

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
*Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



Διερεύνηση των αναγκών του υδατικού δυναμικού και των  
δυνατοτήτων ενίσχυσής του στον Ν. Βοιωτίας

Ευτυχία Κυριακοπούλου

Επιβλέπων Καθηγητής  
Σταύρος Κολιός

Μάιος 2016

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

**Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Διερεύνηση των αναγκών του υδατικού δυναμικού και των  
δυνατοτήτων ενίσχυσής του στον Ν. Βοιωτίας**

**Ευτυχία Κυριακοπούλου**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Σταύρος Κολιός**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών  
Στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος  
από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών  
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2016**



## Περίληψη

Το νερό είναι η σημαντικότερη πρώτη ύλη στη φύση, της οποίας η επάρκεια, ή η έλλειψη αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη της κάθε κοινωνίας σε κοινωνικό, οικονομικό και πολιτιστικό επίπεδο. Η καλή χρήση και η ανανέωση των υδατικών πόρων, αποτελεί βασική συνιστώσα του κύκλου του νερού, διότι είναι ένας πόρος απαραίτητος για τη ζωή. Είναι πλέον γνωστό ότι, η ορθή διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι απαραίτητη σε κάθε στρατηγική, προσανατολισμένη στη διατήρηση της ανάπτυξης και της βιοποικιλότητας.

Ωστόσο, οι αυξημένες ανάγκες της κοινωνίας για ολοένα και μεγαλύτερη χρήση των υδατικών πόρων στην ύδρευση, στην άρδευση, αλλά και στον βιομηχανικό τομέα, σε συνδυασμό με την έντονη κλιματική αλλαγή, η οποία οδηγεί σε μείωση των βροχοπτώσεων, όπως επίσης και η εντατικοποίηση των καλλιεργειών με τη χρήση λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων κλπ, σε συνδυασμό με την εντατικοποίηση των αρδεύσεων, είναι μερικοί παράγοντες που προκαλούν ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση των υδάτινων πόρων στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη. Το γεγονός αυτό, επιτείνεται από την ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση του νερού, που έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια σε επιτακτική ανάγκη λήψης μέτρων προστασίας των υδάτινων πόρων από περαιτέρω υποβάθμιση, καθώς και σε διερεύνηση των μεθόδων ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού των περιοχών που πλήττονται από τα ανωτέρω φαινόμενα.

Στον ελληνικό χώρο, η οικονομική ανάπτυξη - η οποία υπήρξε σημαντική κατά τις τελευταίες δεκαετίες - έχει συμβαδίσει με την αύξηση της κατανάλωσης νερού και με τα προβλήματα της διαθεσιμότητας, ή της ποιότητας αυτού. Οι ρυθμοί κοινωνικής ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια ήταν γρήγοροι, επιβάλλοντας τις ανθρώπινες παρεμβάσεις στη διαχείριση των υδατικών πόρων, μέσω της κατασκευής έργων για την εντατικότερη εκμετάλλευση του νερού, οι οποίες συνίστανται στην σημαντική αύξηση της υδροληψίας και στην εκτροπή των υφιστάμενων υδάτων για αρδευτικούς σκοπούς στις γεωργικές καλλιέργειες. Αυτές οι κινήσεις αποτέλεσαν, βέβαια, τον βασικότερο παράγοντα για την ρύπανση και τη μείωση των διαθέσιμων υπογείων υδάτων, για την εξαφάνιση των υγροτόπων, αλλά και για την ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των υδροφόρων οριζόντων πολλών περιοχών. Η παρούσα εργασία αφορά στην διερεύνηση του υδατικού δυναμικού μίας περιοχής, ενός Νομού της Ελλάδας, και των δυνατοτήτων ενίσχυσής της, αξιοποιώντας τις σύγχρονες βέλτιστες τεχνικές.

Οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές αύξησης του υδατικού δυναμικού μπορούν να γίνουν μέσω:

- της κατασκευής φραγμάτων ή λιμνοδεξαμενών αποθήκευσης νερού
- του τεχνητού εμπλουτισμού υπόγειων υδροφόρων συστημάτων
- της αφαλάτωσης αλμυρού, ή υφάλμυρου νερού
- της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του νερού
- της εφαρμογής διαφόρων πρακτικών εξοικονόμησης νερού.

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο Νομός Βοιωτίας. Ο συγκεκριμένος νομός έχει έντονη γεωργική και βιομηχανική δραστηριότητα, με αποτέλεσμα την επιβαρυσμένη κατάσταση των υδατικών πόρων του νομού, τόσο ως προς την ποσοτική κατάσταση, όσο και ως προς την ποιοτική. Από την διερεύνηση εξεύρεσης τρόπων ενίσχυσης και βελτίωσης των υδάτινων πόρων της περιοχής, και πιο συγκεκριμένα, εξετάζοντας την υδρολογία, την γεωλογία, και γεωμορφολογία, αλλά και τις ιδιαιτερότητες του νομού, ενδείκνυται η κατασκευή φράγματος ως πλέον ενδεδειγμένος τρόπος, δεδομένου ότι η περιοχή του νομού διαρρέεται από δυο σημαντικούς ποταμούς, τον Βοιωτικό Κηφισό και τον Ασωπό, που μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες επιφανειακών υδατικών απορροών.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω, έλαβε χώρα ο προσδιορισμός θέσεων κατάλληλων για την κατασκευή φραγμάτων, με τη χρήση των εφαρμογών των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) ανοικτού κώδικα, τα οποία παρέχουν ζωτικής σημασίας πληροφορίες για την λήψη αποφάσεων που αφορούν σε διαδικασίες επιλογής θέσεων, και για τον λόγο αυτό εφαρμόζονται σε πολλούς τομείς έρευνας.

Ως αποτέλεσμα, επιλέχθηκαν τρεις θέσεις, ως οι πλέον κατάλληλες για την κατασκευή φραγμάτων. Κατά τη διερεύνηση ελήφθησαν υπ' όψιν κριτήρια:

- Υδρολογίας
- Γεωμορφολογίας
- Γεωλογικής καταλληλότητας (για εξασφάλιση στεγανότητας κλπ)
- Περιβάλλοντος
- Σεισμοτεκτονικής
- Οικιστικής ανάπτυξης
- Πολιτιστικής Κληρονομιάς
- Γεωργικού ενδιαφέροντος
- Οικονομικού χαρακτήρα

Κατά την εφαρμογή των ανωτέρω κριτηρίων επιλέχθηκαν, σε πρώτη φάση, τρεις θέσεις στις οποίες θα μπορούσαν να κατασκευαστούν φράγματα, οι οποίες είναι: ο Άγιος Βλάσσιος, ο Άγιος Γεώργιος, και το Κλειδί. Από τις τρεις αυτές κρίθηκε ότι η καταλληλότερη θέση για την κατασκευή φράγματος, είναι η θέση Αγίου Βλασίου, χωρίς βέβαια να αποκλείεται το γεγονός ότι σε μεταγενέστερο στάδιο θα μπορούσαν να κατασκευαστούν φράγματα και στις υπόλοιπες δύο θέσεις.

Στις επιλεγείσες θέσεις, με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν, καθώς και τα χωρικά ερωτήματα ανοιχτών γεωγραφικών δεδομένων, σε επόμενο στάδιο θα πρέπει να γίνει μία επιτόπια έρευνα για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας της κάθε περιοχής, του προσδιορισμού των εκτάσεων απαλλοτριώσεων, και γενικότερα για μία λεπτομερέστερη ανάλυση δεδομένων που απαιτεί η κατασκευή ενός τέτοιου έργου. Επιπλέον, στο στάδιο της επιτόπου έρευνας θα πρέπει να εγκατασταθούν σταθμηγράφοι για την εκτίμηση του ακριβούς όγκου νερού που διέρχεται, σε συνδυασμό με τη χρονική διάρκεια που απαιτείται.

Λέξεις κλειδιά: υδάτινοι πόροι, διαχείριση υδάτων, ενίσχυση υδατικού δυναμικού, φράγματα, Νομός Βοιωτίας.

## Summary

Water is the most important raw material in nature, whose competence, or lack is a key factor for the development of any society, in social, economic and cultural level. Good use and renewal of water resources, is a key part of the water cycle, because it is an essential resource for life. It is now known that the proper management of water resources is essential to any strategy oriented to maintaining growth and biodiversity.

However, the increasing needs of society for greater use of water resources in water supply, irrigation, and industrial sectors, combined with the strong climate change, which leads to a reduction of rainfalls, as well as intensification of crops with the use of fertilizers, herbicides, etc., in conjunction with the intensification of irrigation, are some factors that cause qualitative and quantitative degradation of water resources in most regions of the world. This fact is exacerbated by the increasing of water demand, which has led in recent years to an urgent need for protection measures in water resources from further degradation, and to explore the amplification methods of the water resources of the regions affected by the above phenomena.

In the Greek world, economic growth - which has been significant in recent decades - has kept pace with the increase in water consumption and the problems of availability, or its quality. Social growth in recent years was fast, requiring human intervention in the management of water resources through the construction projects for the intensive exploitation of water, consisting in a significant increase in water intake and diversion of existing water for irrigation in agriculture cultures. These movements were certainly the main factor for the pollution and reduction of available groundwater for the disappearance of wetlands and for quantitative and qualitative degradation of aquifers in many areas. This work involves the investigation of the water resources of a region, a prefecture of Greece, and its amplification capabilities, utilizing the best modern techniques.

The used techniques increase the water supply can be made through:

- dams or water storage reservoirs
- artificial recharge of groundwater aquifers systems
- desalination of saltwater or brackish water
- recycling and reuse of water
- implementation of various water saving practices.

As study area was selected Viotia County. The particular county has strong agricultural and industrial activity, resulting in impaired condition of the water resources of the county, both the quantitative status and as to quality. From exploring to find ways to enhance and improve the water resources of the region, and more specifically, looking hydrology, geology and geomorphology, and the specifics of the county, should the dam as the most appropriate way, since the county area traversed by two major rivers, the Boeotian Kifissos and Asopos, carrying significant quantities of surface water runoff.

Considering the above, occurred identify sites suitable for the construction of dams, the use of applications of Geographic Information Systems (GIS) open source, which provide vital information for decisions relating to seats selection procedures, and therefore applicable in many research areas.

As a result, three locations were selected as the most suitable for the construction of dams. During the investigation took into account criteria of:

- Hydrology
- Geomorphology
- Geological suitability (to ensure sealing etc.)
- Environment
- Seismotectonic
- Housing development
- Cultural heritage
- Agricultural Interest
- Economic status

In applying the above criteria, were selected in the first phase, three positions where they could build dams, which are: Saint Vlassios, St. George, and Key. Of these three, the most appropriate place for the construction of a dam is considered the place of Saint Vlassis, without of course excluding the fact that at a later stage could be built and barriers in the remaining two positions.

In selected locations, based on the criteria set and territorial questions open geographic data, in the next step should be a local survey to assess the accessibility of each area, the identification of expropriation of land, and more generally for a more detailed data analysis requires the construction of such a project. Moreover, in the process of spot investigation

should be installed stathmigrafoi for estimating the volume of water passing through, along with the length of time required.

Keywords: water resources, water management, strengthen water resources, dams, County Viotia.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κο Σταύρο Κολιό, για τη βοήθεια που μου πρόσφερε, καθώς και όλους τους υπόλοιπους καθηγητές που μου έκαναν μάθημα στη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος, και οι οποίοι συνέβαλαν με τον τρόπο τους στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, για την συμπαράσταση που μου έδωσε.

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1	Εισαγωγή	1
1.2	Καταγραφή προβλήματος	3
1.3	Ιστορική αναδρομή	3
1.3.1	Αναγκαιότητα του νερού	3
1.3.2	Τρόπος διαχείρισης των υδατικών πόρων κατά το παρελθόν	5
1.4	Νομοθεσία	7
1.4.1	Νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε παγκόσμιο επίπεδο	7
1.4.2	Νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα	8
1.4.3	Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα	9
1.4.4	Νομοθετικό πλαίσιο για την κατηγοριοποίηση των υδατικών πόρων	10
1.4.5	Νομοθετικό πλαίσιο για την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδάτων	11
1.4.6	Διαχειριστικά Σχέδια	11
1.5	Παράγοντες υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων	15
1.5.1	Αστικά απόβλητα και στραγγίδια ΧΥΤΑ	15
1.5.2	Γεωργία και αγροτικές δραστηριότητες	16
1.5.3	Υδροληψία και Άρδευση	18
1.5.4	Βιομηχανία	19
1.5.5	Υπεράντληση και Υφαλμύρωση	20
1.5.6	Κλιματική Αλλαγή	20
1.6	Τρόποι προστασίας του υδατικού δυναμικού	23
1.6.1	Φράγματα - Λιμνοδεξαμενές	24
1.6.2	Τεχνητός εμπλουτισμός	25
1.6.3	Αφαλάτωση	26
1.6.4	Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού	27
1.6.5	Εξοικονόμηση του νερού	28
1.6.6	Κοστολόγηση – Τιμολόγηση νερού	28
1.7	Διαχείριση του νερού στον ελλαδικό χώρο	30
1.7.1	Ευρωπαϊκό Δίκτυο Πληροφοριών WISE και Σταθμοί Παρακολούθησης Υδάτων	31
1.7.2	Συνήθειες ελληνικές πρακτικές	33
1.8	Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	33
1.9	Σκοποί και Στόχοι	33
<b>2</b>	<b>Βιβλιογραφική Ανασκόπηση</b>	<b>35</b>
2.1	Εισαγωγή	35
2.2	Ερευνητικά ερωτήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης	36
2.3	Στόχοι της βιβλιογραφικής ανασκόπησης	37
2.4	Γενικά στοιχεία για τον Νομό Βοιωτίας	37
2.4.1	Μορφολογικά στοιχεία	38
2.4.2	Γεωλογικά στοιχεία	39
2.4.3	Υδρολογικό καθεστώς	40
2.4.4	Κλιματολογικά στοιχεία	42
2.4.5	Σεισμικότητα περιοχής μελέτης	42
2.4.6	Τεκτονικά στοιχεία	45
2.4.7	Προστατευόμενες περιοχές	45
2.5	Πηγές ρύπανσης στον Νομό Βοιωτίας	46
2.5.1	Γεωργία	46
2.5.2	Νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης	47
2.5.3	Αστικά λύματα	48
2.5.4	Βιομηχανία	48
2.5.5	Κτηνοτροφικές μονάδες	49
2.5.6	ΧΑΔΑ-ΧΥΤΑ	50
2.5.7	Υδατοκαλλιέργειες	50

2.5.8	Μεταλλεία – Λατομεία .....	50
2.6	Περιγραφή των υδρολογικών Λεκανών του Νομού Βοιωτίας .....	52
2.6.1	Λεκάνη Βοιωτικού Κηφισσού .....	52
2.6.2	Λεκάνη Ασωπού ποταμού και Λεκάνη Θηβών .....	53
2.6.3	Νομοθεσία για το θέμα της ρύπανσης του ποταμού Ασωπού .....	57
2.7	Τεχνικές ενίσχυσης υδατικού δυναμικού .....	59
2.7.1	Τεχνητός εμπλουτισμός .....	59
2.7.2	Αφαλάτωση .....	61
2.7.3	Λιμνοδεξαμενές .....	64
2.7.4	Φράγματα .....	66
2.7.4.1	Κατηγορίες Φραγμάτων .....	68
2.8	Περιβαλλοντικές απαιτήσεις - Περιβαλλοντική Προστασία .....	72
2.8.1	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις έργων φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών.....	73
2.9	Συμπεράσματα .....	77
<b>3</b>	<b>Μεθοδολογία</b> .....	<b>81</b>
3.1	Εισαγωγή.....	81
3.2	Ερευνητικά ερωτήματα.....	82
3.3	Στόχοι.....	83
3.4	Νομός Βοιωτίας.....	83
3.5	Μέθοδος συλλογής δεδομένων.....	84
3.6	Περιγραφή ερευνητικών εργαλείων.....	86
3.7	Ανάλυση διαδικασίας.....	87
3.8	Μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας.....	100
<b>4</b>	<b>Σχολιασμός αποτελεσμάτων</b> .....	<b>126</b>
4.1	Η απόκλιση των δεδομένων στοιχείων.....	126
4.2	Η πληροφορία των παραγόμενων στοιχείων.....	127
<b>5</b>	<b>Συμπεράσματα</b> .....	<b>129</b>
5.1	Συμπεράσματα .....	129
.		
.		
<b>Παραρτήματα</b>		
<b>A</b>	<b>Εικόνες</b> .....	<b>132</b>
<b>B</b>	<b>Πίνακες</b> .....	<b>136</b>
<b>Βιβλιογραφία</b> .....		<b>137</b>

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Το νερό είναι η σημαντικότερη πρώτη ύλη στη φύση, της οποίας η επάρκεια, ή η έλλειψη αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη της κάθε κοινωνίας σε κοινωνικό, οικονομικό και πολιτιστικό επίπεδο. Η ορθή διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι απαραίτητη σε κάθε στρατηγική, προσανατολισμένη στη διατήρηση της ανάπτυξης και της βιοποικιλότητας. Οι αυξημένες ανάγκες σε υδατικούς πόρους για άρδευση και ύδρευση, σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή, η οποία οδηγεί σε μείωση των βροχοπτώσεων, όπως επίσης και η εντατικοποίηση των καλλιεργειών με χρήση λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων κλπ, που επιφέρουν εντατικοποίηση των αρδεύσεων, είναι παράγοντες που προκαλούν ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση των υδάτινων πόρων. Ο άνθρωπος στην προσπάθειά του να εξασφαλίσει την επάρκεια αυτής της πρώτης ύλης βρίσκεται σε διαρκή αναζήτηση των τρόπων αύξησης των αποθεμάτων γλυκού νερού.

### 1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη διερεύνηση του υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων ενίσχυσής του, αξιοποιώντας τις σύγχρονες βέλτιστες τεχνικές. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο Νομός Βοιωτίας. Προκειμένου να ελεγχθεί και να αξιολογηθεί το υδατικό δυναμικό στην περιοχή μελέτης, καθώς και οι τρόποι ενίσχυσής του, εκτός από την συγγραφή του θεωρητικού πλαισίου, το οποίο περιλαμβάνει την συγγραφή των εισαγωγικών στοιχείων και τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, θα λάβει χώρα και η μεθοδολογία, η οποία είναι απαραίτητη για μία πιο ολοκληρωμένη παρουσίαση της περιοχής μελέτης. Αυτή περιλαμβάνει την συλλογή στοιχείων από δημόσιους οργανισμούς που έχουν την αρμοδιότητα της χρήσης και της διαχείρισης υδατικών πόρων, καθώς και από οργανισμούς που έχουν στοιχεία για το υπέδαφος της περιοχής. Στα πλαίσια αυτά, θα αναζητηθούν δεδομένα από αρχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ), και από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και

Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε). Θα αναζητηθούν στοιχεία από το διαδίκτυο λόγω της υποχρέωσης των δημοσίων υπηρεσιών να δημοσιεύουν όλα τα γεωχωρικά στοιχεία του αρχείου τους στον Εθνικό Κατάλογο Γεωχωρικών Δεδομένων. Εκτός των παραπάνω, θα χρησιμοποιηθούν οι χάρτες καλύψεων γης της περιοχής μελέτης, προκειμένου να εξακριβωθούν οι όποιες αλλαγές στις χρήσεις γης.

Για τη διερεύνηση των ανωτέρω θα συνταχθούν χάρτες διαφόρων χρήσεων και θα τεθούν χωρικά ερωτήματα, μέσω της χρήσης του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ανοικτού κώδικα, QGIS.

Τα δεδομένα θα περιλαμβάνουν:

- Γεωλογικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης, από το αρχείο του ΙΓΜΕ.
- Υδρολιθολογικά στοιχεία από το αρχείο του ΥΠΑΑΤ.
- Χάρτες χρήσεων γης (CORINE ).
- Υψομετρικά δεδομένα.
- Δορυφορικές εικόνες.
- Χάρτες προστατευόμενων περιοχών Natura 2000.
- Δεδομένα για την σεισμοτεκτονική της περιοχής.

Τα στάδια που θα ακολουθήσει η μελέτη περιλαμβάνουν:

- Γενική αναφορά για το πρόβλημα της διαχείρισης υδάτινων πόρων
- Βιβλιογραφική ανασκόπηση των διαφόρων επιπτώσεων στα υδάτινα συστήματα
- Εύρεση στοιχείων για την περιοχή μελέτης
- Συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων
- Σύνταξη χαρτών
- Επεξεργασία των παραγόμενων δεδομένων με τη χρήση του προγράμματος QGIS.
- Αξιολόγηση της κατάστασης των υδάτινων συστημάτων στην περιοχή μελέτης
- Αναζήτηση του βέλτιστου τρόπου ενίσχυσης του υδάτινου συστήματος της περιοχής μελέτης
- Αποτελέσματα και συμπεράσματα από την ανωτέρω διαδικασία.

## **1.2 Καταγραφή Προβλήματος**

Σήμερα είναι γνωστό ότι υπάρχουν πολλές αιτίες που προκαλούν αρνητικό αντίκτυπο σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, όπως για παράδειγμα η συμβατική γεωργία, η αστικοποίηση των περιοχών, ο τουρισμός, η κατασκευή δρόμων, η αλλαγή φυσικών διαδρομών αποστράγγισης, η κατανάλωση νερού από τον άνθρωπο, η βιομηχανική χρήση του, ή η χρήση του ως μέσο μεταφοράς. Σε αυτό το κεφάλαιο θα λάβει χώρα μία γενική περιγραφή του προβλήματος των υδατικών πόρων, των διαφόρων αιτιών που προκαλούν την υποβάθμιση αυτών, καθώς και οι διάφορες τεχνικές ενίσχυσης και αναβάθμισης του υδατικού δυναμικού μίας περιοχής.

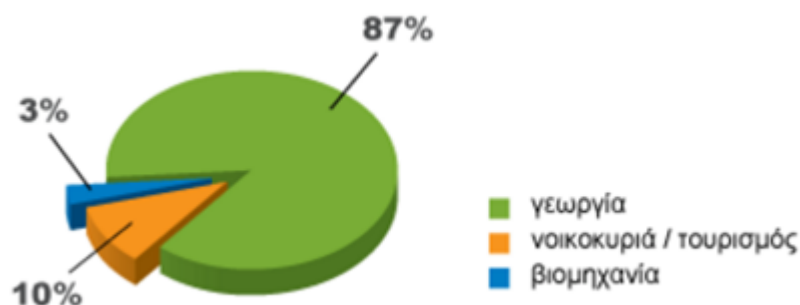
## **1.3 Ιστορική Αναδρομή**

Η ζωή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αναγκαιότητα της ύπαρξης του νερού, όπως φυσικά και η ιστορία του ανθρώπου. Ανέκαθεν ο άνθρωπος έβρισκε τρόπους για να εξασφαλίζει την ύπαρξη του νερού κοντά στον τόπο διαμονής του. Είναι γεγονός ότι τους πρώτους μεγάλους πολιτισμούς (4000 π.Χ.) τους συναντάμε κοντά σε μεγάλα ποτάμια που θα μπορούσαν να εξασφαλίσουν το πότισμα της γεωργικής παραγωγής. Ο ποταμός Νείλος ήταν η κινητήρια δύναμη ανάπτυξης του Αιγυπτιακού πολιτισμού, ο Ινδός του Ινδικού πολιτισμού, ο Κίτρινος ποταμός του Σινικού πολιτισμού κ.λ.π. Μέχρι και σήμερα το νερό αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιβίωση του ανθρώπου, και η βέλτιστη εκμετάλλευσή του είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την βιώσιμη ανάπτυξη της κάθε κοινωνίας (Coli, 2016).

### **1.3.1 Αναγκαιότητα του νερού**

Αν και το νερό υπάρχει άφθονο στη φύση, ωστόσο δεν είναι απεριόριστα εκμεταλλεύσιμο από τον άνθρωπο. Το γλυκό νερό αποτελεί το 2,5% των παγκόσμιων αποθεμάτων, αλλά μόνο το 1% είναι διαθέσιμο για ανθρώπινη χρήση, διότι το μεγαλύτερο ποσοστό του βρίσκεται εγκλωβισμένο στους παγετώνες και στο υπέδαφος. Το 54% του νερού της γης έχει εκτραπεί από τη φυσική του ροή, με αποτέλεσμα εκείνο που έχει αποθηκευτεί σε δεξαμενές να είναι πολύ περισσότερο από το ελεύθερο νερό. Η λειψυδρία προβάλλει πλέον ως κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα για πολλές χώρες και ενδέχεται να αποτελέσει μία από τις κύριες αιτίες των πολέμων του μέλλοντος (Hearns, et al., 2014).

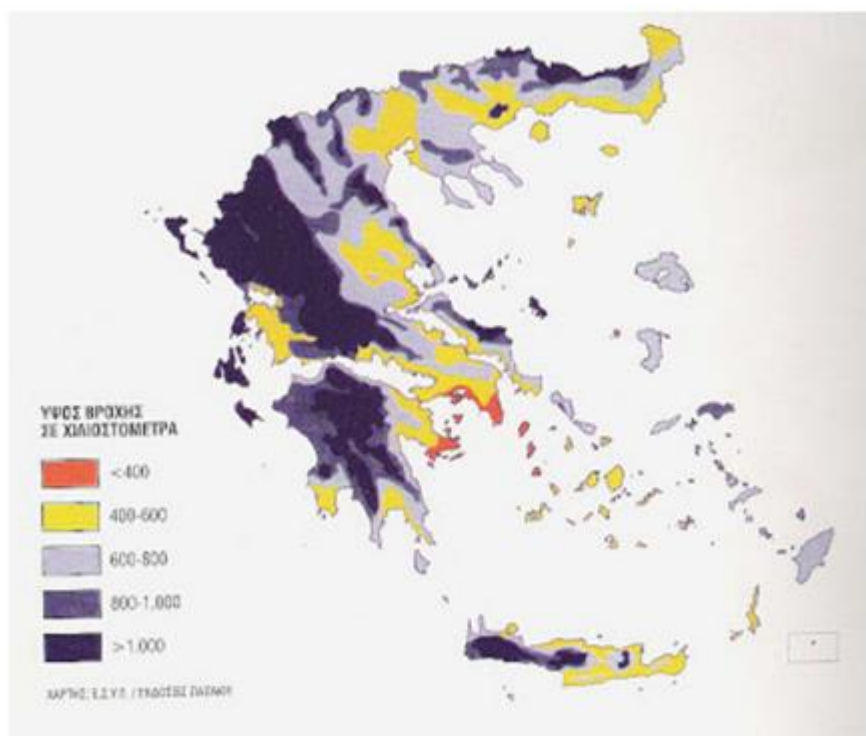
Ήδη το 1/3 των κατοίκων της Μεσογείου αντιμετωπίζουν πρόβλημα έλλειψης, ή ανεπάρκειας νερού, με αποτέλεσμα σε πολλές περιοχές της να δημιουργούνται συγκρούσεις μεταξύ των λαών. Επιπλέον, τα φαινόμενα ξηρασίας εντείνονται κάθε χρόνο, επιφέροντας μεγάλες ετήσιες οικονομικές απώλειες λόγω ξηρασίας σε ευρωπαϊκό επίπεδο, που να φτάνουν τα 5,3 δις €. Το 2003 οι οικονομικές απώλειες στην Ευρώπη, λόγω της ξηρασίας, έφτασαν τα 7,5 δις €. Αλλά και διεθνώς τα νούμερα είναι απογοητευτικά: Ένας στους έξι ανθρώπους δεν μπορεί να έχει πρόσβαση στο νερό, ενώ ένας στους τρεις δεν έχει βασικές εγκαταστάσεις υγιεινής νερού. Η θνησιμότητα στα παιδιά μικρής ηλικίας είναι πολύ μεγάλη, λόγω ασθενειών που οφείλονται σε μολυσμένα νερά. Η αναμενόμενη μελλοντική αύξηση του πληθυσμού θα συμβάλλει στο πρόβλημα της ανεπάρκειας του νερού. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1 που ακολουθεί, η μεγαλύτερη χρήση νερού γίνεται στη γεωργία, ενώ σημαντικό είναι και το ποσοστό της χρήσης του για τουριστικές και οικιακές δραστηριότητες. Οι αυξημένες ανάγκες για νερό κατά το θέρος, δηλαδή σε μία περίοδο όπου η εμφάνιση των βροχοπτώσεων είναι ιδιαίτερα μειωμένη, αποτελούν παράγοντες δημιουργίας σημαντικών πιέσεων στους διαθέσιμους πόρους γλυκού νερού (Brown, et al., 2015, Fatati, 2015).



Εικόνα 1.1: Κατανομή ποσοστών ύδατος ανά χρήστη,  
(<http://politics.wwf.gr>)

Ειδικότερα στον Ελλαδικό χώρο, η ιδιαιτερότητα του έντονου και ποικιλόμορφου ανάγλυφου, σε συνδυασμό με το μεγάλο μήκος ακτογραμμής, η οποία διευκολύνει την υποβάθμιση των παράκτιων υδροφορέων γλυκού νερού, καθώς και η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων, και οι μικρές υδρολογικές λεκάνες, είναι σημαντικοί παράγοντες δημιουργίας καταστάσεων έλλειψης διαθεσιμότητας υδάτων, οδηγώντας στη δύσκολη διαχείρισή τους, παρόλο που ο μέσος όρος του ετήσιου ύψους βροχής ανέρχεται στα

700mm/χρόνο. Εκτός των παραπάνω, το 1/5 των επιφανειακών υδάτων του ελλαδικού χώρου ρέει από γειτονικές χώρες και αποτελεί τα λεγόμενα διακρατικά ύδατα, των οποίων η διαχείριση δεν είναι εύκολη (Mylopoulos, et al., 2009).



Εικόνα 1.2: Κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στον Ελλαδικό χώρο, (<http://physiclessons.blogspot.gr>)

### 1.3.2 Τρόπος διαχείρισης των υδατικών πόρων κατά το παρελθόν

Ως Διαχείριση Υδατικών Πόρων νοείται μία δυναμική διαδικασία, η οποία στοχεύει στην καλύτερη δυνατή κάλυψη των σημερινών και μελλοντικών αναγκών, για όλες τις χρήσεις, έχοντας ως βάση έναν ορθό προγραμματισμό που θα στηρίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια και διαδικασίες. Η ορθολογική διαχείριση υδατικών πόρων έχει ως στόχο να προμηθεύσει στην ανθρωπότητα νερό επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας, να προστατέψει τους υδατικούς πόρους από την ρύπανση και να παρέχει ικανοποιητική προστασία από τα ακραία καιρικά φαινόμενα (Τσακίρης, 1995: 658). Από πολύ νωρίς έγινε αντιληπτό από τον άνθρωπο ότι θα έπρεπε να διαχειριστεί κατάλληλα το νερό, έτσι ώστε να εξασφαλίσει την επάρκειά του για την επιβίωσή του. Οι αναρίθμητες προσπάθειες που έγιναν, αφορούσαν, όχι μόνο στην συγκράτηση των υδατικών πόρων, αλλά και στον έλεγχο και στην πρόβλεψη των επικίνδυνων και ακραίων καιρικών συνθηκών, όπως είναι οι ξηρασίες και οι πλημμύρες,

οι οποίες επιδρούσαν σχεδόν πάντα καταστροφικά, επιφέροντας δεινά όχι μόνο στον άνθρωπο και στο κοινωνικοοικονομικό σύνολο των δραστηριοτήτων, αλλά και σε ολόκληρο το βιοτικό και αβιοτικό περιβάλλον γενικότερα. Ως πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα ελέγχου διαχείρισης υπήρξε ο έλεγχος της διαχείρισης των νερών του ποταμού Νείλου περίπου πριν από 5000 χρόνια, όταν έλαβε χώρα η κατασκευή μεγάλων έργων διευθέτησης και διανομής των υδάτων για τις αρδευτικές ανάγκες, όπως επίσης και μελέτη της ετήσιας διακύμανσης της ποτάμιας στάθμης για τον εγκυρότερο έλεγχο της ποσότητας του νερού, άρα και της γεωργικής παραγωγής. Από τα τέλη της τρίτης χιλιετηρίδας στις περιοχές των μεγάλων ποταμών του Νείλου, του Τίγρη και του Ευφράτη έλαβε χώρα η κατασκευή των πρώτων υδραυλικών έργων μεταφοράς και εκτροπής νερού, αλλά και προστασίας από τις πλημμύρες. Εν συνεχεία, το 4000π.Χ. κατασκευάστηκε το πρώτο μεγάλο φράγμα στο Νείλο, ενώ το δεύτερο κατασκευάστηκε περίπου το 3000π.Χ., το οποίο ήταν ύψους 15μ. Παράλληλα ξεκίνησε και η κατασκευή των μεγάλων αρδευτικών έργων. Σημαντικό είναι και το γεγονός ότι η τεχνική κατασκευής πηγαδιών είχε γίνει γνωστή σε Αιγύπτιους, Άραβες και Κινέζους από το 3000π.Χ. Οι Κινέζοι είχαν κατορθώσει να κατασκευάσουν γεωτρήσεις βάθους 1500μ. Εκτός των παραπάνω, είναι γνωστό ότι το νερό αποτελούσε πάντοτε μία πρώτη πηγή ενέργειας. Η κίνηση των τρεχούμενων νερών μετέφερε τις βάρκες και την ξυλεία, ενώ έδινε και την κίνηση στους υδροτροχούς (Parise and Sammarco, 2015).

Στα μετέπειτα χρόνια το νερό χρησιμοποιήθηκε για ευρύτερους αστικούς σκοπούς, στη βιομηχανία ως πηγή ενέργειας, αλλά και για ψυχαγωγία και αναψυχή. Η χρήση υδατικών πόρων διαχρονικά αυξάνεται συνεχώς, με ταχύτατους ρυθμούς, με τη γεωργία να κατέχει την πρώτη θέση στην κατανάλωση. Στη δεύτερη θέση έρχεται η αστική χρήση, και ακολουθεί η βιομηχανική χρήση (Brown, et al., 2015).

Η εξασφάλιση και η ποιότητα πόσιμου νερού αναγνωρίστηκε στην τελευταία παγκόσμια διάσκεψη για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη στο Γιοχάνεσμπουργκ, ως ένας βασικότερος παράγοντας για τη δημόσια υγεία, την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη ανάπτυξη (Kumar, et al., 2015). Σήμερα γίνεται ολοένα και περισσότερο λόγος για «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων» (Fedra, 2015). Με την έννοια «ολοκληρωμένη διαχείριση» εννοείται, τόσο η ανάπτυξη εκτεταμένων συνεργασιών ανάμεσα στο κράτος, στον επιστημονικό κόσμο, στον τεχνικό κόσμο, αλλά και στους ενδιαφερόμενους πολίτες, όσο και η συνδυαστική αντιμετώπιση των αντίστοιχων

ζητημάτων στο επίπεδο του σχεδιασμού, όπως και της εφαρμογής (Peñas, et al., 2016). Η ανάπτυξη της αντίληψης για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, καθώς και την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδρολογικής Λεκάνης, βασίζονται στις ανωτέρω βάσεις (Λουκάτος, κ.ά., 2005).

## **1.4 Νομοθεσία**

Το θέμα της νομοθετικής ρύθμισης της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων προσεγγίστηκε διαχρονικά με διαφορετικούς τρόπους. Η νομοθεσία για τη διαχείριση των υδάτων που έχει μέχρι σήμερα θεσπιστεί, σε παγκόσμιο, αλλά και σε ελληνικό επίπεδο, θα αναλυθεί κάτωθι.

### **1.4.1 Νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε παγκόσμιο επίπεδο**

Αρχικά, κατά τη δεκαετία του 1960 υπήρξε μία τομεακή προσέγγιση στο θέμα της διαχείρισης υδατικών πόρων, με έργα ανάπτυξης που βασίστηκαν σε μελέτες σκοπιμότητας. Από τη δεκαετία του 70 άρχισε να αναπτύσσεται το Δίκαιο για την προστασία του περιβάλλοντος σε Ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο, ως απάντηση στα προβλήματα σοβαρής υποβάθμισης και ρύπανσης του περιβάλλοντος. Στη δεκαετία του 1980 η περιβαλλοντική προστασία ενισχύθηκε περαιτέρω με την θέσπιση της σύνταξης μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Από το 1990 έγινε κατανοητό το γεγονός ότι θα πρέπει να διατηρηθούν τα Σχέδια Αξιοποίησης των υδατικών πόρων. Μέχρι τότε η περιβαλλοντική πολιτική δεν συνδεόταν με τις λοιπές πολιτικές της ΕΕ, και οι νομοθετικές πράξεις αντιμετώπιζαν σημειακά τα προβλήματα όπως ήταν η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση υδάτων υδροληψίας, χωρίς να γίνεται ένταξη στα σχέδια μακροπρόθεσμων, στρατηγικών στόχων. Ο αυξανόμενος κίνδυνος περιβαλλοντικής υποβάθμισης επέβαλε πλέον την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής πολιτικής στις άλλες πολιτικές από τη δεκαετία του 1990. Σήμερα η Ευρωπαϊκή νομοθεσία, έχοντας εκδώσει πάνω από 300 Κανονιστικές Πράξεις, με τη μορφή Κανονισμών, Οδηγιών, Αποφάσεων, καλύπτει όλο το φάσμα δραστηριοτήτων και οχλήσεων περιβάλλοντος, μέσω της συνεχούς ανανέωσης και αντικατάστασης αυτών (Καλλία, 2011).

## **1.4.2 Νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα**

Τα τελευταία χρόνια η Ελληνική νομοθεσία έχει ενσωματώσει πάνω από 85% της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας με την έκδοση Νόμων, Προεδρικών Διαταγμάτων και Υπουργικών Αποφάσεων. Στα πλαίσια της συνεχόμενης προσπάθειας για την προστασία του περιβάλλοντος και την εισαγωγή του όρου «αιφόρος ανάπτυξη», τέθηκε σε ισχύ η Ευρωπαϊκή Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, σχετική με τη διαχείριση των Υδάτων, η οποία αποτελεί μία καινοτόμα προσπάθεια για την προστασία και την ολοκληρωμένη διαχείριση όλων των υδατικών πόρων, και η οποία προέκυψε μετά από μία μακροχρόνια περίοδο διαπραγματεύσεων μεταξύ όλων των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Οδηγία δημιούργησε το πλαίσιο για την προστασία και τη διατήρηση της ποσότητας και ποιότητας όλων των υδατικών συστημάτων. Η Ελληνική νομοθεσία ενσωμάτωσε την Οδηγία στην εθνική της νομοθεσία το 2003 με το Ν.3199, ΦΕΚ 280/Α/9.12.2000 «περί Προστασίας και Διαχείρισης των Υδάτων».

Σε εφαρμογή του ανωτέρω νόμου:

- συστάθηκε η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, η οποία καθόρισε τις λεκάνες απορροής ποταμών (ΛΑΠ), και όρισε τις αρμόδιες Περιφέρειες για την προστασία και τη διαχείρισή τους (ΦΕΚ 1383/Β/2.9.2010, ΦΕΚ 1572/Β/28.9.2010),
- συστάθηκε το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων με την Υπουργική Απόφαση 34685/2005, που αποτελεί όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης,
- συστάθηκε στο ΥΠΕΚΑ η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων με το ΠΔ 49139/2005, η οποία στη συνέχεια μετατράπηκε σε Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) με το ΠΔ 24/2010, ΦΕΚ 56/Α/15.4.2010. Η ΕΓΥ αποτελεί τον εθνικό φορέα διαχείρισης υδάτων της χώρας,
- συστάθηκαν οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων ΤΠΑΠ 47630/2005, που είναι οι κύριες Περιφερειακές Διαχειριστικές Αρχές,
- καθορίστηκαν οι κατηγορίες αδειών χρήσης υδάτων και εκτέλεσης έργων αξιοποίησής τους, καθώς και ο τρόπος έκδοσής τους. Συγκροτήθηκε η Γνωμοδοτική Επιτροπή Υδάτων με την Υπουργική Απόφαση 116031/22.5.2007 και 152199/2009, ΦΕΚ 434/Β/1.10.2009,
- εκδόθηκε το ΠΔ 51/8.3.2007 ΦΕΚ 54/Α/2007 για την Ολοκληρωμένη Ορθολογική Διαχείριση και Προστασία των Υδάτινων Πόρων.

### **1.4.3 Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα**

Η Οδηγία Πλαίσιο Υδάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί μία ευρωπαϊκή νομοθεσία που καθορίζει τις αρχές και προτείνει μέτρα για τη διατήρηση και προστασία όλων των υδάτων, εισάγοντας για πρώτη φορά στην νομοθεσία την έννοια της σημασίας της υδατικής οικολογίας, παράλληλα και ανεξάρτητα της όποιας άλλης χρήσης των υδάτων. Η εφαρμογή της έχει ως βασικό στόχο την ολοκληρωμένη και αειφορική διαχείριση των υδατικών πόρων, αφού για πρώτη φορά καλύπτονται όλες οι χρήσεις, αλλά και όλες οι κατηγορίες του νερού, σε ένα ενιαίο πλαίσιο, κοινό για όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Βάσει της Οδηγίας 2000/60 καθιερώνονται για πρώτη φορά, και εφαρμόζονται οι κοινές συνισταμένες και κοινά μέτρα για όλα τα κράτη-μέλη, με βασικό στόχο την επίτευξη της καλής υδατικής κατάστασης μέχρι το 2015. Στο πλαίσιο αυτό, απαιτείται η εκτέλεση πολυάριθμων εργασιών, οι οποίες θα οδηγήσουν στην υιοθέτηση μέτρων, τα οποία συμπεριλαμβάνονται στο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού, καθώς και της εφαρμογής, της αναθεώρησης και της ανανέωσης του σε έναν εξαετή κύκλο. Μετά τον πρώτο κύκλο εφαρμογής του Σχεδίου Διαχείρισης που ήταν μέχρι το 2015, ακολουθούν άλλοι δύο κύκλοι εξαετούς διάρκειας, προσδίδοντας ένα χρονικό πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας μέχρι το τέλος του έτους 2027. Πυρήνα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ αποτελεί το Σχέδιο Διαχείρισης των Υδάτων, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα βήματα και τις δράσεις που έχουν γίνει μέχρι σήμερα στα πλαίσια εφαρμογής της Οδηγίας, με σκοπό την επίτευξη των στόχων της. Το Σχέδιο Διαχείρισης δίνει πληροφορίες για όλες τις κατηγορίες υδάτων του Υδατικού Διαμερίσματος, τους στόχους που τίθενται για την μελλοντική προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και τα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν για την προστασία και την επίτευξη της καλής κατάστασης των υδάτων (Kampragou, et al., 2011).

Ο κύριος μηχανισμός για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας είναι η εφαρμογή του Προγράμματος Μέτρων για την προστασία και αποκατάσταση των υδάτων. Το Πρόγραμμα Μέτρων είναι το βασικό στοιχείο του Διαχειριστικού Σχεδίου και καθορίζει όλες τις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να εφαρμοστούν κατά την εξαετή περίοδο διαχείρισης για να εξασφαλιστεί η επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Το Πρόγραμμα Μέτρων διακρίνεται σε βασικά μέτρα και σε συμπληρωματικά μέτρα. Τα βασικά μέτρα είναι απαραίτητα για την επίτευξη της προστασίας των υδάτων ([www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)).

#### **1.4.4 Νομοθετικό πλαίσιο για την κατηγοριοποίηση των υδατικών πόρων**

Σύμφωνα με το άρθρο 2 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, οι υδατικοί πόροι κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- *Επιφανειακά ύδατα: τα εσωτερικά ύδατα, εκτός των υπογείων υδάτων. Τα μεταβατικά και τα παράκτια ύδατα, εκτός εάν πρόκειται για τη χημική τους κατάσταση, οπότε περιλαμβάνουν και τα χωρικά ύδατα.*
- *Υπόγεια ύδατα: το σύνολο υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος.*
- *Εσωτερικά ύδατα: το σύνολο των στάσιμων ή των ρεόντων επιφανειακών υδάτων και όλα τα υπόγεια ύδατα που βρίσκονται προς την πλευρά της ξηράς σε σχέση με τη γραμμή βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων.*
- *Ποταμός: σύστημα εσωτερικών υδάτων το οποίο ρέει, κατά το πλείστον, στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά το οποίο μπορεί, για ένα εύρος της διαδρομής του, να ρέει και υπογείως.*
- *Λίμνη: σύστημα στάσιμων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.*
- *Μεταβατικά ύδατα: σύστημα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών, τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά λόγω γειτνιάσής τους με παράκτια ύδατα, αλλά τα οποία επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκού νερού.*
- *Παράκτια ύδατα: τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μίας γραμμής, κάθε σημείο της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία, κατά περίπτωση, εκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων.*
- *Τεχνητό υδατικό σύστημα: ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων που δημιουργείται με δραστηριότητα του ανθρώπου.*
- *Ιδιαιτέρως τροποποιημένο υδατικό σύστημα: ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων του οποίου ο χαρακτήρας έχει μεταβληθεί ουσιαστικά λόγω φυσικών αλλοιώσεων από ανθρώπινες δραστηριότητες.*
- *Σύστημα επιφανειακών υδάτων: διακεκριμένο και σημαντικό στοιχείο επιφανειακών υδάτων όπως π.χ. λίμνη, ταμιευτήρας, ρέμα, ποταμός, διώρυγα, τμήμα ρέματος, ποταμού, διώρυγας, μεταβατικά ύδατα ή ένα τμήμα παράκτιων υδάτων.*
- *Σύστημα υπογείων υδάτων: συγκεκριμένος όγκος υπογείων υδάτων εντός ενός ή περισσότερων υδροφόρων οριζόντων.*

- *Υδροφόρος ορίζοντας: υπόγειο στρώμα, ή στρώματα βράχων ή άλλες γεωλογικές στοιβάδες επαρκώς πορώδεις και διαπερατές ώστε να επιτρέπουν είτε σημαντική ροή υπογείων υδάτων είτε την άντληση σημαντικών ποσοτήτων υπογείων υδάτων.*

#### **1.4.5 Νομοθετικό πλαίσιο για την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδάτων**

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, τα υδατικά συστήματα είτε είναι υπόγεια, είτε είναι επίγεια, δέχονται αρκετή υποβάθμιση, με αποτέλεσμα την αλλοίωση της ποσοτικής και ποιοτικής κατάστασής τους. Οι πηγές ρύπανσης που συντελούν στην υποβάθμιση είναι ποικίλες, και, σε πολλές περιπτώσεις, ο ίδιος ρύπος μπορεί να προέρχεται από διαφορετικές πηγές, να εμφανισθεί με διαφορετικές μορφές, ή να προκαλέσει αρκετές επιπτώσεις (Alexakis, et al., 2016).

Η ποιότητα των υδατικών συστημάτων, μπορεί να χαρακτηρίζεται ως: α) καλή, όταν πληροί τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος που ορίζονται στο Παράρτημα Ι Μέρος Α της ΚΥΑ Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010, β) κατώτερη της καλής, όταν δεν πληροί επαρκώς τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος που ορίζονται στην ως άνω ΚΥΑ (Kalamprouka, et al., 2011).

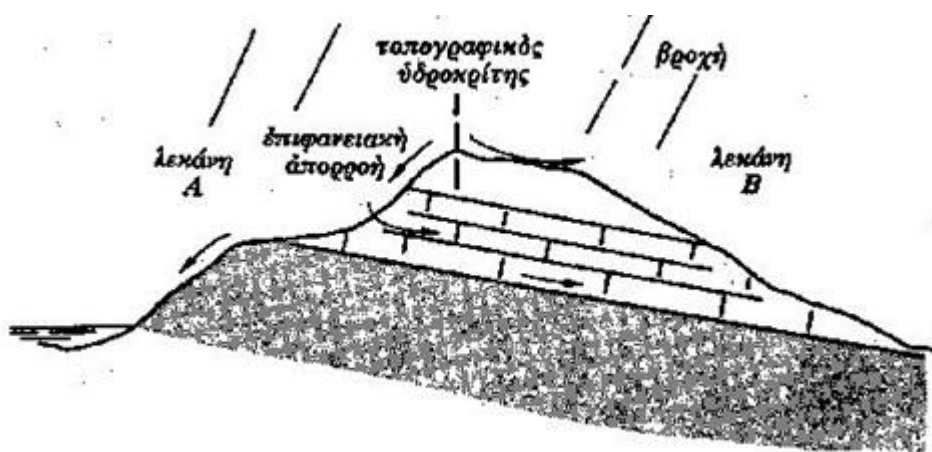
Τέλος, η καλή ποσοτική κατάσταση των υδάτων ικανοποιείται όταν: α) στη διάρκεια εντός έτους οι απώλειες δεν υπερβαίνουν τη μέση επαναπλήρωση, και β) δεν επηρεάζεται από ανθρωπογενείς μεταβολές που θα επιφέρουν αλλοίωση του περιβάλλοντος και βλάβη των χερσαίων οικοσυστημάτων. Συνεπώς, βασικός παράγοντας για τον έλεγχο της ποσοτικής κατάστασης είναι η μεταβολή της στάθμης υδάτων ετησίως, εφόσον, όμως, έχει καθοριστεί ένα δίκτυο ικανοποιητικής πυκνότητας σημείων παρακολούθησης, προκειμένου να εκτιμηθεί αυτή η διακύμανση χωρίς σφάλματα (Kalamprouka, et al., 2011).

#### **1.4.6 Διαχειριστικά Σχέδια**

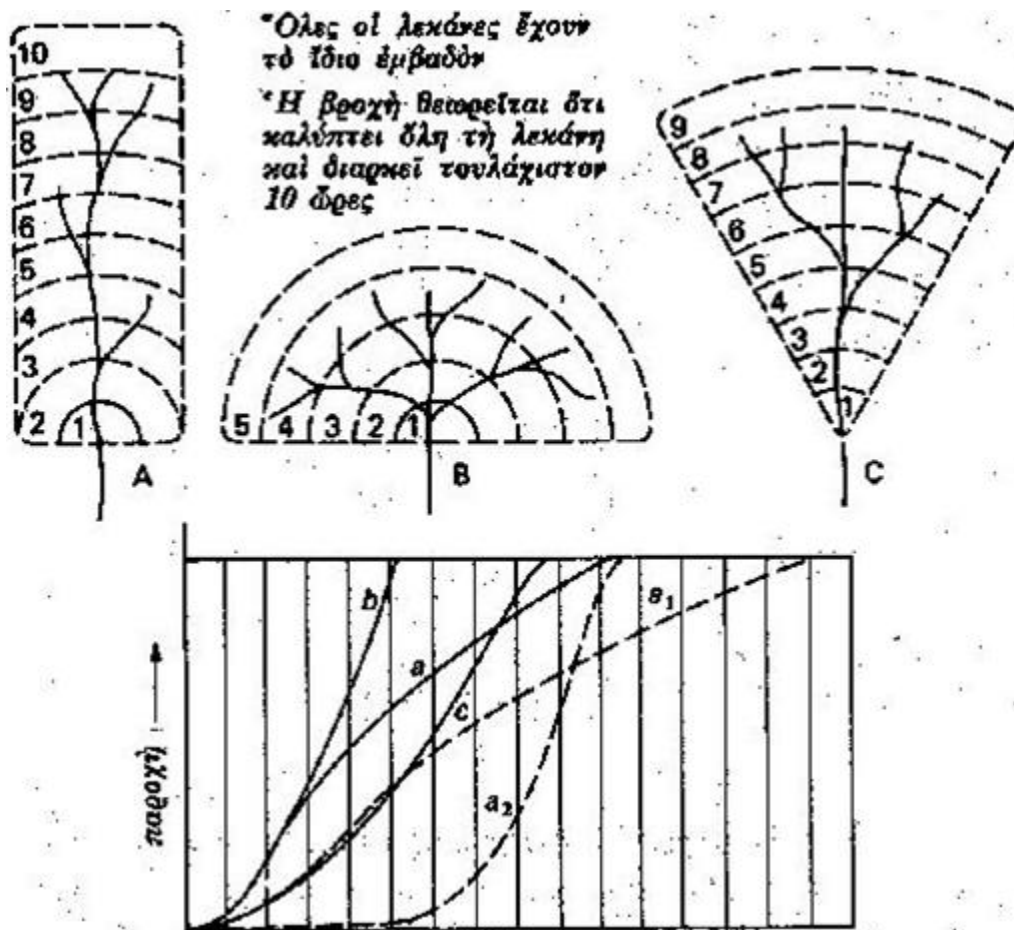
Το επόμενο βήμα, μετά την συμμόρφωση του νομοθετικού πλαισίου της Ελλάδας με την Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ήταν η υλοποίηση της Οδηγίας, μέσω της κατάρτισης των Διαχειριστικών Σχεδίων σε όλη την χώρα. Οι στόχοι που θέτει η Οδηγία 2000/60 για την κατάσταση των υδατικών συστημάτων επιτυγχάνονται μέσω των Σχεδίων Διαχείρισης, τα οποία είναι συστήματα ανάλυσης και σχεδιασμού (Σχέδια

Διαχείρισης, ΣΔ) σε επίπεδο, Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ΠΛΑΠ), συνώνυμης με το Υδατικό Διαμέρισμα (Καλλία, 2011).

Με τον όρο «λεκάνη απορροής ποταμού» ορίζεται η συνολική επιφάνεια μίας έκτασης που συνεισφέρει στη δημιουργία απορροής, η οποία περνάει από μία συγκεκριμένη διατομή ενός ορισμένου ρεύματος ή ενός ποταμού (Diekkrüger, 2010). Σύμφωνα με τον ορισμό, κάθε διατομή έχει τη δική της λεκάνη απορροής, και όσο η διατομή μετακινείται προς τα κατάντη, τόσο το μέγεθος της λεκάνης αυξάνεται και φθάνει τη μέγιστη τιμή της, όταν η διατομή ταυτιστεί με τις εκβολές του ποταμού στη θάλασσα. Η υδρολογική λεκάνη ορίζεται από την υδροκριτική γραμμή, δηλαδή την γραμμή που συνδέει τα υψηλότερα σημεία εκατέρωθεν της οποίας τα επιφανειακά νερά ρέουν σε διαφορετικές διευθύνσεις. Ο ορισμός της βοηθάει, όταν αυτή εκτιμάται σε σχέση με τα ακραία καιρικά φαινόμενα, για τον σχεδιασμό ενός τεχνικού έργου όπως είναι ο σχεδιασμός λιμνοδεξαμενών, η διευθέτηση χειμάρρων, η χωροθέτηση οικισμών (Wilson, 1974).



Εικόνα 1.3: Γεωλογικοί και τοπογραφικοί παράγοντες καθορίζουν τις λεκάνες απορροής, (Wilson, 1974)



Εικόνα 1.4: Η επίδραση του σχήματος στην απορροή της λεκάνης φαίνεται μέσω του υδρογραφήματος. (Οι συνεχόμενες καμπύλες υδρογραφήματος αφορούν βροχόπτωση που καλύπτει όλη τη λεκάνη, ενώ οι διακεκομμένες καμπύλες υδρογραφημάτων αφορούν μετατοπιζόμενες καταιγίδες) (Wilson, 1974)

Η κατάρτιση των σχεδίων διαχείρισης απαιτεί την συμμετοχή των πολιτών και τη διαφάνεια στο σύστημα λήψης αποφάσεων, η οποία εξασφαλίζεται μέσω της δημόσιας διαβούλευσης (Rejman, 2007). Μέσα σε κάθε μονάδα σχεδιασμού υπάρχουν τέσσερις παράγοντες:

- Ο χαρακτηρισμός των υδατικών συστημάτων και ο προσδιορισμός των πιέσεων και των επιδράσεων,
- Η παρακολούθηση,
- Η κατάρτιση περιβαλλοντικών προγραμμάτων για τους υδατικούς πόρους,
- Η υλοποίηση προγράμματος μέτρων για την υλοποίηση των στόχων (Højberg, et al., 2007).

Στην Ελλάδα είχαν ήδη καθοριστεί με το Ν.1739/87, δεκατέσσερα Υδατικά Διαμερίσματα (ΥΔ), καθένα από τα οποία αποτελεί μία Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού, για να επιτευχθούν οι σκοποί της Οδηγίας. Το Υδατικό Διαμέρισμα είναι μια εδαφική έκταση, της οποίας η αποστράγγιση γίνεται από τα ποτάμια και τα αντίστοιχα παράκτια ύδατα. Ένα Υδατικό Διαμέρισμα δύναται να συμπεριλαμβάνει διάφορες Λεκάνες Απορροής Ποταμών (Λ.Α.Π.), οι οποίες στο σύνολο της χώρας ανέρχονται σε σαράντα πέντε. Για κάθε ΠΛΑΠ / ΥΔ καταρτίστηκε ένα Διαχειριστικό Σχέδιο. Το Σχέδιο αυτό έχει διάφορες λειτουργίες, καταγράφοντας αρχικά την υφιστάμενη κατάσταση των υδάτινων σωμάτων μέσα στην ΠΛΑΠ, και καθορίζοντας, γενικά, ποια μέτρα θα πρέπει να ληφθούν για να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι (Demetropoulou, et al., 2010)

Ο ρόλος του Σχεδίου είναι:

- να χρησιμεύει ως ένας μηχανισμός τεκμηρίωσης για τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται σύμφωνα με την Οδηγία, συμπεριλαμβανομένων: α) των περιβαλλοντικών στόχων για τα επιφανειακά νερά και τα υπόγεια νερά, β) των πληροφοριών για την ποιότητα και την ποσότητα υδάτων, γ) των πληροφοριών για τις επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα.
- να συντονίζει προγράμματα μέτρων που εξελίσσονται στην εδαφική έκταση της ΠΛΑΠ.
- να αποτελέσει τον κεντρικό μηχανισμό αναφοράς των αρχών της ΠΛΑΠ στην ΕΕ (Koch and Grünwald, 2009).

Τα Σχέδια θα πρέπει να ανανεώνονται κάθε 6 χρόνια. Βασικό συστατικό στοιχείο των Σχεδίων αποτελεί το Πρόγραμμα Μέτρων, το οποίο συμπεριλαμβάνει τον καθορισμό των κανονιστικών διατάξεων, ή σημαντικών μέτρων, τα οποία κρίνεται αναγκαίο να εφαρμόζονται, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που καθορίζονταν για το 2015, σύμφωνα με τις κοινοτικές ή/και εθνικές νομοθεσίες (π.χ. επέκταση των ευαίσθητων περιοχών, σύστημα αδειοδοτήσεων και εγκρίσεων, καθορισμός ολόκληρων περιοχών στις οποίες θα προστατεύονται οι υδατικοί πόροι, έλεγχος απορρίψεων, κ.λπ.). Στα μέτρα αυτά συμπεριλαμβάνονται και επίσης περιπτώσεις θέσπισης τιμολογιακής πολιτικής, που τίθενται για να δίδουν στους χρήστες τα κίνητρα για να διαχειριστούν τα νερά αποτελεσματικότερα (Demetropoulou, et al., 2010).

Όταν διαπιστωθεί ότι οι προαναφερθείσες κινήσεις δεν αρκούν για να επιτύχουν τους καθορισμένους στόχους, προβλέπεται η λήψη συμπληρωματικών μέτρων. Η Οδηγία παρέχει έναν κατάλογο τέτοιων μέτρων, τα οποία στοχεύουν είτε στην ενίσχυση των προηγούμενων διατάξεων, είτε στην οργάνωση νέων διατάξεων (Kanakoudis, et al., 2015).

## **1.5 Παράγοντες υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων**

Με βάση τα παραπάνω, οι αρνητικές επιπτώσεις σε ένα υδατικό σύστημα μπορεί να είναι: α) άμεσες, δηλαδή να επιδρούν απευθείας στην λειτουργία του, και β) έμμεσες, όταν αυτές μεταφέρονται στο υπέδαφος από διεργασίες που συντελούνται στην επιφάνεια του εδάφους. Η υποβάθμιση των υπογείων συστημάτων επέρχεται όταν οι ρυπαντές που δημιουργούνται από ανθρώπινες αιτίες (κατά κύριο λόγο από την αστικοποίηση, αλλά και την γεωργία, την κτηνοτροφία, τους ΧΑΔΑ, τη βιομηχανία και την κλιματική αλλαγή) παρασυρθούν από τα όμβρια νερά ή τα νερά άρδευσης με φυσική συνέπεια την εισχώρησή τους στο υπέδαφος και την κίνησή τους προς τους υπόγειους υδροφορείς. Εάν υπολογιστεί το γεγονός ότι τα περισσότερα από τα υπόγεια υδατικά συστήματα είναι καρστικά - δηλαδή χαρακτηρίζονται από μεγάλες ταχύτητες κίνησης των ρυπαντών στο υπέδαφος και σε μεγάλες αποστάσεις - η υποβάθμισή τους είναι ταχεία και εκτεταμένη (Pisinaras, et al., 2016). Οι κυριότεροι παράγοντες υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων αναλύονται κάτωθι.

### **1.5.1 Αστικά απόβλητα και στραγγίδια ΧΥΤΑ**

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγονται κάθε χρόνο σχεδόν 300 εκατομμύρια τόνοι στερεών αποβλήτων, τα οποία αποτελούν μη σημειακές πηγές ρύπανσης. Αναλογούν ετησίως σε 500 κιλά ανά πολίτη. Κατά μέσο όρο για το 2012 το 40% των αποβλήτων καταλήγει στις χωματερές, το 40% ανακυκλώνεται και το 20% αποτεφρώνεται (Manfredi and Goralczyk, 2013). Τα στραγγίδια στους ΧΥΤΑ αποτελούν μία σημειακή πηγή ρύπανσης, και είναι ένα πολύπλοκο μίγμα νερού, διαλυτών οργανικών, ανόργανων, μικροβιακών συστατικών και αιωρούμενων σωματιδίων, η σύσταση του οποίου είναι μεταβαλλόμενη. Η παραγωγή στραγγισμάτων στους ΧΥΤΑ οφείλεται κατά κύριο λόγο στα όμβρια ύδατα που εισέρχονται στο απορριμματικό ανάγλυφο, και δευτερευόντως στην υγρασία που εμπεριέχεται στα απόβλητα, καθώς και στις

διεργασίες αποδόμησης των αποβλήτων. Η μεταβλητή σύνθεση των στραγγισμάτων οφείλεται στον διαφορετικό τύπο αποβλήτων που έχουν εναποτεθεί στο ΧΥΤΑ, όπως και στο χρονικό διάστημα που έγινε η εναπόθεση των αποβλήτων. Τα στραγγίδια διαρρέουν στα υπόγεια ύδατα, και ο έλεγχος της διαρροής τους διενεργείται μέσω δειγματοληψιών και παρακολούθησης από φρεάτια ελέγχου στραγγισμάτων, ή και γεωτρήσεων, καθώς και στα σημεία εισόδου και εξόδου των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στραγγισμάτων του ΧΥΤΑ (Lysoviene and Gasiunas, 2011).

