



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

***ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ
ΚΑΥΣΩΝΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ***



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΖΕΡΒΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΑΕΜ:4093

ΓΙΟΥΒΑΝΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΑΕΜ:4276

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΠΥΘΑΡΟΥΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ (σελ. 3)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1)ΕΙΣΑΓΩΓΗ (σελ. 5)

1.2)ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ (σελ. 5)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1)ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ (σελ. 13)

2.2)ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΥΣΩΝΑ (σελ. 18)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1)Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΤΗΣ 24ΗΣ-27ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2007 ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (σελ. 20)

3.2)Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΤΗΣ 20ΗΣ-27ΗΣ ΙΟΥΛΙΟΥ 1987 ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (σελ. 35)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1)ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΤΗΣ 2-15 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 2003 ΣΤΗ ΔΥΤΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ (σελ. 45)

4.2)ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΟΔΙΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΑΝΑ ΧΩΡΑ (σελ. 58)

4.3)ΟΙ ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΚΑΥΣΩΝΑ ΤΟΥ 2003 ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ (σελ. 67)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (σελ. 71)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (σελ. 72)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μία προσπάθεια ορισμού του φαινομένου του καύσωνα και διαχωρισμού του από άλλους παρεμφερείς όρους. Το φαινόμενο του καύσωνα αποτελεί εδώ και χρόνια αντικείμενο μελέτης πολλών επιστημόνων και η δυσκολία εύρεσης ενός και μόνο ορισμού υπάρχει λόγω της διαφορετικότητας του φαινομένου από περιοχή σε περιοχή. Για αυτόν τον λόγο γίνεται μια προσπάθεια εύρεσης των κύριων χαρακτηριστικών του καύσωνα σε όλο τον κόσμο.

Επίσης μελετώνται τρία επεισόδια καύσωνα, αυτό της 24ης-28ης Ιουνίου 2007, η περίπτωση του καύσωνα της 20ης-27ης Ιουλίου 1987 και τέλος το επεισόδιο καύσωνα της 2ας – 15^{ης} Αυγούστου του 2003. Οι δύο πρώτες περιπτώσεις επηρέασαν την Ελλάδα και χαρακτηρίστηκαν από την μεγάλη ένταση και μεγάλη διάρκεια αντίστοιχα, ενώ ο καύσωνας του 2003 απασχόλησε τις χώρες της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης, στοιχίζοντας τη ζωή σε σχεδόν 30000 ανθρώπους.

Τέλος, καταγράφονται οι βασικές επιπτώσεις ενός κύματος καύσωνα, του μεγέθους του αντίστοιχου καύσωνα που έπληξε την Ευρώπη τον Αύγουστο του 2003 σε διάφορους τομείς όπως στην οικονομία, την ενέργεια και την γεωργία αλλά και άλλες αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να φέρει ένας καύσωνας όπως είναι οι πυρκαγιές.

ABSTRACT

This dissertation is an attempt to define the phenomenon of the heat wave and its separation from other similar terms. The phenomenon has been studied for many years by scientists. The difficulty of finding a single definition is very hard due to the diversity of the phenomenon from region to region. For this reason there is an attempt to find the main characteristics of heat waves around the world.

Three episodes of heat waves are being examined. The first is from the 24th to the 28th of June 2007, the second is from the 20th to the 27th of July 1987 and the third is from the 2nd to the 15th of August 2003. The first two cases affected Greece and were characterized by high intensity and long duration, respectively, while the heat wave of 2003 severely affected many countries of Western and Central Europe, costing the lives of nearly 30,000 people.

Also the main effects of a heat wave are recorded, which are the same size of the one that struck Europe in August 2003 in various sectors such as economy, energy and agriculture as well as other negative effects that can be caused by one, such as fires.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η επιστημονική κοινότητα αλλά και η κοινωνία γενικότερα ασχολούνται όλο και περισσότερο με τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως είναι οι εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες, οι καύσωνες και η ξηρασία που τις περισσότερες φορές τους συνοδεύει. Οι επιπτώσεις αυτών των φαινομένων είναι μεγάλες και επηρεάζουν τόσο την κοινωνία όσο και την οικονομία.

Η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα προσπαθεί να ορίσει και να μελετήσει τα φαινόμενα αυτά. Το καλοκαίρι, ένα τέτοιο φαινόμενο είναι η μεταφορά θερμών αερίων μαζών προς τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, η οποία όταν είναι έντονη και υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες χαρακτηρίζεται ως καύσωνας.

Ένα από τα πιο δύσκολα σημεία στη μελέτη του φαινομένου είναι ο ορισμός του, ο οποίος δεν είναι σαφής και ίδιος για όλες της περιοχές της Γής. Αναφορικά με τις θερμές εισβολές, ο πιο κοινός όρος που, συνήθως, χρησιμοποιείται είναι *warm invasion*(θερμή εισβολή) ή *warm event*(θερμό γεγονός), ενώ πιο σπάνια *hot spell* και *warm spell*. Επίσης, ένας ταυτόσημος όρος, που χρησιμοποιείται ευρέως, είναι και αυτός του καύσωνα (*heat wave*).

Οι καύσωνες είναι ένα συχνό φαινόμενο για τις περιοχές της νότιας Ευρώπης με προέλευση την έρημο Σαχάρα και την ευρύτερη περιοχή της βόρειας Αφρικής, όπως και η περίπτωση του καύσωνα του Ιουνίου του 2007 που έπληξε την Ελλάδα. Στην υπόλοιπη Ευρώπη το φαινόμενο είναι λιγότερο συχνό, ωστόσο παρά τη μικρή συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου μπορεί να προκληθούν κατά τόπους έντονα φαινόμενα, όπως ο καύσωνας τον Αύγουστο του 2003 που έπληξε τη Δυτική Ευρώπη και είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο δεκάδων χιλιάδων πολιτών.

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ

Το φαινόμενο του καύσωνα αποτέλεσε και εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο μετεωρολογικής έρευνας και μελέτης. Είναι πολύ δύσκολο να δοθεί ένας και μόνο ορισμός επεισοδίου καύσωνα με παγκόσμια εμβέλεια δεδομένου ότι το συγκεκριμένο

φαινόμενο επηρεάζεται άμεσα από τα ιδιαίτερα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου τόπου. Αυτό διαπιστώνεται και από το μεγάλο αριθμό όρων που έχουν κατά καιρούς προταθεί, ως σχετικοί ή παραπλήσιοι με την έννοια του καύσωνα.

Καύσωνας μπορεί να ονομασθεί μια περίοδος αφύσικης και ασυνήθιστης ζέστης και συγχρόνως πολύ υγρής κατάστασης. Για να χαρακτηριστεί καύσωνας θα πρέπει η περίοδος αυτών των συνθηκών να διαρκεί τουλάχιστον 24 ώρες . Συνήθως διαρκεί από μερικές ημέρες μέχρι μερικές εβδομάδες.(Huschke 1959) . Οι ωριαίες μετρήσεις κρίνονται απαραίτητες στην περίπτωση εντοπισμού και χαρακτηρισμού ενός επεισοδίου καύσωνα. Οι ημερήσιες μετρήσεις είναι επαρκείς μόνο για γενική εκτίμηση επεισοδίων καύσωνα.

Σύμφωνα με τον Πρεζεράκο (1989) και τον Robinson (2008), στη βιβλιογραφία δεν υπάρχει σαφής και αυστηρά μοναδικός ορισμός του καύσωνα.

Στην Ελλάδα, οι διάφοροι ερευνητές προσπάθησαν να δώσουν την έννοια του καύσωνα και με παραπλήσιες έννοιες, που στηρίζονται στον παράγοντα θερμοκρασία, όπως είναι οι ακόλουθες:

ΘΕΡΜΟ ΚΥΜΑ

Το «θερμό κύμα» ορίζεται για πρώτη φορά από τους Μαριολόπουλο και Καραπιπέρη (1956), ως η σειρά διαδοχικών ημερών που αποτελεί κύμανση, στην οποία η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος, μίας τουλάχιστον ημέρας, ήταν κατά τουλάχιστον 5° C μεγαλύτερη από την κανονική θερμοκρασία της αντίστοιχης ημερομηνίας της εξαχθείσης από παρατηρήσεις της περιόδου 1901-1950.

Οι Founda et al. (2004) όρισαν ως θερμό επεισόδιο κάθε χρονικό διάστημα τριών τουλάχιστον ημερών που η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία υπερβαίνει τους 35°C.

ΘΕΡΜΗ ΕΙΣΒΟΛΗ-ΗΜΕΡΑ ΘΕΡΜΗΣ ΕΙΣΒΟΛΗΣ

Η έννοια της «θερμής εισβολής» ορίζεται για πρώτη φορά από τον Φλόκα (1970) ως η αύξηση των τιμών των πρωτευόντων ή δευτερευόντων μεγίστων της θερμοκρασίας

του αέρα κατά τουλάχιστον 0.6° C, σε έναν τουλάχιστον μετεωρολογικό σταθμό της Ελλάδας.

Ο Flocas (1981) μελέτησε την εμμονή των θερμών και ψυχρών επεισοδίων στο μετεωρολογικό σταθμό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης. Ως θερμό επεισόδιο λήφθηκε κάθε σειρά διαδοχικών ημερών στις οποίες η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τη μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία αυξημένη κατά μία τουλάχιστον τυπική απόκλιση. Αργότερα ο Φλόκας περιέγραψε ως θερμή εισβολή μία «σειρά διαδοχικών ημερών, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τιμές ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας, τουλάχιστον ίσες με την τιμή του αθροίσματος του μέσου όρου της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μιας μακράς σειράς ετών και της τυπικής απόκλισης του μέσου».

Εν τέλει, οι Μπαλαφούτης και Αρσένη-Παπαδημητρίου (Balafoutis, Arseni-Papadimitriou, 1998) ορίζουν ως «πολύ θερμή περίοδο» στη Ν.Βαλκανική μια «περίοδος τριών τουλάχιστον διαδοχικών ημερών, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τιμές ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερης από το μακροχρόνιο μέσο όρο της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας, κατά τουλάχιστον 4 °C».

ΗΜΕΡΑ ΚΑΥΣΩΝΑ

Οι Μεταξάς και Κάλλος (1980) όρισαν τα κριτήρια καθορισμού επεισοδίου καύσωνα για συγκεκριμένες πόλεις στην Ελλάδα:

- Η μέγιστη θερμοκρασία στο Αστεροσκοπείο Αθηνών στο Θησείο πρέπει να είναι τουλάχιστον 37 °C .
- Η μέση ημερήσια θερμοκρασία πρέπει να είναι τουλάχιστον 31 °C για τον ίδιο σταθμό.
- Η μέγιστη θερμοκρασία στο μετεωρολογικό σταθμό Λαρίσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 38 °C.

Αυτοί οι δύο σταθμοί θεωρήθηκαν αντιπροσωπευτικοί του Ελληνικού χώρου, καθώς ο μεν πρώτος βρίσκεται σε αστική περιοχή αλλά και κοντά στη θάλασσα, ο δε

δεύτερος, λόγω της θέσης του στον ηπειρωτικό κορμό της Ελλάδας και στη συχνή καταγραφή επεισοδίων καύσωνα σε αυτόν.

Τέλος υπάρχουν και διάφοροι άλλοι ορισμοί όπως είναι και οι ακόλουθοι:

- Θερινή ημέρα: «ημέρα του επταμήνου Απρίλιος-Οκτώβριος με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 25°C.»(Μπαλαφούτης 1979)
- Θερμή ημέρα: « για το τετράμηνο Ιούνιος-Σεπτέμβριος σε οκτώ (8) νησιωτικούς Μετεωρολογικούς Σταθμούς του Αιγαίου είναι η ημέρα με τιμή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 24°C, ή με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας υψηλότερη των 28°C.» (Νιάχου κ.α. 1998)
- Πολύ θερμή ημέρα: « για την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου ημέρα με τιμή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 28°C, ή με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 33°C.» (Νιάχου κ.α. 1998)

Επομένως, οι ορισμοί που παρατέθηκαν παραπάνω βασίζονται σε οριακές τιμές μιας θερμοκρασιακής παραμέτρου.

Όπως διαπιστώνεται από τους ορισμούς που δόθηκαν υπάρχει δυσκολία να οριστεί η «ημέρα καύσωνα» με βάση τη θερμοκρασία κατά τρόπο αποδεκτό από την πλειοψηφία των ερευνητών της ίδιας τουλάχιστον χώρας.

Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένας έμμεσος εντοπισμός των ημερών καύσωνα, μέσω της *θερμικής δυσφορίας* που προκαλείται από το φαινόμενο του καύσωνα και γίνεται με τη βοήθεια *βιομετεωρολογικών δεικτών* (ή *δεικτών δυσφορίας*).

Οι **βιομετεωρολογικοί δείκτες** είναι εμπειρικές σχέσεις που εκφράζουν ποσοτικά την αίσθηση της θερμικής δυσφορίας, συναρτήσει παραμέτρων αφενός

μετεωρολογικών (θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία) και αφετέρου θερμοφυσιολογικών (επίπεδο δραστηριότητας των ατόμων).

Τέτοιοι βιομετεωρολογικοί δείκτες είναι και οι ακόλουθοι:

- ❖ Ενεργός θερμοκρασία (Effective Temperature, ET)
- ❖ Ο δείκτης θερμότητας (Heat Index – HI) ή η φαινόμενη θερμοκρασία (Apparent Temperature –AT, Steadman; 1979, 1984,)
- ❖ Δείκτης θερμοκρασίας-υγρασίας (THI-Temperature – Humidity Index) (Thom, E.C., 1959)

Ενεργός θερμοκρασία (Effective Temperature, ET)

Ο όρος αυτός χαρακτηρίζει έναν αυθαίρετο, υποκειμενικό και εμπειρικό δείκτη δυσφορίας, ο οποίος εκφράζει την «επίδραση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ταχύτητας κίνησης του αέρα, στην αίσθηση του θερμού και ψυχρού που βιώνει το ανθρώπινο σώμα» (Houghton and Yaglou 1923).

Ο δείκτης θερμότητας (Heat Index – HI) ή η φαινόμενη θερμοκρασία (Apparent Temperature –AT, Steadman; 1979, 1984)

Αποτελεί έναν πολύ ικανοποιητικό υπολογισμό για τη δυσφορία που αισθάνεται το άτομο όταν η υγρασία συνδυασθεί με την υψηλή θερμοκρασία, δηλαδή μετράει το «στρες» του ανθρώπινου οργανισμού που αναπτύσσεται για διάφορες τιμές υγρασίας της ατμόσφαιρας.

Για δεδομένη ατμοσφαιρική θερμοκρασία και συγκεκριμένη τάση υδρατμών, ο HI αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία που παράγεται στο ανθρώπινο σώμα εάν η τάση ατμών αλλάξει σε μία προκαθορισμένη ένδειξη πίεσης. Έτσι, για παράδειγμα μία κατάσταση θερμοκρασίας 30°C και σχετικής υγρασίας 60%, μεταφράζεται σε HI ίσο με 33°C.

Φαινόμενη θερμοκρασία

Έτσι ονομάζεται η πραγματική θερμοκρασία του αέρα, όταν η θερμοκρασία του σημείου δρόσου είναι 14 °C. Για σημείο δρόσου μεγαλύτερο των 14 °C η φαινόμενη θερμοκρασία υπερβαίνει την πραγματική θερμοκρασία, ενώ για σημείο δρόσου μικρότερο των 14 °C η φαινόμενη θερμοκρασία είναι μικρότερη από την πραγματική θερμοκρασία του αέρα. Όταν η φαινόμενη θερμοκρασία είναι μικρότερη από 27°C, τότε επικρατούν υποφερτές συνθήκες, ενώ τέλος για τιμές οι οποίες είναι μεγαλύτερες από 41°C, τότε υπάρχει κίνδυνος για απώλειες ανθρώπινων ζώων.

Δείκτης θερμοκρασίας-υγρασίας (THI-Temperature – Humidity Index)

Ο «Δείκτης Θερμοκρασίας-Υγρασίας» ή «Δείκτης Δυσφορίας» προτάθηκε από τον Thom (1957, 1959) με αντικειμενικό σκοπό την ποσοτική απόδοση, με τρόπο απλό, της θερινής θερμικής δυσφορίας στις ΗΠΑ. Προέρχεται από την παρατηρούμενη εξωτερική θερμοκρασία και υγρασία του αέρα. Ορίζεται ως μια μέτρηση της φαινόμενης θερμοκρασίας, δηλαδή πως αισθάνεται ο άνθρωπος τη θερμοκρασία ανάλογα με το ποσό του νερού που εξατμίζεται στον αέρα. Αναφέρεται σε τιμές θερμοκρασίας που κυμαίνονται μεταξύ 20 και 51°C

Πίνακας 1.1: Βαθμίδες τιμών THI (Thom, 1959)

THI	Περιγραφή
THI < 21	Κανένας δεν αισθάνεται δυσφορία
$21 \leq \text{THI} < 24$	Το 10 % του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
$24 \leq \text{THI} < 26$	Το 50 % του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
$26 \leq \text{THI} \leq 26,7$	Το 100% του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
THI > 26,7	Η δυσφορία είναι έντονη και επικίνδυνη

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1.1 όταν ο δείκτης THI είναι μικρότερος από 21 τότε το σύνολο του πληθυσμού δε αισθάνεται δυσφορία. Όταν ο δείκτης παίρνει τιμές από 24 έως 26 τότε ο μισός περίπου πληθυσμός αισθάνεται δυσφορία, ενώ όταν η τιμή υπερβεί το 26,7 η δυσφορία είναι έντονη και επικίνδυνη.

Εκτός από τις βαθμίδες τιμών του πίνακα 1.1, χρησιμοποιείται ακόμη και η κλίμακα βαθμίδων τιμών του Πίνακα 1.2 που ακολουθεί

Πίνακας 1.2: Βαθμίδες τιμών THI (Barrow and Karacostas, 1996)

THI	Τάξη	Περιγραφή
$69 \leq \text{THI} < 75$	Ήπια	Λίγοι αισθάνονται δυσφορία
$75 \leq \text{THI} < 80$	Μέτρια	Σχεδόν το 50% των ατόμων αισθάνεται δυσφορία
$80 \leq \text{THI} < 84$	Σοβαρή	Σχεδόν όλοι αισθάνονται δυσφορία
$84 \leq \text{THI} < 92$	Έντονη	Ταχέως ελαττούμενη απόδοση στην εργασία
$\text{THI} \geq 92$	Εξαιρετική	Εξαιρετικά επικίνδυνη κατάσταση

Για αυτήν την κατηγοριοποίηση η θερμοκρασία εκφράζεται σε βαθμούς Κελσίου. Για την κατηγοριοποίηση των συνεπειών της θερμικής δυσφορίας στην ανθρώπινη υγεία, καθορίζονται οι αντίστοιχες ζώνες τιμών THI, οι οποίες βασίζονται στη δυσφορία που αισθάνεται ενδεδυμένο άτομο, απασχολούμενο με καθιστική δραστηριότητα, υπό συνθήκες αέρα, χαρακτηριζόμενου από νηνεμία.

Σύμφωνα με τους Barrow και Καρακώστα, οι τιμές του δείκτη THI για διαφορετικά άτομα μπορεί να κυμαίνονται σημαντικά.

Η Σπύρου (2000) όρισε και στη συνέχεια εντόπισε τα επεισόδια καύσωνα χρησιμοποιώντας τα παρακάτω κριτήρια: α) ως ημέρα καύσωνα σε ένα σταθμό κάθε

ημέρα με ελάχιστο ημερήσιο δείκτη THI από 21 (10% του πληθυσμού νιώθει δυσφορία) και πάνω σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Thom(1959), β) ως ακολουθία ημερών καύσωνα κάθε σειρά δύο τουλάχιστον διαδοχικών ημερών καύσωνα, η οποία παρατηρείται στον ίδιο σταθμό και γ) ως επεισόδιο καύσωνα κάθε σειρά δύο τουλάχιστον διαδοχικών ημερών καύσωνα η οποία παρατηρείται σε δύο τουλάχιστον σταθμούς.

Συνοψίζοντας, έγινε ένας διαχωρισμός του καύσωνα από άλλους συναφείς μετεωρολογικούς όρους και έτσι ως **καύσωνας** μπορεί να ονομασθεί μια περίοδος αφύσικης και ασυνήθιστης ζέστης και συγχρόνως πολύ υγρής κατάστασης. Για να χαρακτηριστεί καύσωνας θα πρέπει η περίοδος αυτών των συνθηκών να διαρκεί τουλάχιστον 24 ώρες. Όμως, με βάση το γεωγραφικό πλάτος οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας για να οριστεί ένα επεισόδιο έντονης ζέστης ως καύσωνας ποικίλουν όπως επίσης και η διάρκεια του φαινομένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Ακολουθώντας, παρατίθεται μια σειρά μελετών, οι οποίες έχουν ως αντικείμενο τον ορισμό της έννοιας «καύσωνα» ή των άλλων παρεμφερών εννοιών εκτός Ελλάδος.

ΕΥΡΩΠΗ

➤ ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ

Το 1992, ο Burt όρισε ως « θερμή περίοδο» (hot spell) κάθε «περίοδο τουλάχιστον τεσσάρων διαδοχικών ημερών, με τιμές ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας τουλάχιστον ίσες με 32°C».

➤ ΓΑΛΛΙΑ

«Θερινή ημέρα» θεωρείται κάθε «ημέρα με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη ή ίση των 25°C»(Sneyers 1982)

➤ ΙΣΠΑΝΙΑ

Στην Ισπανία το θερμοκρασιακό όριο για τον καύσωνα ποικίλλει χρονικά και γεωγραφικά. «Ως ελάχιστη οριακή τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας για την ανίχνευση ημερών καύσωνα στη Ν. Ισπανία, θεωρείται η τιμή των 45°C»

➤ ΓΕΡΜΑΝΙΑ

«Θερμή ημέρα», θεωρείται κάθε ημέρα με τιμή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση με 20°C.» (Janssen et al 1998)

➤ ΡΩΣΙΑ

Σύμφωνα με τη Ρωσική Υδρομετεωρολογική Υπηρεσία ως «εξαιρετικά υψηλές» χαρακτηρίζονται οι «τιμές ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας, οι οποίες είναι μεγαλύτερες των 40°C»

➤ ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ

Ως «καύσωνας βραχείας διάρκειας (short- lasting heat wave) χαρακτηρίζεται κάθε «περίοδος τριών έως πέντε διαδοχικών ημερών, κατά τη διάρκεια της οποίας σημειώνεται απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 7-15°C, σε σχέση με τη μακροχρόνια μέση μηνιαία τιμή της». Ο «καύσωνας βραχείας διάρκειας» καλύπτει την Ιταλία, τη Κορσική, τη Μάλτα, το προς την Αδριατική τμήμα της πρώην Γιουγκοσλαβίας, την Αλβανία και τμήματα της Ελλάδας και της Β.Αφρικής.

Αντίστοιχα, ως «καύσωνας μακράς διάρκειας» (long-lasting heat wave) σε όλη τη Μεσόγειο θεωρείται κάθε «περίοδος δέκα τουλάχιστον διαδοχικών ημερών, κατά τη διάρκεια της οποίας σημειώνεται αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 5°C, σε σχέση με τη μακροχρόνια μέση μηνιαία τιμή της».

Οι Baldi et al. (2005), μελέτησαν τα επεισόδια καύσωνα της θερμής περιόδου (Ιούνιος-Σεπτέμβριος) στην Ιταλία σε δύο ομάδες, ανάλογα με τη διάρκειά τους: α) τα μικρής διάρκειας επεισόδια, όπου η ημερήσια θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την ημερήσια μέση θερμοκρασία της περιόδου 1961-1990 κατά μία τουλάχιστον τυπική απόκλιση και έχουν διάρκεια 3-6 ημέρες και β) τα μεγάλης χρονικής διάρκειας επεισόδια, όπου ισχύει το ίδιο κριτήριο αλλά για επτά τουλάχιστον ημέρες.

➤ ΤΣΕΧΙΑ

Οι Huth et al. (2000) μελέτησαν επεισόδια καύσωνα στη νότια Τσεχία. Ως επεισόδιο καύσωνα όρισαν μία σειρά διαδοχικών ημερών για τις οποίες α) η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι πάνω από 30°C για τουλάχιστον τρεις ημέρες, β) η μέση ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία των ημερών του επεισοδίου να είναι τουλάχιστον 30°C και γ) κατά τη διάρκεια του επεισοδίου η ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από 25°C.

➤ ΟΛΛΑΝΔΙΑ

Οι Huynen et al. (2001) μελέτησαν την επίδραση των θερμών και ψυχρών επεισοδίων στα επίπεδα θνησιμότητας στην Ολλανδία. Όρισαν ως επεισόδιο καύσωνα κάθε περίοδο πέντε τουλάχιστον ημερών με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία τουλάχιστον 25°C με την προϋπόθεση ότι τρεις ημέρες από αυτές έχουν μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία τουλάχιστον 30 °C. Για την περίοδο 1979-1997 εντόπισαν έξι επεισόδια καύσωνα χρονικής διάρκειας 6 έως 13 ημέρες και πέντε ψυχρά επεισόδια διάρκειας 9 έως 17 ημέρες.

➤ ΔΑΝΙΑ

Σημειώθηκαν 3 ημέρες με μέση μέγιστη θερμοκρασία 28 °C και άνω τουλάχιστον στις μισές περιοχές της χώρας.

➤ ΣΕΡΒΙΑ

Οι Unkašević and Tošić (2009) όρισαν ως επεισόδιο καύσωνα στη Σερβία κάθε περίοδο πέντε τουλάχιστον διαδοχικών ημερών, όπου η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 5°C από την αντίστοιχη μέση τιμή της περιόδου 1961-1990.

ΑΣΙΑ

➤ ΙΝΔΙΑ

Σύμφωνα με την Ινδική Μετεωρολογική Υπηρεσία (<http://www.imd.gov.in/>) ορίζεται για το τετράμηνο Μάρτιος-Ιούνιος:

- a) Ως «ημέρα μέτριου καύσωνα», κάθε «ημέρα με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη κατά τουλάχιστον 6°C από το μέσο όρο της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας για μία μακρά περίοδο του παρελθόντος».

- b) Ως «ημέρα ισχυρού καύσωνα», κάθε «ημέρα με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη κατά τουλάχιστον 8°C από το μέσο όρο της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας για μία μακρά περίοδο του παρελθόντος».

ΑΜΕΡΙΚΗ

➤ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ (ΗΠΑ)

Σύμφωνα με τον DeGaetano (1996), ως «εμφάνιση καύσωνα» ορίζεται κάθε «περίοδος πέντε τουλάχιστον διαδοχικών ημερών, με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 35°C».

Επίσης κατά τους Henderson και Muller (1977) ως «ημέρα εξαιρετικής θερμοκρασίας» ορίζεται, κάθε «ημέρα με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας, τουλάχιστον ίση με την τιμή του αθροίσματος του μέσου όρου της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας για μια μακρά περίοδο του παρελθόντος και της τυπικής απόκλισης του μέσου αυτού»

➤ ΚΟΥΒΑ

Σύμφωνα με τους Lecha και Florido (1989) ως «θερμή ημέρα» στην Κούβα, ορίζεται κάθε «ημέρα με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 30°C και ταυτόχρονα με τιμή ημερήσιας ελάχιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 20°C».

