



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Αρδεύσεις – Στραγγίσεις έργων πρασίνου

Ενότητα 2 : Υπολογισμός αναγκών των φυτών σε νερό

Δρ. Τσιρογιάννης Λ. Ιωάννης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Αρδεύσεις – Στραγγίσεις έργων πρασίνου

Ενότητα 2: Υπολογισμός αναγκών των φυτών σε νερό

Δρ. Τσιρογιάννης Λ. Ιωάννης

Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Ηπείρου

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση μεθόδων εκτίμησης αναγκών φυτών σε νερό
- Εξοικείωση με τη χρήση των μεθόδων



Περιεχόμενα ενότητας

- Παρουσίαση μεθόδων εκτίμησης αναγκών φυτών σε νερό
- Εξοικείωση με τη χρήση των μεθόδων

Εισαγωγή

Μεταξύ των άλλων, τα φυτά απαιτούν επαρκή ποσότητα νερού ώστε να επιτευχθεί βέλτιστη ανάπτυξη και παραγωγή (ποσοτικά και ποιοτικά).





Φυτά και νερό

Το νερό εξασφαλίζει ένα μεγάλο εύρος λειτουργιών των φυτικών οργανισμών καθώς:

- αποτελεί περίπου το 70% έως 95% του νωπού τους βάρους και τους δίνει το σχήμα και την απαραίτητη ακαμψία,
- χρησιμοποιείται ως μέσο διάλυσης και πηγή ιόντων, είναι το μέσο μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος στο φυτό και είναι απαραίτητο σε πολλές βιοχημικές αντιδράσεις, ενώ
- λόγω της μεγάλης του ειδικής θερμότητας, το νερό ψύχει τα φύλλα και προλαμβάνει την υπερθέρμανσή τους.



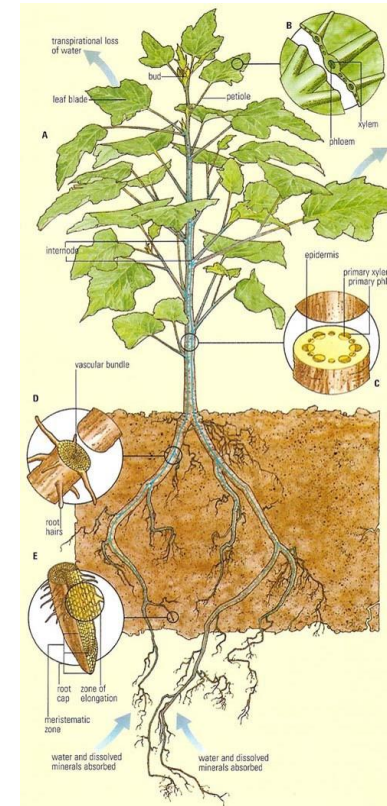
Κίνηση νερού

Έδαφος – Φυτό - Ατμόσφαιρα

Το νερό εισέρχεται στα φυτά μέσω του ριζικού συστήματος και εξέρχεται ως υδρατμός μέσω των φύλλων.

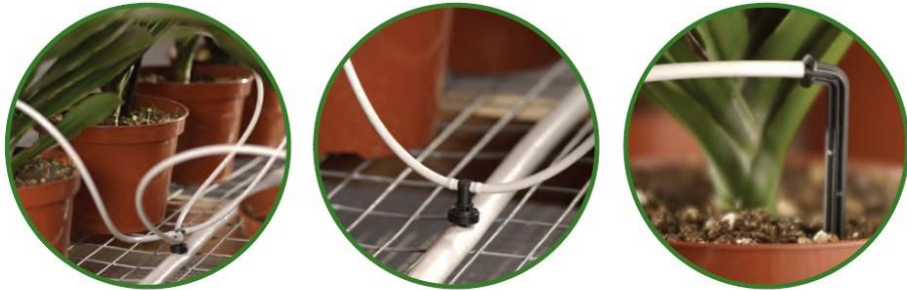
Η συγκέντρωση του νερού στα φυτά εξαρτάται από δύο κύριους παράγοντες:

- τη διαθεσιμότητα του νερού στο υπόστρωμα και την απορρόφησή του από τις ρίζες και
- τον ρυθμό εξάτμισης του νερού από τα φύλλα, δηλαδή τη διαπνοή.





Αρδευτικό σύστημα



- Ο εφοδιασμός των φυτών με νερό γίνεται συνήθως μέσω ενός αρδευτικού συστήματος
- Τις περισσότερες φορές αυτοματισμοί ελέγχουν την λειτουργία των συστημάτων αυτών



Υδατική καταπόνηση




Σε περίπτωση άστοχης διαχείρισης προκαλείται υδατική καταπόνηση η οποία επηρεάζει άμεσα τη λειτουργία και την ανάπτυξη των φυτών.

- Για να αποφευχθεί η υδατική καταπόνηση απαιτείται επιθεώρηση του συστήματος άρδευσης και εφαρμογή κάποιας στρατηγικής για τον έλεγχο και την καταγραφή των αρδευτικών γεγονότων.
- Σε αυτό το πλαίσιο έχουν αναπτυχθεί από απλές εμπειρικές πρακτικές έως πολύπλοκα συστήματα διαχείρισης.



Ανάγκες φυτών σε νερό

Ένα ποτιστηράκι νερό;

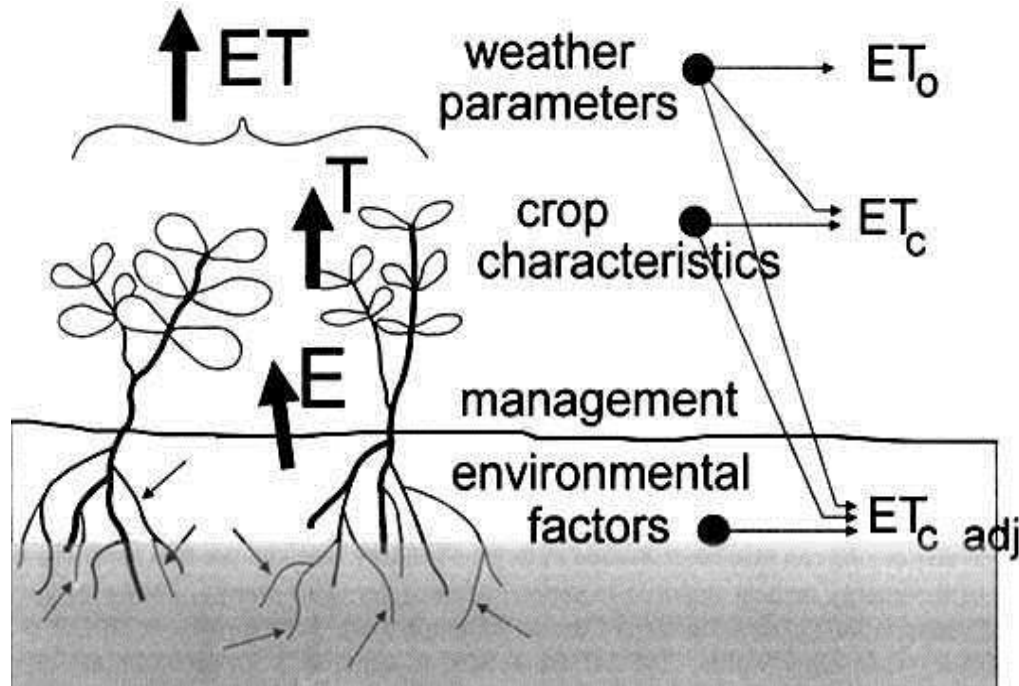


FAO, paper 56,
<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>





Εξατμισοδιαπνοή [Evapotranspiration]



Εξατμισοδιαπνοή = Εξάτμιση + Διαπνοή

Αναφορές:

