

Κλιματικές αλλαγές

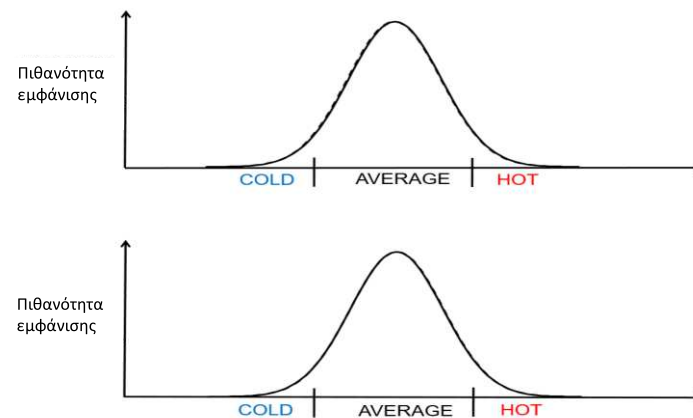
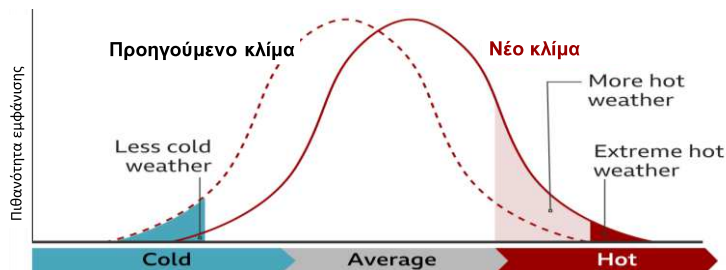
IPCC: Κλιματική αλλαγή θεωρείται οποιαδήποτε διαφοροποίηση του κλίματος στην κλίμακα του χρόνου

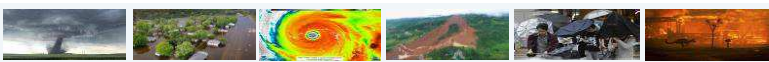
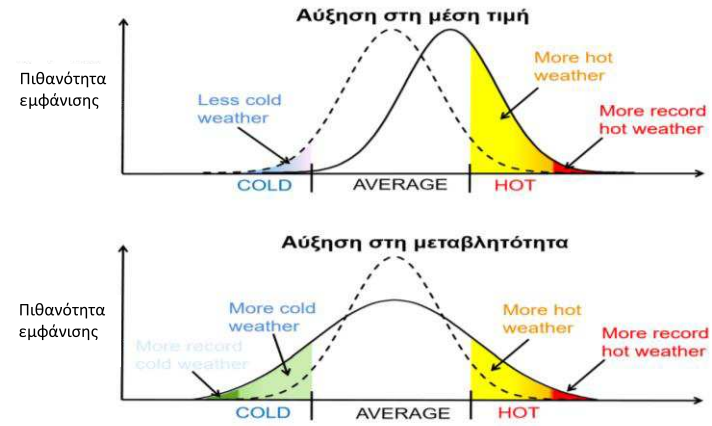
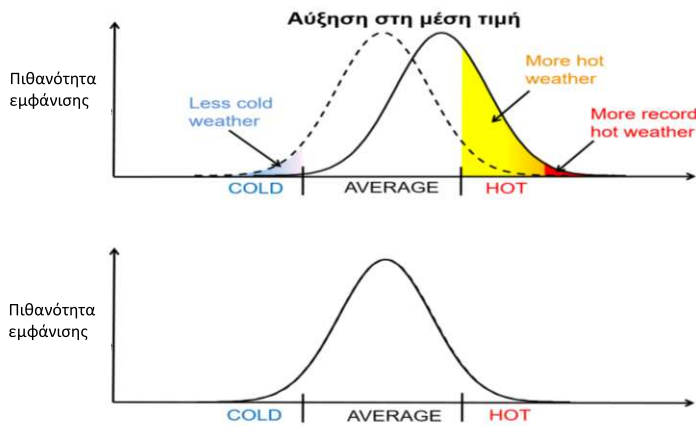
Οι Αλλαγές συνίστανται:

- στη **μέση κατάσταση του κλίματος** (πχ. μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας της γης)
- στη **μεταβλητότητα του κλίματος** (αλλαγή συχνότητας εμφάνισης ακραίων φαινομένων: Καύσωνες, ξηρασίες, πλημμύρες, ισχυρές καταιγίδες κλπ)

ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα – πχ **πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες** - είναι σπάνια. Αλλά μια μικρή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου (δεξιά καμπύλη) μπορεί να αυξήσει δραστικά τη συχνότητα τους. Μελέτες προσπαθούν να προσδιορίσουν ποσοτικά τα αποτελέσματα για συγκεκριμένα γεγονότα.





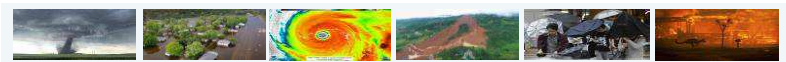
Ακραία Καιρικά Φαινόμενα

Ορισμός: Είναι τα μετεωρολογικά εκείνα φαινόμενα στα οποία παρατηρούνται σπάνιες και ασυνήθιστες μέγιστες ή ελάχιστες τιμές μετεωρολογικών παρατηρήσεων, που συμβαίνουν σε μία περιοχή.

- Ένταση
- Διάρκεια
- Συχνότητα

→ χαρακτηρίζουν ένα ακραίο καιρικό φαινόμενο

Σε χρονοσειρές ημερών, μηνών ή ακόμα και ετών, μπορεί να παρατηρούνται κύματα καύσινα, πλημμύρες, έντονες καταιγίδες και άλλα ακραία φαινόμενα.

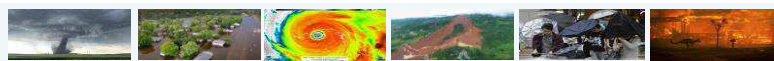
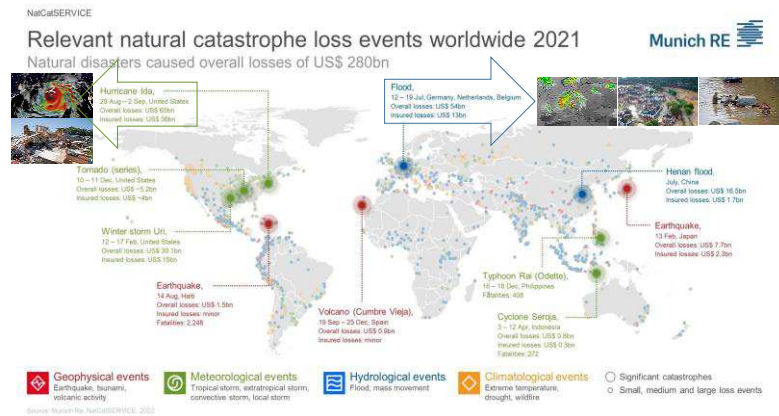
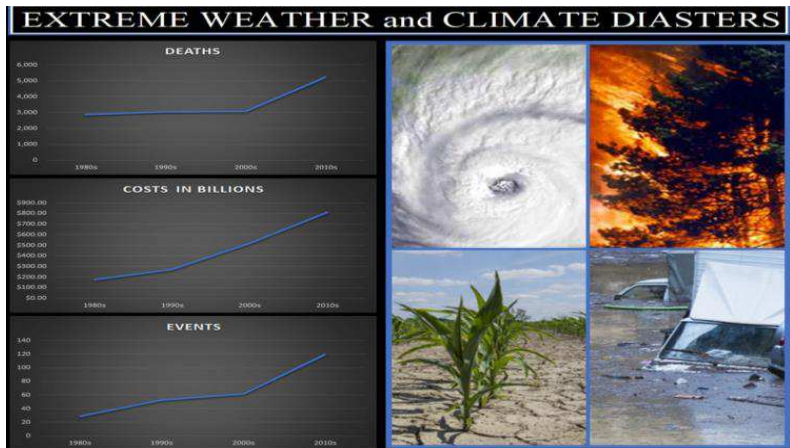


Ακραία Καιρικά Φαινόμενα

IPCC:

- Υπερβολικά Ψηλές Θερμοκρασίες
- Παρατεταμένα κύματα καύσινα ή ψύχους
- Ξηρασία
- Καταρρακτώδεις βροχές και πλημμύρες
- Αυξημένη Ύγρασία

- Η μέση επιφανειακή θερμοκρασία της Γης έχει αυξηθεί περίπου κατά 0,6° C στον 20ο αιώνα, η κάλυψη των πάγων έχει μειωθεί, ενώ η μέση στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί.
- Σύμφωνα με την 4^η έκθεση, προβλέπεται θέρμανση του πλανήτη κατά 0,2° C ανά δεκαετία, για ένα ευρύ φάσμα των διαφορετικών σεναρίων.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας ενδέχεται να καταστήσει τους πληθυσμούς πιο ευαίσθητους στο ψύχος.
- Από το 1950 η έκταση των περιοχών που επλήγησαν από την ξηρασία έχει επίσης αυξηθεί. Αυξημένος κίνδυνος έλλειψης τροφίμων νερού, αλλά και εκδήλωσης πυρκαγιών.
- Η εξάτμιση έχει αυξηθεί λόγω των θερμότερων συνθηκών.
- Σε γενικές γραμμές, ο αριθμός των καταρρακτώδων βροχών που οδηγούν σε πλημμύρες έχουν αυξηθεί, αλλά όχι παντού.
- Σημαντική αύξηση από το 1970 στη συχνότητα, στην ένταση και στη διάρκεια των τυφώνων και τροπικών καταιγίδων.



Εισαγωγή σε ακραία κλιματικά φαινόμενα και στους δείκτες για την ανάλυσή τους

Η μελέτη των ακραίων κλιματικών φαινομένων είναι πολύ σημαντική λόγω των επιπτώσεων τους στην κοινωνία και το περιβάλλον
(IPCC 4th, scientific basis)



The IPCC released its **Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)** on 28 March 2012.

Τι είναι ακραίο κλιματικό (καιρικό) φαινόμενο;



Πλημμύρες

Autumn 2000 Western Europe floods



Shrewsbury Abbey on 1 November

European floods August 2002



Dresden, 2002

Prague, 2002

Budapest, 2002

2021 European floods

12-25 July 2021 Affected: Austria, Belgium, Czech Republic, Croatia, France, Germany, Italy, Luxembourg, Netherlands, Romania, Switzerland, United Kingdom. No of deaths: 243, Property damage: >€10 billion (2021 Euro)



Belgium, 2021

Netherlands, 2021

Μάιος 2014 - Καταστροφικές πλημμύρες στα Βαλκάνια: οι χειρότερες των τελευταίων 100ετών

- Περισσότερα από 30 άτομα σκοτώθηκαν στη Σερβία και στη Βοσνία.
- Η στάθμη των υδάτων στον ποταμό Σάβα ξεπέρασε κατά 6,5 μέτρα το όριο ασφαλείας, κάτι που αποτελεί ιστορικό ρεκόρ.
- Συνολικά 25 070 άνθρωποι απομακρύνθηκαν από τα σπίτια τους στις πληγείσες από εκτεταμένες πλημμύρες περιοχές στη Σερβία!

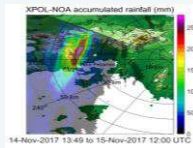


Σύμφωνα με το Βρετανικό Met Office σημειώθηκαν 100mm βροχοπτώσης στη Βοσνία και Σερβία στις 14 & 15 Μαΐου 2014

Πλημμυρισμένη περιοχή στο Obrenovac, περίπου 30 km νοτιοδυτικά του Βελιγραδίου, Σερβία, τη Δευτέρα 19 Μαΐου 2014.

