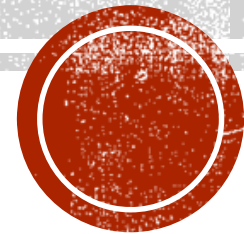




Τμήμα Γεωπονίας  
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Διαχείριση Υδάτινων Πόρων  
Κλιματική Αλλαγή και Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα



Αγγελική Μαραγκάκη  
Μηχανικός Ορυκτών Πόρων, PhD

# Κλιματική Αλλαγή...

Κλιματική αλλαγή: συστηματική μεταβολή των κλιματολογικών μεταβλητών λόγω αλλαγών:

- στις περιβαλλοντικές συνθήκες και
- στις ανθρώπινες δραστηριότητες

Η κλιματική αλλαγή είναι η  
μεγαλύτερη απειλή  
που διέπει τον πλανήτη μας



# Κλιματική Αλλαγή – Παράγοντες - δυσμενείς επιπτώσεις

## Συμβάλλουν στην αλλαγή του κλίματος:

1. Αλλαγές στις φυσικές & περιβαλλοντικές συνθήκες
2. Ανθρώπινες δραστηριότητες

## Δυσμενείς επιπτώσεις:

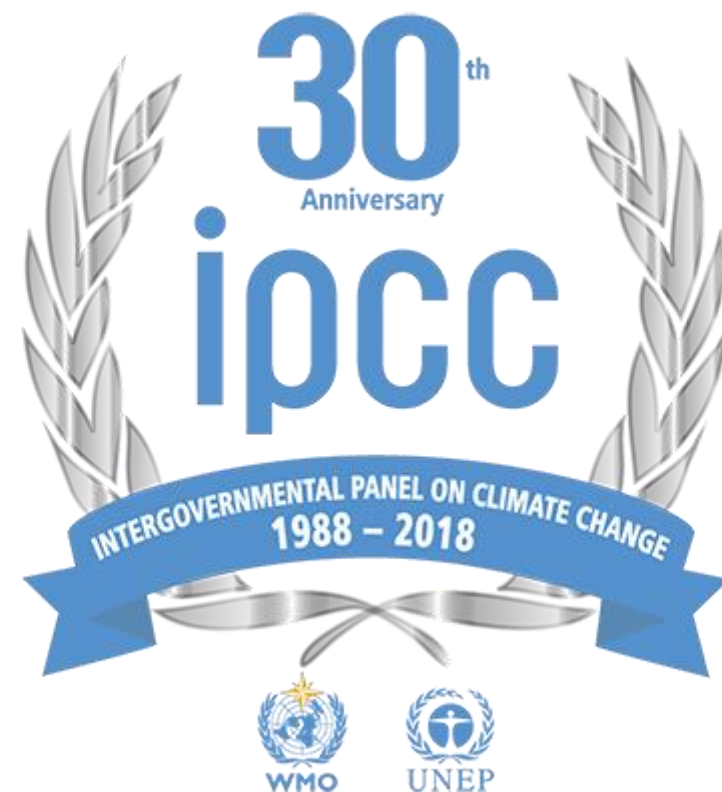
1. Πλημμύρες
2. Κύματα καύσωνα
3. Δασικές πυρκαγιές
4. Ξηρασία



# Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

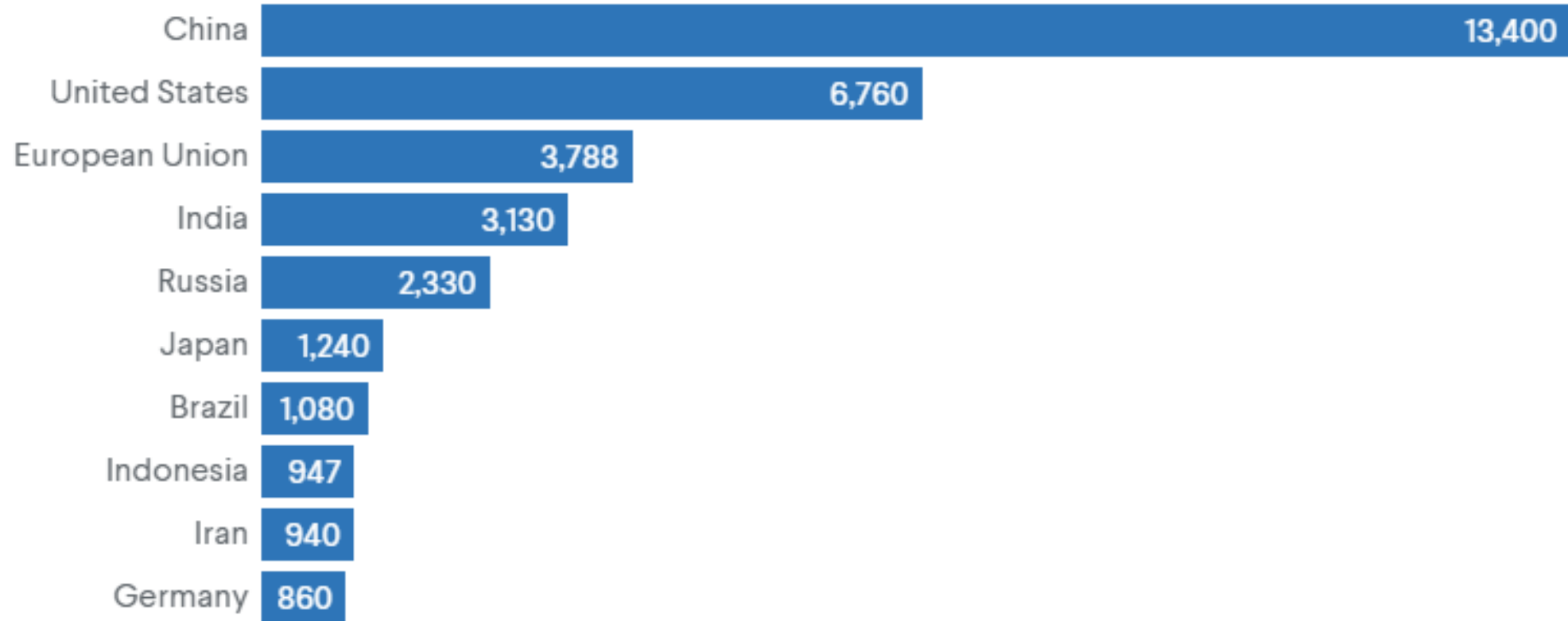
Κοινή πρωτοβουλία περιβαλλοντικού  
προγράμματος Ο.Η.Ε. (United Nations Environment Program  
–UNEP) και του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού  
(WMO)- 1988

Έχει καταλήξει τα τελευταία χρόνια  
ότι τα αέρια θερμοκηπίου  
ευθύνονται σε τεράστιο βαθμό για  
την αλλαγή του κλίματος



# Top Greenhouse Gas Emitters in 2018

Emissions in metric tons of carbon dioxide equivalent



Note: EU data does not include the United Kingdom.



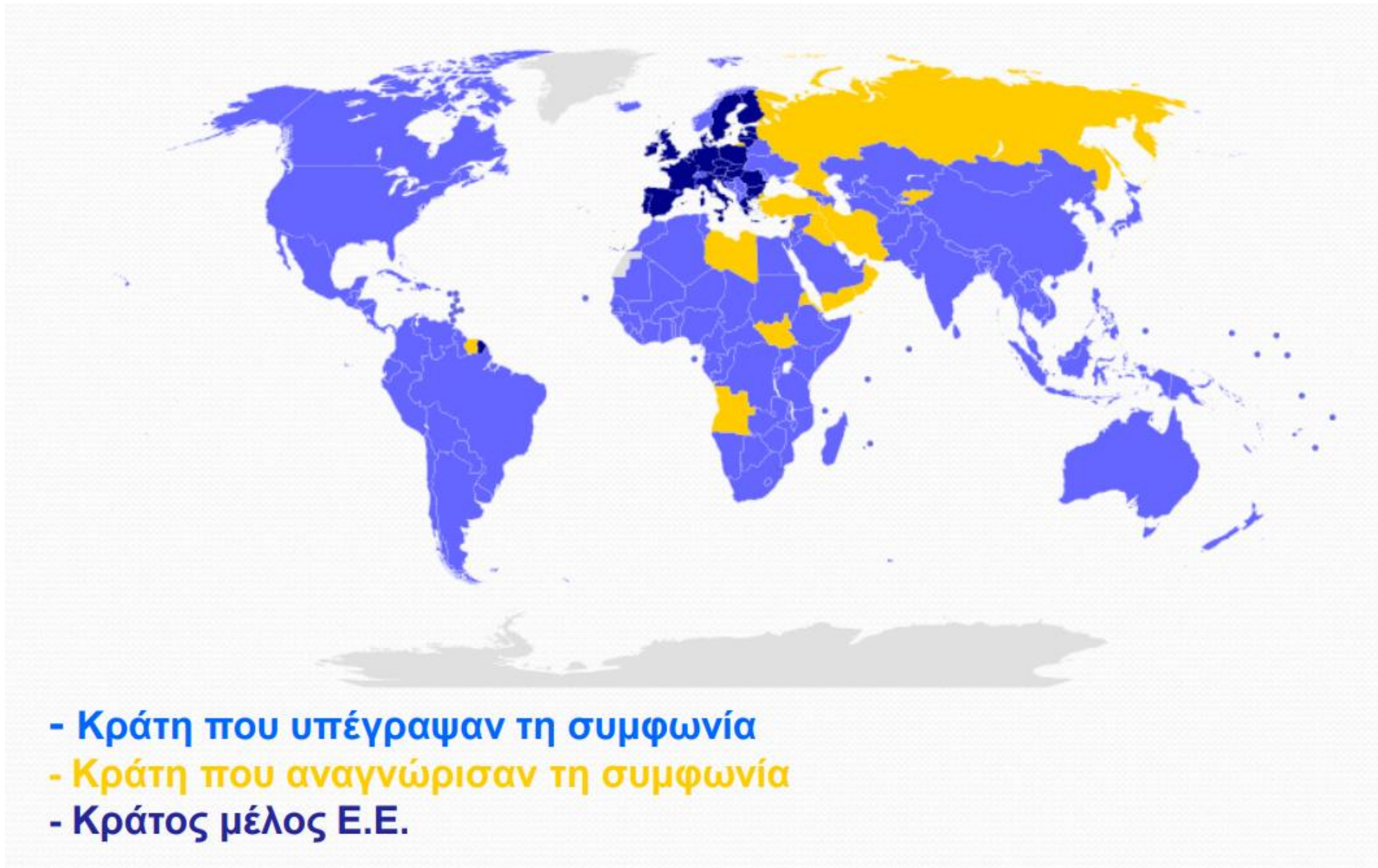
# Συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα (2015)



Οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να συγκρατήσουν την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη αρκετά κάτω από τους 2°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα και να συνεχίσουν τις προσπάθειες να την περιορίσουν στον 1.5°C



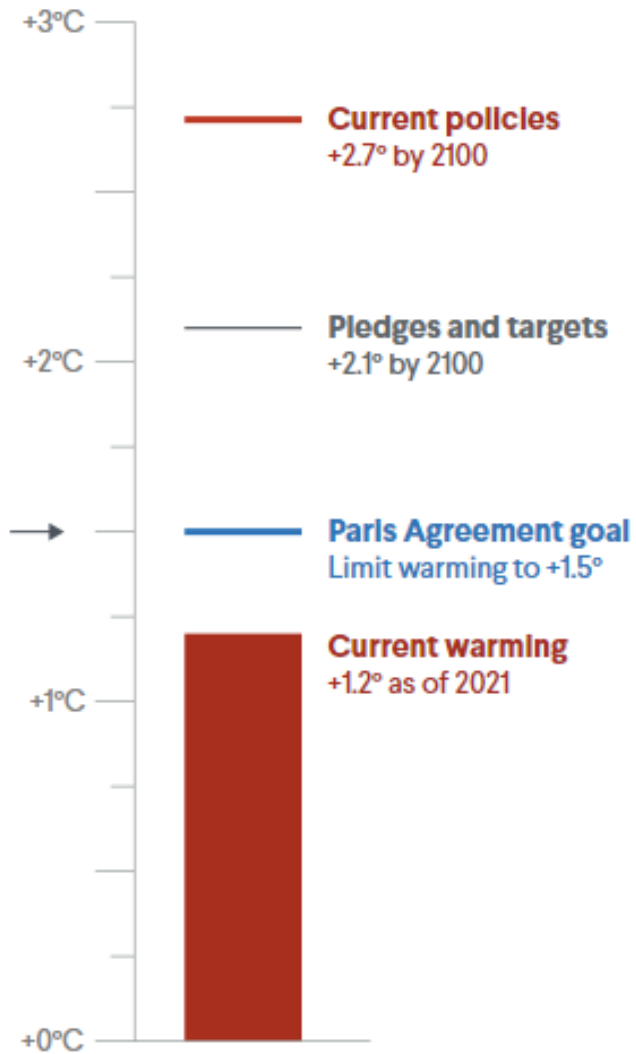
# Κράτη που υπέγραψαν τη συμφωνία



## Even With COP26 Pledges, World Not on Track to Meet Paris Agreement's Goal

Global temperature rise over preindustrial average

With 1.5°C of warming, much of the world will likely see staggering sea-level rise, record-breaking droughts and floods, and widespread species loss.





# ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟΥΣ + 1.5°C ΚΑΙ 2°C



## ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

100% αύξηση του κινδύνου πλημμυρών vs 170% αύξηση του κινδύνου πλημμυρών

## ΕΙΔΗ

6% των εντόμων, 8% των φυτών και 4% των σπονδυλωτών ζώων παγκοσμίως θα επηρεαστούν. vs 18% των εντόμων, 16% of plants and 8% των φυτών και 8% των σπονδυλωτών ζώων παγκοσμίως θα επηρεαστούν.

## ΝΕΡΟ

350 εκατ. κάτοικοι αστικών κέντρων εκτίθενται σε κίνδυνο σφοδρής ξηρασίας έως το 2100. vs 410 εκατ. κάτοικοι αστικών κέντρων εκτίθενται σε κίνδυνο σφοδρής ξηρασίας έως το 2100.

## ΑΡΚΤΙΚΟΣ ΠΑΓΟΣ

Καλοκαίρια χωρίς πάγο στην Αρκτική τουλάχιστον μία φορά κάθε 100 χρόνια. vs Καλοκαίρια χωρίς πάγο στην Αρκτική τουλάχιστον μία φορά κάθε 10 χρόνια.

## ΑΝΘΡΩΠΟΣ

9% του παγκόσμιου πληθυσμού (700 εκατ. άνθρωποι) θα εκτεθούν τουλάχιστον μία φορά κάθε 20 χρόνια σε ακραία κύματα καύσωνα. vs 28% του παγκόσμιου πληθυσμού (2 δισεκ. άνθρωποι) θα εκτεθούν τουλάχιστον μία φορά κάθε 20 χρόνια σε ακραία κύματα καύσωνα.

## ΑΝΟΔΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

45 εκατ. άνθρωποι θα επηρεαστούν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 48 εκ. μέχρι το 2100. vs 49 εκατ. άνθρωποι θα επηρεαστούν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 56 εκ. μέχρι το 2100.

## ΚΟΣΤΟΣ

Χαμηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης στους 2°C από ότι στους 1.5°C ειδικά σε χώρες με χαμηλό εισόδημα.

## ΟΚΕΑΝΟΙ

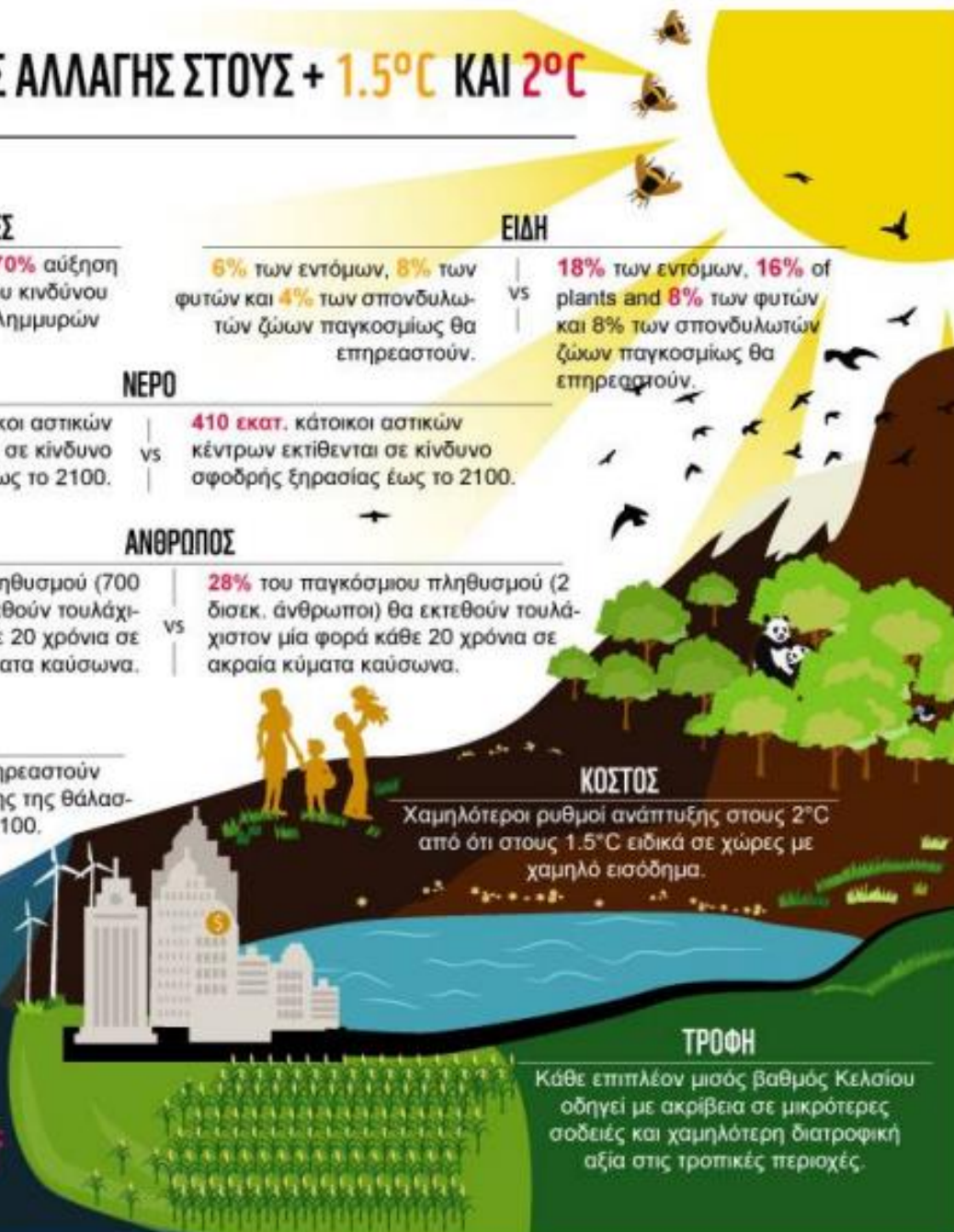
Μικρότερη επικινδυνότητα για τη θαλάσσια βιοποικιλότητα, τα οικοσυστήματα και τις υπηρεσίες τους στους 1.5°C από ότι στους 2°C.

## ΚΟΡΑΛΛΙΟΓΕΝΕΙΣ ΥΦΑΛΟΙ

70% των κοραλλιογενών υφάλων του πλανήτη θα έχει χαθεί έως το 2100. vs Όλοι οι κοραλλιογενείς υφαλοι θα έχουν χαθεί έως το 2100.

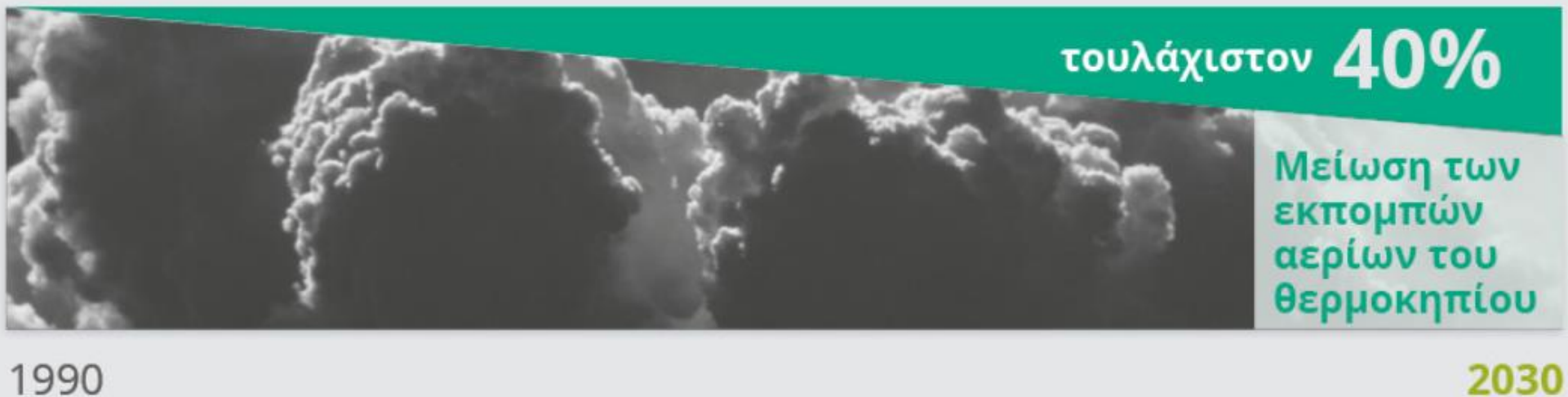
## ΤΡΟΦΗ

Κάθε επιπλέον μισός βαθμός Κελσίου οδηγεί με ακρίβεια σε μικρότερες σοδειές και χαμηλότερη διατροφική αξία στις τροπικές περιοχές.



# Συμφωνία των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή: πως θα ενεργήσει η ΕΕ;

στόχος για το 2030: Δέσμευση της ΕΕ στη Συμφωνία των Παρισίων



# Πώς

Τομείς του συστήματος εμπορίας εκπομπών ΕΕ (ΣΕΔΕ)

Αναμόρφωση του ΣΕΔΕ



Τομείς εκτός του ΣΕΔΕ

Κανονισμός για τον επιμερισμό των προσπαθειών



Κανονισμός LULUCF (χρήση της γης, αλλαγή στη χρήση της γης και δασοκομικές δραστηριότητες)



# Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στην υδρολογία



**Διαθεσιμότητα νερού - Επισιτιστική  
ασφάλεια**

**Ποιότητα νερού – Θέματα  
Υγείας**

**Επάρκεια υποδομών – Ασφάλεια από  
φυσικές καταστροφές**

Η πρόβλεψη μελλοντικής αλλαγής στο καθεστώς βροχής – θερμοκρασίας – απορροής μεγάλης σημασίας για την προσαρμογή μας στην αλλαγή του κλίματος και τον μετριασμό των επιπτώσεων



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι

Επιδρά στους υδατικούς πόρους και επιφέρει αλυσιδωτές αντιδράσεις στα υδατικά οικοσυστήματα

Άνοδος της **Θερμοκρασίας**

Αλλαγές:



- ✓ Κατακριμνήσματα
- ✓ Εξατμισοδιαπνοή

Αλυσιδωτές αλλαγές:



- ✓ Απορροή
- ✓ Εδαφική υγρασία
- ✓ Υπόγεια ύδατα
- ✓ Υδατικό ισοζύγιο



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι

Σημαντικές επιδράσεις

- Προσφορά νερού
- Χρήση νερού στη Γεωργία (Αρδευτικές διεργασίες)
- Προμήθεια και ρύθμιση υπόγειων υδάτων
- Πλημμυρική προστασία
- Διαχείριση υγροβιότοπων
- Λειτουργία υδροταμιευτήρων
- Παραγωγή ενέργειας
- Εισχώρηση θαλασσινού νερού στους παράκτιους υδατικούς πόρους, αλλά και στα νησιά
- Υποβάθμιση ποιότητας νερού

**Πλημμυρικά φαινόμενα**

**&**

**Ξηρασία**



# Πλημμυρικά φαινόμενα



# Συνθήκες Ξηρασίας



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Παγκοσμίως

1. Αλλαγή βροχοπτώσεων (ανάλογα με την τοποθεσία και την εποχή)
2. Αύξηση έντασης ακραίων συμβάντων (φαινόμενα πλημμύρας, συνθήκες ξηρασίας κ.λπ.)
3. Αυξημένη εξατμισοδιαπνοή
4. Μειωμένο ποσοστό χιονοπτώσεων ως προς συνολική βροχόπτωση
5. Μετατόπιση περιόδου χιονιού τήξης ως προς χειμερινή περίοδο
6. Επιμήκυνση ξηρής περιόδου
7. Αύξηση μέσης στάθμης θάλασσας

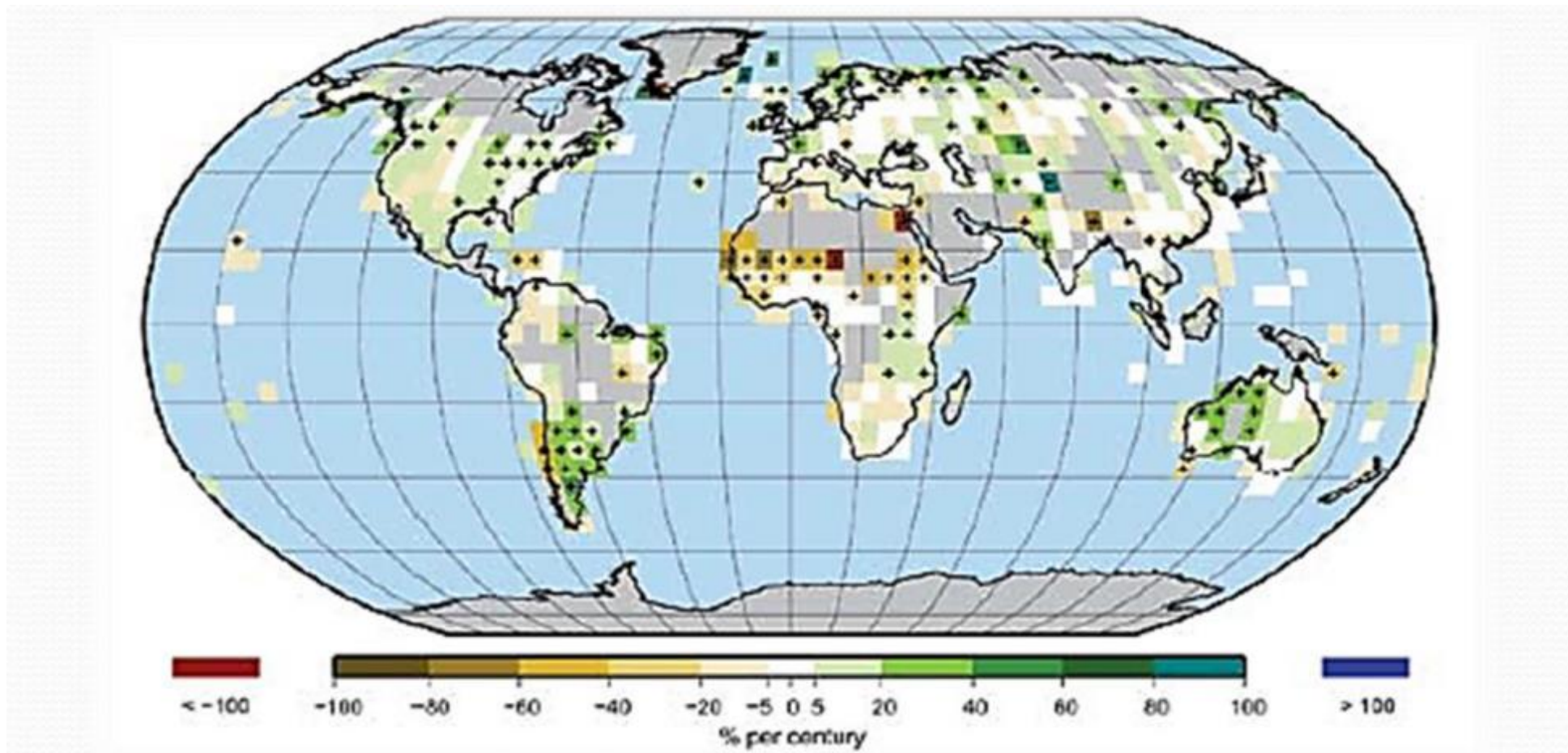


- Εδαφική απώλεια παράκτιων περιοχών
- Εισβολή του θαλασσινού νερού στο υπόγειο υδροφορέα
- Αλλαγή σε εκβολές ποταμών



