



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΡΧΑΙΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ



Μουστάκας Σωτήρης

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Επιβλέπων: Νίκος Μαμάσης, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΡΧΑΙΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ

Μουστάκας Σωτήρης

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Επιβλέπων: Νίκος Μαμάσης, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ ειλικρινά τον κ. Νίκο Μαμάση για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε τόσο αναθέτοντας μου την παρούσα εργασία όσο και κατά τη διάρκεια της συγγραφής της. Ελπίζω να μην τον απογοήτευσα. Τον ευχαριστώ επίσης για την πολύπλευρη συμβολή του σε όλα τα στάδια εκπόνησής της. Με προθυμία απάντησε στα ερωτήματα που κατά καιρούς του έθετα και ανιδιοτελώς μοιράστηκε μαζί μου ένα μικρό μέρος των γνώσεων και της εμπειρίας του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στον κ. Νίκο Ζαρκαδούλα, Τοπογράφο Μηχανικό, ο οποίος αφιέρωσε αρκετό χρόνο ώστε να είναι δίπλα μου σε κάθε πτυχή της εργασίας. Οι παρατηρήσεις και η καθοδήγησή του ήταν πράγματα πολύ σημαντικά στην προσπάθεια να την ολοκληρώσω όσο το δυνατόν αρτιότερα.

Τέλος, ευχαριστώ τον κ. Αντώνη Κουκουβίνο, Τοπογράφο Μηχανικό, για τη βοήθειά του στα θέματα που σχετίζονται με το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Περίληψη	vi
Abstract	vii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Γενικά Στοιχεία	1
1.2 Αξία Αρχαίων Αντιπλημμυρικών Έργων	2
1.3 Σκοπός και Διάρθρωση της Εργασίας	2
2. ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΈΡΓΑ	4
2.1 Βάσεις Δεδομένων Υδραυλικών Έργων της Αρχαιότητας	4
2.1.1 Βάση δεδομένων αρχαίων υδραυλικών έργων της ΙΤΙΑΣ, itia.ntua.gr/ahw/works	4
2.1.2 Λιμενοσκόπιο (www.limenoscope.ntua.gr)	7
2.2 Αξιοσημείωτα Υδραυλικά Έργα (Μινωική και Κυκλαδική Εποχή - Ελληνιστική Εποχή)	8
2.2.1 Φράγματα	9
2.2.2 Υδραγωγεία	10
2.2.3 Σήραγγες	13
2.2.4 Εγγειοβελτιωτικά έργα	14
2.2.5 Συστήματα αποχέτευσης	15
2.2.6 Διευθετήσεις κοίτης ποταμού	18
2.2.7 Σίφωνες	19
2.2.8 Στέρνες	20
2.3 Σύνοψη	20

3. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ	22
3.1 Γενικά	22
3.2 Γεωμορφολογικά Στοιχεία	24
3.3 Καταβόθρες	25
3.3.1 Γενικά στοιχεία	25
3.3.2 Οι περιγραφές του Γκίνη	27
3.3.3 Θέσεις των καταβοθρών της Κωπαΐδας	27
3.3.4 Η κατάσταση σήμερα	30
3.4 Υδρογραφική Δίαιτα	30
3.4.1 Βοιωτικός Κηφισός	31
3.4.2 Μέλανας	32
3.4.3 Λοιποί σημαντικά ποτάμια και χείμαρροι	32
4. Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΝΕΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΡΑΤΟΣ	34
4.1 Αιτίες	34
4.2 Ιστορικό της Αποξήρανσης	35
4.3 Περιγραφή των Έργων	38
4.3.1 Μεγάλη Διώρυγα (Grand Canal)	39
4.3.2 Διώρυγα Τέλματος (Canal in the March)	39
4.3.3 Τάφος του Μέλανα (Melas Drain)	39
4.3.4 Εσωτερική αποχέτευση	40
4.3.5 Συγκεντρωτική Διώρυγα (Emissary Canal)	40
4.3.6 Σήραγγα της Καρδίτσας - αγωγός εκβολής στην Υλίκη	41
5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΩΠΑΪΔΑΣ	42
5.1 Παροχές Κυριότερων Συνιστωσών Υδρογραφικής Δίαιτας Κωπαΐδας	42
5.1.1 Βοιωτικός Κηφισός	42

5.1.2 Μέλανας	45
5.1.3 Έρκυνα	47
5.1.4 Πόντζας	48
5.1.5 Λόφισ	50
5.2 Ανάλυση Μεγίστων	53
5.3 Βροχόπτωση	57
5.4 Εξάτμιση	60
5.5 Παροχευτικότητα Καταβοθρών	61
5.6 Καμπύλη Στάθμης – Επιφάνειας της Λίμνης	62
5.7 Καμπύλη Στάθμης – Όγκου της Λίμνης	66
6. ΤΑ ΑΡΧΑΙΑ ΕΡΓΑ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ	67
6.1 Γενικά Στοιχεία	67
6.2 Οι Μινύες	68
6.2.1 Καταγωγή	68
6.2.2 Ακμή	68
6.2.3 Αναφορές σε αρχαία κείμενα	69
6.2.4 Πολιτισμική κληρονομιά – Μνημεία	70
6.2.5 Αιτίες παρακμής: μύθος και πραγματικότητα	72
6.3 Περιγραφή των Έργων	73
6.3.1 Εκτροπή τμήματος του Β. Κηφισού στη φυσική κοίτη του Μέλανα	73
6.3.2 Αντιπλημμυρικά έργα	75
6.3.3 Η ανολοκλήρωτη σήραγγα του Κεφαλαρίου	82
6.4 Οι Εκτιμήσεις του Knauss	87
6.4.1 Απόδοση των έργων στους Μινύες	87
6.4.2 Κατασκευαστικά στοιχεία	88
6.4.3 Σκοπιμότητα των έργων και τρόπος λειτουργίας τους	89

6.4.4	Περί της σήραγγας του Κεφαλαρίου	91
6.4.5	Συνοψίζοντας	92
7.	ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΜΙΝΥΩΝ	93
7.1	Ανάγκες Ύδρευσης Μινύων	93
7.1.1	Πληθυσμός Μινύων	93
7.1.2	Αστική κατανάλωση νερού	94
7.2	Αρδευτικές Ανάγκες Μινυακού πολιτισμού	95
7.2.1	Μετεωρολογικά στοιχεία και εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς	95
7.2.2	Καλλιέργειες Κωπαΐδας στην αρχαιότητα	97
7.2.3	Αρδευτικές ανάγκες Κωπαΐδας στην αρχαιότητα	98
8.	ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
8.1	Η Λίμνη Μετά τα Έργα των Μινύων	103
8.2	Συμπεράσματα	105
8.2.1	Γενικά	105
8.2.2	Συμπεράσματα κατασκευαστικής ανάλυσης	105
8.2.3	Συμπεράσματα της υδρολογικής ανάλυσης	106
8.2.4	Περί της σκοπιμότητας των έργων	109
8.2.5	Περί της καταστροφής των έργων	109
8.3	Αναπαράσταση Λειτουργίας Αρχαίων Υδραυλικών Έργων Κωπαΐδας	111
8.4	Απαιτούμενη Περαιτέρω Έρευνα	114
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	116
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	122
A.	Οδοιοπορικό στην Κωπαΐδα	123
B.	Μέγιστες Ημερήσιες Παροχές στη Σήραγγα Καρδίτσας	140

Περίληψη

Η αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας (Νομός Βοιωτίας) αποτελούσε ανέκαθεν σημαντικό ζήτημα για τους κατοίκους της ευρύτερης περιοχής, αφού με τον τρόπο αυτό θα «απελευθερώνονταν» περί τα 250.000 στρέμματα εύφορης γης για καλλιέργεια. Το νέο ελληνικό κράτος μόλις το 1931 (και μετά από περισσότερα από 100 χρόνια προσπάθειας) κατάφερε, με τη συνδρομή ξένων εταιρειών, να ολοκληρώσει το εγχείρημα.

Η πρώτη ιστορικά καταγεγραμμένη επιτυχής προσπάθεια αποξήρανσης της Κωπαΐδας αποδίδεται στο μυκηναϊκό φύλλο Μινύες την 2^η π.Χ. χιλιετία. Οι Μινύες, με τη βοήθεια αναχωμάτων συνολικού μήκους περί τα 20 km, οδήγησαν τα νερά του κυριότερων ποταμών της περιοχής (Βοιωτικός Κηφισός και Μέλανας) στις φυσικές καταβόθρες του βορειοανατολικού άκρου της λεκάνης, από όπου παροχετεύονταν στον Ευβοϊκό Κόλπο (κατά κύριο λόγο). Το εντυπωσιακό αποστραγγιστικό σύστημα των Μινύων έχει κατά καιρούς τραβήξει το ενδιαφέρον πολλών μελετητών (αρχαιολόγων και μη), όπως ο Knauss, ο Καμπάνης, ο Kenney κ.α. Παρόλα αυτά, εξακολουθούν να υφίστανται αρκετά αναπάντητα ερωτήματα σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, προτείνονται απαντήσεις σε κάποια από αυτά διερευνώντας τις διάφορες πτυχές των έργων υπό το πρίσμα του υδραυλικού μηχανικού. Γίνεται μια προσπάθεια να ποσοτικοποιηθούν αξιόπιστα οι σημαντικότερες υδραυλικές συνιστώσες της Κωπαΐδας (παροχές ποταμών και χειμάρρων, βροχόπτωση, εξάτμιση) και τα υδρογεωλογικά της χαρακτηριστικά (παροχευτικότητα καταβοθρών), ενώ γίνεται και μία εκτίμηση για τις υδατικές ανάγκες των Μινύων (ύδρευση, άρδευση). Τα αποτελέσματα της υδρολογικής ανάλυσης σε συνδυασμό με τα διαθέσιμα αρχαιολογικά ευρήματα (θέσεις και διαστάσεις αντιπλημμυρικών έργων, υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, κατασκευαστικές τεχνικές) αλλά και την αξιοποίηση υφιστάμενων σχετικών μελετών επιτρέπουν την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων για τα αποξηραντικά έργα των Μινυών και την ανάπτυξη ενός αρκετά ολοκληρωμένου σεναρίου σχετικά με τη φύση, τη σκοπιμότητα, και τον τρόπο λειτουργίας τους.

Abstract

The drainage of Lake Copais (in the centre of Boeotia, Greece) has always been an issue of great importance for the inhabitants of the surrounding area, as if this was accomplished about 25.000 ha of fertile land would be available for cultivation. The Modern Greek Nation achieved to complete this project in 1931, after more than 100 years of efforts.

The first documented successful attempt to drain Lake Copais is attributed to the Minyans (the Mycenaean inhabitants of Orchomenos) during the 2nd millennium BC. The Minyans led the main rivers that flooded Copais (Boeotian Kephisos and Melanas) to the natural sinkholes of the northeast edge of the basin, building large levees and strong retaining walls with a total length of about 20 km. The water was sunk into the sinkholes (underground crevices and tunnels in limestone) and reappeared at the North Euboean Gulf. These works had an instant impact on Copais, converting it to a large plain whose cultivation made the Minyans one of the wealthiest ancient civilizations.

Although the impressive ancient drainage system of Copais has been extensively studied by archaeologists and engineers (such as Knauss, Kambanis, Kenney etc) many questions still remain unanswered regarding the way it worked. The scope of this diploma thesis is to provide some reliable possible answers to these questions by studying several aspects of the ancient Minyan works from the view of a hydraulics engineer. In order to achieve this, we try to quantify the most important hydraulic components of Copais area (discharge of the main rivers and torrents, precipitation, evaporation) and its hydrogeological characteristics (discharge of the katavothres) while we also try to estimate approximately the water needs of Minyans (urban water use, water for crops irrigation). The results of the hydraulic analysis combined with the archaeological findings (positions and dimensions of flood protection works, materials that were used by the Minyans, construction techniques) and the information that is provided by relevant existing studies, allow us to draw some important conclusions about the ancient hydraulic works of Copais and develop a fairly complete scenario about the purposes they served and the way they worked.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά Στοιχεία

Από την Εποχή του Χαλκού έως και την Ελληνιστική Εποχή, στο χώρο που σήμερα καταλαμβάνει το ελληνικό κράτος (αλλά και στις γύρω περιοχές όπως η Μικρά Ασία και η Κάτω Ιταλία), ήκμασαν και παρήκμασαν πολιτισμοί των οποίων η συνεισφορά στην ανάπτυξη του ανθρώπου αποτιμήθηκε από τους ιστορικούς ως θεμελιώδης. Θέατρο, Ποίηση, Γλυπτική, Ζωγραφική, Μαθηματικά, Φυσική, Αστρονομία, Ιατρική, Φιλοσοφία είναι κάποιοι μόνο από τους τομείς στους οποίους τα επιτεύγματά τους αποτέλεσαν το εφαλτήριο βήμα και τις βάσεις για την πρόοδο των επόμενων γενεών.

Πέραν όμως όλων των παραπάνω, οι εν λόγω πολιτισμοί έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στον έλεγχο και την αξιοποίηση των υδατικών πόρων. Από τους πρώτους χρονολογικά πολιτισμούς – το Μινωικό, τον Κυκλαδικό και το Μυκηναϊκό – έως και τους μεταγενέστερους της Ελληνιστικής Περιόδου, όλοι ασχολήθηκαν σημαντικά με την εκμετάλλευση των υδάτων κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Αναπτύχθηκαν έτσι, σε αρκετές περιπτώσεις, ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων που αποτελούνταν τόσο από αξιόλογα – μεγάλα ή μικρά – υδραυλικά τεχνικά έργα όσο και από την αντίστοιχη στρατηγική χρήσης τους και νομοθεσία. Τα έργα αυτά, πολυάριθμα, καλοδιατηρημένα (τα περισσότερα) και διεσπαρμένα στο χώρο και στο χρόνο, αποτελούν μία πολύτιμη πολιτισμική και τεχνολογική κληρονομιά για τον άνθρωπο του σήμερα. Πρόκειται για τεχνικά διάφορων ειδών (φράγματα, υδραγωγεία, αποχετεύσεις κ.α.) που εξυπηρετούσαν ένα ευρύ πεδίο διαχρονικών αναγκών των ανθρώπινων κοινωνιών, όπως η υδροδότηση για ύδρευση και άρδευση, η ατομική και συλλογική υγιεινή και η προστασία των αστικών και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων από τις πλημμύρες, ζητήματα στα οποία, αρκετοί οικονομικά και τεχνολογικά ισχυροί σύγχρονοι πολιτισμοί, δυσκολεύονται να ανταποκριθούν.

1.2 Αξία Αρχαίων Αντιπλημμυρικών Έργων

Με τον όρο «αντιπλημμυρικά έργα» εννοούμε κάθε έργο που αφορά ή σχετίζεται με (Μουτάφης, 2005):

- Ασφαλή αποθήκευση πλημμυρικών όγκων (μακροπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη ή βραχυπρόθεσμη συγκράτηση νερών)
- Ασφαλή παροχέτευση πλημμυρικών παροχών (υψηλές ταχύτητες ροής)
- Ασφαλή καθοδήγηση πλημμυρικών παροχών (χαμηλές ταχύτητες ροής)

Παραδείγματα αντιπλημμυρικών έργων αποτελούν τα φράγματα, οι εκτροπές ποταμών, οι διευθετήσεις κοίτης ποταμών (εκβαθύνσεις κ.τ.λ.), τα προστατευτικά αναχώματα κ.α.

Τα αρχαιολογικά ευρήματα τα σχετικά με αντιπλημμυρικά έργα έχουν βαρύνουσα σημασία αφού:

- Οι αρχαίοι Έλληνες γενικά απέφευγαν κατά το δυνατό την κατοίκηση σε περιοχές με προβλήματα που θα απαιτούσαν την κατασκευή σημαντικών τεχνικών έργων. Ως συνέπεια, τα αντιπλημμυρικά έργα ήταν σπάνια καθώς οι προτιμώνταν η κατοίκηση σε περιοχές που δεν παρουσίαζαν έντονα προβλήματα πλημμυρών.
- Η κατασκευή ενός αντιπλημμυρικού έργου απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή σε σχέση με τα υδραυλικά έργα άλλων ειδών καθώς το κόστος (σε ζώες και υλικές καταστροφές) από ενδεχόμενη αστοχία είναι ιδιαίτερα αυξημένο. Απαιτείται καλή αντίληψη των φυσικών νόμων, τεχνογνωσία, σχολαστική μελέτη και επιμελημένη εφαρμογή αυτής στην πράξη ούτως ώστε το κατασκευαστικό αποτέλεσμα να είναι αξιόπιστο.

1.3 Σκοπός και Διάρθρωση της Εργασίας

Κατά το δεύτερο μισό της 2^{ης} π.Χ. χιλιετίας, οι Μινύες πραγματοποίησαν αποστραγγιστικά έργα προκειμένου να περιορίσουν και να σταθεροποιήσουν την έκταση της λίμνης Κωπαΐδας. Επρόκειτο για ένα ιδιαίτερα εντυπωσιακό αποξηραντικό σύστημα (ειδικά για την εποχή εκείνη) για το οποίο, αν και έχουν γίνει πολλές μελέτες, εξακολουθούν να υπάρχουν αρκετά

ερωτηματικά. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των παραμέτρων που αφορούν το εν λόγω σύστημα από την πλευρά του μηχανικού και η ανάπτυξη ενός όσο το δυνατό πιο ολοκληρωμένου σεναρίου σχετικά με τη λειτουργία του.

Το παρόν κείμενο αποτελείται από οκτώ κεφάλαια και δύο παραρτήματα. Αρχικά, γίνεται αναφορά στις βάσεις δεδομένων αρχαίων υδραυλικών έργων που αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια στο διαδίκτυο, ενώ παρουσιάζονται συνοπτικά και ορισμένα εκ των σημαντικότερων, κατά τη γνώμη του γράφοντος, έργα (κεφάλαιο δεύτερο). Στη συνέχεια περιγράφεται η Κωπαΐδα, όντας η περιοχή μελέτης (κεφάλαιο τρίτο) και τα αποξηραντικά έργα του νέου ελληνικού κράτους σε αυτή (κεφάλαιο τέταρτο). Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια να ποσοτικοποιηθούν αντιπροσωπευτικά τα υδρογεωλογικά στοιχεία της Κωπαΐδας (παροχές κυριότερων ποταμών και χειμάρρων, βροχόπτωση, εξάτμιση κ.τ.λ.). Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται λεπτομερώς τα υδραυλικά τεχνικά έργα των Μινύων, βάσει των αρχαιολογικών ευρημάτων, ενώ στο έβδομο επιχειρείται μια προσεγγιστική εκτίμηση των υδρευτικών και αρδευτικών τους αναγκών. Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζεται το αποτέλεσμα των αρχαίων έργων αποξήρανσης στη λεκάνη της Κωπαΐδας, παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας ομαδοποιημένα σε κατηγορίες, αναπτύσσεται σενάριο σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του αποστραγγιστικού συστήματος των Μινύων και γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα. Στο Παράρτημα Α («Οδοιπορικό στην Κωπαΐδα»), το οποίο ακολουθεί το κυρίως κείμενο, περιγράφεται, συνοδεία φωτογραφικού υλικού, η δεύτερη και πιο ολοκληρωμένη από τις τρεις επισκέψεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της Κωπαΐδας στα πλαίσια της διπλωματικής, ενώ στο Παράρτημα Β παρατίθενται πίνακες με τις μέγιστες ημερήσιες παροχές που καταγράφηκαν στη Σήραγγα Καρδίτσας (κατάντη όριο των σύγχρονων αποστραγγιστικών έργων της λεκάνης της Κωπαΐδας) την περίοδο 1906-1989.

2. Αρχαία Ελληνικά Υδραυλικά Έργα

2.1 Βάσεις Δεδομένων Υδραυλικών Έργων της Αρχαιότητας

Την τελευταία δεκαετία ολοένα και αυξάνεται το ενδιαφέρον του επιστημονικού και μη κόσμου για τα αρχαία υδραυλικά έργα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εκπόνηση πολλών σχετικών μελετών, τη δημοσίευση αρκετών από αυτές σε επιστημονικά περιοδικά καθώς την πραγματοποίηση σημαντικών διεθνών συνεδρίων, όπως τα τρία, μέχρι σήμερα, της IWA (International Water Association) με θέμα «Τεχνολογίες Νερού και Υγρών Αποβλήτων στους Αρχαίους Πολιτισμούς» (Ηράκλειο 2006, Bari 2009, Κωνσταντινούπολη 2012). Ο διαθέσιμος όγκος πληροφοριών, δηλαδή, σχετικά με τα αρχαία υδραυλικά έργα συνεχώς διευρύνεται. Παράλληλα, οι πληροφορίες αυτές χαρακτηρίζονται από σημαντική ετερογένεια, κάτι που είναι λογικό αφού η ολοκληρωμένη μελέτη ενός αρχαίου τεχνικού έργου αποτελεί εγχείρημα διεπιστημονικό.

Προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική εποπτεία του υπάρχοντος υλικού για τα αρχαία υδραυλικά έργα και να διευκολυνθεί η μελέτη και η ανάλυσή του, δημιουργήθηκαν, ως «τράπεζες πληροφοριών», σχετικές διαδικτυακές βάσεις δεδομένων. Μέσω αυτών, το εν υλικό συγκεντρώνεται, κωδικοποιείται και καθίσταται διαθέσιμο σε όλους τους ενδιαφερόμενους, ερευνητές και μη. Στα υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται δύο τέτοιες βάσεις δεδομένων, αυτή της ερευνητικής ομάδας ΙΤΙΑ και το Λιμενοσκόπιο.

2.1.1 Βάση δεδομένων αρχαίων υδραυλικών έργων της ΙΤΙΑΣ, itia.ntua.gr/ahw/works

Η ΙΤΙΑ είναι συνεχώς διευρυνόμενη ερευνητική ομάδα με κύριο πεδίο μελέτης την υδρολογία, τη διαχείριση υδροσυστημάτων και την υδροπληροφορική. Στον ιστοχώρο της, www.itia.ntua.gr, αναπτύσσεται, τα τελευταία χρόνια, μία αρκετά ευρεία βάση δεδομένων σχετικά με τα αρχαία υδραυλικά έργα. Η πρόσβαση είναι ελεύθερη και γίνεται μέσω του συνδέσμου itia.ntua.gr/ahw/works (Σχήμα 2.1).



Filter

List of ancient hydraulic works

By construction era

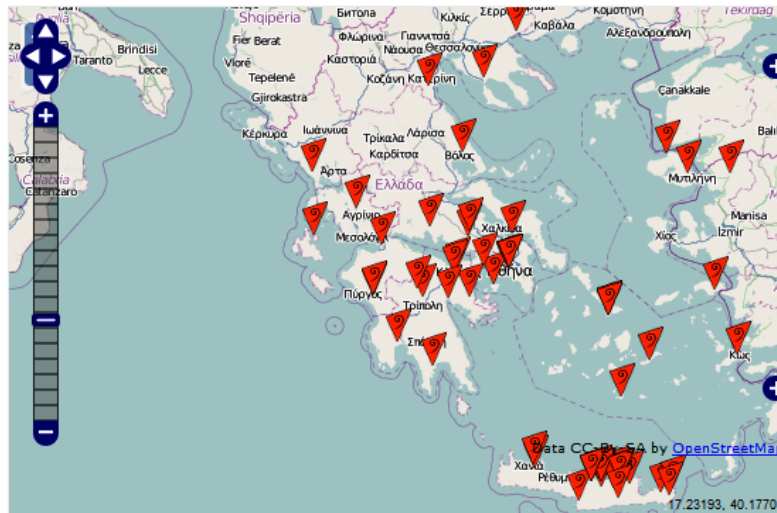
- All
- Minoan-Cycladic
- Mycenaean
- Archaic
- Classical
- Hellenistic
- Roman

By use

- All
- Sanitary Facilities
- Urban Sewage
- Flood Prevention
- Land Drainage
- Urban Drainage
- Irrigation Water Supply
- Urban Water Supply

By types

- All
- Dykes
- Sewer Pipes
- Stream Control
- Dam
- Sedimentation Tank
- Water Distribution System
- Tunnel
- Siphon
- Bath tub
- Lavatory
- Fountain
- Well
- Cistern
- Aqueduct



128 works

Hydrosystem Work	Use	Construction era	Extras
<i>Aegina</i> Aegina cistern	Urban Water Supply	Hellenistic	
<i>Aitolia</i> Alysia dam	Flood Prevention	Classical	
	Oiniades drainage	Land Drainage	Hellenistic
	Stratos drainage	Land Drainage	Hellenistic
<i>Amorgos</i> Amorgos Lavatory	Urban Sewage	Hellenistic	
<i>Amphipolis</i> Amphipolis aqueduct	Urban Water Supply	Classical	
	Amphipolis sewage	Urban Drainage	Classical

Σχήμα 2.1 Η βάση δεδομένων αρχαίων υδραυλικών έργων itia.ntua.gr/ahw/works (20/10/12).

Το σύστημα παρέχει στο χρήστη πολύπλευρες πληροφορίες για τα έργα που περιλαμβάνονται (τοποθεσία, τύπο και σκοπό του έργου, περίοδο κατασκευής, γενική περιγραφή, υδросύστημα στο οποίο εντάσσεται, σημερινή του κατάσταση κ.α.). Ακόμα, παρέχεται η δυνατότητα πρόσβασης σε μία ψηφιακή βιβλιοθήκη όπου βρίσκονται λεπτομερείς πληροφορίες για το κάθε έργο, αποθηκευμένες σε διάφορες μορφές, όπως επιστημονικές εργασίες, τεχνικά κείμενα και οπτικό υλικό (φωτογραφίες, σχέδια, βίντεο). Επιπλέον, στη βιβλιοθήκη περιλαμβάνονται αναφορές σε επιπλέον κείμενα (που δεν είναι προσβάσιμα μέσω της συγκεκριμένης ιστοσελίδας) και σύνδεσμοί για σχετικές ιστοσελίδες. Τέλος, έχει αναπτυχθεί ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ), το οποίο περιλαμβάνει τη θέση του κάθε έργου και το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να σχηματίσει μια πιο σφαιρική αντίληψη για την αρχαιότητα στον ελλαδικό χώρο. Για παράδειγμα, αναζητώντας ο χρήστης χωρικά τα

έργα που έγιναν κάποια περίοδο μπορεί να βγάλει συμπεράσματα σχετικά με τους πολιτισμούς που ήκμασαν τότε.

Τη στιγμή που γράφονταν η εργασία στον κατάλογο της εν λόγω βάσης δεδομένων, της οποίας η αρχική σελίδα φαίνεται στο Σχήμα τάδε, αριθμούνταν 128 έργα από τον ελληνικό χώρο, τη Μικρά Ασία και την Κύπρο. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1, τα έργα κατανέμονται χρονικά από τη Μινωική και Κυκλαδική εποχή (3500-1200 π.Χ.) έως και την Ρωμαϊκή εποχή (146-323 π.Χ.). Σε αυτά δεν περιλαμβάνονται οι λιμένες της αρχαιότητας.

Πίνακας 2.1 Έργα που περιλαμβάνονται στην βάση δεδομένων αρχαίων υδραυλικών έργων της ΙΤΙΑΣ ανά εποχή.

Περίοδος	Υδραυλικά Έργα
Μινωική και Κυκλαδική	28
Μυκηναϊκή	21
Αρχαϊκή	11
Κλασσική	20
Ελληνιστική	29
Ρωμαϊκή	19
Σύνολο	128

Η ιστοσελίδα παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα εντοπισμού των έργων ανά εποχή πραγματοποίησης (Μινωική, Κλασσική, Ρωμαϊκή κ.τ.λ.), χρήση (αποστραγγιστικά έργα, αντιπλημμυρικά έργα, έργα υδροδότησης, έργα αποχέτευσης κ.τ.λ.), τύπο (φράγματα, υδραγωγεία, αγωγοί αποχέτευσης, αναχώματα, κρήνες κ.τ.λ.) αλλά και συνδυαστικά (πχ αποχετευτικά έργα της Μινωικής περιόδου ή υδραγωγεία της Ρωμαϊκής) διευκολύνοντας σε μεγάλο βαθμό την αναζήτησή του. Η βάση, όντας σχετικά καινούρια, βρίσκεται υπό συνεχή εξέλιξη.

2.1.2 Λιμενοσκόπιο (www.limenscope.ntua.gr)

Το Λιμενοσκόπιο είναι μία αρκετά ολοκληρωμένη διαδικτυακή βάση δεδομένων, αντικείμενο της οποίας είναι τα αρχαία λιμενικά έργα του ελληνικού χώρου. Στο εγχείρημα συμμετέχουν καθηγητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, η Εταιρεία Μελέτης της Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας (Ε.Μ.Α.Ε.Τ.), η Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων (Ε.Ε.Α.) και διάφοροι άλλοι ερευνητές του χώρου. Η πρόσβαση στο Λιμενοσκόπιο είναι ελεύθερη μέσω του συνδέσμου www.limenscope.ntua.gr.

Στον κατάλογο του Λιμενοσκοπίου περιλαμβάνονται 29 λιμένες, για τους οποίους παρέχονται σημαντικές πληροφορίες που ξεκινούν από γενικά στοιχεία (περιοχή, εποχή, γενική περιγραφή) και καταλήγουν σε πιο εξειδικευμένα χαρακτηριστικά (τεχνική περιγραφή, χρήση-λειτουργίες λιμανιού). Οι λιμένες κατανέμονται χρονικά από τον 6^ο π.Χ. έως και τον 7^ο μ.Χ. αιώνα. Επίσης, περιλαμβάνεται χάρτης στον οποίο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι λιμενικές εγκαταστάσεις της εν λόγω βάσης δεδομένων.

2.2 Αξιοσημείωτα Υδραυλικά Έργα (Μινωική και Κυκλαδική Εποχή - Ελληνιστική Εποχή)

Παρακάτω παρατίθενται κάποια από τα σημαντικότερα (κατά τη γνώμη του γράφοντος) υδραυλικά έργα που πραγματοποίησαν οι αρχαίοι Έλληνες. Πρόκειται για έργα που πραγματοποιήθηκαν από τη Μινωική και Κυκλαδική έως και την Ελληνιστική Εποχή. Δεν περιλαμβάνονται έργα από τη Ρωμαϊκή Εποχή και έπειτα, καθώς το αντικείμενο του κεφαλαίου είναι τα έργα των αρχαίων Ελλήνων. Δεν γίνεται επίσης αναφορά στα λιμενικά έργα της εποχής παρόλο που το ενδιαφέρον των μηχανικών της εποχής για τις λιμενικές εγκαταστάσεις ήταν πολύ έντονο, κάτι το οποίο είναι απόλυτα φυσικό από τη στιγμή που η Ελλάδα είναι μία χώρα με τεράστιο μήκος ακτογραμμών η οποία βρίσκεται σε καίριο γεωγραφικά σημείο όσον αφορά την εμπορική δραστηριότητα του τότε γνωστού κόσμου. Ο λόγος που δεν αναφέρεται κάποιο έργο αυτής της κατηγορίας παρακάτω είναι ότι θεωρήθηκαν ξεχωριστή θεματική ενότητα με δικές της ιδιαιτερότητες και τεχνοτροπία και σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν έργα που εντάσσονται στο πλαίσιο της διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως τα υπόλοιπα που αναφέρονται.

Τα έργα που περιλαμβάνονται, ομαδοποιημένα βάσει του είδους τους, είναι τα ακόλουθα:

- Φράγματα: αρχαίο φράγμα Αλυζίας, αρχαίο φράγμα Τίρυνθας
- Υδραγωγεία: Πεισιστράτειο, Κνωσού, Τυλίσσου, αρχαίας Αμφίπολης
- Σήραγγες: Ευπαλίνειο Όρυγμα
- Εγγειοβελτιωτικά έργα: Εγγειοβελτιωτικά έργα αρχαίας Ζάκρου
- Αποχετεύσεις: αρχαίας Αγοράς, Αγίας Τριάδας, Κνωσού, Κασσώπης
- Διευθετήσεις κοίτης: έργα αρχαίας Ολυμπίας
- Σίφωνες: Περγάμου
- Στέρνες: αρχαίας Αγοράς

Τα εν λόγω έργα, τα οποία περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων αρχαίων υδραυλικών έργων της ΙΤΙΑΣ (itia.ntua.gr/ahw/works), αποτελούν ένα μικρό μόνο δείγμα αυτών που οι αρχαιολογικές έρευνες έχουν αναδείξει μέχρι σήμερα. Δεν έχει γίνει αναφορά σε σπουδαία έργα των αρχαίων Ελλήνων, όπως το υδραγωγείο στα Μάλια, το σύστημα αποχέτευσης που βρέθηκε στη Θήρα, τις πολυτελείς εγκαταστάσεις υγιεινής που ανακαλύφθηκαν σε Μινωικές πόλεις κ.α.

2.2.1 Φράγματα

⇒ Αρχαίο Φράγμα Αλυζίας

Το αρχαίο φράγμα της Αλυζίας (Εικόνα 2.1) κατασκευάστηκε κατά τη Κλασική Εποχή από τους κατοίκους της ομώνυμης αρχαίας πόλης, η οποία βρισκόταν στα δυτικά της Αιτωλοακαρνανίας. Κατά τον Murray (Ζαρκαδούλας, 2005): «Πρόκειται για το μεγαλύτερο, πιο προηγμένο τεχνολογικά και πιο ξεκάθαρο δείγμα αρχαίου φράγματος σε όλη την Ελληνική επικράτεια».



Εικόνα 2.1 Το αρχαίο φράγμα της Αλυζίας. Πηγή: Αρχείο Νίκου Ζαρκαδούλα.

Μέχρι πρότινος ερευνητές που επισκέφθηκαν τα ερείπια του φράγματος, μεταξύ των οποίων ο Murray και ο Knauss, εξέφρασαν την άποψη ότι το εν λόγω φράγμα χρησιμοποιούταν για να κατακρατεί νερό. Πρόσφατα ο Ζαρκαδούλας (Ζαρκαδούλας, 2005) παρουσίασε σενάριο βάσει του οποίου το φράγμα φτιάχτηκε για να συγκρατεί φερτά, τα οποία διαφορετικά κατέκλυζαν τον κατάντη κάμπο και καθιστούσαν την καλλιέργεια του αδύνατη. Το γεγονός ότι το φράγμα πολύ γρήγορα μετά τη κατασκευή του πληρώθηκε με φερτές ύλες υποστηρίζει το σενάριο αυτό.

⇒ Αρχαίο Φράγμα της Τίρυνθας

Κατασκευάστηκε περί το 1200 π.Χ. από τους κατοίκους της αρχαίας Τίρυνθας. Η Τίρυνθα, τα χρόνια εκείνα, βίωσε ιδιαίτερα ζημιογόνες πλημμύρες λόγω ενός ρέματος που εξέβαλε στον Αργολικό Κόλπο περνώντας μέσα από την πόλη. Αποφασίστηκε έτσι να εκτραπεί το εν λόγω ρέμα προς τα νότια και μακριά από την Τίρυνθα. Στο πλαίσιο αυτό κατασκευάστηκε το τεράστιο για την εποχή φράγμα της Τίρυνθας (10 m ύψος και 300 m μήκος). Ήταν φτιαγμένο από χώμα και λειτουργούσε σε συνδυασμό με ένα τεχνητό κανάλι εκτροπής μήκους 1,5 km.

2.2.2 Υδραγωγεία

⇒ Πεισιστράτειο υδραγωγείο

Το Πεισιστράτειο υδραγωγείο (τμήμα του οποίου φαίνεται στην Εικόνα 2.2) κατασκευάστηκε από τους Αθηναίους στην περίοδο μεταξύ 540-530 π.Χ. και πήρε το όνομά του από τον τύραννο της Αθήνας Πεισίστρατο. Το υδραγωγείο μήκους περίπου 2.800 m (Ιστοχώρος ΕΥΔΑΠ) μετέφερε νερό από τον Υμηττό στο κέντρο της πόλης. Το μεγαλύτερο μέρος του ήταν υπόγειο, το βάθος του έφτανε τα 14 m ενώ αποτελεί το πρώτο μεγάλο υδραυλικό έργο στην αρχαία Αθήνα (Κουτσογιάννης, 2007).



Εικόνα 2.2 Τμήμα του Πεισιστράτειου υδραγωγείου που ανακαλύφθηκε κατά τις εργασίες κατασκευής του Μετρό στην Πλατεία Συντάγματος. Πηγή:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Peisistratos_aqueduct_Syntagma_Athens.jpg

⇒ Υδραγωγείο Κνωσού

Όταν αναφερόμαστε στο υδραγωγείο της Κνωσού δεν εννοούμε το υδραγωγείο της μινωικής πόλης Κνωσός, αλλά το υδραγωγείο που υδροδοτούσε, σε συνδυασμό με κάποια πηγάδια, το ανάκτορο της εν λόγω πόλης. Το υδραγωγείο μετέφερε νερό από την πηγή Μαυροκόλυμπος, που βρίσκονταν σε υψόμετρο 100 m, στο ανάκτορο (γύρω από το οποίο ήταν χτισμένη η Κνωσός), το υψόμετρο του οποίου ήταν 90 m. Η απόσταση της ασβεστολιθικής αυτής πηγής απείχε από το ανάκτορο είναι περί τα 500 m. Κατάληξη του συστήματος υδροδότησης ήταν ένα δίκτυο κλειστών αγωγών από πήλο που ήταν τοποθετημένοι κάτω από τα πατώματα του

ανακτόρου, ο τρόπος κατασκευής των οποίων προσεγγίζει τα σύγχρονα πρότυπα (Αγγελάκης κ.α., 2006).

⇒ Υδραγωγείο Τυλίσσου

Ένα ακόμα υδραγωγείο που κατασκευάστηκε την Μινωική Εποχή στην Κρήτη είναι το υδραγωγείο της Τυλίσσου. Αποτελούνταν τόσο από κλειστούς αγωγούς όσο και από ανοικτά πέτρινα κανάλια. Κατέληγε σε μία δεξαμενή καθίζησης από όπου αφαιρούταν κάποια από τα φερτά και στη συνέχεια στη κύρια δεξαμενή όπου αποθηκεύονταν το νερό. Πιθανολογείται (Αγγελάκης κ.α., 2006) ότι το μήκος του ήταν 1,4 km.

⇒ Υδραγωγεία αρχαίας Αμφίπολης

Στο όρος Παγγαίο βρέθηκαν δύο ακόμα αρχαία υδραγωγεία. Από τη θέση τους προκύπτει το συμπέρασμα ότι εξυπηρετούσαν την αρχαία πόλη Αμφίπολη. Φαίνεται να είναι κατασκευές ίδιου τύπου, ενώ η δημιουργία και των δύο χρονολογείται στον 4^ο π.Χ. αιώνα. Το βόρειο υδραγωγείο έχει μήκος σωλήνων 14 km και το νότιο 20 km. Λόγω του μεγέθους του έργου πιθανολογείται ότι πρόκειται για το κύριο υδροδοτικό σύστημα της Αμφίπολης (Γρίβα, 2008). Σημαντικό τμήμα των υδραγωγείων διατηρείται σε πολύ καλή κατάσταση, δείγμα της ποιότητας κατασκευής τους.

2.2.3 Σήραγγες

⇒ Ευπαλίνειο Όρυγμα

Το Ευπαλίνειο Όρυγμα (Εικόνα 2.3) αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα έργα της αρχαιότητας, τόσο στη σύλληψη, όσο και στην πραγματοποίησή του. Αποδίδεται στο μηχανικό Ευπαλίνο από τα Μέγαρα και σκοπός του ήταν η υδροδότηση της αρχαίας Σάμου.



Εικόνα 2.3 Ευπαλίνειο Όρυγμα. Πηγή: http://www.archaiologia.gr/wp-content/uploads/2012/02/Samos_Eupalinio_orygma.jpg

Το πρόβλημα που υπήρχε στη Σάμο ήταν ότι ανάμεσα στην πηγή Αγιάδες και την πόλη παρεμβάλλεται το βουνό Κάστρο. Ο Ευπαλίνος αντιμετώπισε την κατάσταση κατασκευάζοντας (με την υποχρεωτική συνεισφορά πολλών Λέσβιων αιχμαλώτων) μία σήραγγα μήκους 1036 m που έφτανε από τη πηγή στη πόλη διαπερνώντας το βουνό, μέσα στην οποία υπήρχε υδραγωγείο από ανοικτούς σωλήνες για τη μεταφορά του νερού. Η διάνοιξη του ορύγματος, το οποίο είχε διαστάσεις 1,80 x 1,80 m (Κουτσογιάννης, 2007), ξεκίνησε το 540 π.Χ. και ολοκληρώθηκε δέκα χρόνια αργότερα (Αρχαϊκή Εποχή). Το έργο υδροδότησε τη Σάμο για πάρα πολλά χρόνια. Η περάτωση του εν λόγω εγχειρήματος, δεδομένου των ελάχιστων τεχνικών μέσων που είχε ο Ευπαλίνος στη διάθεσή του, και ο τρόπος που λύθηκαν τα προβλήματα που υπήρχαν, καταδεικνύει την ευστροφία και τις γνώσεις των μηχανικών της εποχής.

2.2.4 Εγγειοβελτιωτικά Έργα

⇒ Εγγειοβελτιωτικά έργα αρχαίας Ζάκρου

Η αρχαία Ζάκρος ήταν Μινωική πόλη της ανατολικής Κρήτης. Βρίσκονταν κοντά στον ομώνυμο σημερινό οικισμό. Έρευνες που έγιναν στην περιοχή αποκάλυψαν ότι επρόκειτο για έναν πολύ αξιόλογο πολιτισμό. Γνωστό είναι το ανάκτορο της Ζάκρου, το οποίο θεωρείται ότι υπήρξε ένα από τα τέσσερα κύρια διοικητικά κέντρα των Μινωιτών.

Από τα εντυπωσιακότερα ευρήματα που αφορούν την αρχαία Ζάκρο, είναι τα εγγειοβελτιωτικά έργα της κοιλάδας Χοιρόμανδρες. Στην εν λόγω κοιλάδα, η οποία είναι αρκετά εύφορη, καταλήγει μια ιδιαίτερα απότομη χαράδρα. Το χειμώνα το νερό ρέει στη χαράδρα με μεγάλη ορμή προκαλώντας διάβρωση στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Στη Μινωική εποχή, οι ντόπιοι επιχείρησαν να ρυθμίσουν τη ροή των όμβριων υδάτων μέσω ενός πολύπλοκου συστήματος από φράγματα και εμπόδια. Το σύστημα αυτό συγκρατούσε αρχικά την ορμή των υδάτων και εν συνεχεία τα κατεύθυνε με αργή, πλέον, ροή στις καλλιεργείες. Το αποτέλεσμα ήταν η ελαχιστοποίηση της διάβρωσης του εδάφους και παράλληλα η βελτίωση της παραγωγικότητας των καλλιεργήσιμων εκτάσεων μέσω της διαβροχής τους με το βρόχινο νερό (Ιστοχώρος HYDRIA Project).

