

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΗΣΙΔΙΑΠΝΟΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ THORNTHWEITE

ὕπὸ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΧΡ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ

(*Εργαστήριο Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας Ἀριστοτελείου Παν/μίου Θεσ/νίκης*)  
(Received 16.11.79)

**Abstract:** *In this paper according to the Thornthweite's type for the potential evapotranspiration has been calculated the effective one of the "Pieria basin" (Kavala-Greece). We have been calculated too, the change of the water supplies and the deficit or surplus of the water. With these elements has been found the water balance of the above region.*

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ὅπως εἶναι γνωστό, οἱ διάφοροι τύποι ποῦ ἔχουν προταθεῖ κατὰ καιροῦς ἀπὸ πολλοὺς ἐρευνητὲς ὑπολογίζουν μόνο τὴ δυνητικὴ ἐξατμησιδιαπνοή, δηλαδή τὴ μέγιστη δυνατὴ ἐξατμησιδιαπνοή (potentielle Evapotranspiration) καὶ ὄχι τὴν πραγματικὴ ἢ ἐνεργὸ ἐξατμησιδιαπνοή (reelle ἢ effektive Evapotranspiration) π.χ. τύποι: (PENMAN, HAUDE, THORNTHWEITE).

Στὴν ἐργασία μας αὐτὴ, μὲ μιὰ ὀρισμένη διαδικασία ποῦ ἀκολουθοῦμε, ὑπολογίζουμε τόσο τὴ μηνιαία δυνητικὴ ἐξατμησιδιαπνοή ( $E_{vp}$ ), ὅσο ἐπίσης καὶ τὴν ἀνάλογη μηνιαία πραγματικὴ ἐξατμησιδιαπνοή ( $E_v$ ) καὶ τέλος τὸ μέρος ἐκεῖνο τῶν κατακραημισμάτων ποῦ θὰ γίνεῖ ἀπορροή καὶ κατεῖσδυση. Δηλαδή ὑπολογίζουμε τὸ ὑδρολογικὸ ἰσοζύγιο τῆς περιοχῆς.

### 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΗΣΙΔΙΑΠΝΟΗΣ ( $E_{vp}$ ) ΚΑΤΑ THORNTHWEITE.

Ὁ THORNTHWEITE (1955) χρησιμοποιοῦν γιὰ τὸν ὑπολογισμό τῆς  $E_{vp}$  μιὰ καθαρὰ ἐμπειρικὴ σχέση στὴν ὁποία χρησιμοποιοῦνται οἱ μέσες μηνιαῖες τιμὲς τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρα. Φυσικὰ ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρα εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς κυριότερους παράγοντες, ποῦ ρυθμίζουν τὸ ὕψος τῆς  $E_{vp}$ : ἐκτός αὐτοῦ ὅμως εἶναι δυνατὸ νὰ ἔχουμε εὐκολότερα μετρήσεις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρα ἀπὸ μετρήσεις ἄλλων μεγεθῶν. Ἐπίσης δὲν ἐξετάζεται ἡ ἐπίδραση

άλλων παραγόντων, που επιδρούν περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με τις προϋποθέσεις του κλίματος.

Ο τύπος του Thornthweite είναι :

$$E_{vp} = 1,6 \left( \frac{10\Theta}{I} \right)^a \quad (1)$$

$$\text{και} \quad I = \sum_{n=1}^{n=12} i_n = \sum_{n=1}^{n=12} \left( \frac{\Theta}{5} \right)^{1.514} \quad (2)$$

όπου  $I$  = θερμικός συντελεστής που δίνεται ως άθροιστική τιμή από τις μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας των 12 μηνών του έτους παρατηρήσεως.  
 $\alpha = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$   
 κλιματικός παράγοντας.

$\Theta$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία.

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής πήραμε ως συγκεκριμένο παράδειγμα το πεδινό τμήμα της Πιερίας λεκάνης, μέσα στο οποίο είχαμε εγκαταστήσει τρεις βροχομετρικούς σταθμούς και αντίστοιχους θερμομετρικούς στις θέσεις, Ποδοχώριον, Κηπιά και Μονόλιθος (Σχ. 1).