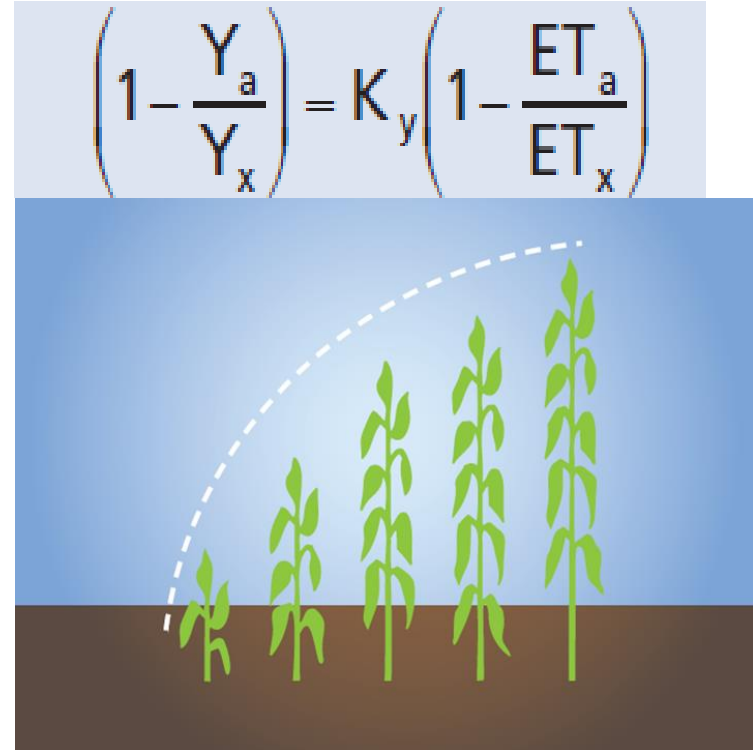
[FAO56 σελ. 15-24](#)

Γενικές παρουσιάσεις Κουτσογιάννη: [[1Presentation](#)] [[2Lesson](#)]



Περιεχόμενο με λεζάντα 2

Η άρδευση είναι ένας από τους κρισιμότερους παράγοντες όσο αφορά την ποσότητα και την ποιότητα της παραγωγής των καλλιεργειών.



FAO Irrigation and drainage paper 66, Crop yield response to water at:
<http://www.fao.org/docrep/016/i2800e/i2800e00.htm>



Μονάδες

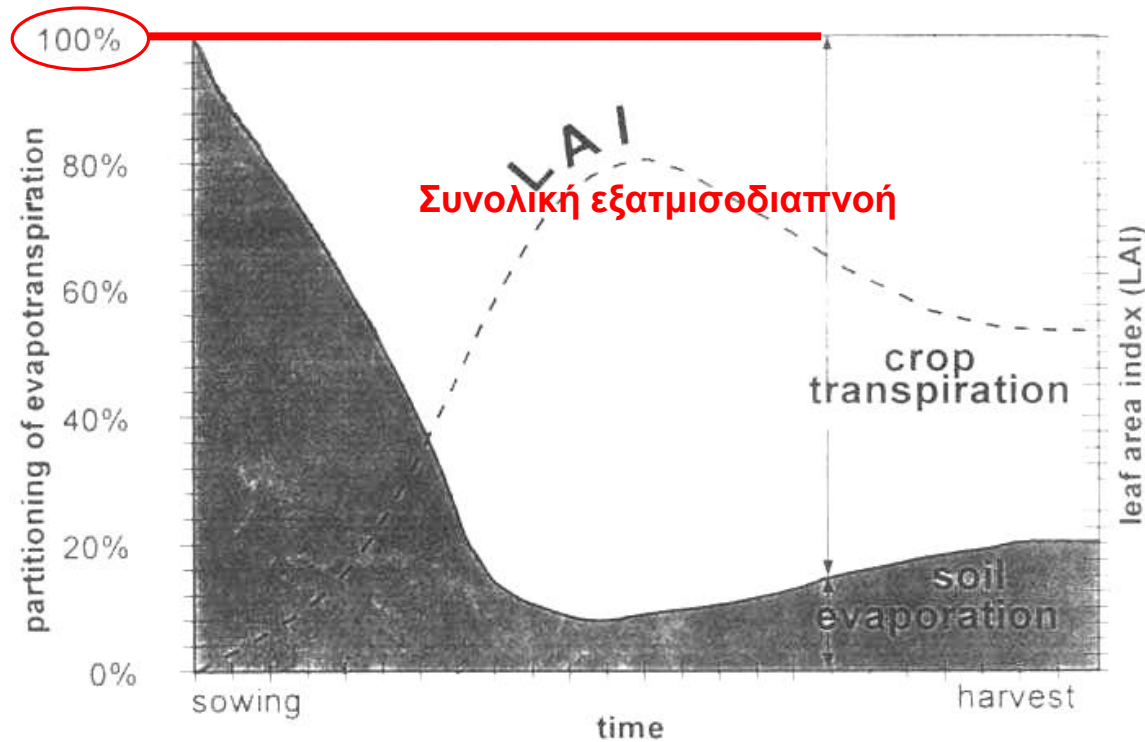
- **Ύψος νερού:**
 - mm (m^3 /στρέμμα, l/m^2) ανά μονάδα χρόνου (συνήθως ώρα, ημέρα, μήνας, έτος)
- **Ποσότητα ανά φυτό:**
 - L ή ml ανά φυτό ανά μονάδα χρόνου (συνήθως ώρα, ημέρα)





Μονάδες

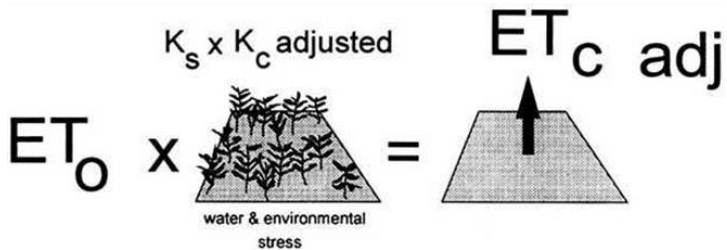
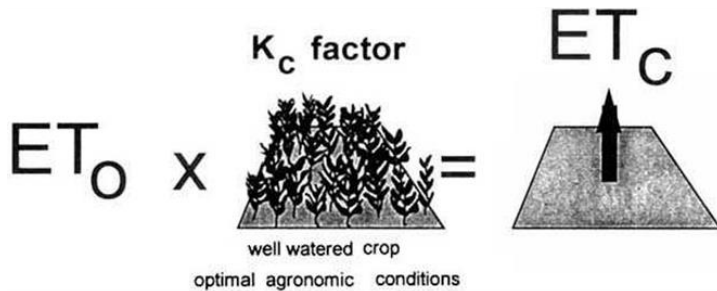
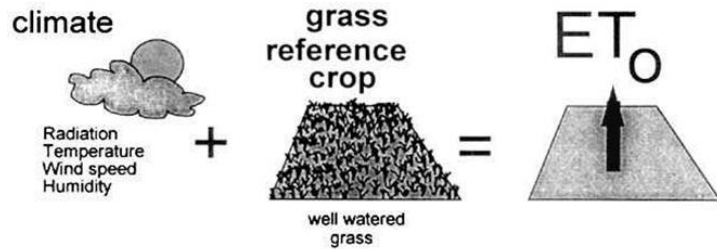
- Ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας:
 - Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης νερού (λ) = $2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$ (στους 20°C , όπου η πυκνότητα είναι 1000 kg m^{-3})
- Συντελεστές μετατροπής:
 - $1 \text{ mm day}^{-1} = 2,45 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$
 - $1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1} = 0,408 \text{ mm day}^{-1}$



Εξατμισοδιαπνοή = Εξάτμιση + Διαπνοή



Εξατμισοδιαπνοή



Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής

Προσέγγιση: $ET_c = K_c \times ET_0$

όπου:

ET_c δυνητική εξατμισοδιαπνοή
καλλιέργειας

K_c φυτικός συντελεστής

ET_0 εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

Σε περιπτώσεις που δεν έχουμε βέλτιστες
αγρονομικές συνθήκες αλλά υπάρχει
κάποιου είδους καταπόνηση (stress)

χρησιμοποιούμε την προσέγγιση

ET_c adj

c: crop

s: stress

adj: adjustment

Αναφορές:

[FAO56 σελ. 15-24](#)

