



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΑΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ

Ακριτίδης Βασίλειος Μάριος

Επιβλέπων καθηγητής : Δρ. Νικήτας Μυλόπουλος

Βόλος, Μάρτιος 2019



UNIVERSITY OF THESSALY
Polytechnic School
Department of Civil Engineering
Laboratory of Hydrology and Aquatic Systems Analysis

DIPLOMA THESIS:

**ECONOMIC EVALUATION OF IRRIGATION
WATER IN ALMYROS WATERSHED, GREECE**

Akritidis Vasileios Marios

Supervisor: Prof. Nikitas Mylopoulos

Volos, March 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκε, καταρχήν, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, το ζήτημα της οικονομικής αξίας των υδατικών πόρων και επιπλέον παρουσιάστηκαν διεξοδικά τόσο οι εναλλακτικές μέθοδοι οικονομικής αποτίμησης του νερού, όσο και οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι τιμολόγησής του στον αγροτικό τομέα. Το θέμα της οικονομικής αποτίμησης του αγροτικού νερού δεν έχει άμεση και σαφή προσέγγιση και γι' αυτό έχουν προταθεί διαφορετικές μεθοδολογίες εκτίμησης όπου κάθε μία παρουσιάζει διαφορετικούς περιορισμούς. Η εγκυρότητα τους εξαρτάται από το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιούνται και τα οφέλη που μελετώνται, ενώ παρατηρείται ότι καθεμιά είναι κατάλληλη για διαφορετική περίπτωση και τα εκάστοτε διαθέσιμα δεδομένα. Από τις διαθέσιμες μεθόδους εκτίμησης της οικονομικής αξίας του νερού άρδευσης, η μέθοδος της μεταβολής του καθαρού κέρδους εμφανίζεται ως η πιο πλεονεκτική, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, για τον προσδιορισμό της αξίας του αρδευτικού νερού στην περιοχή του Αλμυρού. Για το σκοπό αυτό γίνεται συλλογή όλων των απαραίτητων πληροφοριών-δεδομένων όπως η σύνθεση των καλλιεργειών, οι αρδευόμενες εκτάσεις, η ύπαρξη οργανωμένου δικτύου, οι κλιματικές συνθήκες, ο βαθμός εκμηχάνισης της γεωργίας και η τεχνολογία των αρδεύσεων, η ποιότητα του εδάφους, η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων κλπ. Η μέθοδος της “μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους” σε αντίθεση με ορισμένες πιο διαδεδομένες μεθόδους, χρησιμοποιείται για την αποτίμηση του νερού μόνο όταν αυτό έχει την ιδιότητα του συντελεστή παραγωγής, δηλαδή μόνο όταν αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν. Σύμφωνα με αυτήν, η επιθυμία για πληρωμή ενός γεωργού σε μια δεδομένη αύξηση της ποσότητας του νερού, θεωρείται ίση με τη μεταβολή του γεωργικού εισοδήματος που συνεπάγεται αυτή η αύξηση του νερού. Για την εφαρμογή της μεθόδου έγινε ο υπολογισμός των αρδευτικών αναγκών των καλλιεργειών με το δείκτη Near Irrigation Requirement (NIR). Ως αποτέλεσμα, είναι η εξαγωγή μιας καμπύλης ζήτησης αρδευτικού νερού, που παριστάνει γραφικά την ποσότητα του νερού που καταναλώνει ένας γεωργός με ένα εύρος πιθανών τιμών. Οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τις τιμές που έχουν προκύψει από παρόμοιες μελέτες που έχουν γίνει στη λεκάνη απορροής του Λουδία και στη λεκάνη απορροής της Κάρλας. Στόχος είναι η εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων όσον αφορά τις δυνατότητες μιας μελλοντικής εφαρμογής της τιμολόγησης του αρδευτικού νερού, όπως αυτή ορίζεται από την Οδηγία Πλαίσιο και τη νέα εθνική νομοθεσία. Μια τέτοια τιμολόγηση θα πρέπει να στηρίζεται σε τιμές που να αντανακλούν την πραγματική αξία του συγκεκριμένου φυσικού πόρου με σκοπό την όσο το δυνατόν πιο ορθολογική και αποτελεσματική χρήση του.

ABSTRACT

This diploma thesis analyzes, first of all, the economic value of water resources, the alternative methods of economic evaluation and pricing of water in agricultural sector through a literature review. The economic evaluation of irrigation water has no direct and clear approach, and different estimation methodologies have been proposed, each with different constraints. Their validity depends on the context in which they are used, and the benefits that are being studied, while it is noted that each one is suitable for a different case and the available data of the study area. Among the relevant methods, generally applied to assess the value of irrigation water, the “change of the net-income” method appears to be the most advantageous, and for that reason it was chosen in this study to determine the economic value of irrigation water in the area of Almyros, Greece. To this end, all necessary information and data is collected such as crops composition, agricultural employment, irrigated areas, existence of organized irrigation networks, water tariffs, climate conditions, degree of agricultural mechanization and irrigation technology, soil quality, availability of water resources etc. The methodology used, for estimation of water value, is that of “change in net-income”, which in contrast to most common methods, is used for evaluating the water only when it is considered as an intermediate product. According to this methodology, the farmer’s willingness to pay in a predefined increase in water quantity is equal to the change in farm income resulting from this water increase. Then, the irrigatory needs of the crops were calculated using the index “Near Irrigation Requirement” (NIR). The result of this method, is the estimation of the demand curve of the irrigatory water, which graphically depicts the amount of water consumed by a farmer with a range of probable values. These values are compared with the values obtained from the demand curve of river Loudias and in the basin of Karla, Greece. Finally, important conclusions resulted, regarding the probability of implementing a pricing policy of irrigatory water in the future, as defined by the Water Framework Directive and the new national legislation. Such pricing should be based on prices that reflect the real value of the natural resource, aiming to its the rational and effective use.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό είναι ένας φυσικός πόρος, σε περιορισμένη διαθεσιμότητα και αυτό αποτέλεσε το λόγο για τη διερεύνηση και επιδίωξη, σε παγκόσμιο επίπεδο, της ορθολογικής διαχείρισής του. Τα τελευταία χρόνια, η φυσική προσφορά του νερού σε σύγκριση με τη ζήτησή του, παρουσιάζει ολοένα και αυξανόμενη σπανιότητα και έτσι είναι φυσιολογικό να αποκτά σημαντική οικονομική αξία, ειδικά στον τομέα της γεωργίας. Γίνεται εύκολα αντιληπτό, λοιπόν, ότι οι έρευνες γύρω από το θέμα αυτό, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και στο πλαίσιο αυτό κινείται και η παρούσα διπλωματική εργασία. Στην συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά το περιεχόμενο όλων των κεφαλαίων της.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται το πρόβλημα της λειψυδρίας σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς και οι στόχοι για μια ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων. Παρουσιάζεται, επίσης η σημασία του νερού στον αγροτικό τομέα και οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες της αρδευόμενης γεωργίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην οικονομική θεώρηση του νερού και ιδιαίτερα στο τομέα της γεωργίας. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση του πλήρους κόστους του νερού και των συστατικών του όπως ορίζεται από την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 για τα ύδατα. Επιπλέον, λαμβάνει χώρα μια ταξινόμηση και διεξοδική παρουσίαση των μεθόδων οικονομικής αποτίμησης του νερού και οι διάφορες μέθοδοι τιμολόγησής του. Τέλος, γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των «δημοφιλέστερων» μεθόδων αποτίμησης σε διεθνές επίπεδο, καθώς και τον ενστάσεων για την ανάγκη υπολογισμού του.

Ως περιοχή μελέτης επιλέχτηκε η λεκάνη απορροής του Αλμυρού, τα κυριότερα κοινωνικό-οικονομικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της οποίας παρουσιάζονται στο τρίτο κεφάλαιο. Παραθέτονται στοιχεία ιστορικά, γεωγραφικά, στοιχεία για την γεωλογική δομή και τις κλιματικές συνθήκες, και κάποια στοιχεία που αφορούν τις πρακτικές διαχείρισης των υδατικών πόρων και τα υφιστάμενα έργα στην περιοχή.

Στο τέταρτο κεφάλαιο βρίσκονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την εκπόνηση της εργασίας όπως είναι στοιχεία για τις καλλιέργειες της περιοχής την τελευταία δεκαετία, μετεωρολογικά στοιχεία για υετόπτωση, θερμοκρασία, εξατμισοδιαπνοή, τους δείκτες των κλάδων της φυτικής παραγωγής καθώς και για την τεχνολογία αρδεύσεων.

Η μέθοδος της “μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους”, που έχει επιλεγεί για την αποτίμηση της αξίας του νερού, περιγράφεται στο κεφάλαιο 5 καθώς επίσης και η μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών.

Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία, πίνακες, γραφήματα καθώς και σύγκριση με παρόμοιες καμπύλες ζήτησης των λεκανών του Λουδία και της Κάρλας.

Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται σχολιασμός όλων των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην περάτωση αυτής της εργασίας. Αρχικά, τον επιβλέπων αναπληρωτή καθηγητή κ. Νικήτα Μυλόπουλο και τον διδάκτορα, Δρ. Άγγελο Αλαμάνο για την άριστη συνεργασία μας και την πολύτιμη βοήθεια του.

*Αφιερώνεται
στην οικογένειά μου*

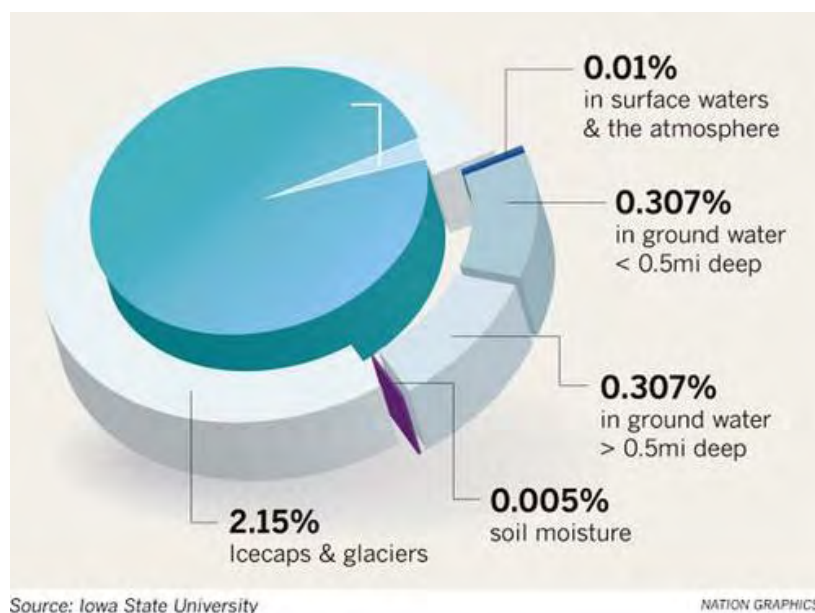
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1	Πρόβλημα νερού και αποθέματα	7
1.2	Στόχοι της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων	9
1.3	Η σημασία του νερού στη γεωργία	12
1.4	Κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες της αρδευόμενης γεωργίας.....	14
2	ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΝΕΡΟΥ	17
2.1	Ορισμός της έννοιας της αξίας του νερού	17
2.2	Η αξία του νερού στη γεωργία.....	18
2.3	Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα Ύδατα.....	20
2.4	Χρηματοοικονομικό κόστος και μέθοδοι υπολογισμού	21
2.5	Κόστος φυσικού πόρου και μέθοδοι υπολογισμού	24
2.6	Περιβαλλοντικό κόστος και μέθοδοι υπολογισμού	26
2.7	Ανασκόπηση προσεγγίσεων για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους φυσικού πόρου	36
3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	42
3.1	Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης	42
3.2	Στοιχεία περιβάλλοντος	43
3.3	Στοιχεία γεωμορφολογίας, ανάγλυφου και υδρογραφικού δικτύου	46
3.4	Κλιματικά στοιχεία της περιοχής μελέτης	47
3.5	Οι πρακτικές διαχείρισης των υδατικών πόρων στη λεκάνη του Αλμυρού..	48
4	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	51
4.1	Υπολογισμός αρδευτικών αναγκών	51
4.2	Αποτίμηση της αξίας του νερού.....	56
5	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ	60
5.1	Καλλιέργειες	60
5.2	Μετεωρολογικά δεδομένα.....	62
5.3	Δείκτες κλάδων φυτικής παραγωγής.....	73
5.4	Τεχνολογία Αρδεύσεων.....	74
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	76
6.1	Αρδευτικές Ανάγκες.....	76
6.2	Καμπύλη Ζήτησης.....	81
6.3	Σύγκριση καμπύλης ζήτησης Αλμυρού με προηγούμενες μελέτες	83
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	86
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	89

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πρόβλημα νερού και αποθέματα

Το σύνολο του νερού πάνω στη γη βρίσκεται σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των τριών μορφών του, υγρής, στερεάς και αέριας. Η ποσοστιαία κατανομή του συνολικού υδατικού όγκου του πλανήτη είναι ένας δείκτης του μεγέθους και της σοβαρότητας του προβλήματος της διαχείρισης των υδατικών πόρων, αφού όπως προκύπτει από τις σχετικές εκτιμήσεις, το νερό που τελικά μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών, αποτελεί ένα ελάχιστο ποσοστό του συνόλου.



Σχήμα 1.1 Αποθέματα νερού σε Παγκόσμιο επίπεδο

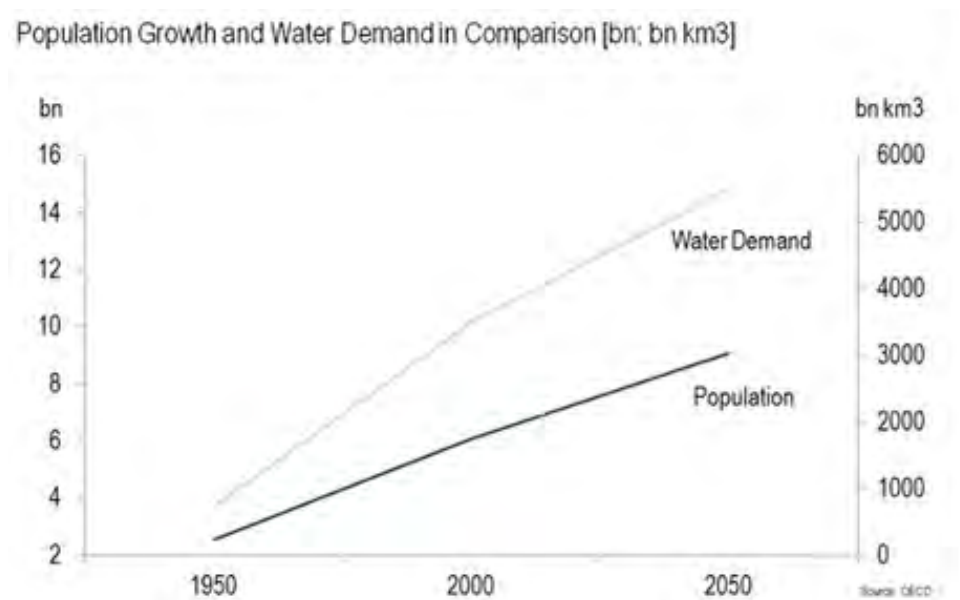
Πράγματι, το μεγαλύτερο μέρος της κατανομής του νερού στη γη κατέχει το αλμυρό νερό με ποσοστό 97.2 % και δεν προσφέρεται για αξιοποίηση ή εκμετάλλευση καθώς η αφαλάτωση αποτελεί οικονομικά ασύμφορη λύση(Σχήμα 1.1). Στη συνέχεια, δεύτερο σε σειρά έρχεται το νερό με τη μορφή του χιονιού και των πάγων, σε ποσοστό 2.15%, ενώ το γλυκό νερό κατανέμεται σε υπόγειο νερό, σε ποσοστό 0.63% και σε επιφανειακό, σε νερό δηλαδή λιμνών, ποταμών, αλλά και υδρατμών, που καταλαμβάνει μόλις το 0.02% του συνολικού όγκου. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι η μισή περίπου ποσότητα του υπόγειου νερού βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 800 μέτρων, γεγονός που σημαίνει ότι το νερό αυτό παραμένει πρακτικά αναξιοποίητο.

Με βάση τα στοιχεία που προκύπτουν από παγκόσμιους οργανισμούς, όπως η Διεθνής Τράπεζα, ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών και άλλοι, αναδεικνύονται δύο βασικές συνιστώσες παγκοσμίως, όσον αφορά στο πρόβλημα της ποσότητας του νερού και της επάρκειάς του. Η πρώτη, αφορά στην αύξηση συνολικά της κατανάλωσης και είναι συνάρτηση δύο παραγόντων:

1. της αύξησης των αναγκών σε νερό στις πλούσιες χώρες του κόσμου, ως αποτέλεσμα της ανόδου του βιοτικού επιπέδου, της αλματώδους ανάπτυξης και της τεχνολογικής

εξέλιξης, (αύξηση οικιακών χρήσεων, ραγδαία αύξηση των αρδευόμενων καλλιεργειών, αύξηση βιομηχανικών μονάδων κλπ.) και

2. της συνολικής αύξησης του πληθυσμού στη γη (σήμερα ο πληθυσμός της γης έχει φθάσει τα 7.5 δισεκατομμύρια κατοίκους).



Σχήμα 1.2 Ζήτηση νερού σε σύγκριση με αύξηση παγκόσμιου πληθυσμού
(Πηγή:<http://igeogers.weebly.com>)

Πράγματι, οι καταναλώσεις νερού παρουσιάζονται εξαιρετικά υψηλές (5000 Km³/έτος) σε σχέση με τα περασμένα χρόνια και η συνολική ζήτηση νερού συνεχώς αυξάνεται. Ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης επιταχύνθηκε μάλιστα περισσότερο κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα. Όσο για σήμερα, υπολογίζεται ότι μέσα στον 20^ο αιώνα η ζήτηση του νερού παγκοσμίως έχει δεκαπλασιαστεί. Είναι δε γνωστό ότι ο ρυθμός αύξησης της χρήσης του νερού είναι μεγαλύτερος από αυτόν της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού. Στο μέλλον, διπλασιασμός του πληθυσμού θα σημαίνει εξαπλασιασμό των αναγκών σε νερό.

Η δεύτερη συνιστώσα του παγκόσμιου προβλήματος λειψυδρίας σχετίζεται με το γεγονός ότι στην πραγματικότητα, δεν υπάρχει διαθέσιμο περισσότερο γλυκό νερό απ' όσο υπήρχε πριν από 2.000 χρόνια, όταν ο πληθυσμός του πλανήτη ήταν λιγότερος από το 3% του σημερινού. Κι ενώ η ικανότητά μας να εντοπίζουμε, να αποθηκεύουμε, να μεταφέρουμε και να διαχειριζόμαστε το νερό έχει εντυπωσιακά βελτιωθεί και επεκταθεί με το πέρασμα των αιώνων, η τεχνολογία που θα επιτρέψει την αύξηση ή τον πολλαπλασιασμό του βασικού φυσικού πόρου δεν έχει ακόμη βρεθεί και είναι πολύ αβέβαιο αν θα μπορέσει ποτέ να βρεθεί.

Αν σκεφτούμε το πρόβλημα μακροπρόθεσμα, με τη λογική δηλαδή της "Αειφόρου" ή αλλιώς "Βιώσιμης" Ανάπτυξης για το Περιβάλλον, σύμφωνα με τις αρχές της οποίας το κριτήριο της ανάπτυξης είναι η διατήρηση και συνέχιση της ζωής στον πλανήτη, τότε η συνολική ποσότητα του διαθέσιμου γλυκού νερού γίνεται ακόμη μικρότερη. Με άλλα λόγια, το νερό για να συνεχίσει και στο μέλλον να συντηρεί τη ζωή, δεν θα πρέπει να καταναλώνεται με ρυθμούς ταχύτερους από τους ρυθμούς της ετήσιας ανανέωσής του στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου.

Εν τω μεταξύ η ποιότητα του νερού έχει επίσης επιδεινωθεί σοβαρά. Παρόλο που αυτό δεν μπορεί να παρεμβληθεί με κανέναν ουσιαστικό τρόπο, δείχνει ωστόσο τη σοβαρότητα της κατάστασης. Αυτό πιθανότατα θα επιδεινωθεί περαιτέρω από τις αναμενόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Το νερό συμμετέχει σε όλες τις συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου(ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα, επιφάνεια γης και βιόσφαιρα). Ως εκ τούτου, η αλλαγή του κλίματος επηρεάζει το νερό μέσω ενός αριθμού μηχανισμών. Οι υδρολογικές αλλαγές ενδέχεται να έχουν θετικές συνέπειες σε ορισμένες πτυχές και αρνητικές σε άλλες. Για παράδειγμα, αν αυξηθεί η ετήσια απορροή μπορεί να αποφέρει οφέλη με την αύξηση του ανανεώσιμου νερού στους πόρους, αλλά ταυτόχρονα μπορεί να προκαλέσει προβλήματα καθώς αυξάνεται ο δείκτης επικινδυνότητας για πλημμύρες.

Υψηλότερες θερμοκρασίες και αυξημένη μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων θα οδηγούσε γενικά σε αυξημένη ζήτηση ύδατος άρδευσης, ακόμη και αν η συνολική βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου παραμένει το ίδιο. Παρόλα αυτά, η αλλαγή του κλίματος είναι μόνο μία από τους πολλούς παράγοντες που θα επηρεάσουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων στο μέλλον. Οι δημογραφικές, κοινωνικοοικονομικές και τεχνολογικές αλλαγές ενδέχεται να διαδραματίσουν περισσότερο σημαντικό ρόλο στις περισσότερες περιοχές το επόμενο χρονικό διάστημα(Bates et al., 2008).

1.2 Στόχοι της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

Με τον όρο «Διαχείριση Υδατικών Πόρων» νοείται το σύνολο των έργων και μέτρων που είναι απαραίτητα για να εξασφαλιστεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό η κάλυψη των αναγκών του κάθε χρήστη ή στην περίπτωση που αυτό δεν είναι εφικτό, να εξασφαλιστεί η ισόνομη ικανοποίηση όλων των ενδιαφερομένων σε σχέση με την κοινωνική σημασία της κάθε χρήσης, σήμερα και στο μέλλον (Κουτσογιάννης, 2007).

Η ανάγκη για την ολοένα και μεγαλύτερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων προέκυψε από τη συνεχή μεταβολή του πληθυσμού και τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό και τροφή, αλλά και το κυρίαρχο μοντέλο ανάπτυξης που έχει επικρατήσει εδώ και μερικές δεκαετίες στον πλανήτη μας, το οποίο δημιουργεί ποικίλες δραστηριότητες και κατά συνέπεια απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Τα φαινόμενα αυτά σε συνδυασμό με την εξαιρετικά περιορισμένη ποσότητα γλυκού νερού στον πλανήτη μας, κάνουν ιδιαίτερα επιτακτική την ανάγκη δημιουργίας και εξέλιξης συστημάτων ελέγχου για τη διαχείριση των υδάτων, τα οποία αποβλέπουν στη βέλτιστη διάθεση των υδατικών πόρων (Τσακίρης, 1995).

Η κοινωνικοοικονομική διάσταση από την άλλη πλευρά αναφέρεται στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην κατεύθυνση της κάλυψης των υδατικών αναγκών. Με την έννοια αυτή σχετίζεται με τη ζήτηση του νερού και τους παράγοντες που τη διαμορφώνουν και την επηρεάζουν, καθώς και με τον ορθολογικό σχεδιασμό της αξιοποίησης των υδατικών πόρων και της κατανομής τους στις χρήσεις και τις δραστηριότητες, προκειμένου να επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό όφελος. Ο όρος του οφέλους στην προκειμένη περίπτωση, όπου το προς αξιοποίηση αγαθό είναι το νερό, δεν είναι δυνατόν να εξαντλείται στην οικονομική θεώρηση του ζητήματος, αλλά όπως είναι φυσικό επεκτείνεται κατά τρόπο που να επιτρέπει την ενσωμάτωση και

κοινωνικών, περιβαλλοντικών ή συχνά και εθνικών στόχων και παραμέτρων, σύμφωνα με τα κριτήρια και τις προτεραιότητες που κάθε φορά τίθενται (Μυλόπουλος, 2006).

Σύμφωνα με τον ορισμό που προηγήθηκε, η διαχείριση των υδατικών πόρων μπορεί με απλό τρόπο να παραλληλιστεί με μία οικονομική δραστηριότητα, η οποία υπόκειται στους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης. Η διαφορά είναι το γεγονός ότι το αγαθό που προσφέρεται είναι το νερό, ένα φυσικό δηλαδή αγαθό σε συνθήκες ανεπάρκειας, με έντονα στοιχεία κοινωνικού χαρακτήρα, αλλά και με την ιδιότητα να εμφανίζει έντονη ανισοκατανομή και μεταβλητότητα στο χώρο και το χρόνο. Με τη διαχείριση των υδατικών πόρων επιδιώκεται ο συντονισμός των δύο διαστάσεων που προαναφέρθηκαν, της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής, καθώς και η εναρμόνιση των αντιθέσεων που εμφανίζονται στην πράξη.

Μεταξύ των στόχων της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων ως κυριότεροι αναφέρονται οι ακόλουθοι (Μυλόπουλος, 2006):

1. Η διευθέτηση της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση. Η γνώση των φυσικών μηχανισμών της ανανέωσης των υδατικών αποθεμάτων στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου, η προσομοίωση της λειτουργίας των υδατικών συστημάτων και η πρόγνωση της συμπεριφοράς τους για διάφορα πιθανά σενάρια μετεωρολογικών και υδρολογικών συνθηκών, οδηγεί στον πλήρη και σαφή προσδιορισμό του υπάρχοντος υδατικού δυναμικού και βοηθά στην αντικειμενική εκτίμηση των δυνατοτήτων του. Αποτέλεσμα αυτής της σύνθετης διαδικασίας είναι η καλύτερη αξιοποίησή του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, αλλά και η δυνατότητα αναζήτησης και εντοπισμού νέων πηγών νερού, προκειμένου να καλυφθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι σημερινές και οι μελλοντικές ανάγκες σε νερό. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση έργων συλλογής, αποθήκευσης, μεταφοράς, διανομής και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων, αποτελεί το τελευταίο στάδιο αυτής της διαδικασίας αξιοποίησης και διευθέτησης της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση.
2. Η διευθέτηση της ζήτησης του νερού σε σχέση με τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Ο καθορισμός δηλαδή στην πράξη των αναγκών και δραστηριοτήτων που καταναλίσκουν νερό, σύμφωνα με τις υπάρχουσες φυσικές δυνατότητες των υδατικών πόρων. Η καταγραφή των υπαρχουσών χρήσεων του νερού αφενός και η γνώση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων του αφετέρου, έχει ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα χάραξης πολιτικής νερού, με την έννοια της προσαρμογής των αναπτυξιακών προγραμμάτων και των σχετικών επενδύσεων στις φυσικές δυνατότητες των υπό μελέτη περιοχών.
3. Η αντιμετώπιση των «ανοιγμάτων» ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση του νερού. Η εκπόνηση υδατικών ισοζυγίων και ισοζυγίων προσφοράς και ζήτησης νερού σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης ή και υδατικού διαμερίσματος, αποτελεί την υποδομή που απαιτείται για τον έγκαιρο εντοπισμό και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των τυχόν ανοιγμάτων ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση του νερού.

4. Η εξομάλυνση των συγκρούσεων ανάμεσα στις ανταγωνιστικές χρήσεις. Οι δραστηριότητες που καταναλίσκουν νερό είναι άμεσα ανταγωνιστικές, με την έννοια ότι η ικανοποίηση των αναγκών κάποιας από αυτές συνήθως αποκλείει τη δυνατότητα ικανοποίησης των αναγκών κάποιων άλλων, μια και οι υδατικοί πόροι είναι πεπερασμένοι ποσοτικά και επιπλέον στην ανανέωσή τους δεν υπάρχει δυνατότητα επέμβασης και ελέγχου. Έτσι η διαχείριση των υδατικών πόρων ισοδυναμεί με μια διαδικασία αξιολόγησης αναγκών, ιεράρχησης προτεραιοτήτων και επίλυσης διαφορών, προκειμένου να ικανοποιούνται οι ανάγκες κατά τρόπο δίκαιο, ωφέλιμο και ορθολογικό.
5. Η προστασία και διατήρηση της ποιότητας του νερού. Η δραστηριότητα αυτή θεωρείται πρωταρχική για τη διαχείριση των υδατικών πόρων και όχι μόνον για τους προφανείς λόγους της περιβαλλοντικής προστασίας και της διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας. Θεωρείται σημαντική διότι η προστασία και διατήρηση της ποιότητας του νερού σε ανεκτά επίπεδα αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την κάλυψη της ζήτησης και την ικανοποίηση των αναγκών. Αυτός είναι και ο λόγος που στη σύγχρονη νομοθεσία η ρύπανση του νερού λογίζεται ως μια ακόμη, ανταγωνιστική με τις υπόλοιπες δραστηριότητες χρήση, μια και πρακτικά έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει τους υδατικούς πόρους και να εμποδίζει την περαιτέρω αξιοποίησή τους. Ο σχεδιασμός λοιπόν των έργων προστασίας ή και αποκατάστασης των υδατικών πόρων, καθώς και η εκτίμηση των επιπτώσεων στα υδατικά συστήματα από την εκτέλεση και λειτουργία των υδραυλικών ή και των άλλου είδους τεχνικών έργων, αποτελεί σημαντική προτεραιότητα και πρέπει να εξετάζεται σύμφωνα με το πνεύμα και τις αρχές της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων.
6. Η Βιώσιμη ή Αειφόρος Ανάπτυξη, σύμφωνα με την οποία η προσπάθεια για κάλυψη των σημερινών αναγκών δεν υπονομεύει την αντίστοιχη προσπάθεια και των μελλοντικών γενιών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες. Ξεκινώντας από την ανάγκη διασφάλισης της προτεραιότητας της ζωής εντός οικολογικών ορίων, δεν απορρίπτει τη συμβολή της επιστήμης και την αισιόδοξη προοπτική της προόδου, αντιμετωπίζοντας κριτικά ένα παρελθόν όπου κυριαρχούσαν μονότονα οι αρχές της τεχνολογικής προόδου, της επιστημονικής εξειδίκευσης και της οικονομικής ανάπτυξης.

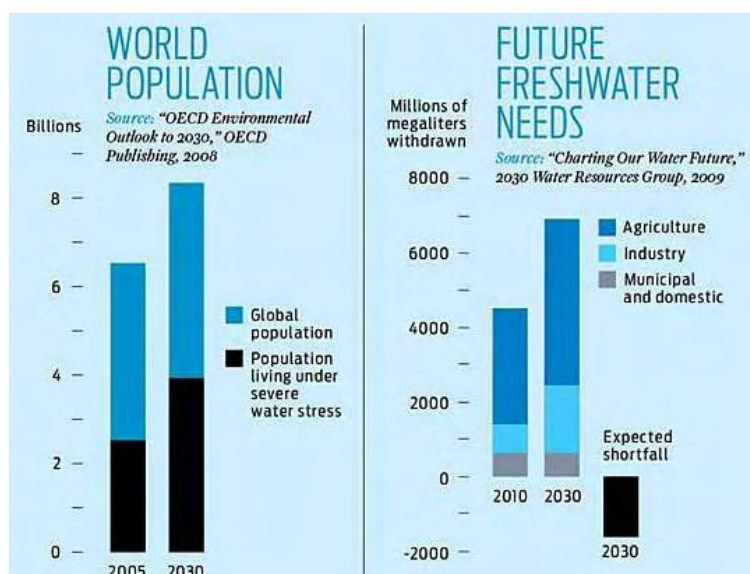
Η πολιτική της Διαχείρισης και Προστασίας των υδατικών συστημάτων, θα πρέπει εκτός από την ορθολογική αξιοποίηση του νερού για την κάλυψη των αναγκών, να ενσωματώσει στη διαδικασία της τόσο την προστασία και τη διατήρηση του υδατικού περιβάλλοντος, όσο και τη συντήρηση της ίδιας της ζωής στα όρια του υδατικού οικοσυστήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την ολοκληρωμένη διαχείριση του υδατικού οικοσυστήματος, με πνεύμα πρόβλεψης και έγκαιρης επέμβασης. Η πρακτική αυτή εγγυάται την ακεραιότητα του υδατικού συστήματος και την υγιή ανάπτυξή του, προστατεύοντας τη ζωή και εξασφαλίζοντας και τη μελλοντική συντήρησή της. Συγχρόνως, δίνοντας έμφαση στην πολιτική της έγκαιρης επέμβασης και της πρόληψης, η ολιστική προσέγγιση οδηγεί σε οικονομικότερη αντιμετώπιση σε μακροχρόνια κλίμακα, καθώς με αυτήν αποφεύγονται οι πολύπλοκες και εξαιρετικά δαπανηρές λύσεις αποκατάστασης και επαναφοράς των υδατικών συστημάτων.

Οι πολιτικές για τα υδατικά συστήματα δεν πρέπει να περιορίζονται σε υποχρεωτικούς κανόνες και πρότυπα, αλλά μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν οικονομικά μέσα όπως τιμολόγηση, φόρους (π.χ. για τη ρύπανση ή άντληση), οικονομικά κίνητρα (π.χ. αγρο-περιβαλλοντικά προγράμματα κινήτρων) κανονιστικές προσεγγίσεις πολιτικής (π.χ. εμπορεύσιμα δικαιώματα και άδειες ύδατος, εθελοντικές συμφωνίες μεταξύ ενδιαφερομένων). Τα παραπάνω οικονομικά εργαλεία αποτελούν την πιο σύγχρονη τεχνική διαχείρισης υδατικών πόρων, όμως η κατοχύρωση ενός ευρύτερου φάσματος επιλογών θα βοηθήσει σε συνολικά καλύτερες λύσεις.

Τα μοντέλα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένων εναλλακτικών λύσεων διαχείρισης του νερού. Τέτοιου είδους μοντελοποίηση είναι δυνατή λόγω των τεράστιων προόδων στον τομέα των υπολογιστών και των τεχνολογιών της πληροφορίας. Τα πρότυπα τεχνολογίας της πληροφορίας είναι ιδιαίτερα σημαντικά για να βοηθήσουν να συνδεθούν μεμονωμένα μοντέλα υπολογιστών και σύνολα δεδομένων που δημιουργήθηκαν για διαφορετικά μεμονωμένα προβλήματα. Οι διαδικασίες σύνδεσης αποφεύγουν την κατασκευή ενός ενιαίου σύνθετου μοντέλου διαχείρισης του νερού, απαιτούν λιγότερες αλλαγές στα μοντέλα που σχετίζονται με το συγκεκριμένο τομέα και μειώνουν τον επαναπρογραμματισμό (Westen et al., 2004).

1.3 Η σημασία του νερού στη γεωργία

Ένας από τους λόγους που δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην περίπτωση του αγροτικού νερού είναι καταρχήν ότι η γεωργία αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή νερού τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο. Συγκεκριμένα, το 70% της υφιστάμενης κατανάλωσης υδατικών πόρων στον πλανήτη, χρησιμοποιείται για την ικανοποίηση των γεωργικών αναγκών. Οι περιοχές στις οποίες εφαρμόζονται αρδεύσεις αντιστοιχούν στο 18% της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης στον κόσμο και συνεισφέρουν πάνω από το 33% της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής (Johansson, 2000). Το μεγαλύτερο ποσοστό των αρδευόμενων εκτάσεων αντιστοιχεί στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η γεωργία είναι η κύρια πηγή εισοδήματος.



Σχήμα 1.3 Μελλοντικές απαιτήσεις σε νερό (Πηγή: <http://igeogers.weebly.com>)

Η εφαρμογή των αρδεύσεων στη γεωργία αποσκοπεί στην αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών και συνεπακόλουθα και τη βελτίωση του γεωργικού εισοδήματος. Οι επενδύσεις σε αρδευτικά συστήματα αποσκοπούν πρώτιστα στη διασφάλιση του γεωργικού εισοδήματος περιορίζοντας τους κινδύνους χαμηλής απόδοσης των καλλιεργειών ή ακόμα και καταστροφής τους που μπορεί να προέλθουν εξαιτίας περιορισμένων ή και χρονικά ανισοκατανεμημένων βροχοπτώσεων. Οι επενδύσεις αυτές μπορούν, επίσης, να μειώσουν την ανεργία και να επιφέρουν σημαντική οικονομική ανάπτυξη στις αγροτικές περιοχές (Young and Haveman, 1985). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η άρδευση μειώνει και τον κίνδυνο που αναλαμβάνουν οι γεωργοί κατά τις εποχιακές τους επενδύσεις σε μεταβλητές δαπάνες, όπως είναι για παράδειγμα: η προετοιμασία του εδάφους, οι σπόροι, τα λιπάσματα, και τα φυτοφάρμακα (Hofmann et al., 1990). Ωστόσο, σε διεθνή κλίμακα, το μεγαλύτερο όφελος των αρδεύσεων είναι η εξασφάλιση της παραγωγής τροφίμων, η οποία αποτελεί αποφασιστικό και καθοριστικό παράγοντα στην αντιμετώπιση της συνεχούς αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού.

Η αναγκαιότητα εφαρμογής των αρδεύσεων είναι πολύ μεγαλύτερη στις περιοχές με ξηρό ή ημίξηρο κλίμα, όπου περιορισμένος αριθμός καλλιεργειών είναι δυνατό να αναπτυχθεί και να δώσει αξιόλογη παραγωγή μόνο με τη φυσική προσφορά του νερού. Στις περιοχές αυτές, η μέση απόδοση των αρδευόμενων καλλιεργειών μπορεί να είναι από δύο ως και τρεις φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των ξηρικών καλλιεργειών. Με άλλα λόγια, το νερό μπορεί να θεωρηθεί ως μια εισροή με ιδιαίτερη σημασία για την παραγωγή των αγροτικών προϊόντων.

Η Ελλάδα, λόγω των ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών της (σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και μέτρια επίπεδα ύψους βροχής) και του εξαιρετικά υψηλού ποσοστού αρδευόμενων εκτάσεων επί του συνόλου των εκτάσεών της, έχει αυξημένες αρδευτικές ανάγκες συγκριτικά με άλλες ευρωπαϊκές χώρες και ειδικότερα με βόρειες χώρες. Η αγροτική χρήση κατέχει την μερίδα του λέοντος με ποσοστό 86%. Ακολουθεί η αστική χρήση με ποσοστό 11%, η βιομηχανική χρήση με ποσοστό 2% και τέλος η ενεργειακή χρήση με ποσοστό μόλις 1% (Μιμίκου, 2003).

Η ολοένα και μεγαλύτερη ανάγκη σε τρόφιμα, σε συνδυασμό με τις περιορισμένες δυνατότητες της επέκτασης των γεωργικών γαιών, φανερώνει πως η ζήτηση σε αρδευτικό νερό θα συνεχίσει να αυξάνει στα επόμενα χρόνια (Latinopoulos, 2002). Έτσι, σε μια αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποίησε ο FAO (Faures et al., 2002), η προβολή της ζήτησης του αρδευτικού νερού ως το 2030 κατέδειξε πως η παγκόσμια ζήτηση για νερό στη γεωργία θα αυξηθεί κατά 14% σε σχέση με τα επίπεδα του 1998, ώστε να επιτευχθεί ισορροπία στο ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης τροφίμων. Με βάση την ίδια έρευνα, οι αρδευόμενες εκτάσεις αναμένονται κατά την ίδια περίοδο να αυξηθούν παγκοσμίως από 202 σε 242 εκατομμύρια εκτάρια.

Οι έντονες ωστόσο πιέσεις και από τις άλλες ανταγωνιστικές χρήσεις του νερού (αστική, βιομηχανική, ενεργειακή) στους ήδη περιορισμένους, και σε πολλές περιοχές σε σπανιότητα, υδατικούς πόρους μπορεί να επιφέρουν σημαντικά προβλήματα διάθεσης των αποθεμάτων και να μην επιτρέψουν την ικανοποίηση της μελλοντικής ζήτησης σε αρδευτικό νερό. Για το λόγο αυτό, η αύξηση της αποτελεσματικότητας στη

χρήση του αρδευτικού νερού θα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για τη διατήρηση της βιωσιμότητας της γεωργίας στο άμεσο μέλλον.

Λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι η περίοδος άρδευσης συμπίπτει με την περίοδο της μικρότερης φυσικής προσφοράς νερού γίνεται εύκολα αντιληπτή η αναγκαιότητα της οικονομικής αποτίμησης της αξίας του. Με την αποτίμηση αυτή θα αναδειχθεί και η οικονομική συνεισφορά του νερού στην αξία της γεωργικής παραγωγής, έτσι ώστε να μη γίνεται υπερεκτίμησή της, η οποία πιθανώς να οδηγήσει σε αυξημένη κατανάλωση νερού και σε μικρή οικονομική αποτελεσματικότητα.

Στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων η τιμή του αγροτικού νερού είναι σκόπιμο, πέρα των άλλων, να αποτελεί και ένα εναλλακτικό κόστος χρήσης του νερού σε σχέση με το νερό της βιομηχανικής και της αστικής χρήσης και αντιστρόφως. Για τον λόγο αυτό, σε συνθήκες ανταγωνισμού μεταξύ των διαφορετικών χρήσεων του νερού, απαιτείται μια σωστή αποτίμηση της αξίας του σε κάθε χρήση ξεχωριστά.

1.4 Κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες της αρδευόμενης γεωργίας

Η αρδευόμενη γεωργία αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα αλληλεπίδρασης του φυσικού περιβάλλοντος και της ευρύτερης αγροτικής κοινωνίας. Στο σύστημα αυτό, οι υδατικοί πόροι είναι ουσιαστικά ένα ενδιάμεσο αγαθό καθώς χρησιμοποιούνται ως εισροές για τη γεωργική παραγωγή. Με τον τρόπο αυτό, αποτελούν πηγή εισοδήματος σε μια ευρύτερη κοινωνική ομάδα που απασχολείται με την παραγωγή, επεξεργασία, διακίνηση και πώληση των αγροτικών προϊόντων. Συμβάλλουν επομένως έμμεσα στην ενδυνάμωση του πρωτογενή τομέα και του εμπορίου αλλά και στη διατήρηση της κοινωνικής συνοχής στις αγροτικές περιοχές. Σε μακροοικονομικό επίπεδο συντελούν στην επίτευξη όχι απαραίτητα της αυτάρκειας αλλά τουλάχιστον ενός θετικού ισοζυγίου εισαγωγών και εξαγωγών τροφίμων στη χώρα καθώς και στη μεγέθυνση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος.

Όλα τα παραπάνω ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι ταυτόσημα με την εντατικοποίηση της γεωργίας και την επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος προς όφελος της βραχυχρόνιας κοινωνικής ευημερίας. Η αρδευόμενη γεωργία δημιουργεί, επομένως, αρκετές περιβαλλοντικές πιέσεις που μπορούν συνοπτικά να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Badlock, 2000):

- Στους υδατικούς πόρους (τόσο στην ποσότητα όσο και στην ποιότητά τους, επηρεάζοντας τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά)
- Στα εδάφη – τόσο στην ποιότητα (π.χ. ρύπανση) όσο και στην ποσότητα (π.χ. διάβρωση)
- Στα οικοσυστήματα και στο τοπίο με τον εκτοπισμό υφιστάμενων βιοτόπων και τη δημιουργία νέων, την υποβάθμιση οικοσυστημάτων, τη διαφοροποίηση της βιοποικιλότητας αλλά και τη μεταβολή του τοπίου.

Η ποσοτική επίπτωση των αρδεύσεων στους υδατικούς πόρους αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα ιδιαίτερα για τις περιοχές με έντονες ανταγωνιστικές χρήσεις του νερού και περιορισμένα φυσικά αποθέματα. Οι υπεραντλήσεις από επιφανειακά νερά μπορεί να

διαταράζουν τη ροή ενός ποταμού ή να προκαλέσουν την πτώση της στάθμης των λιμνών, ενώ στην περίπτωση του υπόγειου νερού είναι πιθανό να προκαλέσουν πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων. Ειδικότερα για την Ελλάδα, το 40% του συνολικού νερού άρδευσης αντλείται από υπόγειους υδροφορείς, με έντονες ωστόσο τοπικές διαφοροποιήσεις (Χατζηλάκου, 2001). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σε αρκετές παραθαλάσσιες πεδινές περιοχές, να παρουσιάζεται διείσδυση θαλασσινού νερού και υφαλμύρωση των υδροφόρων στρωμάτων.

Επιπλέον, η γεωργία αποτελεί και πηγή μη σημειακής ρύπανσης, τόσο των υπόγειων, όσο και των επιφανειακών υδάτων. Οι μη σημειακοί ρύποι της γεωργίας αφορούν κυρίως τα ιζήματα, τα γεωργικά φάρμακα και τα θρεπτικά στοιχεία που προέρχονται από τα λιπάσματα. Περιλαμβάνουν, επίσης τοξικά, μέταλλα, καθώς και μικροοργανισμούς, που μπορεί να αποτελέσουν απειλή για τον άνθρωπο ή για τον υδρόβιο μικρόκοσμο.

Η κατεργασία του εδάφους και η εφαρμογή χημικών λιπασμάτων είναι κατά βάση οι χειρισμοί που ευθύνονται για την απομάκρυνση ιζημάτων και θρεπτικών ουσιών από τα αγροοικοσυστήματα και τη μεταφορά τους στους υδατικούς πόρους, υπόγειους και επιφανειακούς. Οι αρδεύσεις επιτείνουν σημαντικά αυτή τη διεργασία για δύο λόγους. Πρώτον, γιατί στα αρδευόμενα αγροκτήματα χρησιμοποιούνται αρκετά μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων και δεύτερον διότι, όταν το εφαρμοζόμενο νερό υπερβαίνει τις ανάγκες των φυτών, μια ποσότητα στραγγίζει προς τις τάφρους ή τα βαθύτερα στρώματα. Έτσι λοιπόν, υδατικοί πόροι που βρίσκονται σε έντονα αρδευόμενες περιοχές παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη πιθανότητα να έχουν υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου (νιτρικές και αμμωνιακές) και φωσφόρου. Οι πρώτες καθιστούν το νερό ακατάλληλο για πόση ενώ μπορεί να αποβούν και τοξικές για διάφορα υδρόβια είδη. Όσον αφορά τις φωσφορικές ενώσεις, αυτές αποτελούν βασική αιτία για τον ευτροφισμό των εσωτερικών αλλά και των παράκτιων υδάτων.

Η διάβρωση των εδαφών και η ιζηματογένεση είναι χαρακτηριστικά προβλήματα της αρδευόμενης γεωργίας με συνέπειες τόσο στο ίδιο το έδαφος όσο και στους υδατικούς πόρους (κατάντη της περιοχής διάβρωσης). Ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει, όταν μεγάλες ποσότητες αρδευτικού νερού εισρέουν σε ένα σύστημα με περιορισμένη αποθηκευτικότητα και φυσική ικανότητα αποστράγγισης, είναι ο κορεσμός του ανώτερου στρώματος του εδάφους και η υφαλμύρωση των εδαφών. Εδάφη με τα χαρακτηριστικά αυτά χάνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την παραγωγικότητά τους και επομένως, και την αξία τους ως συντελεστών παραγωγής.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι παραπάνω οι πιέσεις επιστρέφουν κάποια στιγμή ως πιέσεις και στην ίδια τη γεωργία. Έτσι, όταν για παράδειγμα δημιουργηθούν ελλείμματα νερού, οι γεωργοί θα προσπαθήσουν να τα καλύψουν με ανορθόδοξους τρόπους και με υπέρβαση της μέγιστης επιτρεπόμενης άντλησης, δημιουργώντας ένα φαύλο κύκλο αρνητικού ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού. Αυτό θα έχει ως επιπρόσθετη συνέπεια τον κορεσμό του επιφανειακού στρώματος του εδάφους, αλλά και την υφαλμύρωση των υδατικών πόρων, με αποτέλεσμα χαμηλότερες αποδόσεις στα γεωργικά προϊόντα και μείωση, εν τέλει, του κέρδους των γεωργών.

Η αρδευόμενη γεωργία μπορεί ωστόσο να έχει και θετική συμβολή σε ένα οικοσύστημα. Καταρχήν, περιοχές με γεωργικές χρήσεις γης εμποδίζουν την άμεση

γειννίαση των υδατικών πόρων και των υγροτόπων με βιομηχανίες και οικισμούς. Επιπλέον, ένας ταμιευτήρας για αρδευτικούς σκοπούς, αν σχεδιαστεί σωστά, θα μπορούσε όχι μόνο να μην προκαλέσει σοβαρές διαταράξεις στο περιβάλλον, αλλά να έχει και θετικές συνέπειες (π.χ. λίμνη Κερκίνη). Επίσης, οι ορυζώνες που συνιστούν την πιο υδροβόρα αρδευόμενη καλλιέργεια αποτελούν πολύτιμο ενδιαίτημα για την άγρια ορνιθοπανίδα, ενώ ακόμα και οι ανοικτές στραγγιστικές τάφροι θα μπορούσαν να θεωρηθούν ότι έχουν κάποια περιβαλλοντική αξία, γιατί έχουν νερό για μακρές περιόδους, χωμάτινα πρηνή και υδρόφιλη βλάστηση (Γεράκης & Κουτράκης, 1999).

Η διαχείριση των υδατικών πόρων έχει πάρει διάφορες μορφές και κατευθύνσεις στην ιστορία της ανθρωπότητας. Από τη δεκαετία του 1950 επικράτησε η αντίληψη της διαχείρισης της προσφοράς. Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση έπρεπε να ικανοποιηθεί με οποιοδήποτε τρόπο. Η κατασκευή ολοένα και μεγαλύτερων φραγμάτων, για την εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών και η ανόρυξη περισσότερων γεωτρήσεων, για την εκμετάλλευση των υπόγειων νερών, ήταν η λύση που είχε δοθεί στο πρόβλημα (Gribble, 1999; Gleick, 2000). Οι συνεχώς αυξανόμενες δημόσιες επενδύσεις αλλά και οι επιχορηγήσεις προς ιδιώτες είχαν ως αποτέλεσμα την επέκταση των υποδομών παροχής των υπηρεσιών του νερού για την κάλυψη της ζήτησης, αλλά και την ποιοτική υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Η υπεράντληση οδήγησε σε ταπείνωση της στάθμης των υδροφορέων, τη μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων, την επιβάρυνση του ενεργειακού και οικονομικού ισοζυγίου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρείται η εκτίμηση της αξίας του νερού με ειδική εφαρμογή στη γεωργία και το αγροτικό νερό. Το τελευταίο, δεν συνιστά, όπως η ύδρευση, υπηρεσία κοινής ωφέλειας αλλά αποτελεί ουσιαστικά ένα ενδιάμεσο αγαθό παραγωγής γεωργικών προϊόντων με μεγάλη προστιθέμενη αξία στο γεωργικό εισόδημά και με σαφώς μεγαλύτερη ευαισθησία της ζήτησής του - σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις του νερού - στις διάφορες μεταβολές της τιμής του. Είναι, λοιπόν, απαραίτητη η ανάπτυξη και η μελέτη προχωρημένων τεχνικών για μια ολοκληρωμένη αλλά και βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων που δε θα στοχεύει στην οικονομική αφαίμαξη των γεωργών αλλά στη δημιουργία περιβαλλοντικής συνείδησης και προστασίας των υδατικών πόρων.

2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΝΕΡΟΥ

2.1 Ορισμός της έννοιας της αξίας του νερού

Η αξία του νερού για το χρήστη, μπορεί να ποσοτικοποιηθεί από την προθυμία του καταναλωτή να πληρώσει, αλλά υπάρχουν και πρόσθετα οφέλη, όπως είναι τα οφέλη δικτύου από έμμεσες χρήσεις και με ακόμη πιο ευρεία ερμηνεία, οφέλη τα οποία πληρούν κοινωνικούς σκοπούς. Είναι φανερό ότι η διανομή του νερού είναι ελκυστική στους χρήστες, όταν η πλήρης αξία του νερού ξεπερνά το ολικό κόστος του. Ο καθορισμός της αξίας και του κόστους είναι αυτό ακριβώς που απαιτείται στην οικονομική ανάλυση, ώστε να είναι το δυνατόν αποδοτικότερη (Savenije and Zaag, 2002). Το νερό, καθώς υπόκειται στο νόμο της προσφοράς και της ζήτησης, έχει μια οικονομική αξία σε όλες τις ανταγωνιστικές του χρήσεις. Αυτή η διαπίστωση πρέπει να αποτελέσει τη βάση για τη σωστή εκτίμηση της πραγματικής του αξίας. Στο συνέδριο του Δουβλίνου για το Νερό και το Περιβάλλον (ICWE, 1992) τονίσθηκε μεταξύ άλλων, ότι το νερό πρέπει να θεωρείται οικονομικό αγαθό. Διαχρονικά, η αναγνώριση της οικονομικής αξίας του νερού υποβαθμίζεται με αποτέλεσμα την υποτιμολόγησή του ή ακόμη και τη δωρεάν παροχή του. Το γεγονός αυτό δημιουργεί στους χρήστες τη νοοτροπία να αντιμετωπίζουν το νερό ως ανεξάντλητο και να το κατασπαταλούν, με άμεσες περιβαλλοντικές συνέπειες (Γιαννόπουλος και Τζιμόπουλος, 2003). Η πρακτική αυτή οδηγεί σε μεγάλη «κοινωνική αδικία», αφού στρέφεται σε βάρος όσων αναγκάζονται να πληρώσουν για να έχουν πρόσβαση σε επαρκή ποσότητα και σε καλής ποιότητας νερό. Η υποτίμηση της αξίας του νερού δημιουργεί επίσης και ζημία στις υπηρεσίες μεταφοράς, καθαρισμού και διανομής του, καθώς οι πολίτες δε δέχονται να πληρώσουν για τη βελτίωση των υπηρεσιών αυτών (Serageldin, 1995).

Επομένως, η αποτίμηση της αξίας του νερού κρίνεται πλέον επιβεβλημένη. Αυτή, μεταξύ άλλων βοηθά τους αρμόδιους στη λήψη αποφάσεων στη διαχείριση υδατικών πόρων, στην προστασία, και ορθολογική κατανομή του πόρου όταν η αυξημένη ζήτηση σε όλους τους τομείς χρήσης έρχεται αντιμέτωπη με την ανεπάρκειά του (Ward and Michelsen 2002). Το γεγονός αυτό επισημάνθηκε και από τους Mallios et al. (2009) σύμφωνα με τους οποίους η σχεδίαση αποδοτικών συστημάτων κατανομής του πόρου εξαρτάται από την αξιόπιστη εκτίμηση της οικονομικής του αξίας.

Ως εκ τούτου, η αποτίμηση της αξίας του αρδευτικού νερού αποτελεί καίριο θέμα στον τομέα της διαχείρισής του. Η αντιμετώπιση του νερού ως οικονομικό αγαθό, δεν πρέπει να συνεπάγεται υπερβολικές αυξήσεις στα τιμολόγια με αρνητικές συνέπειες στην κοινωνική αποδοχή των μέτρων, ούτε με πρακτικές που αποσκοπούν τη συγκέντρωση επιπλέον εσόδων για την κάλυψη των ελλειμμάτων της δημοσιονομικής πολιτικής. Ο στόχος θα πρέπει να είναι η βιωσιμότητα και η ελάττωση της σπατάλης μέσω της αναγνώρισης της αξίας του πόρου. Τα έσοδα από την εφαρμογή των μέτρων θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των υπηρεσιών, μέχρι η κατάσταση των υδατικών συστημάτων να γίνει τέτοια ώστε να μην υπάρχει πλέον ανάγκη για επιπρόσθετα μέτρα. Το πραγματικό κόστος του νερού θα πρέπει να υπολογίζεται ακόμα και σε περιπτώσεις κρατικών ή άλλων μορφών επιδοτήσεων, ανεξάρτητα από την οικονομική πολιτική που θα ασκηθεί (Μυλόπουλος & Κολοκύθα, 1996).

2.2 Η αξία του νερού στη γεωργία

Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι η γνώση και η αναγνώριση της αξίας του νερού είναι βασικός παράγοντας για να γίνει με το δυνατόν καλύτερο τρόπο ο συμβιβασμός μεταξύ οικονομικών και παραγωγικών απαιτήσεων και προστασίας των υδατικών πόρων. Σύμφωνα με τον Pearce (1993), μόνο όταν υπάρχουν επαρκείς και αξιόπιστες εκτιμήσεις της αξίας του νερού είναι εφικτή η οικονομική αποτίμηση των παραγωγικών του δυνατοτήτων, αλλά και η αξιολόγηση των σχετικών επενδύσεων. Ειδικότερα, στην περίπτωση του νερού που χρησιμοποιείται στη γεωργία υπάρχουν αρκετοί λόγοι που αιτιολογούν και καθιστούν αναγκαία την αποτίμηση αυτή:

- Η αποτίμηση της αξίας του νερού στη γεωργία μπορεί να αποτελέσει πηγή πληροφόρησης σχετικά με την οικονομική συνεισφορά του νερού στη γεωργική παραγωγή και τη σχέση αξίας και επιδότησης νερού (Latinopoulos, 2002).
- Η αποτίμηση της αξίας του νερού μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μια σωστή και αποτελεσματική τιμολόγηση (Tiwari, 1998). Η γνώση της αξίας του νερού είναι σημαντική για την επιλογή της κατάλληλης πολιτικής τιμολόγησης και της σωστή κατανομής του νερού μεταξύ των διαφόρων ανταγωνιστικών χρήσεων του (Λατινόπουλος, 2006).
- Η αποτίμηση της αξίας του νερού στη γεωργία είναι χρήσιμη όχι μόνο για τον αγροτικό τομέα, αλλά και για τους υπόλοιπους, ανταγωνιστικούς στην κατανάλωση νερού, τομείς. Η αιτία είναι ότι η αξία του αρδευτικού νερού μπορεί να αποτελέσει το εναλλακτικό κόστος, τόσο της βιομηχανικής, όσο και της αστικής χρήσης του νερού και αντίστροφα (Λατινόπουλος, 2006). Οι ορθολογικές αποφάσεις που υποστηρίζουν την ανάπτυξη των υδάτινων πόρων, την κατανομή και τη χρήση τους, απαιτούν τη μέτρηση της τιμής του νερού σε εναλλακτικές χρήσεις.
- Η οικονομική ανταποδοτικότητα των νέων εγγαιοβελτιωτικών έργων και των αρδευτικών δικτύων και η αποκατάσταση των υπαρχόντων έργων πρέπει, επίσης, να βασίζεται στην οικονομική αποτίμηση των υδατικών πόρων (Young, 1996). Έτσι, η γνώση του συνολικού οφέλους από τη χρήση του νερού (δηλαδή η συνολική αξία του νερού) είναι απαραίτητη για την εκπόνηση μιας ανάλυσης κόστους – οφέλους, η οποία θα πρέπει με τη σειρά της να διασφαλίζει ότι το συνολικό όφελος ενός νέου έργου θα είναι τουλάχιστον ίσο με το συνολικό του κόστος (Λατινόπουλος, 2006).
- Η ανάπτυξη της έννοιας της αξίας είναι χρήσιμη για την ανάλυση της πολιτικής και των στόχων της. Οι αρδεύσεις έχουν συχνά ένα κοινωνικό όφελος πολύ μεγαλύτερο από την αύξηση του ευημερίας των γεωργών, καθώς συμβάλλουν στην οικονομική βιωσιμότητα και την κοινωνική συνοχή των αγροτικών περιοχών (Rogers et al., 2002). Αυτό το όφελος πρέπει να λαμβάνεται εξίσου υπόψη στη χάραξη πολιτικής.
- Οι πληροφορίες σχετικά με την οικονομική αξία του νερού δίνουν τη δυνατότητα στους ιθύνοντες να πάρουν σωστότερες αποφάσεις, να έχουν περισσότερες επιλογές για την ανάπτυξη, την κατανομή του νερού και τη χρήση του.

- Η αξία του νερού και το γεγονός ότι αυτό υπόκειται στους νόμους της οικονομίας αναγνωρίζεται συνήθως από τα αρνητικά αποτελέσματα (κόστος καθαρισμού, απορρύπανσης, αποκατάστασης των υδατικών συστημάτων που έχουν υποβαθμιστεί, καθώς και το κόστος της μεταφοράς νερού σε περιπτώσεις εξάντλησης των τοπικών υδατικών αποθεμάτων). Η έγκαιρη αναγνώριση και γνώση της αξίας του νερού ενισχύει την αποφυγή τέτοιων φαινομένων και τη βιωσιμότητά του.

Η αποτίμηση της αξίας του νερού στη γεωργία είναι σύνθετο και δύσκολο εγχείρημα. Η πλειοψηφία των μελετών θεωρεί ως αξία νερού κυρίως την οικονομική συνεισφορά των αρδεύσεων στην αξία της γεωργικής παραγωγής (Small and Carruthers, 1991; Turner et al., 2004) και σπανιότερα εκτιμάται η περιβαλλοντική και ενδογενής αξία των υδατικών πόρων (Bakker and Matsuno; 2001, Renwick, 2001). Ακόμα και σήμερα το αρδευτικό νερό αντιμετωπίζεται συνήθως ως ένα ενδιάμεσο αγαθό, που συνεισφέρει έμμεσα στο γεωργικό εισόδημα. Επομένως η αξία του αρδευτικού νερού μπορεί να οριστεί ως το μέγιστο ποσό, το οποίο είναι διατεθειμένος να πληρώσει ένας γεωργός που είναι πλήρως ενημερωμένος και λειτουργεί ορθολογικά. Αυτή η επιθυμία πληρωμής μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά με μια καμπύλη ζήτησης, η οποία θα απεικονίζει την ποσότητα νερού που καταναλώνεται σε διάφορες τιμές χρέωσής του (Young, 1996). Η δημιουργία καμπυλών ζήτησης, ειδικά στην Ελλάδα είναι δύσκολο έως αδύνατο εγχείρημα, καθώς δε μπορεί να γίνει εκτίμηση της καταναλισκόμενης ποσότητας. Έπειτα από συνεντεύξεις, αγρότες και Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) δήλωσαν ότι δε γνωρίζουν πόσο νερό καταναλώνουν, αλλά ούτε και μπορεί να υπολογισθεί, καθώς δεν υπάρχει η απαραίτητη υποδομή ώστε να λειτουργήσουν μετρητές (Μπουζούκης, 2016). Όσον αφορά την τιμή, η χρέωση είναι στρεμματική ή ανά ώρα χρήσης των γεωτρήσεων, επομένως η όποια προσπάθεια εκτίμησης είναι εξαιρετικά δύσκολη και θα συνοδεύεται από μία σειρά αδυναμίες λόγω των παραδοχών που θα χρειαστούν.

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, αν η ακαθάριστη πρόσδοος των αρδευόμενων καλλιεργειών είναι μικρή, τότε και η αξία του νερού θα είναι επίσης χαμηλή. Αν όμως οι υδατικοί πόροι χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες με προϊόντα υψηλής αξίας, τότε και η αξία του νερού θα είναι υψηλή. Σε ορισμένες, μάλιστα, περιπτώσεις η εν λόγω αξία είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με την αξία του νερού στην αστική και βιομηχανική χρήση του (Briscoe, 1996). Αυτή όμως η θεώρηση δε λαμβάνει υπόψη τα κύρια χαρακτηριστικά του νερού που το διαφοροποιούν από άλλα αγαθά: την περιβαλλοντική διάστασή του, τη φυσική του διαθεσιμότητά ως πόρο και την αξία που μπορεί να είχε είτε σε εναλλακτικές (ανταγωνιστικές) χρήσεις, είτε στην προστασία (διατήρησή) του.

Το αρδευτικό νερό προέρχεται από υδατικούς πόρους με πολλαπλές δυνητικές χρησιμότητες και συχνά ανήκει σε ένα ευρύτερο οικοσύστημα με ποικίλες περιβαλλοντικές λειτουργίες. Επομένως η αξία του πρέπει να συμπεριλαμβάνει (όσο είναι δυνατόν) και τις υπόλοιπες χρηστικές και μη χρηστικές αξίες του (Hoekstra et al., 2005). Το νομοθετικό πλαίσιο που καθιέρωσε ρητά τη σημαντικότητα και το ρόλο που πρέπει να έχει η πλήρης αξία του νερού, είναι η Οδηγία Περί Υδάτων 2000/60/ΕΚ.

2.3 Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα Ύδατα

Το νερό είναι ένα κοινωνικό αγαθό, αναντικατάστατο για την επιβίωση, την υγεία και την οικονομική ανάπτυξη με σημαντική πολιτιστική ή ακόμα και θρησκευτική αξία (Gleick, 2000). Η Οδηγία 2000/60 αποτέλεσε το επιστέγασμα των «Αρχών Νερού του Δουβλίνου» και των αρχών που διατυπώθηκαν στη διακήρυξη του Ρίο «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» το 1992, συνδυάζοντας ποιοτικούς, ποσοτικούς και οικολογικούς στόχους για την προστασία υδάτινων οικοσυστημάτων και την επίτευξη της καλής κατάστασης όλων των υδάτινων σωμάτων. Ένα από τα νέα στοιχεία που εισήγαγε η Οδηγία 2000/60 είναι ότι για πρώτη φορά στην πολιτική της ΕΕ για το περιβάλλον, ένα νομικό κείμενο προτείνει οικονομικές αρχές και οικονομικά εργαλεία ως βασικά μέτρα για την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στόχων. Με τον τρόπο αυτό η Οδηγία δημιουργεί μια μοναδική ευκαιρία, και ταυτόχρονα πρόκληση, για το συνδυασμό της εμπειρικής έρευνας με την ανάπτυξη πολιτικών διαχείρισης και προστασίας των υδάτινων πόρων. Μέχρι σήμερα, όπου αναμένεται η εφαρμογή της, αποτελεί το σημαντικότερο εργαλείο για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από την υποβάθμιση της ποιότητας των νερών και την πίεση που ασκείται στα υδατικά αποθέματα λόγω συνεχούς αύξησης της ζήτησης για νερό καλής ποιότητας, σε όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

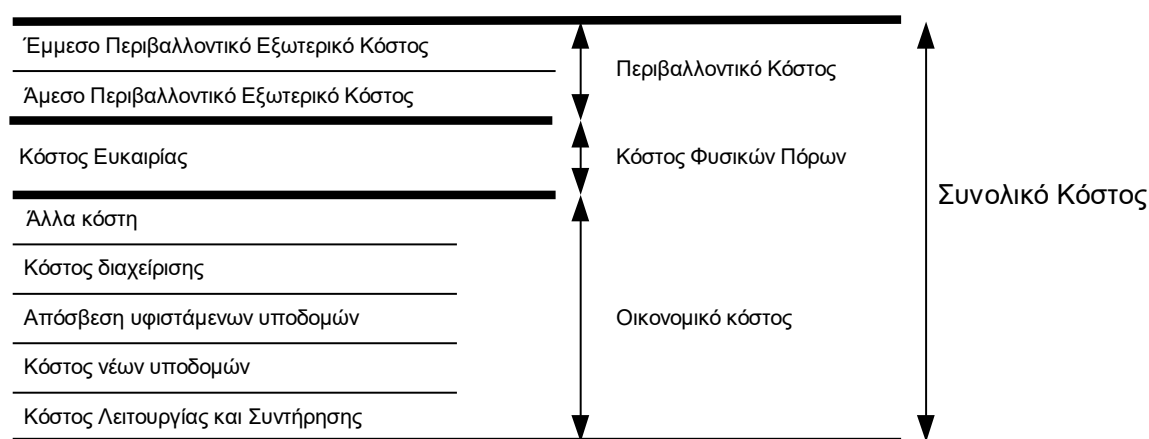
Σκοπός της είναι κάθε κράτος μέλος όχι μόνο να παρακολουθεί το καθεστώς των υδάτων αλλά να καταφέρει να τα διατηρεί σε καλή οικολογικά κατάσταση. Αυτό υπονοεί την αναγκαιότητα να αναγνωριστούν αρχικά οι αιτίες και τα αποτελέσματα και να εφαρμοστεί άμεση επανόρθωση, όπου χρειάζεται (Holmes & Boon, 2000). Επίσης:

- Προστατεύει όλα τα ύδατα-ποταμούς, λίμνες, παράκτια και υπόγεια.
- Θέτει φιλόδοξους στόχους για να εξασφαλιστεί ότι όλα τα ύδατα θα ανταποκρίνονται στην καλή κατάσταση μέχρι το 2015.
- Δημιουργεί σύστημα διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.
- Απαιτεί διασυνοριακή συνεργασία μεταξύ χωρών και όλων των εμπλεκόμενων μερών.
- Εξασφαλίζει ενεργό συμμετοχή όλων των φορέων, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών οργανισμών και τοπικών αρχών, στις δραστηριότητες διαχείρισης υδάτων.
- Εξασφαλίζει μείωση και έλεγχο της ρύπανσης από όλες τις πηγές, όπως η γεωργία, η βιομηχανική δραστηριότητα, κ.λπ.
- Απαιτεί πολιτικές τιμολόγησης του νερού και εξασφαλίζει ότι ο ρυπαίνων πληρώνει.
- Εξισορροπεί τα συμφέροντα του περιβάλλοντος με τα συμφέροντα αυτών που εξαρτώνται από αυτό.

Ουσιαστικά, ο βασικός στόχος της οδηγίας είναι διατηρηθεί μια «καλή» κατάσταση για όλα τα νερά (επιφανειακά, υπόγεια, παράκτια) αλλά και ανάκαμψη αυτών που υστερούν. Αυτό απαιτεί τη σύσταση και λειτουργία διαχειριστικού φορέα, αρμόδιου για το σύνολο της λεκάνης απορροής κάθε υδατικού αποδέκτη και μέσου. Βασικό στοιχείο της είναι η άμεση αναφορά της στην αρχή της «ανάκτησης κόστους» των

υπηρεσιών νερού. Η ανάκτηση κόστους δεν περιορίζεται στο χρηματοοικονομικό κόστος παροχής υπηρεσιών αλλά αναφέρεται και στα περιβαλλοντικά κόστη που σχετίζονται με αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το κόστος ευκαιρίας (κόστος φυσικών πόρων) που σχετίζεται με την παροχή νερού. Το Άρθρο 9.1 της Οδηγίας αναφέρεται στο συνολικό κόστος των υπηρεσιών νερού και καθιστά αναγκαία την αναλυτική εκτίμηση όλων των συνιστωσών που παρουσιάζονται στο **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε..** Το συνολικό κόστος περιλαμβάνει:

- i. Το χρηματοοικονομικό κόστος που περιλαμβάνει τα κόστη επενδύσεων, λειτουργίας και συντήρησης των έργων, διαχειριστικά και διοικητικά κόστη και άλλα άμεσα οικονομικά κόστη.
- ii. Το κόστος των φυσικών πόρων, το οποίο με βάση τη WATECO αντιπροσωπεύει την απώλεια οφέλους λόγω του περιορισμού των διαθέσιμων υδατικών πόρων σε βαθμό μεγαλύτερο από το φυσικό ρυθμό ανανέωσης τους. Η νεότερη, διευρυμένη ερμηνεία του κόστους φυσικών πόρων (DG ECO 2, 2004) είναι ότι αυτό αντιπροσωπεύει το κόστος ευκαιρίας από την κατανομή του νερού υπό συνθήκες έλλειψης στις επιμέρους χρήσεις, συνδέοντας το με τη μη – οικονομικά αποδοτική χρήση, τόσο χωρικά όσο και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.
- iii. Το περιβαλλοντικό κόστος που αντιπροσωπεύει το κόστος από τις επιπτώσεις που προκαλούν οι χρήσεις νερού στο περιβάλλον και τα υδάτινα οικοσυστήματα (υποβάθμιση και εξάντληση φυσικών πόρων). Ο ορισμός που προτάθηκε από το DG ECO 2 περιλαμβάνει εκτός από τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, και τις επιπτώσεις στους χρήστες (π.χ. αναψυχή, επιπτώσεις στην υγεία, αυξημένα κόστη επεξεργασίας νερού λόγω αυξημένων συγκεντρώσεων νιτρικών από γεωργικές δραστηριότητες κλπ.).



Σχήμα 2.1 Συνιστώσες του συνολικού κόστους των υπηρεσιών νερού (WATECO, 2002; Rogers et al., 1998; DG ECO 2, 2004)

2.4 Χρηματοοικονομικό κόστος και μέθοδοι υπολογισμού

Προϋπόθεση για την συνεχή προσφορά των υπηρεσιών ύδατος είναι η πλήρης κάλυψη του χρηματοοικονομικού (άμεσου) κόστους συμπεριλαμβανομένου και του κέρδους.

Η αποτυχία κάλυψης του άμεσου κόστους ευθύνεται, για την απώλεια μεγάλων ποσοτήτων νερού από τα δίκτυα διανομής και προκαλεί την ανάγκη για κρατικές επιδοτήσεις στους χρήστες του νερού (Massarutto 2003). Η εκτίμηση του κόστους αυτού απαιτεί την ακριβή συλλογή στοιχείων, καθώς αφορά το κόστος παροχής και διοίκησης υπηρεσιών νερού. Αποτελείται από τις εξής επιμέρους συνιστώσες (WATECO, 2002):

Κόστος Κεφαλαίου:

Γενικά ο όρος «κεφάλαιο» δεν περιορίζεται μόνο στη χρηματική του έννοια, αλλά επεκτείνεται και στην παραγωγική. Περιλαμβάνει δηλαδή όλους τους διαθέσιμους πόρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών που ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες ή είναι άμεσα μετατρέψιμοι σε χρηματικές μονάδες. Επομένως, η αξία του χρηματικού κεφαλαίου δεν είναι σταθερή στο χρόνο (Αλαμάνος Α., 2017). Σημαντικό για τον υπολογισμό του κόστους κεφαλαίου είναι η αφαίρεση των αποσβέσεων του. Η μεταβολή της αξίας του χρηματικού κεφαλαίου στο χρόνο καθορίζεται από το επιτόκιο. Με τον όρο επιτόκιο εννοείται η σταθερή χρονικά προσαύξηση ενός αρχικού χρηματικού ποσού που αποταμιεύεται (π.χ. σε μια τράπεζα). Η πρόσθεση αυτή στη αρχικό κεφάλαιο είναι ο ανατοκισμός. Βασική παραδοχή αποτελεί το γεγονός ότι το χρηματικό κεφάλαιο συνήθως θεωρείται ως συντελεστής παραγωγής, ενώ ο τόκος που αποδίδει αποτελεί την αμοιβή του για τη συμβολή του στην παραγωγική διαδικασία. Η παραδοχή αυτή δικαιολογείται από την ύπαρξη χρηματοπιστωτικών αγορών, όπου τα διατιθέμενα σήμερα χρηματικά κεφάλαια μπορούν να ανταλλάγουν με μεγαλύτερα χρηματικά κεφάλαια, τα οποία όμως θα αποδοθούν στο μέλλον. Τέλος, για τον υπολογισμό του χρηματοοικονομικού κόστους θα πρέπει να αφαιρούνται οι αποσβέσεις, δηλαδή η λογιστική διαπίστωση της ζημιάς που προκαλείται στην αξία του ενεργητικού με τη χρήση ή με την πάροδο του χρόνου. Η πρακτική των αποσβέσεων συνίσταται στην αφαίρεση ενός συγκεκριμένου ποσού από τα ακαθάριστα κέρδη σε ετήσια βάση, μέχρις ότου το άθροισμα των ετήσιων αποσβέσεων να γίνει ίσο με την αξία αγοράς των πάγιων στοιχείων. Η απόσβεση δεν αποτελεί ταμειακή ροή και για το λόγο αυτό κατά την κατάστρωση του πίνακα των ταμειακών ροών δεν συμπεριλαμβάνεται στις δαπάνες λειτουργίας.

Κόστη Λειτουργίας και Συντήρησης:

Αυτή η κατηγορία περικλείει όλα αυτά τα καθημερινά κόστη που αντιμετωπίζει η εταιρεία προκειμένου το δίκτυο παροχής νερού να παραμένει σε μία σχετικά καλή κατάσταση ώστε να καλύπτει τουλάχιστον μία ορισμένη στάθμη ποιότητας υπηρεσιών που θεωρεί ως σημαντική και έχει δεσμευτεί για αυτό. Στο λειτουργικό κόστος συμπεριλαμβάνεται το εργατικό κόστος, το κόστος των χημικών, κατανάλωσης ενέργειας και το κόστος εργασιών τρίτων. Επίσης στον υπολογισμό του θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και ο σχεδιασμός ολοκλήρωσης του συστήματος παροχής νερού καθώς μπορεί να ολοκληρωθεί σε πολλά στάδια, ακόμα και δεκαετίες. Το λειτουργικό κόστος θεωρείται σταθερό κόστος (fixed cost), σε σχέση με τα άλλα κόστη (Drafting Group ECO1, 2004).

Το κόστος συντήρησης, αφορά τα κόστη που συντελούν στη διατήρηση της σωστής λειτουργίας των υφιστάμενων ή νέων εγκαταστάσεων μέχρι το τέλος του χρόνου ζωής τους. Το κόστος συντήρησης μπορεί να εκτιμηθεί σε χρηματικές μονάδες ανά χρονική

περίοδο (€/χρονικό διάστημα) ως συνάρτηση της παροχής, της μέσης πίεσης δικτύου και του μήκους των αγωγών ή καναλιών μέχρι την είσοδο της περιοχής που μελετάται, και στη συνέχεια να αθροιστεί για το σύνολο του δικτύου (Αλαμάνος Α. 2018). Διαφορετικά, το κόστος αυτό μπορεί να εκτιμηθεί σε μία περιοχή για μια χρονική περίοδο σε σχέση με το πλήθος των παραπάνω παραγόντων και να εξαχθεί μια εξίσωση, αντιπροσωπευτική για όλο το δίκτυο. Ο χρόνος παίζει ρόλο με την έννοια των περιόδων αιχμής (αρδευτική περίοδος Απριλίου – Οκτωβρίου), στις οποίες η τιμολόγηση πρέπει να διαφέρει από αυτή της χειμερινής περιόδου. Επομένως, μία παρέμβαση στο δίκτυο πρέπει να σχεδιάζεται με πολύ μεγάλη προσοχή καθώς επηρεάζει το κόστος λειτουργίας και συντήρησης για μεγάλο μέρος των χρηστών καθώς και τον τρόπο που αυτό κατανέμεται στους χρήστες. Έτσι, ενώ κατά το σχεδιασμό θεωρείται σταθερό το οριακό κόστος (Marginal Cost), για κάθε περιοχή του δικτύου είναι διαφορετικό.

Κόστος Διοίκησης:

Πρόκειται για εκείνο το κόστος που συνδέεται με την εκτέλεση διοικητικών και συντονιστικών δραστηριοτήτων. Παραδείγματα τέτοιου κόστους είναι: αγορές ειδών γραφείου (π.χ. χαρτί εκτύπωσης, φάκελοι, ετικέτες κλπ.), ταχυδρομικά έξοδα ή έξοδα παραδόσεων, δαπάνες χρήσης παροχών Οργανισμών Κοινής Ωφέλειας (π.χ. ηλεκτρικό ρεύμα, νερό, τηλεπικοινωνίες), ανθρώπινου δυναμικού (αμοιβές προσωπικού, επιβραβεύσεις απόδοσης, κόστη ταξιδιού και έξοδα ασφάλισης), συνδρομές σε τεχνικούς και επαγγελματικούς οργανισμούς καθώς και οι αποσβέσεις των παγίων περιουσιακών στοιχείων. Το διοικητικό κόστος ή τα γενικά έξοδα (εγκαταστάσεις και διοίκηση, μισθώματα, ηλεκτρικό ρεύμα, αποσβέσεις, τηλέφωνο κλπ.) αποτελούν έμμεσο κόστος που σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί με μεγάλη ακρίβεια (για μία συγκεκριμένη συνιστώσα του ή για μία συγκεκριμένη λειτουργία της εταιρείας) χωρίς η εταιρεία να έχει ξεκινήσει τη λειτουργία της, καθώς σε πολλές περιπτώσεις κατά τη λειτουργία της εταιρείας εμφανίζονται διάφορα προβλήματα και δαπάνες που είναι αδύνατον να προβλεφθούν. Ακόμα και αν μία συνιστώσα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η τύχη, πρόκειται για πραγματικό έξοδο που θα αναλάβει η εταιρεία παροχής νερού και υπηρεσιών νερού εφόσον θα λειτουργεί. Συνήθως προσδιορίζεται ως ποσοστό επί των μισθών και των λοιπών αμοιβών, ή ως ποσοστό του συνολικού άμεσου κόστους.

Λοιπά Άμεσα Κόστη:

Εδώ εντάσσονται όλα τα άλλα χρηματοοικονομικά έξοδα που μπορεί να έχει μία εταιρεία, κυρίως στις επενδύσεις της. Το κόστος επένδυσης μπορεί να είναι το κόστος εξοπλισμού/μηχανημάτων, κόστος νέων έργων κ.ά. Τέλος, εντάσσονται και κόστη σχετικά με τις παραγωγικές απώλειες από απαγορευτικά μέτρα, όπως μείωση της αγροτικής παραγωγής λόγω της δημιουργίας μιας προστατευόμενης περιοχής.