### **1.5.2 Γεωργία και αγροτικές δραστηριότητες**

Στη γεωργία, η επίδραση των ρύπων στο νερό εξαρτάται σαφώς από την ποσότητα των ρύπων στο νερό και την ρίψη γεωργικών αποβλήτων σ' αυτό. Αποτελεί άλλοτε μία σημειακή πηγή ρύπανσης και άλλοτε μία μη σημειακή πηγή ρύπανσης, που υποβαθμίζει τα ύδατα μέσω της έμμεσης ρίψης σ' αυτά, φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων, αζώτου, φωσφόρου, αλλά και μέσω της κακής τιμολογιακής πολιτικής του νερού για άρδευση (Charalamprous, et al., 2015). Η μέχρι σήμερα παραδοσιακή γεωργική πρακτική έχει επηρεάσει αρνητικά την ποιοτική κατάσταση των υπογείων και επιφανειακών υδάτων, με την έννοια ότι η ποιότητα του νερού έχει μειωθεί σε ό,τι αφορά στο μέγεθος της χρήσης του, στον τρόπο άρδευσης, στη χρήση λιπασμάτων και στην παρουσία υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων. Λόγω όμως, του γεγονότος ότι τα υπόγεια ύδατα είναι πολύ καλύτερης ποιότητας από τα επιφανειακά - αφού το έδαφος λειτουργεί ως φυσικό φίλτρο - και το πόσιμο νερό που είναι απαραίτητο για την ανθρώπινη υγεία αντλείται από το υπέδαφος, επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή στην προστασία του υπεδάφους και κατ' επέκταση του νερού από οποιαδήποτε λανθασμένη μέθοδο (Erechtchoukova and Khaiteh, 2014).

- Φυτοφάρμακα: Υπολείμματα φυτοφαρμάκων (εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα), λόγω της υψηλής διαλυτότητάς τους μεταφέρονται εύκολα στα υπόγεια ύδατα. Η αποτελεσματική παρακολούθηση των καταλοίπων είναι πολύπλοκη, λόγω ελλείψεως των επαρκών απαιτούμενων. Σήμερα ένας περιορισμένος αριθμός φυτοφαρμάκων είναι υπό παρακολούθηση. Η Οδηγία 98/83/ΕΚ σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού θεσπίζει συγκεκριμένες αποδεκτές τιμές για τις πιο τοξικές ουσίες, που βασίζονται σε τοξικολογικές εκτιμήσεις (Strosser, et al., 2001).

- **Λιπάσματα, Άζωτο, Φώσφορο:** Το Άζωτο αν και αποτελεί ζωτικό θρεπτικό συστατικό, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη των καλλιεργειών, ωστόσο οι ενδεχόμενες υψηλές συγκεντρώσεις του στα φυτά θεωρούνται επιβλαβείς για τη φύση και κατ' επέκταση και για τον άνθρωπο. Είναι καίριας σημασίας στοιχείο για τη ζωή στη γη, και ο κύκλος του είναι από τους σημαντικότερους για τα φυσικά οικοσυστήματα, διότι τα φυτά το απορροφούν από το έδαφος, ενώ τα ζώα το απορροφούν τρώγοντας τα φυτά, και μετά το θάνατό τους, με την αποσύνθεσή τους, το άζωτο επιστρέφει στο έδαφος. Ωστόσο, οι γεωργικές πρακτικές διαταράσσουν τον κύκλο του λόγω της υπερβολικής χρήσης που γίνεται σε λιπάσματα, οδηγώντας αφενός σε ρύπανση των υδάτων και ευτροφισμό, και αφετέρου σε οξίνιση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, λόγω των αέριων εκπομπών. Η ρίψη αζώτου στο νερό με τη μορφή νιτρικών αλάτων (νιτρορύπανση) επηρεάζει και διεγείρει το φαινόμενο του ευτροφισμού και κατά συνέπεια την ανθρώπινη υγεία. Ο ευτροφισμός παρατηρείται όταν υψηλές ποσότητες θρεπτικών συστατικών από λύματα ή λιπάσματα μολύνουν τα υδατικά συστήματα. Εμφανίζεται με τον τρόπο αυτό υπερβολική ανάπτυξη ζιζανίων και φυκών, δημιουργώντας συνθήκες ασφυξίας και αποχρωματισμό των υδάτων, πλήττοντας τα φυσικά οικοσυστήματα και αποστερώντας το οξυγόνο από τα ψάρια (Chatzinikolaou, et al., 2011). Λόγω των ανωτέρω αναφερόμενων προβλημάτων που προκαλεί το άζωτο, θεσπίστηκε το 1991 η Οδηγία για τη νιτρορύπανση, που θεωρείται μία από τις πρώτες Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που θεσπίστηκε για την προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας του νερού, έχοντας ως στόχο να αποτρέψει την ρύπανση από τις νιτρικές ενώσεις, οι οποίες προέρχονται από γεωργικής φύσεως πηγές. Σήμερα, περίπου το 1/3 των σταθμών παρακολούθησης στα ποτάμια και στις λίμνες της Ευρώπης επισημαίνουν σημάδια ευτροφισμού. Τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια συγκέντρωσης νιτρικών έχουν οριστεί για το πόσιμο νερό σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/EK, η οποία καθορίζει υποχρεωτικό το όριο των 50 mg (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010). Η μόλυνση των υδάτων από την νιτρορύπανση εξαρτάται και από τις γεωλογικές και κλιματικές συνθήκες. Είναι ιδιαίτερα συχνή στους υδροφόρους ορίζοντες πορώδους πετρώματος και σε περιοχές με υγρά κλίματα. Επίσης, ο Φώσφορος αποτελεί μία άλλη βασική αιτία ευτροφισμού και υποβάθμισης των υδάτων. Η γεωργία παράγει φώσφορο σε μορφή ζωικών αποβλήτων, ενώ συνδέεται και με τη χρήση λιπασμάτων. Ο

γεωργικός τομέας βρίσκεται στην αρχή μίας αυστηρής πολιτικής για τον έλεγχο των αποβλήτων φωσφόρου (Strosser, et al., 2001). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι, για την υποστήριξη επενδύσεων σχετικών με την εξοικονόμηση νερού, τη βελτίωση των υποδομών και των τεχνικών άρδευσης, και ως εκ τούτου για την προστασία της ποιότητας του νερού εφαρμόζεται και η Κοινή Αγροτική Πολιτική (<http://ec.europa.eu>), ένα σύνολο νόμων σχετικών με τη γεωργία, που ισχύει από τη δεκαετία του 1960 στην Ευρωπαϊκή Ένωση (<http://el.wikipedia.org>). Ο κεντρικός στόχος της είναι η αποφυγή της υδατορύπανσης από τη γεωργική δραστηριότητα, κυρίως μέσω της αειφόρου χρήσης των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων. Το πλαίσιο συμμόρφωσης περιλαμβάνει αρκετές νομικές απαιτήσεις που σχετίζονται με την υποχρεωτική εφαρμογή της οδηγίας για την ορθή χρήση νιτρικών (<http://ec.europa.eu>).

- Τιμολόγηση νερού: Στα συλλογικά δίκτυα, το νερό παρέχεται στους αγρότες συνήθως δωρεάν, πράγμα που έχει σοβαρές αρνητικές συνέπειες, διότι η μη καταμέτρηση και μηδενική τιμολόγηση του νερού οδηγεί στην μεγάλη σπάταλη του. Δεν χρησιμοποιείται από το κράτος ένα σύστημα καταγραφής του νερού, βάσει του όγκου που χρησιμοποιήθηκε από κάθε καταναλωτή, ενώ επίσης, δεν επιδοτείται η χρήση του νερού ανάλογα με την έκταση που καλλιεργείται. Έτσι παρατηρείται κατασπατάληση του νερού. Εκτός αυτού, ως αποτέλεσμα της μη τιμολόγησης είναι οι οικονομικές δυσχέρειες των φορέων διαχείρισης των εγγειοβελτιωτικών έργων και η απαξίωση τόσο των οργανισμών, όσο και των έργων που δεν συντηρούνται και δεν εκσυγχρονίζονται τεχνικά (Κουτσογιάννης, 2007).

### **1.5.3 Υδροληψία και Άρδευση**

Από την άποψη της ποσότητας, κατά μέσο όρο, τα 4/10 της υδροληψίας στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται για τη γεωργία. Στις βόρειες χώρες τα επίπεδα της χρήσης νερού για γεωργία είναι χαμηλότερα από τις χώρες της Νότιας Ευρώπης, οι οποίες χρησιμοποιούν μεγάλα ποσοστά άντλησης νερού για τη γεωργία, και συγκεκριμένα σε ποσοστά περισσότερα από τα 2/3 της συνολικής υδροληψίας (<http://ec.europa.eu>). Στην Ελλάδα οι βροχοπτώσεις τείνουν να είναι μηδενικές, έχοντας ως αποτέλεσμα οι αγροτικές καλλιέργειες να απαιτούν μεγάλες ποσότητες σε νερό, και προφανώς να αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή νερού, με ποσοστό 84%. Στο θέμα της διαχείρισης των υδάτων, η παραδοσιακή πρακτική που επικρατεί σε πολλές περιοχές στο νότιο τμήμα της

Ευρώπης είναι η άρδευση, ενώ η αποστράγγιση των υγροτόπων επικρατεί στο βόρειο ευρωπαϊκό τμήμα (Strosser, et al., 2001).

Η Ελλάδα διαθέτει εκτεταμένα αρδευτικά δίκτυα σε συνολική έκταση μεγαλύτερη των άλλων ευρωπαϊκών χωρών, με το ποσοστό των αρδευόμενων εδαφών 3/10 του συνόλου. Ειδικότερα, η άρδευση αποτελεί τα 4/10 της συνολικά καλλιεργήσιμης έκτασης και γίνεται από συλλογικά εγγειοβελτιωτικά έργα, με επιφανειακές μεθόδους, με συστήματα καταιονισμού, με στάγδην άρδευση και λοιπά συστήματα μικροαρδεύσεων. Τα υπόλοιπα 6/10 των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας αρδεύονται από ιδιωτικά αρδευτικά έργα. Αν και η άρδευση βοηθά στη βελτίωση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών και στη μείωση των κινδύνων που παρουσιάζονται κατά τις περιόδους ξηρασίας, γεγονός που καθιστά δυνατή την ανάπτυξη πιο επικερδών καλλιεργειών, ωστόσο, επιφέρει πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η υπερβολική εξάντληση του νερού από τους υπογείους υδροφόρους ορίζοντες (Κουτσογιάννης, 2007, Fengjiao, et al., 2016).

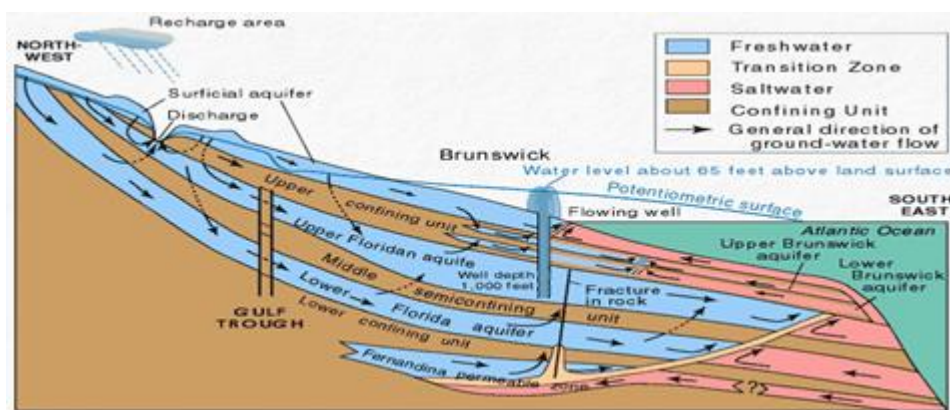
Οι σωστές τεχνικές άρδευσης μπορούν να μειώσουν προβλήματα που σχετίζονται με τη διάβρωση του εδάφους και την αλάτωση των υπογείων υδάτων στις παράκτιες περιοχές (Strosser, et al., 2001). Βασικό ζητούμενο είναι η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση νερού, που μπορεί να επιτευχθεί τόσο με αποδοτικότερες μεθόδους άρδευσης, με τη χρήση εναλλακτικών υδατικών πόρων, και με επιλογή λιγότερο υδροβόρων καλλιεργειών (Koniak, et al., 2011).

#### **1.5.4 Βιομηχανία**

Η βιομηχανία αποτελεί μία σημειακή πηγή ρύπανσης. Υπολογίζεται ότι, σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση νερού για βιομηχανικές χρήσεις ανέρχεται περίπου στο 1/5 της συνολικής ποσότητας καταναλώσιμου νερού. Το νερό χρησιμοποιείται στον βιομηχανικό τομέα κυρίως για ψύξη, συντελώντας στο φαινόμενο της θερμικής ρύπανσης του νερού (Karadima, et al., 2010). Κατά τη θερμική ρύπανση, παρατηρείται μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, και παράλληλη αύξηση της τοξικότητας των χημικών ρυπαντών, έτσι ώστε να επιταχύνεται ο ρυθμός των φυσιολογικών λειτουργιών στους οργανισμούς που συχνά καταλήγουν στο θάνατο (Gritzalis, et al., 2014).

### 1.5.5 Υπεράντληση και Υφαλμύρωση

Πολύ συχνά πλέον η ετήσια αντλούμενη ποσότητα νερού από πολλούς υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες είναι μεγαλύτερη από τη φυσική ετήσια ανανεώσιμη ποσότητα, έχοντας ως αποτέλεσμα να γίνεται άντληση, όχι μόνο των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων, αλλά και μεγάλους μέρους των μονίμων αυτών. Έτσι τα φυσικά αποθέματα μειώνονται συνεχώς, η στάθμη των υπόγειων υδάτων τείνει να μειώνεται συνεχώς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το να υποβαθμίζεται συνεχώς η ποιοτική και ποσοτική κατάσταση στα υπόγεια υδατικά συστήματα, επιφέροντας αρνητικό αντίκτυπο στα εξαρτώμενα από αυτά οικοσυστήματα. Στις περιπτώσεις που η ανωτέρω κατάσταση εξελίσσεται σε παράκτιους υδροφορείς, μπορεί να υπάρξει μετατόπιση της επιφάνειας γλυκού-αλμυρού νερού προς την ενδοχώρα με συνέπεια την υφαλμύρωση, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.5 (Καλλέργης, 2000).



Εικόνα 1.5: Μηχανισμός υφαλμύρωσης,  
(<http://postgra.hydro.ntua.gr>)

### 1.5.6 Κλιματική Αλλαγή

Ένας σημαντικός παράγοντας υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων είναι το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Ο όρος κλιματική αλλαγή συσχετίζεται με τη μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος, και ειδικότερα με τις μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών, που εμφανίζονται σε βάθος χρόνου πολλών δεκαετιών, ή ακόμα και εκατονταετιών. Σε όλη την ιστορία το παγκόσμιο κλίμα δεν υπήρξε ποτέ σταθερό φαινόμενο, αλλά ήταν αποτέλεσμα πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων εξωγενών παραγόντων, όπως η ηλιακή δραστηριότητα, η τροχιά της γης, καθώς και μιας σειράς γήινων, φυσικών χαρακτηριστικών (άνεμοι, θαλάσσια ρεύματα, βροχή, νέφη, ανάγλυφο, ηφαιστειακή δραστηριότητα κ.α.). Με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, οι «ανθρωπογενείς» παράγοντες προστέθηκαν στις αιτίες διαμόρφωσης

του κλίματος, κυρίως λόγω της συνεχώς αυξανόμενης καύσης υδρογονανθράκων και των εκπομπών στην ατμόσφαιρα «αερίων του θερμοκηπίου» (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου κ.α.) (Καραγεώργου, 2005). Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές, ως κλιματική αλλαγή ορίζεται η μεταβολή στο κλίμα της γης, η οποία μπορεί να προκαλείται με έμμεσο ή άμεσο τρόπο από τις ανθρώπινες επεμβάσεις στη φύση, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια (Framework Convention on Climate Change, 1992: άρθρο 1, παρ.2 Σύμβαση-Πλαίσιο).

Η κλιματική αλλαγή θεωρείται το σημαντικότερο οικολογικό πρόβλημα του σύγχρονου πολιτισμού, μετά την εξαφάνιση των ειδών, καθώς αποτελεί μία περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική απειλή σε πλανητικό επίπεδο (Έκθεση του Stockholm Resilience Centre, 2009). Οι δυσμενείς επιπτώσεις από το φαινόμενο αυτό, όπως τα ακραία καιρικά φαινόμενα, οι καύσωνες, οι ξηρασίες, οι έντονες βροχοπτώσεις, οι τυφώνες, είναι τέτοιες που ο έλεγχος της κλιματικής αλλαγής και ο περιορισμός των διαστάσεων της παραμένει μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα. Είναι σαφές ότι η υπάρχουσα ανισόρροπη σχέση ανθρώπινης κοινωνίας-φύσης, αλλά και ο σημερινός τρόπος οικονομικής ανάπτυξης, καθώς και τα κυρίαρχα πολιτισμικά και καταναλωτικά πρότυπα τίθενται πλέον σε δοκιμασία, διότι οι φυσικοί πόροι δεν διασφαλίζονται και δεν ανανεώνονται. Η σπουδαιότητα του θέματος γίνεται αντιληπτή και από έρευνες του Ευρωβαρόμετρου για τα έτη 2004 και 2007, όπου αναδεικνύεται ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί για τους ευρωπαίους πολίτες το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα. (Υφαντόπουλος και Μητράκος, 2011).

Οι έντονες κλιματικές μεταβολές μπορεί να οδηγήσουν σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατμόσφαιρας, υδρόσφαιρας και λιθόσφαιρας, και σε αποσταθεροποίηση των κλιματολογικών συνθηκών μιας περιοχής ή ολόκληρου του πλανήτη (Κατσαφάδος, 2010). Η επίσημη επιστημονική θέση πάνω στις κλιματικές μεταβολές, όπως αυτή ορίζεται από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος του ΟΗΕ, είναι ότι η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί από τα τέλη του 19ου αιώνα κατά  $0,6 \pm 0,2$  °C, και ότι η αύξηση αυτή οφείλεται σημαντικά στις ανθρώπινες επεμβάσεις και δραστηριότητες στη φύση, κατά τα τελευταία 50 έτη (3η Έκθεση της IPCC). Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες της Διακυβερνητικής Επιτροπής, εκτιμάται ότι εντός της

χρονικής περιόδου 1990 και 2100 η θερμοκρασία της Γης ενδέχεται να αυξηθεί κατά 1,4 – 5,8 °C (Kerr, 2005).

Εξαιτίας της ανεξέλεγκτης αύξησης της θερμοκρασίας:

- προκαλούνται αλλαγές στη διαθεσιμότητα του νερού, γεγονός που επηρεάζει τόσο τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όσο και τα οικοσυστήματα,
- αυξάνεται ο κίνδυνος υπερχειλίσης ποταμών, ξηρασίας και πυρκαγιών
- αυξάνεται ο κίνδυνος εξαφάνισης ορισμένων επαπειλούμενων βιολογικών ειδών (μείωση βιοποικιλότητας και επικράτηση «ανθεκτικών» ειδών)
- προκαλείται μερική τήξη των παγετώνων και των πολικών πάγων, καθώς και θερμική διαστολή των ωκεανών, με αποτέλεσμα τη σταδιακή άνοδο της στάθμης των θαλασσών, γεγονός που επηρεάζει την παροχή ύδατος και αυξάνει τον κίνδυνο πλημμύρας, και της εισβολής θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα
- αυξάνεται το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», μια διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα συγκρατεί θερμότητα και συμβάλλει έτσι στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης
- αυξάνεται ο κίνδυνος εξάπλωσης και μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών
- προκαλούνται αλλαγές στο καθεστώς των νεφών, των ανέμων και των θαλασσίων ρευμάτων, γεγονός που προκαλεί παραπέρα επιτάχυνση της κλιματικής αλλαγής
- προκαλείται μετατόπιση των ζωνών βροχόπτωσης, με αποτέλεσμα την ερημοποίηση, η οποία έχει επιπτώσεις στα αποθέματα νερού και στη μετατόπιση της βλάστησης
- προκαλείται τήξη των υποπολικών περιοχών (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ειδικότερα στους υδατικούς πόρους αφορούν:

- στη ολοένα και μειωμένη τροφοδότηση και στην μη συνεχή ανανέωση των υδάτων των υδροφορέων, που προκαλείται λόγω της μείωσης βροχοπτώσεων,
- στη ρύπανση ή αποξήρανση των παράκτιων υγροτόπων,
- στην αυξημένη υφαλμύρωση των παράκτιων και υποθαλάσσιων υδροφόρων οριζόντων, με προέλαση του μετώπου υφαλμύρωσης προς την ενδοχώρα, λόγω του μειωμένου δυναμικού της υδατικής φάσης στον χερσαίο τομέα, λόγω του μειωμένου ρυθμού τροφοδοσίας και της υπεράντλησης,

- στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στα παράκτια υδατικά σώματα, αλλά και στη θάλασσα,
- στην ταχύτερη αποδόμηση των περιοχών κοντά σε δέλτα,
- στην επίταση του φαινομένου της ερημοποίησης, λόγω έντονου υδατικού ελλείμματος και μεγάλων εδαφικών μεταβολών (Doulgeris et al., 2015, Τράπεζα της Ελλάδας, 2011).

## 1.6 Τρόποι προστασίας του υδατικού δυναμικού

Σήμερα, σε παγκόσμιο επίπεδο τα αποθέματα του νερού βρίσκονται υπό τρομακτική πίεση, και η ζήτηση για νερό καλής ποιότητας αυξάνεται συνεχώς. Διεθνώς, αλλά και εντός της Ευρωπαϊκής Κοινότητας είναι πλέον ξεκάθαρο ότι το νερό θα αποτελέσει κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξη πολλών κρατών. Ήδη, η έλλειψή του αποτελεί την κύρια ευθύνη για την ερημοποίηση πολλών περιοχών. Η ανάγκη για δράση σε προληπτικό επίπεδο είναι πλέον αναγνωρισμένη, και θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποφεύγεται μακροπρόθεσμα η αλλοίωση της ποσότητας αλλά και της ποιότητας του γλυκού νερού. Οι δράσεις που απαιτούνται έχουν ως στόχο τη βιώσιμη διαχείριση και την μακροχρόνια προστασία των υδατικών πόρων. Η βελτίωση των τεχνικών και των δράσεων διαχείρισης νερού αποτελεί επείγουσα ανάγκη, και οι δημόσιες αρχές θα πρέπει να παίξουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο (Magsig, 2015).

Γενικότερα, από πολύ παλαιά οι άνθρωποι μάθαιναν να αποθηκεύουν και να αξιοποιούν το βρόχινο νερό με τους εξής τρόπους: α) είτε συλλέγοντας και αποθηκεύοντάς το σε παραδοσιακούς ταμιευτήρες, όπως τα πηγάδια και οι στέρνες, β) είτε κατευθύνοντάς το με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εμπλουτίζεται ο υδροφόρος ορίζοντας της περιοχής, δημιουργώντας μικρά φράγματα και παραδοσιακές αναβαθμίδες, για να κατευθύνεται το νερό προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Στη σύγχρονη εποχή η προσπάθεια αύξησης των υδατικών αποθεμάτων βρίσκει μεγάλη εφαρμογή: α) είτε αποθηκεύοντάς τα μέσω της κατασκευής φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών, β) είτε χρησιμοποιώντας τα για τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων (Baurne, 1984). Τις τελευταίες δεκαετίες το πρόβλημα της έλλειψης ύδατος είναι ορατό σε πολλές χώρες της Μεσογειακής Λεκάνης, και πλέον, η ευαισθητοποίηση όλου του κόσμου είναι θέμα μείζονος σημασίας. Για την, έστω και πρόσκαιρη, επίλυση του προβλήματος, οι τοπικές αρχές και οι ομάδες

αρμόδιων φορέων επικεντρώνονται σε διάφορες μεθόδους, που θα αναλυθούν εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

### **1.6.1 Φράγματα - Λιμνοδεξαμενές**

Η κατασκευή φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών είναι πολύ συχνή στην Ελλάδα, αλλά και γενικότερα σε παγκόσμιο επίπεδο, τα τελευταία χρόνια,. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φράγματος ή της λιμνοδεξαμενής, η λύση μπορεί να κριθεί, οικονομικά, ως μη συμφέρουσα, αλλά θεωρείται αναγκαία για κοινωνικούς λόγους, όταν δεν μπορεί να εξευρεθεί άλλη λύση. Τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές θεωρούνται ως Ιδιαίτερος Τροποποιημένα Υδατικά Συστήματα, τα οποία εξυπηρετούν σκοπούς όπως είναι η προστασία από τις πλημμύρες, η ταμίευση νερού για άρδευση και υδροδότηση, η ναυσιπλοΐα κλπ. Παράδειγμα τέτοιων έργων – εκτός από τους ταμιευτήρες φραγμάτων για διευθετήσεις ποταμών ή για αντιπλημμυρική προστασία – είναι και οι αποστραγγιστικές τάφροι για την αποξήρανση περιοχών (Baurne, 1984).



Εικόνα 1.6: Λιμνοδεξαμενή,  
(<http://www.oikoskopio.gr>)

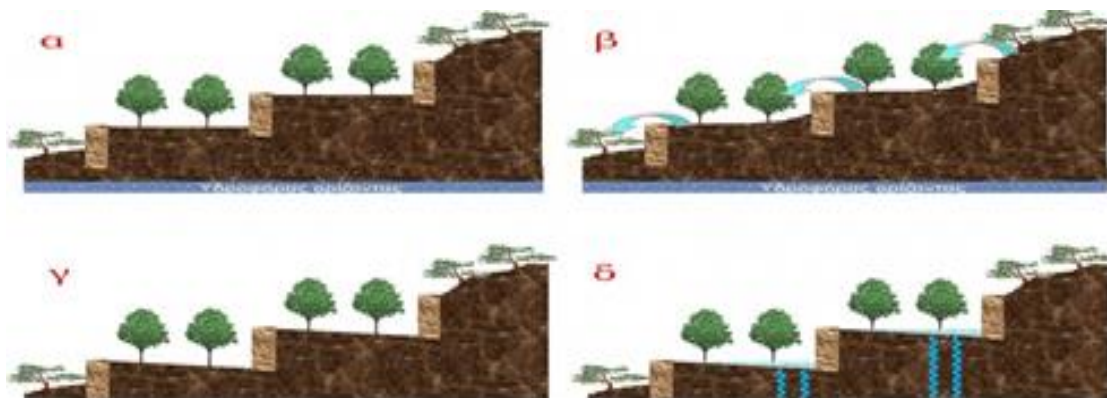


Εικόνα 1.7: Φράγμα στη λίμνη Δόξα, Φενεό Κορινθίας,  
(προσωπικό αρχείο)

### 1.6.2 Τεχνητός εμπλουτισμός

Ο τεχνητός εμπλουτισμός αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια και έχει πολλά πλεονεκτήματα. Σκοπός του είναι η αύξηση της εκμετάλλευσης των υπογείων υδάτων ή η δημιουργία προσωρινού αποθηκευτικού χώρου για μελλοντική εκμετάλλευση, καθώς και η αποκατάσταση της υδρολογικής ισορροπίας των διαταραγμένων υδροφόρων στρωμάτων. Ουσιαστικά είναι η αύξηση της ποσότητας του νερού με ανθρώπινες τεχνικές, η οποία μπορεί να προέρχεται από επιφανειακά ύδατα ή από παρακείμενο υδροφόρο στρώμα (Jebamalar and Ravikumar, 2014).

Επίσης, άλλος σκοπός του είναι η καλύτερευση της ποιότητας των υδάτων, η αύξηση της ανόδου της στάθμης στα παράκτια υδροφόρα στρώματα για την αποφυγή εισχώρησης της θάλασσας και της υφαλμύρωσης των υδροφορέων, καθώς και η χρήση του νερού για ενεργειακούς σκοπούς, πραγματοποιώντας εισχώρηση κρύου και άντληση θερμού νερού για την εκμετάλλευση της γεωθερμίας ενός τόπου (Βαφειάδης, 1995).



Εικόνα 1.8: Εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα με συντήρηση των αναβαθμίδων, (Γκίκας, 2011)

### 1.6.3 Αφαλάτωση

Η αφαλάτωση είναι η διεργασία κατά την οποία διαχωρίζονται τα άλατα και το νερό, από τα αλατούχα διαλύματα, έχοντας ως σκοπό την μετατροπή του αλμυρού νερού σε πόσιμο, το οποίο είναι το μοναδικό κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση, αλλά και για άρδευση. Αποτελεί μια πολύ δημοφιλή περίπτωση για την επίλυση των προβλημάτων έλλειψης νερού. Αυτή η διεργασία χρησιμοποιείται πλέον σε πολλές περιοχές του κόσμου, όπως η Μάλτα, η Σαουδική Αραβία, αλλά και ορισμένα νησιά του Αιγαίου (π.χ. η Σύρος). Η αφαλάτωση ίσως να αποτελεί τη μελλοντική ελπίδα, όχι μόνο για την παραγωγή γλυκού νερού σε περιοχές όπου δεν υφίστανται πηγές από τις οποίες να αναβλύζει φυσικό νερό, αλλά για όλο τον πλανήτη, και ιδιαίτερα για τις πιο μεγάλες πόλεις, όπου το μολυσμένο νερό θα καθαρίζεται πλέον με μία από τις μεθόδους αφαλάτωσης (Guerraiche, et al., 2016).

Στον Ελληνικό χώρο μονάδες αφαλάτωσης λειτουργούν σε αρκετά ελληνικά νησιά, όπως είναι η Μύκονος, η Σύρος, κλπ, όπως επίσης και σε ορισμένες βιομηχανικές μονάδες. Έχει κατακριθεί όμως για σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που σχετίζονται με την απόρριψη της άλμης στη θάλασσα, καθώς επίσης και για το γεγονός ότι είναι πολύ ενεργοβόρα διαδικασία. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μπορούσε να αποτελέσει μια λύση για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ η απόρριψη της άλμης σε περιοχές με πολύ δυνατά ρεύματα θα μπορούσε να είναι ένας τρόπος αποφυγής δημιουργίας περιβαλλοντικών προβλημάτων σε τοπικό επίπεδο. Το υψηλό κόστος παραγωγής νερού ικανοποιητικής ποιότητας παραμένει ακόμη αρκετά

υψηλό με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ευρεία αποδοχή της μεθόδου ως λύση (Latorre, 2005).



Εικόνα 1.9: Πλωτός μηχανισμός αφαλάτωσης «Υδριάδα» της Νάξου,  
( <http://www.kykladiki.gr>)

#### **1.6.4 Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού**

Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των νερών είναι ήδη πραγματικότητα σε πολλές χώρες, οι οποίες αξιοποιούν τα ύδατα από τους βιολογικούς καθαρισμούς είτε για αστική χρήση, είτε για γεωργικούς σκοπούς (ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας του βιολογικού καθαρισμού). Σε ορισμένες χώρες δίνεται έμφαση και στην ανακύκλωση του νερού που αποβάλλεται από τις οικιακές χρήσεις, μετά από επιτόπου επεξεργασία στα κτίρια. Το ανακυκλωμένο ή ανακτημένο νερό προέρχεται από πρώην υγρά απόβλητα, το οποίο με την κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Η ανάκτηση νερού απαιτεί πολύ μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις από την μέθοδο της αφαλάτωσης, και έχει σημαντικά μικρότερο κόστος ανά μονάδα όγκου νερού. Επομένως, από τη χρήση του μπορούν να εξοικονομηθούν σημαντικές ποσότητες νερού υψηλής ποιότητας, οι οποίες χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς, όπου δεν απαιτείται απαραίτητα τόσο υψηλή ποιότητα νερού (Petousi, et al., 2015).

Ανακυκλωμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί: για γεωργική άρδευση, για αστική άρδευση, για βιομηχανική χρήση, για τουαλέτες, για πλύσιμο αυτοκινήτων, για πυρασφάλεια. Υψηλής ποιότητας ανακτημένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμπλουτισμό υδροφορέων και για εξυγίανση αλμυρωμένων υδροφορέων (όχι όμως για

πόσιμους υδροφορείς). Κάτι που είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι το ανακτημένο νερό δεν κρίνεται ακόμα κατάλληλο για πόσιμη χρήση (Gikas and Tchobanoglou, 2008). Στην Ελλάδα η πρακτική επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης νερών που προέρχονται από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, είναι σχετικά πρόσφατη και δεν έχει εφαρμοστεί ευρέως.

### **1.6.5 Εξοικονόμηση του νερού**

Η εξοικονόμηση νερού με την εφαρμογή διαφόρων πρακτικών εξοικονόμησης νερού μπορεί να αποδώσει σημαντικά οφέλη σε μια κοινωνία. Σ' αυτές οι πρακτικές μπορεί περιλαμβάνεται η υιοθέτηση νέων πρακτικών από ξενοδοχεία και νοικοκυριά όπως:

- Τοποθέτηση νέων συστημάτων στα ντους και στις βρύσες, τα οποία δύνανται να παροχετεύουν το νερό σε σταγόνες.
- Χρήση βιολογικών τουαλετών.
- Καλλιέργεια αυτοχθόνων, μη-υδροβόρων φυτών.
- Χρήση συστημάτων ελεγχόμενης ροής στο ποτιστικό λάστιχο.
- Πότισμα του κήπου τις πρωινές ώρες, ή το απόγευμα, και μόνο όταν είναι απαραίτητο.
- Συλλογή βρόχινου νερού για κηπευτική χρήση.
- Μόνωση σωλήνων ζεστού νερού για την μείωση σπατάλης κατά την αναμονή θέρμανσής του.
- Τοποθέτηση διπλού συστήματος στα καζανάκια τουαλετών (χαμηλής και πλήρους παροχής)
- Χρήση πλυντηρίων ρούχων και πιάτων χαμηλής κατανάλωσης ύδατος.
- Τοποθέτηση ειδικών συστημάτων που προορίζονται για την συλλογή και την ανακύκλωση παραγόμενου από τις οικιακές δραστηριότητες νερού, το οποίο αποτελεί την μεγαλύτερη ποσότητα με τη μορφή υγρών αποβλήτων που προκύπτουν από διάφορες οικιακές εργασίες.

### **1.6.6 Κοστολόγηση – Τιμολόγηση νερού**

Η Οδηγία πλαίσιο 2000/60, έχοντας ως κύριο στόχο της να εξασφαλίσει την αειφορία των υδάτινων πόρων χρησιμοποιεί ως σημαντικό διαχειριστικό μέσο την τιμολόγηση του νερού και θέτει πολιτικές τιμολόγησης των υδάτων με την ενσωμάτωση όλων των στοιχείων που συνδέονται, τόσο με την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων υδάτων, όσο και με την προκαλούμενη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Το άρθρο 9.1 της Οδηγίας,

το οποίο αναφέρεται στην ανάκτηση κόστους των υπηρεσιών ύδατος, περιγράφει τις συνιστώσες κόστους που θα πρέπει να συνυπολογίζονται στο συνολικό κόστος των υπηρεσιών ύδατος. Βάσει αυτού, οι πολιτικές τιμολόγησης θα πρέπει να στηρίζονται στην εκτίμηση του κόστους και του οφέλους από τη χρήση του νερού, και να συνεκτιμάται τόσο το οικονομικό κόστος, όσο και το κόστος για το περιβάλλον.

Η Οδηγία αποβλέπει να καθιερώσει σαφές κίνητρο βελτίωσης της αποδοτικότητας της χρήσης των υδάτων και της μείωσης της ρύπανσης μέσω μίας τιμής που θα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις ποσότητες υδάτων και την παραγόμενη ρύπανση. Βάσει της κείμενης νομοθεσίας, και κατόπιν εισήγησης της γνωμοδοτικής επιτροπής υδάτων, η κεντρική επιτροπή υδάτων καθορίζει τους γενικούς κανόνες κοστολόγησης των υδάτων. Τα κόστη που θα πρέπει να συνυπολογίζονται, είναι (Φράγκου και Καλλής, 2010):

- Το χρηματοοικονομικό, το οποίο αναφέρεται στα κόστη των επενδύσεων, της λειτουργίας και της συντήρησης των υποδομών, καθώς και στα κόστη διοίκησης και διαχείρισης.
- Το κόστος πόρου, το οποίο αντιπροσωπεύει το κόστος ωφέλειας, λόγω της μείωσης διαθέσιμου νερού (κόστος ευκαιρίας εναλλακτικών χρήσεων), όταν η χρήση του υπερβαίνει τον ρυθμό φυσικής του επαναπλήρωσης.
- Το περιβαλλοντικό κόστος, το οποίο αφορά στην αποτίμηση της περιβαλλοντικής ζημίας των υδάτινων οικοσυστημάτων, λόγω κατανάλωσης και ρύπανσής τους από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Με βάση τα παραπάνω, το συνολικό κόστος θα πρέπει να εκτιμάται για κάθε υπηρεσία παροχής ύδατος ως άθροισμα χρηματοοικονομικού, περιβαλλοντικού και κόστους πόρου, αναγόμενο ανά κυβικό μέτρο κατανάλωσης νερού. Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60, οι καταβαλλόμενες τιμές από τους χρήστες θα πρέπει να είναι ανάλογες με την ποσότητα κατανάλωσης και την προκαλούμενη ρύπανση, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι το περιβαλλοντικό κόστος θα πρέπει να εμπεριέχει την λογική της αποτροπής της σπατάλης και της κακοδιαχείρισης, και όχι την λογική της σύνδεσης της πληρωμής με την σπατάλη. Λόγω του ότι το νερό δεν αποτελεί μόνο ένα επιπλέον οικονομικό αγαθό, αλλά έχει και πολλές σημαντικές κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις, η ανάκτηση του κόστους των υποδομών και η τιμολόγησή του δεν είναι δυνατόν να

ακολουθούν τους γενικούς κανόνες τιμολόγησης της αγοράς, και ως εκ τούτου, γίνεται σαφές ότι η τιμολόγησή του είναι μία περίπλοκη διαδικασία (Tolbaru, 2012).

Στην Ελλάδα δεν υφίσταται μέχρι αυτήν την στιγμή μία ενιαία τιμολογιακή πολιτική, η οποία να καθορίζεται ανάλογα με τις χρήσεις του, και ο κάθε φορέας του κράτους εφαρμόζει μία διαφορετική προσέγγιση του θέματος. Βάσει της Οδηγίας 2000/60 η χώρα είχε την υποχρέωση να προβεί μέχρι το έτος 2010 σε κοστολόγηση του νερού, έχοντας ως σκοπό την ανάκτηση του κόστους, κάτι που βέβαια δεν έλαβε χώρα. Έτσι, στην παρούσα φάση, η ΕΓΥ βρίσκεται σε διαδικασία κατάρτισης ενός ενιαίου θεσμικού πλαισίου κοστολόγησης και τιμολόγησης, τηρώντας κάποιους γενικούς κανόνες. Το πλαίσιο αυτό - για το οποίο υπάρχει δέσμευση για την έκδοση σχετικής ΚΥΑ μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2016 - θα πρέπει να τύχει έγκρισης από την Εθνική Επιτροπή Υδάτων. Η κατάρτιση διαχρονικής τιμολογιακής πολιτικής για κάθε χρήση, η οποία θα λαμβάνει υπ' όψιν της τις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής, αναμένεται ότι θα συντελέσει στην επίτευξη της ορθολογικής διαχείρισης, αλλά και στην ευαισθητοποίηση όλων των εμπλεκόμενων για την προστασία και τη διατήρηση του πόρου (Φράγκου και Καλλής, 2010).

## **1.7 Διαχείριση του νερού στον ελλαδικό χώρο**

Ο ορθολογικός τρόπος διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι ένας πολύ βασικός άξονας για την ανάπτυξη και την ασφαλή διαβίωση της κάθε χώρας. Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, στην Ελλάδα, αρκετοί είναι οι παράγοντες, όπως η αγροτική παραγωγή, η κτηνοτροφία και η βιομηχανία, που έχουν αφήσει ένα πολύ μεγάλο υδατικό ίχνος, έχοντας επηρεάσει την ποιότητα του νερού και έχοντας μειώσει τη διαθεσιμότητά του, ιδιαίτερα εάν συγκριθούν με άλλους τομείς ανάπτυξης, (Αδαμοπούλου & Σεπετζή, 2013).

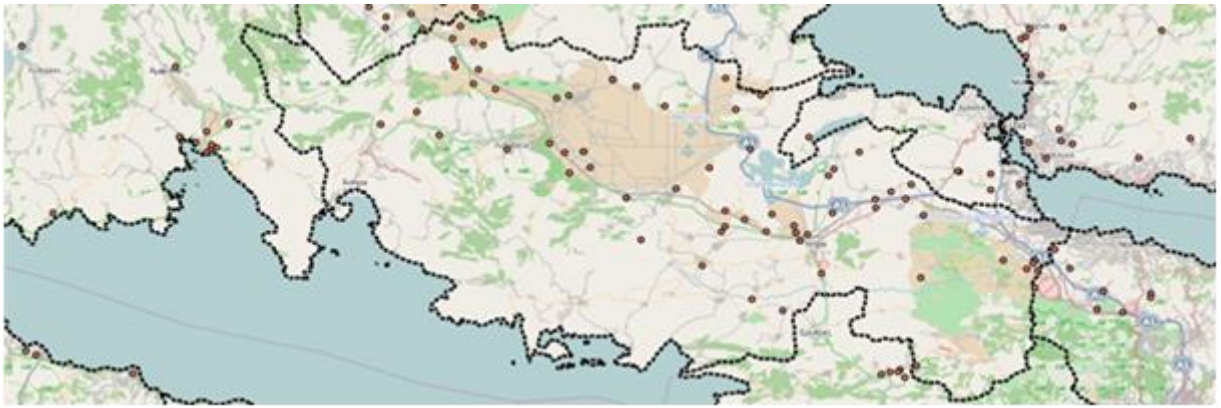
Βέβαια, οι γεωργικές δραστηριότητες που συνδέονται άμεσα με τη διαχείριση του νερού, αποτελούν τη βασικότερη αιτία όλων, η οποία έχει προξενήσει ανεπανόρθωτες βλάβες στους ελληνικούς υδροφόρους ορίζοντες, με την έννοια ότι έχει πλέον προκληθεί ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση από την συνεχή υπερεκμετάλλευση, δηλαδή έχει προκληθεί ταπείνωση της στάθμης των υδροφορέων, καθώς και καταστροφή μεγάλων τμημάτων παράκτιων υδροφορέων από την εισχώρηση θαλασσινού νερού στην ξηρά.

Εκτός αυτού, ποιοτική υποβάθμιση έχει προκληθεί και από εκτεταμένη ρύπανση, λόγω της χρήσης πολλών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων σε αρκετά υπόγεια νερά που στο παρελθόν ήταν τα πλέον κατάλληλα για ύδρευση. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην Ελλάδα η βαριά φύση των οικονομικών μέσων (μεγάλοι φόροι, επιδοτήσεις, κλπ) έχουν προκαλέσει επιπλέον υποβάθμιση στην ποιότητα του νερού. Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει να λάβουν χώρα όλες οι τεχνικές που οδηγούν σε ποιοτική και ποσοτική αναβάθμιση του υδατικού δυναμικού της χώρας (Κουτσογιάννης, 2007).

### **1.7.1 Ευρωπαϊκό Δίκτυο Πληροφοριών WISE και Σταθμοί Παρακολούθησης Υδάτων**

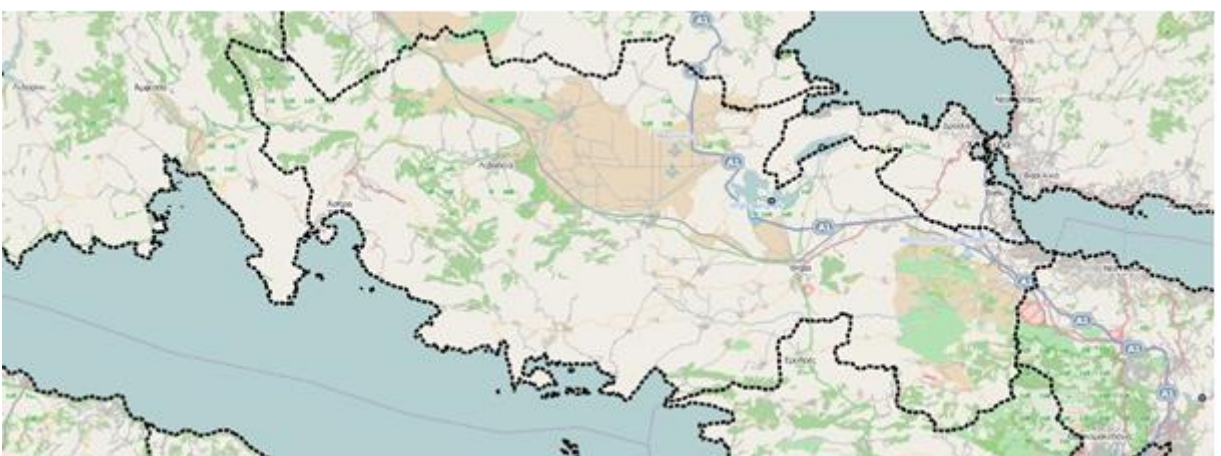
Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σε ευρωπαϊκό επίπεδο έχουν αρχίσει τις τελευταίες δεκαετίες να λαμβάνονται διάφορα μέτρα ελέγχου και προστασίας υδάτων. Στα πλαίσια αυτά, και λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός ότι, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (Ε.Ο.Π.), σε ευρωπαϊκή κλίμακα, παρατηρείται έλλειψη επαρκών συγκρίσιμων στοιχείων για την κατάσταση των νερών (Καλλία, 2001), κρίθηκε σκόπιμο να αναβαθμιστούν περισσότερο και οι προσπάθειες για την εντατική παρακολούθηση του νερού, δηλαδή για τον εντοπισμό των σημείων σημαντικής μόλυνσης, και για την εφαρμογή αυστηρότερων προγραμμάτων δράσης (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010). Έτσι, από το έτος 2007 ο ΕΟΠ συντονίζει το ευρωπαϊκό δίκτυο πληροφοριών για το νερό, το WISE (Water Information System for Europe) (Καλλία, 2011). Επίσης, κατά την χρονική περίοδο 2007-2008 πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και εργαστηριακές αναλύσεις στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της Ελλάδας, για ελέγχους λόγω εκτεταμένης ρύπανσης από ποικίλες χημικές ουσίες. Περίπου το 60% αυτών ταξινομήθηκε σε σχετικά καλή θέση (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Οι Εκθέσεις που προέκυψαν χαρακτηρίζουν ως θετική την πορεία προς τον καθαρισμό των ελληνικών υδάτων. Η επιφάνεια των εδαφών που εντάσσεται στην εφαρμογή προγραμμάτων δράσης έχει αυξηθεί, με μελλοντικό στόχο την περαιτέρω επέκταση σε κάποιες περιφέρειες (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010). Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην Ελλάδα είναι καλύτερη η κατάσταση στα ποτάμια συστήματα, σε σχέση με τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ωστόσο, το 58% του μήκους των ποταμών βρίσκεται σε μέτρια ή σε κακή κατάσταση (Καλλία, 2011), (Κ.Υ.Α 140384, 2011).



Εικόνα 1.10: Σταθμοί στα Υπόγεια Ύδατα του Νομού Βοιωτίας,  
(<http://geodata.gov.gr>)

Επίσης, λόγω του ότι σύμφωνα με την οδηγία για την νιτρορρύπανση, όλα τα κράτη μέλη οφείλουν πλέον να αναλύουν τα επίπεδα συγκέντρωσης των νιτρικών ενώσεων των υδάτων τους, τοποθετήθηκαν σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση - και φυσικά και στην Ελλάδα - περίπου 31.000 δειγματοληπτικοί σταθμοί για τον έλεγχο των υπογείων υδάτων, καθώς και 27.000 σταθμοί για τον έλεγχο των επιφανειακών υδάτων. Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν, για τα γλυκά επιφανειακά ύδατα, στο 21% των σταθμών παρακολούθησης διαπιστώθηκαν συγκεντρώσεις νιτρικών ενώσεων κάτω του ορίου ανοχής, ενώ μόνο στο 3% αναφέρθηκαν συγκεντρώσεις άνω αυτού του ορίου. Ένα σημαντικό θετικό αποτέλεσμα ήταν ότι και τα 27 κράτη κατήρτισαν προγράμματα δράσης, τα οποία έχουν ως σκοπό τον περιορισμό της νιτρορρύπανσης, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται όλο και περισσότερο η ποιότητα των υδάτων τους (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010).



Εικόνα 1.11: Σταθμοί στις Λίμνες του Νομού Βοιωτίας,  
(<http://geodata.gov.gr>)

### **1.7.2 Συνήθειες ελληνικές πρακτικές**

Στον ελλαδικό χώρο τα τελευταία χρόνια οι συνήθειες πρακτικές για την υποκατάσταση των υπόγειων νερών με επιφανειακά είναι οι κατασκευές φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών, αλλά θα πρέπει να ελεγχθεί το ενδεχόμενο της κατασκευής περισσότερων τέτοιων έργων αποταμίευσης, καθώς και η εκτενέστερη χρήση της μεθόδου του τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφορέων, προκειμένου να γίνουν μεγάλες βελτιώσεις στην ποιότητα του νερού. Φυσικά, θα πρέπει να εξεταστεί περισσότερο η χρήση της μεθόδου της αφαλάτωσης, ιδιαίτερα στον νησιωτικό χώρο, στον οποίο υπάρχει έντονο το φαινόμενο της λειψυδρίας. Όσον αφορά στον τομέα της άρδευσης στον ελλαδικό χώρο, θα πρέπει να εξεταστεί σοβαρά το ενδεχόμενο της μελλοντικής διακοπής ή της μείωσης των αντλήσεων υπόγειου νερού, και της μετατροπής των αρδευόμενων εκτάσεων σε ξηρικές. Εκτός των παραπάνω, αρκετές ενέργειες οφείλουν να γίνουν σε πιο τοπικό επίπεδο, ανάλογα με τις υδρολογικές ιδιαιτερότητες του φυσικού περιβάλλοντος και τα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της κάθε κοινωνίας (Strosser, et al., 2001, Λουκάτος, κ.ά., 2005).

## **1.8 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης**

Λόγω του ότι τα τελευταία χρόνια ο Νομός Βοιωτίας παρουσιάζει αυξημένες ανάγκες για χρήση του νερού για ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία κλπ, και λόγω του ότι η υπεράντληση υδάτων στον Νομό έχει οδηγήσει σε μείωση των υδατικών αποθεμάτων, ενώ παράλληλα οι μέχρι σήμερα γεωργικές πρακτικές και τα πολλά βιομηχανικά απόβλητα έχουν επιφέρει σημαντική υποβάθμιση της ποιοτικής κατάστασης του νερού, κρίνεται απαραίτητη η διερεύνηση των δυνατοτήτων ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού της περιοχής αυτής. Επίσης, κρίνεται αναγκαία η διερεύνηση των πηγών ρύπανσης και υποβάθμισης των υδάτων, ο προσδιορισμός των αναγκών σε υδατικούς πόρους, καθώς και ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων και του βέλτιστου τρόπου ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού του Νομού Βοιωτίας.

## **1.9 Σκοποί και Στόχοι**

Οι σκοποί και οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας αναφέρονται συνοπτικά κάτωθι:

- η διερεύνηση του υπάρχοντος υδατικού δυναμικού της περιοχής μελέτης
- η διερεύνηση των πηγών ρύπανσης και υποβάθμισης των υδάτων
- ο προσδιορισμός των αναγκών σε υδατικούς πόρους

- ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων και του βέλτιστου τρόπου ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού του Νομού Βοιωτίας
- η παρουσίαση καινοτόμων χρήσεων του φράγματος στην περιοχή μελέτης

# Κεφάλαιο 2

## Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η καλή χρήση και η ανανέωση του νερού, αποτελεί βασική συνιστώσα του κύκλου του νερού, διότι είναι ένας πόρος απαραίτητος για τη ζωή. Γενικότερα, η οικονομική ανάπτυξη - που υπήρξε σημαντική τις τελευταίες δεκαετίες στον ελληνικό χώρο μετά το τέλος των πολέμων και του εμφυλίου πολέμου - συμβαδίζει με την αύξηση της κατανάλωσης νερού και με τα προβλήματα της διαθεσιμότητας, ή της ποιότητας αυτού. Οι ρυθμοί κοινωνικής ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια ήταν γρήγοροι, επιβάλλοντας τις ανθρώπινες παρεμβάσεις στη διαχείριση των υδατικών πόρων, μέσω της κατασκευής έργων για την εντατικότερη εκμετάλλευση του νερού, οι οποίες μέχρι σήμερα συνίστανται στην σημαντική αύξηση της υδροληψίας και στην εκτροπή των υφιστάμενων υδάτων για αρδευτικούς σκοπούς στις γεωργικές καλλιέργειες. Αυτές οι κινήσεις αποτέλεσαν, βέβαια, τον βασικότερο παράγοντα για την ρύπανση και τη μείωση των διαθέσιμων υπογείων υδάτων, για την εξαφάνιση των υγροτόπων, αλλά και για την ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των υδροφόρων οριζόντων πολλών περιοχών.

### 2.1 Εισαγωγή

Στα πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής αναλύθηκε γενικά το θέμα της διαχείρισης των υδατικών πόρων στον ελληνικό χώρο, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Έγινε μία ανασκόπηση στο σύνολο του ελληνικού χώρου για τη διαθεσιμότητα των υδάτων, αλλά και των προβλημάτων που συσχετίζονται με την σημερινή υποβαθμισμένη ποιότητα του υδατικού δυναμικού. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει πλέον αντιληπτό ότι υπάρχει αδήριτη ανάγκη για υλοποίηση νέων σχεδίων πιο ολοκληρωμένης και ορθολογικής διαχείρισης των υδάτων, και για τον λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητο να αναφερθούν οι σημερινές εφαρμοζόμενες τεχνολογίες για τις μεθόδους ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού μίας περιοχής, οι οποίες συνίστανται ως

επί τω πλείστον στην μέθοδο της κατασκευής φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών, του τεχνητού εμπλουτισμού και της αφαλάτωσης.

Στο παρόν κεφάλαιο, θα λάβει χώρα μία βιβλιογραφική ανασκόπηση και αναφορά για το θέμα της ποιότητας των υδάτων, με πιο συγκεκριμένο τρόπο, επιλέγοντας ως περιοχή μελέτης τον Νομό Βοιωτίας, ο οποίος δεν αποτελεί εξαίρεση του ανωτέρω κανόνα, καθώς έχει δεχτεί τα τελευταία χρόνια πολλές πιέσεις στους υδατικούς του πόρους, διότι χαρακτηρίζεται από πολλές εντατικές καλλιέργειες, από κτηνοτροφικές δραστηριότητες, καθώς και από την ύπαρξη έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας, γεγονός που έχει οδηγήσει σε υποβάθμιση του υδατικού δυναμικού του. Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα αυτά, θα αναφερθούν οι παράγοντες υποβάθμισης του υδατικού δυναμικού, καθώς και το διαχειριστικό σχέδιο του Νομού Βοιωτίας, και στη συνέχεια θα αναφερθούν οι καταλληλότεροι τρόποι για την ενίσχυση του υδατικού του δυναμικού, θα προταθεί η βέλτιστη μέθοδος τεχνικών ενίσχυσης των υπογείων υδροφορέων, προκειμένου να επιτευχθεί η ανάκαμψή τους και η άμβλυση των ενδεχομένων ποιοτικών τους προβλημάτων, καθώς και τα έργα που απαιτούνται για την ενίσχυση αυτή.

## **2.2. Ερευνητικά ερωτήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης**

Τα ερευνητικά ερωτήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης συνοψίζονται κάτωθι:

- Ποια είναι η υπάρχουσα κατάσταση στον Νομό Βοιωτίας. Θα αναζητηθούν δεδομένα για την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδατικών πόρων του Νομού, και ο τρόπος που αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν για μελλοντικές στρατηγικές και λήψεις αποφάσεων.
- Θα αναζητηθούν οι περιοχές του Νομού στις οποίες έχει γίνει μέχρι σήμερα κακή διαχείριση των υδατικών τους πόρων, και θα αναφερθούν τα περιβαλλοντικά και οικολογικά προβλήματα και οι επιπτώσεις στις καλύψεις και στις χρήσεις γης.
- Θα αναζητηθούν οι βέλτιστοι τρόποι ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού του Νομού Βοιωτίας, και θα αναφερθούν οι επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσουν αυτοί στο περιβάλλον.

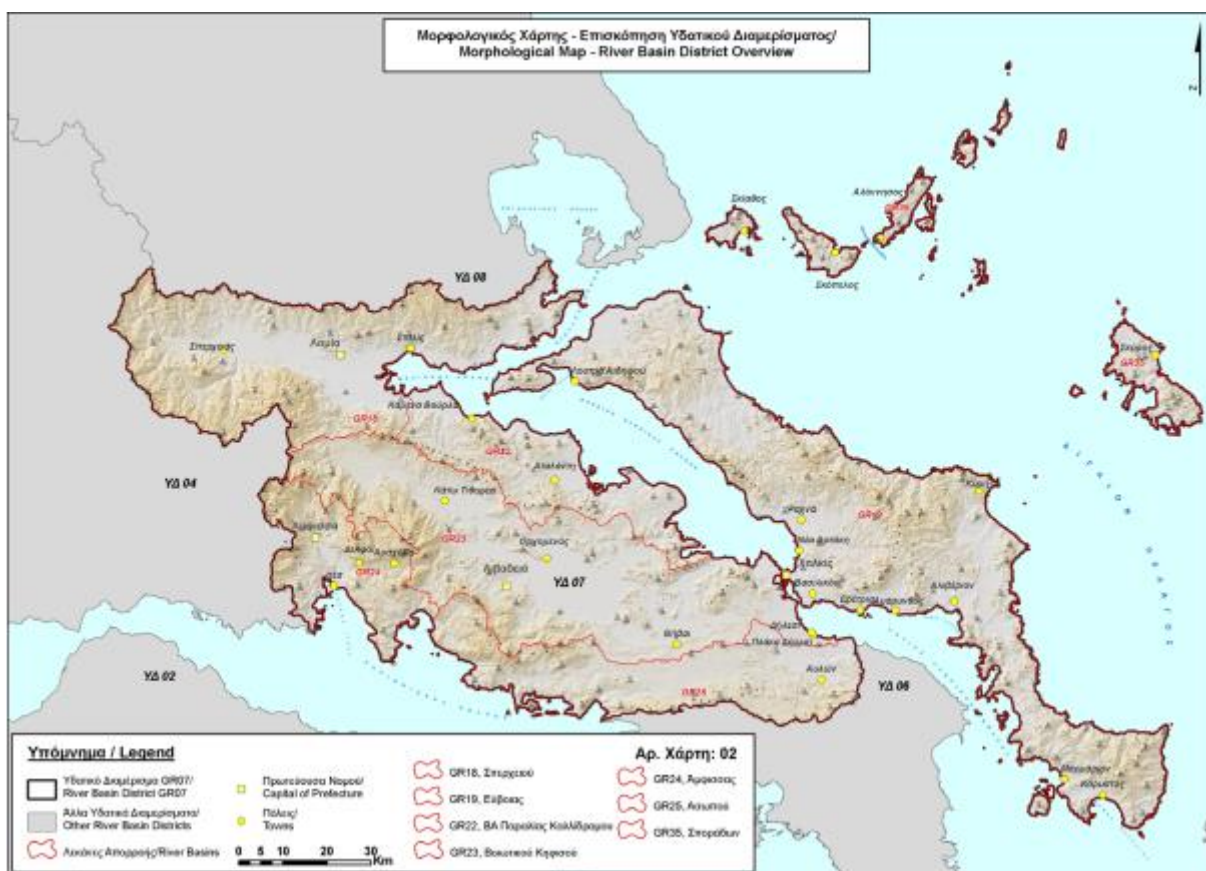
## 2.3 Στόχοι της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Οι στόχοι της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι:

- Η αναζήτηση και ανάλυση της ποιότητας και της ποσότητας του υδατικού δυναμικού του Νομού Βοιωτίας
- Η αναζήτηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον Νομό Βοιωτίας, λόγω της υποβάθμισης των υδατικών του πόρων
- Η αναζήτηση κι επιλογή του βέλτιστου τρόπου ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού του Νομού Βοιωτίας

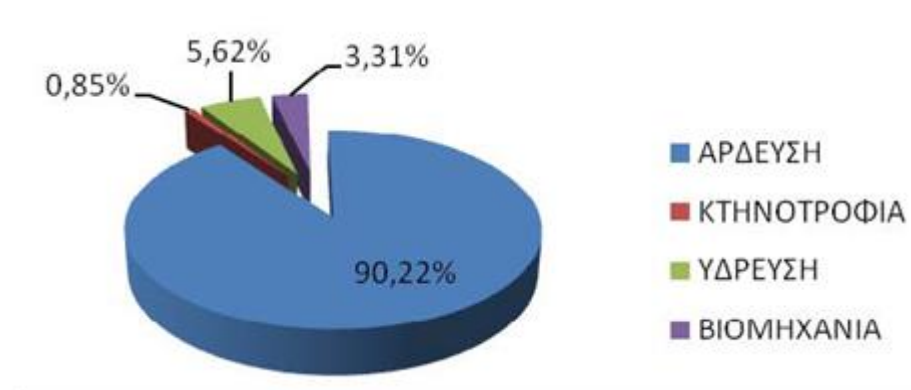
## 2.4 Γενικά στοιχεία για τον Νομό Βοιωτίας

Ο νομός Βοιωτίας εντάσσεται στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, το οποίο αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από δασώδεις εκτάσεις, ενώ σημαντικό είναι το ποσοστό της λεκάνης που καλύπτεται από καλλιέργειες και βοσκοτόπους. Οι λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη κάλυψη σε καλλιέργειες, είναι του Βοιωτικού Κηφισού και του Ασωπού (ΦΕΚ 1004/Β/24-04-2013).



Εικόνα 2.1: Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδος, ([http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=113&Itemid=19](http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=113&Itemid=19))

Το νερό χρησιμοποιείται για ύδρευση, άρδευση, κτηνοτροφία και βιομηχανία. Σημαντικότερη ζήτηση είναι εκείνη της άρδευσης. Οι ζητήσεις για την ύδρευση, την βιομηχανία και την κτηνοτροφία είναι σαφώς μικρότερες. Η άρδευση ανέρχεται στα 9/10 της συνολικής ζήτησης. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, η ετήσια ζήτηση για νερό ύδρευσης διαμορφώνεται στο 5,62%, για τη βιομηχανία στο 3,31%, και για την κτηνοτροφία σε 0,85% της συνολικής ζήτησης. Η καλλιέργεια σε βαμβάκι είναι ο βασικότερος καταναλωτής, ακολουθούν οι καλλιέργειες ελαιώνων, και κηπευτικών (ΦΕΚ 1004/Β/2013).