Πλημμύρες στη Δυτική Αττική (Νοέμβριος 2017)

Ισχυρή και ραγδαία βροχοπτώση, προκάλεσε αιφνίδια πλημμύρα στη Δυτική Αττική. Προκάλεσε τον θάνατο 23 ατόμων και μεγάλες υλικές καταστροφές.



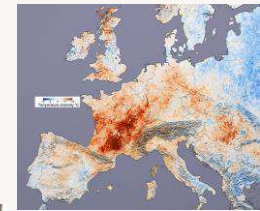
Σύμφωνα με το ραντάρ του Αστεροσκοπείου, στο όρος Πατήρας, πάνω από τη Νέα Πέραμο και τη Μενίδα, το συνολικό υψος βροχής υπερέβη τα 200 mm σε χρονικό διάστημα έξι ωρών με μεγαλύτερη ένταση μεταξύ 5 και 8 το πρωί.



Καύσωνες

Ευρωπαϊκό κύμα καύσωνα 2003

- Περισσότεροι από 30.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους μετά από ένα κύμα καύσωνα που έσπασε το ρεκόρ θερμοκρασίας στη δυτική Ευρώπη τον Αύγουστο του 2003.
- Η περίοδος αυτή θεωρείται ως η θερμότερη εδώ και 500 χρόνια και πολλές ευρωπαϊκές χώρες βίωσαν τις υψηλότερες θερμοκρασίες τους.
- Το κύμα καύσωνα οδήγησε σε υγειονομικές κρίσεις σε αρκετές χώρες και σε συνδυασμό με την έλλειψη δημοσίων ελλείμμα καλιεργειών στη Νότια Ευρώπη.
- Οι ακόλουθες ελλείψεις στη συμμαχική απανταχού εμφάνισαν ως αποτέλεσμα της μακράς ξηρασίας: Γαλλία - 20%, Ιταλία - 13%, Ηνωμένο Βασίλειο - 12%, Ουκρανία - 75%, Μαλδαβία - 80%



Map 2. Daily death toll during heat wave in August 2003, divided by the daily reference number (number for the 2003-2004 summer period, unless otherwise specified, 1000%).



Report on excess mortality in Europe during summer 2003 (eu action program for public health, Robine JM et al, 2003)



15,000 Victims, August 2003, France

Forest fires, August 2003, Portugal



Low water level in Haweswater Reservoir, September 2003



Τυφώνες

Κατρίνα, Αύγουστος 2005

Περίπου 1.400 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους στον τυφώνα Κατρίνα και στις πλημμύρες που ακολούθησαν, καθιστώντας τον ως τον φονικότερο τυφώνα στις ΗΠΑ από τον τυφώνα Οκλεχόβιτς το 1928. Η καταγίδα εκτιμάται ότι ήταν υπεύθυνη για ζημιές 125 δισεκατομμυρίων δολαρίων (2005 δολάρια ΗΠΑ), καθιστώντας την πιο δαπανηρή φυσική καταστροφή στην ιστορία των ΗΠΑ.



View of flooded New Orleans in the aftermath of Hurricane Katrina



Damage to Long Beach, Mississippi following Katrina

Hurricane Katrina on August 28, 2005



Ψυχρά κύματα

Χίονι στην Ελλάδα | Χειμώνας 2017

Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκάλεσαν χιόνια και παγετό σε όλη τη χώρα, ακόμη και στα νησιά. Ορισμένες περιοχές της Ελλάδας, ειδικά στο βόρειο τμήμα, είχαν καλυφθεί πλήρως από το χιόνι.

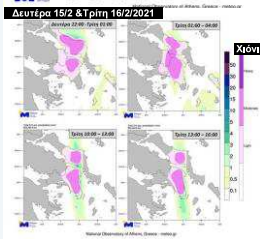
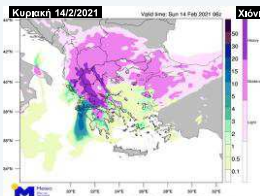
Acropolis



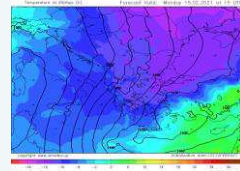
Skopelos



Thessaloniki



Κακοκαιρία «Μήδεια» Φεβρουάριος 2021



Κακοκαιρία «Μήδεια» Φεβρουάριος 2021



Από την κακοκαιρία επηρεάστηκαν περίπου 100.000 νοικοκυριά σε όλη τη χώρα, ενώ τα μεγαλύτερα προβλήματα σημειώθηκαν στη Βόρεια Αττική, τη Βόρεια Εύβοια, τα νησιά των Σποράδων και στην περιοχή των Ιωαννίνων.

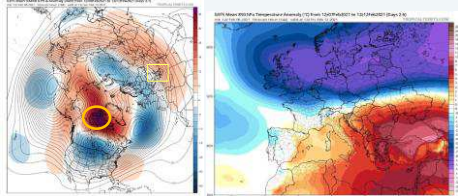
Πτώση 1.500 δέντρων στην Αττική



Forecast - Φεβρουάριος 2021
<https://www.severe-weather.eu>

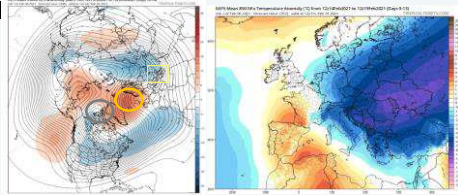
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021 – WEEK 2 WEATHER

Ένα σύστημα **υψηλής** ατμ. πίεσης πάνω από τις πολικές περιοχές προκαλεί ανατολική ροή προς την Ευρώπη. Έτσι, οι πολύ ψυχρές θερμοκρασίες από τα ανατολικά, επικρατούν στη **βόρεια και κεντρική Ευρώπη**. Αυτό είναι ανεπίσημα γνωστό ως «**The beast from the east**».



ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021 – WEEK 3 WEATHER

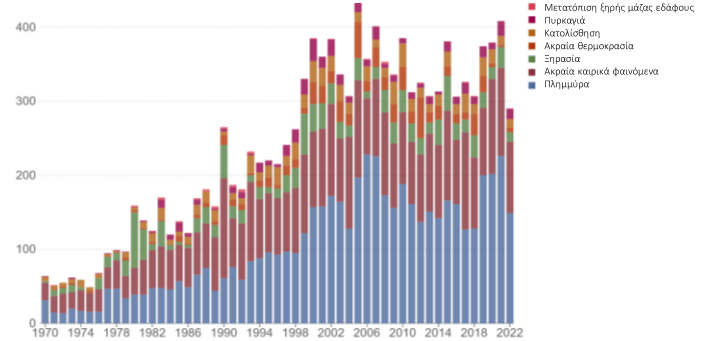
Το σύστημα υψηλής πίεσης εξακολουθεί να κυριαρχεί στην περιοχή της Γροιλανδίας και πλησιάζει πιο κοντά στην Ευρώπη. Έτσι η ανατολική ροή μπορεί να κινηθεί περαιτέρω **προς το νότο**. Αυτό σημαίνει ότι η ψυχρή μεταφορά αέρα από τα ανατολικά επηρεάζει την **κεντρική και νότια Ευρώπη**. Το δυναμικό χιονόπτωσης εξαρτάται από τη θέση των περιοχών χαμηλής πίεσης και τη διαθέσιμη υγρασία.



Παγκόσμια αναφορά φυσικών καταστροφών ανά τύπο, 1970-2022



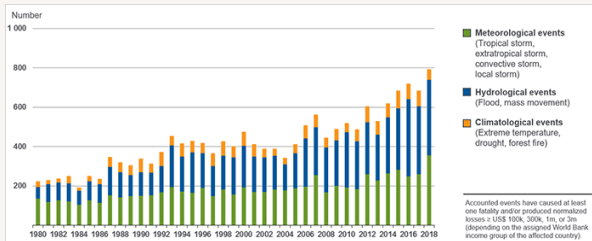
Ο ετήσιος αναφερόμενος αριθμός φυσικών καταστροφών, κατηγοριοποιημένος ανά είδος. Το διάγραμμα παρουσιάζει καταστροφές που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες.



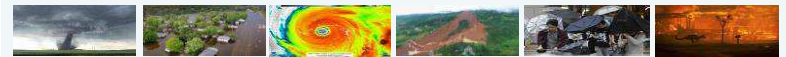
Source: EM-DAT, CRED / Université catholique de Louvain, Brussels (Belgium)

OurWorldinData.org/natural-disasters • CC BY

Παγκόσμιες φυσικές καταστροφές που σχετίζονται με τον καιρό, 1980-2018
 (Αριθμός σχετικών συμβάντων ανά κίνδυνο)



Source: © 2019 Munich Re, Geo Risks Research, NatCatsSERVICE.



IPCC & Κλιματικά ακραία γεγονότα

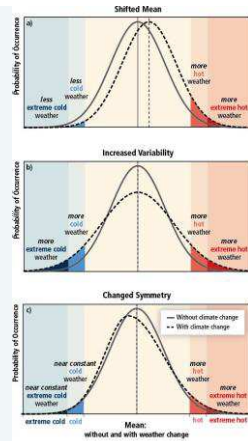
"Ακραίο καιρικό φαινόμενο είναι ένα γεγονός που είναι σπάνιο σε στατιστική κατανομή σε ένα συγκεκριμένο τόπο. Οι ορισμοί των «σπάνιων» ποικίλουν, αλλά ένα ακραίο καιρικό φαινόμενο θα έπρεπε κανονικά να είναι τόσο σπάνιο όσο και σπανιότερο από το 10^ο ή 90^ο ποσοστημόριο. Εξ ορισμού, τα χαρακτηριστικά των λεγόμενων ακραίων καιρικών συνθηκών ενδέχεται να διαφέρουν από τόπο σε τόπο".

Definition of an extreme weather event; in IPCC Working Group I Third Assessment Report Glossary

Η αλλαγή του κλίματος οδηγεί σε **αλλαγές στη συχνότητα, την ένταση, την έκταση στο χώρο, τη διάρκεια, και το χρονοδιάγραμμα** των ακραίων καιρικών και κλιματικών φαινομένων, και μπορεί να οδηγήσει σε άνευ προηγουμένου ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα.

Αλλαγές στα ακραία φαινόμενα μπορεί να συνδέεται με αλλαγές

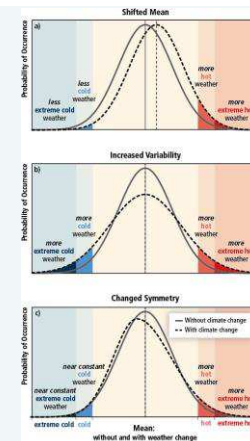
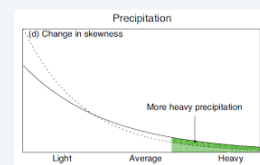
- στη μέση τιμή
- τη διακύμανση
- το σχήμα των κατανομών ή συνδυασμούς τους.



Μερικά ακραία κλιματικά φαινόμενα (π.χ., ξηρασιές) μπορεί να είναι το αποτέλεσμα μιας ακολουθίας (συσσώρευσης) καιρικών συνθηκών ή γεγονότων που δεν είναι ακραία, όταν συμβαίνουν ανεξάρτητα.

Πολλά ακραία καιρικά & κλιματικά φαινόμενα εξακολουθούν να είναι αποτέλεσμα της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος.

Η φυσική μεταβλητότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση των μελλοντικών ακραίων εκτός από την επίδραση των ανθρωπογενών αλλαγών του κλίματος.