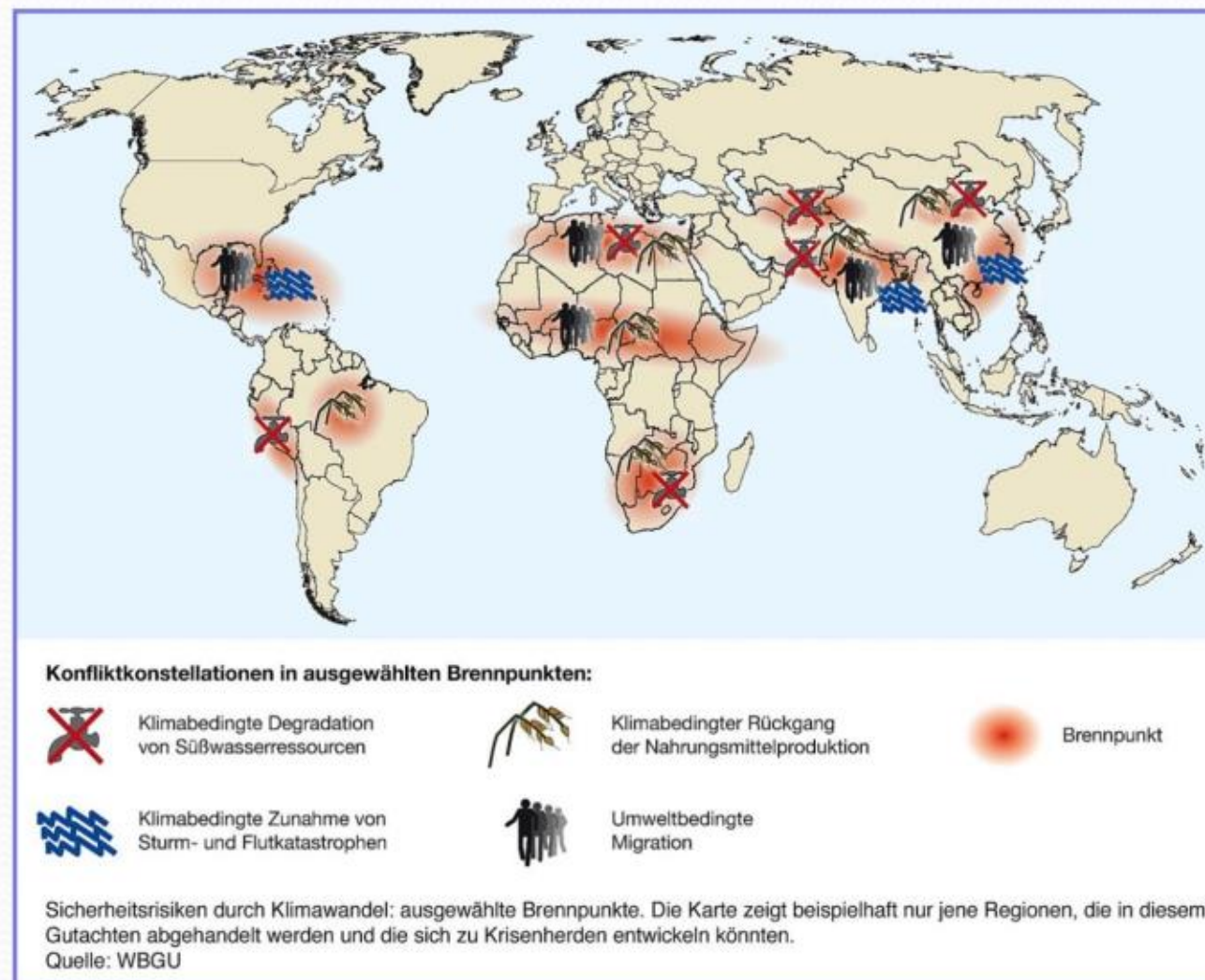
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Παγκοσμίως

Αλλαγές βροχόπτωσης για τα έτη 1901-2005



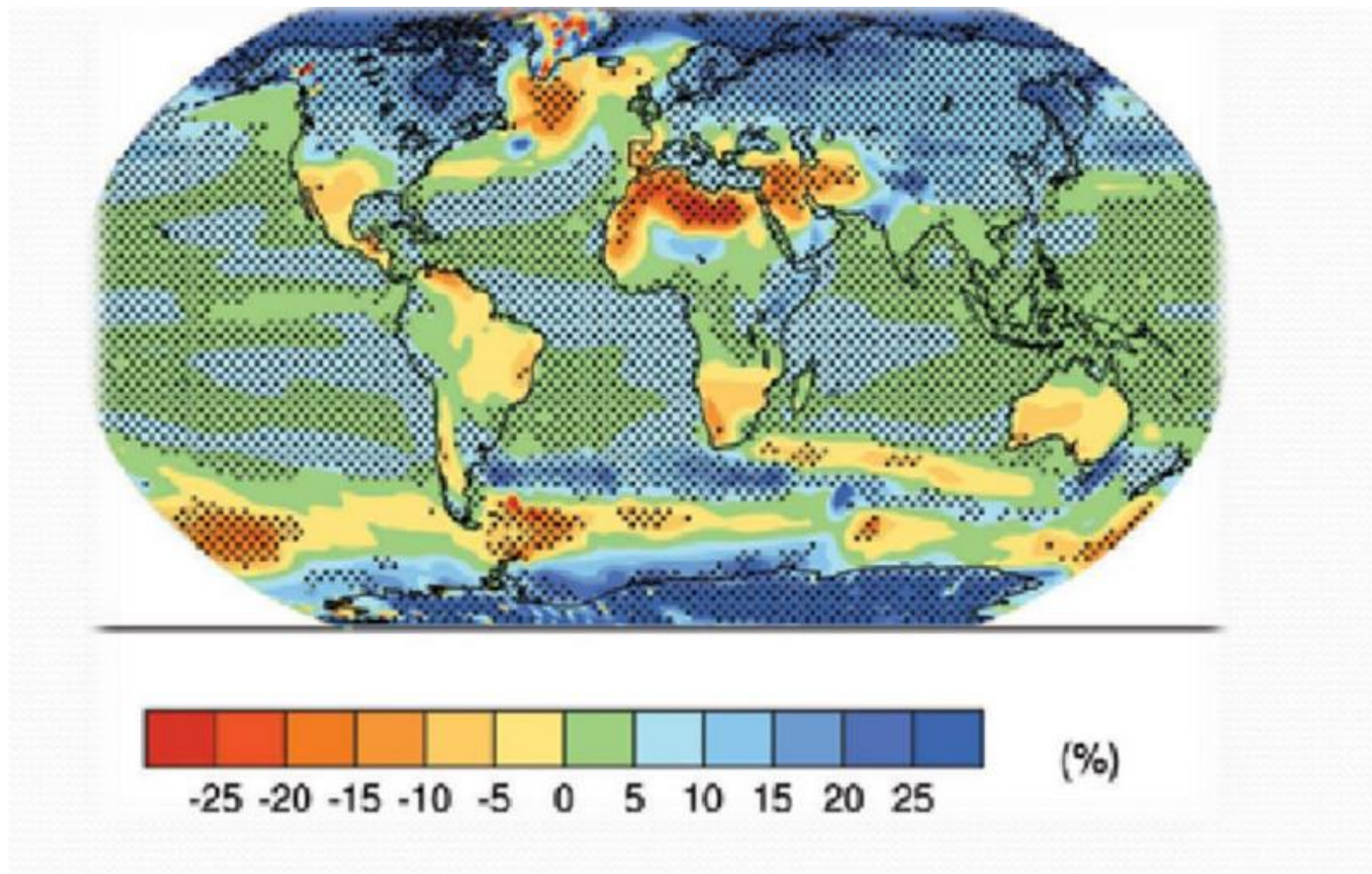
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Παγκοσμίως

Αύξηση extreme weather events



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Παγκοσμίως

Προβλεπόμενες αλλαγές (%) στην Εξατμισοδιαπνοή για τα έτη 2080-2099



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Παγκοσμίως

Μεταφορά περιόδου τήξης χιονιού



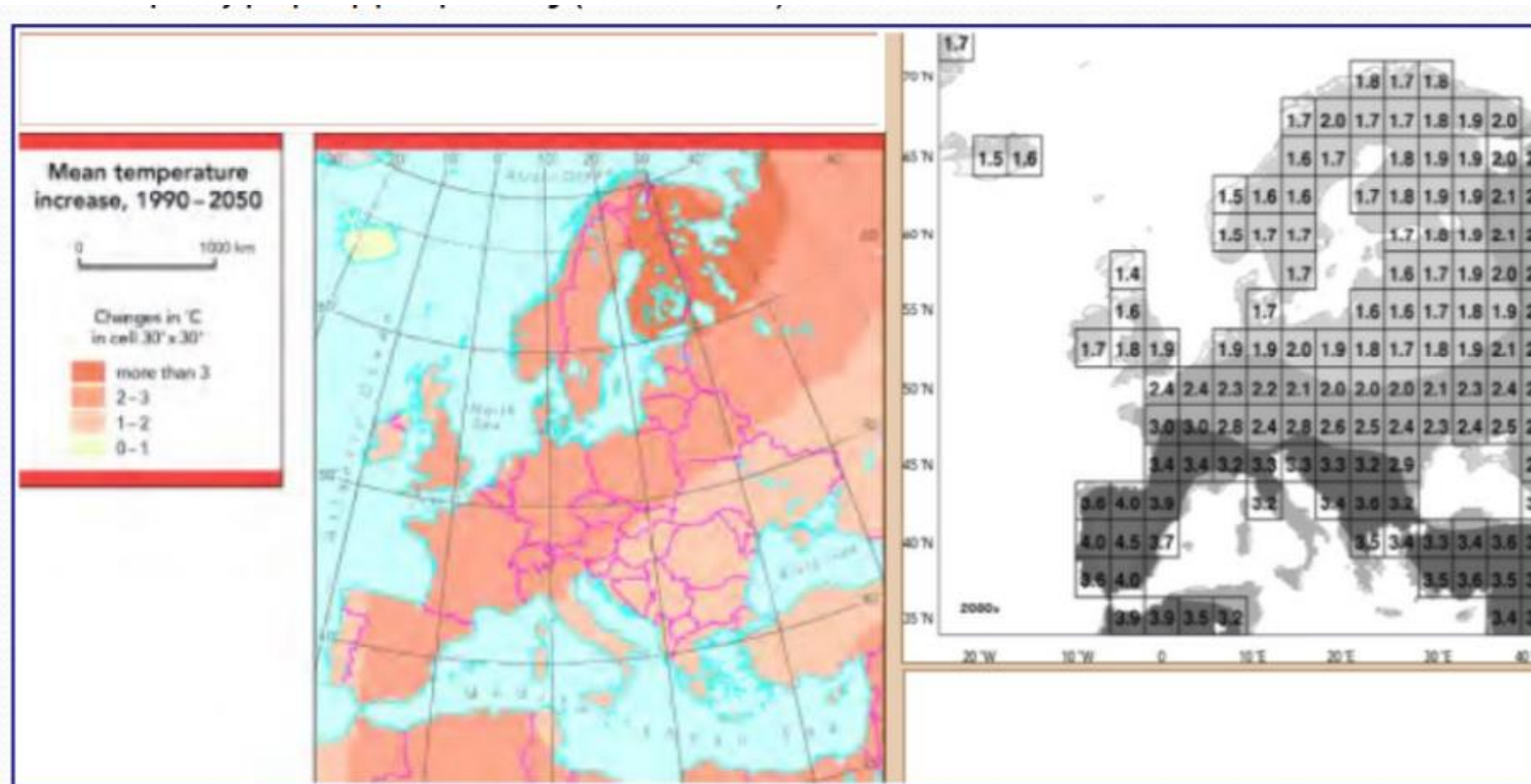
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Παγκοσμίως

Μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας



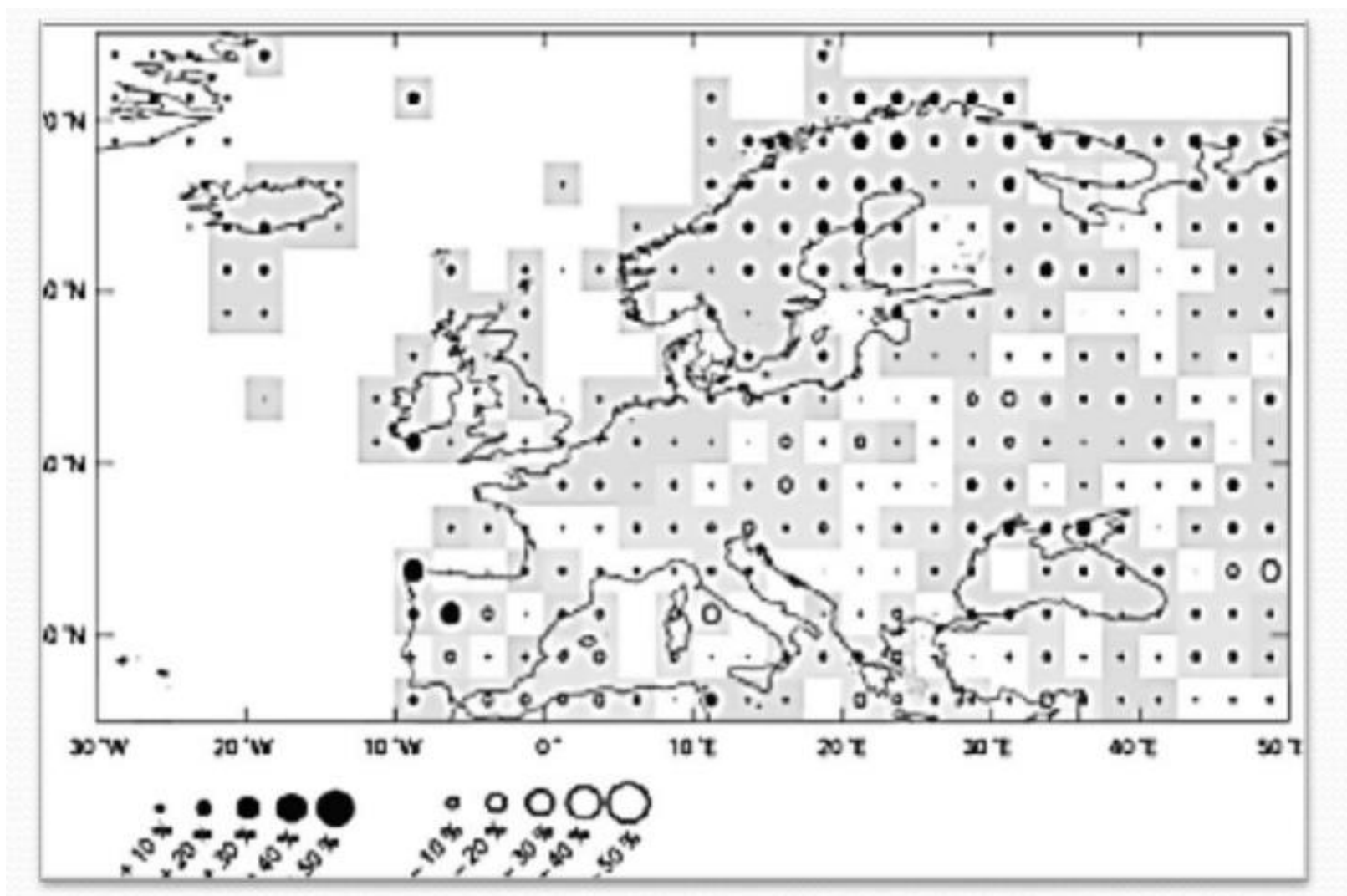
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις ΕΕ

Μέση αύξηση θερμοκρασίας (1990-2050)



