁶¹ Πηγή: The guardian [Online at : <http://www.theguardian.com/world/2013/jun/29/california-temperatures-western-us-heatwave>]

⁶² Πηγή : New York Times [online at: http://www.nytimes.com/2013/07/01/us/heat-wave-in-the-west-brings-fires-travel-delays-and-a-death.html?_r=0]

⁶³ Gujarat State Portal [online at: <http://www.gujaratindia.com/about-gujarat/history-1.htm>]

υπάρχουν παρά την απαγόρευση τους (Μανωλάκη, 2009). Τα αποτελέσματα της κάστας είναι κυρίως η ανισοκατανομή του πλούτου, η ενίσχυση της φτώχειας και οι μεγάλες ανισότητες. Οι κάστες είναι ένας ιδιαίτερος τρόπος κοινωνικής οργάνωσης της ινδουιστικής κοινωνίας. Η διάρθρωση αυτή για κάποιον που δεν γνωρίζει καλά το σύστημα αυτό, είναι δυσνόητη και βαθιά συντηρητική, οπισθοδρομική και άδικη. Όμως, για τους ίδιους τους Ινδούς που ζουν κάτω από αυτό το καθεστώς, είναι μία ιδεολογική κατασκευή βασισμένη πάνω σε άτυπους κανόνες και αξίες, που είναι αποδεκτοί από όλα τα μέλη του συστήματος αυτού, οι οποίοι δεσμεύονται από αυτούς και δομούν την ζωή τους πάνω σε αυτούς (Μανωλάκη, 2009). Οι κάστες αποτελούν τρόπο ζωής και την πολιτισμική, ατομική και κοινωνική ταυτότητα. Διαμορφώνουν την μορφή εργασίας, το μορφωτικό επίπεδο, την θρησκεία, την καταξίωση, την αναγνώριση και διαμορφώνουν συνολικά το επίπεδο ζωής του πληθυσμού.

Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι πρόκειται για μια χώρα με αυξημένα επίπεδα κοινωνικής τρωτότητας και ανομοιογένεια στην κατανομή των υποδομών, των κατοικιών, της προσβασιμότητας σε πόρους και της ποιότητας διατροφής και υγιεινής, τα οποία ως γνωστόν διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην ασφάλεια και προστασία των πολιτών από φυσικές ή ανθρωπογενείς καταστροφές.

Η Ινδία είναι μια λιγότερο αναπτυγμένη και, ταυτόχρονα, αναπτυσσόμενη χώρα που φιλοξενεί εξαιρετικά ρυπογόνες αστικές δραστηριότητες με ταυτόχρονα χαμηλή ποιότητα κατασκευών, υποδομών και προσβασιμότητας σε φυσικούς πόρους κυρίως στις περιφερειακές περιοχές.⁶⁴ Η δομή της κοινωνίας είναι τέτοια που περιγράφει κοινωνική αδυναμία και ετερογένεια, ενώ για μεγάλο μέρος του πληθυσμού δεν θεωρείται αυτονόητη η πρόσβαση στην παιδεία και την ενημέρωση.

Γενικότερα και εν συγκρίσει με τις περισσότερο ανεπτυγμένες χώρες, η Ινδία απαρτίζεται από λιγότερο αποτελεσματικές σε σχέση με άλλων χωρών υπηρεσίες πολιτικής προστασίας και έλλειψη συστημάτων προειδοποίησης για τους καύσωνες. Τα συγκροτημένα σώματα πολιτικής προστασίας στην Ινδία αφορούν κυρίως την πρόληψη και την διαχείριση από μια σειρά αναγνωρισμένων κινδύνων και σε εθνικό επίπεδο είναι το India's Department of Disaster Management, το οποίο διοικείται και συντονίζεται από τον πρωθυπουργό, το ινστιτούτο NIDM (National Institute for

⁶⁴Πηγή : Hindustan Times[online at: <http://www.hindustantimes.com/india-news/delhi-world-s-most-polluted-city-india-slips-in-green-index/article1-1177777.aspx>]

Disaster Management), και την υπηρεσία NDRF (National Disaster Response Force (NDRF) –ανάλογη υπηρεσιών δράσης όπως η πυροσβεστική. Παράλληλα, πραγματοποιούνται προγράμματα όπως το Shpere India Project, το οποίο ξεκίνησε από μη κυβερνητικές οργανώσεις και τον Ερυθρό Σταυρό και είναι μια πρωτοβουλία για να καθοριστούν και να διατηρηθούν πρότυπα με τα οποία η παγκόσμια κοινότητα ανταποκρίνεται στα δεινά των ανθρώπων που πλήττονται από καταστροφές μέσω μιας σειράς κατευθυντήριων γραμμών, ενώ δεν δίνεται έμφαση σε πρότυπα για την αντιμετώπιση καταστροφών. Ταυτόχρονα, κάθε πολιτεία της χώρας έχει μια δικής της συγκροτημένη υπηρεσία πολιτικής προστασίας, η οποία φαίνεται να είναι περισσότερο συγκροτημένη και αποτελεσματική σε σχέση με την εθνική. Στην πολιτεία Qujarat, επί παραδείγματι, υπάρχει συγκροτημένη η υπηρεσία Qujarat State Disaster Management Authority.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί, ότι η ίδια η χώρα μέχρι το 2013 δεν θεωρούσε το φαινόμενο των καυσώνων ως μια φυσική καταστροφή –απειλή, γεγονός που θέτει τελείως διαφορετικές βάσεις για την αντίληψη του συγκεκριμένου κινδύνου στην χώρα (Σχ. 1.6) και δεν φαίνεται να υπήρχε κάποιο δομημένο σύστημα προειδοποίησης για τους καύσωνες πέρα από τις ενημερώσεις της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (India Meteorology Department ⁶⁵).

⁶⁵ India Meteorological Department [online at : <http://www.imd.gov.in/>]

 **National Disaster Management Authority**
Government of India 

HOME ABOUT US NDRF NIDM GUIDELINES GALLERY

Guidelines

Sr. No.	Description
1.	Guidelines on Earthquakes Details
2.	Guidelines on Management of Tsunamis Details
3.	Guidelines on Cyclones Details
4.	Guidelines on Flood Details
5.	Guidelines On Management of Urban Flooding Details
6.	Guidelines On Drought Management Details
7.	Guidelines on Landslide Details
8.	Guidelines on Nuclear and Radiological Emergencies Details
9.	Guidelines on Chemical Disaster (Industrial) Details
10.	Guidelines on Chemical(Terrorism) Disaster Details
11.	Guidelines on Medical Preparedness and Mass Casualty Management Details
12.	Guidelines on Biological Disaster (1.28 MB) Details
13.	Guidelines on Psycho-Social Support Details
14.	Guidelines on Formulation of State DM Plans Details
15.	Guidelines on Incident Response System Details
16.	Guidelines on National Disaster Management Information and Communication System. Details
17.	Guidelines on Scaling, Type of Equipment and Training of Fire Services. Details

Disaster Management
Natural Disasters
Man-Made Disasters
Projects
Important Links

Σχήμα 5.6 Η σελίδα της Υπηρεσίας Διαχείρισης Εθνικών Καταστροφών της Ινδίας (2013) δεν αναγνωρίζει τους καύσωνες ως φυσικό κίνδυνο. Πηγή : National Disaster Management Authority of India ,2013

Απρίλιος –Μάιος 2013



Εικόνα 3 : The capital, Delhi, witnessed the hottest day of the season on Tuesday with the mercury touching 45.1C. Πηγή: BBC.co.uk

Από τον Απρίλιο μέχρι τον Ιούνιο του 2013 η χώρα κλήθηκε να αντιμετωπίσει μια σειρά κυμάτων καύσωνα χωρίς προηγούμενο προκαλώντας περισσότερους από 500 θανάτους σε πολύ μικρό διάστημα, σύμφωνα με το τμήμα Disaster Management της Ινδίας. Στις 29 Μαΐου 2013 στο Νέο Δελχί η θερμοκρασία ήταν 43 °C, ενώ στις δυτικές πολιτείες, όπως η Gujarat, η θερμοκρασία έφτασε τους 48°C.

Στο βόρειο τμήμα της χώρας στην περιοχή της Uttar Pradesh η θερμοκρασία παρέμεινε για αρκετές μέρες στους 45 °C. Η πολιτεία Uttar Pradesh είναι μια από τις φτωχότερες του κράτους με ανεπαρκής υποδομές και αδυναμία κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του πληθυσμού. Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι οι αντλίες νερού απαιτούν την παροχή ρεύματος σημαίνει πως μια διακοπή ρεύματος ακολουθείται και από διακοπή νερού, όπως έγινε και στην

περίπτωσης της Uttar που οι κάτοικοι εξεγέρθηκαν και τελικά ενήργησαν κατά του σταθμού παραγωγής ενέργειας προκαλώντας πυρκαγιά. Διάφορες μαρτυρίες κατοίκων ανέφεραν: «Τα καλοκαίρια είναι πάντα μια δύσκολη περίοδος λόγω των θερμοκρασιών, αλλά συνήθως οι θερμοκρασίες κατεβαίνουν τα βράδια. Αλλά αυτή τη φορά, ακόμη και αυτό δεν συμβαίνει. Η ζέστη παραμένει και κατά τη διάρκεια της νύχτας».⁶⁶

Το γειτονικό, με την πολιτεία Gujarat, Πακιστάν προσαρμοσμένο στις αντίστοιχα ακραίες θερμοκρασίες έδρασε απενεργοποιώντας τον κλιματισμό στα κυβερνητικά γραφεία και δίνοντας εντολή τους δημοσίους υπαλλήλους και τους πολίτες να μην φορούν κάλτσες θεωρώντας πως με αυτήν την στάση θα μπορέσουν να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο.⁶⁷

Ο απολογισμός αυτής της εκτεταμένης «ζεστής περιόδου» για τις περιοχές της Βόρειας και Δυτικής Ινδίας, εκτός από τον αριθμό των νεκρών και την παρατεταμένη ξηρασία⁶⁸, ήταν⁶⁹ :