Εικόνα 2.2: Κατανομή ζήτησης νερού στο ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, ([http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=113&Itemid=19](http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=113&Itemid=19))

#### 2.4.1 Μορφολογικά στοιχεία

Μορφολογικά ο Νομός Βοιωτίας είναι στο μεγαλύτερο μέρος έντονα ορεινός, και σε μικρότερα τμήματα λοφώδης και πεδινός. Οι ορεινοί όγκοι της ευρύτερης περιοχής έχουν υψόμετρο που κυμαίνεται από 780 έως 1400μ., και είναι: η Πάρνηθα, η Πάστρα, ο Κιθαιρώνας, ο Ελικώνας, το Χλωμό Όρος, το Πτώον και ο Κτύπας. Νοτίως ο Νομός βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο. Στις λοφώδεις περιοχές το υψόμετρο κυμαίνεται από 250,0 έως 400,0μ. Οι πεδινές περιοχές είναι ο κάμπος της Κωπαΐδας, ο κάμπος κατά μήκος της κοίτης του Κηφισού, ο κάμπος Σχηματαρίου, Βάγιας και τέλος ο κάμπος κατά μήκος της κοίτης του Ασωπού (Barraqué, et al., 2008).



Εικόνα 2.3: Πολιτικός χάρτης του Νομού Βοιωτίας,  
( <http://psilopoulos.mysch.gr>)

#### 2.4.2 Γεωλογικά στοιχεία

Όλος ο Νομός Βοιωτίας αποτελείται από:

α) προαλπικούς σχηματισμούς (Παλαιοζωϊκό), οι οποίοι εμφανίζονται στους ορεινούς όγκους. Πρόκειται για σχιστόλιθους με λεπτές στρώσεις ασβεστολίθων.

β) αλπικούς σχηματισμούς (Μεσοζωϊκό), οι οποίοι εμφανίζονται και στους ορεινούς όγκους και στο βορειοανατολικό τμήμα του νομού, και χαρακτηρίζονται από ασβεστόλιθους και δολομίτες, οι οποίοι είναι σε μεγάλο βαθμό υδροπερατοί. Στα συγκεκριμένα πετρώματα η διάβρωση είναι καρστική, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σπηλαίων στο υπέδαφος. Καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του νομού. Παραδείγματα καρστικής διάβρωσης είναι η δημιουργία των λιμνών Υλίκη και Παραλίμνη, το βύθισμα της πεδιάδας της Κωπαΐδας και της Θίσβης-Δόμβραινας. Σε μικρότερα τμήματα κυρίως στα νότια και νοτιοδυτικά του νομού χαρακτηρίζονται από ψαμμίτες και φλύσχη, οι οποίοι είναι αδιαπέρατοι και προσφέρονται για τη δημιουργία φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών.

γ) μεταλπικούς σχηματισμούς (Νεογενές – Τεταρτογενές), οι οποίοι συνίστανται από νεογενείς αποθέσεις, όπως μάργες, ψαμμίτες, κλπ.. Είναι λιμναίοι σχηματισμοί, κυρίως υδροπερατοί μέχρι και αδιαπέρατοι. Εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή των λεκανών Ασωπού και Θηβών. Οι τεταρτογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από χειμαρρώδεις και

ποτάμιες αποθέσεις, και από πρόσφατες αποθέσεις της αποξηρανθείσας λίμνης Κωπαΐδας. (Koundouri, et al., 2013).

### **2.4.3 Υδρολογικό καθεστώς**

Στο Νομό Βοιωτίας διακρίνονται δύο υδατορέματα, το ποτάμι Κηφισός και το ποτάμι Ασωπός, ενώ μικρότερα ρέματα-χειμαρροι είναι το Καναβάρι, η Άσκη κλπ. Εκτός αυτών, υπάρχουν και οι λίμνες Υλίκη και Παραλίμνη, οι πηγές Ορχομενού, Έρκυνας, Μαυρονερίου, και πλήθος γεωτρήσεων. Υδρολογικές Λεκάνες είναι: α) Λεκάνη του Κηφισού ποταμού, στην οποία εντάσσονται και οι λίμνες Υλίκη και Παραλίμνη. Η λεκάνη αυτή αποτελείται από ασβεστόλιθους και δολομίτες, ιδιαίτερα υδροπερατά πετρώματα. β) Λεκάνη του Ασωπού ποταμού, η οποία εκβάλλει στην Ευβοϊκό κόλπο, και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μαργών, αργίλου, και ψαμμιτών. γ) Η λεκάνη των Θηβών που εκβάλλει στην Υλίκη, η οποία είναι κυρίως γεωργική περιοχή, με λιμναίες αποθέσεις (μάργες, άργιλο και ψαμμίτες. δ) Μικρότερες λεκάνες: Άσκη, Λιβαδόστρος, Καναβάρι, Καλαμίτης, Μπιθοσακούλι, και χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη μάργων, αργίλου, και ψαμμιτών, καθώς και από ψαμμόλιθους, ιλυώδεις άμμους και κροκαλοπαγή πετρώματα (Tziritis, 2011).

Η περιοχή του Κηφισού είναι η μεγαλύτερη σε μέγεθος αγροτική περιοχή του Νομού και εξυπηρετείται από τις λίμνες Υλίκη και Παραλίμνη, από τις πηγές Ορχομενού, Έρκυνας, Πολύγυρας, Μαυρονερίου, Δαύλειας, και από γεωτρήσεις. Η περιοχή του Ασωπού έχει αγροτικές εκτάσεις κατά μήκος του ποταμού, οι οποίες αντιμετωπίζουν προβλήματα έλλειψης επάρκειας νερού. Και η περιοχή αυτή εξυπηρετείται από γεωτρήσεις. Η δεύτερη μεγαλύτερη αγροτική περιοχή που εξυπηρετείται από γεωτρήσεις είναι η περιοχή του Θηβαϊκού πεδίου. Η περιοχή Οινοφύτων, Σχηματαρίου, Τανάγρας έχει μετατραπεί σε βιομηχανική περιοχή. Έχει αρκετές γεωτρήσεις, αλλά έχει ανάγκες για επιπλέον νερό. Οι υπόλοιπες περιοχές του Νομού εξυπηρετούνται από γεωτρήσεις και εκμεταλλεύονται σε ένα ποσοστό τα επιφανειακά ύδατα. Οι υφιστάμενες γεωτρήσεις είναι περίπου 5700. Η άρδευση έχει οδηγήσει σε υπερεκμετάλλευση του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα, που είναι πλέον σε οριακό σημείο. Όσον αφορά στην ύδρευση, όλοι οι οικισμοί έχουν δίκτυα ύδρευσης και σε γενικές γραμμές υδρεύονται από γεωτρήσεις, και κάποιες φορές από πηγές (ΦΕΚ 1004/Β/2013).

Στην Στερεά Ελλάδα τα πιο δυναμικά υπόγεια υδατικά συστήματα αναπτύσσονται στους ορεινούς όγκους και ιδιαίτερα σε αυτούς του δυτικού τμήματος του διαμερίσματος (Γκιώνα, Παρνασσός). Στις περιοχές αυτές αναπτύσσονται καρστικές υδροφορίες που τροφοδοτούνται από αυξημένες βροχοπτώσεις ως και 1200mm. Τα συστήματα αυτά δέχονται συγκριτικά μειωμένες πιέσεις από τις απολήψεις, λόγω ανάγλυφου και μεγάλου υψομέτρου, καθώς και λόγω περιορισμένων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και ζήτησης. Αντίθετα, τα υπόγεια υδατικά συστήματα που αναπτύσσονται στις πεδινές εκτάσεις είναι κατά το πλείστον συγκεντρωμένα στο ανατολικό τμήμα του διαμερίσματος, όπου οι βροχοπτώσεις είναι μειωμένες και η ανατροφοδότησή τους περιορισμένη. Τα συστήματα όμως αυτά δέχονται σημαντικές πιέσεις από τις απολήψεις νερού, αφού είναι κοντά στις μεγάλες καταναλώσεις και την αυξημένη ζήτηση λόγω της εντατικής γεωργίας, των αστικών περιοχών (Λαμία, Θήβα κ.α.), της δραστηριότητας του δευτερογενούς τομέα, αλλά και των απολήψεων που γίνονται για την ύδρευση της Αθήνας (Υλίκη) (Tziritis and Lombardo, 2016).

Τα συστήματα επιφανειακών υδάτων διακρίνονται σε ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά και παράκτια. Στο ΥΔ προσδιορίστηκαν υδατικά συστήματα για όλες τις κατηγορίες επιφανειακών υδάτων (ποτάμια υδατικά συστήματα, και φυσικές λίμνες (Υλίκη, Παραλίμνη, Δύστος). Για τα παράκτια ύδατα υπάρχουν οι ακόλουθοι πέντε τύποι: α) βραχώδη βαθιά υδατικά συστήματα, β) βραχώδη ρηχά, γ) ιζηματικά βαθιά, δ) ιζηματικά ρηχά και ε) υδατικά συστήματα σε πολύ προστατευμένους κόλπους. Επίσης, πολλά από τα υπόγεια υδατικά συστήματα διαγνώστηκαν με σημαντικά προβλήματα, ή με τάση επιδείνωσης της ποσοτικής και ποιοτικής τους κατάστασης, ή τέλος χαρακτηρίζονται από αυξημένη σπουδαιότητα για την τοπική οικονομία. (Dokou, et al., 2015).

Ως βασικές αιτίες για την μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας 2000/60/EK καταγράφονται η γεωργική δραστηριότητα που συνεισφέρει αρνητικά στην εκδήλωση φαινομένων ευτροφισμού και αποξυγόνωσης των αποδεκτών, και η έντονη βιομηχανική δραστηριότητα που αναπτύσσεται και έχει ως αποτέλεσμα την ρύπανση των αποδεκτών με ουσίες προτεραιότητας, με αποτέλεσμα την αρνητική επίδραση στην χημική κατάσταση των αποδεκτών και ειδικούς ρύπους που επιδρούν στην οικολογική κατάσταση των υδατικών συστημάτων. Στο ΥΔ παρατηρείται έλλειψη δεδομένων που να σχετίζονται με την παρακολούθηση ουσιών προτεραιότητας στα υδατικά συστήματα της περιοχής, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται τα

περισσότερα υδατικά συστήματα από άγνωστη χημική κατάσταση (ΦΕΚ 1004/Β/2013).

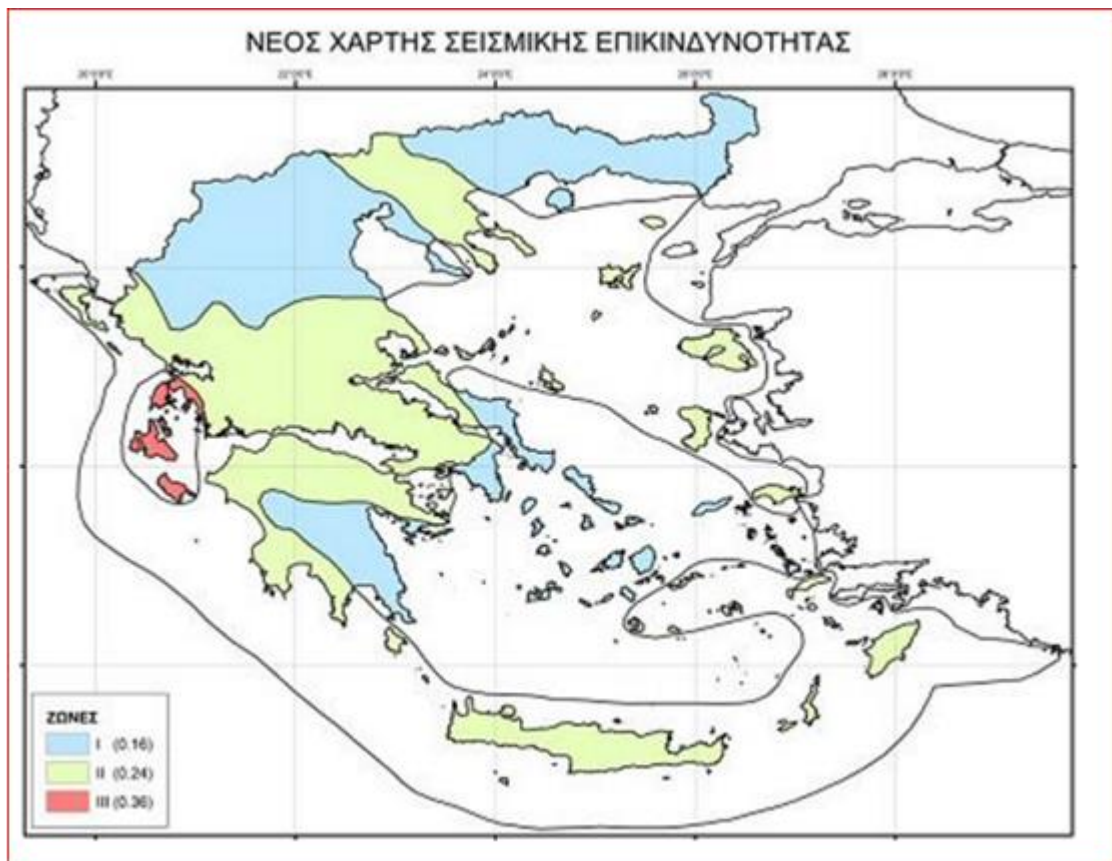
#### **2.4.4 Κλιματολογικά στοιχεία**

Το ιδιαίτερο ανάγλυφο, όπως και η συγκεκριμένη γεωγραφική θέση, είναι βασικοί παράγοντες που συμβάλλουν στη μεγάλη κλιματική ποικιλία, που περιλαμβάνει ορεινό κλίμα, θαλάσσιο, αλλά και μεσογειακό. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι περίπου 500 mm στη λεκάνη του Ασωπού, ενώ οι ημέρες βροχής σε όλο τον χρόνο είναι από 50 μέχρι 100. Οι βροχοπτώσεις στις λεκάνες απορροής του Βοιωτικού Κηφισού εκτιμώνται σε 765 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 11°C μέχρι 18°C, ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα (Daskalaki and Voudouris, 2008).

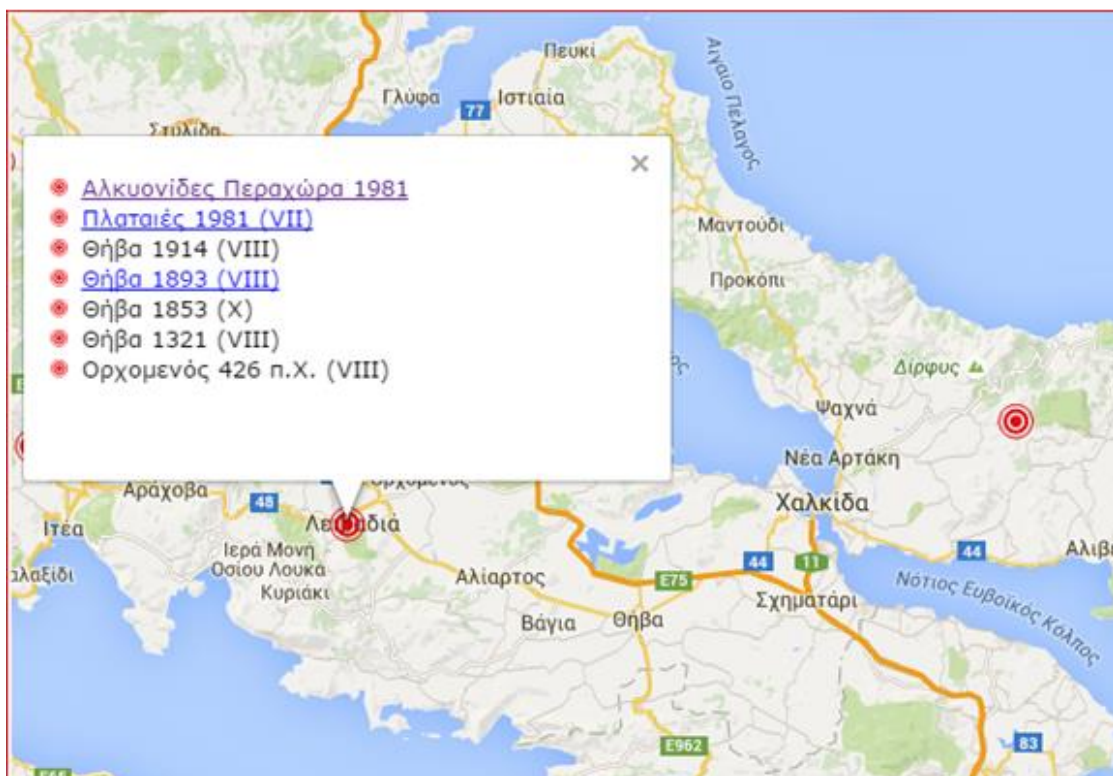
Η μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζεται κατά το μήνα Ιούλιο και ανέρχεται περίπου στους 28°C, και η ελάχιστη εμφανίζεται κατά τον μήνα Ιανουάριο και ανέρχεται περίπου στους 7°C. Στις ορεινές περιοχές οι θερμοκρασίες μειώνονται αισθητά. Λόγω του ποικιλόμορφου αναγλύφου παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στις βροχοπτώσεις. Γενικά, οι βροχοπτώσεις μειώνονται προς το εσωτερικό της λεκάνης της Κωπαΐδας και του Ασωπού ποταμού. Το μέσο ετήσιο υψόμετρο βροχής είναι περίπου 370mm στην περιοχή Μουρικού (υψόμετρο 85μ.). Στη θάλασσα το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι περίπου 500mm. Η περίοδος χαμηλότερων βροχοπτώσεων είναι από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο. Εκείνη με τις μέσες βροχοπτώσεις είναι Φεβρουάριος – Μάρτιος και Οκτώβριος – Νοέμβριος. Η περίοδος με τις υψηλές βροχοπτώσεις είναι μεταξύ Δεκεμβρίου και Φεβρουαρίου (ΥΠΕΚΑ, 2010).

#### **2.4.5 Σεισμικότητα περιοχής μελέτης**

Σύμφωνα με το νέο Αντισεισμικό Κανονισμό του ΥΠΕΧΩΔΕ, όπως εμφανίζεται και στην Εικόνα 2.4, οι πόλεις του νομού Βοιωτίας Θήβα και Λειβαδιά, καθώς και οι μεγάλες γειτονικές πόλεις των όμορων νομών Χαλκίδα, Αταλάντη, Άμφισσα, ανήκουν στην Κατηγορία Σεισμικής Επικινδυνότητας III, με σεισμική επιτάχυνση εδάφους:  $A=0,24g$  (<http://www.oasp.gr>).



Εικόνα 2.4: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Ελλάδος,  
(<http://www.oasp.gr>)



Εικόνα 2.5: Σχηματική αναπαράσταση σεισμών στον Νομό Βοιωτίας,  
(<http://www.oasp.gr>)

Στην ανωτέρω εικόνα 2.5 εμφανίζονται σχηματικά οι πιο σημαντικοί σεισμοί στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, και στον πίνακα 2.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται όπως αυτοί έχουν καταγραφεί από τον Οργανισμό Αντισεισμικού Κανονισμού.

Πίνακας 2.1: Σημαντικότεροι σεισμοί στην ευρύτερη περιοχή μελέτης,  
(<http://www.oasp.gr>)

Ημερομηνία	Περιοχή	Μέγεθος (Ρίχτερ)	Ένταση (Μερκάλι)	Παρατηρήσεις
18/8/1853	Θήβα	6,8	X	Καταστρεπτικός
23/5/1893	Θήβα	6,2	VIII	Καταστρεπτικός
27/04/1894	Αγ.Κωνσταντίνος-Αταλάντη και Μαρτίνο-Μαλεσίνα	6,8 και 7	X	Δύο σεισμοί ιδιαίτερα καταστροφικοί – δημιουργήθηκε ρωγμή μήκους 55χλμ και υποχώρηση 0,3-1,5μ. και ρευστοποιήσεις εδαφών
17/10/1914	Θήβα	6	VIII	Καταστρεπτικός
20/7/1938	Ωροπός	6	VIII	Καταστρεπτικός και ρευστοποιήσεις εδαφών
24/2/1981	Αλκονίδες-Περαχώρα-Καπαρέλλι-Πλαταιές	6,7	IX	Καταστρεπτικός, ρωγμή μήκους 15χλμ με υποχώρηση 0,6μ και ρευστοποιήσεις εδαφών, σημαντικές ζημιές σε Αθήνα
9/9/2010	Λεύκτρα	4,3		Δεν αναφέρθηκαν ζημιές
20/9/2013	Βίλια-Καπαρέλλι	4,3		Δεν αναφέρθηκαν ζημιές

Τα παραπάνω στοιχεία είναι σημαντικά και θα πρέπει να αξιολογηθούν για την επιλογή της κατάλληλης κατασκευής σε θέσεις που θα ελεγχθούν, σε συνδυασμό πάντα με την γεωλογία της περιοχής, αλλά και των διαθέσιμων υλικών στη γύρω περιοχή, που απαιτούνται για την κατασκευή.

#### 2.4.6 Τεκτονικά στοιχεία

Ρήγματα: Τα γνωστότερα ρήματα κοντά στον Νομό Βοιωτίας είναι εκείνα της Αταλάντης και του Ωρωπού, τα οποία εμφανίζονται παράλληλα με τον Ευβοϊκό κόλπο. Επίσης, γνωστά είναι και τα ρήγματα των Αλκυονίδων, Ερυθρών, Αντικύρων και Δελφών, που εμφανίζονται παράλληλα με τον Κορινθιακό κόλπο (Mariolakos, 1990).

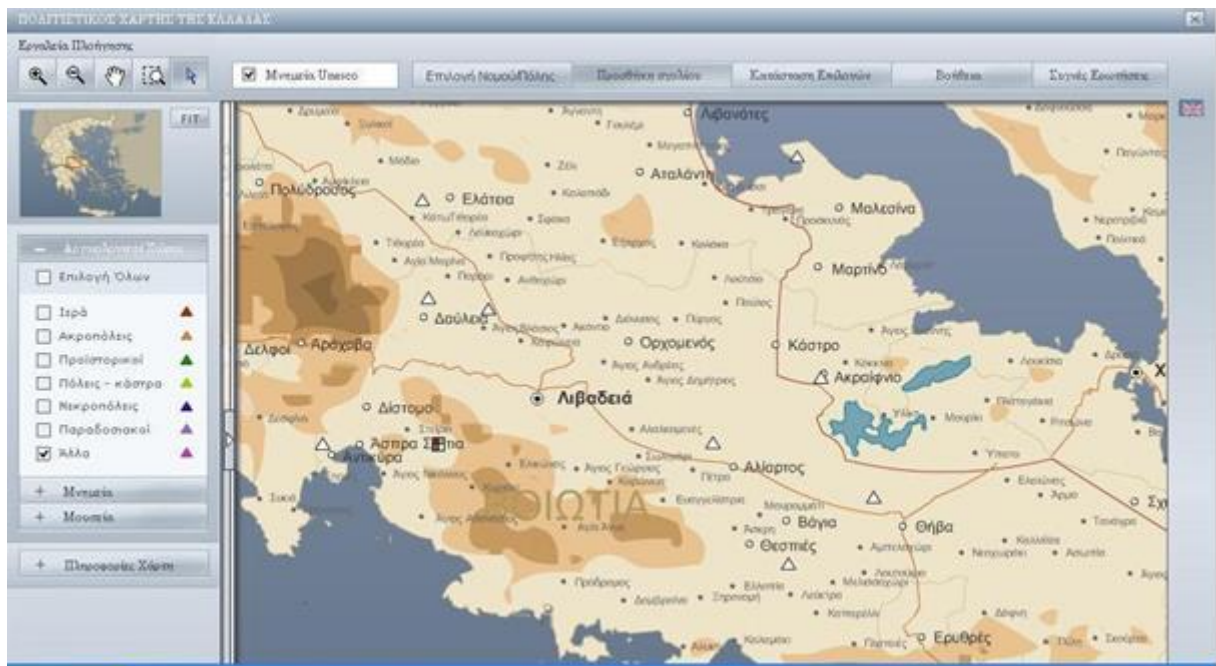
#### 2.4.7 Προστατευόμενες περιοχές

Οι Προστατευόμενες περιοχές του Νομού Βοιωτίας είναι οι εξής:

- **Δίκτυο NATURA 2000:** Στο Δίκτυο αυτό έχει ενταχθεί η περιοχή με κωδικό GR 2410001 και χαρακτηρισμό ως “Βιότοπος”, που περιλαμβάνει το σύστημα του Βοιωτικού Κηφισσού, και τις λίμνες Υλίκη και Παραλίμνη (<http://www.geodata.gov.gr>).
- **Δάση:** Σύμφωνα με τα στοιχεία του ιστότοπου ανοικτών προσβάσιμων δεδομένων [www.geodata.gov.gr](http://www.geodata.gov.gr), στον Νομό Βοιωτίας δεν υφίστανται Αισθητικά Δάση, Εθνικοί Δρυμοί. Δεν προκύπτουν περαιτέρω στοιχεία για την ύπαρξη δασών, καθώς μέχρι στιγμής δεν έχει κυρωθεί ο Δασικός Χάρτης για τον Νομό (<http://www.ypeka.gr>).
- **Αρχαιολογικοί χώροι:** Σύμφωνα με τον Πολιτιστικό Χάρτη του Υπουργείου Πολιτισμού (<http://odysseus.culture.gr>), ως αρχαιολογικοί χώροι έχουν χαρακτηριστεί: Το Αρχαίο Φρούριο Αιγιοσθένων (Δήμος Βιλλίων), η Αντίκυρα (Δήμος Διστόμου-Αράχωβας), το Ακράϊφναιο – Πτώων (Δήμος Ορχομενού).



Εικόνα 2.6: Περιοχές Natura 2000 στον Νομό Βοιωτίας,  
(<http://www.geodata.gov.gr>)



Εικόνα 2.7: Αρχαιολογικοί χώροι στον Νομό Βοιωτίας,  
(<http://odysseus.culture.gr>)

## 2.5 Πηγές ρύπανσης στον Νομό Βοιωτίας

Στον Νομό Βοιωτίας εντοπίζονται αρκετές πηγές ρύπανσης. Η γεωργική δραστηριότητα, τα αστικά απόβλητα, η βιομηχανική δραστηριότητα και οι κτηνοτροφικές μονάδες, αποτελούν μερικές από αυτές, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω.

### 2.5.1 Γεωργία

Εντοπίζονται υψηλές φορτίσεις. Η γεωργική δραστηριότητα που αναπτύσσεται σε μία περιοχή συνδράμει στη ρύπανση με άζωτο, φώσφορο και φυτοφάρμακα, που προέρχονται από την χρήση προϊόντων φυτοπροστασίας και λίπανσης. Η ποσοτικοποίηση των σημαντικών πιέσεων ελέγχεται βάσει της κατανομής των χρήσεων γης στην λεκάνη απορροής και στις επιμέρους υπολεκάνες, βάσει των φορτίων αζώτου και φωσφόρου, που απορρέουν προς τα επιφανειακά και τα υπόγεια υδατικά συστήματα, και γίνεται με εφαρμογή κατάλληλων συντελεστών εξαγωγής, με τελικό στόχο την εκτίμηση των φορτίων θρεπτικών που καταλήγουν σε αποδέκτες. Στην Λεκάνη Απορροής του Βοιωτικού Κηφισσού και συγκεκριμένα στην περιοχή νοτιοδυτικά της λίμνης Υλίκης, εντοπίζεται η μέγιστη φόρτιση. Υψηλές φορτίσεις

εντοπίζονται επίσης και στις περιοχές με μικρότερη καλλιεργήσιμη έκταση σε όλο τον νομό Βοιωτίας (Koundouri, et al., 2013).

Αξιολογώντας τις εκτιμήσεις που προέρχονται από τις ποικίλες πηγές ρύπανσης, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι επιφανειακές απορροές λόγω των καλλιεργούμενων εκτάσεων και λόγω της κτηνοτροφίας συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση των ρυπαντικών φορτίων. Το οργανικό φορτίο που προέρχεται από την κτηνοτροφία συνεισφέρει πάνω από το 78% στο συνολικό, ενώ μεγαλύτερη είναι η επίδραση του φορτίου του αζώτου και του φωσφόρου, λόγω της σημαντικής γεωργικής δραστηριότητας. Οι πιέσεις που προέρχονται από δραστηριότητες που σχετίζονται με τις διάχυτες πηγές ρύπανσης, συσχετίζονται και με τα ρυπαντικά φορτία σε όρους συγκέντρωσης, τα οποία ισοδυναμούν με τη συγκέντρωση που μεταφέρεται στα υδατικά συστήματα από την επιφανειακή απορροή της τοπικής αντίστοιχης υπολεκάνης (Stasinou and Zabetakis, 2013).

Η έντονη βιομηχανική δραστηριότητα κατά μήκος του ποταμού Βοιωτικού Κηφισού, η διάσπαρτη κτηνοτροφική δραστηριότητα στις υπολεκάνες που συμβάλουν στη λίμνη Υλίκη, καθώς και η μεταλλευτική δραστηριότητα στις ανάντη υπολεκάνες αποτελούν τις κυρίαρχες αιτίες της δυνητικής υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδατικών συστημάτων στη Λεκάνη Απορροής του Βοιωτικού Κηφισού. Η έντονη βιομηχανική δραστηριότητα στις κατάντη κυρίως υπολεκάνες του Ασωπού ποταμού, καθώς και η παρουσία κτηνοτροφικών μονάδων και ΧΑΔΑ στις ανάντη υπολεκάνες αποτελούν κυρίαρχες αιτίες δυνητικής υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδατικών συστημάτων στη Λεκάνη Απορροής του Ασωπού ποταμού (Stasinou and Zabetakis, 2013).

### **2.5.2 Νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης**

Στον Νομό Βοιωτίας εμπίπτει η θεσμοθετημένη περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Ασωπού Βοιωτίας, καθώς και η θεσμοθετημένη περιοχή του Κωπαϊδικού πεδίου, οι οποίες ανήκουν στον κατάλογο των περιοχών της Ελλάδας που έχουν προσβληθεί από την νιτρορύπανση. Οι περιοχές αυτές έχουν προταθεί για ένταξη στον κατάλογο των ευπρόσβλητων περιοχών, στη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης. Επίσης έχουν αναγνωρισθεί τα εσωτερικά νερά Βοιωτικός Κηφισός, ποταμός Έρκυνας,

ποταμός Μέλας και Καλαμίτης ως ευαίσθητα συστήματα σε φαινόμενα ευτροφισμού (Matiatos, 2016).

### **2.5.3 Αστικά λύματα**

Στην περιοχή υπάρχουν δύο οικισμοί Α προτεραιότητας, αυτοί της Θήβας (με αποδέκτη τον Βοιωτικό Κηφισό) και της Λιβαδειάς (με αποδέκτη τον ποταμό Έρκυνα) οι οποίοι εξυπηρετούνται 100% από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Τα Οινόφυτα, ως οικισμός Β προτεραιότητας, εξυπηρετούνται από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Αρκετοί οικισμοί Γ προτεραιότητας εξυπηρετούνται κατά το ήμισυ από ΕΕΛ. Η ΕΕΛ του Ορχομενού βρίσκεται σε αδράνεια. Ο οικισμός των Βαγίων, ο οποίος είναι Γ Προτεραιότητας προβλέπεται να εξυπηρετηθεί από την ΕΕΛ Θήβας. Τέλος, σε αρκετούς οικισμούς δεν υφίσταται κανένα δίκτυο αποχέτευσης. Όσον αφορά στις απορρίψεις των ΕΕΛ, θα πρέπει να επισημανθεί αρχικά ότι στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας οι ποταμοί που έχουν χαρακτηριστεί ως ευαίσθητοι αποδέκτες είναι ο Βοιωτικός Κηφισός, ο Μέλανας, ο Έρκυνας και ο Καλαμίτης. Επίσης, απαγορεύεται η διάθεση όλων των ειδών αποβλήτων (αστικά και βιομηχανικά), ανεξάρτητα από το βαθμό καθαρισμού, απ' ευθείας στις λίμνες Παραλίμνη και Υλίκη και στον Μόρνο (ΦΕΚ 1004/Β/2013).

### **2.5.4 Βιομηχανία**

Στην περιοχή του Ασωπού ποταμού έχουν εντοπιστεί 378 μονάδες, που περιλαμβάνουν τμήμα της ΛΑΠ Ασωπού και μικρό τμήμα της ΛΑΠ Βοιωτικού Κηφισού. Η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την εκπομπή σημαντικών ρύπων, δημιουργείται λόγω των βιομηχανιών, ιδιαίτερα όσων έχουν σχέση με παραγωγή τροφίμων και ποτών (συμπεριλαμβανομένων των ελαιοτριβείων). Σημαντικός αριθμός εντοπίζεται στον κλάδο παραγωγής χημικών ουσιών και προϊόντων. Στον κλάδο της παραγωγής βασικών μετάλλων υφίστανται 44 μονάδες, και στον κλάδο παραγωγής άλλων μη μεταλλικών ορυκτών προϊόντων 9 μονάδες. Επιπλέον, έχουν εντοπιστεί 5 μονάδες, οι οποίες ανήκουν στον κλάδο παραγωγής προϊόντων διύλισης πετρελαίου, καθώς και 169 μονάδες ελαιοτριβείων. Στην περιοχή λειτουργεί και η Βιομηχανική Περιοχή (ΒΙΠΕ) Θίσβης (Panagopoulos, et al., 2015).

Από τις καταγεγραμμένες βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες που ανήκουν στο νέο Δήμο Τανάγρας, οι περισσότερες παράγουν υγρά βιομηχανικά απόβλητα, και έχουν ως

αποδέκτη τον Ασωπό, κάποιες διαθέτουν τα υγρά απόβλητά τους σε αδειοδοτημένο φορέα, ενώ μερικές οδηγούν τα απόβλητά τους στον βιολογικό του τέως Δήμου Σχηματαρίου. Πολλές διαθέτουν τα απόβλητά τους επιφανειακά, και άλλες χρησιμοποιούν την ανακύκλωση και κάνουν προσωρινή συλλογή. Μόλις εξήντα τέσσερις δηλώνουν τις ποσότητες παραγόμενης λάσπης. Από την ανάλυση των διαθέσιμων στοιχείων προκύπτει ότι η υφιστάμενη κατάσταση για τα λύματα που απορρίπτονται από τις βιομηχανικές μονάδες δεν βρίσκεται σε συμφωνία με τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 20488/2010, ενώ παρατηρούνται και αστοχίες και σε κάθε κλάδο ξεχωριστά, αλλά και στο σύνολο των παραγόμενων αποβλήτων, σε συμβατικούς και μη συμβατικούς ρύπους (Tentes and Damigos, 2015).

Εκτός από τη περιοχή Ασωπού, η οποία έχει εξεταστεί ιδιαίτερα ως προς την βιομηχανική δραστηριότητα που αναπτύσσεται σ' αυτή, στον υπόλοιπο Νομό καταγράφονται ως σημαντικές πενήντα τέσσερις μονάδες, με βάση το είδος της δραστηριότητας (και άρα των αναμενόμενων ρύπων), τη σύνδεση με κάποια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, καθώς και στοιχεία παραγόμενων αποβλήτων, όπου αυτά είναι διαθέσιμα. Η πλειοψηφία εντάσσεται στον κλάδο παραγωγής χημικών ουσιών και προϊόντων (Angelidis and Aloupi, 2000).

### **2.5.5 Κτηνοτροφικές μονάδες**

Σε όλο τον Νομό υπάρχει αξιόλογος αριθμός πτηνοτροφικών, χοιροτροφικών και βοοτροφικών μονάδων. Ο κύριος όγκος τους συγκεντρώνεται δίπλα στους μεγάλους οδικούς άξονες και σε αποστάσεις περίπου 80 km από την Αθήνα. Η σταβλισμένη κτηνοτροφία παρουσιάζει διακυμάνσεις, που συνδέονται με την απασχόληση, αλλά και με την ανάπτυξη του τόπου. Η πτηνοτροφία στη Βοιωτία είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη, και παράγει στερεά απόβλητα, τα οποία με ελάχιστη επεξεργασία, διατίθενται εύκολα ως λίπασμα στις γειτονικές καλλιέργειες, που ως λίπασμα θεωρείται καλής ποιότητας, ιδιαίτερα σε ότι αφορά την αύξηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος.

Η βοοτροφία ασκείται με σχετικά ομαλή κατανομή στη Βοιωτία. Δεν υπάρχει το βέλτιστο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, αλλά αποτελεσματικό και λιγότερο αποτελεσματικό σύστημα ανάλογα με το μέγεθος, τη μέθοδο διατροφής και σταβλισμού, το είδος και την ποσότητα χρησιμοποιούμενης στρωμνής, την ύπαρξη καλλιεργειών στις οποίες θα διατεθούν τα επεξεργασμένα απόβλητα ως λίπασμα κλπ.

Η χοιροτροφία στη Βοιωτία είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη. Συχνά τα απόβλητα διατίθενται στις καλλιέργειες με τη μορφή λιπάσματος, κι αφού προηγηθεί κάποια επεξεργασία. Μη σταβλισμένη κτηνοτροφία παρατηρείται στην λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Κηφισού, που συνολικά συνεισφέρει άνω του 1/4 του οργανικού φορτίου. Η εκτιμώμενη εφαρμοζόμενη ετήσια ποσότητα αζώτου σε περιοχές όπου συναντώνται ζώα ανά στρέμμα βοσκοτόπων, είναι χαμηλή (ΟΓΕΕΚΑ-ΔΗΜΗΤΡΑ, 2016).

### **2.5.6 ΧΑΔΑ-ΧΥΤΑ**

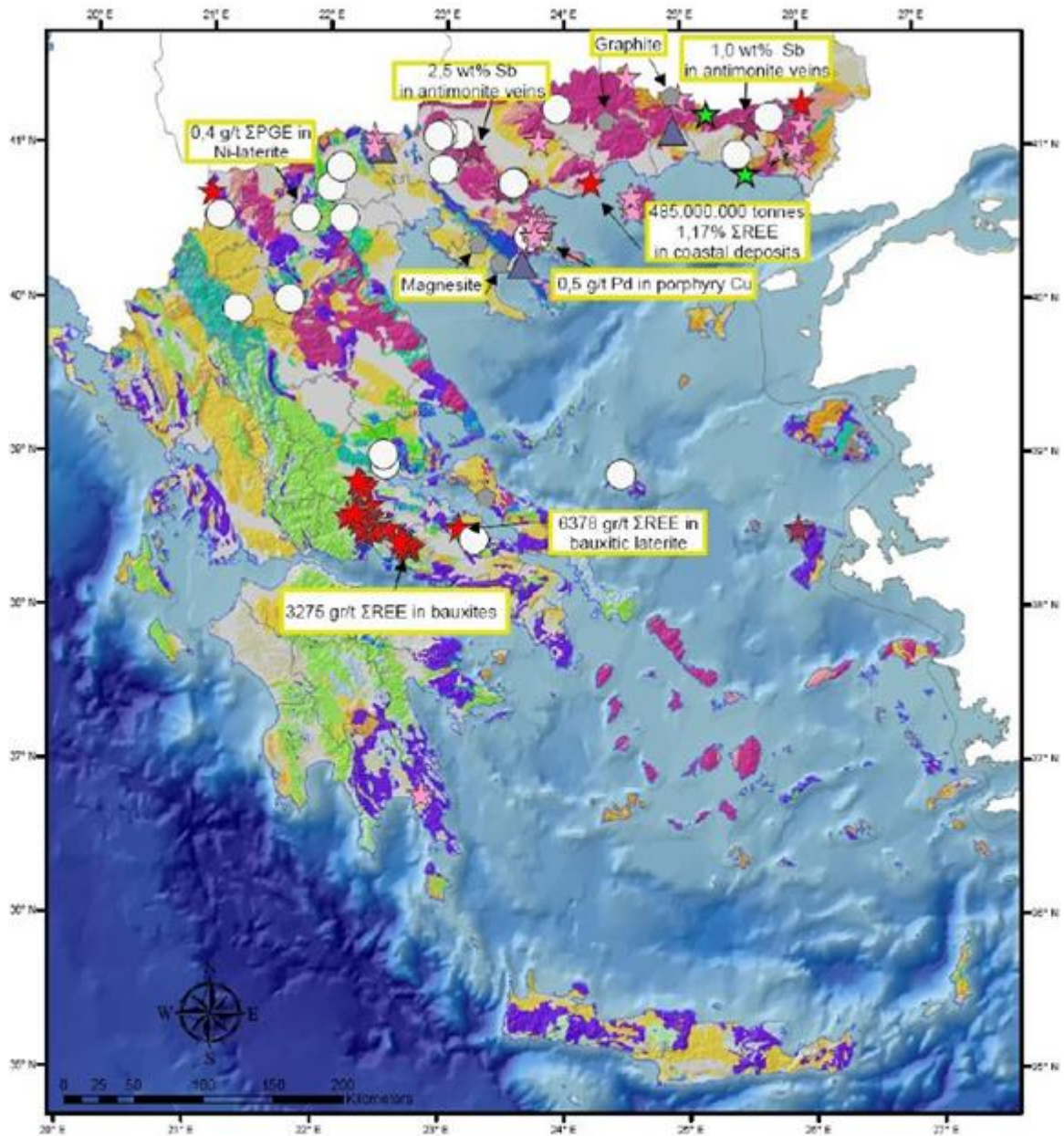
Σε όλο τον Νομό λειτουργούν ΧΥΤΑ στην Θήβα και στη Λιβαδειά. Η πίεση που προκύπτει για τα υδατικά συστήματα από τη λειτουργία των ΧΥΤΑ δεν θεωρείται σημαντική, εφόσον εφαρμόζονται και υλοποιούνται τα έργα που προβλέπονται στους Περιβαλλοντικούς Όρους. Υπάρχουν ανενεργοί ΧΑΔΑ προς αποκατάσταση (πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2016).

### **2.5.7 Υδατοκαλλιέργειες**

Από τον πίνακα περιοχών ανάπτυξης υδατοκαλλιεργειών του ΥΠΕΚΑ προκύπτει ότι στον Νομό Βοιωτίας λειτουργούν μονάδες οστρεοκαλλιέργειας που συμβάλλουν στην αποφόρτιση των υδάτων, παρά στην επιβάρυνσή τους, δεδομένου ότι οι καλλιεργούμενοι οργανισμοί, στην προκειμένη περίπτωση, φιλτράρουν το νερό κατακρατώντας ποσότητες πλαγκτόν και άλλης οργανικής ύλης, συντελώντας μερικώς στην οργανική του αποφόρτιση, ως αποτέλεσμα δεν θεωρείται ότι επιβαρύνουν το θαλάσσιο περιβάλλον. Επίσης ανοικτά της θάλασσας υφίστανται και ιχθυοκαλλιέργειες (<http://www.ypeka.gr>).

### **2.5.8 Μεταλλεία - Λατομεία**

Εντοπίζονται εκμεταλλεύσεις, εκ των οποίων οι σημαντικότερες αφορούν στην εξόρυξη βωξίτη και λίγες αφορούν σε οργανωμένους λατομικούς χώρους. Οι απορροές και κατεισδύσεις αναμένονται σχετικά επιβαρυνμένες σε αιωρούμενα στερεά, όταν προέρχονται από λατομεία, και επιπρόσθετα σε βαρέα μέταλλα, όταν προέρχονται από μεταλλεία (ΙΓΜΕ, 2010).



***Critical raw materials in Greece***

- ★ Gallium, Germanium & Indium in mixed sulphides
  - PGE (Platinum Group Elements) in porphyry copper systems and Ni-Laterites
  - ★ REE (Rare Earth Elements) in bauxites and bauxitic laterites
  - Specialty and other industrial rocks and minerals (Graphite, Magnesite)
- ★ Rhenium in porphyry molybdenum systems
  - ★ Sb in antimonite veins
  - ▲ Tungsten in skarns & veins

Εικόνα 2.8: Μεταλλεία στον Νομό Βοιωτίας, (ΙΓΜΕ, 2010)

## 2.6 Περιγραφή των υδρολογικών Λεκανών του Νομού Βοιωτίας

Οι κυριότερες λεκάνες του νομού είναι του Βοιωτικού Κηφισσού, η λεκάνη των Θηβών και η λεκάνη του Ασωπού, οι οποίες θα περιγραφούν λεπτομερώς παρακάτω.

### 2.6.1 Λεκάνη Βοιωτικού Κηφισσού

Η λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισσού αποστραγγίζεται από τον ομώνυμο ποταμό, τα νερά του οποίου καταλήγουν πρώτα στην λίμνη Υλίκη και εν συνεχεία στην Παραλίμνη, μέσω αποστραγγιστικής διώρυγας και σήραγγας. Οι κυριότερες πηγές του Βοιωτικού Κηφισσού βρίσκονται στους βόρειους πρόποδες του όρους Παρνασσού, ανάμεσα στους οικισμούς Πολύδροσος και Λιλαία. Ο Βοιωτικός Κηφισσός ποταμός τροφοδοτείται με σημαντικές ποσότητες υδάτων, λόγω της ύπαρξης των καρστικών πηγών Χαρίτων Ορχομενού. Στην λεκάνη του ποταμού περιλαμβάνονται και οι επί μέρους λεκάνες των λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης, οι οποίες μαζί με τον Κηφισσό σχηματίζουν ένα ενιαίο υδρολογικό - υδρογεωλογικό σύστημα. Στην περιοχή της Κωπαΐδας το ποτάμι διακλαδίζεται σε πολλά κανάλια, προκειμένου να αρδευτεί ο κάμπος της περιοχής. Το βασικότερο τμήμα του διασχίζει την Κωπαΐδα στο δυτικό της τμήμα, και τελικά καταλήγει στην λίμνη Υλίκη. Μέχρι τον 19ο αιώνα - οπότε και έγιναν τα αποστραγγιστικά έργα της λίμνης Κωπαΐδας - το ποτάμι χυνόταν στην λίμνη αυτή. Μετά την αποξήρανση της λίμνης, οι εκβολές του βρίσκονται πλέον στην λίμνη Υλίκη (<http://www.wikipedia.org>).

Η Υλίκη είναι μία φυσική λίμνη του νομού Βοιωτίας, μεταξύ των όρων Πτώου και Μεσσαπίου, της οποίας τα νερά, αρχικά χύνονταν στη γειτονική λίμνη Παραλίμνη. Το έτος 1959 ξεκίνησε η λειτουργία για παροχή νερού στην τεχνητή λίμνη του Μαραθώνα από τη λίμνη Υλίκη. Η παροχέτευση των νερών της Υλίκης στην λίμνη του Μαραθώνα γίνεται μέσω αύλακας και σήραγγας, ενώ στην συνέχεια μέσω άντλησης. Η ανώτατη στάθμη της λίμνης Υλίκη βρίσκεται στο υψόμετρο των 77.8μ., και ρυθμίζεται από τη διώρυγα του Μουρικίου, ενώ η κατώτατη στάθμη βρίσκεται στο υψόμετρο των 46μ., λαμβάνοντας ως υψόμετρο πυθμένα τα 40μ. Η Παραλίμνη είναι μία λίμνη στα σύνορα των νομών Βοιωτίας και Ευβοίας, μεταξύ των διοικητικών ορίων των δήμων Θηβαίων και Χαλκιδέων. Βρίσκεται ανάμεσα στα όρη Πτώο (βορείως) και Μεσσάιο (νοτίως). Το

νερό με το οποίο τροφοδοτείται, προέρχεται από την λίμνη Υλίκη, αλλά και από τα νερά των πηγών Άνω Ούγγρας, Κάτω Ούγγρας και Καμηλόβρυσης.

Το σύστημα του Βοιωτικού Κηφισσού, το οποίο είναι ενταγμένο στο δίκτυο Natura 2000, αποτελείται από την λίμνη Παραλίμνη, την λίμνη Υλίκη και τον Βοιωτικό Κηφισσό. Σήμερα, από τα νερά της Παραλίμνης υδροδοτούνται οι περιοχές της Χαλκίδας. Στην περιοχή της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισσού υπάρχουν πολύ μεγάλα υπόγεια υδατικά αποθέματα, τα οποία μπορούν να υπερκαλύψουν τις αρδευτικές ανάγκες της πεδιάδας της Κωπαΐδας, καθώς και της πεδιάδας των Θηβών. Επίσης σημαντικές ποσότητες υπόγειων νερών, κυρίως καρστικών, υπάρχουν και στις παρακάτω παρακείμενες στη λεκάνη του Κηφισσού περιοχές (Charalampous, et al., 2015).

### **2.6.2 Λεκάνη Ασωπού ποταμού και Λεκάνη Θηβών**

Στη νότια και νοτιοανατολική περιοχή του νομού Βοιωτίας αναπτύσσονται μεν δύο υδρολογικές λεκάνες, αλλά υδρογεωλογικά μπορούν να θεωρηθούν ως ενιαία λεκάνη. Οι υδρολογικές λεκάνες είναι: α) των «Θηβών», η οποία αποστραγγίζεται από τα ρέματα «Καναβάρι και «Καλαμίτης», που στο τελευταίο χιλιόμετρο εκβάλλουν ως ενιαίο ρέμα στη λίμνη «Υλίκη» και β) του «Ασωπού», η οποία αποστραγγίζεται από τον ομώνυμο ποταμό που εκβάλλει στον Ωρωπό Αττικής, στον Ευβοϊκό κόλπο. Οι υδροφόροι ορίζοντες που αναπτύσσονται στην περιοχή των λεκανών υπόκεινται σε έντονη εκμετάλλευση μέσω μεγάλου αριθμού υδρογεωτρήσεων και βαθιών πηγαδιών (350-500), και δεν υπάρχουν περιθώρια περαιτέρω εκμετάλλευσης. Γι' αυτό το λόγο στην περιοχή αυτή είναι ιδιαίτερα απαραίτητη η διερεύνηση της δυνατότητας κατασκευής μικρών φραγμάτων ή λιμνοδεξαμενών.

Ο ποταμός Ασωπός καλύπτει συνολική μία έκταση 450 km<sup>2</sup> περίπου, και διασχίζει τη Βοιωτία, αλλά και την Ανατολική Αττική. Τα νερά που δέχεται προέρχονται από τις πηγές που βρίσκονται στο Ελικώνα, αλλά και από ρέματα από τα βουνά της Πάρνηθας και των Δερβενοχωριών. Ο Ασωπός έχει συνολικό μήκος 57 χλμ. και η ροή του διέρχεται μέσω Ασωπίας, στην πεδιάδα της Θήβας, στα Οινόφυτα, στο Σχηματάρι και στη Συκάμινο Ωρωπού, εκβάλλοντας στον Ευβοϊκό κόλπο. Η ετήσια απορροή ποταμού είναι 70 hm<sup>3</sup>. Ένας πληθυσμός 70.000 κατοίκων, περίπου, διαμένει στην ευρύτερη περιοχή του ποταμού, η οποία αποτελεί τη μεγαλύτερη βιομηχανική περιοχή στην Ελλάδα, και

βρίσκεται σε απόσταση 60 χλμ. βόρεια της Αθήνας. Διοικητικά στη συγκεκριμένη περιοχή υπάρχουν έντεκα πόλεις, οι οποίες ανήκουν σε νομούς Βοιωτίας και Αττικής. Κατά μήκος του ποταμού Ασωπού οι ανθρώπινες δραστηριότητες - κυρίως η γεωργία και η βιομηχανική - λαμβάνουν χώρα σε μεγάλο βαθμό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα βιομηχανικά και τα γεωργικά λύματα να ρυπαίνουν το ποτάμι, τα υδροφόρα στρώματα και τα εδάφη της περιοχής, καθιστώντας την ένα αρνητικό περιβαλλοντικό παράδειγμα επιπτώσεων για τους πολίτες και το περιβάλλον, οι οποίες προκύπτουν από τη μη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων (Koundouri, et al., 2013).

Όσον αφορά στο γεωτεκτονικό περίγραμμα της κοιλάδας του Ασωπού, η νεογενής λεκάνη του Ασωπού αποτελείται κυρίως από τριτογενή και τεταρτογενή ιζήματα. Οι ανώτατοι ορίζοντες, κυριάρχησαν στην περιοχή, και είναι ηπειρωτικά ιζήματα που αποτελούνται από κροκαλοπαγή με μικρές παρεμβολές από μάργες, μαργαίικους ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, ψαμμίτες, άργιλο και φλύσχη. Στα χαμηλότερα τμήματα υπάρχουν εναλλαγές με κίτρινες μάργες, ασβεστόλιθους, και μικρό μαύρο λιγνίτη. (Economou-Eliopoulos, et al., 2011).

Η ευρύτερη περιοχή του Ασωπού είναι η μεγαλύτερη βιομηχανική περιοχή της Ελλάδας. Η βιομηχανική δραστηριότητα ξεκίνησε στα τέλη του 1970, ιδίως στα Οινόφυτα και στο Σχηματάρι, και αυξάνεται, υποστηρίζοντας σήμερα 1.300 βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπως η επεξεργασία μετάλλων αγροχημικών, οι βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, οι βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας και δερματίνων ειδών. Οι τομείς που απαιτούν τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού είναι οι βιομηχανίες που σχετίζονται με τη μεταλλουργία, τα τρόφιμα και τα ποτά, την κλωστοϋφαντουργία και το δέρμα (Koundouri, et al., 2013).

Όσον αφορά στην ποιότητα των επιφανειακών υδάτων του Ασωπού, σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής στοιχεία παρακολούθησης, τα νιτρικά άλατα και οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου είναι υψηλά, και οι μετρήσεις έδειξαν ότι η ρύπανση προκαλείται από τα υψηλά βιολογικά φορτία, λόγω των βιομηχανικών, γεωργικών και αστικών αποβλήτων. Στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, με στόχο την αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης των ελληνικών ποταμών, αναλύθηκαν δείγματα νερού σε τρία σημεία από τον Ασωπό. Συνάγεται το συμπέρασμα ότι η οικολογική ποιότητα των υδάτων χαρακτηρίζεται σύμφωνα με την

Οδηγία 2000/60 της ΕΕ ως "κακή" (Chatzinikolaou, 2009). Επιπλέον, από έρευνα του ΕΜΠ για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης λόγω της απόρριψης των βιομηχανικών αποβλήτων στον Ασωπό, η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε το 2004 κατά μήκος του ποταμού και στις εκβολές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ύδατα κατά μήκος του ποταμού και στην παράκτια περιοχή έχουν ρυπανθεί με ανόργανα και οργανικά φορτία. (Loizidou, 2009).

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδάτων εξετάστηκαν και ταξινομήθηκαν σε δύο διαφορετικές κατηγορίες: τα ιόντα και τα ιχνοστοιχεία. Στην περιοχή μεταξύ Αυλώνας, Αγ. Θωμά και Ασωπού ποταμού υπάρχουν γλυκά νερά εμπλουτισμένα με  $\text{HCO}_3$ . Στις δύο πλευρές του Ασωπού οι συγκεντρώσεις έχουν αυξηθεί σταδιακά. Η πλειονότητα των υπόγειων υδάτων είναι υπερφορτωμένη με συγκεντρώσεις νιτρικών, σχεδόν διπλάσια σε σύγκριση με τα νόμιμα όρια για το πόσιμο νερό. Επιπλέον, καταγράφηκαν αυξημένες τιμές των νιτρικών ιόντων και αμμωνιακού. Η πηγή των νιτρικών αλάτων είναι κυρίως από αγροχημικά (λιπάσματα αζώτου), ενώ η παρουσία σε νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα οφείλεται στις πηγές αστικής και βιομηχανικής ρύπανσης. Οι αυξημένες τιμές ιόντων οφείλονται επίσης στις βιομηχανικές πηγές ρύπανσης (Technical Chamber of Greece, 2009). Τέλος, μια ανησυχητική παρουσία στην περιοχή είναι αυτή του χρωμίου. Αν και ο έλεγχος της περιεκτικότητας σε χρώμιο στο βιομηχανικά απόβλητα αποτελεί προϋπόθεση, στη λεκάνη του Ασωπού είναι γνωστή η επίδραση των υπόγειων υδάτων από χρώμιο, εξαιτίας της εντατικής βιομηχανικής δραστηριότητας σε τομείς όπως είναι η επεξεργασία δερμάτων (Economou-Eliopoulos, et al., 2011).

Από το σύνολο των βιομηχανιών και βιοτεχνιών, οι μονάδες που παράγουν υγρά απόβλητα, είναι εκατόν τριάντα. Από αυτές, οι εξήντα πέντε μονάδες έχουν έστω μια εγκατάσταση επεξεργασίας για την παραγωγή υγρών αποβλήτων. Σε γενικές γραμμές, από τη συνολική ποσότητα των παραγόμενων υγρών αποβλήτων (βιομηχανικά και αστικά λύματα), το 97% υπόκειται σε κατεργασία. Τρόποι διάθεσης των λυμάτων στην περιοχή είναι η διάθεση στην επιφάνεια, η υπόγεια διάθεση, η ανακύκλωση των επεξεργασμένων, η διάθεση σε ένα εργοστάσιο επεξεργασίας αστικών λυμάτων, ή σε εξουσιοδοτημένο φορέα διαχείρισης και η διάθεση στον ποταμό Ασωπό, ή στους παραποτάμους του. Τέλος, ορισμένες από τις βιομηχανικές μονάδες που δεν έχουν μια

εναλλακτική επιλογή συλλέγουν τα απόβλητα τους, τα οποία στη συνέχεια διαχειρίζεται εξουσιοδοτημένος φορέας (Loizidou, 2009).

Επιπλέον, θα πρέπει να προστεθεί ότι, βορειοανατολικά του Ασωπού, σε μια έκταση 7 χλμ αναπτύσσονται πολλές βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες (περίπου 400), που παράγουν ένα τεράστιο ημερήσιο όγκο λυμάτων, και ότι τα εν λόγω λύματα παράγονται κυρίως από βιομηχανίες τροφίμων, μεταλλουργικές μονάδες, χημικές μονάδες, καθώς και από μονάδες ζωικού κεφαλαίου. Μια πρόσθετη πίεση στην περιοχή έχει τεθεί από την γεωργική δραστηριότητα. Υπάρχουν 350.000 καλλιεργήσιμα στρέμματα, από τα οποία το 45% αρδεύεται, ενώ το 55% όχι. Σε γενικές γραμμές, περιοχή με έντονη γεωργική δραστηριότητα παρατηρείται ανάντη του Ασωπού. Η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων από γεωργικές καλλιέργειες επιδεινώνει το πρόβλημα (Technical Chamber of Greece, 2009).

Εκτός από τις προφανείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, στην περιοχή υπάρχουν επίσης ανησυχητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία λόγω της παρουσίας του ιδιαίτερα τοξικού χρωμίου, που συνδέεται με τη βιομηχανική μόλυνση του εδάφους και των υδάτων από την παράνομη απόρριψη βιομηχανικών, επικίνδυνων αποβλήτων και ιλύος. Για τουλάχιστον τρεις δεκαετίες τα βιομηχανικά απόβλητα ρυπαίνουν το ποτάμι, τα υδροφόρα στρώματα και τα εδάφη της περιοχής, καθιστώντας το ένα αρνητικό παράδειγμα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, το οποίο προκύπτει από τη μη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων. Θεωρείται ότι η κατανάλωση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου βλάπτει τον ανθρώπινο οργανισμό, όχι μόνο από το πόσιμο νερό, αλλά και από την επαφή με το δέρμα ή την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών, προκαλώντας σοβαρές ζημιές και καρκίνο. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι, εκτός από την έντονη ρύπανση των υδάτων του Ασωπού ποταμού, στον παράκτιο υγρότοπο η ανθρώπινη παρέμβαση είναι σημαντική, λόγω της επέκτασης των οικισμών. Το στόμιο του Ασωπού ποταμού και η λιμνοθάλασσα του Ωρωπού βρίσκονται σε απόσταση περίπου 2 χλμ., και είναι απομεινάρια ενός ενιαίου συστήματος υγρότοπου, που συνδέεται με παράκτια έλη. Σήμερα, οι οικισμοί έχουν επεκταθεί στην ενδιάμεση περιοχή. Εντός του υγροτόπου η πίεση από την κίνηση των οχημάτων είναι προφανής. Ο βασικός δρόμος βρίσκεται μόλις λίγα μέτρα από την ακτή, με αποτέλεσμα τη διακοπή της συνέχειας των δύο υγροτόπων. Επίσης, μέρος της περιοχής στις εκβολές του Ασωπού ποταμού καλύπτεται από την αεροπορία, με μια ποικιλία κεραιών, ενώ

επιπλέον η περιοχή και στις δύο πλευρές της κοίτης έχει περιφραχτεί. Ωστόσο, όσον αφορά τα είδη που βρίσκονται στα ύδατα, σημειώνεται ότι απειλούμενα είδη του γλυκού νερού, όπως οι πελαγοί, έχουν κατά πάσα πιθανότητα εξαφανιστεί από τον Ασωπό ποταμό. Σε κάθε περίπτωση, τα ενδιαφέροντα για τα περισσότερα ερπετά και θηλαστικά είναι υποβαθμισμένα (Koundouri, et al., 2013).

Με βάση τα ανωτέρω καθίσταται σαφές ότι η συνεχιζόμενη επιδείνωση είναι προφανής και προέρχεται κυρίως από την επέκταση των οικισμών εις βάρος του υγροτόπου και τη ρύπανση των υδάτων από την έντονη βιομηχανική δραστηριότητα στην περιοχή του Ασωπού ποταμού. Η αναβάθμιση αυτής της λειτουργίας είναι αδήριτη και σχετίζεται με την απομάκρυνση των δύο αυτών απειλών. Η επέκταση των οικισμών δεν θα πρέπει να επιδιώκεται εις βάρος της περιοχής του υγροτόπου και της ποιότητας των υδάτων του. Επί πλέον, η ανάπτυξη στοχευμένων δραστηριοτήτων, όπως η περιβαλλοντική ενημέρωση, εκπαίδευση και η αναψυχή θα εμπόδιζαν, πιθανότατα, την ανωτέρω υποβάθμιση.

### **2.6.3 Νομοθεσία για το θέμα της ρύπανσης του ποταμού Ασωπού**

Με Προεδρικό Διάταγμα του 1969 επιτράπηκε η δημιουργία βιομηχανικών μονάδων στην ευρύτερη περιοχή των Οиноφύτων. Ωστόσο, αυτή η απόφαση δεν προέβλεπε τον τρόπο λειτουργίας τους και δεν προσδιόριζε τα όρια που σχετίζονται με τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Ως εκ τούτου, αυτό το Διάταγμα χαρακτηρίζεται από την έλλειψη οποιουδήποτε σχεδιασμού και παρακολούθησης για τον έλεγχο των βιομηχανιών της περιοχής. Δέκα χρόνια αργότερα, το 1979, ο ποταμός ορίστηκε από το κράτος ως δέκτης βιομηχανικών λυμάτων, χωρίς, όμως, οποιοδήποτε σύστημα παρακολούθησης για την επιβολή των όρων και προϋποθέσεων υπό τις οποίες οι βιομηχανίες θα απορρίπτουν τα απόβλητά τους στο ποτάμι. Σήμερα αυτό το Διάταγμα είναι ακόμα σε ισχύ. Επιπλέον, στη διάρκεια των ετών, χορηγήθηκαν περισσότερες άδειες για τη λειτουργία των βιομηχανιών στην περιοχή της περιφέρειας, όπου η κατασκευή απαγορεύεται σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα του 1969. Το αποτέλεσμα είναι ότι το ποτάμι και τα υπόγεια ύδατα έχουν υποβληθεί σε μακροπρόθεσμη βιομηχανική ρύπανση (Koundouri, et al., 2013).

