



μ μ

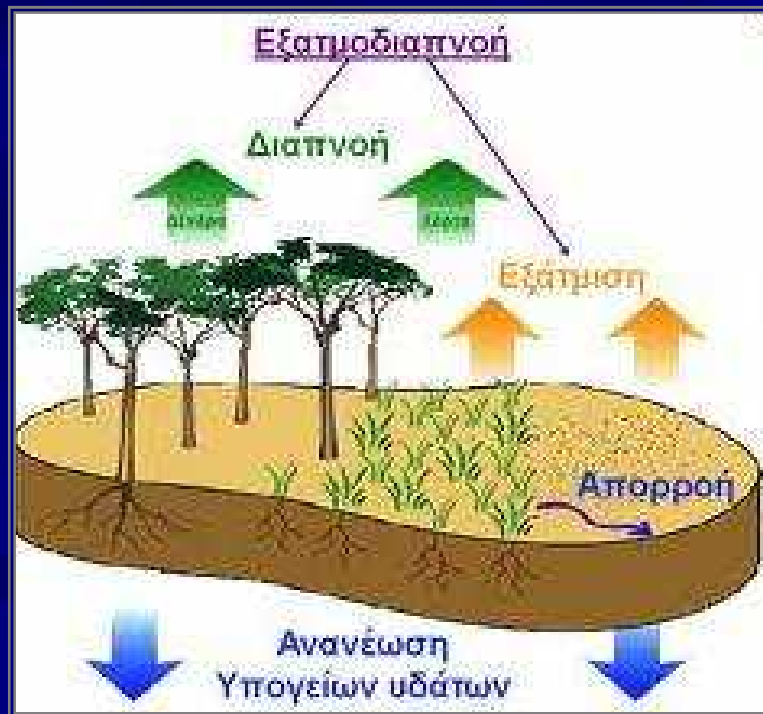
&

&



μμ

6 : μ -



6.1

μ (evaporation)

()
()
()

(transpiration).

➤
➤
➤
➤

6.2

6.2.1

$$c_p(T) = de(T) / dT,$$

$$e = Ue \quad (2.4),$$

6.1 :

μ

μ

μ

Μέγεθος	Σύμβολο - Μονάδες	Τύπος υπολογισμού	Τυπική τιμή
Λόγος μοριακών βαρών νερού και ξηρού αέρα	ε , αδιάστατος		0.622
Ειδική θερμότητα αέρα (για σταθερή πίεση)	c_p , kJ/kg/K	$c_p = c_{pd} (1 + 0.92 r)$ όπου r ο λόγος ανάμιξης και $c_{pd} = 1.004$ kJ/kg/K η ειδική θερμότητα του ξηρού αέρα.	1.013 kJ/kg/K
Ατμοσφαιρική πίεση	p , hPa	Τυπική μεταβολή (πρότυπη ατμόσφαιρα): $p = 1013.25 \times$ $(1 - 2.256 \times 10^{-5} z)^{5.256}$ όπου z το υψόμετρο σε m.	1013 hPa (για $z = 0$)
Πυκνότητα αέρα (με βάση την καταστατική εξίσωση)	ρ_a , kg/m ³	$\rho_a = 0.348 p / (T + 273)$ όπου p η ατμοσφαιρική πίεση σε hPa και T η θερμοκρασία του αέρα σε °C.	1.2 kg/m ³
Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης	λ , kJ/kg	$\lambda = 2501 - 2.361 T_s$ όπου T_s η θερμοκρασία στην επιφάνεια του νερού σε °C	2460 kJ/kg
Ψυχομετρικός συντελεστής	γ , hPa/K	$\gamma = \frac{c_p p}{\varepsilon \lambda}$	0.67 hPa/K
Πίεση κορεσμού υδρατμών	e_s , hPa	$e_s = 6.11 \exp\left(\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right)$ όπου T η θερμοκρασία του αέρα σε °C	
Κλίση καμπύλης πίεσης κορεσμού υδρατμών	Δ , hPa/K	$\Delta = \frac{4098 e_s}{(T + 237.3)^2}$ όπου T η θερμοκρασία του αέρα σε °C	