Η αποτίμηση του χρηματοοικονομικού κόστους είναι ευκολότερη σε σχέση με το κόστος πόρου και το περιβαλλοντικό. Αυτό προϋποθέτει βέβαια τη συγκέντρωση των κατάλληλων στοιχείων όπως η διάρκεια ζωής των επενδύσεων, τα επιτόκια αναγωγής και οι μέθοδοι υπολογισμού των αποσβέσεων. Γενικοί φόροι και επιδοτήσεις δεν περιλαμβάνονται στην εκτίμηση του βαθμού ανάκτησης κόστους, ενώ οι περιβαλλοντικοί φόροι συνυπολογίζονται στο περιβαλλοντικό κόστος καθώς

αποτελούν εσωτερίκευση μέρους του κόστους αυτού. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται εντόνως στη μελετώμενη λεκάνη απορροής, καθώς οι ΤΟΕΒ δε λειτουργούν πλέον.

Μεθοδολογικά προβλήματα συχνά δημιουργεί η κατανομή των συνιστωσών του χρηματοοικονομικού κόστους σε επιμέρους χρήσεις ή χρήστες. Παράδειγμα μίας τέτοιας περίπτωσης είναι η κατανομή του κόστους στην περίπτωση φραγμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται τόσο για ύδρευση όσο και για άρδευση. Η κατανομή του λειτουργικού κόστους είναι σχετικά απλή και πραγματοποιείται συνήθως με βάση την ποσότητα νερού που λαμβάνει κάθε χρήση. Ωστόσο, η κατανομή του κόστους κεφαλαίου πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους. Παραδείγματος χάρη, στην Ισπανία η κατανομή του κόστους πραγματοποιείται στη βάση συντελεστών, οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη, μεταξύ άλλων, και το θεωρητικό οικονομικό όφελος από τη χρήση νερού (Confederacion Hidrografica de Jucar, 2004). Στην Κύπρο αντίθετα, η κατανομή του κόστους κεφαλαίου βασίζεται στη μακρόχρονη χρήση της υποδομής, δηλαδή στην ποσότητα που κατανεμήθηκε σε κάθε χρήση καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας κάθε έργου (PriceWaterHouseCoopers, 2001), ενώ η κατανομή μπορεί να πραγματοποιηθεί και όπως στην περίπτωση του λειτουργικού κόστους, δηλαδή ανάλογα με την ετήσια ποσότητα νερού που κατανεμήθηκε σε κάθε χρήση.

2.5 Κόστος φυσικού πόρου και μέθοδοι υπολογισμού

Υπάρχουν αρκετοί ορισμοί που αναλύουν διαφορετικά την οικονομική αυτή αξία, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν (λειψυδρία ή πλεόνασμα νερού, αποδοτική χρήση του ή όχι):

- Το κόστος πόρου (όπως και το περιβαλλοντικό) ορίζεται ως η συνολική οικονομική αξία της περιβαλλοντικής ζημιάς ως αποτέλεσμα του χάσματος μεταξύ της τρέχουσας και ιδανικής χημικής και οικολογικής κατάστασης του υδάτινου σώματος, συμπεριλαμβανομένης της οικονομικής αξίας των ευκαιριών που χάθηκαν κάτω από συνθήκες λειψυδρίας σε διαφορετικές χρήσεις νερού και των χρηστών λόγω των υφιστάμενων κανόνων κατανομής και διανομής νερού (Brouwer et al, 2009).
- Για περιοχές που πλήττονται από ξηρασίες ορίζεται ως τα διαφυγόντα κέρδη που υφίστανται άλλες χρήσεις όταν ο ρυθμός υδροληψίας υπερβαίνει το ρυθμό ανανέωσης των αποθεμάτων του υδατικού πόρου (Wateco, 2002).
- Σύμφωνα με τη μελέτη των Kanakoudis et al. (2011) το κόστος των πόρων σε περιοχές που πλήττονται από ξηρασία, ισούται με τα χαμένα κέρδη που υφίστανται άλλοι χρήστες/χρήσεις όταν το ποσοστό εκμετάλλευσης των αποθεμάτων ύδατος υπερβαίνει την προσφορά τους (CIS-WG 2.6, 2002).
- Τα οικονομικά των φυσικών πόρων «έχουν ως αντικείμενο τη βελτιστοποίηση της χρήσης των ανανεώσιμων και μη-ανανεώσιμων φυσικών πόρων, υπό το πρίσμα της οικονομίας» (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008). Έτσι, για περιοχές που έχουν αποθέματα νερού, όταν το νερό δε διατίθεται στη βέλτιστη χρήση του, ενώ υπάρχουν άλλες χρήσεις που αποφέρουν μεγαλύτερο κέρδος. Τότε

εκφράζει τη διαφορά της υπάρχουσας από τη βέλτιστη κατανομή (CIS-WG 2B, 2004).

- Συνύπαρξη των δύο τελευταίων ορισμών, δηλαδή διαφυγόντα κέρδη και διαφορά από τη βέλτιστη κατανομή (ΥΠΕΚΑ, 2012). Αυτή η άποψη στηρίζεται στο ότι η ολική οικονομική αξία ενός περιβαλλοντικού αγαθού είναι η αξία χρήσης και η αξία μη χρήσης (ή διατήρησης) (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2008, Tietenberg & Lewis, 2010). Η νεότερη ερμηνεία του κόστους φυσικών πόρων από την ECO2 (DG ECO 2, 2004) είναι πιο διευρυμένη σε σχέση με αυτή της WATECO που περιορίζεται στον περιορισμό χρήσης του νερού (είτε σε όρους ποσότητας είτε σε ποιότητας). Σύμφωνα με την ECO2, το κόστος των φυσικών πόρων αντιπροσωπεύει το κόστος ευκαιρίας της κατανομής του νερού, υπό συνθήκες έλλειψης, στις επιμέρους χρήσεις και ισούται με τη διαφορά της οικονομικής αξίας της υφιστάμενης χρήσης και της οικονομικής αξίας της καλύτερης εναλλακτικής χρήσης. Επομένως, δε συνδέεται μόνο με τον περιορισμό διαθεσιμότητας του πόρου αλλά και με την αποτελεσματική κατανομή του (υπό την οικονομική θεώρηση) στις ανταγωνιστικές χρήσεις
- Είναι το κόστος που δημιουργεί η σπανιότητα νερού σύμφωνα με τον Tietenberg (2009), δηλαδή το κόστος ευκαιρίας μεταξύ ίδιων ή διαφορετικών χρήσεων ανεξαρτήτως ελλειμματικού ή πλεονασματικού υδατικού ισοζυγίου.

Το κόστος των φυσικών πόρων συνδέεται τελικά με τη σπανιότητα (έλλειμμα) νερού. Έτσι, για μια συγκεκριμένη χρήση μπορεί να προσεγγιστεί από την εκτίμηση του οφέλους από εναλλακτικές χρήσεις του νερού. Όταν η ζήτηση του νερού για όλες τις χρήσεις καλύπτεται πλήρως, τότε το κόστος φυσικού πόρου είναι μηδενικό ενώ το κόστος αυτό μπορεί να είναι σημαντικό όταν υπάρχει έλλειψη νερού. Αν το κόστος ευκαιρίας συμπεριληφθεί στις τιμές νερού, τότε αποτελεί κίνητρο για τον περιορισμό των χρήσεων με τη χαμηλότερη αξία (Schoengold et al., 2006). Η δυσκολία στις τεχνικές με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί όμως αυτό, σε συνδυασμό με τις διαφορές των παραπάνω ορισμών, έχει οδηγήσει σε έντονες κριτικές προς την Οδηγία για εννοιολογικά ζητήματα, για τον τρόπο υπολογισμού οικονομικών στοιχείων, που κατά προέκταση αφορούν κοινωνικά και πολιτικά θέματα (Quevauviller et al., 2005, Moss, 2007, Wright and Fritsch, 2011, Bouleau & Pont, 2015, Karousakis & Koundouri, 2006).

Αν και μελέτες όπως οι Bouleau (2008), Martin-Ortega (2012) και Feuillette et al. (2016) αντιμετωπίζουν ορισμένες οικονομικές προκλήσεις της οδηγίας πλαίσιο, δεν παρέχουν μια γενική εικόνα αυτής της αναντιστοιχίας, εστιάζοντας αντιθέτως σε συγκεκριμένα θέματα, όπως η σχέση μεταξύ οικονομικών και οικολογίας (Bouleau), η εφαρμογή της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας (Martin-Ortega) και τη χρήση της ανάλυσης κόστους ευκαιρίας (Feuillette).

Κόστος ευκαιρίας είναι το κόστος που προκύπτει από τη θυσία ενός αγαθού, για την παραγωγή κάποιου άλλου. Δηλαδή, το κόστος που προκύπτει από την πραγματοποίηση μιας συναλλαγής ή μιας επένδυσης σε σχέση με το διαφυγόν κέρδος που θα προέκυπτε από μία άλλη πιο συμφέρουσα συναλλαγή ή επένδυση. Τα εναλλακτικά αγαθά ή επενδύσεις, αναφέρονται σε παρούσες εναλλακτικές χρήσεις αλλά και σε μελλοντικές.

Το να υπολογισθεί το κόστος ευκαιρίας υπό τέτοιες συνθήκες, καθιστά το κόστος πόρου ως το πιο δύσκολα ποσοτικοποιήσιμο (Berbel et al., 2011).

Όταν ο χρόνος δεν παίζει ρόλο στην κατανομή του πόρου, τότε για τη βέλτιστη κατανομή μεταξύ των χρήσεων του, χρησιμοποιείται το κριτήριο αριστοποίησης – ισορροπίας κατά Pareto. Μια δεδομένη κατανομή πόρου, θεωρείται άριστη κατά Pareto, όταν καμία διαφοροποίηση στην κατανομή αυτή δε δύναται να προκαλέσει κάποια βελτίωση στη θέση ενός ή περισσότερων ατόμων χωρίς να δυσχεράνει τη θέση άλλων. Μια τέτοια κατανομή μεγιστοποιεί την αξία του νερού σε όλους τους τομείς της οικονομίας. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατανομή του νερού σε χρήσεις που είναι υψηλής αξίας για την κοινωνία και μακριά από χρήσεις χαμηλής αξίας (Brouwer et al., 2009). Το κριτήριο αριστοποίησης κατά Pareto υποστηρίζει ότι σε κάθε αποτελεσματική κατανομή πόρων, μεγιστοποιείται το καθαρό όφελος, θεωρώντας ότι ισχύουν οι εξής παραδοχές (Tietenberg, 2009):

- Δεν υπάρχει κορεσμός στη ζήτηση του πόρου από μέρους των καταναλωτών, για παράδειγμα αν οι υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών ικανοποιηθούν, η ζήτηση μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει κορεστεί.
- Δεν υπάρχουν εξωτερικές οικονομίες στην παραγωγή ή την κατανάλωση. Από τη στιγμή που εξετάζονται ξεχωριστά το κόστος φυσικού πόρου και ξεχωριστά το περιβαλλοντικό κόστος, η παραδοχή αυτή ισχύει.
- Οι συναρτήσεις χρησιμότητας και παραγωγής είναι συνεχείς, διπλά παραγωγίσιμες και κοίλες.
- Η κλίση της καμπύλης προσφοράς είναι μεγαλύτερη της καμπύλης ζήτησης σε απόλυτες τιμές.

Όταν ο χρόνος παίζει ρόλο στην κατανομή του πόρου, τότε ο πόρος κατανέμεται με βάση το κριτήριο μέγιστης παρούσας αξίας καθαρών οφελών και τη δυναμική αποτελεσματικότητά του. Η κύρια δυσκολία σε αυτή τη θεώρηση αφορά τη μεθοδολογία και την επίλυση του συστήματος εξισώσεων που θα προκύψει. Στα οικονομικά η έννοια της αποτελεσματικότητας είναι συνδεδεμένη με το όνομα του Ιταλού οικονομολόγου και κοινωνιολόγου Vilfredo Pareto (1848-1923). Ο οποίος προσπάθησε με αυτή την έννοια να απαντήσει στο ερώτημα αν μπορούμε να αξιολογήσουμε διαφορετικές κοινωνικές κατανομές χωρίς να χρησιμοποιήσουμε πολιτικά ή αξιολογικά κριτήρια.

2.6 Περιβαλλοντικό κόστος και μέθοδοι υπολογισμού

Το περιβαλλοντικό κόστος ορίζεται ως η ζημία που προκαλούν οι χρήσεις ύδατος στο περιβάλλον και τα υδατικά οικοσυστήματα, καθώς και εκείνοι που χρησιμοποιούν το περιβάλλον (WATECO, 2003). Το περιβαλλοντικό κόστος περιλαμβάνει την απώλεια αξίας χρήσης (use value) και αξίας μη χρήσης (non-use value) ή ύπαρξης ή διατήρησης, και λειτουργεί ως εξωτερικότητα (externality) που δημιουργείται από τις δραστηριότητες του ανθρώπου που εκδηλώνονται με τη μορφή της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Η αξία χρήσης αντανakλά την χρησιμότητα που αντλεί το άτομο από την κατανάλωση του πόρου (πόσιμο νερό, παραγωγικές διαδικασίες, αναψυχή) ενώ οι

αξίες μη χρήσης αναφέρονται στην χρησιμότητα που συνεπάγεται η ύπαρξη του πόρου και η διατήρησή του για τις επόμενες γενιές (Κουντούρη, 2008).

Η έννοια της εξωτερικότητας αναφέρεται στην κατάσταση εκείνη κατά την οποία η κατανάλωση ή χρήση ενός αγαθού από έναν καταναλωτή προκαλεί επιπτώσεις θετικές ή αρνητικές στην κατανάλωση ή χρήση άλλων καταναλωτών οι οποίοι δεν πληρώνουν ή αποζημιώνονται για την βελτίωση ή χειροτέρευση της ευημερίας τους αντίστοιχα. Στο πλαίσιο της χρήσης υδάτινων πόρων οι κυριότερες εξωτερικότητες μπορούν να διακριθούν σε ποιοτικές και ποσοτικές. Οι ποιοτικές εξωτερικότητες αναφέρονται στο κοινωνικό κόστος που συνεπάγεται η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτινων πόρων από τις διάφορες χρήσεις. Η μείωση της κοινωνικής ευημερίας προκαλείται από τη μείωση της δυνατότητας των ατόμων να αντλούν αξίες από τους υδάτινους πόρους (WATECO, 2003).

Η πολυπλοκότητα της εκτίμησης αυτών των αξιών, φαίνεται στη μεγάλη ποικιλία μεθόδων που ερευνώνται και χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Όσον αφορά στις μεθόδους αυτές θα πρέπει να λεχθεί πως δε μπορούν να συγκριθούν εύκολα ως προς την εγκυρότητα. Το θέμα της οικονομικής αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων δεν έχει άμεση και σαφή προσέγγιση και γι' αυτό έχουν προταθεί διαφορετικές μεθοδολογίες εκτίμησης συνοδευόμενες από αντίστοιχους περιορισμούς (Bithas, 2011). Η εγκυρότητα της καθεμιάς εξαρτάται από το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιείται και τα οφέλη τα οποία μελετώνται. Καθεμιά είναι κατάλληλη για διαφορετική περίπτωση (Agudelo, 2001; Young, 2005).

Επιπλέον, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες ταξινομήσεις των μεθόδων αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών, όπως το νερό. Επίσης υπάρχουν μεταξύ ερευνητών και διαφορές στον τρόπο ονομασίας των μεθόδων. Υπάρχουν τρεις γενικές κατηγορίες μεθόδων υπολογισμού του παραπάνω μεγέθους: οι μέθοδοι της αγοράς, οι άμεσες μέθοδοι και οι έμμεσες μέθοδοι.

2.6.1 Οι μέθοδοι της αγοράς

Οι μέθοδοι της αγοράς χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών αγαθών και υπηρεσιών που είναι άμεσα εμπορεύσιμα ως προϊόντα της αγοράς. Χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, για να εξετάσουν τις επιδράσεις της βελτίωσης της ποιότητας του νερού στην αλιεία ή την αρδευόμενη γεωργία και εφαρμόζονται όταν τα περιβαλλοντικά αγαθά είναι παραγωγικοί συντελεστές, όπως το νερό στην αρδευόμενη γεωργία. Οι μεταβολές στην ποιότητα ή το απόθεμα ενός περιβαλλοντικού αγαθού μπορούν να επηρεάσουν τις δαπάνες παραγωγής, τα οποία στη συνέχεια μπορούν να αλλάξουν την τιμή και την παραγόμενη ποσότητα του προϊόντος και την πρόσοδο των άλλων παραγωγικών συντελεστών. Από την άλλη, αυτές οι μεταβολές έχουν άμεση επίδραση στην ευημερία των καταναλωτών και των παραγωγών. Κατά την εξέταση αυτών των αντιδράσεων, είναι σημαντικό να εξεταστούν οι μηχανισμοί της αγοράς και οι δυνατότητες αντιδράσεων των παραγωγών και των καταναλωτών (Gibbons, 1986; US EPA, 2000).

Υπάρχουν όμως μερικά ζητήματα που πρέπει να εξεταστούν κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μελετών των μεθόδων της αγοράς. Πρώτον, η υιοθέτηση των

μεθόδων της αγοράς απαιτεί πληροφορίες για την επίδραση του περιβαλλοντικού πόρου στο κόστος παραγωγής, τις συνθήκες παροχής του παραγόμενου προϊόντος, την καμπύλη ζήτησης του τελικού αγαθού, και την παροχή των συντελεστών της παραγωγής. Δεύτερον, η διαθεσιμότητα των δεδομένων παίζει μεγάλο ρόλο για την επιλογή της προσέγγισης προσομοίωσης και στη δομή του προτύπου. Η συνάρτηση παραγωγής, η συνάρτηση κόστους, και τα πρότυπα βελτιστοποίησης της προσομοίωσης είναι όλα επιλογές για την κατανόηση της αντίδρασης της αγοράς στις βελτιώσεις του περιβάλλοντος (US EPA, 2000).

2.6.1.1 Μέθοδος Συνάρτησης Παραγωγής

Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί όταν το υπό εξέταση περιβαλλοντικό αγαθό αποτελεί παραγωγικό συντελεστή μιας δραστηριότητας και επομένως οι μεταβολές στην ποιότητα ή την ποσότητα του αγαθού μπορεί να επηρεάσουν το κόστος παραγωγής και κατ' επέκταση άλλες συνιστώσες, όπως την τιμή του αγαθού, την παραγόμενη ποσότητα κ.λπ. Για παράδειγμα, η υπερεκμετάλλευση ενός υπογείου υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να οδηγήσει στην εξάντλησή του και στην ανάγκη άντλησης νερού από βαθύτερα στρώματα με μεγαλύτερο κόστος, γεγονός που θα οδηγήσει σε μείωση του πλεονάσματος του παραγωγού.

Η συνάρτηση παραγωγής είναι της ακόλουθης γενικής μορφής:

$$Y = f(M, E, L, K)$$

Όπου:

M= οι απαιτούμενες πρώτες ύλες

E= το περιβαλλοντικό αγαθό ως συντελεστής παραγωγής (π.χ. το νερό)

L= η εργασία

K= το κεφάλαιο

Η παραπάνω συνάρτηση μπορεί να εκτιμηθεί με τη βοήθεια οικονομετρικών μοντέλων και ακολούθως να υπολογιστεί το οριακό προϊόν, άρα και η αξία του οριακού προϊόντος για κάθε παραγωγικό συντελεστή. Αυτή η προσέγγιση έχει χρήση κυρίως σε αρδευόμενες καλλιέργειες ή σε βιομηχανικές δραστηριότητες με υψηλή κατανάλωση νερού (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008). Σε επίπεδο αγροτικής εκμετάλλευσης υπολογίζεται η συμβολή διαφορετικών ποσοτήτων άρδευσης στην απόδοση των γεωργικών προϊόντων και κατά προέκταση στο γεωργικό εισόδημα (Kim and Schaible, 2000).

2.6.2 Έμμεσες Μέθοδοι Αποτίμησης

Οι έμμεσες μέθοδοι ή μέθοδοι αποκαλυπτόμενων προτιμήσεων (Indirect or Revealed Preference Methods) επιτρέπουν στους μελετητές να εκτιμήσουν την αξία που αποδίδουν οι άνθρωποι στα περιβαλλοντικά αγαθά, χρησιμοποιώντας δεδομένα από πραγματικές επιλογές που κάνουν οι άνθρωποι σε αγορές που συνδέονται με τα υπό μελέτη περιβαλλοντικά αγαθά (Perman et al., 1999; Agudelo, 2001). Η συμπεριφορά

των ατόμων στις αγορές των σχετικών με έναν περιβαλλοντικό πόρο αγαθών, αποκαλύπτει την αξία που αποδίδουν στις αναβαθμίσεις και υποβαθμίσεις του περιβαλλοντικού αυτού πόρου (Pearce & Ozdemiroglu, 2002). Οι περισσότερες από τις μεθόδους αυτές είναι αρκετά πολύπλοκες και χρονοβόρες και χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Στη συνέχεια περιγράφονται οι κυριότερες μέθοδοι. Προσανατολίζονται περισσότερο συνήθως στη συνιστώσα του περιβαλλοντικού κόστους, ενώ κάποιες φορές, μέσω τροποποιήσεων εξάγουν και το πλήρες κόστος νερού (Thiel, 2015; Giannopoulou et al., 2017).

Οι κυριότερες τεχνικές αυτής της κατηγορίας είναι η μέθοδος κόστους αποτρεπτικής συμπεριφοράς, κόστους υγείας (ασθενείας) καθώς και η μέθοδος των τιμών αγοράς. Οι μέθοδοι της ηδονικής τιμολόγησης και του ταξιδιωτικού κόστους εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία μεθόδων (Garrod and Willis, 1992; Bolt, 1993; Hanley and Spash, 1993; Kleinbaum et. al., 1998, Σιάρδος, 2000; World Bank, 2003), παρόλο που δε χρησιμοποιούνται τόσο για την αποτίμηση του κόστους νερού (Αλαμάνος Α., 2019).

2.6.2.1 Η μέθοδος της ηδονιστικής τιμολόγησης (hedonic pricing method)

Η μέθοδος ηδονιστικής τιμολόγησης βασίζεται σε δεδομένα τιμών αγοράς κάποιων αγαθών που φέρουν μια σειρά χαρακτηριστικών ιδιοτήτων σε μεταβαλλόμενη ποσότητα και ποιότητα, προκειμένου να εκτιμήσει την αξία κάποιας από αυτές τις ιδιότητες (Griffin, 2006). Η εκτίμηση της αξίας τέτοιων ιδιοτήτων γίνεται αποδίδοντας τις αποκλίσεις της τιμής ομοειδών αγαθών στη διαφοροποίηση που παρουσιάζουν ως προς τις ιδιότητες αυτές. Για παράδειγμα η αγροτική γη είναι ένα αγαθό που χαρακτηρίζεται από κάποιες κύριες ιδιότητες όπως π.χ. πρόσβαση σε νερό άρδευσης, γονιμότητα εδάφους, κλίση εδάφους κ.λπ. Οι ιδιότητες αυτές αποτελούν και τα κριτήρια που καθορίζουν την αξία της αγροτικής γης. Μ' άλλα λόγια η τιμή πώλησης ενός αγροτεμαχίου εξαρτάται από το αν και σε ποιο βαθμό αυτό έχει πρόσβαση σε νερό, από το κατά πόσο είναι γόνιμο το έδαφός του κ.ο.κ.

Η οικονομική θεωρία που κρύβεται πίσω από τον ηδονιστικό προσδιορισμό των τιμών επεκτείνει ένα πρότυπο ισορροπίας της αγοράς, όπου οι προμηθευτές και οι αγοραστές των ετερογενών αγαθών αλληλοεπιδρούν υπό συνθήκες τέλει πληροφόρησης και μηδενικού κόστους συναλλαγών (Hanley and Spash, 1993). Οι καταναλωτές αντλούν χρησιμότητα από τις ιδιότητες των ετερογενών αγαθών και ρυθμίζουν τις αγορές τους αντιδρώντας στις διαφορές αυτών των ιδιοτήτων. Οι παραγωγοί των αγαθών και των υπηρεσιών κάνουν έξοδα ανάλογα με το εύρος των ιδιοτήτων που προσφέρονται. Η συνάρτηση των τιμών ισορροπίας της αγοράς αναπτύσσεται από τις αλληλεπιδράσεις στην αγορά των καταναλωτών και των προμηθευτών. Η συνάρτηση ισορροπίας των τιμών ονομάζεται συνάρτηση ηδονιστικών τιμών και διαμορφώνει τη βάση για την αξιολόγηση των οφελών με χρήση του ηδονιστικού προσδιορισμού τιμών (US EPA, 2000).

Η συνάρτηση ηδονιστικών τιμών προσεγγίζεται μέσω παλινδρόμησης της τιμής του αγαθού με τα μέτρα των ιδιοτήτων και οι κατ' εκτίμηση συντελεστές της παλινδρόμησης αντιπροσωπεύουν την οριακή διάθεση πληρωμής για τις ιδιότητες του αγαθού. Δύο προβλήματα που έχουν να κάνουν με την στατιστική ανάλυση παλινδρόμησης των δεδομένων της ηδονιστικής τιμολόγησης είναι αυτά της

μεροληψίας λόγω παράλειψης μεταβλητής και της πολυσυγγραμμικότητας (Kleinbaum et. al., 1998, Σιάρδος, 2000). Η ηδονιστική τιμολόγηση δεν είναι ικανή να μετρήσει τις μη χρηστικές αξίες και δε μπορεί να αποτυπώσει αυτά τα στοιχεία της μεταβολής της ποιότητας του περιβάλλοντος που αντανakλούν στις τιμές των αγαθών.

2.6.2.2 Μέθοδος Αποτρεπτικής Συμπεριφοράς

Η μέθοδος αποτρεπτικής συμπεριφοράς στηρίζεται στα μέτρα που λαμβάνουν τα μέλη της κοινωνίας για να μειώσουν τους κινδύνους που σχετίζονται με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Η μέθοδος αυτή βασίζεται:

- Στο κόστος λήψης προληπτικών μέτρων για αποφυγή μιας ζημίας ή ενόχλησης.
- Στο κόστος της «θεραπείας» μιας ζημίας με τη λήψη μέτρων αποκατάστασης (π.χ. εξυγίανση ρυπασμένων επιφανειακών ή υπόγειων νερών, κ.λπ.).
- Στο κόστος υποκατάστασης του απολεσθέντος αγαθού με τη λήψη μέτρων αντικατάστασης του απολεσθέντος αγαθού (π.χ. δημιουργία δικτύου μεταφοράς πόσιμου νερού σε μία κοινότητα, η οποία λόγω ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα δεν έχει πλέον τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τα υπόγεια νερά για το σκοπό αυτό).

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν παρέχει ακριβείς μετρήσεις της αξίας του αγαθού, καθώς στηρίζεται στη παραδοχή ότι η αξία του περιβαλλοντικού ή κοινωνικού αγαθού ταυτίζεται με την τιμή κάποιων εμπορικών αγαθών (π.χ. των έργων εξυγίανσης υδροφορέων, της εναλλακτικής τροφοδοσίας νερού, κ.ά.). Αν και η αντίληψη αυτή οδηγεί σε υποτίμηση της πραγματικής αξίας του υπό εξέταση αγαθού, οι συγκεκριμένες μέθοδοι εφαρμόζονται ευρέως λόγω της απλότητας και της ευθύτητας που προσφέρουν. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να αγνοείται το γεγονός ότι τα αποτελέσματα που παρέχουν αντανakλούν την ελάχιστη και όχι την πραγματική αξία που προσδίδουν οι άνθρωποι για τα διάφορα περιβαλλοντικά ή κοινωνικά αγαθά (Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008).

2.6.2.3 Μέθοδος Τιμής Αγοράς (ή πλεονάσματος καταναλωτή/παραγωγού)

Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν το υπό εξέταση αγαθό εμπορεύεται, ως προϊόν, σε πραγματική αγορά. Τα οφέλη ή τα κόστη από την μεταβολή στην παρεχόμενη ποιότητα ή ποσότητα του αγαθού υπολογίζονται βάσει της μεταβολής της ποσότητας και της τιμής του αγαθού. Η μεταβολή επιδρά τόσο στην ευημερία των καταναλωτών (μείωση ή αύξηση του πλεονάσματος του καταναλωτή) όσο και στο εισόδημα των παραγωγών (μείωση ή αύξηση του πλεονάσματος του παραγωγού). Η εκμείευση της οικονομικής αξίας γίνεται μέσω της δημιουργίας συνθηκών υποθετικής αγοράς για τα εξεταζόμενα περιβαλλοντικά αγαθά. Είναι σαφές ότι η οικονομική αξία που αποδίδουν τα άτομα στα περιβαλλοντικά αγαθά στις υποθετικές αγορές αποτελεί μέτρο της ευημερίας που απολαμβάνουν από τα αγαθά αυτά (Μπίθας, 2011).

Για να καταστεί εφικτή η αποτίμηση του περιβαλλοντικού αγαθού μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου, πρέπει να υπάρχουν δεδομένα αναφορικά με την καμπύλη

ζήτησης του αγαθού, καθώς επίσης και του κόστους των παραγωγών ώστε να είναι μετρήσιμες οι μεταβολές του πλεονάσματος (παραγωγού και καταναλωτή) από την πραγματική αντίδραση της αγοράς (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008).

2.6.2.4 Η μέθοδος του κόστους παραγωγής (production function method)

Η μέθοδος αυτή εκτιμά την αξία του περιβάλλοντος και ειδικότερα των περιβαλλοντικών αγαθών και υπηρεσιών (καμπύλη ζήτησης) μέσα από τη συνεισφορά τους στην παραγωγική διαδικασία ενός άλλου αγαθού του οποίου η αξία ανακτάται σε χρηματικές μονάδες στις αγορές μέσω της τιμής πώλησής του. Η μέθοδος βασίζεται στην αξιοποίηση των υπαρχουσών αγορών καταναλωτικών προϊόντων. Το κόστος παραγωγής μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της μεταβολής της αξίας του παραγόμενου προϊόντος, που προκαλείται από μια μεταβολή των περιβαλλοντικών αγαθών που είναι συντελεστές παραγωγής.

Η μέθοδος του κόστους παραγωγής αντιμετωπίζεται με δύο τεχνικές:

α) Τη μέθοδο του κόστους αποφυγής (averting behavior)

Η μέθοδος του κόστους αποφυγής δηλαδή το ύψος της δαπάνης που καταβάλλει ο χρήστης του περιβαλλοντικού στοιχείου για να προστατευθεί από τη μείωση της ποιότητάς του. Γενικά, το κόστος αποφυγής των συνεπειών μιας δεδομένης περιβαλλοντικής υποβάθμισης αποτελεί εκτίμηση της οικονομικής αξίας της υποβάθμισης του αντίστοιχου περιβαλλοντικού αγαθού ή υπηρεσίας.

β) Τη μέθοδο του αιτίου - αποτελέσματος (dose-response)

Η μέθοδος αιτίου-αποτελέσματος συνίσταται στο να καθοριστεί η σαφής σχέση μεταξύ της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και της μείωσης στην ποσότητα ενός παραγόμενου αγαθού, δηλαδή πώς η υποβάθμιση οδηγεί στη μείωση της παράγωγης. Ιδανική περίπτωση είναι η διατύπωση της συναρτησιακής σχέσης που συνδέει την περιβαλλοντική μεταβολή με την επίπτωση στην παραγωγή. Μία απλή προσέγγιση για να εκτιμηθεί η αξία στη μεταβολή της παραγωγής αποτελεί η υιοθέτηση της τρέχουσας τιμής του προϊόντος στην αγορά.

2.6.2.5 Μέθοδος Ασθένειας

Αν η εκτίμηση της αποτρεπτικής συμπεριφοράς πραγματοποιηθεί εναλλακτικά στη βάση της ζημιάς με σκοπό την πρόληψη επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία (νοσηρότητα ή θνησιμότητα) έχουμε τη μέθοδο κόστους υγείας. Συνήθως, το κόστος των επιπτώσεων στην υγεία αποτιμάται μέσω των εξόδων ιατρικής φροντίδας και των απολεσθέντων εσόδων λόγω αποχής από την εργασία αλλά και από άλλες δραστηριότητες, π.χ. αναψυχή.

Η μέθοδος αυτή μπορεί είτε να αξιοποιήσει αναλύσεις αποτίμησης περιβαλλοντικών στοιχείων και αποτελέσματα επιδημιολογικών ερευνών προκειμένου να εξάγει μια προσέγγιση της αξίας της ανθρώπινης ζωής και του προσδόκιμου ζωής, είτε αξιοποιώντας δεδομένα όπως το προσδόκιμο ζωής και αποτελέσματα επιδημιολογικών ερευνών να αποτιμήσει περιβαλλοντικά στοιχεία.

Έχουν αναπτυχθεί πολλές αντιρρήσεις σε ηθικό κυρίως επίπεδο, διότι η αποτίμηση της ανθρώπινης ζωής στερείται ανθρωπισμού, καθώς ιδεολογικά πάντα η ανθρώπινη ζωή είναι ανεκτίμητη. Όμως όπως επισημαίνεται από αρκετούς μελετητές, στην πραγματικότητα η κοινωνία σιωπηρά προσδιορίζει αξία στην ανθρώπινη ζωή σε πολλές περιπτώσεις. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί ότι τα δικαστήρια επιβάλλουν χρηματικές αποζημιώσεις για περιπτώσεις απώλειας ζωής ή μερικής ή ολικής ανικανότητας για εργασία.

2.6.2.6 Μέθοδος Ταξιδιωτικού Κόστους (Travel cost method)

Η μέθοδος του ταξιδιωτικού κόστους υποθέτει ότι ένα άτομο είναι διατεθειμένο να πληρώσει το κόστος της επίσκεψης σε μια περιοχή για λόγους περιβαλλοντικής αναψυχής, τότε αποτιμά την περιοχή τουλάχιστον όσο πλήρωσε για να την επισκεφτεί. Επιπλέον, υποθέτει ότι το αποτέλεσμα μίας αύξησης του κόστους επίσκεψης, θεωρείται το ίδιο με μία αύξηση στην τιμή εισόδου (Bolt et al, 2005).

Η βασική μέθοδος υποθέτει επίσης ότι:

- Το ταξιδιωτικό κόστος είναι ανάλογο προς την απόσταση από την περιοχή περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.
- Άνθρωποι που διαμένουν σε ίδιες αποστάσεις έχουν τις ίδιες προτιμήσεις.
- Το ταξίδι πραγματοποιείται με έναν μοναδικό σκοπό την επίσκεψη στην συγκεκριμένη περιοχή περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (World Bank, 1998).

Η συγκεκριμένη μέθοδος στις μέρες μας χρησιμοποιείται ευρέως ακόμη και από τις Κρατικές Υπηρεσίες, ειδικά στις Η.Π.Α. και στο Ηνωμένο Βασίλειο (Benson & Willis, 1992; Garrod & Willis, 1992). Επιπλέον με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατό να εκτιμηθεί η αξία περιβαλλοντικών αγαθών, όπως π.χ. το νερό μιας λίμνης, που σχετίζονται με δημοφιλείς δραστηριότητες αναψυχής. Αντίθετα η μέθοδος δεν είναι κατάλληλη για την αποτίμηση περιβαλλοντικών πόρων (π.χ. υπόγεια νερά) που είναι δύσκολο ή αδύνατο να γίνουν αντιληπτά από τους ανθρώπους (Perman et al., 1999). Τέλος, πλεονεκτήματά της θεωρούνται η αξιοποίηση πραγματικών οικονομικών δεδομένων αναφορικά με το κόστος ταξιδιού και η αξιολόγηση της πραγματικής συμπεριφοράς των επισκεπτών (Turner et al., 1994).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της μεθόδου κόστους ταξιδιού (όπως και άλλων έμμεσων μεθόδων) είναι το γεγονός πως δε είναι κατάλληλη για τη μέτρηση μη χρηστικών αξιών καθώς δεν υφίσταται σ' αυτές, παρατηρούμενη αλληλεπίδραση μεταξύ των ατόμων και των εξεταζόμενων αγαθών από την οποία να αποκαλύπτεται η αξία τους (Lipton et al., 1995).

2.6.2.7 Η μέθοδος της υπολειμματικής αξίας

Η μέθοδος της υπολειμματικής αξίας (residual valuation) εκτιμά τη συμβολή της αρδευόμενης γεωργίας στο γεωργικό εισόδημα, συγκρίνοντας το οικονομικό αποτέλεσμα στις αρδευόμενες γεωργικές εκμεταλλεύσεις με το αντίστοιχο αποτέλεσμα

των ξηρικών καλλιεργειών στην ίδια περιοχή (Rodriguez et al., 2002; Bate and Dubourg, 1997).

Η κυριότερη τεχνική που εφαρμόζεται για τη συγκεκριμένη αποτίμηση είναι αυτή της μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους (change in net income), η οποία χρησιμοποιείται στο Κεφάλαιο 5 για την αποτίμηση της αξίας του νερού στην περιοχή μελέτης της παρούσας μελέτης.

2.6.2.8 Μαθηματικός προγραμματισμός και Πολυκριτηριακή ανάλυση

Η εκτίμηση της αξίας του στη γεωργία στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ικανοποίηση που προσφέρει μια συγκεκριμένη ποσότητα νερού στο γεωργό και στα υπόλοιπα αγαθά που είναι διατεθειμένος να “θυσιάσει” για την ποσότητα αυτή. Με βάση τον Huffman (1992) κατά τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων, η ποσότητα της άρδευσης αποτελεί ένα μόνο προβληματισμό για το γεωργό, ενώ παράλληλα παράμετροι που δυσκολεύουν αφορούν τις χρονικές καθυστερήσεις στην παραγωγή, την αβεβαιότητα στις παραγωγικές δυνατότητες, την αβεβαιότητα των τιμών εισροών και προϊόντων, τις απαιτήσεις σε προσφορά εργασίας και διαφορετικές δυνατότητες εκμετάλλευσης της οικογενειακής εργασίας. Η πολυπλοκότητα αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί στην περίπτωση της αποτίμησης της αξίας του νερού με τη βοήθεια τόσο του μαθηματικού προγραμματισμού, όσο και της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

2.6.2.9 Εκτίμηση του οφέλους στη γεωργία από τη βελτίωση της ποιότητας του νερού

Μια ακόμα έμμεση μέθοδος υπολογισμού της αξίας του νερού στο γεωργικό τομέα αποτελεί και η εκτίμηση του οφέλους στη γεωργία από τη βελτίωση της ποιότητας του νερού. Η μέθοδος αυτή συνδυάζει την αξία χρήσης του νερού, ως ενδιάμεσου αγαθού παραγωγής γεωργικών προϊόντων, με την περιβαλλοντική αξία του. Η μεθοδολογία μοιάζει αρκετά μ’ αυτήν που ακολουθείται στις συναρτήσεις παραγωγής και στην υπολειμματική αποτίμηση του νερού, μόνο που στη συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται προσπάθεια υπολογισμού της συμβολής στο γεωργικό εισόδημα της βελτίωσης της ποιότητας του νερού και όχι της αύξησης της ποσότητάς του. Για την ακρίβεια, η αξία του νερού εκτιμάται μέσω της αύξησης των γεωργικών αποδόσεων και κατά προέκταση του εισοδήματος των γεωργών, η οποία οφείλεται στην ελάττωση της ρύπανσης ή ακόμα και στη μειωμένη περιεκτικότητα σε άλατα του αρδευτικού νερού.

2.6.3 Άμεσες Μέθοδοι Αποτίμησης

Οι μέθοδοι των δηλούμενων προτιμήσεων επιχειρούν να μετρήσουν άμεσα τις τιμές της διάθεσης πληρωμής και στηρίζονται σε δεδομένα δημοσκοπήσεων που ζητούν από τους ερωτώμενους να εκφράσουν άμεσα τις προτιμήσεις τους (Young, 1996; Perman et. al. 1999; Λατινόπουλος, 1999α; Agudelo, 2001; Pearce and Ozedmiroglu, 2002). Η κατηγορία των άμεσων μεθόδων αποτίμησης με δεδομένα παρατηρήσεων, περιλαμβάνει τις τιμές του νερού στην περίπτωση λειτουργίας αγοράς νερού ή τιμές από προσομοιώσεις αγοράς νερού. Η επιλογή των τιμών αγοράς νερού είναι ίσως ο πιο

προφανής τρόπος για την εκτίμηση της αξίας του νερού. Όταν δηλαδή το αρδευτικό νερό τιμολογείται και οι τιμές του διαφοροποιούνται με βάση ορισμένα πρότυπα ποιότητας και ποσότητας, τότε είναι εφικτή η εκτίμηση της ζήτησης του νερού με τη βοήθεια της οικονομετρικής ανάλυσης επί των δεδομένων ενοικιάσεων ή παραχωρήσεων (πωλήσεων) αδειών χρήσης του νερού για αρδευτικούς σκοπούς.