Όσον αφορά στη σχετική νομοθεσία για την περίπτωση του Ασωπού ποταμού:

- Σύμφωνα με το νόμο περί Δημόσιας Υγείας - Κανονισμός Ε1b/221/65, η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων επιτρέπεται, είτε σε συστήματα επιφανειακών υδάτων κατόπιν σχετικής άδειας από τον οικείο Νομάρχη, είτε σε υπόγεια. Ο παρών κανονισμός είναι μάλλον γενικός και δεν αναφέρεται συγκεκριμένα, σε επικίνδυνες και τοξικές ουσίες, ενώ δε θέτει καν τα όρια για τη διάθεση των επικίνδυνων ουσιών.
- Η νομοθεσία για τη διαχείριση και τη διάθεση των τοξικών επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων, σύμφωνα με το Ν.1650/86, περιλαμβάνει μια πληθώρα διατάξεων που οι περισσότερες αφορούν στην εναρμόνιση του εθνικού δικαίου με τις Οδηγίες Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ωστόσο, οι διατάξεις αυτές δεν αντιμετωπίζουν με ένα ενιαίο και αποτελεσματικό τρόπο το όλο ζήτημα. Μέχρι πρόσφατα δεν υπήρχε ούτε ένα Διαχειριστικό Σχέδιο για την προστασία του Ασωπού, ούτε ένα Πρόγραμμα Παρακολούθησης για τα νερά, που θα έπρεπε να είχε τεθεί σε λειτουργία το αργότερο μέχρι 23-12-2006, σύμφωνα με το Προεδρικό διάταγμα 51/2007. Το θέμα του Ασωπού ξεκίνησε το 2010, όταν παρουσιάστηκε από τον Υπουργό Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ένα πρόγραμμα για τη διαχείριση της περιβαλλοντικής ρύπανσης στον ποταμό, η οποία αποσκοπεί στην επίτευξη των στόχων για: α) την εξασφάλιση καθαρού νερού, β) την περιβαλλοντική προστασία της ευρύτερης περιοχής, γ) την αποτελεσματική παρακολούθηση των πηγών ρύπανσης (βιομηχανικές, γεωργικές, αστικές), δ) τη διερεύνηση των μέτρων αποκατάστασης της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, ε) τον χωροταξικό σχεδιασμό.
- Το 2010 εκδόθηκε η ΚΥΑ 20488/2010 για τη Σύσταση των Περιβαλλοντικών Προτύπων Ποιότητας στον Ασωπό ποταμό και οι οριακές τιμές εκπομπών για τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα, σύμφωνα με την οποία: α) οι βιομηχανικές μονάδες που μπορούσαν μέχρι πρότινος να διαθέτουν τα απόβλητά τους στον Ασωπό καταργήθηκαν, β) η απόφαση με την οποία Ασωπός ορίζεται ως αγωγός διάθεσης των βιομηχανικών αποβλήτων στον Ευβοϊκό, καταργείται.
- Επίσης, εκδόθηκε ΚΥΑ, σχετικά με την συμπλήρωση της οικ. 19652/1906/1999 Κοινής Υπουργικής Απόφασης με θέμα “Προσδιορισμός των νερών που υφίστανται νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης – Κατάλογος ευπρόσβλητων ζωνών, σύμφωνα με τις παραγράφους 1 και 2 αντίστοιχα του άρθρου 4 της υπ. Αριθμ. 16190/1335/1997 Κοινής Υπουργικής Απόφασης (Β 519), σύμφωνα με την οποία ο Ασωπός χαρακτηρίζεται ως περιοχή, ευάλωτη στη νιτρορύπανση.

Συνεπώς, η έννοια και η εφαρμογή της ποινικής ευθύνης ενισχύεται, και προωθείται πλέον η αρχή του "ο ρυπαίνων πληρώνει", αλλά και οι αρχές της πρόληψης και της προφύλαξης για μια αποτελεσματικότερη προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Η δράση αυτή έχει μεταφραστεί στην άμεση λήψη μέτρων για την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημιάς, το κόστος της οποίας μεταφέρεται σε όσους ευθύνονται για την ρύπανση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων του Ασωπού.

## **2.7 Τεχνικές ενίσχυσης υδατικού δυναμικού**

Οι κυριότερες τεχνικές ενίσχυσης υδατικού δυναμικού είναι: α) ο τεχνητός εμπλουτισμός, β) η αφαλάτωση, γ) η κατασκευή λιμνοδεξαμενών, και δ) η κατασκευή φραγμάτων, και αναλύονται λεπτομερώς παρακάτω.

### **2.7.1 Τεχνητός εμπλουτισμός**

Είναι η αύξηση ποσοτήτων μετεωρικού ύδατος που εισέρχεται στα υδροφόρα στρώματα με χρήση τεχνικών διαδικασιών, κατόπιν ανθρώπινης παρέμβασης. Σκοπός του είναι α) η δημιουργία υπόγειας αποθήκης νερού για μελλοντική εκμετάλλευση, β) η αποκατάσταση ισοζυγίου υδροφόρων στρωμάτων, και γ) η πρόκληση της ανόδου της στάθμης στα παράκτια υδροφόρα στρώματα για την αποφυγή του φαινομένου της υφαλμύρωσης (Ελληνική Επιτροπή Τεχνικής Γεωλογίας, 1994). Προκειμένου να λάβει χώρα ο τεχνητός εμπλουτισμός, εκτός από τον έλεγχο του λειτουργικού κόστους και της γεωλογικής και γεωμορφολογικής καταλληλότητας που επιβάλλεται να γίνουν, θα πρέπει επιπλέον να είναι ικανοποιητική η ποσότητα του επιφανειακού ύδατος, ενώ η ποιότητά του να είναι χημικά συμβατή με αυτή του υπογείου (Zhou, et al., 2016). Ο τεχνητός εμπλουτισμός εξαρτάται από τις γεωλογικές και τις υδρογεωλογικές συνθήκες, καθώς και από τις οικονομικές παραμέτρους μιας περιοχής. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, σε μια λεκάνη, το νερό που φθάνει στα υδροφόρα στρώματα και τα τροφοδοτεί, είτε άμεσα, είτε έμμεσα, είναι ο φυσικός εμπλουτισμός. Το ύψος του νερού είναι ορισμένο κάθε υδρολογικό έτος, εξαρτώμενο από τη γεωλογική σύσταση, και την ετήσια κατανομή της βροχής. Η δυνατότητα αύξησης αυτής της ποσότητας του νερού ονομάζεται τεχνητός εμπλουτισμός (Jebamalar and Ravikumar, 2014).

Πολλές μέθοδοι τεχνητού εμπλουτισμού έχουν αναπτυχθεί, όπως:

α) ο εμπλουτισμός από την επιφάνεια του εδάφους (λεκάνες κατείσδυσης, τάφροι - αύλακες, κατάκλυση εδαφών με άρδευση, επανενεργοποίηση παλαιών κοιτών χειμάρρων), β) ο υπόγειος εμπλουτισμός (φρέατα, γεωτρήσεις, ορύγματα, σήραγγες), γ) ο έμμεσος εμπλουτισμός (επαγωγικός εμπλουτισμός, συμπτωματικός εμπλουτισμός κλπ.), δ) οι συνδυαστικές περιπτώσεις των προαναφερομένων (Sitender and Rajeshwari, 2015).

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου είναι συνάρτηση: α) των γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής, β) της προέλευσης, διαθεσιμότητας, φυσικής και χημικής όπως και μικροβιολογικής κατάστασης του νερού εμπλουτισμού, γ) της ύπαρξης ή της δυνατότητας κατασκευής των βασικών απαραίτητων έργων υποδομής, δ) του κόστους χρήσης και συντήρησής τους, ε) διαφόρων οικονομικών και θεσμικών κριτηρίων (Mesbah, et al., 2016).

Πλεονεκτήματα τεχνητού εμπλουτισμού: μείωση των απωλειών του νερού από εξατμίσεις, ποιοτική βελτίωση των υπογείων υδάτων, προστασία της λειτουργίας των πηγών και των υγροτόπων, αποφυγή ποσοτικής υποβάθμισης υδροφορέων, αποφυγή εισχώρησης του θαλασσινού νερού στα παράκτια υδροφόρα στρώματα, έλλειψη κινδύνου καταστροφής των υπογείων ταμιευτήρων από κατολισθήσεις κλπ. Μειονεκτήματα τεχνητού εμπλουτισμού: Συνεχής παρακολούθηση των συστημάτων τεχνητού εμπλουτισμού, ενδεχόμενος κίνδυνος μόλυνσης-ρύπανσης των υπογείων υδάτων, μη οικονομικά συμφέρουσες φυσικές συνθήκες για την εφαρμογή του (Ginkel, et al., 2015).

Ο τεχνητός εμπλουτισμός εμφανίζεται για πρώτη φορά κατά τη Ρωμαϊκή εποχή στην Τυνησία, όπου έχουν βρεθεί σαφή ίχνη, όπως επίσης και σε άλλες μεσογειακές περιοχές. Σημαντικό έργο τεχνητού εμπλουτισμού εμφανίζεται στο τέλος του 18ου και στις αρχές του 19ου αιώνα για τις υδρευτικές ανάγκες της Γαλλικής πόλης Toulouse, και αντίστοιχο έργο για την ύδρευση της Γλασκώβης. Εκτενής ανάπτυξη από το 1950, σχεδόν σε όλο τον κόσμο, όταν λόγω υπερεκμετάλλευσης άρχισε να υποχωρεί η στάθμη υδροφόρων στρωμάτων. Στις Η.Π.Α. πριν το 1978, η ετήσια ποσότητα των υδάτων τεχνητού εμπλουτισμού ήταν περίπου 700.000 m<sup>3</sup>, το 1978 ήταν 4 εκατομμύρια m<sup>3</sup> και σήμερα είναι πολύ μεγαλύτερη. Στη Γερμανία το 1982 όλα τα έργα τεχνητού εμπλουτισμού είχαν συνολικό ετήσιο όγκο εμπλουτισμού άνω των 400.000 m<sup>3</sup>. Ομοίως

τα στοιχεία για την Ολλανδία το 1990 είναι ποσότητες άνω των 150.000 m<sup>3</sup>, και για το Ισραήλ το 1968 άνω των 100.000 m<sup>3</sup> (Ginkel, et al., 2015).

### 2.7.2 Αφαλάτωση

Αφαλάτωση είναι η διαδικασία μέσω της οποίας ανακτάται πόσιμο νερό από το θαλασσινό, το υφάλμυρο, ή από το χαμηλής ποιότητας νερό, μέσω διεργασιών αφαίρεσης αλάτων. Οι κύριες, και πιο συχνά, χρησιμοποιούμενες μέθοδοι κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: της εξάτμισης και των μεμβρανών.

Οι σημερινές τεχνολογίες αφαλάτωσης, περιλαμβάνουν τις κάτωθι τεχνολογίες:

- Εξάτμιση, ή θερμικές μέθοδοι: πολυβάθμια εξάτμιση, πολυβάθμια εκτόνωση, εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών, θερμική συμπίεση ατμών.
- Μεμβράνες: αντίστροφη όσμωση, ηλεκτροδιάλυση, αντιστροφή ηλεκτροδιάλυση.
- Άλλες μέθοδοι (που βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, ή θεωρούνται οικονομικά μη συμφέρουσες): Ιοντοανταλλαγή, πάγωμα, απόσταξη με μεμβράνες, κρυσταλλοποίηση με αιθάνιο, νανόφιλτρα.

Η κατασκευή μίας μονάδας αφαλάτωσης απαιτεί:

- υποθαλάσσιους αγωγούς μεταφοράς θαλασσινού νερού στην μονάδα,
- αγωγούς απόρριψης υπολειμμάτων αλάτων τη θάλασσα,
- αντλιοστάσιο θαλασσινού νερού,
- εργοστάσιο αφαλάτωσης,
- προεπεξεργασία, αντίστροφη όσμωση, τελική επεξεργασία
- κατασκευή αγωγών στην ξηρά, για την μεταφορά του παραγόμενου πόσιμου νερού στις δεξαμενές, ή κατευθείαν στις κατοικίες

Η απόσταση άντλησης από την ακτή κυμαίνεται από 300 – 1000 μέτρα, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της περιοχής και τη δυναμικότητα της μονάδας. Μέσω υποθαλάσσιου αγωγού το αντλούμενο νερό διοχετεύεται σε αντλιοστάσιο της παραλίας, όπου αφαιρούνται οι ουσίες στερεάς κατάστασης, και μέσω διοχέτευσης από πυκνά πλέγματα, φθάνει στην μονάδα αφαλάτωσης, η οποία μπορεί να είναι εγκατεστημένη μερικές εκατοντάδες μέτρα από την ακτή (Δεληγιάννη και Μπελεσιώτης, 1995).

Η αφαλάτωση περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- προεπεξεργασίας, για την αφαίρεση των αιωρούμενων σωματιδίων, και καταστροφή μικροοργανισμών για να αποφευχθεί η εναπόθεσή τους στις μεμβράνες,
- αντίστροφης ώσμωσης, κατά την οποία τροφοδοτείται νερό στις μεμβράνες από αντλίες υψηλής πίεσης (65-80 ατμόσφαιρες), προκειμένου να γίνει η απορρόφηση των αλάτων. Η ανάκτηση αφαλατωμένου νερού ανέρχεται σε 45-50%, ενώ το υπόλοιπο, διέρχεται από τις αντλίες, έχοντας ήδη υψηλή πίεση, επιτρέποντας την ανάκτηση ενέργειας σε ποσοστό 25-30% της αρχικής. Στην συνέχεια αυτό απορρίπτεται στη θάλασσα, σε σημείο όπου υπάρχουν ρεύματα, προκειμένου να αποφεύγεται η συγκέντρωση αλάτων και ρυπαντών,
- τελικής επεξεργασίας, για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού (οξύτητας, σκληρότητας) με τη χρήση χημικών ουσιών σε δεξαμενή, και στη συνέχεια την αποθήκευση, ή τη διοχέτευση στο δίκτυο ύδρευσης της περιοχής.

Η διάθεση της άλμης στη θάλασσα μπορεί να γίνει είτε απ' ευθείας μέσω υποθαλάσσιου αγωγού, είτε μαζί με την εκροή της μονάδας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Δαγκαλίδης, 2009).

Σήμερα, οι μέθοδοι αφαλάτωσης χρησιμοποιούνται ευρέως μόνο στις πετρελαιοπαραγωγές χώρες της Μέσης Ανατολής, λόγω άφθονων ενεργειακών πόρων που διαθέτουν αυτές, ενώ οι υπόλοιπες χώρες καταφεύγουν στη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, ως πιο οικονομική λύση. Σε παγκόσμιο επίπεδο λειτουργούν περισσότερα από 14000 συστήματα μονάδων αφαλάτωσης, αλλά περισσότερο από το μισό της παγκόσμιας δυναμικότητας είναι εγκατεστημένα σε χώρες της Μέσης Ανατολής, καθώς και της Βόρειας Αφρικής, οι οποίες έχουν σημαντικό πρόβλημα έλλειψης υδατικών πόρων (Mathioulakis, et al., 2007).

Ένα πολύ μεγάλο πλήθος ανθρώπων σε όλη τη γη ζει σε τόπους, στους οποίους η υδροδότηση πραγματοποιείται από κάποια εργοστασιακή μονάδα αφαλάτωσης, που επεξεργάζεται το νερό της θάλασσας για να παράγει πόσιμο νερό. Παράλληλα, με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται να πολλαπλασιαστούν οι περιοχές του κόσμου όπου τα αποθέματα σε γλυκό νερό δε θα είναι αρκετά προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες των κατοίκων,

και όλο και περισσότερες μονάδες θα εγκαθίστανται. Για να προσφύγει μία περιοχή στην κάλυψη των υδροδοτικών της αναγκών με τη μέθοδο της αφαλάτωσης, θα πρέπει να έχει πρόσβαση σε υφάλμυρο ή αλμυρό νερό. Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι δεν εξαρτάται καθόλου από τη διαθεσιμότητα ή όχι του βρόχινου νερού, και επιπλέον ότι μπορεί να εφαρμόζεται σε όλη τη διάρκεια του έτους, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. Αν και οι μονάδες αφαλάτωσης αποτελούν μία από τις λιγότες αποτελεσματικές λύσεις για την καταπολέμηση της λειψυδρίας σε πολλές άνυδρες περιοχές, ωστόσο η επιβάρυνση των μονάδων αφαλάτωσης περιγράφεται ως μία νέα οικολογική απειλή από το Σχέδιο του Προγράμματος Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών, εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων άλμης που προκύπτουν από τις μονάδες, αφού, ανά 3 κ.μ. θαλασσινού νερού η παραγωγή πόσιμου νερού φτάνει μόλις 1 κυβικό μέτρο πόσιμου νερού, ενώ τα υπόλοιπα κυβικά απομένουν ως απόβλητο. Όπως όλα δείχνουν, η επέκταση της χρήσης της αφαλάτωσης στο μέλλον θα κάνει όλο και εντονότερο το πρόβλημα της αντίστοιχης οικολογικής ρύπανσης (Mathioulakis, et al., 2007).

Η παραγωγή πόσιμου νερού μέσω αφαλάτωσης είναι πιο ακριβή από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής αυτού, με καθαρισμό του βρόχινου νερού, η του νερού που προέρχεται από τα ποτάμια και τις λίμνες. Εκτιμάται ότι η παραγωγή του με αφαλάτωση στοιχίζει τετραπλάσια ποσά από εκείνα της παραγωγής του με καθαρισμό βρόχινου νερού με τις συμβατικές μεθόδους. Ο λόγος για τον οποίο η αντίστροφη ώσμωση είναι ακριβή, είναι διότι χρησιμοποιεί αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για τη διαδικασία της. Το κόστος της ενέργειας αντιστοιχεί περίπου στο 75% ολόκληρης της τιμής. Η μεγάλη ποσότητα της ενέργειας που καταναλώνεται, δημιουργεί ένα επιπλέον περιβαλλοντικό πρόβλημα, το οποίο θα πρέπει να αντιμετωπιστεί στο μέλλον (Γρεβενίτης, 1997).

Στην Ελλάδα η αφαλάτωση ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1960, σε πειραματικό στάδιο, με μονάδες ηλιακής απόσταξης, ενώ μετά το 1980 άρχισε να εφαρμόζεται η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης. Σήμερα υπάρχουν περίπου 50 μονάδες αφαλάτωσης, συνολικής δυναμικότητας 35000 m<sup>3</sup>/ημέρα, οι οποίες εξυπηρετούν κυρίως τις υδρευτικές ανάγκες κάποιων δήμων και κοινοτήτων (Papadakis, 2009).

Στην Ελλάδα, κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα μονάδων αφαλάτωσης αναφέρονται κάτωθι:

- από το 2007 λειτουργεί η πλωτή μονάδα στην Ηρακλειά των Κυκλάδων Νήσων, η οποία είναι δυναμικότητας 3,3m<sup>3</sup>/h, γνωστή και ως Υδριάδα. Είναι η πρώτη πλωτή μονάδα σε παγκόσμιο επίπεδο, η οποία λειτουργεί ως ενεργειακά αυτόνομη, αξιοποιεί την αιολική και την ηλιακή ενέργεια, καλύπτει μία έκταση της τάξης του μισού στρέμματος, και έχει το ύψος μίας 10όροφης πολυκατοικίας.
- Επίσης, από το 2007, μία αυτόνομη μονάδα λειτουργεί και στη Μήλο. Είναι δυναμικότητας 3360m<sup>3</sup>/ημέρα, και παρέχει χαμηλού κόστους και υψηλής ποιότητας νερού, το οποίο καλύπτει τις ποσοτικές ανάγκες του νησιού, όχι μόνο σε ετήσια βάση, αλλά και σε ώρες αιχμής σε ημερήσια βάση. Αξιοποιεί την αιολική ενέργεια, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική (ΚΑΠΕ, 2011).

Η εισαγωγή των ΑΠΕ στις μονάδες αφαλάτωσης δημιουργούν πολλές προσδοκίες για τις παράκτιες νησιωτικές περιοχές της Μεσογείου, οι οποίες παρουσιάζουν έντονα προβλήματα λειψυδρίας κατά την τουριστική περίοδο, καθώς οι ΑΠΕ μειώνουν τις εκπομπές ρύπων, την κατανάλωση ενέργειας, και κατ' επέκταση το λειτουργικό κόστος των μονάδων (ΚΑΠΕ, 2011).

### **2.7.3 Λιμνοδεξαμενές**

Οι λιμνοδεξαμενές είναι μικροί αποθηκευτικοί χώροι - ταμιευτήρες - αποταμίευσης ύδατος, το οποίο προέρχεται από χείμαρρους, πηγές, ή βρόχινο νερό, και κατά κύριο λόγο από χειμερινές απορροές. Δημιουργούνται είτε με την κατασκευή φράγματος επί της κοίτης χειμάρρου, είτε με κατασκευή αναχώματος σε φυσικό ή κατάλληλα διαμορφωμένο μορφολογικό κοίλωμα και η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 10000 έως 1000000 κ.μ.. Η αποθήκευση του νερού γίνεται για υδρευτική, γεωργική, τουριστική, βιομηχανική χρήση. Έργα φιλικά προς το περιβάλλον, που αναβαθμίζουν την περιοχή. Η τροφοδοσία του ταμιευτήρα γίνεται με αγωγό από σημείο υδροληψίας στον κύριο χείμαρρο. Για την επιλογή της θέσης εξετάζεται η αντοχή του εδάφους θεμελίωσης και η επάρκεια κατάλληλων υλικών για την κατασκευή του αναχώματος. Για την στεγανότητα οριζοντιώνεται ο πυθμένας και χρησιμοποιούνται ειδικές στεγανοποιητικές μεμβράνες (Chizevski, 1996).

Εξωποτάμια Λιμνοδεξαμενή: έργο που κατασκευάζεται έξω από την κοίτη του φυσικού υδατορέμματος, σε θέσεις όπου το ανάγλυφο και τα γεωλογικά χαρακτηριστικά είναι ευνοϊκά, χωρίς την απαίτηση αδιαπέρατων σχηματισμών, αφού η στεγάνωση γίνεται με μεμβράνες (Ng, 2009). Όταν δεν είναι δυνατή η λύση της εξωποτάμιας, τότε ελέγχεται η περιοχή για τη δυνατότητα κατασκευής εσωποτάμιας λιμνοδεξαμενής, η οποία είναι ένα μικρό φράγμα επί της φυσικής κοίτης του ρέματος και ανάντη δημιουργείται ταμιευτήρας.

Επιλογή θέσεων: Εξετάζονται θέσεις κοντά σε περιοχές με προβλήματα ύδρευσης και άρδευσης. Εξετάζονται οι ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης. Ελέγχεται η ανάντη περιοχή για ύπαρξη εγκαταστάσεων που μπορεί να μολύνουν τα ύδατα. Εξετάζονται όλα τα φυσικά ρέματα και οι πηγές της ευρύτερης περιοχής, καθώς και οι υδρολογικές συνθήκες (μέγεθος απορροής, κατανομή παροχής στο χρόνο, κλπ). Επίσης, βασική προϋπόθεση για την επιλογή της θέσεως κατασκευής αποτελεί η ύπαρξη μισγάγγειας με αποδεδειγμένη απορροή, και ει δυνατό διαρκή έστω κατά τους χειμερινούς μήνες. Καταλληλότερες είναι οι φυσικές κοιλότητες, οι οποίες θα βοηθήσουν στη μείωση του κόστους κατασκευής (Krol, et al., 2011).

Μετά τον εντοπισμό της θέσης ακολουθεί η τοπογράφηση της περιοχής και η γεωλογική μελέτη, κατά την οποία εκτελείται γεωτεχνική έρευνα για τη διερεύνηση της ικανότητας του εδάφους για θεμελίωση και διαπερατότητα, ώστε να αποφασιστεί εάν θα τοποθετηθεί μεμβράνη ή όχι, και εάν τα υλικά είναι κατάλληλα για κατασκευή αναχωμάτων. Ακολουθούν εργαστηριακές δοκιμές για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των εδαφών θεμελίωσης και των υλικών κατασκευής αναχωμάτων.

Έργο: Είναι συνήθως ένας υπερχειλιστής επί του ρέματος, που έχει σκοπό την ανύψωση της στάθμης και την σύλληψη του νερού. Στη στέψη κατασκευάζεται ανοικτό κανάλι μέσω του οποίου το νερό οδηγείται προς τον αγωγό μεταφοράς, αφού προηγουμένως περάσει από τη δεξαμενή καθιζήσεως φερτών υλικών. Ο αγωγός είναι ανοικτής διατομής ή σωληνωτός. Η κυρίως λιμνοδεξαμενή, δημιουργείται είτε σε φυσική κοιλότητα με κατάλληλη διαμόρφωση πρανών, είτε σε τεχνητή σκάφη που διαμορφώνεται με εκσκαφή και ανύψωση περιμετρικών αναχωμάτων (Kuiper, 1965).

#### 2.7.4 Φράγματα

Η ανάγκη των πληθυσμών για τη συλλογή του πόσιμου νερού σε περιόδους ανομβρίας είναι φαινόμενο που εμφανίζεται χιλιάδες χρόνια πριν στην ανθρώπινη ιστορία. Έπειτα από αναζήτηση εξεύρεσης λύσεων, κατασκευαστές πρότειναν την κατασκευή φραγμάτων ως λύση στο μεγάλο πρόβλημα που ταλάνιζε τους αστούς και τους αγρότες. Φράγμα ονομάζεται το τεχνικό έργο που έχει την ιδιαιτερότητα ότι κατασκευάζεται στην κοίτη των ποταμών, διότι έχει ως σκοπό την ανακοπή της υδατικής ροής, αλλά και την αποθήκευση του ύδατος στον χώρο αποθήκευσης ανάντη του φράγματος, για χρήση του στο μέλλον. Για την επιλογή της θέσης ιδανική θεωρείται μία κοιλάδα η οποία είναι διευρυμένη ανάντη και στενεύει κατόντη. Σημαντική θεωρείται και η στεγανότητα του ταμιευτήρα και η ευστάθεια των πρανών στην περιοχή, καθώς και το καθεστώς των φερτών υλικών (Ελληνική Επιτροπή Τεχνικής Γεωλογίας, 1994).

Το αρχαιότερο φράγμα του κόσμου δημιουργήθηκε στην περιοχή Γιάβα της Ιορδανίας, 4.000 χρόνια πριν. Όταν το νερό συναντούσε το φράγμα, άλλαζε πορεία και διαχέονταν έξω από τις όχθες του ποτίζοντας τις καλλιέργειες. Το πρόβλημα της συλλογής του νερού για μεταγενέστερη χρήση αντιμετωπίστηκε με κλείσιμο μέρους του ποταμού, δημιουργώντας δεξαμενές και τεχνητές λίμνες. Προοδευτικά, στον τοίχο του φράγματος τοποθετήθηκαν και θύρες που ανοιγόκλειναν, έτσι ώστε το νερό να περάσει με ελεγχόμενη ροή και να σταματήσει να πλημμυρίζει τη γύρω περιοχή. Οι κατασκευές φραγμάτων κατά τον 20ο αιώνα είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακές και αποτελούν ακόμα και αντικείμενο τουριστικών ξεναγήσεων. Τέτοιες περιπτώσεις αποτελούν το φράγμα του Ασουάν στην Αίγυπτο και το φράγμα Χούβερ της Αριζόνα. Στην Κίνα, φράγμα του ποταμού Γιανγκτσέ, το οποίο ολοκληρώθηκε το 2008, έχει μήκος 2.309μ. και ύψος 101μ., συγκρίνεται δε ως προς το μέγεθος και τη δυσκολία κατασκευής του με το Σινικό τείχος (Τσόγκας, 1990).

Στην Ελλάδα, η κατασκευή του πρώτου φράγματος έγινε περίπου τον 1ο π.Χ. αιώνα στα παράλια της δυτικής Αιτωλοακαρνανίας, στην αρχαία Αλυζία, και διακρίνεται για την σταθερότητά του, ενώ είναι επισκέψιμο ως μνημείο ακόμα και σήμερα. Από το 18ο αιώνα οι μηχανικοί άρχισαν να εκμεταλλεύονται τα ποτάμια για την άρδευση των γύρω καλλιεργειών, για την παροχή πόσιμου νερού, αλλά και για την παραγωγή ενέργειας. Με την εξέλιξη των υδροστρόβιλων μετατρεπόταν η κινητική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται τα φράγματα για διπλό σκοπό. Στην

Ελλάδα συστηματικά η κατασκευή φραγμάτων ξεκίνησε από το 1950, με σκοπό την χρήση τους είτε ως απλούς ταμιευτήρες νερού, είτε παράλληλα ως μέσα παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα 16 μεγάλοι και 8 μικρότεροι υδροηλεκτρικοί σταθμοί που βρίσκονται σε φράγματα ποταμών, ή τεχνητές λίμνες παράγουν το 15% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός της χρηστικής τους λειτουργίας, τα φράγματα μπορεί να αποτελέσουν και χώρους αναψυχής ή και πρωτόγνωρα αξιοθέατα. Σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας έχουν αξιοποιηθεί σήμερα οι τεχνητές λίμνες, και έχουν αναπλαστεί οι γύρω χώροι, εξελίσσοντας τις σε ειδυλλιακά τοπία για τους επισκέπτες. Ο Αξιός, ο Πηνειός, ο Λούρος και ο Αλιάκμονας είναι μερικά από τα ποτάμια στα οποία η κατασκευή φραγμάτων υπήρξε αφορμή για τη δημιουργία ζωτικών υδροβιότοπων. Έχουν κτιστεί με οικολογικό τρόπο και αποτελούν παραδείγματα προς μίμηση. Επίσης, το φράγμα της Πλατανόβρυσης στη Δράμα έχει κτιστεί εξ ολοκλήρου από κυβόλιθους «ιπτάμενης τέφρας», ένα υλικό τα οποίο προέρχεται από τα κατάλοιπα της καύσης λιγνίτη και ενώ το συγκεκριμένο υλικό είναι καταστρεπτικό για το περιβάλλον, στη χρήση του στον κατασκευαστικό τομέα, αφενός αξιοποιείται με εποικοδομητικό τρόπο, αφετέρου δε ρυπαίνει. Πάνω από 150 φράγματα υπάρχουν ή σχεδιάζονται στην Ελλάδα, σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν θεσπιστεί από τη Διεθνή Ένωση Μεγάλων Φραγμάτων (ICOLD), ενώ πολλά μικρά μπορούν να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα της λειψυδρίας στα νησιά (Kaika, 2006).

Τα φράγματα κατασκευάζονται για ποικίλους λόγους: α) για να παρέχουν νερό στις πόλεις, όπως π.χ. το φράγμα Warragamba της Αυστραλίας, που είναι το κύριο φράγμα ύδρευσης για το Σίδνεϊ. β) για να συγκρατούν και να αποθηκεύουν απόβλητα από τα ορυχεία, όπως π.χ. το φράγμα Omai στη Γουιάνα της Νότιας Αμερικής. γ) για να παρέχουν νερό για την άρδευση των καλλιεργειών, όπως π.χ. το φράγμα Burrinjuck της Αυστραλίας, δ) για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π.χ. το φράγμα Itaipu της Βραζιλίας, που είναι ο μεγαλύτερος υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής ενέργειας στον κόσμο, και ε) για να συμβάλλουν στον έλεγχο ή τον μετριασμό των πλημμυρών, όπως π.χ. το φράγμα στο Tennessee των ΗΠΑ (Wallnig and Evered, 1976). Πολλά φράγματα εξυπηρετούν παραπάνω από μία χρήσεις. Αυτά που κατασκευάζονται για τον έλεγχο πλημμυρών, μπορεί να διατηρούνται άδεια κατά τη διάρκεια κανονικής ροής, προκειμένου να υπάρχει προσωρινός χώρος αποθήκευσης της περίσσειας εισροής νερού σε συνθήκες

πλημμύρας, το οποίο θα απελευθερωθεί αργά τις επόμενες ημέρες ή εβδομάδες όταν η πλημμύρα θα έχει περάσει (Uysal, et al., 2016).

Για την κατασκευή ενός νέου φράγματος ελέγχεται:

- η σχέση κόστους / οφέλους του έργου του φράγματος. Γίνεται έλεγχος κατά πόσο ένα νέο φράγμα πραγματικά χρειάζεται, ή αν θα μπορούσαν οι στόχοι να επιτευχθούν χωρίς την κατασκευή ενός νέου φράγματος. Αυτό εξαρτάται από το ποιο είναι οι στόχοι του έργου (π.χ. η ζήτηση για νερό μπορεί να μειωθεί αυξάνοντας το κόστος του νερού για τον καταναλωτή).
- η επίδραση του νέου φράγματος στο περιβάλλον (Guerraiche, et al., 2016). Ένα φράγμα μπορεί να δημιουργήσει κάποιες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και κάποια μεγάλα έργα φραγμάτων κατά το παρελθόν έχουν προκαλέσει απaráδεκτες περιβαλλοντικές ζημίες Γι' αυτό και η διαδικασία σχεδιασμού λαμβάνει πλέον υπ' όψιν της τις λιγότερο επιβλαβείς επιπτώσεις για το περιβάλλον (Asit, 2004).

Σχετικά με τον γεωλογικό έλεγχο πριν την κατασκευή ενός φράγματος, αυτός έχει σχέση με τη δυνατότητα θεμελίωσης του φράγματος (αντοχή, υδατοστεγανότητα, υποχρέωση επένδυσης με σκυρόδεμα κλπ), αλλά και με τον χώρο αποθήκευσης (στεγανότητα, ύπαρξη σπηλαιωδών περιοχών, ασβεστολιθικά πετρώματα, κλπ) (Fox, et al., 2016). Κάθε νέο έργο κατασκευής φράγματος πρέπει να διερευνάται ξεχωριστά. Μερικές περιοχές του φράγματος μπορεί να είναι σχετικά ομοιόμορφες στη γεωλογία τους. Πολύ συχνά όμως η γεωλογία είναι ιδιαίτερη, με αρκετά διαφορετικούς τύπους πετρωμάτων, με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες, όπως η αντοχή, η ανθεκτικότητα και η επιδεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες. Επίσης, η γεωλογία του υπερχειλιστή του φράγματος, είναι σημαντική για τον συνολικό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του έργου κατασκευής του φράγματος (Dogan, 2002).

#### **2.7.4.1 Κατηγορίες Φραγμάτων**

Ανάλογα με τον τύπο του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένα, τα φράγματα ομαδοποιούνται ως εξής:

1. Φράγματα σκυροδέματος: α) με Σκυρόδεμα βαρύτητας - βασίζονται στο βάρος του σκυροδέματος για την αντίσταση στις δυνάμεις πίεσεως και βαρύτητας, β) με

Σκυρόδεμα Arch - χρησιμοποιούν μικρότερη ποσότητα σκυροδέματος κι έχουν μικρότερο κόστος κατασκευής, γ) με Σκυρόδεμα Στήριγμα (Boggs and Tarbox, 1988).

2. Φράγματα αναπλήρωσης: α) φράγματα γης - χτίζονται από ομογενές υλικό, τη γη, ώστε η μη διαπερατή μεμβράνη να είναι ο τοίχος του φράγματος, β) φράγματα γεμισμένα από γη και βράχο - που έχουν εσωτερικά ένα σχετικά αδιαπέραστο χώμα ή άργιλο, γ) φράγματα από βράχο και σκυρόδεμα - κατασκευάζονται από διαπερατά πετρώματα πλήρωσης, με αδιαπέραστη μεμβράνη μια πλάκα σκυροδέματος ανάντη του τοίχου του φράγματος (Binnie, 2013). Αυτός ο τύπος του φράγματος έχει γίνει ολοένα και πιο δημοφιλής τα τελευταία 25 χρόνια περίπου. Άλλοι τύποι φράγματος είναι: το χωμάτινο φράγμα (με αργιλικό πυρήνα) και το τοξωτό φράγμα λόγω σχήματος κατασκευής (Alonso and Cardoso, 2010).

Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζεται η κατηγορία φραγμάτων ανάλογα με την κατασκευή ή τη λειτουργία τους.

Πίνακας 2.2 Κατηγορίες φραγμάτων, (Τσόγκας, 1990)

<b>ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΒΑΣΕΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b>			
MONIMA		ΚΙΝΗΤΑ	
Άκαμπτα	Εύκαμπτα	Κατακλινόμενα	Κατακόρυφα ανυψούμενα
Βαρύτητας	Χωμάτινα		
Διάκενα	Λιθόρριπτα		
Αντηριδωτά			
Θολωτά/Τοξωτά			
<b>ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΒΑΣΕΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>			
Φρ. Ανύψωσης της στάθμης		Φρ. Αποθήκευσης	Φρ. Παροχέτευσης

- **Φράγματα βαρύτητας:** Τα πρώτα φράγματα βαρύτητας κατασκευάστηκαν κατά την αρχαιότητα, κατά την ρωμαϊκή εποχή, και μετέπειτα στην Ισπανία κατά τον 16ο αιώνα. Τα τελευταία είχαν ύψος περίπου 20μ. και ήταν κατασκευασμένα με διαφορετικό τρόπο από τον σημερινό. Κατά τον 18ο αιώνα άρχισε η συστηματική μελέτη και τέθηκαν οι πρώτες θεωρητικές βάσεις για την επίλυση προβλημάτων που παρουσίαζαν τα φράγματα. Κατά τον 19ο αιώνα τέθηκε η διατομή πήρε μόνιμα τη μορφή τριγώνου. Μια σειρά καταστροφών συνέβαλε σε προσεκτικότερες μελέτες και σε υπολογισμούς άλλων παραγόντων εκτός από το βάρος και την υδροστατική πίεση. Τον 20ο αιώνα έλαβαν χώρα διάφορες καινοτομίες με σκυρόδεμα (Τσόγκας, 1990: 19). Ένα φράγμα

βαρύτητας δεν κινδυνεύει να καταστραφεί από υπερχειλίση ούτε από την πίεση του νερού, ή από διαφορές θερμοκρασίας. Ο κίνδυνος προέρχεται από τις υποπίεσεις του νερού που διηθείται κάτω από το φράγμα και αυξάνει την ροή ανατροπής. Από στατιστικά στοιχεία καταστροφής φραγμάτων βαρύτητας έχει βρεθεί ότι μόνο όσα είχαν κλίση της κατάντη πλευράς μικρότερη από 66% καταστράφηκαν. Στα σημερινά φράγματα βαρύτητας η κλίση κατάντη είναι τουλάχιστον 80% και στα ψηλά φράγματα είναι ακόμα μεγαλύτερη. Ως πλεονεκτήματα έχουν το απλό προφίλ διατομής, την αντίσταση στις θερμοκρασιακές μεταβολές και το χαμηλό κόστος συντήρησης (Jinsheng, 2010).

- **Θολωτά-τοξωτά φράγματα:** Τα τοξωτά φράγματα έχουν τοξοειδή κάτοψη και εργάζονται ως αμφίπακτα τόξα. Η πίεση του ύδατος εφαρμόζεται στην κυρτή πλευρά και μεταβιβάζεται στην πλευρά της κοιλάδας με μορφή οριζοντίων δυνάμεων. Λόγω του μικρού πάχους το τοξωτό φράγμα επηρεάζεται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και ιδιαίτερα από το γεγονός ότι η ανάντη επιφάνειά του είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος βυθισμένη στο νερό, ενώ η κατάντη εκτεθειμένη στην ατμόσφαιρα. Αυτό το γεγονός προκαλεί φαινόμενα συστολών και διαστολών στις δύο επιφάνειες και συνεπώς την εμφάνιση σοβαρών τάσεων στη μάζα σκυροδέματος. Το τοξωτό φράγμα είναι μία πλάκα απλής ή διπλής καμπυλότητας, μικρού πάχους, πακτωμένη στις στηρίξεις της. Αν και η μελέτη ενός τοξωτού φράγματος παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες, εν τούτοις αυτό έχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι δεν κινδυνεύει από ανατροπή ή ολίσθηση, αλλά και το γεγονός ότι οι πιέσεις του νερού αυξάνουν το αδιαπέρατο της μάζας (Sheng-Hong, 2015: 397-496).
- **Αντηριδωτά Φράγματα:** Τα αντηριδωτά φράγματα προκύπτουν από τα διάκενα φράγματα βαρύτητας με προοδευτική αύξηση των κενών. Αποτελούνται από δύο μέρη: α) ένα λεπτό τοίχωμα, επίπεδο ή καμπύλο με μικρό βάρος, β) τις αντηρίδες με διεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα του ρέματος, οι οποίες παραλαμβάνουν τις δυνάμεις από το τοίχωμα και τις μεταφέρουν στο έδαφος. Έτσι ο όγκος του φράγματος μπορεί να φτάσει το 1/6 του όγκου του φράγματος βαρύτητας. Το βάρος είναι μικρό και αμελητέο. Για επίπεδο τοίχιο προβλέπονται αρμοί διαστολής, ενώ όταν είναι θολωτό, οι αρμοί δεν κρίνονται απαραίτητοι. Το πάχος του τοιχίου αυξάνεται με το βάθος και συνεχίζεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τον υγιή βράχο. Πέραν αυτού γίνονται τσιμεντοενέσεις. Στο αντηριδωτό φράγμα δεν κατασκευάζεται δίκτυο

στραγγιστήρων, διότι η πιθανή διήθηση δε δημιουργεί υποπιέσεις, αφού αναβλύζει ελεύθερα στην επιφάνεια εδάφους και δεν μπορεί να προκαλέσει δυνάμεις άνωσης κάτω από το φράγμα. Ως πλεονεκτήματα αυτών των φραγμάτων είναι: το αμελητέο βάρος κατασκευής και η ανεξάρτητη θεμελίωση τοιχίου και αντηρίδας. Επίσης, είναι οικονομικότερα λόγω ελαφριάς κατασκευής και λόγω επαναλαμβανόμενης χρήσης του ξυλότυπου σε όλα τα ανοίγματα. Γενικότερα, για μεγάλα μήκη φραγμάτων, τα οποία έχουν χαμηλό ύψος, καλύτερη λύση θεωρείται η κατασκευή αντηριδωτού φράγματος (Τσόγκας, 1990: 80).

- **Χωμάτινα φράγματα:** Τα χωμάτινα φράγματα κατασκευάζονται από γαιώδη υλικά που διατηρούν τα χαρακτηριστικά τους. Αντλούν την αντοχή τους από την τοποθέτηση του συντελεστή εσωτερικής τριβής και τη συνάφειά τους. Παρ' όλη την συμπύκνωσή τους αφήνουν κενά ανάμεσα στους κόκκους. Σε αντίθεση με τα υλικά σκυροδέματος που συσσωματώνονται σε μία ενιαία σκληρή μάζα χωρίς παραμορφώσεις, τα γαιώδη υλικά συνιστούν μία εύπλαστη και εύκαμπτη μάζα που μπορεί να έχει ελαφριές υποχωρήσεις στο έδαφος, στο οποίο θεμελιώνεται, χωρίς κίνδυνο καταστροφής. Η κατασκευή γίνεται με διάστρωση κατ' επάλληλες στρώσεις συγκεκριμένου πάχους, που συμπυκνώνονται με μηχανικά μέσα. Το υλικό που χρησιμοποιείται, εκσκάπτεται από δανειοθαλάμους, κατάλληλους για την ποιότητα υλικού για την κατασκευή (Sheng-Hong, 2015: 600).
- **Λιθόρριπτα φράγματα:** Ως λιθόρριπτο χαρακτηρίζεται ένα φράγμα του οποίου τα σώματα στήριξης αποτελούνται από κομμάτια βράχων και κροκάλες. Η εφαρμογή τους ξεκίνησε το 1950, διότι το κόστος εξόρυξης, μεταφοράς, τοποθέτησης μεγάλων ποσοτήτων βραχωδών προϊόντων ήταν αντιοικονομικό. Η αλματώδης αύξηση στις αρχές της δεκαετίας του 1960 οφείλεται στην σημαντική εξέλιξη των χωματοουργικών μηχανημάτων, που μείωσε το κόστος κατασκευής. Τα λιθόρριπτα φράγματα είναι πιο οικονομικά όταν: α) υπάρχουν διαθέσιμες μεγάλες ποσότητες βραχωδών υλικών, είτε αυτούσιες, είτε ως προϊόντα εκσκαφών τμημάτων του έργου, β) το κλίμα είναι εξαιρετικά υγρό και η τοποθέτηση και συμπύκνωση του γαιώδους υλικού περιορίζεται σε λίγες μόνο μέρες το χρόνο, γ) υπάρχει περίπτωση μελλοντικής υπερύψωσης του φράγματος. Άλλα πλεονεκτήματα είναι ότι η κατασκευή τους συνεχίζεται και τους χειμερινούς μήνες, η κατασκευή τσιμεντοενέσεων είναι ανεξάρτητη της

κατασκευής της λιθορριπής, και το γεγονός ότι η διήθηση μέσα στο σώμα του φράγματος δε δημιουργεί σοβαρά προβλήματα σχεδιασμού (Lemos, 2008).

## **2.8 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις - Περιβαλλοντική Προστασία**

Η περιβαλλοντική προστασία στηρίζεται στις αρχές αποκατάστασης, καταστολής και αποτροπής, και φυσικά στην αρχή της πρόληψης. Με την οδηγία 85/337/ΕΟΚ (Οδηγία ΜΠΕ) του Συμβουλίου της 27ης Ιουνίου 1985 θεσμοθετήθηκε η Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΕΠΕ) που αποτελεί τμήμα του σχεδιασμού έργων και δραστηριοτήτων αλλά και εργαλείο στη λήψη αποφάσεων για την αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων. Σύμφωνα με αυτή, μεγάλα έργα που έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον πρέπει να υποβάλλονται σε περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση. Ωστόσο, η εκτίμηση αυτή γίνεται σε ένα στάδιο όπου συχνά, οι δυνατότητες να λάβουν χώρα σημαντικές αλλαγές είναι περιορισμένες. Οι αποφάσεις όσον αφορά στην τοποθεσία ενός έργου, ή στην επιλογή εναλλακτικών λύσεων, μπορεί να έχουν ληφθεί ήδη στο πλαίσιο σχεδίων για έναν ολόκληρο τομέα, ή μία γεωγραφική περιοχή (<http://www.ypeka.gr>).

Με βάση τα ανωτέρω, είναι προφανές ότι κάθε επέμβαση στο περιβάλλον από την κατασκευή ενός φράγματος ή μίας λιμνοδεξαμενής, προκαλεί κατά τη διάρκεια κατασκευής και λειτουργίας αλλαγές στο περιβάλλον, λόγω των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή - αλλαγές που είναι ευμενείς ή δυσμενείς, έμμεσες ή άμεσες, βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες - και για τον λόγο αυτό απαιτείται τα έργα αυτά να έχουν λάβει αδειοδότηση πριν την κατασκευή τους. Αυτό, όμως, δεν έχει συμβεί σε όλα τα έργα, ιδίως σε εκείνα που κατασκευάστηκαν πριν την νομοθεσία για την περιβαλλοντική προστασία. Βέβαια, ορισμένες ανεπιθύμητες ενέργειες κατά την κατασκευή ενός φράγματος είναι εύκολο να μετριαστούν και μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής. Από το 1980 τα έργα φραγμάτων σχεδιάζονται έτσι ώστε οι όποιες δυσμενείς επιπτώσεις να μη συμβούν όταν το νερό απελευθερώνεται από το φράγμα. Υπάρχουν θύρες σε διάφορα επίπεδα έτσι ώστε το νερό να μπορεί να απελευθερωθεί από το ανώτερο στρώμα της δεξαμενής. Ωστόσο, δεν είναι δυνατόν όλες οι ανεπιθύμητες ενέργειες να εξαλειφθούν. Η κατασκευή τέτοιου είδους έργων αλλάζει για πάντα τη ροή ενός ποταμού. Οι πλημμύρες που μειώνονται μετά την κατασκευή

φραγμάτων είναι επιζήμιες για τους ανθρώπους και τις περιουσίες τους, αλλά μπορεί να είναι απαραίτητες στον κύκλο ζωής ορισμένων ειδών δένδρων, ψαριών ή πουλιών. Το φαινόμενο μπορεί να μετριαστεί έπειτα από οργανωμένη απελευθέρωση του νερού από το φράγμα σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους, προκειμένου να υπάρξει μίμηση των πλημμυρών που εμφανίζονταν πριν από την κατασκευή του φράγματος (Aly, 2005).

### **2.8.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις έργων φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών**

Οι κυριότερες επιπτώσεις που εμφανίζονται από την κατασκευή φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών είναι στα φυτά και στο ζωικό βασίλειο της περιοχής, ωστόσο θα ήταν λάθος να υποτεθεί ότι όλα τα έργα αυτού του τύπου έχουν αναγκαστικά παρόμοιες επιπτώσεις στο περιβάλλον (Frémion, et al., 2016). Οι συχνότερες επιπτώσεις έχουν σχέση με: α) τη δημιουργία χώρων αναψυχής και την ταυτόχρονη ανάπτυξη τουριστικών προορισμών, β) τη δημιουργία υγροτόπων και ανάπτυξη οικοσυστημάτων, γ) την αλλαγή στο δέλτα της ακτογραμμής λόγω μείωσης των φερτών υλικών από την εκβολή του ποταμού, ε) την ανύψωση του υδροφόρου ορίζοντα και την αλατοποίηση του εδάφους, και στ) την αλλαγή στο μικροκλίμα, λόγω αλλαγής στη διεύθυνση των ανέμων και στο βροχομετρικό ύψος της περιοχής (Dong, et al., 2016).

- Πλεονεκτήματα: Αποταμίευση ύδατος, εμπλουτισμός υδροφορέων, δημιουργία νέων υγροτόπων, προστασία από τις πλημμύρες, παραγωγή φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας, έλλειψη ρύπανσης περιβάλλοντος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ανάπτυξη ιχθυοκαλλιεργειών (Abdulaziz, et al., 1989).
- Μειονεκτήματα: Αλλοίωση του τοπίου από την ογκώδη κατασκευή (για τα φράγματα). Δημιουργία προβλημάτων στην χλωρίδα και την πανίδα λόγω των αυξομειώσεων της υδατικής ροής, λόγω μετατροπής του συστήματος από ποτάμιο σε λιμναίο και λόγω μεταφοράς φερτών υλικών. Πιθανές κατολισθήσεις. Αλλαγή μικροκλίματος της περιοχής. Ενδεχόμενος κίνδυνος αύξησης σεισμών στην περιοχή, λόγω επιβάρυνσης του γήινου φλοιού. Αναγκαστικές μετακινήσεις ολόκληρων οικισμών (Frantzeskaki, et al., 2016).

Στην συνέχεια θα αναφερθούν αναλυτικότερα οι επιπτώσεις από την κατασκευή και τη λειτουργία έργων φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών. Ειδικά για τα έργα λιμνοδεξαμενών υπάρχει και το στάδιο της πλήρωσης της λιμνοδεξαμενής. Τότε ξεκινά η επίδραση του υδροφόρου ορίζοντα κατάντη, η οποία συνεχίζεται και στο στάδιο λειτουργίας.

- **Στάδιο κατασκευής:** Δεν υπάρχουν συνήθως ωφέλιμες επιπτώσεις. Ως μόνη ωφέλιμη επίπτωση θα μπορούσε να θεωρηθεί η αύξηση της τοπικής απασχόλησης, η οποία έχει σχέση με το κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον. Οι δυσμενείς επιπτώσεις είναι οι εξής:

Επίδραση στη ατμόσφαιρα: Πρόκειται για εκπομπή καυσαερίων και σκόνης από το εργοτάξιο. Είναι άμεση και βραχυπρόθεσμη επίπτωση, η οποία δεν υποβιβάζει την ποιότητα της ατμόσφαιρας για πάντα. Οι γειτονικές κατοικημένες περιοχές επηρεάζονται από την αιωρούμενη σκόνη. Ωστόσο, τα μέτρα πρόληψης συνίστανται στον περιορισμό κατά το δυνατό με συχνή διαβροχή του εργοταξίου και με κάλυψη των φορτηγών μεταφοράς.

Θόρυβος: Η αύξηση θορύβου δημιουργείται από τη λειτουργία των μηχανημάτων εργοταξίου και επιδρά στο ανθρωπογενές περιβάλλον μόνο όταν το έργο κατασκευάζεται κοντά σε κατοικημένη περιοχή, μάλλον σπάνια περίπτωση. Η όχληση που προκαλείται προέρχεται από τη μεταφορά μεγάλων φορτηγών, λόγω διακίνησης υλικών.

Αλλοίωση της αισθητικής του τοπίου: Μπορεί να προκληθεί από μετακινήσεις γαιών κατά το στάδιο της κατασκευής. Ο όγκος των χωματισμών θα πρέπει να τοποθετείται προσωρινά σε σημεία που δεν επηρεάζουν τη θέα και προσβάλλουν ελάχιστα την αισθητική του περιβάλλοντος. Η αλλαγή του τοπίου μπορεί να αποτελέσει άμεση, αλλά ακόμα και μακροπρόθεσμη επίπτωση στο περιβάλλον. Άλλη αλλοίωση της αισθητικής αποτελεί η απόρριψη απορριμμάτων γύρω από τα εργοτάξια, που συχνά γίνεται πόλος έλξης για εξωγενείς απορρίψεις από τους κατοίκους της γύρω περιοχής. Αποτελεί άμεση και βραχυπρόθεσμη επίπτωση (Kekena, et al., 2015).

- **Στάδιο της λειτουργίας:** Οι επιπτώσεις εκδηλώνονται στο έδαφος που αποτελεί το μέσο στο οποίο επιδρά το έργο. Μακροσκοπικά οι θετικές επιπτώσεις ισορροπούν με τις αρνητικές. Ειδικότερα:

Αισθητική του τοπίου: Θετικά λειτουργεί η φύτευση των εξωτερικών πρανών του αναχώματος. Για τις περιπτώσεις έργων λιμνοδεξαμενών, αρνητικό είναι το αποτέλεσμα της εμφάνισης της μεμβράνης στα εσωτερικά πρανή όταν η λιμνοδεξαμενή είναι άδεια.

Επίδραση στην ατμόσφαιρα: Η μακροπρόθεσμη λειτουργία των έργων επιδρά θετικά στην ατμόσφαιρα, διότι αυξάνεται η υγρασία στην περιοχή, που γενικά συντελεί στην ανάπτυξη της παρόχθιας βλάστησης. Ενδέχεται να λειτουργήσει

αρνητικά στην περίπτωση που το έργο έχει κατασκευαστεί κοντά σε κατοικημένη περιοχή.

Χρήση γης: Το έργο θα προκαλέσει αλλαγές στη χρήση γης της περιοχής, επιδρώντας στο ανθρωπογενές περιβάλλον θα βελτιώσει άμεσα τις συνθήκες γεωργίας μέσω αρδεύσεων, γεγονός που θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη εκμετάλλευση των γύρω εκτάσεων, και σε αύξηση του εργατικού δυναμικού (Duduzile, 2007).

Επίδραση στο οικοσύστημα: Η αποθήκευση ποσότητας νερού λειτουργεί ως θερμοσυσσωρευτής εξομαλύνοντας τις θερμοκρασιακές μεταβολές και επηρεάζοντας το μικροκλίμα. Το νερό θα αποτελέσει πόλο έλξης για τα αποδημητικά ή μη πουλιά, και θα διαφοροποιήσει την πανίδα προσελκύοντας διάφορα είδη ζώων. Η παύση τροφοδότησης της κατάντη περιοχής συνεπάγεται ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα, άρα και υποβάθμιση των λιγότερο βαθύριζων φυτών με μονιμοποίηση αλλαγών στη χλωρίδα (Braga, et al., 1998).

Αντιμετώπιση πυρκαγιών: Τα έργα φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αντιμετώπιση των πυρκαγιών ακόμα και ως πηγή άμεσης τροφοδοσίας με απόληψη νερού μέσω ελικοπτέρων.

Υδρευση: Ένα φράγμα ή μία λιμνοδεξαμενή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για υδρευτικούς λόγους, εφόσον εξασφαλιστεί και ελέγχεται συνεχώς η ποιότητα του συλλεγμένου νερού.

Πιέσεις στο έδαφος: Η πλήρωση του φράγματος και της λιμνοδεξαμενής μπορεί να επιφέρει καθιζήσεις στο έδαφος και διατάραξη της ισορροπίας των πρανών. Η γεωτεχνική μελέτη αναμένεται ότι θα έχει προσδιορίσει τέτοιου είδους φαινόμενα, προκειμένου να αντιμετωπιστούν κατά την κατασκευή και να αποφευχθούν κατά τη λειτουργία

Διασκέδαση και Οικοτουρισμός: Περιμετρικά των έργων μπορούν να δημιουργηθούν κίνητρα για νέα είδη διασκέδασης, αλλά αυτό μπορεί να αποτελέσει αρνητική επίπτωση, λόγω της υποβάθμισης του οικοσυστήματος και κατ' επέκταση της στέρησης ή μείωσης του οικοτουρισμού (Joji and Nario, 2004).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω στοιχεία, πριν την κατασκευή μεγάλων έργων επιβάλλεται να γίνεται εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και να εφαρμόζεται η ισχύουσα νομοθεσία. Σύμφωνα με τις Οδηγίες της ΕΕ κάθε νέα ανάπτυξη, που

σχετίζεται με τα υδατικά συστήματα, όπως η κατασκευή φραγμάτων, λιμνοδεξαμενών, ή άλλου έργου ενίσχυσης υδατικού δυναμικού, απαιτεί ευρύ φάσμα πληροφοριών και γνώσεων και προσεκτική μεθοδολογική προσέγγιση, ώστε η κατασκευή του να μην παραβιάζει τις Οδηγίες (Barreira, 2004).

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά παρενέβη με καθοριστικό τρόπο στο μοντέλο ανάπτυξης της κάθε χώρας, συνδυάζοντας τα περιβαλλοντικά κριτήρια με τα οικονομικά και κοινωνικά εργαλεία, και στη διαδικασία αδειοδότησης και υλοποίησης κάθε έργου ή/και παρέμβασης που σχετίζεται με τους υδατικούς πόρους. Νέα φράγματα δεν μπορούν να αποκλειστούν εκ προοιμίου, ωστόσο, λόγω της Οδηγίας είναι αναμενόμενη η αύξηση του χρονικού ορίζοντα και του κόστους σχεδιασμού και υλοποίησης νέων έργων φραγμάτων. Όμως μόνο η σωστή εφαρμογή της ΟΠΥ μπορεί να διασφαλίσει το εφικτό των έργων αυτών (EC, 2001).

Για την περιβαλλοντική προστασία το κενό και την έλλειψη νομοθεσίας των παρελθόντων ετών ήρθε να καλύψει αργότερα και η Οδηγία 2001/42/ΕΚ (Οδηγία ΣΠΕ) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, που είναι σχετική με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων (ή οδηγία ΣΠΕ).

Στην Ελλάδα, η διαδικασία ΣΠΕ θεσπίστηκε με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) με α.π. ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΠΕ/οικ.107017/28.8.2006 για την «εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας», και υποχρεώνει στη σύνταξη Στρατηγικών Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, αποβλέποντας σε ευρείας κλίμακας περιβαλλοντικό σχεδιασμό για μεγάλα έργα και δραστηριότητες, όπως διαχείριση φυσικών πόρων, χωροταξικό σχεδιασμό, σχεδιασμό και διαχείριση έργων υποδομής κ.α. Για τα έργα διαχείρισης υδατικών πόρων, η Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων αξιολογεί τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εφαρμογή των Σχεδίων Διαχείρισης σε κάθε Διαμέρισμα, αναλύοντας τη σκοπιμότητα των Σχεδίων Διαχείρισης, και αξιολογώντας εναλλακτικά σενάρια λύσεων στα ζητήματα διαχείρισης νερού (<http://www.ypeka.gr>).

Επίσης, όλη η αναλυτική διαδικασία αιτιολόγησης ενός νέου έργου είναι υποχρεωτικό να περιλαμβάνεται στο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού, το οποίο

τίθεται στη διάθεση του κοινού για διαβούλευση. Επίσης, η Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων περιλαμβάνει ενδελεχή αναφορά στη συνάφεια μεταξύ της προτεινόμενης τροποποίησης/δραστηριότητας και των υφιστάμενων κοινοτικών, εθνικών και τοπικών βιώσιμων σχεδίων, κλπ (Kampra and Hansen, 2004).

Για πρώτη φορά τα Σχέδια Διαχείρισης υδατικών πόρων αξιολογούνται περιβαλλοντικά σε στρατηγικό επίπεδο, διαμορφώνοντας τις αναγκαίες συνθήκες για ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον σχεδιασμό σε αρχικό στάδιο. Η Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων αποτελεί σημαντικό υποστηρικτικό εργαλείο, προληπτικού χαρακτήρα, που έχει ως στόχο την επέκταση της διάστασης της προστασίας του περιβάλλοντος, αλλά και τη συμμετοχή των ενδιαφερόμενων πολιτών και του κράτους, σε συμμετοχικές διαδικασίες ανώτερου επιπέδου. Στην πράξη, η ΣΜΠΕ είναι μια διαδικασία, που στοχεύει στην εισαγωγή της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης, και της περιβαλλοντικής διάστασης πριν την υιοθέτηση σχεδίων και προγραμμάτων με την θέσπιση των απαραίτητων διαδικασιών για την αξιολόγηση και εκτίμηση των επιπτώσεων. Έτσι, όταν οι αρχικές αποφάσεις στηρίζονται από στρατηγικές που έχουν θεμελιωθεί με βάση το περιβαλλοντικό κριτήριο, οι επόμενες αποφάσεις θα είναι περιβαλλοντικά αποδεκτές, ενισχύοντας την πιθανότητα για ανάπτυξη και προστασία του περιβάλλοντος στο πλαίσιο υλοποίησης σχεδίων και προγραμμάτων (<http://www.ypeka.gr>).

Οι περιβαλλοντικές μελέτες αποτελούν πλέον αναπόσπαστο στοιχείο των μελετών κατασκευής έργων, έχοντας ως σκοπό να περιγράψουν την κατασκευή και λειτουργία του μελλοντικού έργου λεπτομερώς. Επίσης, αναλύουν την υφιστάμενη κατάσταση του περιβάλλοντος πριν αυτό επηρεαστεί από το νέο έργο. Προβλέπουν, εκτιμούν και αξιολογούν τις επιπτώσεις, προτείνουν εναλλακτικές λύσεις, η επισημαίνουν τις λιγότερο επιβαρυντικές (Katorodis and Aadland, 2006).

