



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε το σύνδεσμο: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

# ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

## *Κατακρημνίσματα*

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

# Δομή διάλεξης

- Ορισμοί
- Στοιχεία της ατμόσφαιρας
- Υδρομετεωρολογία
- Μορφές κατακρημισμάτων
- Όργανα μέτρησης
- Επεξεργασία σημειακής βροχόπτωσης
- Εκτίμηση επιφανειακής βροχόπτωσης

# Ατμόσφαιρα

- Αέριο τμήμα που περιβάλλει τη γη
- Μάζα  $5.725 \times 10^{12}$  tn
- Όρια  $\rightarrow$  ~100-800 km
- 4 ζώνες

# Ζώνες

- **Τροπόςφαιρα**
  - Σπουδαιότερα κλιματικά φαινόμενα
  - Σύνολο υδρατμών
  - Θερμοκρασία → μειώνεται με το ύψος
  - Ισχυρά κατακόρυφα μέτωπα
- **Στρατόσφαιρα**
  - Αυξημένο όζον
  - Θερμοκρασία → αυξάνεται με το ύψος
  - Αδύνατα κατακόρυφα μέτωπα
- **Μεσόσφαιρα**
  - Ιονισμένα μόρια
  - Θερμοκρασία → μειώνεται με το ύψος
- **Θερμόσφαιρα**
  - 1% μάζας
  - Υψηλές θερμοκρασίες

# Ζώνες

- **Τροπόσφαιρα**
  - Σπουδαιότερα κλιματικά φαινόμενα
  - Σύνολο υδρατμών
  - Θερμοκρασία → μειώνεται με το ύψος
  - Ισχυρά κατακόρυφα μέτωπα
- **Στρατόσφαιρα**
  - Αυξημένο όζον
  - Θερμοκρασία → αυξάνεται με το ύψος
  - Αδύνατα κατακόρυφα μέτωπα
- **Μεσόσφαιρα**
  - Ιονισμένα μόρια
  - Θερμοκρασία → μειώνεται με το ύψος
- **Θερμόσφαιρα**
  - 1% μάζας
  - Υψηλές θερμοκρασίες

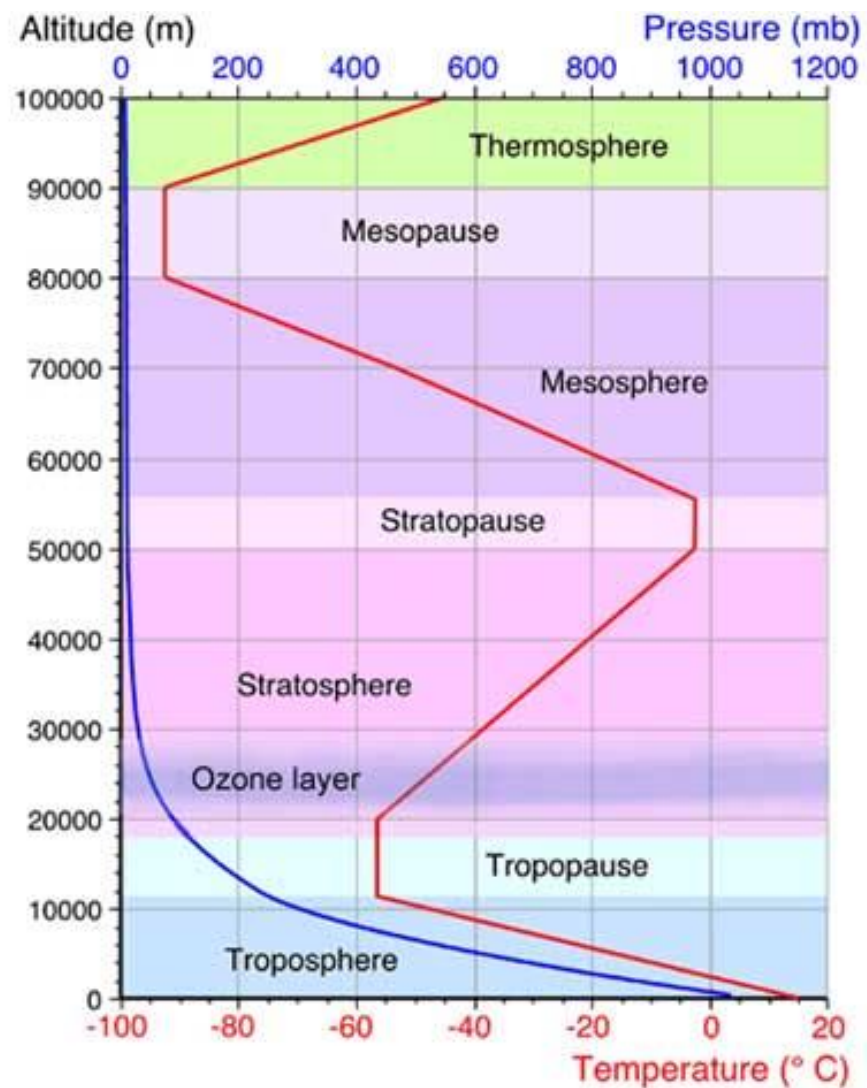


κατώτερη ατμόσφαιρα



ανώτερη ατμόσφαιρα

# Ύψος – θερμοκρασία - πίεση



# Πρακτικά

- Κατώτερη ατμόσφαιρα → 99.99% της ατμοσφαιρικής μάζας
- Αποτελείται από 0-4% από υδρατμούς (κατά όγκο)
- Τροπόσφαιρα → ~75-80% της ατμοσφαιρικής μάζας
- Υδρολογία → τροπόσφαιρα

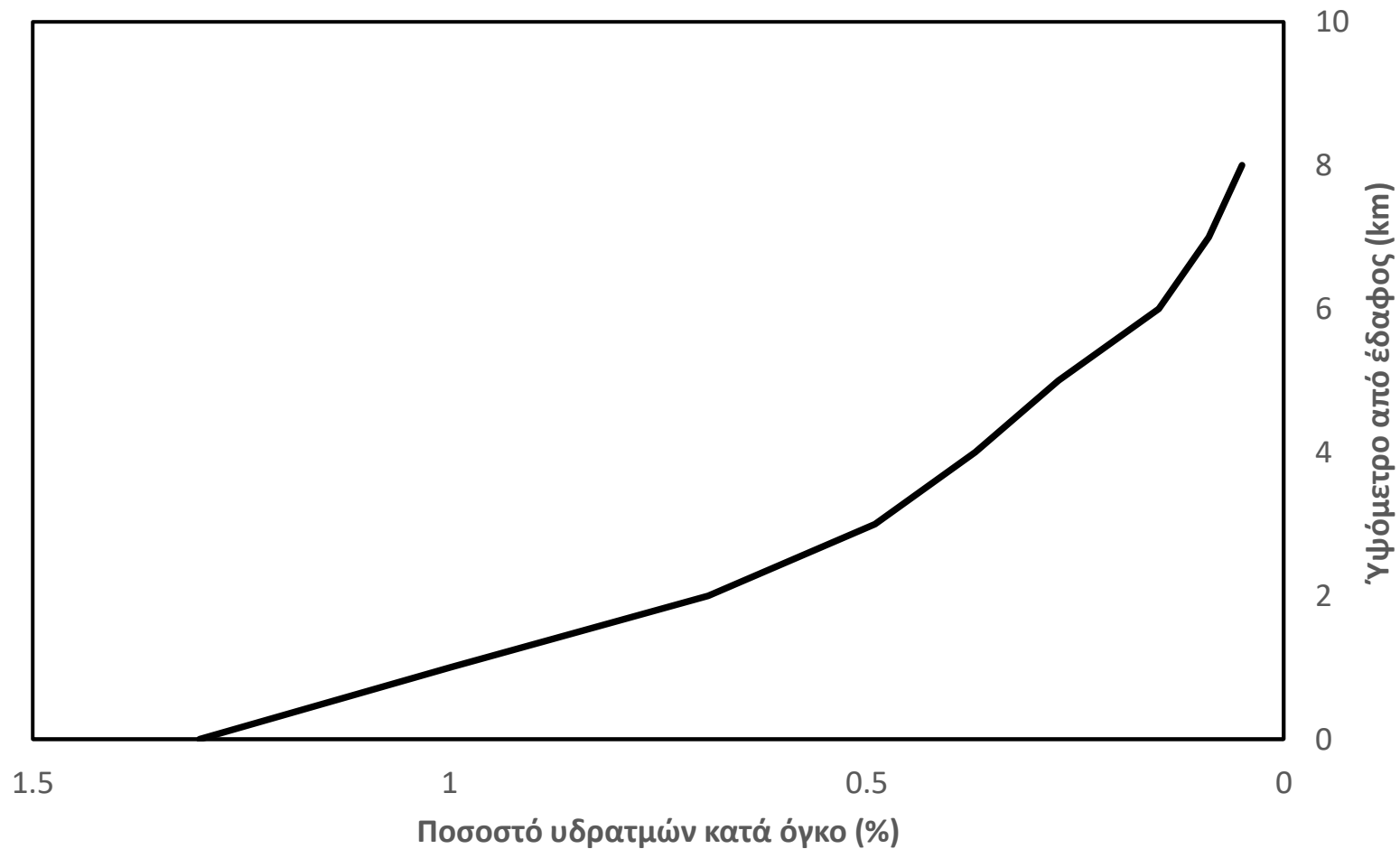
# Χημική σύνθεση

- **Κατώτερη ατμόσφαιρα (κατά όγκο)**

- Άζωτό 75.51%
- Οξυγόνο 23.15%
- Αργό 1.28%
- Λοιπά 0.06%



# Υγρασία ατμόσφαιρας



# Υδρομετεωρολογία

- **Μετεωρολογία**
  - Ατμοσφαιρικά φαινόμενα
  - Αλληλεπιδράσεις με τη γη
- **Υδρομετεωρολογία**
  - Η τομή των επιστημονικών πεδίων της υδρολογίας και της μετεωρολογίας
  - Έμφαση στα κατακρημνίσματα

# Κατηγορίες κατακρημνισμάτων

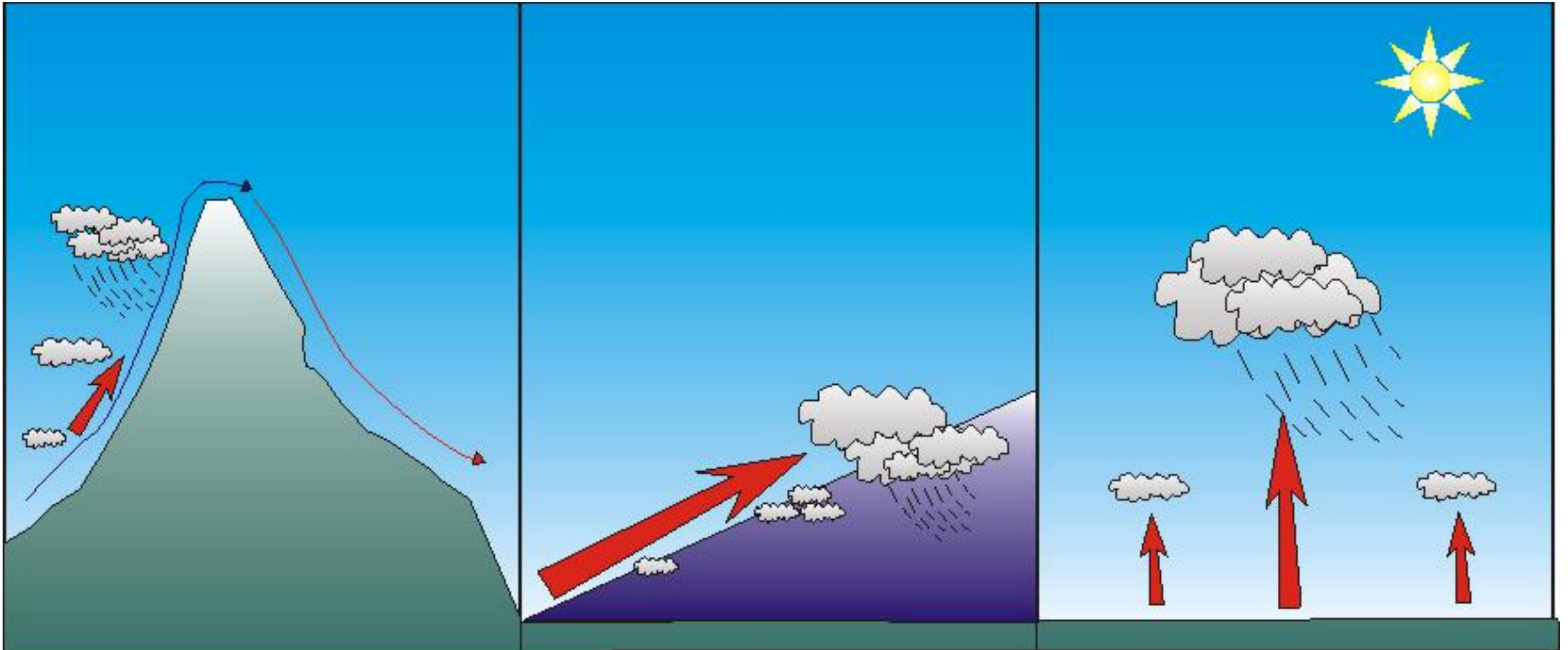
- **Κυκλωνικά ή μετωπικά κατακρημνίσματα**
  - Ανύψωση και ψύξη αέριων μαζών εξαιτίας της ύπαρξης θερμών και ψυχρών μετώπων
- **Ορογραφικά ή κατακρημνίσματα αναγλύφου**
  - Ανύψωση → ψύξη → υγροποίηση υδρατμών λόγω φυσικών εμποδίων
- **Κατακρημνίσματα ανοδικής μεταφοράς**
  - Όταν μία ψυχρή αέρια μάζα συναντήσει θερμή επιφάνεια εδάφους