➤ ΑΡΓΕΝΤΙΝΗ

Οι Rusticucci and Vargas (2002), αφού υπολόγισαν τις αποκλίσεις των ημερήσιων μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών από τις αντίστοιχες μέσες τιμές μίας μακράς χρονικής περιόδου (1959-1998) για τη χώρα της Αργεντινής, όρισαν ως θερμό επεισόδιο α) μία σειρά διαδοχικών ημερών με θετικές ανωμαλίες της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και β) ο αριθμός των ημερών που η ανωμαλία διατηρεί το

ίδιο πρόσημο ή η μέγιστη τιμή της απόκλισης των ημερών του επεισοδίου να υπερβαίνουν το τρίτο τεταρτημόριο (25%) της κατανομής των συχνοτήτων τους.

Οι Campetella and Rusticucci (1998) χρησιμοποίησαν παραπλήσιο κριτήριο με τους προηγούμενους ερευνητές για τον εντοπισμό επεισοδίων καύσωνα στην Αργεντινή, με τη διαφορά ότι ως κατώφλι χρησιμοποίησαν τη μέση τιμή αυξημένη κατά μία μονάδα τυπικής απόκλισης.

ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ

Χαρακτηριστικός είναι ο ορισμός της «θερμής ημέρας» κατά τους Hennessy and Pittock (1993) , σύμφωνα με τον οποίο ως «θερμή ημέρα» χαρακτηρίζεται κάθε «θερινή ημέρα με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση με 35°C».

Οι Deo et al. (2007), προκειμένου να εντοπίσουν τα επεισόδια καύσωνα για τη θερμή περίοδο (Νοέμβριο-Απρίλιο), χρησιμοποίησαν τη θερμοκρασία και την υγρασία και υπολόγισαν ένα δείκτη που ονόμασαν δείκτη θερμότητας (heat index) ή αλλιώς φαινόμενη θερμοκρασία σώματος (apparent body temperature, Ta). Στη συνέχεια, υπολόγισαν τον κινούμενο μέσο τριών όρων των ημερήσιων τιμών της Ta για κάθε χρόνο και ονόμασαν δείκτη θερμότητας (heat index) εκείνου του χρόνου, τη μεγαλύτερη τιμή, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μία χρονοσειρά τιμών για κάθε σταθμό.

Επιμέρους συμπεράσματα

Από το σύνολο των ορισμών που παρατέθηκαν διαπιστώνεται ότι τόσο στο Βόρειο όσο και στο Νότιο Ημισφαίριο, ο εντοπισμός «ημερών καύσωνα», «θερμών ημερών» κλπ. γίνεται με πρωτεύον κριτήριο μία ελάχιστη οριακή τιμή ημερήσιας μέσης ή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας του αέρα.

2.2 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΥΣΩΝΑ

Όπως ειπώθηκε, δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος και αυστηρός ορισμός του καύσωνα, ενώ και τα διάφορα χαρακτηριστικά διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Ωστόσο, υπάρχουν τρία βασικά χαρακτηριστικά τα οποία συνδέονται στην πλειονότητα των περιπτώσεων με επεισόδια καύσωνα:

- Στάσιμο βαρομετρικό υψηλό: ασθενείς άνεμοι ή άπνοια, ηλιοφάνεια, υψηλές θερμοκρασίες, αυξημένη Σχετική Υγρασία
- Κατάλληλη θέση αεροχειμάρρου
- Εγγύτητα σε ερήμους ή μεγάλα αστικά κέντρα (αστική θερμονησίδα)

Όπως θα δούμε και στη συνέχεια τόσο στο επεισόδιο καύσωνα που έπληξε την Ευρώπη το 2003, όσο και στο αντίστοιχο επεισόδιο που έπληξε την Ελληνική περιοχή το 2007 τα τρία παραπάνω χαρακτηριστικά ήταν καθοριστικά.

Ιδιαίτερη σημασία για τη δημιουργία ή την περαιτέρω ένταση ενός επεισοδίου καύσωνα φαίνεται να έχει η θέση του αεροχειμάρρου πάνω από μία περιοχή. Σε δύο χαρακτηριστικές ως προς την ένταση περιπτώσεις (καύσωνα 1987, καύσωνα 2007), η θέση του υποτροπικού αεροχειμάρρου βορείως της Ελλάδας προκάλεσε τις τόσο υψηλές τιμές θερμοκρασίας.

Ο Υποτροπικός αεροχείμαρρος (ΥΑ) πνέει επάνω από τη διαχωριστική γραμμή μεταξύ των αερίων μαζών των μέσων και των τροπικών γεωγραφικών πλατών, σε γεωγραφικό πλάτος 20° (χειμώνας) - 40° (θέρος) και σε ύψος 13 – 14 Km (Palmen and Newton, 1969). Η ταχύτητα του ΥΑ δύναται να φθάσει έως και τους 300 κόμβους. Ο ΥΑ διαχωρίζει την τροπόπαυση των μέσων γεωγραφικών πλατών (~11 Km) από την τροπική τροπόπαυση (Tropical tropopause, ~16 Km).

Παρ' όλο που η πνοή του δε φθάνει μέχρι το έδαφος, ο ΥΑ είναι πολύ σημαντικός, καθώς συνοδεύεται από έντονες καθοδικές κινήσεις, καλοκαιρία και κύματα καύσωνα κατά το θέρος, στη νότια πλευρά στην έξοδό του. Επομένως γίνεται αντιληπτός ο ιδιαίτερος ρόλος του για τη Μεσογειακή περιοχή τους θερινούς μήνες του έτους.

Το υψόμετρο του ΥΑ είναι τόσο μεγάλο, που η πνοή του δε φθάνει μέχρι το έδαφος, αν και έχει παρατηρηθεί μεταφορά ορμής από τον ΥΑ μέχρι και το έδαφος παρουσία ισχυρών καθοδικών ρευμάτων (Ivancan – Picek and Tutis, 1994, Karyampudi et al., 1994). Ο ΥΑ μπορεί να συμβάλλει σε ακραία καιρικά φαινόμενα, τόσο δια καθοδικών, όσο και δια ανοδικών κινήσεων, ανάλογα με την εποχή του έτους και με τη θέση του αεροχειμάρρου. Κατά τη θερινή περίοδο, που ο ΥΑ πολύ συχνά πνέει σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη, η εξάπλωση τροπικών αερίων μαζών προκαλεί επεισόδια καύσωνα. Εκτός από την εξ' ορισμού, άμεση, συνοπτική σχέση του ΥΑ με το επεισόδιο καύσωνα, μέσω του δακτυλίου του Hadley και των τροπικών αερίων μαζών, ο ΥΑ μπορεί να ενισχύσει τα επεισόδια καύσωνα δια κατολισθήσης.(Brikas et al, 2006, Pytharoulis et al, 2008)

Επομένως, κατά τη διάρκεια του θέρους επεισόδια καύσωνα αναμένεται να σημειώνονται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη κάθε φορά που ο ΥΑ εκτρέπεται προς βορρά. Έντονες καθοδικές κινήσεις, κυρίως εμπρός και δεξιά από αντικυκλωνικά μέγιστα του ΥΑ αναμένεται να ενισχύουν τα επεισόδια καύσωνα.

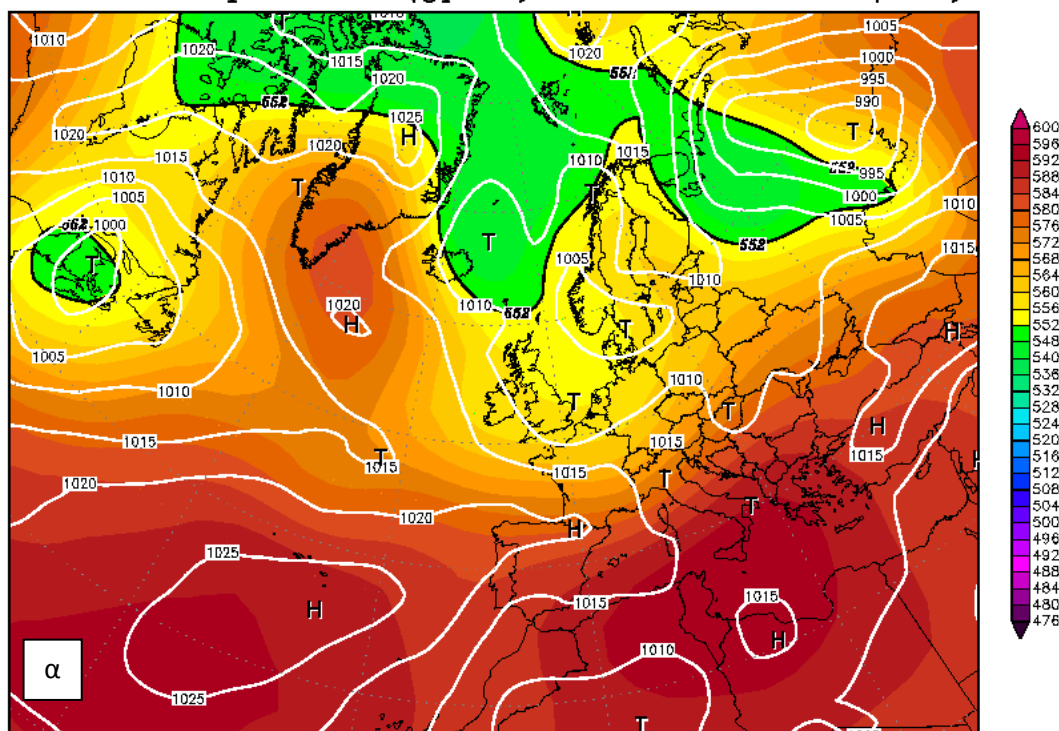
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Περίπτωση 24-27 Ιουνίου 2007 στον Ελλαδικό χώρο

Το καλοκαίρι του 2007 ήταν εξαιρετικά θερμό καθώς ένα έντονο επεισόδιο καύσωνα εμφανίστηκε στο τέλος του Ιουνίου. Οι μέγιστες θερμοκρασίες ξεπέρασαν τους 38-39°C στις περισσότερες περιοχές της χώρας και ακραίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν σε αρκετές Ελληνικές πόλεις. Σημαντικά προβλήματα προκλήθηκαν σε πολλές περιοχές στην παροχή ηλεκτρισμού, ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες συνεισέφεραν στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για δασικές πυρκαγιές. Παρά το γεγονός ότι η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) είχε εκδώσει έγκαιρη προειδοποίηση του επεισοδίου, αυτό θεωρήθηκε υπεύθυνο για το θάνατο 7 ατόμων και τη θερμοπληξία πολλών άλλων.

23JUN2007 00Z

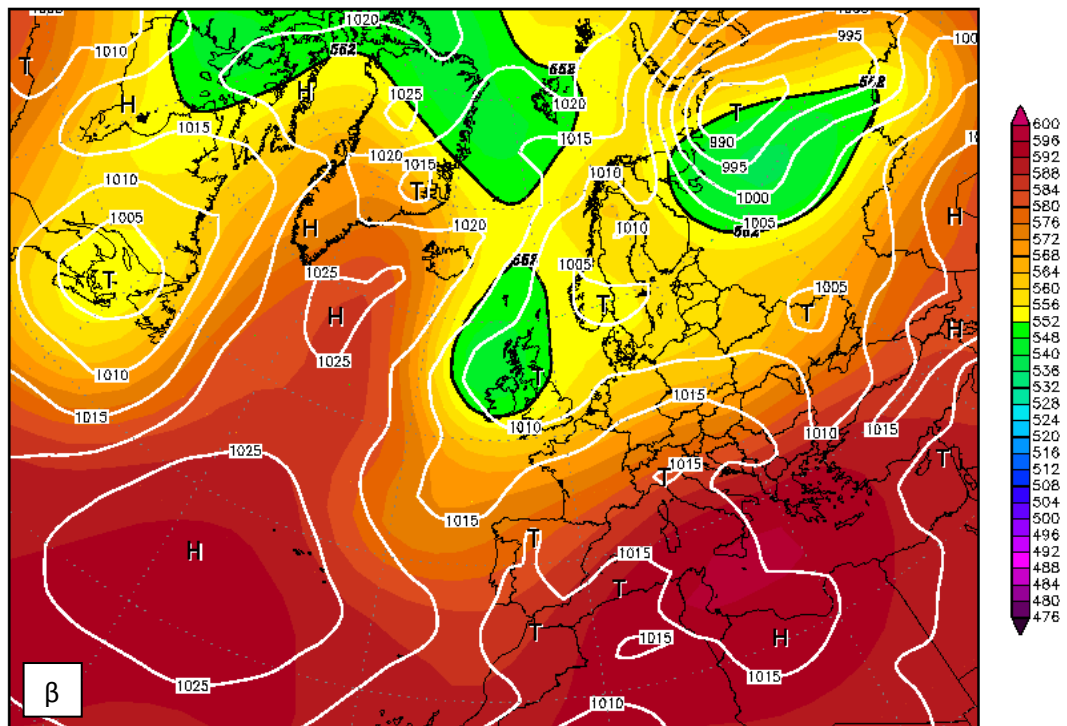
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

24JUN2007 00Z

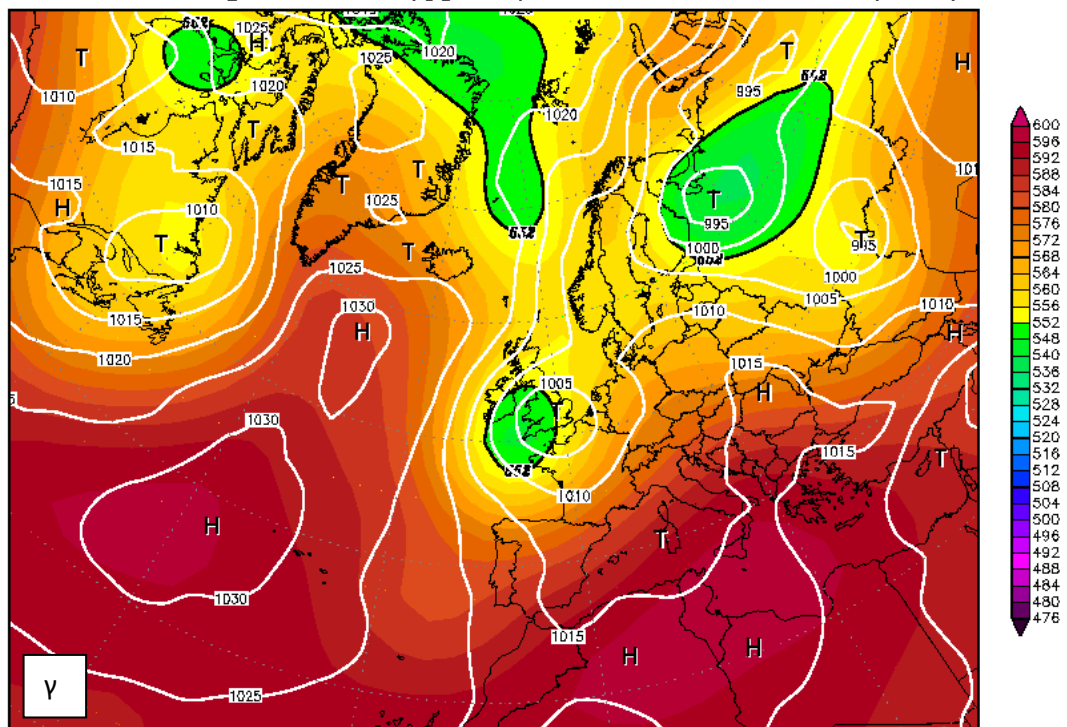
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

25JUN2007 00Z

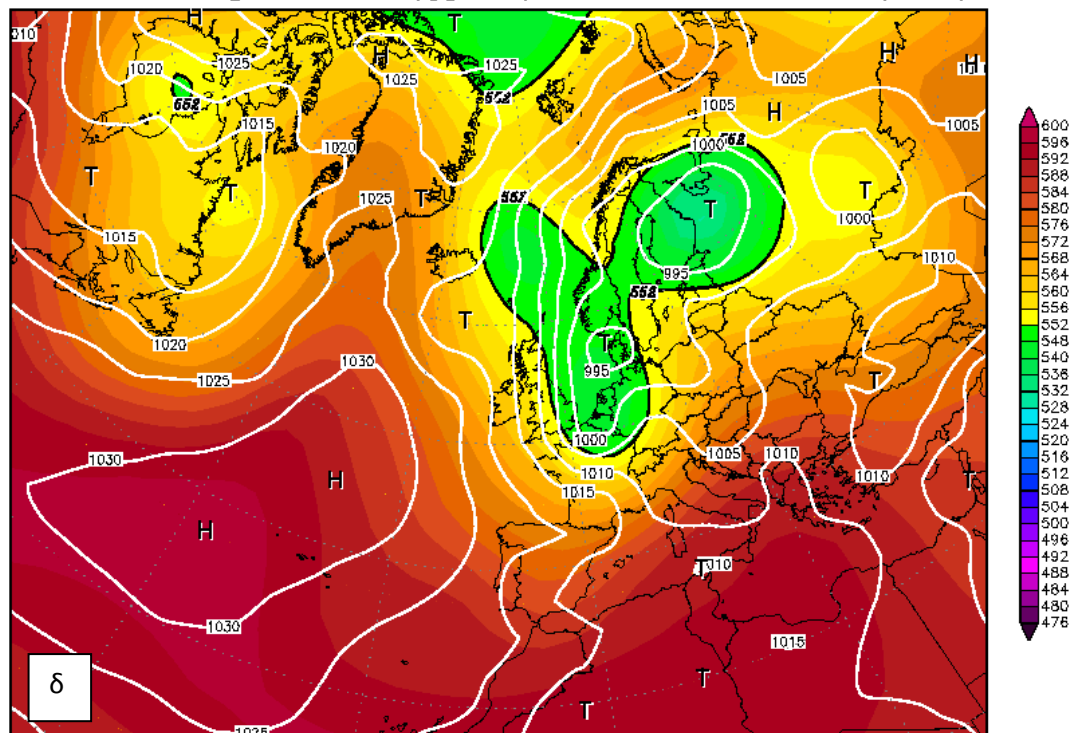
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

26JUN2007 00Z

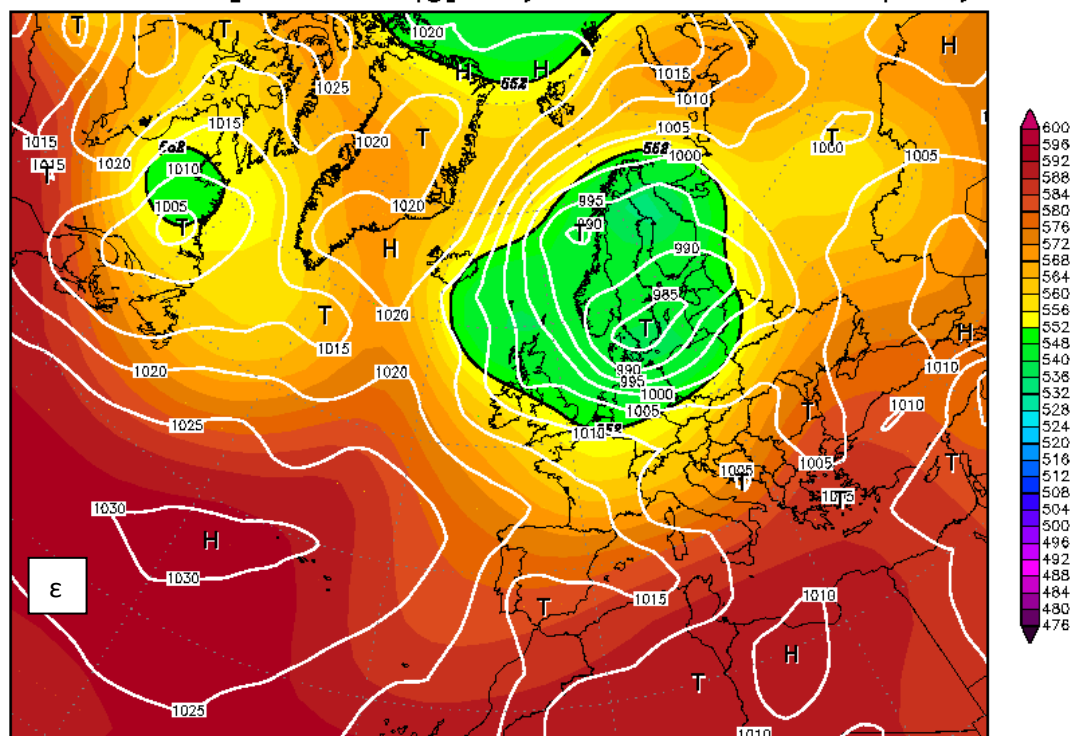
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

27JUN2007 00Z

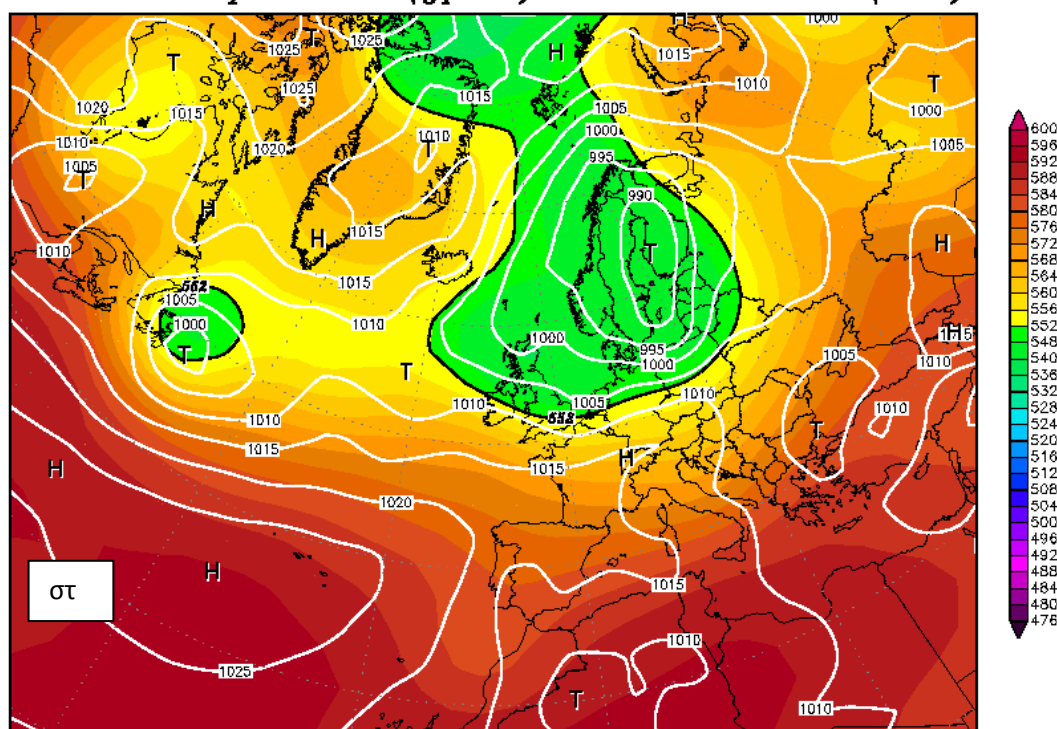
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

28JUN2007 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

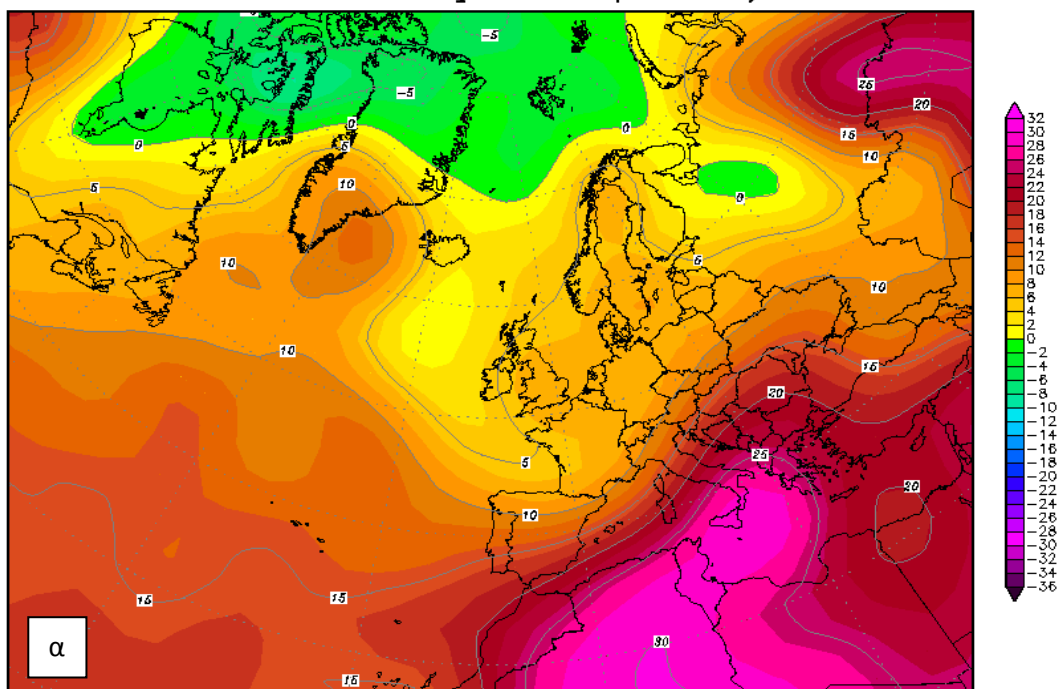
Σχήμα 3.1(α-στ): απεικόνιση του γεωδυναμικού ύψους(σκίαση) και της πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας(hPa) στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 hPa για το χρονικό διάστημα 23-06-07 έως 28-06-07

Από το σχήμα 3.1 που απεικονίζει τα γεωδυναμικά ύψη στα 500 hPa πάνω από την Ευρώπη ξεχωρίζουν 2 καταστάσεις: α) υψηλά των γεωδυναμικών υψών πάνω από τη Μεσόγειο και β) τα χαμηλά των γεωδυναμικών υψών που επηρεάζουν τον καιρό της Βόρειας-Βορειοδυτικής Ευρώπης.

Ειδικότερα για την δική μας περιοχή, παρατηρείται μία ράχη υψηλών υψών να εκτείνεται από την Βόρεια Αφρική προς την Ελλάδα και σε συνδυασμό με την γενικότερη αντικυκλωνική κυκλοφορία στην Κεντρική και Ανατολική Μεσόγειο, ήταν η αιτία για την μεταφορά πολύ θερμών αερίων μαζών προς την Ελληνική περιοχή. Χαρακτηριστικό της έντονης αντικυκλωνικής κυκλοφορίας είναι το γεγονός πως στις 25-06-07 τα γεωδυναμικά ύψη στη νοτιοδυτική Ελλάδα έφτασαν και τα 5960 μέτρα.