Μέγεθος	Σύμβολο μονάδες	Επεξήγηση	Τύπος υπολογισμού
Αριθμός ημέρας	J , αδιά- στατος	1 την 1η Ιανουαρίου, 365 την 31η Δεκεμβρίου	
Ηλιακή απόκλιση	δ , rad	Το γεωγραφικό πλάτος, όπου οι ακτίνες πέφτουν κάθιστα το μεσημέρι	$\delta = -0.409 \times$ $\cos\left(\frac{2\pi}{365}J + 0.16\right)^\dagger$ (Ισχύει $ \delta \leq 0.409 \text{ rad} =$ 23.4°)
Γωνία ώρας δύσης ηλίου	ω_s , rad	Αν πολλαπλασιαστεί επί $12/\pi$ δίνει την ώρα δύσης μετά το μεσημέρι	$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta)$, όπου φ το γεωγραφικό πλάτος σε rad (για $ \varphi >$ $1.161 \text{ rad} = 66.5^\circ$, δεν ορί- ζεται – δεν δύει ο ήλιος)
Αστρονο- μική διάρ- κεια ημέρας	N , h	Ο αριθμός των ωρών από την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου	$N = (24 / \pi) \omega_s$
Ηλιακή σταθερά	I_s , kW/m ²	Η κάθετη ροή ηλιακής ενέργειας στο όριο της ατμόσφαιρας, για τη μέ- ση απόσταση γης-ηλίου	$I_s = 1.367 \text{ kW/m}^2$
Εκκεντρό- τητα	d_r , αδιά- στατη	Το τετράγωνο του λόγου της μέσης απόστασης γης-ηλίου προς την απόσταση τη μέρα J	$d_r = 1 + 0.034 \times$ $\cos\left(\frac{2\pi}{365}J - 0.05\right)^\dagger$
Εξωγήινη ηλιακή ακτινοβο- λία	S_0 , kJ/m ² /d	Η ημερήσια ροή ηλιακής ενέργειας στο όριο της ατμόσφαιρας σε οριζόντιο επίπεδο	$S_0 = \frac{I_s t_d d_r}{\pi} (\omega_s \sin \varphi \sin \delta$ $+ \sin \omega_s \cos \varphi \cos \delta)$ όπου $t_d = 86\,400 \text{ s}$ (η μέση διάρκεια ημέρας)

. 6.3 μ μ S0 kJ/m2/d
 () 36 - 46 μ

φ (°)	36	38	40	42	44	46
Ιον	17 604	16 383	15 156	13 926	12 696	11 470
Φεβ	22 349	21 230	20 092	18 935	17 762	16 575
Μαρ	28 967	28 100	27 198	26 265	25 300	24 305
Απρ	35 447	34 964	34 441	33 878	33 278	32 641
Μαϊ	39 820	39 711	39 564	39 380	39 161	38 908
Ιουν	41 571	41 658	41 711	41 730	41 718	41 677
Ιουλ	40 725	40 731	40 701	40 637	40 539	40 410
Αυγ	37 255	36 942	36 590	36 199	35 771	35 306
Σεπ	31 510	30 800	30 053	29 271	28 453	27 601
Οκτ	24 651	23 624	22 571	21 494	20 395	19 274
Νοε	18 879	17 689	16 488	15 279	14 065	12 849
Δεκ	16 230	14 993	13 755	12 519	11 289	10 069

. 6.4

μ

μ

() 36 - 46 μ

μ

μ

N

h

φ ($^{\circ}$)	36	38	40	42	44	46	φ ($^{\circ}$)	36	38	40	42	44	46
Ιαν	9.8	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	Ιουλ	14.2	14.4	14.5	14.7	14.9	15.2
Φεβ	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2	10.1	Αυγ	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9
Μαρ	11.7	11.7	11.7	11.7	11.6	11.6	Σεπ	12.2	12.2	12.3	12.3	12.3	12.3
Απρ	12.9	13.0	13.0	13.1	13.2	13.3	Οκτ	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	10.7
Μαϊ	13.9	14.0	14.2	14.4	14.5	14.7	Νοε	10.1	9.9	9.8	9.6	9.4	9.2
Ιουν	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2	15.5	Δεκ	9.6	9.4	9.2	9.0	8.8	8.5

Μέγεθος	Σύμβολο- μονάδες	Επεξήγηση	Τύπος υπολογισμού
Εξωγήινη ηλιακή ακτινοβο- λία	S_0 , kJ/m ² /d	βλ. Πίν. 3.2	βλ. Πίν. 3.2
Λευκαύ- γεια (albedo)	a_s αδιά- στατη	Λόγος της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ακτινοβολία	Νερό ^{1,3} 0.04-0.10 τυπική τιμή 0.08 Έδαφος ^{1,2} 0.10-0.25 Έρημος ¹ 0.20-0.35 Κωνοφόρο δάσος ² 0.11-0.16 Δενδρώδεις καλλιέργειες ² 0.15-0.20 Λοιπές καλλιέργειες ² 0.20-0.26 τυπ. τιμή για Ελλάδα ⁴ 0.25 Παλιό χιόνι ¹ 0.35-0.65 Φρέσκο χιόνι ¹ 0.80-0.90
Συντελε- στής απορρό- φησης της ατμόσφαι- ρας (Prescott)	f_s αδιά- στατος	Λόγος της ακτινο- βολίας που φτάνει στο έδαφος (με νεφο- σκεπή ή όχι ουρανό) προς την εξωγήινη ακτινοβολία	$f_s = a_s + b_s n/N$ όπου n/N η σχετική ηλιοφάνεια, ενώ $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$ (τυπικές τιμές ^{1,2,4})
Καθαρή ακτινοβο- λία βραχέων κυμάτων	S_n , kJ/m ² /d	Ακτινοβολία που παραμένει στο έδαφος μετά την ανάκλαση	$S_n = (1 - a) f_s S_0$

