



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/>

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

Ωφέλιμος όγκος ταμιευτήρα

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

Υδατικό ισοζύγιο

- Αρχή διατήρησης μάζας → το ισοζύγιο σε έναν όγκο αναφοράς είναι μηδενικό
- Όγκος αναφοράς
 - Λεκάνη απορροής
 - Ταμιευτήρας
 - Υπόγειος υδροφόρας
 - ...
- Αναλόγως τον όγκο αναφοράς και τη χρονική κλίμακα αφαιρούμε διεργασίες από το ισοζύγιο

Υδατικό ισοζύγιο

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t)$$

S αποθήκευση

I εισροή

O εκροή

Υδατικό ισοζύγιο

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t) \longrightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{O}$$

S αποθήκευση

I εισροή

O εκροή

Υδατικό ισοζύγιο

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t) \longrightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{O} \longrightarrow \frac{S_2 - S_1}{\Delta t} = \frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2}$$

S αποθήκευση

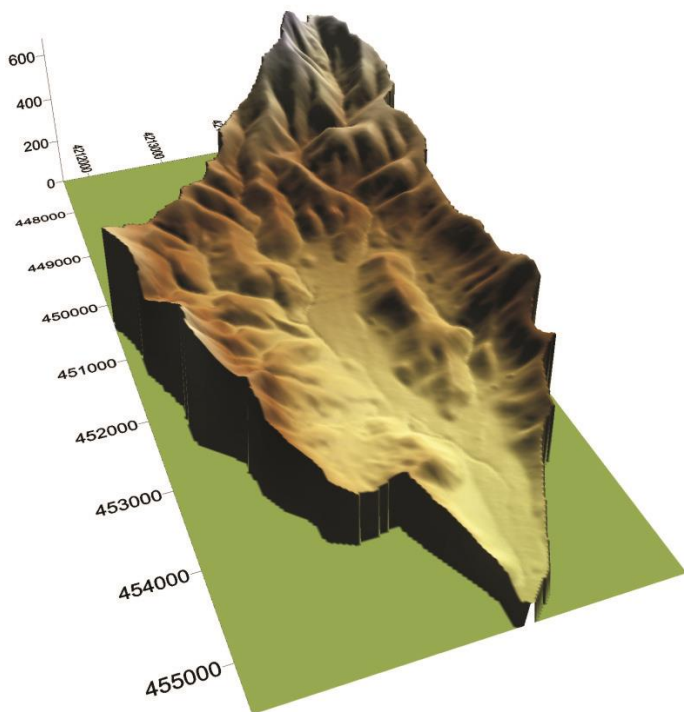
I εισροή

O εκροή

Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

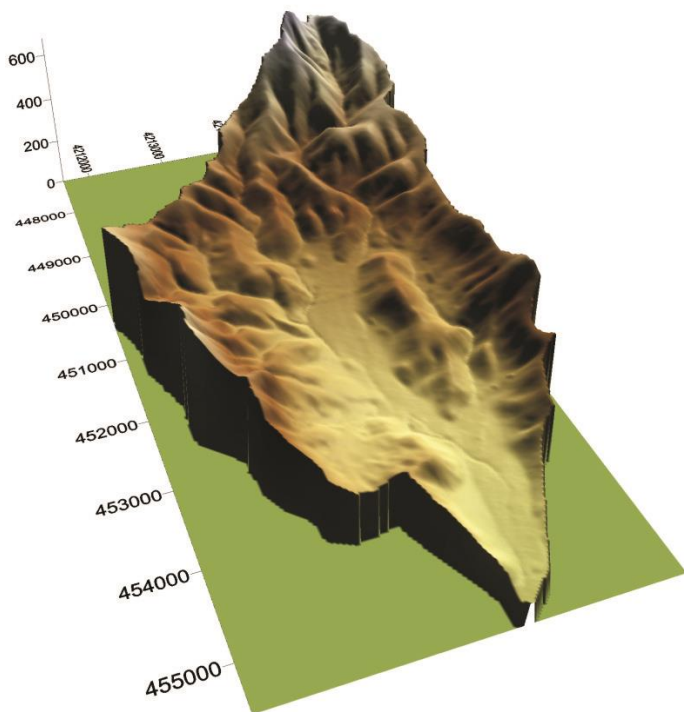


<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$



<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

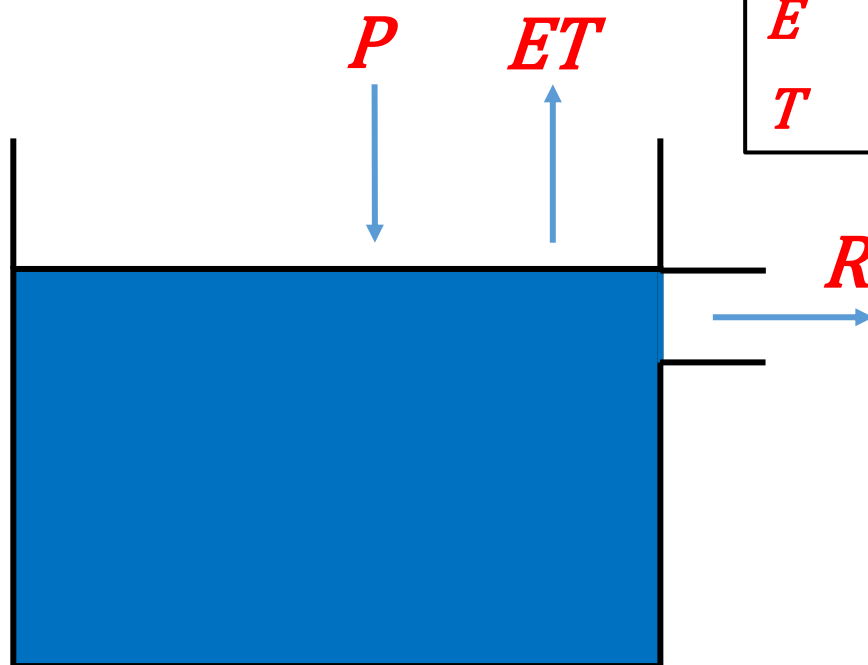
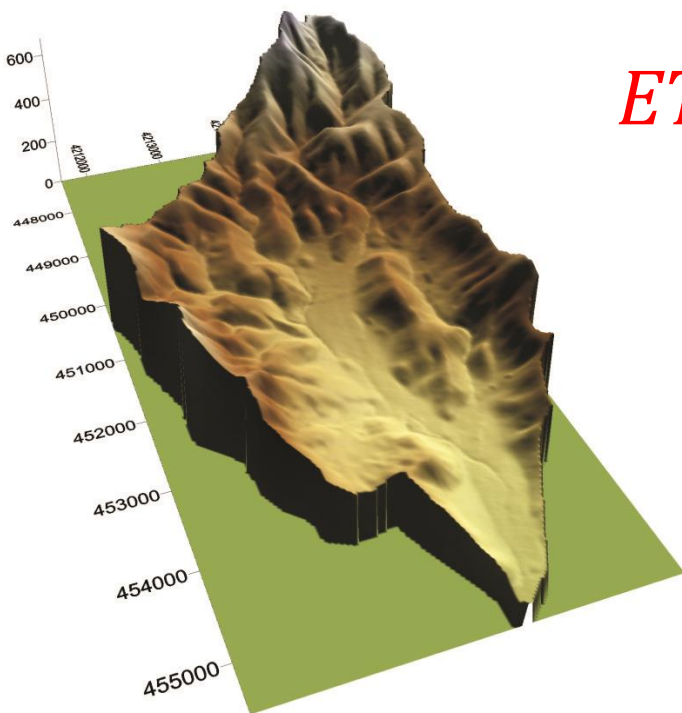
Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση εξάτμισης σε ετήσια βάση

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

$$ET = P - R$$

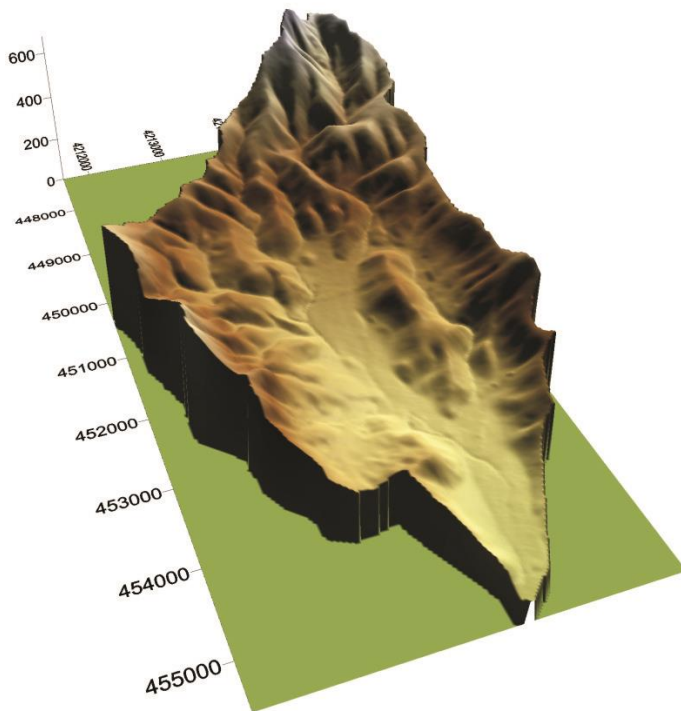
<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή



Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση διήθησης σε πλημμυρικό γεγονός

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

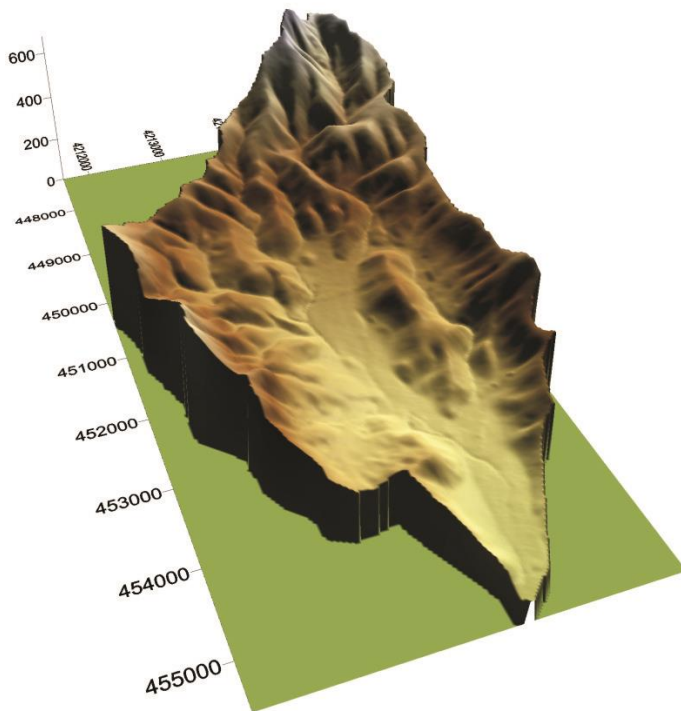


<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση διήθησης σε πλημμυρικό γεγονός

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$



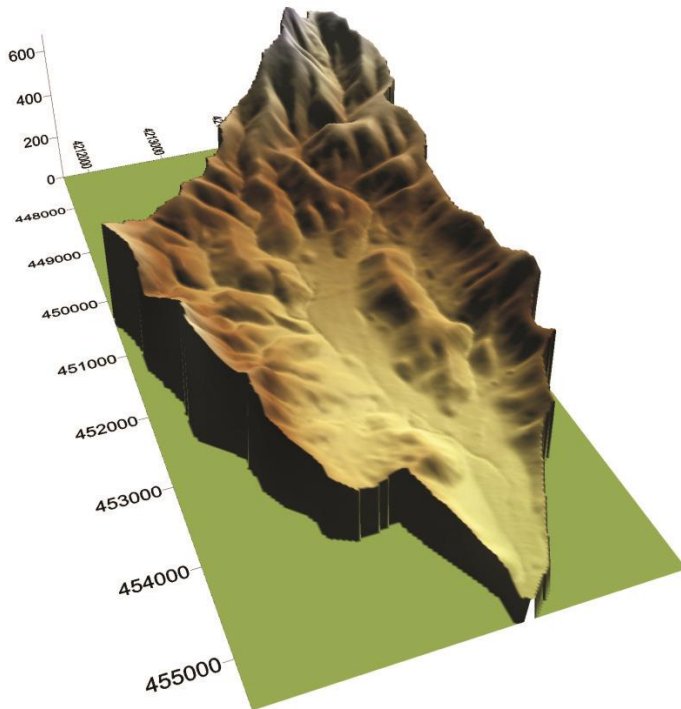
<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

Λεκάνη απορροής

- Μέτρηση διήθησης σε πλημμυρικό γεγονός

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

$$\Delta S = P - R$$



<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>R</i>	επιφανειακή ροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

Σχεδιασμός φράγματος

- **Σώμα φράγματος**
 - Γεωτεχνικοί, στατικοί
- **Ταμιευτήρας**
 - Ωφέλιμος όγκος → **υπερετήσια βάση**
- **Υπερχειλιστής**
 - Πλημμυρική αιχμή → **ακραίο γεγονός**
- **Έργα καταστροφής ενέργειας**
 - Πλημμυρική αιχμή → **ακραίο γεγονός**
- **Υδροδυναμικές διατάξεις**
- **Οικολογική παροχή**
- **Ιχθυοδιάδρομοι**

Σώμα φράγματος

- **Κατηγορία I**

- Ορατό ύψος φράγματος $\rightarrow H > 40 \text{ m}$
- Όγκος ταμιευτήρα $\rightarrow V > 10\,000\,000 \text{ m}^3$

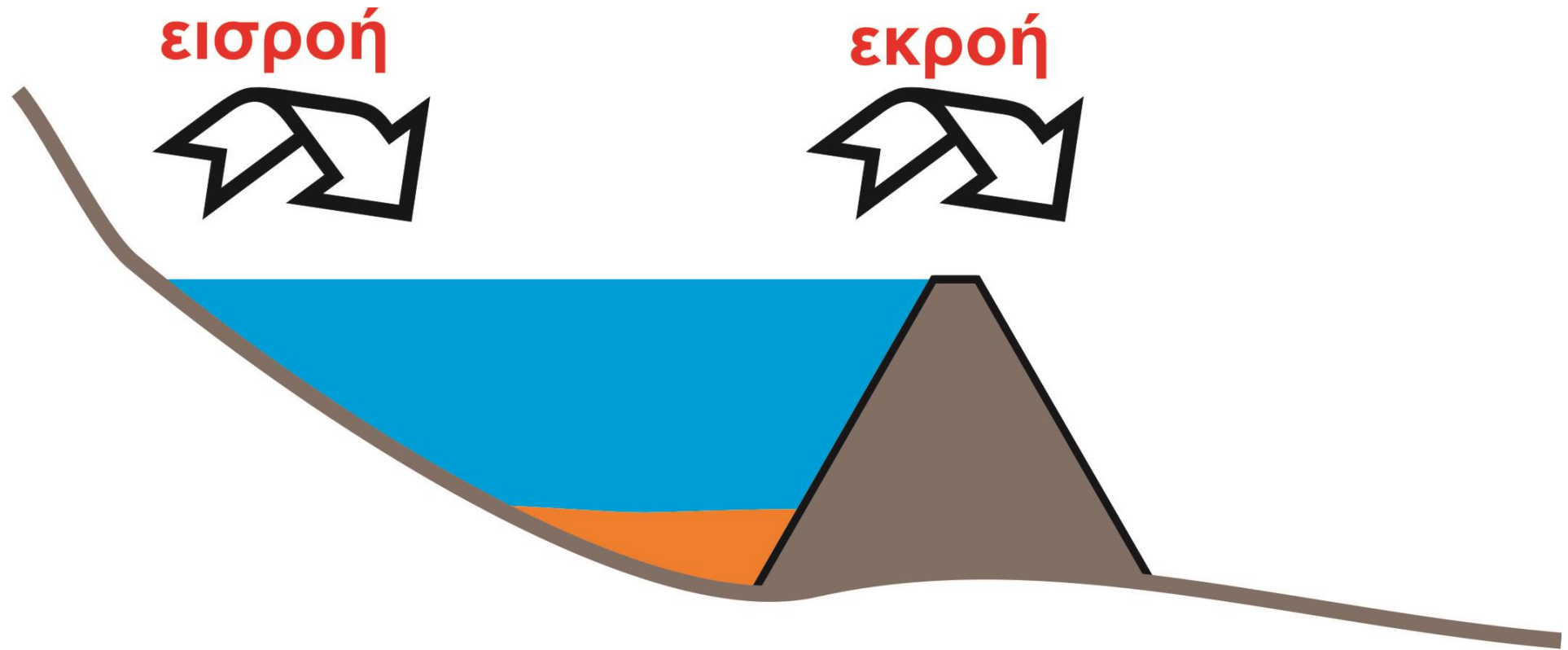
- **Κατηγορία II**

- Ορατό ύψος φράγματος $\rightarrow 20 < H < 40 \text{ m}$
- Όγκος ταμιευτήρα $\rightarrow > 1\,000\,000 \text{ m}^3$