23JUN2007 00Z

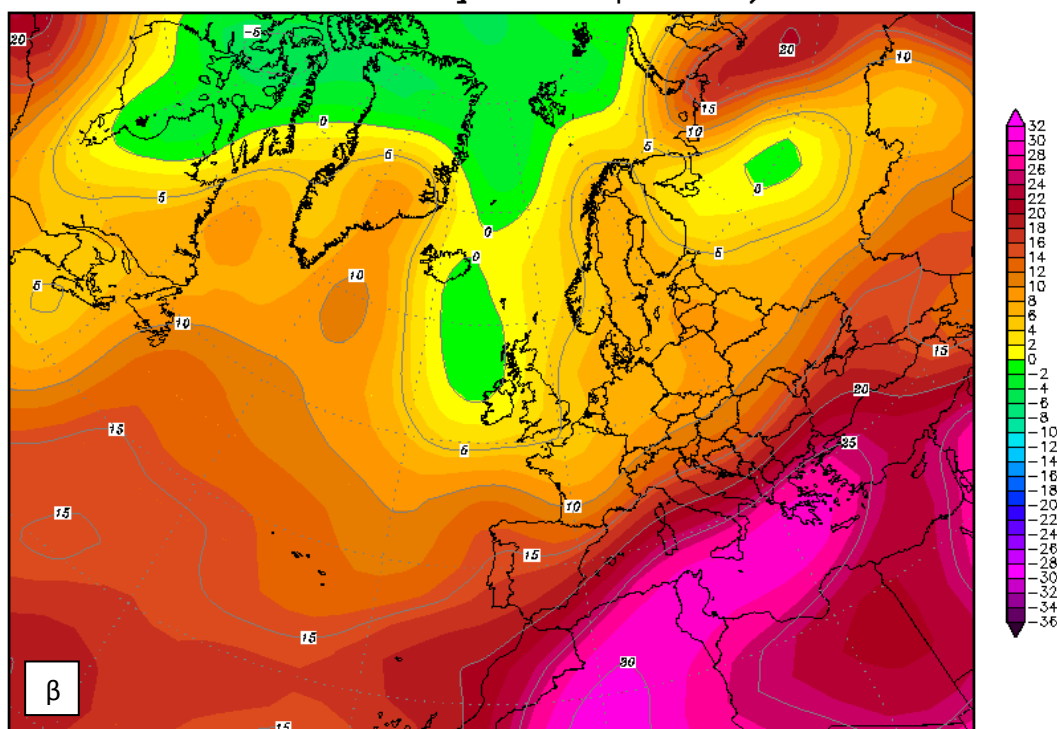
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

24JUN2007 00Z

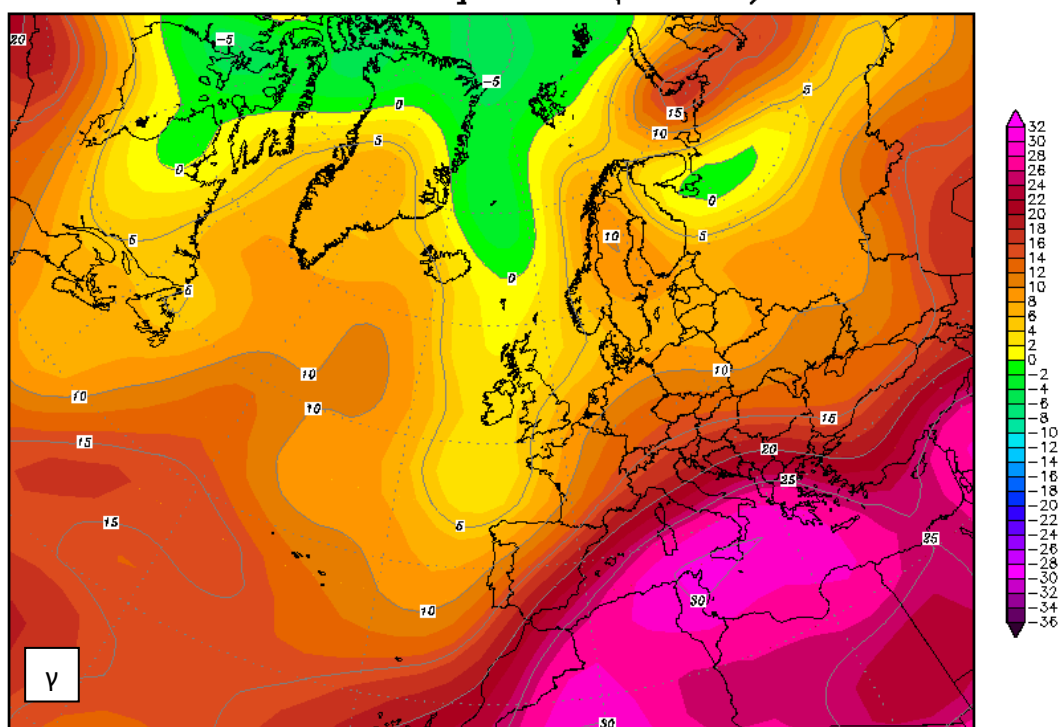
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

25JUN2007 00Z

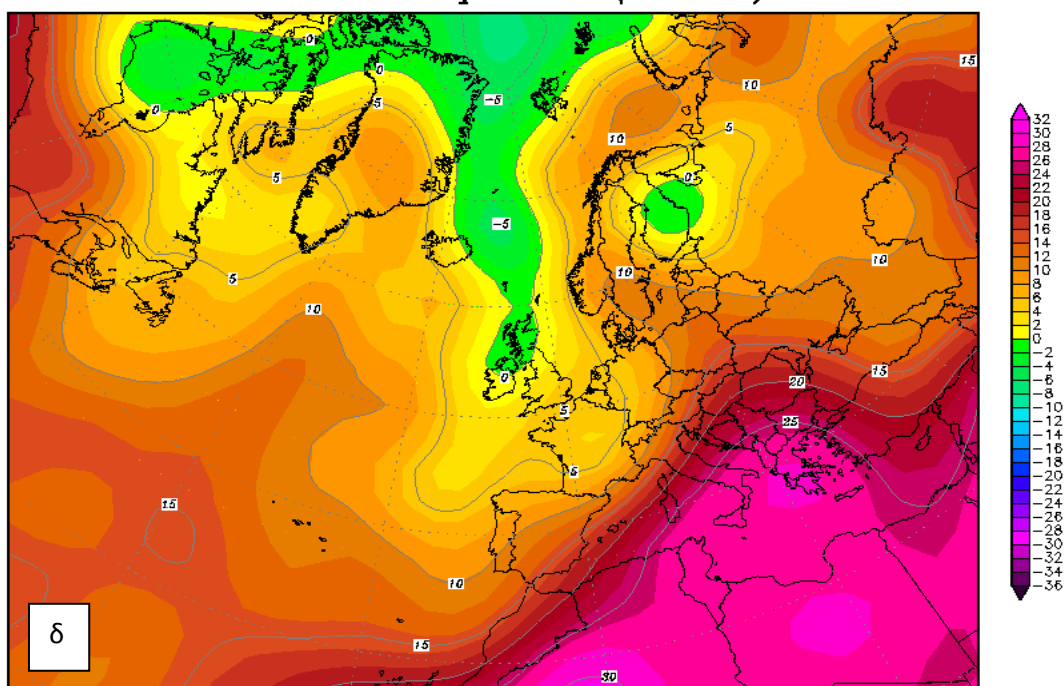
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

26JUN2007 00Z

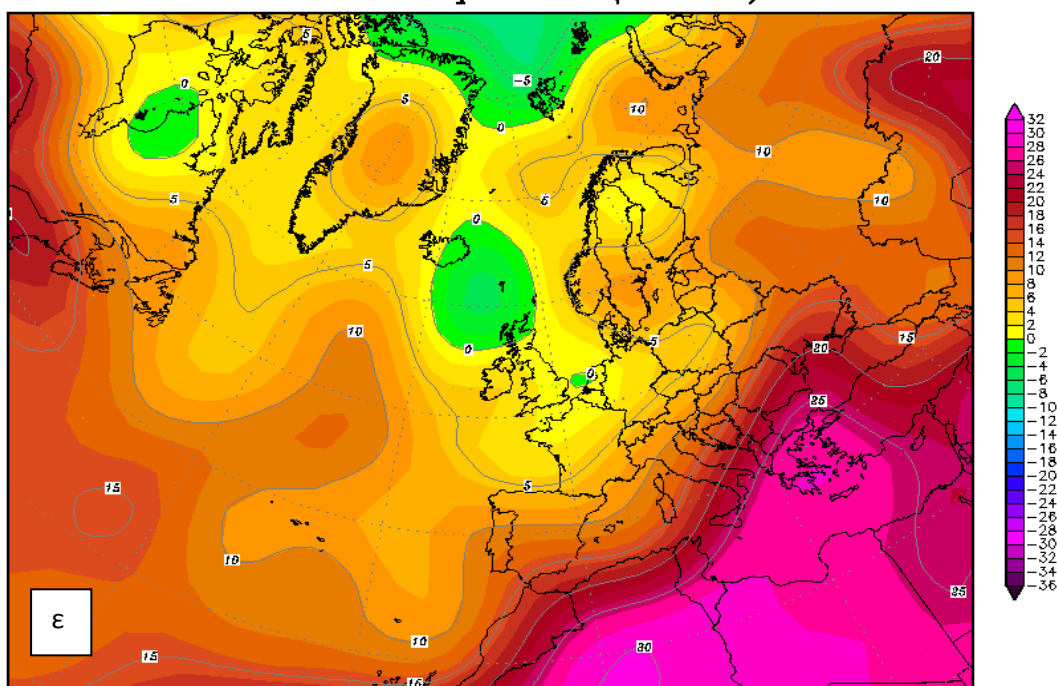
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

27JUN2007 00Z

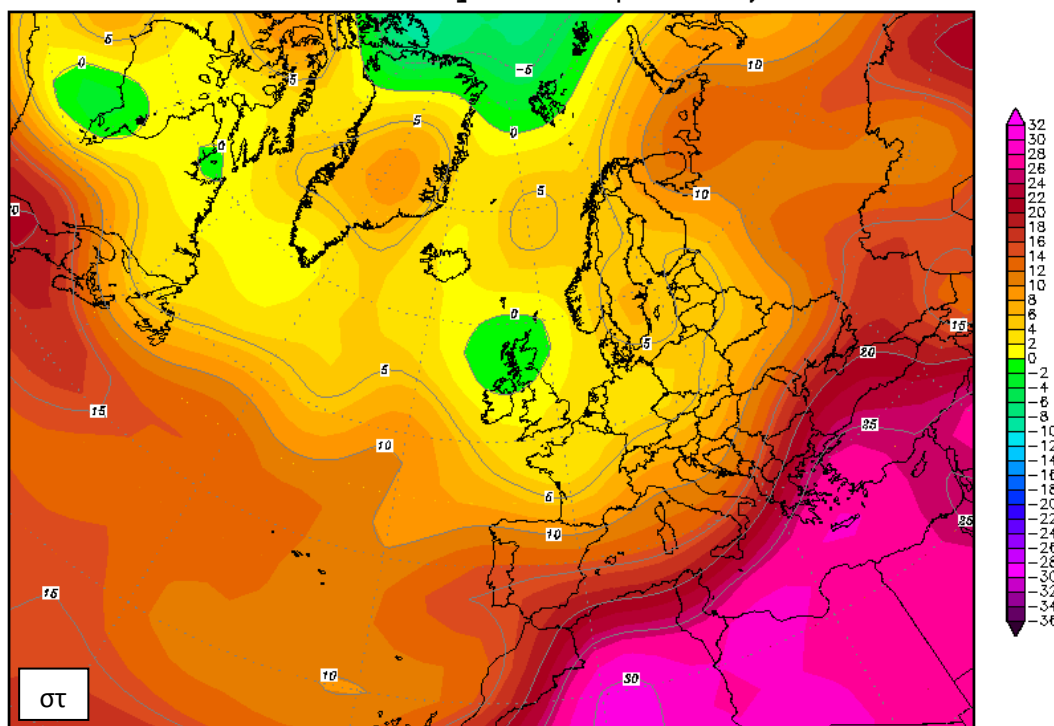
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

28JUN2007 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



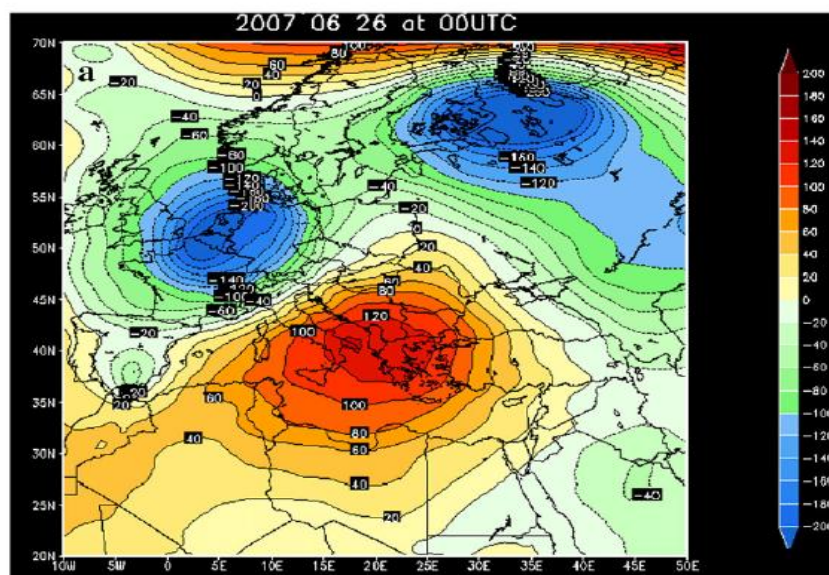
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Σχήμα 3.2(α-στ): απεικόνιση της θερμοκρασίας(°C) στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 hPa για το χρονικό διάστημα 23-06-07 έως 28-06-07

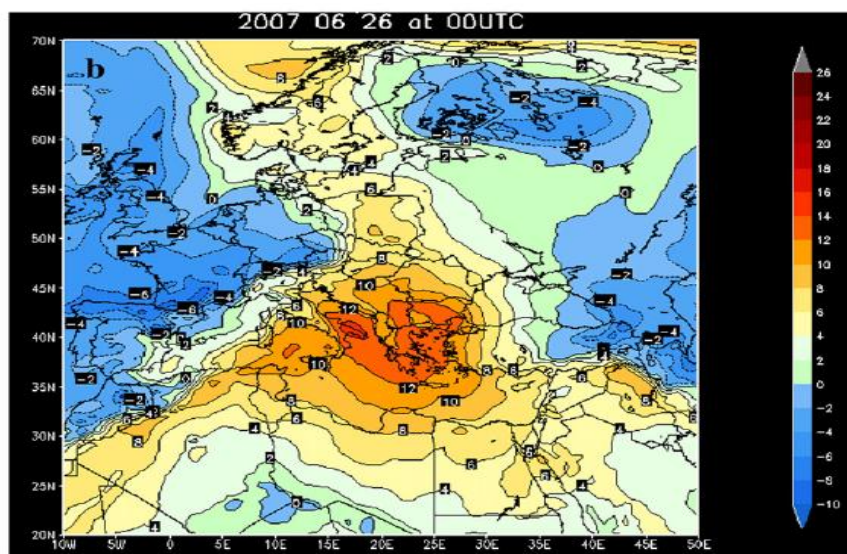
Στο σχήμα 3.2α, στις 23-06-12 φαίνεται ότι αρχίζει το επεισόδιο καύσωνα με τις υψηλότερες θερμοκρασίες στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 hPa να συναντώνται πάνω από την Δυτική Ελλάδα ($T_{850} > 25^{\circ}\text{C}$).

Στα σχήματα 3.2β-3.2ε από τις 24-06-12 έως και τις 27-06-12 το κύμα καύσωνα κορυφώνεται επηρεάζοντας όλη τη χώρα, με τις θερμοκρασίες στα 850 hPa να φτάνουν τους $26-28^{\circ}\text{C}$.

Από τις βραδινές ώρες της 27^{ης} και κυρίως από την 28^η Ιουνίου (σχήμα 3.2 στ) το κύμα καύσωνα αρχίζει να υποχωρεί πρώτα στην Δυτική και Βόρεια Ελλάδα και σταδιακά και στις υπόλοιπες ηπειρωτικές περιοχές. Αξίζει να σημειωθεί πάντως πως και αυτήν την μέρα η θερμοκρασία στα νοτιοανατολικά τμήματα της χώρας παρέμεινε υψηλή, επομένως για αυτές τις περιοχές η 28^η Ιουνίου θα μπορούσε να θεωρηθεί ως η τελευταία μέρα καύσωνα.



Σχήμα 3.3: ανωμαλία του γεωδυναμικού ύψους στα 500 hPa στις 26-06-07 συγκρινόμενη με τις μέσες κλιματικές τιμές του Ιουνίου (ανά 20 μέτρα) (Kotroni et al, 2011)

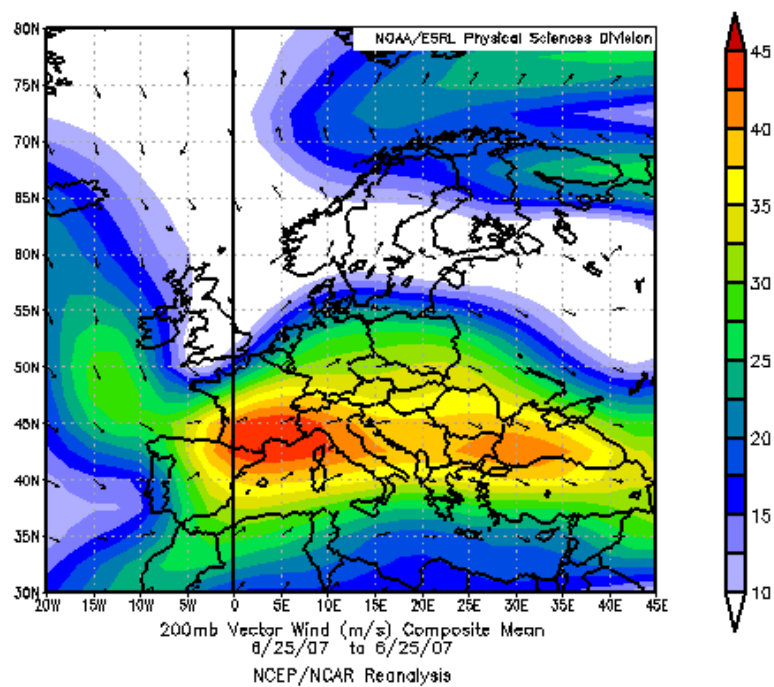
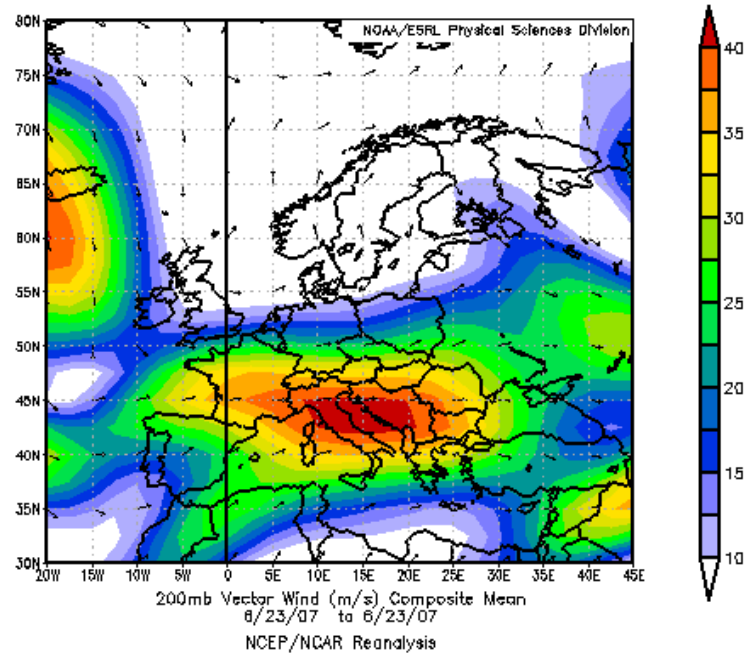


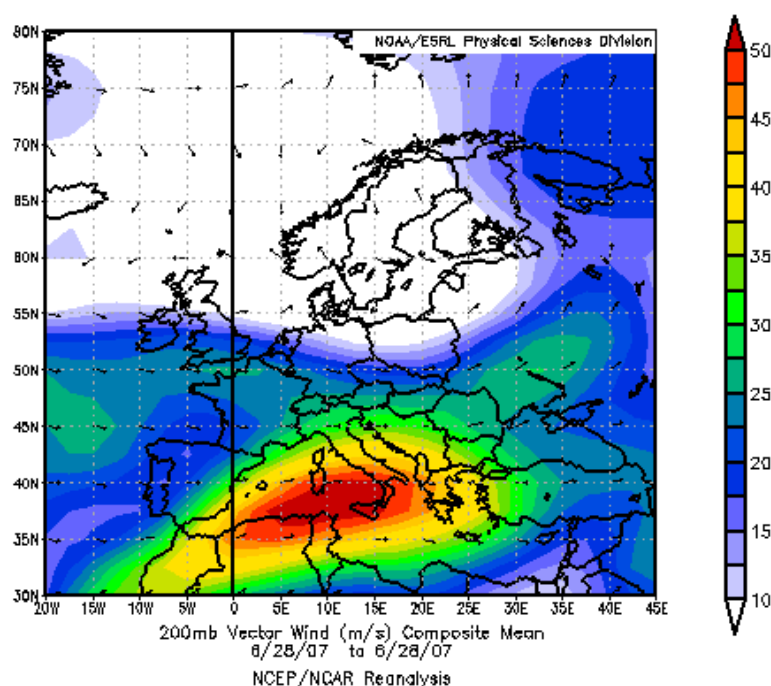
Σχήμα 3.4: ανωμαλία της θερμοκρασίας στα 850 hPa στις 26-06-07 συγκρινόμενη με τις μέσες κλιματικές τιμές του Ιουνίου (ανά 2 βαθμούς) (Kotroni et al, 2011)

Στο σχήμα 3.3 παρατηρείται η ανωμαλία του γεωδυναμικού ύψους στα 500 hPa στις 26-06-07 συγκρινόμενη με τις μέσες κλιματικές τιμές του Ιουνίου (ανά 20 μέτρα) και διαπιστώνεται ότι μεγάλες θετικές ανωμαλίες χαρακτήριζαν τη Κεντρική Μεσόγειο θάλασσα και τη Νότια Βαλκανική Χερσόνησο. Ειδικότερα, το μέγιστο των θετικών ανωμαλιών (120 γεωδυναμικά μέτρα) εντοπίστηκε πάνω από την Ελλάδα και τη Νότια Ιταλία.

Παρόμοια κατάσταση παρουσιάζεται και στο σχήμα 3.4, όπου στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 hPa εμφανίζεται μια θετική ανωμαλία πάνω από την Ελλάδα της τάξης των 12 βαθμών.

Αεροχείμαρος στα 200 mb:

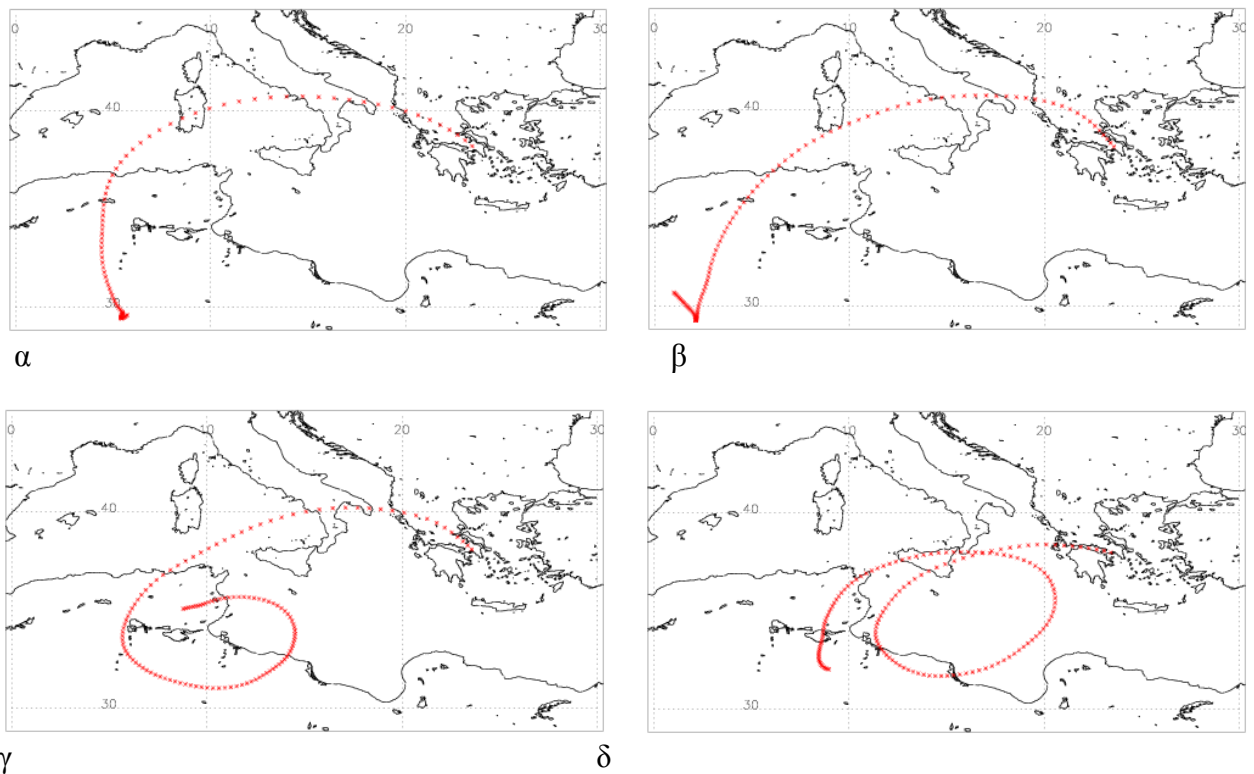




Σχημα 3.5(α-γ): απεικόνιση της θέσης του αεροχείμαρρου (σκίαση) στην ισοβαρική επιφάνειας των 200 mb για τις 23/6/2007, 25/6/2007, 28/6/2007.(www.esrl.noaa.gov)

Στο σχήμα 3.5(α-γ) απεικονίζεται η θέση του αεροχείμαρρου για την πρώτη, δεύτερη και τρίτη ημέρα του επεισοδίου του καύσωνα τον Ιούνιο 2007 στην Ελλάδα. Παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια του φαινομένου ο αεροχείμαρρος τοποθετείται νοτιότερα του ελληνικού χώρου (νότια της Κρήτης), παραμένει εκεί για αρκετό χρονικό διάστημα και προς το τέλος του επεισοδίου κινείται νοτιότερα, κοντά στην περιοχή της βόρειας Αφρικής.

