



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
& ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διερεύνηση ορθών πρακτικών και μέτρων
εξοικονόμησης υδατικών πόρων στο υδατικό
διαμέρισμα της Θεσσαλίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Γ. Γουργουλέτης

Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
& ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διερεύνηση ορθών πρακτικών και μέτρων
εξοικονόμησης υδατικών πόρων στο υδατικό
διαμέρισμα της Θεσσαλίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Γ. Γουργουλέτης

Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2020

Copyright © Νικόλαος Γουργουλέτης

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Τα χρόνια ποσοτικά και ποιοτικά προβλήματα των υδατικών πόρων στη Θεσσαλία και την αντίστοιχη διαχειριστική Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ΠΛΑΠ), αποτελούν σημαντικό περιβαλλοντικό και κοινωνικοοικονομικό πρόβλημα. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και η μείωση των διαθέσιμων φυσικών πόρων συνιστούν απειλή για την εύρυθμη λειτουργία της τοπικής κοινωνίας και ειδικότερα για τη γεωργία. Η επιδείνωση που αναμένεται να επιφέρει η ενδεχόμενη κλιματική αλλαγή στην παρούσα κατάσταση, αποτελεί πρόκληση που οφείλεται να ληφθεί σοβαρά υπόψη στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Παρά την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60, η πρόοδος που έχει σημειωθεί είναι μικρή. Αν και συχνά γίνεται αναφορά για νέα έργα ταμίευσης ή μεταφορά νερού από τη γειτονική ΠΛΑΠ του Αχελώου, δεν έχουν εξεταστεί επαρκώς τα διαθέσιμα εργαλεία εξοικονόμησης του νερού. Η εξέταση αυτών από την παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται ακολουθώντας τις προτροπές των ευρωπαϊκών οργάνων και τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος. Ανιχνεύονται συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογής μέτρων και ορθών πρακτικών εξοικονόμησης σε περιοχές με παρεμφερές κλίμα και υψηλή αγροτική παραγωγή. Μετά την καταγραφή και σύγκριση των θεωρητικών αποτελεσμάτων, υπολογίζονται βασικοί όγκοι αναφοράς για την υπό μελέτη ΠΛΑΠ, όπως οι αρδευτικές ανάγκες και η αρδευτική ζήτηση. Κατόπιν εξετάζεται κάθε επιλογή ως προς τις δυνατότητες εξοικονόμησης νερού στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, καθώς και οι συνδυασμοί αυτών. Αποδεικνύεται πως τα περιθώρια εξοικονόμησης νερού είναι σημαντικά. Τα τεχνικά μέτρα που εξετάζονται δύνανται να εξοικονομήσουν $315 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, το 14.3% της συνολικής ζήτησης νερού. Επίσης πρακτικές όπως η ελλειμματική άρδευση και η αλλαγή ορισμένων καλλιεργειών, εάν συνδυαστούν με τα τεχνικά μέτρα οδηγούν σε εξοικονόμηση $598 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, το 27.2% της συνολικής ζήτησης. Τέλος και η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων από τα μεγάλα αστικά κέντρα μπορεί να απαλλάξει το σύστημα από την ανάγκη απολήψεων $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Λέξεις κλειδιά: Οδηγία 2000/60, ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, Εξοικονόμηση νερού, Άρδευση, Διαχείριση υδατικών πόρων.

Abstract

The prolonged issues regarding the quantity and quality characteristics of the water resources in Thessaly and the related River Basin District (RBD) constitutes a threat to the community, due to the environmental degradation and the reduction of the availability of water. Regarding the agriculture sector, the main user of water in the RBD, the pressure anticipated from the ongoing climate change is expected to cause further destabilization. The water resources management of the RBD, under the WFD 2000/60, is lacking making significant progress. Frequent scenarios and declarations over new water supply infrastructure and water transfers from neighboring RBD of Achelous have compromised the study and application of water saving policies and technologies. Hence, this undergraduate thesis, examines the latter, following the advice of the European bodies, the principles of sustainable development and of the environmental protection. Starting with the tracing of applied good policies and measures in areas with similar climate conditions and high agriculture activity as the examined RBD, along with the estimation of key volumes, such as crop irrigation needs and agriculture water demand, the study proceeds to the evaluation of the water saving potential, both individually and cumulatively for the proposed measures. The potential of water saving in the RBD is proven great. Technical measures may save $315 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, while combined with practices such as deficit irrigation, the change of specific cultivated crops and water reuse, may result in saving $634 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ of water, the 28.8% of total water demand.

Keywords: WFD, RBD Thessaly, Water saving, Irrigation, Water resources management.

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	iv
1. Εισαγωγή	1
1.1. Τοποθέτηση του προβλήματος.....	1
1.2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	2
1.2.1. Αειφόρος ανάπτυξη και διαχείριση των υδατικών πόρων	2
1.2.2. Πληθυσμιακή ανάπτυξη και αειφορία.....	2
1.2.3. Βασικές προκλήσεις στην αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων.....	3
1.2.4. Κλιματική αλλαγή	4
1.3. Θεσμικό πλαίσιο.....	10
1.3.1. Ύδατα.....	10
1.3.2. Συνοπτική παρουσίαση των βασικών Οδηγιών – Ανακοινώσεων	11
1.3.3. Κοινή Αγροτική Πολιτική	14
2. Ορθές πρακτικές διαχείρισης	15
2.1. Εξοικονόμηση	15
2.2. Τεχνικά μέτρα εξοικονόμησης.....	17
2.2.1. Μείωση απωλειών δικτύων μεταφοράς νερού	17
2.2.2. Εκσυγχρονισμός των μεθόδων άρδευσης.....	18
2.3. Ορθές καλλιεργητικές πρακτικές και θεσμικά μέτρα	24
2.3.1. Προγραμματισμός αρδεύσεων	24
2.3.2. Ελλειμματική άρδευση.....	24
2.3.3. Τιμολογιακή πολιτική	25
2.4. Επαναχρησιμοποίηση από ΕΕΛ	26
2.4.1. Δυνατότητες χρήσης και παραδείγματα εφαρμογής	27
2.4.2. Νομοθετικό πλαίσιο διαφόρων χωρών και πρόταση της ΕΕ	30
2.4.3. Καταγραφές των θετικών και των αρνητικών επιπτώσεων της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων	46
3. Περιοχή μελέτης – Δεδομένα	52
3.1. Εισαγωγή	52
3.2. Γεωγραφικές πληροφορίες	52
3.3. Γεωλογικές συνθήκες.....	53
3.4. Υδρογραφική πληροφορία.....	53
3.4.1. Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα	53
3.4.2. Υπόγεια Υδατικά Συστήματα	57
3.4.3. Έργα ταμίευσης.....	58
3.5. Κλίμα	60
3.5.1. Γενικά	60
3.5.2. Λειψυδρία – Ξηρασία.....	61
3.6. Ανθρωπογενή χαρακτηριστικά.....	65
3.6.1. Πληθυσμός	65
3.6.2. Χρήσεις γης	65
3.6.3. Αρμόδιες αρχές	67

3.7.	Ζήτηση - Κύριες χρήσεις ύδατος - Απολήψεις	68
3.8.	Αγροτικά δεδομένα	69
3.8.1.	Τύποι καλλιεργειών – Εκτάσεις – Αρδευτικές ανάγκες	69
3.8.2.	Μέθοδοι άρδευσης – Δίκτυα άρδευσης – Απώλειες.....	74
3.8.3.	Η ΚΑΠ στη Θεσσαλία	75
3.9.	Κόστος υπηρεσιών ύδατος και ανάκτηση.....	75
3.10.	Οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας.....	75
3.11.	Στόχοι και προτάσεις μέτρων της 1^{ης} Αναθεώρησης του ΣΔΛΑΠ	76
4.	Αποτελέσματα.....	78
4.1.	Υδατικό δυναμικό.....	78
4.2.	Ζήτηση νερού.....	78
4.3.	Απολήψεις	80
4.4.	Σενάρια εξοικονόμησης.....	82
4.4.1.	Σενάριο βάσης.....	82
4.4.2.	Τεχνικά μέτρα εξοικονόμησης	83
4.4.3.	Μέτρα μείωσης των αρδευτικών αναγκών.....	84
4.4.4.	Τιμολογιακή πολιτική	85
4.4.5.	Συνδυασμός μέτρων.....	85
4.4.6.	Διερεύνηση πρόσθετων μέτρων	86
5.	Συμπεράσματα.....	90
	Καταγραφή Σχημάτων.....	92
	Καταγραφή Πινάκων.....	93
	Βιβλιογραφία.....	94

1. Εισαγωγή

1.1. Τοποθέτηση του προβλήματος

Η περιοχή της Θεσσαλίας, η οποία αποτελεί σε μεγάλο βαθμό και την αντίστοιχη ΠΛΑΠ ή Υδατικό Διαμέρισμα (ΥΔ), πρόκειται για μία περιοχή με έντονο αγροτικό χαρακτήρα. Γνωστή ως «σιτοβολώνας» της Ελλάδας, γνωστή για την εκτεταμένη καλλιέργεια βαμβακιού, μετά τις ξηρασίες των τελευταίων δεκαετιών έγινε γνωστή για την προβληματική διαχείριση και κατανάλωση των υδάτων. Η άρδευση συνιστά μέρος μεγαλύτερο του 90% της συνολικής χρήσης νερού. Η κακή διαχείριση των υδατικών πόρων, η χρήση μη σύγχρονων μεθόδων και πρακτικών άρδευσης, οι μεγάλες απώλειες και οι απαιτητικές σε νερό και λίπανση καλλιέργειες, σε συνδυασμό με την έλλειψη παρακολούθησης έχουν οδηγήσει πληθώρα υδατικών συστημάτων της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας σε κακή κατάσταση. Δεδομένου του κλίματος της περιοχής και της ενδεχόμενης κλιματικής αλλαγής, αναμένεται να απαιτηθούν μεγάλες αλλαγές στην τεχνική και τη νοοτροπία των χρηστών ώστε να επιτευχθούν προϋποθέσεις αιεφόρου ανάπτυξης. Η διαχείριση της ζήτησης, η διαχρονική μείωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδατικών συστημάτων και ο εκσυγχρονισμός των αρδεύσεων αποτελούν βασικές προκλήσεις στη διαχείριση της ΠΛΑΠ.

Με τη ψήφιση της Οδηγίας 2000/60 και άλλων συμπληρωματικών που άπτονται της διαχείρισης των υδάτων, σε συνδυασμό με την αναμενόμενη νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) του 2020, τίθεται ως βασικό ζητούμενο η εξοικονόμηση του νερού. Με εφαρμογές εξοικονόμησης σε όλα τα πεδία χρήσης νερού, πολλά κράτη έχουν επιτύχει σημαντικά αποτελέσματα εξοικονόμησης και προστασίας των υδατικών πόρων τους. Η παραχθείσα γνώση από αυτά είναι σημαντική και δύναται να αξιοποιηθεί στην ορθολογική διαχείριση του νερού και στην Ελλάδα. Η εφαρμογή της στάγδην άρδευσης, τα κλειστά δίκτυα μεταφοράς νερού, ο σωστός προγραμματισμός και η ελλειμματική άρδευση σε συνδυασμό με την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι από τα σημαντικότερα μέσα για την επίτευξη εξοικονόμησης. Επίσης, κατά τις επιταγές της Οδηγίας, η εφαρμογή τιμολογιακών πολιτικών που επιτυγχάνουν ανάκτηση κόστους είναι απαραίτητη για την επίτευξη ορθολογικής χρήσης.

Η οικονομική κρίση που έπληξε την Ελλάδα, οι αλληλεπικαλυπτόμενες αρμοδιότητες των οργανισμών του δημοσίου και οι δυσκολίες προσαρμογής των χρηστών έχουν αποτελέσει σημαντικά εμπόδια στην έως τώρα εφαρμογή της Οδηγίας. Στα πλαίσια αυτής, η προτροπή των ευρωπαϊκών θεσμών είναι να εξετάζονται νέα έργα υποδομών παροχής νερού μόνο αφού επιτευχθούν υψηλά επίπεδα αποδοτικότητας χρήσης. Υπό το πρίσμα των παραπάνω, η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τις δυνατότητες εξοικονόμησης νερού στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, δίνοντας έμφαση στον κύριο τομέα χρήσης, την άρδευση. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση των ορθών πρακτικών και μεθόδων εξοικονόμησης. Κατόπιν, εξετάζεται η παρούσα κατάσταση των υδάτων της ΠΛΑΠ, η αποδοτικότητα των αρδευτικών συστημάτων και υπολογίζεται η ζήτηση του νερού. Σκοπός των παραπάνω είναι ο αριθμητικός υπολογισμός των δυνατοτήτων εξοικονόμησης του νερού στην εν λόγω ΠΛΑΠ και η κατάδειξη των σημαντικών περιθωρίων μείωσης της χρήσης του νερού.

1.2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

1.2.1. Αειφόρος ανάπτυξη και διαχείριση των υδατικών πόρων

Η ανακοίνωση «Αειφόρος ανάπτυξη της Ευρώπης για έναν καλύτερο κόσμο: Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αειφόρο ανάπτυξη» (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2001) σήμανε για τα κράτη μέλη την επίσημη είσοδο στον αγώνα για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης. Ως τέτοια λογίζεται η «ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» (Keeble, 1988). Η οικονομική αύξηση, η κοινωνική συνοχή και η περιβαλλοντική προστασία θεωρείται πως πρέπει να συμβαδίζουν. Βασικοί στόχοι της παραπάνω ανακοίνωσης αποτελούν ο περιορισμός της κλιματικής αλλαγής και η υπεύθυνη διαχείριση των φυσικών πόρων. Στους φυσικούς πόρους συγκαταλέγεται και το νερό, στο οποίο μάλιστα όπως θα εξηγηθεί παρακάτω, αναμένεται να ασκηθούν έντονες πιέσεις λόγω της κλιματικής αλλαγής. Με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2000), που αποσκοπεί στη βιώσιμη χρήση του νερού, την προστασία των υδατικών πόρων και τη σταδιακή βελτίωση της κατάστασης των επιβαρυσμένων υδάτινων οικοσυστημάτων, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έχουν συγκεκριμένο πλαίσιο δράσης από τις αρχές της πρώτης δεκαετίας του 2000.

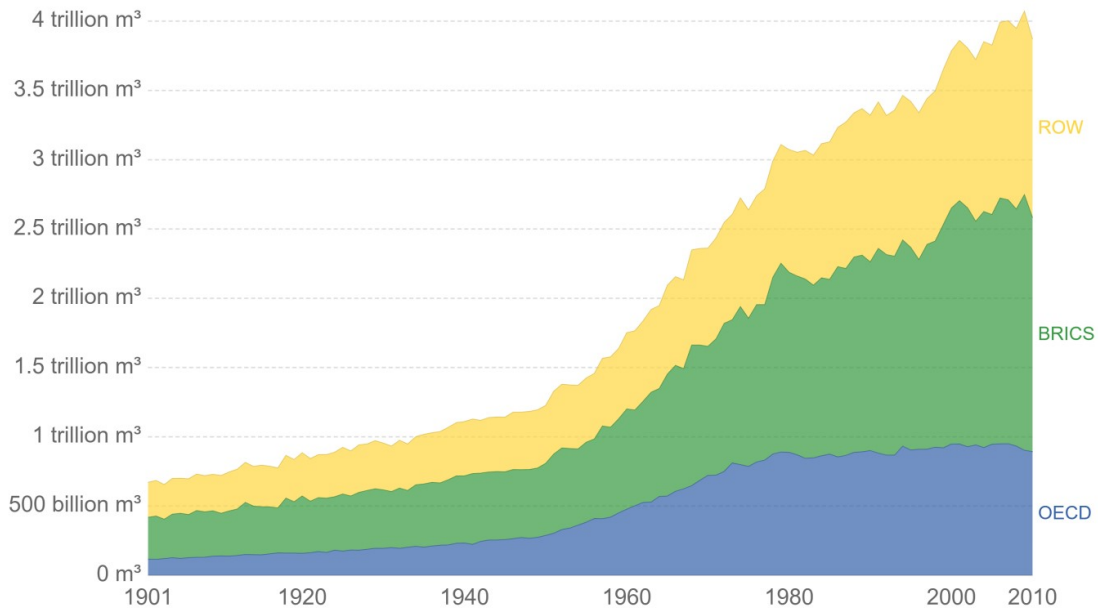
Η αειφόρος διαχείριση των υδατικών πόρων δίνει βάρος στην ανάγκη να ληφθούν υπόψη τόσο η βραχυπρόθεσμη, όσο και η μακροπρόθεσμη κατάσταση (ανάγκες). Πιο συγκεκριμένα, για να χαρακτηριστεί ένα σύστημα διαχείρισης υδάτων αειφόρο, οφείλει να επιδεικνύει κάλυψη των μεταβαλλόμενων τιμών της ζήτησης που του τίθενται στο παρόν και στο μέλλον χωρίς την υποβάθμιση των υδατικών πόρων (Loucks, 2000). Βασικό στοιχείο της αειφόρου διαχείρισης των υδατικών πόρων κατά τον Loucks (2000), αποτελεί η ετοιμότητα έναντι της μεταβολής του κλίματος, των αλλαγών της ζήτησης, της γήρανσης των υποδομών και της φυσικής μεταβολής των υδατικών συστημάτων. Σε αλλαγές, με αβέβαιες συνέπειες, κρίνει αναγκαία, την ικανότητα προσαρμογής, υπό το πρίσμα της διαρκούς εξέλιξης της γνώσης και τεχνολογίας. Σημαντικά στοιχεία για την αειφόρο διαχείριση είναι: (α) η ανάπτυξη οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών στόχων που συμβαδίζουν, (β) η συντονισμένη προσέγγιση όλων των ενδιαφερόμενων/επηρεαζόμενων μερών, λαμβάνοντας υπόψη τη διατήρηση της ζωτικότητας της οικονομίας, της ποιότητας του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας καθώς και (γ) η διαρκής ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στη διαχείριση. Η θωράκιση έναντι κινδύνων προς την κοινωνία και το περιβάλλον συνιστά σημαντικό όρο της αειφόρου διαχείρισης.

Στον κοινό τόπο της Οδηγίας 2000/60 και της αναφοράς της Brundtland (Keeble, 1988), ο Teodosiu (2003) θεωρεί ως καλύτερη μονάδα αειφόρου διαχείρισης, αυτή της ΠΛΑΠ, που θεσπίζεται από την Οδηγία. Ο σχεδιασμός της ζήτησης σε πλαίσια βιώσιμων απολήψεων, η αξιολόγηση κόστους/οφέλους, η συνειδητοποίηση των αντιπαρατιθέμενων συμφερόντων και χρήσεων του νερού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με στόχο την επίτευξη «καλής οικολογικής κατάστασης». Ο δε Pahl-Wostl (2008) θεωρεί την αποδοτικότητα και τη νέα τεχνολογία σημαντικά εργαλεία αειφορίας της διαχείρισης των υδάτων, ενώ οι Hedelin & Lindh (2008) κρίνουν την αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος διαχείρισης ως σημαντικό δείκτη προς την επίτευξη αειφόρου διαχείρισης. Τέλος σε δύο έγγραφα που αναφέρονται στους στόχους των Ηνωμένων Εθνών για το νερό και την υγιεινή, τονίζεται η ανάγκη εφαρμογής μέτρων και πρακτικών για την αποδοτική χρήση του νερού με όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες, δια της παροχής πληροφορίας και κινήτρων στους χρήστες (Gurib-Fakim et al., 2018; UN General Assembly, 2017).

1.2.2. Πληθυσμιακή ανάπτυξη και αειφορία

Όπως καταγράφεται στην αναφορά “Why Population Matters to Water Resources” (Population Action International, 2011) διακρίνονται τέσσερις πτυχές της πληθυσμιακής ανάπτυξης

που αναμένεται να επιφέρουν αύξηση της πίεσης στους υδατικούς πόρους. Η αύξηση του πληθυσμού που προβλέπεται, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες, θα οδηγήσει αφενός σε ευθεία αύξηση της ζήτησης, αλλά και σε ένταση της κλιματικής αλλαγής, η οποία αναμένεται να αποτελέσει και αυτή επιβάρυνση στη διαθεσιμότητα του νερού. Η αστικοποίηση που προβλέπεται να λάβει χώρα στις αναπτυσσόμενες χώρες, αποτελεί παράγοντα εντατικοποίησης της ζήτησης αλλά και υποβάθμισης των υδατικών πόρων. Ακόμα, η αύξηση των εισοδημάτων ανά τον κόσμο, προβλέπεται πως θα αυξήσει την κατανάλωση, συμπεριλαμβανομένης και αυτής του νερού. Τέλος η μεταβολή των διατροφικών συνηθειών ασκεί ποσοτικές και ποιοτικές πιέσεις, καθώς η εντατικοποιημένη παραγωγή κρέατος αυξάνει τόσο την κατανάλωση νερού όσο και τη ρύπανση αυτού. Χαρακτηριστικό είναι το Σχήμα 1, όπου με πράσινο χρώμα αποτυπώνεται η αύξηση της κατανάλωσης νερού των πέντε μεγάλων ανερχόμενων κρατών (BRICS)¹ και με πορτοκαλί των υπόλοιπων αναπτυσσόμενων κρατών. Παρατηρείται ακόμα πως η κατανάλωση των χωρών του ΟΟΣΑ (με μπλε χρώμα) παραμένει σχετικά αμετάβλητη από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Υπό αυτές τις συνθήκες αποτελεί μονόδρομο η αποδοτική διαχείριση των υδατικών πόρων με όρους αειφορίας.



Σχήμα 1. Κατανάλωση νερού ανά ομάδα κρατών. (Πηγή: Ritchie & Roser, 2020)

1.2.3. Βασικές προκλήσεις στην αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων

Στη βιβλιογραφία ανιχνεύονται αρκετές προκλήσεις για την επίτευξη αειφόρου διαχείρισης των υδατικών πόρων. Μία ενδεικτική καταγραφή των βασικότερων, γίνεται παρακάτω:

- Απαιτούνται θεσμικές αλλαγές και υψηλή αποτελεσματικότητα σε όλα τα κυβερνητικά επίπεδα (Pahl-Wostl et al., 2008; Pittock, 2011)
- Η ύπαρξη πολλών ενδιαφερόμενων μερών και ανταγωνιστικών χρήσεων του νερού (όπως η άρδευση, η παραγωγή ενέργειας, η προστασία των οικοσυστημάτων κ.ά.), δυσχεραίνει την επίτευξη κοινού πλαισίου δράσης και συνεργασιών (Loucks, 2000; Margerum & Robinson, 2015; Pahl-Wostl et al., 2008)

¹ Βραζιλία, Ρωσία, Ινδία, Κίνα, Νότια Αφρική.

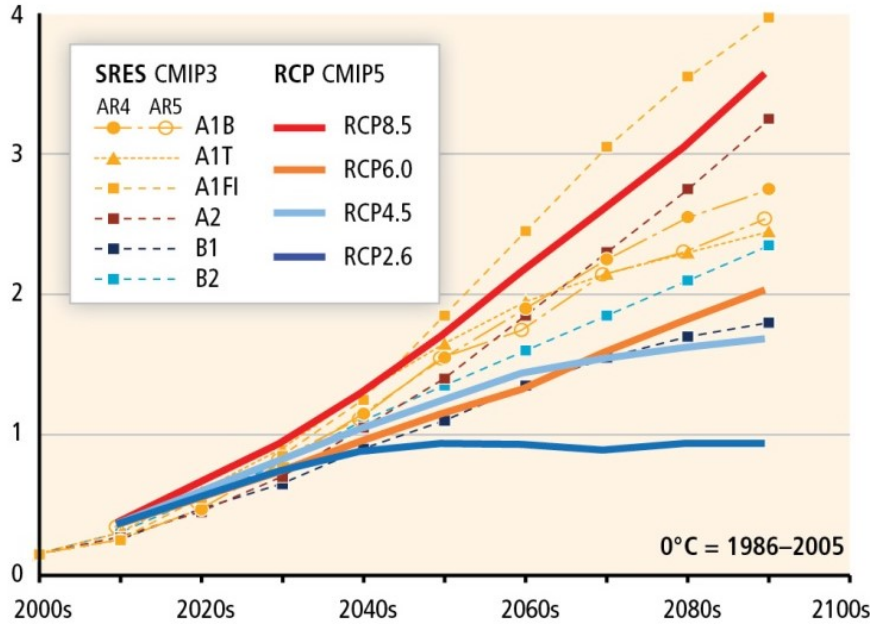
- Συχνά απουσιάζει η πολιτική βούληση για άμεση λήψη μέτρων, εναποθέτοντας την επίτευξη αειφορίας για το μέλλον, με συνέπεια τη συνέχιση της υποβάθμισης των υδατικών πόρων (Margerum & Robinson, 2015; Pittock, 2011)
- Αγνοείται ακόμα σε αρκετές περιπτώσεις η αξία των υδάτων με αποτέλεσμα την αδιαφορία για την αειφόρο διαχείρισή τους (Knürrpe, 2011; Margerum & Robinson, 2015)
- Η έλλειψη επαρκούς και αξιόπιστης πληροφορίας συχνά αποδεικνύεται εμπόδιο στην κατανόηση της κατάστασης και τη λήψη κατάλληλων μέτρων (Knürrpe, 2011; Ximing Cai, 1999)
- Μειωμένοι πόροι οδηγούν σε ανικανότητα της πολιτείας για κατασκευή / συντήρηση των υποδομών και σε αδυναμία παρακολούθησης και ελέγχου των απολήψεων (Knürrpe, 2011; Loucks, 2000; Margerum & Robinson, 2015)
- Η ταχεία κλιματική μεταβολή, αλλάζει διαρκώς τις περιβαλλοντικές συνθήκες απαιτώντας άμεση δράση, ακυρώνοντας την αποτελεσματικότητα παλαιών διαχειριστικών σχεδίων (IPCC, 2014a; Pittock, 2011)

1.2.4. Κλιματική αλλαγή

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) εξέδωσε το 2014 την πέμπτη αναφορά αξιολόγησης για τις επιπτώσεις, την προσαρμογή και την τρωτότητα έναντι στην κλιματική αλλαγή σε παγκόσμιο και περιφερειακό επίπεδο (IPCC, 2014b). Παρατηρούνται σε παγκόσμιο επίπεδο:

- I. Αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O)
- II. Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα παγκοσμίως και ανά ήπειρο, εκτός της Ανταρκτικής
- III. Αύξηση της μέσης παγκόσμιας στάθμης θάλασσας
- IV. Αύξηση του αριθμού των θερμών ημερών
- V. Αύξηση στις περισσότερες περιοχές του αριθμού ημερών καύσωνα, γεγονότων με υψηλή κατακρήμνιση, γεγονότων ξηρασίας
- VI. Αύξηση της αντίθεσης μεταξύ υγρών και ξηρών περιοχών

Η μέση θερμοκρασία του αέρα καταγράφεται αυξημένη κατά 0.85° C για την περίοδο 1880-2012 (IPCC, 2014a) και βάσει των περισσότερων σεναρίων αναμένεται να αυξηθεί. Επίσης από το 1950 η εμφάνιση ακραίων υψηλών θερμοκρασιών και φαινομένων κατακρήμνισης έχει αυξηθεί και αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω σε αρκετές περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους αλλά και σε τροπικές με υγρό κλίμα. Οι πλημμύρες και οι ξηρασίες είναι σφοδρότερες πλέον, ενώ στη Μεσόγειο και τη Δυτική Αφρική καταγράφεται σαφής αύξηση τόσο της συχνότητας όσο και της έντασης των φαινομένων ξηρασίας. Ακόμα, βάσει των σεναρίων μελέτης εκτιμάται πως στη Νότια Ευρώπη θα παρατηρηθεί μείωση των επιφανειακών απορροών μέχρι το 2100, ενώ και οι γεωργικές ξηρασίες αναμένεται να ενταθούν. Βάσει των σεναρίων κλιματικής αλλαγής της IPCC, η Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011) δίνει την εκτίμηση πως αναμένεται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 4.5°C για το δυσμενέστερο σενάριο μελέτης όσον αφορά την Ελλάδα. Τα διαφορετικά σενάρια της προσομοίωσης για τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου αποτυπώνονται στο Σχήμα 2, με το δυσμενέστερο να οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας τουλάχιστον κατά 3.5°C. Τονίζεται δε πως η καθυστέρηση λήψης μέτρων μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και προληπτικών μέτρων μετριασμού των μελλοντικών επιπτώσεων θα αυξήσει αισθητά το κόστος μιας μελλοντικής και πιο έκτακτης απόπειρας αντιμετώπισης των προβλημάτων που έπονται (IPCC, 2014a).

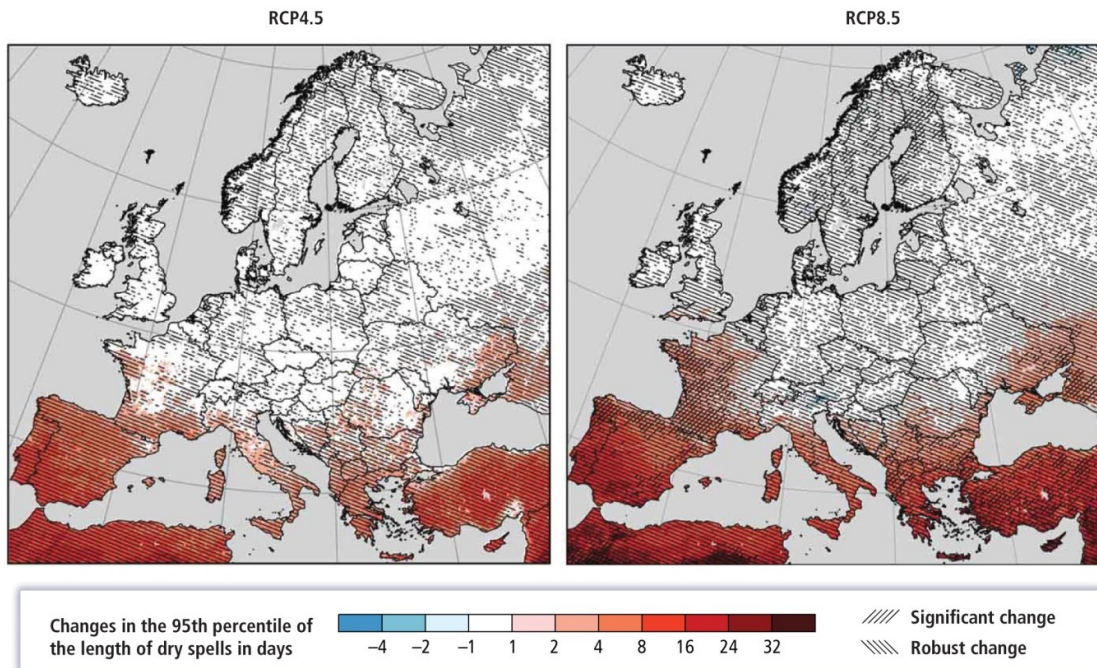


Σχήμα 2. Μεταβολή Μέσης Επιφανειακής Θερμοκρασίας. Σενάρια Εργασίας, (Πηγή: IPCC, 2014α)

Στο τρίτο κεφάλαιο της αναφοράς (Jimenez Cisneros et al., 2014) περί υδατικών πόρων, αφού αναλύονται οι παραπάνω παρατηρήσεις προτείνονται άξονες μέτρων τόσο για τον μετριασμό όσο και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Σημεία ενδιαφέροντος είναι:

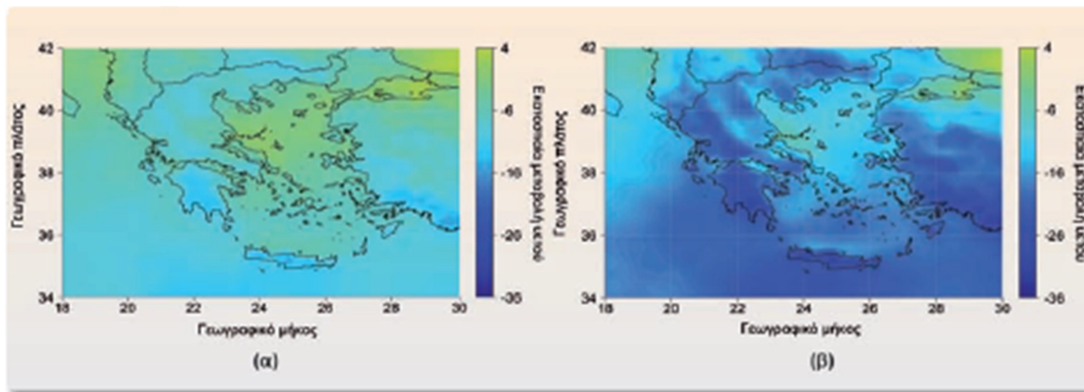
- I. Συνέργεια υδατικής και ενεργειακής εξοικονόμησης και αποδοτική χρήση.
- II. Πολιτικές "low regret", δηλαδή πολιτικές χαμηλού κόστους και μεγάλης ωφέλειας.
- III. Μείωση της ζήτησης- απόληψης μέσω:
 - a. Μείωσης απωλειών δικτύων
 - b. Προγραμμάτων εξοικονόμησης νερού
 - c. Επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων
 - d. Αποθήκευσης βρόχινου νερού
 - e. Αφαλάτωσης
 - f. Επιλογής καλλιεργειών με μειωμένες υδατικές απαιτήσεις
 - g. Βελτίωσης της απόδοσης των αρδευτικών τεχνικών
 - h. Μεταφοράς υδροβόρων βιομηχανιών σε πλούσιες υδατικά τοποθεσίες

Η αναφορά της IPCC εξετάζει συγκεκριμένα την Ευρώπη στο κεφάλαιο 23 (Kovats et al., 2014). Όσον αφορά τη Νότια Ευρώπη καταγράφεται μείωση της βροχόπτωσης, ενώ για την ίδια περιοχή προβλέπεται η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και υπάρχει μεγάλη βεβαιότητα για περαιτέρω μείωση της κατακρήμνισης (Kovats et al., 2014). Η παρατηρημένη μείωση της επιφανειακής απορροής των ποταμών, αναμένεται να συνδυαστεί ενδεχομένως με μείωση της συχνότητας εμφάνισης υψηλών απορροών στις χώρες της Νότιας Ευρώπης. Υπάρχουν ενδείξεις πως στην περιοχή της Νότιας Ευρώπης οι μετεωρολογικές ξηρασίες θα είναι εντονότερες και με μεγαλύτερη διάρκεια, κάτι που αποτυπώνεται και στο Σχήμα 3, για δύο σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

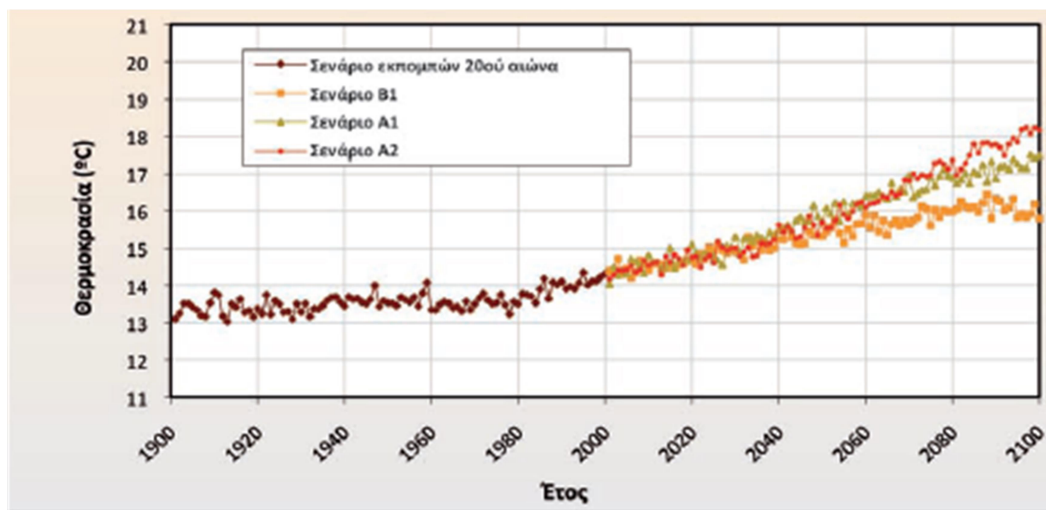


Σχήμα 3. Μεταβολή της διάρκειας ξηρασιών για δύο σενάρια κλιματικής αλλαγής, (Δ.Ε. 95%, διάστημα 2071-2100 σε σύγκριση με 1971-2000). (Πηγή: IPCC, 2014b)

Μείωση της βροχόπτωσης καταγράφεται και στην έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδας (ΤτΕ) για την κλιματική αλλαγή στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα (Σκούρτος et al., 2011), ενώ επιβεβαιώνεται και η μείωση των επιφανειακών απορροών, σε ποσοστό 5 με 10%. Για την περιοχή της Κεντρικής Ελλάδας, όπου περιλαμβάνεται και η Θεσσαλία, εκτιμάται μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης περί τα 95 mm για το δυσμενέστερο σενάριο για τη δεκαετία 2081-2090, ενώ σε όλα τα σενάρια για κάθε δεκαετία που εξετάζεται εκτιμάται πως θα υπάρξει μείωση της βροχόπτωσης, (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011), κάτι που αποτυπώνεται στο Σχήμα 4. Το ηπιότερο σενάριο εκτιμά πως η θερμοκρασία θα αυξηθεί περί τους 3°C ως το έτος 2100 σε σχέση με το 1901, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5. Τονίζεται δε πως κατά το θέρος, την εποχή με τη μεγαλύτερη ζήτηση νερού η μείωση του υετού θα κυμαίνεται κοντά στο 40%. Ακόμα και η σχετική υγρασία του εδάφους αναμένεται να μειωθεί στο σύνολο του ελλαδικού χώρου μέχρι και 4.5%. Τέλος η μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία, ο αριθμός των ημερών με μέγιστη θερμοκρασία > 35°C, η συχνότητα εμφάνισης αιφνίδιων πλημμυρών και η διάρκεια των ξηρασιών αναμένεται να αυξηθούν.



Σχήμα 4. Επί τοις εκατό μεταβολή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής. Σενάριο A1B. (α) 1961-1990/2021-2050 και (β) 1961-1990/2071-2100. (Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδας, 2011)



Σχήμα 5. Χρονική εξέλιξη της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για την Ελλάδα. (Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδας, 2011)

Η ενδεχόμενη μείωση των υδρολογικών αποθεμάτων λόγω της κλιματικής αλλαγής (μειωμένη βροχόπτωση, αυξημένη θερμοκρασία και εξατμισοδιαπνοή) και η αύξηση της ζήτησης των υδατικών πόρων είναι μερικές από τις αναμενόμενες φυσικές επιπτώσεις στην Ελλάδα. Αυτές οι φυσικές επιπτώσεις αναμένεται να οδηγούν και σε οικονομικές, όπως:

- I. Μειωμένη παραγωγικότητα
 - a. Του γεωργικού τομέα
 - b. Ενέργειας από Υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής
 - c. Στη βιομηχανία
 - d. Στη δασοκομία
 - e. Των ιχθυοκαλλιεργειών
- II. Αυξημένο κόστος απορρύπανσης λόγω της χειροτέρευσης της ποιότητας των υδάτων
- III. Αύξηση των απολήψεων από τα υπόγεια ύδατα, καθώς και του κόστους αυτών
- IV. Μείωση της ασφάλειας λόγω έλλειψης νερού (π.χ. η θέση πυροσβεστικών κρουνών εκτός λειτουργίας)
- V. Μείωση οφέλους από δραστηριότητες αναψυχής και τουρισμού
- VI. Βλάβες σε υδάτινα οικοσυστήματα
- VII. Μεταβολή του όγκου των φερτών

- VIII. Αύξηση του κινδύνου υφαλμύρωσης των υπόγειων υδροφορέων
- IX. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, λόγω μείωσης ποιότητας του υδρευτικού νερού
- X. Αύξηση κόστους επεξεργασίας των αποβλήτων (είτε λόγω αυστηροποίησης προτύπων ποιότητας είτε λόγω μείωσης διαθέσιμου διαλυμένου οξυγόνου)
- XI. Απώλεια ευημερίας λόγω πιθανών περιορισμών στη χρήση του νερού
- XII. Αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων

Χαρακτηριστική είναι η αποτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων λόγω της κλιματικής αλλαγής που διενεργείται από τους συγγραφείς όσον αφορά τα αποθέματα υδροδότησης στην Ελλάδα. Ανάλογα με το σενάριο κλιματικής αλλαγής εκτιμάται το κόστος για την ύδρευση (αστική χρήση νερού) από 0.89% έως 1.32% για τη δεκαετία 2041-2050 και από 0.51% έως και 1.84%, επί του ΑΕΠ για τη δεκαετία 2091-2100 (Σκούρτος et al., 2011).

Δεδομένου του αγροτικού χαρακτήρα της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, αξίζει να γίνει ειδική μνεία στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τομέα της γεωργίας. Όπως αναφέρεται από την Τράπεζα της Ελλάδας (2011), για την Νότια Ευρώπη αναμένεται μηδενική έως και 27% αρνητική μεταβολή της παραγωγής ανάλογα το σενάριο μελέτης, ενώ πιο συγκεκριμένα για τη Θεσσαλία αναφέρεται πως έχει εκτιμηθεί μείωση της παραγωγής αραβοσίτου κατά 20%. Επίσης εκτιμώνται μεγάλες δυνητικές μειώσεις στην παραγωγή κυριάρχων καλλιεργειών της περιοχής. Τα αποτελέσματα της μελέτης της ΤτΕ για την μεταβολή της παραγωγής της Κεντρικής Ελλάδας καταγράφονται παρακάτω, στο Σχήμα 6. Εκεί αποτυπώνεται η κατά βάση αρνητική επιρροή που αναμένεται να ασκήσει η κλιματική αλλαγή για βασικά σενάρια μελέτης στη γεωργική παραγωγή. Επίσης αναφέρεται πως οι υψηλότερες θερμοκρασιακές συνθήκες αναμένεται να ευνοήσουν τη δράση εχθρών των καλλιεργειών, όπως εντόμων, ζιζανίων και ασθενειών. Γίνεται δε σαφές, πως η αναμενόμενη ερημοποίηση² λόγω της κλιματικής αλλαγής θα επιφέρει περαιτέρω αρνητικές συνέπειες στην παραγωγή και άρα στο γεωργικό εισόδημα.

Κλιματικές περιοχές	Σενάρια	A1B		A2		B2	
	Περίοδοι	2041-2050	2091-2100	2041-2050	2091-2100	2041-2050	2091-2100
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	Βαμβάκι	κίτρινο	κόκκινο	κίτρινο	κόκκινο	πράσινο	πράσινο
	Σιτάρι	κόκκινο	κόκκινο	κόκκινο	κόκκινο	κίτρινο	κίτρινο
	Αραβόσιτος	πράσινο	κόκκινο	πράσινο	πράσινο	πράσινο	πράσινο
	Ακρόδρυα & φρούτα	κίτρινο	κόκκινο	κίτρινο	κόκκινο	κίτρινο	πράσινο
	Ελιές	κίτρινο	κόκκινο	κίτρινο	κόκκινο	κίτρινο	πράσινο
	Αμπέλια	κίτρινο	κόκκινο	κίτρινο	κόκκινο	κίτρινο	πράσινο
	Κηπευτικά	πράσινο	κόκκινο	πράσινο	κόκκινο	πράσινο	πράσινο
Υπόδημα		αύξηση>10%					
		αύξηση<10%					
		περίπου ίδιο					
		μείωση<10%					
		μείωση>10%					
	δεν καλλιεργείται						

Σχήμα 6. Εκτίμηση πιθανών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. (Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδας, 2011)

² Η υποβάθμιση του εδάφους σε άνυδρες, ξηρές και ημίξηρες περιοχές, αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων κλιματικών μεταβολών και ανθρωπίνων δραστηριοτήτων (United Nations, 1994)

Η Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011) προτείνει μέτρα κατά τομέα τα οποία συμφωνούν με τις γενικότερες προτάσεις του IPCC, ενώ αναφέρει και άλλα μέτρα εφαρμόσιμα για την Ελλάδα έναντι των προβλημάτων που δημιουργούνται από την κλιματική αλλαγή. Για τη γεωργία αναφέρονται τα παρακάτω:

1. Μέτρα για τον έλεγχο και τον περιορισμό της διάβρωσης του εδάφους.
2. Εκτεταμένη χρήση κατάλληλων λιπασμάτων (απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση λόγω των προβλημάτων ρύπανσης από λιπάσματα στην ΠΛΑΠ. Θεσσαλίας).
3. Εισαγωγή νέων και ανάπτυξη «ανθεκτικών» καλλιεργειών.
4. Προσαρμογή του χρονοδιαγράμματος των γεωργικών εργασιών.
5. Εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς και αγρανάπαυσης, καθώς και πρακτικών καλλιέργειας χωρίς όργωμα (αποφυγή διάβρωσης).
6. Κατασκευή φραγμάτων, επέκταση εγγειοβελτιωτικών έργων και εγκατάσταση συστημάτων ανακύκλωσης ημιακάθαρτου νερού.
7. Προστασία των υπόγειων υδροφορέων.
8. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων.
9. Αλλαγές στην τιμολογιακή πολιτική και τους αρδευτικούς κανόνες.
10. Έργα και μηχανισμοί προστασίας έναντι πλημμυρών με ενίσχυση εδαφών και συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης.