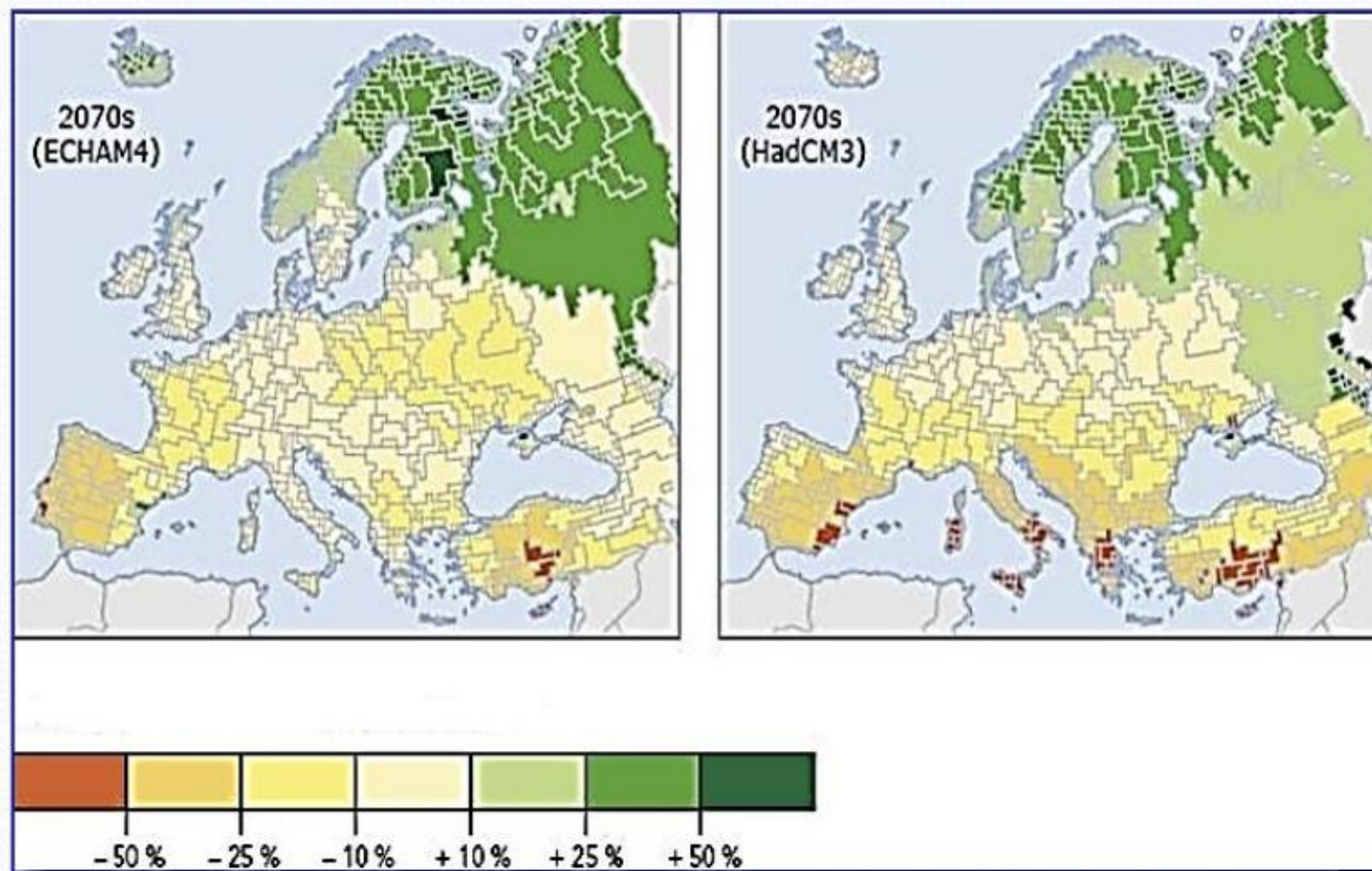
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις ΕΕ

Αλλαγές (%) στην ετήσια βροχόπτωση κατά τα έτη 1900-2000



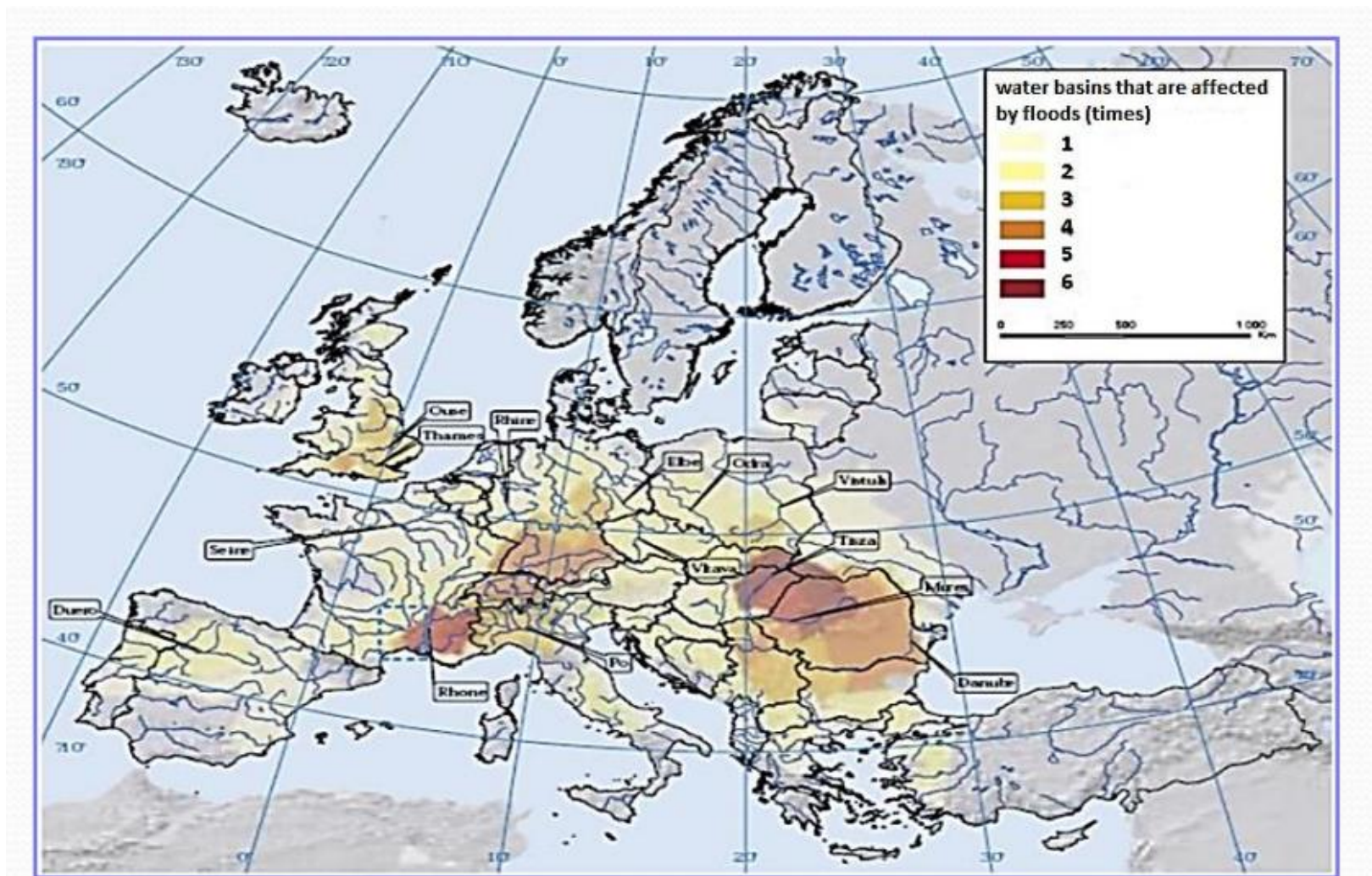
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις ΕΕ

Προβλεπόμενες αλλαγές στη μέση ετήσια απορροή σχετικά με τις λεκάνες απορροής στην Ευρώπη συγκριτικά με το έτος 2000



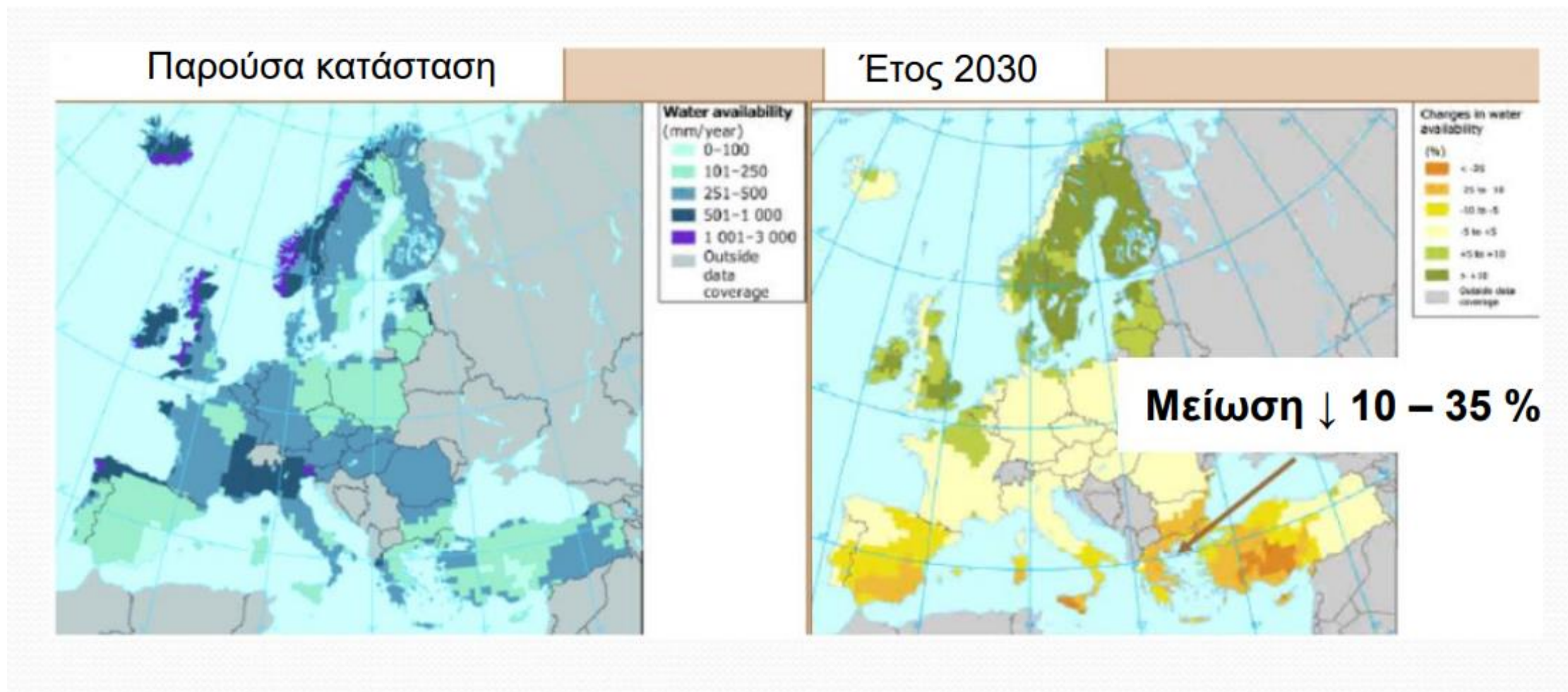
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις ΕΕ

Περίοδοι επαναφοράς πλημμυρικών φαινομένων στην Ευρώπη την περίοδο 1982-2002



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις ΕΕ

Διαθεσιμότητα νερού (μέση ετήσια) και οι προβλεπόμενες μελλοντικές αλλαγές κατά το έτος 2030



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Ελλάδα

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει αισθητά τον υδρολογικό κύκλο και τα συστήματα αξιοποίησης των υδάτινων πόρων στην Ελλάδα

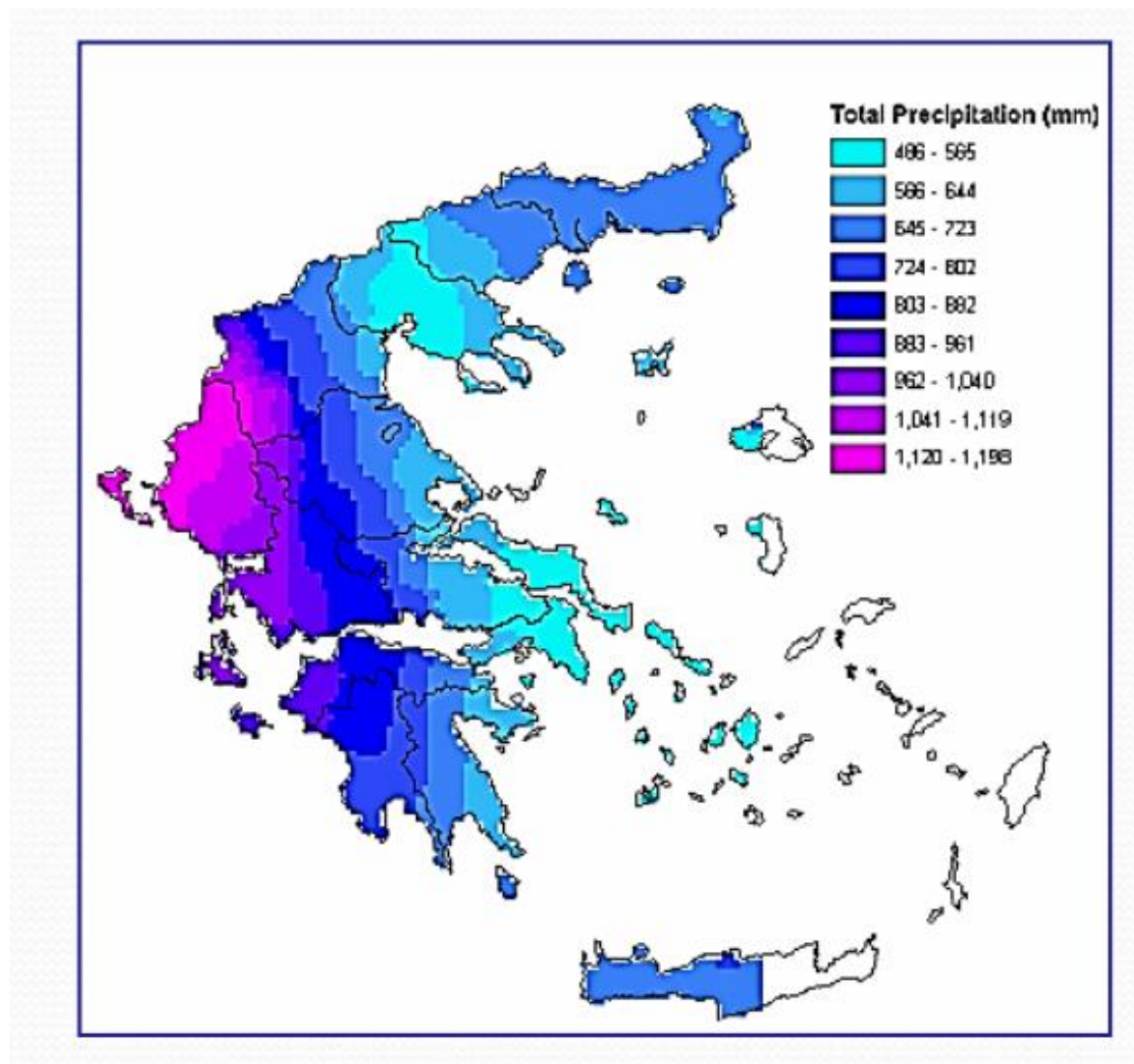
Επιπτώσεις σε φυσικά συστήματα:

- Μείωση βασικής απορροής
- Διακοπή καλής οικολογικής κατάστασης ποταμών
- Επίδραση σε ολόκληρο το οικοσύστημα



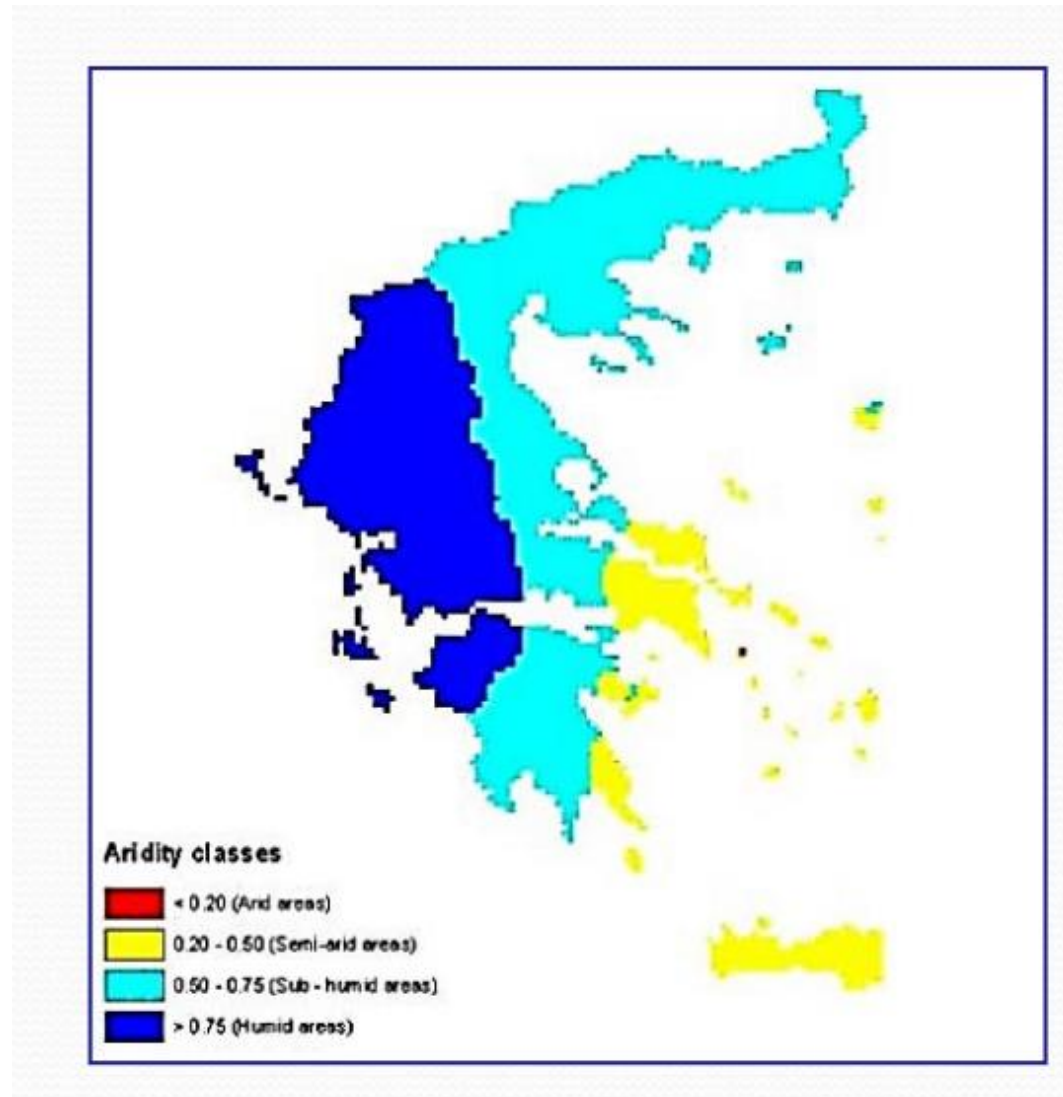
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Ελλάδα

Διακύμανση της βροχόπτωσης



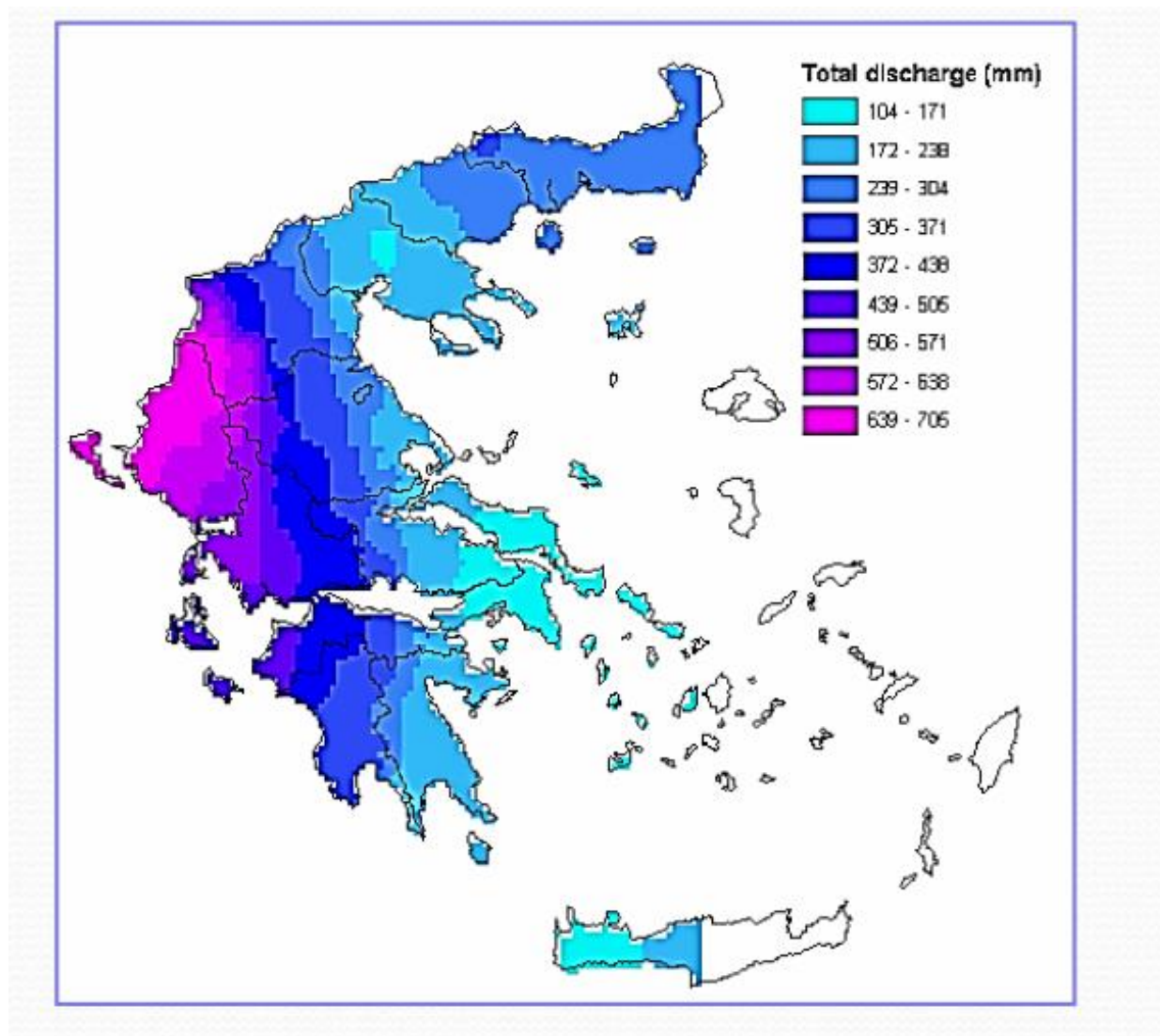
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Ελλάδα

Δείκτης Ξηρότητας (Aridity Index)



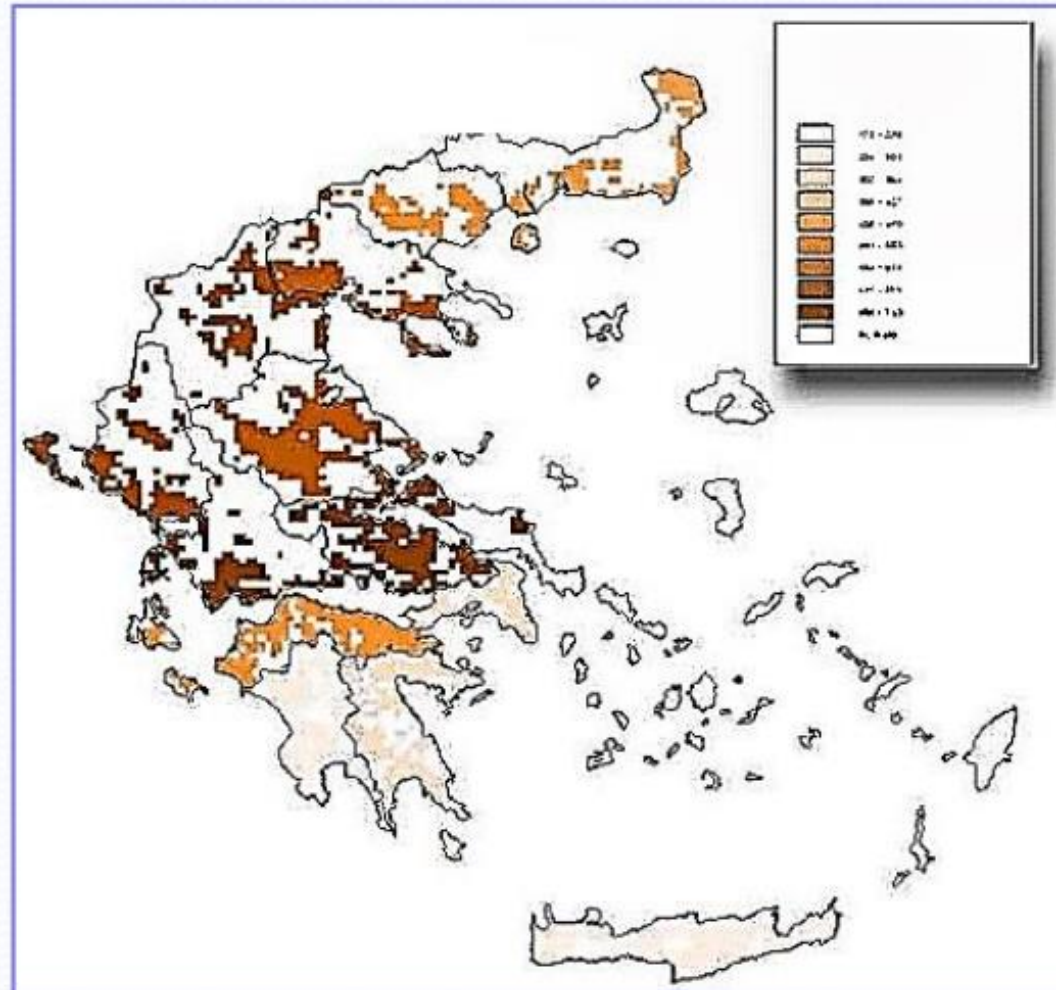
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Ελλάδα

Κατανομή απορροής (mm)



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Ελλάδα

Κατανομή της αγροτικής ζήτησης νερού



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Επιπτώσεις Ελλάδα

Παρά το γεγονός ότι υπάρχει έλλειψη νερού στην Ελλάδα, η χώρα αντιμετωπίζει πολλά πλημμυρικά φαινόμενα, κυρίως λόγω ανεπαρκών υποδομών σε συνδυασμό με ανθρωπογενείς παρεμβάσεις



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα

- Πληθυσμός: 3 εκατ. (αστικός) - 3.7 εκατ. (μητροπολιτικός)
  - Σχεδόν 1/3 του πληθυσμού ζει στην Αθήνα
  - Μέση ετήσια βροχόπτωση: 414.1 mm
- Μέσος ετήσιος αριθμός ημερών με βροχόπτωση ( $>0.1\text{mm}$ ): 87.1 ημέρες
  - Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα: 18.5 °C



Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα

Ελλιπής σχεδιασμός –

πυκνή και άναρχη δόμηση - Άναρχη αστική ανάπτυξη

Παρεμβάσεις στα χειμαριδιά ρέματα-

Έντονες βροχοπτώσεις- Ανεπαρκές αποστραγιστικό δίκτυο



Φράξιμο ρεμάτων

Πλημμυρικά φαινόμενα κλείνοντας το φυσικό δίκτυο ροής έτσι ώστε τα απορρέοντα νερά δεν μπορούσαν να βρουν τρόπο διαφυγής



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα

1880 -2010:

- ✓ 52 πλημμύρες
- ✓ υπήρξαν **182** θάνατοι που συνδέονται με πλημμυρικά φαινόμενα (η μέση ετήσια βροχόπτωση στην Αττική 3-5 φορές μικρότερη σε σχέση με περιοχές της δυτικής Ελλάδας)
- ✓ που σημαίνει 3.5 νεκρούς ανά πλημμυρικό επεισόδιο
- ✓ 24 νεκροί της Μάνδρας 2017

