



LYSIS

Παραδοτέο 4.2.1 Έκθεση αξιολόγησης με κατευθύνσεις προς την ομάδα έργου για την εκτίμηση της απόδοσης και τις ευκαιρίες εφαρμογής του έξυπνου συστήματος και σε άλλα πάρκα του Δήμου Παύλου Μελά.

Στο πλαίσιο του έργου «Joint actions for the development and implementation of new technologies for the optimal management of water resources in the urban environment/ LYSIS» του Προγράμματος INTERREG V-A ΕΛΛΑΔΑ - ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ 2014-2020

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Φεβρουάριος 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Το Διασυνοριακό Πρόγραμμα Ευρωπαϊκής Εδαφικής Συνεργασίας «Ελλάδα - Βουλγαρία 2014 -2020».....	4
Το έργο «LYSIS».....	8
Εταίροι του έργου «LYSIS».....	10
1. Εισαγωγή.....	11
2. Περιγραφή όλων των χώρων αστικού πρασίνου στο σύνολο του Δήμου Παύλου Μελά.....	12
1.1 Πάρκο Δενδροποτάμου	12
2.2 Πάρκο Τζένης Καρέζη.....	13
2.3 Πάρκο Τερψιθέας	15
3. Υπολογισμός πραγματικών αναγκών σε νερό της βλάστησης.....	17
3.1 Η ανάγκη για μια σταθερή μέθοδο υπολογισμού της ΕΤο.....	17
3.2 Μεθοδολογία υπολογισμού πραγματικών αναγκών νερού	19
4. Εκτίμηση υδατικού αποτυπώματος με υπολογισμό του μπλε και πράσινου εικονικού νερού	27
4.1 Υδατικό αποτύπωμα	27
4.2 Διάκριση μεταξύ πράσινου και μπλε νερού	30
4.3 Πράσινο νερό.....	31
4.4 Μπλε νερό.....	33
4.5 Αναλογία πράσινου νερού προς μπλε.....	35
5. Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα.....	37
5.1 Υφιστάμενη κατάσταση	37
5.2 Εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί.....	37
5.3 Μεθοδολογία	39
6. Ανάλυση SWOT συστήματος έξυπνης άρδευσης.....	43
7. Ανάλυση κόστους-οφέλους.....	48
7.1 Εισαγωγή	48
7.2. Διερεύνηση χρηματοοικονομικού, περιβαλλοντικού και κόστους πόρου με βάση τα πραγματικά γεωργοοικονομικά-γεωργοτεχνικά στοιχεία κοστολόγησης του αρδευτικού νερού	49
7.3 Προτεινόμενη Μεθοδολογία για την Εκτίμηση του Περιβαλλοντικού Κόστους.....	60
7.5 Κόστος Φυσικού Πόρου	63
8. Προβλήματα, περιορισμοί και προκλήσεις της μεθοδολογικής προσέγγισης ..	73
9. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας του σχεδιασμού των πιλοτικών εφαρμογών	75
10. Πρωτόκολλο χρήσης του συστήματος.....	79
10.1 Πρωτόκολλο συντήρησης και ελέγχου εξοπλισμού και εργασιών	80
10.1 Πρωτόκολλο βέλτιστης αρδευτικής δόσης.....	82
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	86

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

SUMMARY

Introduction

This Deliverable is a report of the implemented work on the Deliverable 4.2.1 “Evaluation, efficiency assessment and scale-up opportunities report for smart irrigation system”.

The deliverable is divided into the following sections:

- a) Introduction
- b) Description of all urban green areas in the Municipality of Pavlos Melas
- c) Calculation of real needs in water of vegetation
- d) Water footprint estimation by calculating blue and green virtual water
- e) Calculation of carbon footprint
- f) SWOT analysis of smart irrigation system
- g) Cost-benefit analysis
- h) Problems, constraints and challenges of the methodological approach
- i) Assessing the efficiency and effectiveness of the design of pilot applications
- j) System usage protocol



Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

Το Διασυνοριακό Πρόγραμμα Ευρωπαϊκής Εδαφικής Συνεργασίας «Ελλάδα - Βουλγαρία 2014 -2020»

Η Ελλάδα και η Βουλγαρία, δύο γειτονικές χώρες με πλούσιο παρελθόν, από το τέλος της δεκαετίας του 1990 έχουν μπει σε μια εποχή στενότερης συνεργασίας, χάρη στο Διασυνοριακό Πρόγραμμα INTERREG “Ελλάδα-Βουλγαρία”.

Η επιλέξιμη περιοχή διασυνοριακής συνεργασίας Ελλάδας - Βουλγαρίας για την προγραμματική περίοδο 2014-2020 είναι πανομοιότυπη με το ισχύον πρόγραμμα Ευρωπαϊκής Εδαφικής Συνεργασίας. Εκτείνεται σε 40.202 km² και έχει συνολικό πληθυσμό 2.7 εκατομμυρίων κατοίκων. Καλύπτει τέσσερις εδαφικές μονάδες σε επίπεδο NUTS II (Περιφέρειες) και 11 εδαφικές μονάδες σε επίπεδο NUTS III (Περιφέρειες). Η επιλέξιμη περιοχή εκτείνεται κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων και γειτνιάζει με την Τουρκία (ανατολικά) και την ΠΓΔΜ (δυτικά), δύο χώρες που επιθυμούν να έχουν πρόσβαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Είναι μέρος της πλέον νοτιοανατολικής μη νησιωτικής περιοχής της ΕΕ και βρίσκεται ανάμεσα σε τρεις θάλασσες: τη Μαύρη Θάλασσα, τη Μεσόγειο Θάλασσα και την Ιόνιο-Αδριατική Θάλασσα. Τέλος, βρίσκεται στο σταυροδρόμι των στρατηγικών αγωγών ορυκτών καυσίμων που τροφοδοτούν την αγορά της ΕΕ και τους άξονες διευρωπαϊκών δικτύων μεταφορών (ΔΕΔ).

Η επιλέξιμη περιοχή του Διασυνοριακού Προγράμματος INTERREG “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014 - 2020” καλύπτει τις ακόλουθες περιοχές:

BG413 - Μπλαγκόεβγκραντ (Blagoevgrad)

BG422 - Χάσκοβο (Haskovo)

BG424 - Σμόλιαν (Smolyan)

BG425 - Κάρντζαλη (Kardzhali)

EL111 - Έβρος

EL112 - Ξάνθη

EL113 - Ροδόπη

EL114 - Δράμα

EL115 - Καβάλα

EL122 - Θεσσαλονίκη

EL126 - Σέρρες

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”



Εικόνα 1 - Η επιλέξιμη περιοχή του Διασυνοριακού Προγράμματος INTERREG "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014 - 2020"

Η συνοικιστική δομή της περιοχής χαρακτηρίζεται από την παρουσία 10 μεσαίων και μεγάλων πόλεων (>50.000 κατοίκους) που συγκεντρώνουν 38,2% του συνολικού πληθυσμού και 25 μικρές πόλεις (10.000-50.000 κάτοικοι). Παρά τα σχετικά μικρά κονδύλια που διατίθενται, υπάρχει μακρά ιστορία συνεργασίας στην επιλέξιμη περιοχή, η οποία άρχισε με την κοινοτική πρωτοβουλία INTERREG I (1989-1993).

Διάρθρωση Προγράμματος

Το πρόγραμμα «Ελλάδα - Βουλγαρία 2014-2020» έχει σχεδιαστεί για να αντιμετωπίσει τις κύριες προκλήσεις που εντοπίζονται στη διασυνοριακή περιοχή όπου η συνεργασία είναι είτε αναγκαία είτε αναμένεται να παράγει σημαντική προστιθέμενη αξία είτε κεφαλαιοποιώντας προηγούμενα αποτελέσματα είτε με το είναι συμπληρωματικό ως προς το πρόγραμμα "έξυπνης εξειδίκευσης" είτε αξιοποιώντας τις υφιστάμενες θεσμικές ικανότητες ή / και την εκφρασμένη ζήτηση. Συμβάλλει στη στρατηγική E2020 ως εξής:

Όσον αφορά τον στόχο "έξυπνης ανάπτυξης":

Ενισχύει τον επιχειρηματικό ιστό της διασυνοριακής περιοχής και ιδίως προωθεί τη βελτίωση της παραγωγικότητας, τον εξαγωγικό προσανατολισμό και την εισαγωγή νέων προϊόντων με ιδιαίτερη έμφαση στους τομείς που προσδιορίζονται από τις στρατηγικές "έξυπνης εξειδίκευσης"

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

- ✓ προωθεί την καινοτομία σε όλα τα επίπεδα,
- ✓ προωθεί την αποτελεσματικότητα των πόρων,
- ✓ αξιοποιεί τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που προσφέρουν τους πλούσιους φυσικούς και πολιτιστικούς πόρους για την προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης (τουρισμός), και
- ✓ υποστηρίζει την ολοκλήρωση και την αποτελεσματική χρήση των συστημάτων μεταφοράς στη διασυνοριακή περιοχή

Όσον αφορά τον στόχο της "βιώσιμης ανάπτυξης":

- ✓ Αυξάνει την ικανότητα προσαρμογής της διασυνοριακής περιοχής στην αλλαγή του κλίματος,
- ✓ μειώνει τους φυσικούς και ανθρωπογενείς κινδύνους και ενισχύει την ικανότητα ανταπόκρισης των τοπικών φορέων,
- ✓ διατηρεί την πολιτιστική και φυσική κληρονομιά,
- ✓ προστατεύει και αποκαθιστά την βιοποικιλότητα και την υγεία των οικοσυστημάτων, και
- ✓ μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μεταφορικών δραστηριοτήτων στη διασυνοριακή περιοχή
- ✓ Όσον αφορά τον στόχο "ανάπτυξη χωρίς αποκλεισμούς":
- ✓ ενισχύει τη συνδεσιμότητα και τη κινητικότητα της διασυνοριακής περιοχής
- ✓ προωθεί την «πρόσβαση για όλους» στην υγειονομική περίθαλψη,
- ✓ στηρίζει την απασχολησιμότητα, ιδίως για τις πιο ευάλωτες ομάδες, και
- ✓ ενισχύει την ανάπτυξη της κοινωνικής επιχειρηματικότητας.

Οι ως άνω στόχοι διαρθρώνονται στους ακόλουθους άξονες προτεραιότητας, θεματικούς στόχους, επενδυτικές προτεραιότητες και ειδικούς στόχους:

ΑΞΟΝΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ	ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ	ΕΙΔΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ
1 - Ανταγωνιστική και Καινοτόμος Διασυνοριακή Περιοχή	3 - Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των ΜΜΕ, του αγροτικού τομέα κτλ	3a - Προώθηση της επιχειρηματικότητας με τη διευκόλυνση της οικονομικής εκμετάλλευσης των νέων ιδεών και την ενίσχυση της δημιουργίας νέων επιχειρήσεων, ιδίως μέσω «εκκολαπτόμενων» επιχειρήσεων	1 - Βελτίωση των συστημάτων υποστήριξης των ΜΜΕ για την επιχειρηματικότητα
		3d - Υποστήριξη των ΜΜΕ για ανάπτυξη σε περιφερειακές, εθνικές και διεθνείς αγορές και συμμετοχή τους σε καινοτόμες διαδικασίες	2 - Βελτίωση της ικανότητας των ΜΜΕ να επεκταθούν πέρα από τις τοπικές αγορές
2 - Βιώσιμη Διασυνοριακή Περιοχή	5 - Προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές και διαχείριση κινδύνων	5b - Προώθηση Επενδύσεων για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών	3 - Βελτίωση της διασυνοριακής συνεργασίας στα σχέδια διαχείρισης κινδύνου πλημμυρών σε επίπεδο ποταμού
		6c - Διατήρηση, προστασία και προώθηση της φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς	4 - Αξιοποίηση της φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς της διασυνοριακής περιοχής στο πλαίσιο του τουρισμού
	6 - Διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος και προώθηση της αποτελεσματικής χρήσης πόρων	6d - Προστασία και αποκατάσταση της βιοποικιλότητας και του εδάφους, και προώθηση των οικοσυστημάτων	5 - Ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των δράσεων προστασίας της βιοποικιλότητας
		6f - Προώθηση καινοτόμων τεχνολογιών για τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος και αποδοτικότητας των πόρων στον τομέα των αποβλήτων, στον τομέα του νερού και του εδάφους και για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	6 - Ενίσχυση της διαχείρισης υδάτων
3 - Διασύνδεση διασυνοριακής περιοχής	7 - Προώθηση των βιώσιμων μεταφορών και απομάκρυνση εμποδίων στις κύριες υποδομές σύνδεσης	7b - Ενίσχυση της περιφερειακής κινητικότητας συνδέοντας δευτερεύοντες και τριτεύοντες κόμβους του TEN-T	7 - Βελτίωση της προσβασιμότητας στη διασυνοριακή περιοχή
4 - Μια διασυνοριακή περιοχή χωρίς κοινωνικούς αποκλεισμούς	9 - Προώθηση της κοινωνικής συνοχής, καταπολέμηση της φτώχειας και των διακρίσεων	9a - Επένδυση στην υγεία και στις κοινωνικές υποδομές που συνεισφέρουν στην εθνική, περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη, μειώνουν τις ανισότητες σε θέματα υγείας, προωθούν την κοινωνική συνοχή μέσω βελτιωμένης πρόσβασης σε κοινωνικές υπηρεσίες	8 - Βελτίωση της πρόσβασης στην πρωτοβάθμια υγεία και στα επείγοντα (σε απομονωμένες και υποβαθμισμένες κοινότητες) στη διασυνοριακή περιοχή
		9c - Παροχή υποστήριξης για τις κοινωνικές επιχειρήσεις	9 - Ανάπτυξη της κοινωνικής επιχειρηματικότητας στη διασυνοριακή περιοχή

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Το έργο «LYSIS»

Υπόβαθρο του έργου

Η διασυνοριακή περιοχή Ελλάδας – Βουλγαρίας χαρακτηρίζεται από πολλούς σημαντικούς υδάτινους πόρους, που βρίσκονται σε περιοχές με παρόμοια χαρακτηριστικά, αλλά βρίσκονται κάτω από διαφορετική διαχείριση. Περιοχές κοντά σε μεγάλα υδάτινα σώματα αντιμετωπίζουν συνήθως προβλήματα στη διαχείριση των πλεοναζόντων υδάτων όπως συμβαίνει στην περίπτωση της Δράμας, ενώ άλλοι δήμοι, όπως του Παύλου Μελά και του Blagoevgrad, αντιμετωπίζουν πρόβλημα στην αποθήκευση νερού.

Η ανάγκη για αποδοτική διαχείριση των υδάτινων πηγών είναι κοινή σε όλη τη διασυνοριακή περιοχή, και γι' αυτό μπορούν να βρεθούν λύσεις με την συμμετοχή όλων των μερών. Το έργο «LYSIS» προτείνει μία προσαρμοσμένη προσέγγιση για τις κοινωνικό-κλιματικές αλλαγές με τη χρήση καινοτόμων τεχνικών και τεχνολογιών με στόχο τη βιώσιμη διαχείριση των αστικών υδάτων.

Παρόλο που μεγάλο εύρος των Ευρωπαϊκών οδηγιών και της εθνικής νομοθεσίας αναφέρονται στη διαχείριση και τον έλεγχο υδάτινων πόρων, οι υφιστάμενες μεθοδολογίες και τα τεχνικά και λειτουργικά πρότυπα υλοποίησης ελλείπουν στο επίπεδο των Δήμων. Η ανάπτυξη αυτών των μεθοδολογιών και προτύπων παρουσιάζουν μία κοινή πρόκληση τόσο για την Ελλάδα όσο και για τη Βουλγαρία στην προσπάθειά τους να προωθήσουν τη βιώσιμη δημοτική διαχείριση των υδάτων και να μειώσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των αστικών χώρων πράσινου. Συγκεκριμένα, το παρόν έργο προτείνει στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων πλεοναζόντων υδάτων ή/και αποθήκευσής του.

Οι διασυνοριακοί υδάτινοι πόροι που βρίσκονται στην επιφάνεια (ποτάμια και λίμνες) αλλά και οι υπόγειοι υδροφορείς (groundwater aquifers) είναι πολύ σημαντικές πηγές νερού για διάφορες χρήσεις σε διεθνές και τοπικό επίπεδο, και αποτελούν σημαντικό μέρος του πολύτιμου διαθέσιμου νερού στη γη. Η Ελλάδα και η Βουλγαρία διασχίζονται από τρία πολύ σημαντικά διασυνοριακά ποτάμια, το Στρυμόνα, τον Νέστο και τον Έβρο. Ωστόσο, μέχρι πρόσφατα δεν είχε σχεδιαστεί κανένα αποτελεσματικό πλάνο σχετικά με την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδάτων τους. Από τότε που η διαχείριση υδάτων είναι κομμάτι της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδάτων, γίνεται σαφής η αναγκαιότητα για διασυνοριακή συνεργασία.

Η υλοποίηση του έργου θα συμβάλει στην ολοκληρωμένη μελέτη για την αξιοποίηση των υδάτων στις δύο χώρες, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία ΕΕ 60/2000. Επιπλέον, η ποιότητα των αποτελεσμάτων, ειδικά εκείνων που σχετίζονται με την εφαρμογή έξυπνων αρδευτικών συστημάτων, θα ερμηνευθούν καλύτερα αφού οι δήμοι Παύλου Μελά και Blagoevgrad είναι χαρακτηριστικοί του εύρους θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων του Μεσογειακού κλίματος.

Τέλος, η ζωτική σημασία της συνεργασίας των δύο χωρών υποδεικνύεται από το γεγονός ότι η αποκτηθείσα εμπειρία των Ελλήνων εταίρων στα έξυπνα αρδευτικά συστήματα θα μεταφερθεί στη Βουλγαρία μέσω του εταίρου συμμετοχής σε πιθανούς πληθυσμούς στόχους και ενδιαφερόμενα μέρη της διασυνοριακής περιοχής.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Η χρονική καθυστέρηση εξαιτίας της ανάπτυξης υποδομών στο Δήμο του Blagoevgrad θα αποκατασταθεί έτσι ώστε ο αλγόριθμος και το λογισμικό άρδευσης να μην αναπτυχθούν, αλλά μόνο να παραμετροποιηθούν σύμφωνα με τις ανάγκες του δήμου. Η υλοποίηση του έργου θα συνεισφέρει στην ενδυνάμωση του επιχειρηματικού ιστού στη διασυνοριακή περιοχή και ειδικότερα προωθώντας την εισαγωγή νέων προϊόντων με ιδιαίτερη έμφαση σε τομείς χαρακτηρισμένους από στρατηγικές «έξυπνης ειδίκευσης», θα προωθήσει καινοτόμες μεθόδους οι οποίες θα συνεισφέρουν στην προσαρμογή προσεγγίσεων όσον αφορά την διαχείριση υδάτων.

Η καινοτομία του έργου έγκειται στο γεγονός ότι θα αναπτύξει μια υποδομή η οποία όχι μόνο θα υλοποιήσει τις πιλοτικές δράσεις αλλά θα συνεχίσει την παρακολούθηση, τη διαβαθμονόμηση, την αποδέσμευση και τη συντήρηση των δεδομένων που επιτυγχάνονται από το τηλεμετρικό δίκτυο. Εν συντομία, οι πιλοτικές δράσεις θα εισάγουν την εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών όπως συστήματα SCADA, DSS και εργαλεία έξυπνης τηλεμετρίας. Επιπλέον, το έργο καλύπτει ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων που συναντώνται στην περιοχή, έτσι η προστιθέμενη αξία και ο σκοπός του έργου υπερβαίνει τις τοπικές ανάγκες και μπορεί να θεωρηθεί ως παράδειγμα για την πλειονότητα των φορέων και αρχών που είναι υπεύθυνες για τη διαχείριση των αστικών υδάτων.

Στόχοι του έργου και Αναμενόμενα αποτελέσματα

Ο κυριότερος στόχος του έργου «LYSIS» είναι να προσαρμόσει τις κοινωνικό-κλιματικές αλλαγές σε μία βιώσιμη διαχείριση αστικών υδάτων σχεδιάζοντας ένα έξυπνο σύστημα που θα αναγνωρίζει και θα διαχειρίζεται τις εναλλαγές συνεχώς. Η διπλή φύση του έργου έγκειται στο γεγονός ότι το έργο «LYSIS» εφαρμόζει δύο προσεγγίσεις προσαρμοσμένες στις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε εταίρου: στους Δήμους Παύλου Μελά και Blagoevgrad, το έργο «LYSIS» σκοπεύει να αποθηκεύσει νερό μέσω έξυπνων αρδευτικών συστημάτων, ενώ στο Δήμο Δράμας, σχεδιάζει να εξοικονομήσει το υπερβάλλον νερό κάνοντάς το διαθέσιμο για χρήση.

Το αρδευτικό νερό είναι προτεραιότητα του ευρωπαϊκού προγράμματος SWITCH και η πρώτη προσέγγιση του έργου «LYSIS» εστιάζει στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης αστικών υδάτων μέσω της μείωσής του. Η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος συνδυάζεται με τις αισθητικές και ψυχαγωγικές υπηρεσίες που προσφέρουν οι αστικοί χώροι πράσινου. Ο στόχος του πρώτου μέρους/προσέγγισης του έργου είναι η κοινή για τις δύο χώρες ανάπτυξη προτύπων και τεχνικών που αφορούν την άρδευση των αστικών χώρων πράσινου. Αυτές οι πρακτικές διαχείρισης είναι σύμφωνες με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες και την εθνική νομοθεσία.

Η δεύτερη προσέγγιση αφορά τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης αστικών υδάτινων πόρων σε περιοχές με προβλήματα πλεοναζόντων υδάτων, μέσω μέτρησης ισορροπίας νερού (equilibrium calculation) ανά περιόδους. Ο στόχος του έργου «LYSIS» είναι να μεταχειριστεί την εξεταζόμενη περιοχή σαν ένα κλειστό κύκλωμα και να αναγνωρίσει τις υδάτινες εισροές και εκροές (βροχοπτώσεις, εξατμισοδιαπνοή, υπόγεια ύδατα κτλ). Τα δεδομένα εισάγονται σε ένα εννοιολογικό υδρολογικό μοντέλο για να ληφθούν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των εφαρμοζόμενων μεταβλητών και να προσδιοριστούν οι ποσότητες περίσσειας ύδατος που είναι διαθέσιμες για χρήση

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Τα αναμενόμενα άμεσα αποτελέσματα του έργου φαίνονται παρακάτω:

- Βιώσιμη διαχείριση αστικών υδάτων και διατήρηση των υδάτινων πόρων μέσω της χρήσης Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ)
- Μείωση του λειτουργικού και του διοικητικού κόστους των αρδευτικών συστημάτων των αστικών περιοχών
- Έγκαιρη διάγνωση και/ή πρόληψη πιθανών ατυχημάτων, χάρη στην άρδευση με αποθέματα νερού, και αυξημένη αίσθηση ασφάλεια των κατοίκων
- Προώθηση της σημασίας της δυναμικής παρακολούθησης και της συνεισφοράς της στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων
- Διάχυση της τεχνογνωσίας διατήρησης υδάτων στο ευρύ κοινό και προσωπικό της τοπικής διοίκησης
- Ανάπτυξη της απαραίτητης ωριμότητας για μελλοντική χρηματοδότηση έργων υποδομής
- Ανταλλαγή τεχνογνωσίας ανάμεσα στους εταίρους του έργου
- Αύξηση της ευαισθητοποίησης των τοπικών κατοίκων, των νέων και των σχετικών με διατήρηση των υδάτων αρχών
- Βελτίωση υποδομών
- Δημιουργία νέων δρόμων για επενδύσεις σε νέες έξυπνες τεχνολογίες (Μικρο-μεσαίες επιχειρήσεις, ερευνητικά ινστιτούτα, ιδιώτες επενδυτές)
- Αύξηση της βιοποικιλότητας
- Βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων
- Αύξηση της ικανότητας των αρχών στη διαχείριση υδάτινων πόρων
- Προστασία των φυσικών πόρων
- Οικονομικά οφέλη για τις τοπικές αρχές

Εταίροι του έργου «LYSIS»

Στην υλοποίηση του έργου «LYSIS» οι εταίροι συνδυάζουν ερευνητικές και λειτουργικές ικανότητες οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σωστή υλοποίηση του έργου. Συγκεκριμένα συμμετέχουν τρεις δήμοι, ένα ακαδημαϊκό ίδρυμα και ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός.

Αναλυτικά το εταιρικό σχήμα αποτελείται από τους εξής:

1. Δήμος Δράμας (Επικεφαλής Εταίρος-LB)
2. Δήμος Παύλου Μελά (Εταίρος 2-PB2)
3. ΑΠΘ – Ειδικό τμήμα Ερευνητικών Χρηματοδοτήσεων - Τμήμα Χημικού (Εταίρος 3-PB3)
4. Δήμος Blagoevgrad (Εταίρος 4-PB4)
5. Active Youths (Εταίρος 5-PB5)

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

1. Εισαγωγή

Το έργο “Joined actions for the development and implementation of new technologies for the optimal management of water resources in the urban environment” (Συλλογικές δράσεις για την ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών για τη βέλτιστη διαχείριση υδάτινων πόρων σε αστικό περιβάλλον) με ακρωνύμιο “LYSIS” στοχεύει στη βελτίωση της διαχείρισης των υδάτων στον αστικό ιστό, την ορθολογικότερη αξιοποίηση των υπό εκμετάλλευση πόρων καθώς και τον συνολικό επαναπροσδιορισμό τους στο πλαίσιο μιας ολιστικής προσέγγισης με την αξιοποίηση και εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών.

Ο γενικός στόχος του έργου είναι σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός έξυπνου συστήματος διαχείριση υδάτινων πόρων στον αστικό ιστό, ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη και κοινωνικο-κλιματικά δεδομένα, προσβλέποντας στην αειφόρο διαχείριση των αστικών υδάτινων πόρων. Η διττή φύση του έργου, έγκειται στο γεγονός ότι το έργο LYSIS δύναται να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της διαχείρισης ύδατος, τόσο από τη σκοπιά της μείωσης της χρήσης σε περιοχές που έχουν έλλειψη (Δήμος Παύλου Μελά), αλλά και σε περιοχές όπου υπάρχει πληθώρα και πρέπει να αξιοποιηθεί το ήδη υπάρχον νερό (Δήμος Δράμας).

Το παρόν παραδοτέο (Παραδοτέο 4.2.1 «Έκθεση αξιολόγησης με κατευθύνσεις προς την ομάδα έργου για την εκτίμηση της απόδοσης και τις ευκαιρίες εφαρμογής του έξυπνου συστήματος και σε άλλα πάρκα του Δήμου Παύλου Μελά») αποτελεί έκθεση αξιολόγησης του έξυπνου συστήματος άρδευσης που εφαρμόστηκε πιλοτικά στο πάρκο του Δενδροποτάμου του Δήμου Παύλου Μελά.

Η έκθεση αξιολόγησης στοχεύει τόσο στην παρουσίαση και περιγραφή χώρων πρασίνου στους οποίους θα μπορούσε να εφαρμοστεί το αντίστοιχο σύστημα, όσο και στην αξιολόγηση του έξυπνου συστήματος που εγκαταστάθηκε στο πάρκο του Δενδροποτάμου. Η διαδικασία της αξιολόγησης βασίζεται στα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την περίοδο εφαρμογής του προγράμματος και σε ανάλυση του υδατικού αποτυπώματος, σε ανάλυση του αποτυπώματος του άνθρακα, σε SWOT ανάλυση, σε ανάλυση κόστους-οφέλους, αλλά και στα δυνητικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν και δυνατότητες αντιμετώπισής τους. Η έκθεση βασίζεται στην οργανωτική δομή που προσέφερε η ενδιαμέση έκθεση εργασιών του παρόντος παραδοτέου.

2. Περιγραφή όλων των χώρων αστικού πρασίνου στο σύνολο του Δήμου Παύλου Μελά

1.1 Πάρκο Δενδροποτάμου

Α. Εισαγωγή - Περιοχή Μελέτης

Το πάρκο του Δενδροποτάμου εκτείνεται στις περιοχές των “Αμπελώνων” και “Ομόνοιας”, οι οποίες περιήλθαν στην δικαιοδοσία του Δήμου από το 1953 και είναι χαρακτηρισμένο ως χώρος πρασίνου από το 1986. Τα εδάφη του διαμορφωμένου χώρου πρασίνου του Δενδροποτάμου προέρχονται ως επί των πλείστων από την κάλυψη τμήματος της κοίτης του ομώνυμου χειμάρρου.

Στον περιβάλλοντα χώρο του πάρκου υπάρχουν σημαντικά ιστορικά κτήρια και μνημεία, όπως τα Ισραηλίτικα νεκροταφεία στην περιοχή των Αμπελώνων με έκταση 16 στρέμματα και στην περιοχή της Πρόνοιας οι παλιές εγκαταστάσεις του παλιού εργοστασίου “ΑΓΝΟ” έκτασης 15 στρέμματα.



Εικόνα 2 - Πάρκο Δενδροποτάμου

Β. Ιδιοκτησιακό καθεστώς – Διοικητική υπαγωγή

Η έκταση της μελέτης ανήκει στα διοικητικά όρια του Δήμου Παύλου Μελά και από πλευράς ιδιοκτησίας περιήλθε στην δικαιοδοσία του Δήμου με το ΦΕΚ:175Β' /08.08.1953,(Ρεύμα:198, έκτασης:63.700m²). Η έκταση μεταγράφηκε στα βιβλία μεταγραφών του Υποθηκοφυλακείου Θεσσαλονίκης στον τόμο 174 με αύξοντα αριθμό 696 στις 19/3/1954. Στο βόρειο τμήμα του πάρκου υπάρχει έκταση η οποία αποτελεί

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

χαρακτηρισμένο χώρο πρασίνου, αλλά δεν έχει αποζημιωθεί ακόμα ο ιδιώτης. Επίσης υπάρχει μία έκταση στο κεντρικό τμήμα του πάρκου που είναι χαρακτηρισμένη ως χώρος πρασίνου, στην οποία βρίσκονται δύο τμήματα για τα οποία γίνονται ενέργειες με σκοπό να αποζημιωθούν οι ιδιοκτήτες από το Δήμο με τη διαδικασία ανταλλαγής ακινήτων. Η έκταση πρασίνου υπάγεται:

- Διοικητικά στον Δήμο Παύλου Μελά.
- Δασικά στο Δασαρχείο Θεσσαλονίκης, Δ/ση Δασών Θεσσαλονίκης , Γενική Δ/ση Δασών και Αγροτικών Υποθέσεων Αποκεντρωμένης Διοίκησης Μακεδονίας-Θράκης.
- Οικονομικά στη Δ.Ο.Υ. Νεάπολης (Ε).
- Δικαστικά στο Ειρηνοδικείο, στο Πρωτοδικείο και στο Εφετείο Θεσσαλονίκης.
- Αστυνομικά στο ΙΖ΄ Αστυνομικό Τμήμα Θεσσαλονίκης και στην Αστυνομική Διεύθυνση Θεσσαλονίκης.

Η περιοχή δεν βρίσκεται εντός ορίων προστατευόμενων περιοχών και δεν διέπεται από Διεθνείς Συνθήκες ή Συμβάσεις προστατευόμενων και ευαίσθητων οικολογικά περιοχών.