1.3. Θεσμικό πλαίσιο

1.3.1. Υδατα

Στις 22 Δεκεμβρίου 2000, τέθηκε σε ισχύ η Οδηγία πλαίσιο για τα ύδατα (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2000) από την Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό τη θέσπιση ενός κοινού κοινοτικού πλαισίου δράσης στην πολιτική της διαχείρισης των υδάτων. Η προστασία των επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπογείων υδάτων θεσπίζεται διαμέσου της αποτροπής της περαιτέρω επιδείνωσης, της προστασίας και της βελτίωσης των υδάτινων οικοσυστημάτων, της προώθησης της βιώσιμης χρήσης του νερού, τον μεγαλύτερο περιορισμό της απόρριψης επικίνδυνων ουσιών προς το υδάτινο περιβάλλον, τη μείωση της μόλυνσης των υπόγειων υδροφορέων καθώς και το μετριασμό των επιπτώσεων από ξηρασίες και πλημμύρες. Ως εκ τούτου αναμένεται η εξασφάλιση επαρκούς παροχής επιφανειακών και υπόγειων νερών καλής ποιότητας, η επίτευξη στόχων από διεθνείς συμφωνίες και η προστασία των θαλασσιών υδάτων πέραν του φυσικού περιβάλλοντος του ανθρωπού και των προϋποθέσεων ευημερίας του.

Ορίζονται με σαφήνεια υπάρχοντες όροι («επιφανειακά», «υπόγεια», «εσωτερικά» ύδατα κ.ά.), ενώ ορίζονται νέοι, όπως το Ι.Τ.Υ.Σ (Ιδιαίτερος τροποποιημένο υδατικό σύστημα) και η «**Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού**», έννοια που διαδραματίζει κύριο ρόλο στη διαχείριση των υδάτων όπως προτείνεται από την Οδηγία. Κάθε **Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού**, γίνεται η **βασική χωρική και διοικητική μονάδα αναφοράς** στην οποία συνδυάζονται **ποιοτικοί, ποσοτικοί και χημικοί δείκτες** και περιορισμοί αποσκοπώντας στην ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων. Κάθε κράτος μέλος είναι υπεύθυνο για τη διαίρεση της επικράτειάς του σε επιμέρους περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού, την **τήρηση πανευρωπαϊκών χρονικών πλαισίων** για την **εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης (ΣΔΛΑΠ) ανά εξαετία** και την επίτευξη των **περιβαλλοντικών στόχων**. Ακόμα υπόκειται στην υποχρέωση **διεξαγωγής δημόσιας διαβούλευσης** υπό τον έλεγχο των οργάνων της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε περιπτώσεις μη τήρησης προθεσμιών και στόχων ή σε περιπτώσεις που απαιτείται παράταση επίτευξης στόχων ή άλλες ρυθμίσεις ευελιξίας που προβλέπονται από την Οδηγία. Η εισαγωγή της αρχής ανάκτησης κόστους για υπηρεσίες ύδατος και της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» σκοπεύουν σε αποτελεσματική τιμολογική πολιτική υπό όρους αειφόρου ανάπτυξης.

Στα πλαίσια της Οδηγίας, και σε συνδυασμό με την ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 18^{ης} Ιουλίου 2007 για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ξηρασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007) εκδόθηκαν από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων Σχέδια Αντιμετώπισης Φαινομένων Λειψυδρίας και Ξηρασίας. Αυτά βασίστηκαν, όπως καταγράφεται στο Σχέδιο Αντιμετώπισης Φαινομένων Λειψυδρίας και Ξηρασίας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας (“ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας”, 2014), στα υποστηρικτικά κείμενα της Οδηγίας και την ανακοίνωση της 18^{ης} Ιουλίου. Την ίδια χρονιά, εκδόθηκε και η Οδηγία 2007/60/ΕΚ (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2007) για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Με βάση αυτή, έγινε προκαταρκτική εκτίμηση των κινδύνων πλημμύρας για κάθε ΠΛΑΠ, κατόπιν εκπονήθηκαν χάρτες επικινδυνότητας, ενώ στη συνέχεια καταρτίστηκαν τα σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, με μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων με ιδιαίτερη αναφορά στην πρόληψη. Η ενσωμάτωση της άνω οδηγίας στο εθνικό δίκαιο έγινε με την ΚΥΑ 31822/1542/Ε103 (“ΦΕΚ Β’ 1108”, 2010).

Αξίζει να σημειωθεί η έκδοση και άλλων ευρωπαϊκών Οδηγιών οι οποίες είτε προϋπάρχουν είτε συμπληρώνουν την Οδηγία 2000/60/ΕΚ σε επιμέρους ζητήματα. Τέτοιες είναι οι:

- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί των αστικών λυμάτων, των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων, των ποιοτικών απαιτήσεων των εκροών των Εγκαταστάσεων

Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), ενώ γίνεται η πρώτη αναφορά στην επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 1991)

- Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου περί του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, με την οποία ορίζονται οι ποιοτικές προδιαγραφές καταλληλότητας για πόση και λοιπές οικιακές χρήσεις. (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2015)
- Οδηγία 2006/118/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 2006 σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση. (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2014)
- Οδηγία 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2008 , σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων καθώς και σχετικά με την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2008)
- Οδηγία 2009/90/ΕΚ της Επιτροπής, της 31ης Ιουλίου 2009 , για τη θέσπιση τεχνικών προδιαγραφών για τη χημική ανάλυση και παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων, σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009)
- Οδηγία 2013/39/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 12ης Αυγούστου 2013 , για την τροποποίηση των οδηγιών 2000/60/ΕΚ και 2008/105/ΕΚ όσον αφορά τις ουσίες προτεραιότητας στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2013)
- Οδηγία 2014/80/ΕΕ της επιτροπής της 20ής Ιουνίου 2014 για την τροποποίηση του παραρτήματος ΙΙ της οδηγίας 2006/118/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014)

1.3.2. Συνοπτική παρουσίαση των βασικών Οδηγιών – Ανακοινώσεις

(1) Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά και υιοθέτηση στην Ελλάδα

Όπως αναφέρεται στην Οδηγία, αλλά και στο πρώτο Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών ΣΔΛΑΠ του ΥΔ Θεσσαλίας (“1^ο ΣΔΛΑΠ ΥΔ Θεσσαλίας (GR08)”, 2014), κάθε κράτος μέλος οφείλει να δράσει ως εξής. Αρχικά προσδιορίζονται οι επιμέρους Λεκάνες Απορροής Ποταμών (ΛΑΠ) και συντίθενται από αυτές οι Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ΠΛΑΠ) στις οποίες ορίζονται οι αρμόδιες αρχές. Τα επιφανειακά υδατικά συστήματα (ΕΥΣ) κατηγοριοποιούνται σε ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά ύδατα, παράκτια ύδατα, τεχνητά συστήματα επιφανειακών υδάτων (ΤΥΣ) και ιδιαιτέρως τροποποιημένα υδατικά συστήματα (ΙΤΥΣ). Κατόπιν, κάθε σύστημα επιφανειακών υδάτων κατηγοριοποιείται κατά το Παράρτημα ΙΙ της Οδηγίας με βάση τα υδρομορφολογικά, τα φυσικοχημικά και τα οικολογικά χαρακτηριστικά του. Σε αυτά προσδιορίζονται επίσης οι ανθρωπογενείς πιέσεις και αξιολογείται η ευαισθησία των άνω συστημάτων σε αυτές. Τα υπόγεια ύδατα διαχωρίζονται σε επιμέρους υπόγεια υδατικά συστήματα (ΥΥΣ), για τα οποία προσδιορίζονται οι πιέσεις και οι χρήσεις αυτών από τον άνθρωπο, ώστε να αξιολογηθεί ο κίνδυνος μη επίτευξης των ποσοτικών και ποιοτικών ρητρών που ορίζονται από την Οδηγία.

Με τη βοήθεια καθοδηγητικών εγγράφων, όπως το Guidance Document No. 1 (WATECO, 2003), εκπονείται βάσει της Οδηγίας οικονομική ανάλυση της χρήσης νερού σε κάθε ΠΛΑΠ, με

στόχο τη σωστή τιμολόγηση του νερού, ώστε να παρέχονται κίνητρα για την ορθολογική χρήση του, να επιτυγχάνεται ανάκτηση του συνολικού κόστους (δηλαδή, πέραν του λειτουργικού, του περιβαλλοντικού και του κόστους πόρου), και να τηρείται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Προβλέπεται επίσης υποβάθμιση των στόχων καλής κατάστασης εάν για την επίτευξή τους απαιτούνται υπέρογκα χρηματικά ποσά. Ζητούνται δε, συνδυασμοί μέτρων με μικρό κόστος και μεγάλη αποτελεσματικότητα για τη μείωση της μόλυνσης από ουσίες προτεραιότητας (Ορισμός 30. , Παράρτημα Χ, Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Δημιουργείται μητρώο προστατευόμενων περιοχών (όπως λ.χ. Natura2000), το οποίο περιλαμβάνει και τα προς άντληση υπόγεια ύδατα με σκοπό την ύδρευση (πόσιμο νερό). Εκπονείται σε Ευρωπαϊκό επίπεδο άσκηση διαβαθμονόμησης (intercalibration), ώστε να καθοριστούν ενιαίες παράμετροι και μεθοδολογίες για την ταξινόμηση των υδατικών συστημάτων ως προς την οικολογική τους κατάσταση. Σημαντική επίσης θεωρείται η θέσπιση ή ενίσχυση δικτύων παρακολούθησης των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Επίσης για τις προστατευόμενες περιοχές, όσο και για τα υδατικά συστήματα (ΥΣ) που τις επηρεάζουν απαιτούνται ειδικά προγράμματα παρακολούθησης.

Με βάση όλα τα παραπάνω, θεσπίζονται τα Προγράμματα Μέτρων (βασικά και συμπληρωματικά) αποσκοπώντας στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας, λαμβάνοντας αυστηρά υπόψη την οικονομική διάσταση της διαχείρισης των υδάτων όπως περιγράφηκε παραπάνω. Κύριο στοιχείο πριν την τελική κατάρτιση και δημοσίευση των Σχεδίων Διαχείρισης είναι, κατά την Οδηγία (Άρθρο 14), η πληροφόρηση όλων των ενδιαφερόμενων φορέων και πολιτών με σκοπό τη δημόσια διαβούλευση για τα σημαντικά ζητήματα.

Η ενσωμάτωση της ευρωπαϊκής Οδηγίας για τα ύδατα στην ελληνική νομοθεσία πραγματοποιήθηκε με τη ψήφιση του Ν.3199/2003 (“ΦΕΚ Α’ 280”, 2003), το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007 (“Προεδρικό Διάταγμα Υπ’ Αριθμ. 51”, 2007) «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ», ενώ οι γενικοί κανόνες κοστολόγησης, τιμολόγησης και ανάκτησης κόστους των υπηρεσιών ύδατος ορίστηκαν με την αρ. 135275/2017 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (“ΦΕΚ Β’ 1751”, 2017). Επίσης έχουν εκδοθεί πληθώρα Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων όσον αφορά τη διαχείριση των υδάτων της χώρας, ενώ έχουν εκδοθεί και συμπληρωματικά νομοθετήματα και αποφάσεις διορθώνοντας τον αρχικό Ν.3199/2003.

(2) Ανακοίνωση της Επιτροπής « Η αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας και της ξηρασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση»

Η ανακοίνωση της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 18^{ης} Ιουλίου του 2007, επισημοποιεί τον προβληματισμό στην Ευρωπαϊκή Ένωση για τα αυξανόμενα φαινόμενα ξηρασιών και λειψυδρίας. Αρχικά ορίζει τους όρους ως εξής: « ξηρασία νοείται μια προσωρινή μείωση των διαθέσιμων υδατικών πόρων λόγω, επί παραδείγματι, μειωμένων βροχοπτώσεων» και «λειψυδρία νοείται η κατάσταση κατά την οποία η ζήτηση νερού υπερβαίνει τους – σε συνθήκες αειφορίας – εκμεταλλεύσιμους υδατικούς πόρους. Όπως αναφέρεται και στον ιστότοπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το Περιβάλλον, στην ιστοσελίδα περί της λειψυδρίας και των ξηρασιών, βασικός δείκτης αναγνώρισης της λειψυδρίας είναι ο WEI (Water Exploitation Index), ο οποίος θα αναλυθεί παρακάτω. Στην εισαγωγή της ανακοίνωσης της 18^{ης} Ιουλίου, αναγνωρίζεται η ανάγκη χάραξης πολιτικών διαχείρισης ως ανάγκη προτεραιότητας καθώς η πίεση στο περιβάλλον λόγω της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να ενταθεί. Για αυτό το σκοπό ανιχνεύονται κατευθυντήριες γραμμές μέτρων οι οποίες προτείνονται στα κράτη μέλη.

Ο άξονας των δράσεων που εξετάζει η Ανακοίνωση δεν μπορεί παρά να είναι η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα, της οποίας καλεί την πλήρη εφαρμογή. Μεγάλη ευθύνη καταλογίζει στην αναποτελεσματική πολιτική τιμολόγησης του νερού, όταν αυτή δεν αποτρέπει απώλειες νερού, δεν ευαισθητοποιεί το χρήστη ούτε τον τιμωρεί όταν υπερκαταναλώνει βάσει της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Επίσης, κομβικό σημείο θεωρείται ο σχεδιασμός των χρήσεων γης ώστε να αποτρέπει κατανομές γαιών με ανάγκες σε νερό τέτοιες ώστε να δημιουργούν ανισορροπία στο παρόν σύστημα υδατικών πόρων. Η αναποτελεσματικότητα των δικτύων αντιβαίνει της αξίωσης εξοικονόμησης νερού βάσει ιεράρχησης των υδατικών πόρων. Τονίζεται πως πρόσθετες υποδομές πρέπει να εξετάζονται σα λύσεις μόνο σε περιπτώσεις που έχουν εξαντληθεί όλα τα περιθώρια σε μέτρα εξοικονόμησης, όπως ορθής πολιτικής τιμολόγησης και άλλων αποδοτικότερων οικονομικά επιλογών. Τέλος αναγνωρίζεται η έλλειψη ποιοτικής πληροφορίας για την αναλυτική διαχείριση του ζητήματος σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Η βελτίωση τόσο της γνώσης όσο και της εφαρμογής ορθών πολιτικών υπό την ομπρέλα της Οδηγίας, κρίνεται αναγκαία.

(3) Οδηγία 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας

Με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα σε εφαρμογή, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, εκδίδει κατόπιν της ανακοίνωσης για τη λειψυδρία, την Οδηγία 2007/60/ΕΚ, για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Ορίζεται η πλημμύρα ως «η προσωρινή κάλυψη από νερό εδάφους το οποίο, υπό φυσιολογικές συνθήκες, δεν καλύπτεται από νερό. Αυτό περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους, εφήμερα ρέματα της Μεσογείου και πλημμύρες από τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές, δύναται δε να εξαιρεί πλημμύρες από συστήματα αποχέτευσης» (Άρθρο 2, παράγραφος 1, Οδηγία 2007/60/ΕΚ). Στη συνέχεια, δίνεται ο ορισμός του κινδύνου πλημμύρας τον οποίο καλούνται τα κράτη μέλη να αξιολογήσουν προκαταρκτικά για κάθε ΠΛΑΠ ή τμήμα διεθνούς ΠΛΑΠ. Η αξιολόγηση εστιάζει σε ιστορικές πλημμύρες και τις δυνητικές αρνητικές συνέπειές αυτών. Κατόπιν, τα κράτη μέλη καλούνται να καταρτίσουν χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας. Οι μεν πρώτοι «καλύπτουν τις γεωγραφικές περιοχές που θα μπορούσαν να πλημμυρίσουν...» (Άρθρο 6, παράγραφος 3^α, 2007/60/ΕΚ), ενώ οι χάρτες κινδύνων πλημμύρας «περιγράφουν τις δυνητικές αρνητικές συνέπειες που συνδέονται με τις πλημμύρες...» (Άρθρο 6, παράγραφος 5, 2007/60/ΕΚ). Κατόπιν γίνεται η κατάρτιση των σχεδίων διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας για κάθε ΠΛΑΠ, ή όποιας άλλης μονάδας διαχείρισης έχει επιλέξει το κράτος. Αυτά τα σχέδια οφείλουν να συμβαδίζουν με τους στόχους και τη νοοτροπία της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, επομένως και αυτά υπόκεινται σε υποχρεώσεις όπως η δημόσια διαβούλευση.

1.3.3. Κοινή Αγροτική Πολιτική

Η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με χρηματοδότηση περί το 36% του συνολικού ευρωπαϊκού προϋπολογισμού, αποσκοπεί στην εξασφάλιση υψηλής ποιότητας τροφής και την ενίσχυση του ευρωπαϊκού αγροτικού μοντέλου (European Commission, 2020). Βασικοί στόχοι της είναι η στήριξη των γεωργών ώστε να διαβιούν αξιοπρεπώς, η βελτίωση της γεωργικής παραγωγικότητας και η εξασφάλιση σταθερής προσφοράς τροφίμων σε προσιτές τιμές. Ακόμα αποσκοπεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων, διαφυλάσσοντας τις αγροτικές περιοχές και τα φυσικά οικοσυστήματα, διατηρώντας τη ζωτικότητα της αγροτικής οικονομίας. Με πολλές αλλαγές να έχουν ήδη λάβει χώρα στις ΚΑΠ του 2003 και 2013 σε σχέση με εκείνες πριν το 2000, η νέα ΚΑΠ του 2020 αναμένεται να διαφοροποιηθεί περαιτέρω. Πιο συγκεκριμένα θα στοχεύει σε περισσότερη ενίσχυση των μικρών και μεσαίων γεωργικών εκμεταλλεύσεων σε συνδυασμό με τη μείωση των υψηλότερων ενισχύσεων, ώστε να επιτευχθεί δίκαιότερη κατανομή των επιδομάτων. Επίσης, έμφαση θα δοθεί στην προσέλκυση νέων γεωργών και την απόδοση πληρωμών αποκλειστικά σε πραγματικούς αγρότες. Τέλος, αναμένεται η απόδοση υψηλής προτεραιότητας στην προστασία του περιβάλλοντος, με τη διατήρηση πλούσιων σε οργανικό υλικό εδαφών, την υποχρεωτική διαχείριση του αζώτου ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα του νερού και την εναλλαγή των καλλιεργειών. Σημαντική είναι η επίδραση της ΚΑΠ στην ελληνική γεωργία, ιδίως όσον αφορά την σύνδεση είδους καλλιέργειας – παραγωγής – επιδότησης, η οποία μειώνεται σταδιακά από την ΚΑΠ του 2003 (Γεωργιοπούλου, 2005).

Στο επεξηγηματικό έγγραφο (European Commission, 2017) για την κλιματική αλλαγή και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις δίνεται έμφαση στην αλληλεπίδραση γεωργίας και περιβάλλοντος. Αναγνωρίζεται η μεγάλη τρωτότητα της γεωργίας έναντι της κλιματικής αλλαγής, με κύριες πηγές πίεσης την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, την εκτιμώμενη διατάραξη της κατανομής των κατακρημνίσεων και την αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων. Παράλληλα, τονίζεται η σημαντική συμβολή της γεωργίας στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και άρα στην κλιματική αλλαγή. Ξεχωριστή μνεία γίνεται για το θέμα του νερού καθώς η γεωργία αποτελεί το μεγαλύτερο χρήστη νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Αναφέρεται μάλιστα, πως ήδη από το 2012 πάνω από το 90% των ΣΔΛΑΠ αναγνωρίζουν τη γεωργία ως σημαντική πηγή πίεσης για τα υδάτινα σώματα. Μεγάλη συμβολή σε αυτό έχει η ευρεία χρήση λιπασμάτων, ιδίως αζωτούχων και φωσφορούχων. Σχεδόν το 50% των ευρωπαϊκών υδάτων βρίσκεται σε μη καλή ποιοτική κατάσταση εξαιτίας της παρουσίας νιτρικών (NO_3). Για την αντιμετώπιση των παραπάνω ζητημάτων, εξαιρετικής σημασίας λογίζεται η αποσύνδεση των επιδοτήσεων από την παραγωγή, ώστε να οδηγούνται οι αγρότες σε λιγότερο απαιτητικές σε νερό καλλιέργειες, όπου οι πόροι είναι λειψοί. Τέλος, έμφαση δίνεται στην διαδικασία αδειοδότησης αρδεύσεων και την προστασία των υπογείων υδάτων.

2. Ορθές πρακτικές διαχείρισης

2.1. Εξοικονόμηση

Στην αναφορά για τις δυνατότητες της εξοικονόμησης νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση ορίζεται ο όρος της εξοικονόμησης, «ως ένα μέτρο για την αποφυγή της λειψυδρίας και την αναβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων» (Dworak et al., 2007). Ως εκ τούτου, μπορεί να οριστεί και «ως μείωση των αναγκών απολήψεων σε κάθε λεκάνη απορροής». Διαχωρίζεται η «ξηρή» από την «υγρή» εξοικονόμηση, με την πρώτη να υποδεικνύει περιπτώσεις όπου οι πιέσεις λόγω απολήψεων μετατίθεται κατάντη ή σε άλλες χρήσεις από αυτή που γίνεται η εξοικονόμηση, ενώ η δεύτερη πρόκειται για ουσιαστική, ολιστική μείωση των απολήψεων στο κλειστό σύστημα της λεκάνης απορροής. Η μεταφορά νερού από άλλες λεκάνες απορροής ή η παραγωγή νερού από εναλλακτικές πηγές (π.χ. αφαλάτωση) δεν μπορούν να λογιστούν σαν μέτρα εξοικονόμησης. Η εξοικονόμηση του νερού μπορεί να υλοποιηθεί σε τρία μέρη:

- Στην παροχή³ του νερού, όπως με την αδειοδότηση των απολήψεων
- Στη ζήτηση⁴ του νερού, λόγω χάρη με μείωση των διαρροών των δικτύων
- Στην κατανάλωση⁵ του νερού, όπως με την μείωση της χρήσης νερού σε συσκευές (π.χ. οικιακά πλυντήρια)

Τα μέτρα προς την εξοικονόμηση του νερού δύναται να είναι πολλών φύσεων:

- Τεχνικά μέτρα: όπως η χρήση συσκευών που εξοικονομούν νερό, ή η χρήση υδρομέτρων
- Οικονομικά εργαλεία: όπως η κοστολόγηση, τα πρόστιμα κ.ά.
- Θεσμικές αλλαγές για την εφαρμογή των μέτρων
- Μέτρα πληροφόρησης του κοινού
- Νομικές αλλαγές, όπως η θέσπιση ορίων σε απολήψεις, μεταβολές σε κυριότητες νερού κ.ά.

Στην αναφορά του Dworak (2007) λαμβάνονται υπόψη όλοι οι τομείς χρήσης του νερού (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική, τουρισμός), ενώ συνεκτιμώνται η ενδεχόμενη κλιματική αλλαγή, η ισχύουσα και μέλλουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία καθώς και η τεχνολογική εξέλιξη. Κατόπιν πραγματοποιείται κατά τομέα ανάλυση και υπολογισμός των δυνατοτήτων και των πιθανών μέτρων εξοικονόμησης. Ενδεικτικά τεχνικά μέτρα που εξετάζονται είναι η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, η βελτίωση της αποδοτικότητας του αρδευτικού νερού, τόσο στη διανομή όσο και στην εφαρμογή στην καλλιέργεια, η συλλογή όμβριων υδάτων, η μείωση των απωλειών των δικτύων ύδρευσης, η εξοικονόμηση σε επίπεδο δημόσιου χώρου, σε επίπεδο κτηρίου και σε επίπεδο συσκευών. Ακόμα εξετάζονται και οι δυνατότητες εξοικονόμησης στους τομείς του τουρισμού και της βιομηχανίας με τεχνικά μέτρα. Μεγάλη σημασία αποδίδεται επίσης και στα μη τεχνικά μέτρα της ορθής κοστολόγησης του νερού, της ενημέρωσης του κοινού, της ανάδειξης προϊόντων με μικρό αποτύπωμα σε χρήση νερού. Καταγράφονται δε σε όλο το μήκος της εργασίας παραδείγματα χωρών όπως η Ισπανία και η Ιταλία που εφαρμόζουν ήδη πρακτικές εξοικονόμησης νερού.

³ Η παροχή του νερού είναι αυτή που ικανοποιεί τη ζήτηση, εξασφαλίζοντας το νερό από κάθε πηγή, ήτοι απολήψεις υδάτων από επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα, συλλογή όμβριων, μεταφορές νερού από άλλες ΛΑΠ και τις μη συμβατικές μεθόδους.

⁴ Ζήτηση ή χρήση του νερού ορίζεται ο συνολικός όγκος του νερού που απαιτείται ώστε να ικανοποιηθούν οι διάφορες υπηρεσίες του νερού (συμπεριλαμβάνεται σε αυτή οι απώλειες της μεταφοράς).

⁵ Ως κατανάλωση νερού λογίζεται το νερό που είχε απολειφθεί και πλέον δεν είναι διαθέσιμο για χρήση καθώς έχει χρησιμοποιηθεί (δεν υπολογίζονται οι απώλειες από το διάστημα της απόληψης μέχρι την κατανάλωση).

Υπολογίζονται μάλιστα οι δυνατότητες εξοικονόμησης νερού στη γεωργία, οι οποίες με τα δεδομένα του 2007 εκτιμήθηκαν στο 43% των συνολικών απολήψεων νερού. Για την Ελλάδα καταγράφεται τόσο το χαμηλής αποδοτικότητας δίκτυο μεταφοράς του αρδευτικού νερού, όσο και η ευρεία εφαρμογή βαρυτικών μεθόδων άρδευσης σε βάρος των ενδεδειγμένων καταιονισμού και στάγδην άρδευσης. Η εισαγωγή της τεχνολογίας στην άρδευση, όπως ο προγραμματισμός της άρδευσης, ή και η αυτοματοποιημένη εισαγωγή λιπασμάτων μπορούν να έχουν πολλαπλά οφέλη. Μάλιστα οι Playán & Mateos (2006) αναφέρουν αύξηση της αποδοτικότητας κατά 26 ποσοστιαίες μονάδες μόνο με τον σωστό προγραμματισμό.

Η ανάγκη εξοικονόμησης νερού έχει αναγνωρισθεί εδώ και δεκαετίες και εκτός ΕΕ. Όπως αναφέρεται και παρακάτω, χώρες όπως οι ΗΠΑ και το Ισραήλ εφαρμόζουν μεθόδους επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, ενώ στη γεωργία η εφαρμογή στάγδην άρδευσης ή καταιονισμού υποκαθιστά τις βαρυτικές μεθόδους (Tal, 2016; Tindula et al., 2013). Μεγάλες πόλεις όπως το Πεκίνο, η Μπανγκόκ, η Καμπάλα κ.ά. στοχεύουν στην εξοικονόμηση του νερού με μεθόδους όπως η επαναχρησιμοποίηση, επιτυγχάνοντας παράλληλα μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, οικονομική βιωσιμότητα αλλά και ανάκτηση ενέργειας (IWA, 2018). Η εξέταση της ενεργειακής κατανάλωσης ή των εκπομπών σε διοξείδιο του άνθρακα παράλληλα με την εξοικονόμηση του νερού είναι απόρροια της διαπίστωσης των τελευταίων ετών της αλληλοσύνδεσης πολλών τομέων της ανθρώπινης δραστηριότητας. Σχήματα όπως το σύμπλεγμα νερού – ενέργειας (González Hidalgo et al., 2019), νερού – ενέργειας – τροφής (Water-Energy-Food Nexus) (Simpson & Jewitt, 2019) ή και αυτό του νερού – ενέργειας – γης – τροφής (Water-Energy-Land-Food Nexus) (Papadopoulou et al., 2017), έχουν διευρύνει το πλαίσιο της έρευνας για την εξασφάλιση των βασικών προϋποθέσεων για την ευημερία των ανθρώπων. Η εξέταση της ενέργειας που απαιτεί το νερό για να καταναλωθεί, η εναλλακτική χρήση του νερού ως πηγή ενέργειας, η αξιοποίηση του νερού με τη γη ώστε να παραχθεί τροφή λαμβάνονται ολιστικά υπόψη για τη χάραξη πολιτικής.

Στην παρούσα εργασία η έμφαση θα δοθεί κυρίως στα τεχνικά μέτρα και τις πρακτικές για την εξοικονόμηση του νερού στον τομέα της γεωργίας. Βέβαια αξίζει να μνημονευτεί πως για την πλήρη αξιοποίηση κάθε τεχνικού μέτρου, είναι απαραίτητη η σωστή εκπαίδευση των αγροτών, η διαρκής ενημέρωσή τους, η τεχνική υποστήριξη και η παροχή συμβουλών για τις αρδευτικές δόσεις και χρόνους (Levidow et al., 2014). Τέλος η αντιμετώπιση της πίεσης της λειψυδρίας, διαρκώς εντεινόμενης λόγω της κλιματικής αλλαγής, μπορεί να απαιτήσει τη διερεύνηση και καλλιέργεια νέων φυτών ή και δέντρων, με μειωμένες υδατικές απαιτήσεις, μεγαλύτερη αντοχή σε φαινόμενα ξηρασίας και ικανότητα να υποστούν ελλειμματική άρδευση, δίχως να επηρεάζεται αισθητά η ποσότητα και η ποιότητα της παραγωγής τους (Galindo et al., 2018).

2.2. Τεχνικά μέτρα εξοικονόμησης

2.2.1. Μείωση απωλειών δικτύων μεταφοράς νερού

Η απώλεια του νερού στα δίκτυα μεταφοράς του είναι αδύνατο να εξαλειφθεί, παρόλα αυτά ο όγκος που χάνεται μπορεί να μειωθεί. Ως συνολική απώλεια νερού ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ποσότητας του νερού που παρέχεται και της ποσότητας που καταναλώνεται (WHO, 2001). Ο Διεθνής Οργανισμός Υγείας αναφέρει στο ίδιο κείμενο τη διαβάθμιση του International Water Services Association του 1991 για το ποσοστό των απωλειών ενός δικτύου μεταφοράς νερού. Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν κατά μέσο όρο απώλειες 8-24%, οι προσφάτως βιομηχανοποιημένες 15-24% και οι αναπτυσσόμενες 24-45%. Η μελέτη των V. Kanakoudis & Tsitsifli (2010) για το υδρευτικό δίκτυο της Λάρισας, υπολογίζει απώλειες 35.19% και 29.89% για τα έτη 2001 και 2006 αντίστοιχα. Γίνεται φανερό πως τέτοιες επιδόσεις εμπίπτουν στην κατηγορία των αναπτυσσόμενων χωρών, σε μία από τις μεγαλύτερες ελληνικές πόλεις, η οποία μάλιστα είχε αντιμετωπίσει την αμέσως προηγούμενη δεκαετία σοβαρά προβλήματα ξηρασίας. Για τα αρδευτικά συλλογικά δίκτυα, οι Μίχας & Γκλόκας (2012) καταγράφουν σε ορισμένους Τοπικούς Οργανισμούς Έγγειων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) απώλειες της τάξης του 40-50%. Γίνεται σαφές πως πριν από οποιοδήποτε νέο έργο αύξησης της παροχής του νερού, προέχει ο εξορθολογισμός και η αύξηση της αποδοτικότητας του υπάρχοντος συστήματος, όπως διατυπώνεται και στην Ανακοίνωση για τη λειψυδρία και τη ξηρασία (European Commission, 2007). Στην ίδια ανακοίνωση μάλιστα, αναφέρεται πως για τις χώρες της Μεσογείου η δυνατότητα εξοικονόμησης ανέρχεται στο 45% της προβλεπόμενης ζήτησης για το 2025.

Καθώς η γεωργία αποτελεί το βασικότερο χρήστη νερού, έχει αναγνωριστεί από τον προηγούμενο αιώνα η ανάγκη μείωσης των απωλειών στη μεταφορά του αρδευτικού νερού. Αρχικά με την αυτοματοποίηση της λειτουργίας των ανοιχτών καναλιών, την επένδυση ανοιχτών αγωγών (Koech & Langat, 2018) και κυρίως με την κατασκευή υπό πίεση σωληνωτών δικτύων εξορθολογίζεται σε μεγάλο βαθμό η μεταφορά του αρδευτικού νερού (Hamdy et al., 2003). Τα όργανα της Ε.Ε στις αναφορές τους τονίζουν την ανάγκη αλλά και τις δυνατότητες μείωσης των απωλειών στη μεταφορά του αρδευτικού νερού. Στην έκθεση του Dworak (2007), προκρίνονται οι επενδυμένοι ανοικτοί αγωγοί, ενώ η κατασκευή υπό πίεση σωληνωτών δικτύων επιβεβαιώνεται ως τεχνικό μέτρο εξοικονόμησης νερού. Μία άλλη επιλογή είναι η κατασκευή σωληνωτών βαρυτικών δικτύων, όπου σε συνδυασμό με την αναβάθμιση της υποδομής στο χωράφι, μετέβαλε το βαθμό αποδοτικότητας από 40% σε 93% σε ένα μεγάλης έκτασης αρδευτικό δίκτυο της Αυστραλίας. Στην έκθεση του 2012 για την εξοικονόμηση του νερού στη γεωργία, (BIO Intelligence Service, 2012), καταγράφονται τα παρακάτω μέτρα:

- Επένδυση ανοικτών καναλιών (μείωση έως και 60-80% των απωλειών σε σχέση με ανεπένδυτα κανάλια)
- Αντικατάσταση επιφανειακών ανοικτών αγωγών με χαμηλής πίεσης σωληνωτά δίκτυα
- Αυτοματοποίηση της ροής ανοικτών αγωγών και ταυτόχρονη καταγραφή της παροχής αλλά και των διαρροών που χρήζουν διόρθωσης
- Εγκατάσταση υδρομετρητών (παρακολούθηση κατανάλωσης και μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας της άρδευσης)
- Σωστή συντήρηση των δικτύων

Στη λεκάνη απορροής του ποταμού Έβρου της Ισπανίας έλαβαν χώρα δύο μεγάλα προγράμματα εκσυγχρονισμού της άρδευσης με θετικό αντίκτυπο τόσο στην παραγωγή όσο και στην εξοικονόμηση του νερού (Lecina et al., 2010). Η μείωση της κατανάλωσης αρδευτικού νερού κατά 15% σε εθνικό επίπεδο, είχε σαν αποτέλεσμα τον τριπλασιασμό της παραγωγικότητας του

νερού (από 0.508 €/m³ σε 1.415 €/m³) και τον τετραπλασιασμό της παραγωγικότητας της γης (από 125 €/στρέμμα σε 500 €/στρέμμα). Οι βασικοί παράγοντες σε αυτή την μεταβολή ήταν η αλλαγή στο δίκτυο μεταφοράς του νερού από ανοικτά κανάλια σε υπό πίεση σωλήνες σε συνδυασμό με την αλλαγή των βαρυτικών μεθόδων άρδευσης σε στάγδην ή καταιονισμό. Ακόμα η ορθολογική και στοχευμένη εφαρμογή του νερού είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της πρόσληψης των λιπασμάτων από τα φυτά και άρα τη μείωση των πιέσεων στην ποιότητα του νερού στη λεκάνη του Έβρου. Στην Αυστραλία και πιο συγκεκριμένα στη λεκάνη απορροής Murrumbidgee, στο ΝΑ άκρο της χώρας, η αντικατάσταση των ανοικτών ανεπένδυτων αγωγών με επενδυμένους ή βαρυτικούς αγωγούς συνδυάστηκε με την εγκατάσταση υδρομετρητών και τηλεμετρικών συστημάτων. Επιπλέον οι Koech & Langat (2018) αναφέρουν τον κίνδυνο της μη επαναφόρτισης των υπόγειων υδροφορέων λόγω της εξάλειψης των απωλειών ενός δικτύου ανεπένδυτων αγωγών και ως εκ τούτου τη μη πρακτική βελτίωση της κατάστασης των υδάτων σε μία λεκάνη απορροής. Βέβαια, κάτι τέτοιο σε μία ΠΛΑΠ που υδροδοτείται κυρίως από γεωτρήσεις, όπως αυτή του Πηνειού, δεν αναμένεται να έχει την αρνητική επίδραση που αναφέρεται. Για την εξοικονόμηση νερού σε δίκτυα ύδρευσης, ενδεικτική είναι η μελέτη των V. Kanakoudis & Tsitsifli (2010), όπου πρωταρχικός ρόλος αποδίδεται στη μείωση των απωλειών, δια της μείωσης της πίεσης του δικτύου, της σωστής διαχείρισης της πίεσης και του βέλτιστου σχεδιασμού της διαχείρισης των αγωγών.

2.2.2. Εκσυγχρονισμός των μεθόδων άρδευσης

Σε συνέχεια της μεταφοράς του νερού στην αγροτική έκταση έρχεται η εφαρμογή του στις καλλιέργειες. Η άρδευση γίνεται κατά βάση με τρεις κατηγορίες μεθόδων: τις επιφανειακές/βαρυτικές, τον καταιονισμό και την στάγδην. Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας⁶ (β.α.) των τριών κατηγοριών δίνονται από τον Brouwer (1989), 60%, 75% και 90% αντίστοιχα. Ο εκσυγχρονισμός των μεθόδων εφαρμογής του αρδευτικού νερού, σε συνδυασμό πάντα με την τεχνολογία μεταφοράς του, μπορεί να οδηγήσει έως και σε 50% μείωση των συνολικών αρδευτικών αναγκών σε νερό (Dworak et al., 2007). Η εγκατάλειψη των επιφανειακών μεθόδων και η υιοθέτηση τουλάχιστον μεθόδων καταιονισμού μπορεί να επιφέρει μείωση των αναγκών της τάξης του 35%. Για τις χώρες της Νότιας Ευρώπης η αλλαγή από επιφανειακές μεθόδους σε στάγδην άρδευση μπορεί να επιφέρει ακόμη και 60% εξοικονόμηση όπως καταγράφεται στην παραπάνω έκθεση. Τέλος, στην ίδια μελέτη αναφέρεται, πως η αλλαγή μεθόδου ακόμα και από καταιονισμό μεγάλης κλίμακας (π.χ. καρούλια) σε μικρότερης κλίμακας κινητά μηχανήματα καταιονισμού αυξάνουν την αποδοτικότητα κατά 17.5 ποσοστιαίες μονάδες. Όπως αναφέρεται και από τη BIO Intelligence Service (2012) οι αλλαγές των μεθόδων που αναφέρθηκαν πρέπει να συνδυάζονται με σωστή διαχείριση, ώστε να πραγματοποιηθεί το δυναμικό της εξοικονόμησης. Ακόμα γίνεται μνεία και στη νεότερη τεχνολογία της υπόγειας στάγδην άρδευσης, η οποία ενδείκνυται για περιοχές με ξηρό και θερμό κλίμα, όπου ενδέχεται να αυξήσει την παραγωγή των καλλιεργειών χωρίς να αυξηθεί το νερό που διατίθεται. Τέλος για τη βελτίωση άλλων παραγόντων προς αύξηση της παραγωγής, όπως η ελαχιστοποίηση της διάβρωσης ή της έκπλυσης των θρεπτικών στοιχείων, οι μέθοδοι που προκρίνονται είναι ο μικρής κλίμακας καταιονισμός, η στάγδην και η υπόγεια στάγδην άρδευση.

⁶ Η αποδοτικότητα της εφαρμογής του αρδευτικού νερού ορίζεται ως ο λόγος της ποσότητας του νερού που χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια προς την συνολική ποσότητα που εφαρμόζεται στον αγρό (Dworak et al., 2007).

Πίνακας 1. Καταγραφή εφαρμογών και αποτελεσμάτων

Μελέτη	Τοποθεσία/Πληροφορίες	Θετικά/Αρνητικά/Παρατηρήσεις
(Tal, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Ισραήλ • Ευρεία εφαρμογή (75% των εκτάσεων) στάγδην άρδευσης, σε συνδυασμό με επαναχρησιμοποίηση νερού από ΕΕΛ • Το 50% της στάγδην είναι υπόγεια 	<ul style="list-style-type: none"> • Άμεση εφαρμογή νερού και λιπάσματος στη ζώνη των ριζών • Μείωση ασθενειών, παρασιτικών φυτών, ρυπαντικών φορτίων • Μεγάλης διάρκειας αρδεύσεις μικρής παροχής (μείωση της αύξησης της αλατότητας εδάφους) • Εφαρμογή σε πολλών ειδών καλλιέργειες • Αύξηση της παραγωγής • Αύξηση αποδοτικότητας νερού στη γεωργία • Ανάγκη ρυθμιστικού θεσμικού πλαισίου για την αλόγιστη χρήση λιπασμάτων • Νέα τεχνολογία ενσωμάτωσης αισθητήρων υγρασίας στο σταλακτήρα για άρδευση βάσει της ανάγκης του φυτού • Μείωση αρδευτικού νερού κατά 60% (από συνολικό εκσυγχρονισμό αρδευτικού συστήματος) • Σε κλίματα με πολύ μικρά ύψη βροχής (τάξης 200 mm) η στάγδην επιφέρει αύξηση αλατότητας ακόμα και με συμβατικό νερό μέσης αλατότητας
(Berbel et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Ισπανία • Κυρίως μεσογειακό κλίμα • Η άρδευση καταναλώνει το 75% του νερού • ΠΛΑΠ σε πλήρη δυνατή απόληψη • Υπερεκμετάλλευση ΥΥΣ • Προγράμματα εκσυγχρονισμού της άρδευσης (2002-2015), ύψους άνω των $7.6 \cdot 10^9$ € • Εκσυγχρονισμός στα δίκτυα μεταφοράς • Ογκομετρική χρέωση και αύξηση χρεώσεων λόγω προηγούμενης κατάστασης • Διεύρυνση χρήσης στάγδην άρδευσης • Πολλές επιδείξεις στους αγρότες ώστε να πεισθούν για την διατήρηση/αύξηση της παραγωγής 	<ul style="list-style-type: none"> • Εξοικονόμηση νερού ανά ΠΛΑΠ: 30%, 25%, 40-60%, 45%, 45% και 39% • 25% μείωση και σε μη εκσυγχρονισμένες εκτάσεις λόγω αυστηροποίησης θεσμικού πλαισίου • Μείωση 27% στη χρήση λιπασμάτων και κόστους λίπανσης από 30-40 €/στρέμμα σε 20 €/στρέμμα • Αναβάθμιση της ποιότητας των υδάτων • Μείωση πιθανότητας μη κάλυψης της ζήτησης από το 33% στο 18% • Αύξηση παραγωγής και εγκατάσταση καλλιεργειών υψηλής οικονομικής απόδοσης • Αύξηση της οικονομικής παραγωγικότητας του νερού • Αύξηση της κατανάλωσης νερού λόγω αύξησης των καλλιεργούμενων εκτάσεων και των καλλιεργητικών περιόδων • Αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας • Πρόταση υιοθέτησης άνω ορίων απολήψεων για πρόληψη αρνητικών επιπτώσεων από την εξοικονόμηση υδατικών πόρων

Μελέτη	Τοποθεσία/Πληροφορίες	Θετικά/Αρνητικά/Παρατηρήσεις
(Cooley et al., 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Καλιφόρνια, ΗΠΑ • Δυνατότητες μείωσης αρδευτικής κατανάλωσης κατά 17-22% • Παραγωγή πολιτείας αξίας $45 \cdot 10^9$ \$ • Απολήψεις από επιφανειακά και Υ.ΥΣ και φράγματα • Αντικατάσταση επιφανειακών μεθόδων με στάγδην και «μικροκαταιονισμό» (π.χ. ράμπα)⁷ • Άλλες τεχνικές εξοικονόμησης: αρδευτικός προγραμματισμός, θεσπισμένη ελλειμματική άρδευση και ενίσχυση υγρασίας εδάφους 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση ποσότητας και ποιότητας της παραγωγής • Μείωση της χρήσης λιπασμάτων, νερού και κατά περίπτωση ενέργειας • Δύναται να αυξηθεί και η αξιοπιστία του συστήματος τροφοδοσίας, λόγω ενίσχυσης της αντίστασης σε επεισόδια ξηρασίας • Επισημαίνεται η ανάγκη σωστής διαχείρισης και συντήρησης για την πλήρη αξιοποίηση των συστημάτων στάγδην άρδευσης και «μικροκαταιονισμού» • Δυνατότητα περαιτέρω εξοικονόμησης, όσο η εγκατάλειψη των επιφανειακών μεθόδων εγκαταλείπεται σε συνδυασμό με προγραμματισμό της άρδευσης βάσει των αναγκών του φυτού/εδάφους και τη θεσπισμένη ελλειμματική άρδευση
(Sese-Minguez et al., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Βαλένθια, Ισπανία. • Στα πλαίσια του εθνικού εκσυγχρονισμού: <ul style="list-style-type: none"> ○ 49.3% στάγδην ○ 26.9% βαρυτικές μέθοδοι ○ 15.4% καταιονισμός • Μέση εθνική κατανάλωση: <ul style="list-style-type: none"> ○ 323.9 m^3/στρέμμα στάγδην ○ 625.2 m^3/στρέμμα με βαρυτικές μεθόδους • Η αλλαγή σε στάγδην έγινε δίχως εκπαίδευση των αγροτών και χωρίς να ληφθούν υπόψη οι αρνητικές συνέπειες • Λίγες γεωτρήσεις στα ορεινά με ταμειυτήρες για τη διαχείριση του νερού 	<ul style="list-style-type: none"> • Αυξήθηκαν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις κατά 9.34% σε εθνικό επίπεδο • Παρατηρήθηκε άρδευση σε μέχρι πρότινος μη αρδευόμενες καλλιέργειες (ελιές και αμπέλια) • Στην υπό μελέτη ΠΛΑΠ το 49.4% των αρδευόμενων εκτάσεων υιοθέτησε τη στάγδην άρδευση • Αντίστοιχοι οργανισμοί των ΤΟΕΒ εγκατέστησαν τους απαιτούμενους σωλήνες και αντλίες, ενώ η άρδευση γίνεται κατά σειρά με δύο εργαζόμενους, υπεύθυνους για τη συντήρηση και την ανάγνωση των υδρομέτρων • Αλλαγή των καλλιεργειών σε πιο υψηλής οικονομικής παραγωγικότητας • Αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης λόγω της ευρύτερης χρήσης γεωτρήσεων για τη λειτουργία των στάγδην συστημάτων και της αύξησης των καλλιεργούμενων γαιών • Έγκριση νέων γεωτρήσεων μόνο όταν χρησιμοποιείται στάγδην άρδευση • Υπάρχει μηνιαία παροχή συμβουλών στους αγρότες για τη στάγδην άρδευση που απαιτούν τα φυτά • Απώλεια παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης – απώλεια πολιτιστικής κληρονομιάς

⁷ Το 1990: 67% επιφανειακές μέθοδοι, 17% καταιονισμός, 15% στάγδην και καταιονισμός μικρής κλίμακας ενώ το 2010: 43% επιφανειακές μέθοδοι, 15% καταιονισμός και 38% στάγδην και καταιονισμός μικρής κλίμακας. Ακόμα η χρήση της υπόγειας στάγδην αυξήθηκε από το 1% στο 3%.