Αυτή η κατηγορία μεθόδων περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές, όπως την εξαρτημένη αξιολόγηση, τη δηλούμενη επιλογή ή συνδυασμένη ανάλυση. Το κοινό στοιχείο αυτών των μεθόδων είναι η “προσομοίωση” μιας υποθετικής αγοράς με βάση την οποία τίθενται ερωτήσεις στα μέλη ενός δείγματος υπό τη μορφή επιλογών που θα έκαναν σχετικά με χαρακτηριστικά αυτής της αγοράς.

2.6.3.1 Μέθοδος Υποθετικής ή Εξαρτημένης Αξιολόγησης

Η μέθοδος υποθετικής αξιολόγησης (Contingent Valuation Method) στηρίζεται στην κατασκευή από τον ερευνητή μιας υποθετικής αγοράς μέσω της οποίας είναι δυνατόν να υπολογιστεί η διάθεση του ερωτώμενου να πληρώσει ή να αποζημιωθεί (Willingness To Pay or Willingness To Accept – WTA) για αλλαγές που αφορούν σε μη εμπορεύσιμους φυσικούς και περιβαλλοντικούς πόρους.

Η μέθοδος της υποθετικής αξιολόγησης, σύμφωνα με τους Arrow et al. (1993), έχει χρησιμοποιηθεί τα τελευταία τριάντα χρόνια για τον υπολογισμό των αξιών παθητικής χρήσης, αλλά και της αξιολόγησης προγραμμάτων παροχής καθαρού πόσιμου νερού σε αναπτυσσόμενες χώρες (Alberini and Cooper, 2001). Η μέθοδος έχει αναγνωριστεί για τη δυνατότητά της στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών αξιών και από το κράτος των Η.Π.Α. (Arrow et. al., 1993).

Ως βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης θεωρούνται (Pearce & Turner, 1990; Diamond & Hausman, 1993; Shavell, 1993; Collier & Harrison, 1995; Bateman & Willis, 1996):

- Η δυνατότητα εφαρμογής στην αποτίμηση όχι μόνο της «αξίας χρήσης» αλλά και της «αξίας μη-χρήσης» ενός περιβαλλοντικού αγαθού.
- Το ευρύ πεδίο εφαρμογής στην ανάλυση περιβαλλοντικών θεμάτων.
- Η δυνατότητα ex ante εφαρμογής για την αξιολόγηση προτεινόμενων επεμβάσεων στο περιβάλλον, αποτελώντας ουσιαστικό βοήθημα στη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής.
- Η ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων, υπό προϋποθέσεις, αναφορικά με την εκτίμηση των διαφορετικών τύπων αξιών ενός αγαθού.

Η μέθοδος υποθετικής αξιολόγησης, παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει, με σημαντικότερο αυτό της αποτίμησης της «ολικής αξίας» ενός περιβαλλοντικού αγαθού, δέχεται αρκετές κριτικές ως προς την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της αναφορικά με τα ακόλουθα σημεία (Schuman, 1996):

- Στρεβλώσεις Στρατηγικής (Strategic Biases)
- Στρεβλώσεις Υπόθεσης (Hypothetical Biases)

- Στρεβλώσεις Πληροφορίας (Information Biases)
- Στρεβλώσεις Σχεδιασμού (Design Biases)
- Στρεβλώσεις Τρόπου Πληρωμής (Vehicle Biases)
- Στρεβλώσεις λόγω διαφορετικής συμπεριφοράς στην επιθυμία πληρωμής για απόκτηση ή για απώλεια ενός περιβαλλοντικού αγαθού (WTP vs. WTA Bias)

Οι παραπάνω αδυναμίες τις μεθόδου είναι αρκετά εμφανείς στη περίπτωση των γεωργών, οι οποίοι μπορεί να υποβαθμίσουν την εκτιμώμενη αξία του νερού, αν αντιληφθούν ότι η έρευνα που διενεργείται αποσκοπεί σε μελλοντική τους επιβάρυνση. Συνεπώς, αν και η εξαρτημένη αξιολόγηση αποτελεί ένα αρκετά συνηθισμένο εργαλείο στην αποτίμηση της αξίας του αστικού νερού αλλά και των υδατικών πόρων, σπάνια εφαρμόζεται στο γεωργικό χώρο όπου το νερό έχει σε μεγάλο βαθμό την ιδιότητα του συντελεστή παραγωγής (Λατινόπουλος, 2006).

2.6.3.2 Μέθοδος των Μοντέλων Επιλογής

Η μέθοδος των μοντέλων επιλογής (Choice Modeling) αναφέρεται στην πραγματικότητα σε μια κατηγορία μεθόδων εκφραζόμενης προτίμησης που χρησιμοποιούν παρόμοιες προσεγγίσεις για την αποτίμηση της αξίας ενός αγαθού (Bateman et al., 2002). Οι μέθοδοι που ανήκουν στην κατηγορία των μοντέλων επιλογής είναι οι ακόλουθες:

- Μέθοδος Πειραμάτων Επιλογής (Choice Experiment)
- Μέθοδος Εξαρτημένης Ταξινόμησης (Contingent Ranking)
- Μέθοδος Εξαρτημένης Βαθμολόγησης (Contingent Rating)
- Μέθοδος Σύγκρισης κατά ζεύγη (Paired Comparisons)

Τα μοντέλα επιλογών βασίζονται στην ιδέα ότι κάθε αγαθό μπορεί να περιγραφεί με βάση τα χαρακτηριστικά του και τα επίπεδα αυτών. Για παράδειγμα, ένας ποταμός μπορεί να προσδιοριστεί σύμφωνα με τη χημική σύσταση του νερού, την οικολογική του κατάσταση, κ.λπ.. Αλλάζοντας τα επίπεδα των χαρακτηριστικών του αγαθού διαφοροποιείται η κατάσταση του. Αυτές οι μεταβολές επιδιώκουν να αποτιμήσουν τα μοντέλα επιλογής, προσφέροντας απάντηση σε τέσσερα βασικά ερωτήματα:

- i. Ποιες είναι οι ιδιότητες του αγαθού που καθορίζουν την αξία που του προσδίδουν οι ερωτώμενοι.
- ii. Ποια είναι η σειρά κατάταξης των χαρακτηριστικών.
- iii. Ποια είναι η αξία της μεταβολής περισσότερων του ενός χαρακτηριστικών, ταυτόχρονα.
- iv. Ποια είναι η συνολική αξία του αγαθού.

Θα πρέπει να σημειωθεί πάντως ότι από τις τέσσερις μεθόδους μόνο τα πειράματα επιλογής και η εξαρτημένη ταξινόμηση έχουν στενή σχέση με την οικονομική θεωρία, γεγονός που επιτρέπει την εκτίμηση της αξίας του υπό εξέταση αγαθού (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008) (Κώττης, 1994).

2.6.3.3 Μέθοδος μεταφοράς οφέλους

Είναι η διαδικασία μεταφοράς υφιστάμενων δεδομένων περιβαλλοντικής αποτίμησης για δεδομένο πρόβλημα, από μια περιοχή με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σε μια άλλη με παρόμοια χαρακτηριστικά (Rosenberg and Loomis, 2000). Ουσιαστικά οι εκτιμήσεις των μελετητών στα κόστη των σχετικών μέτρων βασίζονται, έστω και έμμεσα πάνω σε αυτή τη λογική, η οποία όμως πραγματοποιείται εμπειρικά (Αλαμάνος Α., 2019)

Σε ερευνητικό επίπεδο, υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές τεχνικές για την εφαρμογή της μεθόδου (π.χ. απλή μεταφορά τιμής, εκτίμηση της κεντρικής τάσης ή μέση τιμή, μεταφορά συνάρτησης, και μετά-επεξεργασία) που εφαρμόζονται για αποτίμηση υδατικών πόρων (Thiel, 2015). Η επιλογή της τεχνικής μεταφοράς των δεδομένων από τις πρωτότυπες μελέτες πρέπει να στηρίζεται σε κοινά αποδεκτό επιστημονικό πρωτόκολλο (Pearce and Howarth, 2000; Rosenberg and Loomis, 2000; Barton, 2002), σε σχέση με τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει το υπό εξέταση πρόβλημα. Μεταξύ των τεσσάρων διαθέσιμων τεχνικών αυτή που προτιμάται, είναι η τεχνική μεταφοράς τιμής για τους εξής λόγους:

- Η μέθοδος παρέχει καλύτερες εκτιμήσεις από την απλή μεταφορά τιμής και σε πολλές περιπτώσεις και από τη μεταφορά μιας μεμονωμένης συνάρτησης.
- Μπορεί να εφαρμοστεί και με μικρότερο πλήθος δεδομένων, κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό στην περίπτωση της μετά-επεξεργασίας, η οποία απαιτεί έναν αριθμό δεδομένων προκειμένου να βελτιωθεί η ακρίβεια των εκτιμήσεων.
- Επιτρέπει διορθωτικές παρεμβάσεις, που καθιστούν ρεαλιστικότερες τις εκτιμήσεις, παρέχοντας μια σαφή εικόνα για το «μέσο κόστος ή όφελος» (Rosenberg and Loomis, 2000).

2.7 Ανασκόπηση προσεγγίσεων για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους φυσικού πόρου

Μέχρι σήμερα, οι περισσότερες προσεγγίσεις για την εκτίμηση του κόστους πόρου στηρίζονται στις έννοιες του κόστους ευκαιρίας και της αποτελεσματικότερης (βέλτιστης) χρήσης του πόρου. Το γεγονός όμως ότι ορισμένες παραδοχές των παραπάνω προσεγγίσεων δεν ισχύουν απόλυτα σε κάθε περίπτωση, ότι η συνολική καμπύλη ζήτησης δε μπορεί να υπολογιστεί και η τιμολόγηση δεν είναι ίδια ούτε καθορισμένη σε όλη την έκταση της λεκάνης, είναι οι λόγοι για τους οποίους δε μπορεί να προταθεί αυτός ο τρόπος υπολογισμού. Τα πράγματα γίνονται ακόμη πιο δύσκολα και περίπλοκα στο αγροτικό νερό, από πρακτική και θεσμική άποψη.

Όσον αφορά το περιβαλλοντικό κόστος υπάρχει έλλειψη πληροφοριών και ιδιαίτερα στο τομέα της άρδευσης. Εντούτοις, ορισμένοι ευρωπαϊκοί οργανισμοί ύδατος εκτιμούν το επιπλέον κόστος (σε σχέση με την οικονομική αξία του κόστους) των ζημιών στο περιβάλλον της χρήσης ύδατος σε παγκόσμιο επίπεδο (αστικές, βιομηχανικές, γεωργικές) στο 20-25%. Στη συνέχεια ακολουθεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση για την εύρεση των «δημοφιλέστερων» μεθόδων που υπολογίζουν το περιβαλλοντικό κόστος για γεωργικές χρήσεις. Τα κράτη έχουν ακολουθήσει

διαφορετικούς τρόπους για την εκτίμηση του κόστους πόρου και του περιβαλλοντικού κόστους. Πιο αναλυτικά:

- Στην Αγγλία και την Ουαλία, η αξία της χρήσης ύδατος εκτιμήθηκε συγκρίνοντας τη συμβολή διαφόρων τομέων στην οικονομία (σε όρους ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας) στη συνολική κατανάλωση νερού. Αυτή η προσέγγιση έχει τα πλεονεκτήματα της σχετικά απλής απόψεως, όταν υπάρχουν διαθέσιμες καλές εκτιμήσεις του όγκου και γενικά απαιτούν λιγότερες πληροφορίες από ό, τι είναι απαραίτητο για την αποτίμηση με τη χρήση αυτοκόλλητων οικονομικών αρχών (Moran and Dann, 2008).

Αναφορικά με το κόστος φυσικού πόρου, εξετάζεται μία διαφορετική πτυχή του: εξισώνεται με το κόστος των ενεργειών αποφυγής των συγκρούσεων και αποτροπής της δυνητικής ανεπάρκειας στην τρέχουσα κατανομή των αδειών υδροληψίας (Collins et al., 2012). Σχετικά με το περιβαλλοντικό κόστος, αντιμετωπίζεται ως δαπάνη των υφιστάμενων αντλήσεων. Επίσης σε αυτή την κατηγορία προστίθεται και το κόστος περιβαλλοντικών ζημιών, όπως βλάβες στα οικοσυστήματα και επιπτώσεις στην υγεία (π.χ. παθήσεις του στομάχου) εξαιτίας της κακής ποιότητας νερού στα ύδατα κολύμβησης (Environment Agency, 2003).

- Στην Σκωτία για γεωργική άρδευση, χρησιμοποιείται η ανάλυση net-back που υπολογίζει τη μέγιστη δυνατότητα πληρωμής για χρήση νερού από την τιμή της γεωργικής παραγωγής, μειωμένη με άλλα αγροτικά έξοδα (Bate and Dubourg, 1997). Για την εφαρμογή της μεθόδου στην αρδευτική άρδευση, είναι απαραίτητο να έχουμε στοιχεία για το κόστος που σχετίζεται με την άρδευση, την απόδοση και τα έσοδα. Η μόνη καλλιέργεια για την οποία διατίθενται σήμερα οι πληροφορίες αυτές είναι για τις πατάτες.
- Στην Ισπανία το κόστος φυσικών πόρων συνδέεται με την οικονομική αξία του νερού υπό συνθήκες έλλειψης, και εκτιμάται μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων προσομοίωσης και αριστοποίησης της λειτουργίας ενός υδατικού συστήματος, και το μοναδιαίο κόστος σε μία δεδομένη χρονική στιγμή και ανά υδατικό πόρο, προκύπτει από το επιπλέον όφελος που παράγεται από τις χρήσεις νερού, αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα του πόρου κατά μία μονάδα (Brouwer and Strosser, 2004). Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο θετικού μαθηματικού προγραμματισμού για να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος της ανάκτησης του κόστους σε μεγάλο αριθμό αρδευτικών περιοχών. Το προτεινόμενο μοντέλο προσομοιώνει την συμπεριφορά των αγροτών υπό διαφορετικά σενάρια τιμολόγησης του νερού και παρουσιάζει πλεονεκτήματα ως προς την εύκολη αναπαραγωγή σε μεγάλο αριθμό διαφορετικών αρδευτικών περιοχών και μπορεί εύκολα να ενημερωθεί, δεδομένου ότι γίνονται νέες στατιστικές παρατηρήσεις κάθε χρόνο (Iglesias and Blanco, 2008).

Σχετικά με την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους με βάση τη μελέτη των Hernandez et al. (2009) στη περιοχή της Βαλένθια ακολουθήθηκε μια μεθοδολογία βασισμένη στην εκτίμηση των τιμών σκιάς για τους ρύπους που αφαιρούνται σε μια διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων. Οι υπολογισμένες τιμές σκιάς αντιπροσωπεύουν την αξία των εξωτερικών παραγόντων που θα

μπορούσαν να προκαλέσουν περιβαλλοντική ζημία που δεν επιδέχονται επαρκή διαχείριση. Με τη υπόθεση ότι τα τρέχοντα επίπεδα ρύπανσης είναι βέλτιστα, τότε το οριακό κόστος ισούται με το οριακό όφελος και συνεπώς οι τιμές σκιάς των ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων μπορούν να ερμηνευτούν ως εκτίμηση των περιβαλλοντικών οφελών που αποκτώνται από τη διαδικασία επεξεργασίας.

- Στην Ολλανδία προς το παρόν δεν γίνεται διάκριση μεταξύ του κόστους φυσικών πόρων και του περιβαλλοντικού κόστους. Γενικά θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι ο τρόπος εκτίμησης και κατανομής του κόστους φυσικών πόρων καθορίζεται από το μηχανισμό ανάκτησης κόστους (Brouwer and Strosser, 2004). Στην πράξη χρησιμοποιούνται περισσότερο τεχνικές άμεσης αποτίμησης, και κυρίως η εξαρτημένη αξιολόγηση (Driessen et al., 2012). Παρόλα αυτά, δεν εφαρμόζονται ακόμη χρεώσεις για τη χρήση του αρδευτικού νερού, παρά μόνο έμμεσα, μέσω φορολογικών εισφορών (Lindhout, 2013).
- Στην Ιταλία σύμφωνα με τη μελέτη των Bartolini et al. (2006) χρησιμοποιήθηκε ένα οικονομικό μοντέλο υπό ασύμμετρη πληροφόρηση, για τη σύγκριση της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας των επιλεγμένων μεθόδων σχεδιασμού πληρωμών στους αγρότες προκειμένου να μειωθεί η ρύπανση του αζώτου στη γεωργία. Το μοντέλο, βασίστηκε σε λειτουργίες προβολής που παράγονται μέσω γραμμικού προγραμματισμού σε επίπεδο αγροκτήματος. Αυτό επιτρέπει τη σύγκριση των πληρωμών των επιτοκίων και ενός συνόλου συμβάσεων που αναπτύσσονται μέσω του σχεδιασμού των μηχανισμών. Το μοντέλο δοκιμάστηκε σε μια περιοχή της Emilia Romagna όπου εξετάστηκαν δύο τύποι γεωργικών εκμεταλλεύσεων (δημητριακά, λαχανικά), οι οποίοι διέφεραν στην τεχνική και οικονομική τους διάσταση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διαφορετικές επιλογές σχεδιασμού πολιτικής οδηγούν σε διαφορές στο κόστος πολιτικής τόσο μεγάλες όσο το 200-400%, με σαφή πλεονεκτήματα.
- Στη Σουηδία το κόστος φυσικών πόρων εκτιμάται ως η απώλεια οφέλους από τη μη οικονομικά άριστη κατανομή υδατικών πόρων (Brouwer and Strosser, 2004).
- Στο Ισραήλ εφαρμόστηκε μια εμπειρική ανάλυση στην παραγωγή καλαμποκιού που μολύνθηκε με άζωτο, λόγω της χρήσης λιπασμάτων. Η μέθοδος βασίστηκε σε ένα υδρολογικό μοντέλο που περιλαμβάνει τη σημαντική επίδραση του νερού με δεδομένη συγκέντρωση αζώτου που διέρχεται από τα υπόγεια ύδατα και χρησιμοποιεί επίσης μια άμεση ασυνεχή συνάρτηση κόστους περιβάλλοντος που βασίζεται σε μια συγκεκριμένη τεχνολογία επεξεργασίας αζώτου πόσιμου νερού. Τα εμπειρικά αποτελέσματα του άρθρου υποδηλώνουν ότι στην περίπτωση των πηγών ύδατος που πρέπει να παρέχουν χαμηλή ποσότητα πόσιμου νερού σε σχέση με την ποσότητα του πόσιμου νερού άρδευσης, είναι οικονομικά πιο εφικτό να συνδυαστεί μια πολιτική που επιβάλλει περιορισμούς στη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων με μια πολιτική επεξεργασίας πόσιμου νερού (Fishman et al., 2008).
- Στην Αμερική με βάση τους Conradie and Hoag (2004) η αξία του νερού προσδιορίστηκε με μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού. Τα μοντέλα

διαφέρουν ως προς τη μεταχείριση των καλλιεργειών, τις επιλογές άρδευσης και τους περιορισμούς ύδατος και άλλα χαρακτηριστικά επιπέδου επιχείρησης, αλλά όλες χρησιμοποιούν τις τιμές σκιάς ως ένδειξη της αξίας του νερού. Εξετάστηκαν 17 μοντέλα για τη λεκάνη απορροής του Ποταμού Κολοράντο. Το αρνητικό είναι ότι κάθε περιοχή χρειάζεται δικό της μοντέλο προσομοίωσης που θα πρέπει να ενημερώνεται τακτικά. Μια πολύ πιο σοβαρή ανησυχία είναι η φύση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των μοντέλων. Σχεδόν όλα τα μοντέλα βασίζονται στους προϋπολογισμούς των αρμόδιων υπηρεσιών άρδευσης, που συνδέονται με τις καλλιεργείες, ενώ είναι γνωστό ότι οι αγροτικές καλλιεργείες είναι σπάνια ομοιογενείς σε μια περιοχή.

- Στον Καναδά οι Samarawickrema and Kulshreshtha (2008a) εφάρμοσαν τη μέθοδο του ακαθάριστου κέρδους του παραγωγού για περιόδους ξηρασίας. Η αξία του νερού άρδευσης κατά τη διάρκεια περιόδου ξηρασίας χωρίστηκε σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος ήταν η διαφορά μεταξύ της αξίας των ξηρών αποδόσεων υπό κανονικές καιρικές συνθήκες και των περιόδων ξηρασίας. Το δεύτερο μέρος ήταν η ενισχυμένη παραγωγή της καλλιέργειας μείον οποιοδήποτε επιπλέον κόστος παραγωγής από την άρδευση κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ξηρασίας. Ωστόσο, υπήρχαν σημαντικές δυσκολίες στην εκτίμηση της αξίας του νερού άρδευσης για την πρόγνωση της ξηρασίας.
- Στην Ελλάδα με τη μελέτη των Birol et al. (2006) στον υγρότοπο της Χειμαδίτιδας εφαρμόστηκες η μέθοδος της εξαρτημένης αξιολόγησης. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης αποτίμησης δείχνουν ότι το ελληνικό κοινό αποδίδει στον υγρότοπο αυτό θετικές και σημαντικές τιμές μη χρήσης και ότι οι επιπτώσεις των κοινωνικών, δημογραφικών και οικονομικών χαρακτηριστικών των ερωτηθέντων στη συμβολή και αποτίμηση τους συμμορφώνονται με την οικονομική θεωρία. Αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η μέθοδος της εξαρτημένης αξιολόγησης μπορεί να παράγει έγκυρες εκτιμήσεις αξίας μη χρήσης. Αυτές μπορούν να συνδυαστούν με τις αξίες άμεσης και έμμεσης χρήσης του υγροτόπου της Χειμαδίτιδας για την εκτίμηση της συνολικής αξίας του νερού, το οποίο μπορεί να παρέχει οικονομικές πληροφορίες για τη διεξαγωγή ανάλυσης κόστους και έτσι να εξασφαλίσει τη βιώσιμη και αποτελεσματική διαχείριση του υγροτόπου της Χειμαδίτιδας.

Με τη μελέτη των Bithas et al. (2013) έγινε προσπάθεια εκτίμησης του περιβαλλοντικού και του κόστους φυσικού πόρου στις περιοχές της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας. Όσον αφορά το κόστος πόρου ισούται με τα απολεσθέντα οφέλη από τη μετατροπή των αντίστοιχων εκτάσεων αρδευόμενων καλλιεργειών σε ξηρικές. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι ο κύριος χρήστης των αποθεμάτων υπόγειων υδάτων είναι η γεωργία, όχι η οργανωμένη, αλλά οι μεμονωμένοι γεωργοί που λαμβάνουν νερό από γεωτρήσεις. Για το λόγο αυτό και σύμφωνα με την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει", το εκτιμώμενο κόστος πόρων πρέπει να κατανεμηθεί ανάλογα σε κάθε χρήστη. Η επιλεγείσα μέθοδος για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους ήταν αυτή του "κόστους αποφυγής" του περιβαλλοντικού αντίκτυπου/πίεσης, δηλ. του "κόστους ανάκτησης" των περιβαλλοντικών

επιπτώσεων που έχουν ήδη συντελεστεί. Η εκτίμηση των σημαντικών πιέσεων στα υδάτινα σώματα των υδάτινων περιοχών βασίστηκε στη λεπτομερή καταγραφή όλων των ανθρωπογενών πιέσεων. Στόχος ήταν να κατανοηθούν, αφενός, τα μεγάλα προβλήματα διαχείρισης για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού και, αφετέρου, ο μηχανισμός με τον οποίο επηρεάζεται κάθε υδατικό σύστημα. Ειδικότερα, εκτιμήθηκε το περιβαλλοντικό κόστος για τις περιπτώσεις έλλειψης ή μη αποδοτικής λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, για τη βιομηχανική χρήση νερού, για τη ρύπανση (σημειακής ή μη σημειακής) από γεωργική χρήση και τη ρύπανση από σταθεροποιημένο ζωικό κεφάλαιο.

Στη μελέτη των Kanakoudis et al. (2015) έγινε αξιολόγηση της οικονομικής ανάλυσης όπου χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες για την εκτίμηση του πλήρους κόστους νερού σε 12 λεκάνες απορροής. Όσον αφορά το κόστος πόρου στις περισσότερες από τις λεκάνες απορροής υπολογίζεται με βάση το εάν υπάρχει έλλειψη νερού ή όχι. Στη δεύτερη περίπτωση που δεν υπάρχει έλλειψη θεωρείται μηδέν. Όταν ο ρυθμός άντλησης είναι υψηλότερος από τον ρυθμό φυσικής επαναφόρτισης, τότε το κόστος πόρου υπολογίζεται με βάση το κόστος ευκαιρίας για τις εναλλακτικές χρήσεις νερού. Όσον αφορά το περιβαλλοντικό κόστος υπολογίζεται χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους για κάθε λεκάνη απορροής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, εκτιμάται με βάση την προληπτική συμπεριφορά, εκτιμώντας το κόστος αποφυγής που δημιουργεί μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων (τριτοβάθμια επεξεργασία) ή / και κόστος κατασκευής υγροτόπων ενώ σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η μέθοδος κόστους περιβαλλοντικής ζημίας.

Τέλος, σε παραδείγματα υπολογισμού κόστους φυσικού πόρου σε ερευνητικό επίπεδο, χρησιμοποιούνται και άλλες τακτικές, όπως η μέθοδος αποτρεπτικής συμπεριφοράς. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν με κατάλληλη διαμόρφωση των ερωτηματολογίων να εξάγουν συνολική καμπύλη ζήτησης και να αποτιμηθεί απευθείας το πλήρες κόστος του νερού, όμως αυτό είναι προσεγγιστικό. Άλλοι μέθοδοι που έχουν δοκιμαστεί κατά καιρούς:

- Κόστος σχετικών μέτρων (ΥΠΕΚΑ)
- Τεχνητή αναπλήρωση υπόγειου υδροφορέα
- Δημιουργία ταμιευτήρα
- Φυσική αναπλήρωση υπόγειου υδροφορέα
- Μέθοδος Συνάρτησης Παραγωγής
- Διαφυγόντα κέρδη
- Διαφυγόντα κέρδη από την ίδια χρήση
- Βελτιστοποίηση για εύρεση κόστους από τη μη άριστη κατανομή του πόρου
- Μεταβολή ακαθάριστου κέρδους

Έντονη είναι και η αμφισβήτηση για την ανάγκη υπολογισμού του περιβαλλοντικού και του κόστους πόρου (Gawel, 2014; Mouratiadou et al., 2010, European Commission, 2015a; Moran & Dann, 2008), καθώς:

1. Δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για την εκτίμησή τους, αλλά και η περιβαλλοντική οικονομία δεν υποστηρίζει τις υφιστάμενες προσεγγίσεις υπολογισμού.
2. Δε γίνεται ούτως ή άλλως ανάκτηση του κόστους.
3. Δεν έχει υπάρξει κοινώς αποδεκτή μεθοδολογία υπολογισμού. Με διαφορετικές ερμηνείες των διαφορετικών ορισμών, υπάρχει κίνδυνος τα αποτελέσματα να αποκλίνουν από την πραγματικότητα εξυπηρετώντας τα εκάστοτε πολιτικά συμφέροντα.
4. Οι προσεγγίσεις υπολογισμού ως τώρα είναι δαπανηρές και χρονοβόρες ενώ υπάρχουν τεράστιες δυσκολίες εύρεσης ενός διεπιστημονικού επαληθεύσιμου τρόπου προσδιορισμού, ώστε να αξιολογούν και να κατανέμουν χωριστά το κόστος για το περιβάλλον και τους πόρους.
5. Δεν είναι υποχρεωτικό από νομικής άποψης για ένα κράτος-μέλος να παρέχει μια λύση υπολογισμού για τη λογιστική καταμέτρηση του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους των πόρων, εκ του αποτελέσματος δεν έχει καταφέρει καμία χώρα να τα ποσοτικοποιήσει από το 2000.

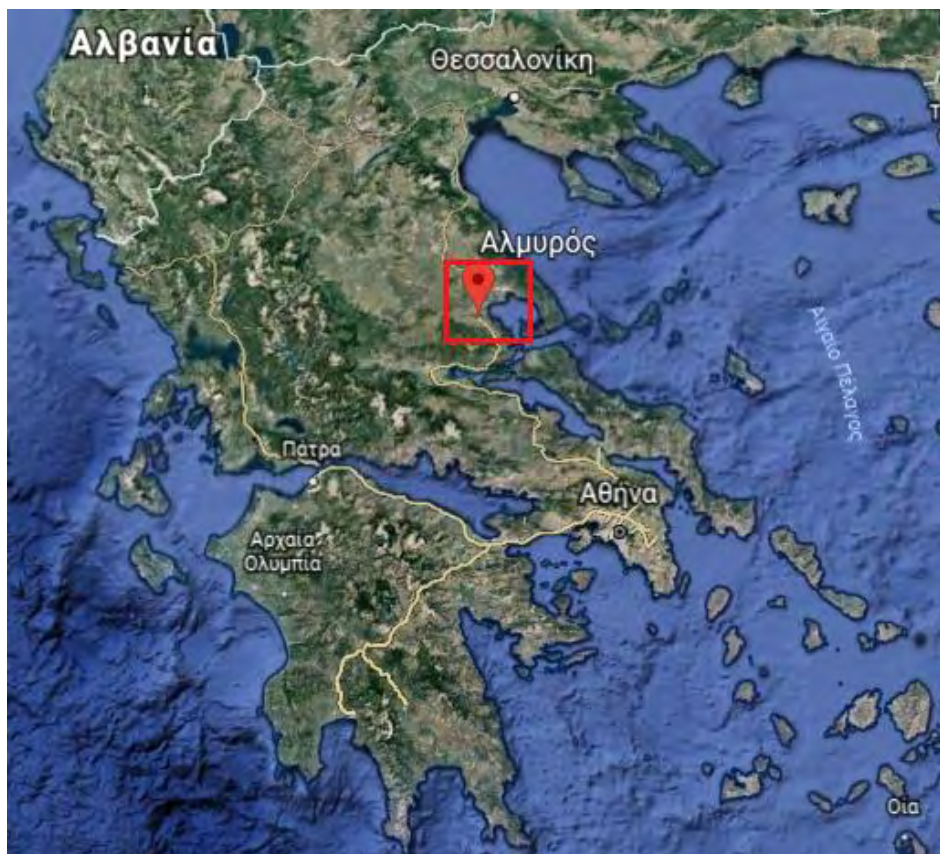
Επίσης θεωρούν την Οδηγία ως μία Βόρειο-Ευρωπαϊκή νομοθεσία αφού πιστεύουν ότι αν η κοινωνία χρειάζεται πιο περιβαλλοντικά-φιλική πολιτική, τότε αυτό θα πρέπει να επιτευχθεί με άλλα μέσα αντί να χρεώσει τους αγρότες, όπου στη Νότια Ευρώπη αποτελούν τη μεγαλύτερη χρήση νερού.

Παρόλα αυτά, στην παρούσα εργασία θεωρείται ότι στόχος της Οδηγίας είναι κυρίως να αναγνωριστεί η αξία του νερού ώστε να περιοριστεί η σπατάλη, και όχι η ανάπτυξη και η αποδοχή μιας κοινής μεθοδολογίας. Αυτός είναι και ο στόχος της παρούσας εργασίας, να προτείνει μία όσο το δυνατόν αντικειμενική μεθοδολογία ως σημείο αναφοράς, η οποία δε θα στηρίζεται σε ερωτηματολόγια, αλλά σε υπολογισμούς εύκολα εφάρμοσιμους.

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης

Η λεκάνη του Αλμυρού γεωγραφικά βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της Θεσσαλικής πεδιάδας, στα κεντρικά του ελλαδικού χώρου καλύπτοντας μία περιοχή 850 km² (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Περιοχή Αλμυρού (Πηγή: Εικόνα από GoogleEarth)

Η περιοχή μελέτης διοικητικά ανήκει στους Καλλικρατικούς Δήμους Βόλου και Αλμυρού, ενώ τα διοικητικά όρια του ορίζονται: δυτικά συνορεύει με το δήμο Δομοκού και νότια με το δήμο Στυλίδας, του νομού Φθιώτιδας. Βορειοδυτικά συνορεύει με το δήμο Φαρσάλων (Ν. Λάρισας) (Γεωργιάδου, 2015). Βόρεια συνορεύει με τις Μικροθήβες, που αποτελούν και το όριο με το δήμο Βόλου και το δήμο Ρήγα Φεραίου, ενώ στα ανατολικά βρέχεται από τον Παγασητικό κόλπο. Νοτιοανατολικά, σε μικρή απόσταση στον βόρειο Ευβοϊκό βρίσκεται ο δήμος Ιστιαίας-Αιδηψού του νομού Ευβοίας.

Οι κύριες ασχολίες των κατοίκων είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία, η παροχή υπηρεσιών και το εμπόριο. Στην περιοχή καλλιεργούνται δημητριακά, βαμβάκι, ελαιόδεντρα, αμπέλια, κηπευτικά, ενώ παρουσιάζονται και μικρές κτηνοτροφικές μονάδες. Η μεγάλη πεδινή έκταση ευνοεί την ανάπτυξη των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, οι οποίες και απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό των υδατικών πόρων για την άρδευση, ενώ επιπλέον η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων επιβαρύνει ποιοτικά τα υπόγεια νερά (Γεωργιάδου, 2015).

3.2 Στοιχεία περιβάλλοντος

Αδιαμφισβήτητα από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, όπως η αυθαίρετη ή ακαλαίσθητη δόμηση, η διάνοιξη δρόμων, ο ανεξέλεγκτος τουρισμός και πολλές άλλες καταστροφικές δραστηριότητες που υποβαθμίζουν τη φύση αρκετά μεγάλος αριθμός περιοχών απειλούνται με υποβάθμιση. Στην περιοχή μελέτης υπάρχει πληθώρα τέτοιων τόπων οι οποίοι βρίσκονται υπό την απειλή του ανθρωπογενούς παράγοντα και έχουν χαρακτηριστεί είτε ως βιότοποι είτε ως τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και παρουσιάζονται παρακάτω:



Σχήμα 3.2 Τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους περιοχής μελέτης (Φιλότης, 2011)

Το Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ) όπως αναφέρει η Γεωργιάδου (2015) είναι ένας τύπος που διακρίνεται για την αισθητική του αξία και παραμένει σε αξιόλογο βαθμό φυσικός, αν και συχνά είναι δομημένος. Πολλές φορές περιλαμβάνει παραδοσιακούς οικισμούς, αρχαιολογικούς ή ιστορικούς χώρους. Το μέγεθός του έχει οριστεί με ανθρώπινα μέτρα και δεν υπερβαίνει τη δυνατότητα πεζοπορίας μιας μέρας, εκτός ειδικών εξαιρέσεων. Τα κριτήρια επιλογής και αξιολόγησης των ΤΙΦΚ συνδέονται με: φυσικά και οικολογικά χαρακτηριστικά όπως το ανάγλυφο, η γεωλογική δομή, το είδος των εδαφών, η χλωρίδα και η πανίδα, το υδατικό περιβάλλον, οι μετεωρολογικές συνθήκες, η πανοραμική θέα καθώς και με ανθρωπογενή χαρακτηριστικά όπως η ύπαρξη μνημείων, η ιστορική αναφορά, ο παραδοσιακός χαρακτήρας, οι χρήσεις γης, η υποδομή των παλαιών και νέων ανθρώπινων δραστηριοτήτων (αγροί, δάση, οικισμοί και τοπικές επιχειρήσεις). Άλλα χαρακτηριστικά με τα οποία συνδέονται οι ΤΙΦΚ είναι οι δυνατότητες χρήσης για αναψυχή και εκπαίδευση, η ύπαρξη μονοπατιών, η διαχρονικότητα, η αίσθηση φυγής

ή απομόνωσης, η δημιουργία συναισθημάτων, η επαφή με την φύση, η δυνατότητα κατανόησης φυσικών διεργασιών. Όπως φαίνεται από το Σχήμα 3.1 στην περιοχή μελέτης έχουν καταγραφεί δυο τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους(Γεωργιάδου, 2015):

1. Αισθητικό Δάσος Κουρί Αλμυρού (Σχήμα 3.3)

Το δάσος αυτό βρίσκεται σε εξαιρετική φυσική κατάσταση. Αποτελεί ένα σημαντικό οικοσύστημα, όπου απαντώνται σημαντικοί τύποι βλάστησης. Είναι ένα φυσικά πεδινό δρυόδασος, που συγκροτείται από χνοώδη δρυ (70%) και βαλανιδιά (*Q.macrolepis*) 20%. Είναι ένα από τα ελάχιστα δείγματα πεδινού δάσους που απέμειναν στην Ελλάδα. Η σπανιότητά του ως πεδινό δάσος, η εύκολη προσπέλαση και η γειτνίασή του με την αστική περιοχή του Αλμυρού το καθιστούν ιδιαίτερα πρόσφορο για την αναψυχή του τοπικού πληθυσμού, αλλά και των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής, μιας και προσφέρει ένα δροσερό περιβάλλον σε μία θερμή πεδινή περιοχή ιδίως κατά τους θερινούς μήνες.



Σχήμα 3.3 Αισθητικό Δάσος Κουρί Αλμυρού(Φιλότης, 2011)

2. Κόλπος Νήσων Σούρπης (Εικόνα 3.4)

Μικρός γραφικός όρμος στη νότια ακτή του Παγασητικού κόλπου. Κυρίαρχο στοιχείο ο ορεινός όγκος του Χλωμού (ή Χέλμη) από τη νότια πλευρά της περιοχής το αδιατάρακτο φυσικό του ανάγλυφο και την ομοιόμορφη βλάστηση. Όλη η χερσαία περιοχή καλύπτεται από μακία βλάστηση, στην οποία κυριαρχεί το βένιο (*Juniperus phoenicea*). Η χαμηλότερη ζώνη καλύπτεται από έναν συμπαγή και αιωνόβιο ελαιώνα και στον μυλό του κόλπου υπάρχει είναι μικρός υγρότοπος. Οι ακτές είναι κυρίως βραχώδεις και κατά μήκος της δυτικής πλευράς η παραλία έχει φραχθεί και ιδιωτικοποιηθεί από μία σειρά εξοχικών σπιτιών. Στη νότια ακτή, στη θέση Μετόχι, υπάρχει ένα συγκρότημα παλιών μοναστηριακών κτισμάτων. Η αξία της περιοχής έγκειται στα αδιατάρακτα φυσικά χαρακτηριστικά και στην οπτική απομόνωσή της από την ευρύτερη χερσαία περιοχή από τα δυτικά. Είναι μία από τις λίγες παράκτιες περιοχές που διατηρεί σχεδόν αναλλοίωτα τα αξιόλογα φυσικά της χαρακτηριστικά (ανάγλυφο, βλάστηση).

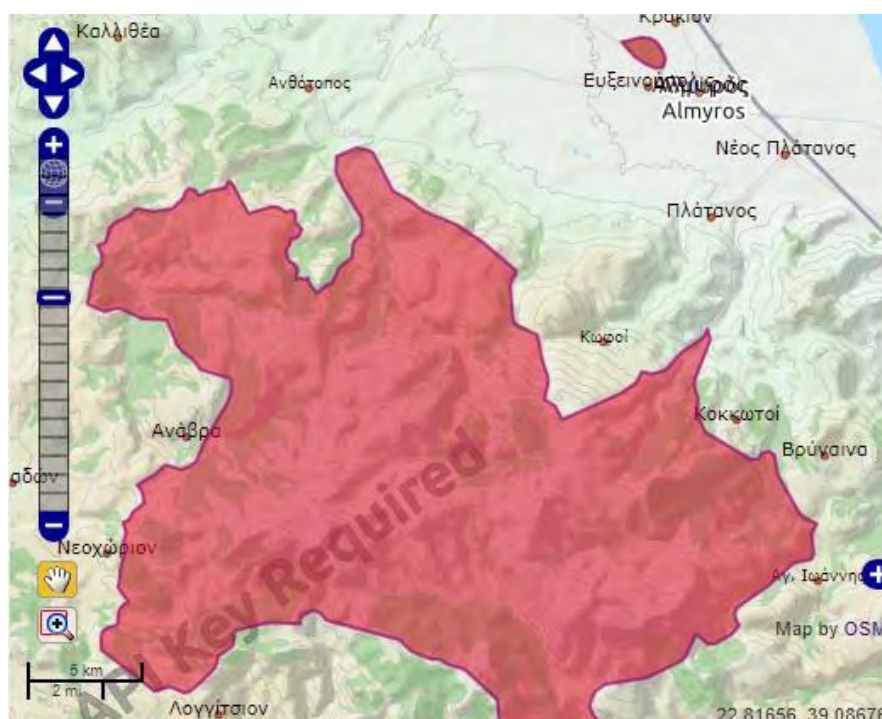


Σχήμα 3.4 Κόλπος Νήσων Σούρπης (Φιλότης, 2011)

Ελληνικοί βιότοποι του επιστημονικού καταλόγου NATURA

Στους Ελληνικούς βιότοπους NATURA ανήκουν οι εξής περιοχές:

- A. Κουρί Αλμυρού/Άγιος Σεραφείμ. Ο κωδικός του βιότοπου αυτού στον κατάλογο Natura είναι GR1430002
- B. Όρος Όθρυς, βουνά Γκούρας και φαράγγι Παλαιοκερασιάς. Ο κωδικός του βιότοπου αυτού στον κατάλογο Natura είναι GR1430006



Σχήμα 3.5 Ελληνικοί βιότοποι του επιστημονικού καταλόγου NATURA (Φιλότης, 2011)

3.3 Στοιχεία γεωμορφολογίας, ανάγλυφου και υδρογραφικού δικτύου

Η λεκάνη του Αλμυρού αποτελεί τμήμα του ενιαίου βυθίσματος Αλμυρού-Παγασητικού όπου τα 2/3 του βυθίσματος αυτού καλύπτονται ανατολικά από τον Παγασητικό κόλπο, σε βάθη μέχρι τα 100 m, ενώ το 1/3 προς τα δυτικά αποτελεί την ημιορεινή ζώνη (υψόμετρο 200-300 m) και την χαμηλού ανάγλυφου χερσαία περιοχή, με υψόμετρα μέχρι 200 m, που είναι και η περιοχή έρευνας.