Οι παρατηρήσεις μας κράτησαν δύο χρόνια (1975-76 και 1976-77). Τα μέσα έτήσια κατακρημνίσματα στους τρεις βροχομετρικούς σταθμούς είναι: Ποδοχώριον (375 mm), Μονόλιθος (751 mm) και Κηπιά (328 mm). Η μέση μηνιαία θερμοκρασία της περιοχής που εξετάζουμε αναφέρεται στον πίνακα 1. Οι τιμές των  $i$  και  $\Sigma i = I$  βρέθηκαν από τον πίνακα 2 για τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες. Έτσι ο τύπος του Thornthweite που μας δίνει την  $E_{vp}$  σ' αυτήν την περιοχή είναι :

$$E_{vp} = 1,6 \left( \frac{10\Theta}{72,19} \right)^{1,63649} \quad (4)$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΙΔΙΑΠΝΟΗΣ $E_{ve}$

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιδιαπνοής ( $E_{ve}$ ) κατασκευάζουμε τον πίνακα 1. Οι 12 στήλες του πίνακα I-XII παρουσιάζουν τις μέσες μηνιαίες τιμές των μεγεθών που αναφέρονται στις σειρές 1-12.

Στή σειρά 1 παριστάνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας ( $\Theta$ ) του τόπου που εξετάζουμε και που έχουν παρθεϊ από ήμερήσιες μετρήσεις

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ύψοι λογισμός της περιγραμτικής εξαισιμειδιαντοφής κατά Thornthwaite  
 Διαθέσιμα αποθέματα νερού ύψους 100 mm  
 Γεωγραφικό πλάτος περιοχής ~47°

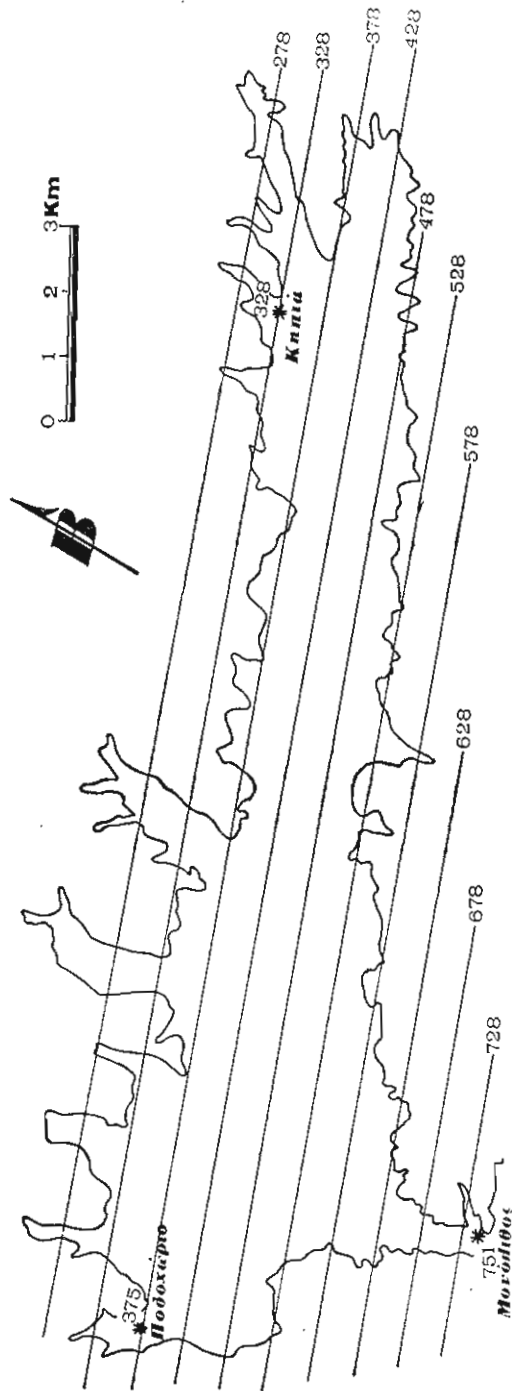
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1 Μέση θερμοκρασία	6,5	6,1	9,2	15,5	19,5	24,3	24,7	22,6	20,5	19,3	11,8	6,7
2 Μηνιαίος δείκτης i	1,49	1,35	2,52	5,55	7,85	10,95	11,23	9,82	8,47	7,73	3,67	1,56
3 Θερμικός συντελεστής Σi = I												72,19
4 Δυνητική εξαισιμειδιαντοφή Evp	13,4	12,1	23,8	55,8	81,3	116,6	119,7	103,5	88,3	80,0	35,7	14,1
5 Συντελεστής διαρρύθμισης (Έναντι γεωγρ. πλάτους)	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
6 Διορθωμένη δυνητική εξαισιμειδιαντοφή EvPκ	11,1	10,0	24,5	61,9	101,6	146,9	152,0	123,1	91,8	76,8	29,2	11,2
7 Κατακρημνίσματα (N)	22	40	59	36	26	17	24	41	12	60	41	59
8 Μεταβολή των αποθεμάτων των υδάτων τοῦ εδάφους	0	0	0	-25,9	-74,1	0	0	0	0	0	+11,8	+47,8
9 Διαθέσιμα αποθέματα γῆς τῆς βλάστησης	100	100	100	74,1	0	0	0	0	0	0	+11,8	59,6
10 Ένεργός εξαισιμειδιαντοφή (Eve)	11,1	10,0	24,5	61,9	100,1	17	24	41	12	60	29,2	11,2
11 Έλλειμμα EvPτ ἐνεργ. Εξαισιμειδ.	0	0	0	0	1,5	129,9	128,0	82,1	79,8	16,8	0	0
12 Διάφορα (U) κατακρημνίσμ. - EvPτ	10,9	30,0	34,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Τιμές του μηριαίου δείκτη  $i$  (κατά Thorntwaite, C. W. & Mather, J. R., 1957)