Ο υποτροπικός αεροχείμαρρος ενδέχεται να έπαιξε σημαντικό πόλο στη θέρμανση των κατώτερων τροποσφαιρικών στρωμάτων και κατά συνέπεια στο επεισόδιο καύσωνα, καθώς καθοδικές κινήσεις και αδιαβατική θέρμανση αναμένονται στην αριστερή πλευρά της εισόδου και στη δεξιά πλευρά της εξόδου των αεροχειμάρρων. Το σχήμα 3.5 δείχνει ότι η Ελλάδα βρισκόταν σε αυτή τη θέση του υποτροπικού αεροχείμαρρου (δεξιά πλευρά της εξόδου), Brikas et al. (2006).



Σχήμα 3.6: Προς τα πίσω τροχιές των ωριαίων θέσεων του κέντρου του πλούμιου, το οποίο ξεκίνησε στα κατώτερα 4 χλμ πάνω από την Αθήνα στις 1200 UTC στις α) 24/6/07, β) 25/6/07, γ) 26/6/07 και δ) 27/6/07, και τελείωσε στις 21/06/07 στις 00:00 UTC (Pytharoulis et al, 2008)

Όπως διαπιστώνεται στο παραπάνω σχήμα από την πορεία του κέντρου του πλούμιου, όπως προέκυψε από τη χρήση του μοντέλου Flexpart, φαίνεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι αέριες μάζες προήλθαν από τη Βόρεια Αφρική και έφτασαν στην Ελλάδα λόγω της επικρατούσας συνοπτικής κατάστασης (αντικυκλωνική κυκλοφορία). Οι προς τα πίσω τροχιές για τις 24/06/07 και 25/06/07 παρουσιάζουν ως πηγή του πλουμίου την Λιβύη και μετά από μία κίνηση προς τα βόρεια και έπειτα προς τα ανατολικά έφτασαν στην Ελλάδα. Για τις 26-06-07(σχήμα 3.6γ) και τις 27/06/07 (σχήμα 3.6δ), η εικόνα είναι διαφορετική καθώς η μεν πηγή του πλουμίου είναι πιο βόρεια και παρατηρείται μια οπισθοδρόμηση στην πορεία του πλουμίου πριν τελικά αυτό φτάσει στην Ελλάδα λόγω της αντικυκλωνικής κυκλοφορίας.

Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του κύματος καύσωνα ήταν κυρίως η έντασή του. Εξάλλου, στις 25-26 Ιουνίου σημειώθηκαν θερμοκρασίες ρεκόρ ακόμα και όλων των

εποχών (με βάση την ύπαρξη μετεωρολογικών δεδομένων). Επίσης ήταν τέτοια η ένταση του φαινομένου σε συνδυασμό και με άλλες μετεωρολογικές παραμέτρους, όπως η άπνοια που σημειώθηκαν εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες τόσο σε ορεινές ή ημιορεινές περιοχές (Ιωάννινα 41.4 °C στα 484 m) αλλά και σε νησιωτικές περιοχές (Χανιά 43.7 °C, Σκύρος και Σκόπελος 40 °C). Ακολουθεί Πίνακας με χαρακτηριστικά υψηλές θερμοκρασίες σε διάφορες ελληνικές πόλεις με βάση στοιχεία από μετεωρολογικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) και του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ).

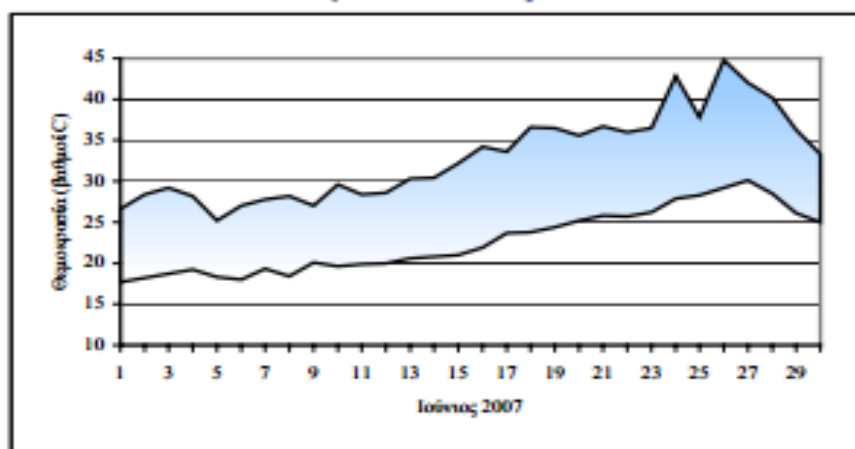
Πίνακας 3.1: Μέγιστες θερμοκρασίες σε διάφορες ελληνικές πόλεις με βάση στοιχεία από μετεωρολογικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) και του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) για το κύμα καύσωνα του Ιουνίου 2007.

ΠΟΛΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	46.2
ΘΗΣΕΙΟ	44.8
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	41.4
ΛΑΡΙΣΑ	45
ΣΚΥΡΟΣ	40
ΣΚΟΠΕΛΟΣ	40
ΧΑΝΙΑ	43.7
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ ΧΑΝΙΩΝ	45.0
ΒΟΛΟΣ	44.7
ΤΡΙΚΑΛΑ	43.8
ΑΡΓΟΣ	46.0
ΑΣΤΡΟΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ	46.0
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	44.0

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 3.1 επηρεάστηκε το σύνολο της χώρας, τόσο η ηπειρωτική όσο και η νησιωτική με τις πιο ακραίες θερμοκρασίες να σημειώνονται στην Ανατολική Ηπειρωτική χώρα (Θεσσαλία, Αττική, Αργολίδα).

Ειδικότερα για την Αττική τώρα, σημειώθηκε η μεγαλύτερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί, αυτή των 46.2 °C, ενώ και στον σταθμό του Θησείου (σχήμα 3.7), στο κέντρο της Αθήνας (Ε.Α.Α.) η θερμοκρασία έφτασε τους 44.8 βαθμούς, θερμοκρασία ρεκόρ από το 1897, οπότε και υπάρχουν μετρήσεις. Από το δίκτυο 50 μετεωρολογικών σταθμών του Ε.Α.Α. στην Αττική για τις 25-26 Ιουνίου 2007, σε 5 σταθμούς η θερμοκρασία έφτασε τους 45 °C, σε 8 από αυτούς κυμάνθηκε μεταξύ 43-45 °C, σε 10 μεταξύ 41-43 °C (Ε.Α.Α.) ενώ χαμηλότερες θερμοκρασίες καταγράφηκαν στους υπόλοιπους σταθμούς, οι οποίοι όμως ήταν στο σύνολό τους παράκτιοι.

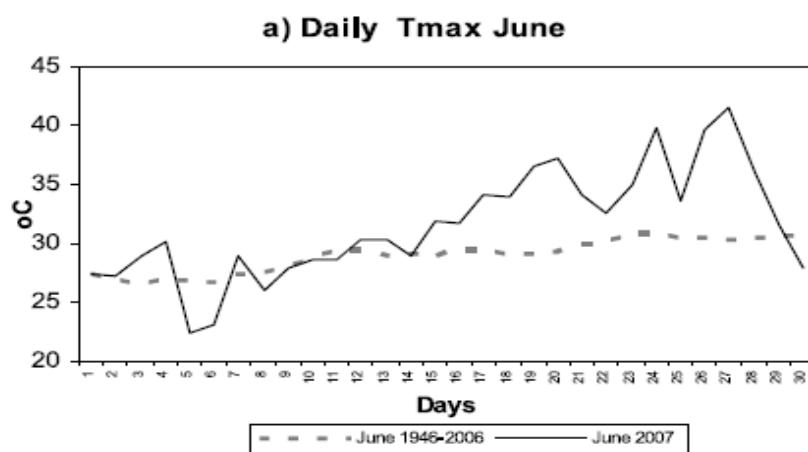
Μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες στο σταθμό του Θησείου



	Τιμή μηνός	Κλιμ. τιμή 1961-1990	Κλιμ. τιμή 1971-2000
Μέση μέγιστη θερμοκρασία	33.0	29.8	30.6
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία	22.7	20.1	20.4

Σχήμα 3.7: Διακύμανση της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας για το σταθμό του Θησείου και σύγκριση με τις μέσες κλιματικές τιμές (από ΕΑΑ)

Ιδιαίτερα έντονο ήταν το επεισόδιο καύσωνα και στην Βόρεια Ελλάδα, όπου στο αεροδρόμιο της Θεσσαλονίκης στις 24-06-07 και 27-06-07 η θερμοκρασία ξεπέρασε τους 40 °C , μετά από μία πρόσκαιρη πτώση στις 25-06-07, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6 που ακολουθεί. (Tolika et al, 2009). Με βάση το σχήμα 3.8 παρατηρούμε την εμμονή της ζέστης στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, όπου για σχεδόν 20 μέρες και κυρίως από τις 15 Ιουνίου και έπειτα η θερμοκρασία κυμάνθηκε πάνω από τα κανονικά επίπεδα και η διαφορά από τη μέση κατάσταση μεγιστοποιείται τις ημέρες του καύσωνα οπότε και ξεπερνά τους 10 βαθμούς.



Σχήμα 3.8: Ημερήσιες μέγιστες θερμοκρασιακές τιμές για τον Ιούνιο του 2007 (συνεχής γραμμή) και μέση ημερήσια θερμοκρασία για την περίοδο 1946-2006 για την Θεσσαλονίκη (διακεκομμένη γραμμή) (Tolika et al, 2009)

Ωστόσο, ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις υψηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν κατά τις ημέρες του καύσωνα ήταν οι δασικές πυρκαγιές. Στις 28 Ιουνίου με την απομάκρυνση του καύσωνα και την ενίσχυση των βοριάδων εκδηλώθηκαν στη χώρα εκατοντάδες μέτωπα φωτιάς, με τα κυριότερα στην Αγία της Λάρισας, όπου δύο άνθρωποι έχασαν την ζωή τους, στο Πήλιο, όπου 37500 στρέμματα δασικής και καλλιεργήσιμης έκτασης αποτεφρώθηκαν και στην Πάρνηθα, όπου μεγάλο μέρος της δασικής έκτασης του βουνού έγινε στάχτη. Ειδικά για την Πυρκαγιά στην Πάρνηθα, αυτή κατέστρεψε 25.000 από τα περίπου 35.000 στρέμματα δασικής έκτασης του δρυμού της Πάρνηθας και αφάνισε

περίπου 10.500 στρ. πευκοδάσους, 21.800 στρ. ελατοδάσους και 4.300 στρ. μακκίας. Το ελατόδασος κάηκε κατά τα 2/3 του. Σπάνια φυτά του οικοσυστήματος της Πάρνηθας χάθηκαν, μάλλον για πάντα. Συνολικά κάηκαν 56000 στρέμματα από τα 300.000 της συνολικής έκτασης του βουνού (σχήμα 3.9).



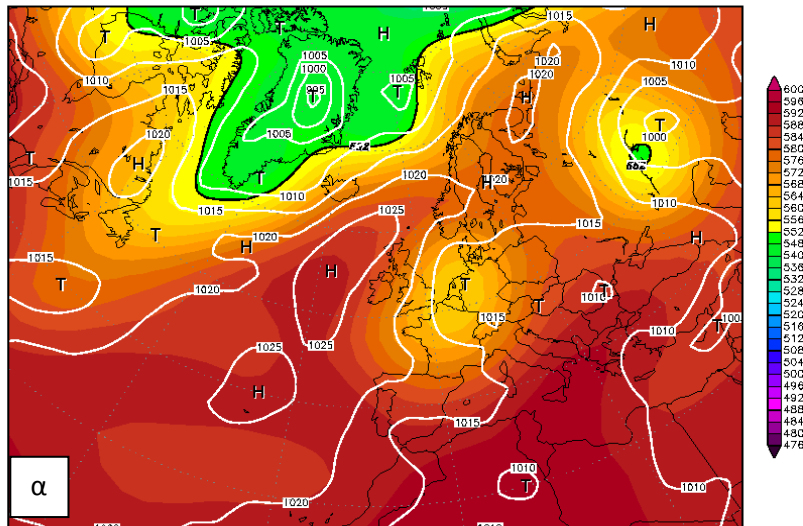
Σχήμα 3.9: η πυρκαγιά της Πάρνηθας σε εικόνες (www.wikipedia.org)

3.2 Περίπτωση 21-28 Ιουλίου 1987 στον Ελλαδικό χώρο

Ο καύσωνας του Ιουλίου του 1987 κατατάσσεται ως ένας από τους πιο θανατηφόρους για την χώρα μας, όπως σημείωσε και ο τύπος της εποχής, καθώς στοίχησε τη ζωή σε περίπου 1500 ανθρώπους στην Αθήνα. Το κυριότερο χαρακτηριστικό αυτού του κύματος καύσωνα ήταν η μεγάλη του διάρκεια (πάνω από μια εβδομάδα) αλλά και η κατά τόπους αξιοσημείωτη ένταση. Επιπλέον, ένα ακόμη χαρακτηριστικό που έκανε την κατάσταση ακόμη πιο δύσκολη ήταν οι σχετικά υψηλές ελάχιστες θερμοκρασίες και επομένως και το μικρό ημερήσιο θερμομετρικό εύρος.

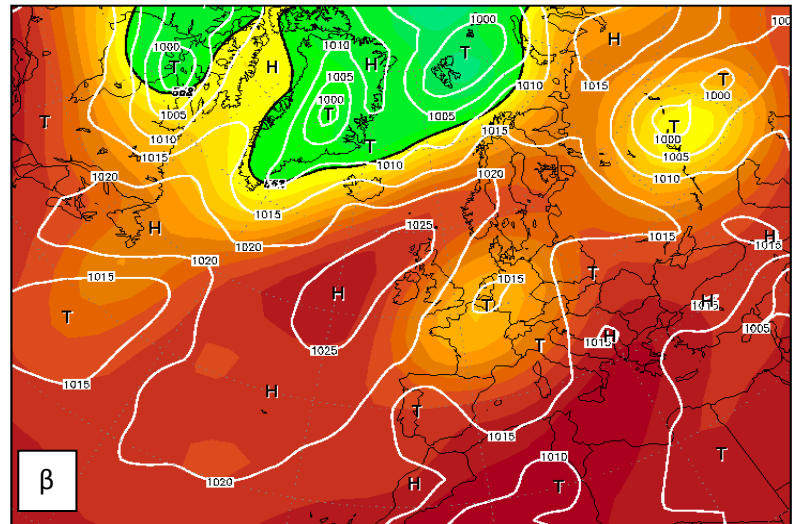
21JUL1987 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



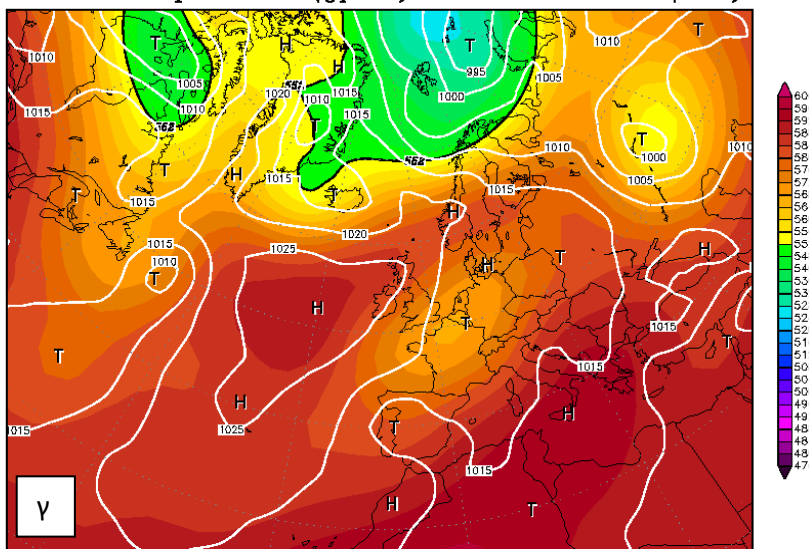
22JUL1987 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

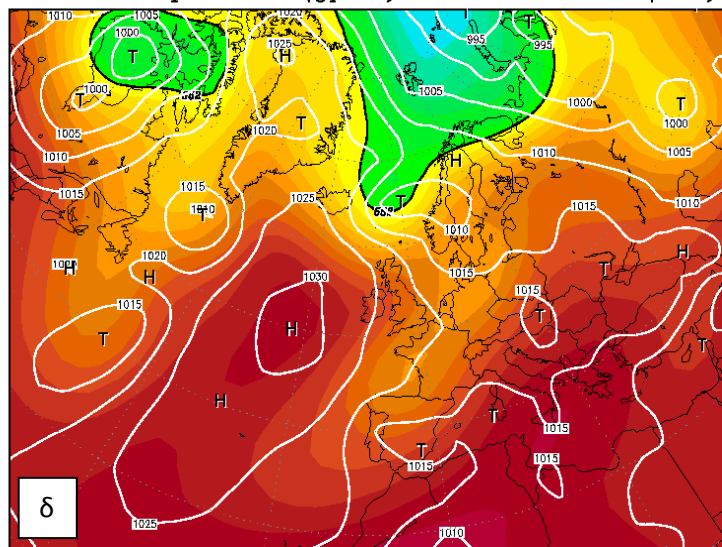


23JUL1987 00Z

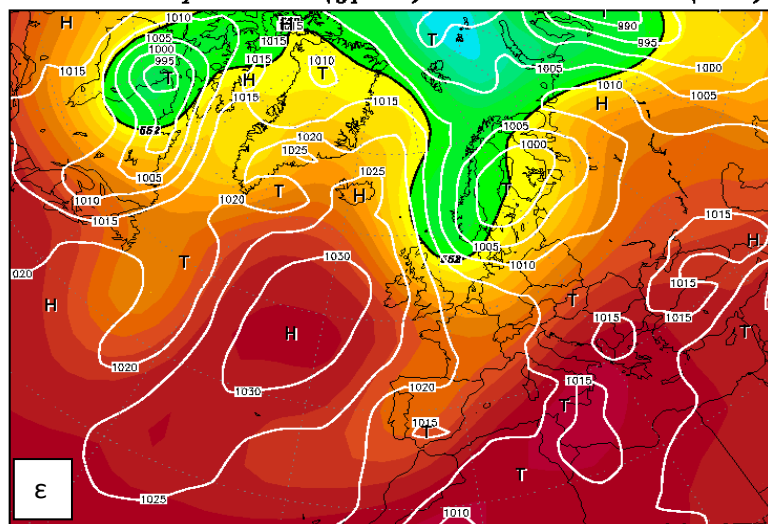
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



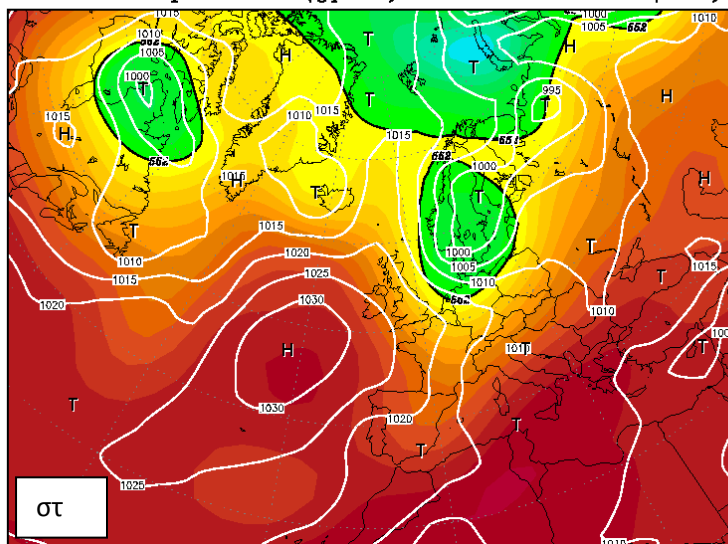
24JUL1987 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



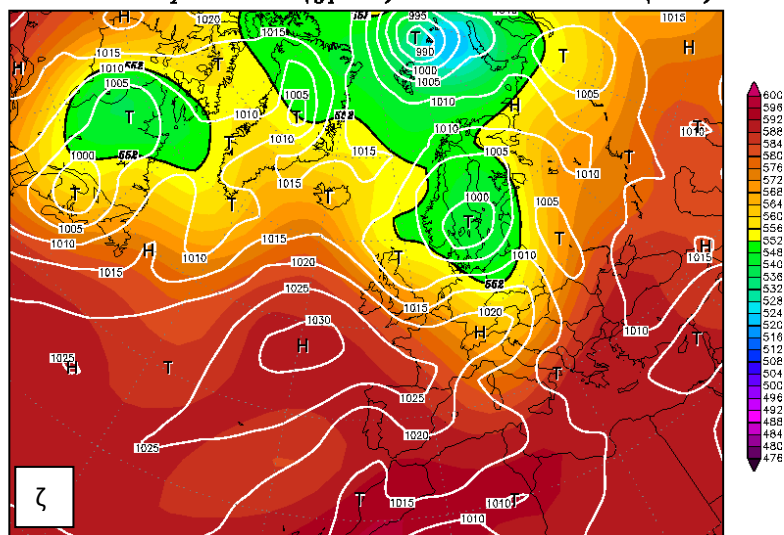
25JUL1987 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



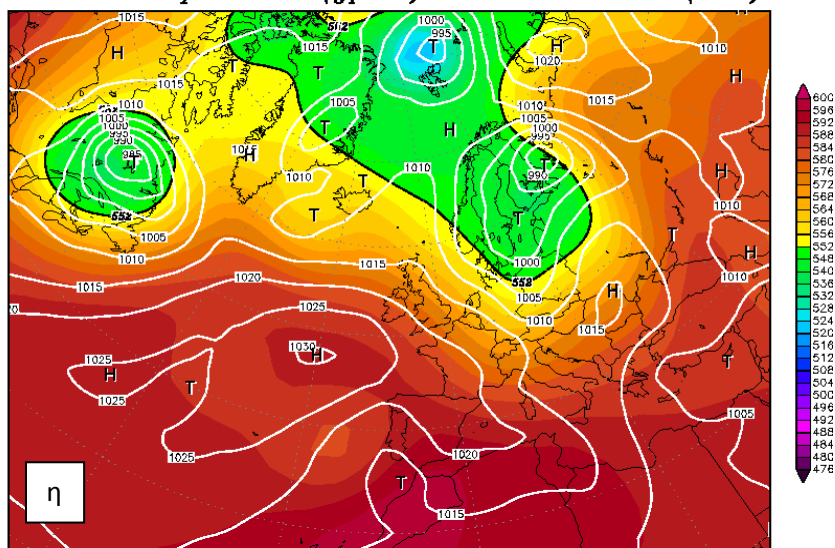
26JUL1987 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



27JUL1987 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



28JUL1987 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Σχήμα 3.10(α-η): απεικόνιση του γεωδυναμικού ύψους(σκίαση) και της πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας(hPa) στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 hPa για το χρονικό διάστημα 21-07-87 έως 28-07-87

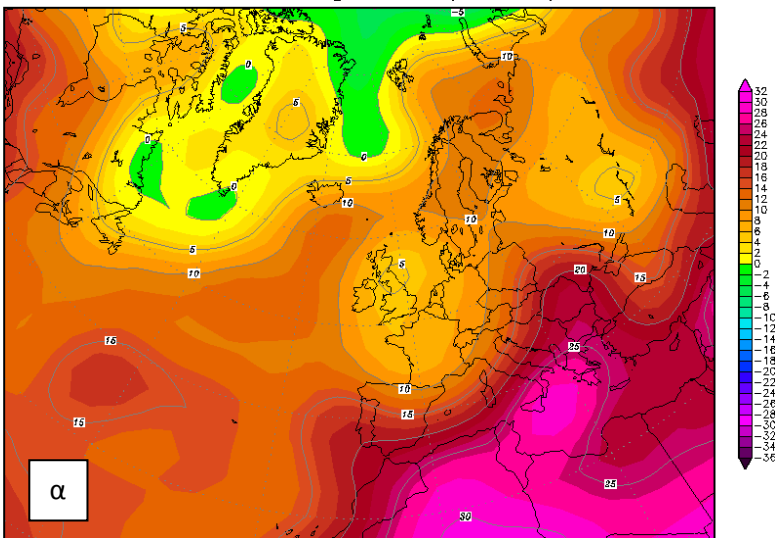
Από το σχήμα 3.10 που απεικονίζει τα γεωδυναμικά ύψη στην ισοβαρική επιφάνεια των 500 hPa πάνω από την Ευρώπη ξεχωρίζουν 2 καταστάσεις: α) υψηλά των γεωδυναμικών υψών πάνω από την Βόρεια Αφρική, την Ιταλία και τα Βαλκάνια και β) χαμηλά των γεωδυναμικών υψών πάνω από την Δυτική, Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη.

Ειδικότερα για την δική μας περιοχή, παρατηρείται μία ράχη υψηλών υψών να εκτείνεται από την Βόρεια Αφρική προς την Ελλάδα και σε συνδυασμό με την γενικότερη κυκλωνική κυκλοφορία στην Κεντρική Ευρώπη και Δυτική Μεσόγειο, ήταν η αιτία για την μεταφορά πολύ θερμών αερίων μαζών προς την Ελληνική περιοχή.