Η λεκάνη του Αλμυρού καλύπτει έκταση 849,77 km² περίπου, όπως προέκυψε από εμβαδομέτρηση με τη χρήση του λογισμικού ArcGis 10 (Sidiropoulos et al., 2016). Ορίζεται βόρεια και από τα ανατολικά προς τα δυτικά από την κορυφή Βελανιδιά (532 m), το Μαυροβούνι με μέγιστο υψόμετρο 724 m, από το Πυργάκι (504 m), τις Πόρτες (645 m), το Καστράκι (518 m), το Νεραϊδίτη (614 m), την Πετρωτή (518 m) και τη Μαυροκορυφή (793 m). Δυτικά ο υδροκρίτης διέρχεται, από κορυφές του όρους Όρθυς και συγκεκριμένα από, από τον Γούρα με την κορυφή Αράπας (1290 m), το Μέγα Δένδρον (1130 m) και τη Λυκοράχη (865 m). Ανατολικά της Σούρπης ο υδροκρίτης διέρχεται, από τον Κοκκινόβραχο, με την κορυφή Περιστεροφωλιά (480 m), και ακολουθούν προς νότο το Χλωμό όρος με υψόμετρο 894 m και η Ψηλορράχη (440 m). Νότια απαντώνται, από ανατολικά προς τα δυτικά, ο Πύργος (386 m), η Γαλάνη (830 m), το Γερακοβούνι με υψόμετρο 1724 m, ο Μαυρίκας (1552 m) και ο Στράτωνας (1653 m) (Μυριούνης, 2008).

Το ανάγλυφο της λεκάνης του Αλμυρού οφείλεται κυρίως στην τεκτονική δράση ενεργών ρηγμάτων που δραστηριοποιούνται στην περιοχή από το Πλειόκαινο μέχρι σήμερα, με επαναδραστηριοποίηση πολλών εξ' αυτών κατά το Τεταρτογενές, και δευτερευόντως στις κλιματικές συνθήκες και στη διαφορική διάβρωση των πετρωμάτων. Κύριο χαρακτηριστικό της λεκάνης του Αλμυρού είναι η σχετική βύθιση του ανατολικού τμήματος της λεκάνης σε σχέση με το δυτικό, που επέτρεψε τη διατήρηση του χερσαίου τμήματός της (Γαλανάκης, 1997).

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής είναι δενδριτική και παράλληλης μορφής, ενώ πολύ συχνά παρατηρείται ρηξιγενής μορφή (Γαλανάκης, 1997). Οι υπολεκάνες με ευκρινή χαρακτηριστικά και ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο είναι έξι (6) και παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6 Λεκάνη απορροής Αλμυρού με τις υπολεκάνες της (Sidiropoulos et al., 2016)

3.4 Κλιματικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Η Ελλάδα υπάγεται στις μέτρια εύκρατες έως υποτροπικές ζώνες και ειδικότερα στον τύπο του Μεσογειακού κλίματος. Ο τύπος του κλίματος αυτού, κατά τον οποίο ο κύριος όγκος των βροχών πέφτει στο τέλος του φθινοπώρου και κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μοιάζει ειδικότερα με τις κλιματολογικές συνθήκες της Ανατολικής Ελλάδας, μέσα στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης.

Πιο συγκεκριμένα, το κλίμα των περιοχών που βρίσκονται κοντά στις παραθαλάσσιες περιοχές αντιστοιχεί στο τυπικό μεσογειακό κλίμα. Είναι γνωστό ότι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αποτελούν την πλέον σημαντική παράμετρο για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου μια περιοχής δεδομένου ότι αυτά συνιστούν τη μοναδική πηγή τροφοδοσίας της με νερό.

Το βιοκλίμα της περιοχής έρευνας ανήκει στην κατηγορία του του ασθενούς μέσο-μεσογειακού βιοκλίμαστος $40 < X < 75$, όπου X ο αριθμός των βιολογικά ξηρών ημερών κατά τη θερμή και ξηρή περίοδο (Μαυρομάτης Γ., 1978).

Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής εξαρτώνται κυρίως από τα κλιματικά δεδομένα και κατά δεύτερο λόγο από την εδαφική και γεωλογική διαμόρφωση του χώρου. Το ύψος και η ένταση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αλλά και η χρονική κατανομή αυτών, η θερμοκρασία αέρος, η υγρασία, η εξάτμιση, η νέφωση, η δρόσος, η πάχνη και η ένταση και διεύθυνση των ανέμων, αποτελούν τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα του κλίματος, με τα οποία συνδέεται το ισοζύγιο του υδατικού δυναμικού μιας υδρολογικής λεκάνης ή ενότητας.

Σύμφωνα με τον Χουλιάρη (2014) η βροχόπτωση στην περιοχή έρευνας είναι μικρή και διαφοροποιείται με το υψόμετρο. Το ύψος τη βροχής είναι μεγαλύτερο στις ορεινές περιοχές. Οι κλιματικοί παράμετροι συνθέτουν ένα ηλιοσκεπή μεσογειακό κλίμα με ισχυρή επιρροή των ορεινών όγκων της Όθρυος και Γκούρας που διαμορφώνουν κατά τόπους δύο τύπους μικροκλιμάτων, ηπειρωτικό στα ορεινά και μεσογειακό στα παράκτια και πεδινά.

Επίσης, η μορφολογία του εδάφους, εκτός των άμεσων επιδράσεων που έχει στην κατανομή των επιφανειακών και υπόγειων νερών επηρεάζει και όλα τα προαναφερθέντα κλιματικά στοιχεία. Όσο πιο έντονος είναι ο οριζόντιος και κατακόρυφος διαμελισμός του εδάφους, τόσο πιο έντονες είναι και οι αντιθέσεις που παρουσιάζονται από θέση σε θέση των κλιματικών χαρακτηριστικών και ιδιαίτερα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, τα οποία ενδιαφέρουν περισσότερο.

Η υδρολογική λεκάνη του Αλμυρού χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερες φυσικογεωγραφικές συνθήκες που επηρεάζουν άμεσα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα της λεκάνης και την διαφοροποιούν από την υπόλοιπη θεσσαλική. Οι πιο πάνω παράγοντες επιδρούν άμεσα στις παραμέτρους του υδατικού ισοζυγίου και του υδρολογικού κύκλου του νερού.

3.5 Οι πρακτικές διαχείρισης των υδατικών πόρων στη λεκάνη του Αλμυρού

Η περιοχή του Αλμυρού έχει μεγάλη ανάγκη από αρδευτικό νερό, δεδομένου ότι δεν υπάρχει σημαντικός οργανισμός επιφανειακών υδάτων ούτε οργανωμένο αρδευτικό δίκτυο. Η άρδευση γίνεται στο σύνολό της με γεωτρήσεις, οι οποίες βρίσκονται σε συνθήκες υπερεκμετάλλευσης και σε συνδυασμό με τις λιγότερες βροχοπτώσεις τα τελευταία χρόνια, έχει ως αποτέλεσμα τη πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και σε αδυναμία της κάλυψης των αναγκών (Χουλιάρη, 2014).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα της λεκάνης του Αλμυρού αποτελεί η πτώση στάθμης καθώς όλοι εξυπηρετούνται από υπόγειο νερό, και ταυτόχρονα εισέρχεται θαλασσινό νερό με αποτέλεσμα να έχουμε έντονη υφαλμύριση. Αυτό τεκμηριώνεται και από τα μοντέλα υπόγειας ροής και από τις υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων (Μυριούνης, 2008; Γεωργιάδου, 2015). Το νερό αυτό, λοιπόν, δεν είναι κατάλληλο για πόση αλλά ούτε και για άρδευση καλλιεργειών.

Ένας συνδυασμός μοντέλου μηνιαίας προσομοίωσης υδρογραφικής επιφάνειας και μοντέλου προσομοίωσης υπογείων υδάτων χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για την εκτίμηση της κατάστασης του υδροφόρου ορίζοντα της λεκάνης του Αλμυρού. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι οι απαιτήσεις νερού για άρδευση είναι υπεύθυνες για

την υπερεκμετάλλευση των μη ανανεώσιμων πόρων υπογείων υδάτων (Sidiropoulos et al., 2016).

Είναι αντιφατικό το γεγονός ότι γίνεται χρήση του ανεπαρκούς αρδευτικού νερού σε καλλιέργειες με μεγάλες απαιτήσεις σε αυτό. Συνεπώς, είναι αναγκαία η αναθεώρηση της αγροτικής πολιτικής και της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Η τιμολόγηση είναι ένα εύκολο διαχειριστικά ελεγχόμενο εργαλείο που κάποιοι θεωρούν ότι μπορεί να φρενάρει αυτή την κατάσταση.

Οι κύριοι καταναλωτές του νερού είναι τα νοικοκυριά, η γεωργία και σε μικρότερο βαθμό ο τουρισμός(δεδομένου της εποχής) και η βιομηχανία(λίγες μονάδες με μικρή κατανάλωση νερού). Η κύρια κατανάλωση του νερού προέρχεται από τα νοικοκυριά και κυρίως από τη γεωργία. Η αγροτική οικονομία έχει τις ρίζες της από την αρχαιότητα και αποτελεί την κύρια ενασχόληση και πηγή εισοδημάτων για την πλειοψηφία του πληθυσμού μαζί με την κτηνοτροφία. Η τελευταία, αντικαθίσταται τα τελευταία χρόνια με βελτιωμένες ράτσες ζώων και σύγχρονους στάβλους αξιοποιώντας τα ορεινά και μη καλλιεργήσιμα εδάφη.

Η οικονομική κατάσταση είναι απαξιώτική για τις αποδόσεις των καλλιεργειών λόγω της χαμηλής τιμής πώλησης και του αυξητικού με το χρόνο κόστους παραγωγής. Η κατάσταση αυτή διαμορφώθηκε λόγω των παρακάτω συνθηκών:

- επιδοτούμενες καλλιέργειες
- έλλειψη πολιτειακής ή συνεταιριστικής τεχνικής υποστήριξης
- έλλειψη εκπαίδευσης των αγροτών σε θέματα διαχείρισης γεωργικών εκμεταλλεύσεων
- αλόγιστη χρήση γεωργικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων
- το λανθασμένο και ελλιπή μηχανικό εξοπλισμό για τις ανάγκες των αγροτικών εκμεταλλεύσεων.
- χαμηλή τιμή πώλησης της παραγόμενης ποσότητας
- υψηλό κόστος παραγόμενου προϊόντος

Επιπλέον είναι αρκετά σημαντικό το γεγονός ότι εξαιτίας της απουσίας Τοπικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ), οι χρεώσεις των γεωτρήσεων γίνονται από τους αγροτικούς συνεταιρισμούς της περιοχής, οι οποίοι δεν παρέχουν κανένα κίνητρο εξοικονόμησης και υποβαθμίζουν την αξία του νερού.

Τα πλεονεκτήματα του πρωτογενή τομέα της περιοχής που αποτελούν τις προϋποθέσεις για τον εκσυγχρονισμό και ανάπτυξη της γεωργίας σε επιχειρηματικό επίπεδο είναι:

- η μεγάλη εμπειρία των αγροτών
- η γρήγορη διάθεση των αγροτικών προϊόντων στα μεγάλα αστικά κέντρα
- οι ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες
- αποτελεί φυσικό λιμάνι

- υψηλός βαθμός εκμηχάνισης

Παρά την ύπαρξη των παραπάνω προϋποθέσεων η αγροτική οικονομία εξακολουθεί να χρειάζεται ριζική ανάπτυξη σε στρατηγικής σημασία τομείς όπως είναι η τυποποίηση και επεξεργασία των γεωργικών προϊόντων, την παραγωγή νέων προϊόντων που ζητούν τόσο η εγχώρια όσο και οι ξένες αγορές.

4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Υπολογισμός αρδευτικών αναγκών

Με τον όρο "ανάγκες σε αρδευτικό νερό" εννοούμε το ύψος νερού που απαιτείται να χορηγηθεί στις καλλιέργειες με άρδευση επιπλέον του νερού που συνεισφέρεται με άλλους τρόπους (π.χ. Βροχόπτωση) για την κανονική τους ανάπτυξη. Στις ανάγκες περιλαμβάνονται:

- η ποσότητα του νερού που καταναλίσκεται από τις καλλιέργειες (διαπνοή και σχηματισμός των ιστών),
- η ποσότητα που εξατμίζεται από το έδαφος ή τα υγρά μέρη του φυτού, οι απώλειες κατά την εφαρμογή,
- η ποσότητα που απαιτείται για την έκπλυση των αλάτων καθώς και για άλλες λειτουργίες όπως η αντιπαγετική προστασία

Για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό αντικειμενικός σκοπός είναι να υπολογισθεί το απαραίτητο νερό για τον ανεφοδιασμό των καλλιεργειών, ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή ανάπτυξη και βελτιστοποίηση της απόδοσης τους σε συνδυασμό με την υψηλή ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Για την ζήτηση αυτή πρέπει να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, δηλαδή η εξάτμιση από το έδαφος, το φυτό και το φύλλωμα. Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από την περίοδο ανάπτυξης, την πυκνότητα του φυλλώματος, την πυκνότητα του ριζικού συστήματος και της αποστάσεις μεταξύ των φυτών μέσα στην καλλιέργεια (Παπαζαφειρίου, 1999).

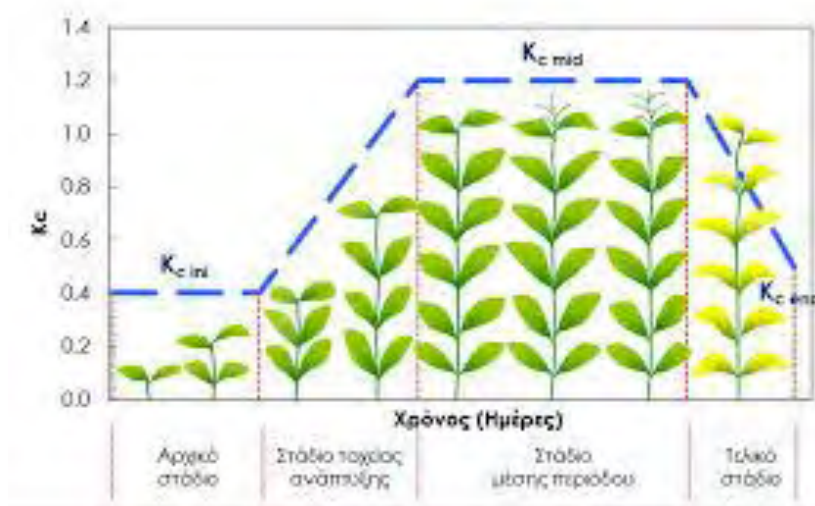
Ο όρος εξάτμιση χρησιμοποιείται στην υδρολογία για να περιγράψει την μετατροπή του νερού από την υγρή στην αέρια φάση(υδρατμοί). Η μετατροπή του νερού σε υδρατμούς που πραγματοποιείται στους πόρους της χλωρίδας είναι γνωστή ως διαπνοή. Το σύνολο των πραγματικών απωλειών νερού από την εξάτμιση εδαφών και από τη διαπνοή της χλωρίδας αποδίδεται με τον όρο εξατμισοδιαπνοή(Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής υποθέτουν συνήθως ότι υπάρχει πάντα επαρκές διαθέσιμο νερό στο έδαφος το οποίο καταναλίσκεται με την εξατμισοδιαπνοή. Η δυναμική (δυνητική) εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (potential evapotranspiration of reference crop, PET) είναι η εξατμισοδιαπνοή από μια επιφάνεια πλήρως καλυμμένη από γρασίδι ομοιόμορφου ύψους 8-15 cm, ελεύθερου από οποιαδήποτε ασθένεια με επαρκές διαθέσιμο εδαφικό νερό για την ανάπτυξη του. Ο υπολογισμός των αναγκών των καλλιεργειών έγινε με τον δείκτη Near Irrigation Requirement (NIR), (USDA, 1970).

4.1.1 Συντελεστής Καλλιέργειας Kc

Με τον όρο βλαστική περίοδο εννοούμε την περίοδο από τη σπορά έως την συγκομιδή της καλλιέργειας και για μόνιμες καλλιέργειες, όπως δέντρα την περίοδο από την ανάπτυξη του φυλλώματος έως την συγκομιδή, κατά την οποία οι καλλιέργειες απαιτούν για την σωστή ανάπτυξη τους νερό. Ο συντελεστής Kc είναι ένας εμπειρικός

εποχιακός συντελεστής που μας δίνει την σχέση μεταξύ των αναγκών της καλλιέργειας αναφοράς και των άλλων καλλιεργειών. Με τον όρο καλλιέργεια αναφοράς εννοείται μια μηδική καλλιέργεια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά με βάση την οποία υπολογίζουμε τις ανάγκες όλων των υπόλοιπων καλλιεργειών. Στην καλλιέργεια αναφοράς το K_c είναι ίσο με τη τιμή 1 και η τιμή του είναι διαφορετική για κάθε καλλιέργεια και ανάλογη με την βλαστική περίοδο στην οποία βρίσκεται αυτή (Σχήμα 4.1). Η βλαστική περίοδος όπως φαίνεται στο σχήμα χωρίζεται σε τέσσερα στάδια ανάπτυξης των φυτών. Η αναλυτική περιγραφή των σταδίων γίνεται παρακάτω.



Σχήμα 4.1 Εξέλιξη του συντελεστή βλάστησης (K_c) της καλλιέργειας

- K_{c1} : Αρχικό στάδιο: Το στάδιο αυτό αρχίζει από την σπορά ή φύτευση της καλλιέργειας και φτάνει μέχρι την οριστική εγκατάσταση της. Στο διάστημα αυτό ο φυτικός συντελεστής K_c παραμένει σταθερός.
- K_{c1} - K_{c2} : Στάδιο ταχεία ανάπτυξης: Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από την έντονη ανάπτυξη των φυτών, ξεκινάει με το τέλος του αρχικού και τελειώνει με την πλήρη κάλυψη του εδάφους από την καλλιέργεια, δηλαδή όταν το ποσοστό φυτοκάλυψης υπερβαίνει το 70%. Το K_c παρουσιάζει μια συνεχή αύξηση.
- K_{c2} : Στάδιο μέσης περιόδου: Το στάδιο αυτό ξεκινάει με την πλήρη κάλυψη του εδάφους, όπως ορίστηκε στο προηγούμενο στάδιο, και περιλαμβάνει την περίοδο της ανθοφορίας και του σχηματισμού των καρπών με την τιμή του K_c να παραμένει σταθερή.
- K_{c2} - K_{c3} : Τελικό στάδιο: Σε αυτό το στάδιο συντελείται η ωρίμανση των καρπών και τερματίζεται με την συγκομιδή. Στις διαδικασίες αυτές οι καλλιέργειες έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σε νερό. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου παρατηρείται μια συνεχής πτώση του K_c .
- K_{c3} : Στιγμή συγκομιδής: Η μέση τιμή του K_c κατά τη στιγμή της συγκομιδής ή στο τέλος της εποχής χρήσης ύδατος.

4.1.2 Υπολογισμός της Εξατμισοδιαπνοής των Καλλιεργειών

Η μέθοδος Blaney – Criddle προτιμήθηκε για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών λόγω της καλής σχέσης απαίτησης δεδομένων και ακρίβειας αποτελεσμάτων. Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής γίνεται με βάση τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς και τον φυτικό συντελεστή. Αναλυτικά για τον υπολογισμό με την μέθοδο Blaney – Criddle της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας απαιτείται μόνο η μέση μηνιαία θερμοκρασία και το γεωγραφικό πλάτος της κάθε λεκάνης. Ο τύπος της μεθόδου είναι που δίνει την τιμή f , δηλαδή την αναγκαία κατανάλωση της καλλιέργειας αναφοράς είναι ο εξής:

$$f = (0,46 \times T + 8,13) \times p \quad (4.1.2.1)$$

όπου: T η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$, p : το μέσο μηνιαίο ποσοστό ωρών ημέρας (βάσει του γεωγραφικού πλάτους).

Για τον υπολογισμό των μηνιαίων αναγκών της κάθε καλλιέργειας ξεχωριστά πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τιμή της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας με τον συντελεστή K_c .

$$ET_0 = f \times K_c \quad (4.1.2.2)$$

Τα στοιχεία για τις τιμές K_c προέρχονται από την οδηγία FAO 24 (Allen et al, 1998) και από τις τιμές που έχουν οριστεί από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης με βάση την οδηγία (FAO, 1998). Στις περιπτώσεις στις οποίες δεν υπήρχαν τιμές για το K_c ανοιγμένες στους μήνες υπολογίστηκαν αυτές με βάση την αρχή και το τέλος των σταδίων ανάπτυξης των φυτών, την διάρκεια τους και τις τιμές K_{c1} , K_{c2} και K_{c3} οι οποίες υπήρχαν για κάθε καλλιέργεια.

4.1.3 Ωφέλιμη ή ενεργός Βροχόπτωση

Ένα ποσοστό της ζήτησης των καλλιεργειών ικανοποιείται από την βροχόπτωση που υπάρχει, το σύνολο της οποίας, όμως, δεν μπορεί να θεωρηθεί πως καταλήγει στο φυτό αφού υπάρχουν απώλειες από την εξατμισοδιαπνοή, την απορροή και την βαθιά διήθηση. Η ποσότητα της βροχόπτωσης που είναι εκμεταλλεύσιμη ονομάζεται ενεργός ή ωφέλιμη βροχόπτωση. Γνωρίζοντας τις απαιτήσεις για κάθε μήνα του έτους υπολογίζουμε με βάση την ενεργό βροχόπτωση ποιες από τις ανάγκες μας μπορούν να ικανοποιηθούν από αυτήν και ποιες από το πότισμα. Συνήθως τους χειμερινούς μήνες και κατά δεύτερο λόγω τους μήνες της άνοιξης και του φθινοπώρου, η βροχή ικανοποιεί ένα μεγάλο μέρος εάν όχι το σύνολο των απαιτήσεων.

Το πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός της ωφέλιμης υετόπτωσης P_{eff} , δηλαδή το ύψος του υετού μετά από την αφαίρεση των απωλειών που έχουμε από επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση κάτω από το ρίζωμα. Η P_{eff} υπολογίζεται με βάση το μηνιαίο ύψος της υετόπτωσης με τους παρακάτω τύπους της USDA Soil Conservation Service (Dastane, 1978).

$$\begin{aligned}
 P < 250\text{mm} \quad P_{eff} &= \frac{P \times (125 - 0,2 \times P)}{125} \\
 P > 250\text{mm} \quad P_{eff} &= 125 + \frac{1}{10}P
 \end{aligned}
 \tag{4.1.3.1}$$

όπου P η μηνιαία υετόπτωση.

Επιλέγεται το Peff με όριο τα 250mm μηνιαίας υετόπτωσης, αφού για τόσο υψηλή βροχόπτωση η απώλειες είναι μεγαλύτερες. Η τιμή NIR είναι οι επιπλέον ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών που εκφράζονται σε ύψος νερού σε mm/m2 και υπολογίζεται σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

$$\begin{aligned}
 NIR = ET_0 - P_{eff} > 0 \quad NIR &= ET_0 - P_{eff} \\
 NIR &= ET_0 - P_{eff} < 0 \quad NIR &= 0
 \end{aligned}
 \tag{4.1.3.2}$$

όπου ET₀ είναι η αναγκαία κατανάλωση και Peff η ωφέλιμη (χρήσιμη) βροχόπτωση.

Οι τελικές ανάγκες της κάθε καλλιέργειας σε νερό εκφράζονται από την τιμή Q σε hm3.

$$Q = \frac{NIR \times E}{1000}
 \tag{4.1.3.3}$$

όπου NIR η ανάγκη σε νερό εκφρασμένη σε mm/m2 και E το συνολικό εμβαδών της κάθε καλλιέργειας.

Οι συνολικές ανάγκες σε νερό μηνιαίος για την λεκάνη εκφράζεται σαν άθροισμα των επιμέρους αναγκών των καλλιεργειών και είναι:

$$\Sigma Q_{ολ} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_8
 \tag{4.1.3.4}$$

Όπου Q1-Q2-Q8 η απαίτηση σε νερό των επιμέρους καλλιεργειών.

4.1.4 Αποδοτικότητα Άρδευσης

Οι συνολικές ανάγκες σε αρδευτικό νερό μιας περιοχής μελέτης είναι επίσης σκόπιμο να συμπεριλαμβάνουν τις απώλειες νερού που πραγματοποιούνται, τόσο κατά τη μεταφορά του, όσο και κατά την εφαρμογή του στο χωράφι. Αυτό ουσιαστικά συνεπάγεται αυξημένες ανάγκες σε αρδευτικό νερό.

Στην λεκάνη μελέτης η μεταφορά του νερού γίνεται με υπό πίεση δίκτυο (Γεωργιάδου, 2015). Το υπό πίεση δίκτυο αποτελείται από κλειστούς αγωγούς με ενδιάμεσα αντλιοστάσια και έχει το πλεονέκτημα των ιδιαίτερα μικρών απωλειών. Ο συντελεστής απόδοσης ενός υπό πίεση δικτύου είναι 0,8-0,95. Συνεπώς η απόδοση του συστήματος μεταφοράς Εμ.μ. της περιοχής μελέτης δίνεται από τον τύπο:

$$E_{\mu\mu} = M_{\pi} \times E_{\pi}
 \tag{4.1.4.1}$$

όπου Εμ.μ. η μέση απόδοση του συστήματος μεταφοράς, Μπ το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού που αντιστοιχεί στον τρόπο μεταφοράς και Επ ο αντίστοιχος συντελεστής απόδοσης.

Οι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόζονται στην περιοχή μελέτης είναι η άρδευση με καταιονισμό και η στάγδην άρδευση (Γεωργιάδου, 2015). Ο συντελεστής απόδοσης είναι από 0,55-0,90 για καταιονισμό και για στάγδην 0.8-0.95.

$$E_{\mu\alpha} = A_k \times E_k \quad (4.1.4.2)$$

Πολλαπλασιάζοντας τον τελικό συντελεστή με την απαιτούμενη ποσότητα του καθαρού νερού που πρέπει να φτάσει στην καλλιέργεια βρίσκουμε την ποσότητα που πρέπει να απολείψουμε από τις πηγές τροφοδοσίας μας. Ο τελικός συντελεστής προσάυξης υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$E_{\tau} = \frac{1}{E_{\mu\mu} \times E_{\mu\alpha}} \quad (4.1.4.3)$$

4.1.5 Υπολογισμός αρδευτικών αναγκών με τη χρήση λογισμικού CROPWAT8.0

Κατά τη διάρκεια του υπολογισμού των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό προέκυψε η ανάγκη της περαιτέρω προσπάθειας για εκτίμησή τους και με άλλες μεθόδους. Η ανάγκη αυτή προήλθε από την πιθανή αντιμετώπιση συνθηκών έλλειψης δεδομένων που μπορεί να υπάρξουν στην περιοχή μελέτης ή στις περισσότερες ελληνικές λεκάνες απορροής. Αυτό το πρόβλημα εμφανίστηκε έντονα και κατά την εκπόνηση των Σχεδίων Διαχείρισης του Υπουργείου (ΣΔΛΑΠ, 2017). Προς αντιμετώπιση αυτού έγινε εκτίμηση των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών με τη βοήθεια του λογισμικού CROPWAT 8.0 που επιτρέπει την εκτίμηση χρησιμοποιώντας πλασματικά δεδομένα ή/και παραδοχές.

Πρόκειται για ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και τη διαχείριση αρδευτικών συστημάτων που αναπτύχθηκε από την Food and Agriculture Organization (FAO, fao.org) of the United Nations. Οι βασικές του λειτουργίες περιλαμβάνουν τον υπολογισμό των απαιτήσεων ύδατος καλλιέργειας και των απαιτήσεων άρδευσης που βασίζονται σε δεδομένα εδάφους, κλίματος και καλλιέργειας. Επιπλέον, το πρόγραμμα επιτρέπει την ανάπτυξη αρδευτικών προγραμμάτων για διαφορετικές συνθήκες διαχείρισης και τον υπολογισμό της παροχής ύδατος για διάφορες καλλιέργειες. Το CROPWAT 8.0 μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των πρακτικών άρδευσης των αγροτών και για την εκτίμηση των επιδόσεων των καλλιεργειών υπό συνθήκες βροχής και αρδεύσεως.

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_o) βασίζεται στο FAO Penman-Monteith. Τα δεδομένα εισόδου πέρα τη θερμοκρασία (μέγιστη και ελάχιστη), υγρασία, ηλιοφάνεια και ταχύτητα ανέμου απαιτούν τόσο στοιχεία για τους συντελεστές καλλιεργειών K_c όσο και για το έδαφος της υπό μελέτη περιοχής. Το χρονικό βήμα είναι μηνιαίο που χωρίζεται σε τρία δεκαήμερα και είναι επομένως πιο λεπτομερές. Για τον υπολογισμό των απαιτήσεων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τις βιβλιοθήκες του λογισμικού για τις συγκεκριμένες καλλιέργειες της περιοχής, που ταιριάζουν στα κλιματικά στοιχεία της λεκάνης, αναφέρονται σε μία ξηρή βροχομετρικά κατάσταση και ένα έδαφος μεσαίου επιπέδου.

4.2 Αποτίμηση της αξίας του νερού

4.2.1 Περιγραφή της μεθόδου μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, ο υπολογισμός της αξίας του νερού στη γεωργία, καθώς και της χωρικής διαφοροποίησης αυτής της αξίας σε ολόκληρη τη λεκάνη του Αλμυρού, αποτελεί ένα πολύ βασικό μέτρο σύγκρισης για κάθε οικονομικό αποτέλεσμα. Για το σκοπό αυτό, επιλέχτηκε και εφαρμόστηκε η μέθοδος της “μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους”, η οποία στηρίζεται στην έμμεση εκτίμηση της συμβολής των αρδεύσεων στο γεωργικό εισόδημα, συγκρίνοντας το οικονομικό αποτέλεσμα δύο διαφορετικών σεναρίων προσφοράς ή κατανάλωσης αρδευτικού νερού στην περιοχή μελέτης.

Σημειώνεται ότι η μεταβολή του ακαθάριστου κέρδους (change in net-income) αποτελεί προέκταση μιας γενικότερης μεθόδου αποτίμησης της αξίας του νερού ως ενδιάμεσου πόρου για την παραγωγή άλλων αγαθών, η οποία ονομάζεται υπολειμματική αποτίμηση (residual valuation). Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της υπολειμματικής αποτίμησης είναι η σωστή εκτίμηση της προστιθέμενης αξίας κάθε παραγωγικού πόρου στη διαδικασία παραγωγής (Λατινόπουλος, 2006). Με άλλα λόγια, όταν είναι εφικτή η χρήση κατάλληλων τιμών για όλες τις εισροές εκτός από μια (το νερό στη συγκεκριμένη περίπτωση), το υπόλοιπο της συνολικής αξίας του προϊόντος είναι δυνατόν να αποδοθεί σ’ αυτήν, δηλαδή στην υπολειπόμενη εισροή (Heady, 1952). Γίνεται, συνεπώς, αντιληπτό ότι η συγκεκριμένη μέθοδος βρίσκει πεδίο εφαρμογής κυρίως σε περιπτώσεις μονοκαλλιέργειας καθώς και σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς η γεωργική εκμετάλλευση.

Όταν, όμως εξετάζεται ένα σχέδιο παραγωγής που περιλαμβάνει πολλές καλλιέργειες, το οποίο μάλιστα συνήθως χαρακτηρίζει μια ευρύτερη γεωργική περιοχή (π.χ. ένα δημοτικό διαμέρισμα ή ακόμα και μια λεκάνη απορροής), είναι προτιμότερη η επιλογή της μεθόδου της “μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους”. Σύμφωνα μ’ αυτήν, η επιθυμία για πληρωμή ενός γεωργού σε μια δεδομένη αύξηση της ποσότητας του νερού θεωρείται ίση με τη μεταβολή του γεωργικού εισοδήματος που συνεπάγεται η συγκεκριμένη αύξηση του νερού (Λατινόπουλος, 2006). Σε αρκετές περιπτώσεις συγκρίνεται το οικονομικό αποτέλεσμα δύο ακραίων καλλιεργητικών σεναρίων, όπως για παράδειγμα μεταξύ της αρδευόμενης και της ξηρικής γεωργίας στην ίδια περιοχή και σε δεδομένες κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες (Gibbons, 1986). Η διαφορά στο οικονομικό αποτέλεσμα (ακαθάριστο κέρδος) μπορεί να θεωρηθεί ότι οφείλεται εξολοκλήρου στους υδατικούς πόρους που καταναλώνονται μέσω των αρδεύσεων και να αποτελέσει επομένως την αξία του αρδευτικού νερού ως ενδιάμεσου αγαθού παραγωγής γεωργικών προϊόντων (Μπαλτάς και Σειμένης, 2010).

Η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου προτείνεται κυρίως για περιοχές όπου το νερό συνεισφέρει σε σημαντικό βαθμό στην αξία των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων, έτσι ώστε να αποφεύγονται, κατά το δυνατόν, σημαντικές αποκλίσεις από την πραγματική αξία που μπορεί να προκύψουν όταν κάποια εισροή, είτε δεν ληφθεί υπόψη, είτε υπολογιστεί λανθασμένα (Young, 1996). Κρίνεται, επομένως, κατάλληλη για τον υπολογισμό της αξίας χρήσης του αρδευτικού νερού στην παρούσα διπλωματική, καθώς: το χωρικό επίπεδο μελέτης περικλείει μια ολόκληρη λεκάνη απορροής (σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό), στην οποία

μάλιστα υπάρχει πληθώρα διαφορετικών καλλιεργειών, οι περισσότερες από τις οποίες όμως δεν αρδεύονται εντατικά.

Στην πράξη η “μεταβολή του ακαθάριστου κέρδους” εφαρμόζεται, συνήθως, για την αξιολόγηση ενός αρδευτικού δικτύου που πρόκειται να κατασκευαστεί, υπολογίζοντας τη δυνητική προστιθέμενη αξία του νερού στο ήδη υπάρχον γεωργικό εισόδημα (Rodriguez et al., 2002, Said et al. 2002). Στην παρούσα εργασία, ωστόσο, ακολουθήθηκε μια αντίστροφη διαδικασία, γιατί στην περιοχή μελέτης υπάρχουν πλήρως εγκατεστημένα μεγάλα αρδευτικά δίκτυα, τα οποία λειτουργούν εδώ και δεκαετίες. Έτσι, η μεταβολή του ακαθάριστου κέρδους χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της αξίας του νερού στο πλαίσιο μιας πιθανής απώλειας γεωργικού εισοδήματος εξαιτίας της παύσης των αρδεύσεων και της υποχρεωτικής χρήσης ξηρικών καλλιεργειών. Ο λόγος που προτιμήθηκε αυτού του είδους η ανάλυση είναι γιατί θεωρήθηκε πιο χρήσιμο, αλλά και μεθοδολογικά πιο ορθό, να γίνει μια εκ των προτέρων αποτίμηση της αξίας του νερού που θα απωλεσθεί εξαιτίας μιας πιθανής μεταγενέστερης πολιτικής μείωσης των αρδεύσεων παρά μια εκ των υστέρων αποτίμηση των αρδευτικών δικτύων που λειτουργούν στην περιοχή εδώ και πολλά χρόνια (Λατινόπουλος και Μυλόπουλος, 2005).

Από την άλλη πλευρά, η επίλυση ειδικά διαμορφωμένων προβλημάτων, ανεξάρτητων της παραπάνω μεθοδολογίας, με τη βοήθεια του γραμμικού προγραμματισμού μπορεί επίσης να συμβάλλει στην αποτίμηση της αξίας του νερού στη γεωργία. Συγκεκριμένα, με το γραμμικό προγραμματισμό καθίσταται εφικτή η εξέταση της επίδρασης διαφόρων επιπέδων τιμών του αρδευτικού νερού στη συνολική κατανάλωσή του, στα όρια μιας περιοχής μελέτης (συνήθως μιας γεωργικής εκμετάλλευσης), καθώς και η εύρεση της οριακής αξίας του νερού στη γεωργία. Σπανιότερα, αντί για τη μεταβολή της τιμής του νερού, εκτιμάται η επίδραση της μεταβολής της προσφερόμενης ποσότητας νερού και υπολογίζεται έτσι η αξία του στα διάφορα εναλλακτικά σενάρια προσφοράς (Λατινόπουλος, 2006).

Η συνδυασμένη εφαρμογή του γραμμικού προγραμματισμού και της μεθόδου της μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους είναι δυνατό να δώσει αξιόλογα αποτελέσματα και χρήσιμα συμπεράσματα (Bowen and Young, 1985). Μπορεί επίσης, να εξαλείψει και ορισμένα από τα μειονεκτήματα-αδυναμίες της εφαρμογής καθεμιάς από τις μεθόδους αυτές ξεχωριστά. Για το λόγο αυτό, όπως αναφέρεται στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου, ακολουθείται η μέθοδος της μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους, σύμφωνα με την οποία υπολογίζεται για κάθε περιοχή αναφοράς: α) το υφιστάμενο ακαθάριστο κέρδος των γεωργών, β) η συνολική κατανάλωση νερού στη γεωργία και γ) ένα βέλτιστο καλλιεργητικό σχέδιο για την ξηρική γεωργία (μαζί με τα αντίστοιχα οικονομικά του αποτελέσματα).

4.2.2 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ανά μονάδα όγκου αξία του αρδευτικού νερού ($WVAL_j$), εκφρασμένη σε €/m³, σε μια περιοχή αναφοράς j , η οποία βρίσκεται εντός της περιοχής μελέτης (στο εσωτερικό δηλαδή της λεκάνης του Αλμυρού), θα προκύπτει από το γενικό τύπο:

$$WVAL_j = \frac{INPA_j}{TCWR_j} \quad (4.2.2.1)$$

όπου, ο αριθμητής (INPA_j) ορίζει τη μεταβολή του ακαθάριστου κέρδους των γεωργικών εκμεταλλεύσεων (στην περιοχή αναφοράς) εξαιτίας των αρδεύσεων, ενώ ο παρονομαστής (TCWR_j) εκφράζει τις συνολικές απαιτήσεις σε νερό όλων των αρδευόμενων καλλιεργειών της περιοχής αυτής. Η εξίσωση αυτή είναι σχεδόν ταυτόσημη με την αντίστοιχη εξίσωση των Tardieu και Prefol (2002). Οι τελευταίοι, ονομάζουν τον παραπάνω λόγο ως “στρατηγική αξία του νερού” στη γεωργία, μια αξία δηλαδή η οποία φανερώνει τις στρατηγικές επιλογές που έχει ο γεωργός στο να μπορεί να τροποποιήσει το σχέδιο παραγωγής του και να προσαρμόσει τις αρδευτικές του ανάγκες σύμφωνα με τη συνολικά προσφερόμενη ποσότητα νερού στην αρχή κάθε καλλιεργητικής περιόδου.

Στην ενότητα που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού των συνολικών απαιτήσεων σε νερό των καλλιεργειών κάθε περιοχής αναφοράς (TCWR_j), βάσει της εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών, αλλά και των επιλεγόμενων πρακτικών και μεθόδων άρδευσης. Πριν από αυτό όμως κρίνεται απαραίτητο να διατυπωθεί το μαθηματικό μοντέλο που θα αποτιμά τις μεταβολές του ακαθάριστου κέρδους των εκμεταλλεύσεων κάθε περιοχής (INPA_j).

