



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

Εξατμισοδιαπνοή

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

Εισαγωγή

ΑΠΩΛΕΙΕΣ

- **Εξάτμιση**
- **Διαπνοή**
- **Απώλειες στο έδαφος**
 - Παρεμπόδιση
 - Κατακράτηση
 - Διήθηση

ΑΠΩΛΕΙΕΣ

- **Εξάτμιση**
- **Διαπνοή**
- **Απώλειες στο έδαφος**
 - Παρεμπόδιση
 - Κατακράτηση
 - Διήθηση

ΑΠΩΛΕΙΕΣ

- Εξάτμιση
 - Διαπνοή
 - Απώλειες στο έδαφος
 - Παρεμπόδιση
 - Κατακράτηση
 - Διήθηση
- **Εξατμισοδιαπνοή**

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

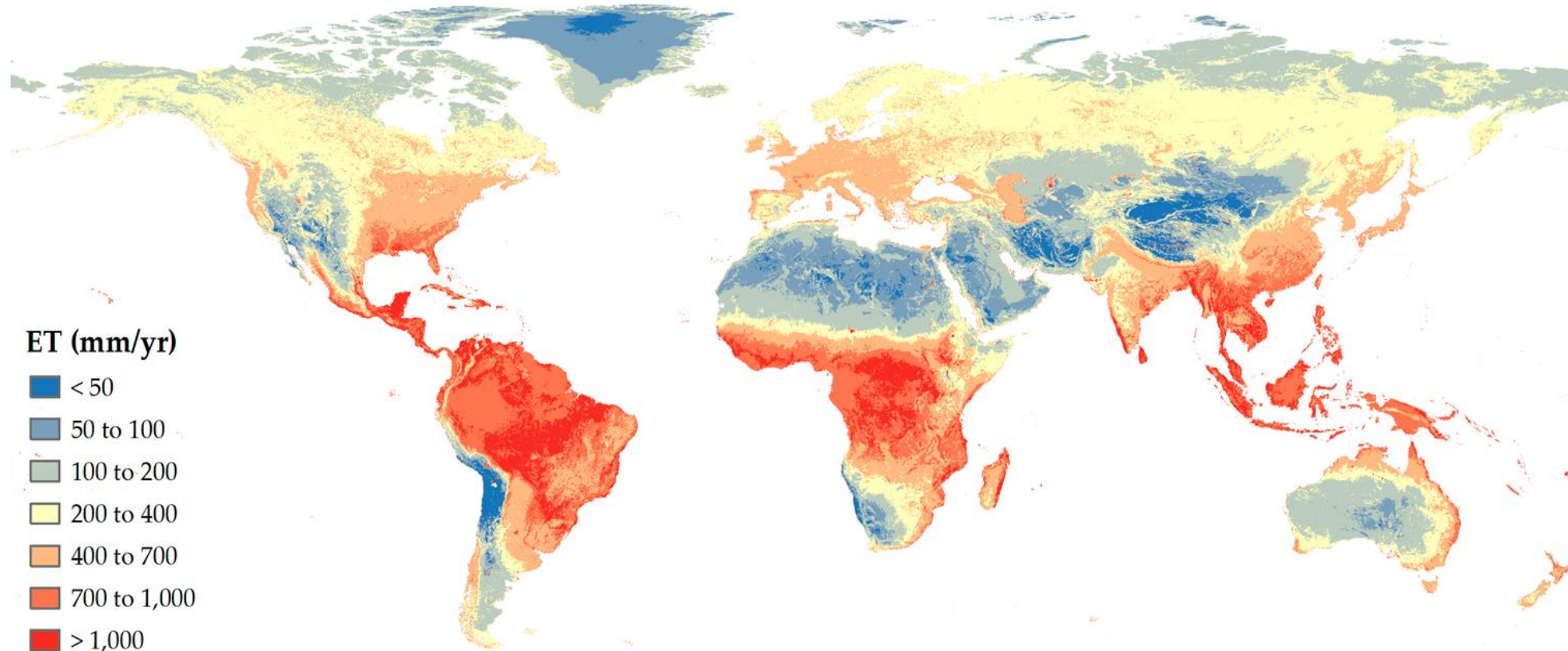
- **Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή**

- Η συνδυαστική μετατροπή νερού σε υδρατμούς λόγω εξάτμισης και διαπνοής

- **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 μεγάλου μήκους κύματος που επανεκπέμπεται
 - Μεταφορά αισθητής θερμότητας: Επιφάνεια ↔ Ατμόσφαιρα
 - Εξάτμιση
 - Μεταφορά θερμότητας στην επιφάνεια
- **Μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα**
 - Μεταφορά και ανακατανομή σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας
- **Εξατμισοδιπανοή → συνδεδετικός κρίκος υδατικού και ενεργειακού ισοζυγίου**

Εξάτμιση

- **Νερό στην επιφάνεια της γης → υδρατμοί**
 - Ηλιακή ακτινοβολία
 - Θερμοκρασία
 - Πίεση υδρατμών
 - Ταχύτητα ανέμου
 - Φύση της επιφάνειας εξάτμισης
 - Διαθέσιμη ποσότητα νερού
- **Μεταβάλλεται**
 - Γεωγραφικό πλάτος
 - Εποχή του έτους
 - Υψόμετρο εδάφους
 - Ώρα
 - Νέφωση

Διαπνοή

- **Ανοιγοκλείσιμο στομάτων φυτών → φυσιολογικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες**
- **Φυσιολογικοί παράγοντες**
 - Πυκνότητα και συμπεριφορά στομάτων
 - Έκταση και χαρακτηριστικά προστατευτικών καλυμμάτων
 - Δομή φύλλων
 - Ασθένειες φύλλων
- **Περιβαλλοντικοί παράγοντες**
 - Καμπύλη κορεσμού υδρατμών
 - Θερμοκρασία
 - Ηλιακή ακτινοβολία
 - Άνεμος
 - Διαθέσιμη εδαφική υγρασία

Εξατμισοδιαπνοή

- Λόγω πολυπλοκότητας και αλληλεξάρτησης η εξάτμιση και διαπνοή εκτιμώνται μαζί ως ένα ενιαίο μέγεθος → εξατμισοδιαπνοη
- Μέθοδοι εκτίμησης
 - Μετρήσεις
 - Αριθμητικά μοντέλα

Σχεδιασμός έργων

- Έργα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων
 - Ταμιευτήρας
 - Τεχνητή λιμνοδεξαμενή
- Εγγειοβελτιωτικά έργα
 - Άρδευση
- Αλυκές
- Οικοσυστήματα
 - Λίμνες
 - Υγροβιότοποι

