

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΟΓΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ IRMA\_SYS ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΚΤΙΝΙΔΙΟΥ

Ι. Α. Τσιρογιάννης<sup>1</sup>, Ν. Μαλάμος<sup>2</sup>, Π. Μπαρούχας<sup>2</sup>, Π. Μπαλτζώη<sup>1</sup>, Κ. Φωτιά<sup>1</sup>, Γ. Τενέδιος<sup>1</sup>, Δ. Γιώτης<sup>1</sup>, Δ. Κατέρης<sup>1</sup>, Ε. Τσουμάνη<sup>3</sup>, Σ. Χήρας<sup>3</sup>, Α. Χριστοφίδης<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ΤΕΙ Ηπείρου Τμ. Τεχνολόγων Γεωπόνων. Κωστακιοί, 47100 Άρτα, Ελλάδα  
<sup>2</sup>ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας Τμ. Τεχνολόγων Γεωπόνων. 27200 Αμαλιάδα, Ελλάδα  
<sup>3</sup>ΕΛΓΑ – Γρ. Ιωαννίνων, Εθνικής Αντιστάσεως 8, 45500 Ανατολή Ιωαννίνων, Ελλάδα

### Περίληψη

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας γίνεται μελέτη της αρδευτικής πρακτικής που εφαρμόζεται στην καλλιέργεια ακτινιδίου στην πεδιάδα της Άρτας. Οι μετρήσεις εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια των αρδευτικών περιόδων 2016 και 2017 σε δύο οπωρώνες συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που υπολογίζονταν από το συλλογικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων άρδευσης IRMA\_SYS. Στο σύστημα το υδατικό ισοζύγιο υπολογίζεται με βάση την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και τη βροχόπτωση από 6 αγρομετεωρολογικούς σταθμούς, παραμέτρους εδάφους, καλλιέργειας και αρδευτικής πρακτικής που αφορούν τον κάθε αγρό, καθώς και δεδομένα σχετικά με τις πραγματοποιούμενες αρδεύσεις τα οποία συμπληρώνουν οι χρήστες του συστήματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν καλή επίδοση του μοντέλου του ισοζυγίου, γεγονός που τεκμηριώνει τις δυνατότητες του συστήματος για ορθολογική διαχείριση του νερού άρδευσης σε επιχειρησιακό επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά: DSS, ευφυής γεωργία, μικροάρδευση, χωρική παρεμβολή

### Εισαγωγή

Η καλλιέργεια του ακτινιδίου (*Actinidia deliciosa*) ξεκίνησε στην πεδιάδα της Άρτας στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και η συνολική έκταση εκτιμάται το 2016 στα 1.200 ha με επικρατούσα ποικιλία την Hayward (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2016). Η καλλιέργεια του ακτινιδίου έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό (Allen κ.ά., 1988, ΥΠΑΑΤ, 1989) και στο πλαίσιο αυτό πολλές φορές απαιτείται μεγάλη συχνότητα αρδεύσεων, ώστε να διατηρηθεί η εδαφική υγρασία στα επιθυμητά επίπεδα. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία (ΥΠΑΑΤ, 1989), οι ποσότητες νερού που αντιστοιχούν στο ακτινίδιο κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου, ξεκινούν από 48 και φθάνουν έως και τα 176 m<sup>3</sup>/στρέμμα/μήνα (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη αποτελεσματικότητα του συστήματος μεταφοράς και εφαρμογής του νερού στον αγρό).