Θερμοκρασια στα 850 hPa

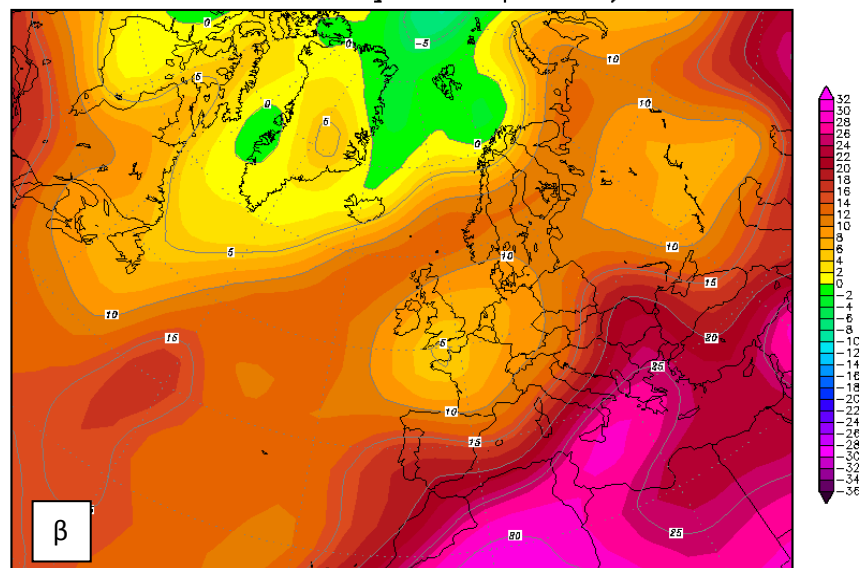
21JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



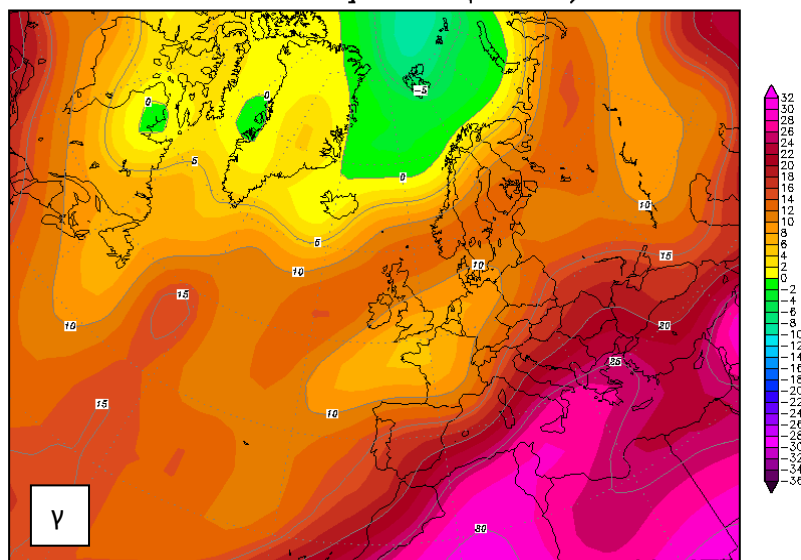
22JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



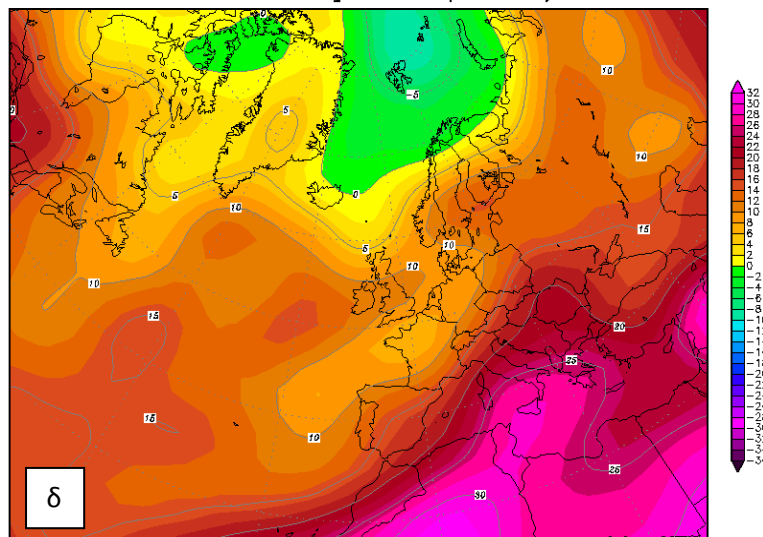
23JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



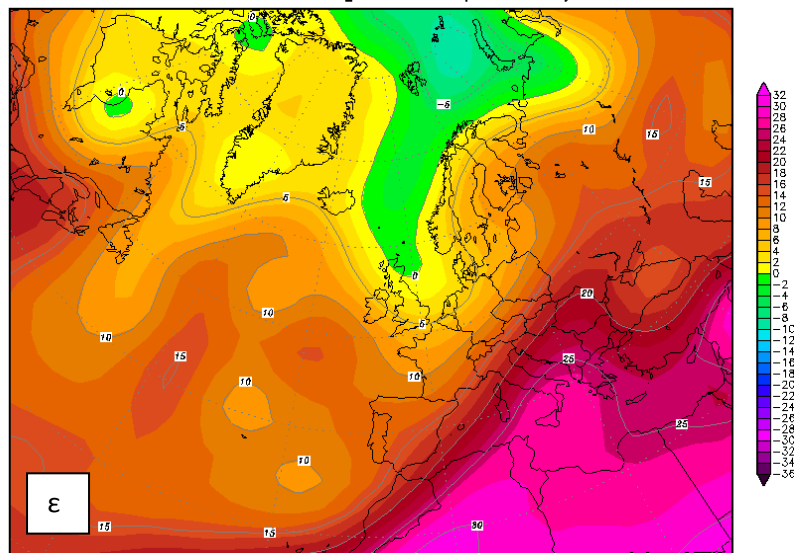
24JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



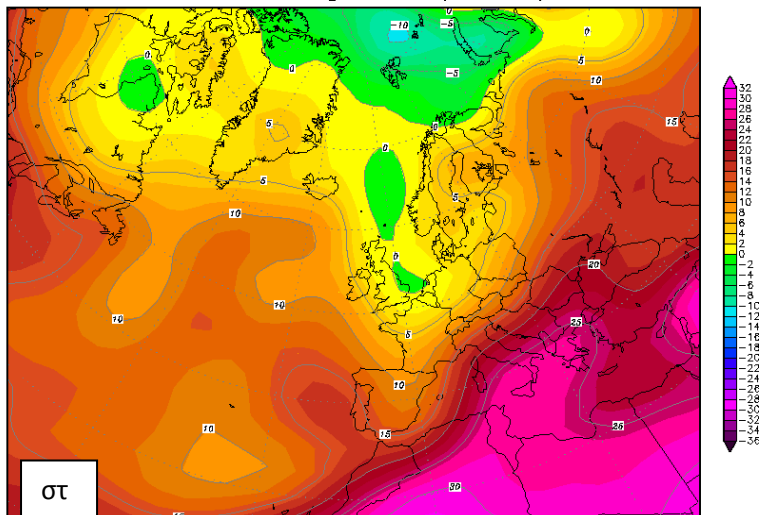
25JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



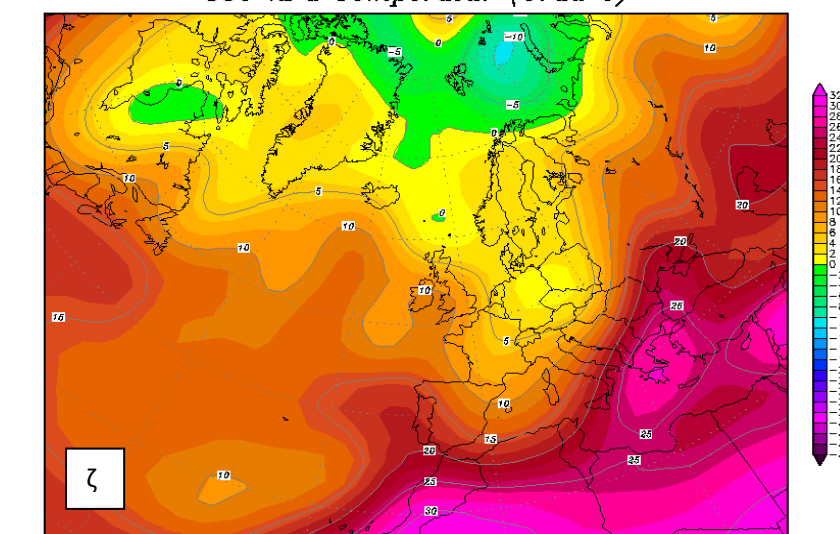
26JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



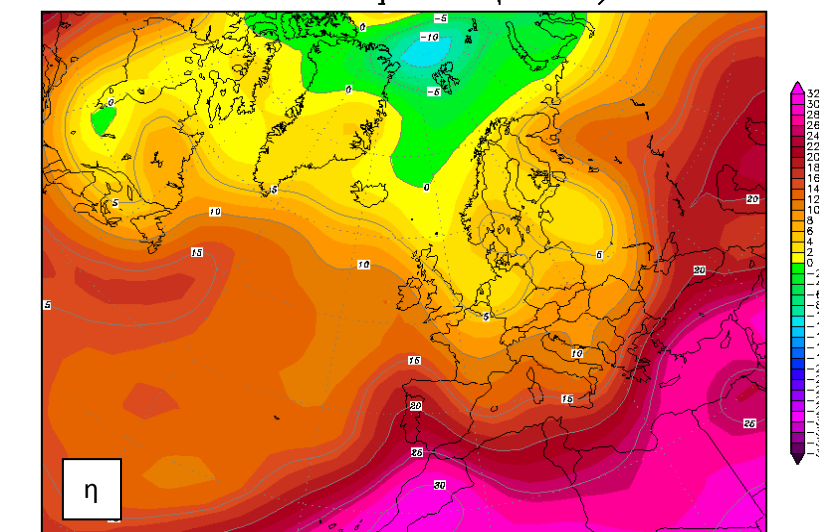
27JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



28JUL1987 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



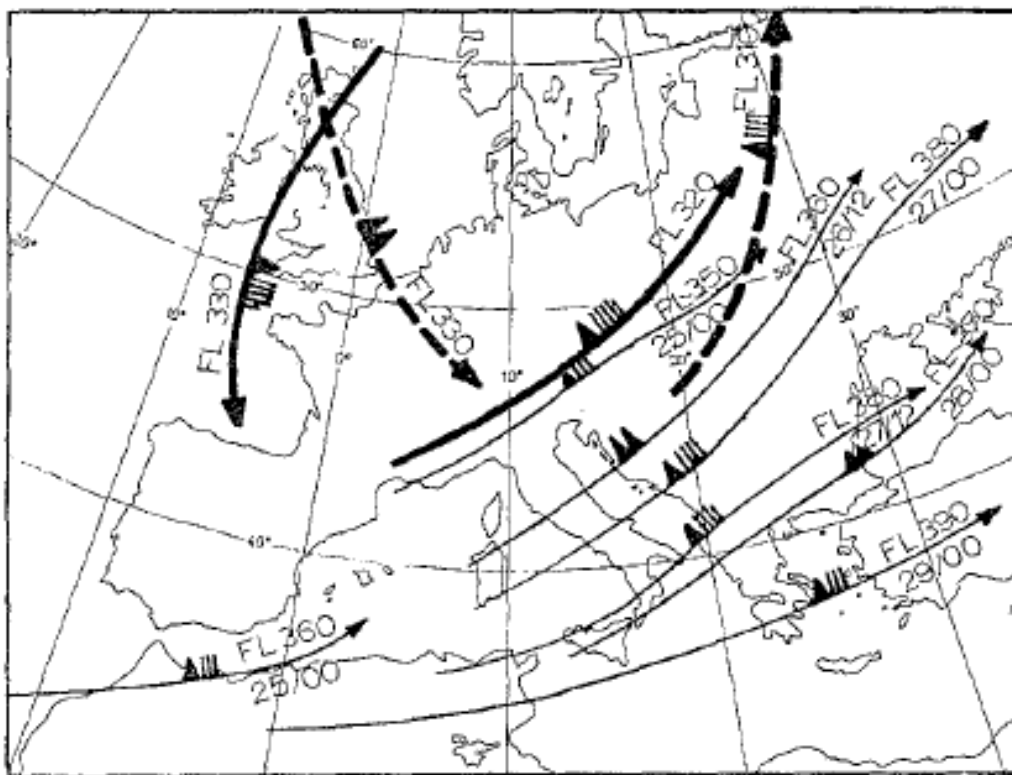
Σχημα 3.11(α-η): απεικόνιση της θερμοκρασίας(°C) στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 hPa για το χρονικό διάστημα 21-07-87 έως 28-07-87

Στις 21-07-87 (σχήμα 3.11β) και 22-07-87 η ισόθερμη των 25°C καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του Ιονίου και της Ηπειρωτικής Ελλάδας, γεγονός που δείχνει την έναρξη της αύξησης των τιμών της θερμοκρασίας στην επιφάνεια.

Κατά τις 23-07-87(σχήμα 3.11γ) παρατηρείται αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης πάνω από την Ιταλία και τα Βαλκάνια, η οποία σε συνδυασμό με την έξαρση των ισοϋψών στην ανώτερη ατμόσφαιρα οδηγεί σε νέα άνοδο της θερμοκρασίας.

Η ίδια κατάσταση επικρατεί και τις επόμενες ημέρες με τη θερμοκρασία να ξεπερνά σε καθημερινή βάση στα ηπειρωτικά τους 40-42°C .

Στις 27-07-87 (σχήμα 3.11ζ) σημειώνονται οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας, ενώ στις 28-07-12 (σχήμα 3.11η) και από τα Δυτικά και Βόρεια αρχίζει η πτώση της θερμοκρασίας και η λήξη του επεισοδίου καύσωνα.



Σχήμα 3.12: θέση των κύριων αεροχειμάρρων κατά το επεισόδιο καύσωνα του Ιουλίου 1987. Με τη μαύρη παχιά γραμμή φαίνεται η θέση του πολικού αεροχειμάρρου από τις 19-24 Ιουλίου 1987 και η αντίστοιχη θέση από τις 25-27 Ιουλίου με την παχιά στικτή γραμμή. Με τις συνεχείς γραμμές αναπαριστώνται οι θέσεις του υποτροπικού αεροχειμάρρου από τις 25-29 Ιουλίου.(Prezerakos, 1989).

Στο σχήμα 3.12 παρατηρείται η θέση του πολικού αεροχειμάρρου αρχικά πάνω από την Βορειοδυτική και ακολούθως πάνω από τη Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη (Prezerakos, 1989). Στις 25-07-87 και 26-07-87 παρατηρείται η θέση του υποτροπικού αεροχειμάρρου πάνω από την Ιταλία και τη Κεντρική Ευρώπη. Τις επόμενες μέρες και με την παράλληλη κίνηση του πολικού αεροχειμάρρου προς τα ανατολικά ο υποτροπικός αεροχειμάρρος μετατοπίζεται προς τα Βαλκάνια και στις 27-07-87, ευρισκόμενος πάνω από την Βόρεια Ελλάδα σημειώνονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες (σχήμα 3.11ζ). Από τις 28 και κυρίως από τις 29 Ιουλίου ο αεροχειμάρρος μετατοπίζεται και άλλο νοτιοανατολικά και η θερμοκρασία σημειώνει πτώση (σχήματα 3.11η, 3.12).

Πίνακας 3.2: μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (Tmax), ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (Tmin) και ημερήσιο θερμομετρικό εύρος για 9 σταθμούς αναφοράς(DTR)(Prezerakos,1989).

Meteorological Stations	No. WMO	Days of July 1987									
			19	20	21	22	23	24	25	26	27
Athens Observatory	16 714	Tmax	36	38	41	42	43	41	41	41	41
		Tmin	24	25	27	28	28	29	28	27	28
		D. T. R.	12	13	14	14	15	12	13	14	13
Nea Philadelphia	16 701	Tmax	38	41	42	43	42	42	41	43	44
		Tmin	22	23	26	28	28	28	27	27	26
		D. T. R.	16	18	16	15	14	14	14	16	18
Helliniko	16 716	Tmax	33	37	36	40	42	38	36	37	36
		Tmin	23	23	25	25	26	26	28	25	25
		D. T. R.	10	14	11	15	16	12	18	12	11
Elefsina	16 718	Tmax	36	41	41	42	43	41	42	41	45
		Tmin	25	26	26	28	30	25	29	27	29
		D. T. R.	11	15	15	14	13	16	13	14	16
Aliartos	16 674	Tmax	38	39	40	40	40	39	40	42	44
		Tmin	20	21	21	25	22	23	22	23	25
		D. T. R.	18	18	19	15	18	16	28	19	19
Larissa	16 648	Tmax	38	40	41	40	41	39	42	43	43
		Tmin	19	20	21	21	21	23	21	22	22
		D. T. R.	19	20	20	19	20	16	21	21	21
Kos	16 740	Tmax	31	36	38	38	38	37	37	38	38
		Tmin	21	23	27	28	29	25	28	28	27
		D. T. R.	10	13	11	10	9	12	9	10	11
Naxos	16 732	Tmax	30	30	31	32	32	31	31	33	33
		Tmin	22	23	26	28	28	26	26	26	25
		D. T. R.	8	7	5	4	4	5	5	7	8
Heraklion	16 754	Tmax	30	32	32	31	32	32	33	32	36
		Tmin	20	22	23	24	23	25	27	25	24
		D. T. R.	10	10	9	7	9	7	6	7	12

Στον πίνακα 3.2 φαίνονται οι μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια του επεισοδίου καύσωνα του Ιουλίου του 1987 στη Ελλάδα. Με βάση το σχήμα αυτό, και τα δεδομένα των σταθμών της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, γίνεται εμφανής η ένταση και η διάρκεια του κύματος καύσωνα. Ειδικότερα, στην Αττική, όπου το κύμα καύσωνα στοίχησε τη ζωή σε 1500 ανθρώπους, παρατηρήθηκαν θερμοκρασίες άνω των 40 °C για πολλές συνεχείς ημέρες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα οι σταθμοί της Ελευσίνας και της Νέας Φιλαδέλφειας, όπου η μέγιστη θερμοκρασία ξεπέρασε καθημερινά τους 40 °C για 8 συνεχείς ημέρες. Ακόμα και στον παράκτιο σταθμό του Ελληνικού αν και η κατάσταση δεν ήταν τόσο άσχημη σημειώνονταν υψηλές θερμοκρασίες άνω των 38 °C , ενώ στις 23-07-87 η μέγιστη θερμοκρασία έφτασε τους 42 °C. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό γνώρισμα ήταν οι υψηλές ελάχιστες θερμοκρασίες που καταγράφονταν τις νυχτερινές ώρες και νωρίς το πρωί που όπως φαίνεται στον Πίνακα 4 δεν ήταν χαμηλότερες των 26-28 °C. Η 27^η Ιουλίου ήταν η θερμότερη ημέρα καθώς η μέγιστη θερμοκρασία έφτασε στη Νέα Φιλαδέλφεια και την Ελευσίνα τους 44 °C και 45 °C αντίστοιχα.

Ανάλογη ήταν η εικόνα του καιρού και στην υπόλοιπη ηπειρωτική Ελλάδα, με τη μέγιστη θερμοκρασία να ξεπερνά για πολλές συνεχείς ημέρες τους 40°C στην Αλιάρτο και την Λάρισα, ενώ η 27^η Ιουλίου ήταν και για αυτές τις περιοχές η θερμότερη μέρα (44 °C και 43 °C αντίστοιχα)

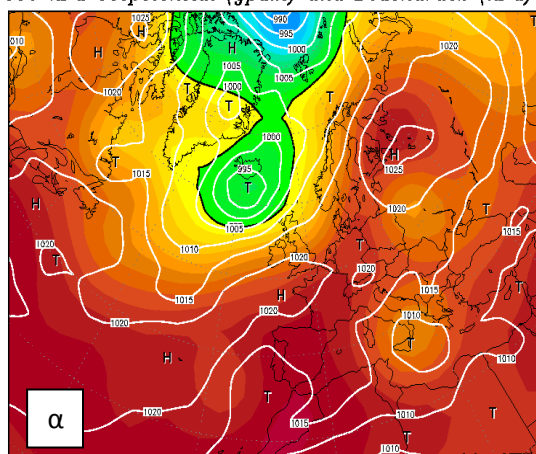
Στη νησιωτική χώρα οι μέγιστες θερμοκρασίες ήταν σημαντικά μικρότερες και δεν ξεπερνούσαν τους 32-33 βαθμούς στη Νάξο και το Ηράκλειο και μόνο στις 27-07-87 έφτασε τους 36 °C. Πάντως, υψηλότερες ήταν οι θερμοκρασίες στα ανατολικά του Αιγαίου, όπου η μέγιστη θερμοκρασία κατά τις ημέρες του επεισοδίου καύσωνα έφτανε και τους 36-38 °C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Συνοπτική ανάλυση του καύσωνα της 2-15 Αυγούστου 2003 στη Δυτική Ευρώπη

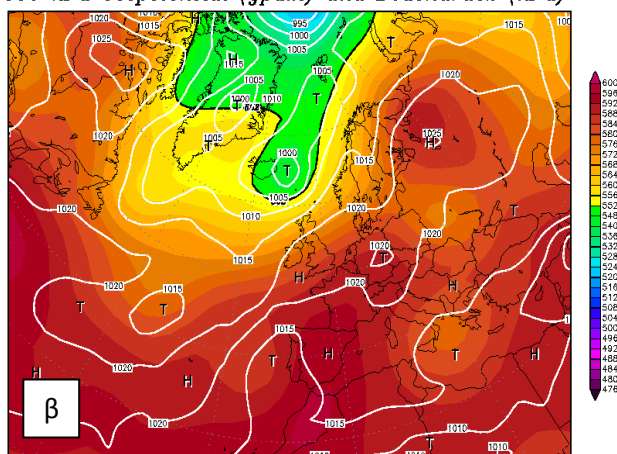
Το επεισόδιο του καύσωνα του 2003 υπήρξε ένα από τα χειρότερα που έχουν καταγραφεί. Χαρακτηριστικά αυτού του καύσωνα ήταν η μεγάλη διάρκειά του καθώς και ο μεγάλος αριθμός (χιλιάδες) των θανάτων που προκάλεσε.

02AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



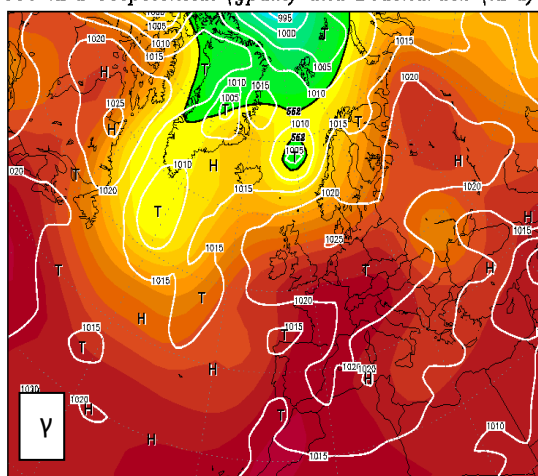
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

03AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



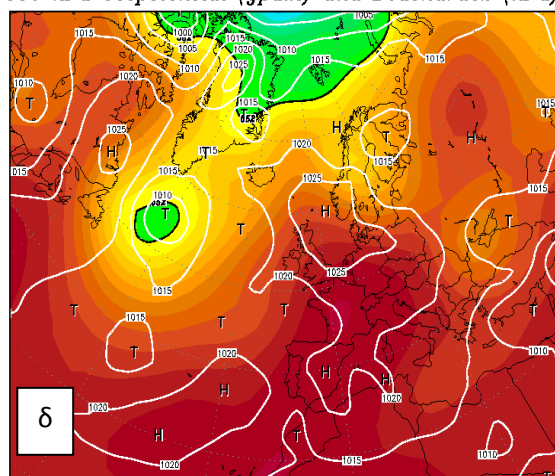
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

04AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



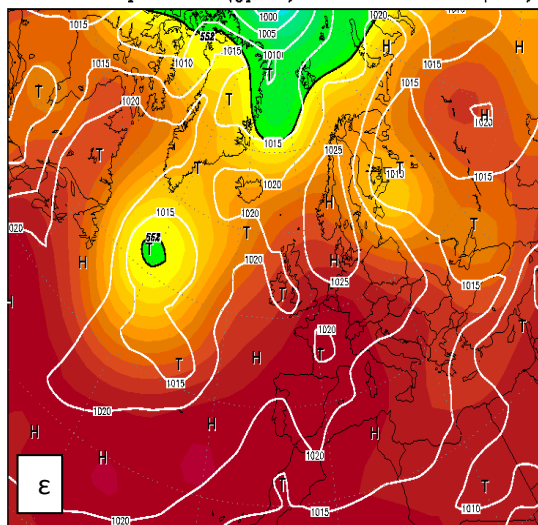
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

05AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



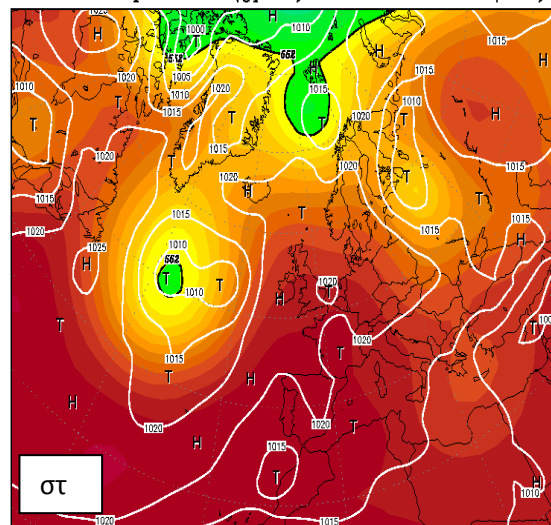
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

08AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



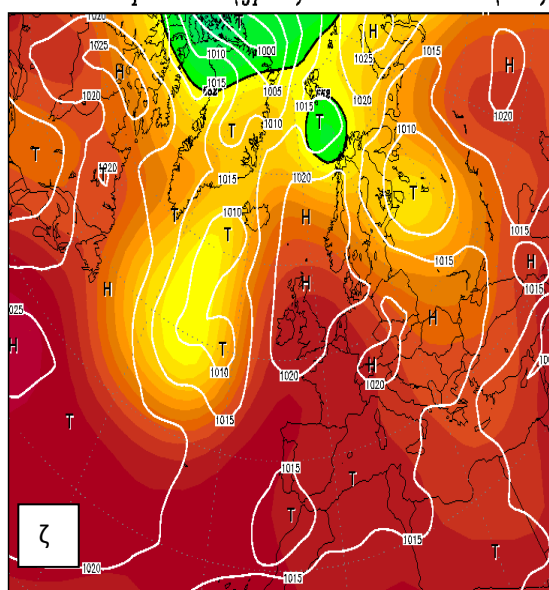
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

07AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



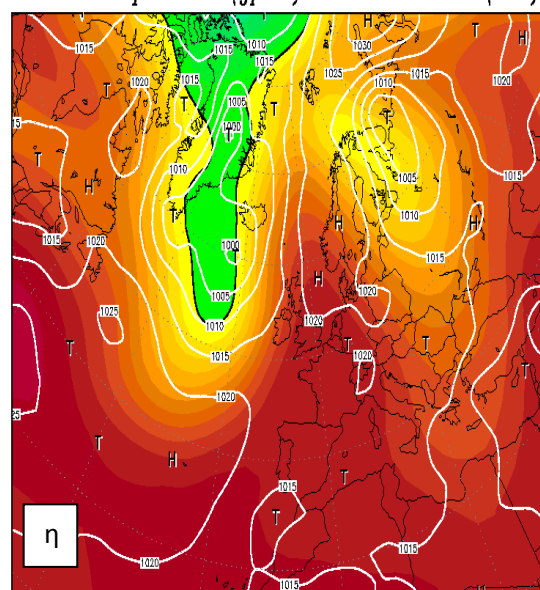
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

08AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



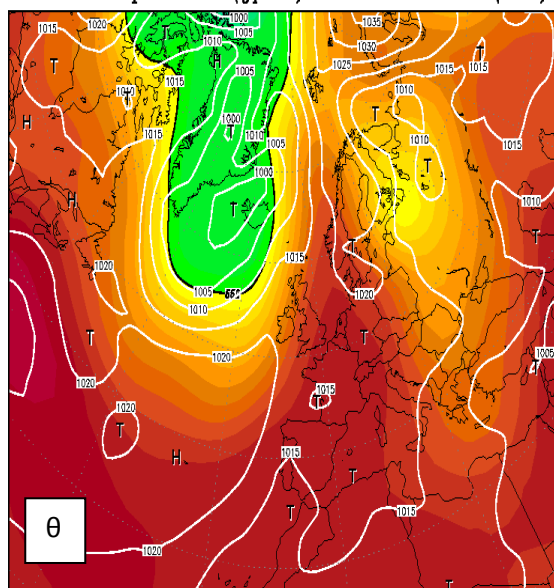
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

09AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



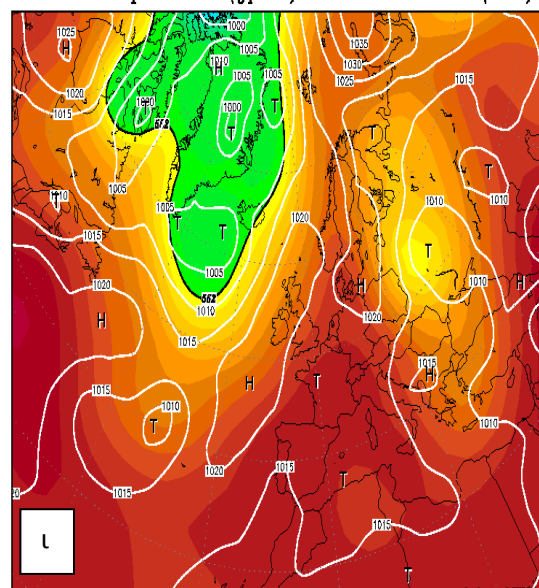
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

10AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



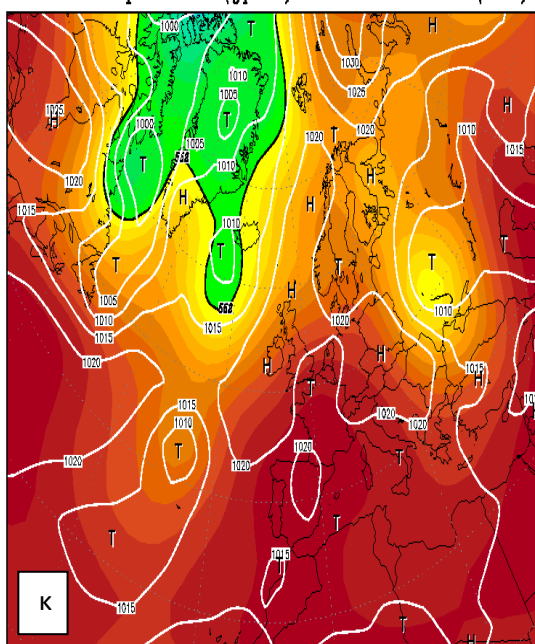
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

11AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



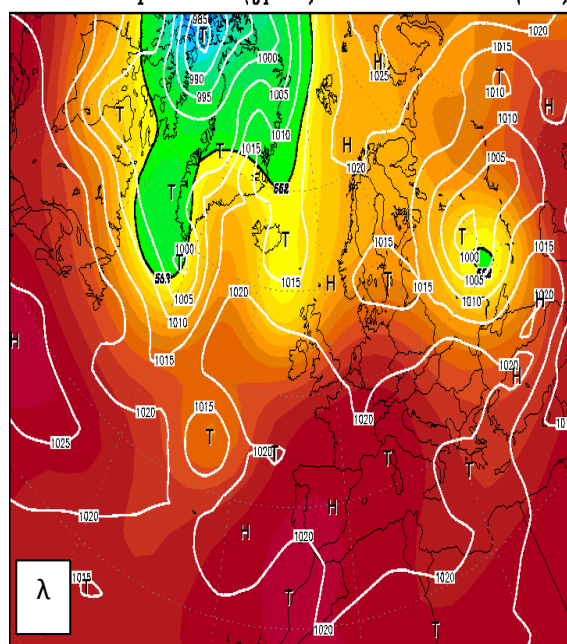
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

12AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



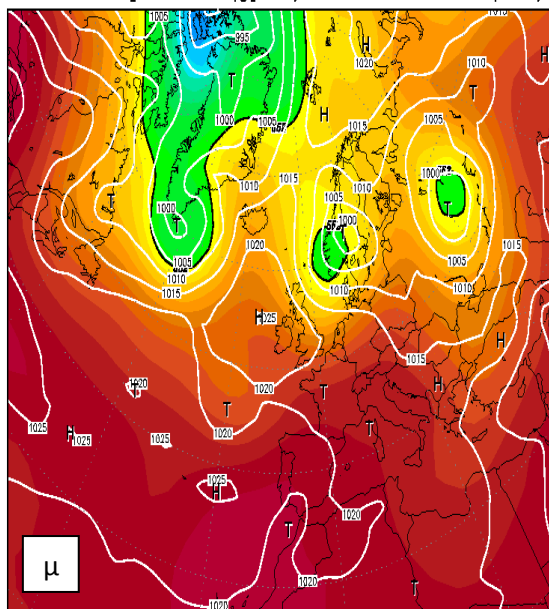
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

13AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



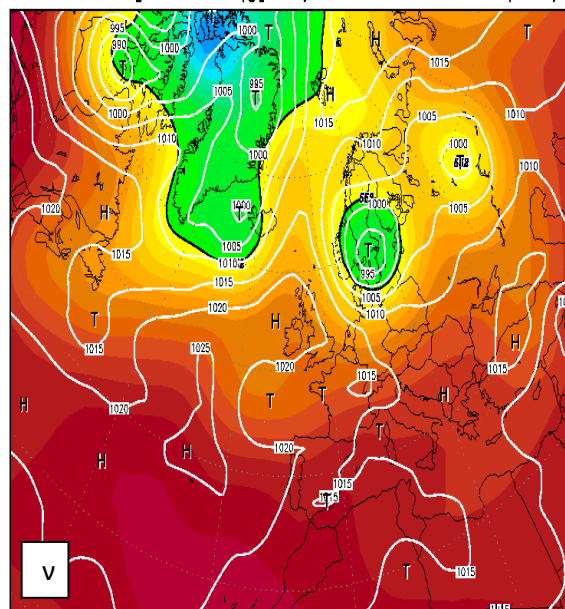
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

14AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

15AUG2003 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



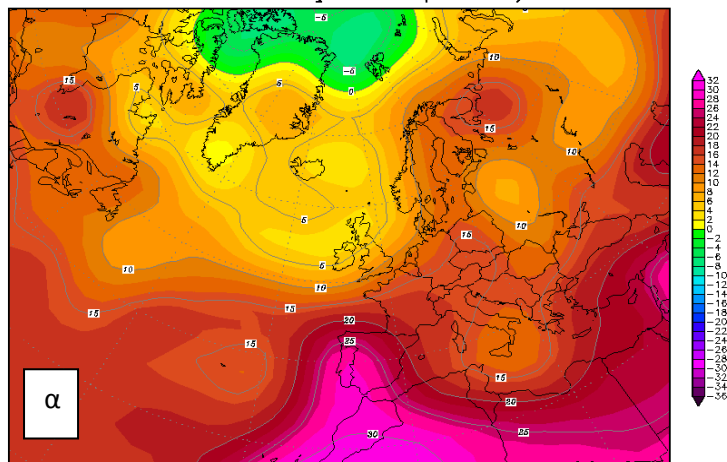
Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Σχήμα 4.1(α-ν): απεικόνιση του γεωδυναμικού ύψους(σκίαση) και της πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας(hPa) για το χρονικό διάστημα 02-08-03 έως 15-08-03 (www.wetterzentrale.de)

Θερμοκρασία στα 850 hPa

02AUG2003 00Z

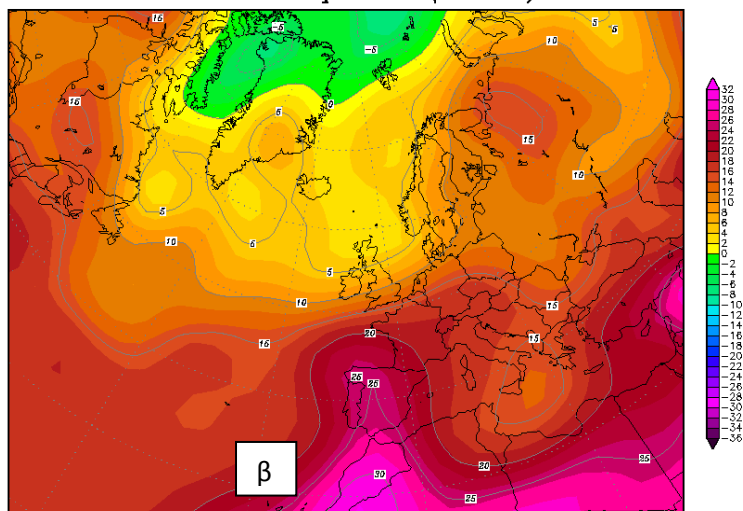
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

03AUG2003 00Z

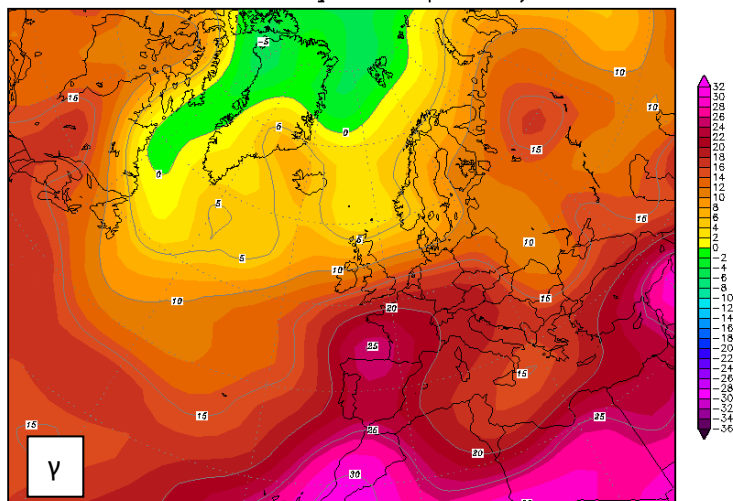
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

04AUG2003 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)

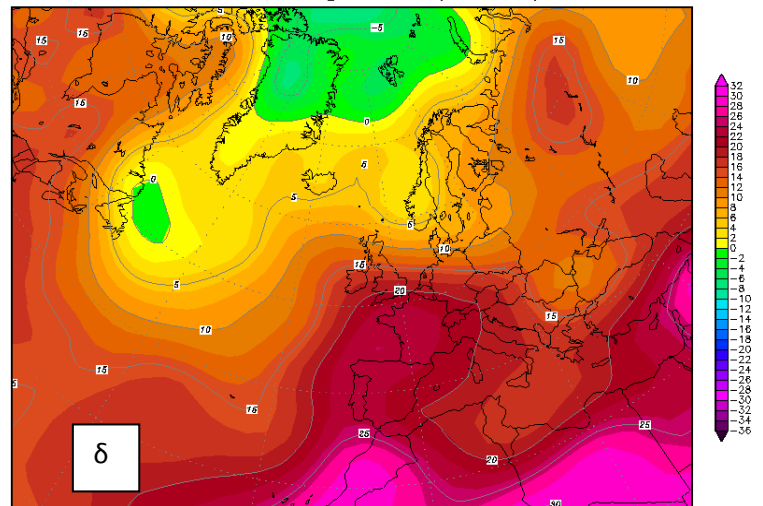


Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

15/2/2016

05AUG2003 00Z

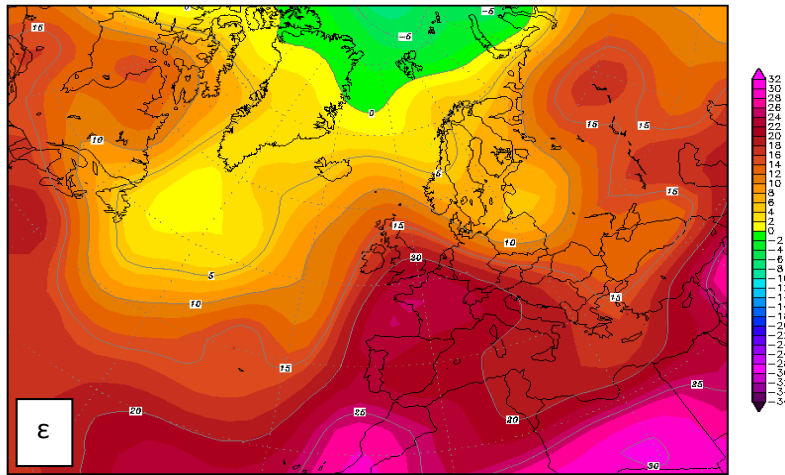
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

06AUG2003 00Z

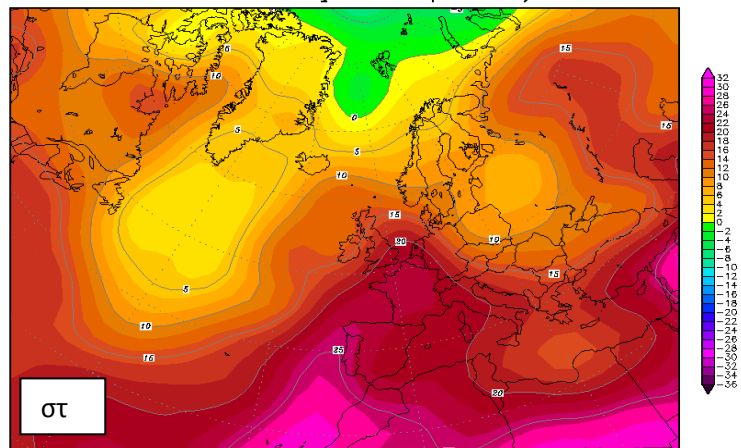
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

07AUG2003 00Z

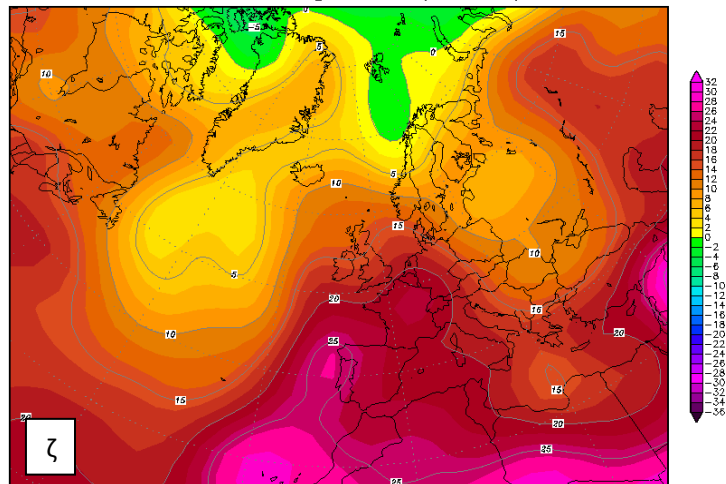
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

08AUG2003 00Z

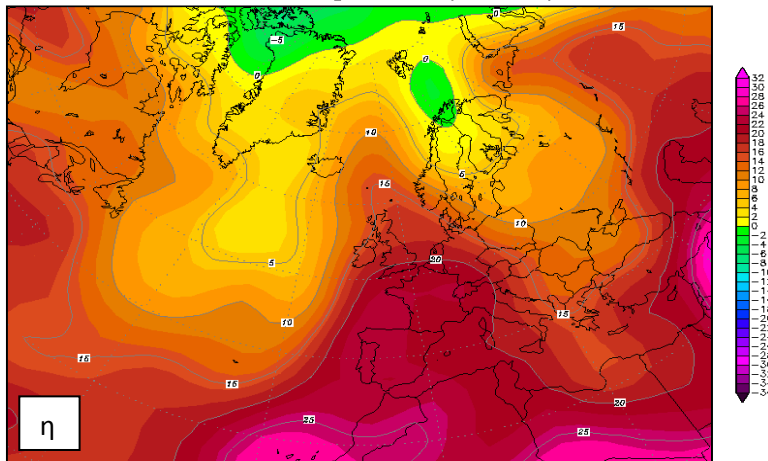
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

09AUG2003 00Z

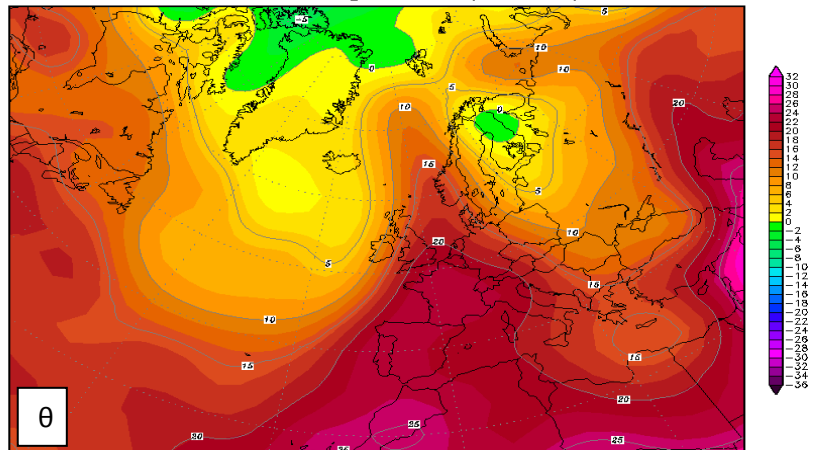
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

10AUG2003 00Z

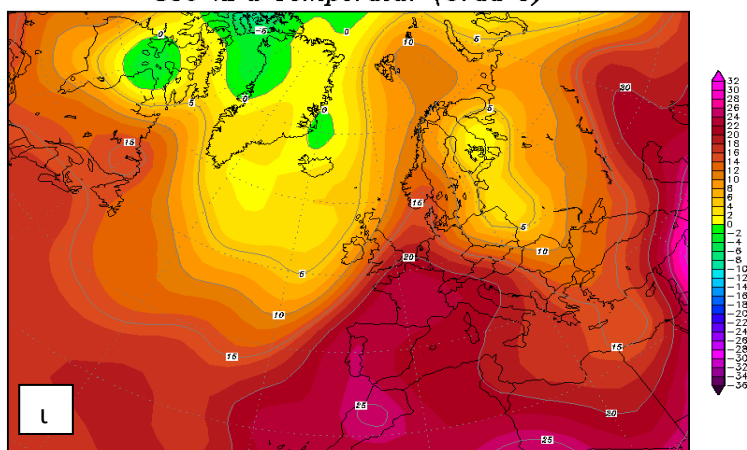
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

11AUG2003 00Z

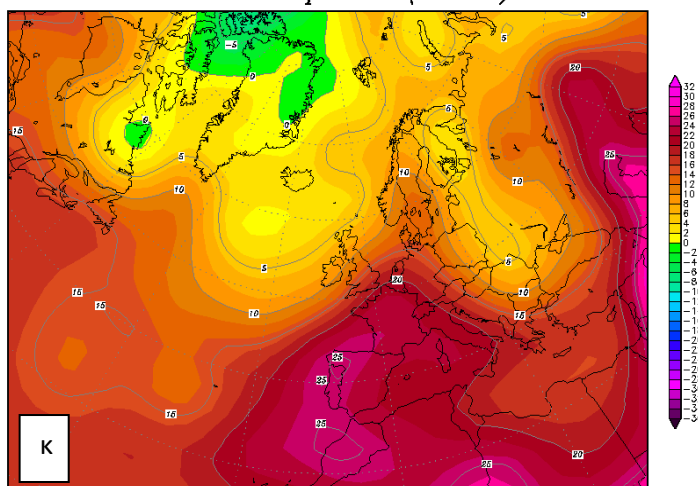
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalyse des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

12AUG2003 00Z

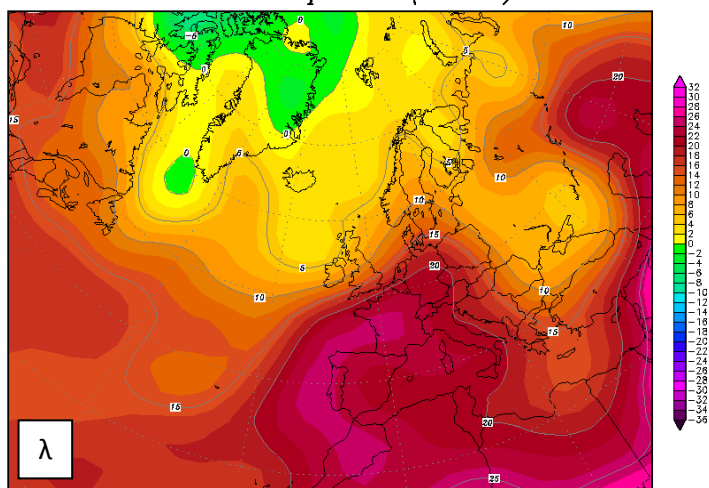
850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalyse des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

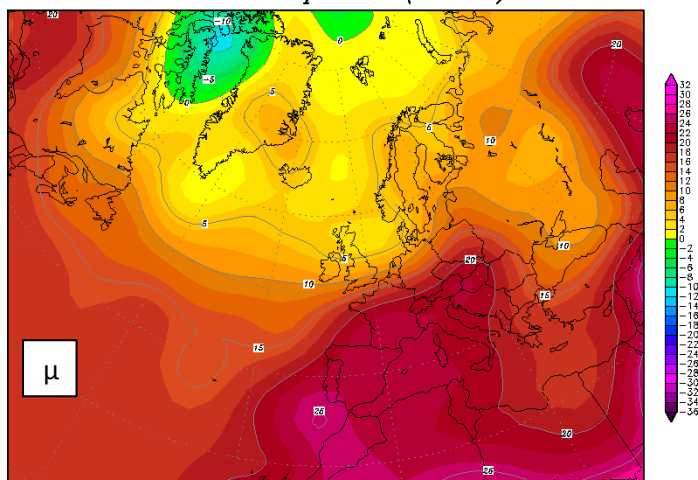
13AUG2003 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



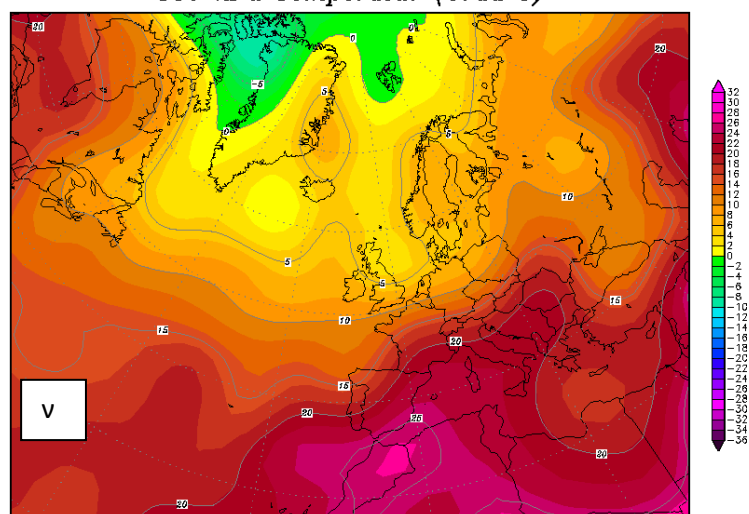
14AUG2003 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



15AUG2003 00Z

850 hPa Temperatur (Grad C)



Σχήμα 4.2(α-ν): απεικόνιση της θερμοκρασίας στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 hPa για το χρονικό διάστημα 02-08-03 έως 15-08-03

Η ένταση του κύματος καύσωνα στην Ευρώπη τον Αύγουστο του 2003 κυρίως όμως η διάρκεια του είχε ως αποτέλεσμα τον θάνατο δεκάδων χιλιάδων ανθρώπων, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.1 : ανθρώπινες απώλειες από το κύμα καύσωνα στην Ευρώπη τον Αύγουστο του 2003

Country	Casualties
France	14 082
Germany	7 000
Spain	4 200
Italy	4 000
UK	2 045
Netherlands	1 400
Portugal	1 300
Belgium	150

INSERM: "Surmortalité liée à la canicule de l'été 2003", AP September 25, 2003

Ο αριθμός των νεκρών εκτιμάται ότι υπερβαίνει τις 30.000 (πίνακας 4.1), ο καύσωνας του 2003, ήταν μία από τις δέκα θανατηφόρες φυσικές καταστροφές στην Ευρώπη τα τελευταία 100 χρόνια και η χειρότερη τα τελευταία 50 χρόνια (EDF, 2003).

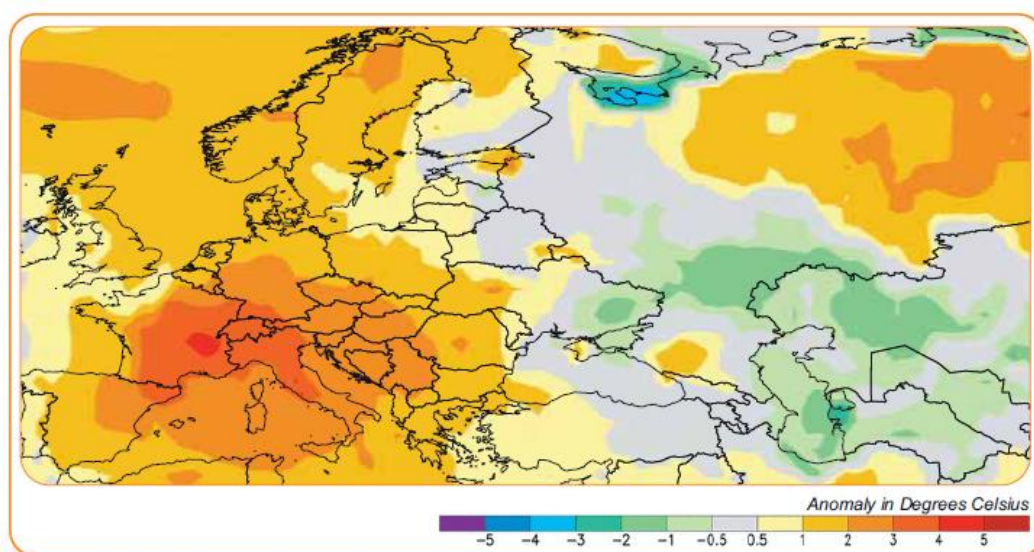
Το σχήμα 4.1 απεικονίζει το γεωδυναμικό ύψος στα 500 hPa και παρατηρούνται υψηλές τιμές και αντικυκλωνική κυκλοφορία πάνω από την Δυτική, Κεντρική και αρχικά και την Βόρεια Ευρώπη. Στις 02-08-03 (σχήμα 4.1α) υπάρχουν δύο αντικυκλώνες, ένας στη Βόρεια Ευρώπη και ένας δεύτερος στον ανατολικό Ατλαντικό και τη Δυτική Ευρώπη. Τις επόμενες μέρες υπάρχει συνένωση των δύο συστημάτων σε ένα εκτεταμένο υψηλό των υψών με κέντρο την Αγγλία, ενώ στη Βόρεια Ευρώπη έχουμε πτώση των υψών. Τελικά στις 15-08-03(σχήμα 4.1ν) χαμηλά των υψών προερχόμενα από τον Ατλαντικό προκαλούν επικράτηση κυκλωνικής κυκλοφορίας.