Σχεδιασμός έργων

- Έργα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

- Ταμιευτήρας
- Τεχνητή λιμνοδεξαμενή

- Έννεοβελτιωτικά έργα

- Αρδευση

- Αλυκές

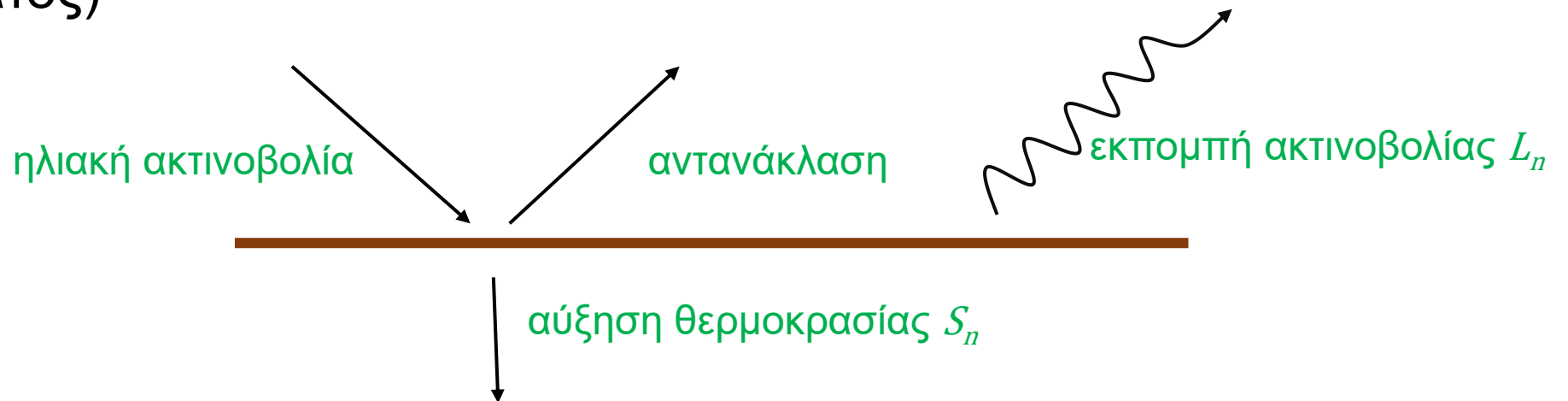
- Οικοσυστήματα

- Λίμνες
- Υγροβιότοποι

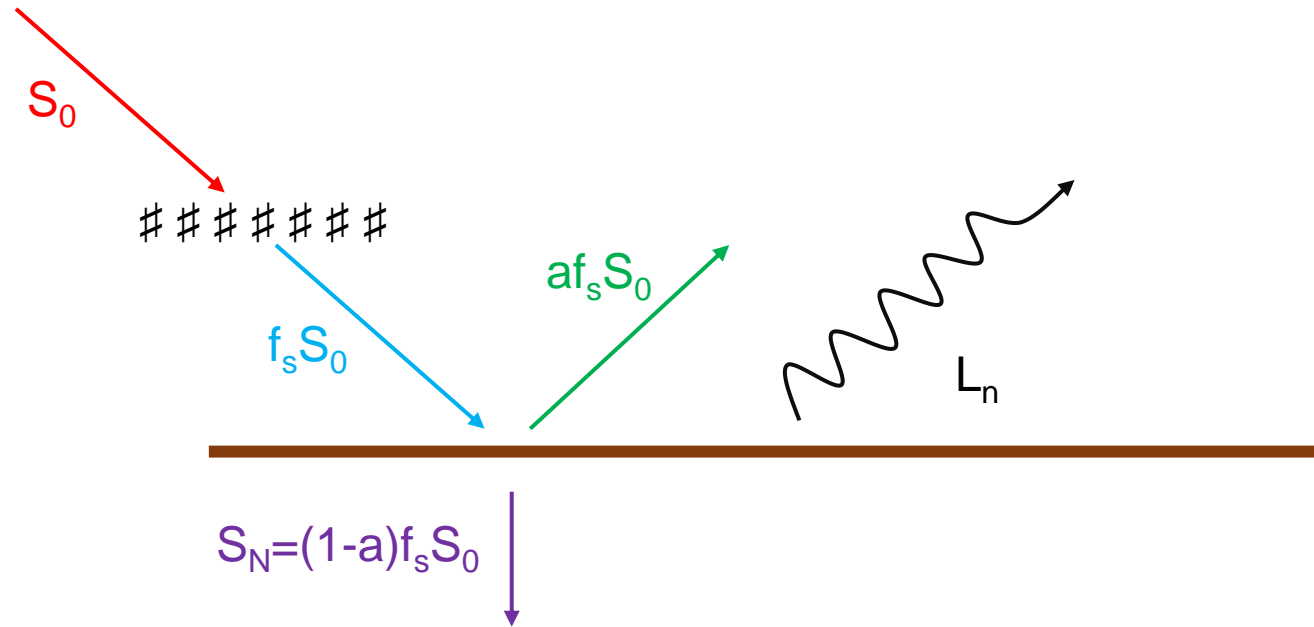
μεγάλες χρονικές
κλίμακες

Ηλιακή ακτινοβολία

- **Εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία (μικρό μήκος κύματος)**
 - Απορρόφηση από ατμόσφαιρα
 - Εισέρχεται στην επιφάνεια της γης → αύξηση θερμοκρασίας εδάφους
 - Αντανάκλαση από την επιφάνεια της γης πίσω στην ατμόσφαιρα (μικρό μήκος κύματος)
 - Αύξηση θερμοκρασίας εδάφους → εκπομπή ακτινοβολίας (μακρύ μήκος κύματος)



Ηλιακή ακτινοβολία



Ολική καθαρή ενέργεια

$$R_N = S_N - L_N$$

- Η διαφορά της καθαρής ακτινοβολίας μικρού κύματος που εισέρχεται στην επιφάνεια της γης μείον την καθαρή θερμική ακτινοβολία της γης μακρού κύματος
- Μονάδες \rightarrow kJ/m²day