Για την εκτίμηση λοιπόν της μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους είναι σκόπιμο να υπολογιστούν πρώτα οι μεταβολές λόγω της άρδευσης (λόγω της προτίμησης δηλαδή της αρδευόμενης από την ξηρική γεωργία) σε δύο άλλα μεγέθη: α) στην ακαθάριστη πρόσοδο (BPAP_j), και β) στις δαπάνες των γεωργικών εκμεταλλεύσεων (CPAP_j) (Rodriguez et al., 2002). Οι μεταβολές αυτές συνδέονται με τη σχέση:

$$INPA_j = IBPA_j - CPA_j \quad (4.2.2.2)$$

Όσον αφορά τη μεταβολή της ακαθάριστης προσόδου μιας περιοχής j, αυτή προκύπτει από τη παρακάτω σχέση, στην οποία παραλείπεται ο δείκτης j για απλότητα στους υπολογισμούς:

$$IBPA = \sum_i^m Y_i^1 P_{y_i}^1 S_i^1 - \sum_i^{m'} Y_i^0 P_{y_i}^0 S_i^0 \quad (4.2.2.3)$$

Οι εκθέτες “0” και “1” αντιστοιχούν στις δυο διαφορετικές καταστάσεις από πλευράς αρδεύσεων. Συγκεκριμένα, ο εκθέτης “1” αναφέρεται στην υφιστάμενη κατάσταση όπου το σύνολο σχεδόν των εκτάσεων αρδεύεται εντατικά, ενώ ο εκθέτης “0” αναφέρεται στο βέλτιστο σε κάθε περίπτωση σχέδιο παραγωγής χωρίς την πραγματοποίηση των αρδεύσεων (περιλαμβάνει δηλαδή μόνο ξηρικές καλλιεργείες). Όσον αφορά τους υπόλοιπους συμβολισμούς ισχύουν:

i = είδος καλλιέργειας

m = σύνολο καλλιεργειών στην υφιστάμενη κατάσταση

m' = σύνολο καλλιεργειών στο βέλτιστο ξηρικό σχέδιο

Y₁ = απόδοση αρδευόμενων καλλιεργειών (kg/στρέμμα)

S₁ = έκταση αρδευόμενων καλλιεργειών (στρέμματα)

P_{y1} = τιμή προϊόντων αρδευόμενων καλλιεργειών (€/kg)

Y_0 = απόδοση ξηρικών καλλιεργειών (kg/στρέμμα)

S_0 = έκταση ξηρικών καλλιεργειών (στρέμματα)

P_{y0} = τιμή προϊόντων ξηρικών καλλιεργειών (€/kg)

Αντίστοιχα, για την ίδια περιοχή j υπολογίστηκε και η μεταβολή των δαπανών των γεωργικών εκμεταλλεύσεων σύμφωνα με τον τύπο:

$$CPA = \sum_i^m C_i^1 S_i^1 - \sum_i^{m'} C_i^0 S_i^0 \quad (4.2.2.4)$$

όπου:

C_1 = μεταβλητές δαπάνες αρδευόμενων καλλιεργειών (€/στρέμμα)

C_0 = μεταβλητές δαπάνες ξηρικών καλλιεργειών (€/στρέμμα)

Όπως αναφέρθηκε στη μεθοδολογία, λόγω μιας πιθανής παύσης των αρδεύσεων ο γεωργός τείνει να αντικαταστήσει τις υφιστάμενες καλλιέργειες του σε δυνητικές ξηρικές, δηλαδή σε καλλιέργειες που απαιτούν ελάχιστες ποσότητες νερού. Σύμφωνα με τον πίνακα αντιστοίχισης υφιστάμενων-ξηρικών καλλιεργειών της διατριβής του Δ. Λατινόπουλου καθώς και το είδος των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης, οι αντιστοιχίες που επιλέχθηκαν να γίνουν φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

Αντιστοιχία υφιστάμενων και δυνητικών ξηρικών καλλιεργειών(Λατινόπουλος, 2006)

Υφιστάμενες Καλλιέργειες	Δυνητικές Ξηρικές Καλλιέργειες
Κτηνοτροφικά Φυτά	Βίκος για σανό
Καλαμπόκι	Κριθάρι
Λοιπές Καλλιέργειες(τεύτλα)	Όσπρια
Δένδρα(μηλιές)	Αμπέλι ξηρικό
Κηπευτικά(ντομάτα)	Αρακάς
Ελαιώνες	Ελιές ξηρικές
Βαμβάκι	Βαμβάκι Ξηρικό
Λοιπά Σιτηρά	Σιτηρά

5 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1 Καλλιέργειες

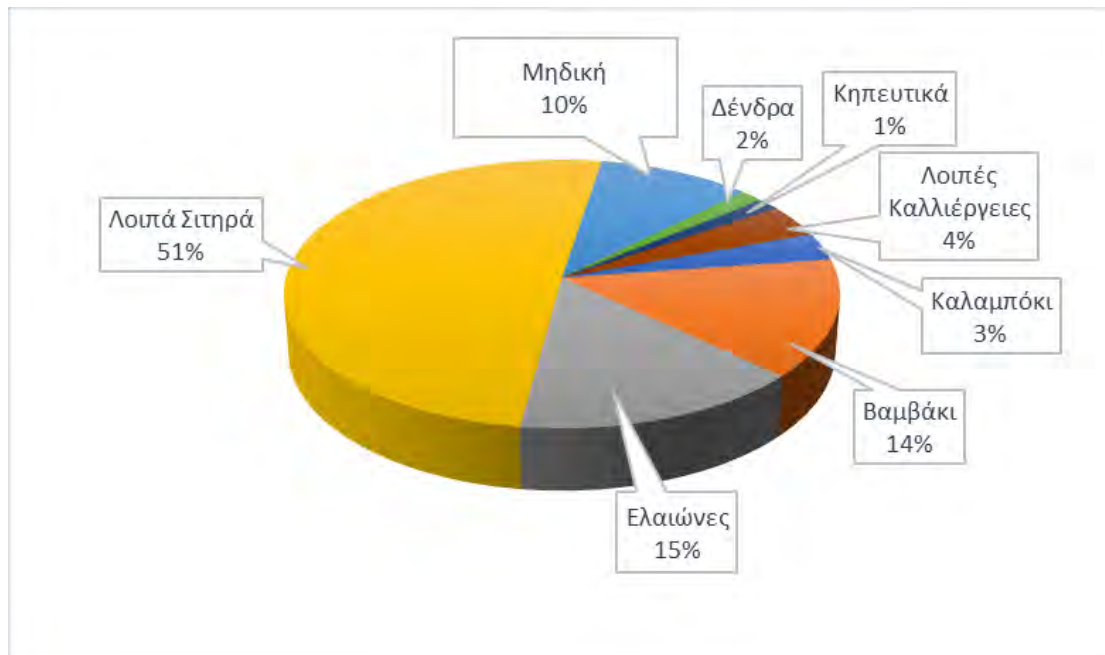
Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η λεκάνη του Αλμυρού επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης, καθώς παρουσιάζει έντονο γεωργικό χαρακτήρα και μεγάλη εντατικότητα αρδεύσεων. Στοιχεία για της καλλιέργειες της λεκάνης απορροής του Αλμυρού συλλέχθηκαν από τον Οργανισμό Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ), και ελέγχθηκαν με το πρόγραμμα CORINE land cover(2018). Τα στοιχεία αφορούν χρονοσειρά από το έτος 2006 έως το 2015 από γεωργικές απογραφές και έρευνες διάρθρωσης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, με επίπεδο αναφοράς τα δημοτικά διαμερίσματα. Από την ανάλυση των δεδομένων αυτών προέκυψαν διάφορα σημαντικά μεγέθη που αφορούν το μέγεθος των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και κατ' επέκταση τις υδατικές ανάγκες.

Η καλλιεργούμενη έκταση εκτιμάται στα 68.070 στρέμματα. Η καλλιέργεια που επικρατεί είναι τα σιτηρά που καταλαμβάνει το 50,46% της συνολικής έκτασης, ενώ σε αρκετά μεγάλη έκταση καλλιεργούνται βαμβάκι(14,21%) και η ελιά(15,15%). Σημαντικό είναι τέλος το ποσοστό 10,01% που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια κτηνοτροφικών φυτών για ζωοτροφές(μηδική). Η κατανομή των εκτάσεων φαίνεται αναλυτικότερα στον Πίνακα 4.1 και στο Σχήμα 4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

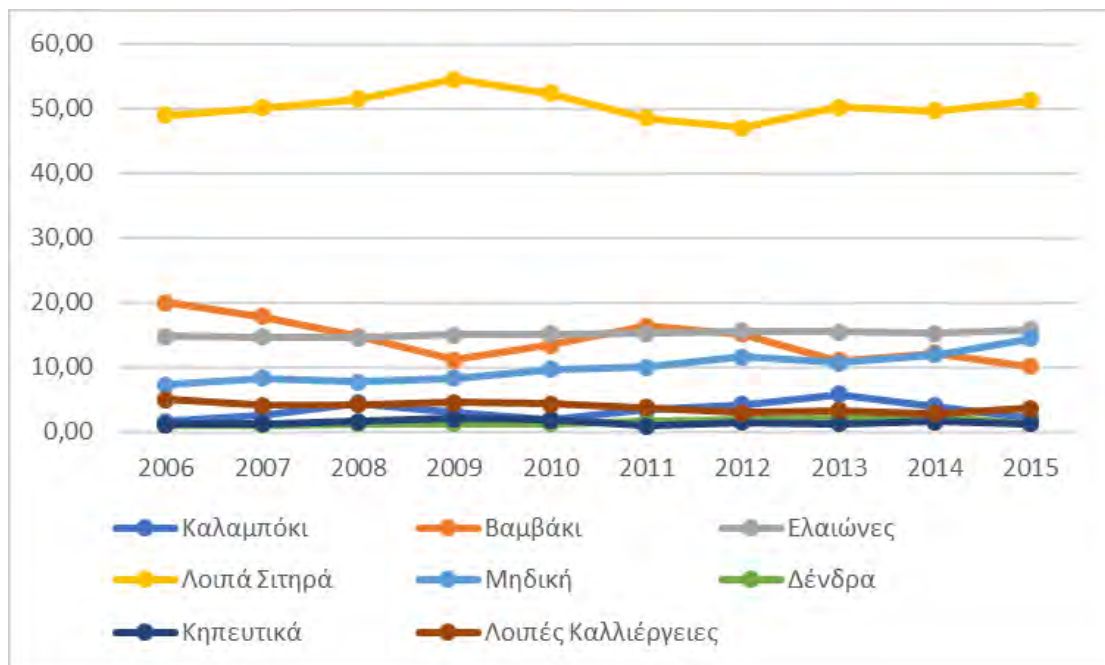
Εκτάσεις Καλλιεργειών Λεκάνης Αλμυρού

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	Έκταση (στρέμ.)	Έκταση (%)
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	1.458	3.32
ΒΑΜΒΑΚΙ	6.885	14.21
ΕΛΑΙΩΝΕΣ	10.750	15.16
ΛΟΠΙΑ ΣΙΤΗΡΑ	34.923	50.46
ΜΗΔΙΚΗ	9.852	10.01
ΔΕΝΤΡΑ	894	1.53
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	835	1.43
ΛΟΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2.473	3.89
ΣΥΝΟΛΟ	68.070	100



Σχήμα 5.1 Ποσοστιαία κατανομή των καλλιεργήσιμων εκτάσεων της λεκάνης του Αλμυρού για τη δεκαετία 2006-2015

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4.2) φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή των καλλιεργειών για την περίοδο 2006-2015 όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων για κάθε έτος. Παρατηρούμε, μία γενικότερη σταθερότητα ως προς την γεωργική πολιτική στην περιοχή, καθώς με το πέρασμα των χρόνων δεν άλλαξαν οι καλλιέργειες.



Σχήμα 5.2 Ποσοστιαία κατανομή των καλλιεργειών για την περίοδο 2006-2015 της λεκάνης του Αλμυρού.

Η γονιμότητα του εδάφους είναι πολύ καλή και είναι ποιοτικά κατάλληλο για όλες σχεδόν τις καλλιέργειες. Η γονιμότητα του εδάφους σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες αποτελούν ένα σημαντικό μέσο ανάπτυξης για την αγροτική οικονομία. Στα

ημιορεινά καλλιεργείται η ελιά και σιτηρά, ενώ στις πεδινές εκτάσεις κυριαρχούν δυναμικές καλλιέργειες όπως το βαμβάκι, αμπέλια, κηπευτικά.

5.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Στην ευρύτερη λεκάνη απορροής του Αλμυρού υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι μετεωρολογικοί σταθμοί. Τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης των σταθμών αυτών επεξεργάστηκαν και αναλύθηκαν για την ύπαρξη σημαντικών τάσεων καθώς και για την εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής Αλμυρού. Οι υπολογισμένες επιφανειακές μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης της υπό μελέτη λεκάνης απορροής θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου και τον υπολογισμό της κατείσδυσης στον υδροφόρο ορίζοντα της λεκάνης απορροής του Αλμυρού.

5.2.1 Εκτίμηση και υπολογισμός μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας

Εντός της λεκάνης απορροής του Αλμυρού δεν υπάρχουν διαθέσιμοι μετεωρολογικοί σταθμοί με δεδομένα θερμοκρασίας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας στην υπό μελέτη λεκάνη απορροής βασίζονται σε μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλίας. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν. Η περίοδος των δεδομένων ήταν από το 1960 μέχρι το 2002 (Γεωργιάδου, 2015).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

Μετεωρολογικοί σταθμοί θερμοκρασίας που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση

ΠΙΝΑΚΑΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΝΟΜΟΣ	ΦΟΡΕΑΣ
A1	Αργιθέας	980	Καρδίτσας	ΔΕΗ
A2	Βακάρι	1150	Τρικάλων	ΔΕΗ
A3	Αγχίαλος	15	Μαγνησίας	ΕΜΥ
A4	Βόλος	3	Μαγνησίας	ΕΜΥ
A5	Γραμματικών	95	Καρδίτσας	ΥΠΓΕ
A6	Δομοκός	615	Φθιώτιδας	ΕΜΥ
A7	Καλαμπάκα	222	Τρικάλων	ΕΜΥ
A8	Καλλιφωνι	100	Καρδίτσας	ΥΠΓΕ
A9	Καπνικός	110	Καρδίτσας	ΥΠΓΕ
A10	Καρδιτσομαγούλα	95	Καρδίτσας	ΥΠΓΕ
A11	Κρατικό κτήμα	532	Τρικάλων	ΥΠΓΕ

A12	Λάρισα	73	Λάρισας	ΕΜΥ
A13	Λεόντιο	950	Καρδίτσας	ΔΕΗ
A14	Λιβάδι	1183	Λάρισας	ΥΠΕΧΩΔΕ
A15	Μαγούλα	180	Λάρισας	ΥΠΓΕ
A16	Μύρα	320	Λάρισας	ΥΠΓΕ
A17	Παλαμάς	95	Καρδίτσας	ΥΠΓΕ
A18	Παχτούρι	950	Τρικάλων	ΔΕΗ
A19	Πεδινό	95	Καρδίτσας	ΥΠΓΕ
A20	Πολύνερι	730	Τρικάλων	ΔΕΗ
A21	Σκοπιά	580	Λάρισας	ΥΠΓΕ
A22	Σωτήριο	51	Λάρισας	ΥΠΓΕ
A23	Ταυρωπός	850	Καρδίτσας	ΔΕΗ
A24	Τρίκαλα	149	Τρικάλων	ΕΜΥ
A25	Φάρσαλα (ΕΜΥ)	148	Λάρισας	ΕΜΥ
A26	Φάρσαλα (ΥΠΓΕ)	434	Λάρισας	ΥΠΓΕ

Για τη λεκάνη απορροής του Αλμυρού και την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων των μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε ως σταθμός βάσης ο μετεωρολογικός σταθμός της Αγχιάλου, διότι βρίσκεται εντός της λεκάνης απορροής. Σύμφωνα με τα δεδομένα η μέση ετήσια θερμοκρασία για τον σταθμό της Αγχιάλου ανέρχεται σε 16,2°C με διακύμανση από 6,5°C μέχρι 26,8°C. Οι μηνιαίες θερμοκρασίες, για τον μετεωρολογικό σταθμό της Ν. Αγχιάλου, κυμαίνονται από 3,5 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιανουαρίου 1981) έως 29,2 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιουλίου 1988). Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και ο μέσος όρος τους για την περίοδο 1960-2002 για τον μετεωρολογικό σταθμό της Ν. Αγχιάλου παρουσιάζονται στα Σχήματα 4.3 και 4.4 (Γεωργιάδου, 2015).



Σχήμα 5.3 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για το μετεωρολογικό σταθμό της Ν. Αγχιάλου (ΕΜΥ) για την περίοδο Οκτώβριος 1960 – Σεπτέμβριος 2002



Σχήμα 5.4 Μέσες όρος θερμοκρασιών για το μετεωρολογικό σταθμό της Ν. Αγχιάλου (ΕΜΥ) για την περίοδο Οκτώβριος 1960 – Σεπτέμβριος 2002.

Για τον σταθμό της Ν. Αγχιάλου έγινε ανάλυση για τον προσδιορισμό των γραμμικών τάσεων στη μηνιαία σειρά θερμοκρασιών για ολόκληρη την περίοδο, δηλαδή για 42 συνεχόμενα χρόνια. Για την περίοδο αυτή παρατηρείται τάση αύξησης της μηνιαίας θερμοκρασίας η οποία όμως δεν είναι σημαντική.

5.2.2 Μέθοδος Θερμοβαθμίδας

Η μέθοδος της θερμοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι η θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου και χρησιμοποιεί την ετήσια θερμοβαθμίδα που περιγράφει την μείωση της ετήσιας θερμοκρασίας ανά 100 m αύξηση υψομέτρου. Χρησιμοποιώντας ως σταθμό βάσης των μετεωρολογικό σταθμό της Ν. Αγχιάλου (15 m) η γενική θερμοβαθμίδα για την λεκάνη απορροής του Αλμυρού βρέθηκε ότι είναι

ιση με μείωση 0,46 °C ανά 100 m. Η διαδικασία υπολογισμού της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για την λεκάνη απορροής του Αλμυρού έχει ως εξής (Γεωργιάδου, 2015):

Αρχικά, υπολογίζεται με γραμμική παλινδρόμηση η γραμμική σχέση μεταξύ του υψομέτρου z και της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών που βρίσκονται στην ευρύτερη ζώνη επιρροής της λεκάνης. Οπότε προκύπτει μια εξίσωση της μορφής:

$$T = -\chi \times z + y \quad (5.2.2.1)$$

από την (4.2.1.1) προκύπτει ότι η αύξηση του z κατά 100m προκαλεί μείωση της T κατά (100 χ) που αποτελεί και τη θερμοβαθμίδα.

Στη συνέχεια για την εκτίμηση της θερμοκρασίας της λεκάνης χρησιμοποιούνται τα δεδομένα εκείνου του σταθμού με το πλησιέστερο υψόμετρο στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης (σταθμός βάσης). Και έπειτα, υπολογίζεται η μέση ετήσια T στη λεκάνη για το έτος i :

$$T_i = T_{Ti} - (\Delta z \times \alpha) \quad (5.2.2.2)$$

όπου T_i = η μέση ετήσια θερμοκρασία στην υδρολογική λεκάνη για το έτος i , TT_i = η μέση ετήσια θερμοκρασία στον σταθμό βάσης για το έτος i , Δz = το μέσο υψόμετρο της λεκάνης μείον το υψόμετρο του σταθμού βάσης

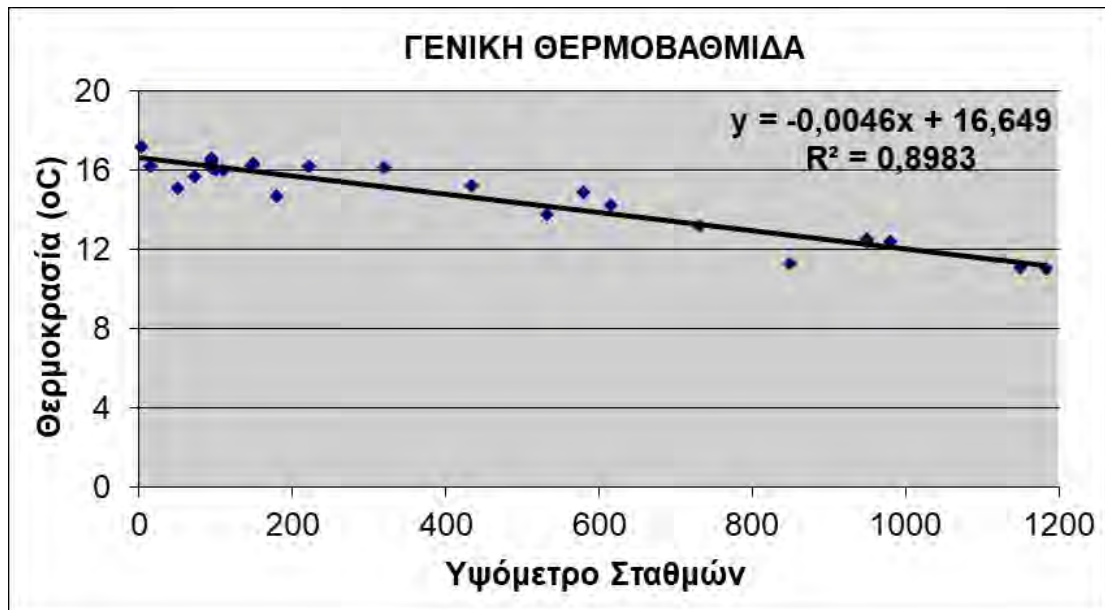
Τέλος, υπολογίζεται η μέση μηνιαία θερμοκρασία στη λεκάνη με τη σχέση:

$$T_{ik} = T_{T(i)k} \times \left(\frac{T_i}{T_{T(i)}}\right) \quad (5.2.2.3)$$

όπου T_{ik} = η μέση μηνιαία θερμοκρασία στη λεκάνη για τον μήνα k του έτους i , $TT(i)k$ = η μέση μηνιαία θερμοκρασία στον σταθμό βάσης για τον μήνα k του έτους i .

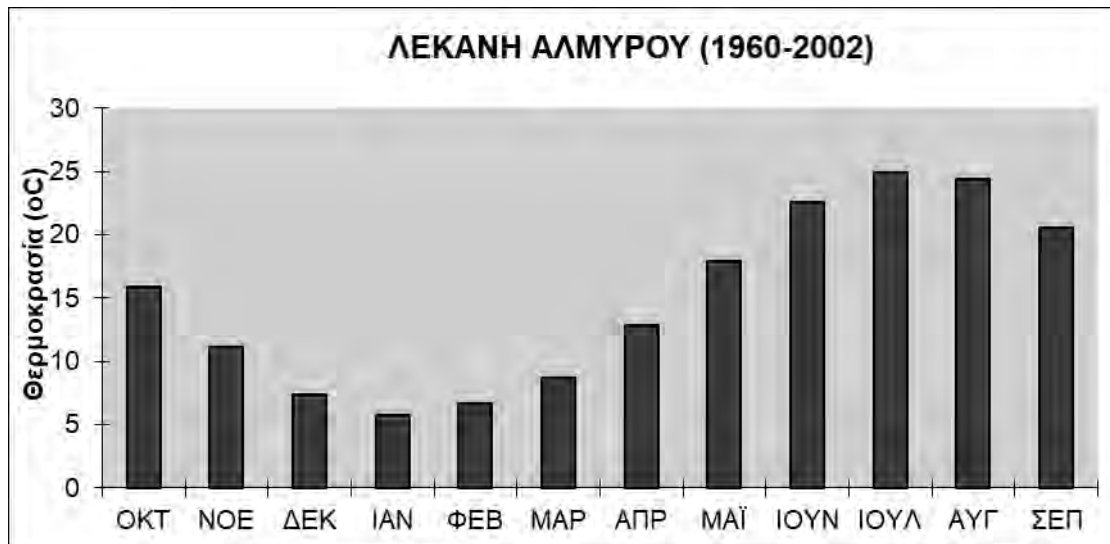
Με την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων υπολογίζονται για την λεκάνη απορροής του Αλμυρού οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες από τον Οκτώβριο 1960 έως τον Σεπτέμβριο του 2002.

Για καθένα από τους 26 θερμομετρικούς σταθμούς, για τους οποίους υπάρχουν δεδομένα θερμοκρασίας, υπολογίστηκε η μέση ετήσια θερμοκρασία και βάσει των 26 ζευγών υψόμετρο σταθμού-θερμοκρασία προέκυψε η γραμμική σχέση και ο αντίστοιχος συντελεστής προσδιορισμού. Μετά την εκτέλεση της παραπάνω εργασίας προέκυψε για τη γενική θερμοβαθμίδα: $T = -0,0046 \cdot x + 16,649$ και $R^2 \approx 0,9$.



Σχήμα 5.5 Εξίσωση γενικής θερμοβαθμίδας λεκάνης απορροής Αλμυρού

Με την εφαρμογή των ανωτέρω σχέσεων υπολογίζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής του Αλμυρού. Οι επεξεργασμένες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής του Αλμυρού, που υπολογίστηκαν με την μέθοδο της θερμοβαθμίδας, παρουσιάζονται στον πίνακα του Παραρτήματος. Η μέση ετήσια θερμοκρασία για την λεκάνη απορροής του Αλμυρού ανέρχεται σε 14,89 °C με διακύμανση από 5,74°C έως 24,95°C. Οι ακραίες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της λεκάνης απορροής του Αλμυρού κυμαίνονται από 2,77 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιανουαρίου 1981) έως 27,35 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιουλίου 1988)(Γεωργιάδου, 2015).



Σχήμα 5.6 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για την λεκάνη απορροής του Αλμυρού για την περίοδο Οκτώβριος 1960 – Σεπτέμβριος 2002



Σχήμα 5.7 Μέσες όρος θερμοκρασιών για τη λεκάνη απορροής του Αλμυρού για την περίοδο Οκτώβριος 1960 – Σεπτέμβριος 2002.

Για τη λεκάνη απορροής του Αλμυρού έγινε ανάλυση για τον προσδιορισμό των γραμμικών τάσεων στη μηνιαία σειρά θερμοκρασιών για ολόκληρη την περίοδο, δηλαδή για 42 συνεχόμενα χρόνια. Για την περίοδο αυτή παρατηρείται τάση αύξησης της μηνιαίας θερμοκρασίας η οποία όμως δεν είναι σημαντική.



Σχήμα 5.8 Τάση και διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής του Αλμυρού.

5.2.3 Ανάλυση Βροχομετρικών Δεδομένων

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής του Αλμυρού υπάρχουν διαθέσιμοι μετεωρολογικοί σταθμοί με δεδομένα βροχόπτωσης. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της βροχόπτωσης στην υπό μελέτη λεκάνη απορροής βασίζεται στα επεξεργασμένα πρωτογενή δεδομένα βροχόπτωσης

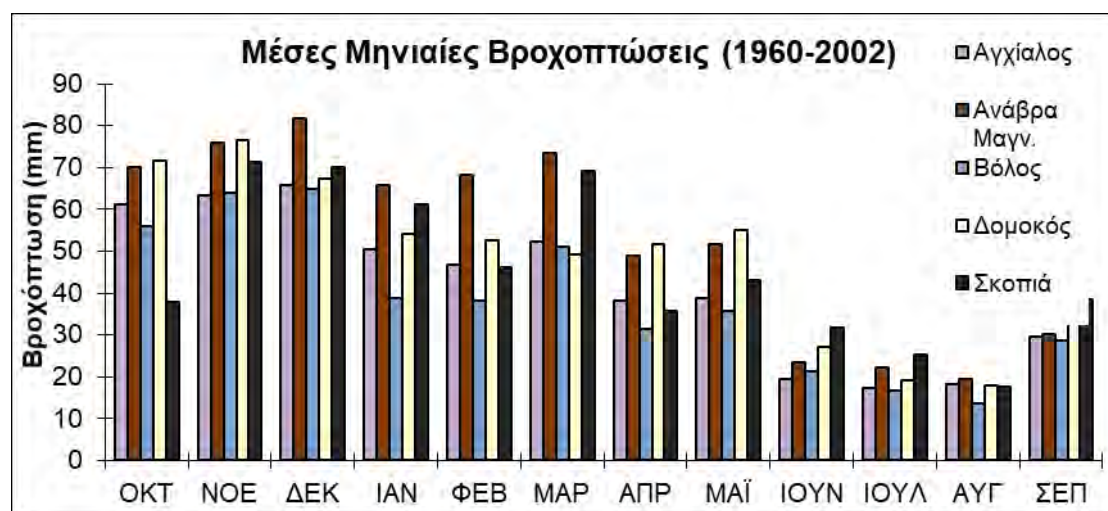
γειτονικών μετεωρολογικών σταθμών. Οι βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα(Γεωργιάδου, 2015).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3

Βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση

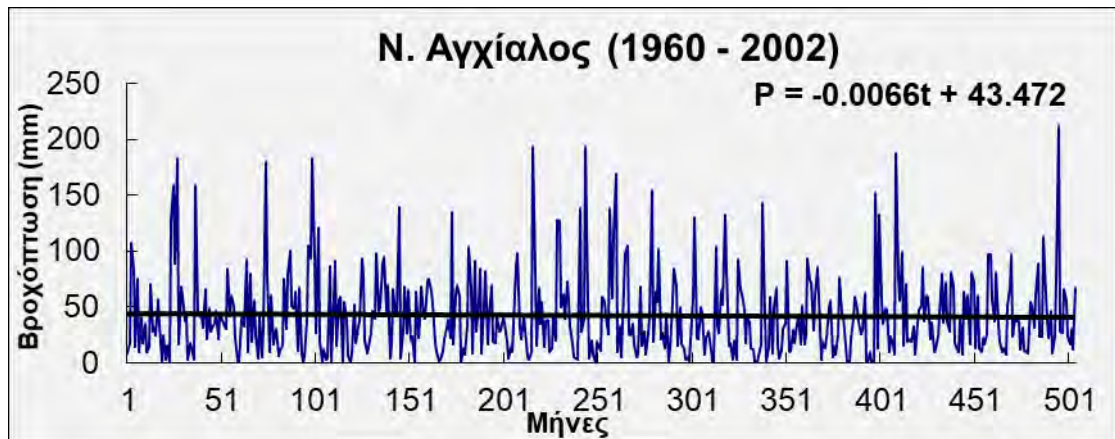
ΠΙΝΑΚΑΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΝΟΜΟΣ	ΦΟΡΕΑΣ
A34	Νέα Αγχίαλος	15	Μαγνησίας	ΕΜΥ
A35	Ανάβρα	700	Μαγνησίας	ΥΠΓΕ
A36	Βόλος	3	Μαγνησίας	ΕΜΥ
A37	Δομοκός	615	Φθιώτιδας	ΕΜΥ
A38	Σκοπιά	580	Λάρισας	ΥΠΓΕ

Οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις για τους πέντε σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση για 42 υδρολογικά έτη φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα(Σχήμα 5.9). Ως υδρολογικό έτος νοείται η χρονική περίοδος η οποία είναι ίση προς το ημερολογιακό έτος αλλά με διαφορετική από αυτό ημερομηνία έναρξης και κατά τέτοιο τρόπο ώστε η αρχή του υδρολογικού έτους να συμπίπτει με της έναρξη της υγρής (βροχερής) περιόδου. Το υδρολογικό έτος αρχίζει την 1η Οκτωβρίου και λήγει την 30η Σεπτεμβρίου.

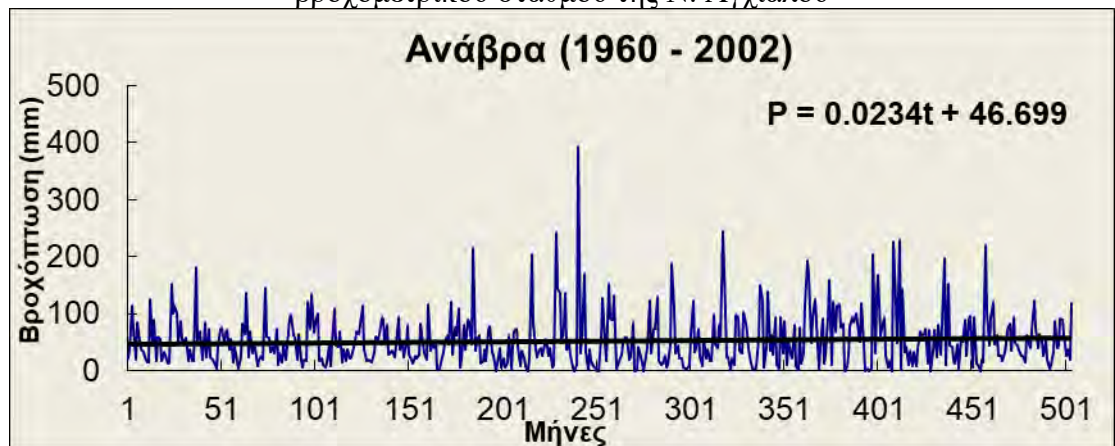


Σχήμα 5.9 Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις για τους πέντε βροχομετρικούς σταθμούς της παρούσας μελέτης

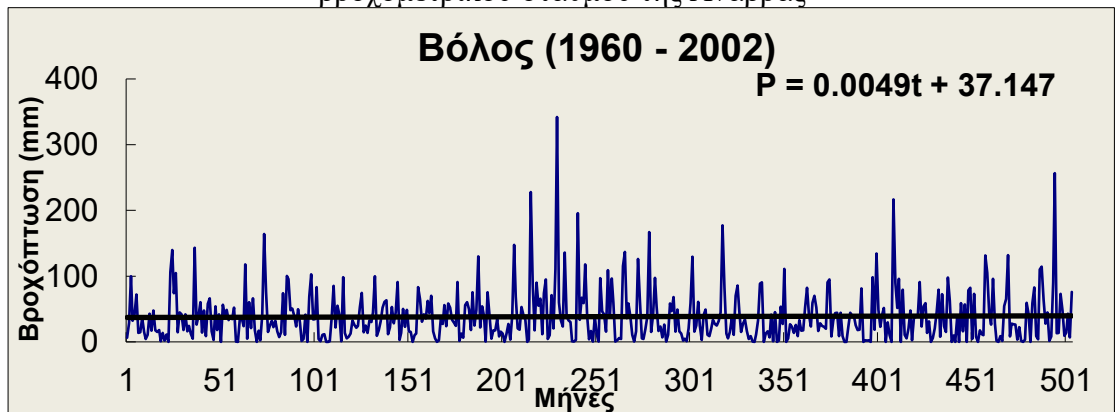
Στα επόμενα σχήματα φαίνονται η τάση και η διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για κάθε βροχομετρικό σταθμό που χρησιμοποιήθηκε(Γεωργιάδου, 2015).



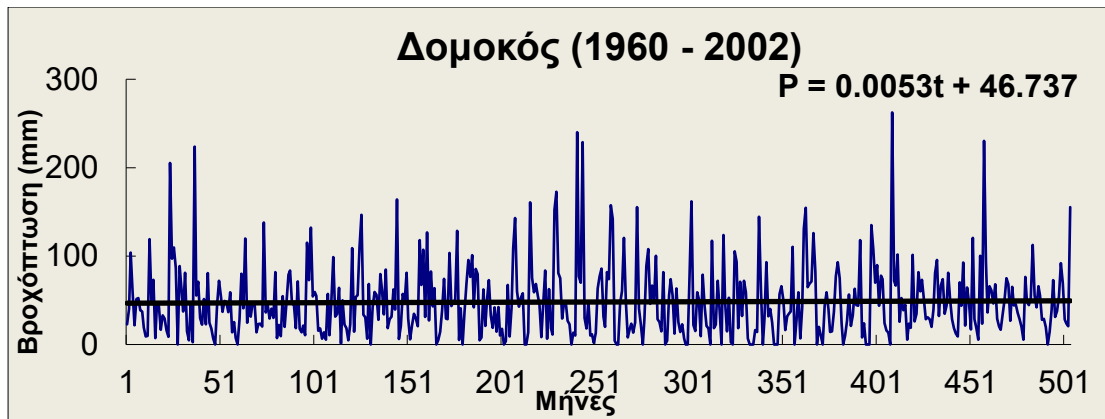
Σχήμα 5.10 Τάση και διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του βροχομετρικού σταθμού της Ν. Αγχιάλου



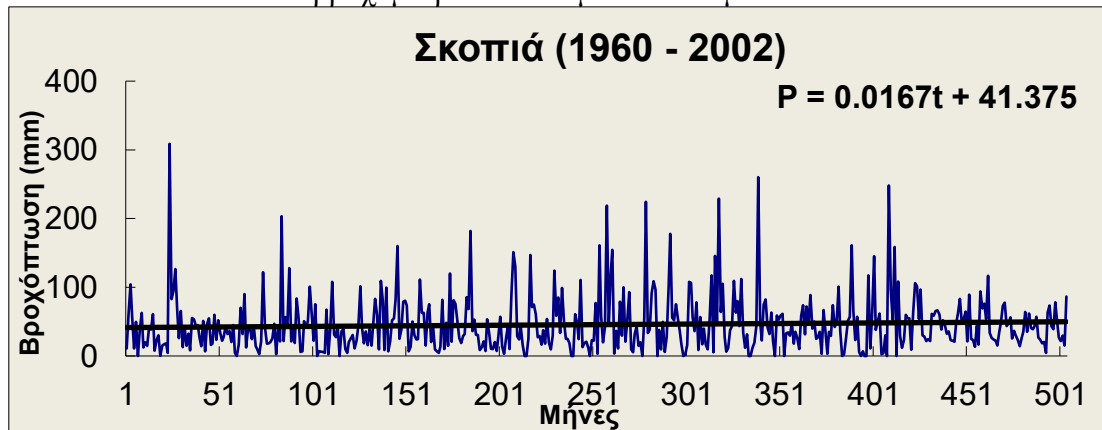
Σχήμα 5.11 Τάση και διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του βροχομετρικού σταθμού της Ανάβρας



Σχήμα 5.12 Τάση και διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του βροχομετρικού σταθμού του Βόλου



Σχήμα 5.13 Τάση και διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του βροχομετρικού σταθμού του Δομοκού



Σχήμα 5.14 Τάση και διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης του βροχομετρικού σταθμού της Σκοπιάς

5.2.4 Εφαρμογή της Μεθόδου της Βροχοβαθμίδας στη Λεκάνη Απορροής του Αλμυρού

Η υψομετρική μέθοδος ή μέθοδος της βροχοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι το ύψος βροχής αυξάνει με την αύξηση του υψομέτρου και χρησιμοποιεί τη βροχοβαθμίδα που είναι όρος που περιγράφει την αύξηση του ετήσιου βροχομετρικού ύψους ανά 100m αύξηση του υψομέτρου. Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια απλή γραμμική σχέση της μορφής:

$$P = \alpha \times Y + \beta \quad (5.2.4.1)$$

που συσχετίζει τα υψόμετρα των σταθμών με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού και εφόσον υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης $r > 0,70$), η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ύψους βροχής σε οποιοδήποτε υψόμετρο.