Μελέτη	Τοποθεσία/Πληροφορίες	Θετικά/Αρνητικά/Παρατηρήσεις
(Tognetti et al., 2003)	<ul style="list-style-type: none"> • Νότια Ιταλία • Καλλιέργεια ζαχαρότευτλων με στάγδην άρδευση και χαμηλής πίεσης καταιονισμό 	<ul style="list-style-type: none"> • Στάγδην άρδευση ακόμα και στο 50% των αναγκών εξατμισοδιαπνοής του φυτού δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε ποσότητα παραγωγής και σε ποιότητα σε σχέση με τον καταιονισμό • Πλήρης στάγδην +34% της παραγωγής του πλήρη καταιονισμού, και +32% στην ποσότητα των σακχάρων • Η ελλειμματική άρδευση με στάγδην είχε καλά αποτελέσματα. Για το 50% των αναγκών του φυτού σε νερό με στάγδην, σε σχέση με το 100% των αναγκών με καταιονισμό: +8% στην παραγωγή, +14% στην ποσότητα των σακχάρων
(Cetin & Bilgel, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Ανατολία, Τουρκία • Καλλιέργεια βαμβακιού • Εξέταση των τριών κύριων μεθόδων άρδευσης 	<ul style="list-style-type: none"> • Η στάγδην άρδευση παρήγαγε +21% σπόρο βαμβακιού από την επιφανειακή και +30% από τον καταιονισμό • Η απόδοση της χρήσης του νερού για παραγωγή: <ul style="list-style-type: none"> ○ 0.487 kg/στρέμμα/mm για στάγδην ○ 0.387 kg/στρέμμα/mm για επιφανειακή ○ 0.236 kg/στρέμμα/mm για καταιονισμό • Παράδειγμα για άρδευση τάξης 600-750 mm: <ul style="list-style-type: none"> ○ Στάγδην: 619 mm, παραγωγή 346 kg/στρέμμα ○ Καταιονισμός: 735 mm, παραγωγή 291 kg/στρέμμα ○ Επιφανειακή: 624 mm, παραγωγή 261 kg/στρέμμα • Ο καταιονισμός πληγώνει τα φύλλα και τα άνθη του βαμβακιού
(Marouelli et al., 2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Βραζιλία • Βιολογική Καλλιέργεια τομάτας • Σύγκριση άρδευσης με καταιονισμό και στάγδην 	<ul style="list-style-type: none"> • Συνολικό ύψος εφαρμογής νερού: <ul style="list-style-type: none"> ○ 667 mm για καταιονισμό ○ 457 mm για στάγδην (Εξοικονόμηση 31%) • Η συνολική απόδοση και η οικονομικά αξιοποιήσιμη απόδοση δεν επηρεάστηκαν από τη διαφορά των μεθόδων • Η καλλιέργεια της τομάτας μπορεί να συνδυαστεί με αυτή του κόλιανδρου (ευνοείται με τον καταιονισμό/ μειώνει ορισμένες ασθένειες) • Δείκτης παραγωγικότητας νερού για στάγδην μεγαλύτερος κατά 47% • Κάποιες ασθένειες ευνοούνται από τη στάγδην άρδευση, ενώ άλλες από τον καταιονισμό

Μελέτη	Τοποθεσία/Πληροφορίες	Θετικά/Αρνητικά/Παρατηρήσεις
(Hanson & May, 2004)	<ul style="list-style-type: none"> • Καλιφόρνια, ΗΠΑ • Καλλιέργεια βιομηχανικής τομάτας • Σύγκριση υπόγειας στάγδην άρδευσης με καταιονισμό 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέση αύξηση παραγωγής με υπόγεια στάγδην 1.88 t/στρέμμα (25.1%) • Η υπόγεια στάγδην δεν αύξησε επικίνδυνα την αλατότητα του εδάφους • Το οικονομικό κέρδος από τη χρήση υπόγειας στάγδην άρδευσης κυμαίνεται μεταξύ 86.7-149.3 \$/στρέμμα. • Η καλά σχεδιασμένη έκπλυση λύνει τα όποια προβλήματα αλατότητας χωρίς να παρασέρνει τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους
(Bryla et al., 2003)	<ul style="list-style-type: none"> • Καλιφόρνια, ΗΠΑ • Σύγκριση επιφανειακής, στάγδην, υπόγειας στάγδην άρδευσης και «μικροκαταιονισμού» • Καλλιέργεια νεαρών ροδάκινων 	<ul style="list-style-type: none"> • Ο κορμός έχει την καλύτερη ανάπτυξη για στάγδην και υπόγεια στάγδην, κατόπιν για επιφανειακή και τη χειρότερη για καταιονισμό • Η καλύτερη απόδοση για τα δέντρα δίνεται από την επιφανειακή στάγδην άρδευση και την πυκνότερη υπόγεια στάγδην • Εξοικονόμηση νερού 50% των στάγδην αρδεύσεων σε σχέση με τον καταιονισμό. • Η συχνή άρδευση δίνει καλύτερα αποτελέσματα
(Τσερκέζου, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Βελεστίνο, Θεσσαλία, Ελλάδα • Καλλιέργεια βαμβακιού • Εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων νερού σε υπόγεια άρδευση 	<ul style="list-style-type: none"> • Η υπόγεια άρδευση με το 100% και 80% της συνιστώμενης δόσης άρδευσης δεν διαφοροποιούν σημαντικά την παραγωγή • Έτσι χωρίς μείωση της παραγωγής, μπορεί να επιτευχθεί και εξοικονόμηση νερού και κόστους
(Ζαχαρίας, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Βελεστίνο, Θεσσαλία, Ελλάδα • Καλλιέργεια σόργου • Σύγκριση επιφανειακής στάγδην με υπόγεια, με δόσεις 100% και 80% 	<ul style="list-style-type: none"> • Η υπόγεια άρδευση δίνει μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας (χλωρής και ξηρής) έως και 70% • Η άρδευση με υπόγεια στάγδην με δόση 80% υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην δόσης 100%
(Καπετάνος, 2003)	<ul style="list-style-type: none"> • Βελεστίνο, Θεσσαλία, Ελλάδα • Καλλιέργεια βαμβακιού • Σύγκριση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση παραγωγής κατά 7% στην υπόγεια στάγδην σε σχέση με την επιφανειακή για την ίδια δόση νερού (+25 kg/στρέμμα)
(Καλφούντζου, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Βελεστίνο, Θεσσαλία, Ελλάδα • Καλλιέργεια Ζαχαρότευτλων • Σύγκριση συμβατικής στάγδην και στάγδην χαμηλής πίεσης 	<ul style="list-style-type: none"> • Ελαφρώς υψηλότερη παραγωγή με στάγδην χαμηλής πίεσης, χωρίς σημαντική στατιστική διαφορά • Η στάγδην χαμηλής πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην άρδευση ζαχαρότευτλων, μειώνοντας το κόστος παραγωγής λόγω μείωσης του κόστους ενέργειας
(Νητσόπουλος, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Βελεστίνο, Θεσσαλία, Ελλάδα • Καλλιέργεια χλοοτάπητα • Σύγκριση καταιονισμού και υπόγειας στάγδην άρδευσης 	<ul style="list-style-type: none"> • Η άρδευση με καταιονισμό δίνει καλύτερα αποτελέσματα παραγωγής από τη στάγδην • Εξοικονόμηση 50% νερού με τη στάγδην

Από τα τέλη του προηγούμενου αιώνα έχουν καταγραφεί συστηματικές απόπειρες εκσυγχρονισμού των αρδευτικών τεχνολογιών που εφαρμόζονται τόσο σε κρατικό επίπεδο, όσο και σε τοπικό (ΠΛΑΠ). Μία από τις κύριες πτυχές όλων αυτών των εγχειρημάτων υπήρξε η μεταστροφή από βαρυτικές μεθόδους άρδευσης σε μεθόδους καταιονισμού και στάγδην άρδευσης. Χώρες και περιοχές με παρεμφερές ή και πτωχότερο υδρολογικά κλίμα από την Ελλάδα και τη Θεσσαλία, έχουν επιτύχει σημαντική αύξηση της παραγωγής, της αποδοτικότητας του νερού και του οικονομικού κέρδους της γεωργίας. Η μείωση της απαιτούμενης ποσότητας λιπάσματος προς εφαρμογή, η μείωση της απαιτούμενης ποσότητας νερού του συστήματος και η συνολική κατά βάση εξοικονόμηση νερού αποτελούν σημαντικά οφέλη για τους αγρότες, την οικονομία και το περιβάλλον. Αν και παρατηρούνται εξαιρέσεις, όπως η αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, η μεταστροφή σε πιο υδροβόρες καλλιέργειες (υψηλότερης οικονομικής απόδοσης), η διεύρυνση της καλλιεργητικής περιόδου και η άρδευση πρώην μη αρδευόμενων καλλιεργειών (ελιές και αμπέλια), μπορεί να ειπωθεί πως όλα τα παραπάνω προσφέρουν πολλά οικονομικά έσοδα με την ίδια (προ εξοικονόμησης) ποσότητα νερού. Παράλληλα με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών άρδευσης και ιδίως της στάγδην, η μεγιστοποίηση των αποδόσεων και η εξοικονόμηση επιτυγχάνονται στα πλαίσια ογκομετρικής χρέωσης του νερού, ενός αναβαθμισμένου θεσμικού πλαισίου, της εφαρμογής ορθών γεωργικών πρακτικών - όπως ο προγραμματισμός της άρδευσης - και της εκπαίδευσης, ενημέρωσης και συμβουλευτικής των αγροτών – χρηστών. Σε αυτά τα πλαίσια, εκτός από τα προαναφερθέντα οφέλη, η ποιότητα των υδάτων αναβαθμίζεται, η εξοικονόμηση σε επίπεδο ΠΛΑΠ μπορεί να αγγίξει το 60% και η αξιοπιστία των συστημάτων παροχής του νερού αυξάνεται, δηλαδή η πιθανότητα αστοχίας τους σε περιόδους ξηρασιών μειώνεται αισθητά.

Η σύγκριση των διαφορετικών μεθόδων άρδευσης σε διάφορες καλλιέργειες ενδιαφέροντος, κοινές με αυτών της Θεσσαλίας, καταδεικνύουν τα σημαντικά οφέλη της μεταστροφής σε στάγδην άρδευση, με εξαιρέσεις ορισμένες καλλιέργειες. Τόσο η πλήρης, όσο και η ελλειμματική στάγδην άρδευση στην καλλιέργεια ζαχαρότευτλων στη Νότια Ιταλία δίνει καλύτερη παραγωγή έως και 34% σε σχέση με τον καταιονισμό, ενώ μειώνει και την κατανάλωση του νερού. Η καλλιέργεια τομάτας επίσης επωφελείται της χρήσης στάγδην αρδευτικών συστημάτων, με υψηλότερη παραγωγικότητα και εξοικονόμηση νερού έως και 31%, ενώ η χρήση της υπόγειας στάγδην μπορεί να δώσει καθαρό όφελος στον αγρότη έως και περίπου 110 €/στρέμμα. Ακόμα, η αποφυγή του καταιονισμού ωφελεί την υγεία των φυτών μειώνοντας κατά βάση τις προσβολές από ασθένειες. Η στάγδην άρδευση, επιφανειακή και υπόγεια, δύναται να ωφελήσει και την καλλιέργεια δένδρων, εξοικονομώντας έως και 50% νερό σε σχέση με τον καταιονισμό δίνοντας σημαντικά μεγαλύτερη παραγωγή. Ως προς την καλλιέργεια του βαμβακιού, της πλέον διαδεδομένης στη Θεσσαλία, είναι χαρακτηριστικό το πείραμα στην Ανατολία της Τουρκίας, όπου η στάγδην άρδευση με 619 mm νερού, παρήγαγε 346 kg/ στρέμμα, ενώ ο καταιονισμός έδωσε 291 kg/ στρέμμα με 116 mm παραπάνω νερό και η βαρυτική μέθοδος έδωσε μόλις 261 kg/στρέμμα με 624 mm αρδευτικού νερού (+41% αύξηση της παραγωγικότητας του νερού με στάγδην σε σχέση με καταιονισμό). Αρκετές μελέτες που διενεργήθηκαν από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, εντός της ΠΛΑΠ της Θεσσαλίας, επιβεβαιώνουν υψηλές σοδειές με τη χρήση στάγδην συστημάτων με εξαίρεση του γκαζόν. Ακόμα, συγκρίσεις μεταξύ επιφανειακής και υπόγειας στάγδην, δίνουν από αμελητέα έως και έντονα θετική διαφορά στην παραγωγή και την εξοικονόμηση νερού για την υπόγεια, σε καλλιέργειες σόργου και βαμβακιού. Τέλος εξετάζεται η στάγδην άρδευση με χαμηλή πίεση (βαρυτική) με άκρως θετικά αποτελέσματα.

2.3. Ορθές καλλιεργητικές πρακτικές και θεσμικά μέτρα

2.3.1. Προγραμματισμός αρδεύσεων

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα των τεχνικών μέτρων, η πλήρης αξιοποίηση του δυναμικού εξοικονόμησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την υιοθέτηση ορθών καλλιεργητικών πρακτικών. Ως τέτοια, έχει ήδη αναφερθεί ο σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων. Ο Brouwer (1989) καθορίζει ως προγραμματισμό άρδευσης «το πόσο αρδευτικό νερό πρέπει να δοθεί στην καλλιέργεια, τη συχνότητα αλλά και τη χρονική φάση που πρέπει να παραδοθεί αυτό το νερό». Η αποτροπή των καλλιεργειών να υποφέρουν από λειψυδρία και η παροχή τόσου νερού, όσο καταναλώνουν χωρίς να παρέχονται πλεονάσματα, είναι κύρια χαρακτηριστικά του αρδευτικού προγραμματισμού. Κάθε καλλιέργεια, είτε λόγω διαφοράς των ριζικών συστημάτων, είτε λόγω του εδάφους που καλλιεργείται απαιτεί συγκεκριμένες ποσότητες νερού και συχνότητες άρδευσης ώστε να δώσει μία καλή σοδειά. Επίσης υπάρχουν φυτά με σχετικά χαμηλή ευαισθησία στην έλλειψη νερού, όπως το βαμβάκι και ο σόργος. Δηλαδή, μία ορισμένη έλλειψη νερού επηρεάζει ελάχιστα την παραγωγή τους. Όλες οι καλλιέργειες παρουσιάζουν μεταβλητή ευαισθησία στη λειψυδρία ανά στάδιο ανάπτυξης. Όπως καταγράφεται από το UC Drought Management Division of Agriculture and Natural Resources University of California (2020) υπάρχουν τρεις μέθοδοι για να προγραμματιστεί σωστά η άρδευση: ο προγραμματισμός βάσει της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, όπου αναπληρώνεται το νερό που καταναλώνεται, ο προγραμματισμός βάσει εδαφικής υγρασίας, όπου η υγρασία του εδάφους παρακολουθείται και διατηρείται πάνω από ένα ορισμένο κατώφλι, και τέλος ο προγραμματισμός βάσει των καλλιεργειών γίνεται με την παρακολούθηση των αποκρίσεων των καλλιεργειών στην εξεύρεση του απαραίτητου νερού.

Η εξέταση και άλλων παραγόντων ανά αρδευτική μέθοδο, όπως ο προγραμματισμός βάσει του αέρα, ή ο υπολογισμός των κλίσεων για τη βαρυτική άρδευση μπορεί να εξοικονομήσει αξιόλογες ποσότητες νερού. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα στη Σαραγόσα της Ισπανίας των Playán & Mateos (2006), όπου ο σωστός αρδευτικός προγραμματισμός επέφερε αύξηση της αρδευτικής αποδοτικότητας κατά 16 ποσοστιαίες μονάδες και εξοικονόμηση 17 m³/στρέμμα για την ίδια παραγωγή. Η πρόσφατη ανάπτυξη φθινών αισθητήρων υγρασίας καθώς και προγραμμάτων Η/Υ για τον προγραμματισμό και την αυτοματοποίηση της άρδευσης παρέχει άλλο ένα εργαλείο στον αγρότη ώστε να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα του νερού και το κέρδος του (Koech & Langat, 2018). Στην Καλιφόρνια, ο Cooley (2014) θεωρεί τον αρδευτικό προγραμματισμό την πρακτική με τη μεγαλύτερη δυνατότητα εξοικονόμησης νερού, περίπου 10% της συνολικής χρήσης αρδευτικού νερού. Οι Kashyap & Panda (2003) παρατηρούν πως ακόμα σε καλλιέργειες μεγάλης ευαισθησίας σε λειψυδρία, όπως η πατάτα, ο προγραμματισμός σε συνδυασμό με πρακτικές ελλειμματικής άρδευσης μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα του νερού. Ο Pereira (2009) αναφέρει πως ο σωστός προγραμματισμός της άρδευσης μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα της χρήσης του νερού, μειώνοντας τη διείσδυση αυτού σε βάθη μεγαλύτερα της ριζικής ζώνης, βάσει μοντέλων προσομοίωσης. Ακόμα καταγράφει πως για ελλειμματική άρδευση με εξοικονόμηση 25% νερού, η παραγωγή μειώνεται μόλις κατά 11%.

2.3.2. Ελλειμματική άρδευση

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω πειράματα εφαρμογών, μία άλλη πρακτική που εφαρμόζεται συχνά, σε συνδυασμό με τις προηγμένες μεθόδους άρδευσης, καθώς και τον ορθό προγραμματισμό αυτής, είναι η πρακτική της ελλειμματικής άρδευσης. Στο βιβλίο του W.L. Multer (2002) αναφέρεται πως ο περιορισμός της πεπερασμένης συνολικής ποσότητας νερού που πρέπει να διανεμηθεί σε πολλές χρήσεις έχει αναγκάσει την άρδευση σε αναζήτηση υψηλών αποδοτικότητων. Μία πρακτική προς αυτή την κατεύθυνση είναι η ελλειμματική άρδευση, δηλαδή η έκθεση των καλλιεργειών σε ορισμένα επίπεδα έλλειψης νερού, κατά τμήματα της

καλλιεργητικής περιόδου ή και σε όλο το μήκος αυτής, χωρίς σημαντική μείωση της παραγωγής. Με κύριο στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού, χωρίς σοβαρή μείωση της παραγωγής, δημιουργεί όφελος στον καλλιεργητή και το περιβάλλον. Από τα πειράματα του αναφερθέντος βιβλίου και από αυτά του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, προκύπτει πως σε αρκετές καλλιέργειες, όπως το βαμβάκι και τα ροδάκινα, η προγραμματισμένη ελλειμματική άρδευση δύναται να μην διαφοροποιήσει την ποσότητα παραγωγής, μειώνοντας παράλληλα τη χρήση νερού, και άρα αυξάνοντας την αποδοτικότητα. Στην Καλιφόρνια, ο Cooley (2014), εκτιμά πως η προγραμματισμένη ελλειμματική άρδευση μπορεί να εξοικονομήσει περί το 3.14% του συνολικού αρδευτικού νερού, με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας της παραγωγής. Και οι Fereres & Soriano (2007) αποφαίνονται πως η προγραμματισμένη ελλειμματική άρδευση, όχι μόνο βελτιώνει την αποδοτικότητα της χρήσης του νερού, αλλά σε συνθήκες ανταγωνισμού των χρήσεων, δύναται να αυξήσει το καθαρό εισόδημα του καλλιεργητή.

2.3.3. Τιμολογιακή πολιτική

Βασική πτυχή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ είναι η ανάκτηση του κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος όπως ορίζεται στο Άρθρο 9. Η πλήρης ανάκτηση του κόστους και η τιμολόγηση βάσει της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» αποτελούν επιταγές της Οδηγίας. Μέσω της ορθής πολιτικής τιμολόγησης των υπηρεσιών ύδατος, παρέχονται κατά την Οδηγία, κατάλληλα κίνητρα για την αποτελεσματική χρήση του νερού κατά τομέα. Σε αυτή συνεκτιμώνται το χρηματοοικονομικό κόστος, το περιβαλλοντικό και το κόστος πόρου, όπως ορίζονται στη νομοθεσία (“ΦΕΚ Β’ 1751”, 2017). Το 2012 στην περιοχή της Εμίλια – Ρομάνια έγιναν νομοθετικά βήματα για τη θέσπιση τιμολογιακής πολιτικής βάσει των αρχών της Οδηγίας, όπου η κοστολόγηση του αρδευτικού νερού γίνεται πλέον σε ένα επίπεδο με οριζόντια χρέωση ώστε να ανακτώνται τα σταθερά έξοδα, και με μεταβλητή ταρίφα να ανακτώνται τα μεταβλητά κόστη. Στο μεταβλητό τμήμα της κοστολόγησης προσμετράται και η ογκομετρική κατανάλωση όπου αυτό είναι δυνατό. Εξοικονόμηση νερού στη συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης κρίνεται πως έχει μικρές πιθανότητες να συμβεί, καθώς με την παραπάνω στρατηγική διπλής ταρίφας, το νερό είναι υπό-κοστολογημένο. Παρόλα αυτά επιτυγχάνεται μεταβολή στη μέθοδο που επιλέγουν οι αγρότες, κυρίως από βαρυτική σε στάγδην (Galio et al., 2017). Και οι Exposito & Berbel (2017) εξερευνώντας την αποτελεσματικότητα της τιμολόγησης του αρδευτικού νερού στην εξοικονόμηση, αποφαίνονται πως σε καλλιέργειες ελιάς που εφαρμόζεται ελλειμματική άρδευση και η ΠΛΑΠ υπόκειται σε καθεστώς λειψυδρίας, η ζήτηση του νερού είναι τόσο ανελαστική που δεν επιτυγχάνεται μείωση της χρήσης του. Παρόλα αυτά, η μελέτη του Romano (2016), καταδεικνύει πως η αύξηση των τιμών του υδρευτικού νερού, πράγματι οδηγεί σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης. Ο Dono (2010) αντιτείνει στην επιλογή ογκομετρικών χρεώσεων, χρέωση βάσει της καλλιεργούμενης έκτασης. Κάτι τέτοιο είναι ικανό να περιορίσει την κατά τ’άλλα μη ελέγξιμη ιδιωτική απόληψη από υπόγεια ύδατα. Η αύξηση της τιμής του αρδευτικού νερού μπορεί να έχει επίδραση στη μείωση της χρήσης του, με την προϋπόθεση οι ΤΟΕΒ να έχουν κάνει σωστό υπολογισμό των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών. Τέλος, η χρέωση με βάση την επιφάνεια των καλλιεργειών, σε ένα σταθερό και ένα μεταβλητό μέρος, παρέχει στους ΤΟΕΒ μεγαλύτερη σταθερή χρηματική ροή, ενώ η εξασφάλιση του μεταβλητού κόστους είναι πιο εύκολη με τη ρύθμιση του μεταβλητού μέρους.

2.4. Επαναχρησιμοποίηση από ΕΕΛ

Στα πλαίσια των οδηγιών της ΕΕ για την επαναχρησιμοποίηση του νερού (European Commission, 2016), ορίζεται ως τέτοια «η χρήση του νερού το οποίο προέρχεται από λύματα και το οποίο, κατόπιν επεξεργασίας, επιτυγχάνει ποιότητα κατάλληλη (λαμβάνοντας υπόψη υγειονομικούς και περιβαλλοντικούς κινδύνους και την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία) για την σκοπούμενη χρήση του». Ο Heaton (1981) αναφέρει την ιστορική εφαρμογή λυμάτων από ανθρώπινους οικισμούς σε αγροτικές εκτάσεις σε πολλές τοποθεσίες, όπως η αρχαία Αθήνα. Η European Commission (2018) αναγνωρίζει την επαναχρησιμοποίηση του νερού κατόπιν επεξεργασίας ως μία αποτελεσματική και αειφόρο πρακτική για την εξασφάλιση και την καλή διαχείριση των υδατικών πόρων. Ήδη από το 2007 η αξιοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων δίνεται σαν επιλογή μείωσης της κατανάλωσης νερού, κυρίως για την άρδευση σε περιοχές με έντονη λειψυδρία (Dworak et al., 2007). Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ η αξιοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων εφαρμόζεται και εξετάζεται από τη δεκαετία του '70 σε αρκετές ανεπτυγμένες χώρες όπως οι ΗΠΑ, Αυστραλία, Ολλανδία, Σαουδική Αραβία, Ισραήλ κ.ά. (Heaton, 1981), μόλις το 1991 η ΕΟΚ κάνει την πρώτη νύξη για την επαναχρησιμοποίηση όποτε αυτή κρίνεται σκόπιμη, υπό τον όρο της ελαχιστοποίησης των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 1991).

Τα αστικά λύματα ορίζονται ως τα οικιακά λύματα ή και το μείγμα οικιακών, βιομηχανικών λυμάτων ή και όμβριων υδάτων (European Commission, 2016). Ο Ανδρεαδάκης (2015) σημειώνει πως σε αυτά περιλαμβάνονται, πέραν των οικιακών, λύματα από εγγενείς εμπορικές δραστηριότητες, διοικητικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες της πόλης, αλλά όχι ανεπεξέργαστες εκροές από μεγάλες ή και ιδιαίτερα ρυπογόνες βιομηχανίες. Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων διαχωρίζεται από την *Οδηγία 91/271/ΕΟΚ* σε:

- I. Πρωτοβάθμια, με φυσικές ή και χημικές διεργασίες όπου το δεσμευμένο BOD₅ μειώνεται κατά 20% ενώ τα αιωρούμενα στερεά του εισερχόμενου λύματος μειώνονται κατά τουλάχιστον 50%. Μέθοδοι πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η εξάμμωση, η απολίπανση κ.ά. (Ανδρεαδάκης, 2015)
- II. Δευτεροβάθμια, όπου βασίζεται σε βιολογικές διεργασίες και επιτυγχάνει σχεδόν πλήρη απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, BOD₅, αλλά και θρεπτικών (π.χ. άζωτο, φώσφορος) κατά περίπτωση. Η κύρια μέθοδος που ακολουθείται είναι η επεξεργασία με σύστημα ενεργού ιλύος. (Ανδρεαδάκης, 2015)
- III. Τριτοβάθμια, όταν απαιτούνται ειδικές προδιαγραφές για την εκροή (π.χ. όταν αυτή γίνεται σε κάποιον ευαίσθητο υδατικό αποδέκτη). Παραδείγματα τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η διύλιση ή το φιλτράρισμα μέσω μεμβρανών. (Ανδρεαδάκης, 2015)

Η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού, σε συμφωνία με την αρχή της αειφορίας, μειώνει τις εκροές σε πιθανούς ευαίσθητους αποδέκτες (Heaton, 1981; Jaramillo & Restrepo, 2017). Ακόμα συνδράμει στην εξοικονόμηση υδατικών πόρων αλλά και λιπασμάτων στην περίπτωση άρδευσης με αυτό (Jaramillo & Restrepo, 2017; Zhang & Shen, 2019). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων τόσο σε περιπτώσεις όπου έχει καταβιβαστεί η στάθμη τους αλλά και σαν φραγμός έναντι της υφαλμύρισης (Heaton, 1981). Παρότι η επαναχρησιμοποίηση δεν επηρεάζει την κατανάλωση, μειώνει τις απολήψεις νέου νερού (Dworak et al., 2007), και έτσι τα υδατικά αποθέματα υπόκεινται σε μικρότερες πιέσεις (Jaramillo & Restrepo, 2017). Ακόμα οι τελευταίοι αναφέρουν, πως η χρήση επεξεργασμένου νερού έχει επιπλέον όφελος λόγω εξοικονόμησης του κόστους από τη μη άντληση των υπόγειων νερών. Τέλος το ανακτημένο νερό έχει παροχή αρκετά αξιόπιστη και σχετικά σταθερή στο χρόνο, ενώ η

επαναχρησιμοποίησή του είναι συχνά η φθηνότερη επιλογή για πολλές κοινότητες (United States Environmental Protection Agency, 2012).

2.4.1. Δυνατότητες χρήσης και παραδείγματα εφαρμογής

(1) Δυνατές χρήσεις

Στην έκθεση της Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (EPA) καταγράφονται όλες οι δυνατές χρήσεις του επεξεργασμένου νερού, όπου εκτιμάται για τη χώρα των ΗΠΑ πως πάνω από το 1/3 των αστικών λυμάτων μπορεί να αξιοποιηθεί βιώσιμα. Ο εκτενής πίνακας του Heaton (1981) μετά την πάροδο τριών δεκαετιών εφαρμογής και ανάπτυξης της σχετικής τεχνολογίας παραμένει σε μεγάλο βαθμό κοινός με τις χρήσεις που κατονομάζονται από την έκθεση της EPA.

Οι αστικές χρήσεις των επεξεργασμένων λυμάτων που καταγράφονται από την United States Environmental Protection Agency (2012) περιλαμβάνουν την άρδευση σε κατοικημένες περιοχές σχολικών προαυλίων, χώρων πρασίνου και γηπέδων πάντα μετά από επαρκή επεξεργασία και απολύμανση. Στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, τον κυριότερο σε ποσότητα χρήσης νερού, η άρδευση καλλιεργειών έχει πρωτεύοντα ρόλο. Αναλυτικότερα εξετάζονται ξεχωριστά η άρδευση ωμά-βρώσιμων καλλιεργειών και μη βρώσιμων ή και βρώσιμων επεξεργασμένων, λόγω των σοβαρότερων κινδύνων και άρα αυστηρότερων πλαισίων που διέπουν την καλλιέργεια των πρώτων. Η χρήση του επεξεργασμένου νερού για το πότισμα ζώων είναι κάτι που συμβαίνει επίσης συχνά. Η δημιουργία τεχνητών λιμνών για αισθητικούς σκοπούς ή αναψυχή, η δημιουργία χιονιού απαντώνται σε αρκετές πολιτείες. Ακόμα με επεξεργασμένο νερό μπορούν να ενισχυθούν υδάτινα στοιχεία, όπως λίμνες, ποτάμια και υγροβιότοποι. Αρκετές είναι και οι δυνατές χρήσεις στη βιομηχανία, όπως η ψύξη μονάδων παραγωγής, η χρήση σε λέβητες, στην παραγωγή μικροτσιπ και άλλων εξαρτημάτων ηλεκτρονικών ή και στην παραγωγή τροφίμων και αναψυκτικών.

Σημειώνεται επίσης η πολυετής χρήση του επεξεργασμένου νερού για την επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων που δεν αφορούν πόσιμο νερό. Από το 1980, έχουν εκκινήσει διαδικασίες και για τη χρήση του επεξεργασμένου νερού ως πόσιμου, κάτι το οποίο συμβαίνει ήδη είτε έμμεσα είτε άμεσα τόσο στις ΗΠΑ, όσο και σε άλλες χώρες όπως το Βέλγιο, η Ινδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Σιγκαπούρη αλλά και η Νότια Αφρική. Ως έμμεση επαναχρησιμοποίηση λογίζεται η εισαγωγή του επεξεργασμένου νερού σε υπόγειους υδροφορείς ή και επιφανειακά υδάτινα σώματα. Η άμεση επαναχρησιμοποίηση, αν και βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, βρίσκει τόπο εφαρμογής σε χώρες με πολύ μεγάλο πρόβλημα υδατικών πόρων και μικρές οικονομικές δυνατότητες όπως η Ναμίμπια (WWAP (United Nations World Water Assessment Programme), 2017).

(2) Παραδείγματα εφαρμογών

Στην Ευρώπη, πολλές μεσογειακές χώρες με σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας και έντονα αστικοποιημένο ή αγροτικό χαρακτήρα έχουν επενδύσει στην επαναχρησιμοποίηση του νερού. Με κύρια χρήση την άρδευση, στην Ισπανία επαναχρησιμοποιείται το 11% των λυμάτων (European Commission, 2016). Μάλιστα, στα Κανάρια και τις Βαlearίδες νήσους, ο στόχος που έχει τεθεί είναι η επαναχρησιμοποίηση από το 90 μέχρι το 100% των επεξεργασμένων λυμάτων (Iglesias Esteban & Ortega de Miguel, 2008). Στην ΠΛΑΠ της Σεγκούρα, με πληθυσμό 1980650 κατοίκων και έκταση 18870 km^2 , επαναχρησιμοποιούνται περί τα $100\text{-}200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο, ενώ και σε άλλες γειτονικές λεκάνες παρατηρείται επαναχρησιμοποίηση της τάξης των 50 με $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ή των 25 με $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Life Segura Riverlink, 2018; Navarro, 2018). Στη Βαλένθια, με κόστος για τους αγρότες 0.23-0.28 €/m³, το έτος 2012 έγιναν πάνω από $6.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ αρδεύσεις καλλιεργειών και γηπέδων γκολφ μέσω τριών διαφορετικών επεξεργασιών νερού από μία ΕΕΛ (Melgarejo et al., 2016).

Στην Ιταλία επίσης υπάρχουν αρκετά παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. Στο Μιλάνο, η ΕΕΛ του Milano Nosedo δέχεται ετήσια περί τα $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ λυμάτων. Κατόπιν της επεξεργασίας, γίνεται με αυτά άρδευση 37 km^2 καλλιεργειών. Το κόστος του επαναχρησιμοποιούμενου νερού υπολογίζεται σε 0.45 €/στρέμμα/χρόνο (Pizza, 2014). Στην περιοχή της Πούλιας στη νότια Ιταλία, με αρδεύσιμες εκτάσεις καλλιεργειών 239000 στρέμματα και όγκο νερού προς άρδευση τα $655 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ κυρίως από υπόγειους υδροφορείς μελετάται η επαναχρησιμοποίηση των ήδη διαθέσιμων $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ επεξεργασμένων λυμάτων. Τα στοιχεία από την πόλη 35000 κατοίκων του Fasano αποτυπώνουν κόστος για την επαναχρησιμοποίηση του νερού για άρδευση, 0.15 €/m³ για $0.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Arborea et al., 2017). Έρευνα που διενεργήθηκε στην περιοχή για καλλιέργειες φρούτων με επαναχρησιμοποιημένο νερό, έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Παρατηρήθηκε αύξηση του βάρους και του μεγέθους των φρούτων με μόνο μειονέκτημα την αύξηση της αλατότητας του εδάφους (Pedrero et al., 2018). Σε άλλη ΕΕΛ της περιοχής, η χρήση μεμβρανών για την επεξεργασία των λυμάτων έδωσε καλύτερη ποιότητα νερού από αυτή των συμβατικών γεωτρήσεων καθώς και μεγαλύτερη παραγωγή στις καλλιέργειες (Antonio Lonigro et al., 2015).

Στην Κύπρο, μία χώρα έκτασης 9250 km^2 και περίπου 1000000 κατοίκων, από τα $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ λυμάτων που παράχθηκαν το 2013, πάνω από $13.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ χρησιμοποιήθηκαν για άρδευση καλλιεργειών ενώ $1.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ άρδευσε πάρκα και γήπεδα ποδοσφαίρου (Kathijotes & Panayiotou, 2014). Στην περιοχή Ζακάκι πραγματοποιείται επαναφόρτιση του παραθαλάσσιου υπόγειου υδροφορέα με ποσοστό ως και 100%, των επεξεργασμένων λυμάτων της Λεμεσού. Κατά αυτόν τον τρόπο, προστατεύεται ο υπόγειος υδροφορέας από τον κίνδυνο υφαλμύρωσης και εξυπηρετείται μέρος των αρδευτικών αναγκών της περιοχής όσο και μέρος της ύδρευσης της Λεμεσού, με κόστος νερού 0.20 €/m³ (Koussis et al., 2010). Η έρευνα των Kathijotes & Panayiotou (2014) καταγράφει αύξηση της γονιμότητας του εδάφους περί το 20%, αλλά και αύξηση της αλατότητας. Για την καταπολέμηση της τελευταίας προτείνονται κυρίως η έκπλυση με τρεχούμενο φυσικό νερό και οι καλές αποστραγγιστικές συνθήκες.

Το Ισραήλ, τα τελευταία εξήντα και πλέον χρόνια, έχει καταφέρει να αυξήσει την αγροτική παραγωγή του κατά 1600%, δηλαδή να την 17-πλασιάσει. Παρότι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι έως και εικοσαπλάσια των κατακρημνίσεων, η χρήση συστημάτων στάγδην άρδευσης και η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων έχουν συμβάλει τα μέγιστα σε αυτή την επίδοση. Το γεγονός ότι το 50% του αρδευτικού νερού προέρχεται από επεξεργασία λυμάτων, δημιουργεί σοβαρά μακροχρόνια προβλήματα στην αλατότητα του εδάφους. Σε αυτό συμβάλλει η εντατική χρήση του, σε συνδυασμό με τα πολύ μικρά ύψη βροχής, που δεν επαρκούν για την έκπλυση των αλάτων και τη μείωση των συγκεντρώσεων τους στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και των

υδροφόρων (Tal, 2016). Ο Reznik (2017) διαπιστώνει πως η παύση της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων στο Ισραήλ θα επέφερε ζημιές $3.3 \cdot 10^9$ \$ σε χρονικό ορίζοντα τριάντα ετών. Η Ιορδανία, αντιμετωπίζοντας και αυτή σοβαρό πρόβλημα λειψυδρίας, έχει στραφεί σε εναλλακτικές πηγές νερού επιλέγοντας την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων ως την πλέον συμφέρουσα λύση σε σχέση με την αφαλάτωση αλμυρού νερού. Η μεγαλύτερη ΕΕΛ της χώρας, αυτή της As-Samra δέχεται το 75% των λυμάτων της χώρας. Το 2003 οι εισροές ήταν 2.75 φορές μεγαλύτερες των εισροών σχεδιασμού. Γι'αυτό η ποιότητα των εκροών καταγράφεται από τον Ammary (2007) σαφώς χειρότερη από την απαιτούμενη στην Ευρώπη. Τα επεξεργασμένα λύματα με Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) στα 101 mg/l και 64 mg/l Total Suspended Solids (TSS) (στην As-Samra), έχουν σαν αποτέλεσμα πολύ υψηλή αλατότητα νερού. Εάν αυτό το νερό χρησιμοποιείτο κατευθείαν για άρδευση, θα αντιμετώπιζαν σημαντικά αρνητικές επιδράσεις στην απόδοση των καλλιεργειών. Η λύση που έχει βρεθεί για το επεξεργασμένο νερό από την αναφερθείσα ΕΕΛ είναι να παραμένει για εννέα μήνες σε ταμειυτήρα, όπου αναμειγνύεται με τα νερά του ποταμού Zarqa. Ως εκ τούτου βελτιώνεται αισθητά η ποιότητα του νερού προς χρήση, η οποία συνίσταται κυρίως σε άρδευση.