Μέγεθος	Σύμβολο- μονάδες	Επεξήγηση	Τύπος υπολογισμού
Σταθερά Stefan-Boltzmann	σ , $\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\text{K}^4\text{d}}$	Σταθερά του νόμου θερμικής εκπομπής μελανού σώματος.	$\sigma = 4.9 \times 10^{-6} \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K}^4\text{d})$ $= 5.6697 \times 10^{-11} \text{ kW}/(\text{m}^2\text{K}^4)$
Καθαρή ικανότητα εκπομπής	ε_n , αδιάστατη	Συντελεστής του νόμου θερμικής εκπομπής μη μελανού σώματος. Εδώ αναφέρεται στη διαφορά της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται μείον αυτή που επιστρέφει.	Τύπος του Brunt: [†] $\varepsilon_n = a_e - b_e \sqrt{e}$ όπου e η τάση ατμών σε hPa. Συντελεστές a_e και b_e : κατά Penman ¹ $a_e = 0.56$, $b_e = 0.08$, κατά Doorenbos and Pruiitt ^{2, 4, 6} $a_e = 0.34$, $b_e = 0.044$.
Συντελεστής επίδρασης της νέφωσης	f_L , αδιάστατος	Παίρνει υπόψη το γεγονός ότι η παρουσία νέφωσης μειώνει την καθαρή θερμική ακτινοβολία που διαφεύγει.	$f_L = a_L + b_L n/N$ όπου n/N η σχετική ηλιοφάνεια και τυπικά (κατά Penman) ^{1, 2, 3, 4, 6} $a_L = 0.1$ και $b_L = 0.9$.
Καθαρή ακτινοβολία μακρών κυμάτων	L_n , $\text{kJ}/\text{m}^2/\text{d}$	Καθαρή ακτινοβολία μακρών κυμάτων που διαφεύγει από το έδαφος.	$L_n = \varepsilon_n f_L \sigma (T_a + 273)^4$ όπου T_a η θερμοκρασία σε °C ($T_a + 273$ η απόλυτη θερμοκρασία σε K)

6.2.3

μ

μ : ,

$$R_n = S_n - L_n$$

μ , . . kJ/(m² d).

μ R_n μ μ μ

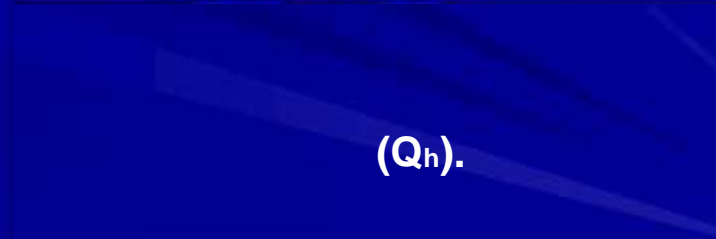
μ H μ , μ μ = + μ

μ μ : μ μ (G)

μ μ

μ (Q_s) (

μ μ (μ)



μ , μ : μ

$$R_n = H + G + Q_B + Q_S + Q_h$$

6.2.4

μ

$G_z = -D \frac{dC}{dz}$ (3.16)

G_z z, C (diffusivity) D

(3.16)

D_v

2.1.1

$E^* = -D_v \frac{d\rho_v}{dz}$

(3.17)

$\rho_v = \frac{\epsilon e}{p - (1 - \epsilon) e} \rho_a$ (3.18)

(3.18)

(3.18), $(1 - \epsilon) e$, μ a/p p

(3.17)

$$E' = -D_v \frac{\varepsilon \rho_a}{p} \frac{de}{dz} \quad (3.19)$$

(3.16) $C = a u$ (Chow, 1988, p. 84), $G_x = \dots$

$$\tau = D_M \rho_a \frac{du}{dz} \quad (3.20)$$

(3.16)

(3.20)

, 1988, p. 84),

$C = a u$ (Chow, 1988, p. 84), $G_x = \dots$

(3.19) (3.20)

$$\frac{de}{dz} = -\frac{D_M E' p}{D_v \tau \varepsilon} \frac{du}{dz}$$

M

z_1 z_2

$z: ()$ $DM / D_v, ()$ (3.21)

$$e_1 - e_2 = \frac{D_M E' p}{D_v \tau \varepsilon} (u_2 - u_1) \quad (3.22)$$

e_1 e_2 , u_1 u_2 z_1 z_2 ,

$$u = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

$k = 0.4$

von Karman, z_0

$$u_* = \sqrt{\tau / \rho_a}$$

(3.24)

(3.23)

$$z_1 \quad z_2$$

(3.24)

$$\tau = \rho_a \left[\frac{k (u_2 - u_1)}{\ln (z_2 / z_1)} \right]^2$$

(3.25)

(3.22)

Thornthwaite-Holtzman:

$$E^* = \frac{D_V \rho_a \varepsilon k^2}{D_M [\ln (z_2 / z_1)]^2} (u_2 - u_1) (e_1 - e_2)$$

(μ μ)

$z_1 = z_0$

u_1

6.2.5

μ

Bowen

μ
 μ ;

(3.14) (3.27),

μ

$$\Lambda = \frac{D_v \epsilon \lambda \rho_a k^2}{D_M p [\ln(z/z_0)]^2} u [e_s(T_s) - e] \quad (3.30)$$

H, μ , μ
3.2.4,

μ μ μ (3.16)

$C = a c_a T$, $D = DH$ $G_z =$

$$H = \frac{D_H c_p \rho_a k^2}{D_M [\ln(z/z_0)]^2} u (T_s - T_a) \quad (3.31)$$

T_a μ
(3.31) (3.30)

μ μ Bowen ((3.13)), μ

$$B = \frac{c_p p}{\epsilon \lambda} \frac{T_s - T_a}{e_s(T_s) - e} \quad (3.32)$$

μ
μ

μ
(. . 3.1), μ

(3.32)
μ

μ

Bowen:

$$B = \gamma \frac{T_s - T_a}{e_s(T_s) - e}$$

(3.33)

(3.33)

μ

Bowen

μ

μ

, μ

μ

μ

μ

.