2.2.5 Συστήματα αποχέτευσης

⇒ Αποχέτευση αγοράς αρχαίας Αθήνας – Ο Μεγάλος Αγωγός

Στην αρχαία αγορά της Αθήνας, μεταξύ αρκετών άλλων εντυπωσιακών έργων, βρέθηκε και ένα αρκετά ευρύ σύστημα αποχέτευσης που εξυπηρετούσε την αγορά και τα γύρω κτίρια. Το σύστημα αυτό συνίσταντο σε ένα δίκτυο πολλών μικρών κυκλικών πήλινων σωλήνων αλλά και ανοικτών, επίσης πήλινων, ορθογωνικών καναλιών, που όλα κατέληγαν σε μεγάλες τάφρους κάτω από τους δρόμους. Η σημαντικότερη και εντυπωσιακότερη των τάφρων αυτών είναι ο λεγόμενος «Μεγάλος Αγωγός», τμήμα του οποίου φαίνεται στην Εικόνα 2.4 και ο οποίος παροχέτευε στον Ηριδανό τα λύματα των κτηρίων και τα ύδατα των χειμάρρων των γύρω λόφων.



Εικόνα 2.4 Ο Μεγάλος Αγωγός στην Αγορά της αρχαίας Αθήνας.

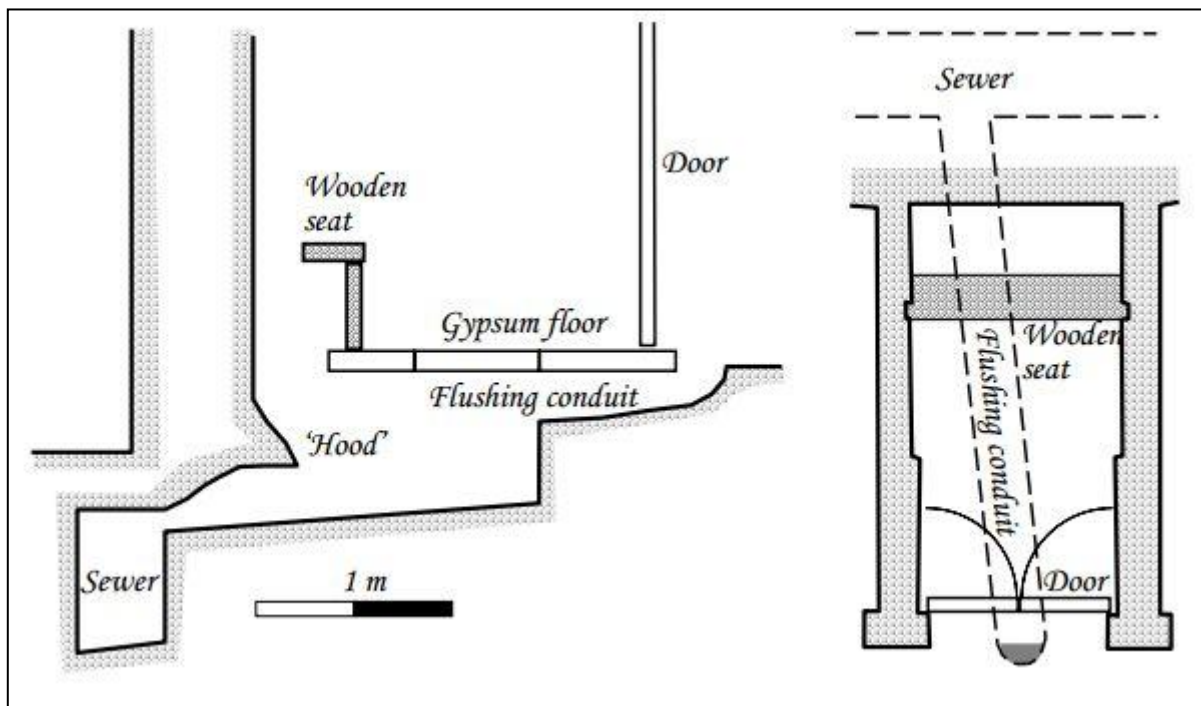
Πρόκειται για ένα αγωγό πλάτους και βάθους 1 m, με πλευρικά τοιχώματα από πολυγωνικούς ογκόλιθους, πλακόστρωτο πυθμένα και ογκώδεις καλυπτήριες πλάκες. Η κατασκευή του χρονολογείται στις αρχές του 5^{ου} π.Χ. αιώνα και αρχικά εκτείνονταν από την περιοχή της Θόλου προς τα βόρεια της αγοράς. Στις αρχές 4^{ου} αιώνα π.Χ. επεκτάθηκε τόσο προς τα νοτιοανατολικά όσο και προς τα νοτιοδυτικά.

⇒ Αποχετευτικό σύστημα Αγίας Τριάδας

Ένα από τα πιο προηγμένα συστήματα αποχέτευσης που βρέθηκαν στην αρχαία Ελλάδα ήταν αυτό που βρέθηκε σε έπαυλη στην Αγία Τριάδα Ηρακλείου Κρήτης. Ο αρχαίος οικισμός της Αγίας Τριάδας κατοικήθηκε από τους Μινωίτες την 3^η χιλιετία π.Χ. Ερευνητές που επισκέφτηκαν τον αρχαιολογικό χώρο ανέφεραν ότι οι υδαταγωγοί εξακολουθούν να λειτουργούν 4000 χρόνια μετά τη κατασκευή τους. Ο ιταλός συγγραφέας Aggelo Mosso έγραψε (Κουτσογιάννης, 2007): *«Μια μέρα, μετά από νεροποντή, με ενδιαφέρον διαπίστωσα ότι όλες οι αποχετεύσεις λειτουργούσαν τέλεια, και είδα το νερό να ρέει από υπονόμους, μέσα στους οποίους θα μπορούσε να περπατήσει όρθιος ένας άντρας. Αμφιβάλλω αν υπάρχει περίπτωση άλλο αποχετευτικό σύστημα να λειτουργεί μετά από 4000 χρόνια»*. Οι υπόνομοι κατέληγαν σε μεγάλη δεξαμενή καθίζησης από πέτρα όπου απομακρύνονταν τα ογκώδη στερεά (Χατζάκης κ.α., 2006).

⇒ Αποχετευτικό σύστημα Κνωσού

Άλλο ένα εντυπωσιακό σύστημα αποχέτευσης που αναπτύχθηκε από τους Μινωίτες είναι αυτό της του ανακτόρου της Κνωσού. Το πιο ενδιαφέρον, ίσως, εύρημα των αρχαιολόγων είναι ένα δωμάτιο στο οποίο φαίνεται να υπάρχει τουαλέτα με ξύλινο κάθισμα και η οποία διαθέτετε σύστημα έκπλυσης (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Τομή και κάτοψη της τουαλέτας που βρέθηκε στο ανάκτορο της Κνωσού. Πηγή: Αγγελάκης και Κουτσογιάννης, 2005.

Ο σωλήνας έκπλυσης και απαγωγής ξεκινούσε από το εξωτερικό της εισόδου, διέσχιζε κατά μήκος την τουαλέτα, διέρχονταν κάτω από το κάθισμα και κατέληγε στον αγωγό αποχέτευσης. Η τουαλέτα μπορούσε να ξεπλυθεί αδειάζοντας ένα δοχείο νερό στο στόμιο του αγωγού έξω από την πόρτα (Αγγελάκης και Κουτσογιάννης, 2005). Πρόκειται, δηλαδή, για ένα σύστημα όμοιο σε γενικές γραμμές με τα αντίστοιχα σύγχρονα. Τέλος, κεραμικοί και λίθινοι αγωγοί μετέφεραν τα ακάθαρτα και τα όμβρια ύδατα και τα απέρριπταν στο κοντινό ποταμό Καίρατο.

⇒ Αποχετευτικό σύστημα Κασσώπης

Η Κασσώπη ήταν αρχαία πόλη της Ηπείρου και πρωτεύουσα της Κασσωπείας. Βρίσκεται στο νομό Πρεβέζης και αποτελεί έναν από τους καλύτερα σωζόμενους αρχαίους οικισμούς. Σύμφωνα με το Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού χτίστηκε το 340 π.Χ. Αρχαιολογικές έρευνες που έγιναν στη Κασσώπη έφεραν στο φως ένα ιδιαίτερα οργανωμένο και προηγμένο

αποχετευτικό δίκτυο. Το οδικό σύστημα συνοδεύονταν από σύστημα ορθογωνικών αγωγών για την απαγωγή των όμβριων υδάτων (Ιστοχώρος ΛΓ΄ Εφορείας Προϊστορικών & Κλασικών Αρχαιοτήτων Πρέβεζας – Άρτας). Οι αγωγοί αυτοί είχαν σε αρκετά σημεία την ιδιαιτερότητα να μην «κλείνουν» στη κάτω πλευρά τους. Έτσι, το νερό ερχόταν σε επαφή με το έδαφος. Πέραν της απλούστερης κατασκευής του συστήματος και του μικρότερου κόστους του, η συγκεκριμένη ιδιότητα είχε ως αποτέλεσμα το νερό να απορροφάται από το έδαφος και να αποδυναμώνεται η ροή ενώ παράλληλα ανατροφοδοτούνταν οι υπόγειοι υδροφορείς (Ιστοχώρος ερευνητικής ομάδας ΙΤΙΑ).

2.2.6 Διευθετήσεις κοίτης ποταμού

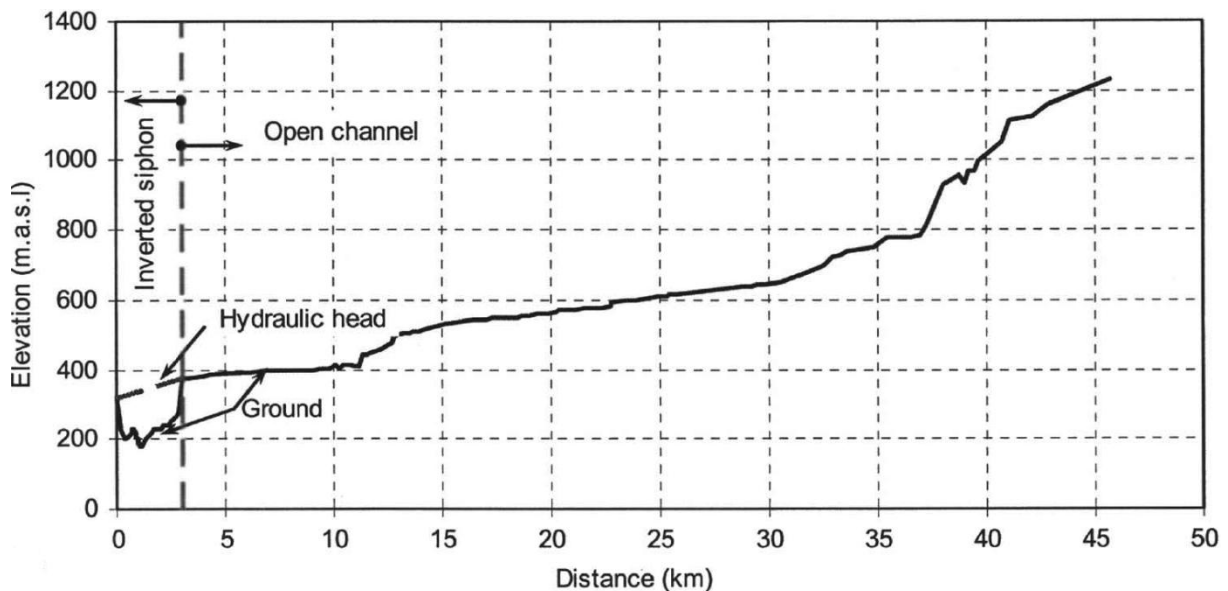
⇒ Αντιπλημμυρικά έργα αρχαίας Ολυμπίας

Το αρχαίο ιερό της Ολυμπίας βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο όπου συμβάλλουν οι κοίτες του ποταμού Αλφειού και του παραπόταμού αυτού Κλαδέου. Λόγω βίαιων πλημμυρικών γεγονότων κατασκευάσθηκε, πιθανότατα τον 13 π.Χ. αιώνα από τους Μινύες (Ιστοχώρος Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Κρεστένων), ογκώδες αντιπλημμυρικό τείχος δυτικά του Κλαδέου, παράλληλα στις Ολυμπιακές εγκαταστάσεις, σχεδόν μέχρι το σημείο ένωσής του με τον Αλφειό. Το τείχος, το οποίο είχε ύψος 2,70 m και μήκος 800 m, υπέστη σημαντικές φθορές από το ποτάμι στις αρχές του 4^{ου} π.Χ. αιώνα με αποτέλεσμα να κατασκευασθεί κανάλι εγκιβωτισμού δυτικά αυτού (Φουντούλης κ.α., 2008).

2.2.7 Σίφωνες

⇒ Ο ανεστραμμένος σίφωνας της Περγάμου

Η αρχαία πόλη της Περγάμου βρίσκονταν στη Μικρά Ασία, σε απόσταση 30 km περίπου από το Αιγαίο Πέλαγος, και ήταν χτισμένη στην κορυφή ενός λόφου με υψόμετρο γύρω στα 300 m. Αρχικά, η πόλη υδροδοτούταν μέσω του βρόχινου νερού που συλλέγονταν από ένα σύστημα στερνών και μέσω μιας μικρής πηγής στους πρόποδες του λόφου. Η επέκτασή της, όμως, είχε ως αποτέλεσμα περί το 200 π.Χ. οι πόροι αυτοί να μην επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες των κατοίκων της. Έτσι, δημιουργήθηκαν τρία υδραγωγεία για να μεταφέρουν νερό από τα γύρω βουνά. Το ένα από αυτά, ενώ ξεκίναγε ως ανοικτός αγωγός, διένυε τα τελευταία 3 km και έφτανε στην Πέργαμο ως ανεστραμμένος σίφωνας με εσωτερική διάμετρο 0,13 m (Σχήμα 2.3). Ο σίφωνας ήταν κατασκευασμένος από μόλυβδο και σταθεροποιούνταν στο έδαφος μέσω λίθινων κατασκευών. Η μέγιστη πίεση που αναπτύσσονταν σε αυτόν ήταν περίπου 18 at (Κουτσογιάννης κ.α., 2008).



Σχήμα 2.3 Κατά μήκος τομή του υδραγωγείου που μετέφερε νερό από το όρος Madragad στην αρχαία Πέργαμο. Στα πρώτα χιλιόμετρα από την πόλη (στην αρχή του οριζόντιου άξονα) φαίνεται ο ανεστραμμένος σίφωνας. Πηγή: Κουτσογιάννης κ.α., 2008.

2.2.8 Στέρνες

⇒ Στέρνες αγοράς αρχαίας Αθήνας

Αρκετές στέρνες βρέθηκαν στην αγορά της αρχαίας Αθήνας. Ως επί το πλείστον χρονολογούνται μεταξύ του 4^{ου} και του 1^{ου} π.Χ. αιώνα. Το νερό της βροχής που συλλέγονταν από τις υδρορροές οδηγούταν σε κανάλια στο επίπεδο του εδάφους από τα οποία κατέληγε τελικά στις στέρνες. Σε κάποιες περιπτώσεις 2 διαδοχικές στέρνες συνδέονταν μεταξύ τους (Ιστοχώρος HYDRIA Project). Πιθανότατα το νερό που αποθηκεύονταν στις στέρνες ήταν δευτερεύουσας χρήσης και χρησιμοποιούταν για πλύσιμο, με εξαίρεση τις περιόδους λειψυδρίας.

2.3 Σύνοψη

Οι αρχαίοι Έλληνες όχι μόνο αντιλήφθηκαν ότι η ευημερία τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αξιοποίηση των υδάτων, αλλά τόλμησαν να κατασκευάσουν και τεχνικά υδραυλικά έργα τα οποία, αν λάβουμε υπόψη τα μέσα που διέθεταν, μοιάζει σχεδόν ακατόρθωτο να πραγματοποιηθούν. Μέχρι σήμερα έχουν έρθει στο φως περισσότερα από 130 αρχαία υδραυλικά έργα κάθε είδους και μεγέθους, ενώ σε κείμενα αρχαίας ελληνικής γραμματείας υπάρχει πληθώρα αναφορών και για αρκετά άλλα, τα οποία είτε καταστράφηκαν στο πέρασμα του χρόνου είτε δεν έχουν έρθει ακόμα στο φως.

Οι μέθοδοι κατασκευής που χρησιμοποίησαν οι αρχαίοι, σε πολλές περιπτώσεις, διαφέρουν ελάχιστα από τις αντίστοιχες σύγχρονες. Το τεχνολογικό τους έλλειμμα αντιμετωπίστηκε μέσα από τις στέρεες γνώσεις τους πάνω στη μηχανική και τη γεωμετρία, κάτι το οποίο τους προσέδιδε ευελιξία σκέψης απέναντι στα προβλήματα που παρουσιάζονταν. Εξάλλου, η ποιότητα των κατασκευών τους πιστοποιείται από το γεγονός ότι κάποιες εξ αυτών λειτουργούν ικανοποιητικά ακόμα και σήμερα, μετά δηλαδή από τουλάχιστον 2000 χρόνια. Ακόμα, τα υδραυλικά έργα των αρχαίων Ελλήνων λειτουργούσαν με τρόπο τέτοιο, ώστε

προσέγγιζαν τους όρους της βιώσιμης ή αειφόρου ανάπτυξης σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι τα αντίστοιχα σύγχρονα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι στέρνες που κατασκευάστηκαν σε αρκετές αρχαίες πόλεις της νοτιοανατολικής Ελλάδας, όπου η λειψυδρία είναι έντονη. Με αυτόν τον τρόπο, εκτός του ότι εξοικονομούταν νερό (για τις δευτερεύουσες κυρίως χρήσεις) χωρίς καμία μόνιμου χαρακτήρα επέμβαση στο περιβάλλον, αποφορτίζονταν και το αποχετευτικό δίκτυο των οικισμών, το οποίο πιθανώς να μην μπορούσε να ανταποκριθεί στις ξαφνικές νεροποντές.

Για τους παραπάνω λόγους, η μελέτη των αρχαίων υδραυλικών έργων από τους σημερινούς μηχανικούς είναι μία ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα διαδικασία. Παράλληλα, μέσω αυτών μπορούμε να αντλήσουμε σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον πληθυσμό, τον πλούτο και τις κοινωνικές δομές των τότε κοινωνιών (για παράδειγμα ένας αγροτικός πολιτισμός αναμένεται να πραγματοποιήσει υδραυλικά έργα που αφορούν την άρδευση ή την αποξήρανση εκτάσεων). Έτσι, η ενασχόληση με τα εν λόγω έργα αποκτά τελικά σημασία που ξεπερνάει κατά πολύ τα όρια της μηχανικής.

3. Η Περιοχή της Κωπαΐδας

3.1 Γενικά

Η Κωπαΐδα (Σχήματα 3.1 και 3.2) είναι πεδιάδα της Βοιωτίας που εκτείνεται σε μια περιοχή άνω των 250.000 στρεμμάτων και η οποία δημιουργήθηκε ύστερα από την αποξήρανση της ομώνυμης λίμνης κατά το διάστημα 1882-1931. Βρίσκεται στα βόρεια του νομού και περικλείεται από τα όρη Ελικώνας στα δυτικά, Πτώο στα ανατολικά, Χλωμό στα βόρεια και από μικρότερα υψώματα στα νότια που την χωρίζουν από την πεδιάδα της Θήβας και των Βαγίων. Οι σημαντικότερες πόλεις της περιοχής είναι ο Ορχομενός στα βορειοδυτικά, η Λειβαδιά στα δυτικά και η Αλιάρτος στα νοτιοανατολικά.



Σχήμα 3.1 Η γεωγραφική θέση της Κωπαΐδας.

Τα εδάφη της πεδιάδας είναι ιδιαίτερα εύφορα με αποτέλεσμα να καλλιεργούνται ποικιλοτρόπως. Με τα χρόνια η Κωπαΐδα εξελίχθηκε σε ένα από τα σημαντικότερα αγροτικά

κέντρα της Ελλάδας. Βαμβάκι, καπνός, σιτηρά, αμπέλια, καλαμπόκι, τριφύλλι και διάφορα κηπευτικά είναι κάποιες από τις καλλιέργειες που αναπτύσσονται από τους κατοίκους της περιοχής. Εκτός της γεωργίας, σημαντικό ρόλο στην οικονομική της ζωή του τόπου διαδραματίζει η κτηνοτροφία.



Σχήμα 3.2 Η πεδιάδα Κωπαΐδα.

Ως λίμνη, η Κωπαΐδα ήταν η μεγαλύτερη σε έκταση στην Ελλάδα. Απλωνόταν προς τα νότιο-ανατολικά του Ορχομενού σε μήκος 20 περίπου km και έφτανε ως την Αλίαρτο και το όρος της Σφίγγας και προς τα βορειοανατολικά σε μήκος 25 περίπου km ως τον μυχώ του κόλπου των Κωπών. Ο Στράβωνας υπολογίζει την περιμέτρό της σε 380 στάδια, δηλ. περίπου 70 km. Επρόκειτο για μία αβαθή και εκτεταμένη λίμνη, η οποία σχηματίστηκε κυρίως λόγω του ότι τα ύδατα του Βοιωτικού Κηφισού, που κατέληγαν σε αυτή, δεν έβρισκαν διέξοδο προς τη θάλασσα. Σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την πρώην λίμνη Κωπαΐδα μας δίνει ο Κωνσταντινίδης (Κωνσταντινίδης, 1984):

«Ο Βοιωτικός Κηφισός [...] κατέληγε στο νοτιοανατολικό άκρο της Κωπαΐδας, όπου μη βρίσκοντας διέξοδο σχημάτισε αβαθή λίμνη, με χαμηλότερο υψόμετρο πυθμένα +84,0 m, με

ανώτατη στάθμη +97,0 m αλλά το μεγαλύτερο τμήμα της με υψόμετρο πυθμένα στα +92,0 m. Τα νερά μετά την Α.Σ. +97,0 m αποχετεύονταν μέσω καταβοθρών, που βρίσκονταν στα ανατολικά κράσπεδα της λίμνης, προς τον Ευβοϊκό κόλπο.

Η επιφάνεια της λίμνης κυμαίνονταν μεταξύ 250.000 στρεμμάτων κατά τα πολύομβρα και 150.000 στρεμμάτων κατά τα άνομβρα χρόνια.

Ο πυθμένας της λίμνης, κυρίως κατά τη βόρεια και δυτική περίμετρο της, ανυψώνονταν λόγω φερτών υλών. Η συνήθης διακύμανση της λίμνης ήταν μεταξύ +94,40 m (κατά τον Οκτώβριο μήνα) και +95,0 έως +92,0 m κατά το Μάρτιο ή τον Απρίλιο (κατά το 1885 είχε φτάσει στα +95,35 m και κατά το 1886 στα +96,62 m).

Αναφέρεται ότι κατά τις πλημμύρες του 1852 και 1864 η στάθμη της λίμνης είχε περάσει τα +97,0 m και, εκτός από την Κωπαΐδα, είχαν πλημμυρίσει και 20.000 στρέμματα της πεδιάδας της Λειβαδιάς. [...] Κατά την ξηρασία του 1856 η λίμνη αποξηράνθηκε τελείως.

Η συχνή εναλλαγή του νερού από +95,0 έως +97,0 m είχε δημιουργήσει γύρω από τον μόνιμο καθρέφτη της λίμνης (των 180.000 στρεμμάτων περίπου) πυκνότετη βλάστηση από καλαμιώνες».

Η Κωπαΐδα πήρε το όνομά της από την αρχαία πόλη Κώπαι (σύγχρονο χωριό Κάστρο, στα βόρεια της λεκάνης). Πιθανώς επειδή στην περιοχή εκείνη η λίμνη είχε το μεγαλύτερο βάθος της και δεν ξηραίνονταν. Η λίμνη ονομαζόταν και Κηφισίς, επειδή σχηματιζόταν από τα νερά του ποταμού Βοιωτού Κηφισού που κατέκλυζαν την πεδιάδα. Τέλος, κατά καιρούς ονομαζόταν Αλιαρτίς λίμνη (από την αρχαία Αλίαρτο), λίμνη του Ορχομενού (από την ομώνυμη αρχαία πόλη) και Ακραιφίς (από την αρχαία Ακραιφία).

3.2 Γεωμορφολογικά Στοιχεία

Η λεκάνη της Κωπαΐδας είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα πόλγης. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα, τα οποία χαρακτηρίζουν την περιοχή καταλαμβάνοντας περί το 40% του υπεδάφους της (Ευστρατιάδης κ.α., 2004), διαλύθηκαν υπό τη επίδραση του νερού (καρστικοποίηση) και σε συνδυασμό με έντονη τεκτονική δράση (μεγάλες εφελκυστικές

τάσεις), προέκυψε το βύθισμα που σήμερα αποτελεί τον κάμπο της Κωπαΐδας. Το βύθισμα αυτό είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας κλειστής (ενδοροϊκής) λεκάνης με συνέπεια τη δημιουργία λίμνης.

Σήμερα, μετά την αποξήρανση της, η Κωπαΐδα είναι μία πεδιάδα με μέσο απόλυτο υψόμετρο περί τα 95 m (Κωνσταντινίδης, 1984). Πρόκειται για μία περιοχή αρκετά ομαλής κλίσης και μορφολογίας, στην οποία ξεχωρίζουν ορισμένοι ασβεστολιθικοί λόφοι. Ο Τουρλογιάννης, ο οποίος βρίσκεται στα βόρεια κράσπεδα της πεδιάδας, περίπου τα 12 km ανατολικά του Ορχομενού, είναι ο υψηλότερος, με απόλυτο υψόμετρο άνω των 240 m. Στα βορειοανατολικά ο Τουρλογιάννης συνορεύει με τον Κομίτη, ο οποίος είναι ελάχιστα χαμηλότερος και στα νοτιοδυτικά με το λοφίσκο Στροβίκι, με απόλυτο υψόμετρο στα 130 m. Περί τα 2 km στα βορειοανατολικά του Κομίτη υψώνεται το Κάστρο (με απόλυτο υψόμετρο στα 120 m), το οποίο πήρε το όνομα του από τον ομώνυμο γειτονικό οικισμό (Παπαδοπούλου – Βρυνιώτη, 1990). Πολύ σημαντικός είναι επίσης ο λόφος Γλας, όπου οι Μινύες, κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής της Κωπαΐδας περί το δεύτερο μισό της 2^ο π.Χ. χιλιετίας, είχαν χτίσει την ακρόπολή τους. Πρόκειται για ένα βραχώδη λόφο, ύψους 20-40 m, στο βορειοανατολικό τμήμα της πεδιάδας (2 km περίπου νοτιοανατολικά του οικισμού Κάστρο), με την επιφάνειά του να καλύπτει έκταση 200 στρεμμάτων. Παλιότερα, όταν η λίμνη πλημμύριζε, ο εν λόγω λόφος μετατρέπονταν σε νησί.

3.3 Καταβόθρες

3.3.1 Γενικά στοιχεία

Στο υπέδαφος της Κωπαΐδας κυριαρχούν τα ασβεστολιθικά πετρώματα, τα οποία εμφανίζονται, σε μεγάλο βαθμό, ρηγματωμένα λόγω της έντονης σεισμικής δράσης της περιοχής. Τα νερά που καταλήγουν στην περιοχή (είτε μέσω απορροής είτε ως κατακρημνίσματα) διεισδύουν στις διακλάσεις των ασβεστολίθων και βαθμιαία τους διαλύουν, δημιουργώντας υπόγειους λαβυρινθώδεις αγωγούς, κοιλότητες και σπηλιές. Το σύνολό τους αποτελεί τις καταβόθρες (ή δολίνες). Οι καταβόθρες αυτές, που συνιστούσαν τη μόνη φυσική διέξοδο νερού από τη λίμνη Κωπαΐδα, χρησιμοποιήθηκαν από τους Μινύες, στο

σύστημα αποξήρανσης που δημιούργησαν. Αφού οδηγούσαν το νερό σε αυτές, οι καταβόθρες, λειτουργώντας ουσιαστικά σαν αγωγοί απαγωγής, το απομάκρυναν από τη πεδιάδα. Οι μεγαλύτερες και πιο γνωστές καταβόθρες της περιοχής είναι η Μεγάλη Καταβόθρα (Εικόνα 3.1) και η καταβόθρα της Μπίνιας στις οποίες αυτές βασίστηκαν κατά κύριο λόγο τα έργα των Μινύων. Οι περισσότερες καταβόθρες εμφανίζονται στο ανατολικό τμήμα της Κωπαΐδας.



Εικόνα 3.1 Η Μεγάλη Καταβόθρα ή Καταβόθρα του Ηρακλή, στο βορειοανατολικό άκρο της Κωπαΐδας (περισσότερες εικόνες στο Παράρτημα Α. «Οδοιπορικό στην Κωπαΐδα»).

3.3.2 Οι περιγραφές του Γκίνη

Κατατοπιστικές είναι οι αναφορές του Άγγελου Γκίνη, ο οποίος στο άρθρο του «Περί Αποξηράνσεως και Καλλιέργειας της Λίμνης Κωπαΐδας» για το μηνιαίο περιοδικό σύγγραμμα του Ελληνικού Πολυτεχνικού Συλλόγου «Αρχιμήδης», γράφει τα εξής (Γκίνης, 1916α):

«Η ρωγματώδης σύστασις των περιοριζόντων ανατολικώς την Κωπαΐδα ασβεστολίθων έδωκεν αφορμή είς γένεσιν γεωλογικού και υδρολογικού φαινομένου εκ των περιεργότερων, του των Καταβοθρών.

Αι Καταβόθραι αυταί εισί σχισμάδες και σπήλαια, εντός των οποίων καταβυθιζόμενα τα ύδατα διωχετεύοντο υπογείως και ή εξηφανίζοντο είς βαθύτερα στρώματα, ή ανεφαίνοντο είς χαμηλότερα σημεία του εδάφους, σχηματίζοντας άφθονους κατά το μάλλον και ήττον πηγάς. [...] Ευρίσκονται ιδίως επί του ανατολικού όχθου της τέως λίμνης, μεταξύ Τοπολίων και Μουλκίου, ένθα ο ασβεστόλιθος αναφαίνεται λίαν διερρωγώς».

Συνεχίζοντας, περιγράφει την όψη και την τότε κατάσταση των καταβοθρών:

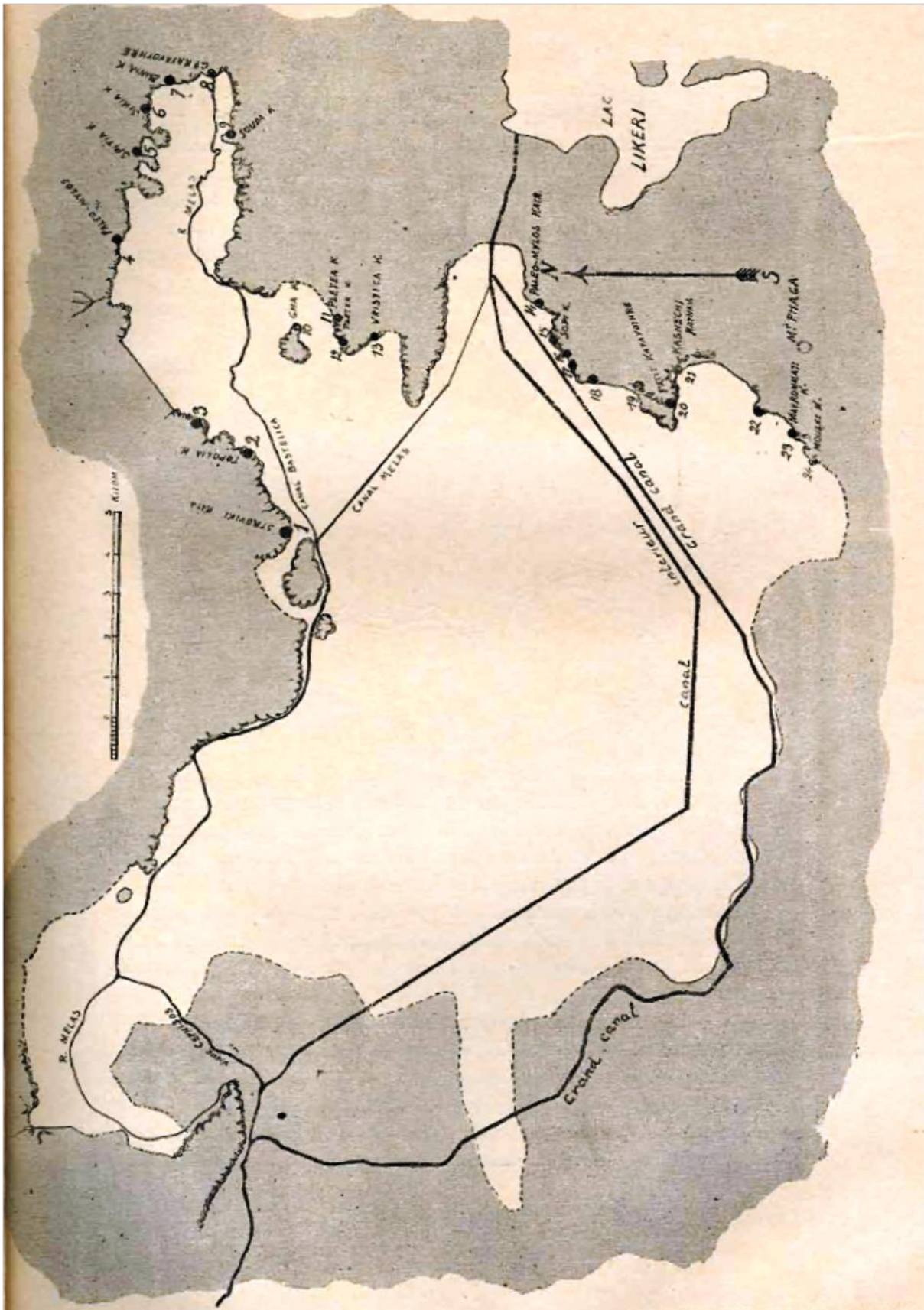
«Η όψις των Καταβοθρών είναι πανταχού περίπου η αυτή: Τα στόμιά των έχουσι σχήμα σπηλαίου κατά το μάλλον και ήττον στρογγύλου, στενομένου ολίγον κατ' ολίγον ίν' απολήξη είς μίαν ή περισσοτέρας σχισμάδας, εν αίς εξαφανίζονται τα ύδατα. Τα στόμια ταύτα εισί κατά το μάλλον και ήττον πεφραγμένα υπό λίθων και καταπτώσεων. Το ύδωρ, δια της ταχύτητός του και της τριβής της παρασυρομένης άμμου, διατηρεί σταθεράν την δίοδον».

3.3.3 Θέσεις των κυριότερων καταβοθρών της Κωπαΐδας

Στο Σχήμα 3.3 φαίνονται οι θέσεις των κυριότερων καταβοθρών της λεκάνης της Κωπαΐδας, με τις καταβόθρες να έχουν αριθμηθεί με νούμερα από το ένα (1) έως το 24. Οι καταβόθρες που παρουσιάζονται (με τα νούμερα που τους αντιστοιχούν σε παρένθεση) είναι οι εξής:

Στροβικίου (1), Τοπολίων (2), Παλαιόμυλου (4, 14), Σπιτιών (5), Συκιάς (6), Μπίνιας (7), Μεγάλη Καταβόθρα (8), Σούδας (9), Γλα (10), Πλαταιών (11, 12), Βρυσίτσας (13), Σοπίου (15), Μικρή Καταβόθρα (20), Κασνετσίου (21), Μαυροματίου (23), Μουλκίου (24).

Οι καταβόθρες με νούμερα (3), (16), (17), (18), (19), (22) δεν φέρουν, κατά το χάρτη, κάποια χαρακτηριστική ονομασία.



Σχήμα 3.3 Οι καταβόθρες της Κωπαΐδας (στην εικόνα με έντονη μαύρη γραμμή φαίνονται και τα έργα αποξήρανσης του νέου ελληνικού κράτους). Πηγή: Σιδερίδης, 1911.

3.3.4 Η κατάσταση σήμερα

Σήμερα, οι περισσότερες καταβόθρες της Κωπαΐδας, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, έχουν φράξει. Κυριότεροι λόγοι είναι οι σεισμοί, οι κατολισθήσεις και τα φερτά υλικά που συνοδεύουν την υδάτινη ροή. Επιπλέον, από την εποχή που καταστράφηκε ο πολιτισμός των Μινύων, δεν υπήρξε ενδιαφέρον από τους εκάστοτε κατοίκους της ευρύτερης περιοχής της Κωπαΐδας για τη συντήρησή τους. Ως αποτέλεσμα, η όποια ποσότητα νερού καταλήγει πλέον στις καταβόθρες, ρέει διαμέσου αυτών με πολύ μικρότερους ρυθμούς σε σχέση με τη παροχετευτικότητά τους.

3.4 Υδρογραφική Δίαιτα

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι, από πλευράς παροχών, ποταμοί και χείμαρροι της λεκάνης της Κωπαΐδας. Πρόκειται για το Βοιωτικό Κηφισό, το Μέλανα, την Έρκυνα, τον Πόντζα και τον Λόφι (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4 Υδρογραφική δίαιτα Κωπαΐδας πριν τα σύγχρονα έργα αποξήρανσης.

3.4.1 Βοιωτικός Κηφισός

Η κυριότερη συνιστώσα του υδροσυστήματος της Κωπαΐδας είναι ο Βοιωτικός Κηφισός ή αλλιώς Φωκικός. Η λεκάνη του εν λόγω ποταμού έχει έκταση 1852,8 km² και είναι η μεγαλύτερη και η σημαντικότερη, από πλευράς υδατικού δυναμικού, της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Παπαλεξίου και Ευστρατιάδης, 2009). Οριοθετείται βόρεια και βορειοανατολικά από τα όρη Οίτη, Καλλίδρομο, Σφίγγιο και Χλωμό, και νότια και νοτιοδυτικά από τα όρη Γκιώνα, Παρνασσός και Ελικώνας.

Ο Βοιωτικός Κηφισός διαθέτει δύο κύριες πηγές. Πηγάζει από τη Γκιώνα, κοντά στο χωριό Καστέλλια, καθώς και από τον Παρνασσό, ανάμεσα στα χωριά Πολύδροσο και Λιλαία (Κυριακού κ.α., 2009). Διασχίζει τους νομούς Φωκίδας, Φθιώτιδας και Βοιωτίας κινούμενος από τα βορειοδυτικά (ΒΔ) προς τα νοτιοανατολικά (ΝΑ) και καταλήγει στην Κωπαΐδα. Πριν την αποξήρανση της λίμνης από το νέο ελληνικό κράτος, ο ποταμός έφθανε μέχρι το χωριό Ρωμαίικο και εκεί διακλαδίζονταν. Ένα μέρος του συνέχιζε και ενώνονταν με το Μέλανα ποταμό (για τον οποίο γίνεται αναφορά αμέσως μετά) και οδηγούταν στις καταβόθρες του βορειοανατολικού τμήματος της Κωπαΐδας και ένα μέρος του συνέχιζε ως το χωριό Άγιος Δημήτριος και χύνονταν στη λεκάνη. Σήμερα, μέσω της Σήραγγας της Καρδίτσας, ο Β. Κηφισός εκρέει στην Υλίκη.

Κατά τον Κωνσταντινίδη (Κωνσταντινίδης, 1984), η λεκάνη του Β. Κηφισού χωρίζεται υδρογεωλογικά σε τρεις ενότητες:

- ⇒ Τον Άνω Ρου (ή λεκάνη του Μπράλλου) που φτάνει ως το σιδηροδρομικό σταθμό της Λιλαίας.
- ⇒ Το Μέσο Ρου, μέχρι τη συμβολή της Έρκυνας, του χειμάρρου της Λειβαδιάς.
- ⇒ Τον Κάτω Ρου, που στην ουσία είναι η λεκάνη απορροής της Κωπαΐδας, με εμβαδό περίπου 750 km².

Ο ίδιος μάλιστα προχωράει και σε περαιτέρω διάκριση της εν λόγω λεκάνης:

«Για να αποφεύγεται η σύγχυση, μπορούμε να ξεχωρίσουμε τον Κάτω Ρου σε δύο λεκάνες, μία που δίνει πράγματι άμεσες απορροές και μία που αποτελεί την πρώην λίμνη Κωπαΐδας. Η περί την Κωπαΐδα λεκάνη έχει εμβαδό 500 km² και μέσο υψόμετρο +368 m, η δε πρώην λίμνη και τέλματα έχει εμβαδό 250 km² και μέσο υψόμετρο +95 m.»

3.4.2 Μέλανας

Ένα ακόμα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο του υδροσυστήματος της Κωπαΐδας είναι ο Μέλανας ποταμός ή αλλιώς Μαυροπόταμος. Τροφοδοτείται κυρίως από τις λεγόμενες «πηγές των Χαρίτων», οι οποίες βρίσκονται στο Ακόντιο, ένα μικρό βουνό στα βορειοδυτικά της πεδιάδας της Κωπαΐδας, κοντά στο νέο Ορχομενό. Χαρακτηριστικό των εν λόγω πηγών είναι οι σχετικά υψηλές παροχές που εμφανίζουν και οι οποίες παρουσιάζουν μικρές μόνο διακυμάνσεις, τόσο σε ετήσια όσο και σε υπερετήσια βάση. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι η παροχή τους ελάχιστα επηρεάστηκε από τις μακροχρόνιες αντλήσεις που έγιναν σε 13 γεωτρήσεις του Υπουργείου Γεωργίας τα έτη 1978 και 1979, κατά τις οποίες αντλήθηκαν περισσότερα από 100 hm³ νερό (Τζεράνης και Τσολακίδης, 1990). Ο μηχανισμός τροφοδοσίας των πηγών Χαρίτων δεν είναι γνωστός. Αρκετά παλιότερα είχε διατυπωθεί η εκδοχή ότι οι πηγές τροφοδοτούνται από έναν υπόγειο καρστικό ποταμό, με ροή από δυτικά προς ανατολικά, δηλαδή από τον Παρνασσό προς την Κωπαΐδα. Νεότερες απόψεις αναφέρουν ότι πρόκειται για 26 καρστικές πηγές υπερχειλίσης, τα σημεία εκροής των οποίων συμπίπτουν με διασταυρώσεις δευτερευόντων ρηγμάτων με το κύριο ρήγμα του Ακοντίου όρους και όχι με καρστικούς αγωγούς (Ευστρατιάδης κ.α., 2004). Δευτερευόντως, η ροή του Μέλανας ενισχύεται από τα νερά των πηγών της Πολύγυρας. Οι εν λόγω πηγές βρίσκονται κοντά στο χωριό Διώνυσος, στα βόρεια του Ορχομενού.