2.4.2. Νομοθετικό πλαίσιο διαφόρων χωρών και πρόταση της ΕΕ

(1) Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής

Πίνακας 2. Νομοθεσία ποιότητας επεξεργασμένων υδάτων κατά χρήση. ΗΠΑ (Πηγή: United States Environmental Protection Agency, 2012)

ΗΠΑ							
Χρήση		Ελάχιστη Απαιτούμενη Επεξεργασία	Ελάχιστες Απαιτήσεις ποιότητας		Συχνότητα Ελέγχων	Λοιπές απαιτήσεις	
Περιαστική	Απεριόριστη	Δευτεροβάθμια	pH	6.0-9.0	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση	15μ από πηγή πόσιμου νερού
		Εξάμμωση	BOD ₅	<=10 mg/l	Εβδομαδιαία		30μ από πηγή πόσιμου νερού σε πορώδες μέσο
		Απολύμανση	Turbidity	<=2 NTU	Διαρκώς		
			FC	Μη ανιχνεύσιμο / 100ml	Ημερήσια		
			Υπολ. Χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς		
		Υπό περιορισμούς	Δευτεροβάθμια	pH	6.0-9.0	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση
	Απολύμανση		BOD ₅	<= 30 mg/l	Εβδομαδιαία		
			Turbidity	-	-		
			FC	<= 200FC/100ml	Ημερήσια		
			Υπολ. Χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς		
			TSS	<=30	Ημερήσια	30μ από περιοχή προσβάσιμη σε ανθρώπους (στην περίπτωση άρδευσης με καταιονισμό	

Αρδευτική	Καλλιέργειες Βρώσιμων ωμών	Δευτεροβάθμια	pH	6.0-9.0	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση	15μ από πηγή πόσιμου νερού	
		Εξάμμωση	BOD ₅	<= 10mg/l	Εβδομαδιαία		30μ από πηγή πόσιμου νερού σε πορώδες μέσο	
		Απολύμανση	Turbidity	<= 2NTU	Διαρκώς			
			FC	Μη ανιχνεύσιμο / 100ml	Ημερήσια			
			Υπολ. Χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς			
		Καλλιέργειες Μη βρώσιμων ωμών (επεξεργασμένων), Καλλιέργειες μη βρώσιμων	Δευτεροβάθμια	pH	6.0-9.0	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση	90μ από πηγή πόσιμου νερού
	Απολύμανση		BOD ₅	<= 30 mg/l	Εβδομαδιαία	30μ από περιοχή προσβάσιμη σε ανθρώπους (στην περίπτωση άρδευσης με καταιονισμό		
			Turbidity	-	-			
			FC	<= 200FC/100ml	Ημερήσια			
			Υπολ. Χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς			
			TSS	<= 30 mg/l	Ημερήσια			

Τεχνητές Λίμνες	Απεριόριστη	Δευτεροβάθμια	pH	6.0-9.0	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση	150μ από πηγή πόσιμου νερού εάν ο πυθμένας δεν είναι σφραγισμένος
		Εξάμμωση	BOD ₅	<= 10 mg/l	Εβδομαδιαία		
		Απολύμανση	Turbidity	<= 2NTU	Διαρκώς		
			FC	Μη ανιχνεύσιμο / 100ml	Ημερήσια		
			Υπολ. Χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς		
Τεχνητές Λίμνες και περιβαλλοντική χρήση (Ενίσχυση υγροτόπων, ροών ποταμών)	Υπό περιορισμούς	Δευτεροβάθμια	BOD ₅	<= 30 mg/l	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση	150μ από πηγή πόσιμου νερού εάν ο πυθμένας δεν είναι σφραγισμένος
		Απολύμανση	FC	<= 200FC/100ml	Ημερήσια		
			Υπολ. Χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς		
			TSS	<=30 mg/l	Ημερήσια		
Βιομηχανική	Νερό ψύξης μιας χρήσης	Δευτεροβάθμια	pH	6.0-9.0	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση	90μ από περιοχές προσβάσιμες στον πληθυσμό
			BOD ₅	<= 30 mg/l	Εβδομαδιαία		
			Turbidity	-	-		
			FC	<=200FC/100 ml	Ημερήσια		
			Υπολ. Χλώριο	1mg/l	Διαρκώς		
			TSS	<= 30 mg/l	Ημερήσια		

Βιομηχανική	Νερό ψύξης επανακυκλοφορίας. Οι απαιτήσεις ποιότητας εξαρτώνται από το ρυθμό επανακυκλοφορίας	Δευτεροβάθμια	pH	6.0-9.0	Εβδομαδιαία	Χρήση σε απόσταση	90μ από περιοχές προσβάσιμες στον πληθυσμό
		Απολύμανση	BOD ₅	<= 30 mg/l	Εβδομαδιαία		Δύναται να μειωθεί η παραπάνω απόσταση εάν η απολύμανση είναι σημαντική
		(δύναται να απαιτούνται χημική επεξεργασία και εξάμωση)	Turbidity	-	-		
			FC	<=200FC/100 ml	Ημερήσια		
		Υπολ. Χλώριο	1mg/l	Διαρκώς			
		TSS	<= 30 mg/l	Ημερήσια			
Επαναφόρτιση Υπόγειων Υδροφορέων Για ΜΗ Πόσιμο Νερό	Εξαρτάται από την τοποθεσία και τη χρήση	Εξαρτάται από την τοποθεσία και τη χρήση	Εξαρτάται από την επεξεργασία και τη χρήση	Χρήση σε απόσταση	Εξαρτάται από την τοποθεσία		
	Πρωτοβάθμια για φυσική διήθηση						
	Δευτεροβάθμια για άντληση						

Έμμεση Πόσιμη	Επαναφόρτιση υδροφορέα με φυσική διήθηση	Δευτεροβάθμια	TC	Μη ανιχνεύσιμο / 100ml	Ημερήσια	Χρήση σε απόσταση	από την κοντινότερη πηγή άντλησης πόσιμου νερού, τέτοια ώστε το εισαγόμενο νερό να παραμένει κατ'ελάχιστο δύο μήνες στο υπέδαφος
		Εξάμμωση	pH	6.5-8.5	Ημερήσια		
		Απολύμανση	Turbidity	<= 2 NTU	Διαρκώς		
		Φυσική εξάμμωση δια της διήθησης από το έδαφος	TOC (ολικός οργανικός άνθρακας)	<=2 mg/l (λύμα προέλευσης)	Εβδομαδιαία		
			Υπολ. χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς		
		Να πληροί τα ποιοτικά κριτήρια πόσιμου νερού					
	Επαναφόρτιση υδροφορέα με άντληση	Δευτεροβάθμια	TC	Μη ανιχνεύσιμο / 100ml	Ημερήσια	Χρήση σε απόσταση	από την κοντινότερη πηγή άντλησης πόσιμου νερού, τέτοια ώστε το εισαγόμενο νερό να παραμένει κατ'ελάχιστο δύο μήνες στο υπέδαφος
		Εξάμμωση	pH	6.5-8.5	Ημερήσια		
		Απολύμανση	Turbidity	<= 2 NTU	Διαρκώς		
		Τριτοβάθμια	TOC (ολικός οργανικός άνθρακας)	<=2 mg/l (λύμα προέλευσης)	Εβδομαδιαία		
			Υπολ. χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς		
		Να πληροί τα ποιοτικά κριτήρια πόσιμου νερού					

Έμμεση Πόσιμη	Ενίσχυση Επιφανειακών Υδάτινων Στοιχείων	Δευτεροβάθμια	TC	Μη ανιχνεύσιμο / 100ml	Ημερήσια	Χρήση σε απόσταση	από την κοντινότερη πηγή άντλησης πόσιμου νερού, τέτοια ώστε το εισαγόμενο νερό να παραμένει κατ'ελάχιστο δύο μήνες στο υπέδαφος
		Εξάμμωση	pH	6.5-8.5	Ημερήσια		
		Απολύμανση	Turbidity	<= 2 NTU	Διαρκώς		
		Τριτοβάθμια	TOC (ολικός οργανικός άνθρακας)	<=2 mg/l (λύμα προέλευσης)	Εβδομαδιαία		
			Υπολ. Χλώριο	1 mg/l	Διαρκώς		
			Να πληροί τα ποιοτικά κριτήρια πόσιμου νερού				

(2) Ιταλία

Πίνακας 3. Ελάχιστες Ποιοτικές απαιτήσεις επεξεργασμένου νερού για επαναχρησιμοποίηση, (Πηγή: Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2003)

Ιταλία			
Παράμετρος	Μέγιστη Επιτρεπόμενη τιμή	Λοιπές απαιτήσεις	
pH	6-9.5		
TSS (mg/l)	10		
BOD ₅ (mgO ₂ /l)	20		
COD (mgO ₂ /l)	100		
Total P (mg/l)	2		
Total N (mg/l)	15		
E.Coli (CFU/100ml)	10, για το 80% των δειγμάτων και 100 μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή		
Salmonella (CFU/100ml)	50, για το 80% των δειγμάτων και 200 μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή	Για εμπλουτισμό λιμνών και φυτοεξυγίανση	

(3) Ισπανία

Πίνακας 4. Ελάχιστες ποιοτικές απαιτήσεις κατά χρήση. Ισπανία, (Πηγή: Mujeriego & Hultquist, 2011)

Ισπανία				
Χρήση	Απαιτήσεις ποιότητας		Λοιπές απαιτήσεις	
Οικιακή: Άρδευση κήπων, Παροχή σε λευκές συσκευές	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	Legionella spp.	<=100 CFU/l
	EC	0 (CFU/100ml)		
	TSS	<= 10 mg/l		
	Turbidity	<= 2NTU		
Υπηρεσίες: Άρδευση χώρων πρασίνου, Καθαρισμός δρόμων, Πυροσβεστικοί κρουνοί, Βιομηχανική πλύση οχημάτων	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	Legionella spp.	<=100 CFU/l
	EC	200 CFU/100ml		
	TSS	<= 20 mg/l		
	Turbidity	<= 10 NTU		
Καλλιέργειες Βρώσιμων ωμών, όπου το νερό έρχεται σε άμεση επαφή με τα βρώσιμα μέρη της καλλιέργειας	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	Legionella spp.	<=1000 CFU/l
	EC	100 CFU/100ml	Έλεγχος για Salmonella	
	TSS	<= 20 mg/l		
	Turbidity	<= 10 NTU		
Καλλιέργειες για ανθρώπινη κατανάλωση με μεθόδους άρδευσης που δεν αποτρέπουν την άμεση επαφή με τα βρώσιμα μέρη των καλλιεργείων, αλλά τα οποία δεν τρώγονται ωμά, αλλά κατόπιν βιομηχανικής επεξεργασίας, Άρδευση τροφών (π.χ. γρασίδι) για γαλακτοπαραγωγικά ή και προς σφαγή ζώα, Ιχθυοκαλλιέργειες	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	Έλεγχος για Salmonella	
	EC	1000 CFU/100ml	Taenia saginata	<= 1 αυγό/l
	TSS	<= 35 mg/l	Taenia solium	<= 1 αυγό/l
	Turbidity	-	Τα δύο τελευταία μόνο σε περίπτωση άρδευσης τροφών για γαλακτοπαραγωγικά/ προς σφαγή ζώα	
Τοπική άρδευση δενδρωδών καλλιεργείων/ καλλιεργείων ανθέων, όπου το ανακτημένο νερό απαγορεύεται να έρθει σε επαφή με το φρούτο/ καρπό προς ανθρώπινη κατανάλωση, άρδευση βιομηχανικών μη βρώσιμων καλλιεργείων, δημητριακών και ελαιόσπορων	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	Legionella spp.	<=100 CFU/l
	EC	10000 CFU/100ml		
	TSS	<= 35 mg/l		
	Turbidity	-		

Χρήση	Απαιτήσεις ποιότητας		Λοιπές απαιτήσεις	
Αισθητικές λίμνες, στις οποίες απαγορεύεται η πρόσβαση του πληθυσμού	Νηματοειδή	-		
	EC	10000 CFU/100ml	Φώσφορος	<=2 mg/l
	TSS	<= 35 mg/l		
	Turbidity	-		
Περιβαλλοντικές χρήσεις όπως συντήρηση υγροτόπων, ενίσχυση απορροών ποταμών κ.ά.	Κατά περίπτωση προσδιορισμός ελάχιστων απαιτήσεων.			
Άρδευση δασών, πράσινων χώρων κ.ά. Όπου δεν υπάρχει πρόσβαση για τον πληθυσμό	TSS	<= 35 mg/l		
Νερό για διαδικασίες και καθαρισμό, εκτός από χρήση στη βιομηχανία τροφών	Νηματοειδή	-	Legionella spp.	<= 100 CFU/l
	EC	10000 CFU/100ml		
	TSS	<= 35 mg/l		
	Turbidity	<= 15 NTU		
Νερό για διαδικασίες και καθαρισμό στη βιομηχανία τροφών	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	Legionella spp.	<= 100 CFU/l
	EC	1000 CFU/100ml	Έλεγχος για Salmonella	
	TSS	<= 35 mg/l		
	Turbidity	-		
Νερό ψύξης	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	Legionella spp.	0 (πλήρης απουσία)
	EC	0 CFU/100mL	Απαιτείται εξουσιοδότηση	
	TSS	<=5mg/l		
	Turbidity	<= 1NTU		
Επαναφόρτιση υδροφορέων με τοπική διήθηση μέσω του εδάφους	Νηματοειδή	-	N	<= 10 mg/l
	EC	1000 CFU/100mL	NO ₃	<= 25 mg/l
	TSS	<=35mg/l		
	Turbidity	-		
Άμεση επαναφόρτιση υδροφορέα με άντληση	Νηματοειδή	<= 1 αυγό/10l	N	<= 10 mg/l
	EC	0 CFU/100ml	NO ₃	<= 25 mg/l
	TSS	<= 10 mg/l		
	Turbidity	<= 2 NTU		

(4) Κύπρος

Πίνακας 5. Ποιοτικές απαιτήσεις κατά χρήση. Κύπρος, (Πηγή: (Hadji Georgiou, 2014))

Κύπρος			
Χρήση	Απαιτούμενη Επεξεργασία	Απαιτήσεις ποιότητας (max)	
Όλες οι καλλιέργειες και εκτάσεις πρασίνου υπό περιορισμούς (εξαιρούνται φυλλώδη λαχανικά, βολβοί τρώγονται ωμά)	Δευτεροβάθμια (Ενεργή ιλύς)	BOD ₅ (mg/l)	10
	Εξάμμωση	TSS (mg/l)	10
	Χλωρίωση	E.Coli /100ml	5, για το 80% των δειγμάτων και 15 η μέγιστη τιμή
	Απολύμανση με UV σε βιοαντιδραστήρα με μεμβράνες	Νηματοειδή	0
Πράσινες εκτάσεις και βρώσιμα κατόπιν μαγειρέματος λαχανικά (πατάτες, παντζάρια)	Δευτεροβάθμια (Ενεργή ιλύς)	BOD ₅ (mg/l)	10, για το 80% των δειγμάτων και 15 η μέγιστη τιμή
	Εξάμμωση	TSS (mg/l)	10, για το 80% των δειγμάτων και 15 η μέγιστη τιμή
	Χλωρίωση	E.Coli /100ml	50, για το 80% των δειγμάτων και 100 η μέγιστη τιμή
	Απολύμανση με UV σε βιοαντιδραστήρα με μεμβράνες	Νηματοειδή	0
Πράσινες εκτάσεις χωρίς πρόσβαση στο κοινό	Δευτεροβάθμια (Ενεργή ιλύς)	BOD ₅ (mg/l)	20, για το 80% των δειγμάτων και 30 η μέγιστη τιμή
	Εξάμμωση	TSS (mg/l)	30, για το 80% των δειγμάτων και 45 η μέγιστη τιμή
	Χλωρίωση	E.Coli /100ml	200, για το 80% των δειγμάτων και 1000 η μέγιστη τιμή
	Απολύμανση με UV σε βιοαντιδραστήρα με μεμβράνες	Νηματοειδή	0

Χρήση	Απαιτούμενη Επεξεργασία		Απαιτήσεις ποιότητας
Καλλιέργειες ζωοτροφών (π.χ. γρασίδι)	Δευτεροβάθμια (Ενεργή ιλύς)	BOD ₅ (mg/l)	20, για το 80% των δειγμάτων και 30 η μέγιστη τιμή
	Εξάμμωση	TSS (mg/l)	30, για το 80% των δειγμάτων και 45 η μέγιστη τιμή
	Χλωρίωση	E.Coli /100ml	1000, για το 80% των δειγμάτων και 5000 η μέγιστη τιμή
	Απολύμανση με UV σε βιοαντιδραστήρα με μεμβράνες	Νηματοειδή	0
Καλλιέργειες βιομηχανικών φυτών	Δευτεροβάθμια (Ενεργή ιλύς)	BOD ₅ (mg/l)	50, για το 80% των δειγμάτων και 70 η μέγιστη τιμή
	Εξάμμωση	TSS (mg/l)	-
	Χλωρίωση	E.Coli /100ml	3000, για το 80% των δειγμάτων και 10000 η μέγιστη τιμή
	Απολύμανση με UV σε βιοαντιδραστήρα με μεμβράνες	Νηματοειδή	-

(5) Γαλλία

Πίνακας 6. Χωρισμός κατά κλάσεις των χρήσεων και των ποιοτικών απαιτήσεων για την επαναχρησιμοποίηση του νερού. (Πηγή: “Απόφαση της 25ης Ιουνίου του 2014 για την χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών και πράσινων χώρων.”, 2014)

Γαλλία				
Παράμετρος	Κλάση Α	Κλάση Β	Κλάση Γ	Κλάση Δ
TSS (mg/l)	< 15	Υπάγονται στους περιορισμούς των απορρίψεων υδάτων των ΕΕΛ κατά τις αρδευτικές περιόδους		
COD (mg/l)	< 60			
E. Coli (CFU/100ml)	<= 250	<= 10000	<= 100000	-
Εντερόκοκος (Λογαριθμική απομάκρυνση)	>= 4	>= 3	>= 2	>= 2
RNA-βακτηριοφάγοι (Λογαριθμική απομάκρυνση)	>= 4	>= 3	>= 2	>= 2
Σπόροι αναερόβιων βακτηρίων (Λογαριθμική απομάκρυνση)	>= 4	>= 3	>= 2	>= 2
Χρήσεις				
Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών που δεν υπόκειται σε βιομηχανική θερμική επεξεργασία	+	-	-	-
Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών που υπόκεινται σε βιομηχανική θερμική επεξεργασία	+	+	-	-
Άρδευση τροφών για ζώα (γρασίδι κ.ά.)	+	+	-	-
Χώροι πρασίνου, προσβάσιμοι στον πληθυσμό	+	-	-	-
Λουλούδια	+	+	-	-
Καλλωπιστικά φυτά	+	+	+	-
Παραγωγή ζωοτροφών	+	+	-	-
Καλλιέργειες δημητριακών	+	+	+	-

Καλλιέργειες δένδρων	+	+	+	-
Μικρά πάρκα, λόφοι με ελεγχόμενη πρόσβαση του πληθυσμού	+	+	+	+
Μεγάλα πάρκα, λόφοι με ελεγχόμενη πρόσβαση του πληθυσμού	-	-	-	-

(6) Ελλάδα

Πίνακας 7. Ελάχιστες ποιοτικές απαιτήσεις κατά χρήση. Ελλάδα. (Πηγή: ΚΥΑ_5673_400_1997, 1997; “Προεδρικό Διάταγμα Υπ’Αριθμ. 51”, 2007)

Ελλάδα				
Χρήση	Απαιτούμενη Επεξεργασία	Απαιτήσεις ποιότητας		
Περιορισμένη άρδευση (Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται.	Δευτεροβάθμια βιολογική	E. Coli (EC / 100ml)	<= 200	Εβδομαδιαίος Έλεγχος
	Απολύμανση	BOD ₅ (mg/l)	<= 25	
		TSS (mg/l)	<= 35	
		Θολότητα (NTU)	-	
Βιομηχανική : Νερό ψύξης μιας χρήσης. Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (δηλαδή υδατικά αποθέματα που χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου ύδατος), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά	Δευτεροβάθμια βιολογική	E. Coli (EC / 100ml)	<= 200	Εβδομαδιαίος Έλεγχος
	Απολύμανση	BOD ₅ (mg/l)	<= 25	
		TSS (mg/l)	<= 35	
		Θολότητα (NTU)	-	

Χρήση	Απαιτούμενη Επεξεργασία	Απαιτήσεις ποιότητας		
Απεριόριστη άρδευση: Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.	Δευτεροβάθμια βιολογική	E. Coli (EC / 100ml)	<= 5, για το 80% και <= 50 για το 95% των δειγμάτων	Τέσσερις ή δύο ανά εβδομάδα
	Τριτοβάθμια	BOD ₅ (mg/l)	<= 10 για το 80% των δειγμάτων	
	Απολύμανση	TSS (mg/l)	<= 10 για το 80% των δειγμάτων	
		Θολότητα (NTU)	<= 2	Τέσσερις ή δύο ανά εβδομάδα
Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης: Επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ.	Δευτεροβάθμια βιολογική	E. Coli (EC / 100ml)	<= 5, για το 80% και <= 50 για το 95% των δειγμάτων	Τέσσερις ή δύο ανά εβδομάδα
	Τριτοβάθμια	BOD ₅ (mg/l)	<= 10 για το 80% των δειγμάτων	
	Απολύμανση	TSS (mg/l)	<= 10 για το 80% των δειγμάτων	
		Θολότητα (NTU)	<= 2	Τέσσερις ή δύο ανά εβδομάδα
Αστική χρήση: Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαγιών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρομίων, διακοσμητικά σιντριβάνια (πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται). Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων (μη πόσιμου ύδατος) με γεωτρήσεις. Περιαστικό πράσινο συμπεριλαμβανομένων αλσών και δασών	Δευτεροβάθμια βιολογική	E. Coli (EC / 100ml)	<= 2, για το 80% και <= 20 για το 95% των δειγμάτων	Τέσσερις ή δύο ανά εβδομάδα
	Τριτοβάθμια	BOD ₅ (mg/l)	<= 10 για το 80% των δειγμάτων	
	Απολύμανση	TSS (mg/l)	<= 2 για το 80% των δειγμάτων	
		Θολότητα (NTU)	<=2	Τέσσερις ή δύο ανά εβδομάδα

(7) Προτάσεις Ευρωπαϊκής Ένωσης για αρδευτικές χρήσεις

Πίνακας 8. Προτάσεις της ΕΕ για την άρδευση με κατηγοριοποίηση κατά κλάσεις. (Πηγή: Bourguignon, 2018)

Προτάσεις Κλάσεων					
Κλάση	Κατηγορία καλλιεργειών	Μέθοδοι άρδευσης	Ελάχιστη αποδεκτή επεξεργασία		
A	Ρίζες που τρώγονται ωμές, βρώσιμα φυτά, όπου το βρώσιμο τμήμα έρχεται σε άμεση επαφή με το ανακτημένο νερό, άλλα βρώσιμα φυτά	Όλες	Δευτεροβάθμια, Τριτοβάθμιες (χημική απομάκρυνση παθογόνων και αζώτου και φωσφόρου, προχωρημένες μέθοδοι αφαίρεσης μικρορυπαντών, όπου φαρμακευτικά κατάλοιπα π.χ. με τη χρήση όζοντος)		
B	Βρώσιμα φυτά που τρώγονται ωμά, όπου το βρώσιμο τμήμα παράγεται πάνω από το έδαφος και δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το ανακτημένο νερό, επεξεργασμένα βρώσιμα φυτά, μη βρώσιμα από ανθρώπους φυτά	Όλες	Δευτεροβάθμια, Τριτοβάθμιες (χημική απομάκρυνση παθογόνων και αζώτου και φωσφόρου)		
Γ		Μόνο στάγδην			
Δ	Βιομηχανικά, Ενεργειακά, και σύσπορα φυτά	Όλες			
Προτάσεις Ποιότητας νερού για τις κλάσεις					
Κλάση	E. Coli (CFU/100ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Λοιπά
A	<= 10	<= 10	<= 10	<= 5	Legionella spp.: <1000 CFU/L, για καλλιέργειες σε θερμοκήπια
B	<= 100	<= 25	<= 35	-	
Γ	<=1000			-	Νηματοειδή (Helminth eggs): <= 1 αυγό/L, για άρδευση ζωοτροφών και βοσκότοπων
Δ	<= 10000			-	

(8) Συζήτηση Νομοθετικών Πλαισίων

Όπως φαίνεται από τους παραπάνω ενδεικτικούς πίνακες οι σημαντικότερες παράμετροι εξέτασης της ποιότητας του προς επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένου νερού είναι τα συνολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD₅), η θολότητα και τα κολοβακτηρίδια με συχνότερα ελεγχόμενο το *Escherichia Coli*. Επίσης δεδομένη θεωρείται η εξέταση της παρουσίας και της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων αλλά και άλλων ουσιών, όπως το Νάτριο και ο Φώσφορος. Στη νομοθεσία της Ιταλίας, της Ισπανίας καθώς και στις κατευθυντήριες οδηγίες των ΗΠΑ αναφέρονται έλεγχοι για την ύπαρξη *salmonella* αλλά και, κατά περίπτωση χρήσης, δυνητικά παθογόνων ή επικίνδυνων μικροοργανισμών όπως νηματοειδή, *Legionella*, εντερόκοκκοι (Γαλλία), σταφυλόκοκκοι κ.ά. Συνήθως η θέσπιση των κριτηρίων γίνεται κατά χρήση, με μόνη εξαίρεση τη Γαλλία, στην οποία διαχωρίζονται τέσσερις ποιοτικές κλάσεις και κατόπιν κάθε κλάση κρίνεται ως κατάλληλη ή ακατάλληλη για την εκάστοτε εξεταζόμενη χρήση. Άλλος σημαντικός παράγοντας για τη γνώση της ποιότητας του νερού προς επαναχρησιμοποίηση είναι η συχνότητα των δειγματοληψιών για τα ποιοτικά κριτήρια. Η συχνότητα ελέγχου των περισσότερων κριτηρίων κυμαίνεται συνήθως από 24 φορές το χρόνο (1/15 ημέρες) (Ελλάδα, Κύπρος) έως μία φορά την εβδομάδα (Ισπανία). Σημαντικός παράγοντας ελέγχου επίσης είναι, για χρήσεις επεξεργασμένου νερού που δεν προορίζονται για πόση, η απόσταση που έχουν από πόσιμα ύδατα. Λόγου χάρη στις ΗΠΑ αυτό ελέγχεται με βάση την απόσταση από πηγές πόσιμου νερού, ενώ στην Ελλάδα απαιτείται ειδική μελέτη ώστε να αποδειχθεί πως το επεξεργασμένο νερό που χρησιμοποιείται για εμπλουτισμό δεν διεισδύει σε αποθέματα πόσιμου νερού. Τέλος, στις περισσότερες περιπτώσεις δίνονται ελάχιστες απαιτήσεις επεξεργασίας των λυμάτων.

Κατά βάση η αυστηρότερη κατηγορία χρήσης είναι η άρδευση δίχως περιορισμούς βρώσιμων καλλιεργειών, των οποίων τα βρώσιμα τμήματα έρχονται σε επαφή με το νερό και ενδέχεται να καταναλώνονται ωμά. Στις ΗΠΑ η πρόταση της EPA συνιστά την πλήρη απουσία κολοβακτηριδίων, ενώ στην Ισπανία το όριο τίθεται στα 100 CFU/100ml *E.Coli*. Στην Ελλάδα το πλαίσιο είναι αρκετά αυστηρό απαιτώντας μέγιστη τιμή συγκέντρωσης 5 CFU/100ml *E.Coli* για το 80% των δειγμάτων. Οι απαιτήσεις θολότητας μπορεί να απουσιάζουν παντελώς για αρκετές μη αυστηρές χρήσεις (όπως η άρδευση βιομηχανικών φυτών, η χρήση για νερό ψύξης στη βιομηχανία κ.ά.), ενώ τα απαιτούμενα όρια για τις συγκεντρώσεις κολοβακτηριδίων τείνουν να γίνονται λιγότερο αυστηρά όσο η χρήση περιλαμβάνει είτε επεξεργασία είτε μη άμεση επαφή με πληθυσμό. Σημαντική διαφορά εντοπίζεται στις χώρες της Ευρώπης, όπου η επαναχρησιμοποίηση για πόση, είτε άμεση είτε έμμεση, απορρίπτεται (με εξαίρεση καταστάσεις έκτακτης ανάγκης), ενώ στις ΗΠΑ, πολιτείες με σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας όπως η Αριζόνα επιτρέπουν τις αναφερθείσες χρήσεις (State Water Resources Control Board, 2013).

2.4.3. Καταγραφές των θετικών και των αρνητικών επιπτώσεων της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων

Πίνακας 9. Πίνακας καταγραφής +/- επαναχρησιμοποίησης

Μελέτη	Πληροφορίες	Επεξεργασία / Στοιχεία του νερού	Θετικά	Αρνητικά	Προτάσεις / Λοιπά συμπεράσματα
(Pedrero et al., 2018)	Πούλια, Νότια Ιταλία Καλλιέργεια νεκταρινιών	Προχωρημένη με χρήση μεμβρανών	Αύξηση μεγέθους και αξίας φρούτων	Αύξηση αλατότητας εδάφους Μείωση αριθμού φρούτων	Περαιτέρω έρευνα
(Kathijotes & Panayiotou, 2014)	Δρομολαχιά, Λάρνακα, Κύπρος Καλλιέργεια alfalfa	Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, σκληρότητα	Αύξηση ποιότητας / γονιμότητας φτωχών εδαφών Μεγάλη εξοικονόμηση νερού	Μακρόχρονη χρήση επεξεργασμένου νερού υψηλής αλατότητας αυξάνει ηλ. αγωγιμότητα εδάφους & σκληρότητα	Σε ανακτημένη νερά με πολύ υψηλή αλατότητα, μερική αφαλάτωση και ανάμειξη
(Arborea et al., 2017)	Πούλια, Νότια Ιταλία Δυνητική ικανότητα κάλυψης $60 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$	Κόστος αρδευτικού επεξεργασμένου νερού: $0.16 - 0.26 \text{ €/m}^3$	Μέσο όφελος από ανακτημένο για άρδευση: 0.21 €/έτος για $247.5 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$ Βελτίωση αλατότητας υπόγειου υδροφορέα	-	Υψηλή προθυμία χρήσης σε περιοχές υφαλμυρισμένου υπόγειου υδροφορέα
(Uzen et al., 2016)	Ανατολία, Τουρκία Καλλιέργεια βαμβακιού	Δευτεροβάθμια. Καλή ποιότητα εκροής από ΕΕΛ	Αύξηση της παραγωγής Μείωση χρήσης εμπορικών λιπασμάτων	Συσσώρευση αζώτου στο χώμα, σε περιπτώσεις αποκλειστικής χρήσης του ανακτημένου νερού. Αύξηση αλατότητας εδάφους	Προκρίνεται η χρήση επεξεργασμένου νερού για την άρδευση βιομηχανικών φυτών

Μελέτη	Πληροφορίες	Επεξεργασία	Θετικά	Αρνητικά	Προτάσεις / Λοιπά συμπεράσματα
(A. Lonigro et al., 2007)	Νότια Ιταλία Καλλιέργεια τομάτας, μαρουλιού και μάραθου	Προχωρημένη με χρήση μεμβρανών, χωρίς χλωρίωση Παρόμοια η ποιότητα του επεξεργασμένου νερού από το συμβατικό	Μικρότερη η μόλυνση των καλλιεργειών αρδευμένων από το νερό της ΕΕΛ	Δεν επηρεάστηκε η απόδοση των καλλιεργειών	Σημαντική η παρακολούθηση της λειτουργίας των μεμβρανών
(Filho et al., 2013)	Βραζιλία Καλλιέργεια βαμβακιού	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	Σημαντική αύξηση παραγωγής	-	Σε αργιλώδη εδάφη προκρίνεται η ανάμειξη συμβατικού και ανακτημένου νερού (μείωση της αλατότητας)
(Antonio Lonigro et al., 2015)	Νότια Ιταλία Δύο ΕΕΛ Καλλιέργεια κηπευτικών	Προχωρημένη με χρήση μεμβρανών (MBR) και προχωρημένη με φιλτράρισμα μέσω υφασμάτων ινών και απολύμανση με UV κατ'απαίτηση	Καλή η ποιότητα του ανακτημένου νερού Σημαντική αύξηση της παραγωγής Καλή η μικροβιολογική κατάσταση των καλλιεργειών και του εδάφους	-	Σημαντική η συμβολή για τη καλή μικροβιολογική κατάσταση η στάγδην άρδευση Περιορισμένη χρήση συμβατικών λιπασμάτων

Μελέτη	Πληροφορίες	Επεξεργασία	Θετικά	Αρνητικά	Προτάσεις / Λοιπά συμπεράσματα
(Becerra-Castro et al., 2015)	-	-	-	Αύξηση αλατότητας εδάφους Πρόσληψη αρκετών ρυπαντών Μεταβολή ποιοτικών χαρακτηριστικών εδάφους (φυσικοχημικών και μικροβιολογικών)	Μελέτη κινδύνων από αντιβιοτικά, κατάλοιπα φαρμάκων και μέταλλα Ανάγκη ανάπτυξης οικονομικών τεχνολογιών για μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
(González García et al., 2018, 2019)	Murcia, Ισπανία Μελέτη για την αφομοίωση αναδυόμενων οργανικών μολυσματικών ουσιών (EOCs)	Δευτεροβάθμια με UV απολύμανση	Η συγκέντρωση της καρβαμαζεπίνης και της δικλοφαινάκης στα μαρούλια είναι χαμηλότερη από τα μέγιστα επιτρεπτά όρια Αντιφλεγμονώδεις ουσίες δεν αφομοιώνονται εύκολα στα βρώσιμα τμήματα	Υπάρχει αξιοσημείωτη αφομοίωση καρβαμαζεπίνης στα βρώσιμα τμήματα των μαρουλιών	Προκρίνεται αποτίμηση κινδύνου όταν πρόκειται να γίνει άρδευση βρώσιμων ωμά καλλιεργειών Απαιτείται περαιτέρω έρευνα
(Delli Compagni et al., 2020; Pizza, 2014)	Μιλάνο, Ιταλία Μελέτη για αναδυόμενες μολυσματικές ουσίες Σιτάρι, ρύζι, ζωοτροφές	Δευτεροβάθμια με ενεργή ιλύ, εξάμμωση και απολύμανση	Η χρήση συστημάτων καταιονισμού αντί επιφανειακών μεθόδων άρδευσης μειώνει αισθητά τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία	Τρία οιστρογόνα, δύο αντιβιοτικά, μία αντιφλεγμονώδης ουσία και μία αντισηπτική ξεπερνούν τα κατώφλια ανησυχίας τουλάχιστον μία φορά το χρόνο	Τουλάχιστον δύο ουσίες σχετίστηκαν με πιθανούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, κυρίως προσλαμβανόμενες από το ρύζι

Μελέτη	Πληροφορίες	Επεξεργασία	Θετικά	Αρνητικά	Προτάσεις / Λοιπά συμπεράσματα
(Libutti et al., 2018)	Πούλια, Ιταλία Καλλιέργεια μπρόκολου και βιομηχανικής τομάτας	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και προχωρημένη με χρήση UV κατ' απαίτηση	Η παραγωγή των καλλιέργειών δεν επηρεάζεται από το χρησιμοποιούμενο νερό Παρά την σχετικά κακή μικροβιολογική ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, οι καρποί δεν επηρεάστηκαν		Προκρίνεται η επεξεργασία με χρήση UV Η χρήση στάγδην άρδευσης παίζει μεγάλο ρόλο στον περιορισμό της πιθανής μόλυνσης των προϊόντων, ενώ μειώνει και τη χρήση του νερού Υπολογίστηκε εξοικονόμηση 600 m ³ /στρέμμα/έτος
(Negreanu et al., 2012)	Ισραήλ, Εξέταση 4 διαφορετικών ΕΕΛ Έλεγχος για γονίδια με αντίσταση στα αντιβιοτικά στο χώμα (ARG)	Όλες οι ΕΕΛ τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία	Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση ανάμεσα στην πηγή του νερού και την ύπαρξη αυξημένων αντιστάσεων σε αντιβιοτικά	Η υγρασία του εδάφους βρέθηκε με σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της AR σε τετρακυλίνη και Κιπροφλοξακίνη	Αποφαινόνται πως η επίδραση της χρήσης ανακτημένου νερού έχει αμελητέα επίδραση στο φαινόμενο
(Racar et al., 2019)	Čakovec, Κροατία Χρήση αρδευτική	Χρήση μεμβρανών (MBR) και κατόπιν επιλογή από νανοφιλτράρισμα (NF90 & NF270) ή και αντίστροφη όσμωση (XLE)	Η χρήση των NF90, NF270 και XLE δίνει εξαιρετικής ποιότητας νερό	Η χρήση μεμβρανών παράγει μέτριας ποιότητας νερό ως προς την αλατότητα	Η μεικτή χρήση όλων των τεχνικών (50-50) δίνει τη βέλτιστη οικονομικά και ποιοτικά λύση για την συγκεκριμένη περίπτωση

Μελέτη	Πληροφορίες	Επεξεργασία	Θετικά	Αρνητικά	Προτάσεις / Λοιπά συμπεράσματα
(Χουλιάρá, 2005) (Βαρδούλη, 2005)	Βόλος, Ελλάδα Άρδευση κωνοφόρων και χλοοτάπητα	Τριτοβάθμια επεξεργασία	Διπλάσια παραγωγή βιομάζας χλοοτάπητα Μη σημαντική αύξηση στο ύψος των κωνοφόρων Εξοικονόμηση νερού της τάξης του 30-35%	Λόγω υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγιναν εναλλάξ αρδεύσεις με καθαρό υπόγειο νερό Μικρή αύξηση ηλ. αγωγιμότητας εδάφους	Άριστα αποτελέσματα ανάπτυξης σε άρδευση χλοοτάπητα και κωνοφόρων (αστική άρδευση) Προϋπόθεση ο καλός χημικός και микροβιολογικός έλεγχος
(Πανώρας et al., 2001)	Θεσσαλονίκη, Ελλάδα Άρδευση αραβοσίτου	Εξάμμωση ή ενεργή ιλύς και χλωρίωση	-	Αυξημένη αλατότητα Σε περίπτωση μη απολύμανσης αυξάνονται οι κίνδυνοι για την υγεία	Μπορεί να γίνει χρήση λυμάτων με ανάμιξη ή με εναλλάξ χρήση ή και αμιγή χρήση των λυμάτων

Πέραν των γενικότερων ευεργετικών αποτελεσμάτων που αναφέρονται παραπάνω, από τον Πίνακα 9 συνάγονται και συμπεράσματα για πιο συγκεκριμένα ζητήματα. Στις περιπτώσεις άρδευσης, ο μεγαλύτερος κίνδυνος για την υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους καλλιέργειας αλλά και του παραγόμενου προϊόντος είναι η αύξηση της αλατότητας του εδάφους. Κάτι τέτοιο οδηγεί σε μείωση της γονιμότητας του εδάφους, ενώ επίσης έχει παρατηρηθεί αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου ή και του φωσφόρου σε περιπτώσεις που οι ουσίες αυτές δεν απομακρύνονται από την ΕΕΛ. Εντονότερα είναι τα παραπάνω φαινόμενα όπου γίνεται αποκλειστικά άρδευση με επεξεργασμένο νερό υψηλής αλατότητας και δη σε περιοχές με πολύ λίγες βροχοπτώσεις. Οι κυριότερες λύσεις που προκρίνονται σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η έκπλυση του εδάφους ανά διαστήματα με καθαρό νερό, ή η ανάμειξη του επεξεργασμένου με καθαρό νερό πριν τη χρήση, η εναλλαγή νερού άρδευσης, ή η περαιτέρω επεξεργασία του ανακτημένου νερού (π.χ. με αφαλάτωση). Άλλο σημαντικό ζήτημα στην επαναχρησιμοποίηση νερού για αρδευτικούς σκοπούς είναι η αφομοίωση στα προϊόντα και το έδαφος αναδύομενων μολυσματικών ουσιών (Emerging Organic Contaminants), αλλά και η ύπαρξη βακτηρίων που έχουν αναπτύξει γονίδια αντίστασης σε αντιβιοτικά (ARGs). Αυτό συμβαίνει λόγω της αυξανόμενης χρήσης από τον άνθρωπο φαρμάκων, αντιβιοτικών και ούτω καθεξής. Παρότι η βιβλιογραφία δεν μπορεί να χαρακτηριστεί πλήρης, τα μέχρι τώρα ευρήματα στις αναπτυγμένες χώρες της Μεσογείου δείχνουν πως δεν τίθεται άμεσος κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία από την κατανάλωση ακόμα και ωμών βρώσιμων λαχανικών, αρδευμένων με ανακτημένο νερό. Τέλος, από τις καταγεγραμμένες έρευνες φαίνεται πως όσο πιο εξελιγμένη είναι η μέθοδος άρδευσης (τουλάχιστον καταιονισμός, ιδανικά στάγδην), τόσο μειώνονται οι αρνητικές επιδράσεις και αυξάνονται οι θετικές, ενώ η εξοικονόμηση του νερού είναι ακόμα μεγαλύτερη.

Η ευρεία έρευνα που έγινε στην Πούλια της Ιταλίας, εξετάζει επιπλέον την οικονομική βιωσιμότητα της επαναχρησιμοποίησης, αποφαινόμενη θετικά ως προς αυτή. Μάλιστα, σημειώνεται μεγάλη προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν για ανακτημένο νερό σε περιοχές όπου ο υπόγειος υδροφόρος είναι υφαλμυρισμένος. Αντίστοιχη έρευνα προθυμίας των αγροτών να πληρώσουν για ανακτημένο νερό στη Θεσσαλία, (Bakorouliou et al., 2010), έχει δώσει ενθαρρυντικά μηνύματα. Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης όπου ήδη από το 2000 πραγματοποιήθηκαν σε πειραματικό επίπεδο δοκιμές επαναχρησιμοποίησης, έγινε άλλη μια έρευνα προθυμίας των αγροτών να πληρώσουν για ανακτημένο νερό. Η Lazaridou (2019) βρίσκει πρόθυμο το 64.2% των αγροτών να χρησιμοποιήσει ανακτημένο νερό, σε τιμή βέβαια χαμηλότερη από αυτή του συμβατικού. Αυτό δικαιολογείται από τους ερευνητές στο ότι η συγκεκριμένη λεκάνη δεν αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας. Στην περίπτωση της Θεσσαλίας, η λειψυδρία αυξάνει την προθυμία του αγρότη να πληρώσει. Αξίζει να σημειωθεί, πως οι δύο έρευνες του 2005 εντός της ΠΛΑΠ ενδιαφέροντος για την άρδευση κωνοφόρων και χλοοτάπητα με επεξεργασμένα αστικά λύματα, δίνουν ενθαρρυντικά μηνύματα και στον τομέα των αστικών χρήσεων, όπως η άρδευση των χώρων πρασίνου και των γηπέδων. Επομένως μπορεί να θεωρηθεί πως η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων από ΕΕΛ, αποτελεί μια πρακτική που μπορεί να εφαρμοσθεί και στην ΠΛΑΠ της Θεσσαλίας, με ασφάλεια και οικονομικά βιώσιμους όρους.

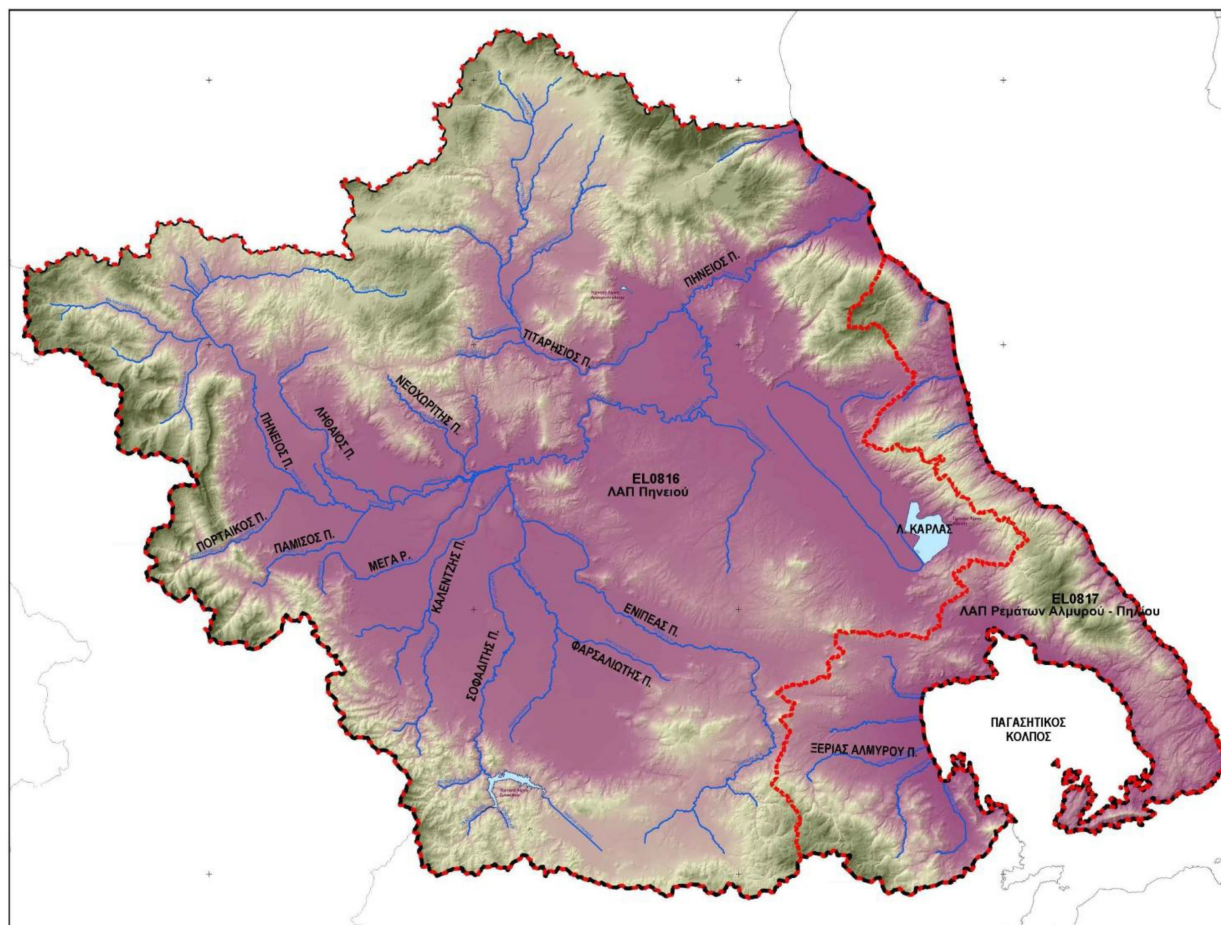
3. Περιοχή μελέτης – Δεδομένα

3.1. Εισαγωγή

Η εξαγωγή των δεδομένων έγινε από ποικίλες πηγές, επίσημους εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς καθώς και επιστημονικές μελέτες. Η αναφορά αυτών γίνεται ανά περίπτωση χρήσης. Η κυριότερη πηγή είναι βέβαια η 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017). Η επεξεργασία τους έγινε στο πρόγραμμα Microsoft Excel.

3.2. Γεωγραφικές πληροφορίες

Τα όρια του υδατικού διαμερίσματος (ΠΛΑΠ) της Θεσσαλίας (ΕΛ08) συμπίπτουν σχεδόν απόλυτα με τα αντίστοιχα της περιφέρειας. Το διαμέρισμα, Σχήμα 7, βρίσκεται στα κεντρικά της ηπειρωτικής Ελλάδας, συνορεύοντας στα νότια με την περιφέρεια της Στερεάς Ελλάδας, στα δυτικά με την Ήπειρο, στα βόρεια με την κεντρική και τη δυτική Μακεδονία, ενώ στα Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος. Όπως ορίστηκε από την απόφαση της Εθνικής Γραμματείας Υδάτων, Άρθρο 706/16-7-2010 (ΦΕΚ Β 1383/02-09-2010 και ΦΕΚ Β 1572/28-09-2010), «περί καθορισμού των Λεκανών Απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους» και τις αποφάσεις έγκρισης των 1^{ων} ΣΔΛΑΠ (“1ο ΣΔΛΑΠ ΥΔ Θεσσαλίας (GR08)”, 2014), καθορίστηκαν οι σαράντα έξι Λεκανές Απορροής Ποταμών, οι οποίες συγκροτούν δεκατέσσερις ΠΛΑΠ (Υδατικά Διαμερίσματα).



Σχήμα 7. Λεκάνες Απορροής Ποταμών στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας (ΕΛ08). (Πηγή: “1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)

Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας, ή ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, όπως καταγράφεται στην 1^η Αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ αποτελείται από δύο Λεκάνες Απορροής Ποταμών: αυτή του Πηνειού (ΕΛ0816, έκτασης 11062 km²) και αυτή των ρεμάτων Αλμυρού – Πηλίου (ΕΛ0817, έκτασης 2078 km²) (“1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017). Ο Πηνειός ποταμός, μήκους 213 km, και η αντίστοιχη υδρολογική του λεκάνη περιέχει αρκετούς σημαντικούς παραποτάμους όπως ο Σοφαδίτης, ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Ληθαίος και ο Τιταρήσιος. Μικρά τμήματα του γεωγραφικού διαμερίσματος, ιδίως προς τα νότια και νοτιοδυτικά, ανήκουν σε γειτονικά υδατικά διαμερίσματα. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι η διαφορά αυτή είναι μικρή, και δεδομένου ότι η κύρια ανθρώπινη δραστηριότητα βρίσκεται εντός του υδατικού διαμερίσματος, οι υπολογισμοί γίνονται με κοινά δεδομένα.

Ο Θεσσαλικός Κάμπος, αλλιώς Θεσσαλικό Πεδίο, είναι η μεγαλύτερη πεδινή έκταση της χώρας, και αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του υδατικού διαμερίσματος. Διαχωρίζεται σε ανατολικό και δυτικό Πεδίο από το χαμηλό όρος Χαλκηδόνιο και τους λόφους της Ταουσάνης. Από τα δυτικά προς τα ανατολικά του Κάμπου, διέρχεται ο ποταμός Πηνειός, ο κυριότερος της ΠΛΑΠ. Το Πεδίο είναι τεκτονικό βύθισμα, το οποίο περιβάλλεται από τους παρακάτω ορεινούς όγκους: Όλυμπος και Τίταρος στα βόρεια, οροσειρά Πίνδου (Αυγό, Θεσσαλικά Άγραφα, Κόζιακας) στα δυτικά, Όθρυς στα νότια, Όσσα, Μαυροβούνι και Πήλιο στα Ανατολικά. Όπως θα φανεί και παρακάτω, οι πεδινές εκτάσεις χρησιμοποιούνται πρωτίστως για τη γεωργία. Η μεγαλύτερη πόλη του διαμερίσματος είναι η Λάρισα, ούσα και το διοικητικό κέντρο της περιφέρειας.

3.3. Γεωλογικές συνθήκες

Στα βυθίσματα των γεωτεκτονικών ζωνών της περιοχής έχουν αποθεθεί δύο ειδών σχηματισμοί. Οι νεογενείς (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, άργιλοι, μάργες κ.ά.), οι οποίοι συναντώνται κυρίως στους λόφους που διασχίζουν το Θεσσαλικό Πεδίο και το Σαραντάπορο. Το δεύτερο είδος των σχηματισμών είναι τεταρτογενείς αποθέσεις (αλουβιακές, υλικά αναβαθμίδων, κώνοι κορημάτων κ.ά.) που καταλαμβάνουν τα πιο πεδινά τμήματα του Κάμπου. Το πάχος τους μπορεί να ξεπερνάει κατά πολύ τα 400 μέτρα και φιλοξενούν μεγάλης δυναμικότητας υπόγειες υδροφορίες. Η δυτική και ανατολική πεδιάδα της Θεσσαλίας διαθέτουν η καθεμία από ένα αυτοτελές υδρογεωλογικό κοκκώδες σύστημα. Στη ΛΑΠ Αλμυρού-Πηλίου, στην πεδινή περιοχή συναντώνται πάλι νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις, όπου στις τελευταίες καθώς και στους παραθαλάσσιους ανθρακικούς σχηματισμούς αναπτύσσονται υπόγειες υδροφορίες (“1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017).

