



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΝΟΜΟΥ ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ
ΥΔΡΕΥΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΑΝΤΩΝΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΠΑΠΑΛΑΜΠΡΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ - ΜΑΡΙΑ
ΠΕΤΤΑΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ - ΓΕΝΝΑΙΟΣ
ΠΥΘΑΡΟΥΛΙΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ - ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΣΑΚΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΜΑΜΑΣΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΝΑΝΟΥ - ΓΙΑΝΝΑΡΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Αθήνα
Μάρτιος, 2020

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την κυρία Μάρθα Παπακώστα για τον χρόνο της, την όρεξη με την οποία μας καθοδήγησε σε καίρια σημεία της εργασίας, το υλικό που μας προσέφερε, καθώς και την οικονομική συνδρομή της στην επίσκεψη στην περιοχή μελέτης.

Επιπλέον, τον κύριο Γκόνη για την πολύτιμη βοήθειά του και το χρήσιμο υλικό που μας εμπιστεύθηκε, καθώς και τους αρμόδιους που μας υποδέχθηκαν στην περιοχή και μας ενημέρωσαν για τα προβλήματα.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους επιβλέποντες καθηγητές μας για την καθοδήγησή τους καθ' όλο το εξάμηνο.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	ii
Πίνακες.....	vi
Χάρτες	vii
Γραφήματα.....	viii
Εικόνες	viii
Σχέδια.....	ix
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Εθνικό Διαχειριστικό Πλαίσιο Υδατικών Πόρων	2
1.3 Η ελληνική πραγματικότητα στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων	6
1.4 Αντικείμενο της Μελέτης.....	8
1.5 Δομή Εργασίας	9
2. Η περιοχή Μελέτης και το Διαχειριστικό Πρόβλημα.....	10
2.1 Η περιοχή Μελέτης.....	10
2.1.1 Ιστορικά Στοιχεία	10
2.1.2 Κοινωνικά και Οικονομικά Στοιχεία.....	10
2.1.3 Θέση, Γεωγραφία και Γεωμορφολογία.....	10
2.1.4 Γεωγραφικές Υδατικές Λεκάνες	11
2.1.5 Κλίμα και Βιοκλιματικοί Όροφοι.....	15
2.1.7 Καθορισμός Υδατικών Πόρων.....	16
2.2 Το Διαχειριστικό Πρόβλημα	35
2.2.1 Ύδρευση.....	37
2.2.2 Άρδευση	38
2.2.3 Χρήσεις Νερού – Εκτίμηση Αναγκαίων Ποσοτήτων.....	39
2.2.4 Ποσοτικό και Ποιοτικό Έλλειμα	40

2.3 Το φράγμα Αναβάλου	42
2.3.1 Γενικά Στοιχεία	42
2.3.2 Υφιστάμενες Εγκαταστάσεις.....	44
2.4 Η Μελέτη του Φράγματος της Τζετζελιάς.....	46
2.4.1 Ανάθεση – Ιστορικό – Αντικείμενο	46
2.4.2 Γεωγραφική θέση – Διοικητική υπαγωγή	47
2.4.3 Γεωμορφολογία περιοχής	49
2.4.4 Γεωλογικές Συνθήκες Περιοχής	49
2.4.5 Τεκτονική δομή περιοχής	49
2.4.6 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά περιοχής	50
2.4.7 Κλιματολογικές συνθήκες – Μετεωρολογικά δεδομένα	50
2.4.8 Επιλογή Θέσης.....	53
2.4.9 Γεωμετρικά Στοιχεία.....	54
2.4.10 Γεωλογία – Φυτοκάλυψη - Μετρήσεις απορροής	56
2.4.11 Υπόγεια ύδατα και Επιφανειακά ύδατα	56
2.4.12 Υδρευτικές Ανάγκες	57
2.4.13 Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός.....	58
2.4.14 Άρδευση	63
2.4.15 Σκοπιμότητα του Έργου	63
2.4.16 Φράγμα και συναφή έργα	63
2.4.17 Τύπος και τυπική διατομή	67
2.4.18 Περιγραφή προτεινόμενων έργων φράγματος.....	69
2.4.19 Οικονομικά Στοιχεία	70
2.4.20 Συνοπτικά συμπεράσματα και προτάσεις	72
3. Η Διαχειριστική Πρόταση	76
3.1 Επιτόπια Αυτοψία της Περιοχής Μελέτης και Φωτογραφική Τεκμηρίωση.....	76
3.2 Μεθοδολογία Προσέγγισης.....	78

3.3 Μηδενική Λύση	78
3.4 Εναλλακτική Διαχειριστική Λύση 1	80
3.4.1 Μη τεχνική περιγραφή	80
3.4.2 Τεχνική Περιγραφή	80
3.5 Εναλλακτική Διαχειριστική Λύση 2	83
3.5.1 Μη τεχνική περιγραφή	83
3.5.2 Τεχνική περιγραφή	83
3.5.3 Οικονομική Τεκμηρίωση	85
3.6 Ερευνητική Διερεύνηση Τεχνητού Εμπλουτισμού και Ιχνηλάτησης Αναβάλου	86
Βιβλιογραφία	93
Παράρτημα Α: Τεχνική Περιγραφή Προτεινόμενων Έργων και Οικονομικά Στοιχεία	94
Α1. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού	94
Α.2 Έργα Μονάδας Αφαλάτωσης	108
Παράρτημα Β: Τεχνικά Σχέδια	126
Παράρτημα Γ: Συγκεντρωτικοί Χάρτες	128
Παράρτημα Δ: Πίνακες Υδατικών Ισοζυγίων	135
Δ.1 Υφιστάμενη Κατάσταση	135
Δ.2 Εναλλακτική Λύση 1	136
Δ.3 Εναλλακτική Λύση 2	137

Πίνακες

Πίνακας 1: 1 Χαρακτηριστικοί όροι σχετικοί με τη διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων και ορισμοί τους με βάση την Οδηγία 2000/60/ΕΚ και το Ν. 3199/2003.....	4
Πίνακας 2: Έκταση και πληθυσμός του διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου κατά νομό (1991, 2001).....	14
Πίνακας 3: Οι επτά υδρολογικές λεκάνες με τα σημαντικότερα υδατορεύματα	17
Πίνακας 4: Μετεωρολογικοί Σταθμοί της περιοχής (που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη)	51
Πίνακας 5: Συνοπτικά Κλιματολογικά Στοιχεία Λεκάνης Απορροής Ποταμού Ράδου	53
Πίνακας 6: Μέσα Ετήσια Ύψη Βροχόπτωσης των Σταθμών που Χρησιμοποιήθηκαν στη Μελέτη	53
Πίνακας 7: Μετρήσεις Παροχών στον Ποταμό Ράδο	57
Πίνακας 8: Συνοπτικά Στοιχεία Απορροής Λεκάνης Ράδου (Διπόταμου)	57
Πίνακας 9: Πληθυσμός Αργολίδας	59
Πίνακας 10: Ημερήσιες Υδρευτικές Ανάγκες Μονίμων Κατοίκων	60
Πίνακας 11: Τελικές Συνολικές Ετήσιες Υδατικές Ανάγκες και Εξέλιξη Αυτών	61
Πίνακας 12: Ετήσιο Ισοζύγιο Νερού Ύδρευσης	62
Πίνακας 13: Χρονοσειρά Παροχών Εισόδου στον Ταμιευτήρα στη Θέση Β	64
Πίνακας 14: Ενδεικτικές Δαπάνες Προτεινόμενων Έργων	70
Πίνακας 15: Δαπάνες Σταδίου «0»	71
Πίνακας 16: Δαπάνες Σταδίου «1»	71
Πίνακας 17: Δαπάνες Σταδίου «2»	72
Πίνακας 18: Βασικά Χαρακτηριστικά Προτεινόμενων Έργων	73
Πίνακας 19: Υδρευτικές Ανάγκες	74
Πίνακας 20: Διαθέσιμες Ποσότητες Νερού από Υφιστάμενες Γεωτρήσεις	74
Πίνακας 21: Ετήσιο Δυναμικό Απορροής ποταμού Ράδου	75
Πίνακας 22: Προσφορά Πηγών	81
Πίνακας 23: Δαπάνες Προτεινόμενων Έργων	85
Πίνακας 24: Βαθμονόμηση βάσει Υδραυλικής Αγωγιμότητας	89
Πίνακας 25: Βαθμονόμηση βάσει στάθμης	89
Πίνακας 26: Βαθμονόμηση βάσει απόστασης από την ακτή	89
Πίνακας 27: Παράδειγμα Βαθμονόμησης	89
Πίνακας 28: Βαθμονόμηση βάσει πάχους υδροφορέα	89
Πίνακας 29: Δαπάνες Τεχνητού Εμπλουτισμού	91
Πίνακας 30: Βάθος της κλίνης	99

Πίνακας 31: Έργα Επεξεργασίας Νερού (Συμβατική Μέθοδος)	102
Πίνακας 32: Χημικές Αναλύσεις Υδάτων Αναβάλου	112
Πίνακας 33: Συντελεστής συμπύκνωσης συναρτήσει του ποσοστού ανάκτησης	118
Πίνακας 34: Στοιχεία κόστους για μέθοδο RO.....	122
Πίνακας 35: Οικονομικά Στοιχεία RO	122
Πίνακας 36: Προκαταρκτική Κοστολόγηση Εγκατάστασης.....	122
Πίνακας 37: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον	123
Πίνακας 38: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις στους Φυσικούς Πόρους	124
Πίνακας 39: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις στην Πανίδα.....	125
Πίνακας 40: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις αναφορικά με τις χρήσεις Γης και την αισθητική ρύπανση	125
Πίνακας 41: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις αναφορικά με την ηχητική ρύπανση	125

Χάρτες

Χάρτης 1: Νομός Αργολίδας (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος).....	13
Χάρτης 2: Χάρτης βιοκλιματικών ορόφων Πελοποννήσου (ΥΠΑΑΤ)2.1.6 Βροχοπτώσεις και Κατακρημνίσματα.....	15
Χάρτης 3: Κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην Πελοπόννησο.....	15
Χάρτης 4: Υδρογραφικό δίκτυο Αργολικού Πεδίου	18
Χάρτης 5: Σχέσεις τροφοδοσίας των πηγών του Αργολικού Πεδίου από τις καταβόθρες και τις πόλγες στο οροπέδιο της Τρίπολης.....	27
Χάρτης 6: Φρέατα παρατήρησης περιόδου 1964-75	32
Χάρτης 7: Δίκτυο παρατήρησης περιόδου 1985-95	33
Χάρτης 8: Απόσπασμα χάρτη ΕΣΥΕ – Θέση Λεκάνης Ποταμού Ράδου και φράγματος Τζερτζελιάς	48
Χάρτης 9: Μετεωρολογικοί σταθμοί της ευρύτερης περιοχής.....	52
Χάρτης 10: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Ράδου	55
Χάρτης 11: Χάρτης περιοχών Natura για την Πελοπόννησο	123
Χάρτης 12: Νομός Αργολίδας (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος).....	128
Χάρτης 13: Υδρογραφικό δίκτυο Αργολικού Πεδίου	129
Χάρτης 14: Σχέσεις τροφοδοσίας των πηγών του Αργολικού Πεδίου από τις καταβόθρες στο οροπέδιο της Τρίπολης.....	130
Χάρτης 15: Φρέατα παρατήρησης περιόδου 1964-75	131
Χάρτης 16: Δίκτυο παρατήρησης περιόδου 1985-95	132
Χάρτης 17: Απόσπασμα χάρτη ΕΣΥΕ – Θέση Λεκάνης Ποταμού Ράδου και φράγματος Τζερτζελιάς	133
Χάρτης 18: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Ράδου	134

Γραφήματα

Γράφημα 1: Ορισμός της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων [πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, ομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008].....	8
Γράφημα 2: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων [πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, ομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008].....	8
Γράφημα 3: Βιώσιμη Ανάπτυξη [πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, ομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008].....	8
Γράφημα 4: Διακύμανση Παροχής Κρόης [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999].....	21
Γράφημα 5: Διακύμανση Παροχής Κεφαλαρίου [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999].....	21
Γράφημα 6: Διακύμανση Παροχής Λέρνης [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999].....	22
Γράφημα 7: Συγκριτικό Γράφημα Μέσης Μηνιαίας Παροχής [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]	22
Γράφημα 8: Καμπύλες Διάρκειας Παροχής (Ιούλιος 1962-1974) [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999].....	23
Γράφημα 9: Παροχές για ποσοστό χρόνου υπερβάσεως 80% [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]	23
Γράφημα 10: Διάγραμμα Παροχών Πηγών Κιβερίου [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999].....	24
Γράφημα 11: Καμπύλη Ύψους – Κόστους [πηγή: Μελέτη Φράγματος Τζερτζελιάς, Συλλογικό έργο].....	72
Γράφημα 12: Επενδυτικό κόστος ανάλογα της δυναμικότητας εργοστασίου [πηγή: «Σχεδιασμός και Λειτουργία Μονάδων Αφαλάτωσης Νερού με Αντίστροφη Ώσμωση – Μελέτες Περιπτώσεων» - Διδακτορική Διατριβή Νικόλαου Υφαντή – Αθήνα 2011].....	121

Εικόνες

Εικόνα 1: Τομή φράγματος Αναβάλου	42
Εικόνα 2: Τυπική διατομή.....	67
Εικόνα 3: Φράγμα Αναβάλου	76
Εικόνα 4: Φράγμα Αναβάλου	76
Εικόνα 5: Πηγή Κεφαλαρίου.....	77
Εικόνα 6: Πηγή Κεφαλαρίου.....	77
Εικόνα 7: Μοντέλο λειτουργίας ενός καρστικού υδροφόρου συστήματος	86
Εικόνα 8: Τομή φράγματος Αναβάλου.	87
Εικόνα 9: Καθαρισμός Μεμβρανών.....	101
Εικόνα 10: Υδραυλικές Διασυνδέσεις.....	101
Εικόνα 11: Αεροφωτογραφία της περιοχής πέριξ της πηγής Κιβερίου	112

Σχέδια

Σχέδιο 1: Κάτοψη Εγκατάστασης Συμβατικής Επεξεργασίας Νερού	126
Σχέδιο 2: Κάτοψη Εγκατάστασης Εναλλακτικής Επεξεργασίας Νερού με χρήση Μεμβρανών Υπερδιήθησης (UF).....	127

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Οι ευεργετικές ή καταστρεπτικές συνέπειες της φυσικής κίνησης του νερού ανάγκασαν τον άνθρωπο να του αφιερώσει, από τα βάθη της ιστορικής διαδρομής του μέχρι σήμερα, σημαντικό μέρος της δημιουργικής του δουλειάς. Η εξασφάλιση του πόσιμου και του αρδευτικού νερού, σε συνδυασμό με την προστασία από τις πλημμύρες, ήταν από τα κυρίαρχα μελήματα του ανθρώπου από την αυγή του πολιτισμού, ενώ και οι εξίσου σημαντικές φροντίδες της κατοχύρωσης σίγουρης στέγης και εξασφάλισης τροφής πάντα συνδυάζονταν με τη διαθεσιμότητα του νερού. Απόδειξη, η εμφάνιση των πρώτων πολιτισμών στις παραποτάμιες περιοχές. Αποτέλεσε δηλαδή το νερό το συγκριτικό πλεονέκτημα ανάπτυξης μιας περιοχής, λειτουργώντας συμπληρωματικά με τους άλλους φυσικούς πόρους—το έδαφος, το δάσος, τη θάλασσα—όπως συμβαίνει και σήμερα.

Το νερό, αν και αγαθό με μεγάλη αξία χρήσης ιστορικά, είχε μικρή αξία ανταλλαγής και κατά συνέπεια, εξαιρούμενο από την αγορά, εξαιρούνταν και από την οικονομική θεώρηση. Κι αυτό επειδή ως φυσικός πόρος, σε αντιστοιχία με τον αέρα, κατατασσόταν στα δώρα της φύσης προς τον άνθρωπο.

Η οικονομική ανάπτυξη, όμως, των τελευταίων δεκαετιών διαμόρφωσε νέες συνθήκες στη χρήση των υδατικών πόρων, μια και αποτελούν μέσο για την επίτευξη διαφόρων τομεακών οικονομικών στόχων, ενώ εξακολουθούν να είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιβίωση του ανθρώπου και για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Η ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, η ανάγκη αύξησης της παραγωγικότητας των υφιστάμενων, οι ανάγκες που προκύπτουν από την αύξηση του πληθυσμού και την ανύψωση του βιοτικού επιπέδου, δημιουργούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού κατάλληλης ποιότητας για κάθε χρήση. Ταυτόχρονα, η συνεχής ποιοτική υποβάθμιση, σε συνδυασμό με την ανάγκη διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας και της

αειφορίας των φυσικών πόρων, δημιουργούν πολύπλοκα προβλήματα στην ανάπτυξη της κάθε περιοχής.

Η έντονη λοιπόν οικονομική διάσταση των υδατικών πόρων σήμερα, η άμεση πολλές φορές σύνδεσή τους με τον προγραμματισμό ανάπτυξης, καθώς και η συνεχής παρουσία τους στην καθημερινή πρακτική, επιβάλλει την αντιμετώπισή τους ως φυσικού πόρου σε ανεπάρκεια, μέσω της ανάδειξης και εφαρμογής σύγχρονης και συνεπούς πολιτικής διαχείρισης. Η πολιτική αυτή καταξιώνεται όταν αυξάνει τα οφέλη στο κοινωνικό σύνολο, στην οικονομία και στο περιβάλλον.

1.2 Εθνικό Διαχειριστικό Πλαίσιο Υδατικών Πόρων

Η χώρα μας διαθέτει, συνολικά, επαρκείς επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους, αλλά διάφοροι λόγοι μειώνουν σημαντικά την πραγματικά διαθέσιμη ποσότητα και δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους.

Οι κυριότεροι φυσικοί λόγοι που προκαλούν προβλήματα στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων της χώρας είναι:

- η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο και στο χρόνο·
- η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χώρο και το χρόνο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς·
- η γεωμορφολογία της χώρας·
- η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από τις επιφανειακές απορροές ποταμών που έρχονται από γειτονικά κράτη·
- το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών·
- τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά της χώρας.

Ο κυριότερος όμως λόγος είναι η πλημμελής και αποσπασματική αντιμετώπιση της διαχείρισης από την πολιτεία.

Όπως θα φανεί στα επόμενα κεφάλαια, το ολικό υδατικό δυναμικό υπερκαλύπτει κατά πολύ την ποσότητα που διατίθεται στις χρήσεις. Ωστόσο, μικρό μέρος από αυτό το δυναμικό είναι οικονομικά και τεχνικά αξιοποιήσιμο, με αποτέλεσμα την ύπαρξη προβλημάτων ανεπάρκειας νερού σε διάφορες περιοχές και για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

Στενή σχέση με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού έχει βέβαια και η ποιότητα, η οποία είναι το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης φυσικών συνθηκών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αν και η Ελλάδα είχε γενικά νερά καλής ποιότητας, οι μακροχρόνιες—χωρίς προγραμματισμό και έλεγχο—ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως των τελευταίων χρόνων, έχουν αρχίσει να κάνουν εμφανή την υποβάθμιση, τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδατικών πόρων.

Συμπερασματικά, για τους υδατικούς πόρους της χώρας επισημαίνεται ότι η διαθέσιμη ποσότητα νερού συνεχώς ελαττώνεται, έτσι ώστε σημαντικές περιοχές είναι ή τείνουν να γίνουν ελλειμματικές σε νερό, ενώ οι σοβαρότερες συλλογικές ανάγκες καλύπτονται πια από έργα μεταφοράς, με σημαντικά αυξημένο κόστος κατασκευής και λειτουργίας. Η ποιοτική τους κατάσταση δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα οξυμένα προβλήματα, εκτός από μεμονωμένες περιοχές και παράκτιες ζώνες, τουλάχιστον στα πλαίσια των μέχρι πρόσφατα θεσμικών απαιτήσεων για την ποιότητα. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι, η απαίτηση για αναβάθμιση της ποιότητας των υδατικών πόρων που διαμορφώνεται σε ευρωπαϊκό επίπεδο (ειδικότερα στα πλαίσια της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά), δεν επιτρέπει εφησυχασμό και επιτάσσει την αναθεώρηση των μέχρι τώρα αξιολογήσεων. Σημαντική αιτία ρύπανσης αποτελούν οι γεωργικές δραστηριότητες, πηγές μη σημειακές και γι' αυτό με δύσκολη αντιμετώπιση. Αξιόλογη πρόοδος παρουσιάζεται στην αντιμετώπιση της ρύπανσης από αστικά λύματα (σημειακές πηγές). Αντίθετα, δεν έχει επιτευχθεί σημαντική πρόοδος στα βιομηχανικά υγρά απόβλητα, όπου απαιτείται ενίσχυση των προσπάθειών προεπεξεργασίας τους και συγκέντρωσης των μονάδων σε βιομηχανικές περιοχές, ενώ δεν έχει θιγεί ακόμα το πρόβλημα της ρύπανσης από τις απορροές όμβριων στις αστικές περιοχές.

Όσον αφορά στη διοικητική δομή της χώρας, ο σχεδιασμός της δεν προβλέπει κριτήρια που να απορρέουν από τις διαδικασίες διαχείρισης των υδατικών πόρων. Συγκεκριμένα, βασικό πρόβλημα της διοικητικής διάρθρωσης της χώρας σε σχέση με τη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η διαίρεση σε διοικητικές χωρικές μονάδες με κριτήρια που δεν παρουσιάζουν σχέση με τα αντίστοιχα υδρολογικά. Αυτό έχει αποτέλεσμα την αδυναμία αναγωγής των διαφόρων μεγεθών (πληθυσμιακών, οικονομικών, τομέων παραγωγής) σε υδατικές μονάδες χώρου, δεδομένου ότι τα περισσότερα από αυτά καταχωρούνται σε διοικητικές μονάδες (περιφέρειες και νομούς). Ο Ν. 3199/2003 επέτεινε το πρόβλημα, δεδομένου ότι καθόρισε τις διοικητικές περιφέρειες ως αρμόδιες για τη διαχείριση των λεκανών απορροής και των υδατικών διαμερισμάτων.

Συχνά όμως μια λεκάνη απορροής μπορεί να ανήκει σε περισσότερες της μιας περιφέρειες (π.χ. η λεκάνη του Αχελώου ανήκει σε τέσσερις). Επίσης, σημαντικό πρόβλημα αποτελεί και η ύπαρξη μεγάλου αριθμού φορέων, των οποίων οι αρμοδιότητες οι σχετικές με τους υδατικούς πόρους αλληλοκαλύπτονται και πολλές φορές συγκρούονται στην πράξη. Είναι πιθανόν, μετά την πλήρη εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, τα προβλήματα αυτού του είδους να αμβλυνθούν.

Με δεδομένη την ανταγωνιστικότητα δράσης του πλήθους των εμπλεκόμενων φορέων, τις δυσκολίες συνεννόησης, τις δυσκολίες συντονισμού, και την έλλειψη συμπληρωματικότητας των δραστηριοτήτων τους, παρουσιάζονται σημαντικές δυσχέρειες στην ιεράρχηση αναγκών και ενεργειών και τον καθορισμό προτεραιοτήτων. Επίσης, δυσχεραίνεται η προσπάθεια για ορθολογική και συνολική αντιμετώπιση των υδατικών προβλημάτων.

Παράλληλα με το διοικητικό, και το θεσμικό πλαίσιο το οποίο αναφέρεται στην έρευνα, αξιοποίηση, χρήση και προστασία των υδατικών πόρων αποτελείται από μια σειρά από νόμους, διατάγματα και διοικητικές αποφάσεις, ιδρυτικούς νόμους και οργανισμούς υπουργείων και φορέων, ορισμένα από τα οποία χρονολογούνται από το 1930 και που πολλές φορές επικαλύπτονται ή έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους.

Στη δεκαετία του 1980, δύο νομοθετήματα, που λειτουργούσαν συμπληρωματικά και διακρίνονται για τη διατομεακή τους αντίληψη και την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των υδατικών πόρων, έδωσαν σημαντική ώθηση στα θέματα διαχείρισης. Συγκεκριμένα, ο Ν. 1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος» αντιμετώπισε το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προέβλεπε μέτρα οργανωτικά και θεσμικά για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των υδατικών πόρων. Παράλληλα, ο Ν. 1739/1987 «για τη διαχείριση των υδατικών πόρων» εισήγαγε σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, τη διοίκηση και την καθημερινή πρακτική, με τη θεσμοθέτηση διαδικασιών και οργάνων που επέτρεπαν την άσκηση της διαχείρισης σε εθνικό και κυρίως σε περιφερειακό επίπεδο, σε συνδυασμό με τον

προγραμματισμό ανάπτυξης της χώρας, μέσα από διαδικασίες και όργανα, στα οποία λαμβάνονταν η γνώμη όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Δυστυχώς, οι αδυναμίες του δημόσιου τομέα (όπως έλλειψη πόρων και υπηρεσιών στελεχωμένων με ανάλογο προσωπικό) δεν επέτρεψαν την πλήρη εφαρμογή του, με αποτέλεσμα την ουσιαστική του κατάργηση (μετά την πλήρη εφαρμογή του 3199/2003).

Στις 22/12/2000 δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων η Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων». Το πνεύμα της Οδηγίας είναι κυρίαρχα περιβαλλοντικό, έχει στόχο την κατά το δυνατόν ομογενοποίηση των κριτηρίων και της αντίληψης της διαχείρισης των υδατικών πόρων και βασική αρχή την συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων, μέχρι και τον τελικό χρήστη-καταναλωτή, στη διαδικασία της διαχείρισης. Η υλοποίηση των στόχων από όλα τα κράτη-μέλη προβλέπεται να γίνει με κοινά βήματα σε προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα από το 2002 έως το 2015. Ακολουθεί ο Ν. 3199/2003 για «την προστασία και διαχείριση των υδάτων και την εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου» και το σχετικό Προεδρικό Διάταγμα ΠΔ.51/8.3.2007 (Α' 54), το οποίο εναρμονίζει τα ουσιαστικά θέματα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι η Οδηγία 2000/60/ΕΚ καθιέρωσε μια συγκεκριμένη ορολογία, ενώ ο Ν. 3199/2003 την ελληνική της μετάφραση. Όμως η μετάφραση της ορολογίας αυτής έχει αρκετές αδυναμίες και γι' αυτό δεν ακολουθείται πιστά σε αυτή τη Μελέτη. Ορισμένες από τις αδυναμίες, που αναφέρονται στους κυριότερους για τη Μελέτη όρους, σημειώνονται στο Ένθετο 1, όπου και διευκρινίζονται οι όροι που χρησιμοποιούνται εδώ.

Έτσι, με δεδομένη τη διοικητική δομή και το θεσμικό πλαίσιο, που συνοπτικά παρατίθεται πιο πάνω, γίνεται φανερό το πλαίσιο των πράξεων της διοίκησης, που στοχεύουν στην επίλυση των κρίσιμων υδατικών προβλημάτων. Το σύνολο των διοικητικών αυτών πράξεων, που αποτελούν

την καθημερινή πρακτική, είναι στην ουσία η μόνη υπαρκτή διαχειριστική πολιτική της χώρας για το νερό μέχρι σήμερα.

Διαπιστώσεις που απορρέουν από την άσκηση αυτής της πρακτικής-πολιτικής είναι η αδυναμία να καθοριστούν με ακρίβεια τα φυσικά μεγέθη και οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται, αλλά και οι πραγματικές ανάγκες, και επομένως οι δυσκολίες που υπάρχουν στην προσπάθεια μακροχρόνιου προγραμματισμού. Ακόμα, ιδιαίτερα σημαντική για την εξασφάλιση της δυνατότητας εφαρμογής μιας επιθυμητής υδατικής πολιτικής είναι μια σειρά μέχρι τώρα ελλείψεων, όπως η έλλειψη σαφών ποιοτικών-οικολογικών στόχων, η έλλειψη κοστολόγησης του νερού και των έργων αξιοποίησής του, η έλλειψη πρόνοιας και κινήτρων για την εξοικονόμηση νερού σε όλες τις χρήσεις, και η έλλειψη συντονισμού μεταξύ των χρήσεων. Προβλήματα δημιουργούν επίσης, η έλλειψη σύνδεσης των υφιστάμενων προγραμμάτων ανάπτυξης με τις ανάγκες διαχείρισης νερού, που αποτελεί κυρίαρχο και πρώτης προτεραιότητας στόχο την περίοδο αυτή, όπως και η έλλειψη μακροχρόνιων προβλέψεων μεγεθών ή τάσεων (πληθυσμιακών, οικονομικών, τομέων παραγωγής κλπ.) στα πλαίσια του αναπτυξιακού προγραμματισμού, η οποία δυσχεραίνει την πραγματοποίηση αντίστοιχων προβλέψεων σε έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων. Τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί η καθυστέρηση προώθησης των συμμετοχικών διαδικασιών οι οποίες είναι καθοριστικές για την επιτυχή εφαρμογή προγραμμάτων διαχείρισης με κοινωνική αποδοχή.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ περιέχει στο άρθρο 2 μια σειρά από ορισμούς (συνολικά 41) για έννοιες που κρίθηκαν απαραίτητες για τους σκοπούς της. Στον Πίνακα Ε1.1 παρατίθενται ορισμένοι από αυτούς (στα αγγλικά και ελληνικά)

Πίνακας 1: 1 Χαρακτηριστικοί όροι σχετικοί με τη διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων και ορισμοί τους με βάση την Οδηγία 2000/60/ΕΚ και το Ν. 3199/2003

“River” means a body of inland water flowing for the most part on the surface of the land but which may flow underground for part of its course.	«Ποταμός»: σύστημα εσωτερικών υδάτων το οποίο ρέει, κατά το πλείστον, στην επιφάνεια του εδάφους αλλά το οποίο μπορεί, για ένα μέρος της διαδρομής του, να ρέει και υπογείως.
“Lake” means a body of standing inland sur-face water.	«Λίμνη»: σύστημα στάσιμων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.
“Body of surface water” means a discrete and significant element of surface water such as a lake, a reservoir, stream, river or canal, part of a stream, river or canal, transitional water or a stretch of coastal water.	«Σύστημα επιφανειακών υδάτων»: διακεκριμένο και σημαντικό στοιχείο επιφανειακών υδάτων, όπως π.χ. μια λίμνη, ένας ταμιευτήρας, ένα ρεύμα, ένας ποταμός ή μια διώρυγα, ένα τμήμα ρεύματος, ποταμού ή διώρυγας, μεταβατικά ύδατα ή ένα τμήμα παράκτιων υδάτων.
“Aquifer” means a subsurface layer or layers of rock or other geological strata of sufficient porosity and permeability to allow either a significant flow of groundwater or the abstraction of significant quantities of groundwater.	«Υδροφόρος ορίζοντας»: υπόγειο στρώμα ή στρώματα βράχων ή άλλες γεωλογικές στοιβάδες επαρκώς πορώδεις και διαπερατές ώστε να επιτρέπουν είτε σημαντική ροή υπόγειων υδάτων είτε την άντληση σημαντικών ποσοτήτων υπόγειων υδάτων.
“River basin” means the area of land from which all surface run-off flows through a sequence of streams, rivers and, possibly, lakes into the sea at a single river mouth, estuary or delta.	«Λεκάνη Απορροής Ποταμού»: η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα.
“Sub-basin” means the area of land from which all surface run-off flows through a series of streams, rivers and, possibly, lakes to a particular point in a water course (normally a lake or a river confluence)	«Υπολεκάνη»: η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω σειράς ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών σε συγκεκριμένο σημείο υδατινού ρεύματος (συνήθως λίμνης ή συμβολής ποταμών).
“River basin district” means the area of land and sea, made up of one or more neighboring river basins together with their associated groundwaters and coastal waters, which is identified under Article 3(1) as the main unit for management of river basins	«Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού»: η θαλάσσια και χερσαία έκταση, που αποτελείται από μια ή περισσότερες γειτονικές Λεκάνες Απορροής Ποταμού μαζί με τα συναφή υπόγεια και παράκτια ύδατα, και η οποία προσδιορίζεται δυνάμει του άρθρου 3 παράγραφος 1 ως η βασική μονάδα διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμού

Μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι οι έννοιες που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1 είναι ευρέως γνωστές στους επιστήμονες που ασχολούνται με το νερό, αλλά και στο ευρύτερο κοινό. Οι αγγλικοί όροι είναι γενικώς ορθοί, αλλά η μετάφρασή τους στα ελληνικά έχει προβλήματα σε αρκετές περιπτώσεις. Συγκεκριμένα:

- Ο όρος «aquifer» δεν πρέπει να μεταφράζεται στα ελληνικά ως «υδροφόρος ορίζοντας» αλλά ως «υδροφορέας». Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται ο τελευταίος όρος, ενώ ο όρος «υδροφόρος ορίζοντας» (αγγλικά water table ή water horizon) αναφέρεται στην ελεύθερη επιφάνεια του υδρο-φορέα.
- Ο όρος «body of surface water» δεν πρέπει να μεταφράζεται στα ελληνικά ως «σύστημα επιφανειακών υδάτων» αλλά ως «επιφανειακό υδάτινο σώμα». Εν προκειμένω, ο όρος «σώμα» (body) περιγράφει μια συγκεκριμένη μονάδα/ενότητα με ενιαία χαρακτηριστικά και έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τον όρο «σύστημα» (system) που αντιστοιχεί σε ένα σύνολο ανεξάρτητων με-ταξύ τους στοιχείων (π.χ. σωμάτων) που αλληλεπιδρούν.
- Στον όρο «river basin district», όπως άλλωστε είναι εμφανές από τον ορισμό που ακολουθεί, το «river basin» αποτελεί επιθετικό προσδιορισμό του «district»· κατά συνέπεια κακώς μεταφρά-στηκε ο όρος ως «περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού» στον ενικό αριθμό, υπονοώντας έτσι ότι πρόκειται για υποσύνολο της λεκάνης (όπως είναι η υπολεκάνη). Μια καλύτερη μετάφραση θα ήταν «περιφέρεια λεκανών απορροής ποταμών», με χρήση του πληθυντικού «λεκανών» αντί του ενικού και με χρήση του πιο δόκιμου όρου «περιφέρεια» αντί «περιοχή». Ωστόσο, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο παλιότερος ελληνικός όρος «υδατικό διαμέρισμα» είναι ακόμη πιο δόκιμος, περιεκτι-κότερος και εννοιολογικά ισοδύναμος με τα οριζόμενα στο αγγλικό κείμενο για τον υπόψη όρο. Κατά συνέπεια σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιείται ο τελευταίος όρος.

Εξάλλου, μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι οι ορισμοί που δίνονται για πολλές από τις πιο πάνω έννοιες (στα αγγλικά και ελληνικά) είναι ατελείς ή εσφαλμένοι. Συγκεκριμένα:

- Ο ποταμός και η λίμνη δεν είναι δυνατό να οριστούν χωρίς αναφορά σε χωρική κλίμακα (π.χ. έκταση λεκάνης) και χρονική κλίμακα (π.χ. συνέχεια της ροής στο χρόνο). Με τους ορισμούς της Οδηγίας, αν δεν γίνει χρήση συμπληρωματικών εννοιών, που περιέχονται στα άλλα άρθρα και στα παραρτήματά της, υπάρχει κίνδυνος να χαρακτηριστεί ως ποταμός ένα ρυάκι, μια τάφρος απορ-ροής ομβρίων, ή ακόμη και ένας υπόνομος, και να χαρακτηριστεί ως λίμνη ένα κοίλωμα στο έδα-φος, που γεμίζει με νερό στη διάρκεια βροχοπτώσεων.
- Η λεκάνη απορροής δεν έχει πάντα έξοδο στη θάλασσα, όπως απαιτεί ο παραπάνω ορισμός. Παγκοσμίως υπάρχουν πολλές κλειστές ή ενδορροϊκές (endorheic) λεκάνες με ποταμούς, που κα-ταλήγουν σε λίμνες (π.χ. στο μεγαλύτερο μέρος της κεντρικής Ασίας). Αξιόλογο τμήμα της Ελλά-δας αποτελείται από κλειστές λεκάνες (π.χ. Βοιωτικού Κηφισού-Υλίκης-Παραλίμνης). Είναι εξ αυτού προφανές ότι στη Μελέτη δεν πρέπει να ακολουθηθεί ο ορισμός της Οδηγίας ως έχει, αλλά πρέπει να συμπλη-ρωθεί με την περίπτωση εξόδου προς τη λίμνη. Παράλληλα, όμως πρέπει να διατηρηθεί η έννοια του μοναδικού στομίου εξόδου στη θάλασσα ή σε λίμνη, συνδυάζοντάς τη και πάλι με κάποια χωρική κλίμακα που ορίζει την έννοια του ποταμού, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος διαμερισμού των παράκτιων περιοχών σε υπερπληθείς λεκάνες).
- Τέτοια προβλήματα ορισμών επιτείνονται από ανεπιτυχείς μεταφράσεις στα ελληνικά (π.χ. ο υδροφορέας δεν είναι στρώμα βράχων, αφού ο αγγλικός όρος «rock» στη συγκεκριμένη περί-πτωση αντιστοιχεί στον ελληνικό όρο «πέτρωμα»).

1.3 Η ελληνική πραγματικότητα στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Στη εποχή μας οι αναπτυγμένες χώρες έχουν ήδη αξιοποιήσει, μέσω κατάλληλων αναπτυξιακών έργων, το μεγαλύτερο ποσοστό του υδατικού δυναμικού τους. Τα υδραυλικά έργα που χρειάζονται για το υπόλοιπο ανεκμετάλλευτο ποσοστό είναι υψηλού, δύσκολα αποσβέσιμου κόστους, στο οποίο πρέπει να προστεθεί και μια σημαντική νέα συνιστώσα, το περιβαλλοντικό κόστος. Κατά συνέπεια, η ορθολογικότερη χρήση του νερού και η βελτίωση της διαχείρισης των υδροσυστημάτων, χωρίς απαραίτητα την προσθήκη νέων έργων, αποτελούν προφανείς εναλλακτικές λύσεις. Έτσι, η προσοχή των επιστημόνων, και των τεχνικών και πολιτικοοικονομικών φορέων, έχει στραφεί και προς μη κατασκευαστικές κατευθύνσεις.

Στην Ελλάδα, η κατασκευή υδραυλικών έργων δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί. Ωστόσο, και εδώ η καλύτερη διαχείριση των υδροσυστημάτων αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία, δεδομένου ότι οι ωφέλειες που προκύπτουν είναι μεγάλες, χωρίς να απαιτούνται σημαντικοί οικονομικοί πόροι.

Το θέμα της διαχείρισης των υδατικών πόρων αρχίζει από τη δεκαετία του 1970 να συζητείται τόσο στους διεθνείς οργανισμούς, όπως στα αρμόδια όργανα του ΟΗΕ (Επιτροπή Προβλημάτων Ύδατος), όσο και στη χώρα μας, στις αρμόδιες υπηρεσίες του τ. Υπουργείου Συντονισμού. Στη διοίκηση σχετικό αντικείμενο θεσμοθετείται στο παραπάνω υπουργείο το 1972 με τη Διεύθυνση Φυσικών Πόρων, Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος, ενώ με πιο ολοκληρωμένες αρμοδιότητες, στα πλαίσια της Υπηρεσίας Χωροταξίας και Περιβάλλοντος, με την ίδρυση της Διεύθυνσης Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων (1977), η οποία μεταφέρθηκε στο Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών Πόρων, το σημερινό Υπουργείο Ανάπτυξης -ΥΠΑΝ το 1982. Η υπηρεσιακή αυτή μονάδα εξακολουθεί να λειτουργεί προς το παρόν, παρά τη μεταφορά όλων των αρμοδιοτήτων της στο ΥΠΕΧΩΔΕ, όπου με το Ν. 3199/2003 ιδρύθηκε η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.

Στις δεκαετίες 1970 και 1980 το θέμα των υδατικών πόρων αντιμετωπίζεται σαν ξεχωριστό αντικείμενο στα πλαίσια των Προγραμμάτων Οικονομικής και Κοινωνικής Ανάπτυξης της Χώρας (ΚΕΠΕ), από αρμόδιες ομάδες εργασίας, που συγκροτήθηκαν για το σκοπό αυτό και στη συνέχεια δημοσιεύτηκαν οι σχετικές τους εκθέσεις. Τέτοιες περιπτώσεις αποτέλεσαν το Πρόγραμμα Μακροχρονίου Προοπτικής 1970-1985 (1972), καθώς και τα Πενταετή Προγράμματα Ανάπτυξης 1976-1980 (1976) και 1988-1992 (1989), που ακολούθησαν. Επίσης, στο Εθνικό Χωροταξικό Σχέδιο και Πρόγραμμα της Ελλάδος, που εκπονήθηκε από το Γραφείο Δοξιάδη για λογαριασμό του τ. Υπουργείου

Συντονισμού, περιλαμβάνεται τεύχος για τους υδατικούς πόρους (1980). Όλες οι παραπάνω προσπάθειες επικεντρώνονταν στον κατ' εκτίμηση υπολογισμό των υδατικών πόρων, επιφανειακών και υπόγειων, καθώς και στην επισήμανση των προβλημάτων κάλυψης των υφιστάμενων αναγκών και των αδυναμιών της διοίκησης να αντιμετωπίσει συνολικά τα προβλήματα διαχείρισης. Ορισμένα από τα συμπεράσματα παραμένουν και σήμερα επίκαιρα και αποτελούν αναγκαίες δράσεις πρώτης προτεραιότητας.

Με επιμέρους προβλήματα της διαχείρισης των νερών έχουν ασχοληθεί διάφοροι φορείς της διοίκησης, όπως το Υπουργείο Γεωργίας, το ΥΠΕΧΩΔΕ και πριν από το Ν. 3199/2003, η ΔΕΗ, το ΙΓΜΕ, κλπ. Ακόμα, σε ΑΕΙ και άλλα ερευνητικά ιδρύματα, αναπτύχθηκαν θεωρητικές γνώσεις και εξετάστηκαν διάφορες συνιστώσες της διαχείρισης, σε ερευνητικό επίπεδο, πολλές φορές σε συνεργασία με δημόσιους φορείς.

Παρόλες όμως τις μέχρι σήμερα αποσπασματικές προσπάθειες, δεν έχει γίνει από την πολιτεία ολοκληρωμένο πρόγραμμα για την έρευνα, αξιοποίηση, ανάπτυξη και προστασία των νερών, που να εντάσσεται οργανικά στα αντίστοιχα χρονικά προγράμματα ανάπτυξης τομέων ή και περιοχών της χώρας, όπως προβλέπονταν στο Ν. 1739/1987. Πρόγραμμα, δηλαδή, που να λαμβάνει υπόψη και να εναρμονίζει τις διάφορες τομεακές πολιτικές, να προβλέπει τη συμπληρωματικότητα των έργων των διαφόρων τομέων παραγωγής, να ιεραρχεί και να προσανατολίζει

αναπτυξιακά την έρευνα, να υπολογίζει το κόστος λειτουργίας των έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων, κλπ.

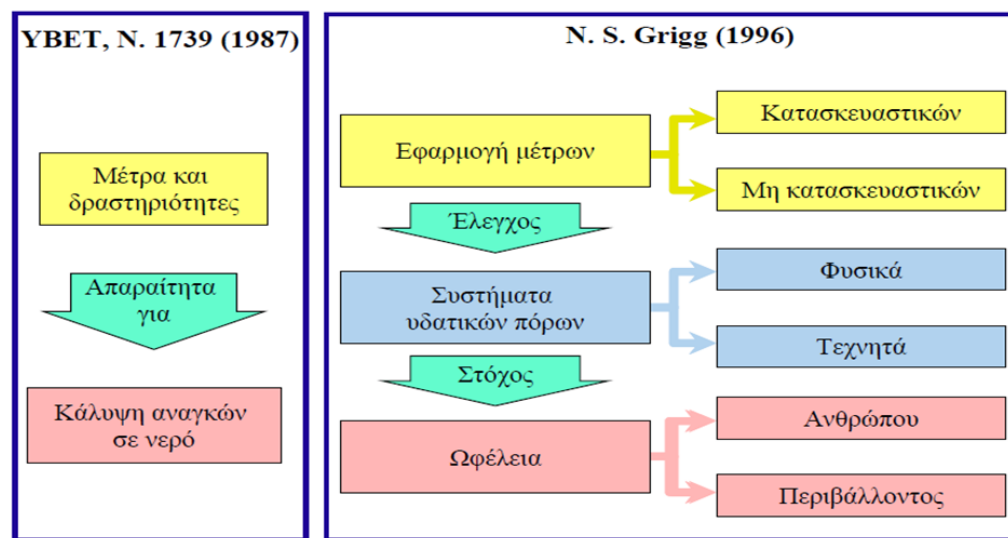
Δεν μπορεί όμως να παραλειφθούν τα θετικά βήματα που έγιναν τα τελευταία χρόνια, όπως η ίδρυση των περιφερειακών διοικητικών μονάδων διαχείρισης υδατικών πόρων (Διευθύνσεις Υδάτων), έστω και με ελλιπή στελέχωση και χωρίς σοβαρά οικονομικά στηρίγματα, η προσπάθεια του δημόσιου τομέα για δημιουργία βάσεων δεδομένων (ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ, ΕΤΥΜΠ, ΕΔΠΠ), η προσπάθεια εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, η κατάρτιση από το Υπουργείο Ανάπτυξης, μετά από ανάθεση, διαχειριστικών μελετών σε ομάδες υδατικών διαμερισμάτων και οι συζητήσεις σε ανώτατο επίπεδο για τα σοβαρά προβλήματα του νερού και των απαιτούμενων λύσεων.