Στο πεδίο της θερμοκρασίας στα 850 hPa (σχήμα 4.2) παρατηρείται η έναρξη του φαινομένου στις 2-3 Αυγούστου (σχήματα 4.2α, 4.2β) με το κύμα καύσωνα να

περιορίζεται σε Ισπανία και Πορτογαλία, αν και οι θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές στα 850 hPa και φτάνουν και τους 25°C. Από τις 4 Αυγούστου (σχήμα 4.2γ) και για χρονικό διάστημα 10 ημερών το κύμα καύσωνα επεκτείνεται και καταλαμβάνει όλη σχεδόν τη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης και της Αγγλίας. Από τις 15 Αυγούστου (σχήμα 4.2ν) οι θερμοκρασίες πέφτουν από τα βορειοδυτικά με την εξασθένιση της αντικυκλωνικής κυκλοφορίας.

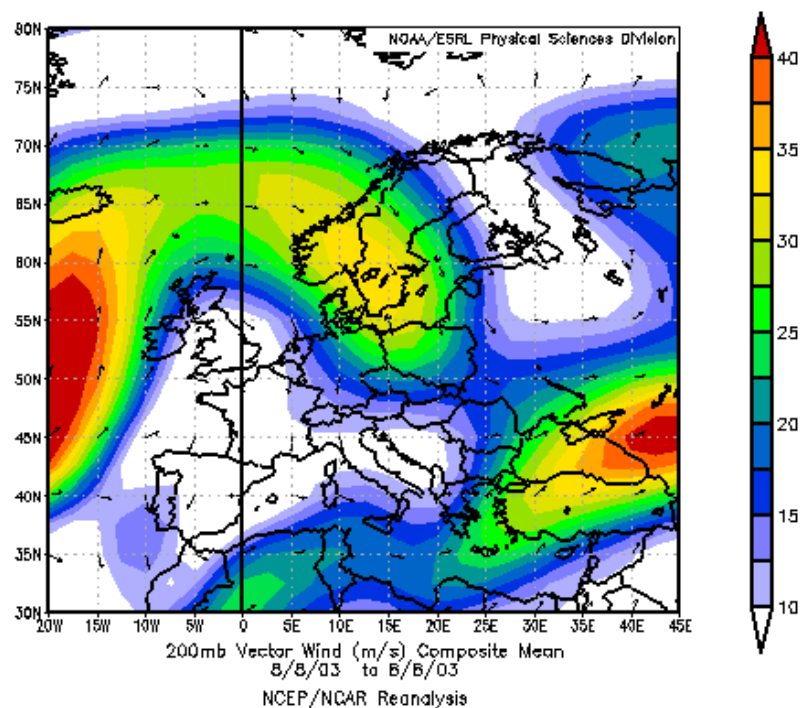
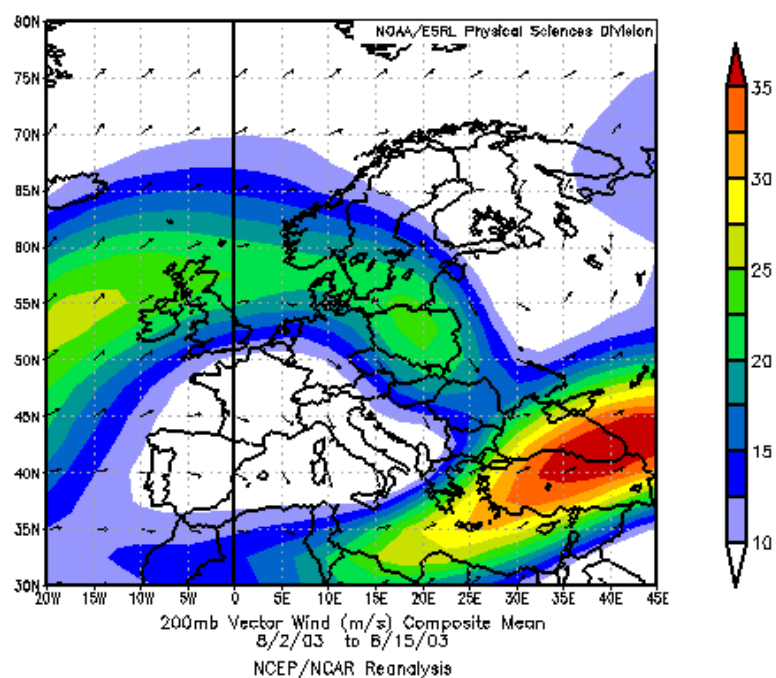
Αυτή η κατάσταση ήταν εξαιρετικά ιδιαίτερη σε ότι αφορά το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μεταφερόταν πολύ θερμός ξηρός αέρας από την Βόρεια Αφρική και τη Δυτική Μεσόγειο.

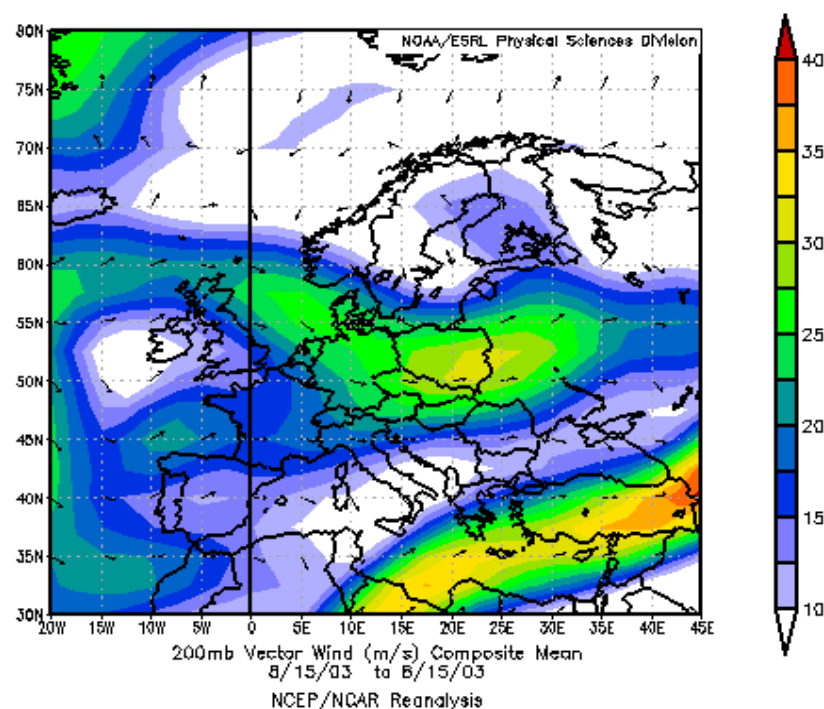
Από τον Ιούνιο έως και τα μέσα Αυγούστου οι θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν στη Δυτική Ευρώπη ήταν υψηλότερες των κλιματικών τιμών. Όπως φαίνεται στο σχήμα 13 θετικές ανωμαλίες της τάξης των 3°C σημειώθηκαν σε Ελβετία, Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία ενώ κατά τόπους στη Γαλλία έφτασαν και τους 4°C(σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 : απόκλιση της θερμοκρασίας από τη μέση τιμή για το τρίμηνο Ιουνίου-Αυγούστου 2003 σε σχέση με την περίοδο 1988-2003 και με βάση παρατηρήσεις επιφανείας και δορυφορικές παρατηρήσεις (NDC/NOAA)

Αεροχέιμαρος στα 200 mb:





Σχήμα 4.4(α-γ): απεικόνιση της θέσης του αεροχείμαρρου (σκίαση) στην ισοβαρική επιφάνεια των 200 mb για τις 2/8/2003, 8/8/2003, 15/8/2003. (www.esrl.noaa.gov)

Ο αεροχείμαρρος συνέβαλλε στην επέκταση του επεισοδίου καύσωνα του Αυγούστου 2003 στη Ευρώπη. Παρατηρείται ότι στην πρώτη ημέρα του καύσωνα η θέση του αεροχείμαρρου βρίσκεται στην περιοχή της βόρειας Ευρώπης (σχήμα 4.4α). Στη συνέχεια, όσο προχωράει το φαινόμενο ο αεροχείμαρρος μετατοπίζεται βορειότερα (σχήμα 4.4β) και στην τελευταία μέρα τοποθετείται νοτιότερα, στην περιοχή της κεντρικής Ευρώπης (σχήμα 4.4γ).

Ο υποτροπικός αεροχείμαρρος ενδέχεται να έπαιξε σημαντικό πόλο στη θέρμανση των κατώτερων τροποσφαιρικών στρωμάτων και κατά συνέπεια στο επεισόδιο καύσωνα, καθώς καθοδικές κινήσεις και αδιαβατική θέρμανση αναμένονται στην αριστερή πλευρά της εισόδου και στη δεξιά πλευρά της εξόδου των αεροχειμάρρων. Το σχήμα 4 δείχνει ότι η Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη βρισκόταν σε αυτή τη θέση του υποτροπικού αεροχείμαρρου (δεξιά πλευρά της εξόδου). Οι Brikas et al. (2006) έδειξαν τον σημαντικό ρόλο του αεροχείμαρρου στην περίπτωση του καύσωνα του Ιουλίου 1987 στην Ελλάδα.

4.2 Ανάλυση του επεισοδίου καύσωνα ανά χώρα

Στη συνέχεια περιγράφεται πως έπληξε το κύμα καύσωνα διάφορες χώρες της Δυτικής Ευρώπης ξεχωριστά, ποιες ήταν οι υψηλότερες θερμοκρασιακές τιμές και ποιες οι συνέπειες.

ΙΒΗΡΙΚΗ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ

Στην Ιβηρική χερσόνησο το φαινόμενο είχε την μεγαλύτερη διάρκεια και ένταση από όλες τις περιοχές της Δυτικής Ευρώπης, εξαιτίας και της πιο νότιας θέσης σε σχέση με τις άλλες χώρες. Ιδιαίτερα υψηλές τιμές θερμοκρασίας σημειώθηκαν στις αρχές του μήνα, όπως ενδεικτικά: 48°C στην Amareleja της Πορτογαλίας, 45,1°C στην Jerez, και 45,2°C στην Σεβίλλη της Ισπανίας (Agencia Estatal de Meteorologia-AEMET). Τα θύματα ξεπέρασαν τα 5000 σε μία περιοχή στην οποία τα κύματα καύσωνα δεν είναι ένα σπάνιο φαινόμενο, η διάρκεια αυτού όμως του καύσωνα φαίνεται να έπαιξε σημαντικό ρόλο.

Ένα ακόμη φαινόμενο που οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στις υψηλές θερμοκρασίες ήταν και οι καταστροφικές πυρκαγιές που έπληξαν την Πορτογαλία και στοίχισαν τη ζωή σε δεκάδες ανθρώπους (σχήμα 4.5). Επίσης κάηκε το 10% των δασών της χώρας και 5% άλλων υπαίθριων εκτάσεων.

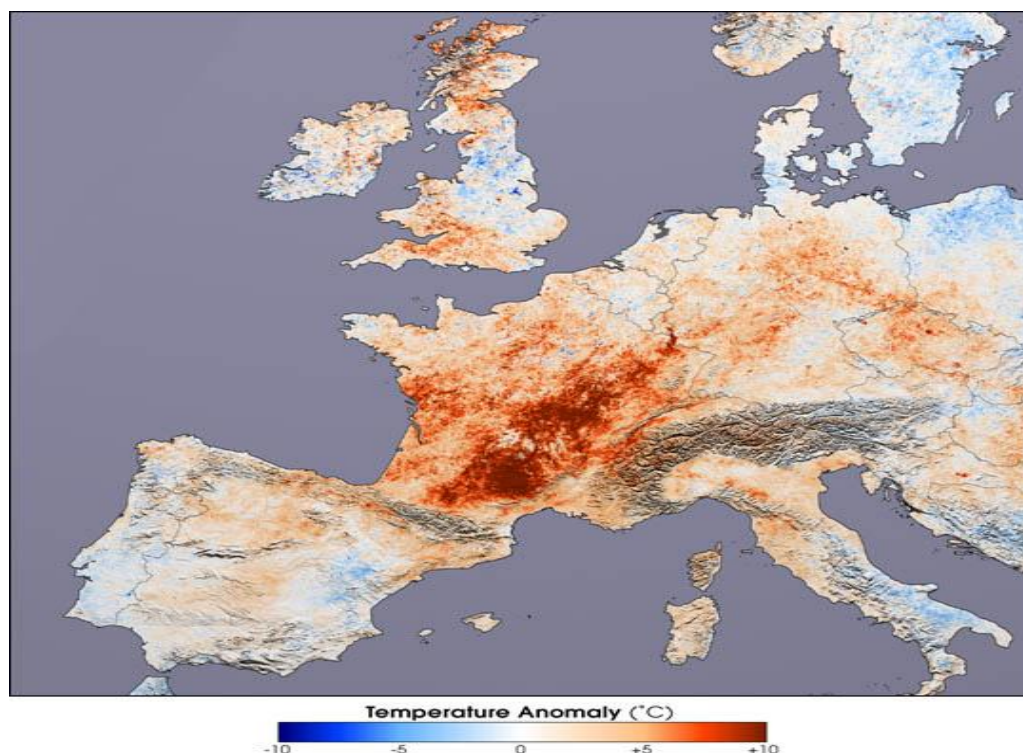


Σχήμα 4.5: Πυρκαγιές στην Πορτογαλία στις 02-08-03 όπως απεικονίζονται από τον δορυφόρο (NASA)

ΓΑΛΛΙΑ

Η Γαλλία ήταν η χώρα που επλήγη περισσότερο, τουλάχιστον από πλευράς νεκρών, οι οποίοι σύμφωνα με το Γαλλικό Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας άγγιξαν σχεδόν τους 15000). Σε περισσότερους από 70 γαλλικούς μετεωρολογικούς σταθμούς καταγράφηκαν ρεκόρ υψηλών θερμοκρασιών στις πρώτες 12 μέρες του Αυγούστου του 2003, από τους 180 σταθμούς που παρέχονται. Από τις 4 Αυγούστου, θερμοκρασίες υψηλότερες από 35 ° C καταγράφηκαν στα περισσότερα από τα δύο τρίτα αυτών των μετεωρολογικών σταθμών. Θερμοκρασίες άνω των 40 ° C βρέθηκαν στο 15% των σταθμών, χωρίς προηγούμενο από το. Το μόνο ρεκόρ που δεν έσπασε είναι αυτό της απόλυτης μέγιστης θερμοκρασίας που καταγράφηκε στις 8 Αυγούστου 1923, στην Τουλούζη (44 ° C).

Η σταδιακή αύξηση των μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ 1 και 5 Αυγούστου, το 2003 ακολούθησε μια σταθερή περίοδο μέχρι τις 13 Αυγούστου από υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες μεταξύ 36 ° C και 37 ° C (Σχήμα 4.6). Η 11η Αυγούστου και 12η ξεχωρίζουν σε αυτή την ήδη ασυνήθιστη κατάσταση. Σε αυτές τις δύο μέρες ο άνεμος εξασθένησε σημαντικά, αυξήθηκε η ατμοσφαιρική ρύπανση (μια αύξηση του NO₂ παρατηρήθηκε εκτός από την προηγούμενη αύξηση του όζοντος) μειώνοντας επομένως την ποιότητα του αέρα και αυξάνοντας την πιθανότητα η ρύπανση αυτή να βλάψει την ανθρώπινη υγεία. Ο θάνατος τόσων χιλιάδων ανθρώπων αποδόθηκε στη σπανιότητα του φαινομένου, τόσο ως προς τη ένταση, όσο και ως προς την διάρκειά του σε συνδυασμό με την έλλειψη των απαραίτητων υποδομών για την αντιμετώπισή του, για παράδειγμα κλιματιστικών μηχανημάτων.



Σχήμα 4.6: διαφορά στη μέση θερμοκρασία του αέρα κατά το διάστημα 20-07-03 με 20-08-03 στην Ευρώπη σε σύγκριση με τα αντίστοιχα διαστήματα για τα έτη 2000,2001,2002,2004. (Terra-MODIS NASA)

ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ

Στη Μεγάλη Βρετανία το φαινόμενο του καύσωνα είναι εξαιρετικά ασυνήθιστο και όταν αυτό εκδηλωθεί είναι πρόσκαιρο. Κάτι αντίστοιχο όμως δε συνέβη τον Αύγουστο του 2003. Στις 10 Αυγούστου στο Brogdale του Kent σημειώθηκε η μεγαλύτερη θερμοκρασία όλων των εποχών για το Ηνωμένο Βασίλειο, που ήταν αυτή

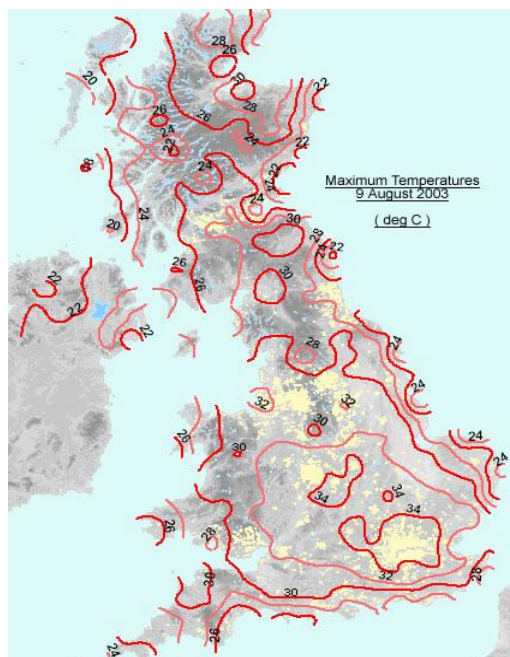
των 38,5 . Στη νοτιοανατολική Αγγλία οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας ξεπέρασαν τους 32 βαθμούς για διάστημα 7 ημερών, την ώρα που η μέση τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας για τον Αύγουστο δε ξεπερνά τους 22° C (Σχήματα 4.7,4.8,4.9).



Σχήμα 4.7: Μέγιστη θερμοκρασία στις 06 Αυγούστου 2003 για τη Μεγάλη Βρετανία (Met Office)

Πίνακας 4.2: Μέγιστες θερμοκρασίες στις 06-08-03 (Met Office)

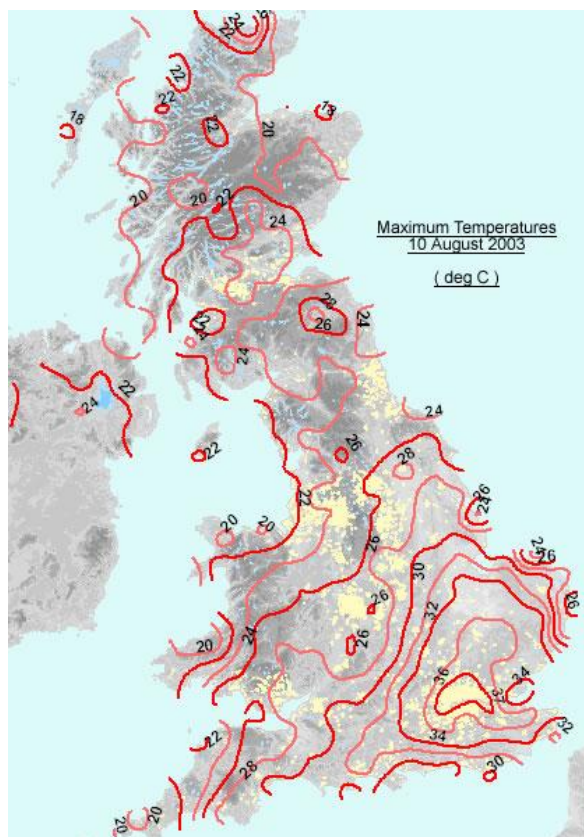
Station name	Maximum temperature (°C)
Gravesend-Broadness (Kent)	36.4
Greenwich Observatory (London)	36.3
Wisley (Surrey)	36.1
Kew Royal Botanic Gardens (London)	36.1
Cambridge Guildhall (Cambridgeshire)	36.0



Σχήμα 4.8: Μέγιστη θερμοκρασία στις 09 Αυγούστου 2003 για τη Μεγάλη Βρετανία (Met Office)

Πίνακας 4.3: Μέγιστες θερμοκρασίες στις 10-08-03 (Met Office)

Station name	Maximum temperature (°C)
Enfield (London)	36.4
Kew Royal Botanic Gardens (London)	36.0
Jersey St Helier	36.0
Greenwich Observatory (London)	36.0
Met Office London	36.0



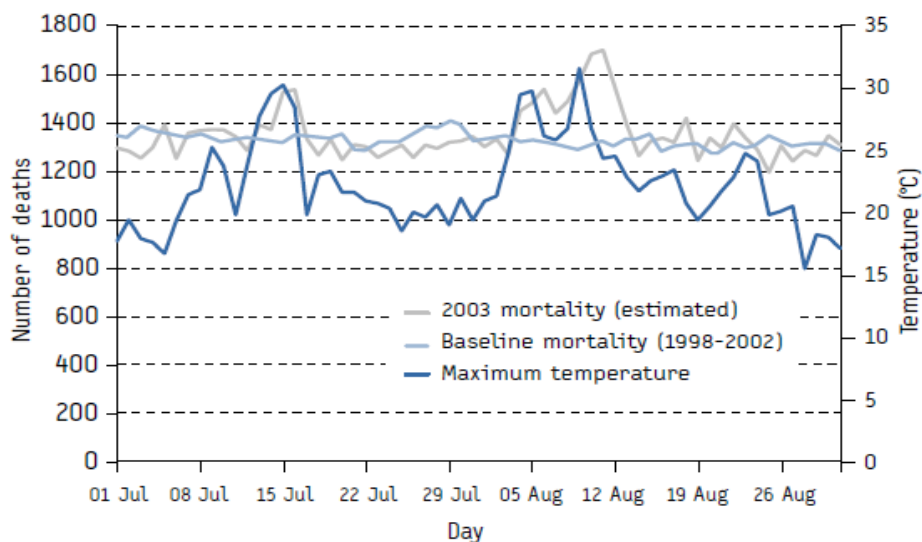
Σχήμα 4.9: Μέγιστη θερμοκρασία στις 10 Αυγούστου 2003 για τη Μεγάλη Βρετανία (Met Office)

Πίνακας 4.4 :μέγιστες θερμοκρασίες στις

10-08-03 (Met Office)

Station name	Maximum temperature (°C)
Brogdale near Faversham (Kent)	38.5
Kew Royal Botanic Gardens (London)	38.1
Gravesend-Broadness (Kent)	38.1
Heathrow (London)	37.9
Wisley (Surrey)	37.8
Enfield (London)	37.8
Northolt (London)	37.7
Met Office London	37.6
St. James's Park (London)	37.6
Cambridge Guildhall (Cambridgeshire)	37.5
Greenwich Observatory (London)	37.5
East Malling (Kent)	37.4
Cavendish (Suffolk)	37.3

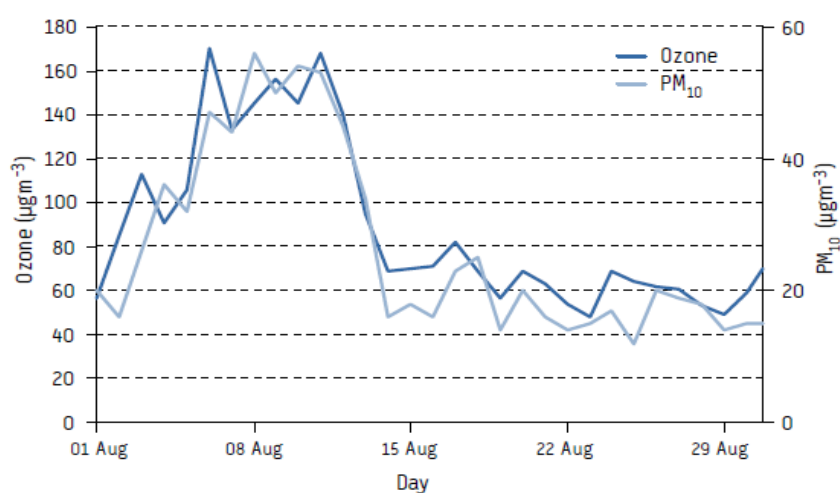
Στις 10 Αυγούστου σημειώθηκαν επίσης 2 θερμοκρασίες ρεκόρ που ήταν οι 38°C για το Λονδίνο και οι 32,9 °C για τη Σκωτία. Οι θάνατοι ξεπέρασαν τους 1600 ανά ημέρα, μεγαλύτερος αριθμός σε σχέση με το φυσιολογικό (Σχήμα 4.10). Ο αριθμός αυτός είναι όμως μικρότερος σε σχέση με την Γαλλία λόγω της μικρότερης διάρκειας του φαινομένου.



Σχήμα 4.10: μέγιστη θερμοκρασία και ημερήσια θνησιμότητα στην Κεντρική Αγγλία κατά το δίμηνο Ιούλιος-Αύγουστος 2003.(Johnson et al, 2005)

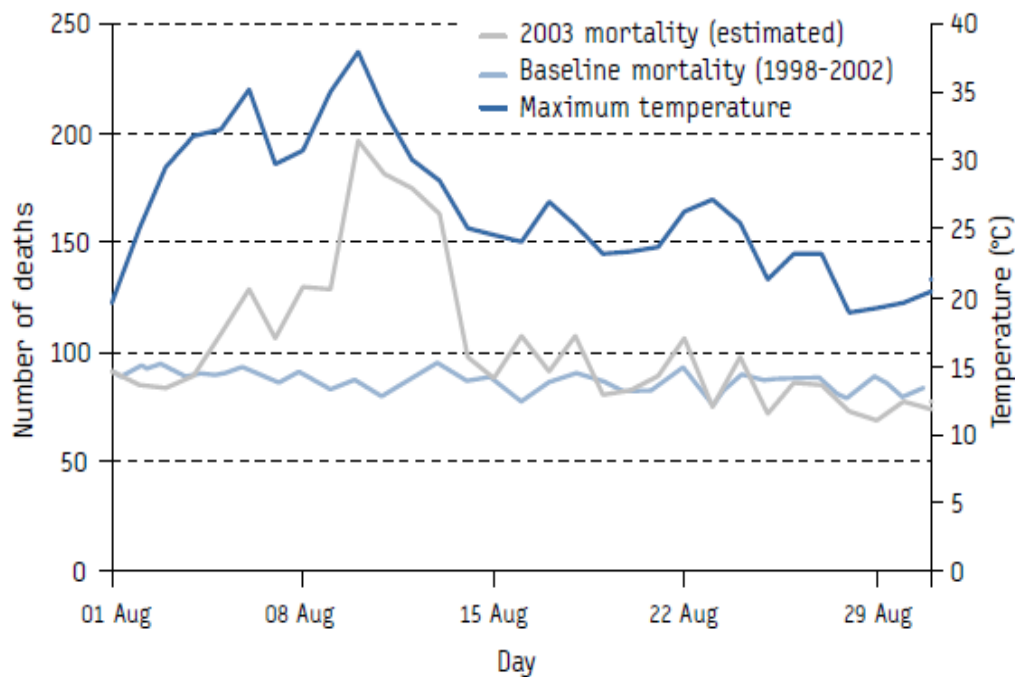
Στο σχήμα 4.10 παρουσιάζεται η μέγιστη θερμοκρασία με τη σκούρα μπλε γραμμή η θνησιμότητα το εν λόγω διάστημα με την γκρι γραμμή και η μέση θνησιμότητα με την σιέλ γραμμή στην Κεντρική Αγγλία κατά το διάστημα Ιούλιος-Αύγουστος 2003.

