

Interreg
Greece-Italy
IR2MA

European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION



University
Ioannina



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



ISTITUTO DI SCIENZE
DELLE PRODUZIONI
ALIMENTARI



CIHEAM

IAM BARI



CONSORZIO
PER LA BONIFICA
DELLA CAPTANATA



Regione Puglia

Interreg V- A
Greece-Italy
Programme
2014 2020

www.greece-italy.eu

IR2MA

**Large Scale Irrigation
Management Tools for
Sustainable Water
Management in Rural
Areas and Protection
of Receiving Aquatic
Ecosystems**

Subsidy Contract No: I1/2.3/27

WP3

Deliverable 3.1.3

**Update of audit protocol
and audits / Audit protocol**

**Audit of participatory
systems**

Project co-funded by
European Union, European Regional
Development Funds (E.R.D.F.) and by
National Funds of Greece and Italy

Interreg V- A Greece-Italy Programme 2014 2020

www.greece-italy.eu

Interreg
Greece-Italy
IR2MA

European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION

IR2MA

Large Scale Irrigation Management Tools for Sustainable Water Management in Rural Areas and Protection of Receiving Aquatic Ecosystems

Subsidy Contract No: I1/2.3/27

Partners



University
of
Ioannina



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



ISTITUTO DI SCIENZE
DELLE PRODUZIONI
ALIMENTARI



CIHEAM
IAM BARI



CONSORZIO
PER LA BONIFICA
DELLA CAPITANATA



Regione Puglia

PB1/LB UNIVERSITY OF IOANNINA - Research Committee (Uoi) <http://www.rc.uoi.gr/>

PB2 REGION of EPIRUS (ROE) <http://www.php.gov.gr/>

PB2 ISTITUTO SCIENZE DELLE PRODUZIONI ALIMENTARI (ISPA/CNR) <http://www.ispacnr.it/>

PB4 CIHEAM - ISTITUTO AGRONOMO MEDITERRANEO – BARI (IAMB) <http://www.iamb.it/>

PB5 CONSORZIO PER LA BONIFICA DELLA CAPITANATA (CBC) <http://consorzio.fg.it/>

Associated partners

REGION OF PUGLIA (ROP) <http://www.regione.puglia.it/>

Project co-funded by European Union, European Regional Development Funds (E.R.D.F.) and by National Funds of Greece and Italy

[illegible]

D3.1.3 Update of audit protocol and audits

Update of audit protocol

Involved partners:

PB1 – University of Ioannina / Research Committee

Authoring team:

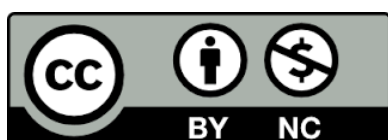
Vassiliki Bota

Place and time: 28/2/2020

IR2MA

Project co-funded by European Union, European Regional Development Funds (E.R.D.F.) and by National Funds of Greece and Italy

Project co-funded by European Union, European Regional Development Funds (E.R.D.F.) and by National Funds of Greece and Italy



© This open access document is published under the Creative Commons Attribution Non-Commercial ([CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)) license and is freely accessible online to anyone.

[illegible]

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	9
Πλαίσιο αξιολόγησης αρδευτικών δικτύων	11
Ανασκόπηση των εξελίξεων στο χώρο των δεικτών αξιολόγησης της άρδευσης	14
Η έννοια της αποδοτικότητας	19
Γενικά	19
Αξιολόγηση αποδοτικότητας συστημάτων άρδευσης μέσω δεικτών	20
Οριοθέτηση του σκοπού	21
Τύποι αξιολόγησης της αποδοτικότητας	22
Μέγεθος και όρια αξιολόγησης	24
Κριτήρια αποδοτικότητας	26
Δείκτες αποδοτικότητας	28
Γενικά χαρακτηριστικά -ιδιότητες δεικτών αποδοτικότητας	29
Εσωτερικοί δείκτες αποδοτικότητας	32
Εξωτερικοί (συγκριτικοί) δείκτες αποδοτικότητας	34
Προτεινόμενο σύνολο συγκριτικών δεικτών αποδοτικότητας	35
Δείκτες της αρδευόμενης γεωργικής παραγωγής	35
Υδατικοί και οικονομικοί δείκτες	38
Η έννοια της αξιοπιστίας (reliability)	42
Επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός δείκτη αξιολόγησης για την ανάλυση λειτουργίας σε επίπεδο υδροστομίου	46
Synopsis in English language	47
Σύνοψη στην ελληνική γλώσσα	48
Riassunto in italiano	49
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	50
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ	53

Πίνακες

Πίνακας 1. Παράδειγμα επιπέδων στόχων ενός προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας..	21
Πίνακας 2. Κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων άρδευσης και στράγγισης.	23
Πίνακας 3. Παράδειγμα της σχέσης στόχων, κριτηρίων και δεικτών αποδοτικότητας.	26
Πίνακας 4. Παραδείγματα της σχέσης μεταξύ των κριτηρίων και των δεικτών αποδοτικότητας στα συσχετισμένα συστήματα.	27
Πίνακας 5. Κριτήρια για καλή απόδοση του συστήματος σύμφωνα με τον τύπο του ενδιαφερομένου.	28
Πίνακας 6. Ορολογία (εσωτερικοί δείκτες).	32
Πίνακας 7. Κατηγορίες διατύπωσης δεικτών αποδοτικότητας.	33

Σχήματα

Σχήμα 1. Τα στάδια ενός πλαισίου αξιολόγησης.	11
Σχήμα 2. Η αποδοτικότητα άρδευσης στο ευρύτερο θεσμικό πλαίσιο.	25
Σχήμα 3. Ορολογία χρήσης των αδιάστατων δεικτών αποδοτικότητας.	31
Σχήμα 4. Η αλλαγή στο χρόνο μιας παραμέτρου (βάθος υπόγειου νερού) και σύγκρισή της με το σχετικό κρίσιμο επίπεδο (για να αποφευχθεί η αλατότητα).	31

Εξισώσεις

Εξίσωση 1. Δείκτης απόδοσης νερού ενός συστήματος.	15
Εξίσωση 2. Παραλλαγή του δείκτη απόδοσης με ενσωμάτωση των αρνητικών συνεπειών της υπεράρδευσης.	15
Εξίσωση 3. Παραγωγή ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης.	35
Εξίσωση 4. Παραγωγή ανά μονάδα διαθέσιμης έκτασης.	36
Εξίσωση 5. Παραγωγή ανά μονάδα προμήθειας αρδευτικού νερού.	36
Εξίσωση 6. Παραγωγή ανά μονάδα νερού κατανάλωσης.	36
Εξίσωση 7. Τυποποιημένη μεικτή τιμή της παραγωγής.	37
Εξίσωση 8. Σχετική προμήθεια νερού.	38
Εξίσωση 9. Σχετική προμήθεια αρδευτικού νερού.	38
Εξίσωση 10. Αρδευτική ικανότητα για τη διανομή του νερού.	39
Εξίσωση 11. Μεικτή παραγωγή ως επιστροφή στην επένδυση.	40
Εξίσωση 12. Οικονομική αυτάρκεια.	40
Εξίσωση 13. Δείκτης αξιοπιστίας.	43
Εξίσωση 14. Δείκτης ελαστικότητας του συστήματος.	43
Εξίσωση 15. Δείκτης ευαισθησίας του συστήματος.	43
Εξίσωση 16. Αξιοπιστία (Molden και Gates, 1990).	44
Εξίσωση 17. Πρώτος δείκτης αξιοπιστίας (Bos et al., 1994).	44
Εξίσωση 18. Δεύτερος δείκτης αξιοπιστίας (Bos et al., 1994).	45

Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι στις Μεσογειακές περιοχές και σε άλλες με έντονα ξηροθερμικό κλίμα, το μεγαλύτερο κομμάτι του καταναλισκόμενου νερού χρησιμοποιείται από τη γεωργία. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαφορετικών χρήσεων του νερού σε συνδυασμό με τη μείωση της γεωργικής γης λόγω της επέκτασης του αστικού και βιομηχανικού ιστού, αποτελούν μία σημαντική «πρόκληση» για τους διαχειριστές των μεγάλων αρδευτικών δικτύων (Στεφοπούλου, 2013).

Ήδη η πλειοψηφία των μεγάλων αρδευτικών δικτύων αδυνατεί να προσφέρει στους χρήστες το επίπεδο των υπηρεσιών για το οποίο σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε. Εκ των πραγμάτων, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή του νερού με σκοπό την άρδευση των καλλιεργειών πρέπει να βελτιωθεί. Επιπλέον, η λειτουργία των αρδευτικών δικτύων πρέπει να αξιολογείται και να παρακολουθείται συνεχώς, ακόμα και σε καινούργια αρδευτικά δίκτυα που λειτουργούν βάσει των προδιαγραφών τους και που δεν παρουσιάζουν προβλήματα στη λειτουργία τους. Με τη συνεχή παρακολούθηση και αξιολόγηση της λειτουργίας τους, δίνεται η δυνατότητα στο διαχειριστή του δικτύου να προγραμματίζει με ακρίβεια και έγκαιρα τις επεμβάσεις εκσυγχρονισμού του δικτύου καθώς επίσης και να οργανώνει τη λειτουργία του δικτύου με τρόπο που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χρηστών σε κάθε καλλιεργητική περίοδο. Η απόδοση της λειτουργίας των αρδευτικών δικτύων είναι μια εξαιρετικά σημαντική παράμετρος για την αύξηση της παραγωγής και κατά συνέπεια του εισοδήματος των παραγωγών, ιδιαίτερα σε συνθήκες περιορισμένης διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων και ανταγωνισμού μεταξύ διαφορετικών χρήσεων (γεωργία, βιομηχανία, τουρισμός, κ.ά.) (Στεφοπούλου, 2013).

Για την αρδευόμενη γεωργία, ο στόχος είναι να συνεισφέρει στην αύξηση της παραγωγής αγροτικών προϊόντων υψηλής ποιότητας, κατά συνέπεια και στην αύξηση τους εισοδήματος των παραγωγών, εξασφαλίζοντας παράλληλα την αιφορία του φυσικού πόρου και φροντίζοντας να μην αυξάνει το περιβαλλοντικό κόστος. Σημείο εκκίνησης για την επίτευξη των παραπάνω στόχων είναι η βελτίωση της εφαρμογής του αρδευτικού νερού εντός των αρδευτικών συστημάτων (Στεφοπούλου, 2013). Για να γίνει αυτό πρέπει να αξιολογηθεί η λειτουργία και η αποδοτικότητα των αρδευτικών δικτύων.

Με τον όρο «αξιολόγηση της λειτουργίας» (performance assessment) εννοούμε τη συστηματική παρακολούθηση, καταγραφή και ερμηνεία των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του δικτύου με στόχο τη βελτίωση της λειτουργίας τους. Η αξιολόγηση της λειτουργίας των αρδευτικών δικτύων θα πρέπει να προσφέρει χρήσιμα και αξιόπιστα στοιχεία για τη χρήση του νερού σε όλα τα επίπεδα της διαχείρισης του αρδευτικού δικτύου (από το χρήστη μέχρι το διαχειριστή του συστήματος). Σύμφωνα με τους Murrey-Rust και Snellen (1993) οι πληροφορίες που προκύπτουν από την αξιολόγηση της λειτουργίας ενός αρδευτικού συστήματος πρέπει να απαντούν σε δύο ερωτήματα:

1. Διαχειρίζομαι το δίκτυο όπως θα έπρεπε;
2. Κάνω τις σωστές επεμβάσεις/παρεμβάσεις στη λειτουργία του δικτύου;

Το πρώτο ερώτημα εξασφαλίζει την εύρυθμη επιχειρησιακή λειτουργία του δικτύου και στόχος του είναι να αναδείξει εάν το επίπεδο των υπηρεσιών που προσφέρει το δίκτυο ανταποκρίνεται στους στόχους και στις ανάγκες που έχουν διαμορφωθεί. Το δεύτερο ερώτημα στοχεύει στον επιτυχή στρατηγικό σχεδιασμό των μελλοντικών επεμβάσεων από τους διαχειριστές του δικτύου. Το ερώτημα αυτό στοχεύει στην αποτελεσματική αναθεώρηση των μακροπρόθεσμων στόχων του δικτύου (πχ. αλλαγή κτηματολογίου, διαφοροποίηση των αναγκών των αγροτών, κ.ά.) (Στεφοπούλου, 2013).

Η αποδοτικότητα του συστήματος σχετίζεται τόσο με τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα εκτελεί συγκεκριμένες δραστηριότητες αλλά και το βαθμό στον οποίο αυτό έχει εκπληρώσει συγκεκριμένες απαιτήσεις. Επομένως, η αποδοτικότητα ενός συστήματος μπορεί να οριστεί ως μέτρο τόσο του βαθμού ικανοποίησης των στόχων των αποτελεσμάτων (ικανοποίηση πελατών) αλλά και της διαχείρισης των διαθέσιμων πόρων (αποδοτικότητα) (Abernethy, 1989) (Ντάντος, 2012).

Η χαμηλή αποδοτικότητα των αρδευτικών συστημάτων μπορεί να παρατηρηθεί είτε σε επίπεδο κατανομής του νερού είτε σε επίπεδο συστήματος σύμφωνα με μελέτες πεδίου που έχουν πραγματοποιηθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων και από το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης των Αρδεύσεων (IIMI, 1995; FAO, 2003). Το θέμα της χαμηλής αποδοτικότητας στην άρδευση έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον των επενδυτών, διαχειριστών και χρηστών νερού παγκοσμίως. Καθώς ο πληθυσμός αυξάνει σε ένα πεπερασμένο κόσμο, η ανάγκη για πιο αποτελεσματική και αποδοτική χρήση των πόρων (έδαφος, νερό) πρέπει να επιτευχθεί άμεσα (Ντάντος, 2012).

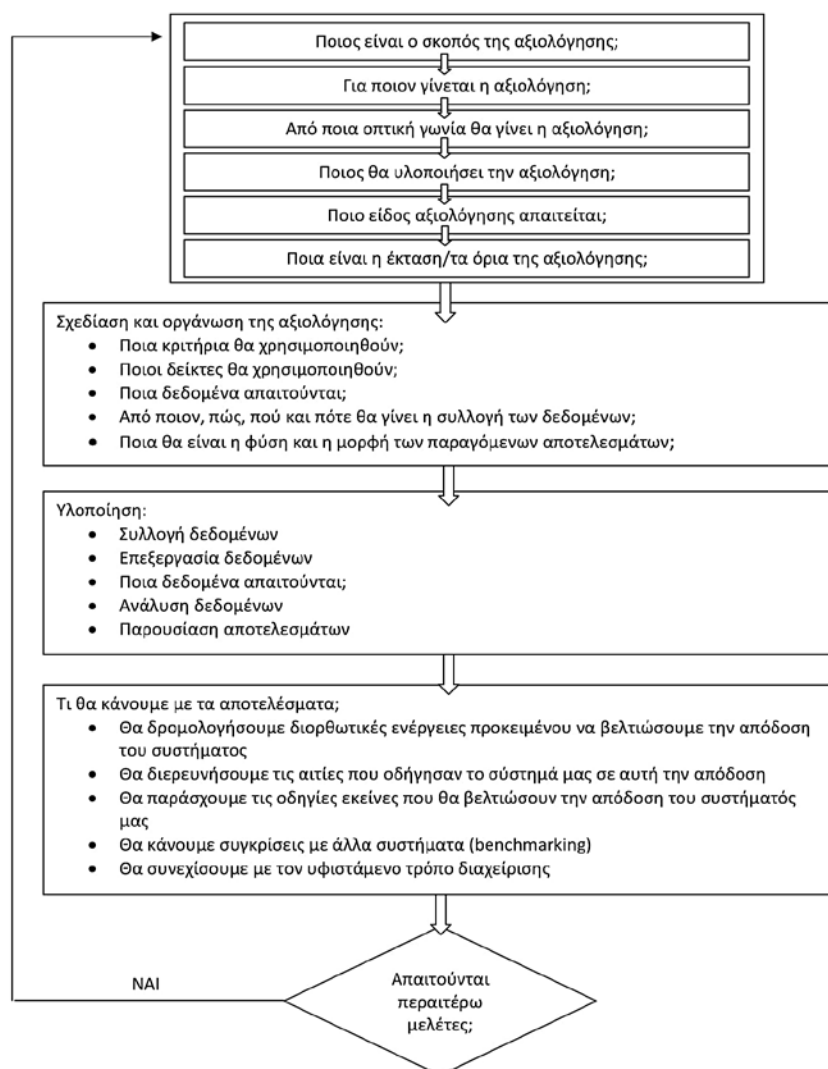
Πλαίσιο αξιολόγησης αρδευτικών δικτύων

Με τον προσδιορισμό του πλαισίου αξιολόγησης έχει ασχοληθεί ένας μεγάλος αριθμός ερευνητών (Bottrall, 1981; Abernethy, 1984; Oad και McCornick, 1989; Svendsen, 1990; Small και Svendsen, 1992; Murray-Rust και Snellen, 1993; Burton et al., 2000; Burton και Mututwa, 2002) (Στεφοπούλου, 2013).

Τα στάδια ενός πλαισίου αξιολόγησης αναφέρονται στη συνέχεια (Bos et al., 2005) (Στεφοπούλου, 2013):

1. Σκοπός και στρατηγική
2. Σχεδιασμός και προγραμματισμός
3. Υλοποίηση
4. Εφαρμογή
5. Περαιτέρω ενέργειες

Τα στάδια αυτά περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια (Σχήμα 1) (Στεφοπούλου, 2013):



Πηγή: Στεφοπούλου, 2013.

Σχήμα 1. Τα στάδια ενός πλαισίου αξιολόγησης.

Σκοπός και στρατηγική: Το πρώτο στάδιο στη δημιουργία του πλαισίου αξιολόγησης της λειτουργίας είναι να προσδιοριστεί με σαφήνεια ο σκοπός της αξιολόγησης. Έτσι, αρχικά πρέπει να αποφασιστεί ο σκοπός της αξιολόγησης, να οριστούν οι στόχοι της και να γίνει ξεκάθαρο για ποιον γίνεται η αξιολόγηση (πχ. για τους αγρότες, για τους διαχειριστές των έργων, για τους φορείς της δημόσιας διοίκησης που ασχολούνται με τα έργα αυτού του είδους, για ερευνητικούς φορείς, κ.ά.). Επιπλέον, πρέπει να αποφασιστεί από ποιον θα γίνει η αξιολόγηση και ποιο θα είναι το είδος της. Οι Small και Svendsen (1992) διακρίνουν πέντε διαφορετικά είδη αξιολόγησης:

1. Λειτουργική (Operational): Σχετίζεται με τον καθημερινό (ή σε επίπεδο καλλιεργητικής περιόδου) έλεγχο και την αξιολόγηση του έργου.
2. Λογοδοσίας (Accountability): Γίνεται αξιολόγηση των υπευθύνων για τη διαχείριση του έργου.
3. Παρεμβατική (Intervention): Γίνεται για να βοηθηθούν οι υπεύθυνοι ώστε να αποφασίσουν ενισχύσεις προκειμένου να βελτιώσουν τη λειτουργία και την αποδοτικότητα του έργου.
4. Βιωσιμότητας (Sustainability): Εστιάζεται στη βιώσιμη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και τις συνέπειες από τη χρήση τους.
5. Διαγνωστική (Diagnostic): Στόχος της είναι να καταγράψει τις αιτίες που προκαλούν συγκεκριμένες συμπεριφορές του έργου. Με τον εντοπισμό και την καταγραφή τους γίνεται ευκολότερη η διαχείρισή τους (Στεφοπούλου, 2013).