# Κατηγορίες κατακρημνισμάτων

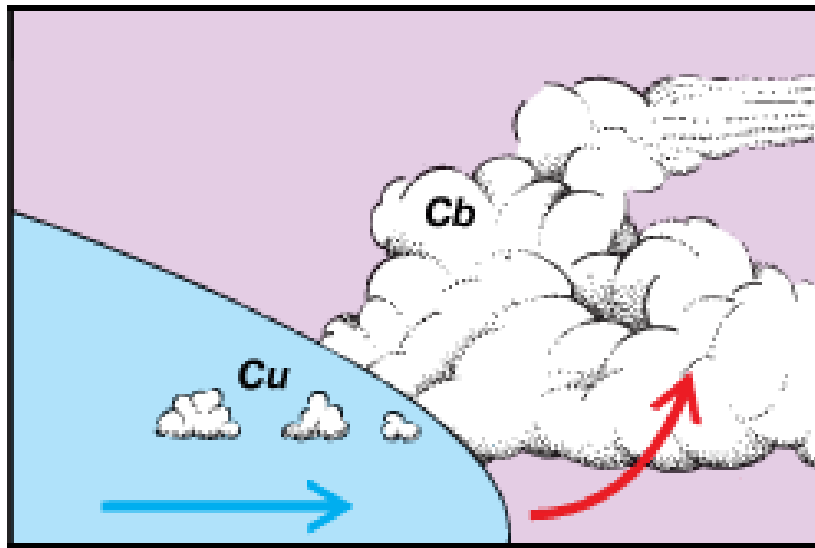
ορογραφικό φαινόμενο

μέτωπα

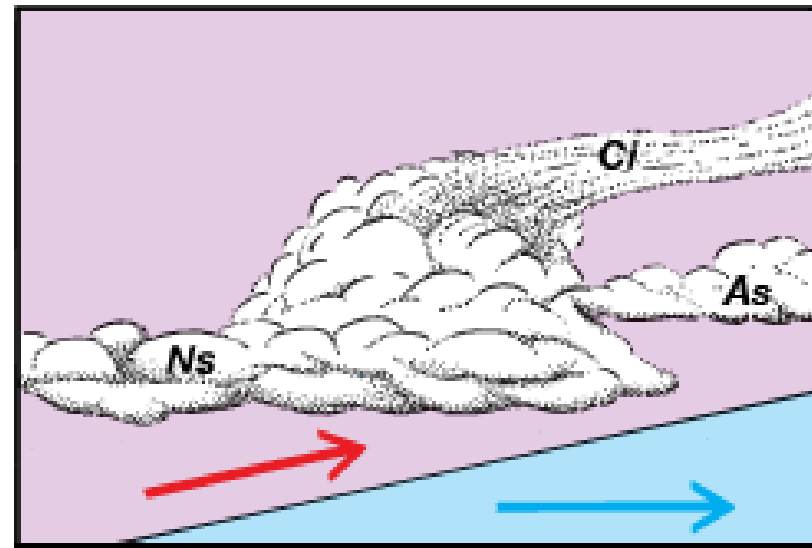
ανοδική μεταφορά



# ΜÉTΩΠΑ

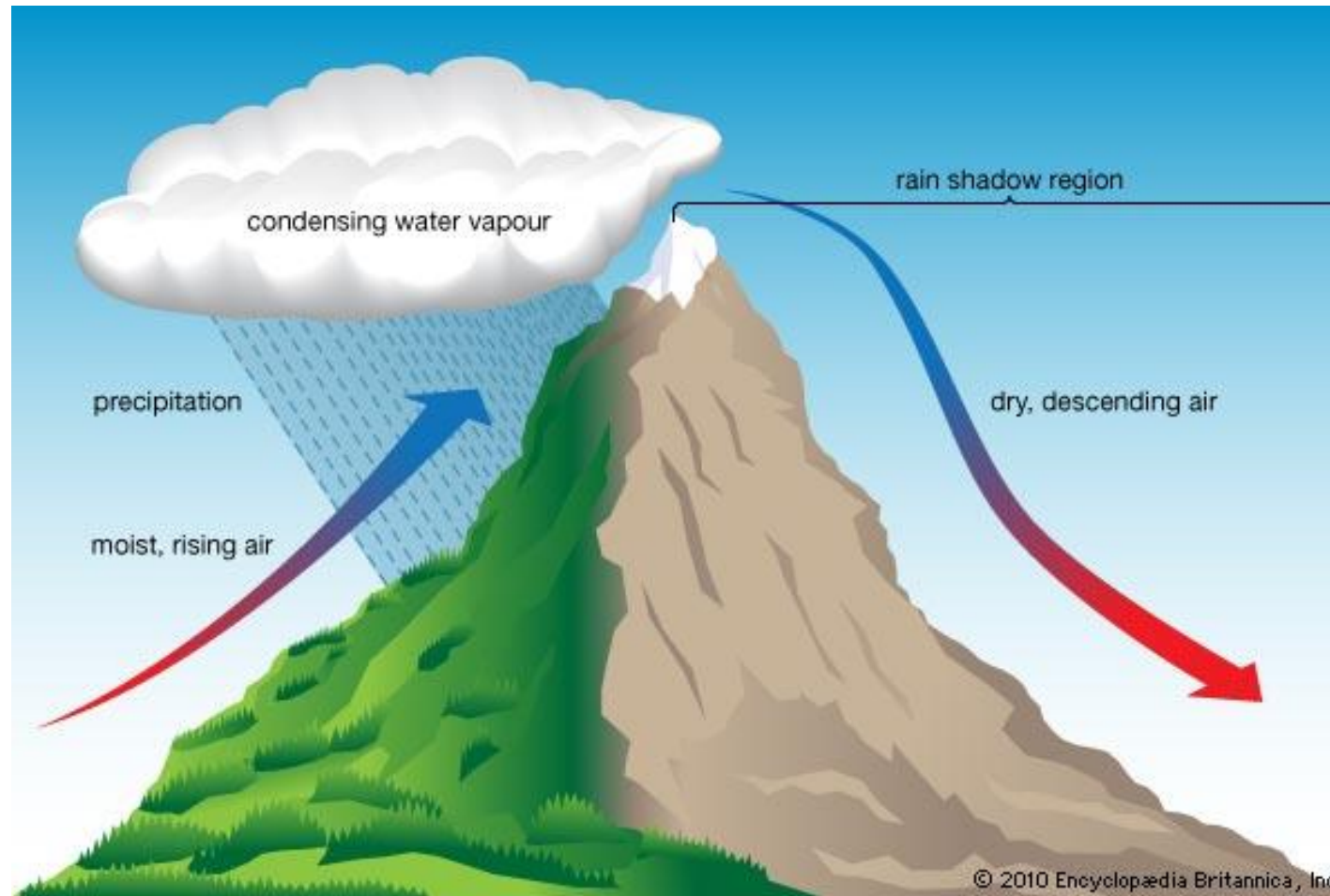


cold front

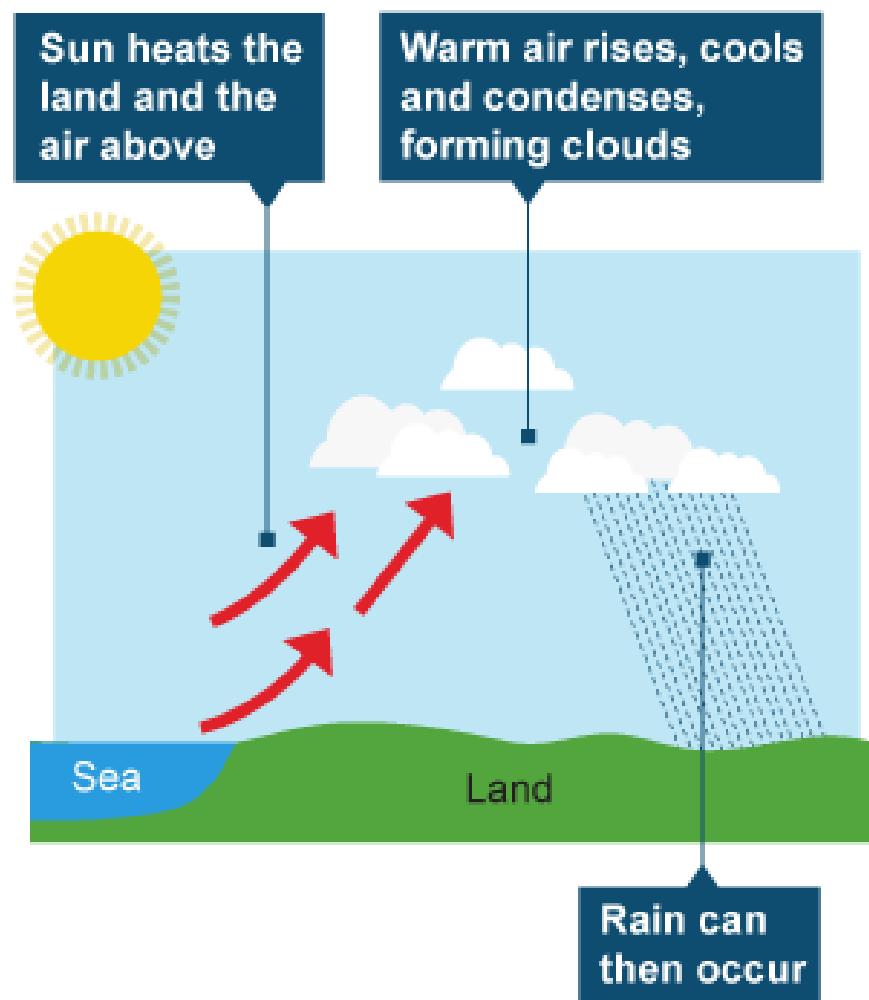


warm front

# Ορογραφικό φαινόμενο



# Ανοδική μεταφορά



# Μορφές κατακρημνισμάτων

βροχή





# Μορφές κατακρημνισμάτων

βροχή



χιόνι



# Μορφές κατακρημνισμάτων

βροχή



χιόνι



χαλάζι



# Βροχή

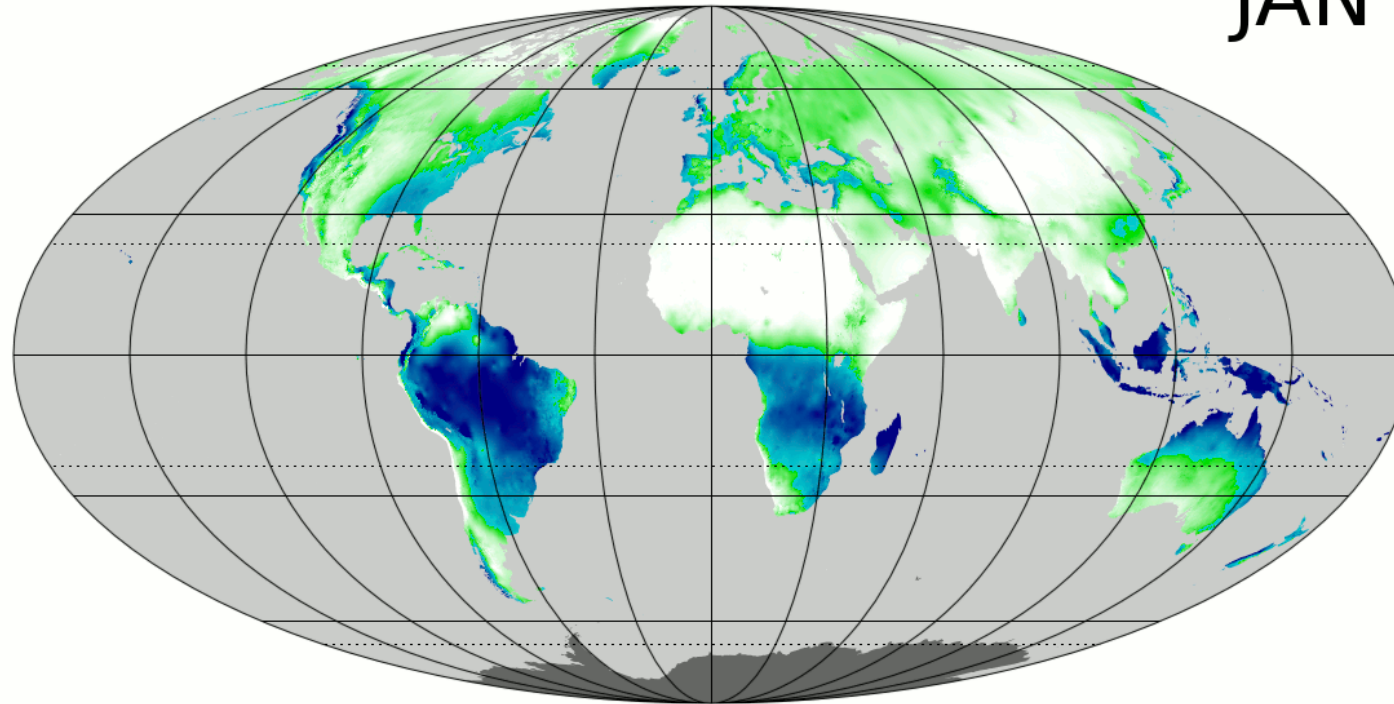
- **Μεταβολές σε όλες τις κλίμακες**
  - Στο χώρο
  - Στο χρόνο
- **Το κύριο στοιχείο της τεχνική υδρολογίας**

# Σταγόνες

- **Μέγεθος** →  $D=[0.5-7.0]$  mm
  - Συνάρτηση του ανοδικού αέρα
- **Οριακή ταχύτητα**
  - Αυξάνεται ~ όσο αυξάνεται το μέγεθος της σταγόνας ( $D$  μέχρι 5.5 mm)
  - Μειώνεται ~ όσο αυξάνεται το μέγεθος της σταγόνας ( $D$  από 5.5 mm)
- **Εντάσεις βροχής**
  - $D < 0.5$  mm,  $i = 1$  mm/h → ψιχάλα
  - $i < 2.5$  mm/h → ελαφρά
  - $2.5$  mm/h  $< i < 7.5$  mm/h → μέση
  - $i > 7.5$  mm/h → έντονη