Οι Allen κ.ά. (1989) παρέχουν γενικές πληροφορίες και για το ακτινίδιο, σύμφωνα με τις οποίες για καλλιέργειες σε χαμηλά υψόμετρα, το μέγιστο βάθος ρίζας κυμαίνεται μεταξύ 0,7 και 1,3 m, προβλέπονται τέσσερις περίοδοι ανάπτυξης: αρχική, βλαστικής ανάπτυξης, μέση και τελική, διάρκειας 20, 70, 120 και 60 ημερών, αντίστοιχα, οι καλλιεργητικοί συντελεστές είναι  $K_{cini}=0,4$  και  $K_{cmid}=K_{cend}=1,05$ , ενώ ο συντελεστής επιτρεπόμενης εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας (MAD) είναι 0,35 για  $ET_c=5$  mm/ημέρα. Λόγω των αυξημένων αναγκών του ακτινιδίου σε νερό, η διαχείριση της άρδευσης που βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα εξατμισοδιαπνοής έχει ιδιαίτερη αξία και ακριβώς σε αυτό το πλαίσιο, αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η αξιολόγηση του συλλογικού συστήματος παροχής συμβουλών διαχείρισης άρδευσης IRMA\_SYS το οποίο λειτουργεί από το 2015 στην πεδιάδα της Άρτας (Malamos κ.ά., 2016).

### Υλικά και μέθοδοι

Με σκοπό την καταγραφή της αρδευτικής πρακτικής ελήφθησαν στοιχεία 30 οπωρώνων ακτινιδίου στην πεδιάδα της Άρτας. Για την αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν διαθέσιμα δεδομένα για τα έτη 2016 και 2017 (από 1/5 έως 30/9) από δύο από τους πιλοτικούς αγρούς που παρακολουθούνται στο πλαίσιο διαχείρισης του συστήματος. Στον πρώτο που βρίσκονταν στα Ρόκα, το έδαφος ήταν ιλυοαργιλοπηλώδες και υπήρχαν δένδρα ηλικίας 9 ετών ποικιλίας Τσεχελίδης με αποστάσεις φύτευσης (επί των γραμμών x γραμμές): 4x5 m (Τσεχελίδης 2016 και Τσεχελίδης 2017), ενώ στον δεύτερο που βρισκόταν στην Αγ. Παρασκευή, το έδαφος ήταν ιλυοπηλώδες και υπήρχαν δένδρα ηλικίας 9 ετών ποικιλίας *Hayward* (Clone 8), με αποστάσεις φύτευσης (επί των γραμμών x γραμμές): 2,5x5 m (Hayward 2016 και Hayward 2017). Οι παραγωγοί ήταν και στις δύο περιπτώσεις απόφοιτοι τμημάτων γεωπονίας τριτοβάθμιας εκπαίδευσης που καλλιεργούν επαγγελματικά ακτινίδια τα τελευταία 10 έτη, είχαν πρόσβαση στο IRMA\_SYS, παρακολουθούσαν τις συμβουλές, αλλά ακολουθούσαν τις δικές τους αποφάσεις και σε κάθε περίπτωση κατέγραφαν τις αρδεύσεις που πραγματοποιούσαν.