6.3.2

World Meteorological Organization (1983).

6.3.3

(Doorenbos and Pruitt (1977, p. 19) and Brutsaert, 1982, p. 132)

$$n/N \approx 1 - C \quad (3.36)$$

$$= - \cdot C \quad (3.37)$$

0.75. (3.37) $\mu = 0.95$ $\mu = 0.8$ $C < 0.75$ $= = 1.4$ $C >$

$$\bar{U}_1 = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} U dt$$

(3.39)

$$\bar{U}_2 = \frac{\bar{e}}{e_*(\bar{T})}$$

(3.40)

$$\bar{e} = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} e dt = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} e_*(T) U dt$$

z_1 $z_2 = 2 \text{ m}$ z_0
 u_2 u_1
 (3.23),
 3.10.

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)}$$

Beaufort, u_w m/s, Beaufort.
 (Beers, 1945, . 47):
 10 m

$$u_{10} = 0.836 B^{3/2} \tag{3.43}$$

Beaufort, u_2 2 m, m/s,

$$u_2 = 0.836 B^{3/2} \frac{\ln 2 - \ln z_0}{\ln 10 - \ln z_0} \tag{3.44}$$

z_0 m.

. 6.10.

μ

μ

z_0

Περιγραφή επιφάνειας	Παράμετρος τραχύτητας (cm)	z_0
Πάγος		0.001
Ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια		0.002
Υδάτινη επιφάνεια		0.01-0.06
Χλόη, ύψους μέχρι 1 cm		0.1
Χλόη ύψους 1-10 cm		0.1-2
Χλόη, σιτηρά κτλ. ύψους 10-50 cm		2-5
Φυτοκάλυψη ύψους 1-2 m		20
Δέντρα ύψους 10-15 m		40-70

Πηγή: Brutsaert (1982, σ. 114) μετά από προσαρμογή.

6.3.7 μ

μ
 μ ,
 μ .

μ
 μ

μ
 μ

3.1.

μ μ μ
 μ μ

μ , μ (. .)
 μ μ .

μ μ μ
.



6.4

6.4.1

Penman, Bowen

$$\frac{e_s(T_s) - e_s(T_a)}{T_s - T_a} = \Delta \quad (3.45)$$

(3.33), Bowen (3.45)

$$B = \frac{\gamma}{\Delta} \frac{e_s(T_s) - e_s(T_a)}{e_s(T_s) - e} = \frac{\gamma}{\Delta} \left[1 - \frac{e_s(T_a) - e}{e_s(T_s) - e} \right] \quad (3.46)$$

(3.46) (3.14), $A \sim R_n$

$$\frac{\Delta + \gamma}{\Delta} E' - \frac{\gamma}{\Delta} \frac{e_s(T_a) - e}{e_s(T_s) - e} E' = \frac{R_n}{\lambda} \quad (3.47)$$

(3.47), (3.29), $F(u) = \frac{e_s(T_s) - e}{e_s(T_s) - e}$

$$\frac{\Delta + \gamma}{\Delta} E' - \frac{\gamma}{\Delta} F(u) D = \frac{R_n}{\lambda}$$

$$D := e_s(T_a) - e$$

(3.48)

μ

Penman

$$E = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} F(u) D$$

To μ

D

μ

$\frac{\mu\mu}{Ta}$

μ

μ

U

$$D = e(Ta) (1 - U)$$

(3.51)

(3.27),

(μ).

$$\frac{\mu}{D} \frac{F(u)}{D_M} = 1,$$

$$= 0.622, k = 0.4 (z = 2 \text{ m})$$

von Karman), $z_0 = 0.05 \text{ cm}$

u m/s,

μ

$F(u)$

3.1 kg/(hPa m² d),

$$F(u) = \frac{43.6}{T + 273} u$$

(3.52)

μ

°C.