<http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/indices.shtml>
Expert Team on Climate Change Detection and Indices

Υπόβαθρο

Υπάρχει μια γενική συνείδηση στους κόλπους της κλιματικής κοινότητας ότι **οποιαδήποτε αλλαγή στη συχνότητα ή τη σφοδρότητα ακραίων καιρικών φαινομένων θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στη φύση και την κοινωνία**. Είναι επομένως πολύ σημαντικό να μελετηθούν τα ακραία φαινόμενα. Η παρακολούθηση, η ανίχνευση και ο προσδιορισμός των μεταβολών στα κλιματικά ακραία φαινόμενα απαιτούν ανάλυση δεδομένων σε ημερήσια βάση. Ωστόσο, η συλλογή και επικαιροποίηση ενός πλήρους παγκόσμιου dataset είναι ένα πολύ δύσκολο έργο. Διότι όλες οι Εθνικές Μετεωρολογικές και Υδρομετεωρολογικές υπηρεσίες δεν έχουν την εντολή να διανέμουν ελεύθερα τα ημερήσια στοιχεία που συλλέγουν.

Κατά συνέπεια, η ομάδα εργασίας του ETCCDI έχει τον συντονισμό μιας διεθνούς προσπάθειας για τον υπολογισμό και την ανάλυση μιας σειράς από **δείκτες**, έτσι ώστε να υπολογίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο σε παγκόσμια βάση (Karl et al. 1999, Peterson και Co-συγγραφείς 2001).

References

- Karl, T.R., N. Nicholls, and A. Ghazi, 1999: CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary, *Climatic Change*, **42**, 3-7.
Peterson, T.C., and Coauthors: *Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Reporteurs 1998-2001*, WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143pp.
Peterson, T.C., 2005: *Climate Change Indices*, *WMO Bulletin*, **54** (2), 83-86.

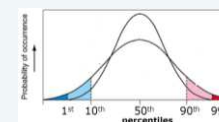
Μελέτες ακραίων κλιματικών φαινομένων - ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Ένας κλιματικός δείκτης ορίζεται ως μια υπολογιζόμενη τιμή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την κατάσταση και τις αλλαγές στο κλιματικό σύστημα.

Οι κλιματικοί δείκτες αποτελούν μέτρο των μεταβολών των ακραίων κλιματικών φαινομένων και διευκολύνουν στη μελέτη τους.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ:

- **Εκατοστημότητα** δείκτες:
πχ. 10th percentile of min/max temperature



- **Απόλυτοι** δείκτες :
Μέγιστες, ελάχιστες τιμές χρονικής περιόδου (εποχή/έτος)
πχ. *maximum 5 day precipitation*

Μελέτες ακραίων κλιματικών φαινομένων - ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

- **Κατώφλια** δείκτες :
αριθμός ημερών όπου θερμοκρασία/βροχόπτωση βρίσκεται επάνω ή κάτω από μία καθορισμένη τιμή
πχ. *Frost days (Tmin <0°C), days with precipitation > 10mm*
- **Διάρκεια** δείκτες :
ορίζει περιόδους υπερβολικής ζέστης/κρύου, ξηρασίας/υγρής περιόδου
πχ. *heat wave duration, growing season length, number of consecutive dry days*
- **Άλλοι** που σχετίζονται με σημαντικές κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις
πχ. *diurnal or inter-annual temperature range, intensity of daily rainfall*

Δείκτες καθορισμένοι από χρήστες User specific definition of extremes

Επιστήμονες περισσότερο προσανατολισμένοι προς κοινωνικό/ οικονομικές μελέτες ή οικοσυστήματα δεν μπορούν κατ' ανάγκη να βασιστούν στην κλιματολογική προσέγγιση και έτσι ορίζονται **user specific extremes** ως συμβάντα που οδηγούν σε ακραίες συνθήκες για ένα συγκεκριμένο χρήστη.

Αυτά τα γεγονότα δεν είναι κατ' ανάγκην ακραία, σύμφωνα με τον προηγούμενο (κλιματολογικό) ορισμό, αλλά μπορεί να προκαλέσουν ένα ακραίο σενάριο των εκδηλώσεων για τον χρήστη, με ιδιαίτερη ευαισθησία, ευπάθεια ή σε ειδική κατάσταση.

Η ανάλυση user specific extremes είναι δύσκολη στην επιστήμη της κλιματολογίας

User specific extremes: πχ μέτρια βροχόπτωση σε κορεσμένο έδαφος που οδηγεί σε πλημμύρες ή μεγάλες και ταχείες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που μπορεί να καταστρέψει μια συγκεκριμένη διαδικασία παραγωγής ή κατασκευής.

Αυτά τα καιρικά φαινόμενα δεν αποτελούν ακραίο φαινόμενο με την παραδοσιακή έννοια, όμως μπορεί να πυροδοτήσει ένα ακραίο σενάριο των γεγονότων για ένα χρήστη με ιδιαίτερη ευαισθησία.

Είναι λανθασμένη προσέγγιση να εξαγονται συμπεράσματα για το κλίμα από ένα user specific extreme

Ορισμοί 27 core indices

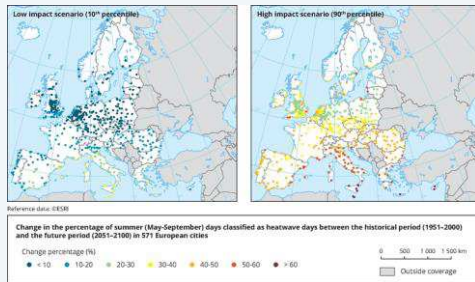
1. FD, *Number of frost days:* Annual count of days when TN (daily minimum temperature) < 0°C.
2. SU, *Number of summer days:* Annual count of days when TX (daily maximum temperature) > 25°C.
3. ID, *Number of icing days:* Annual count of days when TX (daily maximum temperature) < 0°C.
4. TR, *Number of tropical nights:* Annual count of days when TN (daily minimum temperature) > 20°C.
5. GSL, *Growing season length:* Annual (1st Jan to 31st Dec in Northern Hemisphere (NH), 1st July to 30th June in Southern Hemisphere (SH)) count between first span of at least 6 days with daily mean temperature TG>5°C and first span after July 1st (Jan 1st in SH) of 6 days with TG<5°C.
6. TXx, *Monthly maximum value of daily maximum temperature*
7. TNx, *Monthly maximum value of daily minimum temperature*
8. TXn, *Monthly minimum value of daily maximum temperature*
9. TNn, *Monthly minimum value of daily minimum temperature*
10. TN10p, *Percentage of days when TN < 10th percentile*
11. TX10p, *Percentage of days when TX < 10th percentile*
12. TN90p, *Percentage of days when TN > 90th percentile*
13. TX90p, *Percentage of days when TX > 90th percentile*
14. WSDI, *Warm spell duration index:* Annual count of days with at least 6 consecutive days when TX > 90th %
15. CSDI, *Cold spell duration index:* Annual count of days with at least 6 consecutive days when TN < 10th %
16. DTR, *Daily temperature range:* Monthly mean difference between TX and TN
17. Rx1day, *Monthly maximum 1-day precipitation*
18. Rx5day, *Monthly maximum consecutive 5-day precipitation*
19. SDII, *Simple precipitation intensity index*
20. R10mm, *Annual count of days when PRCp≥ 10mm*
21. R20mm, *Annual count of days when PRCp≥ 20mm*
22. Rnmm, *Annual count of days when PRCp≥ nmm, nn is a user defined threshold*
23. CDD, *Maximum length of dry spell, maximum number of consecutive days with RR < 1mm*
24. CWD, *Maximum length of wet spell, maximum number of consecutive days with RR ≥ 1mm*
25. R95TOT, *Annual total PRCP when RR > 95p*
26. R99TOT, *Annual total PRCP when RR > 99p*
27. PRCPTOT, *Annual total precipitation in wet days*



http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/list_27_indices.shtml
Expert Team on Climate Change Detection and Indices

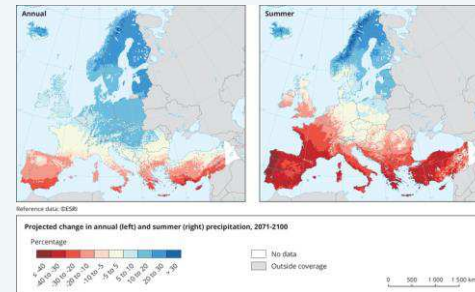
Αλλαγές στο ποσοστό των ημερών του καλοκαιριού, *SU* (Μάιος-Σεπτέμβριος) που ταξινομούνται ως ημέρες καύσινα μεταξύ της ιστορικής περιόδου (1951–2000) και της μελλοντικής περιόδου (2051–2100) σε 571 ευρωπαϊκές πόλεις

The map presents the projected change in days classified in heatwave days



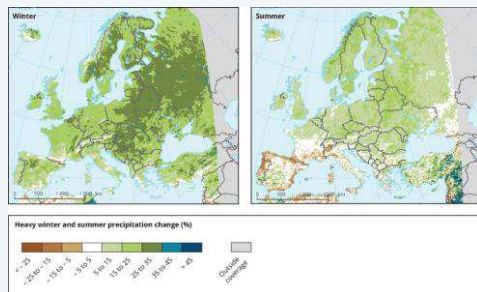
Προβλεπόμενες αλλαγές στην ετήσια (αριστερά) και στη θερινή (δεξιά) βροχόπτωση (%) την περίοδο 2071-2100 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 για το σενάριο RCP 8.5.

Projected change in annual (left) and summer (right) precipitation, 2071-2100



Προβλεπόμενες αλλαγές στις έντονες βροχοπτώσεις (σε %) το χειμώνα και το καλοκαίρι από το 1971-2000 έως το 2071-2100 για το σενάριο RCP8.5.

Projected changes in heavy precipitation in winter and summer



Αρκετοί δείκτες υπολογίζονται μετρώντας τον **αριθμό των ημερών ανά έτος, ή εποχή, οι ημερήσιες τιμές των οποίων υπερβαίνουν κάποιο κατώφλι.**

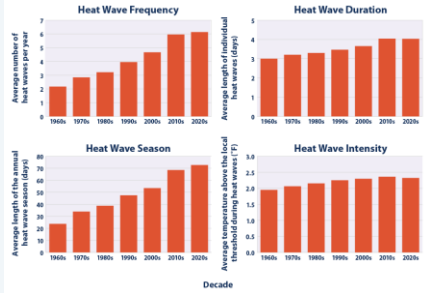
Ένα τέτοιο όριο συνήθως ορίζεται ως ένα **εκατοστημόριο** των ημερήσιων παρατηρήσεων σε καθορισμένη χρονική βάση.

Για την εύκολη σύγκριση των δεικτών σε σταθμούς με διαφορετικές χρονοσειρές δεδομένων, και για την εύκολη ενημέρωση κάθε φορά που νέα στοιχεία γίνονται διαθέσιμα, τα κατώφλια συνήθως υπολογίζονται με βάση μια κοινή περίοδο βάσης για όλους τους σταθμούς, πχ 1961-90.

Εφαρμογή στις ΗΠΑ

Δείκτες κλιματικής αλλαγής: Κύματα καύσωνα

Αυτός ο δείκτης περιγράφει τις τάσεις των πολυήμερων φαινομένων καύσωνα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Σχήμα: Χαρακτηριστικά κύματα καύσωνα στις Ηνωμένες Πολιτείες ανά δεκαετία, 1961–2021



- Ο δείκτης εξετάζει τις τάσεις με την πάροδο του χρόνου σε τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά των κυμάτων καύσωνα στις ΗΠΑ:
- **Συχνότητα** (frequency): ο αριθμός των κυμάτων καύσωνα που συμβαίνουν κάθε χρόνο.
 - **Διάρκεια** (duration): η διάρκεια κάθε ξεχωριστού κύματος καύσωνα, σε ημέρες.
 - **Διάρκεια σεζόν** (season): ο αριθμός των ημερών μεταξύ του πρώτου κύματος του έτους και του τελευταίου.
 - **Ένταση** (intensity): απόκλιση από τη θερμοκρασία βάσης κατά τη διάρκεια του καύσωνα.