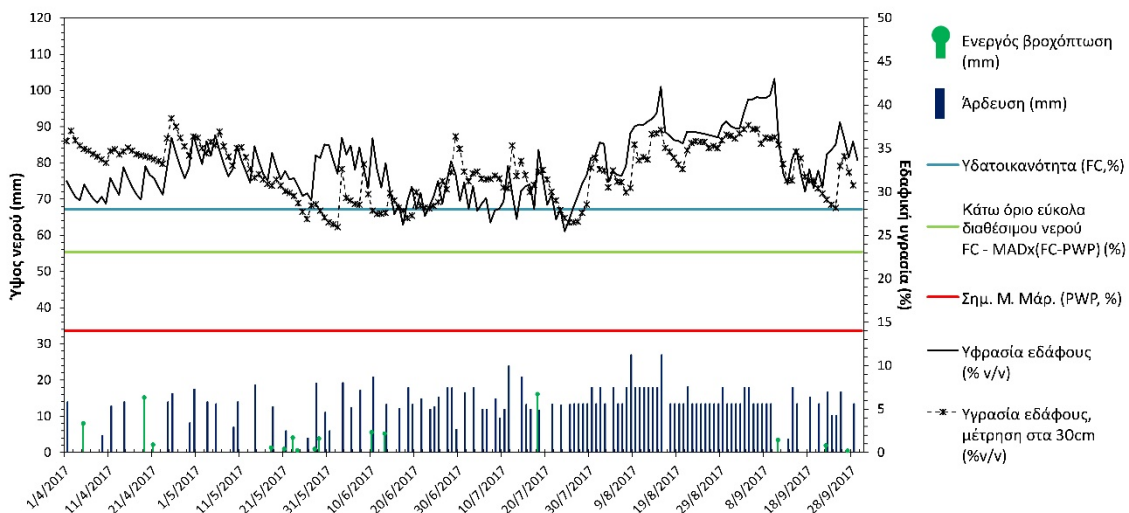
Για την καταγραφή της εδαφικής υγρασίας χρησιμοποιήθηκαν διηλεκτρικοί πυκνωτικοί αισθητήρες (10HS, Decagon Devices USA) σε βάθος 30 cm με χρήση της γενικής εξίσωσης μετατροπής σήματος που παρέχει ο κατασκευαστής για ανόργανα εδάφη (ακρίβεια  $\pm 0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Η υγρασία θεωρήθηκε ομοιόμορφη σε όλο το βάθος του εδάφους που εξετάστηκε. Οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση προέκυψαν από τις καταγραφές του χρήστη του συστήματος ( $\text{m}^3$  που προέκυπταν μέσω πολλαπλασιασμού της διάρκειας κάθε άρδευσης επί την παροχή που είχε προκύψει στο πλαίσιο της επιθεώρησης του συστήματος) (Tsirogiannis κ.ά., 2015), ενώ παράλληλα γίνονταν επαλήθευση από μετρήσεις ποσοτήτων νερού σε αντιπροσωπευτικούς αγωγούς εφαρμογής με απλά υδρόμετρα ριπής 1". Οι κλιματικές παράμετροι λήφθηκαν μέσω χωρικής παρεμβολής από το δίκτυο αγρομετεωρολογικών σταθμών που λειτουργεί στην πεδιάδα της Άρτας (ΑΔΗΔΚ και ΤΕΙ Ηπείρου, 2017).

### Αποτελέσματα

Η τυπική διαμόρφωση της καλλιέργειας στην πεδιάδα της Άρτας είναι τα φυτά να στηρίζονται σε δίκτυο συρμάτων, το οποίο βασιζόμενο σε τιμμεντένιους στύλους σχηματίζει ένα επίπεδο στήριξης για τα πρεμνά σε ύψος 1,8 -2 m από το έδαφος. Οι αποστάσεις φύτευσης (επί των γραμμών x γραμμές, m) είναι: 2,1-4,5 x 4,5-5,5 m. Όσο αφορά την τυπική πρακτική των αρδεύσεων, το νερό προέρχεται κυρίως από ιδιωτικές γεωτρήσεις ώστε να είναι διαθέσιμο οποιαδήποτε στιγμή, οι έξοδοι είναι μικροεκτοξευτήρες (συνήθως ένας ανά φυτό), αναρτημένοι σε ύψος 0,4 - 0,7 m από το έδαφος, με παροχή 60-120 L h<sup>-1</sup>, πίεση λειτουργίας 1,5-2 bar και διάμετρο διαβροχής 3-4,5 m. Καταγράφηκαν πολλά προβλήματα όσο αφορά την επιλογή αντλίας, το χωρισμό σε αρδευτικές ζώνες, το είδος εξόδων (χρησιμοποιούνται και για αντιπαγετική προστασία), τη διαστασιολόγηση των αγωγών, την πίεση λειτουργίας (συνήθως λειτουργούν σε υψηλές πιέσεις παράγοντας μικρές σταγόνες), την επιλογή φίλτρων, την επιλογή βαλβίδων εξαερισμού και τη μέτρηση παροχής - ποσότητας νερού. Όσο αφορά τη διαχείριση, η αρδευτική περίοδος ξεκινά από το Μάιο και φθάνει έως και την ημέρα πριν τη συγκομιδή εάν κριθεί απαραίτητο (έως τέλος Οκτωβρίου συνήθως), η συχνότητα των αρδεύσεων είναι ανά 1-3 ημέρες (συνήθως ανά 2), ενώ η διάρκεια των αρδευτικών γεγονότων καθορίζεται με βάση διάφορους εμπειρικούς δείκτες όπως η όψη και η αίσθηση της επιφάνειας του εδάφους, η εμφάνιση των φύλλων, η κάμψη των βεργών. Γενικά ως και το 2016 δεν χρησιμοποιούταν κάποιο σύστημα μέτρησης ή εκτίμησης της εδαφικής υγρασίας. Από το 2016 ξεκίνησε η χρήση του IRMA\_SYS.