Επίσης, είναι εξαιρετικά σημαντικό να οριστεί από την αρχή εάν το πλαίσιο αξιολόγησης που δημιουργείται αφορά ένα συγκεκριμένο έργο (internal analysis) ή ένα μεγαλύτερο αριθμό έργων που συγκρίνονται ως προς τη λειτουργία τους (external analysis). Η εσωτερική ή εξωτερική αξιολόγηση θα καθορίσει την επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης (Στεφοπούλου, 2013).

Τέλος, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν η έκταση και τα όρια του πλαισίου αξιολόγησης. Τα όρια του πλαισίου μπορεί να είναι χωρικά ή χρονικά (Στεφοπούλου, 2013).

Σχεδιασμός και προγραμματισμός:

Στο στάδιο αυτό πρέπει να προσδιοριστούν τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν, οι δείκτες αξιολόγησης που θα υιοθετηθούν, τα δεδομένα που θα χρειαστούν, πώς θα γίνεται η συλλογή τους και τέλος, πώς θα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα (Στεφοπούλου, 2013).

Παραδείγματα ευρέως χρησιμοποιούμενων κριτηρίων είναι η επάρκεια (Adequacy), η αποδοτικότητα (Efficiency), η αξιοπιστία (Dependability) και άλλα. Η σύνδεση μεταξύ των κριτηρίων και των δεικτών αξιολόγησης που θα χρησιμοποιηθούν είναι πολύ σημαντική και εξαρτάται από τον τύπο της αξιολόγησης που επιδιώκεται. Ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων (γραφήματα, πίνακες, κ.ά.) εξαρτάται όπως είναι λογικό από το κοινό στο οποίο απευθύνεται η ανάλυση (Στεφοπούλου, 2013).

Υλοποίηση: Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη συλλογή των δεδομένων, την επεξεργασία τους, την ανάλυση και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων (Στεφοπούλου, 2013).

Εφαρμογή: Στο στάδιο αυτό και ανάλογα με τα αποτελέσματα της υλοποίησης, μπορούν να γίνουν διορθωτικές παρεμβάσεις όπως για παράδειγμα να οριστούν εκ νέου οι στρατηγικοί και λειτουργικοί στόχοι του πλαισίου αξιολόγησης. Επιπλέον, στο στάδιο αυτό ανήκει η εφαρμογή των κατάλληλων

διορθωτικών μέτρων για τη βελτίωση της λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος βάσει των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης. Έτσι, στο στάδιο αυτό προγραμματίζονται και πραγματοποιούνται έργα ανάταξης και εκσυγχρονισμού του δικτύου καθώς επίσης και έργα ενίσχυσης του δικτύου, αλλά και επιπλέον εκπαίδευσης του προσωπικού (Στεφοπούλου, 2013).

Στο στάδιο αυτό ανήκει η σχετικά πρόσφατη διαδικασία της συγκριτικής αξιολόγησης (benchmarking), η οποία ορίζεται ως η διαδικασία που μας επιτρέπει να βελτιώνουμε τη λειτουργική επάρκεια ενός έργου βασιζόμενοι στη λειτουργική επάρκεια που εμφάνισε αυτό ή άλλα παρόμοια έργα στο παρελθόν (Malano και Burton, 2001). Όπως είναι λογικό, το βασικό εργαλείο για την συγκριτική αξιολόγηση είναι οι δείκτες αξιολόγησης της λειτουργίας. Η επιλογή των δεικτών άλλωστε θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να αναδείξει τις διαφορές μεταξύ των αρδευόμενων περιοχών που συγκρίνονται. Συγκριτική αξιολόγηση κάποιων περιοχών έχει εφαρμοστεί για αρδευόμενες περιοχές της Ισπανίας (Rodriguez-Diaz et al., 2004; Rodriguez-Diaz et al., 2008) αλλά και για άλλες περιοχές του κόσμου (Murray-Rust and Snellen, 1993; LWRRDC, 1998; Molden et al., 1998; Sakthivadivel et al., 1999; Malano and Burton, 2001) (Στεφοπούλου, 2013).

Περαιτέρω ενέργειες: Σε κάποιες περιπτώσεις η αξιολόγηση ενός έργου μπορεί να αναδείξει προβλήματα ή κινδύνους που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν απλώς με τη λήψη πρόσθετων μέτρων, αλλά μπορεί να χρειάζεται σύνταξη μελέτης και τη διενέργεια επιπλέον ερευνών (Στεφοπούλου, 2013).

Ανασκόπηση των εξελίξεων στο χώρο των δεικτών αξιολόγησης της άρδευσης

Για να αξιολογηθεί και να περιγραφεί η λειτουργία των αρδευτικών έργων στο σύνολό της απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός δεικτών αξιολόγησης προκειμένου να καλυφθούν όλα τα επίπεδα λειτουργίας και διαχείρισης του έργου. Ο Levine (1982) κάνει μια λεπτομερή περιγραφή του όρου «σχετική παροχή νερού» (Relative water supply-RWS) την οποία ορίζει ως το λόγο του παρεχόμενου όγκου νερού προς το ζητούμενο όγκο νερού. Τόσο ο διαθέσιμος όγκος νερού όσο και οι απαιτούμενες ποσότητες νερού αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των αρδευτικών συστημάτων, ωστόσο από μόνοι τους οι όροι αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση της αποδοτικότητας των αρδευτικών συστημάτων. Εάν όμως συνδυαστούν προσφέρουν πολύτιμη πληροφορία για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών. Ο Levine (1982) επισημαίνει ότι ο αντίστροφος λόγος της σχετικής παροχής νερού (RWS), είναι ο δείκτης «αποδοτικότητας χρήσης νερού» (Water Use Efficiency-WUE) (Στεφοπούλου, 2013).

Άλλοι ερευνητές κάνουν εκτενή χρήση αδιάστατων δεικτών αξιολόγησης, όπως ο Garces (1983) ο οποίος διακρίνει το αρδευτικό σύστημα σε τέσσερις συνιστώσες ως εξής: νερό, άνθρωπος, περιβάλλον και οικονομία. Για την αξιολόγηση κάθε μίας από αυτές τις συνιστώσες προτείνει τη χρήση διαφορετικών δεικτών. Συγκεκριμένα, για τη συνιστώσα νερό ορίζει τρεις δείκτες αξιολόγησης: την παραγωγικότητα (productiveness), την ευθυδικία (equity), και την απόδοση (efficiency). Για τη συνιστώσα άνθρωπος προτείνει τη χρήση ενός δείκτη, τον οποίο ονομάζει απόκριση (response). Με τον όρο «απόκριση» προσδιορίζεται η ικανότητα της συνιστώσας να αποκρίνεται στις δυναμικές διεργασίες που αφορούν τη λήψη αποφάσεων και κατά συνέπεια η ικανότητα της συνιστώσας αυτής να υλοποιεί ένα σύνολο αποφάσεων που θα οδηγήσουν στη βελτίωση της λειτουργικής κατάστασης του αρδευτικού συστήματος. Για την αξιολόγηση της συνιστώσας «περιβάλλον», προτείνεται η χρήση δεικτών που προσδιορίζουν τις συνέπειες που έχουν στο περιβάλλον οι αρδευτικές πρακτικές που υιοθετούνται. Τέλος, για τη συνιστώσα «οικονομία» προτείνει τη χρήση του δείκτη «κάλυψη του κόστους» (cost recovery) (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Merriam et al. (1983) προτείνουν μεθόδους για την αξιολόγηση των αρδευτικών συστημάτων και των πρακτικών άρδευσης, ενώ οι Malhotra et al. (1984) προτείνουν μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση μεγάλων αρδευτικών συστημάτων χρησιμοποιώντας σαν case study ένα μεγάλο αρδευτικό σύστημα στη βορειοδυτική Ινδία. Στη μεθοδολογία αυτή βασίστηκαν οι Seckler et al. (1988) οι οποίοι προτείνουν ένα δείκτη για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας σε επίπεδο διαχείρισης του δικτύου. Οι κανόνες στους οποίους στηρίζονται για τον ορισμό του δείκτη είναι αυτοί που περιγράφονται στη συνέχεια:

- Τα «θετικά» σφάλματα, δηλαδή μεγαλύτερη παροχέτευση νερού από την απαιτούμενη, εξετάζονται όμοια με τα «αρνητικά» σφάλματα (μικρότερη παροχέτευση νερού από την απαιτούμενη).
- Τα μεγάλα σφάλματα (είτε θετικά, είτε αρνητικά) έχουν μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας από τα μικρότερα σφάλματα.
- Ο δείκτης που προτείνεται πρέπει να δίνεται με τη μορφή ποσοστού, για να είναι περισσότερο εύληπτος.

- Για τον προσδιορισμό του δείκτη καλό θα ήταν οι επιμέρους παράμετροι να μπορούν να εκτιμηθούν στο χωράφι από το προσωπικό που ασχολείται με τη διαχείριση του έργου (Στεφοπούλου, 2013).

Ο Lenton (1984) προσδιορίζει το δείκτη απόδοσης της διανομής νερού ενός συστήματος (water delivery performance-WDP). Για να προσδιορίσει το δείκτη αυτό ξεκινά προσεγγίζοντας το δείκτη σε επίπεδο αγροτεμαχίου και τελικά καταλήγει να εφαρμόζει το δείκτη σε ολόκληρο το αρδευτικό σύστημα.

$$WDP_i = \sum_{t=1}^n \frac{K(t)V_i(t)}{V_i^*(t)}$$

Εξίσωση 1. Δείκτης απόδοσης νερού ενός συστήματος.

Όπου:

- $V_i(t)$: ο όγκος του νερού που διανέμεται στο αγροτεμάχιο i κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου t της καλλιεργητικής περιόδου.
- $V_i^*(t)$: ο όγκος του νερού που θα έπρεπε να διανέμεται στο αγροτεμάχιο i κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου t της καλλιεργητικής περιόδου, βάσει των αρδευτικών αναγκών της καλλιέργειας και των υφιστάμενων συνθηκών του περιβάλλοντος (τύπος εδάφους, βροχόπτωση, κ.ά.).
- $K(t)$: Συντελεστής βαρύτητας που δείχνει τη σημασία της άρδευσης στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας (Στεφοπούλου, 2013).

Στη συνέχεια και προκειμένου να ενσωματώσει στον παραπάνω δείκτη τις αρνητικές συνέπειες της υπεράρδευσης, πρότεινε την παρακάτω παραλλαγή του δείκτη (Στεφοπούλου, 2013):

$$WDP_i = \sum_{t=1}^n \varepsilon_i(t)$$

Εξίσωση 2. Παραλλαγή του δείκτη απόδοσης με ενσωμάτωση των αρνητικών συνεπειών της υπεράρδευσης.

όπου:

$$\varepsilon_i(t) = \frac{K(t)V_i(t)}{V_i^*(t)}, \varepsilon\Phi\upsilon V_i(t) \leq V_i^*(t) \text{ και } \varepsilon_i(t) = \frac{K(t)V_i^*(t)}{V_i(t)}, \varepsilon\Phi\upsilon V_i(t) \geq V_i^*(t)$$

Ο Plusquellec (1989, 1990) έχει ασχοληθεί με την αξιολόγηση μεγάλων αρδευτικών συστημάτων που λειτουργούν με τη βαρύτητα. Διάφοροι δείκτες αξιολόγησης εφαρμόζονται σε έξι διαφορετικές χώρες με διαφορετικές κλιματικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Clemmens και Bos (1990) διακρίνουν δύο συνιστώσες της λειτουργικής επάρκειας ενός αρδευτικού έργου. Την απόδοση του προγράμματος διανομής και την απόδοση της λειτουργίας του δικτύου. Ο λόγος των πραγματικών προς τις επιδιωκόμενες ποσότητες (παροχής, πίεσης, κ.λπ.) περιγράφουν κατά πόσο ο τρόπος διαχείρισης του έργου και οι υφιστάμενες υποδομές είναι σε θέση να διανείμουν αξιόπιστα το αρδευτικό νερό. Ο λόγος των επιδιωκόμενων τιμών προς αυτές που απαιτούνται σε επίπεδο αγροτεμαχίου χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του προγράμματος διανομής. Τέλος, το προϊόν αυτών των δύο λόγων είναι ένα μέτρο αξιολόγησης της συνολικής λειτουργικής απόδοσης του αρδευτικού έργου. Στο πλαίσιο αυτών των συνιστωσών περιγράφουν τα δεδομένα που πρέπει να συλλέγονται για την αξιολόγηση της απόδοσης των δικτύων, τις στατιστικές μεθόδους για την ανάλυση των δεδομένων αυτών και τέλος τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να «μεταφράζονται» τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Οι δείκτες αξιολόγησης που προτείνονται έχουν σαν στόχο την ανάδειξη των δυνατών και αδύνατων σημείων στη λειτουργία του έργου και κατά συνέπεια λειτουργούν σαν ένας τρόπος εκτίμησης της ποιότητας της λειτουργίας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Τα τμήματα του δικτύου που εμφανίζουν χαμηλή λειτουργική απόδοση είναι προφανώς αυτά για τα οποία θα πρέπει να γίνουν αλλαγές προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση της λειτουργίας τους (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Molden και Gates (1990) αναπτύσσουν δείκτες αξιολόγησης της λειτουργίας αρδευτικών συστημάτων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό νέων συστημάτων ή για τον εκσυγχρονισμό υφιστάμενων αρδευτικών δικτύων. Προκειμένου να ορίσουν τους κατάλληλους δείκτες, ξεκινούν από τον προσδιορισμό των στόχων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαχείριση των αρδευτικών δικτύων διανομής νερού. Συγκεκριμένα, ορίζονται τέσσερα κριτήρια όπως περιγράφονται στη συνέχεια:

- **Επάρκεια (Adequacy):** Βασικός στόχος ενός αρδευτικού συστήματος είναι να διανείμει τις απαιτούμενες ποσότητες νερού προκειμένου να αρδευτούν με επάρκεια οι καλλιέργειες. Η ποσότητα νερού που απαιτείται είναι συνάρτηση των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών, της έκτασης που αρδεύεται, των γεωργικών πρακτικών, των υδραυλικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται, των απωλειών νερού κατά την εφαρμογή, τη μεταφορά και τη διανομή, και άλλων παραγόντων.
- **Αποδοτικότητα (Efficiency):** Η σωστή χρήση των υδατικών πόρων για άρδευση, οδηγεί σε μείωση του κόστους για αρδευτικές υποδομές, ενώ η εξοικονόμηση νερού έχει σαν συνέπεια να υπάρχει περισσότερο διαθέσιμο νερό για την κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό. Η αποδοτικότητα στη μεταφορά του αρδευτικού νερού για παράδειγμα, περιγράφει την ποσότητα του νερού που χάνεται κατά τη μεταφορά του.
- **Αξιοπιστία (Dependability):** Αξιοπιστία του δικτύου επιτυγχάνεται όταν υπάρχει χρονική ομοιομορφία στο λόγο της ποσότητας του νερού που μεταφέρεται προς αυτή που απαιτείται. Βάσει αυτού του κριτηρίου, ένα αρδευτικό σύστημα που λειτουργεί με συνέπεια, θεωρείται και αξιόπιστο. Έτσι, ένα αρδευτικό σύστημα που συστηματικά διανέμει ποσότητες νερού μικρότερες από τις απαιτούμενες, είναι περισσότερο επιθυμητό από ένα σύστημα που κατά μέσο όρο διανέμει τις απαραίτητες ποσότητες νερού αλλά με μη προβλέψιμο τρόπο. Στην

- **Δικαιοσύνη (Equity):** Με τον όρο αυτό ορίζεται η διανομή του νερού με δίκαιο τρόπο σε όλους τους χρήστες του συστήματος. Ο στόχος αυτός εμφανίζει σημαντικές δυσκολίες στην ποσοτικοποίησή του, καθώς μεταφράζεται συνήθως υποκειμενικά ανάλογα με την προσέγγιση που ακολουθείται. Ο όρος δικαιοσύνη, ορίζεται ως η χωρική ομοιομορφία του λόγου της μεταφερόμενης ποσότητας νερού προς αυτή που απαιτείται (Στεφانوπούλου, 2013).

Οι πιο ευρέως διαδεδομένοι δείκτες για την αρδευτική αποδοτικότητα έχουν προταθεί από τους Bos και Nugteren (1990). Το σύνολο των δεικτών που προτάθηκαν αποτελούν το αποτέλεσμα μια κοινής προσπάθειας τριών φορέων, του ICID (International Commission on Irrigation and Drainage, του Πανεπιστημίου του Wageningen και του ILRI (International Institute for Land Reclamation and Improvement). Οι Bos και Nugteren διαχωρίζουν τη συνολική αποδοτικότητα ενός αρδευτικού έργου σε συνιστώσες και στη συνέχεια περιγράφουν την αποδοτικότητα των διαφορετικών τμημάτων του συστήματος διανομής νερού. Διακρίνουν λοιπόν τρεις συνιστώσες του συστήματος διανομής νερού, τη μεταφορά, τη διανομή και την εφαρμογή του νερού στο χωράφι. Σ' αυτό το πλαίσιο, ορίζουν διάφορους δείκτες όπως για παράδειγμα την αποδοτικότητα στη μεταφορά (e_c), στη διανομή (e_d) και στην εφαρμογή του νερού στο χωράφι (e_a). Παρουσιάζουν επίσης συνδυαστικούς δείκτες όπως είναι η τριτεύουσα αποδοτικότητα (tertiary unit efficiency) που αποτελεί ένα συνδυασμό της αποδοτικότητας διανομής και εφαρμογής του νερού, την αποδοτικότητα του αρδευτικού δικτύου που αποτελεί συνδυασμό της αποδοτικότητας μεταφοράς και διανομής και τέλος τη συνολική αποδοτικότητα του αρδευτικού έργου (overall project efficiency) ο οποίος περιγράφει τη συνολική απόδοση του συστήματος από την πηγή του νερού μέχρι τη ζώνη των καλλιεργειών (Στεφοπούλου, 2013).

Ο Βος (1997) προτείνει ένα σύνολο 40 δεικτών αξιολόγησης οι οποίοι καλύπτουν τη διανομή του αρδευτικού νερού, την απόδοση στην εφαρμογή του νερού, τη συντήρηση, τη βιωσιμότητα της άρδευσης, περιβαλλοντικές και οσοιο-οικονομικές πτυχές της άρδευσης, και τέλος τη διαχείριση των αρδευτικών δικτύων. Προτείνεται η χρήση μέρους των δεικτών αξιολόγησης που περιγράφονται ανάλογα με τις ανάγκες της αξιολόγησης. Ο αριθμός των δεικτών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από το επίπεδο της λεπτομέρειας που επιδιώκεται καθώς επίσης και τον αριθμό των παραγόντων που τίθενται προς αξιολόγηση (πχ. υδατικό ισοζύγιο, περιβάλλον, διαχείριση, κ.ά.) (Στεφοπούλου, 2013).

17

άμεσα διαθέσιμα και μπορούν να αναλυθούν με ευκολία. Εφαρμόζουν τους δείκτες που προτείνουν σε 18 αρδευτικά συστήματα και τα αποτελέσματα δείχνουν μεγάλη ετερογένεια στην αξιοπιστία των συστημάτων αυτών. Οι δείκτες που προτείνουν στοχεύουν στην ανάδειξη των τάσεων εντός ενός αρδευτικού συστήματος, ώστε να προκύψουν τα τμήματα του έργου που χρειάζονται περεταίρω ανάλυση (Στεφοπούλου, 2013).