1.4 Αντικείμενο της Μελέτης

Η Αργολίδα είναι από τις πλέον ελλειμματικές περιοχές της χώρας από πλευράς υδατικών πόρων. Αντικείμενο της Μελέτης είναι η πλήρης ανάλυση των υφιστάμενων υδροσυστημάτων της περιοχής, ο εντοπισμός των κυριότερων προβλημάτων, η πρόταση βιώσιμων Διαχειριστικών Σεναρίων αντιμετώπισης τους καθώς ο προκαταρκτικός σχεδιασμός σχετικών υδραυλικών έργων για εντοπισμένες θέσεις.

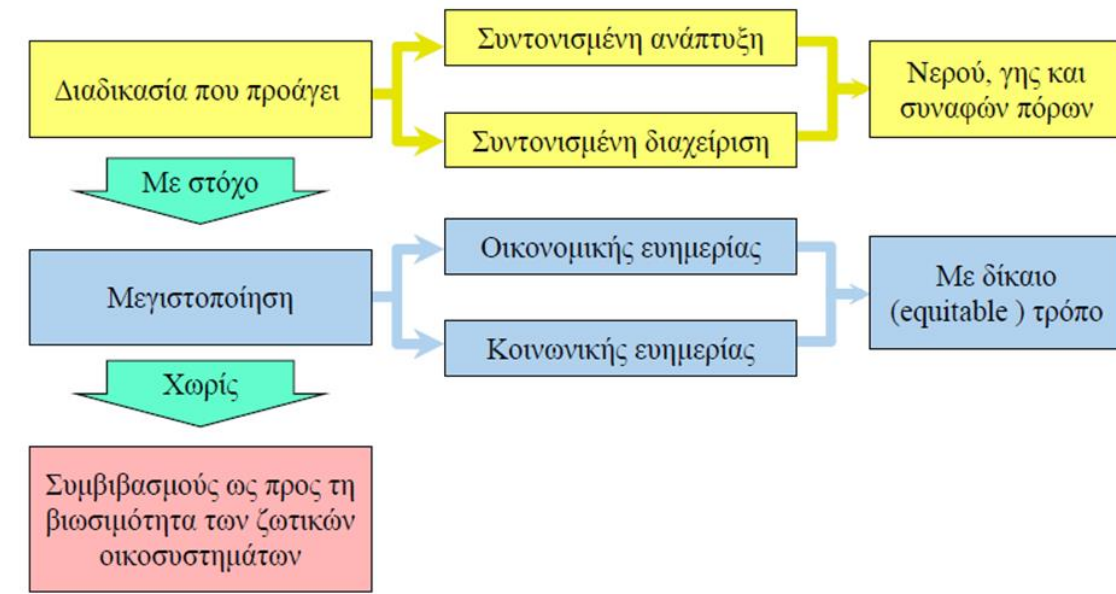
Στην παρούσα προσέγγιση η διαχείριση των υδατικών πόρων αντιμετωπίζεται ολιστικά σε επίπεδο Νομού για την περιοχή της Αργολίδας, με στόχο την ικανοποίηση των συνολικών υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών μέσω της βέλτιστης αξιοποίησης των υφιστάμενων πηγών νερού αλλά και τεχνικών υποδομών, αλλά και της πρότασης κατάλληλων παρεμβάσεων και έργων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων λειψυδρίας και υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων.

Τελικός στόχος της ομάδας μελέτης αποτελεί η διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου, οικονομικά βιώσιμου και τεχνικά τεκμηριωμένου Διαχειριστικού Πλάνου για τον Νομό Αργολίδας, εναρμονισμένο με τις πλέον σύγχρονες αντιλήψεις ως προς την διαχείριση των υδατικών πόρων και την αειφόρο ανάπτυξη αλλά και με τις κοινωνικές ανάγκες και τα πολιτισμικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.



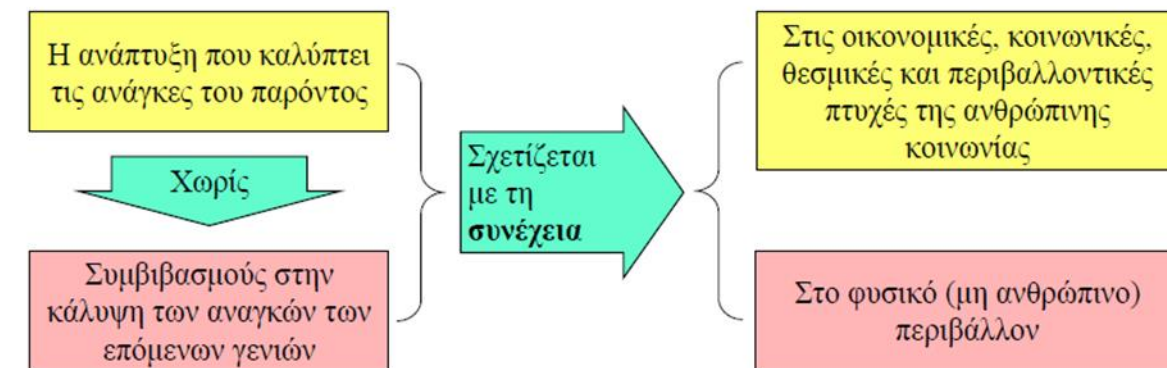
Γράφημα 1: Ορισμός της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων [πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, ομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008]

Global Water Partnership (2000) & Loucks et al. (2005)



Γράφημα 2: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων [πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, ομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008]

Brundtland & World Commission on Environment and Development (1987)



Γράφημα 3: Βιώσιμη Ανάπτυξη [πηγή: Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, ομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008]

1.5 Δομή Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από τρία (3) κεφάλαια τα οποία αντικατοπτρίζουν πλήρως και τις τρεις (3) επιμέρους θεματικές ενότητες.

Πρώτη θεματική ενότητα: Εισάγονται οι έννοιες της διαχείρισης υδατικών πόρων, περιγράφονται οι σημερινές συνθήκες σε σχέση με τους υδατικούς πόρους και τη διαχείρισή τους διεθνώς αλλά και σε εθνικό επίπεδο και αναλύεται ο τρόπος παρουσίασης της Μελέτης ενώ καταγράφονται, επίσης, οι διάφοροι παράγοντες που διαμορφώνουν το υφιστάμενο πλαίσιο, στο οποίο εντάσσονται οι διαδικασίες διαχείρισης των υδατικών πόρων, διοικητικό, θεσμικό και αναπτυξιακό.

Δεύτερη θεματική ενότητα: Περιγράφεται η περιοχή μελέτης, και αναλύονται τα ιστορικά, πολιτισμικά, κοινωνικά, φυσικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της. Στη συνέχεια εντοπίζονται τα προβλήματα της περιοχής ως προς τη διαχείριση των υδατικών πόρων, ενώ παρουσιάζονται οι προσπάθειες, μελέτες και τεχνικές υποδομές που έως τώρα έχουν επιχειρήσει να αντιμετωπίσουν την κατάσταση. Ανακύπτουν, τέλος, τα παραμένοντα δειχριστικά ελλείματα τόσο ως προς την ποσότητα όσο και ως προς την ποιότητα των υδάτων, τα οποία αποτελούν και το αντικείμενο αντιμετώπισης της παρούσας μελέτης.

Τρίτη θεματική ενότητα: Παρουσιάζονται εναλλακτικά σενάρια αντιμετώπισης του Διαχειριστικού Προβλήματος, αναλύονται οικονομοτεχνικά και αξιολογούνται βάσει πολλαπλών κριτηρίων ως προς τη κοινωνικοοικονομική βιωσιμότητά τους. Έτσι μέσω μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης προκύπτει η Διαχειριστική Πρόταση της μελέτης που πληροί τα επιμέρους κριτήρια.

2. Η περιοχή Μελέτης και το Διαχειριστικό Πρόβλημα

2.1 Η περιοχή Μελέτης

2.1.1 Ιστορικά Στοιχεία

Η Αργολίδα είναι από τους ιστορικότερους νομούς στην Ελλάδα και κατοικείται από την 8η χιλιετία π.Χ. Ως ιστορικό και πολιτισμικό απαύγασμα της περιοχής είναι η εμφάνιση και ακμή του Μυκηναϊκού πολιτισμού. Μετά την κυριαρχία από Ρωμαίους, Βυζαντινούς, Ενετούς, Φράγκους και Τούρκους, η Αργολίδα απελευθερώθηκε μετά την επανάσταση του 1821, διαδραματίζοντας σημαντικότατο ρόλο στις εξελίξεις και κατά τη διάρκεια του αγώνα για ανεξαρτησία του έθνους, αλλά και αργότερα με τη σύσταση του ελληνικού κράτους. Εδώ ήταν η προσωρινή έδρα της επαναστατικής κυβέρνησης και η πρώτη πρωτεύουσα του κράτους.

2.1.2 Κοινωνικά και Οικονομικά Στοιχεία

Η Αργολίδα είναι ο μικρότερος σε έκταση νομός της Περιφέρειας Πελοποννήσου (2.154.000 στρ) και ο τρίτος σε πληθυσμό (105.770 κάτοικοι, απογραφή 2001).

Ο σημαντικότερος τομέας στην οικονομία της Αργολίδας είναι ο τριτογενής με 52,1% του ΑΕΠ στο νομό και κύρια αιχμή του τον τουρισμό και ακολουθεί ο πρωτογενής τομέας με 29,6% του ΑΕΠ (Αραμπατζή-Καρρά και Συνεργάτες, 1998). Από τη συνολική έκταση της Αργολίδας τα 702.000 στρ. συνιστούν γεωργικές εκμεταλλεύσεις, εκ των οποίων τα 254.000 στρ. αρδευόμενες (στοιχεία ΕΣΥΕ, 1999-2000). Οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις στην περιοχή του Αργολικού Πεδίου-Ασίνης-Ιρίων ανέρχονται σε 257.000 στρ., ενώ οι αρδευόμενες σε 153.000 στρ.. Τέλος, στην περιοχή Αργολικού Πεδίου-Ασίνης-Ιρίων κατοικούν 68.758 άτομα, δηλ. το 65% του πληθυσμού, με το μεγαλύτερο μέρος να συγκεντρώνεται στις δύο πιο σημαντικές πόλεις του Νομού, την πρωτεύουσα Ναύπλιο (13.822) και το Άργος (24.239).

Οι τρεις παραπάνω τομείς (κάτοικοι, τουρισμός, γεωργία) αποτελούν επί πολλά χρόνια και θα αποτελούν και στο μέλλον τους βασικούς καταναλωτές των υδατικών πόρων της περιοχής. Η ικανοποίηση των αναγκών τα παλαιότερα χρόνια γινόταν με τη βοήθεια υδροληψιών (πηγαδιών και γεωτρήσεων) από τα υπόγεια νερά.

2.1.3 Θέση, Γεωγραφία και Γεωμορφολογία

Ο νομός Αργολίδας βρίσκεται στην ανατολική Πελοπόννησο και ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου (ΥΔ 03) σύμφωνα με τον Νόμο 1739/1987 (ΦΕΚ 201/Α/20-11-1987). Στα νότια και δυτικά, συνορεύει με την Αρκαδία, ενώ στα βόρεια με την Κορινθία. Η συνολική έκταση του νομού είναι 2.214 km².

Περιγράφοντας την Αργολίδα, μπορεί κανείς να διαπιστώσει πως γεωγραφικά αυτή παρουσιάζει έναν ορεινό όγκο και πεδινές εκτάσεις, μεγαλύτερη των οποίων, είναι η αναφερόμενη ως Αργολικό Πεδίο. Πιο συγκεκριμένα, ο νομός χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο από ορεινούς όγκους, που εκτείνονται από το ένα άκρο του έως το άλλο, κυρίως στα σύνορα με την Αρκαδία, ενώ προς τα βόρεια ο ορεινός όγκος απομακρύνεται από την ακτή, δημιουργώντας έναν ημίκυκλο πεδινής έκτασης, στο μεγαλύτερο μέρος της, προσχωσιγενούς. Προς τα βόρεια και ανατολικά, ο ορεινός όγκος προσεγγίζει τα παράλια του νομού, δημιουργώντας παράλιες πεδιάδες, όπως αυτές των Ιρίων, της Επιδαύρου, της Θερμησίας, του Λυγουριού, του Κρανιδίου, των Διδύμων.

Χαρακτηριστικό της Αργολίδας είναι και το γεγονός ότι ο ορεινός όγκος που την περιβάλλει είναι ασβεστολιθικής προελεύσεως και γενέσεως, πράγμα που σημαίνει ότι η απορροφητικότητα στην βροχόπτωση είναι μεγάλη, αλλά, παράλληλα, η συγκράτηση του νερού σε ένα επίπεδο βάθους, αδύνατη.

2.1.4 Γεωγραφικές Υδατικές Λεκάνες

Κάθε περιοχή που θα αναφερθεί παρακάτω είναι δυνατόν να χαρακτηριστεί ως μια ξεχωριστή υδρολογική λεκάνη, με βασικά χαρακτηριστικά τέτοια, ώστε να διαφέρει από τις άλλες.

1. Ζώνη Κιβερίου – Κεφαλαρίου

Η λεκάνη αυτή είναι η σημαντικότερη από υδρολογικής πλευράς, αφού εντός αυτής εκβάλλουν όλες οι σημαντικές πηγές του νομού. Η λεκάνη αυτή τροφοδοτείται από τον ορεινό όγκο που την περιβάλλει, από τα Αρκαδικά Όρη και τα Όρη της Αργολίδας.

2. Ζώνη Κουτσοποδίου

Περικλείεται από τον ορεινό όγκο της Αργολίδας και από τα Κορινθιακά βουνά. Οριοθετείται προς τα νότια με τους ποταμούς – χειμάρρους Πάνιτσα και Δερβενακιώτη.

3. Ζώνη Ίναχου – Τίρυνθας

Αποτελεί την μεγαλύτερη λεκάνη σε έκταση.

4. Ζώνη Ασίνης – Δρεπάνου – Λευκακίων – Πυργιωτίκων

Επηρεάζεται κυρίως από την γειτνίασή της με την θάλασσα.

5. Ζώνη Ιρίων – Κάντιας – Λυκοτρουπίου

Η πεδιάδα των Ιρίων παρουσιάζει καλό βάθος σε σχέση με την θάλασσα, περιβάλλεται δε από ορεινό όγκο που έχει ως αποτέλεσμα να αποδίδει μικρές ποσότητες υδάτων με καλή ποιότητα, καθ' όλη την διάρκεια του έτους.

6. Ζώνη Επιδαύρου

Τοπικά ύδατα καλής ποιότητας.

7. Ζώνη Κρανιδίου – Κοιλάδας – Πορτοχελίου

Η ζώνη βρίσκεται σε άμεση επαφή με την θάλασσα, γεγονός που οδηγεί σε απώλεια μεγάλης ποσότητας υδάτων.

8. Ζώνη Ερμιόνης – Θερμησίας

Τροφοδοτείται από υπόγεια ύδατα από τον ορεινό όγκο της Κορινθίας.

9. Κοιλάδα Διδύμων

Τροφοδοτείται, επίσης, από τον ορεινό όγκο της Κορινθίας.

10. Οροπέδιο Αλέας – Σκοτεινής

Γειτνιάζει με την Λίμνη της Στυμφαλίας, από την οποία, εν μέρει τροφοδοτείται. Αποτελεί τον βασικότερο τροφοδότη των πηγών του Κεφαλαρίου, της Λέρνης και της Αμυμώνης και άλλων κατάντη.

11. Οροπέδιο Αχλαδόκαμπου

Παρόμοια χαρακτηριστικά παρουσιάζει και το Οροπέδιο του Αχλαδόκαμπου.

Οι ζώνες που αναφέραμε, θεωρούμε ότι είναι και οι βασικές, από άποψη χαρακτηριστικών και σπουδαιότητας.

Με τον διαχωρισμό που οριοθετήθηκε παραπάνω, επιχειρείται να δοθεί η ευκαιρία εγκυρότερης θεώρησης του Υδατικού Προβλήματος του Νομού, να καταγραφούν οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την Ορθολογική χρήση του νερού, και να προταθούν οι λύσεις, βραχυπρόθεσμες, και μακροπρόθεσμες.

Κάθε μία από τις παραπάνω Ζώνες-Υδρολογικές λεκάνες, μπορεί να εξεταστεί μεμονωμένα, κατ' αρχήν, αλλά και σε σχέση με τις υπόλοιπες.

Για κάθε μία από τις ζώνες αυτές, μπορούμε να ανατρέξουμε στην προϊστορία της, από Υδρολογική σκοπιά, διαμορφώνοντας μία σαφή γνώμη για κάθε μία από αυτές, παράλληλα δε, να καταγράψουμε την πορεία τους, ειδικότερα στην επίδραση από τον πληθυσμό, την αγροτική δραστηριότητα, ή άλλων σημαντικών φαινομένων, που παρουσιάστηκαν.

Η περαιτέρω διερεύνηση, αποτελεί θέμα ιδιαίτερης μελέτης, η οποία μάλιστα, δύναται να ενταχθεί στα πλαίσια των Αναπτυξιακών μελετών Δημοτικών ή Διαδημοτικών διαμερισμάτων, αφού, η κατανομή των ζωνών αυτών, δύναται να θεωρηθεί και Γεωγραφική.



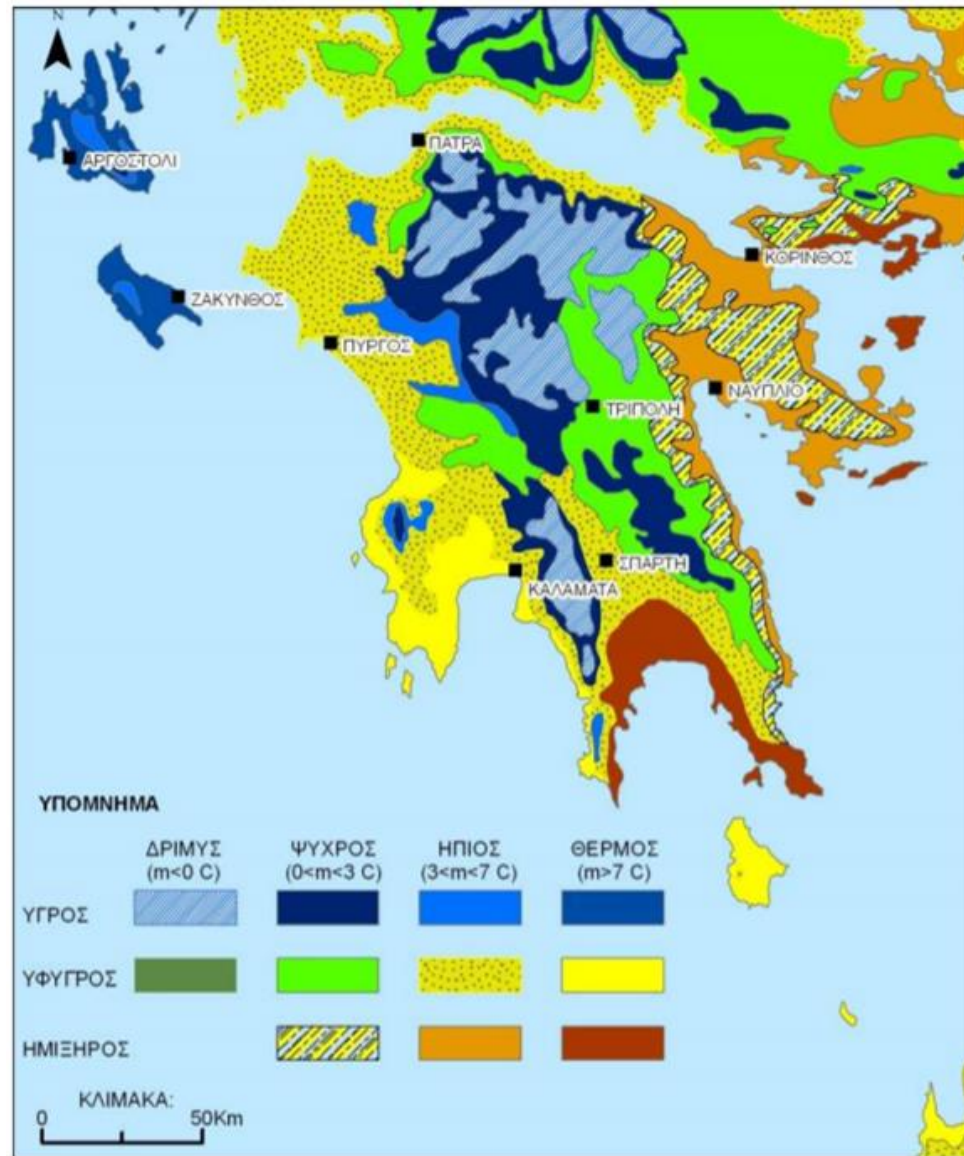
Χάρτης 1: Νομός Αργολίδας (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος)

Πίνακας 2: Έκταση και πληθυσμός του διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου κατά νομό (1991, 2001)

Νομός	Έκταση τμήματος που ανήκει στο διαμέρισμα (km ²)	Ποσοστό έκτασης νομού που ανήκει στο διαμέρισμα	Πληθυσμός τμήματος που ανήκει στο διαμέρισμα (1991)	Ποσοστό πληθυσμού νομού που ανήκει στο διαμέρισμα (1991)	Πληθυσμός τμήματος που ανήκει στο διαμέρισμα (2001)
Αττικής	681	17.9%	20 791	0.6%	22 198
Κορινθίας	95	4.2%	1 051	0.7%	1 082
Αργολίδας	1 991	92.4%	96 291	98.6%	104 313
Αρκαδίας	2 280	51.6%	68 259	64.8%	66 137
Λακωνίας	3 430	94.3%	90 837	94.9%	94 556
Σύνολο	8 477		277 229		288 285

2.1.5 Κλίμα και Βιοκλιματικοί Όροφοι

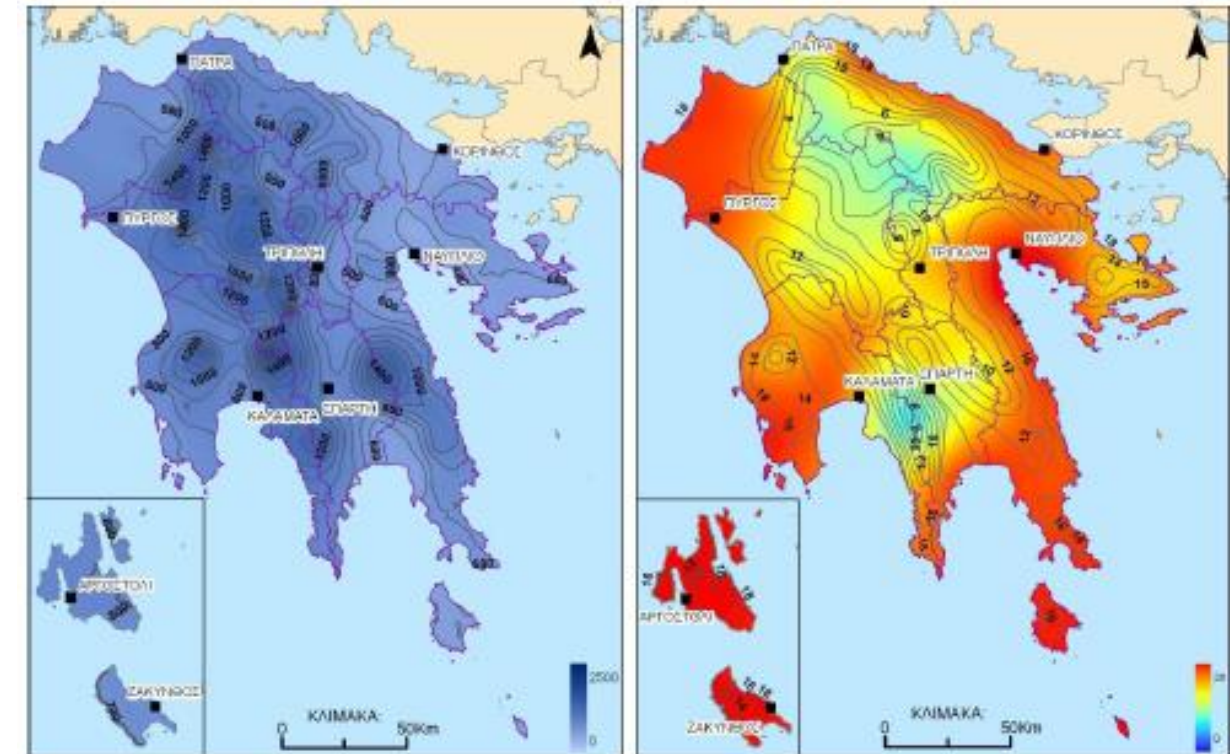
Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης βιοκλιματικών ορόφων του ΥΠΑΑΤ. Για τον χαρακτηρισμό του κλίματος χρησιμοποιούνται ως παράγοντες η θερμοκρασία και η βροχόπτωση.



Χάρτης 2: Χάρτης βιοκλιματικών ορόφων Πελοποννήσου (ΥΠΑΑΤ)

2.1.6 Βροχοπτώσεις και Κατακρημνίσματα

Στο χάρτη 3 παρουσιάζεται η διανομή της βροχόπτωσης στην Πελοπόννησο. Τα στοιχεία προκύπτουν από την ανάλυση των διαθέσιμων υδρομετεωρολογικών δεδομένων σταθμών της περιοχής που διατηρούν η ΕΜΥ, η ΔΕΗ, το ΥΠΕΚΑ και άλλοι φορείς.



Χάρτης 3: Κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην Πελοπόννησο

2.1.7 Καθορισμός Υδατικών Πόρων

❖ Επιφανειακοί Υδατικοί Πόροι

Κατανομή Υδάτων

Παρατηρείται μια συσσώρευση, πηγαίων και επιφανειακών λοιπών υδάτων, σε μία περιορισμένη περιοχή του Νομού, η οποία γειτνιάζει κατά κύριο λόγο με το νομό Αρκαδίας, και εν μέρει με το νομό Κορινθίας. Τα δύο οροπέδια, Αρκαδικό και Φενεού, αποτελούν μαζί με τον υπόλοιπο ορεινό όγκο τους βασικούς τροφοδότες των πηγών αυτών.

Η πηγή του Αναβάλομ, όπως και αυτή του «ΜΑΤΙ ΤΟΥ ΑτΑΗ» λίγο πριν το Άστρος Κυνουρίας, τροφοδοτούνται κατά κύριο λόγο από το Αρκαδικό Οροπέδιο. Οι ασβεστόλιθοι από τους οποίους αποτελείται ο ορεινός όγκος, δημιουργούν καρστικούς αγωγούς, έχοντας μεγάλη απορροφητικότητα στο βρόχινο νερό. Αλλα πηγαία νερά, όπως αυτά των πηγών Λέρνης, Κρόης, Κεφαλαρίου, έχουν τροφοδότη και το οροπέδιο του Φενεού.

Παράλληλα, επιφανειακά ύδατα της περιοχής Βάλτου - Ρουμάνι, εκβάλλουν προερχόμενα από την περιοχή Κεφαλαρίου - Σκαφιδακίου.

Μία περιοχή λοιπόν, που περικλείεται από τα όρια Κιβέρι - Βάλτος - Κεφαλάρι, συγκεντρώνει 100% των επιφανειακών υδάτων του νομού, των εκμεταλλεύσιμων και διαρκών, (αδιάλειπτων), για ύδρευση και άρδευση.

Αν προσπαθήσουμε να οριοθετήσουμε την πεδινή ζώνη του Νομού, θα δούμε ότι αυτή μπορεί ικανοποιητικά να οριοθετηθεί από την ισοϋψή καμπύλη των +100m.. (Όλες οι έως τώρα μελέτες, αυτήν αποδέχονται). Πάνω από αυτήν, παρατηρείται σαφώς ο ασβεστολιθικής προελεύσεως ορεινός όγκος που περιβάλλει το αργολικό Πεδίο και το τροφοδοτεί με νερό βροχής ή χιόνος.

Ο υπόγειος υδροφορέας που δυνάμεθα να θεωρήσουμε ότι είναι εκμεταλλεύσιμος, περιορίζεται κάτω από αυτή τη ζώνη των +100m.

Σημειακές κατά τόπους πηγές υφίστανται, περιορισμένης παροχής, που στην καλλίτερη των περιπτώσεων δύναται να εξασφαλίσουν την ύδρευση κάποιας Κοινότητας και το πότισμα μικρών κήπων. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα στις ορεινές Κοινότητες του Νομού. Λίγες περιπτώσεις είναι αυτές στις οποίες εξασφαλίζεται και άρδευση κατά μεγάλο ποσοστό. (Κεφαλόβруσο, Σκοτεινό, Αλέα, Κάρυά, Αχλαδόκαμπος, Δίδυμα).

Από την παραπάνω κατανομή φαίνεται ότι το ενδιαφέρον πλέον στρέφεται στα πηγαία - επιφανειακά ύδατα του προαναφερόμενου τριγώνου. Από άποψη παροχών, η πηγή του Κεφαλαρίου παρουσιάζει μέγιστη παροχή κατά μήνα Μάρτιο, δυνάμενη να αποδώσει έως και 20.000m³/h, έως και μηδαμινή παροχή 300m³/h κατά μήνα Γούλιο.

Η πηγή της Λέρνης κυμαίνεται από 1.000 m³A το καλοκαίρι, -(Αύγουστο - Σεπτέμβριο), έως και 6.000 m³/h το Μάρτιο.

Η πηγή του Αναβάλου, -δύναται να αποδώσει κατ' ελάχιστον περί τα 4Q.QQQ m³/h, αδιαλείπτως.

Τα επιφανειακά ύδατα του Βάλτου - Ρουμάνι, δύνανται να αποδώσουν περί τα 250m³/h κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, (Ιούνιος - Οκτώβριος), και περί τα 600- 1.000 m³/h κατά τους υπόλοιπους μήνες.

Η πηγή Αμυμώνη και τμήμα της Λέρνης, χρησιμοποιούνται για ύδρευση των πόλεων Αργούς - Ναυπλίου και των γύρω από αυτήν περιοχών.

Υδρογεωλογία

Στην Αργολίδα αναπτύσσονται τέσσερις κύριες υδρογεωλογικές ενότητες. Οι ενότητες αυτές διαχωρίζονται με βάση τον κυρίως τύπο του υδροφόρου συστήματος. Διακρίνουμε: το καρστικό σύστημα της Δυτικής Αργολίδας, τους κοκκώδεις υδροφορείς που αναπτύσσονται στο βύθισμα του Αργολικού Πεδίου και στην Ασίνη, το καρστικό σύστημα του Αραχναίου Όρους και το ρωγμώδες - καρστικό σύστημα στις περιοχές Τραχειά - Ερμιονίδα. Με εξαίρεση την πρώτη υδρογεωλογική ενότητα, που σε γενικές γραμμές παρουσιάζει μεγάλα αποθέματα και καλή ποιότητα

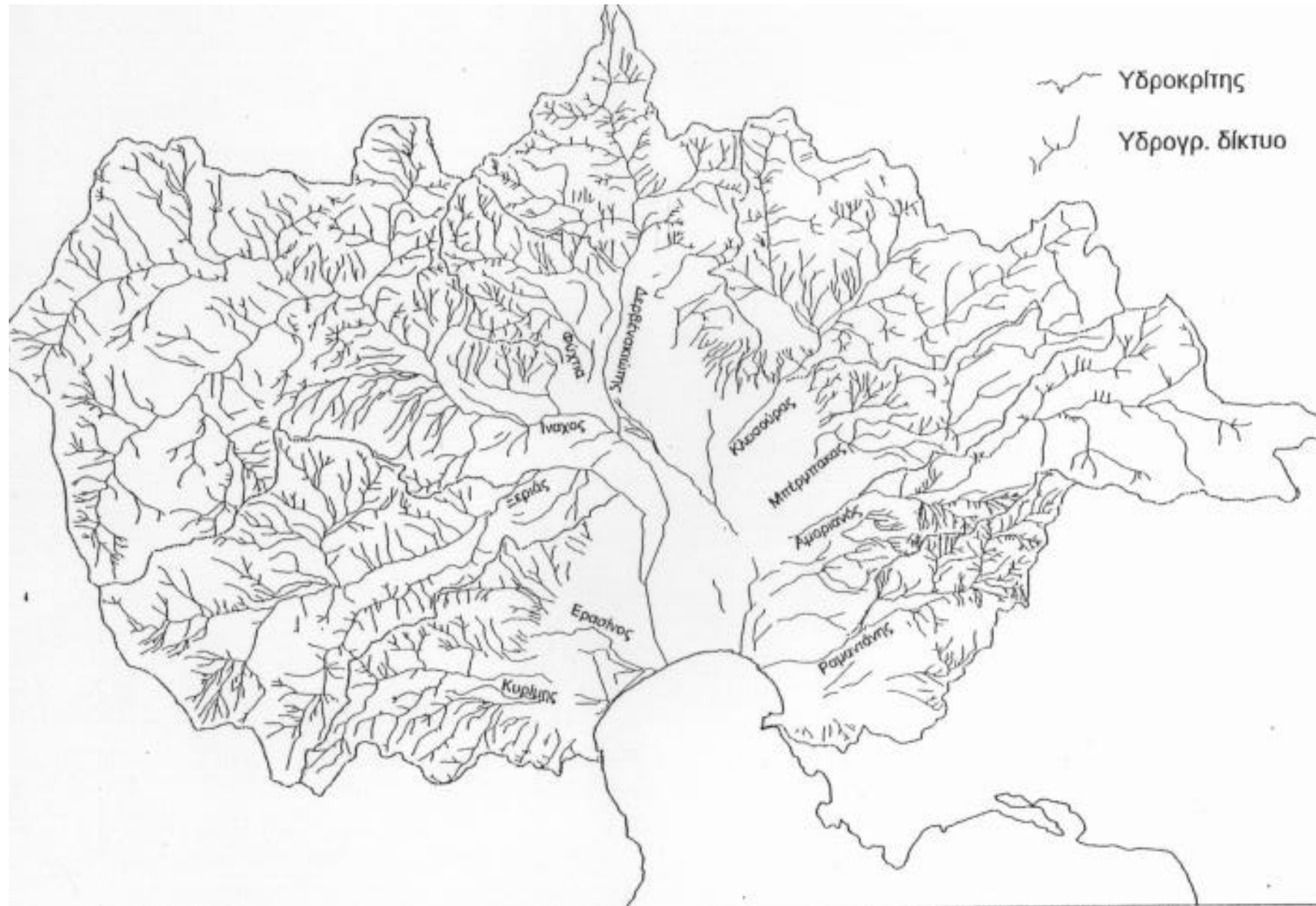
νερού, οι υπόλοιπες τρεις ενότητες παρουσιάζουν προβλήματα επάρκειας και ποιότητας (κυρίως μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών ή/και χλωριόντων).

Υδρολογικές Λεκάνες

Ο νομός Αργολίδας αποτελείται από επτά κύριες υδρολογικές λεκάνες (Ερευνητικό Πρόγραμμα Υ.Β.Ε.Τ. – Ε.Μ.Π.), οι οποίες χαρακτηρίζονται από πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, δενδρωειδούς μορφής. Η σημαντικότερη υδρολογική λεκάνη είναι αυτή του Αργολικού Πεδίου, η οποία καταλαμβάνει την μεγαλύτερη έκταση του νομού και καταλαμβάνει την περιοχή, από τα δυτικά μεταξύ των Όρεων Κτενιάς, Αρτεμίσιου και Κυλλήνη έως τα βουνά των Δερβενακίων στα βόρεια και το Όρος Αραχναίου στα ανατολικά.

Πίνακας 3: Οι επτά υδρολογικές λεκάνες με τα σημαντικότερα υδατορεύματα

Υδρολογική Λεκάνη	Κύριο Υδατόρευμα	Δευτερεύοντα Υδατορεύματα
1	Ερασινός	Κιρίμι Κακόρεμα Θάλασσα
2	Ξεριάς Ξοβριό	Ποταμιά Βελανιδιά Ντουσιμάνη Ψωρομανδριά Κάτω Βρύσης Παρθενίου Βαγιόρρεμα
3	Ίναχος Ξεριάς Αγ. Στεφάνου	Βαθύρρεμα Παλιόμυλος Μερκουρίου Κάζη Παπά Μεγάλο Καριώτικο
4	Μεγάλο Ξεριάς Κεφαλάρι	Καμίνια Κονλούβια Σκαρφιά Βαθύρρεμα Μοναστηρίου Χώνη Σκαλίτσα Ρουσαλίτσα Αλεπούς Μέγα Ρέμα
5	Δαφνόρρεμα	Γκελεσούρα Μπουλουμπέτη
6	Γιαννακάκη	Αλεξανδρή
7	Καρνεζαΐκων	Κάντια



Χάρτης 4: Υδρογραφικό δίκτυο Αργολικού Πεδίου

Ποταμοί

Οι σημαντικότεροι ποταμοί του νομού είναι ο Ερασινός, ο Ίναχος, ο Ξεριάς (ή Χάραδρος) και ο Ξοβριός.

Ο Ερασινός πηγάζει από από το χωριό Κεφαλάρι. Έχει συνεχή ροή με αυξομειώσεις κατά την διάρκεια του χρόνου. Η λεκάνη απορροής του ορίζεται από τις κορυφογραμμές του Πόντιου, Χάονος και του λόφου Λάρισα του Άργους.

Ο Ίναχος πηγάζει από τις υπώρειες του όρους Λύρκειου και Αρτεμησίου, κοντά στο χωριό Καπαρέλι. Έχει μη μόνιμη ροή και ιδιαίτερα την περίοδο Ιουνίου – Οκτωβρίου χαρακτηρίζεται από ξηρασία. Η λεκάνη απορροής του ορίζεται από τα Όρη Κτενιάς, Αρτεμησίου, Λυρκείου, Φαρμακάς, Μεγαλοβούνι και Χάον και εκβάλλει δίπλα στην θαλάσσια περιοχή της Ν. Κίου.

Ο Ξεριάς πηγάζει από υπώρειες του όρους Αρτεμησίου και Κτενιά. Έχει ροή μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες. Συμβάλλει στον Ίναχο στα βόρεια του Άργους. Η λεκάνη απορροής του ορίζεται από τις κορυφογραμμές Αρτεμήσιο, Μπαχριάμι και Χάον και εκβάλλει στην θαλάσσια περιοχή της Ν. Κίου.

Ο Ξοβριός είναι χείμαρρος του Αχλαδόκαμπου, που πηγάζει από το Παρθένιο Όρος και εκβάλλει κοντά στο Κιβέρι. Η ροή του εξασθενεί τους καλοκαιρινούς μήνες. Η λεκάνη απορροής του ορίζεται από τις κορυφογραμμές του Όρους Πόντιο, Κτενιά και Παρθένιο. Πριν την εκβολή του, συμβάλλει σε αυτόν ο Ξεριάς.

Άλλοι μικρότερης σημασίας χείμαρροι και ρέματα είναι: Χείμαρρος Καρνεζαϊκών, ο Μπέρμπακας (ή Ξηριάς Αραχναίου), το Δαφνόρεμα, το ρέμα Δερβένι, ο χείμαρρος Κάντιας και άλλα.

Πηγές

Η Αργολίδα αποτελείται από πολλές μικρές πηγές τοπικού ενδιαφέροντος και τέσσερις σημαντικές. Μάλιστα, οι τρεις εξ' αυτών είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την μυθολογία.

Στη δυτική Αργολίδα παρατηρούμε πλήθος σημείων εκφόρτισης πολύ μεγάλων ποσοτήτων νερού είτε παραθαλάσσια (Κεφαλάρι, Λέρνη, Κρόη, Αμυμώνη), είτε υποθαλάσσια (Κιβέρι, Ανάβαλος) είτε και σε ορεινές περιοχές (Δούκα Βρύση, Κεφαλόβруσο, Αχλαδόκαμπος, Νεοχώρι, Καπαρέλι). Με εξαίρεση τις ορεινές πηγές, που είναι τοπικής σημασίας, οι σημαντικότερες πηγές από πλευράς ποιότητας, παροχής και θέσης είναι οι πηγές Κεφαλαρίου, Λέρνης, Κρόης και Κιβερίου.

Η πηγή του Κεφαλαρίου παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις στην παροχή της, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 25-140×10⁶ m³ ανά έτος (Πουλοβασίλης κ.α., 1996), ενώ στο τέλος της ξηρής περιόδου η παροχή συνήθως μηδενίζεται. Την τριετία 2006-2008 η πηγή δεν είχε καθόλου παροχή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

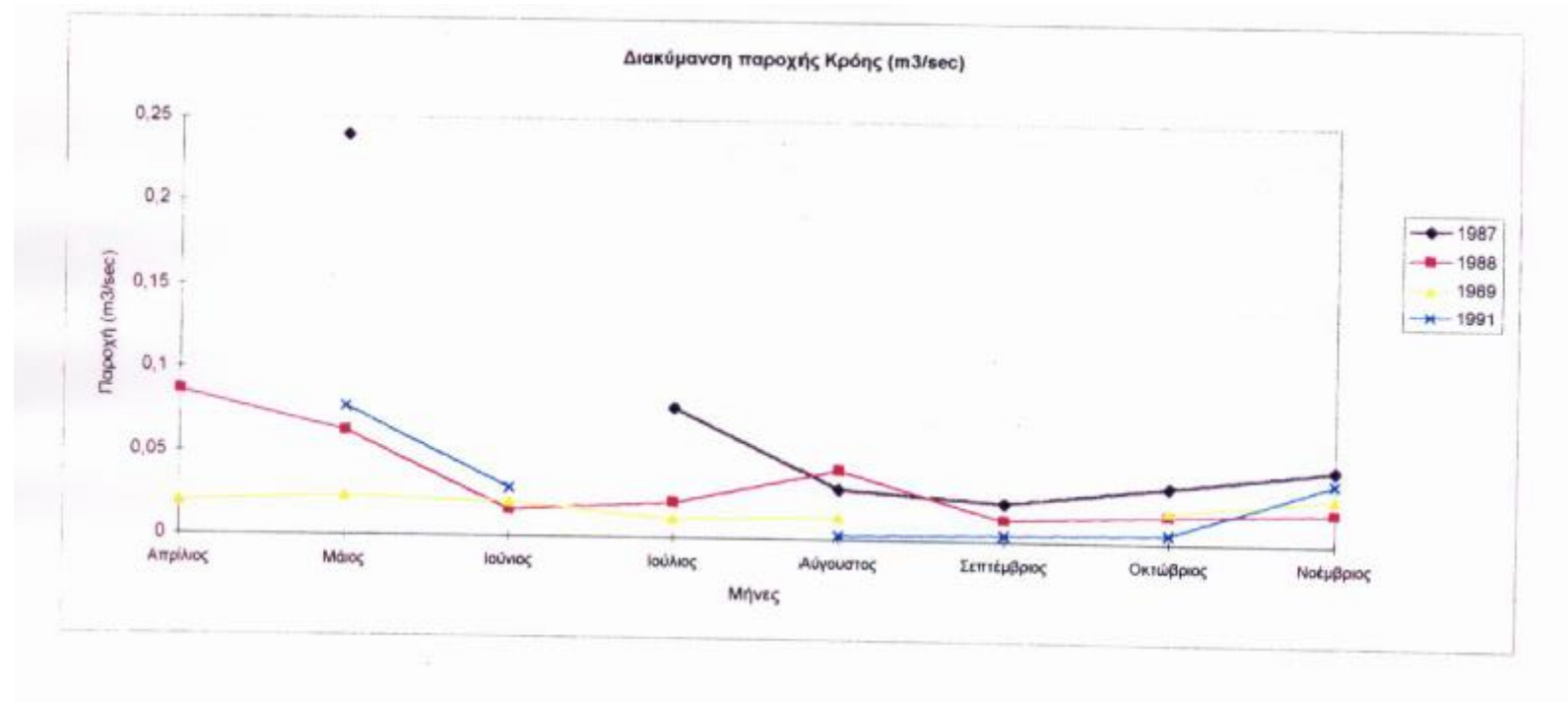
Η πηγή της Λέρνης έχει συνεχή ροή και ετήσιες παροχές ανάλογες με αυτές του Κεφαλαρίου αλλά μικρότερες διακυμάνσεις, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 19-63,5×10⁶ m³ (Πουλοβασίλης κ.α., 1996).

Η πηγή της Κρόης (Αμυμώνης) έχει ετήσιες παροχές που κυμαίνονται μεταξύ 3,8-11,3×10⁶ m³ (Πουλοβασίλης κ.α., 1996).