Πριν τις επεμβάσεις από το νέο ελληνικό κράτος, ο Μέλανας, ακολουθώντας πορεία από τα δυτικά στα ανατολικά, ενωνόταν με μέρος του Βοιωτικού Κηφισού, διέσχισε το βόρειο τμήμα της Κωπαΐδας και κατέληγε στο βορειοανατολικό άκρο αυτής, όπου και εξέβαλε, κοντά στις φυσικές καταβόθρες της περιοχής. Σήμερα, τα νερά του Μέλανας καταλήγουν, όπως και αυτά του Κηφισού, μέσω της Σήραγγας της Καρδίτσας στη λίμνη Υλίκη.

3.4.3 Λοιποί σημαντικά ποτάμια και χείμαρροι

Πέρα από το Βοιωτό Κηφισό και το Μέλανας, αρκετά ακόμα ποτάμια και χείμαρροι συμβάλλουν στο υδροσύστημα της Κωπαΐδας, η σημασία των οποίων βέβαια είναι πολύ μικρότερη. Ένα από τα κυριότερα ποτάμια είναι η Έρκυνα, η οποία διαρρέει τη Λιβαδειά. Οι

πηγές της βρίσκονται στην περιοχή της Κρύας στους πρόποδες του Ελικώνα, στα νότια της πόλης. Πριν τα σύγχρονα έργα αποξήρανσης, η Έρκυνα εξέβαλε κοντά στον οικισμό Μαυρόγεια (παλαιότερα Δεγλές), στα δυτικά της λεκάνης.

Δυτικά του λόφου όπου βρίσκονταν η αρχαία Κορώνεια, νοτιοδυτικά του σημερινού χωριού Αλαλκομενές (παλιότερα Μαμούρα), διέρχεται ο χείμαρρος Πόντζας (αρχαίος ποταμός Φάλαρος). Οι πηγές του βρίσκονται ανάμεσα στα χωριά Άγιος Γεώργιος και Αγία Τριάδα. Ο Πόντζας, που το καλοκαίρι παραμένει ξερός, εξέβαλε κοντά στο σημείο όπου εξέβαλε η Έρκυνα (Γκίνης, 1916α).

Στα νότια της τέως λίμνης Κωπαΐδας συναντάμε επίσης τον Λόφι ποταμό (ή αλλιώς Ξηρόρεμα). Οι πηγές του βρίσκονται νότια του χωριού Μάζι. Ο Λόφης εκβάλλει δυτικά της Αλιάρτου.

Κατά τον Κωνσταντινίδη (Κωνσταντινίδης, 1985), οι εκτάσεις των λεκανών απορροής των παραπάνω υδροφορέων έχουν ως εξής :

- Έρκυνας: 98 km²
- Πόντζα : 74 km²
- Λόφι : 84 km²

4. Η Αποξήρανση της Κωπαΐδας από το Νέο Ελληνικό Κράτος

4.1 Αιτίες

Το ελληνικό κράτος από το 1830 κιόλας ενδιαφέρθηκε να πραγματοποιήσει, με τη τεχνική και οικονομική συνδρομή ξένων εταίρων, έργα για την αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας. Κυριότερος λόγος ήταν η πολύ μεγάλη έκταση γης για καλλιέργεια που θα εξασφαλιζόνταν (250.000 στρέμματα περίπου). Μέχρι την αποξήρασή της, η στάθμη της Κωπαΐδας αυξομειώνονταν έντονα με τους γεωργούς να διστάζουν να καλλιεργήσουν γνωρίζοντας ότι ενδεχόμενη πλημμύρα μπορούσε να αποδειχθεί καταστροφική. Μάλιστα, όπως αναφέρει ο Κωνσταντινίδης (Κωνσταντινίδης, 1984), επιπλέον κίνητρο για την αποξήρανση της λίμνης αποτέλεσαν οι παρατηρήσεις κατά τη ξηρασία του 1856. Τότε η πεδιάδα «στέγνωσε» εντελώς και φάνηκε ότι δεν υδροδοτείται από δικά της πηγαία νερά, αλλά και ότι τα χώματα στο πυθμένα της λίμνης ήταν «μαύρα και παχιά», δηλαδή πάρα πολύ γόνιμα. Βέβαια και πριν την ξηρασία, ο πυθμένας της λίμνης θεωρούνταν εξαιρετικά εύφορος λόγω των μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλών που απέθετε ο Β. Κηφισός. Χαρακτηριστικές είναι οι περιγραφές του Sauvage (Γκίνης, 1916α):

«Ο πυθμένας της Κωπαΐδας, αποτελείται από στρώμα συμπαγούς πηλού, πάχους 2-4 m, που σχηματίστηκε από την τις αποθέσεις ιλύος των χειμάρρων και τα απομεινάρια των φυτικών οργανισμών που ευδοκίμούσαν μεταξύ των διαδοχικών περιόδων υγρασίας και ξηρασίας. Ο πηλός αυτός είναι ευνόητο ότι είναι πλούσιος σε οργανικές ουσίες».

Ένας ακόμα σημαντικός, αν και δευτερεύων, λόγος για την αποξήρανση της Κωπαΐδας ήταν η απαλλαγή των κατοίκων της περιοχής την ελονοσία, η οποία αποτελούσε εντονότατο πρόβλημα.

4.2 Ιστορικό της Αποξήρανσης

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται εν συντομία οι προσπάθειες που έγιναν ανά τα χρόνια για την αποξήρανση της Κωπαΐδας. Πρόκειται για εγχείρημα που πέρασε από πολλές δυσκολίες καθώς από τη σύνταξη της πρώτης μελέτης μέχρι την ολοκλήρωση των έργων πέρασε σχεδόν ένας αιώνας. Πηγές πληροφοριών αποτέλεσαν οι περί την Κωπαΐδα μελέτες του Κωνσταντινίδη (Κωνσταντινίδης, 1984) και του Γκίνη (Γκίνης, 1916β) όπως επίσης και η σχετική ιστοσελίδα του Δήμου Ορχομενού.

- ⇒ Το 1834, μηχανικοί του βασιλιά Όθωνα συνέταξαν μελέτη αποξήρανσης, αλλά δεν δόθηκε συνέχεια.
- ⇒ Το 1836, Γερμανός γεωμέτρης, στο πλαίσιο τοπογραφικής καταγραφής των κρατικών κτημάτων, συνέταξε μελέτη αποξήρανσης, η οποία δεν υλοποιήθηκε λόγω υψηλού κόστους.
- ⇒ Το 1846 ο Γάλλος μεταλλειολόγος μηχανικός Sauvage εκπονεί, μετά από εντολή του βαρώνου d' Eichtal, μελέτη αποξήρανσης της Κωπαΐδας μέσω σήραγγας η οποία, περνώντας κάτω από το λόφο του Κεφαλαρίου (στα βορειοανατολικά της λεκάνης), θα κατέληγε στον κόλπο της Λάρυμνας. Το μήκος της σήραγγας αυτής θα ήταν περίπου 5,5 km και τα νερά θα κατέληγαν σε αυτή μέσω ενός συστήματος διωρύγων συνολικού μήκους άνω των 120 km. Το σχέδιό του, που δεν έγινε τελικά δεκτό, είχε το μειονέκτημα ότι δεν επέτρεπε την αποθήκευση νερού για άρδευση.
- ⇒ Το 1853, ο Παπαγεωργίου (καθηγητής Δημοσίων Έργων), με εντολή της Κυβέρνησης συνέταξε μελέτη αποξήρανσης, στη λογική των έργων των αρχαίων Μινύων, δηλαδή η αποστράγγιση θα γινόταν μέσω της Μεγάλης Καταβόθρας που βρίσκεται στον οικισμό Νέο Κόκκινο. Το έργο δεν υλοποιήθηκε λόγω υψηλού κόστους.
- ⇒ Το 1858, Άγγλοι επιχειρηματίες ενδιαφέρθηκαν για το θέμα της αποξήρανσης, αλλά οι προτάσεις τους που αφορούσαν την εκμετάλλευση των εκτάσεων και της γύρω περιοχής, απορρίφθηκαν από την Ελληνική Κυβέρνηση.
- ⇒ Το 1865, υπογράφεται σύμβαση μεταξύ της Ελληνικής Κυβέρνησης και του εκπροσώπου Γάλλων κεφαλαιούχων Μονφερριέρ. Το έργο δεν υλοποιήθηκε, λόγω αδυναμίας εκτέλεσης του έργου από τη Γαλλική πλευρά και η σύμβαση ακυρώθηκε.

- ⇒ Το 1866, ελληνική επιτροπή προσπάθησε να κινητοποιήσει Έλληνες ομογενείς, ώστε να αναλάβουν τη χρηματοδότηση του έργου, χωρίς αποτέλεσμα.
- ⇒ Το 1876, Όμιλος Ελληνικών Τραπεζών υπέβαλλε πρόταση στην Ελληνική Κυβέρνηση να συσταθεί Ανώνυμη Εταιρεία για την υλοποίηση του έργου, αλλά το θέμα δεν είχε συνέχεια.
- ⇒ Το 1879, ο Γάλλοι μηχανικοί Revol και Moule, πρότειναν να γίνει η αποξήρανση μέσω σήραγγας που θα κατέληγε στη λίμνη Υλίκη, σε αντίθεση δηλαδή με το σχέδιο του Sauvage, που προέβλεπε τα ύδατα να καταλήγουν στον Ευβοϊκό Κόλπο. Παράλληλα, μέσω διωρύγων ή σηράγγων θα συνδέονταν η Υλίκη με τη γειτονική Παραλίμνη και θα λειτουργούσαν και ως δεξαμενές - ταμιευτήρες, για την άρδευση των καλλιεργειών τους θερινούς μήνες. Το σχέδιο των Revol και Moule, πάνω στο οποίο βασίστηκαν σε μεγάλο βαθμό τα έργα που έγιναν, μειονεκτούσε στο γεγονός ότι προέβλεπε αρκετά ψηλά τη στάθμη της Υλίκης με αποτέλεσμα να κατακλύζονταν οι γύρω περιοχές. Εκτός αυτού, περιελάμβανε και την εγκατάσταση ατμάντλιοστασίου μεγάλης ισχύος (2.000 hp), κάτι που θα ήταν αρκετά δαπανηρό.
- ⇒ Το 1880, υπογράφεται σύμβαση μεταξύ της ελληνικής κυβέρνησης και της γαλλικής εταιρείας με την επωνυμία: «Γαλλική Εταιρεία προς αποξήρανση και καλλιέργειαν της Κωπαΐδας λίμνης» για την εκτέλεση του έργου. Ως εταίρος των Γάλλων, συμμετείχε και ο Έλληνας Ιωάννης Βούρος. Η εταιρεία προβλέπονταν να διαθέσει κεφάλαιο περί τα 15.000 χρυσά γαλλικά φράγκα, ενώ με το πέρας των έργων θα της παραχωρούνταν η ιδιοκτησία 80.000 στρεμμάτων και η επικαρπία άλλων 160.000 στρεμμάτων για 99 χρόνια.
- ⇒ Το 1882 αρχίζουν επιτέλους οι εργασίες και παρά τις αντίξοες συνθήκες και πολλές δυσκολίες, το έργο ολοκληρώνεται. Η αποξήρανση βασίστηκε στην ιδέα των Revol και Moule, την οποία συμπλήρωσαν και διόρθωσαν οι μηχανικοί Tarrate και Pochet (τη μελέτη ξεκίνησε ο Tarrate ο οποίος όμως τα 1981 πέθανε με αποτέλεσμα να αναλάβει ο Pochet). Η νέα μελέτη προέβλεπε χαμηλότερα τη στάθμη της Υλίκης, ενώ αντί για ατμάντλιοστάσιο θα χρησιμοποιούταν αντλιοστάσιο.
- ⇒ Το 1887 η Κωπαΐδα ξαναγίνεται λίμνη. Η τάφρος της εσωτερικής αποχέτευσης δεν είχε χαραχθεί κατά τη χαμηλότερη μισγάγγεια με τους Tarrate και Pochet να μη λαμβάνουν υπόψη τους ότι στον πυθμένα της λίμνης είχε σχηματιστεί ένα στρώμα τύρφης πάχους τεσσάρων μέτρων. Μετά την ολοκλήρωση της άντλησης η τύρφη ανεφλέγη και καιγόταν σε έκταση δεκάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων με αποτέλεσμα η επιφάνεια του εδάφους να πέσει περισσότερο από τρία μέτρα. Έτσι, η

διώρυγα, αιωρούμενη καθώς ήταν, δεν επιτελούσε το έργο για το οποίο κατασκευάστηκε.

- ⇒ Το 1887 η Γαλλική εταιρεία, μη μπορώντας να ανταπεξέλθει οικονομικά στην ανακατασκευή του έργου, εκχωρεί τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις στην Αγγλική εταιρεία «Lake Corais Company Limited». Η Ελληνική Κυβέρνηση αναγνώρισε την εκχώρηση αυτή και η ανακατασκευή ξεκινά με τους Άγγλους να κάνουν πολλά πρόσθετα αποστραγγιστικά και αρδευτικά έργα, με διώρυγες, τάφρους και φράγματα σε διάφορα σημεία.
- ⇒ Το 1931 η «Αγγλική Εταιρεία Κωπαΐδας» ολοκληρώνει και παραδίδει το έργο αποξηραίνοντας περί τα 241.000 στρέμματα.
- ⇒ Το 1977 η παλαιά σήραγγα της Καρδίτσας (ή Ακραιφνίου), μέσω της οποίας οδηγούνταν τα νερά της Κωπαΐδας στην Υλίκη, αντικαθίστανται από νέα, μεγαλύτερης παροχευτικότητας, η οποία λειτουργεί έως σήμερα.

4.3 Περιγραφή των Έργων

Τα κυριότερα έργα που διαμορφώνουν σήμερα τη λεκάνη της Κωπαΐδας είναι η Μεγάλη Διώρυγα (Grand Canal), η Διώρυγα Τέλματος (Canal in the March), η Τάφρος του Μέλανα (Melas Drain), η Εσωτερική Τάφρος (Interior Drain) μαζί με την Κεντρική Τάφρο (Central Drain), ο Συγκεντρωτική Διώρυγα (Emissary Canal), που οδηγεί τα νερά στη Σήραγγα της Καρδίτσας, η Σήραγγα της Καρδίτσας και ο αγωγός εκβολής που την ακολουθεί (Σχήμα 4.1). Παρακάτω δίνονται γενικά στοιχεία για τα έργα αυτά. Πηγή πληροφοριών αποτέλεσε η μελέτη του Κωνσταντινίδη με θέμα «Αντιπλημμυρικά Έργα Λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού» (Κωνσταντινίδης, 1984).



Σχήμα 4.1 Η διαμόρφωση των κοιτών του Βοιωτικού Κηφισού και του Μέλανα στο πλαίσιο των αποξηραντικών έργων του νέου ελληνικού κράτους στην Κωπαΐδα. Προέλευση: Κουντούρη κ.α. (2012) μετά από προσαρμογή.

4.3.1 Μεγάλη Διώρυγα (*Grand Canal*)

Ο Βοιωτικός Κηφισός, μετά την είσοδό του στην Κωπαΐδα, εκτρέπεται προς τα νότια στην Μεγάλη Διώρυγα. Η διώρυγα αυτή, μήκους 23.480 m, ξεκινάει από τη θέση μεταξύ των κοινοτήτων Ρωμαίικο και Αθάμας (όπου εκτρέπεται ο Β. Κηφισός) και καταλήγει δυτικά της Αλιάρτου, στα νότια της Κωπαΐδας, όπου και συμβάλλει σε αυτήν ο Λόφιος. Η χάραξη της Μεγάλης Διώρυγας συμπίπτει με το υφιστάμενο ρέμα το οποίο, διασχίζοντας τις νοτιοδυτικές παρυφές της πεδιάδας, συνέλεγε τον ποταμό Έρκυνα και τον χείμαρρο Πόντζα.

Για την εκτροπή του Β. Κηφισού στη Μεγάλη Διώρυγα κατασκευάστηκε ρουφράκτης (φράγμα της Γύφτισσας) στη θέση Βελή, 1,5 km δυτικά της κοινότητας Αθάμας και περί τα 150-200 m κατάντη του φράγματος αναρρύθμισης που κατασκεύασε αργότερα η εταιρεία ΒΟΟΤ.

4.3.2 Διώρυγα Τέλματος (*Canal in the March*)

Η Διώρυγα Τέλματος διανοίχτηκε ως συνέχεια της Μεγάλης Διώρυγας. Ξεκινάει στα δυτικά της Αλιάρτου (όπου και συμβάλλει σε αυτήν ο χείμαρρος Λόφιος) και συνεχίζει μέχρι τη συμβολή της Κεντρικής Διώρυγας και της Τάφρου του Μέλανα. Η Διώρυγα Τέλματος ακολουθεί από την αρχή ως το τέλος ευθύγραμμη πορεία και το μήκος της είναι 10.398 m.

4.3.3 Τάφρος του Μέλανα (*Melas Drain*)

Η τάφρος του Μέλανα κατά τα πρώτα 20,7 km ακολουθεί την φυσική κοίτη του Μέλανα ποταμού (εκβαθυμένη), ο οποίος από τις πηγές του (πηγές των Χαρίτων, στους πρόποδες του όρους Ακόντιο, βόρεια του Ορχομενού και πηγές της Πολύγυρας κοντά στο χωριό Διόνυσος), βαίνει με κατεύθυνση από τα δυτικά στα ανατολικά προς τις καταβόθρες του βορειοανατολικού άκρου της Κωπαΐδας. Περί το 1,5 km ανατολικά του χωριού Στροβίκι, η

Τάφος του Μέλανα «ξεφεύγει» από τη φυσική κοίτη του Μέλανα, εκτρέποντας μέρος αυτού προς τα νοτιοανατολικά, μέχρι το σημείο συμβολής της Κεντρικής Διώρυγας και της Διώρυγας Τέλματος. Το δεύτερο αυτό μέρος της χάραξης έχει συνολικό μήκος 8 km και συνίσταται σε δύο ευθύγραμμα τμήματα που ενώνονται περίπου 2,5 km μακριά από το παραπάνω σημείο συμβολής.

4.3.4 Εσωτερική αποχέτευση

Το πρώτο έργο εσωτερικής αποχέτευσης στην Κωπαΐδα ήταν η Εσωτερική Τάφος, η οποία ξεκίνησε από την κοινότητα Αθάμας και κατέληγε στον Συγκεντρωτική Διώρυγα. Η χάραξη της, μήκους 25 km, ήταν ουσιαστικά παράλληλη με αυτή της Τάφρου του Μέλανα, η οποία βρίσκονταν 400-800 m νοτιότερα.

Τελικώς, η Εσωτερική Τάφος δεν λειτούργησε όπως αναμένονταν. Ο λόγος είναι ότι την εποχή εκείνη, στον πυθμένα της λίμνης Κωπαΐδας είχε σχηματιστεί ένα παχύ (περί τα 4 m) στρώμα τύρφης, το οποίο, μετά την αποξήρανσή της, κάηκε με αποτέλεσμα η τάφος να βρεθεί αιωρούμενη. Για να λυθεί το πρόβλημα, διατηρήθηκε το τμήμα της Εσωτερικής Τάφρου που έφτανε ως το Σόπι Καρδίτσας και από εκεί και έπειτα χαράχθηκε η Κεντρική Τάφος, η οποία συνεχίζει μέχρι τη Συγκεντρωτική Διώρυγα. Το μήκος της Κεντρικής Τάφρου είναι περίπου 16 km. Το δίκτυο εσωτερικής αποχέτευσης της Κωπαΐδας συμπληρώνουν μικρότερες τάφροι, εκ των οποίων οι πρωτεύουσες απέχουν περί τα 1000 m.

4.3.5 Συγκεντρωτική Διώρυγα (Emissary Canal)

Η χάραξη της συγκεντρωτικής Διώρυγας ξεκινάει από το σημείο συμβολής της Διώρυγας Τέλματος, της Τάφρου του Μέλανα και της Κεντρικής Τάφρου και καταλήγει στη σήραγγα της Καρδίτσας. Το μήκος της εν λόγω διώρυγας είναι 2.760 m.

4.3.6 Σήραγγα της Καρδίτσας - αγωγός εκβολής στην Υλίκη

Η Σήραγγα της Καρδίτσας παραλαμβάνει τα νερά που αποστραγγίζονται από τη λεκάνη της Κωπαΐδας μέσω της Συγκεντρωτικής Διώρυγας και, περνώντας την ορεινή περιοχή νότια του χωριού Ακραιφνιο, τα κατευθύνει στη λίμνη Υλίκη.

Η Παλαιά Σήραγγα της Καρδίτσας είχε μήκος 672 m, διατομή ωοειδή, πλάτος πυθμένα 5,10-6,00 m, ύψος 7,35-7,50 m και στο μεγαλύτερο μέρος της ήταν επενδεδυμένη (το εμβαδό της επενδεδυμένης διατομής ήταν 54,60 m²). Την σήραγγα αυτή ακολουθούσε ανοικτός αγωγός μήκους 815 m, ο οποίος διοχέτευε τα νερά στην Υλίκη.

Την περίοδο 1976-1977 κατασκευάστηκαν νέα συγκεντρωτική διώρυγα και νέα σήραγγα, δίπλα στην παλαιά, η παροχευτικότητα της οποίας πολύ μεγαλύτερη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι παροχευτικότητα της παλαιάς σήραγγας ήταν 136 m³/sec ενώ αυτή της νέας είναι 245 m³/sec (Σταυρίδης κ.α., 1992). Τα νέα έργα ετέθησαν σε λειτουργία τον Οκτώβριο του 1977.

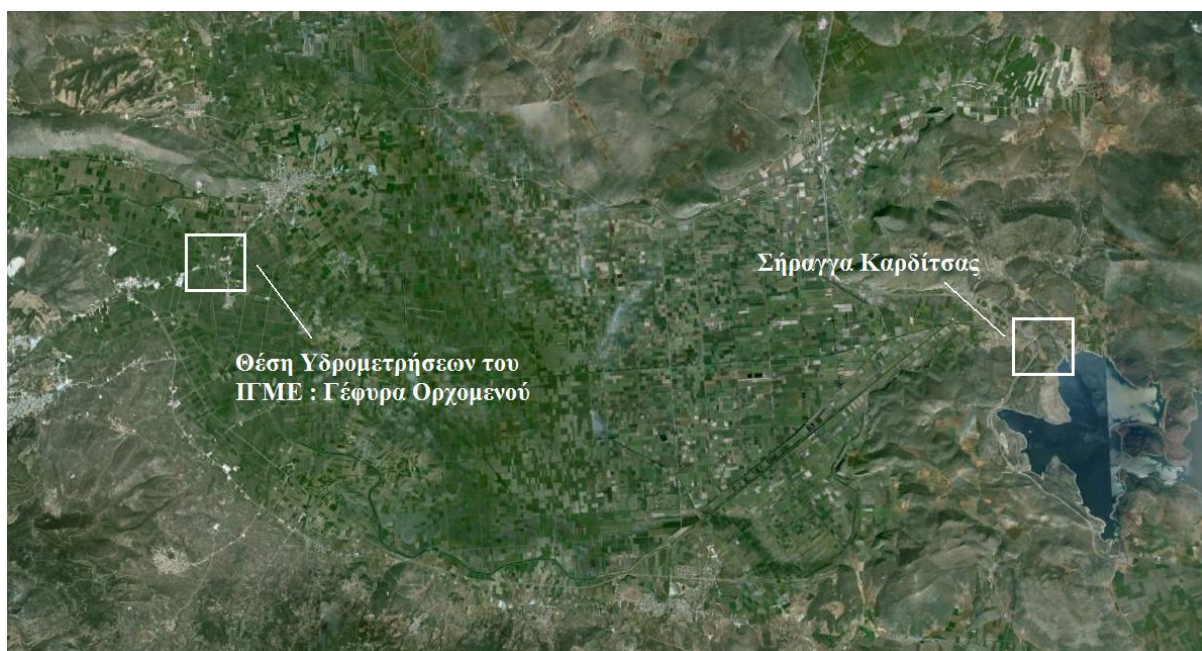
5. Υδρολογικά και Υδρογεωλογικά Χαρακτηριστικά Κωπαΐδας

5.1 Παροχές Κυριότερων Συνιστωσών Υδρογραφικής Δίαιτας Κωπαΐδας

Η υδρογραφική δίαιτα της Κωπαΐδας συνίσταται κυρίως στους ποταμούς Βοιωτικό Κηφισό, Μέλανα, Έρκυνα, Λόφι και τον χείμαρρο Πόντζα. Οι παροχές των δευτερευόντων ρεμάτων κρίνονται αμελητέες σε σχέση με τις αυτές των παραπάνω.

5.1.1 Βοιωτικός Κηφισός

Ο Βοιωτικός Κηφισός είναι το σημαντικότερο ποτάμι που διαρρέει την Κωπαΐδα. Έχουν πραγματοποιηθεί υδρομετρήσεις σε διάφορα σημεία της κοίτης του, κανένα όμως εξ αυτών δεν βρίσκεται εντός της λεκάνης. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την παροχή του εν λόγω ποταμού χρησιμοποιούνται τα δεδομένα των υδρομετρήσεων του ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) στη σήραγγα της Καρδίτσας, στο κατάντη όριο της Κωπαΐδας, και αυτές στη θέση Γέφυρα Ορχομενού, στο ανάντη όριο της (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1 Γέφυρα Ορχομενού και σήραγγα Καρδίτσας.

Συνεχής και συστηματικές μετρήσεις στη σήραγγα της Καρδίτσας πραγματοποιούνται από το 1907. Οι μετρήσεις αυτές, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1, δεν αφορούν μόνο το Β. Κηφισό αλλά το σύνολο της απορροής της λεκάνης, περιλαμβάνουν δηλαδή και την απορροή των ρεμάτων Μέλανας, Έρκυνα, Πόντζας και Λόφης. Από την άλλη, τα δεδομένα που αντλούμε από τις υδρομετρήσεις στη Γέφυρα Ορχομενού, οι οποίες διεξάγονται από το 1980 από το ΙΓΜΕ, αφορούν αποκλειστικά την παροχή του Β. Κηφισού.

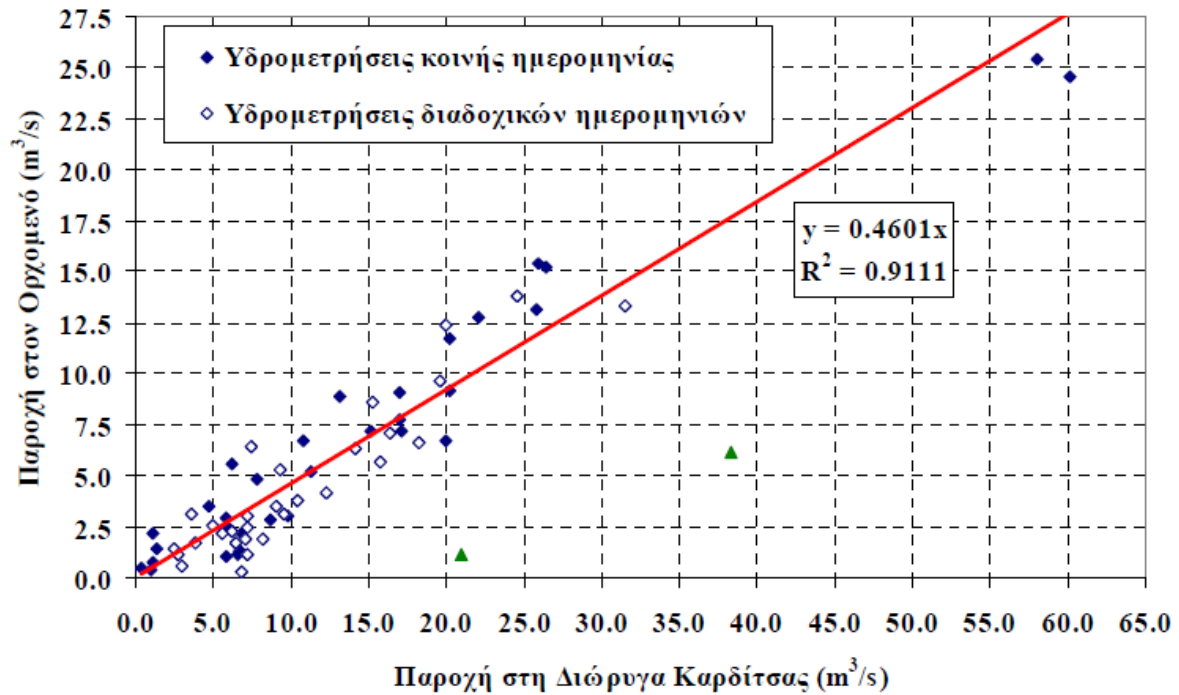
Πίνακας 5.1 Στατιστικά χαρακτηριστικά απορροής στη σήραγγα Καρδίτσας περιόδου 1907-2003 (hm³). Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2004) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	21,4	30,7	46,1	59,5	62,4	66,8	46,5	24,2	11,9	4,1	3,5	12,8	386,5
Τ. Α.	10,9	17,7	31,9	30,8	34,2	31,1	27,1	16,3	11,6	7,3	5,2	8,7	159,7

Η στατιστική συσχέτιση των παροχών που μετρώνται στον Ορχομενό με τις παροχές που μετρώνται στη Διώρυγα Καρδίτσας επιχειρήθηκε από τους Ευστρατιάδη, Ναλμπάντη και Ρόζο (Ευστρατιάδης κ.α., 2004). Αναζητήθηκαν οι ημερομηνίες εκείνες κατά τις οποίες

πραγματοποιήθηκαν από το ΙΓΜΕ σχεδόν ταυτόχρονες υδρομετρήσεις στις δύο θέσεις και μετά από διερεύνηση προέκυψε ότι η βέλτιστη συσχέτιση μεταξύ των δύο δειγμάτων παροχής είναι ομογενής γραμμική (Σχήμα 5.2) και δίνεται από την εξίσωση:

$$Q_{\text{ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ}} = 0.46 Q_{\text{ΚΑΡΔΙΤΣΑ}} \quad (5.1)$$

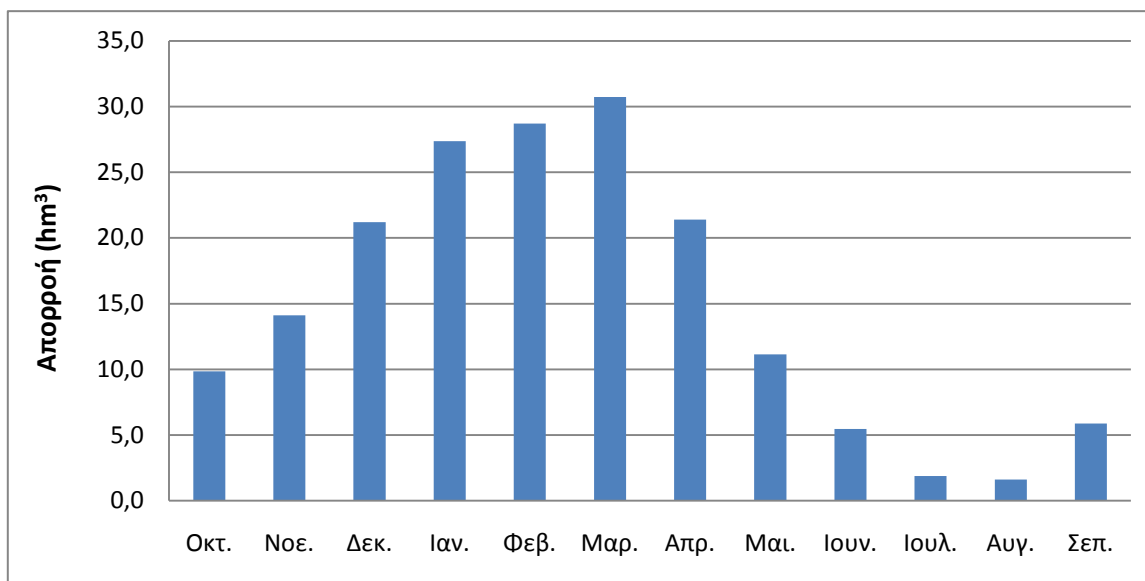


Σχήμα 5.2 Γραμμική συσχέτιση παροχών Διώρυγας Καρδίτσας και Γέφυρας Ορχομενού. Πηγή: Ευστρατιάδης κ.α., 2004.

Ο συντελεστής προσδιορισμού $r^2 = 0,911$ θεωρείται ικανοποιητικός. Συμπεραίνουμε, δηλαδή, ότι η παροχή του Β. Κηφισού είναι περίπου το 46% της συνολικής απορροής της λεκάνης της Κωπαΐδας. Χρησιμοποιώντας τη σχέση αυτή καταλήγουμε στις μέσες μηνιαίες απορροές για τον Β. Κηφισό (Πίνακας 5.2 και Σχήμα 5.3).

Πίνακας 5.2 Μηνιαίες τιμές απορροής Β. Κηφισού (hm^3).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	9,8	14,1	21,2	27,4	28,7	30,7	21,4	11,1	5,5	1,9	1,6	5,9	177,8



Σχήμα 5.3 Μηνιαίες απορροές Βοιωτικού Κηφισού.

5.1.2 Μέλανας

Τον Μέλανα τροφοδοτούν, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι πηγές των Χαρίτων και οι πηγές της Πολύγυρας. Πριν το 1981 δεν διατίθενται παρά μόνο σποραδικές μετρήσεις για τις παροχές των εν λόγω πηγών. Κάποιες από αυτές πραγματοποίησε η ΕΕΥ (Ελληνική Εταιρεία Υδάτων) την περίοδο 1933-1937 και κάποιες ο Οργανισμός Κωπαΐδας την περίοδο 1953-1958. Από το 1981 και έπειτα πραγματοποιήθηκαν συστηματικές μετρήσεις από το ΙΓΜΕ (Ευστρατιάδης κ.α., 2004). Στους Πίνακες 5.3 και 5.4 παρουσιάζονται οι μηνιαίες διακυμάνσεις της απορροής των εν λόγω πηγών που βρέθηκαν με χρονική ολοκλήρωση των υδρομετρήσεων.

Πίνακας 5.3 Στατιστικά χαρακτηριστικά απορροής πηγών Χαρίτων περιόδου 1981-1996 (hm³).

Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2004) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	8,3	8,6	8,4	8,5	9,0	9,6	8,8	8,5	8,7	7,2	6,7	7,7	101,3
Τ. Α.	1,1	1,1	1,3	1,7	1,4	1,0	3,0	3,1	0,9	1,3	1,2	0,9	7,1

Πίνακας 5.4 Στατιστικά χαρακτηριστικά απορροής πηγών Πολύγυρας περιόδου 1983-1989 (hm³).

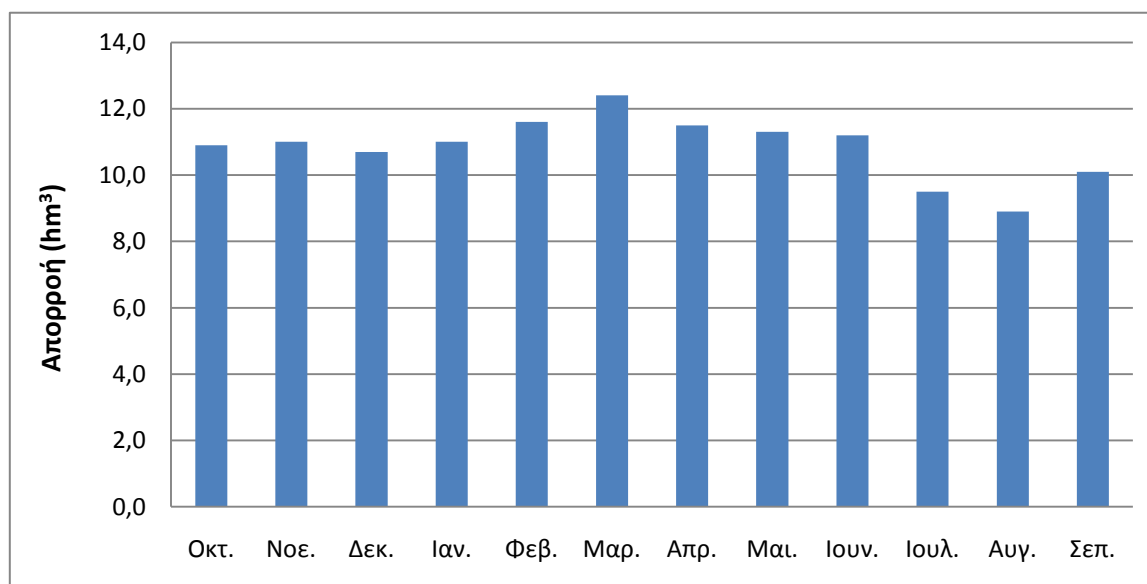
Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2004) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	2,6	2,4	2,3	2,5	2,6	2,8	2,7	2,8	2,5	2,3	2,2	2,4	29,9
Τ. Α.	0,8	0,4	0,3	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1	0,8	0,5	0,3	0,5	4,9

Παρατηρείται ότι και οι δύο πηγές διατηρούν σχετικά σταθερή παροχή κατά τη διάρκεια του έτους. Θεωρώντας τα παραπάνω δεδομένα αντιπροσωπευτικά της απορροής των πηγών Χαρίτων και Πολύγυρας σε μηνιαία και ετήσια βάση, συνδυάζοντας τις παροχές τους προκύπτουν οι αντίστοιχες παροχές του Μέλανα ποταμού (Πίνακας 5.5 και Σχήμα 5.4).

Πίνακας 5.5 Μέση μηνιαία και ετήσια απορροή Μέλανα ποταμού περιόδου 1983-1989 (hm³).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	10,9	11,0	10,7	11,0	11,6	12,4	11,5	11,3	11,2	9,5	8,9	10,1	131,2



Σχήμα 5.4 Μηνιαίες παροχές Μέλανα ποταμού.

Όπως αναμένονταν, η παροχή του Μέλανα δεν παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από μήνα σε μήνα, ενώ και οι τιμές της κάθε άλλο παρά αμελητέες είναι.

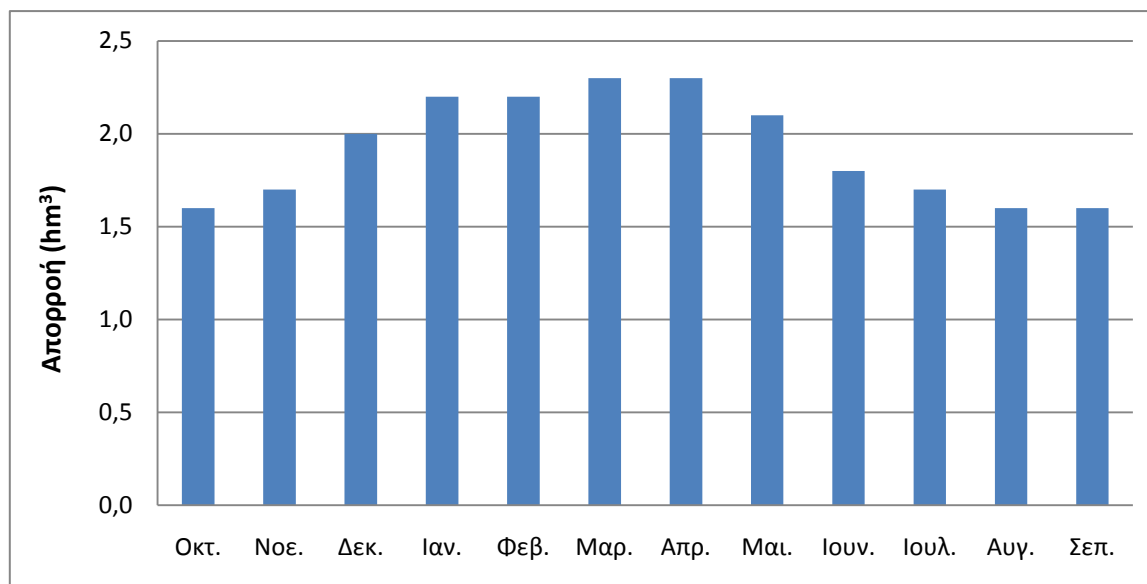
5.1.3 Έρκυνα

Για τις παροχές των πηγών της Έρκυνας επίσης χρησιμοποιούμε τα δεδομένα που προέκυψαν με χρονική ολοκλήρωση των υδρομετρήσεων του ΙΓΜΕ μετά το 1981. Η μηνιαία διακύμανση της απορροής τους παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.6 και στο Σχήμα 5.5.

Πίνακας 5.6 Στατιστικά χαρακτηριστικά απορροής πηγών Έρκυνας περιόδου 1981-1996 (hm^3).

Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2004) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	1,6	1,7	2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,1	1,8	1,7	1,6	1,6	22,6
Τ. Α.	0,4	0,5	0,8	1,0	1,0	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	4,9



Σχήμα 5.5 Μηνιαίες απορροές Έρκυνας.

5.1.4 Πόντζας

Ελάχιστα στοιχεία είναι διαθέσιμα σχετικά με την απορροή των πηγών του Πόντζα. Ουσιαστικά οι μόνες μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί είναι αυτές του ΙΓΜΕ τα έτη 1981-1984, οι οποίες παρατίθενται στον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7 Απορροή πηγών Πόντζα (hm^3). Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2004) μετά από προσαρμογή.

Υδρολογικό έτος	Απορροή (hm^3)
1981-82	7,871
1982-83	1,483
1983-84	8,114
Μέση Τιμή	5,823

Για να διαπιστώσουμε κατά πόσο η παραπάνω μέση τιμή είναι αντιπροσωπευτική, παρατίθενται (Πίνακας 5.8) οι παροχές άλλων υδροφορέων την ίδια περίοδο (1981-1984).

Πίνακας 5.8 Ετήσιες απορροές (hm^3) Πόντζα, Μέλανα και Έρκυνας βάσει των μετρήσεων του ΙΓΜΕ. Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2004) μετά από προσαρμογή.

	1981-82	1982-83	1983-84	Μ. Τ. 1981-1984	Μ. Τ.
Πόντζας	7,871	1,483	8,114	5,823	
Έρκυνα	28,941	24,222	33,05	28,738	22,600
Μέλανας	153,700	128,519	139,671	140,630	131,200

Η μέσες τιμές που δίνονται στην τελευταία στήλη του παραπάνω πίνακα αναφέρονται στο σύνολο των υδρομετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή για τον κάθε υδροφόρα. Παρατηρούμε ότι οι απορροές της Έρκυνας και του Μέλανα που παρουσιάστηκαν την τριετία 1981-1984 υπερβαίνουν αρκετά τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους. Θεωρούμε ότι κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τον Πόντζα. Με απλή μέθοδο των τριών χρησιμοποιώντας τις απορροές του Πόντζα και της Έρκυνας, προκύπτει ότι μία αντιπροσωπευτική μέση τιμή της ετήσιας απορροής του Πόντζα είναι $4,6 \text{ hm}^3$ περίπου. Με την ίδια διαδικασία, για τις απορροές του Πόντζα και του Μέλανα αυτή τη φορά, προκύπτει ότι μία αντιπροσωπευτική μέση τιμή της απορροής του Πόντζα είναι $5,4 \text{ hm}^3$ περίπου. Θεωρείται, τελικώς, ότι η ετήσια απορροή του Πόντζα είναι χοντρικά $5,0 \text{ hm}^3$.