Γ. Υφιστάμενη κατάσταση

Ο χώρος πρασίνου ανήκει στον οικιστικό ιστό της Δημοτικής Ενότητας Σταυρούπολης. Το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ) της περιοχής εγκρίθηκε για πρώτη φορά το 1987 με αριθμό 51602/2489/07.08.1987 και ΦΕΚ:963Δ' /06.10.1987 και τροποποιήθηκε το 2002 με αριθμό 21180/09.10.2002 και ΦΕΚ:975Δ' /11.11.2002 το οποίο είναι και το ισχύον ΓΠΣ. Η έκταση μελέτης ανήκει στις Πολεοδομικές Ενότητες Σ2 (Αμπελώνες) και Σ5 (Ομόνοια) και στα οικοδομικά τετράγωνα: Αμπελώνες (104) και Ομόνοια (319,53,54,55 και 57).

Το πάρκο αποτελεί χαρακτηρισμένο χώρο πρασίνου: Για την περιοχή της Ομόνοιας (319,53,54,55 και 57 οικοδ.τετρ.) σύμφωνα με το πολεοδομικό διάταγμα με ΦΕΚ:689Δ' /22.08.1986 (προεδρικό διάταγμα) και για την περιοχή των Αμπελώνων(104 οικοδ. Τετρ) σύμφωνα με το πολεοδομικό διάταγμα με ΦΕΚ:795Δ' /9.11.1988 (προεδρικό διάταγμα). Χαρακτηρίζεται ως πάρκο πόλης για ολόκληρο το Δήμο και χρησιμοποιείται ως χώρος αναψυχής.

2.2 Πάρκο Τζένης Καρέζη

Α. Εισαγωγή - Περιοχή Μελέτης

Η ευρύτερη περιοχή στην οποία ανήκει το υπό μελέτη πάρκο της Τζένης Καρέζη περιήλθε στην δικαιοδοσία του Δήμου από το 1953. Η έκταση της μελετώμενης περιοχής υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 38.000 m² από τα οποία τα 14.300m² είναι το διαμορφωμένο τμήμα του πάρκου, ενώ η υπόλοιπη έκταση είναι αλσύλλιο.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"



Εικόνα 3 - Πάρκο Τζένης Καρέζη

Β. Ιδιοκτησιακό καθεστώς – Διοικητική υπαγωγή

Η έκταση της μελέτης ανήκει στα διοικητικά όρια του Δήμου Παύλου Μελά και από πλευράς ιδιοκτησίας περιήλθε στην δικαιοδοσία του Δήμου με το ΦΕΚ:175Β'/08.08.1953,(Αγροτικό τεμάχιο:782, έκτασης:94.085m²). Η έκταση μεταγράφηκε στα βιβλία μεταγραφών του Υποθηκοφυλακείου Θεσσαλονίκης στον τόμο 174 με αύξοντα αριθμό 696 στις 19/3/1954. Η έκταση πράσινου υπάγεται:

- Διοικητικά στον Δήμο Παύλου Μελά.
- Δασικά στο Δασαρχείο Θεσσαλονίκης, Δ/ση Δασών Θεσσαλονίκης, Γενική Δ/ση Δασών και Αγροτικών Υποθέσεων Αποκεντρωμένης Διοίκησης Μακεδονίας-Θράκης.
- Οικονομικά στη Δ.Ο.Υ. Νεάπολης (Ε).
- Δικαστικά στο Ειρηνοδικείο, στο Πρωτοδικείο και στο Εφετείο Θεσσαλονίκης.
- Αστυνομικά στο Α.Τ. Πολίχνης, στο ΙΖ' Αστυνομικό Τμήμα και στην Αστυν. Δ/ση Θεσ/νίκης.

Η περιοχή δεν βρίσκεται εντός ορίων προστατευόμενων περιοχών και δεν διέπεται από Διεθνείς Συνθήκες ή Συμβάσεις προστατευόμενων και ευαίσθητων οικολογικά περιοχών.

Γ. Υφιστάμενη κατάσταση

Η μελετώμενη περιοχή αποτελείται από πάρκο και δενδροφυτεμένη έκταση στην εκτός σχεδίου περιοχή, δηλαδή είναι εκτός του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (ΓΠΣ) της

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Δημοτικής Ενότητας Πολίχνης. Χαρακτηρίζεται ως πάρκο πόλης για ολόκληρο το Δήμο και χρησιμοποιείται ως χώρος αναψυχής.

2.3 Πάρκο Τερψιθέας

Α. Εισαγωγή - Περιοχή Μελέτης

Η ευρύτερη περιοχή της Τερψιθέας στην οποία ανήκει ο χώρος πρασίνου “Τερψιθέα” ήταν έκτασης 500 στρεμμάτων, ιδιοκτησίας του Μοναστικού Τάγματος Λαζαριστών Παρισίου, η οποία κατόπιν δωρεάς παραχωρήθηκε-δωρίστηκε στο δήμο το 1937. Από τη συνολική έκταση των 500 στρεμμάτων τα 180 στρ. αποτελούνταν από κοινόχρηστους χώρους, όπως άλση, πλατείες, οδοί κ.λ.π.. Το πάρκο της Τερψιθέας είναι χαρακτηρισμένο ως χώρος πρασίνου από το 1935. Στο περιβάλλον χώρο του πάρκου υπάρχουν αξιόλογα ιστορικά κτίρια, όπως το συγκρότημα της Μονής Λαζαριστών, η Σχολή Καλών Τεχνών, καθώς και πολλά ανενεργά βιομηχανικά κτίρια που αποτελούν πολύτιμα δείγματα της βιομηχανικής κληρονομιάς της χώρας.

Η ευρύτερη περιοχή που εντάσσεται το πάρκο συνορεύει νότια με το Δήμο Αμπελοκήπων-Μενεμένης και δυτικά με το Δήμο Κορδελιού Ευόσμου. Η έκταση της μελετώμενης περιοχής υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 11.100 m².



Εικόνα 4 - Πάρκο Τερψιθέας

Β. Ιδιοκτησιακό καθεστώς – Διοικητική υπαγωγή

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

Η έκταση της μελέτης ανήκει στα διοικητικά όρια του Δήμου Παύλου Μελά και από πλευράς ιδιοκτησίας περιήλθε στην δικαιοδοσία του Δήμου με το υπ' αριθμ. 4807/1937 Δωρητήριο-Συμβόλαιο. Η έκταση μεταγράφηκε στα βιβλία μεταγραφών του Υποθηκοφυλακείου Θεσσαλονίκης στον τόμο ΡΖ με αύξοντα αριθμό 307 ως αποδοχή δωρεάς. Στο νοτιοδυτικό τμήμα του πάρκου υπάρχει διεκδικούμενη έκταση από ιδιώτη. Η έκταση πρασίνου υπάγεται:

- Διοικητικά στον Δήμο Παύλου Μελά.
- Δασικά στο Δασαρχείο Θεσσαλονίκης, Δ/ση Δασών Θεσσαλονίκης, Γενική Δ/ση Δασών και Αγροτικών Υποθέσεων Αποκεντρωμένης Διοίκησης Μακεδονίας-Θράκης.
- Οικονομικά στη Δ.Ο.Υ. Νεάπολης (Ε).
- Δικαστικά στο Ειρηνοδικείο, στο Πρωτοδικείο και στο Εφετείο Θεσσαλονίκης.
- Αστυνομικά στο ΙΖ' Αστυνομικό Τμήμα Θεσσαλονίκης και στην Αστυνομική Διεύθυνση Θεσσαλονίκης.

Η περιοχή δεν βρίσκεται εντός ορίων προστατευόμενων περιοχών και δεν διέπεται από Διεθνείς Συνθήκες ή Συμβάσεις προστατευόμενων και ευαίσθητων οικολογικά περιοχών.

Γ. Υφιστάμενη κατάσταση

Ο χώρος πρασίνου ανήκει στον οικιστικό ιστό της Δημοτικής Ενότητας Σταυρούπολης. Το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ) της περιοχής εγκρίθηκε για πρώτη φορά το 1987 με αριθμό 51602/2489/07.08.1987 και ΦΕΚ:963Δ' /06.10.1987 και τροποποιήθηκε το 2002 με αριθμό 21180/09.10.2002 και ΦΕΚ:975Δ' /11.11.2002, το οποίο είναι και το ισχύον ΓΠΣ. Η έκταση μελέτης ανήκει στην Πολεοδομική Ενότητα Σ3 και στο οικοδομικό τετράγωνο 1089.

Το πάρκο αποτελεί χαρακτηρισμένο χώρο πρασίνου σύμφωνα με το ρυμοτομικό σχέδιο με ΦΕΚ:110Α' /28.3.35, το οποίο τροποποιήθηκε με το ΦΕΚ:435Α' /2.10.36 (Βασιλικά διατάγματα). Χαρακτηρίζεται ως πάρκο πόλης για ολόκληρο το Δήμο και χρησιμοποιείται ως χώρος αναψυχής.

3. Υπολογισμός πραγματικών αναγκών σε νερό της βλάστησης

Ο υπολογισμός των πραγματικών αναγκών της βλάστησης σε νερό, γίνεται με βάση της εξίσωσης της εξατμισοδιαπνοής. Σε αυτό λαμβάνεται υπόψη το είδος του φυτού, το κλίμα και τα χαρακτηριστικά του εδαφικού υποστρώματος. Δεδομένης της δυσκολίας απόκτησης ακριβούς πεδίου μετρήσεων, η εξατμισοδιαπνοή συχνά υπολογίζεται από δεδομένα καιρού. Ένας μεγάλος αριθμός εμπειρικών ή ημι-εμπειρικών εξισώσεων έχει δημιουργηθεί για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιεργειών με χρήση μετεωρολογικών δεδομένων. Μερικές μέθοδοι ισχύουν μόνο υπό ορισμένες κλιματικές και αγρονομικές συνθήκες και δεν μπορούν να εφαρμοστούν υπό συνθήκες διαφορετικές από αυτές στις οποίες δημιουργήθηκαν. Πολλοί ερευνητές έχουν αναλύσει την απόδοση των διαφόρων μεθόδων υπολογισμού για διαφορετικές τοποθεσίες.

3.1 Η ανάγκη για μια σταθερή μέθοδο υπολογισμού της ΕΤ_ο

Ένας μεγάλος αριθμός από εμπειρικές μεθόδους έχει αναπτυχθεί τα τελευταία 50 χρόνια από πολλούς επιστήμονες και ειδικούς παγκοσμίως με σκοπό την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής μέσω διαφορετικών κλιματικών παραμέτρων. Οι σχέσεις συχνά ήταν υποκείμενες σε αυστηρές τοπικές βαθμονομήσεις και αποδείχθηκε ότι έχουν περιορισμένη παγκόσμια ισχύ. Ο έλεγχος της ακρίβειας των μεθόδων αυτών υπό νέες συνθήκες είναι επίπονος, χρονοβόρος και υψηλού κόστους αν και τα δεδομένα της εξατμισοδιαπνοής χρειάζονται συχνά σε σύντομο χρονικό διάστημα για τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό έργων άρδευσης. Για σύγκριση μεθόδων με διαθεσιμότητα διαφορετικών δεδομένων, παρουσιάστηκαν τρεις μέθοδοι για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ΕΤ_ο) των καλλιεργιών: η μέθοδος Blaney-Criddle, η μέθοδος Penman-Monteith και η μέθοδος Thornthwaite. Η μέθοδος Penman-Monteith θεωρήθηκε ως η μέθοδος που προσέφερε τα καλύτερα αποτελέσματα με το μικρότερο δυνατό σφάλμα σε σχέση με μια καλλιέργεια αναφοράς. Η μέθοδος Blaney-Criddle προτάθηκε για περιοχές όπου τα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα περιελάμβαναν μετρήσεις θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας, νέφωσης ή ακτινοβολίας, και όχι μετρήσεις ταχύτητας ανέμου και υγρασίας. Εν τέλη, προτάθηκε η χρήση της μεθόδου Blaney-Criddle για περιοχές όπου τα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα καλύπτουν μόνο δεδομένα θερμοκρασίας.

Αυτές οι κλιματικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ΕΤ_ο) είναι όλες βαθμονομημένες για δεκαήμερους ή μηνιαίους υπολογισμούς και όχι για ημερήσιους ή ωριαίους. Η Blaney-Criddle μέθοδος συνίσταται για περιόδους ενός μήνα ή και περισσότερο. Η πρόοδος στην έρευνα, καθώς και η μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση της χρήσης του νερού των καλλιεργειών, αποκάλυψε αδυναμίες στις μεθοδολογίες. Πολλοί ερευνητές μελέτησαν την επίδοση των τεσσάρων μεθόδων για διαφορετικές τοποθεσίες. Παρά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων θα μπορούσαν πολύ εύκολα να επηρεαστούν από την τοποθεσία ή από τις συνθήκες των μετρήσεων, ήταν εμφανές ότι οι προτεινόμενες μέθοδοι δεν συμπεριφέρονταν με τον ίδιο τρόπο για διαφορετικές τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο. Οι αποκλίσεις από υπολογιζόμενες και παρατηρούμενες τιμές βρέθηκαν συχνά να υπερβαίνουν τα όρια που υποδεικνύονται από τον FAO.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Για την εκτίμηση της επίδοσης αυτών και άλλων διαδικασιών και εκτιμήσεις κάτω από διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες, μία σημαντική μελέτη έλαβε χώρα υπό την αιγίδα της Επιτροπής σχετικά με τις απαιτήσεις νερού άρδευσης από την Αμερικανική Εταιρεία Πολιτικών Μηχανικών (Committee on Irrigation Water Requirements of the American Society of Civil Engineers). Η ASCE μελέτη ανέλυσε την επίδοση 20 διαφορετικών μεθόδων, αξιολογώντας την εγκυρότητα των μεθόδων συγκριτικά με ένα σύνολο προσεκτικά διαλεγμένων δεδομένων λυσίμετρου από 11 τοποθεσίες με διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες. Η μελέτη αυτή αποδείχθηκε πολύ αποκαλυπτική, καθώς έδειξε ποικίλες επιδόσεις των μεθόδων εξατμισοδιαπνοής υπό διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες. Σε μια παράλληλη μελέτη που εκπονήθηκε από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα μια κοινοπραξία ευρωπαϊκών ερευνητικών ιδρυμάτων αξιολόγησε τις επιδόσεις των διαφόρων μεθόδων εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιώντας δεδομένα λυσίμετρων από διάφορες μελέτες στην Ευρώπη.

- Οι μέθοδοι Penman ίσως απαιτούν τοπική βαθμονόμηση της λειτουργίας του ανέμου για να επιτύχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Η μέθοδος Blaney-Criddle παρουσιάζει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε υγρά κλίματα, όπου ο αεροδυναμικός όρος είναι σχετικά μικρός, αλλά η επίδοση των μεθόδων αυτών σε ξηρά κλίματα είναι ασταθής και τείνει στην υποεκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής.
- Η σχετικά ακριβής και συνεπής απόδοση της μεθόδου Penman-Monteith τόσο σε ξηρά, όσο και σε υγρά κλίματα έχει αποδειχθεί στις μελέτες της ASCE και της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Η ανάλυση της επίδοσης των διαφόρων μεθόδων εξατμισοδιαπνοής οδηγεί στην ανάγκη σχηματισμού μιας σταθερής μεθόδου υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ΕΤο). Η μέθοδος Penman-Monteith συνίσταται ως η μόνη σταθερή μέθοδος υπολογισμού της ΕΤο. Είναι μία μέθοδος με πολύ μεγάλες πιθανότητες σωστής πρόβλεψης της ΕΤο σε ένα μεγάλο εύρος τοποθεσιών και κλιμάτων και γίνεται πρόνοια εφαρμογής σε περιπτώσεις λίγων δεδομένων.

Η εξίσωση του Penman-Monteith

Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιεί πρότυπα κλιματολογικά αρχεία της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοφάνεια), τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία και την ταχύτητα του ανέμου. Για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των υπολογισμών, οι μετρήσεις καιρού θα πρέπει να γίνουν σε 2m (ή να μετατραπούν σε αυτό το ύψος) πάνω από μια εκτεταμένη επιφάνεια πράσινου γρασιδιού, με σκίαση του εδάφους και χωρίς έλλειψη νερού. Καμία εξίσωση εξατμισοδιαπνοής βασιζόμενη στον καιρό δεν αναμένεται να προβλέψει την εξατμισοδιαπνοή τέλεια κάτω από κάθε κλιματική κατάσταση εξαιτίας των απλοποιήσεων στη διαμόρφωση και στα σφάλματα μέτρησης δεδομένων. Είναι πιθανόν ότι όργανα ακριβείας υπό άριστες περιβαλλοντικές και βιολογικές συνθήκες διαχείρισης θα δείξουν την εξίσωση Penman-Monteith να αποκλίνει κατά καιρούς από τις πραγματικές μετρήσεις της ΕΤο του γρασιδιού.

Η μέθοδος Blaney-Criddle

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Η μέθοδος Blaney-Criddle εκτιμά την εποχιακή (είτε της περιόδου ανάπτυξης, είτε της περιόδου άρδευσης) πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Αυτή η μέθοδος είναι η κύρια μέθοδος που προτείνεται από τη USDA, και είναι γνωστή στις δυτικές Η.Π.Α., και επίσης χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο (M.E. Jensen et al., 1990). Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση μηνιαίων εκτιμήσεων αν οι μηνιαίοι παράγοντες καλλιέργειας είναι τοπικά διαθέσιμοι. Το ποσό της εξατμισοδιαπνοής είναι σχετιζόμενο με το πόση ενέργεια είναι διαθέσιμη για το εξατμιζόμενο νερό. Η ενέργεια παρέχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας χρειάζεται εξοπλισμό μέτρησής της, ο οποίος δεν είναι διαθέσιμος σε κάθε περιοχή καλλιέργειας. Οι Blaney και Criddle υπέθεσαν ότι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα και το μηνιαίο ποσοστό των ετήσιων ωρών ημέρας μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί της μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας και να παρέχουν μία εκτίμηση της ενέργειας που λαμβάνεται από την καλλιέργεια.

Η μέθοδος Thornthwaite

Ο Thornthwaite (1948) ανέπτυξε μία εξίσωση για την πρόβλεψη της μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής από δεδομένα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και γεωγραφικού πλάτους. Η μικρή ποσότητα δεδομένων είναι ελκυστική, διότι συχνά η εξατμισοδιαπνοή χρειάζεται να προβλεφθεί για μέρη όπου ελάχιστα μετεωρολογικά δεδομένα είναι διαθέσιμα. Με βάση όσα είναι γνωστά σχετικά με την εξατμισοδιαπνοή, πρέπει να υπάρχει μία δυσπιστία όσον αφορά στη γενική εφαρμογή μίας τόσο απλής εξίσωσης. Οι Jensen et al. (1990) προειδοποίησαν ότι η μέθοδος του Thornthwaite είναι γενικά μόνο εφαρμόσιμη σε περιοχές που έχουν κλίματα παρόμοια με εκείνων των ανατολικών κεντρικών Ηνωμένων Πολιτειών, και δεν είναι εφαρμόσιμη σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές.

3.2 Μεθοδολογία υπολογισμού πραγματικών αναγκών νερού

Σύμφωνα με τον Παπαζαφειρίου (1984) οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες (In) μπορούν να υπολογιστούν με τη σχέση 1.1.

$$In = ETc - (Pe + Gw + SM) \quad (1.1)$$

όπου, ETc η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, Pe η ωφέλιμη βροχή, Gw η συμβολή του υπόγειου νερού και SM είναι το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος στην αρχή της βλαστικής περιόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες.

Η εκτίμηση των καθαρών σε αρδευτικό νερό αναγκών πραγματοποιείται με την παρακάτω μεθοδολογία:

Από τα μετεωρολογικά στοιχεία υπολογίζονται οι ημερήσιες τιμές της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, ETr , για το χρονικό διάστημα της αρδευτικής περιόδου κάθε καλλιέργειας (FAO-56). Από τις τιμές της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, τις τιμές του φυτικού συντελεστή και το φαινολογικό στάδιο της κάθε καλλιέργειας, καθώς και τη διάρκεια των σταδίων υπολογίζεται η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, ETc και εν συνεχεία η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες αφού αφαιρεθούν από την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETc , η ωφέλιμη βροχόπτωση και η διαφορά της εδαφικής υγρασίας της αρχής με το τέλος της αρδευτικής περιόδου στη ζώνη του ριζοστρώματος και η συμβολή του

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

υπογείου νερού. Οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες (In) πολλαπλασιαζόμενες με την έκταση της κάθε καλλιέργειας, μας δίνουν τον καθαρό όγκο νερού άρδευσης (Vn).

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς (ET_r)

Ως εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (ET_r) θεωρείται αυτή που προέρχεται από μια υποθετική εκτεταμένη επιφάνεια υγιούς γρασιδιού, που αρδεύεται επαρκώς, έχει ομοιόμορφο ύψος 0,12 m, αναπτύσσεται δυναμικά και σκιάζει πλήρως το έδαφος (Doorenbos and Pruitt, 1977, Allen et al., 1998). Για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς χρησιμοποιείται η μέθοδος FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al) η οποία θεωρείται από την επιτροπή εμπειρογνομόνων του FAO ως η πιο ακριβής. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η ET_r υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$ET_r = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T + 273} \times u_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times u_2)} \quad (1.2)$$

όπου: ET_r η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (mm/d), R_n η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία (MJ m⁻² d⁻¹), G η ροή θερμότητας στο έδαφος (MJ m⁻² d⁻¹) που για ημερήσια χρονικά διαστήματα μπορεί να θεωρηθεί G≈0 (Παπαμιχαήλ και Γεωργίου, 1999), T η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα σε ύψος 2 m (°C), u₂ η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2 m (m s⁻¹), e_s πίεση κορεσμένων υδρατμών (kPa), e_a πραγματική πίεση υδρατμών (kPa), e_s - e_a έλλειμμα κορεσμού υδρατμών (kPa), Δ η κλίση της καμπύλης των κορεσμένων υδρατμών στη θερμοκρασία T (kPa °C⁻¹) και γ ψυχομετρική σταθερά (kPa °C⁻¹).

Όλες οι παράμετροι στην εξίσωση (1.2) είναι γνωστές (μετρημένες) ή υπολογίζονται από προσεγγιστικές εξισώσεις.

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c)

Το νερό που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και τη βέλτιστη απόδοση μιας καλλιέργειας εκφράζεται με τον όρο «ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό» και αντιπροσωπεύεται από την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET_c. Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET_c ορίζεται ως το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια που είναι ελεύθερη από κάθε είδους φυτικές ασθένειες, αναπτύσσεται σε μεγάλη έκταση, χωρίς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων και επιτυγχάνει το μέγιστο της απόδοσης κάτω από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, η ET_c είναι ισοδύναμη με τη μέγιστη εξατμισοδιαπνοή (ET_{max}). Το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (πλήρης ή μερική διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας, προσβολή ή όχι από ασθένειες, γονιμότητα εδάφους κ.ά.) αναφέρεται σαν πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET_a) της οποίας, σύμφωνα με τα παραπάνω, το άνω όριο της είναι η ET_{max}.

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, ET_c, υπολογίζεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, ET_r, με τη σχέση

$$ET_c = K_c \times ET_r \quad (1.3)$$

όπου K_c ο φυτικός συντελεστής της καλλιέργειας που εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας το στάδιο ανάπτυξής της και εν μέρει από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Φυτικοί συντελεστές (K_c)

Η εξατμισοδιαπνοή δεν είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου των καλλιεργειών. Αυτό βέβαια οφείλεται κατά κύριο λόγο στη διαφοροποίηση των καιρικών συνθηκών κατά τη βλαστική περίοδο όπως και στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η καλλιέργεια. Σημαντικό, όμως, ρόλο παίζει και η φυσιολογία των καλλιεργειών, ιδίως των ετήσιων. Η φυσιολογία των καλλιεργειών υπεισέρχεται στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας με το φυτικό συντελεστή K_c (σχέση 1.3). Ο φυτικός συντελεστής της καλλιέργειας εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας το στάδιο ανάπτυξής της και εν μέρει από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες.

Οι τιμές του φυτικού συντελεστή των καλλιεργειών δίνονται σε Πίνακες ανάλογα και με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Ο υπολογισμός του φυτικού συντελεστή απαιτεί αρχικά τον καθορισμό των τεσσάρων σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας καθώς και την ημερομηνία σποράς (Doorenbos and Pruitt 1977, Allen et al., 1998, Παπαζαφειρίου 1999). Τα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών κατά τους Allen et al. (1998) είναι τα παρακάτω και η διάρκειά τους δίνεται στον Πίνακα 1.

Στάδια ανάπτυξης ετήσιων καλλιεργειών:

- ✓ Στάδιο 1 (αρχικό): από την ημερομηνία σποράς, μεταφύτευσης ή έναρξη της βλαστικής περιόδου μέχρι που η φυτοκάλυψη είναι ~ 10%.
- ✓ Στάδιο 2 (ανάπτυξης): από το τέλος του προηγούμενου σταδίου έως ότου η φυτοκάλυψη είναι ~ 70- 80%.
- ✓ Στάδιο 3 (πλήρους ανάπτυξης): από το τέλος του σταδίου 2 μέχρι την έναρξη της ωρίμανσης.
- ✓ Στάδιο 4 (τελικό): από το τέλος του σταδίου 3 μέχρι την πλήρη ωρίμανση ή συγκομιδή της καλλιέργειας.

Πίνακας 1 - Διάρκεια σταδίων ανάπτυξης κυρίων καλλιεργειών (από Παπαζαφειρίου 1999)

Καλλιέργεια	Στάδιο 1	Στάδιο 2	Στάδιο 3	Στάδιο 4	Σύνολο
	Αρχικό	Ανάπτυξης	Πλήρους ανάπτυξης	Τελικό	Ημέρες
	(ημέρες)	(ημέρες)	(ημέρες)	(ημέρες)	
Βαμβάκι	35	60	40	20	155
Μηδική	-	-	-	-	200
Καπνός	10	20	50	15	95
Τεύτλα	35	40	75	15	165
Καλαμπόκι	30	40	50	30	160
Ελιές	30	90	60	90	270

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Αμυγδαλιές	15	50	115	30	210
Άλλες δενδρώδεις καλλιέργειες	15	50	115	30	210
Αμπέλια	20	50	75	60	205
Μποσττανικά	25	35	40	20	120

* Το εύρος των σταδίων ανάπτυξης των καλλιεργειών εξαρτάται από τις ημερομηνίες σποράς ή έναρξης βλαστικής περιόδου και τις επικρατούσες κατά τόπους καιρικές συνθήκες.

Για την εκτίμηση της εξαμυσοδιαπνοής καλλιέργειας είναι αναγκαίος ο ορισμός της ημερομηνίας έναρξης του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας (ημερομηνία σποράς για τις ετήσιες καλλιέργειες και έναρξης της βλαστικής περιόδου για τις πολυετείς). Ενδεικτικές ημερομηνίες αυτές παρατίθενται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 - Ημερομηνία σποράς ή έναρξης βλαστικής περιόδου κυρίων καλλιεργειών

Καλλιέργεια	Ημερομηνία
Βαμβάκι	43936
Μηδική	43922
Καπνός	43952
Τεύτλα	43905
Καλαμπόκι	43922
Ελιές	43891
Αμυγδαλιές	43891
Άλλες δενδρώδεις καλλιέργειες	43891
Αμπέλια	43891
Μποσττανικά	43922

Στον Πίνακα 3 δίνονται οι τιμές των φυτικών συντελεστών των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης κατά στάδιο ανάπτυξης της κάθε καλλιέργειας.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Πίνακας 3 - Φυτικοί συντελεστές των καλλιεργειών κατά στάδιο ανάπτυξης και μέγιστο ύψος καλλιεργειών για ημίυγρα κλίματα ($RH_{min}=45\%$, $u_2=2$ m/s) κατά FAO-56 (Allen et al., 1998).

Καλλιέργεια	Kcini	Kcmid1	Kcend2	hmax3 (m)
Βαμβάκι	0,35	1,15	0,6	1,1
Μηδική	0,9	0,9	0,9	0,7
Καπνός	0,4 4	0,95 5	0,9 5	1,2
Τεύτλα	0,35	1,2	0,7	0,5
Καλαμπόκι	0,3	1,2	0,3	2,5
Ελιές	0,65	0,7	0,7	3-Μαϊ
Αμυγδαλιές	0,4	0,9	0,65	4-Μαϊ
Άλλες Δενδρώδεις Καλλιέργειες	0,5	0,9	0,65	3-Μαϊ
Αμπέλια	0,3	0,75	0,45	1,5-2
Μποσττανικά	0,5	1,05	0,75	0,4

¹ Ο φυτικός συντελεστής στο στάδιο 3 είναι ο αρχικά θεωρούμενος που τροποποιείται ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες σύμφωνα με την εξίσωση (1.3).

² Ο φυτικός συντελεστής στο τέλος του σταδίου 4 είναι ο αρχικά θεωρούμενος που τροποποιείται ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες σύμφωνα με την εξίσωση (1.4).

³ Αναφέρεται στο μέγιστο ύψος της καλλιέργειας

⁴ Κατά Doorenbos and Kassam, 1979.

⁵ Κατά Παπαζαφειρίου, 1999, για $RH_{min}<70\%$ και $u_2<5$ m s⁻¹.