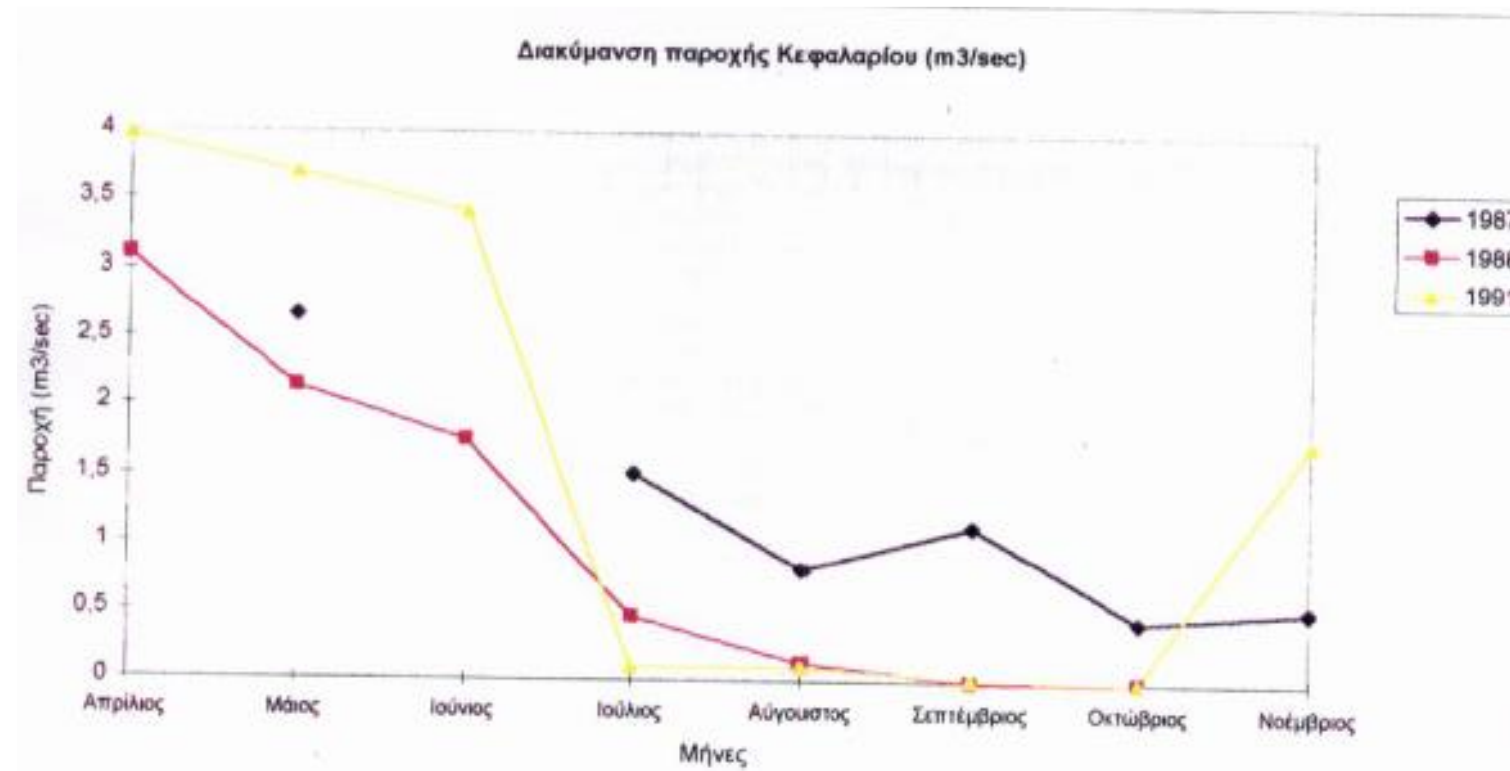
Οι πηγές του Κιβερίου είναι μια ομάδα παράκτιων – υποθαλάσσιων καρστικών πηγών. Μετρήσεις παροχής των πηγών μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν μετά την κατασκευή του φράγματος, αλλά κράτησαν μόνο για ένα περίπου χρόνο (Νοέμβριος '71 – Σεπτέμβριος '72) και έδειξαν μια ετήσια παροχή της τάξης των 409×10⁶ m³.

Η ποιότητα του νερού που εκφορτίζεται από τις εν λόγω πηγές είναι από χημικής απόψεως εντός των ορίων ποσιμότητας, με εξαίρεση την πηγή Κιβερίου η οποία, πέραν των χλωριόντων (συνήθως >250 mg/l), παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις σιδήρου, μαγγανίου και οριακές

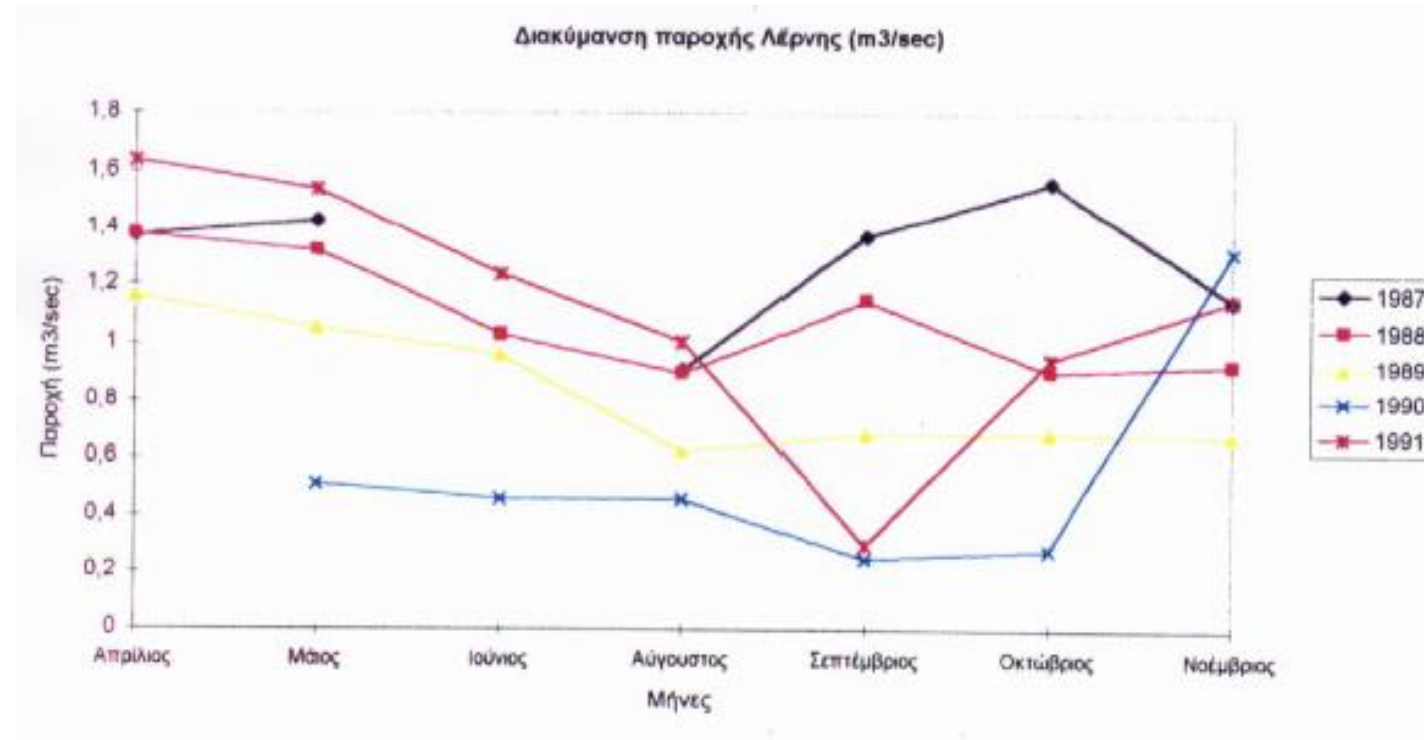
συγκεντρώσεις μολύβδου (Γιαννουλόπουλος Π., Μαραβέγιας Δ., 2008). Το νερό του Κιβερίου μπορεί γενικά να χρησιμοποιηθεί για άρδευση σε εναλλαγή όμως με καλύτερο ποιοτικά νερό, καθώς με αποκλειστική χρήση του προβλέπεται η απόθεση μεγάλων ποσοτήτων αλάτων στο καλλιεργούμενο έδαφος.



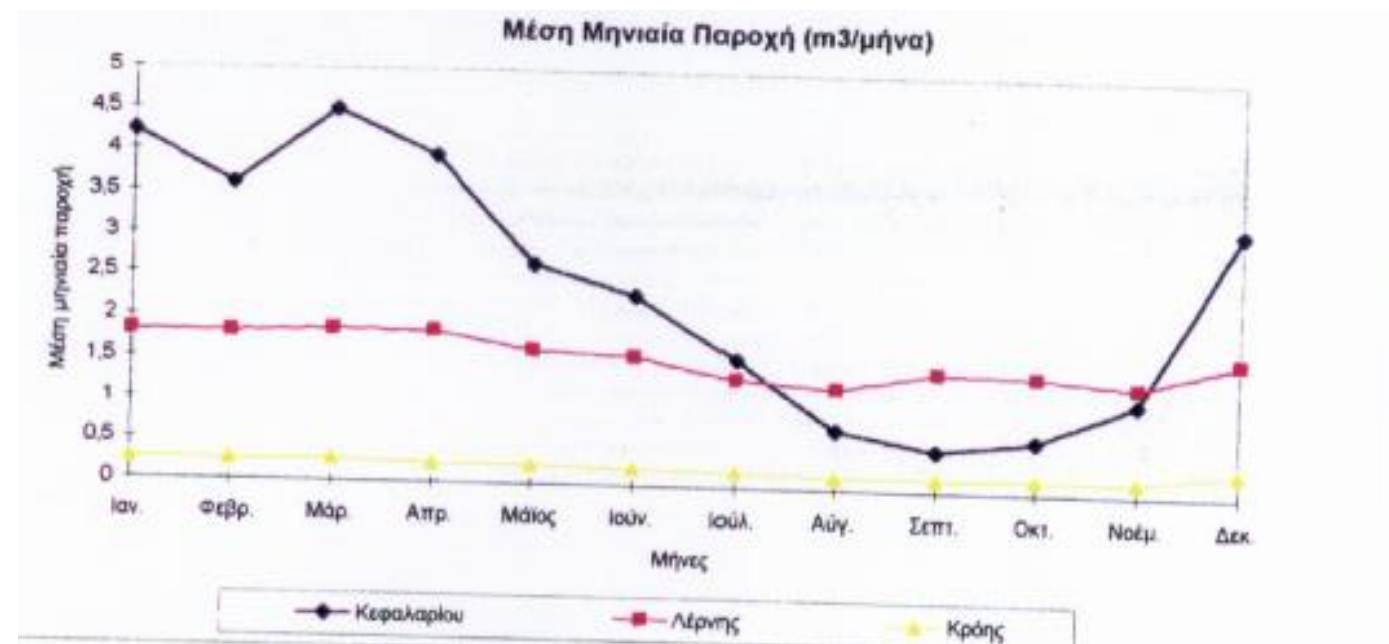
Γράφημα 4: Διακύμανση Παροχής Κρόης [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]



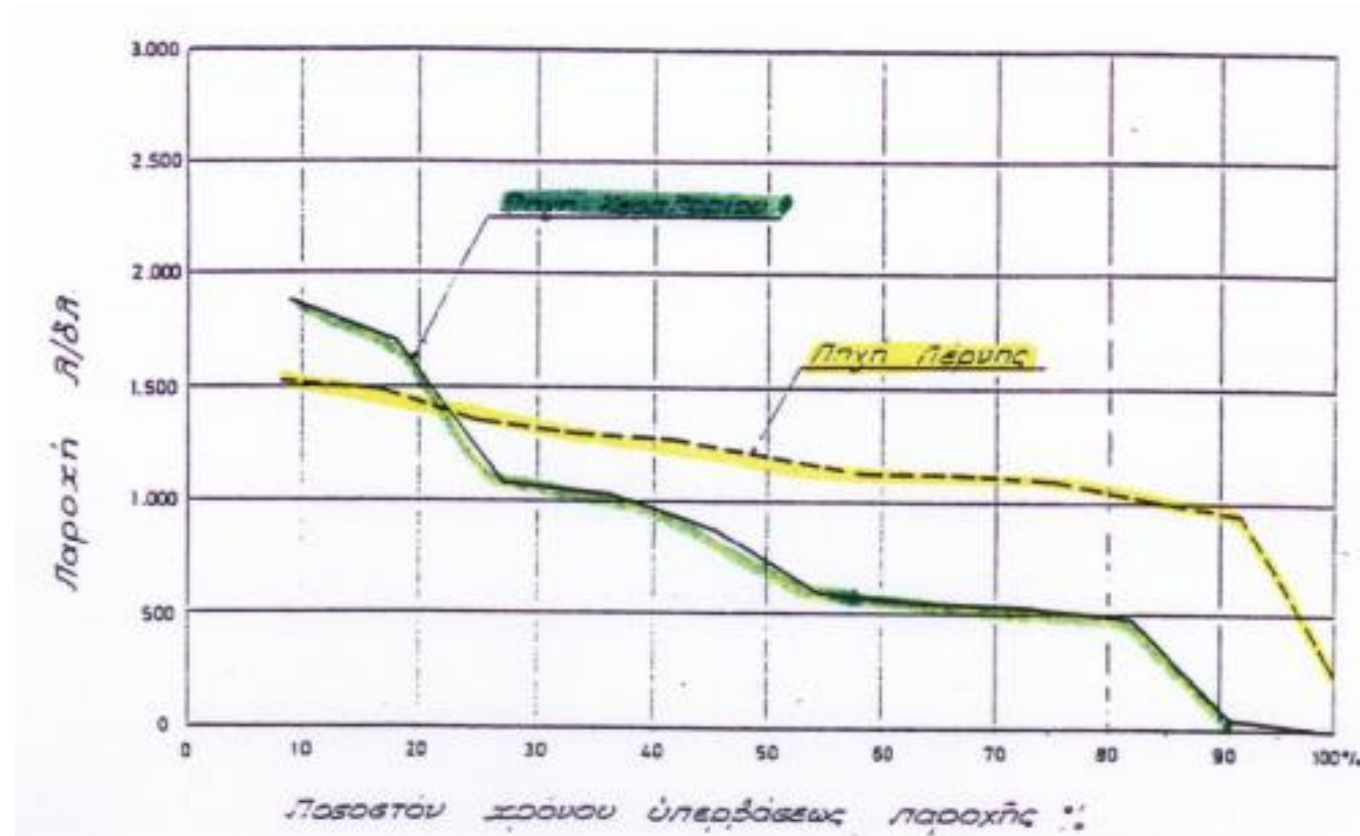
Γράφημα 5: Διακύμανση Παροχής Κεφαλαρίου [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]



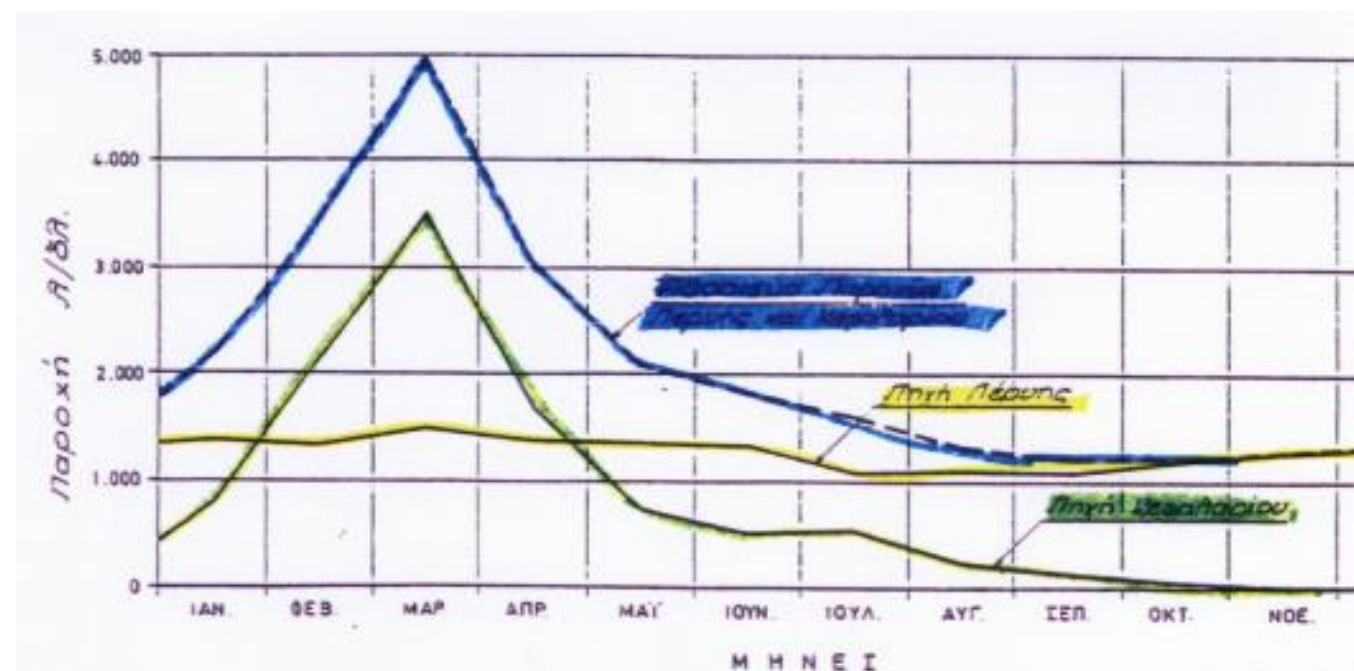
Γράφημα 6: Διακύμανση Παροχής Λέρνης [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]



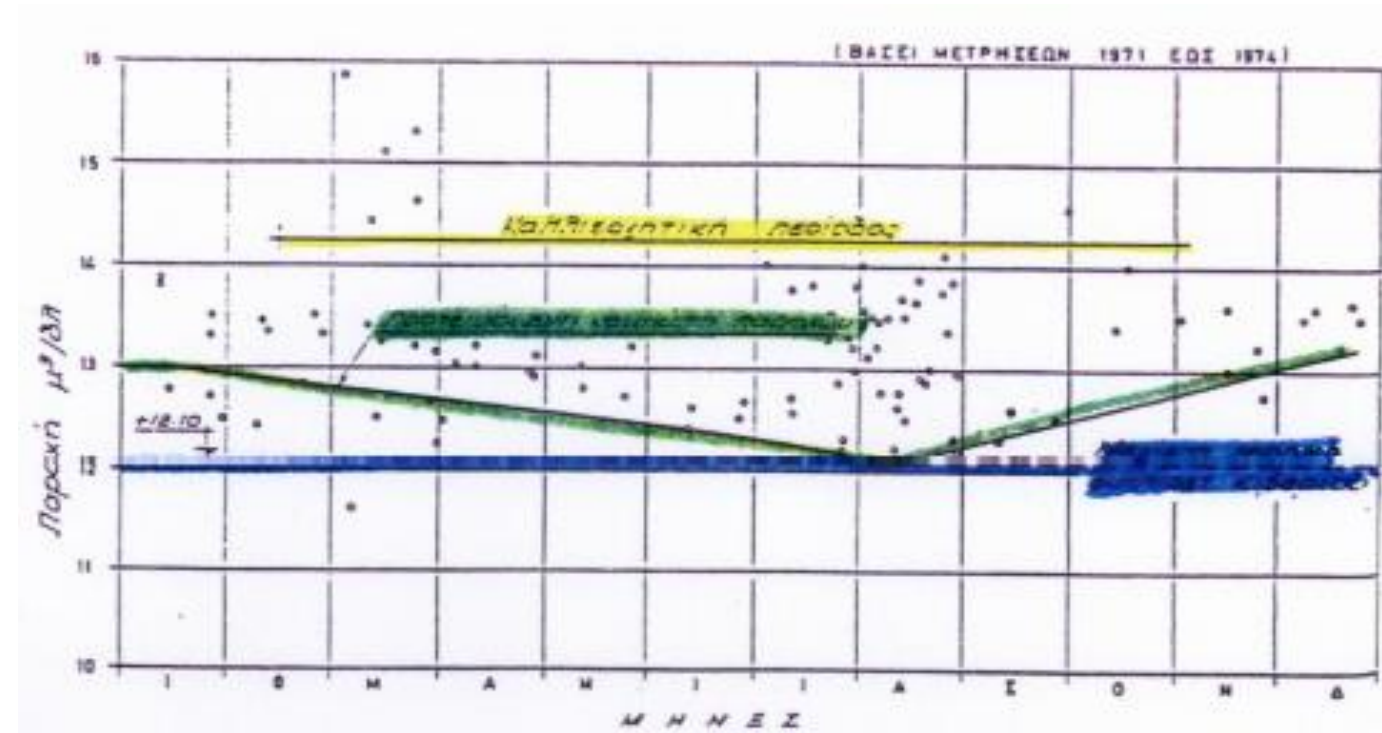
Γράφημα 7: Συγκριτικό Γράφημα Μέσης Μηνιαίας Παροχής [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]



Γράφημα 8: Καμπύλες Διάρκειας Παροχής (Ιούλιος 1962-1974) [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]



Γράφημα 9: Παροχές για ποσοστό χρόνου υπερβάσεως 80% [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]



Γράφημα 10: Διάγραμμα Παροχών Πηγών Κιβερίου [πηγή: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999]

Η πηγή Κρόης (ή Αμυμώνη) της κοινότητας Μύλοι λίγο βορειότερα της Λέρνης, πηγάζει και αυτή από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Πίνδου, στο όριο μεταξύ των ασβεστόλιθων αυτών και των σύγχρονων Τεταρτογενών αποθέσεων και- χαρακτηρίζεται ως πηγή υπερχέλωσης.

Η πηγή του Αναβάλου στην περιοχή Αγ. Γεωργίου Κιβερίου, αποτελεί συστάδα καρστικών πηγών που χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους ως υποθαλάσσιες πηγές, με σημείο ανάβλυσης 0.25 - 7.5m. Πηγάζουν από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου. Με βάση τα στοιχεία γεωτρήσεων, που είχαν γίνει ανάντη της πηγής στην οδό Άργους- Άστρος, η καρστικοποίηση έφτανε σε απόλυτο βάθος -15m (Παπάκης, 19661, Μέχρι το 1970 οι πηγές αυτές έρεαν ελεύθερα στη θάλασσα, ενώ στη συνέχεια έρεαν σε ημικυκλικό φράγμα, η κατασκευή του οποίου αποσκοπούσε στην προστασία των πηγαίων υδάτων από την απευθείας ανάμειξή τους με το θαλασσινό νερό.

Η τροφοδοσία των τεσσάρων προαναφερόμενων πηγών δεν γίνεται μόνο από τη στενή υδρολογική λεκάνη τους αλλά έχει αποδειχτεί ότι συνδέονται μέσω καρστικών αγωγών, αφενός με την καταβόθρα Σκοτεινής και την υδρογεωλογική λεκάνη της Στυμφαλίας και αφ' ετέρου με την καταβόθρα Κανατά του οροπεδίου της Τρίπολης. Στην πρώτη περίπτωση η κίνηση του καρστικού νερού έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και στη δεύτερη Δ-Α.

Όπως φαίνεται και από τα υψόμετρα των πηγών Κεφαλαρίου, Λέρνης και Κρόης και Αναβάλου, η καρστικοποίηση του ασβεστόλιθου όσο προχωράμε από Β προς Ν είναι μεγαλύτερη σε βάθος (διαφορετική εξέλιξη καρστ) και οφείλεται μάλλον σε ηπειρογενετικές κινήσεις του τεταρτογενούς (Δούνας). Οι παροχές των πηγών κυμαίνονται ανάλογα με την εποχή και το ύψος βροχής του εκάστοτε έτους. Υπάρχουν ακόμα 30 περίπου, μικρότερες πηγές διάσπαρτες στο νομό, όπως στο Ξοβριό, Μπινικόβη, Καπαρέλι, Νιοχώρι, Κρανίδι, Λυγγουριό κ.α.

Τροφοδοσία των πηγών. Με βάση τους Leonidiadis et al (1986) οι πηγές του νομού χωρίστηκαν, ανάλογα με την τροφοδοσία τους, σε έξι ενότητες όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

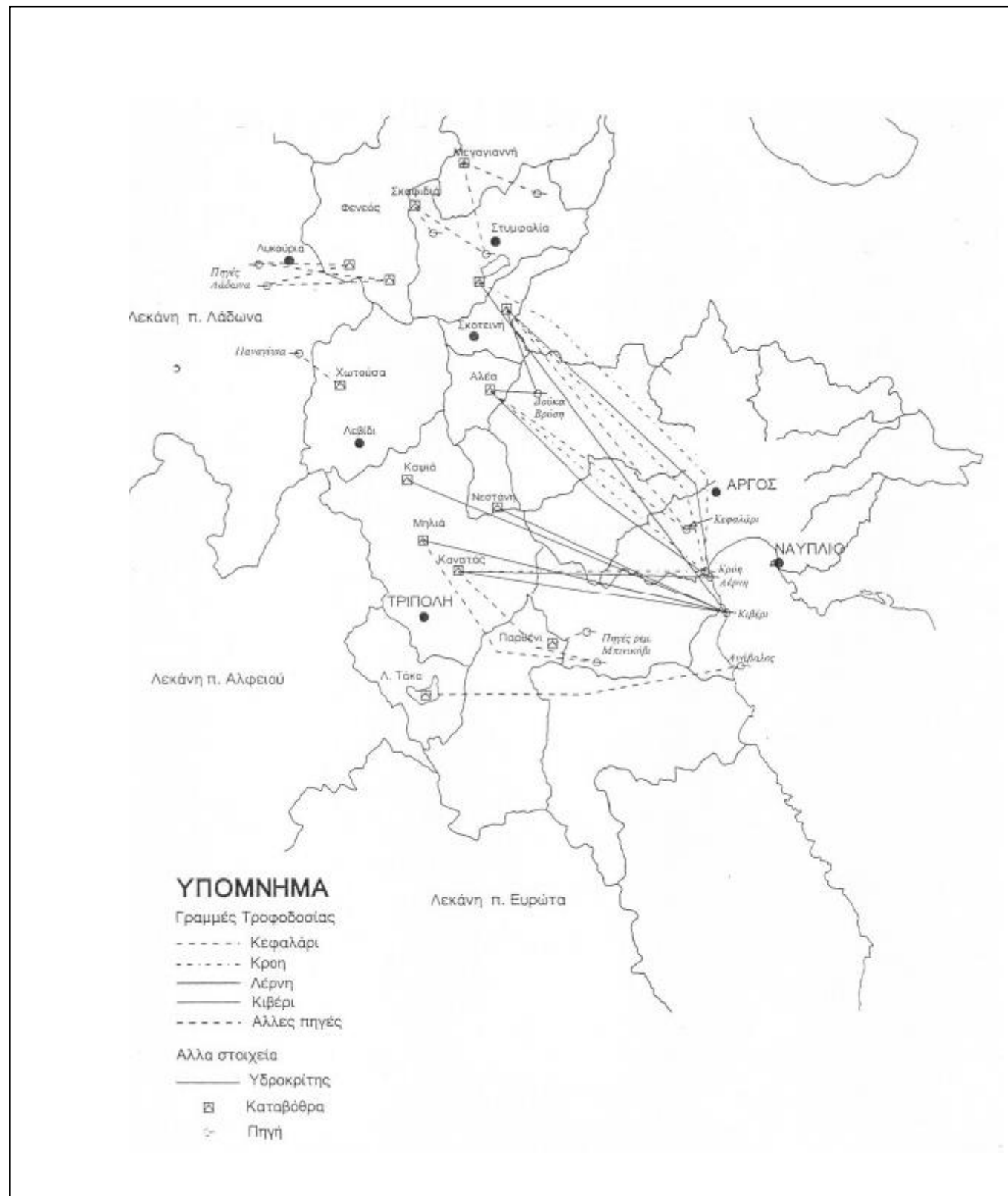
1. Ενότητα Λάδωνα: Πλανιτερός, Μάτι, Λάδωνας, Παναγίτσα και Δάρα
2. Ενότητα Φενεού: Γκούρα, Μοσιά και Καστανιά
3. Ενότητα Στυμφαλίας: Στυμφαλαία, Μπόζιο και Κεφαλάρι Κορίνθου
4. Ενότητα Χωτούσας: Χωτούσα, Σίντζι, Κανδήλα και Χάνι
5. Ενότητα Δούκα: Δούκα Βρύση, Τσιρίστρα, Αηδόνα και Πετριό
6. Ενότητα Άργους-Άστρος: Μούχλι, Μπινικόβη, Ξοβριός, Κεφαλάρι, Ελληνικό, Κρόη, Λέρνη, Κιβέρι, Ανάβαλος, Βάλτος, Λουκού, Μουστός, Αγ. Ανδρέας και Κρυονέρι.

Οι καταβόθρες του Φενεού και της λεκάνης Χωτούσας-Κανδήλας επικοινωνούν με τις πηγές του Λάδωνα δυτικά. Η κύρια κατεύθυνση αποστράγγισης από όλες τις άλλες καταβόθρες είναι προς τις πηγές του Αργολικού κόλπου. Υπάρχει άμεση σχέση επικοινωνίας των πηγών Κεφαλαρίου, Κρόης, Λέρνης και Κιβερίου με τις καταβόθρες της Στυμφαλίας, της Σκοτεινής, της Αλέας, της Καψιάς και του Κανατά. Οι καταβόθρες Σκαφίδια και Μεγαγιανή επικοινωνούν έμμεσα αφού εκβάλλουν στις πηγές που βρίσκονται στη λεκάνη της Στυμφαλίας, η οποία με τη σειρά της εκβάλλει στις πηγές του Αργολικού πεδίου.

Η καταβόθρα του Κανατά, η οποία δέχεται τα απόβλητα της πόλης της Τρίπολης ανήκει στο ίδιο σύστημα αποστράγγισης των Αρκαδικών οροπεδίων, όπως οι καταβόθρες Μηλιά και Νεσάνη. Ανάλογα με τις υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της Τρίπολης, 2-4% από το νερό το οποίο τροφοδοτεί αυτό το σύστημα αποστράγγισης εκβάλλει στις πηγές του Ξοβριού και το υπόλοιπο εκφορτίζεται αποκλειστικά στο Κιβέρι.

Στον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζονται οι σχέσεις τροφοδοσίας των κυριότερων πηγών του Ν. Αργολίδας με τις καταβόθρες και τις πόλγες του οροπεδίου της Τρίπολης, ενώ παράλληλα εξάγεται το συμπέρασμα ότι αναπτύσσονται τρεις κύριες καρστικές ζώνες:

1. το σύστημα Φενεός-Χωτούσα, το οποίο εκφορτίζεται δυτικά στις πηγές που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής του Λάδωνα,
2. το καρστικό σύστημα νότια της Τρίπολης, το οποίο αντιπροσωπεύεται από την περιοχή της λίμνης Τάκα και εκφορτίζεται νότια της πηγής Κιβερίου, στην πηγή Αναβάλου, και
3. το κύριο καρστικό σύστημα που τροφοδοτεί τις πηγές του Αργολικού πεδίου από το Κεφαλάρι μέχρι το Κιβέρι (Κεφαλάρι, Κρόη, Λέρνη, Κιβέρι) και περιλαμβάνει τις πόλγες της Τρίπολης, της Νεστάνης, της Αλέας, της Σκοτεινής, της Στυμφαλίας και της Μεγαγιανής.



Χάρτης 5: Σχέσεις τροφοδοσίας των πηγών του Αργολικού Πεδίου από τις καταβόθρες και τις πόλγες στο οροπέδιο της Τρίπολης

Ο Ανάβαλος

Πέρα από τις πηγές που αναφέρθηκαν παραπάνω., και οι οποίες αναφέρονται από την Αρχαιότητα πηγή που καταγράφηκε τα τέλη του 19ου με αρχές του 20ου Αιώνα, η πηγή του Αναβάλου, απασχόλησε και απασχολεί ακόμη και σήμερα, ένα πλήθος ερευνητών και Επιστημόνων.

Ο Ανάβαλος σαν πηγή, είναι σίγουρα καταγεγραμμένος στις παρατηρήσεις και τα βιβλία των Περιηγητών, Γάλλων , Άγγλων και Γερμανών, οι οποίοι επεσκεύθησαν τα παράλια της Ανατολικής Πελοποννήσου, καταγράφοντας κατά μήκος τους, είναι ιδιαίτερα σημαντικό αλλά και μεγάλο σε έκταση δίκτυο πηγών που αναβλύζουν εντός της θαλάσσης, μακριά, ή πλησίον της ακτής.

Στην Ανατολική Πελοπόννησο, δύο πηγές που Αναβλύζουν εντός της θαλάσσης, θεωρούνται σημαντικές.

Το «μάτι του Αιλή», όπως λέγεται η πηγή που αναβλύζει περί τα 100 μέτρα απόσταση από την ακτή, κοντά στο Άστρος, και αυτή του Αναβάλου, η οποία και αναβλύζει σε επαφή σχεδόν με την ακτή, δίπλα από το Κιβέρι, στα σύνορα σχεδόν ΤΗΣ Αργολίδας, με την Αρκαδία.

Η καρστικότητα του εδάφους και η ασβεστολιθική υφή και προέλευση των ορεινών όγκων, κύριων και βασικών τροφοδοτών της πηγής , δεν επέτρεψαν την ελπίδα, να επιτευχθεί η σύλληψη της πηγής πριν αυτή εκβάλλει στην θάλασσα.

Ο σκοπός μίας τέτοιας σύλληψης, θα ήταν προφανής, θα εξαφανιζόταν κάθε πιθανότητα επηρεασμού του πηγαίου αυτού νερού, από την θάλασσα, με την οποία ευρίσκεται σε επαφή.

Οι καρστικοί αγωγοί, οδηγούν το νερό στην λεκάνη αποδόσεως της πηγής, όπως αυτή λειτουργεί και σήμερα, από παντού.

Όλο το σύστημα του ορεινού όγκου που περιβάλλει και τροφοδοτεί την πηγή, πρέπει να θεωρείται σαν ένα τεράστιο σφουγγάρι, όπου οι διάδρομοι όδευσης του νερού, είναι χιλιάδες, και μικροί σε διάμετρο.

Όπως και στο σφουγγάρι, κάθε προσπάθεια καθοδήγησης του νερού που περιέχει, από συγκεκριμένη και επιλεγμένη διαδρομή αποβαίνει άκαρπη, έτσι και εδώ, θα συνέβαινε το αυτό.

Επελέγη έτσι, η σύλληψη της πηγής, επί τόπου, στο σημείο ανάβλυσης.

Η σύλληψη της πηγής, αποφασίστηκε και επιτεύχθηκε, για ένα και μοναδικό λόγο.

Την εξασφάλιση του αναγκαίου νερού για την Αργολίδα, ιδιαίτερα του νερού που αφορά την άρδευση.

Το Ισοζύγιο του ύδατος, κατέδειξε ότι αυτό καθίσταται αρνητικό, επικίνδυνα μάλιστα, στις περιόδους αιχμής, δηλαδή, το Καλοκαίρι.

Εάν επιχειρήσει κάποιος να αθροίσει τις συνολικές ποσότητες ύδατος που συνήθως εκρέουν στην διάρκεια ενός έτους από τις τρεις παραδοσιακές πηγές που αναφέρθηκαν, δηλαδή Λέρνης, Αμυμώνης και Κεφαλαρίου, θα διαπιστώσει ότι το νερό συνολικά, επαρκεί για τις ανάγκες του Νομού, αναγόμενες αθροιστικά, σε ετήσια περίοδο.

Αυτό, δημιουργεί μία ψευδαίσθηση, η οποία μπορεί να αποβεί μοιραία για τον τόπο, (και έχει σε μερικές περιπτώσεις, ήδη αποβεί).

Είναι δεδομένο ότι οι ανάγκες πρέπει να επικαιροποιούνται, και το Υδατικό Ισοζύγιο να είναι ανηγμένο στην μικρότερη δυνατή χρονική περίοδο, που εδώ, μπορεί να είναι η Ημέρα.

Εκεί θα διαπιστώσει κανείς ότι, τους Καλοκαιρινούς μήνες, η πηγή του Κεφαλαρίου μηδενίζει την παροχή της, άρα δεν υπάρχει καθόλου, η πηγή της Αμυμώνης επαρκεί μετά βίας μόνο για την Ύδρευση του Ναυπλίου, η δε πηγή της Λέρνης, μειώνει την παροχή της, και στο 1/3, σε σχέση με το Χειμώνα.

Η σύλληψη και αξιοποίηση λοιπόν των πηγών του Αναβάλου, κατέστη αναγκαία, προκειμένου αυτή, να αναπληρώσει το νερό που θα λείπει το Καλοκαίρι, ιδιαίτερα για Αρδευτική χρήση.

Η διάγνωση αυτή, είχε γίνει από την εποχή του 1960, και δεν αμφισβητείται, ακόμη και σήμερα.

Η σύλληψη της πηγής έγινε από τον Dr. Staender, Γερμανό Μηχανικό, ο οποίος μελέτησε την φραγμάτωση του χώρου γύρω από την πηγή, προκειμένου να επιτευχθεί η σύλληψη του νερού, αλλά και την λειτουργία του αντλιοστασίου ανυψώσεως, σε άμεση μάλιστα σχέση με το φράγμα.

Όταν επετεύχθη η σύλληψη των νερών της πηγής, έγιναν και οι πρώτες αξιόπιστες μετρήσεις της παροχής της πηγής.

Σύμφωνα με αυτές, αυτή παρουσιάζει μία μέση παροχή 40.0 κυβικών μέτρων ανά ώρα, με τυπική απόκλιση μικρότερη του 5%.

Το παραπάνω στοιχείο, κατατάσσει την πηγή στην πλέον σταθερή πηγή του Νομού, άρα, σημαντικά αξιόλογη, ως προς την παροχή, σε σχέση με τις υπόλοιπες που έχουν αναφερθεί.

Με τον τρόπο που έγινε η φραγμάτωση της πηγής, και από το γεγονός ότι η λειτουργία του αντλιοστασίου δύναται να ρυθμιστεί έτσι, ώστε να τηρείται η βασική Υδροστατική Ισορροπία θαλασσινού - γλυκού νερού, η πηγή έχει δυνατότητα, μέσω του αντλιοστασίου, να αποδίδει νερό, ποσότητας 30.000 κυβικών μέτρων ανά ώρα, με σημειούμενη διάλυση χλωριόντων κατά μέσον όρο 180ppm, με τυπική απόκλιση 15%.

Σε εντελώς εξαιρετικές περιπτώσεις, παρατεταμένης ανομβρίας σε όλη την περιοχή, η πηγή παρουσιάζει σε ορισμένα της σημεία, αυξημένα χλωριόντα, που, κατά την Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων του Νομού, έχουν, σημειακά, προσεγγίσει και τα 500 ppm.

Βέβαια, σύμφωνα και με την θεωρία της στατιστικής Επιστήμης, οι ακραίες αυτές τιμές σημειώνονται, ουδόλως όμως επηρεάζουν την όλη Φιλοσοφία περί της αξιοπιστίας της πηγής, και της χρησιμότητας αυτής.

Ιδιαίτερα δε όταν, όλοι οι άλλοι παράγοντες που συνυπολογίζονται σε μία τέτοια φάση Διαχείρισης Υδάτων, έχουν επηρεαστεί πολύ περισσότερο. (

Υπαρξη ποσοτήτων νερού από άλλες πηγές, ποιότητα του πάσης φύσεως αντλούμενου προς χρήση νερού, κλπ.).

Σε σχέση με τους υπόλοιπους δείκτες λοιπόν, η πηγή του Αναβάλου θεωρείται σημαντική, και ως η μόνη λύση προκειμένου να επιτευχθεί η ποθούμενη επάρκεια νερού, ανά πάσα στιγμή.

❖ Υπόγειος Υδροφόρας

Η Γεωγραφία της περιοχής είναι τέτοια, που να παρουσιάζεται ένα εκτεταμένο Πεδίο καλλιεργήσιμης γης, η οποία περιβάλλεται από βουνά, και από θάλασσα.

Σε αρκετά σημεία, το πεδίο αυτό εκτείνεται σε απόσταση αρκετών χιλιομέτρων από την θάλασσα.

Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός πως οι κλίσεις που απαντώνται από τις παρυφές των βουνών, έως και την θάλασσα, είναι μικρές, το Πεδίο δηλαδή εκτείνεται ομαλά έως την θάλασσα.

Το στοιχείο αυτό, σε σχέση με την μεγάλη απόσταση των παρυφών των βουνών από την θάλασσα, δημιουργούν συνθήκες ομαλής ροής επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, εντός των ορίων του.

Είναι γεγονός βέβαια, ότι στα σημεία σύγκλισης του ορεινού περιβάλλοντος όγκου με τη θάλασσα, παρατηρούνται σαφώς μεγαλύτερες κλίσεις και σμίκρυνση του πλάτους του Πεδίου.

Στις περιοχές αυτές, (Κιβέρι, Καρυά, Αγ. Ανδριανός, Ναύπλιο, Ασίνη κλπ.), παρατηρούνται και υψηλότερες ταχύτητες επιφανειακών, άρα και υπογείων υδάτων, και εντονότερα πλημμυρικά φαινόμενα.

Το μεγαλύτερο Πεδίο, σε έκταση και αγροτικό πληθυσμό είναι το Αργολικό.

Αυτό εκτείνεται από το Κιβέρι έως και την Ασίνη, περικλειόμενο από τον Ορεινό όγκο Βορειοανατολικά των Ορίων με Αρκαδία, Ανατολικά των Ορίων με Αραχναίο, και κατά την υπόλοιπη οριογραμμή, από την θάλασσα.

Έτερο Πεδίο, είναι αυτό των Ιρίων, που περικλείεται από τον ορεινό όγκο των Καρνεζέικων, και την θάλασσα, συνορεύον με τον διαχωριστικό ορεινό όγκο προς Δρέπανο, και προς Σαλάντι.

Ένα τρίτο, εκτεταμένο, είναι αυτό που ανήκει στους νυν Καποδιστριακούς Δήμους Κρανιδίου και Ερμιόνης.

Δεν έχει ιδιαίτερο βάθος, όσο έχει μήκος, αλλά και σπουδαιότητα, λόγω της ιδιαίτερης Τουριστικής Ανάπτυξης που ευνοείται στην περιοχή.

Τέλος, ένα, μικρό μεν σε έκταση, σπουδαίο όμως λόγω κλίματος, είναι αυτό της Επιδαύρου.

Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που προαναφέρθηκε, από την πλευρά της ενδοχώρας, γειτνίαση με ορεινούς όγκους, από την δε αντίθετη πλευρά, γειτνίαση με την θάλασσα.

Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται και για τις περιοχές του Λυγουριού, των Διδύμων, Αλέας-Σκοτεινής, όπου έχουμε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, χωρίς γειτνίαση με την θάλασσα.

Στις παραπάνω περιοχές, παρατηρείται ύπαρξη και κίνηση υδάτων, μέσα από μία αέναη διαδικασία.

Κίνηση από ανάντη περιοχές, (ορεινοί όγκοι), κατάντη, δηλαδή την θάλασσα.

Μία διαδικασία φυσικής κίνησης, ως αξίωμα, στο οποίο στηρίζεται η Επιστήμη της Υδραυλικής, καθώς κάθε αντίστροφη κίνηση, απαιτεί Μηχανικό Έργο.

Η βροχή, όταν πέφτει στην επιφάνεια της Γης, υφίσταται τις εξής διαδικασίες:

1. Διεισδύει εντός του εδάφους
2. Ρέει επάνω σε αυτό
3. Εξατμίζεται
4. Συγκροτείται από τα φύλλα δένδρων, θάμνων και τα φυτά

Τα ποσοστά των παραπάνω διαδικασιών, ποικίλουν αναλόγως της κατάστασης των περιοχών, του κλίματος, και της θερμοκρασίας.

Είναι γεγονός όμως ότι, το μεγαλύτερο ποσοστό της βροχής, ή απορροφάται ή ρέει επιφανειακά, προς την θάλασσα.

Κατά την διαδικασία της επιφανειακής ροής, μέρος του νερού διεισδύει μέσω των κώνων διείσδυσης, που σχηματίζονται κάτω από τις κοίτες των ποταμών ροής.

Παρατηρείται λοιπόν το φαινόμενο της «Τοπικής» Διείσδυσης του νερού της βροχής, εντός του Υπεδάφους, και της διείσδυσης, κατά μήκος των κοιτών των ποταμών ροής.

Κατά την διείσδυση του ύδατος εντός του Υπεδάφους, αναπτύσσεται μία ταχύτητα ροής, η οποία εξαρτάται από την σύσταση του εδάφους, και τον βαθμό κορεσμού αυτού.

Εδάφη σχετικά συμπαγή, δεν επιτρέπουν εύκολα την διείσδυση, εδάφη όμως χαλαρά, (όπως οι Ασβεστολιθικοί σχηματισμοί), επιτρέπουν ευκολότερα αυτήν.

Το ίδιο παρατηρείται και με τον κορεσμό.

Εδάφη που δέχονται βροχή σε μεγάλη διάρκεια, την αυτή δε ένταση, μειώνουν σταδιακά την ικανότητά τους διείσδυσης του νερού εντός τους, για ευνοήτους λόγους.

Το νερό εντός του εδάφους, κινείται αργά, ακολουθώντας υπόγειες «κοίτες», έως ότου συναντήσει την θάλασσα.

Όμως, παράλληλα, και εφ' όσον ο κορεσμός του Υπεδάφους το επιτρέπει, συνεχίζει να διεισδύει σε βάθος.

Δημιουργείται έτσι μία μεγάλη λεκάνη, όπου το χώμα στο Υπέδαφος μπορεί να παρομοιαστεί σαν ένα τεράστιο σφουγγάρι, που συγκρατεί τεράστιες ποσότητες νερού, οι θύλακες δε του Υπεδάφους, γεμίζουν και γίνονται τεράστιες Υπόγειες Λίμνες.

Όλο το παραπάνω σύστημα χαρακτηρίζεται από μία ιδιαίτερα λεπτής ισορροπίας δυναμική, όπου η κίνηση του ύδατος είναι διαρκής, τά χαρακτηριστικά δε στοιχεία του δυναμικού αυτού Πεδίου, μεταβάλλονται ανάλογα με τις επιδράσεις που αυτό δέχεται.