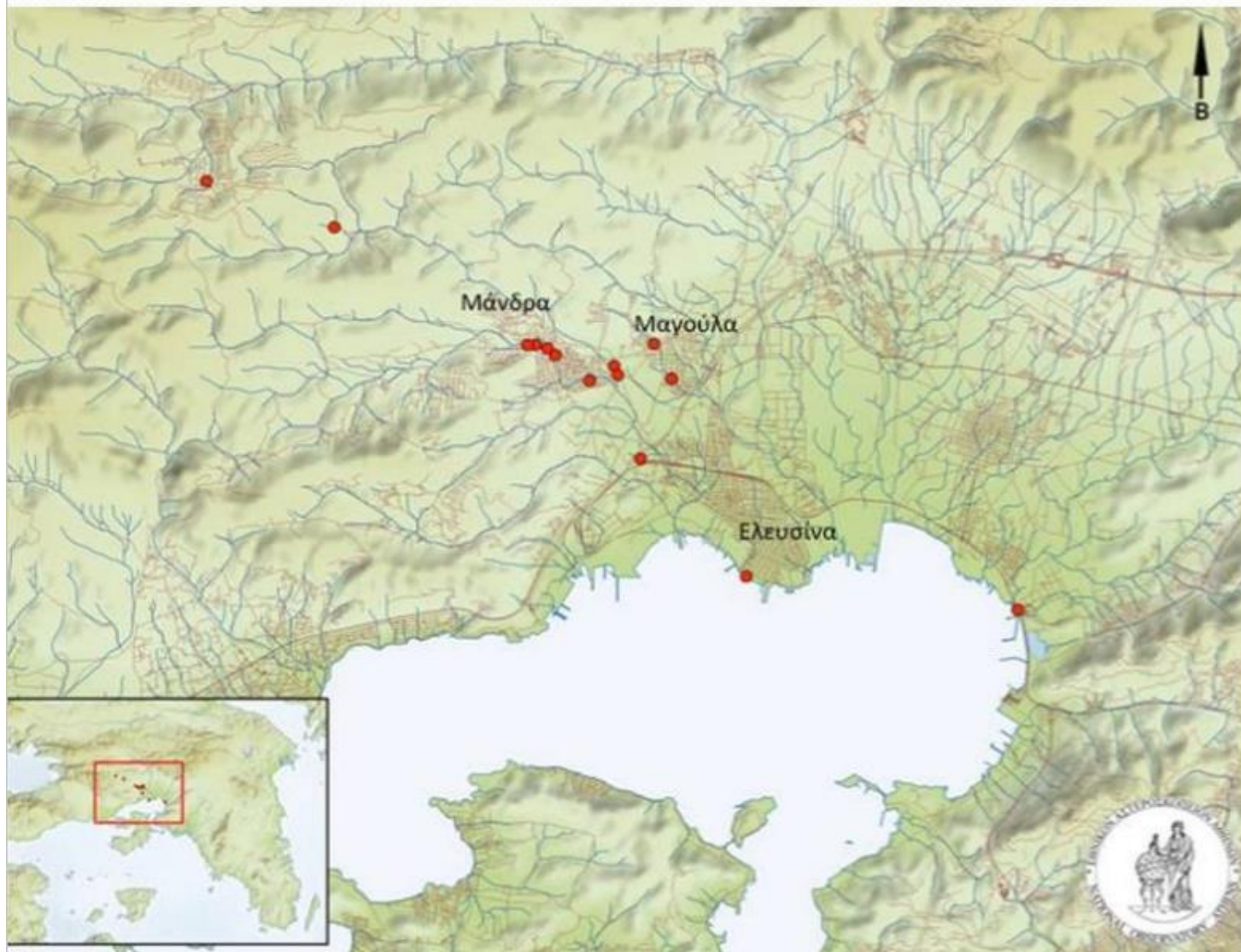


## Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα

- ✓ 14 Νοεμβρίου 1896: Κηφισός, Ιλισσός, Μοσχάτο 62 θύματα
- ✓ 5 Νοεμβρίου 1899: Κηφισός, Κέντρο της πόλης 7 θύματα
- ✓ 23 Νοεμβρίου 1925: Ποδονίφτης, Κηφισός, Ιλισσός 13 θύματα
- ✓ 22 Νοεμβρίου 1934: Κηφισός, Νέα Ιωνία, Σεπόλια, Φάληρο 7 θύματα
- ✓ 6 Νοεμβρίου 1961: Κηφισός, Ποδονίφτης, Περιστέρι, Ίλιον, Μοσχάτο  
33 θύματα
- ✓ 2 Νοεμβρίου 1977: Κηφισός, Ιλισσός, Ίλιον, Περιστέρι, Ρέντη  
36 θύματα
- ✓ 10 Δεκεμβρίου 1977: Κοκκιναρά Χαλάνδρι, Νέα Ιωνία 3 θύματα
- ✓ 15 Νοεμβρίου 2017: Μάνδρα, Ν. Πέραμος, Θριάσιο 24 θύματα



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα



Με κόκκινες κουκίδες τα σημεία που υπήρξαν θύματα στην Αττική

Μπλε γραμμές οι περιοχές που υπήρξε συγκέντρωση νερού

Τα περισσότερα θύματα εντοπίστηκαν κατά μήκος των γραμμών ροής υδάτων



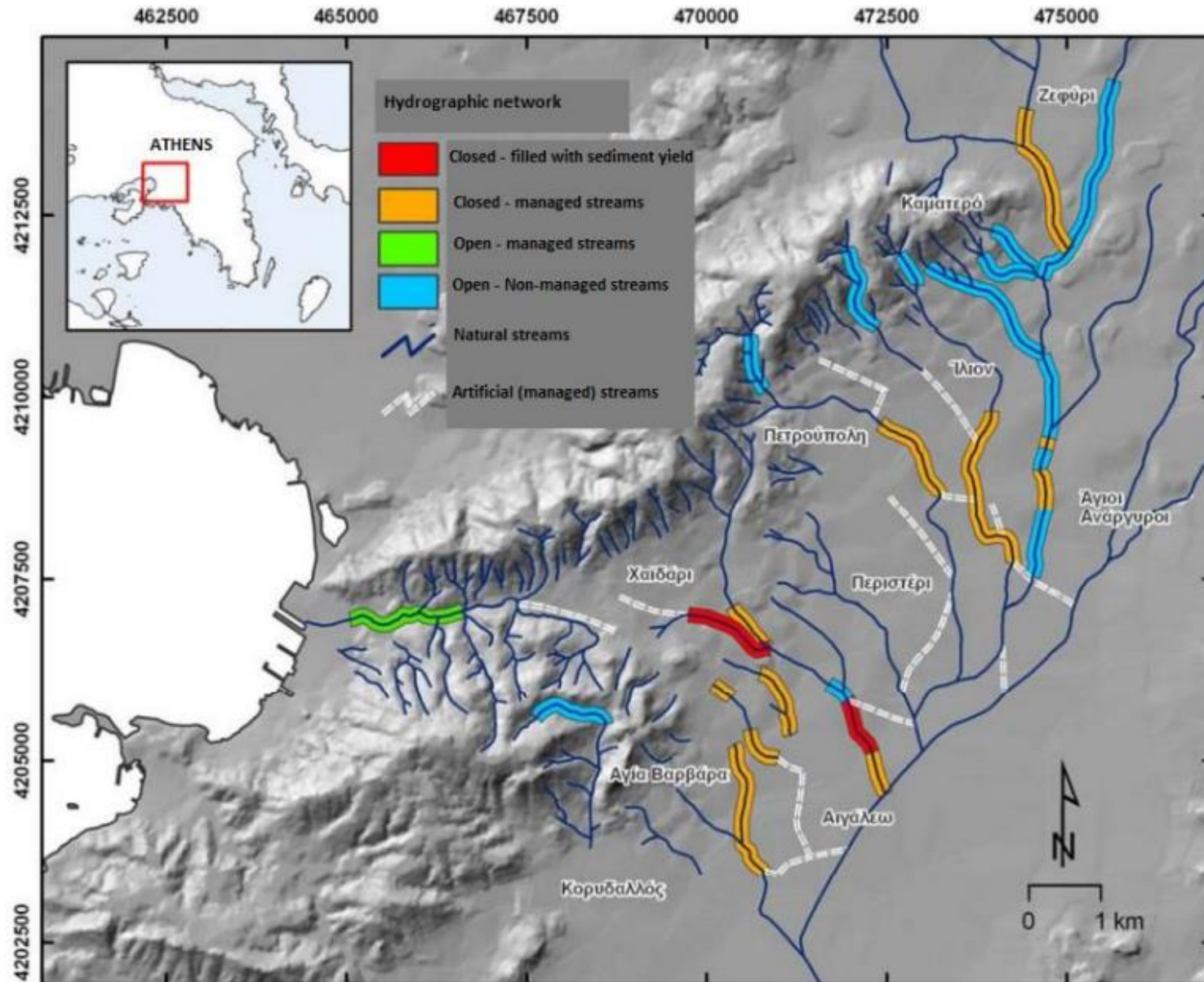
# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι- Αθήνα



## Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι / Επιπτώσεις

Επόμενες δεκαετίες:

τα αποθέματα νερού που είναι αποθηκευμένα στους παγετώνες αλλά και σε περιοχές που καλύπτονται από εξ ολοκλήρου από χιόνι θα μειωθούν προκαλώντας προβλήματα λειψυδρίας σε περισσότερα από 1 δις άτομα

20% με 30% των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη θα αντιμετωπίσει πρόβλημα εξαφάνισης αν η άνοδος της παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 1.5 – 2.5 °C

Μετά το 2080 πολλά εκατ. ανθρώπων αναμένεται να πληγούν από πλημμύρες στα σπίτια ή στις δουλειές τους ως αποτέλεσμα της διαρκούς αύξησης των επιπέδων της θάλασσας



# Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι

Τι πρέπει να κάνουμε???

Για την κλιματική αλλαγή??



## Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι / Προτάσεις

Η επιστήμη διαχείρισης υδατικών Πόρων (Δ.Υ.Π.)

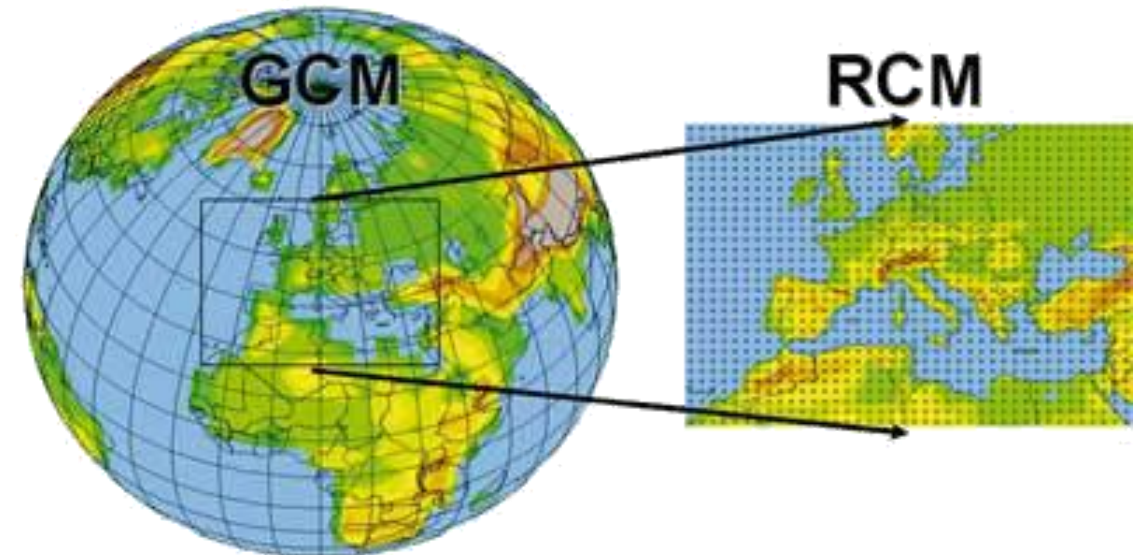
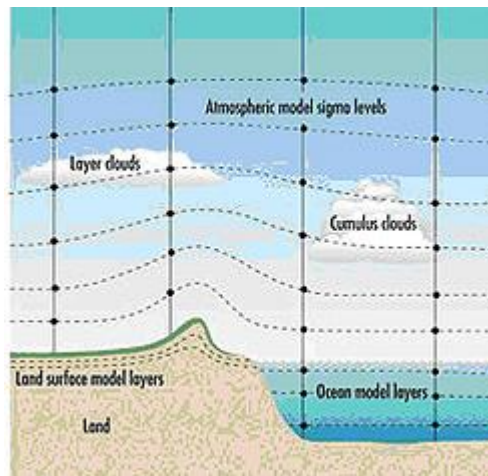
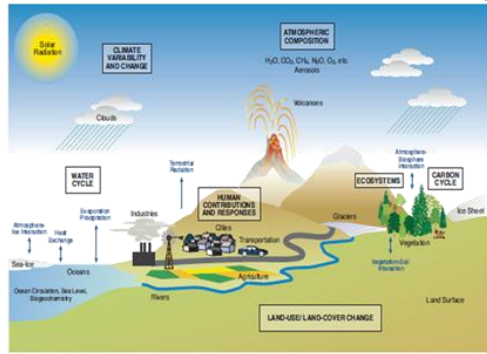
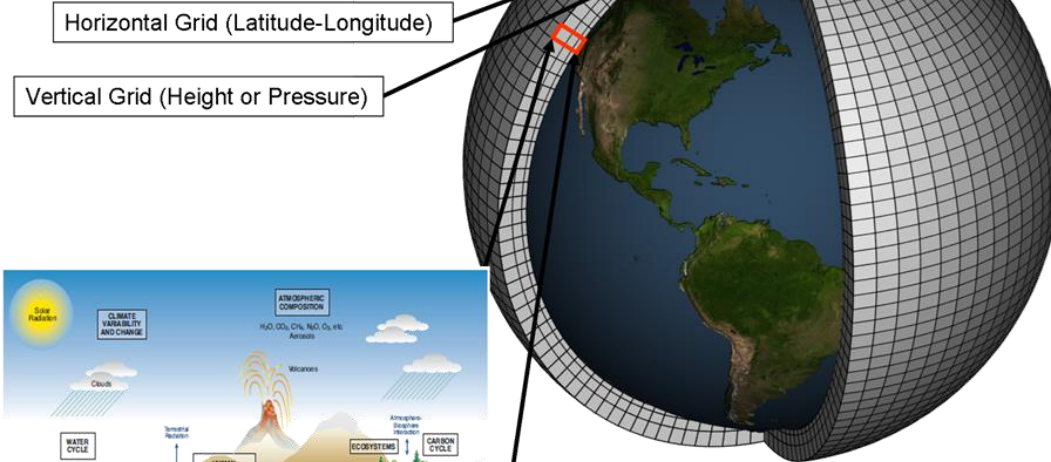
Θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη εποχή της κλιματικής αλλαγής  
**ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ:** Σχεδιασμός και υλοποίηση πολυάριθμων τεχνικών και μεμονωμένων έργων και υποδομές

- Μελέτες και έρευνες σχετικά με την αλλαγή του κλίματος
  - Δημιουργία υποδομών για τη διαχείριση των Υ.Π.
    - Διαχείριση χειμναρικών ρεμάτων
    - Φράγματα κατακράτησης φερτών υλών
  - Έργα σε ορεινές υδρολογικές λειάνες απορροής