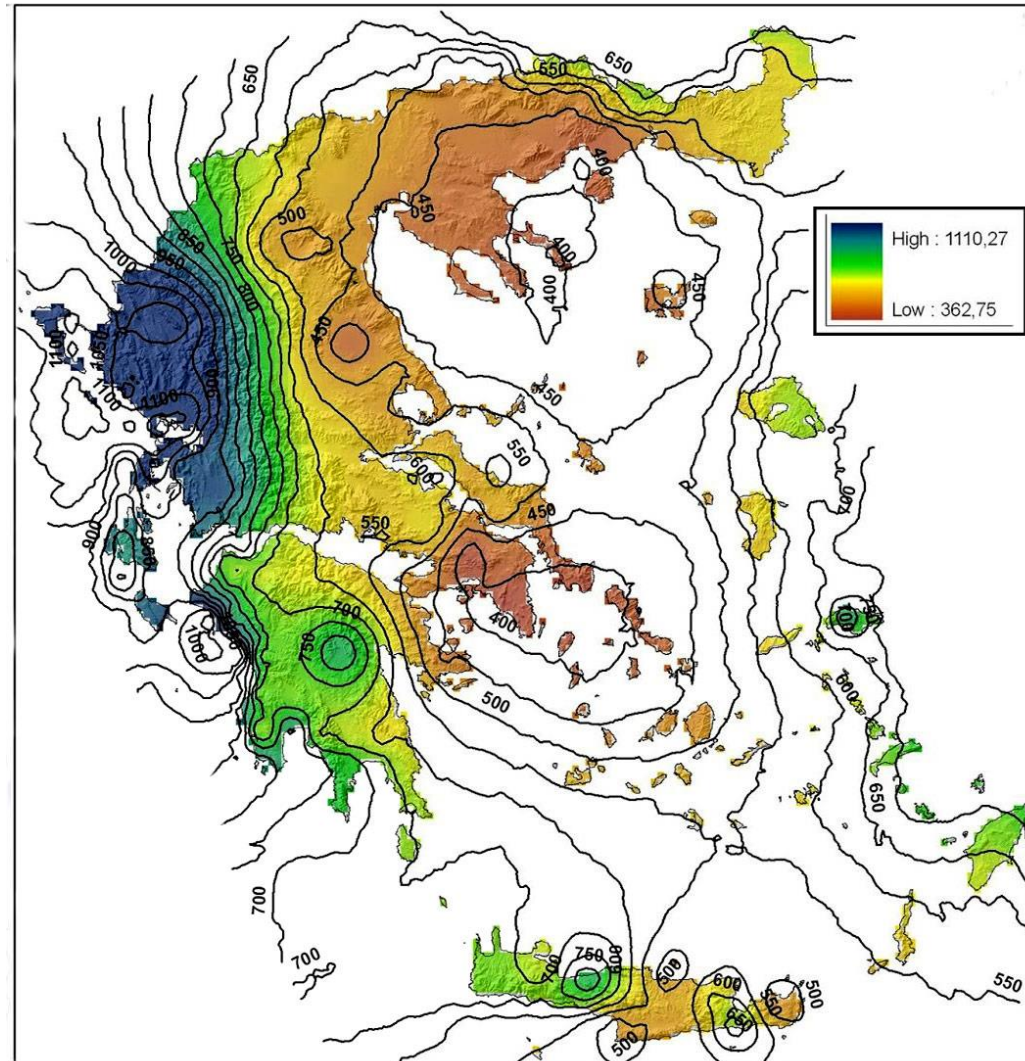
# Παγκόσμια κατανομή

JAN

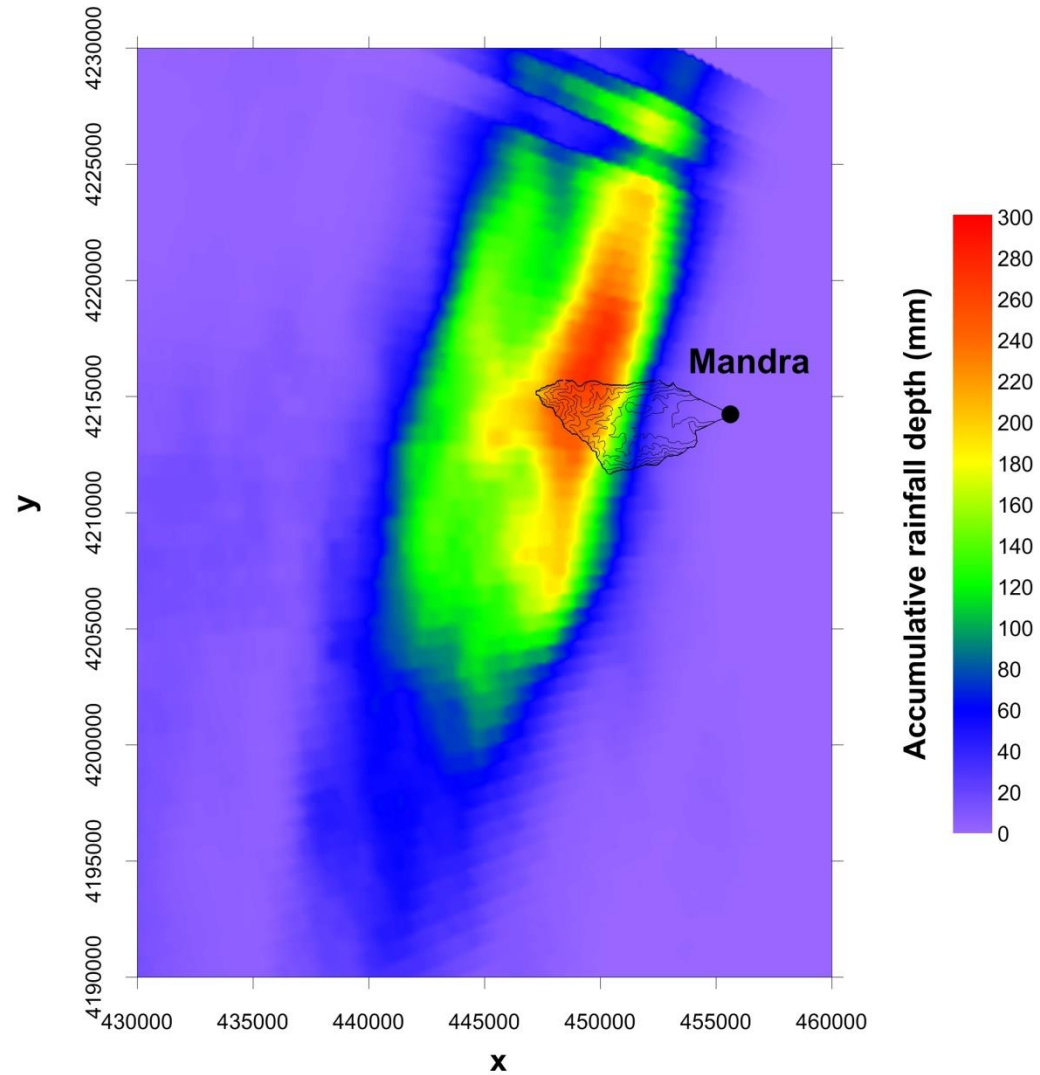


Πηγή: <https://en.wikipedia.org>

# Κατανομή στην Ελλάδα

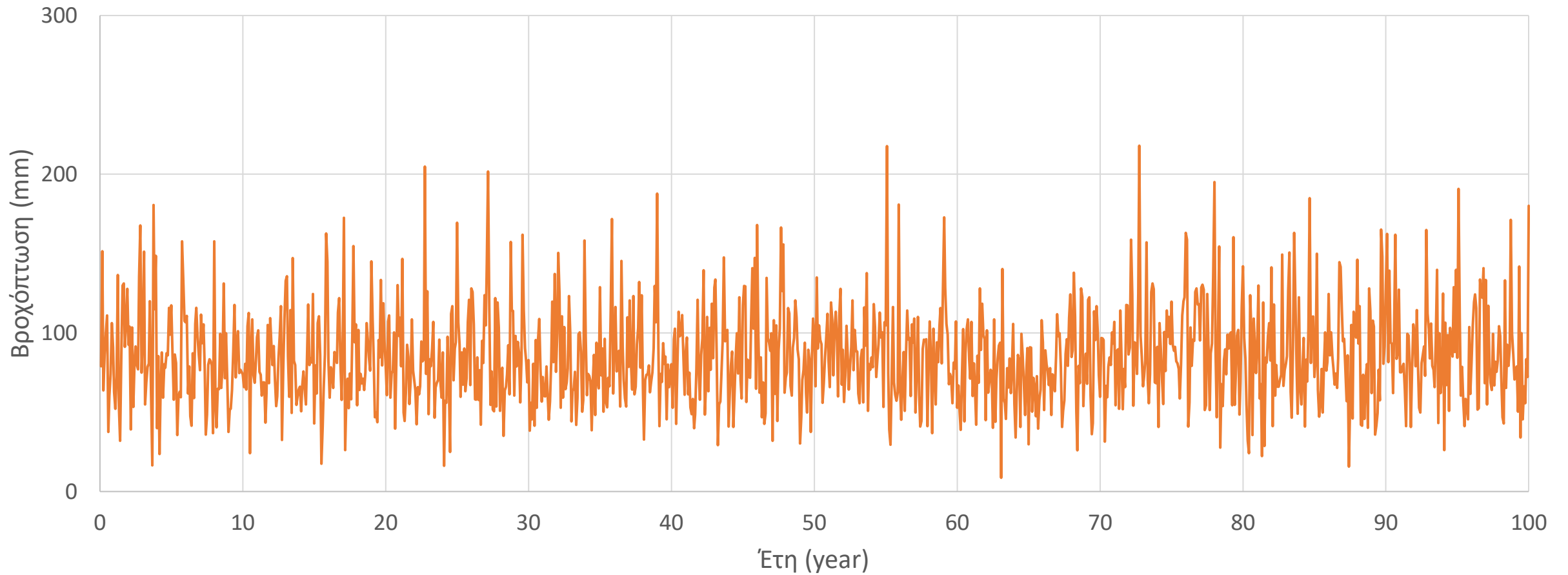


# Και σε μικρότερες κλίμακες



# Χρονικές κλίμακες

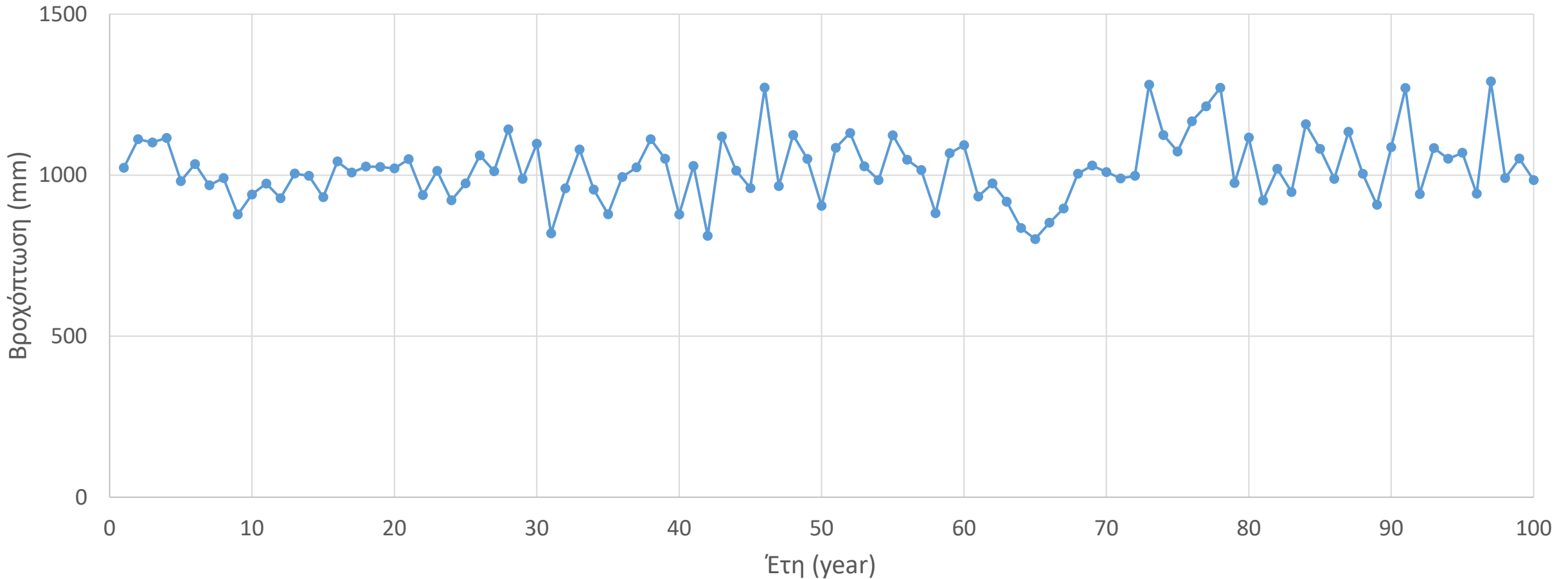
*μηνιαία ύψη βροχής*





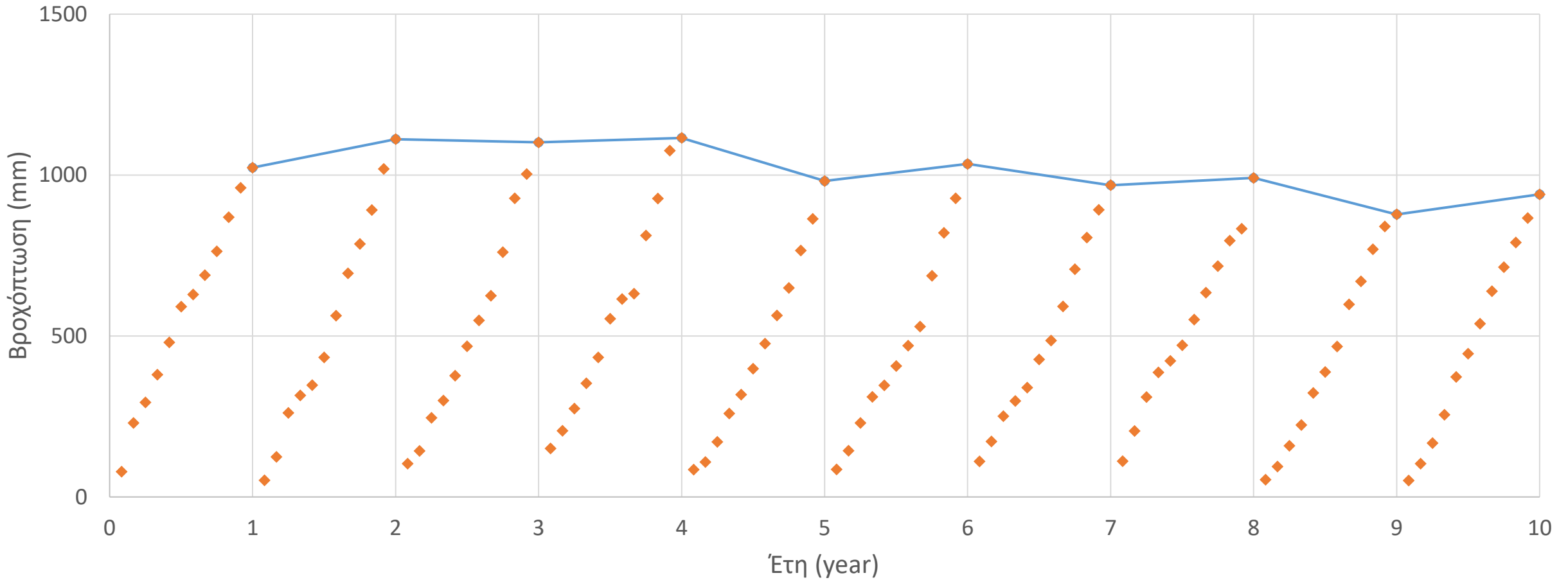
# Χρονικές κλίμακες

*ετήσια ύψη βροχής*



# Χρονικές κλίμακες

*ετήσια ύψη βροχής*



# Μετρήσεις

- **Βροχόμετρο**

- Σημειακή μέτρηση βροχής (μεγάλο χρονικό βήμα)

- **Βροχογράφος**

- Σημειακή μέτρηση βροχής (μικρό χρονικό βήμα)

- **Ραντάρ**

- Χωρική κατανομή της βροχής (μικρό χωρικό βήμα)

- **Δορυφόρος**

- Χωρική κατανομή της βροχής (μικρό χωρικό βήμα)

# Βροχόμετρο

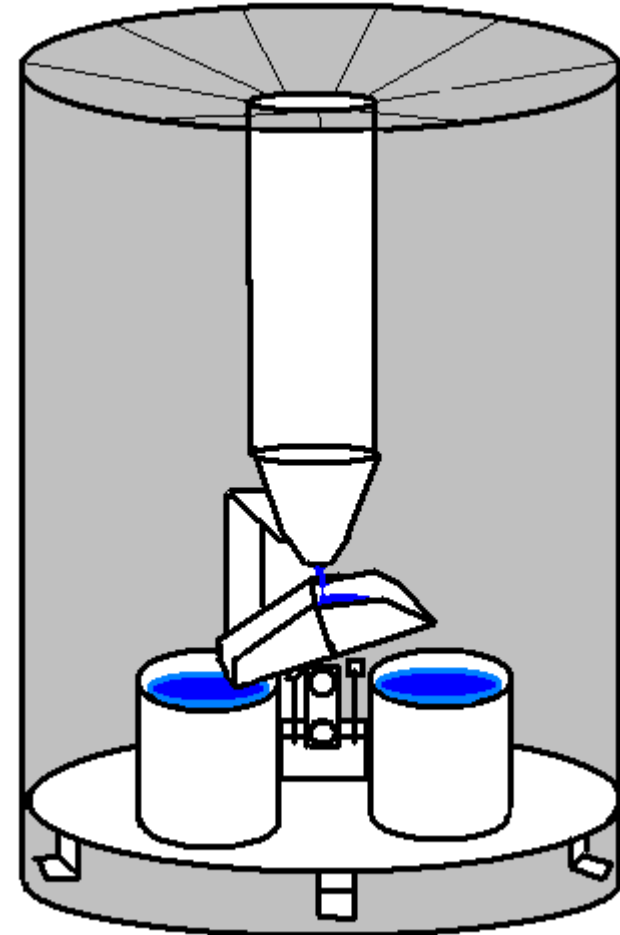