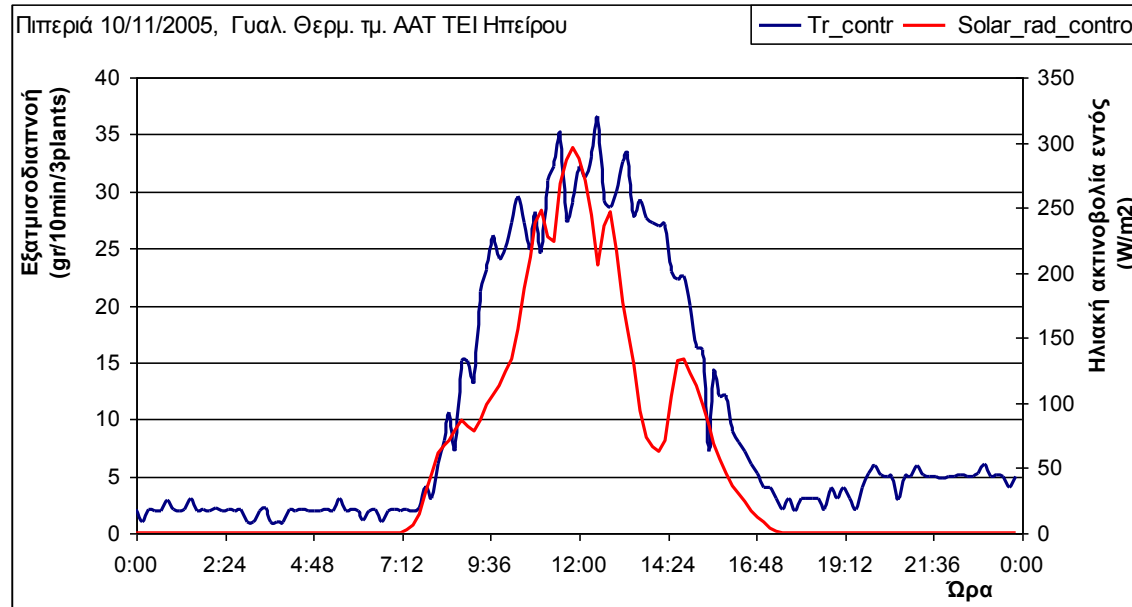
Γενικές παρουσιάσεις Κουτσογιάννη: [[1Presentation](#)] [[2Lesson](#)]



Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς είναι ουσιαστικά ένας σύνθετος κλιματικός παράγοντας



Εξατμισοδιαπνοή



Η ένταση της εξατμισοδιαπνοής μεταβάλλεται συνεχώς
Το απόγευμα έχει ζεσταθεί πολύ ο χώρος και θέλει ώρα να πέσει η θερμοκρασία για αυτό και έχει μεγαλύτερη ET



Μέθοδοι υπολογισμού της ΕΤο



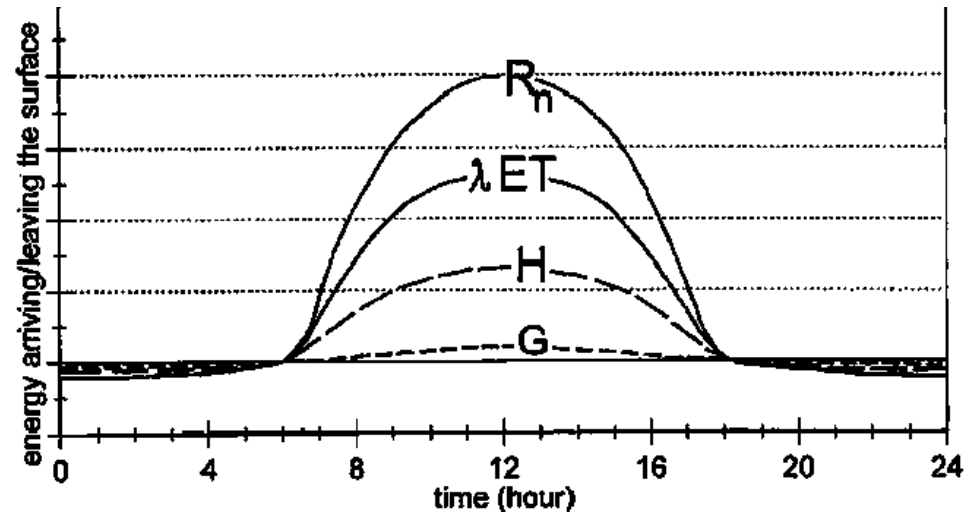
Ισοζύγιο ενέργειας

$$R_n - G - \lambda ET - H = 0$$

- R_n καθαρή ακτινοβολία
- G ροή θερμότητας στο έδαφος
- λET λανθάνουσα ροή θερμότητας (εξατμισοδιαπνοή)
- H αισθητή θερμότητα

Μόνο κατακόρυφη μεταφορά θερμότητας λαμβάνεται υπόψη άρα ακριβής μόνο για μεγάλες επιφάνειες με καλλιέργειες

Συνδυάζεται με τις σχέσεις μεταφοράς μάζας για να δώσει τη σχέση PM





Ισοζύγιο υγρασίας εδάφους

$$ET = I + P + CR - RO - DP \pm \Delta SF \pm \Delta SW$$

- I άρδευση
- P βροχόπτωση
- CR ανερχόμενο νερό από αβαθή υδ. Ορίζ.
- RO επιφανειακή απορροή
- DP βαθιά διήθηση
- ΔSF οριζόντια μεταφορά από υπόγεια ροή
- ΔSW μεταβολή υγρασίας εδάφους



Μέθοδοι μέτρησης και υπολογισμού

- Εκτίμηση από εξατμισήμετρα
- Λυσίμετρα
- Υπολογισμός από μετεωρολογικά δεδομένα





Η σχέση Penman-Monteith (PM)

- Σύμφωνα με τη σχέση Penman-Monteith η εξατμισοδιαπνοή (λΕΤ) υπολογίζεται:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a})}$$

λΕΤ σε MJ m⁻² day⁻¹,

στους 20°C, το λ (λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού) είναι περίπου ίση με 2,45 MJ kg⁻¹, ΕΤ σε mm day⁻¹

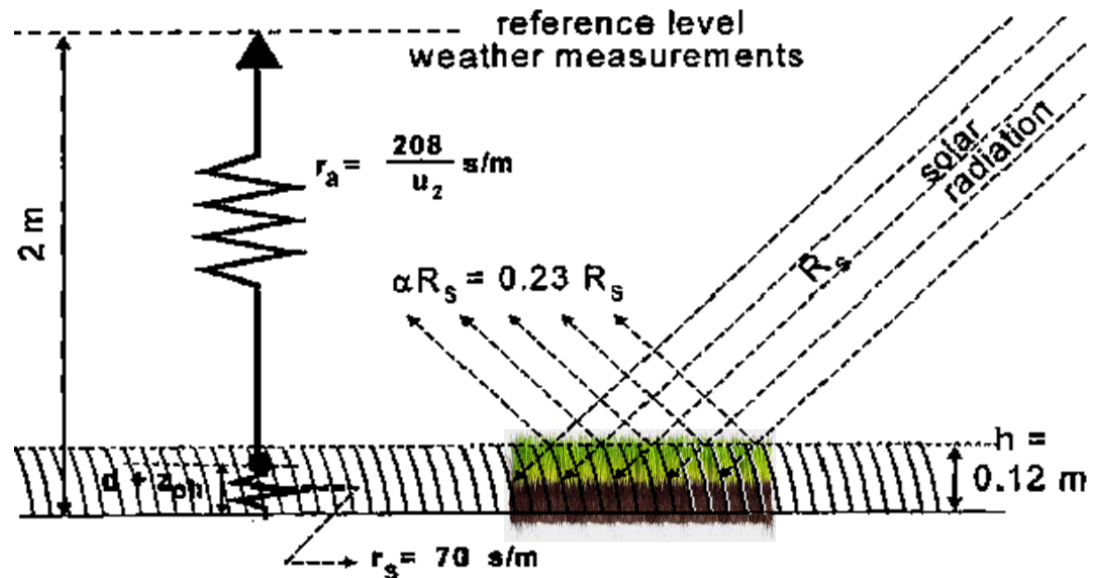
- όπου:

- R_n η καθαρή ακτινοβολία (net radiation),
- G η ροή θερμότητας προς το έδαφος (soil heat flux),
- (e_s - e_a) το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών του αέρα (vapour pressure deficit of the air),
- ρ_a η μέση πυκνότητα του αέρα (mean air density),
- c_p η ειδική θερμότητα του αέρα υπό σταθερή πίεση (specific heat of the air),
- Δ η κλίση της καμπύλης της πίεσης κορεσμού υδρατμών σε σχέση με τη θερμοκρασία (slope of the saturation vapour pressure temperature relationship),
- γ η ψυχομετρική σταθερά (psychrometric constant),
- και r_s, r_a η επιφανειακή (χονδρική) και αεροδυναμική αντιστάσεις αντίστοιχα [(bulk) surface and aerodynamic resistances].