$\theta^\circ$	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0 <sup>o</sup>	.		0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1 <sup>o</sup>	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
2 <sup>o</sup>	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3 <sup>o</sup>	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4 <sup>o</sup>	0,71	0,74	0,77	0,80	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
5 <sup>o</sup>	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,29
6 <sup>o</sup>	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
7 <sup>o</sup>	1,66	1,70	1,74	1,77	1,81	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00
8 <sup>o</sup>	2,04	2,08	2,12	2,15	2,19	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
9 <sup>o</sup>	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,69	2,73	2,77	2,81
10 <sup>o</sup>	2,86	2,90	2,94	2,99	3,03	3,03	3,12	3,16	3,21	3,25
11 <sup>o</sup>	3,30	3,34	3,39	3,44	3,48	3,53	3,58	3,62	3,67	3,72
12 <sup>o</sup>	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20
13 <sup>o</sup>	4,25	4,30	4,35	4,40	4,45	4,50	4,55	4,60	4,65	4,70
14 <sup>o</sup>	4,75	4,81	4,86	4,91	4,96	5,01	5,07	5,12	5,17	5,22
15 <sup>o</sup>	5,28	5,33	5,38	5,44	5,49	5,55	5,60	5,65	5,71	5,76
16 <sup>o</sup>	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,10	6,15	6,21	6,26	6,32
17 <sup>o</sup>	6,38	6,44	6,49	6,55	6,61	6,66	6,72	6,78	6,84	6,90
18 <sup>o</sup>	6,95	7,01	7,07	7,13	7,19	7,25	7,31	7,37	7,43	7,49
19 <sup>o</sup>	7,55	7,61	7,67	7,73	7,79	7,85	7,91	7,97	8,03	8,10
20 <sup>o</sup>	8,16	8,22	8,28	8,34	8,41	8,47	8,53	8,59	8,66	8,72
21 <sup>o</sup>	8,78	8,85	8,91	8,97	9,04	9,10	9,17	9,23	9,29	9,36
22 <sup>o</sup>	9,42	9,49	9,55	9,62	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95	10,01
23 <sup>o</sup>	10,08	10,15	10,21	10,28	10,35	10,41	10,46	10,55	10,62	10,68
24 <sup>o</sup>	10,75	10,82	10,89	10,95	11,02	11,09	11,16	11,23	11,30	11,37
25 <sup>o</sup>	11,44	11,50	11,57	11,64	11,71	11,78	11,85	11,92	11,99	12,06
26 <sup>o</sup>	12,13	12,21	12,28	12,35	12,42	12,49	12,56	12,63	12,70	12,78
27 <sup>o</sup>	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,50
28 <sup>o</sup>	13,58	13,65	13,72	13,80	13,87	13,94	14,02	14,09	14,17	14,24
29 <sup>o</sup>	14,32	14,39	14,47	14,54	14,62	14,69	14,77	14,84	14,92	14,99
30 <sup>o</sup>	15,07	15,15	15,22	15,30	15,38	15,45	15,53	15,61	15,68	15,76
31 <sup>o</sup>	15,84	15,92	15,99	16,07	16,15	16,23	16,30	16,38	16,46	16,54
32 <sup>o</sup>	16,62	16,70	16,78	16,85	16,93	17,01	17,09	17,17	17,25	17,33
33 <sup>o</sup>	17,41	17,49	17,57	17,65	17,73	17,81	17,89	17,97	18,05	18,13
34 <sup>o</sup>	18,22	18,30	18,38	18,46	18,54	18,62	18,70	18,79	18,87	18,95
35 <sup>o</sup>	19,03	19,11	19,20	19,28	19,36	19,45	19,53	19,61	19,69	19,78
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Συντελεστής διορθώσεως της Εγρ κατά τη μέθοδο Thornthwaite ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος (κατά Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. 1957)

