



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2020-2021

Project1: Εργασία στην Εξάτμιση και Διαπνοή

Εργαστήριο: Υδρολογίας	
Ονοματεπώνυμο & ΑΜ Φοιτητή	Κυριακή Θεοχάρη 2018050043
Είδος Αναφοράς :	Ατομική
Ημερομηνία Εκτέλεσης :	13/11/2020
Ημερομηνία Παράδοσης	27/11/2020
Όνομα Αναφοράς	Project 1: Εργασία στην Εξάτμιση και Διαπνοή



Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή.....	2
Μεθοδολογία.....	5
Αποτελέσματα.....	8
Βιβλιογραφία	13



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ : Εργασία στην Εξάτμιση και Διαπνοή

Εισαγωγή

Σε αυτό το πείραμα γίνεται η παρατήρηση του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής για μίας φυτείας αβοκάντο για όλο τον μήνα Αύγουστο, με την χρήση ενός μετεωρολογικού σταθμού που εγκαταστάθηκε από το Πολυτεχνείο Κρήτης. Ο στόχος του πειράματος είναι η εξοικονόμηση νερού για μήνες με ξηρασία, δηλαδή να βρεθεί το πραγματικό ποσό σε άρδευσης που χρειάζεται η φυτεία.

Η εξατμισοδιαπνοή χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή:** Η συνολική διεργασία μεταφοράς νερού στην ατμόσφαιρα από φυτοκαλυμμένες επιφάνειες. Ο όρος χρησιμοποιείται γιατί οι η εξάτμιση και η διαπνοή είναι δύσκολο να διαχωριστούν.
- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή:** Η ποσότητα εξατμισοδιαπνοής που πραγματοποιείται σε πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες με χλωρίδα επιφάνειες, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού.

Για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται η μέθοδος της εξίσωσης του υδατικού ισοζυγίου.

Υδατικό Ισοζύγιο

$$-ET + Irr + P + \Delta SW \pm RO - D = 0$$

Όπου: P = είναι η κατακρήμνιση

Irr = Άρδευση

ΔSW = η μεταβολή της περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό

RO = η επιφανειακή απορροή

D = η βαθιά διήθηση

Στην συγκεκριμένη άσκηση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Penman για τον υπολογισμό της δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ET).

Μέθοδος Penman: Είναι η πρώτη μέθοδος συνδυασμού για τον υπολογισμό της εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια. Μεταγενέστερα τροποποιήθηκε από τον Monteith, ώστε να υπολογίζει και την εξατμισοδιαπνοή από εδαφικές επιφάνειες. Για τον υπολογισμό της ET χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος:

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



Όπου:

- γ = Ο ψυχομετρικός συντελεστής [kPa/°C]
- Δ = η κλίση της καμπύλης κορεσμού των υδρατμών [kPa/°C]
- R_n = η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας [KJ/(m²d)]
- λ = η λανθάνουσα θερμότητας εξάτμησης [KJ/kg]
- $F(u)$ = η συνάρτηση ταχύτητας του ανέμου[kg/(kPa m²d)]
- D = το έλλειμμα κορεσμού των υδρατμών[kPa]

Παράγοντες που εξαρτάτε η ET βάση με την Μέθοδος Penman:

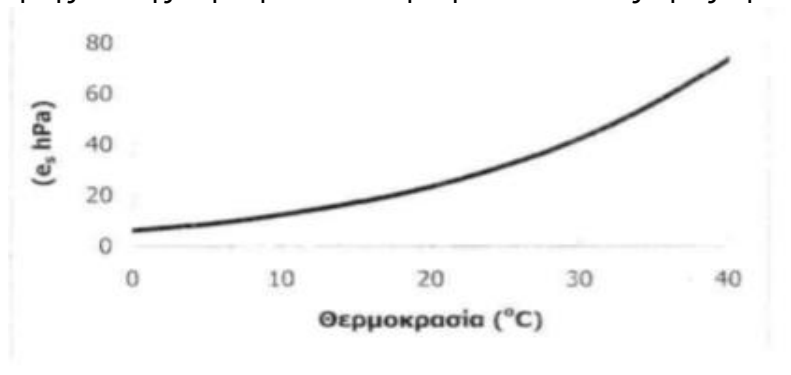
- Θερμοκρασία
- Σχετική Υγρασία
- Άνεμος-Ταχύτητα ανέμου
- Ηλιακή Ακτινοβολία

Ακολουθούν περιληπτικά επεξηγήσεις για τους συντελεστές της εξίσωσης Penman:

Πίεση Κορεσμού Των Υδρατμών e_s : Ορίζεται ως η πίεσης των υδρατμών την στιγμή που αρχίζουν να υγροποιούνται για μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και δίνεται από την εξίσωση:

$$e_s = 6.11 * e^{\frac{17,27 * T}{T + 237,3}}$$

Από την παραπάνω σχέση δημιουργείται το ακόλουθο διάγραμμα που περιγράφει την μεταβολή της πίεσης κορεσμού των υδρατμών σε kPa ως προς τη θερμοκρασία T σε °C.