Προκειμένου να γίνει αναγωγή της ετήσιας απορροής του Πόντζα σε απορροή ανά μήνα χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του βροχομετρικού σταθμού της Αγίας Τριάδας και τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 5.9). Ο λόγος που χρησιμοποιείται ο εν λόγω σταθμός είναι ότι βρίσκεται πιο κοντά στον Πόντζα και τις πηγές του σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς της περιοχής.

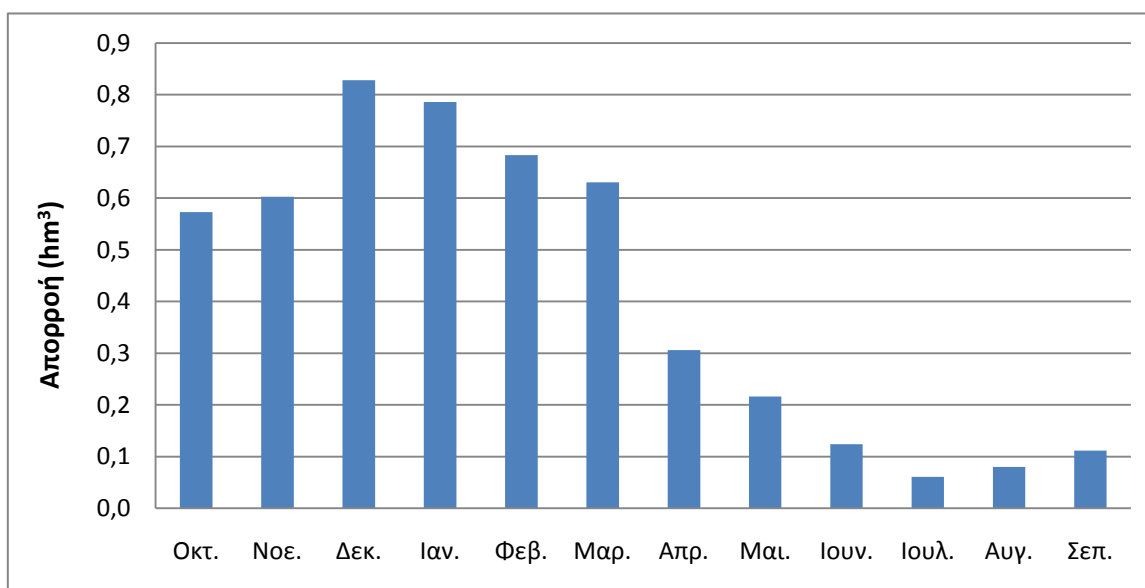
Πίνακας 5.9 Μετρημένο ύψος βροχής (mm) στο σταθμό Αγίας Τριάδας την περίοδο 1963-1997 και ποσοστά βροχόπτωσης ανά μήνα. Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2000) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	115,4	121,5	166,8	158,4	137,6	127,1	61,7	43,6	25,0	12,3	16,1	22,5	1007,7
%	11,5	12,1	16,6	15,7	13,7	12,6	6,1	4,3	2,5	1,2	1,6	2,2	100,0

Με χρήση των παραπάνω ποσοστών ανάγω την ετήσια απορροή του Πόντζα σε απορροή ανά μήνα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.10 και το Σχήμα 5.6.

Πίνακας 5.10 Μηνιαία απορροή πηγών Πόντζα (hm^3).

Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	5,0



Σχήμα 5.6 Μηνιαίες απορροές Πόντζα.

5.1.5 Λόφις

Για την παροχή των πηγών του Λόφι διατίθενται μόνο 12 υδρομετρήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από την ΕΕΥ την περίοδο 1938-1942 (Πίνακας 5.11).

Πίνακας 5.11 Μετρήσεις παροχών πηγών του Λόφι (l/s). Προέλευση: Λαδόπουλος και Χωραφάς (1974) μετά από προσαρμογή.

26-Ιαν-1938	1.000
28-Μαρ-1938	721
19-Μαΐ-1938	571
14-Ιουλ-1938	150
24-Ιαν-1939	2.400
29-Μαρ-1939	2.258
31-Μαΐ-1939	292
28-Αυγ-1939	100
19-Δεκ-1939	10
17-Απρ-1940	218
18-Σεπ-1940	146
13-Ιαν-1941	1.879

Οι μόλις 12 αυτές μετρήσεις κατανέμονται, όπως φαίνεται, σε τέσσερα υδρολογικά έτη: το 1937-1938, το 1938-1939, το 1939-1940 και το 1940-1941. Προφανώς, τα εν λόγω στοιχεία δεν επαρκούν για αξιόπιστη εκτίμηση των ετήσιων και μηνιαίων παροχών του ρέματος. Στα πλαίσια, όμως, της εργασίας αυτής και δεδομένης της έλλειψης άλλων στοιχείων θα επιχειρήσουμε μία χοντρική εκτίμηση.

Με μία πρόχειρη ολοκλήρωση των παροχών που μετρήθηκαν προκύπτει ότι, για την περίοδο μέτρησης, η μέση ετήσια τιμή της απορροής των πηγών του Λόφι είναι $25,8 \text{ hm}^3$ περίπου. Σε παρόμοιο νούμερο ($25,6 \text{ hm}^3$) κατέληξαν και οι Αλτήγος, Κυριακός και Μαχαίρας το 1964 σε προκαταρκτική μελέτη τους για την ύδρευση της Αθήνας (Τζεράνης και Τσολακίδης, 1990), με τους ίδιους πάντως να σημειώνουν στην έκθεσή τους ότι το εν λόγω νούμερο δεν χρησιμοποιήθηκε τελικά στους υπολογισμούς τους.

Προκειμένου να διαπιστώσουμε κατά πόσο είναι η μέση τιμή που προέκυψε για τα υδρολογικά έτη 1937-1938, 1938-1939, 1939-1940 και 1940-1941 είναι αντιπροσωπευτική της ετήσιας παροχής του Λόφι, παρουσιάζεται παρακάτω (Πίνακας 5.12) η απορροή που μετρήθηκε στη σήραγγα της Καρδίτσας την ίδια περίοδο.

Πίνακας 5.12 Απορροή πηγών Λόφι και μετρημένη απορροή στη σήραγγα της Καρδίτσας (hm^3).

	1937-38	1938-39	1939-40	1940-41	Μ. Τ. 1937-1941	Μ. Τ.
Λόφης					25,8	
Σήραγγα Καρδίτσας	793,1	641,9	494,9	566,2	624,0	386,5

Βλέπουμε ότι η μέση ετήσια απορροή που μετρήθηκε στη σήραγγα της Καρδίτσας τα έτη 1937-1941 υπερβαίνει αρκετά τη μέση τιμή της. Θεωρώντας ότι κάτι ανάλογο συμβαίνει και με το Λόφι και με απλή μέθοδο των τριών προκύπτει ότι μία αντιπροσωπευτική μέση τιμή της ετήσιας απορροής του είναι $16,0 \text{ hm}^3$.

Για να γίνει αναγωγή της ετήσιας απορροής του Λόφι σε απορροή ανά μήνα χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του βροχομετρικού σταθμού της Αλιάρτου, ο οποίος είναι ο κοντινότερος σταθμός της περιοχής (Πίνακας 5.13).

Πίνακας 5.13 Μετρημένο ύψος βροχής (mm) στο σταθμό Αλιάρτου την περίοδο 1907-1998.

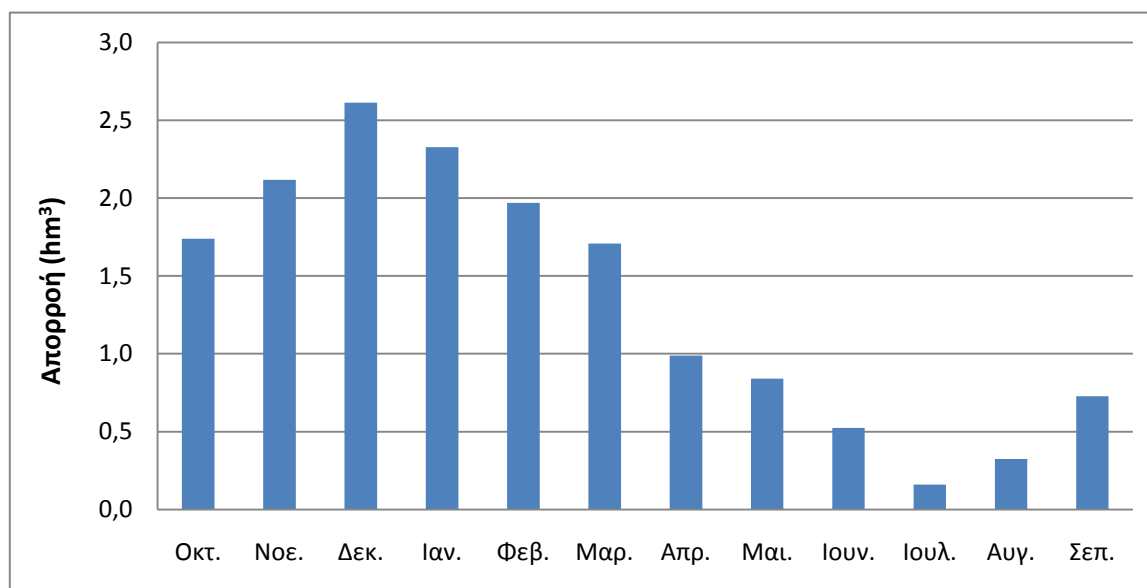
Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2000) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	71,8	87,4	107,8	96,0	81,3	70,5	40,8	34,7	21,6	6,6	13,4	30,0	660,4
%	10,9	13,2	16,3	14,5	12,3	10,7	6,2	5,3	3,3	1,0	2,0	4,5	100,0

Με χρήση των παραπάνω ποσοστών ανάγω την ετήσια παροχή του Λόφι σε απορροή ανά μήνα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.14 και το Σχήμα 5.7.

Πίνακας 5.14 Μηνιαία απορροή πηγών Λόφι (hm^3).

Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
1,7	2,1	2,6	2,3	2,0	1,7	1,0	0,8	0,5	0,2	0,3	0,7	16,0



Σχήμα 5.7 Μηνιαίες απορροές Λόφι.

5.2 Ανάλυση Μεγίστων

Στο παρόν υποκεφάλαιο γίνεται μία προσπάθεια να εκτιμηθεί η πλημμύρα «εκατονταετίας» της λεκάνης της Κωπαΐδας (η πλημμύρα, δηλαδή, με περίοδο επαναφοράς $T = 100$ χρόνια). Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται τα στοιχεία που δίνονται στο τεύχος «Δεδομένα στάθμης και παροχής λεκάνης Β. Κηφισού» του ερευνητικού έργου «Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών» (Ανυφαντή και Μαμάσης, 1990). Στο εν λόγω περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, πίνακες με τις ημερήσιες παροχές (σε m^3/s) που μετρήθηκαν στη σήραγγα της Καρδίτσας (είτε την παλαιά είτε την καινούργια) τα υδρολογικά έτη 1907-1927, 1932-1947, 1960-1965 και 1968-1977 από το ΥΠΔΕ (Υπουργείο Δημοσίων Έργων) και τα υδρολογικά έτη 1978-1989 από την ΕΥΔΑΠ.

Αρχικά, για κάθε υδρολογικό έτος εκ των παραπάνω σημειώνουμε την μέγιστη ημερήσια παροχή που μετρήθηκε (βλ. Παράρτημα Β). Στη συνέχεια κατατάσσουμε τις μέγιστες αυτές τιμές κατά φθίνουσα τάξη μεγέθους. Προκειμένου να αντιστοιχίσουμε σε κάθε τιμή μία περίοδο επαναφοράς T χρησιμοποιούμε τον τύπο του Weibull:

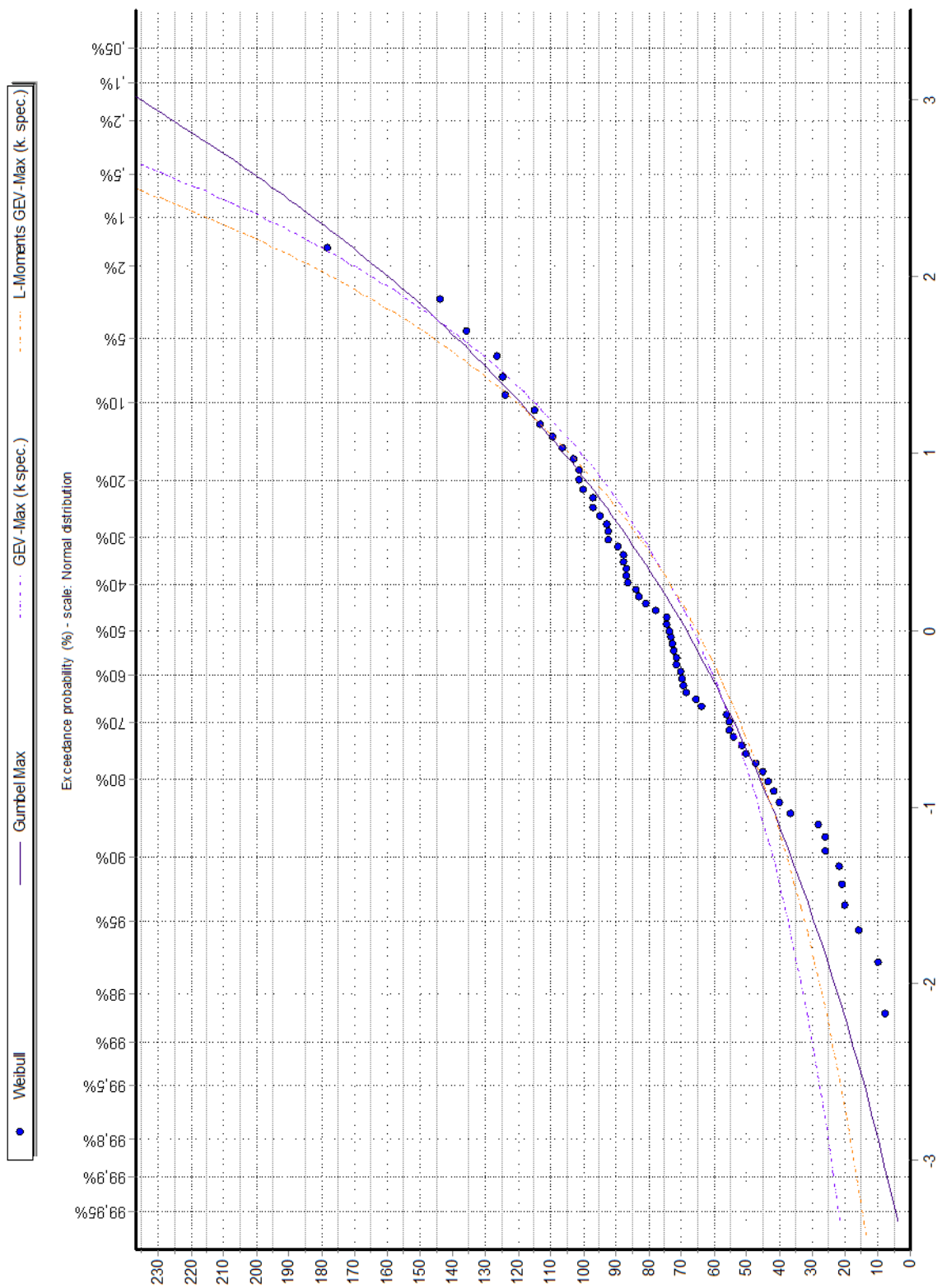
$$T = (n + 1) / m \quad (5.2)$$

όπου n το μήκος του δείγματος (εδώ $n = 65$ έτη) και m η θέση κάθε μέγιστης τιμής στο δείγμα (π.χ. στην τρίτη μεγαλύτερη τιμή αντιστοιχεί $m = 3$).

Η πιθανότητα υπέρβασης κάθε τιμής είναι συνεπώς:

$$\Phi = 1 / T = m / (n + 1) \quad (5.3)$$

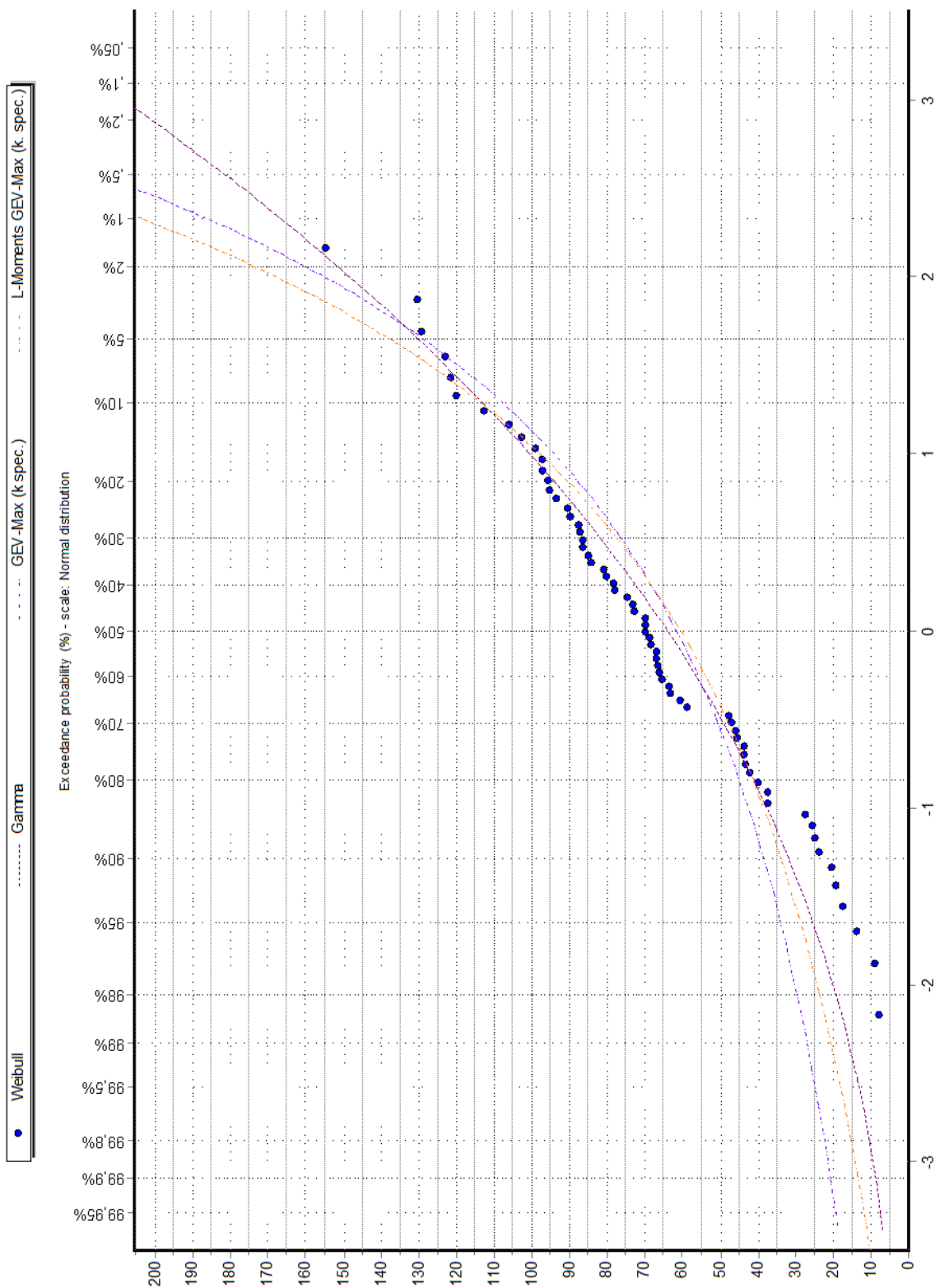
Καταλήγουμε, έτσι, σε ένα δείγμα που αποτελείται από 65 σημεία (Q_{max} , Φ). Προσαρμόζοντας τρεις διαφορετικές κατανομές μεγίστων στο εν λόγω δείγμα, προκύπτει ότι η πλημμύρα με περίοδο επαναφοράς $T = 100$ χρόνια αντιστοιχεί σε ημερήσια παροχή 180-215 m^3/s (Σχήμα 5.8). Να σημειωθεί ότι η μέγιστη ημερήσια παροχή που μετρήθηκε στη σήραγγα της Καρδίτσας τα 65 έτη που προαναφέρθηκαν είναι 178 m^3/s .



Σχήμα 5.8 Προσαρμογή κατανομών μεγίστων στο δείγμα μεγίστων ημερήσιων παροχών (m^3/s).

Τα παραπάνω αφορούν την ημερήσια πλημμύρα εκατονταετίας (βρήκαμε, δηλαδή, την μέγιστη ημερήσια παροχή που εμφανίζεται σε 100 έτη κατά τις κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν). Προκειμένου να διαπιστώσουμε ποια είναι η παροχή της πλημμύρας εκατονταετίας διάρκειας 48h, επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία με τη διαφορά ότι πλέον το δείγμα μας πρέπει να αποτελείται όχι από μέγιστες ημερήσιες παροχές αλλά από μέγιστες παροχές στις 48h. Για να το πετύχουμε αυτό, κανονικά θα έπρεπε να βρούμε το μέσο όρο κάθε ζεύγους γειτονικών ημερήσιων παροχών και για κάθε ένα από τα 65 έτη για τα οποία έχουμε μετρήσεις να επιλεγεί η μέγιστη τιμή που προέκυψε. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε ως μέγιστη παρατηρημένη 48h παροχή για κάθε ένα από τα 65 έτη που έχουμε το μέσο όρο της μέγιστης ημερήσιας παροχής που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως και της μέγιστης εκ των δύο γειτονικών της παροχών (βλ. Παράρτημα Β). Για παράδειγμα, το υδρολογικό έτος 1924 (δηλαδή την περίοδο από τον Οκτώβριο του 1923 έως και τον Σεπτέμβριο του 1924) η μέγιστη ημερήσια παροχή μετρήθηκε στις 14 Ιανουαρίου και ήταν ίση με $69,44 \text{ m}^3/\text{s}$. Την προηγούμενη ημέρα (13 Ιανουαρίου) η μέση παροχή ήταν $55,53 \text{ m}^3/\text{s}$ και την επόμενη (15 Ιανουαρίου) ήταν $56,42 \text{ m}^3/\text{s}$. Θεωρούμε, λοιπόν, πως η μέγιστη παροχή 48h που σημειώθηκε το υδρολογικό έτος 1924 είναι ο μέσος όρος της μέγιστης ημερήσιας παροχής του έτους ($69,44 \text{ m}^3/\text{s}$) και της παροχής που σημειώθηκε στις 15 Ιανουαρίου ($56,42 \text{ m}^3/\text{s}$), είναι δηλαδή ίση με: $(69,44 + 56,42) / 2 = 62,93 \text{ m}^3/\text{s}$.

Η παροχή εκατονταετίας των 48h που προκύπτει από την παραπάνω διαδικασία είναι $165-205 \text{ m}^3/\text{s}$, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.9. Η μέγιστη παροχή των 48h για τα 65 έτη του δείγματος είναι, βάσει του σκεπτικού που αναλύθηκε προηγουμένως, $155 \text{ m}^3/\text{s}$.



Σχήμα 5.9 Προσαρμογή κατανομών μεγίστων στο δείγμα μεγίστων παροχών των 48h (m³/s).

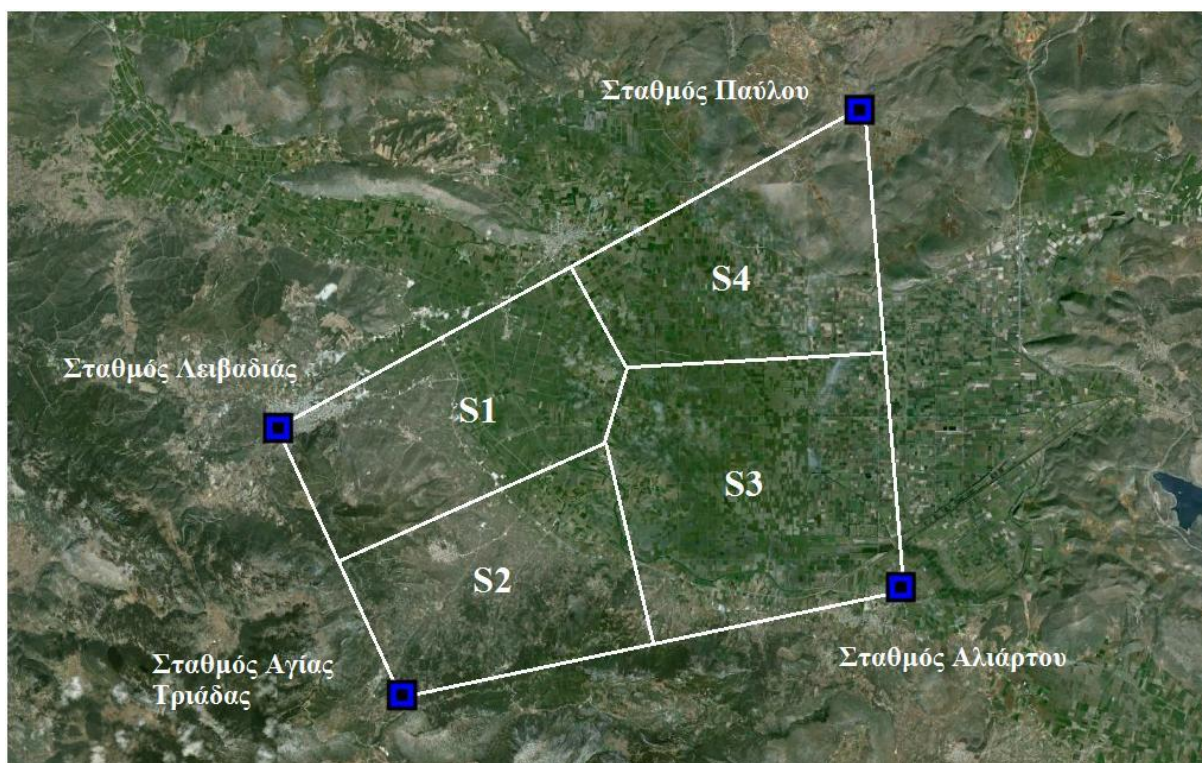
5.3 Βροχόπτωση

Την ευρύτερη περιοχή της Κωπαΐδας καλύπτουν οι μετεωρολογικοί σταθμοί Λειβαδιάς, Αγίας Τριάδας, Αλιάρτου και Παύλου, των οποίων τα στοιχεία παρατίθενται στον Πίνακα 5.15.

Πίνακας 5.15 Μετεωρολογικοί σταθμοί περί την Κωπαΐδα.

Όνομασία	Φορέας	Υψόμετρο	Γεωγραφικό	
			Μήκος	Πλάτος
Λειβαδιάς	ΥΠΔΕ	200	22° 52'	38° 26'
Αγίας Τριάδας	ΥΠΔΕ	400	22° 55'	38° 21'
Αλιάρτου	ΕΜΥ	110	23° 07'	38° 23'
Παύλου	ΥΠΔΕ	200	23° 06'	38° 32'

Προκειμένου να βρεθεί η επιφάνεια επιρροής του κάθε σταθμού σχεδιάζονται τα πολύγωνα Thiessen. Το αποτέλεσμα φαίνεται στο Σχήμα 5.10.



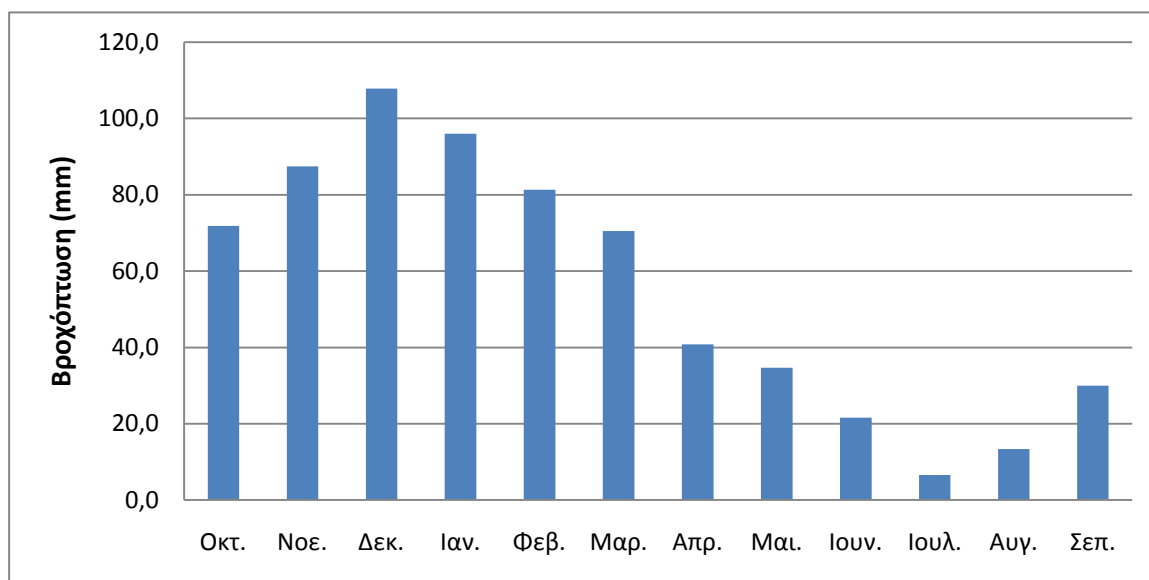
Σχήμα 5.10 Πολύγωνα Thiessen για τους μετεωρολογικούς σταθμούς περί την Κωπαίδα.

Το μεγαλύτερο μέρος της λίμνης, η οποία δημιουργούταν στην αρχαιότητα (σε μικρότερο βαθμό ακόμα και μετά τα αποξηραντικά έργα των Μινύων) αλλά και πριν τα έργα του νέου ελληνικού κράτους, βρίσκονταν χοντρικά εντός της περιοχής S3 που αποτελεί την επιφάνεια επιρροής του σταθμού Αλιάρτου. Συνεπώς, για την εργασία αρκεί να χρησιμοποιήσουμε τα τις μετρήσεις βροχόπτωσης του σταθμού αυτού (Πίνακας 5.16 και Σχήμα 5.11).

Πίνακας 5.16 Μετρημένο ύψος βροχής (mm) στο σταθμό Αλιάρτου την περίοδο 1907-1998.

Προέλευση: Ευστρατιάδης κ.α. (2000) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	71,8	87,4	107,8	96,0	81,3	70,5	40,8	34,7	21,6	6,6	13,4	30,0	660,4



Σχήμα 5.11 Μέση μηνιαία βροχόπτωση στο σταθμό Αλιάρτου.

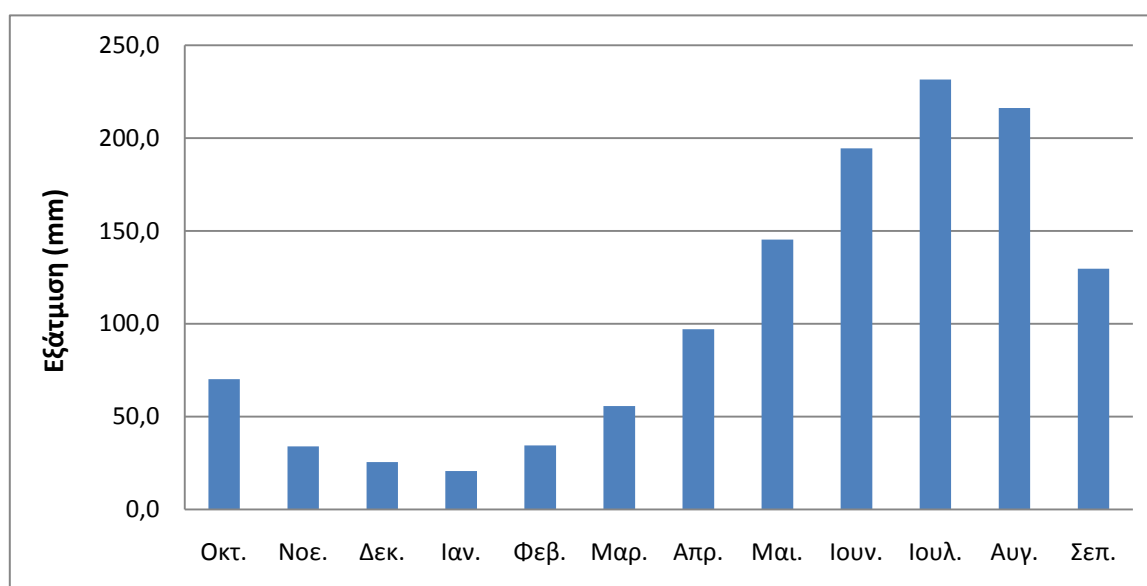
5.4 Εξάτμιση

Όπως και για την βροχόπτωση έτσι και για την εξάτμιση χρησιμοποιούμε τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό Αλιάρτου. Οι παρατηρήσεις εξάτμισης που ακολουθούν (Πίνακας 5.17) αφορούν την περίοδο 1930-1972 με εξαίρεση τα έτη 1960-1966.

Πίνακας 5.17 Μηνιαίο και ετήσιο ύψος εξάτμισης στο σταθμό Αλιάρτου για την περίοδο 1930-1959 και 1967-1972. Προέλευση: Λαδόπουλος και Χωραφάς (1974) μετά από προσαρμογή.

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ. Τ.	70,2	34,1	25,6	20,8	34,5	55,8	97,1	145,3	194,5	231,5	216,2	129,6	1255,2
Μέγιστα	114,0	92,0	92,0	40,5	74,0	74,0	147,0	213,0	244,0	328,0	355,0	162,8	1419,0
Ελάχιστα	14,0	17,0	7,0	7,0	16,0	31,0	54,7	98,0	155,0	173,0	153,0	90,8	1021,9

Στο Σχήμα 5.12 δίνεται σε μορφή γραφήματος το μηνιαίο ύψος εξάτμισης όπως μετρήθηκε στο σταθμό της Αλιάρτου.



Σχήμα 5.12 Μετρήσεις εξάτμισης στο σταθμό Αλιάρτου.

5.5 Παροχτευτικότητα Καταβοθρών

Οι καταβόθρες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο αποξηραντικό σύστημα των Μινύων ήταν, κατά κύριο λόγο, εκείνες του βορειοανατολικού άκρου της Κωπαΐδας, με σημαντικότερες τη Μεγάλη Καταβόθρα και την καταβόθρα της Μπίνιας. Οι καταβόθρες αυτές, σήμερα, έχουν σχεδόν φράξει λόγω των σεισμών και του γεώδους υλικού που συμπαρασύρει η υδάτινη ροή (φερτά). Συνεπώς, δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν μετρήσεις σχετικά με την παροχτευτικότητά τους.

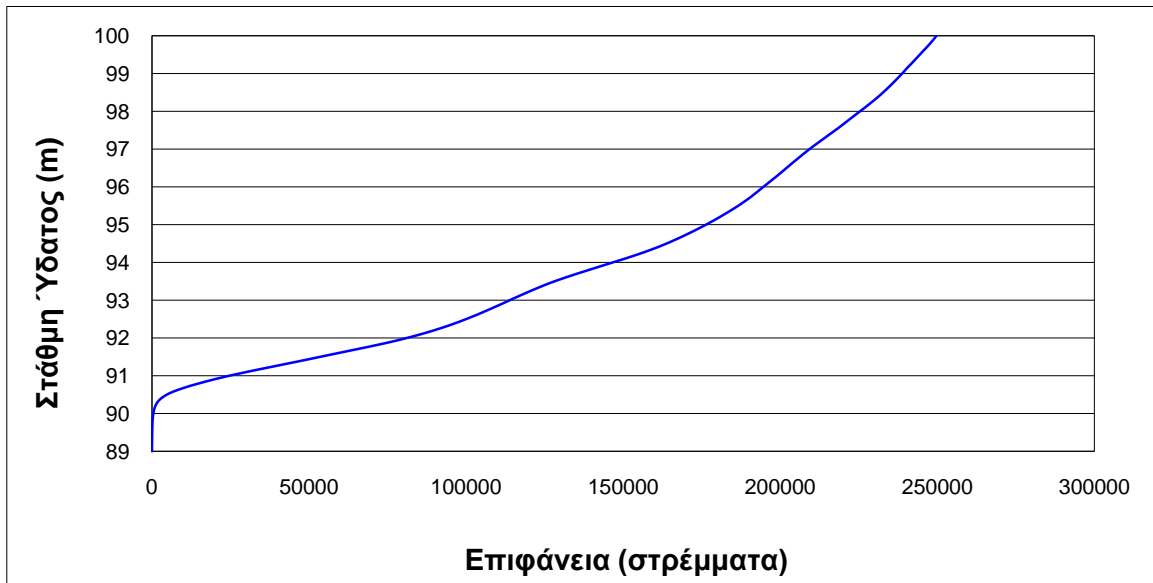
Προκειμένου να γίνει μια εκτίμησή για το μέγεθός της, αξιοποιούνται οι πληροφορίες που μας δίνονται από τον Καμπάνη (Knauss, 1995) για την ανολοκλήρωτη σήραγγα του Κεφαλαρίου, στην οποία αναφέρεται το εδάφιο 6.3.3. Θεωρώντας ότι το εν λόγω τεχνικό έργο επιχείρησαν να πραγματοποιήσουν οι Μινύες (και όχι οι μηχανικοί του Μεγάλου Αλεξάνδρου) και ότι σκοπός του ήταν να αντικαταστήσει τις καταβόθρες σε περίπτωση που, λόγω εμφράξεων, έπαυαν να είναι λειτουργικές (όπως και έγινε), συμπεραίνουμε ότι η παροχτευτικότητα της σήραγγας, εάν αυτή ολοκληρωνόταν, δεν θα έπρεπε να διαφέρει σημαντικά από την αθροιστική παροχτευτικότητα των καταβοθρών στις οποίες βασίζονταν το αποστραγγιστικό σύστημα των Μινύων.

Ο Καμπάνης ισχυρίστηκε ότι η παροχτευτικότητα της σήραγγας του Κεφαλαρίου, εάν είχε ολοκληρωθεί, θα έφτανε τα 6-8 m³/s, κάτι το οποίο αποδείχθηκε λογικό και μέσω της διερεύνησης που έγινε χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Manning (και η οποία επίσης παρατίθεται στο εδάφιο 6.3.3). Για τις ανάγκες της εργασίας, λοιπόν, η αθροιστική παροχτευτικότητα των καταβοθρών του βορειοανατολικού μυχού της Κωπαΐδας θεωρείται ίση με 7 m³/s. Το νούμερο αυτό ισοδυναμεί με 18 hm³/μήνα περίπου.

5.6 Καμπύλη Στάθμης – Επιφάνειας της Λίμνης

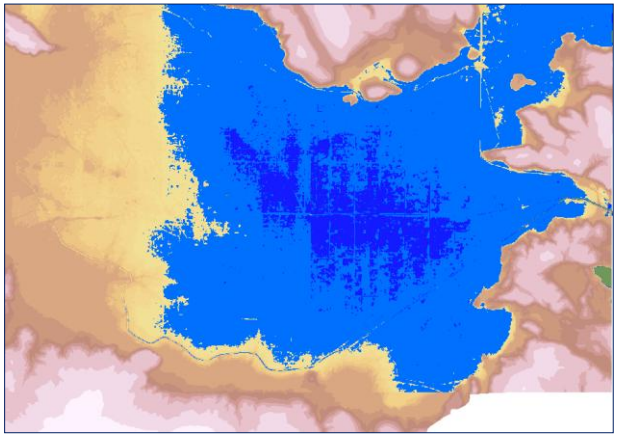
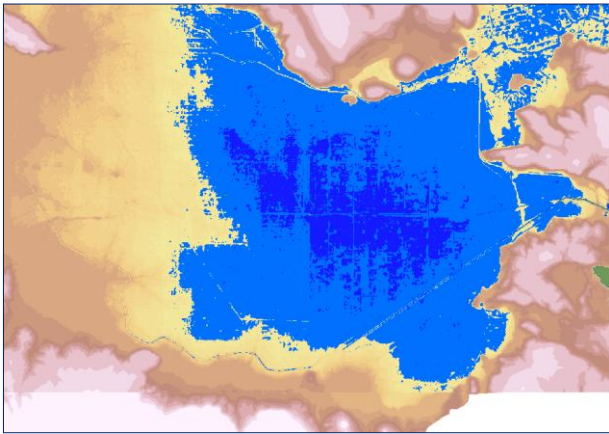
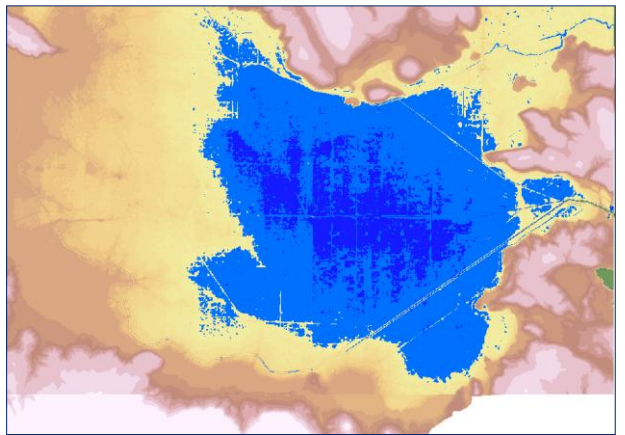
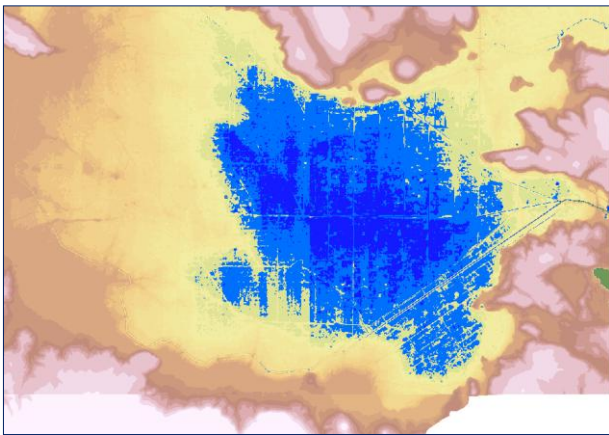
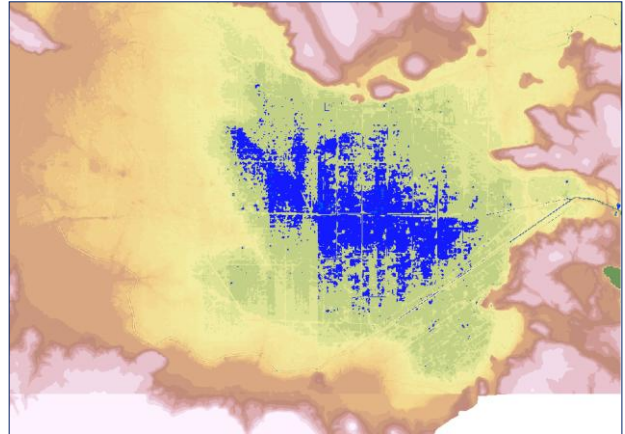
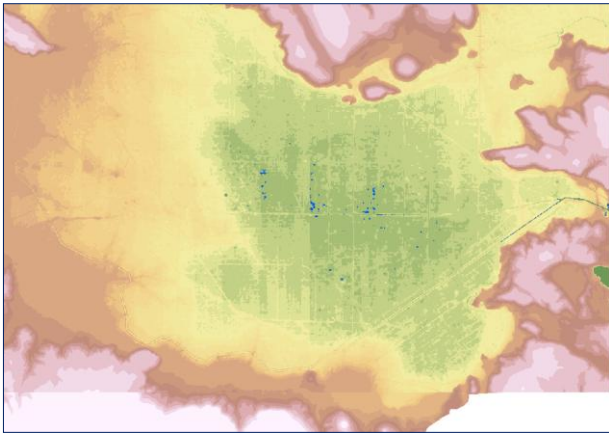
Προκειμένου να διερευνηθεί η σχέση που συνδέει τη στάθμη ύδατος στην πρώην λίμνη Κωπαΐδα με την επιφάνειά της, χρησιμοποιήθηκε το «Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΓΣΠ) για την υδρολογία, τις χρήσεις και τα έργα αξιοποίησης νερού στη Στερεά Ελλάδα» που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της Γ φάσης του ερευνητικού έργου «Εκτίμηση και Διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας», το οποίο ανατέθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, σε ερευνητική ομάδα του τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του ΕΜΠ (Κουκουβίνος και Χριστοφίδης, 1999). Το εν λόγω ΓΣΠ χρησιμοποιεί κανονικοποιημένο (raster) ψηφιακό μοντέλο εδάφους, το οποίο δημιουργήθηκε με τη μέθοδο topogrid. Η περιοχή που απεικονίζει, προσομοιάζεται με κάναβο διάστασης στοιχειώδους επιφάνειας 200 x 200 m. Σε κάθε στοιχειώδη επιφάνεια αντιστοιχεί ένα υψόμετρο και με γραμμική παρεμβολή προκύπτει η υψομετρική αναπαράσταση του εδάφους.