- Χωνί για τη συλλογή βροχής
- Στενή είσοδος για την αποφυγή εξάτμισης
- Ανάγνωση ένδειξης από παρατηρητή
  - Χρονικό βήμα ωρών (π.χ. 12 h)
- Σε απροσπέλαστα μέρη
  - Πρόβλεψη να μην ξεχειλίζει
  - Πρόβλεψη να μην παγώσει



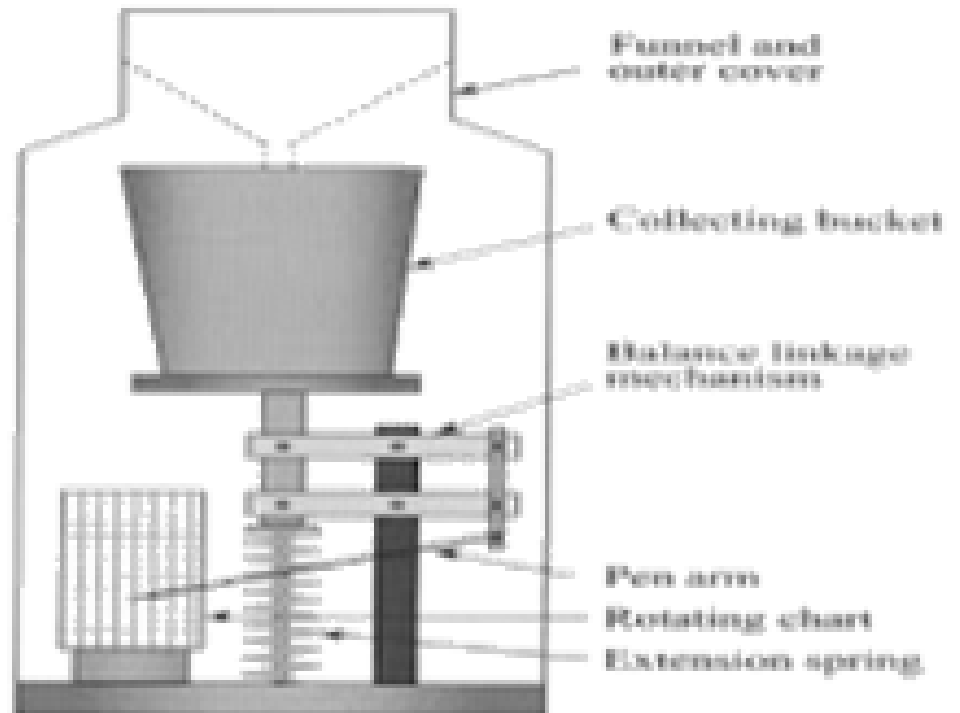
# Βροχογράφος

- **Κύρια χαρακτηριστικά**
  - Μικρό χρονικό βήμα
  - Αυτόματη καταγραφή
- **Τύποι**
  - Ανατρεπόμενοι κάδοι
  - Σταθμιστικός βροχογράφος
  - Βροχογράφος με πλωτήρα

# Ανατρεπόμενοι κάδοι



# Σταθμιστικός βροχογράφος



# Βροχογράφος με πλωτήρα





# Εγκατάσταση δικτύου

- **Πυκνότητα δικτύου**

- Αντιπροσωπευτικές μετρήσεις σε κάθε περιοχή

- **Βασικοί κανόνες**

- Προφύλαξη από ανέμους
- Τοποθέτηση συλλέκτη 1.0-1.5 m από το έδαφος
- Η απόσταση εμποδίων (π.χ. δέντρων) να είναι τουλάχιστον διπλάσιες των υψών τους