Ο φυτικός συντελεστής κατά το τρίτο και το τέλος του τέταρτου σταδίου, Kcmid και Kcend, υπολογίστηκε από τις αρχικά θεωρούμενες τιμές τους (Πίνακας 3) που τροποποιήθηκαν ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις (2.4) και (2.5), αντίστοιχα (Allen et al., 1998) :

$$K_{c\ mid} = K_{c\ mid}^* + [0.04 \cdot (u_{2mid} - 2) - 0.004 \cdot (RH_{min\ mid} - 45)] \cdot \left(\frac{h_{max}}{3}\right)^{0.3} \quad (1.4)$$

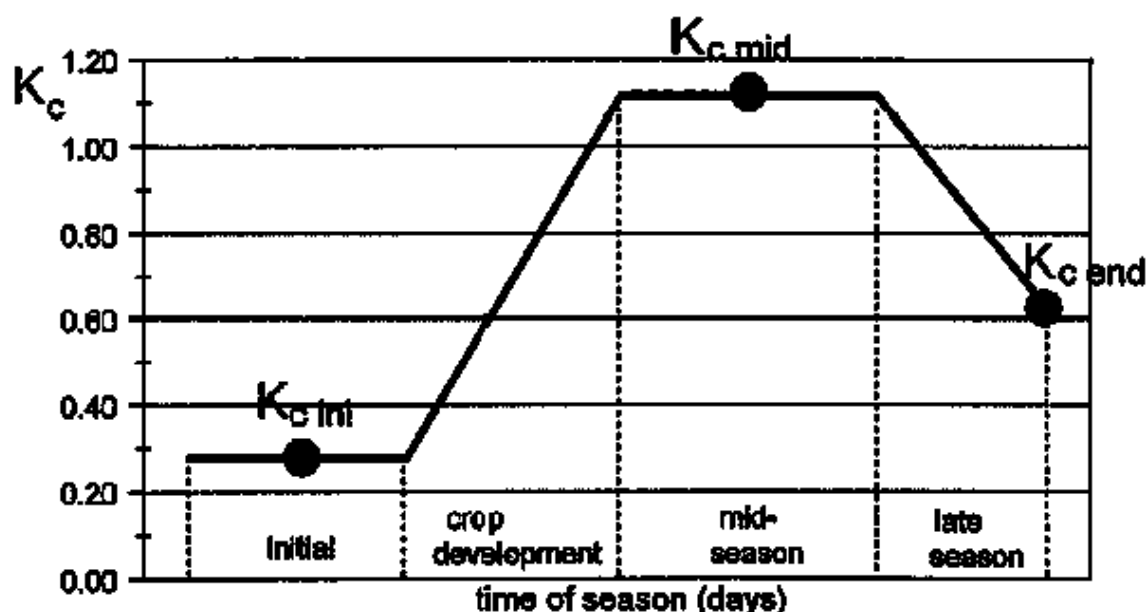
$$K_{c\ end} = K_{c\ end}^* + [0.04 \cdot (u_{2end} - 2) - 0.004 \cdot (RH_{min\ end} - 45)] \cdot \left(\frac{h_{max}}{3}\right)^{0.3} \quad (1.5)$$

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

όπου: $K_{c\text{mid}}$ και $K_{c\text{end}}$ οι τροποποιημένοι φυτικοί συντελεστές για το τρίτο και τέλος του τέταρτου σταδίου αντίστοιχα ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες, $K_{c\text{mid}^*}$ και $K_{c\text{end}^*}$ οι φυτικοί συντελεστές της αντίστοιχης καλλιέργειας του Πίνακα 3 που εξαρτώνται από την καλλιέργεια, $u_{2\text{mid}}$, $u_{2\text{end}}$, $RH_{\text{min mid}}$, και $RH_{\text{min end}}$ είναι οι μέσες ημερήσιες ταχύτητες και ελάχιστες σχετικές υγρασίες στα αντίστοιχα στάδια ανάπτυξης και h_{max} το μέγιστο ύψος της καλλιέργειας.

Σχετικά με την φαινόμενη ασυμφωνία των σταδίων ανάπτυξης καλλιεργειών (Πίνακας 1) με τους φυτικούς συντελεστές K_c που αναφέρονται στον Πίνακα 3, διευκρινίζεται ότι ο φυτικός συντελεστής του αρχικού σταδίου $K_{c\text{ini}}$ αφορά το 1ο στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και έχει σταθερή τιμή σ' όλη τη διάρκεια του σταδίου αυτού. Ο φυτικός συντελεστής $K_{c\text{mid}}$ διατηρείται σταθερός για όλη την περίοδο της πλήρους ανάπτυξης της καλλιέργειας (3ο στάδιο). Στο στάδιο ανάπτυξης (2ο στάδιο) ο φυτικός συντελεστής μεταβάλλεται γραμμικά από την τιμή $K_{c\text{ini}}$ μέχρι την τιμή $K_{c\text{mid}}$. Στο 4ο στάδιο ο φυτικός συντελεστής μεταβάλλεται γραμμικά από την τιμή $K_{c\text{mid}}$ μέχρι την τιμή $K_{c\text{end}}$.

Έτσι, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c) υπολογίζεται με τη σχέση 1.3.



Διάγραμμα 1 - Φυτικοί συντελεστές

Καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες (I_n)

Τέλος από τη σχέση 1.1. υπολογίζονται οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες (I_n). Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα τα δεδομένα των παραμέτρων G_w (συμβολή του υπόγειου νερού) και SM (το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος στην αρχή της βλαστικής περιόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες), μπορούμε να θεωρήσουμε τις τιμές αυτές ως μηδενικές.

Όσον αφορά την ωφέλιμη βροχόπτωση, (P_e) θα πρέπει να αναφερθεί πως από τη βροχή που πέφτει στο έδαφος, μόνο ένα μέρος της μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την καλλιέργεια για την κάλυψη των αναγκών της σε νερό. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

βροχής, που είναι κατά κύριο λόγο η ένταση και η διάρκεια της, ένα μέρος της μπορεί να απορρεύσει επιφανειακά και ένα μέρος μπορεί να διηθηθεί βαθιά κάτω από το ριζόστρωμα. Το μέρος της βροχής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά, είναι εκείνο που αποθηκεύεται στο ριζόστρωμα ανάμεσα στην υδατοϊκανότητα και σε κάποιο κατώτερο όριο, μέχρι το οποίο τα φυτά μπορούν να αντλούν χωρίς δυσκολία το νερό. Το μέρος αυτό της βροχής, που προκύπτει αν αφαιρεθεί η επιφανειακή απορροή και η βαθιά διήθηση, αποκαλείται χρήσιμη ή ωφέλιμη βροχή.

Η ωφέλιμη βροχή υπολογίζεται από τη συνολική βροχή της αρδευτικής περιόδου κάθε καλλιέργειας με τη σχέση 1.6. (Doorenbos and Pruitt, 1977)

$$P_e = P_t - \left(10 + \frac{P_t}{8}\right) \text{ σε } mm \quad (1.6)$$

όπου P_e η ωφέλιμη βροχόπτωση και P_t η βροχόπτωση κατά την αρδευτική περίοδο.

Καθαρός όγκος νερού άρδευσης (V_n)

Πολλαπλασιάζοντας τις καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες (I_n) με την έκταση της κάθε καλλιέργειας υπολογίζεται ο καθαρός όγκος νερού άρδευσης (V_n) για το σύνολο της έκτασης της κάθε καλλιέργειας.

Μεθοδολογία σε βήματα:

1. Επιλογή καλλιέργειας
2. Έκταση καλλιέργειας σε m^2 (A)
3. Επιλογή μετεωρολογικού σταθμού
4. Εισαγωγή ημερομηνίας σποράς
5. Επιλογή αν είναι πρώτη άρδευση ή όχι N/O
6. Εισαγωγή ημερομηνίας τελευταίας άρδευσης (αν η απάντηση στο 5 είναι Ο)

Με βάση τον μετεωρολογικό σταθμό υπολογίζεται η ET_o . Με βάση την καλλιέργεια και την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου (ημερομηνία σποράς) υπολογίζεται το ημερήσιο K_c για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου, άρα και το ημερήσιο ET_c για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου.

Υπολογίζεται το ET_c για το χρονικό διάστημα:

- ✓ Από την ημερομηνία σποράς μέχρι την ημερομηνία καταχώρησης (αν 5: Ν)
- ✓ Από την ημερομηνία τελευταίας άρδευσης μέχρι την ημερομηνία καταχώρησης (αν 5: Ο)

Υπολογίζεται η ωφέλιμη βροχή (P_e) για το ίδιο διάστημα.

Το απαιτούμενο νερό για άρδευση (m^3) είναι:

$$V_n = \left(\frac{ET_c - P_e}{1000} \right) \times A$$

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών του έξυπνου συστήματος άρδευσης υπολογίστηκε η ημερήσια ανάγκη για αρδευτικό νερό σύμφωνα με τη μέθοδο Penman-Monteith η οποία εφαρμόστηκε όπως περιγράφηκε παραπάνω. Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι οι μετρήσεις των αισθητήριων οργάνων που εγκαταστάθηκαν, τα ιδιαίτερα εδαφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης καθώς και των φυτικών συντελεστών που αφορούν στην καλλιέργειες του πάρκου.

Συγκεκριμένα, για την εφαρμογή της μεθόδου λήφθηκαν υπόψη οι εξής παράμετροι, των οποίων οι μετρήσεις λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο από τα αισθητήρια όργανα του μετεωρολογικού σταθμού:

- Η ηλιακή ακτινοβολία
- Η θερμοκρασία αέρα
- Η σχετική υγρασία αέρα
- Η ταχύτητα του ανέμου σε υψόμετρο 2 μέτρων από το επίπεδο αναφοράς, με χρήση του ανεμόμετρου του μετεωρολογικού σταθμού. (Ως επίπεδο αναφοράς ορίστηκε το μέσο υψόμετρο του πάρκου οποίο όπως μετρήθηκε είναι 34 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας)
- Η ημερήσια βροχόπτωση (μετράται στο τέλος της ημέρας)

Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής καλλιέργειας των φυτών του πάρκου για τον υπολογισμό των αναγκών τους. Η επαλήθευση των υπολογιζόμενων τιμών της αρδευτικής δόσης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των μετρήσεων των τριών λυσιμέτρων, τα οποία παρέχουν ακριβείς μετρήσεις υγρασίας σε πραγματικό χρόνο, σε διαφορετικά τμήματα της περιοχής μελέτης.

4. Εκτίμηση υδατικού αποτυπώματος με υπολογισμό του μπλε και πράσινου εικονικού νερού

4.1 Υδατικό αποτύπωμα

Η έννοια του αποτυπώματος νερού, εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τους Hoekstra και Hung (2002), όταν έψαχναν έναν δείκτη που θα μπορούσε να χαρτογραφήσει τις επιπτώσεις της ανθρώπινης κατανάλωσης στους παγκόσμιους πόρους γλυκού νερού. Αναφέρεται σε όλες τις μορφές χρήσης γλυκού νερού (κατανάλωση και ρύπανση) που συμβάλλουν στην παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται από τους κατοίκους μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής (Hoekstra & Charagain, 2008). Το αποτύπωμα νερού ενός προϊόντος, μπορεί να εκφράζει αφενός το ποσό του νερού που καταναλώνεται άμεσα (ως λειτουργίες) ή έμμεσα (ως αλυσίδα εφοδιασμού) για την παραγωγή του προϊόντος. Αφετέρου, εκφράζεται ως το αποτύπωμα νερού ενός ατόμου, το οποίο αναφέρεται στη συνολική ποσότητα γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος, δηλαδή για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, που καταναλώνεται από αυτό το άτομο.

Αναφορικά με την πρώτη περίπτωση, το αποτύπωμα νερού των προϊόντων, οι βασικές πληροφορίες που παρέχονται από τα αποτυπώματα ύδατος μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον ιδιωτικό τομέα για την εκτίμηση κινδύνου ως εργαλείο σχεδιασμού για τον εντοπισμό συγκεκριμένων παραμέτρων στις αλυσίδες εφοδιασμού τους, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η συγκριτική αξιολόγηση των προϊόντων.

Στη δεύτερη περίπτωση, οι βασικές πληροφορίες που παρέχονται από το υδατικό αποτύπωμα των ατόμων ή των κατοίκων μιας περιοχής ή χώρας μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κυβερνήσεις, ακαδημαϊκούς, ΜΚΟ ή άλλους οργανισμούς για την ευαισθητοποίηση ή την κατανόηση των αλλαγών και των τάσεων των καταναλωτικών προτύπων που σχετίζονται με τους υδάτινους πόρους. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από έναν τρίτο τομέα, η διαχείριση των υδάτων που αφορά γενικά μια γεωγραφική περιοχή.

Η εφαρμογή του αποτυπώματος νερού που αποσκοπεί στην διαχείριση του, επιτρέπει τη σύγκριση των αποτυπωμάτων νερού των παραγωγικών και ρυπογόνων τομέων παραγωγής σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του στην περιοχή για την λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση των υδάτων.

Πιο συγκεκριμένα, η αξιολόγηση του υδατικού αποτυπώματος σύμφωνα με τους (Hoekstra et al., 2009) πλαισιώνεται από τις ακόλουθες αρχές:

- Υδατικό αποτύπωμα ως δείκτης χρήσης νερού. Τα αποτυπώματα νερού είναι δείκτες της πραγματικής κατανάλωσης νερού, σε αντίθεση με τον κλασικό δείκτη της υδατικής ροής επιστροφής που δε λαμβάνει υπόψη του ότι μέρος του νερού επιστρέφει στη λεκάνη απορροής του αγνοώντας επίσης τα συστατικά του πράσινου και του γκριζου νερού.
- Παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα του αποτυπώματος νερού. Το μέγεθος, το χρώμα, ο χρόνος του υδατικού αποτυπώματος είναι τέτοιοι παράγοντες. Επιπλέον,

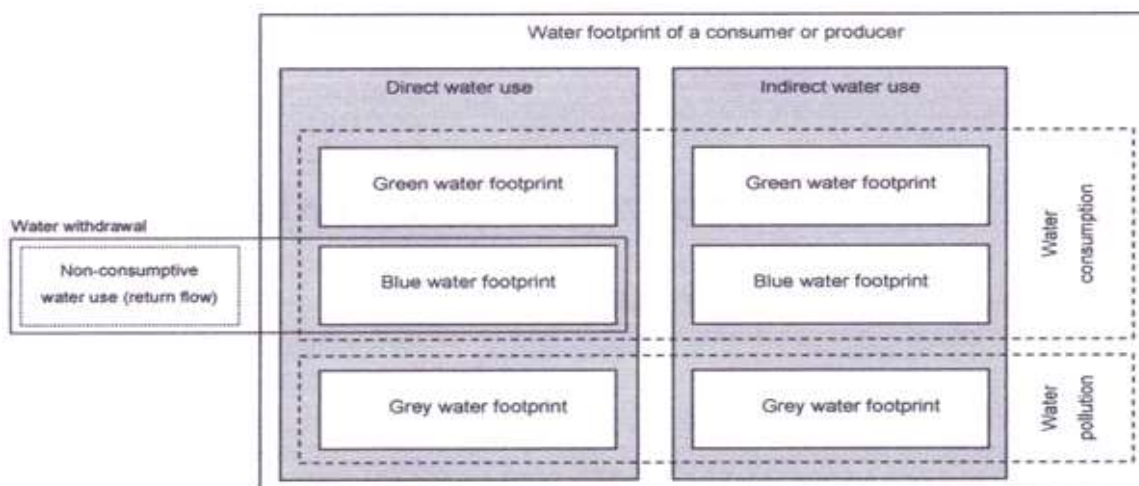
Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

το πλαίσιο στο οποίο βρίσκεται το αποτύπωμα νερού όπως οι τοπικές συνθήκες ή και το ευρύτερο πλαίσιο στο οποίο λαμβάνει χώρα. Ένα αποτύπωμα νερού που είναι βιώσιμο σε τοπικό επίπεδο θα πρέπει επίσης να τεθεί και σε ένα παγκόσμιο πλαίσιο, για την εξασφάλιση της αειφορίας.

- Συσσωρευμένες επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις ενός τοπικού αποτυπώματος νερού εξαρτώνται πάντα από τα συνολικά αποτυπώματα νερού όλων των δραστηριοτήτων εντός μιας δεδομένης γεωγραφικής ενότητας.
- Τρεις πυλώνες βιωσιμότητας: τα αποτυπώματα νερού μπορούν να αναλυθούν από περιβαλλοντική, κοινωνική και/ή οικονομική άποψη (UNEP, 2011., Brundtland, 1987). Η επιλογή των τριών πυλώνων της βιωσιμότητας ταιριάζει με το σκοπό του αποτυπώματος νερού ως εργαλείο που στοχεύει στη διευκόλυνση της αποτελεσματικής, δίκαιης και βιώσιμης χρήσης των υδάτινων πόρων. Επιπρόσθετα μπορεί να χρησιμοποιηθούν άλλα κριτήρια για να γίνουν εκτιμήσεις επιπτώσεων, όπως η άρνηση πρόσβασης στο νερό, η μεταβολή της ποιότητας των υδάτων και η ανεύθυνη διαχείριση του νερού (Waterfall, P., 2011).
- Τρεις τύποι νερού: Μπλε, πράσινο και γκρίζο νερό. Η ποσότητα νερού (βροχή, έδαφος και επιφανειακά ύδατα) και η ποιότητα του νερού (γκρίζο νερό) αναλύονται χωριστά.
- Τρεις διαφορετικές γεωγραφικές κλίμακες: μικρο-επίπεδο (τοπικό), μεσο-επίπεδο (λεκάνη απορροής ποταμού) και μακρο-επίπεδο (πέρα από τη λεκάνη απορροής ποταμού).

Ως δείκτης της χρήσης ύδατος, το αποτύπωμα νερού διαφέρει από το κλασικό μέτρο της απόσυρσης του νερού στα εξής:

- ✓ Δεν συμπεριλαμβάνεται στη χρήση του μπλε νερού, ότι το νερό επιστρέφει από εκεί που προέρχεται.
- ✓ Δεν περιορίζεται στη χρήση μπλε νερού, αλλά περιλαμβάνει επίσης πράσινο και γκρίζο νερό.
- ✓ Δεν περιορίζεται στην άμεση χρήση του νερού, αλλά περιλαμβάνει και έμμεση χρήση.



Εικόνα 5 - Σχηματική αναπαράσταση των συστατικών του αποτυπώματος νερού.

Συγκεκριμένα, τα τρία συστατικά του υδατικού αποτυπώματος ορίζονται ως εξής:

- Μπλε νερό: Ο όγκος της κατανάλωσης νερού που καταναλώνεται από τα επιφανειακά ύδατα και τους υδροφορείς.
- Πράσινο νερό: Ο όγκος του νερού που εξατμίζεται (που απαντώνται σε εδάφη και όχι σε μεγάλες υδάτινες επιφάνειες).
- Γκρίζο νερό: Ο θεωρητικός όγκος νερού που απαιτείται για την αραίωση ρύπων που απορρίπτονται στα υδάτινα σώματα, στο βαθμό που δεν υπερβαίνουν τα ελάχιστα ρυθμιστικά πρότυπα.

Το πράσινο και το μπλε νερό ως συστατικά του υδατικού αποτυπώματος επικεντρώνονται στην κατανάλωση νερού, δηλαδή στον όγκο νερού που αφαιρείται από το τοπικό σύστημα ύδρευσης. Δεν περιλαμβάνονται οι χρήσεις νερού που τελικά επιστρέφονται στο ίδιο σύστημα από το οποίο αποσύρονται (μη καταναλώσιμες χρήσεις). Στον βαθμό στον οποίο αντιμετωπίζεται η μη καταναλώσιμη χρήση ύδατος, γίνεται μέσα στο πλαίσιο του γκρι νερού.

Από την άποψη της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, οι Hoekstra et al. (2009) αναπτύσσουν λεπτομερή καθοδήγηση και δείκτες σχετικά με το υδρολογικό τμήμα της εκτίμησης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (ποσότητα και ποιότητα νερού) στο επίπεδο της λεκάνης απορροής.

Μια μελέτη αποτύπωσης νερού μπορεί να γίνει για πολλούς διαφορετικούς λόγους. Για παράδειγμα, μια εθνική κυβέρνηση μπορεί να ενδιαφέρεται να γνωρίζει την εξάρτησή της από ξένους υδάτινους πόρους ή μπορεί να ενδιαφέρεται να γνωρίζει τη βιωσιμότητα της χρήσης των υδάτων στις περιοχές όπου προέρχονται τα προϊόντα έντονης κατανάλωσης νερού.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

4.2 Διάκριση μεταξύ πράσινου και μπλε νερού

Για τις εταιρίες που ασχολούνται με την οδηγία πλαίσιο του νερού, η διάκριση μεταξύ πράσινου και μπλε αποτυπώματος είναι πολύ χρήσιμη, ιδιαίτερα στις επιχειρήσεις στον κλάδο της γεωργίας (όπως για παράδειγμα επιχειρήσεις που ασχολούνται με τρόφιμα, ποτά, κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα κ.λπ.), λόγω της μεγαλύτερης εξάρτησης από τους προμηθευτές πράσινων υδάτων. Αυτό μπορεί να ισχύει και για τις επιχειρήσεις με μεγάλες επιπτώσεις στη χρήση γης, όπως αυτές του τομέα του πετρελαίου, της εξόρυξης και της δασοκομίας. Όσον αφορά στη γεωργική παραγωγή, το μπλε νερό αποτελείται ουσιαστικά από αρδευόμενο νερό (υπόγειο ή επιφανειακό), ενώ το πράσινο νερό αποτελείται από την εξατμισοδιαπνοή νερού που απαντάται φυσιολογικά στο έδαφος από την κατακρήμνιση. Παρόλο που στην εξατμισοδιαπνοή δεν συναντάται άμεσα ανθρώπινη παρέμβαση, ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο χρήσης γης (π.χ. οπωρώνες, βοσκότοποι, δάση), που οι άνθρωποι συχνά τροποποιούν για γεωργικούς σκοπούς.

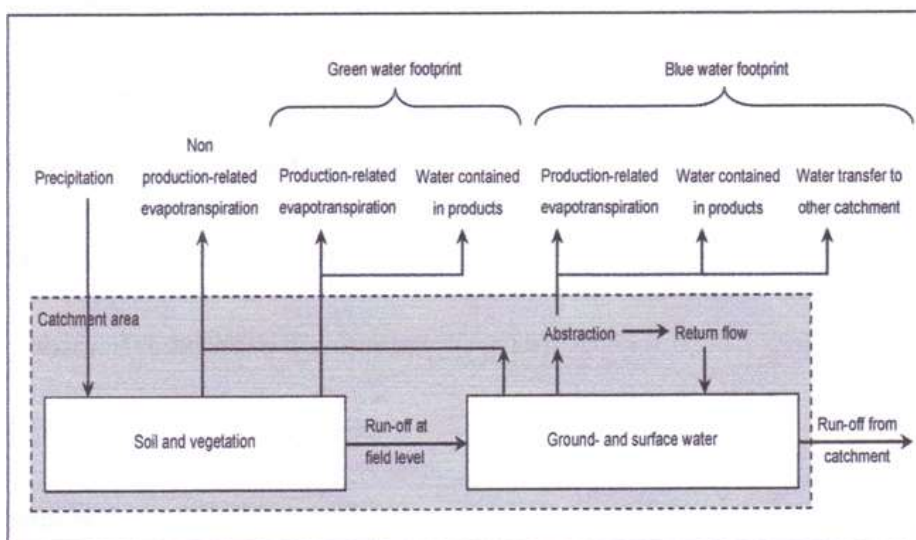
Η διάκριση του πράσινου και του μπλε αποτυπώματος νερού είναι χρήσιμη επειδή αυτοί οι δύο τύποι χρήσης νερού δημιουργούν ουσιαστικά διαφορετικούς δυνητικούς κινδύνους και έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στην περιβάλλουσα υδρολογική περιοχή. Η χρήση μπλε νερού μειώνει άμεσα τους υδροφόρους ορίζοντες και τα επιφανειακά ύδατα, συμβάλλοντας έτσι ενδεχομένως στη λειψυδρία, ή στην καταστροφή οικοσυστημάτων. Μεταξύ των χρηστών υπάρχει συχνά ανταγωνισμός για το πράσινο και το μπλε νερό οδηγώντας σε επιχειρηματικούς κινδύνους μερικές φορές, όταν η εταιρική χρήση νερού εμποδίζει ή θεωρείται ότι παρεμποδίζει άλλες χρήσεις. Αντίθετα, η χρήση του πράσινου νερού δεν καταστρέφει τους υδροφόρους ορίζοντες ή τα επιφανειακά ύδατα, αλλά χρησιμοποιεί νερό που παγιδεύεται στο έδαφος. Αυτό συνήθως δεν δημιουργεί κινδύνους από μόνο του, αλλά μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους όταν σχετίζεται με αλλαγές στη χρήση γης, για παράδειγμα μετατροπή δασών σε γεωργικές εκτάσεις. Τέτοιες αλλαγές στη χρήση γης μπορούν να επηρεάσουν τις λειτουργίες ολόκληρου του οικοσυστήματος.

Η διάκριση μεταξύ πράσινου και μπλε νερού επιτρέπει την αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων κινδύνων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Οι κλιματικές αλλαγές αναμένεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στους περιφερειακούς υδρολογικούς κύκλους και στη διαθεσιμότητα νερού για ανθρώπινη χρήση. Οι κλιματικές αλλαγές αναμένεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στους περιφερειακούς υδρολογικούς κύκλους και στη διαθεσιμότητα νερού για ανθρώπινη χρήση. Τα πρότυπα κατακρημνισμάτων θα αλλάξουν σε περιφερειακή βάση, ενώ οι βροχοπτώσεις θα γίνονται λιγότερες ή συχνότερες και θα συγκεντρώνονται ανάλογα με την τοποθεσία. Αυτό έχει αρκετές συνέπειες για τους πόρους του μπλε νερού (π.χ. την ικανότητα της υποδομής να αντιμετωπίσει τις μεγαλύτερες ξηρασίες), αλλά παρουσιάζει κινδύνους για τις επιχειρήσεις στις περιοχές που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το πράσινο νερό. Λιγότερες και όχι τόσο συχνές βροχοπτώσεις έχουν ως αποτέλεσμα την αποθήκευση λιγότερης ποσότητας νερού στο έδαφος. Εξαιτίας αυτού, όσοι βασίζονται αποκλειστικά στην πράσινη χρήση των υδάτων (και συγκεκριμένα οι γεωργοί στο Νότιο ημισφαίριο που δεν έχουν πρόσβαση σε αρδευτική υποδομή) απλά δεν θα είναι σε θέση να στηρίξουν την παραγωγή φυτικών προϊόντων με μακρά ξηρασία.

Αυτό φυσικά συνεπάγεται επιχειρηματικούς κινδύνους για εταιρείες που βασίζονται στους προμηθευτές αυτούς ή που χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες μπλε νερού στις ίδιες

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

περιοχές. Για το λόγο αυτό, η διάκριση του πράσινου και μπλε νερού σε συνδυασμό με τα μοντέλα κλιματικής αλλαγής μπορούν να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις να εκτιμήσουν καλύτερα ποιες από τις χρήσεις τους μπορεί να είναι περισσότερο ευαίσθητες στις αλλαγές του κλίματος.



Εικόνα 6 - Το πράσινο και το μπλε αποτύπωμα νερού σε σχέση με το υδατικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής

Το αντικείμενο της έκθεσης είναι η εκτίμηση του υδατικού αποτυπώματος με υπολογισμό του μπλε και πράσινου εικονικού νερού, τόσο στην περίπτωση του έξυπνου συστήματος άρδευσης, όσο και με τις υφιστάμενες πρακτικές άρδευσης. Θα πραγματοποιηθεί συγκριτική αξιολόγηση αυτών για τον προσδιορισμό της μεταβολής του υδατικού αποτυπώματος και του βαθμού εξοικονόμησης υδατικών πόρων.

4.3 Πράσινο νερό

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία που προκύπτουν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, για το έτος 2018 και για το διάστημα από 15 Μαΐου έως 30 Σεπτεμβρίου υπήρξαν 34 ημέρες βροχόπτωσης οι οποίες κατανέμονται στους επιμέρους μήνες ως εξής:

Πίνακας 4 - Μηνιαία κατανομή βροχόπτωσης για το έτος 2018

Μήνας	Ημέρες βροχόπτωσης	Μηνιαία βροχόπτωση (mm)
Μάιος (Δεύτερο δεκαπενθήμερο)	9	23,4
Ιούνιος	12	88
Ιούλιος	7	45,4
Αύγουστος	3	6.4
Σεπτέμβρης	3	2,8

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

Σύνολο	34	166
---------------	-----------	------------



Διάγραμμα 2 - Ημερήσια βροχόπτωση για το έτος 2018 σε mm

Για το έτος 2018, η συνολική ποσότητα νερού που προήλθε από κατακρημνίσματα είναι 166 χιλιοστά. Όπως συμπεραίνεται και από το Διάγραμμα 2, οι μήνες Μάιος, Ιούνιος και Ιούλιος χαρακτηρίζονται ως υγροί, καθώς παρατηρήθηκαν έντονες βροχοπτώσεις, ενώ οι μήνες Αύγουστος και Σεπτέμβριος ήταν ιδιαίτερα ξηροί, με μόλις 3 ημέρες εμφάνισης βροχόπτωσης ανά μήνα. Ο όγκος πράσινου νερού για την αρδευτική περίοδο 2018, υπολογίζεται σε 166 m³ ανά στρέμμα.

Για το έτος 2019 οι μετρήσεις συλλέχθηκαν από τον εγκατεστημένο μετεωρολογικό σταθμό και τα αισθητήρια όργανά του. Από τις μετρήσεις του βροχομέτρου για την μελετούμενη αρδευτική περίοδο (15 Μαΐου έως 30 Σεπτεμβρίου) προκύπτει ότι οι ημέρες βροχόπτωσης ανέρχονται στις 23 και κατανέμονται στους 4 μήνες όπως φαίνεται στον Πίνακας 5.

Πίνακας 5 - Μηνιαία κατανομή βροχόπτωσης για το έτος 2019

Μήνας	Ημέρες βροχόπτωσης	Μηνιαία βροχόπτωση (mm)
Μάιος (Δεύτερο δεκαπενθήμερο)	7	26,4
Ιούνιος	9	37,8
Ιούλιος	1	31,4
Αύγουστος	4	52,8

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Σεπτέμβρης	2	20,4
Σύνολο	23	168,8



Διάγραμμα 3 - Ημερήσια βροχόπτωση για το 2019 (Δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού)

Η συνολική ποσότητα νερού ανά στρέμμα μετρήθηκε ως 168,8 m³. Για την αρδευτική περίοδο αυτή, υπήρξαν συχνές βροχοπτώσεις στους πρώτους 3 μήνες με παρατηρούμενη περίοδο ξηρασίας από τις 20 Ιουλίου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου. Κατά το τελευταίο δεκαπενθήμερο του Σεπτεμβρίου υπήρξαν έντονες βροχοπτώσεις οι οποίες σε συνδυασμό με την αναμενόμενη πτώση τις θερμοκρασίας οδηγεί σε μείωση της χρήσης μπλε νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του πάρκου.

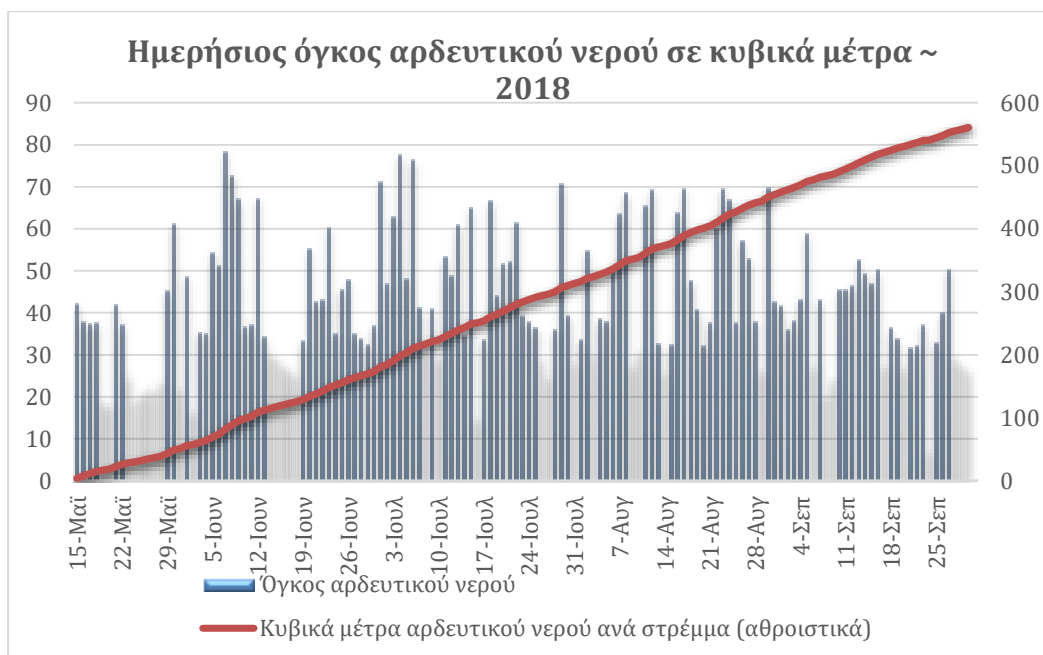
Οι δύο αρδευτικές περιόδους παρουσιάζουν ομοιότητες στον όγκο πράσινου νερού καθώς η συνολική βροχόπτωση σε ποσοστιαία απόλυτη τιμή διαφέρει κατά 1,68% (αύξηση για το έτος 2019). Όσον αφορά στην κατανομή των ημερών βροχόπτωσης και του όγκου πράσινου νερού που εισήχθη στο πάρκο, παρατηρείται μετατόπιση της έναρξης της ξηρής περιόδου του έτους 2019 στα μέσα Ιουλίου, ενώ για το 2018 είναι στην αρχή του Αυγούστου. Οι ανάγκες μπλε νερού αναμένεται να είναι υψηλότερες για τους πρώτους δύο μήνες της αρδευτικής περιόδου 2019, σε σύγκριση με αυτές του 2018, ενώ για το δεύτερο μισό θα είναι υψηλότερες για το έτος 2018 σε σύγκριση με το 2019.