- **Κατηγορία III**

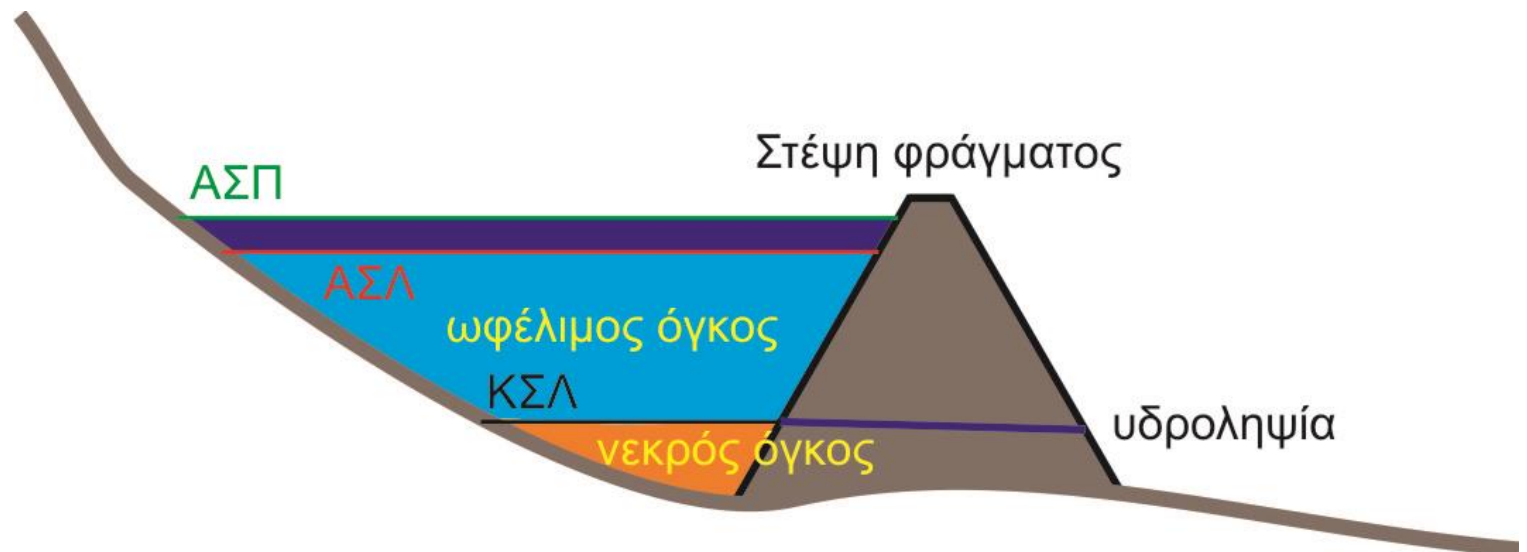
- Ό,τι δεν εντάσσεται στις κατηγορίες I, II

Ταμιευτήρας



Στάθμες

- Κατώτερη στάθμη Λειτουργίας (ΚΣΛ)
- Ανώτατη Στάθμη Λειτουργίας (ΑΣΛ)
- Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας (ΑΣΠ)
- Στέψη φράγματος



Ισοζύγιο ταμειευτήρα

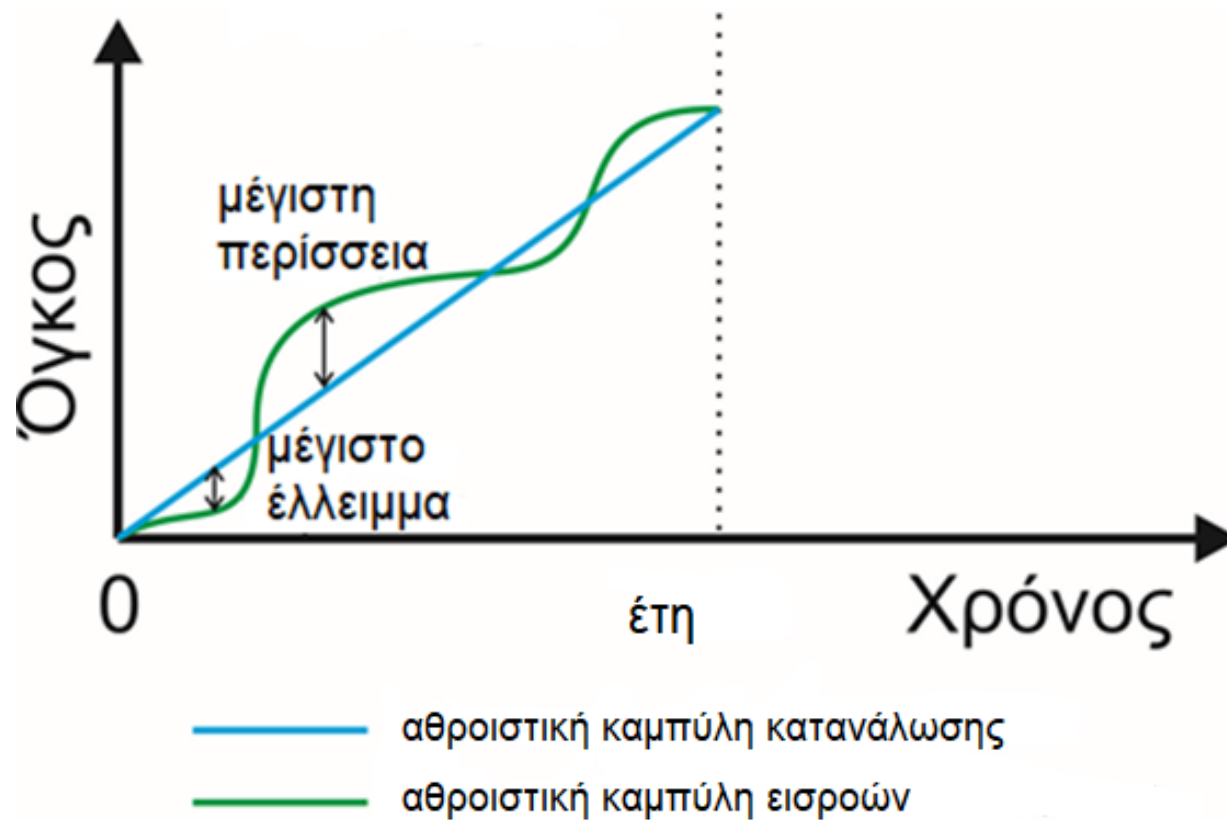
$$\Delta S = P + Q - R - G - E - T$$

<i>S</i>	αποθήκευση
<i>P</i>	κατακρήμνιση
<i>Q</i>	εισροή
<i>R</i>	εκροή
<i>G</i>	υπόγεια ροή
<i>E</i>	εξάτμιση
<i>T</i>	διαπνοή

Σχεδιασμός ταμειευτήρα

- Γραφική μέθοδος
- Sequent peak
- Βελτιστοποίηση στη διαχείριση
- Στοχαστικές χρονοσειρές

Ωφέλιμος όγκος



$\text{Ωφέλιμος Όγκος} = \text{Μέγιστη Περίσσεια} + \text{Μέγιστο Έλλειμμα}$

Μέθοδος Sequent Peak

- Υπολογιστική διαδικασία

- Ωφέλιμος όγκος V
- Αθροιστικός όγκος εισροών I = Αθροιστικός όγκος εκροών O

$$V(t) = O(t) - I(t) + V(t-1)$$

$$V(0) = 0$$

$$V(t) < 0 \rightarrow V(t) = 0$$

$$V_{\max}$$

Εισροή

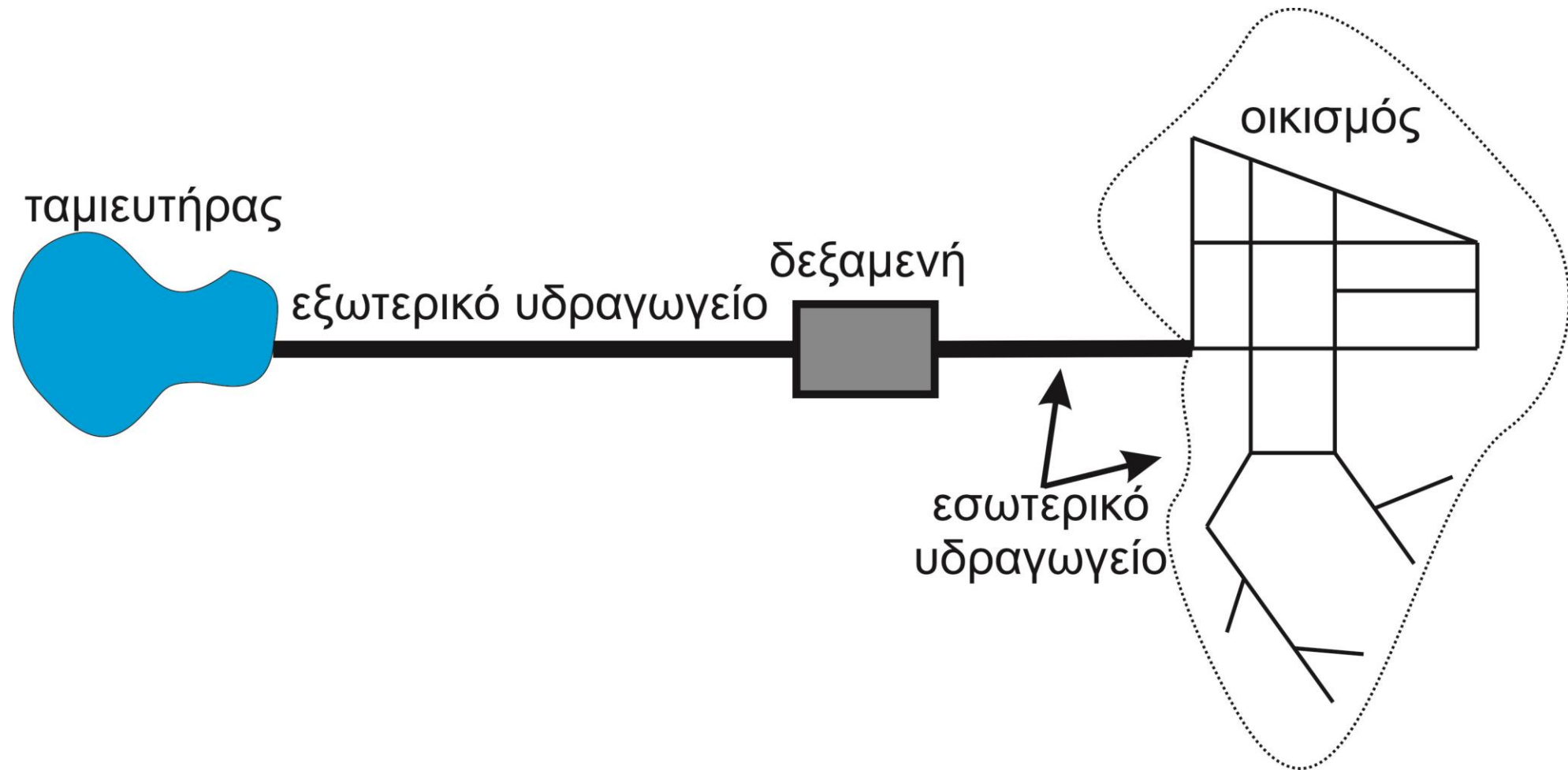
- **Εισροή από τον ποταμό/ποταμούς που απορρέουν στον ταμιευτήρα**
- **Βροχή στον ταμιευτήρα**
- **Για τον αρχικό σχεδιασμό μπορούμε να αγνοήσουμε τη βροχή στον ταμιευτήρα**
 - Μοντέλα βροχόπτωσης-απορροής ή μετρήσεις

Εκροή

- **Εξατμισοδιαπνοή**
- **Υπερχείλιση**
- **Απόληψη**
 - Αστική ζήτηση σε νερό
 - Άρδευση/Κτηνοτροφία
 - Ενέργεια
- **Οικολογική παροχή**
- **Υπόγειες διαφυγές**
- **Για τον αρχικό σχεδιασμό μπορούμε να αγνοήσουμε την υπερχείλιση, την οικολογική παροχή και τις υπόγειες διαφυγές**
 - Εκτίμηση της ζήτησης με τεχνικοοικονομικά κριτήρια

Απόληψη – Αστική ζήτηση σε νερό

Υδραγωγείο



Σχεδιασμός

- **Ανάγκες σε νερό → ζήτηση σε νερό**
 - L / κάτοικο / ημέρα
- **Τομείς**
 - Οικισμοί
 - Τουρισμός
 - Βιομηχανία
 - ...

Οικιακή κατανάλωση

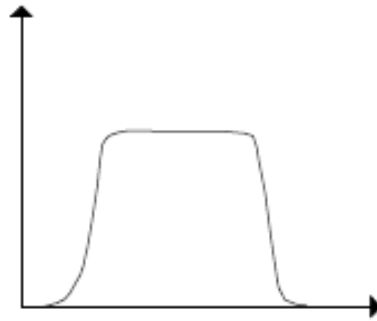
Δραστηριότητα	L/(κατ·ημέρα)
Πόση και μαγείρεμα	35
Πλύσιμο πιάτων	9
Ντους και λουτρό	87
WC	82
Διαρροές WC	15
Πλύσιμο Ρούχων	64

Κατανάλωση επιχειρήσεων

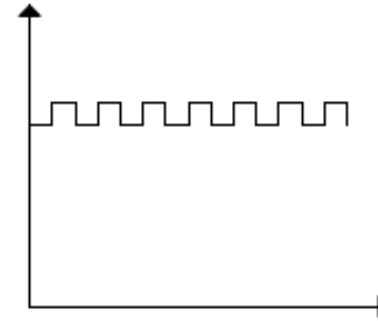
Είδος Επιχείρησης	Μονάδα	Απαιτούμενη ποσότητα νερού
Αρτοποιείο	L/(υπαλ·ημέρα)	150
Ζαχαροπλαστείο	L/(υπαλ·ημέρα)	200
Κρεοπωλείο	L/(υπαλ·ημέρα)	250
Κουρείο	L/(υπαλ·ημέρα)	250
Μικρές επιχειρήσεις με καθαρή παραγωγική διαδικασία	L/(υπαλ·ημέρα)	50
Μικρές επιχειρήσεις με βρώμικη παραγωγική διαδικασία	L/(υπαλ·ημέρα)	250
Εστιατόρια	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	50
Ξενοδοχεία πολυτελείας με αναλογία υπαλλήλων/πελάτες<1	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	600
Ξενοδοχεία μέσης κατηγορίας με αναλογία υπαλλήλων/πελάτες=0.5	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	300
Απλά ξενοδοχεία αναλογία υπαλλήλων/πελάτες=0.25	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	200

