

## Διαχείριση Υδατικών Πόρων Ν. Χαλκιδικής για την Άρδευση Καλλιεργειών

Π. Γεωργίου\*, Δ. Παπαμιχαήλ, Δ. Καραμούζης

*Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Υδραυλικής και Βελτιώσεων*

*Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ., 54124 Θεσσαλονίκη,*

*\*e-mail: pantaz@agro.auth.gr*

### Περίληψη

Για την επίλυση του υδατικού προβλήματος του Ν. Χαλκιδικής προτείνεται η κατασκευή τριών φραγμάτων στους ποταμούς Ολύνθιο, Χαβρία και Πετρένια και η δημιουργία των αντίστοιχων ταμιευτήρων. Σε ένα προτεινόμενο σενάριο διαχείρισης του νερού των τριών ταμιευτήρων η ικανοποίηση των υδρευτικών αναγκών προηγείται πάντοτε της ικανοποίησης των αναγκών άρδευσης. Το υπόλοιπο νερό μετά την ικανοποίηση της ύδρευσης μαζί με τα υπόγεια νερά θα χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών. Στο σενάριο αυτό η ειδική παροχή άρδευσης υπολογίστηκε από τις μέσες ανάγκες σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Οι μέσες ανάγκες εκτιμήθηκαν με τη βοήθεια των φυτικών συντελεστών των καλλιεργειών, της ωφέλιμης βροχόπτωσης, της αρδευτικής αποδοτικότητας και των εκτιμήσεων με τη μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς, για μια περίοδο 21 ετών (1977-1997). Με τη βοήθεια της ειδικής παροχής άρδευσης και των διαθέσιμων υδατικών πόρων, υπολογίστηκε η έκταση των καλλιεργειών κάθε περιοχής του σεναρίου, η οποία μπορεί να αρδευθεί.

## Water Resources Management in Prefecture of Halkidiki for Irrigation of Crops

P. Georgiou\*, D. Papamichail, D. Karamouzis

*Laboratory of General and Agricultural Hydraulics and Land Reclamation*

*Faculty of Agriculture, Aristotle University, 54124 Thessaloniki, Greece,*

*\*e-mail:pantaz@agro.auth.gr*

### Abstract

For the solution of the water problems in Halkidiki is suggested the construction of three dams on Olynthios, Havrias and Petrenias rivers. The remaining water afterwards the satisfaction of drinking water from the reservoirs with groundwater will be used for irrigation of crops. The estimation of irrigation water requirements in one suggested water management plan is based on the specific irrigation water discharge

which was estimated by using the mean irrigation water requirements. These requirements were estimated by using the crop coefficients, the cropping area, the effective rainfall, the irrigation efficiency and the values of the reference crop evapotranspiration which were estimated by using the FAO Penman-Monteith method for a period of 21 years (1977-1997). The irrigation area in the suggested water management plan was calculated with the help of the specific irrigation water discharge and the available water resources.

## 1. Εισαγωγή

Ο Νομός Χαλκιδικής δε διαθέτει σήμερα έργα αξιοποίησης του φτωχού υδατικού δυναμικού του, ικανού μεγέθους να καλύψουν τις σημερινές ανάγκες, ούτε πολύ περισσότερο τις μελλοντικές. Στα πλαίσια ενός ερευνητικού προγράμματος που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Υδραυλικής της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ. την περίοδο 1996-2002 μελετήθηκε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης των υδατικών πόρων της Χαλκιδικής. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού προτείνεται η κατασκευή τριών φραγμάτων, του φράγματος Ολυνθίου ή Βατόνια στη θέση Λουϊζίκι Πολυγύρου, του φράγματος Χαβρία και του φράγματος Πετρένια (Γοματίου). Από την κατασκευή των τριών παραπάνω φραγμάτων θα δημιουργηθούν οι αντίστοιχοι ταμιευτήρες με ωφέλιμους όγκους νερού: 22.5 εκατ. m<sup>3</sup> για τον ταμιευτήρα του Ολυνθίου (Καραμούζης κ.α., 2001), 26 εκατ. m<sup>3</sup> για τον ταμιευτήρα του Χαβρία (Γκόφας κ.α., 1989) και 3.3 εκατ. m<sup>3</sup> για τον ταμιευτήρα του Πετρένια (Καραμούζης κ.α., 1999). Ένα μέρος των παραπάνω ωφέλιμων όγκων νερού θα χρησιμοποιηθεί για την ύδρευση διαφόρων περιοχών του Νομού Χαλκιδικής. Το υπόλοιπο νερό, μετά την ικανοποίηση των αναγκών της ύδρευσης θα χρησιμοποιηθεί για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών ενός προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης.