## **2.9 Συμπεράσματα**

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα όσα αναφέρθηκαν ανωτέρω για τις τεχνικές ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού μίας περιοχής, σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες του Νομού Βοιωτίας, και πιο συγκεκριμένα το γεγονός ότι ο Νομός αυτός έχει υποστεί τα τελευταία χρόνια μεγάλη υποβάθμιση των υδατικών του συστημάτων, λόγω ποικίλων

ακατάλληλων ανθρώπινων επεμβάσεων και δραστηριοτήτων, κρίνεται σκόπιμο να προταθεί η καταλληλότερη μέθοδος για την ενίσχυση του υδατικού του δυναμικού.

Σχετικά με την τιμολόγηση του νερού, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις μοναδιαίου κόστους ύδατος υπηρεσιών ύδρευσης – αποχέτευσης και άρδευσης, και με την εκτίμηση επιπέδου ανάκτησης κόστους, βάσει προτεινόμενων σχεδίων διαχείρισης, για την Ανατολική Στερεά Ελλάδα (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015) προκύπτουν τα εξής:

Πίνακας 2.3: Ύδρευση,  
(<http://www.ypeka.gr>)

Χρηματοοικονομικό κόστος ύδρευσης	0,979
Περιβαλλοντικό κόστος ύδρευσης	0,255
Κόστος πόρου ύδρευσης	Περιλαμβάνεται στο περιβαλλοντικό
Συνολικό κόστος ύδρευσης	1,234
Ανάκτηση κόστους ύδρευσης X/K	88,3%
Ανάκτηση κόστους ύδρευσης Σύνολο	75,8%

Πίνακας 2.4: Άρδευση,  
(<http://www.ypeka.gr>)

Χρηματοοικονομικό κόστος άρδευσης	0,003
Περιβαλλοντικό κόστος άρδευσης	0,004
Κόστος πόρου άρδευσης	Περιλαμβάνεται στο περιβαλλοντικό
Συνολικό κόστος άρδευσης	0,007
Ανάκτηση κόστους άρδευσης X/K	51,4%
Ανάκτηση κόστους άρδευσης Σύνολο	24%

Σύμφωνα με τα ανωτέρω στοιχεία, θα πρέπει να λάβουν χώρα ενέργειες για μία πιο ορθολογική τιμολογιακή πολιτική, οι οποίες περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων:

- α) την εντατικοποίηση της είσπραξης των οφειλών των πολιτών
- β) την ανάκτηση του κόστους ξεχωριστά για την ύδρευση, την αποχέτευση και την άρδευση
- γ) το εξορθολογισμό των χρεώσεων
- δ) την επιβολή τελών χρήσης ιδιωτικών γεωτρήσεων για τις περιπτώσεις υπεραντλήσεων
- ε) την εύρεση των πηγών ρύπανσης για την ανάκτηση του περιβαλλοντικού κόστους

Η Αφαλάτωση είναι μία ιδιαίτερα ακριβή μέθοδος, η οποία εφαρμόζεται ως επί τω πλείστον για ύδρευση στις νησιωτικές περιοχές - κάτι που δεν ισχύει στην προκειμένη περίπτωση - και για τον λόγο αυτό δεν προτείνεται ως η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος. Εξάλλου, ο Νομός Βοιωτίας είναι μια περιοχή με μεγάλη βιομηχανική ανάπτυξη και έντονες γεωργικές δραστηριότητες, που απαιτούν την εξασφάλιση διαθεσιμότητας μεγάλου υδατικού δυναμικού που θα στηρίξει τις απαιτήσεις των καλλιεργειών. Ως εκ τούτου, έχει ανάγκη μεγάλων ποσοτήτων για άρδευση - που για τη δραστηριότητα αυτή δεν ενδείκνυται η αφαλάτωση - και όχι για ύδρευση, και αν και έχει ελλειμματικό ισοζύγιο ως προς τις ποσότητες υδάτων του, ωστόσο δεν αποτελεί έναν Νομό που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης ως προς τον τομέα της ύδρευσης. Επιπλέον πρόκειται για ένα νομό που έχει σημαντικές επιφανειακές απορροές μέσω υδατορεμάτων, που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν με την κατασκευή κατάλληλων έργων αποθήκευσης - συγκράτησης νερού.

Αντίθετα, θα μπορούσε να τονιστεί ότι ο συγκεκριμένος Νομός διακρίνεται από παντελή έλλειψη αποθήκευσης των υδάτων του, διότι όπως προκύπτει από το αρχείο της Ελληνικής Επιτροπής Μεγάλων Φραγμάτων (ΕΕΜΦ, 2013), στον Νομό Βοιωτίας μέχρι και το έτος 2013 δεν έχει κατασκευαστεί κανένα φράγμα ή λιμνοδεξαμενή, τα οποία θα μπορούσαν να αποθηκεύσουν αρκετές από τις ποσότητες των υδάτων του που προέρχονται από τις πηγές και τα ποτάμια που κατεβαίνουν από τους ορεινούς όγκους. Οι ποσότητες αυτές θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν με κατάλληλα έργα αποθήκευσης - συγκράτησης νερού, για ύδρευση, άρδευση, για εμπλουτισμό των κοντινών γεωτρήσεων, για αντιπλημμυρική προστασία κλπ.

Συνεπώς από τα όσα αναφέρθηκαν, οι δημόσιοι φορείς που ελέγχουν τα θέματα διαχείρισης υδάτων του Νομού Βοιωτίας θα πρέπει να μεριμνήσουν για μία πιο ορθολογική τιμολογιακή πολιτική, σε συμμόρφωση με τις επιταγές της νέας νομοθεσίας. Επίσης, θα πρέπει να μεριμνήσουν για την κατασκευή έργων συγκράτησης νερού, προκειμένου να είναι σε θέση να αποθηκεύουν τα ύδατα του Νομού.

Έτσι, προτείνεται η κατασκευή φραγμάτων ως η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού του Νομού Βοιωτίας, η οποία θα εξεταστεί λεπτομερώς στο κεφάλαιο που ακολουθεί, για τις πιο κατάλληλες θέσεις χωροθέτησης, κάνοντας χρήση

ενός προγράμματος GIS ανοικτού κώδικα. Η αποθήκευση νερού μέσω της κατασκευής φράγματος, πέραν της προοπτικής εξασφάλισης των αναγκαίων ποσοτήτων νερού για την άρδευση των ήδη καλλιεργούμενων γεωργικών εκτάσεων, μπορεί να δώσει νέα ώθηση ανάπτυξης με αύξηση των αρδευόμενων περιοχών. Ταυτόχρονα, με σωστή διαχείριση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού και λεπτομερή μελέτη των υδρογεωλογικών στοιχείων της περιοχής, θα μπορούσαν να αναζητηθούν περιοχές κατάλληλες για υπόγεια αποθήκευση νερού μέσω του τεχνητού εμπλουτισμού, κατά τις περιόδους περίσσειας (χειμερινούς μήνες), ώστε τα οφέλη μιας τέτοιας κατασκευής να αξιοποιηθούν στο μέγιστο.

Η κατασκευή φράγματος προτείνεται ως βέλτιστη λύση, χωρίς βέβαια να αποκλείεται και η κατασκευή λιμνοδεξαμενών, διότι οι απαιτήσεις της περιοχής είναι τόσο μεγάλες, λόγω της έντονης γεωργικής και βιομηχανικής δραστηριότητας, που μόνο η κατασκευή φράγματος θα μπορούσε να εξασφαλίσει τέτοιες ποσότητες. Η επιλογή έργων λιμνοδεξαμενών θα απαιτούσε την κατασκευή περισσότερων από μία σε διάφορες θέσεις, καθόσον πρόκειται για ταμειυτήρες μικρών δυνατοτήτων, γεγονός που θα καθιστούσε την διαδικασία της έρευνας αλλά και της κατασκευής πιο δύσκολη και χρονοβόρα.

Επιπρόσθετα της όποιας κατασκευής έργου για τη συλλογή και αποθήκευση νερού θα πρέπει πάντα να δίνονται κίνητρα στους χρήστες νερού για την υιοθέτηση κανόνων και πρακτικών εξοικονόμησης νερού και δεν θα πρέπει να υποβαθμίζεται η σημαντικότητα της σωστής διαχείρισης των διαθέσιμων πόρων νερού.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

Προκειμένου να ελεγχθεί και να αξιολογηθεί το υδατικό δυναμικό του Νομού Βοιωτίας, καθώς και οι τρόποι ενίσχυσής του, θα λάβει χώρα η μεθοδολογία, η οποία είναι απαραίτητη για μία πιο ολοκληρωμένη παρουσίαση της περιοχής μελέτης. Αυτή περιλαμβάνει την συλλογή στοιχείων από δημόσιους οργανισμούς που έχουν την αρμοδιότητα της χρήσης και της διαχείρισης υδατικών πόρων, καθώς και από οργανισμούς που έχουν στοιχεία για το υπέδαφος της περιοχής. Για τη διερεύνηση των ανωτέρω θα συνταχθούν χάρτες διαφόρων χρήσεων και θα τεθούν χωρικά ερωτήματα, μέσω της χρήσης του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ανοικτού κώδικα, QGIS.

### 3.1 Εισαγωγή

Στα πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής αναλύθηκε, γενικά, το θέμα της διαχείρισης των υδατικών πόρων στον ελληνικό χώρο, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Έγινε μία ανασκόπηση στο σύνολο του ελληνικού χώρου για τη διαθεσιμότητα των υδάτων, αλλά και των προβλημάτων που συσχετίζονται με την σημερινή υποβαθμισμένη ποιότητα του υδατικού δυναμικού. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει πλέον αντιληπτό ότι υπάρχει αδήριτη ανάγκη για υλοποίηση νέων σχεδίων πιο ολοκληρωμένης και ορθολογικής διαχείρισης των υδάτων, και για τον λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητο να αναφερθούν οι σημερινές εφαρμοζόμενες τεχνολογίες για τις μεθόδους ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού μίας περιοχής, οι οποίες συνίστανται στην μέθοδο της κατασκευής φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών, του τεχνητού εμπλουτισμού και της αφαλάτωσης.

Εν συνεχεία, στο δεύτερο κεφάλαιο, έγινε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση και αναφορά για το θέμα της ποιότητας των υδάτων, πιο συγκεκριμένα, επιλέγοντας ως περιοχή μελέτης τον Νομό Βοιωτίας. Προέκυψε ότι ο συγκεκριμένος Νομός έχει δεχτεί τα τελευταία χρόνια πολλές πιέσεις στους υδατικούς του πόρους, διότι χαρακτηρίζεται

από την ύπαρξη έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας, από πολλές εντατικές καλλιέργειες και από κτηνοτροφικές δραστηριότητες, γεγονός που έχει οδηγήσει σε υποβάθμιση του υδατικού δυναμικού του.

Με βάση τα παραπάνω, στο παρόν κεφάλαιο θα λάβει χώρα σε πιο πρακτικό επίπεδο ο έλεγχος, η επεξεργασία και η ανάλυση χωρικών δεδομένων στα όρια του Νομού Βοιωτίας, προκειμένου να διερευνηθεί το υδατικό δυναμικό και οι δυνατότητες ενίσχυσης της περιοχής μελέτης. Στα πλαίσια αυτά, θα προσδιοριστούν οι δυνατότητες ενίσχυσης της περιοχής, και θα διερευνηθούν οι δυνατές θέσεις κατασκευής έργων συγκράτησης του νερού, δηλαδή κατασκευής έργων φραγμάτων. Αυτή η διαδικασία θα λάβει χώρα με τη χρήση ψηφιακών και γεωγραφικών δεδομένων (ΨΥΜΕ, δορυφορικές εικόνες, χάρτες καλύψεων γης κ.ά.), σε συνδυασμό με τεχνικές γεωγραφικής ανάλυσης σε περιβάλλον Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ανοικτού κώδικα.

## 3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Το αρχικό και βασικό ερευνητικό ερώτημα της παρούσας διπλωματικής είναι ο έλεγχος του υδατικού δυναμικού του Νομού Βοιωτίας και ο τρόπος ενίσχυσης αυτού - τουλάχιστον ποσοτικά - με επιλεγμένη μέθοδο εκείνη της κατασκευής φραγμάτων. Θα διερευνηθούν, δηλαδή, σε όλο τον Νομό, οι δυνατές και καλύτερες θέσεις κατασκευής φραγμάτων. Επιπλέον, κάποια άλλα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

- Προκειμένου να γίνει η πρακτική διερεύνηση για την περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής θα πρέπει να συγκεντρωθούν ποικίλα και απαραίτητα δεδομένα, τα οποία συνήθως είναι περιορισμένης διάθεσης, αφού δεν είναι εύκολα αντλήσιμα από το διαδίκτυο, και μπορούν να διατεθούν μόνο από δημόσιους φορείς και υπηρεσίες. Η έρευνα δεδομένων για τον Νομό Βοιωτίας, περιλαμβάνει χάρτες, οι οποίοι μπορεί να σχετίζονται με την εξέλιξη του υδατικού του δυναμικού, και μπορεί να είναι: γεωλογικοί, σεισμοτεκτονικοί, υδρολογικοί χάρτες, χάρτες χρήσεων γης, κλπ, και μπορούν να χορηγηθούν από τις αρμόδιες υπηρεσίες του κράτους.
- Ο τρόπος που θα λάβει χώρα η επεξεργασία των δεδομένων και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Μετά από έρευνα κρίθηκε ότι ο καταλληλότερος τρόπος για την σύνταξη της παρούσας εργασίας είναι η χρήση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ανοικτού κώδικα, και στην προκειμένη περίπτωση

επιλέγεται να γίνει αυτή μέσω της χρήσης του QGIS, το οποίο είναι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ανοικτού κώδικα.

### 3.3 Στόχοι

Οι βασικοί στόχοι της παρούσας διπλωματικής μπορούν να αναλυθούν πιο κάτω:

- Τα δεδομένα που θα αναζητηθούν για το υδατικό δυναμικό της περιοχής μελέτης από τους αρμόδιους δημόσιους φορείς, θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών QGIS, μέσω γεωαναφοράς, προκειμένου να ενταχθούν σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς, και εν προκειμένω στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ '87.
- Η επεξεργασία θα συνεχιστεί με την ένταξη υψομετρικών δεδομένων, θεματικών χαρτών και χαρτών καλύψεων γης στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών QGIS, προκειμένου να ελεγχθούν οι χρήσεις γης στον Νομό, και να συνδεθούν όλα τα δεδομένα μεταξύ τους.
- Από πλευράς τεχνικού επιπέδου θα γίνουν οι εξής ενέργειες: Έχοντας ως σημείο αναφοράς τους αρχικούς χάρτες, θα δημιουργηθούν παράγωγοι χάρτες με τη χρήση του QGIS, οι οποίοι θα συνδέουν τα υδρολογικά, τα γεωλογικά, τα υψομετρικά και τα υδρολιθολογικά στοιχεία μεταξύ τους, και θα τεθούν και γεωχωρικά ερωτήματα για την καλύτερη κατανόηση της ιδιομορφίας της περιοχής.
- Τέλος, θα γίνει προσπάθεια διερεύνησης για τις καλύτερες θέσεις κατασκευής φραγμάτων προκειμένου να ενισχυθεί το υδατικό δυναμικό στην επιλεγμένη περιοχή μελέτης, και από αυτές που θα επιλεγθούν, θα κριθεί ποιά πληροί τις καλύτερες προδιαγραφές για κατασκευή ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού.

### 3.4 Νομός Βοιωτίας

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναφέρθηκαν αρκετά στοιχεία για τον Νομό Βοιωτίας, τα οποία έχουν σχέση με την γεωμορφολογία, την υδρολογία και τις χρήσεις γης της περιοχής. Στο παρόν κεφάλαιο κρίνεται απαραίτητο να αναφερθούν στοιχεία που έχουν σχέση με το τοπογραφικό υπόβαθρο, καθώς αυτό είναι ένα από τα πιο απαραίτητα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Έτσι, αναφέρεται ότι, ο Νομός Βοιωτίας συνορεύει περιμετρικά με τους Νομούς: Φωκίδος, Φθιώτιδος, Ευβοίας και Αττικής. Σύμφωνα με το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ '87 (Ελλειψοειδές GRS80), οι συντεταγμένες στο κέντρο του Νομού, καθώς και οι πιο απομακρυσμένες συντεταγμένες του Νομού στο τέσσερα σημεία του ορίζοντα είναι οι εξής:

Πίνακας 3.1: Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 στον Νομό Βοιωτίας,  
(<http://www.ktimanet.gr>)

	X (ΕΓΣΑ '87)	Y (ΕΓΣΑ '87)
Κέντρο Νομού	418671	4246326
Βόρεια	395930	4272317
Ανατολικά	472796	4233330
Δυτικά	368068	4268993
Νότια	458703	4220619

Επίσης, σύμφωνα με το Παγκόσμιο Σύστημα Αναφοράς, WGS '84, οι ανωτέρω συντεταγμένες ορίζονται ως εξής:

Πίνακας 3.2: Συντεταγμένες WGS '84 στον Νομό Βοιωτίας,  
(<http://www.mygarminsatnav.net/t1647-topic>)

	φ (WGS '84)	λ (WGS '84)
Κέντρο Νομού	38° 24'50''	23° 04'14''
Βόρεια	38° 35'45''	22° 48'23''
Ανατολικά	38° 15'00''	23° 41'26''
Δυτικά	38° 33'43''	22° 29'14''
Νότια	38° 08'06''	23° 31'49''

Η παρούσα εργασία θα πραγματοποιηθεί στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87.

### 3.5 Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Πριν την ανάλυση της διαδικασίας, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί και η μέθοδος συλλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία της διερεύνησης

του υδατικού δυναμικού της περιοχής μελέτης. Προκειμένου να συλλεχθούν τα κατάλληλα στοιχεία, έγινε σε πρώτη φάση έρευνα στο διαδίκτυο για την πιο έγκαιρη άντληση ανοικτών γεωχωρικών δεδομένων. Σημειώνεται εδώ ότι, στα πλαίσια της εφαρμογής της Οδηγίας 2007/2/EC INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) που τέθηκε σε ισχύ το 2007, και η οποία δημιουργεί το νομικό πλαίσιο για την ίδρυση και λειτουργία της υποδομής για τη γεωχωρική πληροφορία και την παροχή πληροφοριών προς το κοινό (internet site of Mapping and Cadastral Organization of Greece), όλες οι Υπηρεσίες της χώρας έχουν την υποχρέωση να δημοσιεύσουν στον Εθνικό Κατάλογο όλα τα γεωχωρικά δεδομένα που υπάρχουν στα αρχεία τους. Με βάση αυτό το γεγονός, πραγματοποιήθηκε έλεγχος του ανωτέρω Εθνικού Καταλόγου γεωχωρικών πόρων της Δημόσιας Διοίκησης, για τον Νομό Βοιωτίας, και για τα έτη αναφοράς 2010-2015. Όπως προέκυψε, οι Υπηρεσίες του Νομού Βοιωτίας δεν έχουν προβεί σε δημοσίευση σημαντικών τέτοιων στοιχείων - ως όφειλαν - με αποτέλεσμα να μην καταστεί δυνατόν να αντληθούν οι απαιτούμενες πληροφορίες. Έτσι, από τον ιστότοπο των γεωχωρικών δεδομένων όλης της Ελλάδας αντλήθηκε ο χάρτης Περιοχών Natura 2000 (<http://geodata.gov.gr>).

Επίσης, από το διαδίκτυο, από τον ίδιο ιστότοπο, αντλήθηκε και ο χάρτης καλύψεων / χρήσεων γης CORINE 2000, για όλη την Ελλάδα, με χωρική διακριτική ικανότητα 100μ., ο οποίος αποτελεί στοιχείο του ευρωπαϊκού οργανισμού περιβάλλοντος, και συνεπώς ένα επίσημο δημόσιο δεδομένο, αφού έχει αναγνωρισθεί από τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (<http://geodata.gov.gr/dataset/corine-2000>). Επίσης, από τον ιστότοπο του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας αντλήθηκε ο χάρτης με τους μεγαλύτερους σεισμούς στην Ελλάδα (<http://www.oasp.gr>).

Σε επόμενη φάση, έγινε αίτηση για χορήγηση των κατάλληλων στοιχείων, στο αρμόδιο Υπουργείο που ασχολείται με τη χρήση των υδάτων στην Ελλάδα, δηλαδή στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Η Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού του συγκεκριμένου Υπουργείου χορήγησε το από Νοεμβρίου 1996 Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικού Δυναμικού της Ελλάδας (Υδρολιθολογικός χάρτης), σε κλίμακα 1:1.000.000, στον οποίο εμφανίζονται: η υδρολιθολογία με τους ποικίλους σχηματισμούς πετρωμάτων, η υδρολογία και οι πηγές, επάνω στο μορφολογικό υπόβαθρο όλης της Ελλάδας. Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκε μόνο απόσπασμα του Νομού Βοιωτίας.

Από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) χορηγήθηκε ο Σεισμοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας, σε κλίμακα 1:500.000, στον οποίο εμφανίζονται τα πετρώματα, η σεισμικότητα, και τα τεκτονικά στοιχεία όλης της Ελλάδας. Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκε κι εδώ μόνο απόσπασμα του Νομού Βοιωτίας.

Εκτός από τις ανωτέρω πηγές, όλα τα υπόλοιπα αρχεία τύπου .shp που ήταν αναγκαίο για την έρευνα να εισαχθούν στο περιβάλλον του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (διοικητική διαίρεση της Ελλάδας, πόλεις, υδρογραφικό δίκτυο, οδικό δίκτυο, λίμνες) αντλήθηκαν από τα αρχεία της ΔΠΠ51, έτους 2014, τα οποία είχαν χορηγηθεί από το ΑΠΚΥ στα πλαίσια σύνταξης της 2<sup>ης</sup> εργασίας «Εφαρμογή χωρικών ερωτημάτων στο QGIS», για την τότε εκπαίδευση στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ανοικτού κώδικα QGIS, το οποίο χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα έρευνα.

### **3.6 Περιγραφή ερευνητικών εργαλείων**

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι δυνατότητες ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού της περιοχής μελέτης, θα έπρεπε να διερευνηθούν οι δυνατές θέσεις κατασκευής έργων συγκράτησης του νερού. Αυτό έλαβε χώρα με τη χρήση ψηφιακών και γεωγραφικών δεδομένων (ΨΥΜΕ, δορυφορικές εικόνες, χάρτες καλύψεων γης κ.ά.), σε συνδυασμό με τεχνικές γεωγραφικής ανάλυσης σε περιβάλλον Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ΓΣΠ - GIS) ανοικτού κώδικα. Για την συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκε το QGIS (έκδοση 2.0.1), το οποίο είναι ένα ΓΣΠ ανοικτού κώδικα.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον Νομό Βοιωτίας ήταν αρχεία τύπου .shp, και διακρίνονται σε:

- Διανυσματικά δεδομένα (vector layers), όπως είναι διοικητικά όρια του Νομού, οι πόλεις, το οδικό δίκτυο, το υδρογραφικό δίκτυο, οι λίμνες.
- Πλεγματικά δεδομένα (raster layers), όπως το ΨΥΜΕ (ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους), η δορυφορική εικόνα, ο υδρολιθολογικός χάρτης, ο σεισμοτεκτονικός χάρτης, οι προστατευόμενες περιοχές Natura, οι καλύψεις γης (CORINE) της περιοχής.

Όλα τα στοιχεία βρίσκονται σε ενιαίο σύστημα αναφοράς, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ '87, Ελλειψοειδές GRS80.



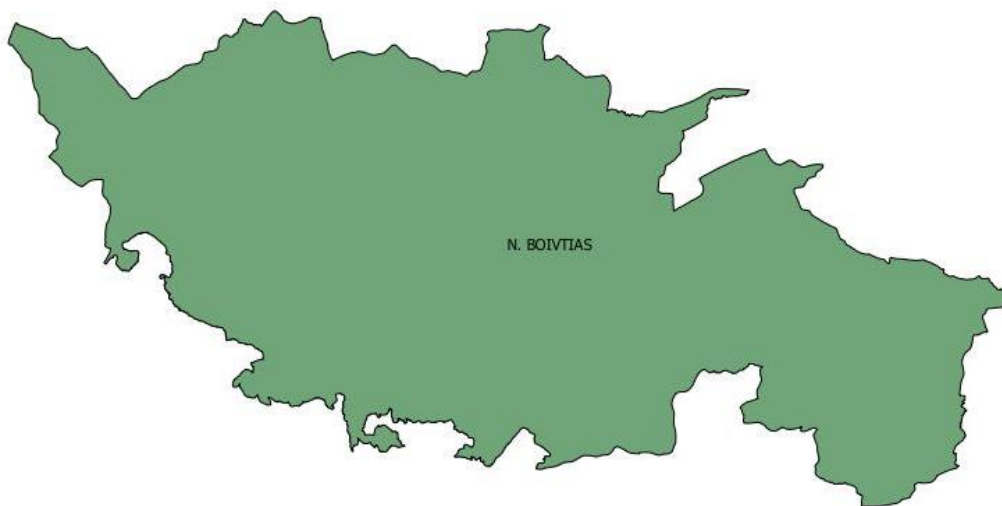
Εικόνα 3.1: Ευρύτερη περιοχή γύρω από τον Νομό Βοιωτίας, (απόσπασμα από το QGIS)

### 3.7 Ανάλυση διαδικασίας

Αφού συλλέχθηκαν όλα τα ερευνητικά εργαλεία, η επόμενη φάση ήταν ο τρόπος που αυτά θα χρησιμοποιούνταν μέσα στο περιβάλλον του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Το πρώτο απαιτούμενο στάδιο ήταν ο καθορισμός των ορίων της περιοχής μελέτης και των συλλεγμένων δεδομένων αυτής. Η συγκεκριμένη διαδικασία έλαβε χώρα με την η αποκοπή όλων των διαθέσιμων διανυσματικών και πλεγματικών δεδομένων στα όρια του Νομού Βοιωτίας. Τα αποτελέσματα στο περιβάλλον του ΓΣΠ QGIS που προκύπτουν εμφανίζονται κάτωθι:

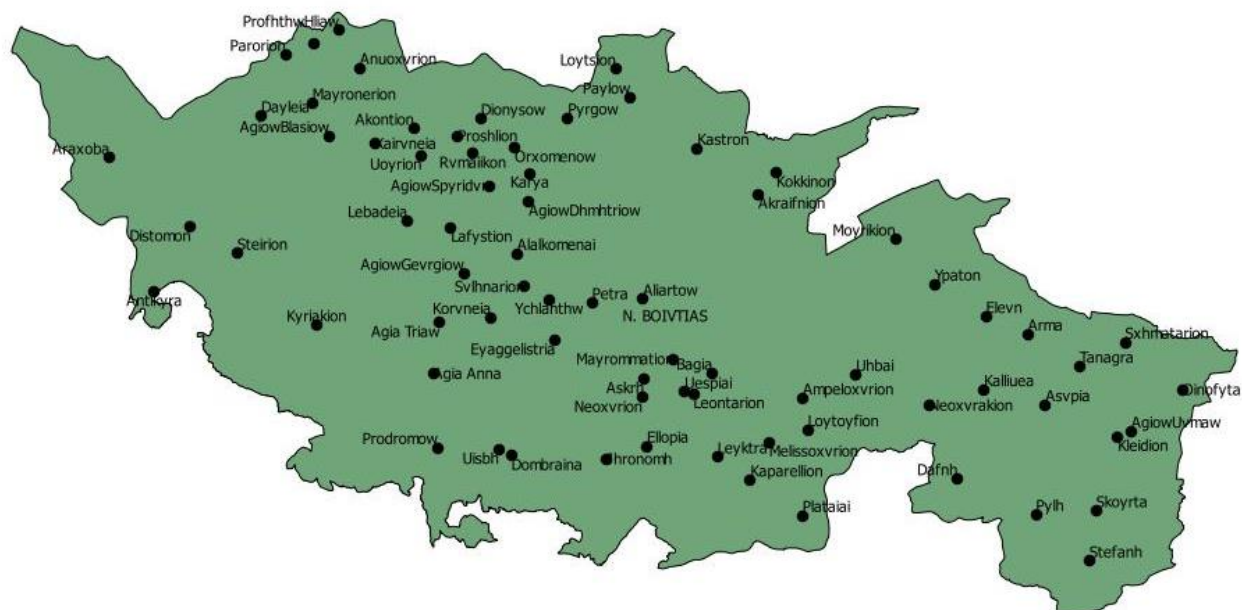
- Διανυσματικά δεδομένα: Η αποκοπή διανυσματικών δεδομένων στα όρια του νομού έγινε με την εντολή Vector > Geoprocessing Tools > Clip. Τα δεδομένα για τα οποία έλαβε χώρα αυτή η αποκοπή είναι:

#### A. Τα όρια του Νομού Βοιωτίας



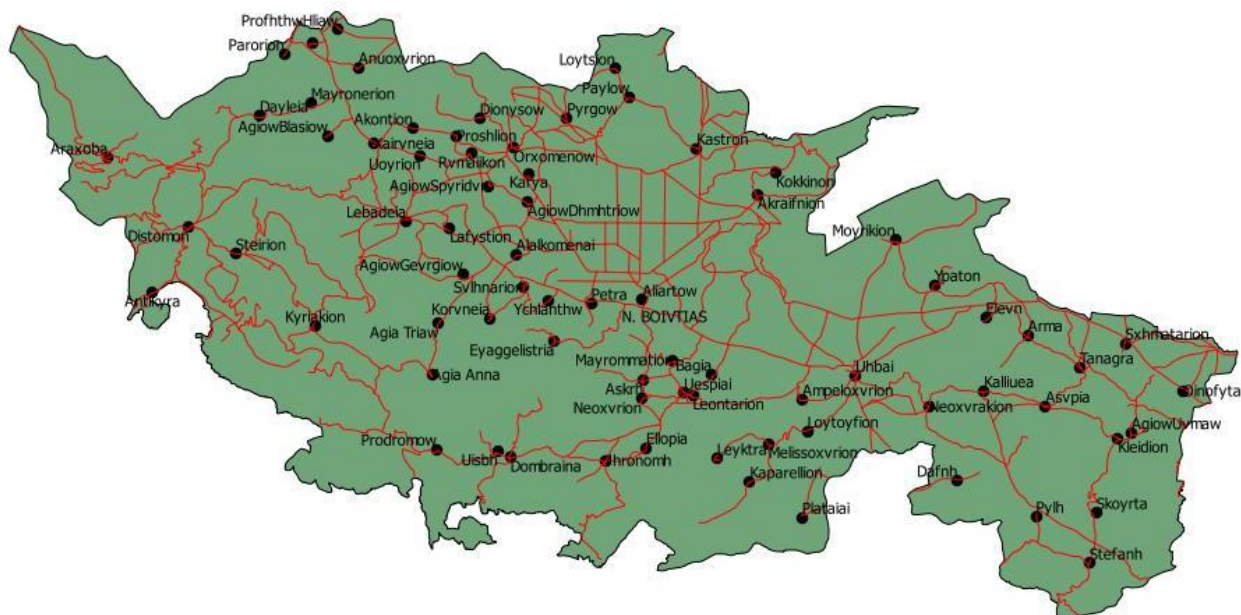
Εικόνα 3.2: Νομός Βοιωτίας

#### B. Οι οικιστικές συγκεντρώσεις στα όρια του Νομού Βοιωτίας



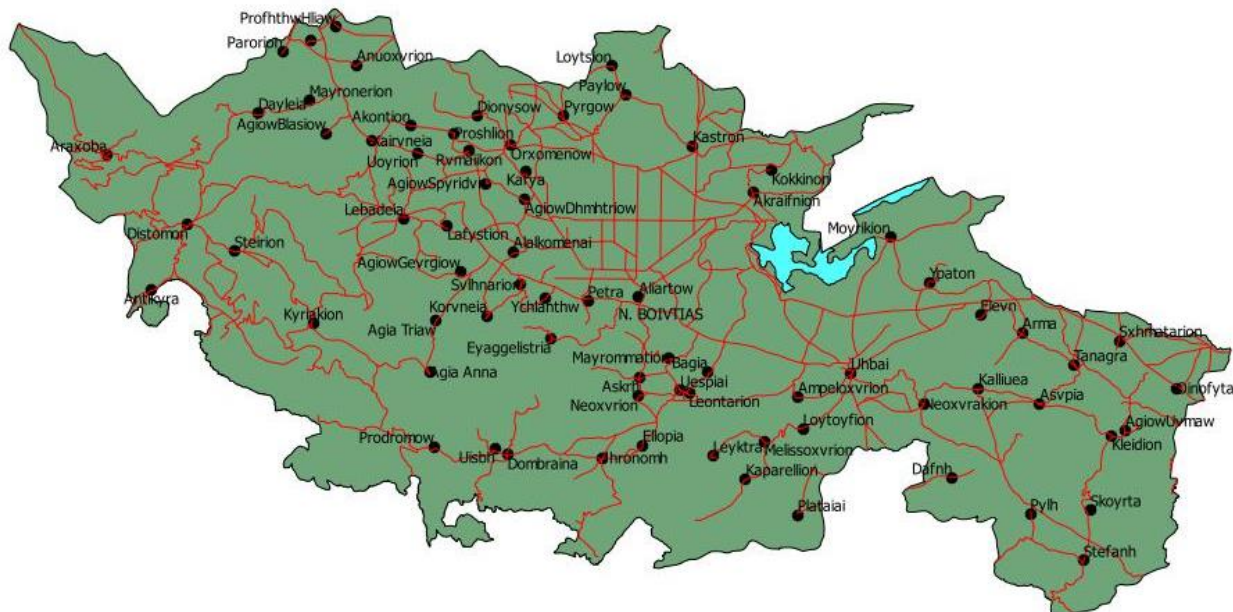
Εικόνα 3.3: Οικιστικές συγκεντρώσεις με Τοπωνύμια

### Γ. Το οδικό δίκτυο στα όρια του Νομού Βοιωτίας



Εικόνα 3.4: Οδικό δίκτυο

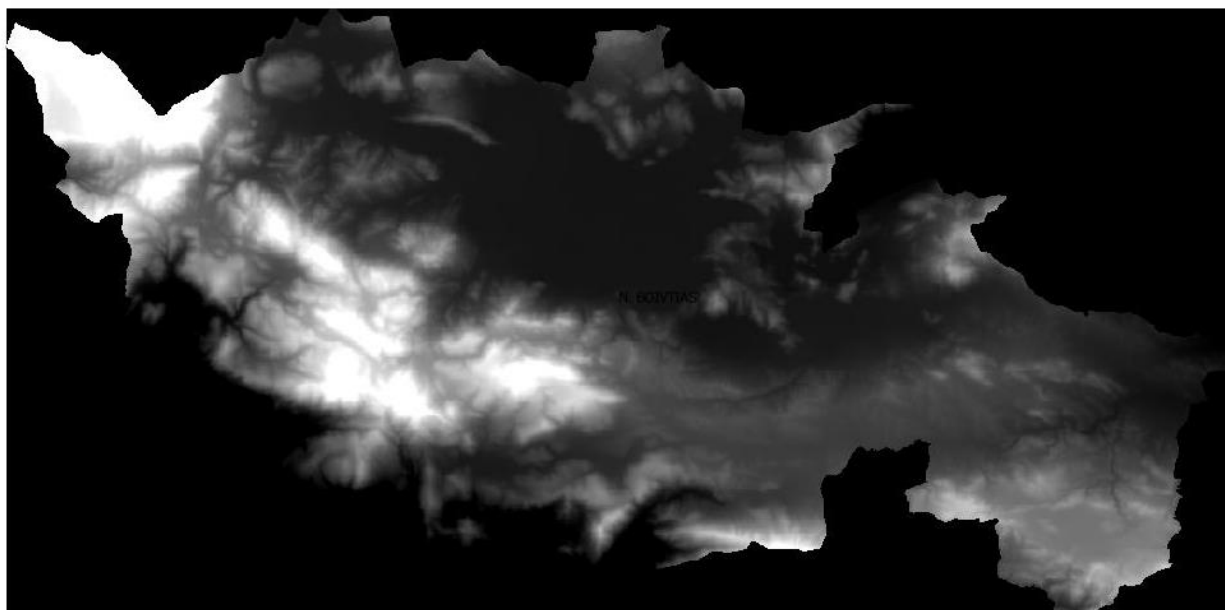
### Δ. Οι λίμνες στα όρια του Νομού Βοιωτίας



Εικόνα 3.5: Λίμνες

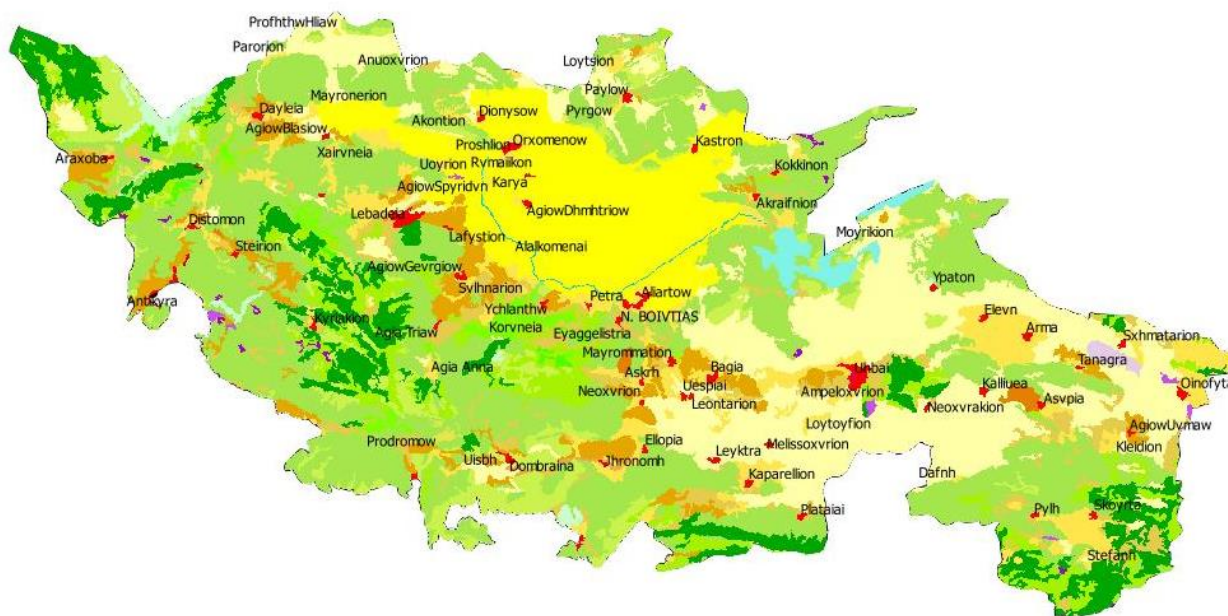


Β. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) στα όρια του Νομού Βοιωτίας



Εικόνα 3.8: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

Γ. Οι καλύψεις / χρήσεις γης Corine στα όρια του Νομού Βοιωτίας



Εικόνα 3.9: Καλύψεις / χρήσεις γης Corine

# Corine land cover classes

## 1. Artificial surfaces

### 1.1 Urban fabric

- 1.1.1. Continuous urban fabric
- 1.1.2. Discontinuous urban fabric

### 1.2 Industrial, commercial and transport units

- 1.2.1. Industrial or commercial units
- 1.2.2. Road and rail networks and associated land
- 1.2.3. Port areas
- 1.2.4. Airports

### 1.3 Mine, dump and construction sites

- 1.3.1. Mineral extraction sites
- 1.3.2. Dump sites
- 1.3.3. Construction sites

### 1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas

- 1.4.1. Green urban areas
- 1.4.2. Sport and leisure facilities

## 2. Agricultural areas

### 2.1 Arable land

- 2.1.1. Non-irrigated arable land
- 2.1.2. Permanently irrigated land
- 2.1.3. Rice fields

### 2.2 Permanent crops

- 2.2.1. Vineyards
- 2.2.2. Fruit trees and berry plantations
- 2.2.3. Olive groves

### 2.3 Pastures

- 2.3.1. Pastures

### 2.4 Heterogeneous agricultural areas

- 2.4.1. Annual crops associated with permanent crops
- 2.4.2. Complex cultivation patterns
- 2.4.3. Land principally occupied by agriculture
- 2.4.4. Agro-forestry areas

## 3. Forest and seminatural areas

### 3.1 Forests

- 3.1.1. Broad-leaved forest
- 3.1.2. Coniferous forest
- 3.1.3. Mixed forest

### 3.2 Shrub and/or herbaceous vegetation associations

- 3.2.1. Natural grassland
- 3.2.2. Moors and heathland
- 3.2.3. Sclerophyllous vegetation
- 3.2.4. Transitional woodland shrub

### 3.3 Open spaces with little or no vegetation

- 3.3.1. Beaches, dunes, and sand plains
- 3.3.2. Bare rock
- 3.3.3. Sparsely vegetated areas
- 3.3.4. Burnt areas
- 3.3.5. Glaciers and perpetual snow

## 4. Wetlands

### 4.1 Inland wetlands

- 4.1.1. Inland marshes
- 4.1.2. Peat bogs

### 4.2 Coastal wetlands

- 4.2.1. Salt marshes
- 4.2.2. Salines
- 4.2.3. Intertidal flats

## 5. Water bodies

### 5.1 Inland waters

- 5.1.1. Water courses
- 5.1.2. Water bodies

### 5.2 Marine waters

- 5.2.1. Coastal lagoons
- 5.2.2. Estuaries
- 5.2.3. Sea and ocean

Εικόνα 3.10: Υπόμνημα καλύψεων / χρήσεων γης Corine

Πινάκας 3.3: Σύστημα γεωταξινόμησης καλύψεων / χρήσεων γης Corine

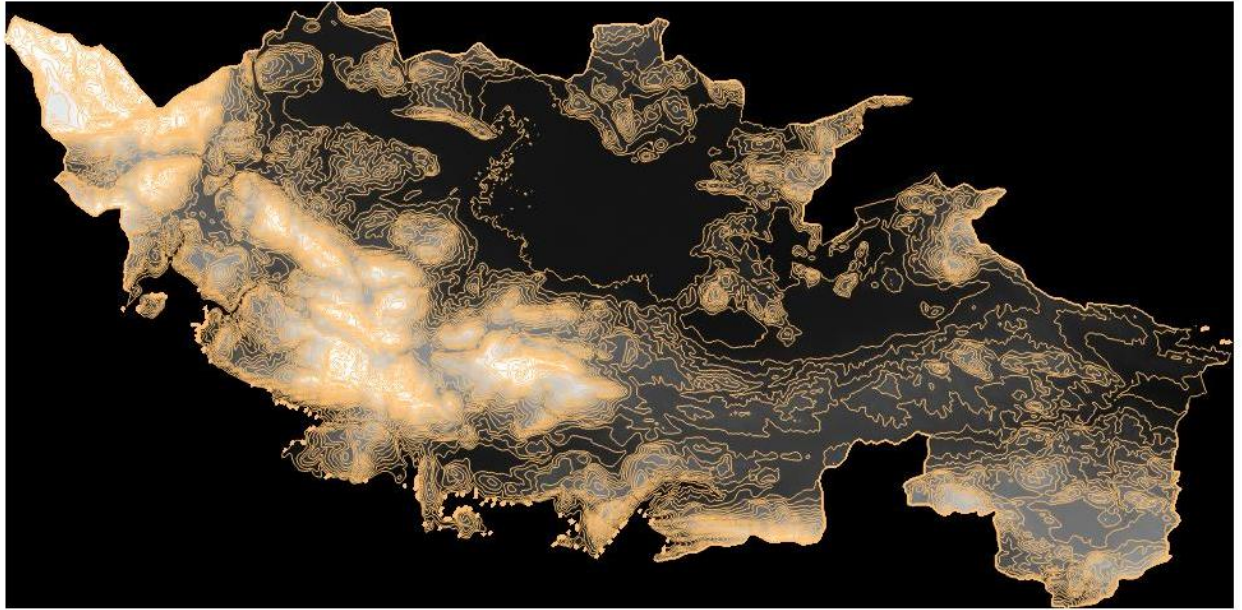
Id	LABEL1	LABEL2	LABEL3
1	Artificial surfaces	Urban fabric	Continuous urban fabric
2			Discontinuous urban fabric
3		Industrial, commercial and transport units	Industrial or commercial units
4			Road and rail networks and associated land
5			Port areas
6			Airports
7		Mine, dump and construction sites	Mineral extraction sites
8			Dump sites
9			Construction sites
10		Artificial, non-agricultural vegetated areas	Green urban areas
11			Sport and leisure facilities
12	Agricultural areas	Arable land	Non-irrigated arable land
13			Permanently irrigated land
14			Rice fields
15		Permanent crops	Vineyards
16			Fruit trees and berry plantations
17			Olive groves
18		Pastures	Pastures
19		Heterogeneous agricultural areas	Annual crops associated with permanent crops
20			Complex cultivation patterns
21			Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation
22			Agro-forestry areas
23	Forest And semi natural areas	Forests	Broad-leaved forest
24			Coniferous forest
25			Mixed forest
26		Scrub and/or herbaceous vegetation	Natural grasslands
27			Moors and heathland
28			Sclerophyllous vegetation

29		associations	Transitional woodland-shrub
30		Open spaces with little or no vegetation	Beaches, dunes, sands
31	Bare rocks		
32	Sparsely vegetated areas		
33	Burnt areas		
34	Glaciers and perpetual snow		
35	Wetlands	Inland wetlands	Inland marshes
36			Peat bogs
37		Maritime wetlands	Salt marshes
38			Salines
39			Intertidal flats
40	Water bodies	Inland waters	Water courses
41			Water bodies
42		Marine waters	Coastal lagoons
43			Estuaries
44			Sea and ocean
48	NODATA	NODATA	NODATA
49	UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED LAND SURFACE
50		LAND SURFACE	UNCLASSIFIED WATER BODIES

- Άλλες διαδικασίες για την παραγωγή δεδομένων:

#### A. Ισοϋψείς καμπύλες στον Νομό Βοιωτίας

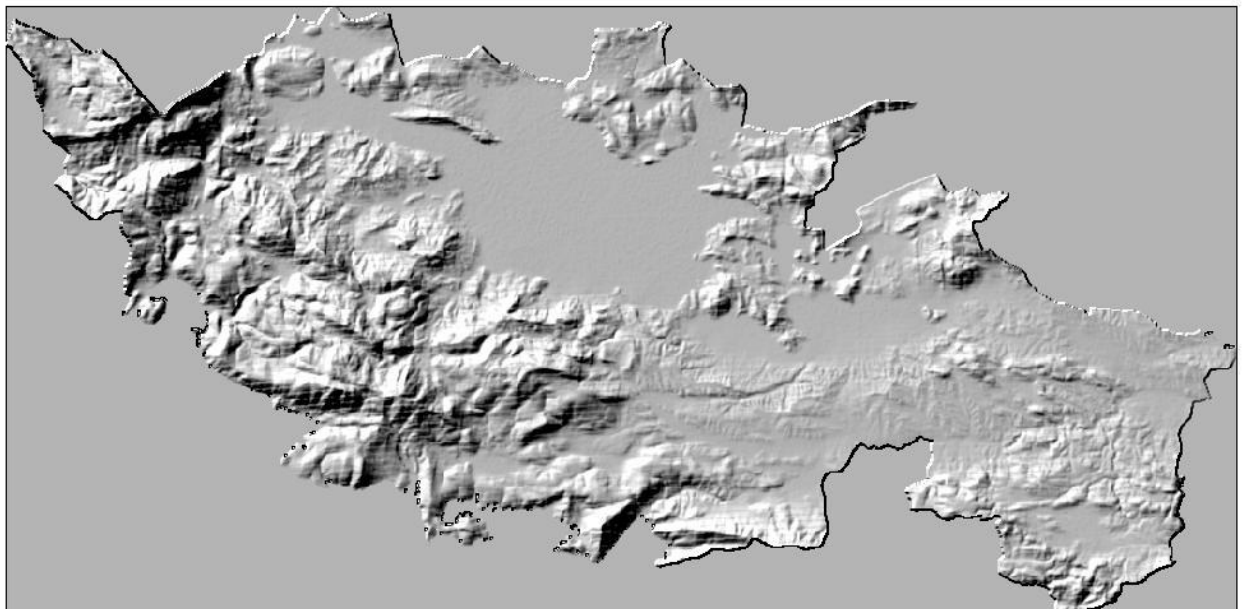
Η παραγωγή του χάρτη ισοϋψών καμπυλών έγινε μέσω του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, χρησιμοποιώντας την εντολή `contour`, και λαμβάνοντας ως ισοδιάσταση την τιμή 50μ. Εν συνεχεία, η αποκοπή των παραγόμενων δεδομένων στα όρια του νομού έγινε με την εντολή `Raster > Extraction > Clipper`.



Εικόνα 3.11: Ισοΰψεις καμπύλες

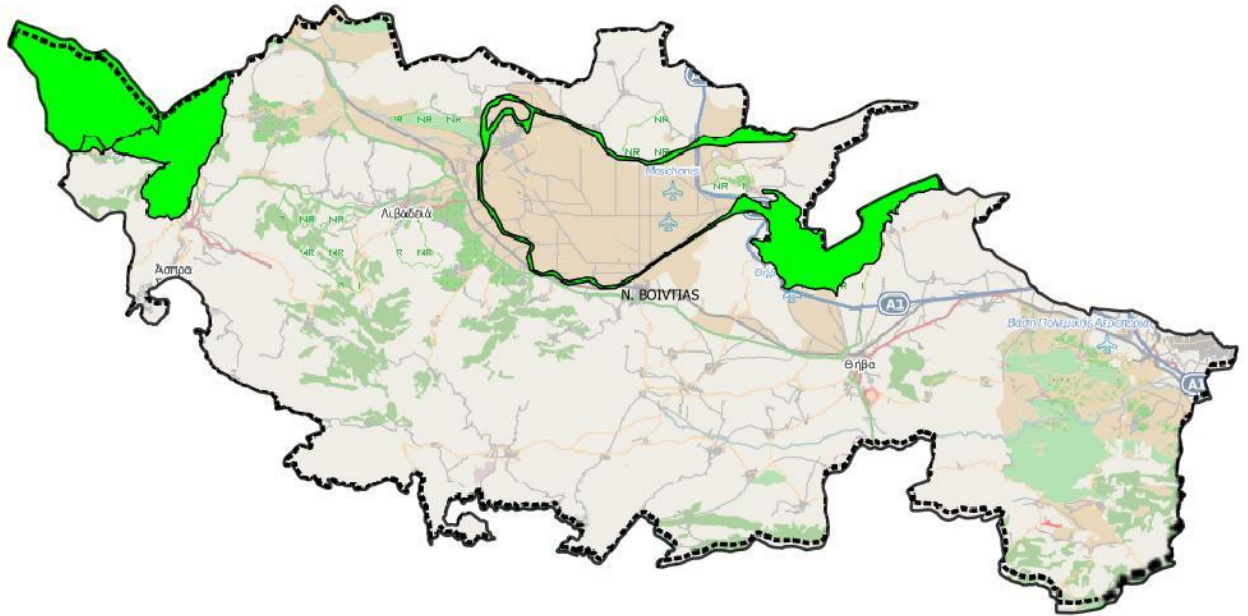
#### Β. Σκιασμένο ανάγλυφο στον Νομό Βοιωτίας

Η παραγωγή χάρτη σκιασμένου ανάγλυφου έλαβε χώρα έγινε μέσω του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, χρησιμοποιώντας την εντολή contour. Εν συνέχεια η αποκοπή των παραγόμενων δεδομένων στα όρια του νομού έγινε με την εντολή Raster > Extraction > Clipper.



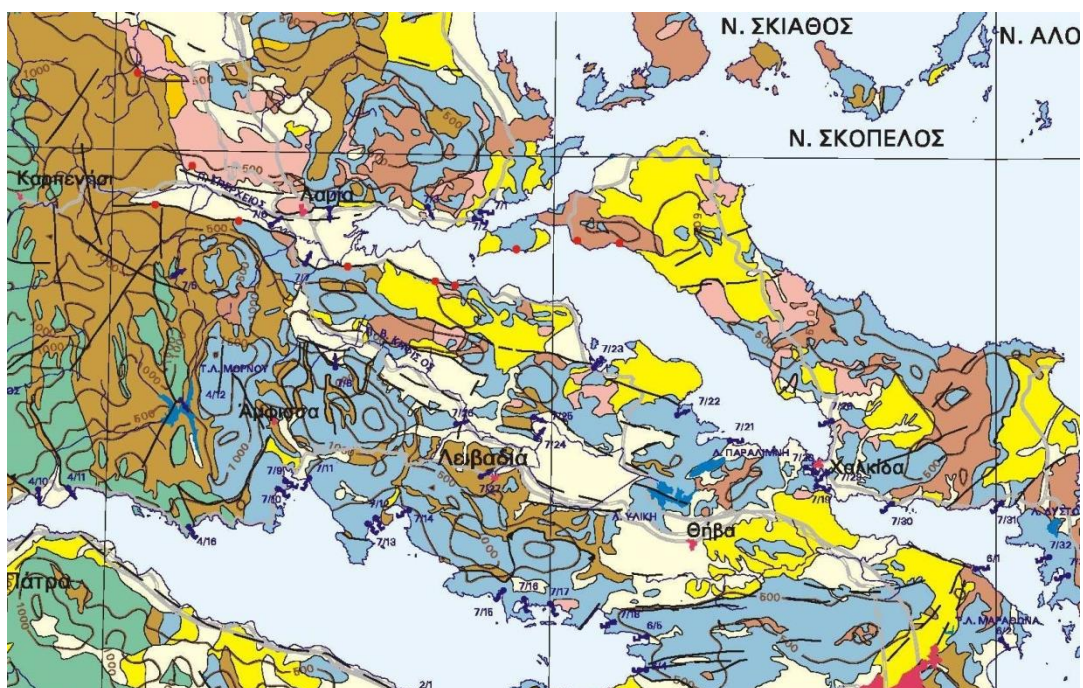
Εικόνα 3.12: Σκιασμένο Ανάγλυφο





Εικόνα 3.14: Περιοχές Natura 2000 του Νομού Βοιωτίας

Γ2. Από τη Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων χορηγήθηκε το από Νοεμβρίου 1996 Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικού Δυναμικού της Ελλάδας - Υδρολιθολογικός χάρτης, απόσπασμα του οποίου παρουσιάζεται παρακάτω:



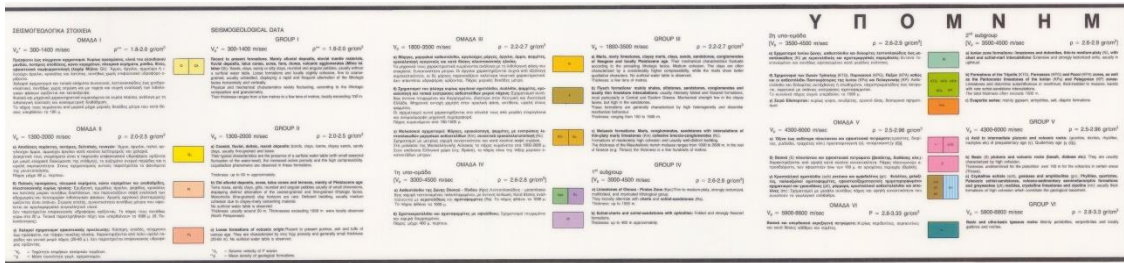
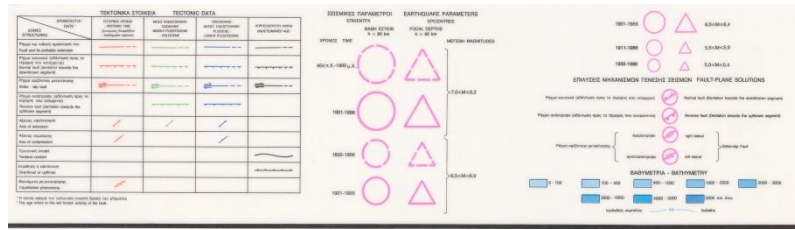
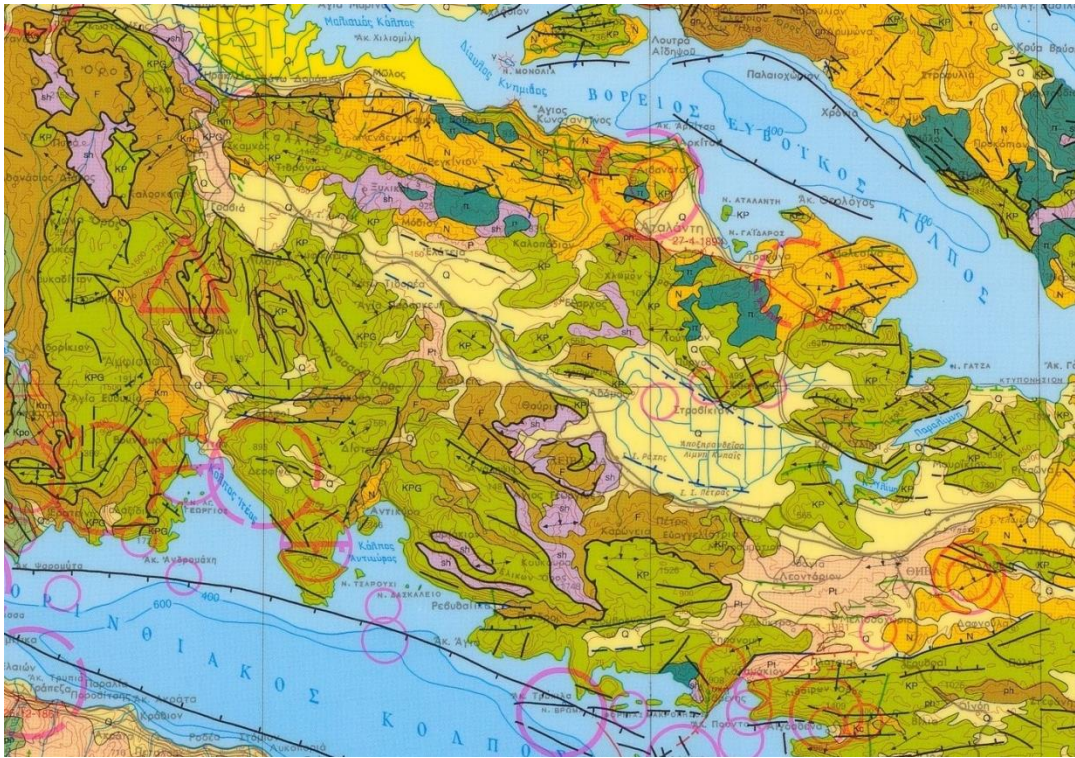
Εικόνα 3.15: Υδρολιθολογικός χάρτης,  
(ΥΠΑΑΤ)

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το παραγόμενο προϊόν που συνδέθηκε με το γενικό υπόβαθρο και είχε πλέον κι αυτό συντεταγμένες στο Σύστημα ΕΓΣΑ '87, ήταν το εξής:



Εικόνα 3.16: Υδρολιθολογικός χάρτης και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας

Γ2. Από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) χορηγήθηκε ο Σεισμοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας, απόσπασμα του οποίου παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 3.17: Σεισμοτεκτονικός χάρτης και υπόμνημα, (ΙΓΜΕ)

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το παραγόμενο προϊόν που συνδέθηκε με το γενικό υπόβαθρο και είχε πλέον κι αυτό συντεταγμένες στο Σύστημα ΕΓΣΑ '87, ήταν το εξής:



Εικόνα 3.18: Σεισμοτεκτονικός χάρτης του Νομού Βοιωτίας

### 3.8 Μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας

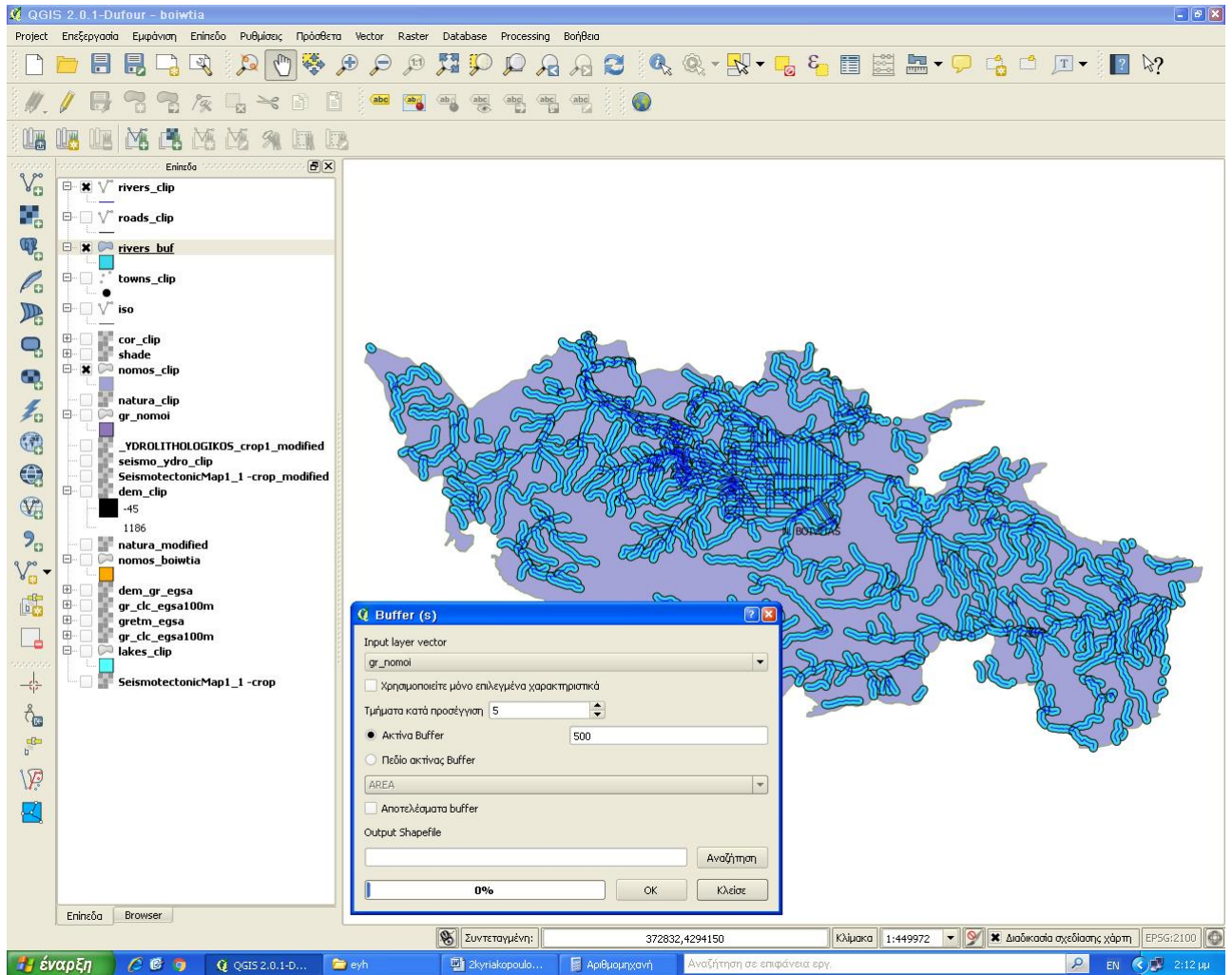
Μετά το πέρας της διαδικασίας συλλογής και τεχνικής επεξεργασίας των συλλεγμένων δεδομένων, ακολούθησε το στάδιο της μελέτης αυτών, προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα της έρευνας. Η μελέτη αφορά στην σύνθεση όλων των διανυσματικών και πλεγματικών στοιχείων, προκειμένου να δημιουργηθεί μία αναλυτική εικόνα της περιοχής μελέτης. Αυτό έλαβε χώρα με την υπέρθεση και παράθεση των vector και raster layers, καθώς και με την υλοποίηση κάποιων χωρικών ερωτημάτων. Στόχος ήταν ο εντοπισμός περιοχών κοντά στα ποτάμια και στο οδικό δίκτυο, και ο σχολιασμός των δυνητικών κινδύνων και των δυνητικών χρήσεων που μπορούν να αναπτυχθούν στις περιοχές αυτές.