Ενεργειακό ισοζύγιο

$$S_N - L_N = H + L + G + Q_B + Q_S + Q_h$$

αισθητή θερμότητα μεταφορά στο έδαφος με αγωγή προσωρινή αποθήκευση

λανθάνουσα θερμότητα βιοχημικές διεργασίες φυτών οριζόντια μετάφορα

- Η αισθητή και η λανθάνουσα θερμότητα είναι η άμεσα διαθέσιμη ενέργεια προς εξάτμιση A
- Πρακτικά

$$A \approx R_N \Rightarrow H + L \approx S_N - L_N$$

Μετρήσεις

Μετρήσεις εξατμισοδιαπνοής

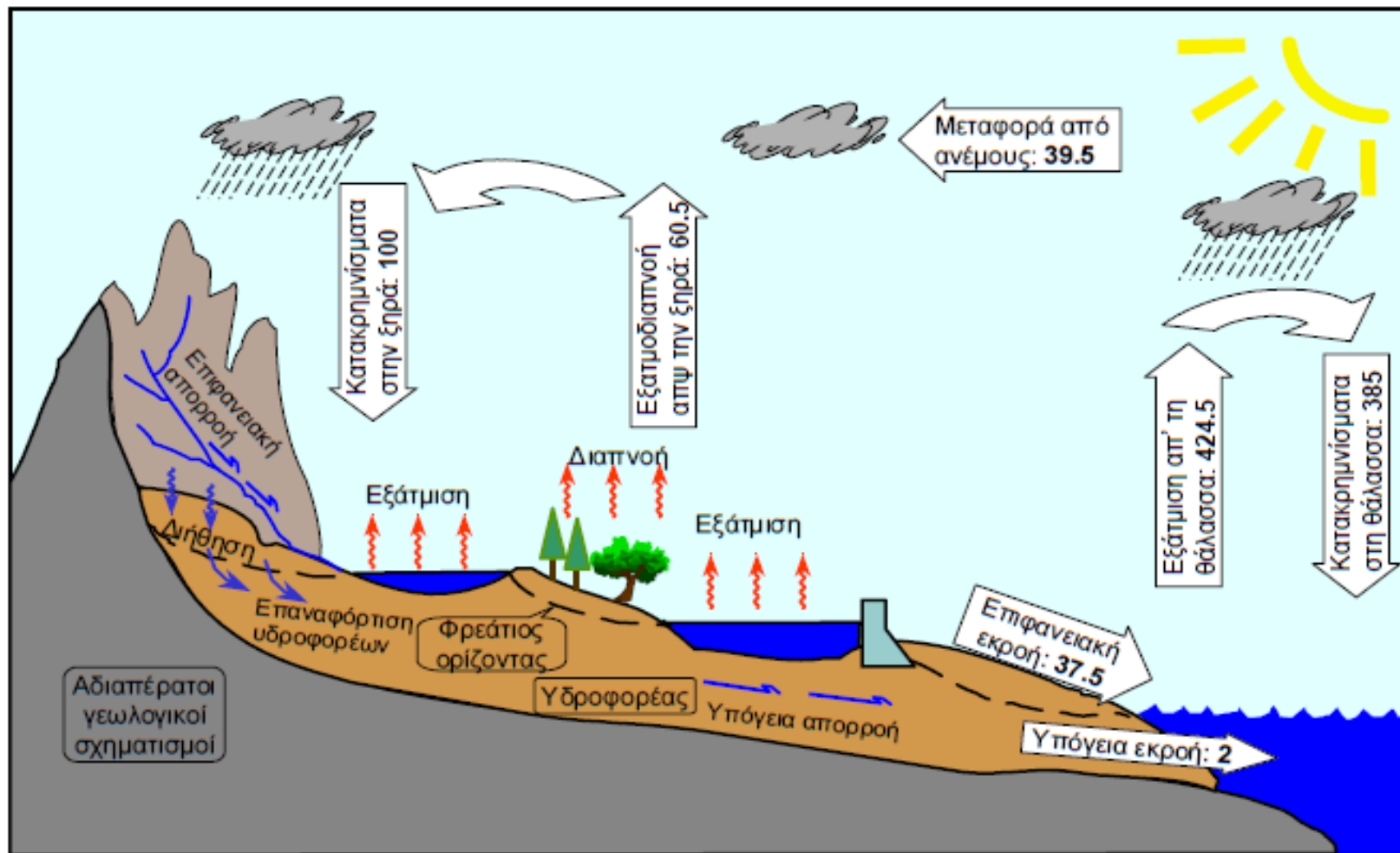
- **Μέθοδοι υδατικού ισοζυγίου**
 - Έμμεση μέτρηση: υδατικό ισοζύγιο
 - Άμεση μέτρηση: λυσίμετρα
- **Μικρομετεωρολογικές μέθοδοι**
 - Κατακόρυφες αποκλίσεις
 - Αεροδυναμική μέθοδος
 - Μέθοδος κατανομών
 - Μέθοδος συντελεστή μαζικής μεταφοράς
 - Μέθοδος ενεργειακού ισοζυγίου

Υδατικό ισοζύγιο

$$ET = P + \Delta SW \pm RO - D$$

- ET εξατμισοδιαπνοή
- P βροχόπτωση
- ΔSW μεταβολή περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό
- RO επιφανειακή απορροή
- D βαθιά διήθηση

Υδατικό ισοζύγιο



Πηγή: Κουτσογιάννης, Δ. και Ξανθόπουλος, Θ. (2016). Τεχνική Υδρολογία, 4η έκδοση Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα

Υδατικό ισοζύγιο

- **Θεωρητικά ισχύει για όλες τις κλίμακες**
- **Σφάλματα μετρήσεων**
 - Βροχόπτωση
 - Επιφανειακή απορροή
 - Μεταβολή εδαφικής υγρασίας
- **Δυσκολία εκτίμησης της εξάτμισης κατά τη διάρκεια της βροχής**
- **Πρακτικά**
 - Μη χρήση σε ημερήσια βάση → μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες
 - Αδυναμία σε μεγάλες περιοχές λόγω μεταβλητότητας της βροχής

Λεκάνη εξάτμισης

κατηγορία Α



Πηγή: <https://en.wikipedia.org>

Μέτρηση διαπνοής

- **Μικρό μέγεθος φυτού**
 - Σφραγίζεται το φυτό σε σακούλα → μέτρηση ποσότητας υγρασίας που διαπνέεται
- **Φυτόμετρο**
 - Δοχείο όπου αναπτύσσεται το φυτό και στο οποίο η επιφάνεια είναι σφραγισμένη