Τα κύματα καύσωνα μπορούν να οριστούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Για λόγους συνέπειας σε ολόκληρη τη χώρα, τα σχήματα 1 και 2 ορίζουν ένα κύμα καύσωνα ως μια περίοδο δύο ή περισσότερων διαδοχικών ημερών όταν η ημερήσια αντιληπτή ή φαινόμενη ελάχιστη θερμοκρασία (*Apparent Temperature*) (η πραγματική θερμοκρασία προσαρμοσμένη για την υγρασία) σε μια συγκεκριμένη πόλη **περνάει τα 85° εκατοστά** της θερμοκρασίας Ιουλιού και Αυγούστου (ιστορική περίοδο 1981–2010) για αυτήν την πόλη.

Observed Changes in Extreme Temperature over the Global Land Based on a Newly Developed Station Daily Dataset

PANFENG ZHANG,¹ GUOYI REN,^{2,3} YAN SU,¹ XUEJIAN L. WANG,⁴ YUN QIN,⁵ XUEBAO SUN,^{6,7,8} AND YUYU BAN⁹

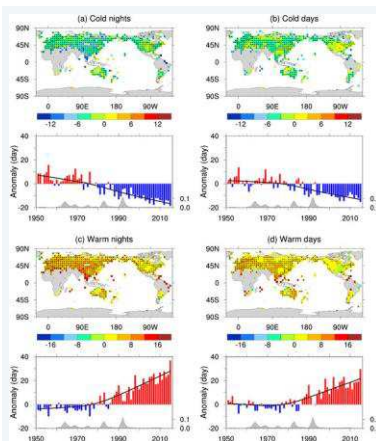
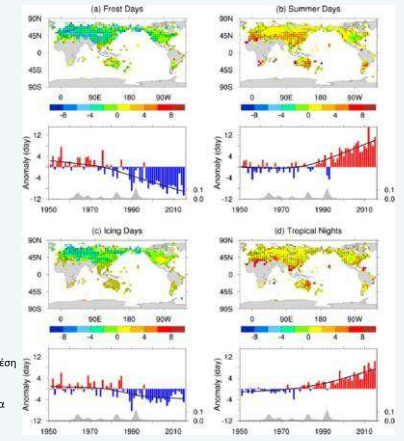
¹Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan, China
²Laboratory for Climate Studies, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC
³National Meteorological Information Center, China Meteorological Administration, Beijing, China
⁴State Key Laboratory of Numerical Simulation for Earth System Science, Institute of Numerical Meteorology and Information Technology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, China
⁵State Key Laboratory of Numerical Simulation for Earth System Science, Institute of Numerical Meteorology and Information Technology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, China
⁶State Key Laboratory of Numerical Simulation for Earth System Science, Institute of Numerical Meteorology and Information Technology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, China
⁷State Key Laboratory of Numerical Simulation for Earth System Science, Institute of Numerical Meteorology and Information Technology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, China
⁸State Key Laboratory of Numerical Simulation for Earth System Science, Institute of Numerical Meteorology and Information Technology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, China
⁹State Key Laboratory of Numerical Simulation for Earth System Science, Institute of Numerical Meteorology and Information Technology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, China

(Manuscript received 10 October 2018, in final form 17 August 2019)

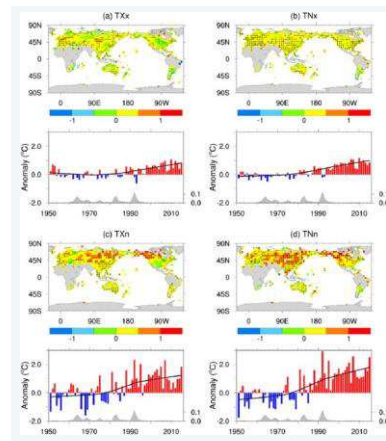
ABSTRACT

This paper presents an analysis of changes in global land extreme temperature indices (ETIs) based on the new global land surface daily air temperature dataset recently developed by the China Meteorological Administration (CMAC). The time trends of the global time series and global land mean time series were calculated by using a Mann–Kendall method that accounts for the lag-1 autocorrelation in the time series of annual extreme temperature indices. The results, which are generally consistent with previous studies, showed that the global land average annual and seasonal mean extreme temperature indices series all experienced significant long-term changes associated with warming, with cold threshold indices (the days with days with cold nights and cold days frequency, warm threshold indices (summer days, tropical nights, and warm days) frequency, and all statistics indices (TN_{10p}, TN_{50p}, TN_{90p}, and TX_{10p}) increasing over the last 60 yr. The extreme temperature indices time series based on daily maximum temperature generally had a stronger and more significant trend than the series based on daily minimum temperature. The strongest trends occurred after the mid-1970s, and a few extreme temperature indices showed an upward or downward trend over the period 1951–2007 on a whole, and the largest trends appeared in mid- to high latitudes of the Russian continent.

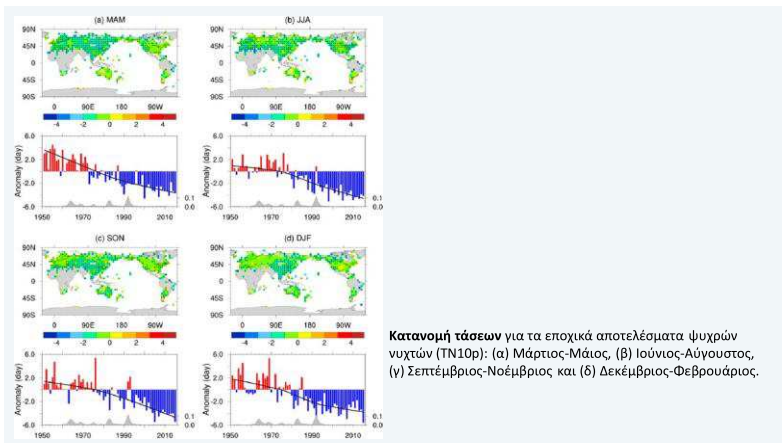
Κατανομή τάσεων των μέσων ετήσιων δεικτών ακραίων θερμοκρασιών σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1961–90) για (α) ημέρες παγετού (FD), (β) θερμές ημέρες (SU), (γ) ημέρες ολλοού παγετού (ID) και (δ) τροπικές νύχτες (TR). Οι τάσεις υπολογίστηκαν μόνο για τα σημεία του πλέγματος που έχουν δεδομένα τουλάχιστον 40 ετών κατά την περίοδο μελέτης (1951–2015).



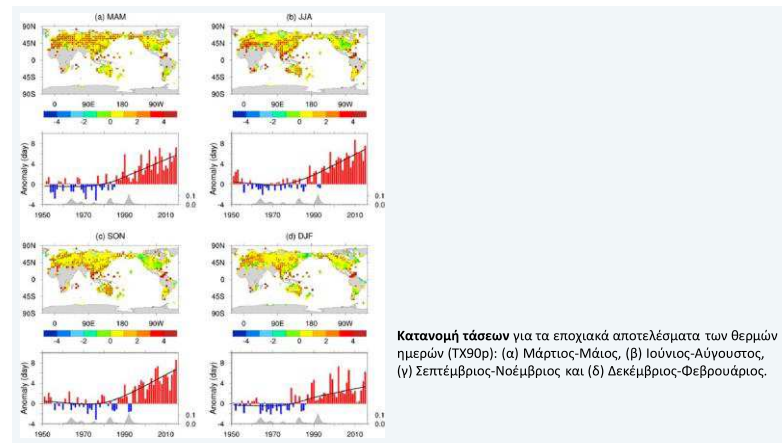
Κατανομή τάσεων για τους δείκτες κατωφλίου: (α) κρίσιμες νύχτες (TN10p), (β) κρίσιμες ημέρες (TX10p), (γ) ζεστές νύχτες (TN90p) και (δ) ζεστές ημέρες (TX90p). Οι μονάδες αυτών των δεικτών σε ημέρες.



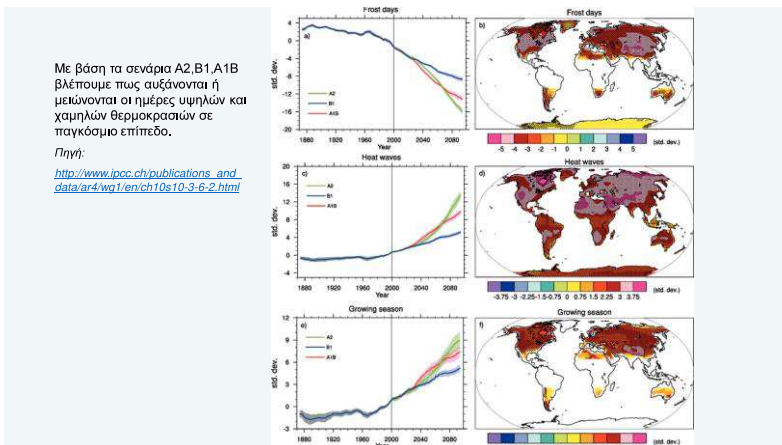
Κατανομή τάσεων για τους δείκτες (α) μέγιστη T_{max} (TX_x), (β) μέγιστη T_{min} (TN_x), (γ) ελάχιστη T_{max} (TX_n) και (δ) ελάχιστη T_{min} (TN_n).



Κατανομή τάσεων για τα εποχιακά αποτελέσματα ψυχρών νυχτών (TN10r): (α) Μάρτιος-Μάιος, (β) Ιούνιος-Αύγουστος, (γ) Σεπτέμβριος-Νοέμβριος και (δ) Δεκέμβριος-Φεβρουάριος.



Κατανομή τάσεων για τα εποχιακά αποτελέσματα των θερμών ημερών (TX90r): (α) Μάρτιος-Μάιος, (β) Ιούνιος-Αύγουστος, (γ) Σεπτέμβριος-Νοέμβριος και (δ) Δεκέμβριος-Φεβρουάριος.



Κλιματολογικός ορισμός του ακραίου φαινομένου

Ο ορισμός των ακραίων βασίζεται σε μια **κλιματολογικά αναμενόμενη κατανομή**.

Ένα γεγονός καλείται ακραίο αν βρίσκεται στις ουρές της κλιματολογικής κατανομής, και συμβαίνει πχ ≤ 5% του χρόνου (**προέγγιση ποσοστημιών**) ή παρουσιάζει πολύ μεγάλη περίοδο επαναφοράς (**προέγγιση GEV**).

Η ακριβής επιλογή του κλιματικού ορίου που χρησιμοποιείται στον ορισμό είναι κάτω αυθαίρετη και εξαρτάται από τη μελέτη (περιοχή μελέτης κ.α.).

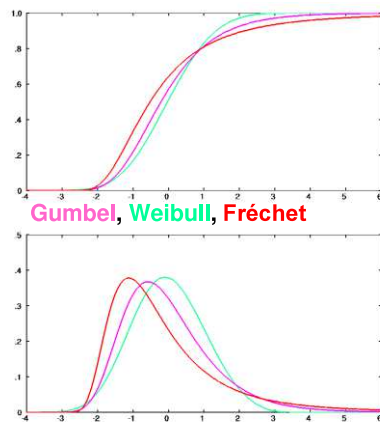
Ο όρος γεγονός/φαινόμενο χρησιμοποιείται εδώ με την ευρεία έννοια, για μια συγκεκριμένη μετεωρολογική μεταβλητή σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο, ή για ένα συγκεκριμένο χρονικό / χωρικό συνδυασμό μετεωρολογικών μεταβλητών, π.χ. μέση συνολική βροχόπτωση σε έναν τόπο κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου (5 ημέρες), εμμονή κρύου ή ζεστού καιρού (θερμές/ψυχρές ακολουθίες...)