Ημερήσια διακύμανση

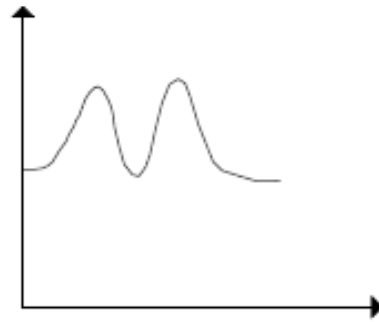
Επιχειρήσεις



Εργοστάσια



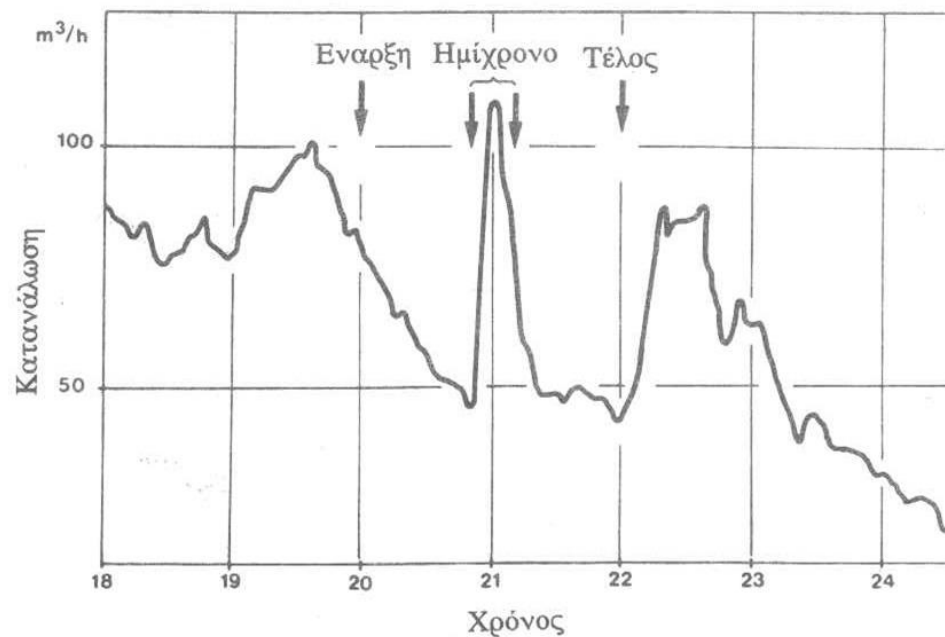
Οικογένεια



Εστιατόρια

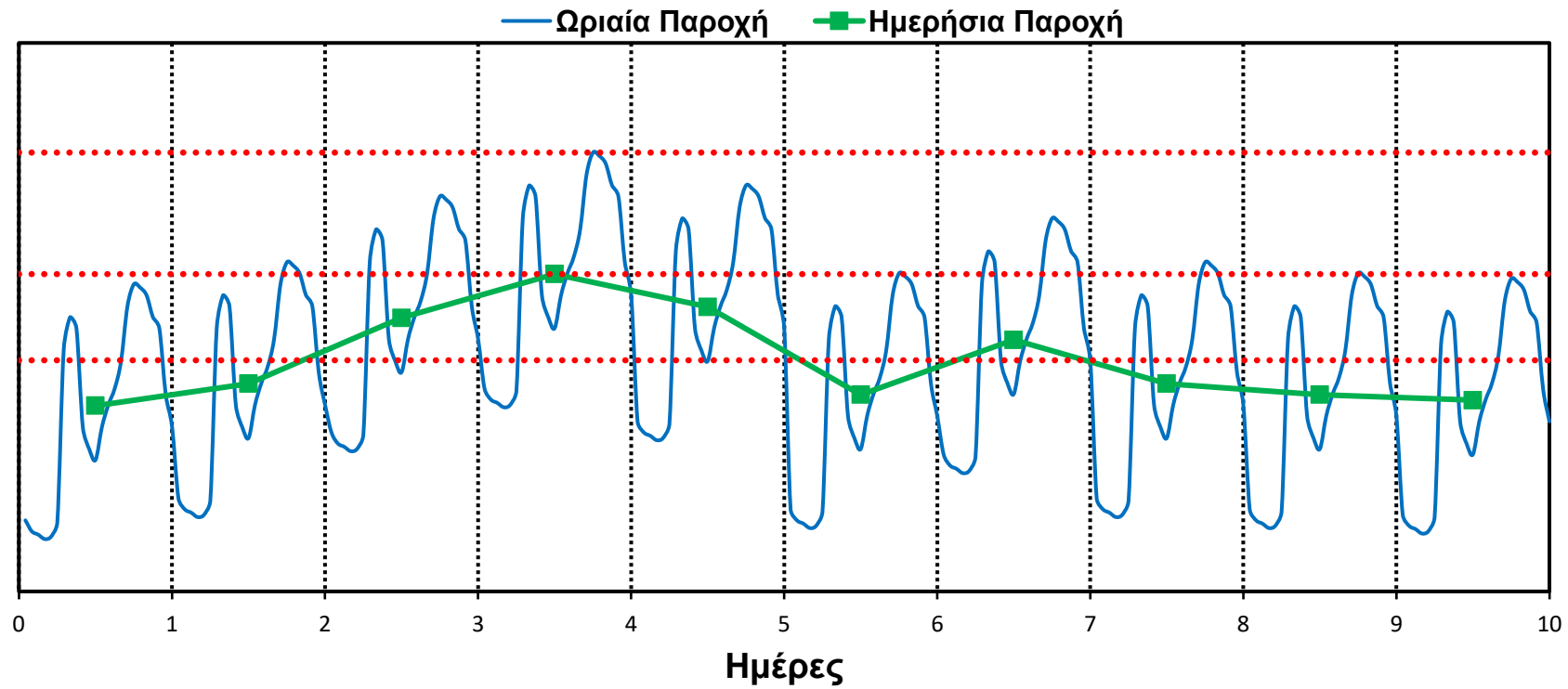


Ημερήσια διακύμανση



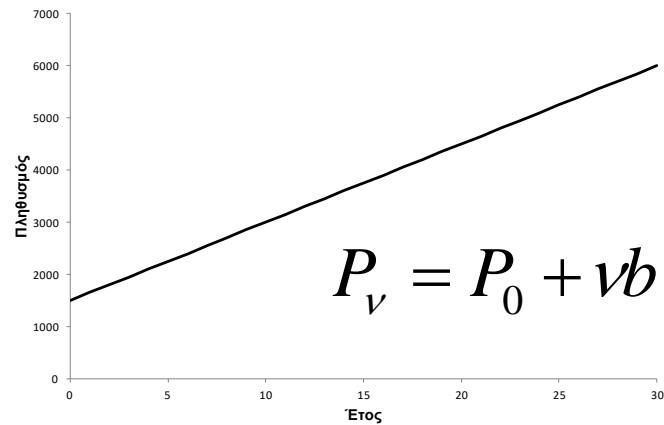
Κατανάλωση μίας περιοχής της πόλης του Dortmund κατά τη διάρκεια του τελικού αγώνα του Παγκόσμιου Κυπέλλου ποδοσφαίρου Ιταλίας-Γερμανίας (11-7-1982)

Πολλαπλασιαστές ζήτησης

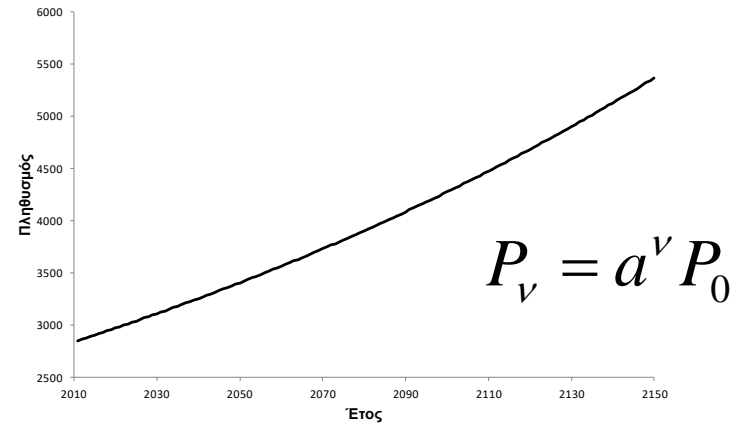


Μοντέλα αύξησης πληθυσμού

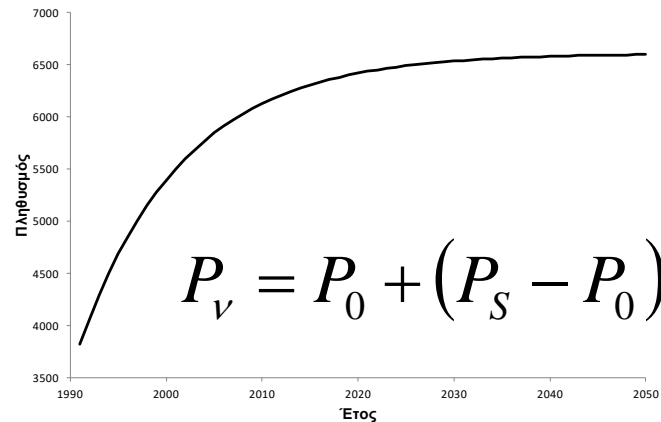
Γραμμικό



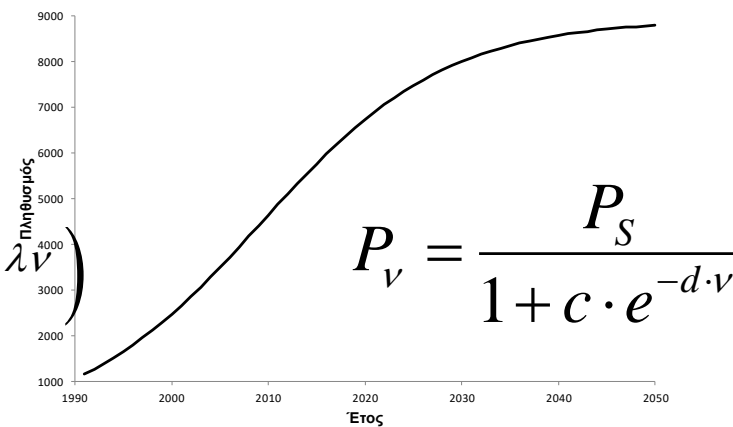
Γεωμετρικό



Φθίνοντος ρυθμού



Λογιστική καμπύλη

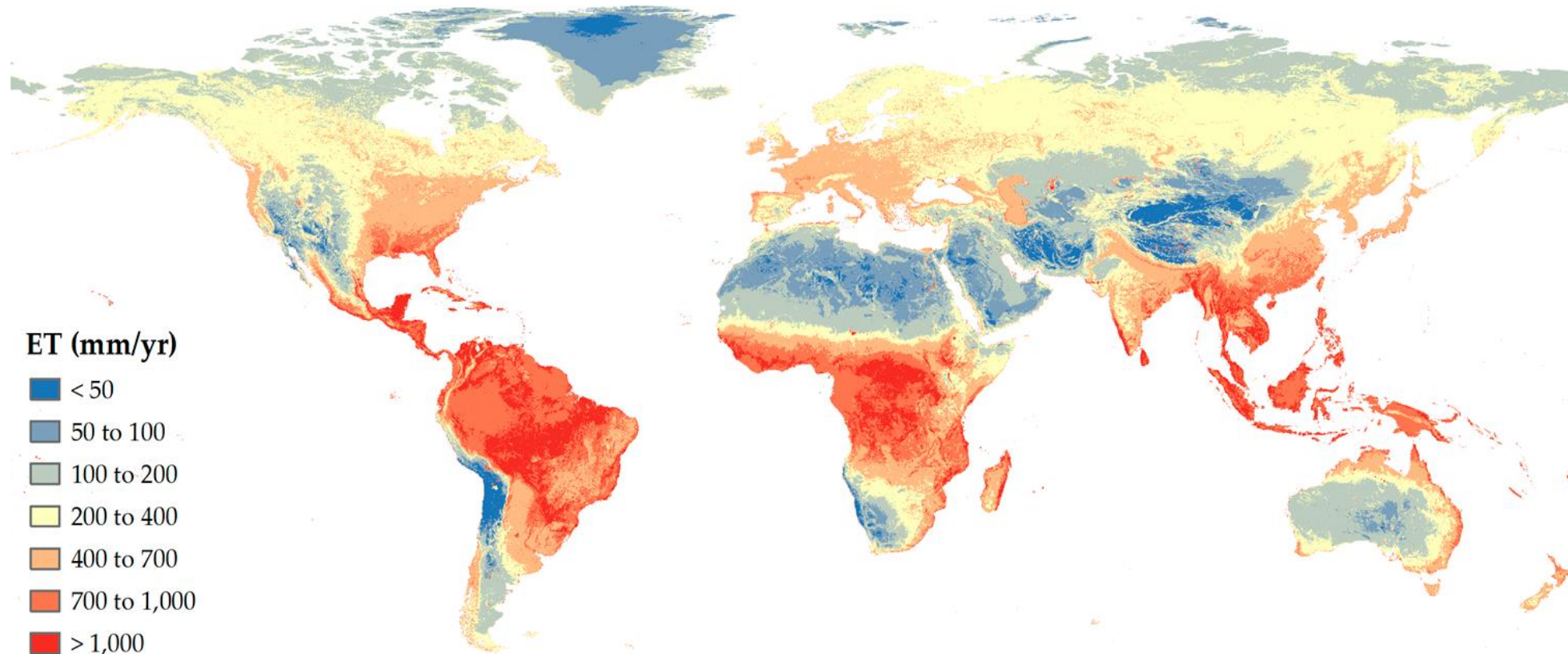


Απόληψη – Άρδευση/Κτηνοτροφία

Ορισμοί

- **Εξάτμιση**
 - Υδάτινες μάζες → υδρατμοί
- **Διαπνοή**
 - Το νερό το οποίο χρησιμοποιείται από τα φυτά για το μεταβολισμό και την ανάπτυξή τους → υδρατμοί μέσω των στομάτων του φυλλώματος
- **Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή**
 - Εξάτμιση + Διαπνοή (δύσκολο να διαχωριστούν)
- **Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή**
 - Η εξατμισοδιαπνοή αν το νερό ήταν απεριόριστα διαθέσιμο

Παγκόσμια κατανομή εξατμισοδιαπνοής



Πηγή: Raoufi, R.; Beighley, E. Estimating Daily Global Evapotranspiration Using Penman–Monteith Equation and Remotely Sensed Land Surface Temperature. *Remote Sens.* **2017**, *9*, 1138.

Ενέργεια

- **Εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία → απορρόφηση από τη γη και μετατροπή σε εσωτερική ενέργεια**
 - Ακτινοβολία που επανεκπέμπεται
 - Αισθητή θερμότητα: Επιφάνεια → Ατμόσφαιρα
 - Εξάτμιση
 - Μεταφορά θερμότητας στην επιφάνεια
- **Μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα**
 - Μεταφορά και ανακατανομή σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας
- **Εξατμισοδιπανοή → συνδεδετικός κρίκος υδατικού και ενεργειακού ισοζυγίου**

Εξατμισοδιαπνοή

- Λόγω πολυπλοκότητας και αλληλεξάρτησης η εξάτμιση και διαπνοή εκτιμώνται μαζί ως ένα ενιαίο μέγεθος → εξατμισοδιαπνοη
- Άμεσες μέθοδοι εκτίμησης
 - Μετρήσεις
- Έμμεσες μέθοδοι εκτίμησης
 - Υδατικό ισοζύγιο
 - Κλιματικά δεδομένα

Μέθοδος Thornthwaite

$$ET = 16 \left(\frac{n}{12} \right) \left(\frac{N_D}{30} \right) \left(\frac{10T}{I} \right)^{a_1}$$

- ET δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm/month)
- N πραγματικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας (h)
- N_D αριθμός ημερών του μήνα
- T μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα ($^{\circ}\text{C}$)
- I ετήσιος δείκτης θερμότητας $\Sigma(T_{\text{μήνα}}/5)^{1.514}$
- $a_1 = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.49$