4.4 Μπλε νερό

Για το έτος 2018, ο υπολογισμός του μπλε νερού που χρησιμοποιήθηκε εκτιμάται ως ο ελάχιστος απαιτούμενος ημερήσιος όγκος για την κάλυψη της κατά Penman-Monteith εξατμισοδιαπνοής. Το ημερήσιο κατώτατο όριο αρδευτικού νερού που χρησιμοποιήθηκε από την υπηρεσία άρδευσης του Δήμου Παύλου Μελά, υπολογίστηκε από τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα της Εθνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας. Στο Διάγραμμα 4,

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

παρουσιάζεται η ημερήσια χρήση μπλε νερού για το έτος 2018 σε κλίμακα πάρκου, και η αθροιστική ημερήσια χρήση μπλε νερού ανά στρέμμα.

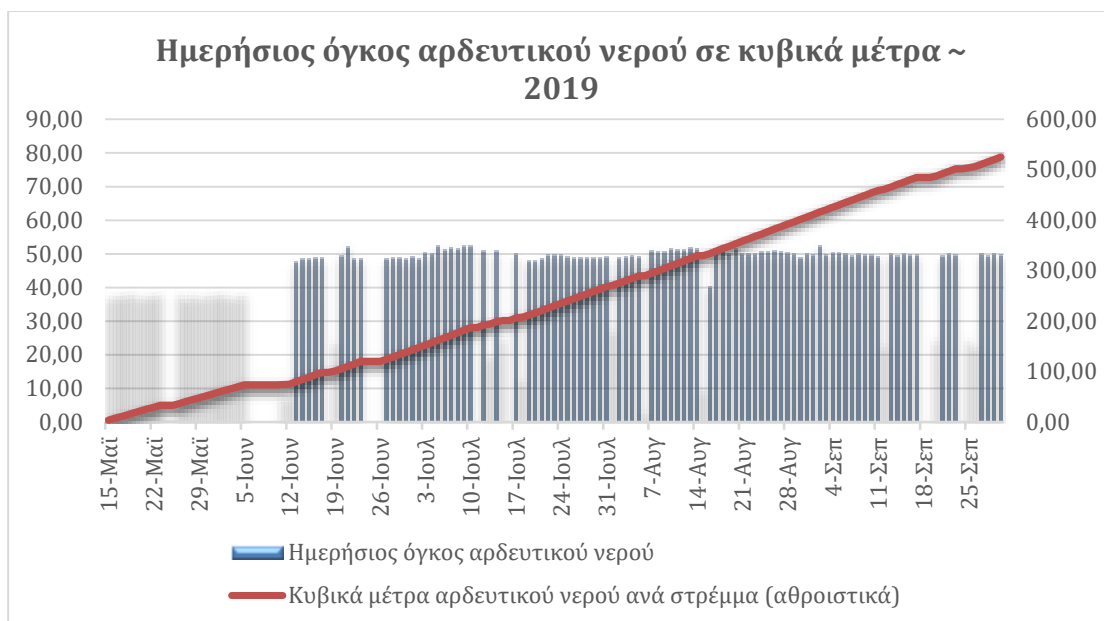


Διάγραμμα 4 - Ημερήσιος όγκος αρδευτικού νερού σε κυβικά μέτρα και αθροιστική ημερήσια χρήση νερού για το έτος 2018

Η συνολική κατανάλωση για την πρώτη αρδευτική περίοδο υπολογίζεται ως 560,82 m³ ανά στρέμμα.

Για το έτος 2019, καθώς το έξυπνο σύστημα άρδευσης βρισκόταν σε πλήρη λειτουργία, οι ανάγκες νερού υπολογιζόταν σε ημερήσια βάση με τη χρήση των αισθητηρίων οργάνων του μετεωρολογικού εφαρμόζοντας τη μέθοδο υπολογισμού εξατμισοδιαπνοής Penman-Monteith. Ο συνολικός όγκος μπλε νερού που χρησιμοποιήθηκε από τις 15 Μαΐου έως τις 30 Σεπτεμβρίου είναι 525,35m³ ανά στρέμμα.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"



Διάγραμμα 5 - Ημερήσιος όγκος αρδευτικού νερού σε κυβικά μέτρα και αθροιστική ημερήσια χρήση νερού για το έτος 2019

Πίνακας 6 –Μηνιαίες μεταβολές μπλε νερού

Μήνας	Έτος 2018	Έτος 2019	Ποσοστό μεταβολής
Μάιος (δεύτερο δεκαπενθήμερο)	51,17	55,08	7,64%
Ιούνιος	122,30	83,14	-32,02%
Ιούλιος	139,52	129,83	-6,95%
Αύγουστος	141,41	138,22	-2,26%
Σεπτέμβριος	106,38	119,08	11,94%
Σύνολο	560,82	523,5	-6,65%

Συμπερασματικά, παρατηρείται συνολική μείωση χρήσης μπλε νερού κατά την περίοδο λειτουργίας του έξυπνου συστήματος άρδευσης, η οποία ανέρχεται σε μέση εξοικονόμηση 6,65%.

4.5 Αναλογία πράσινου νερού προς μπλε

Ο λόγος πράσινου νερού προς μπλε νερό αποτελεί δείκτη μέτρησης για την ποσότητα πράσινου νερού που αντιστοιχεί σε μια χρησιμοποιούμενη μονάδα μπλε νερού. Κατά τους ξηρούς μήνες, η αναλογία αυτή αναμένεται να παρουσιάσει χαμηλές τιμές, καθώς το νερό από κατακρημνίσματα εκλείπει και η εξατμισοδιαπνοή λαμβάνει μεγάλες τιμές, αυξάνοντας τις ανάγκες αρδευτικού νερού. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι μηνιαίοι λόγοι πράσινου προς μπλε νερού καθώς και η μεταβολή των αντίστοιχων τιμών.

Πίνακας 7 – Λόγος πράσινου νερού προς μπλε

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Μήνας	Έτος 2018	Έτος 2019	Μεταβολή
Μάιος (δεύτερο δεκαπενθήμερο)	0,457	0,479	2,20%
Ιούνιος	0,720	0,455	-26,49%
Ιούλιος	0,325	0,242	-8,35%
Αύγουστος	0,045	0,382	33,67%
Σεπτέμβριος	0,021	0,171	15,06%
Σύνολο	0,296	0,322	2,64%

Η μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάζεται στον ξηρό μήνα Αύγουστο, ο οποίος είναι και ο μήνας με τις μεγαλύτερες ανάγκες και για τα δύο έτη. Αντίθετα, για το μήνα Ιούνιο, η συνολική βροχόπτωση για το έτος 2018 είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη του 2019 επομένως η αναλογία είναι σημαντικά υψηλότερη.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

5. Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα

5.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Κατά την πρώτη επίσκεψη στο πάρκο του Παύλου Μελλά, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της πιλοτικής έκτασης καθώς και καταγραφή του αρδευτικού εξοπλισμού. Το πάρκο εκτείνεται σε περιοχή 11,09 στρέμματα, εκ των οποίων τα 10,41 είναι αρδεύσιμα, δηλαδή το 93% της συνολικής έκτασης.



Εικόνα 7 - Πάρκο Δενδροποτάμου

5.2 Εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί

Για την ακριβέστερη εκτίμηση του αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα και ύδατος, κατέστη αναγκαία η εγκατάσταση ενός συστήματος τηλεπισκόπησης, αποτελούμενο από τα εξής αρθρώματα:

Κύριος κόμβος – Master node

Στον κόμβο αυτό συνδέονται τοπικά οι υπόλοιποι κόμβοι του συστήματος τηλεπισκόπησης. Επίσης συλλέγονται τα δεδομένα όλων των αισθητήρων και αποστέλλονται μέσω διαδικτύου στη βάση δεδομένων όπου και γίνεται η αποθήκευσή τους.

Δευτερέων κόμβος μετεωρολογικού σταθμού

Ο κόμβος αυτός βρίσκεται σε απόσταση περίπου τριών μέτρων από τον κύριο κόμβο, και η επικοινωνία τους γίνεται τοπικά με ασύρματη επικοινωνία. Ο ρόλος του μετεωρολογικού σταθμού είναι η συλλογή και μεταβίβαση στον κύριο κόμβο των παρακάτω δεδομένων:

- Ηλιακή ακτινοβολία
- Στάθμη βροχόπτωσης
- Ταχύτητα ανέμου

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

➤ Θερμοκρασία αέρα



Εικόνα 8 - Μετεωρολογικός Σταθμός

Δευτερεύων κόμβος ενεργοποιητή ηλεκτροβάνας (actuator)

Ο κόμβος αυτός ο οποίος βρίσκεται ακριβώς δίπλα από τον κύριο κόμβο, είναι συνδεδεμένος τοπικά με καλωδίωση, έχει ως ρόλο την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της ηλεκτροβάνας, η οποία βρίσκεται στον ίδιο χώρο (σύνδεση με καλωδίωση). Η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση πραγματοποιείται με αυτόματο τρόπο, όταν οι τιμές που λαμβάνουν τα αισθητήρια το επιτάσσουν. Είναι επίσης δυνατή η απομακρυσμένη ενεργοποίηση/απενεργοποίησή της, εφ' όσον κριθεί απαραίτητο από το χρήστη.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"



Εικόνα 9 - Κύριος κόμβος, ηλεκτροβάννα και ενεργοποιητής

Τα δεδομένα αποστέλλονται και αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων, όπου γίνεται η επεξεργασία, η επίβλεψη και η οπτικοποίησή τους.

5.3 Μεθοδολογία

Αντικειμενικός στόχος είναι η καταγραφή και ελαχιστοποίηση του αποτυπώματος του άνθρακα, εκπεφρασμένο σε μονάδες ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα, λαμβάνοντας υπόψη τα αέρια του θερμοκηπίου, καθώς και η ελαχιστοποίηση της χρήσης του αρδευτικού ύδατος. Ως δεδομένα αναφοράς θέτονται οι χρησιμοποιηθέντες πόροι για το ημερολογιακό έτος 2018.

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος έξυπνης άρδευσης, συλλέγονται δεδομένα υγρασίας της αρδευτικής περιοχής, και σε περίπτωση που το επίπεδό της βρεθεί κάτω από τα επιτρεπτά όρια, τίθεται σε λειτουργία η ηλεκτροβάννα. Ο όγκος του παρεχόμενου ύδατος προσδιορίζεται από τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, τα κλιματικά και μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Με τη μέθοδο αυτή, τα επίπεδα υγρασίας παραμένουν πάντα σε ελεγχόμενα όρια, αποφεύγεται η κατασπατάληση πόρων, και επιτυγχάνεται άρδευση με υψηλά επίπεδα ακρίβειας.

Οι πόροι που χρησιμοποιούνται πλέον καταγράφονται στο σύστημα έξυπνης άρδευσης, (ένδειξη ηλεκτροβάννας για το μετρητή νερού, μετρητής κατανάλωσης ρεύματος από ηλιακά πάνελ και συσσωρευτές για τον μετεωρολογικό σταθμό) και δίνεται η δυνατότητα επαλήθευσης των τιμών από τις μετρήσεις των λογαριασμών νερού και ρεύματος.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"



Εικόνα 10 - Ηλιακά πάνελ μετεωρολογικού σταθμού

Το σύστημα είναι φιλικό προς το περιβάλλον, καθώς η κύρια ενεργειακή του ανάγκη καλύπτεται από δύο ηλιακά πάνελ. Κατά την ολοκλήρωση της συλλογής δεδομένων, το σύνολο των πόρων που χρησιμοποιήθηκαν θα μετατραπούν σε ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα - CO₂eq και θα γίνει αναγωγή στο αρδευτικό στρέμμα. Αφού πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία για τα έτη (2018 και 2019), οι τιμές που θα προκύψουν θα συγκριθούν, για τον εντοπισμό των παραμέτρων που αυξάνουν τα επίπεδα εκπομπών CO₂.

Στοιχεία κατανάλωσης

Σύμφωνα με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 4.4, το σύστημα έξυπνης άρδευσης πέτυχε εξοικονόμηση μπλε ύδατος 6,65% κατά τη διάρκεια μίας αρδευτικής περιόδου. Κατά την αυτόνομη λειτουργία του συστήματος, τίθεται σε χρήση η δημοτική γεώτρηση η οποία βρίσκεται εντός του πάρκου. Η παροχή της γεώτρησης η οποία ανέρχεται στα 15m³/h βασίζεται στη λειτουργία ηλεκτρικής αντλίας 1,5 ίππου. Τα στοιχεία της κατανάλωσης όπως υπολογίζονται φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακας 8:

Πίνακας 8 - Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας γεώτρησης πάρκου

Στοιχεία αντλίας	Τιμή
Ισχύς αντλίας	1,5 ps (1.103 kW)
Ημέρες αντλίας	106
Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας	11 ώρες και 23 λεπτά
Μέση ημερήσια κατανάλωση	12,57 kWh
Συνολικός χρόνος λειτουργίας	1584 ώρες και 30 λεπτά
Συνολική κατανάλωση	1,746.66 kWh

Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της λειτουργίας του μετεωρολογικού σταθμού βασίζονται εξ ολοκλήρου σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς τα αισθητήρια όργανα μέτρησης καλύπτουν το ακέραιο της κατανάλωσής τους από τα δύο ηλιακά πάνελ.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"



Διάγραμμα 6 - Εξοικονόμηση ενέργειας τηλεμετρικού σταθμού

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Πίνακας 9 - Στοιχεία εξοικονόμησης ενέργειας τηλεμετρικού σταθμού

Στοιχεία τηλεμετρικού σταθμού	Τιμή
Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία	4.93 (kWh/m ³)
Διαστάσεις φωτοβολταϊκού στοιχείου	210x164 (mm ²)
Αποδοτικότητα φωτοβολταϊκού στοιχείου	16%
Μέση ημερήσια αποθήκευση ενέργειας	0,54 kWh
Ετήσια αποθήκευση ενέργειας	7,54 kWh

Η εξοικονόμηση ενέργειας από το έξυπνο σύστημα άρδευσης υπολογίζεται ως το άθροισμα της εξοικονομούμενης ενέργειας από τη μείωση του χρόνου λειτουργίας της ηλεκτραντλίας και από την μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Η ποσότητα αυτή ισούται με:

$$(1 - \% \text{μείωση χρόνου λειτουργίας αντλίας}) \times \text{κατανάλωση αντλίας} + \text{εξοικονόμηση από ηλιακά πάνελ} \\ = (1 - 6,65\%) \times 1.746,66 + 7,54 = 1.638,04 \text{ kWh}$$

Συνεπώς, το αποτύπωμα του άνθρακα από την συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε εκπομπές περίπου 464kgCO_{2eq}.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

6. Ανάλυση SWOT συστήματος έξυπνης άρδευσης

Η SWOT ανάλυση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της παρούσας κατάστασης και της ετοιμότητας μίας επιχείρησης (Κεκερής και Κλεφτάκης, 2017). Γίνεται στα πλαίσια του βραχυπρόθεσμου στρατηγικού προγραμματισμού της επιχείρησης. Η λέξη SWOT προκύπτει από τις αγγλικές λέξεις:

Strengths	Δυνατά σημεία	Εσωτερικό Περιβάλλον
Weaknesses	Αδύνατα σημεία	Εσωτερικό Περιβάλλον
Opportunities	Ευκαιρίες	Εξωτερικό Περιβάλλον
Threats	Απειλές	Εξωτερικό Περιβάλλον

Με την μέθοδο αυτή αναλύονται τα δυνατά σημεία (Strengths), οι αδυναμίες (Weaknesses) της επιχείρησης, οι ευκαιρίες (Opportunities) και οι απειλές (Threats) που της παρουσιάζονται. Η ανάλυση των δυνατών σημείων και των αδυναμιών της επιχείρησης αφορά κυρίως το εσωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης, ενώ, αντίθετα, η ανάλυση των απειλών και ευκαιριών αφορά την μελέτη του εξωτερικού κυρίως περιβάλλοντος (Πολιτικό, Νομικό, Κοινωνικό, Οικονομικό, Δημοσιονομικό κλπ.) Στη μέθοδο αυτή λαμβάνονται σοβαρά υπ'όψιν οι απόψεις και γνώμες των στελεχών της διοίκησης της επιχείρησης που λαμβάνονται κυρίως μέσω συνεντεύξεων που βοηθούν στην συγκέντρωση πληροφοριών που συλλέγονται από κάποιες ερωτήσεις που τους υποβάλλονται. Τα δεδομένα αυτά οργανώνονται και ταξινομούνται σε ομάδες που αφορούν τα επιμέρους κομμάτια που χρειάζονται βελτίωση.

Η ανάλυση SWOT μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για κάθε επιχείρηση. Μέσω αυτού μπορούν να εντοπιστούν και να αξιοποιηθούν τα Δυνατά σημεία της επιχείρησης, πάνω στα οποία θα πραγματοποιηθούν επενδύσεις με σκοπό την εκμετάλλευση μελλοντικών ευκαιριών που θα παρουσιαστούν. Από την άλλη, μπορούν να αποφευχθούν με τα κατάλληλα βήματα τις Απειλές και τους Κινδύνους που θα παρουσιαστούν.

Η παραπάνω θεώρηση των Δυνάμεων – Αδυναμιών πραγματοποιείται τόσο από την εσωτερική οπτική, όσο και από την οπτική των «πελατών». Κρίσιμος παράγοντας, ο οποίος επιβάλλει την προσπάθεια ποσοτικοποίησης των δεδομένων αποτελεί η δυνατότητα ρεαλιστικής (αντικειμενικής) αποτίμησης της υφιστάμενης κατάστασης. Η όλη ανάλυση οφείλει να γίνει συσχετιζόμενη με τον ανταγωνισμό: για παράδειγμα, η παραγωγή ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας, εφόσον παράγεται σε αφθονία και από τον ανταγωνισμό, δεν αποτελεί δύναμη για την περιοχή, αλλά αναγκαιότητα. Μια συνήθης προσέγγιση εντοπισμού των ευκαιριών έγκειται στην ανασκόπηση των Δυνάμεων και τη διερεύνηση της δυναμικής τους για άνοιγμα ευκαιριών. Εναλλακτικά, ανασκοπούνται οι Αδυναμίες και διερευνάται η δυνατότητα αξιοποίησης ευκαιρίας μέσω της εξάλειψης αυτών. Για παράδειγμα, η μείωση του τεχνολογικού κόστους σε έναν τομέα, αποτελεί ευκαιρία για μια περιοχή ή οικονομία της οποίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τομέα αυτό.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Με έναν αντίστοιχο τρόπο θα λειτουργεί και η ανάλυση SWOT ενός προγράμματος ή στην προκειμένη περίπτωση του προγράμματος έξυπνης άρδευσης. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται:

- Τα δυνατά (Strengths) σημεία του συστήματος και της πορείας του προγράμματος, τα οποία θα πρέπει να αξιοποιηθούν και να καταβληθεί προσπάθεια διατήρησής τους.
- Οι αδυναμίες (Weaknesses) του συστήματος, για τις οποίες θα πρέπει να προταθούν και να ληφθούν μέτρα βελτίωσης.
- Οι ευκαιρίες (Opportunities) που μπορούν να αξιοποιηθούν προκειμένου να υπάρξει βελτίωση του συστήματος.
- Οι κίνδυνοι (Threats) που υφίστανται και που μπορεί να οδηγήσουν το σύστημα σε απόκλιση από την αποστολή του αν δεν ενεργοποιηθούν μηχανισμοί για την λήψη μέτρων αντιμετώπισής τους.

Πίνακας 10 - SWOT

S	W	O	T
Strengths (Δυνατά σημεία)	Weaknesses (Αδύνατα σημεία)	Opportunities (Ευκαιρίες)	Threats (Απειλές)
• Εκτενής διερεύνηση της αποδοτικότητας του υφιστάμενου δικτύου άρδευσης του πάρκου. • Επάρκεια των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων • Μείωση της υπερβολικής άρδευσης. • Εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων και συστημάτων άρδευσης. • Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (ηλιακή ακτινοβολία, στάθμη βροχής, Ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία αέρα) • Μέτρηση υγρασίας εδάφους . • Ελαχιστοποίηση χρήσης του αρδευτικού δικτύου • Μείωση κατανάλωσης ενέργειας. • Απομακρυσμένη/αυτόματη ενεργοποίηση της ηλεκτροβάνας. • Άρδευση σε υψηλά επίπεδα ακριβείας. • Λειτουργία δικτύου με χρήση ανανεώσιμων πηγών (ηλιακά πάνελ). • “Πράσινο” σύστημα άρδευσης (φιλικό προς το περιβάλλον). • Μειωμένο ανθρακικό & υδατικό αποτύπωμα • Σημαντικά οφέλη για την βλάστηση. • Χαμηλές απαιτήσεις εργασίας.	• Χαμηλά ποσοστά υιοθέτησης τεχνολογιών εξοικονόμησης νερού. • Έλλειψη περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. • Κόστος κεφαλαίου. • Συντήρηση/έλεγχος του συστήματος. • Εντονότερη παρακολούθηση του συστήματος σε περιόδους έλλειψης νερού. • Άμεση επιδιόρθωση/αντικατάσταση σε περίπτωση σφάλματος εξοπλισμού.	• Βελτίωση της ποσότητας και ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. • Βελτίωση της αποδοτικότητας της άρδευσης. • Βελτίωση της ευελιξίας του συστήματος. • Ανάκτηση κόστους υπηρεσιών που σχετίζονται με το νερό. • Βελτίωση και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών έξυπνης άρδευσης. • Υιοθέτηση καινοτόμων αρδευτικών συστημάτων και σε άλλες περιοχές. • Δημιουργία νέων έργων υποδομής. • Αύξηση του δημόσιου ενδιαφέροντος για τη βιώσιμη διαχείριση του νερού. • Θετική επιρροή στις κοινωνικές ομάδες και ενίσχυση της εμπιστοσύνης. • Βελτιωμένη οικονομία και περιβάλλον.	• Έλλειψη χρηματικών πόρων για συντήρηση και αναβάθμιση του συστήματος. • Ανεπαρκής έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος από τους αρμόδιους φορείς. • Χαμηλή διαθεσιμότητα νερού. • Πιθανές συνέπειες λόγω μη σωστής συντήρησης και χρήσης του συστήματος. • Ελάχιστη αναγνώριση από τις κοινωνικές ομάδες. • Απουσία κινήτρων εξοικονόμησης νερού για άρδευση.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

• Περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη			
--	--	--	--

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Μέτρα βελτίωσης των αδυναμιών του συστήματος

- Παρά τη συνεχή τεχνολογική εξέλιξη, παρατηρείται ότι οι τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού δεν υιοθετούνται σε επαρκή βαθμό. Παρ' όλα αυτά, η διάδοσή της χρήσης τους μπορεί να επιτευχθεί με την υιοθέτηση των εν λόγω πρακτικών από δημόσιους φορείς και τη διάχυση των αποτελεσμάτων εφαρμογής τους.
- Η απόσβεση του κεφαλαίου εγκατάστασης του έξυπνου συστήματος άρδευσης πραγματοποιείται σταδιακά. Σε αυτή συντελεί αρχικά η εξοικονόμηση αρδευτικών εισροών (ενέργεια, νερό κ.ά.) στην περιοχή εφαρμογής, αλλά και στην περιβάλλουσα έκταση, καθώς παρέχεται η δυνατότητα επέκτασής με χαμηλότερες απαιτήσεις και συνεπώς κόστος εξοπλισμού. Παράλληλα και σε μελλοντικό χρόνο, χάρη στην αυξανόμενη ζήτησή του, θα επιτυγχάνεται ολοένα και μεγαλύτερη μείωση του κόστους παραγωγής του, επομένως ο χρόνος απόσβεσης θα μειώνεται.
- Προτείνεται η τήρηση αυστηρών πρωτοκόλλων (βλ. κεφάλαιο 10) για την αποφυγή κρίσιμων σφαλμάτων, ικανών να επιφέρουν τη διακοπή λειτουργίας του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό θα εξασφαλίζεται η συστηματική παρακολούθηση (έλεγχος) της ομαλής λειτουργίας του συστήματος με σκοπό την πρόληψη εμφάνισης τέτοιων σφαλμάτων (συντήρηση εξοπλισμού), αλλά και την άμεση επιδιόρθωση ή αντικατάσταση του εξοπλισμού.

7. Ανάλυση κόστους-οφέλους

7.1 Εισαγωγή

Η ανάλυση κόστους-οφέλους (Cost-Benefit Analysis) χρησιμοποιείται για την ορθή εκτίμηση της συνεισφοράς και αποτελεσματικότητας του συστήματος έξυπνης άρδευσης. Η μέθοδος αυτή αποτελεί ένα εργαλείο/τεχνική οικονομικής εκτίμησης για τη σύγκριση των αναμενόμενων οφελών, από την προτεινόμενη επένδυση, με τα σχετικά μεγέθη κόστους, ώστε να βοηθούνται οι μελλοντικοί χρήστες στον προσδιορισμό της εναλλακτικής λύσης με το μέγιστο καθαρό όφελος (οφέλη μείον κόστος). Στο πλαίσιο αυτής τα ενότητας θα παρατεθούν προτάσεις βελτιστοποίησης της λειτουργίας των πιλοτικών συστημάτων, θα καθοριστούν οι μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες απαιτήσεις συντήρησης και διασφάλισης λειτουργικής κατάστασης, καθώς και θα συνταχθούν κατευθυντήριες γραμμές επιχειρησιακής εφαρμογής, συμπεριλαμβάνοντας τόσο περιβαλλοντικά, αλλά και κοινωνικά κριτήρια. Τα οφέλη του έργου LYSIS περιλαμβάνουν:

- Την βιώσιμη διαχείριση των υδάτων και την εξοικονόμηση υδάτινων πόρων μέσω νέων τεχνολογιών.
- Την μείωση λειτουργικού και διαχειριστικού κόστους των δικτύων άρδευσης στις αστικές περιοχές.
- Την αξιολόγηση του συστήματος για μελλοντική χρηματοδότηση των έργων υποδομής.
- Την καταγραφή των ειδικών αναγκών του χρήστη και στην εξειδίκευση των τεχνικών παραμέτρων εγκατάστασης και λειτουργίας του πιλοτικού συστήματος έξυπνης άρδευσης μέσω τεχνολογιών αιχμής στον αστικό ιστό του Δήμου Παύλου Μελά.
- Την ανάδειξη του βέλτιστου τρόπου λειτουργίας του συστήματος προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες του Δήμου Παύλου Μελά

Η παρακολούθηση των υδάτινων σωμάτων αποτελεί βασικό εργαλείο διαχείρισης, καθώς συμβάλλει στην εκτίμηση της επίτευξης των γενικών και ειδικών διαχειριστικών στόχων στις λεκάνες απορροής ποταμών. Η ανάγκη για παρακολούθηση με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία των συλλεγόμενων δεδομένων, σε συνδυασμό με την πλέον συμφέρουσα αναλογία χρόνου/κόστους, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη και χρήση καινοτόμων τεχνολογικά λύσεων, όπως η τηλεμετρία. Ειδικά στον αστικό ιστό, η αναγκαιότητα της τηλεμετρικής παρακολούθησης έγκειται στη συμβολή της στη λήψη διαχειριστικών αποφάσεων, την αξιολόγηση των διαχειριστικών μέτρων, τη συμμόρφωση με την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία, την ασφάλεια και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών.

Η τηλεμετρία παρέχει εργαλεία νέας τεχνολογίας για την παρακολούθηση συγκεκριμένων δεικτών, οι οποίοι μπορούν να παρέχουν περαιτέρω περιβαλλοντική πληροφορία. Η χρήση τηλεμετρίας επιτρέπει τον άμεσο, έγκαιρο (σε σχεδόν πραγματικό

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

χρόνο), αξιόπιστο και σύγχρονο τρόπο παρακολούθησης της ποσοτικής και ποιοτικής κατάστασης των υδατικών πόρων.

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα της τηλεμετρίας, που είναι τόσο η παραγωγή πρωτογενών δεδομένων σε ιδιαίτερα μικρή συχνότητα ώστε να επιτυγχάνεται η δημιουργία πυκνών χρονοσειρών, όσο και ο μικρός χρόνος για τη συλλογή της περιβαλλοντικής πληροφορίας, καθιστούν κατάλληλη τη χρήση της για την παρακολούθηση των υδάτων. Η τηλεμετρία στο πλαίσιο του έργου αποτελεί τη βάση:

α) για ένα σύστημα λήψης απόφασης που στοχεύει στην εξοικονόμηση νερού και τη μείωση του αποτυπώματος νερού (water footprint)

β) για σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης σε σχέση με την ποιότητα και ποσότητα των υδάτων του δικτύου.

Παράλληλα, εξαιτίας των δεδομένων που παρέχει μπορεί να δώσει σημαντική πληροφορία για την φυσική κατάσταση του συστήματος. Προϋπόθεση για τα παραπάνω αποτελεί η σωστή οργάνωση και λειτουργία του δικτύου τηλεμετρίας και των ψηφιακών συστημάτων, ώστε να διασφαλίζεται σε επιχειρησιακό επίπεδο η απρόσκοπτη λειτουργία τους και η αξιοπιστία των δεδομένων παρακολούθησης.

7.2. Διερεύνηση χρηματοοικονομικού, περιβαλλοντικού και κόστους πόρου με βάση τα πραγματικά γεωργοοικονομικά-γεωργοτεχνικά στοιχεία κοστολόγησης του αρδευτικού νερού

Οικονομικό Κόστος

Στην οικονομική θεωρία το κόστος ενός προϊόντος αυξάνεται με την αύξηση της παραγωγής μέχρι του σημείου στο οποίο τα έσοδα αρχίζουν να μειώνονται. Η απόφαση για τα επίπεδα παραγωγής εξαρτάται από το οριακό κόστος και τα έσοδα. Η τομή της καμπύλης της ζήτησης με αυτήν της προσφοράς καθορίζει την τιμή του αγαθού στην αγορά.