Αργότερα, οι Clemmens και Molden (2007) ασχολήθηκαν με την ομοιομορφία στην άρδευση και εξέτασαν την αλληλλοσυσχέτιση μεταξύ ομοιομορφίας σε επίπεδο αρδευτικού έργου και νερού που παροχετεύεται σε επίπεδο αγροτεμαχίου καθώς επίσης και με τη συνδυασμένη επίδραση αυτών στην παραγωγικότητα του έργου. Για να το κάνουν αυτό διακρίνουν δύο προσεγγίσεις στην αξιολόγηση της λειτουργίας ενός έργου, η πρώτη απαντά στο ερώτημα πόσο καλά γίνεται η μεταφορά του νερού ενώ η δεύτερη ασχολείται με τα αποτελέσματα της άρδευσης σε ότι αφορά την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα των υδατικών πόρων. Αυτές τις δύο συνιστώσες τις αναφέρουν ως εσωτερική και εξωτερική λειτουργία αντίστοιχα. Επιπλέον, η πρώτη συνιστώσα, αυτή της μεταφοράς νερού αντιμετωπίζεται με τους όρους που προσδιορίζουν την επάρκεια, τη δικαιοσύνη στη διανομή του νερού και την αξιοπιστία των παρεχόμενων υπηρεσιών. Η δεύτερη συνιστώσα ασχολείται με την ποσότητα της παραγωγής από μια έκταση ανάλογα με τις εισροές νερού στο τμήμα αυτό (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Urrestarazu et al. (2009) προτείνουν μια μεθοδολογία για την εκτίμηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών σε ένα αρδευτικό σύστημα διανομής νερού. Η μεθοδολογία αυτή στηρίζεται σε ένα σύνολο δεικτών που έχουν αναπτύξει βασιζόμενοι σε δείκτες που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση υδρευτικών δικτύων και διακρίνονται σε αυτούς που περιγράφουν το ίδιο το δίκτυο και σε αυτούς που περιγράφουν τη λειτουργία του δικτύου. Οι δείκτες αυτοί υπολογίζονται περιοδικά ή σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, χρησιμοποιούν τη μεθοδολογία αυτή σε ένα αρδευτικό δίκτυο της Ισπανίας (Στεφοπούλου, 2013).

Η έννοια της αποδοτικότητας

Γενικά

Γενικότερα, η αξιολόγηση της αποδοτικότητας θα μπορούσε να οριστεί ως η συστηματική παρατήρηση, τεκμηρίωση και ερμηνεία των σχετικών δραστηριοτήτων της αρδευόμενης γεωργίας με σκοπό τη διαρκή βελτίωση (Malano και Burton, 2001). Ένας γενικός ορισμός που θα μπορούσε να δοθεί στη συγκριτική αξιολόγηση (Benchmarking) είναι μια συστηματική διαδικασία με σκοπό την επίτευξη της συνεχόμενης βελτίωσης στον αρδευτικό τομέα μέσω της σύγκρισης με σχετικούς και επιτεύξιμους εσωτερικούς ή εξωτερικούς στόχους, κανόνων και προτύπων (Malano et al., 2004). Η συγκριτική αξιολόγηση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διαφορετικών μεθόδων όπως είναι οι δείκτες αποδοτικότητας, η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων και η Θεωρία Ασαφών Συνόλων. Η κάθε μια από αυτές τις μεθοδολογίες ακολουθεί μια διαφορετική διαδικασία προσέγγισης της αποδοτικότητας λόγω της θεώρησης διαφορετικών παραμέτρων και της ξεχωριστής προσέγγισης των διαχειριστικών στόχων (Ντάντος, 2012).

Αρχικά, οι δείκτες αποδοτικότητας αποτελούν κύριο εργαλείο για τη μέτρηση και την περιγραφή της αποδοτικότητας. Οι δείκτες παρέχουν ένα μέτρο της ποιότητας και της ποσότητας των στόχων οι οποίοι πρέπει να συνοδεύονται ταυτόχρονα από τα κατάλληλα πρότυπα εσωτερικά ή εξωτερικά. Ο προσδιορισμός των δεικτών πραγματοποιείται μέσω της μέτρησης του βαθμού ικανοποίησης των καθορισμένων μέτρων-κριτηρίων όπως (ισότητα, επάρκεια, αξιοπιστία, αποδοτικότητα, παραγωγικότητα, βιωσιμότητα). Οι εσωτερικοί δείκτες αποδοτικότητας εξετάζουν κυρίως τις εσωτερικές διαδικασίες των αρδευτικών συστημάτων οι οποίες σχετίζονται με την αποδοτικότητα με τους λειτουργικούς εσωτερικούς στόχους όπως είναι ο χρόνος, η διάρκεια, το ποσοστό της αρδευτικής παροχής, ενώ οι εξωτερικοί (συγκριτικοί) δείκτες χρησιμοποιούνται για να συσχετίσουν τις εκροές και τις εισροές ενός συστήματος εντός ενός συνόλου συστημάτων. Πολλοί δείκτες που σχετίζονται με αυτά τα μέτρα έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές (Abemethy, 1986; Seckler et al., 1988; Zhi, 1988; Molden και Gates, 1990; Perry 1996; Molden et al., 1998; Sakthivadive1, 1999) (Ντάντος, 2012).

Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για τη μέτρηση της τεχνικής αποδοτικότητας των αρδευτικών συστημάτων είναι η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων που αναπτύχθηκε από τους (Charnes et al., 1978) γύρω από την ιδέα ότι η αποδοτικότητα μιας μονάδας λήψης απόφασης (Decision Making Unit) καθορίζεται από την ικανότητα της να μετατρέψει τις εισροές σε ένα επιθυμητό επίπεδο εκροών βάσει της σχέσης (εκροή/εισροή <1.0). Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων αποσκοπεί στην αξιολόγηση της σχετικής αποδοτικότητας συγκρίσιμων ομοιογενών μονάδων με την ταυτόχρονη θεώρηση πολλαπλών εισροών και εκροών. Ο προσδιορισμός της αποδοτικότητας της κάθε μονάδας πραγματοποιείται μέσω της επίλυσης ενός μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού με σκοπό τον προσδιορισμό του συνόρου αποδοτικότητας (Ντάντος, 2012).

Επιπλέον, μια άλλη μέθοδος συγκριτικής αξιολόγησης είναι η πολυκριτηριακή ανάλυση που συμβάλλει στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων απόφασης παρέχοντας τη δυνατότητα επιμερισμού των προβλημάτων σε απλούστερα ώστε να επιλεγεί το βέλτιστο εναλλακτικό σενάριο-κατάσταση με τη στάθμιση πολλαπλών και κατά κανόνα αντικρουόμενων κριτηρίων (Zoints, 1992). Η μεθοδολογία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη διότι περιλαμβάνει την αβεβαιότητα κατά τη μέτρηση των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων (αρδευτικών συστημάτων) σε κάθε κριτήριο-δείκτη (Ντάντος, 2012).

Μια χαρακτηριστική πολυκριτηριακή μέθοδο ανάλυσης αποφάσεων είναι η Θεωρία Ασαφών Συνόλων η οποία βασίζεται σε μια διμερή (ανά ζεύγη) σύγκριση των εναλλακτικών καθώς και στην εκτίμηση του βαθμού στον οποίο οι τιμές των κριτηρίων και των συσχετιζόμενων βαρών επιβεβαιώνουν ή αναιρούν την κυριαρχία. Η μέθοδος αυτή επιλύει προβλήματα που χαρακτηρίζονται από ασάφεια στον ορισμό συγκεκριμένων μεταβλητών καθώς και είναι κατάλληλη στην αναπαράσταση της ελλιπούς γνώσης για το τύπο που επικρατεί στην ανθρώπινη αντίληψη, διατύπωση και δικαιολόγηση (Ντάντος, 2012).

Αξιολόγηση αποδοτικότητας συστημάτων άρδευσης μέσω δεικτών

Όλα τα προγράμματα αξιολόγησης που σχετίζονται με τη μέτρηση της αποδοτικότητας των συστημάτων άρδευσης προϋποθέτουν έναν αρχικό σχεδιασμό ο οποίος προσδιορίζει, ολόκληρη την διαδικασία διεξαγωγής τους. Ο ορθός σχεδιασμός θα καθορίσει εξ αρχής τους γενικούς σκοπούς και τους ειδικούς - επιμέρους στόχους του κάθε προγράμματος, τα δεδομένα που θα απαιτηθούν αλλά και ταυτόχρονα θα αναλύσει τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας αξιολόγησης της αποδοτικότητας στις διάφορες ομάδες ενδιαφερομένων. Ο μη κατάλληλος σχεδιασμός και η μη θεωρημένη εξέταση των στόχων θα έχει ως αποτέλεσμα την αναποτελεσματική εφαρμογή του προγράμματος λόγω της αποτυχημένης προσπάθειας συλλογής αξιόπιστων και έγκυρων δεδομένων (Ντάντος, 2012).

Στο στάδιο του σχεδιασμού των αρδευτικών προγραμμάτων οι προκαθορισμένοι σκοποί και στόχοι των αρδευτικών συστημάτων χρησιμοποιούνται για να αναπτύξουν ένα σχέδιο κατανομής με σκοπό την ορθή διανομή των εδαφικών και υδατικών πόρων σε διαφορετικές καλλιέργειες σε επίπεδο τριτεουσών διωρύγων. Επομένως, η διανομή του νερού προγραμματίζεται υπό όρους χρονικούς και ποσοτικούς. Η απόδοση των αρδευτικών προγραμμάτων καθορίζεται από φυσικούς, θεσμικούς και διοικητικούς παράγοντες αλλά και από την μεταξύ τους αλληλεπίδραση (Ντάντος, 2012).

Το πρόγραμμα αξιολόγησης της αποδοτικότητας εστιάζεται στη διαχείριση των λειτουργικών διαδικασιών και στη διαχείριση και αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων των αρδευτικών συστημάτων. Κυρίως, το πρόγραμμα αξιολόγησης εστιάζεται στις αιτίες που διαμορφώνουν το επίπεδο της αποδοτικότητας καθώς και στον τρόπο επίτευξής της χωρίς να ξεετάζει τις ενέργειες και τις διαδικασίες που συμβάλλουν σε αυτό το επίπεδο. Επίσης, το πρόγραμμα αξιολόγησης της αποδοτικότητας ξεετάζει ειδικούς τομείς της διαχείρισης των αρδευτικών συστημάτων όπως είναι η ορθή διανομή του νερού στους παραγωγούς αλλά ταυτόχρονα μελετά και τα αποτελέσματα της αγροτικής παραγωγής τα οποία μπορούν να επηρεάσουν και ολόκληρο το σύστημα της αγροτικής οικονομίας (Ντάντος, 2012).

Το πρόγραμμα αξιολόγησης της αποδοτικότητας μπορεί να εφαρμοστεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα τα οποία είναι επίπεδο συστήματος, φορέων και οργανισμών καθώς και διοικητικό. Η μέτρηση της αποδοτικότητας πραγματοποιείται με δείκτες οι οποίοι ξεετάζουν το βαθμό ικανοποίησης διαφόρων καθορισμένων κριτηρίων όπως είναι η διασφάλιση της ισότητας κατά την προμήθεια νερού στους παραγωγούς. Οι δείκτες εκφράζονται μέσω αδιάστατων κλασμάτων και μπορούν να συσχετίσουν την πραγματική τιμή με την επιδιωκόμενη τιμή-στόχος μιας παραμέτρου όταν εφαρμόζονται στην εσωτερική αξιολόγηση η οποία ενδιαφέρεται για το επίπεδο των παρεχόμενων υπηρεσιών των συστημάτων άρδευσης. Αντιθέτως, κατά την εφαρμογή της εξωτερικής αξιολόγησης οι δείκτες συσχετίζουν τις εκροές ενός συστήματος με τις εισροές και συγκρίνουν τα αποτελέσματα των

αρδευτικών παραμέτρων με άλλα συστήματα όπως είναι η παραγωγή ανά μονάδα νερού ή εδάφους. Η εξωτερική αξιολόγηση εστιάζεται στην αποδοτικότητα και παραγωγικότητα χρήσης των διαθέσιμων πόρων (Ντάντος, 2012).

Ο απώτερος σκοπός της αξιολόγησης της αποδοτικότητας είναι να επιτύχει τη διαμόρφωση αποδοτικών, παραγωγικών και αποτελεσματικών συστημάτων άρδευσης και στράγγισης, παρέχοντας σχετική πληροφόρηση για τη διαχείριση σε όλα τα επίπεδα. Υπό αυτήν τη μορφή, η εκτίμηση της αποδοτικότητας μπορεί να βοηθήσει τους διαχειριστές ή τους φορείς χάραξης πολιτικής στον καθορισμό για το κατά πόσο η απόδοση είναι ικανοποιητική και, σε περίπτωση που δεν είναι, να προσδιορίσει τις διορθωτικές ενέργειες (Ντάντος, 2012).

Οριοθέτηση του σκοπού

Σε όλα τα προγράμματα αξιολόγησης της αποδοτικότητας των αρδευτικών συστημάτων απαιτείται αρχικά η οριοθέτηση του γενικού σκοπού και του αντικειμένου μελέτης της αξιολόγησης της αποδοτικότητας. Στο πλαίσιο κατάρτισης ενός προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας θα πρέπει να αναγνωριστούν και να καθοριστούν τρία διαφορετικά επίπεδα στόχων τα οποία έχουν άμεση σύνδεση μεταξύ τους (Bos et al., 2005). Κατά το πρώτο επίπεδο δηλώνεται η ορθολογική βάση του προγράμματος (rationale), μετέπειτα ακολουθεί η περιγραφή του γενικού (συνολικού) σκοπού και τέλος δηλώνονται οι επιμέρους ειδικοί στόχοι. Η ορθολογική βάση περιγράφει την αιτία για την οποία το πρόγραμμα εκτίμησης της αποδοτικότητας εφαρμόζεται. Ο συνολικός σκοπός παρέχει πληροφορίες για τον τρόπο επίτευξης του συνολικού σκοπού του προγράμματος εκτίμησης της αποδοτικότητας, ενώ οι ειδικοί στόχοι παρέχουν λεπτομέρειες για τον τρόπο με τον οποίο οι συνολικοί στόχοι θα επιτευχθούν (Πίνακας 1) (Ντάντος, 2012).

Πίνακας 1. Παράδειγμα επιπέδων στόχων ενός προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας.

Ορθολογική βάση :	Η αποτελεσματική διαχείριση του νερού απαιτείται ώστε όλοι οι γεωργοί μέσα στο σύστημα να βελτιώσουν το επίπεδο διαβίωσης.
Γενικός στόχος:	Ο καθορισμός πιθανών και βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης του νερού, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στη βελτιωμένη αποδοτικότητα της καλλιέργειας και συνεπώς στην αύξηση του εισοδήματος των γεωργών.
Ειδικοί στόχοι:	Η παρακολούθηση της ζήτησης της καλλιέργειας σε νερό και των διανομών του νερού στα σημεία ελέγχου. Ανάλυση της τρέχουσας σχέσης μεταξύ της προμήθειας του νερού και της ζήτησης, και αναγνώριση περιοχών για βελτίωση. Διατύπωση στρατηγικών για βελτίωση. Εφαρμογή της στρατηγικής. Παρακολούθηση και αξιολόγηση.

Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012.

Σκοπιά αντίληψης και φορείς εκτέλεσης του προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας

Πολλά από τα προγράμματα αξιολόγησης της αποδοτικότητας σχεδιάζονται και εφαρμόζονται με σκοπό την επίτευξη πολλαπλών στόχων οι οποίοι είναι συχνά αντικρουόμενοι - ανταγωνιστικοί

μεταξύ τους, οπότε απαιτείται η κατάλληλη σύνδεση τους (Gorantiwar και Smout, 2005). Η αποδοτικότητα θα πρέπει να αξιολογηθεί ως προς το συνδυασμό αυτών των στόχων καθώς και των συσχετιζόμενων προτύπων ανάλογα με τη σκοπιά εξέτασης ενός ή μίας ομάδας ενδιαφερομένων. Για παράδειγμα, ο υπεύθυνος διαχείρισης ενός συστήματος ενδιαφέρεται για τη μέτρηση των στόχων ως προς τα αποτελέσματα-εκροές ενός συστήματος άρδευσης, οι διευθυντές ενός οργανισμού ή μιας υπηρεσίας ενδιαφέρονται για τη μέτρηση των στόχων ως προς αρχικό σχεδιάσμα και το επίπεδο των υπηρεσιών του συστήματος και τέλος οι φορείς χάραξης πολιτικής-κυβερνήσεις ενδιαφέρονται για το βαθμό επίτευξης πιο διευρυμένων στόχων ως προς την αποδοτικότητα του αρδευτικού συστήματος σε σχέση με ανώτερης κλίμακας συστήματα όπως το γεωργο-οικονομικό (Bos et al., 1994) (Ντάντος, 2012).

Συνοπτικά οι αρμόδιοι φορείς εκτέλεσης του προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας είναι οι παρακάτω:

- α) Υπεύθυνος διαχείρισης του συστήματος και το προσωπικό
- β) Ερευνητικά Ινστιτούτα και Πανεπιστήμια
- γ) Κυβερνητική ρυθμιστική αρχή
- δ) Φορείς παροχής αρδευτικών υπηρεσιών
- ε) Ομάδες χρηστών νερού – παραγωγοί (Ντάντος, 2012).

Ανάλογα με το φορέα εκτέλεσης της αξιολόγησης της αποδοτικότητας το πρόγραμμα μπορεί να λαμβάνει μια διαφορετική μορφή και να επικεντρώνεται σε διαφορετικά πεδία εξέτασης και μελέτης (Ντάντος, 2012).

Τύποι αξιολόγησης της αποδοτικότητας

Δύο βασικοί τύποι αξιολόγησης εφαρμόζονται σε διεθνές επίπεδο για τη μέτρηση της αποδοτικότητας των αρδευτικών συστημάτων η εσωτερική και η εξωτερική (Ντάντος, 2012).

Η εσωτερική αξιολόγηση προσεγγίζει την αποτίμηση της αποδοτικότητας με ένα μοντέλο που προσανατολίζεται στους στόχους του συστήματος. Η εσωτερική αξιολόγηση εκτελείται με σκοπό την εκτίμηση της πραγματικής-τρέχουσας αποδοτικότητας της άρδευσης συσχετιζόμενη με ειδικούς διαχειριστικούς σκοπούς και λειτουργικούς στόχους του κάθε εξεταζόμενου συστήματος (Small και Svendsen, 1992). Οι στόχοι αφορούν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία εκτέλεσης του σχεδίου διανομής του νερού καθώς και τη χωρική κατανομή του νερού στις διώρυγες. Μέσω της εσωτερικής αξιολόγησης ο υπεύθυνος διαχείρισης του συστήματος έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει την αποδοτικότητα σε μια βάση καθημερινή ή εποχική (Ντάντος, 2012).

Η εσωτερική αξιολόγηση μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε επίπεδο αρδευτικού συστήματος ή αρδευτικής κεφαλής, καθώς και σε επίπεδο διωρύγων μεταφοράς ή εφαρμογής και παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τις διαδικασίες και τα χαρακτηριστικά της πολιτικής διαχείρισης. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της εσωτερικής αξιολόγησης μέσω των δεικτών των διαδικασιών είναι ότι παρέχει ένα πολύ καλό επίπεδο κατανόησης των χαρακτηριστικών λειτουργίας των θυροφραγμάτων και των ρυθμιστών υδροληψιών - modules (Kloezen και Restrepo, 1998) (Ντάντος, 2012).