Συνδυαστικά

- **Δεξαμενές**

- Δοχεία με φυτά που τοποθετούνται στο έδαφος → σταθερές συνθήκες υγρασίας

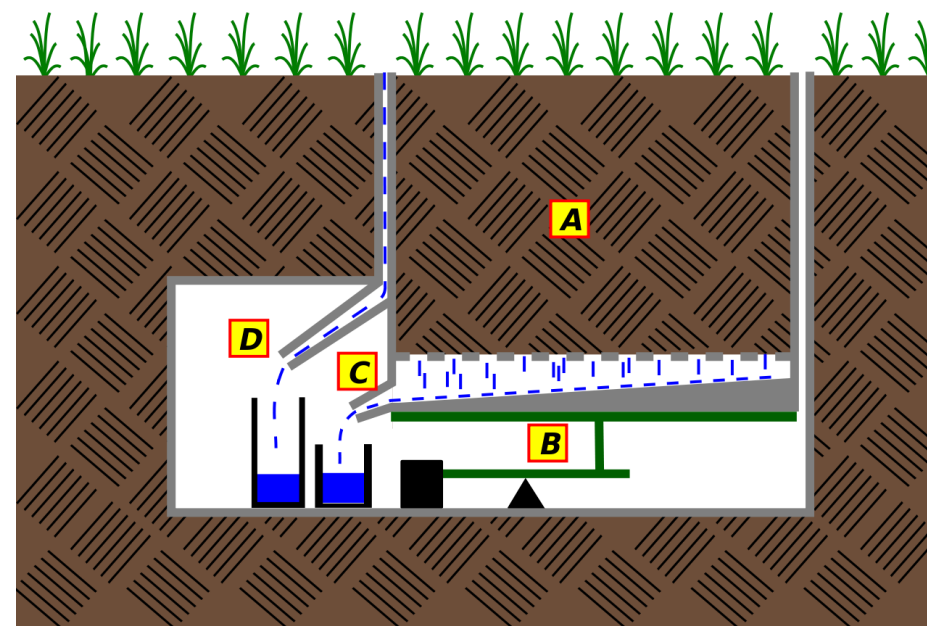
- **Λυσίμετρα**

- Κυλινδρικά δοχεία όπου απομονώνεται τμήμα χώματος/βλάστησης και ελέγχεται το υδατικό ισοζύγιο (ζυγιζόμενα και μη ζυγιζόμενα)

- **Χρήση αγροτεμαχίων**

- Σχεδιασμός αγροτεμαχίων ούτως ώστε να υπάρχουν μετρήσεις → υδατικό ισοζύγιο

Λυσίμετρα



Αριθμητικά μοντέλα φυσικής βάσης

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή

- **Φυσικής βάσης**
 - Penman-Monteith
 - Priestley-Taylor
- **Συσχέτιση με ηλιακή ακτινοβολία**
 - Παλινδρόμηση
 - Jensen-Haise
 - Makkink
- **Συσχέτιση με θερμοκρασία αέρα**
 - Thornthwaite
 - Blanney-Criddle
 - Hargreaves
- **Συσχέτιση με υγρασία αέρα**
 - Dalton

Ισοζύγιο ενέργειας

$$R_N = LE + H \quad \longrightarrow \quad E = \frac{R_N}{L(1 + B)}$$

- R_N πυκνότητα ροής καθαρά εισερχόμενης ακτινοβολίας (kJ/m²day)
- L λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης νερού (KJ/kg)
- E εξάτμιση (kg/m²day)
- H αισθητή θερμότητα προς/από την ατμόσφαιρα (kJ/m²day)
- B λόγος Bowen (H/L)
 - Έρημοι >10
 - Ημίξηρες περιοχές 2-6
 - Δάση και λιβάδια 0.4-0.8
 - Τροπικά δάση 0.1-0.3

Μεταφορά μάζας

$$E = (e_s - e)F(u)$$

- E εξάτμιση ($\text{kJ/m}^2\text{day}$)
- $e_s - e$ έλλειμμα κορεσμού υδρατμών (hPa)
- $F(u)$ συνάρτηση ανέμου ($\text{hPa} \times \text{kg}/(\text{m}^2/\text{day})$)
 - $F(u) = 0.26(1 + 0.54u)$
 - u ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2 m από το έδαφος (m/s)

Μέθοδος Penman

- Διατυπώθηκε το 1948
- Συνδυάζει τις μεθόδους ισοζυγίου ενέργειας και μεταφοράς μάζας
- Τροποποίηση Monteith 1965 → Αριθμητικό μοντέλο για προσομοίωση εξατμισοδιαπνοής
- Μετρήσεις
 - Θερμοκρασίας
 - Σχετική υγρασία
 - Σχετική ηλιοφάνεια
 - Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2 m από το έδαφος

Μέθοδος Penman-Monteith

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

- Μέθοδος Penman → υδρατμοί στο όριο της υδάτινης επιφάνειας είναι κορεσμένοι
- Τροποποίηση Monteith → επιφανειακή αντίσταση φυλλωμάτων στην εξάτμιση
- Μονάδες → (kg/m²day) ή (mm/day)

Μέθοδος Penman-Monteith

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

- Μέθοδος Penman → υδρατμοί στο όριο της υδάτινης επιφάνειας είναι κορεσμένοι
 - Τροποποίηση Monteith → επιφανειακή αντίσταση φυλλωμάτων στην εξάτμιση
 - Μονάδες → (kg/m²day) ή (mm/day)
- Ισοζύγιο ενέργειας** **Μεταφορά μάζας**

Ολική καθαρή ενέργεια

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

$$R_N = S_N - L_N$$

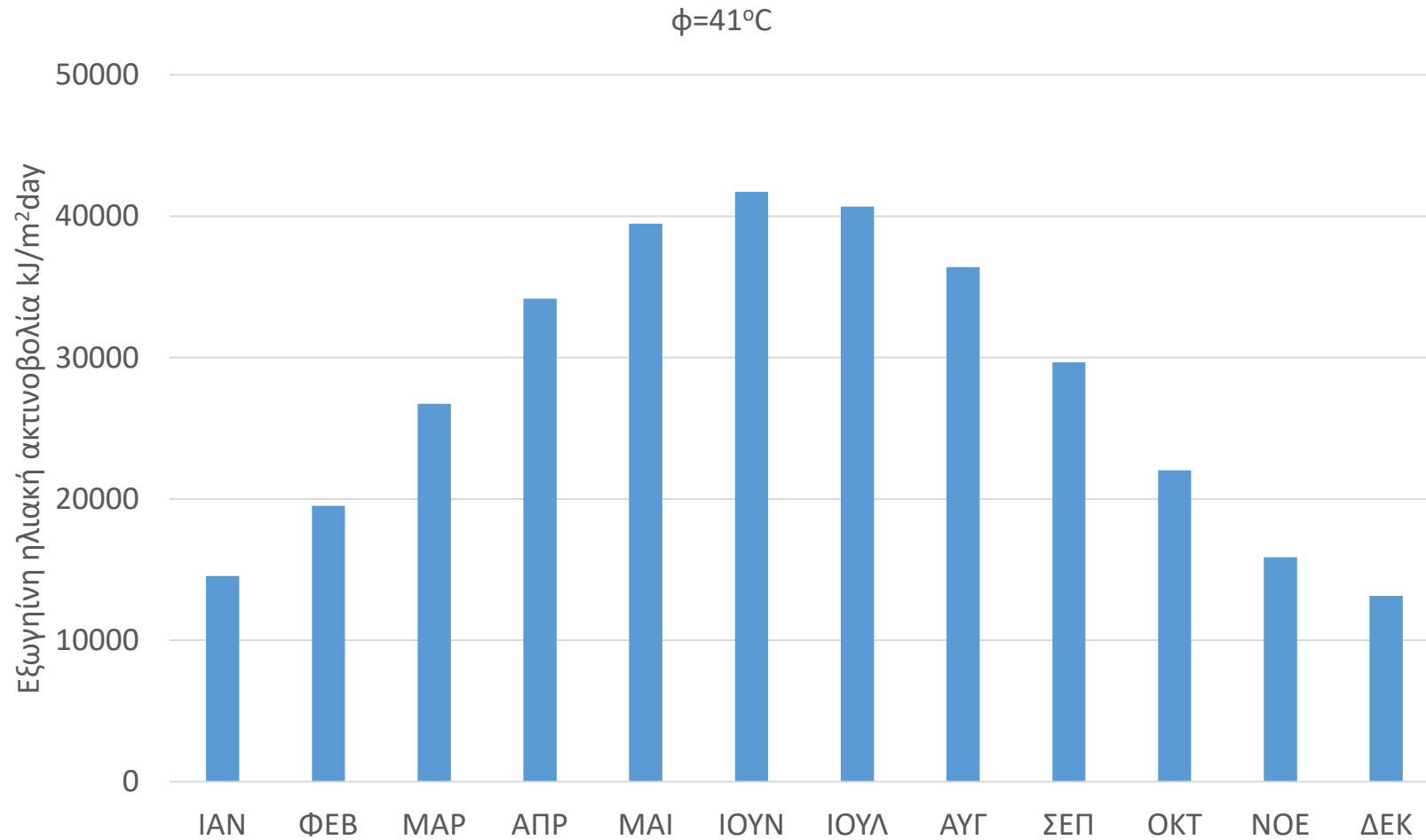
- Μονάδες
 - $\text{kJ}/\text{m}^2 \text{day}$

Ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης

$$S_N = (1 - a) f_s S_0$$

- S_n ακτινοβολία που αποθηκεύεται στη γη ($\text{kJ}/\text{m}^2\text{day}$)
 - α βαθμός ανακλαστικότητας ή λευκαύγεια (albedo) $\rightarrow [0,1]$ (αδιάστατος)
 - f_s συντελεστής απορρόφησης (αδιάστατος)
- Μονάδες
 - $\text{kJ}/\text{m}^2\text{day}$

Εξωγηίνη ηλιακή ακτινοβολία

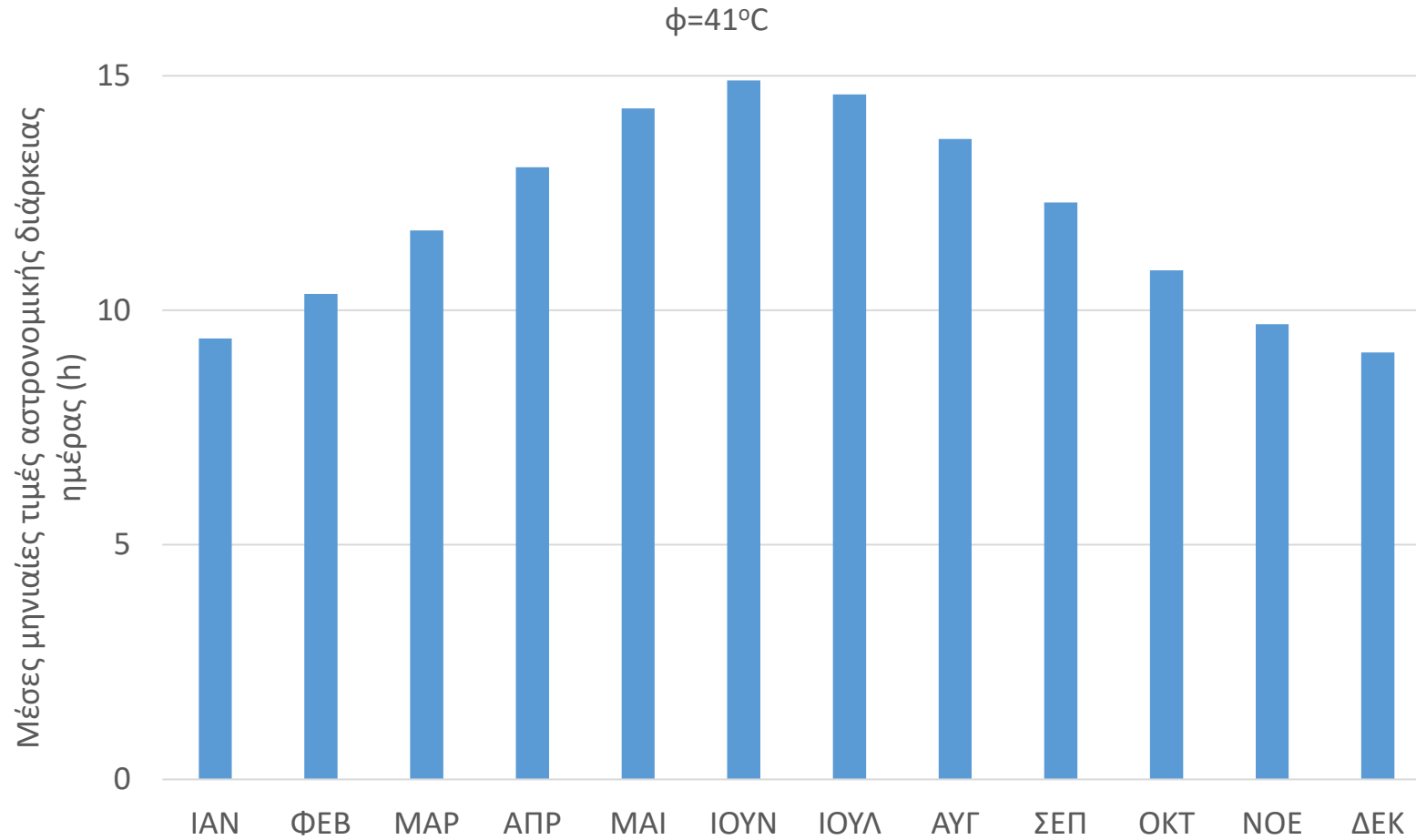


Απορρόφηση από ατμόσφαιρα

$$f_s = 0.25 + 0.50 \frac{n}{N}$$

- f_s συντελεστής απορρόφησης (αδιάστατος)
- n πραγματικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας της ημέρας (h)
- N θεωρητικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας της ημέρας (h)

Διάρκεια ημέρας



Βαθμός ανακλαστικότητας

| | |
|---------------------------|------------------|
| • Νερό | 0.04-0.10 (0.08) |
| • Έδαφος | 0.10-0.25 |
| • Έρημος | 0.20-0.35 |
| • Κωνοφόρο δάσος | 0.11-0.16 |
| • Δενδρώδεις καλλιέργειες | 0.15-0.20 |
| • Λοιπές καλλιέργειες | 0.20-0.26 (0.25) |
| • Παλιό χιόνι | 0.35-0.65 |
| • Φρέσκο χιόνι | 0.80-0.90 |