3.4. Υδρογραφική πληροφορία

Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ απαιτεί το διαχωρισμό των υδάτινων σωμάτων σε ποταμούς, λίμνες, μεταβατικά ύδατα, παράκτια και υπόγεια, ενώ όλα τα επιφανειακά διαχωρίζονται σε φυσικά ΥΣ, τεχνητά υδατικά συστήματα (ΤΥΣ) και ιδιαιτέρως τροποποιημένα υδατικά συστήματα (ΙΤΥΣ). Η καταγραφή τους, με εξαίρεση τα πολύ μικρά υδάτινα σώματα, οφείλει να περιλαμβάνει πληροφορίες τόσο για την ποσοτική όσο και την ποιοτική τους κατάσταση. Αυτό γίνεται στο 1^ο ΣΔΛΑΠ ΥΔ Θεσσαλίας (GR08) (2014) και την 1^η Αναθεώρηση αυτού (“1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017).

3.4.1. Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα

(1) Ποτάμια ΥΣ

Η εφαρμογή της Οδηγίας στην 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017) είχε σαν αποτέλεσμα την καταγραφή 72 ποτάμιων υδατικών συστημάτων, εκ των οποίων τα 64 ανήκουν στη ΛΑΠ Πηνειού και τα 8 στη ΛΑΠ Ρεμάτων Αλμυρού-Πηλίου. Στο Σχήμα 8 φαίνονται τα περισσότερα από αυτά, και οι

επιμέρους τομές αυτών, δηλαδή τα σημεία όπου αλλάζει το τμήμα του ποταμού ή το ΕΥΣ που καταγράφεται. Για παράδειγμα ο Πηνειός Π. 1 είναι το τμήμα του ποταμού που εκβάλλει στη θάλασσα, ο Πηνειός Π. 2 το αμέσως ανάντη τμήμα και ούτω καθεξής. Η αναλυτική καταγραφή των ποταμών δίνεται στην 1^η αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Από αυτούς καταγράφονται αθροιστικά οι κυριότεροι στον Πίνακα 10. Αξίζει να σημειωθεί πως ο Ενιπέας, ο Τιταρήσιος και ο Σοφαδίτης συμβάλλουν τελικώς στον Πηνειό, ο οποίος είναι ο μόνος σημαντικός που εκβάλλει στη θάλασσα. Τόσο η συνολική λεκάνη απορροής του, όσο και η μέση ετήσια απορροή του περιλαμβάνουν τις ποσότητες από τους άλλους τρεις ποταμούς που καταγράφονται στον Πίνακα 10. Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ οδηγεί στον διαχωρισμό τμημάτων των ποταμών για λόγους καλύτερης εποπτείας και καταγραφής των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Από τα 72 ποτάμια ΥΣ τα 65 είναι φυσικά, ενώ οι δύο τάφροι που συνδέονται με την λίμνη Κάρλα, το τμήμα 7 του Πηνειού και η τάφρος της Ξυνιάδας είναι Τεχνητά Υδατικά Συστήματα. Τέλος, το τμήμα 6 του Πηνειού, το κατάντη τμήμα του Κουμπασανιώτικου ρέματος, το πλέον ανάντη τμήμα του Σοφαδίτη και το δεύτερο τμήμα του Ληθαίου αποτελούν Ιδιαιτέρως Τροποποιημένα Υδατικά Συστήματα (ΙΤΥΣ).

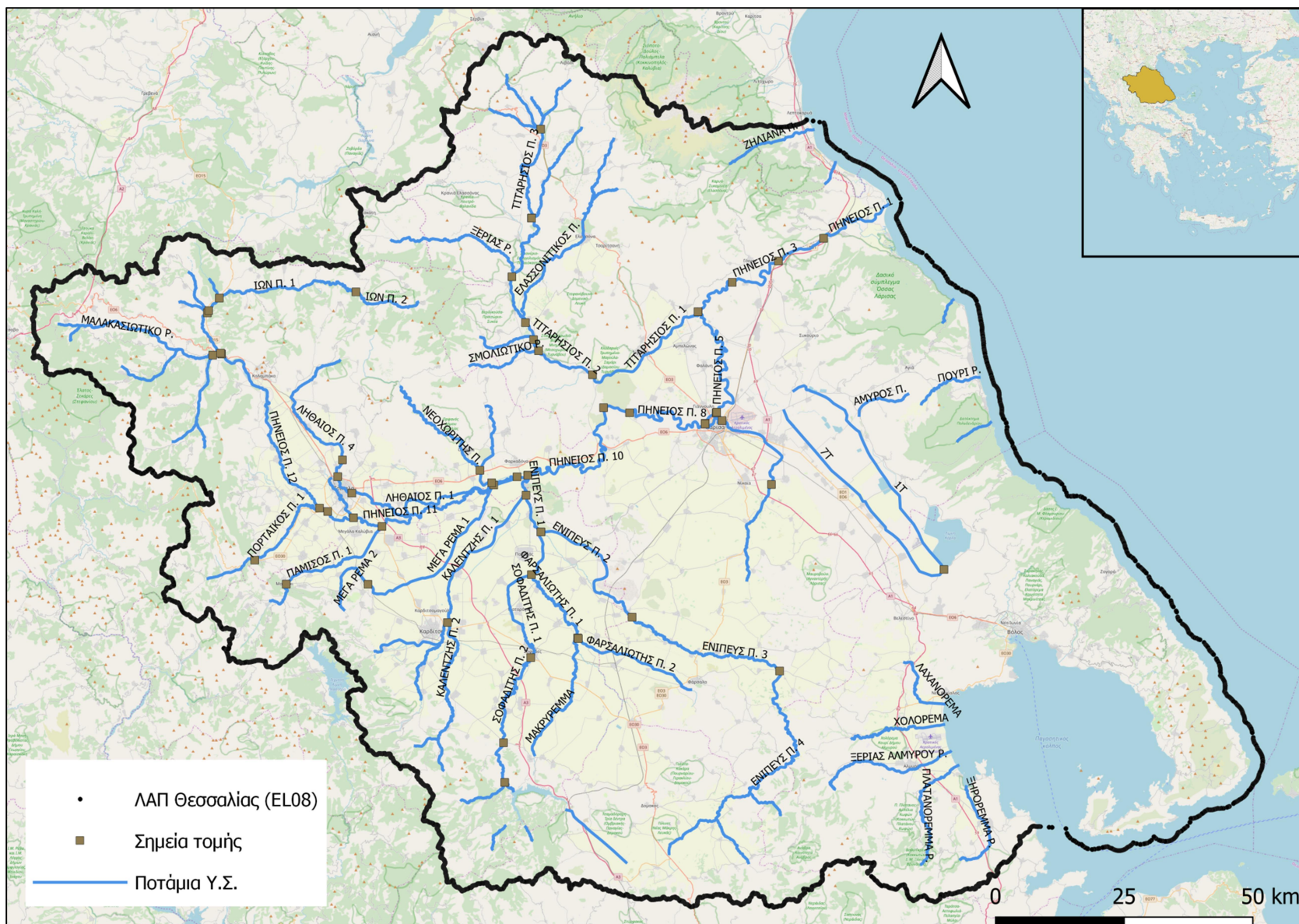
Πίνακας 10. Κυριότεροι Ποταμοί ΥΔ 08. (Πηγή: “1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)

Όνομα	Μήκος (km)	Συνολική Λεκάνη Απορροής (km ²)	Μέση Ετήσια Απορροή (10 ⁶ m ³)
Πηνειός Ποταμός	213.1	9461.99	3165.5
Ενιπέυς Ποταμός	132.3	3210.86	935.2
Τιταρήσιος Ποταμός	110.5	1892.87	465.5
Σοφαδίτης Ποταμός	55.7	1.66.76	385.0

Οι πιέσεις των απολήψεων καταγράφονται και αυτές για το κάθε τμήμα των ποτάμιων Υ.Σ του Υδατικού Διαμερίσματος. Από την παραπάνω καταγραφή προκύπτουν συνολικές απολήψεις επιφανειακών υδάτων 696.6*10⁶ m³/ έτος (συμπεριλαμβανομένων των Λιμναίων ΥΣ) στην 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017). Σχεδόν το απόλυτο σύνολο όλων των τμημάτων των βασικών ποταμών, με εξαιρέσεις τα πολύ μικρής απορροής τμήματα στις πηγές τους, εμφανίζουν κατά τους θερινούς μήνες όγκους απολήψεων μεγαλύτερους του 30%, ενώ σε πολλά τμήματα ο όγκος απόληψης ξεπερνά το 50% της θερινής απορροής. Στον Πηνειό εκτός από το 12^ο τμήμα του, όλα τα υπόλοιπα εμφανίζουν πάνω από 50% απόληψη του θερινού όγκου τους, ενώ στα τμήματα από 1 μέχρι 5, το ποσοστό ξεπερνάει το 80%. Ο Ενιπέας, ο Σοφαδίτης, ο Ληθαίος και πολλοί άλλοι μικρότεροι ποταμοί και ρέματα, έχουν τμήματα με απολήψεις άνω του 50%, με μεγαλύτερη τιμή το 97.4% στο Πλατανόρεμμα. Βέβαια στην εξέταση της συνολικής ετήσιας απόληψης, τα ποτάμια ΥΣ που υφίστανται πίεση είναι σαφώς λιγότερα. Καταγράφονται 7 ΕΥΣ υπό μεσαία πίεση απολήψεων και 9 που υφίστανται υψηλή πίεση. Τα πιο σημαντικά εξ' αυτών είναι το τμήμα 1 του Ενιπέα που υπόκειται σε μεσαία πίεση (45.12%, στο κατώφλι προ της υψηλής) και το τμήμα 1 του Σοφαδίτη με όγκο απόληψης 52.23% της ετήσιας απορροής του (υψηλή πίεση). Σκοπός του συνόλου των απολήψεων για τα ποτάμια ΥΣ είναι η άρδευση.

Η κατά την Οδηγία αξιολόγηση της κατάστασης των ποτάμιων ΥΣ γίνεται με την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης ή δυναμικού (για ΤΥΣ και ΙΤΥΣ) και της χημικής, ώστε να συναχθεί η συνολική κατάσταση των ΥΣ. Τα αναλυτικά αποτελέσματα της 1^{ης} Αναθεώρησης ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017) έχουν ως εξής:

- Οικολογική Κατάσταση:
 - 2/72 (2.78%) Άγνωστη
 - 4/72 (5.56%) Κακή
 - 20/72 (27.78%) Ελλιπής
 - 16/72 (22.23%) Μέτρια
 - 30/72 (41.67%) Καλή
 - 0/72 (0.00%) Υψηλή
- Χημική Κατάσταση:
 - 12/72 (16.67%) Άγνωστη
 - 4/72 (5.56%) Κατώτερη της καλής
 - 56/72 (77.78%) Καλή
- Συνολική κατάσταση:
 - 13/72 (18.06%) Άγνωστη
 - 2/72 (2.78%) Κακή
 - 16/72 (22.23%) Ελλιπής
 - 13/72 (18.06%) Μέτρια
 - 28/72 (38.89%) Καλή
 - 0/72 (0.00%) Υψηλή



Σχήμα 8. Η ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, τα ποτάμια ΥΣ και οι επιμέρους τομές αυτών.

(2) Λιμναία ΥΣ

Στην ΠΛΑΠ της Θεσσαλίας απαντώνται μόνο τρία λιμναία ΥΣ, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των ΙΤΥΣ. Αυτά είναι η τεχνητή λίμνη Αργυροπουλίου, η ανασυσταθείσα τεχνητή λίμνη Κάρλας και η τεχνητή λίμνη του Σμοκόβου, η οποία είναι ποτάμιο ΙΤΥΣ λιμναίου τύπου. Η τεχνητή λίμνη του Σμοκόβου βρίσκεται στο νοτιοδυτικό ορεινό τμήμα του ΥΔ, έχει έκταση 9.91 km^2 και μέση ετήσια απορροή $65 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Παρουσιάζει καλό οικολογικό δυναμικό και χημική κατάσταση και χρησιμοποιείται για αρδευτικούς και υδροδοτικούς σκοπούς καθώς και για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (11 GWh/ έτος). Η τεχνητή λίμνη του Αργυροπουλίου με ετήσια απόληψη περί τα $1.74 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, έχει έκταση 0.49 km^2 και βρίσκεται στην περιοχή του Τυρνάβου. Το νερό της χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς, ενώ τόσο η οικολογική του κατάσταση όσο και η χημική είναι άγνωστες. Η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας το 1962 έγινε με σκοπό την αύξηση των αγροτικών γαιών (Chamoglou et al., 2014). Ο νέος ταμιευτήρας, του οποίου οι εργασίες άρχισαν το 1999, έχει ως σκοπό την αντιπλημμυρική προστασία, την ενίσχυση των υπόγειων υδροφορέων καθώς και την παροχή κυρίως αρδευτικού νερού για τις γύρω περιοχές αλλά και την μερική ανασύσταση του παρελθόντος οικοσυστήματος (Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας, 2020b). Η επιφάνεια του νέου ταμιευτήρα είναι 38 km^2 και βρίσκεται στο ΝΑ άκρο του Θεσσαλικού Πεδίου, ενώ η χωρητικότητά του εκτιμάται σε $184 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, εκ των οποίων τα $57 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ προορίζονται για τη διατήρηση του οικοσυστήματος και άλλα $10.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για την ενίσχυση της ύδρευσης του Βόλου. Έρευνες που έχουν γίνει για την ανασυσταθείσα λίμνη και τη γύρω λεκάνη απορροής έχουν καταγράψει: (1) τάσεις ευτροφισμού με κατά περιόδους εμφάνιση αλγών (Chamoglou et al., 2014), (2) ανάγκη αναβάθμισης του παρόντος δικτύου διανομής του νερού, αλλαγή των αρδευτικών μεθόδων και των ειδών που καλλιεργούνται (Alamanos et al., 2019; Tzabiras et al., 2016) και (3) την αναθεώρηση των τιμολογιακών πολιτικών, με βάση το είδος της καλλιέργειας.

3.4.2. Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

Στην ΠΛΑΠ 08 καταγράφονται 33 ΥΥΣ. Τα σημαντικότερα εξ' αυτών με κριτήριο τους όγκους απόληψης που καταγράφονται είναι τα εξής:

1. ΥΥΣ Κώννου Πηνείου – Πορταϊκού – Παμισσού, με μέση ετήσια απόληψη:	$207.16 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
2. ΥΥΣ Πεδιάδας νοτιοδυτικής Θεσσαλίας, ετήσια απόληψη:	$145.21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
3. ΥΥΣ Λάρισας – Κάρλας, με ετήσια απόληψη:	$88.52 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
4. ΥΥΣ Κώννου Τιταρήσιου, με ετήσια απόληψη:	$58.48 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
5. ΥΥΣ Δομασίου – Τιτάνου, με ετήσια απόληψη:	$56.97 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

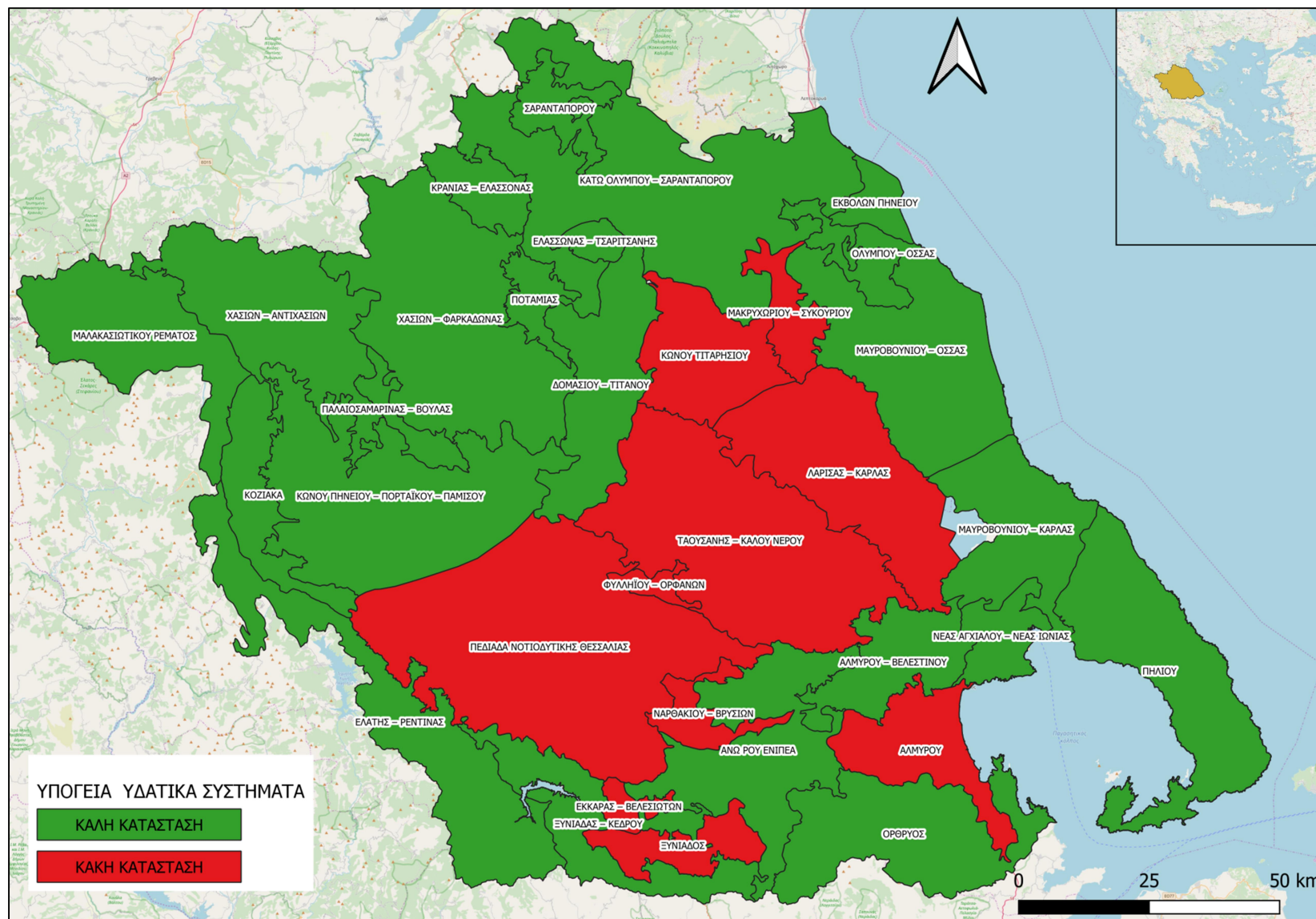
Το σύνολο των ετήσιων απολήψεων από τα ΥΥΣ του υδατικού διαμερίσματος υπολογίζεται κατά μέσο όρο στα $923 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ενώ η μέση ετήσια τροφοδοσία τους υπολογίζεται στα $1891 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Από αυτά, τα $843 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ προορίζονται για αρδευτική χρήση, ενώ μόλις τα $80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ χρησιμοποιούνται για υδρευτικούς σκοπούς. Από τα 33 ΥΥΣ, τα 10 από αυτά βρίσκονται σε κακή ποσοτική κατάσταση λόγω των μακροχρόνιων υπεραντλήσεων με αποτέλεσμα την μείωση των μόνιμων υπογείων αποθεμάτων. Τα σημαντικότερα προβλήματα υπεραντλήσεων (όπου η μέση άντληση ξεπερνά την μέση τροφοδοσία, δηλαδή σε ξηρά υδρολογικά έτη η διαφορά θα είναι ακόμα μεγαλύτερη) και υποβιβασμού της στάθμης παρατηρούνται στα ΥΥΣ Πεδιάδας νοτιοδυτικής Θεσσαλίας, Λάρισας – Κάρλας, Ταουσάνης – Καλού Νερού και Μακρυχωρίου – Συκουρίου. Στην 1^η Αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ του ΥΔ 08 εκτιμάται ότι από το 1980 μέχρι το 2017 έχουν αντληθεί περί τα $3000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ από τα μόνιμα υπόγεια υδατικά αποθέματα. Επίσης, στο ΥΥΣ Αλμυρού οι υπεραντλήσεις

έχουν ως αποτέλεσμα τη θαλάσσια διείσδυση σε μεγάλη απόσταση εντός της ενδοχώρας και την ποιοτική υποβάθμιση του υδροφορέα. Σε αρκετές περιοχές από το 2008 είχε παρατηρηθεί πτώση της στάθμης από 15-20 m έως και 50-100 m (Τσιάκαλου, 2008). Τέλος, αναφέρονται φαινόμενα καθίζησης ή ρωγμών του εδάφους, λόγω της συμπίεσης των κενών των πόρων. Και ο Rozos (2017) καταγράφει αντίστοιχο φαινόμενο, στη δυτική πεδιάδα της Θεσσαλίας, όπου παρατηρήθηκε καθίζηση λόγω συμπίεσης κενών των πόρων ενός εξαντλημένου υδροφορέα.

Η χημική κατάσταση των ΥΥΣ έχει αξιολογηθεί στην 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017), παρουσιάζοντας καλύτερα αποτελέσματα από την ποσοτική. Μόλις 4 από τα 33 ΥΥΣ αντιμετωπίζουν σοβαρά ποιοτικά προβλήματα τα οποία οφείλονται κυρίως στην αυξημένη συγκέντρωση NO_3 από αγροτικές δραστηριότητες. Τοπικά αυξημένες συγκεντρώσεις NO_3 παρατηρούνται σε άλλα 11 ΥΥΣ, ενώ σημειώνονται και αυξήσεις στις συγκεντρώσεις του χλωρίου, του σιδήρου και του μαγγανίου. Εκτός του συστήματος Αλμυρού, θαλάσσια διείσδυση παρατηρείται και στο σύστημα Νέας Αγχιάλου – Νέας Ιωνίας. Η συνολική κατάσταση των ΥΥΣ αποτυπώνεται στο Σχήμα 9. Τέλος αξίζει να αναφερθούν τα 7 ΥΥΣ τα οποία προορίζονται για άρδευση ύδατος ανθρώπινης κατανάλωσης και είναι αυτά του Κόζιακα, Παλιοασαμαρίνας – Βούλας, Κρανιάς – Ελασσόνας, Δαμασίου – Τιτάνου, Εκκάρας – Βελεσιωτών, Κάτω Ολύμπου – Όσσας και Ναρθακίου – Βρυσίων. Και τα επτά βρίσκονται σε καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση. Από τα παραπάνω γίνεται σαφές πως η υποβάθμιση των αναφερθέντων ΥΥΣ οφείλεται κυρίως στην άρδευση, όπου το φαινόμενο των παράνομων και μη καταγεγραμμένων γεωτρήσεων είναι σύνηθες, καθώς και στους ΤΟΕΒ που στην πλειονότητά τους δεν ενθαρρύνουν την αποδοτική διαχείριση των υδατινών πόρων της περιοχής τους (Alamanos et al., 2019).

3.4.3. Έργα ταμίευσης

Στην ιστοσελίδα των Υδάτινων Πόρων και Περιβάλλοντος Θεσσαλίας (2020a), καταγράφονται αρκετά μικρά έργα ταμίευσης νερού, για αρδευτική ή υδρευτική χρήση, συνδράμοντας και στην αντιπλημμυρική προστασία των περιοχών που εξυπηρετούν. Το θυρόφραγμα της Γυρτώνης ολοκληρώθηκε το 2013, με σκοπό την ταμίευση νερού στον Πηνειό και την άρδευση μέσω βαρύτητας εκτάσεων 160 km^2 , με την ετήσια αποθήκευση και μεταφορά $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ σε άλλες λιμνοδεξαμενές και τη λίμνη Κάρλα. Το φράγμα του Λιβαδίου, ολοκληρώθηκε το 2006 και έχει χωρητικότητα $1.51 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ενώ στην περιοχή κατασκευάστηκε και κλειστό πρωτεύον δίκτυο μεταφοράς του νερού. Το φράγμα Παναγιώτικο στο Πήλιο με χωρητικότητα $1.62 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ χρησιμοποιείται για υδρευτικούς σκοπούς. Έχει ολοκληρωθεί ακόμα το έργο του φράγματος του Μαυροματίου της Σούρπης Μαγνησίας, με χωρητικότητα $1.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Επιπλέον, στη Θεσσαλία έχουν κατασκευαστεί την περίοδο 1987-2015, δεκαέξι πεδινοί ταμιευτήρες με συνολική χωρητικότητα $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η συνολική χωρητικότητα συλλογής και αποθήκευσης νερού για την ΠΛΑΠ ΕΛ08 υπολογίζεται από την Μαντούζα (2008) σε $320 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, με μέσο κόστος κατασκευής για τους ταμιευτήρες $472000 \text{ €/}10^6 \text{ m}^3$ και $414000 \text{ €/}10^6 \text{ m}^3$ για τα φράγματα ύψους άνω των 15 m.

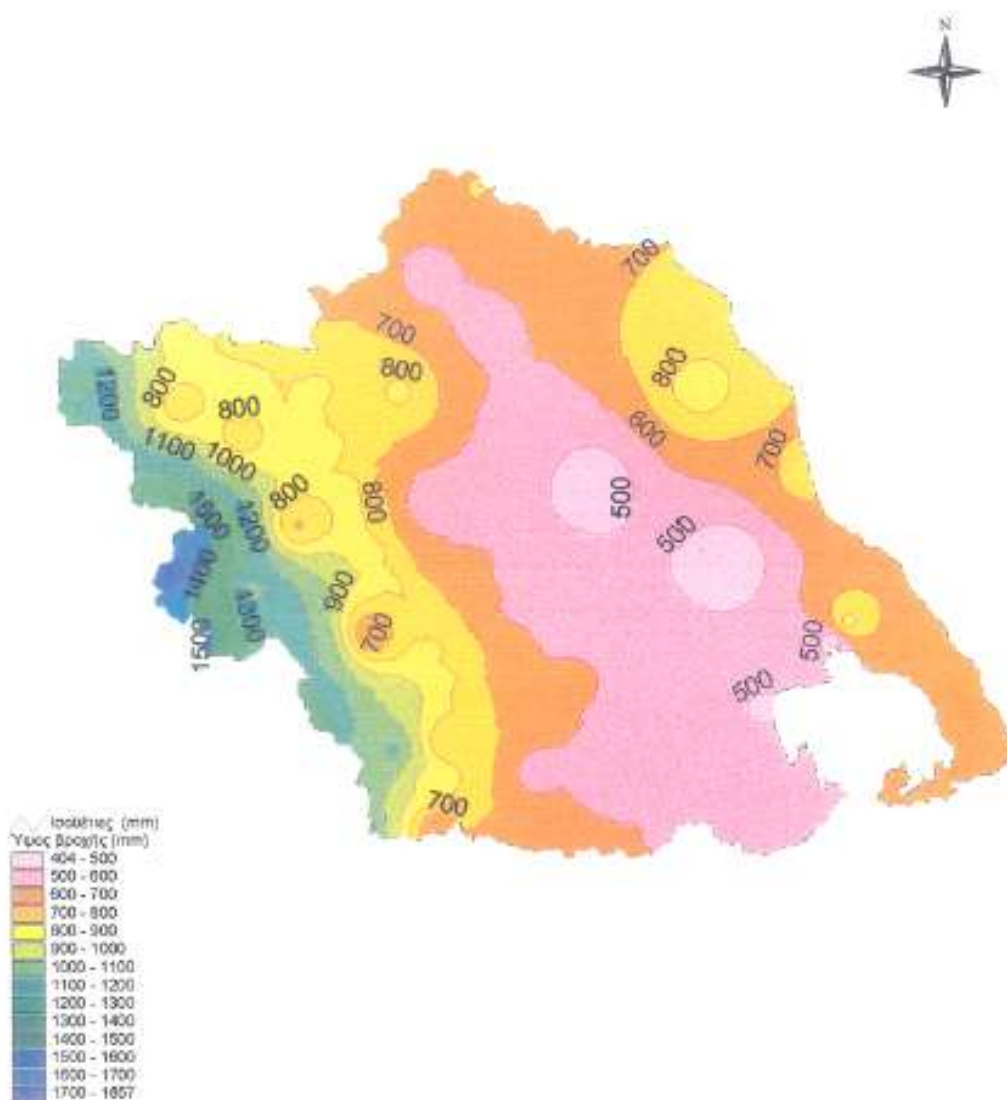


Σχήμα 9. ΥΓΣ και συνολική κατάσταση αυτών

3.5. Κλίμα

3.5.1. Γενικά

Όπως αναφέρεται στα σχέδια Διαχείρισης της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, το κλίμα της διαιρείται σε τρεις περιοχές, την ανατολική με μεσογειακό κλίμα, την κεντρική πεδινή με ηπειρωτικό κλίμα και τη δυτική ορεινή, με ορεινό κλίμα. Σύμφωνα με την έκθεση της WWF Ελλάδος (Ζωγράφου et al., 2012), το ανατολικό μεσογειακό κομμάτι χαρακτηρίζεται από θερμά και ξηρά καλοκαίρια με ήπιους χειμώνες, ο Κάμπος, το κεντρικό τμήμα, από θερμά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες ενώ τα δυτικά ορεινά από αφθονία χιονοπτώσεων και μεγάλα ύψη βροχής. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16 και 17 βαθμών κελσίου. Χαρακτηριστικά ύψη της ετήσιας βροχόπτωσης είναι 1142 mm στο σταθμό του Μουζακίου, 478 mm στο σταθμό Λάρισας, 729 mm στο σταθμό Τρικάλων και 488 mm στο σταθμό Νέας Αγχιάλου. Στο Σχήμα 10, φαίνεται η κλιματολογική διαφορά των πεδινών κεντρικών περιοχών και των πέριξ αυτών ορεινών όγκων βάσει του ύψους βροχής.



Σχήμα 10. Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση και Ισοϋπίες Καμπύλες (1960-1993). (Πηγή: Κουτσογιάννης & Ναλμπάντης, 1997)

3.5.2. Λειψυδρία – Ξηρασία

(1) Ορισμοί

Η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (2007) ορίζει με σαφήνεια τα φαινόμενα της λειψυδρίας και της ξηρασίας.

Η λειψυδρία αποτελεί ανθρωπογενές φαινόμενο, το οποίο «περιγράφει μία κατάσταση μακροχρόνιας υδατικής ανισορροπίας, όπου η ζήτηση νερού υπερβαίνει τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Ενώ τέτοιες περιπτώσεις συνήθως προκύπτουν σε περιοχές με χαμηλή διαθεσιμότητα ύδατος ή βροχόπτωσης, μπορούν επίσης να ανακύψουν σε περιοχές με υψηλά επίπεδα κατανάλωσης νερού υπό την πίεση υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας ή τη χρήση σημαντικών όγκων νερού για αγροτικές ή βιομηχανικές δραστηριότητες». Αξίζει να σημειωθεί πως η λειψυδρία ορίζεται από το όργανο της ΕΕ ως υπερβάλλουσα ζήτηση και όχι ως ελλειμματική προσφορά νερού όπως σε άλλες πηγές (“ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας”, 2014) ή (Jaeger et al., 2013). Το παραπάνω είναι ενδεικτικό της νοοτροπίας αντιμετώπισης του προβλήματος, με πρώτο μέλημα τον εξορθολογισμό της ζήτησης και την αυστηρά ελεγχόμενη κατασκευή νέων υποδομών ή μεταφορών νερού. Ο χρησιμοποιούμενος δείκτης λειψυδρίας τόσο σε επίπεδο ΕΕ όσο και σε εθνικό επίπεδο είναι ο Water Exploitation Index (WEI), με διάφορες παραλλαγές. Ουσιαστικά πρόκειται για τη μέση ετήσια συνολική ζήτηση νερού διαιρεμένη με τη μέση υπερετήσια διαθεσιμότητα ύδατος, ενώ το ξεπέρασμα ορισμένων κατωφλίων υποδεικνύει τη σοβαρότητα των πιέσεων που ασκούνται στα υδάτινα αποθέματα (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

Η ξηρασία «είναι η έκφραση για μια προσωρινή μείωση της μέσης διαθεσιμότητας ύδατος. Η κύρια αιτία για την ύπαρξη ξηρασίας είναι συνήθως η μείωση των βροχοπτώσεων. Υψηλές θερμοκρασίες αέρα και μεγάλοι ρυθμοί εξατμισοδιαπνοής είναι πιθανό να δρουν σε συνδυασμό με την έλλειψη βροχόπτωσης. Μπορούν να επιμηκύνουν τη διάρκεια και την οξύτητα των ξηρασιών. Οι ξηρασίες σχετίζονται με τις εποχές και κυρίως λαμβάνουν χώρα το καλοκαίρι και την άνοιξη, αν και μπορεί να εμφανιστούν και το χειμώνα. Επίσης σχετίζονται με τη δραστηριότητα της κατακρήμνισης, παραδείγματος χάριν την ένταση της βροχόπτωσης και τον αριθμό των γεγονότων βροχής. Τελικώς, αυτά τα γεγονότα αποτελούν ένα συνδυασμό φυσικών παραγόντων, εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθούν σε ορισμένες περιπτώσεις. Παρόλα αυτά, η έντασή τους μπορεί να ενισχυθεί από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, συγκεκριμένα από καταστάσεις λειψυδρίας. Κατά όμοιο τρόπο, μία κατάσταση λειψυδρίας μπορεί να ενταθεί από την ύπαρξη μίας ξηρασίας». Στο ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας (2014), παρατίθενται διαφορετικές κατηγορίες ξηρασίας όπως:

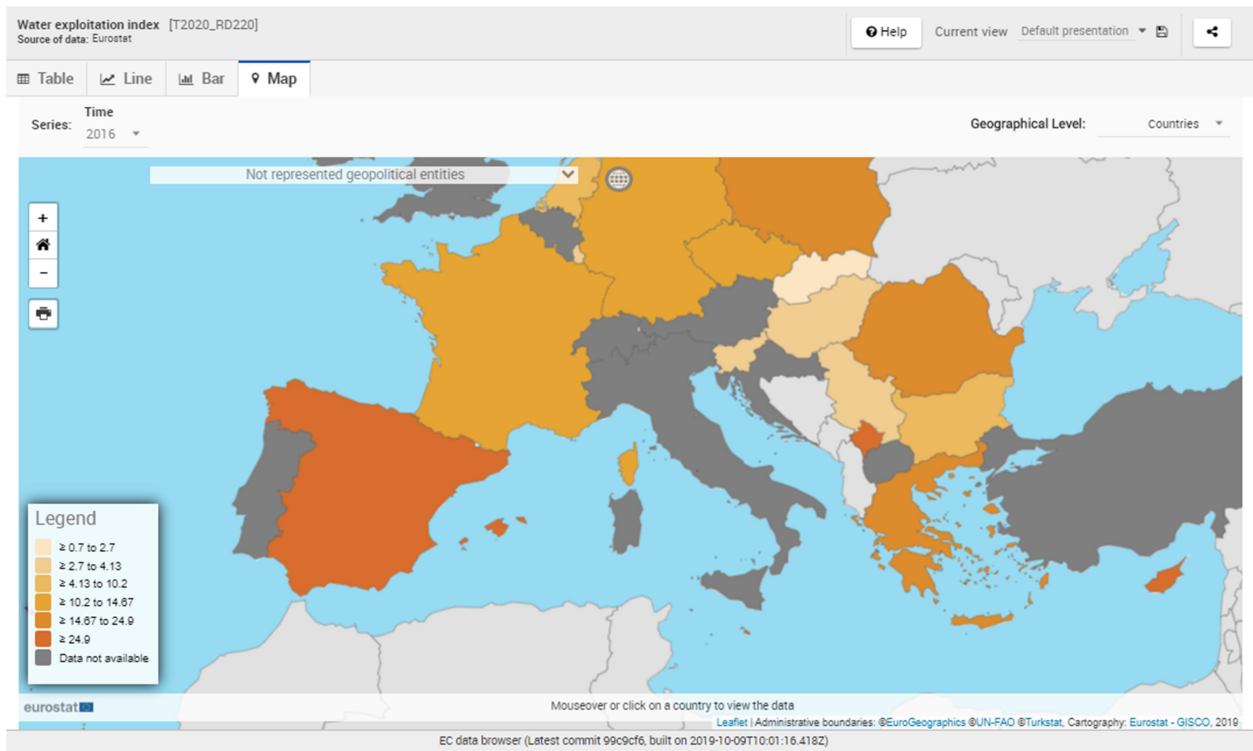
- Η υδρολογική, η οποία αναφέρεται σε περιπτώσεις μειωμένης κατακρήμνισης, επιφανειακής απορροής κ.ά. που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαθεσιμότητας νερού
- Η γεωργική ξηρασία, αναφερόμενη σε ανεπάρκεια της εδαφικής υγρασίας για κάποιο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών
- Η μετεωρολογική ξηρασία, ήτοι η απόκλιση των κατακρημνίσεων από τα αναμενόμενα μεγέθη.
- Η κοινωνικοοικονομική ξηρασία, η οποία ορίζει την αδυναμία του συστήματος των υδατικών πόρων μιας περιοχής να καλύψει τη ζήτηση νερού

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές πως η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο ορισμένης χρονικής διάρκειας, έντασης και χωρικής κατανομής. Αυτά τα τρία είναι και τα βασικά χαρακτηριστικά της (“ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας”, 2014). Τέλος, η συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου της ξηρασίας αποτελεί βασική παράμετρο του φαινομένου (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

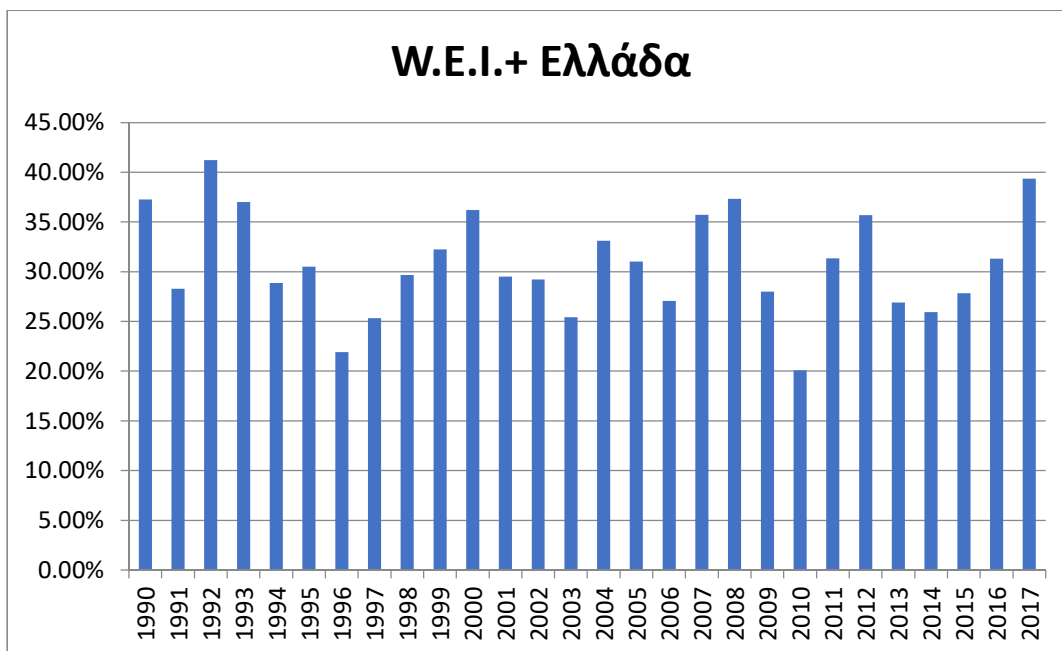
(2) Λειψυδρία – Ξηρασίες στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 11 του δείκτη WEI για το έτος 2016 της Eurostat (2019), η Ελλάδα έχει σχετικά χαμηλό δείκτη εκμετάλλευσης των υδάτων σε σχέση με τις λοιπές μεσογειακές χώρες. Πιο συγκεκριμένα, ο WEI της χώρας είναι 15.6% ενώ της Κύπρου και της Ισπανίας είναι 67.9% και 28.1% αντίστοιχα. Σε αντίθεση με τα παραπάνω στοιχεία, η European Environment Agency (EEA) για το ίδιο έτος εκτιμά τον δείκτη WEI+ στο 31.3%, ενώ ο μέσος όρος υπολογίζεται στο 30.84% για τα έτη 1990-2017 (Σχήμα 12),(EEA, 2019). Συνεπώς, η Ελλάδα κατατάσσεται δεύτερη στη σειρά με το μεγαλύτερο δείκτη εκμετάλλευσης υδάτων, αμέσως μετά την Κύπρο, με μεγάλη διαφορά από τις λοιπές χώρες της ηπειρωτικής Ευρώπης. Αξίζει να σημειωθεί πως ο δείκτης WEI+ είναι η εξέλιξη του δείκτη WEI. Ο πρώτος υπολογίζεται με παρονομαστή τις ετήσιες ανανεώσιμες ποσότητες του νερού, ενώ ο δεύτερος με παρονομαστή τον υπερετήσιο μέσο όρο των ανανεώσιμων ποσοτήτων. Κάτι τέτοιο σημαίνει πως σε μία χρονιά με λίγες βροχοπτώσεις, ο δείκτης WEI+ έχει πιο έντονη απόκριση σε σχέση με τον αρχικό.

Η κατάρτιση του ειδικού σχεδίου διαχείρισης ως προς τα δύο φαινόμενα πραγματοποιήθηκε το 2014. Στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας, καταγράφεται πως ο προσαρμοσμένος στην Ελλάδα δείκτης, έχει τιμή 49% για την υπολεκάνη του Πηνειού EL0816 και 22% για την υπολεκάνη ρεμάτων Αλμυρού – Πηλίου (“ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας”, 2014). Τα αποτελέσματα αυτά, βάσει της επεξήγησης που δίνει η Eurostat (2019), καταδεικνύουν σοβαρή λειψυδρία στην EL0816 και λειψυδρία πέραν του προειδοποιητικού κατωφλίου του 20% για την EL0817. Αξίζει να σημειωθεί πως το ΥΔ Θεσσαλίας κατά το υδρολογικό έτος 2014, είχε τον τρίτο μεγαλύτερο θερινό δείκτη εκμετάλλευσης υδάτων σε επίπεδο Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού πανευρωπαϊκά (EEA, 2017).

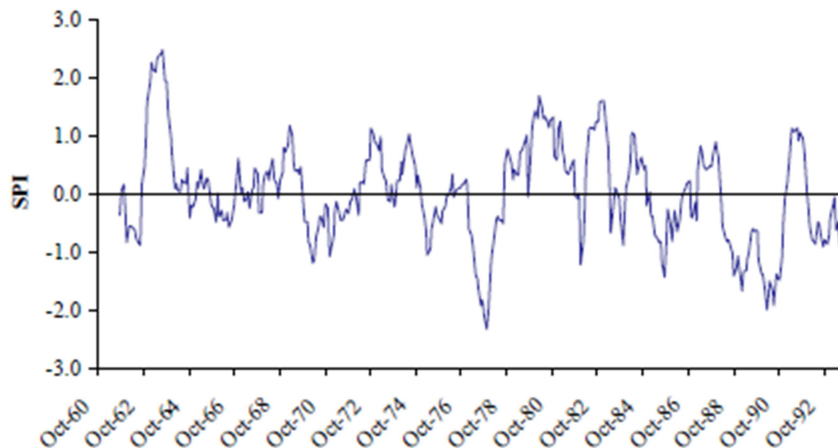


Σχήμα 11 .Water exploitation index, country, 2016. (Πηγή: Eurostat, 2019)



Σχήμα 12. Water exploitation index plus. Greece, 1990-2017. (Πηγή: EEA, 2019)

Τα επεισόδια ξηρασίας τις τελευταίες δεκαετίες του προηγούμενου αιώνα ήταν αρκετά, με σημαντικότερα αυτά των ετών 1976-1977 και 1989-1990 (“ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας”, 2014). Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 13, ο δείκτης SPI για ετήσια χρονική κλίμακα προσεγγίζει την περιοχή του -2.0 δύο φορές τις περιόδους που αναφέρονται παραπάνω. Προσεγγίζει δηλαδή την κατηγορία της εξαιρετικής σοβαρότητας ξηρασίας, ενώ και σε άλλα έτη όπως το '85 ή το '81 αποτυπώνονται σοβαρά φαινόμενα ξηρασίας. Ο Loukas (2007) εκτιμά πως με τις υπάρχουσες προβλέψεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή τα φαινόμενα ξηρασίας αναμένεται να αυξηθούν σημαντικά. Μάλιστα υπό κάποια σενάρια μελέτης εκτιμάται πως θα παρατηρηθούν ίσως και διπλάσιες ξηρασίες σε σχέση με το παρόν.