Ορισμός των ακραίων φαινομένων # 2:

Ακραίες είναι οι μεταβλητές που ακολουθούν την Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων τιμών (GEV)

Η γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών (Generalized extreme value distribution, GEV)

- Η generalized extreme value κατανομή αναπτύχθηκε παράλληλα με τον κλάδο της στατιστικής που αφορά τη θεωρία ακραίων τιμών (Extreme value theory).
- Η κατανομή αποσκοπεί να συνδυάσει τις κατανομές Gumbel, Fréchet και Weibull.
- Είναι εξαιρετικά χρήσιμη για τη μελέτη φαινομένων που δεν παρουσιάζονται συχνά και αντιμετωπίζονται ως ακραία.
- Εφαρμόζεται για τη μελέτη και την πρόβλεψη τσουνάμι, για πυρκαγιές μεγάλης έκτασης, πλημμύρες, αλλά και στα χρηματοοικονομικά και για τον υπολογισμό της πιθανότητας μεγάλων αποζημιώσεων.
- Από υπολογιστικής πλευράς, χρησιμοποιείται συχνά σε σειρές που εμφανίζουν μεγάλη και ασυνήθιστη διακύμανση.

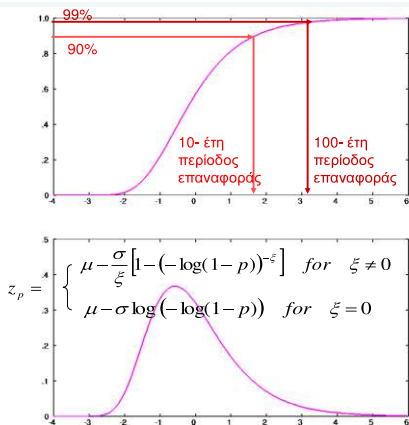


The three types may be combined into a single generalized extreme value (GEV) distribution:

$$\Pr(X \leq x) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

where μ is a location parameter,
 $\sigma > 0$ is a scale parameter
and ξ is a shape parameter.

$\xi = 0$ corresponds to the Gumbel distribution,
 $\xi > 0$ to the Fréchet distribution,
 $\xi < 0$ to the Weibull distribution



Η GEV αποτελεί ένα εργαλείο για την εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης ακραίων φαινομένων, αλλά και για τη διάγνωση της πιθανότητας εκείνων των φαινομένων που είναι πολύ σπάνια και πιθανόν να μην εντοπιστούν κατά την περίοδο παρατήρησης

Περίοδος επαναφοράς των ακραίων βροχοπτώσεων

Περίοδος επαναφοράς είναι το μέσο χρονικό διάστημα T (σε έτη) μέσα στο οποίο ένα υδρολογικό φαινόμενο θα εμφανιστεί μία μόνο φορά με τιμή ίση ή μεγαλύτερη της δοθείσας.

Οι όμβριες καμπύλες είναι καμπύλες έντασης (i) –χρονικής κλίμακας (διάρκειας) (d) –περιόδου επαναφοράς (T) των βροχοπτώσεων. Η κατάρτισή τους αποτελεί προϋπόθεση για την εκτίμηση των παραχών σχεδιασμού των τεχνικών έργων.

Για την κατάρτιση των όμβριων καμπύλων γίνεται συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων με σκοπό την δημιουργία χρονοσειρών μέγιστων βροχοπτώσεων για χρονικά βήματα: 5min, 10min, 30 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h και 48h.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, εφαρμόζεται η γενική συναρτησιακή σχέση:

$$i = a(T) / b(d) \quad (4.1)$$

όπου: i (mm/h) η ένταση βροχής διάρκειας d (h) για περίοδο επαναφοράς T (έτη), και $a(T)$ και $b(d)$ οι συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας αντίστοιχα.

Η συνάρτηση $a(T)$ προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής της μέγιστης έντασης βροχής. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές σαν συνάρτηση κατανομής έχει οριστεί η Γενική Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ).

Η συνάρτηση $b(d)$ είναι της μορφής:

$$b(d) = (1 + d / \theta)^n \quad (4.2)$$

όπου θ και n παράμετροι προς εκτίμηση, με $\theta \geq 0$ (σε μονάδες χρόνου) και $0 < n < 1$.

Η τελική γενική έκφραση των όμβριων καμπύλων είναι:

$$i(d, T) = \frac{\lambda(T - \psi)}{(1 + d/\theta)^n} \quad (4.3)$$

όπου: κ παράμετρος σχήματος, λ' παράμετρος κλίμακας, ψ' παράμετρος θέσης της συνάρτησης κατανομής, και θ, n οι παράμετροι της συνάρτησης διάρκειας.

Οι καμπύλες Εντάσεως – Διάρκειας – Συχνότητας (όμβριες καμπύλες) περιγράφονται συνήθως με εξισώσεις της μορφής:

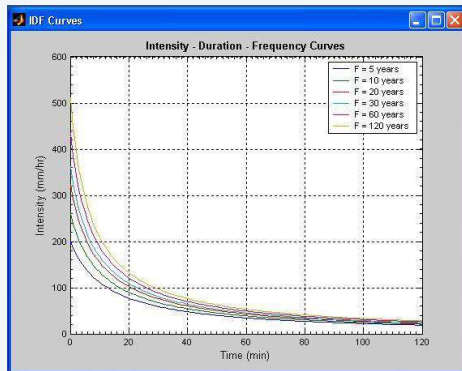
$$i = \frac{a}{(b + t_p)^n} \quad \text{ή} \quad i = \frac{a(R_p)^m}{(b + t_p)^n}$$

i = ένταση βροχής (mm/hr)

t_p = διάρκεια βροχόπτωσης (min ή hr)

R_p = περίοδος επαναφοράς (έτη)

a, b, m, n σταθερές



2010 Year in Review: Extreme Weather and Climate Events



1^η & 2^η Μαΐου 2010, το δυτικό τμήμα του Tennessee επλήγη από αυτό που χαρακτηρίστηκε ως “επικό πλημμυρικό φαινόμενο (epic flood event)”. Καταγράφηκαν 345mm βροχής στο αεροδρόμιο του Nashville, ξεπερνώντας το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής για το Μάιο (280mm).

Το Weather Underground’s περιέγραψε το φαινόμενο ως βροχόπτωση με περίοδο επαναφοράς τα 1000 χρόνια (“equivalent to a one in 1,000-year event”).

Επρόκειτο για φονικό επεισόδιο καθώς 21 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους στο Tennessee, ενώ οι πλημμύρες από την ίδια καταιγίδα στοιχίσαν τη ζωή σε 6 ακόμη άτομα στο Mississippi και 4 στο Kentucky.

Συμπερασματικά...

- ‘Ακραίο φαινόμενο’ είναι μια στατιστική έννοια, η οποία ποικίλλει ανάλογα με το χώρο και το χρόνο.
- Τα ακραία φαινόμενα χαρακτηρίζονται από χαμηλή (στατιστ) πιθανότητα εμφάνισης.
- Τα κατώφλια (thresholds), σε τιμή ή διάρκεια, για τους δείκτες πρέπει να βασίζονται σε στατιστικά στοιχεία, που αν είναι δυνατόν- σχετίζονται με χαμηλό όριο πιθανότητας.
- Σε μελέτες επιπτώσεων κυρίως, αν όχι πάντα, οι δείκτες ακραίων φαινομένων σχετίζονται με τις αλλαγές σε τοπικές / περιφερειακές τιμές, έτσι είναι σκόπιμο να καθοριστούν οι δείκτες σύμφωνα με τις αποκλίσεις από κατώφλια βασισμένα σε εκατοστημόρια από τις τοπικές κατανομές (και για τις περιόδους αναφοράς) από το να χρησιμοποιούν τα ίδια παντού σταθερά κατώφλια.
- Η GEV (Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων τιμών) αποτελεί θεμελιώδες μέσο για την ανάλυση των ακραίων γεγονότων.
- Η προκύπτουσα στατιστική κατανομή παρέχει ένα εργαλείο για την αξιολόγηση της **πιθανότητας εμφάνισης** ακραίων γεγονότων, καθώς επίσης για τη **μελλοντική διάγνωση** της πιθανότητας των γεγονότων αυτών που είναι πολύ σπάνια να διαπιστωθούν στη διάρκεια της περιόδου παρατήρησης (περίοδοι επαναφοράς).
- Οι ακραίες τιμές είναι αβέβαιοι δείκτες της κλιματικής αλλαγής...
- Για να κατανοήσουμε τα παροντικά ακραία φαινόμενα, μελετάται η **μεταβλητότητα** τους στο χώρο και στο χρόνο (από κλίμακες εποχών έως δεκαετιών), και είναι σημαντικό για να εκτιμηθεί η πιθανή εξέλιξη τους στο μέλλον.

Ακραία κλιματικά φαινόμενα στη Μεσόγειο

Σημερινές τάσεις → μελλοντικές κλιματικές αλλαγές:

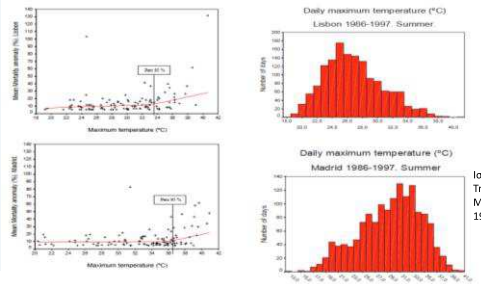
- Υφέσεις
- Καύσωνες
- ακραίες βροχοπτώσεις
- ξηρασίες
- θαλάσσιες καταιγίδες

Καύσωνες

Ένα επεισόδιο καύσωνα είναι μια περίοδος ημερών με εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες (και υγρασία). Για τον ορισμό του κλιματικού δείκτη χρειάζεται ένα όριο θερμοκρασίας του αέρα και ελάχιστη διάρκεια με $T^o >$ όριο.

Ημερήσιες αποκλίσεις ποσοστών θνησιμότητας έναντι ημερήσιων μέγιστων θερμοκρασιών για τη Λισαβόνα και τη Μαδρίτη.

Παρουσιάζονται επίσης οι αντίστοιχες τιμές T_{max} 95 εκατοστημόριου για τις δυο περιοχές.



Ιστογράμματα θερινής (JAS) T_{max} για τη Λισαβόνα και Μαδρίτη για την περίοδο 1986-1997

Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions Garcia-Herrera, R., Diaz, J., Trigo, R.M., and Hernandez, E., Ann. Geophys., 23, 239-251, 2005, 32

Καύσωνες Heat Wave

HW ορίζεται ως ο αριθμός των διαδοχικών περιόδων 3-ημερών το καλοκαίρι (JJA) που υπερβαίνουν το μακροπρόθεσμο ημερήσιο 80° εκαοστημόριο της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας.

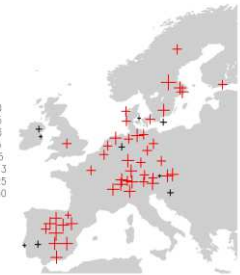
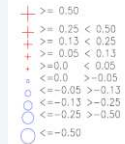


Fig. 1 The long-term linear trend of the HW index in units of frequency per decade calculated over the longest possible period for each station (see Appendix for the details). The sizes of the crosses ('+') and the open circle ('o') denote the magnitude of the positive and negative trends according to the legend on the left side of the figure, respectively. Symbols that are coloured red (blue) indicate statistically significant positive (negative) trends at the 5% level. Black symbols indicate non-significant trends

Della-Marta PM et al (2007) Summer heat waves over western Europe 1880-2003, their relationship to large-scale forcings and predictability. Climate Dynamics 29, 251-275

Ως **hot day (HD)** ορίζεται ως μια ημέρα όπου η ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία υπερβαίνει το μακροχρόνιο ημερήσιο 95° εκαοστημόριο της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας.