Έτσι, επιλέχθηκε να υλοποιηθούν στην περιοχή τα παρακάτω χωρικά ερωτήματα: Να ελεγχθεί η απόσταση  $X=500$  μ. από το υδρογραφικό δίκτυο και η απόσταση  $X=500$  μ. από το οδικό δίκτυο, και να προσδιορισθούν οι ζώνες μέσα στις οποίες ορίζονται αυτά, και τελικά, να αναλυθούν οι περιοχές στις οποίες συναληθεύουν τα δύο χωρικά ερωτήματα. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει δυνατότητα να αναδειχθούν οι πιθανές περιβαλλοντικές, ή αναπτυξιακές ή και οι χωροταξικές εφαρμογές που μπορούν να ωφεληθούν από την χρήση των παραπάνω ερωτημάτων.

Με βάση τα παραπάνω έλαβαν χώρα οι εξής διαδικασίες:

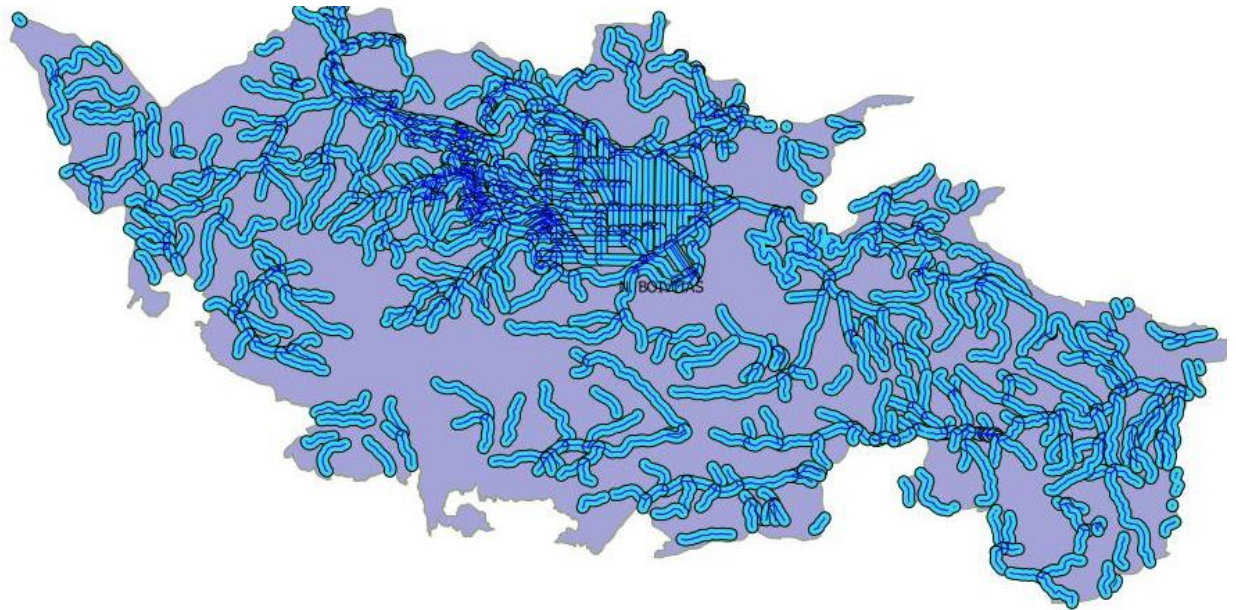
1. Ο προσδιορισμός της ζώνης επιρροής από το υδρογραφικό δίκτυο (εντολή Vector

> Geoprocessing tools > Buffers, η οποία ποσοτικοποιείται από την σχέση:  
απόσταση < 500 μ.)



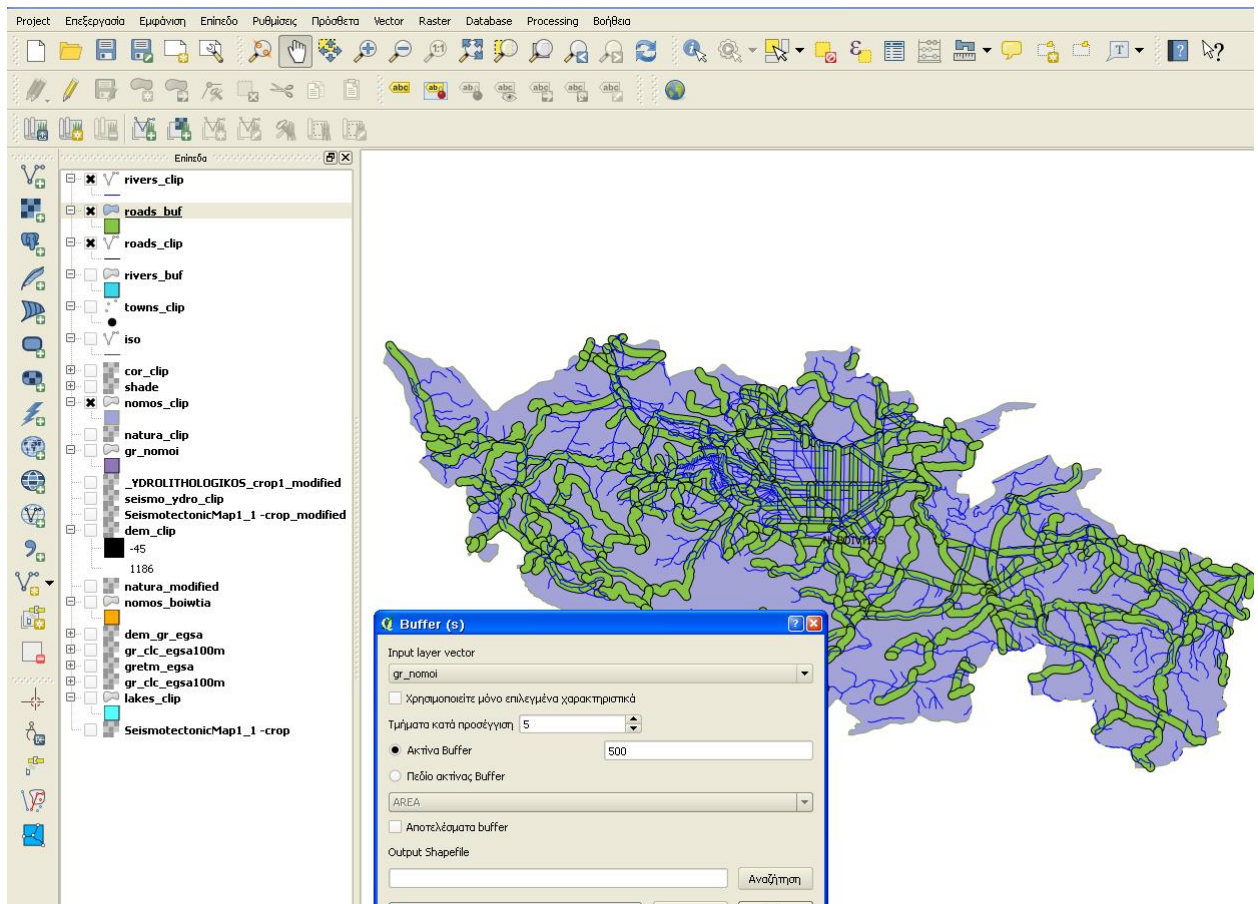
Εικόνα 3.19: Απόσπασμα διαδικασίας στο QGIS για τον προσδιορισμό ζώνης επιρροής 500 μ. από το υδρογραφικό δίκτυο

Τα αποτελέσματα δίνονται κάτωθι:



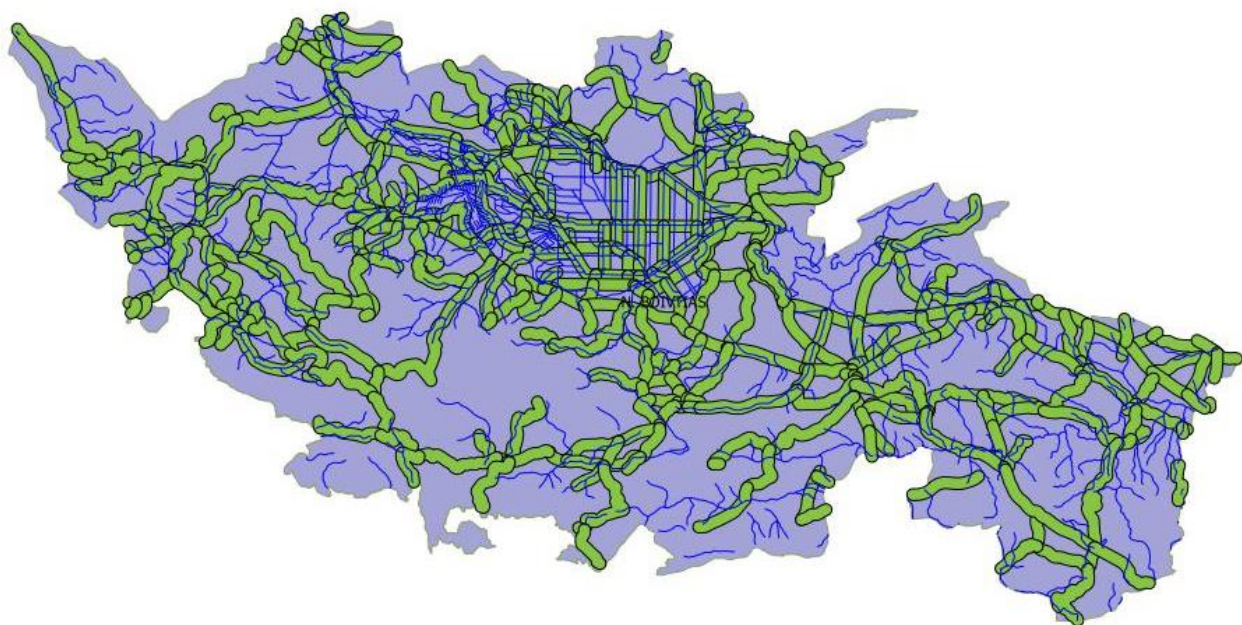
Εικόνα 3.20: Ζώνη επιρροής (απόσταση < 500 μ. από υδρογραφικό δίκτυο)

2. Ο προσδιορισμός της ζώνης επιρροής από το οδικό δίκτυο (εντολή Vector > Geoprocessing tools > Buffers, η οποία ποσοτικοποιείται από την σχέση: απόσταση < 500 μ.)



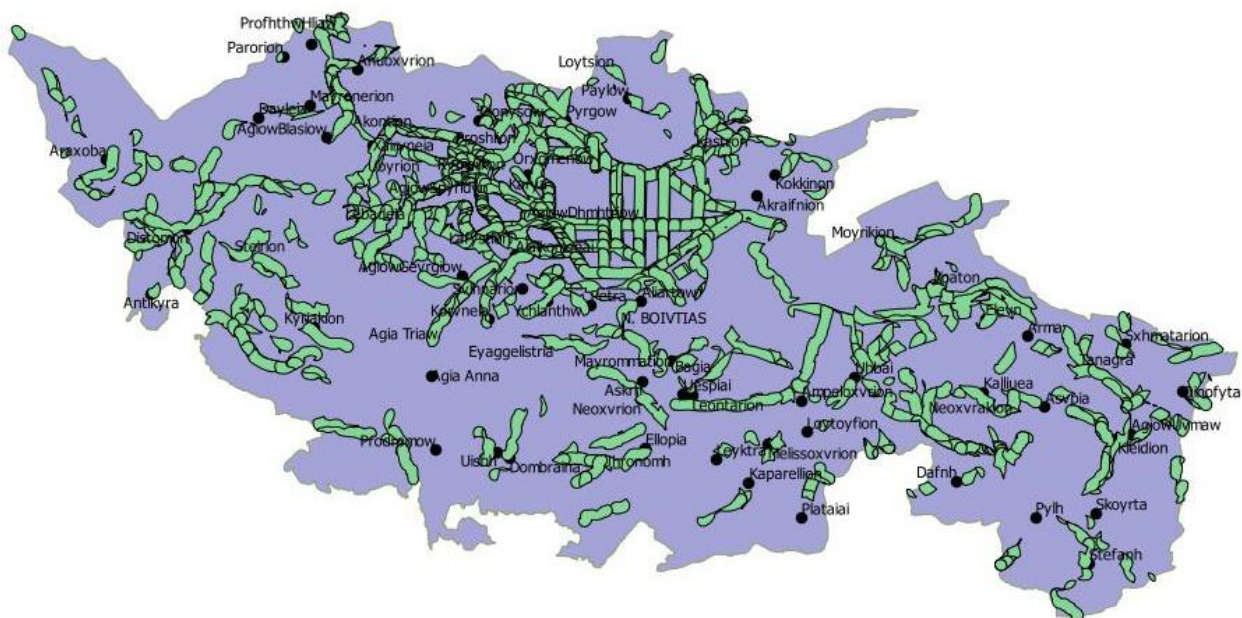
Εικόνα 3.21: Απόσπασμα διαδικασίας στο QGIS για τον προσδιορισμό ζώνης επιρροής 500 μ. από το οδικό δίκτυο

Τα αποτελέσματα δίνονται κάτωθι:



Εικόνα 3.22: Ζώνη επιρροής (απόσταση < 500 μ. από οδικό δίκτυο)

Η συναλήθευση των δύο ανωτέρω σχέσεων: απόσταση < 500 μ. από το υδρογραφικό δίκτυο, και απόσταση < 500 μ. από το οδικό δίκτυο (εντολή Vector > Geoprocessing tools > Clip) δίνεται παρακάτω:



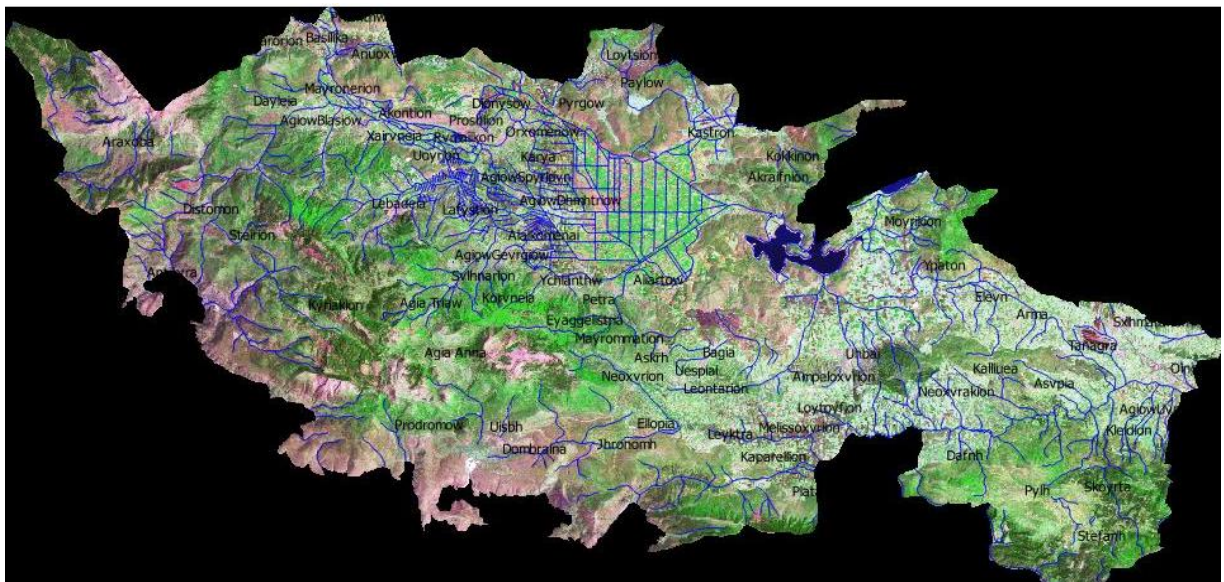
Εικόνα 3.23: Συναλήθευση των δύο σχέσεων



Με βάση τα παραπάνω, για την επίλυση μέρους του προβλήματος θα μπορούσαν να δημιουργηθούν οι κατάλληλες υποδομές (φράγματα - ταμιευτήρες) σε κάποια χαρακτηριστικά σημεία, προκειμένου να γίνεται συλλογή και διάθεση του απορρέοντος νερού, ώστε να μειωθεί η παροχή του στο οδικό δίκτυο και στα ρέματα, ή προκειμένου να διατίθεται αυτό για το πότισμα των καλλιεργειών, ή για τον εμπλουτισμό των κοντινών γεωτρήσεων, ή ενδεχομένως και για ενίσχυση του πυροσβεστικού σώματος για το σβήσιμο πυρκαγιών στην γύρω περιοχή.

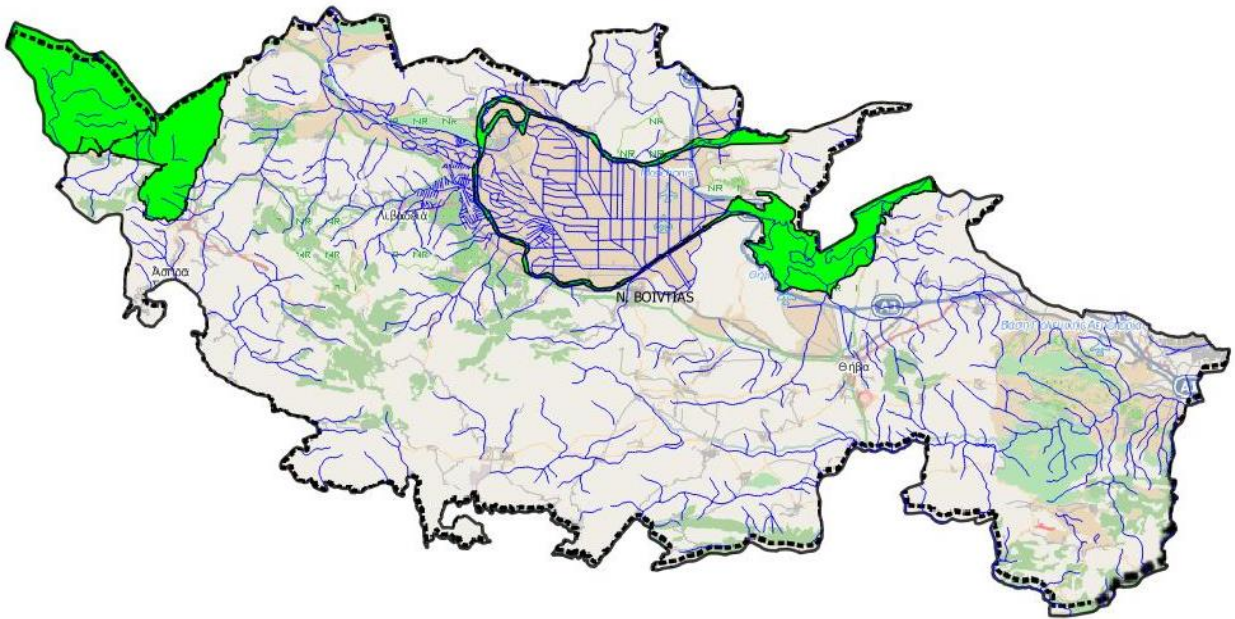
Εν συνεχεία, - και λαμβάνοντας υπ' όψιν τα αποτελέσματα των γεωχωρικών ερωτημάτων - θα έπρεπε να γίνει μία γενική διερεύνηση, με μακροσκοπικό τρόπο, προκειμένου να επιλεχθούν δυνατές θέσεις, οι οποίες, σε πρώτη φάση, θα κρίνονταν κατάλληλες για τη χωροθέτηση των φραγμάτων. Αλλά, πριν το στάδιο αυτό, κρίθηκε απαραίτητο να γίνει πρώτα η σύνθεση όλων των στοιχείων, και ο κάθε δυνατός συνδυασμός μεταξύ τους, έτσι ώστε να μπορούν αυτά να δώσουν ασφαλή συμπεράσματα για τη διερεύνηση των θέσεων, με βάση τα μορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία της γύρω περιοχής. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, αναλύεται κάτωθι:

Αρχικά συνενώθηκε η δορυφορική εικόνα με το υδρογραφικό δίκτυο. Το αποτέλεσμα εμφανίζεται κάτωθι.



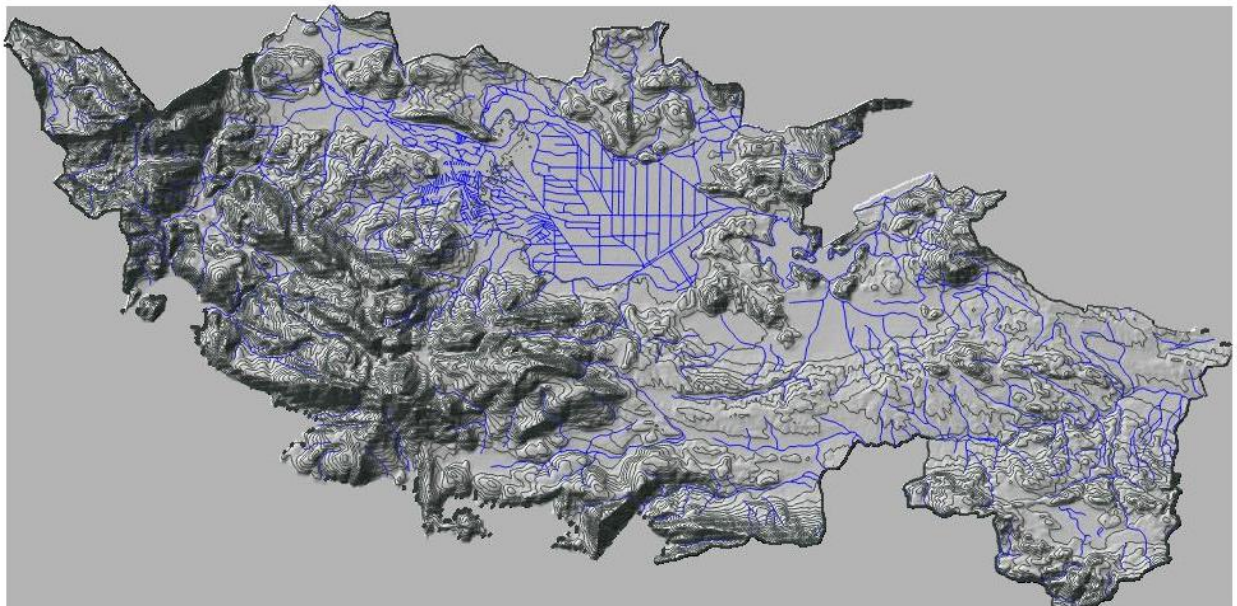
Εικόνα 3.25: Δορυφορική εικόνα και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας

Ακολούθησε η συνένωση περιοχών Natura 2000 με το υδρογραφικό δίκτυο. Το παραγόμενο αποτέλεσμα είναι το εξής:



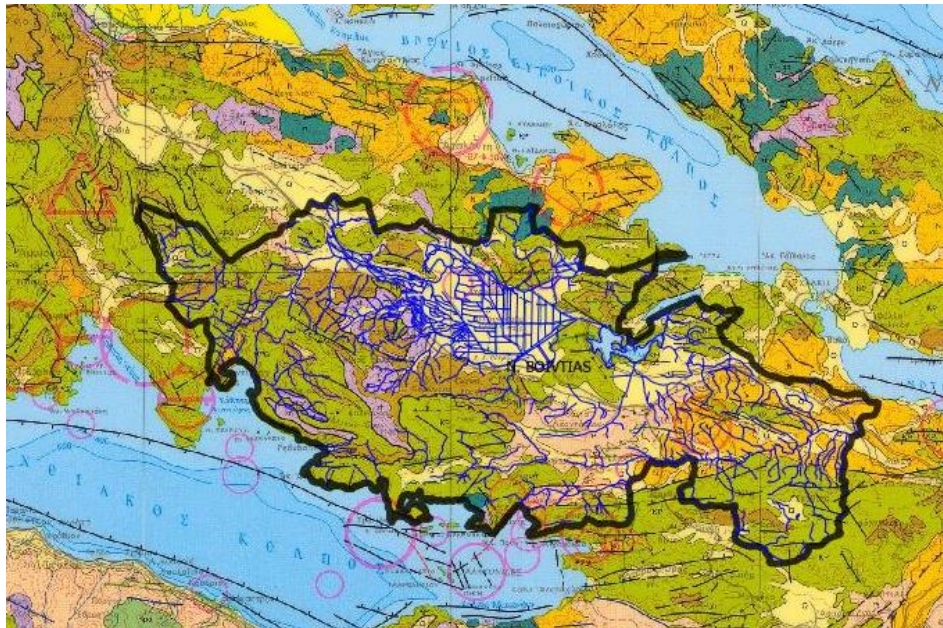
Εικόνα 3.26: Περιοχές Natura 2000 και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας

Εν συνεχεία, συνενώθηκε το σκιασμένο ανάγλυφο με το υδρογραφικό δίκτυο και τις ισοϋψείς καμπύλες. Το διάγραμμα που προέκυψε είναι το εξής:



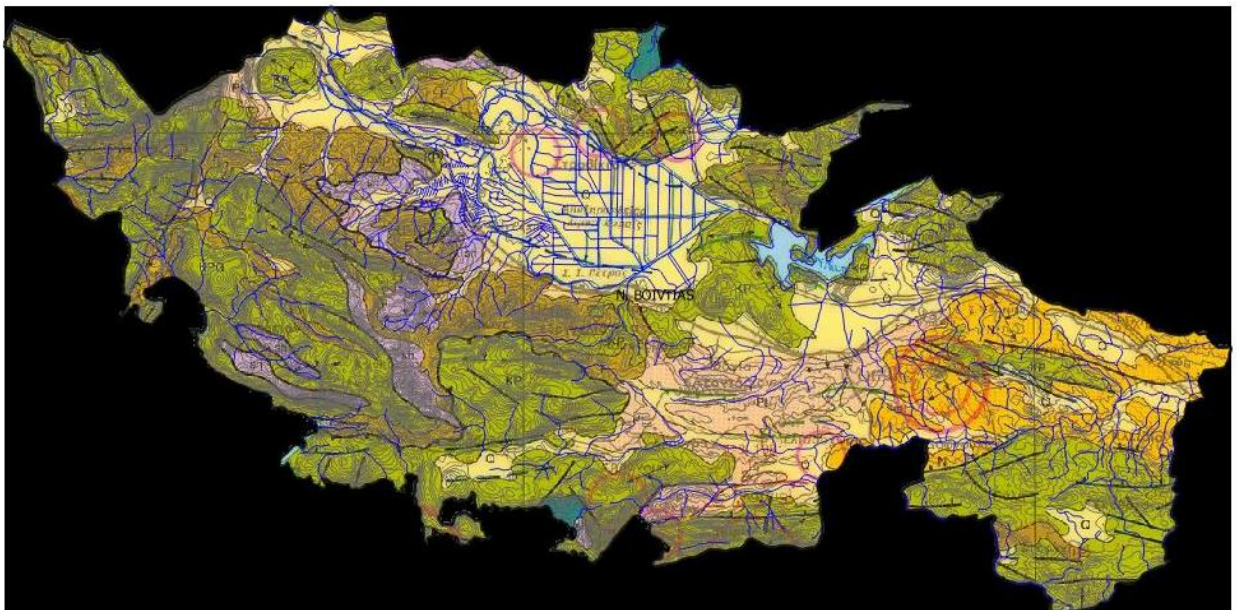
Εικόνα 3.27: Σκιασμένο ανάγλυφο, υδρογραφικό δίκτυο και ισοϋψείς του Νομού Βοιωτίας

Κρίθηκε απαραίτητο να συνενωθούν ο σεισμοτεκτονικός χάρτης και το υδρογραφικό δίκτυο, τα οποία εξήγαγαν το διάγραμμα που ακολουθεί.



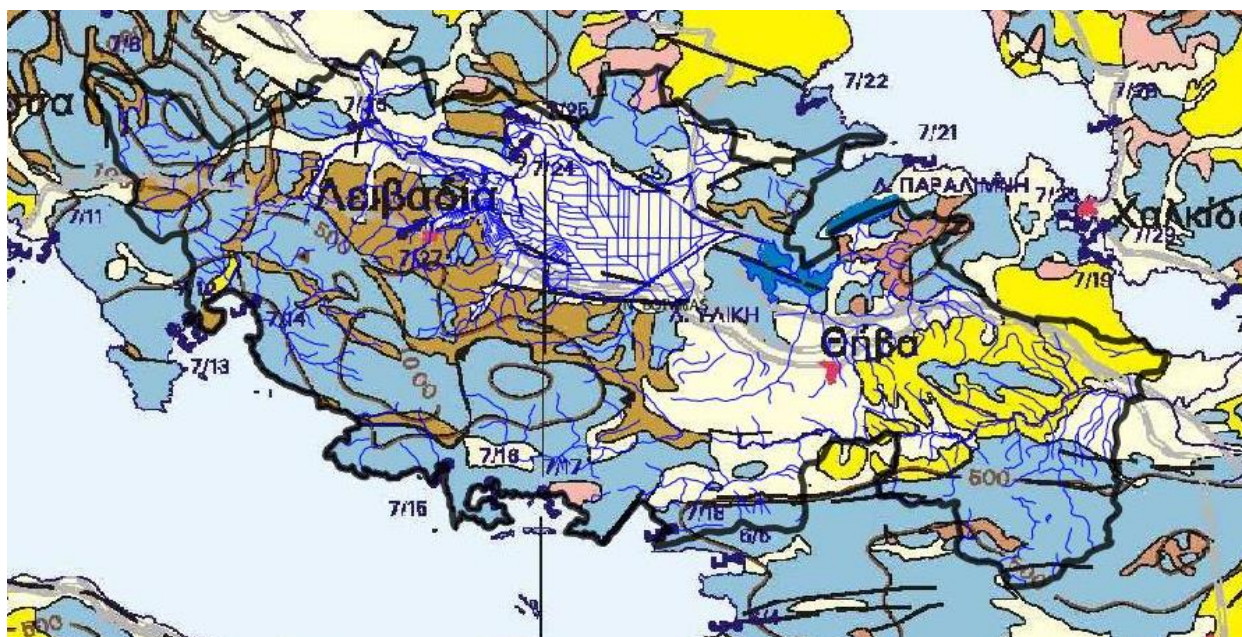
Εικόνα 3.28: Σεισμοτεκτονικός χάρτης και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας

Μετά την αποκοπή των ανωτέρω στα όρια του Νομού, και την συνένωση με τις ισοϋψείς καμπύλες, παρήχθη το κατωτέρω διάγραμμα.



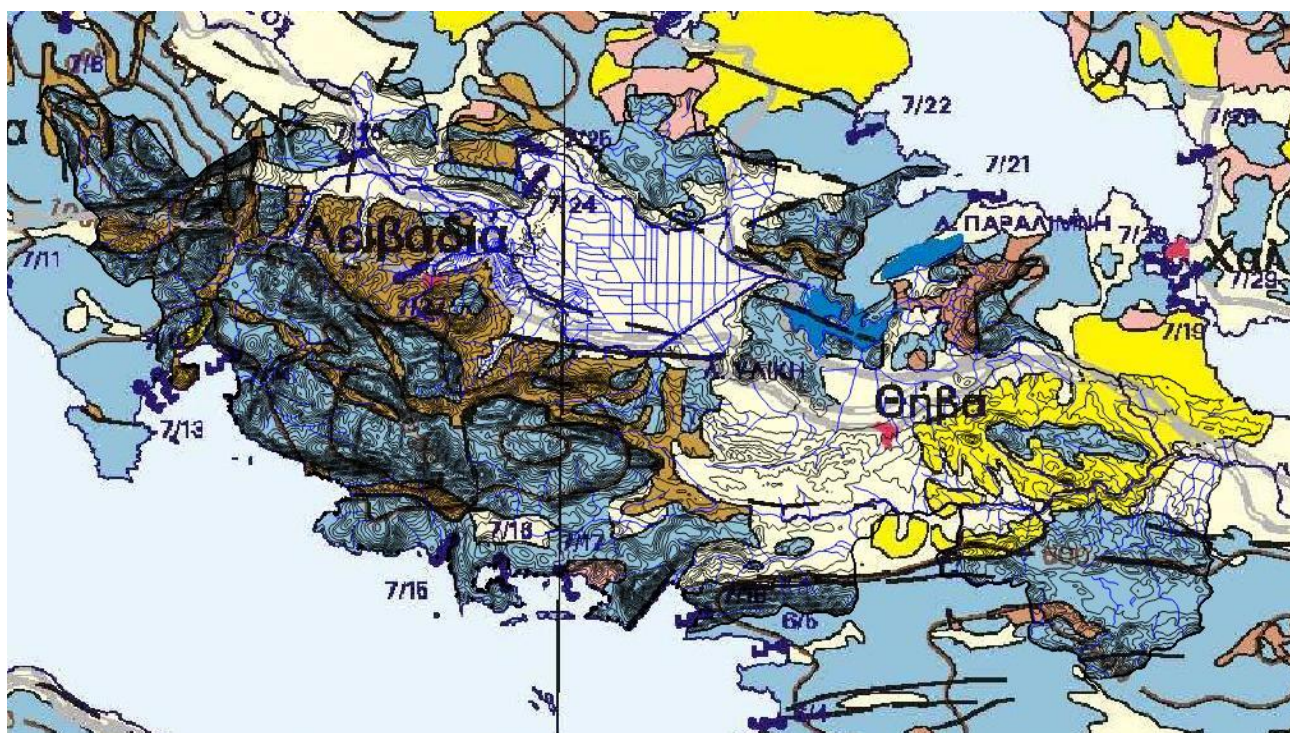
Εικόνα 3.29: Σεισμοτεκτονικός χάρτης, υδρογραφικό δίκτυο και ισοϋψείς του Νομού Βοιωτίας

Από την συνένωση του υδρολιθολογικού χάρτη και του υδρογραφικού δικτύου προέκυψε το εξής διάγραμμα:



Εικόνα 3.30: Υδρολιθικός χάρτης και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας

Αφού προστέθηκαν και οι ισούψεις καμπύλες, το διάγραμμα που προκύπτει είναι το εξής:



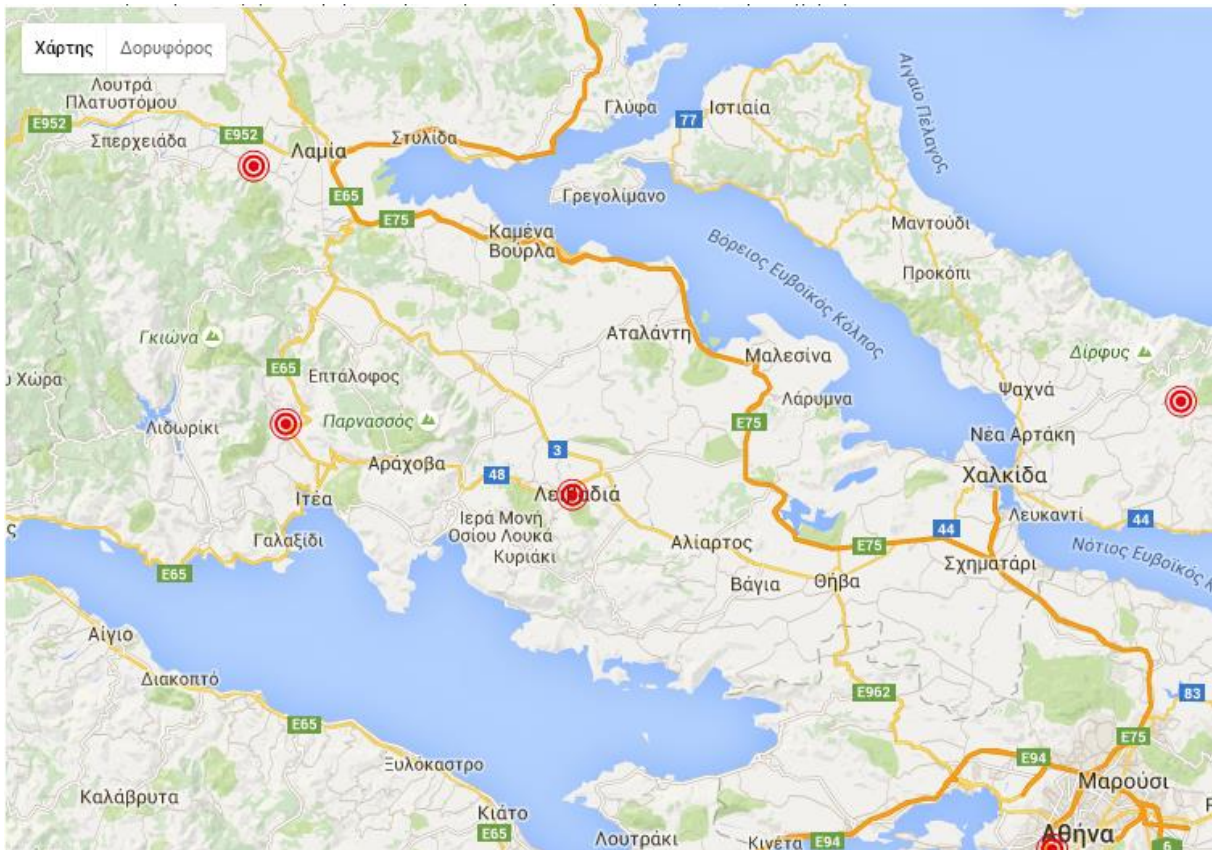
Εικόνα 3.31: Υδρολιθικός χάρτης, υδρογραφικό δίκτυο και ισούψεις του Νομού Βοιωτίας

Έχοντας τα ανωτέρω συνδυαστικά στοιχεία, ξεκίνησε η διερεύνηση των σημαντικότερων υδρολογικών λεκανών απορροής σε όλο τον Νομό, λαμβάνοντας υπ’

όψιν το γεγονός ότι οι περιοχές θα έπρεπε να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- να βρίσκονται σε ικανοποιητικό υψόμετρο, ώστε να έχει ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος επιβάρυνσης των υδάτων από ρυπαντικά φορτία,
- να δημιουργείται στένωμα στην έξοδο της λεκάνης απορροής,
- να ικανοποιούνται οι κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες που θα εξασφαλίζουν την στεγανότητα της λεκάνης κατάκλισης,
- να ικανοποιούνται οι κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες για την ασφαλή έδραση του σώματος του φράγματος,
- να υπάρχει έντονο γεωργικό ενδιαφέρον στην περιοχή.

Βέβαια, θα πρέπει να αναφερθεί ότι, πριν την ανωτέρω έρευνα θεωρήθηκε απαραίτητο να ελεγχθεί ο χάρτης του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, για να εντοπιστούν οι θέσεις στις οποίες εμφανίζονται οι σημαντικότεροι σεισμοί στον συγκεκριμένο Νομό. Σύμφωνα με τον χάρτη αυτό, ο τελευταίος σημαντικότερος σεισμός στον Νομό έγινε στις 4 Μαρτίου 1981, είχε μέγεθος 6,3<sup>ο</sup> της κλίμακας Ρίχτερ, και αποτελούσε μετασεισμό του γνωστού σεισμού που είχε γίνει στις 24 Φεβρουαρίου 1981, και είχε πλήξει τους Νομούς Αττικής και Βοιωτίας. Οι μεγαλύτερες εντάσεις του μετασεισμού παρατηρήθηκαν σε Πλαταιές, Καπαρέλι, Μελισσοχώρι, Σκούρτα, Πρόδρομο, Οινόφυτα, Μαυρομάτι, Βάγια, και Υψηλάντη, δηλαδή σε όλη σχεδόν την επιφάνεια του νομού Βοιωτίας. Μετά τον μετασεισμό της 4ης Μαρτίου παρατηρήθηκε μία επιφανειακή εκδήλωση του σεισμογόνου ρήγματος κοντά στις βορειοανατολικές ακτές του κόλπου, μήκους 15 χλμ., και μέσης πτώσης κατά 60 εκατ. (<http://www.oasp.gr/node/552>). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι, λόγω του ότι ο σεισμός έγινε αισθητός σε όλο τον Νομό, δεν θα μπορούσε να ειπωθεί ότι κάποιες από τις περιοχές που θα ελεγχθούν, θα θεωρηθούν πιο ευνοημένες από κάποιες άλλες. Άρα, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι για όλες τις μελλοντικές κατασκευές απαιτείται να τηρηθούν τα όσα προβλέπονται στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό ΕΑΚ - 2000 (<http://www.oasp.gr/node/8>).



Εικόνα 3.32: Χάρτης του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, (<http://www.oasp.gr>)

Σε επόμενη φάση - κι αφού ελήφθησαν υπ' όψιν όλες οι ως άνω αναγραφόμενες προϋποθέσεις - έγινε μία πρώτη προσεκτική μακροσκοπική παρατήρηση του υψομετρικού, του γεωλογικού και του υδρολογικού ανάγλυφου όλου του Νομού, έτσι ώστε να επιλεγθούν και να διερευνηθούν αναλυτικότερα συγκεκριμένες θέσεις στις οποίες θα υπήρχε δυνατότητα να κατασκευαστούν τα φράγματα.

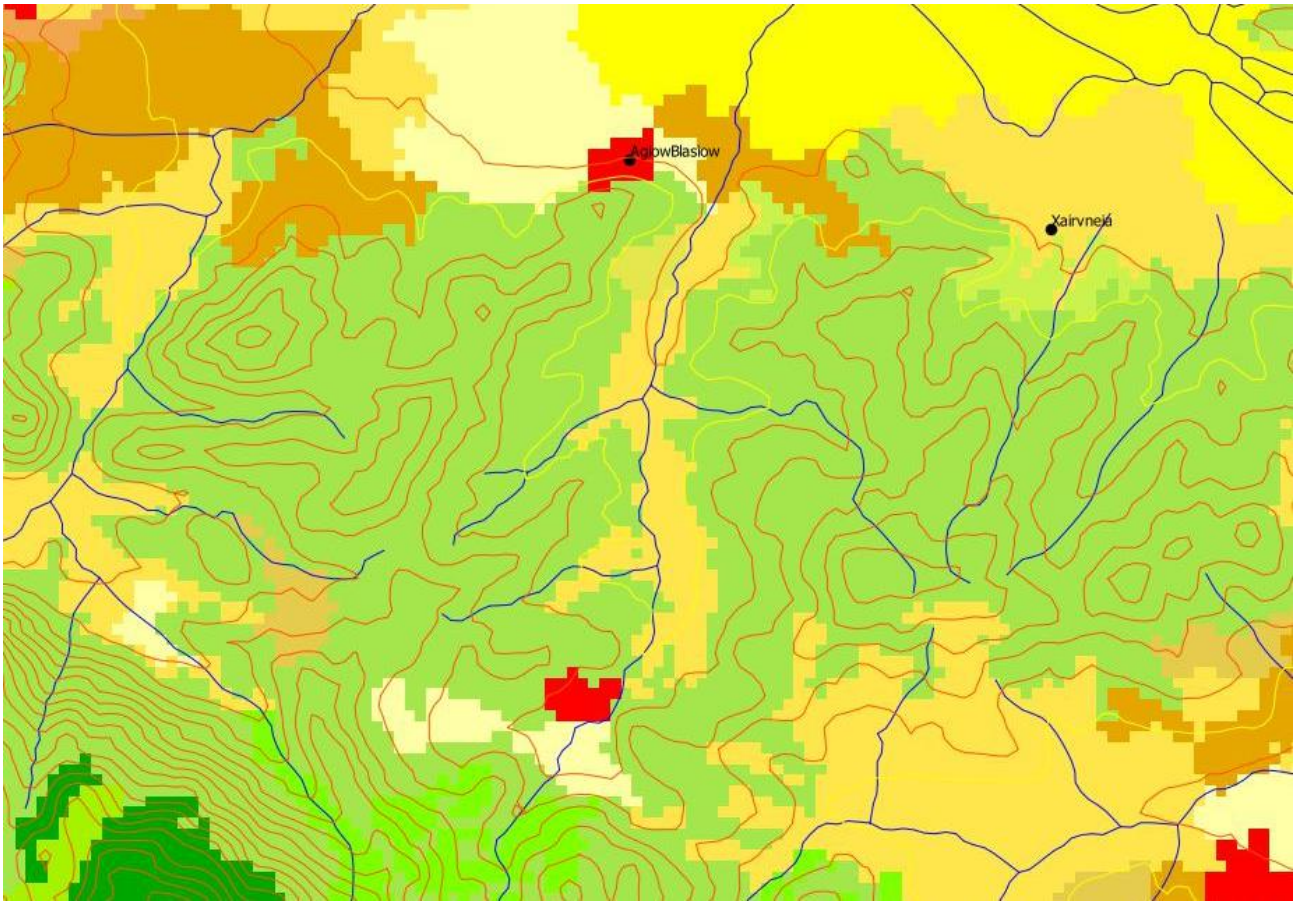
Οι θέσεις που επιλέχθηκαν για μελέτη, είναι οι εξής:

1. Περιοχή κοντά στον οικισμό Άγιο Βλάσσιο
2. Περιοχή κοντά στον οικισμό Άγιο Γεώργιο
3. Περιοχή κοντά στον οικισμό Κλειδί

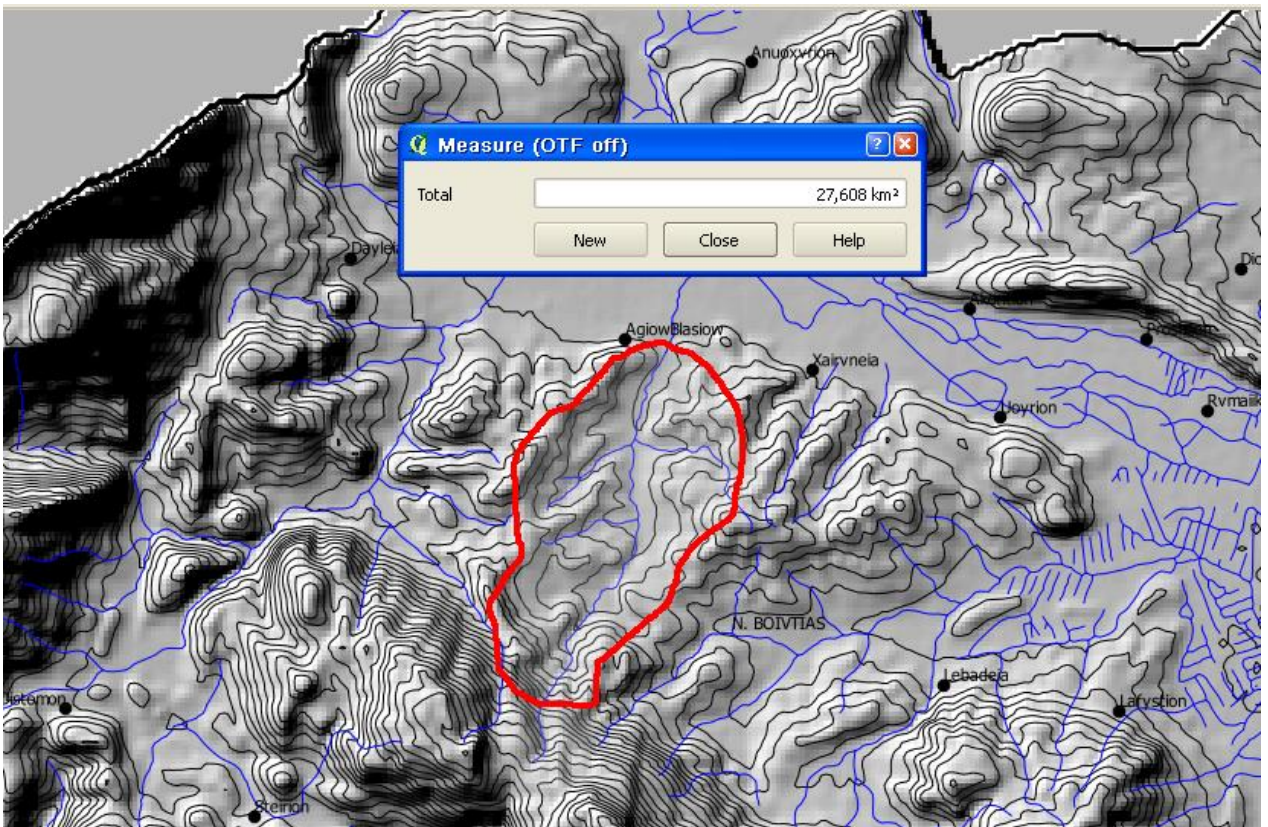
### **Θέση 1: Περιοχή Άγιος Βλάσσιος. Αποτελεί παραπόταμο της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού**

Η περιοχή ανήκει στον Καλλικρατικό Δήμο Λιβαδέων, και είναι ημιορεινή και πεδινή (<https://el.wikipedia.org>). Όπως εμφανίζεται και από τους χάρτες που ακολουθούν, ο χείμαρρος νοτίως του οικισμού Αγίου Βλασίου βρίσκεται στις βόρειες πλαγιές του

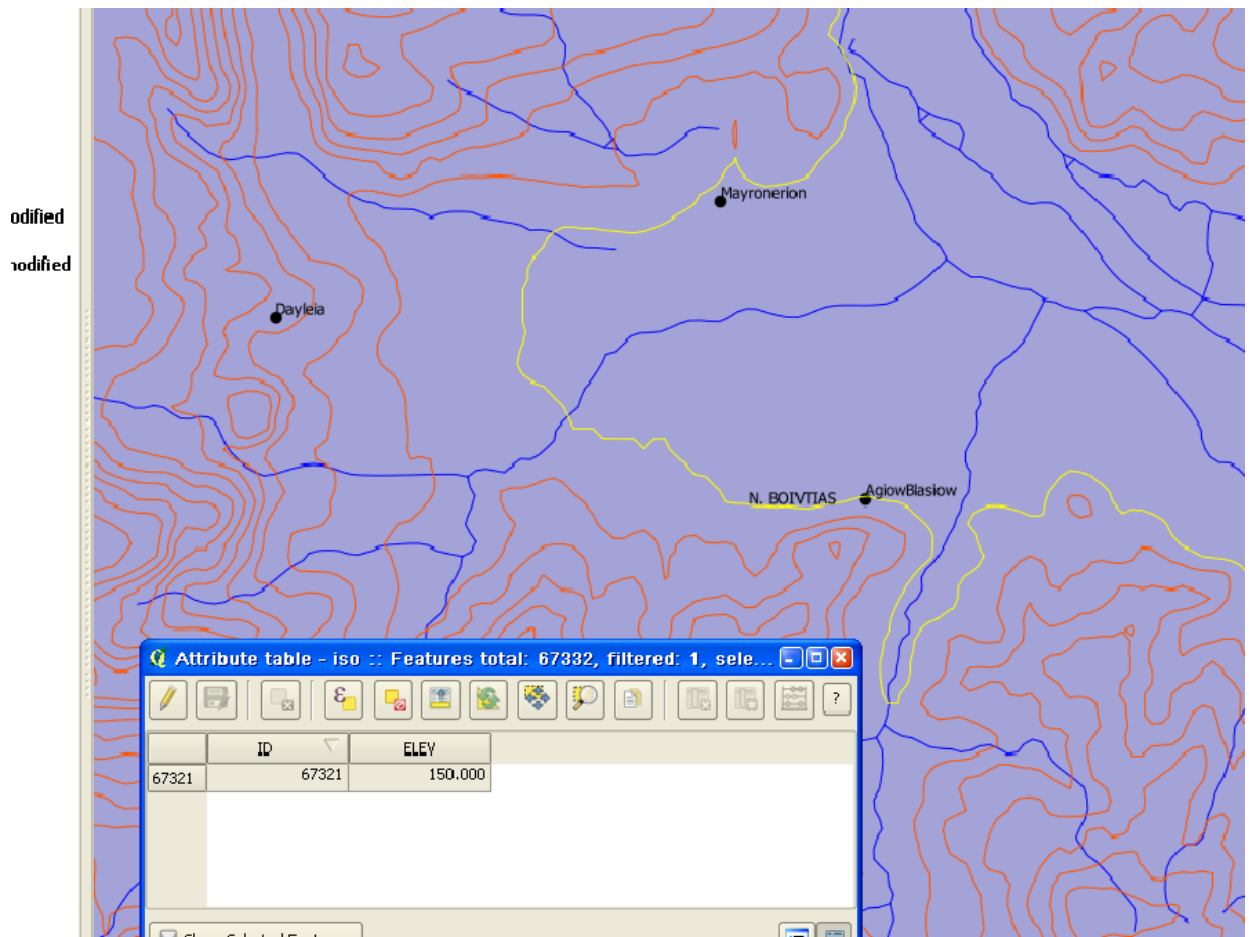
Ελικώνα, έχει κατεύθυνση N-B, και τελικό αποδέκτη τον Βοιωτικό Κηφισό. Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής του ποταμού για την συγκεκριμένη θέση υπολογίζεται από το QGIS σε 27,608 χλμ<sup>2</sup> (Εικόνα 3.24). Από τον χάρτη χρήσεων γης (Cogine) προκύπτει ότι η ευρύτερη περιοχή του Αγίου Βλασίου χαρακτηρίζεται από έντονη γεωργική δραστηριότητα. Η περιοχή δεν εντάσσεται, αλλά και δεν βρίσκεται κοντά σε προστατευόμενη περιοχή Natura 2000, ούτε εντός αρχαιολογικών ζωνών, ή εντός δασικών εκτάσεων. Ελέγχοντας τις ισούψεις καμπύλες της υπό διερεύνηση θέσης υπολογίζεται ότι το υψόμετρο της θέσης έδρασης του σώματος του φράγματος θα είναι σε υψόμετρο λίγο μικρότερο των 150,00μ., και η στέψη του φράγματος μπορεί να φτάσει σε υψόμετρο 200,00μ., οπότε, η λεκάνη κατάκλισης θα καλύψει την ισοϋψή των 200,00μ., όπως φαίνεται και στα σχήματα που ακολουθούν. Επίσης, θα μπορούσε το υψόμετρο της θέσης έδρασης του σώματος του φράγματος να είναι σε υψόμετρο των 200,00μ., και η στέψη του φράγματος να φτάσει σε υψόμετρο 250,00μ., ή και μεγαλύτερο, οπότε, η λεκάνη κατάκλισης να καλύψει την ισοϋψή των 250,00μ., αλλά αυτό είναι συνάρτηση, κάθε φορά, του χρηματοοικονομικού παράγοντα για την κατασκευή του έργου. Από τον έλεγχο του σεισμοτεκτονικού χάρτη στην περιοχή του Αγίου Βλασίου προκύπτει ότι, στην προτεινόμενη θέση έδρασης του φράγματος δεν υφίστανται ρήγματα, τα οποία θα δημιουργήσουν προβλήματα στην κατασκευή. Επίσης, το είδος των πετρωμάτων στην περιοχή είναι φλύσχης (ένα ιδιαίτερα αδιαπέρατο πέτρωμα, που καλύπτει τις προϋποθέσεις για την στεγανότητα της λεκάνης κατάκλισης). Επίσης εμφανίζονται και προσχώσεις στη θέση στένωσης (Εικόνα 3.25) - άνευ ιδιαίτερης σημασίας - καθώς οι επιφανειακές αποθέσεις, συνήθως, απομακρύνονται από την περιοχή κατά την κατασκευή του έργου. Τέλος, από τον Γεωπληροφοριακό Χάρτη της ΡΑΕ προκύπτει ότι δεν υφίστανται αιολικοί, ηλιοθερμικοί, υδροηλεκτρικοί, φωτοβολταϊκοί σταθμοί και σταθμοί βιομάζας στην περιοχή, οι οποίοι θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ακύρωση της χωροθέτησης του έργου ([www.rae.geo.gr](http://www.rae.geo.gr)).



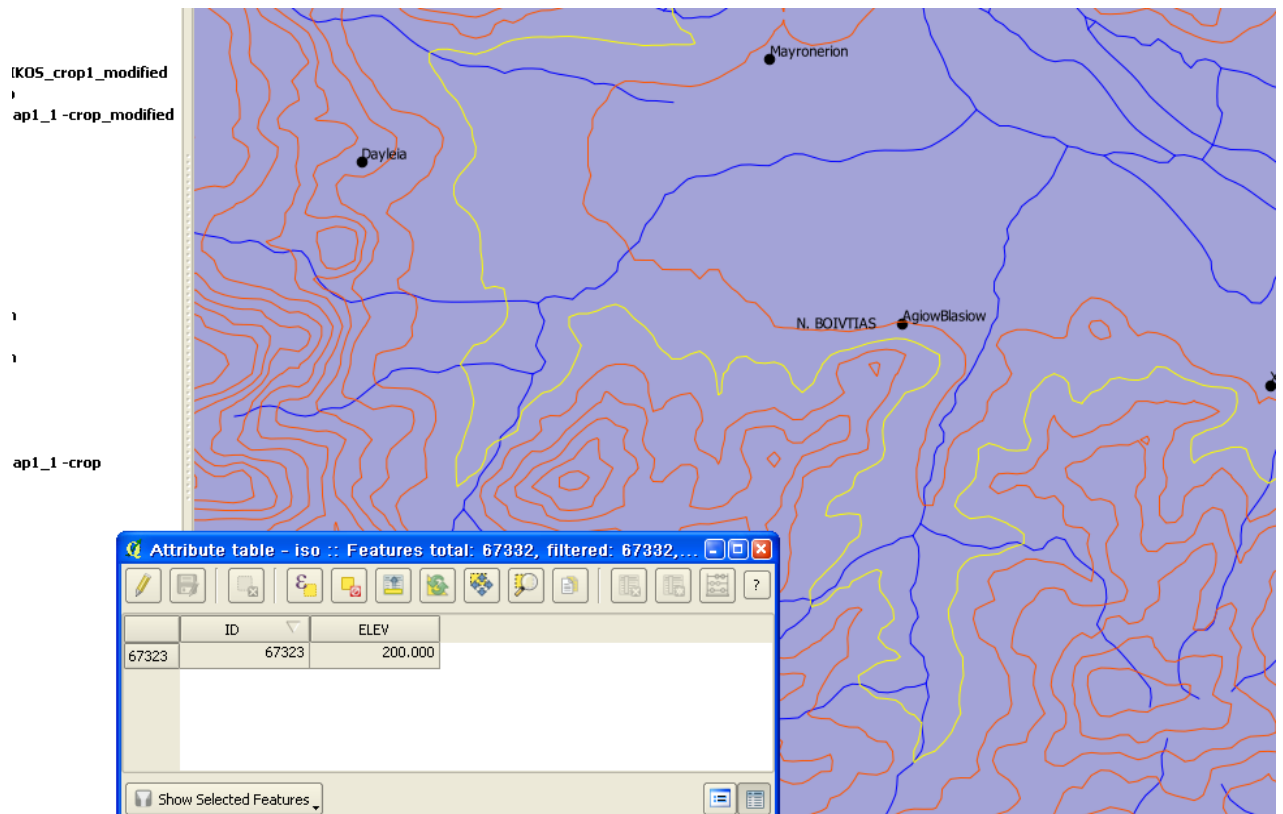
Εικόνα 3.33: Χρήσεις γης (Corine) στην περιοχή του Αγίου Βλασίου



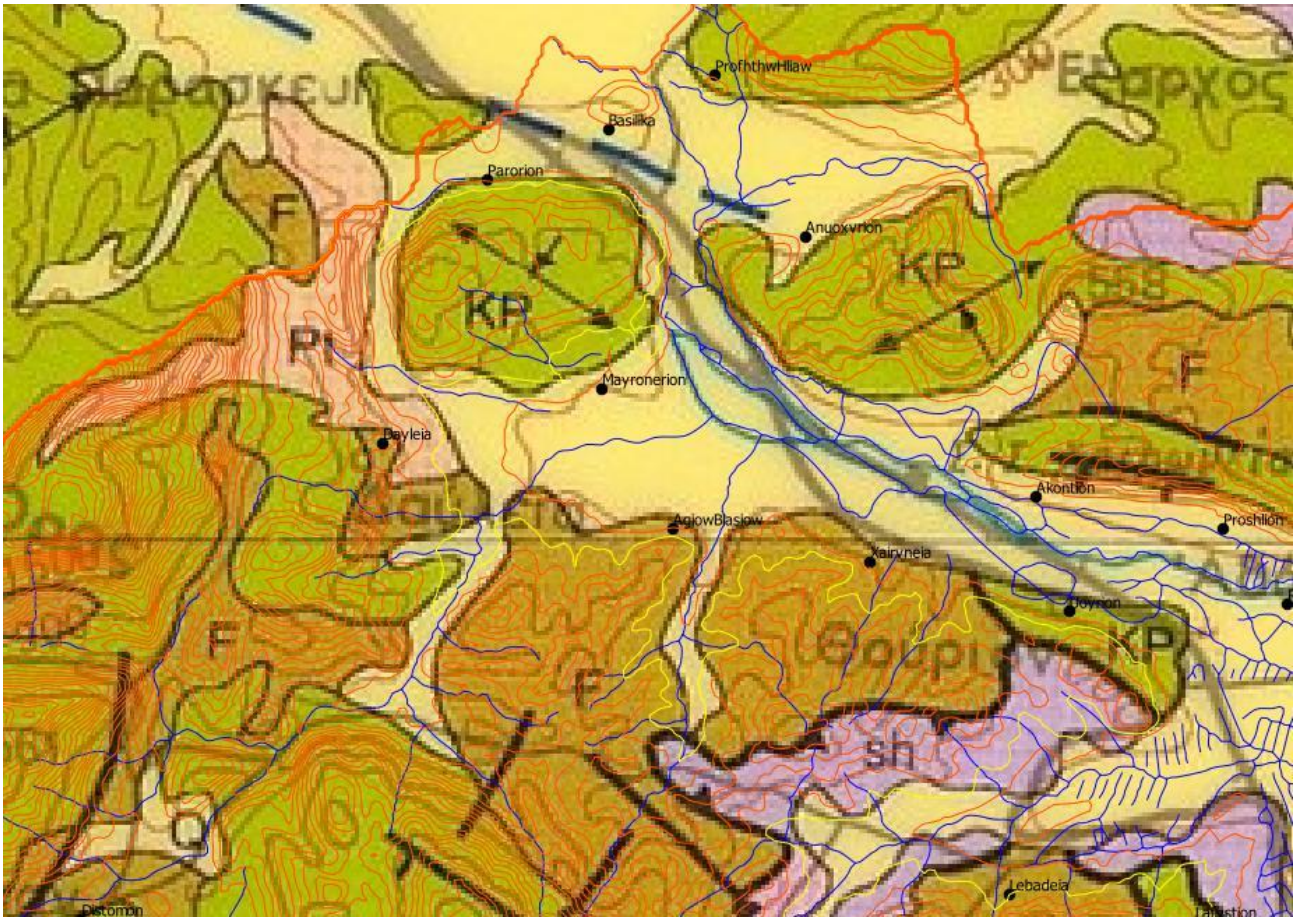
Εικόνα 3.34: Δεκάνη απορροής ποταμού στην περιοχή του Αγίου Βλασίου



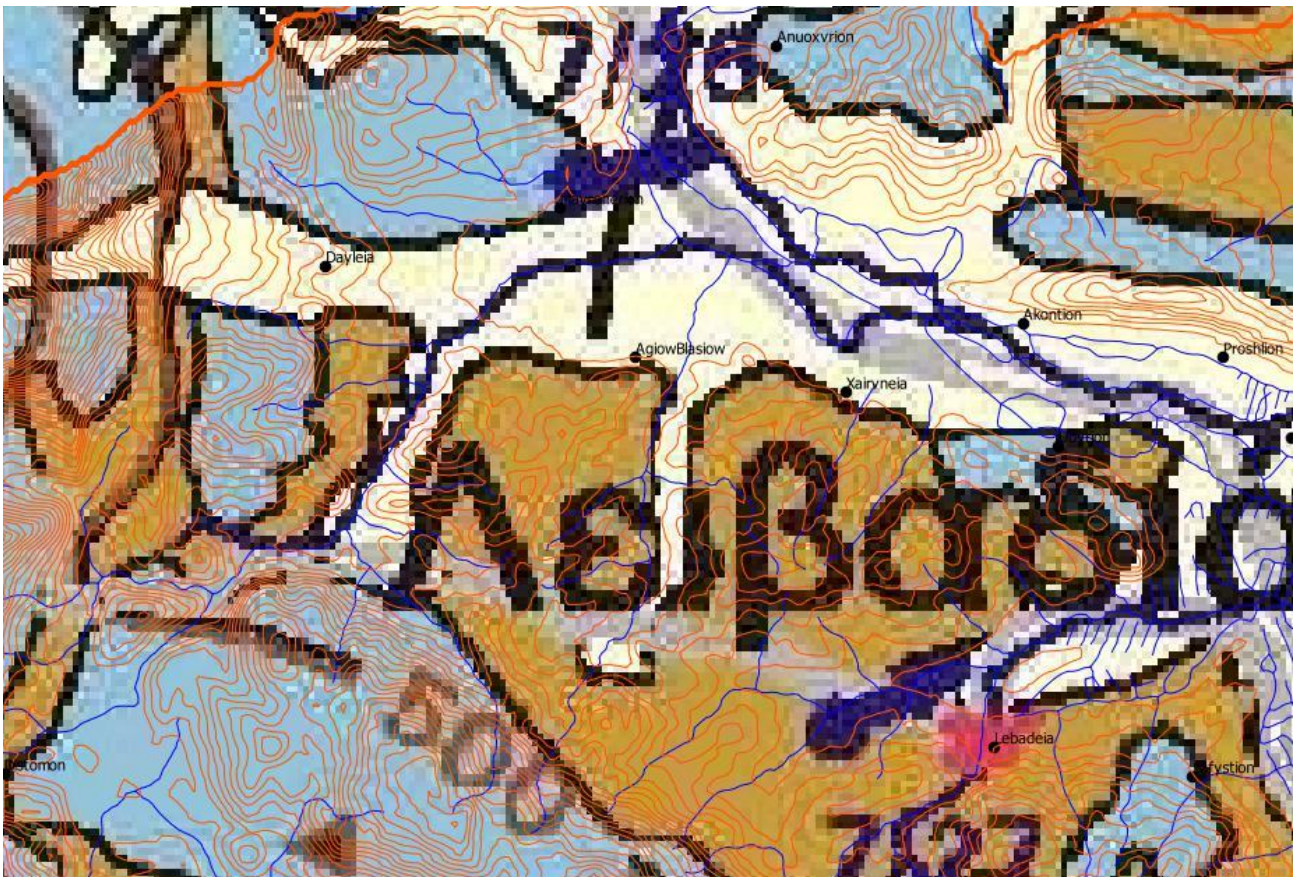
Εικόνα 3.35: Στένωση έδρασης φράγματος Αγίου Βλασίου στην ισοϋψή των 150,00μ.