- ❖ Κοινωνικές εξεγέρσεις έπειτα από παρατεταμένες διακοπές ηλεκτροδότησης και παροχής νερού
- ❖ Μείωση των τιμών στα φρούτα στην προσπάθεια των εμπόρων να μην αλλοιωθούν τα τρόφιμα και χάσουν το εισόδημα τους.
- ❖ Κλονισμός του τουρισμού, μιας και κάτοικοι των θερμότερων περιοχών (όπως η Βομβάη) συχνά κατευθύνονται προς βορειότερες πολιτείες αναζητώντας χαμηλότερες θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα, μαρτυρία του Eijaz Ahmed «Διάβασα στις εφημερίδες ότι η θερμοκρασία στην πολιτεία δεν είναι όπως

⁶⁶ Πηγή : News Track INDIA [online at : <http://www.newstrackindia.com/newsdetails/2013/05/28/349>]

⁶⁷ Πηγή: Climate Progress [online at : <http://thinkprogress.org/climate/2013/05/29/2076071/intense-heat-wave-in-india-brings-sunstroke-deaths-electric-grid-meltdown-and-spoiled-fruit/>]

⁶⁸ Οι επίσημοι αριθμοί των νεκρών από θερμοπληξία : Guntur (95), Prakasam (75), East Godavari (60), Nalgonda (47), Adilabad (43) Karimnagar (43), Khammam (26), Warangal (20), West Godavari (16), Nizamabad (16), Krishna (13), Medak (12), Mahbubnagar (10), Vizianagaram (9), Chittoor (9), Anantapur (7), Srikakulam (7), Rangareddy (6), Kurnool(5), Kadapa (4) and Visakhapatnam (1). Πηγή: New Indian Express [online at : http://www.newindianexpress.com/states/andhra_pradesh/250-more-die-heat-wave-toll-524-now/2013/05/27/article1607437.ece#.UvGY3GJ_tIo]

⁶⁹ Πηγή: Hindustan Times[online at <http://www.hindustantimes.com/india-news/kolkata/no-relief-from-rising-celsius/article1-1044222.aspx>]

παλιά. Είμαι εδώ με την οικογένειά μου και έχω έρθει από τη Βομβάη για να απολαύσω ένα δροσερό καιρό , αλλά η ζέστη είναι αρκετή.»⁷⁰

- ❖ Αύξηση τροχαίων ατυχημάτων κατά την νύχτα, γεγονός που οφείλεται στην χαμηλή μετακίνηση του πληθυσμού κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω αυξημένων θερμοκρασιών.
- ❖ Συνωστισμός σε καταψύκτες στους σταθμούς των τρένων στην προσπάθεια του πληθυσμού να έχει πρόσβαση σε νερό.
- ❖ Τροποποίηση του νόμου Mahatma Gandhi National Rural Employment Guarantee Act για το ωράριο εργασίας, με σκοπό την αποφυγή έκθεσης του πληθυσμού σε ώρες με αυξημένη θερμοκρασία.

Στην περίπτωση της Ινδίας, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως οι δράσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της προστασίας των πολιτών δεν είναι αναγνωρίσιμες, οδηγώντας τους πολίτες σε αναμονή για την έναρξη της περιόδου των μουσώνων –η οποία ξεκινά περίπου 15 Ιουνίου- θεωρώντας την ως την μόνη λύση για την πτώση των θερμοκρασιών.⁷¹



Εικόνα 4 A train passenger pours water over his head to cool off as young children watch from a window at a railway station in the city of Allahabad. Πηγή: BBC.co.uk

⁷⁰ Πηγή : Bussiness Standard [online at :http://www.business-standard.com/article/news-ani/india-heat-wave-triggers-power-outages-exhaustion-113052400337_1.html]

⁷¹ Πηγή : Hindustan Times [online at : <http://www.hindustantimes.com/india-news/newdelhi/heat-wave-grips-north-central-india/article1-1063082.aspx>]

Μάιος –Ιούνιος 2015

Από τον Μάιο του 2015, σε ένα μεγάλο τμήμα της Ινδίας άρχισαν σταδιακά να εμφανίζονται υψηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με το Μετεωρολογική Υπηρεσία της Ινδίας, ο καύσωνας, που επίσημα ξεκίνησε στις 3 Μαΐου 2015, είναι το χειρότερο γεγονός ακραίων θερμοκρασιών της τελευταίας δεκαετίας⁷². Οι επικρατούσες θερμοκρασίες επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τις περιοχές Odisha, Andhra Pradesh και Telangana στα νοτιοδυτικά της χώρας, όπου υπερέβησαν τους 45°C, ενώ στην πόλη Titlagarh η θερμοκρασία έφτασε τους 47,6 °C. Σε παραλιακές πόλεις, όπως η Ongole, η υγρασία κατέστησε τις υψηλές θερμοκρασίες αφόρητες και απειλητικές για τη ζωή των κατοίκων. Οι επικρατούσες συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας προκάλεσαν τουλάχιστον 2.300 θανάτους στην χώρα και ιδιαίτερα στο νοτιοδυτικό της τμήμα Andhra Pradesh, Telangana). Σύμφωνα με την EM-DAT (International Disaster Database), αυτό το κύμα καύσωνα είναι το πέμπτο σε σειρά θανατηφόρο κύμα στην παγκόσμια ιστορία.

Βασική παράμετρος που ενίσχυσε το κύμα καύσωνα, θεωρήθηκε η αραιή βροχόπτωση η οποία οδήγησε την περιοχή σε χαμηλότερα επίπεδα υγρασίας από το κανονικό προκαλώντας ανυδρία και ξηρασία σε πολλά τμήματα της Ινδίας. Η αραιή βροχόπτωση εξαρτήθηκε πιθανώς από τους ασυνήθιστους βορειοδυτικούς, οι οποίοι εξουδετέρωσαν τους υγρούς νότιους ανέμους στην περιοχή. Το ξαφνικό τέλος των κατακρημνίσεων την περίοδο πριν από τους μουσώνες, είναι ένα ασυνήθιστο φαινόμενο στην Ινδία και θεωρείται πως συνέβαλε στο κύμα καύσωνα⁷³. Συμπληρωματικά, πλέον η εποχή των μουσώνων ξεκινά αργότερα και τοποθετείται νοτιότερα από τον μέσο όρο, γεγονός που ,ταυτόχρονα με την επίδραση του Ελ Νίνιο, οδηγεί σε ρεκόρ υψηλών θερμοκρασιών στην περιοχή⁷⁴.

Σύμφωνα με ειδησεογραφικές αναφορές στην Kolkata, πολλοί οδηγοί ταξί αποφάσισαν να μην εργαστούν μεταξύ των ωρών 4-6 μμ, έπειτα από τον θάνατο δύο οδηγών λόγω της έκθεσης τους στην ζέστη εν ώρα εργασίας. Τα νοσοκομεία όλων των πληγέντων πολιτειών κατακλύστηκαν από ασθενείς, οι οποίοι αντιμετώπιζαν

⁷² Πηγή : EM-DAT , 2015 , Online at : <http://www.emdat.be/search/node/india?page=1>

⁷³ Harmeet Shah Singh; Rishabh Pratap; Ravi Agrawal (26 May 2015). "Heat wave kills more than 1,100 in India" CNN Retrieved 26 May 2015

⁷⁴ "Press Release: Current status of southwest monsoon 2015 and forecasts" (PDF). Press Release - Weekly Press. Government of India, Earth System Science Organization, Ministry of Earth Sciences, India Meteorological Department. 4 June 2015. Retrieved 4 June 2015.

προβλήματα εξαιτίας των μεγάλων θερμοκρασιών. Οι ασθενείς παραπονιόντουσαν για έντονους πονοκεφάλους, ζαλάδες, αφυδάτωση και συμπτώματα θερμοπληξίας. Η πλειοψηφία των θυμάτων ήταν πολίτες, κυρίως της εργατικής τάξης, οι οποίοι εκτέθηκαν απευθείας στον ήλιο κυρίως ηλικίας από 50 και άνω. Παράλληλα, υπήρξαν διακοπές της ηλεκτροδότησης λόγω αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων κυρίως στο Νέο Δελχί, οι οποίες δυσχέραιναν την λειτουργία των νοσοκομείων⁷⁵.



Εικόνα 5 Ένας Ινδός οδηγός ταξί κοιμάται στο αυτοκίνητό του στην Kolkata , Πηγή : Dibyangshu Sarkar ,2015

5.3 Ο Καύσωνας της Ρωσίας , Ιούλιος 2010

Το 2010 ήταν μια χρονιά κατά την διάρκεια της οποίας, ξέσπασε μια σειρά από αλληπάλληλα κύματα καύσωνα σε παγκόσμιο επίπεδο, μάλιστα κάποια από αυτά ξεκίνησαν ήδη από τον Απρίλιο του 2010. Το ισχυρό κύμα καύσωνα που έπληξε την Ρωσία ξεκίνησε στις αρχές Ιουλίου και άρχισε να υποχωρεί μετά τις 15 Αυγούστου – και, συγκεκριμένα, υποχώρησε τελείως στις 19 Αυγούστου- έχοντας ήδη αγγίζει ακρότατα θερμοκρασιών στα τέλη Ιουλίου (Katsafados et al., 2014) .

Το συγκεκριμένο γεγονός έφερε την χώρα αντιμέτωπη με την χειρότερη ξηρασία των τελευταίων μέχρι τότε 40 ετών, λόγω της οποίας ξέσπασαν εκτεταμένες δασικές πυρκαγιές και καταστράφηκαν τουλάχιστον 90 εκατ. στρέμματα καλλιεργειών.

⁷⁵ Πηγή : Channel News ,Asia , 2015 Online at :
<http://www.channelnewsasia.com/news/asiapacific/hospitals-overwhelmed-as/1877910.html>

Σύμφωνα με τον επικεφαλής του «Rosgidromet state weather agency», Alexander Frolov, δεν είχε επαναληφθεί παρόμοιο φαινόμενο τα τελευταία 1000 χρόνια. Στην ευρωπαϊκή Ρωσία η υψηλότερη θερμοκρασία (44.0 °C) καταγράφηκε στις 11 Ιουλίου στην περιοχή Yashkul, Kalmykia και είναι η υψηλότερη που έχει καταγραφεί ποτέ, καταρρίπτοντας το ρεκόρ των 43.8 °C που είχε καταγραφεί στις 6 Αυγούστου 1940 επίσης στην Kalmykia. Η θερμοκρασία στην Μόσχα ήταν τόσο υψηλή (38.2°C) που το δημαρχείο της Μόσχας εξόπλισε υδροφόρες, οι οποίες είχαν αναλάβει την ρήψη νερού στον δρόμο με σκοπό να εμποδίσουν τις αλλοιώσεις στην άσφαλτο.