μ

15°C,

$$Fw(u) = 0.150 u$$

(3.53)

,

μ

μ

Penman (1948)

$F(u)$

μ

$$F(u) = 0.26 (1 + 0.54 u) = 0.26 + 0.140 u$$

(3.54)

μ

kg/(hPa m² d).

u , μ

Penman (1956)

2 m,

m/s,

$F(u)$

μ 1

(3.54), μ

μ 0.5:

$$F(u) = 0.26 (0.5 + 0.54 u) = 0.13 + 0.140 u$$

(3.55)

6.4.2 μ - μ Penman - Monteith

Monteith

μ
Penman,

Penman-Monteith:

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\rho_a c_p}{(\Delta + \gamma') \lambda r_a} D \quad (3.56)$$

:

$$\gamma' = \gamma (1 + r_s / r_a) \quad (3.57)$$

μ , (3.56) μ

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma'} F(u) D \quad (3.58)$$

$$F(u) := \frac{\rho_a c_p}{\gamma \lambda r_a} = \frac{\epsilon \rho_a}{p r_a} \quad (3.59)$$

Penman-Monteith, Penman. $r_s = 0$, (3.28) Penman. (3.29), (3.57)

(3.59), Penman. Penman-Monteith Penman, r_a r_s

r_s r_s

6.4.3

μ

- μ

Doorenbos -Pruitt

μ

μ

μ

μ

μ , μ
μ , μ

μ

Doorenbos-Pruitt

:

$$E' = c \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} F(u) D \right]$$

(3.60)

μ

μ

Doorenbos-Pruitt

c,

μ

μ

μ

.

c

()

μ

()
μ

μ

,

μ

()

()

μ

Doorenbos-Pruitt

μ ,

$$F(u) = 0.27 (1 + 0.86 u) \quad (3.61)$$

Doorenbos-Pruitt

μ
μ

Penman, μ
μ

μ

,

μ

μ

μ

6.4.4 Penman – Monteith

Penman-Montieth
Doorenbos-Pruitt

Penman

Smith et al. (1996)

Penman-Montieth,

1 m/s).

2 m/s (,
3 m/s

➤ (3.1) $R_n = 0.17 (1 - a) (p / p_0) (T_{max} - T_{min}) 0.5 S_0$

➤ $R_n = 0.17 (1 - a) (p / p_0) (T_{max} - T_{min}) 0.5 S_0$ (3.62)

a , p , p_0 , T_{max} , T_{min} , S_0

0.17 μ 0.19. $R_n = (1 - a) (0.7 S_0 - 4000 \text{ kJ/m}^2/\text{d})$ (3.63)

. 6.11.

μ μ μ μ

Μέγεθος	Περίπτωση υπολογισμού Ελεύθερο νερό - Μέθοδος Penman ^{1,3} και Penman-Monteith ⁴	Καλλιέργεια αναφοράς με τη μέθοδο Doorenbos & Pruitt ^{2,5}	Καλλιέργεια αναφοράς με τη μέθοδο Penman-Monteith ⁴
Επιφανειακή αντίσταση, r_s (s/m)	$r_s = 0$	Δεν ορίζεται	$r_s = 69$ s/m ή 70 s/m
Συντελεστής γ' (hPa/°C)	$\gamma' = \gamma$	$\gamma' = \gamma$	$\gamma' = \gamma(1 + \alpha u)$ όπου $\alpha = 0.33$ για $r_s = 69$ s/m και $\alpha = 0.34$ για $r_s = 70$ s/m
Συνάρτηση ανέμου $F(u)$ (kg/(hPa m ² d)) για τυπική πυκνότητα και πίεση	$F_w(u) = 0.26 \times (0.5 + 0.54 u)$	$F_{DP}(u) = 0.27 \times (1 + 0.86 u)$	$F_{rc}(u) = 0.31 u$
Συνάρτηση ανέμου $F(u)$ (kg/(hPa m ² d)) για οποιαδήποτε πυκνότητα και πίεση (με εφαρμογή της (3.27))	$F_w(u) = \frac{43.6}{T+273} u$	Δεν καθορίζεται	$F_{rc}(u) = \frac{90}{T+273} u$

6.4.6

Priestley and Taylor (1972)

$$E^* = \alpha_e \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_{24}}{\lambda}$$

(3.64)

Linacre (1977)

Penman

$$E = \frac{700 (T + 0.006 z) / (100 - \phi) + 15 (T - T_d)}{(80 - T)} \text{ (mm/d)} \quad (3.65)$$