Από την εξέταση των μέσων όρων των ετήσιων βροχοπτώσεων και των κοινών υδρολογικών ετών παρατηρήσεων (1960-61 μέχρι 2001-2002) των πέντε βροχομετρικών σταθμών προκύπτει ότι ο σταθμός της Ανάβρας που βρίσκεται σε υψόμετρο 700 m δέχεται την μεγαλύτερη βροχόπτωση από τους υπόλοιπους σταθμούς, οι οποίοι έχουν μικρότερο υψόμετρο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4

Μέση ετήσια βροχόπτωση για τους πέντε βροχομετρικούς σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

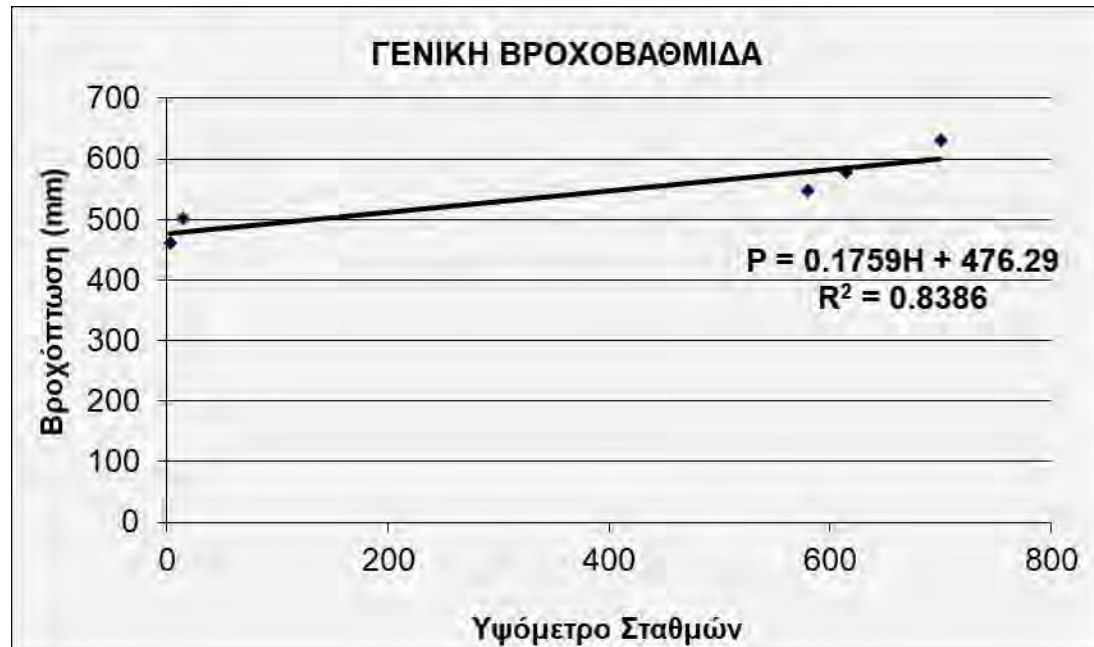
ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ(m)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ(mm)
Νέα Αγχιάλος	15	501.72
Ανάβρα	700	631.33
Βόλος	3	460.68
Δομοκός	615	577.02
Σκοπιά	580	547.24

Με την χρήση των δεδομένων του ανωτέρω πίνακα βρέθηκε η σχέση μεταβολής της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης με το υψόμετρο, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα, που είναι η εξής:

$$P = 0.1759H + 476.29, \quad R^2 = 0.8386 \quad (5.2.4.2)$$

όπου P = ετήσιο ύψος βροχής σε mm και H = υψόμετρο του σταθμού σε m.

Σύμφωνα με την τελευταία σχέση για κάθε αύξηση του υψομέτρου κατά 100m το ετήσιο ύψος βροχής αυξάνεται κατά 17,59 mm.



Σχήμα 5.15 Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης με το υψόμετρο των πέντε βροχομετρικών σταθμών.

Για τη εκτίμηση της μέσης βροχόπτωσης της λεκάνης απορροής του Αλμυρού χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του σταθμού της Αγχιάλου γιατί ο σταθμός αυτός βρίσκεται εντός της υπό μελέτη λεκάνη απορροής, με τα οποία έγινε και η εκτίμηση

των μηνιαίων υψών βροχής που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο της κάθε υπολεκάνης απορροής του Αλμυρού, για κάθε υδρολογικό έτος.

$$P = x \times z + y \quad (5.2.4.3)$$

Έπειτα υπολογίζεται η μέση ετήσια P στη λεκάνη για το έτος i :

$$P_i = P_{T_i} - (\Delta z \times a) \quad (5.2.4.4)$$

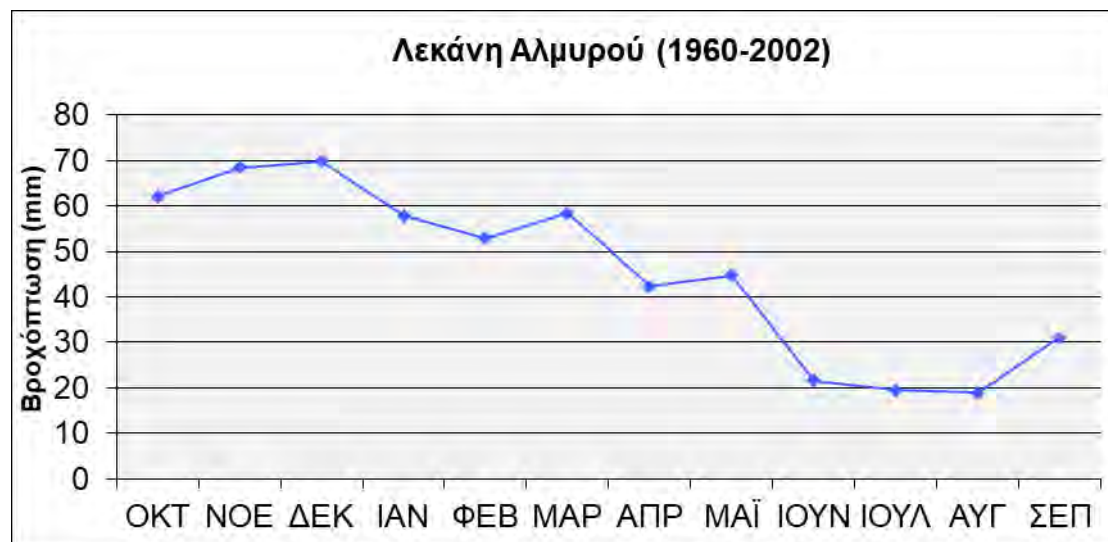
όπου P_i = ετήσιο ύψος βροχής στην υδρολογική λεκάνη για το έτος i , P_{T_i} = ετήσιο ύψος βροχής στον σταθμό βάσης για το έτος I , Δz = το μέσο υψόμετρο της λεκάνης μείον το υψόμετρο του σταθμού βάσης, x = ο συντελεστής της παραπάνω εξίσωσης

Τέλος υπολογίζεται η μέση μηνιαία βροχόπτωση στη λεκάνη:

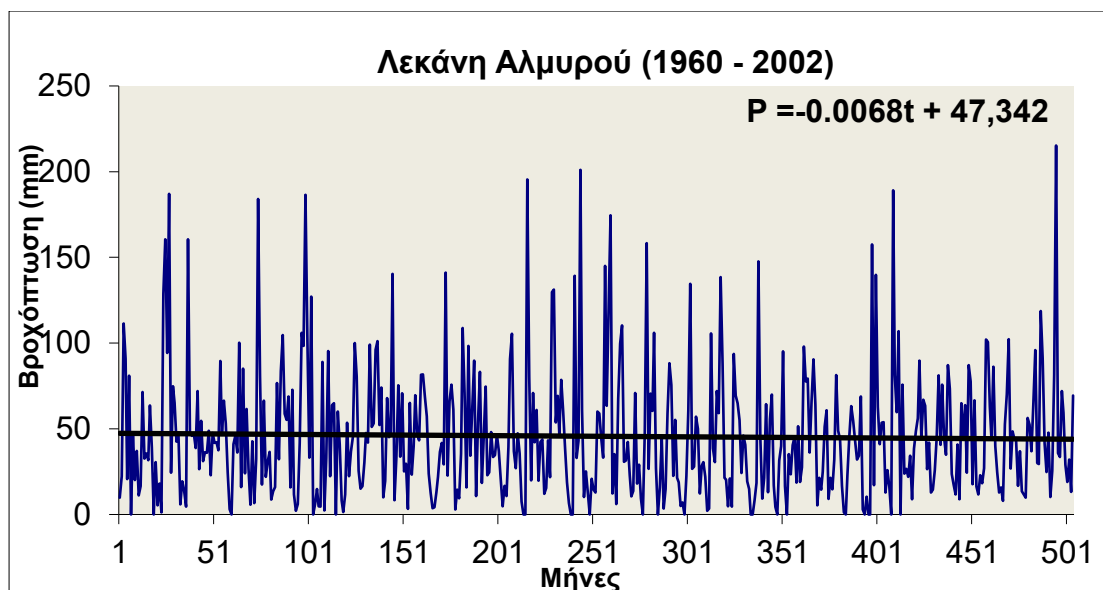
$$P_{ik} = P_{T(i)k} \times \left(\frac{P_i}{P_{T(i)}} \right) \quad (5.2.4.5)$$

όπου P_{ik} = μηνιαίο ύψος βροχής στη λεκάνη απορροής για τον μήνα k του έτους i και $P_{T(i)k}$ = μηνιαίο ύψος βροχής στον σταθμό βάσης για τον μήνα k του έτους i .

Με την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων υπολογίζονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής του Αλμυρού. Η μέση ετήσια βροχόπτωση για την λεκάνη απορροής του Αλμυρού ανέρχεται σε 547,55 mm, με διακύμανση από 377,94 mm μέχρι 820,61 mm. Οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις κυμαίνονται από 18,90 mm (μέση μηνιαία βροχόπτωση Αυγούστου) μέχρι 69,82 mm (μέση μηνιαία βροχόπτωση Δεκεμβρίου) και ο συντελεστής μεταβλητότητας (Coefficient of Variation, CV) για τον ξηρότερο μήνα (Αύγουστο) είναι 100,96 %, ενώ για τον υγρότερο μήνα (Δεκέμβριο) είναι 66,63 %. Οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις της λεκάνης απορροής του Αλμυρού παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.16 και η τάση και διακύμανση στο Σχήμα 5.17 (Γεωργιάδου, 2015).



Σχήμα 5.15 Μέση επιφανειακή μηνιαία βροχόπτωση λεκάνης απορροής Αλμυρού που υπολογίστηκε με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας για την υδρολογική περίοδο 1960-2002.



Σχήμα 5.17 Τάση και διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για την λεκάνη απορροής του Αλμυρού (1960 – 2002).

5.3 Δείκτες κλάδων φυτικής παραγωγής

Αξιοποιήθηκαν τα στοιχεία που σχετίζονται με τα διάφορα κόστη της κάθε καλλιέργειας όπως λιπάσματα, εργατικά, σπόροι, καύσιμα, φυτοφάρμακα κλπ. Τα στοιχεία αυτά προήλθαν από τη Διεύθυνση Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας και την Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Θεσσαλίας, καθώς και από προσωπική επικοινωνία με παραγωγούς. Σαν τελική τιμή του εκάστοτε δείκτη λήφθηκε ο μέσος όρος – εκτίμηση, που έχει το πλεονέκτημα ‘των πρωτογενών δεδομένων’. Οι δείκτες αυτοί περιλαμβάνουν τιμές για τις μεταβλητές δαπάνες κάθε καλλιέργειας όπως, σπόρους, λιπάσματα, μηχανική συλλογή, ώρες εργασίας μηχανών και ανθρώπινου δυναμικού, τέλη άρδευσης, φυτοφάρμακα κλπ. Επιπλέον, περιλαμβάνουν πληροφορίες για την παραγωγικότητα κάθε καλλιέργειας, την τιμή των προϊόντων και την επιδότηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5

Απόδοση καλλιεργειών ανά στρέμμα και τιμή προϊόντος ανά κιλό

Καλλιέργεια	Απόδοση Παραγωγής (kg/στρ)	Τιμή Προϊόντος (€/kg)
Κτηνοτροφικά Φυτά	1700	0.19
Καλαμπόκι	1100	0.16
Λοιπές Καλλιέργειες(τεύτλα)	5000	0.04
Δένδρα(μηλιές)	2400	0.45
Κηπευτικά(ντομάτα)	4440	0.6

Ελαιώνες	45	3.7
Βαμβάκι	280	0.4
Λοιπά Σιτηρά	300	0.17
Βίκος για σανό	450	0.173
Κριθάρι	430	0.4
Όσπρια	500	0.7
Αμπέλι ξηρικό	1000	0.6
Αρακάς	300	0.5
Ελιές ξηρικές	45	3.7
Βαμβάκι Ξηρικό	120	0.4
Σιτηρά	300	0.17

5.4 Τεχνολογία Αρδεύσεων

Συστήματα ή μέθοδοι άρδευσης ονομάζονται οι διάφοροι τρόποι εφαρμογής του αρδευτικού νερού στη γεωργία. Οι τρόποι αυτοί είναι αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εμπειρίας και εξαρτώνται από τις εδαφικές συνθήκες, την τοπογραφική διαμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους, το είδος των καλλιεργειών και τη γεωργοτεχνική παράδοση των γεωργών. Η ομοιόμορφη εφαρμογή του αρδευτικού νερού είναι πάντοτε πρωταρχικός παράγοντας της αρδεύμενης γεωργίας για την αποδοτική χρησιμοποίηση του νερού άρδευσης. Ο έλεγχος του αρδευτικού νερού για την επίτευξη της ομοιόμορφης διανομής πάνω στην έκταση που πρόκειται να αρδευτεί είναι ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα καλού χειρισμού του νερού και εξακολουθεί να υπάρχει ως πρόβλημα στις περισσότερες αρδευόμενες εκτάσεις (Θεοχάρης, 2000). Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού στην καλλιέργεια διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες συστημάτων άρδευσης:

- Επιφανειακή άρδευση ή άρδευση με κατάκλιση: είναι μία στατική μέθοδος που αναφέρεται και ως οριζόντια άρδευση. Εφαρμόζεται σε χωράφια με μηδενική κλίση και πρόκειται για την αρχαιότερη και πιο διαδεδομένη μέθοδο.
- Υπόγεια άρδευση, τείνει να εξαφανιστεί.
- Άρδευση με καταιονισμό: το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του εδάφους σαν τεχνητή απομίμηση της βροχής και διηθείτε στο έδαφος κατακόρυφα υπό ακόρεστες συνθήκες. Η μέθοδος εξασφαλίζει ομοιόμορφη κατανομή στην καλλιέργεια χωρίς να εμφανίζει επιφανειακή απορροή και λίμνασμα νερού στην επιφάνεια.
- Άρδευση με σταγόνες ή στάγδην: το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με μορφή σταγόνων, έτσι ώστε κάθε φυτό να εφοδιάζεται, χωριστά, με την απαιτούμενη ποσότητα σε νερό.

Οι μέθοδοι άρδευσης, εκτός από τον έλεγχο του νερού στο κτήμα, καθορίζουν και τη χάραξη του δικτύου διανομής του νερού. Γενικότερα η χάραξη ενός αρδευτικού δικτύου πρέπει να γίνεται από τα κατώτερα προς τα ανώτερα υψόμετρα. Σε αντίθετη χάραξη μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά σφάλματα, με αποτέλεσμα την αδυναμία εφαρμογής του νερού (Θεοχάρης Μ., 2000). Η επιλογή της μεθόδου άρδευσης εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα, το έδαφος, το είδος των φυτών και ο τρόπος καλλιέργειας, η διαθέσιμη ποσότητα και η ποιότητα του νερού, το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό, το επίπεδο ανάπτυξης των αγροτών, το κόστος των διάφορων συστημάτων άρδευσης.

Για τον υπολογισμό του ακαθάριστου κέρδους η μέθοδοι που επιλέχθηκαν είναι η άρδευση με καταιονισμό(σε ποσοστό 55%) και η στάγδην άρδευση(σε ποσοστό 45%) αφού χρησιμοποιούνται περισσότερο από τους γεωργούς στην περιοχή μελέτης(Γεωργιάδου, 2015).

6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Αρδευτικές Ανάγκες

6.1.1 Τροποποιημένη μέθοδος Blanney-Criddle

Η περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών της κάθε καλλιέργειας αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Εδώ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη διαδικασία εκτίμησης με την τροποποιημένη μέθοδο Blanney-Criddle. Πιο συγκεκριμένα, στον Πίνακα 6.1 φαίνονται οι τιμές του συντελεστή βλάστησης (K_c) της κάθε καλλιέργειας για κάθε μήνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

Τιμές του συντελεστή K_c ανοιγμένες για κάθε μήνα και κάθε καλλιέργεια (FAO, 1998).

Παράμετρος	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Βαμβάκι	0.2	0	0	0	0	0	0	0.3	0.45	0.75	0.9	0.8
Καλαμπόκι	0	0	0	0	0	0	0.06	0.37	0.66	0.85	0.9	0.3
Δέντρα	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.7	1	0.9	0.8
Μηδική	0	0	0	0	0	0	1.05	1.14	1.18	1.2	1.2	1.2
Λοιπές Καλλιέργειες	0	0	0	0	0	0	0.36	0.64	0.85	0.85	0.3	0
Κηπευτικά	0	0	0	0	0	0	0.34	0.66	0.85	0.5	0	0
Σιτηρά	0	0.31	0.5	0.7	0.93	1.12	1.13	0.68	0	0	0	0
Ελιές	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.45	0.5	0.5	0.4

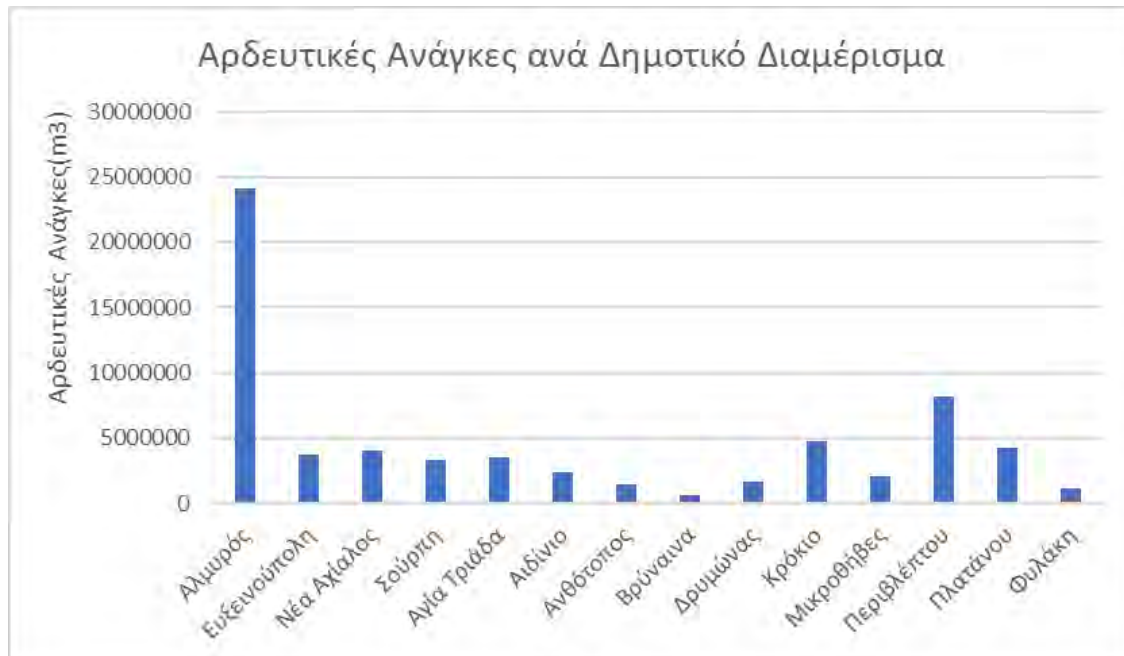
Στο Σχήμα 6.1 φαίνονται οι αρδευτικές ανάγκες για όλες τις καλλιέργειες σε κάθε δημοτικό διαμέρισμα της λεκάνης του Αλμυρού, όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Blanney-Criddle για μέση περίοδο βροχόπτωσης. Επισημαίνεται ότι οι τελικές αρδευτικές ανάγκες είναι πολλαπλασιασμένες με το συντελεστή προσαύξησης 1,591, που προκύπτει από την εκτίμηση των απωλειών για υπό πίεση δίκτυο μεταφοράς και άρδευση με καταιονισμό και στάγδην στα ανάλογα ποσοστά (Γεωργιάδου, 2015).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2

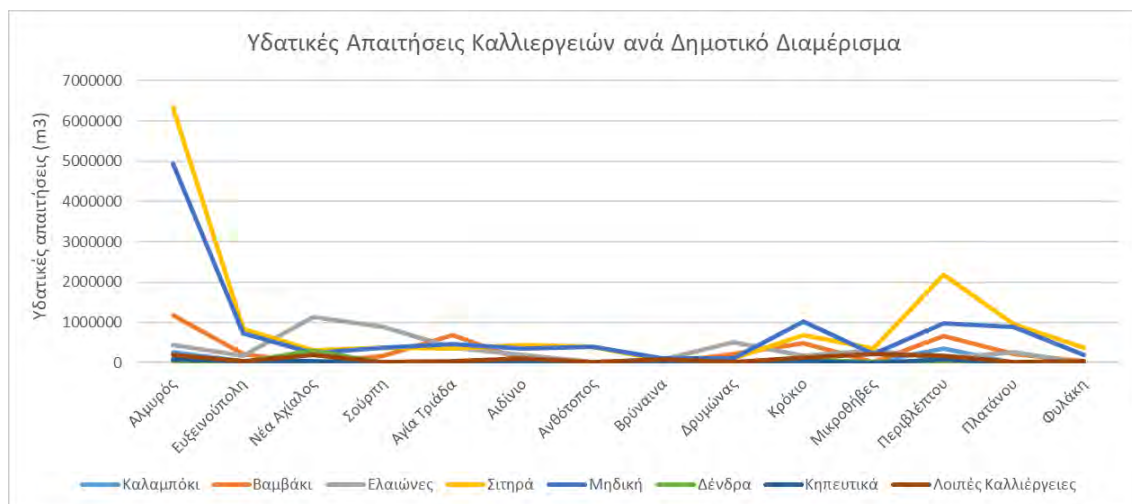
Συντελεστές προσαύξησης λόγω απωλειών.

	Συντελεστής	Ποσοστό
Απόδοση συστήματος Μεταφοράς (Υπό πίεση)	0.8	1
Απόδοση συστήματος Άρδευσης (Καταιονισμός)	0.7	0.55

Απόδοση συστήματος Άρδευσης(Στάγδην)	0.89	0.45
Απόδοση συστήματος Άρδευσης(Συνολικό)	0.7855	
Τελικός Συντελεστής Προσαύξησης Er	1.591	



Σχήμα 6.1 Αρδευτικές ανάγκες ανά δημοτικό διαμέρισμα για το 2015.



Σχήμα 6.2 Αρδευτικές ανάγκες καλλιεργειών ανά δημοτικό διαμέρισμα για το 2015.

6.1.2 Υπολογισμός αρδευτικών αναγκών με τη χρήση του λογισμικού CROPWAT8.0

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο προέκυψε η ανάγκη της περαιτέρω προσπάθειας για εκτίμησή των αρδευτικών αναγκών και με άλλες μεθόδους εξαιτίας της πιθανής κατάστασης έλλειψης δεδομένων. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό CROPWAT 8.0 με δεδομένα που ταιριάζουν στα κλιματικά στοιχεία της λεκάνης, αναφέρονται σε μία ξηρή βροχομετρικά κατάσταση και ένα έδαφος μεσαίου επιπέδου έγινε νέα εκτίμηση στις υδατικές απαιτήσεις.

Monthly ETo Penman-Monteith - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\KURNOOL.pen

Country Location 9529 Station KURNOOL

Altitude 281 m. Latitude 15.80 °N Longitude 78.06 °E

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	17.0	31.3	47	104	8.8	18.7	3.99
February	19.3	34.3	37	112	9.3	21.2	4.91
March	22.5	37.5	30	121	9.7	23.5	5.93
April	26.0	39.3	34	138	9.2	23.6	6.66
May	27.2	40.0	37	225	8.3	22.2	7.93
June	25.0	35.6	54	354	5.8	18.3	7.19
July	23.8	32.5	64	363	4.4	16.2	5.74
August	23.5	32.1	63	302	4.9	16.9	5.47
September	23.3	31.9	65	207	5.5	17.3	4.83
October	22.4	32.4	61	95	8.7	20.7	4.58
November	19.2	31.0	56	78	7.7	17.6	3.73
December	16.6	30.3	51	69	8.4	17.7	3.40
Average	22.1	34.0	50	181	7.5	19.5	5.36

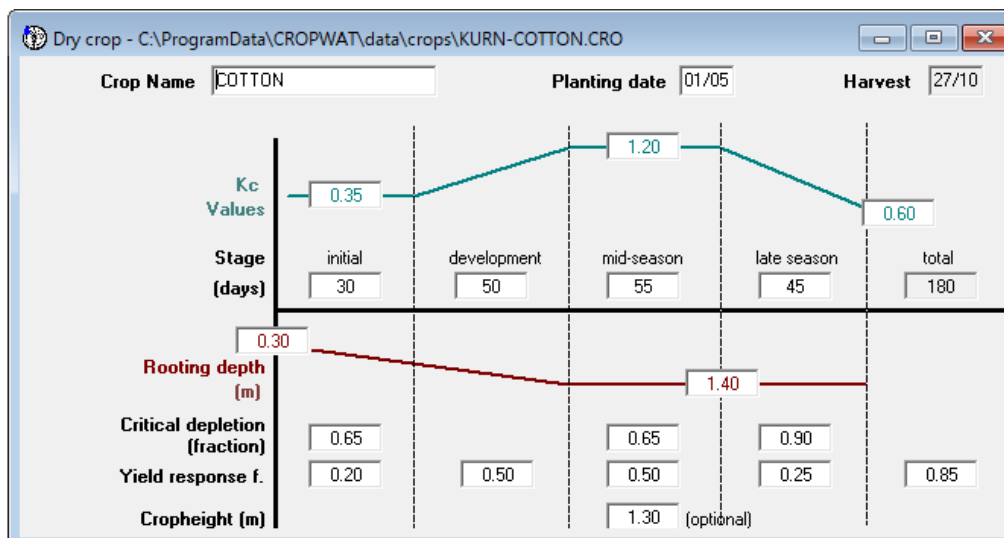
Σχήμα 6.3 Μετεωρολογικά δεδομένα από σταθμό προσομοίωσης.

Monthly rain - C:\ProgramData\CROPWAT\data\rain\KURN-DRY.CRM

Station KURNOOL Eff. rain method Fixed percentage

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	0.0	0.0
February	3.4	2.7
March	1.4	1.1
April	7.5	6.0
May	33.6	26.9
June	54.2	43.4
July	72.7	58.2
August	74.8	59.8
September	87.8	70.2
October	67.9	54.3
November	17.8	14.2
December	1.4	1.1
Total	422.5	338.0

Σχήμα 6.4 Δεδομένα βροχόπτωσης από σταθμό προσομοίωσης.



Σχήμα 6.5 Συντελεστής Kc για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Parameter	Value	Unit
Total available soil moisture (FC - WP)	290.0	mm/meter
Maximum rain infiltration rate	40	mm/day
Maximum rooting depth	900	centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	0	%
Initial available soil moisture	290.0	mm/meter

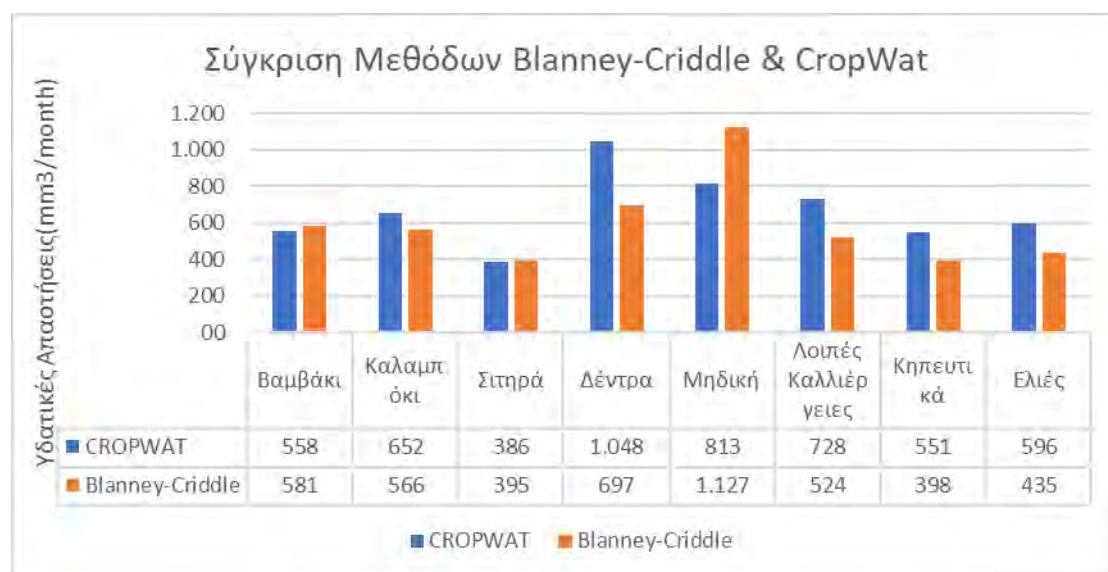
Σχήμα 6.6 Έδαφος προσομοίωσης μεσαίου επιπέδου.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	1	Init	0.35	2.67	26.7	6.7	20.0
May	2	Init	0.35	2.85	28.5	9.1	19.4
May	3	Deve	0.35	2.75	30.2	10.9	19.3
Jun	1	Deve	0.46	3.42	34.2	12.7	21.6
Jun	2	Deve	0.63	4.52	45.2	14.5	30.7
Jun	3	Deve	0.80	5.35	53.5	16.1	37.4
Jul	1	Deve	0.97	5.96	59.6	18.1	41.4
Jul	2	Mid	1.13	6.41	64.1	20.0	44.1
Jul	3	Mid	1.20	6.68	73.5	20.0	53.5
Aug	1	Mid	1.20	6.65	66.5	19.5	47.0
Aug	2	Mid	1.20	6.54	65.4	19.5	45.9
Aug	3	Mid	1.20	6.28	69.1	20.8	48.3
Sep	1	Mid	1.20	6.03	60.3	23.1	37.2
Sep	2	Late	1.14	5.52	55.2	24.6	30.6
Sep	3	Late	1.00	4.75	47.5	22.4	25.1
Oct	1	Late	0.86	4.00	40.0	20.6	19.4
Oct	2	Late	0.71	3.27	32.7	19.2	13.5
Oct	3	Late	0.59	2.54	17.8	9.2	3.4
					870.1	307.1	557.8

Σχήμα 6.7 Υδατικές απαιτήσεις βαμβακιού με το CropWat 8.0.

6.1.3 Σύγκριση μεθόδων

Στη συνέχεια, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα(Σχήμα 6.2) έγινε η σύγκριση των δύο μεθόδων.



Σχήμα 6.8 Υδατικές απαιτήσεις καλλιεργειών συγκριτικά με δύο μεθόδους υπολογισμού.

Από τη σύγκριση των δύο μεθόδων παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα είναι αρκετά κοντά σε μερικές περιπτώσεις όπως το βαμβάκι, όμως σε άλλες καλλιέργειες εμφανίζονται μεγαλύτερες διαφορές όπως στις καλλιέργειες δέντρων. Οι λόγοι για αυτές τις διαφορές είναι:

- Ο σταθμός και τα δεδομένα που επιλέξαμε στο πρόγραμμα δε βρίσκεται μέσα στη λεκάνη απορροής, επομένως υπάρχουν διαφορές στα μετεωρολογικά στοιχεία.
- Μία επιπλέον διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι τα βροχομετρικά δεδομένα και τα στοιχεία εδάφους δεν προέρχονται από πραγματικά δεδομένα της υπό μελέτη περιοχής.
- Σημαντική επίσης διαφορά βρίσκεται στους συντελεστές των καλλιεργειών Kc οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ του Αλμυρού και της Αμερικής(Πρόγραμμα), πρόκειται για διαφορετικές ποικιλίες με διαφορετικά στάδια ανάπτυξης κλπ.
- Ο κύριος λόγος των διαφορών που παρατηρούνται οφείλεται στο ότι στο λογισμικό του CROPWAT, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Penman-Monteith(το λογισμικό μπορεί να προσομοιώσει και με άλλες μεθόδους), αλλά αυτή την προεπιλέγει επειδή είναι συμβατή με τα δεδομένα του σταθμού που δώσαμε.
- Συνεπώς απαιτεί διαφορετικά δεδομένα σε σχέση με τη μέθοδο Blanney-Criddle η οποία είναι πιο απλή. Η απλότητα της έγκειται χρησιμοποιεί μικρότερο αριθμό σχέσεων και στην περίπτωση μας υπάρχουν αυτά από σταθμό μέσα από τη λεκάνη απορροής.

Έτσι, τελικά, επιλέχθηκαν οι αρδευτικές ανάγκες που υπολογίστηκαν με βάση τη Blanney-Criddle, γιατί διαμορφώθηκαν και υπολογίστηκαν με δεδομένα της περιοχής και προσαρμοσμένα στην περιοχή που μελετάμε και συνεχίστηκαν οι υπολογισμοί για την εκτίμηση της καμπύλης ζήτησης.

Παρόλα αυτά, ένα ακόμη σημαντικό εύρημα είναι το ότι η χρήση των παραδοχών που έγιναν για την εκτίμηση των υδατικών αναγκών με τη χρήση του λογισμικού CROPWAT 8.0, οδηγεί σε ικανοποιητικά αποτελέσματα, χωρίς δηλαδή μεγάλες αποκλίσεις από την πραγματική κατάσταση (αν θεωρηθεί ότι η 1^η μέθοδος είναι η ρεαλιστική απεικόνιση της αρδευτικής ζήτησης). Επομένως, σε συνθήκες έλλειψης δεδομένων, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια, στις περισσότερες ελληνικές λεκάνες απορροής με παρόμοια χαρακτηριστικά (κλίματος, καλλιεργειών και εδάφους).

6.2 Καμπύλη Ζήτησης

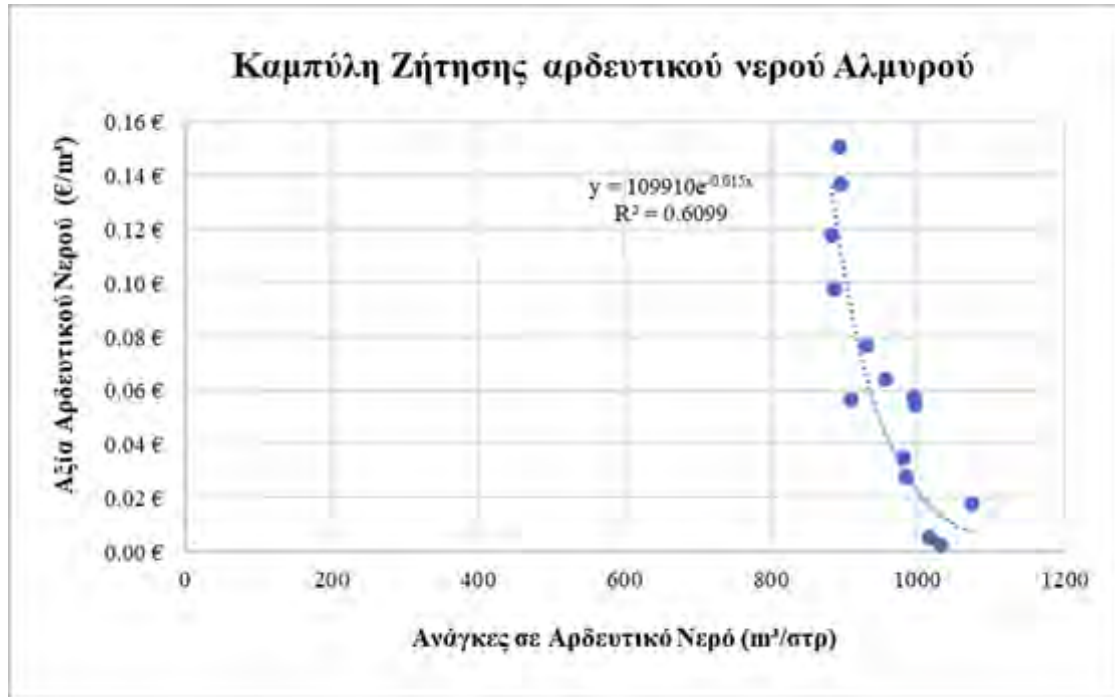
Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, ο υπολογισμός της αξίας του νερού στη γεωργία σε ολόκληρη τη λεκάνη του Αλμυρού έγινε με τη μέθοδο μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους των γεωργικών εκμεταλλεύσεων εξαιτίας των αρδεύσεων. Για την εκτίμηση αυτή υπολογίστηκαν οι μεταβολές λόγω της άρδευσης από τις υφιστάμενες καλλιέργειες στις δυνητικές ξηρικές και η ακαθάριστη πρόσοδος αυτών. Και δεύτερον οι δαπάνες των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Έτσι για κάθε δημοτικό διαμέρισμα υπολογίστηκε το ακαθάριστο κέρδος που προέκυψε από τη διαφορά της ακαθάριστης προσόδου και των δαπανών όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3

Ακαθάριστο κέρδος ανά δημοτικό διαμέρισμα στην περιοχή του Αλμυρού

Δημοτικό Διαμέρισμα	Ακαθάριστη Πρόσοδος IBPA (€)	ΔΑΠΑΝΕΣ CPA (€)	Ακαθάριστο Κέρδος INPA (€)
Αλμυρός	1,667,925 €	128,928 €	1,538,997 €
Ευξεινούπολη	391,405 €	23,491 €	367,914 €
Νέα Αχιάλος	423,378 €	-126,872 €	550,250 €
Σούρπη	124,821 €	10,799 €	114,021 €
Αγία Τριάδα	249,785 €	51,720 €	198,065 €
Αιδίνιο	359,816 €	-5,146 €	364,962 €
Ανθότοπος	84,716 €	-848 €	85,564 €
Βρύναινα	5,325 €	3,812 €	1,514 €
Δρυμώνας	44,950 €	14,735 €	30,216 €
Κρόκιο	600,063 €	33,325 €	566,738 €
Μικροθήβες	19,399 €	7,950 €	11,450 €
Περιβλέπτου	765,395 €	137,701 €	627,694 €
Πλατάνου	243,792 €	11,967 €	231,825 €
Φυλάκη	38,452 €	5,675 €	32,777 €

Συνοψίζοντας τα δεδομένα στον Πίνακα 6.4 εξήχθη η καμπύλη ζήτησης η οποία παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.9. Στον κατακόρυφο άξονα έχουμε την αξία του αρδευτικού νερού WVAL (€/m³) η οποία υπολογίστηκε διαιρώντας το καθαρό κέρδος των γεωργών INPA(€) με τις αρδευτικές ανάγκες TCWR (m³). Στον οριζόντιο άξονα έχουμε την ανάγκη σε αρδευτικό νερό προς τις εκτάσεις των αντίστοιχων περιοχών ώστε να υπολογίζεται η ζητούμενη απαίτηση (m³/στρ).



Σχήμα 6.9 Καμπύλη Ζήτησης αρδευτικού νερού λεκάνης απορροής Αλμυρού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4

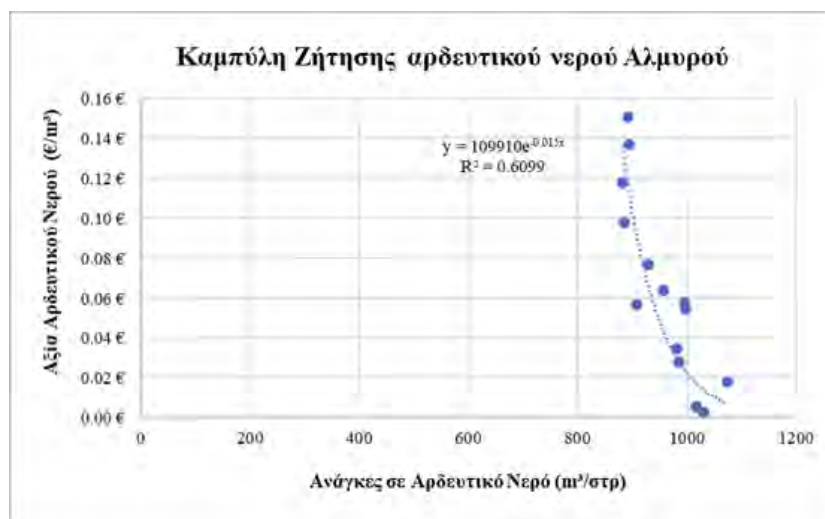
Πίνακας Αποτελεσμάτων ανά Δημοτικό Διαμέρισμα και δεδομένα Καμπύλης Ζήτησης

α/α	Δημοτικό Διαμέρισμα	Ακαθάριστο Κέρδος INPA (€)	Αρδευτικές Ανάγκες TCWR (m ³)	Έκταση (στρ)	Αξία Νερού (€/στρ)
1	Αλμυρός	1,538,996.60 €	24084605	24546	62.70 €
2	Ευξεινούπολη	367,913.96 €	3773960	3833	95.99 €
3	Νέα Αχίαλος	550,250.12 €	4023772	4544	121.10 €
4	Σούρπη	114,021.12 €	3276497	3665	31.11 €
5	Αγία Τριάδα	198,065.01 €	3503286	3515	56.35 €
6	Αιδίνιο	364,961.94 €	2418989	2530	144.23 €
7	Ανθότοπος	85,563.79 €	1490709	1446	59.18 €
8	Βρύainera	1,513.60 €	641937	632	2.40 €
9	Δρυμόνας	30,215.80 €	1694169	1921	15.73 €
10	Κρόκιο	566,737.86 €	4808261	4479	126.54 €
11	Μικροθήβες	11,449.65 €	2127209	2382	4.81 €
12	Περιβλέπου	627,694.13 €	8203040	9035	69.47 €
13	Πλατάνου	231,825.06 €	4241906	4264	54.37 €
14	Φυλάκη	32,777.05 €	1186209	1277	25.67 €

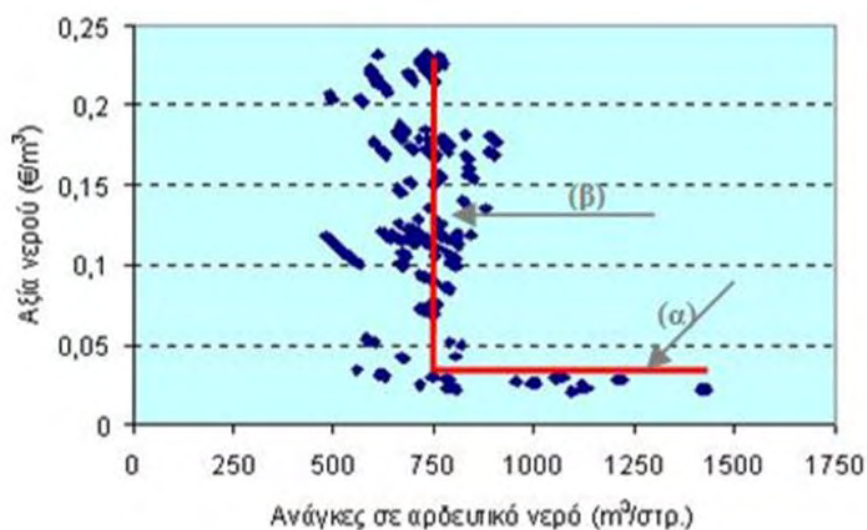
6.3 Σύγκριση καμπύλης ζήτησης Αλμυρού με προηγούμενες μελέτες

Στην υποενότητα αυτή γίνεται σύγκριση της καμπύλης ζήτησης της λεκάνης του Αλμυρού με τη αντίστοιχη του Λουδία, που εξήχθη από τη διδακτορική διατριβή του Δ. Λατινόπουλου (2006), η οποία βρίσκει εφαρμογή σε μια αρκετά μεγαλύτερη περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόζεται πολυκριτηριακή ανάλυση για την εκτίμηση της καμπύλης ζήτησης και την βέλτιστη κατανομή των εδαφικών και υδατικών πόρων, καθώς επίσης γίνεται αξιολόγηση για διάφορα εναλλακτικά σενάρια τιμολόγησης του αρδευτικού νερού.