Βαθμός ανακλαστικότητας

| | |
|--------------------------|------------------|
| • Νερό | 0.04-0.10 (0.08) |
| • Έδαφος | 0.10-0.25 |
| • Έρημος | 0.20-0.35 |
| • Κωνοφόρο δάσος | 0.11-0.16 |
| • Δενδρώδες καλλιέργειες | 0.15-0.20 |
| • Λοιπές καλλιέργειες | 0.20-0.26 (0.25) |
| • Παλιό χιόνι | 0.35-0.65 |
| • Φρέσκο χιόνι | 0.80-0.90 |

**Όταν συνεκτιμάται η
διαπνοή λαμβάνονται
μεγαλύτερες τιμές**

Εκπομπή ακτινοβολίας

$$Q = \varepsilon \sigma T^4$$

- Νόμος θερμικής εκπομπής Stefan-Boltzman
- Q ρυθμός εκπομπής ενέργειας (kJ/m²day)
- ε ικανότητα θερμικής εκπομπής (νερό → 0.97)
- σ παγκόσμια σταθερά Stefan-Boltzman → 4.9×10^{-6} kJ/m²K⁴day
- T απόλυτη θερμοκρασία επιφάνειας (°K)

Καθαρή ακτινοβολία μακρών κυμάτων

$$L_N = \varepsilon_n f_L \sigma (T + 273)^4$$

- L_n καθαρή ακτινοβολία μακρών κυμάτων (kJ/m²day)
- f (σχετική υγρασία, σχετική ηλιοφάνεια)
- $\varepsilon_n = 0.56 - 0.09 e^{0.5}$ (αδιάστατος συντελεστής)
- $f_L = 0.1 + 0.9(n/N)$ (επίδραση νέφωσης)
- σ παγκόσμια σταθερά Stefan-Boltzman $\rightarrow 4.9 \times 10^{-6}$ kJ/m²K⁴day
- T μέση θερμοκρασία αέρα (°C)

Σχετική υγρασία

$$U = \frac{e}{e_s}$$

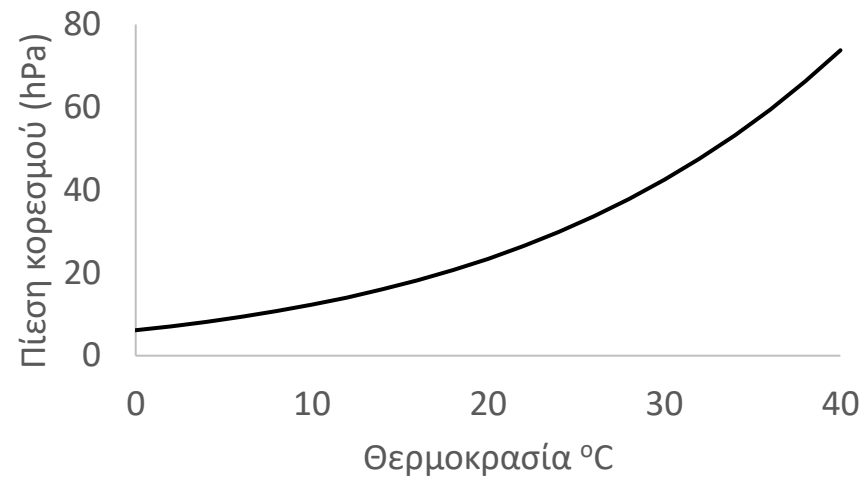
- Ο λόγος μερικής πίεσης των υδρατμών προς την πίεση κορεσμού

- Μονάδες
 - U (%)
 - e (hPa)
 - e_s (hPa)

Πίεση κορεσμού

$$e_s = 6.11 \exp \left(\frac{17.27T}{237.3 + T} \right)$$

- e_s πίεση κορεσμού \rightarrow υγροποίηση (hPa \rightarrow 100 Pa)
- T θερμοκρασία (σε $^{\circ}\text{C}$)



Κλίση καμπύλης κορεσμού υδρατμών

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

$$\Delta = \frac{4098e_s}{(T + 237.3)^2}$$

- Μονάδες

- e_s (hPa)
- T (°C)
- Δ (hPa/°C)

Τροποποιημένος ψυχομετρικός συντελεστής

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

- Τροποποιημένη έκφραση ψυχομετρικού συντελεστή → αντίσταση στομάτων, $f(\text{ταχύτητας ανέμου } u)$ (hPa/°C)

$$\gamma' = (1 + 0.33u)\gamma$$

- Μονάδες

- u (m/s)

Ψυχομετρικός συντελεστής

$$\gamma = 1.63 \frac{P}{L}$$

- P ατμοσφαιρική πίεση (hPa)
- L λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης (kJ/kg)
- γ τυπική τιμή **0.67 hPa/°C**

Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

- Η απαιτούμενη ενέργεια ούτως ώστε τα μόρια νερού να περάσουν από την υγρή στην αέρια φάση

$$L = 2501 - 2.361T$$

- Μονάδες

- L (kJ/Kg)
- T (°C)

Συνάρτηση ανέμου

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

- Τροποποιημένη μορφή f (θερμοκρασίας T , ταχύτητας ανέμου u)

$$F(u) = \frac{90}{T + 275} u$$

- Μονάδες

- T (°C)
- u (m/s)

Έλλειμμα κορεσμού

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_N}{L} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

- Η διαφορά μερικής πίεσης των υδρατμών από την πίεση κορεσμού

$$D = e_s - e$$

- Μονάδες

- e_s (hPa)

- e (hPa)

Εμπειρικά αριθμητικά μοντέλα

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 ανά ημέρα (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