Σχήμα 13. Δείκτης SPI ετήσιας χρονικής κλίμακας. (Πηγή: Loukas et al., 2007)

Το πρόβλημα της λειψυδρίας στο Υδατικό διαμέρισμα, σε συνδυασμό με τα φαινόμενα ξηρασίας, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στα υδάτινα σώματα όπως φαίνεται από τα ιστορικά δεδομένα. Τους θερινούς μήνες του υδρολογικού έτους 1989-1990 η απορροή του ποταμού Πηνειού προσέγγισε το μηδέν, η υδροδότηση της Λάρισας διακόπηκε για εξήντα ώρες, το διαθέσιμο αρδευτικό νερό μειώθηκε υπέρ της ύδρευσης, ενώ η ιδιωτική αναζήτηση των αγροτών για νερό μέσω των γεωτρήσεων είχε σαν αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα. Η υψηλή τρωτότητα που εντοπίζεται σε μεγάλο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος ακόμα και για υδρευτικό νερό (“ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08. Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας”, 2014), καταδεικνύει την ανάγκη βελτίωσης της ποσοτικής κατάστασης των υπογείων υδατικών συστημάτων. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί όταν ο δείκτης εκμετάλλευσης του νερού είναι ο δεύτερος υψηλότερος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η μείωση της σπατάλης νερού και η αύξηση της αποδοτικότητας κατά τη χρήση του αποτελούν προτεραιότητα έναντι κάθε νέου έργου (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

3.6. Ανθρωπογενή χαρακτηριστικά

3.6.1. Πληθυσμός

Το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει πληθυσμό 732762 κατοίκων (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011). Τα σημαντικότερα αστικά κέντρα είναι η Λάρισα και ο Βόλος, ενώ άλλες σημαντικές πόλεις είναι τα Τρίκαλα, η Καρδίτσα, ο Τύρναβος. Ακόμα, όπως αναφέρει το 1^ο ΣΔΛΑΠ, υπάρχουν 32 ημιαστικά κέντρα που συνδέονται άμεσα με τις εξελίξεις στον αγροτικό χώρο. Επί του συνόλου του πληθυσμού, βάσει της απογραφής, απασχολούμενοι είναι 230405 κάτοικοι και άνεργοι 53022. Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Περιφέρειας για το έτος 2016 υπολογίζεται στα $9.21 \cdot 10^9$ €, δηλαδή λίγο πάνω από το 5% του συνολικού ΑΕΠ (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019α). Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι αρκετά χαμηλότερο του εθνικού και κυμαίνεται στα 12662 € (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019b). Αξίζει να σημειωθεί πως πρόκειται για την πλέον αγροτική περιφέρεια της επικράτειας, κατέχοντας το μεγαλύτερο επιχειρηματικό έσοδο Γεωργίας, $883 \cdot 10^6$ €, λίγο λιγότερο από το 20% των εσόδων σε εθνικό επίπεδο (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2018). Ο πληθυσμός που ασχολείται με την γεωργία, τη δασοκομία και την αλιεία ανέρχεται στους 56660 κατοίκους, ποσοστό μεγαλύτερο του 24% των απασχολούμενων της Περιφέρειας (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2020).

3.6.2. Χρήσεις γης

Ο Πίνακας 11, κατανομής των χρήσεων γης που παρατίθεται από την 1^η Αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ με τα στοιχεία του ΟΠΕΚΕΠΕ του 2015 επιβεβαιώνει την κυριαρχία της γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα. Αξίζει να σημειωθεί πως στην περιοχή εντοπίζονται και εκτάσεις περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος υπό διαφορετικά καθεστώτα προστασίας. Αυτές είναι ένα τμήμα του Εθνικού Πάρκου – Εθνικού Δρυμού Ολύμπου, 29 περιοχές του ευρωπαϊκού οικολογικού δικτύου Natura 2000 (Οδηγίες 92/43/ΕΚ και 2009/147/ΕΚ (79/409/ΕΟΚ)), 6 Αισθητικά Δάση, ένα Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης και τα Μετέωρα, Μνημείο Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς UNESCO (Ζωγράφου et al., 2012).

Πίνακας 11. Χρήσεις Γης στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. (Πηγή: “1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)

Κατηγορίες χρήσεων γης	ΛΑΠ Πηνειού (EL0816)	ΛΑΠ Ρεμάτων Αλμυρού-Πηλίου (EL0817)
Αστικές	<1%	<1%
Βοσκότοποι	23%	11%
Καλλιέργειες	45%	34%
Δάσος	27%	52%
Δρόμοι/Υδατα	5%	2%



Σχήμα 14. Χρήσεις γης στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. (Πηγή: “1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)

3.6.3. Αρμόδιες αρχές

Βάσει του Ν.3199/2003 (“ΦΕΚ Α’ 280”, 2003) και των μετέπειτα τροποποιήσεών του, οι αρμόδιες αρχές για την προστασία και διαχείριση των υδάτων είναι:

- Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, η οποία έχει οριστεί «ως το υψηλού επιπέδου διυπουργικό όργανο το οποίο έχει την ευθύνη χάραξης της πολιτικής για τη διαχείριση και προστασία των υδατικών Πόρων της χώρας. Ειδικότερα, χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, παρακολουθεί και ελέγχει την εφαρμογή της και εγκρίνει, μετά από εισήγηση του Υπουργού ΠΕΚΑ και γνώμη του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας.»
- Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων, το οποίο γνωμοδοτεί προς την Εθνική Επιτροπή Υδάτων και αποτελείται από 26 μέλη (εκπροσώπους κομμάτων και φορέων)
- Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) με αρμοδιότητα την κατάρτιση των προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας και του συντονισμού των υπηρεσιών και κρατικών φορέων για κάθε ζήτημα που αφορά στην προστασία και διαχείριση των υδάτων, σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Υδάτων των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων
- Σε περιφερειακό επίπεδο, οι αρμόδιες αρχές είναι
 - Το Συμβούλιο Υδάτων Αποκεντρωμένης Διοίκησης, το οποίο αποτελεί όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης για θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων
 - Οι Διευθύνσεις Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, μέσω των οποίων ασκούνται οι αρμοδιότητες της Αποκεντρωμένης Διοίκησης για την προστασία και τη διαχείριση των υδάτων
- Σε τοπικό επίπεδο λειτουργούν δημοτικές επιχειρήσεις ύδρευσης και αποχέτευσης, ΓΟΕΒ και ΤΟΕΒ, ενώ όπου δεν υφίσταται δημόσια επιχείρηση ο ίδιος δήμος κατέχει υπηρεσία ύδρευσης

Όπως αναφέρεται και στην 1^η Αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας, η παραπάνω σύνθεση των αρμόδιων αρχών δημιουργεί τα παρακάτω προβλήματα:

1. Αποδυνάμωση του εποπτικού ρόλου της ΕΓΥ
2. Προβλήματα στην εφαρμογή ΣΔΛΑΠ όταν το Υ. Δ. εκτείνεται στα διοικητικά όρια περισσότερων από μιας Αποκεντρωμένης Διοίκησης λόγω δυσκολίας συντονισμού των εμπλεκόμενων φορέων
3. Διάσπαση της απαιτούμενης ενιαίας αντιμετώπισης στην εφαρμογή του ΣΔΛΑΠ

Αναφέρεται στη βιβλιογραφία πως η αυστηρά ιεραρχική και κεντρική δομή των αρμοδίων αρχών δεν ευνοεί τη δημοσία διαβούλευση και τον κοινωνικό διάλογο (Vasilis Kanakoudis & Tsitsifli, 2015), ενώ η πληθώρα αδειοδοτικών αρχών καθιστά το σύστημα διαχείρισης του νερού κατακερματισμένο (Podimata & Yannopoulos, 2012).

3.7. Ζήτηση - Κύριες χρήσεις ύδατος - Απολήψεις

Η ζήτηση του νερού όπως ορίζεται από τον Dworak (2007) είναι «ο συνολικός όγκος νερού που απαιτείται για την ικανοποίηση των διαφόρων υπηρεσιών ύδατος, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών κατά τη μεταφορά, π.χ. λόγω διαρροών των αγωγών». Όπως φαίνεται και από το ποσοστό των χρήσεων γης η άρδευση αναμένεται να αποτελέσει την κύρια πηγή ζήτησης νερού στο Υδατικό Διαμέρισμα. Πιο συγκεκριμένα όπως φαίνεται και στον Πίνακα 12, κατανομής ζήτησης ανά χρήση ύδατος της 1^{ης} Αναθεώρησης του ΣΔΛΑΠ, η άρδευση που πραγματοποιήθηκε το έτος 2013 ήταν $1306 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ δηλαδή το 91.8% της συνολικής ζήτησης νερού στην ΠΛΑΠ. Η ποσότητα $2313 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για το σύνολο των αρδεύσιμων εκτάσεων αποτελεί ένα άνω όριο της ζήτησης, ενώ εξακριβώνεται πως η συνολική ζήτηση νερού στη ΛΑΠ Αλμυρού-Πηλίου είναι πολύ μικρότερη αυτής της ΛΑΠ Πηνειού, στην πρώτη $130 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ενώ στη δεύτερη $1292 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Λόγω των πολλών κενών στην καταγραφή των καταναλώσεων του νερού, η εκτίμηση των απολήψεων έγινε βάσει των οδηγιών της 1^{ης} Αναθεώρησης ΣΔΛΑΠ (2016). Ειδικότερα, για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών, αντλήθηκαν στοιχεία από την ΕΛΣΤΑΤ, τους ΤΟΕΒ και ΓΟΕΒ του ΥΔ, το 1^ο ΣΔΛΑΠ, την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, ενώ για τον υπολογισμό των αγροτικών γαιών και από το χαρτογραφικό πρόγραμμα CORINE. Με όλα τα παραπάνω διαθέσιμα δεδομένα, οι μελετητές ανά δημοτική κοινότητα, δημιούργησαν ένα τυπικό στρέμμα βάσει των αναγκών σε αρδευτικό νερό των καλλιεργειών της κάθε περιοχής. Υπολόγισαν τις ετήσιες αρδευτικές ανάγκες αυτού λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες από τη μέθοδο εφαρμογής του νερού (με βαθμό αποδοτικότητας 80.75% για καταιονισμό και 85.5% για στάγδην). Έπειτα προσδιόρισαν το ποσοστό του ελλείμματος στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών και το ποσοστό των απωλειών ώστε να υπολογιστούν οι απολήψεις. Αξίζει να σημειωθεί πως βάσει των δεδομένων που δίνονται στην 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017), οι απολήψεις από τα επιφανειακά ποτάμια ΥΣ και τα ΥΥΣ είναι $1620 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ / έτος κατά μέσο όρο.

Πίνακας 12. Κατανομή Ζήτησης ανά Χρήση Ύδατος. (Πηγή: “1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)

Χρήση Ύδατος	Ετήσια Εκτιμώμενη Απόληψη (10^6 m^3)
Άρδευση (σύνολο αρδεύσιμων εκτάσεων)	2313
Άρδευση (εκτάσεις 2013)	1306
Πόσιμο Νερό	94
Κτηνοτροφία	13
Βιομηχανία	9
Σύνολο	1422

Καθώς στην ίδια την αναθεώρηση καταγράφονται δύο διαφορετικές ποσότητες απολήψεων από τα ΕΥΣ, ενώ στη βιβλιογραφία εντοπίζονται διαφορετικές τιμές των απολήψεων, αξίζει να γίνει μία περαιτέρω καταγραφή αυτών στον Πίνακα 13. Επίσης θα καταγραφούν και οι τιμές της αρδευτικής ζήτησης ή αναγκών των καλλιεργειών που αναφέρονται κατά περίπτωση.

Πίνακας 13. Ετήσια Απόληψη Επιφανειακών ΥΣ και αρδευτική ζήτηση

Πηγή	Ετήσια Απόληψη ($10^6 m^3$)	Αρδευτική Ζήτηση ($10^6 m^3/έτος$)
(“1 ^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)	300 / 697	1306
(Μαντούζα, 2008)	-	1569 (αρδευτική ανάγκη)
(Νικολόπουλος, 2015)	439	2032
(Τσιφτσιλή et al., 2019)	300	1306
(Πέππας, 2001)	-	1463 (αρδευτική ανάγκη)
(“1ο ΣΔΛΑΠ ΥΔ Θεσσαλίας (GR08)”, 2014; ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας Παραδοτέο 8, 2014)	-	1200

3.8. Αγροτικά δεδομένα

3.8.1. Τύποι καλλιεργειών – Εκτάσεις – Αρδευτικές ανάγκες.

Η πλέον πρόσφατη καταγραφή των γεωργικών εκτάσεων και της παραγωγής αυτών, δίνεται από την ΕΛΣΤΑΤ για την περιφέρεια Θεσσαλίας για το έτος 2017. Τα συγκεντρωμένα δεδομένα όλων των ειδών που καλλιεργούνται παρουσιάζονται στον Πίνακα 14. Δεδομένης της μικρής διαφοράς της περιφέρειας Θεσσαλίας, από την ομώνυμη ΠΛΑΠ, κρίνεται πως τα δεδομένα που αναφέρονται μπορούν να έχουν ουσιαστική συνεισφορά στον υπολογισμό όλων των μεγεθών που αφορούν την παρούσα μελέτη. Επίσης καταγράφονται οι μέσες αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών για δύο από τους τέσσερις νομούς της ΠΛΑΠ, του Ν. Μαγνησίας και του Ν. Λάρισας, όπως υπολογίζονται για δύο διαφορετικά υπολογισμένους φυτικούς συντελεστές για κάθε καλλιέργεια, έναν από τον (Παπαζαφειρίου, 1999) και έναν από τους (Allen et al., 1998). Ο υπολογισμός των ετήσιων αναγκών κάθε καλλιέργειας, όπου είναι δυνατή, γίνεται με τον υπολογισμό του γινομένου των εκτάσεων που καλλιεργούνται με την μέση τιμή των τεσσάρων αρδευτικών αναγκών που παρουσιάζονται. Από αυτές οι πέντε κυριότερες βάσει του όγκου αρδευτικού νερού που χρειάζονται είναι οι:

- Το ποτιστικό βαμβάκι. Καλλιέργεια 841725 στρεμμάτων, άρδευση με $420.14 \cdot 10^6 m^3$
- Τα σιτηρά.(- αραβόσιτος) Καλλιέργεια 1086381 στρεμμάτων, άρδευση με $292.50 \cdot 10^6 m^3$
- Τα δένδρα. Καλλιέργεια 577839 στρεμμάτων, άρδευση με $286.72 \cdot 10^6 m^3$
- Τα τριφύλλια. Καλλιέργεια 298011 στρεμμάτων, άρδευση με $182.66 \cdot 10^6 m^3$
- Ο αραβόσιτος. Καλλιέργεια 260866 στρεμμάτων, άρδευση με $138.37 \cdot 10^6 m^3$

Η ποσοστιαία κατανομή των αναγκών αυτών των κύριων καλλιεργειών απεικονίζεται και στο Σχήμα 15. Αξίζει να σημειωθεί πως στην κατηγορία «Δένδρα», μεγάλο τμήμα των καλλιεργειών είναι η ελιά. Για τη συγκεκριμένη έχει ληφθεί αρδευτική ανάγκη 496.2 mm νερού, ενώ σε άλλες πηγές αναφέρονται μικρότερες αρδευτικές ανάγκες για περιοχές με παρεμφερές κλίμα της υπό μελέτη ΠΛΑΠ. Τέτοιες είναι η Περιφέρεια Κρήτης Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας (2018) και ο Κυπριακός Οργανισμός Αγροτικών Πληρωμών (2016). Εάν υπολογιστεί η αρδευτική ανάγκη για 290 mm νερού (Κρήτη) και για 363.64 mm νερού (Κύπρος), προκύπτουν αντίστοιχες συνολικές ανάγκες των δέντρων $227.7 \cdot 10^6 m^3$ και $248.8 \cdot 10^6 m^3$. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται αναλυτική εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών των καλλιεργειών της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας.

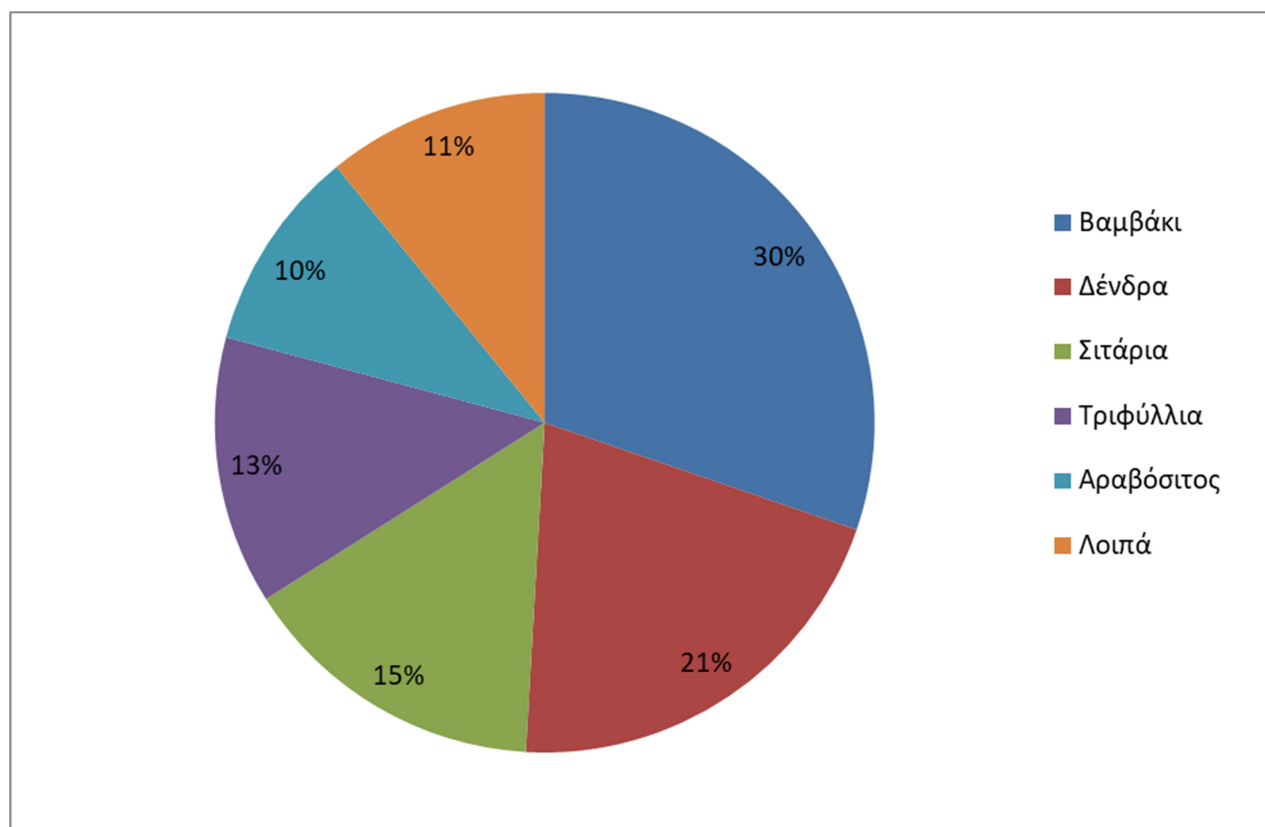
Πίνακας 14. Εκτάσεις, παραγωγή και ανάγκη σε άρδευση των καλλιεργειών της ΠΛΑΠ ΕΛ08

Οι εκτάσεις και η παραγωγή προέρχονται από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ για το έτος 2017, ενώ η Α υδατοκατανάλωση από φυτικό συντελεστή κατά Allen και η Β κατά Παπαζαφειρίου, (Βαγενάς, 2002)					Α. ΥΔΑΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ		Β. ΥΔΑΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ		Αρδ. 10 ⁶ m ³
					Καθαρές ανάγκες σε νερό (mm/καλλιεργητική περίοδο)		Καθαρές ανάγκες σε νερό (mm/καλλιεργητική περίοδο)		
	Καλλιέργεια		Εκτάσεις (στρέμματα)	Παραγωγή (t)	Νομός Λάρισας	Νομός Μαγνησίας	Νομός Λάρισας	Νομός Μαγνησίας	
Βιομηχανικά φυτά	Καπνός	Ανατολικού τύπου	4475	1392	435.14	520.29	-	-	2.14
		Μπέρλεου. Βιρτζίνια	16851	5553					8.05
	Βαμβάκι	Ποτιστικό	841725	282517	491.72	527.43	470.24	507.17	420.14
		Ξερικό	3024	502					
	Σουσάμι		479	59					
	Ηλίανθος		8603	3190					
	Σόργο		74	64					
	Αραχίδα		542	162					
	Ζαχαρότευτλα		10861	73959	687.1	731.07	544.61	584.14	6.92
	Κολοκύθες σπόρου πασατέμπου		14	3					
	Ελαιοκράμβη		2709	561					
	Αρωματικά φυτά		12767						
	Λοιπά		2657						
	Σιτηρά	Σιτάρι	Μαλακό	141703	49408	177.46	208.73	-	-
Σκληρό			944678	342255	177.46	208.73	-	-	182.41
Κριθάρι		337557	112104	177.46	208.73	-	-	65.18	
Βρώμη		84720	20198	177.46	208.73	-	-	16.36	
Σίκαλη		6083	1364	177.46	208.73	-	-	1.17	

Σιτηρά	Αραβόσιτος	Χωρίς συγκαλλιέργεια	260866	321764	516.01	579.45	478.26	545.97	138.24			
		Συγκαλλιεργού- μενος με φασόλια και άλλα είδη	245	138	516.01	579.45	478.26	545.97	0.13			
	Σόργο		119	31								
	Λοιπά		10128	2671								
Κτηνοτροφικά φυτά για σανό	Κριθάρι		27285	14905	177.46	208.73			5.27			
	Βρώμη		22912	11138	177.46	208.73			4.42			
	Βίκος		30481	16020								
	Τριφύλλια	Πολυετή	253211	315864	572.18	653.7	-	-	155.20			
		Ετήσια	44800	45455	572.18	653.7	-	-	27.46			
	Κοφτολίβαδα (Σανός)		68630	20697								
Λοιπά σανά		41357	18193									
Εσπεριδοειδή	Λεμονιές		63	125	456.95	535.44	456.95	535.44	0.03			
	Πορτοκαλιές		89	194					0.04			
	Μανταρινιές		49	69					0.02			
	Λοιπά		4						0.00			
Οπωροφόρα	Αχλαδιές		20730	59563								10.29
	Μηλιές		29070	75509								14.42
	Λοιπά		8875									4.40
Πηρυνόκαρπα	Ροδακινιές		26302	60115								13.05
	Κερασιές		9478	9850								4.70
	Βερικοκιές		7226	16115								3.59
	Λοιπά		1807					0.90				
Ακρόδρυα	Αμυγδαλιές		66317	23402				32.91				
	Καρυδιές		26276	10277				13.04				
	Φουντουκιές		656	92				0.33				
	Λοιπά		36211					17.97				

Ελαιώνες	Ελιές	286062	166104	456.95	535.44	456.95	535.44	141.94	
Λοιπά Δ.	Σύνολο	58624						29.09	
Αμπελώνες	Αμπέλια	51613	46456	311.71	372.94	234.25	286.54	15.55	
Κηπευτικά	Μπρόκολο	2033	3944	431.33	483.01	-	-	0.93	
	Λάχανα	2186	5898					1.00	
	Κουνουπίδια	1515	3385					0.69	
	Σπανάκι	7870	11649					3.60	
	Πράσα	1809	4531					0.83	
	Κρεμμύδια	Χλωρά	1354					2099	0.62
		Ξερά	3124					7693	1.43
	Σκόρδα	Ξερά	1167					1384	0.53
	Αρακάς		554					420	0.25
	Μαρούλι		2147					3383	0.98
	Ραδίκια και αντίδια		405					717	0.19
	Καρότα		627					1273	0.29
	Τομάτες	Βιομηχανικές	27076					194605	12.38
		Υπαίθρου	4682					15865	2.14
		Θερμοκηπίου	1151					9175	0.53
	Φασολάκια		3650					3308	1.67
	Μπάμιες		1066					979	0.49
	Κολοκυθάκια		1378					2764	0.63
	Αγγούρια	Υπαίθρου	952					2458	0.44
		Θερμοκηπίου	179					1515	0.08
	Μελιτζάνες	Υπαίθρου	1193					2816	0.55
		Θερμοκηπίου	111					401	0.05
	Πιπεριές	Υπαίθρου	8356					15523	3.82
		Θερμοκηπίου	178					771	0.08
	Αγκινάρες		33					41	0.02
	Σπαράγγια		1					1	0.00
	Φράουλες		21					26	0.01

Κηπευτικά	Λοιπά	3692	5341	431.33	483.01	-	-	1.69
Πεπονοειδή και πατάτες	Καρπούζια	6851	38669					
	Πεπόνια	6108	17037					
	Πατάτες	5844	11858					
Συνολική αρδευτική ανάγκη (hm³/έτος)				1388.74				
Με προσαύξηση 10% (κλιματική αλλαγή, ελλειπή δεδομένα)				1527.28				



Σχήμα 15. Κατανομή της αρδευτικής ζήτησης σε βασικές καλλιέργειες.

3.8.2. Μέθοδοι άρδευσης – Δίκτυα άρδευσης – Απώλειες.

Οι αγρότες εξασφαλίζουν το αρδευτικό νερό είτε από δημόσιο αρδευτικό δίκτυο, υπαγόμενο σε κάποιον ΤΟΕΒ ή Οργανισμό Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), είτε με τη χρήση ιδιωτικών γεωτρήσεων. Ο Καγαμάνος (2005) καταγράφει για το έτος 2000 πως σε εθνικό επίπεδο η άρδευση γίνεται κατά 37% με επιφανειακές μεθόδους, 53% με καταιονισμό και 10% με στάγδην όσον αφορά τα δημόσια δίκτυα. Από την άλλη, στην ιδιωτική άρδευση οι επιφανειακές μέθοδοι καταλαμβάνουν το 7%, ο καταιονισμός το 49% και η στάγδην το 44%. Νεότερη καταγραφή της Τσιάκαλου (2008) για το 2004, υπολογίζει στην περιοχή της Λάρισας 66% χρήση στάγδην άρδευσης, 34% καταιονισμού και μόλις 0.11% επιφανειακών μεθόδων, αναφορικά με 9 ΤΟΕΒ συνολικής αρδευόμενης έκτασης 241705 στρεμμάτων. Υπενθυμίζεται πως οι κοινώς παραδεκτές τιμές αποδοτικότητας για τις μεθόδους άρδευσης είναι, 60% για επιφανειακές, 75% για καταιονισμό και 90% για στάγδην άρδευση. Για την ΠΛΑΠ Θεσσαλίας υπολογίζεται πως υπάρχουν παραπάνω από 30000 γεωτρήσεις, άλλες καταγεγραμμένες και άλλες παράτυπες (“1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017; Τσιάκαλου, 2008). Βάσει της καταγραφής που γίνεται για την αρδευτική ανάγκη ανά ΤΟΕΒ στο ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας Παραδοτέο 8 (2014), όπου οι μελετητές λαμβάνουν β.α. 80.75% για καταιονισμό και 85.5% για μικροαρδεύσεις, υπολογίζεται κατά μέσο όρο χρήση καταιονισμού στο 91% και 9% με στάγδην των εκτάσεων που αρδεύονται από δίκτυα ΤΟΕΒ για το έτος 2007.

Η μεταφορά του αρδευτικού νερού στις περιπτώσεις του συλλογικού αρδευτικού δικτύου γίνεται είτε δια κλειστών αγωγών είτε δια ανοικτών, επενδυμένων ή μη. Για αυτά τα δίκτυα τα οποία αρδεύουν περί τα 500000 στρέμματα πλην της Μαγνησίας, οι Μίχας & Γκιόκας (2012) υπολογίζουν συνολικές ετήσιες απώλειες $80-100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, με βαθμό αποδοτικότητας μεταφοράς 52-60% για τα δίκτυα ανοικτών αγωγών και 75-80% για τα υπό πίεση δίκτυα. Στις περιπτώσεις των ιδιωτικών αρδεύσεων, καθώς η γεώτρηση βρίσκεται κατά βάση εντός της προς άρδευση έκταση, οι αποστάσεις μεταφοράς και άρα οι απώλειες θεωρούνται αμελητέες. Αξίζει να σημειωθεί πως καταγράφονται ΤΟΕΒ με συνολική αποδοτικότητα δικτύων της τάξης του 50-60%, ενώ στο νομό Λάρισας το 54% του δικτύου αποτελείται από ανοικτούς ανεπένδυτους αγωγούς. Με τα δεδομένα των παραπάνω μελετών, γίνεται μία προσπάθεια υπολογισμού της αθροιστικής αποδοτικότητας στη χρήση αρδευτικού νερού για τις συλλογικά υδροδοτούμενες εκτάσεις, υποθέτοντας χρήση μεθόδων άρδευσης κατά την καταγραφή της Τσιάκαλου (2008) και για τους νομούς Καρδίτσας και Τρικάλων. Προκύπτουν αποτελέσματα συνολικής αποδοτικότητας στην μεταφορά και την εφαρμογή του αρδευτικού νερού 76% για το νομό Τρικάλων, 65% για το νομό της Καρδίτσας και 62% για το νομό Λάρισας. Με βάση τις απώλειες των δικτύων (Μίχας & Γκιόκας, 2012) και τη χρήση των αρδευτικών μεθόδων από την Τσιάκαλου (2008) εκτιμώνται συνολικές απώλειες στους τρεις νομούς από 116 έως $146 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, όσον αφορά τις αρδευόμενες από ΤΟΕΒ εκτάσεις. Εάν αντί για την καταγραφή της Τσιάκαλου (2008), χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα που εξάχθηκαν από το ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας Παραδοτέο 8 (2014), οι συνολικές απώλειες φθάνουν για τους τρεις νομούς από 128 έως $160 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, με συνολική αποδοτικότητα χρήσης νερού 62%. Για τις εκτάσεις με ιδιωτικές γεωτρήσεις, λόγω του αυξημένου κόστους άντλησης, υποθέτεται οι αγρότες να είναι πιο συνειδητοί με τη χρήση του νερού και να χρησιμοποιούν τη στάγδην άρδευση σε μεγαλύτερο βαθμό.

3.8.3. Η ΚΑΠ στη Θεσσαλία

Η διαρκής αύξηση των καλλιεργειών του βαμβακιού στην Ελλάδα έως το 2000 σε συνδυασμό με τη διαρκή πτώση των τιμών παρά τις μεγάλες επιδοτήσεις, οδήγησαν σε σημαντική μείωση του εισοδήματος (Rozakis et al., 2008). Η χώρα έφτασε να κατέχει το 70% της ευρωπαϊκής παραγωγής βαμβακιού από το 1996 (Petsakos et al., 2013). Η πλήρης αποδέσμευση των επιδοτήσεων από την παραγωγή της ΚΑΠ του 2003 δεν εφαρμόστηκε στην Ελλάδα για το βαμβάκι, καθώς θα απέφερε αρνητικό οικονομικό ισοζύγιο για τους παραγωγούς. Έτσι, σε πρώτη φάση έγινε αποδέσμευση του 65% των επιδοτήσεων από την παραγωγή. Ενώ το ακαθάριστο κέρδος προ της ΚΑΠ του 2003 ήταν για το βαμβάκι 161 €/στρέμμα, η αντίστοιχη τιμή για το 2013 υπολογίζεται σε μόλις 43 €/στρέμμα (Petsakos et al., 2013), ενώ σημαντική μείωση έχει επέλθει και στο σιτάρι. Μάλιστα από το 2013, παρατηρείται στη ΠΛΑΠ Θεσσαλίας αλλαγή των καλλιεργειών από βαμβάκι σε τριφύλλια ή και αραβόσιτο, ενώ άλλη τάση είναι η καλλιέργεια δίχως συγκομιδή του βαμβακιού στο 87% των εκτάσεων, αποσκοπώντας στην εκταμίευση από τον αγρότη της ενιαίας ενίσχυσης, χωρίς παραγωγή βαμβακιού.

3.9. Κόστος υπηρεσιών ύδατος και ανάκτηση

Βάσει της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ ο υπολογισμός του συνολικού κόστους γίνεται συνυπολογίζοντας το χρηματοοικονομικό, το περιβαλλοντικό και το κόστος πόρου. Αυτό γίνεται από τις δημόσιες υπηρεσίες παροχής ύδατος ή τους ίδιους δήμους που δεν διαθέτουν τέτοιες στην περίπτωση του υδρευτικού νερού της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. Ως προς το αρδευτικό νερό, υπεύθυνοι για τη χρέωσή του είναι οι ΤΟΕΒ στην περίπτωση των συλλογικών αρδευτικών δικτύων. Οι ιδιωτικές γεωτρήσεις χρεώνουν ευθέως τον χρήστη με τα έξοδα λειτουργίας τους, σε αντίθεση με το κόστος πόρου και το περιβαλλοντικό κόστος. Η ανάκτηση του κόστους, βασική επιταγή της Οδηγίας, πρόκειται για την επιδίωξη της πλήρους κάλυψης του συνολικού κόστους από τα έσοδα της κάθε υπηρεσίας. Για την υπό μελέτη ΠΛΑΠ, η ανάκτηση μόνο του χρηματοοικονομικού κόστους για την ύδρευση υπολογίζεται στην 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017) σε 63%, ενώ για την άρδευση σε 45%. Ενώ τα συνολικά κόστη για το αρδευτικό νερό ανέρχονται σε 0.0712 €/m³, το μέσο έσοδο είναι 0.0205 €/m³, δηλαδή πρόκειται για ποσοστό ανάκτησης περί το 29%. Αν και η επιβολή του κόστους πόρου στη Θεσσαλία είχε οριστεί για μετά τις 30/6/2019, η απόπειρα εφαρμογής για τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα ξεσήκωσε θύελλα αντιδράσεων (Ρούστας, 2019b, 2019a). Δεδομένου ότι οι περισσότερες εκτάσεις αρδεύονται με ιδιωτικές γεωτρήσεις, δεν θα επιτυγχανόταν πλήρης ανάκτηση του κόστους πόρου, παρότι η τιμή που ορίστηκε ταυτίζεται με την υπολογισμένη, καθώς οι έχοντες ιδιωτικές γεωτρήσεις και συμβάλλοντες στο πρόβλημα της κακής κατάστασης των θεσσαλικών υδάτων δεν θα χρεώνονταν.

3.10. Οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας

Από τα στοιχεία που αντλούνται από την ιστοσελίδα της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (ΕΓΥ) (2018) και τις αντίστοιχες Αποφάσεις Περιβαλλοντικών Όρων για τις ΕΕΛ της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, βεβαιώνεται πως υπάρχουν δεκαπέντε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων. Κατά φθίνουσα σειρά δυναμικότητας (ισοδύναμων κατοίκων) έχουν ως εξής:

Πίνακας 15. Οι ΕΕΛ της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, κατά φθίνουσα σειρά παροχής.

Πόλη	Δυναμικότητα (Ισοδ. Κατ.)	Μέση ημερήσια παροχή (m ³)
Λάρισα	227500	42000
Βόλος	186660	29356
Τρίκαλα	75000	15500
Λιτόχωρο	68900	2348
Καρδίτσα	56050	10000
Καλαμπάκα	21666	5000
Τύρναβος	19500	1250
Αλμυρός	18000	952
Φάρσαλα	15417	1216
Ελασσόνα	12225	1445
Γιάννουλη	10833	620
Αγιά	9750	300
Δεσκάτη	7020	250
Σοφάδες	6800	180
Λιβιάδι	5000	200

Η μέση παροχή λυμάτων προς επεξεργασία στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας είναι 110617 m³ την ημέρα, και ο ετήσιος όγκος που επεξεργάζεται υπολογίζεται στα 40.4*10⁶ m³. Σε όλες τις εγκαταστάσεις γίνεται δευτεροβάθμια επεξεργασία, σε 12/15 απομάκρυνση αζώτου, σε 11/15 απομάκρυνση φωσφόρου, ενώ η συνηθέστερη μέθοδος απολύμανσης είναι η χλωρίωση (14/15). Στον Τύρναβο και το Λιβιάδι γίνεται και απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Στην Καλαμπάκα, τη μόνη πόλη που δεν γίνεται χλωρίωση, η απολύμανση επιτυγχάνεται με τη χρήση όζοντος. (ΑΕΠΟ ΕΕΛ Βόλου, 2005; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Ελασσόνας, 2011; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Λιβαδίου, 2004; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Τυρνάβου, 2009; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Καλαμπάκας, 2016; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Λάρισας, 2012; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Λιτόχωρου, 2012; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Τρικάλων, 2009; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Αγιάς, 2008; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Αλμυρού, 2012; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Γιάννουλης, 2014; ΑΕΠΟ ΕΕΛ Καρδίτσας, 2012),(Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων Βάση Δεδομένων Παρακολούθησης Λειτουργίας Ερωτήματα, 2018).

3.11. Στόχοι και προτάσεις μέτρων της 1^{ης} Αναθεώρησης του ΣΔΛΑΠ

Σε συνέχεια της ανάλυσης της τιμολογιακής πολιτικής, στην 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017) καθορίζονται οι περιβαλλοντικοί στόχοι για όλα τα ΥΣ. Ως προς τα ΕΥΣ, για 38 ορίζεται ως στόχος η διατήρηση καλής και ανώτερης οικολογικής κατάστασης/ δυναμικού. Για 3 ζητείται ο προσδιορισμός της οικολογικής κατάστασης ενώ για 19 ο προσδιορισμός της χημικής. Ακόμα για 59 ζητείται η διατήρηση της καλής χημικής κατάστασης. Επίσης 42 ΕΥΣ αναμένεται να υπαχθούν σε άρθρο παράτασης επίτευξης στόχων μέχρι το 2027. Τέλος για τα ΥΥΣ, για τα 10 και 4 με ποσοτικά και ποιοτικά προβλήματα αντίστοιχα, αναμένεται η υπαγωγή τους στο άρθρο παράτασης στόχων έως το 2027.

Η 1^η Αναθεώρηση καταγράφει τα βασικά ζητήματα που εντοπίστηκαν στην ΠΛΑΠ της Θεσσαλίας. Αναφέρεται στη ρύπανση τόσο των επιφανειακών όσο και των ΥΥΣ, κατά βάση γεωργικής προέλευσης αλλά και κτηνοτροφικής. Επισημαίνονται εκ νέου οι υψηλής και μεσαίας πίεσης απολήψεις από τα ΕΥΣ, με σημαντικό παράγοντα τη σύμπτωση της αρδευτικής ζήτησης με τη θερινή

περίοδο χαμηλών απορροών. Για τα ΥΥΣ πέραν των ήδη αναφερθέντων 10 ΥΥΣ με ποσοτικά προβλήματα, δίδεται η εκτίμηση πως ετησίως αντλούνται από 120 έως 150*10⁶ m³ από μόνιμα αποθέματα.

Με τα παραπάνω δεδομένα καταρτίζεται πίνακας βασικών μέτρων, τα οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν μέτρα που εξετάζονται και από την παρούσα διπλωματική εργασία. Τέτοια είναι:

1. Μέτρα για την εφαρμογή της αρχής ανάκτησης του κόστους των Υπηρεσιών Ύδατος.
 - a. M08B0201. Αναβάθμιση των ΤΟΕΒ/ ΓΟΕΒ για την τήρηση των οικονομικών και λοιπών στοιχείων διαχείρισης
 - b. M08B0202. Αναβάθμιση των ΔΕΥΑ για την τήρηση των οικονομικών και λοιπών στοιχείων διαχείρισης
 - c. M08B0203. Αναβάθμιση των ΟΤΑ για την τήρηση των οικονομικών και λοιπών στοιχείων διαχείρισης
 - d. M08B0204. Κατάρτιση και εκπαίδευση όλων των φορέων για υλοποίηση των απαιτήσεων του (“ΦΕΚ Β’ 1751”, 2017)
2. Μέτρα για την προώθηση και της αποδοτικής και αειφόρου χρήσης του νερού ώστε να μην διακυβεύεται η επίτευξη των στόχων της Οδηγίας.
 - a. M08B0302. Δράσεις ενίσχυσης, αποκατάστασης, εκσυγχρονισμού δικτύων ύδρευσης και έλεγχος διαρροών
 - b. M08B0303. Αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης νερού σε υποδομές εγγείων βελτιώσεων, όπως έργα μείωσης απωλειών μεταφοράς και εφαρμογής του αρδευτικού νερού, ή και την επαναχρησιμοποίηση υδάτων. Ακόμα αναφέρεται ο προγραμματισμός των αρδεύσεων και ο έλεγχος των ανεξέλεγκτων απολήψεων
 - c. M08B0304. Επενδύσεις για εξοικονόμηση ύδατος στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις
 - d. M08B0305. Καθορισμός ανωτάτων ορίων αρδευτικών αναγκών καλλιεργειών για ιδιωτικές υδροληψίες
 - e. M08B0306. Ενίσχυση δράσεων περιορισμού απωλειών στα συλλογικά δίκτυα άρδευσης
 - f. M08B0307. Κατάρτιση εγχειριδίου τεχνικών προδιαγραφών εφαρμογής μεθόδων επαναχρησιμοποίησης
3. Μέτρα για τον έλεγχο και την αδειοδότηση του τεχνητού εμπλουτισμού των ΥΥΣ
 - a. M08B0601. Διερεύνηση των συνθηκών εφαρμογής τεχνητών εμπλουτισμών υπόγειων υδροφόρων συστημάτων ως μέσο ποσοτικής ενίσχυσης και ποιοτικής προστασίας των ΥΥΣ, με προτεραιότητα στα ΥΥΣ με κακή κατάσταση και αντιμετώπιση της υφαλμύρισης
 - b. M08B0602. Δημιουργία Εθνικού Μητρώου περιοχών διάθεσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

4. Αποτελέσματα

4.1. Υδατικό δυναμικό

Από τα δεδομένα της 1^{ης} Αναθεώρησης του ΣΔΛΑΠ της Θεσσαλίας, προκύπτει πως η συνολική φυσική απορροή των ΕΥΣ της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας είναι το άθροισμα των φυσικών απορροών κάθε πλήρως ανεξάρτητου ΕΥΣ. Από τον Πίνακα 16, προκύπτει άθροισμα $3406 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ενώ η μέση ετήσια τροφοδοσία των ΥΥΣ αθροίζεται σε $1891 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Επομένως το συνολικό ετήσιο υδατικό δυναμικό της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας είναι $5297 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, βάσει των ποσοτήτων που αναφέρονται στην 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017).

Πίνακας 16. Μέση φυσική απορροή ανεξάρτητων ΕΥΣ (Πηγή: “1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)

Ανεξάρτητο Επιφανειακό Υδατικό Σύστημα	Μέση Απορροή 10^6 m^3
Πηνειός Π. 1.	3165.46
Ζηλιάνα Π.	63.15
Λαχανόρεμμα	36.33
Χολόρεμμα	28.63
Ξεριάς Αλμυρού	43.63
Πλατανόρεμμα	27.89
Ξηρόρεμμα	41.38
Σύνολο	3406.47

4.2. Ζήτηση νερού

Από τα δεδομένα της 1^{ης} Αναθεώρησης η ετήσια ζήτηση για αρδευτικό νερό είναι $1306 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ενώ για όλες τις υπόλοιπες χρήσεις είναι $116 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, άρα συνολικά $1422 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Καθώς η αρδευτική ζήτηση είναι μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερη του αθροίσματος όλων των υπολοίπων, εξετάζονται άλλες βιβλιογραφικές τιμές αυτής, ενώ για τις άλλες χρήσεις η τιμή λαμβάνεται από την 1^η Αναθεώρηση. Ο Νικολόπουλος (2015) υπολογίζει καθαρές αρδευτικές ανάγκες $1448 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και αρδευτική ζήτηση νερού $2032 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ενώ η συνολική ζήτηση που υπολογίζει ανέρχεται σε $2127 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ($95 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για τις υπόλοιπες χρήσεις). Η Μαντούζα (2008) καταγράφει αρδευτικές ανάγκες $1569 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, τις οποίες κατονομάζει ζήτηση, χωρίς όμως να λάβει υπόψη τις απώλειες της μεταφοράς και της εφαρμογής. Τέλος, η παλαιότερη μελέτη του Πέππα (2001) αναφέρει αρδευτικές ανάγκες $1463 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Για τη διερεύνηση των ορθών πρακτικών και της εξοικονόμησης που μπορεί να πραγματοποιηθεί στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, οι ετήσιες αρδευτικές ανάγκες έχουν υπολογιστεί σε $1527 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ με την προσαύξηση, λόγω των ελλειπών δεδομένων και της ενδεχόμενης κλιματικής αλλαγής (επηρεασμός εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειών κ.ά.). Για την εκτίμηση της ζήτησης αρδευτικού νερού πρέπει να ληφθούν υπόψη οι απώλειες μεταφοράς και εφαρμογής αυτού. Υπολογίζεται το ποσοστό χρήσεων των διαφορετικών μεθόδων άρδευσης από τα δεδομένα των ΤΟΕΒ (ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας Παραδοτέο 8, 2014) και οι απώλειες των δικτύων μεταφοράς νερού όπως καταγράφεται από τους Μίχα & Γκίοκα (2012). Χρησιμοποιούνται τα κοινώς αποδεκτά ποσοστά απόδοσης του καταιονισμού και της στάγδην άρδευσης, 75% και 90% αντίστοιχα.

Πίνακας 17. Υπολογισμός αρδευτικής ζήτησης βάσει αρδευτικών αναγκών.