Η εξωτερική (συγκριτική) αξιολόγηση όπως έχει οριστεί από τους (Malano και Burton, 2001) είναι: “Η συστηματική διαδικασία η οποία διασφαλίζει τη διαρκή βελτίωση ενός οργανισμού μέσω σύγκρισης με σχετικούς και επιτεύξιμους εξωτερικούς κανόνες και πρότυπα”. Ο συνολικός στόχος της εξωτερικής (συγκριτικής) αξιολόγησης (*Benchmarking*) είναι να βελτιώσει την αποδοτικότητα ενός οργανισμού καθώς μετριέται ως προς την αποστολή και τους στόχους του και ταυτόχρονα συγκρίνεται με τους ανταγωνιστικούς-βέλτιστους οργανισμούς. Η συγκριτική αξιολόγηση υπονοεί ότι η σύγκριση πραγματοποιείται είτε ως προς παρόμοιους οργανισμούς ή οργανισμούς που εφαρμόζουν παρόμοιες λειτουργίες και διαδικασίες με σκοπό την υιοθέτηση των βέλτιστων πρακτικών διαχείρισης και εν τέλει τη βελτίωση της δικής τους αποδοτικότητας (Ντάντος, 2012).

Η εξωτερική αξιολόγηση στον τομέα των συστημάτων άρδευσης και στράγγισης εξετάζει συγκεκριμένα τις δραστηριότητες και τις διαδικασίες που εφαρμόζονται για να παρέχουν πολύτιμη εμβάθυνση για το πόσο καλά το σύστημα δραστηριοποιείται στα πεδία των υπηρεσιών διανομής και αξιοποίησης των πόρων. Επίσης, η εξωτερική αξιολόγηση της αποδοτικότητας πραγματοποιείται με σκοπό τη σύγκριση των εκροών και των επιδράσεων μεταξύ των συστημάτων. Βασικός της σκοπός είναι η συσχέτιση των εκροών-αποτελεσμάτων που παράγονται σε ένα σύστημα με τις χρησιμοποιούμενες εισροές του συστήματος καθώς και η αξιολόγηση των επιδράσεων ως προς τα αποτελέσματα που προκύπτουν από διάφορες παρεμβάσεις. Επίσης, συμβάλλει στην αποτίμηση της αποδοτικότητας ως προς τους στρατηγικούς μακροπρόθεσμους στόχους (Molden et al., 1998). Μέσω της εξωτερικής - συγκριτικής αξιολόγησης παρέχεται πληροφόρηση για τη γενική κατάσταση και τη σχετική αποδοτικότητα του συστήματος χωρίς να δίνεται ενημέρωση για τις λειτουργικές διαδικασίες του κάθε συστήματος. Η συγκριτική αξιολόγηση επιδιώκει να συγκρίνει την αποδοτικότητα των συστημάτων στα οποία εφαρμόζονται "οι βέλτιστες πρακτικές" με αυτή των υπό αξιολόγηση συστημάτων, και συμβάλλει στην κατανόηση των αιτιών στις οποίες οφείλεται οι διαφορές της απόδοσης (Ντάντος, 2012).

Η εξωτερική αξιολόγηση μπορεί να εφαρμοστεί για σύγκριση μεταξύ διαφορετικών εξεταζόμενων περιοχών και χωρών, μεταξύ διαφορετικών τύπων συστημάτων και μεθόδων άρδευσης, μεταξύ διαφορετικών φορέων διαχείρισης και διαφορετικών κλιματικών συνθηκών. Παρόλο την πολυπλοκότητα που εμφανίζουν τα αρδευτικά συστήματα ως προς την κατηγοριοποίησή τους λόγω της ετερογένειά τους, η μεταξύ τους σύγκριση καθίσταται εφικτή μέσω της εφαρμογής της εξωτερικής αξιολόγησης. Ένας κατάλογος των κύριων χαρακτηριστικών των συστημάτων άρδευσης και στράγγισης δίνεται στον Πίνακα 2 (Ντάντος, 2012).

Πίνακας 2. Κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων άρδευσης και στράγγισης.

Περιγραφή	Πιθανές επιλογές	Επεξηγήσεις
Αρδευόμενη περιοχή	-	Ορισμός για το κατά πόσο το σύστημα είναι μεγάλο, μεσαίο, ή μικρής κλίμακας
Ετήσια αρδευόμενη περιοχή	Περιοχή που αρδεύεται με επιφανειακό νερό, Περιοχή που αρδεύεται με υπόγειο νερό	Ενδειξη της εντατικοποίησης του χρησιμοποιούμενου εδάφους και εξισορρόπηση μεταξύ της επιφανειακής και της υπόγειας άρδευσης
Κλίμα	Ξηρό, ημίξηρο, υγρό τροπικό, Μεσογειακό	Καθορισμός των κλιματικών πλαισίων, Επίδραση στον τύπο των καλλιεργειών ο οποίος μπορεί να καλλιεργηθεί

Περιγραφή	Πιθανές επιλογές	Επεξηγήσεις
Μέση ετήσια βροχόπτωση	-	Σχετίζεται με το κλίμα, καθορισμός των κλιματικών πλαισίων και της ανάγκης για άρδευση ή στράγγιση
Μέση ετήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς της καλλιέργειας	-	Σχετίζεται με το κλίμα, καθορισμός των κλιματικών πλαισίων και της ανάγκης για άρδευση
Πηγή διάθεσης νερού	Ταμείευση επιφανειακού νερού, υπόγειο νερό, εκτροπή από τον ποταμό, συνδυαστική σχέση χρησιμοποίησης του επιφανειακού ή υπόγειου νερού	Περιγραφή της διαθεσιμότητας και της αξιοπιστίας για την προμήθεια αρδευτικού νερού
Μέθοδος παροχής νερού	Αντληση, βαρύτητα	Επίδραση στην πρακτική της προμήθειας και του κόστους του νερού άρδευσης
Μέσα μεταφοράς για τη διανομή του νερού	Ανοικτή διώρυγα, σωληνώσεις με αντλίες, ευθύγραμμες, μη ευθύγραμμες	Επίδραση του πιθανού επιπέδου αποδοτικότητας
Τύπος διανομής νερού	Ανάλογα με τη ζήτηση ή τη δυνατότητα προμήθειας	Επίδραση του πιθανού επιπέδου αποδοτικότητας
Επικρατέστερη πρακτική άρδευσης σε αγροκτήματα	Επιφανειακή: αυλάκια, λεκάνες, λωρίδες, Υπό πίεση : καταιονισμός, στάγδην άρδευση, υπόγεια άρδευση με σταγόνες	Επίδραση του πιθανού επιπέδου αποδοτικότητας
Κύρια καλλιέργεια (με ποσοστά επί της συνολικής αρδευόμενης έκτασης)	-	Καθορισμός των γεωργικών πλαισίων. Διαχωρισμός μεταξύ των συστημάτων που καλλιεργείται ρύζι και καλλιέργειες εκτός από ρύζι, μονοκαλλιέργεια κλπ
Μέση έκταση του χωραφιού	-	Σημαντικό για τη σύγκριση μεταξύ των συστημάτων, για τον έλεγχο εάν είναι μικρές ή μεγάλες ιδιοκτησίες
Τύπος διοίκησης	Κυβερνητικές αρχές, ιδιωτικές εταιρείες, συμπράξεις μεταξύ κυβερνητικών αρχών και παραγωγών, διαχείριση από τους παραγωγούς	Επίδραση του πιθανού επιπέδου αποδοτικότητας

Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012.

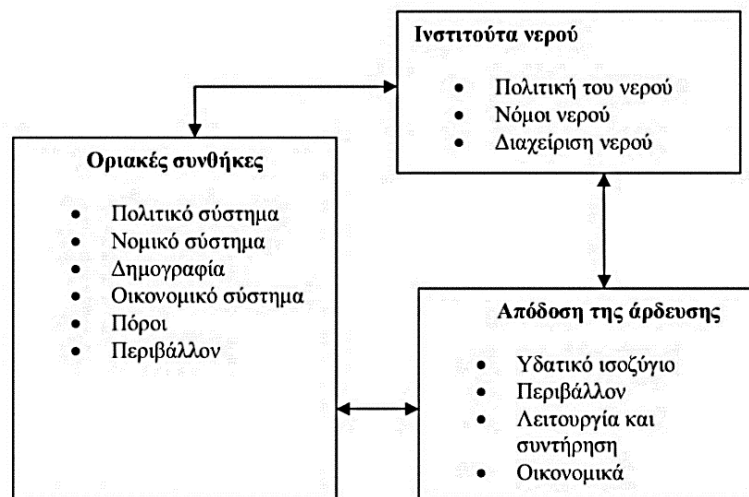
Μέγεθος και όρια αξιολόγησης

Κατά την εφαρμογή του προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας τόσο της εσωτερικής όσο και της εξωτερικής κρίνεται απαραίτητος ο προσδιορισμός του μεγέθους αξιολόγησης της αποδοτικότητας και ο καθορισμός των ορίων αξιολόγησης. Δύο βασικά όρια αναφέρονται στις χωρικές και χρονικές διαστάσεις. Το χωρικό όριο αφορά την περιοχή ή τον αριθμό των συστημάτων όπου εφαρμόζεται το πρόγραμμα αξιολόγησης της αποδοτικότητας (π.χ. το πρόγραμμα μπορεί να εφαρμοστεί σε μια δευτερεύουσα διώρυγα ενός συστήματος, σε ένα σύστημα ή σε πολλά συστήματα), ενώ το χρονικό όριο αφορά τη χρονική διάρκεια του προγράμματος αξιολόγησης και το μέγεθος του χρόνου μέσα στο οποίο πραγματοποιείται (π.χ. κάθε χρόνο, κάθε μήνα). Υπάρχουν και άλλα όρια τα οποία είναι λιγότερο σαφή και μπορεί να σχετίζονται με το κατά πόσο η αξιολόγηση της αποδοτικότητας στοχεύει να καλύψει μόνο τις τεχνικές πλευρές του συστήματος ή εάν πρέπει να συμπεριλάβει τις θεσμικές και οικονομικές πλευρές του (Ντάντος, 2012).

Η χρήση της θεωρίας προσέγγισης των συστημάτων που διατυπώνεται από τους (Small και Svendsen, 1992) μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό και στην κατανόηση των ορίων και του μεγέθους του προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας. Η θεωρία προσέγγισης των συστημάτων εστιάζει σε δεδομένα, διαδικασίες, αποτελέσματα και επιδράσεις του συστήματος. Οι μετρήσεις των

αποτελεσμάτων (π.χ. η διανομή νερού στις εισόδους των τριτευουσών διωρύγων) παρέχουν πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα της χρήσης των δεδομένων (π.χ. νερό του ποταμού που εκτρέπεται σε διώρυγες), ενώ η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις εισροές παρέχει πληροφορίες για την αποδοτικότητα της διαδικασίας μετατροπής των εκροών στις εισροές (π.χ. ο σχεδιασμός μεταφοράς του νερού στις τριτεύουσες διώρυγες επιδρά στο επίπεδο παραγωγικότητας της καλλιέργειας που επιτυγχάνεται από τον παραγωγό) (Ντάντος, 2012).

Οι μετρήσεις των εκτροπών του νερού στις διώρυγες παρέχουν πληροφορίες για το κατά πόσο καλά το αρδευτικό δίκτυο αποδίδει, αλλά όχι για την αποδοτικότητα του συστήματος άρδευσης συνολικά. Η απόκτηση αυτών των πληροφοριών απαιτεί τη συλλογή δεδομένων από διάφορα αρδευτικά γεωργικά συστήματα και γεωργικά οικονομικά συστήματα, ώστε να καθοριστεί η αποδοτικότητα του αρδευτικού συστήματος σε αυτό το πλαίσιο. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται εκεί όπου η αποδοτικότητα του αρδευτικού συστήματος (για παράδειγμα επαρκής και έγκαιρη προμήθεια νερού) σχετίζεται με το αγροτικό-οικονομικό σύστημα (για παράδειγμα το εισόδημα του παραγωγού). Σε αυτήν την περίπτωση πολλές μεταβλητές παρεμβαίνουν ανάμεσα στην προμήθεια του αρδευτικού νερού και το εισόδημα του παραγωγού ανάλογα με την απόδοση της καλλιέργειας. Εναλλακτικά συστήματα μπορούν να διακριθούν όπως, για παράδειγμα, φαίνεται στο σχήμα 2 συνδέοντας την άρδευση με το ευρύτερο θεσμικό πλαίσιο (Ντάντος, 2012).



Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012.

Σχήμα 2. Η αποδοτικότητα άρδευσης στο ευρύτερο θεσμικό πλαίσιο.

Τέλος, αφού επιλεγούν τα κριτήρια και οι δείκτες αποδοτικότητας που θα χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα, το μέγεθος και τα όρια της αξιολόγησης θα καθορίσουν σημαντικές αποφάσεις για το ποια συστήματα απαιτούνται να συμπεριληφθούν στο πρόγραμμα αξιολόγησης της αποδοτικότητας και τις σχετικές συνιστώσες (δεδομένα, διαδικασίες, αποτελέσματα, επιδράσεις). Η αξιολόγηση του προγράμματος της αποδοτικότητας μπορεί να ενδιαφέρεται για τιμές των εκροών (παραγωγή της καλλιέργειας) και για την αποτελεσματικότητα των χρησιμοποιούμενων πόρων (παραγωγή ανά μονάδα εδάφους, νερού, εργασίας). Ένα άλλο στοιχείο, εξίσου σημαντικό, στην περίπτωση μελέτης

των διαδικασιών είναι για παράδειγμα η αποδοτικότητα μεταφοράς του νερού στη διώρυγα. Η μελέτη των επιδράσεων μπορεί να σχετίζεται με τη συμμόρφωση σε θεσπισμένους κανονισμούς ή την προστασία του περιβάλλοντος (για παράδειγμα η αλατότητα του νερού στράγγισης). Αν και κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο για όλα τα συστήματα ή τα στάδια των συστημάτων που ερευνώνται, είναι σημαντικό να υπάρχει ενημέρωση για το πλαίσιο μέσα στο οποίο ένα πρόγραμμα αξιολόγησης της αποδοτικότητας ανατίθεται (Ντάντος, 2012).

Κριτήρια αποδοτικότητας

Τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν αποτελούν έναν πολύ σημαντικό παράγοντα στο πρόγραμμα αξιολόγησης της αποδοτικότητας και η επιλογή τους θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Στη συνέχεια σύμφωνα με τους (Bos et al., 2005) παρατίθενται οι ακόλουθοι ορισμοί προκειμένου να διευκρινιστούν οι έννοιες, όπως: κριτήρια αποδοτικότητας, σκοποί, δείκτες αποδοτικότητας και στόχοι:

- Οι σκοποί του προγράμματος αποτελούνται και περιγράφονται από κριτήρια, όπως είναι: α) μεγιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής, β) διασφάλιση της ισότητας κατά την προμήθεια του νερού σε όλους τους παραγωγούς, και γ) βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας διανομής του νερού, δ) ελαχιστοποίηση του κόστους της αγροτικής παραγωγής
- Τα κριτήρια αντιπροσωπεύουν γενικούς αλλά και ειδικούς στόχους των αρδευτικών συστημάτων που θεωρούνται κατά την εκτέλεση του προγράμματος αξιολόγησης της αποδοτικότητας.
- Τα κριτήρια μπορούν να υπολογισθούν χρησιμοποιώντας τους δείκτες αποδοτικότητας.
- Οι καθορισμένοι δείκτες αποδοτικότητας προσδιορίζουν τις απαιτήσεις σε δεδομένα (Ντάντος, 2012).

Κατά την εφαρμογή της συγκριτικής αξιολόγησης απαιτείται να επιλεγούν αρχικά τα κριτήρια και να προσδιοριστεί η τιμή των συσχετιζόμενων δεικτών αποδοτικότητας που δηλώνονται ως τιμές “στόχος”. Αυτές οι τιμές μπορούν να καθοριστούν από εσωτερικούς κανόνες ή πρότυπα, ή από εξωτερικούς κανόνες ή πρότυπα ανάλογα με το αν αφορούν την εσωτερική ή εξωτερική αξιολόγηση αντιστοίχως (Ντάντος, 2012).

Στη διαδικασία επιλογής των κριτηρίων για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας είναι απαραίτητο να καθοριστεί το κατά πόσο η αξιολόγηση θα διεξαχθεί ως προς τους ρητά δηλωμένους εσωτερικούς ή εξωτερικούς στόχους και τα κριτήρια του συστήματος, ή ως προς ένα εναλλακτικό σύνολο από υπονοούμενους στόχους ή κριτήρια αποδοτικότητας (Πίνακας 3). Στην περίπτωση αυτή, οι στόχοι για την καλλιεργούμενη έκταση και την παραγωγή της καλλιέργειας (υπό τους όρους της παραγωγικότητας και της αξίας της καλλιέργειας) επίσης ελέγχονται στη διάρκεια του χρόνου για να αξιολογηθεί η βιωσιμότητα του προγράμματος (Ντάντος, 2012).

Πίνακας 3. Παράδειγμα της σχέσης στόχων, κριτηρίων και δεικτών αποδοτικότητας.

ΣΤΟΧΟΣ	ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Μεγιστοποίηση της καλλιεργούμενης έκτασης	Παραγωγικότητα	Εντατικοποίηση της καλλιέργειας
Μεγιστοποίηση της συνολικής παραγωγής της καλλιέργειας	Παραγωγικότητα	Συνολική παραγωγή

ΣΤΟΧΟΣ	ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
Μεγιστοποίηση της συνολικής αξίας της γεωργικής παραγωγής	Παραγωγικότητα	Συνολική αξία της παραγωγής
Μεγιστοποίηση καθαρού εισοδήματος	Αποδοτικότητα-Κερδοφορία	Καθαρή πρόσοδος
Ελαχιστοποίηση λειτουργικών εξόδων	Αποδοτικότητα-Κερδοφορία	Συνολική προμήθεια νερού άντλησης
Μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας χρήσης του νερού	Αποδοτικότητα	Αποδοτικότητα χρήσης του νερού Αξία της παραγωγής ανά μονάδα νερού
Μεγιστοποίηση της ισότητας προμήθειας του νερού	Ισότητα	Συνολική καλλιεργούμενη/ αρδευόμενη περιοχή Ποσοστό αποδοτικότητας της διανομής

Πηγή: Burton, 2000; Ντάντος, 2012.

Το κάθε κριτήριο αποδοτικότητας συσχετίζεται με ένα ή περισσότερους δείκτες αποδοτικότητας οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση της αποδοτικότητας των επιλεγμένων κριτηρίων με απώτερο σκοπό την αποτίμηση του βαθμού επίτευξης των αντίστοιχων στόχων. Για παράδειγμα ο δείκτης “Σχετική Προμήθεια Νερού ” μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει τα κριτήρια της επάρκειας, της ισότητας και της αξιοπιστίας. Χρησιμοποιώντας τα συσχετισμένα συστήματα που περιγράφονται στα παρακάτω παραδείγματα (Πίνακας 4) καθορίζονται τα κριτήρια απόδοσης και οι δείκτες αποδοτικότητας. Η σύνδεση μεταξύ των κριτηρίων ως προς τα οποία η αποδοτικότητα αποτιμάται και των δεικτών αποδοτικότητας οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση του βαθμού επίτευξης αυτών των κριτηρίων είναι ιδιαίτερα σημαντική (Ντάντος, 2012).