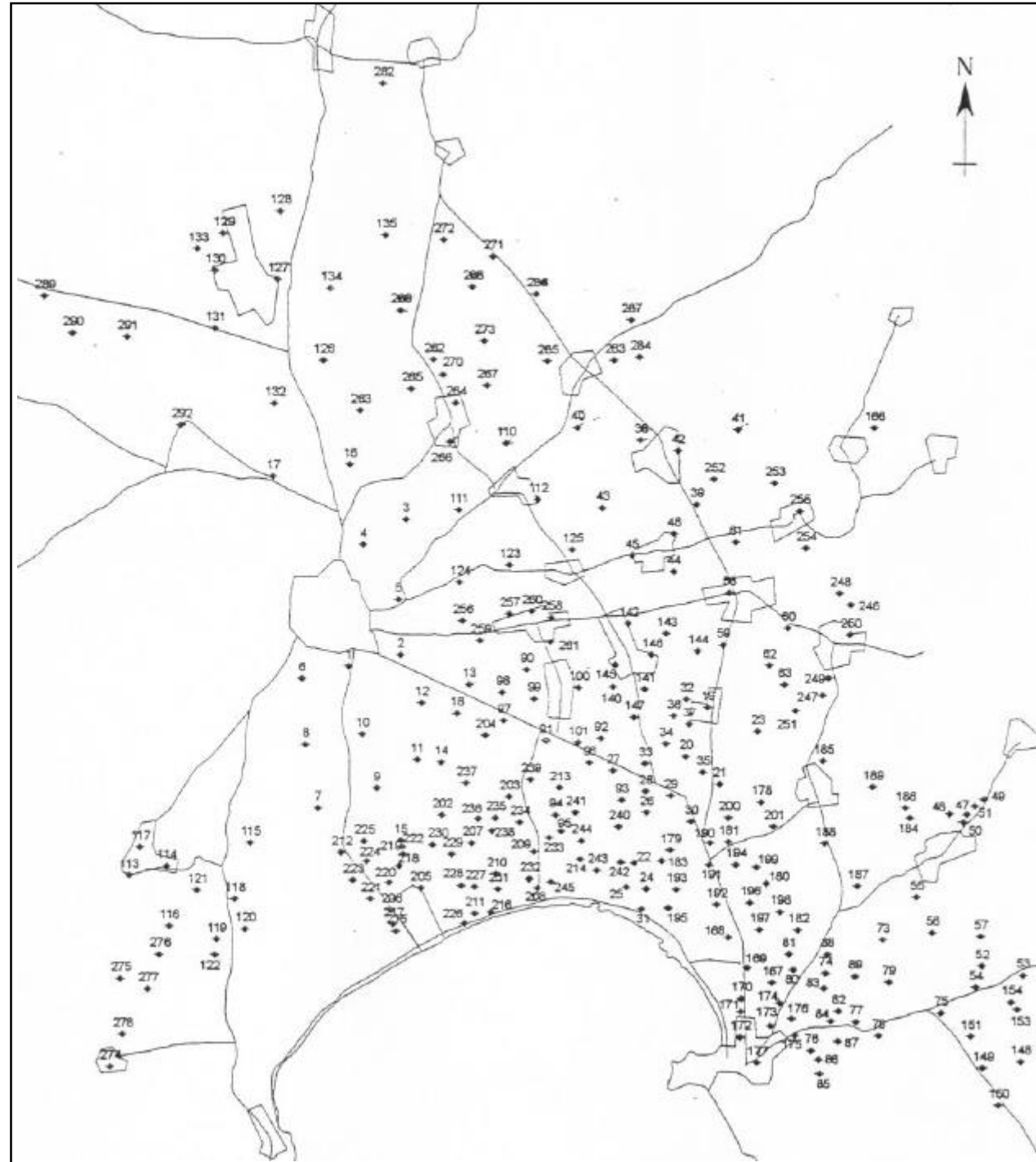
Σημασία έχει πώς, μέσα σε αυτό το τεράστιο «σφουγγάρι», αποθηκεύονται τεράστιες ποσότητες νερού, που σε καμία περίπτωση όμως δεν είναι στάσιμες και ακίνητες, κινούνται δε, προς κάθε κατόντη κατεύθυνση, δηλ. προς την θάλασσα, σε φυσιολογικές συνθήκες.

Όλο αυτό δε το σύστημα, αποτελεί τον Υπόγειο Υδροφόρο, κάθε Πεδίου, όπως αυτό περιεγράφηκε παραπάνω.

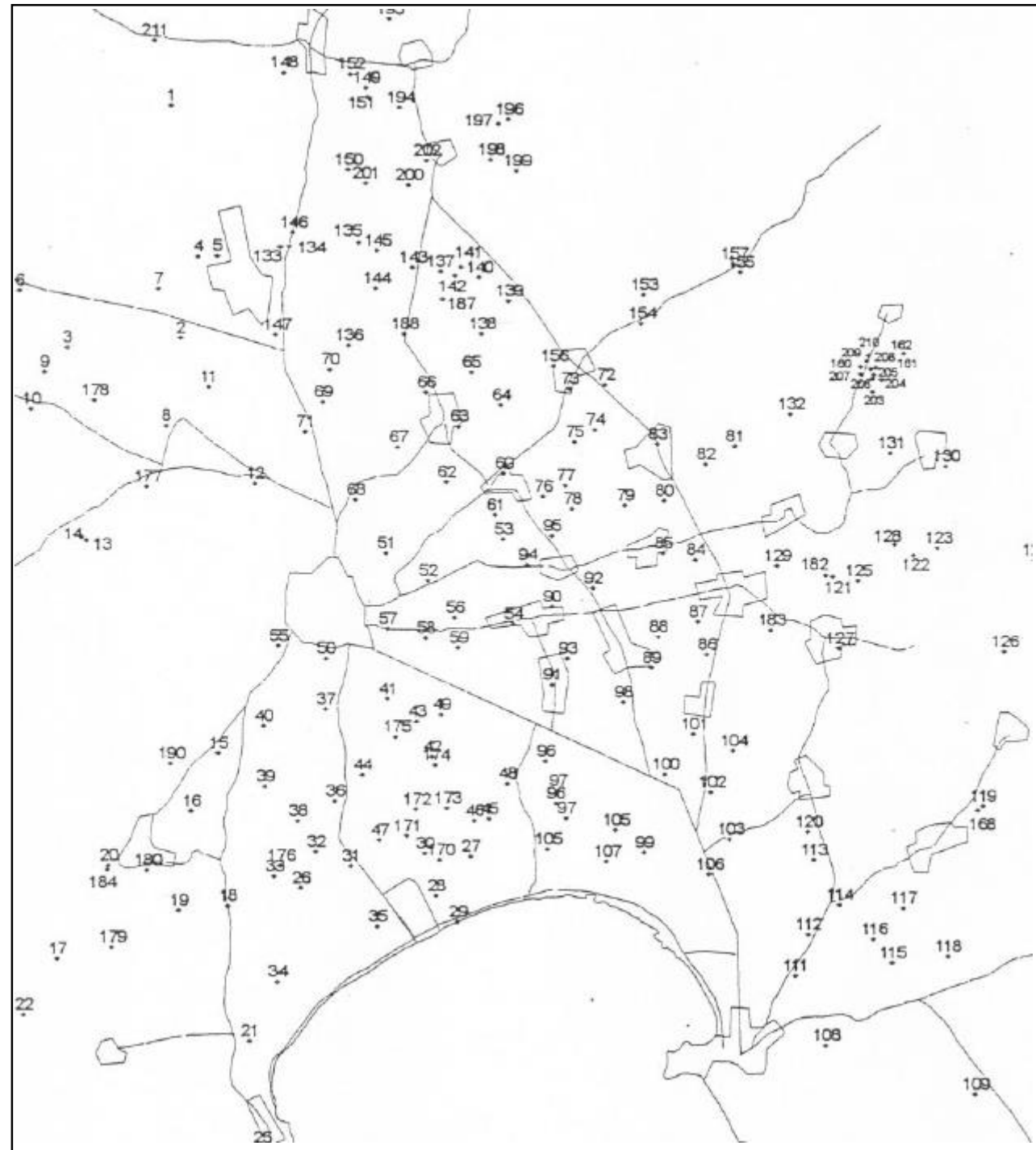
Για την διερεύνηση του δυναμικού και των χαρακτηριστικών των υπόγειων υδάτων του Ν. Αργολίδας πραγματοποιήθηκαν από το 1962 έως το 1996, δύο προγράμματα παρακολούθησης ερευνητικών γεωτρήσεων.

Στο πρώτο πρόγραμμα παρακολούθησης (1964-75) δημιουργήθηκε ένας ιστός 330 γεωτρήσεων και φρεάτων, όπως φαίνεται στον χάρτη. Στόχος της πρώτης αυτής προσέγγισης ήταν η παρακολούθηση της πιεζομετρίας των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών, της ποιότητας των υπόγειων υδάτων και της περιεκτικότητάς τους σε Cl.

Στο δεύτερο πρόγραμμα παρακολούθησης (1985-95) δημιουργήθηκε και πάλι ένας ιστός περίπου 200 γεωτρήσεων, όπως φαίνεται στον 2ο χάρτη, με στόχο τόσο τη μέτρηση της στάθμης των υπογείων υδάτων όσο και την συγκέντρωση των Cl, πιο συγκεκριμένα αυτή τη φορά, δηλαδή κατά την αρχή και το τέλος της αρδευτικής περιόδου.



Χάρτης 6: Φρέατα παρατήρησης περιόδου 1964-75



Χάρτης 7: Δίκτυο παρατήρησης περιόδου 1985-95

Τα στοιχεία των παρατηρήσεων και από τα δύο προγράμματα, μετά από επεξεργασία, στα πλαίσια της μελέτης "Χρησιμοποίηση για άρδευση του νερού του φράγματος Κιβερίου Αργολίδας και παρακολούθηση και αντιμετώπιση της υφαλμύρισης των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου" (Γ.Π.Α. - Εργ. Γεωργικής Υδραυλικής, 1996), οδήγησαν στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων για την κατάσταση των υπόγειων υδροφορέων τόσο ως προς την ποιότητα όσο και ως προς την ποσότητά των υδάτων τους.

Κατά την περίοδο λοιπόν από το 1964 έως το 1990 οι υπόγειοι υδροφορείς, της περιοχής του Αργολικού πεδίου, υπέστησαν βαθμιαία εξάντληση σαν αποτέλεσμα της υπεράντλησής τους. Η πτώση της πιεζομετρικής επιφάνειας στο διάστημα αυτό πλησίασε τα 35m στο κέντρο της Αργολικής πεδιάδας, ενώ περιφερειακά σε ορισμένα σημεία έφτασε τα 70m. Σαν αποτέλεσμα της μείωσης της στάθμης των υπόγειων υδάτων ήταν η εισχώρηση των θαλάσσιων υδάτων στους υδροφορείς και η δημιουργία μιας μεγάλης υφαλμυρωμένης ζώνης.

Το 1990, εξαιτίας της προβληματικής κατάστασης που διαπιστώθηκε άρχισε μια προσπάθεια τεχνητού εμπλουτισμού σε σχετικά μεγάλη κλίμακα.

Παρόλα αυτά η άντληση υπόγειων υδάτων συνεχίζεται ασταμάτητα ακόμα και σήμερα, με τη διάνοιξη γεωτρήσεων και την άντληση νερού από βάθη που σε πολλές περιπτώσεις προσεγγίζουν τα 300m.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί επίσης και η μόλυνση των υπόγειων υδάτων από νιτρικά $-(NO_3^-)$, κυρίως -στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας -όπου -οι υδροφόροι σχηματισμοί περιορίζονται από αργιλικές στρώσεις, οι οποίες παρεμποδίζουν την περαιτέρω κίνηση του νερού. Η μόλυνση αυτή ήταν αποτέλεσμα της εντατικής χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες.

Η μόλυνση των υδάτων προέρχεται επίσης από την έλλειψη αποχετευτικών δικτύων και την αποχέτευση των ακαθάρτων μέσω βόθρων,

απορροφητικών στις περισσότερες περιπτώσεις, στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

➤ Αλλουβιακοί υδροφόροι

Οι υδροφόροι αυτοί αναπτύσσονται στις Νεογενείς – Τεταρτογενείς λεκάνες του νομού και συνίστανται από λεπτομερή υλικά, όπως άμμους, αργίλους, ψηφίδες και κροκαλοπαγή, που εναλλάσσονται τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την οριζόντια διεύθυνση. Στις ποικίλες μεταβολές της σύστασης (κοκκομετρίας) των σχηματισμών οφείλεται και η πολύ σημαντική διακύμανση της περατότητας αυτών, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται τεράστιες διαφορές στις παροχές των γεωτρήσεων που έχουν διανοιχθεί μέσα σ' αυτούς και κυμαίνονται από 2-3 m³/h έως 150+ m³/h.

Σε γενικές γραμμές αποτελούν τους περισσότερο εκμεταλλεόμενους υδροφόρους ορίζοντες, καθώς επάνω σ' αυτούς αναπτύσσεται το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργειών του νομού και επομένως και η συντριπτική πλειοψηφία των ενεργών υδροληψιών (γεωτρήσεις και πηγάδια). Ενδεικτικά, το υδατικό ισοζύγιο των αλλουβιακών υδροφόρων του Αργολικού Πεδίου περιλαμβάνει μέσες ετήσιες εισροές από διάφορες πηγές (βροχόπτωση, διήθηση χειμάρρων, επιστρεφόμενες αρδευτικές ροές, απώλειες δικτύων άρδευσης, τεχνητό εμπλουτισμό, πλευρικές υπόγειες εισροές) της τάξης των 85 x 10⁶ m³ (Γιαννουλόπουλος Π., 2000).

2.2 Το Διαχειριστικό Πρόβλημα

Τα τελευταία 20 έτη δε σημειώθηκε σημαντική αύξηση του μόνιμου πληθυσμού στο Ν. Αργολίδας σε αντίθεση με τη μικρή αύξηση που παρουσίασε ο τουρισμός, ο οποίος αύξησε τη ζήτηση του νερού, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Εκτιμάται ότι, οι απαιτήσεις αυξήθηκαν κατά 2.000 m³/hr περίπου.

Η αύξησή των καλλιεργούμενων εκτάσεων π.χ. εσπεριδοειδών ή δένδρων που απαιτούσαν χρήση νερού, (αβοκάντο κλπ), κατά 100.000 στρέμματα την τελευταία εικοσαετία, όπως και η άρδευση ελαιόδεντρων σε συνδυασμό με την εντατικοποίηση της παραγωγής έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των απαιτήσεων σε νερό.

Η επέκταση των καλλιεργειών στα πρανή βουνών πμε την ακόλουθη καταστροφή της θαμνώδους βλάστησης, επέφερε μείωση συγκράτησης των όμβριων υδάτων, όπως επίσης μείωση του εισχωρούμενου στον υπόγειο υδροφόρα νερού και των αποθεμάτων και αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων.

Αναφέρεται ότι, αρχικά υπήρχαν πηγάδια 5-7 m, τα οποία έγιναν γεωτρήσεις 20 m, αργότερα 50-70 m, μετέπειτα 120 m και τέλος 200 και 300 m, ενώ παράλληλα αυξάνονταν και ο αριθμός τους, όπου από 3.000 περίπου το 1981 έγιναν 10.000 και άνω το 1991 και αυξήθηκαν ανεξέλεγκτα την επόμενη εικοσαετία, γεγονός το οποίο αποδεικνύει ότι, απορροφήθηκε και η τελευταία σταγόνα νερού που ήταν δυνατό να κρατήσει, το υπέδαφος.

Παράλληλα, η μείωση των αποστάσεων μεταξύ των γεωτρήσεων, από 200 m σε 100 m και αργότερα σε 50 m, επέφερε ένα επιπλέον σημαντικό πλήγμα στην διατήρηση της ζωντάνιας του υπεδάφους.

Η εμφάνιση δε, γεωτρήσεων δίπλα ή μέσα σε ρέματα και δίπλα ή πάνω από την υψομετρική καμπύλη των +100 m, έφραξε τις φυσικές οδούς τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων, ακόμη περισσότερο.

Αποτέλεσμα όλων αυτών, ήταν και είναι η εισχώρηση της θάλασσας, στις κενές πλέον κοιλότητες του υπεδάφους, είτε με την αργή διαδικασία μέσω του αργιλικού στρώματος, είτε με γρηγορότερους ρυθμούς, μέσω των ασβεστόλιθων και η εμφάνιση υψηλών τιμών αλατότητας στα ύδατα της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού πεδίου.

Για το ποιό θεωρείται κατ' αρχήν το πρόβλημα, η απάντηση είναι μονοσήμαντη.

Η έλλειψη νερού, για οποιαδήποτε χρήση, σε κάποια περίοδο του έτους, ή με άλλα λόγια, η διατάραξη του Υδατικού Ισοζυγίου, προς την πλευρά της απόληψης του νερού.

Οι παράγοντες πού συνέβαλαν στην δημιουργία του προβλήματος, είναι πολλοί.

Ο κύριος όμως, είναι η παντελής έλλειψη Κανόνων, Συντονισμού και, εν τέλει, Θεσμοθετημένης Διαχειριστικής Ομάδας, για το νερό.

Ακόμη και σήμερα, η αναφορά στον κύκλο των βροχοπτώσεων, θεωρείται εξωπραγματική.

Οι διατριβόμενοι με το νερό, απαξιούν ακόμη και σήμερα να διαθέτουν ένα απλό γράφημα, όπου θα φαίνεται ο αναμενόμενος κύκλος του νερού, δηλαδή οι βροχοπτώσεις, αφού αγνοούν σε πολλές περιπτώσεις, τον 15ετή κύκλο.

Όπως είναι γνωστό αρκετά χρόνια τώρα, ο κύκλος του νερού εμφανίζεται ανά 15 έτη. Μέσα στην 15ετία, οι βροχοπτώσεις αυξάνουν σταδιακά, και σε ποσότητα και σε διάρκεια, για μία περίοδο 7 ετών, φτάνοντας στο Ζενίθ της 15ετίας, (πού δεν είναι κατ' ανάγκην και το Ζενίθ όλων των παρατηρούμενων βροχοπτώσεων για πολλές 15ετίες), φθίνοντας δε για τα υπόλοιπα 7 έτη, εγγίζοντας το Ναδίρ για την υπό εξέταση 15ετία.

Το αυτό παρατηρείται αν, η 15ετία λογιστεί από υψηλή βροχόπτωση προς φθίνουσα, για την πρώτη 7ετία, και αμέσως μετά, με αυξητική τάση, για τα υπόλοιπα 7 έτη.

Η έλλειψη του νερού, ως εκ τούτου, είναι δεδομένη, για ορισμένες περιόδους, με παραδοχή ότι οι ανάγκες, δηλαδή η ζήτηση, παραμένουν σταθερές.

Διαμορφώνεται ο πρώτος παράγοντας που σαφώς διαταράσσει το Υδατικό Ισοζύγιο.

Ένας παράγοντας γνωστός από την Αρχαιότητα, από τον Μύθο των Επτά (7) Ισχνών και Επτά (7) Παχιών Αγελάδων στην Αρχαία Αίγυπτο.

Η τάση για εντατικοποίηση της καλλιέργειας, που σήμαινε αυτομάτως μείωση των εκτάσεων αγρανάπαυσης, αυξήθηκε στην δεκαετία του 1980 και του 1990 και αργότερα πήρε εκρηκτικές διαστάσεις.

Χωρία όπου πριν καλλιεργούνταν με σιτηρά, αγκινάρες, καπνό, ή είχαν ελαιόδεντρα, άρχισαν να καλλιεργούνται με εσπεριδοειδή.

Μία καλλιέργεια, που απαιτούσε διαρκώς αυξανόμενες ποσότητες νερού.

Σταδιακά, καλλιεργήθηκαν τα πρανή λόφων και βουνών, που πριν θεωρούνταν άχρηστα.

Δυστυχώς, στην φάση αυτή, της εντατικοποίησης της Γεωργικής παραγωγής και της αύξησης των καλλιεργειών που απαιτούσαν μεγάλες, διαρκώς, ποσότητες νερού, οι ιδιαίτερα αυξημένες ποσότητες του νερού που απαιτήθηκαν, εξασφαλίστηκαν από τον Υπόγειο Υδροφόρο.

Αυτός όμως, ούτε αστείρευτος είναι, ούτε και διαθέτει κάθε φορά τις ίδιες ποσότητες του νερού.

Ο Υπόγειος Υδροφόρος επηρεάζεται σημαντικά από τις βροχοπτώσεις στις ανάντη περιοχές, ιδιαίτερα δε, στα Οροπέδια Τριπόλεως και Φεναιού.

Μία σαφής ένδειξη, για το τι αναμένεται σέ αυτόν, (ως ποσότητες ύδατος), είναι η πηγή του Κεφαλαρίου.

Το νερό που αφικνείται στην πηγή, είναι της αυτής προελεύσεως με αυτό που καταλήγει στον Υπόγειο Υδροφόρο του Αργολικού Πεδίου, με την διαφορά ότι το μέν νερό που αναβλύζει στην πηγή του Κεφαλαρίου έρευσσε

με μεγαλύτερη ταχύτητα εντός του Υπεδάφους, απ: ό,τι αυτό που κατέληξε στην ευρύτερη Ζώνη του Υπόγειου Υδροφόρου.

Η διαδικασία αυτή επηρέασε σε μεγάλο βαθμό και το νερό που χρησιμοποιούνταν για την Ύδρευση.

Πολλές γεωτρήσεις Κοινοτικές ή Δημοτικές στέρεψαν, ή αντλούσαν νερό υψηλής περιεκτικότητας σε χλωριόντα, και αργότερα, σε Νιτρικά άλατα, που είναι και τά πλέον επικίνδυνα.

Η παραπάνω διαδικασία δημιούργησε και ένα πρόσθετο πρόβλημα.

Διέκοψε την φυσική κίνηση του νερού εντός του Υπεδάφους με αποτέλεσμα, επιβλαβή στοιχεία που εισέρεαν εντός του εδάφους, στοιχεία από φυτοφάρμακα ή λιπάσματα, εκροές από χαβούζες σκουπιδιών κλπ, αντί να παρασύρονται προς την θάλασσα, όπου η αραιώσή τους πλέον στον τεράστιο όγκο της τά καθιστά αβλαβή, να παραμένουν εντός του Υπεδάφους.

Κατά την διάρκεια του Χειμώνα, όταν σταματούσαν οι αντλήσεις και το υπό το έδαφος νερό πλήρωνε τους Υπόγειους Υδροφορείς, τά στοιχεία αυτά που, είτε ως Ιζήματα, είτε ως προσμίξεις ευρίσκονταν στο Υπέδαφος, παρασύρονταν και ανέβαιναν προς τά ανώτερα στρώματα, με αποτέλεσμα, να αντλούνται από τις γεωτρήσεις της Ύδρευσης, και να εισέρχονται με μεγάλη σχετικά, άρα και επικίνδυνη περιεκτικότητα, στα δίκτυα Ύδρευσης.

Η εντατικοποίηση της καλλιέργειας σε περιοχές κοντά στα πρανή των βουνών, επέβαλε την διάνοιξη γεωτρήσεων στις περιοχές αυτές.

Η γειτνίαση με την θάλασσα της Αργολίδας και των Πεδίων της όπου και οι καλλιέργειες, πρέπει να υπολογιστεί ως ο σημαντικότερος παράγοντας, ο οποίος επηρέασε και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του νερού στους Υπόγειους Υδροφορείς.

Η προσπάθεια άντλησης των αναγκαίων ποσοτήτων νερού, τόσο για την Άρδευση όσο και για την Ύδρευση, από τους Υπόγειους Υδροφορείς, μέσω

των γεωτρήσεων, επέφερε και εμφάνισε πλέον φαινόμενα υπεραντλήσεων.

Οι υπεραντλήσεις έγιναν με δύο τρόπους.

Με την αύξηση του αριθμού των γεωτρήσεων, (πύκνωση αντλήσεων), και με την άντληση νερού από βάθη που έγγιζαν και τα 400 μέτρα.

Η άντληση νερού από το υπέδαφος, σε στάθμες χαμηλότερες κρίσιμων σταθμών, δημιουργεί ένα κώνο εισροής του νερού που ευρίσκεται γύρω από την περιοχή άντλησης.

Αν ο κώνος αυτός μετατοπιστεί, (λόγω των πολλών γεωτρήσεων που διανοίχτηκαν η μία δίπλα στην άλλη), τότε θα εξαναγκάσει και το θαλασσινό νερό να εισρεύσει προς τα ενδότερα, όπως και έγινε.

Αυτόματα λοιπόν, μολύνθηκε ο Υπόγειος Υδροφορέας με θαλασσινό νερό, και, όπως όλοι γνωρίζουμε, η απόπλυση που απαιτείται για να καθαρίσει το νερό, απαιτεί τουλάχιστον μία δεκαετία.

Οι μέθοδοι των απομονώσεων, που επιχειρήθηκαν σε γεωτρήσεις που είχαν διανοιγεί έως βάθη και 80 μέτρων, προκειμένου αυτές να αντλήσουν από μεγαλύτερα βάθη, απλά λειτούργησαν ως πανάκεια, επιβεβαίωσαν δε απλά, την αδυναμία της λύσης που επιχειρήθηκε, και την διάλυση των προσδοκιών κτήσης του απαιτούμενου Ύδατος, από τον Υπόγειο Υδροφορέα, και μόνο.

Η εύρεση νερού κάτω από τα 100 μέτρα, δημιούργησε ουτοπίες, οι οποίες πληρώνονται ακόμη και σήμερα, και θα πληρώνονται περισσότερο, με την πάροδο του χρόνου.

2.2.1 Ύδρευση

Από τις αρχές της δεκαετίας του '60 η πόλη του Ναυπλίου έχει εξασφαλίσει την ύδρευσή της από την πηγή Αμυμώνης, στην περιοχή του οικισμού των Μύλων. Από το 1988 χρησιμοποιείται και η πηγή της Λέρνης. Για τις ανάγκες της άντλησης και μεταφοράς έχουν κατασκευαστεί δύο αντλιοστάσια με δυνατότητα συνολικής άντλησης 600 m³/h και μεταλλικός υπόγειος αγωγός μήκους 13 km. Το όλο σύστημα διαχειρίζεται η ΔΕΥΑ Ναυπλίου.

Από το 2003 και η πόλη του Άργους – που μέχρι τότε χρησιμοποιούσε γεωτρήσεις με νερό ακατάλληλο λόγω υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών – άρχισε να χρησιμοποιεί την πηγή της Λέρνης για την υδροδότησή της. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε αντλιοστάσιο με δυνατότητα άντλησης 500 m³/h και αγωγός D.I. μήκους 10 Km. Το όλο σύστημα διαχειρίζεται η ΔΕΥΑ Άργους.

Από τις δύο ΔΕΥΑ εξυπηρετούνται σήμερα περίπου 52.000 άτομα, ενώ προγραμματίζεται να επεκταθεί η υδροδότηση σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης, δηλ. σε συνολικό πληθυσμό 69.000 ατόμων περίπου.

Τέλος, η ΔΕΥΑ Ναυπλίου εξυπηρετεί και το μεγαλύτερο μέρος της τουριστικής υποδομής της Αργολίδας (Ναύπλιο, Τολό), δηλ. τουριστικές εγκαταστάσεις και επιχειρήσεις εστίασης και διασκέδασης.

2.2.2 Άρδευση

Τα πρώτα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του '60 για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών περίξ των πηγών Κεφαλαρίου – Λέρνης, απ' όπου αντλούσαν νερό. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν δίκτυα για την περιοχή Ασίνης – Λευκακίων που μετέφεραν νερό από την πηγή Κιβερίου, όπου και έγιναν τα πρώτα έργα σύλληψης του νερού (Ζυμής, 1990). Το 1970 στην πηγή αυτή κατασκευάστηκε ένα από τα ελάχιστα παγκοσμίως έργα σύλληψης καθαρού νερού από υποθαλάσσιες καρστικές πηγές μέσα στην ίδια τη θάλασσα, ένα ημικυκλικό φράγμα με θυρίδες που ανοιγοκλείνουν ώστε να διατηρούν τη στάθμη του νερού εντός του φράγματος υψηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας. Για την άντληση του νερού έχουν εγκατασταθεί 4 αντλίες με δυνατότητα άντλησης 40.000 m³/h, ενώ υπάρχει χώρος για τοποθέτηση και 5ης αντλίας με 12.000 m³/h.

Σήμερα το συλλογικό αρδευτικό δίκτυο του Αναβάλου περιλαμβάνει αγωγούς μεταφοράς νερού συνολικού μήκους 80 km περίπου. Τα 35 km περίπου αποτελούνται από ανοιχτούς τσιμεντένιους αγωγούς, τραπεζοειδούς διατομής, ενώ τα υπόλοιπα από κλειστούς υπόγειους αγωγούς. Η κίνηση του νερού γίνεται με τη βοήθεια 10 αντλιοστασίων και 4 λιμνοδεξαμενών, συνολικής χωρητικότητας 76.000 m³. Πέραν των αγωγών μεταφοράς έχουν κατασκευαστεί αρκετά χιλιόμετρα δευτερευόντων αγωγών και αρδευτικών δικτύων, αλλά και 6 λιμνοδεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 18.000 m³ για τους τελικούς χρήστες. Όπου ο αγωγός είναι ανοιχτής διατομής, η άρδευση γίνεται κατά κανόνα με την απαρχαιωμένη μέθοδο της κατάκλυσης, καταναλώνοντας πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού απ' όσες χρειάζονται.

Από στοιχεία του Γ.Ο.Ε.Β. Αργοναυπλίας προκύπτει ότι οι εκτάσεις που εξυπηρετούνται από αυτόν ανέρχονται σε 50.000 στρ., σε σύνολο 153.000 στρ. της περιοχής μελέτης, ενώ ο σχεδιασμός του έργου μπορεί θεωρητικά να καλύψει συνολικά 180.000 στρ.. Τα τελευταία τρία χρόνια αντλήθηκαν κατά την αρδευτική περίοδο 13-15×10⁶ m³ νερού ετησίως, εξαιτίας προβλημάτων συντήρησης των κεντρικών αντλιοστασίων. Οι απώλειες

μέχρι τον τελικό καταναλωτή, λόγω ανοιχτής διατομής του αγωγού και διαρροών του ασυντήρητου δικτύου, εκτιμάται ότι φθάνουν το 40% της αρχικά αντληθείσας ποσότητας. Με βάση τα σχέδια της Ν.Α. Αργολίδας τα δίκτυα θα επεκταθούν και στις περιοχές Επιδαυρίας και Ερμιονίδας, όπου υπάρχουν περίπου 50.000 στρ. καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Πέρα από τις εκτάσεις που εξυπηρετούνται από τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα (οι οποίες στην πλειοψηφία τους εξυπηρετούνται και από υπόγεια ύδατα σαν εναλλακτική λύση ή για παγοπροστασία), οι υπόλοιπες εκτάσεις εξυπηρετούνται αποκλειστικά από γεωτρήσεις ή πηγάδια. Παρότι δεν υπάρχουν έγκυρα στοιχεία για τον αριθμό των ιδιωτικών υδροληψιών, εκτιμάται ότι στην περιοχή μελέτης είναι ηλεκτροδοτημένες – και εν δυνάμει ενεργές – περί τις 7.000 υδροληψίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ των πηγών Λέρνης, Κρόης και Κεφαλαρίου υπολογίζεται ότι υπάρχουν 17.500 στρ. με εσπεριδοειδή και οπωροφόρα, τα οποία αρδεύονται αποκλειστικά από περίπου 570 γεωτρήσεις που έχουν καταγραφεί στην περιοχή, παρότι από εκεί περνά το αρδευτικό δίκτυο.

2.2.3 Χρήσεις Νερού – Εκτίμηση Αναγκαίων Ποσοτήτων

Στην Αργολίδα εκτιμάται ότι η κατανάλωση νερού στη γεωργία φθάνει το 92% των χρησιμοποιούμενων υδατικών πόρων (ποσοστό πολύ μεγαλύτερο του εθνικού μέσου όρου) και πιθανόν σ' αυτό δε συνυπολογίζονται οι τεράστιες ποσότητες νερού που αντλούνται το χειμώνα για παγοπροστασία, αποκλειστικά από υπόγεια ύδατα.

Χρησιμοποιώντας τους συντελεστές της ΚΥΑ Φ16/6631/1989 (ΦΕΚ 428/Β'/2-6-89) εκτιμάται ότι για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών των 153.000 στρ. της περιοχής μελέτης απαιτούνται 92-110×106 m³ νερού ετησίως. Αφού μόνο το 15% περίπου καλύπτεται από τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα, το υπόλοιπο 85% (περίπου 78-93 x 106 m³) προέρχεται από τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια.

Παρά το γεγονός ότι δε μπορούν να υπάρξουν αξιόπιστοι υπολογισμοί των ποσοτήτων του νερού που αντλείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα για παγοπροστασία, εκτιμάται ότι φθάνουν το 35% των αναγκαίων ποσοτήτων για άρδευση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι την άνοιξη του 2008 – σε συνθήκες ολικού παγετού – στην περιοχή μεταξύ των πηγών Λέρνης, Κρόης και Κεφαλαρίου οι γεωτρήσεις που προαναφέρθηκαν (με μέση παροχή 50 m³/h έκαστη) λειτούργησαν ταυτόχρονα για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 60 ωρών, με σκοπό την παγοπροστασία. Υπολογίζεται ότι σ' αυτό το διάστημα αντλήθηκαν τουλάχιστον 1,71×106 m³ νερού, όταν για άρδευση απαιτούνται 10,56-12,66×106 m³.

Πέραν των μόνιμων κάτοικων, στην περιοχή μελέτης υπάρχουν στρατώνες, φυλακές, νοσοκομεία, τουριστικές εγκαταστάσεις καθώς και κοινόχρηστες εκτάσεις πρασίνου. Με βάση την ΚΥΑ Δ11/Φ16/8500/22-03-1991 (ΦΕΚ 174/Β'/26-03-1991) και το Π.Δ. 53/2002 (ΦΕΚ 43/Α'/7-3-2002) οι υδρευτικές ανάγκες υπολογίζονται σε 812,85 m³/h ή 6,75×106 m³ ετησίως.

Τέλος, μια σημαντική χρήση που γίνεται στα πηγαία νερά της Αργολίδας αφορά στη χρησιμοποίηση της πηγής Κεφαλαρίου για εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων (Πουλοβασίλης κ.α., 2002). Ξεκίνησε ερευνητικά

από τη δεκαετία του '60 και από το 1990 μέχρι το 2004 διοχετεύονταν στους υπόγειους υδροφορείς κατά μέσο όρο περί τα 5,8×106 m³ νερού ετησίως, με εξαίρεση τη διετία 1999-2000 που λόγω ανακατασκευής τμημάτων της διώρυγας και διαφόρων διοικητικής φύσης ελλείψεων δεν πραγματοποιήθηκε εμπλουτισμός. Επίσης και από το 2005 έως το 2008 δεν πραγματοποιήθηκε εμπλουτισμός για διάφορους λόγους (έλλειψη περιβαλλοντικών όρων, στείρευση πηγών). Οι δαπάνες του όλου εγχειρήματος από το 1990 μέχρι το 2004 ανήλθαν σε 693.878,31 € (στοιχεία της Υ.Ε.Β. Αργολίδας).

2.2.4 Ποσοτικό και Ποιοτικό Έλλειμα

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται σήμερα στα υδατικά αποθέματα της Αργολίδας χωρίζονται σε ποιότητας και ποσότητας. Οφείλονται δε είτε σε φυσικά αίτια είτε σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Επίσης παρατηρείται αδυναμία χρήσης των αρδευτικών δικτύων λόγω προβληματικού σχεδιασμού και ελλιπούς συντήρησης.

Αναλυτικότερα, τα προβλήματα ποιότητας που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες αφορούν στην αυξημένη συγκέντρωση, στα υπόγεια νερά των αλλουβιακών υδροφόρων, νιτρικών ιόντων (εξαιτίας της υπερβολικής χρήσης λιπασμάτων από τους καλλιεργητές της περιοχής) και χλωριόντων (εξαιτίας της διείσδυσης του θαλασσινού νερού λόγω υπεραντλήσεων). Στο μεγαλύτερο μέρος του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα παρουσιάζονται περιεκτικότητες σε χλωριόντα μεγαλύτερες των 250 mg/lit (μέχρι 1000 mg/lit) και μόνο κοντά στις δυτικές παρυφές του Αργολικού Πεδίου, όπου έχουμε μεγάλη πλευρική τροφοδοσία, οι τιμές αυτές ήταν μικρότερες (στοιχεία Μαΐου 2008 της Υ.Ε.Β. Αργολίδας).

Τα προβλήματα ποσότητας που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες αφορούν στη δραματική ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, που κατά περιόδους φθάνει και σε απόλυτα υψόμετρα -30 m. Στο μεγαλύτερο μέρος του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα υπήρχαν το Μάιο του 2008 αρνητικές πιεζομετρικές στάθμες, που φθάνουν μέχρι και -20 m (στοιχεία Υ.Ε.Β. Αργολίδας).

Επίσης, η λειτουργία εξαιρετικά μεγάλου αριθμού υδροληψιών, πολλές εκ των οποίων εκμεταλλεύονται απ' ευθείας τον καρστικό υδροφόρο που εκφορτίζουν οι πηγές Κεφαλαρίου, Λέρνης και Κρόης, οδηγεί στην πτώση της απόδοσης ή στη στείρευση αυτών. Η πηγή της Λέρνης το καλοκαίρι του 2008 είχε παροχή λιγότερο από 400 m³/h (στοιχεία ΥΕΒ Αργολίδας) με συνέπεια να ενισχυθεί το δίκτυο ύδρευσης με ακατάλληλο νερό από τις πηγές Κιβερίου.

Τα προβλήματα ποιότητας που οφείλονται σε φυσικά αίτια αφορούν στην αυξημένη συγκέντρωση χλωριόντων στα νερά της πηγής Κιβερίου, κάτι

που, κατά την κρατούσα επιστημονική αντίληψη, οφείλεται σε ανάμιξη του γλυκού με το αλμυρό νερό στο εσωτερικό του καρστικού συστήματος και όχι στις εκβολές των πηγών (Zojer, 2008). Υπάρχει όμως και μια άλλη επιστημονική άποψη που θεωρεί ότι η ανάμιξη του αλμυρού με το γλυκό νερό γίνεται στις εκβολές ή πολύ κοντά σ' αυτές, με κυριότερη αιτία τον ανύπαρκτο καθαρισμό της λεκάνης του φράγματος σε τακτική βάση.

Τα προβλήματα ποσότητας που οφείλονται σε φυσικά αίτια αφορούν στις μειωμένες παροχές των πηγών και στην ανεπαρκή αναπλήρωση των υπόγειων αποθεμάτων, εξαιτίας της καθοδικής τάσης των βροχοπτώσεων και κυρίως των χιονοπτώσεων που παρατηρείται σε υπερετήσια βάση.

Το σημερινό καθεστώς διαχείρισης των υδάτινων πόρων της Αργολίδας (επιφανειακών και υπόγειων) έχει προκαλέσει μια εντελώς ανορθολογική χρήση, με αποτέλεσμα όχι μόνο να υπάρχουν προβλήματα ποιότητας στο νερό που χρησιμοποιείται, αλλά και να εμφανίζονται προβλήματα ανεπάρκειας των αναγκαίων ποσοτήτων για ύδρευση (ανάγκη απόλυτης προτεραιότητας).

Τα προβλήματα ύδρευσης κατά την περίοδο Ιουλίου-Σεπτεμβρίου των ετών 2007 και 2008 πήραν εκρηκτικές διαστάσεις. Στο Ναύπλιο πραγματοποιήθηκαν το 2007 καθημερινές πολύωρες διακοπές στην υδροδότηση, ενώ το 2008 διοχετεύτηκαν στο δίκτυο ποσότητες μη πόσιμου νερού από την πηγή Κιβερίου. Στο Άργος, και τα δύο χρόνια, διοχετευόταν μη πόσιμο νερό είτε από τις υπάρχουσες γεωτρήσεις (2007) είτε από την πηγή του Αναβάλου (2008).

Για την οριστική επίλυση του προβλήματος προτάθηκε η χρήση – μετά από επεξεργασία (αφαλάτωση) – του επιβαρυμένου σε χλωριόντα νερού της μοναδικής πηγής που διαχρονικά παρέχει ανελλιπώς πολύ μεγάλες ποσότητες, αυτής του Κιβερίου (Γιαννουλόπουλος & Μαραβέγιας, 2008). Η ενέργεια αυτή, παρότι φαινομενικά θα λύσει τα προβλήματα επάρκειας νερού – τους καλοκαιρινούς μήνες – θα σημάνει είτε την υπέρμετρη επιβάρυνση των καταναλωτών (εξαιτίας αυξημένου κόστους επεξεργασίας) είτε την κατασπατάληση χρημάτων σε ένα έργο που θα έχει

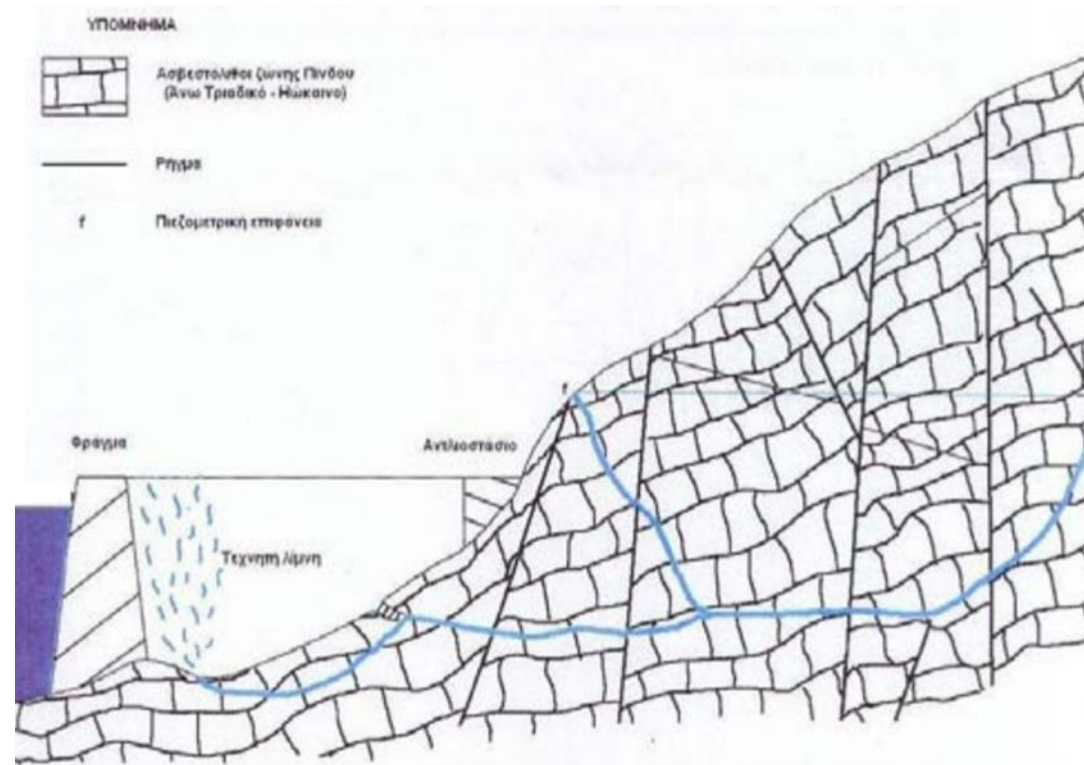
εντελώς ευκαιριακή λειτουργία (όταν και όποτε παρατηρείται λειψυδρία). Όλα αυτά όχι μόνο δε συμβάλλουν στην ορθολογική διαχείριση, αλλά οδηγούν με μαθηματική ακρίβεια σε ακόμη μεγαλύτερη όξυνση των προβλημάτων.

Παρ' ότι σήμερα σχεδιάζεται επέκταση του αρδευτικού δικτύου και σε άλλες περιοχές της Αργολίδας, οι καλλιεργητές πέριξ των πηγών Κιβερίου, Λέρνης και Κεφαλαρίου εξακολουθούν να χρησιμοποιούν γεωτρήσεις και πηγάδια, επιδεινώνοντας την πτώση της παροχής των πηγών. Να σημειωθεί ότι το δίκτυο του Αναβάλου διέρχεται στην κυριολεξία μέσα από τις καλλιέργειές τους, αλλά δεν το χρησιμοποιούν είτε γιατί δεν είχε προβλεφθεί στον αρχικό σχεδιασμό είτε γιατί αρδεύουν πλέον με σύγχρονα συστήματα (στάγδην άρδευση) και όχι με κατάκλυση.

2.3 Το φράγμα Αναβάλου

2.3.1 Γενικά Στοιχεία

Η περίπτωση της υπόγειας ροής που καταλήγει στην περιοχή του Αναβάλου, ανήκει στην κατηγορία υδροφορέα υπό πίεση με ημιπερατό υπερκείμενο στρώμα και από πετρογραφικής άποψης, πρόκειται για καρστικό. Η εκροή των υπόγειων νερών στο συγκεκριμένο μοντέλο πραγματοποιείται με φυσική εκφόρτιση στη θάλασσα, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο υποθαλάσσιες πηγές που εκβάλλουν πλησίον της ακτογραμμής (σε απόσταση 30-100 μέτρα) του Αργολικού κόλπου στην περιοχή Κιβέρι.