# Πυκνότητα δικτύου

- **Βέλτιστος αριθμός βροχογράφων**

- $N = \left(\frac{C_u}{\varepsilon}\right)^2$

- $N$  αριθμός βροχογράφων

- $C_u$  συντελεστής μεταβλητότητας της βροχής (λόγος τυπικής απόκλισης προς το μέσο όρο)

- $\varepsilon$  επιθυμητό ποσοστό λάθους (τυπική τιμή 10%)

# Πυκνότητα δικτύου

- **Πρόταση Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού**
  - 1 βροχογράφος/600-900 km<sup>2</sup> σε επίπεδες περιοχές για ήπιες μεσογειακές και τροπικές ζώνες
  - 1 βροχογράφος/100-250 km<sup>2</sup> σε ορεινές περιοχές για ήπιες μεσογειακές και τροπικές ζώνες
  - 1 βροχογράφος/25 km<sup>2</sup> σε ημιορεινές περιοχές με έντονη χωρική μεταβλητότητα της βροχής
  - 1 βροχογράφος/1500-10000 km<sup>2</sup> σε ξηρές και πολικές ζώνες

# Έλεγχος ομογένειας

- Ποιοτικός έλεγχος δεδομένων
  - Ίδιες συνθήκες μέτρησης
    - Αλλαγή θέσης οργάνου
    - Αντικατάσταση οργάνου
    - Αλλαγή παρατηρητή
  - Μέθοδοι
    - Διπλή αθροιστική καμπύλη
    - Αθροιστικές αποκλίσεις
    - Δοκιμή πιθανοφάνειας
    - ...
- } συστηματικές διαφορές

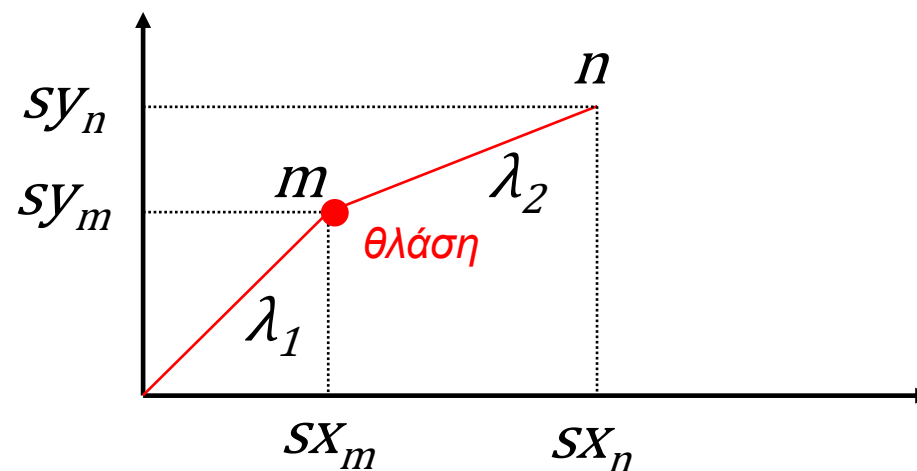
# Διπλή αθροιστική καμπύλη

- Γειτονικοί σταθμοί X και Y → αθροιστικές χρονοσειρές

- $sx_j = \sum_{i=1}^j x_i$  και  $sy_j = \sum_{i=1}^j y_i$
- Η άθροιση γίνεται από το πιο πρόσφατο έτος προς τα πίσω
- Γραφική παράσταση  $sx_j \sim sy_j$
- Εύρεση θλάσης → σημείο μη ομογένειας
- Στον άξονα x τοποθετείται ο σταθμός «βάση» και στον y αυτός που διορθώνεται

- Διορθωτικός συντελεστής

- $\lambda_1 = \frac{sy_m}{sx_m}$
- $\lambda_2 = \frac{sy_n - sy_m}{sx_n - sx_m}$
- $a = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{sx_n - sx_m}{sy_n - sy_m} \frac{sy_m}{sx_m}$



# Συμπλήρωση παρατηρήσεων

- **Βασικές πηγές σφαλμάτων**
  - Σφάλματα οργάνων
  - Ακατάλληλη θέση βροχογράφου
  - Ανθρώπινα σφάλματα
- **Ελλιπή δεδομένα → δεδομένα γειτονικών σταθμών**
  - Μέθοδος αριθμητικού μέσου
  - Μέθοδος κανονικών λόγων
  - Μέθοδος αντίστροφων αποστάσεων
  - Μέθοδος ισοϋψών
  - Μέθοδος Lagrange
  - Μέθοδοι παρεμβολής
  - Μέθοδος Kriging

# Μέθοδος αριθμητικού μέσου

- Η πρώτη σκέψη!
- Μέση τιμή των μετρήσεων που υπάρχουν από γειτονικούς σταθμούς
  - $P = \sum_{i=1}^N a_i P_i$
  - $a_i = 1/N$
  - $P_i$  η βροχόπτωση του σταθμού  $i$
  - $P$  μέση βροχόπτωση των σταθμών
- Οι ετήσιες βροχοπτώσεις των γειτονικών σταθμών πρέπει να απέχουν λιγότερο από 10% από το σταθμό με ελλιπή στοιχεία

# Μέθοδος κανονικών λόγων

- Εισαγωγή βαρών σε κάθε σταθμό ανάλογα με το λόγο της ετήσιας βροχόπτωσης από τον ελλιπή σταθμό προς το γειτονικό
  - $P_y = \sum_{i=1}^k w_i P_i$
  - $w_i = \frac{N_y}{kN_i}$
  - $k$  αριθμός σταθμών
  - $P_y$  εκτιμημένη βροχόπτωση
  - $N_y$  η ετήσια βροχόπτωση του σταθμού με ελλιπή στοιχεία
  - $N_i$  η ετήσια βροχόπτωση του γειτονικού σταθμού
  - $w_i$  συντελεστής βαρύτητας

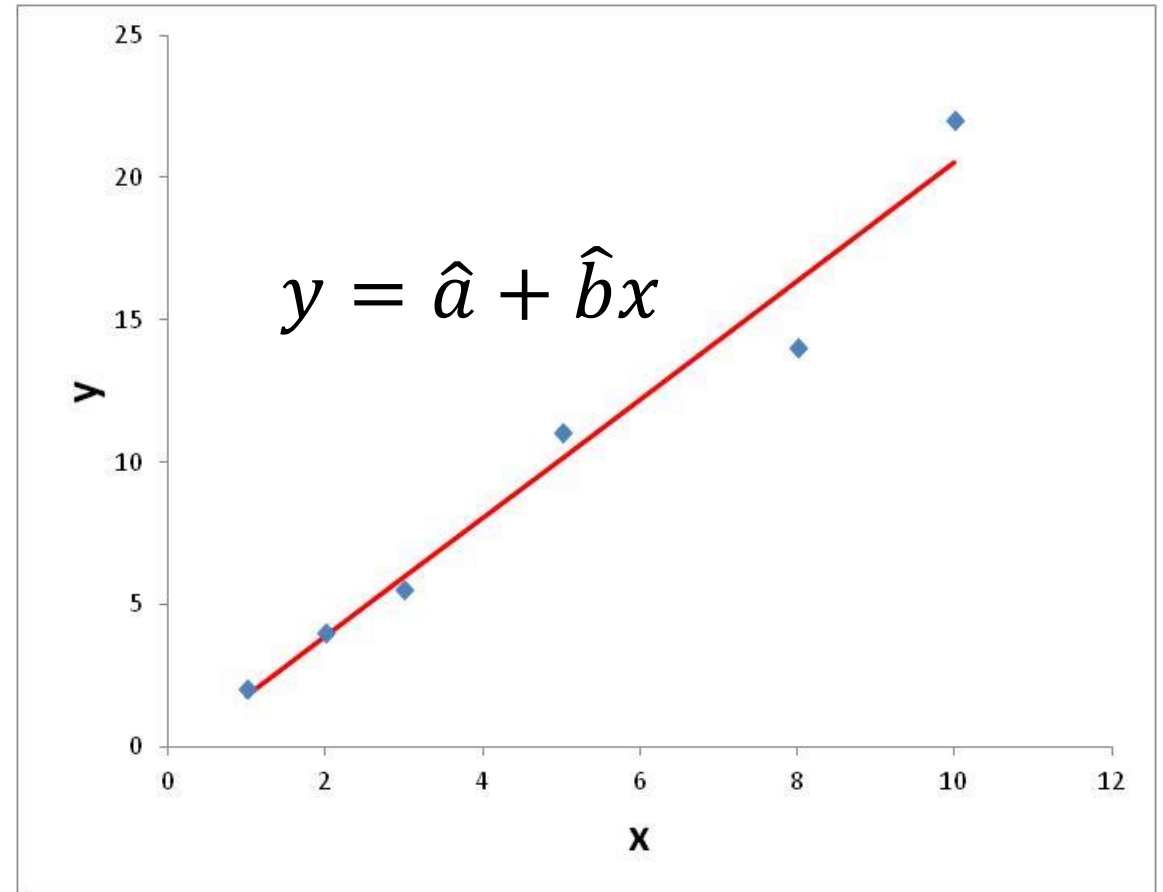


# Μέθοδος αντίστροφων αποστάσεων

- Εισαγωγή βαρών σε κάθε σταθμό ανάλογα με την απόσταση
  - $P_y = \sum_{i=1}^k w_i P_i$
  - $w_i = \frac{d_i^{-b}}{\sum_{i=1}^k d_i^{-b}}$
  - $k$  αριθμός σταθμών
  - $P_y$  εκτιμημένη βροχόπτωση
  - $P_i$  βροχόπτωση σε κάθε σταθμό
  - $d_i$  απόσταση κάθε σταθμού από το σταθμό με ελλιπή στοιχεία
  - $b$  εκθέτης (τυπική τιμή 2)
  - $w_i$  συντελεστής βαρύτητας

# Μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης

- $x \rightarrow$  γειτονικός σταθμός
- $y \rightarrow$  σταθμός με ελλιπή στοιχεία
  - $\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
  - $\hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x}$
- Για συντελεστή συσχέτισης μεγαλύτερο από 0.7
  - $r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$



# Επιφανειακή ολοκλήρωση

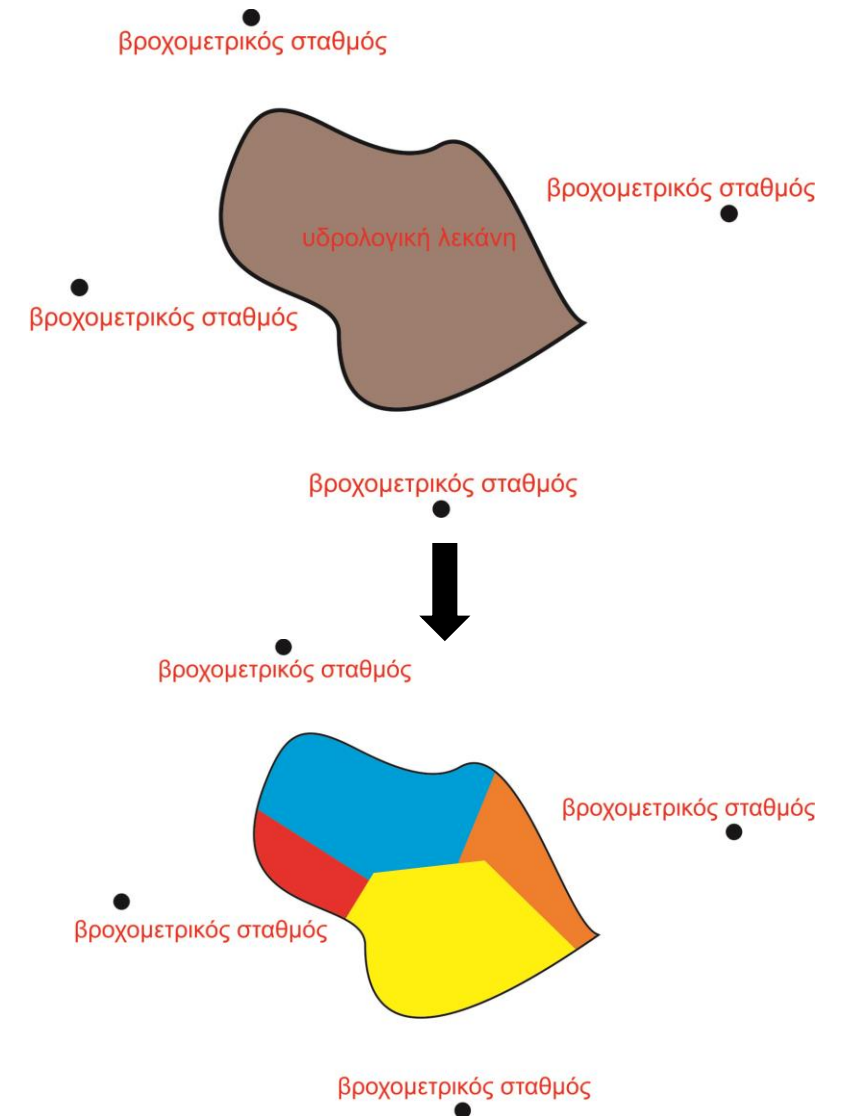
- **Αναγωγή της σημειακής βροχόπτωσης σε επιφανειακή**
  - Δίκτυο βροχογράφων
- **Μέθοδοι άμεσης ολοκλήρωσης → απευθείας από τις τιμές της σημειακής βροχόπτωσης**
  - Μέθοδος μέσου όρου
  - Μέθοδος Thiessen
  - Μέθοδος Kriging
  - ...
- **Μέθοδοι προσαρμογής επιφάνειας → λαμβάνουν υπόψη της γεωγραφική μεταβλητότητα**
  - Μέθοδος ισουετιών
  - Μέθοδος υπολογιστικής γραμμικής παρεμβολής
  - Μέθοδος αντίστροφης απόστασης
  - ...