Μέθοδος Blaney-Criddle

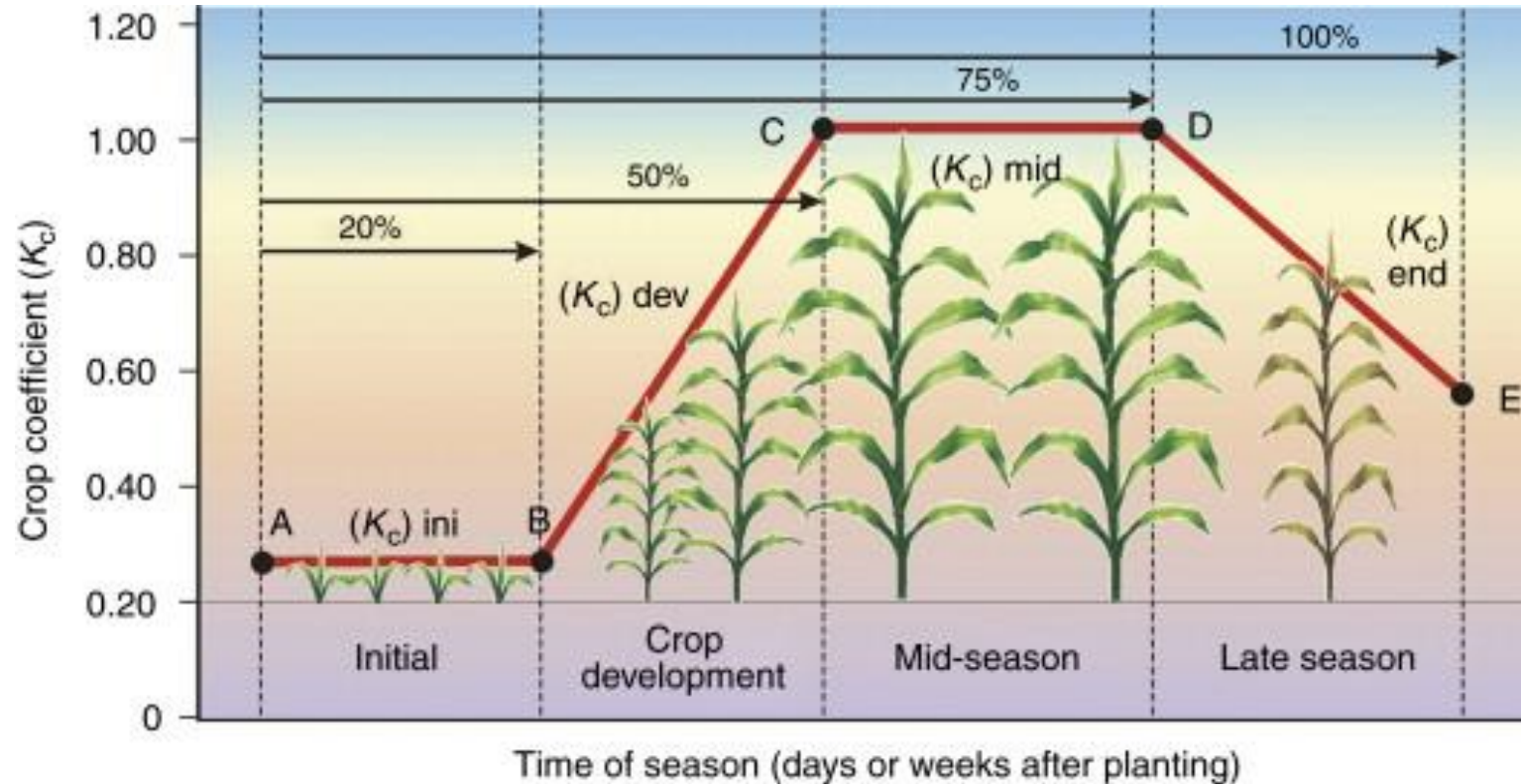
$$ET = k \left(\frac{1.8T + 32}{3.94} \right) p$$

- ET δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm/month)
- k εμπειρικός συντελεστής για κάθε καλλιέργεια
- T μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα (°C)
- p μηνιαίο ποσοστό των ωρών ημέρας ως προς τις συνολικές ετήσιες ώρες ημέρας

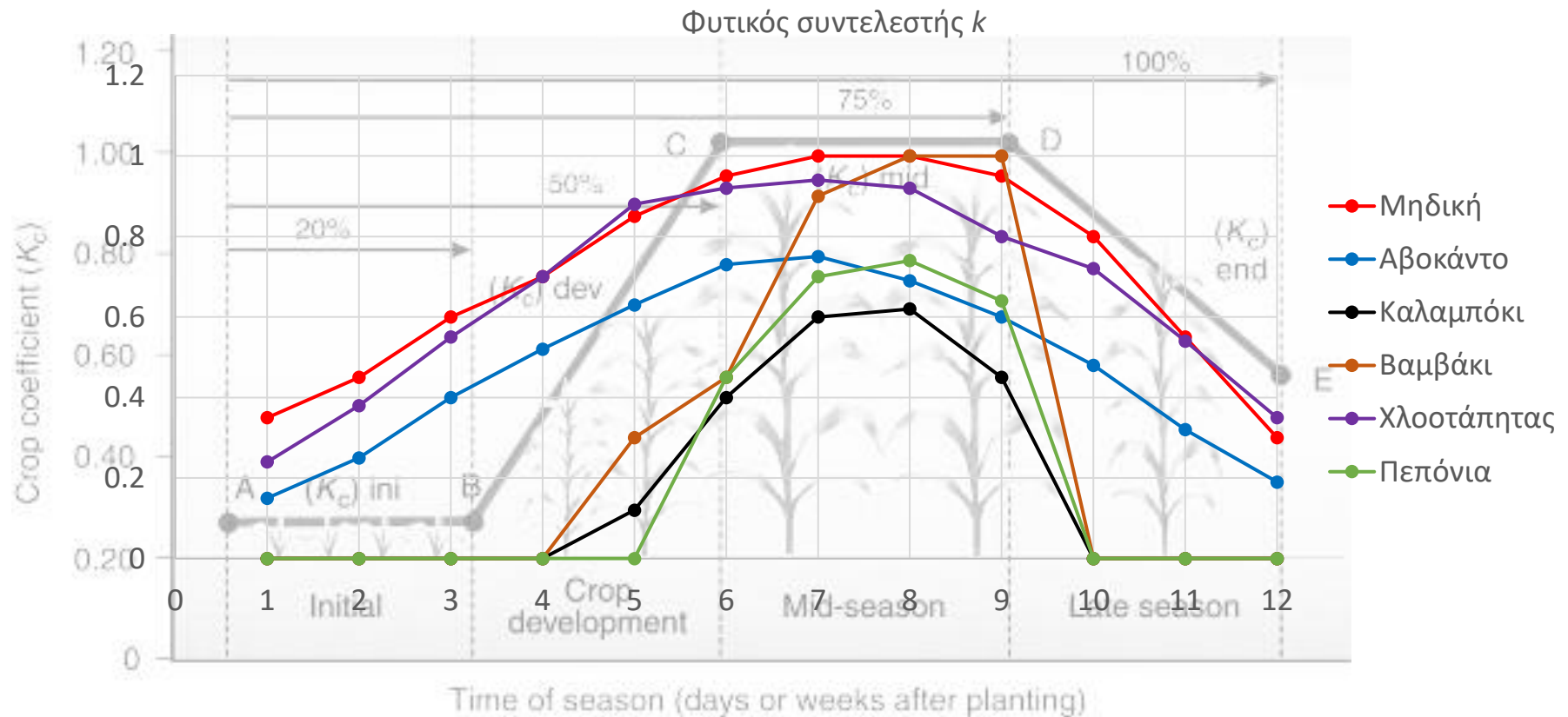
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ k

Καλλιέργεια	Διάρκεια βλαστικής περιόδου (month)	k
Μηδική	Μεταξύ παγετών	0.80-0.85
Αραβόσιτος	4	0.75-0.85
Βαμβάκι	7	0.60-0.70
Σιτηρά	3	0.75-0.85
Εσπεριδοειδή	12	0.45-0.55
Φυλλοβόλα Οπωροφόρα	Μεταξύ παγετών	0.60-0.70
Φυτικό λιβάδι	Μεταξύ παγετών	0.75-0.85
Πατάτα	3-5	0.65-0.75
Ρύζι	3-5	1.00-1.10
Ζαχαρότευτλα	6	0.65-0.75
Ντομάτα	4	0.65-0.70
Λαχανικά	2-4	0.60-0.70

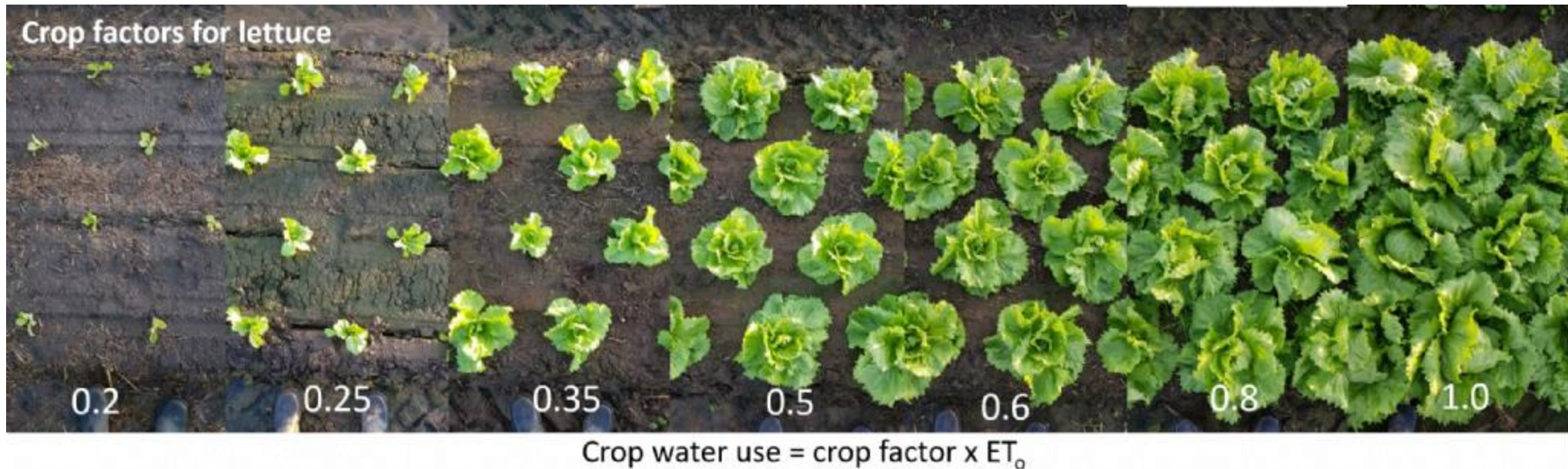
Συντελεστής k



Συντελεστής k



Συντελεστής k



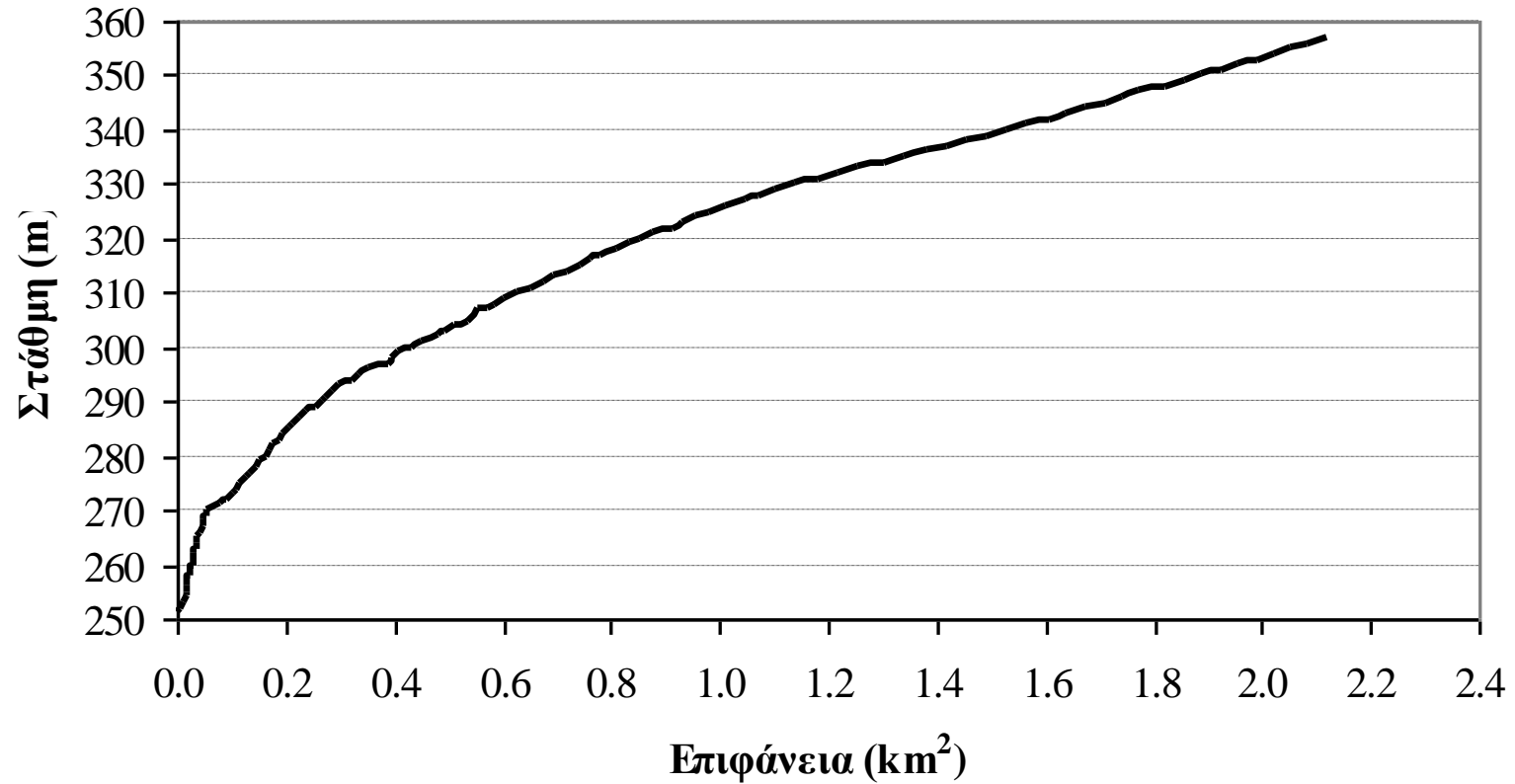
Κτηνοτροφία

Είδος Επιχείρησης	Μονάδα	Απαιτούμενη ποσότητα νερού
Μεγάλο ζώο	L/(ζώο·ημέρα)	50
Μεγάλο ζώο με ξέπλυμα κοπριάς χωρίς διάστρωση αχύρων	L/(ζώο·ημέρα)	60
Μεγάλο ζώο με ξέπλυμα κοπριάς με διάστρωση αχύρων	L/(ζώο·ημέρα)	70
Μικρό ζώο	L/(ζώο·ημέρα)	1/5 της ποσότητας του μεγάλου ζώου
Σταθμός συγκέντρωσης γάλατος	L/L	1.5
Επαγγελματικοί κήποι οπωρολαχανικών	L/m ²	0.8

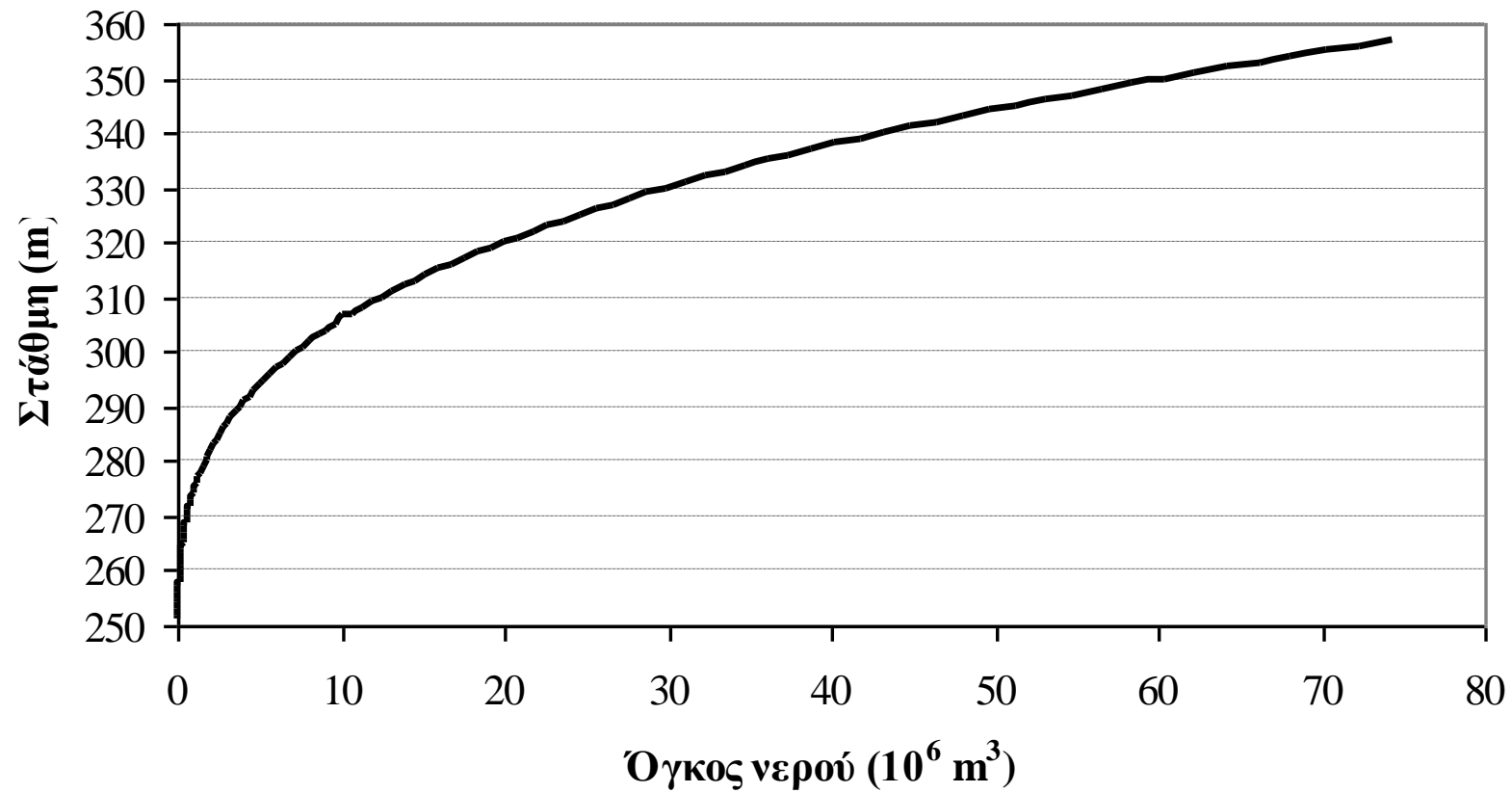
Καμπύλες

- **Σχέση στάθμης-επιφάνειας**
 - Κατακρήμνιση
 - Εξατμισοδιαπνοή
- **Σχέση στάθμης-όγκου**
 - Υπερχείλιση
 - Απόληψη
 - Υπόγεια ροή

