

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Μάρης Φ.¹, Αναστασιάδης Στ.², Καραγιώργος Κ.²

¹ Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 193 Πανταζίδου, 68200, Νέα Ορεστιάδα, Ελλάδα, fmaris@fmenr.duth.gr

² Δασολόγος, Μεταπτυχιακός Φοιτητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 193 Πανταζίδου, 68200, Νέα Ορεστιάδα, Ελλάδα, sanastas@fmenr.duth.gr, kkaragio@fmenr.duth.gr

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης Ορεστιάδος στην Καστοριά. Το εμβαδόν της επιφάνειας της λίμνης είναι συνολικά 27,975 km². Η λίμνη έχει σχήμα ελλειψοειδές με τον μεγαλύτερο άξονά της να έχει κατεύθυνση από Β προς Ν. Η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης βρίσκεται σε υψόμετρο 620 m, παρουσιάζοντας σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις. Η διερεύνηση επιτυγχάνεται με την ανάλυση και την επεξεργασία γεωγραφικών και υδρολογικών δεδομένων για τη λεκάνη απορροής. Ο συνδυασμός των υδρομετεωρολογικών παραγόντων της περιοχής με την εφαρμογή του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου των Thornthwaite & Mather μας οδηγεί στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων για την περιοχή έρευνας. Η μέση μηνιαία απορροή υπολογιστική ίση με 88,70 mm, η οποία είναι πολύ καλή για την έκταση της λεκάνης και η μέση υπερετήσια πραγματική εξατμισιοδιαπνοή ίση με 355,59 mm.

HYDROLOGIC INVESTIGATION OF THE WATERSHED KASTORIA LAKE

Maris F.¹, Anastasiadis S.², Karagiorgos K.²

¹ Assistant Professor, Democritus University of Thrace. Department of Forestry and Environmental Management and Natural Resources, 193 Pantazidou, 68200, Orestiada, Greece fmaris@fmenr.duth.gr

² Forester, Democritus University of Thrace. Department of Forestry and Environmental Management and Natural Resources, 193 Pantazidou, 68200, Orestiada, Greece, sanastas@fmenr.duth.gr, kkaragio@fmenr.duth.gr

Abstract

The objective of this study is to evaluate the water balance of the watershed of the Kastoria lake, which covers an area of 27,975 km². The shape of the lake is ellipsoid, with its elongated axis to have a N-S direction. The state of the free surface of the lake is located at an altitude of 620 m, showing significant seasonal variations. The present investigation is based upon the combined analysis of geographical and hydrological data set of the lake's watershed. The correlation of hydrological and meteorological factors and the application of the water balance model of Thornthwaite & Mather has produced important conclusions for the environmental status of the lake. The average monthly flood is equal 88,70 mm, which is very good for the basin and the average real evapotranspiration equal to 355,59 mm.

Λέξεις κλειδιά: υδατικό ισοζύγιο, λεκάνη απορροής, Γ.Σ.Π.

Key words: Water budget, watershed, GIS.

1. Εισαγωγή

Η λίμνη της Καστοριάς παρουσιάζει μεγάλη σημασία για την περιοχή λόγω των σημαντικών χρήσεών της. Οι σπουδαιότερες από αυτές είναι οι εξής : άρδευση, αναψυχή, τουρισμός, αθλητισμός, κ.λ.π. Αρκετά όμως είναι και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι οι επιχλωματώσεις, η επέκταση οικισμών, οι τουριστικές εγκαταστάσεις, το παράνομο κυνήγι, κ.α.

Στην παρούσα εργασία , επιχειρείται μια επισταμένη ανάλυση της εκτίμησης του υδατικού ισοζυγίου της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Καστοριάς με την εφαρμογή του υδατικού μοντέλου Thornthwaite & Mather (Thornthwaite, 1957) όπου υπολογίζεται η μέση μηνιαία απορροή, καθώς επίσης, πραγματοποιείται μια συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής όπως αυτή προκύπτει από το μοντέλο και τις εμπειρικές εξισώσεις των Turk (Turk, 1961), Coutage (Viessman et al., 1989), Ol'Dekop (Flokas, 1997).

2. Περιοχή Έρευνας



Σχήμα 1. Θέση Περιοχής Έρευνας Στον Ελλαδικό Χώρο.

Η περιοχή ερευνάς βρίσκεται στην Δυτική Μακεδονία στο Νομό Καστοριάς με γεωγραφικό μήκος $21^{\circ}31'$ και γεωγραφικό πλάτος $40^{\circ}52'$.

Η φυσική λίμνη Καστοριάς είναι τεκτονικής προέλευσης, ευτροφική λίμνη (Σωτηριάδης 1984, Σακκάς 1993) και αποτελεί υπολειμματική μορφή των μεγάλων λιμνών του Νεογενούς – Τεταρτογενούς, που δέσποζαν στο χώρο της Μακεδονίας, οι οποίες προήλθαν από τις τεκτονικές κοιλάδες, που σχηματιστήκαν στο χώρο της Δυτικής Μακεδονίας κατά το νεοτεκτονικό στάδιο των αλπικών πτυχώσεων (Βαφειάδης 1983).

Η λίμνη της Καστοριάς διαθέτει αυτοτελές υδρογραφικό δίκτυο, από δεκατρία μικρά χειμαρρικά ρεύματα. Η λεκάνη απορροής αποτελεί υπολεκάνη του ποταμού Αλιάκμονα. Η έκταση της λεκάνης απορροής ανέρχεται στα 238,45 km². Ο υδροκρίτης της λεκάνης ορίζεται ανατολικά από τις κορυφές Μηλιά και Πύργος, βόρεια από το όρος Βερνού και διέρχεται από τις κορυφές Δούκας, Κρόνος, Βίτσι και Σπυρικήκης, στρέφεται νοτιοανατολικά στη ράχη του ορούς Πετρώδες καταλήγοντας στο νότιο τμήμα της λίμνης Καστοριάς (Μάρης, 1997)

Τα κυριότερα ρεύματα του υδρογραφικού δικτύου της λίμνης, ανάλογα το μέγεθός τους, είναι οι χειμαρροί Ξεροπόταμος, Βυσσινιάς, Κωτουρή και Μεταμόρφωσης.

Η λεκάνη απορροής της λίμνης παρουσιάζει σημαντική δασοκάλυψη κύρια στον ορεινό χώρο. Οι ορεινές λεκάνες χαρακτηρίζονται από την κυριαρχία των δασών πλατύφυλλων καθώς και των βοσκοτόπων, ενώ αντίστοιχα στις πεδινές κυριαρχούν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις. Αναλυτικά οι κύριες χρήσεις γης είναι: δάσος πλατύφυλλων 44,17%, βοσκοτόποι 32,47% και γεωργικές καλλιέργειες 16,06%.

Τα δάση πλατύφυλλων ειδών είναι σε πρεμνοφυή κύρια μορφή και σε μικρότερο ποσοστό σε σπερμοφυή. Από φυτοκοινωνιολογική, χλωριδική και οικολογική άποψη στη λεκάνη απορροής της λίμνης της Καστοριάς κατά την ταξινόμηση της δασικής βλάστησης στην Ελλάδα εμφανίζεται η παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia rubescentis*) με την υποζώνη της *Quercion confertae* και η ζώνη δασών οξυάς - ελάτης και ορεινών παραμεσογειακών κωνοφόρων (*Fagetalia*) με την υποζώνη της *Fagion moesiaca* (Ντάφης, 1973). Στην επίπεδη περιοχή γύρω από την λίμνη και κυρίως στην ανατολική της ακτή

κυριαρχούν καλαμώνες από *Phragmites australis*, ενώ υπάρχουν σημαντικές συστάδες *Salix alba* και *Populus alba*.

Όσον αφορά τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης, στη λεκάνη απορροής κυριαρχεί ο κρυσταλλοπυριγενής σχηματισμός καλύπτοντας το 73,37% της συνολικής λεκάνης και ακολουθεί ο ασβεστολιθικός σχηματισμός με 17,01%. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω ανάλογα με το χειμαρρικό υπόθεμα, η λεκάνη απορροής της λίμνης ανήκει στο μικτό χειμαρρικό τύπο (Κωτούλας, 2001).

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα των ορεινών λεκανών της λίμνης Καστοριάς είναι η σχετική ευπάθεια στις επιφανειακές και χαραδρωτικές διαβρώσεις και αποσαρθρώσεις (Μάρης, 1997).

Για τη διερεύνηση του κλίματος της περιοχής ελήφθησαν κύρια υπόψη τα κλιματικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Νεστόριο του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.), που βρίσκεται σε υψόμετρο 950 m με γεωγραφικό μήκος 21°04' και γεωγραφικό πλάτος 40°25'.

Στον πίνακα 1 δίνονται οι τιμές του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής, όπως προέκυψαν μετά την επεξεργασία των παρατηρήσεων της περιόδου 1978-1996, καθώς και οι αντίστοιχες τιμές των θερμοκρασιών αέρα. Τέλος στο σχήμα 1 δίνεται το ομβροθερμικό διάγραμμα του σταθμού, που δημιουργήθηκε με βάση τις τιμές του Πίνακα 1.

Το κλίμα στην περιοχή έρευνας είναι ο τύπος που κυριαρχεί στην Δυτική Μακεδονία και χαρακτηρίζεται ως μεταβατικός μεταξύ του μεσογειακού και ηπειρωτικού κλίματος. Σύμφωνα με την κατάταξη κατά Koerppen το κλίμα είναι υγρό μεσόθερμο. Με βάση την ταξινόμηση κατά Thorntthwaite το κλίμα στην περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται ως ημίυγρο αποκλίνον προς υγρό, με μέτρια έλλειψη νερού κατά το θέρος (Μπαλαφούτης, 1977).

Πίνακας 1. Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής, θερμοκρασίας Μ.Σ. Νεστόριο για την περίοδο 1978-1996

Τοποθεσία Σταθμού:		Περίοδος: 1978-1996	
ΝΕΣΤΟΡΙΟ (Ε.ΘΙΑ.ΓΕ)			
Υψόμετρο 950 m		Γ.Π. :40°25'	Γ.Μ. : 21°04'
a/a	Μήνας	Μέσο μηνιαίο ύψος κατακρημνισμάτων (mm)	Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα (° C)
1	Ιανουάριος	80,43	0,83
2	Φεβρουάριος	76,18	1,68
3	Μάρτιος	64,48	5,58
4	Απρίλιος	75,76	9,77
5	Μάιος	72,37	14,40
6	Ιούνιος	30,61	18,98
7	Ιούλιος	34,63	21,38
8	Αύγουστος	39,31	20,78
9	Σεπτέμβριος	38,06	16,90
10	Οκτώβριος	76,56	11,55
11	Νοέμβριος	117,56	5,76
12	Δεκέμβριος	111,04	2,49
Έτος		816,99	10,84

3. Μεθοδολογία

3.1. Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου

Το μοντέλο, που επιλέχθηκε, για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου είναι των Thornthwaite & Mather και βασίζεται στην εξομοίωση της υδρολογικής λειτουργίας της λεκάνης απορροής με τη λειτουργία μιας απλής δεξαμενής (Thornthwaite, 1957).

$$\Delta S = P_n - E_n - Q_{An} - D \rightarrow E_n = P_n - \Delta S - Q_n$$

Όπου, ΔS : Μεταβολή του αποθηκευμένου νερού (mm), P_n : Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm), E_n : Μέση μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm), Q_n : Πλεόνασμα νερού (mm), Q_{An} : Επιφανειακή απορροή (mm), D_n : Διηθούμενο νερό (mm),

Η παραπάνω λειτουργία του μοντέλου μπορεί να κωδικοποιηθεί ως εξής (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1997):

Αν

$$P_n \geq E_{pn} \rightarrow S_n = \min(S_{n-1} + P_n - E_{pn}, K)$$

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

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

$$Q_n = 0$$

Σε κάθε περίπτωση η πραγματική εξατμισοδιαπνοή προκύπτει από την εξίσωση :

$$E_n = (S_{n-1} - S_n) + P_n - Q_n = P_n - \Delta S_n - Q_n = P_n - \Delta S_n - Q_{An} - D_n$$

Όπου, P_n : Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm), E_{pn} : Μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm), E_n : Μέση μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm), S_n : Αποθηκευμένο νερό στο έδαφος (mm), Q_n : Πλεόνασμα νερού (mm), Q_{An} : Επιφανειακή απορροή (mm), D_n : Διηθούμενο νερό (mm), K : Μέγιστη εδαφική χωρητικότητα

3.2. Υπολογισμός Παραμέτρων Μοντέλου

3.2.1 Απορροϊκός συντελεστής CN (Curve Number) και μέγιστη χωρητικότητα εδαφικής δεξαμενής (K)

Οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την επιφάνεια μιας περιοχής περιγράφονται από τον απορροϊκό συντελεστή CN (US. Soil Conservation Service, 1972) και τη μέγιστη χωρητικότητα της εδαφικής δεξαμενής K. Ο απορροϊκός συντελεστής εκτιμάται από την εκτίμηση των επιμέρους συντελεστών C1, C2, C3, C4 οι οποίοι εξαρτώνται αντίστοιχα, από το ανάγλυφο της επιφάνειας της λεκάνης, τη διηθητικότητα του εδάφους, την έκταση και την πυκνότητα της

φυτοκάλυψης, την κλίση των πρανών και την αποθηκευτική ικανότητα σε χαμηλά σημεία της επιφάνειας της λεκάνης απορροής.

Η μέγιστη χωρητικότητα εδαφικής (K) δεξαμενής εκφράζει την μέγιστη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας στο έδαφος και δίνεται από την σχέση:

$$K = 25.4 \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 10 \right]$$

3.2.2 Δυνητική εξατμισοδιαπνοή

Η μέθοδος για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής που επιλέχθηκε είναι αυτή του Thornthwaite λόγω των μικρών απαιτήσεων σε δεδομένα εισόδου, ειδικότερα απαιτεί μόνο τη μέση θερμοκρασία αέρα.

Η εξίσωση που μας δίνει την δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι:

$$E_p = 16 \left(\frac{10t_i}{I} \right)^\alpha \frac{\mu N}{360}$$

Όπου, E_p : Μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm), t_i : Μέση μηνιαία θερμοκρασία ($^{\circ}C$), μ : Αριθμός ημερών του μηνά, N : Μέση αστρονομική διάρκεια ημέρας του μηνά (hr), I : Ετήσιος δείκτης θερμοκρασίας ($I = \sum_{i=1}^{12} i$), i : Μηνιαίος δείκτης θερμοκρασίας ($i = 0.09t_i^{3/2}$), α : Εμπειρική παράμετρος ($\alpha = 0.016I + 0.5$).

3.3. Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή εκτιμήθηκε με τις εμπειρικές μεθόδους του Turk (Turk, 1961) του Coutage (Viessman et al., 1989) και την πρώτη μέθοδο του Οί'Dekop (Flokas, 1997) για τη ρύθμιση του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου.

Η εξίσωση της ετήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με τη μέθοδο του Turk έχει ως εξής:

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L_T^2}}}$$

$$\text{με } L_T = 300 + 25T + 0.05T^2$$

Όπου, E : Ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm/έτος), P_n : Ετήσιο ύψος βροχής (mm), T : Μέση ετήσια θερμοκρασία ($^{\circ}C$), L_T : Θερμικός συντελεστής.

Η εξίσωση της ετήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με τη μέθοδο του Coutage έχει ως εξής:

$$E = P \left(1 - \frac{P}{l} \right) \quad \text{για } \frac{l}{8} \leq P \leq \frac{l}{2}$$

$$E = P \quad \text{για } P < \frac{l}{8}$$

$$E = 200 + 35T \quad \text{για } P > \frac{l}{2}$$

Όπου, E: Ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm/έτος), P_n: Ετήσιο ύψος βροχής (mm), T: Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C), l: Συνάρτηση θερμοκρασίας ($l = 800 + 140T$)

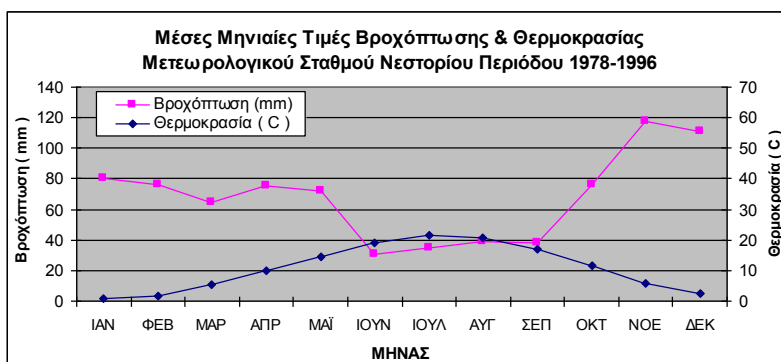
Η εξίσωση της ετήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με τη μέθοδο του O’Dekor έχει ως εξής:

$$E = P \left[1 - \exp \left(- \frac{PE}{P} \right) \right]$$

Όπου, E: Ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm/έτος), P_n: Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm), PE: Ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή Thornthwaite.

4.Αποτελέσματα – Συζήτηση

Για τον υπολογισμό των μετεωρολογικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά στοιχεία του σταθμού Νεστορίου. Από την κατανομή της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας σε όλη τη λεκάνη για την περίοδο 1978-1996 προκύπτει ότι η μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση παρατηρείται τον μήνα Νοέμβριο και η ελάχιστη τον μήνα Ιούνιο, ενώ η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία κατά το μήνα Ιούλιο και η ελάχιστη κατά το μήνα Ιανουάριο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση υπολογίστηκε για την περίοδο μελέτης ίση με 816,19 mm και η μέση ετήσια θερμοκρασία ίση με 10,8°C (διάγραμμα 1).

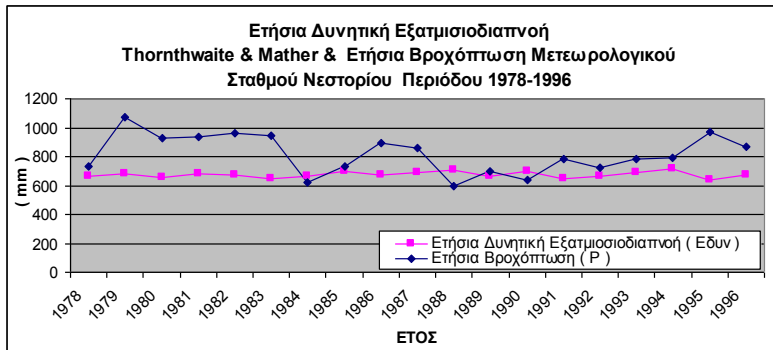


Διάγραμμα 1. Μέση Ετήσια θερμοκρασία και Ετήσια βροχόπτωση για την περίοδο 1978-1996

Όσον αφορά τον απορροϊκό συντελεστή CN η εκτίμηση του έγινε με βάση τα εδαφολογικά και τα γεωλογικά χαρακτηριστικά καθώς και τις χρήσεις γης της περιοχής. Ο τύπος εδαφών είναι τύπου B (μέσοι ρυθμοί διήθησης) με τύπο υγρασίας κατάστασης II. Ο απορροϊκός συντελεστής εκτιμήθηκε ίσος με 70 και η μέγιστη χωρητικότητα της εδαφικής δεξαμενής ίση

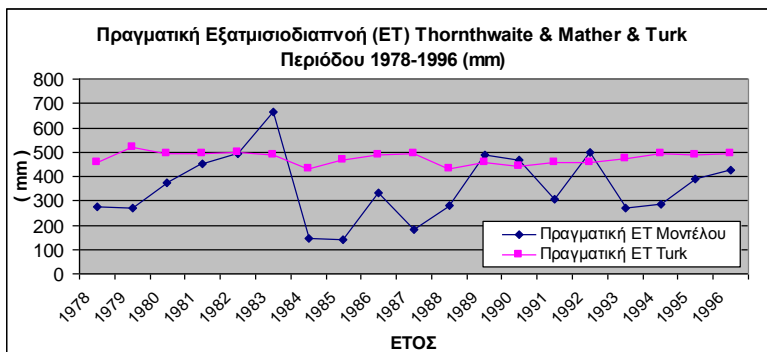
με 88,70 mm (U.S. Soil Conservation Service, 1986).

Από τον υπολογισμό της ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο των Thornthwaite (διάγραμμα 2) προέκυψε, ότι η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή για την περίοδο μελέτης είναι ίση με 674,74 mm.



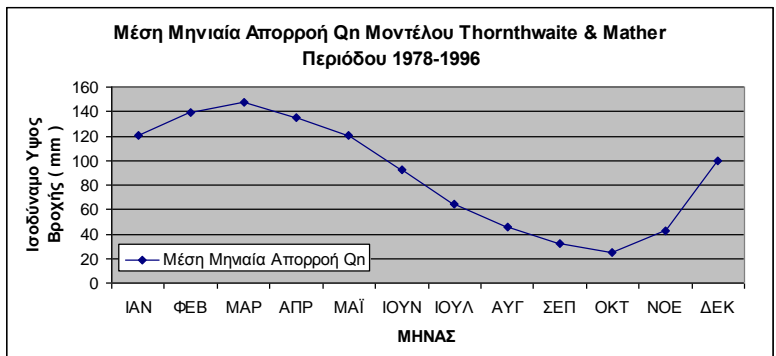
Διάγραμμα 2 . Ετήσια Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή Thornthwaite & Mather & Ετήσια Βροχόπτωση

Η μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή για την περίοδο 1978-1996 εκτιμήθηκε με βάση τους τύπους του Turk, του Coutage και την πρώτη του Ol'Dekor και υπολογίστηκε σε 474,84 mm, 520,53 mm και 455,61 mm αντίστοιχα. Επειδή τα αποτελέσματα της μεθόδου του Turk κυμαίνονται ανάμεσα από τα αποτελέσματα των μεθόδων του Coutage και την πρώτη του Ol'Dekor λαμβάνονται υπόψη για την σύγκριση με την ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή του μοντέλου των Thornthwaite. Η μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή, που προέκυψε από το μοντέλο, είναι ίση με 355,59 mm (διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3 . Πραγματική εξατμισοδιαπνοή Thornthwaite & Mather (1957) & Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή Turk (1961) Περίοδος 1978-1996

Τα αποτελέσματα της μέσης μηνιαίας απορροής, εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος βροχής, για την περίοδο 1978-1996, που εξήχθησαν από το μοντέλο του υδατικού ισοζυγίου των Thornthwaite & Mather, δίνονται στο διάγραμμα 4. Η μέση υπερετήσια απορροή για όλη την περίοδο μελέτης, εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος βροχής υπολογίστηκε ίση με 88,70 mm. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η μέγιστη απορροή παρατηρήθηκε κατά το μήνα Μάρτιο ενώ η ελάχιστη κατά τον μήνα Οκτώβριο για την περίοδο μελέτης 1978-1996.



Διάγραμμα 4. Μέση Μηνιαία Απορροή Qn (mm) Μοντέλου Thornthwaite & Mather για την περίοδο 1978-1996

5. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας επικεντρώνονται στα εξής:

- Η μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία βροχόπτωση παρατηρείται κατά τους μήνες Νοέμβριο και Ιούλιο αντίστοιχα, ενώ η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται κατά τους μήνες Ιούλιο και Ιανουάριο αντίστοιχα. Η μέση υπερετήσια βροχόπτωση της περιόδου είναι 816,99 mm, η μέση υπερετήσια θερμοκρασία είναι 10,84 °C, η μέση υπερετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο Thornthwaite είναι 674,74 mm και η μέση υπερετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο Thornthwaite & Mather όπως προέκυψε από το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου, είναι 355,59 mm.
- Από τα αποτελέσματα της μέσης μηνιαίας απορροής, εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος βροχής, που εξήχθησαν από το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου των Thornthwaite & Mather, προέκυψε ότι η μέση μηνιαία απορροή είναι 88,70 mm, η οποία είναι καλή για την έκταση της λεκάνης.

Εν κατακλείδι στην περιοχή έρευνας παρατηρείται διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων σε σχέση με τις μεγάλες απαιτήσεις σε νερό των δραστηριοτήτων όπως των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και των υδρευτικών αναγκών. Η σημερινή κατάσταση της λίμνης, το καθεστώς χρήσης του νερού και η ευαισθησία της λεκάνης όσο αφορά το υδατικό ισοζύγιο της, επιβάλλει τα παρακάτω:

- Συστηματική ενημέρωση και συνεργασία των αγροτών, των φορέων ύδρευσης και της ΔΕΗ ΑΕ για την βέλτιστη αξιοποίηση των υδατικών πόρων της περιοχής.
- Εδαφολογική και υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής για ακριβέστερης εκτίμηση των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την υδρολογική συμπεριφορά της λεκάνης.
- Διερεύνηση καταλλήλων μεθόδων άρδευσης και χρήσεων γης με ταυτόχρονη την εφαρμογή της αγροτικής πολιτικής που θα ωθήσει τους αγρότες της περιοχής να στραφούν σε καλλιέργειες με μικρότερες απαιτήσεις σε νερό.
- Περιορισμός της διάνοιξης νέων γεωτρήσεων σε όλη την λεκάνη και ειδικότερα στις περιοχές χαμηλού υψομέτρου.

Βιβλιογραφία

Ασχονίτης Β.Γ., Μπαλτάς Ε.Α., Αντωνόπουλος Β.Ζ. 2006: Υδρολογική διερεύνηση της λεκάνης του Εορδαίου Ποταμού, Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου της

Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης με θέμα: Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Προστασία Περιβάλλοντος Σύγχρονες Θεωρήσεις, Προβλήματα και Προοπτικές, Ξάνθη, 13-16 Δεκεμβρίου 2006.

Βαφειάδης Π., 1983: Υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης της Καστοριάς. Διδακτορική Διατριβή. Φυσικομαθηματική Σχολή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, 1977: Τοπογραφικοί Χάρτες κλίμακας 1:50.000 περιοχών έρευνας.

Δεμίρης Κ., 1986: Τεχνική Γεωλογία, Α.Π.Θ., University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Forest Service, 1985: Bioclimatic stores and characteristics of the Mediterranean climate for the prefectures of Thrace. (In the vegetation maps 1:200.000).

Hrissanthou V., Mylopoulos N., Tolikas D., & Mylopoulos I., 2003: Simulation modeling of runoff, groundwater flow and sediment transport into Kastoria Lake, Greece. Water Resources Management, 27, 223-242.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 1990: Γεωλογικοί χάρτες περιοχών έρευνας 1:50.000.

Καρράς Γ., 1973: Κλιματική ταξινόμηση της Ελλάδας κατά Thornthwaite, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.

Kotoulas D., 1973: The torrential problem in Greece, Report Nr. 47. Laboratory of Silviculture and Mountainous Water Science. School of Agriculture and Forestry. Thessaloniki.

Kotoulas D., 1986: Natuerliche Entwicklung der Laengen- und Querprofilform der Fluesse, ein Beitrag zum Naturnahen Flussbau, Veroeff. d. Inst. Siedl. wirtsch. 12, T.U. Graz.

Κουτσογιαννης Δ. & Ξανθοπουλος Θ., 1997: Τεχνική Υδρολογία, Ε.Μ.Π., Αθήνα

Κωτούλας Δ., 2001: Διευθετήσεις Χειμαρρικών Ρευμάτων Ι, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Leibundgut H., 1970: Der Wald. Frauenfeld, Stuttgart.

Σωτηριάδης Μ., 1984: Φυσική Γεωγραφία. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Μαριολόπουλος Η., 1982: Το κλίμα της Ελλάδας, επιτομή, Αθήνα.

Μαριολόπουλος Η., Καραπιέρης Λ., 1955: Αι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι. Αθήνα

Μάρης Φ. 1997 : Το χειμαρρικό περιβάλλον της λίμνης Καστοριάς, Επιστημονική επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων προς τιμή του ομότιμου Καθηγητή Κη.Πανέτσου, vol. 40/1

Μουρκίδης Γ., Τσιούρη Σ., 1984: Λίμνες της Βορείου Ελλάδος. Ευτροφισμός των λιμνών Κορώνειας και Καστοριάς 1980-81. Γεωργική έρευνα, 8 : 317-334. Αθήνα.

Μπαλαφούτης Χ., 1992: Μαθήματα υδρομετεωρολογίας, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Ντάφης Σ., 1973: Ταξινόμηση της δασικής βλαστήσεως της Ελλάδας. Επιστημονική επετηρίδα της Γεωπονικής και Δασολογικής σχολής. Τόμος ΙΕ'-τεύχος Β' (75-91). Θεσσαλονίκη.

Thornthwaite C., Mather J., 1957: Instruction and tables for computing potential

evapotranspiration and the water balance, Publ. in climatology, Vol. 10 – No 3, Centerton, New Jersey Drexel Inst.

Turk L. 1961: Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise en jour, Annuel Agronomie. 12, pp.13-49.

Σακκάς Ι., 1993: Υδρολογική μελέτη της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς. Ξάνθη.

Σακκάς Ι., 1994: Εξυγίανση και αξιοποίηση της λίμνης Καστοριάς, Ερευνητικό Πρόγραμμα, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.

SCS (Soil Conservation Service), 1972: National Engineering Handbook, Section of Hydrology, SCS, Washington D.C., U.S.A.

Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων Διεύθυνση Δασών, 1977: Χάρτης Χρήσεων γης 1:50.000, Νομός Καστοριάς.

Φλόκας Α.Α., 1997: Μαθήματα μετεωρολογίας κλιματολογίας, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Viessman Jr. W., Levis G.L., Knappt J.W., 1989: Introduction to Hydrology.

Ψιλοβίκος Α., Ζαρκάδας Π., 2006: Μοντέλο Προσομοίωσης υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς, Πρακτικά 10ου Πανελλήνιου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης με θέμα: Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Προστασία Περιβάλλοντος Σύγχρονες Θεωρήσεις, Προβλήματα και Προοπτικές, Ξάνθη, 13-16 Δεκεμβρίου 2006.