Εικόνα 1: Τομή φράγματος Αναβάλου

Το συγκρότημα των πηγών – παράκτιες και υποθαλάσσιες – βρίσκεται νοτιοανατολικά του χωριού Κιβέρι σε απόσταση ενός περίπου χιλιομέτρου δίπλα στο εξωκλήσι του Αγ. Γεωργίου. Η τροφοδότησή τους πραγματοποιείται από τις καταβόθρες Κανατά, Καψιάς και Μηλιάς.

Το νερό πηγάζει από ασβεστολιθικό γκρεμό, ο οποίος σχηματίστηκε λόγω ρήγματος. Οι γύρω από την πηγή ασβεστολιθικοί λόφοι που φθάνουν ως τη θάλασσα έχουν σχετικά μεγάλες κλίσεις. Γενικά υπάρχουν καρστικά ανοίγματα διαφόρων μεγεθών μερικά των οποίων έχουν πληρωθεί δευτερογενώς από κρυσταλλικό ασβεστίτη.

Η παράκτια πηγή έχει χαρακτηριστική ροή στομίου καρστικού αγωγού με διεύθυνση από κάτω προς τα άνω, με σημαντική πίεση σαν αναπήδηση από ανεστραμμένο κρουνό. Έχουν καταγραφεί από μετρήσεις στο παρελθόν παροχές που φτάνουν έως και τα 4 m³/s.

Εκτός των παρακτίων πηγών που αναφέρθηκαν, σε μικρή απόσταση από την παραλία φαίνονται τρία χαρακτηριστικά «Μάτια» που υποδηλώνουν υποθαλάσσιες αναβλύσεις. Οι αναβλύσεις αυτές παρουσιάζονται μόνο στο παράκτιο τμήμα του βυθού του καλυμμένου από χαλαρό σύναγμα ογκολίθων κροκάλων και χαλικιών. Σε απόσταση από την ακτή 25 μέτρων, ο βυθός παρουσιάζεται επίπεδος, καλυμμένος από λεπτό καρστικό υλικό και δεν παρατηρείται καμιά ανάβλυση στην απόσταση αυτή ή σε μεγαλύτερη.

Οι αναβλύσεις όλες, παράκτιες και υποθαλάσσιες, κυμαίνονται μεταξύ υψομέτρων +0,25 M και -7,50 M.

Η πρώτη νότια υποθαλάσσια πηγή αποτελείται από μία μεγαλύτερη ανάβλυση διαμέτρου ογκολίθων και περιβάλλεται από γειτονικές μικρότερες αναβλύσεις διαμέσου κροκάλων. Το βάθος της ανάβλυσης αυτής είναι 3,50 m περίπου και η απόσταση από την ακτή είναι περίπου 15 μέτρα, το χαρακτηριστικό μάτι που σχηματίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας από τον ανερχόμενο υποβρύχιο πίδακα, φαίνεται μακρύτερα

από 15 μέτρα. Αυτό οφείλεται στο οριζόντιο ρεύμα που σχηματίζεται από τη ροή μέσα στη θάλασσα της παράκτιας πηγής και άλλων αβαθέστερων διάχυτων υποθαλάσσιων.

Βορειότερα αυτής, σε απόσταση λίγων μέτρων και σε βάθος περίπου 6 μέτρων, υπάρχει δεύτερη υποθαλάσσια ανάβλυση με χαρακτηριστικό πάλι «Μάτι» στην επιφάνεια της θάλασσας. Το σημείο ανάβλυσης της πηγής αυτής βρίσκεται επί επιφάνειας κλίσεως 60ο δια μέσου μεγάλων κροκάλων.

Τέλος βορειότερα και σε απόσταση από την παράκτια πηγή περίπου 55 μέτρων βρίσκεται η ακραία υποθαλάσσια πηγή. Αυτή αναβλύζει σε βάθος 4,50 μέτρων περίπου δια μέσου μικρού μεγέθους κροκάλων και χαλικιών.

Ιστορικό κατασκευής φράγματος Αναβάλου

Βασικά προσφέρονται δύο τρόποι σύλληψης των πηγών, η σύλληψη από ξηρά και η σύλληψη μέσα στη θάλασσα. Η σύλληψη στην ξηρά θα απαιτούσε κατασκευή σήραγγας, υπόγειου αγωγού ή την διάνοιξη γεωτρήσεων. Ο δεύτερος τρόπος απαιτεί την κατασκευή φράγματος για την απομόνωση της θάλασσας και την δημιουργία λεκάνης για το πηγαίο νερό.

Για την εκλογή του τρόπου σύλληψης πρέπει να λάβουμε υπ' όψη ότι πρόκειται καρστικές πηγές. Γι' αυτό το λόγω το νερό στην λεκάνη σύλληψης δεν επιτρέπεται να υπερβεί ορισμένο ύψος, γιατί αν υπερβεί υπάρχει κίνδυνος να μετατοπισθεί η ανάβλυση των πηγών ή η πηγή να εξαφανισθεί τελείως. Επίσης πρέπει να αποκλεισθεί η διείσδυση θαλάσσιου νερού στη λεκάνη. Το σπουδαιότερο πλεονέκτημα της σύλληψης στην ξηρά αποτελεί το γεγονός ότι αποκλείεται κάθε διείσδυση θαλάσσιου νερού.

Υπάρχουν όμως πολύ σοβαρά μειονεκτήματα και δυσκολίες. Καταρχήν, δεν είναι σίγουρο ότι θα συλληφθεί όλο το νερό των πηγών. Εκτός αυτού, η κατασκευή σήραγγας ή υπόγειου αγωγού παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες δεδομένου ότι η υδάτινη αρτηρία δεν είναι εκ των προτέρων γνωστή. Η

λύση αυτή θα αποτελούσε βίαια προσβολή στο φυσικό περιβάλλον και οι προοπτικές επιτυχίας της είναι εκ των προτέρων περιορισμένες. Τέλος, η δαπάνη του έργου θα ήταν μεγάλη.

Ακόμα θα υπήρχε ένα άλλο πρόβλημα, για την άντληση του νερού, θα έπρεπε οπωσδήποτε να κατασκευασθεί υπόγειο υδάτινο ρεζερβουάρ, αφ' ενός για να μην πέφτει η στάθμη του γλυκού νερού κάτω από την στάθμη της θάλασσας και δημιουργείται κίνδυνος διείσδυσης θαλάσσιου νερού, αφ' ετέρου να μην καταστραφούν οι αντλίες λόγω κενής λειτουργίας. Η κατασκευή μιας τέτοιας υδάτινης αποθήκης στο βραχώδες τμήμα της περιοχής θα ήταν δαπανηρή.

Αντίθετα, το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του έργου σύλληψης μέσα στη θάλασσα είναι ότι με την κατασκευή φράγματος δεν διαταράσσονται καθόλου οι φυσικές συνθήκες που επικρατούν στη θέση ανάλυσης των πηγών. Δεν υπάρχει πιθανότητα απώλειας, έστω και μικρού μέρους των υδάτων. Με την κατάλληλη τοποθέτηση σωλήνων εκκένωσης στο φράγμα μπορούμε να ρυθμίζουμε την στάθμη του γλυκού νερού και επομένως η διαφορά της με την θαλάσσια στάθμη θα διατηρείται σε επιθυμητά όρια.

Η δαπάνη της κατασκευής μπορεί να υπολογισθεί με ακρίβεια όπως σε όλα τα λιμενικά έργα. Ο κίνδυνος διείσδυσης της θάλασσας μέσω ασβεστολιθικών ρωγμών αντιμετωπίζεται με επιτυχία με μονωτικά διαφράγματα ή μονωτικές ενέσεις αν παραστεί ανάγκη.

Τα κυριότερα στοιχεία που επηρέασαν την επιλογή τύπου φράγματος ήταν:

α) Χρονική διάρκεια της κατασκευής: Λόγω του σοβαρού προβλήματος του Αργολικού Πεδίου, δηλαδή επειδή η υφαλμύριση του εδάφους προχωρούσε γρήγορα, το έργο έπρεπε να ολοκληρωθεί σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρόνο.

β) Η τέλεια απομόνωση του θαλάσσιου νερού από το συγκεντρωμένο μέσα στη λεκάνη γλυκό νερό των πηγών. Η απομόνωση αυτή είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί κατάλληλο νερό για άρδευση.

γ) Οριζόντιοι αρμοί: Λόγω της φύσης του έργου και της δυναμικής καταπόνησης από τα κύματα είναι απαραίτητο να μην υπάρχουν οριζόντιοι αρμοί, οι οποίοι εξασθενούν σοβαρά την κατασκευή.

Λόγω των παραπάνω, η λύση που μπορούσε να ικανοποιήσει επαρκώς όλες τις απαιτήσεις ήταν η κατασκευή τοξοειδούς φράγματος από άοπλο σκυρόδεμα. Κρίθηκε ως πιο κατάλληλη λύση γιατί παρουσιάζει σαν πλεονέκτημα την μη ύπαρξη οριζόντιων αρμών, τη δυνατότητα ασφαλούς μόνωσης των κάθετων αρμών και τον μικρό χρόνο κατασκευής.

Σοβαρό πρόβλημα της κατασκευής ήταν η δημιουργία ξυλότυπων για την υποδοχή του σκυροδέματος. Τοποθετήθηκαν και πακτώθηκαν μέσα στον πυθμένα της θάλασσας σιδηροδοκοί κατακόρυφοι, διατομής ταύ Ι, σε μικρά διαστήματα και μεταξύ τους εδράστηκε συρταρωτό σανίδωμα που δημιουργούσε πλευρικές επιφάνειες για την υποδοχή του σκυροδέματος.

Το ελλειψοειδές φράγμα παρουσιάζει μήκος 160Μ και πλάτος 8Μ. Το ύψος εξαρτάται από το βάθος την θάλασσας. Στο βαθύτερο σημείο που η θάλασσα έχει βάθος 9m το ύψος του φράγματος είναι 12m.

Ο άξονας του φράγματος έπρεπε να περικλείει όλες τις πηγές αφ' ενός, αφ' ετέρου όμως πρέπει να έχει το μικρότερο μήκος. Γι' αυτό προσδιορίστηκαν, με την βοήθεια αυτών, οι πηγές και αφέθηκε ένα όριο ασφάλειας 10Μ προς την θάλασσα. Ακόμα διαπιστώθηκε ότι η ελλειψοειδής μορφή ικανοποιούσε πιο πολύ το πρόβλημα του ελάχιστου μήκους.

Το φράγμα εκτελέστηκε σαν φράγμα βαρύτητας υπό τύπον λιμενικού έργου. Η θεμελίωση φθάνει σε βάθος 4,0 Μ από τον πυθμένα της θάλασσας. Στη γραμμή θεμελίωσης το φράγμα έχει πλάτος 12,00 Μ. Το δε πλάτος της θεμελίωσης στον πυθμένα είναι 20,00 Μ. Δια του βάθους και του πλάτους της θεμελίωσης μεταφέρονται με ασφάλεια τα φορτία του φράγματος στο έδαφος και κατά δεύτερον το φράγμα φτάνει το αδιαπέρατο στρώμα ώστε να αποτελεί συνέχεια με αυτό και να εμποδίζει

τυχόν διαρροές θαλασσινού νερού μέσα στην λεκάνη σύλληψης του γλυκού νερού.

Η στεγάνωση των αρμών έγινε μέσω στεγανοποιητικών ταινιών. Οι ταινίες αυτές έχουν πλάτος 50,00 Μ και ενσωματώνονται στα δύο συνεχόμενα στοιχεία από σκυρόδεμα.

Σε περίπτωση διαφορετικής καθίζησης δύο γειτονικών τμημάτων που θα έχει σαν αποτέλεσμα την θραύση των ταινιών προνοήθηκε μηχανισμός ελασμάτων που εμποδίζει την διαρροή νερού.

Κατά το μήκος του φράγματος τοποθετούνται σωλήνες οι οποίοι χρησιμεύουν αφ' ενός μεν για την έξοδο του γλυκού νερού στη θάλασσα, αφ' ετέρου για την ρύθμιση της στάθμης της λεκάνης του φράγματος ώστε να διατηρείται σταθερή η διαφορά στάθμης γλυκού και θαλασσινού νερού. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδικές δικλίδες τοποθετημένες σε κάθε σωλήνα και ρυθμιζόμενες από ειδική συσκευή αναρτημένη στο φράγμα.

2.3.2 Υφιστάμενες Εγκαταστάσεις

Στην περιοχή των Μύλων υπάρχουν εκτεταμένες εγκαταστάσεις που συλλέγουν τα πηγαία νερά της περιοχής και από εκεί διατίθενται σε όλα τα βασικά δίκτυα Ύδρευσης και άρδευσης

1. Φράγμα & Κεντρική διώρυγα Αναβάλου

Η διώρυγα αυτή ξεκινώντας από το φράγμα Αναβάλου και το αντίστοιχο αντλιοστάσιο, οδεύει προς το Αργολικό πεδίο, διατρέχοντας τον οικισμό Μύλων από την βόρεια πλευρά του οικισμού. Η παροχευτική ικανότητα της διώρυγας εκτιμάται στα 30.000 m³/hr.

2. Λιμνοδεξαμενή Αναβάλου

Μετά τον οικισμό των Μύλων, υπάρχει λιμνοδεξαμενή χωρητικότητας περίπου 33.000 m³. Η λίμνη αυτή σήμερα χρησιμοποιείται ως δεξαμενή διέλευσης του νερού άρδευσης του νερού του Αναβάλου.

3. Προσωρινό αντλιοστάσιο Αναβάλου και αγωγός Φ800

Το αντλιοστάσιο αυτό έχει εγκατεστημένες δύο αντλίες με συνολική ικανότητα παροχέτευσης 2.500 m³/hr. Το αντλιοστάσιο καταθλίβει με ένα αγωγό Φ800 προς μία δεξαμενή, πολύ κοντά στο φράγμα Αναβάλου σε υψόμετρο +51m. Από την δεξαμενή αυτή, η ΔΕΥΑ Ναυπλίου χρησιμοποιεί νερό για τις ανάγκες της πόλης σε περιόδους λειψυδρίας.

Από τη κεντρική διώρυγα Αναβάλου οι δεσμευμένες και προβλεπόμενες ποσότητες υδάτων περιλαμβάνουν:

- Τη δέσμευση παροχής 3.096 m³/h για την άρδευση της πεδιάδας των Ιρίων που μεταφέρεται με κατάθλιψη από το υφιστάμενο αντλιοστάσιο στη δεξαμενή Λυκοτρούπι και στη συνέχεια διαβαρύτητας στη λιμνοδεξαμενή εξίσωσης στο βόρειο τμήμα της παραλίας Ιρίων.
- Την πρόβλεψη μεταφοράς νερού παροχής 2.500 m³/h προς την Επίδαυρο,
- Την πρόβλεψη δέσμευσης παροχής 1.000 m³/h για την εξυπηρέτηση των αρδευτικών αναγκών των ΤΟΕΒ Ασίνης, Ν. Τίρυνθας και Αγ. Αδριανού.

2.4 Η Μελέτη του Φράγματος της Τζερτζελιάς

2.4.1 Ανάθεση – Ιστορικό – Αντικείμενο

Η Περιφέρεια Πελοποννήσου / Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, με την 346οικ / 6-02-2003 απόφαση Απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας, ανέθεσε την εκπόνηση της "Μελέτης Χαμηλού Φράγματος Λεκάνης Ρορού-Τζερτζελιάς Νομού Αργολίδας" στα ακόλουθα Γραφεία Μελετών:

- α) "ΥΠΟΔΟΜΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ" Μ. ΠΑΠΑΚΩΣΤΑ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Ε.Ε. για τη Μελέτη Υδραυλικών Έργων (κατηγορία 13)
- β) ΖΟΡΑΠΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ για τη Γεωλογική Μελέτη (κατηγορία 20)
- γ) ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ-ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΑΤΕ για τη Μελέτη Γεωτεχνικών και Εδαφοτεχνικών Μελετών και Ερευνών (κατηγορία 21) και τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (κατηγορία 27)
- δ) ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΣΤΑΥΡΟΣ για την Τοπογραφική Μελέτη (κατηγορία 16)
- ε) ΛΟΥΡΑΝΤΟΣ ΤΗΛΕΜΑΧΟΣ για την Ηλεκτρομηχανολογική Μελέτη (κατηγορία 9)

Η σχετική σύμβαση υπογράφηκε στις 24 - 2 - 2003 και σύμφωνα με το άρθρο 1 αυτής, αφορά στην εκπόνηση μελέτης για την δημιουργία ταμιευτήρα, με σκοπό την αποθήκευση της απαραίτητης ποσότητας νερού για την κάλυψη των αναγκών κυρίως ύδρευσης των πλησίων Δημοτικών διαμερισμάτων και οικισμών, καθώς και την κατασκευή των απαραίτητων δικτύων μεταφοράς του νερού και των εγκαταστάσεων καθαρισμού του νερού, εφόσον απαιτούνται.

Η υπογραφείσα σύμβαση προβλέπει τα ακόλουθα:

- α) Την εκπόνηση της μελέτης των Υδραυλικών Έργων, η οποία θα πραγματοποιηθεί σε δύο φάσεις, οι οποίες αντιστοιχούν στα στάδια Προκαταρκτικής Μελέτης και Οριστικής Μελέτης.
- β) Την εκπόνηση της Γεωλογικής Μελέτης, η οποία θα πραγματοποιηθεί σε δύο φάσεις, οι οποίες αντιστοιχούν στα στάδια Προκαταρκτικής Μελέτης και Οριστικής Μελέτης.

γ) Την εκπόνηση της μελέτης των Γεωτεχνικών - Εδαφοτεχνικών μελετών και ερευνών, η οποία θα πραγματοποιηθεί σε δύο φάσεις, οι οποίες αντιστοιχούν στο στάδιο της Προκαταρκτικής Μελέτης και της Οριστικής Μελέτης.

δ) Την εκπόνηση της Τοπογραφικής μελέτης

ε) Την εκπόνηση της Ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης, η οποία θα πραγματοποιηθεί σε δύο φάσεις, κατ' αντιστοιχία με την Υδραυλική μελέτη.

στ) Την εκπόνηση της Περιβαλλοντικής μελέτης, η οποία θα πραγματοποιηθεί σε δύο φάσεις, οι οποίες αντιστοιχούν στα στάδια Προέγκρισης Χωροθέτησης και Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Στις 12-05-2003 (Αρ. Πρωτ. 1459/13-05-2003) παραδόθηκε η Εισηγητική έκθεση, η οποία πρότεινε:

1. Την εξασφάλιση νερού για την ύδρευση των περιοχών του Δήμου Κρανιδίου, του Δ.Δ. Ερμιόνης και των Δ.Δ. Ιρίων και Καρνεζαϊίκων. Οι ανάγκες σε υδρευτικό νερό αυτών των περιοχών εκτιμήθηκαν σε:
2.

Σενάριο 1	για το έτος 2003	Ετήσιος όγκος	1,7 x 10 ⁶ m ³
Σενάριο 2	για το έτος 2023	Ετήσιος όγκος	2,7 x 10 ⁶ m ³
Σενάριο 3	για το έτος 2043	Ετήσιος όγκος	4,0 x 10 ⁶ m ³

1. Την κατασκευή φράγματος στη θέση Β1β, για την δημιουργία ταμιευτήρα που να εξασφαλίζει τον απαιτούμενο όγκο των 4,0 x 10⁶ m³ σε υδρευτικό νερό για τις ανάγκες του έτους 2043.

Μετά την υποβολή της Εισηγητικής έκθεσης εκφράστηκε η επιθυμία από την Υπηρεσία, να εξετασθεί η δυνατότητα να κατασκευασθεί σε Α φάση ένα μικρότερο φράγμα για ετήσιο υδρευτικό όγκο 1,0 x 10⁶ m³, που μελλοντικά να μπορεί να υπερυψωθεί.

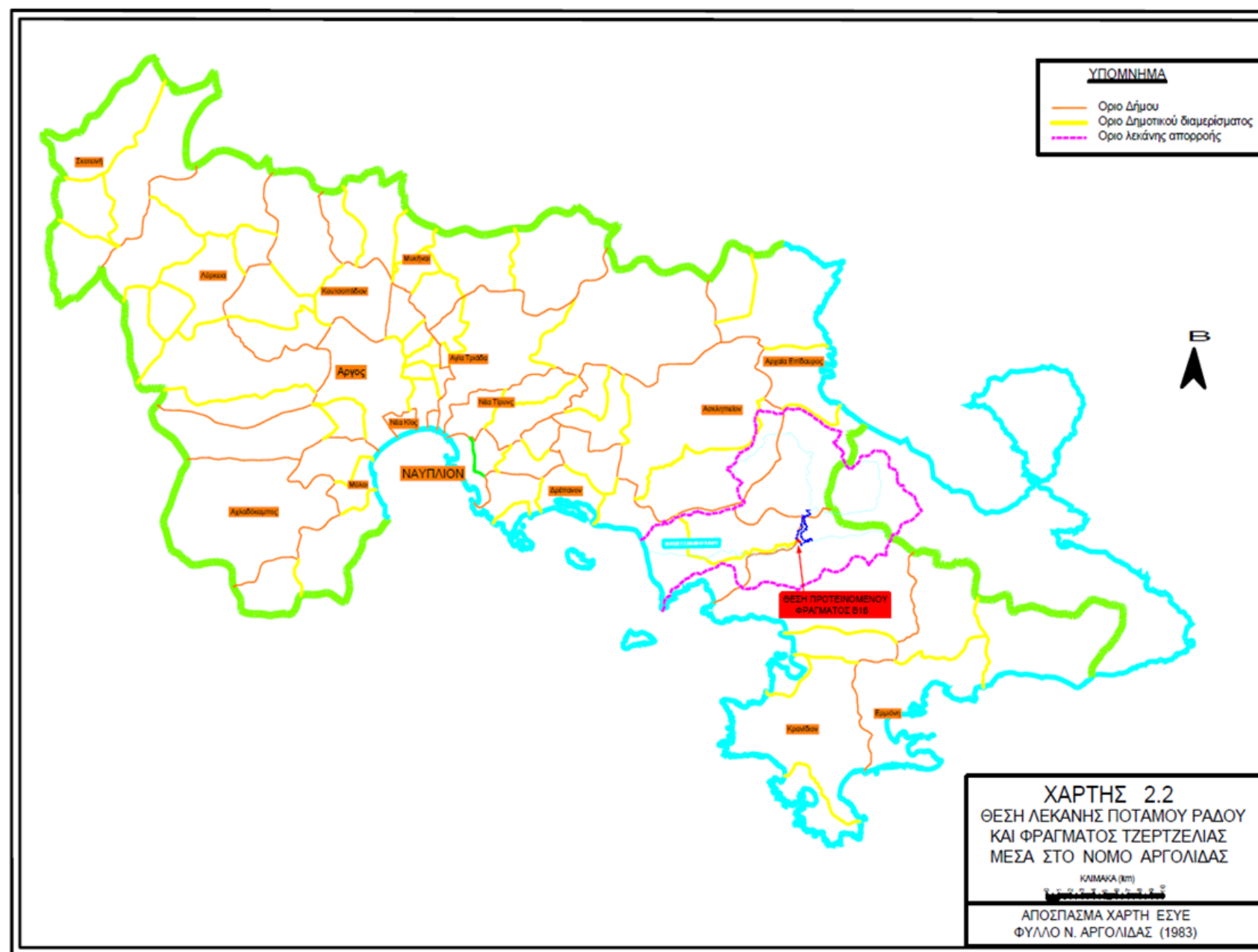
Το προτεινόμενο γεωτεχνικό πρόγραμμα προέβλεπε την εκτέλεση τριών γεωτρήσεων, μια στην κοίτη και από μία στα αντερείσματα. Τελικώς εκτελέστηκαν δύο, της κοίτης βάθους 20m και του αριστερού αντερείσματος βάθους 35m. Εκείνη του δεξιού αντερείσματος δεν εκτελέστηκε, γιατί βρίσκεται στα όρια καταφυγίου άγριας ζωής και χρειαζόταν ΜΠΕ και ειδική άδεια, τα οποία δεν μπορούσαν να εξασφαλισθούν στα στενά χρονικά πλαίσια που υπήρχαν.

2.4.2 Γεωγραφική θέση – Διοικητική υπαγωγή

Το έργο βρίσκεται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου, στα νότια του νομού Αργολίδας. Ο ποταμός Ράδος (Διπόταμος) , συνολικού μήκους περίπου 37 Km διασχίζει την περιοχή βόρεια του όρους Δίδυμο και εκβάλλει στον Αργολικό κόλπο, περί τα 2,5 Km βόρεια της πόλης των Ιρίων. Η λεκάνη απορροής του ανήκει στο Υδατικό διαμέρισμα 03 της Ανατολικής Πελοποννήσου και ονομάζεται λεκάνη Διπόταμου και έχει συνολική έκταση 200Km². Η λεκάνη βρίσκεται κατά το μεγαλύτερο μέρος (164Km²) στα όρια του νομού Αργολίδας και το υπόλοιπο (36km²) στο νομό Αττικής. Πιο συγκεκριμένα η περιοχή του φράγματος και της λεκάνης κατάκλυσης ανήκει στους Δήμους Ασίνης, Επιδαύρου και Κρανιδίου και τα υπόλοιπα έργα ανήκουν στους Δήμους Ασίνης, Ερμιόνης και Κρανιδίου.

Η σύμβαση του έργου αφορά την μελέτη για δημιουργία ταμιευτήρα, με σκοπό την αποθήκευση της απαραίτητης ποσότητας νερού για την κάλυψη των αναγκών κυρίως ύδρευσης των πλησίων Δημοτικών διαμερισμάτων και οικισμών, καθώς και την κατασκευή των δικτύων μεταφοράς του νερού και των εγκαταστάσεων καθαρισμού του, εφόσον απαιτούνται.

Στο Χάρτη 2.2, σμίκρυνση χάρτη της ΕΣΥΕ κλίμακας 1 : 200.000, φαίνεται η λεκάνη απορροής του Ράδου ποταμού και η θέση της μέσα στο Νομό Αργολίδας. Στον ίδιο χάρτη φαίνονται και τα όρια των Δήμων και των Δημοτικών διαμερισμάτων, όπως προκύπτουν από το χάρτη της ΕΣΥΕ.



Χάρτης 8: Απόσπασμα χάρτη ΕΣΥΕ – Θέση Λεκάνης Ποταμού Ράδου και φράγματος Τζερτζελιάς

2.4.3 Γεωμορφολογία περιοχής

Η περιοχή της λεκάνης απορροής χαρακτηρίζεται από έντονο μορφολογικό ανάγλυφο το οποίο διαμορφώνεται από τους ορεινούς ασβεστολιθικούς όγκους. Τμήμα της περιοχής μελέτης αποτελεί τεκτονικό βύθισμα, το οποίο έχει διαφοροποιηθεί τοπογραφικά και γεωμορφολογικά σε σχέση με τις περιβάλλουσες ασβεστολιθικές μάζες.

Το ίχνος του υδροκρίτη διέρχεται από υψόμετρα που κυμαίνονται από 400 έως 1100m. Τα μεγαλύτερα υψόμετρα παρατηρούνται στη νότια και ανατολική περιοχή. Στη ΒΑ περιοχή ο υδροκρίτης διέρχεται πλησίον της απόκρημνης ακτής του κόλπου της Επιδαύρου και με μια σχεδόν παράλληλη, κατά θέσεις, διεύθυνση προς αυτήν.

Στο εσωτερικό κεντρικό τμήμα της λεκάνης απορροής διαμορφώνεται μια περιοχή (κοιλιάδα) με ηπιότερο ανάγλυφο. Η κοιλιάδα αυτή είναι το αποτέλεσμα της δράσης του υδρογραφικού δικτύου. Ξεκινάει από την περιοχή του χωριού Κολιάκι και εκτείνεται νότια μέχρι το χωριό Βοθίκι και τον χωριό Καρατζά προς τα ανατολικά. Έχει σχήμα ανεστραμμένου «Τ», με το ανατολικό σκέλος να εκτείνεται περισσότερο, τόσο σε μήκος όσο και σε πλάτος, σε σχέση με το δυτικό. Η έκταση αυτή αποτελεί ένα οροπέδιο το οποίο διαχωρίζει τη λεκάνη σε τρία γεωμορφολογικά τμήματα:

- Το δυτικό τμήμα της λεκάνης το οποίο διαθέτει έντονο ανάγλυφο. Σ' αυτό διακρίνεται ορεινός όγκος με ψηλότερη κορυφή το Ψηλοβούνι (755m). Περιμετρικά του όγκου αυτού γίνεται η διέλευση του πρώτης τάξης κλάδου του υδρογραφικού δικτύου, που ξεκινά από την περιοχή του χωριού Αδάμι για να καταλήξει στον κύριο κλάδο.
- Το νότιο τμήμα της λεκάνης, όπου το ανάγλυφο είναι επίσης έντονο εξ' αιτίας της παρουσίας του ορεινού όγκου του «Διδύμου», με πλησιέστερες προς το έργο κορυφές το «Ζυγό» και «Στερνοβούνι» με υψόμετρα 644 και 591 m. αντίστοιχα.
- Το ανατολικό τμήμα, στο οποίο το γεωμορφολογικό ανάγλυφο παρουσιάζεται ηπιότερο στην περιοχή πλησίον του έργου και

σταδιακά γίνεται εντονότερο στα περιθώρια της λεκάνης όπου διακρίνονται οι κορυφές «Ορθολίθι» και «Ασπροβούνι» με υψόμετρα 1103 και 867 m. αντίστοιχα.

2.4.4 Γεωλογικές Συνθήκες Περιοχής

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την ευρύτερη περιοχή, σύμφωνα με στοιχεία της Προκαταρκτικής Γεωλογικής μελέτης, είναι συνοπτικά:

- Περμο-τριαδικοί ηφαιστειακοί σχηματισμοί πάχους 150-200m.
- Λεπτοπλακώδεις μέσο τριαδικοί ασβεστόλιθοι, οι οποίοι μεταβαίνουν προς τους παχυστρωματώδεις έως άστρωτους ασβεστόλιθους του «Παντοκράτορα».
- Τριαδικο-Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι του «Παντοκράτορα». Η βάση τους, όπως επίσης και οι παραπάνω σχηματισμοί απαντούν στην περιοχή του όρμου Βουρλιάς, νοτιότερα της εξεταζόμενης περιοχής. Το πάχος τους κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες μέτρα μέχρι 800 m περίπου.
- Ερυθρός αμμωνιτοφόρος ασβεστόλιθος (Ammonitico rosso).
- Κατώτερη οφιολιθική ενότητα. Πρόκειται για ένα ιζηματογενές mélange, πάχους μέχρι 50 m, το οποίο εμφανίζεται ανατολικά του Ασπροβουνίου και στην περιοχή των Ιρίων.
- Ενδιάμεση οφιολιθική ενότητα.
- Ανώτερη οφιολιθική τεκτονική ενότητα.

2.4.5 Τεκτονική δομή περιοχής

Το Αλπικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής ανήκει στη γεωτεκτονική ενότητα της Πελαγονικής. Η γεωλογική δομή της είναι πολύπλοκη, εξαιτίας της τεκτονικής δραστηριότητας, της μεταφοράς και επώθησης οφιολιθικών ενοτήτων πάνω στο ανθρακικό υπόβαθρο. Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος έχει υποστεί την επίδραση έντονων τεκτονικών κινήσεων, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την σημερινή διαμόρφωση του χώρου.

2.4.6 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά περιοχής

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών εξαρτάται από τη λιθολογική τους σύσταση, την ύπαρξη ή όχι ενεργού πορώδους (πρωτογενούς ή δευτερογενούς) και τη μορφή του πορώδους.

Οι σχηματισμοί της περιοχής μελέτης κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες, ως προς την περατότητα τους, σύμφωνα με την γεωλογική μελέτη:

Πορώδεις σχηματισμοί με πρωτογενές πορώδες. Σε αυτούς ανήκουν:

- Αλλουβιακές αποθέσεις (al): σχηματισμός υψηλής έως μέτριας διαπερατότητας
- Λατυποπαγή του Τεταρτογενούς (Q.br): μέτριας διαπερατότητας σχηματισμοί
- Αδιαίρετα Τεταρτογενή ιζήματα - εδάφη (Q) και ριπίδια κορημάτων (Q.cs): μέτριας έως χαμηλής διαπερατότητας σχηματισμοί
- Αναβαθμίδες (Q.t): χαμηλής έως πολύ χαμηλής διαπερατότητας σχηματισμός

Καρστικοποιημένοι και ρωγματούμενοι σχηματισμοί με δευτερογενές πορώδες. Σε αυτούς ανήκουν:

- Οι ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα (T4-Jik): σχηματισμός υψηλής διαπερατότητας
- Οι ασβεστόλιθοι (Ks.k), τα κροκαλοπαγή και λατυποπαγή (Ks.k.br) (Ks.br) του Αν. Κρητιδικού: σχηματισμοί υψηλής έως μέτριας διαπερατότητας.
- Όλοι οι υπόλοιποι ασβεστόλιθοι: μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας σχηματισμοί.

Αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Έτσι χαρακτηρίστηκαν όλα τα μέλη του οφιολιθικού mélange. Πιο συγκεκριμένα, οι σερπεντινίτες (σ) ως σχηματισμοί πολύ χαμηλής περατότητας και όλοι οι υπόλοιποι, χαμηλής περατότητας ως πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί.

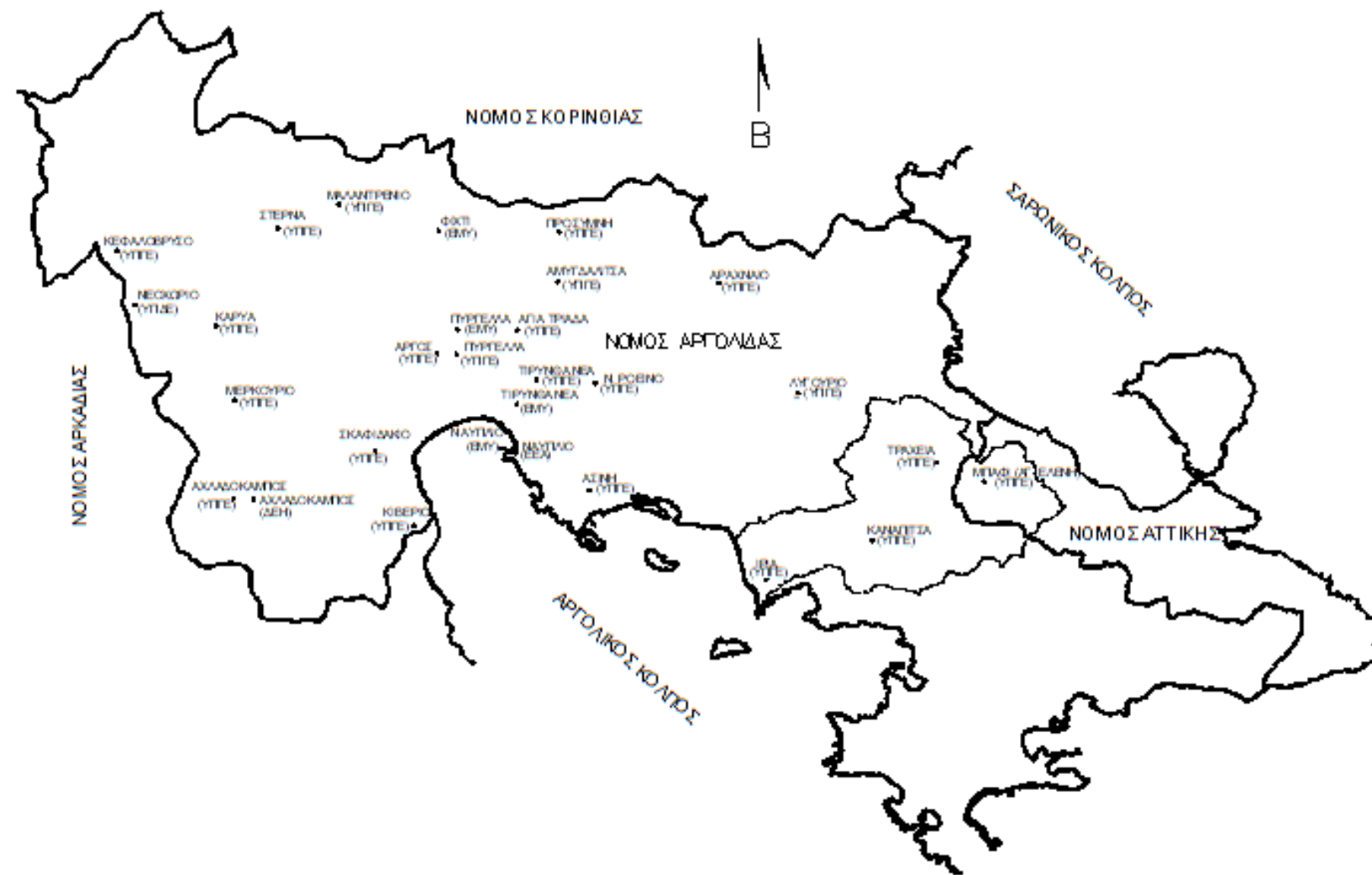
2.4.7 Κλιματολογικές συνθήκες – Μετεωρολογικά δεδομένα

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ψυχρό ημίξηρο μεσογειακού τύπου, λόγω του θερμού και ξηρού θέρους και του ψυχρού προς ήπιου αλλά βροχερού χειμώνα. Μέσα στη λεκάνη απορροής λειτουργούν 4 βροχομετρικοί σταθμοί του ΥΠΓΕ, ενώ στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν και άλλοι σταθμοί. Ο κοντινότερος σταθμός που διαθέτει στοιχεία ανέμου είναι της Πυργέλλας (Ε.Μ.Υ).

Στον παρακάτω πίνακα και στον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.

Πίνακας 4: Μετεωρολογικοί Σταθμοί της περιοχής (που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη)

Α/Α	ΚΩΔΙΚΟΣ					ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΝΟΜΟΣ - Επαρχία	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΦΟΡΕΑΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΟΡΓΑΝΩΝ
	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	ΦΟΡΕΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	Α/Α ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ			ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ				
1	03	69	01	01	003	ΜΠΑΦΙ (Αγ. Ελένη)	ΑΤΤΙΚΗΣ - Τροιζηνίας	23°11'	37°58'	397	ΥΠΓΕ	63-	Βμ,Θα
2	03	69	01	01	004	ΤΡΑΧΕΙΑ	ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ - Ναυπλίας	23°09'	37°34'	279	ΥΠΓΕ	68-	Βμ,Βγ
3	03	69	01	01	002	ΚΑΝΑΠΙΤΣΑ	ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ - Ναυπλίας	23°06'	37°31'	362	ΥΠΓΕ	63-	Βμ
4	03	69	01	02	001	ΙΡΙΑ	ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ - Ναυπλίας	23°01'	37°29'	20	ΥΠΓΕ	63-	Βμ,Βγ,Θα,Εξ
5	03	71	01	01	001	ΛΥΓΟΥΡΙΟ	ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ - Ναυπλίας	23°02'	37°37'	342	ΥΠΓΕ	56-	Βμ
6	03	60	07	03	013	ΠΥΡΓΕΛΛΑ	ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ - Αργους	22°47'	37°36'	11,2	ΕΜΥ	80-	Βμ,Θα,Υα, Αν
<p>Βμ= βροχόμετρο , Βγ= βροχογράφος , Θα= θερμοκρασία αέρα , Υα=Σχετική Υγρασία, Εξ= εξάτμιση, Αν= ταχύτητα ανέμου</p>													
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ													
1.	Τα υψόμετρα έχουν διορθωθεί με βάση πρόσφατα στοιχεία από το ΥΠΕΧΩΔΕ												
2.	Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος έχει διορθωθεί με βάση τα δελτία του κάθε φορέα												



Χάρτης 9: Μετεωρολογικοί σταθμοί της ευρύτερης περιοχής

Αξιοποιώντας τα δεδομένα των παραπάνω σταθμών, αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα 5 τα συνοπτικά στοιχεία των μετεωρολογικών παραμέτρων που προέκυψαν για το σύνολο της λεκάνης απορροής. Ενδεικτικά στον Πίνακα 6 δίνονται τα μέσα ετήσια ύψη βροχοπτώσεων των σταθμών που λήφθηκαν υπόψη στη παρούσα μελέτη.

Πίνακας 5: Συνοπτικά Κλιματολογικά Στοιχεία Λεκάνης Απορροής Ποταμού Ράδου

A/A	ΕΙΔΟΣ		ΠΟΣΟΤΗΤΑ
1.	Βροχόπτωση	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)	640
		Ελάχιστο ετήσιο ύψος βροχής (mm)	267
		Μέγιστο ετήσιο ύψος βροχής (mm)	1015
		Μέσος ετήσιος όγκος βροχής ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	127,9
		Ελάχιστος ετήσιος όγκος βροχής ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	53,2
		Μέγιστος ετήσιος όγκος βροχής ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	202,7
2.	Θερμοκρασία	Μέση μηνιαία ($^{\circ}\text{C}$) (από αναγωγή σταθμού Μπάφι)	17,1
		Μέση ελάχιστη μηνιαία ($^{\circ}\text{C}$) (Φεβρουάριος) (Σταθμού Πυργέλας)	2,9
		Μέση μέγιστη μηνιαία ($^{\circ}\text{C}$) (Ιούλιος) (Σταθμού Πυργέλας)	33,4
3.	Υγρασία	Μέση μηνιαία (%) για το σταθμό Πυργέλας	67,5

Πίνακας 6: Μέσα Ετήσια Ύψη Βροχόπτωσης των Σταθμών που Χρησιμοποιήθηκαν στη Μελέτη

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1.	ΜΠΑΦΙ (Αγ. Ελένη)	688 (Μ.Ο. 37 ετών)	Εντός λεκάνης
2.	ΤΡΑΧΕΙΑ	482 (Μ.Ο. 31 ετών)	Εντός λεκάνης
3.	ΚΑΝΑΠΙΤΣΑ	561 (Μ.Ο. 36 ετών)	Εντός λεκάνης
4.	ΙΡΙΑ	409 (Μ.Ο. 33 ετών)	Εντός λεκάνης
5.	ΛΥΓΟΥΡΙΟ	592 (Μ.Ο. 50 ετών)	Εκτός λεκάνης
6.	ΠΥΡΓΕΛΛΑ	484 (Μ.Ο. 17 ετών)	Εκτός λεκάνης

2.4.8 Επιλογή Θέσης

Εξετάσθηκαν 3 πιθανές θέσεις κατασκευής φράγματος στο ποτάμι, περί τη συμβολή του κλάδου της Τραχειάς με τον κλάδο της Πελεής, σε απόσταση περίπου 16Κμ από την εκβολή του ποταμού, όπου η γεωλογία και η τοπογραφία της περιοχής είναι κατάλληλη για τέτοια έργα (τα πετρώματα της λεκάνης κατάκλυσης είναι στεγανά). Οι περιοχές που εξετάσθηκαν ήταν:

- Περιοχή Α , στον κλάδο της Πελεής
- Περιοχή Β , στο κύριο ρέμα αμέσως κατάντη της συμβολής του κλάδου Πελεής
- Περιοχή Γ , στο κύριο ρέμα αμέσως ανάντη της συμβολής του κλάδου Πελεής

Από τις θέσεις που εξετάστηκαν προτάθηκε και εγκρίθηκε η θέση Β για την οποία εκπονείται η παρούσα μελέτη.