# Μέθοδος μέσου όρου

- Χονδρική εκτίμηση → επίπεδες περιοχές
- Επιφανειακή βροχόπτωση
  - $P_s = \sum_{i=1}^k w_i P_i$
  - $w_i = 1/k$
  - $P_i$  η βροχόπτωση του σταθμού  $i$

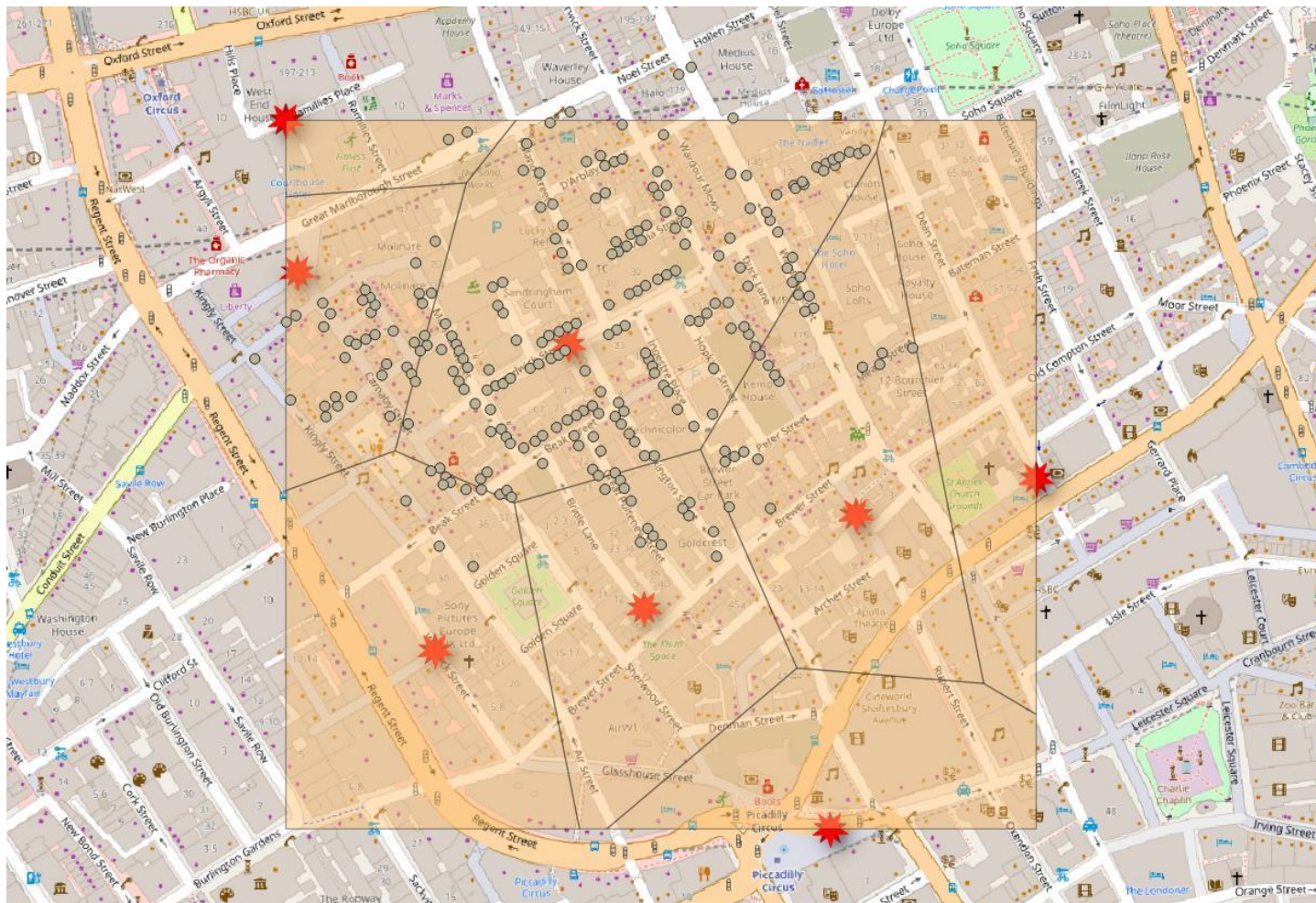
# Μέθοδος Thiessen

- Πολύγωνα Thiessen
- Τα βάρη υπολογίζονται από τα «συνεισφορά» του κάθε πολυγώνου στην όλη περιοχή
  - $P_s = \sum_{i=1}^k w_i P_i$
  - $w_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^k A_i}$
  - $A_i$  εμβαδό πολυγώνου
- Μπορεί να γίνει η ίδια διαδικασία και για την αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της περιοχής



# Και στην επιδημιολογία!

- Λονδίνο → Δεδομένα John Snow (1854)
- Συσχέτιση θανάτων από χολέρα με πηγές νερού



# Υψομετρική αναγωγή

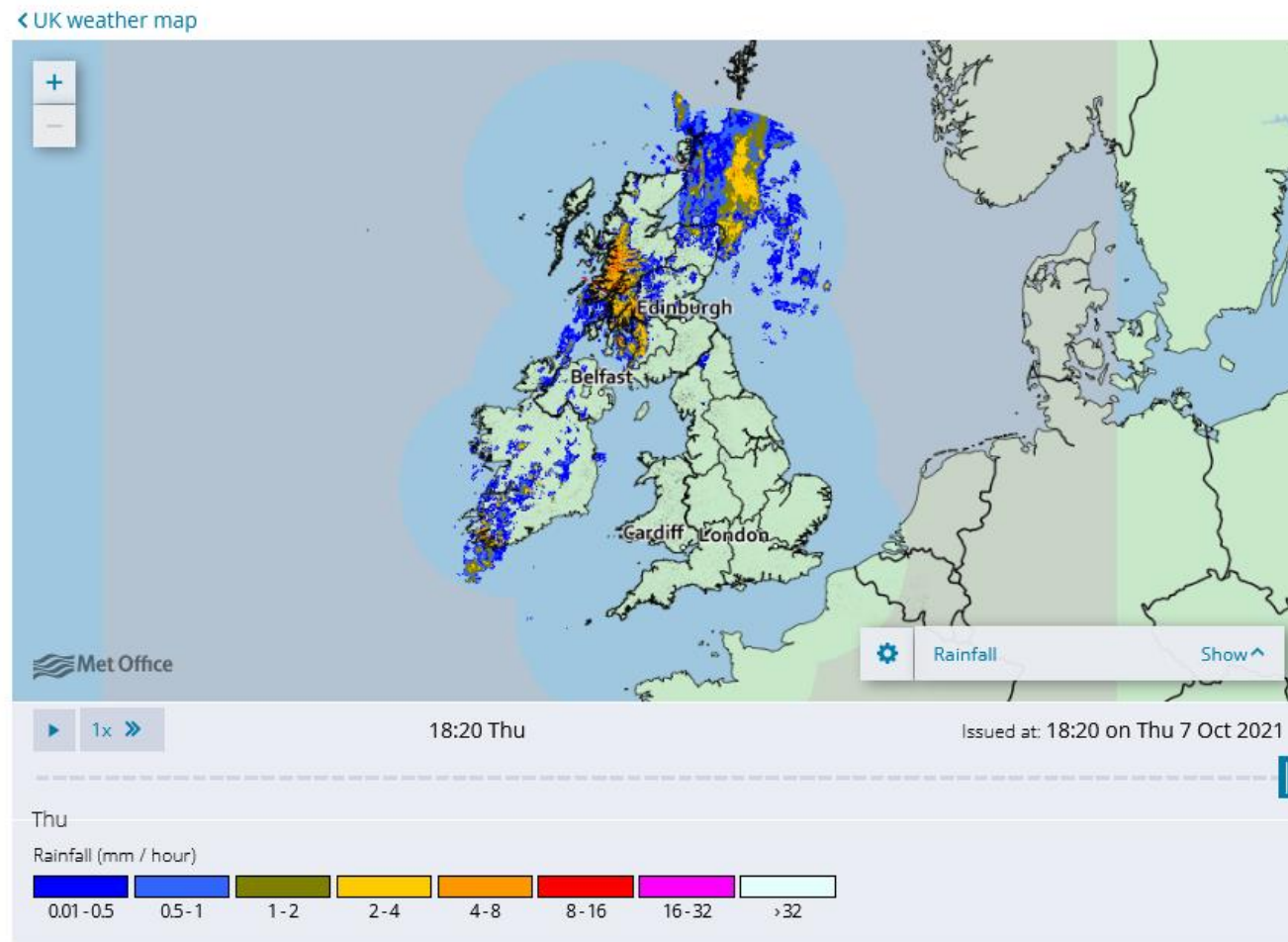
- **Διόρθωση επιφανειακής βροχόπτωσης**
- **Εκτίμηση βροχοβαθμίδας**
  - Μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης
- **Μέσο σταθμισμένο υψόμετρο σταθμών**
  - Μέθοδοι επιφανειακής ολοκλήρωσης

# Ραντάρ

- Σύγκρουση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με τα υδροσταγονίδια
- Η ενέργεια που επιστρέφει στο ραντάρ είναι ανάλογη των υδροσταγονιδίων
  - Αριθμός
  - Μέγεθος
  - Σύνθεση
  - Σχετική θέση
  - Σχήμα
  - Προσανατολισμός
- Απαιτείται βαθμονόμηση παραμέτρων με βάση το επίγειο δίκτυο σημειακών μετρήσεων