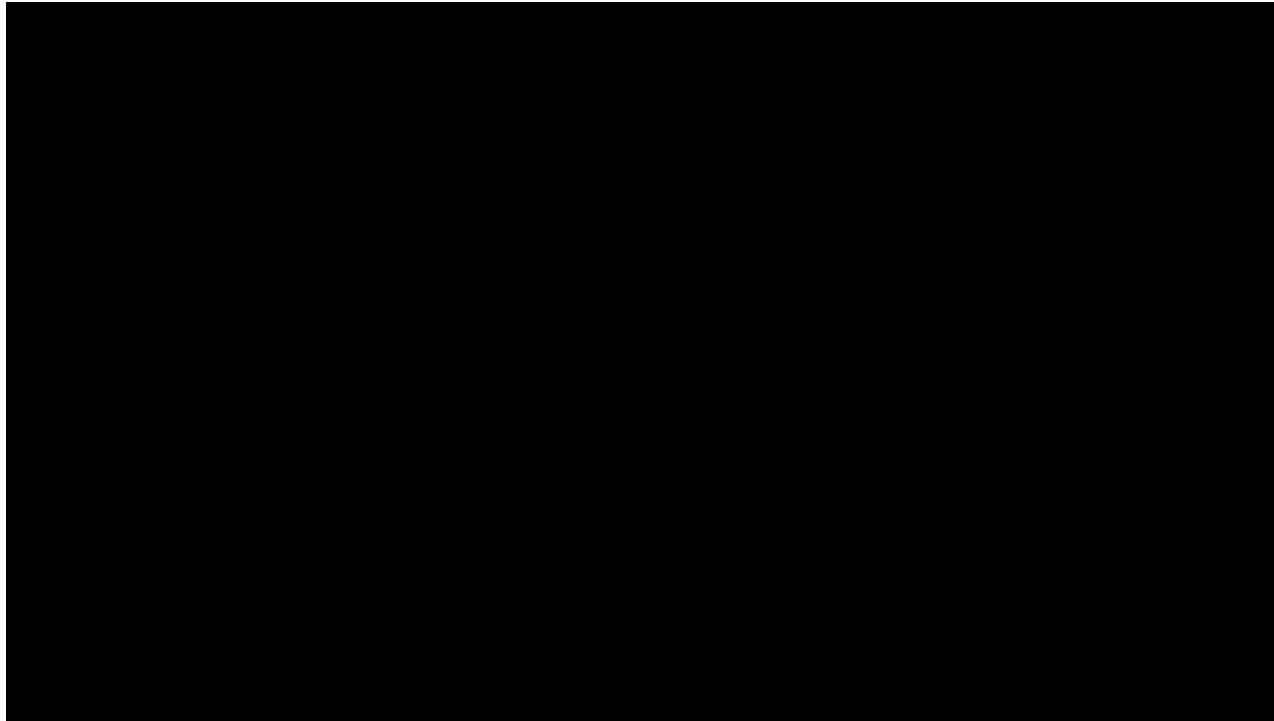


# Κλιματικά μοντέλα

## Schematic for Global Atmospheric Model



# Κλιματικά μοντέλα

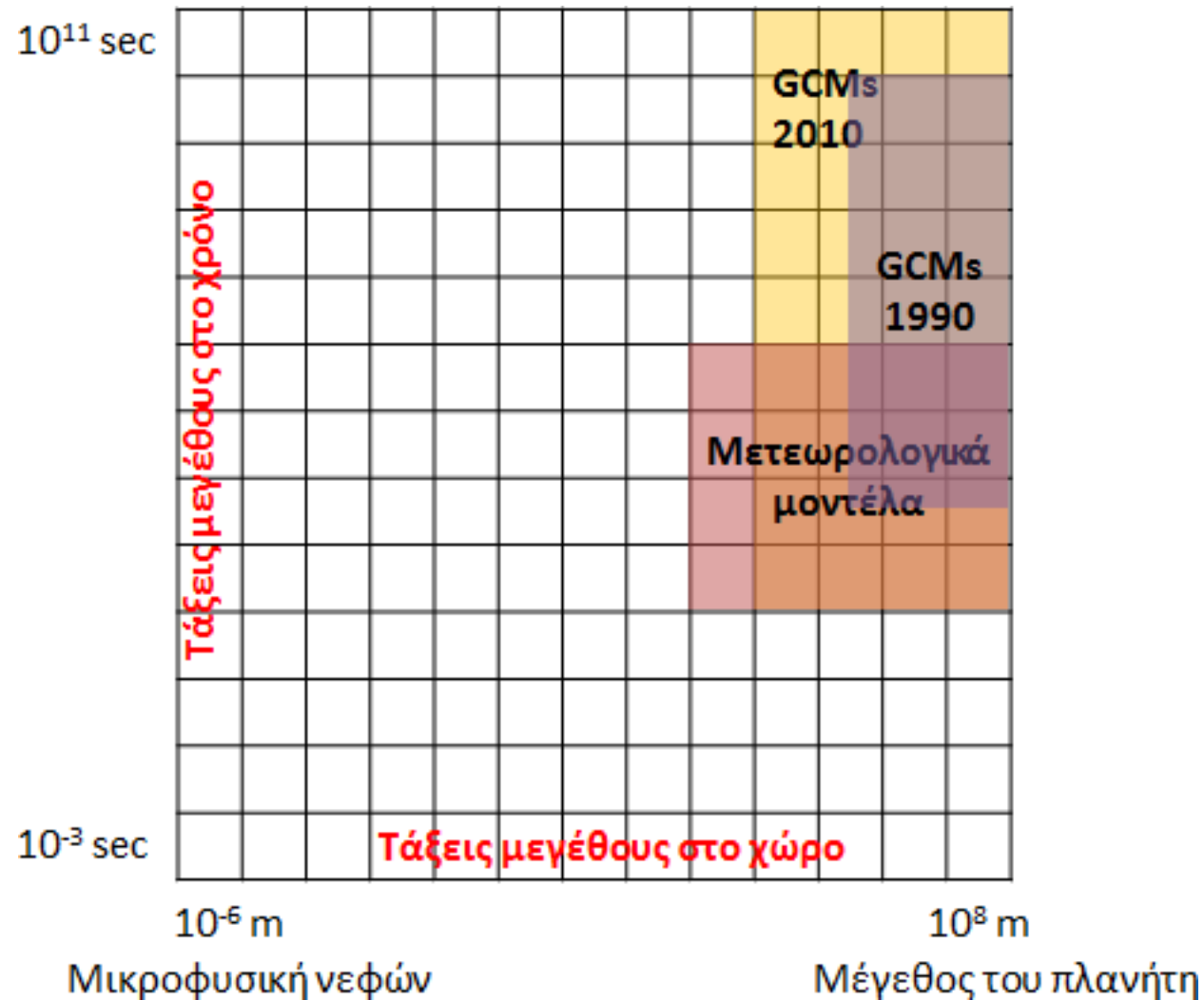


Πηγή: ΕΤΗ

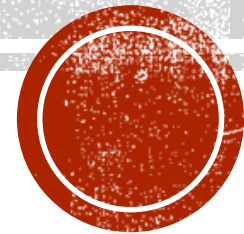
Το βίντεο (<https://goo.gl/5DnqOa>) δείχνει την οπτικοποίηση αποτελεσμάτων κλιματικού μοντέλου. Ο κώδικας του μοντέλου δεν προσδιορίζει εξ αρχής τα καιρικά φαινόμενα που απεικονίζονται για κάθε χρονική στιγμή, αντίθετα προσδιορίζονται μόνο οι αρχικές συνθήκες και στη συνέχεια η λύση των εξισώσεων του μοντέλου έχει ως αποτέλεσμα τα αληθοφανή φαινόμενα που παρακολουθούμε.



# Κλίμακες μοντελοποίησης



# Πλημμυρική απορροή



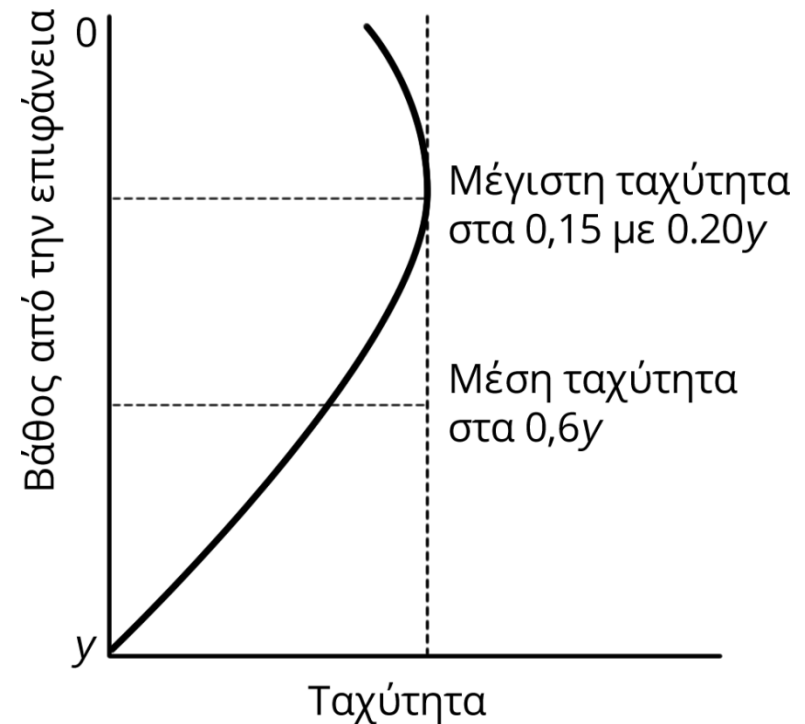
# Ροή σε ανοιχτό αγωγό

- Τα ύδατα σε ανοιχτό αγωγό συμπεριφέρονται ως ασυμπίεστο υγρό που μπορεί να αλλάξει μορφή ανάλογα με το σχήμα του δοχείου του
- Η ροή σε ανοιχτό αγωγό συμβαίνει λόγω της επίδρασης της βαρύτητας
- Παρόλο που στην υδρολογία μας απασχολεί η παροχή  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] ενός ποταμού, στην περίπτωση που η διατομή ενός καναλιού μπορεί να υπολογιστεί η ταχύτητα ροής  $V$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] είναι επίσης χαρακτηριστικό μέγεθος



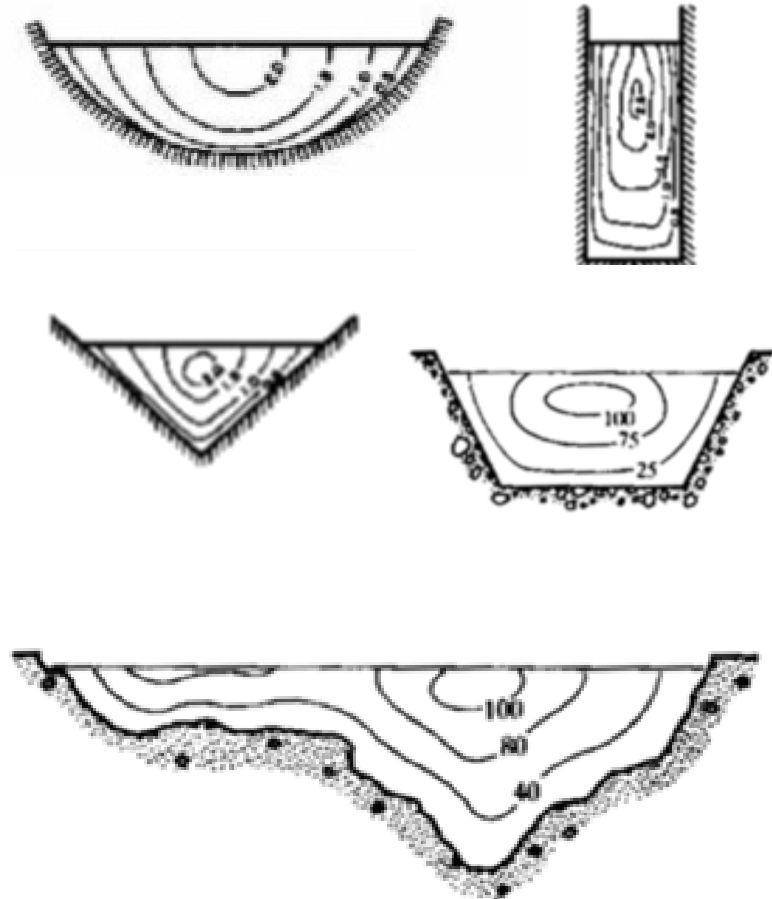
# Ταχύτητες ροής

- Οι μέγιστες ταχύτητες τείνουν να βρίσκονται ακριβώς κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια και μακριά από την τυρβώδη ροή που προκαλούν οι κοίτες
- Η μέση τιμή της ροής λαμβάνει χώρα σε βάθος  $0.6y$  όπου  $y$  το συνολικό βάθος του ύδατος



# Ταχύτητες ροής

- Θεωρούμε ότι η ταχύτητα ροής είναι ομοιόμορφη όταν σε μια σταθερή διατομή το μέτρο της δεν μεταβάλατε στην διεύθυνση της ταχύτητας ροής
- Για ομοιόμορφη ροή, η κατανομή των ταχυτήτων κάθετα στη διεύθυνση ροής εξαρτάται από την μορφή του αγωγού
- Οι μέγιστες ταχύτητες τείνουν να βρίσκονται ακριβώς κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια και μακριά από την τυρβώδη ροή που προκαλούν οι κοίτες



# Μέτρηση στάθμης

- Για να έχει νόημα η δειγματοληψία στάθμης θα πρέπει:
  - Να είναι γνωστή (και κατά το δυνατόν σταθερή) η διατομή του καναλιού ροής. Για το λόγο αυτό συχνά οι διατομές διαμορφώνονται τεχνικά.
  - Να είναι γνωστή η ταχύτητα ροής. Για το λόγο αυτό μπορούμε:
    - Να καταρτίσουμε έναν εμπειρικό πίνακα (ή εξίσωση) που να συσχετίσει την στάθμη και την παροχή
    - Να διαμορφώσουμε την διατομή με τέτοιο τρόπο ώστε η σχέση στάθμης παροχής να είναι υπολογισμένη από κατασκευής
    - Να κάνουμε ταυτόχρονη μέτρηση της ταχύτητας

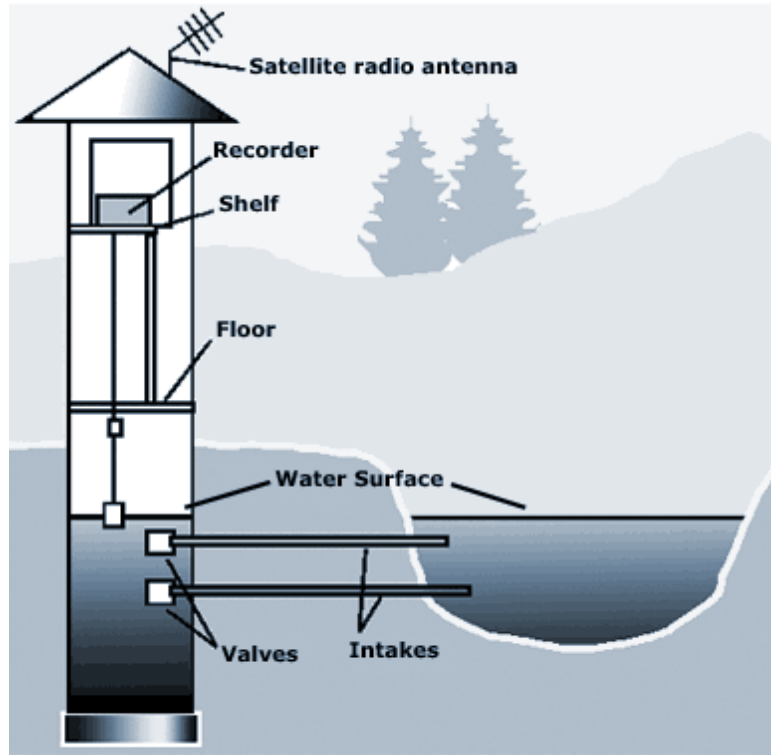


# Σταθμήμετρο

- Η στάθμη μπορεί να μετρηθεί με μόνιμα σταθμήμετρα
- Μηδενικό σημείο αναφορά ορίζεται το ύψος όπου υπάρχει μηδενική ροή.
- Τα σταθερά σταθμήμετρα κατασκευάζονται από ανθεκτικά και ευδιάκριτα υλικά ώστε οι ενδείξεις να μην σβήνονται από τα φερτά υλικά και να είναι ορατές από απόσταση