Η κλίση της καμπύλης κορεσμού των υδρατμών συμβολίζεται με Δ :

$$\Delta = \frac{4098 * e_s}{(T + 237,3)^2}$$



Ο ψυχομετρικός συντελεστής γ είναι ένα μέγεθος που υπεισέρχεται στον υπολογισμό της εξάτμισης:

$$\gamma = \frac{c_p \cdot P}{\varepsilon \cdot \lambda} = 1.63 P \frac{P}{\lambda} \left[\frac{\text{kPa}}{^\circ\text{C}} \right]$$

Όπου:

c_p = ειδική θερμότητα του αέρα (συνήθως 1.013 kJ/kg $^\circ$ C)

P = η ατμοσφαιρική πίεση [kPa] ε = 0.622 ο λόγος μοριακών βάρων νερού και ξηρού αέρα $\rightarrow 18 \text{ g} / 28.98 \text{ g} = 0.622$

λ = η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης [kJ/kg]

Για την εργαστηριακή άσκηση ο ψυχομετρικός συντελεστής ισούται με

$$\gamma = 0.67 \left[\frac{\text{kPa}}{^\circ\text{C}} \right]$$

Η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας (R_n): είναι ίση με τη διαφορά της καθαρής ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων που εισέρχεται στην επιφάνεια του εδάφους, μείον την καθαρή θερμική ακτινοβολία της γης και δίνεται από την εξίσωση:

$$R_n = S_n - L_n$$

Η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης (λ) ορίζεται η ενέργεια που χρειάζονται τα μόρια νερού ώστε από την υγρή να περάσουν στην αέρια φάση.

$$\lambda = 2501 - (2,361 \cdot T)$$

Η συνάρτηση ανέμου $F(u)$, εμπεριέχει την ταχύτητα του ανέμου και κατά Penman δίνεται από τη γραμμική εξίσωση:

$$F(u) = 0,26(1 + 0,54 \cdot u_2)$$

Όπου:

το u είναι η ταχύτητα του ανέμου σε [m/s] μετρημένη σε ύψος 2 m από το έδαφος.

Έλλειμμα κορεσμού των υδρατμών (D) ορίζεται ως η διαφορά της μερικής πίεσης των υδρατμών από την πίεση κορεσμένων υδρατμών και δίνεται από την εξίσωση:

$$D = e_s - U \cdot e_s$$

Σχετική υγρασία (U): είναι Ο λόγος της μερικής πίεσης των υδρατμών προς την πίεση κορεσμού των υδρατμών και δίνεται από την εξίσωση:

$$U = \frac{e}{e_s} \cdot 100\%$$



Μεθοδολογία

Για την διεξαγωγή της άσκησης καθημερινά με την χρήση του μετεωρολογικό σταθμό που περιλαμβάνει: ένα βροχόμετρο, μετεωρολογικές μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας, ηλιοφάνειας, ταχύτητας ανέμου, από κάμερες παρακολούθησης της ανάπτυξης του φυτού που μετράνε το NDVI (Normalized difference vegetation index) και το PRI (Photochemical Reflectance Index), καθώς και μέτρηση της υγρασίας του εδάφους μέχρι 1 μέτρο και ανά 10 εκατοστά καταγράφονταν τα μετεωρολογικά δεδομένα(πίνακας1). Ταυτόχρονα ο αγρότης κάθε 4 μέρες περίπου πήγαινε στην φυτεία για να ποτίσει και σημείωνε την ποσότητα άρδευσης που έκανε(Πίνακας4).Η άρδευση γινόταν με σταλάκτες και ο σωλήνας είναι απλωμένος περιμετρικά της ρίζας του φυτού σε ακτίνα 1 m. Η επιφάνεια της άρδευσης εκτείνεται 2 m από την ρίζα του φυτού.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω από τον σταθμό πάρθηκαν τα ακόλουθα δεδομένα:

Πίνακας 1: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ημερομηνία (Μήνας/Ημέρα/Έτος)	Μέση θερμοκρασία (°C)	Μέση ταχύτητα ανέμου (στα 2μ)	Ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας (KJ/(m ² d))	Σχετική Υγρασία (%)
28/7/2020	25.3	1.1	24949.2	63.9
29/7/2020	24.6	1.2	25158.0	66.6
30/7/2020	23.4	1.2	27058.8	74.7
31/7/2020	24.7	1.1	25524.0	64.8
1/8/2020	25.2	1.1	26119.2	58.8
2/8/2020	24.0	1.1	27328.8	71.4
3/8/2020	24.9	1.3	26529.0	73.2
4/8/2020	24.4	1.2	16849.2	78.9
5/8/2020	25.3	1.4	24259.2	71.5
6/8/2020	24.4	1.3	20977.2	77.9
7/8/2020	23.1	1.2	26916.6	72.6
8/8/2020	27.6	0.9	25002.0	56.6
9/8/2020	26.5	1.6	21577.8	68.3
10/8/2020	25.1	1.2	24247.8	56.2
11/8/2020	24.8	1.2	24249.0	55.9
12/8/2020	24.8	0.9	23774.4	61.3
13/8/2020	25.0	1.1	24150.6	61.0
14/8/2020	24.7	1.0	24039.6	54.5
15/8/2020	23.5	1.1	23592.0	70.2
16/8/2020	23.2	1.0	23667.6	69.1
17/8/2020	23.5	1.1	23626.2	72.0
18/8/2020	23.6	1.0	23122.2	79.1
19/8/2020	25.5	1.2	24491.4	71.6
20/8/2020	23.8	1.2	22701.0	80.5
21/8/2020	23.4	1.1	23549.4	74.4



22/8/2020	24.5	1.1	23323.2	65.4
23/8/2020	24.0	1.1	22963.8	62.6
24/8/2020	23.6	1.3	23007.0	67.7
25/8/2020	23.8	1.3	22990.8	67.9
26/8/2020	23.3	1.1	21761.4	73.5
27/8/2020	23.6	1.1	22704.6	72.1
28/8/2020	22.6	1.2	22496.4	73.4
29/8/2020	22.1	1.0	22621.8	73.7
30/8/2020	24.2	1.1	24727.8	70.2
31/8/2020	23.1	1.0	22068.0	77.5

Στη συνέχεια έγιναν οι υπολογισμοί με την χρήση του προγράμματος excel για την εξατμισοδιαπνοή του φυτού από την εξίσωσης του Penman και συμπληρώθηκε ο πίνακας 2 που βρίσκονται στο θέμα αποτελέσματα. Ενδεικτικά ακολουθούν τα βήματα για την συμπλήρωση της 1^{ης} γραμμής για την κάθε στήλη. Οι υπόλοιπες γραμμές συμπληρώθηκαν με τον ίδιο τρόπο.

Για την πρώτη γραμμή τα πειραματικά δεδομένα είναι: $T=25,3^{\circ}\text{C}$, $U = 0.639$

$R_n=24949,2[\text{KJ}/(\text{m}^2\text{d})]$, $\gamma=0,67[\text{kPa}/^{\circ}\text{C}]$, $u_2=1,1\text{m/s}$

Για το e_s :

$$e_s = 6.11 * e^{\frac{17,27 * T}{T + 237,3}}$$

$$e_s = 6.11 * e^{\frac{17,27 * 25,3}{25,3 + 237,3}}$$

$$e_s = 32,25883526$$

Για το D :

$$D = e_s - U * e_s$$

$$D = 32,25883526 - 0.639 * 32,25883526$$

$$D = 11,64544 \text{ kPa}$$

Για λανθάνουσα θερμότητα εξατμισμού:

$$\lambda = 2501 - (2,361 * T)$$

$$\lambda = 2501 - (2,361 * 25,3)$$

$$\lambda = 2441,267 \text{ KJ/kg}$$

Για συνάρτηση ταχύτητας του ανέμου:

$$F(u) = 0,26(1 + 0,54 * u_2)$$

$$F(u) = 0,26(1 + 0,54 * 1,1)$$

$$F(u) = 0,41444[\text{kg}/(\text{kPa m}^2\text{d})]$$



Για κλίση της καμπύλης κορεσμού των υδρατμών:

$$\Delta = \frac{4098 * e_s}{(T + 237,3)^2}$$

$$\Delta = \frac{4098 * 32,25883526}{(25,3 + 237,3)^2}$$

$$\Delta = 1,91704 [\text{kPa}/^\circ\text{C}]$$

Αντικαθιστώ στην εξίσωση Penman:

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

$$ET = \frac{1,91704}{1,91704 + 0,67} * \frac{24949,2}{2441,267} + \frac{0,67}{\Delta + 0,67} * 0,41444 * 11,64544$$

$$ET = 8,822966 \frac{\text{kg}}{\frac{\text{m}^2}{\text{d}}}$$

Στην συνέχεια πρέπει να πολλαπλασιάσω το ET με τα χρόνια που βρίσκεται το φυτό.