Πίνακας 4. Παραδείγματα της σχέσης μεταξύ των κριτηρίων και των δεικτών αποδοτικότητας στα συσχετισμένα συστήματα.

Δείκτες αποδοτικότητας			
Κριτήρια	Αρδευτικό σύστημα	Αρδευόμενο γεωργικό σύστημα	Σύστημα αγροτικής οικονομίας
Διαθεσιμότητα	Ποσοστό επιπέδου του νερού	-	-
Επάρκεια	Συνολικό ποσοστό κατανάλωσης, Ποσοστό αποδοτικότητας της διανομής	Παραγωγή της καλλιέργειας σύμφωνα με τις οικογενειακές ανάγκες σε τρόφιμα	Καθαρή αξία της καλλιέργειας σύμφωνα με καθορισμένο επίπεδο φτώχειας
Ισότητα	Συνολικό ποσοστό κατανάλωσης, Ποσοστό αποδοτικότητας διανομής	Χωρική διανομή μέσα στο πρόγραμμα: -Τύπος καλλιέργειας -Σοδειά της καλλιέργειας -Εντατικοποίηση της καλλιέργειας	Χωρική διανομή του γεωργικού εισοδήματος μέσα στο πρόγραμμα
Αξιοπιστία	Συνολικό ποσοστό κατανάλωσης, Ποσοστό αποδοτικότητας της διανομής	Χρονική διάρκεια επαρκούς παραγωγής καλλιέργειας	Αριθμός των ετών που το εισόδημα είναι επαρκές
Αποτελεσματικότητα	Συνολικό ποσοστό κατανάλωσης, Ποσοστό αποδοτικότητας της διανομής, Εκροές πάνω από το ποσοστό εισροών	Σοδειά της καλλιέργειας	Ποσοστό δαπανών λειτουργίας και συντήρησης
Παραγωγικότητα	-	Σοδειά της καλλιέργειας	Δείκτης εσωτερικής ανταποδοτικότητας
Αποδοτικότητα	-	-	Κέρδος από τη γεωργία, Εισόδημα ως επιστροφή στην επένδυση

Δείκτες αποδοτικότητας			
Κριτήρια	Αρδευτικό σύστημα	Αρδευόμενο γεωργικό σύστημα	Σύστημα αγροτικής οικονομίας
Βιωσιμότητα	Αποτελεσματικότητα των μέσων μεταφοράς, Βάθος του υπόγειου νερού, Τιμή του δείκτη στην αλατότητα	Βιωσιμότητα της αρδευόμενης περιοχής	Οικονομική αυτάρκεια, Ποσοστό δαπανών λειτουργίας και συντήρησης, Ποσοστό συλλογής της αμοιβής

Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012

Παράλληλα, ενώ ένα αρδευτικό σύστημα μπορεί να είχε καθορισμένους εσωτερικούς ή εξωτερικούς στόχους, η αποδοτικότητα του μπορεί να χρειαστεί να αξιολογηθεί ως προς ένα σύνολο διαφορετικών κριτηρίων ανάλογα με τον ενδιαφερόμενο (Πίνακας 5). Για παράδειγμα, μια κυβέρνηση μπορεί να αξιολογήσει την αποδοτικότητα του προγράμματος σε σχέση με τις οικονομικές ανάγκες της χώρας ή την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και επίδραση (Ντάντος, 2012).

Πίνακας 5. Κριτήρια για καλή απόδοση του συστήματος σύμφωνα με τον τύπο του ενδιαφερομένου.

Τύπος ενδιαφερομένου	Πιθανό πρώτο κριτήριο για καλή απόδοση του συστήματος
Εργάτης	Αυξανόμενη ζήτηση εργασίας, ημέρες εργασίας και τα αντίστοιχα εισοδήματα
Παραγωγός	Διανομή επαρκούς, βολικής, προβλέψιμης και έγκαιρης προμήθειας νερού.
Μηχανικός άρδευσης	Αποδοτική διανομή του νερού από την κεφαλή μέχρι και την εφαρμογή στο χωράφι.
Γεωργοοικονομολόγος	Υψηλή και σταθερή γεωργική παραγωγή καθώς και εισοδήματα
Οικονομολόγος	Υψηλό εσωτερικό ποσοστό δείκτη αποδοτικότητας (IRR)
Κοινωνιολόγος-Οικονομολόγος	Δίκαιη διανομή των κερδών, ειδικά σε μειονεκτικές ομάδες

Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012

Το γεγονός όμως ότι τα κριτήρια αυτά δεν ορίζονται στους στόχους του συστήματος δεν σημαίνει ότι το σύστημα δεν μπορεί να αξιολογηθεί ως προς τέτοιου τύπου εξωτερικά συμφωνημένα κριτήρια. Για παράδειγμα, ένα σύστημα μπορεί να μην έχει κανέναν ορισμένο στόχο για το φορτίο ρύπανσης, ενώ μια περιβαλλοντική ρυθμιστική αρχή μπορεί να έχει τα δικά της πρότυπα ως προς τα οποία η αποδοτικότητα του συστήματος αξιολογείται (Ντάντος, 2012).

Δείκτες αποδοτικότητας

Όπως έχει διατυπωθεί οι δείκτες αποδοτικότητας επιλέγονται για τη μέτρηση της αποδοτικότητας σε σχέση με τους στόχους που έχουν τεθεί σε ένα σύστημα. Οι δείκτες αποδοτικότητας είναι δυνατό να παρέχουν πληροφόρηση στους διαχειριστές των συστημάτων άρδευσης για την τρέχουσα απόδοση του συστήματος καθώς επίσης συντελούν στην αναγνώριση των τάσεων που διαμορφώνονται σε ένα σύστημα στη διάρκεια του χρόνου ώστε να προληφθούν τα αναγκαία μέτρα (Ντάντος, 2012).

Οι δείκτες, οι οποίοι επιλέγονται για να αξιολογήσουν την αποδοτικότητα του συστήματος, περιγράφουν την απόκριση του συστήματος στην εκπλήρωση των στόχων που έχουν τεθεί. Ο κάθε δείκτης μπορεί να αξιοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους από τους αρμόδιους φορείς:

- α) να ενημερώσει για την τρέχουσα απόδοση του συστήματος και

- β) σε συνδυασμό με άλλους δείκτες να βοηθήσει στην κατάστρωση ενός κατάλληλου σχεδίου δράσης με σκοπό τη βελτίωση της αποδοτικότητας (Ντάντος, 2012).

Κάθε δείκτης αποδοτικότητας θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο μια πραγματική τιμή όσο και μια τιμή στόχος ώστε να καθίσταται εφικτή η εκτίμηση του μεγέθους απόκλισης σύμφωνα με τα πρότυπα που είχαν οριστεί εξ αρχής. Για το λόγο αυτό θα ήταν επιθυμητό οι δείκτες να εκφράζονται με τη μορφή κλάσματος. Η χρήση του ίδιου δείκτη στη διάρκεια του χρόνου είναι σημαντική επειδή βοηθά στον εντοπισμό των τάσεων και κατά συνέπεια στην έγκαιρη τυχόν διόρθωσή τους, προτού η εφαρμογή των επανορθωτικών μέτρων γίνει πάρα πολύ δαπανηρή ή αρκετά πολύπλοκη (Ντάντος, 2012).

Οι δείκτες αποδοτικότητας διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες σε εσωτερικούς και εξωτερικούς (ή συγκριτικούς) όπως έχει προαναφερθεί. Οι εσωτερικοί δείκτες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της αποδοτικότητας των εσωτερικών διεργασιών θέτοντας τιμές “στόχους” στους δείκτες στο υπό μελέτη σύστημα στη διάρκεια του χρόνου, ενώ οι εξωτερικοί δείκτες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της αποδοτικότητας ενός συστήματος σε σύγκριση (benchmarking) με την αποδοτικότητα ενός αριθμού από διαφορετικά συστήματα άρδευσης (Ντάντος, 2012).

Γενικά χαρακτηριστικά -ιδιότητες δεικτών αποδοτικότητας

Στη συνέχεια παρατίθενται τα γενικά χαρακτηριστικά και πραγματοποιείται πληρέστερη περιγραφή των σημαντικών ιδιοτήτων που πρέπει να διέπουν τους δείκτες αποδοτικότητας οι οποίοι εφαρμόζονται στο πρόγραμμα αξιολόγησης (Ντάντος, 2012).

- **Επιστημονική βάση**

Ο δείκτης μπορεί να βασίζεται σε ένα εμπειρικό αλλά στατιστικώς δοκιμασμένο και επιστημονικά επαρκές μοντέλο της αρδευτικής διαδικασίας την οποία περιγράφει. Οι διαφορές μεταξύ της εμπειρικής και της θεωρητικής βάσης του δείκτη πρέπει να είναι σαφείς, και οι διαφορές αυτές δεν θα πρέπει να υπονοούνται από την μορφή του δείκτη. Για να διευκολυνθεί η διεθνής σύγκριση των ερευνών της αξιολόγησης της αποδοτικότητας, οι δείκτες θα πρέπει να διατυπώνονται και να ορίζονται πανομοιότυπα ή αναλογικά όσο το δυνατόν γίνεται (Ντάντος, 2012).

- **Ο δείκτης πρέπει να είναι μετρήσιμος**

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τη μέτρηση του δείκτη πρέπει να είναι διαθέσιμα ή αποκτήσιμα (μετρήσιμα) με τη χρήση της διαθέσιμης τεχνολογίας. Η μέτρηση θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επαναληφθεί (Ντάντος, 2012).

- **Αναφορά στην κρίσιμη, επιδιωκόμενη τιμή ή στην τιμή-στόχος**

Η αναφορά αυτή γίνεται για κάθε δείκτη αποδοτικότητας επειδή η μέτρηση της τιμής ενός δείκτη αποδοτικότητας σε ένα σύστημα άρδευσης πραγματοποιείται ως προς την κρίσιμη ή επιδιωκόμενη τιμή που έχει καθιερωθεί εξ αρχής για αυτόν τον δείκτη. Οι παραπάνω τιμές, καθώς και η επιτρεπόμενη διακύμανση της απόκλισης των δεικτών, πρέπει να σχετίζονται με το επίπεδο της τεχνολογίας και της διαχείρισης (Ντάντος, 2012).

- **Αμερόληπτη παροχή πληροφοριών**

Ιδανικά, οι δείκτες αποδοτικότητας δεν θα πρέπει να διατυπώνονται υπό μια στενή τεχνική ή επιστημονική σκοπιά. Αυτό βέβαια είναι στην πράξη εξαιρετικά δύσκολο, καθώς ακόμα σε τεχνικές μετρήσεις εμπεριέχονται υποκειμενικές κρίσεις τιμών (Ντάντος, 2012).

- **Παροχή πληροφοριών σε αντιστρεπτές και διαχειριστικές διαδικασίες**

Η απαίτηση υπολογισμού ενός δείκτη αποδοτικότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική από την πλευρά των διαχειριστών των συστημάτων άρδευσης. Μερικές μη αντιστρεπτές και μη διαχειριστικές διαδικασίες μπορούν επίσης να παρέχουν χρήσιμους δείκτες, με έμμεσο τρόπο. Για παράδειγμα, η συχνότητα και το ύψος της βροχόπτωσης δεν είναι εύκολα μετρήσιμα στοιχεία, αλλά οι πληροφορίες από μια μακροχρόνια σειρά δεδομένων μπορεί να είναι χρήσιμες στο σχεδιάσμά των συστημάτων για να αποφευχθούν σχετικές ελλείψεις νερού. Επίσης, οι πληροφορίες για συγκεκριμένα γεγονότα βροχόπτωσης μπορούν να καταστήσουν ικανό το διαχειριστή να τροποποιήσει το σχεδιάσμά διανομής του νερού (Ντάντος, 2012).

- **Η φύση του δείκτη**

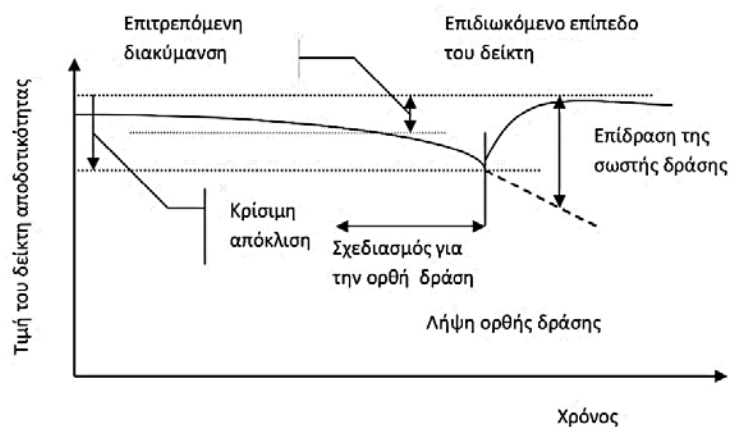
Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την επιλογή του δείκτη έχει σχέση με τις ιδιότητές του: ο δείκτης θα πρέπει να μπορεί να περιγράψει μια συγκεκριμένη δραστηριότητα ή ένα σύνολο από σημαντικές δραστηριότητες. Οι δείκτες παρέχουν πληροφορίες για μια πραγματική δραστηριότητα σχετικά με μια συγκεκριμένη κρίσιμη ή επιδιωκόμενη τιμή. Η πιθανότητα συνδυασμού τέτοιων αδιάστατων ποσοστών στο σύνολο των δεικτών πρέπει να μελετάται, και με τον ίδιο τρόπο, πολλοί από αυτούς τους δείκτες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της εθνικής οικονομικής αποδοτικότητας (Ντάντος, 2012).

- **Εύκολη χρήση, κατανόηση, και οικονομική αποτελεσματικότητα**

Ειδικά για την τυπική διαχείριση, οι δείκτες αποδοτικότητας πρέπει να είναι ως προς την τεχνική τους πλευρά εφικτοί, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα από το διοικητικό προσωπικό σύμφωνα με το επίπεδο της ικανότητας και του κινήτρου τους. Επιπλέον, το κόστος των χρησιμοποιούμενων δεικτών υπό τον όρο των οικονομικών περιορισμών, του εξοπλισμού, και της δέσμευσης των ανθρώπινων πόρων, πρέπει να είναι εφικτό εντός του πλαισίου των υφισταμένων πόρων (Ντάντος, 2012).

Τέλος, για τον καθορισμό του σχετικού βαθμού ικανοποίησης, απαιτείται μια συστηματική και έγκαιρη συγκέντρωση των πραγματικών (μετρημένων ή συλλεχθέντων) στοιχείων που αφορούν τις βασικές παραμέτρους ενός συστήματος, οι οποίες πρέπει να συγκριθούν με τις επιδιωκόμενες ή περιοριστικές (κρίσιμες) τιμές αυτών των στοιχείων. Αυτή η σύγκριση μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

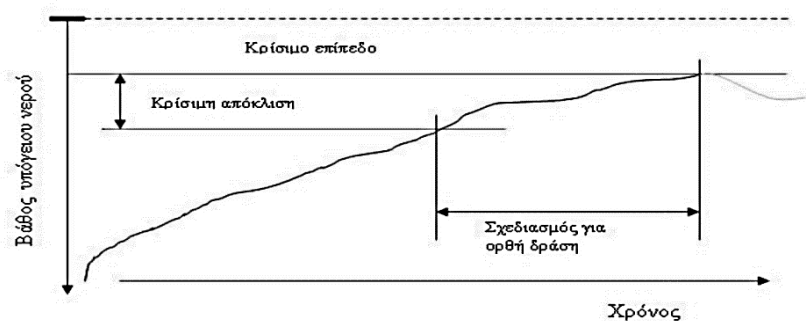
1. Παρουσίαση των (μετρημένων ή συλλεχθέντων) στοιχείων μέσω ενός (αδιάστατου) δείκτη αποδοτικότητας, του οποίου το κλάσμα περιλαμβάνει την πραγματική τιμή ως προς την επιδιωκόμενη (ή κρίσιμη) τιμή, η οποία θεωρείται ως βασική παράμετρος (Σχήμα 3). Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, ο δείκτης πρέπει να έχει επιδιωκόμενο επίπεδο που θα πρέπει να βασίζεται σε ένα συμφωνημένο επίπεδο υπηρεσιών. Όμως, γύρω από το επιδιωκόμενο επίπεδο υπάρχει μια επιτρεπόμενη διακύμανση μέσα στην οποία ο δείκτης μπορεί να κυμανθεί χωρίς να προκαλέσει μια διοικητική δραστηριότητα. Όμως, εάν οι δείκτες κυμανθούν έξω από αυτά τα επιτρεπόμενα όρια, απαιτείται η διάγνωση του προβλήματος η οποία θα οδηγήσει στον σχεδιάσμό μιας διορθωτικής δράσης.



Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012

Σχήμα 3. Ορολογία χρήσης των αδιάστατων δεικτών αποδοτικότητας.

2. Παρουσίαση των (μετρημένων ή συλλεχθέντων) στοιχείων και σύγκριση της μετρήσιμης παραμέτρου με την επιδιωκόμενη (ή κρίσιμη) τιμή της βασικής παραμέτρου (Σχήμα 4). Στο Σχήμα 4 η βασική παράμετρος αναπαρίσταται ως λειτουργία του χρόνου και αναφέρεται, στο "κρίσιμο επίπεδο" της παραμέτρου και στη σχετική κρίσιμη απόκλιση της. Η εισαγωγή αυτής της παραμέτρου μέσα στη διακύμανση της κρίσιμης απόκλισης, στη συνέχεια θα προκαλέσει τις απαραίτητες διαγνωστικές διαχειριστικές δραστηριότητες. Εκτός από την παρουσίαση των δεικτών στον χρόνο, και οι δύο αυτοί τύποι δεικτών μπορούν επίσης να αναλυθούν και στο χώρο.



Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012

Σχήμα 4. Η αλλαγή στο χρόνο μιας παραμέτρου (βάθος υπόγειου νερού) και σύγκρισή της με το σχετικό κρίσιμο επίπεδο (για να αποφευχθεί η αλατότητα).

Εσωτερικοί δείκτες αποδοτικότητας

Το χαρακτηριστικό στοιχείο των εσωτερικών δεικτών εκτίμησης της αποδοτικότητας είναι η σύγκριση της μετρημένης τιμής μιας παραμέτρου με την τιμή αναφοράς (στόχος) αυτής της παραμέτρου. Στον Πίνακα 6 παρουσιάζεται συνοπτικά η σχετική ορολογία που χρησιμοποιείται στον υπολογισμό των εσωτερικών δεικτών (Ντάντος, 2012).

Πίνακας 6. Ορολογία (εσωτερικοί δείκτες).