Στην ασιατική Ρωσία, στην περιοχή Belogorsk η θερμοκρασία έφτασε τους 42.3 °C που αποτελεί ρεκόρ για το ασιατικό τμήμα της χώρας ξεπερνώντας το προηγούμενο ρεκόρ των 41.7 °C στην περιοχή Aksha το 2004.

Οι Dole et al. (2011) αναφέρουν πως ο συγκεκριμένος καύσωνας ήταν ένα φυσικό φαινόμενο, ενώ στον αντίποδα οι Rahmstorf and Coumou (2011) υποστηρίζουν, πως ο συγκεκριμένος καύσωνας ήταν ένα φαινόμενο «ανθρωπογενούς προέλευσης» και, κατά 80%, θα μπορούσε να μην είχε κάνει την εμφάνιση του, αν δεν υπήρχε τόσο μεγάλης κλίμακας αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1980 κι έπειτα.

Οι Otto et al. (2012), συνοψίζοντας τις παραπάνω έρευνες, υποστηρίζουν πως τα παραπάνω σενάρια είναι ρεαλιστικά και δεν αντικρούονται μεταξύ τους, μιας και η φυσική ευελιξία του κλίματος θα μπορούσε να δικαιολογήσει ένα μεγάλης έντασης τέτοιο φαινόμενο. Ωστόσο, υποστηρίζεται ότι η συχνότητα εμφάνισης ενός τέτοιου γεγονότος είναι πιθανό να έχει αυξηθεί εξαιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη που έχει προκληθεί κυρίως από την έντονη εκπομπή αέριων ρύπων.

Ο καύσωνας αυτός άφησε πίσω του περισσότερους από 55,000 νεκρούς, η παραγωγή των καλλιεργειών μειώθηκε κατά 25% και ο συνολικά η οικονομία της Ρωσίας ζημιώθηκε περισσότερο από 15 δις. δολάρια (Barriopedro et al, 2011). Περιφέρειες όπως Tatarstan, Bashkortostan, Orenburg, Saratov, Samara Oblast Tatarstan, Bashkortostan, Orenburg, Saratov, Samara Oblast και στο σύνολο 19 από τις 83 περιφέρειες της Ρωσίας αντιμετώπισαν σοβαρά προβλήματα λόγω καταστροφής των καλλιεργειών από την ξηρασία. Παράλληλα, οι ενεργειακές απαιτήσεις είχαν αυξηθεί με αποτέλεσμα να υπάρξουν προβλήματα στην παροχή ενέργειας, ενώ στον Τύπο αναφέρεται πως υπήρξε αύξηση κατανάλωσης παγωτών της τάξεως του 10-15%.

Αξιοσημείωτες είναι οι απώλειες ανθρώπινων ζώων από τις αρχές του Ιουνίου, όπου άνθρωποι πνίγονταν κολυμπώντας στα ποτάμια. Στην βιβλιογραφία αναφέρεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό των πνιγμών ήταν συνδυασμός κατανάλωσης αλκοόλ και κολύμβησης, ωστόσο τα αίτια συνδέθηκαν με τις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούσαν στην περιοχή, οι οποίες ώθησαν ολοένα και περισσότερο κόσμο να στραφεί στην κολύμβηση σε λίμνες και ποτάμια με σκοπό να προστατευτεί από την ζέστη.

Τα αρμόδια υπουργεία της Ρωσίας επιβεβαίωσαν πως μέχρι τις 5 Ιουλίου περίπου 300 άνθρωποι είχαν πνίγει ενώ κολυμπούσαν σε κανάλια, ποτάμια και λίμνες και ο θάνατος τους συνδέθηκε με θερμοπληξία. Μέχρι τα μισά του μήνα οι πηγές υπολόγιζαν τους θανάτους από πνιγμό περίπου στους 400. Εντύπωση προκαλεί το γεγονός πως το ίδιο διάστημα στην Μόσχα υπήρξαν αναφορές για κρούσματα χολέρας.

Στις 30 Ιουλίου, οι δασικές πυρκαγιές σκότωσαν 25 ανθρώπους και άφησαν περισσότερους από 2000 κατοίκους άστεγους. Οι φωτιές βρίσκονταν σε εξέλιξη ακόμη και μέχρι την 1 Αυγούστου. Εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών καθώς και του καπνού από τις δασικές πυρκαγιές καταγράφηκαν 14.340 θάνατοι για τον μήνα Ιούλιο δηλαδή 4.824 περισσότεροι από τον Ιούλιο του 2009. Παράλληλα, τα επίπεδα μόλυνσης στην Μόσχα φαίνεται να ήταν πέντε φορές περισσότερο από το φυσιολογικό.

Η δασικές πυρκαγιές που προκλήθηκαν είναι άρρητα συνδεδεμένες με το γεγονός, ότι η Ρωσία βρέθηκε αντιμέτωπη με την χειρότερη ξηρασία τα τελευταία 100 χρόνια· το αρμόδιο τμήμα του υπουργείου ανέφερε πως 774 δασικές πυρκαγιές είχαν καταγραφεί μέχρι τότε ενώ έξι καινούργιες πυρκαγιές βρισκόντουσαν κοντά στη Μόσχα και στην γίνι ευρύτερη περιοχή.

6ο Κεφάλαιο : Σενάρια κλιματικής αλλαγής

Το 2014⁷⁶ ήταν το έτος με την υψηλότερη θερμοκρασία, τουλάχιστον από το 1880 , όταν άρχισε η καταγραφή σχετικών στοιχείων (Ετήσια Έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδας, 2014). Η ολοκλήρωση της 5ης Έκθεσης Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής Εμπειρογνομώνων για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) του ΟΗΕ⁷⁷ κατέληξε στο εξής συμπέρασμα:

«Χωρίς πρόσθετες προσπάθειες μετριασμού πέραν όσων υλοποιούνται σήμερα, ακόμη και μαζί με προσαρμογή, η άνοδος της θερμοκρασίας έως το τέλος του 21ου αιώνα θα οδηγήσει σε υψηλό έως πολύ υψηλό κίνδυνο σοβαρών, εκτεταμένων και μη αναστρέψιμων επιπτώσεων παγκοσμίως (...). Ο μετριασμός συνεπάγεται σε κάποιο βαθμό παράλληλα οφέλη αλλά και κινδύνους δυσμενών παρενεργειών, οι κίνδυνοι αυτοί όμως δεν εμπεριέχουν την ίδια πιθανότητα σοβαρών, ευρύτατων και μη αναστρέψιμων επιπτώσεων όπως οι κίνδυνοι από την κλιματική αλλαγή – επομένως αυξάνονται τα οφέλη από τις προσπάθειες μετριασμού που θα αναληφθούν.»

Στις 18.11.2012 η Παγκόσμια Τράπεζα είχε δημοσιεύσει την έκθεση με τίτλο « Turn down the Heat »⁷⁸, στην οποία συνοψίζονταν τα μέχρι τότε στοιχεία των επιστημονικών ερευνών για την κλιματική αλλαγή. Η έκθεση αυτή είχε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά περίπου 4 °C έως το τέλος του τρέχοντος αιώνα, εφόσον η παγκόσμια κοινότητα δεν ενεργούσε έγκαιρα. Στην έρευνα είχε υπογραμμιστεί ,ωστόσο, πως οι τρέχουσες δεσμεύσεις (λ.χ Πρωτόκολλο Κιότο) , που αφορούν τον μετριασμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, δεν επαρκούσαν για να αποτρέψουν τον κίνδυνο αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Ως προς τους στόχους του Πρωτοκόλλου του Κιότο , αξίζει να σημειωθεί ότι ,μέχρι το 2012, τα περισσότερα κράτη-μέλη της ΕΕ 27 βρίσκονταν εντός του στόχου που έχει τεθεί για καθένα από αυτά. Οκτώ χώρες-μέλη (ανάμεσα

⁷⁶ Έλλειψη επίσημων στοιχείων για το 2015

⁷⁷ IPCC 5th Assessment Report – Working Group II, Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability

⁷⁸ Η έκθεση συντάχθηκε από δύο ερευνητικά ιδρύματα , το Potsdam Institute for Climate Impact Research – PIK και το Climate Analytics.

τους και η Ελλάδα⁷⁹) σήμερα έχουν ήδη υπερκαλύψει τους στόχους τους βάσει του Κιότο, ενώ επτά απέχουν ακόμη.

Εκτός από τις παραπάνω έρευνες, ιδιαίτερα σημαντικές είναι και τρεις μελέτες που δημοσίευσε η Παγκόσμια Τράπεζα το 2014. Η πρώτη (Climate – Smart Development, 23.6.2014) αναλύει πώς με σωστό σχεδιασμό τα προγράμματα “έξυπνης ανάπτυξης” μπορούν να μειώσουν τις απώλειες σε ανθρώπινες ζωές, να αυξήσουν τις θέσεις εργασίας και το ΑΕΠ και ταυτόχρονα να αντιμετωπίσουν την κλιματική αλλαγή. Η δεύτερη (Turn Down the Heat no. 3 – Confronting the New Climate Normal, 23.11.2014) καταδεικνύει ότι η νέα “κανονικότητα” του κλίματος, δηλ. οι αυξημένες θερμοκρασίες, συνεπάγεται σοβαρούς κινδύνους για την ανάπτυξη και η τρίτη (“Climate change and poverty: An analytical framework”, Νοέμβριος 2014) καταλήγει ως εξής:

«Πρώτον, η κλιματική αλλαγή είναι μείζων πρόκληση για τη μείωση της φτώχειας. Δεύτερον, οι πολιτικές για το κλίμα είναι συμβατές με τη μείωση της φτώχειας, υπό την προϋπόθεση ότι (α) ενσωματώνουν τον προβληματισμό για τη φτώχεια στις πολιτικές μετριασμού της κλιματικής αλλαγής ή προσαρμογής σ’ αυτήν και (β) συνοδεύονται από κατάλληλες συμπληρωματικές πολιτικές. Τρίτον, η κλιματική αλλαγή δεν τροποποιεί τη μέθοδο σχεδιασμού των πολιτικών για τη φτώχεια, δημιουργεί όμως μεγαλύτερες ανάγκες και τις καθιστά πιο επιτακτικές.»