Στάθμη - Επιφάνεια



Στάθμη - Όγκος

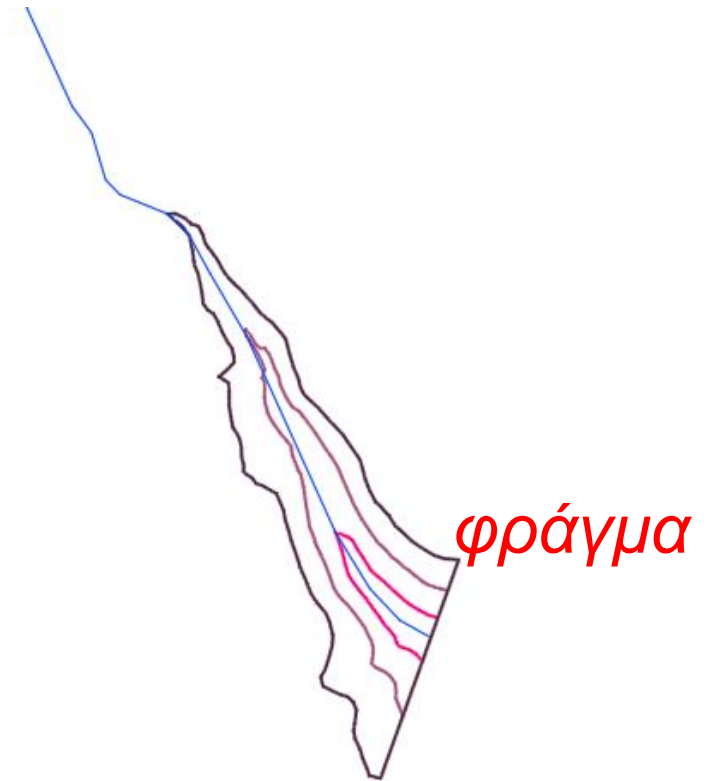
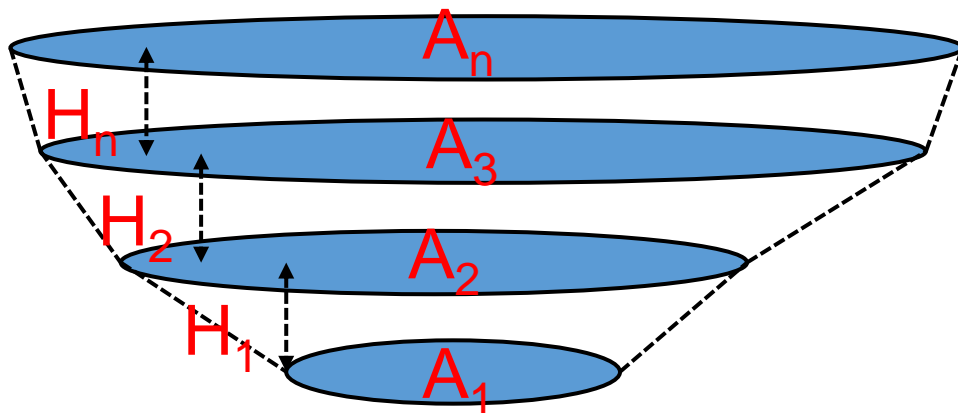


Αριθμητική ολοκλήρωση

- **Δεδομένα**

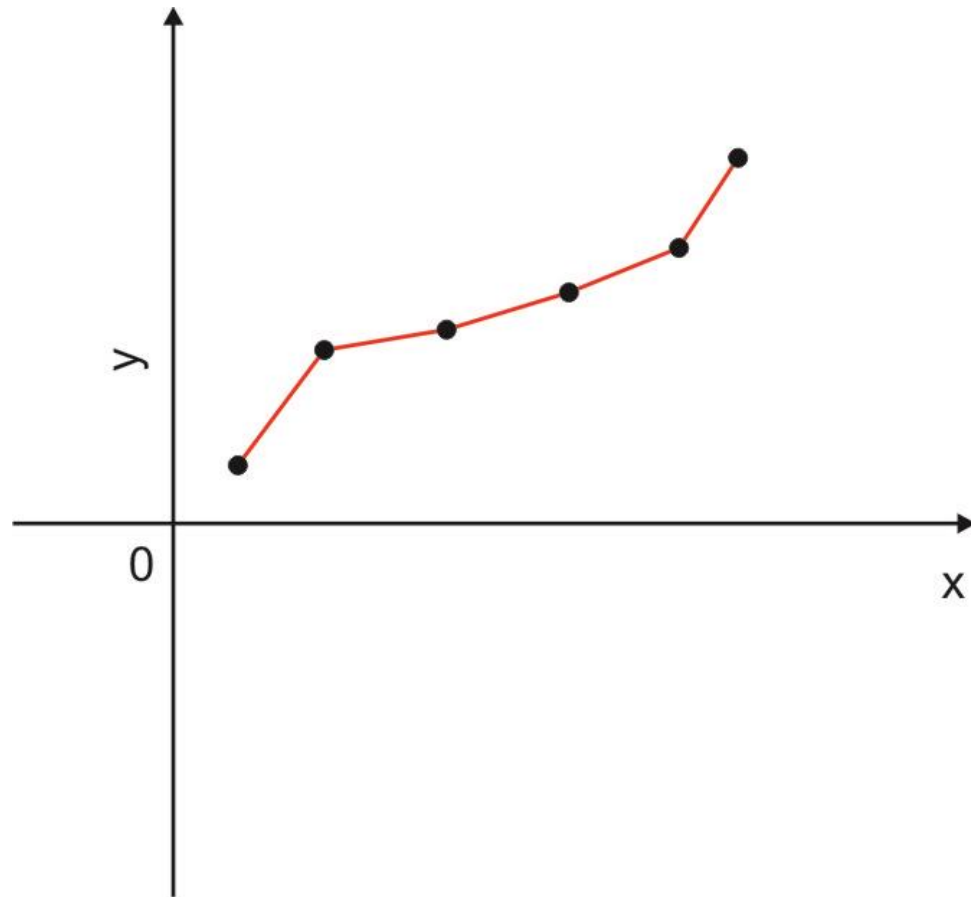
- Στάθμες
- Εμβαδά επιφάνειας

$$V = \left[\frac{A(H_i) + A(H_{i+1})}{2} \right] (H_{i+1} - H_i)$$

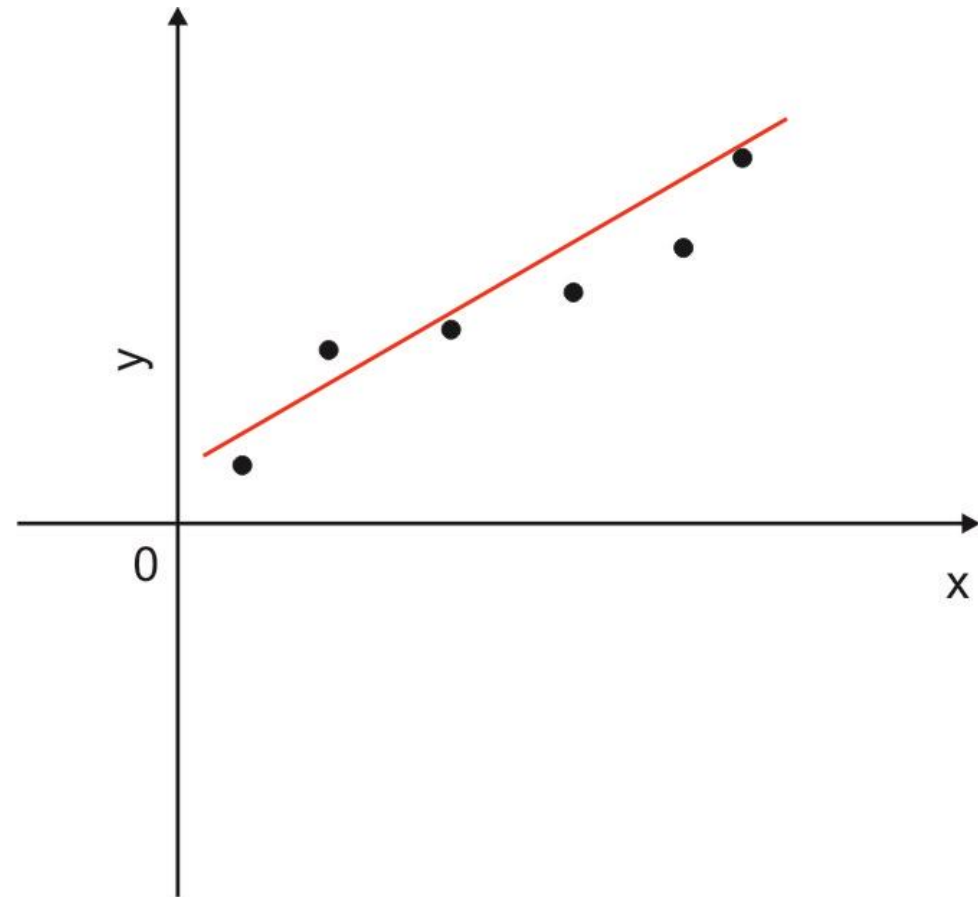


Πως κινούμαι;