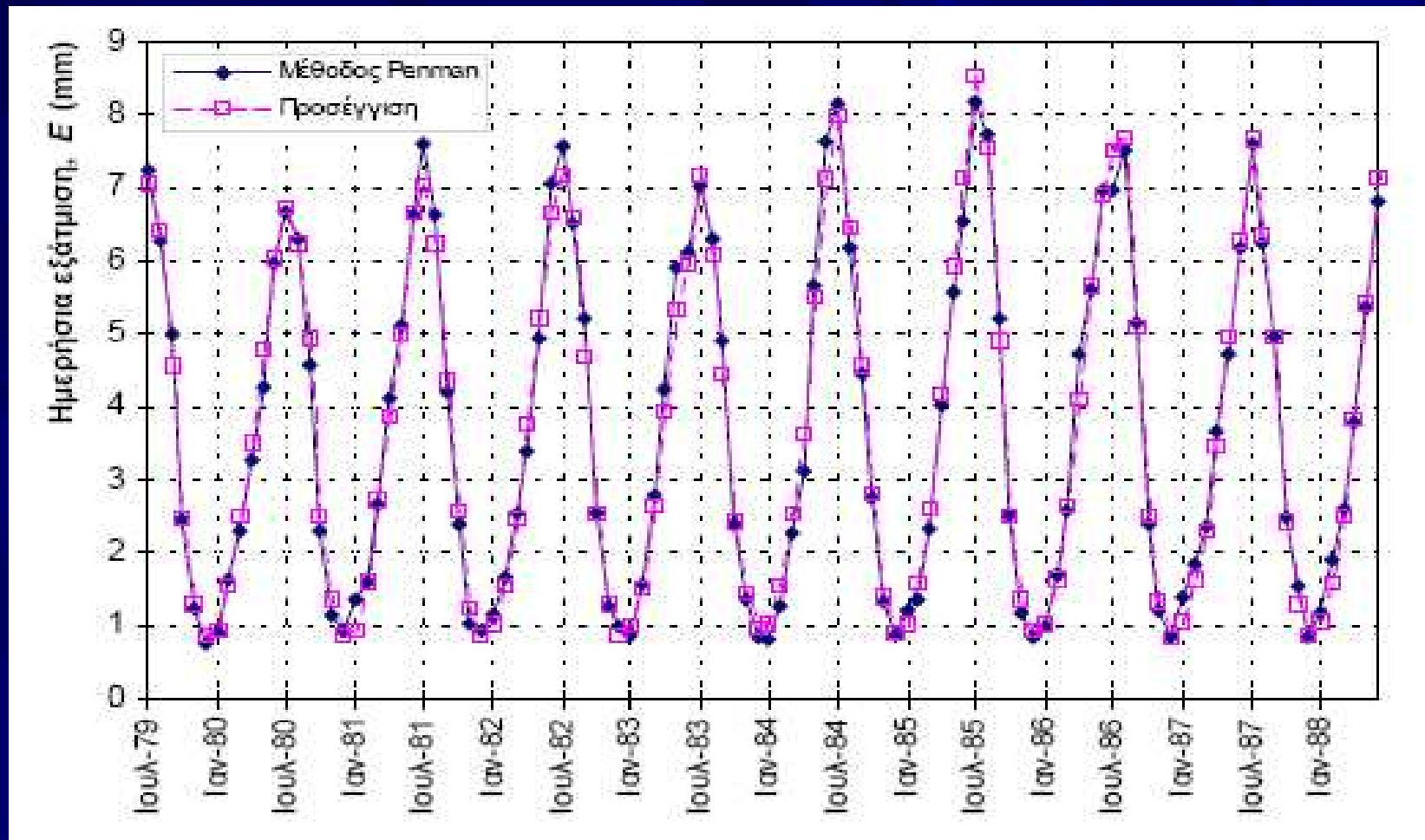
Penman (Monteith, 1997)

$$E = \frac{a S_0 - b}{1 - c T_a}$$

(3.66)

a, b and c are constants, T_a is the air temperature (°C), S_0 is the solar radiation (kJ/(m² d)).
 E is the evaporation rate (mm/d).

Penman (1949) and Monteith (1965) derived the following equation for the evaporation rate E (mm/d) from the energy balance and the mass balance of the water surface.



3.6. Penman (1988). (E mm/d, S_0 μ kJ/(m² d) , 1979 μ (3.66) μ T °C) $a = 9.565 \times 10^{-5}$ $b = 0.695$ $c = 0.0213$ 0.989 .

6.5

μ

μ

$\mu \mu$

μ

(3.4.6)

μ

μ

μ

μ

μ

,

.

μ

μ

μ

μ

,

μ

μ

.

,

μ

μ

,

μ

μ

μ

.

μ

μ

μ

.

6.5.1 Blaney-Criddle

Blaney-Criddle

(Blaney and Criddle, 1950),

$$E_p = 0.254 \cdot k_c \cdot p \cdot (32 + 1.8 \cdot T_a) \quad (3.67)$$

T_a °C, k_c mm/μ, E_p mm/μ
 p (%)

$$p = 100 \times \frac{N \times \mu}{365 \times 12} \quad (3.68)$$

(Doorenbos and Pruitt, 1977)
 Blaney-Criddle

$$E_p = a_{BC} + b_{BC} [0.254 p (32 + 1.8 T_a)] \quad (3.69)$$

$$a_{BC} = 0.43 U_{\min} - n/N - 1.41 \quad (3.70)$$

$$b_{BC} = 0.82 - 0.41 U_{\min} + 1.07 n/N + 0.066 u$$

$$- 0.6 U_{\min} n/N - 0.06 U_{\min} u \quad (3.71)$$

n/N

(U_{\min}) U_{\min}

(u) u 2 m. Penman.

Doorenbos-Pruitt, Blaney-Criddle
 (, 1992).