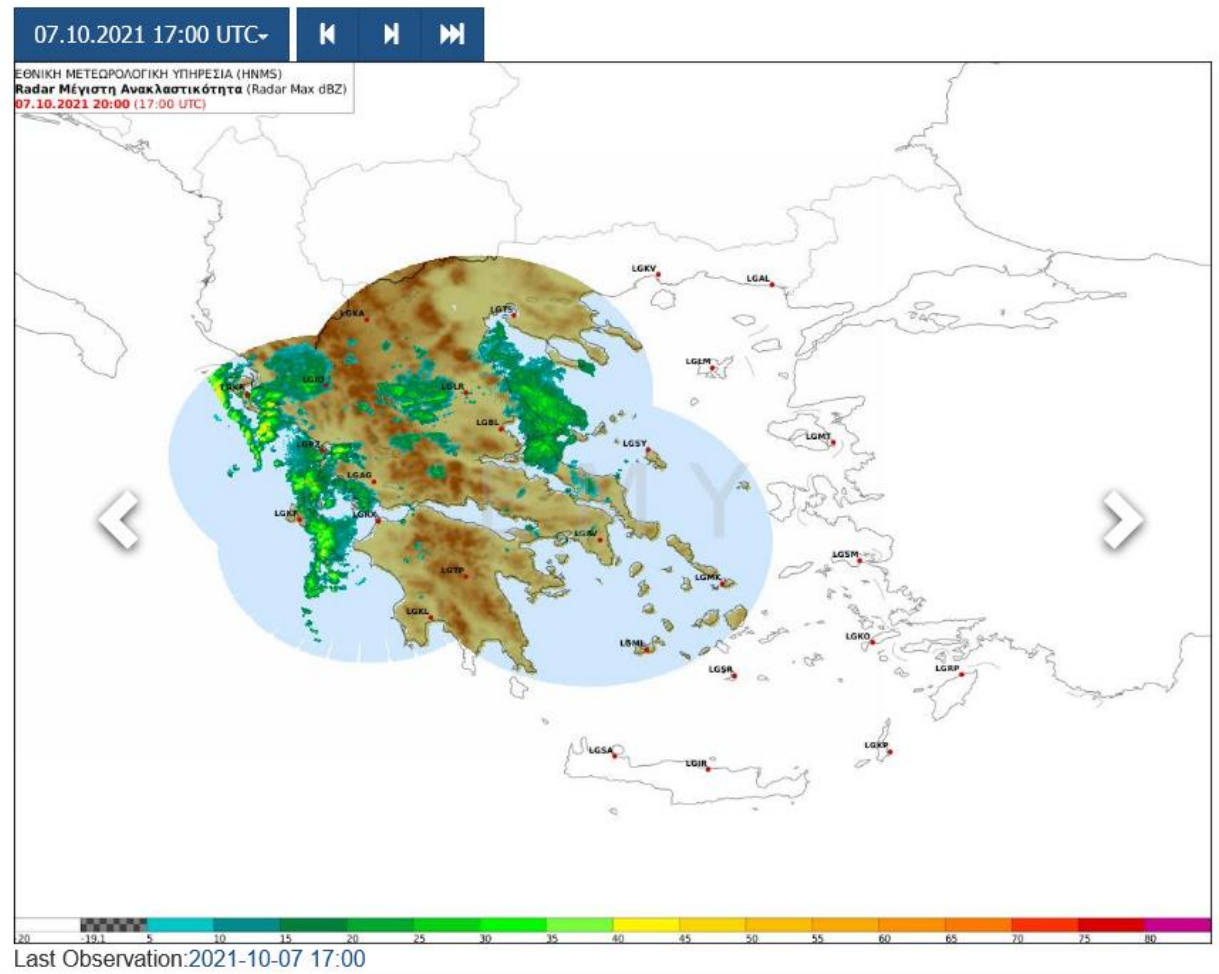


# Ραντάρ



# Ραντάρ

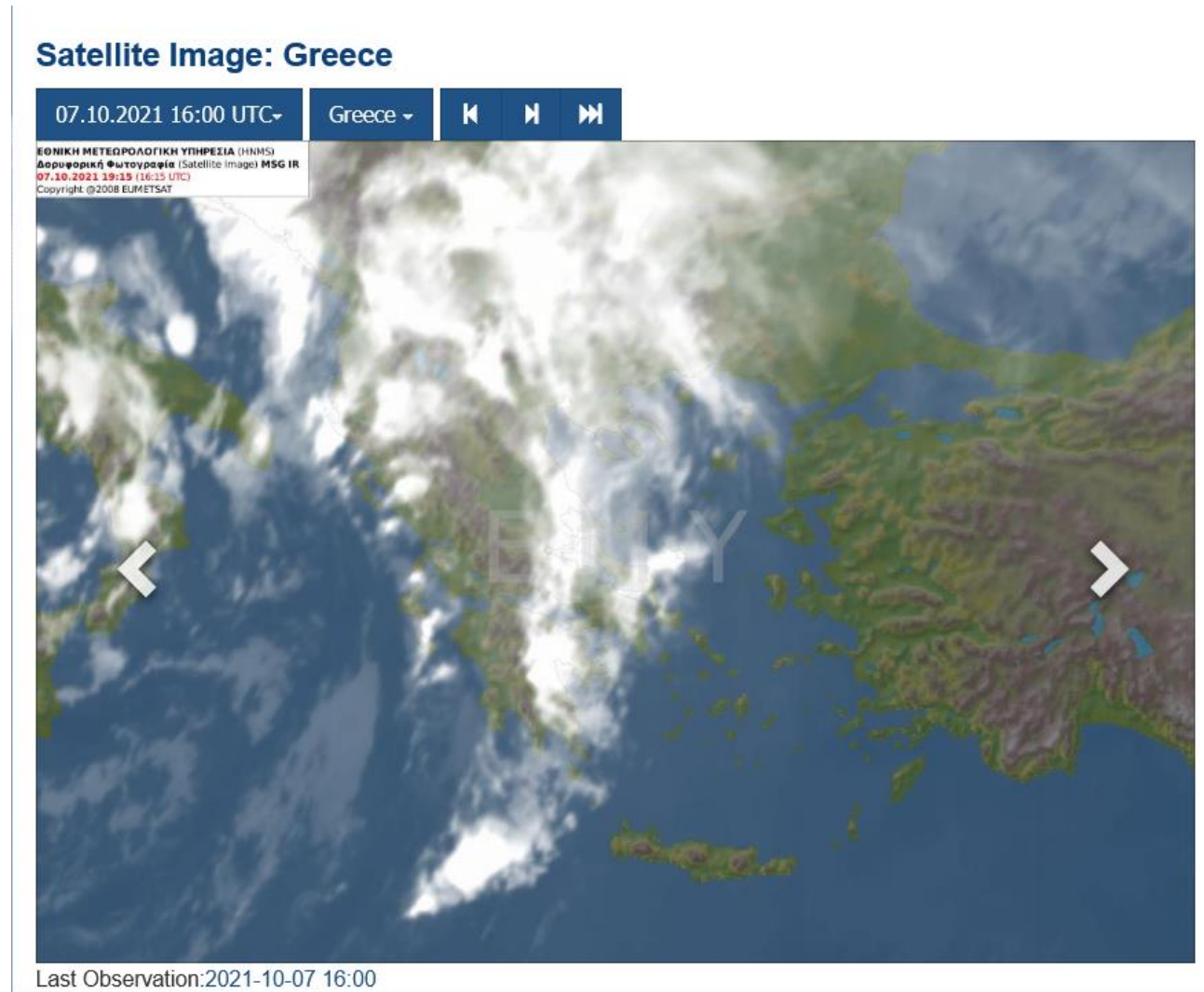
Radar Image: 07.10.2021 17:00 UTC

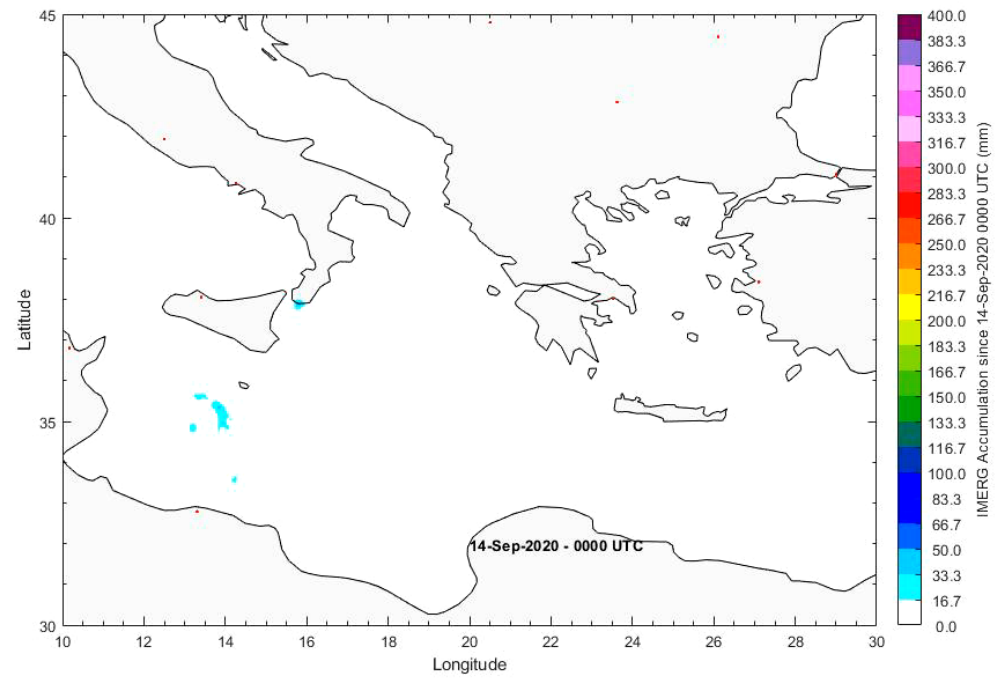
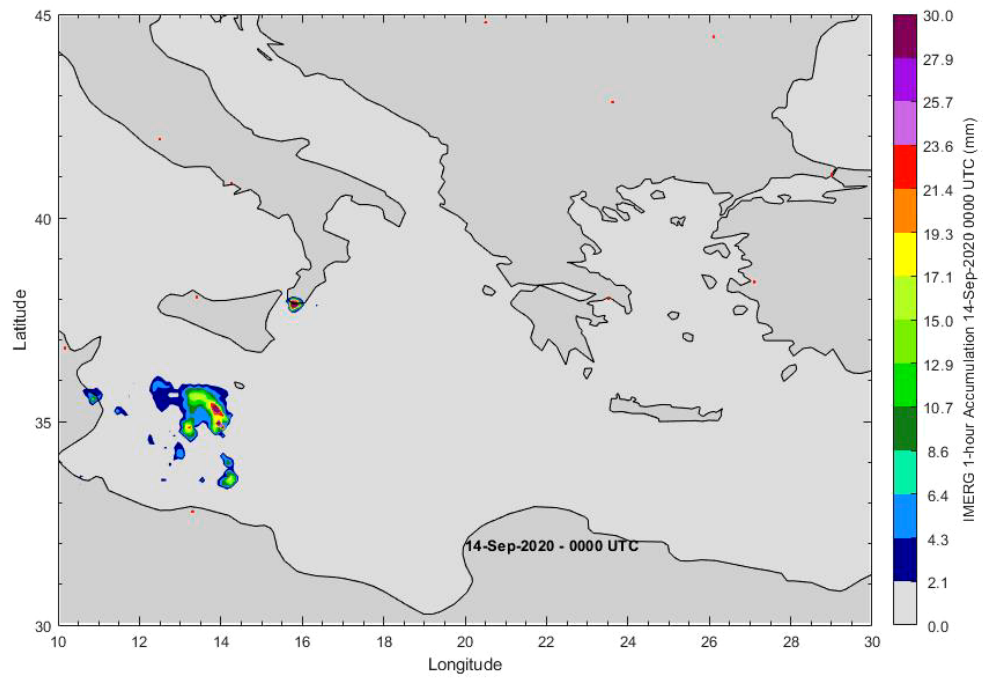


# Δορυφόροι

- Δορυφορικές φωτογραφίες από όπου εξάγεται η μετεωρολογική πληροφορία
- Τύποι
  - Σε τροχιά
  - Σταθεροί
- Απαιτείται βαθμονόμηση παραμέτρων με βάση το επίγειο δίκτυο σημειακών μετρήσεων