Αρδευτική Ανάγκη $10^6 m^3$	1527.28	
Άρδευση με συλλογικά δίκτυα	=21.74% συνολικά αρδευόμενης	(Μίχας & Γκικόκας, 2012)
Απώλειες συλλογικών δικτύων	=24.01%	
Χρήση Καταιονισμού	=91%	Δεδομένα ΤΟΕΒ από ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας, Παραδοτέο 8 (2014)
Χρήση Στάγδην	=9%	
Άρδευση με ιδιωτική γεώτρηση	=100-21.74=78.26%	Υπόθεση: Ο ιδιωτικά αρδεύων πληρώνει το αντλούμενο νερό (ενεργειακό κόστος), άρα εξοικονομεί περισσότερο από τους εξυπηρετ. από ΤΟΕΒ
Χρήση Καταιονισμού	=70%	
Χρήση Στάγδην	=30%	
Απόδοση καταιονισμού	=75%	(Dworak et al., 2007)
Απόδοση Στάγδην	=90%	
Αρδευτική Ζήτηση $10^6 m^3$		
Συλλογικά δίκτυα:	=1527.28*21.74%=332.03	=530.15+43.69= 573.84
Με απώλειες δικτύων	=332.03/(100%-24.01%)=436.94	
Με απώλειες εφαρμογής: Κ	=436.94*91%/75%=530.15	
Με απώλειες εφαρμογής: Σ	=436.94*9%/90%=43.69	
Ιδιωτική άρδευση:	=1527.28*78.26%=1195.25	=1115.57+398.42= 1513.99
Με απώλειες εφαρμογής: Κ	=1195.25*70%/75%=1115.57	
Με απώλειες εφαρμογής: Σ	=1195.25*30%/90%=398.42	
Σύνολο $10^6 m^3$	=1513.99+573.84	= 2087.83

Από τον υπολογισμό στον Πίνακα 17 της αρδευτικής ζήτησης σε $2088*10^6 m^3$ προκύπτει συνολική ζήτηση νερού στην ΠΛΑΠ $2204*10^6 m^3$, λαμβάνοντας υπόψη για τις υπόλοιπες χρήσεις, ζήτηση $116*10^6 m^3$. Βέβαια, η υπόθεση που γίνεται για τον καταμερισμό της χρήσης των μεθόδων, ενδέχεται να υπερεκτιμά την συνολική ζήτηση στην περίπτωση όπου η χρήση της στάγδην άρδευσης είναι εντονότερη ή να την υποεκτιμά σε αντίθετη περίπτωση. Η τιμή αυτή είναι πολύ κοντά στην τιμή που υπολογίζει η εργασία του Νικολόπουλου (2015), η οποία είναι η πιο πρόσφατη. Ας σημειωθεί ακόμα πως οι εκτάσεις του βαμβακιού θεωρείται πως αρδεύονται κανονικά, παρά την αναφορά πως μεγάλο μέρος αυτών δεν καλλιεργείται για συγκομιδή (Petsakos et al., 2013). Κάτι τέτοιο ενδέχεται να σημαίνει πως οι βαμβακοκαλλιέργειες δεν αρδεύονται επαρκώς, βάσει των αναγκών τους.

4.3. Απολήψεις

Λόγω των διαφορετικών ποσοτήτων που αναφέρονται για τις επιφανειακές απολήψεις καθώς και του τρόπου υπολογισμού αυτών που αναλύεται στο ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας, Παραδοτέο 8 (2014), αξίζει να γίνει μία αναλυτική καταγραφή των απολήψεων σε κάθε διαχωρισμένο επιφανειακό ΥΣ, με τα δεδομένα από την 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017). Πιο συγκεκριμένα, ο τρόπος υπολογισμού των απολήψεων συνίσταται στο ότι οι ανάντη απολήψεις προσμετρούνται στην απόληψη του εκάστοτε κατάντη ΥΣ αφαιρώντας τις επιστροφές. Με χρήση του χάρτη των ΕΥΣ (Σχήμα 8) καταγράφονται στον Πίνακα 18 οι συνολικές απολήψεις κάθε ανεξάρτητου ΕΥΣ για την ΠΛΑΠ ΕΛ08.

Πίνακας 18. Σύνολο υπολογισμού μέσης ετήσιας απόληψης από ΕΥΣ ΠΛΑΠ ΕΛ08

Κατάντη Επιφανειακό Υδατικό Σύστημα	Μέση Ετήσια Απόληψη $10^6 m^3$
Πηνειός Π. 1.	687.73
Ζηλιάνα Π.	0.64
Λαχανόρεμμα	0.04
Χολόρεμμα	2.94
Ξεριάς Αλμυρού	2.65
Πλατανόρεμμα	2.59
Ξηρόρεμμα	0.01
Σύνολο	696.6

Καθώς στην εκτίμηση της απόληψης αφαιρούνται οι επιστροφές νερού από ανάντη προς κατάντη λεκάνες, δεν καταγράφεται η ακαθάριστη ποσότητα απόληψης του νερού από κάθε ΕΥΣ παρά μόνο όσο νερό δεν επιστρέφει κατάντη. Έτσι υποεκτιμάται η απόληψη νερού που λαμβάνει χώρα. Για μία εκτίμηση του μεγέθους αυτού, εξετάζονται οι κύριοι παραπόταμοι του Πηνειού ποταμού και οι επιμέρους απολήψεις επ' αυτών. Η καταγραφή γίνεται στον Πίνακα 19. Παρατηρείται πως οι απολήψεις των παραποτάμων του Πηνειού είναι $754 \cdot 10^6 m^3$. Παρότι και πάλι περιλαμβάνονται επιστροφές, οι απολήψεις των παραποτάμων είναι μεγαλύτερες ακόμα και από τις απολήψεις που καταγράφονται για ολόκληρο τον Πηνειό ποταμό (Πηνειός Π.1, $687 \cdot 10^6 m^3$). Κάτι τέτοιο αφενός σημαίνει πως το μέγεθος των επιστροφών προς κατάντη ΥΣ είναι μεγάλο, αφετέρου ότι υποεκτιμάται σημαντικά η απόληψη νερού από ΕΥΣ στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. Ήδη από το τμήμα του Πηνειού Π.8 έως το Π.5, που συμβάλλει μόνο το Κουμπασανιώτικο Ρέμα, η απόληψη που καταγράφεται είναι $165 \cdot 10^6 m^3$, ενώ από τη συμβολή της απόληψης του Κουμπασανιώτικου, προκύπτει καθαρή απόληψη από τα νερά του Πηνειού $117 \cdot 10^6 m^3$ συνυπολογίζοντας μάλιστα τις επιστροφές. Σε συνδυασμό με τη συνολική ποσότητα ετήσιων απολήψεων των σημαντικών παραποτάμων, προκύπτει μία ποσότητα της τάξης των $870 \cdot 10^6 m^3$ η οποία μπορεί να θεωρηθεί μια ελάχιστη ποσότητα απόληψης νερού από τα ΕΥΣ. Βέβαια, και αυτή η ποσότητα ίσως υποεκτιμά την πραγματικότητα, καθώς έτσι δεν λαμβάνεται καμία ποσότητα για πολλά και επιμήκη τμήματα του Πηνειού. Επομένως κρίνεται πιθανό το νερό που απολαμβάνεται από τα ΕΥΣ να ξεπερνάει τα $1000 \cdot 10^6 m^3$.

Πίνακας 19. Απόληψη από κύρια ΕΥΣ που συμβάλλουν στον Πηγειό

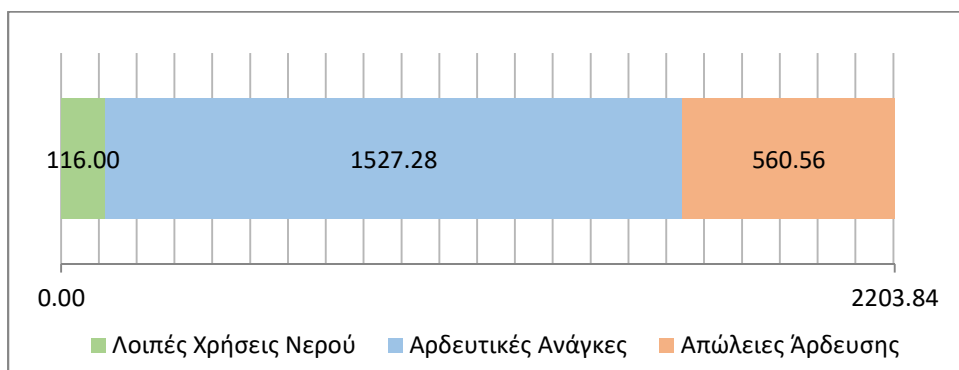
Κατάντη τμήμα ποταμών που συμβάλλουν στον Πηγειό	Μέση Ετήσια Απόληψη $10^6 m^3$
Ίων Π.1	2.53
Μαλακασίωτικο Ρ.	0.3
Πορταϊκός Π.1	43.61
Δυτική κοίτη Τρικάλων	28.77
Πάμισος Π.1	25.56
Ληθαίος Π.1	71.22
Μέγα Ρέμα 1	66.65
Ενιπέας Π.1	421.98
Κουμπασανιώτικο Ρ.1	48.42
Τιταρήσιος Π.1	44.81
Σύνολο	753.85

Οι απολήψεις που πραγματοποιούνται κατά μέσο όρο στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, θεωρούνται όπως εξηγήθηκε παραπάνω, ίσες με $1000 \cdot 10^6 m^3$ για τα επιφανειακά ΥΣ και $923 \cdot 10^6 m^3$ για τα ΥΥΣ Άρα συνολικά λαμβάνονται υπόψη ως $1923 \cdot 10^6 m^3$.

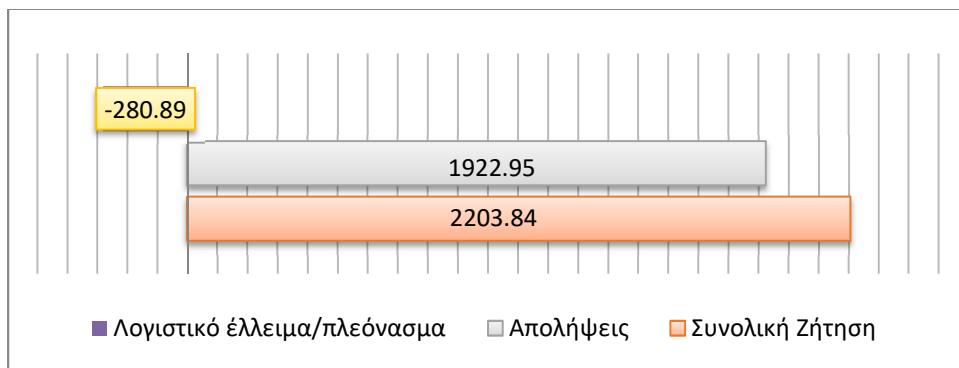
4.4. Σενάρια εξοικονόμησης

4.4.1. Σενάριο βάσης

Στο σενάριο βάσης καταγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση ζήτησης νερού και απολήψεων στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. Με τις δεδομένες ανάγκες άρδευσης των καλλιεργειών στα $1527 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, απώλειες 26.85% για την άρδευση προκύπτει συνολική ζήτηση νερού για την ΠΛΑΠ στα $2204 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Παρουσιάζεται διαφορά $281 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ σε σχέση με τις θεωρούμενες απολήψεις των $1923 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, που αντιστοιχεί στο 14.61% της ζήτησης. Παρόλα αυτά, καθώς δεν αναφέρεται μη κάλυψη της ζήτησης στην πρόσφατη 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08 (2017), είναι πιθανό η διαφορά των δύο ποσοτήτων να οφείλεται στα ελλιπή δεδομένα βάσει των οποίων υπολογίστηκαν. Στο Σχήμα 16 αποτυπώνεται η διάρθρωση της συνολικής ζήτησης νερού. Επίσης στο Σχήμα 17 καταγράφονται οι κύριοι όγκοι αναφοράς του σεναρίου βάσης, δηλαδή οι απολήψεις, η ζήτηση και η διαφορά αυτών. Λόγω των προβλημάτων των ΥΣ που παρατηρούνται στην ΠΛΑΠ, κρίνεται απαραίτητη η εξέταση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού από την εφαρμογή των διαφόρων πρακτικών που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2. Τέλος, για την εξέταση του ισοζυγίου Ζήτησης-Απολήψεων, σε πλαίσιο βιώσιμων απολήψεων, λαμβάνεται απόληψη $623 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ από τα ΥΣ (“1^ο ΣΔΛΑΠ ΥΔ Θεσσαλίας (GR08)”, 2014). Οι βιώσιμες απολήψεις από τα ΕΥΣ λαμβάνονται ελαφρώς κάτω από το όριο του 30% (όριο χαμηλής και μεσαίας πίεσης), δηλαδή μικρότερες από $1022 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Γίνεται υπόθεση πως είναι μικρότερες αυτής της ποσότητας κατά 5-6%, $960 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Με το άθροισμα των παραπάνω ποσοτήτων, $1583 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ εξετάζεται εάν τα προτεινόμενα μέτρα μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να δημιουργήσουν βιώσιμες συνθήκες χρήσης νερού στην ΠΛΑΠ.



Σχήμα 16. Σενάριο βάσης. Διάρθρωση συνολικής ζήτησης. Όγκοι σε 10^6 m^3



Σχήμα 17. Σενάριο βάσης. Κύριοι όγκοι αναφοράς σε 10^6 m^3

4.4.2. Τεχνικά μέτρα εξοικονόμησης

Το γεγονός ότι το 91% της άρδευσης όσον αφορά τους ΤΟΕΒ γίνεται με καταιονισμό, ενώ μόλις το 9% με στάγδην άρδευση, δείχνει τα μεγάλα περιθώρια μείωσης των απωλειών και κατά συνέπεια της αρδευτικής ζήτησης στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. Η υπόθεση που γίνεται για τον καταμερισμό των μεθόδων εφαρμογής του νερού στις αρδευόμενες με ιδιωτικές γεωτρήσεις εκτάσεις, είναι αναγκαία λόγω έλλειψης δεδομένων. Η διερεύνηση της ποσότητας της εξοικονόμησης νερού γίνεται σε τρία σενάρια:

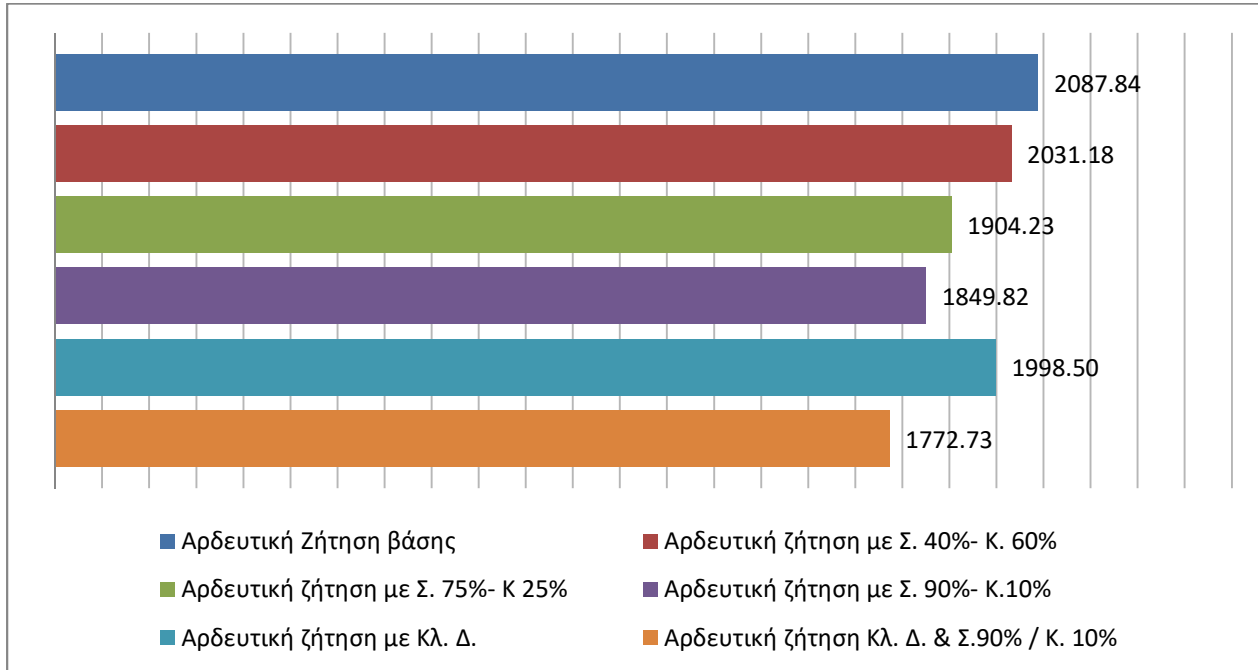
1. Χρήση 60% καταιονισμού και 40% στάγδην στην ΠΛΑΠ. Είναι το πιο συντηρητικό σενάριο, περιορισμένης επέκτασης της χρήσης στάγδην άρδευσης. Εξοικονόμηση συνολικής ζήτησης από σενάριο βάσης 2.57%, δηλαδή $57 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
2. Χρήση 75% στάγδην και 25% καταιονισμού. Πρόκειται για πιο αισιόδοξο σενάριο, ευρείας χρήσης της στάγδην άρδευσης. Εξοικονόμηση συνολικής ζήτησης από σενάριο βάσης 8.33%, δηλαδή $184 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
3. Χρήση 90% στάγδην άρδευσης και 10% καταιονισμού. Πρόκειται για το πλέον αισιόδοξο σενάριο, όπου η στάγδην άρδευση χρησιμοποιείται σχεδόν καθολικά, με μικρές εξαιρέσεις. Εξοικονόμηση συνολικής ζήτησης από σενάριο βάσης 10.80%, $238 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Αξίζει να τονιστεί και πάλι, πως η **αλλαγή από καταιονισμό σε στάγδην** άρδευση παρά το κόστος εγκατάστασης, έχει πολλαπλά οφέλη για τον αγρότη. Η **μείωση της κατανάλωσης νερού** για την **παραγωγή ίδιας ποσότητας και συνήθως καλύτερης ποιότητας προϊόντων** αποφέρει **μείωση του κόστους παραγωγής**. Ακόμα, η δυνατότητα απευθείας και πιο ακριβούς χορήγησης λιπασμάτων στις καλλιέργειες, **αυξάνει την αποδοτικότητα της λίπανσης**, και άρα **μειώνει τη συνολική ποσότητα λιπάσματος** που απαιτείται, μειώνοντας έτσι το κόστος παραγωγής. Από τα παραπάνω, συμπεραίνεται **μείωση τόσο των ποσοτικών όσο και χημικών πιέσεων** στο περιβάλλον, κάτι που συνεπάγεται τη μείωση του πρόσφατα θεσπισμένου περιβαλλοντικού τέλους. Επίσης με τη μη διαβροχή του φυλλώματος των καλλιεργειών, **μειώνεται ο κίνδυνος προσβολής από ασθένειες**.

Μία άλλη πτυχή που αυξάνει τη ζήτηση του αρδευτικού νερού, με σταθερή την αρδευτική ανάγκη των καλλιεργειών, είναι οι απώλειες των δικτύων μεταφοράς του νερού. Και εάν στην περίπτωση των ιδιωτικών γεωτρήσεων η μεταφορά του νερού γίνεται σε πολύ μικρό ή μηδαμινό μήκος, αυτό δεν ισχύει στις περιπτώσεις των συλλογικών δικτύων, είτε ΤΟΕΒ είτε ΟΤΑ. Μάλιστα, όταν σε περιπτώσεις όπως αυτή του νομού Λάρισας οι απώλειες των συλλογικών δικτύων είναι της τάξης του 27.2%, με περίπου το μισό δίκτυο να αποτελείται από ανοικτούς αγωγούς, κρίνεται απαραίτητη η επίλυση του προβλήματος με την αντικατάσταση των παραπάνω με **κλειστούς αγωγούς**, όπως έχει συμβεί στην περίπτωση του νομού Τρικάλων. Ο **πλήρης εκσυγχρονισμός και η σωστή λειτουργία** των συλλογικών δικτύων μπορεί να επιφέρει μείωση **4.05%** επί της συνολικής ζήτησης, ποσότητα ίση με $89 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Απαραίτητη για την αποφυγή ζημιών στα κλειστά δίκτυα είναι η καλή συντήρηση τους και η σωστή διαχείριση της πίεσης. Ο πλέον ευνοϊκός συνδυασμός τεχνικών μέτρων είναι ο προφανής, δηλαδή η πλήρης αντικατάσταση των ανοικτών με κλειστούς αγωγούς μεταφοράς και η υιοθέτηση κατά 90% της στάγδην άρδευσης. Παρουσιάζει **δυνατότητα εξοικονόμησης νερού 14.30%** της σημερινής συνολικής ζήτησης, δηλαδή από τα $2204 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ στα $1889 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Στο Σχήμα 18, παρουσιάζονται τόσο η αρδευτική ζήτηση του σεναρίου βάσης, όσο και η δυνητική αρδευτική ζήτηση ανάλογα τα τεχνικά μέτρα που εφαρμόζονται. Πιο αναλυτικά,

καταγράφονται οι όγκοι αρδευτικής ζήτησης των τριών σεναρίων κατανομής των μεθόδων εφαρμογής του νερού. Επίσης, αποτυπώνεται ο όγκος αρδευτικής ζήτησης με την μετατροπή ανοικτών αγωγών σε κλειστά δίκτυα και τη σωστή συντήρηση αυτών (Κλ. Δ.). Τέλος παρουσιάζεται και η αρδευτική ζήτηση που προκύπτει με τον συνδυασμό της ευρείας υιοθέτησης της στάγδην άρδευσης και του εκσυγχρονισμού των δικτύων.



Σχήμα 18. Αρδευτική ζήτηση για τεχνικά μέτρα. Όγκοι σε $10^6 m^3$

4.4.3. Μέτρα μείωσης των αρδευτικών αναγκών

Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 2 η **ελλειμματική άρδευση** είναι μία πρακτική που σε συνδυασμό με τον **ορθό προγραμματισμό** των αρδεύσεων, δύναται να μειώσει την αρδευτική ανάγκη των καλλιεργειών – και άρα τη ζήτηση – χωρίς να επηρεάσει σημαντικά, ή και καθόλου (όπως καταγράφεται για το βαμβάκι στις μελέτες του πειραματικού αγρού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας), την παραγωγή. Καλλιέργειες με ανθεκτικότητα στην έλλειψη νερού όπως είναι το βαμβάκι, η ροδακινιά και η ελιά, μπορούν να δεχθούν ελλειμματική άρδευση δίχως σημαντική διαφοροποίηση της παραγωγής. Αυτό προϋποθέτει πως οι μειωμένες δόσεις νερού θα τους παρασχεθούν κατά τις φάσεις ανάπτυξής τους, με χρονικό προγραμματισμό, τέτοιο ώστε η παραγωγή να επηρεαστεί όσο το δυνατόν λιγότερο. Η εξέταση γίνεται με τα παρακάτω σενάρια:

1. Ελλειμματική άρδευση στο βαμβάκι και την ελιά στο 90% των αναγκών. Εξοικονόμηση από συνολική ζήτηση βάσης 3.49%, δηλαδή $77 \cdot 10^6 m^3$
2. Ελλειμματική άρδευση στο βαμβάκι και την ελιά στο 80% των αναγκών. Εξοικονόμηση από συνολική ζήτηση βάσης 6.97%, δηλαδή $154 \cdot 10^6 m^3$
3. Ελλειμματική άρδευση στο βαμβάκι, την ελιά και τα υπόλοιπα δένδρα στο 80% των αναγκών. Εξοικονόμηση από συνολική ζήτηση βάσης 8.77%, δηλαδή $193 \cdot 10^6 m^3$

4. Ελλειμματική άρδευση στο βαμβάκι και τα υπόλοιπα δένδρα στο 80% των αναγκών και άρδευση ελιάς με 290 mm (Περιφέρεια Κρήτης Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας, 2018). Εξοικονόμηση από συνολική ζήτηση βάσης 10.67%, δηλαδή $235 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

4.4.4. Τιμολογιακή πολιτική

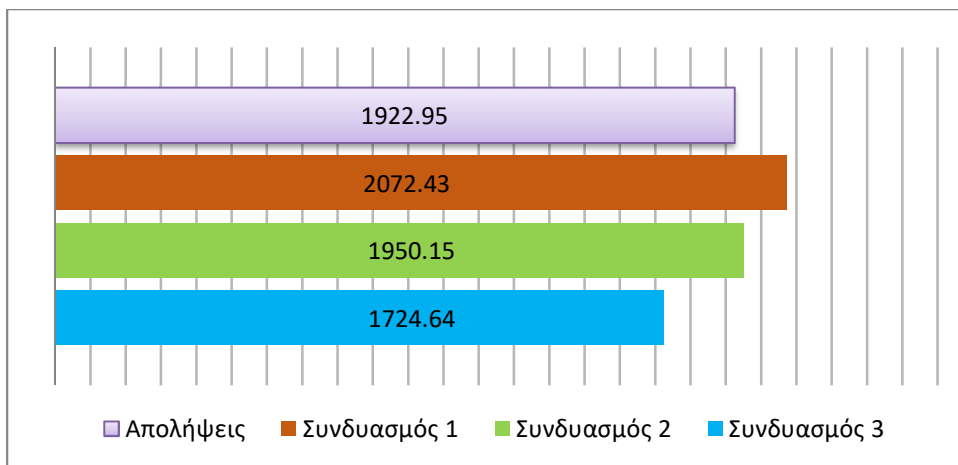
Η εφαρμογή της κατάλληλης τιμολογιακής πολιτικής αποτελεί ένα περίπλοκο πρόβλημα, ειδικά σε περιπτώσεις μη αναλυτικής υδρομέτρησης του νερού στο σημείο χρήσης. Από τη βιβλιογραφική έρευνα, η επιλογή είναι αυτή της χρέωσης νερού βάσει της καλλιέργειας, όπου δεν απαιτείται υδρομέτρηση και περιορίζεται η ανεξέλεγκτη ιδιωτική απόληψη. Μάλιστα για τη συγκεκριμένη ΠΛΑΠ καθιστά εφικτό να χρεωθεί το περιβαλλοντικό τέλος και στις αρδευόμενες εκτάσεις από ίδιες γεωτρήσεις.

4.4.5. Συνδυασμός μέτρων

Καθώς καμία από τις παραπάνω κατηγορίες μέτρων δεν είναι ικανή να προκαλέσει σημαντική μείωση της αρδευτικής, και άρα της συνολικής ζήτησης νερού, γίνεται **διερεύνηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης που προκύπτουν από το συνδυασμό κάποιων ή και όλων από τα παραπάνω μέτρων**. Ενδεικτικά λαμβάνονται ήπιοι – συντηρητικοί συνδυασμοί έως και οι πλέον παρεμβατικοί και μεγάλης επίδρασης:

1. Στάγδην 40%, Καταιονισμός 60% και ελλειμματική άρδευση βαμβακιού και ελιάς στο 90% των αναγκών. Συνδυασμός 1, εξοικονόμηση 5.96% από συνολική ζήτηση σεναρίου βάσης, δηλαδή $131 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
2. Στάγδην 75%, Καταιονισμός 25% και ελλειμματική άρδευση βαμβακιού και ελιάς στο 90% των αναγκών. Συνδυασμός 2, εξοικονόμηση 11.51% από συνολική ζήτηση σεναρίου βάσης, δηλαδή $254 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
3. Στάγδην 90%, Καταιονισμός 10%, ελλειμματική άρδευση βαμβακιού και δένδρων στο 80% των αναγκών και πλήρης εκσυγχρονισμός δικτύων. Συνδυασμός 3, εξοικονόμηση 21.74% από συνολική ζήτηση σεναρίου βάσης, δηλαδή $479 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Στο Σχήμα 19 γίνεται παράθεση των συνολικών ζητήσεων που προκύπτουν για τα τρία σενάρια καθώς και του όγκου τωρινών απολήψεων. Παρατηρείται πως η μέση παρέμβαση μειώνει τη ζήτηση σε επίπεδο παραπλήσιο των απολήψεων. Παρόλα αυτά, μόνο η εντονότερη παρέμβαση διαμορφώνει αισθητό πλεόνασμα, και άρα δύναται να επιφέρει μείωση των απολήψεων προς βιώσιμα επίπεδα. Εάν ληφθεί υπόψη πως οι βιώσιμες ποσότητες απολήψεων έχουν θεωρηθεί $1583 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, δείχνεται πως ούτε ο καλύτερος συνδυασμός εξοικονόμησης νερού δημιουργεί ισορροπία απολήψεων και ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, με τον καλύτερο συνδυασμό δεν καλύπτεται η ζήτηση με βιώσιμες απολήψεις κατά 9.09%, δηλαδή κατά $144 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.



Σχήμα 19. Απολήψεις και συνολική ζήτηση συνδυασμών 1,2,3. Όγκοι σε 10^6 m^3

4.4.6. Διερεύνηση πρόσθετων μέτρων

Με βάση τα προαναφερθέντα, γίνεται εξέταση δύο πρόσθετων μέτρων. Το πρώτο είναι η αλλαγή των καλλιεργειών βαμβακιού με ελαιώνες και το δεύτερο, η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων. Όπως αναφέρθηκε, είναι εφικτή η άρδευση της ελιάς με μόλις 290 mm, κάτι που διαφοροποιεί τις αρδευτικές της ανάγκες από αυτές του βαμβακιού (499 mm) κατά 209 mm νερού. Αν ληφθεί υπόψη η χαμηλή τιμή του βαμβακιού που οδηγεί σε ενδεχόμενη μη συγκομιδή του, σε συνδυασμό με το αυξημένο κόστος και την υποβάθμιση της ποιότητας καταρτίζεται ένας συνδυασμός που θέτει υπό αμφισβήτηση τη βιωσιμότητα της καλλιέργειας του (Κώνστα, 2001). Μία λύση είναι η **αλλαγή μέρους των καλλιεργειών του βαμβακιού με ελαιώνες**. Το προϊόν του ελαιόλαδου, έχει τιμή που κυμαίνεται τα τελευταία χρόνια σταθερά πάνω από τα 2 €/kg μέχρι και τα 4.30 €/kg (Agro24, 2020), τιμή πολλαπλάσια της τιμής του σύσπορου βαμβακιού (≈ 0.50 €/kg), αλλά και σαφώς μεγαλύτερη του εκκοκκισμένου (≈ 1.50 €/kg) (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε., 2020). Πέραν λοιπόν του υδατικού οφέλους είναι πιθανό και ο αγρότης να έχει μεγαλύτερα περιθώρια κέρδους, αφού γίνει παραγωγικό το δέντρο (3-12 έτη), καθώς η παραγωγή ανά στρέμμα της ελιάς είναι επίσης μεγαλύτερη από αυτή του βαμβακιού στη Θεσσαλία (581 kg/ στρέμμα για την ελιά έναντι 336 kg/ στρέμμα για το βαμβάκι).

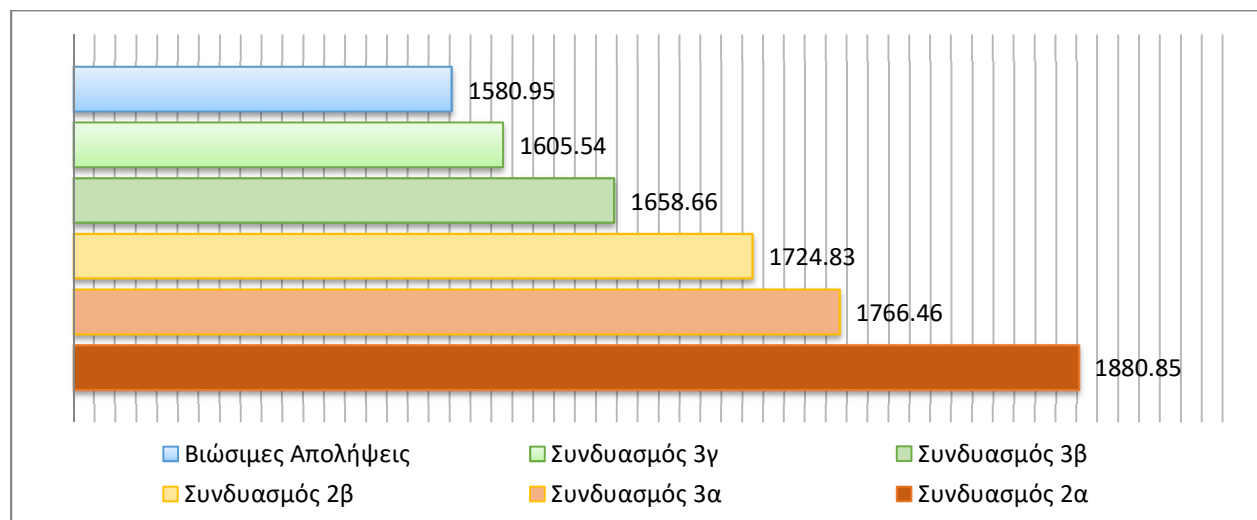
Εξετάζονται τρία νέα σενάρια εξοικονόμησης με διαφορετικά ποσοστά αλλαγής των βαμβακοκαλλιεργειών με ελαιώνες στο πλαίσιο της άρδευσης της ελιάς στα 290 mm έναντι 499 mm του βαμβακιού:

1. Σενάριο 1. Αντικατάσταση του 15% των καλλιεργειών βαμβακιού με ελαιώνες ($127 \cdot 10^3$ στρέμματα). Συνεπάγεται Εξοικονόμηση νερού 5.30% σε σχέση με τη συνολική ζήτηση βάσης, δηλαδή $117 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
2. Σενάριο 2. Αντικατάσταση του 30% των καλλιεργειών βαμβακιού με ελαιώνες ($253 \cdot 10^3$ στρέμματα). Εξοικονόμηση νερού 7.95% σε σχέση με τη συνολική ζήτηση βάσης, δηλαδή $175 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
3. Σενάριο 3. Αντικατάσταση του 60% των καλλιεργειών βαμβακιού με ελαιώνες ($507 \cdot 10^3$ στρέμματα). Εξοικονόμηση νερού 10.21% σε σχέση με τη συνολική ζήτηση βάσης, δηλαδή $225 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Από τα παραπάνω σενάρια, φαίνεται πως η αντικατάσταση του βαμβακιού με ελαιώνες έχει εξίσου μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης με τα τεχνικά μέτρα, ανάλογα με την έκταση που αντικαθίσταται και στο χρονικό ορίζοντα που τα ελαιόδεντρα γίνονται παραγωγικά. Βέβαια, η

αντικατάσταση ακόμα και του 60% των καλλιεργειών δεν δύναται να φέρει σε ισορροπία τη ζήτηση με τις βιώσιμες απολήψεις, καθώς η ζήτηση παραμένει μεγαλύτερη κατά σχεδόν $400 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Επομένως η αναζήτηση συνδυαστικών μέτρων με αυτό της αντικατάστασης των καλλιεργειών αποτελεί μονόδρομο. Ενδεικτικά αποτυπώνονται στο Σχήμα 21 τα παρακάτω σενάρια συνδυασμών μέτρων για αλλαγή τουλάχιστον του 30% των καλλιεργειών βαμβακιού με ελαιώνες, τα οποία συγκρίνονται και με τις βιώσιμες απολήψεις.

1. Συνδυασμός 2α. Αντικατάσταση του βαμβακιού με ελιά στο 30% των εκτάσεων, με άρδευση των ελαιόδεντρων στα 290 mm, κατανομή στάγδην άρδευσης στο 75% και καταιονισμού στο 25%. Εξοικονόμηση νερού 14.66% από συνολική ζήτηση βάσης. Απόκλιση από βιώσιμες απολήψεις $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
2. Συνδυασμός 2β. Αντικατάσταση του βαμβακιού με ελιά στο 30% των εκτάσεων, με άρδευση των ελαιόδεντρων στα 290 mm, κατανομή στάγδην άρδευσης στο 90% και καταιονισμού στο 10% και πλήρης εκσυγχρονισμός των δικτύων. Εξοικονόμηση νερού 21.74% από συνολική ζήτηση βάσης. Απόκλιση από βιώσιμες απολήψεις $144 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
3. Συνδυασμός 3α. Αντικατάσταση του βαμβακιού με ελιά στο 60% των εκτάσεων, με άρδευση των ελαιόδεντρων στα 290 mm και κατανομή στάγδην άρδευσης στο 90% και καταιονισμού στο 10%. Εξοικονόμηση νερού 19.85% από συνολική ζήτηση βάσης. Απόκλιση από βιώσιμες απολήψεις $186 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
4. Συνδυασμός 3β. Αντικατάσταση του βαμβακιού με ελιά στο 60% των εκτάσεων, με άρδευση των ελαιόδεντρων στα 290 mm και του βαμβακιού στο 80% των αναγκών, κατανομή στάγδην άρδευσης στο 90% και καταιονισμού στο 10% και πλήρης εκσυγχρονισμός των δικτύων. Εξοικονόμηση νερού 24.74% από συνολική ζήτηση βάσης. Απόκλιση από βιώσιμες απολήψεις $78 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
5. Συνδυασμός 3γ. Αντικατάσταση του βαμβακιού με ελιά στο 60% των εκτάσεων, με άρδευση των ελαιόδεντρων στα 290 mm του βαμβακιού και των δέντρων στο 80% των αναγκών, κατανομή στάγδην άρδευσης στο 90% και καταιονισμού στο 10% και πλήρης εκσυγχρονισμός των δικτύων. Εξοικονόμηση νερού 27.15% από συνολική ζήτηση βάσης. Απόκλιση από βιώσιμες απολήψεις $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

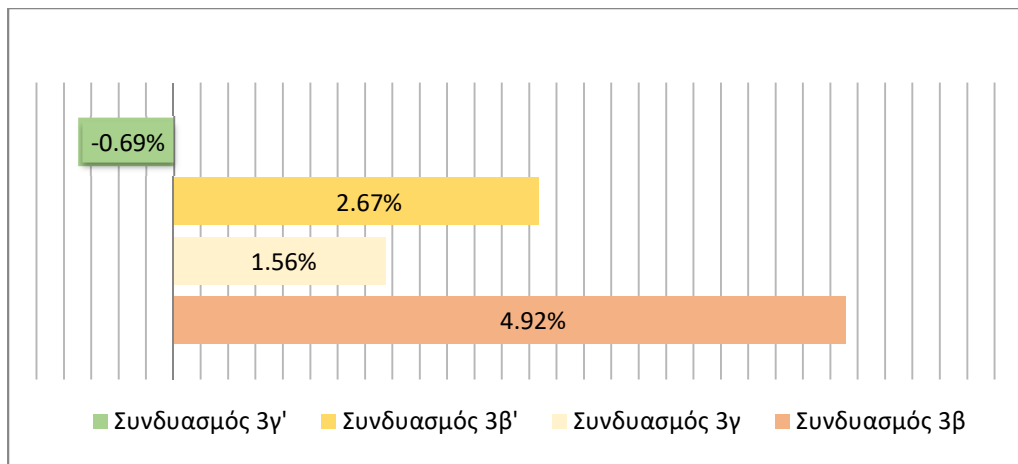


Σχήμα 20. Συνολική ζήτηση συνδυασμών 4,5,6,7,8 και βιώσιμες απολήψεις. Όγκοι σε 10^6 m^3

Από τα αποτελέσματα των συνδυασμών παρατηρείται ότι μόνο οι δύο τελευταίοι, Συνδυασμός 3β και Συνδυασμός 3γ δίνουν αποτελέσματα όπου η απόκλιση ζήτησης-βιώσιμων απολήψεων είναι σχετικά μικρή, κάτω του 5% των βιώσιμων απολήψεων. Πιο συγκεκριμένα, για το Συνδυασμό 3β η απόκλιση είναι 4.92% και για το Συνδυασμό 3γ, 1.56%. Εάν στα δύο τελευταία σενάρια προστεθούν και οι όγκοι του επεξεργασμένου από τις ΕΕΛ νερού, μπορούμε να μιλήσουμε για τεχνητή μείωση της ετήσιας συνολικής ζήτησης κατά τουλάχιστον $35.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$:

- Για τις μεγάλες πόλεις (Λάρισα, Βόλος, Καρδίτσα, Τρίκαλα) όπου δύναται να γίνουν αστικές αρδεύσεις χώρων πρασίνου, γηπέδων, επαναφόρτιση κατά περίπτωση υπόγειων υδροφορέων και λοιπές αστικές χρήσεις ($35.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$)
- Για μικρότερες παραλιακές πόλεις που αντιμετωπίζουν προβλήματα υφαλμύρισης των υπογείων υδροφορέων όπως ο Αλμυρός, ή και μικρότερες πόλεις του Θεσσαλικού Πεδίου (Καλαμπάκα, Τύρναβος, Φάρσαλα, Ελασσόνα όπου δύναται να γίνει επαναχρησιμοποίηση ή επαναφόρτιση υπογείων ΥΣ) ($3.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$)

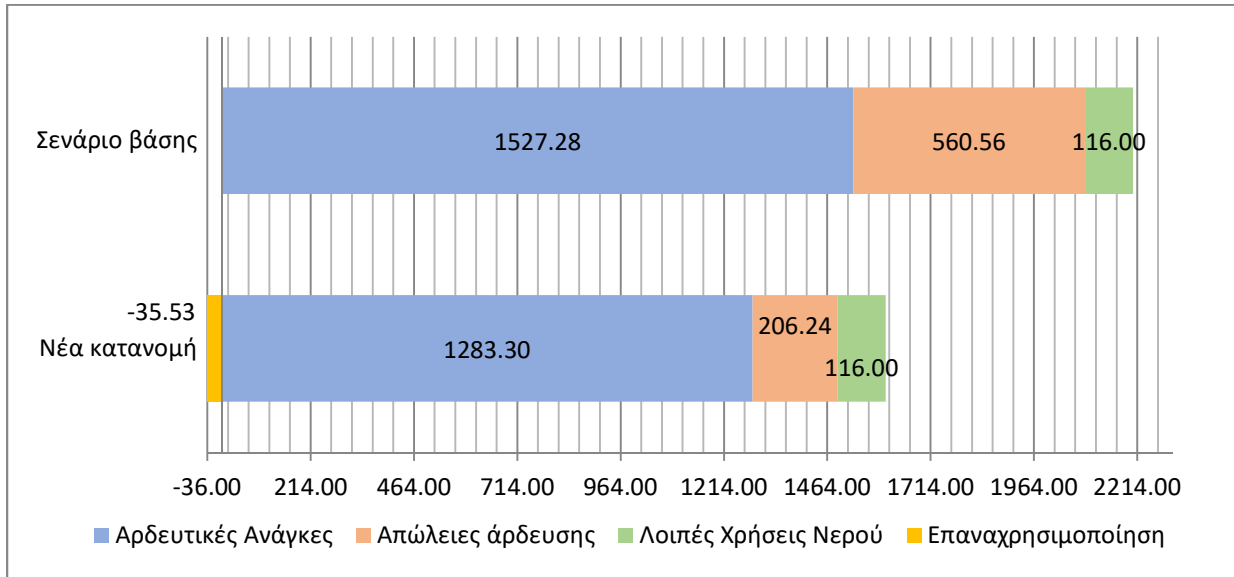
Έτσι διαμορφώνονται δύο νέοι συνδυασμοί, ο Συνδυασμός 3β' και ο Συνδυασμός 3γ', όπου τα μέτρα εξοικονόμησης είναι τα ίδια με τους Συνδυασμούς 3β και 3γ αντίστοιχα, ενώ επιπρόσθετα λαμβάνει χώρα τουλάχιστον επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων από τα τέσσερα μεγάλα αστικά κέντρα. Η αποτελεσματικότητα της επαναχρησιμοποίησης αποτυπώνεται στο Σχήμα 22. Για το Συνδυασμό 3β' η απόκλιση της ζήτησης από τις βιώσιμες απολήψεις μειώνεται από το 4.92% στο 2.67%, ενώ για το Συνδυασμό 3γ', επιτυγχάνεται θετικό ισοζύγιο κατά το 0.69% των βιώσιμων απολήψεων.



Σχήμα 21. Ποσοστιαία απόκλιση ζήτησης-βιώσιμων απολήψεων.

Στο Σχήμα 23 αποτυπώνεται η νέα κατανομή των επιμέρους ζητήσεων στη μειωμένη συνολική, καθώς και η συνεισφορά της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για το Συνδυασμό 3γ'. Ο συνδυασμός 3γ' είναι ο καλύτερος από όσους εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς επιτυγχάνει μείωση της ζήτησης, σε σημείο που είναι μικρότερη των βιώσιμων απολήψεων. Η συνολική ζήτηση είναι μεν $1606 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, αλλά με την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων που αναφέρθηκε, μπορεί να θεωρηθεί ως συνολική ζήτηση απόληψης από τα ΥΣ η ποσότητα των $1570 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Επιτυγχάνεται μάλιστα εξοικονόμηση νερού στην αρδευτική ζήτηση 28.66% σε σχέση με το σενάριο βάσης, ενώ η συνολική εξοικονόμηση φτάνει το 28.76%, ή τα $634 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Κάτι τέτοιο σημαίνει πως

στην ΠΛΑΠ της Θεσσαλίας με τα κατάλληλα μέτρα εξοικονόμησης μπορεί να διατηρηθούν οι παραγωγικές της εκτάσεις ακέραιες, δίχως περαιτέρω υποβάθμιση των ΥΣ.



Σχήμα 22. Διάρθρωση συνολικής ζήτησης, σενάριο βάσης και νέα κατανομή. Όγκοι σε $10^6 m^3$

5. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκαν μέτρα εξοικονόμησης νερού στην ΠΛΑΠ της Θεσσαλίας. Για το σκοπό αυτό, υπολογίστηκε αναλυτικά η αρδευτική ζήτηση λαμβάνοντας υπόψη τις αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών και τις απώλειες μεταφοράς και εφαρμογής του νερού. Δεδομένου των αποκλίσεων όσον αφορά στην ποσότητα των απολήψεων από τα ΕΥΣ, έγινε επαναυπολογισμός αυτών χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της 1^{ης} Αναθεώρησης του ΣΔΛΑΠ. Επιπλέον έγινε υπολογισμός των ποσοτήτων εξοικονόμησης νερού, κυρίως για την άρδευση.