Ορολογία	Ορισμός	Παρατηρήσεις
Πραγματική τιμή	Η τιμή μιας παραμέτρου που μπορεί να μετρηθεί ή να οριστεί.	π.χ. η μέτρηση της παροχής, η σοδειά της καλλιέργειας, τα έσοδα, το βάθος του υπόγειου νερού.
Συγκριτική τιμή αναφοράς	Η επιθυμητή τιμή μιας παραμέτρου στη διαδικασία παραγωγής (ή του δείκτη αποδοτικότητας).	Η τιμή αναφοράς συγκεντρώνεται για σύγκριση μεταξύ των βέλτιστων πρακτικών από τις συγκρίσιμες διαδικασίες.
Κρίσιμη τιμή	Η κρίσιμη τιμή της βασικής παραμέτρου υπολογίζει μια φυσική διαδικασία μέσω της οποίας η συγκέντρωση ενός χημικού ορίου στη σοδειά της καλλιέργειας ή ενός φυσικού εμποδίου έχει ξεπεραστεί.	π.χ. η αλατότητα του αρδευτικού νερού έχει μια κρίσιμη τιμή που μειώνει την σοδειά της καλλιέργειας αν ξεπεραστεί.
Επιδιωκόμενη τιμή	Η τιμή της μετρήσιμης παραμέτρου την οποία ένας οργανισμός παροχής υπηρεσιών προσπαθεί να πετύχει.	Η επιδιωκόμενη τιμή πρέπει να βασίζεται στο συμφωνημένο επίπεδο υπηρεσιών ή σε μια στρατηγική.
Βασική παράμετρος	Μια μετρήσιμη (υπολογισμένη) παράμετρος, η οποία επηρεάζει την αρδευτική ή τη στραγγιστική αποδοτικότητα και στην οποία αναφέρεται ο δείκτης.	π.χ. Παροχή νερού, σοδειά της καλλιέργειας, έσοδα, βάθος υπόγειου νερού.
Επίπεδο υπηρεσιών	Το σύνολο των αγαθών ή υπηρεσιών (π.χ. νερό) που παρέχεται από έναν προμηθευτή υπηρεσιών σε έναν παραγωγό. Ο παραγωγός μπορεί να είναι εκτός από φυσικό πρόσωπο, ινστιτούτο ή ένα σύνολο παραγωγών.	Πρέπει να βασίζεται σε (εθνικό) νόμο νερού και σε μια διακανονισμένη υπηρεσία ή συμφωνία μεταξύ του προμηθευτή και του παραγωγού.
Τιμή στόχος	Η επιθυμητή τιμή του δείκτη αποδοτικότητας.	Όπως και η συγκριτική τιμή αναφοράς.
Συνολική τιμή	Ο συνολικός αριθμός (ή το σύνολο) μιας παραμέτρου.	Π.χ. ο αριθμός των παραγωγών του νερού, αριθμός των υποδομών.

Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012

Η σύγκριση των παραπάνω τιμών γίνεται μέσω ενός αδιάστατου κλάσματος (ποσοστού) με την πραγματική τιμή (μετρήσιμη τιμή) αυτής της παραμέτρου (της άρδευσης και στράγγισης) στον αριθμητή. Η τιμή αναφοράς της παραμέτρου στον παρονομαστή του κλάσματος μπορεί να είναι:

1. Η *κρίσιμη τιμή* της βασικής παραμέτρου χρησιμοποιείται όταν η υπό αξιολόγηση διαδικασία/μεταβλητή είναι μια φυσική διαδικασία ή παρουσιάζει μια τέτοια συμπεριφορά. Συνήθως, αυτοί οι δείκτες περιγράφουν μια συγκεκριμένη παράμετρο (π.χ. βάθος υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα). Οι περισσότεροι από τους δείκτες σε αυτήν την ομάδα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη στρατηγική αξιολόγηση της αποδοτικότητας.
2. Η *επιδιωκόμενη τιμή* της βασικής παραμέτρου χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση μιας απόφασης ενός αρμόδιου φορέα στον καθορισμό της. Ο δείκτης περιγράφει συχνά το άθροισμα ή τον μετασχηματισμό ενός συνόλου υποκείμενων δραστηριοτήτων. Οι

περισσότεροι από τους δείκτες αυτούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη λειτουργική αξιολόγηση της αποδοτικότητας.

3. Η (πραγματική) εισερχόμενη στο σύστημα τιμή της βασικής παραμέτρου χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ποσοστού μεταβολής (απωλειών) της παραμέτρου σε σχέση με την πραγματική εξερχόμενη τιμή της στο σύστημα. Οι δείκτες αυτοί αντιστοιχούν ουσιαστικά στις τυπικές αποδοτικότητες χρήσης των πόρων, και κυρίως του νερού.
4. Η συνολική τιμή της βασικής παραμέτρου χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του πραγματικού αποδοτικού ποσοστού ενός συνόλου από διαθέσιμους πόρους. Οι περισσότεροι από τους δείκτες σχετίζονται με τις κοινωνικοοικονομικές, δημοσιονομικές και χρηματοοικονομικές παραμέτρους της αρδευτικής διαχείρισης (Ντάντος, 2012).

Βάσει των παραπάνω, στον Πίνακα 7 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τέσσερις μορφές διατύπωσης του αδιάστατου κλάσματος των εσωτερικών δεικτών αποδοτικότητας που συστήνονται για γενική χρήση (Ντάντος, 2012).

Πίνακας 7. Κατηγορίες διατύπωσης δεικτών αποδοτικότητας.

Τιμή δεικτών αποδοτικότητας	Τύπος της αξιολόγησης
$\frac{\text{Εισερχόμενη τιμή της βασικής παραμέτρου}}{\text{Κρίσιμη τιμή της βασικής παραμέτρου}}$	Η πραγματική φυσική διαδικασία μέσω της οποίας μια κρίσιμη τιμή περιορίζει είτε τη σοδειά της καλλιέργειας είτε τη βιωσιμότητα της γεωργίας στην υπό μελέτη περιοχή.
$\frac{\text{Εισερχόμενη τιμή της βασικής παραμέτρου}}{\text{Επιδιωκόμενη τιμή της βασικής παραμέτρου}}$	Τυπική σύγκριση της πραγματικής φυσικής κατάστασης όσον αφορά την επιδιωκόμενη τιμή. Οι περισσότεροι δείκτες σχετίζονται με τη διανομή του νερού.
$\frac{\text{Πραγματική τιμή εκροής της βασικής παραμέτρου}}{\text{Πραγματική εισερχόμενη τιμή της βασικής παραμέτρου}}$	Αξιολόγηση της αποδοτικότητας με την οποία ένας πόρος (νερό, έδαφος, χρηματοδότηση) χρησιμοποιείται. Η τυπική αρδευτική αποδοτικότητα εμπίπτει σε αυτήν τη μορφή δεικτών.
$\frac{\text{Πραγματική τιμή της βασικής παραμέτρου}}{\text{Συνολική τιμή της βασικής παραμέτρου}}$	Αξιολόγηση του κλάσματος (ποσοστού) της υποδομής (πόρων) που λειτουργεί.

Πηγή: Bos et al., 2005; Ντάντος, 2012

Οι εσωτερικοί δείκτες, σε γενικές γραμμές, δεν προσαρμόζονται αποτελεσματικά στη σύγκριση των αρδευτικών συστημάτων όπως οι εξωτερικοί δείκτες. Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους. Καταρχάς, οι εσωτερικές διαδικασίες των συστημάτων άρδευσης ποικίλλουν ευρέως από σύστημα σε σύστημα και κατά συνέπεια οι εσωτερικοί δείκτες αποδοτικότητας προσαρμόζονται για να ικανοποιήσουν τις χαρακτηριστικές ανάγκες του συστήματος. Δεύτερον, οι εσωτερικοί δείκτες σχετίζονται με τις διαδικασίες άρδευσης, οι οποίες απαιτούν πολλά και λεπτομερή στοιχεία και συνήθως είναι δύσκολο και αρκετά χρονοβόρο ενώ απαιτείται και μεγάλο κόστος για τη συλλογή τους (Ντάντος, 2012).

Οι εσωτερικοί δείκτες, σε αντίθεση με τους συγκριτικούς δείκτες, χρησιμοποιούνται για να εκτιμήσουν την απόδοση που ακολουθεί ένας οριοθετημένος στόχος μιας πρότυπης προσέγγισης. Αυτή η προσέγγιση σχετίζει την πραγματική αποδοτικότητα με τους ειδικούς διαχειριστικούς στόχους ενός συστήματος σύμφωνα με τους στόχους που καθιερώνονται από τους διαχειριστές των

αρδευτικών συστημάτων (Small and Svendsen, 1992). Οι διαχειριστές του συστήματος χρησιμοποιούν τους εσωτερικούς δείκτες ως εργαλείο παρακολούθησης της καθημερινής και εποχιακής λειτουργικής αποδοτικότητας και συγχρόνως αποτελούν τους ουσιαστικά ενδιαφερόμενους για αυτούς τους δείκτες διότι παρακολουθούν και καταγράφουν τα ποσοστά (κλάσματα) των πραγματικών τιμών ως προς τις τιμές στόχος (Ντάντος, 2012).

Εξωτερικοί (συγκριτικοί) δείκτες αποδοτικότητας

Πολλοί συγγραφείς έχουν προτείνει δείκτες για να μετρήσουν την απόδοση των συστημάτων άρδευσης, όπως συνοψίζει ο (Rao, 1993), και έχουν δοθεί παραδείγματα της χρήσης δεικτών σε συγκεκριμένα συστήματα άρδευσης. Σχετικά πρόσφατες μελέτες έχουν προσπαθήσει να τυποποιήσουν αυτούς τους δείκτες για να επιτραπεί η καλύτερη σύγκριση μεταξύ των συστημάτων (Bos et al., 1994). Συνοψίζοντας οι συγκριτικοί δείκτες παρέχουν μία γενική περίληψη της υδρολογικής, γεωργικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής αποδοτικότητας των αρδευτικών συστημάτων (Ντάντος, 2012).

Οι εξωτερικοί δείκτες αποκαλύπτουν μεν γενικές έννοιες για τη σχετική κατάσταση του συστήματος άρδευσης, αλλά δεν απαιτούν δύσκολες και χρονοβόρες διαδικασίες (όπως οι εσωτερικοί δείκτες) συλλογής δεδομένων, και κατά συνέπεια δεν αποθαρρύνεται η εφαρμογή αυτών των δεικτών αποδοτικότητας. Οι εξωτερικοί δείκτες επιτρέπουν τη σύγκριση μεταξύ των συστημάτων άρδευσης σε διάφορες χώρες και περιοχές, μεταξύ διαφορετικών τύπων μέσων μεταφοράς και διαχείρισης, και μεταξύ διαφορετικών φορέων διοίκησης. Επίσης, οι δείκτες επιτρέπουν έναν αρχικό εντοπισμό των συστημάτων που αποδίδουν ικανοποιητικά σε διαφορετικά περιβάλλοντα, και εκείνων στα οποία η απόδοση είναι σχετικά χαμηλή (Ντάντος, 2012).

Οι εξωτερικοί δείκτες μπορούν να εφαρμοστούν σε περιπτώσεις σύγκρισης των τυπικών-συστημάτων άρδευσης όπου απαιτείται να συγκριθούν τα αποτελέσματα και οι επιδράσεις της αρδευόμενης γεωργίας. Οι εξωτερικοί (συγκριτικοί) δείκτες χρησιμοποιούνται για να συσχετίσουν τα αποτελέσματα που προέρχονται από ένα σύστημα με τα αποτελέσματα άλλων συστημάτων. Αυτοί οι δείκτες παρέχουν ελάχιστες ή σχεδόν καμία λεπτομέρεια στις εσωτερικές διαδικασίες που αναφέρονται στα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, ένα κρίσιμο αποτέλεσμα ενός συστήματος άρδευσης είναι η προμήθεια νερού στις καλλιέργειες. Αυτό το αποτέλεσμα γίνεται στη συνέχεια εισροή σε ένα ευρύτερο αρδευόμενο γεωργικό σύστημα όπου το νερό συνδυάζεται με άλλες εισροές, οι οποίες οδηγούν στην αύξηση της γεωργικής παραγωγής (Ντάντος, 2012).

Σε αντίθεση με τους εσωτερικούς δείκτες οι εξωτερικοί έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα σύμφωνα με το προτεινόμενο σύνολο από το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης του Νερού (IWMI).

- Οι δείκτες βασίζονται σε μια σχετική σύγκριση των απόλυτων τιμών τους, ενώ δίνουν λιγότερη έμφαση στα πρότυπα ή τους στόχους του προγράμματος.
- Οι δείκτες σχετίζονται με φαινόμενα τα οποία είναι κοινά και συνηθισμένα στην άρδευση και στα αρδευόμενα γεωργικά συστήματα.
- Το σύνολο δεικτών είναι μικρό, όμως παρέχουν ικανοποιητικές πληροφορίες για την παραγωγή του συστήματος.
- Οι διαδικασίες συλλογής δεδομένων δεν είναι τόσο περίπλοκες, απαιτητικές, δαπανηρές.

- Οι δείκτες σχετίζουν τα αποτελέσματα και αποτελούν κύρια μέτρα της άρδευσης και των αρδευόμενων γεωργικών συστημάτων και γενικά παρέχουν περιορισμένες πληροφορίες για τις εσωτερικές διαδικασίες (Ντάντος, 2012).

Αυτό το σύνολο των συγκριτικών δεικτών έχει ως σκοπό να παρουσιάσει τις σχέσεις και τις τάσεις αδρομερώς σε περιπτώσεις όπου καθίστανται χρήσιμοι, όπως η υλοποίηση μιας λεπτομερούς μελέτης όταν για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα έχει διεξαχθεί εξαιρετικά καλά ή ποιες σημαντικές αλλαγές έχουν πραγματοποιηθεί. Η προσέγγιση των εξωτερικών δεικτών διαφέρει από αυτή των εσωτερικών όπου χρησιμοποιούνται οι λόγοι (κλάσματα) των πραγματικών τιμών προς τις τιμές στόχους. Η ερμηνεία αυτών των λόγων σχετικά με την απόδοση δεν είναι πάντα κατανοητή, (π.χ. εάν η τιμή-στόχος είναι 1, τότε η τιμή 0.9 είναι καλύτερη ή χειρότερη από την τιμή 1.1;) (Ντάντος, 2012).

Μια σχετική σύγκριση των τιμών μας επιτρέπει τουλάχιστον για να εξετάσουμε το κατά πόσο καλά ένα σύστημα αποδίδει σε σχέση με άλλα. Έτσι, εάν έχουμε αρκετά δείγματα, αυτή η προσέγγιση μπορεί οριστικά να μας επιτρέψει να αναπτύξουμε τα πρότυπα και τους στόχους. Οι βασικοί ενδιαφερόμενοι για τους εξωτερικούς δείκτες αποτελούν οι φορείς χάραξης πολιτικής και οι διαχειριστές των συστημάτων άρδευσης που λαμβάνουν μακροπρόθεσμες και στρατηγικές αποφάσεις, και οι ερευνητές που αναζητούν τις σχετικές διαφορές στην αποδοτικότητα μεταξύ των αρδευτικών συστημάτων (Ντάντος, 2012).

Προτεινόμενο σύνολο συγκριτικών δεικτών αποδοτικότητας

Το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης Νερού (IWMI), όπως προαναφέρθηκε, προτείνει σχετικά με την άρδευση και το αρδευόμενο γεωργικό σύστημα τη χρησιμοποίηση ενός συνόλου από εννέα συγκριτικών δεικτών (Molden et al., 1998). Το ελάχιστο σύνολο των δεικτών αυτών βασίζεται σε υδρολογικές, αγρονομικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Η κύρια εκροή θεωρείται η συγκομιδή της καλλιέργειας, ενώ οι σημαντικότερες εισροές είναι το νερό, το έδαφος και οι χρηματοδοτήσεις (Ντάντος, 2012).

Δείκτες της αρδευόμενης γεωργικής παραγωγής

Οι τέσσερις βασικοί συγκριτικοί δείκτες αποδοτικότητας, που ορίζονται παρακάτω, σχετίζονται με την παραγωγή ανά μονάδα εδάφους και νερού. Αυτοί οι συγκριτικοί "εξωτερικοί" δείκτες παρέχουν τη βάση για τη σύγκριση της απόδοσης της αρδευόμενης γεωργίας. Όπου το νερό είναι ένας περιοριστικός πόρος, η παραγωγή ανά μονάδα νερού μπορεί να είναι αρκετά σημαντική, ενώ εάν το έδαφος αποτελεί περιοριστικό παράγοντα σχετικά με το νερό, η παραγωγή ανά μονάδα εδάφους μπορεί να είναι σημαντικότερη (Ντάντος, 2012).

$$\text{Παραγωγή ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης (€/εκτάριο)} \\ = \frac{\text{Παραγωγή (S.G.V.P.)}}{\text{Αρδευόμενη καλλιεργούμενη έκταση}}$$

Εξίσωση 3. Παραγωγή ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης.

$$\text{Παραγωγή ανά μονάδα διαθέσιμης έκτασης (€/εκτάριο)} = \frac{\text{Παραγωγή (S.G.V.P.)}}{\text{Διαθέσιμη έκταση}}$$

Εξίσωση 4. Παραγωγή ανά μονάδα διαθέσιμης έκτασης.

$$\begin{aligned} \text{Παραγωγή ανά μονάδα προμήθειας του αρδευτικού νερού (€/m3)} \\ = \frac{\text{Παραγωγή (S.G.V.P.)}}{\text{Προμήθεια αρδευτικού νερού}} \end{aligned}$$

Εξίσωση 5. Παραγωγή ανά μονάδα προμήθειας αρδευτικού νερού.

$$\begin{aligned} \text{Παραγωγή ανά μονάδα νερού κατανάλωσης (€/m3)} \\ = \frac{\text{Παραγωγή (S.G.V.P.)}}{\text{Όγκος του νερού που καταναλώνεται από την εξατμισοδιαπνοή}} \end{aligned}$$

Εξίσωση 6. Παραγωγή ανά μονάδα νερού κατανάλωσης.

όπου:

- Η παραγωγή είναι η απόδοση της αρδευόμενης περιοχής υπό τους όρους της μεικτής παραγωγής ή του καθαρού κέρδους της παραγωγής μετρημένης σε διεθνείς ή τοπικές τιμές.
- Η αρδευόμενη καλλιεργούμενη έκταση αποτελείται από το άθροισμα των περιοχών που καλλιεργούνται κατά την διάρκεια της χρονικής περιόδου της ανάλυσης.
- Η διαθέσιμη περιοχή είναι η διοικητική περιοχή σχεδιασμού που πρόκειται να αρδευτεί.
- Η προμήθεια αρδευτικού νερού αποτελείται από τον όγκο του επιφανειακού νερού που εκτρέπεται στη διαθέσιμη περιοχή συν τις καθαρές απολήψεις από τον υπόγειο υδροφόρο.
- Ο όγκος του νερού που καταναλώνεται από την καλλιέργεια είναι η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (Ντάντος, 2012).

Η παραγωγή ανά μονάδα της αρδευτικής προμήθειας του νερού και η παραγωγή ανά μονάδα νερού κατανάλωσης προέρχονται από ένα γενικό υδατικό περιγραφόμενο πλαίσιο (Molden et al., 1998). Το νερό που καταναλώνεται στην σχέση 4 είναι ο όγκος της καταναλωτικής διαδικασίας, όπου σε αυτήν την περίπτωση αντιστοιχεί στην εξατμισοδιαπνοή. Αυτό είναι σημαντικό για να ξεχωρίσουμε αυτό τον δείκτη από έναν άλλο σημαντικό περιγραφόμενο υδατικό δείκτη όπως είναι η παραγωγή ανά μονάδα συνολικής κατανάλωσης νερού, στην οποία η συνολική κατανάλωση περιλαμβάνει τη μείωση του νερού από τον υδρολογικό κύκλο μέσω της διαδικασίας κατανάλωσης (ET) και άλλες απώλειες (Ντάντος, 2012).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μέτρηση της παραγωγής από την αρδευόμενη γεωργία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση μεταξύ των τυπικών συστημάτων. Στην περίπτωση που εξετάζεται μόνο μια καλλιέργεια, η παραγωγή θα μπορούσε να συγκριθεί υπό την σκοπιά του συνόλου. Η δυσκολία προκύπτει από τη σύγκριση διαφορετικών καλλιεργειών, όπου για παράδειγμα συγκρίνεται

το σιτάρι με τη ντομάτα, δεδομένου ότι 1 κιλό ντομάτας δεν είναι εύκολα συγκρίσιμο με 1 κιλό σιταριού. Όταν μελετάται μόνο ένα σύστημα άρδευσης, ή διαφορετικά συστήματα άρδευσης σε μια περιοχή όπου οι τιμές είναι παρόμοιες, στην περίπτωση αυτή η παραγωγή μπορεί να μετρηθεί ως καθαρή τιμή ή ακαθάριστη τιμή της παραγωγής χρησιμοποιώντας τις τοπικές τιμές της καλλιέργειας (Ντάντος, 2012).