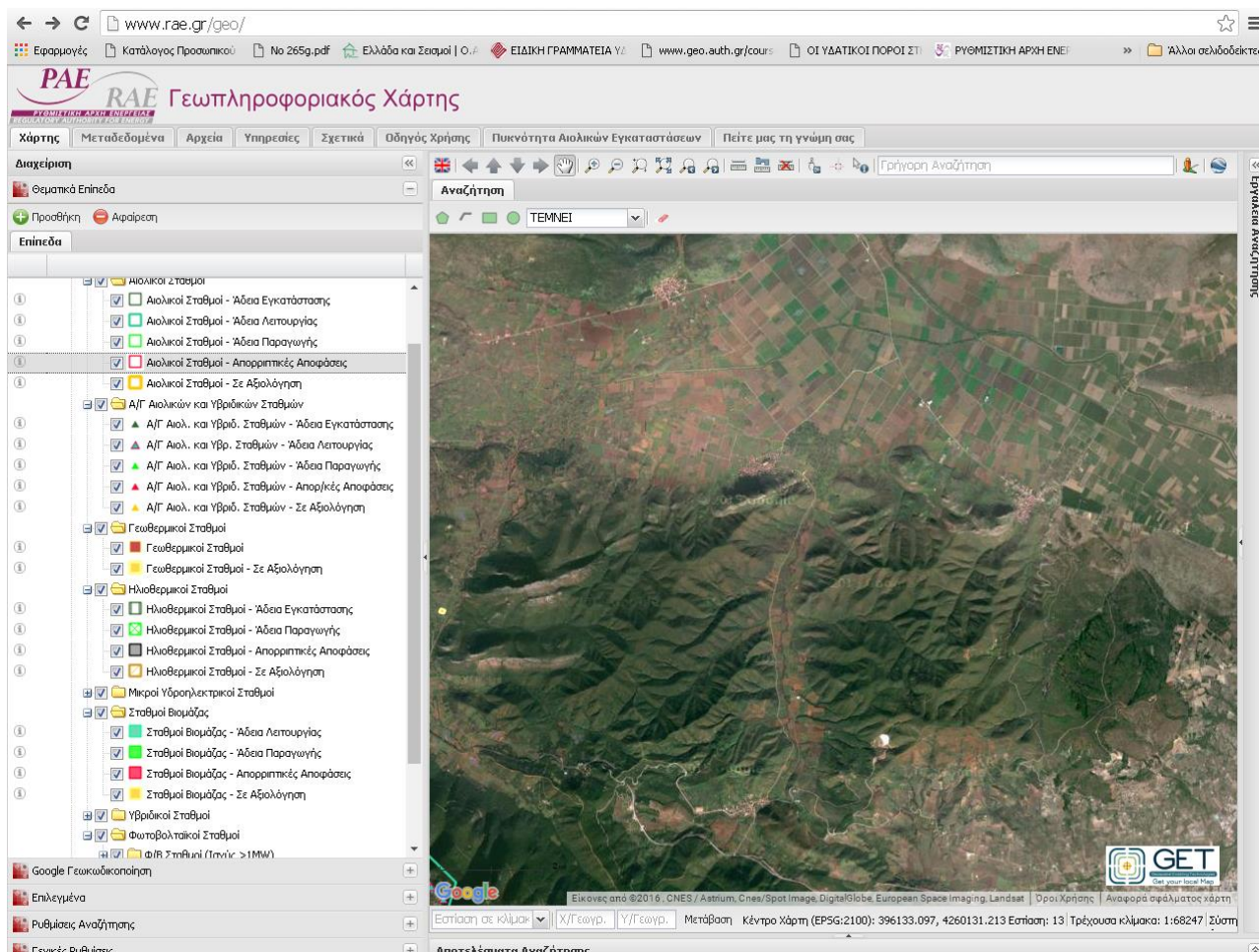
Εικόνα 3.36: Λεκάνη κατάκλισης φράγματος Αγίου Βλασίου στην ισοϋψή των 200,00μ.



Εικόνα 3.37: Σεισμοτεκτονικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Βλασίου



Εικόνα 3.38: Υδρολιθολογικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Βλασίου

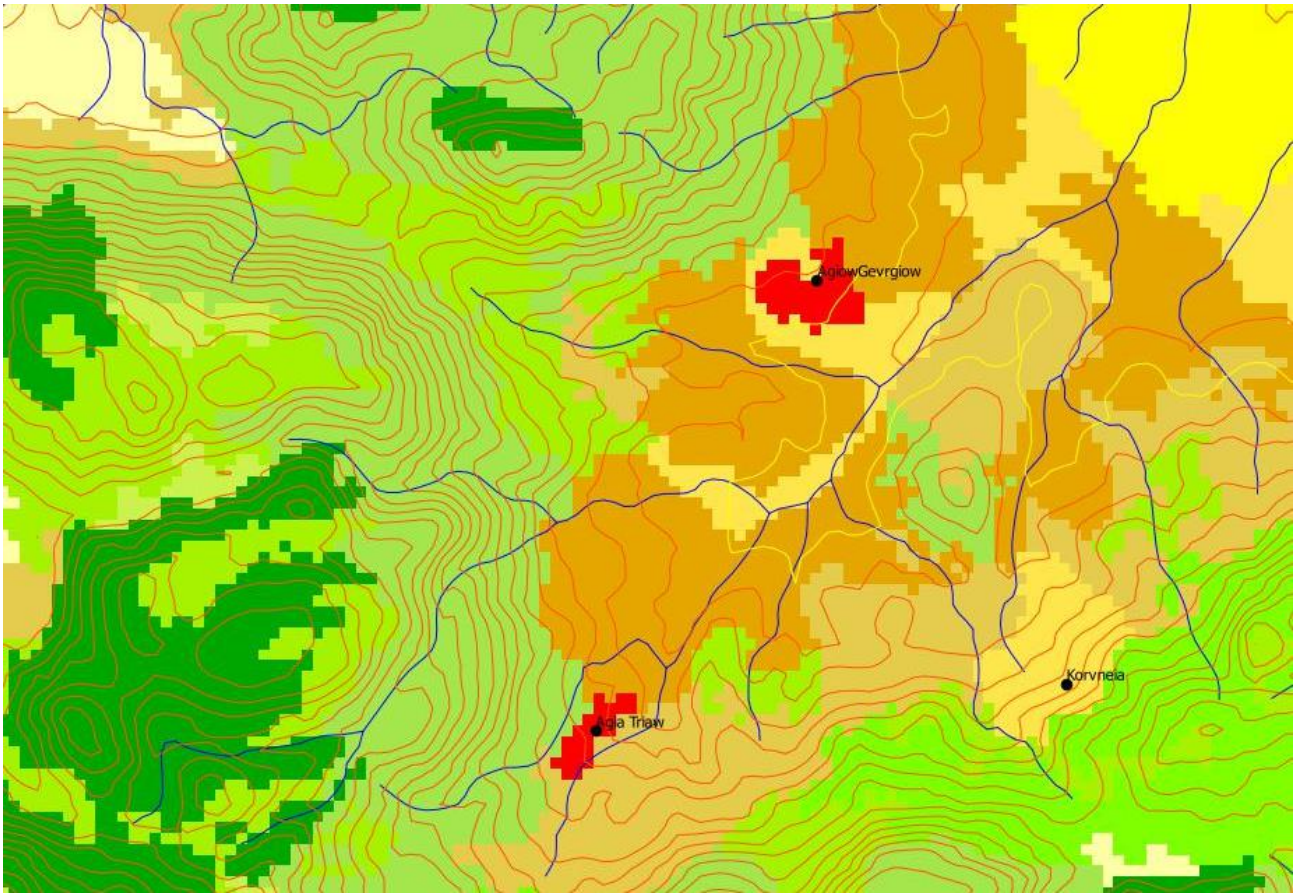


Εικόνα 3.39: Γεωπληροφοριακός χάρτης PAE στην περιοχή του Αγίου Βλασίου

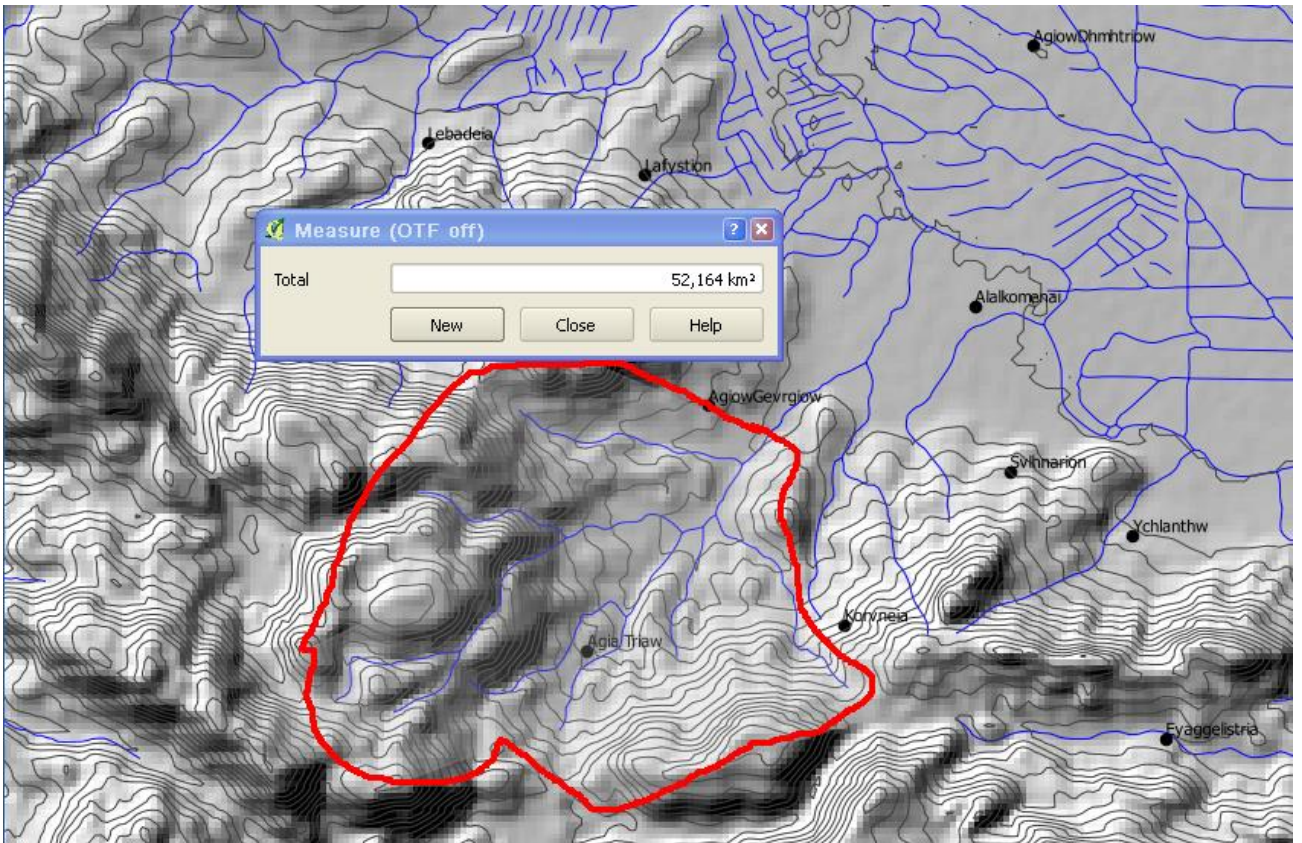
## Θέση 2: Περιοχή Άγιος Γεώργιος. Αποτελεί παραπόταμο της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού

Η περιοχή ανήκει στον Καλλικρατικό Δήμο Λιβαδέων, και είναι ημιορεινή (<https://el.wikipedia.org>). Όπως εμφανίζεται και από τους χάρτες που ακολουθούν, ο χειμαρρος νοτίως του οικισμού Αγίου Γεωργίου βρίσκεται στις ανατολικές πλαγιές του Ελικώνα, έχει κατεύθυνση ΝΔ-ΒΑ, και τελικό αποδέκτη τον Βοιωτικό Κηφισό. Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής του ποταμού για την συγκεκριμένη θέση υπολογίζεται από το QGIS σε 52,164 χλμ<sup>2</sup> (Εικόνα 3.31). Από τον χάρτη χρήσεων γης (Corine) προκύπτει ότι η ευρύτερη περιοχή του Αγίου Γεωργίου χαρακτηρίζεται από έντονη γεωργική δραστηριότητα. Η περιοχή δε βρίσκεται κοντά σε προστατευόμενη περιοχή Natura 2000, ούτε εντός αρχαιολογικών ζωνών, ή εντός δασικών εκτάσεων. Ελέγχοντας τις ισουψείς καμπύλες της υπό διερεύνηση θέσης υπολογίζεται ότι, το υψόμετρο της θέσης έδρασης του σώματος του φράγματος θα είναι σε υψόμετρο λίγο μικρότερο των 150,00μ., και η στέψη του φράγματος μπορεί να φτάσει σε υψόμετρο 200,00μ., οπότε, η λεκάνη κατάκλισης θα καλύψει την ισουψή των 200,00μ., όπως φαίνεται και στα

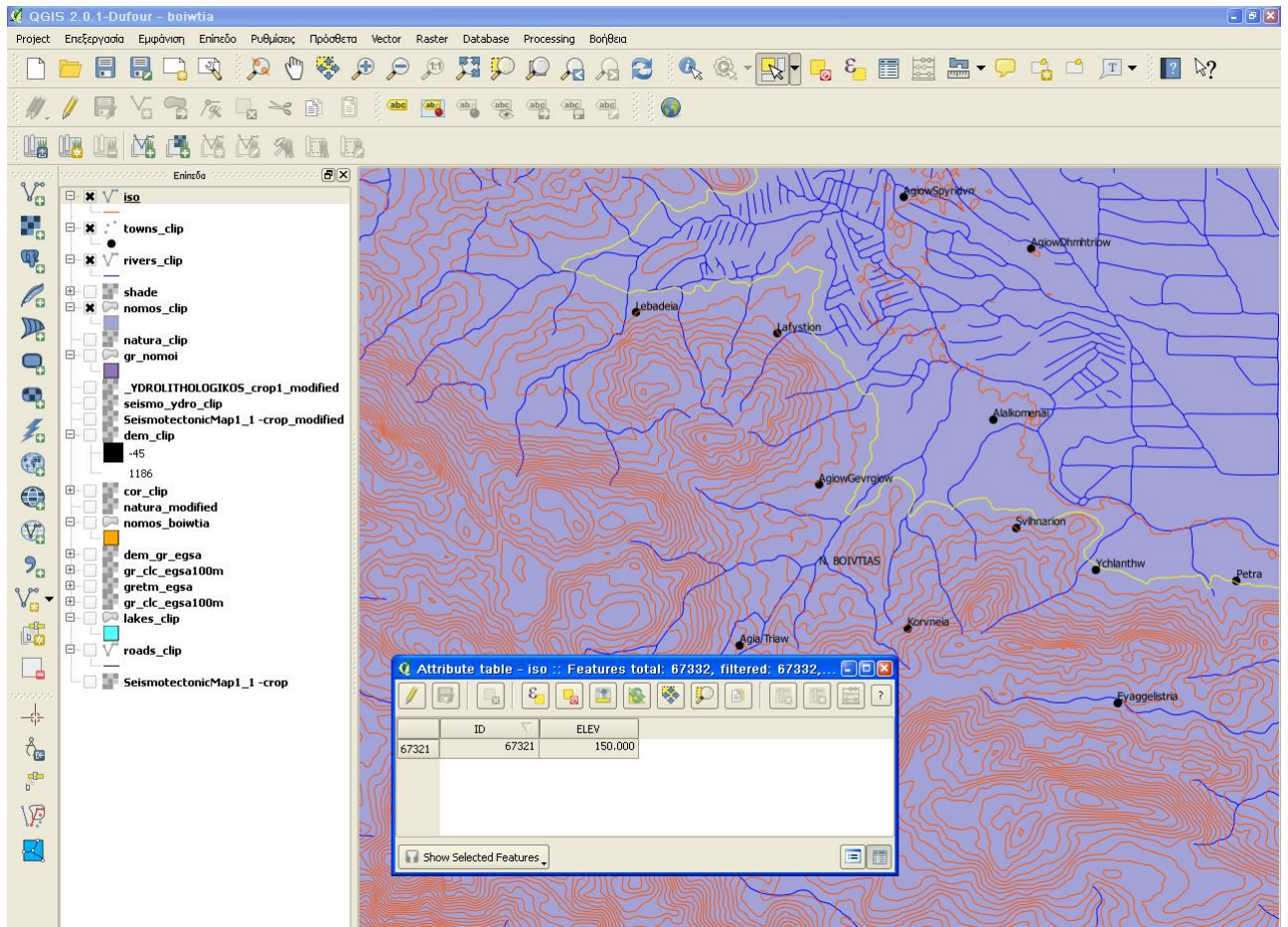
σχήματα που ακολουθούν. Επίσης, θα μπορούσε το υψόμετρο της θέσης έδρασης του σώματος του φράγματος να είναι σε υψόμετρο λίγο μικρότερο των 200,00μ., και η στέψη του φράγματος να φτάσει σε υψόμετρο 250,00μ., ή και μεγαλύτερο, οπότε, η λεκάνη κατάκλισης να καλύψει την ισοϋψή των 250,00μ., αλλά αυτό είναι συνάρτηση, κάθε φορά, του χρηματοοικονομικού παράγοντα για την κατασκευή του έργου. Από τον έλεγχο του σεισμοτεκτονικού χάρτη, στην προτεινόμενη περιοχή έδρασης του φράγματος του Αγίου Γεωργίου δεν υφίστανται ρήγματα, ενώ προκύπτει ότι δυτικά της προτεινόμενης θέσης έδρασης του φράγματος υφίσταται μία επιφάνεια ασυνέχειας (επώθηση πετρωμάτων), η οποία όμως βρίσκεται έξω από την περιοχή κατάκλισης, και δεν αναμένεται να δημιουργήσει προβλήματα στην κατασκευή. Επίσης, το είδος των πετρωμάτων στην περιοχή είναι: α) φλύσχης (ένα ιδιαίτερα αδιαπέρατο πέτρωμα), β) προσχώσεις στη θέση στένωσης, άνευ ιδιαίτερης σημασίας, καθώς οι επιφανειακές αποθέσεις, συνήθως, απομακρύνονται από την περιοχή κατά την κατασκευή του έργου, και γ) δυτικά, σε αρκετή απόσταση, ανάντη του σώματος του φράγματος, πάνω από την λεκάνη κατάκλισης, σχιστοκερατόλιθοι και σχιστοψαμμίτες με οφιολίθους (Εικόνα 3.34) σχηματισμοί πτυχωμένοι και ιδιαίτερα διερρηγμένοι, οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για τη χωροθέτηση, δεδομένου ότι είναι διαπερατοί σχηματισμοί. Επιπλέον οι οφιολιθικοί σχηματισμοί ευθύνονται σε αρκετές περιπτώσεις για την μόλυνση των υδάτων από το χρώμιο φυσικής προέλευσης. Τέλος, από τον Γεωπληροφοριακό Χάρτη της ΡΑΕ προκύπτει ότι δεν υφίστανται αιολικοί, ηλιοθερμικοί, υδροηλεκτρικοί, φωτοβολταϊκοί σταθμοί και σταθμοί βιομάζας κοντά στην περιοχή, οι οποίοι να επηρεάσουν κατά οποιονδήποτε τρόπο την κατασκευή ([www.rae.geo.gr](http://www.rae.geo.gr)).



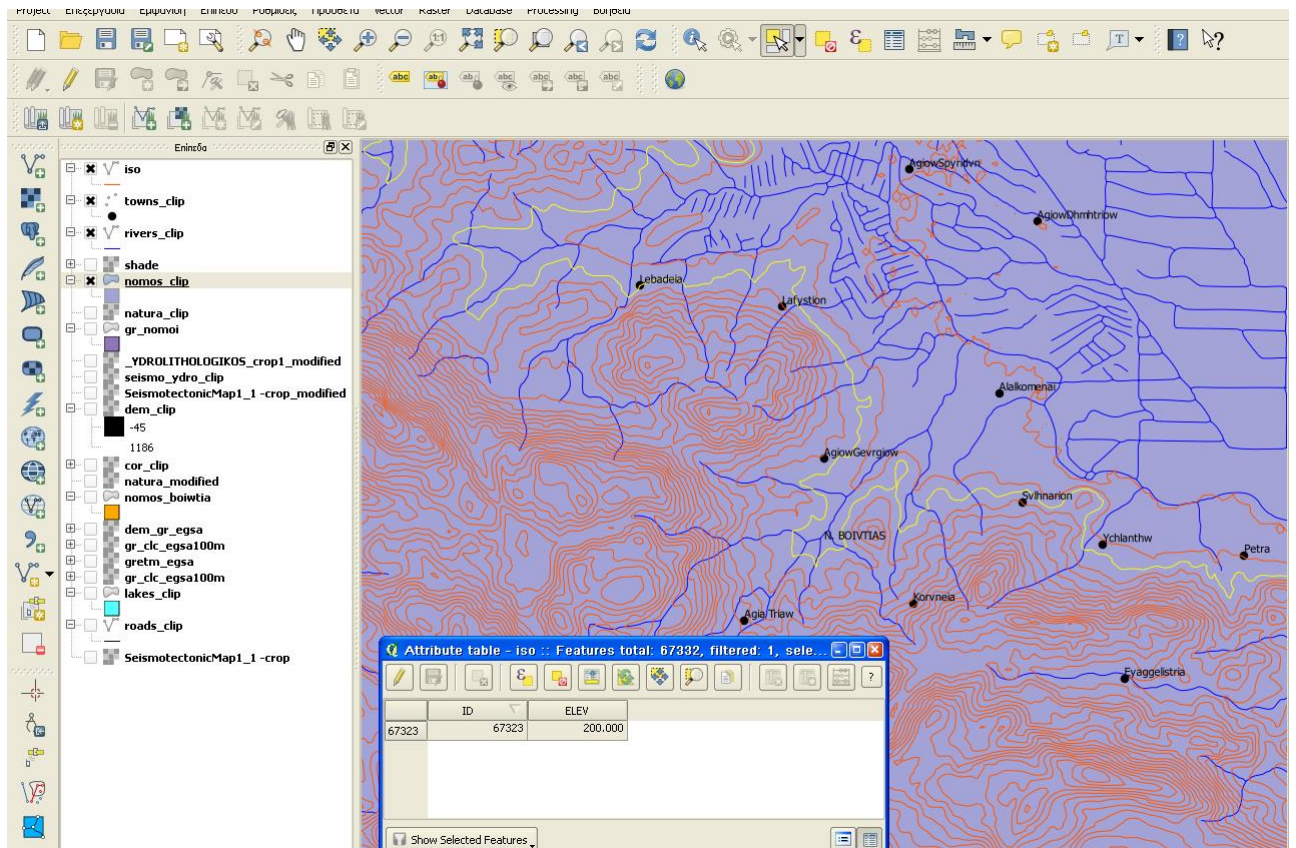
Εικόνα 3.40: Χρήσεις γης (Corine) στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου



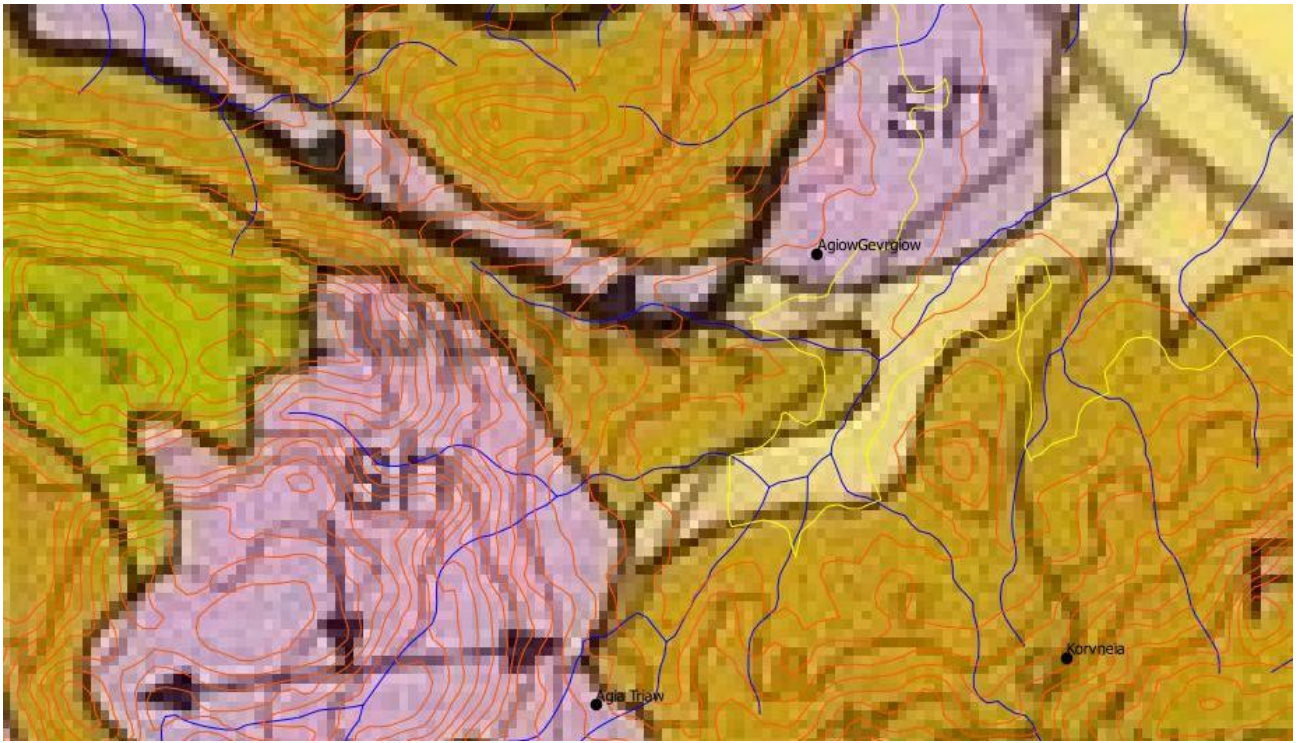
Εικόνα 3.41: Λεκάνη απορροής ποταμού στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου



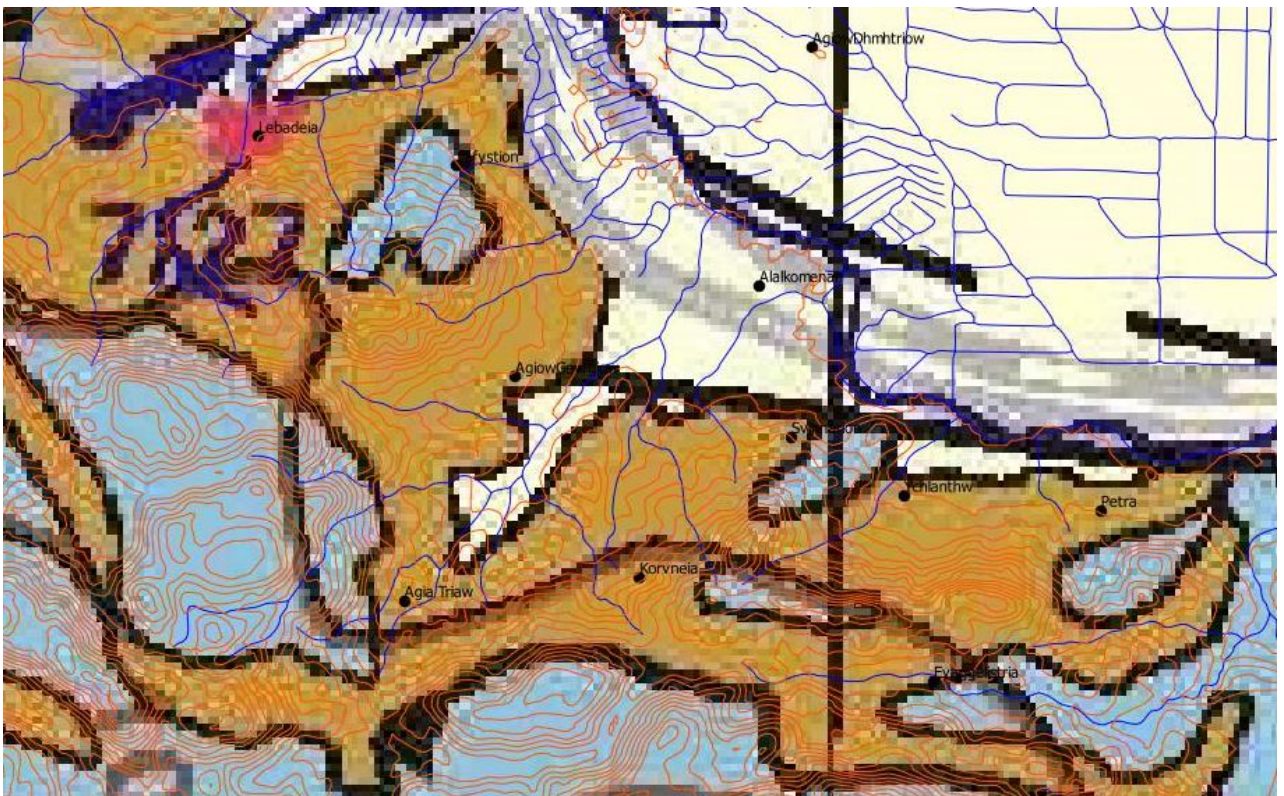
Εικόνα 3.42: Στένωση έδρασης φράγματος Αγίου Γεωργίου στην ισούψη των 150,00μ.



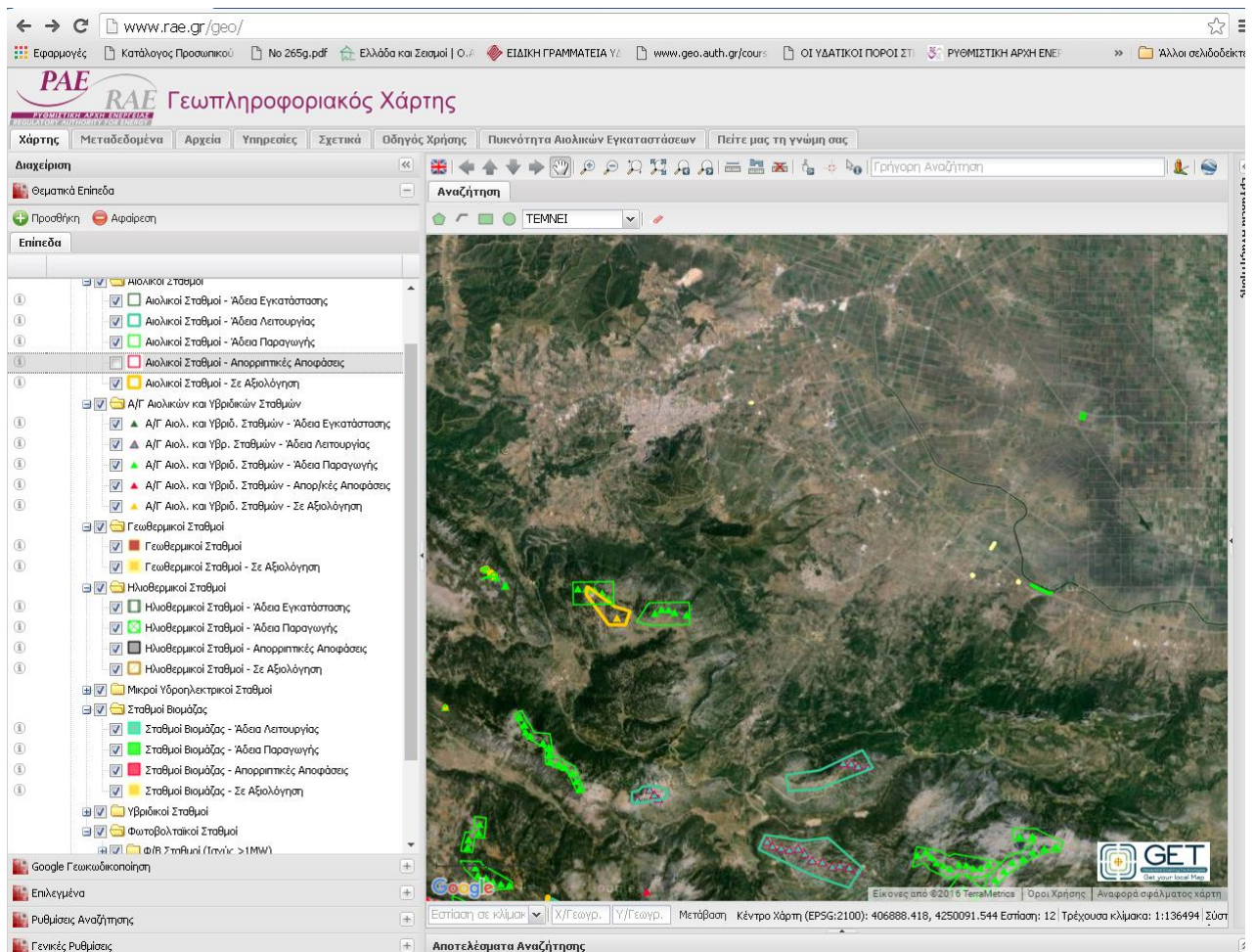
Εικόνα 3.43: Λεκάνη κατάκλισης φράγματος Αγίου Γεωργίου στην ισούψη των 200,00μ.



Εικόνα 3.44: Σεισμοτεκτονικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου



Εικόνα 3.45: Υδρολιθολογικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου

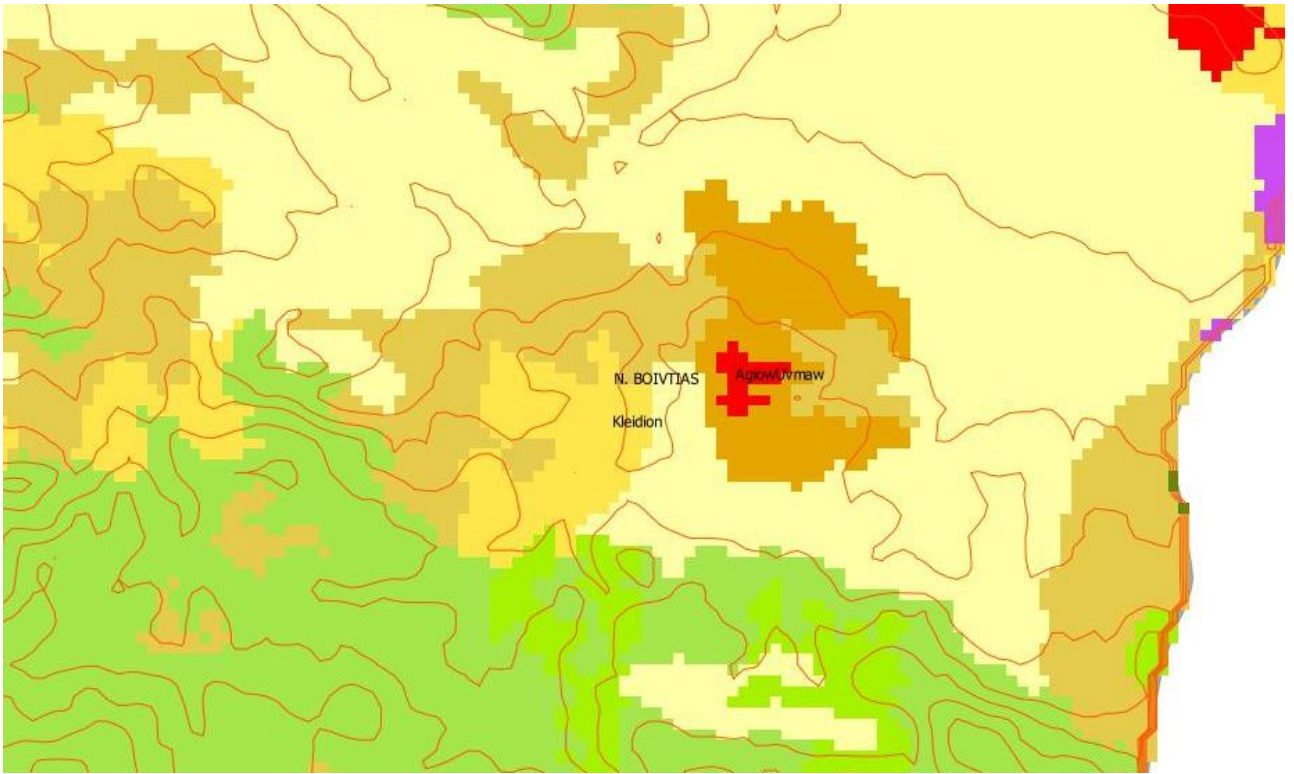


Εικόνα 3.46: Γεωπληροφοριακός χάρτης ΡΑΕ στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου

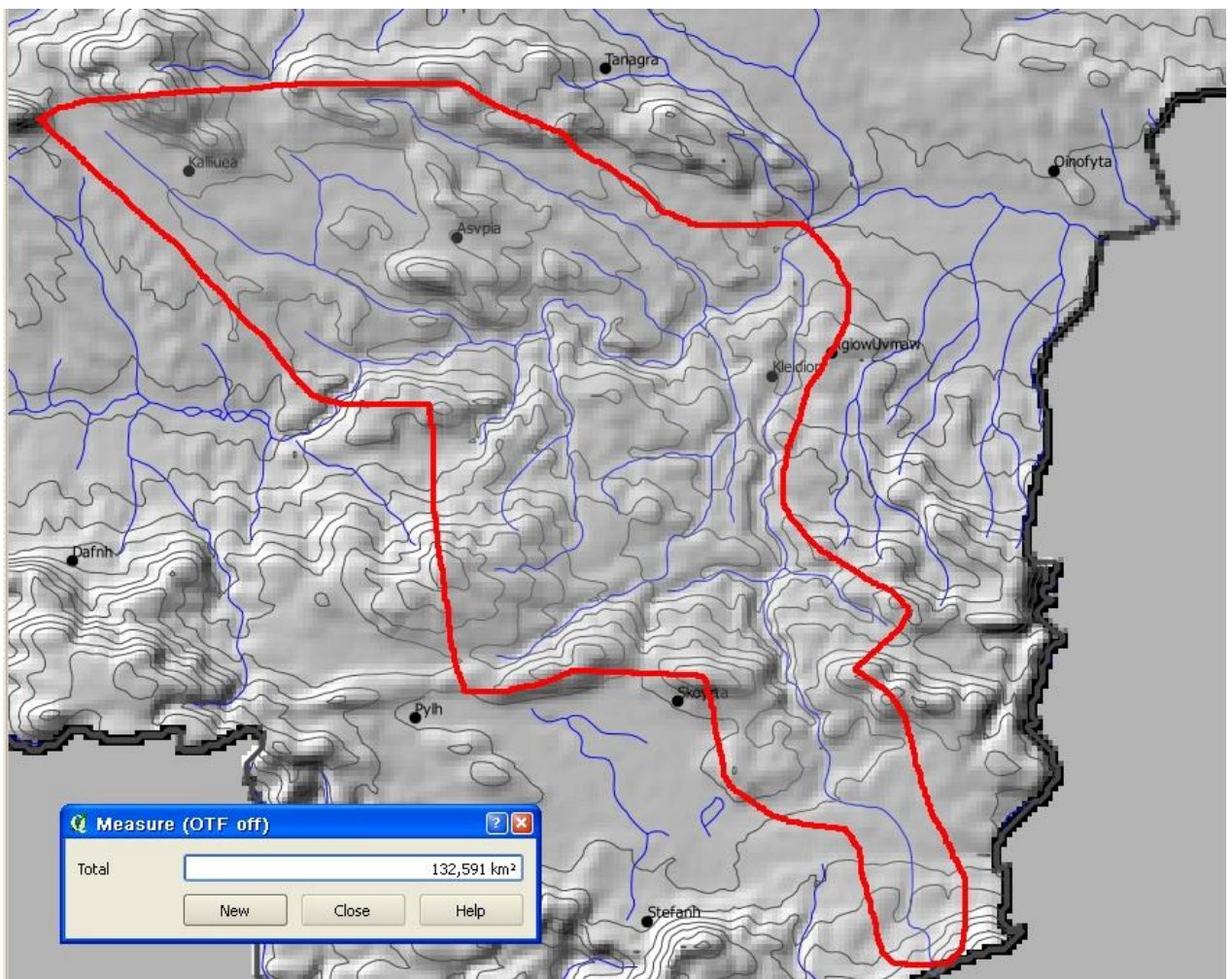
### Θέση 3: Περιοχή Κλειδί. Αποτελεί παραπόταμο της λεκάνης του Ασωπού

Η περιοχή ανήκει στον Δήμο Τανάγρας, και είναι ημιορεινή και πεδινή (<https://el.wikipedia.org>). Όπως εμφανίζεται και από τους χάρτες που ακολουθούν, ο χειμαρρος νοτίως του οικισμού Κλειδιού έχει κατεύθυνση N-B και διέρχεται μεταξύ των οικισμών Κλειδιού και Αγίου Θωμά, με τελικό αποδέκτη τον ποταμό Ασωπό. Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής του ποταμού για την συγκεκριμένη θέση υπολογίζεται από το QGIS σε 132.591 χλμ<sup>2</sup> (Εικόνα 3.38). Από τον χάρτη χρήσεων γης (Corine) προκύπτει ότι η ευρύτερη περιοχή του Κλειδιού χαρακτηρίζεται από έντονη γεωργική δραστηριότητα. Η περιοχή δεν βρίσκεται κοντά σε προστατευόμενη περιοχή Natura 2000, ούτε εντός αρχαιολογικών ζωνών, ή εντός δασικών εκτάσεων.. Ελέγχοντας τις ισοϋψείς καμπύλες της υπό διερεύνηση θέσης υπολογίζεται ότι, το υψόμετρο της θέσης έδρασης του σώματος του φράγματος θα είναι σε υψόμετρο λίγο μικρότερο των 100,00μ., και η στέψη του φράγματος μπορεί να φτάσει σε υψόμετρο 150,00μ., οπότε, η λεκάνη κατάκλισης θα καλύψει την ισοϋψή των 150,00μ., όπως φαίνεται και στα σχήματα που ακολουθούν. Επίσης, θα μπορούσε το υψόμετρο της θέσης έδρασης του

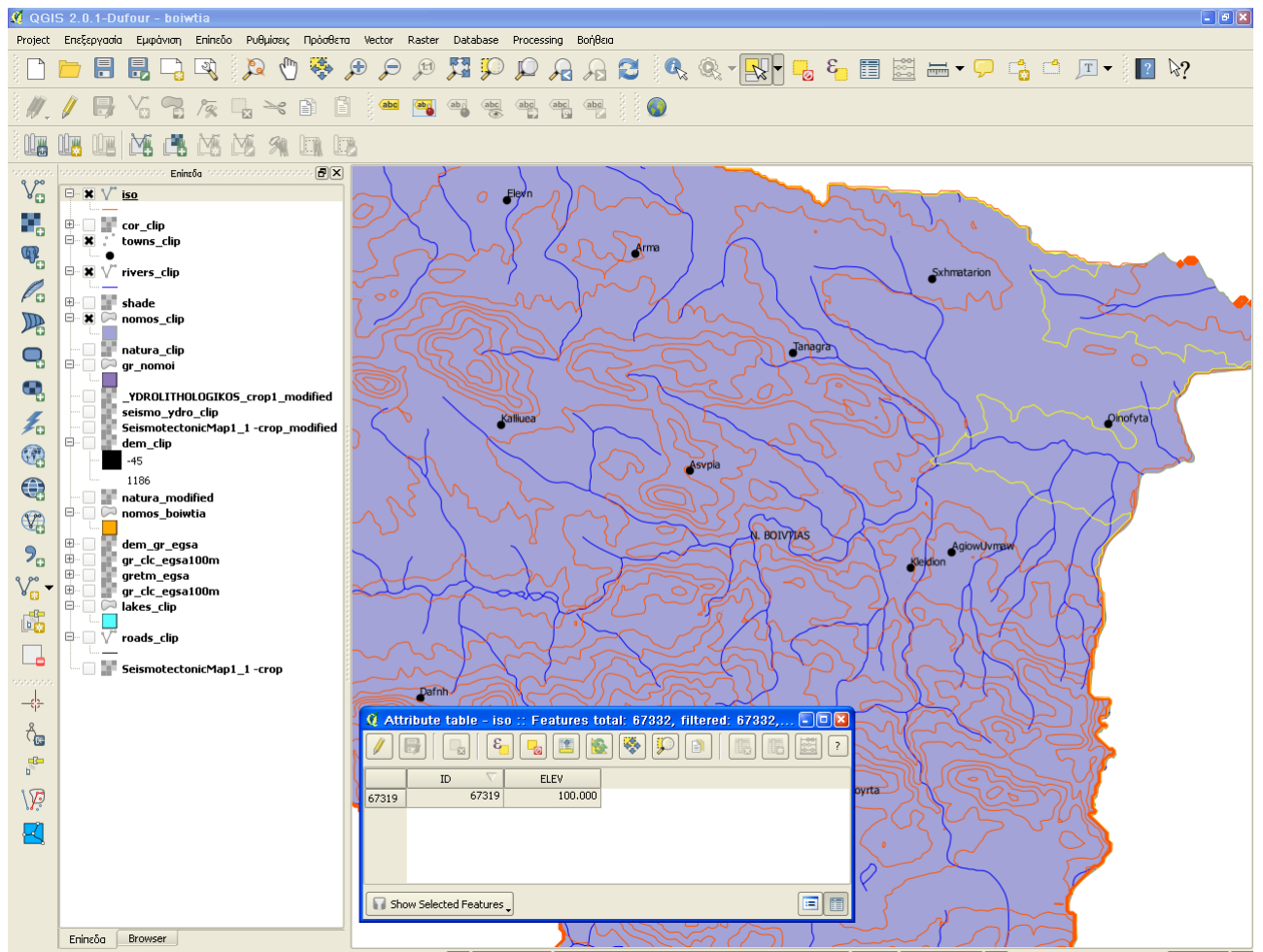
σώματος του φράγματος να είναι σε υψόμετρο των 150,00μ., και η στέψη του φράγματος να φτάσει σε υψόμετρο 200,00μ., ή και μεγαλύτερο, οπότε, η λεκάνη κατάκλισης να καλύψει την ισοϋψή των 200,00μ., αλλά αυτό είναι συνάρτηση, κάθε φορά, του χρηματοοικονομικού παράγοντα για την κατασκευή του έργου. Από τον έλεγχο του σεισμοτεκτονικού χάρτη, στην προτεινόμενη περιοχή έδρασης του φράγματος Κλειδιού δεν υφίστανται ρήγματα, ενώ προκύπτει ότι νοτίως της προτεινόμενης θέσης έδρασης του φράγματος υφίστανται μικρές επιφάνειες ασυνέχειας (επώθηση πετρωμάτων), οι οποίες όμως βρίσκονται έξω από την περιοχή κατάκλισης, και δεν αναμένεται να δημιουργήσουν προβλήματα στην κατασκευή. Επίσης, το είδος των πετρωμάτων στην περιοχή είναι: α) φλύσχης (ένα ιδιαίτερα αδιαπέρατο πέτρωμα), β) προσχώσεις στη θέση στένωσης, άνευ ιδιαίτερης σημασίας, καθώς οι επιφανειακές αποθέσεις, συνήθως, απομακρύνονται από την περιοχή κατά την κατασκευή του έργου, γ) ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Πελαγονικής Ζώνης, σχηματισμοί, οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για τη χωροθέτηση, δεδομένου ότι είναι διαπερατοί, δ) στη θέση έδρασης κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις κυμαινόμενης διαπερατότητας, και ε) κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής διαπερατότητας (Εικόνα 3.42). Τέλος, από τον Γεωπληροφοριακό Χάρτη της ΡΑΕ προκύπτει ότι δεν υφίστανται αιολικοί, ηλιοθερμικοί, υδροηλεκτρικοί, φωτοβολταϊκοί σταθμοί και σταθμοί βιομάζας κοντά στην περιοχή, οι οποίοι να επηρεάσουν κατά οποιονδήποτε τρόπο την κατασκευή ([www.rae.geo.gr](http://www.rae.geo.gr)).



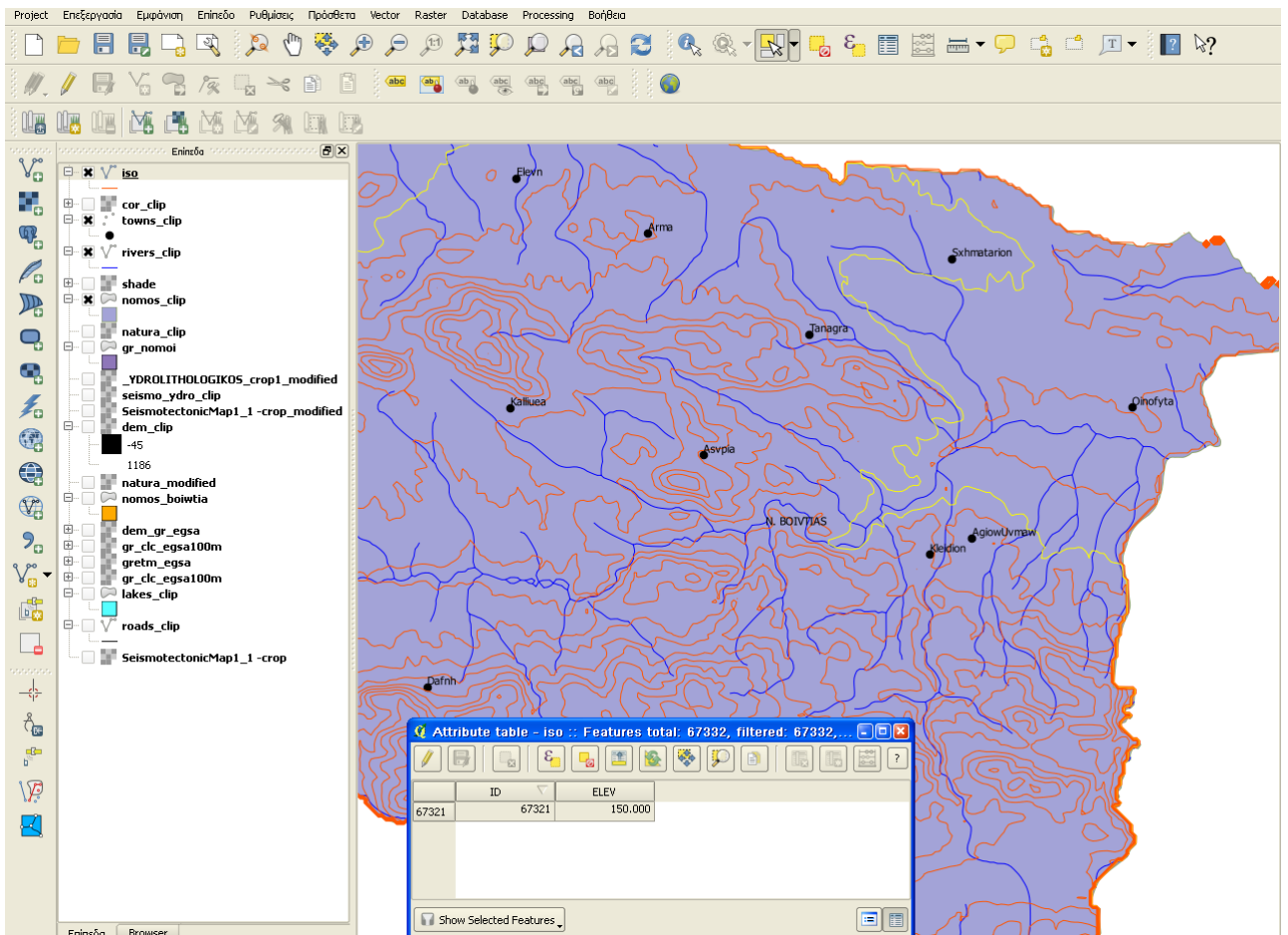
Εικόνα 3.47: Χρήσεις γης (Corine) στην περιοχή Κλειδί



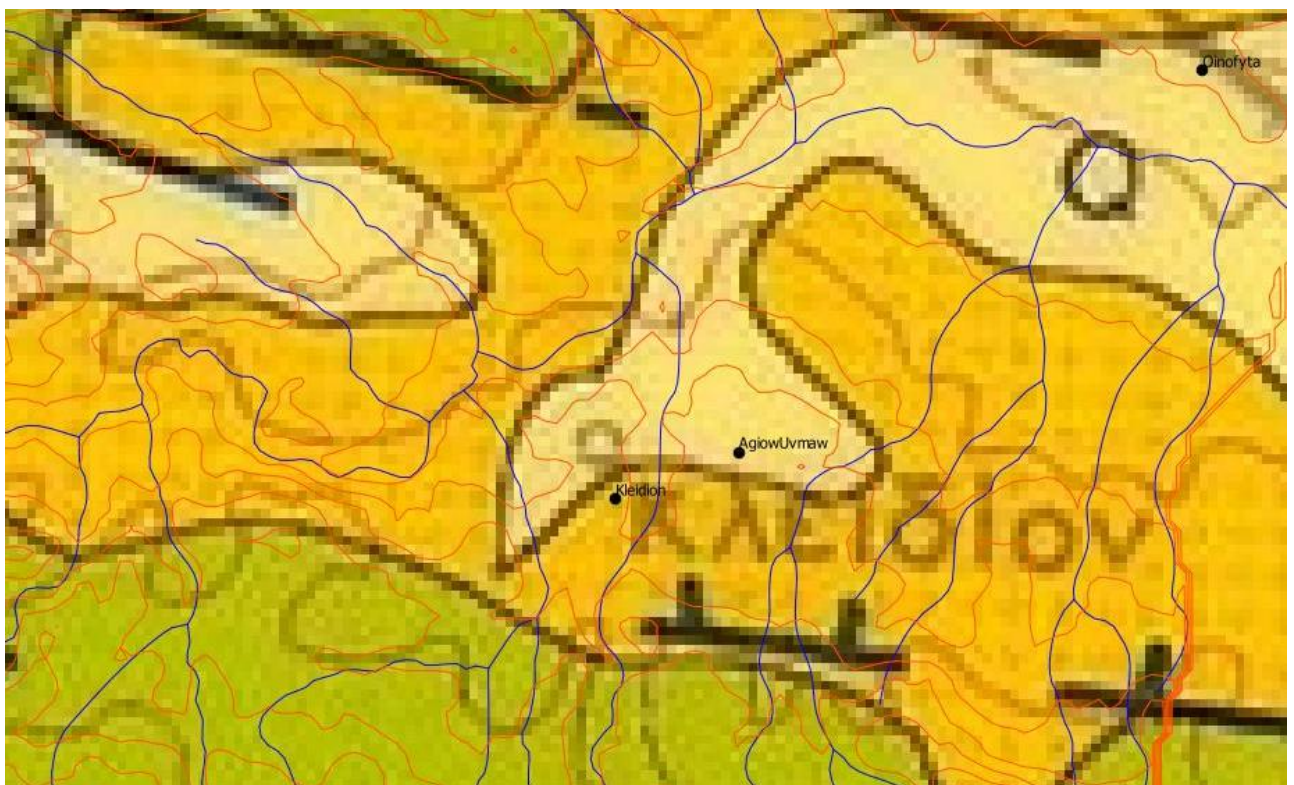
Εικόνα 3.48: Λεκάνη απορροής ποταμού στην περιοχή Κλειδί



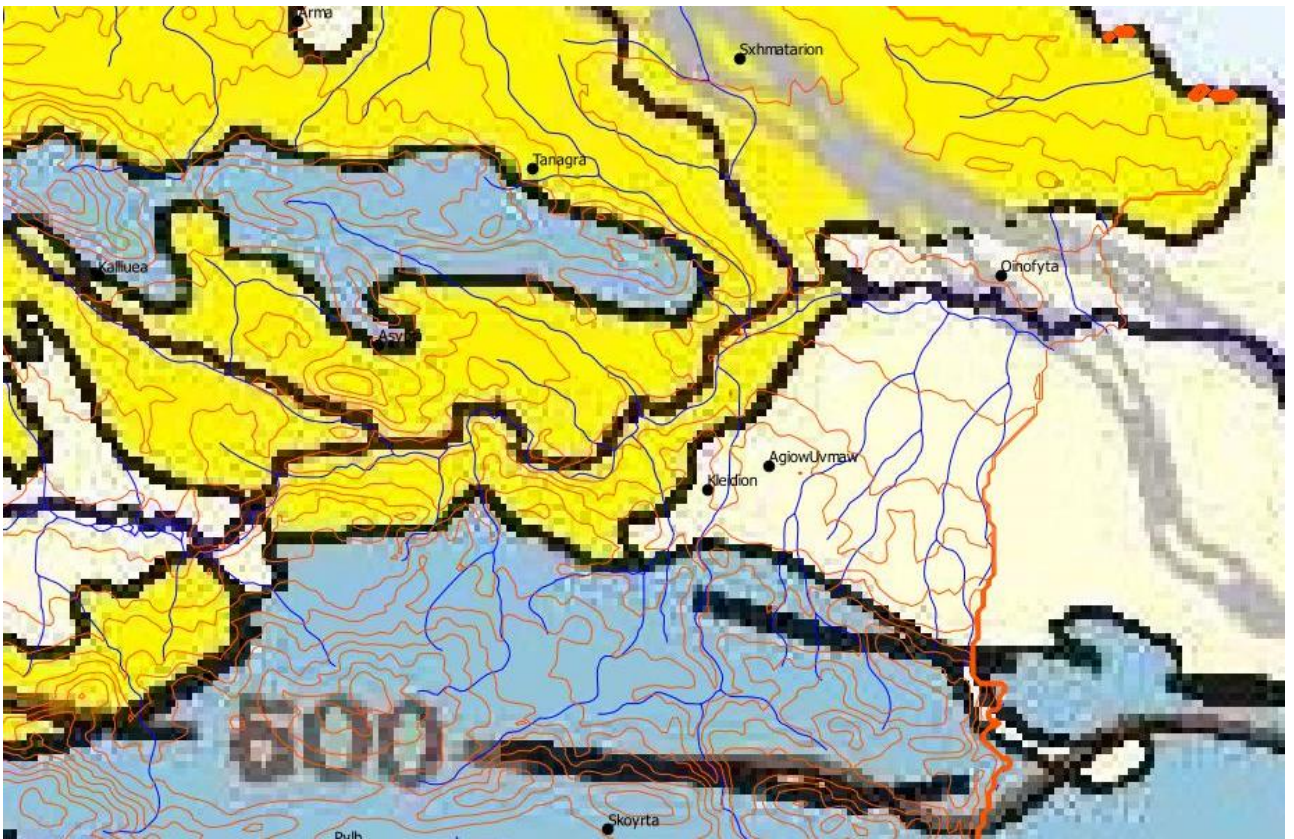
Εικόνα 3.49: Στένωση έδρασης φράγματος Κλειδιού στην ισοϋψή των 100,00μ.