Αφού το φυτό βρίσκεται στο τρίτο από τα πέντε έτη της ανάπτυξής του πρέπει να πολλαπλασιαστεί με $\frac{3}{5}$

$$ET \text{ φυτού διορθ.} = ET * \frac{3}{5}$$

$$ET \text{ φυτού διορθ.} = 5,293779495 \frac{\text{kg}}{\frac{\text{m}^2}{\text{d}}}$$

Ακολούθως συμπληρώθηκε ο πίνακας 3 σελ. 8 που παρουσιάζει τις Μετατροπές των μονάδων για ET φυτού διορθ. $\frac{\text{kg}}{\frac{\text{m}^2}{\text{d}}}$ σε $\frac{\text{lt}}{\text{d}}$. Ενδεικτικά ακολουθούν τα βήματα και η επεξήγηση για την συμπλήρωση της 1^{ης} γραμμής για την κάθε στήλη. Οι υπόλοιπες γραμμές συμπληρώθηκαν με τον ίδιο τρόπο.

Από την εξίσωση η εξατμισοδιαπνοή δίνεται σε kg νερού ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας και ημέρα. Οπότε διαιρώντας με την πυκνότητα του νερού σε [kg/m³], προκύπτει η εξάτμιση σε m/d.

$$ET \text{ φυτού διορθ.} = 5,293779495 \frac{\text{kg}}{\frac{\text{m}^2}{\text{d}}}$$

$$\Leftrightarrow ET \text{ φυτού διορθ.} = 5,293779495 * 10^{-3} = 0,005293779 \frac{\text{m}}{\text{d}}$$

Μετά πολλαπλασιάζω την εξατμισοδιαπνοή με το εμβαδόν του κύκλου γιατί η επιφάνεια της άρδευσης εκτείνεται 2 m από την ρίζα του φυτού.

$$\Leftrightarrow ET \text{ φυτού διορθ.} = 0,005293779 * E_{\text{κυκλου}}$$

$$\Leftrightarrow ET \text{ φυτού διορθ.} = 0,005293779 * (3,14 * 2^2) = 0,06648987 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$



Τέλος διαιρώντας με 1000 υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή.

$$\Leftrightarrow \text{ET φυτού διορθ} = 0,06648987 * 1000 = 66,48987046 \frac{\text{lt}}{\text{d}}$$

Αποτελέσματα

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Δ	γ	Rn	λ	Fu	D	es	T	u2	U	ET
1,91704	0,67	24949,2	2441,267	0,41444	11,64544	32,25883526	25,3	1,1	0,639	8,822966
1,848564	0,67	25158	2442,919	0,42848	10,33427	30,94094126	24,6	1,2	0,666	8,736689
1,735971	0,67	27058,8	2445,753	0,42848	7,284054	28,79072698	23,4	1,2	0,747	8,851805
1,858218	0,67	25524	2442,683	0,41444	10,95645	31,12628775	24,7	1,1	0,648	8,883394
1,907129	0,67	26119,2	2441,503	0,41444	13,21186	32,06761919	25,2	1,1	0,588	9,340265
1,791522	0,67	27328,8	2444,336	0,41444	8,536798	29,84894529	24	1,1	0,714	9,100261
1,877654	0,67	26529	2442,211	0,44252	8,44197	31,49988772	24,9	1,3	0,732	8,9884
1,829382	0,67	16849,2	2443,392	0,42848	6,450931	30,5731341	24,4	1,2	0,789	5,788247
1,91704	0,67	24259,2	2441,267	0,45656	9,193768	32,25883526	25,3	1,4	0,715	8,450669
1,829382	0,67	20977,2	2443,392	0,44252	6,756663	30,5731341	24,4	1,3	0,779	7,085363
1,708745	0,67	26916,6	2446,461	0,42848	7,747078	28,27400701	23,1	1,2	0,726	8,838317
2,157267	0,67	25002	2435,836	0,38636	16,03192	36,93991123	27,6	0,9	0,566	9,299702
2,039398	0,67	21577,8	2438,434	0,48464	10,97839	34,63215981	26,5	1,6	0,683	7,976495
1,897261	0,67	24247,8	2441,739	0,42848	13,9623	31,87739212	25,1	1,2	0,562	8,900208
1,867915	0,67	24249	2442,447	0,42848	13,80886	31,31260182	24,8	1,2	0,559	8,869179
1,867915	0,67	23774,4	2442,447	0,38636	12,11798	31,31260182	24,8	0,9	0,613	8,40015
1,887436	0,67	24150,6	2441,975	0,41444	12,35838	31,68814973	25	1,1	0,61	8,640662
1,858218	0,67	24039,6	2442,683	0,4004	14,16246	31,12628775	24,7	1	0,545	8,736168
1,745127	0,67	23592	2445,517	0,41444	8,631507	28,96478884	23,5	1,1	0,702	7,96317
1,71778	0,67	23667,6	2446,225	0,4004	8,78961	28,44534011	23,2	1	0,691	7,947866
1,745127	0,67	23626,2	2445,517	0,41444	8,110141	28,96478884	23,5	1,1	0,72	7,913332
1,754324	0,67	23122,2	2445,28	0,4004	6,090212	29,13976839	23,6	1	0,791	7,5165
1,936993	0,67	24491,4	2440,795	0,42848	9,270967	32,64425171	25,5	1,2	0,716	8,476311
1,772841	0,67	22701	2444,808	0,42848	5,751037	29,4924969	23,8	1,2	0,805	7,414538
1,735971	0,67	23549,4	2445,753	0,41444	7,370426	28,79072698	23,4	1,1	0,744	7,79798
1,838952	0,67	23323,2	2443,156	0,41444	10,64177	30,75655812	24,5	1,1	0,654	8,174815
1,791522	0,67	22963,8	2444,336	0,41444	11,16351	29,84894529	24	1,1	0,626	8,096874
1,754324	0,67	23007	2445,28	0,44252	9,412145	29,13976839	23,6	1,3	0,677	7,959565
1,772841	0,67	22990,8	2444,808	0,44252	9,467092	29,4924969	23,8	1,3	0,679	7,973729
1,726856	0,67	21761,4	2445,989	0,41444	7,583658	28,61757875	23,3	1,1	0,735	7,288394
1,754324	0,67	22704,6	2445,28	0,41444	8,129995	29,13976839	23,6	1,1	0,721	7,650181
1,66417	0,67	22496,4	2447,641	0,42848	7,296589	27,43078447	22,6	1,2	0,734	7,450267
1,62058	0,67	22621,8	2448,822	0,4004	6,998326	26,60960353	22,1	1	0,737	7,355372
1,810369	0,67	24727,8	2443,864	0,41444	9,002326	30,20914661	24,2	1,1	0,702	8,392951
1,708745	0,67	22068	2446,461	0,4004	6,361652	28,27400701	23,1	1	0,775	7,197137