Με επεξεργασία των δεδομένων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους του ΓΣΠ για τη λεκάνη της Κωπαΐδας σε υπολογιστικό φύλλο Excel, προέκυψε η καμπύλη στάθμης – επιφάνειας της ομώνυμης λίμνης που φαίνεται στο Σχήμα 5.13. Να σημειωθεί ότι βάσει του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, το χαμηλότερο σημείο του εδάφους στην Κωπαΐδα βρίσκεται στα +89 m και όχι στα +84 m, όπως αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 3.1. Το τελευταίο υψόμετρο αποτελεί εκτίμηση του Κωνσταντινίδη (Κωνσταντινίδης, 1984), του οποίου η μελέτη προφανώς είναι ακριβέστερη του μοντέλου του ΓΣΠ. Σε κάθε περίπτωση πάντως, θεωρούμε ότι το ΓΣΠ συνολικά παρέχει την απαιτούμενη, για την παρούσα εργασία, ακρίβεια.

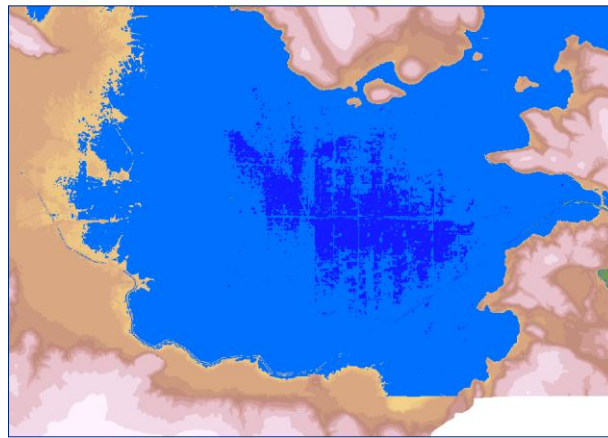
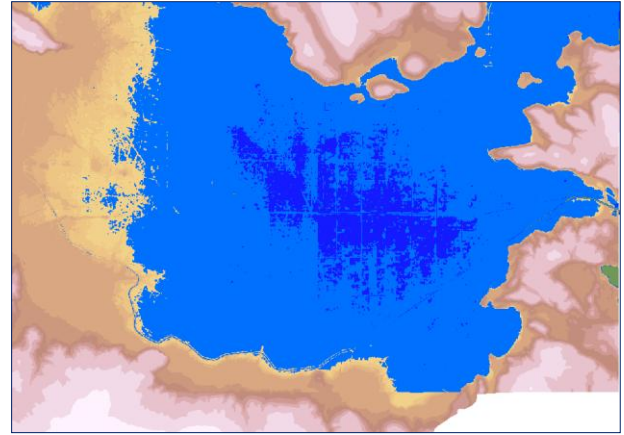
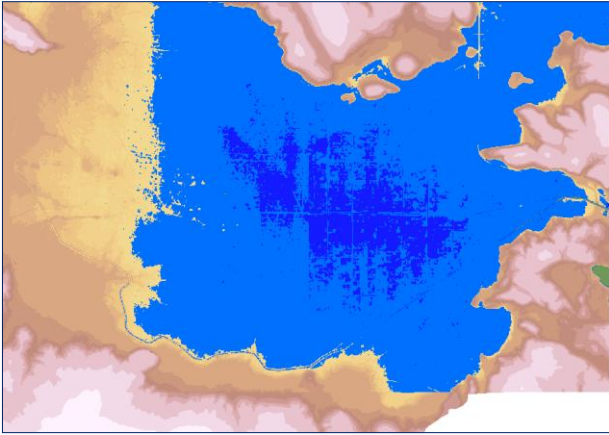


Σχήμα 5.13 Καμπύλη επιφάνειας λίμνης – στάθμης ύδατος για την λεκάνη της Κωπαΐδας.

Στα Σχήματα 5.14-5.22 παρουσιάζεται η επιφάνεια και η μορφή της λίμνης που δημιουργείται στην Κωπαΐδα για κάποιες χαρακτηριστικές στάθμες ύδατος.



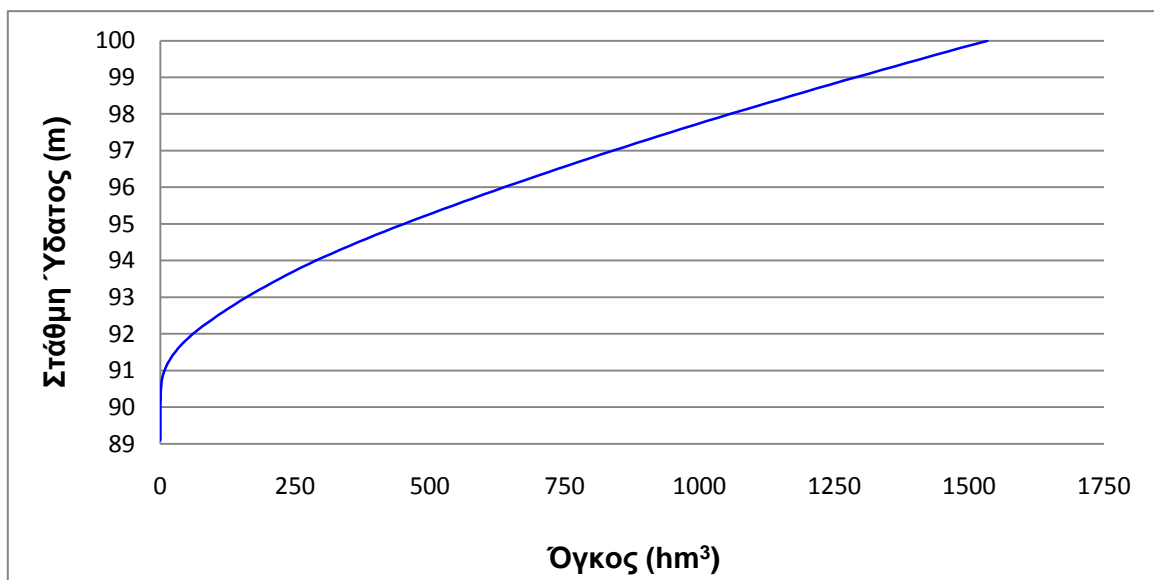
Σχήματα 5.14-5.19 Η λίμνη της Κοπαΐδας για στάθμη ύδατος από +90 έως +95 m.



Σχήματα 5.20-5.22 Η λίμνη της Κωπαΐδας για στάθμη ύδατος από +96 έως +98 m.

5.7 Καμπύλη Στάθμης – Όγκου της Λίμνης

Η σχέση στάθμης ύδατος – όγκου ύδατος για τη λεκάνη της Κωπαΐδας βρέθηκε, όπως και η αντίστοιχη σχέση στάθμης – επιφάνειας, με επεξεργασία (σε φύλλο του Excel) των δεδομένων που μας παρέχονται μέσω του ψηφιακού μοντέλου εδάφους του ΓΣΠ που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου «Εκτίμηση και Διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας». Η γραφική αναπαράσταση της εν λόγω σχέσης παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.23.



Σχήμα 5.23 Καμπύλη όγκου λίμνης – στάθμης ύδατος για την λεκάνη της Κωπαΐδας.

6. Τα Αρχαία Έργα Αποξήρανσης της Κωπαΐδας

6.1 Γενικά Στοιχεία

Την 2^η π.Χ. χιλιετία, τον ευρύτερο χώρο γύρω από τη λίμνη Κωπαΐδα καταλαμβάνει το μυκηναϊκό φύλλο Μινύες. Οι Μινύες αντιμετώπιζαν το ίδιο ακριβώς πρόβλημα με τους γεωργούς της Βοιωτίας πριν το 1931, όταν και αποξηράνθηκε οριστικά η λίμνη από το νέο ελληνικό κράτος. Αδυνατούσαν να καλλιεργήσουν την εύφορη πεδιάδα της Κωπαΐδας διότι η στάθμη της λίμνης αυξομειώνονταν πάρα πολύ έντονα σε ετήσια και υπερετήσια βάση. Η κυριότερη υδρολογική συνιστώσα του προβλήματος ήταν, όπως και στη σύγχρονη εποχή, ο Βοιωτικός Κηφισός. Όταν αυτός πλημμύριζε η παροχή του αυξάνονταν ραγδαία και τα νερά του, που έτσι και αλλιώς χύνονταν στην πεδιάδα, μετέτρεπαν το μέρος σε εκτεταμένη λίμνη.

Οι Μινύες, αντιλαμβανόμενοι τα τεράστια οφέλη που θα είχε για αυτούς η καλλιέργεια της Κωπαΐδας, αποφάσισαν να διεκδικήσουν γη από τη λίμνη για τις καλλιέργειές τους. Πραγματοποίησαν, έτσι, μία σειρά από έργα για να την αποστραγγίσουν. Εξέτρεψαν τα νερά του Β. Κηφισού στη φυσική κοίτη του Μέλανα ποταμού, στα βόρεια της λεκάνης και μέσω αναχωμάτων οδηγούσαν το σύνολο των υδάτων στα βορειοανατολικά της Κωπαΐδας. Εκεί υπήρχαν φυσικές καταβόθρες, σχηματισμένες σε ασβεστολιθικά πετρώματα, από τις οποίες τα νερά κατέληγαν στον Ευβοϊκό Κόλπο. Έτσι, το τμήμα της λεκάνης βόρεια του αναχώματος πλημμύριζε και το νότιο τμήμα ήταν, σε μεγάλο βαθμό, διαθέσιμο για καλλιέργεια αφού ναι μεν εξακολουθούσε να σχηματίζεται λίμνη (λόγω των ρεμάτων που κατέρχονταν από τους ορεινούς όγκους στα δυτικά και νότια της Κωπαΐδας), αλλά ήταν αρκετά περιορισμένη συγκριτικά με την προηγούμενη κατάσταση.

6.2 Οι Μινύες

6.2.1 Καταγωγή

Οι Μινύες ήταν, όπως σημειώνεται παραπάνω, μυκηναϊκό φύλλο που κατοίκησε τις περιοχές γύρω από τη λίμνη Κωπαΐδα στη Βοιωτία και είχαν ως έδρα τον Ορχομενό. Η καταγωγή τους δεν έχει διευκρινιστεί. Μια αρκετά διαδεδομένη άποψη είναι ότι κατέβηκαν από τη Θεσσαλία. Μάλιστα, ο Απολλώνιος ο Ρόδιος, συγγραφέας των Αργοναυτικών, αναφέρει ότι η κατοικία τους στη Θεσσαλία ήταν η Ιωλκός («την γαρ Ιωλκόν Μινύαι ώκουν, ώς φησι Σιμωνίδης εν Συμμίκτοις»).

Ο Χ. Λάζος, στο βιβλίο του «Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα», υποστηρίζει ότι οι Μινύες κατάγονταν από την αρχαία Κολχίδα. Αντίθετα, ο αρχαιολόγος Θεόδωρος Σπυρόπουλος θεωρεί τους Μινύες άποικους από την ανατολική Μεσόγειο ή την Αίγυπτο (Λάζος, 1993).

6.2.2 Ακμή

Όπως η καταγωγή τους, έτσι και το ακριβές διάστημα που ήκμασαν οι Μινύες δεν είναι γνωστό. Η επικρατούσα άποψη είναι ότι ο πολιτισμός τους αναπτύχθηκε σημαντικά την περίοδο 2000-1200 π.Χ., με το απόγειό του να σημειώνεται το 14 π.Χ. αιώνα.

Είναι πάντως ευρέως αποδεκτό, ότι οι Μινύες γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη. Από τις ανασκαφές και τις έρευνες που έχουν γίνει, προκύπτει εύκολα το συμπέρασμα ότι υπήρξαν έθνος δραστήριο, που ανέπτυξε εμπορικές σχέσεις με άλλα ελληνικά φύλα, με συνέπεια να αποκτήσουν μεγάλο πλούτο και δύναμη. Παρόλα αυτά, στο επίκεντρο της προσοχής τους ήταν πρωτίστως να εξασφαλίσουν την κυριαρχία τους στους τεράστιους φυσικούς πόρους της περιοχής όπου ζούσαν και δευτερευόντως η ανάπτυξη εμπορικών σχέσεων δια της θάλασσας (Κουντούρη κ.α., 2012). Διέθεταν ιδιαίτερα αξιόλογες γνώσεις υδραυλικής, όπως αποδεικνύεται από τα πεπραγμένα τους όσον αφορά την αποξήρανση της Κωπαΐδας, αλλά

και ναυσιπλοΐας, κάτι που διευκόλυνε, μεταξύ άλλων, τις συναλλαγές τους με άλλους πολιτισμούς. Αφού αποξήραναν την Κωπαΐδα, ανέπτυξαν εκτεταμένες καλλιέργειες στον πεδιάδα και σε συνδυασμό με το εμπορική τους δραστηριότητα, έγιναν πολύ εύποροι.

6.2.3 Αναφορές σε αρχαία κείμενα

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι αναφορές αρχαίων συγγραφέων και ιστορικών στον εν λόγω πολιτισμό, μιας και αποτελούν σημαντικές ενδείξεις της ισχύος του. Ακολουθούν λίγες από αυτές :

- ⇒ Στην Ιλιάδα του Ομήρου αναφέρεται ότι οι Μινύες συμμετείχαν στην εκστρατεία της Τροίας με στόλο που αριθμούσε 30 πλοία (Ραψωδία Β΄, στίχος 516).
- ⇒ Επίσης στην Ιλιάδα, στη Ραψωδία Γ΄ (στίχοι 380-384), όταν ο Αγαμέμνονας στέλνει δώρα στον Αχιλλέα για να τον εξευμενίσει μετά την αψιμαχία τους για τη Βρισηίδα, ο Αχιλλέας αποκρίνεται (σε ελεύθερη μετάφραση): «Ακόμα και όσα πλούτη συρρέουν στον Ορχομενό και την αιγυπτιακή Θήβα να μου έστελνε, που χώρα πλούσια σαν αυτές άλλη δεν υπάρχει, πάλι δεν θα μαλάκωνε την καρδιά μου», ενώ στη Ραψωδία Ε΄ (στίχοι 709-710), αναφέρεται ότι οι κάτοικοι των περιοχών γύρω από την Κωπαΐδα απολάμβαναν την αφθονία της γης.
- ⇒ Ο Στράβωνας στη Γεωγραφία του (9.2.40) γράφει: *«λέγουσι δὲ τὸ χωρίον, ὅπερ ἡ λίμνη κατέχει νῦν ἢ Κωπαΐς, ἀνεψῦχθαι πρότερον καὶ γεωργεῖσθαι παντοδαπῶς ὑπὸ τοῖς Ὀρχομενίοις ὃν πλησίον οἰκοῦσι· καὶ τοῦτ' οὖν τεκμήριον τοῦ πλούτου τιθέασι»*. Σε ελεύθερη μετάφραση: «Λέγεται ότι η περιοχή που σήμερα καταλαμβάνεται από τη λίμνη Κωπαΐδα, ήταν έκταση η οποία καλλιεργούταν με όλους τους δυνατούς τρόπους από τους κατοίκους του Ορχομενού, που ζούσαν κοντά. Το γεγονός αυτό αποτελεί τεκμήριο του πλούτου τους».

6.2.4 Πολιτισμική κληρονομιά - Μνημεία

Εκτός των, τεράστιων για την εποχή, έργων αποξήρανσης της Κωπαΐδας, οι Μινύες μας κληροδότησαν και άλλα σημαντικά μνημεία της ανάπτυξης του πολιτισμού τους. Δύο πολύ σημαντικά είναι η ακρόπολη τους στο λόφο του Γλα και ο θολωτός τάφος του Μινύα στον Ορχομενό.

⇒ Η ακρόπολη του Γλα

Η ακρόπολη των Μινύων κτίστηκε στο λόφο του Γλα (Εικόνα 6.1) ο οποίος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, βρίσκεται στο ΒΑ μυχό του λεκανοπεδίου της Κωπαΐδας, κοντά στο σημείο που τα αποστραγγιστικά αναχώματα των μυκηναϊκών χρόνων συνέκλιναν προς καταβόθρες. Δημιουργήθηκε πιθανότατα στις αρχές του 13^{ου} π.Χ. αιώνα και περικλείονταν από κυκλώπεια τείχη, μήκους σχεδόν 3 km και πάχους 5-5,50 m.



Εικόνα 6.1 Ο λόφος του Γλα. Πηγή: <http://www.akraifnia-polis.gr/Gla.html>

Το τείχος διακόπτεται από τρεις κανονικές πύλες, τη δυτική, τη βόρεια και τη νότια και μία διπλή, τη νοτιοανατολική. Υπερυψωμένοι δρόμοι (ενισχυμένοι με πλευρικά λίθινα αναλήμματα) αποτελούσαν τους δίαυλους επικοινωνίας της ακρόπολης με την πεδιάδα και τα αναχώματα που κατασκεύασαν οι Μινύες για να αποστραγγίσουν την Κωπαΐδα. Ο τελευταίος από αυτούς τους δρόμους, που οδηγούσε στη νοτιοανατολική γωνία της οχυρώσεως κοντά στη νοτιοανατολική πύλη, καταστράφηκε το 1958 από την Εταιρεία της Κωπαΐδας (Ιστοχώρος Εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας). Εντός των τειχών υπήρχαν οι κατοικίες των αξιωματούχων και οι σιταποθήκες. Οι εγκαταστάσεις της ακρόπολης (τα Κυκλώπεια τείχη, οι κατοικίες και οι σιταποθήκες) χτίστηκαν την ίδια εποχή και δεν είναι απίθανο το όλο συγκρότημα να αποτελούσε μέρος ενός σχεδίου για την επίβλεψη των αποστραγγιστικών έργων και τη συλλογή και αποθήκευση της συγκομιδής των καλλιεργειών της Κωπαΐδας. Οι εγκαταστάσεις αυτές καταστράφηκαν πιθανότατα στα τέλη του 13^{ου} π.Χ. αιώνα (Κουντούρη κ.α., 2012).

Το αρχαίο όνομά της Ακρόπολης δεν μας είναι γνωστό, γι' αυτό και σήμερα χρησιμοποιείται το νεότερό του όνομα Γλας, πιθανώς παραφθορά της αρβανίτικης λέξης Κουλά, που σημαίνει κάστρο.

⇒ Ο τάφος του Μινύα

Ο μυκηναϊκός θολωτός τάφος, γνωστός ως «τάφος του Μινύα», του μυθικού βασιλιά του Ορχομενού, είναι ένα από τα μεγαλύτερα και σημαντικότερα μνημεία του είδους του (Εικόνα 6.2). Βρίσκεται κοντά στα ερείπια του προϊστορικού οικισμού που αναπτύχθηκε στον Ορχομενό και κοντά στο μεταγενέστερο θέατρο της πόλης. Κατασκευάστηκε το 1250 π.Χ. και σε αυτόν πρέπει να είχαν ταφεί μέλη της βασιλικής οικογένειας του μυκηναϊκού οικισμού, όμως όλα τα πολύτιμα κτερίσματα των νεκρών αφαιρέθηκαν από τυμβωρύχους ήδη κατά την αρχαιότητα. Το μνημείο ήταν ορατό και φημισμένο για πολλούς αιώνες μετά την αρχική του χρήση και φαίνεται ότι χρησιμοποιήθηκε ως τόπος λατρείας κατά τους ελληνιστικούς χρόνους. Πρέπει να αποτελούσε αξιοθέατο της περιοχής τουλάχιστον μέχρι και το 2ο αιώνα μ.Χ., όταν επισκέφθηκε τον Ορχομενό ο περιηγητής Παυσανίας, ο οποίος έγραψε (9.38.2-3): « [...] Οι Έλληνες είναι, φαίνεται, δεινοί να λογαριάζουν περισσότερο τα αξιοθαύμαστα που υπάρχουν έξω από τη χώρα τους κι όχι του τόπου τους, έτσι διακεκριμένοι

συγγραφείς περιέγραψαν λεπτομερέστατα τις πυραμίδες των Αιγυπτίων [...] ενώ δεν έκαναν τον παραμικρό λόγο για το θησαυρό του Μινύα και για τα τείχη της Τίρυνθας που είναι εξίσου αξιοθαύμαστα.»



Εικόνα 6.2 Ο τάφος του Μινύα.

6.2.5 Αιτίες παρακμής: μύθος και πραγματικότητα

Τρεις κυρίως εξηγήσεις έχουν προταθεί για την παρακμή των Μινύων και γενικότερα του μυκηναϊκού πολιτισμού: η φυσική καταστροφή, η εξωτερική εισβολή και οι εσωτερικές διαμάχες. Το πιθανότερο είναι η καταστροφή του μινυακού πολιτισμού να είναι αποτέλεσμα ενός συνδυασμού των παραπάνω. Η κάθοδος των Βοιωτών στην περιοχή φαίνεται να έπαιξε σημαντικό ρόλο ενώ ισχυροί σεισμοί συνέβαλαν στην καταστροφή των αποστραγγιστικών

έργων της Κωπαΐδας κυρίως φράζοντας τις καταβόθρες, οι οποίες αποτελούσαν τους «αγωγούς απαγωγής» των υδάτων της λεκάνης. Έτσι σταδιακά η περιοχή πλημμύρισε πάλι και ξανασχηματίστηκε η λίμνη.

Σύμφωνα με το μύθο, υπεύθυνος για το τέλος της κυριαρχίας των Μινύων στην περιοχή γύρω από τη λεκάνη της Κωπαΐδας ήταν ο Ηρακλής. Ο αρχαίος ήρωας φέρεται να έφραξε με ένα πελώριο βράχο την σημαντικότερη καταβόθρα που εξυπηρετούσε την αποξήρανση της λίμνης, με αποτέλεσμα αυτή να πλημμυρίσει ξανά και οι Μινύες να χάσουν το πιο εύφορο κομμάτι της γης τους. Το κίνητρό του, βάσει της μυθολογίας πάντα, ήταν να απελευθερώσει τους φόρου υποτελείς Θηβαίους. Λόγω της παραπάνω ιστορίας, η καταβόθρα με το μεγαλύτερο άνοιγμα, η οποία βρίσκεται δίπλα στον οικισμό Άγιος Ιωάννης (πρώην Νέο Κόκκινο) στα βορειοανατολικά της λεκάνης, λέγεται (εκτός από «Μεγάλη Καταβόθρα») και «Καταβόθρα του Ηρακλή».

6.3 Περιγραφή των Έργων

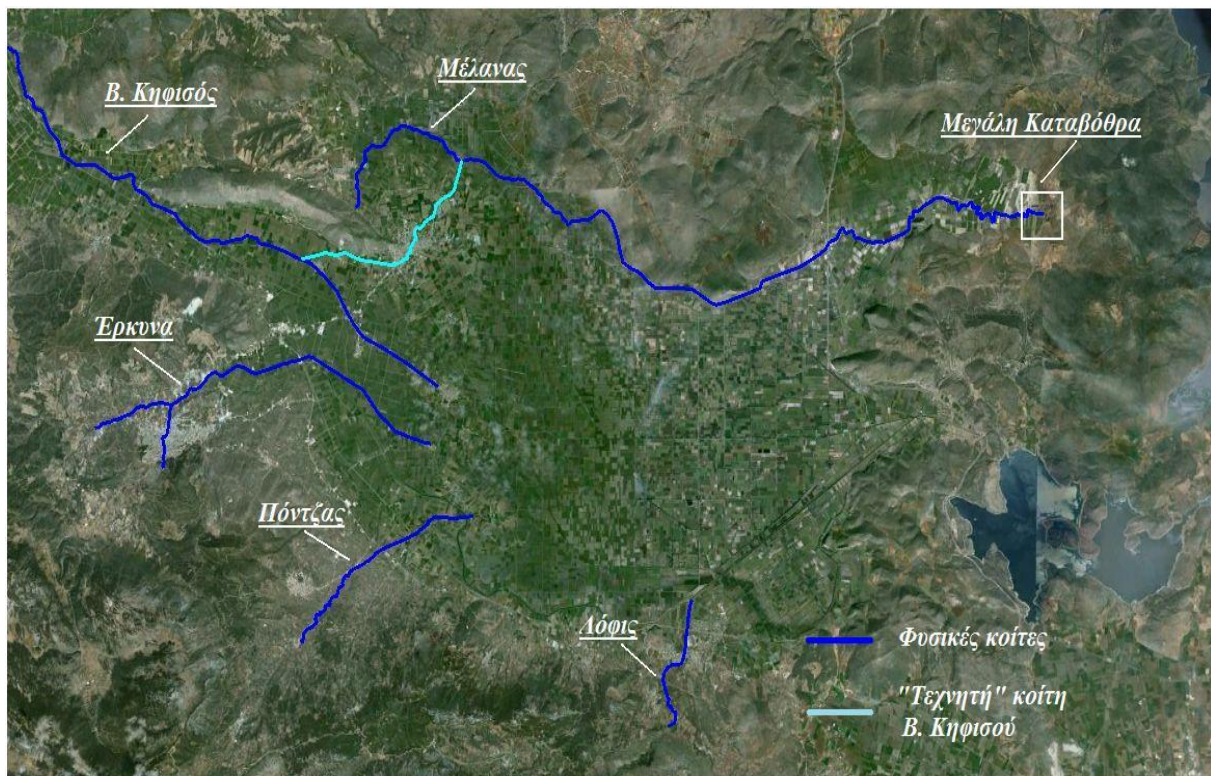
Τα περισσότερα έργα του αρχαίου συστήματος αποστράγγισης της Κωπαΐδας έρχονται στην επιφάνεια από το 1892 και μετά. Τον καιρό εκείνο μηχανικοί που δούλευαν για την εταιρεία «Lake Copais Company Limited», η οποία είχε αναλάβει να αποξηράνει τη λίμνη για το νέο ελληνικό κράτος, έρχονται αντιμέτωποι με τα πρώτα ευρήματα. Ανάμεσα τους ήταν και ο Έλληνας μηχανικός Καμπάνης, ο οποίος δημοσίευσε και μία από τις πρώτες σχετικές μελέτες. Παρακάτω περιγράφονται τα αρχαία τεχνικά έργα αποξήρανσης της Κωπαΐδας που, βάσει των αρχαιολογικών ευρημάτων, συμπεραίνουμε πως πραγματοποιήθηκαν.

6.3.1 Εκτροπή τμήματος του Β. Κηφισού στη φυσική κοίτη του Μέλανα

Ο Μέλανας ποταμός πηγάζει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, στα βορειοδυτικά της λεκάνης (πηγές των Χαρίτων, στο όρος Ακόντιο) και διαρρέοντας το βόρειο τμήμα της καταλήγει στα βορειοανατολικά αυτής. Εκεί τα νερά του απορροφούνταν από τις φυσικές καταβόθρες. Οι

Μινύες αποφάσισαν να κατευθύνουν το μεγαλύτερο μέρος του Β. Κηφισού στις εν λόγω καταβόθρες, ώστε να λειτουργήσουν εκείνες σαν αγωγοί απαγωγής, όπως συνέβαινε και με τα νερά του Μέλανα. Το πρώτο μέρος του σχεδίου τους ήταν, λοιπόν, η εκτροπή του μεγαλύτερου μέρους του Κηφισού στη φυσική κοίτη του Μέλανα.

Αυτό συνέβη κοντά στη σημερινή κοινότητα Ρωμαίικο, νότια του Ορχομενού (περίπου 2,5 km). Στο σημείο εκείνο ο Κηφισός ήταν χωρισμένος σε δύο κλάδους (Σχήμα 6.1). Οι Μινύες εξέτρεψαν τον ένα από άλλες δύο κλάδους άλλες τα βόρεια (όπου βρίσκεται η κοίτη του Μέλανα) και άφησαν τον άλλο να ακολουθήσει τη φυσική του διαδρομή άλλες τα ανατολικά άλλες λεκάνης (Κουντούρη κ.α., 2012). Η εκτροπή επιτεύχθηκε με τη βοήθεια αναχώματος. Το ανάχωμα στην εν λόγω θέση δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα. Παρόλα αυτά η μορφή του, οι διαστάσεις του, τα υλικά και η τεχνική κατασκευής του πιθανότατα δεν διέφεραν από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των αναχωμάτων που έχουν βρεθεί σε άλλες θέσεις και τα οποία περιγράφονται παρακάτω.



Σχήμα 6.1 Η εκτροπή του Β. Κηφισού από τους Μινύες.

6.3.2 Αντιπλημμυρικά έργα

Ο Β. Κηφισός συνέβαλε στην κοίτη του Μέλανα πιθανότατα πολύ κοντά στο σημείο όπου σήμερα, μετά τα νέα έργα αποξήρανσης, συμβάλει στον Μέλανα ένα πολύ μικρό μόνο τμήμα του Β. Κηφισού. Το σημείο αυτό βρίσκεται περίπου 3 km βόρεια του Ορχομενού και φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Από τη θέση αυτή και μετά, τα δύο ποτάμια συνέχιζαν ενωμένα την πορεία προς τα βορειοανατολικά και τις καταβόθρες. Προκειμένου να μην πλημμυρίζει η πεδιάδα από τις αθροισμένες παροχές του Κηφισού και του Μέλανα, οι Μινύες κατασκεύασαν έναν ισχυρό τοίχο από αναχώματα που βρίσκονταν νότια της κοίτης των δύο ποταμών και όδευε από τα δυτικά στα ανατολικά, κινούμενος ουσιαστικά παράλληλα σε αυτή. Το έργο αυτό αποτελούσε ουσιαστικά το σύνορο των περιοχών που πλημμυρίζαν και αυτών που μπορούσαν να καλλιεργηθούν.

⇒ Τεχνική περιγραφή

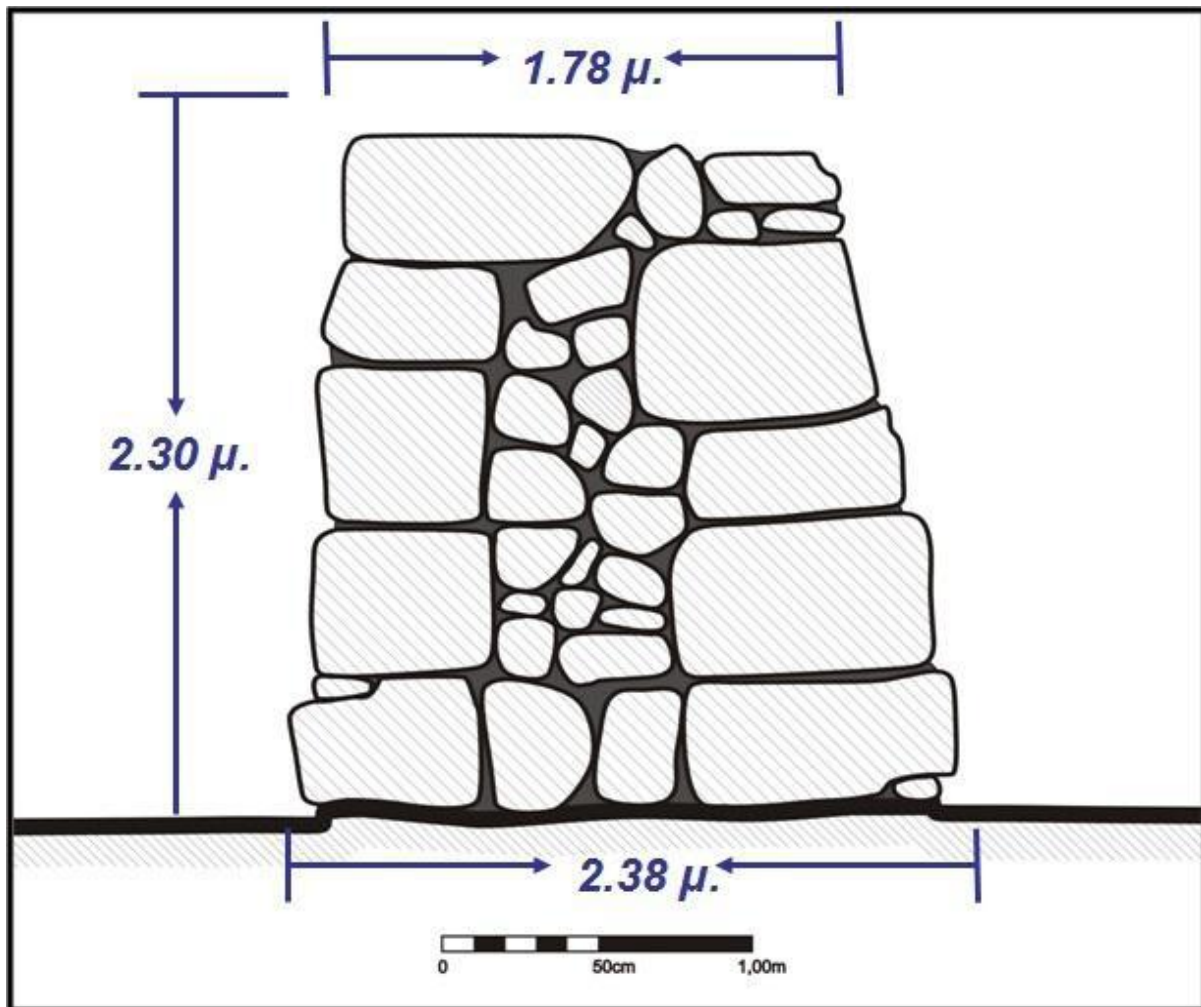
Ακολουθεί τεχνική περιγραφή των αντιπλημμυρικών έργων των Μινύων βάσει των αποτελεσμάτων της προκαταρκτικής μελέτης της νέας επιφανειακής, γεωφυσικής και ανασκαφικής έρευνας που δημοσιεύθηκε το 2012 σχετικά με τα μυκηναϊκά έργα αποξήρανσης της Κωπαΐδας. Η εν λόγω έρευνα πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία του Υπουργείου Τουρισμού και Πολιτισμού, του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Γεωγραφικού Ινστιτούτου του Πανεπιστημίου του Μάντις. Αναφέρονται τα εξής (Κουντούρη κ.α., 2012):

- Εξωτερικά, το ανάχωμα ενισχύεται με κυκλώπειους τοίχους αντιστήριξης (Εικόνα 6.3). Οι τοίχοι αυτοί αυξάνουν την αντοχή στις υδατικές πιέσεις, αλλά κυρίως αποτρέπουν, σε μεγάλο βαθμό, τη διάβρωση του.



Εικόνα 6.3 Όψη του τοίχου αντιστήριξης του ανεσκαμμένου αναχώματος στη θέση «Άντερας» (περί τα 6 km ανατολικά του Ορχομενού).

- Η καλή κατασκευή των τοίχων αντιστήριξης, τους επιτρέπει να διατηρούν μέχρι και σήμερα σε αρκετά σημεία ύψος γύρω στα 2,30 m, ενώ από τις πέτρες που βρέθηκαν γύρω από τα έργα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το αρχικό τους ύψος ήταν περίπου 3,0 m. Το πλάτος των τοίχων αντιστήριξης μεταβάλλονταν ανάλογα με τη γεωμορφολογία της γύρω περιοχής και το πόσο κοντά βρίσκονται στα πρανή της λεκάνης και τις καταβόθρες. Στη θέση «Άντερας» το συνολικό πλάτος του αναχώματος και των δύο τοίχων αντιστήριξης που το προστατεύουν είναι περίπου 30 m.
- Η εξωτερική πλευρά των τοίχων κατασκευάστηκε με κλίση, με τις πέτρες των χαμηλότερων στρώσεων να προεξέχουν σε σχέση με αυτές των υψηλότερων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.2. Αντίθετα, η εσωτερική πλευρά δομήθηκε κατακόρυφη.



Σχήμα 6.2 Τομή τοίχου αντιστήριξης του αναχώματος. Πηγή: Κουντούρη κ.α., 2012.

- Για τη δημιουργία των τοίχων ογκώδεις βράχοι τοποθετήθηκαν εξωτερικά, σε στρώσεις σχετικά ομοιόμορφες ως προς το ύψος τους, ενώ μικρότερα κομμάτια πέτρας χρησιμοποιήθηκαν εσωτερικά. Ως γέμισμα του πυρήνα των τοίχων, χρησιμοποιήθηκε κιτρινωπή άργιλος. Η άργιλος αυτή υπήρχε σε επαρκείς ποσότητες στον πυθμένα της λίμνης Κωπαΐδας καθώς ήταν ένα από τα υλικά που μετέφεραν τα ύδατα που την κατέκλυζαν (φερτά υλικά) και χαρακτηρίζεται για την υψηλή της πλαστιμότητα και τις υδρομονωτικές τις ιδιότητες.
- Η διαδικασία δόμησης του τοίχου αντιστήριξης ήταν η ακόλουθη: Αρχικά, οι Μινύες έσκαβαν ένα χαντάκι θεμελίωσης, λίγο πλατύτερο από τον τοίχο. Αυτό γεμίζονταν με ένα παχύ στρώμα αργίλου όπου βυθίζονταν μικρές πέτρες. Η εν λόγω υποδομή ήταν, λόγω της αργίλου, αδιάβροχη. Πάνω σε αυτή τοποθετούνταν οι πέτρες των πρώτων

στρώσεων, με άργιλο να τις ξεχωρίζει (αρμοί) και πάνω από τις στρώσεις αυτές δομούνται ο υπόλοιπος τοίχος.

- Δεν δόθηκε καμία προσοχή στην αισθητική της εσωτερικής πλευράς των τοίχων. Οι βράχοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι, επί της ουσίας, απελέκητοι με αποτέλεσμα αρκετοί από αυτούς να προεξέχουν. Τα κενά που δημιουργούνται μεταξύ τους, λόγω της άστατης τοποθέτησής τους, γεμίζουν με μικρές έως μετρίου μεγέθους πέτρες και άργιλο.
- Το ανάχωμα των Μινύων, από το σημείο που ξεκινάει (λίγο ανατολικά του Ορχομενού) και για ορισμένη απόσταση (περί τα 6,0 km) προστατεύεται μόνο από έναν αναλημματικό τοίχο (με τον τοίχο που «βλέπει» το καλλιεργούμενο μέρος της λεκάνης να παραλείπεται), ενώ από εκεί και έπειτα κατά τμήματα προστατεύεται από τοίχους εκατέρωθεν. Οι λόγοι που οδήγησαν τους Μινύες στην διαφοροποίηση αυτή όσον αφορά την κατασκευαστική τεχνική θα μπορούσαν να αρκετοί. Ένα ενδεχόμενο είναι η εν λόγω μεταστροφή να σημειώθηκε ούτως ώστε να γίνει η κατασκευή πιο ανθεκτική καθότι, προσεγγίζοντας η χάραξη του αναχώματος τα πρηνή, οι διατομές γίνονται όλο και στενότερες με αποτέλεσμα αυξημένες υδατικές πιέσεις. Ακόμα είναι πιθανό, εκτιμώντας οι Μινύες ότι ο δεύτερος αναλημματικός τοίχος δεν είναι απαραίτητος, να προσπάθησαν να μειώσουν τα κατασκευαστικό κόστος.

⇒ Πορεία αναχωμάτων

Οι ανασκαφικές έρευνες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα έχουν φέρει στο φως αρκετές θέσεις από τις οποίες περνούσε το ανάχωμα των Μινύων. Ακόμα, μέσω αεροφωτογραφιών (Υπηρεσία Θέασης Ορθοφωτογραφιών του Κτηματολογίου, Α/Φ έτους 1945 κλίμακας 1:42.000 της ΓΥΣ, Α/Φ έτους 1960 κλίμακας 1:15.000 της ΓΥΣ) αλλά και δορυφορικών χαρτών της Κωπαΐδας (Google Earth), μπορούμε να διακρίνουμε, αρκετά καθαρά σε ορισμένες περιπτώσεις, το ίχνος του αναχώματος στο έδαφος. Αυτό συμβαίνει διότι, αν και έχουν περάσει πάνω από 3.000 χρόνια από την κατασκευή του, το ανάχωμα βρίσκεται σε αρκετά καλή κατάσταση με αποτέλεσμα να διατηρεί σε αρκετά σημεία ύψος άνω των 2 m, τη στιγμή που η Κωπαΐδα είναι μία αρκετά ομαλή πεδιάδα χωρίς ιδιαίτερα απότομες μορφολογικές μεταβολές. Παράλληλα, το πλάτος του σε αρκετές περιπτώσεις ξεπερνάει τα

10 m. Η αντίθεση, λοιπόν, που δημιουργείται ανάμεσα στα πεδινό ανάγλυφο και το ογκώδες ανάχωμα, είναι έντονη.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, δεν είναι ανέφικτη μία προσεγγιστική εκτίμηση της θέσης του αναχώματος των Μινύων (Σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.3 Σενάριο για την πορεία των μινυακών αναχωμάτων.