Η τυποποιημένη μεικτή τιμή της παραγωγής (SGVP-Standardized Gross Value of Production) αναπτύχθηκε για συγκρίσεις τυπικών συστημάτων δεδομένου ότι υπάρχουν προφανώς διαφορές στις τοπικές τιμές σε διαφορετικές περιοχές σε όλο τον κόσμο. Η μέτρηση του SGVP απαιτεί τη μέτρηση της ισοδύναμης παραγωγής η οποία υπολογίζεται βάσει των τοπικών τιμών στις αναπτυσσόμενες καλλιέργειες, συγκρινόμενη με τις τοπικές τιμές της επικρατέστερης καλλιέργειας που αναπτύσσεται τοπικά, καθώς και των διεθνών βασικών εμπορικών καλλιεργειών. Το δεύτερο βήμα για τη μέτρηση του SGVP είναι να εκτιμηθεί αυτή η ισοδύναμη παραγωγή σε παγκόσμιες τιμές. Για την επίτευξη αυτής της εκτίμησης χρησιμοποιούνται οι τιμές των καλλιεργειών που προτείνει η Παγκόσμια Τράπεζα. Κατά τον υπολογισμό του SGVP δεν χρειάζεται να προσαρμοστεί το ποσοστό του συνολικού κόστους της καλλιέργειας (που αντιστοιχεί στην εν λόγω παραγωγή) δεδομένου ότι το ενδιαφέρον εστιάζεται στην αποδοτικότητα της άρδευσης και όχι σε άλλους παράγοντες (π.χ. σύστημα μεταφορών, θέση του προγράμματος, κ.α.) (Ντάντος, 2012).

Για παράδειγμα, εάν η τοπική τιμή της ντομάτας είναι τρεις φορές μεγαλύτερη της τοπικής τιμής του σιταριού, θεωρούμε την παραγωγή 10 τόνων/εκτάριο ντομάτας ισοδύναμη με 30 τόνους/εκτάριο σιταριού. Η συνολική παραγωγή όλων των καλλιεργειών αθροίζεται στη συνέχεια βάσει του 'αντίτιμου του σιταριού', και η τυποποιημένη μεικτή τιμή της παραγωγής (SGVP) υπολογίζεται βάσει της ποσότητας του σιταριού πολλαπλασιασμένη με τη διεθνή τιμή αγοράς του σιταριού. Επίσης τοπικές αναφορές για περιπτώσεις: α) εξειδικευμένων ποικιλιών που ενώ έχουν μια χαμηλή διεθνή τιμή, η τοπική τους τιμή είναι ιδιαίτερα υψηλή, και β) μη εμπορικών καλλιεργειών λαμβάνονται υπόψη. Ισχύει συνεπώς η σχέση:

$$SGVP = \left(\sum A_i Y_i \frac{P_i}{P_b} \right) P_{world}$$

Εξίσωση 7. Τυποποιημένη μεικτή τιμή της παραγωγής.

όπου:

- SGVP είναι η τυποποιημένη μεικτή τιμή της παραγωγής
- Y_i είναι η σοδειά της καλλιέργειας i σε tn/στρ.
- A_i είναι η καλλιεργούμενη έκταση της καλλιέργειας i σε στρ.
- P_i είναι η τοπική τιμή της καλλιέργειας i σε €/tn
- P_b είναι η τοπική τιμή της βασικής καλλιέργειας σε €/tn
- P_{world} είναι η διεθνής τιμή της βασικής καλλιέργειας βάσει της Παγκόσμιας Τράπεζας σε \$/tn

Θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι σε αυτόν το δείκτη είναι προτιμότερο να μετρηθεί η καθαρή παρά η ακαθάριστη (μεικτή) τιμή της παραγωγής. Υπάρχουν ωστόσο δύο λόγοι που οδηγούν στην προτίμηση της ακαθάριστης τιμής:

- α) είναι πολύ ευκολότερο να μετρηθεί η ακαθάριστη τιμή επειδή πολλές παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη για να διαχωριστεί η ακαθάριστη από την καθαρή τιμή (αμοιβή της οικογενειακής εργασίας, κόστος ενοικίασης του εδάφους και του νερού κ.α.), και σε πολλές περιπτώσεις η καθαρή τιμή είναι επιρρεπής σε παρερμηνείες (για παράδειγμα, επιχορηγήσεις και φόροι εισροών, πιστώσεις και υπηρεσίες άρδευσης), και
- β) ο πιο κοινός δείκτης της γεωργικής απόδοσης, η παραγωγή ανά μονάδα έκτασης ή συχνότερα μόνο "παραγωγή", αναφέρεται στη μεικτή τιμή της παραγωγής και δεν σχετίζεται με διακρίσεις σχετικά με τον τύπο του εδάφους ή την ποικιλία της καλλιέργειας (Ντάντος, 2012).

Υδατικοί και οικονομικοί δείκτες

Πέντε επιπλέον δείκτες εντάσσονται σε αυτό το ελάχιστο προτεινόμενο σύνολο συγκριτικών δεικτών. Αυτοί επιδιώκουν να χαρακτηρίσουν το κάθε σύστημα σε ότι αφορά την προμήθεια του νερού και τα οικονομικά στοιχεία του συστήματος (Ντάντος, 2012).

α. Σχετική προμήθεια νερού και σχετική προμήθεια αρδευτικού νερού

Η σχετική προμήθεια νερού, όπως παρουσιάζεται από τον (Levine, 1982), και η σχετική προμήθεια αρδευτικού νερού, όπως διατυπώθηκε από τον (Perry, 1996), χρησιμοποιούνται ως βασικοί δείκτες προμήθειας αρδευτικού νερού και ορίζονται ως εξής:

$$\text{Σχετική προμήθεια νερού (RWS)} = \frac{\text{Συνολική προμήθεια νερού}}{\text{Ζήτηση της καλλιέργειας σε νερό}}$$

Εξίσωση 8. Σχετική προμήθεια νερού.

$$\text{Σχετική προμήθεια αρδευτικού νερού (RIS)} = \frac{\text{Προμήθεια αρδευτικού νερού}}{\text{Ζήτηση αρδευτικού νερού}}$$

Εξίσωση 9. Σχετική προμήθεια αρδευτικού νερού.

όπου :

- Η συνολική προμήθεια νερού περιλαμβάνει τις επιφανειακές εκτροπές συν το καθαρό υπόγειο νερό άντλησης συν την βροχόπτωση.

- Η ζήτηση της καλλιέργειας σε νερό περιλαμβάνει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας υπό καλές υδατικές συνθήκες.
- Η προμήθεια αρδευτικού νερού αποτελείται μόνο από τους επιφανειακούς και υπόγειους υδάτινους πόρους που διατίθενται για την άρδευση.
- Η ζήτηση αρδευτικού νερού περιλαμβάνει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας μείον την ωφέλιμη βροχόπτωση, και γενικότερα μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιστοιχεί στις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας (Ντάντος, 2012).

Τόσο η σχετική προμήθεια νερού (RWS) όσο και η σχετική προμήθεια αρδευτικού νερού (RIS) σχετίζουν την προσφορά με τη ζήτηση (κατά πόσο στενά η προσφορά και η ζήτηση συνδέονται) και δίνουν κάποια ένδειξη ως προς την κατάσταση της αφθονίας ή της έλλειψης του νερού. Προσοχή πρέπει να δοθεί στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα μια τιμή του δείκτη γύρω στο 0.8 μπορεί να μην αντιπροσωπεύσει ένα πρόβλημα, αλλά μπορεί να παρέχει μια ένδειξη ότι οι παραγωγοί εφαρμόζουν ελλειμματική άρδευση με μικρή προμήθεια αρδευτικού νερού (Ντάντος, 2012).

β. Αρδευτική ικανότητα διανομής

Η αρδευτική ικανότητα για τη διανομή του νερού δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Αρδευτική ικανότητα για τη διανομή του νερού (\%)} = \frac{\text{Παροχετευτική ικανότητα του καναλιού στην κεφαλή του συστήματος}}{\text{Μέγιστη ζήτηση κατανάλωσης}}$$

Εξίσωση 10. Αρδευτική ικανότητα για τη διανομή του νερού.

Όπου:

- Η ικανότητα να διανείμει το νερό στην αρδευτική κεφαλή είναι η παροχετευτικότητα της διώρυγας στο σημείο αυτό.
- Μέγιστη ζήτηση κατανάλωσης είναι οι μέγιστες αρδευτικές απαιτήσεις της καλλιέργειας για την μηνιαία περίοδο εκφρασμένες ως παροχή στην κεφαλή του αρδευτικού συστήματος.

Η παροχετευτικότητα για τη διανομή του νερού επιδιώκει να δώσει μια ένδειξη του βαθμού στον οποίο τα αρδευτικά συστήματα μεταφοράς περιορίζουν την εντατικοποίηση των καλλιεργειών μέσω της σύγκρισης της παροχετευτικότητας της διώρυγας με τις μέγιστες καταναλωτικές ανάγκες. Μια μικρότερη ή μεγαλύτερη τιμή μπορεί να μην είναι καλύτερη, αλλά χρειάζεται να ερμηνευτεί στο πλαίσιο του σχεδιασμού του αρδευτικού συστήματος, και σε συνδυασμό με άλλους δείκτες (Ντάντος, 2012).

γ. Οικονομικοί δείκτες

Δύο οικονομικοί δείκτες παρουσιάζονται στη συνέχεια:

$$\begin{aligned} & \text{Μεικτή παραγωγή ως επιστροφή στην επένδυση (\%)} \\ &= \frac{\text{Παραγωγή (S.G.V.P.)}}{\text{Κόστος των αρδευτικών μέσων μεταφοράς}} \end{aligned}$$

Εξίσωση 11. Μεικτή παραγωγή ως επιστροφή στην επένδυση.

$$\text{Οικονομική αυτάρκεια} = \frac{\text{Εισόδημα από την άρδευση}}{\text{Συνολική δαπάνη λειτουργίας και συντήρησης}}$$

Εξίσωση 12. Οικονομική αυτάρκεια.

Όπου:

- Το κόστος των αρδευτικών μέσων μεταφοράς περιλαμβάνει το κόστος του συστήματος διανομής του αρδευτικού νερού που αναφέρεται στον ίδιο χρόνο με την τυποποιημένη μεικτή τιμή της παραγωγής (SGVP),
- Το εισόδημα από την άρδευση είναι το εισόδημα που αποκτάται είτε από την είσπραξη των τελών νερού ή από άλλα τοπικά εισοδήματα όπως ανταποδοτικές εισφορές των παραγωγών.
- Οι συνολικές δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης (O&M) είναι το συνολικό κόστος που δαπανάται για τις ανάγκες αυτές συν τυχόν την επιχορήγηση από την κυβέρνηση (Ντάντος, 2012).

Οι φορείς χάραξης πολιτικής ενδιαφέρονται έντονα για τα εισοδήματα που λαμβάνονται ως επιστροφή στις επενδύσεις που γίνονται. Ομοίως, οι ερευνητές επιδιώκουν να είναι σε θέση να προτείνουν τα συστήματα που παράγουν τα πιο αποδεκτά εισοδήματα ως επιστροφές στις επενδύσεις μέσα σε ένα δεδομένο περιβάλλον. Μεγάλες αρδευτικές επενδύσεις γίνονται σε αρδευτικά συστήματα μεταφοράς. Τα συστήματα μεταφοράς σχετίζονται με τις εκτροπές των ποταμών και την αποθήκευση, όμως η στράγγιση των ποταμών δεν συμπεριλαμβάνεται σε αυτήν την περίπτωση, εξαιτίας της επιθυμίας να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις με διαφορετικές μεθόδους διανομής του νερού. Επίσης, οι εργασίες εκτροπής και αποθήκευσης εξυπηρετούν συχνά άλλους μη αρδευτικούς σκοπούς και για το λόγο αυτό οι δαπάνες τους δεν μπορούν να κατανεμηθούν εξ ολοκλήρου στην άρδευση (Ντάντος, 2012).

Η οικονομική αυτάρκεια μας ενημερώνει για το ποσοστό των λειτουργικών και διαχειριστικών δαπανών που απαιτούνται τοπικά. Εάν η κυβέρνηση παρέχει επιχορηγήσεις για λειτουργικές και διαχειριστικές δραστηριότητες σε μεγάλο βαθμό, η οικονομική αυτάρκεια θα είναι χαμηλή, ενώ εάν οι τοπικοί αγρότες καλύπτουν τις λειτουργικές και διαχειριστικές δαπάνες από μόνοι τους, η οικονομική αυτάρκεια θα είναι πιο υψηλή. Μια υψηλή τιμή της οικονομικής αυτάρκειας δεν δείχνει

αυτόματα ένα βιώσιμο σύστημα καθώς οι λειτουργικές και διαχειριστικές (O&M) δαπάνες μπορεί να είναι πάρα πολύ χαμηλές για να ικανοποιήσουν το σύνολο των πραγματικών σχετικών αναγκών (Ντάντος, 2012).

Η έννοια της αξιοπιστίας (reliability)

Η αξιοπιστία ενός συστήματος είναι πολύ σημαντική καθώς επηρεάζει την απόδοση των γεωργικών δραστηριοτήτων. Η έννοια της αξιοπιστίας κατά τον Rao (1993) σηματοδοτεί το βαθμό στον οποίο ένα σύστημα ικανοποιεί τις προκαθορισμένες προσδοκίες των χρηστών του (Στεφοπούλου, 2013).

Ως αξιοπιστία ορίζεται η πιθανότητα ενός συστήματος ή μιας συνιστώσας να φέρει εις πέρας μια συγκεκριμένη λειτουργία για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο όταν χρησιμοποιείται σε προκαθορισμένες λειτουργικές καταστάσεις (Ebeling, 1997). Για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας οι Burnham et al. (1997) δίνουν έναν ευρύτερο ορισμό προκειμένου να συμπεριλάβουν και το χρήστη του εξεταζόμενου συστήματος. Έτσι, γι' αυτούς η αξιοπιστία είναι ένα μέτρο που δείχνει εάν η πραγματική λειτουργία του συστήματος πλησιάζει την αναμενόμενη λειτουργία. Η αναμενόμενη λειτουργία μπορεί να είναι είτε η πραγματικά αναμενόμενη (από τεχνικής άποψης) είτε η αντιληπτά αναμενόμενη, οπότε εστιάζουμε στο πώς οι χρήστες αντιλαμβάνονται τη λειτουργία του συστήματος. Είναι φανερό ότι η ποσοτικοποίηση αυτού του μεγέθους είναι εξαιρετικά δύσκολη (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Hashimoto et al. (1982) χρησιμοποιούν τρεις στατιστικούς δείκτες για να περιγράψουν τη λειτουργική απόδοση ενός συστήματος. Οι δείκτες που χρησιμοποιούν είναι ο δείκτης αξιοπιστίας (reliability indicator), ο δείκτης ελαστικότητας του συστήματος (resilience indicator) και ο δείκτης ευαισθησίας του συστήματος (vulnerability indicator). Οι προαναφερθέντες δείκτες χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της λειτουργίας ενός συστήματος δεξαμενών τροφοδοσίας σε διάφορα σενάρια υδατικών απαιτήσεων. Ο δείκτης αξιοπιστίας (reliability indicator) μετρά πόσο συχνά ένα σύστημα αποτυγχάνει, ο δείκτης ελαστικότητας του συστήματος (resilience indicator) δίνει μια ένδειξη σχετικά με το πόσο γρήγορα το σύστημα ανακάμπτει από μια αποτυχία και ο δείκτης ευαισθησίας του συστήματος (vulnerability indicator) μετρά την έκταση της αστοχίας του συστήματος (Στεφοπούλου, 2013).

Η χρονοσειρά X των τιμών που προσομοιώνονται για μια παράμετρο του συστήματος, αξιολογείται σε μια μελλοντική στιγμή T . Τότε το εξεταζόμενο σύστημα θα χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο τιμών S (satisfactory) που αντιπροσωπεύουν την επιτυχία του συστήματος και ένα σύνολο τιμών U (unsatisfactory) που αντιπροσωπεύουν την αποτυχία του συστήματος. Έστω C το κριτήριο που θα καθορίσει τότε μία τιμή θα συμπεριληφθεί στο σύνολο S ή στο σύνολο U , τότε:

Εάν $x_t \geq C$ τότε $x_t \in S$ και $z_t = 1$

$x_t < C$ τότε $x_t \in U$ και $z_t = 0$

Ορίζεται επίσης ο δείκτης W_t , που δείχνει τη μετακίνηση από το σύνολο U στο σύνολο S , δηλαδή τη μετακίνηση από το σύνολο των καταστάσεων κατά τις οποίες το σύστημα αποτυγχάνει στο σύνολο των καταστάσεων κατά τις οποίες επιτυγχάνει.

$$W_t = \begin{cases} 1, & \text{εάν } x_t \in U \text{ και } x_{t+1} \in S \\ 0, & \text{εάν } x_t \in S \text{ και } x_{t+1} \in U \end{cases}$$

Τέλος εάν ορίσουμε κάθε περίοδο αστοχίας x_t του συστήματος ως J_1, J_2, \dots, J_N μπορούμε να ορίσουμε τους τρεις δείκτες (reliability, resilience, και vulnerability) ως εξής:

Δείκτης αξιοπιστίας (Reliability indicator):

$$C_R = \frac{\sum_{t=1}^T Z_t}{T}$$

Εξίσωση 13. Δείκτης αξιοπιστίας.

Η αξιοπιστία ενός συστήματος είναι η πιθανότητα μη αστοχίας ενός συστήματος για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αν και η αξιοπιστία του συστήματος είναι μια έννοια που χρησιμοποιείται ευρέως στη διαχείριση των υδατικών πόρων, δεν περιγράφει την έκταση ή τις ενδεχόμενες συνέπειες αυτής της αστοχίας (Jain και Bhunya, 2008). Η σοβαρότητα της αστοχίας περιγράφεται από τους παρακάτω δείκτες (Στεφοπούλου, 2013).

Δείκτης ελαστικότητας του συστήματος (resilience indicator):

$$C_{RS} = \frac{\sum_{t=1}^T W_t}{T - \sum_{t=1}^T Z_t}$$

Εξίσωση 14. Δείκτης ελαστικότητας του συστήματος.

Σύμφωνα με τους Moy et al. (1986), ο δείκτης ελαστικότητας του συστήματος ορίζεται ως η μέγιστη διάρκεια κατά την οποία το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση αστοχίας (Στεφοπούλου, 2013).

Δείκτης ευαισθησίας του συστήματος (vulnerability indicator):

$$C_V = \max \left\{ \sum_{t \in J_i} C - x_t, \quad i = 1, \dots, N \right\}$$

Εξίσωση 15. Δείκτης ευαισθησίας του συστήματος.