**Πίνακας 3: Μετατροπή μονάδων για ET**

Ημερομηνία (Μήνας/Ημέρα/Ετος)	ET φυτού διορθ(kg/m ² /d)	ET φυτού διορθ(m/d)	ET φυτού διορθ(m ³ /d)	ET φυτού διορθ(lt/d)
28/7/2020	5,293779495	0,005293779	0,06648987	66,48987046
29/7/2020	5,242013186	0,005242013	0,065839686	65,83968562
30/7/2020	5,311083195	0,005311083	0,066707205	66,70720493
31/7/2020	5,330036508	0,005330037	0,066945259	66,94525854
1/8/2020	5,604159204	0,005604159	0,07038824	70,3882396
2/8/2020	5,460156687	0,005460157	0,068579568	68,57956799
3/8/2020	5,393040043	0,00539304	0,067736583	67,73658294
4/8/2020	3,472948465	0,003472948	0,043620233	43,62023272
5/8/2020	5,070401105	0,005070401	0,063684238	63,68423787
6/8/2020	4,251217729	0,004251218	0,053395295	53,39529467
7/8/2020	5,30299008	0,00530299	0,066605555	66,6055554
8/8/2020	5,579821132	0,005579821	0,070082553	70,08255342
9/8/2020	4,785896948	0,004785897	0,060110866	60,11086567
10/8/2020	5,340124601	0,005340125	0,067071965	67,07196499
11/8/2020	5,321507449	0,005321507	0,066838134	66,83813356
12/8/2020	5,040090074	0,00504009	0,063303531	63,30353133
13/8/2020	5,184397333	0,005184397	0,06511603	65,1160305
14/8/2020	5,241700563	0,005241701	0,065835759	65,83575907
15/8/2020	4,777901765	0,004777902	0,060010446	60,01044616
16/8/2020	4,76871988	0,00476872	0,059895122	59,89512169
17/8/2020	4,747998985	0,004747999	0,059634867	59,63486725
18/8/2020	4,509899867	0,0045099	0,056644342	56,64434233
19/8/2020	5,085786413	0,005085786	0,063877477	63,87747734
20/8/2020	4,448723049	0,004448723	0,055875961	55,8759615
21/8/2020	4,678787856	0,004678788	0,058765575	58,76557547
22/8/2020	4,904888753	0,004904889	0,061605403	61,60540274
23/8/2020	4,858124351	0,004858124	0,061018042	61,01804185
24/8/2020	4,775739228	0,004775739	0,059983285	59,9832847
25/8/2020	4,784237253	0,004784237	0,06009002	60,09001989
26/8/2020	4,373036574	0,004373037	0,054925339	54,92533937
27/8/2020	4,590108447	0,004590108	0,057651762	57,65176209
28/8/2020	4,4701601	0,00447016	0,056145211	56,14521086
29/8/2020	4,413223382	0,004413223	0,055430086	55,43008568
30/8/2020	5,035770305	0,00503577	0,063249275	63,24927504
31/8/2020	4,318281936	0,004318282	0,054237621	54,23762112