# Δορυφόροι

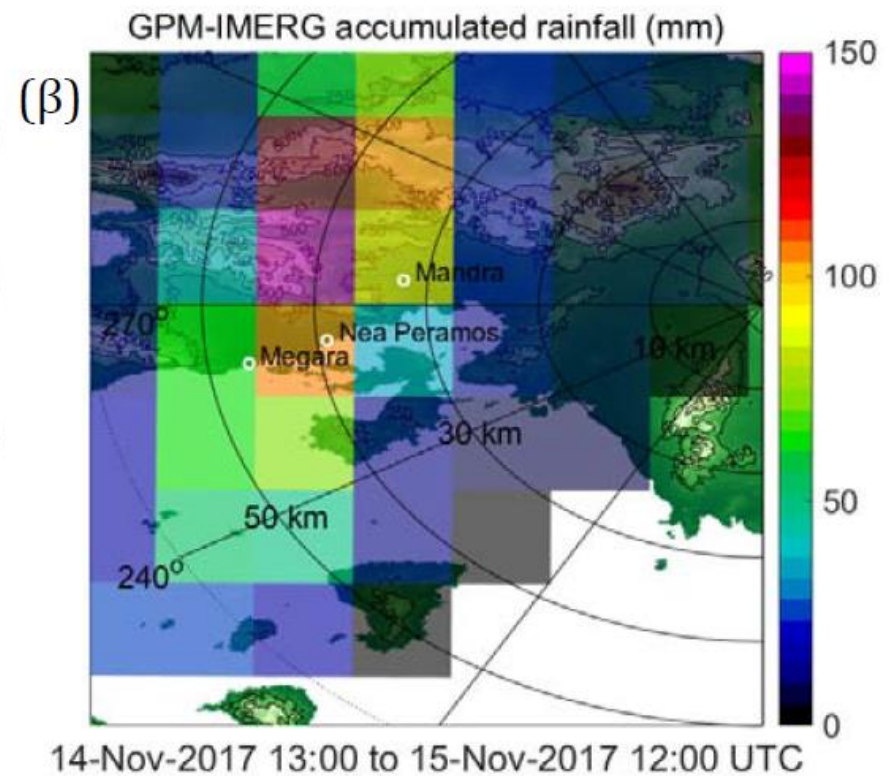
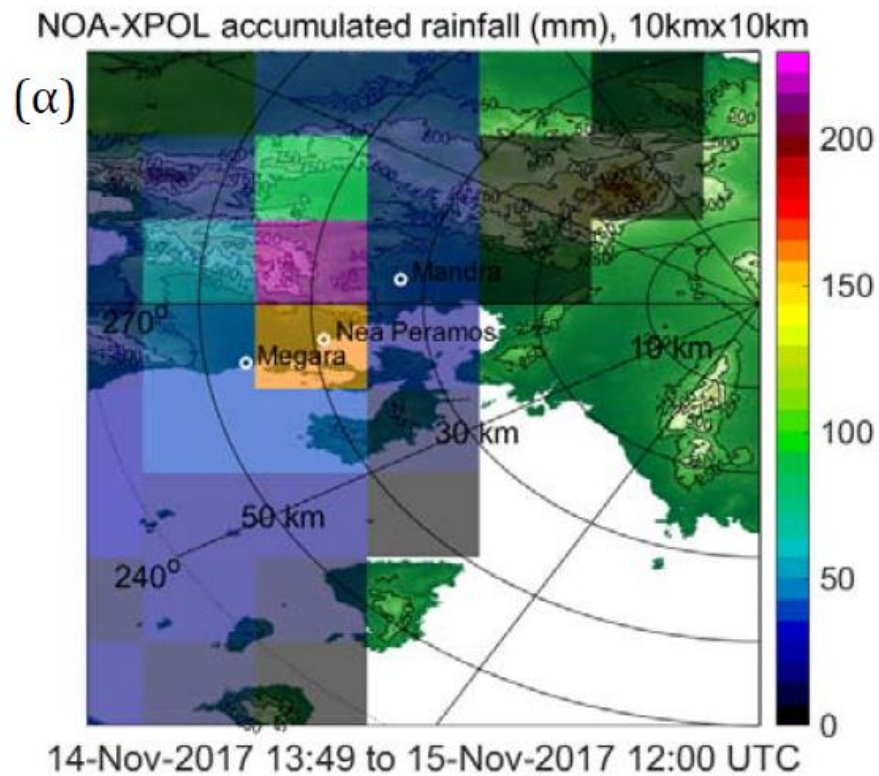




# Ραντάρ vs. δορυφόρων

- Τα ραντάρ μπορούν να έχουν μικρότερο χρονικό βήμα (π.χ. 1 min) σε σχέση με τους δορυφόρους (π.χ. δορυφορική εικόνα ανά 15 min)
- Τα ραντάρ μπορούν να έχουν μικρότερο χωρικό βήμα (π.χ. 100 m) σε σχέση με τους δορυφόρους (π.χ. 10 km)
- Απαιτείται βαθμονόμηση παραμέτρων
- Οι δορυφόροι μπορούν να καλύψουν μεγαλύτερη έκταση

# Ραντάρ vs. δορυφόρων



# Ασκήσεις

- Δίκτυο βροχογράφων
- Έλεγχος ομογένειας
- Συμπλήρωση βροχομετρικών δεδομένων
  - Μέθοδος κανονικών λόγων
  - Μέθοδος αντίστροφων αποστάσεων
  - Μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης
- Επιφανειακή ολοκλήρωση σημειακών βροχοπτώσεων
  - Μέθοδος μέσου όρου
  - Μέθοδος Thiessen
- Υψομετρική αναγωγή



# Άσκηση 1

## Δίκτυο βροχογράφων

- Να υπολογίσετε το βέλτιστο αριθμό βροχογράφων στην παρακάτω περιοχή που έχει 5 εγκατεστημένους σταθμούς και οι οποίοι καταγράφουν την παρακάτω μέση ετήσια βροχόπτωση

**Βροχογράφος**

**Ετήσια βροχόπτωση (cm)**

1

50

2

82

3

73

4

64

5

105

# Άσκηση 2

## Δίκτυο βροχογράφων

- Να ελεγχθεί αν υπάρχει ομογένεια στις ετήσιες μετρήσεις του βροχομετρικού σταθμού Α με βάση το μέσο όρο των μετρήσεων 15 παρακείμενων σταθμών

Έτος	Ύψος βροχής για το σταθμό Α (cm)	Μέσο ύψος βροχής για 15 παρακείμενους σταθμούς (cm)	Έτος	Ύψος βροχής για το σταθμό Α (cm)	Μέσο ύψος βροχής για 15 παρακείμενους σταθμούς (cm)
1950-1951	47	29	1965-1966	36	34
1951-1952	24	21	1966-1967	35	28
1952-1953	42	36	1967-1968	28	23
1953-1954	27	26	1968-1969	29	33
1954-1955	25	23	1969-1970	32	33
1955-1956	35	30	1970-1971	39	35
1956-1957	29	26	1971-1972	25	26
1957-1958	36	26	1972-1973	30	29
1958-1959	37	26	1973-1974	23	28
1959-1960	35	28	1974-1975	37	34
1960-1961	58	40	1975-1976	34	33
1961-1962	41	26	1976-1977	30	35
1962-1963	34	24	1977-1978	28	26
1963-1964	20	22	1978-1979	27	25
1964-1965	26	25	1979-1980	34	35

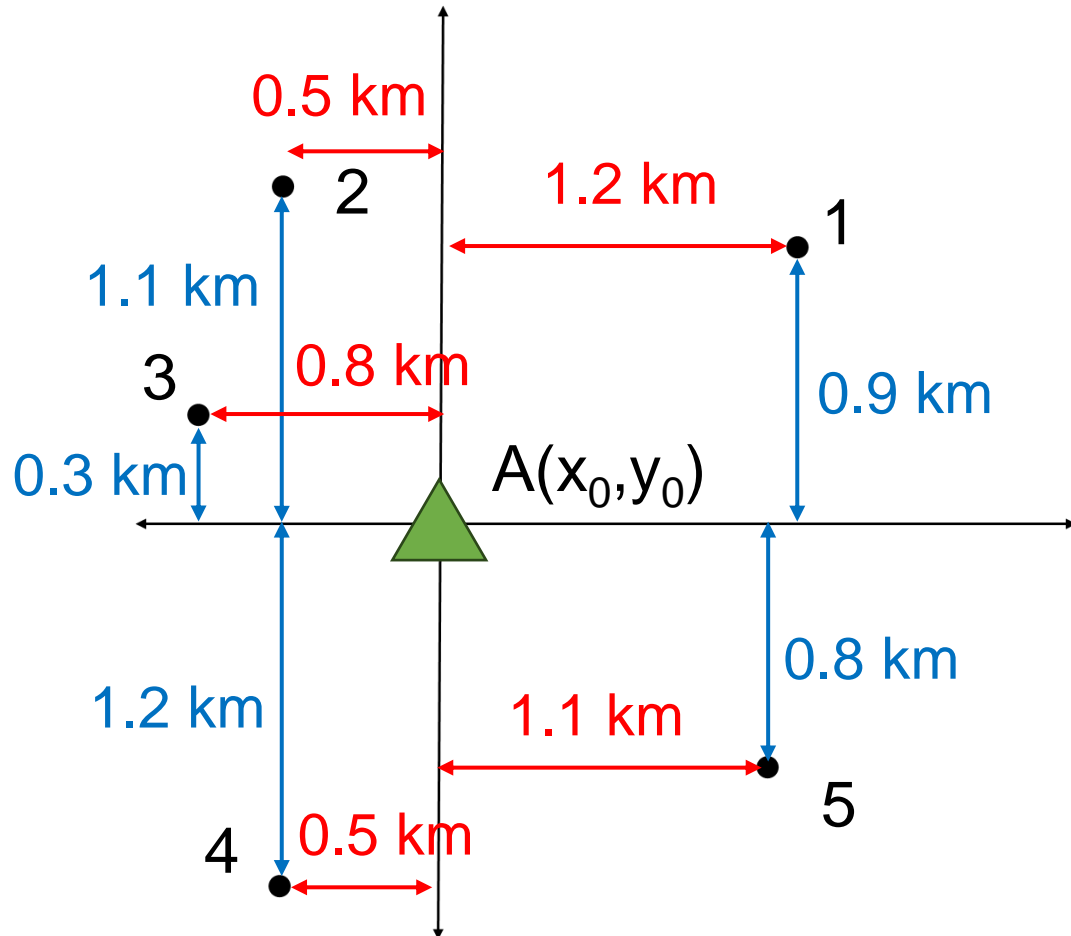
# Άσκηση 3

## Συμπλήρωση – κανονικοί λόγοι

- Οι βροχομετρικοί σταθμοί X, A, B, C έχουν μέσα ετήσια ύψη βροχής 978 mm, 1120 mm, 935 mm, 1200 mm αντίστοιχα
- Σε συγκεκριμένο επεισόδιο βροχής ο σταθμός X είχε βλάβη και δεν κατέγραψε τίποτα
- Στο ίδιο επεισόδιο βροχής οι στάθμη A, B, C κατέγραψαν 107 mm, 89 mm, 122 mm αντίστοιχα
- Να εκτιμηθεί το ύψος βροχής στο σταθμό X για το εν λόγω επεισόδιο με τη μέθοδο των κανονικών λόγων

# Άσκηση 4

Συμπλήρωση – αντίστροφες αποστάσεις



- Οι βροχμετρικοί σταθμοί 1, 2, 3, 4, 5 καταγράφουν ύψος βροχής 2.5 cm, 3.4 cm, 1.5 cm, 2.2 cm, 1.8 cm σε ένα τρίμηνο
- Να εκτιμηθεί το ύψος βροχής στο σημείο A με τη μέθοδο των αντίστροφων αποστάσεων

# Άσκηση 5

## Συμπλήρωση – γραμμική παλινδρόμηση

- Ετήσια ύψη βροχής στους σταθμούς Χ και Υ (mm)
- Να συμπληρωθούν τα κενά του σταθμού Χ με βάση το σταθμό Υ με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης

Έτος	Σταθμός Χ	Σταθμός Υ	Έτος	Σταθμός Χ	Σταθμός Υ
1970-1971	1147.5	1372.9	1980-1981	1095.6	1208.3
1971-1972	1322.4	1507.7	1981-1982	1301.8	-
1972-1973	1083.4	-	1982-1983	1327.3	1445.1
1973-1974	1294.9	1485.3	1983-1984	1169.8	1671.3
1974-1975	1252.5	1587.2	1984-1985	1328.8	1486.4
1975-1976	1093.0	1377.2	1985-1986	944.9	-
1976-1977	1180.5	1847.8	1986-1987	1130.6	1573.7
1977-1978	979.5	1468.3	1987-1988	978.4	1191.2
1978-1979	1092.7	-	1988-1989	1161.7	1549.8
1979-1980	963.6	1085.8	1989-1980	933.5	1229.1

# Άσκηση 6

## Υψομετρική αναγωγή

- Σταθμοί στην περιοχή της Θεσσαλίας είναι τοποθετημένοι σε υψόμετρο  $z$  (m), όπου μετά από επεισόδιο βροχής ο καθένας κατέγραψε ύψος  $h$  (mm)
- Αν η λεκάνη απορροής που μας ενδιαφέρει έχει υψόμετρο +532 m να βρεθεί το ύψος βροχής που αντιστοιχεί στη λεκάνη με τη μέθοδο Thiessen (τα βάρη του κάθε σταθμού είναι στη στήλη  $w$ )
- Η βροχοβαθμίδα να βρεθεί με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης

	$z$	$h$	$w$
ΜΟΥΖΑΚΙ	226	74	0.107
ΤΑΥΡΩΠΟΣ	220	73	0.052
ΑΓΙΟΦΥΛΛΟ	581	92	0.073
ΜΑΛΑΚΑΣΙΟ	842	101	0.072
ΜΕΓΑΛΗ ΚΕΡΑΣΙΑ	500	83	0.081
ΜΕΤΕΩΡΑ	596	87	0.198
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΙ	1050	110	0.066
ΣΤΟΥΡΝΑΡΕΙΚΑ	860	103	0.060
ΤΡΙΚΑΛΑ	116	82	0.187
ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ	87	70	0.103

Κατά κύριο λόγο, η παρούσα διάλεξη άντλησε πληροφορίες και ακολούθησε τη δομή καθώς και τις ασκήσεις, από τα βιβλία «Τεχνική Υδρολογία» των Μ. Μιμίκου και Ε. Μπαλτά (2018, Εκδόσεις Παπασωτηρίου), «Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων» του Γ. Τσακίρη (2013, Εκδόσεις Συμμετρία).