Η καλλιέργεια αναφοράς

Σύμφωνα με τη μέθοδο FAO P-M, η καλλιέργεια αναφοράς είναι μία υποθετική καλλιέργεια που καλύπτει όλο το έδαφος, έχει ύψος 0,12 m, επιφανειακή αντίσταση ίση με 70 s m⁻¹ και albedo 0,23





Η μέθοδος FAO PM (paper 56)

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς
είναι ουσιαστικά ένας
σύνθετος κλιματικός παράγοντας

- ET_o εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (reference evapotranspiration) [mm day^{-1}],
- R_n καθαρή ακτινοβολία στο επίπεδο της καλλιέργειας (net radiation at the crop surface) [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$],
- G ροή θερμότητας προς το έδαφος (soil heat flux density) [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$],
- T μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα σε ύψος 2 m (mean daily air temperature at 2 m height) [$^{\circ}\text{C}$],
- u_2 ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2 m (wind speed at 2 m height) [m s^{-1}],
- e_s πίεση υδρατμών στο κορεσμό (saturation vapour pressure) [kPa],
- e_a πίεση υδρατμών (actual vapour pressure) [kPa],
- $(e_s - e_a)$ έλλειμμα πίεσης υδρατμών (saturation vapour pressure deficit) [kPa],
- Δ κλίση της καμπύλης πίεσης υδρατμών (slope vapour pressure curve) [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$],
- γ ψυχομετρική σταθερά (psychrometric constant) [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

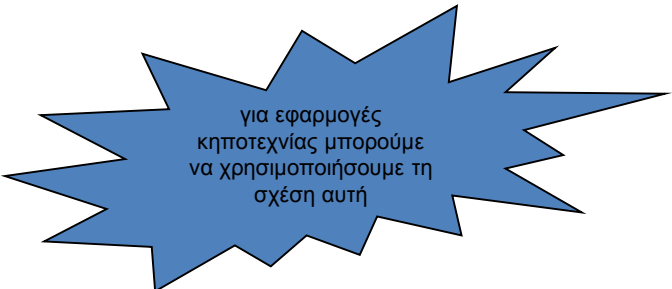


Η μέθοδος Hargreaves

- Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με την ηλιακή ακτινοβολία, την σχετική υγρασία, την ταχύτητα του ανέμου θα πρέπει αυτά να εκτιμηθούν μέσω υπολογιστικών προσεγγίσεων.
- Εναλλακτικά η ET_o μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση Hargreaves ET_o σύμφωνα με την οποία:

$$ET_o = 0,0023 \cdot (T_{mean} + 17.8) \cdot \sqrt{(T_{max} - T_{min}) \cdot R_a}$$

όπου ET_o και R_a σε $mm \ day^{-1}$ και T σε $^{\circ}C$



για εφαρμογές
κτηποτεχνίας μπορούμε
να χρησιμοποιήσουμε τη
σχέση αυτή



Φυτικοί συντελεστές

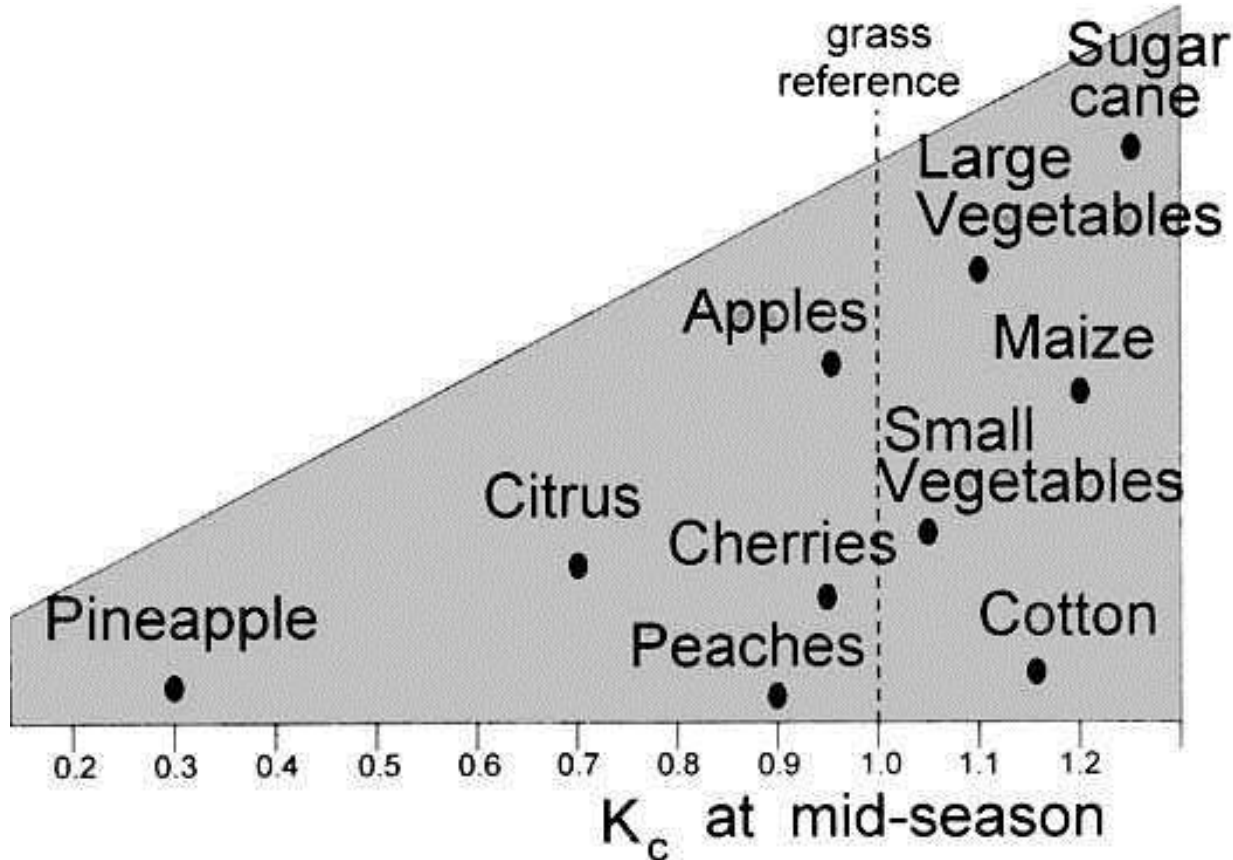
- Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής:

$$ET_c = K_s \times K_c \times ET_o$$

- Το ET_c είναι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, αυτή που συμβαίνει σε τυπικές συνθήκες (standard conditions) που αφορούν καλλιέργειες χωρίς ασθένειες, με σωστή θρέψη, που αναπτύσσονται σε μεγάλες ομοιογενείς εκτάσεις υπό άριστες συνθήκες εδαφικής υγρασίας με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουν τη μεγαλύτερη παραγωγή υπό τις δεδομένες κλιματικές συνθήκες.
- Δύο προσεγγίσεις υπάρχουν σχετικά με το φυτικό συντελεστή:
 - Απλός φυτικός συντελεστής: K_c (εξατμισοδιαπνοή)
 - Σύνθετος φυτικός συντελεστής: $K_c = K_{cb} + K_e$ (εξάτμιση + διαπνοή)