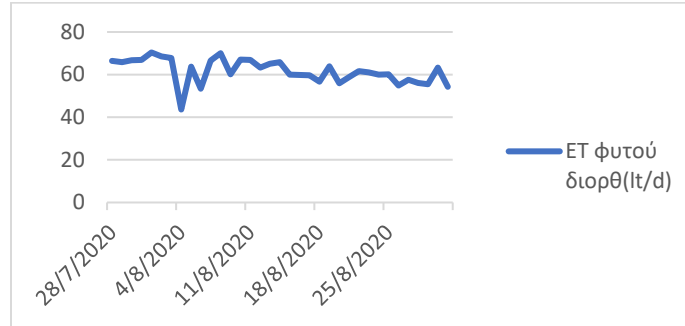
Για το πρώτο ερώτημα της εργαστηριακής άσκησης:

- Χρησιμοποιήστε την εξίσωση του Penhman για να υπολογίσετε τη εξατμισοδιαπνοή ET του φυτού
- Να την συγκρίνετε με την ποσότητα της άρδευσης για τον μήνα Αύγουστο (Το φυτό βρίσκεται στο τρίτο από τα πέντε έτη της ανάπτυξής του, επομένως



θεωρήστε διορθωτικό συντελεστή 3/5 για την ET)>> Ο υπολογισμός του ET αναλύθηκε στο κομμάτι της μεθοδολογίας και τα αποτελέσματα που πάρθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 2 και 3. Για το ερώτημα b) δημιουργήθηκε το ακόλουθο διάγραμμα.

Διάγραμμα 1: ET φυτού διορθ (lt/d) για όλο το καλοκαίρι



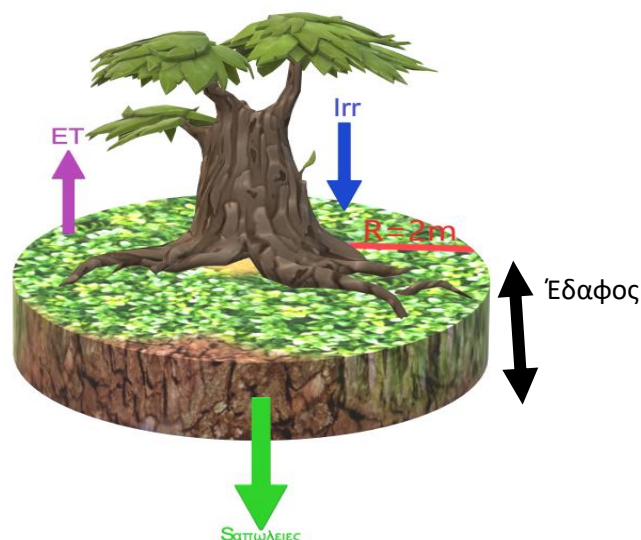
Από τις τιμές του ET του φυτού δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα για ολόκληρο το καλοκαίρι. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα οι τιμές του ET δεν είναι σταθερές. Μεγάλη μείωση παρατηρείται στις 4 του Αυγούστου αρκετά λογικό αφού την συγκεκριμένη μέρα η καθαρή ολική ακτινοβολία ήταν αρκετά χαμηλή. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην παρουσία νεφών, με αποτέλεσμα ο συντελεστής απορρόφησης να μειωθεί και συνεπώς ελαττωθεί η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος. Άρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι όσο πιο μικρή είναι η καθαρή ολική ακτινοβολία τόσο θα μειώνεται και η τιμή του ET (ανάλογα).

Για την επιλύσει του δεύτερου ερωτήματος της εργαστηριακής άσκησης << **Με βάση το ισοζύγιο του νερού και αν υποθέσουμε ότι η εδαφική υγρασία μεταξύ ποτισμάτων δεν αλλάζει, υπολογίστε πόσο νερό εμπλουτίζει τον υπόγειο υδροφόρα.**>> πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα βήματα:

Πίνακας 4: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Βήμα 1: Σχεδιασμός ενός σχήματος

Για την δημιουργία του σχήματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 3D paint.