Όπως παρατηρείται η άνοδος της θερμοκρασίας συνοδεύεται από μια αντίστοιχη αύξηση της θνησιμότητας (Σχήμα 4.11), η οποία ιδιαίτερα το διάστημα 10-12 Αυγούστου, οπότε και σημειώθηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες είναι σημαντική.



Σχήμα 4.11: Θνησιμότητα ατόμων άνω των 75 ετών στο Λονδίνο τον Αύγουστο του 2003.(Johnson et al, 2005)

Όπως συνήθως συμβαίνει σε επεισόδια καύσωνα πιο επιρρεπείς είναι οι ηλικιωμένοι άνθρωποι, κάτι που συνέβη και στην Αγγλία και επιβεβαιώνεται από το σχήμα 20 που δείχνει ότι περίπου 200 έχασαν τη ζωή τους μόνο στις 10/8/03. Τόσο οι υψηλές θερμοκρασίες, όσο και η άπνοια και τα υψηλά επίπεδα αέριας ρύπανσης (σχήμα 4.12) φαίνεται να ευθύνονται για αυτό.



Σχήμα 4.12: Συγκέντρωση όζοντος και PM10 τον Αύγουστο του 2003 στο Λονδίνο.(Johnson et al, 2005)

GERMANIA

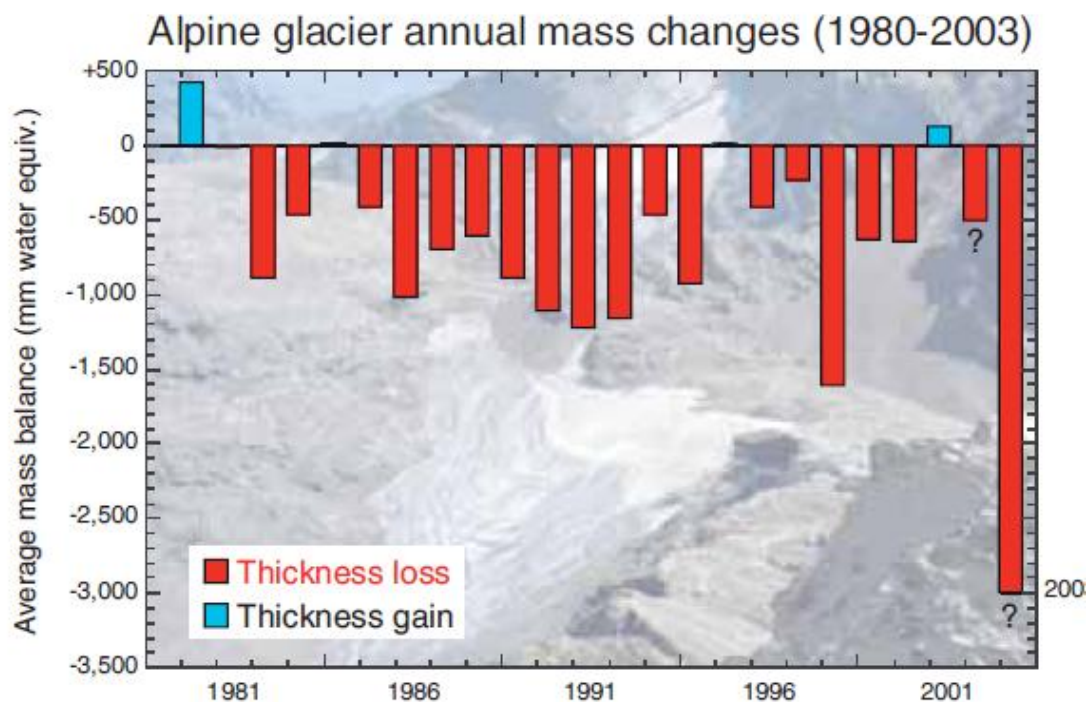
Η Γερμανία είναι μία από τις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης που επηρεάστηκε επίσης αρκετά από το κύμα έντονης ζέστης του Αυγούστου 2003. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφηκαν στις δυτικές επαρχίες κατά μήκος του Ρήνου με τη μέγιστη θερμοκρασία να σημειώνεται στο Roth της Νυρεμβέργης και να αγγίζει τους 40.4 °C. 7000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους κατά τη διάρκεια αυτού του κύματος καύσωνα.

ΟΛΛΑΝΔΙΑ

1400 άνθρωποι απεβίωσαν στην Ολλανδία, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Στο Arcen του Limburg σημειώθηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες που ήταν συγκεκριμένα οι 37.8 °C στις 07 Αυγούστου, οι 37.7 °C την επόμενη μέρα και τέλος οι 37.2 °C στις 12 Αυγούστου.

ΕΛΒΕΤΙΑ

Η Ελβετία δεν αποτέλεσε την εξαίρεση στον κανόνα των χωρών που επλήγησαν από τον καύσωνα. Ρεκόρ όλων των εποχών αποτέλεσε η θερμοκρασία των 41.5 °C που σημειώθηκε στο Grono (Meteoswiss). Μία άλλη επίπτωση ήταν οι πλημμύρες, όχι λόγω καταιγίδων αλλά λόγω των ποσοτήτων νερού που έλιωσαν απότομα από τους παγετώνες στις Άλπεις. Ο ακραία ζεστός καιρός για τα δεδομένα της Ελβετίας προκάλεσε μία πολύ μεγάλη μείωση στον Ευρωπαϊκό παγετώνα των Άλπεων κατά περίπου 3 μέτρα (WGMS, University of Zurich). Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως αυτή η μείωση είναι περίπου η διπλάσια από την αντίστοιχη μείωση που καταγράφηκε το 1998, το θερμότερο έτος για τον πλανήτη (για διάστημα έως και το 2003) σύμφωνα με το IPCC. Αυτό γίνεται καλύτερα αντιληπτό και από το σχήμα 4.13. Από το 1980 περίπου και μετά παρατηρείται μια σημαντική συρρίκνωση των παγετώνων, με τη χρονιά του 2003 να σπάζει όλα τα προηγούμενα ρεκόρ, ενώ ενδεικτικό είναι ότι μετά το 1980 χάθηκε περίπου το 25% των Αλπικών παγετώνων.



Mass balance based on 10 alpine glaciers: St. Sorlin, Sarennes, Silvretta, Gries, Sonnblickkees, Vernaatferner, Kesselwandferner, Hintereis-ferner, Caresèr.

Σχήμα 4.13: μείωση της μάζας του πάγου με βάση στοιχεία από 10 Αλπικούς παγετώνες (World Glacier Monitoring Zürich)

Από το 1980 περίπου και μετά παρατηρείται μία σημαντική συρρίκνωση των παγετώνων, με τη χρονιά του 2003 να σπάζει όλα τα προηγούμενα ρεκόρ, ενώ ενδεικτικό είναι ότι μετά το 1980 χάθηκε περίπου το 25% των Αλπικών παγετώνων.

4.3 Οι βασικότερες επιπτώσεις του κύματος καύσωνα του 2003 σε διάφορους τομείς

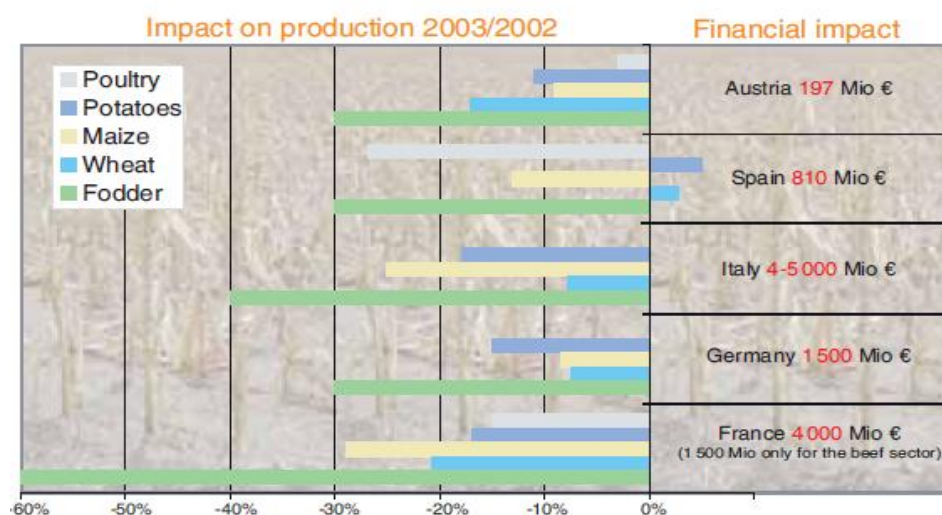
ΥΨΗΛΟΤΕΡΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΘΑΝΑΤΩΝ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 50 ΧΡΟΝΙΑ

Με τον αριθμό των νεκρών να εκτιμάται ότι υπερβαίνει τις 30000, το κύμα καύσωνα του 2003, είναι μία από τις δέκα θανατηφόρες φυσικές καταστροφές στην Ευρώπη τα τελευταία 100 χρόνια και η χειρότερη τα τελευταία 50 χρόνια.

ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑ

Οι ακραίες καιρικές συνθήκες ήταν η αιτία να μειωθεί η ποσότητα και η ποιότητα των συγκομιδών, κυρίως στις γεωργικές εκτάσεις της Κεντρικής και Νότιας Ευρώπης. Οι χειμερινές καλλιέργειες είχαν ήδη υποφέρει από έναν δριμύ χειμώνα. Το κύμα καύσωνα επιτάχυνε την ανάπτυξη των καλλιεργειών κατά 10 έως 20 ημέρες. Η πολύ υψηλή θερμοκρασία του αέρα και η ηλιακή ακτινοβολία είχαν ως αποτέλεσμα μια σημαντική αύξηση στην κατανάλωση νερού των καλλιεργειών. Αυτό, μαζί με τη καλοκαιρινή ξηρασία, οδήγησαν σε μια οξεία άρδευση του εδάφους και μείωσε τις αποδόσεις των καλλιεργειών. Ακόμη και στην Ελβετία, αποσύρσεις ποταμών για γεωργική χρήση είχαν απαγορευτεί κατά τόπους, επηρεάζοντας έτσι τους παραγωγούς πατάτας και καπνού.

Η μείωση της παραγωγής δημητριακών στην ΕΕ ξεπέρασαν τα 23 εκατ. τόνους (MT) σε σύγκριση με το 2002.. Επιπρόσθετες ανεπιθύμητες ενέργειες έγιναν αισθητές κατά τους επόμενους μήνες, όπως τα προβλήματα της διάβρωσης του εδάφους και οι πλημμύρες (COPA COGECA 2003).



Σχήμα 3.14: Επίδραση του κύματος καύσωνα 2003 στην γεωργία (πατάτες/potatoes, καλαμπόκι/maize, σιτάρι/wheat) και την κτηνοτροφία (πουλερικά/poultry, ζωοτροφές/fodder) σε 5 μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης και ο αντίστοιχος οικονομικός αντίκτυπος σε σύγκριση με το 2002(COPA COGECA 2003 – ipcc.ch).

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.14, που δείχνει τις οικονομικές απώλειες και τις απώλειες παραγωγής 5 Ευρωπαϊκών χωρών, ο οικονομικός αντίκτυπος στη γεωργία και την κτηνοτροφία ήταν μεγάλος ιδιαίτερα στην Ιταλία και τη Γαλλία. Ειδικότερα, το έλλειμμα σε ζωοτροφές λόγω της μεγάλης ξηρασίας κυμάνθηκε από το 30% σε Γερμανία, Αυστρία και Ισπανία, ενώ στη Γαλλία άγγιξε και το 60%. Ανάλογο το πρόβλημα και με την παραγωγή δημητριακών προϊόντων, η οποία μειώθηκε κατά 23 εκατομμύρια τόνους σε σύγκριση με το προηγούμενο έτος (2002) (COPA COGECA 2003).

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Η ξηρασία επηρεάζει την κατάσταση της βλάστησης με τη μείωση της φωτοσύνθεσης που οδηγεί σε μείωση της παραγωγικότητας, ιδίως για τις καλλιέργειες και τη κτηνοτροφία. Επίσης, επηρεάζει τα δάση, αποδυναμώνοντας τα δέντρα και καθιστώντας τα περισσότερο ευάλωτα σε ασθένειες και προσβολές από έντομα. Μια άλλη συνέπεια του καύσωνα ήταν να αναγκάσει την πρόωμη συγκομιδή των καλλιεργειών που ωρίμασαν πολύ νωρίτερα από το συνηθισμένο. Επιπλέον, ορισμένα είδη βλάστησης καταστράφηκαν από τις ακραίες συνθήκες ξηρασίας και τις θερμοκρασίες που ξεπέρασαν κατά τόπους και τους 40 ° C. Η έλλειψη νερού έδινε τόπο σε δασικές πυρκαγιές, οι οποίες ήταν ιδιαίτερα έντονες με τις εξαιρετικές κλιματολογικές συνθήκες του καλοκαιριού του 2003 (EDF, 2003).

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το κύμα καύσωνα έφερε προβλήματα για τους πυρηνικούς αντιδραστήρες της Γαλλίας, πολλοί από τους οποίους ψύχονται με νερό του ποταμού. Σε ορισμένες περιοχές, τα επίπεδα των υδάτων των ποταμών είχαν πέσει τόσο χαμηλά που η διαδικασία ψύξης είχε γίνει αδύνατη, ενώ αλλού η θερμοκρασία του νερού από τη διαδικασία ψύξης είχε υπερβεί τα επίπεδα ασφαλείας. Επιπλέον, η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξήθηκε, καθώς ο πληθυσμός χρησιμοποιούσε τον κλιματισμό και τα ψυγεία, αλλά οι σταθμοί πυρηνικής ενέργειας, οι οποίοι παράγουν περίπου το 75% της ηλεκτρικής ενέργειας της Γαλλίας, λειτουργούσαν σε πολύ μειωμένη ικανότητα. (*"The Guardian" August 13, 2003, "Le Monde" August 13, 2003, EDF Note d'information August 29, 2003*)

ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

Λόγω του συνδυασμού των υψηλών θερμοκρασιών που σημειώθηκαν τον Αύγουστο μεγάλες δασικές πυρκαγιές έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Πάνω από 25.000 πυρκαγιές σημειώθηκαν στην Πορτογαλία, την Ισπανία, την Ιταλία, τη Γαλλία, την Αυστρία, τη Φινλανδία, τη Δανία και την Ιρλανδία. Η εκτίμηση των δασικών εκτάσεων που καταστράφηκαν είχαν φθάσει τα 647.069 εκτάρια. Η Πορτογαλία ήταν σε χειρότερη κατάσταση με 390.146 εκτάρια, καταστρέφοντας περίπου το 5,6% της δασικής έκτασης της. Η Ισπανία ήρθε δεύτερη με 127.525 εκτάρια. Η καμένη γεωργική έκταση είχε φτάσει τα 44.123 εκτάρια, 8.973 εκτάρια από ακατοίκητες εκτάσεις, καθώς και 1.700 εκτάρια από τις κατοικημένες περιοχές. Ήταν μακράν η χειρότερη εποχή πυρκαγιάς που είχε αντιμετωπίσει η Πορτογαλία τα τελευταία 23 χρόνια. Τον Οκτώβριο του 2003, οι δημοσιονομικές επιπτώσεις στην Πορτογαλία εκτιμάται ότι υπερέβησαν το 1 δισ. ευρώ.(COPA COGECA 2003:, EU-JRC 2003: *The European Forest Fires Information System (EFFIS) results on the 2003 fire season in Portugal to the 20th of August.*)

ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΥΜΑ ΚΑΥΣΩΝΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ

Οι ακραίες θερμοκρασίες του καλοκαιριού του 2003 θέτουν τις επιπτώσεις του προβλήματος της υπερθέρμανσης του πλανήτη στις ανθρώπινες δραστηριότητες και στο οικοσύστημα. Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι ένα γεγονός αποδεδειγμένο από την επιστημονική κοινότητα. Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση αξιολόγησης IPCC1, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης έχει αυξηθεί πάνω από τον 20ο αιώνα κατά 0,6 ° C.(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change; "Third Assessment Report", WHO: Press release No 695) Αυτή η τιμή είναι περίπου 0,15 ° C υψηλότερη από εκείνη που υπολογίζεται από τις προηγούμενες εκθέσεις. Τα στοιχεία για το βόρειο ημισφαίριο δείχνουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τον 20ο αιώνα είναι μεγαλύτερη και ταχύτερη από οποιονδήποτε άλλον αιώνα τα τελευταία 1000 χρόνια. Νέες εκδηλώσεις ακραίων φαινομένων γίνονται κάθε χρόνο στον πλανήτη, αλλά τα τελευταία χρόνια ο αριθμός αυτών έχει αυξηθεί. Το κύμα καύσωνα που έπληξε την Ευρώπη το καλοκαίρι του 2003 μπορεί να θεωρηθεί ως μία ακόμη προειδοποίηση για τις επιπτώσεις από ένα θερμότερο κλίμα στους πληθυσμούς και το οικοσύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε αρχικά μία προσπάθεια ερμηνείας του φαινομένου του καύσωνα και η εύρεση ενός κατάλληλου ορισμού, καθώς επίσης και η μελέτη των διαφορετικών στοιχείων που χαρακτηρίζουν ένα κύμα ζέστης ως καύσωνα ανά την υφήλιο και κυρίως στην περιοχή μελέτης, δηλαδή την Ευρωπαϊκή Ήπειρο.

Στη συνέχεια μελετήθηκαν λεπτομερώς τρία συγκεκριμένα επεισόδια καύσωνα, αυτό του Ιουνίου 2007 καθώς και του καύσωνα του 1987 που επηρέασαν τον Ελλαδικό χώρο και τέλος αυτό του Αυγούστου του 2003 που επηρέασε το σύνολο σχεδόν των χωρών της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης. Τα ιδιαίτερα συνοπτικά γνωρίσματα του φαινομένου του καύσωνα σε αυτές τις τρεις περιπτώσεις μελετήθηκαν με τη χρήση χαρτών καιρού. Η ανάλυση των συγκεκριμένων περιπτώσεων καύσωνα δείχνει τη μεγάλη σημασία που διαδραματίζουν στη γένεση συνθηκών καύσωνα οι αντικυκλωνικές κινήσεις του αέρα. Αυτή η κυκλοφορία συνδυάζεται με μία μεταφορά θερμών και ξηρών αερίων μαζών από τη Βόρεια Αφρική προς την Ευρώπη, ενώ χαρακτηριστική ήταν και στις δύο περιπτώσεις η θέση του υποτροπικού αεροχειμάρρου.

Και οι δύο περιπτώσεις καύσωνα ξεχωρίζουν τόσο για την ένταση τους (μέγιστη θερμοκρασία στον σταθμό της Ελευσίνας 47 °C) όσο και για την μεγάλη τους διάρκεια. Αυτό φαίνεται ιδιαίτερα στο επεισόδιο του Αυγούστου του 2003 που επηρέασε τη Δυτική Ευρώπη για διάστημα περίπου 2 εβδομάδων κάτι το οποίο δεν είχε ξανασυμβεί στο πρόσφατο παρελθόν.

Οι συνέπειες του καύσωνα και στις δύο περιπτώσεις ήταν περίπου οι ίδιες με την εκδήλωση σοβαρών πυρκαγιών, τη καταστροφή καλλιεργειών, τα προβλήματα στην ενέργεια και την ηλεκτροδότηση, με τη μεγάλη διαφορά όμως ότι στην Ευρώπη το κύμα καύσωνα υπολογίζεται ότι στοίχησε την ζωή σε 30000 ανθρώπους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Baldi M., Dalu G., Maracchi G., Pasqui M., Cesarone F., (2005): heat waves in the Mediterranean region: analysis and model results, Institute of Biometeorology - CNR, Rome, Italy

Barrow E.M., Karacostas T.S., (1996): The impact of greenhouse gas-induced climate change on the frequency and intensity of heat waves in Greece, Univ.of East Anglia, Norwich

Brikas D. P. , Karacostas T. S., Pennas P. J., Flocas A. A. , (2006)
The role of the subtropical jet stream during heat wave events over north-central Greece

Burt S., (1992): The exceptional hot spell of early August 1990 in the United Kindom, International Journal of Climatology, Vol.12 547-567

Balafoutis Ch., Arseni-Papadimitriou A., (1998): Lengths of very warm and cold spells at Southern Balkans

Campetella C., Rusticucci M., (1998): Synoptic analysis of an extreme heat wave over Argentina in March 1980. Meteor. Appl., 5, 217–226.

COPA COGECA 2003:, EU-JRC 2003: The European Forest Fires Information System (EFFIS) results on the 2003 fire season in Portugal to the 20th of August.)

DeGaetano A.T., (1996): Recent trends in maximum and minimum temperature threshold exceedences in the northeastern United States, *Journal of Climate*, Vol.9, Issue 7, 1646-1660

Deo R.C.,McAlpine C. A., Syktus J., McGowan H. A., Phinn S. (2007) *On Australian heat waves: time series analysis of extreme temperature events in Australia, 1950 - 2005*. In: MODSIM07: International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability, 10-13 Dec 2007, Christchurch, New Zealand.

Department of Meteorology and Climatology, Aristotelian University of Thessaloniki, Greece, (2006) *Meteorol Atmos Phys* 94, 219–233

EDF Note d'information August 29, (2003): "The Guardian" August 13, 2003, "Le Monde" August 13, 2003

Fischer E.M., Seneviratne S.I., Vidale P.L., Lüthi D., Schär C., 2007a. Soil moisture –atmosphere interactions during the 2003 European summer heat wave. *J. Climate* 20, 5081–5099

Φλόκας Α.Α, (1970): Συμβολή εις τη μελέτη των θερμών εισβολών εν Ελλάδι, Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

Flocas Α.Α, (1981): persistence of cold and hot spells at Thessaloniki, *Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. A*, 30, 135-144

Founda D., Papadopoulos K.H., Petrakis M., Giannakopoulos C., Good P., (2004): Analysis of mean, maximum and minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events and cold events. *Global and Planetary Change* 44, 27–38.

Henderson K.G., Muller R.A., (1997): extreme temperature days in the south-central U.S.A. , *Climate Research*, Vol.8, 151-162

Hennesy K.J. Pittock A.B., (1995): greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia, *International Journal of Climatology*, Vol.15, 591-612

Houghton F.C., Yaglou CP (1923): Determining equal comfort lines. *J Am Soc Heat Vent Engrs* 29, 165–176.

Husckhe R.E, (1959): *Glossary of Meteorology*, American Meteorological Society, Boston, Mass

Huth R., Kysely J., (2000): Institute of Atmospheric Physics AS CR, Prague, Czech Republic, Relationships of surface air temperature anomalies over Europe to persistence of atmospheric circulation patterns conducive to heat waves

Huynen M.M.T.E., Martens P., Schram D., Weijenberg M.P., Kunst, A.E. (2001): The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives* **109**: 463-470.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change; "Third Assessment Report", WHO: Press release No 695

Janssen A., Scheid G., Thiele H., (1998): ein spatter ruckblick auf den sommer 1987 in Nordrhein-Westfalen am biespiel der station Munster, *Meteor.Rdsch* 40, Jg, Heft 6, 182-184

Johnson H., Kovats R.S. , McGregor G., Stedman J., Gibbs M., Walton H., (2005): The impact of the 2003 heat wave on daily mortality in England and Wales and the use of rapid weekly mortality estimates, *Eurosurveillance* vol.10

Kotroni V., Lagouvardos K., Retalis, (2010): submitted for publication. The heat wave of June 2007 in Athens, Greece—Part 2: modelling study and sensitivity experiments. *Atmos. Res*

Lecha L., Florido A., (1989): Principales características climáticas del régimen termico del archipiélago cubano, Academia, Havana, pp. 23-29

Mariolopoulos E., Karapiperis L., (1956): of the annual march of air temperatures in Athens and their anomalies , Publications of Athens University Laboratory, No2, Athens

Metaxas D.A., Kallos G., (1980): Heat waves from a synoptic point of view. Riv. Di Meteor. Aeronaut. IL 2–2, 107–119.

Νιάχου Α., Ακύλας Ε., Λιβαδά, Η., (1998) : Συμβολή στη μελέτη συνθηκών θερμικής άνεσης στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου πελάγους, Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη 471-475

Prezerakos N.G., (1989): A Contribution to the Study of the Extreme Heatwave over the South Balkans in July 1987, Met. Atm. Phys. 41, 261-271

Pytharoulis I., Brikas D., Louka P., Makrogiannis T., Karacostas T., (2008): Characteristics and predictability of the intense heat wave that affected Greece in June 2007. Proceedings in the 9th COMECAP 2008, Thessaloniki, 28–31 May 2008, pp.195–202.

Palmen E., Newton C.W., (1969): Atmospheric Circulation Systems. New York: Academic Press.

Retalis A. , Paronis D., Lagouvardos K., Kotroni V., (2010): The heat wave of June 2007 in Athens, Greece—Part 1: Study of satellite derived land surface temperature. Atmos. Res.

Robinson P.J., 2001: On the Definition of a Heat Wave. *J. Appl. Meteor.*, **40**, 762–775.

Rusticucci M, Vargas W, (2002): Cold and warm events over Argentina and their relationship with the ENSO phases: Risk evaluation analysis. Int. J. of Climatology. Vol. 22, pags 467-483

Rusticucci M.M., Vargas W.M., (1998): Variabilidad Interanual de las Olas de Calor y de Frío sobre la Argentina, su Relación con el ENSO. Congreso, Nacional del Agua, Santa Fé, Argentina, pp. 115–122

Steadman R.G., (1979): The assessment of sultriness. Part 1: A Temperature-Humidity Index based on human Physiology and Clothing Science, Journal of Applied Meteorology, Vol 18, 861-873

Steadman R.G., (1984): a universal scale of apparent temperature, Journal of Applied Meteorology, Vol 23, 1674-1687

Spyrou K., (2001): Synoptic and dynamic study of the phenomenon of the heat wave in the wide Greek region. PhD dissertation, Dept. of Meteorology and Climatology, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, 285 pp

Sneyers R., (1982): Revue climatologique mensuelle, Ciel et Terre, Vol.98, 237-243

Thom E.C., (1957): a new concept for cooling degree-days, Air Condit., Heat Ventil. 54:73-80

Thom E.C., (1959): the discomfort index, Weatherwise, 12, 57-60

Tolika K., Maheras P., Tegoulas I, (2009): Extreme temperatures in Greece during 2007: Could this be a “return to the future”? Geophysical research letters, vol. 36

Tutiš V., Ivančan-Picek B., (1994): The Life cycles of extratropical cyclones, Vol II, Bergen, 335-340, Pressure drag on the Dinaric Alps During the ALPEX SOP.

Unkasevic M., Tosic I., (2009): "An analysis of heat waves in Serbia", *Global Planet. Change*, vol. 65, 17–26.

Από το διαδίκτυο

www.noaa.gov

www.wetterzentrale.de

www.hnms.gr

www.meteo.gr

www.wikipedia.org

www.ipcc.ch

www.metoffice.gov.uk

modis.gsfc.nasa.gov

www.esrl.noaa.gov