Σύμφωνα με την WWF (2015) η απερίσκεπτη καύση ορυκτών καυσίμων αλλά και οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες που συμβάλουν στην εκπομπή μεθανίου, σε συνδυασμό με την αποψίλωση των δασών τα οποία απορροφούν τα αέρια του θερμοκηπίου, έχουν διαταράξει ανεπανόρθωτα τις ισορροπίες στον κύκλο του CO₂. Η μεγάλη ποσότητα CO₂ που πλέον συγκεντρώνεται στην ατμόσφαιρα, έχει συμβάλει στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, ενώ η ταχύτητα με την οποία συντελείται αυτή η αύξηση είναι σημαντικά μεγαλύτερη από οποιαδήποτε φυσική

⁷⁹ Η Ελλάδα βάσει των τελευταίων στοιχείων που αφορούν το 2013 αύξησε περαιτέρω τον βαθμό υπερκάλυψης των στόχων του Κιότο για την μείωση των εκπομπών. Η Ετήσια Αναφορά της Τράπεζας της Ελλάδος για το έτος 2014 σημειώνει πως αυτό οφείλεται εν μέρει και στην μείωση παραγωγής εξαιτίας της εξαετούς ύφεσης τα έτη 2008-13.

διεργασία. Το αποτέλεσμα είναι η αδυναμία των φυσικών συστημάτων να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα.

Ταυτόχρονα, το ατμοσφαιρικό μεθάνιο, το οποίο είναι ένα μακρόβιο αέριο του θερμοκηπίου, έχει φτάσει επίσης σε πολύ υψηλά επίπεδα, κυρίως λόγω της αύξησης των εκπομπών από την κτηνοτροφία, την καλλιέργεια του ρυζιού, την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων, τους χώρους υγειονομικής ταφής και την καύση βιομάζας (Σταμούλης,2015). Οι ήδη ορατές αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής, όπως η τήξη των θαλάσσιων πάγων στην Αρκτική, μπορούν, να προκαλέσουν θετικές ανατροφοδοτήσεις, ικανές να επιφέρουν ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας και περαιτέρω δραματικές συνέπειες στα οικοσυστήματα του πλανήτη (Αρετάκη 2014). Αυτό σημαίνει πως η ίδια η θέρμανση επισπεύδει τις αλλαγές στα γήινα φυσικά συστήματα, με αποτέλεσμα αυτές εν συνεχεία να ευνοούν μια πρόσθετη θέρμανση. Σήμερα υπάρχει ο κίνδυνος ότι η ικανότητα των δασών και των ωκεανών να αφαιρούν μεγάλα ποσά του CO₂ από την ατμόσφαιρα θα μειωθεί.

Η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας δεν σημαίνει απαραίτητα πιο ζεστό κλίμα για όλες τις περιοχές του πλανήτη. Στην πραγματικότητα, καθώς ο πλανήτης θερμαίνεται, μεταβάλλει το κλιματικό σύστημα, συμβάλλοντας στην αύξηση εμφάνισης ακραίων και απρόβλεπτων καιρικών φαινομένων. Αυτές οι υψηλές μέσες θερμοκρασίες και οι δομικές αλλαγές στη συχνότητα και την ένταση της βροχόπτωσης θα έχουν συνέπειες για τη γεωργία, την αλιεία και την προστασία της φύσης. Οι φυσικές διεργασίες που οδηγούν σε αλλαγές στη μεταβλητότητα του κλίματος δεν είναι πάντοτε ίδιες αλλά γενικά σχετίζονται με την αυξημένη ατμόσφαιρα που προκύπτει από την μείωση στη διαθεσιμότητα της υγρασίας του εδάφους (Fischer & Schar,2008).

Σύμφωνα με τον Σταμούλη (2015) οι κλιματικές αλλαγές στη Γη ήταν πάντα σε άμεση εξάρτηση τόσο από εξωτερικούς (ηλιακούς) και εσωτερικούς (ωκεάνιους) μηχανισμούς, όσο και από ανθρωπογενείς επιδράσεις. Οι βασικότεροι παράγοντες που συνοπτικά θεωρείται ότι διαμορφώνουν το παγκόσμιο κλίμα είναι οι τροχιακές μεταβολές του συστήματος Γη - Ήλιος, οι μεταβολές του συστήματος λιθόσφαιρα – υδρόσφαιρα - ατμόσφαιρα, οι ποιοτικές και ποσοτικές μεταβολές της εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτινοβολίας στο διάστημα, οι μεταβολές της ηφαιστειακής δράσης

και μεταβολές στη δημιουργία των παγετώνων, οι μεταβολές της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και τέλος οι ανθρώπινες επιδράσεις.

Πιο συγκεκριμένα, τα ωκεάνια ρεύματα, και συγκεκριμένα το El Niño και το La Niña, αλληλεπιδρούν με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Αυτά τα περιοδικά φαινόμενα επηρεάζουν τα ρεύματα στην περιοχή του Ισημερινού και κατ' επέκταση το παγκόσμιο κλίμα. Κατά τη διάρκεια ενός El Niño εξασθενούν οι ανατολικοί αληγείς⁸⁰ άνεμοι και αλλάζουν κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να μετακινούνται θερμές υδάτινες μάζες από το δυτικό Ειρηνικό προς τα ανατολικά, ως τη Νότια Αμερική. Κατά τη διάρκεια ενός La Niña οι αληγείς ανατολικοί άνεμοι γίνονται πολύ πιο ισχυροί, ωθούν τα θερμά επιφανειακά ύδατα προς την Ασία και στις δυτικές ακτές της Αμερικής αναβλύζουν ψυχρά ρεύματα. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού κατά το El Niño στον ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραγμένη κίνηση ατμοσφαιρικών και ωκεάνιων ρευμάτων, γεγονός που επηρεάζει τα ατμοσφαιρικά συστήματα σε όλο τον πλανήτη. Έτσι, προκαλούνται ισχυρές καταιγίδες ακόμη και πέρα από τις περιοχές των τροπικών και εμφανίζονται αεροχείμαρροι στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Το El Niño συνδέεται με τη μετακίνηση των καταιγιδοφόρων νεφών στις Νότιες ΗΠΑ και στο Περού και την πρόκληση ξηρασίας -και πυρκαγιών- στην Αυστραλία. Το La Niña συνδέεται με την αύξηση των βροχοπτώσεων στην Αυστραλία, όχι όμως στις Νοτιοδυτικές ΗΠΑ και στο Τέξας, ούτε σε πιο μακρινά μέρη, όπως η ανατολική Αφρική⁸¹.

Οι φυσικοί κλιματολογικοί κύκλοι, συχνά, δεν επαρκούν για να περιγραφεί ένα ακραίο φυσικό φαινόμενο διότι η κλιματική αλλαγή έχει σημαντικές επιπτώσεις πάνω τους. Η μακροπρόθεσμη συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα παγιδεύει τη θερμότητα και θερμαίνει την ξηρά, τους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας της γης εμπλουτίζει την ατμόσφαιρα με περισσότερη υγρασία εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας των ωκεανών και κατ' επέκταση των υδρατμών πάνω από αυτούς. Η αύξηση των υδρατμών επιφέρει αύξηση των πιθανοτήτων εκδήλωσης βροχοπτώσεων και η τροπική ζώνη των βροχοπτώσεων διευρύνεται. Οι υποτροπικές ξηροθερμικές ζώνες μετατοπίζονται προς τους πόλους, σε περιοχές όπως οι νοτιοδυτικές ΗΠΑ, η νότια Αυστραλία και η νότια Ευρώπη, οι

⁸⁰ Αληγείς ορίζονται οι άνεμοι που πνέουν μεταξύ των ζωνών υψηλών πιέσεων των υποτροπικών περιοχών και του Ισημερινού ως ΒΑ στο Β. και ως ΝΑ στο Ν. ημισφαίριο.

⁸¹ Εγκυκλοπαίδεια Περιβάλλοντος για νέους, 2014, Ίδρυμα Νεολαίας και δια βίου μάθησης (INEΔΙΒΙΜ)

οποίες γίνονται όλο και πιο ευάλωτες σε παρατεταμένες ξηρασίες. Πέρα από τις υποτροπικές περιοχές, στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, οι καταιγίδες μετακινούνται επίσης προς τους πόλους- φαινόμενο που ενισχύει αυτά των ετήσιων κλιματικών διαταραχών που επιφέρουν το El Niño και το La Niña⁸². Τα προερχόμενα από την τήξη των πάγων νερά στην Αρκτική, όντας πιο σκούρα, απορροφούν το ηλιακό φως που άλλοτε οι πάγοι ανακλούσαν στο διάστημα. Με την παρατηρούμενη μεγαλύτερη άνοδο της θερμοκρασίας στις πολικές περιοχές, σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές του πλανήτη, ελαττώνεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των πολικών περιοχών και των περιοχών των μέσων πλατών (Ζιακόπουλος, 2014). Ως συνέπεια, ελαττώνεται η ταχύτητα των δυτικών ανέμων, μετατοπίζεται και εξασθενεί ο πολικός αεροχέιμαρρος. Αυτό θα οδηγήσει στην διαφυγή των αρκτικών αερίων μαζών σε μικρότερα πλάτη και την συχνότερη εμφάνιση ψυχρών εισβολών.