Όπου

ET= Το άθροισμα του ET φυτού διορθ (lt/d) από την 1/8 μέχρι 31/8

Irr=H συνολική άρδευση από την 1/8 μέχρι 31/8

S_{απώλειες} =Απώλειες εδάφους

Βήμα 2: Από το ισοζύγιο υπολογίζονται οι απώλειες

$$\Delta W = P + Irr - ET - S_{\text{απώλειες}}$$

ΔSW = υποτίθεται ότι είναι μηδέν

P=0(Εδαφικό νερό δεν μεταβάλλεται)

ET= 1891,408385 lt/d (αθροίζω όλες τις τιμές του ET διορθ. (lt/d) από τον πίνακα 3)

Irr= 2412 lt (αθροίζω όλες τις τιμές για την άρδευση για τον μήνα Αύγουστο από τον πίνακα 4)

$$\Delta W = P + Irr - ET - S_{\text{απώλειες}}$$

$$\Leftrightarrow S_{\text{απώλειες}} = Irr - ET$$

$$= 2412 - 1891,408385$$

$$= 520,59 \text{ lt}$$

Πίνακας 4:

Ημερομηνία	Άρδευση (lt)	ET ανα 4 μέρες (Νέα άρδευση) (lt)	αδρευση αθρ (lt)	ετ αθροιστικο (lt)
1/8/2020	296	265,9820196	296	265,9820196
5/8/2020	188	243,6206215	484	516,3066429
9/8/2020	644	250,1942692	1128	770,0742843
13/8/2020	216	262,3296604	1344	1027,39878
19/8/2020	252	365,8980138	1596	1394,535347
23/8/2020	256	237,2649816	1852	1634,659764
27/8/2020	252	232,6504061	2104	1870,67645
31/8/2020	308	229,0621927	2412	2103,152783
SUM	2412	2087,002165		

Στην συνέχεια το τρίτο ερώτημα << Αν ο γεωργός πότιζε με ποσότητα ίση της ET των ημερών που μεσολαβούν μεταξύ των ποτισμάτων, πόσο νερό θα εμπλούτιζε τον υπόγειο υδροφόρα;>> Άρα όπως και στο β ερώτημα θα χρησιμοποιήσουμε το ισοζύγιο του νερού.

$$\Delta W = P + Irr - ET - S_{\text{απώλειες}}$$



Όπου:

ΔSW = υποτίθεται ότι είναι μηδέν

$P=0$ (Εδαφικό νερό δεν μεταβάλλεται)

$ET = 1891,408385 \text{ lt/d}$ (αθροίζω όλες τις τιμές του ET διορθ. (lt/d) από τον πίνακα 3)

$Irr_{new} = 2087,002165 \text{ lt}$ (αθροίζω όλες τις τιμές για την νέα άρδευση για τον μήνα Αύγουστο από τον πίνακα 4)

Άρα

$$\Delta W = P - Irr_{new} - ET - S_{απώλειες}$$

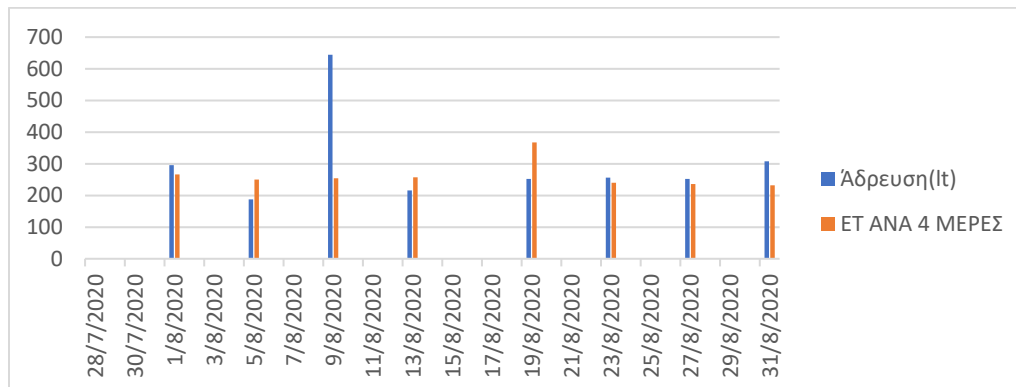
$$\Leftrightarrow S_{απώλειες} = Irr_{new} - ET$$

$$\Leftrightarrow S_{απώλειες} = 2087 - 1891,41$$

$$\Leftrightarrow S_{απώλειες} = 195,5937798 \text{ lt}$$

Ακολούθως δημιουργήθηκε το ακόλουθο διαγράμματα όπου παρουσιάζει την άρδευση με την ET ανά 4 μέρες για όλο τον μήνα Αύγουστο.