6.5.3 μ Hargreaves

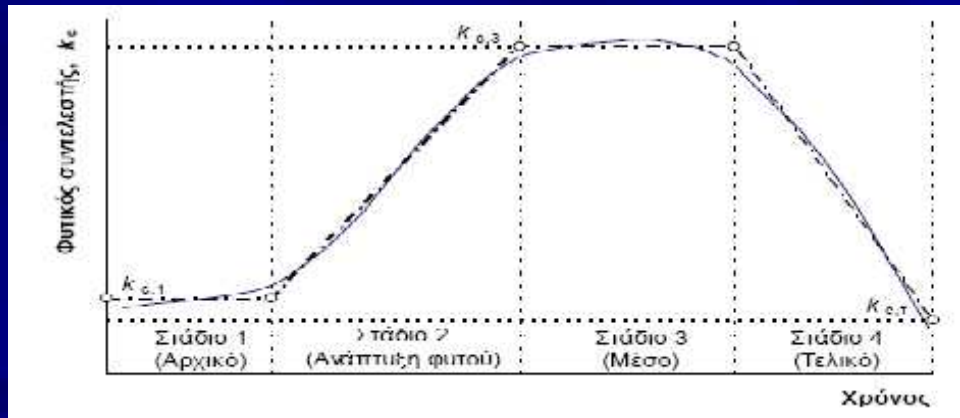
Shuttleworth, 1993, . 4.18), Hargreaves (Hargreaves and Samani, 1985.

$$E_{rc} = 0.0023 (S_0 / \mu) (T_a + 17.8) (T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad (3.76)$$

E_{rc} μ mm/d, S_0
 kJ/kg, T_a μ μ kJ/(m² d), μ °C, $T_{max} - T_{min}$
 μ °C.

➤ μ 10-15% 1 mm/d (μ)
 1993, . 4.39). μ (Shuttleworth,

μ (. . . , μ)
 $\mu\mu$, $\mu\mu$. 3.8.
 μ kc μ
 $(kc,1$ $kc,3)$ μ μ μ kc $\mu\mu$ (kc, μ) . 1 3
 μ μ μ μ μ μ μ . 3.22
 (1992).



μ . 3.8 μ $\mu\mu$ μ kc
 μ μ μ $\mu\mu$ μ μ

. 6.21

 μ kc

Καλλιέργεια	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.
Ροδακινιά, Βερικοκιά, Αχλαδιά, Δαμασκη- νιά, Φιστικιά		0.45	0.50	0.80	0.65	0.60	
Κερασιά, Μηλιά, Καρυδιά		0.45	0.65	0.80	0.65	0.60	
Εσπεριδοειδή	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	0.60	0.80
Αμπελώνες		0.30	0.35	0.50	0.45	0.35	
Ελαιώνες		0.25	0.35	0.45	0.45	0.30	

Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας (1992).

. 3.22

 μ μ μ kc

Καλλιέργεια	Ημερομηνία σποράς ή φύτευσης	Διάρκειες σταδίων βλάστησης (d)				Φυτικοί συντελεστές		
		1ο	2ο	3ο	4ο	k_1	k_3	k_c
Αραβόσιτος	15/4 - 5/5	25	40	60	25	0.35	0.85	0
Βαμβάκι	20/4 - 15/5	30	60	45	25	0.30	0.90	0
Ντομάτα	15/4 - 5/6	25	35	35	20	0.40	0.85	0
Ζαχαρότευτλα	1/3 - 30/4	25	35	90	10	0.35	0.85	0.70
Μηδική (τριφύλλι)						0.85	0.85	0.85

Προέλευση: Υπουργείο Γεωργίας (1992) μετά από προσαρμογή.

μ

,

μ

μ

,

μ

μ

.

μ

,

μ

μ

,

μ

μ

.

,

,

μ

μ

,

,

,

μ

μ

.