Βάσει του τελευταίου σεναρίου, προκύπτει συνολικό μήκος των αναχωμάτων περί τα 22 km. Τονίζεται, πάντως, ότι οι θέσεις του αναχώματος που έχουν επαληθευτεί μέχρι σήμερα από το λόφο Τουρλογιάννη έως τις καταβόθρες στα ανατολικά είναι λίγες με αποτέλεσμα η παραπάνω εκτίμηση να καθίσταται, στην εν λόγω περιοχή, σχετικά επισφαλής.

Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί η τοπική καμπύλωση που παρουσιάζεται στην πορεία των αναχωμάτων μετά τα πρώτα 2,5 km. Στη θέση αυτή (Σχήμα 6.4), χωρίς φαινομενικά να υφίσταται κάποιος λόγος (π.χ. ιδιαιτερότητες του ανάγλυφου), σχηματίζεται από τα αναχώματα μία απότομη «κύρτωση».



Σχήμα 6.4 Τοπική καμπύλωση στην πορεία των αναχωμάτων.

Ίσως η εν λόγω διαμόρφωση να εξυπηρετούσε την δημιουργία ενός χώρου όπου θα μπορούσε να αποθηκεύεται νερό, προκειμένου να αξιοποιηθεί τις περισσότερες άνυδρες εποχές του χρόνου. Αν η κλίση του εδάφους ήταν κατάλληλη θα μπορούσε να αποθηκεύεται νερό σε ένα χώρο περί το $1,5 \text{ km}^2$. Δεδομένου ότι το ύψος των αναχωμάτων ήταν περί τα $3,0 \text{ m}$, στην παραπάνω θέση θα μπορούσαν να αποθηκεύονται περίπου $4,5 \text{ hm}^3$ νερό, δηλαδή ποσότητα αρκετά σημαντική. Ακόμα, είναι πολύ πιθανό στην παραπάνω θέση να βρίσκονταν ο υπερχειλιστής των έργων.

⇒ Παροχευτικότητα αντιπλημμυρικών έργων

Προκειμένου να υπολογίσουμε την παροχευτικότητα των αντιπλημμυρικών έργων (αναχώματα και αναλημματικοί τοίχοι), πρέπει να βρούμε τη θέση στην οποία η διατομή για τη διέλευση του νερού είναι η ελάχιστη. Θεωρώντας ότι το ύψος των έργων είναι παντού 3 m , η διατομή αυτή βρίσκεται στη θέση όπου τα έργα απέχουν το ελάχιστο από τα πρανή στα βόρεια. Βάσει του σεναρίου που αναπτύχθηκε παραπάνω για την πορεία των αναχωμάτων, αυτή η θέση βρίσκεται περί τα 10 km ανατολικά του Ορχομενού, όπου τα έργα απέχουν από

τα πρανή περίπου 25 m. Η κλίση του εδάφους κατά μήκος των έργων διατηρούνταν προσεγγιστικά ίση με 0,1% (Knauss, 2005). Εφαρμόζοντας την εξίσωση του Manning έχουμε:

$$Q = (1/n) A R^{(2/3)} J^{(1/2)} \quad (6.1)$$

- $n = 0,020$ (χοντρική θεώρηση)
- $A = 25 \times 3,0 = 75,0 \text{ m}^2$
- $P = 25 + 2 \times 3,0 = 31,0 \text{ m}$
- $R = (A / P) = (75,0 / 31,0) = 2,42 \text{ m}$
- $R^{(2/3)} = 2,42^{(2/3)} = 1,80$
- $J^{(1/2)} = (0,001)^{(1/2)} = 0,03$

Από την (6.1), λοιπόν, προκύπτει:

$$Q = (1 / 0,020) \times 75,0 \times 1,80 \times 0,03 = 202,5 \text{ m}^3/\text{s} \quad (6.2)$$

⇒ Χρονολόγηση

Όσον αφορά τη χρονολόγηση του αναχώματος και των τοίχων αντιστήριξης, έχουμε δύο σημαντικά στοιχεία. Το πρώτο είναι ένα νεκροταφείο που βρέθηκε κοντά στο σημερινό οικισμό Στροβίκι που οποίο τοποθετείται στη Μεσοελλαδική Περίοδο (2100-1550 π.Χ.) και το οποίο είναι χτισμένο σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό του χαντακιού θεμελίωσης των τοίχων. Συνεπώς, οι τοίχοι είναι μεταγενέστεροι του. Το δεύτερο στοιχείο είναι διάφορα κεραμικά σκεύη που βρέθηκαν σε ανέπαφα κομμάτια χώματος σε κάποια τμήματα των τοίχων και τα οποία χρονολογούνται στην Υστεροελλαδική Περίοδο ΙΙΒ (1300-1190 π.Χ.). Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι τα έργα κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν την εποχή εκείνη (Κουντούρη κ.α., 2012).

6.3.3 Η ανολοκλήρωτη σήραγγα του Κεφαλαρίου

⇒ Γενικά στοιχεία και τεχνική περιγραφή

Πρόκειται για μία τεχνητή σήραγγα, της οποίας η είσοδος βρίσκεται στη θέση Κεφαλάρι, στο βορειοανατολικό άκρο της Κωπαΐδας, περίπου 1,5 km βόρεια του οικισμού Άγιος Ιωάννης (Σχήμα 6.5). Από τη θέση εκείνη, η σήραγγα, ακολουθώντας τα χαμηλότερα σημεία του εδάφους (μισγάγγεια) κινείται προς τον κόλπο της Λάρυμνας. Αξίζει να σημειωθεί ότι την ίδια διαδρομή (προσεγγιστικά) ακολουθεί και ο σύγχρονος δρόμος που οδηγεί από τον Άγιο Ιωάννη στη Λάρυμνα ενώ, πιθανότατα, το ίδιο συνέβαινε και με τον αρχαίο δρόμο. Η έρευνα που έγινε για το εν λόγω τεχνικό έργο, έδειξε ότι η κατασκευή του δεν ολοκληρώθηκε.



Σχήμα 6.5 Η σήραγγα του Κεφαλαρίου.

Σημαντικές τεχνικές πληροφορίες για το έργο αντλούμε από τις μελέτες που δημοσίευσαν ο Καμπάνης και ο Κνάουζ (Κνάουζ, 1995). Η σήραγγα σχεδιάστηκε ως πολυγωνική γραμμή, με τις καμπύλες που προκύπτουν από την τοπογραφία της περιοχής να πραγματοποιούνται ως σύνθεση ευθύγραμμων τμημάτων. Προγραμματίστηκε να έχει μήκος λίγο παραπάνω από 2,2 km και συνεχή κλίση 1,15% περίπου. Στη πράξη μόνο το ένα πέμπτο (1/5) της σήραγγας ολοκληρώθηκε. Η διατομή της έχει 1,45 m πλάτος και 1,55 m ύψος. Όσον αφορά την παροχτευτικότητα της, ο Κνάουζ ισχυρίστηκε ότι θα έφτανε τα 10 m³/s ενώ ο Καμπάνης τα 6-8 m³/s. Χρησιμοποιούμε την εξίσωση του Manning για να διερευνήσουμε τα παραπάνω:

$$Q = (1/n) A R^{(2/3)} J^{(1/2)} \quad (6.3)$$

- $A = 1,45 \times 1,55 = 2,25 \text{ m}^2$
- $P = 1,45 + 2 \times 1,55 = 4,55 \text{ m}$
- $R = (A / P) = (2,25 / 4,55) = 0,49 \text{ m}$
- $R^{(2/3)} = 0,49^{(2/3)} = 0,62$
- $J^{(1/2)} = (1,15 / 100)^{(1/2)} = 0,11$

Από την (6.3), λοιπόν, προκύπτει:

$$Q = (1/n) 2,25 \times 0,62 \times 0,11 = 0,15 (1/n) \quad (6.4)$$

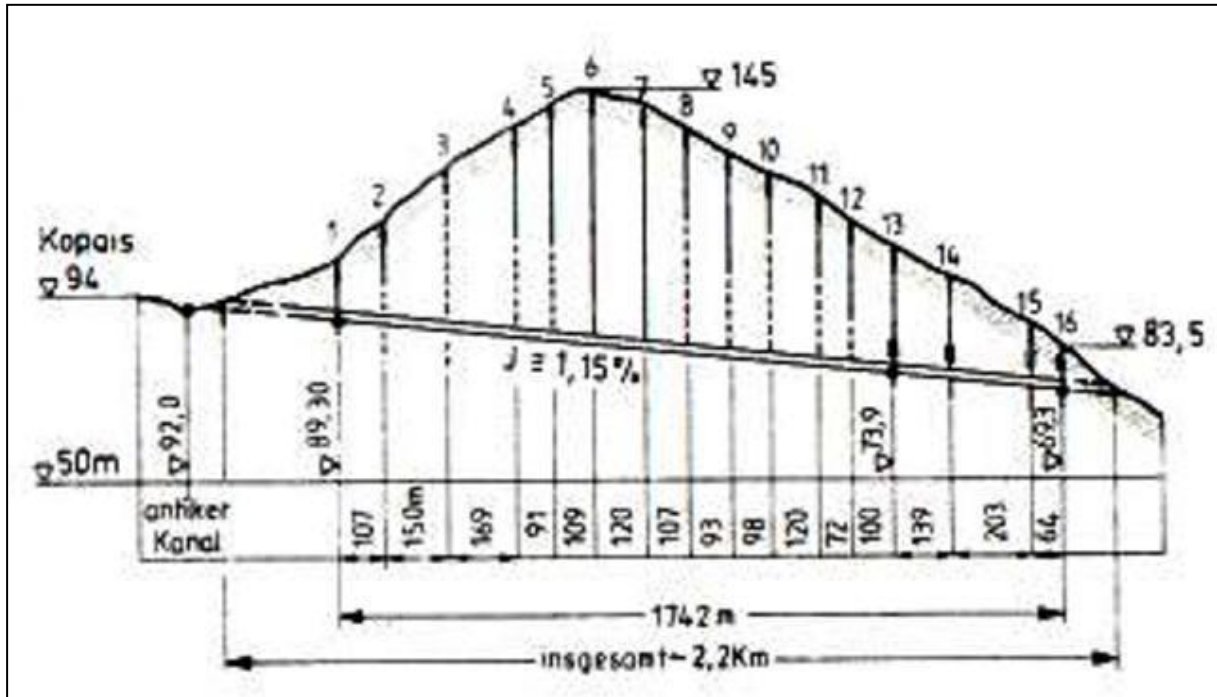
Επομένως:

- για να έχουμε $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ πρέπει να θεωρήσουμε $n = 0,015$.
- για να έχουμε $Q = 6-8 \text{ m}^3/\text{s}$ πρέπει να θεωρήσουμε $n = 0,025-0,019$.

Βλέπουμε ότι οι συντελεστές τραχύτητας που προέκυψαν είναι λογικοί, δεδομένου του ότι η σήραγγα είναι σκαμμένη σε πέτρα.

Για την κατασκευή της σήραγγας, αλλά και για τον έλεγχο και τη συντήρησή της, σκάφθηκαν 16 κατακόρυφα φρεάτια (Σχήμα 6.6). Τελικώς, και τα φρέατα έμειναν, σε μεγάλο βαθμό, ανολοκλήρωτα. Από το αρχικά προβλεπόμενο συνολικό βάθος τους (περίπου 650 m), σκάφτηκε λίγο πάνω από τα δύο τρίτα (2/3). Οι αποστάσεις μεταξύ δύο διαδοχικών φρεατίων ποικίλουν σημαντικά (64-169 m με μέση απόσταση 116 m) ενώ οι διατομές τους είναι τετραγωνικές με τις διαστάσεις τους να διαφέρουν από φρέαρ σε φρέαρ (κυμαίνονται από 1,5 x 1,5 έως 2,1 x 2,1 m²). Ταυτόχρονα, η διατομή κάθε φρεατίου μειώνεται με το βάθος. Να σημειωθεί ότι αν το έργο είχε γίνει πραγματικότητα, από τα 16 φρεάτια, 11 θα γίνονταν

βαθύτερα από 30 m, έξι βαθύτερα από 50 m και δύο βαθύτερα από 60 m. Σήμερα, αρκετά από τα φρεάτια έχουν καλυφθεί από τις επιχώσεις του παρακείμενου δρόμου.



Σχήμα 6.6 Η σήραγγα του Κεφαλαρίου και τα φρεάτια της, σχέδιο του Καμπάνη. Πηγή: Knauss, 1995.

⇒ Δημιουργοί της σήραγγας

Όσον αφορά τον πολιτισμό που επιχείρησε να κατασκευάσει τη σήραγγα του Κεφαλαρίου, οι απόψεις όσων μελέτησαν τα έργα φαίνεται να διαφέρουν (Πίνακας 6.1). Εκτός από εκείνους που αποδίδουν τα έργα στους Μινύες, υπάρχουν και αυτοί που θεωρούν ότι υπεύθυνοι για αυτά είναι οι Μακεδόνες της εποχής του Μεγάλου Αλεξάνδρου, υπό τον μηχανικό Κράτη (336-323 π.Χ.), ενώ πρέπει να αναφερθεί και η γνώμη του Γερμανού γεωλόγου Philippon, ο οποίος υποστήριξε ότι η σήραγγα του Κεφαλαρίου είναι δημιούργημα των Ρωμαίων, κατά την αυτοκρατορία του Αδριανού (117-138 μ.Χ.).

Πίνακας 6.1 Οι απόψεις των ερευνητών σχετικά με την απόπειρα δημιουργίας της σήραγγας του Κεφαλαρίου. Προέλευση: Knauss (1995) μετά από προσαρμογή.

ΜΙΝΥΕΣ	ΜΑΚΕΔΟΝΕΣ (Αλέξανδρος, Κράτης)	ΡΩΜΑΙΟΙ (Αδριανός)
Leake, 1835		
Forchhammer, 1837		
Fiedler, 1840 Ulrichs, 1840		
	Ross, 1848	
Vischer, 1857		
	Bursian, 1862	
Lolling, 1878		
	Curtius, 1892	
	Kambanis, 1893	
	Noack, 1894	Philippson, 1894
Kenny, 1935		
	Guillon, 1948	
	Lauffer, 1952	
Knauss, 1987		

Βλέπουμε ότι οι προτάσεις των ερευνητών περί της κατασκευαστικής πατρότητας της σήραγγας αφορούν πολιτισμούς οι οποίοι, πέρα από τις υπόλοιπες διαφορές τους, ήκμασαν και σε χρονικές περιόδους που απέχουν αρκετά. Έχουμε, λοιπόν, να κάνουμε με ένα τεχνικό έργο το οποίου τα χαρακτηριστικά δεν επέτρεψαν μέχρι σήμερα την οριστική χρονολόγησή του. Προς τη κατεύθυνση αυτή οδήγησε και η έλλειψη σχετικών αναφορών σε αρχαία κείμενα.

⇒ Η σήραγγα ως έργο των Μινύων

Στην περίπτωση που η ανολοκλήρωτη σήραγγα του Κεφαλαρίου είναι έργο των Μινύων, ο σκοπός της κατασκευής της είχε οπωσδήποτε σχέση με το σύστημα αποξήρανσης που δημιούργησαν για τη λεκάνη της Κωπαΐδας.

- Κατά μία εκδοχή, οι Μινύες προσπάθησαν με το τεχνικό αυτό έργο να αυξήσουν τη παροχетеυτικότητα του εν λόγω συστήματος, κρίνοντας ότι οι φυσικές καταβόθρες (που χρησιμοποιούνταν ως αγωγοί απαγωγής υδάτων) δεν κάλυπταν τις ανάγκες τους. Ίσως δηλαδή οι Μινύες να επιδίωξαν να συμπληρώσουν με τη σήραγγα τη παροχетеυτικότητα των καταβοθρών.
- Εναλλακτικά, η σήραγγα θα μπορούσε να αντικαθιστά κάποια ή κάποιες καταβόθρες, η λειτουργία των οποίων διέπονταν από υψηλή αβεβαιότητα. Οι φυσικές καταβόθρες, ακόμα και αν υποθέσουμε ότι είχαν την απαιτούμενη παροχетеυτικότητα, ήταν πρακτικά αδύνατο να επιβλέπονται και να ελέγχονται επαρκώς από τους Μινύες. Για παράδειγμα, σε περίπτωση σεισμού, ήταν πιθανό μια καταβόθρα να υποστεί αρκετά σημαντικές αλλοιώσεις, έτσι που έπειτα να μη μπορούσε να παροχетеύει ύδατα. Αν οι αλλοιώσεις αυτές δεν ήταν επιφανειακές (δηλαδή κοντά στο στόμιο της καταβόθρας), οι Μινύες δεν θα είχαν τη δυνατότητα να επέμβουν και να διορθώσουν, μερικώς ή ολικώς, το πρόβλημα. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι ότι η παροχетеυτικότητα των καταβοθρών αναπόφευκτα μειώνονταν λόγω των υλικών που μεταφέρονταν με το νερό (φερτά). Το φαινόμενο αυτό οι Μινύες δύσκολα θα μπορούσαν να το ελέγξουν ή να προβλέψουν το ρυθμό εξέλιξής του, καθότι δεν γνώριζαν τι συμβαίνει παρά μόνο κοντά στα στόμια των καταβοθρών. Συνεπώς, θα ήταν σημαντικό για αυτούς να υπάρχει ένα έργο, όπως η τεχνητή σήραγγα, που θα λειτουργεί ως δικλείδα ασφαλείας του συστήματος αποξήρανσης σε περίπτωση που κάποιες καταβόθρες δεν θα ανταποκρίνονταν ικανοποιητικά.
- Τέλος, η σήραγγα θα μπορούσε να δημιουργήθηκε και για τους δύο παραπάνω λόγους, δηλαδή και για να συμπληρώνει τις καταβόθρες και για να αντισταθμίζει, σε κάποιο βαθμό, την αβεβαιότητα στη λειτουργία τους.

Όσον αφορά το λόγο που το τεχνικό έργο έμεινε ανολοκλήρωτο, αυτός θα μπορούσε να έχει σχέση είτε με εσωτερικά προβλήματα του κόσμου των Μινύων (κοινωνικές αναταραχές, οικονομικά προβλήματα) είτε με κάποια εισβολή, από φύλλα όπως οι Βοιωτοί, στο χώρο της κυριαρχίας τους. Πιθανώς βέβαια να πρόκειται βέβαια και για συνδυασμό των δύο παραγόντων.

6.4 Οι εκτιμήσεις του Knauss

Ο Knauss είναι πολιτικός μηχανικός και καθηγητής του Πολυτεχνείου του Μονάχου στο τομέα της Υδραυλικής Μηχανικής και Διαχείρισης των Υδάτων. Μαζί με άλλους επιστήμονες ξεκίνησαν το 1984 να μελετούν συστηματικά τα μυκηναϊκά υδραυλικά έργα της κεντρικής Ελλάδας και της Πελοποννήσου. Τα αποξηραντικά έργα που έγιναν κατά την αρχαιότητα στη Κωπαΐδα τον απασχόλησαν έντονα με αποτέλεσμα τη δημοσίευση πολλών σχετικών μελετών. Τα συμπεράσματά του για τα αρχαία αποξηραντικά έργα της Κωπαΐδας, τον τρόπο λειτουργίας τους και την σκοπιμότητά τους είναι ευρέως διαδεδομένα και συνιστούν εν πολλοίς την επικρατούσα θεωρία πάνω στο εν λόγω ζήτημα. Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται, εν συντομία, οι κυριότερες πτυχές του σεναρίου που ανέπτυξε.

6.4.1 Απόδοση των έργων στους Μινύες

Ο Knauss συγκαταλέγεται στους μελετητές που αποδίδουν τα έργα στους Μινύες. Το συμπέρασμά του αυτό το εξήγαγε παρατηρώντας ομοιότητες ,κατά τον ίδιο, «στις μεθόδους, στα κριτήρια σχεδιασμού και στον τρόπο εκτέλεσης των έργων» της Κωπαΐδας σε σχέση με άλλα μυκηναϊκά υδραυλικά έργα που μελέτησε, όπως οι μεγάλοι αγωγοί της κοιλάδας του Φενεού και της Τίρυνθας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται (Κνάους, 2005):

«Κύριο γνώρισμα των μυκηναϊκών υδραυλικών έργων ήταν η τεχνική των λεκανών, που έγκειται κατά βάση στην κατασκευή φραγμάτων ή υδατοφρακτών μικρού ύψους, αλλά συχνά μεγάλου πλάτους και κυρίως μήκους πολλών χιλιομέτρων. Τα φράγματα έχουν κατά κανόνα ύψος 2-3 m και κατά ανώτερο όριο 5 m. Το μήκος των φραγμάτων κυμαίνεται μεταξύ 250 και 2.500 m, ενώ ο όγκος των υδάτων που συγκρατούσαν έφθανε, ανάλογα με το μέγεθος της τεχνητής λίμνης, από 2 έως 20 hm³».

6.4.2 Κατασκευαστικά στοιχεία

Κατά τον Knauss η προσπάθεια διεκδίκησης εδαφών από τη λίμνη Κωπαΐδα διακρίνεται σε δύο στάδια (Knauss, 1995). Αρχικά κατασκευάστηκαν χαμηλά αλλά εκτεταμένου μήκους χωμάτινα φράγματα, ως αναχώματα, τα οποία περιέκλειαν γη που χρησιμοποιούνταν για γεωργικές και άλλες χρήσεις (πόλντερ). Αναφέρεται ότι, εφόσον ήταν τοπογραφικά εφικτό, τα αναχώματα αυτά συνέχιζαν σε ευθεία γραμμή για αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Μετά την αποτυχία της πρώτης αυτής απόπειρας, πιθανώς λόγω έντονων υδρολογικών φαινομένων, εξελίχθηκε ένα δεύτερο σύστημα, σημαντικότερο στοιχείο του οποίου ήταν μία διώρυγα, η «Διώρυγα των Μινύων», η οποία μετέφερε νερό από τη λεκάνη στις φυσικές καταβόθρες που βρίσκονταν στα βορειοανατολικά της Κωπαΐδας. Σχετικά με τη διώρυγα αυτή γράφει τα εξής (Κνάους, 2005):

«Είχε μήκος περίπου 25 km, πλάτος 40 m και βάθος 2-3 m. Οριοθετείται από χωμάτινα προχώματα πλάτους μέχρι 30 m και ύψους 2 m, τα οποία περικλείονται από ισχυρά κυκλώπεια τείχη. [...] Εκεί όπου τα βραχώδη όρη της όχθης της λίμνης μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως τείχος δεν χρειαζόνταν δεύτερο πρόχωμα. Η χάραξη της διώρυγας προσαρμόστηκε απολύτως στη φυσική γωνία του εδάφους στην περιοχή του βορειοανατολικού όρμου. Περίπου 2,5 km βορειοανατολικά του Ορχομενού η κοίτη του Κηφισού μεταφέρθηκε στη νέα διώρυγα. Στη περιοχή της πόλης οι όχθες είχαν ενισχυθεί, κι επομένως η κοίτη του ποταμού ήταν σταθερή.

Ένα ακόμη εντυπωσιακό στοιχείο της διώρυγας είναι η άκρως σταθερή ελαφρά κλίση 0,1%. Η κλίση αυτή υπαγορεύτηκε από τις εδαφολογικές συνθήκες και απαιτούσε ακριβή προσαρμογή της διαφοράς ύψους στο συνολικό μήκος του έργου».

Ακόμα αναφέρει (Knauss, 1995):

«Τα παλαιότερα πόλντερ αναδημιουργήθηκαν και μεγάλωσαν. Τα αναχώματα, αυτή τη φορά, κατασκευάστηκαν ως τοίχοι από μεγάλα απελέκητα κομμάτια ασβεστόλιθου υπενδεδυμένα με άργιλο. Συνολικά για το έργο 400.000 m³ πέτρας εντοιχίστηκαν και 2 hm³ χώματος μετακινήθηκαν.»

6.4.3 Σκοπιμότητα των έργων και τρόπος λειτουργίας τους

Ένα ενδιαφέρον όσο και αμφισβητήσιμο σημείο των συμπερασμάτων που δημοσίευσε ο Knauss, έχει να κάνει με τη σκοπιμότητα της διώρυγας. Σύμφωνα με τον Knauss εξυπηρετούσε τους εξής τρεις σκοπούς (Κνάους, 2005):

- Την γρήγορη και άμεση εκτροπή των υπερχειλίσεων του Κηφισού στις καταβόθρες ούτως ώστε να σταθεροποιηθεί η επιφάνεια της λίμνης που δημιουργούταν στην Κωπαΐδα. Έτσι, τα προχώματα που είχαν κατασκευάσει οι Μινύες κατά την πρώτη απόπειρα αποξήρανσης της Κωπαΐδας, απέκτησαν και πάλι την προστατευτική τους ιδιότητα ακόμα και σε ακραίες ποσότητες υδάτων.
- Την υδροδότηση των οικισμών και των γεωργικών εκτάσεων κατά τους θερινούς μήνες με νερό από τις πηγές του Μέλανα ποταμού, οι οποίες βρίσκονται κοντά στον Ορχομενό και η απορροή των οποίων είναι ιδιαίτερα σημαντική (βλ. εδάφιο 5.1.2).
- Τη δημιουργία εσωτερικής ναυσιπλοΐας και μεταφορικής οδού από τον Ορχομενό στην καταβόθρα των Σπιτιών, η οποία αποτελούσε κατά τον Knauss κέντρο μεταφόρτωσης των αγαθών που εμπορεύονταν οι Μινύες με ορμητήριο το λιμάνι της Λάρυμνας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το σενάριο που ανέπτυξε ο Knauss σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των έργων (Knauss, 2005):

- Ο Knauss διατύπωσε την άποψη ότι στα βορειοδυτικά της λεκάνης της Κωπαΐδας υπήρχε φράγμα που συγκρατούσε μέρος των υδάτων του Μέλανα, το οποίο λειτουργούσε αποθηκευτικά και παράλληλα προστάτευε το αποξηραντικό σύστημα των Μινύων από υδατική υπερφόρτωση. Δημιουργούταν κατά αυτό τον τρόπο μία τεχνητή λίμνη.

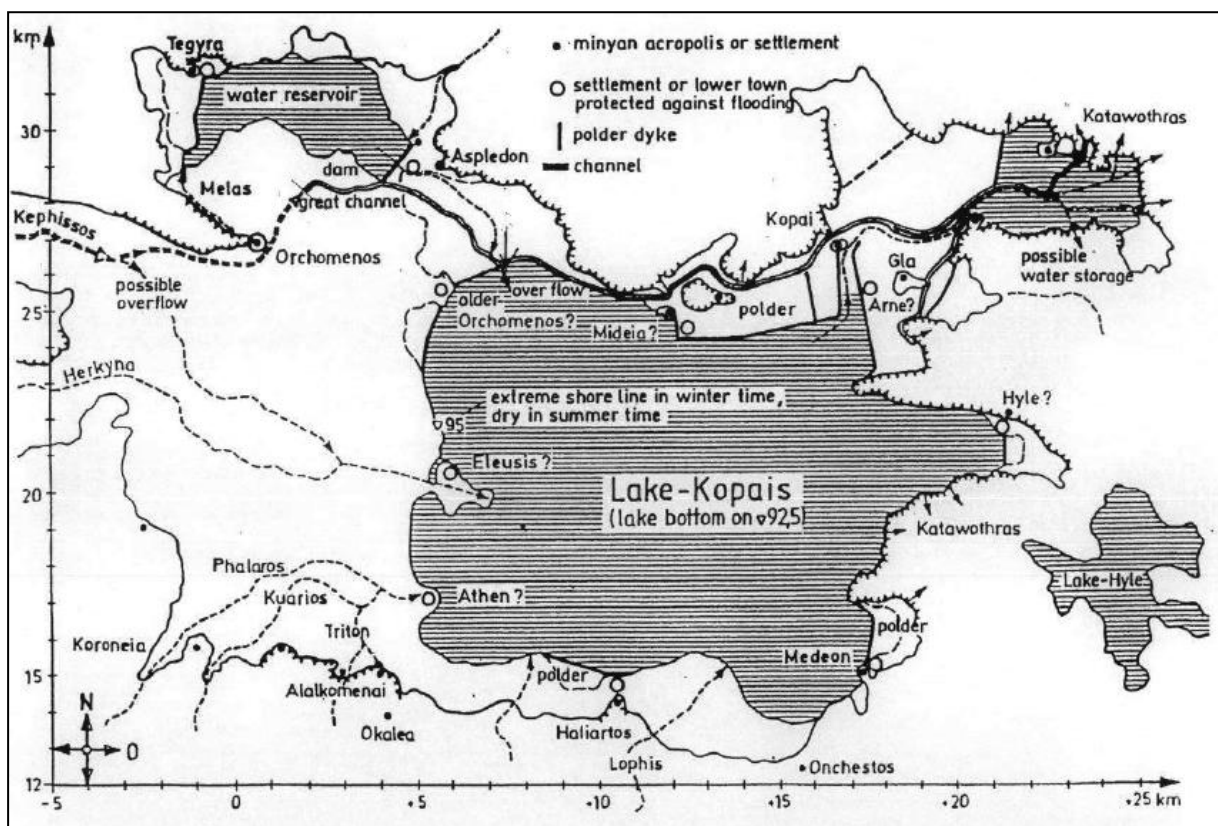
Αρχαιολόγοι που επισκέφτηκαν το φράγμα που υπάρχει στη θέση που υποδεικνύει ο Knauss, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για σύγχρονη κατασκευή και όχι για κάποιο αρχαίο τεχνικό έργο. Ο Knauss, δηλαδή, φαίνεται να εκτίμησε λάθος την «ηλικία» του τεχνικού. Συνεπώς, η θεωρία του περί ταμειυτήρα στα βόρεια του Ορχομενού πιθανότατα δεν στέκει.

- Κατά τον Knauss, προκειμένου να προστατευθούν οι καταβόθρες από υπερβολικές ποσότητες νερού ελήφθησαν δύο μέτρα. Αφενός εξασφαλίστηκε η δυνατότητα

υπερχείλισης των υδάτων της διώρυγας στη λίμνη και αφετέρου κατασκευάστηκε ειδικός χώρος προσωρινής κατακράτησης των υπερχειλιζόντων υδάτων στο χώρο μπροστά από τις καταβόθρες που χρησιμοποίησαν οι Μινύες, στο βορειοανατολικό άκρο της Κωπαΐδας.

Ένας τέτοιος χώρος όπου αποθηκεύονταν νερό δεν είναι απίθανο να υπήρχε. Η συνδυασμένη παροχή Β. Κηφισού και Μέλανα σε αρκετές χρονικές περιόδους υπερέβαινε την παροχευτικότητα των καταβόθρων. Έτσι, είναι φυσικό κάποιος όγκος νερού να λίμναζε προσωρινά μπροστά από αυτές. Ενδεχόμενη τεχνική παρέμβαση των Μινύων για ενίσχυση του εν λόγω χώρου, όπως ισχυρίζεται ο Knauss, φυσικά και δεν μπορεί να αποκλειστεί.

Το σενάριο του Knauss συνοψίζεται στο Σχήμα 6.7. Στα βόρεια του Ορχομενού φαίνεται το φράγμα που ο ίδιος θεώρησε ως αρχαίο έργο καθώς και η τεχνητή λίμνη πίσω του, ενώ στα βορειοανατολικά, κοντά στις καταβόθρες, φαίνεται η έκταση όπου λίμναζαν τα ύδατα που δεν απορροφούνταν κατευθείαν από τις καταβόθρες.



Σχήμα 6.7 Τα αποξηραντικά έργα Μινύων κατά τον Knauss. Πηγή: Knauss, 2005.

Με διπλή γραμμή συμβολίζεται η διώρυγα μέσω της οποίας, κατά τον Knauss, οδηγούνταν τα νερά του Β. Κηφισού και του Μέλανα στις καταβάθρες. Ακόμα, παρουσιάζονται, με απλή διακεκομμένη γραμμή, οι υπόλοιποι επιφανειακοί υδροφορείς της Κωπαΐδας όπως ήταν την εποχή που λειτούργησαν τα έργα των Μινύων (Ερκυνα, Φάλαρος, Λόφισ, Τρίτωνας κ.α.). Βάσει του παραπάνω Σχήματος, η στάθμη της λίμνης προσεγγιστικά έφτανε μέχρι τα +95,0 m. Ο Knauss προσπάθησε να επαληθεύσει τις τοποθεσίες των αρχαίων οικισμών φαίνεται να βρίσκονταν κοντά στη λίμνη (Βοιωτική Αθήνα, Βοιωτική Ελευσίνα, Μήδεια, αρχική τοποθεσία αρχαίου Ορχομενού κ.α.) και οι οποίοι πιθανώς να προστατεύονταν με αναχώματα. Τελικώς κάτι τέτοιο δεν κατέστη εφικτό και για αυτό το λόγο στο Σχήμα 6.7 οι θέσεις των εν λόγω οικισμών συνοδεύονται από ερωτηματικά.

6.4.4 Περί της σήραγγας του Κεφαλαρίου

Όσον αφορά την ανολοκλήρωτη τεχνητή σήραγγα του Κεφαλαρίου, ο Knauss την αποδίδει στους Μινύες. Σημειώνει ότι αν το έργο είχε ολοκληρωθεί θα είχαν εκσκαφτεί συνολικά (για τη σήραγγα και τα κατακόρυφα φρεάτια) 7.500 m³ πέτρας (τελικά μόνο 2.000 m³ εκσκάφτηκαν) και επισημαίνει ότι τα μεγέθη αυτά θα μπορούσαν να είναι ρεαλιστικά για την εποχή εκείνη και για τον πολιτισμό των Μινύων. Ενδεικτικά αναφέρει ότι για το τάφο του Μινύα περίπου 1.000 m³ πέτρας εκσκάφτηκαν από τους πρόποδες του όρους Ακόντιο. Επιπλέον, ο σχεδιασμός της σήραγγας ως πολυγωνική γραμμή (δηλαδή ως ένωση πολλών μικρότερων ευθύγραμμων τμημάτων) είναι, κατά τον ίδιο, ένδειξη ότι οι Μινύες είναι υπεύθυνοι για το έργο, καθώς με τον ίδιο τρόπο κατασκευάστηκαν και τα τείχη της ακρόπολης του Γλα (Knauss, 1995).

6.4.5 Συνοψίζοντας

Οι απόψεις του Knauss συνοψίζονται στα εξής:

- Το βασικό στοιχείο των έργων αποξήρανσης των Μινύων ήταν μία διώρυγα που μετέφερε τα ύδατα του Μέλανα και του Β. Κηφισού στις καταβόθρες του βορειοανατολικού όρμου της Κωπαΐδας.
- Η διώρυγα εξυπηρετούσε τρεις σκοπούς: Εκτός από την αποξήρανση εκτάσεων, διευκόλυνε και την υδροδότηση οικισμών και καλλιεργειών ενώ αποτελούσε και έναν πλωτό δρόμο από και προς το βορειοανατολικό άκρο της Κωπαΐδας, που βρίσκονταν κοντά στο λιμάνι της Λάρυμνας.
- Λίγο βόρεια του Ορχομενού υπήρχε τεχνητός ταμειυτήρας που εξυπηρετούσε την αρτιότερη διαχείριση των υδάτων από τους Μινύες ενώ ακριβώς μπροστά από τις καταβόθρες στα βορειοανατολικά της λεκάνης είχε διαμορφωθεί χώρος για προσωρινή κατακράτηση του νερού που δεν μπορούσαν να παροχετεύσουν αυτές.

Ο Knauss χαρακτηρίζει τα έργα ιδιοφυή και μοναδικά. Σημειώνει ότι η διώρυγα των Μινύων είναι ο μεγαλύτερος και μακρύτερος τεχνητός αγωγός και η Κωπαΐδα η μεγαλύτερη τεχνητή λίμνη της πρώιμης Ελλάδας. Για τη σήραγγα του Κεφαλαρίου επισημαίνει ότι, αν είναι όντως έργο των Μινύων, πρόκειται για την αρχαιότερη απόπειρα κατασκευής τούνελ στην Ευρώπη. Τέλος, κατά τον ίδιο στη μυκηναϊκή Κωπαΐδα ήκμασε ο «πρώτος υδραυλικός πολιτισμός της Ευρώπης».

7. Υδρευτικές και Αρδευτικές Ανάγκες Μινύων

7.1 Ανάγκες Ύδρευσης Μινύων

7.1.1 Πληθυσμός Μινύων

Όσον αφορά τον πληθυσμό των Μινύων, μόνο χοντρική προσέγγιση μπορεί να γίνει καθώς ούτε αποτελέσματα σχετικής έρευνας έχουν δημοσιευθεί μέχρι σήμερα, ούτε σε κείμενα αρχαίας ελληνικής γραμματείας δίνονται ικανά στοιχεία για κάτι περισσότερο. Μία ένδειξη για το εν λόγω μέγεθος θα μπορούσε να είναι η στρατιωτική δύναμη με την οποία συμμετείχαν οι Μινύες στον Τρωικό πόλεμο. Ο Τρωικός πόλεμος φαίνεται να διεξήχθη τον 13ο ή τον 14ο π.Χ. αιώνα, την εποχή δηλαδή που οι Μινύες αποξήραναν την Κωπαΐδα. Στην Ιλιάδα του Ομήρου αναφέρεται ότι ο στόλος τους αριθμούσε 30 πλοία (Ραψωδία Β΄, στίχος 516). Επιπλέον, ο Όμηρος αναφέρει δύο μόνο μεγέθη πλοίων όσον αφορά τη χωρητικότητά τους σε πλήρωμα. Αυτά των Βοιωτών που ήταν επανδρωμένα με 120 άντρες έκαστο και αυτά του Φιλοκτήτη (επικεφαλής επτά πλοίων με Θεσσαλούς πολεμιστές) που έφεραν 50 άντρες έκαστο. Ο Θουκυδίδης (460-398 π.Χ.) στην Ιστορία του, εκφράζει την άποψη ότι τα δύο αυτά μεγέθη αναφέρονται από τον Όμηρο ως τα μεγαλύτερα και τα μικρότερα, αντίστοιχα, πλοία που ταξίδευαν με τον ελληνικό στρατό προς την Τροία. Θεωρώντας, λοιπόν, ότι σε κάθε ένα από τα 30 πλοία των Μινύων ταξίδευαν γύρω στους 100 άντρες προκύπτει στρατός 3.000 αντρών.

Στην αρχαιότητα κάθε άντρας με την ιδιότητα του ενεργού πολίτη εντός κάποιων ηλικιακών ορίων αποτελούσε εν δυνάμει στρατιώτη. Έστω, λοιπόν, ότι η συνολική στρατιωτική δύναμη των Μινύων την εποχή εκείνη ήταν περίπου τετραπλάσια αυτής που μετέβη στην Τροία, δηλαδή 15.000 άντρες. Προσθέτοντας 15.000 γυναίκες της ίδιας ηλικίας και άλλους τόσους νεότερους και γηραιότερους άντρες και γυναίκες (15.000) προκύπτουν περί τους 50.000 Μινύες. Αν υπολογίσουμε και τους δούλους που πιθανότατα είχαν, προσεγγίζουμε χοντρικά έναν πληθυσμό 60.000-70.000 ατόμων.

Προς το παραπάνω νούμερο οδηγούμαστε και αν συλλογιστούμε ότι η Κρήτη, κατά τον Όμηρο πάντα (Ραψωδία Β΄, στίχοι 494-759), διέθεσε για τον Τρωικό πόλεμο 80 πλοία, δηλαδή τα υπερδιπλάσια από ότι οι Μινύες. Κατά τον Evans, περί το 1700 π.Χ., λίγους αιώνες πριν τα τρωικά δηλαδή, η πολυπληθέστερη μινωική πόλη, η Κνωσός, αριθμούσε γύρω στους 80.000 κατοίκους (Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού). Υποθέτοντας, λοιπόν, ότι ο συνολικός πληθυσμός της Κρήτης ήταν, την εποχή εκείνη, τουλάχιστον διπλάσιος (ήτοι 160.000), βλέπουμε ότι οι συσχετισμοί πλοίων και κατοίκων δεν καθιστούν απίθανο σενάριο τον Μινυακό πληθυσμό των 60.000-70.000 ατόμων.

Η εν λόγω υπόθεση είναι προφανώς ιδιαίτερα ρευστή, όχι μόνο λόγω της συλλογιστικής από την οποία προήλθε αλλά και λόγω του ότι το αρχικό μας δεδομένο, η αναφορά του Ομήρου, θα μπορούσε να είναι υπερβολική. Λαμβάνοντας, όμως, υπόψη ότι επρόκειτο για ένα πάμπλουτο κράτος με πρωτόγνωρα σε μέγεθος τεχνολογικά επιτεύγματα για την εποχή και με την ικανότητα να κυριαρχούν σε όλη την επικράτεια μιας ιδιαίτερα εκτεταμένης πεδιάδας όπως η Κωπαΐδα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένας πληθυσμός της εν λόγω τάξεως δεν θα ήταν καθόλου αδύνατο να υφίσταται.

7.1.2 Αστική κατανάλωση νερού

Όσον αφορά την κατανάλωση νερού ανά άτομο, υιοθετούνται οι παραδοχές του Ζαρκαδούλα (Ζαρκαδούλας, 2005). Την εποχή του Σόλωνα (639-559 π.Χ.) υπήρχε νόμος που όριζε χοντρικά ότι όποιος δεν μπορούσε να εξασφαλίσει νερό, μπορούσε να καταφύγει στο πηγάδια των γειτόνων του και να αντλήσει δύο φορές την ημέρα ποσότητα ύδατος ίση με 20 L. Η ημερήσια κατανάλωση την οποία θεωρούσε ο Σόλωνας επαρκή ήταν, δηλαδή, 40 L/οικογένεια. Λαμβάνοντας ως μέση κατάσταση μία πενταμελή οικογένεια, προκύπτει κατανάλωση 8 L/(κάτοικο x ημέρα) ή 2,92 m³/(κάτοικο x έτος). Αν θεωρήσουμε την ποσότητα αυτή ενδεικτική και για τον πολιτισμό των Μινύων, που ήκμασε πάντως κάτι παραπάνω από μισή χιλιετία νωρίτερα, η συνολική υδατική κατανάλωση για ύδρευση προκύπτει: 2,92 x 70.000 = 204.400 m³/έτος.