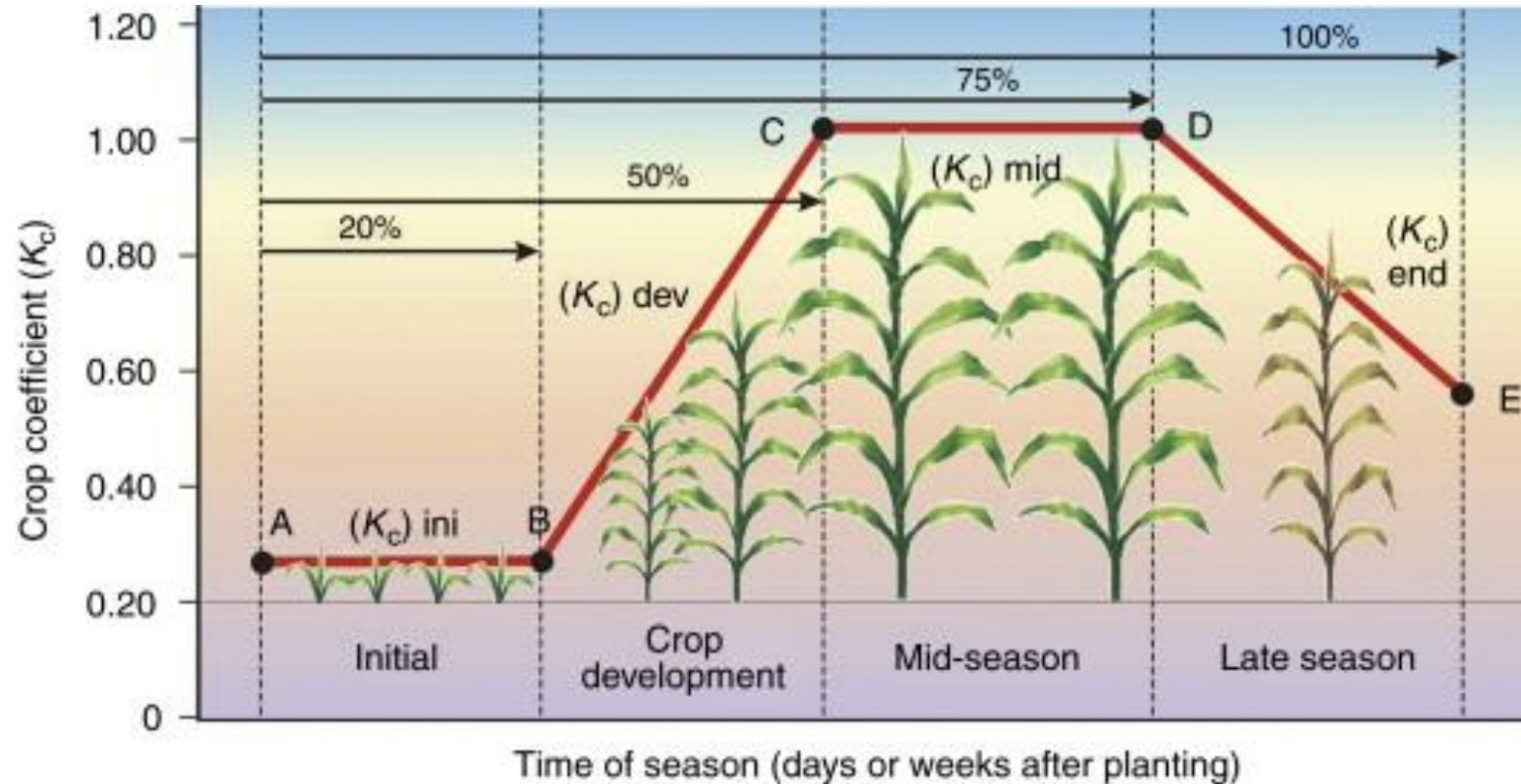
$$ET = k \left(\frac{1.8T + 32}{3.94} \right) p$$

- 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

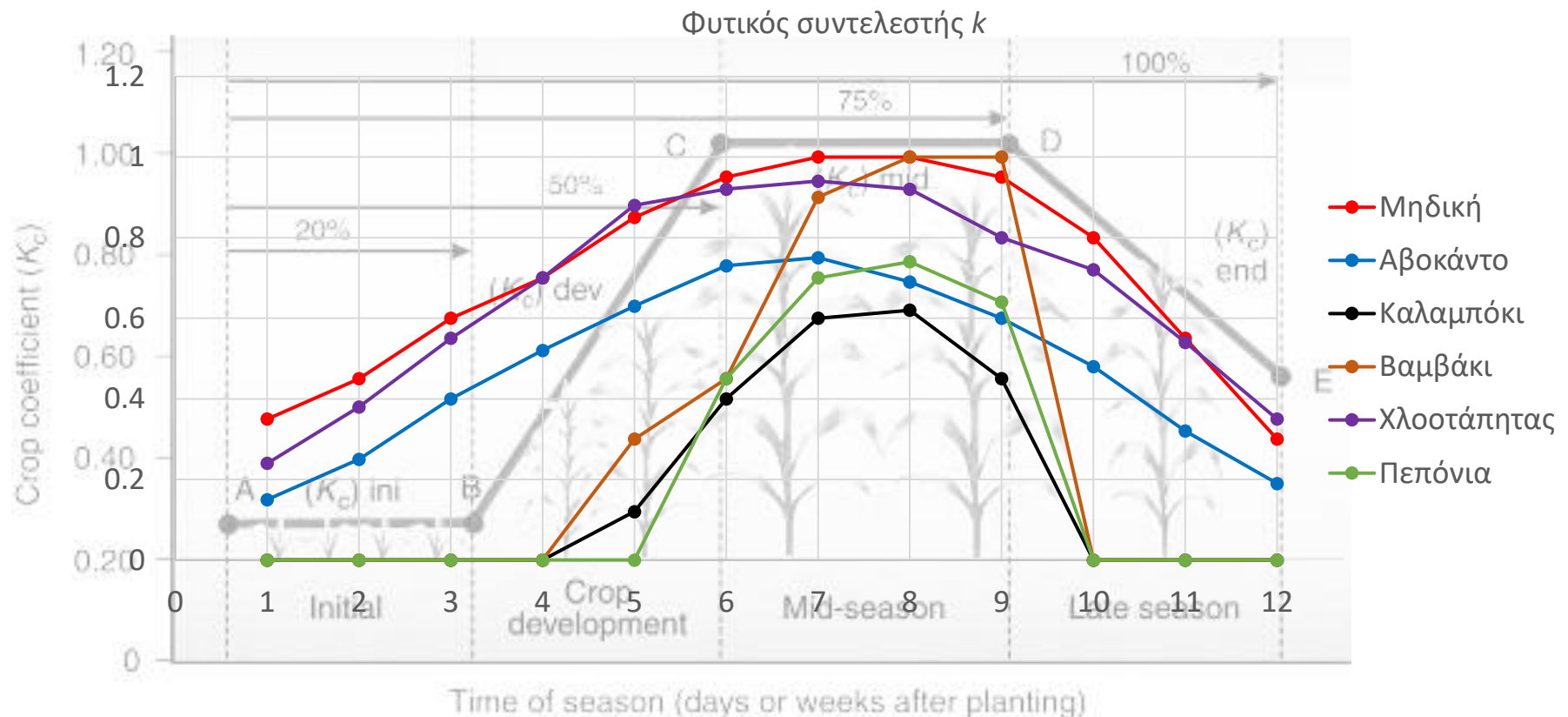
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ k