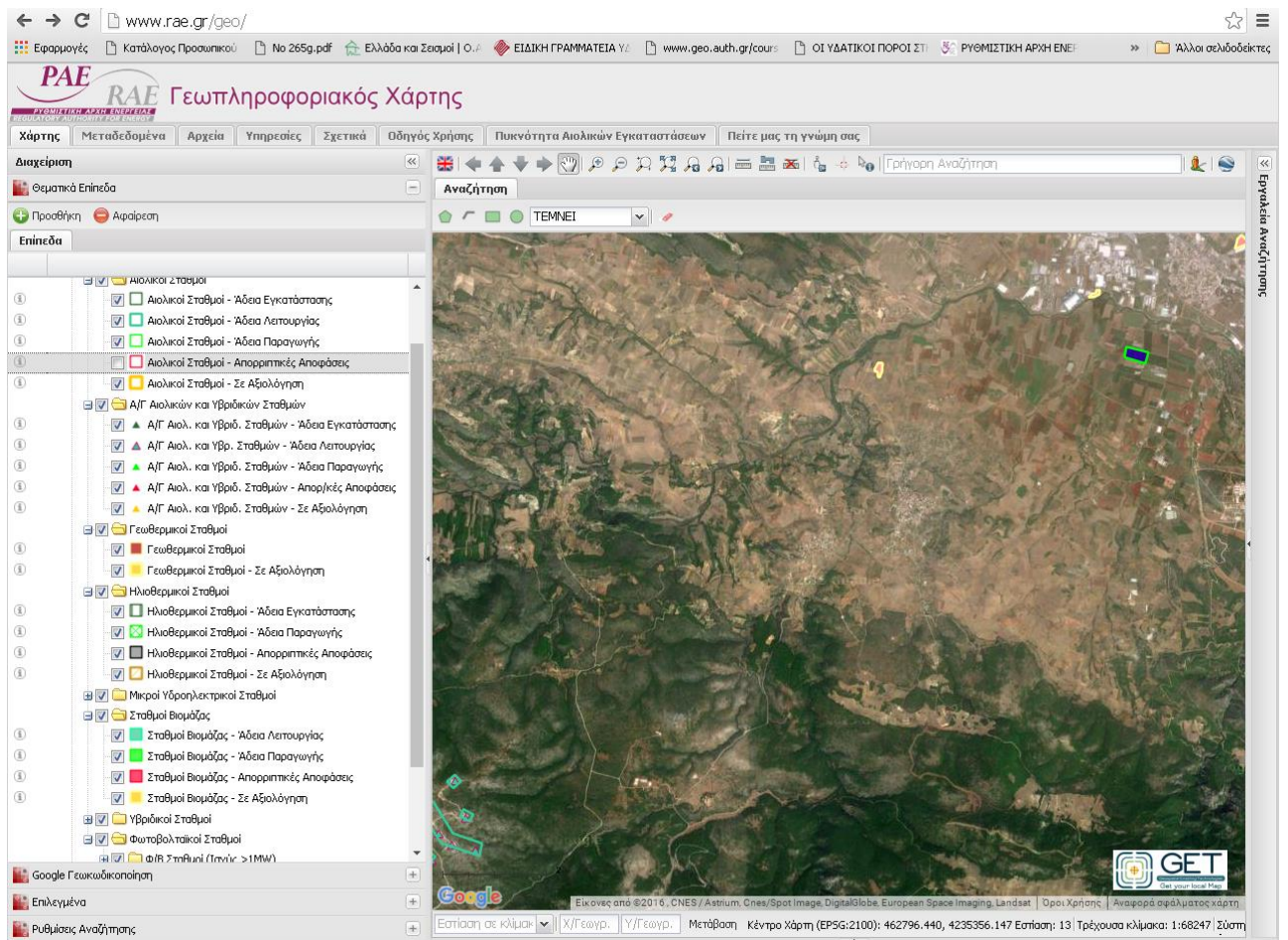
Εικόνα 3.50: Λεκάνη κατάκλισης φράγματος Κλειδιού στην ισοϋψή των 150,00μ.



Εικόνα 3.51: Σεισμοτεκτονικός χάρτης στην περιοχή του Κλειδιού



Εικόνα 3.52: Υδρολιθολογικός χάρτης στην περιοχή του Κλειδιού



Εικόνα 3.53: Γεωπληροφοριακός χάρτης ΡΑΕ στην περιοχή Κλειδί

# Κεφάλαιο 4

## Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στο παρόν κεφάλαιο θα λάβει χώρα ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων της έρευνας, ο οποίος περιλαμβάνει αναφορά για την απόκλιση των δεδομένων στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη, καθώς και γενικότερες πληροφορίες για τα στοιχεία που παρήχθησαν από τη διαδικασία με τη χρήση των GIS που ακολουθήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### 4.1 Η απόκλιση των δεδομένων στοιχείων

Το πρώτο θέμα που θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι, σχετικά με τα δεδομένα που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη, κάποια από αυτά αντλήθηκαν από το διαδίκτυο, και κάποια χορηγήθηκαν από τους δημόσιους φορείς που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Κατά την αντιπαραβολή και επεξεργασία μεταξύ τους, προέκυψε μία αναμενόμενη απόκλιση ως προς τα τοπογραφικά στοιχεία, η οποία όμως, λόγω της φύσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν επέφερε οποιοδήποτε πρόβλημα στην ερμηνεία των παραγόμενων χαρτών. Εξάλλου, αυτού του είδους ο τρόπος ελέγχου χωροθέτησης έργων φραγμάτων αποτελεί μία πρώτη προσέγγιση του θέματος, και σε καμία περίπτωση δεν αντικαθιστά τα επόμενα υποχρεωτικά στάδια της μελέτης έργου, τα οποία, όμως, δεν άπτονται της παρούσας διπλωματικής.

Το δεύτερο θέμα που θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι, οι δύο βασικοί χάρτες που χορηγήθηκαν από τους δημόσιους φορείς, δηλαδή ο σεισμοτεκτονικός και ο υδρολιθολογικός χάρτης, δεν παρουσίασαν αποκλίσεις μεταξύ τους ως προς το είδος πετρωμάτων που εμφανίζουν, γεγονός που δεν επέφερε οποιαδήποτε διλήμματα, και φυσικά, διευκόλυνε στην επεξεργασία των θέσεων κατασκευής φραγμάτων που επιλέχθηκαν. Ωστόσο, για τον έλεγχο των πετρωμάτων της κάθε περιοχής ελήφθη υπ' όψιν ο σεισμοτεκτονικός χάρτης, ως πιο κατάλληλος για την συγκεκριμένη μελέτη.

Το τρίτο θέμα που θα πρέπει να τεθεί υπ' όψιν είναι ότι, αν και έγινε υπέρθεση και σύνθεση όλων των χαρτών μεταξύ τους, ωστόσο, κάποιοι δεν χρησιμοποιήθηκαν τελικώς για την ερμηνεία αποτελεσμάτων, διότι κρίθηκε ότι η πληροφορία που παρείχαν ήταν παραπανίσια, ή συμπεριλαμβανόταν σε κάποιους άλλους πιο βασικούς χάρτες. Για παράδειγμα, η δορυφορική εικόνα, που αρχικά συμπεριελήφθη στην μελέτη για τη φωτοερμηνεία της μορφολογίας του Νομού Βοιωτίας, τελικά δε χρησιμοποιήθηκε, καθώς το υπόβαθρό της παρουσιάζεται ερμηνευμένο από το χάρτη χρήσεων / καλύψεων γης (Corine). Συνεπώς, για την ερμηνεία του μορφολογικού υποβάθρου όλης της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης χρήσεων / καλύψεων γης (Corine), ως πιο εύκολα κατανοητός. Επίσης, εκτός των ανωτέρω, δε χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου για τη διερεύνηση θέσεων κατασκευής φραγμάτων, παρά μόνο για έναν αρχικό γενικό, μακροσκοπικό έλεγχο.

#### **4.2. Η πληροφορία των παραγόμενων στοιχείων**

Το τοπογραφικό υπόβαθρο, το υδρογραφικό υπόβαθρο και το ΨΥΜΕ του Νομού Βοιωτίας έδειξαν ότι υπάρχουν πολλές θέσεις με ικανοποιητικό υψόμετρο, στις οποίες θα μπορούσαν να κατασκευαστούν φράγματα, και οι οποίες θα μπορούν να τροφοδοτήσουν αρκετές εκτάσεις για άρδευση, ύδρευση κλπ. Ωστόσο, από τα υπόλοιπα στοιχεία και από τις χρήσεις γης προκύπτει ότι οι θέσεις αυτές είναι λιγότερες, καθώς θα πρέπει να ικανοποιούν και άλλες προϋποθέσεις, εκτός από τα υψομετρικά κριτήρια.

Από τον σεισμοτεκτονικό χάρτη του Νομού Βοιωτίας προκύπτει ότι υπάρχουν αρκετά σημεία με αδιαπέρατα πετρώματα (κατά προτίμηση ο φλύσχης), στα οποία θα μπορούσαν να κατασκευαστούν φράγματα, ικανοποιώντας τις συνθήκες για αντισεισμική προστασία, χωρίς να χρειάζεται να αυξηθεί περαιτέρω - λόγω γεωλογικών συνθηκών - το κόστος κατασκευής.

Στις θέσεις που διερευνήθηκαν για την κατασκευή φραγμάτων, ικανοποιούνται οι συνθήκες για άρδευση γεωργικών εκτάσεων, και δεν υφίστανται άλλες υποδομές, όπως ΑΠΕ (αιολικά πάρκα, υδροηλεκτρικοί σταθμοί, κλπ), που θα δυσχέραιναν την επιλογή της θέσης. Επίσης, στις επιλεγμένες θέσεις δεν υφίστανται περιοχές Natura 2000, αρχαιολογικοί χώροι, ή δασικές εκτάσεις, κάτι που διευκόλυνε αρκετά στην επιλογή θέσεων για την κατασκευή.

Τέλος, οι δυνατές θέσεις για κατασκευή φραγμάτων ελέγχθηκαν σε όλη την περιοχή μελέτης, αλλά τέθηκαν σε εκτάσεις που έχουν αρκετή κλίση, μακριά από τη θάλασσα, ή από τις πεδινές γεωργικές εκτάσεις, και σε κάθε περίπτωση, βόρεια των κοντινών οικισμών, προκειμένου να μπορούν να τους προστατέψουν σε ενδεχόμενο πλημμύρας.

# Κεφάλαιο 5

## Συμπεράσματα

Η μελέτη που έλαβε χώρα στο τρίτο κεφάλαιο, έγινε με την σύγκριση ποικίλων χαρτών, οι οποίοι παρήχθησαν από αρχικά και παράγωγα δεδομένα, είτε αυτά είναι πλεγματικά, είτε διανυσματικά. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι ότι στον Νομό Βοιωτίας υπάρχουν τουλάχιστον τρεις θέσεις για κατασκευή φραγμάτων - ταμιευτήρων, για την ενίσχυση του υδατικού δυναμικού, σε τοπικό επίπεδο. Οι θέσεις κατασκευής φραγμάτων στην περιοχή μελέτης τέθηκαν σε σημεία με αρκετή κλίση, έτσι ώστε να καλύπτουν σχεδόν όλο το υδρογραφικό δίκτυο που διέρχεται από το ορεινό τμήμα προς τα πεδινά του Νομού Βοιωτίας, μακριά από τη θάλασσα, ή από τις πεδινές εκτάσεις, και για να μπορούν να τροφοδοτούν αρκετές περιοχές, ιδίως γεωργικές. Σε κάθε περίπτωση, οι θέσεις επιλέχθηκαν βόρεια των κοντινών πεδινών οικισμών, προκειμένου να τους προστατέψουν και από το ενδεχόμενο πλημμύρας. Η κάθε θέση επιλέχθηκε έτσι ώστε να βρίσκεται σε σημείο του ορεινού όγκου της γύρω περιοχής, προκειμένου η τροφοδοσία των ταμιευτήρων να γίνεται και από τους κοντινούς ορεινούς χείμαρρους, και από τα βρόχινα ύδατα κατά την περίοδο των πιο έντονων βροχοπτώσεων, στις περιόδους υψηλής στάθμης.

### 5.1 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι, από την αξιολόγηση όλων των στοιχείων που αφορούν στην ευρύτερη περιοχή, διαπιστώθηκε ότι βόρεια των οικισμών: Άγιος Βλάσσιος, Άγιος Γεώργιος και Κλειδί υπάρχουν οι καταλληλότερες θέσεις για την κατασκευή φραγμάτων. Φυσικά, και οι τρεις θέσεις ικανοποιούν σχεδόν όλες τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στο τρίτο κεφάλαιο, και τελικά, η κατασκευή και των τριών φραγμάτων έγκειται στην οικονομική ευχέρεια του αρμόδιου, για τη χρηματοδότηση, δημοσίου φορέα (Δήμος, Περιφέρεια, ΥΠΕΚΑ, ΥΠΑΑΤ). Οι υποδομές (φράγματα - ταμιευτήρες) θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή και διάθεση του απορρέοντος νερού για ποικίλους σκοπούς, όπως: α) για το πότισμα των

καλλιεργειών, β) για τον εμπλουτισμό των κοντινών γεωτρήσεων, γ) ενδεχομένως και για ενίσχυση του πυροσβεστικού σώματος για το σβήσιμο πυρκαγιών που μπορεί να προκληθούν στη γύρω περιοχή.

Εάν θα έπρεπε να επιλεγεί η καταλληλότερη θέση μεταξύ των ως άνω τριών, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η θέση του Αγίου Βλασίου, είναι η καταλληλότερη θέση για το έργο. Πρόκειται για μία περιοχή με έντονη γεωργική δραστηριότητα, που ικανοποιεί στο μέγιστο βαθμό όλες τις προϋποθέσεις. Ο χείμαρρος νοτίως του οικισμού έχει κατεύθυνση N-B, και τελικό αποδέκτη τον Βοιωτικό Κηφισό, Το εμβαδόν της λεκάνης απορροής του ποταμού για την συγκεκριμένη θέση υπολογίζεται σε 27,608 χλμ<sup>2</sup>. Η περιοχή βρίσκεται μακριά από προστατευόμενη περιοχή Natura 2000, αρχαιολογικούς χώρους και δάση. Δεν υφίστανται κοντά σε αυτήν αιολικοί, ηλιοθερμικοί, υδροηλεκτρικοί, φωτοβολταϊκοί σταθμοί και σταθμοί βιομάζας που θα επηρεάσουν το έργο. Το υψόμετρο της θέσης έδρασης του σώματος του φράγματος θα είναι λίγο μικρότερο των 150,00μ., και η στέψη του φράγματος θα φτάσει σε υψόμετρο 200,00μ., οπότε, η λεκάνη κατάκλισης θα φτάσει στα 200,00μ. Στην προτεινόμενη θέση έδρασης του φράγματος δεν υφίστανται ρήγματα, τα οποία θα δημιουργήσουν προβλήματα στην κατασκευή. Επίσης, το είδος των πετρωμάτων στην περιοχή είναι φλύσχης, που καλύπτει τις προϋποθέσεις για την στεγανότητα της λεκάνης κατάκλισης, όπως επίσης και προσχώσεις στη θέση στένωσης - άνευ ιδιαίτερης σημασίας - καθώς οι επιφανειακές αποθέσεις, θα απομακρυνθούν από την περιοχή κατά την κατασκευή του έργου, και ενδεχομένως θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή, κατασκευάζοντας χωμάτινο φράγμα - μία αρκετά συνηθισμένη περίπτωση στην Ελλάδα - που θα μειώσει το κόστος του έργου.

Δεν προτείνεται η θέση του Αγίου Γεωργίου, καθώς από τον έλεγχο του σεισμοτεκτονικού χάρτη προκύπτει ότι, δυτικά της θέσης έδρασης του φράγματος υφίσταται μία επιφάνεια ασυνέχειας (επώθεση πετρωμάτων), η οποία αν και βρίσκεται έξω από την περιοχή κατάκλισης, και δεν αναμένεται να δημιουργήσει προβλήματα, ωστόσο θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν για την κατασκευή, και ενδεχομένως να ανεβάσει το κόστος του έργου. Επίσης, εκτός από τον φλύσχη και τις προσχώσεις, στην περιοχή εμφανίζονται και κάποιες επιφανειακές αποθέσεις, δυτικά, και σε αρκετή απόσταση, ανάντη του σώματος του φράγματος, οι οποίες είναι σχιστοκερατόλιθοι και σχιστοψαμμίτες με οφιολίθους, σχηματισμοί πτυχωμένοι και ιδιαίτερα διερρηγμένοι,

που θα πρέπει να ληφθούν κι αυτοί υπ' όψιν για τη κατασκευή, δεδομένου ότι είναι διαπερατοί σχηματισμοί. Επιπλέον οι οφιολιθικοί σχηματισμοί ευθύνονται σε πολλές περιπτώσεις για την μόλυνση υδάτων από το χρώμιο φυσικής προέλευσης, γεγονός που μπορεί να επιφέρει μελλοντικά προβλήματα.

Τέλος, δεν επιλέγεται η θέση του Κλειδιού, καθώς από τον έλεγχο του σεισμοτεκτονικού χάρτη προκύπτει ότι, νοτίως της προτεινόμενης θέσης έδρασης του φράγματος υφίστανται μικρές επιφάνειες ασυνέχειας (επώθεση πετρωμάτων), οι οποίες, αν και βρίσκονται έξω από την περιοχή κατάκλισης, και δεν αναμένεται να δημιουργήσουν προβλήματα, ωστόσο θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για την κατασκευή, και ενδεχομένως να ανεβάσουν το κόστος του έργου. Επίσης, εκτός από τον φλύσχη και τις προσχώσεις, στην περιοχή εμφανίζονται και κάποιες επιφανειακές αποθέσεις, ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Πελαγονικής Ζώνης, σχηματισμοί, που είναι διαπερατοί, καθώς και κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις κυμαινόμενης διαπερατότητας, πετρώματα που θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά την κατασκευή, ανεβάζοντας κι αυτά το κόστος του έργου.

# Παράρτημα Α

## Εικόνες

### A.1 Εισαγωγή

#### A.1.3 Ιστορική Αναδρομή

##### A.1.3.1 Αναγκαιότητα του νερού

A.1.1: Κατανομή ποσοστών ύδατος ανά χρήστη, (<http://politics.wwf.gr>).....4

A.1.2: Κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στον Ελλαδικό χώρο, (<http://physiclessons.blogspot.gr>).....5

#### A.1.4 Νομοθεσία

##### A.1.4.6 Διαχειριστικά Σχέδια

A.1.3: Γεωλογικοί και τοπογραφικοί παράγοντες καθορίζουν τις λεκάνες απορροής, (Wilson, 1974).....12

A.1.4: Η επίδραση του σχήματος στην απορροή της λεκάνης φαίνεται μέσω του υδρογραφήματος. (Οι συνεχόμενες καμπύλες υδρογραφήματος αφορούν βροχόπτωση που καλύπτει όλη τη λεκάνη, ενώ οι διακεκομμένες καμπύλες υδρογραφημάτων αφορούν μετατοπιζόμενες καταιγίδες) (Wilson, 1974).....13

#### A.1.5 Παράγοντες υποβάθμισης των υδατικών συστημάτων

##### A.1.5.5 Υπεράντληση και Υφαλμύρωση

A.1.5: Μηχανισμός υφαλμύρωσης, (<http://postgra.hydro.ntua.gr>).....20

#### A.1.6 Τρόποι προστασίας του υδατικού δυναμικού

##### 1.6.1 Φράγματα - Λιμνοδεξαμενές

A.1.6: Λιμνοδεξαμενή, (<http://www.oikoskopio.gr>).....24

A.1.7: Φράγμα στη λίμνη Δόξα, Φενεό Κορινθίας, (προσωπικό αρχείο).....25

##### A.1.6.2 Τεχνητός εμπλουτισμός

A.1.8: Εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα με συντήρηση των αναβαθμίδων, (Γκίκας, 2011).....26

##### A.1.6.3 Αφαλάτωση

A.1.9: Πλωτός μηχανισμός αφαλάτωσης «Υδριάδα» της Νάξου, (<http://www.kykladiki.gr>).....27

## **A.1.7 Διαχείριση του νερού στον ελλαδικό χώρο**

### **A.1.7.1 Ευρωπαϊκό Δίκτυο Πληροφοριών WISE και Σταθμοί Παρακολούθησης Υδάτων**

A.1.10: Σταθμοί στα Υπόγεια Ύδατα του Νομού Βοιωτίας, (<http://geodata.gov.gr>).....32

A.1.11: Σταθμοί στις Λίμνες του Νομού Βοιωτίας, (<http://geodata.gov.gr>).....32

## **A.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

### **A.2.4 Γενικά στοιχεία για τον Νομό Βοιωτίας**

2.1: Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδος, (<http://wfd.ypeka.gr>).....37

A.2.2: Κατανομή ζήτησης νερού στο ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, (<http://wfd.ypeka.gr>).....38

#### **A.2.4.1 Μορφολογικά στοιχεία**

A.2.3: Πολιτικός χάρτης του Νομού Βοιωτίας, (<http://psilopoulos.mysch.gr>).....39

#### **A.2.4.5 Σεισμικότητα περιοχής μελέτης**

A.2.4: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας Ελλάδος, (<http://www.oasp.gr>).....43

A.2.5: Σχηματική αναπαράσταση σεισμών στον Ν. Βοιωτίας, (<http://www.oasp.gr>).....43

#### **A.2.4.7 Προστατευόμενες περιοχές**

A.2.6: Περιοχές Natura 2000 στον Νομό Βοιωτίας, (<http://www.geodata.gov.gr>).....45

A.2.7: Αρχαιολογικοί χώροι στον Νομό Βοιωτίας, (<http://odysseus.culture.gr>).....46

### **A.2.5 Πηγές ρύπανσης στον Νομό Βοιωτίας**

#### **A.2.5.8 Μεταλλεία – Λατομεία**

A.2.8: Μεταλλεία στον Νομό Βοιωτίας, (ΙΓΜΕ, 2010).....51

## **A.3 Μεθοδολογία**

### **A.3.6 Περιγραφή ερευνητικών εργαλείων**

A.3.1: Ευρύτερη περιοχή γύρω από τον Νομό Βοιωτίας, (απόσπασμα από το QGIS).....87

### **A.3.7 Ανάλυση διαδικασίας**

A.3.2: Νομός Βοιωτίας.....88

A.3.3: Οικιστικές συγκεντρώσεις με Τοπωνύμια.....88

A.3.4: Οδικό δίκτυο.....89

A.3.5: Λίμνες.....89

A.3.6: Υδρογραφικό δίκτυο.....90

A.3.7: Δορυφορική εικόνα.....90

A.3.8: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους.....91

A.3.9: Καλύψεις / χρήσεις γης Corine.....91

A.3.10: Υπόμνημα καλύψεων / χρήσεων γης Corine.....	92
A.3.11: Ισοΐψείς καμπύλες.....	95
A.3.12: Σκιασμένο Ανάγλυφο.....	95
A.3.13: Περιοχές Natura 2000, (πηγή: <a href="http://geodata.gov.gr">http://geodata.gov.gr</a> ).....	96
A.3.14: Περιοχές Natura 2000 του Νομού Βοιωτίας.....	97
A.3.15: Υδρολιθολογικός χάρτης, (ΥΠΑΑΤ).....	97
A.3.16: Υδρολιθολογικός χάρτης και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας.....	98
A.3.17: Σεισμοτεκτονικός χάρτης και υπόμνημα, (ΙΓΜΕ).....	99
A.3.18: Σεισμοτεκτονικός χάρτης του Νομού Βοιωτίας.....	100
<b>A.3.8 Μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας</b>	
A.3.19: Απόσπασμα διαδικασίας στο QGIS για τον προσδιορισμό ζώνης επιρροής 500 μ. από το υδρογραφικό δίκτυο.....	101
A.3.20: Ζώνη επιρροής (απόσταση < 500 μ. από υδρογραφικό δίκτυο).....	102
A.3.21: Απόσπασμα διαδικασίας στο QGIS για τον προσδιορισμό ζώνης επιρροής 500 μ. από το οδικό δίκτυο.....	102
A.3.22: Ζώνη επιρροής (απόσταση < 500 μ. από οδικό δίκτυο).....	103
A.3.23: Συναλήθευση των δύο σχέσεων.....	103
A.3.24: Συναλήθευση των δύο σχέσεων κ χάρτης καλύψεων/χρήσεων γης (Corine)..	104
A.3.25: Δορυφορική εικόνα και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας.....	105
A.3.26: Περιοχές Natura 2000 και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας.....	106
A.3.27: Σκιασμένο ανάγλυφο, υδρογραφικό δίκτυο κ ισοΐψείς του Νομού Βοιωτίας..	106
A.3.28: Σεισμοτεκτονικός χάρτης και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας.....	107
A.3.29: Σεισμοτεκτονικός χάρτης, υδρογραφικό δίκτυο και ισοΐψείς του Νομού Βοιωτίας.....	107
A.3.30: Υδρολιθικός χάρτης και υδρογραφικό δίκτυο του Νομού Βοιωτίας.....	108
A.3.31: Υδρολιθικός χάρτης, υδρογραφικό δίκτυο και ισοΐψείς του Νομού Βοιωτίας..	108
A.3.32: Χάρτης του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, ( <a href="http://www.oasp.gr">http://www.oasp.gr</a> ).....	110
A.3.33: Χρήσεις γης (Corine) στην περιοχή του Αγίου Βλασσίου.....	112
A.3.34: Λεκάνη απορροής ποταμού στην περιοχή του Αγίου Βλασσίου.....	112
A.3.35: Στένωση έδρασης φράγματος Αγίου Βλασσίου στην ισοΐψη των 150,00μ.....	113
A.3.36: Λεκάνη κατάκλισης φράγματος Αγίου Βλασσίου στην ισοΐψη των 200,00μ.....	113
A.3.37: Σεισμοτεκτονικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Βλασσίου.....	114
A.3.38: Υδρολιθολογικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Βλασσίου.....	114

A.3.39: Γεωπληροφοριακός χάρτης ΡΑΕ στην περιοχή του Αγίου Βλασσίου.....	115
A.3.40: Χρήσεις γης (Corine) στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου.....	117
A.3.41: Λεκάνη απορροής ποταμού στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου.....	117
A.3.42: Στένωση έδρασης φράγματος Αγίου Γεωργίου στην ισοϋψή των 150,00μ.....	118
A.3.43: Λεκάνη κατάκλισης φράγματος Αγίου Γεωργίου στην ισοϋψή των 200,00μ....	118
A.3.44: Σεισμοτεκτονικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου.....	119
A.3.45: Υδρολιθολογικός χάρτης στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου.....	119
A.3.46: Γεωπληροφοριακός χάρτης ΡΑΕ στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου.....	120
A.3.47: Χρήσεις γης (Corine) στην περιοχή Κλειδί.....	122
A.3.48: Λεκάνη απορροής ποταμού στην περιοχή Κλειδί.....	122
A.3.49: Στένωση έδρασης φράγματος Κλειδιού στην ισοϋψή των 100,00μ.....	123
A.3.50: Λεκάνη κατάκλισης φράγματος Κλειδιού στην ισοϋψή των 150,00μ.....	124
A.3.51: Σεισμοτεκτονικός χάρτης στην περιοχή του Κλειδιού.....	124
A.3.52: Υδρολιθολογικός χάρτης στην περιοχή του Κλειδιού.....	125
A.3.53: Γεωπληροφοριακός χάρτης ΡΑΕ στην περιοχή Κλειδί.....	125

# Παράρτημα Β

## Πίνακες

### **B.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

#### **B.2.4 Γενικά στοιχεία για τον Νομό Βοιωτίας**

##### **B. 2.4.5 Σεισμικότητα περιοχής μελέτης**

B.2.1: Σημαντικότεροι σεισμοί στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, (<http://www.oasp.gr>)44

#### **B.2.7 Τεχνικές ενίσχυσης υδατικού δυναμικού**

##### **B.2.7.4 Φράγματα**

###### **B.2.7.4.1 Κατηγορίες Φραγμάτων**

B.2.2 Κατηγορίες φραγμάτων, (Τσόγκας, 1990).....69

#### **B.2.9 Συμπεράσματα**

B.2.3: Ύδρευση, (<http://www.ypeka.gr>).....78

B.2.4: Άρδευση, (<http://www.ypeka.gr>).....78

### **B.3 Μεθοδολογία**

#### **B.3.4 Νομός Βοιωτίας**

B.3.1: Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 στον Νομό Βοιωτίας, (<http://www.ktimanet.gr>).....84

B.3.2: Συντεταγμένες WGS '84 στον Νομό Βοιωτίας,  
(<http://www.mygarminsatnav.net/t1647-topic>).....84

#### **B.3.7 Ανάλυση διαδικασίας**

B.3.3: Σύστημα γεωταξινόμησης καλύψεων / χρήσεων γης Corine.....93

# Βιβλιογραφία

## Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
2. Οδηγία 2009/90/EK της Επιτροπής της 31ης Ιουλίου 2009 για την θέσπιση τεχνικών προδιαγραφών για τη χημική ανάλυση και παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων, σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.
3. Νόμος 1650/1986 «Για την προστασία του περιβάλλοντος», (ΦΕΚ 160/A/16-10-1986)
4. Νόμος 3199/2003 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000». (ΦΕΚ 280/A/09-12-2003).
5. Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθμ. 51 «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/EK «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000.
6. Κοινή Υπουργική Απόφαση 39626/2208/E130 (ΦΕΚ 2075/B/25-9-2009), σχετικά με τον καθορισμό μέτρων για την προστασία των υπόγειων νερών από την ρύπανση και την υποβάθμιση, με την οποία ενσωματώθηκε η Θυγατρική Οδηγία 2006/118/EK σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση, κατ' εφαρμογή των διατάξεων του Άρθρου 17 της Οδηγίας 2000/60/EK.
7. Κοινή Υπουργική Απόφαση 20488/2010 (ΦΕΚ 749/B/31-05-2010) σχετικά με τον Καθορισμό ποιοτικών περιβαλλοντικών προτύπων στον ποταμό Ασωπό και οριακών τιμών εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού.
8. Κοινή Υπουργική Απόφαση σχετικά με την Συμπλήρωση της οικ. 19652/1906/1999 Κοινής Υπουργικής Απόφασης με θέμα "Προσδιορισμός των νερών που υφίστανται νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης – Κατάλογος

- ευπρόσβλητων ζωνών, σύμφωνα με τις παραγράφους 1 και 2 αντίστοιχα του άρθρου 4 της υπ. Αριθμ. 16190/1335/1997 Κοινής Υπουργικής Απόφασης (Β 519) όπως αυτή τροποποιήθηκε και ισχύει.
9. Κοινή Υπουργική Απόφαση 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1572/Β/8-12-2010) σχετικά με τον Καθορισμό Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008, σχετικά με Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και σχετικά με την τροποποίηση και μετέπειτα 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, καθώς και για τις συγκεντρώσεις ειδικών ρύπων στα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα και άλλες διατάξεις.
10. Κοινή Υπουργική Απόφαση 150559/2011 (ΦΕΚ 1440/Β/16-7-2011) «Διαδικασίες όροι και προϋποθέσεις για τη χορήγηση αδειών για υφιστάμενα δικαιώματα χρήσης νερού», όπως αυτή τροποποιήθηκε από την ΚΥΑ 160143/2011 (ΦΕΚ 2834/Β/15-12-2011).
11. Κοινή Υπουργική Απόφαση 140384/2011 (ΦΕΚ 2017/Β/9-9-2011), σχετικά με τον Ορισμό Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003.
12. Απόφαση Αριθμ. Οικ. 706/2010 (ΦΕΚ 1383/Β/2-9-2010) της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, σχετικά με τον Καθορισμό των Λεκανών Απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους.
13. Υπουργική Απόφαση Ειβ 221/65 Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων (ΦΕΚ 138/Β/24-02-1965).
14. Υπουργική Απόφαση 1811 του Υπουργού ΠΕΚΑ (ΦΕΚ 3322/Β/30-12-2011) «Ορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών για την συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα, σε εφαρμογή της παραγράφου 2 του Άρθρου 3 της υπ' αριθμ. 39626/2208/Ε130/2009 κοινής υπουργικής απόφασης (Β'2075)».

15. Απόφαση Αριθμ. Οικ. 391/2013 (ΦΕΚ 1004/Β/24-04-2013) της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, σχετικά με Έγκριση των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Βόρειας Πελοποννήσου, Ανατολικής Πελοποννήσου και Δυτικής Πελοποννήσου.
16. 3η Έκθεση της IPCC.
17. Αντωνόπουλος, Β. (2001) *Ενέργεια και ρύπανση Υπόγειων Υδάτων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
18. Βαφειάδης, Π. (1995) *Τεχνητός Εμπλουτισμός των Υδροφόρων Στρωμάτων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη.
19. Γκίκας, Π. (2011) (επιμ) *Βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων στα Ελληνικά Νησιά, Νερό για τα Νησιά, Αειφόρο Αιγαίο*. Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού.
20. Δαγκαλίδης, Α. (2009) *Κλαδική μελέτη 12: Αφαλάτωση νερού*. Τεχνική έκθεση. Αθήνα: Εκδόσεις Τράπεζα Πειραιώς.
21. Γρεβενίτης, Π. (1997) *Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων*, Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
22. Δεληγιάννη, Ε., Μπελεσιώτης, Β. (1995) *Αρχές διεργασιών αφαλάτωσης. Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης*, Αθήνα, 475.
23. Δούνα, Α. (1971) *Γεωλογικό φύλλο ΕΡΥΘΡΑΙ, κλίμακα 1:50000*. Αθήνα: ΙΓΜΕ.
24. Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2012) *Ποιότητα επιφανειακών και υπογείων υδάτων της χώρας*, Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.
25. Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2015) *Οριστικοποίηση των γενικών κανόνων κοστολόγησης – τιμολόγησης υπηρεσιών ύδατος ανάλογα με τη χρήση του*, ΥΠΕΚΑ, Αθήνα.
26. Έκθεση του Stockholm Resilience Centre. (2009)
27. Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ΕΕΜΦ). (2013) *Τα φράγματα της Ελλάδας*, Αθήνα.
28. Ελληνική Επιτροπή Τεχνικής Γεωλογίας. (1994) *Γεωλογία και φράγματα, εμπειρίες από τον ελληνικό χώρο*, (επιμ) Παύλος Γ. Μαρίνος, Αθήνα: Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών.
29. ΕΠΠΕΡΑΑ. (2014) *Οδηγός εσωτερικού ελέγχου λειτουργίας και ασφάλειας ΧΥΤΑ*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.
30. Ευρωπαϊκή Ένωση. (2010) *Η οδηγία της ΕΕ για την νιτρορύπανση*.

31. ΙΓΜΕ. (2010) Ο μεταλλευτικός χάρτης της Ελλάδος, στο Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος, Αθήνα: ΙΓΜΕ.
32. Καλλέργης, Γ. (2000) *Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία*. Αθήνα: ΤΕΕ (Τόμος Α, Β).
33. Καλλία, Α. (2011) *Θεσμικό πλαίσιο προστασίας υδατικών πόρων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ
34. Καραγεώργου, Β. (2005) Η Ευρωπαϊκή πολιτική για τις κλιματικές αλλαγές. Αθήνα: ΤΕΕ.
35. ΚΑΠΕ. (2011).
36. Κατσαφάδος, Π. (2010) Γεωγραφίες, Τεύχος 17. 3-6.
37. Κουτσογιάννης, Δ. (2007) Νερό και γεωργία, «Διαχείριση υδατικών πόρων», ΔΠΜΣ «Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων», Αθήνα: ΕΜΠ.
38. Λουκάτος, Α., Παπαπαύλου, Κ., Κατσιμπήρη, Μ. (2005) Νέα δεδομένα για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων με έμφαση στην Οδηγία 2000/60. Αθήνα: ΤΕΕ.
39. Λιόπα-Τσακαλίδη, Α., Μπαρούχας, Π., Μαλάμος, Ν., Κουλόπουλος, Α., Τζίμας, Ι., Πουλάς, Κ., Βιέννας, Ε., Παναγιωτόπουλος, Α., Χώτος, Γ., Ηγούμενος, Ι., Πολίτης, Ε. (2011) *Αειφορική, Βιολογική και Συμβατική Γεωργία*. Μεσολόγγι: ΤΕΙ.
40. Μπορνόβας, Ι., Ελευθερίου, Α., Μέττος, Α., Ροντογιάννη, Θ., Σημιαϊκή, Κ. (1984) Γεωλογικό φύλλο ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ, κλίμακα 1:50000. Αθήνα: ΙΓΜΕ.
41. Παπανικολάου, Δ. (1986) *Γεωλογία της Ελλάδας*. Αθήνα: Εκδόσεις Επτάλοφος ΑΒΕΕ,
42. Παπασταματίου, Ι., Τάταρης, Α., Μαραγκουδάκης, Ν., Μονοπώλης, Δ., Κούκης, Γ., Αλμπαντάκης, Ν., Κουκούζας, Κ. (1971) Γεωλογικό φύλλο ΛΙΒΑΔΕΙΑ, κλίμακα 1:50000. Αθήνα: ΙΓΜΕ.
43. Τάταρης, Α., Κούνης, Α., Μαραγκουδάκης, Ν., Χριστοδούλου, Γ. (1970) Γεωλογικό φύλλο ΘΗΒΑΙ, κλίμακα 1:50000. Αθήνα: ΙΓΜΕ.
44. Τάταρης, Α., Κούνης, Α., Μαραγκουδάκης, Ν. (1970) Γεωλογικό φύλλο ΒΑΓΙΑ, κλίμακα 1:50000. Αθήνα: ΙΓΜΕ.
45. Τράπεζα της Ελλάδος. (2011) *Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα*. Αθήνα: Τράπεζα της Ελλάδος.
46. Τσακίρης, Γ. (1995) *Υδατικοί Πόροι. Τεχνική Υδρολογία*, Αθήνα: ΕΜΠ, 658.
47. Τσόγκας, Χ. (1990) *Υδροδυναμικά έργα. Φράγματα*, Αθήνα: Εκδόσεις Ολυμπιάς,

48. ΥΠΕΚΑ. (2010) Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) 20701-3/2010. Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.
49. Υφαντόπουλος, Ι., Μητράκος, Θ. (2011) Οι Κοινωνικές Διαστάσεις της Κλιματικής Αλλαγής», Διεύθυνση Οικονομικών Μελετών, Αθήνα: Τράπεζα της Ελλάδος.
50. Φράγκου, Μ.Χ., Καλλής, Γ. (2010) Προβλήματα και Λύσεις για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση του Νερού, Ελλάς: WWF.

## Διεθνής Βιβλιογραφία

1. Abdulaziz, S., Fouad, A.-T., Al-Muttair, F. (1989) Evaluation of dams as a recharge method. *Journal: International Journal of Water Resources Development* Volume 5, Issue 2, 119-124.
2. Alexakis, D., Tsihrintzis, V.A., Tsakiris, G. Gikas, G.D., (2016) *Suitability of Water Quality Indices for Application in Lakes in the Mediterranean*. Netherlands: Springer, 1-13.
3. Alonso, E., Cardoso, R. (2010) Behavior of materials for earth and rockfill dams: Perspective from unsaturated soil mechanics. *Journal: Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*. Volume 4, Issue 1. Berlin-Heidelberg: Higher Education Press and Springer-Verlag, pp 1-39.
4. Aly, M. S. (2005) Feeding the World or Damning the Dams - The Hard Choices Ahead. *Journal: Water International*. Volume 30, Issue 4, 545-546.
5. Angelidis, M.O., Aloupi, M. (2000) Geochemical study of coastal sediments influenced by river-transported pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece). *Marine Pollution Bulletin*, 40 (1). Gr. Britain: Elsevier, 77-82.
6. Asit, K. B. (2004) Dams: cornucopia or disaster? *Journal: International Journal of Water Resources Development*. Volume 20, Issue 1, March, pages 3-14.
7. Barraqué, B., Karavitis, C., Katsiardi, P. (2008) The Range of existing circumstances in the water strategy man. *Case Studies, Coping with water deficiency. Environment and Policy*, Vol.48. Heidelberg: Springer, 45-112.
8. Barreira, A. (2004) Dams in Europe – The Water Framework Directive and the World Commission on Dams, Recommendations, A legal and Policy Analysis. *Water Policy in Spain*. Spain: Carrido-Lamas
9. Baurne, G. (1984) Trap-dams: Artificial Subsurface of water, *Water International*, Volume 9, No. 1, pp. 2-9.

10. Binnie, G.M. (2013) Masonry and Concrete Dams 1880-1941. *Journal: Industrial Archaeology Review*. Volume 10, Issue 1, November 1987, pages 41-58.
11. Boggs, H. L., Tarbox, G.S, Jansen, B.R. (1988) Chapter: Advanced Dam Engineering for Design, Construction, and Rehabilitation. *Arch Dam Design and Analysis*. Springer US, 493-539.
12. Braga, B., Rocha, O., Tundisi, J. (1998) Dams and the Environment: The Brazilian Experience. *Journal: International Journal of Water Resources Development*. Volume 14, Issue 2, 127-140.
13. Brown, C.M., Lund, J.R., Cai, X., Yu, W., Brekke, L. (2015) The future of water resources systems analysis: Toward a scientific framework for sustainable water management. *Water Resources Research*, Volume 51 (8). Elsevier, 6110-6124.
14. Charalampous, A.C., Machera, K., Miliadis, G.E., Koupparis, M.A. (2015) The spatial and temporal distribution/variation of pesticide residues in Viotikos Kifissos basin before and after the application of a low input crop management system. A three-year study. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 20.
15. Chatzinikolaou, G. (2009) Network development and monitoring of the quality of the surface, transitional and coastal waters of the country - Assessment/classification of their ecological status, Athens: Hellenic Centre for Marine Research (HCMR).
16. Chatzinikolaou, Y., Ntemiri, K., Zogaris, S. (2011) River riparian zone assessment using a rapid site-based index in Greece, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 20, 296-302.
17. Chizevski, K. (1969) Hydrotechnical Construction. Design and construction of dams and reservoirs in the mountain regions of Poland. *Journal: Hydrotechnical Construction*. Volume 3, Issue 7, Kluwer Academic Publishers, Springer, 612-620.
18. Coli, M. (2016) Stability concerns of ancient large underground openings: Case histories from Egypt, Jordan and Italy. Ancient Underground Opening and Preservation. *International Symposium on Scientific Problems and Long-Term Preservation of Large-Scale Ancient Underground Engineering*, 167-172.
19. Corine. (2010) Raster data on land cover for the CLC2006 inventory. EEA, Version 13 (02/2010) - (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster>, τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
20. Daskalaki, P., Voudouris, Z. K. (2008) Groundwater quality of porous aquifers in Greece: a synoptic review. *Environmental Geology*. Springer, 505–513.

21. Demetropoulou, L., Nikolaidis, N., Papadoulakis, V., Tsakiris, K., Koussouris, T., Kalogerakis, N., Koukaras, K., Chatzinikolaou, A., Theodoropoulos, K. (2010) Water framework directive implementation in Greece: introducing participation in water governance – the case of the Evrotas River Basin management plan. *Environmental Policy and Governance*. Volume 20, Issue 5, 336–349.
22. Diekkrüger, B. (2010) Continental hydrosphere. In: Impacts of Global Change on the Hydrological Cycle in West and Northwest Africa (Speth, P., Christoph M., Diekkrüger, B., Editors), Springer, 164-253.
23. Dogan, A. (2002) The Role of Dams in Development. *International Journal of Water Resources Development*. Volume 18, Issue 1, pages 9-24.
24. Dokou, Z., Kourgialas, N., Karatzas, G. (2015) Assessing groundwater quality in Greece based on spatial and temporal analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*. 10.1007/s10661-015-4998-0.
25. Dong, F., Liu, X.B., Fu, Y.C. (2016) The environmental effects of dam removal. Water Resources and Environment. *International Conference on Water Resources and Environment, WRE 2015*, 237-241.
26. Doulgieris, C., Papadimos, D., Kapsomenakis, J. (2015) Impacts of climate change on the hydrology of two Natura 2000 sites in Northern Greece. *Regional Environmental Change*, Springer, Article in Press, 10
27. Duduzile, K. (2007) The struggle for water: The river Umngeni we have lost to the dam (Inanda). *Journal: Agenda*. Volume 21, Issue 73, 70-77.
28. EC. (2001) Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment.
29. Economou-Eliopoulos, M., Megremi, I., & Vasilatos, C. (2011) Factors controlling the heterogeneous distribution of Cr (VI) in soil, plants and groundwater: Evidence from the Assopos basin, Greece. *Chemie Erde – Geochemistry, Journal Chemer*, 71 (1), Elsevier, 39–52.
30. Erechchoukova, M.G., Khaiteer, P.A. (2014) Sustainability indicators for water resource assessment: Compatibility and data requirements. *7th International Congress on Environmental Modelling and Software: Bold Visions for Environmental Modeling*, iEMSs, 948-954.
31. Fatati, G. (2015) Sustainable diet: History lessons [Alimentazione sostenibile: l'insegnamento del passato]. *Recenti Progressi in Medicina*, 106 (11), 540-544.

32. Fedra, K. (2015) River Basin Management: What do we Really Want? *Environmental Processes*, 2 (3), Springer, 511-525.
33. Fengjiao, M., Hui, G., Egrinya, E., Zhazhong, J., Lipu X. (2016) An economic valuation of groundwater management for Agriculture in Luancheng county, North China. Jintong Liu. *Agricultural Water Management*. Volume 163, Elsevier, 28-36.
34. Fox, G.A., Sheshukov, A., Cruse, R., Kolar, R.L., Guertault, L., Gesch, K.R., Dutnell, R.C. (2016) Reservoir Sedimentation and Upstream Sediment Sources: Perspectives and Future Research Needs on Streambank and Gully Erosion *Environmental Management*, Volume 57, Issue 5, Springer, 945-955.
35. Framework Convention on Climate Change, 1992. United Nation.
36. Frantzeskaki, N., Thissen, W., Grin, J. (2016) Drifting between transitions. Lessons from the environmental transition around the river Acheloos Diversion project in Greece. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, Volume 102, 275-286.
37. Frémion, F., Bordas, F., Mourier, B., Lenain, J.-F., Kestens, T., Courtin-Nomade, A. (2016) Influence of dams on sediment continuity: A study case of a natural metallic contamination. *Science of the Total Environment*, 547, 282-294.
38. Gikas, P., Tchobanoglou, G. (2008) The Importance of Water Reuse in Sustainable Water Resources Management: State of the Art through the Presentation of Selected Case Studies. *2nd Specialised Conference on Decentralised Water Management*, Skiathos, Greece.
39. Ginkel, van M. (2015) Aquifer design for freshwater storage and recovery in artificial islands and coastal expansions. *Hydrogeology Journal*, Volume 23 (4), 615-618.
40. Grech, V.I., Semenenok, S.H. (1969) The modern dams of Switzerland. *Hydrotechnical Construction*. Volume 3, Issue 5, Kluwer Academic Publishers, Springer, 463-473
41. Gritzalis, K.C., Anastasopoulou, E.T., Markogianni, V., Georgiopoulos, N.A. (2014) Assessing tools and methods for water quality monitoring in medium Sized Rivers. The case of Arcadikos River (Messinia, Greece). *4th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference*.

42. Guerraiche, Z., Boudoukha, A., Benkadja, R. (2016) Variation of the chemical composition of Grouz dam waters, Eastern Algeria. *Desalination and Water Treatment*, 57 (11), 4878-4887. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23 (11A), 2933-2938.
43. Hearn, G.S., Henshaw, T.W., Paisley, R.K. (2014) Getting what you need: Designing institutional architecture for effective governance of international waters. *Environmental Development*, Volume 11, 98-111.
44. Højberg, A.L., Refsgaard, J.C., Geer van F., Flindt Jørgensen, L., Zsuffa, I. (2007) Use of models to support the monitoring requirements in the water framework directive. *Water Resource Management*, Volume 21. Springer, 1649–1672.
45. Jebamalar, A., Ravikumar, G. (2014) Ground water modelling for rain water harvesting system. *Journal Water and Energy International*, Volume 57, Issue 8, 45-55.
46. Jinsheng, J. (2010) Several issues to be considered for long-term better behavior of concrete gravity dams. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*. Research Article. Volume 4, Issue 1, Springer, 40-46.
47. Joji, H., Nario, Y. (2004) Conservation and improvement of the environment in dam reservoirs. *Journal: International Journal of Water Resources Development*. Volume 20, Issue 1, 77-96.
48. Kaika, M. (2006) Dams as Symbols of Modernization: The Urbanization of Nature between Geographical Imagination and Materiality. *Journal: Annals of the Association of American Geographers*. Volume 96, Issue 2, 276-301.
49. Kalampouka, K., Zaimis, G.N., Emmanoueloudis, D. (2011) Harmonizing member state water policies to the EU water directive 2000/60/EU: The case of Greece. *5th IASME/WSEAS International Conference on Geology and Seismology, GES'11*, 95-100.
50. Kampa, E., Hansen, W. (2004) Synthesis of 34 case studies in Europe. *Heavily modified water bodies*. Germany: Springer. ISBN 3-540-21085-7.
51. Kampragou, E., Apostolaki, S., Manoli, E., Froebrich, J., Assimacopoulos, D. (2011) Towards the harmonization of water-related policies for managing drought risks across the EU. *Environmental Science and Policy*, Volume 14, Issue 7, 815-824.
52. Kanakoudis, V., Tsitsifli, S., Azariadi, T. (2015) Overview of the River Basin Management Plans Developed in Greece Under the Context of the Water

- Framework Directive 2000/60/EC Focusing on the Economic Analysis. *Water Resources Management*. Volume 29, Issue 9, 3149-3174.
53. Karadima, C., Theodoropoulos, C., Rouvalis, A., Iliopoulou-Georgudaki, J. (2010) Ecological risk assessment of cheese whey effluents along a medium-sized river in southwest Greece. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, Volume 45, Issue 6, 775-781.
54. Katopodis, C., Aadland, L.P. (2006) Effective dam removal and river channel restoration approaches. *Journal: International Journal of River Basin Management*. Volume 4, Issue 3, 153-168.
55. Kekená, Z., Panagiotidis, D., Skaloša, J. (2015) The influence of damming on landscape structure change in the vicinity of flooded areas: Case studies in Greece and the Czech Republic. *Ecological Engineering*. Volume 74, 448–457.
56. Kerr, R. (2005) How Does Earth's Interior Work? *Science*. Volume 309, 5731.
57. Koch, H., Grünewald, U. (2009) A comparison of modelling systems for the development and revision of water resources management plans. *Water Resource Manage*. 23:1403–1422. doi:10.1007/s11269-008-9333-x.
58. Koniak, G., Noy-Meir, I., Perevolotsky, A. (2011) Modelling dynamics of ecosystem services basket in Mediterranean landscapes: A tool for rational management. *Landscape Ecology*, Volume 26, Issue 1, Netherlands: Springer, 109-124.
59. Koundouri, P., Papandreou, N., Stithou, M., Mousoulides, A., Anastasiou, Y., Mousoulidou, M., Antypas, A., Mavrogiorgis, T., Vasiliou, K. (2013) Introducing the Case Study, the Asopos River Basin in Greece. *Water Resources Management Sustaining Socio-Economic Welfare*. Volume 7 of the series Global Issues in Water Policy, Germany: Springer, 25-47.
60. Krol, M.S., Vries, M.J., Oel, van P.R. (2011) Sustainability of small and large scale water availability under current conditions and climate change. *Water recourses management*. Volume 25, Issue 12, Springer, 3017–3026.
61. Kuiper, E. (1965) *Water Resources Development. Hydraulic Structures*. London: Butterworths, 166-209.
62. Kumar, V., Vasto-Terrientes, O.L.D., Valls, A., Schuhmacher, M. (2015) Adaptation strategies for water supply management in a drought prone Mediterranean river basin: Application of outranking method. *Science of the Total Environment*. Volume 540, Elsevier, 344–357.

63. Latorre, M. (2005) Environmental impact of brine disposal on Posidonia seagrasses. *Desalination*, 517-524, διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.desline.com/articoli/6690.pdf> [13].
64. Lemos, J.V. (2008) Block modelling of rock masses. *Journal: European Journal of Environmental and Civil Engineering*. Volume 12, Issue 7-8, 915-949.
65. Loizidou, M. (2009) Integrated management of industrial wastes and waste waters of the broader area of Oinofita - Schimatari. Project assigned by the Hellenic Environmental Inspectorate (HEI) of the Ministry of Environment, Energy and Climate Change (MoEECC). Athnes: National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering. (In Greek).
66. Lykoudi, E., Antoniou, M. (2007) Study of natural mechanisms for the supply of transported materials to the Ag. Varvara coast (Lesvos Island). *11ο Διεθνές Συνέδριο, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, Αθήνα.
67. Lysoviene, J., Gasiunas, V. (2011) The impact of rural settlements on water quality in small rivers and drainage channels, *8th International Conference on Environmental Engineering, ICEE*, 599-606.
68. Magsig, B.O. (2015) International water law and the quest for common security, London: Routledge, 1-212.
69. Manfredi, S., Goralczyk, M. (2013) Life cycle indicators for monitoring the environmental performance of European waste management. *Resources, Conservation and Recycling*. Volume 81, Elsevier, 8-16
70. Mariolakos, I. (1990) The Impact of Neotectonics with Regard to Canals, Pipelines, Dams, Open Reservoirs, etc. in Active Areas: The Case of the Hellenic Arc. *Greenhouse Effect, Sea Level and Drought*. Volume 325. NATO ASI Series, 427-438.
71. Matiatis, I. (2016) Nitrate source identification in groundwater of multiple land-use areas by combining isotopes and multivariate statistical analysis: A case study of Asopos basin (Central Greece). *Science of the Total Environment*, Volume 541, Elsevier, 802-814.
72. Mathioulakis, E., Belessiotis, V., Delyannis, E. (2007) Desalination by using alternative energy. Review and state-of-the-art, *Desalination 203*, Elsevier, 346-365.
73. Menció, A., Folch, A., Mas-Pla, J. (2010) Analyzing Hydrological Sustainability through Water Balance. *Environmental Management*. Volume 45, 1175-1190.

74. Mesbah, S.H., Mohammadnia, M., Kowsar, S.A. (2016) Long-term improvement of agricultural vegetation by floodwater spreading in the Gareh Bygone Plain, Iran. In the pursuit of human security, is artificial recharge of groundwater more lucrative than selling oil? *Hydrogeology Journal*, Volume 24, 303-317.
75. Mylopoulos, N., Kolokytha, E., Loukas, A., Mylopoulos, Y. (2009) Agricultural and water resources development in Thessaly, Greece in the framework of new European union policies. *International Journal of River Basin Management*, Volume 7, Issue 1, 73-89.
76. Nannou, C.I., Kosma, C.I., Albanis, T.A. (2015) Occurrence of pharmaceuticals in surface waters: analytical method development and environmental risk assessment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 21.
77. Ng, H.B. (2009) Geosynthetics in civil and environmental engineering, HDPE Lined water reservoirs for power generating stations. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
78. Pike, R., Wilson, S. (1971) Elevation-Relief Ratio, Hypsometrical Integral and Geomorphic Area-Altitude Analysis. *Geological Society of America Bulletin*. Volume 82, 1079-1084.
79. Panagopoulos, I., Karayannis, A., Kollias, K., Xenidis, A., Papassiopi, N. (2015) Investigation of potential soil contamination with Cr and Ni in four metal finishing facilities at Asopos industrial area. *Journal of Hazardous Materials*. Journal of Hazardous Materials. Volume 281, Elsevier, 20–26
80. Papadakis, G. (2009), Desalination and renewable energy sources, Res & Energy saving in islands, Milos island. Agricultural University of Athens.
81. Parise, M., Sammarco, M. (2015) The historical use of water resources in karst. *Environmental Earth Sciences*, Volume 74, Issue 1, Germany: Springer, 143-152.
82. Peñas, F.J., Barquín, J., Álvarez, C. (2016) Assessing hydrologic alteration: Evaluation of different alternatives according to data availability. *Ecological Indicators*, Elsevier, 470-482.
83. Petousi, I., Fountoulakis, M.S., Saru, M.L., Nikolaidis, N., Fletcher, L., Stentiford, E.I., Manios, T. (2015) Effects of reclaimed wastewater irrigation on olive (*Olea europaea* L. cv. 'Koroneiki') trees. *Agricultural Water Management*, Volume 160, Elsevier, 33-40.
84. Pisinaras, V., Polychronis, C., Gemitzi, A. (2016) Intrinsic groundwater vulnerability determination at the aquifer scale: a methodology coupling travel

- time estimation and rating methods. *Environmental Earth Sciences*, Volume 75, Issue 1, Germany: Springer, 1-12.
85. Rejman, W. (2007) EU water framework directive versus real needs of groundwater management. *Water Resource Management*, Volume 21, Kluwer Academic Publishers-Springer, 1363–1372.
86. Sheng-Hong C. (2015) Embankment dams. *Hydraulic Structures*, Springer, 497-592.
87. Sheng-Hong C. (2015) Arch dams. *Hydraulic Structures*, Springer, 397-496.
88. Sheng-Hong C. (2015) Rochfill dams. *Hydraulic Structures*, Springer, 600.
89. Sitender, R. (2015) Identification of suitable sites for artificial recharge in Mewat District, Haryana. *Journal: Institute of Indian Geographers*, Volume 37 Issue 2, 245-257.
90. Stasinou, S., Zabetakis, I. (2013) The uptake of nickel and chromium from irrigation water by potatoes, carrots and onions. *Journal: Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 91, 122-128.
91. Strosser, P., Pau Vall, M., Plötscher, E. (2001) Water and agriculture: contribution to an analysis of a critical but difficult relationship, (διαθέσιμο στον ιστότοπο: [http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/eau\\_de/report.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/eau_de/report.htm), 15-11-2015).
92. Technical Chamber of Greece. (2009) The problem of Asopos River-Suggestions for facing it. (In Greek). Athens: TCG.
93. Tentes, G., Damigos, D. (2015) Discrete choice experiment for groundwater valuation: Case of the Asopos river basin, Greece. *Environmental Science & Policy*, Volume 45, Elsevier, 92-103.
94. Tolbaru, A.-M. (2012) Policymakers weigh options for EU water pricing. (<http://euroactiv.com>).
95. Tziritis, E. (2011) Advances in the Research of Aquatic Environment, in Stable isotope study of a karstic aquifer in Central Greece. Composition, variations and controlling factors. *Environmental Earth Sciences*. Germany: Springer, 193-200.
96. Tziritis, E., Lombardo, L. (2016) Estimation of intrinsic aquifer vulnerability with index-overlay and statistical methods: the case of eastern Kopaida, central Greece. *Applied Water Science*. Springer, 1-15.
97. Wallnig, G., Evered, H. (1976) Englisch für Baufachleute / L'anglais dans le bâtiment, Dams. (Chapter 11).

98. Wilson, E. (1974) Engineering Hydrology. UK: Bookseller Rating.
99. Zhou, J., Lin, G., Liu, J., Zhang, P., Gong, L. (2015) A laboratory column study on particles release in remediation of seawater intrusion region. *Journal of Ocean University of China*, Volume 14, Issue 6, 1013-1018.
100. Uysal, G., Şensoy, A., Şorman, A.A., Akgün, T., Gezgin, T. (2016) Basin - Reservoir System Integration for Real Time Reservoir Operation. *Water Resources Management*, Volume 30, Issue 5, Springer, 1653-1668.

## Δικτυογραφία

1. [www.minagric.gr/greek/3.1.4.html](http://www.minagric.gr/greek/3.1.4.html), (τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015).
2. [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/tackling\\_climate\\_change/index\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/index_el.htm), (τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015).
3. [http://ec.europa.eu/agriculture/envir/water/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/envir/water/index_de.htm), Agriculture and water, (τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015).
4. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, (τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015).
5. [http://www.inspire.okxe.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54&Itemid=68](http://www.inspire.okxe.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=68) (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
6. [http://www.ogeeka-dimitra.org.gr/enimerosi/pep\\_sterea/pep\\_sterea\\_katastasi.htm](http://www.ogeeka-dimitra.org.gr/enimerosi/pep_sterea/pep_sterea_katastasi.htm), (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
7. <http://physiclessons.blogspot.gr/2012/03/k.html> (τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2016)
8. [http://politics.wwf.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=775&Itemid=376](http://politics.wwf.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=775&Itemid=376), (τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2016)
9. <http://odysseus.culture.gr/h/3/gh32.jsp>, (τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016).
10. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=HXXTHIW%2BuqQ%3D&tabid=232&language=el-GR>, (τελευταία πρόσβαση Απρίλιος 2016).
11. <http://ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=6gJKlQHLbaU%3d&tabid=250&language=el-GR>, (τελευταία πρόσβαση Δεκέμβριος 2015).
12. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=524>, (τελευταία πρόσβαση Απρίλιος 2016).
13. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=HXXTHIW%2BuqQ%3D&tabid=232&language=el-GR>, (τελευταία πρόσβαση Απρίλιος 2016).

14. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=hxFVERP86JM%3D&tabid=367&language=el-GR>, (τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016).
15. [http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&i,d=113&Itemid=19](http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&i,d=113&Itemid=19), (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
16. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=757&language=el-GR>, (τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016).
17. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=hxFVERP86JM%3D&tabid=367&language=el-GR>, (τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016).
18. [http://www.eeft.gr/Fragmata\\_Elladas\\_201311.pdf](http://www.eeft.gr/Fragmata_Elladas_201311.pdf), (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
19. [http://www.geographies.gr/?page\\_id=392](http://www.geographies.gr/?page_id=392), (τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015).
20. <http://itia.ntua.gr/getfile/762/9/2007WRMWaterAndAgriculture.pdf>, (τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015).
21. <http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/23/koumantakis/K3.pdf>, (τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2016)
22. <http://www.kykladiki.gr>, (τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016).
23. <http://www.oikoskorio.gr>, (τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016).
24. <http://geodata.gov.gr/maps/?locale=el> (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
25. <http://geodata.gov.gr/dataset/corine-2000> (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
26. [http://www.oasp.gr/greece\\_earthquakes](http://www.oasp.gr/greece_earthquakes) (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
27. <http://www.mygarminsatnav.net/t1647-topic>, (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
28. [www.rae.gr/geo/](http://www.rae.gr/geo/) (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
29. [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82\\_%CE%92%CE%BB%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%82\\_%CE%92%CE%BF%CE%B9%CF%89%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82_%CE%92%CE%BB%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%82_%CE%92%CE%BF%CE%B9%CF%89%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82) (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
30. [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82\\_%CE%93%CE%B5%CF%8E%CF%81%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82\\_%CE%92%CE%BF%CE%B9%CF%89%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82_%CE%93%CE%B5%CF%8E%CF%81%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82_%CE%92%CE%BF%CE%B9%CF%89%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82) (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).

31. [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AF\\_%CE%92%CE%BF%CE%B9%CF%89%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AF_%CE%92%CE%BF%CE%B9%CF%89%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82) (τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016).
32. [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%AE\\_%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE\\_%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%AE_%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE) (τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015).