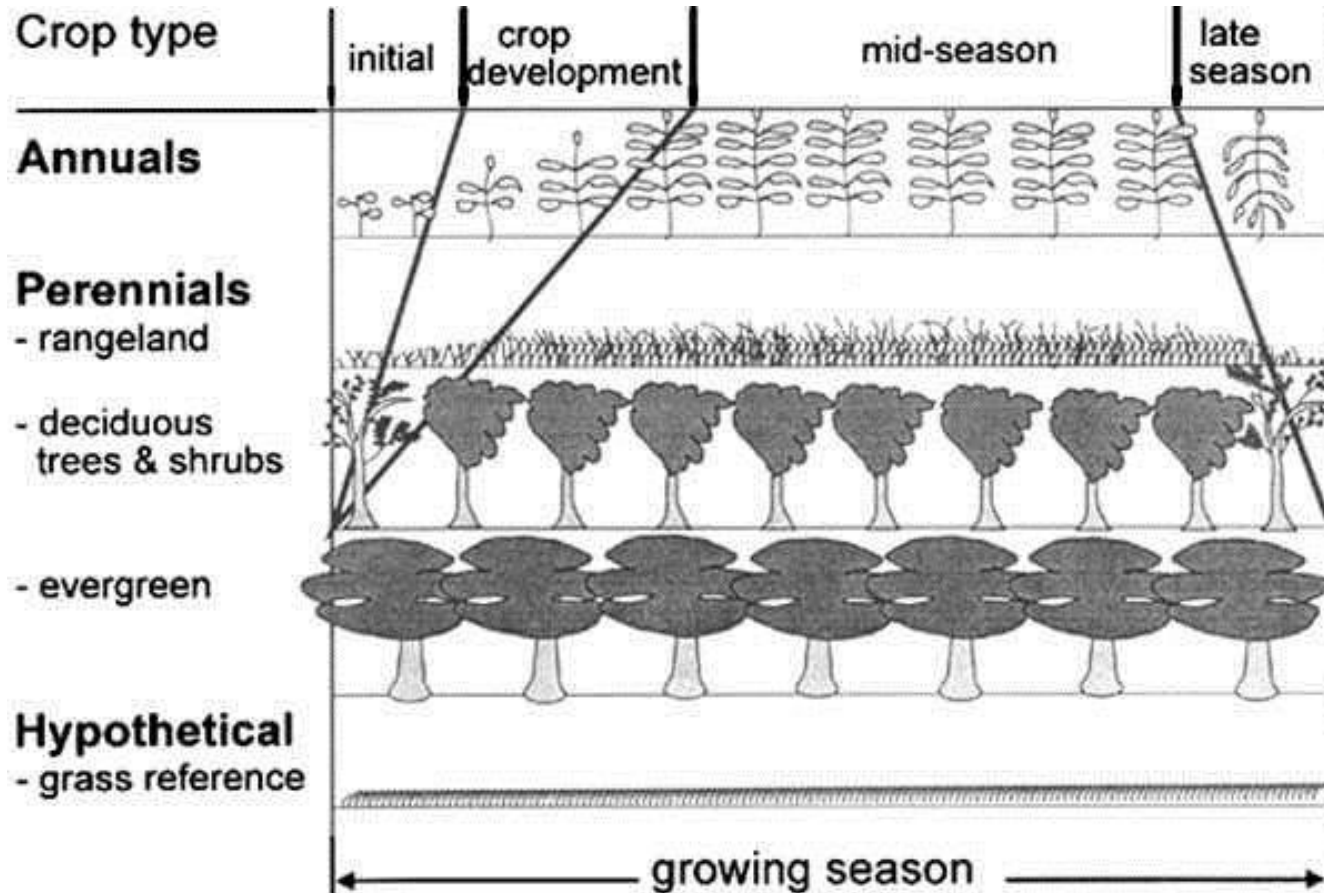


Τυπικές τιμές K_c για διάφορα είδη φυτών σε πλήρη ανάπτυξη



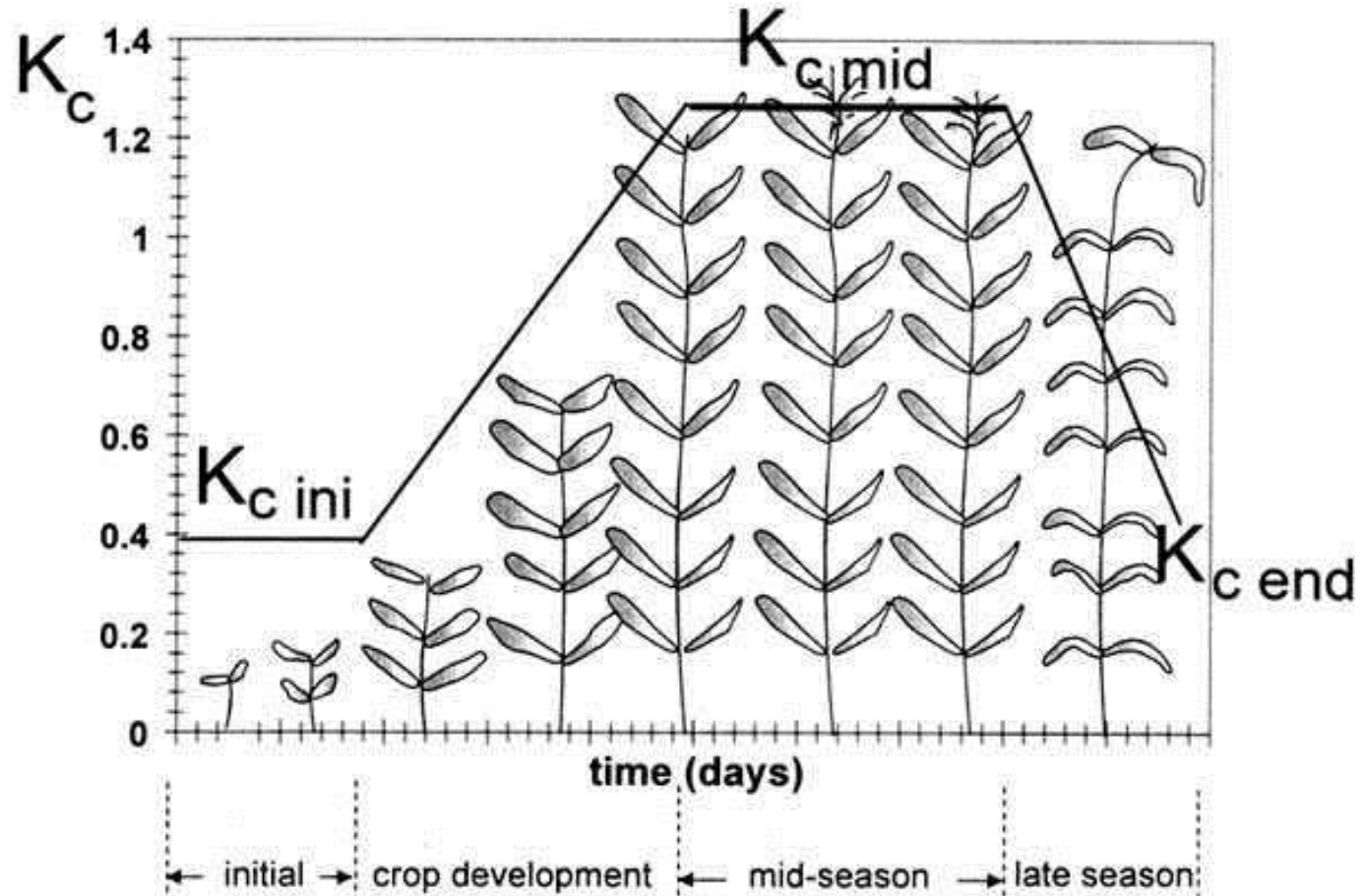


Στάδια ανάπτυξης διαφόρων ειδών φυτών





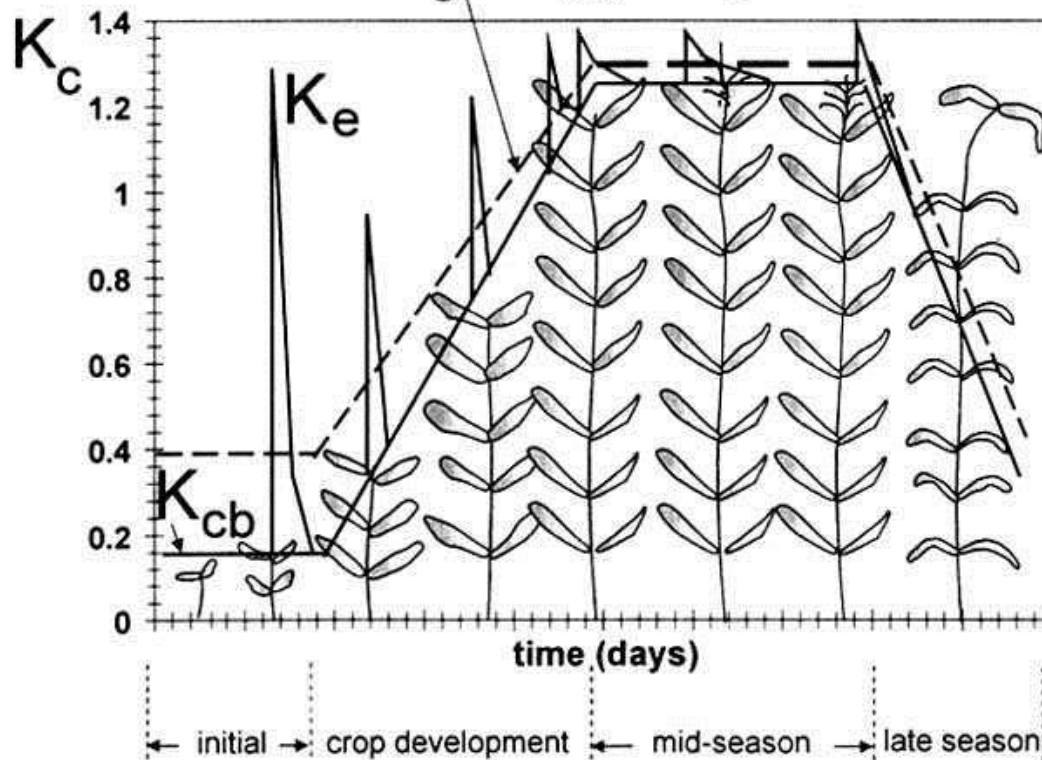
Γενικευμένη καμπύλη φυτικού συντελεστή στην περίπτωση του απλού φυτικού συντελεστή





Καμπύλες σύνθετου φυτικού συντελεστή

$$K_c = K_{cb} + K_e$$



Χοντρή γραμμή: K_{cb} (διαπνοή)

Λεπτή γραμμή: K_e (εξάτμιση από το έδαφος)

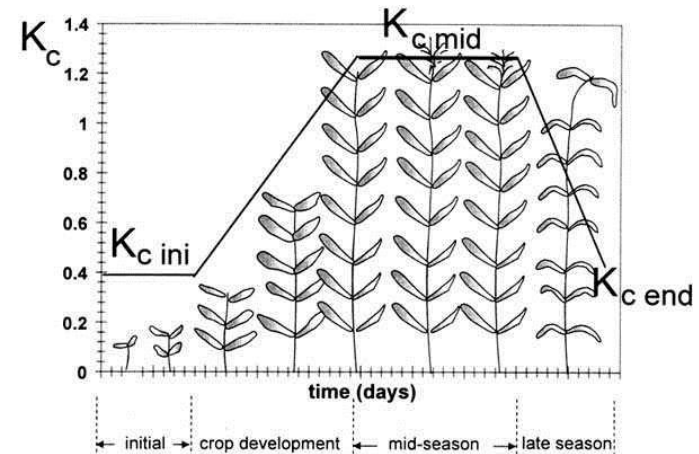
Διακεκομμένη γραμμή: $K_c = K_{cb} + K_e$



Ενδεικτικοί φυτικοί συντελεστές

Καλλιέργεια	K_c ini	K_c mid	K_c end
Λάχανο	0.7	1.05	0.95
Αγγούρι	0.7	1.00	0.95
Μελιτζάνα	0.6	1.05	0.90
Πιπεριά γλυκιά	0.6	1.05	0.90