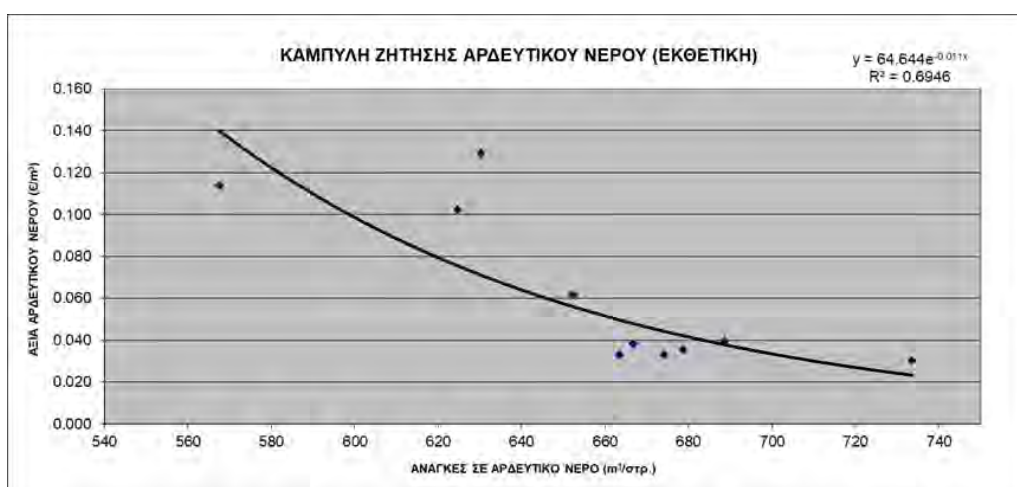
Άλλη μία μελέτη που εκπονήθηκε είναι αυτή των Μπαλτά και Σειμένη (2010) για την οικονομική αξιολόγηση της λεκάνης απορροής της Κάρλας. Και στις δυο μελέτες, η μέθοδος που επιλέχθηκε για την εκτίμηση της αξίας του νερού είναι αυτή της ‘μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους’. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι καμπύλες ζήτησης των τριών περιοχών.



Σχήμα 6.10 Καμπύλη Ζήτησης αρδευτικού νερού, Αλμυρός.



Σχήμα 6.11 Καμπύλη Ζήτησης αρδευτικού νερού, Λουδίας(Λατινόπουλος & Μυλόπουλος, 2005)



Σχήμα 6.12 Καμπύλη Ζήτησης αρδευτικού νερού, Κάρλα (Μπαλτάς και Σειμένης, 2010).

Ομοιότητες και διαφορές:

- Του Λουδία βρίσκει εφαρμογή σε μια αρκετά μεγαλύτερη περιοχή μελέτης.
- Η μέθοδος που επιλέχθηκε και στις τρεις μελέτες για την εκτίμηση της αξίας του νερού είναι αυτή της ‘μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους’.
- Παρατηρώντας τις δύο καμπύλες Αλμυρού και Κάρλας, βλέπουμε ότι το εύρος των τιμών της αξίας του νερού κυμαίνεται στα ίδια περίπου επίπεδα. Αρκετά μεγάλη ομοιότητα παρουσιάζουν και στις δυο περιπτώσεις ο αριθμός των δημοτικών διαμερισμάτων στις που είναι σχετικά μικρός.
- Στη λεκάνη του Αλμυρού έχουμε μόνο 14 σημεία και στις Κάρλας 10, ενώ αντίθετα, στη λεκάνη του Λουδία πολύ περισσότερα. Αυτό οδηγεί στην εξαγωγή αρκετά πιο αξιόπιστων και αντιπροσωπευτικών αποτελεσμάτων για την οικονομική αξία του αρδευτικού στην περιοχή του Λουδία.
- Παρατηρούμε ότι η καμπύλη του Λουδία έχει μορφή σχήματος L, ενώ παρόμοια συμπεριφορά εμφανίζεται και στην καμπύλη του Αλμυρού.
- Επίσης, η αξία του νερού είναι χαμηλή χρηματικά εκεί που περιβαλλοντικά είναι υψηλή γιατί μιλάμε για υποβαθμισμένους υπόγειους υδροφορείς και στις 3 περιοχές

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το νερό είναι ένας φυσικός πόρος σε περιορισμένη διαθεσιμότητα και αυτό αποτέλεσε το λόγο για τη διερεύνηση και επιδίωξη, σε παγκόσμιο επίπεδο, τις τελευταίες δεκαετίες, του εξ ορθολογισμού της διαχείρισής του, ειδικά στον αγροτικό τομέα που αποτελεί τον κύριο καταναλωτή των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων. Στα πλαίσια της προσπάθειας αυτής επικράτησε η άποψη πως το νερό έχει και οικονομική αξία και θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως οικονομικό αγαθό. Επιπλέον θεωρήθηκε πως η τιμολόγηση του καταναλισκόμενου νερού αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο βελτιστοποίησης της διαχείρισής του. Έτσι, σε διεθνές επίπεδο, σήμερα, αφενός εφαρμόζονται διάφορες τιμολογιακές πολιτικές και αφετέρου διεξάγεται εκτεταμένη επιστημονική έρευνα με σκοπό τον προσδιορισμό της οικονομικής αξίας του νερού.

Το πλήρες κόστος νερού, σύμφωνα με τις επιταγές της ΟΠΥ 2000/60 αναμενόταν να εφαρμοστεί στην Ελλάδα τον Ιούνιο του 2018, τόσο στα τιμολόγια της ύδρευσης, όσο και της άρδευσης. Όμως ακόμα δεν έχει προταθεί από κανένα κράτος-μέλος κάποια κοινώς αποδεκτή και πρακτικά εφαρμόσιμη μεθοδολογία υπολογισμού. Το μεγαλύτερο πρόβλημα βρίσκεται στον αγροτικό τομέα, όπου είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού, με το μικρότερο όμως διαχειριστικό έλεγχο και τις μεγαλύτερες δυσκολίες εφαρμογής πολιτικών μέτρων (Αλαμάνος, 2019).

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, αναλύθηκε, καταρχήν, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, το ζήτημα της οικονομικής αξίας των υδατικών πόρων και επιπλέον παρουσιάστηκαν διεξοδικά τόσο οι εναλλακτικές μέθοδοι οικονομικής αποτίμησης του νερού, όσο και οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι τιμολόγησης του στον αγροτικό τομέα. Από τις διαθέσιμες μεθόδους εκτίμησης της οικονομικής αξίας του νερού άρδευσης, η μέθοδος της μεταβολής του καθαρού κέρδους εμφανίζεται ως η πιο πλεονεκτική, γι' αυτό και επιλέχθηκε, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, για τον προσδιορισμό της αξίας του αρδευτικού νερού στην περιοχή του Αλμυρού. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την αποτίμηση του νερού μόνο όταν αυτό έχει την ιδιότητα του συντελεστή παραγωγής, δηλαδή μόνο όταν αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν.

Περιοχή μελέτης αποτέλεσε μια καλλιεργούμενη έκταση, περίπου, 68.070 στρεμμάτων για την οποία υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα κατανομής καλλιεργειών, τεχνικοοικονομικών στοιχείων και κλιματικών δεδομένων. Με τη χρήση αυτών, έγινε, σε πρώτη φάση, ο προσδιορισμός των αναγκών των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης, σε νερό άρδευσης και κατόπιν ο προσδιορισμός δεικτών παραγωγικότητας χρήσης του νερού σ' αυτές. Επιπλέον είναι αρκετά σημαντικό το γεγονός ότι εξαιτίας της απουσίας Τοπικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ), οι χρεώσεις των γεωτρήσεων γίνονται από τους αγροτικούς συνεταιρισμούς της περιοχής, οι οποίοι δεν παρέχουν κανένα κίνητρο εξοικονόμησης και υποβαθμίζουν την αξία του νερού.

Κατόπιν, με την εφαρμογή της μεθόδου του ακαθάριστου κέρδους, έγινε η εξαγωγή της καμπύλης ζήτησης της περιοχής μελέτης, για το αρδευτικό νερό και προσδιορίστηκε η οικονομική αξία αυτού. Η αξία του αρδευτικού νερού, ως ενδιάμεσου αγαθού γεωργικών προϊόντων, βρέθηκε πως παρουσιάζει εύρος τιμών μεταξύ των διαφόρων περιοχών της λεκάνης του Αλμυρού. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται συνήθως από 0,02 έως και 0,10 €/m³, ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις παρουσιάστηκαν και ακόμα χαμηλότερες και υψηλότερες τιμές. Όσον αφορά τη μέση

αξία του αρδευτικού νερού στην περιοχή μελέτης, αυτή υπολογίστηκε ίση με 0,06 €/m³.

Μετά την παρουσίαση και σχολιασμό των αποτελεσμάτων της εφαρμογής και ολοκληρώνοντας την εργασία αυτή, αξίζει να επισημανθούν τα εξής:

- Προϋπόθεση για την άσκηση μιας τιμολογιακής πολιτικής είναι η εκτίμηση της οικονομικής αξίας του νερού. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση της οικονομικής αξίας του νερού. Ακόμη και όταν υπάρχουν ελάχιστα διαθέσιμα στοιχεία υπάρχει δυνατότητα οικονομικής αποτίμησής του.
- Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου έχει να κάνει, μεταξύ άλλων, με το είδος της χρήσης του νερού και τη διαθεσιμότητα δεδομένων.
- Η οικονομική αξία του νερού άρδευσης που προκύπτει μέσω της καμπύλης ζήτησής του, επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:
 - i. Διαθεσιμότητα νερού: αυξανόμενων των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων, μειώνεται η οικονομική αξία τους.
 - ii. Κατανομή καλλιεργειών: όσο πιο αποδοτικές, ως προς τη χρήση του νερού, είναι αυτές, τόσο μεγαλύτερη είναι η εξαγόμενη οικονομική αξία του νερού άρδευσης.
 - iii. Αποδοτικότητα άρδευσης: επηρεάζει την οικονομική αξία κατά διαφορετικό τρόπο στα διάφορα επίπεδα διαθεσιμότητας νερού.
- Κατά την εφαρμογή τιμολογιακής πολιτικής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, πέραν της εκτιμωμένης αξίας του νερού, λόγω της χρήσης του, η συνολική του αξία και το κόστος διάθεσής του.
- Η εφαρμογή μιας τιμολογιακής πολιτικής πρέπει να είναι προϊόν προσεκτικής μελέτης γιατί αν δεν είναι η κατάλληλη, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές αρνητικές συνέπειες για τις αγροτικές κοινωνίες χωρίς να επιτευχθούν σημαντικά οφέλη ως προς την εξοικονόμηση νερού.
- Σε κάθε περίπτωση η τιμολόγηση του νερού άρδευσης είναι μια πολιτική πράξη και μπορεί να έχει ποικίλα αποτελέσματα και συνέπειες για το φορέα διαχείρισης του νερού, τους χρήστες αλλά και την κατάσταση του φυσικού πόρου, ανάλογα με τις επιδιώξεις που υπηρετεί.

Σχετικά με τη λεκάνη του Αλμιυρού προτείνεται, λόγω των περιβαλλοντικών πιέσεων που υπάρχουν στην περιοχή, η αλλαγή του τρόπου άρδευσης και η προώθηση καλλιεργειών με μικρότερες απαιτήσεις σε άρδευση μπορούν να εξοικονομήσουν σημαντικές ποσότητες νερού και να μειώσουν τις πιέσεις στα υδατικά αποθέματα. Αυτό το εγχείρημα είναι αρκετά δύσκολο στην ευρύτερη περιοχή, αλλά και σε γενικότερη κλίμακα στην Ελλάδα, διότι υπάρχει η θεώρηση ότι οι υπάρχοντες υδατικοί πόροι ανήκουν σε όσους έχουν την δυνατότητα να τους χρησιμοποιούν αλόγιστα και όχι ότι είναι δημόσιο αγαθό σε ανεπάρκεια που πρέπει να το διαχειριστούν με σύνεση.

Θα πρέπει, λοιπόν, να υπάρξει ριζική αλλαγή νοοτροπίας και να προτιμηθούν συλλογικές ενέργειες που θα εξασφαλίζουν τη επάρκεια των υδατικών πόρων για

άρδευση των καλλιεργειών καθώς και τη βιώσιμη διαχείριση τους. Μερικές προτάσεις είναι οι εξής:

- η αλλαγή της τιμολογιακής πολιτικής
- η επιβολή αγρανάπαυσης σε κάποιες εκτάσεις.
- βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των συστημάτων άρδευσης.
- ο υπολογισμός των πραγματικών αναγκών άρδευσης και χρήση αυτόματου συστήματος ενημέρωσης των αγροτών, συστήματα δηλαδή ειδοποίησης των αγροτών που ανάλογα με την υγρασία που καταγράφεται στο έδαφος προτείνεται να γίνει ή όχι άρδευση.
- η επαναχρησιμοποίηση των υδάτων.

Ο συνδυασμός της ορθής διαχείρισης των υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής με την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των κατοίκων της περιοχής μέσα από ένα πρόγραμμα με ειδικές καμπάνιες (συναντήσεις, ημερίδες, μέσα μαζικής ενημέρωσης, προγράμματα σχολικής εκπαίδευσης, ενημερωτικό υλικό κλπ.) είναι ικανός να καλύψει την έλλειψη της ενημέρωσης, πληροφόρησης και ευαισθητοποίησης, για τα προβλήματα του περιβάλλοντος και της διαχείρισης του νερού.

Εύλογα μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι εφόσον δεν εφαρμοστούν βιώσιμα σενάρια διαχείρισης των υδατικών πόρων, σε μελλοντικό χρόνο θα παρατηρηθεί μια μεγαλύτερη έλλειψη των υδατικών αποθεμάτων και υποβάθμιση της βιωσιμότητας των καλλιεργειών στο σύνολο τους.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agudelo J. I. (2001) "The Economic Valuation of Water: Principles and Methods", Value of Water Research Report Series No. 5, IHE, Delft, The Netherlands.
- Alberini, A., & Cooper, J. (2000). Applications of the contingent valuation method in developing countries: A survey. Rome: FAO.
- Allen, R.G., Pereive, L.S., Raes, D. & Smith, M., (1998). "Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements", FAO Irrigation & Drainage Paper, No 56, Rome, Italy.
- Arrow, K., Solow, R., Portney, R., Leamer, E., Radner, R. & Schuman, H. (1993). Report to the National Oceanic and Atmospheric Administration, Panel on Contingent Valuation, Federal Register, 58, Washington DC, USA.
- Bakker M. and Matsuno Y. (2001) "A framework for valuing ecological services of irrigation water", Irrigation and Drainage Systems, Vol.15: 99-115.
- Baldock D., Caraveli H., Dwyer J., Einschütz S., Petersen J. E., Sumpsi-Vinas J. and Varela-Ortega C. (2000), "The Environmental Impacts of Irrigation in the EU". Report to the Environment Directorate of the European Commission.
- Bartolini, F., Gallerani, V., Raggi, M. & Viaggi D. (2007). Implementing the Water Framework Directive: Contract Design and the Cost of Measures to Reduce Nitrogen Pollution from Agriculture. Environmental Management 2007(40), pp. 567–577. DOI 10.1007/s00267-0050136-z.
- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- Bate R. and Dubourg W. (1997) "A Net-Back Analysis of Irrigation Water Demand in East Anglia", CSERGE Working Paper WM 95-01, London, UK.
- Bateman, I., & Willis, K. G. (2006). Valuing environmental preferences: Theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries. Oxford: Oxford University Press.
- Bateman, I., Carson, R., Day, B., Hanemann, W.M., Hanley, N., Hett T, et al. (2003) Guidelines for the use of stated preference techniques for the valuation of preferences for non-market goods. Cheltenham: Edward Elgar; 2003.
- Berbel, J., Martin-Ortega, J., & Mesa, P. (2011). A cost-effectiveness analysis of water-saving measures for the Water Framework Directive: the case of the Guadalquivir river basin in Southern Spain. Water Resources Management, 25(2), 623-640. doi: 10.1007/s11269-0109717-6.
- Birol, E., Karousakis, K. & Koundouri, P. (2006). Using Economic Valuation Techniques to Inform Water Resources Management: A Survey and Critical Appraisal of Available Techniques and an Application. Science of The Total Environment 365(1-3):105-22. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.02.032.
- Bithas, K., Kollimenakis, A., Maroulis, G. & Stylianidou, Z. (2014). The water framework directive in Greece. Estimating the environmental and resource cost

- in the water districts of Western and Central Macedonia: methods, results and proposals for water pricing. *Procedia Economics and Finance* 8(2014), pp. 73 – 82.
- Bouleau, G. (2008). The WFD dreams: Between ecology and economics. *Water and Environment Journal*, 22(4), 235-240. doi: 10.1111/j.1747-6593.2008.00122.x
- Bouleau, G., & Pont, D. (2015). Did you say reference conditions? Ecological and socio-economic perspectives on the European Water Framework Directive, *Environmental Science and Policy*, 47, 32-41. doi: 10.1016/j.envsci.2014.10.012
- Briscoe J. (1996) “Water as an Economic Good: The Idea and What it Means in Practice”, *Proceedings of the World Congress of the International Commission on Irrigation and Drainage*, Cairo, 1996.
- Brouwer, R. & Strosser, P. (2004). Environmental and Resource Costs and the Water Framework Directive. An overview of European practices. Workshop Proceedings, RIZA Working Paper 2004.112x. Beurs van Berlage, Amsterdam, 26 March 2004.
- Brouwer, R., Barton, D.N., Bateman, I.J., Brander, L., Georgiou, S., Martín-Ortega, J., PulidoVelazquez, M., Schaafsma, M. & Wagtendonk, A. (2009). Economic Valuation of Environmental and Resource Costs and Benefits in the Water Framework Directive: Technical Guidelines for Practitioners. Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam, the Netherlands.
- Coller, M. & Harrison, G.H. (1995). On the Use of the Contingent Valuation Method to Estimate Environmental Costs. In: *Advances in Accounting*. Reckers, P.M.J. (ed.), Greenwich, CT: JAP Press, volume 13.
- Collins, A., Ohandja, D.G., Hoare, D., & Voulvoulis, N. (2012). Implementing the Water Framework Directive: a transition from established monitoring networks in England and Wales. *Environmental Science Policy* (17), pp. 49–61.
- Conradie BI. And Hoag DL. (2004). A review of mathematical programming models of irrigation water values. *Water South Africa*. [Water S.A.](#), 30(3). DOI: 10.4314/wsa.v30i3.5076
- Dastane, N.G. (1974) “Effective Rainfall”, *FAO Irrigation and Drainage paper*, No. 25, Rome, Italy.
- Diamond, P. A., & Hausman, J. A. (1994). Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number? *Journal of Economic Perspectives*, 8(4), 45-64. doi:10.1257/jep.8.4.45.
- Drafting Group ECO 1, “Information Sheet on Assessment of the Recovery of Costs for Water Services for the 2004 River Basin Characterisation Report (Art. 9)”, Working Group 2B, Common Implementation Strategy, 2004.
- Drafting Group ECO 2, “Assessment of environmental and Resource Costs in the water framework Directive, Working Group 2B, Common Implementation Strategy, 2004.

- Driessen, P. P., Dieperink, C., Laerhoven, F., Runhaar, H. A., & Vermeulen, W. J. (2012). Towards a Conceptual Framework for The Study of Shifts in Modes of Environmental Governance - Experiences From The Netherlands. *Environmental Policy and Governance*, 22(3), 143-160. doi:10.1002/eet.1580.
- European Commission. (2015a). Guidance document on the application of water balances for supporting the implementation of the WFD. Brussels: Author.
- Faures J., Hoozevee J. and Bruinsma J. (2002), "The FAO Irrigated Area Forecast for 2030", Proc. World Bank Conf. Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations, Agadir, Morocco
- Faux J. and Perry G. (1999) "Estimating Irrigation Water Value Using Hedonic Price Analysis : A Case Study in Malheur County, Oregon", *Land Economics*, Vol. 75, No.3: 440-452.
- Feuillette, S., Levrel, H., Boeuf, B. Blanquart, S., Gorin, O., Monacof, G., Penisson, B., & Robichon, S. (2016). The use of cost-benefit analysis in environmental policies: Some issues raised by the Water Framework Directive implementation in France. *Environmental Science & Policy*, (57), pp. 79–85. doi: 10.1016/j.envsci.2015.12.002.
- Fishman, Y., Becker, N., & Shechter, M. (2008). Treatment Versus Prevention Of Nitrogen Fertilizer Pollution: An Inter-Sectoral Externality Policy Model. *Natural Resource Modeling*, 22(1), 137-171. doi:10.1111/j.1939-7445.2008.00032.x
- Garrod, G. & Willis, K. (1992b). The Amenity Value of Woodland in Great Britain: A Comparison of Economic Estimates. *Environmental and Resource Economics* 2(4): 415-434.
- Gawel, E. (2014). Article 9 of the eu Water Framework Directive: Do We Really Need to Calculate Environmental and Resource Costs? *Journal for European Environmental & Planning Law* 11(2014), pp. 249-271.
- Gibbons D. (1986), "The Economic Value of Water", *Resources for the Future*, Washington D.C.
- Gleick, P.H. (2003). Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century. *Science*, (302), pp. 1524–1528.
- Gribble, R.J., 1999. Economic instruments for improving water use efficiency: theory and practice, *Agricultural Water Management*, Vol.40, pp.77-82.
- Griffin, R.C. (2006). *Water Resource Economics: The Analysis of Scarcity, Policies, and Projects*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Hanley, N. & Spash C. L. (1993). *Cost Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar.
- Haruvy N. (1997). Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 66: 113-119
- Heady, E. (1952) "Economics of agricultural production and resource use", Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.

- Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M. & Sala-Garrido, R. (2009). Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain. *Science of the Total Environment* 408(4), pp. 953–957. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.10.028.
- Hoekstra A., Savenije H. and Chapagain A. (2005) “An integrated approach towards assessing the value of water: A case study on the Zambezi basin”, *Integrated Assessment*, Vol. 2, No.4: 199-208.
- Hoffman R.O., Howell T.A., and Solomon K.H. (1990), “Management of Farm Irrigation Systems”, American Society of Agricultural Engineers, Monograph No 9, St. Joseph, U.S.
- Huffman W.E. (1992) “Costs and Returns: A perspective on estimating costs of human capital and more”, in: Ahearn M.C. and Vasavada U. (eds) “Costs and Returns for Agricultural Commodities: Advances in Concepts and Measurement”, Boulder Co, Westview Press, pp: 313-336.
- ICWE (1992) “The Dublin Statement on Water and Sustainable Development”, International Conference on Water and Environment, Dublin, 26–31 January.
- Iglesias E. and Blanco M. (2008) “New directions in water resources management: The role of water pricing policies.
- Johansson R.C. (2000), “Pricing Irrigation Water – A Literature Survey”, The World Bank Rural Development Department, Policy Research Working Paper 2449.
- Kanakoudis V., Gonelas K., Tolikas D., (2011). “Basic principles for urban water value assessment and price setting towards its full cost recovery - pinpointing the role of the water losses”, *Water Supply: Research & Technology AQUA*, IWA publishing, 60(1): 27-39
- Kanakoudis V., Tsitsifli S. and T. Azariadi T., (2015). Overview of the River Basin Management Plans developed in Greece under the context of the Water Framework Directive 2000/60/EC focusing on the economic analysis. *Water Resources Management*, 29(9): 3149-3174
- Kleinbaum, D.G., Kupper, L.L., Muller, K.E. & Nizam, A. (1998). *Applied Regression Analysis and Other Multivariate Methods*, 3rd edition, Pacific Grove, CA.: Duxbury Press, Inc.
- Kim C.S. and Schaible G. (2000), “Economic Benefits Resulting From Irrigation Water Use: Theory and an Application to Groundwater Use”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 17: 73-87.
- Koutsoyiannis, D., N. Zarkadoulas, A. N. Angelakis, and G. Tchobanoglous, Urban water management in Ancient Greece: Legacies and lessons, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2007 (in press).
- Latinopoulos D. (2002) “The economic value of irrigation water: Analysis and critical assessment of valuation studies”, MSc dissertation, Department of Economics, UCL, London.

- Latinopoulos D. (2003) “Economic valuation of irrigation water: implications from a meta- analysis”, Proc. 8th Inter. Conf. on Environmental Science and Technology, Lemnos Island, Vol. A: 531-538.
- Latinopoulos D. and Mylopoulos Y. (2004) “Efficiency and equity considerations on irrigation water pricing: a case study in Loudias river basin”, Inter. Confer. Protection and Restoration of the Environment VII, Mykonos, 28 June – 1 July 2004.
- Lindhout, P.E. (2013). Application of the Cost Recovery Principle on Water Services in the Netherlands. *Journal for European Environmental & Planning Law*, 10(4), pp. 309-332. doi:10.1163/18760104-01004003.
- Lipton, D.W., Wellman, K., Sheifer, I.C. & Weiher, R.F. (1995). *Economic Valuation of Natural Resources: A Handbook for Coastal Resource Policymakers*. NOAA Coastal Ocean Program, Decision Analysis Series No.5. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. pp.144.
- Loukas, A., Vasiliades, L. & Tzabiras J. (2007). Evaluation of climate change on drought impulses in Thessaly, Greece. *European Water* 17(18), pp. 17-28, 2007.
- Mallios Z., Papageorgiou A., Latinopoulos D. and Latinopoulos P. (2009). Spatial hedonic pricing models for the valuation of irrigation water. [*Global Nest Journal* 11\(4\):575-582.](#)
- Martin-Ortega, J. (2012). Economic prescriptions and policy applications in the implementation of the European Water Framework Directive. *Environmental Science & Policy* (24), pp. 8391. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2012.06.002>.
- Massarutto A. (2003), “Water Pricing and Irrigation Water Demand: Economic Efficiency versus Environmental Sustainability”, *European Environment* , Vol. 13: 100-119.
- Mitchell R.C. and Carson R.T. (1989) “Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method”, Washington, D.C., Resources for the Future.
- Moran, D., & Dann, S. (2008). The economic value of water use: Implications for implementing the Water Framework Directive in Scotland. *Journal of Environmental Management*, 87(3), pp. 484–496. doi:10.1016/j.jenvman.2007.01.043
- Moss, B. (2007). Shallow lakes, the water framework directive and life. What should it all be about? *Hydrobiologia*, 584, 381-394. doi: 10.1007/s10750-007-06011
- Mouratiadou, I., Russell, G., Topp, C., Louhichi, K., & Moran, D. (2010). Modelling common agricultural policy-Water Framework Directive interactions and cost-effectiveness of measures to reduce nitrogen pollution. *Water Science and Technology*, 61(10), pp. 2689– 2697. doi:10.2166/wst.2010.216
- Quevauviller, P., Balabanis, P., Fragakis, C., Weydert, M., Oliver, M., Kaschl, A., ... Bidoglio, G. (2005). Science-policy integration needs in support of the implementation of the EU Water Framework Directive. *Environmental Science and Policy*, 8(3), 203-211. doi: 10.1016/j.envsci.2005.02.003

- Pearce D. (1993) "Blueprint 3: Measuring sustainable development", CSERGE, Earthscan Publications Ltd, London.
- Pearce, D. & Ozdemiröglu, E. (2002). Economic valuation and stated preference techniques. Department for Transport, Local Government and the Regions, London.
- Perman, R. et al., 1999. Natural Resource and Environmental Economics, Longman.
- Renwick M. (2001) "Valuing water in a multiple-use system: Irrigated agriculture and reservoir fisheries", *Irrigation and Drainage Systems*, Vol.15: 149-171.
- Rodriguez M., Fernadez F., Correa J., Ferrer E. and Ferrero N. (2002) "Evaluation of Irrigation Projects and Water Resource Management: A Methodological Proposal", *Sustainable Development*, Vol. 10: 90-102.
- Rogers, M. & Bruen, M. (1998). Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE. *European Journal of Operational Research*, 1998 (107), pp.542-551.
- Rogers, P., De Silva, R. and Bhatia, R. (2002) "Water is an Economic Good: How to Use Prices to Promote Equity, Efficiency and Sustainability", *Water Policy*, Vol. 4: 1-17.
- Samarawickrema A. and Kulshreshtha N. D. (2008). Value of Irrigation Water for Drought Proofing in the South Saskatchewan River Basin (Alberta).
- Savenije, H.H.G. & van der Zaag, P. (2002). Water as an economic good and demand management - Paradigms with pitfalls. *Water International* (27), pp. 98–104. doi: 10.1080/02508060208686982.
- Said A., Glover T., Stevens D. and Sehlke G. (2002) "Physical and Economic Sustainability: The Case of the Big Lost River", Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems in Dubrovnik, Croatia.
- Schoengold, K., Sunding, D. L., & Moreno, G. (2006). Price elasticity reconsidered: Panel estimation of an agricultural water demand function. *Water Resources Research*, 42(9). doi:10.1029/2005wr004096.
- Schuman, H. (1996). The sensitivity of CV outcomes to CV survey methods. In: *The Contingent Valuation of Environmental Resources*. Bjornstad, D. and Kahn, R. (eds.). Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, pp. 75-96.
- Serageldin, I. (1995). Water Resources Management: A new Policy for a Sustainable Future, *Water Resources Development*, 11(3), pp. 221-232.
- Shavell, S. (1993). Contingent Valuation of the nonuse value of natural resources: Implications for public policy and the liability system. In: *Contingent valuation: A critical assessment*. Hausman, J.A. (ed.). North-Holland, The Netherlands, pp. 371-388.
- Sidiropoulos P., Loukas A. and Georgiadou I. (2016). Response of a degraded coastal aquifer to water resources management scenarios: The case of Almyros aquifer, Magnesia, Central Greece. *European Water*, 55: 67-77.

- Small L.E. and Carruthers I. (1991) "Farmer financed irrigation, the economics of reform", Cambridge, Cambridge University Press.
- Tardieu H. and Prefol B. (2002) "Full Cost or 'Sustainability Cost' Pricing in Irrigated Agriculture. Charging for Water Can Be Effective, but is it Sufficient?", *Irrigation and Drainage*, Vol. 51: 97-107.
- Tietenberg, T. & Lewis, L. (2010). Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων, Όγδοη Έκδοση, Εκδόσεις Gutenberg.
- Tiwari D.N. (1998) "Determining Economic Value Of Irrigation Water: Comparison Of Willingness To Pay And Indirect Valuation Approaches As A Measure Of Sustainable Resource Use", CSERGE Working Paper No. 98-05, CSERGE, University College London
- Turner K., Georgiou S., Clarke R., Brouwer R. and Burke J. (2004) "Economic valuation of water resources in agriculture. From the sectoral to a functional perspective of water resources management", *FAO Water Reports* No. 27, FAO, Rome.
- Torell L., Libbin J. and Miller M. (1990) "The Market Value of Water in the Ogallala Aquifer", *Land Economics*, Vol. 66: 163-175.
- U.S. E.P.A. (2000). *Guidelines for Preparing Economic Analyses*, U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. E.P.A. (2000). *Risk based Concentration Table*. United States Environmental Protection Agency, Philadelphia, PA; Washington DC.
- USDA Soil Conservation Service (1970). *Irrigation Water Requirements*, Tech, Release No 21 (rev.), 92 p.
- Ward F.A. and Michelsen A. (2002) "The economic value of water in agriculture: concepts and policy implications", *Water Policy*, Vol. 4: 423-446.
- Young R.A. and Haveman R.H. (1985), "Economics of Water Resources: a Survey", in: Kneese A. and Sweeney J. (eds) "Handbook of Natural Resource and Energy Economics", Vol II: 465-529, Elsevier Science Publishers.
- Young R.A. (1996), "Measuring Economic Benefits for Water Investments and Policies", *World Bank Technical Paper* No. 338, Washington, D.C.
- Young, R.A. 2005. *Determining the economic value of water, Concepts and methods. Resources for the future*. Washington, DC, USA, 357 p.
- WATECO (2002), "Economics and the Environment: The Implementation challenge of the Water Framework Directive, a Guidance Document", Working Group 2.6, WATECO.
- WATECO (2003) *Economics and the Environment. The Implementation Challenge of the Water Framework Directive. Accompanying Documents to the Guidance*. European Commission, Brussels.
- World Bank (1999) "Environmental Performance Indicator", A Second Edition Note, The World Bank, Washington D.C., USA.

- Wright, S.A.L. & Fritsch, O. (2011). Operationalising active involvement in the EU water framework directive: why, when and how? *Ecological Economics*, 70(12), pp. 2268–2274. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2011.07.023.
- Αλαμάνος Α. (2019). Ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για τη βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων, μέσω υδρο-οικονομικής μοντελοποίησης και πολυκριτηριακής ανάλυσης. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΠΘ.
- Αλαμάνος Α. (2017). Βιώσιμη Διαχείριση Υδατικών Πόρων στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας: Ανάπτυξη Ολοκληρωμένου Συστήματος Λήψης Αποφάσεων μέσω ενιαίου Υδρο-οικονομικού μοντέλου και Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. 5η Ημερίδα Ερευνητικής Δραστηριότητας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Βόλος, 17/05/2017.
- Αλαμάνος Α. (2018). Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης του πλήρους κόστους αρδευτικού νερού. 6η Ημερίδα ερευνητικής δραστηριότητας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Βόλος, 30/05/2018.
- Γαλανάκης Δ.,(1997): Νεοτεκτονική δομή και στρωματογραφία των Νεογενών-Τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης του Αλμυρού-Παγασητικού, Πηλίου, Διαυλου Ωρεων-Τρικεριού και Μαλιακού, Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη
- Γεράκης Π. και Κουτράκης Ε. (1999) “Υγρότοποι και Γεωργία”, Σημειώσεις μαθήματος Γεωπονίας, ΑΠΘ.
- Γεωργιάδου (2015). Προσομοίωση και διαχείριση υπόγειου υδροφορέα στη λεκάνη απορροής του Αλμυρού, Μαγνησίας. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
- Καλιαμπάκος, Δ. & Δαμίγος, Δ. (2008). Οικονομικά του περιβάλλοντος και Υδατικών Πόρων:Βασικές αρχές, μέθοδοι αποτίμησης, εφαρμογές. Σημειώσεις μαθήματος, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κουντούρη, Φ. & συνεργάτες (2008). Εφαρμογή των οικονομικών πτυχών του άρθρου 5 της Κοινοτικής Οδηγίας περί υδάτων 2000/60/EK στην Ελλάδα. Υπουργείο Χωροταξίας, Περιβάλλοντος και Δημασίων Έργων, Αθήνα. Διαθέσιμο στην url: www2.aueb.gr/users/koundouri/resees/uploads/finalreportarticle5.doc
- Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος, Θ., Τεχνική Υδρολογία, ΕΜΠ, Αθήνα 1999.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Ι. Τσελέντης, Σχόλιο για τις προοπτικές ανάπτυξης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα σε σχέση με την Κοινοτική Οδηγία-Πλαίσιο για το νερό, Οδηγία-πλαίσιο για τα νερά - Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα, Πρακτικά, 87-92, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Αθήνα, 2002.
- Κώττης, Γ. (1994). Οικολογία και Οικονομία. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- Λατινόπουλος, Π., (1999). Οικονομική των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος, Διδακτικές Σημειώσεις, ΠΜΣ Προστασία περιβάλλοντος και βιώσιμη ανάπτυξη, ΤΠΜ-ΑΠΘ.

- Λατινόπουλος Δ., Λατινόπουλος Π. και Μυλόπουλος Γ. (2005) “Η μεταβολή της ζήτησης του αρδευτικού νερού ως συνέπεια της τιμολόγησής του”, Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου της Ελληνικής Επιτροπής Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Ξάνθη.
- Λατινόπουλος Δ. (2006) “Εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης για την οικονομική θεώρηση του νερού στη γεωργία, στο πλαίσιο της αειφορικής διαχείρισης των υδατικών πόρων”
- Μάλλιος Ζ. (2005) “Αποτίμηση Της Αξίας Του Αρδευτικού Νερού Με Τη Μέθοδο Της Εξαρτημένης Αξιολόγησης”, Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Μπαλτάς Μ. και Σειμένης Μ. (2010). Η οικονομική αξιολόγηση του νερού στη γεωργία: Εφαρμογή στη λεκάνη απορροής της Κάρλας. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
- Μπίθας, Κ.Π. (2011). Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων. Αθήνα, Φεβρουάριος 2011.
- Μπουζούκης, Β. (2016). Κοινωνικοοικονομική ανάλυση της δυνατότητας χρήσης αυτοματοποιημένης στάγδην άρδευσης στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Εφαρμοσμένη Μηχανική και Προσομοίωση Συστημάτων. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Βόλος, 2016.
- Μυλόπουλος, Ν. (2006). Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Διδακτικές σημειώσεις, Παν. Θεσσαλίας.
- Μυριούνης Χ.,(2008): Υδρογεωλογική και υδροχημική διερεύνηση των υπόγειων νερών της παράκτιας ζώνης της υδρολογικής λεκάνης Αλμυρού Μαγνησίας, Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. (1999). Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό. Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη.
- Σιάρδος, Γ. (2000). Μέθοδοι Πολυμεταβλητής Στατιστικής Ανάλυσης: Με την επίλυση ασκήσεων μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS. Μέρος Δεύτερο, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Τσακίρης, Γ. (1995): Υδατικοί πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία-Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Έκδοση «Συμμετρία», Συντονιστής έκδοσης Γ. Τσακίρης, κεφ. 19, σελ. 657-671.
- ΥΠΑΝ (2003), “Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας”, ΥΠΑΝ, ΙΓΜΕ, ΕΜΠ, ΚΕΠΕ, Αθήνα 2003.
- ΥΠΕΚΑ (2012). Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ’ εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007. Παραδοτέο: Οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος και προσδιορισμός του υφιστάμενου βαθμού ανάκτησης κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος: Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας.

- Φιλότης (2011). Βάση Δεδομένων για την ελληνική φύση, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος(<http://filotis.itia.ntua.gr>)
- Χατζηλάκου Δ. (2001) “Υδάτινο περιβάλλον και διαχείριση υδατικών πόρων”, Βιώσιμη Ελλάδα και το Μεσογειακό σχέδιο δράσης, Κείμενα Εργασίας του ΕΚΠΑΑ: Εισηγήσεις Ομιλητών στη Συνάντηση Εργασίας του ΕΚΠΑΑ με θέμα “Βιώσιμη Ελλάδα & το Μεσογειακό Σχέδιο Δράσης”, 3.9.2001.
- Χουλιάρá Κ., (2014): Διαχρονικές μεταβολές στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον στην περιοχή Αλμυρού Μαγνησίας. Γενεσιουργοί μηχανισμοί εξέλιξης και σχέσεις τους με την αειφορία, Διδακτορική διατριβή, Αθήνα.