Ο δείκτης **HD** 'καυτής ημέρας' είναι ο αριθμός των ημερών την περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου που εκφράζεται ως ποσοστό στο χρόνο.

Ως καύσωνας (heat wave, **HW**) ορίζεται ως η **μέγιστη ακολουθία** ημερών όπου η **μέγιστη** ημερήσια θερινή θερμοκρασία υπερβαίνει το μακροχρόνιο ημερήσιο 95° εκαοστημόριο της μέσης ημερήσιας θερινής θερμοκρασίας για την περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου.

Κατά την περίοδο 1880 - 2005 η διάρκεια των θερινών HW στη Δυτική Ευρώπη έχει διπλασιαστεί και η συχνότητα των HD έχει σχεδόν τριπλασιαστεί.

The Daily Summer Maximum Temperature Probability Density Function (PDF) shows significant changes in the mean (+1.6 ± 0.4° C) and variance (+6 ± 2%).

Doubled length of western European summer heat waves since 1880
P. M. Della-Marta, M. R. Haylock, J. Luterbacher, H. Wanner
2007, J. Geophys. Res., 112, D15103, doi:10.1029/2007JD008510.

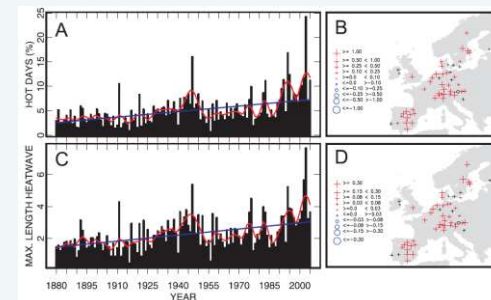
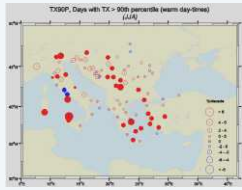


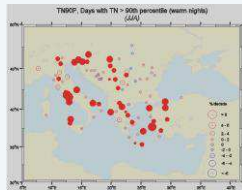
Figure 7. June-August (a) average number of western European hot days (HD) and (c) maximum length heat wave (HW) from 1880 to 2003. The long-term decadal variability (thick red line) and the overall robust linear trend (thick blue line) are shown. The units of HDs are percent of June-August days and the units of HWs are days. The spatial distribution of decadal (b) HD and (d) HW trends at each station. The sizes of the plus '+' and empty circles 'o' are proportional to the magnitude of the positive and negative trends, respectively, according to the legend left of the figure. Red- (black-) colored crosses indicate significant (nonsignificant) positive trends at the 5% significance level (similarly for negative trends).

Della-Marta P.M. et al (2007) Doubled length of western European summer heat waves since 1880

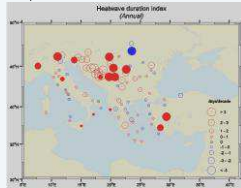
Percentage of days with $T_x > 90$ th percentile of daily maximum temperature (warm days), T_x90



Percentage of days with $T_n > 90$ th percentile of daily minimum temperature (warm nights), T_n90

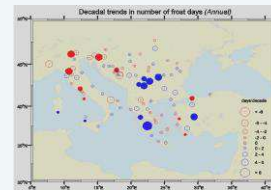


Heat wave duration index, HWDI

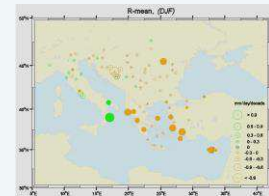


Kostopoulou, E. and Jones, P.D. (2005)
Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 89 69-85

Decadal trends in the no of frost days ($T_n < 0^\circ C$), F_d



Mean climatological precipitation, R_{mean}



Kostopoulou, E. and Jones, P.D. (2005)
Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 89 69-85

EXTREME precipitation events and episodes

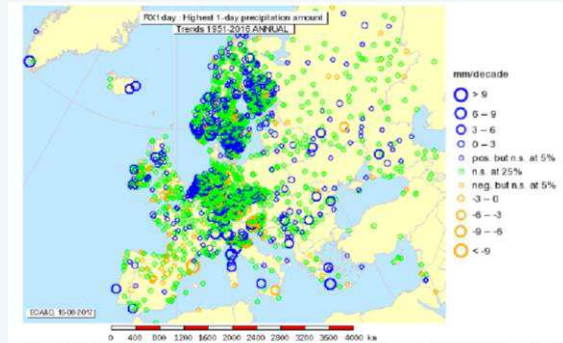


Figure 1.2 Trend in highest daily rainfall amount per year over the period 1951-2016 from the ECA&D website (generated June 2017).

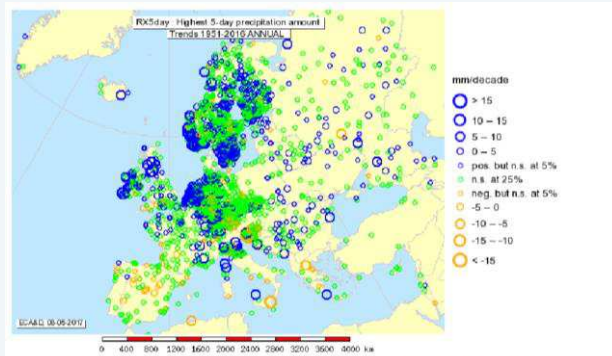
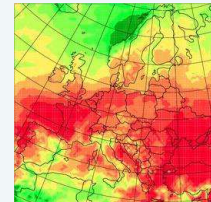
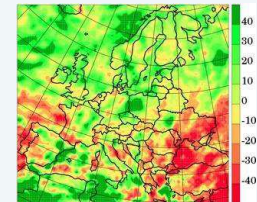


Figure 1.3 Trend in highest 5-day rainfall amount per year over the period 1951-2016 from the ECA&D website (generated May 2017).

Christensen & Christensen, 2003 *Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate, Nature ****



Change in mean JJA rainfall from 1961-1990 to 2071-2100 (%)



Change in exceedence of 99th percentile of JJA rainfall from 1961-90 to 2071-2100

"... although the summer time precipitation decreases over a substantial part of Europe in the analysed scenarios, an increase in the amount of precipitation exceeding the present-day 99th and in most cases even the 95th percentile is found for large areas"

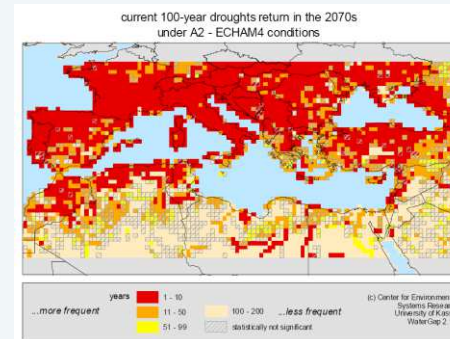
Ξηρασίες στη Μεσόγειο στο μέλλον

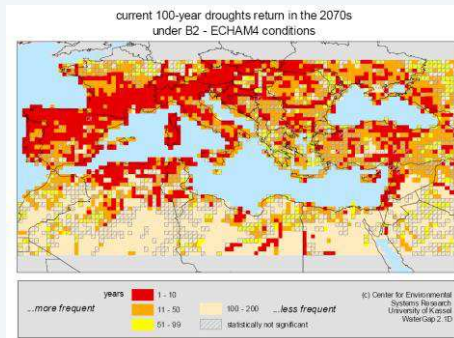
Model-based scenarios of Mediterranean droughts
M. Weiß, M. Flörke, L. Menzel, and J. Alcamo
 Adv. Geosci., 12, 145–151, 2007

Εξετάζεται η αλλαγή στις συχνότητες εμφάνισης **100-year hydrological drought** στη Μεσόγειο σε σχέση με τις εκτιμήσεις για το 2070 (εκτιμήσεις global model WaterGAP).

Η ανάλυση εξετάζει τις κοινωνικοοικονομικές και κλιματικές αλλαγές όπως υποδεικνύονται από τα σενάρια A2 και B2 της IPCC και το παγκόσμιο μοντέλο γενικής κυκλοφορίας ECHAM4.

Υπό τις συνθήκες αυτές, η **σημερινή 100ετής ξηρασία εκτιμάται ότι θα συμβαίνει 10 φορές πιο συχνά στο μέλλον στο βόρειο τμήμα της Μεσογείου, ενώ στη Βόρεια Αφρική, η σημερινή ξηρασία 100ετής ξηρασία θα συμβεί λιγότερο συχνά**. Η άντληση νερού για διάφορες χρήσεις φαίνεται να διαδραματίζει μικρό ρόλο σε σύγκριση με τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος, αλλά μπορεί να εντείνει την κατάσταση.





J. Lelieveld & P. Hadjinicolaou & E. Kostopoulou & J. Chenoweth & M. El Maayar & C. Giannakopoulos & C. Hannides & M. A. Lange & M. Tanarhte & E. Tyrlis & E. Xoplaki (2012) *Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. Climatic Change*

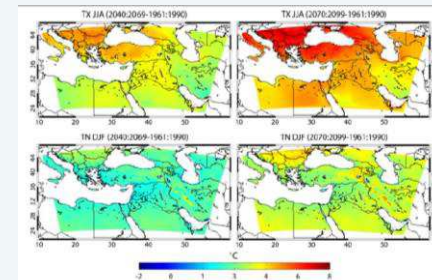
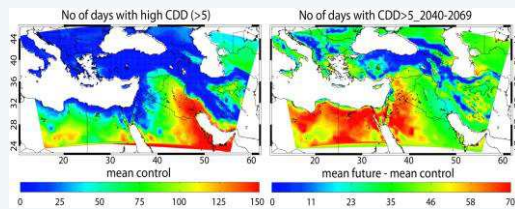


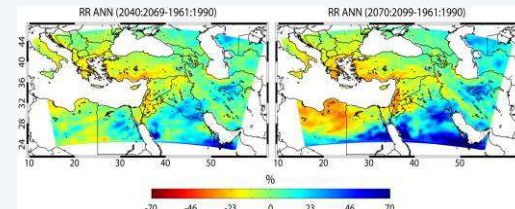
Fig. 5. Patterns of changing mean summer maximum (JJA) and mean winter minimum (DJF) temperatures, TX (top) and TN (bottom), respectively, calculated from PRECIS output. The left panels show the mean changes for 2040-2069 and the right panels for 2070-2099 relative to the 1961-1990 control period

J. Lelieveld & P. Hadjinicolaou & E. Kostopoulou & J. Chenoweth & M. El Maayar & C. Giannakopoulos & C. Hannides & M. A. Lange & M. Tanarhte & E. Tyrlis & E. Xoplaki (2012) *Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. Climatic Change*



Patterns of mean number of heavy **cooling** degree days/year (CDD>5°C) for the control period 1961-1990 (left) and additional CDD>5°C days for the period 2040-2069, calculated from PRECIS output

J. Lelieveld & P. Hadjinicolaou & E. Kostopoulou & J. Chenoweth & M. El Maayar & C. Giannakopoulos & C. Hannides & M. A. Lange & M. Tanarhte & E. Tyrlis & E. Xoplaki (2012) *Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. Climatic Change*



Patterns of changing annual mean precipitation (RR) in percent, calculated from PRECIS output. The left panel shows the mean changes for 2040-2069 and the right panel for 2070-2099 relative to the control period 1961-1990

Το «θυελλώδες» 2010

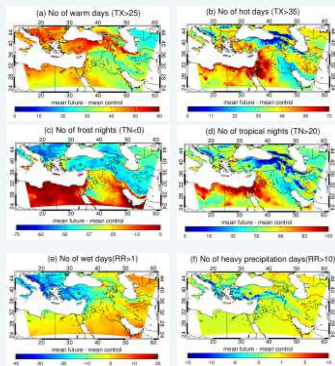
Ο καιρός το 2010 ακολούθησε το χάος των τελευταίων ετών.