Τομάτα	0.6	1.15	0.70-0.90

FAO, paper 56





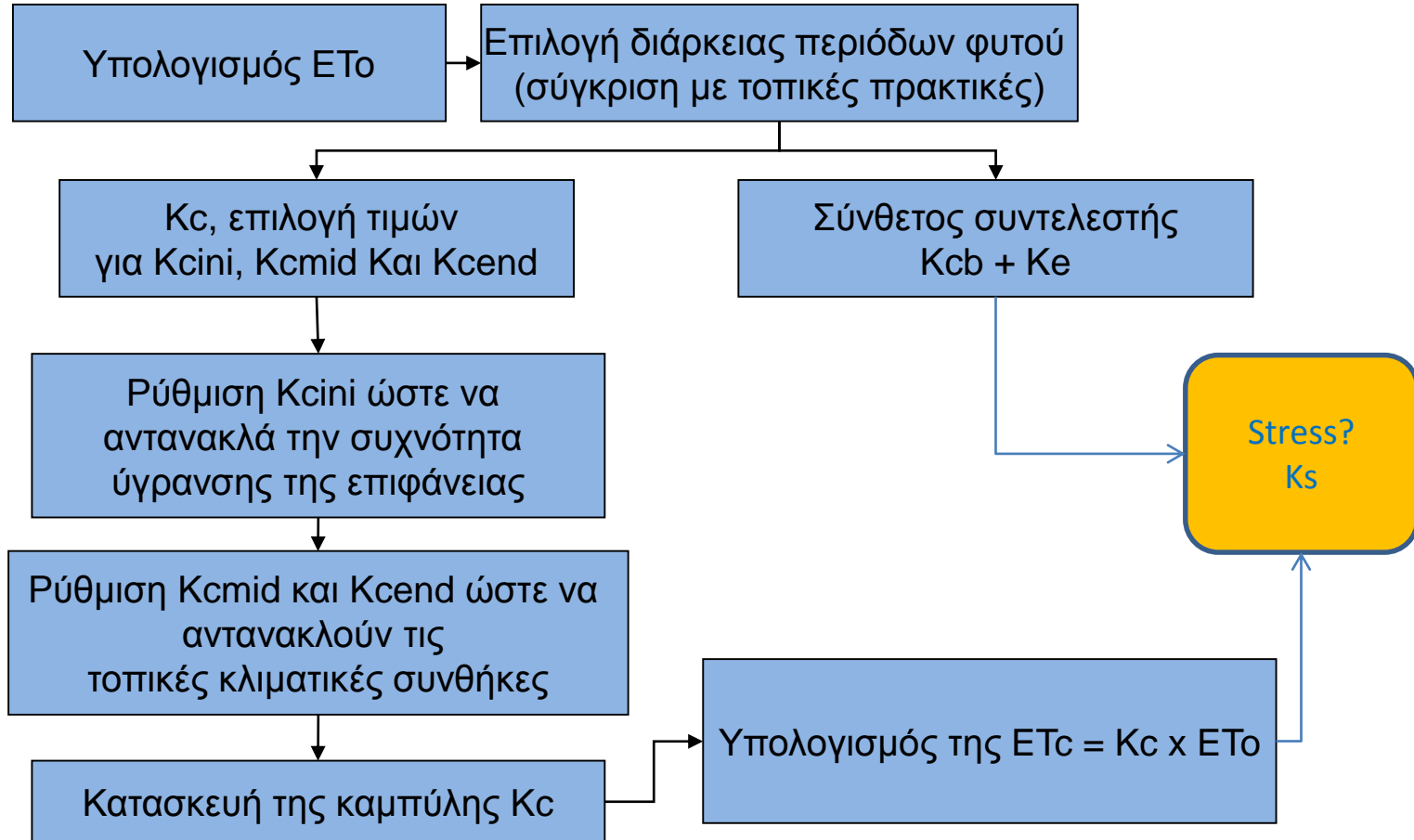
Μέθοδοι μέτρησης και εκτίμησης

- Εκτίμηση με βάση μετεωρολογικά δεδομένα
- Λυσίμετρα





Διαδικασία υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής





Δικτυακοί τόποι με πληροφορίες ΕΤ

<http://www.cimis.water.ca.gov/cimis/welcome.jsp>

<http://probiosis.teiep.gr>



Λογισμικό CropWat για υπολογισμό των αναγκών σε νερό σύμφωνα με PM

Λογισμικό FAO
CROPWAT για
υπολογισμό των
αναγκών σε νερό

CROPWAT
8.0

Υπάρχει και το
απλό: ET

The screenshot shows the 'CropWat 4 Windows' application window. The 'Data Status' dialog box is open, displaying the 'Monthly Climatic Data' section. The dialog includes the following fields and controls:

- Country:** Text input field
- Station:** Text input field
- Altitude:** Text input field with '(m)' label
- Latitude:** Text input field with a dropdown menu set to '° N'
- Longitude:** Text input field with a dropdown menu set to '° E'
- Month:** A dropdown menu currently showing 'January', with '< Previous' and 'Next >' buttons, and a 'Clear' button.
- Mean Maximum Temp.:** Text input field with a dropdown menu set to 'Celsius'
- Mean Minimum Temp.:** Text input field with a dropdown menu set to 'Celsius'
- Air Humidity:** Text input field with a dropdown menu set to '%'
- Wind Speed (@ 2m):** Text input field with a dropdown menu set to 'km/d'
- Daily Sunshine:** Text input field with a dropdown menu set to 'hrs'
- Calculate ETo:** A button that, when clicked, calculates the potential evapotranspiration (ETo) and displays the result in '(mm/day)'. A link to '[Penman-Monteith]' is visible next to the result.
- Buttons:** 'Retrieve...', 'Save...', 'Report...', 'Clear All...', and 'OK' buttons are located at the bottom of the dialog.



Φύλλο εργασίας υπολογισμών

- Υπολογισμός αναγκών σε νερό με τη μέθοδο Hargreaves

Microsoft Excel - ET_Calculation.xls

Αναφορά:
Allen, R. G., L. G. Pereira, D. Raes, M. D. Doorenbos, 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO irrigation and drainage paper 56, Rome, p.79-90

Παρατήρηση:
An alternative equation for ETo when either data are missing or when solar radiation data, relative humidity data and/or wind speed data are missing, they should be estimated using the procedures presented in this section. As an alternative, ETo can be estimated using the Hargreaves ETo equation where:

$$ETo = 0,00207 \cdot T_{max} + 17,81 \cdot (T_{max} - T_{min})^{0,76} \cdot Pa \quad (S2)$$
 where all parameters have been previously defined. Units for both ETo and Pa in Equation S2 are mm day⁻¹. Equation S2 should be verified in each new region by comparing with estimates by the FAO Penman-Monteith equation (Equation 6) at weather stations where solar radiation, air temperature, humidity, and wind speed are measured. If necessary, Equation S2 can be calibrated on monthly or annual basis by determining empirical coefficients where $ETo = a + b \cdot ETo_{PM}$, S2, where the "a, S2" coefficients to ETo predicted using Equation S2. The coefficients a and b can be determined by regression analysis or by visual fitting. In general, as limiting solar radiation, crop residue and wind speed as described in Equations 48 to 51 and Table 4 and then utilizing these estimates in Equation 6 (the FAO Penman-Monteith equation) will provide somewhat more accurate estimates as compared to estimating ETo directly using Equation S2. This is due to the ability of the estimation equations to incorporate general climatic characteristics such as high or low wind speed or high or low relative humidity into the ETo estimate made using Equation 6.

Παρατήρησης:
Εφόσον έχουμε ως εκκίνηση χρήση της εκτιμηθείσας μεθόδου που περιγράφεται στο FAO 56 και θέλουμε με το αέριο πρόβλεψη μιας αόριστης ποσότητας 50% ή 75% ή 100% του αερίου, όπου είναι η ίδια η μέθοδος που μας δίνει πληροφορίες προς επιλεγμένη τιμή με την επόμενη μέθοδο προσαρμογή αφού με τη χρήση του αερίου και των, δε έχουμε χρήση της εκτιμηθείσας αυτής προσαρμογή που περιγράφεται στο FAO 56 και προσαρμόζουμε και λίγη τιμή του αερίου υπολογισμού.

Καλλιέργεια	Ποιότητα	Κατάσταση	Κατάσταση	Κατάσταση	Κατάσταση	Κατάσταση	Κατάσταση	Κατάσταση	Κατάσταση
11 ΜΜ υει	10	20	15	18	1,03	-0,35	1,17	11,86	1,15
13 Φ-φθ	0	45	1,02	-0,23	1,33	17,03	0,00		
14 ΜΜ ρ	0	75	1,01	-0,04	1,53	24,76	0,00		
15 Α-φθ	0	105	0,99	0,17	1,74	32,98	0,00		
16 ΜΜ ρ	0	135	0,98	0,33	1,93	39,12	0,00		
17 Ιουλ	0	162	0,97	0,40	2,02	41,73	0,00		
18 Ιουλ ρ	0	199	0,97	0,37	1,97	40,23	0,00		
19 Αύγ	0	226	0,98	0,23	1,81	35,00	0,00		
20 Σεπ	0	259	0,99	0,03	1,60	27,38	0,00		
21 Οκτ	0	289	1,01	-0,18	1,39	19,05	0,00		
22 Νοε	0	318	1,02	-0,33	1,21	13,93	0,00		
23 Δεμ	0	345	1,03	-0,40	1,12	10,20	0,00		



Η περίπτωση των καλλιεργειών υπό κάλυψη



Τι διαφέρει στα θερμοκήπια

- Μείωση ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω περατότητας κάλυψης και σκίασης
- Υψηλότερες θερμοκρασίες, αυξημένη υγρασία (φαινόμενο κλειστού χώρου)
- Χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου
- Ανεξάρτητες πηγές θερμότητας και υγρασίας (σύστημα θέρμανσης, σύστημα δροσισμού)
- **Η ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ ΜΙΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΕΙΝΑΙ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ**



Διαφορετικές ανάγκες σε διάφορα σημεία του θερμοκηπίου

- Περιοχές με διαφορετικό προσανατολισμό έχουν διαφορετικές ανάγκες.
- Γραμμές φυτών περιφερειακά έχουν αυξημένες ανάγκες σε νερό σε σχέση με τις εσωτερικές.
- Για το λόγο αυτό μπορεί ο σχεδιαστής να μεριμνήσει να θεωρήσει αυτές ως διαφορετικές ζώνες ώστε να μπορεί να καλύπτει ανεξάρτητα τις ανάγκες τους.



Επίδραση άλλων παραγόντων στις ανάγκες καλλιεργειών σε νερό



Αερισμός

- Εάν και λογικά θα έπρεπε να έχει επίδραση (αύξηση επαγωγικών κινήσεων και ελλείμματος πίεσης κορεσμού) δεν έχει διαπιστωθεί στατιστικά σημαντική επίδραση
- Περιοχές όμως κοντά σε ανεμιστήρες μπορεί να παρουσιάζουν μικρή αύξηση κατανάλωσης νερού



Ειδικές μέθοδοι για θερμοκήπια

- Η μέθοδος Stanghellini (βασίζεται στην PM)

$$LE \cong \frac{2LAI\rho_a c_p}{1 + \frac{\delta}{\gamma} + \frac{r_i}{r_e}} \left[0,07 \frac{\delta}{\gamma} \frac{I_s}{\rho_a c_p} + 0,16 \frac{\delta}{\gamma} \frac{T_h - T_o}{r_R} + \frac{1}{r_e} \frac{VPD}{\gamma} \right]$$

LE Wm⁻²

LAI m m⁻²

ρ_a kgm⁻³

c_p Jkg⁻¹K⁻¹

δ PaK⁻¹

γ PaK⁻¹

r_i, r_e, r_R sm⁻¹

I_s Wm⁻²

T_h, T_o K

VPD Pa



Ειδικές μέθοδοι για θερμοκήπια

Απλούστερες σχέσεις

- **INRA / Baille**
- Μέσα στο θερμοκήπιο, σε ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση, η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί τον κύριο ενεργειακό παράγοντα της εξατμισοδιαπνοής
- **ETMs = K x ETPs = K x (aRGs + b) σε mm ημέρα⁻¹**
 - K ο καλλιεργητικός συντελεστής (εξαρτάται από στάδιο ανάπτυξης)
 - RGs η ολική ηλιακή ακτινοβολία που μπαίνει στο θερμοκήπιο (mm ημέρα⁻¹)
 - a, συντελεστής σχέση μεταξύ ακτινοβολίας και κατανάλωσης νερού καλλιέργειας αναφοράς
 - b, συντελεστής που εκφράζει την κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια της νύχτας (μπορεί να παραληφθεί)
- Τιμές K:
 - Τομάτα: 0,5-1
 - Αγγούρι: 0,6-0,9
- Τιμές a
 - για καλλιέργεια τομάτας: 0,3 – 0,8
 - Για καλλιέργεια μαρουλιού: 0,4 – 0,6