Προκύπτει λοιπόν πως η μόλυνση της ατμόσφαιρας είναι καθοριστική για την αλλαγή του κλίματος και ειδικότερα την αύξηση της θερμοκρασίας. Εκτός από την τήξη των πάγων τα μικροσωματίδια που εκπέμπονται από τα οχήματα και την βιομηχανία χαρακτηρίζονται ως βασικό αίτιο της αύξησης της θερμοκρασίας. Τα μικροσωματίδια κάνουν την επιφάνεια των πάγων από λευκή γκρι με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντανάκλαση του φωτός, να αυξάνεται η θερμοκρασία και τελικά να λιώνουν γρηγορότερα. Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, 201), το μέσο παγκόσμιο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας έχει αυξηθεί από το 1961 ως αποτέλεσμα της θερμικής διαστολής και του λιώσιματος των πάγων. Παράλληλα, παρατηρείται μείωση της ποσότητας χιονιού και πάγου στους ορεινούς όγκους και στους πόλους. Από το 1900 έως το 2005, η βροχόπτωση έχει αυξηθεί στα ανατολικά τμήματα της Βόρειας και Νότιας Αμερικής, στη βόρεια Ευρώπη και στη βόρεια και κεντρική Ασία, ενώ έχει μειωθεί στην Μεσόγειο, στη νότιο Αφρική και σε τμήματα της νότιας Ασίας. Παγκόσμια, οι περιοχές που έχουν επηρεαστεί από ξηρασίες, έχουν αυξηθεί σε σχέση με το 1970.

Τα διαθέσιμα στοιχεία καταδεικνύουν πως ήδη την τελευταία δεκαετία σημειώθηκαν παγκοσμίως τρεις φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές από τη δεκαετία του

⁸² Εγκυκλοπαίδεια Περιβάλλοντος για νέους, 2014, Ίδρυμα Νεολαίας και δια βίου μάθησης (INEΔΙΒΙΜ)

1960, ενώ οι προβλέψεις κάνουν λόγο για κύματα καύσωνα κάθε δύο χρόνια, από το 2070 και εξής.

Σύμφωνα με την Ετήσια Έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδας για το 2012 η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4 °C ενδέχεται να έχει καταστροφικές συνέπειες που θα επηρεάσουν το σύνολο της ανθρωπότητας. Βάσει των σεναρίων οι αναμένεται πολλές παράκτιες περιοχές να βυθιστούν, η παραγωγή τροφίμων να βιώσει κρίση η οποία θα οδηγήσει σε υψηλότερα ποσοστά πείνας ή υποσιτισμού του πληθυσμού, η ξηρασία να είναι συχνότερο φαινόμενο ενώ παράλληλα σε περιοχές με υψηλά επίπεδα υγρασίας αυτή να αυξηθεί ακόμη περισσότερο και τέλος η λειψυδρία και τα κύματα καύσωνα να αποτελούν ένα σύνηθες φαινόμενο πάνω στον πλανήτη.

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή Εμπειρογνομόνων για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2011) οι αλλαγές κατά τον 21ο αιώνα θα επιταχυνθούν κυρίως στους υψηλούς παραλλήλους και τις τροπικές περιοχές, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες οι αλλαγές θα είναι ορατές και στους μεσαίους παραλλήλους. Αντίστοιχα με τη θερμοκρασία, θα αυξηθούν και οι βροχοπτώσεις, αλλά και οι τροπικοί κυκλώνες. Αύξηση θα παρατηρηθεί και στα φαινόμενα ξηρασίας, κυρίως στη Νότια Ευρώπη και τη Λεκάνη της Μεσογείου, την Κεντρική Ευρώπη, την κεντρική Βόρειο Αμερική, την Κεντρική Αμερική και το Μεξικό, καθώς και στη βορειοανατολική Βραζιλία και τη νότια Αφρική.

Ο Hans Joachim Schellnhuber, διευθυντής του ερευνητικού ιδρύματος PIK (Potsdam Institute for Climate Impact Research), έπειτα από την σχετική έρευνα που αναφέρθηκε παραπάνω («Turn Down the Heat»), σημειώνει πως αν η άνοδος της θερμοκρασίας υπερβεί αισθητά τους 2°C οι κίνδυνοι θα αυξηθούν απότομα και επιβεβαιώνει, όπως και οι έρευνες της Διακυβερνητικής Επιτροπής Εμπειρογνομόνων για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC), πως η όποια αλλαγή θα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στις φτωχότερες περιοχές του πλανήτη οι οποίες ήδη αντιμετωπίζουν συγγενή προβλήματα.

Μια άλλη έρευνα, αυτή των Arnell et al. του 2013⁸³, επιχειρεί την αξιολόγηση σε παγκόσμιο επίπεδο των διαφορετικών επιπτώσεων εναλλακτικών πολιτικών για την

⁸³ N.W. Arnell, J.A. Lowe, S. Brown, S.N. Gosling, P. Gottschalk, J. Hinkel, B. Lloyd-Hughes, R.J. Nicholls, T.J. Osborn, T.M. Osborne, G.A. Rose, P. Smith & R.F. Warren (2013), "A global

κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με αυτή, οι πιο αυστηρές πολιτικές μετριασμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου δίνουν μια πιθανότητα 50% να περιοριστεί κάτω από τους 2°C η άνοδος της θερμοκρασίας έως το 2100, ενώ μειώνουν τις επιπτώσεις κατά 20-65% σε σύγκριση με ένα σενάριο “μη δράσης” το οποίο θα συνεπαγόταν άνοδο της θερμοκρασίας κατά 4°C⁸⁴. Σύμφωνα με αυτή την έρευνα, οι επιδράσεις αυτών των πολιτικών μετριασμού ποικίλλουν ανάλογα με τον τομέα και την περιοχή και έχουν μεγάλη σημασία για το τι θα συμβεί έως το 2100 ενώ ενδέχεται να μην επιφέρουν αισθητές μεταβολές έως το 2030. Οι εκδοχές που εξετάζονται είναι τρεις και διαμορφώθηκαν κυρίως από το πόσο νωρίς (σ.σ. δηλαδή σε ποιος έτος) οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα φθάσουν σε ένα μέγιστο επίπεδο (ώστε μετά να αρχίσουν να μειώνονται) και ποιο θα είναι το επίπεδο αυτό. Στην Ετήσια Έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδας για το έτος 2012 σημειώνεται πως όσο νωρίτερα και σε χαμηλότερο επίπεδο κορυφωθούν οι εκπομπές τόσο ευνοϊκότερες θα είναι οι επιδράσεις στον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη. Ακόμη και στα πιο αυστηρά σενάρια των πολιτικών μετριασμού των αερίων του θερμοκηπίου συναντώνται δύο εκδοχές : Οι εκπομπές να κορυφώνονται ή το 2016 ή το 2030 και έπειτα μειώνονται κατά 2% ή κατά 5% ετησίως.

- Στην πρώτη περίπτωση, αν δηλαδή οι εκπομπές κορυφωθούν το 2016 και στη συνέχεια αρχίσουν να μειώνονται ιδανικά με ρυθμό 5%, η άνοδος της θερμοκρασίας θα μπορέσει να περιοριστεί στους 2°C.
- Στην δεύτερη περίπτωση , αν δηλαδή η κορύφωση των εκπομπών επιτευχθεί το 2030 η άνοδος της παγκόσμιας θερμοκρασίας ενδέχεται να φθάσει τους 2,5°C.
- Στην τρίτη περίπτωση που εξετάζει το ενδεχόμενο «μη δράσης» η θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί από 4°C έως 5,6°C.

Αναλυτικότερα οι επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας σύμφωνα τους Anel et al (2013):

assessment of the effects of climate policy on the impacts of climate change”, Nature Climate Change, δημοσίευση στο διαδίκτυο : 13.1.2013.

⁸⁴ Πηγή: Ετήσια Έκθεση Τράπεζας της Ελλάδος ,2012 [online at : http://www.bankofgreece.gr/BoGDocuments/%CE%95%CE%BA%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7_%CE%94%CE%B9%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B7%CF%84%CE%B7_2012_%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%A7%CE%99.pdf]

Η στάθμη της θάλασσας θα ανέβει, μέχρι το 2100, κατά 30 εκατοστά στην πρώτη περίπτωση κατά 35 εκ. στη δεύτερη και κατά 47-55 εκ. στην τρίτη. Έπειτα από σύγκριση και των τριών περιπτώσεων η μελέτη εκτιμά ότι μέχρι το 2050 είναι δυνατόν να αποφύγουν την βύθιση της περιοχής τους από 100 έως 161 εκ. κάτοικοι εφόσον η κορύφωση των εκπομπών επιτευχθεί το 2016. Αν ,βέβαια η εκπομπές κορυφωθούν το 2030 ο παραπάνω αριθμός μειώνεται στο εύρος 52 έως 120 εκ. κάτοικοι. Σε περίπτωσης κορύφωσης το 2016, 39 έως 68 εκ. κάτοικοι θα γλυτώσουν από συνθήκες ξηρασίας έως το 2050. Αν η κορύφωση αργήσει έως το 2030, θα γλυτώσουν μόνο 17 έως 48 εκ. κάτοικοι.

Τελικώς, η εφαρμογή των πολιτικών μετριασμού συνεπάγεται παράλληλα όχι μόνο οφέλη αλλά και κινδύνους δυσμενών παρενεργειών προς την ανθρωπότητα. Ωστόσο, οι κίνδυνοι αυτοί δεν εμπεριέχουν την ίδια πιθανότητα σοβαρών και μη αναστρέψιμων επιπτώσεων όπως οι κίνδυνοι από την κλιματική αλλαγή όμως μέχρι στιγμής δεν φαίνεται να υπάρχουν αποτελεσματικότερες πιθανές λύσεις .

7ο Κεφάλαιο : Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία, αναλύθηκαν τα σημαντικότερα γεγονότα καύσωνα του 20^{ου} και του 21^{ου} αιώνα. Όπως προέκυψε, τα κύματα καύσωνα, τα τελευταία 120 χρόνια, είναι συστηματικά καταγεγραμμένες φυσικές καταστροφές, η πλειοψηφία των οποίων ήταν θανατηφόρα. Αν και η θνησιμότητα στο παρελθόν ήταν έμμεσα και όχι άμεσα συνδεδεμένη με τα κύματα αυτά, προς το τέλος του 20^{ου} αιώνα γίνεται σαφές πως άρχισε να υπάρχει ισχυρότερη σύνδεση των δύο παραμέτρων. Η απουσία της σύνδεσης καύσωνα-θνησιμότητας ίσως οφείλεται στο γεγονός πως οι επιπτώσεις ενός κύματος δεν είναι μια ποσοτικοποιημένη διαδικασία, οπότε και απουσίαζε η συστηματική καταγραφή της θνησιμότητας.

Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες ένας καύσωνας μπορεί να οδηγήσει σε μια φυσική καταστροφή και να αποτελέσει φυσική απειλή για την ανθρώπινη ζωή είναι διαφορετικές από τόπο σε τόπο και από άτομο σε άτομο. Η ευπάθεια του πληθυσμού έναντι ενός κύματος καύσωνα επηρεάζεται από μια σειρά μεταβλητών (ποιότητα υποδομών, ποιότητα προσφερόμενων υπηρεσιών υγείας κ.α.). Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η ανάλυση σύγχρονων κυμάτων καύσωνα επιβεβαιώνει πως όσο χαμηλότερη είναι η ποιότητα των υποδομών, των υπηρεσιών υγείας και η ενημέρωση του πληθυσμού τόσο μεγαλύτερη είναι η ευπάθεια των ατόμων έναντι τους.

Ένα κύμα καύσωνα, όπως και άλλα φυσικά φαινόμενα -εν δυνάμει καταστροφικά- χρειάζεται πρόληψη, έγκαιρη προειδοποίηση και έγκαιρη δράση για τον μετριασμό των επιπτώσεων του. Γι αυτό, έχουν δημιουργηθεί συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για τους καύσωνες (Health Heat Warning Systems - HHWSs). Τα συστήματα αυτά μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην έγκαιρη δράση κατά την διάρκεια ενός κύματος καύσωνα. Όπως προκύπτει, από την ανάλυση των μελετών περίπτωσης, μπορούν επίσης να συμβάλουν καθοριστικά στην έγκαιρη δράση κατά την διάρκειας ενός γεγονότος. Η αδράνεια στην χρήση ή η απουσία τέτοιων συστημάτων –όπως στην περίπτωση των καυσώνων της Ινδίας- ενισχύει τις επιπτώσεις του φαινομένου και κάνει δυσκολότερο το έργο της πολιτείας στην διαχείριση της καταστροφής.

Η ύπαρξη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ) σε μία πόλη μπορεί να κάνει ένα κύμα καύσωνα λιγότερο ανεκτό από τον πληθυσμό που εκτίθεται

σε αυτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φαινομένου της ΑΘΝ, τόσο πιο έντονο είναι το αίσθημα δυσφορίας του πληθυσμού λόγω μετεωρολογικών συνθηκών. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που μπορεί να μετριάσει το φαινόμενο της ΑΘΝ και να αμβλύνει το πρόβλημα. Αλλαγές στην ποιότητα των υλικών κατασκευής, στον προσανατολισμό των κτιρίων και στην έκταση των χώρων πρασίνου μπορούν να μειώσουν την ένταση της ΑΘΝ και κατ' επέκταση να μετριαστεί η δυσφορία των κατοίκων κατά την διάρκεια ενός καύσωνα.

Μελετώντας τα παραδείγματα, επιβεβαιώνεται πως ένα κύμα καύσωνα έχει διαφορετικές επιπτώσεις από τόπο σε τόπο και από άνθρωπο σε άνθρωπο. Το παράδειγμα της Ινδίας δείχνει πως η απουσία υπηρεσιών πολιτικής προστασίας, ο υπερπληθυσμός, οι κακές περιβαλλοντικές συνθήκες και η εξάντληση πόρων -όπως το νερό- φέρνουν την κοινωνία αντιμέτωπη με ζητήματα δημόσιας υγείας και ασφαλούς διαβίωσης. Ταυτόχρονα, οι κοινωνικές διακρίσεις καθορίζουν την εσωτερική οργάνωση της κοινωνίας και οξύνουν το πρόβλημα της κοινωνικής τρωτότητας-ευπάθειας του πληθυσμού, ενώ παράλληλα επικρατεί ανομοιογένεια στην κατανομή των υποδομών, της προσβασιμότητας σε πόρους και ενημέρωση και της ποιότητας ζωής. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, προκύπτει το συμπέρασμα πως ο πληθυσμός της Ινδίας είναι ευπαθής απέναντι στα κύματα καύσωνα, όπως επιβεβαιώθηκε από τον μεγάλο αριθμό νεκρών και την κοινωνική αστάθεια που προκλήθηκαν από τους καύσωνες του 2013 και 2015.

Τα παραδείγματα του δυτικού κόσμου, όπως ο καύσωνας του Ιουνίου 2013 στις δυτικές ΗΠΑ, από την άλλη πλευρά έδειξαν πως ακόμα και στις περιπτώσεις χωρών με ανεπτυγμένες τις υπηρεσίες πολιτικής προστασίας, ευνοϊκότερες περιβαλλοντικές συνθήκες και ευκολότερη πρόσβαση σε φυσικούς πόρους και ενημέρωση, ο μετριασμός των επιπτώσεων ενός κύματος καύσωνα δεν είναι μια τόσο εύκολη διαδικασία. Η κουλτούρα του δυτικού κόσμου και η ευκολία πρόσβασης στην ενημέρωση φαίνεται πως μπορεί να λειτουργήσει ανάδρομα στην πρόληψη και τον μετριασμό των επιπτώσεων ενός καύσωνα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, τα μέτρα που πάρθηκαν μπορεί να ήταν περισσότερο οργανωμένα σε σύγκριση με τις παραπάνω μελέτες περίπτωσης (λ.χ. κλιματιζόμενες αίθουσες), τελικά όμως δεν αποτράπηκαν, ούτε σε αυτήν την περίπτωση, οι απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και σε κρούσματα θερμοπληξίας ή θερμοκρασιακού στρες.

Τέλος, στο παράδειγμα του καύσωνα της Ρωσίας του 2010, εκτός από τις ακραίες θερμοκρασίες, τον μεγάλο αριθμό θυμάτων και την χωρίς προηγούμενο ξηρασία, προκλήθηκαν πυρκαγιές και μεγάλες ζημιές στην οικονομία της χώρας. Ο καύσωνας αυτός προκάλεσε έντονη συζήτηση σχετικά με τις αιτίες πίσω από την εμφάνιση του κύματος. Η συγγραφική ομάδα των Dole et al. (2011) υποστήριξε πως το κύμα αυτό ήταν ένα ακόμη φυσικό φαινόμενο που πήρε μεγάλες διαστάσεις, ενώ η ομάδα των Rahmstorf and Coumou (2011) υποστήριξε, πως ο συγκεκριμένος καύσωνας ήταν ένα φαινόμενο ανθρωπογενούς προέλευσης άρρηκτα συνδεδεμένο με την περιβαλλοντική υποβάθμιση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, από το 1980 κι έπειτα, ότι θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί σε ποσοστό 80%. Από την μελέτη των Otto et al. (2012) προκύπτει πως ο καύσωνας είναι μεν ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο εκδηλώνεται όταν οι μετεωρολογικές συνθήκες το ευνοούν, από την άλλη δε είναι ένα φαινόμενο, η συχνότητα του οποίου έχει επηρεαστεί από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην ποιότητα της ατμόσφαιρας που κατ' επέκταση διαμορφώνουν την «συμπεριφορά» του μέσα σε ένα κοινωνικό σύστημα.

Σήμερα, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας και της έκθεσης της Διακυβερνητικής Επιτροπής Εμπειρογνομόνων για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), τα κύματα καύσωνα θα γίνουν ολοένα και πιο συχνά φυσικά φαινόμενα μιας και η επίσπευση της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος από ανθρωπογενείς παράγοντες είναι μια μη αναστρέψιμη διαδικασία. Η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας θα επηρεάσει του φυσικούς κλιματολογικούς κύκλους οδηγώντας το παγκόσμιο κλίμα σε μια διαφορετική πραγματικότητα. Η ανασκόπηση των ανωτέρω συμπερασμάτων, επιβεβαιώνει την υπόθεση της παρούσας εργασίας πως ο καύσωνας είναι ένα ακραίο φυσικό φαινόμενο, του οποίου η συχνότητα και η ένταση παρουσιάζουν αυξητική τάση.

Καθίσταται, λοιπόν, επιτακτική ανάγκη να υπάρξει παγκόσμιος συντονισμός στο ζήτημα αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Πρέπει να εφαρμοστούν οι ήδη υπάρχουσες δεσμεύσεις και να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις, ώστε να δημιουργηθεί ένα σύστημα δράσεων για την προσαρμογή του πληθυσμού στις θερμοκρασιακές αλλαγές και τις συνέπειες τους.

Βιβλιογραφία

Επιστημονικά άρθρα και βιβλία

- Akhtar, R., 2007. Climate Change and Health and Heat Wave Mortality in India. *Global Environmental Research*, AIRIES, Vol. 11 pp. 51-57. [online at: <http://www.researchgate.net/>]
- Alexandri, E., 2007. Green roofs and green walls in the context of bioclimatic design. In *Conference Proceedings: The third International Renewable and Clean Energy Conference (29-27 June)*. Yerevan. [online at: academia.edu/230171/Green_Roofs_and_Green_Walls_in_the_Context_of_Bioclimate_Design]
- Anthony G. B., 2003. Cities and Climate Change. In *Urbanization and Natural Disasters in the Mediterranean: Population Growth and Climate Change in the 21st Century*. Hans Günter Brauch. Part 2 Chap. 7 and 11 in *Building Safer Cities: The Future of Disaster Risk*, edited by Alcira Kreimer, Margaret Arnold, and Anne Carlin. Washington, DC: World Bank, 2003.
- Ashrae (American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers), 2001a. Chapter 8-Comfort. In: *Handbook of Fundamentals*. American Society for heating Refrigerating and Air Conditioning, Atlanta: 8.1 – 8.29.
- Assael M.J., Kakosimos, K. E., Assael I.-A.M, Alexandridis, A., 2009. Εφαρμογή και μελέτη των Δεικτών Δυσφορίας στον Ελλαδικό Χώρο. *Proc. 7th Panhel. Sci. Chem. Eng. Conf.*, Patra, 3-6 June.
- Balafoutis, Ch. J. and Makrogiannis, 2007. T. J.: Analysis of a heat wave phenomenon over Greece and its implications for tourism and recreation. Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, October 2001, Porto Carras, Greece,(2001) In Deshpande S. M. and Ernest Raj. P , *A comparative study of structure of vertical motions in the lower troposphere over Pune, a tropical Indian station in March 2004 and 2005 using Wind Profiler data* . [online at : <http://www.ann-geophys.net/25/2103/2007/angeo-25-2103-2007.pdf>]
- Brazel, A., N. Selover, R. Vose, & G. Heisler, 2000. The tale of two climates- Baltimore and Phoenix urban LTER sites. *Climate Research* 15: 123-135. [online at: sevilleta.unm.edu/pub/vanderbi/Korea/Korea2007/brazel%20paper.pdf]
- Burroughs. W. ed, World Meteorological Organization, 2003. *Climate Into the 21st Century*. Cambridge: Cambridge University Press