Ο **αμερικανικός** Ερυθρός Σταυρός αναφέρει ότι επενέβη σε περίπου 30 καταστροφές. Πλημμύρες, ανεμοστρόβιλοι και ακραία καιρικά φαινόμενα κατέστρεψαν περιοχές. Σοβαρές πλημμύρες έπληξαν New England (Μάρτιο), Nashville (Μάιο), Arkansas και Oklahoma (Ιούνιο). Το Φεβρουάριο, βαριές χιονοπτώσεις στην Washington DC.

Περισσότερα ακραία φαινόμενα παρατηρήθηκαν σε άλλα μέρη όπως **Κίνα** (πλημμύρες), Πακιστάν (πλημμύρες), Ρωσία (καύσωνα, πυρκαγιές).

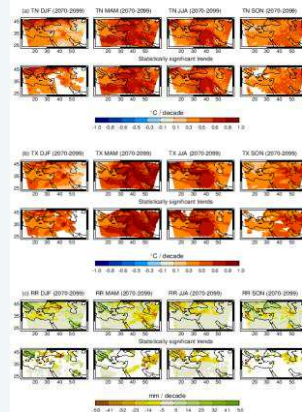
Οι πλημμύρες στο **Πακιστάν** ήταν οι χειρότερες στην ιστορία της χώρας, με δύο εκατομμύρια ανθρώπους άστεγους, >10 εκατομμύρια πληγέντες, πάνω από ένα εκατομμύριο στρέμματα πλημμυρισμένες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, και τα σημάδια μιας επερχόμενης επιδημίας χολέρας.

Η **Ρωσία** έζησε το χειρότερο κύμα καύσωνα και ξηρασία στην ιστορία της, με την άνευ προηγουμένου υψηλές θερμοκρασίες στη Μόσχα και εκατοντάδες πυρκαγιές να καίνε εκτός ελέγχου. Ο συνδυασμός της υπερβολικής ζέστης, καπνού και το νέφος από τις πυρκαγιές διπλασίασε τα ποσοστά θανάτων της πόλης στην κορυφή του κύματος καύσωνα την παραμονή εβδομάδα. Ξηρασία και πυρκαγιές κατέστρεψαν μεγάλο μέρος των καλλιεργιών της Ρωσίας, προτρέποντας την κυβέρνηση να απαγορεύσει τις εξαγωγές αττηνών.



Spatial patterns of the mean changes in the number of warm days (a), hot days (b), frost nights (c), tropical nights (d), wet days (e) and days with heavy precipitation (f), for the future period 2070-2099 relative to the control period 1961-1990.

E. Kostopoulou, C. Giannakopoulos, M. Hatzaki, A. Karali, P. Hadjinicolaou, J. Lelieveld, M. A. Lange (2014) Spatio-temporal patterns of recent and future climate extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East region *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14, no. 6: 1565 - 1577.



Trends in seasonal (winter: DJF, spring: MAM, summer: JJA, autumn: SON) minimum (TN), maximum (TX) temperatures and precipitation (RR). Upper panels in every set of a, b, c present all trends, while lower panels show only grid points with statistically significant trends over the period 2070-2099

E. Kostopoulou, C. Giannakopoulos, M. Hatzaki, A. Karali, P. Hadjinicolaou, J. Lelieveld, M. A. Lange (2014) Spatio-temporal patterns of recent and future climate extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East region *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14, no. 6: 1565 - 1577.



Φεβρουάριος 2010, η Washington, D.C. καλύφθηκε από στρώμα χιονιού 45.2 cm.

Αυτό ήταν ένα από τα τρία επεισόδια χιονοθύελλας που έπληξαν την περιοχή κατά τη διάρκεια του χειμώνα, που καταγράφηκε ως εκείνος με το περισσότερο χιόνι στην πρωτεύουσα των ΗΠΑ.

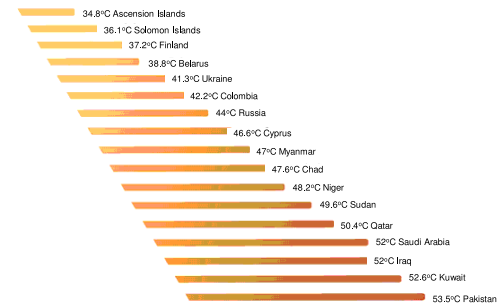
Το «θευλλάδες» 2010

Σχεδόν ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο βίωσε ένα τεράστιο κύμα καύσωνα το καλοκαίρι του 2010.



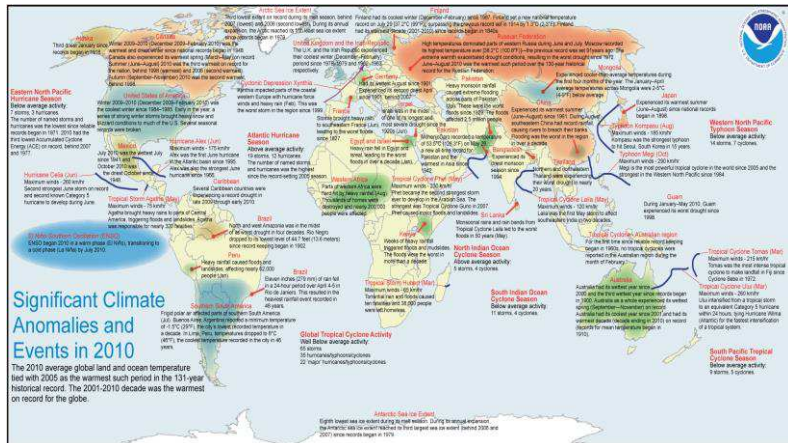
Στις 27 Σεπτεμβρίου, ο υδράργυρος άγγιξε τους 45 βαθμούς Celsius (113F) στο κέντρο του Los Angeles.

COUNTRIES THAT SET NEW RECORD HIGHS IN 2010



CLIMATE CENTRAL

Source: Weather Underground/ETH Masters



2010 Κίνα πλημμύρες



Οι καταρρακτώδεις βροχές που έπληξαν κυρίως τις περιοχές της νότιας και κεντρικής Κίνας και αργότερα βορειοανατολικές περιοχές της χώρας, προκάλεσαν τις χειρότερες πλημμύρες των τελευταίων δεκα ετών.

Οι πλημμύρες προκάλεσαν 701 θανάτους, άφησαν 347 αγνοούμεους και προκάλεσαν ζημιές δεκάδων δις δολαρίων.

Συνολικά, οι πλημμύρες και οι κατολισθήσεις που ακολούθησαν ευθύνονται για > 3000 ανθρωπίνες απώλειες μέχρι τις 31 Αυγούστου.

2010 Κίνα πλημμύρες

Φωτογραφία της Τρίτης 20 Ιουλίου του 2010: μια λάμπα του δρόμου διακρίνεται μερικώς από το πλημμυρισμένο ποταμό Yangtze στην πόλη Chongqing της ΝΔ Κίνας.



Οι πλημμύρες προκάλεσαν 701 θανάτους, άφησαν 347 αγνοούμενους και προκάλεσαν ζημιές δεκάδων δις δολαρίων.

Από τις χειρότερες καταστροφές στην Κίνα της δεκαετίας.

Οι χειμαρρώδεις πλημμύρες έπληξαν 2,3 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργειών, με περισσότερα από 330 στρέμματα καταστράφηκαν από τις πλημμύρες της 10ης Ιουλίου, σύμφωνα με το υπουργείο Πολιτικών Υποθέσεων.

2010 Πακιστάν πλημμύρες



This aerial view shows a flood-hit area of Kot Addu, Pakistan on Wednesday, Aug. 4, 2010.

Οι Πλημμύρες στο Πακιστάν ξεκίνησαν τον Ιούλιο του 2010 μετά από ισχυρότατες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια των μουσώνων.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις το φαινόμενο επηρέασε > 10 εκατ. Ανθρώπους, πάνω από 2000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους και πάνω από 500.000 οικίες καταστράφηκαν.

Κάποια στιγμή, περίπου το ένα πέμπτο της συνολικής ηπειρωτικής έκτασης του Πακιστάν βρισκόταν κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Η οικονομία του Πακιστάν επλήγη σοβαρά εξαιτίας της καταστροφής διάφορων υποδομών και καλλιεργειών. Οι υλικές ζημιές εκτιμώνται να ξεπερνούν τα 4 δισεκατομμύρια αμερικανικά δολάρια, ενώ οι καταστροφές στα αιτήρα τα 500 εκατομμύρια. Οι αρμόδιες αρχές υπολογίζουν το συνολικό οικονομικό κόστος να ανέρχεται στα 43 δισεκατομμύρια δολάρια.

2010 Πακιστάν πλημμύρες



12 εκατομμύρια άνθρωποι επλήγησαν στις επαρχίες Khyber, Pakhtunkhwa και Punjab, όπου καταστράφηκαν 650.000 σπίτια.



Blocked Jet Stream -> Russia's heat, Pakistan's floods

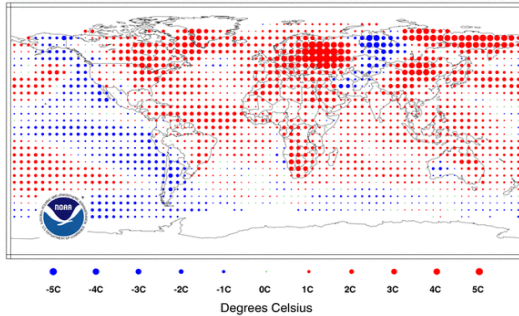
Οι πλημμύρες στο Πακιστάν και ο καύσωνας στη Ρωσία παρουσιάζουν σύνδεση όταν παρατηρούμε την ατμοσφαιρική κυκλοφορία πάνω από την Ασιατική ήπειρο (Kevin Trenberth, senior scientist at the U.S. National Centre for Atmospheric Research).

Ένα σύστημα υψηλών πιέσεων "blocking high" διατηρήθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλώντας στη δυτική Ρωσία έναν τύπο μεσογειακού ξηρού καλοκαιριού, που στη συνέχεια μετατόπισε την υγρασία της ατμόσφαιρας δίνοντας γένεση σε περισσότερο από το κανονικό 'υγρούς' μουσώνες, με αποτέλεσμα-ρεκόρ βροχοπτώσεων στη βόρεια Ινδία και το Πακιστάν (Trenberth).

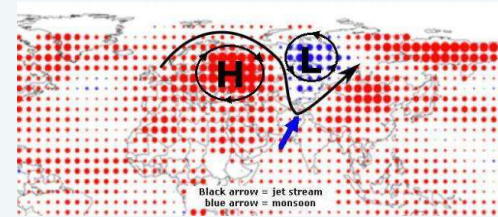
Temperature Anomalies July 2010

(with respect to a 1971-2000 base period)

National Climatic Data Center/NESDIS/NOAA



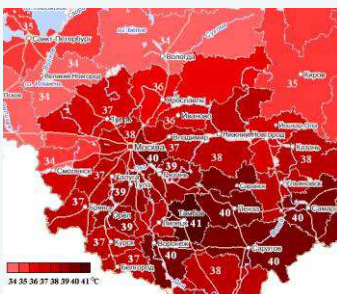
Ο χάρτης παρουσιάζει τις αποκλίσεις της θερμοκρασίας παγκοσμίως για τον Ιούλιο του 2010. Έχουμε διευρύνει το τμήμα που δείχνει τη Ρωσία και το Πακιστάν και σημειώσει κάποια χαρακτηριστικά.