Στο προτεινόμενο σενάριο διαχείρισης του νερού των ταμιευτήρων του Ολυνθίου και του Χαβρία προβλέπεται να υπάρχει αλληλοσύνδεση μεταξύ τους, ενώ η διαχείριση του νερού του ταμιευτήρα του Πετρένια θα γίνεται αυτόνομα. Στις παραπάνω ποσότητες μπορούν να προστεθούν κάποιες ποσότητες νερού που μπορούν να αποθηκευθούν σε λιμνοδεξαμενές και σε μικρούς ταμιευτήρες (Καραμούζης κ.α., 2002). Οι ποσότητες αυτές δεν έχουν συμπεριληφθεί στο προτεινόμενο σενάριο διαχείρισης αφενός, για να καλυφθούν ορισμένες αβεβαιότητες όσον αφορά τη δυναμικότητα των υπογείων υδροφορέων και την επίδραση που θα έχει η κατασκευή των φραγμάτων στο φυσικό εμπλουτισμό τους και αφετέρου, θεωρώντας ότι οι ποσότητες που θα μπορέσουν να αποθηκευθούν θα καλύψουν τοπικές ανάγκες αρδεύσεων.

Σε ότι αφορά τα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με τη μελέτη οικονομικής σκοπιμότητας φράγματος Χαβρία και λοιπών αναγκαίων έργων για την βέλ-

τιστη αξιοποίηση των υδατικών πόρων του Ν. Χαλκιδικής (Γκόφας κ.α., 1989, Καραμούζης κ.α., 2002) μπορούν να ειπωθούν τα εξής:

- α) Σε όλους τους προσχωματικούς υδροφόρους ορίζοντες πραγματοποιείται σήμερα εντατική εκμετάλλευση, με ετήσιες απολήψεις που ξεπερνούν γενικά τα ανανεώσιμα αποθέματα.
- β) Οι ετήσιες απολήψεις από τους προσχωματικούς υδροφόρους ορίζοντες Ορμούλιας, Ολύνθου-Ν. Μουδανιών, Πορταριάς και Ν. Καλλικράτειας-Σωζόπολης πρέπει να μην υπερβαίνουν τα 15.5 εκατ.  $m^3$ .
- γ) Η εκμετάλλευση πρέπει να οργανωθεί ορθολογικά με σταδιακή αντικατάσταση των γεωτρήσεων που δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες υδροδότησης συστηματικών αρδευτικών δικτύων και
- δ) Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο υδροφόρος ορίζοντας του ασβεστολιθικού όγκου της Κατσίκας, του οποίου η δυναμικότητα έχει εκτιμηθεί σε 5.0 εκατ.  $m^3$  το χρόνο.

Σύμφωνα με τις παραπάνω μελέτες οι διαθέσιμες ποσότητες του υπόγειου υδατικού δυναμικού της περιοχής είναι οι εξής:

- α) Προσχωματικός υδροφόρος ορίζοντας πεδιάδας Ορμούλιας (λεκάνη Χαβρία) 7.0 εκατ.  $m^3$ ,
- β) Προσχωματικός ορίζοντας Ολύνθου 4.5 εκατ.  $m^3$ ,
- γ) Βαθύς υδροφόρος ορίζοντας Πορταριάς 1.5 εκατ.  $m^3$ ,
- δ) Φρεάτιος ορίζοντας περιοχής Ν. Τενέδου - Φλογητών 0.5 εκατ.  $m^3$ ,
- ε) Προσχωματικός υδροφόρος ορίζοντας Ν. Καλλικράτειας-Σωζόπολης 2.5 εκατ.  $m^3$  και
- στ) Υδροφόρος ορίζοντας ασβεστολίθων Κατσίκας 5.0 εκατ.  $m^3$ .

Στο προτεινόμενο σενάριο διαχείρισης του νερού που προορίζεται για αρδεύσεις, η κτηματική έκταση όλης της περιοχής μελέτης, έχει χωρισθεί σε τρεις περιοχές:

Την **περιοχή Α** η οποία περιλαμβάνει τις κτηματικές εκτάσεις Αγίου Μάμα, Αγίου Παντελεήμονα, Διονυσίου, Ζωγράφου, Ν. Μουδανιών, Ν. Πλαγίων, Ν. Τενέδου, Ν. Τρίγλιας, Ολύνθου, Πολυγύρου, Πορταριάς, Σημάντρων και Φλογητών.

Την **περιοχή Β** η οποία περιλαμβάνει τις κτηματικές εκτάσεις του Δήμου Ορμούλιας. Οι περιοχές Α και Β θα εξυπηρετηθούν από τους ταμιευτήρες Ολυνθίου και Χαβρία.

Τέλος, την **περιοχή Γ** που πρόκειται να εξυπηρετηθεί από τον ταμιευτήρα του Πετρένια και περιλαμβάνει τις κτηματικές εκτάσεις του Δημοτικού Διαμερίσματος Γοματίου, του Δήμου Παναγιάς. Στην εργασία αυτή γίνεται εκτίμηση της ειδικής παροχής άρδευσης δηλαδή της απαιτούμενης ανά στρέμμα και δευτερόλεπτο παροχής για την ικανοποίηση των μέγιστων κατά το μήνα αιχμής αναγκών, για τις τρεις περιοχές, και στη συνέχεια υπολογίζεται η έκταση κάθε περιοχής που μπορεί να αρδευθεί.