Ο παραπάνω δείκτης είναι ένα μέτρο της προκαλούμενης ζημιάς μιας αστοχίας και περιγράφει την έκταση της αστοχίας. Ο δείκτης αυτός περιγράφεται και ως βιωσιμότητα (survivability) του συστήματος (Jain και Bhunya, 2008) (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Burt και Plusquellec (1990) προκειμένου να τονίσουν τη σημασία της αξιοπιστίας στη μεταφορά του αρδευτικού νερού, παραλληλίζουν τη λειτουργία ενός μη αξιόπιστου συστήματος με τη βροχόπτωση η οποία εμφανίζεται ακανόνιστα και δε μπορεί να ελεγχθεί από τους χρήστες (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Clemmens και Bos (1990) αναφέρουν τον όρο «αξιοπιστία» τον οποίο ορίζουν ως τη χρονική διακύμανση στην παροχή του νερού για κάποια περιοχή. Σύμφωνα με τους Renault και Vehmeyer (1999) ο όρος «αξιοπιστία» εμφανίζεται στην εργασία των Molden και Gates (1990) ως "dependability" και ορίζεται για μια περιοχή R ως η διακύμανση στο χρόνο του λόγου της ποσότητας του νερού που μεταφέρεται (Q_d) προς την ποσότητα του νερού που απαιτείται (Q_R):

$$P_D = \frac{1}{R} \sum_R CV_T \left(\frac{Q_d}{Q_R} \right)$$

Εξίσωση 16. Αξιοπιστία (Molden και Gates, 1990).

Όπου $CV_T \left(\frac{Q_d}{Q_R} \right)$ είναι ο χρονικός συντελεστής της διακύμανσης του πηλίκου $\frac{Q_d}{Q_R}$ (ο λόγος της τυπικής απόκλισης του πηλίκου $\frac{Q_d}{Q_R}$ προς τον αριθμητικό μέσο του πηλίκου $\frac{Q_d}{Q_R}$) κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου T (Στεφοπούλου, 2013).

Ένας ακόμα δείκτης αξιοπιστίας προσδιορίζεται από τους Makin et al. (1991) οι οποίοι διακρίνουν τις παρατηρούμενες ροές αρδευτικού νερού σε δύο κατηγορίες βάσει μιας τιμής στόχου που θεωρείται προκαθορισμένη. Έτσι όταν η παρατηρούμενη παροχή απέχει λιγότερο από 10% από την τιμή στόχο, θεωρείται επιτυχής, ενώ στην αντίθετη περίπτωση θεωρείται αποτυχημένη (Στεφοπούλου, 2013).

Οι Bos et al. (1994) ορίζουν επίσης τον όρο "dependability", αλλά με διαφορετικό τρόπο από αυτόν που χρησιμοποιούν οι Molden και Gates (1990). Έτσι ορίζουν δύο δείκτες όπως περιγράφονται στη συνέχεια:

$$Dependability\ of\ irrigation\ interval = \frac{\text{Πραγματικ ή διάρκεια για τη μεταφο ρά του νερο ύ}}{\text{Επιθυμητ ή διάρκεια για τη μεταφ ορά του νερο ύ}}$$

Εξίσωση 17. Πρώτος δείκτης αξιοπιστίας (Bos et al., 1994).

και

$$Dependability\ of\ irrigation\ interval = \frac{Πραγματική\ διάρκεια\ άρδευσης}{Επιθυμητή\ διάρκεια\ άρδευσης}$$

Εξίσωση 18. Δεύτερος δείκτης αξιοπιστίας (Bos et al., 1994).

Παρόλο που οι παραπάνω δείκτες αναφέρονται στην αξιολόγηση ενός γεγονότος, θα μπορούσαν να τροποποιηθούν κατάλληλα προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για ένα σύνολο γεγονότων ή για μια ολόκληρη χρονική περίοδο (Renault και Vehmeyer, 1999) (Στεφοπούλου, 2013).

Πιο πρόσφατα, οι Yannopoulos and Spiliotis (2012) αναπτύσσουν μια μεθοδολογία για την εκτίμηση της αξιοπιστίας ενός συστήματος διανομής νερού (minimum cut-set approach). Στη μεθοδολογία αυτή, το διαθέσιμο φορτίο πίεσης στον κόμβο αντιμετωπίζεται ως ένα ασαφές σύνολο (Στεφοπούλου, 2013).

Επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός δείκτη αξιολόγησης για την ανάλυση λειτουργίας σε επίπεδο υδροστομίου

Μέχρι σήμερα ο δείκτης που χρησιμοποιείται κυρίως στην ανάλυση λειτουργίας συλλογικών αρδευτικών δικτύων σε επίπεδο υδροστομίου είναι ο δείκτης αξιοπιστίας του Hashimoto που περιγράφηκε παραπάνω. Ο δείκτης αυτός είναι εύκολος στη χρήση και δίνει εύληπτα αποτελέσματα, ωστόσο αδυνατεί να αναδείξει το εύρος της επιτυχίας ή αποτυχίας ενός υδροστομίου, δηλ. την έκταση του ελλείμματος ή της περίσσειας φορτίου που εμφανίζει ένα υδροστόμιο. Στην πράξη, η πραγματική απόδοση ενός υδροστομίου προσδιορίζεται από άπειρο αριθμό καταστάσεων που κυμαίνονται από το απόλυτο έλλειμμα φορτίου έως την απόλυτη λειτουργική επάρκεια (Στεφοπούλου, 2013).

Ένας δείκτης αξιολόγησης της λειτουργίας συλλογικών αρδευτικών δικτύων σε επίπεδο υδροστομίου θα πρέπει να παρουσιάζει τα παρακάτω επιθυμητά χαρακτηριστικά:

1. Να είναι εύκολος στη χρήση
2. Να δίνει εύληπτα αποτελέσματα
3. Να παρουσιάζει το εύρος του ελλείμματος ή του πλεονάσματος φορτίου και
4. Να αναδεικνύει τις περιπτώσεις υδροστομίων που ενώ δεν αστοχούν, εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα αστοχίας (Στεφοπούλου, 2013).

Synopsis in English language

The evaluation of collective irrigation networks must be improved in order to meet the growing demand for irrigation water needs.

The duty of all those who involved in the field of water management is to increase food production per unit of available water, to prevent environmental degradation and to increase the income of producers.

A starting point is to improve water management in irrigation systems. The maintenance or the restoration of an irrigation network, the inspection and the conducting of technical audits, the proper planning, the transportation and the distribution of water to crops should be carried out not only in collective but also in individual irrigation networks in order to have an increased effectiveness of the evaluation system.

It is unlikely to have sufficient time or resources to simultaneously evaluate all aspects of performance in any individual inspection. Dealing with only one element of the overall performance scenario would probably lead only to some benefits that could be misleading.

The performance evaluation of collective irrigation networks is a complex process. A big part of the evaluation is subjective as it is based on views and data that require determination of objectives that may be poorly defined. The multi-objective management with many managers and stakeholders is inevitably difficult.

Σύνοψη στην ελληνική γλώσσα

Η αξιολόγηση των συλλογικών δικτύων άρδευσης πρέπει να βελτιωθεί ώστε να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες ζήτησης αρδευτικού νερού.

Καθήκον όλων όσων ασχολούνται στον τομέα της διαχείρισης του νερού είναι η αύξηση της παραγωγής τροφίμων ανά μονάδα διαθέσιμου νερού, η πρόληψη της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και η αύξηση του εισοδήματος των παραγωγών.

Ένα σημείο εκκίνησης είναι η βελτίωση του τρόπου διαχείρισης του νερού στα συστήματα άρδευσης. Η συντήρηση ή αποκατάσταση ενός δικτύου άρδευσης, η επιθεώρηση και η διεξαγωγή τεχνικών ελέγχων, ο ορθός προγραμματισμός, η μεταφορά και η διανομή του νερού στις καλλιέργειες θα πρέπει να πραγματοποιείται όχι μόνο στα συλλογικά αλλά και στα ατομικά δίκτυα άρδευσης ώστε να υπάρχει αυξημένη αποτελεσματικότητα του συστήματος αξιολόγησης.

Είναι απίθανο σε οποιαδήποτε μεμονωμένη επιθεώρηση να υπάρχει επαρκής χρόνος ή πόροι για την ταυτόχρονη αξιολόγηση όλων των πτυχών της απόδοσης. Η αντιμετώπιση όμως μόνο ενός στοιχείου του συνολικού σεναρίου απόδοσης, πιθανότατα να οδηγούσε μόνο σε μερικά οφέλη τα οποία θα μπορούσαν να είναι παραπλανητικά.

Η αξιολόγηση της απόδοσης των συλλογικών δικτύων άρδευσης είναι μια περίπλοκη διαδικασία. Ένα μεγάλο μέρος της αξιολόγησης είναι υποκειμενικό καθώς βασίζεται τόσο σε απόψεις όσο και σε δεδομένα που απαιτούν τον προσδιορισμό στόχων που ενδέχεται να είναι ελαχίστως καθορισμένοι. Η διαχείριση πολλαπλών στόχων με πολλούς διαχειριστές και ενδιαφερόμενους είναι αναπόφευκτα δύσκολη.

Riassunto in italiano

La valutazione delle reti collettive di irrigazione deve essere migliorata per soddisfare la crescente domanda di acqua per l'irrigazione.

Duty di tutti coloro che sono coinvolti nel campo della gestione delle risorse idriche sono l'aumento della produzione alimentare per unità di acqua disponibile, la prevenzione del degrado ambientale e l'aumento del reddito dei produttori.

Un punto di partenza è migliorare il modo in cui le acque viene gestita nei sistemi di irrigazione. Il mantenimento o il ripristino di una rete di irrigazione, l'ispezione e la sottoporre degli audit tecnici, la corretta progettazione, il trasferimento e la distribuzione di acqua alle colture dovrebbero essere effettuati non solo collettivamente, ma anche individualmente in irrigazione reti in modo che vi sia una maggiore efficacia del sistema di valutazione.

È improbabile che ogni singola ispezione disponga di tempo o risorse sufficienti per valutare simultaneamente tutti gli aspetti delle prestazioni. Ma affrontare solo un elemento dello scenario complessivo delle prestazioni probabilmente ha solo portato ad alcuni benefici che potrebbero essere fuorvianti.

La valutazione delle prestazioni delle reti di irrigazione collettiva è un processo complicato. Una gran parte della valutazione è soggettiva perché si basa entrambe viste ed i dati che richiedono obiettivi identificativi che possono essere definiti in modo inadeguato. La gestione multi-obiettivo con molti dirigenti e interessate sono inevitabilmente difficile.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Abernethy, C.L. (1984). Methodologies for Studies of Irrigation Water Management. Report OD/TN 9. Hydraulics Research, Wallingford, UK.

Abernethy, C.L. (1986). Performance measurement in canal water management: a discussion. ODI- IIMI Irrigation Management Network Paper, No. 86/2d. London Overseas Development Institute.

Abernethy, C.L. (1989). Indicators and criteria of the performance of irrigation systems. Paper presented at the FAO Regional Workshop on Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Bangkok, Thailand, pp.22-26.

Bos, M.G. and Nugteren, J. (1990). On Irrigation Efficiencies, 4th edn. ILRI publication 19. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

Bos, M.G., Abdel-Dayem, S. and Abdel-Rahman Attia, F. (1994). Assessing performance of irrigation and drainage: examples from Egypt. Proceedings 8th IWRA World Congress on Water Resources, Cairo, November 1994. Volume 1, T4- S1, pp. 6.1-6.18.

Bos, M.G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D.J., Johnson, H.G. and Snellen, W.B. (1994). Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. Irrigation and Drainage Systems 7, pp. 231-261.

Bos, M.G. (1997). Performance indicators for irrigation and drainage. Irrigation and Drainage Systems 11: 119-137

Bos, M.G, Burton, M.A and Molden, D.J. (2005). "Irrigation and drainage performance assessment (Practical Guidelines)". CABI Publishing, UK.

Bottrall, A.F. (1981). Comparative Study of the Management and Organisation of Irrigation Projects. World Bank Staff Working Paper No. 458. World Bank, Washington, DC.

Burnham A.J., Suter S.N., Burton M.A. & El-Askari K. (1997). Guidelines for Irrigation Canal control. (SirWilliam Halcrow & Partners). DFID Research Report Project R6259. Section on performance evaluation.

Burt C.M. and Plusquellec H.L. (1990). Water delivery control. In G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Solomon (Eds), Management of Farm Irrigation Systems, pp 373-423. ASAE: USA.

Burton M., Molden D., and Skutsch J. (2000). Benchmarking Irrigation and Drainage System Performance Position Paper. Report on Workshop 3 and 4 August 2000, FAO, Rome, Italy

Burton, M.A. and Mututwa, I.M. (2002). A methodology for performance assessment of irrigation and drainage systems (draft paper). Civil Engineers 130, 175-183.

Chames, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal Operation Research 2, pp.429-444.

- Clemmens A.J. and Bos M.G. (1990). Statistical methods for irrigation system water delivery performance evaluation. *Irrigation and Drainage Systems* 4: 345-365.
- Clemmens, A.J., and Molden, D.J. (2007). Water uses and productivity of irrigation systems. *Irrigation Science* 25 (3): 247-261
- Ebeling C.E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill International Editions, 487 pp.
- FAO. (2003). *World Agriculture: Towards 2015/2030*. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Earthscan Publications Ltd, London, UK, 432p.
- Garcés, C. (1983). *A methodology to evaluate the performance of irrigation systems: application to Philippine national systems*. Unpublished PhD thesis, Cornell University, Ithaca, New York.
- Gorantiwar, S.D., Smout, I.K. (2005). Performance assessment of irrigation water management of heterogeneous irrigation schemes. *Irrigation and drainage systems* 19, pp. 1-36.
- Hashimoto T., Sredomger J.R., and Loucks D.P. (1982). Reliability, resilience and vulnerability criteria for water resources system performance evaluation. *Water Resources* 18(1):14-20.
- I.I.M.I. (International Irrigation Management Institute), (1995). *Irrigation management and crop diversification. Final report on the Technical Assistance Study, phase II*. Colombo, Sri Lanka, IIMI.
- Jain S. K. and Bhunya P.K. (2008). Reliability, resilience and vulnerability of a multipurpose storage reservoir. *Hydrological Sciences*, 53(2): 434-447.
- Kloezen, W.H. and Garces-Restrepo, C. (1998). *Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: The case of the Alto Rio Lerna, Mexico*. IWMI Research Report 22, 35p.
- Lenton, R.L., (1984). *A note on monitoring productivity and equity in irrigation systems*. In: Pant, N. (ed.). Ashish Publishing House.
- Levine, G. (1982). *Relative water supply: an explanatory variable for irrigation systems*. Tech. Report No. 6. Cornell University, Ithaca, NY.
- LWRRDC. (1998). *Report of the national program for irrigation R&D benchmarking project*. Land & Water Resources Research & Development Corporation, Canberra, Australia
- Makin, I.W., Goldsmith, H. and Skutch, J.C. (1991). *Ongoing performance assessment - a case study of Kraseio Project, Thailand*. *Irrigation and Drainage Systems* 5: 31-42.
- Malano, H. and Burton, M. (2001). *Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector*. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. (IPTRID) FAO.
- Malano, H.M., Burton, M., Makin, I. (2004). *Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: a tool for change*. *Irrigation and Drainage* 53, pp. 119-133.

- Malhotra, S.P., Raheja, S.K., Seckler, D. (1984). A methodology for monitoring the performance of large-scale irrigation systems: A case study of the warabandi system of Northwest India. *Agricultural Administration* 17 (4): 231-259
- Merriam, J.L., Shearer, M.N. and Burt, C.M. (1983) Evaluating irrigation systems and practices. In: Jensen, M.E. (ed.) *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE monograph no. 3. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan.
- Molden, D.J., Gates, T.K. (1990). Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *J. Irrigation Drainage Eng.* ASCE 116(6), 804-823.
- Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., de Fraiture, C. and Kloezen, W. (1998). Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. International Water Management Institute, Colombo. Research report 20, 26p.
- Murray-Rust, D.H. and Snellen, W.B. (1993). Irrigation system performance assessment and diagnosis. Joint IIMI/ILRI/IHEE Publication, International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Oad, R. and McCornick, P.G. (1989). Methodology for assessing the performance of irrigated agriculture. *ICID Bulletin* 38 (1). International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi.
- Perry, C.J. (1996). Quantification and measurement of a minimum set of indicators of the performance of irrigation systems. International Irrigation Management Institute, Colombo, mimeo.
- Plusquellec, H. (1990). The Gezira Irrigation Scheme in Sudan: objectives, design, and performance. World Bank Technical Paper. pp120.
- Rao, P.S. (1993). Review of selected literature on indicators of irrigation performance. International Irrigation Management Institute, Sri Lanka
- Renault D. and Vehmeyer P. (1999). On reliability in irrigation service preliminary concepts and application. *Irrigation and Drainage Systems* 13: 75-103
- Rodriguez-Diaz, J.A., Camacho, E., Lopez, R. (2004). Application of data envelopment analysis to studies of irrigation efficiency in Andalucia. *J. Irrig. Drain Eng.*, 130(3), 175-183
- Rodriguez-Diaz, J.A.; Camacho-Poyato, E.; Lopez-Luque, R.; Perez-Urrestarazu, L. (2008). Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: An application in Spain. *Agricultural Systems* , 96 (1): 250-259
- Sakthivadivel, R., de Fraiture, C., Molden, D.J., Perry, C. and Kloezen, W.H. (1999). Indicators of land and water productivity in irrigated agriculture. *Water Resources Development*, Vol. 15, No.1 and 2, pp. 161-179.
- Seckler, D., Sampath, R. K., and Raheja, S. K. (1988). An index for measuring the performance of irrigation management systems with an application. *Water Resource* 24(4): 855-860.
- Small, L.E. and Svendsen, M. (1992). A Framework for Assessing Irrigation Performance. IFPRI Working Papers on Irrigation Performance No. 1. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.

Svendsen, M. (1990). Choosing a perspective for assessing irrigation system performance. Paper presented at the FAO Regional Workshop on Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Bangkok, Thailand, 22-26 October.

Urrestarazu, P., L., Rodriguez Diaz, J.A., Camacho Poyato, and E., Lopez Luque, R. (2009). Quality of service in irrigation distribution networks: Case of Palos de la Frontera irrigation district (Spain). *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 135 (6): 755-762

Yannopoulos, S., Spiliotis, M. (2012). Water Distribution System Reliability Based on Minimum Cut-Set Approach and the Hydraulic Availability. *Water Resources Management*. 27 (6) : 1821-1836

Zhi, Mao. (1989). Identification of Causes of Poor Performance of a Typical Large-sized Irrigation Scheme in South China. ODI/IIMI Irrigation Management Network Paper 89/lb. Overseas Development Institute, London, June.

Zoints, S. (1992). Some thoughts on research in multiple criteria decision making. *Computers and Operations Research* 19, pp. 567-570.

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Ντάντος, Π. (2012). Αξιολόγηση Αποδοτικότητας Αρδευτικών Συστημάτων με Χρήση Δεικτών, Περιβάλλουσας Ανάλυσης δεδομένων και Θεωρίας Ασαφών Συνόλων. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Στεφοπούλου, Α.Κ. (2013). Ανάπτυξη ομοιώματος προσομοίωσης για την ανάλυση της λειτουργίας αρδευτικών δικτύων υπό πίεση ελεύθερης ζήτησης. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Interreg V- A Greece-Italy Programme 2014 2020

www.greece-italy.eu

IR2MA

**Large Scale Irrigation Management Tools for Sustainable Water Management
in Rural Areas and Protection of Receiving Aquatic Ecosystems**

Subsidy Contract No: I1/2.3/27

Project co-funded by European Union, European Regional Development Funds (E.R.D.F.) and by
National Funds of Greece and Italy