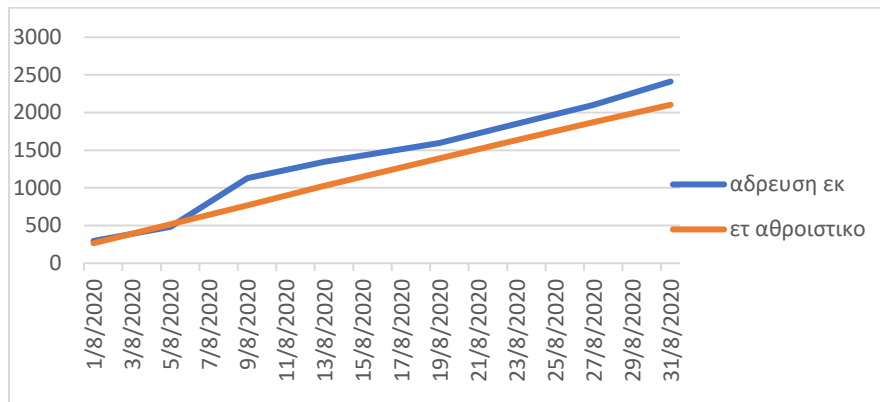
Διάγραμμα2: (Άρδευση- ET) ανά 4 μέρες



Από το παραπάνω γράφημα παρατηρείτε ότι οι τιμές και των δυο μεταβλητών είναι διαφέρουν περίπου 50lt μεταξύ τους. Σε αντίθεση, με τις 9 του μήνα όπου φαίνεται από το γράφημα να είναι η πιο μεγάλη άρδευση (άρδευση max). Ο κύριος παράγοντας που μπορεί φταίει και ανάγκασε τον αγρότη να ποτίσει πιο πολύ το φυτό από τις προηγούμενες φορές είναι ότι το διάστημα 8 με 9 Αύγουστου είχε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες (27,6 και 26,5)°C. Ακόμη μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι στις 19 του μήνα το ET του φυτού ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με την άρδευση αυτό μπορεί να οφείλεται στην υψηλή θερμοκρασία και στην μεγάλη ταχύτητα ανέμου που είχε την περίοδο 18 με 21 του Αυγούστου. Με αποτέλεσμα να συμβάλει στη διαδικασία της εξάτμισης όπου εξαρτάτε από την ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμοκρασία, την πίεση των υδρατμών, την ταχύτητα του ανέμου και άλλα. Άρα όσο πιο υψηλή είναι θερμοκρασία και η ταχύτητα του ανέμου τόσο θα αυξάνεται και η τιμή του ET (ανάλογα).



Διάγραμμα3: (Άρδευση-ΕΤ)ανά 4 μέρες



Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται οι συνολικές ποσότητες ανά 4 περίπου μέρες τις άρδευσης και της συνολικής ΕΤ ανά 4 μέρες ως προς τις ημερομηνίες που πότιζε ο αγρότης το δέντρο. Στην αρχή παρατηρείται μια ταύτιση των δύο γραμμών αλλά με την πάροδο των ημερών η μπλε αυξήθηκε μέχρι τις 9 του μήνα όπου ήταν και η μέγιστη άρδευση. Στη συνέχεια παρατηρείται μια μικρή μείωση στην μπλε γραμμή και τελικά μετά από αρκετές μέρες έχει μια γραμμική αύξηση. Σε αντίθεση με την πορτοκαλί γραμμή όπου από την αρχή του μήνα μέχρι το τέλος συνεχίζει να αυξάνεται γραμμικά με τον ίδιο ρυθμό.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, με βάση τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν και τις μετρήσεις που πάρθηκαν δόθηκε η δυνατότητα κατανόησης του σκοπού της άσκησης, δηλαδή της εξοικονόμησης νερού από την παρακολούθηση της εξατμισοδιαπνοής για την φυτείας αβοκάντο, με την βοήθεια του μετεωρολογικού σταθμού αλλά και του αγρότη που σημείωνε την ποσότητα του νερού που άρδευε.

Από τους υπολογισμούς των τιμών της άρδευσης αλλά και της ΕΤ υπολογίστηκαν οι απώλειες εδάφους δηλαδή το ποσό νερού που κατέληγε στον υπόγειο υδροφόρο. Άρα μπορεί να υπολογιστεί μια νέα τιμή άρδευσης που θα είναι πιο κοντά τις ανάγκες της καλλιέργειας. Επίσης η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από την θερμοκρασία, την σχετική υγρασία, την ταχύτητα ανέμου και την ηλιακή ακτινοβολία θα γνωρίζει τι συνθήκες επικρατούσαν τις προηγούμενες μέρες από τις μετρήσεις που δίνει ο μετεωρολογικός σταθμός και θα ξέρει περίπου το ποσό του νερού που χρειάζεται η καλλιέργεια.

Βιβλιογραφία

- ✚ Παρουσίαση 4: ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗ κ. Νικόλαος Π. Νικολαΐδης
- ✚ Μέθοδοι Penman, Thornwaite και Blaney-Criddle κ. Ευαγγελίδης Χρήστος
- ✚ Τεχνική Υδρολογία Κεφάλαιο 3ο : Εξάτμιση - Διαπνοή κ. Φώτιος Π. ΜΑΡΗΣ