## 2. Κατανομή των καλλιεργειών

Η αναγκαιότητα εκτίμησης των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών οδήγησε στην ομαδοποίηση των καλλιεργειών με το σκεπτικό της ένταξης καλλιεργειών με παρόμοιους φυτικούς συντελεστές και παρόμοια βλαστική περίοδο, στην ίδια ομάδα. Μετά την ομαδοποίηση, βάσει στοιχείων απογραφής 1999 (Διεύθυνση Γεωργίας Χαλκιδικής) (Καραμούζης κ.α., 2002), προκύπτει ότι στην ευρύτερη κτηματική περιοχή των Δήμων που διαθέτουν εκτάσεις μέσα στην αξιοποιούμενη περίμετρο του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης το ποσοστό των αρδευόμενων εκτάσεων ανέρχεται στην περιοχή Α σε 38.18%, στην περιοχή Β σε 76.80% και στην περιοχή Γ μόλις σε 3.74%. Επομένως, τα ποσοστά των ξηρικών καλλιεργειών (περιοχή Α: 61.82%, περιοχή Β: 23.20%, περιοχή Γ: 96.26%) είναι πολύ υψηλά και ιδιαίτερα στην περιοχή Γ.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα σιτηρά που συνήθως δεν αρδεύονται έχουν πολύ υψηλά ποσοστά: 49.55% για την περιοχή Α, 14.08% για την περιοχή Β και 58.04% για την περιοχή Γ. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι αρδευόμενες εκτάσεις μπορούν να αυξηθούν στην περίπτωση που θα υπάρχει διαθεσιμότητα υδατικών πόρων. Η διαθεσιμότητα του νερού για άρδευση θα διαφοροποιήσει την παραπάνω κατανομή εκτοπίζοντας τα σιτηρά και τις ξηρικές καλλιέργειες. Έχοντας υπόψη τις τάσεις που έχουν διαμορφωθεί στην περιοχή, για ένα προτεινόμενο σενάριο διαχείρισης δίνονται στον Πίνακα 1 τα ποσοστά της πιθανής κατανομής των καλλιεργειών για τις περιοχές Α, Β και Γ.

**Πίνακας 1.** Ποσοστά (%) πιθανής κατανομής των καλλιεργειών του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης για τις περιοχές Α, Β και Γ

Καλλιέργεια	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ
Ελιά	70.40	76.80	88.00
Βαμβάκι	5.50	0.00	0.00
Σιτηρά	1.00	1.00	0.00
Καλαμπόκι	0.50	0.00	0.00
Καρπούζια - πεπόνια	2.00	2.50	0.00
Μηδική	0.60	0.50	0.00
Φασόλια, Ρεβύθια, Κουκιά	0.20	0.20	0.00
Πατάτες	0.80	0.00	0.00
Αμπέλια	1.00	0.50	6.00
Βερίκοκα, Ροδάκινα κ.λπ.	6.50	6.50	2.00
Φιστίκια	3.00	3.00	0.00
Κεράσια κ.λπ.	0.50	1.00	0.00
Λαχανοκομικά Ι	4.00	4.00	2.00
Λαχανοκομικά ΙΙ	4.00	4.00	2.00

### 3. Ανάγκες καλλιεργειών σε νερό άρδευσης

Η εκτίμηση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών και ο υπολογισμός των ελλειμμάτων τους, αποτελεί βασικό στοιχείο για την εκτίμηση της έκτασης που θα αρδευθεί, από το διαθέσιμο για άρδευση νερό, όπως και για την εκτίμηση του είδους, της διάστασης και της διάταξης των απαιτούμενων έργων μεταφοράς και διανομής.

Ο υπολογισμός των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών γίνεται με τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας. Με φυσικό τρόπο οι ανάγκες αυτές μπορούν να καλυφθούν από τη βροχοπτώση, το υπόγειο νερό με τριχοειδή ανύψωση και το νερό που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος στη ζώνη του ριζοστρώματος. Στην περίπτωση που οι τρεις παραπάνω πηγές είναι ανεπαρκείς, είναι αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση. Έτσι, οι **καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες** ( $I_n$ ) υπολογίζονται από τη σχέση:

$$I_n = ET_c - (Pe + Gw + SM) \quad (1)$$

όπου:  $ET_c$  είναι η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας,

$Pe$  είναι το μέρος εκείνο της βροχής που μπορεί να αξιοποιηθεί από τις καλλιέργειες και λέγεται ωφέλιμη βροχή,

$Gw$  είναι η συμβολή του υπόγειου νερού με τριχοειδή ανύψωση και

$SM$  είναι το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος στην αρχή της βλαστικής περιόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες.

Η εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών  $ET_c$  υπολογίζεται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$ET_c = K_c * ET_r \quad (2)$$

όπου:  $ET_c$  και  $ET_r$  είναι αντίστοιχα, η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας και η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και

$K_c$  είναι ο φυτικός συντελεστής.

Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς ( $ET_r$ ) έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές (Doorenbos and Pruitt, 1977, Allen et al., 1989, 1998, Papamichail and Terzidis, 1996, Παπαμιχαήλ και Γεωργίου, 1999, Γεωργίου κ.α., 2000). Από τις διάφορες μεθόδους που κατά καιρούς αναπτύχθηκαν, η μέθοδος FAO Penman – Monteith (Allen et al., 1998) είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια και αποτελεί μια από τις πιο ολοκληρωμένες και αξιόπιστες μεθόδους.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, για 24-ώρους υπολογισμούς της  $ET_r$ , από ημερήσια ή μέσα μηνιαία δεδομένα, η εξίσωση υπολογισμού της είναι:

$$ET_r = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot U_2 \cdot (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot U_2)} \quad (\text{mm/day}) \quad (3)$$

όπου:  $ET_r$  = εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm/day),

$T$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$e_a$  = πίεση κορεσμένων υδρατμών στη μέση θερμοκρασία (kPa),

$e_d$  = πραγματική πίεση υδρατμών της ατμόσφαιρας που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου (kPa),

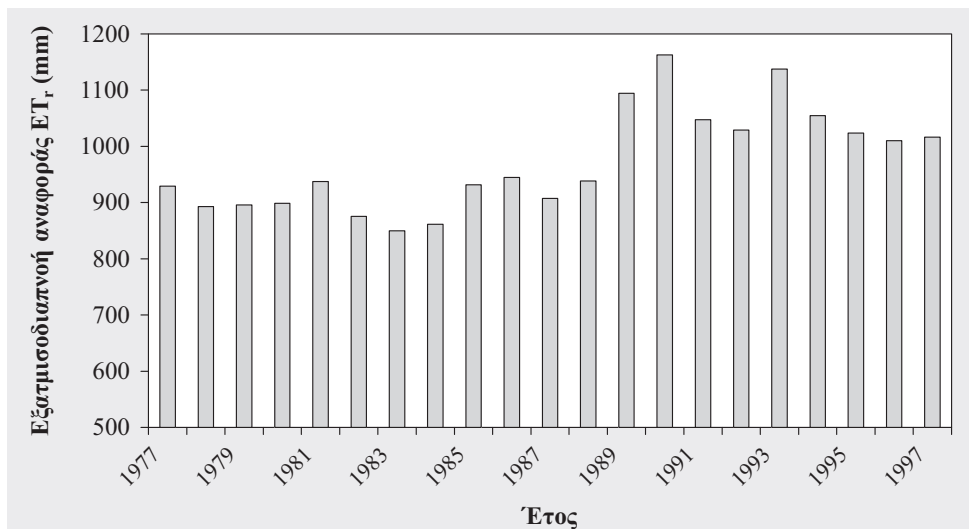
$\Delta$  = κλίση της καμπύλης στη σχέση πίεσης κορεσμού υδρατμών και θερμοκρασίας (kPa/ $^{\circ}\text{C}$ ),

$R_n$  = καθαρή ακτινοβολία (MJ/m<sup>2</sup>day),

$G$  = κατακόρυφη μεταφορά θερμότητας προς το έδαφος (MJ/m<sup>2</sup>day),

$U_2$  = μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2m (m/sec).

Στην περιοχή μελέτης η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς έγινε με την εφαρμογή της μεθόδου FAO Penman-Monteith [σχέση (3)] σε μέσα μηνιαία κλιματικά δεδομένα των ετών 1977 μέχρι 1997, του σταθμού του Αγίου Μάμα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Η χρησιμοποίηση του σταθμού του Αγίου Μάμα οφείλεται αφενός στο ότι είναι ο πιο αντιπροσωπευτικός των περιοχών του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης και αφετέρου στο ότι διαθέτει αξιόπιστες μετρήσεις πολλών ετών των περισσότερων κλιματικών παραμέτρων που χρησιμοποιεί η μέθοδος.



Σχήμα 1. Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς των ετών 1977-1997 του σταθμού του Αγίου Μάμα

Οι τιμές των φυτικών συντελεστών των καλλιεργειών του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης παίρνονται είτε από Πίνακες όπου δίνονται για τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας (Παπαζαφειρίου, 1999), είτε από Πίνακες που δίνονται από τον FAO (Allen et al., 1998). Μόνη εξαίρεση αποτελεί η καλλιέργεια της Ελιάς για την οποία έχουν γίνει πειράματα στην περιοχή του Αγίου Παύλου από το Ινστιτούτο Εργείων Βελτιώσεων Σίνδου σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Γεωργίας Χαλκιδικής. Με βάση τα πειράματα αυτά βρέθηκαν οι ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας της Ελιάς για διάφορα ποσοστά κάλυψης του εδάφους και για ποσοστό κάλυψης 70% προσδιορίστηκαν οι φυτικοί συντελεστές της, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα εργασία (Καραμούζης κ.α., 2002).

Η ωφέλιμη βροχή  $P_e$  υπολογίστηκε με βάση τη μηνιαία βροχόπτωση  $P_t$  και την μηνιαία εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_r$  των ετών 1977 μέχρι 1997, του σταθμού του Αγίου Μάμα και τη βοήθεια της σχέσης (Παπαζαφειρίου, 1999):

$$P_e = \left[ 0.53 + 0.0116D - 8.94 \cdot 10^{-5} D^2 + 2.32 \cdot 10^{-7} D^3 \right] \left[ 1.25P_t^{0.824} - 2.93 \right] 10^{0.000955ET_r} \quad (4)$$

όπου:  $P_e, P_t$  και  $ET_r$  είναι σε mm/μήνα και

$D$  η αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους που πάρθηκε ίση με 70 mm.

Για την περίπτωση των περιοχών Α, Β και Γ του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης, η αρδευτική αποδοτικότητα θεωρήθηκε ίση με 0.85 εξαιτίας του ότι ο τύπος του δικτύου προβλέπεται να είναι υπό πίεση και οι μέθοδοι άρδευσης που θα εφαρμοσθούν θα είναι στάγδην άρδευση, αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας υψηλής πίεσης και καρούλι με ράμπα. Θεωρώντας ότι  $SM=0$ , που σημαίνει ότι η αποθηκευμένη στο έδαφος εδαφική υγρασία στην αρχή και στο τέλος της βλαστικής περιόδου είναι ίδια και  $GW=0$ , υπολογίστηκαν με βάση τη σχέση (1) οι καθαρές σε νερό μηνιαίες ανάγκες των καλλιεργειών των περιοχών Α, Β και Γ του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης για τα έτη από 1977 μέχρι 1997.

#### 4. Εκτίμηση ειδικής παροχής άρδευσης

Η απαιτούμενη ανά στρέμμα και δευτερόλεπτο παροχή για την ικανοποίηση των μέγιστων κατά το μήνα αιχμής αναγκών δηλαδή η *ειδική παροχή άρδευσης* ( $q$ ), για τις υπό άρδευση περιοχές του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης υπολογίζεται με την ακόλουθη διαδικασία.

Για καθεμία από τις περιοχές Α, Β και Γ του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρι-

σης υπάρχει η κατανομή των καλλιεργειών (Πίνακας 1). Θεωρώντας μια τυπική έκταση 100 στρεμμάτων υπολογίζεται η έκταση που καταλαμβάνει κάθε καλλιέργεια από την εκατοστιαία αναλογία της. Για κάθε μήνα και για κάθε καλλιέργεια, υπολογίζονται οι συνολικές σε νερό ανάγκες σε  $m^3$  πολλαπλασιάζοντας τις μέσες ανάγκες σε mm, των ετών 1977-1997 που υπολογίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, με την έκταση της κάθε καλλιέργειας και διαιρώντας το γινόμενο με την αρδευτική αποδοτικότητα, που στην περίπτωση των αρδευτικών δικτύων των περιοχών Α, Β και Γ του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης θεωρήθηκε ίση με 0.85.

Στη συνέχεια, για κάθε μήνα και για κάθε καλλιέργεια υπολογίζεται η απαιτούμενη παροχή σε l/sec ανάλογα με τις ημέρες που είναι ενταγμένες στον αντίστοιχο μήνα της βλαστικής περιόδου, της κάθε καλλιέργειας. Τέλος, η ειδική παροχή άρδευσης για κάθε περιοχή και για κάθε μήνα, υπολογίζεται προσθέτοντας τις παροχές όλων των καλλιεργειών που αρδεύονται στο μήνα αυτό και διαιρώντας με τη συνολική έκταση που αυτές καταλαμβάνουν. Σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία η ειδική παροχή άρδευσης για 18ωρη λειτουργία του αρδευτικού δικτύου για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου και για τις περιοχές Α, Β και Γ δίνεται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2.** *Ειδική παροχή άρδευσης (l/sec/στρέμμα) κάθε περιοχής του προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης για 18ωρη λειτουργία του αρδευτικού δικτύου*

Μήνας	Περιοχή Α	Περιοχή Β	Περιοχή Γ
Μάιος	0.02187	0.02187	0.02027
Ιούνιος	0.04267	0.04227	0.03787
Ιούλιος	0.05813	0.05773	0.05253
Αύγουστος	0.05813	0.05627	0.05347
Σεπτέμβριος	0.02453	0.02373	0.02160

## 5. Διαχείριση νερού άρδευσης

Ως νερό άρδευσης για την περιοχή Α θα χρησιμοποιηθεί το υπόλοιπο, μετά την ικανοποίηση της ύδρευσης νερό του ταμιευτήρα του Ολυνθίου και τα υπόγεια νερά της περιοχής. Ως νερό άρδευσης για την περιοχή Β θα χρησιμοποιηθεί το υπόλοιπο, μετά την ικανοποίηση της ύδρευσης νερό του ταμιευτήρα του Χαβρία και τα υπόγεια νερά της περιοχής, ενώ προβλέπεται να υπάρχει αλληλοσύνδεση μεταξύ των ταμιευτήρων Ολυνθίου και Χαβρία και να διατεθεί εφόσον υπάρχει διαθέσιμο νερό του ταμιευτήρα του Χαβρία για άρδευση εκτάσεων της περιοχής Α. Τέλος, ως νερό άρδευσης για την



περιοχή Γ θα χρησιμοποιηθεί το υπόλοιπο μετά την ικανοποίηση της ύδρευσης νερό του ταμιευτήρα του Πετρένια, ο οποίος προβλέπεται να λειτουργεί αυτόνομα.

Με βάση το ποσοστό της έκτασης κάθε καλλιέργειας στην τυπική έκταση των 100 στρεμμάτων και τις ανάγκες σε αρδευτικό νερό κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου, προκύπτει το μέσο ύψος νερού άρδευσης για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου για τις τρεις περιοχές Α, Β και Γ είναι 383 mm ή 383 m<sup>3</sup>/στρέμμα για την περιοχή Α, 377 mm ή 377 m<sup>3</sup>/στρέμμα για την περιοχή Β και 360 mm ή 360 m<sup>3</sup>/στρέμμα για την περιοχή Γ.

Οι ωφέλιμες χωρητικότητες των τριών ταμιευτήρων είναι 22.5 εκατ. m<sup>3</sup> για τον ταμιευτήρα του Ολυνθίου ([Καραμούζης κ.α., 2001], 26.0 εκατ. m<sup>3</sup> για τον ταμιευτήρα του Χαβρία (Γκόφας κ.α., 1989) και 3.3 εκατ. m<sup>3</sup> για τον ταμιευτήρα του Πετρένια (Καραμούζης κ.α., 1999). Οι ανάγκες ύδρευσης που θα ικανοποιηθούν από τους τρεις ταμιευτήρες είναι 22.15 εκατ. m<sup>3</sup> από τον ταμιευτήρα του Ολυνθίου, 2.7 εκατ. m<sup>3</sup> από τον ταμιευτήρα του Χαβρία και 1.8 εκατ. m<sup>3</sup> από τον ταμιευτήρα του Πετρένια (Μπαμπατζιμόπουλος κ.α., 2002). Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι το διαθέσιμο για άρδευση νερό μετά την ικανοποίηση των αναγκών ύδρευσης από τους τρεις ταμιευτήρες είναι 350.000 m<sup>3</sup> από τον ταμιευτήρα του Ολυνθίου, 23.3 εκατ. m<sup>3</sup> από τον ταμιευτήρα του Χαβρία και 1.5 εκατ. m<sup>3</sup> από τον ταμιευτήρα του Πετρένια.

Τα διαθέσιμα υπόγεια νερά για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών των περιοχών Α και Β είναι 8.5 εκατ. m<sup>3</sup> και 7 εκατ. m<sup>3</sup>, αντίστοιχα και δίνονται στον Πίνακα 3. Στον ίδιο Πίνακα δίνονται και οι εκτάσεις που μπορούν να αρδευθούν, οι οποίες υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του μέσου ύψους νερού άρδευσης της αρδευτικής περιόδου και είναι 22.200 στρέμματα για την περιοχή Α και 18.500 στρέμματα για την περιοχή Β. Η προς άρδευση έκταση της Περιοχής Β είναι 36.000 στρέμματα.

Από τον Πίνακα 3 προκύπτει ότι 18.500 στρέμματα θα αρδευθούν από υπόγεια νερά. Η υπόλοιπη έκταση της Περιοχής Β (36.000–18.500 = 17.500 στρέμματα) θα αρδευθεί από το υπόλοιπο νερό, μετά την ικανοποίηση της ύδρευσης, από τον ταμιευτήρα του Χαβρία. Επειδή υπάρχει το σκεπτικό της αλληλοσύνδεσης των ταμιευτήρων Χαβρία και Ολυνθίου και επειδή περισσεύει νερό στον ταμιευτήρα του Χαβρία και μετά την ικανοποίηση και αυτών των αρδευτικών αναγκών, το υπόλοιπο νερό θα διατεθεί για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών της περιοχής Α.

**Πίνακας 3.** Διαθέσιμα υπόγεια νερά (m<sup>3</sup>) και εκτάσεις (στρέμματα) που μπορούν να αρδευθούν από αυτά στις Περιοχές Α και Β

	Περιοχή Α Ολύνθιος	Περιοχή Β Χαβρίας
Υπόγεια νερά (m <sup>3</sup> )	8.500.000	7.000.000
Έκταση που μπορεί να αρδευθεί από υπόγεια νερά (στρ.)	22.200	18.500

Με τη βοήθεια του μέσου ύψους νερού άρδευσης της αρδευτικής περιόδου της περιοχής Α υπολογίστηκε ότι θα αρδευθούν 10.000 στρέμματα στην περιοχή των Καλυβών της περιοχής Α και 33.600 στρέμματα της περιοχής Α. Συνολικά, στην περιοχή Α θα αρδευθούν 43.600 στρέμματα ( $10.000 + 33.600 = 43.600$  στρέμματα) από τον ταμιευτήρα του Χαβρία. Επίσης, το διαθέσιμο για άρδευση νερό μετά την ικανοποίηση των αναγκών ύδρευσης από τον ταμιευτήρα του Ολυνθίου είναι  $350.000 \text{ m}^3$ . Επομένως η έκταση που μπορεί να αρδευθεί, η οποία υπολογίστηκε με τη βοήθεια του μέσου ύψους νερού άρδευσης της αρδευτικής περιόδου της περιοχής Α, είναι 900 στρέμματα για την περιοχή Α. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι στην περιοχή Α θα αρδευθούν συνολικά 44.500 στρέμματα. Τέλος, το διαθέσιμο για άρδευση νερό, μετά την ικανοποίηση των αναγκών ύδρευσης από τον ταμιευτήρα του Πετρένια είναι  $1.5 \text{ εκατ. m}^3$ . Επομένως η έκταση που μπορεί να αρδευθεί, η οποία υπολογίστηκε με τη βοήθεια του μέσου ύψους νερού άρδευσης της αρδευτικής περιόδου της περιοχής Γ, είναι 4.150 στρέμματα για την περιοχή Γ. Στον Πίνακα 4 δίνεται το σύνολο των εκτάσεων οι οποίες μπορούν να αρδευθούν από τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά του Ν. Χαλκιδικής μετά την κατασκευή των τριών φραγμάτων.

**Πίνακας 4.** Εκτάσεις (στρέμματα) των τριών περιοχών Α, Β και Γ που μπορούν να αρδευθούν από το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό του Ν. Χαλκιδικής μετά την κατασκευή των τριών ταμιευτήρων Ολυνθίου, Χαβρία και Πετρένια

	Επιφανειακά νερά	Υπόγεια νερά	Σύνολο
Περιοχή Α	44.500*	22.200	66.700
Περιοχή Β	17.500	18.500	36.000
Περιοχή Γ	4.150	–	4.150
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	66.150	40.700	106.850

\*  $900$  (από Ολύνθιο) +  $10000$  (περιοχή Καλυβών) +  $33600$  (από Χαβρία)

Για τη διαστασιολόγηση των αγωγών μεταφοράς του αρδευτικού νερού στις περιοχές Α, Β και Γ είναι απαραίτητη η μέγιστη ειδική παροχή άρδευσης, που για 18ωρη λειτουργία του δικτύου, σύμφωνα με τον Πίνακα 2, είναι  $0.05813 \text{ l/sec/στρέμμα}$  για την περιοχή Α,  $0.05773 \text{ l/sec/στρέμμα}$  για την περιοχή Β και  $0.05347 \text{ l/sec/στρέμμα}$  για την περιοχή Γ. Με βάση τη μέγιστη ειδική παροχή άρδευσης κάθε περιοχής και τις επιμέρους εκτάσεις που μπορούν να αρδευθούν στις περιοχές αυτές υπολογίζονται οι παροχές των αγωγών μεταφοράς του αρδευτικού νερού, οι οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τη διαστασιολόγησή τους.

## 6. Συμπεράσματα

Για την επίλυση του υδατικού προβλήματος του Ν. Χαλκιδικής προτείνεται η κατασκευή τριών φραγμάτων, στον Ολύνθιο, στο Χαβρία και στον Πετρένια και η δημιουργία των αντίστοιχων ταμιευτήρων. Σε ένα προτεινόμενο σενάριο διαχείρισης του νερού των τριών ταμιευτήρων η ικανοποίηση των υδρευτικών αναγκών προηγείται πάντοτε της ικανοποίησης των αναγκών άρδευσης. Η εκτίμηση της έκτασης που θα αρδευθεί από το διαθέσιμο για άρδευση νερό τόσο των τριών ταμιευτήρων, όσο και των διαθέσιμων υπόγειων νερών, όπως και η εκτίμηση του είδους, της διάστασης και της διάταξης των απαιτούμενων έργων μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού προϋποθέτουν τον υπολογισμό της ειδικής παροχής άρδευσης. Η ειδική παροχή άρδευσης υπολογίστηκε από τις μέσες ανάγκες σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών ενός προτεινόμενου σεναρίου διαχείρισης των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Οι μέσες ανάγκες εκτιμήθηκαν με τη βοήθεια των φυτικών συντελεστών των καλλιεργειών, της ωφέλιμης βροχόπτωσης, της αρδευτικής αποδοτικότητας και των εκτιμήσεων με τη μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς, για μια περίοδο 21 ετών (1977-1997). Με βάση την ειδική παροχή άρδευσης και τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους υπολογίστηκε η συνολική έκταση η οποία μπορεί να αρδευθεί από τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά του Ν. Χαλκιδικής μετά την κατασκευή των τριών φραγμάτων.

## Βιβλιογραφία

1. Allen, R.G., Jensen, M.E., Wright, J.L. and Burman, R.D., 1989. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, 81(4): 650-662.
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements*. FAO-Irrigation and drainage paper, No. 56, pp. 301.
3. Γεωργίου, Π.Ε., Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Παπαζαφειρίου, Ζ., 2000. Συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων Penman και Penman-Monteith με τη βοήθεια εκτιμήσεων εξατμισοδιαπνοής αναφοράς στην Ελλάδα. *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας-Φυσικής της Ατμόσφαιρας*, Θεσσαλονίκη, σελ. 395-402.
4. Γκόφας, Θ., Μπουρτζίκος, Γ. και Μαργαρίτης, Δ., 1989. *Μελέτη οικονομικής σκοπιμότητας φράγματος Χαβρία και λοιπών αναγκαίων έργων για την βέλτιστη χρήση των υδατικών πόρων Νότιας Χαλκιδικής*. Υπουργείο Γεωργίας, Διεύθυνση Τεχνικών Μελετών.
5. Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., 1977. *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 2nd edn. FAO, Rome, 156pp.

6. Καραμούζης, Δ.Ν., Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Γεωργίου, Π.Ε., 2002. Διαχείριση του νερού των ταμειυτήρων Ολυνθίου, Χαβρία και Πετρένια Χαλκιδικής: Τεύχος 2. *Διαχείριση του νερού των ταμειυτήρων Ολυνθίου, Χαβρία και Πετρένια Χαλκιδικής για αρδεύσεις*. Πακέτο εργασίας στο Ερευνητικό πρόγραμμα Διαχείριση Υδατικών Πόρων Υδρολογικής Λεκάνης Ολυνθίου Χαλκιδικής, Θεσσαλονίκη.
7. Καραμούζης, Δ.Ν., Παρισόπουλος, Γ., Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Γεωργίου, Π.Ε., 1999. *Χωροθέτηση και προκαταρκτική διερεύνηση φράγματος Πετρένια Γοματίου Χαλκιδικής*. Πακέτο εργασίας στο Ερευνητικό πρόγραμμα Διαχείριση Υδατικών Πόρων Υδρολογικής Λεκάνης Ολυνθίου Χαλκιδικής, Θεσσαλονίκη.
8. Καραμούζης, Δ., Παρισόπουλος, Γ., Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Γεωργίου, Π.Ε., 2001. *Χωροθέτηση και προκαταρκτική διερεύνηση φράγματος Βατόνια (Ολυνθίου) Χαλκιδικής*. Πακέτο εργασίας στο Ερευνητικό Πρόγραμμα Διαχείριση Υδατικών Πόρων Υδρολογικής Λεκάνης Ολυνθίου Χαλκιδικής, Θεσσαλονίκη.
9. Μπαμπατζιμόπουλος, Χ.Σ., Καραμούζης, Δ.Ν. και Καβαλιεράτου, Σ., 2002. Διαχείριση του νερού των ταμειυτήρων Ολυνθίου, Χαβρία και Πετρένια Χαλκιδικής: Τεύχος 1. *Υδατικές ανάγκες ύδρευσης και διαστασιολόγηση αγωγών μεταφοράς νερού*. Πακέτο εργασίας στο Ερευνητικό πρόγραμμα Διαχείριση Υδατικών Πόρων Υδρολογικής Λεκάνης Ολυνθίου Χαλκιδικής, Θεσσαλονίκη.
10. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1999. *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιιεργειών*. Εκδόσεις Ζήτη, 347 σελ.
11. Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Γεωργίου, Π.Ε., 1999. Συγκριτική ανάλυση των ωριαίων και ημερήσιων εκτιμήσεων της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη μέθοδο FAO Penman - Monteith. *Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου ΕΕΔΥΠ, Βόλος*, τεύχος Α', σελ. 183-189.
12. Papamichail D.M. and Terzidis, G.A., 1996. *Assessment of the meteorological parameters effects on the daily Penman reference crop evapotranspiration*. Second International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, Chania (Crete), Volume 1, 281-288.