Στην περίπτωση του νερού δεν ισχύει αυτό και η παραγωγή του (παροχή) δεν μπορεί να ακολουθεί την βασική ιδέα της οικονομικής θεωρίας όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω. Η τιμή του νερού θα πρέπει να εκτιμηθεί από τη συνάρτηση ζήτησης και από το συνολικό κόστος, το οποίο περιλαμβάνει την επένδυση, το λειτουργικό κόστος και τους εκάστοτε περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

Η Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή της Ε.Ε. στην γνωμοδότησή της σχετικά με την Οδηγία αν και αναγνωρίζει ότι « η τιμή του νερού θα πρέπει να περνά επαρκώς το μήνυμα της σπανιότητας του νερού» εντούτοις επισημαίνει ότι «το νερό δεν αποτελεί μόνο οικονομικό αγαθό αλλά κυρίως θεμελιώδες δικαίωμα για τον άνθρωπο και απαραίτητο στοιχείο για τα οικοσυστήματα. Για το λόγο αυτό έχει μεγάλη σημασία να προσδιορισθεί καταλλήλως η σχέση μεταξύ των διαστάσεων αυτών προκειμένου να αποφευχθεί το

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

ενδεχόμενο να λαμβάνονται υπόψη στην πραγματικότητα μόνο οι αυστηρά οικονομικές πτυχές».

Θεωρητικά το συνολικά βέλτιστο σημείο της χρήσης του νερού επιτυγχάνεται εκεί όπου τα οφέλη καλύπτουν το κόστος συμπεριλαμβανομένου του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους σε πόρους.

Το νερό θεωρείται ότι έχει δύο κύριες κατηγορίες παραγόντων κόστους. Η πρώτη σχετίζεται με την παροχή του και σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει το κόστος της υποδομής (κόστος επένδυσης) και της λειτουργίας. Σε αυτό προστίθεται το κόστος ενδεχόμενης χρηματοδότησης και το κόστος αποσβέσεων της υποδομής. Η δεύτερη κατηγορία σχετίζεται με το κόστος ευκαιρίας και σχετίζεται με τη μέγιστη αξία που μπορεί να επιτευχθεί από τη χρήση του. Προσθέτοντας το περιβαλλοντικό κόστος στις 2 αυτές γενικές κατηγορίες προκύπτει η συνολική κοστολόγηση. Αναφορικά με τις υπάρχουσες συνθήκες είναι γεγονός ότι σε καμία χώρα οι τρέχουσες τιμές δεν προσεγγίζουν επουδενί το οικονομικό κόστος, ενώ δεν γίνεται καν λόγος για το κόστος ευκαιρίας.

Τα επιμέρους στοιχεία του Οικονομικού Κόστους

Σύμφωνα με τις αρχές που θέτει η Οδηγία 2000/60/ΕΕ το Οικονομικό Κόστος αφορά στα ακόλουθα:

- Κόστος Κεφαλαίου
- Κόστος Συντήρησης
- Λειτουργικό Κόστος
- Άλλα στοιχεία άμεσου κόστους

Τα στοιχεία αυτά αναλύονται στη συνέχεια:

- Κόστος επενδύσεων: Περιλαμβάνει τόσο το κόστος για την κατασκευή νέων φυσικών στοιχείων του ενεργητικού (πάγια στοιχεία-έργα υποδομής) όπως δίκτυα, δεξαμενές, αντλίες κτλ, όσο και την υπολειμματική αξία του συνόλου των σχετικών επενδύσεων που έχουν γίνει στο παρελθόν. Επειδή οι καινούργιες επενδύσεις σε πάγια στοιχεία δεν γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και το εύρος των επενδύσεων δεν είναι τυποποιημένο, αυτό το στοιχείο κόστους παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα. Για το λόγο αυτό, το κόστος των επενδύσεων συνηθίζεται να ανάγεται σε ετήσια βάση. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των ετήσιων αποσβέσεων και τον υπολογισμό του κόστους κεφαλαίου (cost of capital).
- Κόστος συντήρησης: Συνήθως αποτελεί μέρος του λειτουργικού κόστους και περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες που αποσκοπούν στην διατήρηση των φυσικών στοιχείων (δίκτυα, δεξαμενές, κανάλια άρδευσης, αντλίες κτλ) σε καλή κατάσταση για το σύνολο της οικονομικής τους ζωής.
- Λειτουργικό κόστος: Το λειτουργικό κόστος είναι το άμεσο ετήσιο κόστος για την παροχή αρδευτικού νερού και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, το εργατικό κόστος, το

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

κόστος ηλεκτρισμού ή καυσίμων, το κόστος που συνάγεται από τη χρήση χημικών ουσιών -όπου γίνεται χρήση αυτών-και το κόστος προς τρίτους.

- Στα άλλα στοιχεία άμεσου κόστους συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:
- Διοικητικό κόστος: Το κόστος αυτό αποτελεί υποκατηγορία του λειτουργικού κόστους και σχετίζεται με της χρηματικές εκροές των εταιριών παροχής αρδευτικού νερού προς τις διάφορες ελεγκτικές και ρυθμιστικές αρχές που διαχειρίζονται τους υδάτινους πόρους. Παράλληλα συμπεριλαμβάνει το σύνολο των αμοιβών του διοικητικού προσωπικού όλων των εμπλεκόμενων οργανισμών.
- Φόροι και επιδοτήσεις: Είναι κατανοητό ότι η γεωργία αποτελεί έναν τομέα στον οποίο το κράτος παρεμβαίνει συχνά. Με αυτόν τον τρόπο δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι τα οικονομικά φαινόμενα εκεί ακολουθούν τους κανόνες της οικονομίας της αγοράς. Έτσι προκειμένου να υπολογισθεί το κόστος του υδάτινου πόρου θα πρέπει να αφαιρεθούν εκείνα τα ποσά που προέρχονται από τις επεμβάσεις του κράτους στους μηχανισμούς της γεωργίας. Οι γενικοί φόροι δεν αποτελούν κομμάτι του κόστους για τον φορέα παροχής υπηρεσιών άρδευσης και άρα πρέπει να αφαιρεθούν για τον υπολογισμό το οικονομικού κόστους. Οι περιβαλλοντικοί φόροι από την άλλη, δηλαδή οι φόροι που δρουν ως αποζημίωση για τυχών εξωτερικεύσεις κόστους από την παροχή υπηρεσιών άρδευσης, θα πρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό του οικονομικού κόστους άλλα και να αφαιρεθούν από το περιβαλλοντικό κόστος η το κόστος πόρου, ανάλογα με το σκοπό τους. Οι επιδοτήσεις μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές και συνήθως κατατάσσονται σε άμεσες και έμμεσες. Οι άμεσες επιδοτήσεις προς το λειτουργικό κόστος θα πρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό του οικονομικού κόστους, όπως και οι άμεσες επιδοτήσεις για επενδύσεις, για το σωστό υπολογισμό της απόσβεσης και της οικονομικής αποτίμησης των παγίων στοιχείων. Οι έμμεσες επιδοτήσεις, θα πρέπει να αποτιμηθούν και να συμπεριληφθούν και αυτές στον υπολογισμό του οικονομικού κόστους. Παράδειγμα έμμεσων επιδοτήσεων είναι προνομιακοί όροι δανεισμού (μειωμένο επιτόκιο, περίοδος χάριτος, αυξημένη περίοδος αποπληρωμής κτλ) ή και άμεσες μεταφορές τεχνογνωσίας χωρίς αντίτιμο. Οι έμμεσες επιδοτήσεις συχνά παρουσιάζουν προβλήματα στην αποτίμησή τους και απαιτούν ιδιαίτερη μεταχείριση.

Από το άθροισμα των παραπάνω, σύμφωνα με την οδηγία της ΕΕ θα πρέπει να αφαιρεθούν οι γενικοί φόροι.

Η μεθοδολογία εκτίμησης του Οικονομικού Κόστους και ο τρόπος εφαρμογής της

Η εκτίμηση του Οικονομικού Κόστους αποτελεί μία συνηθισμένη διαδικασία λογιστικής αποτίμησης και κοστολόγησης, δεδομένου ότι καλείται να υπολογίσει εύκολα ποσοτικοποιήσιμες οντότητες, όπως κτίρια, κεφάλαια, έξοδα, κ.λ.π. τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι καταγεγραμμένα. Επομένως η κύρια μεθοδολογία υπολογισμού του Οικονομικού Κόστους είναι η συλλογή στοιχείων για το κάθε επιμέρους στοιχείο Κόστους που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Η άρδευση στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα είτε μέσω των δημοσίων δικτύων άρδευσης είτε μέσω ιδιωτικών αρδεύσεων. Στη δεύτερη περίπτωση η άντληση του νερού γίνεται μέσω ιδιωτικών γεωτρήσεων. Η δεύτερη περίπτωση δεν θα αποτελέσει μέρος της γενικότερης μελέτης, λόγω του ότι δεν υπόκειται στο γενικότερο καθεστώς τιμολόγησης που εφαρμόζεται για τις υπόλοιπες αρδευόμενες περιοχές.

Το οικονομικό κόστος της άρδευσης αναφορικά με τα δημόσια δίκτυα αρδεύσεων αναλαμβάνεται κατά κύριο λόγο από το Κράτος. Το σύνολο των επενδύσεων που σχετίζονται με τα δίκτυα άρδευσης αναλαμβάνεται από το Κράτος, ενώ η λειτουργία αυτών των επενδύσεων, καθώς και των αρδευτικών δικτύων αναλαμβάνεται από τους ΤΟΕΒ της κάθε περιοχής. Την επίβλεψη και την εποπτεία λειτουργίας των ΤΟΕΒ έχει ο ΓΟΕΒ κάθε περιοχής. Οι ΤΟΕΒ καλύπτουν μέρος του (λειτουργικού) κόστους τους μέσα από εισφορές των μελών τους. Οι εισφορές αυτές είναι ετήσιες και κατά κανόνα ανεξάρτητες από την κατανάλωση νερού και το είδος της καλλιέργειας. Εξαρτώνται κυρίως από την αρδευόμενη έκταση του κάθε παραγωγού και δευτερευόντως από το σύστημα άρδευσης και το είδος του αρδευτικού δικτύου (έχουν την μορφή €/στρέμμα). Το υπόλοιπο μέρος του λειτουργικού κόστους καλύπτεται από επιχορηγήσεις/επιδότησεις του κράτους, οι οποίες όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, θα πρέπει να αφαιρεθούν προκειμένου να εκτιμηθεί το πραγματικό κόστος της άρδευσης.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι μία μεθοδολογία για την εκτίμηση του Οικονομικού Κόστους θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα εφαρμογής της:

- Επαφή με τον ΓΟΕΒ της περιοχής μελέτης
- Εντοπισμός των επιμέρους περιοχών και της κατανομής τους στους αντίστοιχους ΤΟΕΒ
- Λήψη στοιχείων από κάθε ΤΟΕΒ αναφορικά με το ύψος των επενδύσεων στο αρδευτικό δίκτυο της περιοχής ευθύνης τους, το λειτουργικό κόστος του (με όλα τα επιμέρους στοιχεία που αυτό περιλαμβάνει), καθώς και τη μεθοδολογία καθορισμού των εισφορών που εισπράττει μαζί με τα αντίστοιχα ιστορικά δεδομένα του.
- Λήψη στοιχείων για το ύψος των επιδοτήσεων που έχουν ληφθεί
- Υπολογισμός των παρούσων αξιών (present values) των επενδύσεων που έχουν γίνει στο κάθε επιμέρους αρδευτικό δίκτυο
- Άθροιση των επιμέρους στοιχείων και υπολογισμός του συνολικού οικονομικού κόστους.
- Δημιουργία βάσης δεδομένων για την εισαγωγή των παραπάνω στοιχείων για μία χρονική περίοδο μελέτης από την οποία θα εξαχθούν είτε μέσοι όροι είτε μέσω οικονομετρικού μοντέλου θα υπολογισθεί η σχέση που συνδέει το συνολικό Οικονομικό Κόστος με τις αντίστοιχες τρέχουσες εισφορές

Περιβαλλοντικό κόστος

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Για την αποτίμηση μιας περιβαλλοντικής μεταβολής μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσες και έμμεσες μέθοδοι περιβαλλοντικής αποτίμησης. Οι μέθοδοι αποκαλυπτόμενης προτίμησης (Revealed Preference Methods) στηρίζονται στην μελέτη της διάθεσης για πληρωμή (willingness to pay) για ένα μη εμπορεύσιμο αγαθό από τις διαφορές στη δαπάνη ενός άλλο αγαθού που σχετίζεται άμεσα με το πρώτο, αλλά είναι εμπορεύσιμο. Αντίθετα οι μέθοδοι εκφρασμένης προτίμησης (Expressed Preference Methods) στηρίζονται στα αποτελέσματα ανάλυσης ερωτηματολογίων τα οποία απευθύνονται στους κατοίκους μίας συγκεκριμένης γεωγραφικής ζώνης και οι οποίοι ερωτώνται απευθείας για συγκεκριμένα θέματα περιβαλλοντικής διαχείρισης και πολιτικής της περιοχής τους. Μέσα και από αυτήν την μέθοδο και σε αυτήν την περίπτωση διαπιστώνεται η διάθεση για πληρωμή (WTP)

Οι σημαντικότερες μέθοδοι είναι :

- Ανάλυση Κόστους Ταξιδιού (Travel Cost Method – TCM),
- Ανάλυση Αγορών Ωφέλιμων Χαρακτηριστικών ή Μέθοδος Τιμών Ευημερίας (Hedonic Pricing Method – HPM),
- Μέθοδος της Αμυντικής Συμπεριφοράς (Defensive Behavior Method)
- Μέθοδος του Κόστους της Φθοράς (Damage Cost Method)
- οι οποίες κατατάσσονται στις μεθόδους αποκαλυπτόμενης προτίμησης (έμμεσες τεχνικές),
- Μέθοδος Υποθετικής Αξιολόγησης ή Μέθοδος Εξαρτημένης Αποτίμησης (Contingent Valuation Method – CVM), που κατατάσσεται στις μεθόδους δηλωμένης ή εκφρασμένης προτίμησης και
- Μέθοδος εκτίμησης Έκθεσης-Απόκρισης (Dose-response) και
- Μέθοδος κόστους αντικατάστασης / αποκατάστασης/ εξοικονόμηση κόστους (Replacement cost/ restoration cost / cost savings)

Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις μεθόδους αποτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν.

Γενικά υπάρχει μεγάλο εύρος δημοσιευμένων μελετών αποτίμησης που σχετίζονται με την αποτίμηση της φύσης και των χρήσεων του νερού. Σε πολλές χώρες υπάρχουν ιδιαίτερα ανεπτυγμένες βάσεις δεδομένων με σχετικές μελέτες αποτίμησης περιβαλλοντικού κόστους οι οποίες αξιοποιούνται και με κατάλληλες λογικές μεταφοράς – της εκτίμησης το κόστους σε εκάστοτε τοπικές συνθήκες και ιδιαιτερότητες.

Μέθοδος Υποθετικής Αξιολόγησης ή μέθοδο εξαρτημένης αποτίμησης (Contingent Valuation Method – CVM)

Μια από τις βασικές μεθόδους για να εκμαιευτούν οι προτιμήσεις των ανθρώπων για τις περιβαλλοντικές θελκτικότητες και τα άλλα δημόσια αγαθά μέσω της προσέγγισης των υποθετικών αγορών (δηλωμένη προτίμηση) [hypothetical markets (stated preference)]

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

approach]. πΥπάρχουν διάφορες σχετικές προσεγγίσεις από τις οποίες η κύρια είναι η Μέθοδος Ενδεχόμενης Αξιολόγησης (Contingent Valuation Method) (CVM). Η CVM επιτρέπει την εκτίμηση της προθυμίας του ερωτώμενου να πληρώσει (Willingness to Pay – WTP) για μια βελτίωση στην ποιότητα ή την ποσότητα του προϊόντος, ή εκτίμησης της αποζημίωσης WTA για την επιδείνωση της παροχής ενός αγαθού.

Οι πληροφορίες που αναζητούνται από τους εναγομένους των ερευνών εξαρτώνται από κάποιο ιδιαίτερο υποθετικό πλαίσιο αγοράς, το οποίο καθορίζει τη φύση της αλλαγής, πώς πρόκειται να εφαρμοστεί, τι θα κοστίσει, πώς θα γίνονταν οι πληρωμές κλπ. Η αρχή εφαρμογής της μεθόδου βασίζεται στο να αποσπαστούν οι υποθετικές νομισματικές προσφορές (bids) από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του πληθυσμού το οποίο ενδιαφέρει τον ερευνητή. Οι προσφορές χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί η σκιώδης τιμή κάποιου περιβαλλοντικού κέρδους ή απώλειας. Το εύρος εφαρμογής αυτής της μεθόδου είναι αρκετά εκτεταμένο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποτίμηση σχεδόν κάθε είδους περιβαλλοντικής υποβάθμισης, και για αυτό είναι ιδιαίτερα δημοφιλής μέθοδος σε σχετικές μελέτες.

Σχετικές εφαρμογές της μεθόδου σε ζητήματα αξίας της βελτίωσης της ποιότητας νερού, αξία του οφέλους από τη μειωμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, αξία των άγριων περιοχών ή των οικολογικά σημαντικών ειδών, αξία των προγραμμάτων τουρισμού κλπ.

Η μεθοδολογία αυτή αφορά έρευνα μέσω προσεκτικά διατυπωμένου ερωτηματολογίου μέσω του οποίου διερευνάται η WTP ή WTA των ερωτώμενων για την αποζημίωση για συγκεκριμένες περιβαλλοντικές μεταβολές. Τα αποτελέσματα υπόκεινται σε οικονομετρική ανάλυση ώστε να προκύψει μια μέση τιμή WTP και να εκτιμηθούν οι καθοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν το WTP των συμμετεχόντων.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία φαίνεται ότι τα περισσότερα ευαίσθητα αποτελέσματα προέρχονται από δείγματα ερωτώμενων οι οποίοι γνωρίζουν το πρόβλημα για το οποίο ερωτώνται.

Γενικά έχουν εντοπιστεί διάφορες στρεβλώσεις όπως «στρατηγικές στρεβλώσεις» που προκύπτουν όταν οι ερωτώμενοι σκοπίμως δίνουν απαντήσεις που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική εκτίμηση της αξίας, «στρεβλώσεις υπόθεσης» που προκύπτουν γιατί οι ερωτώμενοι βάζουν τον εαυτό τους σε υποθετικές καταστάσεις και δεν κάνουν κάποια πραγματική συναλλαγή, «στρεβλώσεις πληροφορίας» και «σχεδιαστικές στρεβλώσεις».

Υποθετική ή Πιθανολογική Ταξινόμηση (Contingent Ranking)

Μέθοδος με εκτεταμένο εύρος εφαρμογής για την οποία δεν υπάρχουν όμως αρκετές μελέτες για «περιβαλλοντικά αγαθά», ενώ εφαρμόζεται γενικά για αγαθά εντεταγμένα στην αγορά.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής ζητείται από τους ερωτώμενους να ταξινομήσουν διάφορες εναλλακτικές επιλογές – αντί να εκτιμήσουν την επιθυμία τους να πληρώσουν για κάποια επιλογή.

Δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες ώστε να εκτιμηθούν δείκτες εγκυρότητας, όμως τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα δείχνουν πως οι εκτιμήσεις κόστους μέσω αυτής της μεθόδου προκύπτει υψηλότερο από την εκτίμηση μέσω της πιθανοτικής αποτίμησης.

Ανάλυση Αγορών Ωφέλιμων Χαρακτηριστικών ή μέθοδος τιμών ευημερίας ή Ηδονική Τιμολόγηση (Hedonic Pricing Method – HPM)

Η συγκεκριμένη μέθοδος εκτιμά την αξία της ποιότητας του περιβάλλοντος μιας περιοχής αναλύοντας τις αξίες διαφόρων αγαθών που επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Στηρίζεται στην αρχή της νεοκλασικής θεωρίας της κατανάλωσης η οποία αναφέρει ότι τα αγαθά και οι υπηρεσίες δεν είναι ομοιογενή, αποτελούνται από μία δέσμη χαρακτηριστικών και φυσικών ιδιοτήτων. Οι τιμές των αγαθών και υπηρεσιών ποικίλλουν ανάλογα με τις διαφορές που έχουν αυτά στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους.

Οι μελέτες που εκπονούνται με δεδομένα από την αγορά κατοικίας, στηρίζονται στην παραδοχή ότι η αξία μιας κατοικίας αντανακλά και την ποιότητα του περιβάλλοντος. Οι τιμές των σπιτιών επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, όπως ο αριθμός των δωματίων, το μέγεθος του κήπου, η πρόσβαση στο χώρο εργασίας, η απόσταση από το κέντρο της πόλης, η ποιότητα του περιβάλλοντος, κλπ.

Εξετάζοντας, επομένως, κατοικίες με παρόμοια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, με αντίστοιχες δυνατότητες πρόσβασης στον τόπο εργασίας, στο κέντρο και τις υπηρεσίες, οι οποίες βρίσκονται σε αντίστοιχων κοινωνικών χαρακτηριστικών περιοχές, τότε η ενδεχόμενη διαφορά στην τιμή τους θα αντανακλά τις διαφορές των δύο περιοχών ως προς την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Αξιοποιούνται δεδομένα από αγοροπωλησίες ακινήτων, τα οποία αναλύονται με τη βοήθεια μεθόδων πολλαπλής παλινδρόμησης. Μια ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος σε αυτού του είδους τις αναλύσεις είναι ο αριθμός και ο τύπος των μεταβλητών που θα εισαχθούν στο μοντέλο. Τέτοιες παράμετροι μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

- Αξία του καθαρού αέρα. Μια ιδιότητα, η οποία φέρεται να επηρεάζει τις τιμές ιδιοκτησίας. Η εξέταση των τιμών ιδιοκτησίας μπορεί να επιτρέψει την κοστολόγηση του καθαρού αέρα.
- Κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού. Οι εργασίες υψηλότερου κινδύνου συνδέονται - τα άλλα ίσα - με υψηλότερα ποσοστά αμοιβών. Οι ηδονικές τεχνικές τιμολόγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογίσουν την τιμή του αυξανόμενου κινδύνου τραυματισμού, όπως απεικονίζονται μέσω των διαφορετικών αμοιβών.

Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας αυτής υποβάλλονται σε στατιστική επεξεργασία όπως ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, η οποία επιτρέπει στον ερευνητή να

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

προσδιορίσει τη συμβολή, την οποία έχει η εν λόγω ιδιότητα, στην τιμή του εμπορικού αγαθού. Κατόπιν, μπορεί να προσδιοριστεί μια υπονοούμενη ή σκιώδης αξία των ιδιοτήτων για τις οποίες ενδιαφερόμαστε, και να θεωρηθεί ως εκτίμηση της αξίας του περιβαλλοντικού πόρου.

Σύμφωνα με τον Young (2004) η εν λόγω μέθοδος για την περίπτωση της μελέτης του περιβαλλοντικού κόστους του υδατικού πόρου εμπεριέχει δυσκολίες στην εφαρμογή της. Η σημαντικότερη από αυτές είναι η ανάγκη για να αντιληφθούν οι αγοραστές και οι πωλητές τις διαφορές που θα προκύψουν από την υποβάθμιση του υδάτινου πόρου. Πέραν τούτου υφίστανται και πρόσθετες δυσκολίες όπως ανάγκη για υψηλά επίπεδα εξοικείωσης με τις οικονομετρικές τεχνικές, αυξημένες απαιτήσεις σε χρόνο και πόρους για την εφαρμογή και τη δημιουργία βάσεων δεδομένων με αρκετές μεταβλητές και στοιχεία.

Ανάλυση Κόστους Ταξιδιού (Travel Cost Method – TCM)

Η αρχή αυτής της τεχνικής είναι να προκύψει η χρηματική αξία ενός συνόλου ιδιοτήτων από τις δαπάνες για μια άλλη αγορά. Π.χ. οι επισκέπτες στις υπαίθριες ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις αναλαμβάνουν τις δαπάνες από την άποψη του χρόνου και των χρημάτων που απαιτεί το ταξίδι σε τέτοιες περιοχές. Η γνώση για αυτές τις δαπάνες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τιμολογηθούν αυτοί οι περιβαλλοντικοί πόροι.

Οι υπηρεσίες ενός χώρου πρασίνου και αναψυχής παρέχονται, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, σε χαμηλή ή ακόμη και σε μηδενική τιμή (ελεύθερη είσοδος). Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολη τη διαμόρφωση καμπυλών ζήτησης και της αξιολόγησης της οικονομικής τους αξίας με μηχανισμούς αγοράς.

Μια εναλλακτική προσέγγιση για την επίλυση του προβλήματος αποτελεί η Ανάλυση Κόστους Ταξιδιού (Travel Cost Method). Η μέθοδος στηρίζεται στην κεντρική υπόθεση ότι το κόστος επίσκεψης στον χώρο αναψυχής (καύσιμα, διόδια, κ.λ.π.), αντανακλά, κατά κάποιο τρόπο, την ψυχαγωγική του αξία.

Η μέθοδος βασίζεται σε δειγματοληπτικές έρευνες ταξιδιωτών και νοικοκυριών και του κόστους ταξιδιού σε προστατευόμενες περιοχές.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως ακόμη και από Κρατικές Υπηρεσίες, ειδικά στις Η.Π.Α. και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Η εξαγωγή αποτελεσμάτων σύμφωνα με την θεωρία του καταναλωτή θεωρείται ικανοποιητική και ελεγχόμενα πειράματα έχουν επικυρώσει τη δυνατότητα της μεθόδου να εκφράζει τις βασικές επιλογές των καταναλωτών. Δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για την εκτίμηση αξίας μη χρήσης. Παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται ευρέως υπάρχει μία σειρά θεμάτων τα οποία σχετίζονται με τη συγκεκριμένη μέθοδο και τα οποία αποτελούν τα σημεία στα οποία υφίστανται ασάφειες αναφορικά με τη χρήση της εν λόγω μεθόδου. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

- Ο τρόπος μέτρησης του κόστους του ταξιδιού (π.χ. μεταβλητή για το σύνολο των σχετιζόμενων στοιχείων κόστους, συνυπολογισμός ή όχι του κόστους ευκαιρίας για τον απαιτούμενο χρόνο)
- Ο τρόπος συνυπολογισμού στο μοντέλο των εναλλακτικών προορισμών
- Η διάρκεια της επίσκεψης
- Η χρήση ή όχι συγκεντρωτικών στοιχείων ταξιδίων
- Ποια συναρτησιακή μορφή θα χρησιμοποιηθεί για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Η μέθοδος της Αμυντικής Συμπεριφοράς (Defensive Behavior Method)

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο σε θέματα μελέτης της ανθρώπινης υγείας. Η μέθοδος στηρίζεται στην εξαγωγή συμπερασμάτων από τις δαπάνες που κάνουν οι κάτοικοι μίας περιοχής για να αποφύγουν την έκθεσή τους στην περιβαλλοντική μόλυνση. Η αρχή που διέπει τη συγκεκριμένη μέθοδο είναι ότι ένα άτομο είναι διατεθειμένο να υιοθετήσει μία αμυντική συμπεριφορά (με όρους αντίστοιχων δαπανών) μέχρι του σημείου εκείνου στο οποίο η αξία της ζημιάς που αποφεύγεται είναι μεγαλύτερη από το κόστος των αμυντικών ενεργειών. Στο θέμα των υδάτινων πόρων αυτό μεταφράζεται στη μελέτη των αποφάσεων για την αποφυγή περιβαλλοντικών ζημιών προκειμένου να αποκαλυφθεί ο τρόπος με τον οποίο οι καταναλωτές αξιολογούν (σε όρους κόστους) την περιβαλλοντική ζημία.

Η μέθοδος του Κόστους Φθοράς (Damage Cost Method)

Η μέθοδος του Κόστους Φθοράς μετρά ουσιαστικό το κόστος του πόρου που προέρχεται από μία περιβαλλοντική αλλαγή. Ένα κλασικό παράδειγμα στο οποίο χρησιμοποιείται η εν λόγω μέθοδος είναι η μόλυνση του νερού από μικροοργανισμούς ή χημικά απόβλητα. Η βασική αρχή της συγκεκριμένης μεθόδου μοιάζει με αυτήν της προηγούμενης μεθόδου. Ένα άτομο είναι διατεθειμένο να πληρώσει μέχρι το ποσό των αναμενόμενων ζημιών/καταστροφών, προκειμένου να τις αποφύγει. Επομένως το κόστος αυτών των καταστροφών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο των ωφελειών που μπορεί να προκύψουν από τις προτεινόμενες πολιτικές μείωσης των περιβαλλοντικών υποβαθμίσεων ή καταστροφών.

Εκτίμηση Έκθεσης – Απόκρισης (Dose - response)

Έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε περιπτώσεις που η σχέση μεταξύ της ρύπανσης και του αποτελέσματος – αρνητικής επίπτωσης είναι γνωστά. Παραδείγματα τέτοιας εφαρμογής είναι η καταστροφή των καλλιεργειών εξαιτίας ατμοσφαιρικής ρύπανσης βλάβες υλικών, επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία, απώλεια παραγωγής λόγω διάβρωσης των εδαφών κλπ. Για την εκτίμηση του dose-response λαμβάνονται οι φυσικές και οι οικολογικές συνδέσεις μεταξύ ρύπανσης και επίπτωσης και αξιολογεί την τελική επίπτωση σε κάποια

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

αγοραία – ή σκιώδη τιμή. Το μεγαλύτερο κομμάτι της προσπάθειας στην (μη οικονομική) άσκηση της εκτίμησης των σχέσεων dose – response.

Μέθοδος κόστους αντικατάστασης / αποκατάστασης / εξοικονόμηση κόστους (Replacement cost/ restoration cost / cost savings)

Η μέθοδος του κόστους αντικατάστασης εκτιμά τα οφέλη ενός περιβαλλοντικού πολύτιμου χαρακτηριστικού, βασισμένη στις δαπάνες της αντικατάστασης ή της αποκατάστασης. Το αντικατεστημένο ή αποκαταστημένο χαρακτηριστικό υποτίθεται ότι παρέχει ένα ακριβές υποκατάστατο του αρχικού. Η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως επειδή τα στοιχεία που απαιτούνται είναι συνήθως εύκολα διαθέσιμα από τις πραγματικές δαπάνες ή τις κατ' εκτίμηση κοστολογήσεις. Η παραδοχή είναι ότι οι δαπάνες της αντικατάστασης είναι ίσες με τα οφέλη που η κοινωνία παίρνει από το εν λόγω χαρακτηριστικό. Εντούτοις, τα οφέλη που απορρέουν από το χαρακτηριστικό θα μπορούσαν ουσιαστικά να αντισταθμίσουν τις δαπάνες της αντικατάστασης ή της αποκατάστασης, οπότε σ' αυτή την περίπτωση η μέθοδος θα υποτιμήσει την αξία του χαρακτηριστικού. Κατά συνέπεια, το κόστος αντικατάστασης είναι ένα έγκυρο μέτρο της οικονομικής αξίας στις περιπτώσεις όπου απαιτείται αντικατάσταση για να συμμορφωθεί με οικονομικά καθορισμένα περιβαλλοντικά πρότυπα. Η χρήση του κόστους αντικατάστασης υποθέτει ότι η πλήρης αντικατάσταση ή η αποκατάσταση είναι εφικτή. Στην περίπτωση των περιβαλλοντικών αξιολογών χαρακτηριστικών, αυτό συχνά δεν είναι έτσι. Υπάρχουν επίσης, χρονικά ζητήματα στην αντικατάσταση ή αποκατάσταση εναλλακτικών υδάτινων πόρων, π.χ. ένας υγρότοπος, ενδέχεται να μη συμπέσει άμεσα με τη χρονική στιγμή πρόκλησης της ζημίας ή της απώλειας του αρχικού πόρου. Λόγω της πιθανότητας σύγχυσης μεταξύ των δαπανών και των κερδών, η μέθοδος κόστους αντικατάστασης πρέπει να χρησιμοποιηθεί με προσοχή, και στις περιπτώσεις όπου τα οφέλη δεν μπορούν να υπολογιστούν εύκολα (FAO Water Reports 27. 2004).