Ετήσια κατανάλωση νερού ενδεικτικά στοιχεία, τομάτα

- Καλλιέργεια εκτός θερμοκηπίου
 - 800mm
- Καλλιέργεια εντός θερμοκηπίου:
 - Καλλιέργεια στο έδαφος = 850mm
 - Υδροπονική καλλιέργεια (όλο το χρόνο)
 - Ανοιχτό σύστημα = 1800mm (20-30% απορροή)
 - Κλειστό σύστημα = 900mm
 - Ημίκλειστο σύστημα = 1100mm

1mm = 1 m³/στρ Το μυστικό είναι στην WUE

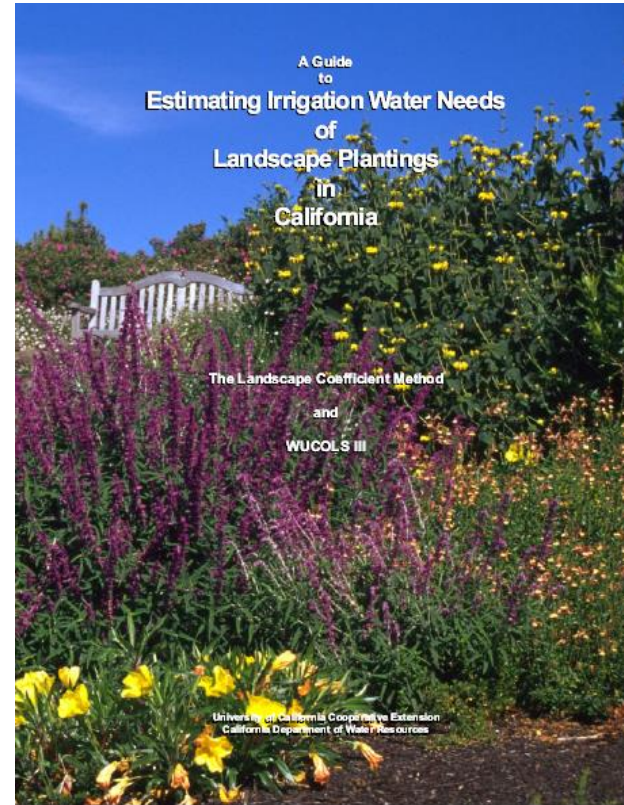


Έργα πράσινου



Ειδικές μέθοδοι για έργα πράσινου

Water Use
Classifications of
Landscape Species
(WUCOLS)





Προσαρμογή στα έργα πράσινου

- $ETL = K_L \times ET_0$
- $K_L = k_s \times k_d \times k_{mc}$
 - k_s : συντελεστής είδους (species factor)
 - k_d : συντελεστής πυκνότητας (density factor)
 - k_{mc} : συντελεστής μικροκλίματος (microclimate factor)



Πρακτικές πληροφορίες (Ελλάδα)



Προσαρμογή στα έργα πράσινου

- Αναφορές σχετικά με τις ανάγκες σε νερό που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα ως γενική λύση στο πλαίσιο εκπόνησης μελετών εγκατάστασης και συντήρησης πράσινου υπάρχουν στα ακόλουθα:
 - Υπουργείο Γεωργίας, Απόφ. Αρ. Φ.16/6631 Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση (ΦΕΚ 428 Β' 2/6/1989)

Υδατικό Διαμέρισμα
Η πείρου

05

Κατηγορίες και Κ (φυτικός συντελεστής)

I: 0,55 (π.χ. εσπεριδοειδή, ελιές,

αμπέλια)

II: 0,60

III: 0,65

IV: 0,70

V: 0,75

VI: 0,80 (π.χ. κηπευτικά, πατάτες)

VII: 0,85

VIII: 1,20

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΗΝΑΣ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Απρίλιος	33-44	36-48	39-52	42-56	45-60	48-64	51-68	72- 96
Μάιος	63-80	69-87	75-94	80-101	86-109	92-116	98-123	138-174
Ιούνιος	88-107	96-117	104-127	112-136	120-146	128-156	136-166	192-234
Ιούλιος	102-121	111-132	120-143	129-154	139-165	148-176	157-187	222-264
Αύγουστος	96-115	105-126	114-136	122-147	131-157	140-168	149-178	210-252
Σεπτέμβριος	52-69	57-75	62-81	66-87	71-94	76-100	81-106	114-150

ΟΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
(σε κυβικά μέτρα νερού ανά στρέμμα, για ολόκληρο το μήνα)



Διαθέσιμη πληροφορία

- Αναφορές σχετικά με τις ανάγκες σε νερό που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα ως γενική λύση στο πλαίσιο εκπόνησης μελετών εγκατάστασης και συντήρησης πράσινου υπάρχουν στα ακόλουθα:
 - ΕΛΟΤ Προδιαγραφές τεχνικών έργων:
 - [10-06-02-01 Άρδευση φυτών...](#) §3.6διάρκεια και η συχνότητα άρδευσης του φυτού με τη στάγδην άρδευση εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος του φυτού, τον τύπο του εδάφους, το κλίμα και την εποχή..... μέσος όρος αναγκών σε νερό, τους καλοκαιρινούς μήνες, για μέσης σύστασης εδάφη και για φυτά ηλικίας μέχρι 3 ετών, έχει προσδιοριστεί σε 3-4lt/ημέρα για τους θάμνους και σε 6-8lt/ημέρα
 - [10-06-02-02 Άρδευση χλοοτάπητα - Φυτών εδαφοκάλυψης - Χλοοτάπητα πρανών....](#) §3.7 διάρκεια και η συχνότητα άρδευσης του χλοοτάπητα εξαρτάται από το είδος του χλοοτάπητα, τον τύπο του εδάφους, το κλίμα και την εποχή. Ο μέσος όρος αναγκών σε νερό, τους καλοκαιρινούς μήνες, για μέσης σύστασης εδάφη, έχει προσδιοριστεί σε 5-6mm/ημέρα.



Βιβλιογραφία

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M.Smith (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome,
- Costello D. (2000). A Guide to Estimating Irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California - The Landscape Coefficient Method and WUCOLS III
- EU (2000). Directive 2000/60/EC for Water
- Irrigation Association (2011). Landscape Drainage Design
- Melby P. (1995). Simplified Irrigation Design, Van Nostrand Reinhold, 1995
- ΕΛΟΤ (2009) 10-06-02-01 Άρδευση φυτών και 10-06-02-02 Άρδευση χλοοτάπητα - Φυτών εδαφοκάλυψης - Χλοοτάπητα πρανών
- Μπαμπίλης Δ. (2008) Αρδευτικά δίκτυα πρασίνου. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα
- Ουζούνης Δ. (2002). Συστήματα αυτόματης άρδευσης Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη
- Τσιρογιάννης Γ. (2009) Χρήση ειδικού λογισμικού για το σχεδιασμό αρδευτικών δικτύων - Εφαρμογές με το IRRICAD v9 PRO. Αυτοέκδοση, Άρτα
- Τσιρογιάννης Γ. (2010) Φάκελος Εργαστηριακών Ασκήσεων Αρδεύσεις – Στραγγίσεις, ΤΕΙ Ηπείρου, Τμήμα ΑΑΤ, Άρτα, 2010



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. <Τσιρογιάννης Λ. Ιωάννης>.

<Αρδεύσεις - Στραγγίσεις Έργων Πράσινου>.

Έκδοση: 1.0 <Άρτα>, 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG116/>





Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: <Μπαλτζώη Πηνελόπη>
<Άρτα>, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Σημειώματα





Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