Όσο αφορά την αξιολόγηση της επίδοσης του IRMA\_SYS: α) εφαρμόστηκε το μοντέλο βάσει του οποίου υπολογίζεται το ισοζύγιο νερού στο πλαίσιο του συστήματος, με κατάλληλους καλλιεργητικούς συντελεστές Kc, ώστε να προσαρμοστεί στις μετρήσεις υγρασίας που καταγράφηκαν στον αγρό, β) υπολογίστηκε το σφάλμα εκτίμησης της εδαφικής υγρασίας ώστε να αξιολογηθεί αν θα μπορούσε να αντικαταστήσει έναν αισθητήρα στον αγρό, και γ) υπολογίστηκε η διαφορά που θα υπήρχε στην υγρασία του εδάφους και ο αριθμός αρδευτικών γεγονότων στην περίπτωση που ο παραγωγός ακολουθούσε τις συμβουλές του συστήματος. Τα κριτήρια αξιολόγησης ήταν το μέσο σφάλμα (Mean Bias Error - MBE) και το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean absolute error - MAE) όπως προέκυψαν από τη σύγκριση των μετρήσεων της εδαφικής υγρασίας και των αντίστοιχων τιμών που προέκυψαν από τους υπολογισμούς του μοντέλου του συστήματος.

Στο Σχήμα 1 **Error! Reference source not found.** παρουσιάζεται ενδεικτικά η διακύμανση των παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου για τον οπωρώνα Hayward κατά την αρδευτική περίοδο του έτους 2017, όπως το ύψος ενεργού βροχόπτωσης και των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν, η κατ' όγκο εδαφική υγρασία στην υδατοϊκανότητα και στο σημείο μόνιμης μάρανσης του εδάφους, οι μετρήσεις εδαφικής υγρασίας σε βάθος 30 cm, η εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου του IRMA\_SYS. Περιστασιακές διαφοροποιήσεις μοντέλου και πραγματικών μετρήσεων υγρασίας εκτιμάται ότι οφείλονται σε μεγάλο βαθμό σε ανακρίβειες όσο αφορά την καταγραφή των αρδευτικών γεγονότων.



Σχήμα 1 Δεδομένα υδατικού ισοζυγίου για τον οπωρώνα Hayward κατά το έτος 2017

Στον **Error! Reference source not found.** παρουσιάζονται τα δεδομένα παραγωγής για τους δύο οπωρώνες και για τα δύο έτη, μαζί με τις τιμές σφάλματος των αποτελεσμάτων του μοντέλου έναντι των μετρήσεων υγρασίας. Επίσης, παρουσιάζεται το ύψος νερού άρδευσης και ο αριθμός αρδεύσεων που εφαρμόστηκαν σε αντιπαραβολή με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του IRMA\_SYS.