Όπως είδαμε στο εδάφιο 5.1.2, οι πηγές των Χαρίτων, οι οποίες βρίσκονται λίγα χιλιόμετρα βόρεια του αρχαίου (και του νέου) Ορχομενού, έχουν το μέσο έτος ετήσια περί τα 100 hm³. Η

εν λόγω ποσότητα είναι τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη των υδρευτικών αναγκών των Μινύων, όπως αυτές προσδιορίστηκαν προηγουμένως. Δεδομένου ότι οι παροχή των εν λόγω πηγών παρουσιάζει πολύ μικρή ετήσια και υπερετήσια διακύμανση, πιθανότατα οι Μινύες δεν αντιμετώπισαν ποτέ πρόβλημα κάλυψης των πρωταρχικών τους αναγκών σε νερό.

7.2 Αρδευτικές ανάγκες Μινυακού πολιτισμού

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια να υπολογιστούν προσεγγιστικά οι ανάγκες των Μινύων σε νερό για άρδευση των εκτάσεων της Κωπαΐδας που καλλιεργούσαν. Αρχικά, υιοθετούνται οι παραδοχές και τα αποτελέσματα της μελέτης των Ναλμπάντη και Μαυροδήμου (Ναλμπάντης και Μαυροδήμου, 1999) σχετικά με την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (γρασίδι με ορισμένες συνθήκες ανάπτυξης) στην περιοχή μελέτης. Στη συνέχεια, με κατάλληλους φυτικούς συντελεστές (που εξαρτώνται, εκτός από το είδος του φυτού, και από το στάδιο ανάπτυξής του και τις μετεωρολογικές συνθήκες) ανάγουμε το μέγεθος αυτό σε εξατμισοδιαπνοή για το κάθε είδος καλλιέργειας που υποθέτουμε ότι ανέπτυσαν οι Μινύες.

7.2.1 Μετεωρολογικά στοιχεία και εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς

Οι Ναλμπάντης και Μαυροδήμου για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς χρησιμοποιούν την μέθοδο Doorenbos – Pruitt. Τα μετεωρολογικά στοιχεία που απαιτούνται για την εφαρμογή της εν λόγω μεθόδου είναι η θερμοκρασία (°C), η σχετική υγρασία (%), η ταχύτητα ανέμου (m/s) και η ηλιοφάνεια (h). Τα δεδομένα αυτά για τον σταθμό της Αλιάρτου, ο οποίος μας ενδιαφέρει, παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 7.1).

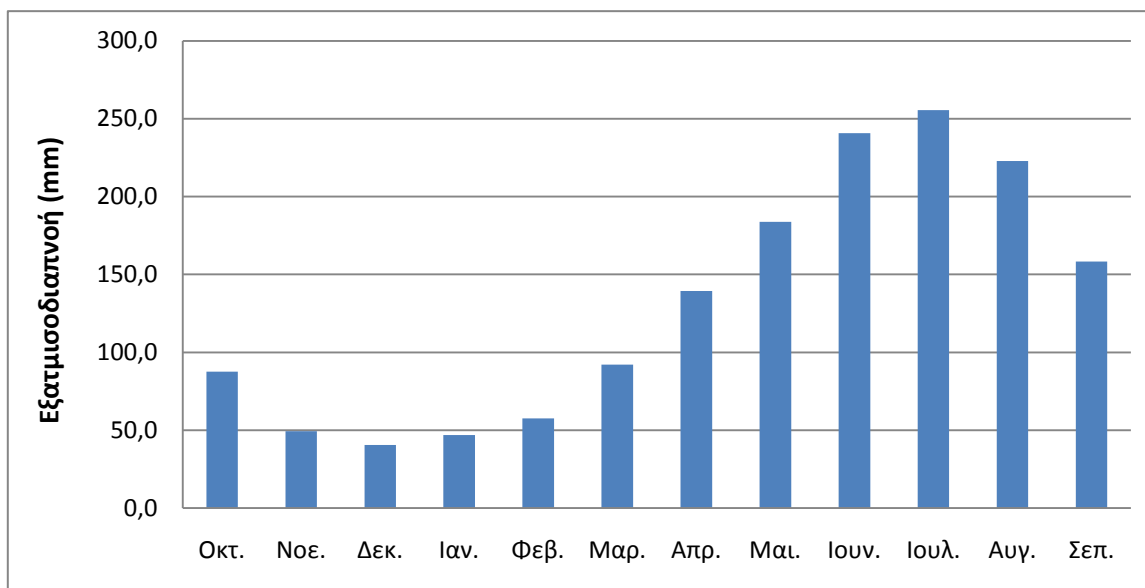
Πίνακας 7.1 Δεδομένα μετεωρολογικών μεταβλητών σταθμού Αλιάρτου. Προέλευση: Ναλμπάντης και Μαυροδήμου (1999) μετά από προσαρμογή.

Μήνας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Ταχ. Ανέμου (m/s)	Ηλιοφάνεια (h)
Οκτ.	17,0	68,0	1,7	170,9
Νοε.	12,0	74,5	1,7	117,3
Δεκ.	8,4	75,4	1,9	100,8
Ιαν.	7,0	72,9	2,2	112,8
Φεβ.	8,1	70,8	2,4	113,6
Μαρ.	10,9	67,4	2,3	159,4
Απρ.	15,3	59,8	2,4	213,6
Μαι.	20,2	56,2	2,1	268,5
Ιουν.	25,8	46,7	2,3	333,3
Ιουλ.	27,4	46,5	2,3	352,8
Αυγ.	25,9	50,4	2,2	329,3
Σεπ.	22,2	56,2	2,1	263,1
Έτος	16,7	62,1	2,1	2535,6

Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς, όπως προέκυψε με χρήση της μεθόδου Doorenbos – Pruitt, φαίνεται στον Πίνακα 7.2, ενώ στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζεται σε μορφή γραφήματος.

Πίνακας 7.2 Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς. Προέλευση: Ναλμπάντης και Μαυροδήμου (1999) μετά από προσαρμογή.

Μήνας	Εξατμισοδιαπνοή (mm)
Οκτ.	87,6
Νοε.	49,4
Δεκ.	40,6
Ιαν.	47,0
Φεβ.	57,5
Μαρ.	92,2
Απρ.	139,3
Μαι.	183,7
Ιουν.	240,7
Ιουλ.	255,6
Αυγ.	222,8
Σεπ.	158,2
Έτος	1574,7



Σχήμα 7.1 Μηνιαία εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς.

7.2.2 Καλλιέργειες Κωπαΐδας στην αρχαιότητα

Σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις διατροφικές συνήθειες των αρχαίων Ελλήνων αντλούμε από την εργασία της Α. Σελαλαμαζίδου «Διατροφικές Συνήθειες στην Αρχαιότητα» (Σελαλαμαζίδου, 2008) καθώς και από την έρευνα του Κ. Θανασουλόπουλου με τίτλο «Η γεωργική ανάπτυξη στην εποχή των Ομηρικών επών» (Θανασουλόπουλος, 2005). Λαμβάνοντας υπόψη και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Κωπαΐδα, καταλήγουμε σε ένα σύνολο καλλιεργειών που θα μπορούσαν δυνητικά να αναπτύσσονται από τους Μινύες και οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.3. Για παράδειγμα, αν και στην αρχαιότητα η καλλιέργεια της ελιάς ήταν κάτι ιδιαίτερα συνηθισμένο, στην Κωπαΐδα, λόγω του βαρύ χειμώνα (η χιονόπτωση συνηθισμένο φαινόμενο), δεν ήταν (και δεν είναι) εφικτή σε ικανή κλίμακα.

Πίνακας 7.3 Καλλιέργειες Κωπαΐδας στην αρχαιότητα.

Σιτηρά	Κηπευτικά		Αμπέλια
	Όσπρια	Λαχανικά	
Κριθάρι, Σίκαλη κ.α.	Κουκιά, Ρεβίθια, Φακές κ.α.	Μαρούλι, Κρεμμύδι, Ραπανάκι, Σκόρδο κα.	

Τέλος, βάσει πάντα των διατροφικών συνηθειών των αρχαίων Ελλήνων, γίνεται και μια υπόθεση σχετικά με το ποσοστό συμμετοχής κάθε είδους καλλιέργειας στην πεδιάδα της Κωπαΐδας (Πίνακας 7.4).

Πίνακας 7.4 Συμμετοχή κάθε καλλιέργειας στην καλλιεργούμενη έκταση της Κωπαΐδας στην αρχαιότητα.

	Σιτηρά	Κηπευτικά	Αμπέλια
Ποσοστό (%)	40	30	30

7.2.3 Αρδευτικές ανάγκες Κωπαΐδας στην αρχαιότητα

Παρακάτω παρατίθενται (Πίνακας 7.5) οι φυτικοί συντελεστές των καλλιεργειών που φαίνεται να ανέπτυσαν οι Μινύες, όπως αυτοί υπολογίστηκαν για την περιοχή μελέτης από τους Ναλμπάντη και Μαυροδήμου (Ναλμπάντης και Μαυροδήμου, 1999). Από τους προηγούμενους έγινε η παραδοχή ότι κατά τη βλαστική περίοδο η βροχόπτωση που μπορεί να αξιοποιηθεί από τα φυτά στη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή είναι αμελητέα. Συνεπώς, οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό λαμβάνονται ίσες με τις ποσότητες που απαιτούνται για την ανάπτυξη των φυτών.

Πίνακας 7.5 Φυτικοί συντελεστές για τις καλλιέργειες των Μινύων στην Κωπαίδα. Προέλευση: Ναλμπάντης και Μαυροδήμου (1999) μετά από προσαρμογή.

Μήνας	Σιτηρά	Κηπευτικά	Αμπέλια
Απρίλιος	0,40	0,84	0,50
Μάιος	0,58	0,94	0,55
Ιούνιος	1,00	0,73	0,60
Ιούλιος	1,05	0,00	0,60
Αύγουστος	0,95	0,00	0,60
Σεπτέμβριος	0,51	0,00	0,50
Οκτώβριος	0,00	0,00	0,40

Συνδυάζοντας τα παραπάνω δεδομένα με τις τιμές της μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς που φαίνονται στον Πίνακα 7.6, προκύπτουν τα παρακάτω.

Πίνακας 7.6 Μηνιαία εξατμισοδιαπνοή (mm) καλλιεργειών Μινύων στην Κωπαίδα. Προέλευση: Ναλμπάντης και Μαυροδήμου (1999) μετά από προσαρμογή.

Μήνας	Σιτηρά	Κηπευτικά	Αμπέλια
Απρίλιος	55,7	117,3	69,7
Μάιος	106,0	173,2	101,0
Ιούνιος	239,9	176,1	144,4
Ιούλιος	268,3	0,0	153,3
Αύγουστος	210,7	0,0	133,7
Σεπτέμβριος	80,5	0,0	79,1
Οκτώβριος	0,0	0,0	35,0

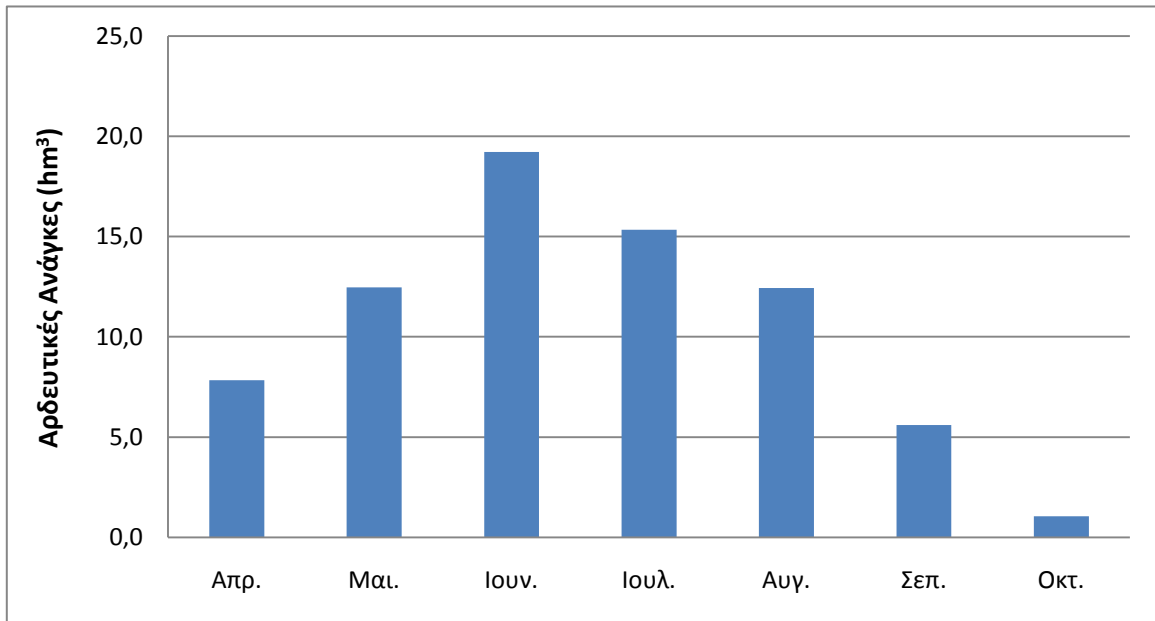
Προκειμένου να διαπιστώσουμε τι όγκος νερού απαιτούνταν για να καλυφθούν οι αρδευτικές ανάγκες των Μινύων, πρέπει να γνωρίζουμε, εκτός της μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργούμενων ειδών, και το μέγεθος της καλλιεργούμενης έκτασης. Το εν λόγω μέγεθος είναι αρκετά δύσκολο και επισφαλές να εκτιμηθεί, δεδομένου ότι, πέρα από μέσο για την κάλυψη των διατροφικών τους αναγκών, οι Μινύες χρησιμοποιούσαν τις καλλιέργειες τους και ως μέσο κερδοφορίας, αναπτύσσοντας εμπορικές σχέσεις.

Σήμερα, η συνολικά καλλιεργήσιμη έκταση στην Κωπαΐδα είναι περί τα 250.000 στρέμματα. Βέβαια, πλέον η Κωπαΐδα έχει αποξηραθεί σχεδόν ολοκληρωτικά και λίγα μόνο σημεία της λιμνάζουν περιστασιακά. Τη μυκηναϊκή περίοδο η έκταση που βρίσκονταν βόρεια των μινυακών αναχωμάτων πλημμύριζε από τα νερά του Β. Κηφισού και του Μέλανα. Η εν λόγω έκταση ήταν περί τα 40.000 στρέμματα. Επιπλέον, όπως δείχνεται στο υποκεφάλαιο 8.1 («Η Λίμνη Μετά τα Έργα των Μινύων»), ακόμα και μετά τα αποστραγγιστικά έργα των Μινύων εξακολουθούσε να σχηματίζεται λίμνη στο τμήμα που προστατεύονταν από τα αναχώματα (λόγω των παροχών της Έρκυνας, του Λόφι και του Πόντζα κατά κύριο λόγο). Η λίμνη αυτή, που ήταν βεβαίως μειωμένης έκτασης σε σχέση με την επικρατούσα κατάσταση πριν τα έργα, καταλάμβανε το μέσο έτος 40.000 με 80.000 στρέμματα (ανάλογα με την εποχή). Ένα ακραίο υδρολογικά έτος θα μπορούσε πιθανώς, για κάποιο χρονικό διάστημα, να ξεπερνάει τα 100.000 στρέμματα. Συνεπώς, η καλλιεργήσιμη έκταση την εποχή που οι Μινύες εκμεταλλεύονταν την Κωπαΐδα, ήταν τελικά περί τα 100.000 στρέμματα.

Αν η εκτίμηση που έγινε στο εδάφιο 7.1.1 για πληθυσμό Μινύων περί τα 60.000 με 70.000 άτομα στέκει, δεν θα ήταν αδύνατο να καλλιεργούταν έκταση της τάξεως των 100.000 στρεμμάτων. Στον Πίνακα 7.7 και το Σχήμα 7.2 φαίνονται οι αρδευτικές ανάγκες των Μινύων βάσει της παραπάνω θεώρησης.

Πίνακας 7.7 Αρδευτικές ανάγκες Μινύων (hm³).

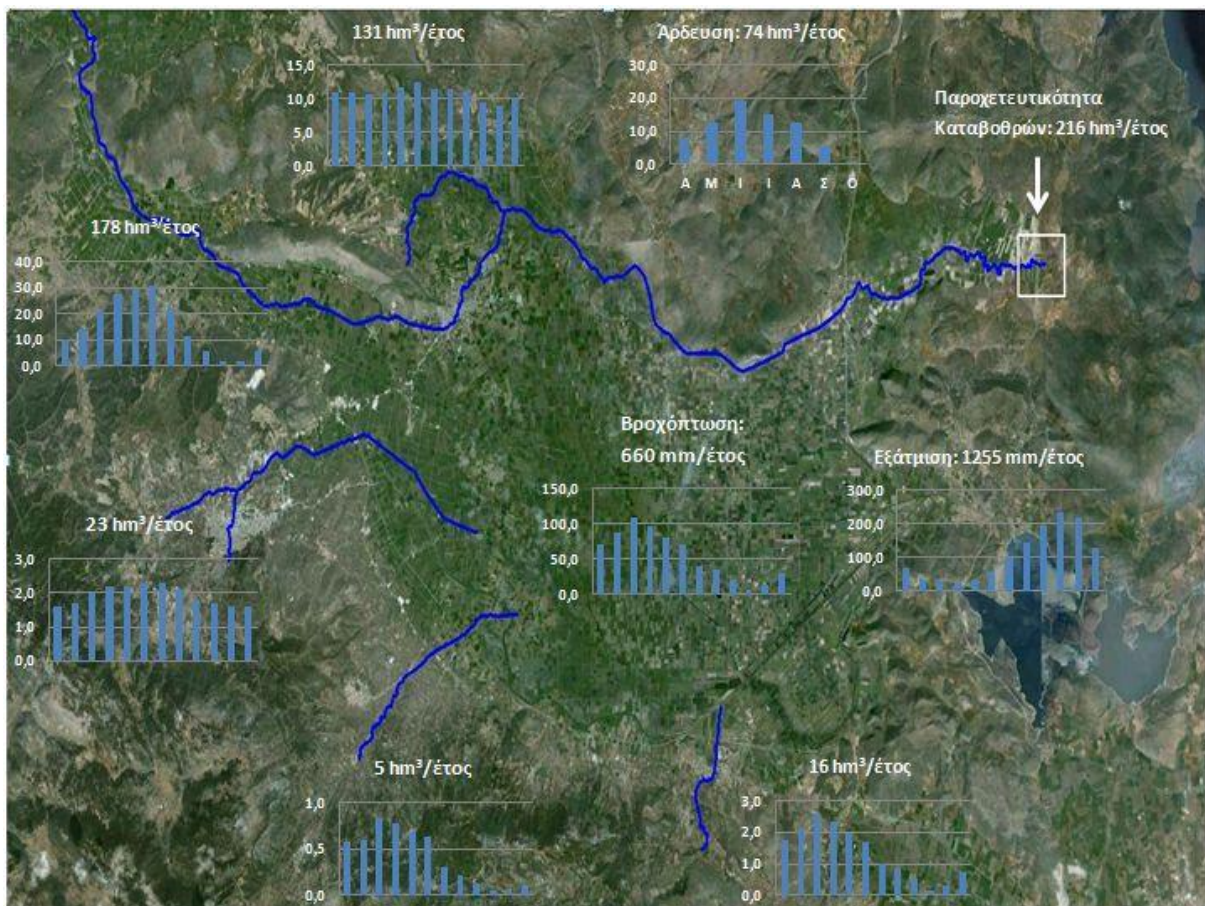
Μήνας	Σιτηρά	Κηπευτικά	Αμπέλια	Άθροισμα
Απρίλιος	2,2	3,5	2,1	7,8
Μάιος	4,2	5,2	3,0	12,5
Ιούνιος	9,6	5,3	4,3	19,2
Ιούλιος	10,7	0,0	4,6	15,3
Αύγουστος	8,4	0,0	4,0	12,4
Σεπτέμβριος	3,2	0,0	2,4	5,6
Οκτώβριος	0,0	0,0	1,1	1,1
Σύνολο	38,4	14,0	21,5	73,9



Σχήμα 7.2 Μηνιαίες αρδευτικές ανάγκες Μινύων.

8. Σύνοψη – Συμπεράσματα

Στο Σχήμα 8.1 συνοψίζονται οι υδατικές συνιστώσες του υδροσυστήματος της λεκάνης της Κωπαΐδας την εποχή που λειτούργησαν τα αποστραγγιστικά έργα των Μινύων, όπως αυτές εκτιμήθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Δεν συμπεριλαμβάνονται οι υδρευτικές ανάγκες των Μινύων καθώς είναι αμελητέες (περί τα 200.000 m³/έτος) συγκριτικά με τα υπόλοιπα μεγέθη.



Σχήμα 8.1 Κύριες υδατικές συνιστώσες υδροσυστήματος λεκάνης Κωπαΐδας την εποχή των Μινύων.

8.1 Η Λίμνη Μετά τα Έργα των Μινύων

Μετά τα έργα των Μινύων (για όσο καιρό λειτούργησαν αυτά), η λεκάνη της Κωπαΐδας χωρίστηκε υδρολογικά σε δύο τμήματα: το τμήμα που βρίσκονταν στα βόρεια του αναχώματός τους και το τμήμα που βρίσκονταν στα νότια αυτού. Εκτρέποντας οι Μινύες τον Β. Κηφισό στη φυσική κοίτη του Μέλανα, στα βόρεια του αναχώματος, επιδίωκαν να κερδίσουν για καλλιέργεια όσο το δυνατό μεγαλύτερο μέρος της πεδινής έκτασης στα νότια.

Προκειμένου να εκτιμήσουμε την έκταση που τελικά κατάφεραν να αποξηράνουν οι Μινύες, αναπτύσσουμε το υδατικό ισοζύγιο του τμήματος της λεκάνης νότια του αναχώματος. Οι υδατικές συνιστώσες για το τμήμα αυτό, ήταν οι υδροφορείς Έρκυνα, Πόντζας και Λόφης καθώς και η βροχόπτωση και η εξάτμιση. Ο Β. Κηφισός και ο Μέλανας δεν επηρέαζαν το εν λόγω τμήμα αφού οδηγούνταν, μέσω της ενιαίας πλέον κοίτης τους, στις καταβόθρες του βορειοανατολικού άκρου της Κωπαΐδας, με το ανάχωμα να συγκρατεί τα νερά τους μακριά από τις εκτάσεις τις οποίες στόχευαν να καλλιεργήσουν οι Μινύες. Τα αποτελέσματα του υδατικού ισοζυγίου ενός μέσου έτους συνοψίζονται στον Πίνακα 8.1.

Πίνακας 8.1 Αποτελέσματα του υδατικού ισοζυγίου για το τμήμα της Κωπαΐδας νότια του αναχώματος των Μινύων.

	Λίμνη		
	Όγκος (hm ³)	Στάθμη (m)	Επιφάνεια (στρέμματα)
Οκτ.	18,37	91,32	43044,18
Νοε.	22,36	91,41	48345,95
Δεκ.	29,63	91,55	56399,35
Ιαν.	40,14	91,72	66258,73
Φεβ.	50,78	91,87	74690,03
Μαρ.	59,29	91,98	80208,08
Απρ.	65,15	92,05	83455,95
Μαι.	63,92	92,04	83007,00
Ιουν.	57,70	91,96	79260,58
Ιουλ.	46,20	91,81	71397,38
Αυγ.	31,69	91,58	58130,00
Σεπ.	21,43	91,39	47185,88

Βλέπουμε ότι για το μέσο έτος, η στάθμη ύδατος κυμαίνονταν από +91,3 m (τον Οκτώβριο) έως +92,0 m (τον Απρίλιο), με τη μορφή της λίμνης, την εποχή που λειτουργούσαν τα έργα των Μινύων, να αντιπροσωπεύεται καλύτερα από τα Σχήματα 5.15 και 5.16. Η επιφάνεια της λίμνης από κυμαίνονταν από 43.000 έως 83.000 στρέμματα ενώ στη λίμνη βρίσκονταν αποθηκευμένα 18,3-65,2 hm³ νερό αντίστοιχα.

8.2 Συμπεράσματα

8.2.1 Γενικά

- Τα σημαντικότερα τεχνικά έργα των Μινύων που γνωρίζουμε μέχρι σήμερα είναι τα αποξηραντικά έργα στην Κωπαΐδα, ο θολωτός τάφος του Μινύα στον Ορχομενό και τα κυκλώπεια τείχη της ακρόπολης τους στο λόφο του Γλα. Πρόκειται για τρία έργα πολύ μεγάλης κλίμακας, στο πλαίσιο οποίων πραγματοποιήθηκαν εργασίες όπως εκτεταμένες εκσκαφές, μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων εδαφικού υλικού, επιχωματώσεις, λάξευμα και τοποθέτηση ογκωδών κομματιών πέτρας. Η ολοκλήρωση των παραπάνω εργασιών προϋπέθετε την κινητοποίηση και τον συντονισμό σημαντικότητας ανθρώπινου δυναμικού. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι ο Ορχομενός αποτελούσε ισχυρό διοικητικό και οικονομικό κέντρο της Ελλάδας το δεύτερο μισό της 2^ο π.Χ. χιλιετίας, όταν και άκμασαν οι Μινύες.
- Οι αναφορές για τους Μινύες σε κείμενα αρχαίας ελληνικής γραμματείας (Όμηρος, Στράβωνας κ.α.) μαρτυρούν ότι επρόκειτο για ένα λαό που κατάφερε, εκμεταλλευόμενος γεωργικά την Κωπαΐδα, να πλουτίσει. Συνεπώς, φαίνεται ότι τα αποξηραντικά τους έργα, τουλάχιστον για ένα σεβαστό χρονικό διάστημα, λειτούργησαν ικανοποιητικά.

8.2.2 Συμπεράσματα κατασκευαστικής ανάλυσης

- Ο Knauss θεώρησε ότι η προσαγωγή των υδάτων του Β. Κηφισού και του Μέλανα στις καταβόθρες του βορειοανατολικού άκρου της Κωπαΐδας (από όπου κατέληγαν, κατά κύριο λόγο, στον Ευβοϊκό Κόλπο) γίνονταν μέσω μιας διώρυγας, της λεγόμενης «Διώρυγας των Μινύων». Οι αρχαιολογικές έρευνες μέχρις ώρας δείχνουν ότι τέτοια διώρυγα δεν υπήρξε. Στην πραγματικότητα, αυτό που οι αρχαιολογικές ανασκαφές έφεραν στο φως, ήταν κάποια τμήματα ενός αναχώματος, το οποίο προστατεύονταν από υδατοστεγείς αναλημματικούς τοίχους. Το ανάχωμα αυτό, με κατεύθυνση από τη

δύση στην ανατολή, διέσχισε το βόρειο τμήμα της Κωπαΐδας και κατέληγε στις καταβόθρες του βορειοανατολικού της άκρου. Ουσιαστικά, πρόκειται για το «σύνορο» μεταξύ των περιοχών που κατακλύζονταν από τα νερά του Β. Κηφισού και του Μέλανα και των περιοχών που προστατεύονταν. Σε ορισμένα σημεία βέβαια της χάραξής του, το ανάχωμα διέρχεται πολύ κοντά στα βραχώδη πρανή των βόρειων κράσπεδων της Κωπαΐδας και ως εκ τούτου θα μπορούσε τοπικά να μοιάζει με διώρυγα. Παρόλα αυτά η κατασκευή των Μινύων, βάσει των έως τώρα ευρημάτων, σε καμία περίπτωση δεν παραπέμπει σε διώρυγα.

- Η πολύ καλή κατάσταση στην οποία βρίσκονται, ακόμα και σήμερα, μεγάλα τμήματα των αναχωμάτων και των αναλημματικών τοίχων των Μινύων (σε πολλά σημεία το ύψος τους ξεπερνά τα 2 m), φανερώνει την επιμέλεια με την οποία τα κατασκεύασαν και την τεχνογνωσία που είχαν αποκτήσει στον τομέα των υδραυλικών έργων και των κατασκευών γενικότερα.
- Η τεχνική που εφαρμόστηκε στην κατασκευή των αναλημματικών τοίχων που συνόδευαν τα αναχώματα (και η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο εδάφιο 4.3.2) μοιάζει εντυπωσιακά στη λογική της με τις σύγχρονες τεχνικές κατασκευής χωμάτων φραγμάτων. Οι Μινύες χρησιμοποίησαν άργιλο ως γέμισμα του πυρήνα τους με αποτέλεσμα να τους καταστήσουν υδατοστεγείς. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι είχαν κατείχαν γνώσεις για τις ιδιοτήτων των υλικών. Επιπλέον, η τοποθέτηση των πιο χονδρόκοκκων υλικών στις εξωτερικές στοιβάδες φανερώνει την αντίληψη που είχαν αναπτύξει για τα φαινόμενα διάβρωσης.

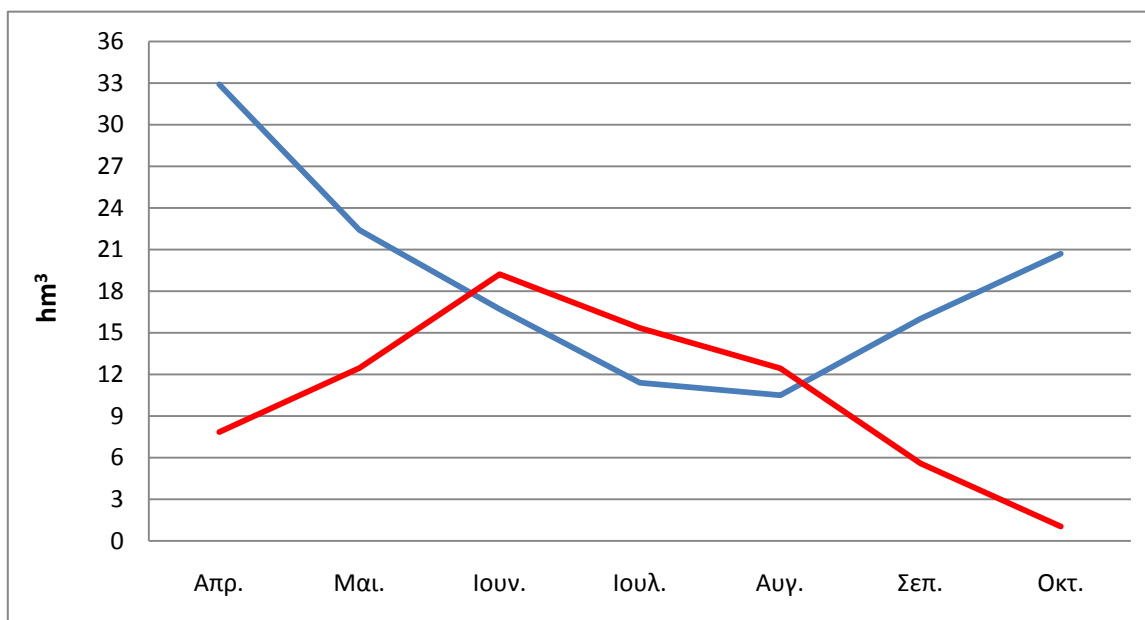
8.2.3 Συμπεράσματα της υδρολογικής ανάλυσης

- Βάσει των παραδοχών που έγιναν στο υποκεφάλαιο 7.2, οι Μινύες χρειάζονταν περί τα 75 hm³ για την άρδευση των καλλιεργειών τους από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο. Προκειμένου να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους, μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν είτε τις παροχές του Β. Κηφισού και του Μέλανα που έρρεαν βόρεια των αναχωμάτων προς τις καταβόθρες είτε το νερό που αποθηκεύονταν στη λίμνη νότια των αναχωμάτων, η οποία δημιουργούταν λόγω των παροχών της Έρκυνας, του Λόφι και του Πόντζα κατά κύριο λόγο. Θεωρούμε ότι χρησιμοποιούνταν τα νερά του

Β. Κηφισού και του Μέλαινα καθώς, σε αντίθεση με τα νερά της λίμνης, βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο σε σχέση με τις καλλιέργειες και επομένως θα μπορούσαν να διαμοιράζονται πιο εύκολα σε αυτές. Η αθροισμένη παροχή των εν λόγω ποταμών και οι αρδευτικές ανάγκες των Μινύων παρατίθενται στον Πίνακα 8.2 και το Σχήμα 8.1.

Πίνακας 8.2 Αθροισμένη παροχή Β. Κηφισού και Μέλαινα (μέσο έτος) και αρδευτικές ανάγκες Μινύων (hm^3).

Μήνας	(1) Παροχές Β. Κηφισού και Μέλαινα	(2) Αρδευτικές ανάγκες Μινύων	(1) - (2)
Απρ.	32,9	7,8	25,1
Μαι.	22,4	12,5	9,9
Ιουν.	16,7	19,2	-2,5
Ιουλ.	11,4	15,3	-3,9
Αυγ.	10,5	12,4	-1,9
Σεπ.	16	5,6	10,4
Οκτ.	20,7	1,1	19,7



Σχήμα 8.2 Σύγκριση αθροισμένης παροχής Β. Κηφισού και Μέλαινα (μπλε γραμμή) με τις αρδευτικές ανάγκες των Μινύων (κόκκινη γραμμή).

Βλέπουμε ότι για το μέσο έτος, με εξαίρεση τους καλοκαιρινούς μήνες, το υδατικό δυναμικό των ποταμών υπερβαίνει κατά πολύ τις ανάγκες των Μινύων. Το καλοκαίρι, για να αρδεύουν επαρκώς τις καλλιέργειές τους, αξιοποιούσαν το νερό που είχαν αποθηκεύσει με έργα αναρρύθμισης όπως η τοπική κύρτωση της πορείας των αναχωμάτων που βρίσκεται περί τα 6,0 km ανατολικά του Ορχομενού, ο αποθηκευτικός όγκος της οποίας έφτανε τα 4,5 hm³ (εδάφιο 6.3.2). Συμπληρωματικά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν μέρος του υδάτινου όγκου της λίμνης. Ο ελάχιστος όγκος νερού που αποθηκεύονταν στη λίμνη τους καλοκαιρινούς μήνες του μέσου έτους ήταν περί τα 32 hm³ (Αύγουστος), ο οποίος ήταν παραπάνω από επαρκής.

- Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς και το γεγονός ότι οι υδρευτικές ανάγκες των Μινύων (περί τα 200.000 m³/έτος) ήταν αμελητέου μεγέθους σε σχέση με τις αρδευτικές, προκύπτει το συμπέρασμα ότι δεν υπήρχε λόγος να κατασκευαστεί κάποιο έργο αναρρύθμισης των υδατικών παροχών (πχ φράγμα).
- Από την ανάλυση μεγίστων (υποκεφάλαιο 5.2) προέκυψε ότι η ημερήσια παροχή που διέρχεται από τη Σήραγγα Καρδίτσας με συχνότητα μία φορά στα 100 χρόνια ανέρχεται, κατά τη συντηρητικότερη από τις τρεις κατανομές μεγίστων που χρησιμοποιήσαμε, στα 215 m³/s. Γνωρίζουμε ότι η παροχή του Β. Κηφισού όταν αυτός εισέρχεται στην Κωπαΐδα είναι περίπου το 46% της παροχής στη σήραγγα Καρδίτσας (Ευστρατιάδης κ.α., 2004). Δεδομένου ότι η μέση ετήσια απορροή του Β. Κηφισού είναι περίπου 180 hm³ και του Μέλανα περίπου 130 hm³ (εδάφια 5.1.1 και 5.1.2), συμπεραίνουμε ότι χοντρικά η αθροιστική τους παροχή αποτελεί το 80% της παροχής που καταγράφεται στη Σήραγγα Καρδίτσας. Συνεπώς, τα αναχώματα που κατηύθυναν την συνδυασμένη παροχή των δύο ποταμών στις καταβόθρες θα αντιμετώπιζαν πλημμύρα εκατονταετίας με ημερήσια παροχή περί τα 170 m³/s. Όπως προέκυψε στο εδάφιο 6.3.2 («Αντιπλημμυρικά έργα»), η παροχευτικότητα των εν λόγω έργων είναι περίπου 200 m³/s. Συνεπώς, η ημερήσια παροχή εκατονταετίας, όπως αυτή υπολογίστηκε, μπορεί να αναληφθεί με ασφάλεια.

8.2.4 Περί της σκοπιμότητας των έργων

- Ο βασικός λόγος κατασκευής των έργων ήταν η αποξήρανση εδαφών της Κωπαΐδας για καλλιέργεια.
- Το νότιο τμήμα της Κωπαΐδας, το οποίο καλλιεργούσαν οι Μινύες, βρίσκονταν σε χαμηλότερο υψόμετρο από το βόρειο, στο οποίο συγκρατούνταν από τα αναχώματα τα νερά του Β. Κηφισού και του Μέλανα. Έτσι, τα έργα έδωσαν τη δυνατότητα στους Μινύες να αυτοματοποιήσουν την άρδευση των καλλιεργειών τους διαμοιράζοντας σε αυτές με αυλάκια το νερό που έρρεε υπό την επίδραση της βαρύτητας.
- Όπως αναφέρεται και στο υποκεφάλαιο 6.4, ο Κnauss υποστήριξε ότι τα έργα εξυπηρετούσαν, εκτός των άλλων, τη δημιουργία ενός πλωτού δρόμου από τον Ορχομενό προς το βορειοανατολικό άκρο της Κωπαΐδας (καταβόθρες), από όπου σε μικρή απόσταση βρίσκονταν το λιμάνι της Λάρυμνας, το οποίο χρησιμοποιούσαν οι Μινύες για να κάνουν εμπόριο. Κάτι τέτοιο δεν μοιάζει ιδιαίτερα πιθανό. Η απόσταση μεταξύ του Ορχομενού και των βορειοανατολικών παρυφών της πεδιάδας είναι μόλις 25 km και συνεπώς η κάλυψή της από μη πλωτά μεταφορικά μέσα δεν ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρα, ενώ και η διαδρομή είναι αρκετά ομαλή μορφολογικά. Ακόμα, ο όγκος των υδάτων που έρρεαν στα βόρεια των αναχωμάτων παρουσίαζε έντονες διακυμάνσεις τόσο σε ετήσια όσο και σε υπερετήσια βάση (λόγω των αντίστοιχων διακυμάνσεων της παροχής του Β. Κηφισού). Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι Μινύες χρησιμοποιούσαν μέρος αυτών για άρδευση, συμπεραίνουμε ότι σε αρκετές περιπτώσεις δεν πληρούνταν οι προϋποθέσεις για ναυσιπλοΐα.

8.2.5 Περί της καταστροφής των έργων

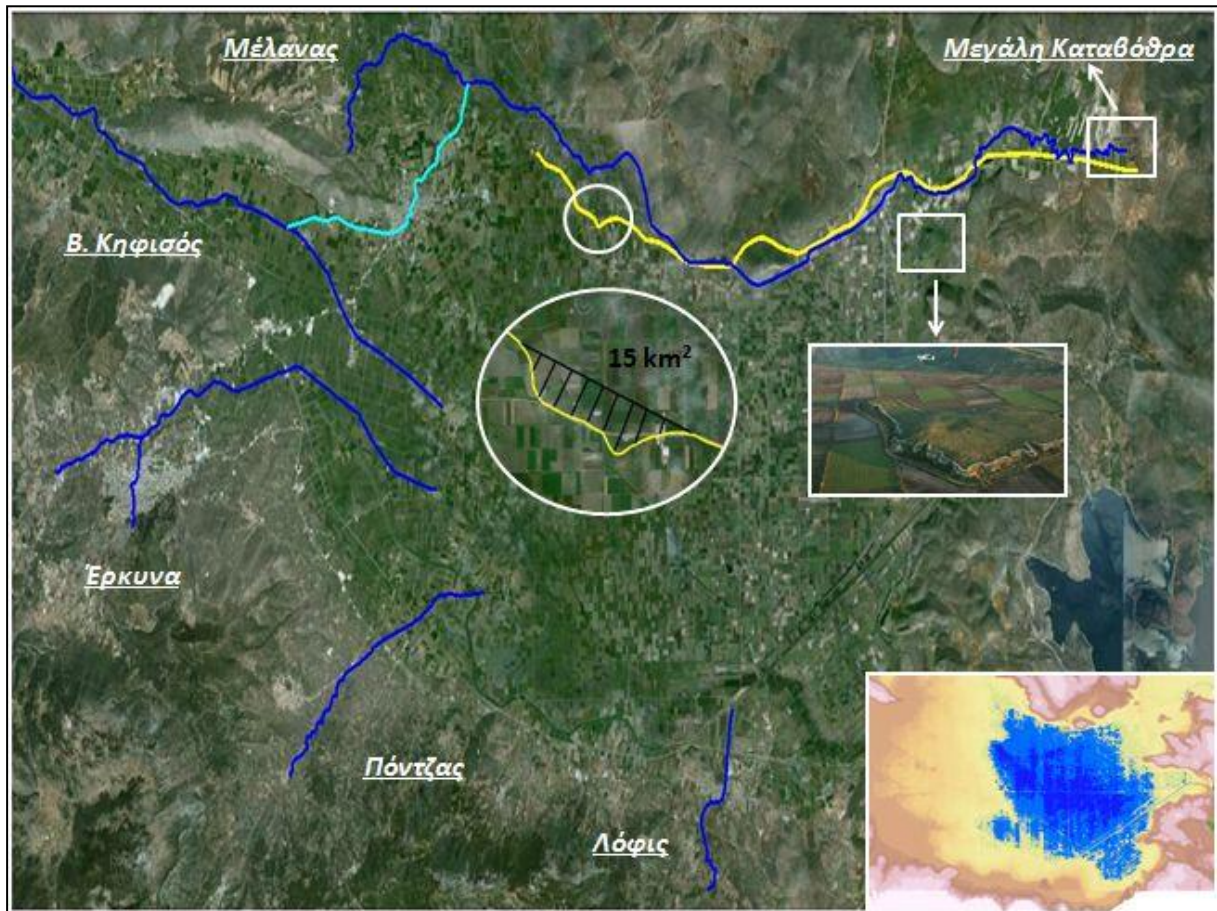
- Το γεγονός ότι κάποια τμήματα των αναχωμάτων και των τοίχων αντιστήριξης που τα συνοδεύουν διατηρούνται τόσο καλά, πιθανώς να υποδεικνύει ότι η καταστροφή του αποστραγγιστικού συστήματος των Μινύων προήλθε από τις καταβόθρες. Ίσως κάποιος σεισμός να έφραξε, μερικώς ή ολικώς, κάποιες από αυτές με αποτέλεσμα η

Κωπαΐδα να γίνει ξανά λίμνη. Πιθανώς ακόμα να τις έφραξε κάποιος εισβολέας, όπως οι Βοιωτοί, οι οποίοι εγκαταστάθηκαν αργότερα στην περιοχή.