6.7

1.6.2,

$$S = I - O \quad (3.78)$$

Penman- Monteith,

$$P(\mu, S, E) = Q(\mu, S, E) \quad (3.79)$$

$$S = 0$$

$$E = P - Q \quad (3.80)$$

6.7.2

To

μ

Thornthwaite

Thornthwaite*,
Dingman, 1994),

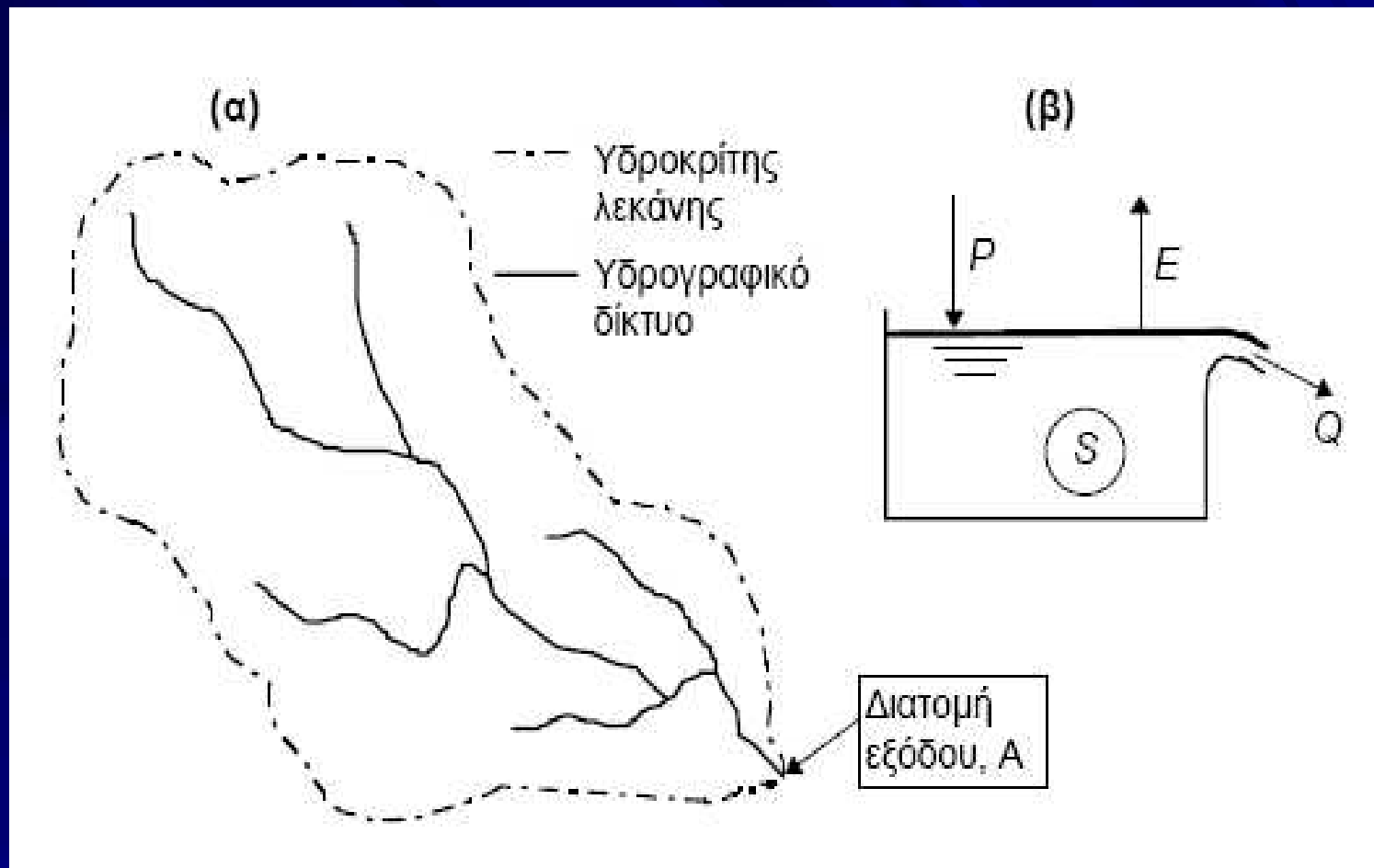
Alley (1984)

3.9()

μ , S_n , P_n , Q_n , E_{pn} , E_n , S_{n-1}

n , P_n , Q_n , S_n , E_{pn} , E_n , S_{n-1}

$(P_n > E_{pn})$, $(P_n - E_{pn})$



Σχ. 3.9 Σκαρίφημα απλής υδρολογικής λεκάνης (α) και απλοποιημένο μοντέλο της βασισμένο σε μία δεξαμενή (β).

$(P_n < E_{pn}),$
 P_n
 $S/K \cdot (E_{pn} - P_n)$
 $n > n$

$$S_n = \min(S_{n-1} + P_n - EP_{n,K}) \quad (3.81)$$

$$Q_n = \max(S_{n-1} + P_n - E_{pn} - K, 0)$$

) $P_n < E_{pn}$

$$S_n = S_{n-1} \exp\left(\frac{P_n - E_{pn}}{K}\right)$$

$$Q_n = 0 \quad (3.82)$$

(3.78),

$$E_n = (S_{n-1} - S_n) + P_n - Q_n \quad (3.83)$$

μ μ , μ μ Thornthwaite μ μ
 μ μ , μ μ , μ μ , μ μ ,
 μ μ , μ μ , μ μ , μ μ ,
 100-200 mm (Brutsaert, 1982, p. 243).

To μ
3.7.1

$$W_n = P_n + X_{n-1} - X_n \quad (3.84)$$

$$E = P \left[1 - \exp\left(-\frac{R_n/\lambda}{P}\right) \right] \quad (3.87)$$

$$E = (R_n/\lambda) \tanh\left(-\frac{R_n/\lambda}{P}\right) \quad (3.88)$$

(3.87)

(3.88)

Budyko (1948- 1974)

(3.85)

(3.86)

E_p

(R_n / λ)

E_p

(3.87)

(3.88),

(3.87)

(3.88),

$$E = \sqrt{E_1 E_2} \quad (3.89)$$

(Turc) :

$$E = \begin{cases} \sqrt{\frac{P}{0.9 + \left(\frac{P}{L_T}\right)^2}} & \frac{P}{L_T} > 0.316 \\ P & \frac{P}{L_T} \leq 0.316 \end{cases} \quad (3.90)$$

$$L_T = 300 + 25 T_a + 0.05 T_a^3 \quad (3.91)$$

(3.90) (3.91) Turc (1954, 1955) -
 Turc
 1994, . 261). Pike (1964) Turc, Shaw,
 0.9 μ 1 μ (3.90) -
 LT μ

$$Q = P - E \quad (3.79)$$

$S = 0,$

$$Q = P - E \quad (3.92)$$

$$S_n = \min (S_{n-1} + P_n + Q_n - E_n - R_n, K) \quad (3.95)$$

$$Y_n = \max (S_{n-1} + P_n + Q_n - E_n - R_n - K, 0)$$

$$S = P + Q - E - R - Y - G \quad (3.96)$$