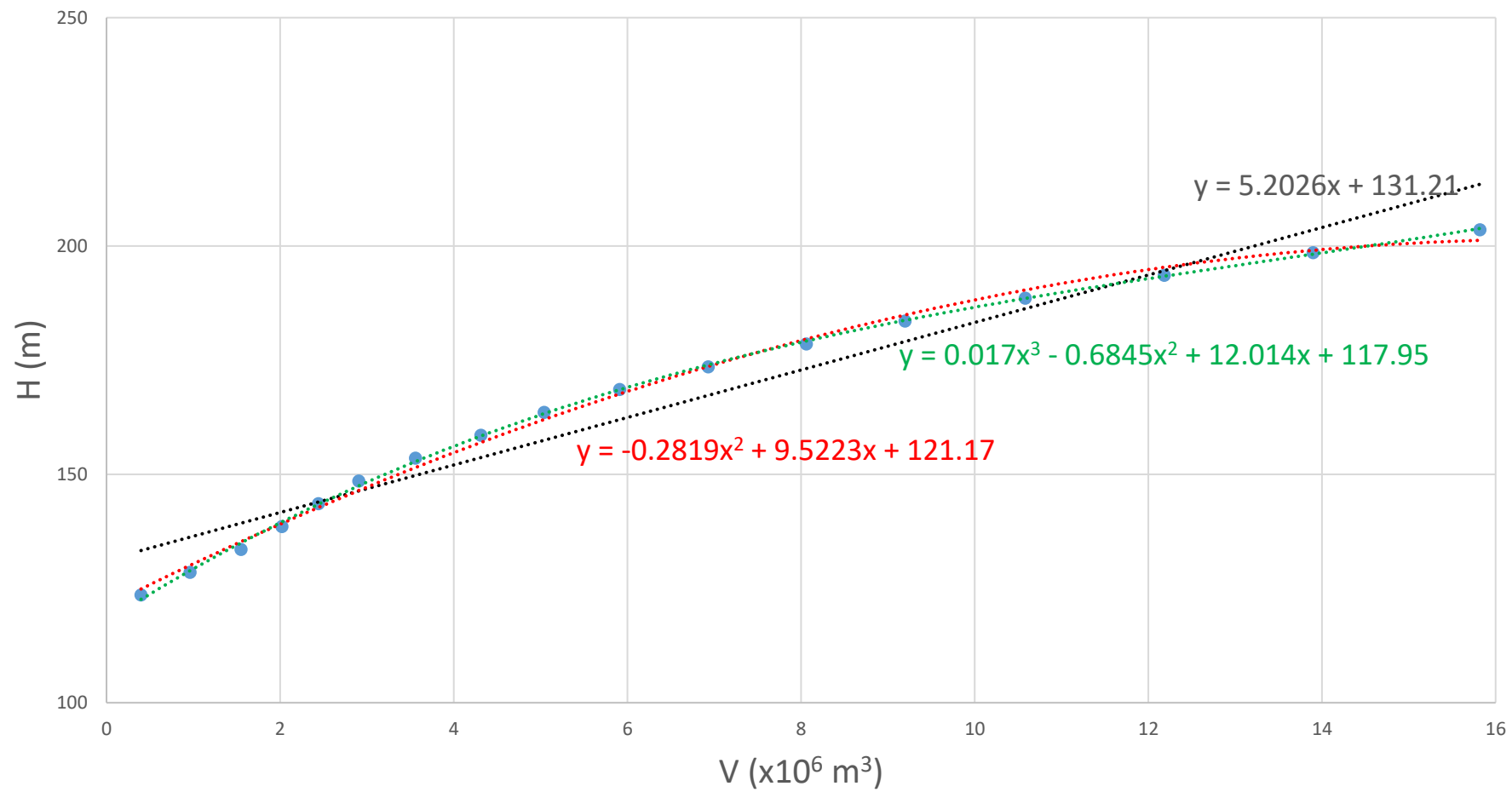
Παρεμβολή



Παλινδρόμηση



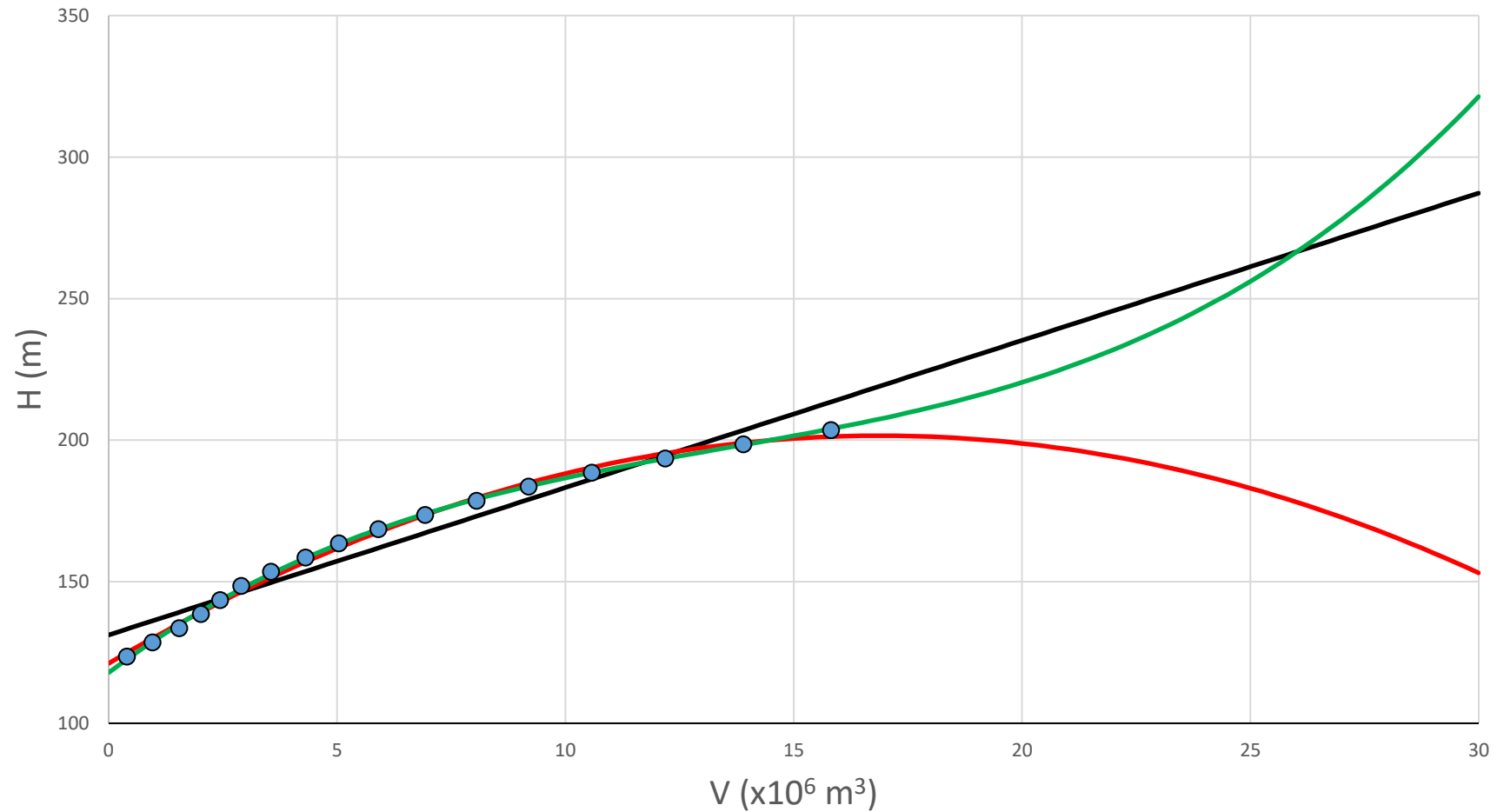
Παλινδρόμηση



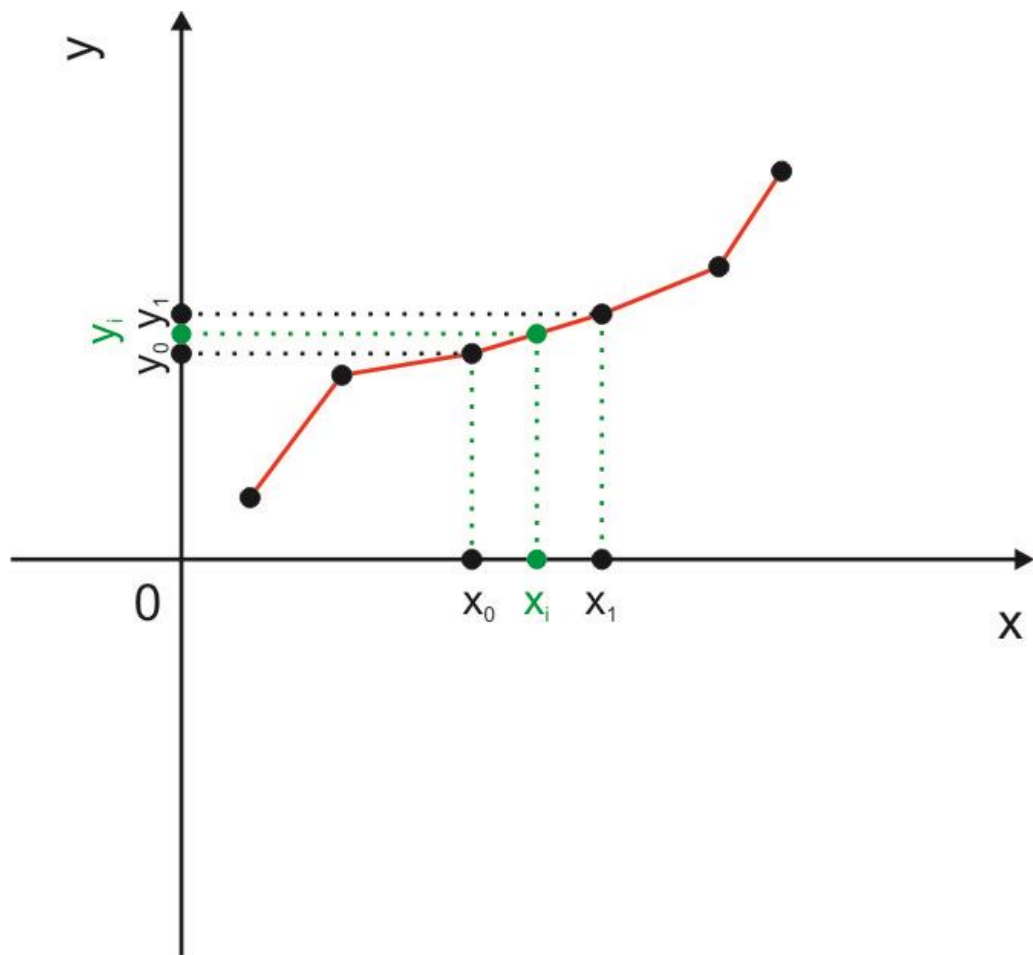
Τι γίνεται στα όρια;

- **Για μηδενικό όγκο και κρατώντας 2 δεκαδικά**
 - Γραμμική παλινδρόμηση → στάθμη 131.21 m
 - Πολυώνυμο β' βαθμού → στάθμη 121.17
 - Πολυώνυμο γ' βαθμού → στάθμη 117.95
- **Μήπως να πάρουμε το πολυώνυμο με το μεγαλύτερο βαθμό;**

Το πρόβλημα της υπερπροσαρμογής



Γραμμική παρεμβολή



$$\frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$



$$y_i = y_0 + (x_i - x_0) \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

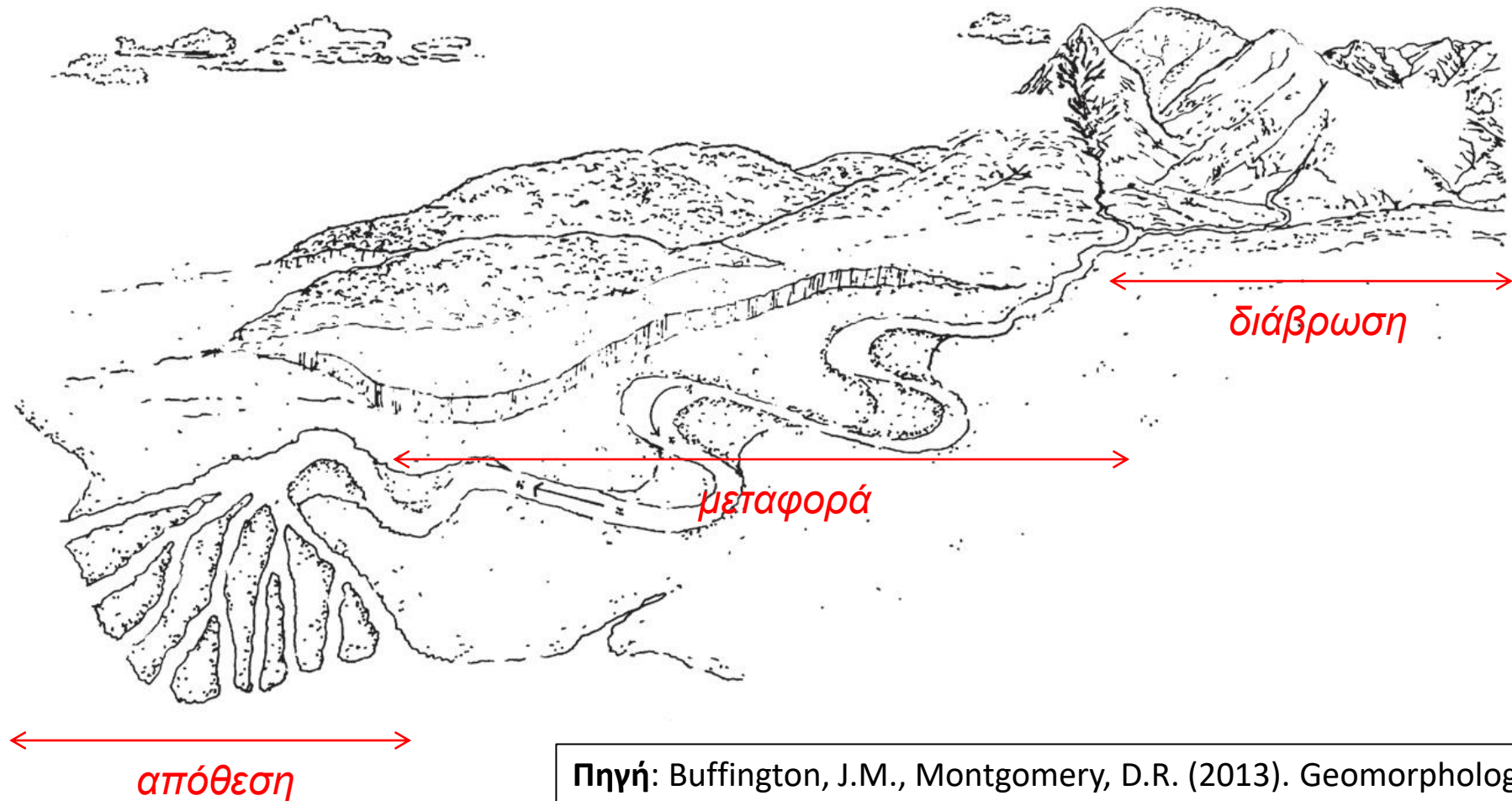
Λογισμικό QGIS

- **Εισαγωγή DTM**
- **Εύρεση υδρογραφικού δικτύου**
 - r.stream.extract
 - Input → DTM
 - δοκιμές με την παράμετρο minimum flow accumulation
- **Λεκάνη απορροής με έξοδο τη θέση του φράγματος**
 - r.water.outlet
 - Input → Raster Flow Direction
- **Μετατροπή από ψηφίδα (raster) σε διάνυσμα (vector)**
- **Υψομετρικές καμπύλες**
 - Hypsometric curves
 - Input → DTM
 - Boundary → διάνυσμα λεκάνης

Νεκρός όγκος

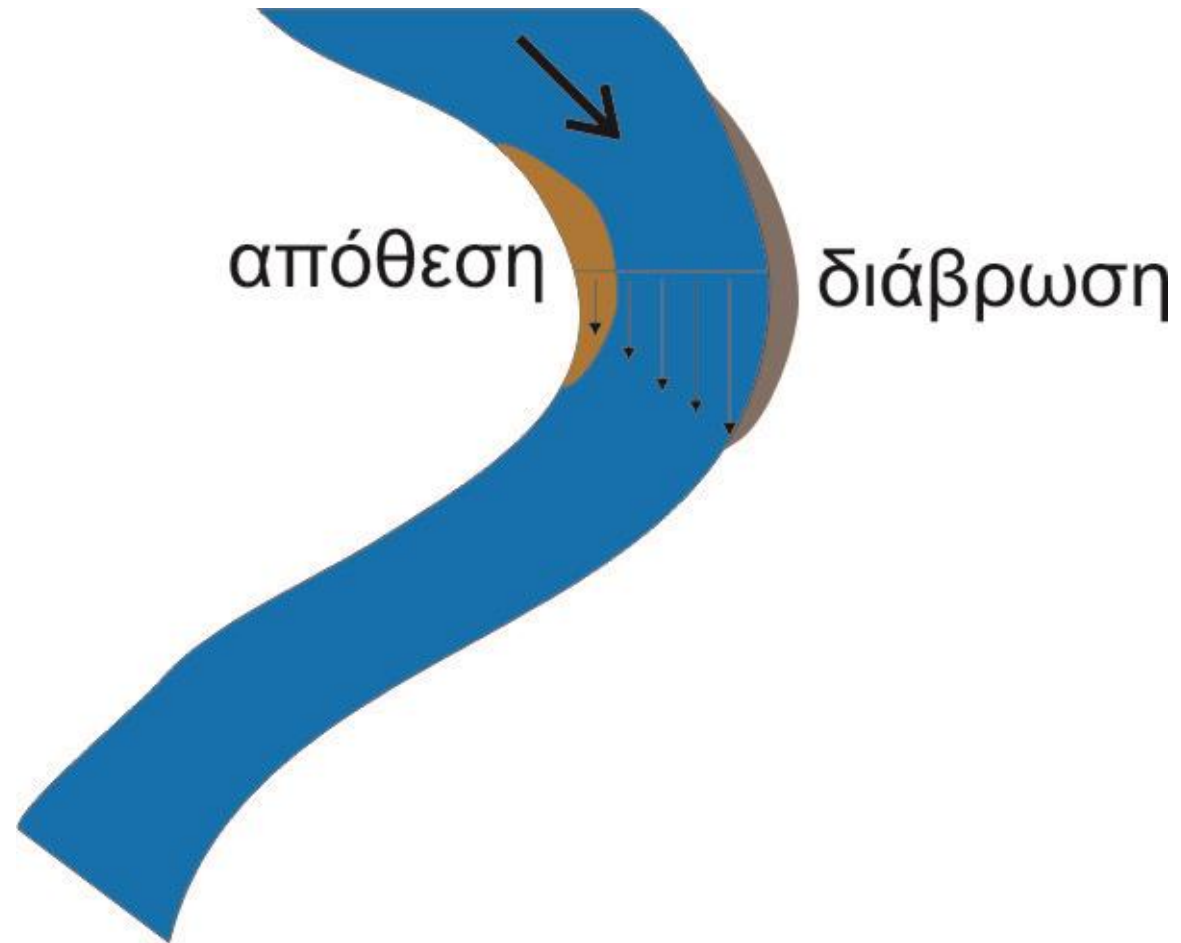
- **Είναι ο όγκος που εναποτίθεται στον πυθμένα του ταμιευτήρα λόγω διάβρωσης**
 - Απόσπαση
 - Μεταφορά
- **Στερεό φορτίο**
 - Απόπλυση
 - Φορτίο κοίτης σε αιώρηση
 - Φορτίο κοίτης σε σύρση

Μορφολογία ποταμών



Πηγή: Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

Σε όλες τις κλίμακες!



Στερεοπορροή

- Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας → f(διαβρωτικότητας βροχής, διαβρωσιμότητας εδάφους, αναγλύφου, φυτοκάλυψης, ελέγχου διάβρωσης)

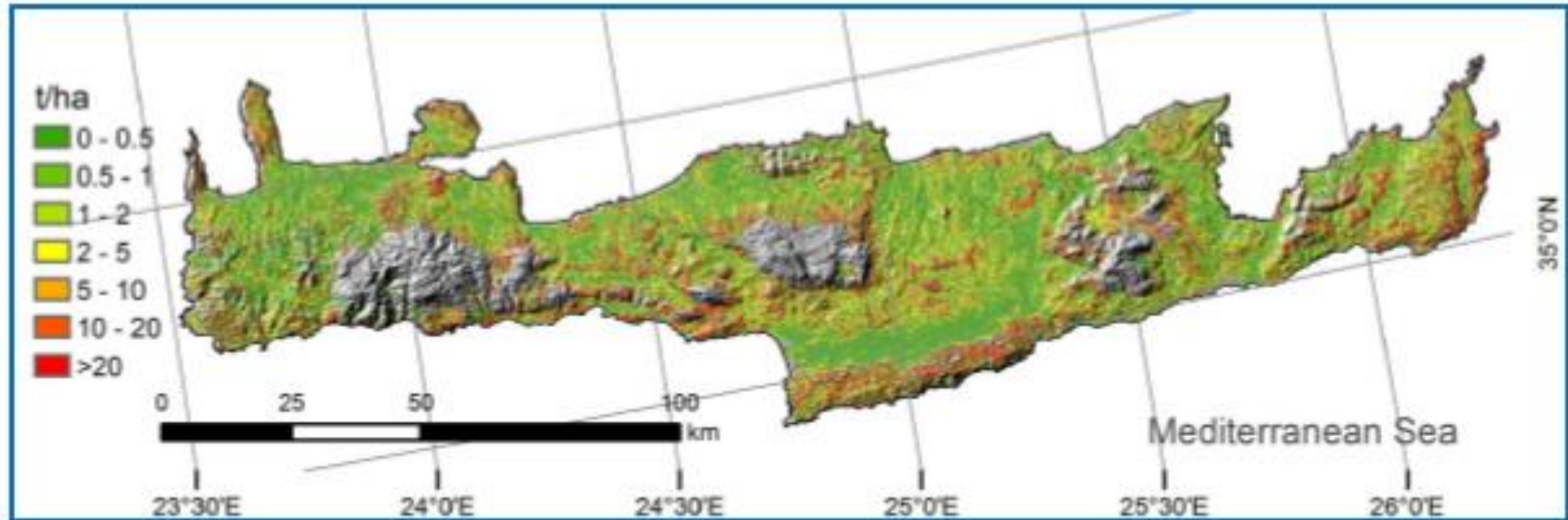
$$SL(t/ha/year) = 2.242 \cdot R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