# Σταθμηγράφος



Schematic of a stilling well and shelter at a stream-gaging station

- Σταθμηγράφοι τοποθετούνται κοντά στην όχθη
- Με τη βοήθεια πλωτήρα που επιπλέει σε φρεατίου ηρεμίας καταγράφουν τη συνεχώς τη στάθμη σε τύμπανο ή ψηφιακή καταγραφική συσκευή



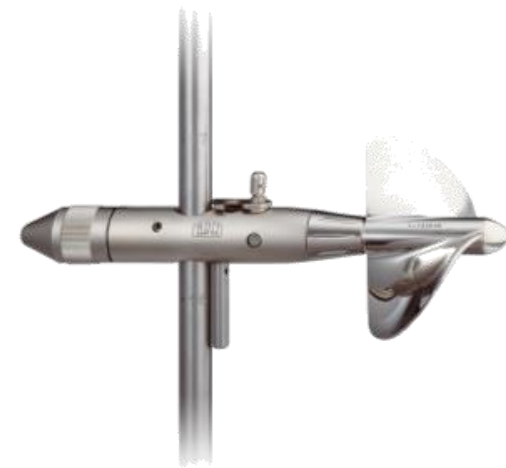
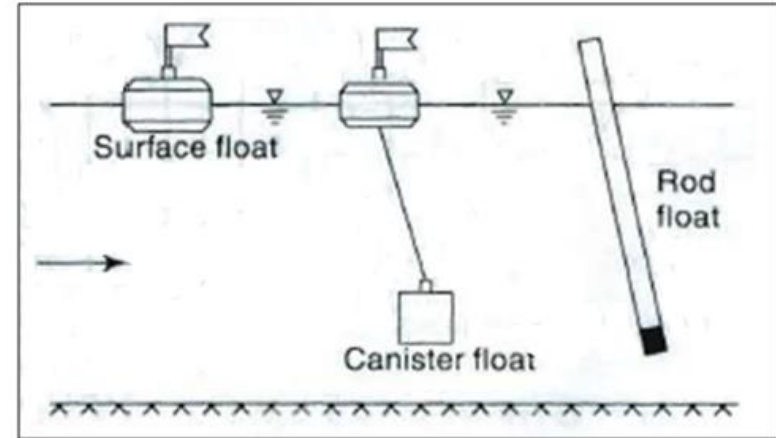
# Σύγχρονες μέθοδοι μέτρησης στάθμης

- Αισθητήρες πίεσης: μετατρέπουν την υδροστατική πίεση στο βάθος που είναι τοποθετημένοι σε ύψος νερού πάνω από αυτούς. Για μεγάλη ακρίβεια χρειάζονται δύο όργανα (ένα για το βάθος και ένα για την αντιστάθμιση της ατμοσφαιρικής πίεσης)
- Σταθμήμετρα υπερήχων και μικροκυμάτων (radar)



# Μέτρηση ταχύτητας ροής

- Σημαδούρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρχικές εκτιμήσεις. Ένας συντελεστής 0.7 συστήνεται για ποτάμια βάθους 1 m ενώ για πάνω από >6 m συστήνεται συντελεστής διόρθωσης 0.8. Επειδή δεν υπάρχει έλεγχος της τροχιάς που θα ακολουθήσει η κάθε σημαδούρα δεν συστήνεται
- Πιο συνηθισμένη είναι η χρήση μυλίσκου που επιτρέπει την εκτίμηση σε διάφορα βάθη ροής.
- Σύγχρονες μέθοδοι περιλαμβάνουν τη χρήση ακουστικών ραντάρ Doppler, υπερήχων, κλπ.



# Εκτίμηση παροχής

Εμπειρικά η παροχή  $Q$  μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά με τη χρήση του τύπου του **Manning**:

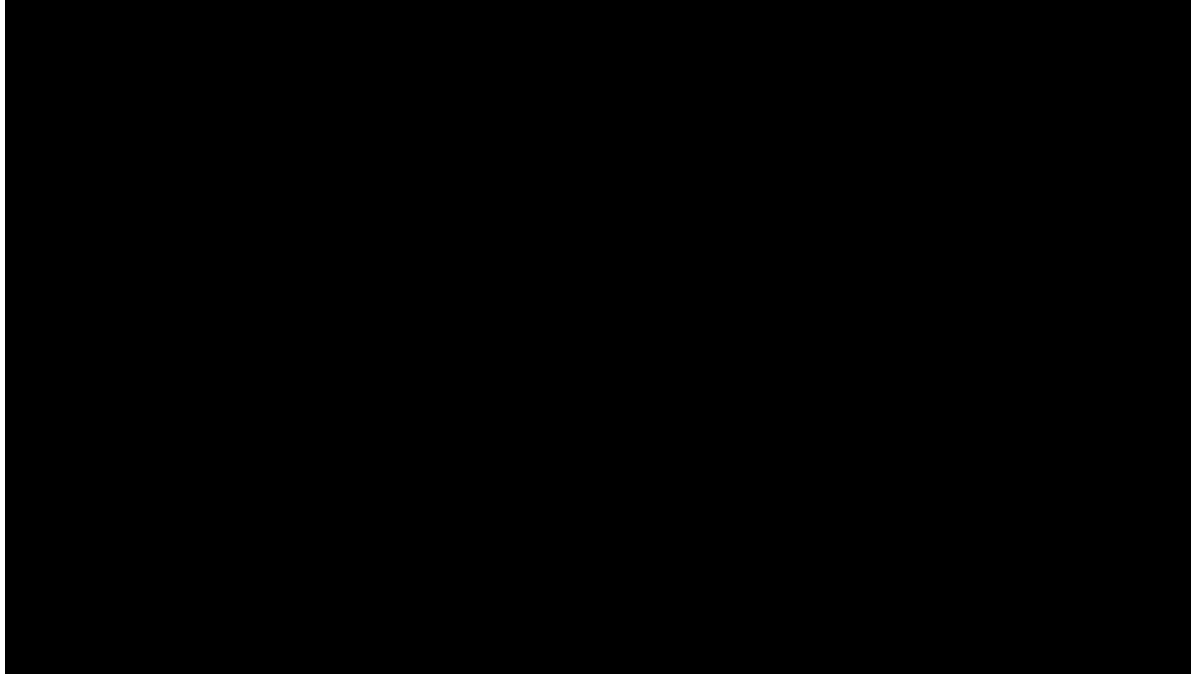
$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} s^{1/2}$$

όπου  $A$  το εμβαδό της διατομής,  $R$  η υδραυλική ακτίνα ( $A/P$  όπου  $P$  η βρεχόμενη περίμετρος),  $s$  η κλίση της υδάτινης επιφάνειας και  $n$  ο συντελεστής **Manning**

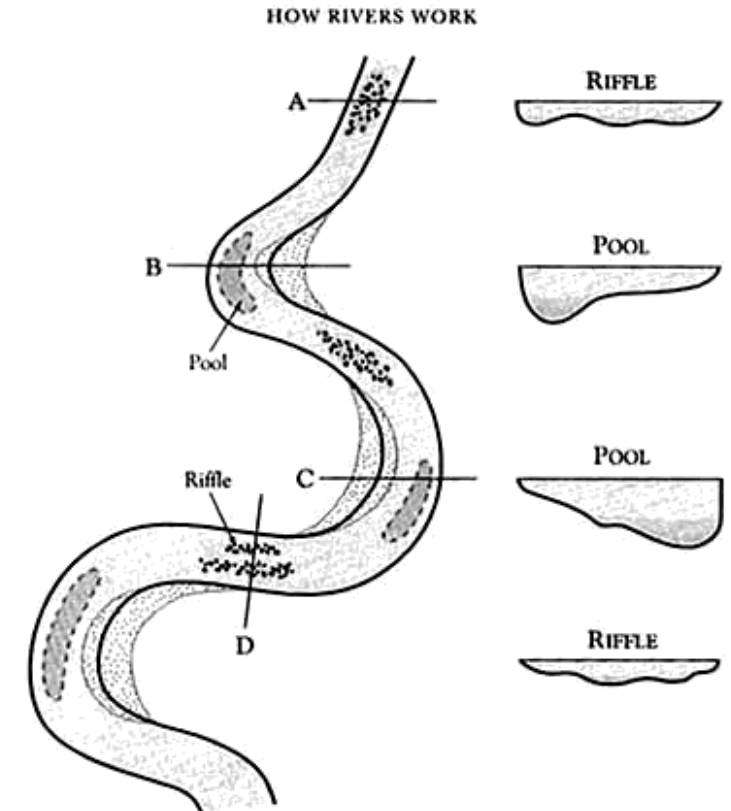
Υλικό	Manning n
Πλαστικό	0,009
Σκυρόδεμα	0,011
Χυτοσιδηρό	0,012
Κεραμικό	0,014
Χωμάτινο	0,018
Χαλίκι	0,025
Χώμα με βλάστηση	0,030
Χώμα με κροκάλες	0,035
Πλημμυρικές κοίτες	0,035-0,075
Δενδρόφυτες πλημμυρικές κοίτες	0,15



# Μαιανδρισμός



Η ταινία δείχνει, σε γρήγορη κίνηση, προσομοίωση  
μαιανδρισμού στο εργαστήριο (Wietse van de  
Lageweg, Wout van Dijk, Maarten Kleinhans, 2014)  
<https://goo.gl/qHH3Gb>



# Στερεοπαροχή

Η εξίσωση στερεοπαροχής των Stiny – Herheulidze δίνει καλά αποτελέσματα, γι' αυτό και βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην υδρονομική πράξη. Έχει την ακόλουθη μορφή:

$$G = \frac{P_n \times m}{Y_n(100 - P_n)} Q$$

όπου  $Q$  [m<sup>3</sup>/s] η παροχή του ρέματος,  $P_n$  το % βάρος των στερεών υλικών για ορισμένη κλίση (πίνακας),  $m$  ο βαθμός χειμαρρικότητας της λεκάνης (πίνακας) και  $Y_n$  [t] το βάρος ενός κυβικού μέτρου μεταφερόμενων υλικών (π.χ. 1,5 για άμμο, 2,6 κροκάλες γρανιτών)

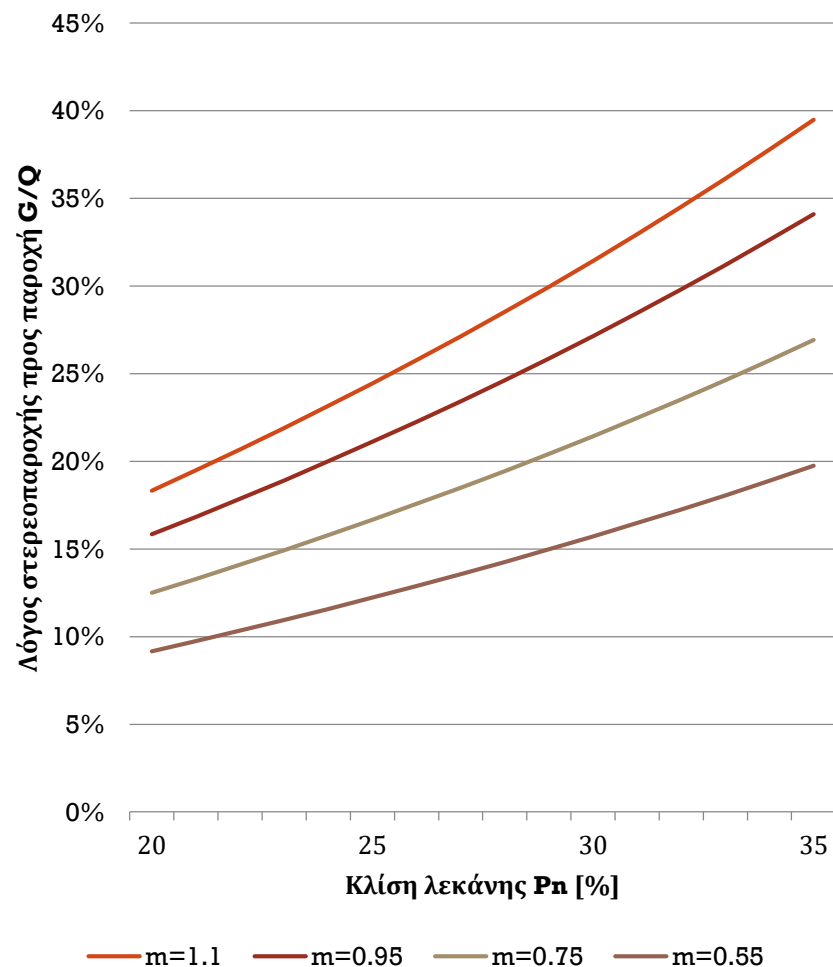
Κλίση λεκάνης [%]	$P_n$ [%]
5-15	20
16-25	25
26-35	30
36-45	35

Χειμαρρικότητα	$m$
Έντονη	1,00-1,30
Μέση	0,90-1,00
Μικρή	0,70-0,80
Ασήμαντη	0,50-0,60

Στερεομεταφορά	$G/Q$ [%]
Ήπια	9
Μέτρια	17-23
Έντονη	29-33
Χειμαρρολάβα	37-44,5



# Στερεοπαροχή



Κλίση λεκάνης [%]	Pn [%]
5-15	20
16-25	25
26-35	30
36-45	35

Χειμαρρικότητα	m
Έντονη	1,00-1,30
Μέση	0,90-1,00
Μικρή	0,70-0,80
Ασήμαντη	0,50-0,60

Στερεομεταφορά	G/Q [%]
Ήπια	9
Μέτρια	17-23
Έντονη	29-33
Χειμαρρολάβρα	37-44,5

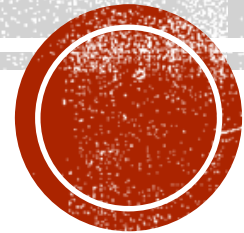




**Εργαστήριο  
Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων  
& Γεωργικής Μηχανικής  
(Α.Φ.Πο.Γε.Μ.)**

[amaragkaki@hmu.gr](mailto:amaragkaki@hmu.gr)

Τηλ. 2810 379455



THANK YOU