Ανάλυση Ισοδύναμου Ενδιαιτήματος (Habitat Equivalency Analysis – HEA)

Η ανάλυση Ισοδύναμου Ενδιαιτήματος, συνήθως αναφερόμενη ως HEA, είναι μια μέθοδος για την ποσοτικοποίηση των απωλειών υπηρεσιών των φυσικών πόρων σε μια Εκτίμηση Ζημίας Φυσικών Πόρων (Natural Resource Damage Assessment NRDA) και τον υπολογισμό της κλίμακας της αποκατάστασης που απαιτείται για να αντισταθμίσει αυτές τις απώλειες υπηρεσιών. Συγκεκριμένα, υπολογίζει τις απώλειες υπηρεσιών των φυσικών πόρων και καθορίζει έπειτα την κλίμακα των προγραμμάτων αποκατάστασης που απαιτούνται για να παρέχουν τα ίσα κέρδη υπηρεσιών των φυσικών πόρων στο μέλλον. Με αυτόν τον τρόπο αποζημιώνεται πλήρως το κοινό για τις ζημίες στους φυσικούς πόρους.

Η προσέγγιση HEA είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση της αντισταθμιστικής αποκατάστασης επειδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ποσοτικοποιήσει το χρονικό παράγοντα της απώλειας και της αποκατάστασης των πόρων. Μια ζημία φυσικών πόρων

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

περιλαμβάνει ένα χρονικό παράγοντα κατά τη διάρκεια του οποίου οι οικολογικές υπηρεσίες που οι πόροι παρέχουν χάνονται. Η ζημία επομένως πρέπει να ποσοτικοποιηθεί όχι μόνο σε σχέση με την έκταση της περιοχής που επηρεάζεται αλλά και με την χρονική διάρκεια κατά οποία οι υπηρεσίες είναι μη διαθέσιμες. Η ΗΕΑ επιτρέπει τον υπολογισμό μιας αντισταθμιστικής έκτασης αποκατάστασης που θα μπορέσει να παράσχει αυτές τις χαμένες υπηρεσίες με την πάροδο του χρόνου. Η προσέγγιση ΗΕΑ απαιτεί ως δεδομένα εισαγωγής την έκταση της επηρεαζόμενης περιοχής, το χρόνος αποκατάστασης της ζημίας, και το χρόνο κατά τη διάρκεια του οποίου η αποκαταστημένη περιοχή θα φθάσει να προσφέρει πλήρεις οικολογικές υπηρεσίες. Απαιτεί, επίσης, ένα ποσοστό έκπτωσης. Με αυτά τα δεδομένα εισαγωγής, το ΗΕΑ υπολογίζει την έκταση αντισταθμιστικής περιοχής που ισοδυναμεί με τις χαμένες υπηρεσίες της ζημίας. Συνοπτικά οι μέθοδοι εκτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους φαίνονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11 - Ανάλυση των μεθόδων εκτίμησης περιβαλλοντικού κόστους

Μέθοδος εκτίμησης	Σύντομη περιγραφή	Άμεσο κόστος χρήσης (Direct use value)	Έμμεσο κόστος χρήσης* (Indirect use value)	Κόστος μη-χρήσης (Non-use value)
Ανάλυση αγοράς και συναλλαγές με βάση την αγορά (Market analysis & market-based transactions)	Χρησιμοποιείται όπου είναι διαθέσιμα στοιχεία για τιμές αγοράς. Καθαρή παραγωγικότητα της ανθρώπινης προσπάθειας/κόστος. Θα μπορούσε επίσης να εκτιμηθεί με χρήση τιμών αγοράς παρόμοιων στοιχείων. Συμπεριλαμβάνει συναλλαγές με άδειες χρήσης νερού. Ίσως απαιτήσει λογιστική τιμολόγηση.	✓	✓	
Παραγόμενες λειτουργίες απαίτησης (Derived demand functions)	Προσδιορίζει την αξία από την αντίστροφη λειτουργία απαίτησης της οικογένειας ή της εταιρίας βασισμένη στις παρατηρήσεις στη συμπεριφορά χρήσης ύδατος.	✓	✓	
Υπόλοιπος καταλογισμός και παραλλαγές (Residual imputation and variants)	Ανάλυση προϋπολογισμού που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της επιστροφής που αποδίδεται στο νερό. Το νερό μεταχειρίζεται ως μία εισροή στην παραγωγή ενός αγαθού. Η ολική επιστροφή υπολογίζεται. Όλα τα κόστη που δεν αφορούν το νερό αφαιρούνται. Αλλαγή στην καθαρή επιστροφή από τα πωλημένα αγαθά: μια μορφή της ανάλυσης αγοράς (dose-response)	✓	✓	
Μέθοδος hedonic τιμής (Hedonic price method)	Προσδιορίζει μια κρυφή αξία ενός περιβαλλοντικού αγαθού από την ανάλυση των αγαθών για τα οποία υπάρχουν αγορές και που ενσωματώνουν τα ιδιαίτερα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά.	✓	✓	
Μέθοδος κόστους ταξιδιού (Travel cost method)	Δαπάνες ταξιδιού που προκύπτουν από την επίσκεψη μιας περιοχής αναψυχής ως προσέγγισης της αξίας της αναψυχής. Οι δαπάνες διαφέρουν μεταξύ των περιοχών (ή για την ίδια περιοχή με την πάροδο του χρόνου) με διαφορετικές περιβαλλοντικές ιδιότητες.	✓	✓	
Ενδεχόμενη μέθοδος εκτίμησης (Contingent valuation method)	Δημιουργία μιας υποθετικής αγοράς με την άμεση έρευνα σε δείγμα ατόμων και ομάδων για να καλύψει το σχετικό πληθυσμό (δημοσκοπήση). Προβλήματα προκύπτουν από πιθανές προκαταλήψεις.	✓	✓	✓
Ενδεχόμενη ταξινόμηση (Contingent ranking)	Τα άτομα καλούνται να ταξινομήσουν διάφορες εναλλακτικές λύσεις και όχι να εκφράσουν μια προθυμία να πληρώσουν. Οι εναλλακτικές λύσεις τείνουν να διαφέρουν ανάλογα με χαρακτηριστικά ρίσκου και τιμές.	✓	✓	✓
Κόστος ζημίας που αποφεύχθηκε (Damage costs avoided)	Το κόστος που θα προέκυπτε εάν κάποια λειτουργία της λεκάνης δεν υπήρχε, π.χ. αντιπλημμυρική προστασία.	✓	✓	
Συμπεριφορά Avertive & αμυντικές δαπάνες (Avertive behaviour & defensive expenditures)	Δαπάνες που προκύπτουν για τον μετριασμό των αποτελεσμάτων της υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Αντιπροσωπεύει μια ελάχιστη αξία για την περιβαλλοντική λειτουργία.	✓	✓	
Κόστος αντικατάστασης / αποκατάστασης / εξοικονόμηση κόστους (Replacement cost/ restoration cost/ cost savings)	Πιθανές δαπάνες που πραγματοποιούνται στην αντικατάσταση/ αποκατάσταση της λειτουργίας που χάνεται. Για παράδειγμα με χρήση εγκαταστάσεων - υποκατάστατων ή «σκιώδες προγράμματος (shadow project)». Μια συνολική προσέγγιση αξίας. Σημαντικές οικολογικές, χρονικές και πολιτιστικές διαστάσεις.	✓	✓	✓
Ρύπανση – Επίπτωση (Dose-response)	Λαμβάνει υπόψη τις φυσικές και οικολογικές συνδέσεις μεταξύ της ρύπανσης («dose») και της επίπτωσης («response») και εκτιμά τις τιμές στον τελικό αντίκτυπο σε μια αγορά ή μια λογιστική τιμή.	✓	✓	

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

7.3 Προτεινόμενη Μεθοδολογία για την Εκτίμηση του Περιβαλλοντικού Κόστους

Σύμφωνα με το προτεινόμενο διάγραμμα ροής για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους προτείνεται να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

- Αρχικά εκτιμώνται οι πιέσεις στο υδάτινο σώμα. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, αν δεν υπάρχει σημαντική πίεση στο υδάτινο σώμα δεν υπάρχει περιβαλλοντικό κόστος.
- Όταν υπάρχουν σημαντικές πιέσεις, γίνεται μια εκτίμηση της επίπτωσης στο υδάτινο περιβάλλον και γίνεται οικονομική αποτίμηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης.
- Η αποτίμηση γίνεται είτε μέσω του κόστους των μέτρων που πρέπει να ληφθούν για την αποφυγή/αποκατάσταση είτε από το κόστος για την μείωση των επιπτώσεων από την υποβάθμιση

Η αποτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους μέσω της προσέγγισης της οικονομικής αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αξιοποιεί προηγούμενα βήματα που έχουν γίνει στην υλοποίηση της οδηγίας, όπως ο χαρακτηρισμός της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων και η εκτίμηση των πιέσεων και των επιπτώσεων. Σε αυτό το πλαίσιο, θεωρείται αναγκαίο να υπάρχει σε τακτά χρονικά διαστήματα (ανά πενταετία ίσως) συστηματική ανάλυση της κατάστασης των υπόγειων υδροφορέων. Με βάση λοιπόν τις αρχικές προσεγγίσεις για τις πιέσεις και τις επιπτώσεις στα υδάτινα σώματα, την εκτίμηση της κατάστασης των υδάτινων σωμάτων και τις μέχρι σήμερα κατευθύνσεις και εμπειρίες για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους, προτείνεται η προσέγγιση της αποτίμησης του κόστους με βάση την εκτίμηση του κόστους των επιπτώσεων.

Για την αποτίμηση αυτή, περιγράφονται συνοπτικά και ομαδοποιημένα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προέρχονται από την κατασκευή υποδομών συλλογής επιφανειακών νερών (εσωποτάμιοι και εξωποτάμιοι ταμιευτήρες), καθώς και από την απόληψη νερού από υπόγειους υδροφορείς, αφαλάτωση και ανακύκλωση νερού. Επίσης περιγράφονται οι επιπτώσεις από τις διαφορετικές χρήσεις οι πιέσεις στα υδάτινα σώματα και τα απαραίτητα δεδομένα δείκτες για την αποτίμησή τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αλλά και τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, και δεδομένου τόσο του στόχου της μελέτης όσο και των δυνατοτήτων κάθε μεθοδολογίας εκτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους, προτείνεται ως καταλληλότερη η μέθοδος «Κόστος αντικατάστασης / αποκατάστασης / εξοικονόμηση κόστους (Replacement cost / restoration cost / cost savings)», σε συνδυασμό με την Ανάλυση Ισοδύναμου Ενδιαιτήματος (Habitat Equivalency Analysis – HEA). Τέλος, να σημειωθεί ότι για την τελική εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους θα εφαρμοστεί η Πολυκριτηριακή Ανάλυση (Multi-Criteria Analysis) (José A. Gómez-Limón, et al. 2004), η οποία και θεωρείται ως ένα από τα πιο ενδεδειγμένα

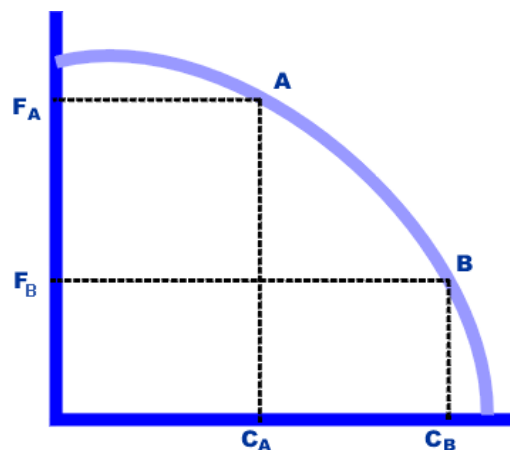
Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

εργαλεία από την οικονομία περιβάλλοντος, ειδικά για θέματα εκτίμησης της αξίας της βιοποικιλότητας.

7.5 Κόστος Φυσικού Πόρου

Η πλέον σημαντική έννοια στην μικροοικονομική αναφορικά με την ανάλυση του κόστους, είναι η έννοια του κόστους ευκαιρίας. Το κόστος ευκαιρίας ή κοινωνικό κόστος ορίζεται ως το κόστος μη προτίμησης ή απώλειας των εναλλακτικών επιλογών σε μία διεργασία επιλογής. Παρά το γεγονός ότι η έννοια του κόστους ευκαιρίας είναι σημαντική ο υπολογισμός της είναι εξαιρετικά δύσκολος, λόγω κυρίως του γεγονότος ότι συνδέεται με πληθώρα εναλλακτικών καταστάσεων η εκτίμηση των οποίων καθίσταται εξαιρετικά δυσχερής, ιδιαίτερα σε ποσοτικούς όρους.

Η έννοια του κόστους ευκαιρίας γίνεται κατανοητή μέσω της καμπύλης παραγωγικών δυνατοτήτων μίας οικονομίας, η οποία παρατίθεται στο Διάγραμμα 7 και αφορά στην υποθετική κατάσταση παραγωγής 2 προϊόντων F, C:



Διάγραμμα 7 - Καμπύλη παραγωγικών δυνατοτήτων

Το κόστος ευκαιρίας μεταξύ της παραγωγής A ποσοτήτων του C και B ποσοτήτων του B είναι $(F_A - F_B)$ ποσότητες του F. Η βασική ιδέα είναι ότι οποιαδήποτε επιλογή για την παραγωγή σε επίπεδα μεταξύ του A ή του B σηματοδοτεί ταυτόχρονα την απώλεια ενός ποσοστού από την παραγωγή του B ή του A αντίστοιχα. Η απώλεια αυτή ουσιαστικά είναι το κόστος ευκαιρίας.

Το κόστος ευκαιρίας στη λογιστική ή στην αξιολόγηση επενδύσεων συνήθως αποτιμάται ως η απόδοση ενός επενδυμένου κεφαλαίου στην επόμενη καλύτερη εναλλακτική τοποθέτηση, ή πιο συχνά ως η απόδοση του κεφαλαίου στην περίπτωση της επένδυσής του σε μίας ίσου κινδύνου τοποθέτηση.

Η εισαγωγή της έννοιας του Κόστους Ευκαιρίας στη διαχείριση Υδάτινων Πόρων

Το πρώτο χαρακτηριστικό των Υδάτινων Πόρων το οποίο επιβάλλει την εξέταση εννοιών ταυτόσημων με το Κόστος Ευκαιρίας της Ευρύτερης Οικονομικής Επιστήμης είναι το

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

γεγονός ότι οι εξεταζόμενοι πόροι δεν βρίσκονται σε αφθονία και ως εκ τούτου οι οποιεσδήποτε επιλογές και αποφάσεις θα συνεπάγονται την απόρριψη κάποιων εναλλακτικών πολιτικών, στρατηγικών ή αποφάσεων.

Ο ορισμός επομένως του Κόστους Ευκαιρίας ή Κόστους Πόρου, όπως συνήθως αποκαλείται στο θεματικό χώρο της Διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων, είναι το κόστος ευκαιρίας που συνδέεται με την χρήση του ύδατος (ως περιορισμένο πόρο) με έναν συγκεκριμένο τρόπο σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή και σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Το κόστος ευκαιρίας ενσωματώνει ουσιαστικά σε αυτήν την περίπτωση τις εναλλακτικές και μη επιλεγείσες τελικά δυνατότητες χρήσης του υδάτινου πόρου, λόγω της χρήσης του σε επίπεδα πέραν αυτών τα οποία θα επέτρεπαν την ανάκτηση ή την επαναχρησιμοποίησή του.

Επομένως ένας γενικότερος ορισμός του Κόστους Πόρου είναι ότι αποτελεί το κόστος της μη αειφόρου χρήσης του υδάτινου πόρου, δεδομένου ότι από μία χρήση του σε μία ορισμένη κατεύθυνση ένα από τα αποτελέσματα είναι και η απώλεια επαναχρησιμοποίησης ενός μέρους του.

Η οικονομική έννοια του Κόστους Πόρου

Το κόστος πόρου συμπεριλαμβάνει τη διαφορά μεταξύ της οικονομικής αξίας σε όρους καθαρού κέρδους της παρούσας και της μελλοντικής χρήσης του νερού και της οικονομικής αξίας πάλι σε όρους κέρδους της καλύτερης εναλλακτικής χρήσης του, είτε τώρα είτε στο μέλλον. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το κόστος πόρου εμφανίζεται μόνο όταν οι εναλλακτικές χρήσεις του δημιουργούν μία υψηλότερη οικονομική αξία από την παρούσα ή την προβλεπόμενη για το μέλλον χρήση του. Αυτό συμβαίνει διότι είναι δυνατόν να υφίστανται λόγοι ποικίλης φύσης (όπως θεσμικοί ή και ιστορικοί), οι οποίοι επιβάλλουν μία συγκεκριμένη χρήση. Αυτό φαίνεται καλύτερα στην ακόλουθη σχέση:

$$B_i - C_i > B_j - C_j$$

Το B αφορά στο όφελος (Benefit) ενώ το C στο κόστος (Cost). Η σχέση υποδηλώνει την έννοια του κόστους πόρου μεταξύ δύο διαφορετικών χρήσεων, διότι υπάρχει διαφορά στο συνολικό όφελος της χρήσης i από αυτό της χρήσης j . Ωστόσο, πολλές φορές για διάφορους λόγους το δικαίωμα χρήσης του πόρου δίνεται στην περίπτωση j εισάγοντας ακριβώς το κόστος ευκαιρίας ή πόρου. Επομένως, το κόστος πόρου δεν συνδέεται μόνο με τη μείωση του υδάτινου πόρου (σε όρους ποσότητας ή και ποιότητας), αλλά και με την πιθανή, μη αποδοτικά οικονομικά, κατανομή του. Για παράδειγμα, το κόστος πόρου εμφανίζεται εάν η διατήρηση του οικοσυστήματος όπως είναι, δημιουργεί μεγαλύτερη οικονομική αξία (για μία σειρά λόγων) από ότι αυτή της τρέχουσας χρήσης του για αρδευτικούς λόγους ή για διάθεσή του στον πληθυσμό μίας περιοχής. Ωστόσο η επιλογή για χρήση του σε άρδευση και ύδρευση επιλέγεται για συγκεκριμένους λόγους (κοινωνικούς, πολιτικούς, κ.λ.π), εισάγοντας το αντίστοιχο κόστος από αυτήν την επιλογή.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Η σχέση του Κόστους Πόρου με το Περιβαλλοντικό Κόστος

Η έννοια του κόστους Πόρου και του Περιβαλλοντικού Κόστους είναι στενά συνδεδεμένες. Ο ορισμός του Περιβαλλοντικού Κόστους εν συντομία, έχει να κάνει με το κόστος της καταστροφής ή απαξίωσης που σημειώνεται από μία συγκεκριμένη χρήση του υδάτινου πόρου (π.χ. μείωση στην οικολογική ποιότητα των υδρόβιων οικοσυστημάτων). Όπως είναι κατανοητό, οι έννοιες του Κόστους Πόρου και του Περιβαλλοντικού Κόστους έχουν κάποια κοινά στοιχεία, αφού και στις δύο έννοιες εμπεριέχεται η έννοια της απομείωσης του υδάτινου πόρου είτε σε όρους ποσότητας είτε σε όρους ποιότητας, το οποίο είναι ένα γεγονός αναμφισβήτητο περιβαλλοντικής φύσεως. Έτσι μία συγκεκριμένη χρήση του υδάτινου πόρου είναι δυνατόν να συνεπάγεται ένα κόστος πόρου, αλλά και ένα περιβαλλοντικό κόστος ταυτόχρονα. Με αυτόν τον τρόπο ο υπολογισμός των δύο αυτών παραμέτρων δεν μπορεί να γίνει με μία προσέγγιση απλής πρόσθεσης, διότι σε πολλές περιπτώσεις το κόστος αυτό υπάρχει περίπτωση να υπεισέρχεται διπλά στον οποιοδήποτε υπολογισμό. Από την άλλη είναι δυνατόν φυσικά να υφίσταται κόστος πόρου ακόμα και στην περίπτωση που δεν υπάρχουν περιβαλλοντικές απομειώσεις στο νερό και επομένως περιβαλλοντικό κόστος.

Σε πολλές περιπτώσεις, αλλά χωρίς αυτό να αποτελεί ενδεδειγμένο κανόνα διαχωρισμού των εκάστοτε στοιχείων κόστους, αναφέρεται ότι το περιβαλλοντικό κόστος σχετίζεται κυρίως με την ποσότητα του νερού που θα αποφασισθεί να διατεθεί, ενώ το κόστος πόρου σχετίζεται με τον τρόπο διάθεσής του, αφού η συνολική ποσότητα που θα διατεθεί είναι ήδη προαποφασισμένη.

Τα εσωτερικά και τα εξωτερικά στοιχεία του Κόστους Πόρου

Στη διαμόρφωση του Κόστους Ευκαιρίας ή Κόστους Πόρου υπεισέρχονται τόσο στοιχεία εσωτερικά όσο και εξωτερικά. Συγκεκριμένα οι παράμετροι κόστους που χαρακτηρίζονται ως εσωτερικές αφορούν σε αυτές τις παραμέτρους οι οποίες αποτελούν μέρος του οικονομικού συστήματος που σχετίζεται άμεσα με την εκάστοτε χρήση του υδάτινου πόρου. Αντίθετα οι εξωτερικές παράμετροι είναι αυτές που δεν ανήκουν στο σύστημα. Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνουν οι Pierce and Turner (1990), ένα εξωτερικό κόστος υπάρχει όταν οι ακόλουθες συνθήκες είναι παρούσες:

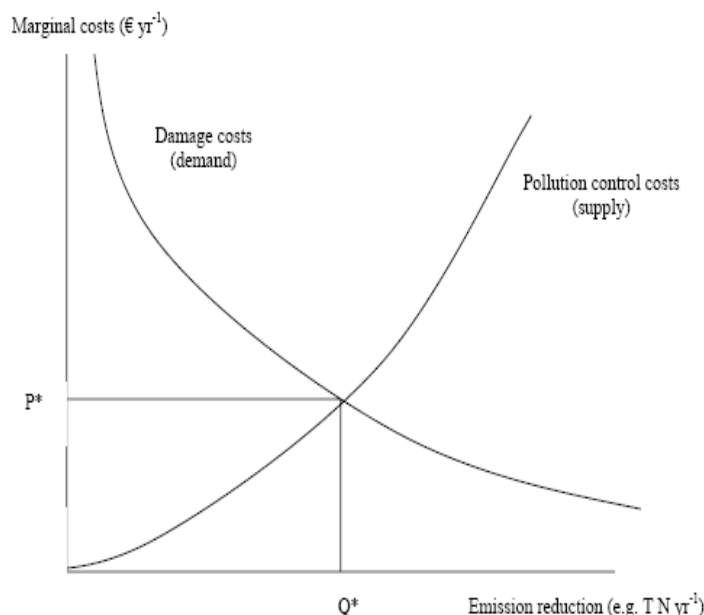
1. Μία δραστηριότητα κάποιου προκαλεί μία μείωση στην ωφέλεια /ευδαιμονία κάποιου άλλου και
2. Η μείωση αυτή δεν αποζημιώνεται

Εάν στην περίπτωση του νερού, το οικονομικό κόστος από μία συγκεκριμένη χρήση του νερού αποζημιώνεται (είτε χρηματικά είτε με κάποιο άλλο τρόπο), τότε το αντίστοιχο κόστος πόρου θεωρείται εσωτερικό.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Το θεωρητικό Οικονομικό Υπόβαθρο πίσω από το Κόστος Πόρου (και το Περιβαλλοντικό Κόστος)

Ο καθορισμός και η μέτρηση του Κόστους Πόρου και του Περιβαλλοντικού Κόστους στηρίζονται στην νέο-κλασσική οικονομική θεωρία. Τα βασικά οικονομικά στοιχεία απεικονίζονται στο Διάγραμμα 8:



Διάγραμμα 8 - Καμπύλες οριακού κόστους

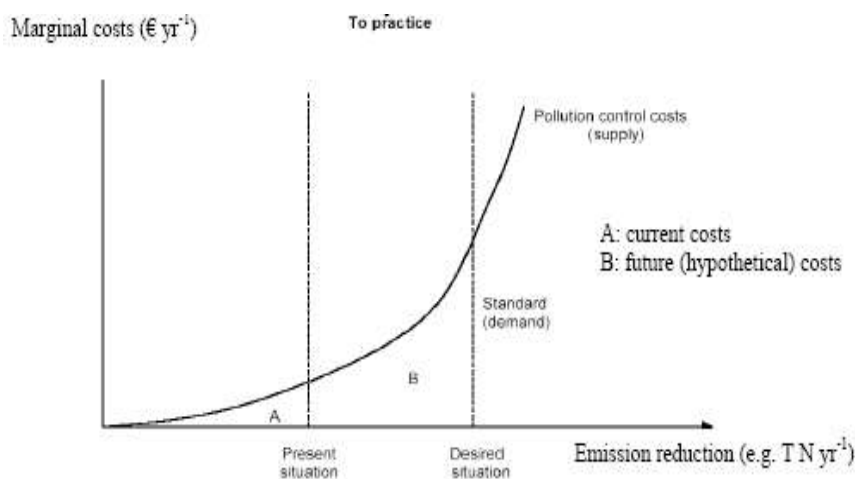
Στο παραπάνω διάγραμμα εμφανίζονται οι καμπύλες του οριακού κόστους για τον έλεγχο της υποβάθμισης ή εξάντλησης του υδάτινου πόρου (Pollution Control Cost), καθώς και για το κόστος αυτής της υποβάθμισης του πόρου (Damage Cost). Η καμπύλη για το κόστος ελέγχου αντιστοιχεί στην καμπύλη της προσφοράς και η καμπύλη του κόστους υποβάθμισης αντιστοιχεί στην καμπύλη της ζήτησης. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι αυξάνοντας τις δαπάνες για τον έλεγχο της υποβάθμισης, αυτή η υποβάθμιση μειώνεται. Η τομή των δύο καμπυλών υποδεικνύει το βέλτιστο επίπεδο παραγωγής (κόστους δηλαδή από μία συγκεκριμένη υποβάθμιση του πόρου). Η καμπύλη του κόστους ελέγχου συμπεριλαμβάνει το σύνολο των προβλεπόμενων μέτρων τα οποία μπορούν να ληφθούν για τη μείωση της υποβάθμισης του πόρου, ενώ αντίστοιχα η καμπύλη του κόστους υποβάθμισης ενσωματώνει το σύνολο του κοινωνικού κόστους από την υποβάθμιση του πόρου.

Ωστόσο, όπως αναφέρουν και οι Pearce και Turner (1990) ο υπολογισμός του κόστους υποβάθμισης (κοινωνικό κόστος το οποίο προσεγγίζεται στην οικονομική θεωρία από το κόστος ευκαιρίας) είναι θεωρητικά αδύνατος λόγω του μεγάλου αριθμού των παραμέτρων που υπεισέρχονται σε αυτό, καθώς και των αβεβαιοτήτων που ενυπάρχουν στα συγκεκριμένα μεγέθη και της έλλειψης πληροφοριών. Επομένως η τοποθέτηση της καμπύλης του κοινωνικού κόστους και του κόστους ελέγχου της υποβάθμισης σε ένα διάγραμμα το

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

οποίο θα μπορεί να παρέχει πληροφόρηση σε χρηματικούς όρους ανήκει αποκλειστικά στο χώρο της θεωρίας.

Για το λόγο αυτό και προκειμένου να είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά εύκολα σε χρηματικούς όρους, το επόμενο διάγραμμα είναι σε θέση να παρέχει μία διέξοδο στον υπολογισμό των εν λόγω στοιχείων κόστους.



Διάγραμμα 9 - Οριακά κόστη ~ Μείωση εκπομπών

Στο διάγραμμα αυτό εμφανίζεται στο σημείο A η τρέχουσα κατάσταση, καθώς και η επιθυμητή (όπως θα μπορούσε να γίνει από την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου προτύπου περιβαλλοντικής διαχείρισης). Παράλληλα απεικονίζεται και η καμπύλη του κόστους ελέγχου της υποβάθμισης του υδάτινου πόρου. Η περιοχή του διαγράμματος που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη και ανάμεσα στα σημεία A και B αποτελεί ουσιαστικά το σύνολο κόστος που απαιτείται για την επίτευξη μίας συγκεκριμένης επιθυμητής κατάστασης του διαχειριζόμενου υδάτινου πόρου.

Οι προσεγγίσεις του Κόστους Πόρου από την ΟΠΥ

Σύμφωνα με τους αρχικούς ορισμούς του καθοδηγητικού κειμένου για τα οικονομικά της οδηγίας, το κόστος φυσικού πόρου ορίζεται ως το κόστος ευκαιρίας για άλλες εναλλακτικές χρήσεις του νερού εξαιτίας της εξάντλησης του πόρου πέρα από το φυσικό του ρυθμό ανανέωσης ή υποβάθμισής του (ρύπανση) πέρα από το φυσικό ρυθμό αποκατάστασης.

Έτσι, σύμφωνα με αυτά τα καθοδηγητικά κείμενα, προτάθηκε αρχικά το κόστος φυσικών πόρων να εκτιμηθεί με βάση τις τιμές για τις οποίες η ζήτηση νερού είναι ίση με την προσφορά πριν και μετά την μείωση του διαθέσιμου υδατικού πόρου. Το κόστος δηλαδή του Υδατικού Πόρου θα ισούται με την διαφορά των τιμών για τα ίδια επίπεδα ζήτησης. Η καθαρά οικονομική αυτή προσέγγιση προϋποθέτει τον υπολογισμό τόσο της καμπύλης ζήτησης όσο και των τιμών ισορροπίας της αγοράς σε διαφορετικές συνθήκες. Το κόστος φυσικών πόρων

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

όταν η ζήτηση νερού καλύπτεται πλήρως για όλες τις χρήσεις είναι μηδέν, αφού δεν υπάρχουν εναλλακτικές χρήσεις του πόρου οι οποίες θα απέφεραν άλλο οικονομικό αποτέλεσμα. Αντίθετα αυξάνεται σημαντικά όταν υπάρχει έλλειψη νερού, ενώ μπορεί επίσης να προσεγγιστεί από την εκτίμηση της απώλειας οφέλους από εναλλακτικές χρήσεις του νερού.