- Κουτσογιάννης και Ταρλά, 1987 → f(διαβρωσιμότητας, κατακρήμνισης)

$$SL(t/km^2/year) = 15\gamma e^{3P}$$

- Χάρτες διάβρωσης

Χάρτες διάβρωσης



Συντελεστής γ

- Γεωλογικός συντελεστής

$$\gamma = \kappa_1 \rho_1 + \kappa_2 \rho_2 + \kappa_3 \rho_3$$

- Συντελεστές διαβρωσιμότητας κ

- Υψηλή (αλλούβια, φλύσχης) $\kappa_1=1.0$
- Μέτρια (Μάργες, ψαμμίτες, σχιστόλιθοι) $\kappa_2=0.5$
- Χαμηλή (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μεταμορφωμένα, εκρηξιγενή) $\kappa_3=0.1$

Λειτουργία ταμιευτήρα

- **Κατηγορίες ταμιευτήρα με βάση τη λειτουργία**
 - I Αποθέσεις σχεδόν πάντα βυθισμένες
 - II Σημαντικές πτώσεις στάθμης
 - III Άδειοι ταμιευτήρες
 - IV Ταμιευτήρες που δέχονται φορτίο κοίτης

Στερεοπορροή → Όγκος

- Αρχική πυκνότητα αποθέσεων (άργιλος, ιλύς, άμμος)

$$W_0 = W_C p_C + W_M p_M + W_S p_S$$

W_C	πυκνότητα αργίλου
p_C	ποσοστό αργίλου
W_M	πυκνότητα ιλύος
p_M	ποσοστό ιλύος
W_S	πυκνότητα άμμου
p_S	ποσοστό άμμου

- Τελική πυκνότητα μετά από T έτη

$$W_T = W_0 + 0.4343K \frac{T}{T-1} (\ln T) - 1$$

Πυκνότητες

- **I Αποθέσεις σχεδόν πάντα βυθισμένες**
 - $W_C=416 \text{ kg/m}^3$
 - $W_M=1200 \text{ kg/m}^3$
 - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$
- **II Σημαντικές πτώσεις στάθμης**
 - $W_C=561 \text{ kg/m}^3$
 - $W_M=1400 \text{ kg/m}^3$
 - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$
- **III Άδειοι ταμιευτήρες**
 - $W_C=641 \text{ kg/m}^3$
 - $W_M=1500 \text{ kg/m}^3$
 - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$
- **IV Ταμιευτήρες που δέχονται φορτίο κοίτης**
 - $W_C=961 \text{ kg/m}^3$
 - $W_M=1700 \text{ kg/m}^3$
 - $W_S=1500 \text{ kg/m}^3$

Παράγοντας K

- **I Αποθέσεις σχεδόν πάντα βυθισμένες**

- $K_C=256 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=91 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

- **II Σημαντικές πτώσεις στάθμης**

- $K_C=135 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=29 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

$$K = K_C\rho_C + K_M\rho_M + K_S\rho_S$$

- **III Άδειοι ταμιευτήρες**

- $K_C=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

- **IV Ταμιευτήρες που δέχονται φορτίο κοίτης**

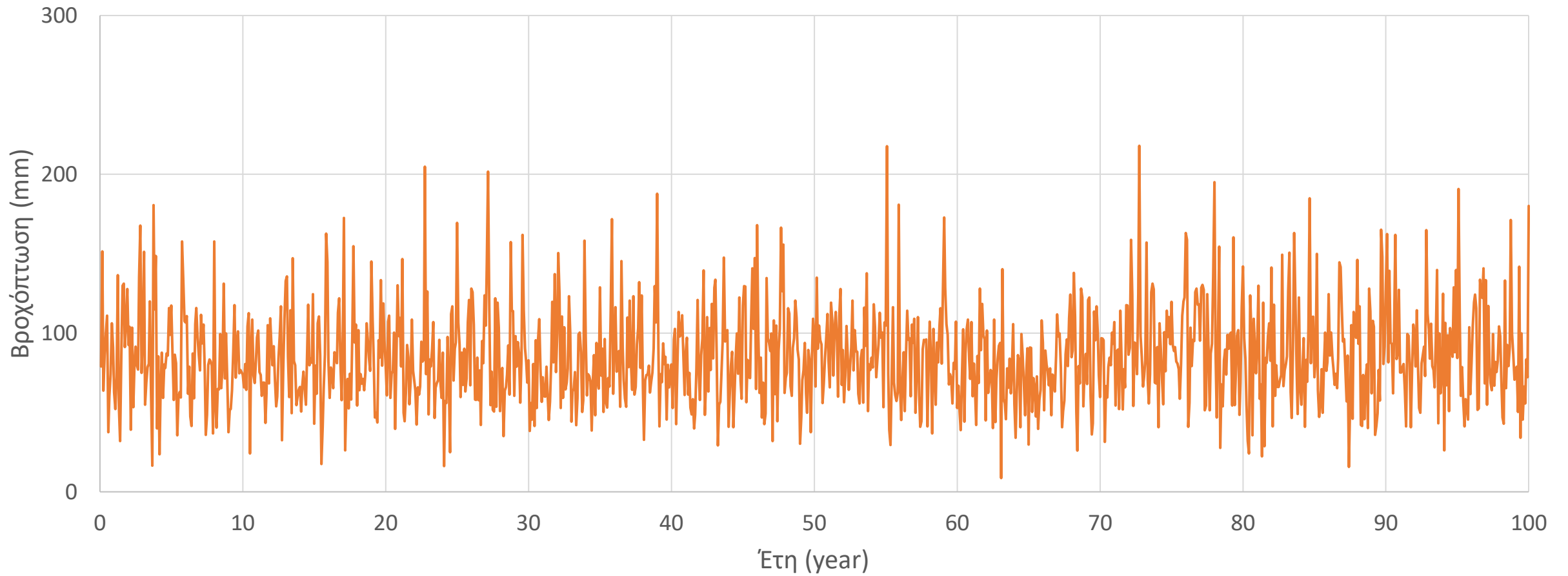
- $K_C=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_M=0 \text{ kg/m}^3$
- $K_S=0 \text{ kg/m}^3$

Φτάνουν οι μετρήσεις μας;

- Οι χρονοσειρές είναι περιορισμένες → 30-50 έτη στην καλύτερη περίπτωση
- Απαιτούνται πολλά χρόνια (π.χ. πώς υπολογίζεται η ετήσια πιθανότητα αστοχίας 1% με χρονοσειρά κάτω των 100 ετών;)
- Παραγωγή χρονοσειρών με στοχαστικές διεργασίες

Χρονοσειρά

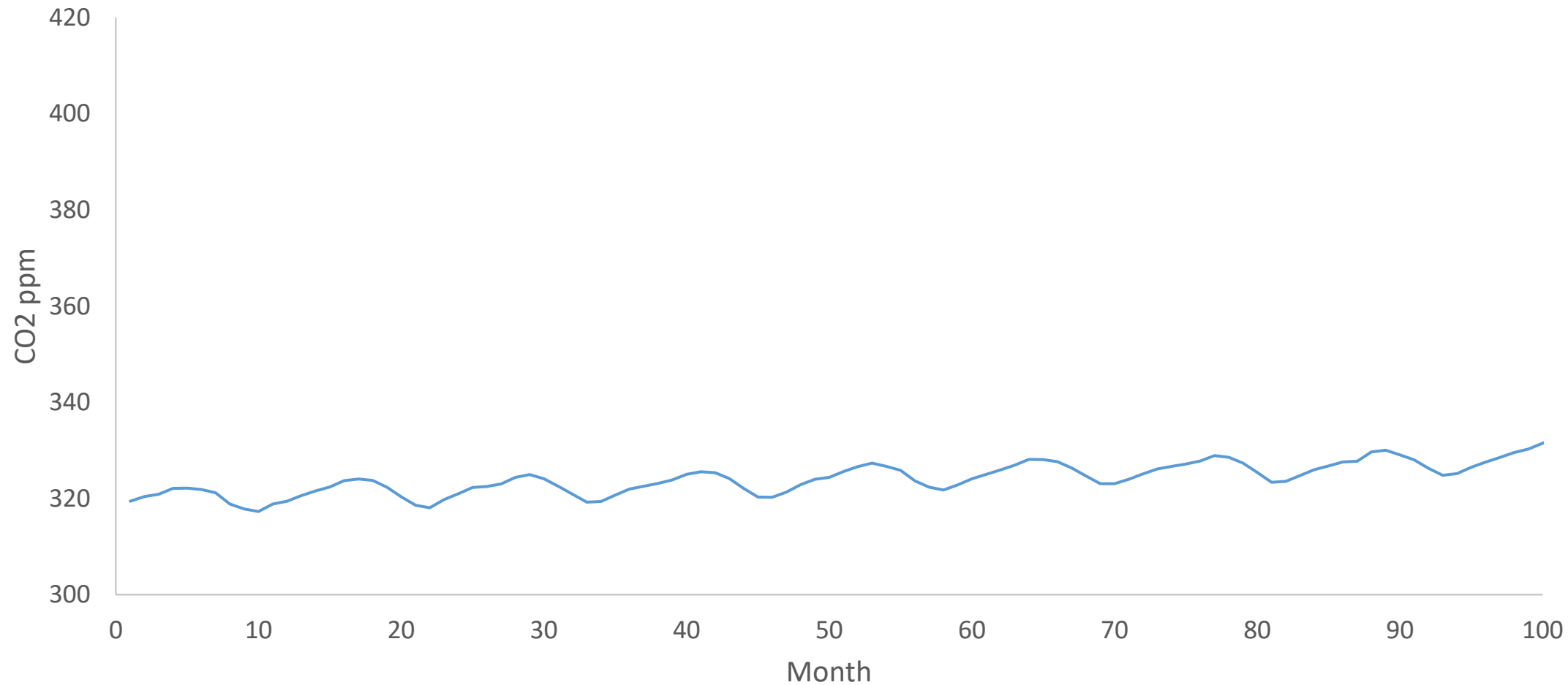
μηνιαία ύψη βροχής



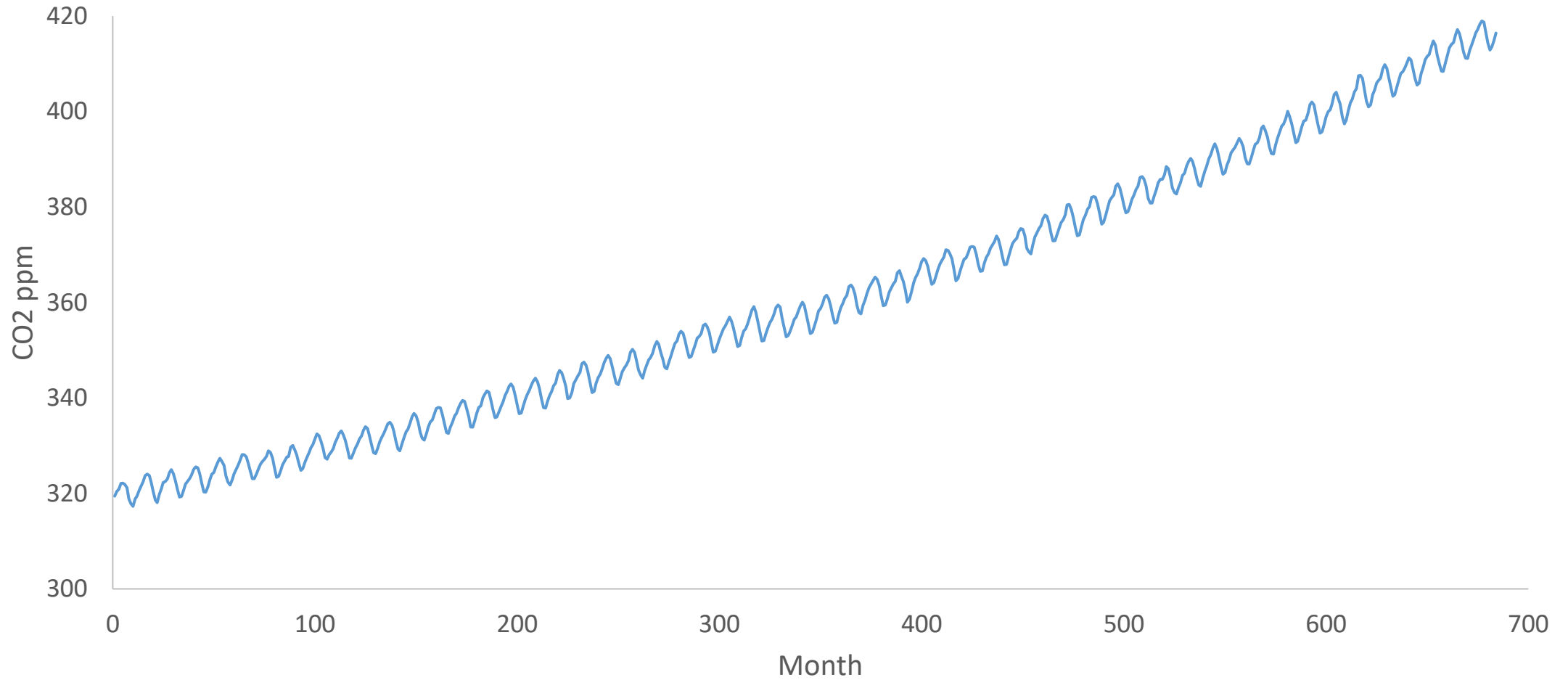
ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΕΣ

- Ακραίο γεγονός
- Περιοδικότητα
- Γραμμική τάση
- Εμμονή

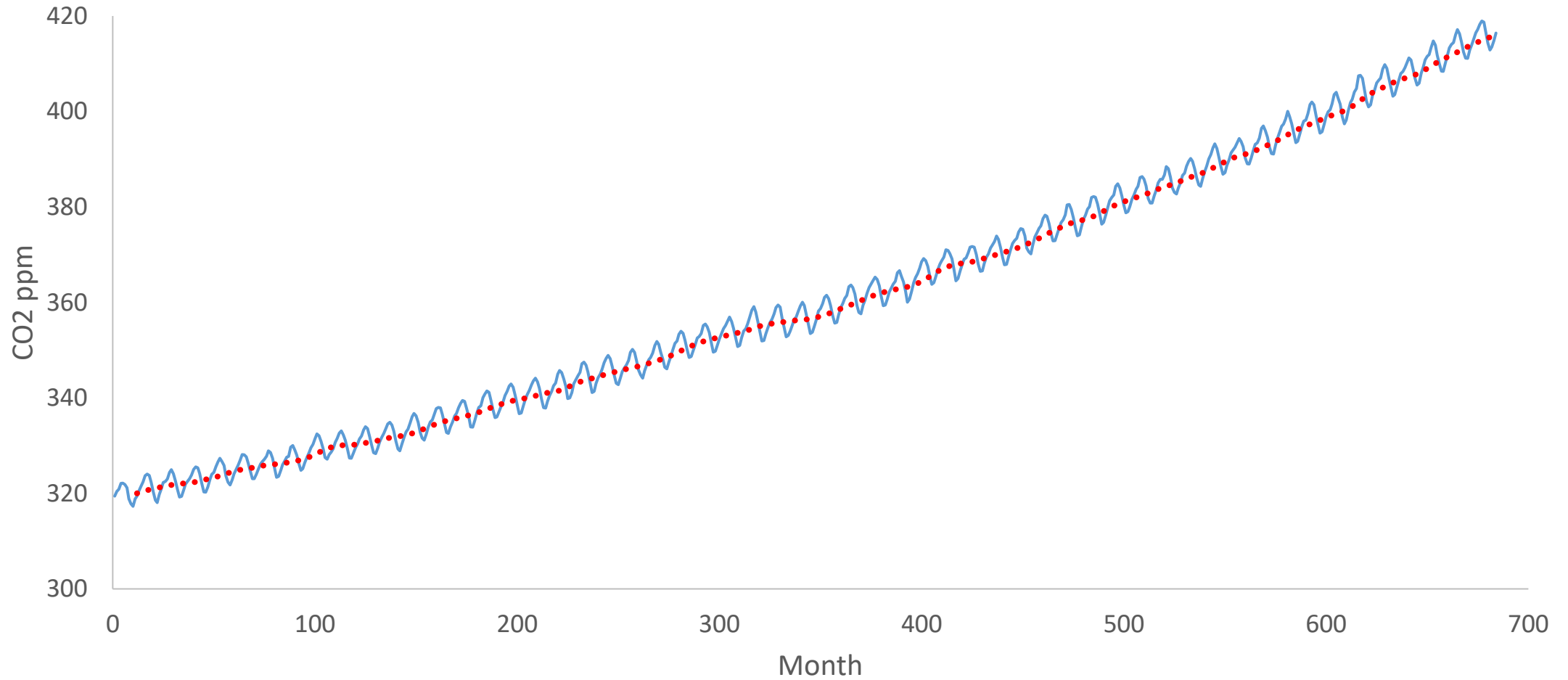
Περιοδικότητα



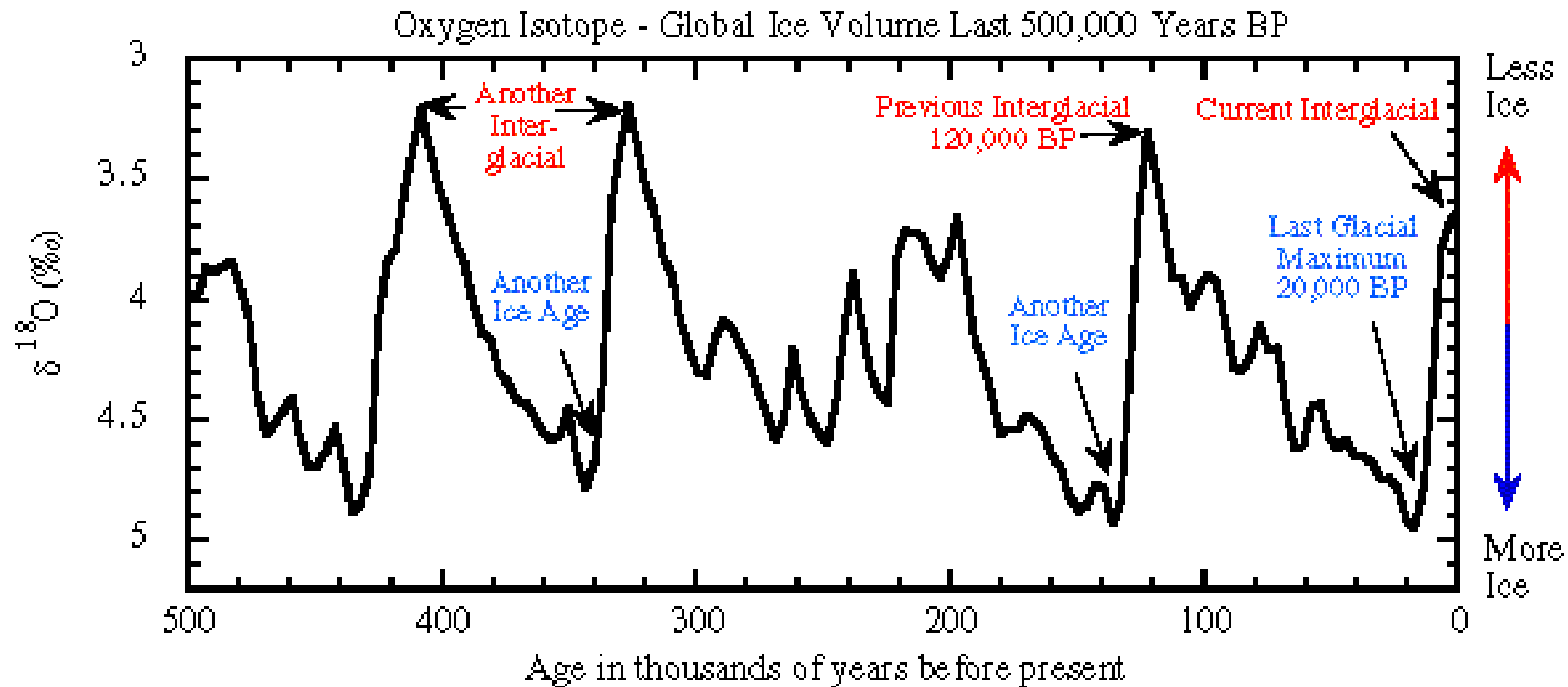
Περιοδικότητα



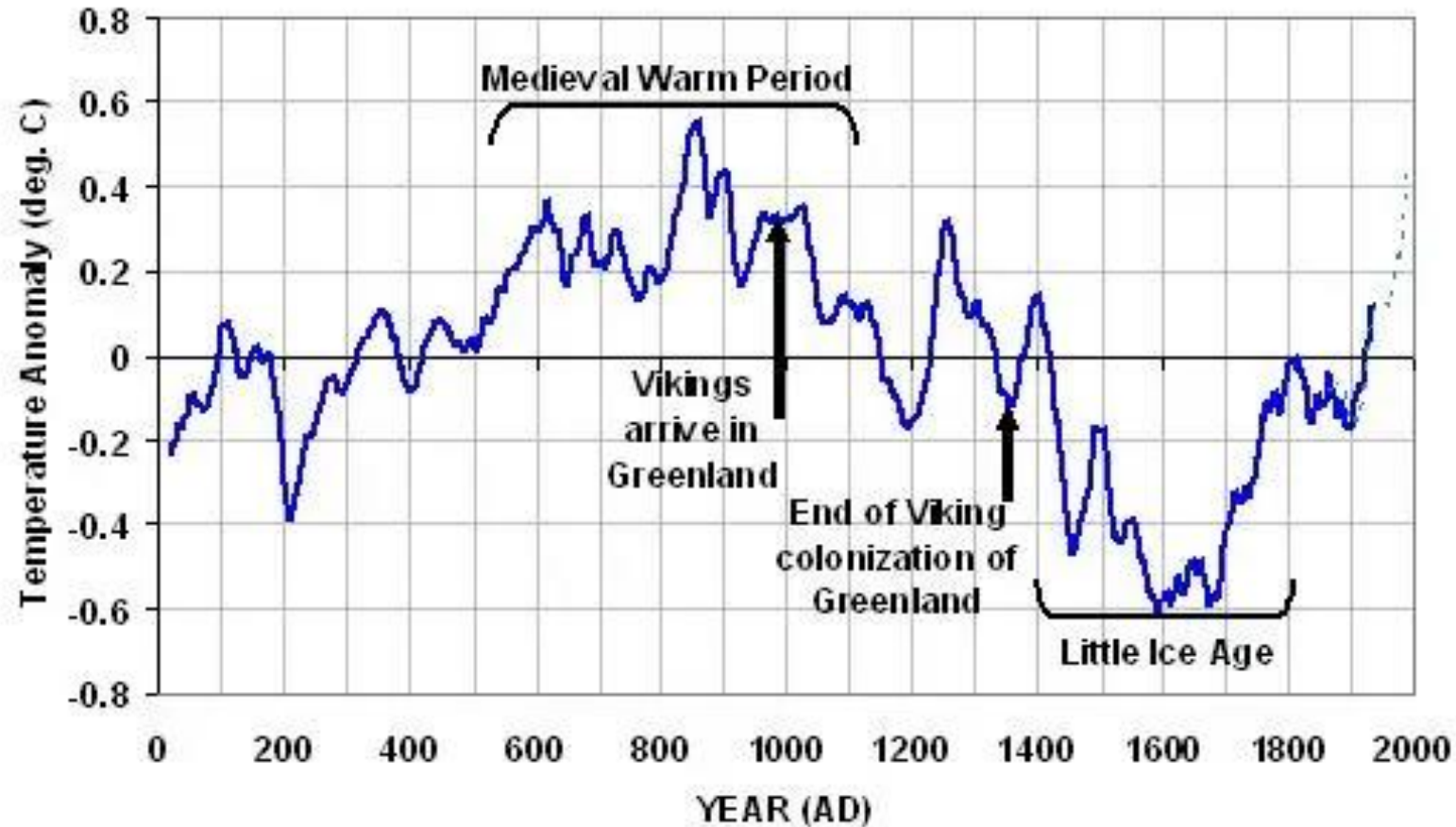
Γραμμική τάση



Ακραίο γεγονός



Εμμονή



Κατασκευή χρονοσειρών

- Στοχαστικά μοντέλα
- Ο στόχος είναι η παραγωγή χρονοσειράς μεγάλου μήκους η οποία είναι ισοδύναμη στατιστικά με τη μητρική
- **ΠΡΟΣΟΧΗ** → δεν είναι πρόβλεψη για το μέλλον!!!

Στοχαστικά μοντέλα

- **Στάσιμες σειρές**
 - Μοντέλο αυτοσυσχέτισης *AR*
 - Μοντέλο κυλιόμενων ΜΟ *MA*
 - Σύνθετα μοντέλα *ARMA*
- **Μη στάσιμες σειρές**
 - Μοντέλα *ARIMA*
 - *FFGN* (διατήρηση εμμονής)

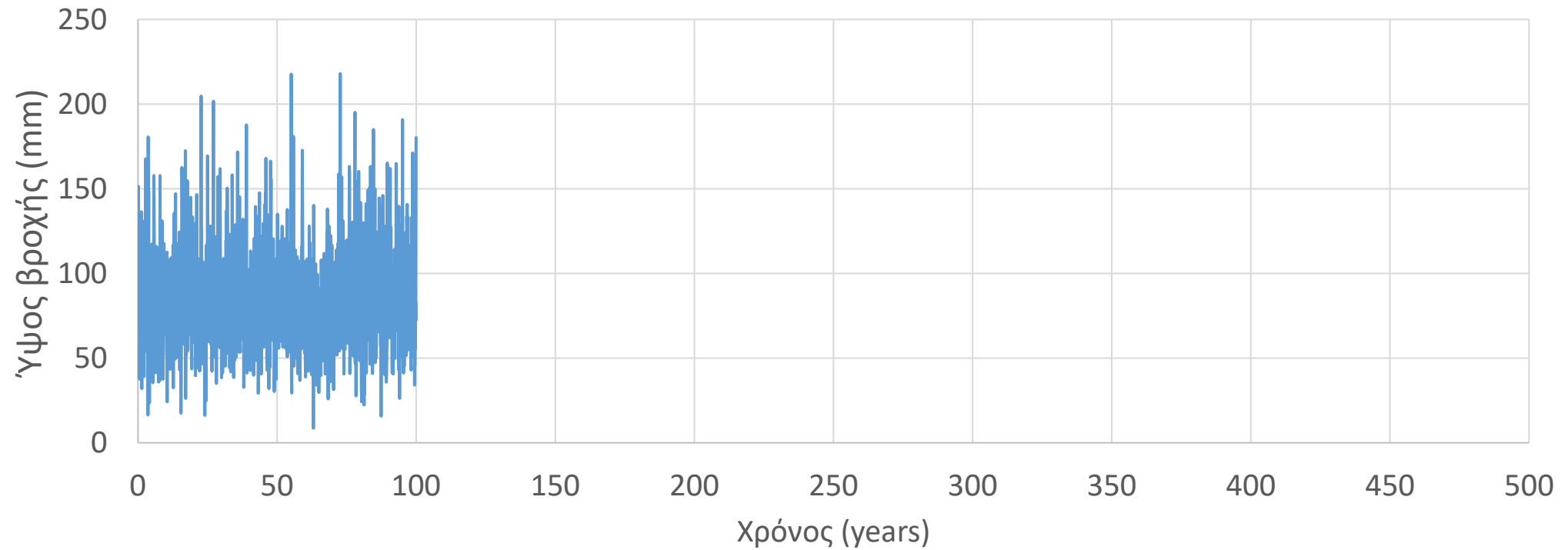
Μοντέλο Fiering

μοντέλο αυτοσυσχέτισης

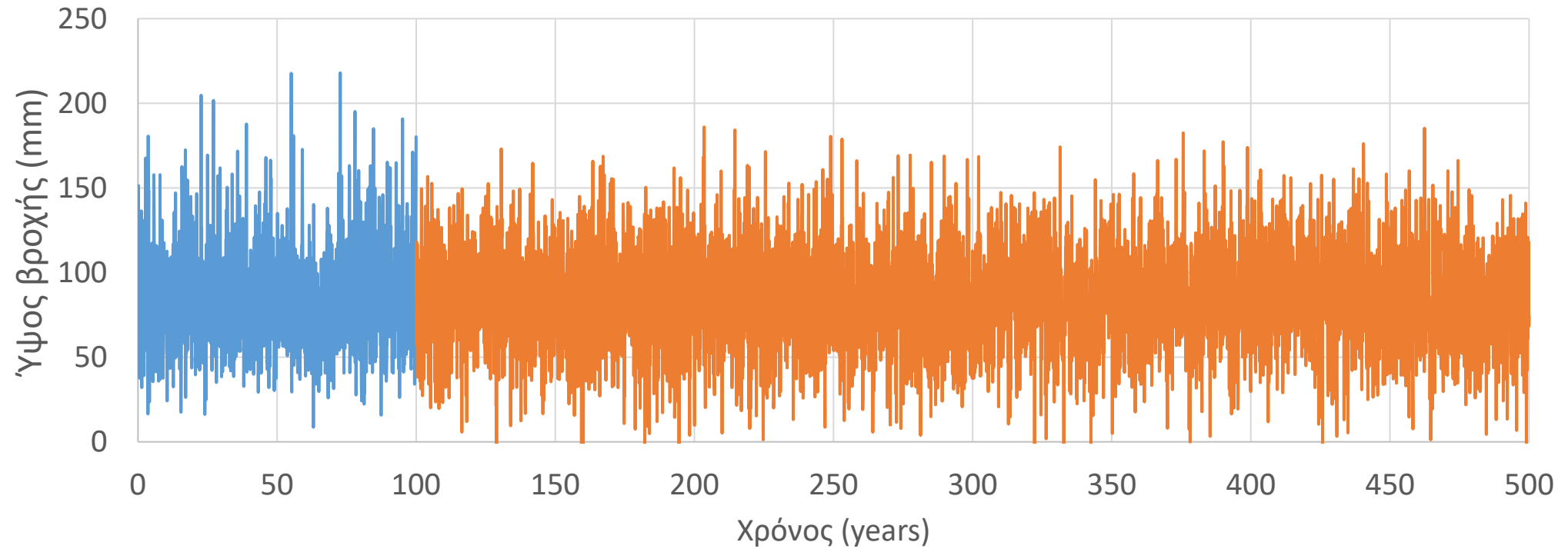
$$q_i = \mu + \rho_1(q_{i-1} - \mu) + t_i\sigma\sqrt{1 - \rho_1^2}$$

q	η εκάστοτε μεταβλητή
μ	μέσος όρος
σ	τυπική απόκλιση
ρ_1	συντελεστής αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης
t_i	τυχαίος αριθμός με κανονική τιμή ($\mu=0, \sigma=1$)

Χρονοσειρά βροχής



Χρονοσειρά βροχής



Θέμα εξαμήνου 1

Ενότητα 1

- Να τοποθετηθεί φράγμα ανάντη της Ξάνθης στον ποταμό Κόσυνθο σε κατάλληλη θέση που επιλέγετε εσείς χρησιμοποιώντας το DTM από FABDEM (κατεβάστε από [εδώ](#)).
- Έχοντας ως δεδομένο την ιστορική χρονοσειρά των εισροών (κατεβάστε την από [εδώ](#)) και θεωρώντας ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όλο αυτό το υδατικό δυναμικό σε ύδρευση και άρδευση (η ύδρευση να είναι το 1/6 του συνολικού όγκου απόληψης) να βρεθεί ο ωφέλιμος όγκος με τη μέθοδο Sequent Peak.
- Να βρεθεί ποια είναι η Ανώτατη Στάθμη Λειτουργίας συνυπολογίζοντας και το νεκρό όγκο για 100 χρόνια με τη μέθοδο Κουτσογιάννη και Τάρλα ($p_C=0.2$, $p_M=0.3$, $p_S=0.5$, $p_1=0.1$, $p_2=0.2$, $p_3=0.7$)
- Να βρεθεί πόσους κατοίκους και πόσα στρέμματα μπορεί να εξυπηρετήσει το καινούριο φράγμα όσον αφορά την ύδρευση και την άρδευση (να θεωρηθεί ότι αντιστοιχούν 200 L/κάτοικο/ημέρα και 350 m³/στρέμμα/έτος νερό).

Ποσοστά άρδευσης ανά μήνα

Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
7%	8%	8%	7%	6%	8%	6%	9%	10%	11%	10%	10%