Βόρειο γεωγραφ. ΄Ιαν πλάτος	Φεβρ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάιος	Ιούν.	Ιουλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Όκτ.	Νοέμ.	Δεκεμ.	
20°	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
25°	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
26°	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
27°	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,90	0,90
28°	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90
29°	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,90	0,89
30°	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
31°	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
32°	0,89	0,86	1,03	1,08	1,19	1,19	1,21	1,15	1,03	0,98	0,88	0,87
33°	0,88	0,86	1,03	1,09	1,19	1,20	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88	0,86
34°	0,88	0,85	1,03	1,09	1,20	1,20	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86
35°	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36°	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37°	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38°	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39°	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40°	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41°	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42°	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43°	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44°	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76
45°	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
46°	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
47°	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
48°	0,76	0,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72
49°	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
50°	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70



Σχ. 1. Ίσοιετείς καμπύλες της περιοχής παρατηρήσεως (Πιερία λεκάνη).

μέγιστης-ελάχιστης θερμοκρασίας χωρίς διακοπή σ' όλη τη διάρκεια τῶν δύο αὐτῶν ἐτῶν.

Στὴ σειρὰ 2 ἀναφέρεται ὁ μηνιαῖος θερμοκὶδός δείκτης (i). Οἱ τιμές αὐτοῦ τοῦ μεγέθους λαμβάνονται ἀπὸ τὸν πίνακα 2.

Στὴ σειρὰ 3 σημειώνεται ὁ θερμοκὶδός συντελεστής

$$I = \sum_{n=1}^{n=12} i$$

Στὴ σειρὰ 4 ἀναφέρεται ἡ μέση μηνιαία δυνητικὴ ἑξατμισδιαπνοή

$$E_{np} = 1,6 \left( \frac{10\Theta}{72,19} \right)^{1,63049} \quad \text{γιὰ τὶς ἀντίστοιχες μέσες μηνιαῖες θερμοκρασίες.}$$

Ἡ τιμὴ τῆς  $E_{np}$  δίνεται σὲ mm στήλης νεροῦ.

Στὴ σειρὰ 5 σημειώνεται ὁ συντελεστής διορθώσεως τῆς  $E_{np}$  γιὰ τὸ γεωγραφικὸ πλάτος στὸ ὁποῖο βρίσκεται ἡ περιοχὴ ποὺ ἐξετάζουμε. Ἡ τιμὴ αὐτοῦ τοῦ μεγέθους γιὰ κάθε μῆνα λαμβάνεται ἀπὸ τὸν πίνακα 3. Ἡ περιοχὴ ποὺ ἐξετάζουμε ἔχει γεωγραφικὸ πλάτος  $41^\circ$ .

Στὴ σειρὰ 6 ἀναφέρεται ἡ διορθωμένη δυνητικὴ ἑξατμισδιαπνοή ( $E_{np_k}$ ). Ἡ τιμὴ αὐτοῦ τοῦ μεγέθους προκύπτει ἀπὸ τὸ γινόμενο τῆς δυνητικῆς ἑξατμισδιαπνοῆς μὲ τὸ συντελεστὴ διορθώσεως, δηλαδὴ:

$$E_{np_k} = E_{np} \times \text{συντελεστής διορθώσεως}$$

Στὴ σειρὰ 7 σημειώνονται τὰ μέσα μηνιαῖα κατακρημνίσματα. Γιὰ τὴν περιοχὴ ποὺ ἐξετάζουμε (Σχ. 1) ἐνώνουμε τοὺς τρεῖς βροχομετρικοὺς σταθμούς, γιὰ τοὺς ὁποίους ἔχουμε τὰ μέσα μηνιαῖα κατακρημνίσματα καὶ μὲ γνωστὲς μεθόδους χαράσσουμε τὶς ἰσοϋετεῖς καμπύλες ἀνὰ 50 mm. Τέλος μὲ ἐμβοδομέτρηση τῶν ἐπιφανειῶν ποὺ ἀποχωρίζονται ἀνάμεσα σὲ δύο διαδοχικὲς ἰσοϋετεῖς καμπύλες βρίσκουμε τὰ μέσα ἐτήσια κατακρημνίσματα αὐτοῦ τοῦ τόπου ὡς ἐξῆς:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Μέσα ετήσια κατακρημνίσματα στις αντίστοιχες επιφάνειες  $F_i$ .

$\alpha/\alpha$	$F_i$ Km <sup>2</sup>	< NFi (mm)	> NFi (mm)	$\bar{N}F_i$ (mm)
1	0,170	751	—	751
2	0,3125	678	728	703
3	0,5875	628	678	653
4	1,8075	578	628	603
5	3,7650	528	578	553
6	8,6925	478	528	503
7	11,7500	428	478	453
8	12,250	378	428	403
9	7,500	328	378	353
10	1,000	328	—	303
$\Sigma$	49,335			

Ἡ τιμὴ τῶν μέσων ἐτήσιων κατακρημνισμάτων δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο :

$$N = \frac{\sum \bar{N}F_i \times F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (5)$$

Βρέθηκε ὅτι τὰ μέσα ετήσια κατακρημνίσματα αὐτῆς τῆς περιοχῆς εἶναι :

$$\bar{N} = 437,0 \text{ mm}$$

Κατὰ ἀντίστοιχο τρόπο βρήκαμε καὶ τὰ μέσα μηνιαῖα κατακρημνίσματα ποὺ σημειώνονται στὴ σειρὰ 7.

Στὴ σειρὰ 8 ἀναφέρεται ἡ μεταβολὴ τῶν ἀποθεμάτων νεροῦ τοῦ ἐδάφους ποὺ χρησιμοποιεῖται ἀπὸ τὰ φυτά. Ἡ τιμὴ αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν  $E_{nr_k}$  καὶ τὰ κατακρημνίσματα ( $N$ ) καὶ μεταβάλλεται ἀπὸ μῆνα σὲ μῆνα. Τὰ διαθέσιμα ἀποθέματα τοῦ ἐδάφους γιὰ τὰ φυτὰ λαμβάνονται συνήθως γύρω στὰ 100 mm. Ἐτσι στὸ παράδειγμά μας παίρνομε ὡς διαθέσιμα ἀποθέματα τοῦ ἐδάφους γιὰ τὴ βλάστηση τὰ 100 mm στήλης νεροῦ.

Κατὰ τὸ μῆνα Ἰανουάριο τὰ κατακρημνίσματα εἶναι περισσότερα ἀπὸ τὴν  $E_{nr_k}$ . Ἐπομένως ἡ μεταβολὴ τῶν ἀποθεμάτων θὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ μηδέν,



όποτε τὰ διαθέσιμα ἀποθέματα γιὰ τὴ βλάστηση παραμένουν 100 mm (σειρὰ 9). Τὸ ἴδιο συμβαίνει γιὰ τὸ Φεβρουάριο καὶ Μάρτιο. Κατὰ τὸ μῆνα Ἀπρίλιο ἢ  $E_{nr_k}$  εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὰ ἀντίστοιχα κατακρημνίσματα αὐτοῦ τοῦ μηνὸς κατὰ 25,9 mm. Τὴν ποσότητα αὐτὴ θὰ τὴν πάρουν τὰ φυτὰ ἀπὸ τὰ ἀποθέματα τοῦ ἐδάφους, ὅποτε τὸ ἔδαφος θὰ διαθέτει γιὰ τὴ βλάστηση  $100 - 25,9 = 74,1$  mm νεροῦ. Τὸ Μάιο συνεχίζεται ἡ ἴδια κατάσταση καὶ ἡ  $E_{nr_k}$  εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὰ κατακρημνίσματα κατὰ  $101,6 - 26,0 = 75,6$  mm. Τὰ διαθέσιμα ὅμως ἀποθέματα νεροῦ τοῦ ἐδάφους εἶναι 74,1 mm. Ἄρα θὰ διατεθοῦν ὅλα τὰ ἀποθέματα, δηλ. τὰ 74,1 mm καὶ θὰ ἔχουμε ἀποθέματα νεροῦ τοῦ ἐδάφους, γιὰ τὴ βλάστηση, μηδὲν (σειρὰ 9). Τὸ ἴδιο φαινόμενο παρατηρεῖται καὶ γιὰ τοὺς ὑπόλοιπους πέντε μῆνες, ὅποτε τὸ Νοέμβριο τὰ κατακρημνίσματα γίνονται πάλι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν  $E_{nr_k}$  κατὰ  $41 - 29,2 = 11,8$  mm, ὅποτε αὐτὰ θὰ παραμείνουν στὸ ἔδαφος ὡς ἀποθέματα. Τὸ Δεκέμβριο ἔχουμε αὐξηση τῶν κατακρημνισμάτων σὲ σχέση μὲ τὴν  $E_{nr_k}$  κατὰ  $59,0 - 11,2 = 47,8$  mm, ὅποτε αὐτὰ θὰ προστεθοῦν στὰ ἀποθέματα ποὺ τελικὰ θὰ γίνουν  $11,8 + 47,8 = 59,6$  (σειρὰ 9). Ἔτσι γιὰ τὸν ἐπόμενο χρόνο τὸ ἔδαφος θὰ χρειαστεῖ γιὰ νὰ συμπληρώσει τὰ ἀποθέματά του σὲ νερὸ γιὰ τὴ βλάστηση  $D = 100 - 59,6 = 40,4$  mm νεροῦ.

Στὴ σειρὰ 10 σημειώνεται ἡ μέση μηνιαία πραγματικὴ ἑξατμισοδιαπνοὴ (Eve). Αὐτὴ βρίσκεται ὡς ἑξῆς: Κατὰ τοὺς τέσσερις πρώτους μῆνες ἡ Eve εἶναι ἴση μὲ τὴν  $E_{nr_k}$ , ἐπειδὴ δὲν ἔχουμε μηδενικὰ ἀποθέματα. Κατὰ τὸν V ὅμως μῆνα, ὅποτε τὰ ἀποθέματα νεροῦ τοῦ ἐδάφους εἶναι ἴσα μὲ μηδὲν ἡ Eve βρίσκεται ἂν προστέσουμε τὴ μεταβολὴ τῶν ἀποθεμάτων καὶ τὰ κατακρημνίσματα, δηλαδή:  $Eve = 74,1 + 26 = 100,1$ . Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο βρίσκεται καὶ γιὰ τοὺς ἄλλους μῆνες ποὺ ἔχουμε μηδενικὰ ἀποθέματα. Τὸ Νοέμβριο καὶ Δεκέμβριο ἡ Eve θὰ ἰσοῦται πάλι μὲ τὴν  $E_{nr_k}$ . Βρέθηκε ὅτι ἡ μέση ἐτήσια Eve εἶναι ἴση μὲ 402,0 mm.

Στὴ σειρὰ 11 ἀναφέρεται ἡ διαφορὰ  $E_{nr_k} - Eve$  καὶ στὴ σειρὰ 12 τὸ πλεόνασμα νεροῦ ποὺ ἔχουμε στὴν περιοχὴ γιὰ κάθε μῆνα: δηλαδή  $U = N - E_{nr_k}$ .

#### 4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ὅπως ἀναφέραμε στὸ κεφ. 3, πίνακας 4, ἡ περιοχὴ ποὺ ἐξετάζουμε ἔχει ἐπιφάνεια  $F_{ολ} = 49,335$  Km<sup>2</sup>. Ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ ποὺ πέφτει κατὰ τὴ διάρκειά ἐνὸς ἔτους σ' αὐτὴν τὴν περιοχὴ θὰ εἶναι:

$$V_1 = \bar{N}_e \cdot F_{ολ} \quad (6)$$

ὅπου  $\bar{N}_e$  = τὰ μέσα ἐτήσια κατακρημνίσματα αὐτῆς τῆς περιοχῆς. Ἄν στὴν

έξισωση (6) αντικαταστήσουμε τις γνωστές τιμές των  $\bar{N}_E$  και  $F_{oL}$  (πίνακες 1 και 4), τότε παίρνουμε:

$$V_1 = 21,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Άρα στην περιοχή αυτή πέφτουν κατά τη διάρκεια του έτους  $21,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  νερού. Από την ποσότητα αυτή του νερού ένα ποσοστό που αντιστοιχεί σε 402,0 mm στήλης νερού, καταναλίσκεται για την εξατμισοδιαπνοή.

Άρα η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ( $E_{ve}$ ) στην περιοχή αυτή θα αντιστοιχεί σε όγκο  $V_2$  ( $\text{m}^3$ ).

$$V_2 = \bar{E}_{veE} \cdot F_{oL} \quad (7)$$

όπου  $\bar{E}_{veE}$  = η μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή.

Αν στην εξίσωση (7) αντικαταστήσουμε τα μεγέθη  $\bar{E}_{veE}$  και  $F_{oL}$  με τις γνωστές τους τιμές (πίνακας 1 και 4) θα έχουμε:

$$V_2 = 19,83 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Έτσι λοιπόν από τα  $21,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  που πέφτουν πάνω σ' αυτήν την περιοχή που μελετούμε με μορφή κατακρημνισμάτων, τα  $19,83 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  καταναλίσκονται από τα φυτά με τη μορφή της εξατμισοδιαπνοής· έτσι απομένει ακόμη ένα πλεόνασμα  $U_E = \bar{N}_E - \bar{E}_{veE}$ ,  $U_E = 1,73 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , που θα αντιστοιχεί στην κατείσδυση (I) και την άπορροή (A). Άρα θα έχουμε  $I + A = 1,73 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  που αντιστοιχεί σε 35 mm στήλης νερού. Από τον πίνακα 1 όμως (σειρά 12) παίρνουμε ένα πλεόνασμα  $U = 75,4 \text{ mm}$  που αντιστοιχούν σε όγκο  $V_3 = 3,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Βλέπουμε επομένως ότι το πλεόνασμα που έχουμε δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική διαφορά  $\bar{N}_E - \bar{E}_{veE} = U$  αλλά υπερέχει αυτού κατά  $D = U - U_E = 40,4 \text{ mm}$  που αντιστοιχεί σε  $1,99 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Η ποσότητα αυτή, όπως έχουμε αναφέρει στο κεφ. 3, υπολείπεται για να συμπληρώσει τα αποθέματα νερού του εδάφους που διατίθενται για τη βλάστηση. Επομένως το πραγματικό πλεόνασμα που θα διατεθεί για κατείσδυση και άπορροή θα είναι το  $U_E = 1,73 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 35,0 \text{ mm}$  στήλης νερού. Με βάση όλα τα παραπάνω μπορούμε να βγάλουμε την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής. Αυτή θα είναι:

$$N_E = E_{veE} + U - D \quad (8)$$

$$N_E = E_{veE} + (A + I) \quad (9)$$

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τὸν τύπο τοῦ Thornthweite ποὺ ὑπολογίζει τὴ δυναμικὴ ἔξατμισ-  
σιδιαπνοή, μποροῦμε νὰ ὑπολογίσουμε τὴ μέση μηνιαία πραγματικὴ ἔξατμι-  
σιδιαπνοή, λαμβάνοντας ὑπόψη τὰ μέσα μηνιαία κατακρημνίσματα, ὅπως καὶ  
τὰ βασικὰ ἀποθέματα νεροῦ τοῦ ἐδάφους ποὺ ἀπαιτοῦνται γιὰ τὴ βλάστηση.  
Τὸ γεγονός αὐτὸ εἶναι ἄρκετὰ σημαντικό γιὰτὶ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὑπολογίσουμε  
τὸ ἔλλειμα ἢ πλεόνασμα τοῦ νεροῦ ποὺ τυχὸν ὑπάρχει καὶ στὴ συνέχεια μᾶς  
ἐπιτρέπει νὰ διατυπώσουμε τὴν ἐξίσωση τοῦ ὑδρολογικοῦ ἰσοζυγίου.

## REFERENCES

- HAUDE, W. (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise.—  
Mitt. d. Dt. Wetterdienstes Nr. 11, Bd. 2; Bad Kissingen.
- HEITFELD, H. & LANGGUTH, H. (1974): Vorlesungsmanuskript Hydrogeologie des  
Lehrstuhls f. Ing.—u. Hydrogeologie, Anlage I, Aachen.
- ΚΑΡΡΑΣ, Γ., (1973: Κλιματική ταξινόμησης της Ελλάδος κατά Thorntweite—Διακτο-  
ρική διατριβή, 'Αθήναι.
- KELLER, R. (1961): Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes.—520 S., Berlin  
(Haude u. Spener).
- LANDOLT-BÖRNSTEIN (1967): Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie  
Astronomie, Geophysik, Technik. IV. Bd. Technik, 4. Teil Wärmetechnik.—  
Berlin (Springer).
- LANGGUTH, H. (1974): Hydrogeologische Übungen.—Lehrstuhl f. Ing. Geologie  
und Hydrog. des R.WT.H. Aachen.
- RICHTER, W. & LILICH, W. (1975): Apriss der Hydrogeologie.—E. Schweizerbart,  
sche Verlangsbuchhandlung, Stuttgart.
- THORNTWEITE, C. W. & MATHER, J. R. (1955): The Water balance.—Drexel Inst.  
Technol. Publ. Climat., VIII, Nr. 1, Centerton, N.J.
- THORNTWEITE, C. W. & HOLZMAL, B. (1942): Measurement of Evaporation from  
Land and water Surfaces.—U.s. Dept. of Argic. Tech. Bull. No 817.
- THORNTWEITE, C. W. & MATHER, J. R. (1957): Iustructions and Tables for Compu-  
ting Potential Evaportranspiration and the water Balance.—Thorntweite  
Ass. Lab. of Climatology. Publ. in Climatology Vol. X, No 3.
- THORNTWEITE, C. W.-MATHER, J. R. & CARTEH, D. B. (1958): Three water Balance.  
Maps of Southwest Asia.—Thorntweite Ass. Lab. in Clim. Publ. in Clim.  
Vol. XI.
- TURNER, A. (1967): Hydrogeologie.—350 s, 187 Abb., Wieu usw. (Springer).

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΙΔΙΑΠΝΟΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ THORNTHWEITE

ὕπὸ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΧΡ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ

(*Εργαστήριο Γεωλογίας καὶ Παλαιοντολογίας Ἀριστοτελείου Παν/μίου Θεσ/νίκης*)

Στὴν ἐργασία αὐτὴ προσδιορίστηκε μὲ βάση τὸν τύπο ὑπολογισμοῦ τῆς δυναμικῆς ἐξατμισοδιαπνοῆς τοῦ Thornthweite ἢ πραγματικῆς ἐξατμισοδιαπνοῆς μιᾶς περιοχῆς, στὴν ὁποία εἶχαμε μετρήσει τὶς θερμοκρασίες καὶ τὰ κατακρημνίσματα. Στὴ συνέχεια ὑπολογίστηκε ἡ μεταβολὴ τῶν ἀποθεμάτων νεροῦ τοῦ ἐδάφους, πού χρειάζονται γιὰ τὴ βλάστηση, ὅπως ἐπίσης τὸ ἔλλειμα καὶ τὸ πλεόνασμα τοῦ νεροῦ στὴν περιοχὴ, γεγονός πού μᾶς ἐπέτρεψε νὰ διατυπώσουμε τὴν ἐξίσωση τοῦ ὑδρολογικοῦ ἰσοζυγίου τῆς περιοχῆς.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΙΔΙΑΠΝΟΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΜΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ THORNTHWEITE

ὑπὸ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΧΡ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ

(*Ἐργαστήριο Γεωλογίας καὶ Παλαιοντολογίας Ἀριστοτελείου Παν/μίου Θεσ/νίκης*)

Στὴν ἐργασία αὐτὴ προσδιορίστηκε μὲ βάση τὸν τύπο ὑπολογισμοῦ τῆς δυναμικῆς ἐξατμισιδιαπνοῆς τοῦ Thornthweite ἢ πραγματικῆς ἐξατμισιδιαπνοῆς μιᾶς περιοχῆς, στὴν ὁποία εἶχαμε μετρήσει τὶς θερμοκρασίες καὶ τὰ κατακρημνίσματα. Στὴ συνέχεια ὑπολογίστηκε ἡ μεταβολὴ τῶν ἀποθεμάτων νεροῦ τοῦ ἐδάφους, ποὺ χρειάζονται γιὰ τὴ βλάστηση, ὅπως ἐπίσης τὸ ἔλλειμα καὶ τὸ πλεόνασμα τοῦ νεροῦ στὴν περιοχὴ, γεγονὸς ποὺ μᾶς ἐπέτρεψε νὰ διατυπώσουμε τὴν ἐξίσωση τοῦ ὑδρολογικοῦ ἰσοζυγίου τῆς περιοχῆς.