- Στο ίδιο συμπέρασμα, ότι δηλαδή οι καταβόθρες αποτελούσαν την αχίλλειο πτέρνα του αποξηραντικού συστήματος των Μινύων, θα μπορούσε να μας οδηγήσει και η εκσκαφή της σήραγγας του Κεφαλαρίου, η οποία, αν είχε ολοκληρωθεί, θα παροχέτευε τα νερά του Β. Κηφισού και του Μέλανα στον όρμο της Λάρυμνας. Φαίνεται ότι οι Μινύες είχαν επίγνωση της αβεβαιότητας που διέπει τη λειτουργία των καταβοθρών (σεισμοί, φερτά υλικά κ.α.) και προσπάθησαν με τη διάνοιξη της σήραγγας να απαγκιστρωθούν, σε κάποιο βαθμό, από αυτές. Βεβαία, σημαντική μερίδα μελετητών αποδίδει το εν λόγω τεχνικό έργο στους Μακεδόνες της εποχής του Αλεξάνδρου και όχι στους Μινύες.

8.3 Αναπαράσταση Λειτουργίας Αρχαίων Υδραυλικών Έργων Κωπαΐδας

Στο Σχήμα 8.3 παρουσιάζεται συνοπτικά το σενάριο που αναπτύξαμε για το αποστραγγιστικό σύστημα των Μινύων.



Σχήμα 8.3 Το αποστραγγιστικό σύστημα των Μινύων.

Οι Μινύες, το μυκηναϊκό φύλλο που κατοίκησε τον χώρο γύρω από την τότε λίμνη Κωπαΐδα, στην προσπάθειά τους να κερδίσουν έκταση για καλλιέργεια, δημιούργησαν ένα αρκετά σύνθετο σύστημα αποξήρανσης. Το σύστημα αυτό συνίσταντο ουσιαστικά στην εκτροπή του Βοιωτικού Κηφισού από τη φυσική του κοίτη σε αυτή του Μέλανας, η οποία κατέληγε στις φυσικές καταβόθρες του βορειοανατολικού άκρου της Κωπαΐδας. Οι καταβόθρες αυτές, με

σημαντικότερες τη Μεγάλη Καταβόθρα και την καταβόθρα της Μπίνιας, διοχέτευαν τη συνδυασμένη παροχή των δύο ποταμών στο βόρειο Ευβοϊκό Κόλπο (κατά κύριο λόγο).

Στο υποκεφάλαιο αυτό προτείνεται ένα αρκετά ολοκληρωμένο σενάριο σχετικά με τα έργα που πραγματοποίησαν οι Μινύες στην Κωπαΐδα, την σκοπιμότητα τους και τον τρόπο λειτουργίας τους. Πρόκειται για μία εκδοχή η οποία υποστηρίζεται από την ανάλυση και την επεξεργασία των υδρολογικών συνιστωσών της λεκάνης της Κωπαΐδας αλλά, σε μεγάλο βαθμό, και από τα μέχρι σήμερα αρχαιολογικά ευρήματα.

- Ο Β. Κηφισός, ο κυριότερος ποταμός της περιοχής από πλευράς παροχών, εισέρχονταν στην Κωπαΐδα από τα δυτικά και χύνονταν στα νοτιοανατολικά αυτής δημιουργώντας μία ρηχή εκτεταμένη λίμνη. Οι Μινύες, δημιουργώντας ανάχωμα, τον εξέτρεψαν από τα νότια του όρους Ακόντιο (στις δυτικές παρυφές της λεκάνης) προς την κοίτη του Μέλανα στα βόρεια. Η θέση της αρχαίας αυτής εκτροπής του Β. Κηφισού πιθανότατα δεν απέχει πολύ από τη θέση Βελή, από όπου εκτρέπεται σήμερα ο Β. Κηφισός προς τεχνητή κοίτη στα νότια.
- Λίγα χιλιόμετρα ανατολικά του Ορχομενού η τεχνητή κοίτη του Β. Κηφισού συναντούσε τη φυσική κοίτη του Μέλανα. Από το σημείο εκείνο, τα δύο ποτάμια, ακολουθώντας τα βόρεια κράσπεδα της πεδιάδας, κατευθύνονταν προς τις καταβόθρες στα βορειοανατολικά αυτής.
- Για να οδηγούνται τα ύδατα του Β. Κηφισού και του Μέλανα στις καταβόθρες με ασφάλεια (αποφυγή υπερχειλίσεων προς την πεδιάδα), οι Μινύες κατασκεύασαν αναχώματα (συνολικού μήκους περί τα 22 km) τα οποία τα συγκρατούσαν. Τα αναχώματα, τα οποία ενισχύονταν με ισχυρούς αναλημματικούς τοίχους, βρίσκονταν στα νότια της κοίτης των ποταμών και είχαν πορεία ουσιαστικά παράλληλη με αυτή.
- Με τα παραπάνω έργα η Κωπαΐδα χωρίζονταν σε δύο μέρη: το βόρειο, πάνω από τα αναχώματα, το οποίο πλημμύριζε και το νότιο, κάτω από τα αναχώματα, με έκταση περί τα 200.000 στρέμματα, το οποίο προστατεύονταν από τις απορροές του Β. Κηφισού και του Μέλανα.
- Στο νότιο τμήμα εξακολουθούσαν να εκβάλλουν τα ποτάμια Έρκυνα και Λόφης, ο χείμαρρος Πόντζας καθώς και μικρορέματα αμελητέων παροχών. Συνεπώς, με τα έργα των Μινύων η λίμνη που υπήρχε δεν αποξηράνθηκε τελείως, μειώθηκε όμως η έκτασή και η εποχιακή διακύμανση αυτής καθότι οι μηνιαίες παροχές του Β. Κηφισού χαρακτηρίζονται από σημαντική απόκλιση (βλ. εδάφιο 5.1.1). Η απομένουσα λίμνη

καταλάμβανε έκταση που το μέσο έτος κυμαίνονταν από 40.000 έως 80.000 στρέμματα, αφήνοντας στους Μινύες περί τα 100.000 στρέμματα διαθέσιμα για καλλιέργεια.

- Οι Μινύες κάλυπταν τις αρδευτικές τους ανάγκες πρωτίστως μέσω των υδάτων του Β. Κηφισού και του Μέλανα καθώς, λόγω του ότι βρίσκονταν ψηλότερα από τις αγροτικές γαίες, τους έδιναν τη δυνατότητα να τις αρδεύουν πολύ εύκολα. Τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν και η εν λόγω παροχή μπορεί να μην επαρκούσε, είτε χρησιμοποιούσαν νερό που είχαν αποθηκεύσει, είτε νερό από τη λίμνη για να συμπληρώσουν το έλλειμμα.
- Παράλληλα, οι πηγές των Χαρίτων (βασικοί τροφοδότες του Μέλανα), οι οποίες βρίσκονται στις παρυφές του όρους Ακόντιο δίπλα στον Ορχομενό, παρουσιάζουν απορροή με ασήμαντη ετήσια και υπερετήσια διακύμανση (βλ. εδάφιο 5.1.2), παραπάνω από ικανή για την κάλυψη των, αμελητέων ουσιαστικά, αναγκών ύδρευσης των Μινύων.
- Η συνδυασμένη παροχή Β. Κηφισού και Μέλανα που έφτανε στις καταβόθρες σε κάποιες περιπτώσεις ξεπερνούσε αρκετά την παροχευτικότητα τους. Για το λόγο αυτό, σύμφωνα με τον Knauss, οι Μινύες διαμόρφωσαν το χώρο μπροστά από αυτές έτσι ώστε να κατακρατούνται τα ύδατα που λίμναζαν προσωρινά. Τέτοιος χώρος δεν είναι καθόλου απίθανο να υφίσταντο.
- Προκειμένου το αποξηραντικό τους σύστημα να μην εξαρτάται πλήρως από τις καταβόθρες της Κωπαΐδας, καθότι η επίβλεψη της λειτουργίας τους ήταν προβληματική, οι Μινύες αποπειράθηκαν να κατασκευάσουν σήραγγα στη θέση Κεφαλάρι (στην ίδια θέση ουσιαστικά με τις καταβόθρες), η οποία θα παροχέτευε τα νερά του Β. Κηφισού και του Μέλανα στον όρμο της Λάρυμνας. Η εν λόγω σήραγγα θα ενίσχυε ή θα υποκαθιστούσε τις καταβόθρες σε περίπτωση που παρίσταντο ανάγκη. Τελικώς, η διάνοιξή της δεν ολοκληρώθηκε.
- Στον ίδιο χρονικό ορίζοντα με τα αποστραγγιστικά έργα, οι Μινύες κατασκεύασαν την ακρόπολη τους στο λόφο του Γλα (αρχές του 13^{ου} π.Χ. αιώνα). Εντός των κυκλώπειων τειχών της, υπήρχαν σιταποθήκες για την αποθήκευση της συγκομιδής των καλλιεργειών και κατοικίες αξιωματούχων. Πιθανότατα, οι εγκαταστάσεις αυτές χρησιμοποιούνταν για την εποπτεία του συνόλου των έργων στην πεδιάδα της Κωπαΐδας.

8.4 Απαιτούμενη Περαιτέρω Έρευνα

Παρά τις όσες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί, εξακολουθούν να υπάρχουν ζητήματα που χρίζουν διερεύνησης σχετικά με το εντυπωσιακό σύστημα αποξήρανσης της Κωπαΐδας που δημιούργησαν οι Μινύες. Καταρχάς, δεν είμαστε ακόμα βέβαιοι πότε ακριβώς πραγματοποιήθηκαν τα έργα. Είναι, δηλαδή, απαραίτητο να γίνει καλύτερη χρονολόγησή τους. Ακραίο παράδειγμα αποτελεί η σήραγγα του Κεφαλαρίου την οποία κάποιιοι αποδίδουν στους Μινύες (περί τον 13^ο αιώνα π.Χ.) και άλλοι στους Μακεδόνες (336-323 π.Χ.). Ακόμα, είναι σημαντικό να διαπιστωθεί αν όντως υπήρξαν περισσότερες από μία κατασκευαστικές φάσεις. Δεν είναι πιθανό, όπως είπε ο Knauss, αρχικά να δοκίμασαν οι Μινύες να προστατέψουν κάποιες μεμονωμένες εκτάσεις προστατεύοντάς τες με μικρά αναχώματα (πόλντερ) και, αφού απέτυχε η απόπειρα αυτή, να αποφάσισαν να κατασκευάσουν ένα πιο προηγμένο και αξιόπιστο σύστημα. Σε κάθε περίπτωση, από τις μέχρι τώρα έρευνες δεν έχουν προκύψει στοιχεία που να αποδεικνύουν κάτι τέτοιο.

Ένα ακόμα ερωτηματικό είναι η πορεία που ακολουθούσε το ανάχωμα των Μινύων. Ουσιαστικά δεν γνωρίζουμε ούτε από ποιο σημείο ξεκινούσε, ούτε και που ακριβώς κατέληγε. Τα ευρήματα στην περιοχή από το όρος Τουρλογιάννης έως τις καταβόθρες είναι ελάχιστα και επί του παρόντος κάθε σενάριο σχετικά με τη χάραξη του χαρακτηρίζεται ως επισφαλές. Ακόμα, δεν έχει βρεθεί το ανάχωμα που εξέτρεπε το Β. Κηφισό από τη φυσική του κοίτη, προς την κοίτη του Μέλανα. Αν και βάσει της πορείας του Β. Κηφισού υποθέτουμε ότι το ανάχωμα αυτό βρίσκεται νοτιοδυτικά του όρους Ακόντιο, μέχρι στιγμής δεν έχει έρθει στην επιφάνεια.

Τέλος, το μέγεθος του επιτεύγματος της αποξήρανσης της Κωπαΐδας την εποχή εκείνη, αναπόφευκτα εγείρει ερωτήματα σχετικά με το αν οι Μινύες πραγματοποίησαν τα έργα μόνοι τους. Πέρα από την ιδιαίτερη τεχνογνωσία που απαιτούνταν, η εκτέλεση ενός τέτοιου εγχειρήματος προϋπέθετε, όπως προαναφέρθηκε, την απασχόληση και το συντονισμό τεράστιου, για την εποχή, εργατικού δυναμικού. Επομένως, αν και δεν έχουμε μέχρι στιγμής ενδείξεις για κάτι τέτοιο, δεν θα ήταν εκτός πραγματικότητας το σενάριο να συνεργάστηκαν οι Μινύες με κάποια άλλη δύναμη της ευρύτερης περιοχής, όπως η αρχαία Θήβα.

Έρευνες όπως αυτή που ξεκίνησε το 2011 σε συνεργασία του Υπουργείου Τουρισμού και Πολιτισμού, του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Εθνικού Μετσόβιου

Πολυτεχνείου και του Γεωγραφικού Ινστιτούτου του Πανεπιστημίου του Μάιντς (Κουντούρη κ.α., 2012) και η οποία θα συνεχιστεί και το καλοκαίρι του 2013, αναμένεται να δώσουν απαντήσεις σε αρκετά από τα παραπάνω ερωτήματα. Παράλληλα, είναι πιθανό αποκαλυφθούν και άλλα στοιχεία σχετικά με την τεχνική κατασκευής του αναχώματος των Μινύων, το οποίο ήταν το έργο «κλειδί» για την αρχαία αποξήρανση της Κωπαΐδας, αλλά και να έρθουν στο φως επιπλέον δευτερεύοντα έργα. Έτσι, θα υπάρχει πρόσφορο έδαφος για πληρέστερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο λειτουργούσε το σύστημα που ανέπτυξαν οι Μινύες.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Αγγελάκης, Α.Ν., και Δ. Κουτσογιάννης, Η Αποχέτευση στο Μινωικό Πολιτισμό, *Πρακτικά 2ου Διεθνούς Συνεδρίου για την Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία*, 551-556, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2005.

Ανυφαντή, Χ., και Ν. Μαμάσης, *Δεδομένα στάθμης και παροχής λεκάνης Β. Κηφισού, Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών - Φάση 2*, Τεύχος Θ, 167 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 1990.

Γκίνης, Α., Περί της Αποξηράνσεως και Καλλιέργειας της Λίμνης Κωπαΐδος, *Αρχιμήδης*, 17(1), 1-7, 1916α.

Γκίνης, Α., Περί της Αποξηράνσεως και Καλλιέργειας της Λίμνης Κωπαΐδος, *Αρχιμήδης*, 17(2), 13-18, 1916β.

Γρίβα, Ε., *Υλοποίηση Βάσης Δεδομένων Αρχαίων Υδραυλικών Έργων*, MSc thesis, 102 σελίδες, Αθήνα, Νοέμβριος 2008.

Ευστρατιάδης, Α., Ι. Ναλμπάντης, και Ν. Μαμάσης, Υδρομετεωρολογικά δεδομένα και επεξεργασίες, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 8, 129 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Δεκέμβριος 2000.

Ευστρατιάδης, Α., Ι. Ναλμπάντης, και Ε. Ρόζος, Μοντέλο προσομοίωσης του υδρολογικού κύκλου στη λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού - Υλίκης, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 21, 196 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.

Ζαρκαδούλας, Ν., *Τεκμηρίωση Αρχαίου Φράγματος Αλυζίας*, Μεταπτυχιακή εργασία, 134 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούνιος 2005.

Θαναουλόπουλος, Κ., *Η γεωργική ανάπτυξη στην εποχή των ομηρικών επών*, Εκδόσεις Δαυλός, Αθήνα, 2005.

Κνάους, Γ., Προϊστορικά Εγγειοβελτιωτικά Έργα, *Αρχαιολογία*, 94, 19-22, 2005.

Κουκουβίνος, Α., και Α. Χριστοφίδης, Ανάπτυξη συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας για την υδρολογία, τις χρήσεις και τα έργα αξιοποίησης νερού, *Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας - Φάση 3*, Τεύχος 38, 50 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 1999.

Κυριακού, Γ., Νικολάου, Α., και Ε. Χρυσάφοπούλου, *Παρεμβάσεις για την Ποιοτική και Ποσοτική Διαχείριση του Υδάτινου Δυναμικού των Λεκανών Απορροής του Κηφισού Ποταμού*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα Ανατολικής Στερεάς, Λαμία, Ιούλιος 2009.

Κωνσταντινίδης, Δ., *Οριστική Μελέτη Αντιπλημμυρικών Έργων Λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού*, Έκθεση 1^η, Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Υδραυλικών Έργων Τέως 1^{ης} Π.Υ.Δ.Ε., Αθήνα, Φεβρουάριος 1984.

Κωνσταντινίδης, Δ., *Οριστική Μελέτη Αντιπλημμυρικών Έργων Λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού*, Έκθεση 12^η, Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Υδραυλικών Έργων Τέως 1^{ης} Π.Υ.Δ.Ε., Αθήνα, 1985.

Λαδόπουλος, Π.Δ., και Ν.Δ. Χωραφάς, Υδρολογική Μελέτη: Έκθεσις – Πίνακες, *Μελέτη Υδατικού Ισοζυγίου μετά Υδρολογικής Ερεύνης Κοιλιάδος Βοιωτικού Κηφισού και Πεδιάδων Κωπαΐδος και Θηβών*, Υπουργείον Δημόσιων Έργων, Υπηρεσία Υδραυλικών Έργων – Διεύθυνσις Δ2, Αθήνα, Φεβρουάριος 1974.

Λάζος, Χ., *Μηχανική & Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα*, Εκδόσεις Αίολος, Αθήνα, 1993.

Μουτάφης, Ν.Ι., *Διαφάνειες παράδοσης μαθήματος “Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα”*, Μέρος Α΄, Δ.Π.Μ.Σ. Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2005.

Ναλμπάντης, Ι., και Ρ. Μαυροδήμου, Εκτίμηση υδατικών αναγκών, *Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων Στερεάς Ελλάδας – Φάση 3*, Τεύχος 37, 63 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 1999.

Παπαδοπούλου, Κ., *Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Κωπαΐδας (Βοιωτία)*, Διδακτορική διατριβή, 160 σελίδες, Αθήνα, Ιούνιος 1990.

Παπαλεξίου, Σ.Μ., και Α. Ευστρατιάδης, Τελική έκθεση, *Εκτίμηση και πρόγνωση του πλημμυρικού κινδύνου με τη χρήση υδρολογικών μοντέλων και πιθανοτικών μεθόδων*, 116 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Νοέμβριος 2009.

Σελαλμαζίδου, Α., *Διατροφικές Συνήθειες στην Αρχαιότητα*, Πτυχιακή εργασία, 68 σελίδες, Θεσσαλονίκη, 2008.

Σταυρίδης, Ν., Δ. Μπάκου, Κ. Αλεξοπούλου, Π. Αναστασοπούλου, και Ν. Μαμάσης, Βροχομετρικοί και υδρομετρικοί σταθμοί και δεδομένα, *Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας – Φάση 1*, Τεύχος 2, 219 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 1992.

Τζεράνης, Ι., και Κ. Τσολακίδης, Επισκόπηση υδρολογικών μελετών της ευρύτερης περιοχής Υλίκης, *Διερεύνηση προσφερόμενων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών – Φάση 2*, Τεύχος 9, 184 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 1990.

Φουντούλης, Ι., Η. Μαριολάκος, Σ. Μαυρουλής και Ι. Λαδάς, Πλημμυρικές Περίοδοι κατά τους Προϊστορικούς και Ιστορικούς Χρόνους στον Ποταμό Κλαδέο - Αρχαία Ολυμπία, *8^ο Διεθνές Υδρογεωλογικό Συνέδριο Ελλάδας, 3^ο MEM Εργαστήριο Υδρολογίας Διεργημένων Βράχων*, Αθήνα, 809-818, 2008.

Angelakis A.N., Y.M. Savvakis, and G. Charalampakis, Minoan Aqueducts: A Pioneering Technology, *IWA 1st International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations*, Iraklio, 423-429, October 2006.

Chatzakis, M.K., A.G. Lyrintzis and, A.N. Angelakis, Sedimentation Tanks through the Ages, *IWA 1st International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations*, 757-761, Iraklio, October 2006.

Knauss, J., NE Kopais: Technical – Historical Aspects of the Unfinished Ancient Drainage Tunnel, *Επετηρίς της Εταιρείας Βοιωτικών Μελετών*, 2(1), 83-95, 1995.

Kountouri, E., N. Petrochilos, D. Koutsoyiannis, N. Mamassis, N. Zarkadoulas, A. Vött, H. Hadler, P. Henning, and T. Willershäuser, A new project of surface survey, geophysical and excavation research of the mycenaean drainage works of the North Kopais: the first study season, *3rd IWA Specialized Conference on Water & Wastewater Technologies in Ancient Civilizations*, Istanbul, Turkey, 467–476, International Water Association, 2012.

Koutsoyiannis, D., *Water technology and management in Ancient Greece: Legacies and lessons*, 28 pages, Department of Water Resources and Environmental Engineering – National Technical University of Athens, Athens, 2007.

Koutsoyiannis, D., N. Zarkadoulas, A. N. Angelakis, and G. Tchobanoglous, Urban water management in Ancient Greece: Legacies and lessons, *Journal of Water Resources Planning and Management - ASCE*, 134 (1), 45–54, 2008.

Siderides, N.A., Les Katavothres de Grece, *Spelunca, Bulletin et Memoires de la Societe de Speleologie*, 8(63, 64), 5, 1911.

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

Δήμος Ορχομενού

<http://www.orchomenos.gr/gr/kopaida-banner.html>

(Ιστορικό αποξήρανσης της Κοπαΐδας από το νέο ελληνικό κράτος)

Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία

<http://www.archetai.gr/site/content.php?artid=35>

(Ακρόπολη του Γλα)

Ερευνητική Ομάδα ΙΤΙΑ

<http://itia.ntua.gr/ahw/work/21/>

(Αποχετευτικό σύστημα Κασσώπης)

Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΕΥΔΑΠ)

<http://www.eydap.gr/media/stagonoulis/KuklosNerou/gr/003.htm>

(Πεισιστράτειο υδραγωγείο)

ΛΓ΄ Εφορεία Προϊστορικών & Κλασσικών Αρχαιοτήτων Πρέβεζας-Άρτας

<http://www.lgerka.gr/kassopi.html>

(Αποχετευτικό σύστημα Κασσώπης)

Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Κρεστένων

<http://kpekrestenon.viewschools.info/page13%20-%20b.htm>

(Αντιπλημμυρικά έργα αρχαίας Ολυμπίας)

Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού

http://odysseus.culture.gr/h/3/gh351.jsp?obj_id=2369

(Εκτίμηση Evans για τον πληθυσμό της Κνωσού περί το 1700 π.Χ.)

HYDRIA Project

<http://www.hydraproject.net/en/greece-crete-water-management-in-zakros-area/importance3>

(Εγγειοβελτιωτικά έργα αρχαίας Ζάκρου)

<http://www.hydraproject.net/en/greece-the-ancient-agera-of-athens/waterworks3/>

(Στέρνες αγοράς αρχαίας Αθήνας)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

A. Οδοιπορικό στην Κωπαΐδα

A.1 Γενικά Στοιχεία

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν συνολικά τρεις επισκέψεις στην περιοχή της Κωπαΐδας. Η πιο ολοκληρωμένη από αυτές, στην οποία και αναφέρεται το παρόν κεφάλαιο, ήταν το οδοιπορικό με τους Νίκο Μαμάση και Νίκο Ζαρκαδούλα την Κυριακή 10/06/12. Σκοπός ήταν η επίσκεψη σημείων ενδιαφέροντος της περιοχής σχετικά με διάφορες πτυχές της εργασίας, όπως τα αναχώματα των Μινύων, οι καταβόθρες της λεκάνης και τα σύγχρονα τεχνικά έργα αποξήρανσης.

Ο τεχνολογικός μας εξοπλισμός συνίσταντο σε GPS χειρός και φωτογραφικές μηχανές. Χρησιμοποιήθηκαν, επίσης:

- Αεροφωτογραφίες του 1945 κλίμακας 1:42.000 του ιστορικού αρχείου της ΓΥΣ
- Αεροφωτογραφίες του 1960 κλίμακας 1:15.000 του ιστορικού αρχείου της ΓΥΣ
- Αναλογικά τοπογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ
- Χάρτες - προϊόντα της έρευνας που διεξήχθη σχετικά με τα μυκηναϊκά έργα αποξήρανσης της Κωπαΐδας το 2012 (Κουντούρη κ.α., 2012).

Οι τελευταίοι παρουσιάζουν τις θέσεις στις οποίες είτε πιθανολογείται είτε επαληθεύτηκε η ύπαρξη αρχαίων αναχωμάτων βάσει της εν λόγω έρευνας. Έτσι, βοήθησαν καθοριστικά στη διαμόρφωση της πορείας μας στη Κωπαΐδα.

Ακολουθώντας τη διαδρομή που είχε προαποφασιστεί, φτάνοντας σε κάποιο σημείο ενδιαφέροντος λάμβανε χώρα χονδρικά η παρακάτω διαδικασία: Αρχικά, επαληθεύαμε τη θέση μας στους διαθέσιμους χάρτες και τα τοπογραφικά διαγράμματα 1:5000 της ΓΥΣ. Στη συνέχεια, λαμβάνονταν οι συντεταγμένες της τοποθεσίας με GPS χειρός. Αν το σημείο ενδιαφέροντος ήταν πιθανή ή βέβαιη θέση αρχαίου αναχώματος, συμβουλευόμασταν τις ανάλογες αεροφωτογραφίες ούτως ώστε να διαπιστωθούν τυχόν διαφορές μεταξύ παρελθόντος και παρούσας κατάστασης. Τέλος, ακολουθούσε φωτογραφική τεκμηρίωση ενώ σε κάποιες περιπτώσεις, για ευρύτερη απεικόνιση της περιοχής, γίνονταν χρήση βίντεο.

A.2 Πορεία

Στο Σχήμα A.1 παρουσιάζεται με κόκκινο χρώμα η πορεία μας στη λεκάνη της Κωπαΐδας, Παράλληλα επισημαίνονται και τα κυριότερα σημεία ενδιαφέροντος, τα ήταν και εκείνα που ουσιαστικά την διαμόρφωσαν. Στις εν λόγω θέσεις έγινε λήψη συντεταγμένων με GPS χειρός.



Σχήμα A.1 Η πορεία που ακολουθήσαμε (με κόκκινο) και τα κυριότερα σημεία ενδιαφέροντος.

Η αρίθμηση υποδεικνύει τη σειρά με την οποία επισκεφθήκαμε το κάθε σημείο:

(1): Καταβόθρα του Ηρακλή (δίπλα στο χωριό Άγιος Ιωάννης), (2) και (3): Πιθανές θέσεις αρχαίου αναχώματος, (4): Θέση ανεσκαμμένου αναχώματος με εκατέρωθεν αναλημματικούς τοίχους, (5): Θέση αρχαίου αναχώματος με αναλημματικό τοίχο μόνο από τη μία πλευρά, (6): Θέση πρώτης εκτροπής του Β. Κηφισού από το νέο Ελληνικό κράτος – Φράγμα Γύφτισσας, (7): Θέση νέας εκτροπής Β. Κηφισού – Φράγμα ΒΟΟΤ, (8): Θέση κοντά στις πηγές των Χαρίτων, βορειοδυτικά της πόλης του Ορχομενού.

A.3 Στάσεις – Σημεία Ενδιαφέροντος

Ακολουθεί παρουσίαση των σημείων ενδιαφέροντος της Κωπαΐδας που επισκεφθήκαμε, με παράθεση πληροφοριών και φωτογραφικό υλικό.

⇒ Νότια πύλη ακρόπολης του Γλα

Η πρώτη μας στάση ήταν η νότια πύλη της ακρόπολης του Γλα (Εικόνα Α.1). Πρόκειται για ένα εκ των τεσσάρων ανοιγμάτων του κυκλώπειου τείχους που περιβάλλει την ακρόπολη του κράτους των Μινύων, στο λόφο του Γλα.



Εικόνα Α.1 Νότια πύλη ακρόπολης του Γλα.

⇒ (1): Μεγάλη Καταβόθρα (χωριό Άγιος Ιωάννης)

Η Μεγάλη Καταβόθρα ή αλλιώς Καταβόθρα του Ηρακλή, στα βορειοανατολικά της Κωπαΐδας, ήταν η δεύτερη στάση μας. Πρόκειται πιθανότατα για τη σημαντικότερη φυσική καταβόθρα της περιοχής και για αυτή που κυρίως χρησιμοποιήθηκε για το αποξηραντικό σύστημα των Μινύων. Βρίσκεται δίπλα στο χωριό Άγιος Ιωάννης (πρώην Νέο Κόκκινο), το οποίο δημιουργήθηκε για να στεγάσει τις οικογένειες των εργαζόμενων της μεταλλευτικής και μεταλλουργικής εταιρίας ΛΑΡΚΟ, που εδρεύει στην κοντινή Λάρυμνα. Φτάνοντας στην άκρη του χωριού, βρεθήκαμε ακριβώς πάνω από το στόμιο καταβόθρα (Εικόνα Α.2). Το μονοπάτι που οδηγεί από εκεί στην είσοδό της, εκτός του ότι δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό, είναι και δύσκολα προσπελάσιμο λόγω της πυκνής βλάστησης Πλέον (μετά τα σύγχρονα έργα αποξήρανσης), ελάχιστη ποσότητα υδάτων απορρέει προς τη Μεγάλη Καταβόθρα, και ειδικά τους ξηρούς μήνες, δίνοντας τη δυνατότητα σε διάφορα είδη άγριας ξερικής χλωρίδας να κατακλύσουν τη περιοχή, καθιστώντας τις μετακινήσεις δυσχερείς (Εικόνα Α.3).

Πλησιάζοντας στην είσοδό της καταβόθρας τα ξερικά είδη βλάστησης σταδιακά δίνουν τη θέση τους σε πιο υδρόφιλα. Είναι ενδεικτικό ότι λίγα μέτρα πριν το στόμιό της συναντάμε μία καρυδιά, ενώ ακριβώς μπροστά από αυτό το έδαφος καλύπτεται σχεδόν πλήρως από χλωρά φυτά, μεταξύ των οποίων κυριαρχούν τα περδικάκια (ή αλλιώς ανεμόχορτα) και οι τσουκνίδες (Εικόνα Α.4). Το ύψος του στομίου της καταβόθρας ήταν προσεγγιστικά 4-6 m και το πλάτος του 10-12 m. Εντός της καταβόθρας η υγρασία είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Σε κάποιο σημείο στο εσωτερικό της, η οροφή έχει καταρρεύσει με αποτέλεσμα να διέρχεται τοπικά λίγο φως (Εικόνα Α.5).



Εικόνα Α.2 Η «οροφή» του στομίου της Μεγάλης Καταβόθρας, όπως φαίνεται από τον Άγιο Ιωάννη.



Εικόνα Α.3 Αναζητώντας το μονοπάτι για την είσοδο της καταβόθρας.



Εικόνες Α.4 και Α.5 Η είσοδος και το εσωτερικό της Μεγάλης Καταβόθρας.

⇒ (2) και (3): Πιθανές θέσεις αρχαίου αναχώματος

Κινούμενοι στα βόρεια κράσπεδα της Κωπαΐδας με κατεύθυνση από τα ανατολικά προς τα δυτικά, λίγο πριν εισέλθουμε στο στενό πέρασμα ανάμεσα στους λόφους Τουρλογιάννης και Κομίτης, συναντάμε για πρώτη φορά πιθανά ίχνη των μινυακών αναχωμάτων (Εικόνα Α.6). Πρόκειται για θέσεις στις οποίες δεν έχουν γίνει μέχρι σήμερα ανασκαφές και ως εκ τούτου δεν μπορούμε να είμαστε απολύτως βέβαιοι για την ύπαρξη αναχωμάτων, αλλά τα στοιχεία που διαθέτουμε για την πορεία των αναχωμάτων βάσει των θέσεων στις οποίες έχει εξακριβωθεί η ύπαρξή τους σε συνδυασμό με την τοπική κύρτωση του εδάφους, υποδεικνύουν ότι κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα πιθανό.



Εικόνα Α.6 Θέση ανάμεσα στους λόφους Τουρλογιάννης και Κομίτης. Η απότομη κύρτωση του εδάφους και τα ογκώδη κομμάτια πέτρας που προβάλλουν ακανόνιστα μέσα από το εδαφικό υλικό υποδηλώνουν πιθανή θέση αρχαίου αναχώματος.

⇒ Διευθετημένη κοίτη Μέλανα (δίπλα στο χωριό Κάστρο)

Δίπλα στο χωριό Κάστρο (Κώπαι στην αρχαιότητα), στα βόρεια της Κωπαΐδας, διέρχεται η διευθετημένη κοίτη του Μέλανα (Εικόνα Α.7). Η διευθέτηση έγινε στο πλαίσιο των σύγχρονων έργων αποξήρανσης της λεκάνης. Στην εν λόγω κοίτη εγκιβωτίζονται όσα ύδατα του Μέλανα δεν εκτρέπονται προς τη σήραγγα της Καρδίτσας, αλλά συνεχίζουν στη φυσική τους πορεία προς τα βορειοανατολικά της Κωπαΐδας.



Εικόνα Α.7 Διευθετημένη κοίτη Μέλανα δίπλα στο χωριό Κάστρο.

⇒ Ανεσκαμμένο ανάχωμα με εκατέρωθεν αναλημματικούς τοίχους (θέση «Πελώνης»)

Στα δεξιά του δρόμου που οδηγεί από τον Ορχομενό στο Κάστρο, περίπου 6,0 km από τον Ορχομενό και 3,5 km νοτιοανατολικά του χωριού Πύργος, βρίσκεται η τοποθεσία του επόμενου σημείου ενδιαφέροντος που επισκευθήκαμε. Πρόκειται για ένα κομμάτι του αναχώματος των Μινύων, το οποίο ανασκάφηκε στο πλαίσιο της έρευνας που έγινε το 2012. Έτσι, τα χαρακτηριστικά του είναι αρκετά ευκρινή (Εικόνα Α.8). Φαίνονται ξεκάθαρα οι ογκώδεις βράχοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του, των οποίων το μέγεθος, μάλιστα, μειώνεται όσο κινούμαστε προς τα πάνω. Το ύψος του, όπως φαίνεται από την Εικόνα Α.9 στην οποία χρησιμοποιήθηκε ο κ. Μαμάσης ύψους 1,80 m ως μέτρο σύγκρισης, είναι περίπου 3,0 m. Στην εν λόγω θέση το ανάχωμα προστατεύεται εκατέρωθεν από αναλημματικούς τοίχους.



Εικόνα Α.8 Ο αναλημματικός τοίχος του Μινυακού αναχώματος.



Εικόνα Α.9 Το ανάχωμα σε σχέση με τον άνθρωπο.

⇒ Αρχαίο ανάχωμα με αναλημματικό τείχος μόνο από τη μία πλευρά (θέση «Δουφεξής»)

Λίγα μέτρα μακριά από το ανεσκαμμένο διπλό ανάχωμα που περιγράφηκε προηγουμένως, έχει εντοπιστεί μία ακόμα θέση αναχώματος (Εικόνες Α.10 και Α.11). Στη περίπτωση αυτή δεν έχει γίνει ανασκαφή. Η ιδιαιτερότητα της εν λόγω θέσης είναι ότι εκεί το ανάχωμα προστατεύεται στη μία μόνο πλευρά του με αναλημματικό τείχος. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι όσο κατασκευάζονταν το ανάχωμα ανάμεσα στις δύο κοντινές αυτές θέσεις, συνέβη κάτι που ώθησε τους Μινύες να αλλάξουν κατασκευαστική τεχνική. Οι λόγοι που τους οδήγησαν σε αυτή την απόφαση θα μπορούσαν να είναι αρκετοί. Για παράδειγμα, ίσως με τον τρόπο αυτό να επιδίωξαν να μειώσουν το κατασκευαστικό κόστος. Άλλος λόγος θα μπορούσε να είναι η γεωμορφολογία της περιοχής: Από το σημείο που το ανάχωμα προστατεύεται από αναλημματικούς τοίχους εκατέρωθεν και έπειτα, ανάμεσα σε αυτό και τον ορεινό όγκο

παρεμβάλλεται πολύ μικρότερη απόσταση σε σχέση με πριν, έχουμε δηλαδή πολύ στενότερες διατομές για να διέλθει το νερό. Είναι πιθανό, περιμένοντας οι Μινύες ότι στις θέσεις αυτές οι υδατικές πιέσεις θα ήταν αυξημένες, να προσπάθησαν να ισχυροποιήσουν τα αναχώματα και για αυτό να τα ενίσχυσαν με έναν επιπλέον τοίχο.



Εικόνα Α.10 Ίχνη του αρχαίου αναχώματος ανάμεσα στις καλάμιες.



Εικόνα Α.11 Η ίδια θέση παλαιότερα, χωρίς τις καλαμιές. Πηγή: Αρχείο Νίκου Ζαρκαδούλα.

⇒ Φράγμα της Γύφτισσας

Το φράγμα της Γύφτισσας, από το οποίο τραβήχτηκαν οι Εικόνες Α.12 και Α.13, κατασκευάστηκε στο πλαίσιο των σύγχρονων έργων αποξήρανσης της λεκάνης με σκοπό την έκτροπή του Βοιωτικού Κηφισού προς τη τεχνητή κοίτη του (Μεγάλη Διώρυγα και Διώρυγα Τέλματος) προς τη σήραγγα της Καρδίτσας και τη λίμνη Υλίκη. Ανήκει στα έργα που έγιναν πριν το 1933, όταν και άρχισε να κατασκευάζει υδραυλικά τεχνικά έργα στη λεκάνη η αγγλική εταιρεία BOOT.



Εικόνες Α.12 και Α.13 Φωτογραφίες από το φράγμα της Γύφτισσας.

⇒ Το φράγμα BOOT

Το φράγμα BOOT (Εικόνες Α.14, Α.15 και Α.16) πήρε το όνομά του από την αγγλική εταιρεία BOOT, η οποία το κατασκεύασε. Η εν λόγω εταιρεία πραγματοποίησε μια σειρά από υδραυλικά έργα στη λεκάνη της Κωπαΐδας την περίοδο 1933-1940. Σκοπός του φράγματος BOOT, το οποίο βρίσκεται 150-200 m ανάντι του φράγματος της Γύφτισσας, είναι ο έλεγχος της ροής του Βοιωτικού Κηφισού (φράγμα αναρρύθμισης). Το φράγμα έχει τρία ανοίγματα, δύο εκ των οποίων τα διαθέτουν θυροφράγματα.



Εικόνα Α.14 Όψη μέρους του φράγματος BOOT.



Εικόνες Α.15 και Α.16 Φωτογραφίες από το φράγμα ΒΟΟΤ.

⇒ Θέση κοντά στις πηγές των Χαρίτων

Οι πηγές των Χαρίτων στο όρος Ακόντιο, βορειοδυτικά του Ορχομενού, αποτελούν τον κύριο τροφοδότη του ποταμού Μέλανα. Ένα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο για τις εν λόγω πηγές, το οποίο διαπιστώσαμε και ιδίως όμμασι (Εικόνα Α.17), είναι ότι η παροχή τους, ακόμα και σε περιόδους ξηρασίας, διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα.



Εικόνα Α.17 Κοντά στις πηγές των Χαρίτων, στους πρόποδες του όρους Ακόντιο.

⇒ Στις πηγές της Έρκυνας στη Λειβαδιά

Η Έρκυνα είναι ο χείμαρρος που διαρρέει την πόλη της Λειβαδιάς. Βάσει παροχής, είναι ο σημαντικότερος υδροφορέας της ευρύτερης περιοχής της Κοπαΐδας μετά τον Β. Κηφισό και τον Μέλανα. Η μέση ετήσια παροχή της ανέρχεται στα 22 hm³, ενώ η μηνιαία παροχή της κυμαίνεται από 1,6 έως 2,3 hm³. Η Κρύα Λειβαδιάς (Εικόνα Α.18), η περιοχή γύρω από τις πηγές της, αποτελεί περιοχή φυσικού κάλλους.



Εικόνα Α.18 Κοντά στις πηγές της Έρκυνας, στην Κρύα Λειβαδιάς.

Β. Μέγιστες Ημερήσιες Παροχές στη Σήραγγα Καρδίτσας

Πίνακας Β.1 Μετρήσεις παροχών ΥΠΔΕ στην Παλαιά Σήραγγα Καρδίτσας τα υδρολογικά έτη 1907-1927, 1932-1947, 1960-1965 και 1968-1977 (m³/s). Προέλευση: Ανυφαντή και Μαμάσης (1990) μετά από προσαρμογή.

Υδρολογικό Έτος	Μέγιστη Ημερήσια Παροχή	Μέγιστη Γειτονική Παροχή της Μέγιστης Ημερήσιας
1907	92,10	87,18
1908	25,90	21,25
1909	109,26	95,89
1910	101,22	92,86
1911	28,07	22,84
1912	87,66	80,26
1913	92,12	88,90
1914	83,70	77,83
1915	73,56	72,59
1916	25,91	23,84
1917	19,93	14,67
1918	51,29	42,72
1919	86,42	86,42
1920	65,38	65,38
1921	101,22	90,13
1922	94,62	92,35
1923	80,71	79,53
1924	69,44	56,42
1925	70,15	69,44
1926	39,84	35,03
1927	15,60	12,06
1932	9,61	8,23
1933	92,55	52,66
1934	112,89	112,41
1935	68,55	63,83
1936	72,43	45,19
1937	55,22	30,93
1938	135,80	124,68
1939	102,85	94,67
1940	74,22	65,30
1941	71,23	68,26
1942	114,89	96,80

1943	41,70	32,76
1944	71,23	65,30
1945	53,93	37,70
1946	96,80	93,76
1947	89,24	80,22
1960	55,22	35,68
1961	143,72	114,89
1962	45,19	34,68
1963	178,04	131,05
1964	72,73	60,89
1965	7,71	7,71
1968	74,22	52,66
1969	123,50	119,19
1970	50,13	36,69
1971	86,83	68,85
1972	124,68	114,89
1973	86,83	62,36
1974	87,73	86,23
1975	56,29	38,68
1976	69,74	63,83
1977	20,92	19,70

Πίνακας Β.2 Μετρήσεις παροχών ΕΥΔΑΠ στη Νέα Σήραγγα της Καρδίτσας τα υδρολογικά έτη 1978-1989 (m³/s). Προέλευση: Ανυφαντή και Μαμάσης (1990) μετά από προσαρμογή.

Υδρολογικό Έτος	Μέγιστη Ημερήσια Παροχή	Μέγιστη Γειτονική Παροχή της Μέγιστης Ημερήσιας
1978	21,75	16,88
1979	43,54	43,54
1980	96,72	77,99
1981	126,14	119,33
1982	99,85	73,10
1983	47,27	36,55
1984	73,10	63,83
1985	106,18	88,29
1986	36,55	18,04
1987	63,83	57,32
1988	77,99	55,23
1989	83,05	73,10