- Canouï-Poitrine F., Cadot E., Spira A., 2006. Excess deaths during the August 2003 heat wave in Paris, France. *Groupe Régional Canicule Rev Epidemiol Sante Publique*. Apr, 54(2):127-35. Atelier Parisien de Santé Publique, Service de Santé Publique et d'Epidémiologie, Hôpital Bicêtre, 82, rue du Général-Leclerc, 94276 Le Kremlin-Bicêtre Cedex.
- Changnon SA, Kunkel KE, Reike BC, 1996. Impacts and responses to the 1995 heat wave: a call to action. *Bull Am Meteorol Soc* 77:1497–1506 [online at : http://www.tc.umn.edu/~blume013/Changnon_chicago.pdf]
- Coch. K. N., 1995. Atmospheric Geohazards. In Coch. K. N., *Geohazards : Natural and Human* . Englewood Cliffs New Jersey : Prentice Hall , pp. 285-308.
- Davis L.D., Topping C. J. Jr, 2008. Potential Effects of Weather Extremes and Climate Change on Human Health. In MacCracken. M. C, Moore .F, Topping C. J. Jr, *Sudden and Disruptive Climate Change : Exploring the Real Risks and How we can avoid them*. London : Earthscan Publications , pp. 39-43
- Dematte Jane E., Karen O'Mara, Jennifer Buescher, Cynthia G. Whitney, Sean Forsythe, Turi McNamee, Raghavendra B. Adiga, and I. Maurice Ndukwu, 1998. Near-Fatal Heat Stroke during the 1995 Heat Wave in Chicago. *Annals of Internal Medicine*, vol. 129, 3, pp.173-181 [online at: <http://annals.org/article.aspx?articleid=711589>]
- Díaz J., Jordán A., García R., López C., Alberdi J.C., Hernández E., Otero A., 2002. Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. In *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75(3) pp.163-170.
- Fanger P.O., 1970. *Thermal Comfort*. Danish Technical Press: Copenhagen.
- E. M. Fischer, C. Schär, 2009. *Clim. Dyn.* 33, 917-935.
- Gallo, K. P., A. L. McNab, T. R. Karl, J. F. Brown, J. J. Hood & J. D. Tarpley ,1993. The Use of NOAA AVHRR Data for Assessment of the Urban Heat Island Effect. *American Meteorological Society*, 32: 899-908. [online at: <http://www.ciesin.org/docs/005-392/005-392.html>]
- Giles, B.D., Balafoutis, C.H. and Maheras, P., 1990. Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology*, 34, 98-104
- Givoni B., 1997. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Wiley: New York.

- Givoni B., 1976. *Man, Climate and Architecture*. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Horvath M., Kondo S., Matsui H., Yoshimura H., 1975. Evaluation of Method for Investigating Heat Stress. In Horvath et al, *Comparative Studies on Human adaptability of Japanese, Caucasians and Japanese Americans*, Tokyo : University of Tokyo Press.
- Ismail R., Jusoh N., Nuawi M. Z., Deros B. M., Makhtar N. K., and. Rahman M. N. A., 2009. Assessment of Thermal Comfort at Manual Car Body Assembly Workstation T World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* Vol: 3, No: 6, 2009.
- Jane E. Dematte, Karen O'Mara, Jennifer Buescher, Cynthia G. Whitney, Sean Forsythe, Turi McNamee, Raghavendra B. Adiga, and I. Maurice Ndukwa, 1998. *Near-Fatal Heat Stroke during the 1995 Heat Wave in Chicago* [online at <http://annals.org/article.aspx?articleid=711589>]
- Kalogirou S., Y. Tripanagnostopoulos & M. Souliotis, 2006. Performance of solar systems employing collectors with colored absorber. *Energy and Building: Article in Press* 37: 824–835.
- Karl. T., Quayle. G, 1981. The 1980 Summer Heat Wave and Drought in Historical Perspective. *Monthly Weather Review* VOL. 109 No 10 , [online at : [http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0493\(1981\)109%3C2055:TSHWAD%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0493(1981)109%3C2055:TSHWAD%3E2.0.CO%3B2)]
- Katsafados, P., Papadopoulos, A., Varlas, G., Papadopoulou, E., and Mavromatidis, E., 2014. Seasonal predictability of the 2010 Russian heat wave. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 1531-1542, doi:10.5194/nhess-14-1531-2014,
- Katsafados P., 2013. *An Introduction to Severe Weather and Atmospheric Physics*. Harokopio University of Athens.
- Kovats RS, Ebi KL, 2006. Heatwaves and public health in Europe. *European Journal of Public Health*, Vol. 16, No. 6, 592–599 [online at : <http://eurpub.oxfordjournals.org/content/16/6/592>]
- Livada I., M. Santamouris, K. Niachou, N. Papanikolaou and G. Mihalakakou, 2001. Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed. *Theor. Appl. Climatology*, 71, 219-230, [online at : <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs007040200006#page-2>]
- Matzarakis A. and H. Mayer, 1991. The Extreme Heat Wave in Athens in July 1987 from the Point of view of Human Biometeorology. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, Vol. 25, pp. 203-211 [online at : <http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/HEAT1987.PDF>]

- Matzarakis A., 1995. *Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Matzarakis A. and H. Mayer, 1991. The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. *Atmospheric Environment* vol. 25B, No 2 pp.203-211.
- Meehl A. Gerald and Claudia Tebaldi, 2004. More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century. *Science* Vol. 305 no. 5686 pp. 994-997. <http://www.sciencemag.org/content/305/5686/994.full>
- Metaxas, D. and G. Kallos, 1980. Heat Waves From a Synoptic Point of View. *Rivista di Meteorologia Aeronautica*, XL, No 2-3, pp. 107-119. [online at: http://forecast.uoa.gr/Publications/02-Metaxas_Riv_Met_Aero.pdf]
- Milligan, J., 2010. Heatwaves: The developed world's hidden disaster. In *ENSURE Project (2010) "WP2: Integration and Connection of Vulnerabilities – Deliverable 2.1.2: Relation between systemic and physical vulnerability and relation between systemic, social, economic, institutional and territorial vulnerability"*, European Commission 7th Framework Programme, 38-39 [online at: http://www.ensureproject.eu/ENSURE_Del2.1.2.pdf]
- MMWR : International Notes Heat-Related Mortality -- Latium Region, Italy, Summer 1983. MMWR 33 91984) , PP. 518-521. [online at : <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00000405.htm>]
- Moustiris K.P., Ziomas I.C., Paliatsos A.G., 2009. 24hours in advance forecasting of thermal comfort-discomfort levels during the hot period of the year at representative locations of Athens city, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 18, No 5, pp. 601-608.
- Nogueira, P., 2007. Models for mortality associated with heatwaves: update of the Portuguese heat health warning system. *International Journal of Climatology* Volume 28, Issue 4 [online at : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1546/pdf>]
- Nogueira, P., 2005. Mortality in Portugal associated with the heat wave of August 2003: early estimation of effect, using a rapid method. *Eurosurveillance*, vol. 10, no. 7 [Online at : <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=553>]
- Palecki, M. A., Changnon, S.A., and Kunkel, K.E.: The Nature and Impacts of the July 1999 Heatwave in the Midwestern United States: Learning from the Lessons of 1995. *B. Am. Meteorol. Soc.* [online at: [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0477\(2001\)082%3C1353%3ATNAIOT%3E2.3.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0477(2001)082%3C1353%3ATNAIOT%3E2.3.CO%3B2)]
- Parsons, K., 1993. *Human thermal environments*. Taylor & Francis, London.

- Pirard, P. et al, 2005. Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heatwave in France. *Eurosurveillance* Vol. 5, No 3 [online at : <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=554>]
- Riebsame, W.E., 1985. Climate hazards: Lessons from recent events in the United States. *Disasters* 9: 4, 295-300. In ENSURE Project (2010) "WP2: Integration and Connection of Vulnerabilities – Deliverable 2.1.2: Relation between systemic and physical vulnerability and relation between systemic, social, economic, institutional and territorial vulnerability", European Commission 7th Framework Programme, 38-39 [online at: http://www.ensureproject.eu/ENSURE_Del2.1.2.pdf]
- Rizwan, A. M., L. Y. C. Dennis, & C. LIU, 2008. A review of the generation, determination and mitigation of urban heat island. *Journal of Environmental Sciences* 20: 1, 120-128. In ENSURE Project (2010) "WP2: Integration and Connection of Vulnerabilities – Deliverable 2.1.2: Relation between systemic and physical vulnerability and relation between systemic, social, economic, institutional and territorial vulnerability, European Commission 7th Framework Programme, 38-39[online at:http://www.ensureproject.eu/ENSURE_Del2.1.2.pdf]
- Robine, J.M. et al, 2008. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies Volume* 331, Issue 2, February 2008, Pages 171–178. [online at : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069107003770/>]
- Robinson, P., 2001. On the definition of a Heat Wave , *J. Appl. Meteorology*, 40, 762–775[online at : [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/15200450\(2001\)040%3C0762%3AOTDOAH%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/15200450(2001)040%3C0762%3AOTDOAH%3E2.0.CO%3B2)]
- Robinson, P. J., 2001. On the Definition of a Heat Wave. *Journal Applied Meteorology*, 40, pp. 762-775.
- Santamouris M., Asimakopoulos D., 1996, Editors, PASSIVE COOLING OF BUILDINGS, University of Athens Greece.
- Sapountzaki, K., 2010. Traditional and modern urban management practices in hot regions. In *Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale ExWoSt-Zwischenkonferenz* (Stand 25.07.2011).
- Scudo G and Dessi V, 2002. Thermal comfort in urban space renewal. *Proceeding 23th PLEA*, 2006. [online at: <http://www.greenstructureplanning.eu/COSTC11/comfort.htm>]
- Smith. K, 2004. Biophysical Hazards. In Smith. K, *Environmental Hazards: Assessing risk and reducing disaster*, London : Abingdon: Routledge (Taylor & Francis Group), pp. 162-163.