Μια νεότερη προσέγγιση για το κόστος φυσικού πόρου προκύπτει σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από το πληροφοριακό έντυπο της DGECO2 από το οποίο ορίζεται ως το κόστος ευκαιρίας χρήσης του νερού μέσω μιας συγκεκριμένης χρήσης σε δεδομένη γεωγραφική και χρονική κλίμακα.

Το κόστος φυσικού πόρου είναι ίσο με την διαφορά της οικονομικής αξίας του καθαρού οικονομικού οφέλους της υφιστάμενης κατανομής των χρήσεων και της οικονομικής αξίας του οφέλους από την βέλτιστη με οικονομικούς όρους εναλλακτική χρήση του νερού σήμερα και στο μέλλον. Έτσι με βάση αυτό τον ορισμό, κόστος φυσικού πόρου υπάρχει μόνο στις περιπτώσεις που οι πιθανές εναλλακτικές χρήσεις νερού παράγουν μεγαλύτερη οικονομική αξία από τις παρούσες ή τις μέλλουσες χρήσεις νερού, (δηλ. η διαφορά μεταξύ καθαρών οφελών είναι αρνητική). Δηλαδή το κόστος φυσικού πόρου προκύπτει και από τον ανεπαρκή (μη βέλτιστο) καταμερισμό των χρήσεων του νερού μεταξύ διαφορετικών χρήσεων, εφόσον μια εναλλακτική χρήση παράγει υψηλότερη καθαρή οικονομική αξία, αλλά και από τη ρύπανση του. Ο ορισμός αυτός διαφοροποιείται από τον αρχικό του κατευθυντήριου κειμένου WATECO – ο οποίος πρότεινε την εκτίμηση του κόστους αυτού μόνο μέσω της εξαντλησιμότητας του νερού ως φυσικού πόρου ή της υποβάθμισής της ποιότητας του.

Στην πραγματικότητα, σύμφωνα με τις αναφορές σε πρόσφατο συνέδριο για τις πρακτικές εκτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους φυσικών πόρων υπάρχουν σημαντικά διαφορετικές προσεγγίσεις και στην εκτίμηση του κόστους φυσικών πόρων από τα Κράτη-Μέλη.

Οι τρόποι υπολογισμού του Κόστους Πόρου

Μέχρι το σημείο αυτό προηγήθηκε μία γενική αναφορά στις βασικές αρχές που διέπουν τις έννοιες του Κόστους Πόρου, τις στενές σχέσεις του με το περιβαλλοντικό κόστος, καθώς και στις αναφορές που γίνονται στις έννοιες αυτές στην WFD. Ωστόσο, η ανάλυση βρίσκεται σε θεωρητικό πλαίσιο ακόμα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί στο σημείο αυτό, ότι όπως προκύπτει και από τη θεωρητική τεκμηρίωση, αλλά και από τις πρακτικές που ακολουθούνται, ο υπολογισμός του κόστους πόρου αποτελεί μία δύσκολη διαδικασία. Οι λόγοι οι οποίοι βρίσκονται πίσω από αυτήν την δυσχέρεια έχουν να κάνουν κυρίως με τη φύση του συγκεκριμένου μεγέθους.

Όπως εξηγήθηκε και στην αρχή του παρόντος τμήματος, ο υπολογισμός του κόστους ευκαιρίας παρά το γεγονός ότι αποτελεί ίσως για τους οικονομολόγους τη σημαντικότερη έννοια του κόστους, δεν είναι δυνατός, διότι ο αριθμός των μεταβλητών που υπεισέρχονται

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση μελέτης του, κάνουν αδύνατη την εξαγωγή ενός γενικευμένου κανόνα (τύπου ή φόρμουλας) η οποία να οδηγεί στον έστω και προσεγγιστικά καθορισμό του. Επομένως ο υπολογισμός του πρέπει να λαμβάνει χώρα τα εκάστοτε δεδομένα του προβλήματος στο οποίο υπεισέρχεται και να ακολουθεί κάθε φορά ίσως και διαφορετικές πορείες που επιβάλλονται από τη φύση του προβλήματος που εξετάζεται. Παράλληλα δε πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι σε μεγάλο μέρος της σχετικής βιβλιογραφίας το κόστος πόρου συνεξετάζεται, λόγω και της ιδιόμορφης φύσης του από κοινού με το περιβαλλοντικό κόστος, ενώ σε πολλές περιπτώσεις η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι παρόμοια με αυτήν του περιβαλλοντικού κόστους. Παράλληλα είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για το κόστος πόρου στη σχετική βιβλιογραφία δεν υπάρχουν οι αναφορές στις μεθόδους υπολογισμού του όπως στην περίπτωση του περιβαλλοντικού κόστους.

Ωστόσο, η μελέτη των διαφόρων περιπτώσεων είναι σε θέση να παρέχει ένα γενικό συμβουλευτικό πλαίσιο για τον τρόπο που πρέπει να ακολουθηθεί η μέθοδος εκτίμησης των σχετικών παραμέτρων κόστους. Για το λόγο αυτό θα παρατεθούν στη συνέχεια κάποιες μέθοδοι ή τρόποι προσέγγισης στο ζήτημα που χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

Ο τρόπος υπολογισμού του κόστους πόρου στη λεκάνη του ποταμού Jucar στην Ισπανία.

Η συγκεκριμένη μελέτη περιλαμβάνει τα ακόλουθα 2 χαρακτηριστικά:

- Συνδυαστική μοντελοποίηση τόσο των επιφανειακών υδάτων όσο και του υδάτινου υποστρώματος. Σε συστήματα στα οποία το υδάτινο υπόστρωμα είναι σημαντικό, το εκάστοτε μοντέλο θα πρέπει να είναι σε θέση να προσομοιώνει αμφότερα, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους. Διαφορετικά, εξωγενείς επιδράσεις (externalities) εξαιτίας των διαφορετικών δράσεών τους θα πρέπει να αγνοηθούν.
- Ενσωμάτωση των συναρτήσεων της υδατικής παραγωγικότητας στις χρήσεις του νερού και του οριακού κόστους στο σύστημα παροχής (με την έννοια του supply) του νερού. Η ζήτηση που προκύπτει από τους χρήστες διαφορετικού τύπου αναπαρίσταται από «συναρτήσεις οικονομικής αξίας», οι οποίες εκφράζουν τη σχέση μεταξύ της παροχής του υδάτινου πόρου και της οριακής αξίας για τους διάφορους τύπους των χρηστών σε ένα συγκεκριμένο έτος. Η ολοκλήρωση της συνάρτησης οικονομικής ζήτησης για ένα συγκεκριμένο επίπεδο παροχής προσδίδει το οικονομικό όφελος στο εν λόγω επίπεδο παροχής. Η ακρίβεια στον καθορισμό των καμπύλων ζήτησης είναι καθοριστική για την αξιοπιστία των οποιονδήποτε αποτελεσμάτων. Το κόστος παροχής του υδάτινου πόρου περιλαμβάνει τα ετήσια έξοδα των υποδομών, καθώς και το μεταβλητό κόστος της πρόσληψης, επεξεργασίας και διανομής αυτού στις όποιες χρήσεις.

Ο υπολογισμός του κόστους πόρου βασίζεται στη δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης. Η χρήση ενός μοντέλου βελτιστοποίησης επιτρέπει τον υπολογισμό ενός άνω ορίου της οικονομικής αξίας του νερού σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία όταν το σύστημα λειτουργεί με τον βέλτιστα οικονομικά τρόπο. Η «προσομοιωτική» προσέγγιση επιτρέπει τον

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

καθορισμό της οικονομικής αξίας από ένα σύνολο a priori αρχικών όρων που σχετίζονται με τη λειτουργία και την κατανομή του νερού. Αυτές οι αρχές μπορούν να ανταποκρίνονται στις προτεραιότητες και τα ιστορικά – θεσμικά δικαιώματα της κάθε περίπτωσης, αναπαράγοντας με αυτόν τον τρόπο το τρέχον *modus operandi* του συστήματος.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τη μέθοδο προσομοίωσης και αυτών από τη μέθοδο βελτιστοποίησης, μπορεί να παρέχει μία εικόνα του κόστους πόρου. Συγκεκριμένα η διαφορά μεταξύ της οικονομικής αξίας της βέλτιστης οικονομικά χρήσης του νερού και της τρέχουσας χρήσης του από το σύστημα διάθεσής του επιτρέπει τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ της βέλτιστης περίπτωσης και του συστήματος διαχείρισης που υφίσταται. Ανατρέχοντας στον ορισμό του κόστους ευκαιρίας που δόθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, αυτό σε μεγάλο βαθμό προσεγγίζεται από την εν λόγω διαφορά.

Τα αποτελέσματα από το μοντέλο βελτιστοποίησης είναι σε θέση να παρέχουν ιδέες για βελτίωση των όρων λειτουργίας ή των στρατηγικών που εφαρμόζονται με τρόπο τέτοιο ώστε να υπάρξουν καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα για το σύστημα. Παράλληλα με το μοντέλο προσομοίωσης είναι δυνατόν να εξετασθούν τα αποτελέσματα που μπορεί να προκύψουν από τις προσαρμογές που απαιτεί η WFD.

Ο γενικός τρόπος προσέγγισης του κόστους πόρου και του περιβαλλοντικού κόστους στη Γαλλία.

Ο υπολογισμός των δύο παραπάνω στοιχείων κόστους εμπεριέχει τον υπολογισμό της απώλειας της ωφέλειας ή της ευδαιμονίας των ατόμων που χρησιμοποιούν τον υδάτινο πόρο σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό μαζί με την οικονομική εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους όπως αυτή περιγράφεται στην WFD αποτελεί το λόγο εμφάνισης μίας σειράς ερωτημάτων αναφορικά με τον τρόπο εφαρμογής τους σε επίπεδο μίας συγκεκριμένης περιοχής. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερη μία προσεγγιστική προσπάθεια υπολογισμού η οποία και κρίνεται ως ευκολότερη να εφαρμοσθεί.

Η βασική ιδέα για τον τρόπο υπολογισμού είναι η ακόλουθη. Τόσο το περιβαλλοντικό όσο και το κόστος πόρου εκτιμώνται μέσω του κόστους των αναγκαίων επενδύσεων και λειτουργιών, πέραν των υφισταμένων, που απαιτούνται για να ελαχιστοποιήσουν τις επιδράσεις που πηγάζουν από τη χρήση του υδάτινου πόρου, στο περιβάλλον και στους χρήστες του. Μεταθέτοντας τη βασική αυτή ιδέα σε ένα σχήμα (Driving Forces – Pressures – States – Impacts – Responses), αυτό συνάγεται ότι μία πρόσθετη δαπάνη λαμβάνει χώρα για να μειώσει την επίδραση των πιέσεων στο περιβάλλον.

Επομένως, το κόστος πόρου (όπως και το περιβαλλοντικό κόστος) είναι δυνατόν να αφομοιωθεί / ενσωματωθεί στα ακόλουθα στοιχεία κόστους, τα οποία κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το είδος των πιέσεων (Pressures στο προηγούμενο σχήμα των επενεργουσών δυνάμεων).

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

- Κόστος Αποφυγής των πιέσεων που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού και αφορά στο κόστος της επεξεργασίας του νερού σε εγκαταστάσεις
- Κόστος Αποφυγής των πιέσεων από την πλευρά των χρηστών νερού σε θέματα που σχετίζονται με την υδρολογία και αφορούν στην ανακαίνιση του δικτύου τροφοδοσίας, στη βελτίωση των υποδομών άρδευσης, στις διεργασίες ανακύκλωσης ή στις επενδύσεις για τη συγκράτηση των υδάτων.
- Κόστος για την αποφυγή των αποτελεσμάτων (Impacts) που πηγάζουν από τις διάφορες επιδράσεις πάνω στη συνέχεια του υδάτινου πόρου και στη μορφολογία του. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει το κόστος δημιουργίας π.χ. εγκαταστάσεων για την αναζωογόνηση του νερού

Η προσέγγιση στον υπολογισμό του κόστους Πόρου στην Ολλανδία

Σύμφωνα με τη σχετική εμπειρία της Ολλανδίας, το κόστος πόρου δεν συμπεριλαμβάνεται ως ξεχωριστή παράμετρος κόστους, όπως το περιβαλλοντικό. Η Ολλανδία συμπεριλαμβάνει το κόστος πόρου στον υπολογισμό του Κόστους Ανάκτησης (Recovery Cost). Η Ολλανδική προσέγγιση στο ζήτημα υποδηλώνει ότι το κυρίαρχο στοιχείο κόστους αυτής της μορφής είναι το περιβαλλοντικό και για αυτό το λόγο δίνει βαρύνουσα σημασία στις μεθοδολογίες υπολογισμού του, που έχουν παρουσιασθεί σε προηγούμενο τμήμα της παρούσας αναφοράς. Αυτό όπως προαναφέρθηκε εκτιμάται μέσω συγκεκριμένων προδιαγραφών του Ολλανδικού κράτους κατά αναλογία με τις κατευθύνσεις για τους περιβαλλοντικούς λογαριασμούς του OECD και της EUROSTAT.

Η γενική προσέγγιση που ακολουθείται απεικονίζεται στην ακόλουθη σχέση:

$$MOC = MPC + MKC + MRC + MEC$$

MOC (Marginal Opportunity Cost): Οριακό Κόστος Ευκαιρίας το οποίο περιλαμβάνει το συνολικό κοινωνικό κόστος.

MPC (Marginal Operating Production Cost): Οριακό Κόστος Λειτουργίας. Περιλαμβάνει κατά κύριο λόγο το λειτουργικό κόστος των υποδομών όπως φράγματα, εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και επεξεργασίας, κλπ.

MKC (Marginal Capital Cost): Οριακό Κόστος Κεφαλαίου το οποίο σχετίζεται κατά κύριο λόγο με το επενδυμένο κεφάλαιο στις υποδομές

MRC (Marginal Replacement Cost): Οριακό Κόστος Αντικατάστασης

MEC (Marginal Environmental Cost): Οριακό Περιβαλλοντικό Κόστος

Η συγκεκριμένη μέθοδος περιλαμβάνει στον υπολογισμό του συνολικού Κόστους Ευκαιρίας και το Περιβαλλοντικό Κόστος. Ωστόσο είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι περιλαμβάνει και παράγοντες κόστους οι οποίοι σύμφωνα με τη γενική αρχή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του Οικονομικού Κόστους.

Η μέθοδος αυτή συναντιέται και σε άλλες περιπτώσεις. Σε σχετική αναφορά του ΟΑΣΕ για τους τρόπους μετάβασης σε πλήρη τιμολόγηση του αρδευτικού νερού για τις χώρες που

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

μετέχουν σε αυτόν αναφέρεται ότι εφόσον σε πολλές περιπτώσεις οι υδάτινοι πόροι υφίστανται λόγω της ύπαρξης αντίστοιχων υποδομών (π.χ. φραγμάτων ή εγκαταστάσεων αφαλάτωσης όπως στην περίπτωση της μελέτης στα ΗΑΕ), το κόστος πόρου είναι άμεσα συνδεδεμένο με το κόστος ανέγερσης και λειτουργίας των συγκεκριμένων επενδύσεων. Επομένως, εάν εξαιρεθούν οι περιπτώσεις εκείνες στις οποίες ο ιδιοκτήτης των υποδομών είναι και ιδιοκτήτης του ιδίου του πόρου, δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός του κόστους πόρου από το κόστος λειτουργίας της επένδυσης.

Καταληκτικά, σύμφωνα με τον ορισμό του, το κόστος φυσικού πόρου για το νερό εμφανίζεται μόνο ως αποτέλεσμα μιας μη βέλτιστης (σε οικονομικούς όρους) κατανομής των υδάτινων πόρων στο χρόνο και στο χώρο μεταξύ των διαφορετικών χρηστών. Σημειώνεται επίσης ότι ο τρόπος εκτίμησης και κατανομής του κόστους φυσικών πόρων εξαρτάται και από το μηχανισμό ανάκτησης κόστους. Σε κάθε περίπτωση το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος φυσικού πόρου δεν πρέπει να προστίθεται αφού συχνά το περιβαλλοντικό κόστος μπορεί να αποτελεί μέρος της ωφέλειας μέσω της οποίας αποτιμάται το κόστος φυσικού πόρου. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός του κόστους φυσικού πόρου βασίζεται και στην εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους εάν αυτό εκτιμάται ως σημαντικό αλλά είναι δυνατόν να υπάρχει κόστος φυσικού πόρου ακόμα και χωρίς να υπάρχει κόστος περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

8. Προβλήματα, περιορισμοί και προκλήσεις της μεθοδολογικής προσέγγισης

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξεταστούν τα προβλήματα, οι περιορισμοί και οι προκλήσεις της μεθοδολογικής προσέγγισης. Οι προκλήσεις που ανακύπτουν στα πλαίσια των μεθοδολογικών προσεγγίσεων για την εκτίμηση των επιπτώσεων του προγράμματος.

Η μεθοδολογική προσέγγιση βασίζεται στις σύγχρονες μεθόδους συλλογής, παρακολούθησης και ανάλυσης δεδομένων. Τα συνηθέστερα προβλήματα τα οποία παρουσιάζονται κατά τη τηλεμετρική παρακολούθηση μετεωρολογικών δεδομένων μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- ✓ Ολίσθηση των αισθητήρων. Αποτελεί μία φυσιολογική διαδικασία κατά την οποία τα όργανα χάνουν μέρος του βαθμού ακρίβειας των λαμβανομένων μετρήσεων, μειώνοντας αντίστοιχα την ορθότητα των αποτελεσμάτων. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο απαιτείται συχνή βαθμονόμηση των αισθητήρων αυτών.
- ✓ Πρόκληση προβλημάτων εξαιτίας της παρουσίας φερτών υλικών τόσο στον οργανολογικό εξοπλισμό όσο και στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό μεταφοράς δεδομένων. Στρώματα επικάθισης φερτών υλικών στους αισθητήρες, μπορούν ακόμα και να προκαλέσουν ζημιές σε τμήμα του μηχανολογικού/ηλεκτρονικού εξοπλισμού, διακόπτοντας την λειτουργία του σταθμού τηλεμετρικής παρακολούθησης, και καθιστώντας αναγκαία την άμεση επίσκεψη στο σταθμό της ομάδας εργασίας, για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων.

Τυχαιά περιστατικά επίσης μπορούν να προκαλέσουν διατάραξη της λαμβανόμενης χρονοσειράς δεδομένων. Τέτοια μπορεί να προκληθούν από ακραία περιστατικά, τα αίτια των οποίων μπορεί να είναι είτε φυσικά, όπως ακραίες καιρικές συνθήκες, είτε ανθρωπογενή, όπως η πρόκληση φθορών λόγω κακόβουλων πράξεων φθοράς, ακόμα και κλοπής. Για την όσο κατά το δυνατόν αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων, η βελτιστοποίηση λειτουργίας και η επιχειρησιακή εφαρμογή των πιλοτικών συστημάτων στο Δήμο Παύλου Μελά προϋποθέτουν:

1. Τήρηση πρωτοκόλλων συντήρησης και διασφάλισης επιχειρησιακής λειτουργίας με αναλυτικό χρονοδιάγραμμα τακτικών εργασιών.
2. Τήρηση μητρώου τακτικών και έκτακτων εργασιών.
3. Καθημερινή παρακολούθηση λαμβανομένων μετρήσεων και απομακρυσμένη παρακολούθηση λειτουργίας του δικτύου για τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων λειτουργίας που σχετίζονται είτε με τον εξοπλισμό είτε με τις καταγραφόμενες μετρήσεις.
4. Συστηματικό έλεγχο λειτουργικής κατάστασης των σταθμών τηλεμετρίας και την επίλυση προβλημάτων με επιτόπιες επισκέψεις.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

5. Διασφάλιση της λειτουργικότητας των σταθμών σε επίπεδο εξοπλισμού μετρήσεων και μετάδοσης σήματος.

6. Βαθμονόμηση των αισθητήρων για την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής ακρίβειας και αξιοπιστίας των μετρήσεων.

7. Συστηματική συλλογή των δεδομένων τηλεμετρίας από τους σταθμούς (πρωτογενή δεδομένα).

8. Έλεγχο ακρίβειας και αξιολόγηση των λαμβανομένων τηλεμετρικών μετρήσεων τόσο με επιτόπιες μετρήσεις πεδίου όσο και με δειγματοληψίες υδάτων πλησίον των σταθμών τηλεμετρίας και συγκριτική εργαστηριακή ανάλυση αυτών.

9. Διαχείριση των τηλεμετρικών δεδομένων παρακολούθησης μέσω αποσφαλμάτωσης, ταξινόμησης και καταχώρησης σε σχετικές βάσεις δεδομένων.

10. Επιχειρησιακή οργάνωση και στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποστήριξη λήψης διαχειριστικών αποφάσεων.

Η επιχειρησιακή λειτουργία των συστημάτων είναι διασφαλισμένη στο πλαίσιο υλοποίησης του έργου LYSIS. Ωστόσο, για τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας και αποτελεσματικότητας του έργου απαιτείται η υιοθέτηση εναλλακτικών προγραμμάτων υποστήριξης του Δήμου μέσω:

- Συνεργασιών με επιστημονικούς - ερευνητικούς φορείς, όπως το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, που διαθέτουν την κατάλληλη τεχνογνωσία, επιστημονικό δυναμικό και εμπειρία σε αντίστοιχα έργα προκειμένου να παρέχουν την απαιτούμενη τεχνική υποστήριξη στο Δήμο.
- Κατάρτισης και ανάπτυξης δεξιοτήτων του προσωπικού που διαθέτει ο Δήμος προκειμένου να διαχειρίζεται αποτελεσματικά τις υποδομές του έργου.
- Επέκτασης των συστημάτων και σε επιπλέον περιοχές του Δήμου προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα διαχείρισης των υδατικών πόρων και να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες που παρέχει η ψηφιακή τεχνολογία στη σύγχρονη εποχή.

Για την απρόσκοπτη και μακροπρόθεσμη λειτουργία των πιλοτικών συστημάτων είναι σκόπιμη η κατάρτιση επιλεγμένου επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού του Δήμου Παύλου Μελά πάνω στη λειτουργία και συντήρησή τους.

9. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας του σχεδιασμού των πιλοτικών εφαρμογών

Καθοριστικός παράγοντας αξιολόγησης της επιτυχίας των πιλοτικών συστημάτων του έργου LYSIS στο Δήμο Παύλου Μελά, αποτελεί η πιστοποίηση της αποτελεσματικότητας εφαρμογής όπως αυτή μπορεί να τεκμηριωθεί από μεθοδολογίες αποτίμησης της αποτελεσματικότητας χρήσης των υδάτων, των τεχνολογιών διαχείρισης και των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Οι μεθοδολογίες αυτές αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για την επίτευξη βιώσιμης, δίκαιης και αποτελεσματικής αξιοποίησης του νερού. Οι πληροφορίες που παρέχουν έχουν εφαρμογές για τους διάφορους φορείς σε όλη τη διάρκεια της χάραξης πολιτικής και σε διάφορες χωρικές κλίμακες. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής χρειάζονται σωστή πληροφόρηση σε τοπική, περιφερειακή, αλλά και ευρωπαϊκή κλίμακα, ώστε να προσδιορίζουν τα θέματα προτεραιότητας, τους σχετικούς τομείς και τις οικονομικές δραστηριότητες. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, οι αρμόδιες αρχές να ενημερώνονται σχετικά με τη διαθεσιμότητα του νερού, τη ρύπανση και τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους. Αρκετές ευρείες και συμπληρωματικές προσεγγίσεις για την ποσοτικοποίηση της αποδοτικότητας χρήσης των υδάτινων πόρων και της αειφόρου διαχείρισης τους μπορούν να προσδιοριστούν χρησιμοποιώντας διαφορετικά κριτήρια και μεθοδολογίες.

Τα ισοζύγια νερού και η περιβαλλοντική λογιστική παρέχουν τις πιο βασικές πληροφορίες για το συσχετισμό της διαθεσιμότητας ύδατος με τη χρήση των υδάτων. Με τη χρήση της πληροφορίας αυτής, μπορούν να αναπτυχθούν δείκτες, όπως ο δείκτης εκμετάλλευσης υδάτων (water exploitation index), ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύριο δεδομένο για την εκτίμηση του Υδατικού Αποτυπώματος (Water Footprint Assessment) και της Ανάλυσης του Αποτυπώματος του Άνθρακα, η οποία στρέφει την εστίαση από το μακροοικονομικό επίπεδο (χρησιμοποιείται στην περιβαλλοντική λογιστική) σε επιχειρησιακό επίπεδο. Όλες οι προσεγγίσεις προσδιορίζουν με ακρίβεια την αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού και τις επιπτώσεις στο χώρο και στο χρόνο.

Για την αρδευτική περίοδο του έτους 2019, (χρονικό διάστημα 15 Μαΐου – 30 Σεπτεμβρίου), σύμφωνα με τις μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού, η θερμοκρασία στην περιοχή μελέτης δεν εμφάνισε ακραίες τιμές σε σχέση με τα παλαιότερα έτη. Σύμφωνα με την ΕΜΥ η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία για τα τελευταία δέκα έτη είναι:

Πίνακας 12 - Μέγιστες ετήσιες θερμοκρασίες - Στοιχεία ΕΜΥ

Έτος	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Μέγιστη θερμοκρασία °C	37,2	36,9	41,4	38	37,2	38,2	39,9	40,5	37,6	38,3

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A “Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020”

Συγκεκριμένα, οι ελάχιστες, οι μέσες και οι μέγιστες τιμές ανά μήνα εμφανίζονται στον Πίνακα 13, όπως μετρήθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό:

Πίνακας 13 - Μηνιαίες θερμοκρασίες για το 2019

Μήνας	Μέση θερμοκρασία °C	Μέση ελάχιστη θερμοκρασία °C	Μέση μέγιστη θερμοκρασία °C	Ελάχιστη θερμοκρασία °C	Μέγιστη θερμοκρασία °C
Μάιος	22.06	16.8	27.47	14.9	29.8
Ιούνιος	26.74	21.52	32.1	15.4	36.9
Ιούλιος	27.69	22.84	32.59	16.9	38.2
Αύγουστος	28.70	24.05	33.6	21.2	38.3
Σεπτέμβριος	24.26	19.79	29.04	13.7	33.8

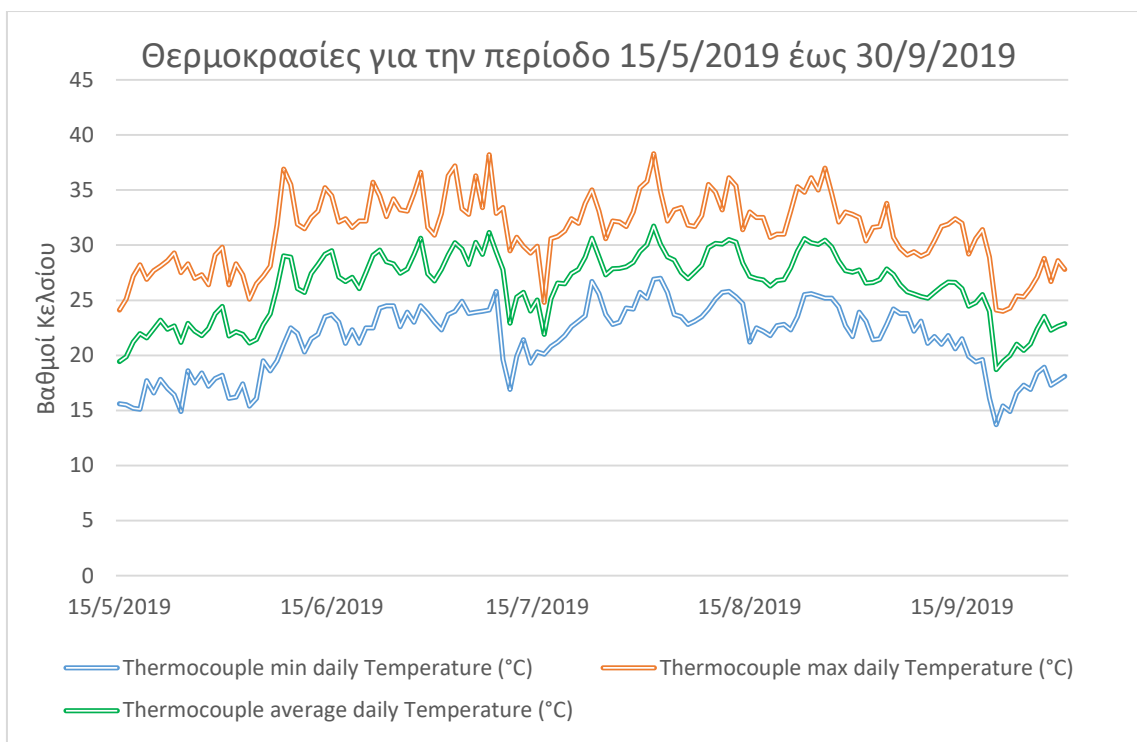
Ενώ τα στατιστικά των παραπάνω θερμοκρασιών για κάθε μήνα είναι:

Πίνακας 14 - Στατιστικά θερμοκρασιών ανά μήνα

Μήνας	Τυπική απόκλιση	Πρώτο τεταρτημόριο	Διάμεσος	Τέταρτο τεταρτημόριο	Εύρος
Μάιος	3.50	19.2	22	25	14.9
Ιούνιος	4.23	23.8	26.4	30.2	21.5
Ιούλιος	3.78	24.9	28	30.4	21.3
Αύγουστος	4.16	24	26.8	30	22.8
Σεπτέμβριος	3.88	21.8	24.3	27.1	20.1

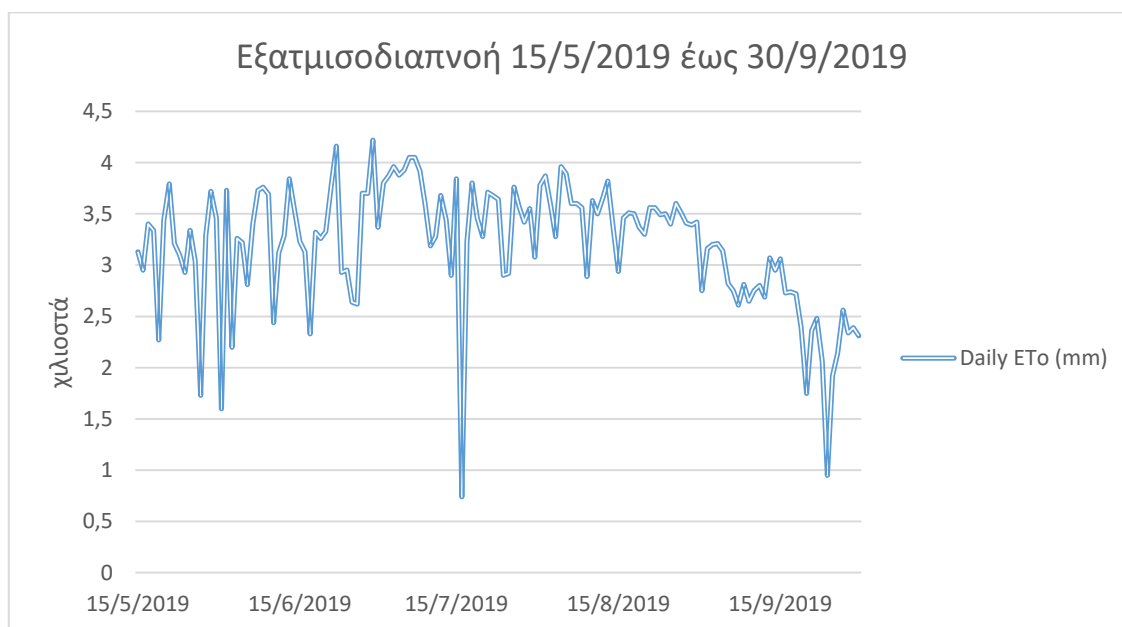
Παρατηρείται ότι ο πιο θερμός μήνας της περιόδου είναι ο Αύγουστος με μέση θερμοκρασία 33,6°C ενώ για το μήνα Ιούλιο αυτό παρατηρείται η μικρότερη μεταβλητότητα από τους θερμούς μήνες. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι ημερήσιες μέσες, ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"



Διάγραμμα 10 - Ημερήσιες θερμοκρασίες

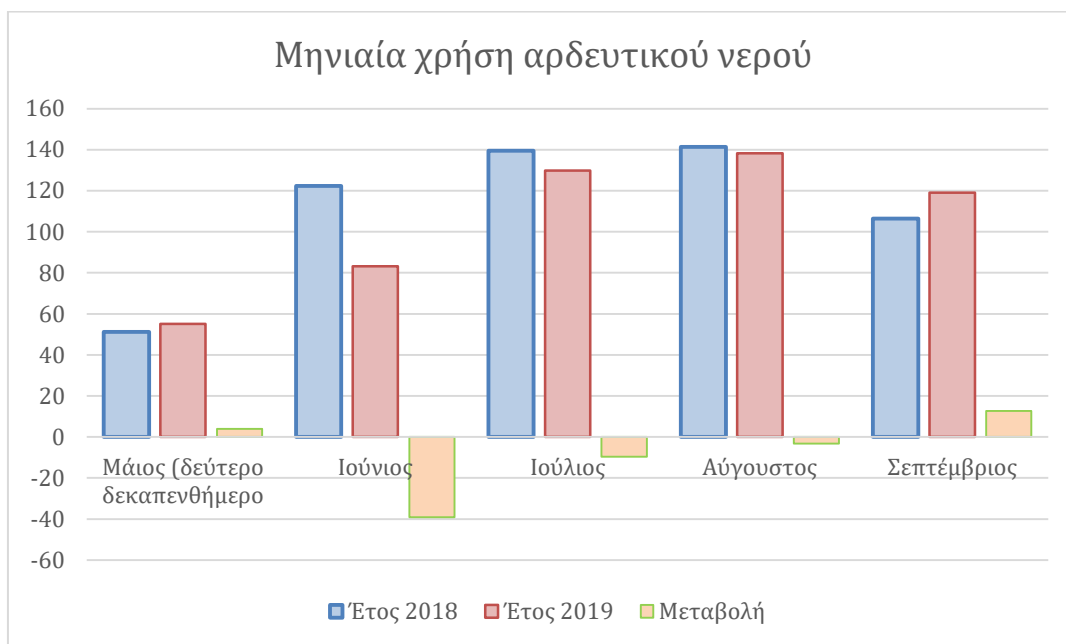
Η υψηλή θερμοκρασία στα τέλη Αυγούστου, είχε ως αποτέλεσμα το πρώτο 5νθήμερο του Σεπτεμβρίου να είναι ιδιαίτερα ξηρό με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυξημένες ανάγκες ύδατος. Η ύπαρξη των ακραίων τιμών αυτών εξηγούν την παρατηρούμενη αυξημένη ανάγκη για το μήνα αυτό.