| 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 |

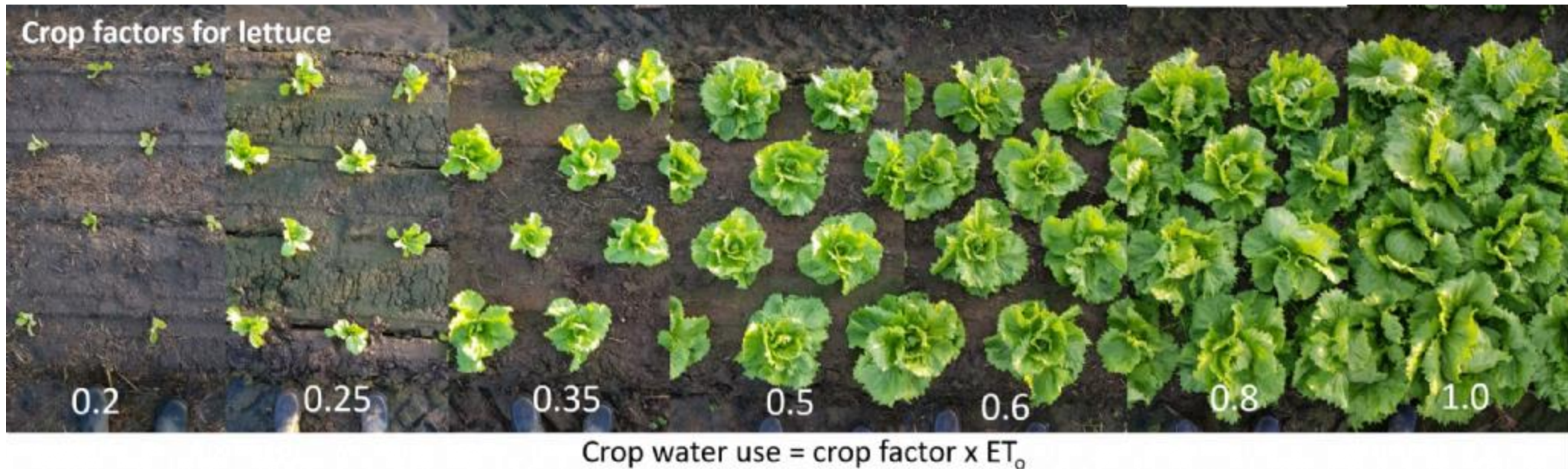
Συντελεστής k



Συντελεστής k



Συντελεστής k



Ασκήσεις

Άσκηση 1

Penman-Monteith

- Ψυχομετρικός συντελεστής $0.67 \text{ hPa}/^\circ\text{C}$
- Ακτινοβολία βραχέων κυμάτων στο εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας $41711 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{day}$
- Θεωρητική ηλιοφάνεια ανά ημέρα 14.8 h
- Πραγματική ηλιοφάνεια ανά ημέρα 12 h
- Μέση θερμοκρασία μήνα $18 \text{ }^\circ\text{C}$
- Ταχύτητα ανέμου (2 m πάνω από το έδαφος) $10 \text{ km}/\text{h}$
- Σχετική υγρασία 55%
- Συντελεστής ανάκλασης 0.25
- **Να βρεθεί η εξατμισοδιαπνοή στον εν λόγω μήνα**

Άσκηση 2

εμπειρικά μοντέλα

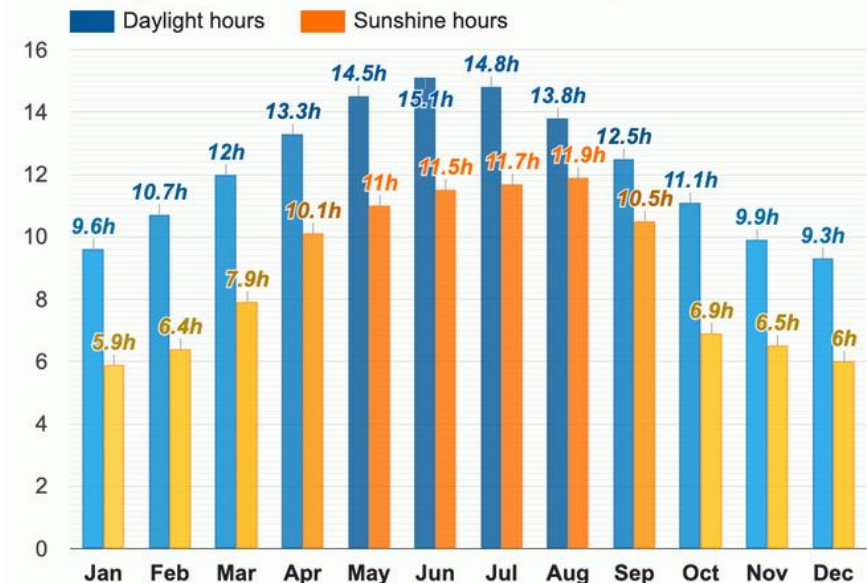
- Να βρεθεί η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιπτανοή στην Ξάνθη με τις μεθόδους Thornthwaite και Blaney-Criddle ($k=0.5$)

WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES XANTHI

| | January | February | March | April | May | June | July | August | September | October | November | December |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Avg. Temperature °C | 4.3 °C | 5.5 °C | 8.4 °C | 12.4 °C | 17.3 °C | 21.7 °C | 24.5 °C | 25.1 °C | 20.3 °C | 14.8 °C | 10.3 °C | 5.6 °C |
| (°F) | (39.7) °F | (41.8) °F | (47.2) °F | (54.4) °F | (63.1) °F | (71) °F | (76) °F | (77.1) °F | (68.5) °F | (58.7) °F | (50.5) °F | (42.2) °F |
| Min. Temperature °C | 0.8 °C | 1.8 °C | 4.2 °C | 7.6 °C | 12.4 °C | 16.6 °C | 19.2 °C | 19.7 °C | 15.8 °C | 10.9 °C | 6.7 °C | 2.3 °C |
| (°F) | (33.5) °F | (35.2) °F | (39.5) °F | (45.7) °F | (54.3) °F | (61.9) °F | (66.6) °F | (67.5) °F | (60.5) °F | (51.7) °F | (44) °F | (36.2) °F |
| Max. Temperature °C | 7.8 °C | 9 °C | 12.3 °C | 16.3 °C | 21.1 °C | 25.5 °C | 28.5 °C | 29.4 °C | 24.4 °C | 18.8 °C | 14 °C | 9.1 °C |
| (°F) | (46) °F | (48.3) °F | (54.1) °F | (61.4) °F | (69.9) °F | (77.9) °F | (83.3) °F | (84.9) °F | (75.9) °F | (65.8) °F | (57.1) °F | (48.4) °F |
| Precipitation / Rainfall | 83 | 83 | 91 | 79 | 86 | 82 | 56 | 35 | 50 | 72 | 103 | 118 |
| mm (in) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (3) | (2) | (1) | (1) | (2) | (4) | (4) |
| Humidity(%) | 75% | 74% | 75% | 73% | 74% | 70% | 63% | 58% | 65% | 72% | 77% | 76% |

< >

Daylight hours / Sunshine hours - Xanthi, Greece



Κατά κύριο λόγο, η παρούσα διάλεξη άντλησε πληροφορίες 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) και «Τεχνική Υδρολογία» των Δ. Κουτσογιάννη και Θ. Ξανθόπουλου - 4^η έκδοση (2016, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα).