

## Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΚΟΡΙΝΘΙΑ

Γεωργίου Π. και Παπαμιχαήλ Δ.

Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονική Σχολή, Α.Π.Θ.  
541 24 Θεσσαλονίκη, pantaz@agro.auth.gr, papamich@agro.auth.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό είναι ένας φυσικός πόρος σε ανεπάρκεια. Η αρδευόμενη γεωργία συνήθως κατηγορείται για τη διατάραξη των υδατικών ισοζυγίων διαφόρων περιοχών και τη δημιουργία ελλείψεων νερού. Η γεωργία καταναλώνει το 80% των διαθέσιμων υδατικών πόρων και ενώ η ζήτηση του νερού άρδευσης είναι μεγάλη, η αποδοτικότητα του είναι χαμηλή. Ο Νομός Κορινθίας είναι ένας ελλειμματικός νομός από την άποψη του υδατικού δυναμικού του. Αυτό οφείλεται στις μικρές βροχοπτώσεις, στην ακανόνιστη κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων κατά τη διάρκεια του έτους, στην επέκταση των αρδευομένων καλλιεργειών κ.λπ. Η ανάγκη για πιο αποτελεσματική χρήση του νερού άρδευσης είναι επιτακτική λόγω και της αυξανόμενης ανησυχίας για το περιβάλλον, ενώ η απαίτηση για αύξηση της παραγωγής συνδέεται με αύξηση της κατανάλωσης αρδευτικού νερού και η πρόκληση έγκειται στην αναζήτηση διαδικασιών για περισσότερη παραγωγή με λιγότερο νερό. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες και περιορισμοί υποχρεώνουν τους επιστήμονες, τους τεχνικούς και αυτούς που διαμορφώνουν αποφάσεις να αξιολογήσουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των σύγχρονων αρδευτικών τάσεων και να βρουν καινοτόμες λύσεις και μεθόδους εξοικονόμησης αρδευτικού νερού με σκοπό την υιοθέτηση αιεφόρων αρδευτικών πρακτικών.

## IRRIGATION WATER MANAGEMENT IN KORINTHIA PREFECTURE

Georgiou P. and Papamichail D.

Department of Hydraulics, Soil Science and Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki, 541 24, Thessaloniki, pantaz@agro.auth.gr, papamich@agro.auth.gr

### ABSTRACT

Water is fast becoming a scare resource. The irrigated agriculture is usually accused for the perturbation of water balances of difference regions and the creation of water deficits. Agriculture uses about 80% of available water resources and while the demand for irrigation water is high, the same time agricultural water use efficiency is low. The prefecture of Korinthia has a deficit in water resources because of the low rainfall, the irregular distribution of precipitation during the year, the extension of irrigated crops etc. The need for more efficient use of irrigation water is urgent due the increased concern for the environment and the need for more food asks also for more irrigation water, therefore we have to find ways of growing more yield with less water. All the above factors and constraints compel scientists, technicians and decision-makers to review the strengths and weaknesses of current trends in irrigation and to find innovative solutions and irrigation water conservation methods in order to reach sustainable irrigation practices.

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υδατικοί πόροι χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των σε νερό αναγκών της γεωργίας, των αστικών και τουριστικών περιοχών, της βιομηχανίας και βιοτεχνίας, αλλά και για τη διατήρηση των περιβαλλοντολογικών ισορροπιών. Τα τελευταία εκατό χρόνια οι ανάγκες των ανθρώπων σε νερό σχεδόν εξαπλασιάστηκαν. Η αύξηση του πληθυσμού, η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και η ανάπτυξη της αρδευόμενης γεωργίας είναι οι κυριότεροι παράγοντες που προκάλεσαν τη μεγάλη αυτή αύξηση της κατανάλωσης του νερού. Ο πληθυσμός της γης τριπλασιάστηκε τον αιώνα που πέρασε και η αύξηση αυτή συνοδεύτηκε και από άνοδο του βιοτικού επιπέδου που οδήγησε και συνεχίζει να οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης του νερού. Το πρόβλημα της αυξημένης κατανάλωσης νερού εμφανίζεται εντονότερο σε συγκεκριμένες περιοχές του πλανήτη στις οποίες δημιουργήθηκαν γιγάντια αστικά και οικονομικά κέντρα. Βέβαια ο πιο απαιτητικός σε νερό τομέας ανθρωπίνης δραστηριότητας σήμερα είναι η γεωργία. Η ολοένα αυξανόμενη κατανάλωση νερού οδηγεί σε εντεινόμενη μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού. Η έλλειψη νερού έχει επισημανθεί ως ένα από τα κυρίαρχα προβλήματα για τις γενιές που έρχονται και τις συνέπειές της τις έχουν ήδη υποστεί σε κάποιες περιοχές της γης. Αναγνωρίζεται σήμερα ότι αν δεν γίνει σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων θα δημιουργηθούν τεράστια προβλήματα που θα αποτελέσουν απειλή για την παγκόσμια σταθερότητα και ειρήνη.

Ο Νομός Κορινθίας χαρακτηρίζεται από ανομοιογένεια στη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων, με το ανατολικό τμήμα να αντιμετωπίζει περισσότερα προβλήματα σε σχέση με το δυτικό, όπου υπάρχει μεγαλύτερο διαθέσιμο υδατικό δυναμικό. Τα υπόγεια νερά παίζουν ένα σημαντικό ρόλο για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών και βρίσκονται κάτω από μεγάλες πιέσεις. Επίσης, ο Ν. Κορινθίας χαρακτηρίζεται για τα μικρού ύψους ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αλλά και τις σημαντικές απορροές των επιφανειακών νερών της χειμερινής περιόδου προς τη θάλασσα. Οι αρδευόμενες καλλιέργειες είναι γνωστό πως είναι οι πλέον υδροβόρες και επιδρούν περισσότερο τόσο στην ελάττωση των διαθέσιμων επιφανειακών και υπόγειων νερών, όσο και στη μείωση της ποιότητάς τους. Η αναγκαιότητα της επέκτασης και βελτίωσης των αρδεύσεων για την εξασφάλιση βιώσιμης και αυτοτροφοδοτούμενης γεωργίας ολοένα και αυξάνεται. Με δεδομένο ότι υπάρχουν σοβαροί περιορισμοί για την αναζήτηση νέων πηγών νερού, ιδιαίτερα από τους υπόγειους υδροφορείς και τον ανταγωνισμό από τους άλλους χρήστες (ύδρευση και βιομηχανία), η μοναδική λύση για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών της γεωργίας σε νερό είναι η ορθολογική διαχείριση και η πιο αποτελεσματική χρήση του με ενέργειες που θα συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της παραγωγής, στην ελαχιστοποίηση του κόστους άρδευσης και την προστασία του περιβάλλοντος.

## 2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΟ Ν. ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

Ο Νομός Κορινθίας υπάγεται στο Υδατικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου και έχει συνολική έκταση 2290 km<sup>2</sup>. Από την κατανομή της επιφάνειας στα διάφορα υψόμετρα προκύπτει ότι το 18.3% ανήκει στη πεδινή ζώνη, το 22.5% στην ημιορεινή ζώνη και το υπόλοιπο 59.2% στην ορεινή ζώνη. Το 30.5% της επιφάνειας καλύπτεται από δάση και 31.6 km<sup>2</sup> της επιφάνειας του νομού (ποσοστό 1.3%) καλύπτεται από νερά. Σημαντικό ποσοστό (36.3%) του νομού καλύπτουν αγροτικές εκτάσεις πολλαπλής χρήσης (Βουδούρης & Καλλέργης 1995, Voudouris et al. 2007).

Από υδρολογική άποψη ο νομός δεν είναι ευνοημένος σε σχέση με τους άλλους νομούς της Δυτικής Πελοποννήσου (Αχαΐας, Ηλείας) και κυρίως δεν επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες για αναζήτηση νέων υδατικών πόρων (Βουδούρης 2005). Η κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι άνιση όχι μόνο γεωγραφικά στο Νομό Κορινθίας αλλά και εποχικά. Στο Δυτικό τμήμα του νομού όπου επικρατούν τα μεγαλύτερα υψόμετρα παρατηρούνται και τα μεγαλύτερα ύψη βροχόπτωσης σε αντίθεση με το ανατολικό τμήμα όπου τα υψόμετρα είναι σχετικά χαμηλά. Στους περισσότερους βροχομετρικούς σταθμούς, το μεγαλύτερο μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης εμφανίζει ο Δεκέμβριος και ακολουθούν ο Νοέμβριος και ο Ιανουάριος, ενώ οι πλέον ξηροί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Η κατανομή των βροχοπτώσεων το χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο είναι 40.7%, 21.3%, 3.6% και 34.5%, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με στοιχεία Ν. Χαβγιέ (1995), για το χαρακτηρισμό του κλίματος του Νομού Κορινθίας, υπάρχει μια παρατεταμένη ξηρά περίοδος (Μάιος – Σεπτέμβριος) διάρκειας σχεδόν ενός εξαμήνου. Επίσης, σύμφωνα με τον ίδιο, οι ανάγκες σε νερό για κάθε χρήση (ύδρευση, άρδευση και βιομηχανία) αντιστοιχούν σε ποσοστά 8.57%, 91.35% και 0.08% επί του συνόλου των αναγκών.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι κατά την ξηρή περίοδο (Μάιος–Σεπτέμβριος) έχουμε τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό για άρδευση, λόγω του είδους των καλλιεργειών (κηπευτικά, δενδρώδεις), για ύδρευση, λόγω αυξήσεως του πληθυσμού (τουριστική περίοδος) αλλά και για άλλες χρήσεις, ενώ το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό για την αντίστοιχη περίοδο είναι το μικρότερο του έτους, εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς τη διάσταση του προβλήματος της έλλειψης νερού την περίοδο αυτή. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ και της Νομαρχίας Κορινθίας η διαχρονική εξέλιξη της συνολικής και της αρδευόμενης έκτασης των καλλιεργειών στο Νομό Κορινθίας δίνεται στον Πίνακα 1. Επίσης στον Πίνακα 2 δίνεται η συνολική και η αρδευόμενη έκταση των διαφόρων καλλιεργειών του Νομού Κορινθίας για το έτος 2007.

Πίνακας 1: Διαχρονική εξέλιξη της συνολικής και της αρδευόμενης έκτασης των καλλιεργειών στο Ν. Κορινθίας.

| Έτος | Συνολική έκταση καλλιεργειών (στρ.) | Αρδευόμενη έκταση (στρ.) | Ποσοστό έκτασης που αρδεύεται (%) |
|------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1971 | 578.117                             | 149.085                  | 25.8                              |
| 1991 | 476.869                             | 167.071                  | 35.0                              |
| 1998 | 622.679                             | 253.807                  | 40.7                              |
| 2001 | 625.645                             | 256.485                  | 41.0                              |
| 2007 | 548.077                             | 221.247                  | 40.4                              |

Πηγή: ΕΣΥΕ και Ν. Κορινθίας

Πίνακας 2: Συνολική και αρδευόμενη έκταση καλλιεργειών στο Ν. Κορινθίας για το έτος 2007.

| Είδος καλλιέργειας | Συνολική έκταση (στρ.) | Αρδευόμενη έκταση (στρ.) |
|--------------------|------------------------|--------------------------|
| Σιτηρά             | 50.400                 | 1.400                    |
| Βολβοί-Ριζώματα    | 3.200                  | 3.200                    |
| Λαχανικά           | 17.417                 | 17.417                   |
| Νωπά φρούτα        | 31.770                 | 31.770                   |
| Εσπεριδοειδή       | 53.500                 | 53.500                   |
| Ξηροί καρποί       | 4.630                  | 1.100                    |
| Αμπελοειδή         | 174.190                | 78.190                   |
| Ελαιόδεντρα        | 190.000                | 28.300                   |
| Βρώσιμα όσπρια     | 1.970                  | 1.970                    |
| Κτηνοτροφικά φυτά  | 21.000                 | 4.400                    |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>      | <b>548.077</b>         | <b>221.247</b>           |

Πηγή: Ν. Κορινθίας

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι από τη συνολική καλλιεργούμενη έκταση, περίπου το 40% αυτής αρδεύεται την τελευταία 10-ετία. Επίσης, από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι, το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν δενδρώδεις καλλιέργειες και ειδικότερα τα ελαιόδεντρα (34.7%) και τα αμπελοειδή (31.8%). Από τις υπόλοιπες καλλιέργειες, οι καλλιέργειες που καταλαμβάνουν μεγαλύτερες εκτάσεις είναι τα εσπεριδοειδή (9.8%) και τα σιτηρά (9.2%). Από τα ελαιόδεντρα και τα αμπελοειδή το ποσοστό της έκτασης που αρδεύεται είναι 14.89% και 44.89%, ποσοστό αρκετά μικρό.

Από στοιχεία της ΕΣΥΕ και της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Κορινθίας επίσης, προκύπτει ότι όσον αφορά τις μεθόδους άρδευσης, υπήρξε μια μετατόπιση από τις επιφανειακές μεθόδους και την τεχνητή βροχή που ήταν οι κυρίαρχες μέθοδοι το 1991, στην μικροάρδευση (άρδευση με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες) το έτος 2007. Συγκεκριμένα το 1991 με επιφανειακές μεθόδους αρδεύονταν 73.333 στρέμματα, με τεχνητή βροχή 75.358 στρέμματα και με στάγδην άρδευση μόνο 18.380 στρέμματα. Αντίθετα, το 2007 μόνο 9.000 στρέμματα αρδεύονταν με τεχνητή βροχή ενώ τα υπόλοιπα 212.247 στρέμματα αρδεύονταν με μικροάρδευση (άρδευση με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες). Η μετατόπιση προς αυτές τις μεθόδους άρδευσης συγκαταλέγεται στα θετικά, μιας και με την μικροάρδευση επιτυγχάνεται οικονομία νερού.

Η συνεχής αύξηση της ζήτησης νερού για άρδευση άσκησε, όπως ήταν φυσικό, ισχυρότατη πίεση πάνω στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Λόγω έλλειψης σημαντικών ποσοτήτων επιφανειακών υδατικών πόρων, τη μεγαλύτερη πίεση έχουν δεχτεί οι υπόγειοι υδατικοί πόροι, η απόληψη νερού από τους οποίους είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη από τη φυσική διαδικασία της επαναπλήρωσης με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν προβλήματα υπαλμύρινσης των παράκτιων κυρίως υδροφορέων και αναγκαιότητα άντλησης από μεγαλύτερα βάθη. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι πολλές γεωτρήσεις να έχουν καταστραφεί λόγω υπαλμύρινσης του υπόγειου υδροφορέα, ενώ το κόστος του αρδευτικού νερού είναι υψηλό εξαιτίας της άντλησης από μεγάλα βάθη και μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις.

Επομένως, το πρόβλημα της διαχείρισης του αρδευτικού νερού στο Νομό Κορινθίας είναι πολύ έντονο και αν επιβεβαιωθούν και τα σενάρια των κλιματικών αλλαγών που μιλούν για αύξηση της θερμοκρασίας, το πρόβλημα θα γίνει εντονότερο. Άρα, η αειφορική διαχείριση του αρδευτικού νερού με σκοπό την εξοικονόμηση και αποτελεσματική χρήση του, με παράλληλη βελτιστοποίηση της παραγωγής, ελαχιστοποίηση του κόστους άρδευσης και προστασία του περιβάλλοντος, είναι μονόδρομος και πρέπει να βασίζεται σε κατάλληλες ενέργειες που θα αναφερθούν στη συνέχεια. Άλλωστε, σύμφωνα με τους Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής «ο γεωργός σαν ελάχιστη συμβολή στην αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας και την προστασία του κοινωνικού συνόλου θα πρέπει να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία των υδατικών πόρων».

### 3 ΑΙΤΙΑ ΣΠΑΤΑΛΗΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Γενική είναι η διαπίστωση ότι το υφιστάμενο σήμερα καθεστώς στον τομέα των αρδεύσεων οδηγεί σε μεγάλη σπατάλη νερού. Τα αίτια είναι πολλά, με βασικότερο τον μη επακριβή προσδιορισμό των σε νερό άρδευσης αναγκών των καλλιεργειών. Άλλη βασική αιτία απώλειας νερού έχει να κάνει με τον τρόπο μεταφοράς και εφαρμογής του στο χωράφι. Στα επιφανειακά αρδευτικά δίκτυα τα οποία, λόγω της φύσης τους, συνεπάγονται σημαντικές απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού, οι απώλειες αυξάνονται σαν συνέπεια αυξημένων διαρροών λόγω παλαιότητας, ελλιπούς συντήρησης και μη σωστής λειτουργίας των δικτύων. Στην καλύτερη των περιπτώσεων οι απώλειες ανέρχονται στο 30% και φτάνουν μέχρι το 70% ή και παραπάνω σε περιπτώσεις όπου συντρέχουν όλοι οι παραπάνω λόγοι. Η κατάσταση εμφανίζεται καλύτερη στα δίκτυα υπό πίεση και σε μικρά δίκτυα που χρησιμοποιούν νερό τοπικών γεωτρήσεων, όπου οι απώλειες περιορίζονται σε ποσοστό 10-15%. Άλλο αίτιο απώλειας νερού έχει να κάνει με τον τρόπο εφαρμογής του στο χωράφι. Εδώ οι απώλειες εξαρτώνται από τη μέθοδο άρδευσης που εφαρμόζεται και από την εμπειρία και επιδεξιότητα του αρδευτή. Γενικά, οι επιφανειακές μέθοδοι παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες σε επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Λιγότερες απώλειες παρατηρούνται όταν η άρδευση γίνεται με διάφορα συστήματα καταιονισμού, ενώ τις μικρότερες έχουν τα συστήματα μικροάρδευσης.

Μοναδική λύση για τη μείωση των απωλειών και την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών της γεωργίας σε νερό είναι η ορθολογική διαχείριση και η αποτελεσματική χρήση του. Αν και έχει γίνει σημαντική πρόοδος στη διαχείριση των υδατικών πόρων, τα τελευταία χρόνια, ωστόσο υπάρχουν ακόμη θέματα στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή. Άλλωστε, τόσο η Ευρωπαϊκή (Οδηγία

60/2000) όσο και η Εθνική νομοθεσία (Νόμος 3199/2003) επιβάλλουν τη βελτίωση της διαχείρισης των υδατικών πόρων με στόχο την ποιοτική και ποσοτική αειφορία τους.

Για την ορθολογική διαχείριση του αρδευτικού νερού, η μικροάρδευση πρέπει να είναι μονόδρομος για την άρδευση κύρια των δενδρωδών καλλιεργειών διότι με τα πλεονεκτήματά της, που συνομίζονται σε υψηλή αποδοτικότητα εφαρμογής, οικονομία νερού, αξιοποίηση μικρών παροχών, προσφορά για αυτοματισμούς, ομοιομορφία εφαρμογής του νερού, ανεξαρτητοποίηση από τον άνεμο και το ανάγλυφο, μείωση των ζιζανίων και εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, θα οδηγήσει σε αποτελεσματική χρήση και εξοικονόμηση νερού. Τα πλεονεκτήματα της μικροάρδευσης διασφαλίζονται με το σωστό σχεδιασμό της, που αναφέρεται στην καλή λειτουργία του δικτύου και την ελαχιστοποίηση του κόστους εγκατάστασης και με τη σωστή εφαρμογή της άρδευσης, η οποία προϋποθέτει τον ακριβή υπολογισμό της αρδευτικής δόσης, που προσδιορίζεται από την ωφέλιμη υγρασία του εδάφους, τον προσδιορισμό του χρόνου εφαρμογής των αρδεύσεων, που καθορίζεται από τη διακύμανση της εξατμισοδιαπνοής και της βροχής κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου και τον προσδιορισμό της διάρκειας της άρδευσης, που καθορίζεται από τη διηθητικότητα του εδάφους.

## 4 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η διαχείριση του αρδευτικού νερού στο Ν. Κορινθίας, με σκοπό την εξοικονόμηση και αποτελεσματική χρήση του, με παράλληλη βελτιστοποίηση της παραγωγής, ελαχιστοποίηση του κόστους άρδευσης και προστασία του περιβάλλοντος, πρέπει να βασίζεται σε κατάλληλες ενέργειες που περιλαμβάνουν (Παπαμιχαήλ, 2006, Παπαμιχαήλ & Γεωργίου, 2008):

### 4.1 Ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού στα αρδευτικά δίκτυα

Η ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού στα αρδευτικά δίκτυα κατά τη μεταφορά και διανομή του μπορεί να γίνει με την αποκατάσταση των φθορών των δικτύων, τη σωστή συντήρησή τους, τον εκσυγχρονισμό τους με συσκευές ρύθμισης και μέτρησης της ροής και τη μελέτη της μετατροπής των ανοικτών αρδευτικών δικτύων σε κλειστά υπό πίεση.

### 4.2 Συγκέντρωση και επεξεργασία στοιχείων

Στην περιοχή των αρδευόμενων καλλιεργειών είναι απαραίτητη η ύπαρξη μετεωρολογικών σταθμών. Στην περίπτωση μη ύπαρξης σταθμών, θα πρέπει να εγκατασταθούν σύγχρονοι αυτόματοι τηλεμετρικοί μετεωρολογικοί σταθμοί στους οποίους να μετρούνται όλες οι κλιματικές παράμετροι, τουλάχιστον σε ημερήσιο χρονικό βήμα, που απαιτούνται για τον υπολογισμό των αρδευτικών παραμέτρων. Σε πιλοτικά πειραματικά χωράφια πρέπει να γίνονται δειγματοληψίες εδάφους σε διάφορα βάθη για τον προσδιορισμό του τύπου υφής του εδάφους, της υδατοϊκανότητας, του σημείου μόνιμης μάρανσης, και του φαινομένου ειδικού βάρους. Τέλος πρέπει να συγκεντρωθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν την πηγή νερού (γεώτρηση κ.λπ.) και την ποιότητά του. Γενικά, είναι απαραίτητη η δημιουργία βάσεων δεδομένων που αφορούν όλα τα παραπάνω στοιχεία, η επεξεργασία αυτών από τους αρμόδιους φορείς, η διάχυση της πληροφορίας και η εύκολη πρόσβαση σε αυτές κάθε ενδιαφερόμενου.

### 4.3 Υπολογισμός των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών

Η γεωργία αποβλέπει στη μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος και οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας πρέπει να προσδιορίζονται σαν αυτές που αποφέρουν το μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Οι ανάγκες αυτές εκφράζονται από την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας. Κατά τα σήμερα κρατούνται, η εξατμισοδιαπνοή αυτή βασίζεται κατά το ένα σκέλος της στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και κατά το άλλο σε φυτικούς συντελεστές που αντιπροσωπεύουν τις ιδιαιτερότητες της κάθε καλλιέργειας. Ο σωστός υπολογισμός των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών πρέπει να βασίζεται στο τρίπτυχο.

- (1) ακριβής υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας, που αποσκοπεί στο μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα κάτω από τις συνθήκες της περιοχής,
- (2) ακριβέστερος δυνατός υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και
- (3) αντιπροσωπευτικοί φυτικοί συντελεστές, κάτω από τις ελληνικές συνθήκες.

Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής μιας καλλιέργειας (ETc) γίνεται με τη βοήθεια της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETo) και των φυτικών συντελεστών (Kc) (Doorenbos

& Pruitt 1977, Παπαμιχαήλ & Παπαζαφειρίου 1992, Allen et al. 1998, Παπαζαφειρίου 1999,) με μια σχέση της μορφής:

$$ET_c = k_c ET_r \quad (1)$$

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 αναφοράς ( $ET_r$ ) έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές (Doorenbos & Pruitt 1977, Παπαμιχαήλ κ.ά. 1994, Παπαζαφειρίου 1996, Παπαμιχαήλ & Τερζιδίς 1996, Allen et al. 1998, Παπαμιχαήλ & Αλεξίου 1998, Παπαμιχαήλ & Γεωργίου 1999, Γεωργίου κ. ά. 2000). Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του FAO (Doorenbos and Pruitt, 1977) η  $ET_r$  διαμορφώνεται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε ένα τόπο και μόνο από αυτές και ορίζεται σαν η εξατμισοδιαπνοή από μία καλλιέργεια "αναφοράς" που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού. Η επιτροπή εμπειρογνομόνων του FAO μετά από ενδελεχή αξιολόγηση των μεθόδων εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με στοιχεία ερευνητικών εργασιών και δεδομένα, πρότειναν τη μέθοδο FAO Penman-Monteith (P-M), η οποία είναι η ακριβέστερη μέθοδος και ανταποκρίνεται καλά σε δεδομένα λυσιμέτρων. Η εξίσωση που προτάθηκε από τους Allen et al. (1998), για να περιγράψει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_r$  που ορίζεται σαν ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής μίας υποθετικής καλλιέργειας αναφοράς, με μέσο ύψος 0.12m, σταθερή αντίσταση φυτικής κόμης  $70\text{sm}^{-1}$  και σταθερό συντελεστή ανάκλασης ίσο με 0.23, η οποία προσομοιάζει την εξατμισοδιαπνοή από μια εκτεταμένη επιφάνεια γρασιδιού, ομοιόμορφου ύψους, που αναπτύσσεται δυναμικά, καλύπτει πλήρως το έδαφος και δεν υποφέρει από έλλειψη νερού, αναφέρεται σαν εξίσωση P-M και για 24-ώρους υπολογισμούς της  $ET_r$ , από ημερήσια ή μέσα μηνιαία δεδομένα, έχει τη μορφή (Allen et al., 1998):

$$ET_r = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \frac{900\gamma}{T+273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0.34U_2)} \quad (2)$$

όπου:  $ET_r$ =εξατμισοδιαπνοή αναφοράς,  $e_a$ =πίεση κορεσμένων υδρατμών στη μέση θερμοκρασία,  $e_d$ =πραγματική πίεση υδρατμών της ατμόσφαιρας που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου,  $(e_a - e_d)$ =έλλειμμα πίεσης κορεσμένων υδρατμών,  $\Delta$ =κλίση της καμπύλης στη σχέση πίεσης κορεσμού υδρατμών και θερμοκρασίας,  $\gamma$ =ψυχομετρική σταθερά,  $R_n$ =καθαρή ακτινοβολία,  $G$ =κατακόρυφη μεταφορά θερμότητας προς το έδαφος,  $U_2$ =μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2m,  $900$ =συντελεστής της καλλιέργειας αναφοράς,  $0.34$ =συντελεστής της ταχύτητας του ανέμου για την καλλιέργεια αναφοράς.

Ο προσδιορισμός φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις Ελληνικές Συνθήκες (Παπαζαφειρίου 1990, Παπαζαφειρίου 1996), έγινε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος, που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Υδραυλικής, του Τμήματος Γεωπονίας, του Α.Π.Θ., με επιστημονικό υπεύθυνο τον καθηγητή Ζαφείρη Παπαζαφειρίου και βασικό ερευνητή τον συνσυγγραφέα του παρόντος άρθρου Δημήτρη Παπαμιχαήλ, με εγκατάσταση πειραματικών σε όλη την Ελλάδα και σε διάφορες καλλιέργειες. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής συνέβαλαν σημαντικά στην αξιόπιστη εκτίμηση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών με τον εκσυγχρονισμό της μεθοδολογίας υπολογισμού των αναγκών των φυτών σε νερό. Η συνέχιση και η επέκταση της παραπάνω έρευνας τόσο στις ίδιες όσο και σε άλλες καλλιέργειες, συμπεριλαμβανομένης και της καλλιέργειας αναφοράς είναι απαραίτητη για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του θέματος.

#### 4.4 Υπολογισμός αρδευτικών παραμέτρων

Σκοπός της άρδευσης είναι να δοθεί στην καλλιέργεια συμπληρωματικά νερό, όταν αυτό που προέρχεται από τη βροχή και την ήδη αποθηκευμένη στο έδαφος υγρασία δεν είναι επαρκές για να καλύψει πλήρως τις ανάγκες των καλλιεργειών. Η ποσότητα, ο χρόνος και η διάρκεια της άρδευσης δίνονται από τις αρδευτικές παραμέτρους, που είναι η διαθέσιμη και η ωφέλιμη υγρασία, το καθαρό και ολικό βάθος άρδευσης, η αρδευτική δόση, η διάρκεια άρδευσης και το εύρος άρδευσης. Στο Σχήμα 1 φαίνονται οι υγρασιακές σταθερές του εδάφους που μας ενδιαφέρουν στην εφαρμογή των αρδεύσεων.

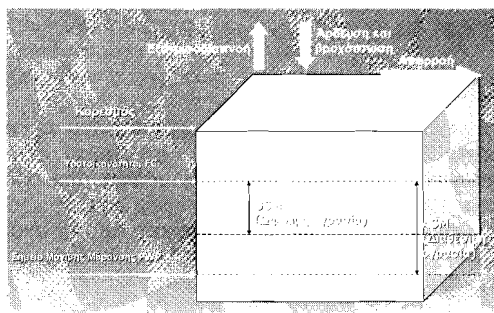
#### 4.5 Σχεδιασμός μεθόδων άρδευσης

Στην περίπτωση της τεχνητής βροχής και των επιφανειακών μεθόδων οι απώλειες μπορούν να περιοριστούν πάρα πολύ και η αποδοτικότητα εφαρμογής τους να αυξηθεί με το σωστό σχεδιασμό τους (Παπαζαφειρίου και Παπαμιχαήλ 1996, Παπαμιχαήλ και Παπαδήμος 1995, 1996α, 1996β,

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Τσακίρης, 2006). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για την περίπτωση της μεθόδου άρδευσης με αυλάκια μηδενικής κλίσης που επιτυγχάνεται με τη χρήση μηχανημάτων ισοπέδωσης Λέιζερ και τον κατάλληλο σχεδιασμό η αποδοτικότητα εφαρμογής μπορεί να φθάσει και στο 90 %.

Στην περίπτωση των συστημάτων μικροάρδευσης, βασική αρχή για το σχεδιασμό τους είναι η γνώση της κατανομής της υγρασίας στο έδαφος μετά την έξοδο του νερού από το σταλακτήρα ή το μικροκαταιονιστήρα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η επιλογή της κατάλληλης διάταξης που αφορά τις αποστάσεις μεταξύ των αγωγών εφαρμογής και την απόσταση μεταξύ των σταλακτιών ή των μικροκαταιονιστήρων. Μετά την επιλογή της διάταξης, ο σωστός σχεδιασμός απαιτεί την εκτέλεση όλων εκείνων των υπολογισμών που αναφέρονται στις παροχές, στις διαμέτρους, στα μήκη, στις απώλειες φορτίου κ.λ.π. και αποσκοπούν στην καλή λειτουργία του δικτύου και την ελαχιστοποίηση του κόστους εγκατάστασης (Παπαζαφειρίου & Παταμιχαήλ, 1996).



Σχήμα 1. Υγρασιακές σταθερές του εδάφους

#### 4.6 Προγραμματισμός αρδεύσεων

Ο προσδιορισμός των ημερομηνιών, αλλά και του καθαρού και ολικού βάθους άρδευσης κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, λέγεται **προγραμματισμός αρδεύσεων**. Ο προγραμματισμός είναι μια "λογιστική" διαδικασία που αρχίζει από την ημέρα σποράς ή φύτευσης και τελειώνει με τη συγκομιδή, παίρνει δε υπόψη της την εδαφική υγρασία που είναι αποθηκευμένη στο έδαφος κατά την ημέρα σποράς, το ύψος και την κατανομή των βροχών κατά τη βλαστική περίοδο, την τυχόν συμβολή από ανοδική κίνηση νερού όταν υπάρχει υψηλή υπόγεια στάθμη, την ωφέλιμη υγρασία του εδάφους και τις διακυμάνσεις της που παρατηρούνται κυρίως κατά τα δύο πρώτα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας και την ημερήσια τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Η διαμόρφωση ενός προγράμματος άρδευσης είναι απαραίτητη για τη λειτουργία κάθε δικτύου άρδευσης γιατί, με βάση αυτόν, γίνεται η παροχέτευση του απαραίτητου νερού σε κάθε χωράφι.

#### 4.7 Σχέσεις νερού-παραγωγής

Η ανάπτυξη και η απόδοση μιας καλλιέργειας είναι συνάρτηση της διαθεσιμότητας νερού. Αν η διαθεσιμότητα νερού είναι επαρκής για την κάλυψη της μέγιστης εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ( $ET_c$ ), η αναμενόμενη απόδοσή της θα είναι η μέγιστη, με την προϋπόθεση βέβαια ότι όλοι οι άλλοι παράγοντες που τη διαμορφώνουν δεν υπόκεινται σε κανένα περιορισμό. Αν η διαθεσιμότητα νερού δεν καλύπτει την  $ET_c$  τότε, όπως είναι φυσικό, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή,  $ET_a$ , θα είναι μικρότερη της  $ET_c$ . Στην περίπτωση αυτή θα δημιουργηθεί αντίδραση στα φυτά που θα επηρεάσει, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, την ανάπτυξη και, τελικά, την απόδοσή τους. Το μέγεθος του επηρεασμού εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, την ποικιλία, το μέγεθος και το χρόνο εμφάνισης του ελλείμματος υγρασίας (Doorenbos and Kassam 1979, Γεωργίου 2004). Η ποσοτική εκτίμηση του αποτελέσματος που έχει το έλλειμμα νερού πάνω στη μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας είναι μία πολύ σημαντική πληροφορία για τους φορείς διαχείρισης των υδατικών πόρων γιατί επιτρέπει την επιλογή των καταλληλότερων καλλιεργειών και τη σωστή κατανομή τους στην αρδευόμενη έκταση με βάση τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Η γνώση των σχέσεων νερού-παραγωγής είναι ιδιαίτερα σημαντική στην περίπτωση της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών (Κ.Ο.Γ.Π. 2005, Υ.Α.Α.Τ. 2005).

#### 4.8 Χρήση μαθηματικών μοντέλων

Η εισαγωγή της σύγχρονης τεχνολογίας και της πληροφορικής με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων είναι απαραίτητη για τον ορθολογικό προγραμματισμό των αρδεύσεων και την καλύτερη διαχείριση του αρδευτικού νερού κάτω από τις Ελληνικές Συνθήκες. Τα μοντέλα επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους έτσι ώστε στο ενδεικνυόμενο επίπεδο εδαφικής υγρασίας να εφαρμόζεται η απαιτούμενη ποσότητα αρδευτικού νερού. Η σύνδεση της απόδοσης της καλλιέργειας με την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους θα μπορεί να δώσει μία νέα θεώρηση στο πρόγραμμα άρδευσης και να οδηγήσει στην εξοικονόμηση νερού αφού είναι πολύ εύκολος ο έλεγχος διαφόρων προγραμμάτων άρδευσης σε συνδυασμό με την επίδρασή τους στην απόδοση της καλλιέργειας. Είναι αυτονόητο ότι τα παραπάνω δεν μπορούν να επιτευχθούν σε επίπεδο παραγωγού αλλά με την εκπόνηση ερευνητικών προγραμμάτων από Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Ινστιτούτα, τα αποτελέσματα των οποίων θα δώσουν πολύτιμες γνώσεις στους φορείς διαχείρισης του αρδευτικού νερού για την καθοδήγηση των παραγωγών.

#### 4.9 Τηλεενημέρωση των αγροτών

Η ανάπτυξη και λειτουργία ενός συστήματος τηλεενημέρωσης των αγροτών για την άρδευση των καλλιεργειών απαιτεί (Χαρτζουλάκης κ. ά., 2006):

- α) Εγκατάσταση αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών για την καταγραφή των κλιματικών δεδομένων,
- β) Δημιουργία ψηφιακών χαρτών με τα εδαφολογικά στοιχεία από τις αναλύσεις εδάφους,
- γ) Ημερήσια εξαμισοδιαπνοή της καλλιέργειας με τη βοήθεια της εξαμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς και των φυτικών συντελεστών και
- δ) Σύστημα τηλεφωνικής ενημέρωσης στη συμβουλευτική άρδευση, με τη βοήθεια απαραίτητων πληροφοριών (τοποθεσία, καλλιέργεια, τύπος εδάφους, μέθοδος άρδευσης, ημερομηνία άρδευσης).

Εξαιτίας της έλλειψης σωστού σχεδιασμού των μεθόδων άρδευσης οι αγρότες αρδεύουν εμπειρικά και για να αισθάνονται ασφαλείς, τείνουν να αυξάνουν την ποσότητα του νερού άρδευσης, ιδιαίτερα όταν η τιμή του είναι χαμηλή. Το αποτέλεσμα είναι μεγάλο ποσοστό του εφαρμοζόμενου νερού να χάνεται, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται ανταγωνισμοί και διαμάχες με άλλους τομείς κατανάλωσης (ύδρευση, τουρισμός). Συμβουλευτικές υπηρεσίες άρδευσης μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά τους αγρότες στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τους περιβαλλοντικούς κινδύνους και συμβάλλοντας στην αειφορία του αγροτικού τομέα.

#### 4.10 Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υποβαθμισμένων νερών

Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα αντί να διατεθούν σε υδάτινους αποδέκτες μπορούν να αξιοποιηθούν για άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων και εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2007). Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο καλύτερος τρόπος επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, επειδή αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού των αποδεκτών (ελαχιστοποίηση του ευτροφισμού), αποτελεί μια νέα πηγή νερού στο ισοζύγιο των ελλειμματικών περιοχών και τροφοδοτεί το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, που βοηθούν στην ανάπτυξη της καλλιέργειας και ελαχιστοποιούν την ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων. Εκτός από την εξοικονόμηση νερού, σημαντική είναι και η οικονομία στην εφαρμογή λιπασμάτων. Άλλες θετικές πλευρές της χρήσης των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση είναι η δυνατότητα δημιουργίας ζωνών πρασίνου, η αποφυγή της ερημοποίησης γόνιμων εδαφών και η άρδευση χώρων αναψυχής (πάρκα, αθλητικοί χώροι, δενδροστοιχίες κ.λπ.). Η πρακτική της ανακύκλωσης των νερών στράγγισης και των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων χρειάζεται συνεχή έλεγχο στα νερά, στα εδάφη και στα προϊόντα των αρδευόμενων καλλιεργειών. Στη διερεύνηση της ποιοτικής κατάστασης των αρδευτικών νερών πρέπει να εντάσσονται και τα φυτοφάρμακα.

#### 4.11 Άρση των προβλημάτων που αντίκειται στην οδηγία 2000/60

Στα πλαίσια της εναρμόνισης της εθνικής νομοθεσίας με τη νέα κοινοτική Οδηγία 2000/60 ψηφίστηκε ο Νόμος 3199/2003. Σύμφωνα με το νόμο αυτό εισάγεται μία νέα οργανωτική δομή για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων που θα γίνεται σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης. Επίσης, η Οδηγία 2000/60 επιτάσσει την ανάκτηση κόστους των υπηρεσιών ύδατος

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



συμπεριλαμβανομένου του κόστους για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Προκειμένου να υπάρξει αποτελεσματικότητα στη νέα οργανωτική δομή που εισάγει ο Ν. 3199/2003 θα πρέπει να αρθούν τα προβλήματα που αντίκειται στην οδηγία 2000/60 και συνοψίζονται στα παρακάτω (Δέρκας κ.ά., 2007):

α) Η ταυτόχρονη αξιοποίηση υδατικών πόρων από κρατικούς ή άλλους φορείς (ΔΕΗ, ΔΕΒ, Δασαρχεία, Διευθύνσεις Γεωργίας, ΤΥΔΚ-Κοινότητας κ.λπ.) και ιδιώτες, χωρίς να γνωρίζει ο ένας τομάς αν στην ίδια υδρολογική λεκάνη προγραμματίζεται έργο από κάποιον άλλον και χωρίς να υπάρχει, ο απαραίτητος ενιαίος προγραμματισμός, η συνεννόηση και ο συντονισμός για τα έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων από διάφορους χρήστες (μεμονωμένοι ιδιώτες και συλλογικοί φορείς) ή κρατικούς φορείς στην ίδια υδρολογική λεκάνη.

β) Η ελλιπής και αποσπασματική γνώση των διαθεσίμων ποσοτήτων και των καταναλώσεων. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται κάθε φορά που πραγματοποιείται μια έρευνα ή μελέτη και χρειάζονται στοιχεία παροχών σε υδατορρέυματα και καταναλώσεων μέσα σε δίκτυα. Οι μετρήσεις παροχών είναι περιορισμένες σε αριθμό και συγχρόνως είναι συχνά αμφίβολης ποιότητας. Όσον αφορά στις καταναλώσεις, βασίζονται κυρίως στις καταναλώσεις ενέργειας για άντληση και όχι σε μέτρηση παροχών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην κακή συντήρηση των παροχομέτρων και είναι λυπηρό διότι στερεί τους υπεύθυνους φορείς από τη δυνατότητα να γνωρίζουν την πραγματική κατάσταση λειτουργίας των δικτύων και να προβούν σε ανάλυση λειτουργίας τους.

γ) Οι παράνομες γεωτρήσεις που οδηγούν σε υπερεκμετάλλευση των υπογείων υδροφορέων.

#### 4.12 Τιμολόγηση αρδευτικού νερού

Η τιμολόγηση του καταναλισκόμενου νερού στα πλαίσια ή όχι της ανάκτησης του κόστους αυτού, θεωρείται ως ένα εργαλείο στη διαχείριση υδατικών πόρων που σαν στόχο έχει:

(α) την παροχή κινήτρων στους χρήστες για την αποδοτικότερη χρήση νερού και την υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης του νερού και μείωσης της ρύπανσης αυτού και

(β) την εξασφάλιση της οικονομικής βιωσιμότητας των υπηρεσιών νερού μέσω της κάλυψης του κόστους λειτουργίας και συντήρησης και δανειακής εξυπηρέτησης καθώς και την εξασφάλιση των απαραίτητων κεφαλαίων τόσο για τον εκσυγχρονισμό και την ανανέωση του εξοπλισμού όσο και πιθανώς για τη χρηματοδότηση νέων επενδύσεων. Ως επιπλέον στόχο που μπορούν να επιτευχθούν με την εφαρμογή της τιμολόγησης του νερού αναφέρονται οι εξής:

(α) Ορθολογική κατανομή του νερού μεταξύ τομέων χρήσης,

(β) σωστή διαχείριση των υπόγειων υδροφορέων που ανανεώνονται με πολύ βραδύτερο ρυθμό από τους επιφανειακούς και είναι πιο εύκολο να εξαντληθούν λόγω ανεξέλεγκτης πρόσβασης και υπεράντλησης,

(γ) περιβαλλοντικά οφέλη (π.χ. οφέλη που έχουν να κάνουν με την ποιότητα του νερού) και

(δ) προώθηση συγκεκριμένων πολιτικών στόχων (π.χ. καλλιέργεια επιλεγμένων ειδών, ανάπτυξη συγκεκριμένων περιοχών, ανακατανομή του εισοδήματος μεταξύ οικονομικών τομέων).

Συνοψίζοντας όλους τους παραπάνω στόχους, η σκοπιμότητα της χρήσης της τιμολόγησης του καταναλισκόμενου νερού ως εργαλείου διαχείρισής του, υπαγορεύεται, ως επί το πλείστον, από το γεγονός πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε από τις κυβερνήσεις είτε από τις αγορές, μεταξύ άλλων, σαν μια μέθοδος για τη βελτιστοποίηση της κατανομής του υπάρχοντος νερού (Tsur et al., 2004).

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Νομός Κορινθίας είναι ένας ελλειμματικός νομός από την άποψη του υδατικού δυναμικού του. Αυτό οφείλεται στις μικρές βροχοπτώσεις, στην ακανόνιστη κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων κατά τη διάρκεια του έτους, στην επέκταση των αρδευόμενων καλλιεργειών κ.λπ. Η ανάγκη για πιο αποτελεσματική χρήση του νερού άρδευσης είναι επιτακτική λόγω και της αυξανόμενης ανησυχίας για το περιβάλλον. Η ελαχιστοποίηση των απωλειών μεταφοράς, διανομής και εφαρμογής του νερού στα αρδευτικά δίκτυα, ο σωστός σχεδιασμός των μεθόδων άρδευσης, η ακριβής εκτίμηση των αναγκών σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών με τη βοήθεια φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις ελληνικές συνθήκες, η διερεύνηση σχέσεων νερού - παραγωγής, ο εντοπισμός των περιόδων που είναι ευαίσθητες τόσο στην τελική απόδοση όσο και στη διαμόρφωση της ποιότητας, η επαναχρησιμοποίηση υποβαθμισμένων νερών, η συνεχής παρουσία εξειδικευμένων γεωπόνων στην ύπαιθρο και η ανάπτυξη αρδευτικής συνείδησης των

αγροτών μέσω της κατάλληλης εκπαίδευσης, μπορεί να οδηγήσει σε τεράστια εξοικονόμηση νερού, με παράλληλη βελτιστοποίηση της παραγωγής και ελαχιστοποίηση του κόστους άρδευσης. Στο στόχο της ελαχιστοποίησης του κόστους άρδευσης πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή επειδή οι διαμορφούμενες συνθήκες παγκοσμιοποίησης της οικονομίας και ο σκληρός ανταγωνισμός που αυτή συνεπάγεται, όπως και η ανειλημμένη απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση ή και την κατάργηση των επιδοτήσεων, δημιουργούν ασφυκτικές πιέσεις στη διάθεση των ελληνικών αγροτικών προϊόντων στην Ελληνική, Ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά. Η επιβίωση των προϊόντων αυτών θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από τη συμπίεση του κόστους παραγωγής, ένα μεγάλο μέρος του οποίου οφείλεται στις δαπάνες άρδευσης.

Μεταξύ των άλλων μέτρων που πρέπει να ληφθούν για την αποτελεσματική χρήση του νερού είναι ο προγραμματισμός των αρδεύσεων με βάση τις συνθήκες της περιοχής και τις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών, η ενημέρωση των αγροτών για τις ανάγκες σε νερό, η καθοδήγησή τους στην πράξη με πιλοτικές εφαρμογές, η ενίσχυσή τους για εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων, η τιμολόγηση του αρδευτικού νερού και η επιβολή οικονομικών κυρώσεων σε περιπτώσεις υπέρβασης του ανώτατου ορίου κατανάλωσης νερού ανά καλλιέργεια στην περιοχή. Η εφαρμογή των παραπάνω προϋποθέτει την εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2000/60, την ενίσχυση των φορέων διαχείρισης υδατικών πόρων με εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό και υλικοτεχνική υποδομή και την ύπαρξη μιας ισχυρής και αποτελεσματικής υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων, που θα έχει εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό, επαρκή οικονομική υποστήριξη και συνεχιζόμενα προγράμματα κατάρτισης των αγροτών.

Τέλος, η εισαγωγή της σύγχρονης τεχνολογίας και της πληροφορικής με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων είναι απαραίτητη για τον ορθολογικό προγραμματισμό των αρδεύσεων και την καλύτερη διαχείριση του αρδευτικού νερού.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 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 56, FAO, Rome, 300 pp.
- Βουδούρης, Κ. και Καλλέργης, Γ., 1995. Το υδατικό δυναμικό του νομού Κορινθίας – Ανάγκη ορθολογικής διαχείρισης. Πρακτικά ημερίδας «Το υδατικό πρόβλημα του Νομού Κορινθίας», Κόρινθος, 12-20.
- Βουδούρης, Κ., 2005. Οι επιπτώσεις της αγροτικής και τουριστικής ανάπτυξης στη βιωσιμότητα των υπόγειων νερών: Δύο παραδείγματα από τη Νότια Ελλάδα. Γεωγραφίες, Τεύχος 10, 130-146.
- Γεωργίου, Π.Ε., 2004. Βελτιστοποίηση λειτουργίας ταμιευτήρων για αρδευτικούς σκοπούς, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., 2004, 341 σελ.
- 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 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας – Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη, σελ. 395-402.
- Δέρκας, Ν., Λόντρα, Π. και Καραμάνος, Α., 2007. Προτάσεις βελτίωσης της διαχείρισης του αρδευτικού νερού στο πλαίσιο της οδηγίας 2000/60, Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Λάρισα, σελ. 328-336.
- Doorenbos, J and Kassam, A.H., 1979. Yield response to water, FAO Irrigation and Drainage Paper, No 33, Rome, 193 p.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 2nd ed. FAO, Rome, 156pp.
- ΕΣΥΕ, 2001. Γεωργική στατιστική της Ελλάδας έτους 2001.
- Κ.Ο.Γ.Π., 2005. Κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής. Ειδική Γραμματεία Προγραμματισμού & Εφαρμογών Γ ΚΠΣ, Αθήνα, σ. 14.
- Νόμος 3199, Προστασία και διαχείριση των υδάτων-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, 2003, ΦΕΚ 280/9/12/2003.
- Οδηγία 60/2000/ΕΚ. Θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της Ε.Ε., Βρυξέλλες.
- Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1990. Προσδιορισμός φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες. Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Υδραυλικής και Βελτιώσεων, Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., 117 σελ.
- Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1999. Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 347 σελ.
- Papazafiriou, Z.G., 1996. Crop evapotranspiration: regional studies in Greece. International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology, Cost77, 79, 711 European Commission, Volos (Greece), 275-286.

- Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. και Παπαμιχαήλ, Δ.Μ., 1996. Συστήματα αρδεύσεων. Έκδοση υπηρεσίας δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., 204 σελ.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ., 2006. Βέλτιστη διαχείριση υδατικών πόρων στη γεωργία. Πρακτικά ημερίδας «Διαχείριση Υδατικών Πόρων», στα πλαίσια της έκθεσης Agrotica, 3-2-2006, σελ. 23-38.
- Paramichail, D. and Alexiou, J., 1998. Application of the theory of regionalized variables for estimating reference evapotranspiration in Greece. Proceedings of an International Conference, Sani Halkidiki, July 1998, Protection and Restoration of the Environment IV, Volume I, 222-229.
- 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 4ου Εθνικού Συνεδρίου ΕΕΔΥΠ, Βόλος, τεύχος Α', σελ. 183-189.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Γεωργίου, Π.Ε., 2008. Βέλτιστη χρήση νερού στη γεωργία. Πρακτικά συνεδρίου «Προστασία, αποκατάσταση και βιώσιμη ανάπτυξη του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος στην Ευρώπη», Δράση Jean Monnet, Βέροια.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Παπαδήμος, Δ., 1995. Διερεύνηση διαδικασιών μετάβασης μεταξύ των σχέσεων αθροιστικής διηθητικότητας του Kostiakov και της SCS. Υδροτεχνικά, Τόμος 5(1), 17-29.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Παπαδήμος, Δ., 1996α. Έλεγχος καταλληλότητας των σχέσεων σχεδιασμού της SCS για άρδευση με αυλάκια. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Τόμος 7(1), 7-26.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Παπαδήμος, Δ., 1996β. Έλεγχος καταλληλότητας των σχέσεων σχεδιασμού της SCS για άρδευση με λωρίδες. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Τόμος 7(2), 45-57.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1992. Εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής στη βόρεια Ελλάδα με την εφαρμογή των τροποποιημένων μεθόδων των Blaney-Criddle και Penman. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας. Θεσσαλονίκη, σελ.171-179.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ., Κωτσόπουλος, Σ. και Γεωργίου, Π.Ε., 1994. Συγκριτική ανάλυση των έμμεσων μεθόδων εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. 2ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας - Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη, σελ. 35-43.
- Paramichail, 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.
- Τσακίρης, Γ., 2006. Υδραυλικά έργα: Σχεδιασμός και διαχείριση. Τόμος II: Εγχειρίδιωτικά έργα. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 773 σελ.
- Tsur, Y., Roe, T., Doukkali, R. and Dinar, A., 2004. Pricing irrigation water. Principles and cases from developing countries. RFF Press Book, Washington, USA, 319 p.
- Voudouris, K., Mavrommatis, Th. and Antonakos, A., 2007. Hydrologic balance estimation using GIS in Korinthia prefecture, Greece. Advances in Science and Research, 1, 1-8.
- ΥΑΑΤ, 2005. Οδηγίες προς τους γεωργούς για την εφαρμογή της πολλαπλής συμμόρφωσης στο πλαίσιο της νέας ΚΑΠ. ΥΑΑΤ, Αθήνα.
- Υπουργείο Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας, 1988. Ο Νόμος 1739/87 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, Αθήνα.
- Χαβιγιές, Ν., 1995. Υδατικές ανάγκες του Νομού Κορινθίας – Υφιστάμενη κατάσταση – Προοπτικές. Πρακτικά ημερίδας «Το υδατικό πρόβλημα του Νομού Κορινθίας», Κόρινθος, 21-29.
- Χαρτζουλάκης, Κ., Κασαπάκης, Ι. και Τζομπανόγλου, Α., 2006. Συμβουλευτικό σύστημα τηλε-ενημέρωσης των αγρωτών για την άρδευση των καλλιεργειών, Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ε.Υ.Ε., Ξάνθη, σελ. 661-667.
- Χαρτζουλάκης, Κ. και Μπερτάκη, Μ., 2007. Ορθολογική διαχείριση του νερού στη γεωργία. Πρακτικά 6ου Εθνικού Συνεδρίου της ΕΕΔΥΠ: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων με Βάση τη Λεκάνη Απορροής, σελ. 335-343.