Διάγραμμα 11 - Εξατμισοδιαπνοή

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Ο θερινός μήνας με τις υψηλότερες αρδευτικές ανάγκες είναι ο Αύγουστος καθώς χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση θερμοκρασία και χαμηλή τυπική απόκλιση. Παράλληλα, η κύμανση των ημερήσιων τιμών εξατμισοδιαπνοής κατά το μήνα αυτό είναι οι μικρότερες. Η παρατήρηση αυτή υποδηλώνει την μη ύπαρξη εξωκεκείμενων τιμών, καθώς ο αλγόριθμος επέλεξε να ποτίσει το πάρκο όλες τις μέρες χωρίς πολύ μεγάλες διακυμάνσεις. Το αποτέλεσμα της αρδευτικής πολιτικής που ακολουθήθηκε είναι να διατηρηθεί η εδαφική υγρασία σε σταθερά επίπεδα. Στρατηγική αυτή προστάτευσε το φυτό από το υπερβολικό στρεσάρισμα, ενώ εξυπηρέτησε τον αντικειμενικό στόχο της μείωσης των εισροών.



Διάγραμμα 12 - Χρήση αρδευτικού νερού

Συμπερασματικά, το έξυπνο σύστημα άρδευσης κατά την αρδευτική περίοδο πέτυχε εξοικονόμηση ύδατος 6%, η λειτουργία του ήταν αδιάλειπτη παρέχοντας συνεχείς μετρήσεις για τις χρησιμοποιούμενες μεταβλητές, μειώνοντας το αποτύπωμα του Άνθρακα καθώς η λειτουργία του βασίζεται εξ ολοκλήρου σε ηλιακό πάνελ.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

10. Πρωτόκολλο χρήσης του συστήματος

Για τη δημιουργία του πρωτοκόλλου χρήσης του συστήματος θα ληφθούν υπόψη:

- ✓ Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο (κοινοτική και εθνική νομοθεσία) αναφορικά με τη χρήση νερού στον αστικό ιστό,
- ✓ Η υφιστάμενη κατάσταση πολιτικών και τεχνικών διαχείρισης αστικού νερού (υφιστάμενες πρακτικές, κύρια προβλήματα κ.λπ.),
- ✓ Η ορθολογική διαχείριση αστικού νερού (φιλοσοφία, στόχοι, μεθοδολογίες - μέτρα, καλές πρακτικές, νέες τεχνολογίες),
- ✓ Τα σύγχρονα συστήματα παρακολούθησης ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών υδάτων, συστήματα τηλεμετρίας (θεωρία και πράξη, ανάγκες και αντίστοιχες πρακτικές επιχειρησιακής λειτουργίας συστημάτων).

Η βελτιστοποίηση λειτουργίας και η επιχειρησιακή εφαρμογή του πιλοτικού συστήματος στο Δήμο Παύλου Μελά προϋποθέτουν:

1. Τήρηση πρωτοκόλλων συντήρησης και διασφάλισης επιχειρησιακής λειτουργίας με αναλυτικό χρονοδιάγραμμα τακτικών εργασιών.
2. Τήρηση μητρώου τακτικών και έκτακτων εργασιών.
3. Καθημερινή παρακολούθηση λαμβανομένων μετρήσεων και απομακρυσμένη παρακολούθηση λειτουργίας του δικτύου για τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων λειτουργίας που σχετίζονται με τον εξοπλισμό και με τις καταγραφόμενες μετρήσεις.
4. Συστηματικό έλεγχο λειτουργικής κατάστασης των σταθμών τηλεμετρίας και την επίλυση προβλημάτων με επιτόπιες επισκέψεις.
5. Διασφάλιση της λειτουργικότητας των σταθμών σε επίπεδο εξοπλισμού μετρήσεων και μετάδοσης σήματος.
6. Βαθμονόμηση των αισθητήρων για την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής ακρίβειας και αξιοπιστίας των μετρήσεων.
7. Συστηματική συλλογή των δεδομένων τηλεμετρίας από τους σταθμούς (πρωτογενή δεδομένα).
8. Έλεγχο ακρίβειας και αξιολόγηση των λαμβανομένων τηλεμετρικών μετρήσεων τόσο με επιτόπιες μετρήσεις πεδίου, όσο και με δειγματοληψίες υδάτων πλησίον των σταθμών τηλεμετρίας και συγκριτική εργαστηριακή ανάλυση αυτών.
9. Διαχείριση των τηλεμετρικών δεδομένων παρακολούθησης μέσω αποσφαλμάτωσης, ταξινόμησης και καταχώρησης σε σχετικές βάσεις δεδομένων.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

10. Επιχειρησιακή οργάνωση και στατιστική επεξεργασία δεδομένων για την υποστήριξη λήψης διαχειριστικών αποφάσεων.

Για τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας και αποτελεσματικότητας του έργου θα συνεισέφερε και η υιοθέτηση εναλλακτικών προγραμμάτων υποστήριξης του Δήμου μέσω:

- ✓ Συνεργασιών με επιστημονικούς - ερευνητικούς φορείς, όπως το Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος και το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, που διαθέτουν την κατάλληλη τεχνογνωσία, επιστημονικό δυναμικό και εμπειρία σε αντίστοιχα έργα προκειμένου να παρέχουν την απαιτούμενη τεχνική υποστήριξη στο Δήμο.
- ✓ Κατάρτισης και ανάπτυξης δεξιοτήτων του προσωπικού που διαθέτει ο Δήμος προκειμένου να διαχειρίζεται αποτελεσματικά τις υποδομές του έργου.
- ✓ Επέκτασης των συστημάτων και σε επιπλέον περιοχές του Δήμου προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα διαχείρισης των υδατικών πόρων και να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες που παρέχει η ψηφιακή τεχνολογία στη σύγχρονη εποχή.

10.1 Πρωτόκολλο συντήρησης και ελέγχου εξοπλισμού και εργασιών

Η τοποθέτηση του εξοπλισμού για τη δημιουργία του συστήματος έξυπνης άρδευσης φαίνεται στην Εικόνα 11. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται το πρωτόκολλο ελέγχου και συντήρησης από το κέντρο ελέγχου (όπου θα ελέγχεται το σύστημα έξυπνης άρδευσης) στους τηλεμετρικούς σταθμούς (μετεωρολογικός σταθμός και λυσίμετρα) με στόχο την ορθή λειτουργία και διατήρηση του συστήματος.



Εικόνα 11 - Θέσεις τοποθέτησης του εξοπλισμού στο πάρκο του Δεντροποτάμου

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Πίνακας 15 - Κέντρο ελέγχου

A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
1	Επικοινωνία με τους σταθμούς και έλεγχος της ορθής λειτουργίας. Σε περίπτωση μη απόκρισης του Σταθμού, ομάδα πεδίου πρέπει να επισκεφτεί το σταθμό άμεσα	Ημερήσια
2	Έλεγχος των δεδομένων. Εφόσον μετά την "εναρμόνιση" δεδομένων εξακολουθούν να εμφανίζονται μη φυσιολογικές τιμές, ακολουθεί επίσκεψη στο πεδίο και σύγκριση των τιμών του αισθητηρίου με άλλο βαθμονομημένο φορητό αισθητήριο	Ημερήσια

Πίνακας 16 - Λυσιμέτρα

A/A	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ
1	Τηλεμετρικός Έλεγχος Λειτουργίας και εντοπισμός ανωμαλιών λειτουργίας	Επίσκεψη στο πεδίο. Οπτικός έλεγχος. Αφαίρεση πηγή σφάλματος. Σε μη λύση του προβλήματος επικοινωνία με τεχνικό του κατασκευαστή	1
2	Εποπτεία μεταβολής χρονοσειρών	Σε περίπτωση συμπεριφοράς εκτός ορίων: Επίσκεψη στο πεδίο. Οπτικός έλεγχος. Αφαίρεση πηγή σφάλματος. Σε μη λύση του προβλήματος επικοινωνία με τεχνικό του κατασκευαστή	7
3	Οπτικός έλεγχος εγκατάστασης	Αφαίρεση ξένων υλικών από την επιφάνεια των Λυσιμέτρων	15
4	Καθαρισμός Παρασίτων από την επιφάνεια των Λυσιμέτρων		15
5	Συγκριτικός έλεγχος δεδομένων Λυσιμέτρων και ΕΤο	Σε περίπτωση ασυμφωνίας, βαθμονόμησή των Λυσιμέτρων	30
6		Φωτογραφίες επίσκεψης	Σε κάθε επίσκεψη
7		Καταγραφή Ημερομηνίας και ώρας Επίσκεψης	Σε κάθε επίσκεψη
8		Καταγραφή περιβαλλοντικών συνθηκών πεδίου	Σε κάθε επίσκεψη
9		Καταγραφή ονοματεπώνυμων ομάδας έργου	Σε κάθε επίσκεψη

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Πίνακας 17 - Μετεωρολογικός τηλεμετρικός σταθμός

A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
1	Καθαρισμός περιμέτρου σταθμού (χόρτα και λοιπά φερτά)	3μηνιαία (Οκτώβριο-Μάρτιο), μηνιαία (Απρίλιο-Σεπτέμβριο)
2	Έλεγχος για ζημιές ή ρωγμές, πιθανές φυσικές διαβρώσεις, φυσικές καταστροφές ή ακόμη και βανδαλισμούς	Μηνιαία
3	Έλεγχος καλωδίων	Μηνιαία
4	Καθαρισμός ηλιακών πάνελ	Κάθε 2 εβδομάδες
5	Έλεγχος datalogger	Όταν προκύπτει σφάλμα στην αποστολή μετρήσεων
6	Έπακκινηση datalogger	Όταν προκύπτει σφάλμα στην αποστολή μετρήσεων
7	Έλεγχος τάσης μπαταρίας μπαταρίας σταθμού	Μηνιαία
10	Έλεγχος και καθαρισμός πυρανόμετρου	Κάθε 2 εβδομάδες
11	Έλεγχος και καθαρισμός αισθητηρίου Θερμοκρασίας-Υγρασίας	Κάθε 2 εβδομάδες
12	Έλεγχος Θερμοκρασίας με φορητό θερμόμετρο	Κάθε 2 εβδομάδες
13	Έλεγχος και καθαρισμός βροχόμετρου	Κάθε 2 εβδομάδες
14	Έλεγχος ανεμοδείκτη	Κάθε 2 εβδομάδες
15	Φωτογραφίες επίσκεψης	Σε κάθε επίσκεψη
16	Καταγραφή Ημερομηνίας και ώρας Επίσκεψης	Σε κάθε επίσκεψη
17	Καταγραφή περιβαλλοντικών συνθηκών πεδίου	Σε κάθε επίσκεψη
18	Καταγραφή ονοματεπώνυμων ομάδας έργου	Σε κάθε επίσκεψη

10.1 Πρωτόκολλο βέλτιστης αρδευτικής δόσης

Το πρωτόκολλο βέλτιστης αρδευτικής δόσης βασίστηκε σε δύο βασικές αρχές:

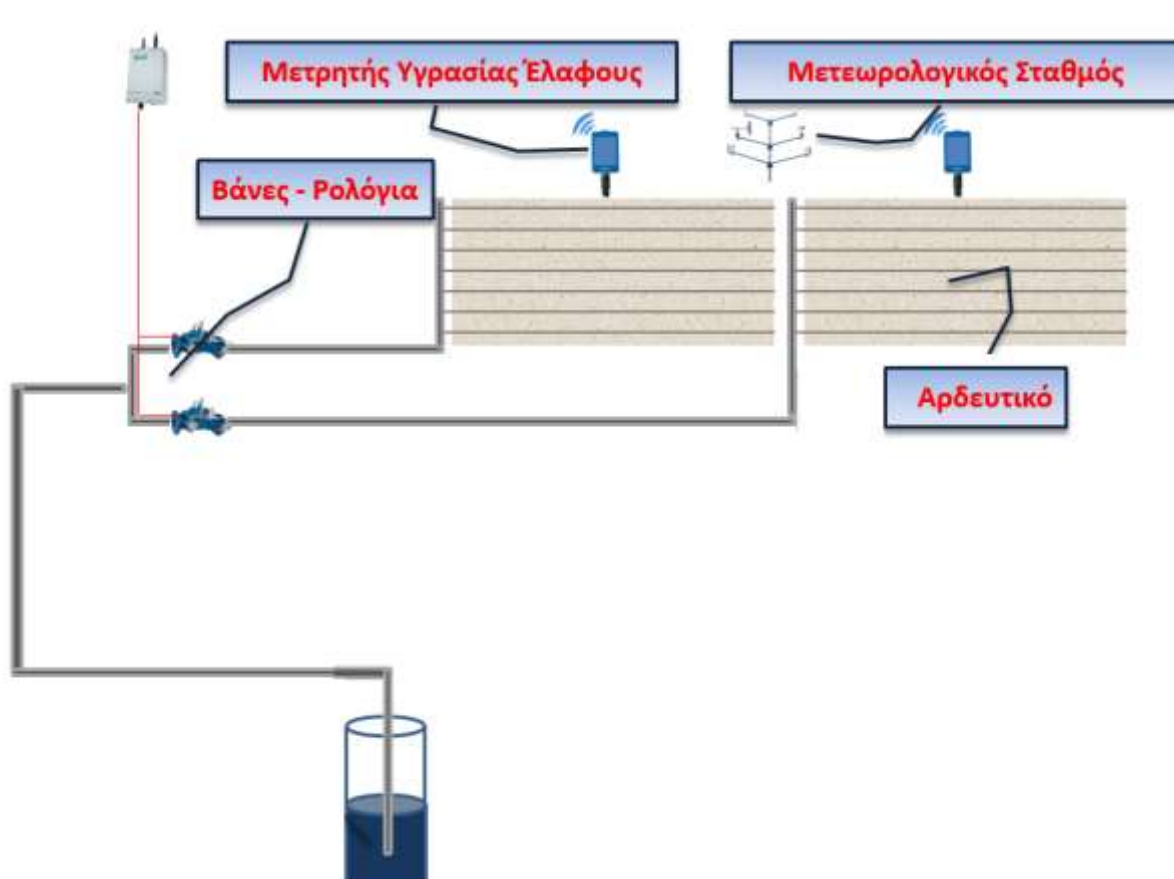
- 1) Στο σύστημα ορθολογικής άρδευσης κατά FAO, σύμφωνα με το οποίο η περιεκτικότητα νερού στη ζώνη ριζοστρώματος πρέπει να διατηρείται εντός των ορίων του Άμεσα Διαθέσιμου Νερού (Readily Available Water, RAW). Το RAW είναι το νερό που ένα φυτό μπορεί εύκολα να εξάγει από το έδαφος χωρίς να υποστεί στρες. Όσο το διαθέσιμο νερό μειώνεται, γίνεται ολοένα και δυσκολότερη η απόσπαση του από το έδαφος. Όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό πέσει κάτω από μια οριακή τιμή (κάτω όριο του RAW), το νερό δεν μπορεί πλέον να μεταφερθεί αρκετά γρήγορα προς τις ρίζες για να ανταποκριθεί στη ζήτηση της

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

εξατμισοδιαπνοής και η καλλιέργεια αρχίζει να στρεσσάρεται (FAO, chapter 8). Σε αυτή την περιοχή της υγρασίας του εδάφους (RAW), τα φυτά δεν είναι ούτε κατακλυσμένα ούτε στρεσσαρισμένα.

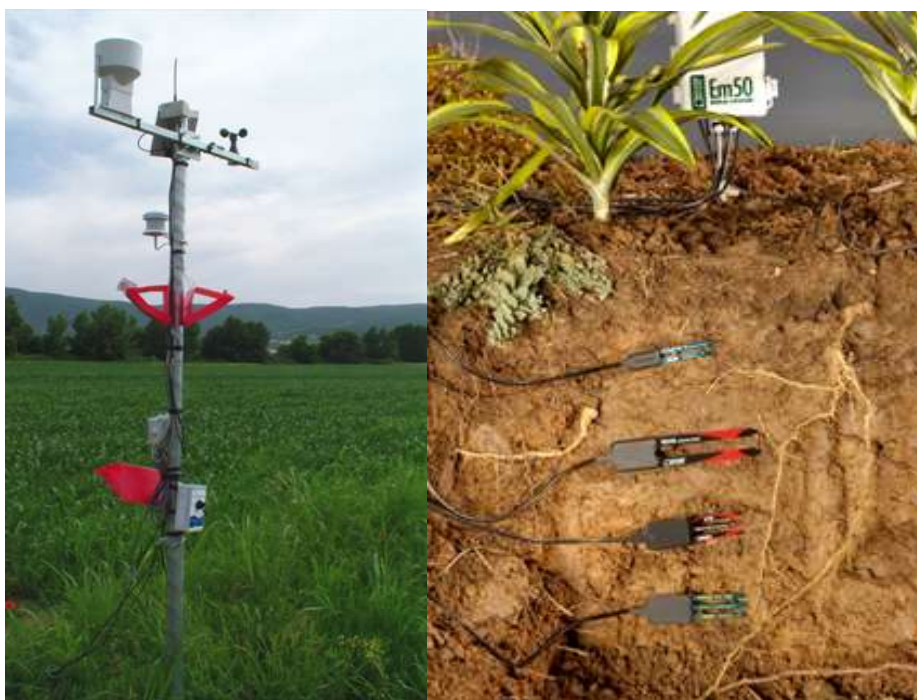
- 2) Στον προσδιορισμό των αναγκών σε νερό των φυτών μέσα από τον προσδιορισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ETc) σύμφωνα με τους Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Σύμφωνα με τις δύο αυτές αρχές, το πρωτόκολλο άρδευσης ακριβείας ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

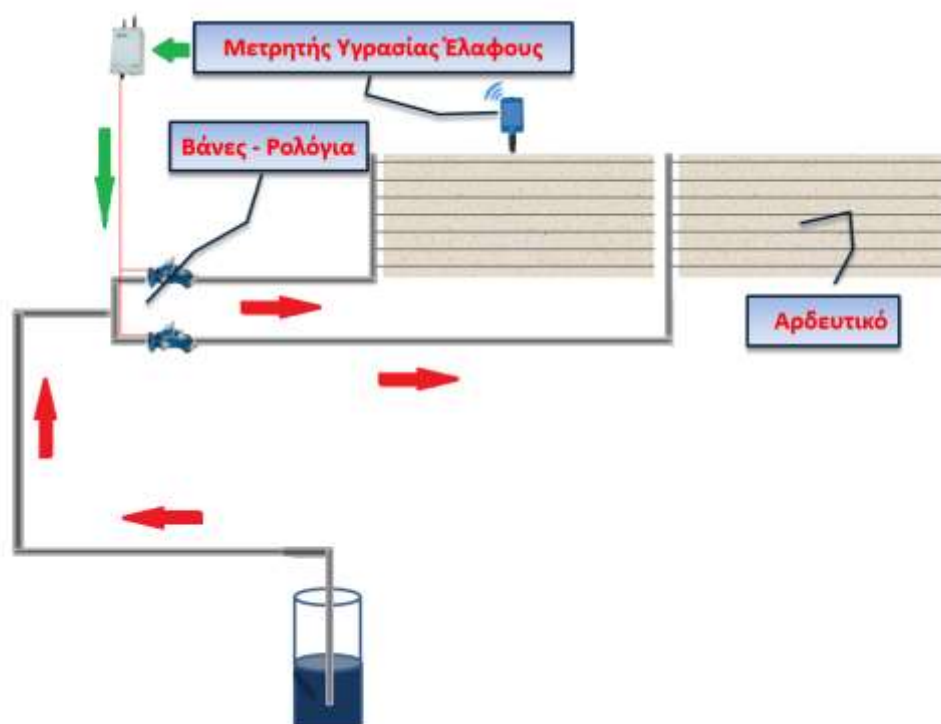


- Προσδιορισμός του RAW (ιδανικό εύρος υγρασίας για ανάπτυξη των φυτών) ανά τύπο εδάφους μέσα από εδαφολογική μέτρηση.
- Προσδιορισμό της υγρασίας του εδάφους στη ζώνη του ριζοστρώματος με τη χρήση των αισθητήρων υγρασίας εδάφους.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

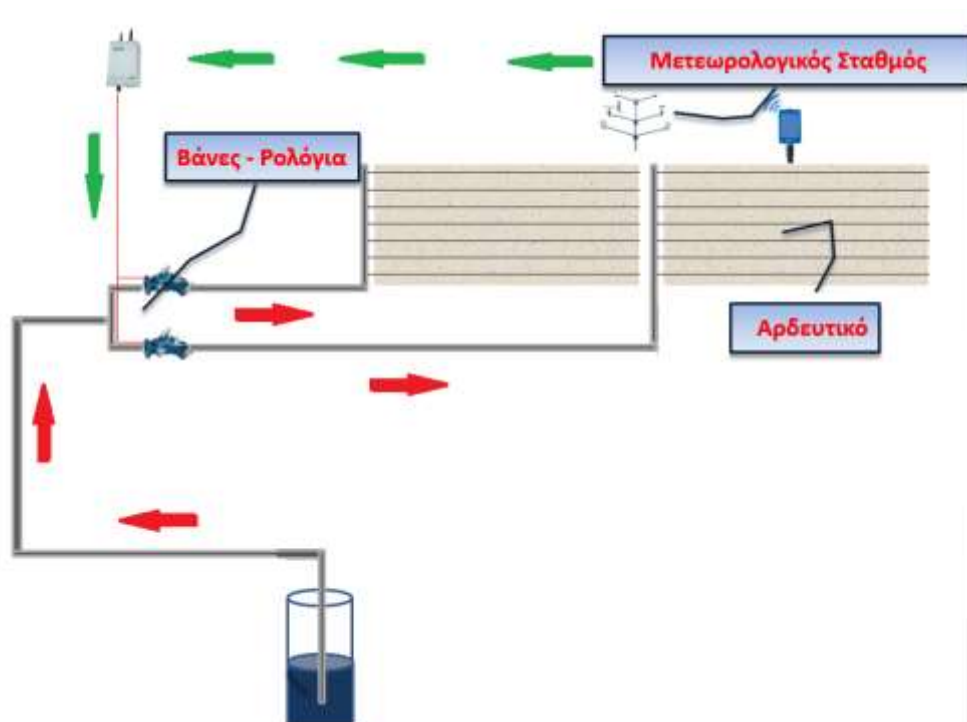


- Εντολή έναρξης άρδευσης, όταν η υγρασία εδάφους πλησιάσει το κάτω όριο του RAW.

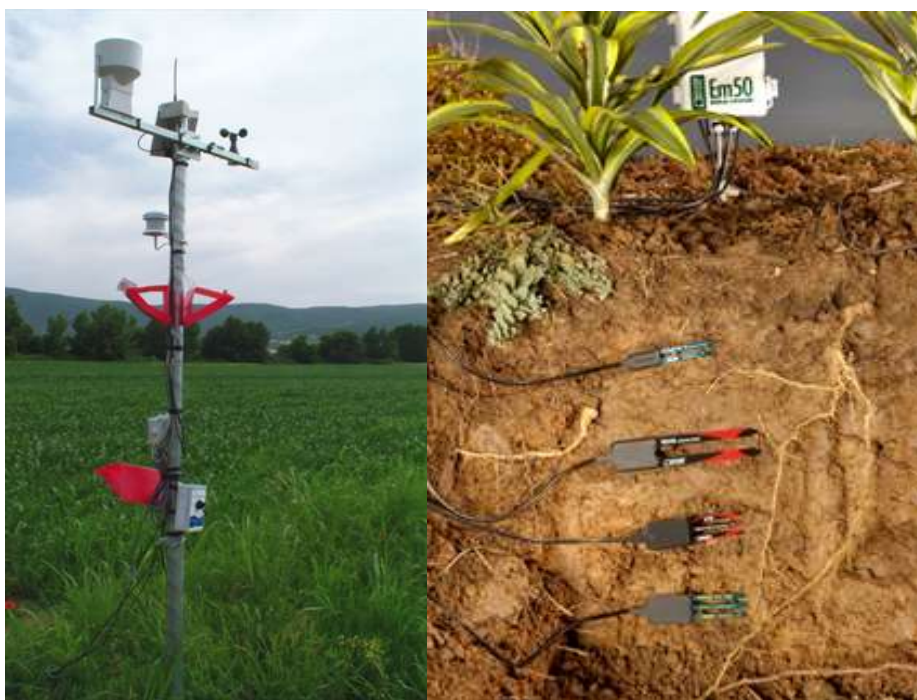


- Προσθήκη της απαραίτητης ποσότητας αρδευτικού νερού, όπως αυτή προκύπτει με προσδιορισμό της ETc, μέσα από τον μετεωρολογικό σταθμό.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"



- Εντολή παύσης της άρδευσης, όταν προστεθεί η απαραίτητη ποσότητα.
- Σύγκριση των αναγκών σε νερό, όπως προκύπτουν από τον προσδιορισμό της ETc (υπολογιστική απώλεια νερού από το έδαφος) και των μετρήσεων του λυσίμετρου (πραγματική απώλεια νερού από το έδαφος).
- Όπου απαιτείται γίνεται διόρθωση των φυτικών συντελεστών για τη βελτίωση του ETc ώστε να ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες των φυτών σε νερό.



Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κεκερής Α. και Κλεφτάκης Χ., 2017: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΝΙΚΑΣ Α.Β.Ε.Ε. & ΚΡΕΤΑ ΦΑΡΜ Α.Β.Ε.Ε., Πτυχιακή εργασία

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Γεωργίου, Π.Ε., 1999. Συγκριτική Ανάλυση των Ωριαίων και Ημερήσιων Εκτιμήσεων της Εξατμισοδιαπνοής Αναφοράς με τη Μέθοδο FAO Penman - Monteith. Πρακτικά 4ου Εθνικού Συνεδρίου ΕΕΔΥΠ, Βόλος, τεύχος Α', 183-189.

Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1999. Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M.: Crop evapotranspiration, Irrig. Drainage Paper No 56, United Nations FAO, Rome, 300 pp., 1998

Brundtland G.H., 1987: Our Common Future: World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford, UK.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. O.: Guidelines for predicting crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper no. 24. FAO, Rome, 144 pp., 1977.

Gómez-Limón, A. J., Riesgo L. and Arriaza M., (2004). Multi-Criteria Analysis of Input Use in Agriculture, Journal of Agricultural Economics, Volume 55, Number 3, Nov. 2004, Pages 541-564

Hoekstra A., Chapagain A., Aldaya M., Mekonnen M., 2009: The Water Footprint Assessment manual setting the Global Standard, London, DC.

Hoekstra A. Y. and Chapagain, A. K., 2008: Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources, Blackwell Publishing, Oxford

Hoekstra A. Y. and Hung, P. Q., 2002: 'Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade', Value of Water Research Report Series No 11, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands,

Jensen M.E. Burman, R.D., Allen, R.G., (Eds.), 1990: Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice 70.

Thornthwaite C. W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, Vol. 38, No. 1, 55-94.

Το Έργο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους των κρατών που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Διασυνοριακής Συνεργασίας INTERREG V-A "Ελλάδα-Βουλγαρία 2014-2020"

Pearce, D.W. and Turner, R.K., (1990). Economics of natural resources and the environment. Harvester Wheatsheaf, U.K

UNEP (United Nations Environment Programme), 2011: Water Footprint and corporate water accounting for resource efficiency.

Waterfall P., H. Harvesting, 2011: Rainwater for Landscape Use. University of Arizona Cooperative. Retrieved on July 18.

Young, R., (2004). Determining the Economic Value of Water, RFF Press Book, Washington