Για τον υπολογισμό της αρδευτικής ζήτησης βρέθηκε για τις αρδευόμενες με συλλογικά δίκτυα εκτάσεις, χρήση μεθόδων άρδευσης με καταιονισμό στο 91% των εκτάσεων και με στάγδην άρδευση μόλις στο 9%. Οι απώλειες των συλλογικών δικτύων υπολογίστηκαν σε 25%, λαμβάνοντας υπόψη τους αγωγούς μεταφοράς και διανομής, τις αντίστοιχες απώλειες (ανάλογα με το αν είναι ανοικτοί ή κλειστοί και σύμφωνα με την επένδυσή τους). Εφόσον δε βρέθηκαν στοιχεία για τις μεθόδους εφαρμογής στις ιδιωτικά αρδευόμενες καλλιέργειες, έγινε μία παραδοχή για μία ελαφρώς πιο αποδοτική κατανομή των μεθόδων άρδευσης από ότι στα συλλογικά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα θεωρήθηκε χρήση της στάγδην άρδευσης στο 30% των ιδιωτικά αρδευόμενων εκτάσεων και του καταιονισμού στο 70%. Ο υπολογισμός των **αρδευτικών αναγκών σε $1527 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** , έγινε με βάση στοιχεία υδατικών αναγκών ανά μεγάλες κατηγορίες καλλιεργειών του 2002 με προσαύξηση 10%, λόγω έλλειψης δεδομένων και ενσωμάτωσης της βραχυπρόθεσμης επιρροής της κλιματικής αλλαγής. Με τα παραπάνω υπολογίστηκε **αρδευτική ζήτηση στα $2088 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** . Με την προσμέτρηση της ζήτησης των λοιπών χρήσεων του νερού, προκύπτει **συνολική ζήτηση $2204 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** .

Η μη καταγραφή των ακαθάριστων απολήψεων αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην κατανόηση του μεγέθους των επιφανειακών απολήψεων. Η ενσωμάτωση των επιστροφών στις απολήψεις και η προσμέτρηση των ανά τμήμα απολήψεων στα κατάντη τμήματα αποτελεί εμπόδιο στην εκτίμηση της ποσότητας νερού που απολαμβάνεται από τα **επιφανειακά ΥΣ**. Ο υπολογισμός που έγινε, δίνει μέγεθος πολύ μεγαλύτερο από αυτά που έχουν αναφερθεί, περί τα **$1000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** , το οποίο όμως κρίνεται πιο λογικό βάσει των δεδομένων και των μεθοδολογιών της 1^{ης} Αναθεώρησης του ΣΔΛΑΠ. Οι απολήψεις από τα **υπόγεια ΥΣ** λαμβάνονται από την 1^η Αναθεώρηση, ίσες με **$923 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** . Το άθροισμα των δύο, παρότι δημιουργεί λογιστική διαφορά της τάξης των **$300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** από τη συνολική ζήτηση, αποτελεί τη βάση εξέτασης των διαφόρων μέτρων εξοικονόμησης.

Η εξέταση των μέτρων και πρακτικών εξοικονόμησης νερού ανά κατηγορία δίνει σημαντικά αποτελέσματα, αναδεικνύοντας ότι η εφαρμογή των **τεχνικών μέτρων εξοικονόμησης**, όπως η μεταστροφή στη στάγδην άρδευση και ο εκσυγχρονισμός των συλλογικών δικτύων, μπορούν να μειώσουν τη συνολική ζήτηση σε νερό κατά **14.3%**, ή **$315 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** . Η **ορθά προγραμματισμένη ελλειμματική άρδευση** μπορεί να επιφέρει μείωση **10.7%**, ή **$235 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** της συνολικής ζήτησης. **Συνδυασμοί** των παραπάνω πρακτικών είναι ικανοί μάλιστα να θέσουν τη συνολική ζήτηση σε επίπεδα κατώτερα των σημερινών απολήψεων με μείωση της συνολικής ζήτησης κατά **21.7%**, ή **$479 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** . Ωστόσο η ζήτηση με τους εν λόγω συνδυασμούς αποκλίνει από τις βιώσιμες απολήψεις μην επιτρέποντας την επίτευξη καλής κατάστασης των ΥΣ.

Η εκτίμηση των **βιώσιμων απολήψεων** παρουσιάζει παρόμοιες δυσκολίες με αυτή των τωρινών απολήψεων. Για αυτό λαμβάνεται ως ποσότητα βιώσιμων απολήψεων από τα **ΕΥΣ**, τιμή ελαφρώς μικρότερη του 30% της φυσικής επιφανειακής απορροής, δηλαδή **$960 \cdot 10^6 \text{ m}^3$** . Για τα **ΥΥΣ**,

αναφέρεται ανάγκη μείωσης των απολήψεων στο επίπεδο των $620 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η επίτευξη συνολικής ζήτησης σε επίπεδα βιώσιμων απολήψεων, δηλαδή $1580 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, δεν επιτυγχάνεται με τους παραπάνω συνδυασμούς εξοικονόμησης, όπου υπολογίστηκε σε $1725 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Ως εκ τούτου, η παρούσα εργασία διερευνά δύο μέτρα περαιτέρω μείωσης της ζήτησης για απολήψεις νερού. Η ανθεκτικότητα της ελιάς σε άρδευση με 290 mm νερού έναντι 499 mm του βαμβακιού και η μεγαλύτερη αξία της παραγωγής της από αυτή του βαμβακιού οδηγούν στην εξέταση του σεναρίου αλλαγής μέρους των εκτάσεων βαμβακοκαλλιέργειας με ελαιώνες. Στην περίπτωση **συνδυασμού των τεχνικών μέτρων και της ορθά προγραμματισμένης ελλειμματικής άρδευσης με την ευρεία αλλαγή των βαμβακοκαλλιεργειών με ελαιώνες** (60% των εκτάσεων), επιτυγχάνεται μείωση της συνολικής ζήτησης κατά **27.2%**, ή $598 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ από την τωρινή. Μάλιστα, με την **αξιοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων** από τα μεγάλα αστικά κέντρα, $35.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, είναι εφικτός ο περιορισμός της συνολικής ζήτησης για απολήψεις σε βιώσιμα επίπεδα.

Επίσης να σημειωθεί ότι κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναδείχθηκε η έλλειψη σαφούς και αναλυτικής πληροφορίας στον τρόπο υπολογισμού των απολήψεων, καθώς και η μη αξιολόγηση της εποχιακής διακύμανσης των απορροών, όπου στη διάρκεια του καλοκαιριού η μέση απορροή είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη μέση ετήσια.

Από την παρούσα διπλωματική εργασία φανερώθηκαν τα **μεγάλα περιθώρια μείωσης της ζήτησης του νερού, ιδίως της αρδευτικής**. Αν και δεν εξετάστηκαν μέτρα εξοικονόμησης του νερού για άλλες χρήσεις πέραν της άρδευσης, τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Στην περίπτωση υπερεκτίμησης των βιώσιμων απολήψεων, υπάρχει πιθανότητα το υδατικό ισοζύγιο να μην είναι βιώσιμο και παρά τα μέτρα εξοικονόμησης. Παρόλα αυτά, **η εφαρμογή ορθών πρακτικών εξοικονόμησης οφείλει να είναι η πρώτη προτεραιότητα** στη διαχείριση της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας και αν απαιτείται να συμπληρώνεται από ενδεχόμενα νέα έργα ταμείου ή μεταφορές νερού από γειτονικές λεκάνες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εντόπισε αποκλίσεις στη θεώρηση των απολήψεων από τα ΕΥΣ, καθώς και μη καταγραφή των ακαθάριστων απολήψεων. Ως εκ τούτου, η μελλοντική έρευνα δύναται να καταρτίσει το αναλυτικό υδατικό ισοζύγιο της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. Επίσης, ως προς τα μέτρα εξοικονόμησης νερού που προτείνονται, η προτεραιότητα υιοθέτησής τους καθώς και η βελτιστοποίηση της εφαρμογής τους αποτελούν αντικείμενα έρευνας. Ως προς τα παραπάνω, κρίνεται απαραίτητη η εκπόνηση οικονομοτεχνικών μελετών και πειραμάτων εφαρμογής των προτεινόμενων μέτρων για τον προσδιορισμό των βέλτιστων αποδόσεων. Επίσης θα πρέπει να εξεταστεί η παροχή κινήτρων και συμβουλευτικών υπηρεσιών για την ενημέρωση – υιοθέτηση νέων τεχνολογιών – μεθοδολογιών με γνώμονα την εξοικονόμηση νερού. Ακόμα η αυτοματοποίηση της άρδευσης, περιλαμβάνοντας όλα τα αναφερθέντα μέτρα, θα οδηγήσει σε αποδοτικότερη χρήση του νερού. Η κατάρτιση ψηφιακών εργαλείων με χρήση γεωχωρικών δεδομένων καθώς και η χρήση αισθητήρων στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας, θα έχει ως αποτέλεσμα τη βέλτιστη αυτοματοποιημένη χρήση του νερού στην άρδευση.

Καταγραφή Σχημάτων

Σχήμα 1. Κατανάλωση νερού ανά ομάδα κρατών. (Πηγή: Ritchie & Roser, 2020).....	3
Σχήμα 2. Μεταβολή Μέσης Επιφανειακής Θερμοκρασίας. Σενάρια Εργασίας, (Πηγή: IPCC, 2014a).....	5
Σχήμα 3. Μεταβολή της διάρκειας ξηρασιών για δύο σενάρια κλιματικής αλλαγής, (Δ.Ε. 95%, διάστημα 2071-2100 σε σύγκριση με 1971-2000). (Πηγή: IPCC, 2014b)	6
Σχήμα 4. Επί τοις εκατό μεταβολή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής. Σενάριο A1B. (α) 1961-1990/2021-2050 και (β) 1961-1990/2071-2100. (Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδας, 2011)	7
Σχήμα 5. Χρονική εξέλιξη της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για την Ελλάδα. (Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδας, 2011)	7
Σχήμα 6. Εκτίμηση πιθανών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. (Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδας, 2011)..	8
Σχήμα 7. Λεκάνες Απορροής Ποταμών στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας (EL08). (Πηγή: “1 ^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017).....	52
Σχήμα 8. Η ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, τα ποτάμια ΥΣ και οι επιμέρους τομές αυτών.	56
Σχήμα 9. ΥΥΣ και συνολική κατάσταση αυτών	59
Σχήμα 10. Μέση Ετήσια Επιφανειακή Βροχόπτωση και Ισοϋτείες Καμπύλες (1960-1993). (Πηγή: Κουτσογιάννης & Ναλμπάντης, 1997).....	60
Σχήμα 11. Water exploitation index, country, 2016. (Πηγή: Eurostat, 2019)	63
Σχήμα 12. Water exploitation index plus. Greece, 1990-2017. (Πηγή: ΕΕΑ, 2019).....	63
Σχήμα 13. Δείκτης SPI ετήσιας χρονικής κλίμακας. (Πηγή: Loukas et al., 2007)	64
Σχήμα 14. Χρήσεις γης στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. (Πηγή: “1 ^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)	66
Σχήμα 15. Κατανομή της αρδευτικής ζήτησης σε βασικές καλλιέργειες.	73
Σχήμα 16. Σενάριο βάσης. Διάρθρωση συνολικής ζήτησης. Όγκοι σε 10 ⁶ m ³	82
Σχήμα 17. Σενάριο βάσης. Κύριοι όγκοι αναφοράς σε 10 ⁶ m ³	82
Σχήμα 18. Αρδευτική ζήτηση για τεχνικά μέτρα. Όγκοι σε 10 ⁶ m ³	84
Σχήμα 19. Απολήψεις και συνολική ζήτηση συνδυασμών 1,2,3. Όγκοι σε 10 ⁶ m ³	86
Σχήμα 20. Συνολική ζήτηση συνδυασμών 4,5,6,7,8 και βιώσιμες απολήψεις. Όγκοι σε 10 ⁶ m ³	87
Σχήμα 21. Ποσοστιαία απόκλιση ζήτησης- Βιώσιμων απολήψεων.	88
Σχήμα 22. Διάρθρωση συνολικής ζήτησης, σενάριο βάσης και νέα κατανομή. Όγκοι σε 10 ⁶ m ³	89

Καταγραφή Πινάκων

Πίνακας 1. Καταγραφή εφαρμογών και αποτελεσμάτων.....	19
Πίνακας 2. Νομοθεσία ποιότητας επεξεργασμένων υδάτων κατά χρήση. ΗΠΑ (Πηγή: United States Environmental Protection Agency, 2012).....	30
Πίνακας 3. Ελάχιστες Ποιοτικές απαιτήσεις επεξεργασμένου νερού για επαναχρησιμοποίηση, (Πηγή: Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2003).....	36
Πίνακας 4. Ελάχιστες ποιοτικές απαιτήσεις κατά χρήση. Ισπανία, (Πηγή: Mujeriego & Hultquist, 2011)	37
Πίνακας 5. Ποιοτικές απαιτήσεις κατά χρήση. Κύπρος, (Πηγή: (Hadjigeorgiou, 2014)).....	39
Πίνακας 6. Χωρισμός κατά κλάσεις των χρήσεων και των ποιοτικών απαιτήσεων για την επαναχρησιμοποίηση του νερού. (Πηγή: “Απόφαση της 25ης Ιουνίου του 2014 για την χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών και πράσινων χώρων.”, 2014).....	41
Πίνακας 7. Ελάχιστες ποιοτικές απαιτήσεις κατά χρήση. Ελλάδα. (Πηγή: ΚΥΑ_5673_400_1997, 1997; “Προεδρικό Διάταγμα Υπ’ Αριθμ. 51”, 2007).....	42
Πίνακας 8. Προτάσεις της ΕΕ για την άρδευση με κατηγοριοποίηση κατά κλάσεις. (Πηγή: Bourguignon, 2018)	44
Πίνακας 9. Πίνακας καταγραφής +/- επαναχρησιμοποίησης	46
Πίνακας 10. Κυριότεροι Ποταμοί ΥΔ 08. (Πηγή: “1 ^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)	54
Πίνακας 11. Χρήσεις Γης στην ΠΛΑΠ Θεσσαλίας. (Πηγή: “1 ^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017)	65
Πίνακας 12. Κατανομή Ζήτησης ανά Χρήση Ύδατος. (Πηγή: “1 ^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017).....	68
Πίνακας 13. Ετήσια Απόληψη Επιφανειακών ΥΣ και αρδευτική ζήτηση	69
Πίνακας 14. Εκτάσεις, παραγωγή και ανάγκη σε άρδευση των καλλιεργειών της ΠΛΑΠ ΕΛ08	70
Πίνακας 15. Οι ΕΕΛ της ΠΛΑΠ Θεσσαλίας, κατά φθίνουσα σειρά παροχής.....	76
Πίνακας 16. Μέση φυσική απορροή ανεξάρτητων ΕΥΣ (Πηγή: “1 ^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ 08”, 2017) ..	78
Πίνακας 17. Υπολογισμός αρδευτικής ζήτησης βάσει αρδευτικών αναγκών.....	79
Πίνακας 18. Σύνολο υπολογισμού μέσης ετήσιας απόληψης από ΕΥΣ ΠΛΑΠ ΕΛ08	80
Πίνακας 19. Απόληψη από κύρια ΕΥΣ που συμβάλλουν στον Πηνειό.....	81

Βιβλιογραφία

Διεθνής Βιβλιογραφία

- Alamanos, A., Latinopoulos, D., Papaioannou, G., & Mylopoulos, N. (2019). Integrated Hydro-Economic Modeling for Sustainable Water Resources Management in Data-Scarce Areas: The Case of Lake Karla Watershed in Greece. *Water Resources Management*, 33(8), 2775–2790. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02241-8>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>
- Ammary, B. Y. (2007). Wastewater reuse in Jordan: Present status and future plans. *Desalination*, 211(1–3), 164–176. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.02.091>
- Arborea, S., Giannoccaro, G., de Gennaro, B. C., Iacobellis, V., & Piccinni, A. F. (2017). Cost-benefit analysis of wastewater reuse in Puglia, Southern Italy. *Water (Switzerland)*, 9(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/w9030175>
- Bakopoulou, S., Polyzos, S., & Kungolos, A. (2010). Investigation of farmers' willingness to pay for using recycled water for irrigation in Thessaly region, Greece. *Desalination*, 250(1), 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.051>
- Becerra-Castro, C., Lopes, A. R., Vaz-Moreira, I., Silva, E. F., Manaia, C. M., & Nunes, O. C. (2015). Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, 75, 117–135. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.001>
- Berbel, J., Expósito, A., Gutiérrez-Martín, C., & Mateos, L. (2019). Effects of the Irrigation Modernization in Spain 2002–2015. *Water Resources Management*, 33(5), 1835–1849. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02215-w>
- BIO Intelligence Service. (2012). *Water saving potential in agriculture in Europe : findings from the existing studies and application to case studies Project description* (Issue January).
- Bourguignon, D. (2018). *Briefing EU Legislation in Progress Setting minimum requirements overview*. 0169(September). [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/625171/EPRS_BRI\(2018\)625171_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/625171/EPRS_BRI(2018)625171_EN.pdf)
- Brouwer, C., Prins, K., & Heibloem, M. (1989). *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling*. FAO. <http://www.fao.org/3/T7202E/t7202e00.htm#Contents>
- Bryla, D. R., Trout, T. J., Ayars, J. E., & Johnson, R. S. (2003). Growth and Production of Young Peach Trees Irrigated by Furrow, Microjet, Surface Drip, or Subsurface Drip Systems. *HortScience*, 38(6), 1112–1116. <https://doi.org/10.21273/hortsci.38.6.1112>
- Cetin, O., & Bilgel, L. (2002). Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agricultural Water Management*, 54(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00138-X)
- Chamoglou, M., Papadimitriou, T., & Kagalou, I. (2014). Key-Descriptors for the Functioning of a

- Mediterranean Reservoir: The Case of the New Lake Karla-Greece. *Environmental Processes*, 1(2), 127–135. <https://doi.org/10.1007/s40710-014-0011-0>
- Cooley, H., Gleck, P., & Wilkinson, R. (2014). Agricultural Water Conservation and Efficiency Potential in California. *The Pisces Foundation*, June, 1–12.
- Delli Compagni, R., Gabrielli, M., Polesel, F., Turolla, A., Trapp, S., Vezzaro, L., & Antonelli, M. (2020). Risk assessment of contaminants of emerging concern in the context of wastewater reuse for irrigation: An integrated modelling approach. *Chemosphere*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125185>
- Dono, G., Giraldo, L., & Severini, S. (2010). Pricing of irrigation water under alternative charging methods: Possible shortcomings of a volumetric approach. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1795–1805. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.06.013>
- Dworak, T., Berglund, M., Cornelius, L., Strosser, P., Roussard, J., Benoit, G., Kossida, M., & Ismini, K. (2007). Final report EU Water saving potential (Part 1 – Report). In *Ecologic, Institute for International and European Environmental Policy* (Issue July).
- EEA. (2017). *River basin districts with a WEI+ greater than 20% in summer*. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/averaged-water-exploitation-index-at-1#tab-chart_1
- EEA. (2019). *Development of the water exploitation index plus (WEI+)*. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/water-exploitation-index-plus#tab-chart_2_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22pre_config_country%22%3A%5B%22Greece%22%5D%7D%7D
- European Commission. (2007). *Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union*. <https://doi.org/10.1080/13880290902938435>
- European Commission. (2016). *Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD* (Issue June). http://ec.europa.eu/environment/water/pdf/Guidelines_on_water_reuse.pdf
- European Commission. (2017). *Modernising and Simplifying the CAP: Climate and environmental challenges facing agriculture and rural areas*. 34. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/env_background_final_en.pdf
- European Commission. (2018). Impact Assessment Accompanying the document Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on minimum requirements for water reuse. In *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- European Commission. (2020). *Future of the common agricultural policy*. https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/future-cap_en#objectives
- Eurostat. (2019). *Water exploitation index by type of water source*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rd220/default/table?lang=en
- Expósito, A., & Berbel, J. (2017). Why Is Water Pricing Ineffective for Deficit Irrigation Schemes? A Case Study in Southern Spain. *Water Resources Management*, 31(3), 1047–1059.

<https://doi.org/10.1007/s11269-016-1563-8>

- Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>
- Filho, J. A., de Sousa Neto, O. N., da Silva Dias, N., de Medeiros, J. F., & Batista, R. O. (2013). Cotton production using secondary domestic sewage. *Acta Scientiarum - Technology*, 35(2), 213–220. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v35i2.13157>
- Galindo, A., Collado-González, J., Griñán, I., Corell, M., Centeno, A., Martín-Palomo, M. J., Girón, I. F., Rodríguez, P., Cruz, Z. N., Memmi, H., Carbonell-Barrachina, A. A., Hernández, F., Torrecillas, A., Moriana, A., & López-Pérez, D. (2018). Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agricultural Water Management*, 202, 311–324. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.015>
- Galioto, F., Guerra, E., Raggi, M., & Viaggi, D. (2017). The impact of new regulations on water pricing in the agricultural sector: A case study from Northern Italy. *Agricultural Economics Review*, 18(2), 77–95.
- González García, M., Fernández-López, C., Pedrero-Salcedo, F., & Alarcón, J. J. (2018). Absorption of carbamazepine and diclofenac in hydroponically cultivated lettuces and human health risk assessment. *Agricultural Water Management*, 206(April), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.04.018>
- González García, M., Fernández-López, C., Polesel, F., & Trapp, S. (2019). Predicting the uptake of emerging organic contaminants in vegetables irrigated with treated wastewater – Implications for food safety assessment. *Environmental Research*, 172(October 2018), 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.011>
- González Hidalgo, I., Magnaga, D., Bidoglio, G., & Peteves, S. (2019). *Jrc Science for Policy Report Water Energy Nexus in Europe*. <https://doi.org/10.2760/968197>
- Gurib-Fakim, A., Nieto, E. P., Turnbull, M., Hasina, S., Áder, J., Al-Mulki, H., Rutte, M., Godard, P. P. K., Zuma, J., Sall, M., Rahmon, E., & Seung-soo, H. (2018). Making Every Drop Count-An Agenda for Water Action. *HLPWater Outcome Report, March*, 234. <https://doi.org/10.3362/0262-8104.1993.008>
- Hadjigeorgiou, P. (2014). *Reuse of Treated Effluent in Cyprus Cyprus at a Glance. March*, 1–26.
- Hamdy, A., Ragab, R., & Scarascia-Mugnozza, E. (2003). Coping with water scarcity: Water saving and increasing water productivity. *Irrigation and Drainage*, 52(1), 3–20. <https://doi.org/10.1002/ird.73>
- Hanson, B., & May, D. (2004). Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural Water Management*, 68(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.003>
- Heaton, R. D. (1981). Wastewater reclamation and reuse. *GeoJournal*, 5(5), 483–501. <https://doi.org/10.1007/BF02484720>
- Hedelin, B., & Lindh, M. (2008). Implementing the EU water framework directive - Prospects for sustainable water planning in Sweden. *European Environment*, 18(6), 327–344. <https://doi.org/10.1002/eet.489>

- Iglesias Esteban, R., & Ortega de Miguel, E. (2008). Present and future of wastewater reuse in Spain. *Desalination*, 218(1–3), 105–119. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.09.031>
- IPCC. (2014a). Climate Change 2014 Part A: Global and Sectoral Aspects. In V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. [papers2://publication/uuid/B8BF5043-C873-4AFD-97F9-A630782E590D](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386)
- IPCC. (2014b). Climate Change 2014 Part B: Regional Aspects. In V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386>
- IWA. (2018). *The Reuse Opportunity*. <https://doi.org/10.5194/acp-2016-176>
- Jaeger, W. K., Plantinga, A. J., Chang, H., Dello, K., Grant, G., Hulse, D., McDonnell, J. J., Lancaster, S., Moradkhani, H., Morzillo, A. T., Mote, P., Nolin, A., Santelmann, M., & Wu, J. (2013). Toward a formal definition of water scarcity in natural-human systems. *Water Resources Research*, 49(7), 4506–4517. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20249>
- Jaramillo, M. F., & Restrepo, I. (2017). Wastewater reuse in agriculture: A review about its limitations and benefits. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/su9101734>
- Jimenez Cisneros, B. E., Oki, T., Arnell, N. W., Benito, G., Cogley, J. G., Döll, P., Jiang, T., & Mwakalila, S. S. (2014). Freshwater Resources. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1199–1265). Cambridge University Press.
- Kanakoudis, V., & Tsitsifli, S. (2010). Results of an urban water distribution network performance evaluation attempt in Greece. *Urban Water Journal*, 7(5), 267–285. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2010.509436>
- Kanakoudis, Vasilis, & Tsitsifli, S. (2015). River basin management plans developed in Greece, based on the WFD 2000/60/EC guidelines. *Desalination and Water Treatment*, 56(5), 1231–1239. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.979234>
- Karamanos, A., Aggelides, S., & Londra, P. (2005). Irrigation Systems Performance in Greece. *Options Mediterraneennes, Series B*, 52, 99–110.
- Kashyap, P. S., & Panda, R. K. (2003). Effect of irrigation scheduling on potato crop parameters under water stressed conditions. *Agricultural Water Management*, 59(1), 49–66. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00110-5](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00110-5)
- Kathijotes, N., & Panayiotou, C. (2014). Wastewater reuse for irrigation and seawater intrusion:

- Evaluation of salinity effects on soils in cyprus. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 3(4), 392–401. <https://doi.org/10.2166/wrd.2013.072>
- Keeble, B. R. (1988). The Brundtland report: 'Our common future.' *Medicine and War*, 4(1), 17–25. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>
- Knüppe, K. (2011). The challenges facing sustainable and adaptive groundwater management in South Africa. *Water SA*, 37(1), 67–80. <https://doi.org/10.4314/wsa.v37i1.64110>
- Koech, R., & Langat, P. (2018). Improving irrigation water use efficiency: A review of advances, challenges and opportunities in the Australian context. *Water (Switzerland)*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/w10121771>
- Koussis, A. D., Georgopoulou, E., Kotronarou, A., Mazi, K., Restrepo, P., Destouni, G., Prieto, C., Rodriguez, J. J., Rodriguez-Mirasol, J., Cordero, T., Ioannou, C., Georgiou, A., Schwartz, J., & Zacharias, I. (2010). Cost-efficient management of coastal aquifers via recharge with treated wastewater and desalination of brackish groundwater: application to the Akrotiri basin and aquifer, Cyprus. *Hydrological Sciences Journal*, 55(7), 1234–1245. <https://doi.org/10.1080/02626667.2010.512469>
- Kovats, R. S., Valentini, R., M. Bouwer, L., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M., & Soussana, J.-F. (2014). Europe. In C. B. Field, V. R. Barros, D. . Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1267–1326). Cambridge University Press.
- Lazaridou, D., Michailidis, A., & Mattas, K. (2019). Evaluating the willingness to pay for using recycled water for irrigation. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19), 1–8. <https://doi.org/10.3390/su11195220>
- Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E., & Aragüés, R. (2010). Irrigation modernization in Spain: Effects on water quantity and quality—a conceptual approach. *International Journal of Water Resources Development*, 26(2), 265–282. <https://doi.org/10.1080/07900621003655734>
- Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M., & Scardigno, A. (2014). Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*, 146, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.012>
- Libutti, A., Gatta, G., Gagliardi, A., Vergine, P., Pollice, A., Beneduce, L., Disciglio, G., & Tarantino, E. (2018). Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 196, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.10.015>
- Life Segura Riverlink*. (2018). http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4635#PD
- Lonigro, A., Rubino, P., Brandonisio, O., Spinelli, R., Pollice, A., & Laera, G. (2007). Vegetable crop irrigation with tertiary filtered municipal wastewater. *Plant Biosystems*, 141(2), 275–281. <https://doi.org/10.1080/11263500701402016>
- Lonigro, Antonio, Montemurro, N., Rubino, P., Vergine, P., & Pollice, A. (2015). Reuse of treated

- municipal wastewater for irrigation in apulia region: The “IN.TE.R.R.A.” project. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(7), 1665–1674. <https://doi.org/10.30638/eemj.2015.177>
- Loucks, D. P. (2000). Sustainable water resources management. *Water International*, 25(1), 3–10. <https://doi.org/10.1080/02508060008686793>
- Loukas, A., Vasiliades, L., & Tzabiras, J. (2007). Evaluation of Climate Change on Drought Impulses in Thessaly, Greece. *European Water*, 1718, 17–28.
- Margerum, R. D., & Robinson, C. J. (2015). Collaborative partnerships and the challenges for sustainable water management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 12, 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.09.003>
- Marouelli, W. A., da Costa Lage, D. A., Gravina, C. S., Filho, M. M., & de Souza, R. B. (2013). Sprinkler and drip irrigation in the organic tomato for single crops and when intercropped with coriander. *Revista Ciencia Agronomica*, 44(4), 825–833. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400020>
- Melgarejo, J., Prats, D., Molina, A., & Trapote, A. (2016). A case study of urban wastewater reclamation in Spain: Comparison of water quality produced by using alternative processes and related costs. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 6(1), 72–81. <https://doi.org/10.2166/wrd.2015.147>
- Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. (2003). DECRETO 12 giugno 2003, n.185 Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell’articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. *Gazzetta Ufficiale*, 169, 1–15.
- Mujeriego, R., & Hultquist, R. (2011). *Spanish Regulations for Water Reuse Royal Decree 1620 / 2007 of 7 December*. September, 31.
- Navarro, T. (2018). Water reuse and desalination in Spain – Challenges and opportunities. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 8(2), 153–168. <https://doi.org/10.2166/wrd.2018.043>
- Negreanu, Y., Pasternak, Z., Jurkevitch, E., & Cytryn, E. (2012). Impact of Treated Wastewater Irrigation on Antibiotic Resistance in Agricultural Soils. *Environmental Science & Technology*, 46(9), 4800–4808. <https://doi.org/10.1021/es204665b>
- Pahl-Wostl, C., Tàbara, D., Bouwen, R., Craps, M., Dewulf, A., Mostert, E., Ridder, D., & Taillieu, T. (2008). The importance of social learning and culture for sustainable water management. *Ecological Economics*, 64(3), 484–495. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.007>
- Papadopoulou, C., Papadopoulou, M. P., & Lapidou, C. (2017). *Unfolding Policy Goals and Means of the Nexus Water-Energy-Land-Food-Climate in Inventory of the nexus-related policies*. 1–7.
- Pedrero, F., Camposeo, S., Pace, B., Cefola, M., & Vivaldi, G. A. (2018). Use of reclaimed wastewater on fruit quality of nectarine in Southern Italy. *Agricultural Water Management*, 203(January), 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.029>
- Pereira, L. S., Paredes, P., Sholpankulov, E. D., Inchenkova, O. P., Teodoro, P. R., & Horst, M. G. (2009). Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. *Agricultural Water Management*, 96(5), 723–735. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.10.013>
- Petsakos, A., Rozakis, S., & Tsioukas, C. (2013). *Risk Optimal Farm Plans in the Context of Decoupled Subsidy Payments : the Case of Cotton Production in Thessaly*. 13(7).

- Pittock, J. (2011). National climate change policies and sustainable water management: Conflicts and synergies. *Ecology and Society*, 16(2). <https://doi.org/10.5751/ES-04037-160225>
- Pizza, F. (2014). Agricultural reuse of treated wastewater : the case of Milano-Nosedo municipal wastewater treatment plant. *Wastewater and Biosolids Treatment and Reuse: Bridging Modeling and Experimental Studies*.
- Playán, E., & Mateos, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural Water Management*, 80(1-3 SPEC. ISS.), 100–116. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.007>
- Podimata, M., & Yannopoulos, P. (2012). Kallicrates Scheme and Water Governance in Greece. *Protection and Restoration of the Environment XI*, 1–10. http://www.hydrocrites.upatras.gr/UserFiles/Activities/92%5CPodimata_and_Yannopoulos_pre_xi.pdf
- Population Action International. (2011). *Why Population Matters To Water Resources*.
- Racar, M., Košutić, K., & Dolar, D. (2019). Municipal Wastewater Reclamation and Water Reuse for Irrigation by Membrane Processes. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 33(3), 417–425. <https://doi.org/10.15255/CABEQ.2018/1571>
- Reznik, A., Feinerman, E., Finkelshtain, I., Fisher, F., Huber-Lee, A., Joyce, B., & Kan, I. (2017). Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: A statewide long-term perspective. *Ecological Economics*, 135, 222–233. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.01.013>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2020). *Water use and stress*. OurWorldInData.Org. <https://ourworldindata.org/water-use-stress#citation>
- Romano, G., Salvati, N., & Guerrini, A. (2016). An empirical analysis of the determinants of water demand in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 130, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.141>
- Rozakis, S., Tsiboukas, K., & Korasidis, M. (2008). CAP Reform Impacts to Greek Cotton Farmers: A Mathematical Programming Approach. *Journal of Agricultural and Food Economics*, 3(1–2), 85–106.
- Rozos, D., Sideri, D., Loupasakis, C., & Apostolidis, E. (2017). Bulletin of the geological society of Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 43(3), 1850–1857. <https://doi.org/10.12681/bgsg.11274>
- Sese-Minguez, S., Boesveld, H., Asins-Velis, S., van der Kooij, S., & Maroulis, J. (2017). Transformations accompanying a shift from surface to drip irrigation in the Canyoles Watershed, Valencia, Spain. *Water Alternatives*, 10(1), 81–99.
- Simpson, G. B., & Jewitt, G. P. W. (2019). The development of the water-energy-food nexus as a framework for achieving resource security: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 7(FEB), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00008>
- State Water Resources Control Board. (2013). *Policy for Water Quality Control for Recycled Water (Recycled Water Policy)*. State of California.
- Tal, A. (2016). Rethinking the sustainability of Israel’s irrigation practices in the Drylands. *Water*

- Research*, 90, 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.12.016>
- Teodosiu, C., Barjoveanu, G., & Teleman, D. (2003). Sustainable water resources management 1. River basin management and the EC water framework directive. *Environmental Engineering and Management Journal*, 2(4), 377–394. <https://doi.org/10.30638/eemj.2003.033>
- Tindula, G. N., Orang, M. N., & Snyder, R. L. (2013). Survey of irrigation methods in California in 2010. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 139(3), 233–238. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000538](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000538)
- Tognetti, R., Palladino, M., Minnocci, A., Delfine, S., & Alvino, A. (2003). The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agricultural Water Management*, 60(2), 135–155. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00167-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00167-1)
- Tzabiras, J., Vasiliades, L., Sidiropoulos, P., Loukas, A., & Mylopoulos, N. (2016). Evaluation of Water Resources Management Strategies to Overturn Climate Change Impacts on Lake Karla Watershed. *Water Resources Management*, 30(15), 5819–5844. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1536-y>
- UC Drought Management Division of Agriculture and Natural Resources University of California. (2020). *Irrigation Scheduling*. http://ucmanagedrought.ucdavis.edu/Agriculture/Irrigation_Scheduling/
- UN General Assembly. (2017). A/RES/71/222 71/222. *International Decade for Action, “Water for Sustainable Development.”* 22804(53), 68–72.
- United Nations. (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification. Particularly in Africa: Vol. VOL-2.*
- United States Environmental Protection Agency. (2012). *Guidelines for water reuse.*
- Uzen, N., Cetin, O., & Unlu, M. (2016). Effects of domestic wastewater treated by anaerobic stabilization on soil pollution, plant nutrition, and cotton crop yield. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(12). <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5680-x>
- W.L. Multer, Zhang, X., Wang, Y., Wample, R. L., Unruh, B. L., Stoll, M., Smithyman, R., Smith, M., Shock, C. C., Nautiyal, P. C., Boland, A.-M., Moutonnet, P., McCarthy, M. G., Li, Z., Loveys, B. R., Li, J., Kivumbi, D., Kirda, C., Joshi, Y. C., ... Dayal, D. (2002). *Deficit Irrigation Practices*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- WATECO. (2003). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000 / 60 / EC) Guidance document n.º1 Economics and the environment. In *Economic Analysis*. <https://doi.org/10.2779/53333>
- WHO. (2001). Leakage assesment. In *Leakage Management and Control - A Best Practice Training Manual*. World Health Organization. https://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/leakage/ch04.htm#b1-3.1 Understanding water loss and leakage
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater. The Untapped Resource*. UNESCO. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ximing Cai, B. E. (1999). *A Modeling Framework for Sustainable Water Resources Management*. The University of Texas at Austin.

Zhang, Y., & Shen, Y. (2019). Wastewater irrigation: past, present, and future. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 6(3), e1234. <https://doi.org/10.1002/wat2.1234>

Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1ο ΣΔΛΑΠ Υ.Δ. Θεσσαλίας (GR08). (2014, September 25). *Εφημερίς Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας*.
- 1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ. (2016). *Μεθοδολογία ανάλυσης ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα*. ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ.
- 1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ Υ.Δ. 08. (2017, December 29). *Εφημερίς Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας*.
- Agro24. (2020). *Εξέλιξη τιμών ελαιολάδου*. <https://www.agro24.gr/ελαιόλαδο>
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Βόλου. (2005). Ελληνική Δημοκρατία Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΥΠΕ ΤΜΗΜΑ Β΄.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Ελασσόνας. (2011). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΥΠΕ ΤΜΗΜΑ Β΄.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Καλαμπάκας. (2016). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ-ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒ/ΝΤΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Λάρισας. (2012). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΥΠΕ ΤΜΗΜΑ Β΄.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Λιτόχωρου. (2012). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΥΠΕ ΤΜΗΜΑ Β΄.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Τρικάλων. (2009). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΧΩΡ/ΞΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ & ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Αγιάς. (2008). Ελληνική Δημοκρατία Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΥΠΕ ΤΜΗΜΑ Β΄.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Αλμυρού. (2012). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ-ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒ/ΝΤΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Γιάννουλης. (2014). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ-ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒ/ΝΤΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Καρδίτσας (pp. 1–8). (2012). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ-ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒ/ΝΤΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.
- Α.Ε.Π.Ο. Ε.Ε.Λ. Λιβαδίου. (2004). ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒ/ΝΤΟΣ & ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ & ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.

- Α.Ε.Π.Ο Ε.Ε.Λ. *Τυρνάβου*. (2009). Ελληνική Δημοκρατία Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΥΠΕ ΤΜΗΜΑ Β΄.
- Ανδρεαδάκης, Α. (2015). *Επεξεργασία και διαχείριση λυμάτων και ιλύος*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Απόφαση της 25ης Ιουνίου του 2014 για την χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών και πράσινων χώρων. (2014). *JORF, 0153 texte*, 11059.
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029186641&categorieLien=id>
- Βαγενάς, Ι. Ν. (2002). *Υδατοκατανάλωση καλλιεργειών σε νομούς της Περιφέρειας Θεσσαλίας*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Βαρδούλη, Β. (2005). *Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση πρασίνου* [Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας]. <https://doi.org/147.102.131.18>
- Γεωργιοπούλου, Τ. (2005). *Αποσυνδέονται οι επιδοτήσεις από την αγροτική παραγωγή*. Η Καθημερινή.
<https://www.kathimerini.gr/221646/article/oikonomia/ellhnikh-oikonomia/aposyndeontai-oi-epidothseis-apo-thn-agrotikh-paragwgh>
- Ε.Γ.Υ. (2018). *Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων Βάση Δεδομένων Παρακολούθησης Λειτουργίας*. Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής.
<http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/WtpViewApp.aspx#>
- Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων Βάση Δεδομένων Παρακολούθησης Λειτουργίας Ερωτήματα*. (2018). Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής.
<http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/QueryTool.aspx>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2011). *Απογραφή πληθυσμού 2011. Μόνιμος πληθυσμός κατά φύλο, ομάδες ηλικιακών και τόπο γέννησης*.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2018). *Οικονομικοί λογαριασμοί γεωργίας*.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2019α). *ΑΕΠ κατά περιφέρεια και νομό*.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2019β). *Κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. κατά περιφέρεια και νομό*.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2020). *Απασχόληση κατα γεωγραφική ζώνη, περιφέρεια και κλάδο*.
- Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2001). *Ανακοίνωση της Επιτροπής: "Αειφόρος ανάπτυξη της Ευρώπης για έναν καλύτερο κόσμο: Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αειφόρο ανάπτυξη."*
- Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2007). *ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: Η αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας και της ξηρασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση*.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2009, August 1). Οδηγία 2009/90/ΕΚ. *Επίσημη Εφημερίδα Της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, 5, 36–38.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2014, June 21). Οδηγία 2014/80/ΕΕ. *ΕΠ*, 52–55.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2000, January 22). Οδηγία 2000/60/ΕΚ. *Επίσημη*

- Εφημερίδα Των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*, 7, L327/1.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2007, November 6). Οδηγία 2007/60/ΕΚ. *Επίσημη Εφημερίδα Της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, 27–34.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2008, December 24). Οδηγία 2008/105/ΕΚ. *Επίσημη Εφημερίδα Της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, 84–97.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2013, August 24). Οδηγία 2013/39/ΕΕ. *Επίσημη Εφημερίδα Της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, 1–17. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0039&from=EL>
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, & Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2014). *Τροποποιημένη Οδηγία 2006/118/ΕΚ* (pp. 1–20).
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (1991, May 30). Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. *Επίσημη Εφημερίδα Των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*, 40–52.
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2015, October 7). *Τροποποιημένη Οδηγία 98/83/ΕΚ*. 1–36.
- Ζαχαρής, Μ. Γ. (2008). *Σύγκριση Επιφανειακής με Υπόγεια Άρδευση στο Σόργο με εφαρμογή 80% της Δόσης Άρδευσης*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Ζωγράφου, Κ., Καλεβρά, Ν., Κορακάκη, Ε., Κορδοπάτης, Π., Λιαρρίκος, Κ., & Μαραγκού, Π. (2012). *Διαχρονική χαρτογράφηση των καλύψεων γης 1987-2007* (Κ. Λιαρρίκος, Π. Μαραγκού, & Θ. Παπαγιάννης (Eds.)). WWF ΕΛΛΑΣ.
- Καλφούντζου, Π. (2007). *Σύγχρονα συστήματα άρδευσης - Πειράματα στον αγρό*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Καπετάνος, Β. Δ. (2003). *Σύγκριση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Κουτσογιάννης, Δ., & Ναλμπάντης, Ι. (1997). *Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας*. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ.
- ΚΥΑ_5673_400_1997. (1997).
- Κυπριακός Οργανισμός Αγροτικών Πληρωμών. (2016). *Ενδεικτικές ανάγκες σε νερό καλλιεργειών και παραγωγικών ζώων για την αξιολόγηση των σχεδίων βελτίωσης*.
- Κώνστα, Β. (2001). *Η πορεία της βαμβακοκαλλιέργειας στην Ελλάδα*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μαντούζα, Α. (2008). *Ανάλυση της λεκάνης του ποταμού Πηνειού στα πλαίσια της Οδηγίας 2000/60 με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκη.
- Μίχας, Σ., & Γκίοκας, Α. (2012). *Καταγραφή των συλλογικών δικτύων στη Θεσσαλία και διερεύνηση της αποδοτικότητας διανομής του αρδευτικού νερού*.
- Νητσόπουλος, Ν. (2008). *Σύγκριση επιφανειακών μεθόδων άρδευσης σε γκαζόν*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Νικολόπουλος, Δ. (2015). *Ανάπτυξη μοντέλου συνδυασμένης διαχείρισης λεκανών απορροής Αχελώου και Πηνειού*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. (2020). *Διεθνής τιμή βάμβακος*. <https://www.opekepe.gr/el/opekepe-iframe-apps-gr/opekepe-timi-vamvaki-gr>
- Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων* (Vol. 43, Issue 10). (1991).
- Πανώρας, Α., Ευγενίδης, Γ., Μπλαδενοπούλου, Σ., Μελίδης, Β., Δοϊτσίνης, Α., Σαμαράς, Ι., Ζδράγκας, Α., & Πανώρας, Γ. (2001). *ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ*.
- Παπαζαφειρίου, Ζ. Γ. (1999). *Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό*. Εκδόσεις Ζήτη.
- Πέππας, Α. (2001). *Προσομοίωση υδατικών πόρων και χρήσεων νερού στη Θεσσαλία*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Περιφέρεια Κρήτης Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας. (2018). *Ορθολογική Χρήση Νερού Άρδευσης*.
- Προεδρικό Διάταγμα Υπ' Αριθμ. 51. (2007, March 8). *Φεκ Α' 54*, 1355–1426.
- Ρούστας, Γ. (2019a). "Φωτιά" στον κάμπο βάζει το περιβαλλοντικό τέλος. *Ελευθερία*. <https://www.eleftheria.gr/αγροτικά/item/223592.html>
- Ρούστας, Γ. (2019b). *Χαμένοι στη μετάφραση για το περιβαλλοντικό τέλος*. *Yraithros.Gr*. <https://www.yraithros.gr/parathyro-meiosi-telous-ardeusis-thessalia-famellos/>
- ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας. (2019). *Διαβούλευσης 2ης αναθεώρησης ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας*.
- ΣΔΛΑΠ Θεσσαλίας Παραδοτέο 8. (2014).
- ΣΔΛΑΠ Υ.Δ. 08. *Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας*. (2014). *Εφημερίς Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας*.
- Σκούρτος, Σ. Μ., Μαχλέρας, Α., & Κοντογιάννη, Α. (2011). *Η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής στα υδάτινα αποθέματα* (pp. 0–54). Τράπεζα της Ελλάδας.
- Τράπεζα της Ελλάδας. (2011). *Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα*.
- Τσερκέζου, Π. (2006). *Εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων νερού σε υπόγεια άρδευση*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Τσιάκαλου, Χ. (2008). *Η διαφοροποίηση του αγροτικού τομέα στον Νομό Λάρισας κατά την τελευταία 30ετία: η περίπτωση ύδατος στη πεδινή ζώνη του νομού*.
- Τσιφτσιλή, Σ., Παπαβασιλείου, Ζ., & Κλοκοτάρας, Κ. (2019). *Οι Υδατικοί πόροι στη Θεσσαλία ως μοχλός ανάπτυξης υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής*.
- Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας. (2020a). *Θεσσαλικά Έργα Αξιοποίησης Νερού*. <https://www.ypethe.gr/page/ydatiko-diamerisma-thessalias-yd-gr-08>
- Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας. (2020b). *Ταμειυτήρας Κάρλας*. <https://www.ypethe.gr/page/tamieytiras-karlas>
- ΦΕΚ Α' 280. (2003, December 9). *Εφημερίς Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας*, 159–170.
- ΦΕΚ Β' 1108. (2010, July 21). *Εφημερίς Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας*, 2.

ΦΕΚ Β' 1751. (2017, May 22). *Εφημερίς Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας*.

Χουλιάρá, Χ. (2005). *Άρδευση κωνοφόρων με υγρά απόβλητα* [Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας].
<https://doi.org/147.102.131.18>