- Stathopoulou, M., S. Iacovides & C. Cartalis, 2007. Quality of Life in Metropolitan Athens Using Satellite and Census Data: Comparison Between 1991 and 2001. In Stathopoulou, M. & C. Cartalis 2006. Mapping quality of life in metropolitan Athens using satellite and census data. In *21st EARSeL Workshop of the SIG Urban Remote Sensing Humboldt-Universität zu Berlin* (2-3 March 2006).[online at : <http://heatland2009.lbl.gov/docs/231040-stathopoulou-doc.pdf>]
- Stern N., 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Trigo RM, Ramos AM, Nogueira P, Santos FD, Garcia-Herrera R., Gouveia C. and Santo FE, 2009. Evaluating the impact of extreme temperature based indices in the 2003 heatwave excessive mortality in Portugal. *Environmental science & policy, Volume 12*, 844 - 854. [online at : http://ephyslab.uvigo.es/publica/documents/file_240%5B4%5D%20Evaluating%20the%20impact%20of%20extreme%20temperature%20based%20indices%20in%20the%202003.pdf]
- Tzenkova, A.S., Kandjov, I.M., Ivancheva, J.N., 2003. Some biometeorological aspects of urban climate in Sofia. *Proceedings of Fifth International Conference on Urban Climate, Lodz, Poland, Vol. 2*, 103-106.
- Valleron, A. J. & A. Boumendil 2004. Épidémiologie et canicules: Analyses de la vague de chaleur 2003 en France, *Comptes Rendus Biologies* 327: 12, 1125-1141. [online at : www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069104002197]
- Wassenhoven, L. Dousi, E., Housianakou, M., Koutalakis, H. and Lalos, A. 2009. Climate change, environmental vulnerability and European challenges. In ISTAME (Institute of Strategic and Development Studies), *Green Development, Reports for consultation*. Athens, pp. 3-54
- Westcott, Nancy E., 2011. The Prolonged 1954 Midwestern U.S. Heat Wave: Impacts and Responses. *Wea. Climate Soc.* 3 (3): 165–76. [Online at : <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/WCAS-D-10-05002.1>]
- Whitman S., Good G., E. R Donoghue, N. Benbow, W Shou, and S Mou. , 1997, Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *American Journal of Public Health* September 1997: Vol. 87, No. 9, pp. 1515-1518. [online at : <http://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/AJPH.87.9.1515>]
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION & WORLD HEALTH ORGANIZATION (McGregor ,Bessemoulin, K. Ebi , B. Menne) 201., *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development*, WMO No 1142

- Χαραλαμπίδης, Ι. 2006. *Εκτίμηση Βιομετεωρολογικών Δεικτών σε Φυτοκαλυμμένους και μη Χώρους*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Αλεξανδρή, Ε. 2010. *Μετρίασμός του φαινομένου θερμικής νήσου μέσω της φύτευσης δωματίων και όψεων*. Τεχνικά χρονικά. (Μάρτιος-Απρίλιος 2010).
- Ασημακόπουλος, Δ., Σανταμούρης, Μ., Φάρου, Ι., Λάσκαρη, Μ., Σαλιάρη, Μ., Ζαννης, Γ., Τίγγας Κ, Γιαννακίδης, Γ., 2011. Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής «Κίνδυνοι και Επιπτώσεις της Κλιματικής Μεταβολής στο Δομημένο Περιβάλλον», Τράπεζα της Ελλάδος, Ιούνιος 2011
- Βασενχοφεν. Λ, 2009. Κλιματική αλλαγή, περιβαλλοντική τρωτότητα, Ευρωπαϊκές προκλήσεις (συντονιστής, με συντελεστές τους Ε. Δούση, Χ. Κουταλάκη, Α. Λάλο και Μ. Χουσιανάκου). Στο *Πράσινη Ανάπτυξη: κείμενα διαβούλευσης (συντονιστής: Γιάννης Μανιάτης)*. Ινστιτούτο Στρατηγικών και Αναπτυξιακών Μελετών. Αθήνα, σελ. 3-54.
- Βλάχου, Ο., 2010. *Γεωγραφική Κατανομή, Μεταβλητότητα και Επιπτώσεις των Ακραίων Καιρικών Φαινομένων στην Ελλάδα βάσει αναφορών Ημερησίου τύπου και καταγεγραμμένων μετρήσεων*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωγραφίας.
- Καρτάλης Κ. 1999. Μετεωρολογία. Στο Αριανούτσου, Μ., Γεωργίου, Κ., Δημητρακόπουλος, Α., Καρτάλης Κ., Παναγιωτίδης Π., Σταματόπουλος, Κ., *Εισαγωγή στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον: Το Φυσικό Περιβάλλον*, σελ. 249, Πάτρα, ΕΑΠ.
- Κοτσίρης, Γ. Α., 2007. *Θερμική Άνεση*. Εκδόσεις ΙΩΝ: Αθήνα.
- Μπουγατιώτη, Φ. Μ., 2010. *Το αστικό μικροκλίμα :Βιοκλιματικές Παρεμβάσεις για την βελτίωση του*. Αθήνα, ΕΜΠ.
- Παπαδοπούλου, Ε., Γεωργίου, Ν., Μαρμασής, Μ., Μιμίκου, 2010. Εκτίμηση Χωρικής Κατανομής Κλιματικών και Βιοκλιματικών Δεικτών στην Περιοχή της Αττικής με Χρήση Δεδομένων του Δικτύου METEONET Γ. Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, τεύχ. 1 2010 Tech. Chron. Sci. J. TCG, No 1.
- Παπακριβού, Α. 2011. *Συμβολή στην ανάπτυξη ενός συστήματος προειδοποίησης για επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, που ενέχουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία*, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωγραφίας
- Σανταμούρης, Μ., 2000, κ.ά., *Οικολογική Δόμηση*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Δ/ση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας.

- Σταμούλης, Γ., 2015, *Η απειλή της κλιματικής αλλαγής, Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος*, Αθήνα, [online at: <http://www.eaps.gr/wp-content/uploads/2015/01/2015-01-22-CLIMA-e-book.pdf>]
- Τσέλιου, Α., 2009, *Συμβολή στην ανάπτυξη και εφαρμογή βιοκλιματικών δεικτών για την εκτίμηση της επίδρασης κλιματικών αλλαγών στη χρήση ανοιχτών χωρών εντός του αστικού περιβάλλοντος*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Διαδικτυακές Πηγές

- Australian Government : Bureau of Meteorology. Marble Bar heatwave, 1923–1924". Australian Climate Extremes. [Online at : <http://pandora.nla.gov.au/pan/96122/20090317-1643/www.bom.gov.au/lam/climate/levelthree/c20thc/temp1.html>]
- BBC , 2009 : "The drought of 1976". BBC News.[online at : http://www.bbc.co.uk/stoke/content/articles/2006/08/04/drought_1976_series_feature.shtml]
- CBC News : Heat wave in India kills 1,000 people this week , Posted: May 22, 2002 [online at : <http://www.cbc.ca/news/world/heat-wave-in-india-kills-1-000-people-this-week-1.328964>]
- CNN , 2012 , Brutal July heat a new U.S. record". Cable News Network [online at : <http://edition.cnn.com/2012/08/08/us/temperature-record/>]
- European Environmental Agency [online at : <http://www.eea.europa.eu/>]
- European Space Agency [online at: http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Satellites_predict_city_hot_spots]
- National Climatic Data Center - Chronological List of U.S. Billion Dollar Events - 22-Jul-2008 [Online at : <http://www.ncdc.noaa.gov/billions/>]
- National Center for Atmospheric research [online at : <https://www2.ucar.edu/atmosnews/news/10508/long-term-forecasts-heat-waves>]
- National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015, Billion-Dollar U.S. Weather/Climate Disasters 1980-2013 National Climatic Data Center Asheville, NC [online at : <http://www.ncdc.noaa.gov/billions/events.pdf>]
- NOAA “ The heat wave 1936”
<http://www.crh.noaa.gov/arx/events/heatwave36.php>
- Red Cross Red Crescent - World Disasters Report 2004- Chapter 2 Heatwaves. <http://www.ifrc.org>

- The urban heat island Project [online at: <http://www.eu-uhi.eu/index.php?comp=content&task=show&id=8>]
- United Nations, World Urbanization Prospects : The 2011 Revision [online at : http://esa.un.org/unup/pdf/WUP2011_Highlights.pdf]
- USA Today, 2002, : More than 1,000 dead in southern India heat wave [online at : <http://usatoday30.usatoday.com/weather/news/2002/2002-05-22-indiaheat.htm>]
- Αθηναϊκό-Μακεδονικό Πρακτορείο Ειδήσεων[εύρεση στο: <http://www.amna.gr/>]
- Γενική Γραμματεία Χωροταξίας και Αστικού Περιβάλλοντος - Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός[εύρεση στο: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=571>]
- Εφημερίδα «ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ» [εύρεση στο: <http://www.makthes.gr/news/reportage/90896/>]
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας – Κ.Α.Π.Ε.[εύρεση στο: http://www.cres.gr/kape/index_gr.htm]
- Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος , Ο Δεκάλογος των περιβαλλοντικών θεμάτων στην Ελλάδα του Δρ Μιχάλη Χάλαρη[εύρεση στο: http://www.fireservice.gr/pyr_ext_cms_files/dynamic/c49222/file/0/chalaris2_el_GR.pdf]
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων -Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. [εύρεση στο: <http://www.ypexode.gr/>]