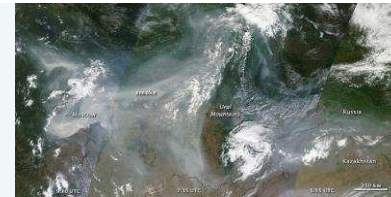
Ο αεροχείμαρρος μπλοκαρίστηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ένα τέτοιο γεγονός συμβαίνει όταν σχηματίζεται ένα σύστημα υψηλής πίεσης που είναι αρκετά ισχυρό για να σταματήσει την κανονική ροή δυτικά->ανατολικά του αέριου ρεύματος και παραμένει σε ένα σημείο (εμμονή).

Η μαύρη γραμμή δείχνει τη θέση όπου ο αεροχείμαρρος πρέπει να έχει παραμείνει για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα (οδηγώντας σε ακραίες θερμοκρασιακές ανωμαλίες).

Temperatures in western Russia on 31 July 2010



2010 Year in Review: Extreme Weather and Climate Events



Το 2010, η Ρωσία υπέστη στο θερμότερο Ιούλιο που έχει καταγραφεί στα 130 χρόνια ενόργανης καταγραφής θερμοκρασίας. Για περίπου 1 μήνα οι θερμοκρασίες διατηρήθηκαν πάνω από τους 30 βαθμούς Celsius. Σε πολλές περιοχές τα ρεκόρ θερμοκρασίας ξεπεράστηκαν και οι θερμές συνθήκες περιγράφηκαν ως πρωτοφανείς (Alexander Frolov, head of Russia's weather service, said that, "Our ancestors haven't observed or registered a heat like that within 1,000 years. This phenomenon is absolutely unique").

Οι υψηλές θερμοκρασίες και η σοβαρή ξηρασία δημιούργησαν τις κατάλληλες 'φονικές' συνθήκες για τις μαζικές, εκτεταμένες πυρκαγιές, που ξέσπασαν σε περιοχές με αποστραγγισμένους βάλτους και έλη γύρω από τη Μόσχα στο τέλος του μήνα και μέχρι τα μέσα του Αυγούστου.

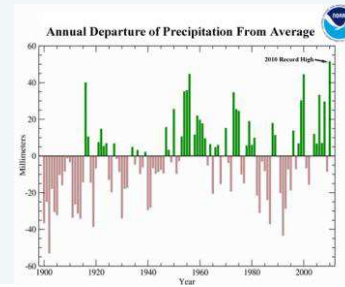


Σύμφωνα με κυβερνητικούς αξιωματούχους, ο αριθμός των απωλειών στη Μόσχα από τον καύσωνα και τη ρύπανση του αέρα στις αρχές Αυγούστου έφτασε 330 θύματα ανά ημέρα, καθώς αιθαλομίχλη και επικίνδυνο μονοξείδιο του άνθρακα είχαν καλύψει την πόλη.

Συντηρητικές εκτιμήσεις δείχνουν ότι τουλάχιστον 15.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε εθνικό επίπεδο κατά τη διάρκεια του καύσωνα και τις πυρκαγιές που ακολούθησαν.

Υγρότερο έτος στη ξηρά

Το έτος 2010 επίσης κατέχει το ρεκόρ για την υγρότερο χρόνια στην ενόργανη κλιματική ιστορία της Γης πάνω από περιοχές της ξηράς. Η διαφορά στη μέση βροχόπτωση από το 2010 ήταν περίπου 13% υψηλότερη από εκείνη του προηγούμενου υγρότερου έτους 1956. Ωστόσο, το ρεκόρ δεν είναι τόσο σημαντικό, δεδομένου ότι οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην τυχαία μεταβλητότητα των καιρικών συνθηκών του αεροχειμάριου κατά τη διάρκεια του 2010. Η υγρασία ρεκόρ πάνω από την ξηρά αντισταθμίστηκε από σχετικά ξηρές συνθήκες, πάνω από τους ωκεανούς.



Αποκλίσεις της παγκόσμιας βροχόπτωσης στις χερσαίες εκτάσεις από το μέσο όρο της περιόδου 1900 - 2010. Το έτος 2010 έθεσε νέο ρεκόρ για το υγρότερο έτος της ιστορίας της Γης. Η διαφορά των βροχοπτώσεων από το μέσο όρο το 2010 ήταν περίπου 13% υψηλότερη από εκείνη του προηγούμενου ρεκόρ, το 1956.

(Πηγή: NOAA's National Climatic Data Center).

Cold Arctic Air Blankets U.S./Europe

Arctic Paradox: Warming Arctic May Mean Colder Winter for Some



CLIMATE CENTRAL

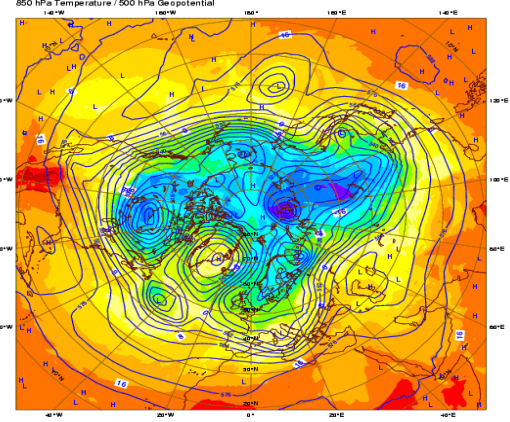
Το 2010 ο χειμώνας έφτασε με σφοδρότητα, με ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες και χιονοπτώσεις στην Ευρώπη και σε μεγάλο μέρος της Β. Αμερικής.

Ο ασυνήθιστος χειμωιάτικος καιρός συνδέθηκε με ένα ισχυρό αντικυκλωνικό σύστημα που παρουσίασε εμμονή πάνω από τη Γροιλανδία και με ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες στην Αρκτική, **Μοντέλο " Warm Arctic / Cold Continents Pattern"**, θεωρία που συνδέει την απώλεια θαλάσσιου πάγου με τις ψυχρές εισβολές από βόρεια ΓΠ.

Το Climate Central εξηγεί: Όταν ο πάγος λιώνει, επιτρέπει στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία να ζεσταίνει τη θερμοκρασία του νερού και του αέρα, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει την ατμοσφαιρική πίεση και την κυκλοφορία και επιτρέπει τη ροή Αρκτικού αέρα προς νότο, ενώ η Αρκτική παραμένει ασυνήθιστα ζεστή.

Ο Jeff Masters χρησιμοποίησε μια μεταφορά για να συνοψίσει τα παραδοξά: "Αυτό το μοτίβο είναι σαν να αφήνουμε την πόρτα του ψυγείου ανοιχτή - το ψυγείο θερμαίνεται, αλλά όλος ο κρύος αέρας περνάει μέσα στο σπίτι."

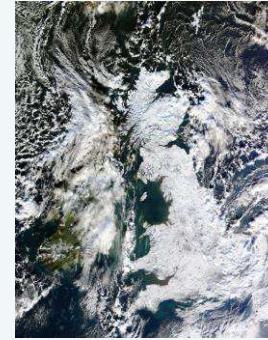
Sunday 14 November 2010 00UTC GECMWF Forecast 1+240 VT: Wednesday 24 November 2010 00UTC



A massive snowstorm covered much of continental Europe and the United Kingdom on Dec. 29, 2010 (NASA Visualization Explorer).



Heavy snow and ice warnings for England Nov/Dec 2010



Χιόνι και πάγος κάλυψαν μεγάλο μέρος της χώρας προκαλώντας ποικίλα προβλήματα.

2010 Year in Review: Extreme Weather and
Climate Events

Ισχυρές χιονοπτώσεις και πάγος στην Αγγλία Νοέμβριος / Δεκέμβριος 2010

Το Met Office εξέδωσε αυστηρές προειδοποιήσεις για τις καμφικές συνθήκες και το βαρύ χιόνι στα βορειοανατολικά, το Yorkshire και Humber, το East Midlands, την ανατολική και νοτιοδυτική Αγγλία καθώς και μέρη της Σκωτίας, της Βόρειας Ιρλανδίας και της Ουαλίας.

Η Βρετανία αντιμετωπίζει μια κακοκαιρία 10 ημερών από τη Βόρεια Θάλασσα με θερμοκρασίες που πέφτουν έως και -6°C .

Η εκτεταμένη χιονόπτωση προκάλεσε διαταραχές σε ολόκληρο το Ηνωμένο Βασίλειο.



2010 Year in Review: Extreme Weather and
Climate Events

2010 Ρωσικές πυρκαγιές

Οι ρωσικές πυρκαγιές του 2010 ήταν αρκετές εκατοντάδες πυρκαγιές που ξέσπασαν σε ολόκληρη τη Ρωσία, κυρίως στα δυτικά, ξεκινώντας από τα τέλη Ιουλίου 2010, λόγω **θερμοκρασιών ρεκόρ** (το θερμότερο καλοκαίρι στη ρωσική ιστορία από τότε που ξεκινούν τα αρχεία πριν από 130 χρόνια) και **ξηρασίας** στην περιοχή .

Ο Ρώσος Πρόεδρος κήρυξε κατάσταση έκτακτης ανάγκης σε επτά περιφέρειες για τις πυρκαγιές, ενώ 28 άλλες περιοχές βρέθηκαν σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης λόγω των καταστροφών στις καλλέργειες που προκλήθηκαν από τη ρωσική ξηρασία. Οι πυρκαγιές προκάλεσαν ζημιές ύψους 15 δισ. USD.

Ένας συνδυασμός του **καπνού** από τις πυρκαγιές και του ακραίου **καύσωνα** που καταγράφει το ρεκόρ, προκάλεσε πίεση στο ρωσικό σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Εκτιμάται ότι 56.000 άνθρωποι πέθαναν από τις επιπτώσεις της αιθαλομίχλης και του καύσωνα (Munich Re).

2010 Year in Review: Extreme Weather and
Climate Events

2010 Ρωσικές πυρκαγιές



Ένας στρατιώτης περπατάει ανάμεσα στις καμένες σημύδες, έξω από τη ρωσική πόλη Voronezh στις 30 Ιουλίου 2010. (REUTERS/Sergei Karpukhin)

2010 Ρωσικές πυρκαγιές



Οι άνθρωποι περπατούν κατά μήκος της Κόκκινης Πλατείας της Μόσχας με τον καθεδρικό ναό του Αγίου Βασιλείου και το μαιωσωλείο του Λένιν, με φόντο την πυκνή αιθαλομίχλη και τέφρα, 2 Αυγούστου 2010. (REUTERS/Alexander Natruskin)

2010 Ρωσικές πυρκαγιές



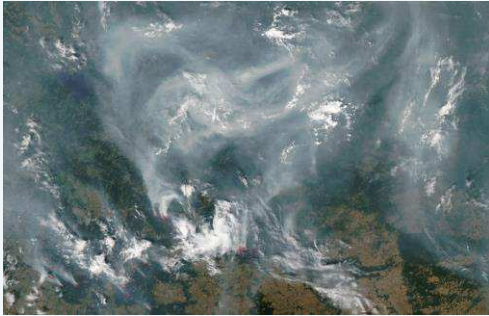
Ισχυροί άνεμοι κάμπνουν τα δέντρα στο χωριό Beloomut, ένα καμένο τοπίο, περίπου 130 χιλιόμετρα από τη Μόσχα στις 31 Ιουλίου 2010. (ANDREY SMIRNOV/AFP/Getty Images)

2010 Ρωσικές πυρκαγιές



Οι φλόγες κατά μήκος ενός φλεγόμενου δάσους, κοντά στο προάστιο Voronezh την Κυριακή 1 Αυγούστου 2010. (AP Photo/Mikhail Metzel)

2010 Ρωσικές πυρκαγιές



Δορυφορική εικόνα της 28 Ιουλίου 2010 από τη NASA: ο καπνός από πυρκαγιές κοντά στη Μόσχα είναι ορατός πάνω από την κεντρική Ρωσία. Τα μικρά κόκκινα κουτάκια δείχνουν πυρκαγιές. (AP Photo/NASA)