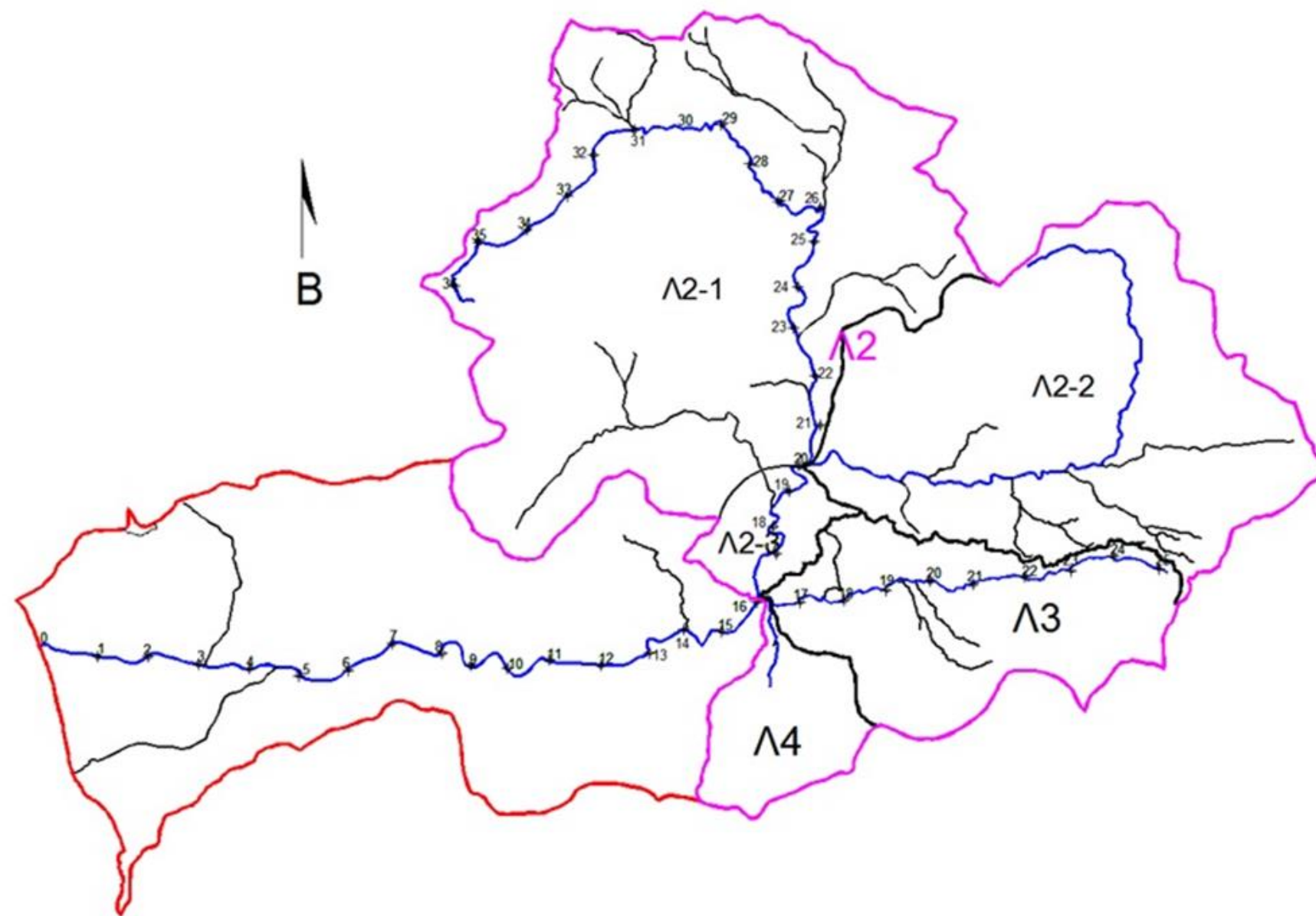
2.4.9 Γεωμετρικά Στοιχεία

Η μορφή της συνολικής λεκάνης τείνει προς την περίπτωση της αχλαδόμορφης ωοειδούς (pear-shaped ovoid) προς την οποία τείνουν γενικά οι λεκάνες απορροής.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δικτύου της λεκάνης είναι :

1. Συνολικό μήκος κύριας μισγάγγειας 36,7km
2. Κατά μήκος κλίση κύριας μισγάγγειας από Χ.Θ. 0.0 έως Χ.Θ. 7.6 km
J=0.006
από Χ.Θ. 0.0 έως Χ.Θ. 7.6 km J=0.011
από Χ.Θ. 0.0 έως Χ.Θ. 7.6 km J=0.023
από Χ.Θ. 0.0 έως Χ.Θ. 7.6 km J=0.133
3. Μέση απόσταση από υδροκρίτη μέχρι υδατόρευμα 0,5 km
4. Συνολική επιφάνειας λεκάνη απορροής 200km²
5. Μέγιστο υψόμετρο λεκάνη απορροής 1100m
6. Μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής 385 m

Το υδρογραφικό δίκτυο φαίνεται στον παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 10: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Ράδου

2.4.10 Γεωλογία – Φυτοκάλυψη - Μετρήσεις απορροής

Η λεκάνη αποτελείται κατά 61% από ασβεστόλιθους μεγάλης διαπερατότητας, κατά 10% από διαβασικές-κερατολιθικές-τοφφικές διαπλάσεις χαμηλής διαπερατότητας, κατά 16% από αλουβιακές αποθέσεις μέτριας υδροπερατότητας, ενώ στο υπόλοιπο 13% απαντώνται σερπεντινίτες, λατυποπαγή, αδιαίρετα τεταρτογενή ιζήματα, άμμοι και άργιλοι. Η φυτοκάλυψη της λεκάνης αποτελείται κατά 66% θαμνώδεις εκτάσεις, κατά 24% χέρσες- ημικαλλιεργούμενες εκτάσεις, κατά 8% οπωροφόρα ενώ το υπόλοιπο 2% από δασώδεις εκτάσεις.

Μέχρι τον Απρίλιο του 2003 δεν είχαν γίνει μετρήσεις παροχής στα ρεύματα της λεκάνης του Ράδου (Διπόταμου). Τον Απρίλιο του 2003 πραγματοποιήθηκαν, από τον γεωλόγο μελετητή, δύο μετρήσεις παροχών για τον κλάδο του Ράδου. Εκτιμήθηκε ότι η παροχή που διερχόταν την άνοιξη ήταν της τάξης των 2.8m³/s με ταχύτητα περίπου 1 m/s. Όμως κατά την επίσκεψη στην περιοχή τους θερινούς μήνες δεν υπήρχε απορροή εντός του Ράδου, αποδεικνύοντας έτσι τον εποχικό χαρακτήρα της. Από το 2003 μέχρι σήμερα δεν έγιναν εκ νέου μετρήσεις παροχής στον ποταμό (ή τουλάχιστον δεν κατέστη δυνατό να εντοπισθεί από την έρευνα που έγινε).

2.4.11 Υπόγεια ύδατα και Επιφανειακά ύδατα

Για τις ανάγκες της Προκαταρκτικής Γεωλογικής μελέτης αναγνωρίστηκαν και απογράφηκαν, από το γεωλόγο μελετητή, 33 υδροσημεία στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος (υπολεκάνες Πελεής, Καρατζά, Τραχειάς και Ματαράγκα). Από αυτά τα υδροσημεία, τα 28 είναι γεωτρήσεις, τα 4 φρέατα και 1 πηγή στη λεκάνη Καρατζά.

Στα υδροσημεία έγιναν παρατηρήσεις και συλλέχθηκαν στοιχεία που αφορούν τα βάθη διάτρησης, τους διατρηθέντες γεωλογικούς σχηματισμούς, τις παροχές άντλησης, τη χρήση αντλούμενου νερού, τις υδροστατικές στάθμες και τα βάθη των υδροφοριών.

Τα περισσότερα υδροσημεία εντοπίστηκαν στις ζώνες των υπολεκανών Καρατζά και Πελεής, και δευτερευόντως στη λεκάνη Τραχειάς. Στην υπολεκάνη Ματαράγκα δεν εντοπίστηκαν αξιόλογα υδροσημεία, κατάλληλα να συνεισφέρουν στην ερμηνεία των βασικών υδρογεωλογικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής.

Στα πλαίσια της παρούσας, τον Απρίλιο του 2003 πραγματοποιήθηκαν, από το γεωλόγο μελετητή, δύο μετρήσεις παροχών με μηλίσκο, στα υδρορέματα των υπολεκανών Καρατζά, Τραχειάς και Ματαράγκα, τα οποία καταλήγουν στον κυρίως κλάδο του Ράδου ποταμού, ανάντη των εναλλακτικών θέσεων Β1β, Γ2,Γ3. Τα αποτελέσματα των ανωτέρω μετρήσεων δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 7. Οι μετρήσεις αυτές είναι χαρακτηριστικές και δείχνουν ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην συνολική απορροή του Ράδου έχει ο κλάδος του Καρατζά. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι κατά την επίσκεψή των μελετητών στις 6-3-2003 στη περιοχή της Ιρλανδική διάβασης του δρόμου από την Μονή Αβγού προς τα Καρνεζαίικα με το Ράδο, δύο ημέρες μετά από βροχόπτωση, εκτιμήθηκε ότι η παροχή που διερχόταν ήταν της τάξης των 2,8 m³/s (10.000 m³/h) με ταχύτητα περίπου 1 m/s. Όμως κατά την επίσκεψη στην περιοχή τους θερινούς μήνες δεν υπήρχε απορροή εντός του Ράδου ποταμού, αποδεικνύοντας έτσι τον εποχικό χαρακτήρα της. Βέβαια δεν μπορούμε να έχουμε συσχέτιση βροχής - απορροής από αυτές, γιατί δεν υπάρχουν βροχομετρικά δεδομένα για την αντίστοιχη περίοδο.

Πίνακας 7: Μετρήσεις Παροχών στον Ποταμό Ράδο

Α/Α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΘΕΣΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ (Εμβαδόν λεκάνης απορροής στη θέση, σε Km ²)	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	
			24-4-2003	29-4-2003
1	ΚΛΑΔΟΣ ΚΑΡΑΤΖΑ ΑΝΑΝΤΗ ΘΕΣΗ 26 (22,8)	Βάθος νερού (m)	0,10	0,08
		Εμβαδόν υγρής διατομής(m ²)	0,40	0,32
		Ταχύτητα ροής(m/s)	0,29	0,24
		Παροχή (m ³ /s)	0,1	0,08
		Παροχή (m ³ /h)	418	276
2	ΚΛΑΔΟΣ ΚΑΡΑΤΖΑ 27 (32,5)	Βάθος νερού (m)		
		Εμβαδόν υγρής διατομής(m ²)	0,95	0,76
		Ταχύτητα ροής(m/s)	0,32	0,25
		Παροχή (m ³ /s)	0,30	0,19
		Παροχή (m ³ /h)	1088	684
3	ΚΛΑΔΟΣ ΤΡΑΧΕΙΑΣ 28 (47,6)	Βάθος νερού (m)		
		Εμβαδόν υγρής διατομής(m ²)		
		Ταχύτητα ροής(m/s)		
		Παροχή (m ³ /s)	0,022	0,013
		Παροχή (m ³ /h)	80	45
4	ΚΛΑΔΟΣ ΜΑΤΑΡΑΓΚΑ 29 (14,9)	Βάθος νερού (m)		
		Εμβαδόν υγρής διατομής(m ²)		
		Ταχύτητα ροής(m/s)		
		Παροχή (m ³ /s)	0,008	0,003
		Παροχή (m ³ /h)	30	12

Στον παρακάτω Πίνακα 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης για τον προσδιορισμό του ετήσιου όγκου απορροής στις διάφορες θέσεις των φραγμάτων, με βάση ένα τελικό δείγμα 38 ετών βροχοπτώσεων, με την μέθοδο Thornthwaite και με

εμπειρικές μεθόδους για τις θέσεις Α, Β, Γ και όλη τη λεκάνη. Αποφασίσθηκε για χρήση στην διαστασιολόγηση του όγκου των ταμιευτήρων να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν με χρήση της μεθόδου Thornthwaite.

Πίνακας 8: Συνοπτικά Στοιχεία Απορροής Λεκάνης Ράδου (Διόταμου)

A/A	ΘΕΣΗ	A	Γ	B	Λ (Όλη η λεκάνη)
1.	Εμβαδόν λεκάνης απορροής στη θέση (Km ²)	20	110	137	200
2.	Ετήσιος όγκος βροχόπτωσης (x 10 ⁶ m ³) Με αξιοπιστία 50% (Μέσος) Με αξιοπιστία 80%	13,5	76,9	95,3	127,9
		10,5	60,5	74,9	101,2
3.	Ετήσιος όγκος απορροής με εμπειρικές μεθόδους (x 10 ⁶ m ³) Με αξιοπιστία 50% (Μέσος) Με αξιοπιστία 80%	1,8	10,0	12,3	14,1
		0,9	5,3	6,5	7,4
4.	Ετήσιος όγκος απορροής με μέθοδο Thornthwaite (x 10 ⁶ m ³) Με αξιοπιστία 50% (Μέσος) Με αξιοπιστία 80%	2,1	12,4	15,2	17,8
		1,0	5,9	7,2	7,6

2.4.12 Υδρευτικές Ανάγκες

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης εξετάζονται οι δήμοι Κρανιδίου και Ερμιόνης, οι οποίοι αντιμετωπίζουν τα μεγαλύτερα προβλήματα και δεν περιέχονται στο σχεδιασμό υδροδότησης από άλλες πηγές και φορείς, καθώς και ο δήμος Ασίνης και κυρίως τα δημοτικά διαμερίσματα Ιρίων και Καρνεζαίκων, τα οποία επίσης δεν περιέχονται στο σχεδιασμό υδροδότησης από άλλες πηγές και φορείς. Τα δημοτικά διαμερίσματα Δρεπάνου, Ασίνης και Τολού περιέχονται στο σχεδιασμό της ΔΕΥΑ Ναυπλίου για υδροδότηση από τις πηγές Αμεμώνης, παρόλα αυτά στη παρούσα γίνεται εκτίμηση των υδατικών αναγκών αυτών.

Ο υπολογισμός των αναγκών έγινε για το έτος εκπόνησης της μελέτης (έτος 2003), την επόμενη 20ετία (έτος 2023), και για μετά από 40 έτη (έτος 2043).

Για τον υπολογισμό της μέσης και της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης είναι απαραίτητη η εκτίμηση του μόνιμου πληθυσμού για τα έτη στόχους. Για τη εκτίμηση των συνολικών ετησίων υδατικών αναγκών απαιτείται η εκτίμηση και όλων των διανυκτερευόντων αλλά και διερχομένων από τις περιοχές αυτές τα αντίστοιχα έτη στόχους, καθώς και άλλων πιθανών καταναλωτών, όπως ζώα κ.λ.π.

2.4.13 Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός

Για την εκτίμηση του πληθυσμού της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία απογραφών, μηνιαίων αφίξεων και διανυκτερεύσεων, κλινών ξενοδοχείων και ενοικιαζόμενων δωματίων καθώς και στοιχεία εποχιακού πληθυσμού. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται ο πληθυσμός και οι ανάγκες που εκτιμήθηκαν.

Πίνακας 9: Πληθυσμός Αργολίδας

Α/Α	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	2003			2023			2043		
		ΜΟΝΙΜΟΣ	ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΝΙΜΟΣ	ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΝΙΜΟΣ	ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1	Δήμος Ασίνης									
	Δρεπάνου (Έδρα)	1749	8000	9749	2258	10400	12658	2935	13500	16435
	Ασίνης	1305	7000	8305	1560	8400	9960	1872	10100	11972
	Τολού	2164	9000	11164	3195	13500	16695	4793	20250	25043
	Σύνολο 3 Δ.Δ.	5218	24000	29218	7013	32300	39313	9600	43850	53450
	Ιρίων	951	2000	2951	1137	2400	3537	1364	2900	4264
	Καρνεζαίκων	147		147	150	0	150	153	0	153
	Σύνολο 2 Δ.Δ.	1098	2000	3098	1287	2400	3687	1517	2900	4417
	Σύνολο Δήμου Ασίνης	6316	26000	32316	8300	34700	43000	11117	46750	57867
2	Δήμος Ερμιόνης									
	Ερμιόνης (Έδρα)	3258	5000	8258	3897	6000	9897	4676	7200	11876
	Ηλιοκάστρου	600	715	1315	612	750	1362	624	750	1374
	Θερμησίας	769	4000	4769	845	4400	5245	930	4850	5780
	Σύνολο Δήμου Ερμιόνης	4627	9715	14342	5354	11150	16504	6230	12800	19030
3	Δήμος Κρανιδίου									
	Κρανιδίου (Έδρα)	5010	5900	10910	5993	7100	13093	7192	7500	14692
	Διδύμων	1615	2815	4430	1775	3100	4875	1953	3400	5353
	Κοιλιάδος	1189	1800	2989	1423	2200	3623	1708	2600	4308
	Πορτοχελίου	2392	9000	11392	3312	12600	15912	4637	17650	22287
	Φούρνων	371	600	971	386	650	1036	401	650	1051
	Σύνολο Δήμου Κρανιδίου	10577	20115	30692	12889	25650	38539	15891	31800	47691

Πίνακας 10: Ημερήσιες Υδρευτικές Ανάγκες Μονίμων Κατοίκων

Α/Α	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΟΝΙΜΟΣ						ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΝΑΓΚΗ						ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ			ΜΕΓΙΣΤΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΝΑΓΚΗ						ΜΕΓΙΣΤΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΝΑΓΚΗ		
		ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ						ΜΟΝΙΜΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ						ΜΟΝΙΜΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ									ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΗΜΩΝ		
		(άτομα)			(l/άτομο/ημ)			(l/sec)			(m3/ημ)			(m3/έτος)			(l/sec)			(m3/ημ)			(m3/ημ)		
		2003	2023	2043	2003	2023	2043	2003	2023	2043	2003	2023	2043	2003	2023	2043	2003	2023	2043	2003	2023	2043	2003	2023	2043
1	Δήμος Ασίνης																								
	Δρεπάνου (Έδρα)	1749	2258	2935	150	200	250	3.04	5.23	8.49	263	452	734	95,758	164,834	267,819	4.56	7.85	12.74	394	678	1,101			
	Ασίνης	1305	1560	1872	150	200	250	2.27	3.61	5.42	196	312	468	71,449	113,880	170,820	3.41	5.42	8.13	295	468	702			
	Τολού	2164	3195	4793	150	200	250	3.76	7.40	13.87	325	639	1,198	118,479	233,235	437,361	5.64	11.10	20.81	487	959	1,798			
	Σύνολο 3 Δ.Δ.	5218	7013	9600				9.07	16.24	27.78	784	1403	2400	285,686	511,949	876,000	13.61	24.37	41.68	1176	2105	3601			
	Ιριών	951	1137	1364	150	200	250	1.65	2.63	3.95	143	227	341	52,067	83,001	124,465	2.48	3.95	5.93	214	341	512			
	Καρνεζαϊκών	147	150	153	150	200	250	0.26	0.35	0.44	22	30	38	8,048	10,950	13,961	0.39	0.53	0.66	34	46	57			
	Σύνολο 2 Δ.Δ.	1098	1287	1517				1.91	2.98	4.39	165	257	379	60,115	93,951	138,426	2.87	4.48	6.59	248	387	569			
	Σύνολο Δήμου Ασίνης	6316	8300	11117				10.98	19.22	32.17	949	1660	2779	345,801	605,900	1,014,426	16.48	28.85	48.27	1424	2492	4170			
2	Δήμος Ερμιόνης																								
	Ερμιόνης (Έδρα)	3258	3897	4676	150	200	250	5.66	9.02	13.53	489	779	1,169	178,376	284,481	426,685	8.49	13.53	20.30	734	1,169	1,754			
	Ηλιοκάστρου	600	612	624	150	200	250	1.04	1.42	1.81	90	123	156	32,850	44,676	56,940	1.56	2.13	2.72	135	184	235			
	Θερμησίας	769	845	930	150	200	250	1.34	1.96	2.69	116	169	232	42,103	61,685	84,863	2.01	2.94	4.04	174	254	349			
	Σύνολο Δήμου Ερμιόνης	4627	5354	6230				8.04	12.40	18.03	695	1071	1557	253,329	390,842	568,488	12.06	18.60	27.06	1043	1607	2338			1500 - 1800
3	Δήμος Κρανιδίου																								
	Κρανιδίου (Έδρα)	5010	5993	7192	150	200	250	8.70	13.87	20.81	752	1,198	1,798	274,298	437,489	656,270	13.05	20.81	31.22	1,128	1,798	2,697			
	Κοιλιάδος	1189	1423	1708	150	200	250	2.06	3.29	4.94	178	284	427	65,098	103,879	155,855	3.09	4.94	7.41	267	427	640			
	Πορτοχελίου	2392	3312	4637	150	200	250	4.15	7.67	13.42	359	663	1,159	130,962	241,776	423,126	6.23	11.51	20.13	538	994	1,739			
	Διδύμων	1615	1775	1953	150	200	250	2.80	4.11	5.65	242	355	488	88,421	129,575	178,211	4.20	6.17	8.48	363	533	733			
	Φούρνων	371	386	401	150	200	250	0.64	0.89	1.16	55	77	100	20,312	28,178	36,591	0.96	1.34	1.74	83	116	150			
	Σύνολο Δήμου Κρανιδίου	10577	12889	15891				18.35	29.83	45.98	1586	2577	3972	579,091	940,897	1,450,053	27.53	44.77	68.98	2379	3868	5959			5000
	ΣΥΝΟΛΟ Α (Δ.Δ. ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	11,849	14,625	18,213				20.57	33.85	52.70	1,778	2,924	4,553	648,734	1,067,625	1,661,936	30.86	50.79	79.06	2,667	4,388	6,830			
	ΣΥΝΟΛΟ Β (Δ.Δ. ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	12,947	15,912	19,730				22.48	36.83	57.09	1,943	3,181	4,932	708,849	1,161,576	1,800,362	33.73	55.27	85.65	2,915	4,775	7,399			
	ΣΥΝΟΛΟ Γ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	13,835	16,786	20,567				24.01	38.85	59.51	2,075	3,356	5,141	757,467	1,225,378	1,876,738	36.02	58.30	89.28	3,113	5,037	7,713			
	ΣΥΝΟΛΟ Δ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	14,933	18,073	22,084				25.92	41.83	63.90	2,240	3,613	5,520	817,582	1,319,329	2,015,164	38.89	62.78	95.87	3,361	5,424	8,282			
	ΣΥΝΟΛΟ Ε (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	15,204	18,243	22,121				26.39	42.23	64.01	2,281	3,648	5,529	832,420	1,331,739	2,018,541	39.59	63.37	96.04	3,422	5,475	8,297			
	ΣΥΝΟΛΟ ΣΤ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+Δ.Δ.ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	16,302	19,530	23,638				28.30	45.21	68.40	2,446	3,905	5,908	892,535	1,425,690	2,156,967	42.46	67.85	102.63	3,670	5,862	8,866			
	ΣΥΝΟΛΟ Ζ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΑΣΙΝΗΣ)	21,520	26,543	33,238				37.37	61.45	96.18	3,230	5,308	8,308	1,178,221	1,937,639	3,032,967	56.07	92.22	144.31	4,846	7,967	12,467			

Πίνακας 11: Τελικές Συνολικές Ετήσιες Υδατικές Ανάγκες και Εξέλιξη Αυτών

Α/Α	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΟΝΙΜΟΣ			ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ								
		(άτομα)			(m3/έτος)								
		2003	2023	2043	2003			2023			2043		
				ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΤΩΝ	ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΤΩΝ	ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΤΩΝ	
1	Δήμος Ασίνης												
	Δρεπάνου (Έδρα)	1749	2258	2935	95,758	110,000	1.15	164,834	200,000	1.21	267,819	300,000	1.12
	Ασίνης	1305	1560	1872	71,449	90,000	1.26	113,880	150,000	1.32	170,820	250,000	1.46
	Τολού	2164	3195	4793	118,479	320,000	2.70	233,235	650,000	2.79	437,361	1,200,000	2.74
	Σύνολο 3 Δ.Δ.	5218	7013	9600	285,686	520,000	1.82	511,949	1,000,000	1.95	876,000	1,750,000	2.00
	Ιρίων	951	1137	1364	52,067	110,000	2.11	83,001	175,000	2.11	124,465	250,000	2.01
	Καρνεζαϊκών	147	150	153	8,048	20,000	2.49	10,950	25,000	2.28	13,961	30,000	2.15
	Σύνολο 2 Δ.Δ.	1098	1287	1517	60,115	130,000	2.16	93,951	200,000	2.13	138,426	280,000	2.02
	Σύνολο Δήμου Ασίνης	6316	8300	11117	345,801	650,000	1.88	605,900	1,200,000	1.98	1,014,426	2,030,000	2.00
2	Δήμος Ερμιόνης												
	Ερμιόνης (Έδρα)	3258	3897	4676	178,376	420,000	2.35	284,481	570,000	2.00	426,685	870,000	2.04
	Ηλιοκάστρου	600	612	624	32,850	80,000	2.44	44,676	90,000	2.01	56,940	110,000	1.93
	Θερμησίας	769	845	930	42,103	100,000	2.38	61,685	120,000	1.95	84,863	160,000	1.89
	Σύνολο Δήμου Ερμιόνης	4627	5354	6230	253,329	600,000	2.37	390,842	780,000	2.00	568,488	1,140,000	2.01
3	Δήμος Κρανιδίου												
	Κρανιδίου (Έδρα)	5010	5993	7192	274,298	600,000	2.19	437,489	850,000	1.94	656,270	1,200,000	1.83
	Κοιλιάδος	1189	1423	1708	65,098	110,000	1.69	103,879	200,000	1.93	155,855	290,000	1.86
	Πορτοχελίου	2392	3312	4637	130,962	500,000	3.82	241,776	700,000	2.90	423,126	1,150,000	2.72
	Διδύμων	1615	1775	1953	88,421	100,000	1.13	129,575	150,000	1.16	178,211	200,000	1.12
	Φούρνων	371	386	401	20,312	40,000	1.97	28,178	50,000	1.77	36,591	60,000	1.64
	Σύνολο Δήμου Κρανιδίου	10577	12889	15891	579,091	1,350,000	2.33	940,897	1,950,000	2.07	1,450,053	2,900,000	2.00
	ΣΥΝΟΛΟ Α (Δ.Δ. ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ)	11,849	14,625	18,213	648,734	1,630,000		1,067,625	2,320,000		1,661,936	3,510,000	
	ΣΥΝΟΛΟ Β (Δ.Δ. ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	12,947	15,912	19,730	708,849	1,760,000		1,161,576	2,520,000		1,800,362	3,790,000	
	ΣΥΝΟΛΟ Γ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	13,835	16,786	20,567	757,467	1,770,000		1,225,378	2,520,000		1,876,738	3,770,000	
	ΣΥΝΟΛΟ Δ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	14,933	18,073	22,084	817,582	1,900,000		1,319,329	2,720,000		2,015,164	4,050,000	
	ΣΥΝΟΛΟ Ε (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	15,204	18,243	22,121	832,420	1,950,000		1,331,739	2,730,000		2,018,541	4,040,000	
	ΣΥΝΟΛΟ ΣΤ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+Δ.Δ.ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	16,302	19,530	23,638	892,535	2,080,000		1,425,690	2,930,000		2,156,967	4,320,000	
	ΣΥΝΟΛΟ Ζ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΑΣΙΝΗΣ)	21,520	26,543	33,238	1,178,221	2,600,000		1,937,639	3,930,000		3,032,967	6,070,000	

Πίνακας 12: Ετήσιο Ισοζύγιο Νερού Υδρευσης

Α/Α	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΝΕΡΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ											
		(m3/έτος)											
		2003				2003				2043			
	ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ απο υφιστάμενες υδροληψίες ή άλλες πηγές	ΕΛΛΕΙΜΜΑ (-) ή ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ (+) ΥΔΑΤΟΣ	ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ απο υφιστάμενες υδροληψίες ή προβλεπόμενες άλλες πηγές	ΕΛΛΕΙΜΜΑ (-) ή ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ (+) ΥΔΑΤΟΣ	ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ απο υφιστάμενες υδροληψίες ή προβλεπόμενες άλλες πηγές	ΕΛΛΕΙΜΜΑ (-) ή ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ (+) ΥΔΑΤΟΣ	
1	Δήμος Ασίνης												
	Δρεπάνου (Έδρα)	95,758	110,000			164,834	200,000		267,819	300,000			
	Ασίνης	71,449	90,000	300,000		113,880	150,000		170,820	250,000			
	Τολού	118,479	320,000			233,235	650,000		437,361	1,200,000			
	Σύνολο 3 Δ.Δ.	285,686	520,000	300,000	-220,000	511,949	1,000,000	900,000	876,000	1,750,000	900,000	-850,000	
	Ιρίων	52,067	110,000			83,001	175,000		124,465	250,000			
	Καρνεζαΐικων	8,048	20,000	60,000		10,950	25,000	0	13,961	30,000	0		
	Σύνολο 2 Δ.Δ.	60,115	130,000	60,000	-70,000	93,951	200,000	0	138,426	280,000	0	-280,000	
	Σύνολο Δήμου Ασίνης	345,801	650,000	360,000	-290,000	605,900	1,200,000	900,000	1,014,426	2,030,000	900,000	-1,130,000	
2	Δήμος Ερμιόνης												
	Ερμιόνης (Έδρα)	178,376	420,000	0	-420,000	284,481	570,000	0	-570,000	426,685	870,000	0	-870,000
	Ηλιοκάστρου	32,850	80,000	100,000	20,000	44,676	90,000	0	-90,000	56,940	110,000	0	-110,000
	Θερμησίας	42,103	100,000	100,000	0	61,685	120,000	0	-120,000	84,863	160,000	0	-160,000
	Σύνολο Δήμου Ερμιόνης	253,329	600,000	200,000	-400,000	390,842	780,000	0	-780,000	568,488	1,140,000	0	-1,140,000
3	Δήμος Κρανιδίου												
	Κρανιδίου (Έδρα)	274,298	600,000	170,000	-430,000	437,489	850,000	0	-850,000	656,270	1,200,000	0	-1,200,000
	Κοιλιάδος	65,098	110,000		-110,000	103,879	200,000	0	-200,000	155,855	290,000	0	-290,000
	Πορτοχελίου	130,962	500,000		-500,000	241,776	700,000	0	-700,000	423,126	1,150,000	0	-1,150,000
	Διδύμων	88,421	100,000	150,000	50,000	129,575	150,000	0	-150,000	178,211	200,000	0	-200,000
	Φούρνων	20,312	40,000	70,000	30,000	28,178	50,000	0	-50,000	36,591	60,000	0	-60,000
	Σύνολο Δήμου Κρανιδίου	579,091	1,350,000	390,000	-960,000	940,897	1,950,000	0	-1,950,000	1,450,053	2,900,000	0	-2,900,000
	ΣΥΝΟΛΟ Α (Δ.Δ. ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	648,734	1,630,000	170,000	-1,460,000	1,067,625	2,320,000	0	-2,320,000	1,661,936	3,510,000	0	-3,510,000
	ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΪΙΚΩΝ)	708,849	1,760,000	230,000	-1,530,000	1,161,576	2,520,000	0	-2,520,000	1,800,362	3,790,000	0	-3,790,000
	ΣΥΝΟΛΟ Γ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	757,467	1,770,000	390,000	-1,380,000	1,225,378	2,520,000	0	-2,520,000	1,876,738	3,770,000	0	-3,770,000
	ΣΥΝΟΛΟ Δ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΪΙΚΩΝ)	817,582	1,900,000	450,000	-1,450,000	1,319,329	2,720,000	0	-2,720,000	2,015,164	4,050,000	0	-4,050,000
	ΣΥΝΟΛΟ Ε (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	832,420	1,950,000	590,000	-1,360,000	1,331,739	2,730,000	0	-2,730,000	2,018,541	4,040,000	0	-4,040,000
	ΣΥΝΟΛΟ ΣΤ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+Δ.Δ.ΙΡΙΩΝ + ΚΑΡΝΕΖΑΪΙΚΩΝ)	892,535	2,080,000	650,000	-1,430,000	1,425,690	2,930,000	0	-2,930,000	2,156,967	4,320,000	0	-4,320,000
	ΣΥΝΟΛΟ Ζ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΑΣΙΝΗΣ)	1,178,221	2,600,000	950,000	-1,650,000	1,937,639	3,930,000	900,000	-3,030,000	3,032,967	6,070,000	900,000	-5,170,000

2.4.14 Άρδευση

Στη περιοχή γίνεται άρδευση από γεωτρήσεις σε ελαιόδεντρα και κηπευτικά, όμως στο έτος της μελέτης οι ανάγκες είχαν περιορισθεί διότι στη περιοχή της πεδιάδας των Ιρίων, στην οποία γίνεται η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού για αρδευτική χρήση (υπάρχουν συλλογικά δίκτυα άρδευσης), από το 2002 λειτούργησε το έργο που προσάγει νερό από τις πηγές του Ανάβαλου και σταμάτησε η χρήση υπόγειου νερού.

2.4.15 Σκοπιμότητα του Έργου

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, η περιοχή μελέτης αντιμετωπίζει σοβαρότατο πρόβλημα ύδρευσης, λόγω ποσοτικής και ποιοτικής ανεπάρκειας των υφιστάμενων γεωτρήσεων ύδρευσης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα υπάρχει σήμερα στο Δ.Δ. Ερμιόνης του Δήμου Ερμιόνης, στα Δ.Δ. Κρανιδίου, Πορτοχελίου και Κοιλιάδας του Δήμου Κρανιδίου και στο Δ.Δ. Ιρίων του Δήμου Ασίνης. Τα υπόλοιπα δημοτικά διαμερίσματα των παραπάνω δήμων αντιμετωπίζουν μικρότερο πρόβλημα σήμερα, είτε λόγω της επάρκειας των υφιστάμενων γεωτρήσεων (π.χ. Ηλιοκάστρο, Θερμησία του Δήμου Ερμιόνης, Δίδυμα, Φούρνοι του Δήμου Κρανιδίου και Καρνεζαΐικα του Δήμου Ασίνης), είτε λόγω της εξασφάλισης νερού και από άλλες πηγές (π.χ. Τολό, Ασίνη του Δήμου Ασίνης από δίκτυο Ναυπλίου). Βέβαια και αυτά στο μέλλον θα αντιμετωπίσουν πρόβλημα, διότι το δυναμικό των γεωτρήσεων, ποσοτικό και ποιοτικό, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Οι ανάγκες σε νερό για αρδευτική χρήση δεν είναι σημαντικές, διότι στη περιοχή κυρίως των Ιρίων, η οποία βρίσκεται στη λεκάνη του Ράδου, ήδη λειτούργησε το 2002 το έργο που προσάγει κατάλληλο και επαρκές νερό από τον Ανάβαλο, με κόστος στον καταναλωτή περίπου 0,06 ευρώ το κυβικό.

Η Περιφέρεια Πελοποννήσου, γνωρίζοντας το πρόβλημα, απεφάσισε να προχωρήσει στην εκπόνηση μελέτης για την κατασκευή έργου ταμίευσης

στο Ράδο ποταμό, στη περιοχή της Τζερτζελιάς, για να λύσει το υδρευτικό κυρίως πρόβλημα της γύρω περιοχής, το οποίο θα οξύνεται πολύ στο άμεσο μέλλον, λόγω της μεγάλης τουριστικής και οικιστικής ανάπτυξης της περιοχής.

Η κατασκευή ενός τέτοιου έργου θα έχει σαν αποτέλεσμα ένα ποσοστό περίπου 40% των μέσων απορροών του ποταμού Ράδου μέχρι τη συγκεκριμένη θέση, να αποθηκεύεται και να μην καταλήγει στη θάλασσα.

2.4.16 Φράγμα και συναφή έργα

Ο εντοπισμός έγινε κατ'αρχήν με βάση τη γεωμετρική καταλληλότητα της θέσης. Στη συνέχεια έγινε γεωλογική αναγνώριση και αξιολόγηση της κάθε θέσης, η οποία περιγράφεται συνοπτικά σε επόμενη παράγραφο. Όσες από αυτές τις θέσεις κρίθηκαν εξ'αρχής γεωλογικά ακατάλληλες δεν εξετάσθηκαν περαιτέρω στην Υδραυλική μελέτη. Αυτές είναι οι Γ3, Γ4, Γ5, Β2 και Α1.

Για τις υπόλοιπες προσδιορίστηκαν οι καμπύλες Υψομέτρου – Όγκου αναχώματος – Μήκους στέψης και οι καμπύλες Υψομέτρου – Όγκου ταμιευτήρα – Επιφάνειας καθρέπτη. Με βάση αυτά τα στοιχεία έγινε τεχνικοοικονομική σύγκριση αυτών των θέσεων, λαμβάνοντας υπόψη και παράγοντες απορροής στη κάθε θέση.

Στη θέση Β1 εξετάσθηκαν 3 άξονες, οι Β0, Β1α και Β1β, όπου ο κάθε ένας είναι κατάλληλος μέχρι ένα μέγιστο υψόμετρο στέψης. Ο Β0 είναι καταλληλότερος για υψόμετρο στέψης μέχρι +168, ο Β1α για υψόμετρο στέψης μέχρι +180 ή +182 και ο Β1β για υψόμετρο στέψης μέχρι +190

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η χρονοσειρά παροχών εισόδου στον ταμιευτήρα για την επιλεγθείσα θέση:

Πίνακας 13: Χρονοσειρά Παροχών Εισόδου στον Ταμιευτήρα στη Θέση Β

Μηνάς ,t ->	Qp,t (m³/s)												
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
ΕΤΟΣ,ρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1963-64	0.000	0.000	0.000	2.349	1.204	0.316	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.322
1964-65	0.000	0.000	0.000	0.000	2.112	6.085	0.548	0.286	0.000	0.000	0.000	0.000	0.753
1965-66	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.791	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066
1966-67	0.000	0.000	0.000	0.759	1.354	0.560	1.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.307
1967-68	2.409	1.822	2.442	3.820	2.198	1.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.141
1968-69	0.072	2.682	5.027	1.135	0.077	1.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.836
1969-70	0.000	0.000	0.383	0.875	0.591	0.434	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.190
1970-71	0.000	0.000	0.772	3.115	2.219	1.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.595
1971-72	0.000	0.000	0.000	0.267	2.119	0.479	2.311	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.431
1972-73	0.000	0.000	0.383	5.252	1.192	1.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.680
1973-74	0.000	0.000	0.000	0.000	6.944	1.739	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.724
1974-75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.435	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
1975-76	0.000	0.000	5.175	0.960	3.535	1.551	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.935
1976-77	0.000	0.000	1.333	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.117
1977-78	0.000	0.000	1.551	2.884	2.198	0.589	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.602
1978-79	0.000	0.000	1.767	0.957	1.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.311
1979-80	0.000	0.000	0.000	1.095	2.335	1.426	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.405
1980-81	0.000	0.000	2.008	5.762	1.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.735
1981-82	0.000	0.000	0.000	0.725	3.182	3.533	1.835	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.773
1982-83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.911	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076
1983-84	0.000	0.000	0.632	1.699	1.699	0.457	1.894	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.532
1984-85	0.000	0.000	3.988	5.115	1.945	2.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.149
1985-86	0.000	0.000	0.000	0.000	1.341	0.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.134
1986-87	1.511	0.000	1.070	0.556	1.842	2.856	1.902	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.811
1987-88	0.000	0.000	0.000	0.918	3.098	3.237	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.604
1988-89	0.000	0.000	2.178	0.000	0.000	1.767	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.329
1989-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1990-91	0.000	0.000	0.000	1.291	1.337	0.190	0.645	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.289
1991-92	0.000	0.000	0.908	0.000	0.827	0.962	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.225
1992-93	0.000	0.000	0.000	0.000	1.110	0.469	0.000	0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	0.166
1993-94	0.000	0.000	0.191	2.294	2.909	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.450
1994-95	0.000	0.000	0.172	2.864	0.000	1.124	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.347
1995-96	0.000	0.000	0.552	3.514	1.788	1.713	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.631
1996-97	0.000	0.000	0.000	1.751	0.752	2.517	0.601	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.468
1997-98	0.000	0.000	0.505	0.670	0.040	7.724	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.745
1998-99	0.000	0.000	2.463	1.191	1.608	3.833	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.758
1999-00	0.000	0.174	1.247	0.569	1.429	0.770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.349
2000-01	0.000	0.000	0.661	1.733	2.697	0.000	0.275	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.447

μεσος mt	0.105	0.123	0.932	1.426	1.531	1.406	0.290	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.486
τυπ αποκ St	0.455	0.519	1.365	1.593	1.350	1.689	0.634	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.299
MIN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAX	2.409	2.682	5.175	5.762	6.944	7.724	2.311	0.414	0.000	0.000	0.000	0.000	1.149

Θεωρούμε όμως ότι η χρονοσειρά αυτή προέκυψε με αρκετά συντηρητικές παραδοχές και έτσι δεν φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα στη διαστασιολόγηση του όγκου του ταμιευτήρα. Παρ' όλα αυτά τονίζεται και πάλι εδώ η ανάγκη μετρήσεων παροχών στο ποτάμι στο άμεσο μέλλον.

Παρουσιάζονται παρακάτω οι κυριότερες προτάσεις για τα μεγέθη διαστασιολόγησης υπερχειλιστή και ελέγχου μεγίστου ύψους φράγματος διαφόρων ανά τον κόσμο Υπηρεσιών, οι οποίες χρησιμοποιούν διάφορα κριτήρια για την πλημμύρα σχεδιασμού και ελέγχου των υπερχειλιστών.

Η S.C.S. ταξινομεί τα φράγματα σε τρεις κατηγορίες (κατά την ταξινόμηση του Ogrosky) , ως εξής:

Κατηγορία (a): Φράγματα που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές, όπου η καταστροφή τους μπορεί να προκαλέσει ζημιές σε αγροτικά κτίσματα, αγροτική γη ή κοινοτικούς και αγροτικούς δρόμους.

Κατηγορία (b): Φράγματα που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές, όπου η καταστροφή τους μπορεί να προκαλέσει ζημιές σε μεμονωμένα σπίτια, κύριους δρόμους ή να προκαλέσει διακοπή στη χρήση ή εξυπηρέτηση των έργων κοινής ωφελείας.

Κατηγορία (c): Φράγματα που βρίσκονται σε περιοχές, όπου η καταστροφή τους μπορεί να προκαλέσει απώλεια ανθρώπων, σοβαρές ζημιές σε σπίτια, βιομηχανικά και εμπορικά κτίρια, σε σημαντικά έργα κοινής ωφελείας, κύριους δρόμους κλπ.

Από τα παραπάνω και την επί τόπου εξέταση της περιοχής και των χαρτών προκύπτει ότι το φράγμα του Ράδου (Διπόταμου) μπορεί να καταταγεί στην κατηγορία a ή το πολύ στην b.

1. Εκτίμηση ποσοστού φερτών που κατακρατούνται στον ταμιευτήρα.

Από υδρολογικές παρατηρήσεις κατά την περίοδο 1964-2001, η μέση ετήσια βροχόπτωση στη λεκάνη είναι περί τα 95X106 m³, ενώ η μέση ετήσια απορροή στη θέση του φράγματος εκτιμήθηκε ότι είναι περί τα

15,2x106 m³. Η ετήσια απορροή που αποθηκεύεται κατά μέσο όρο στον ταμιευτήρα όγκου περί τα 6x106m³ είναι ένα ποσοστό περίπου 40% αυτής που καταλήγει στον ταμιευτήρα.

2. Προτάσεις

Για την ασφαλέστερη εκτίμηση του όγκου των φερτών, θα πρέπει να γίνουν μετρήσεις των αιωρούμενων και των μεταφερόμενων με σύρση φερτών κατά τη διάρκεια της οριστικής μελέτης και της κατασκευής του φράγματος. Θεωρούμε ότι αυτός είναι ο ασφαλέστερος τρόπος της ακριβέστερης δυνατής εκτίμησης των φερτών για τη διάρκεια ζωής του φράγματος.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης προτείνεται η κατασκευή, ανάντη της λεκάνης κατάκλυσης, μικρού φράγματος ανάσχεσης των φερτών που μεταφέρονται με σύρση, και κυρίως των ογκοδών που μεταφέρει ο κλάδος της Τραχειάς. Το έργο αυτό θα συγκεντρώνει όγκο φερτών τάξης 10.000 m³ και τα υλικά θα μπορούν να πωλούνται για αδρανή σκυροδέματος στα έργα της περιοχής. Επίσης το έργο θα λειτουργεί και για την μέτρηση αυτής της στερεοπαροχής.

Οικολογικός όγκος – οικολογική παροχή

Σύμφωνα με τις ανάγκες της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, η οποία εκπονείται, ταυτόχρονα με την παρούσα, απαιτείται:

A) Μόνιμος όγκος νερού μέσα στον ταμιευτήρα βάθους 2 m πάνω από την στάθμη των φερτών στο τέλος της οικονομικής ζωής του έργου που είναι 50 χρόνια. Ο όγκος που αντιστοιχεί σε βάθος 2 m, σύμφωνα με την καμπύλες ύψους – όγκου του ταμιευτήρα, στις εξετασθείσες θέσεις είναι της τάξης των 350.000 – 450.000 m³.

B) Μόνιμη παροχή στο ποτάμι, κατάντη του φράγματος, για την τροφοδοσία του οικοσυστήματος, κατά τη διάρκεια της ξηροθερμικής περιόδου, η οποία προσδιορίστηκε από τις 10 Απριλίου έως τις 20 Σεπτεμβρίου, ίση με το μισό της συνολικής απορροής αυτής της περιόδου. Αυτή η παροχή, με βάση την χρονοσειρά απορροών που προσδιορίστηκε στην Υδρολογική μελέτη και παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.5α του παρόντος κεφαλαίου, προκύπτει 20 l/s ή 72m³/ώρα ή 280.000 m³ / ετησίως.

Συνολική απαιτούμενη απόληψη από τον ταμιευτήρα

Ο συνολικός απολήψιμος όγκος από τον ταμιευτήρα είναι το άθροισμα του όγκου νερού για τις ανάγκες ύδρευσης, (λόγος για τον οποίο κατασκευάζεται το φράγμα) και του όγκου νερού για την μόνιμη περιβαλλοντική παροχή κατάντη. Αυτός ο όγκος καθορίζει, μετά από υδραυλικό ισοζύγιο λειτουργίας του ταμιευτήρα σε μηνιαία βάση, τον τελικό οφέλιμο όγκο που είναι πάνω από τη στάθμη του μόνιμου οικολογικού όγκου στον ταμιευτήρα. Ο τελικός οφέλιμος όγκος καθορίζει και την ανώτατη στάθμη λειτουργίας του ταμιευτήρα (ΑΣΥ), η οποία είναι και η στάθμη στέψης του υπερχειλιστή.

Για τις ανάγκες ύδρευσης και λαμβάνοντας υπόψη όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4 για τις ανάγκες σε νερό, εξετάσθηκαν αρχικά τρία βασικά σενάρια ετήσιου απολήψιμου όγκου για ύδρευση:

Σενάριο 1	Ετήσιος όγκος	1,7 x 10 ⁶ m ³
Σενάριο 2	Ετήσιος όγκος	2,7 x 10 ⁶ m ³
Σενάριο 3	Ετήσιος όγκος	4,0 x 10 ⁶ m ³

Στη συνέχεια και επειδή μετά την υποβολή της Εισηγητικής έκθεσης το Μάιο εκφράστηκε η επιθυμία από την Υπηρεσία, να κατασκευασθεί τουλάχιστον σε Α φάση ένα μικρότερο φράγμα, που μελλοντικά να μπορεί να υπερυψωθεί, προστέθηκε και ένα επιπλέον σενάριο (Σενάριο 0) για ετήσιο υδρευτικό όγκο 1,0 x 10⁶ m³

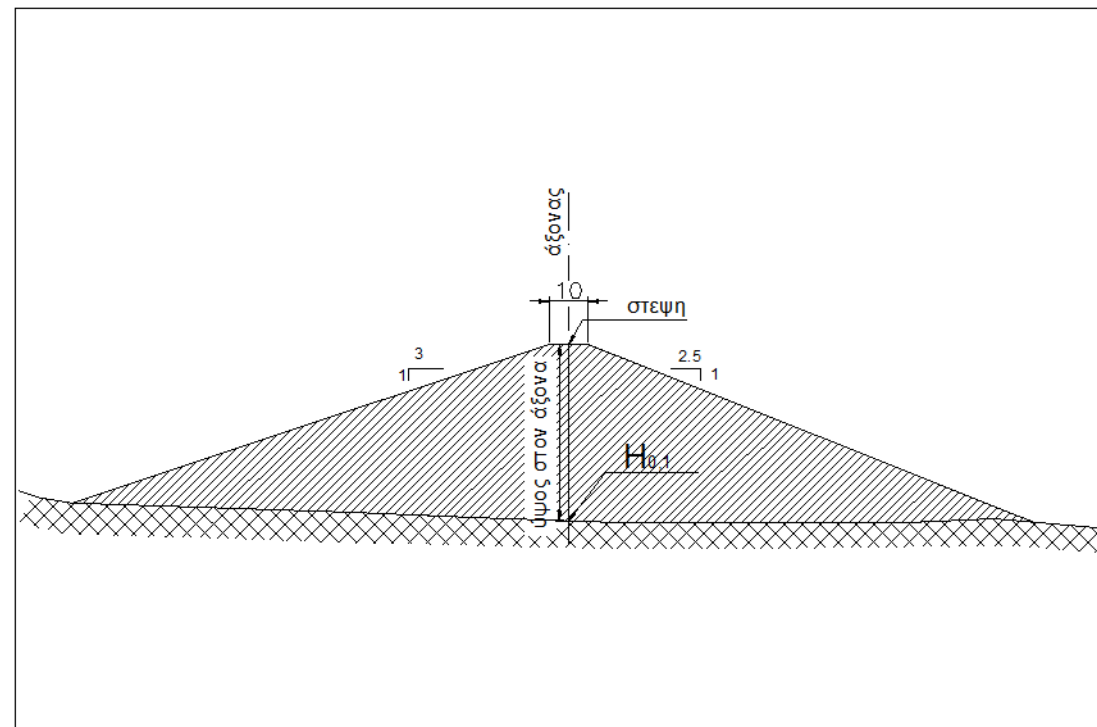
Θεωρούμε ότι μετά από 20 και 40 χρόνια οι γεωτρήσεις της περιοχής, με το δυναμικό και την ποιότητα που έχουν, δεν θα μπορούν να συνεισφέρουν στο υδατικό δυναμικό της περιοχής.

2.4.17 Τύπος και τυπική διατομή

Ο κατάλληλος τύπος του φράγματος καθορίζεται από τις μορφολογικές και γεωλογικές συνθήκες της περιοχής, αλλά κυρίως από το είδος των υλικών που υπάρχουν στη περιοχή του έργου.

Οι τύποι φράγματος που θα μπορούσαν θεωρητικά να εξετασθούν για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι ακόλουθοι:

1. Φράγματα με εδαφικά υλικά, όπως είναι τα χωμάτινα και τα λιθόρριπτα
2. Φράγματα βαρύτητας, όπως είναι τα σκυροδέματος (ολόσωμα, τοξοτά, αντηριδωτά), από ισχνό κυλινδρούμενο σκυρόδεμα (RCC)



Εικόνα 2: Τυπική διατομή

Για τον υπολογισμό του πλάτους της στέψης πήραμε υπόψη μας τα παρακάτω.

Με βάση τον εμπειρικό τύπο του Preece και για ύψος φράγματος 40 m προκύπτει:

$$B=1,0 + 1,1 \times H \frac{1}{2} \approx 1,0 + 1,1 \times (40) \frac{1}{2} = 8,00 \text{ m}$$

Με βάση την σχέση, για το ελάχιστο πλάτος στέψης, που αναφέρεται στο Guidelines for design of dams και για ύψος φράγματος 40 m (131.2 feet) προκύπτει:

$$B=0,2 \times H + 7,0 \text{ σε πόδια (feet)} \approx 0,2 \times 131,2 + 7,0 = 33 \text{ feet} = 10,00 \text{ m}$$

Το πλάτος της στέψης επιλέγεται για το παρόν στάδιο της μελέτης $B=8 \text{ m}$.

Σε επόμενο στάδιο της μελέτης και ανάλογα με την γενικότερη χρήση του δρόμου προσπέλασης και της στέψης θα μπορούσε να επιλεγεί και μεγαλύτερο πλάτος 10 m, το οποίο θα σήμαινε μία αύξηση του όγκου του αναχώματος της τάξης των 2-3%.

ΘΕΣΗ B1 (Άξονες B1β, B1α, B0)

Στη θέση αυτή το σχεδιαζόμενο φράγμα εδράζεται:

α) στο δεξιό αντέρεισμα στους σερπεντινωμένους περιδοτίτες, οι οποίοι αναμένεται να έχουν γενικά καλή μηχανική συμπεριφορά,

β) στο κεντρικό τμήμα σε πολύ μικρού πάχους υλικά αναβαθμίδων και σε υλικά κοίτης, πάχους 2 m σύμφωνα με τα στοιχεία της γεώτρησης Γ2. Στη συνέχεια συναντάται ο σερπεντινωμένος περιδοτίτης, ο οποίος έχει βραχώδη χαρακτηριστικά.

γ) στο αριστερό αντέρεισμα στους σερπεντινωμένους περιδοτίτες με έντονο κατακερματισμό και στη συνέχεια στους σερπεντινίτες με έντονη τεκτονική καταπόνηση. Επιφανειακά απαντώνται ελουβιακός μανδύας μικρού πάχους και κορηματικά υλικά.

Οι σερπεντινωμένοι περιδοτίτες και σερπεντινίτες θεωρούνται στεγανοί σχηματισμοί, με εξαίρεση το επιφανειακό αποσαθρωμένο τμήμα τους και τις ζώνες κατακερματισμού.

Επιπλέον, οι διαπερατοί και με πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά τεταρτογενείς σχηματισμοί - πλευρικά κορήματα, αποθέσεις αναβαθμίδας και αποθέσεις κοίτης- παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη τόσο πλευρικά, όσο και σε βάθος.

Η λεκάνη κατάκλυσης συνίσταται από αδιαπέρατους σχηματισμούς και δεν αναμένονται προβλήματα στεγανότητας.

Δεν έχουν επίσης εντοπιστεί σημαντικά προβλήματα εδαφικής αστάθειας ή κατολισθήσεις στα πρηνή του σχεδιαζόμενου ταμιευτήρα. Παρατηρήθηκαν μικρής έκτασης μικροκαταπτώσεις τεμαχών σε διαταραγμένο τμήμα της βραχόμαζας του δεξιού αντερείσματος, το οποίο συνίσταται από σερπεντινωμένο περιδοτίτη.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η θέση Β1β επιλέχθηκε ως η ευνοϊκότερη για την κατασκευή του φράγματος. Για το λόγο αυτόν η γεωτεχνική έρευνα, εστιάστηκε στη συγκεκριμένη θέση. Επίσης ο αρχικός σχεδιασμός των έργων υπερχειλιστή και σήραγγας εκτροπής έγινε για την ίδια θέση. Πιο συγκεκριμένα τα έργα αυτά τοποθετήθηκαν στο δεξιό αντέρεισμα της θέσης Β1β, όπου, με βάση τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις, η βραχόμαζα παρουσιάζει τα καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά.

Ο υπερχειλιστής αναμένεται να εδρασθεί πάνω σε πλευρικά κορήματα στο αρχικό τμήμα του, σε βραχόμαζα σερπεντινωμένου περιδοτίτη και σε πλευρικά κορήματα στη συνέχεια και σε αποθέσεις αναβαθμίδας - κοίτης στο τελευταίο τμήμα του. Τα χαλαρά υλικά θα πρέπει να απομακρυνθούν ώστε η έδρασή του να γίνει στην υγιή βραχόμαζα.

Η σήραγγα εκτροπής στο αρχικό τμήμα της διαμορφώνεται εντός αποθέσεων αναβαθμίδας και κοίτης, μέσα σε μικρού πάχους πλευρικά κορήματα και στην βραχόμαζα του σερπεντινωμένου περιδοτίτη. Στη

συνέχεια διέρχεται πάλι από πλευρικά κορήματα για να καταλήξει εντός αποθέσεων αναβαθμίδας και κοίτη.

Η θέση μπορεί να συγκεντρώσει τον απαιτούμενο όγκο για τις υδατικές ανάγκες ακόμα και μεγαλύτερες των 4.000.000 m³, λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι ο Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Τροιζηνίας σχεδιάζει την κατασκευή λιμνοδεξαμενής όγκου 438.000 m³, στον κλάδο του Καρατζά, που ανήκει στο Νομό Αττικής, και στην οποία προβλέπεται η δέσμευση νερού ετησίως για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς, από λεκάνη απορροής 12,2 Km².

Η θέση αυτή όμως λόγω της μεγαλύτερης λεκάνης απορροής θα συγκεντρώνει μεγαλύτερο όγκο φερτών, αλλά θα έχει και σημαντικότερα έργα υπερχείλισης και εκτροπής.

Αξιολογώντας όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο τα στοιχεία κόστους, καταλήγουμε να προτείνουμε τη θέση Β1 και μάλιστα τον άξονα Β1β, για την κατασκευή του φράγματος της Τζερτζελιάς, σε συνδυασμό με το σενάριο απόληψης 4,0 x 10⁶ m³, για κάλυψη υδρευτικών αναγκών του έτους 2043 του Δήμου Κρανιδίου, των Δ.Δ Ερμιόνης, Ιρίων και Καρνεζαϊϊκών.

2.4.18 Περιγραφή προτεινόμενων έργων φράγματος

Το προτεινόμενο φράγμα θα κατασκευασθεί επί του ποταμού Ράδου σε απόσταση 16,0 Km από τη θάλασσα. Γύρω από το φράγμα και σε ευθεία απόσταση από αυτό βρίσκονται οι παρακάτω κοντινότεροι οικισμοί:

- Ο οικισμός της Πελεής 4 Km A-NA
- Ο οικισμός του Νεοχωρίου 3,5 Km B-BA
- Ο οικισμός του Βοθικίου 3 Km B
- Ο οικισμός του Σταυροποδίου 2Km ΒΔ

Ο άξονας του φράγματος έχει κατεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ, με μήκος 348 m και απόλυτο υψόμετρο +186,5 m.

Το ύψος του φράγματος είναι 40,5 m και ο όγκος του αναχώματος περίπου 810 x 103 m³.

Το πλάτος της στέψης είναι 8 m και οι κλίσεις του αναχώματος οριζ:κατ = 3:1 ανάντη και 2,5:1 κατόντη.

Η μέγιστη επιφάνεια του ταμιευτήρα (πλημμυρική), που θα δημιουργηθεί για το ύψος αυτό, θα είναι 865.000 m² ενώ η μέγιστη επιφάνεια για το υψόμετρο της στέψης του φράγματος είναι 940.000 m². Το μήκος της λίμνης θα επεκτείνεται 4 Km, επί του ποταμού, πίσω από το φράγμα.

Ο υπερχειλιστής θα είναι μετωπικός, μήκους στέψης 80m με στάθμη στέψης στο + 179 m. Η διώρυγα φυγής, συνολικού μήκους 350 m, θα έχει πλάτος 40 m και ύψος 4 m. Στο τμήμα, μήκους περίπου 70 m, που θα είναι η λεκάνη καταστροφής ενέργειας, το ύψος των τοίχων θα είναι της τάξης των 20 m. Υπερχειλιστής και διώρυγα φυγής έχουν υπολογισθεί για παροχή 1700 m³ / sec και έχουν ελεγχθεί για την μέγιστη παροχή 2400 m³ / sec ασφάλειας του φράγματος.

Τυπικό σχέδιο του υπερχειλιστή δίνεται στο Σχέδιο 11 «Τυπικά έργα φράγματος»

Το έργο εκτροπής – εκκένωσης – υδροληψίας έχει ληφθεί στο παρόν στάδιο σαν σήραγγα διαμέτρου 6,5 m για την εκτροπή παροχής 500 m³ / sec, για περίοδο επαναφοράς T=20 έτη και η οποία θα φέρει χαλυβδοσωλήνα διαμέτρου D = 0,90 m για την υδροληψία και την εκκένωση. Στο παρόν στάδιο, η διαστασιολόγηση των απαιτούμενων διαμέτρων που αναφέρονται στο Τεύχος 3, είναι οι ελάχιστες απαιτούμενες για τις επιλεγείσες παροχές σχεδιασμού που είναι 4 m³ / sec για την εκκένωση και 0,12 m³ / sec για την υδροληψία.

Θα πραγματοποιηθεί περιμετρικός φωτισμός φράγματος με φωτιστικά σώματα Νατρίου Υψηλής Πίεσης σε ιστούς ύψους 9m.

Μέσα στο κτίριο χειρισμού δικλείδων των έργων υδροληψίας - εκκένωσης, που βρίσκεται κατόντη του φράγματος, προβλέπεται ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που περιλαμβάνει δικλείδες, μετρητές παροχής, γερανογέφυρα, κ.λ.π.

2.4.19 Οικονομικά Στοιχεία

Έγινε κοστολόγηση όλων των προτεινόμενων έργων που περιγράφηκαν παραπάνω. Επίσης για λόγους τεχνικοοικονομικής σύγκρισης έγινε και κοστολόγηση των επί μέρους έργων, για τις διάφορες λύσεις που εξετάστηκαν, όπως:

- Φράγματος σε μία φάση (σενάρια 1,2,3) και σε δύο φάσεις με πρώτη αυτή του χαμηλού φράγματος (σενάριο 0) στη κάθε θέση.
- Έργων υπερχειλίσης στη κάθε θέση φράγματος
- Έργων εκτροπής-εκκένωσης- υδροληψίας στη κάθε θέση φράγματος
- Εγκαταστάσεων καθαρισμού
- Αντλιοστασίων
- Αγωγού μεταφοράς για κατασκευή σε δύο φάσεις και μία φάση

Για τον καθορισμό των τιμών μονάδας εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκαν κατά βάση οι Αναλύσεις τιμών ΑΤΥΕ και ΑΤΕΟ του ΥΠΕΧΩΔΕ, αλλά έχουν ληφθεί και τιμές από το εμπόριο.

Για τις σύνθετες τιμές των έργων έχουν χρησιμοποιηθεί ποσοτικά στοιχεία από παρόμοια έργα ή που καθορίστηκαν με εκτιμητικούς προϋπολογισμούς. Παρακάτω αναφέρονται τα στοιχεία κόστους για όλα τα προτεινόμενα τελικά έργα, που είναι φράγμα με τα συναφή έργα στη θέση Β1β, για εξασφάλιση υδρευτικού όγκου $4,0 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκαταστάσεις καθαρισμού, οδός προσπέλασης στα έργα, αντλιοστάσια και δίκτυο για την μεταφορά του νερού στο Κρανίδι και την Ερμιόνη, δίκτυο για την μεταφορά του νερού στα Ιρία, φράγμα ανάσχεσης φερτών και μέτρησης της στερεοπαροχής, έργο μέτρησης παροχής.

Πίνακας 14: Ενδεικτικές Δαπάνες Προτεινόμενων Έργων

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑ ΣΥΝΟΛΙΚΑ		ΔΑΠΑΝΗ (Ευρώ)
1	Φράγμα	4.617.000
	Υπερχειλιστής	4.580.000
	Εκτροπή-εκκένωση-υδροληψία	4.050.000
	Η/Μ εξοπλισμός	180.000
	Αγωγός προσαγ. νερού στις εγκ. Καθ.	26.000
	Μερικό Σύνολο	13.453.000
2	Οδός προσπέλασης	664.000
3	Εγκαταστάσεις καθαρισμού	600.000
4	Αντλιοστάσια	1.220.000
5	Δίκτυο Κρανιδίου - Ερμιόνης	3.518.000
6	Δίκτυο Ιρίων	341.000
7	Φράγμα ανάσχεσης φερτών	35.000
8	Έργο μέτρησης παροχής	351.400
Συνολική καθαρή Δαπάνη χωρίς απρόβλεπτα		20.182.400
ΓΕ +ΟΕ 18%		3.632.832
Αξία έργου		23.815.232
Απρόβλεπτα, Αναθεώρηση		2.133.921
Προϋπολογισμός		25.949.153
ΦΠΑ 18%		4.670.847
Συνολική αξία έργου		30.620.000
Απαλλοτριώσεις		180.000
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ		30.800.000

Προκειμένου να μπορεί να γίνει σταδιακή κατασκευή των έργων προτάθηκαν τα παρακάτω:

α) Να κατασκευασθεί (Στάδιο 0), πριν την Οριστική μελέτη το φράγμα ανάσχεσης φερτών - μέτρησης της στερεοπαροχής και το έργο μέτρησης παροχής, για να είναι δυνατή η εκτίμηση της στερεοπαροχής και της απορροής, πριν από την κατασκευή του φράγματος. Το κόστος αυτών είναι:

Πίνακας 15: Δαπάνες Σταδίου «0»

ΕΡΓΑ ΣΤΑΔΙΟΥ 0 (πριν την Οριστική μελέτη)		ΔΑΠΑΝΗ (Ευρώ)
1	Φράγμα ανάσχεσης φερτών	35.000
2	Έργο μέτρησης παροχής	351.400
Συνολική καθαρή Δαπάνη χωρίς απρόβλεπτα		386.400
ΓΕ +ΟΕ 18%		69.552
Αξία έργου		455.952
Απρόβλεπτα, Αναθεώρηση		35.573
Προϋπολογισμός		491.525
ΦΠΑ 18%		88.475
Συνολική αξία έργου		580.000
Απαλλοτριώσεις		0
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ		580.000

β) Μετά την εκπόνηση της οριστικής μελέτης να δημοπρατηθούν και κατασκευασθούν (Στάδιο 1), το φράγμα με τα συναφή έργα στη θέση Β1β, για εξασφάλιση υδρευτικού όγκου $4,0 \times 10^6 \text{ m}^3$, εγκαταστάσεις καθαρισμού, οδός προσπέλασης στα έργα, αντλιοστάσια και από το δίκτυο για την μεταφορά του νερού στο Κρανίδι μόνο ο καταθλιπτικός αγωγός και ο αγωγός βαρύτητας έως τη δεξαμενή Διδύμων. Το κόστος αυτών είναι:

Πίνακας 16: Δαπάνες Σταδίου «1»

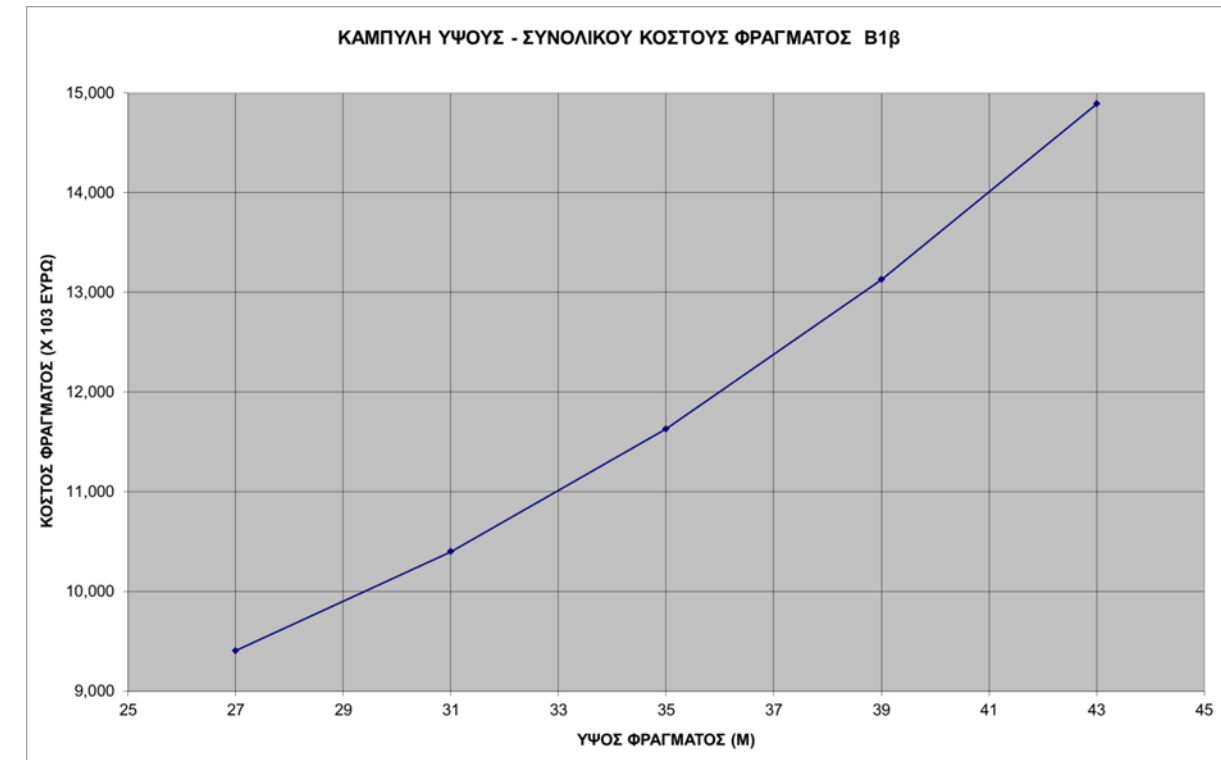
ΕΡΓΑ 1 ^ο ΣΤΑΔΙΟΥ		ΔΑΠΑΝΗ (Ευρώ)
1	Φράγμα	4.617.000
	Υπερχειλιστής	4.580.000
	Εκτροπή-εκκένωση-υδροληψία	4.050.000
	Η/Μ εξοπλισμός	180.000
	Αγωγός προσαγ. νερού στις εγκ. Καθ.	26.000
	Μερικό Σύνολο	13.453.000
2	Οδός προσπέλασης	664.000
3	Εγκαταστάσεις καθαρισμού	600.000
4	Αντλιοστάσια	1.185.260
5	Δίκτυο Κρανιδίου - Ερμιόνης έως τα Δίδυμα	989.000
Συνολική καθαρή Δαπάνη χωρίς απρόβλεπτα		16.891.260
ΓΕ +ΟΕ 18%		3.040.427
Αξία έργου		19.931.687
Απρόβλεπτα, Αναθεώρηση		1.780.178
Προϋπολογισμός		21.711.864
ΦΠΑ 18%		3.908.136
Συνολική αξία έργου		25.620.000
Απαλλοτριώσεις		180.000
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ		25.800.000

γ) Σε επόμενο στάδιο (Στάδιο 2) να κατασκευασθούν τα υπόλοιπα δίκτυα προς Κρανίδι - Ερμιόνη και Ίρια. Το κόστος αυτών είναι:

Πίνακας 17: Δαπάνες Σταδίου «2»

ΕΡΓΑ 2 ^ο ΣΤΑΔΙΟΥ		ΔΑΠΑΝΗ (Ευρώ)
1	Αντλιοστάσια	34.740
2	Δίκτυο Κρανιδίου - Ερμιόνης	2.529.000
3	Δίκτυο Ιρίων	341.000
Συνολική καθαρή Δαπάνη χωρίς απρόβλεπτα		2.904.740
ΓΕ +ΟΕ 18%		522.853
Αξία έργου		3.427.593
Απρόβλεπτα, Αναθεώρηση		318.170
Προϋπολογισμός		3.745.763
ΦΠΑ 18%		674.237
Συνολική αξία έργου		4.420.000
Απαλλοτριώσεις		0
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ		4.420.000

Στο παρακάτω Διάγραμμα παρουσιάζεται η μεταβολή του κόστους του φράγματος συναρτήσει του ύψους για τη θέση Β1β. Για τη μεταβολή του κόστους συναρτήσει του ύψους έχει ληφθεί για όλα τα ύψη το ίδιο κόστος έργων υπερχειλίσης και εκτροπής. Αυτό είναι σωστό για μικρή διακύμανση ύψους, όπως στα διαγράμματα. Για μεγαλύτερη διακύμανση θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και διακύμανση του κόστους των άλλων έργων.



Γράφημα 11: Καμπύλη Ύψους – Κόστους [πηγή: Μελέτη Φράγματος Τζετζελιάς, Συλλογικό έργο]

2.4.20 Συνοπτικά συμπεράσματα και προτάσεις

Το έργο κατασκευάζεται με σκοπό την ύδρευση των παρακάτω περιοχών:

- του Καποδιστριακού Δήμου Κρανιδίου που περιλαμβάνει τα Δ.Δ. Κρανιδίου, Πορτοχελίου, Κοιλιάδας, Φούρνων & Διδύμων
- του Δ.Δ. Ερμιόνης
- των Δ.Δ. Ιρίων και Καρνεζαϊϊκών του Καποδιστριακού Δήμου Ασίνης

Το έργο πρόκειται να σχεδιαστεί για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του πληθυσμού του έτους 2043, ο οποίος είχε εκτιμηθεί περίπου σε 63.984 κατοίκους και οι εξυπηρετούμενες ετήσιες υδατικές ανάγκες του έτους 2043 σε 4.050.000 m³/έτος.

Επίσης το έργο προβλέπεται να καλύψει οικολογική παροχή 0,025 μ³/s για την περίοδο όλου του έτους, η οποία σε ετήσιο όγκο είναι 788,4 * 10³ m³

Τα βασικά χαρακτηριστικά των έργων στη θέση Β είναι:

Πίνακας 18: Βασικά Χαρακτηριστικά Προτεινόμενων Έργων

Φράγμα στη θέση Β	
Επιφάνεια λεκάνης απορροής	137 Km ²
Συνολικός όγκος φερτών 50 ετών	1.500.000 m ³
Όγκος απόληψης για υδρευτικές ανάγκες/έτος	4.050.000 m ³ /y
Όγκος απόληψης για οικολογική παροχή/έτος	788.400 m ³ /y
Ωφέλιμος όγκος	7.154.000 m ³
ΑΣΑ (στέψη υπερχειλιστή)	179 m
ΑΣΠ	185,7 m
Στάθμη στέψης	187.2 m
Μήκος στέψης	409 m
Μέγιστο ύψος από θεμελίωση	48.2 m
Παροχή εισροής πλημμύρας (T=1000)	1720 m ³ /s
Παροχή εισροής πλημμύρας (T=10000)	2420 m ³ /s
Παροχή εξόδου υπερχειλιστή (T=1000)	1650 m ³ /s
Παροχή εξόδου υπερχειλιστή (T=10000)	2350 m ³ /s
Διατομή αγωγού εκτροπής	6.5 m
Μήκος αγωγού έκτροπης	493 m
Διατομή αγωγού υδροληψίας	1.2 m
Φράγμα ανάσχεσης φερτών	10.000 m ³
Εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού	8300 m ³ /ημέρα
Αντλιοστάσια συνολικής ισχύος	913 Kw
Συνολικό μήκος δικτύων μεταφοράς νερού	59.694 m
Συνολικό μήκος οδών προσπέλασης	5.542 m

Τα έργα της περιοχής του φράγματος περιλαμβάνουν :

- Το φράγμα, ήτοι το ανάχωμα που απαιτείται για τη δημιουργία ταμιευτήρα συνολικής χωρητικότητας 7.914.00 μ³
- Τον υπερχειλιστή, συνολικού μήκους 393μ
- Τα έργα εκτροπής, εκκένωσης-υδροληψίας, που περιλαμβάνουν την κατασκευή σήραγγας εκτροπής και αγωγού εκκένωσης-υδροληψίας μήκους 493 μ με το συνοδό κτίριο δικλείδων και οργάνων ,το πρόφραγμα και λοιπά έργα
- Το έργο μέτρησης παροχής του ποταμού κατάντη του φράγματος
- Το φράγμα ανάσχεσης φερτών ανάντη της λεκάνης κατάκλισης

Η περιοχή μελέτης αντιμετωπίζει σοβαρότατο πρόβλημα ύδρευσης, λόγω ποσοτικής και ποιοτικής ανεπάρκειας των υφιστάμενων γεωτρήσεων ύδρευσης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα υπάρχει στο Δ.Δ. Ερμιόνης του Δήμου Ερμιόνης, στα Δ.Δ. Κρανιδίου, Πορτοχελίου και Κοιλιάδας του Δήμου Κρανιδίου και στο Δ.Δ. Ιρίων του Δήμου Ασίνης. Τα υπόλοιπα δημοτικά διαμερίσματα των παραπάνω δήμων αντιμετωπίζουν μικρότερο πρόβλημα σήμερα, είτε λόγω της επάρκειας των υφιστάμενων γεωτρήσεων (π.χ. Ηλιόκαστρο, Θερμησία του Δήμου Ερμιόνης, Δίδυμα, Φούρνοι του Δήμου Κρανιδίου και Καρνεζαΐικα του Δήμου Ασίνης), είτε λόγω της εξασφάλισης νερού και από άλλες πηγές (π.χ. Τολό, Ασίνη του Δήμου Ασίνης από δίκτυο Ναυπλίου). Βέβαια και αυτά στο μέλλον θα αντιμετωπίσουν πρόβλημα, διότι το δυναμικό των γεωτρήσεων, ποσοτικό και ποιοτικό, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Οι υδρευτικές ανάγκες της περιοχής έχουν εκτιμηθεί ανάλογα με το ποιές περιοχές θα υδρευθούν σε:

Πίνακας 19: Υδρευτικές Ανάγκες

Α/Α	ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΟΓΚΟΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (x 10 ⁶ m ³)		
		2003	2023	2043
1.	ΣΥΝΟΛΟ Α (Δ.Δ.ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	1,6	2,3	3,5
2.	ΣΥΝΟΛΟ Β (Δ.Δ.ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	1,8	2,5	3,8
3.	ΣΥΝΟΛΟ Γ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	1,8	2,5	3,8
4.	ΣΥΝΟΛΟ Δ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	1,9	2,7	4,0
5.	ΣΥΝΟΛΟ Ε (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	1,9	2,7	4,0
6.	ΣΥΝΟΛΟ ΣΤ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+Δ.Δ.ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	2,0	2,9	4,3
7.	ΣΥΝΟΛΟ Ζ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΑΣΙΝΗΣ)	2,6	3,9	6,0

Η διαθέσιμη ποσότητα νερού από υφιστάμενες γεωτρήσεις και άλλες πηγές έχει εκτιμηθεί σε:

Πίνακας 20: Διαθέσιμες Ποσότητες Νερού από Υφιστάμενες Γεωτρήσεις

Α/Α	ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΟΓΚΟΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ (x 10 ⁶ m ³)		
		2003	2023	2043
1.	ΣΥΝΟΛΟ Α (Δ.Δ.ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	0,17	0,0	0,0
2.	ΣΥΝΟΛΟ Β (Δ.Δ.ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΚΟΙΛΑΔΑΣ+ΠΟΡΤΟΧΕΛΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	0,23	0,0	0,0
3.	ΣΥΝΟΛΟ Γ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	0,39	0,0	0,0
4.	ΣΥΝΟΛΟ Δ (ΔΗΜΟΣ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+Δ.Δ.ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	0,45	0,0	0,0
5.	ΣΥΝΟΛΟ Ε (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ)	0,59	0,0	0,0
6.	ΣΥΝΟΛΟ ΣΤ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+Δ.Δ.ΙΡΙΩΝ+ΚΑΡΝΕΖΑΙΚΩΝ)	0,65	0,0	0,0
7.	ΣΥΝΟΛΟ Ζ (ΔΗΜΟΙ ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ+ΕΡΜΙΟΝΗΣ+ΑΣΙΝΗΣ)	0,95	0,9	0,9

Για τα έτη 2023 και 2043 δεν λαμβάνεται συνεισφορά από γεωτρήσεις, παρά μόνο η προβλεπόμενη από τη ΔΕΥΑ Ναυπλίου ποσότητα 140 m³/h ήτοι περίπου 900.000 m³ ετησίως, εφόσον περισσεύει, για Δρέπανο, Τολό και Ασίνη. Το νερό προέρχεται από την πηγή. Η δυναμικότητα της πηγής, σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΥΑΝ, είναι 11.400.000 m³, ενώ η ΔΕΥΑΝ αντλεί 2.800.000 m³ ετησίως.

Υπάρχει η δυνατότητα εξασφάλισης επιφανειακού νερού για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών, τόσο των σημερινών, όσο και των μελλοντικών. Αυτό μπορεί να γίνει από τον ποταμό Ράδο, με την κατασκευή φράγματος, του οποίου το ετήσιο δυναμικό απορροής εκιμάται σε διάφορες θέσεις όπως παρακάτω:

Πίνακας 21: Ετήσιο Δυναμικό Απορροής ποταμού Ράδου

A/A	ΘΕΣΗ	A	Γ	B	Λ (Ολη η λεκάνη)
1.	Εμβαδόν λεκάνης απορροής στη θέση (Km ²)	20	110	137	200
2.	Ετήσιος όγκος βροχόπτωσης (x 10 ⁶ m ³)				
	Με αξιοπιστία 50% (Μέσος)	13,5	76,9	95,3	127,9
	Με αξιοπιστία 80%	10,5	60,5	74,9	101,2
3.	Ετήσιος όγκος απορροής με μέθοδο Thornthwaite (x 10 ⁶ m ³)				
	Με αξιοπιστία 50% (Μέσος)	2,1	12,4	15,2	17,8
	Με αξιοπιστία 80%	1,0	5,9	7,2	7,6

Εξετάσθηκαν θέσεις κατασκευής φράγματος στο ποτάμι, περί τη συμβολή του κλάδου της Τραχειάς με τον κλάδο της Πελεής, όπου η γεωλογία και η τοπογραφία της περιοχής είναι κατάλληλη για τέτοια έργα, τα δε πετρώματα της λεκάνης κατάκλισης είναι στεγανά.

Αξιολογώντας όλα τα στοιχεία, κατά τη μελέτη του φράγματος της Τζερατζελιάς, προτάθηκε:

- α) Να κατασκευασθεί φράγμα ετήσιου απολήψιμου υδρευτικού όγκου τουλάχιστον 4,0 x 10⁶ m³ που να καλύψει τις ανάγκες όλου του Δήμου Κρανιδίου και των Δ.Δ. Ερμιόνης, Ιρίων και Καρνεζαίικων για το έτος 2043, χωρίς ενίσχυση από τις γεωτρήσεις.
- β) Να κατασκευασθεί το φράγμα στη θέση Β1 (άξονας Β1β) παρότι προκύπτει κατά τι μεγαλύτερο κόστους διότι:
 - Έχει μεγαλύτερη λεκάνη απορροής και συγκεντρώνει τον απαιτούμενο όγκο για τις υδατικές ανάγκες ακόμα και μεγαλύτερες των 4.000.000 m³, λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι ο Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Τροιζηνίας σχεδιάζει την κατασκευή λιμνοδεξαμενής όγκου 438.000 m³, στον κλάδο του Καρατζά, που ανήκει στο Νομό Αττικής, και στην οποία προβλέπεται η δέσμευση νερού ετησίως για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς, από λεκάνη απορροής 12,2 Km².
 - Έχει καλύτερες γεωλογικές συνθήκες
- γ) Να κατασκευασθούν εγκαταστάσεις καθαρισμού του νερού κατάντη του φράγματος, δυναμικότητας 8.300m³/ ημέρα.
- δ) Να κατασκευασθούν δίκτυα μεταφοράς, συνολικού μήκους 41.200m, μετά των απαραίτητων αντλιοστασίων, σε μία φάση (κάλυψη αναγκών 2043) και πιθανή σταδιακή κατασκευή, με 1ο στάδιο το δίκτυο Κρανιδίου από τις εγκαταστάσεις έως τη δεξαμενή Διδύμων και σε 2ο στάδιο όλο το υπόλοιπο δίκτυο.
- ε) Να κατασκευασθούν άμεσα τα έργα μέτρησης παροχής και μέτρησης στερεοπαροχής, ώστε να είναι δυνατόν να ληφθούν μετρήσεις και για το τρέχον υδρολογικό έτος.

3. Η Διαχειριστική Πρόταση

3.1 Επιτόπια Αυτοψία της Περιοχής Μελέτης και Φωτογραφική Τεκμηρίωση

Παρά τις προσπάθειες βελτίωσης της διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Αργολίδας παραμένει έντονη παραμένει η προβληματική κατάσταση τόσο στην ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών όσο και στην ύδρευση της ευρύτερης περιοχής.

Προκειμένου να προκύψει μια ολοκληρωμένη και αποτελεσματική Διαχειριστική Πρόταση, η οποία θα οδηγεί σε βιώσιμες και ρεαλιστικές λύσεις κρίθηκε σκόπιμη μια επιτόπια αυτοψία της περιοχής μελέτης και επιθεώρηση των προβληματικών συνθηκών.

Σε αυτό το πλαίσιο στις 15/11/2019 και ημέρα Παρασκευή πραγματοποιήθηκε επίσκεψη της Ομάδας Μελέτης στην περιοχή.

Ακολούθησε συνάντηση με αρμόδιους φορείς, κατοίκους της περιοχής και εμπλεκόμενους στο ευρύτερο ζήτημα της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Αργολίδας καθώς και επίσκεψη στις υφιστάμενες υποδομές, όπως το φράγμα και το αντλιοστάσιο Αναβάλου, τις πηγές Λέρνης, Μύλων και Κεφαλαρίου.

Από τη συζήτηση με τους τοπικούς φορείς και την αυτοψία του έργου έγινε σαφές το έντονο ποιοτικό πρόβλημα, τόσο αναφορικά με το αρδευτικό νερό, όπου τα υψηλά ποσοστά σε χλωριόντα οδηγούν σε μακροπρόθεσμη υποβάθμιση των καλλιεργήσιμων εδαφών και καταστροφή των καλλιεργειών, όσο και το υδρευτικό νερό το οποίο δεν ανταποκρίνεται στα ποιοτικά πρότυπα, καθώς δεν υφίσταται επεξεργασία, έχει υψηλό μικροβιακό φορτίο αλλά και υψηλή θολότητα λόγω μη λειτουργίας των εγκατεστημένων αμμόφιλτρων.

Σε ό,τι αφορά την ποσοτική κάλυψη των αναγκών, φαίνεται οριακή κάλυψη αυτών, ιδίως εάν ληφθούν υπόψη μελλοντικές προσαυξήσεις πληθυσμού και ζήτησης. Διαφαίνεται όμως περιθώριο βελτίωσης της ποσοτικής διαχείρισης μέσω καλύτερης αξιοποίησης των νερών του Αναβάλου, η οποία μάλιστα δίνει τη δυνατότητα μη αξιοποίησης των

νερών από τις γεωτρήσεις, οι οποίες άλλωστε αποτελούν σημαντική παράμετρο υφαλμύρισης του υδροφόρου λόγω υπεράντλησης, όπως εκτενώς έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 2.

Τέλος, εμφανής ήταν η έλλειψη συντονισμού αλλά και η κακή συντήρηση των υφιστάμενων υποδομών οι οποίες υπολειτουργούν συντελώντας έτσι στην επιδείνωση του προβλήματος.



Εικόνα 3: Φράγμα Αναβάλου



Εικόνα 4: Φράγμα Αναβάλου



Εικόνα 5: Πηγή Κεφαλαρίου



Εικόνα 6: Πηγή Κεφαλαρίο

3.2 Μεθοδολογία Προσέγγισης

Κατά την κατανόηση του προβλήματος, έγινε εμφανές πως το πρόβλημα δεν έγκειται τόσο σε πρόβλημα ποσοτήτων αλλά σε πρόβλημα διαχείρισης. Με αλλά λόγια, οι υπάρχοντες πόροι για εύρεση νερού (Ανάβαλος και φυσικές πηγές) είναι ικανοί να καλύψουν τις ανάγκες του Νομού σε ετήσια κλίμακα όμως υπάρχουν δύο βασικά προβλήματα.

Αρχικά, η ποιότητα του νερού είναι χαμηλή και όχι κατάλληλη για ύδρευση και άρδευση. Έτσι, το κύριο ερώτημα στο οποίο κλήθηκε η ομάδα να απαντήσει είναι η σημαντικότητα της ποιότητας του νερού έναντι του κόστους για τους κατοίκους του Νομού και η προσπάθεια πρότασης τεχνικών έργων που θα βελτιώσουν την ποιότητα, χωρίς να αυξήσουν δραματικά το κόστος που θα επιβαρύνει τους δημότες.

Παράλληλα, οι φυσικές πηγές παρουσιάζουν έντονη διακύμανση και χωρίς την υποβοήθηση από αυθαίρετες γεωτρήσεις, οι ανάγκες καλύπτονται οριακά. Κατά την πρωταρχική εκτίμηση του προβλήματος, έγιναν σκέψεις για την κατασκευή φράγματος, που όμως λόγω της γεωμορφολογίας του Νομού και των έντονων καρστικών φαινομένων που παρουσιάζονται απορρίφθηκε. Επίσης, έγιναν σκέψεις για την κατασκευή λιμνοδεξαμενής ανάντη της πηγής του Κεφαλαρίου, ώστε να υποβοηθηθεί το υδατικό ισοζύγιο για τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς η συγκεκριμένη πηγή χαρακτηρίζεται από μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού.

Οι τελικές λύσεις που προτείνονται προέκυψαν ύστερα από πολλές συζητήσεις και διερευνήσεις εναλλακτικών λύσεων και με γνώμονα την βελτίωση της ποιότητας σε συνδυασμό με μεγάλη αξιοπιστία για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Έτσι, προέκυψαν οι ακόλουθες λύσεις, που αποτελούν συνδυασμό δράσεων και όχι μεμονωμένα έργα.

3.3 Μηδενική Λύση

Στα πλαίσια της μηδενικής λύσης εξετάστηκε από την ομάδα μελέτης το ενδεχόμενο να μην γίνει κάποιο τεχνικό έργο για την βελτίωση της

υφιστάμενης κατάστασης. Η υφιστάμενη κατάσταση του υδρευτικού και αρδευτικού συστήματος μπορεί να παρομοιαστεί με μια εγκατάσταση που υπολειτουργεί. Συνοπτικά, όπως έχει παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια, η υφιστάμενη κατάσταση έχει ως εξής.

Οι ανάγκες της ύδρευσης καλύπτονται από την πηγή της Λέρνης και συμπληρωματικά από την πηγή της Αμυμώνης και του Κεφαλαρίου. Χαρακτηριστικό της πηγής του Κεφαλαρίου είναι η ασταθής κατανομή του νερού κατά την διάρκεια του έτους. Συγκεκριμένα, τον χειμώνα η παροχή του Κεφαλαρίου φτάνει τα 32.000 m³/h, ενώ το καλοκαίρι η παροχή μπορεί να είναι και μηδενική. Παράλληλα, οι ανάγκες της άρδευσης καλύπτονται από το φράγμα του Ανάβαλου σε συνδυασμό με γεωτρήσεις, καθώς το αρδευτικό δίκτυο δε φτάνει μέχρι τις πιο απομακρυσμένες περιοχές του Νομού.

Όσο αναφορά το ζήτημα της ποιότητας, τόσο το αρδευτικό όσο και το υδρευτικό νερό, δεν διαθέτουν την κατάλληλη ποιότητα για την χρήση που προορίζονται, γεγονός που επαληθεύεται και από την επί τόπου επίσκεψη. Πιο συγκεκριμένα, το νερό που αντλείται από τον Ανάβαλο χαρακτηρίζεται από υψηλή συγκέντρωση χλωριόντων. Η υψηλή αλατότητα, σε μακροχρόνια βάση, για το αρδευτικό νερό μπορεί να έχει αρνητικές, αν όχι καταστροφικές συνέπειες, για το υπέδαφος και τις καλλιέργειες, πόσο μάλλον σε έναν Νομό με κύρια απασχόληση στην γεωργία. Από την άλλη πλευρά, το νερό της πηγής της Λέρνης χαρακτηρίζεται στο μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου από υψηλό μικροβιακό φορτίο, αλλά και σε περιόδους πλημμύρας από λάσπη και αύξηση των NTU, σε ανεξέλεγκτο επίπεδο. Για τον περιορισμό του προβλήματος αυτού, υπάρχει μονάδα επεξεργασίας του νερού με αμμόφιλτρα που, όμως για τεχνικούς λόγους, είναι εκτός λειτουργίας.

Το ερώτημα που τίθεται προς απάντηση σε αυτό το σημείο είναι αν η παράμετρος της ποιότητας είναι πιο σημαντική από αυτήν του κόστους. Όπως είναι λογικό, οι δύο αυτές παράμετροι δεν μπορούν να συγκριθούν καθώς δεν μεταφράζονται σε κοινές μονάδας άρα έγκειται στην επιλογή των αρμόδιων και των απλών κατοίκων του Νομού. Έτσι, καθώς οι κάτοικοι

της περιοχής δεν αντιδρούν για την ποιότητα του νερού, ίσως να είναι αποτελεσματικό η κατάσταση να μείνει ως έχει. Να τονιστεί πως εξαιτίας των καρστικών φαινομένων που παρουσιάζονται, συμβατικές λύσεις σε τέτοια προβλήματα όπως η κατασκευή φράγματος, είναι αδύνατη, ενώ λύσεις όπως η κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης είναι ακριβές και θα επιβαρύνουν τους κατοίκους. Να σημειωθεί πως στην υφιστάμενη κατάσταση, σύμφωνα με δεδομένα πρώτερης διαχειριστικής πρότασης και της ΔΕΥΑΝ, τα κόστη του νερού ανέρχονται σε 0,70€ για το υδρετικό νερό και 0,15€ για το αρδευτικό.