### Συζήτηση – Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα του μοντέλου του IRMA\_SYS έδειξαν πολύ καλή ταύτιση με τις μετρήσεις με το μέσο σφάλμα να κυμαίνεται από -7,1 έως 9,8% και το μέσο απόλυτο σφάλμα από 2,4 έως 10,2%, γεγονός που αποδεικνύει τις δυνατότητες του συστήματος στο πλαίσιο της προσπάθειας ορθολογικής διαχείρισης του νερού άρδευσης σε επιχειρησιακό επίπεδο. Από τα αποτελέσματα είναι προφανές ότι αν εφαρμόζονταν κατά γράμμα το μοντέλο, για τον οπωρώνα Τσεχελίδη θα μπορούσε να επιτευχθεί μία

λιγότερη άρδευση και πολύ μικρότερες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα μείωση της κατανάλωσης και 36% για το 2016, ενώ τα αντίστοιχα νούμερα για το 2017 θα ήταν 28 λιγότερες αρδεύσεις και 54% λιγότερο νερό. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τον οπωρώνα Hayward δείχνουν 30 λιγότερες αρδεύσεις και 33% λιγότερο νερό για το 2016 και 65 λιγότερες αρδεύσεις και 74% λιγότερο νερό για το 2017.

Πίνακας 5 Συγκεντρωτικά δεδομένα για τους οπωρώνες Τσεχελίδης και Hayward για τα έτη 2016 και 2017 (IRT=1 (100%) σημαίνει ότι δεν εφαρμόστηκε κάποιος συντελεστής βελτιστοποίησης)

Περίπτωση	Παραγωγή (t ha <sup>-1</sup> )	Σφάλμα μοντέλου		Ύψος νερού άρδευσης, (mm)		Αριθμός αρδεύσεων	
		Μέσο σφάλμα (%)	Μέσο απόλυτο σφάλμα (%)	Εφαρμογή	Συμβουλή (IRT =1)	Εφαρμογή	Συμβουλή (IRT =1)
Τσεχελίδης 2016	28,1	0,3	2,4	1159	853	27	28
Τσεχελίδης 2017	56,3	9,8	10,2	1582	1026	61	33
Hayward 2016	13,8	-7,1	7,2	857	645	58	28
Hayward 2017	22,6	0,2	3,2	1497	861	104	39

Τα ανωτέρω αποτελέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά και προφανώς μπορούν να βελτιωθούν μέσω επιμελούς παραμετροποίησης του συστήματος, βαθμονόμησης του μοντέλου με χρήση του συντελεστή βελτιστοποίησης άρδευσης - IRT (Malamos κ.ά., 2016) καθώς και επανεξέταση του τρόπου καταγραφής των αρδευτικών γεγονότων. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα εξετάζονται σε επίπεδο αριθμού αρδεύσεων και εξοικονόμησης νερού που σημαίνει μικρότερο κόστος καλλιέργειας και ορθολογικότερη διαχείριση του φυσικού πόρου.

### Βιβλιογραφία

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: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>

Malamos, N., Tsirogiannis, I.L., and Christofides, A. 2016. Modelling irrigation management services: the IRMA\_SYS case. Int. J. Sustainable Agric. Mngmnt Informatics 2(1): 1–18

Tsirogiannis, I.L., Chalkidis, I., Papanikolaou C., 2015. Irrigation Audits Guide: [http://www.irrigation-management.eu/deliverables/Del516Audit\\_PlanandSheets.rar](http://www.irrigation-management.eu/deliverables/Del516Audit_PlanandSheets.rar)

ΑΔΗΔΚ (Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηπείρου – Δυτικής Μακεδονίας), ΤΕΙ Ηπείρου, 2017. Σύστημα καταγραφής αγρομετεωρολογικών δεδομένων πεδιάδας Άρτας: <http://system.irrigation-management.eu/>

ΟΠΕΚΕΠΕ (Οργανισμός Πληρωμών & Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων), 2016. Δεδομένα καλ. εκτάσεων για την Π.Ε. Άρτας (Κωδικοί ΕΦΥ16:45.2 / ΕΦΥ15: ΛΟΙΠΕΣ ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ και ΡΟΙ: 14025, 8194, 45204, 45205 και 45203)

ΥΠΑΑΤ (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων) – τ. Υπουργείο Γεωργίας, 1989. Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση. (ΦΕΚ. 428B/02-06-1989).