Βέβαια, η λύση αυτή δεν μπορεί να είναι παρά προσωρινή, καθώς τα φαινόμενα υφαλμύρισης θα ενταθούν αν οι ανεξέλεγκτες γεωτρήσεις συνεχιστούν, ενώ σε βάθος χρόνου η άρδευση με υφάλμυρο νερό θα αποτελέσει καταστροφικό παράγοντα για τις καλλιέργειες του Νομού.

3.4 Εναλλακτική Διαχειριστική Λύση 1

3.4.1 Μη τεχνική περιγραφή

Κύριο μέλημα της ομάδας εργασίας κατά την εύρεση εναλλακτικών λύσεων είναι η εύρεση επαρκών υδατικών πόρων για την κάλυψη των αναγκών του Νομού, αλλά και η εξασφάλιση καλής ποιότητας των υδάτων με προτεραιότητα στο νερό της ύδρευσης. Παρ' ότι το φράγμα του Ανάβαλου ποσοτικά είναι ικανό να καλύψει μεγάλο μέρος των αναγκών του Νομού, η υψηλή περιεκτικότητα των υδάτων του σε χλωριούχα καθιστά απαγορευτική την χρήση του τόσο για ύδρευση όσο και άρδευση.

Με κύριο γνώμονα, λοιπόν, τα παραπάνω προτείνεται η κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης της πηγής του Ανάβαλου μιας και η υψηλή περιεκτικότητα των υδάτων σε χλωριούχα καθιστά απαγορευτική την χρήση του τόσο για ύδρευση όσο και άρδευση. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση του νερού για πόση είναι απαγορευτική, καθώς οι παράμετροι του δεν ευθυγραμμίζονται με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για το Πόσιμο Νερό, ενώ η μακροχρόνια χρήση του για άρδευση, σύμφωνα με την γνώμη ειδικού γεωπόνου, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση του εδάφους, αλλά και των παράγωγων γεωργικών προϊόντων.

Ταυτόχρονα, οι αρδευτικές ανάγκες θα καλύπτονται από το νερό του Ανάβαλου αναμειγμένο με νερό από τις πηγές της Λέρνης, του Κεφαλαρίου και της Κρόης. Σκοπός της ανάμειξης είναι, από την μία η ποσοτική κάλυψη των αναγκών της άρδευσης, αλλά και η μείωση της αλατότητας του νερού του Ανάβαλου.

Είναι προφανές ότι η βάση αυτής της λύσης στηρίζεται στο γεγονός ότι ο Ανάβαλος είναι η πιο πλούσια πηγή της περιοχής και με την σωστή διαχείριση της είναι δυνατή η κάλυψη όλων των αναγκών με νερό καλής ποιότητας, κατάλληλης για την κάθε χρήση με γνώμονα το μικρότερο δυνατό οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Για την λύση αυτή, βέβαια, πρέπει να εξεταστεί το ήδη υπάρχον δίκτυο μεταφοράς τόσο του νερού της ύδρευσης όσο και του νερού της άρδευσης

και να διερευνηθεί αν είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν τα υπάρχοντα έργα ή είναι αναγκαία η επέκταση ή ακόμη και η κατασκευή νέων και κατά πόσο θα επηρεαστεί το κόστος της μονάδας νερού.

Συνοπτικά, προτείνονται τα εξής έργα, τα οποία αναλύονται στο Παράρτημα:

- ✓ Η κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης του νερού της πηγής Κιβερίου με σκοπό την ύδρευση του Νομού
- ✓ Η αξιοποίηση των φυσικών πηγών Λέρνης, Κρόης, Κεφαλαρίου για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών
- ✓ Ανάμειξη του νερού του Ανάβαλου που απομένει ύστερα από την εξασφάλιση της ύδρευσης με το νερό των φυσικών πηγών

3.4.2 Τεχνική Περιγραφή

Για να καθοριστεί η επάρκεια των πηγών να καλύψουν τις ανάγκες του Νομού, σύμφωνα με την στρατηγική της παρούσας εναλλακτικής λύσης, κατασκευάστηκε το ισοζύγιο του προσφερόμενου νερού από τις διάφορες πηγές και των αναγκών που προκύπτουν για την ύδρευση και την άρδευση ξεχωριστά.

➤ Ζητήσεις Υδρευτικού και Αρδευτικού Νερού

Από την απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (2011), φαίνεται πως ο μόνιμος πληθυσμός του Νομού ανέρχεται στους 97.000 κατοίκους, ενώ οι εποχιακοί κάτοικοι ανέρχονται σε 194.000. Στα πλαίσια της μελέτης και λαμβάνοντας υπόψη ότι το διαχειριστικό σχέδιο καταστρώνεται για ορίζοντα τουλάχιστον 50 ετών, έγινε ανάλυση πιθανών σεναρίων πληθυσμιακής εξέλιξης του Νομού με βάση τα δεδομένα του 2011. Από το απλό μοντέλο γραμμικής ανάπτυξης, προβλέπεται ότι για το έτος 2043 ο μόνιμος πληθυσμός θα ανέρχεται σε 107.000 κατοίκους, ενώ ο εποχιακός στους 213.000 κατοίκους. Να σημειωθεί πως για την πρόβλεψη των εποχιακών κατοίκων λήφθηκε υπόψιν η κατασκευή μεγάλης ξενοδοχειακής μονάδας στην περιοχή της Ερμιονίδας. Με βάση τα δυσμενέστερα πληθυσμιακά δεδομένα και υποθέτοντας μια μέση ειδική

κατανάλωση 200 L/d/κάτοικο προκύπτει η ετήσια ανάγκη για υδρευτικό νερό ίση με 14.162.000 m³.

Όσον αφορά την ανάγκη για νερό για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, εκτιμήθηκε πως η Αργολίδα διαθέτει 300.000 στρέμματα και βάση στοιχείων από παλαιότερη διαχειριστική μελέτη για τον Νομό προκύπτει πως η ετήσια ανάγκη για αρδευτικό νερό ανέρχεται σε 306.600.000 m³. Για την μελλοντική εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών στην παραπάνω τιμή προστίθεται η ανάγκη για άρδευση των εκτάσεων γκολφ που θα συμπεριλαμβάνονται στην ξενοδοχειακή μονάδα που θα κατασκευαστεί και ανέρχονται σε 768 στρέμματα. Για τις ανάγκες των εκτάσεων για γκολφ η ομάδα μελέτης συμβουλευτήκε αντίστοιχη μελέτη. Διαπιστώθηκε μάλιστα πως η απαιτούμενη ζήτηση για νερό παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση με την εποχή, αλλά και επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, έτσι υποθέτοντας μια μέση ανάγκη, οι μελλοντικές αρδευτικές ανάγκες ανέρχονται 308.394.048 m³ τον χρόνο.

➤ Προσφορά Νερού

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η προσφορά νερού είτε για υδρευτική είτε για αρδευτική χρήση σε m³/γ. Τα δεδομένα παρουσιάζονται σε μονάδα μέτρησης ανά έτος, καθώς είναι πιο εποπτική.

Πίνακας 22: Προσφορά Πηγών

ΠΡΟΣΦΟΡΑ (m ³ /γ)	
Ανάβαλος	262800000
Λέρνη	35040000
Κεφαλάρι	21900000
Κρόη	2628000
Υπόγειος Υδροφόρας	83220000
Σύνολο	405588000
Προσφορά χωρίς υπόγειο υδροφόρο	322368000

Υδρευση

Όπως αναφέρθηκε, η ύδρευση που ανέρχεται σε 14.162.000 m³ θα καλύπτεται από την πηγή του Κιβερίου (Ανάβαλος) και θα διανέμεται στους καταναλωτές ύστερα από απομάκρυνση των χλωριούχων σε μονάδα αφαλάτωσης. Λεπτομερώς η μονάδα αφαλάτωσης επεξηγείται στο Παράρτημα. Φαίνεται από τα δεδομένα της προσφοράς πως ο Ανάβαλος είναι ικανός να καλύψει τις ανάγκες της ύδρευσης και μάλιστα, η παροχή είναι σταθερή κατά την διάρκεια του χρόνου άρα δεν θα υπάρχει έλλειμμα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το νερό που απομένει για ανάμειξη με τις πηγές ανέρχεται σε 248.638.000 m³.

Άρδευση

Το νερό που είναι διαθέσιμο για άρδευση ανέρχεται σε 306.424.800 m³ με ανάμειξη των φυσικών πηγών και του νερού που απομένει από τον Ανάβαλο. Είναι εμφανές πως παρουσιάζεται ένα μικρό έλλειμμα, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Πρέπει να σημειωθεί εδώ πως το διαθέσιμο νερό έχει υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψιν τις δυσμενέστερες προσφορές που έχουν καταγραφεί για τις πηγές της Λέρνης, Κρόης και Κεφαλαρίου και χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αξιοποίηση του υπόγειου υδροφορέα. Στην περίπτωση που συνυπολογιστεί η συνδρομή του υπόγειου υδροφορέα, το νερό επαρκεί.

Συμπερασματικά, η ομάδα μελέτης καταλήγει πως η παρούσα εναλλακτική λύση είναι βιώσιμη όσο αναφορά το ισοζύγιο του νερού και μένει να αναλυθεί η οικονομική και κοινωνική της βιωσιμότητα, ενώ προτείνονται στην ενότητα Συμπεράσματα λύσεις για να ελαχιστοποιηθεί το μικρό έλλειμμα.

Ειδικά θέματα

Η εφαρμογή της παρούσας λύσης θα γενέσει προβλήματα αναφορικά με το δίκτυο διανομής. Στην υφιστάμενη κατάσταση, υπάρχει το δίκτυο διανομής του αρδευτικού νερού που ξεκινά από τον Ανάβαλο και διακλαδώνεται στον Νομό. Όσον αφορά το νερό της ύδρευσης, αντλείται

και συλλέγεται από τις πηγές και στην συνέχεια διανέμεται στους καταναλωτές. Με την παρούσα λύση, θα πρέπει να αναδιαρθρωθεί το δίκτυο. Μια πιθανή λύση είναι το νερό μετά την αφαλάτωση να στέλνεται με αγωγό στην δεξαμενή από την οποία ξεκινά το υδρευτικό δίκτυο στην υφιστάμενη κατάσταση και να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες υποδομές. Όσο αναφορά την διανομή του αρδευτικού νερού, μπορεί το νερό από τις πηγές να στέλνεται στον Ανάβαλο όπου να εγκατασταθεί μια δεξαμενή ανάμειξης με το νερό που αντλείται από τον Ανάβαλο και απ' όπου θα διανέμεται με το υπάρχον αρδευτικό δίκτυο. Σε κάθε περίπτωση, να σημειωθεί πως είναι μια αρχική ιδέα, ώστε η λύση που προτείνεται να είναι ολοκληρωμένη, όμως λόγω δυσκολίας εύρεσης των ακριβών στοιχείων για τους υπάρχοντες αγωγούς και τις δεξαμενές δεν είναι σίγουρο ότι η πρόταση θα είναι βιώσιμη.

➤ Οικονομική Τεκμηρίωση

Καθώς μια μονάδα αφαλάτωσης είναι μια αρκετά ακριβή μέθοδος, πρέπει να συγκριθεί το προβλεπόμενο κόστος του παραγόμενου νερού με το κόστος ανά μονάδα νερού που πληρώνουν οι ιδιώτες στην παρούσα κατάσταση.

Βιβλιογραφικά αναφέρεται πως το κόστος μιας μονάδας αφαλάτωσης για υφάλμυρο νερό ανέρχεται σε 0,18 – 0,70€/m³. Στο κόστος αυτό, θα πρέπει να προστεθεί και το κόστος της κατασκευής των αναγκαίων υποδομών για την υποστήριξη αυτού του συστήματος.

Σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΥΑΝ, το κόστος του υδρευτικού νερού που βαραίνει τους καταναλωτές ανέρχεται σε 0,70 – 0,80 €/m³. Φαίνεται ότι το κόστος του υδρευτικού νερού θα αυξηθεί ελαφρά όμως πρέπει να συγκριθούν δυο ανόμοια χαρακτηριστικά για να δοθεί η τελική απάντηση, η ποιότητα και το κόστος. Σε κάθε περίπτωση, η απόφαση της σημαντικότητας κάθε παραμέτρου ανέρχεται στα προσωπικά κριτήρια του Νομού, των αρμόδιων αλλά και της λαϊκής γνώμης.

Όσο αναφορά το αρδευτικό νερό, το κόστος δεν αναμένεται να αυξηθεί, καθώς το μόνο κόστος θα ανάγεται στο κόστος των υποδομών για την

μετατροπή των δικτύων και άρα το κόστος θα είναι βιώσιμο για τους αγρότες του Νομού.

➤ Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

Από την διερεύνηση της παρούσας εναλλακτικής λύσης, παρατηρείται ότι η πηγή του Ανάβαλου προσφέρει τεράστιες ποσότητες νερού στον Νομό, ικανές να καλύψουν τις ανάγκες του Νομού και με την σωστή διαχείριση του είναι πιθανή η ορθή κατανομή του νερού στις διάφορες χρήσεις και μάλιστα, με μια καλή ποιότητα. Από την διαπίστωση αυτή φαίνεται ότι το πρόβλημα του υδατικού ισοζυγίου δεν έγκειται σε πρόβλημα ποσοτήτων, αλλά σε πρόβλημα διαχείρισης.

Για την εξάλειψη του ελλείμματος της άρδευσης μπορεί να διερευνηθεί αρχικά η κατασκευή φράγματος στην Τζετζελιά, το οποίο θα δρα ανακουφιστικά καθώς μπορεί να προσφέρει ως και 4.050.000 m³, καλύπτοντας την υδρευτική ζήτηση της περιοχής της Ερμιονίδας. Στην περίπτωση αυτή, η μονάδα αφαλάτωσης πρέπει να σχεδιαστεί για μικρότερη δυναμικότητα. Εναλλακτικά, μπορεί να διερευνηθεί η κατασκευή λιμνοδεξαμενής στην πηγή του Κεφαλαρίου. Η παροχή του Κεφαλαρίου παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις μεταξύ του χειμώνα και του καλοκαιριού και μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση του ελλείμματος.

Όσο αναφορά το πρόβλημα της ποιότητας, είναι εμφανές ότι στην υφιστάμενη κατάσταση τόσο το νερό που διανέμεται για την ύδρευση όσο και για την άρδευση δεν είναι κατάλληλο. Το πόσιμο νερό που διανέμεται στους καταναλωτές προέρχεται κυρίως από την πηγή της Λέρνης και συμπληρωματικά από τις πηγές της Κρόης και της Αμυμώνης. Το νερό της Λέρνης περιέχει υψηλό μικροβιολογικό φορτίο, καθώς το σημείο άντλησης βρίσκεται κοντά σε νεκροταφείο και σε χώρο διάθεσης λυμάτων και κατά περιόδους, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, εμφανίζει μεγάλη θολότητα. Συγκεκριμένα, το νερό δεν έχει σταθερή ποιότητα, ενώ σε ισχυρές βροχοπτώσεις υπάρχει μεταφορά φερτών από την λάσπη και τα ΝΤΥ ανέρχονται μέχρι και στα 2900, με βάση δεδομένα που δόθηκαν κατά την επί τόπου επίσκεψη. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, οι κάτοικοι της

περιοχής επιλέγουν να καταναλώνουν εμφιαλωμένο νερό. Από την άλλη πλευρά, το νερό του Ανάβαλου που διοχετεύεται για άρδευση περιέχει υψηλή αλατότητα που είναι καταστροφικό για τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Τα πλεονεκτήματα της παρούσας εναλλακτικής λύσης συνοψίζονται κυρίως σε θέματα ποιότητας. Με την εφαρμογή της αφαλάτωσης, το νερό για την ύδρευση θα είναι υψηλής ποιότητας, ενώ το νερό της άρδευσης λόγω της ανάμιξης με το νερό των φυσικών πηγών θα έχει μικρότερη συγκέντρωση σε αλατότητα. Το μειονέκτημα είναι το κόστος, τόσο της μονάδας αφαλάτωσης όσο και της ανάγκης διαμόρφωσης του υπάρχοντος δικτύου για να υποστηρίξει το νέο σύστημα διανομής και τροφοδοσίας.

Περαιτέρω εμβάθυνση

Στα πλαίσια της εμβάθυνσης της παρούσας λύσης, η ομάδα εργασίας διερεύνησε την αφαλάτωση του νερού του Ανάβαλου και κάλυψη με αυτό τόσο των αναγκών ύδρευσης όσο και της άρδευσης. Αρχικά, είναι ξεκάθαρο πως σε αυτήν την περίπτωση η μονάδα αφαλάτωσης θα πρέπει να έχει αρκετά μεγαλύτερη δυναμικότητα που σημαίνει και αρκετά μεγαλύτερο κόστος. Έτσι, πρέπει να εξεταστεί και η οικονομική βιωσιμότητα της εναλλακτικής λύσης αυτής. Το κόστος του αρδευτικού νερού στην υφιστάμενη κατάσταση ανέρχεται σε 0,15 €/m³. Με την προτεινόμενη λύση, το κόστος του αρδευτικού νερού θα αυξηθεί αρκετά και δεν θα είναι βιώσιμο για τους αγρότες. Για τον λόγο αυτό, η λύση απορρίπτεται χωρίς να τεκμηριωθεί τεχνικά.

3.5 Εναλλακτική Διαχειριστική Λύση 2

3.5.1 Μη τεχνική περιγραφή

Στην παρούσα λύση εξετάζεται ο συνδυασμός του φράγματος της Τζερτζελιάς, για ύδρευση συγκεκριμένων περιοχών του Αργολικού κάμπου, με όλες τις πηγές τις περιοχής για ύδρευση και άρδευση των υπολοίπων.

Αναλυτικά προτείνεται:

- ✓ Η κατασκευή του φράγματος της Τζερτζελιάς με σκοπό την ύδρευση των Δημοτικών Διαμερισμάτων της Ερμιονίδος, των Ιρίων και των Καρνεζαϊκών καθώς και των περιοχών του Δήμου Κρανιδίου.
- ✓ Η αξιοποίηση των πηγών για ύδρευση των υπολοίπων διαμερισμάτων του νομού.
- ✓ Η αξιοποίηση του δικτύου του Αναβάλου σε συνδυασμό με τις πηγές για άρδευση όλου του Αργολικού κάμπου.

Η πρόταση εξετάζεται και για τις δύο περιόδους (χειμώνας, θέρος) καθώς έχει παρατηρηθεί διαφορά στις παροχές των πηγών της περιοχής κατά τη διάρκεια αυτών των μηνών και ειδικότερα στην πηγή του Κεφαλαρίου έχει σημειωθεί συνεχόμενη μηδενική παροχή κατά τα έτη 2006-2008. Επιπλέον για τη συγκεκριμένη πρόταση θεωρείται ότι οι υπόγειες αντλήσεις είναι μηδενικές και η κάλυψη των αναγκών γίνεται αποκλειστικά από το φράγμα, τον Ανάβαλο και της επιφανειακές πηγές.

3.5.2 Τεχνική περιγραφή

Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής της λύσης είναι ο Νομός Αργολίδος. Στόχος είναι η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης με το μικρότερο δυνατό κόστος και χωρίς αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής. Από την ανάλυση πιθανών σεναρίων πληθυσμιακής εξέλιξης του Νομού, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας, προκύπτει ότι για την επόμενη εικοσαετία το πιο ρεαλιστικό σενάριο είναι ο μόνιμος πληθυσμός να φτάνει τους 107.000 κατοίκους και ο εποχιακός τους 213.000 κατοίκους. Σημειώνεται ότι ο πληθυσμός του Νομού σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ (2011) ανέρχεται σε 97.000 μόνιμους και 194.000 εποχιακούς κατοίκους και ήταν η βάση για τις μελλοντικές

εκτιμήσεις. Στην παρακάτω διερεύνηση χρησιμοποιήθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός των μελλοντικών κατοίκων καθώς και οι παροχές των πηγών για τις δύο περιόδους. Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά το σχέδιο διαχείρισης των πηγών της παρούσας πρότασης.

Υδρευση

Η ύδρευση του Νομού θα καλύπτεται από τις υπάρχουσες πηγές καθώς και από το φράγμα της Τζερτζελιάς. Το φράγμα θα εξυπηρετεί τις περιοχές για τις οποίες μελετήθηκε και οι πηγές τις υπόλοιπες περιοχές του Νομού.

Πιο συγκεκριμένα αναλύεται κάθε έργο:

✓ *Το φράγμα της Τζερτζελιάς:*

Το έργο βρίσκεται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου, στα νότια του νομού Αργολίδας και θα συγκρατεί το νερό του ποταμού Ράδου (Διπόταμος). Η λεκάνη απορροής του ανήκει στο Υδατικό διαμέρισμα 03 της Ανατολικής Πελοποννήσου, ονομάζεται λεκάνη Διπόταμου και έχει συνολική έκταση 200Km². Η περιοχή του φράγματος και της λεκάνης κατάκλυσης ανήκει στους Δήμους Ασίνης, Επιδαύρου και Κρανιδίου και τα υπόλοιπα έργα ανήκουν στους Δήμους Ασίνης, Ερμιόνης και Κρανιδίου. Η σύμβαση του έργου αφορά την μελέτη για δημιουργία ταμιευτήρα, με σκοπό την αποθήκευση της απαραίτητης ποσότητας νερού για την κάλυψη των αναγκών κυρίως ύδρευσης των πλησίων Δημοτικών διαμερισμάτων και οικισμών, καθώς και την κατασκευή των δικτύων μεταφοράς του νερού και των εγκαταστάσεων καθαρισμού του, εφόσον απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της κατασκευής του είναι η ύδρευση των περιοχών του Δήμου Κρανιδίου, του Δ.Δ. Ερμιόνης και των Δ.Δ. Ιρίων και Καρνεζαΐικων. Το έργο αρχικά σχεδιάστηκε να εξυπηρετεί τις ανάγκες του πληθυσμού του έτους 2043 (πρόβλεψη που αντιστοιχούσε σε ορίζοντα 20 χρόνων από τα πληθυσμιακά στοιχεία που είχαν). Για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της απογραφής του 2011 οπότε και η πρόβλεψη αντιστοιχεί στο 2051. Έτσι ο πληθυσμός των περιοχών αυτών

για το έτος 2051 εκτιμήθηκε σε 46.365 κατοίκους με ετήσιες υδρευτικές ανάγκες περίπου 3.400.000 m³/έτος, ποσό που καλύπτεται από το φράγμα καθώς έχει σχεδιαστεί για απόληψη 4.050.000 m³/έτος.

✓ *Πηγές:*

Οι πηγές που μελετήθηκαν είναι η Λέρνη, το Κεφαλάρι και η Κρόη. Η συνολική τους προσφορά κυμαίνεται από 136.656.000 m³/έτος σε 59.568.000 m³/έτος. Προτείνεται οι πηγές αυτές να υδρεύουν τις υπόλοιπες περιοχές του Νομού, που δεν καλύπτονται από το φράγμα της Τζερτζελιάς. Συγκεκριμένα οι περιοχές αυτές είναι: οι Δήμοι Επιδαύρου, Ναυπλίου και Άργους-Μυκηνών. Ο δυσμενέστερος πληθυσμός τους για το 2051 εκτιμήθηκε σε 167.035 κατοίκους και οι ετήσιες υδρευτικές τους ανάγκες περίπου 12.200.000 m³/έτος, ποσό που καλύπτεται επαρκώς από τις πηγές. Σημειώνεται εδώ ότι είναι απαραίτητη η δημιουργία μίας εγκατάστασης επεξεργασίας του νερού των πηγών καθώς αυτό έχει κριθεί ακατάλληλο για πόση.

Άρδευση

Η άρδευση του Νομού θα καλύπτεται από τον Ανάβαλο σε συνδυασμό με το νερό των πηγών που περισσεύει θα από την ύδρευση. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις της περιοχής ανέρχονται σήμερα σε 300.000 στρέμματα και με την μελλοντική πρόβλεψη υπολογίστηκαν σε 300.768 στρέμματα, με τη λιγοστή αύξησή τους να προέρχεται από την επερχόμενη δημιουργία γηπέδου γκολφ σε ξενοδοχειακή μονάδα. Το γήπεδο που πρόκειται να κατασκευαστεί θα έχει έκταση 768 στρεμμάτων το οποίο σε υδρευτικές ανάγκες αντιστοιχεί σε 1.800.000 m³/έτος. Συνολικά οι ανάγκες για άρδευση της περιοχής υπολογίστηκαν περίπου 308.400.000 m³/έτος.

✓ Ανάβαλος:

Ο Ανάβαλος θεωρήθηκε ότι θα αξιοποιεί πλήρως τη συνολική δυναμικότητα των αντλιών του, η οποία ανέρχεται στα 8 m³/sec. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορεί να αποδώσει μέχρι και 262.800.000 m³/έτος.

✓ Πηγές:

Το υπόλοιπο από τις πηγές του Νομού, οι οποίες θα έχουν ως προτεραιότητα των ύδρευση, αντιστοιχεί σε 124.462.477 m³/έτος τον χειμώνα και 47.374.477 m³/έτος το καλοκαίρι. Είναι προφανές ότι η παροχή που θα δίνουν οι πηγές κατά τους θερινούς μήνες είναι μικρότερη και έτσι ελέγχεται αν για την δυσμενέστερη αυτή περίπτωση καλύπτονται οι αρδευτικές ανάγκες της περιοχής. Το σύνολο την προσφερόμενης παροχής από τον συνδυασμό Ανάβαλου και πηγών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες υπολογίστηκε σε 310.174.477 m³/έτος και καλύπτει τις ανάγκες της περιοχής μελέτης.

3.5.3 Οικονομική Τεκμηρίωση

Τα προτεινόμενα έργα στην παρούσα λύση είναι τα εξής:

- ✓ Φράγμα Τζετζελιάς
- ✓ Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κόστη των προτεινόμενων έργων:

Πίνακας 23: Δαπάνες Προτεινόμενων Έργων

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑ	ΔΑΠΑΝΗ (Ευρώ)
Φράγμα Τζετζελιάς	30.800.000
ΕΕΝ	12.281.550
ΣΥΝΟΛΟ	43.081.550

Σημειώνεται ότι το κόστος για την κατασκευή του φράγματος προήλθε από την αντίστοιχη μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2003.

3.5.4 Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

Η παραπάνω λύση φαίνεται ότι εξυπηρετεί τις υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες του Νομού Αργολίδος όμως με μεγάλο κόστος. Επιπλέον σύμφωνα με επί τόπου παρατηρήσεις κατά τα έτη 2006-2008 το Κεφαλάρι είχε σχεδόν μηδενική παροχή όλους τους μήνες στο διάστημα εκείνο. Λαμβάνοντας υπόψη αυτόν τον παράγοντα μελετήθηκε ξανά το ισοζύγιο της πρότασης χωρίς να ληφθεί καθόλου η παροχή από την πηγή του Κεφαλαρίου. Παρατηρήθηκε ότι η ύδρευση καλύπτεται επαρκώς αλλά δεν ισχύει το ίδιο και για την άρδευση. Πιο αναλυτικά κατά τους θερινούς μήνες παρατηρείται έλλειμμα της τάξης των 20.000.000 m³/έτος.

Για την κάλυψη αυτού του ελλείμματος προτείνονται τρεις εναλλακτικές λύσεις:

- 1) Η ποσότητα νερού που καταναλώνεται στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις θα μπορούσε να ελαττωθεί με σωστότερη σχεδίαση και καλύτερη διαχείριση. Συγκεκριμένα για το γήπεδο γκολφ προτείνεται να ποτίζονται επιλεγμένες περιοχές, σε συνδυασμό με ορθολογικές ποικιλίες γρασιδιών και εξομοίωση του ρυθμού άρδευσης με τη φυσική ποτιστική βροχόπτωση.
- 2) Η δυναμικότητα των υπόγειων αντλήσεων αντιστοιχεί σε έως και 9.500 m³/ώρα (83.220.000 m³/έτος). Προτείνεται, λοιπόν, η άντληση ως και 3.000 m³/ώρα μόνο κατά τους μήνες που παρουσιάζεται η έλλειψη (26.280.000 m³/έτος) ώστε να καλυφθεί πλήρως το απαιτούμενο ποσό για άρδευση.
- 3) Είχε προταθεί το 2009 η τοποθέτηση μιας ακόμα αντλίας, δυναμικότητας 10.000 m³/ώρα (περίπου 2.8 m³/sec), στον φράγμα του Αναβάλου, αυξάνοντας την προσφορά του στα 40.000 m³/ώρα. Με αυτήν την αντλία θα αξιοποιείται σχεδόν πλήρως ο Ανάβαλος που δίνει περίπου 12 m³/sec και μέχρι σήμερα αξιοποιούνταν τα 8 m³/sec. Στην περίπτωση αυτή, στο κόστος θα προστεθεί το κόστος μιας αντλίας με δυναμικότητα 10.000 m³/ώρα.

3.6 Ερευνητική Διερεύνηση Τεχνητού Εμπλουτισμού και Ιχνηλάτησης Αναβάλου

Ταξινόμηση υπόγειων υδροφορέων

Οι βασικές κατηγορίες υπόγειων υδροφορέων ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες. Η διάκριση τους εστιάζει στην ύπαρξη ή μη ελεύθερης επιφάνειας ροής.

Ο υδροφορέας χαρακτηρίζεται ως περιορισμένος ή υπό πίεση αν περιορίζεται άνωθεν και κάτωθεν από αδιαπέρατα στρώματα γεωλογικών σχηματισμών.

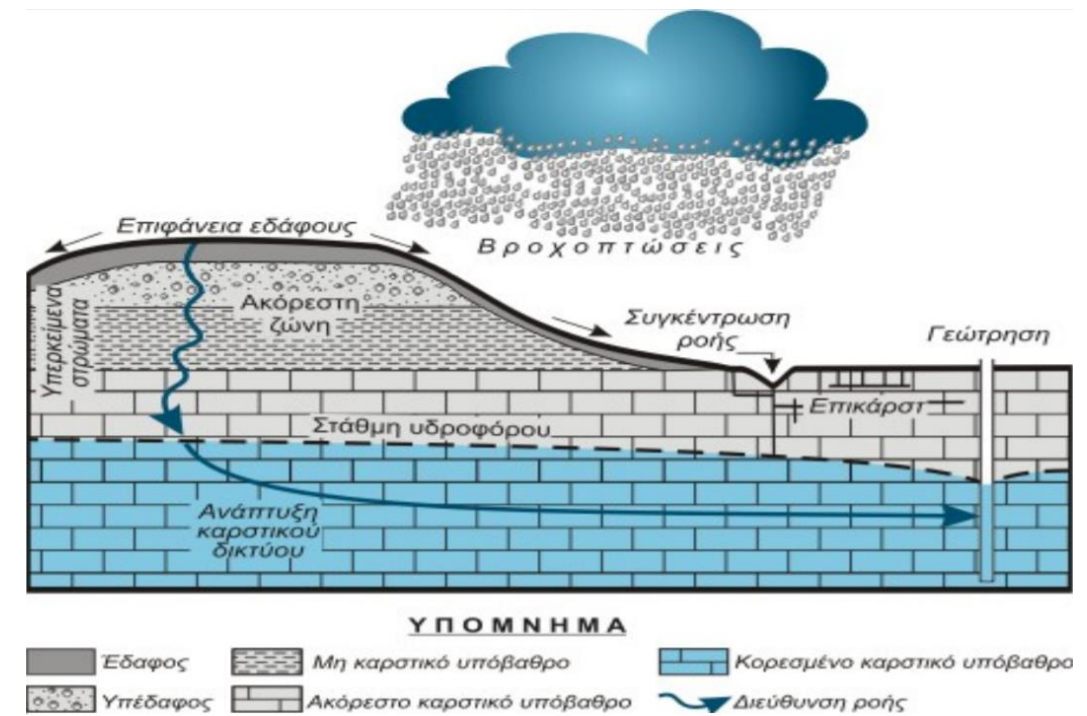
Ο υδροφορέας χαρακτηρίζεται ως φρεάτιος ή υδροφορέας με ελεύθερη επιφάνεια όταν το κάτω όριο συμπίπτει με ένα αδιαπέρατο στρώμα ενώ το πάνω όριο ταυτίζεται με την ελεύθερη επιφάνεια του υπογείου νερού.

Στην περίπτωση που τα στρώματα είναι ημιπερατά, δηλαδή όταν παρουσιάζουν μικρή υδατοπερατότητα, δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για διαρροή εντός ή εκτός υδροφορέα. Επομένως, ανάλογα την κύρια κατηγορία, σχηματίζονται υδροφορείς υπό πίεση με διαρροή και φρεάτιοι υδροφορείς με διαρροή αντίστοιχα.

Καρστ

Το καρστ είναι αποτέλεσμα των διαλυτικών διεργασιών που υφίστανται τα ανθρακικά πετρώματα. Η διάλυση συμβαίνει λόγω του όξινου χαρακτήρα του νερού που περιέχει διοξείδιο του άνθρακα. Με αυτό τον τρόπο, το ανθρακικό ασβέστιο μετατρέπεται σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο είναι ευδιάλυτο στο νερό. Η διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων επεκτείνεται αν η ροή του υπόγειου νερού, η οποία εξάγει τα προϊόντα διάλυσης, δημιουργεί κενά.

Οι κύριες υδρογραφικές ζώνες σε ένα καρστικό σύστημα κατατάσσονται στην ακόρεστη ζώνη (έδαφος, επικαρστική ζώνη και ζώνη ελεύθερης κατείσδυσης), στην περιοδικά κορεσμένη ζώνη και στην κορεσμένη ζώνη (ρηχή φρεάτιος ζώνη, βαθειά φρεάτιος ζώνη και αδρανής φρεάτιος ζώνη).



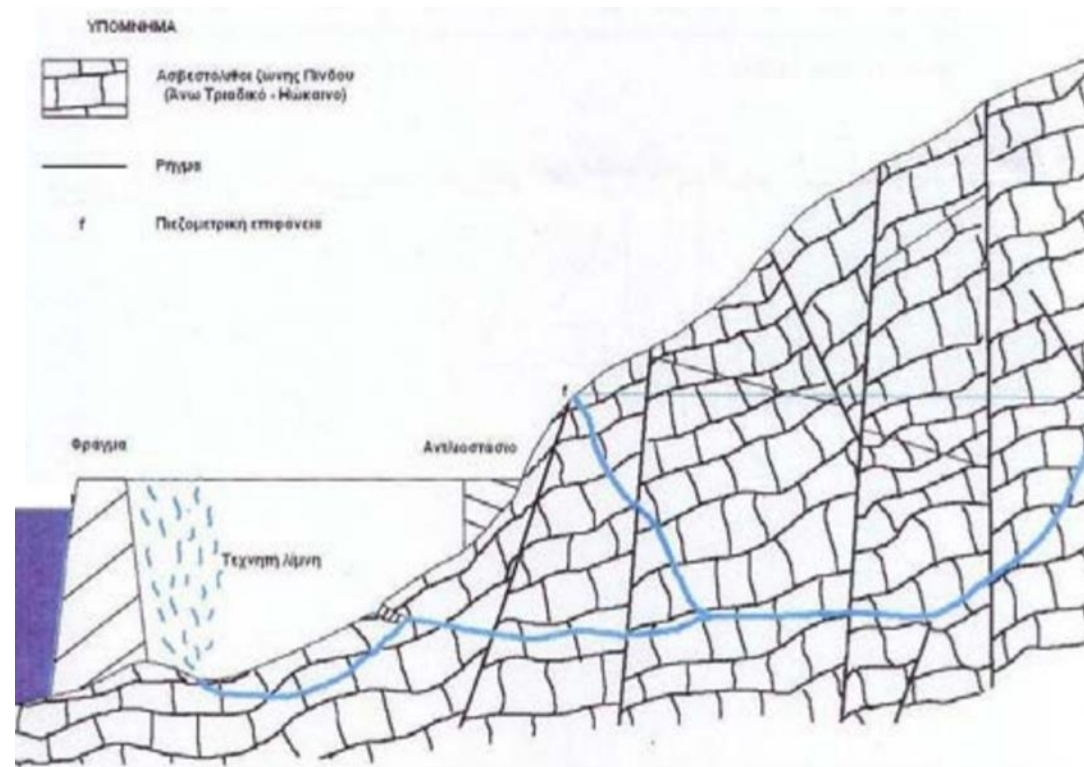
Εικόνα 7: Μοντέλο λειτουργίας ενός καρστικού υδροφόρου συστήματος

Συνοπτικά αναφέρονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των καρστικών υδροφορέων:

- Μεγάλη ανισοτροπία και ανομοιογένεια
- Μεγάλες ταχύτητες ροής του νερού
- Εύρος πορώδους με ακραίες τιμές 0,5-40%
- Εύρος συντελεστή υδροπερατότητας k με τιμές από 10^{-5} - 10^{-1} m/s
- Μικρό συντελεστή αποθηκευτικότητας και μεγάλο συντελεστή μεταβιβατικότητας (η αποθηκευτικότητα είναι μεγαλύτερη στο επικαρστ και μειώνεται με το βάθος, λόγω της μείωσης του ενεργού πορώδους. Για το λόγο αυτό, οι δοκιμαστικές αντλήσεις για τον προσδιορισμό των υδραυλικών παραμέτρων πρέπει να έχουν μεγάλη διάρκεια.)
- Λόγω της ετερογένειας είναι δύσκολο να κατασκευασθούν πιεζομετρικοί χάρτες και να προσδιορισθεί η διεύθυνση ροής, εκτός αν υπάρχουν μετρήσεις από μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων. Για το λόγο αυτό, άλλες μέθοδοι όπως ιχνηθετήσεις, είναι πιο ενδεδειγμένες για τον προσδιορισμό της διεύθυνσης και της ταχύτητας ροής.

Ανάβαλος

Η περίπτωση της υπόγειας ροής που καταλήγει στην περιοχή του Ανάβαλου, ανήκει στην κατηγορία υδροφορέα υπό πίεση με ημιπερατό υπερκείμενο στρώμα και από πετρογραφικής άποψης, πρόκειται για καρστικό. Η εκροή των υπόγειων νερών στο συγκεκριμένο μοντέλο πραγματοποιείται με φυσική εκφόρτιση στη θάλασσα, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο υποθαλάσσιες πηγές που εκβάλλουν πλησίον της ακτογραμμής (σε απόσταση 30-100 μέτρα) του Αργολικού κόλπου στην περιοχή Κιβέρι.



Εικόνα 8: Τομή φράγματος Αναβάλου.

Το συγκρότημα των πηγών – παράκτιες και υποθαλάσσιες – βρίσκεται νοτιοανατολικά του χωριού Κιβέρι σε απόσταση ενός περίπου χιλιομέτρου δίπλα στο εξωκλήσι του Αγ. Γεωργίου. Η τροφοδότησή τους πραγματοποιείται από τις καταβόθρες Κανατά, Καψιάς και Μηλιάς.

Το νερό πηγάζει από ασβεστολιθικό γκρεμό, ο οποίος σχηματίστηκε λόγω ρήγματος. Οι γύρω από την πηγή ασβεστολιθικοί λόφοι που φθάνουν ως τη θάλασσα έχουν σχετικά μεγάλες κλίσεις. Γενικά υπάρχουν καρστικά

ανοίγματα διαφόρων μεγεθών μερικά των οποίων έχουν πληρωθεί δευτερογενώς από κρυσταλλικό ασβεστίτη.

Σε χημικές αναλύσεις του 2014, το νερό συλλογής παρουσίαζε Ph ίσο με 7,5 και συγκεντρώσεις Na^+ :115,2mg/l, Ca^{++} :98mg/l, K^+ :3,9mg/l, Cl^- :214mg/l, HCO_3^- :261mg/l, NO_3^- :8,2mg/l, SO_4^- :94mg/l. Από τα παραπάνω, είναι εμφανής η υφαλμύριση που συμβαίνει πριν το γλυκό νερό καταλήξει στο φράγμα συλλογής.

Υφαλμύριση παράκτιων υπογείων υδάτων

Με τον όρο υφαλμύριση εννοούμε τον εμπλουτισμό του υπόγειου νερού με διαλυμένα άλατα και συγκεκριμένα με ιόντα χλωρίου και νατρίου.

Μία από τις αιτίες της υφαλμύρισης είναι η διείσδυση της θάλασσας εντός του υδροφορέα. Το υπόγειο νερό είναι ένας ανανεώσιμος φυσικός πόρος με την προϋπόθεση της ύπαρξης ισορροπίας μεταξύ εμπλουτισμού και εκφόρτισης στον υδροφορέα μιας λεκάνης. Όταν οι απολήψιμες ποσότητες υπόγειου νερού υπερβούν την ικανότητα της ασφαλούς απόδοσης ενός παράκτιου υδροφορέα παρατηρούνται φαινόμενα διείσδυσης της θάλασσας, με αποτέλεσμα την ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών. Οι έντονες αντλήσεις στις παράκτιες περιοχές ελαττώνουν ή αντιστρέφουν τη φυσική υδραυλική βαθμίδα προς τη θάλασσα με συνέπεια την προαναφερόμενη διείσδυση θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα.

Θεωρώντας πως το γλυκό και το θαλασσινό νερό δεν αναμιγνύονται, επειδή έχουν διαφορετικές πυκνότητες, σχηματίζεται μεταξύ τους μία διεπιφάνεια, η μορφή της οποίας καθορίζεται από τις τοπικές υδροδυναμικές συνθήκες. Η διεπιφάνεια αυτή αποτελεί μια ζώνη μετάβασης σημαντικού πλάτους, που δημιουργείται με τον μηχανισμό της διάχυσης.

Η εν λόγω ζώνη διάχυσης λαμβάνει ακόμη πιο πολύπλοκο χαρακτήρα στην περίπτωση παράκτιων καρστικών φορέων, καθώς οι διαστάσεις της εξαρτώνται από τα φυσικά χαρακτηριστικά των αγωγών του καρστικού συστήματος.

Ένα από τα προβλήματα του φαινομένου της υφαλμύρισης είναι η υψηλή συγκέντρωση σε νάτριο, όπου προκαλεί αποκροκίδωση του εδάφους με συνέπεια τη μείωση της υδροπερατότητας και της γονιμότητας.

Σημειώνεται πως ο χρόνος αποκατάστασης των υπόγειων υδάτων και εδαφών που έχουν υποστεί υφαλμύριση είναι σχετικά μεγάλος. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι ενδεδειγμένοι τρόποι βελτίωσης της ποιότητας των υπόγειων νερών:

- Συνεχής έλεγχος της ποιότητας των υπόγειων νερών και κατάστρωση χαρτών υφαλμύρισης και στάθμης υπόγειων υδάτων ανά περιοχή.
- Περιορισμός της αντλούμενης παροχής.
- Παύση αντλούμενης παροχής σε γεωτρήσεις που η υδροστατική στάθμη στην ακτίνα δράσης τους βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας.
- Εκλογή κρίσιμης παροχής άντλησης, μέσω της οποίας θα προσδιοριστεί η ελάχιστη απόσταση από την ακτή.
- Τεχνητός εμπλουτισμός με αξιοποίηση χειμερινών απορροών ή επεξεργασμένων λυμάτων.
- Επιστημονικά ορθές επιλογές συστημάτων υδρομάστευσης, ιδίως πλησίον ακτογραμμών.
- Η κατασκευή στεγανού διαφράγματος παράλληλα προς την ακτή με ταυτόχρονη άντληση αλμυρού ή υφάλμυρου νερού στην ενδοχώρα αποτελεί δραστική λύση αλλά ιδιαίτερα υψηλού κόστους. Επιπλέον, σε περίπτωση καρστικού υδροφορέα είναι αρκετά πολύπλοκη η χαρτογράφηση της υπόγειας κίνησης με αποτέλεσμα να μη λειτουργούσε αποδοτικά μια τέτοιου είδους λύση.

Προτάσεις αντιμετώπισης προβλήματος

- i. Χαρτογράφηση της ευρύτερης προσβαλλόμενης περιοχής για τον προσδιορισμό των ευαίσθητων υποπεριοχών σε υφαλμύριση.

Σε πρώτο επίπεδο για την αντιμετώπιση του φαινομένου πρέπει να εκτιμηθεί η τρωτότητα των υπόγειων υδροφορέων στη θάλασσα διείσδυση. Ουσιαστικά, πρέπει να μορφωθεί ένας χάρτης τρωτότητας, ο

οποίος θα προσδιορίζει το χιλιομετρικό εύρος από την ακτογραμμή μέχρι το οποίο υφίσταται η υπάρχουσα υφαλμύριση ή πρόκειται να φτάσει με βάση τη συλλογή συγκεκριμένων δεδομένων ή/και μετρήσεων.

Ενδεικτικά, μία μέθοδος για την εκτίμηση της τρωτότητας των παράκτιων υδροφορέων στην υφαλμύριση είναι η μέθοδος GALDIT. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη και η βαρύτητά τους, όπως προτάθηκε από τους Chachadi & Lobo-Ferreira (2005), είναι:

- Ο τύπος του υδροφόρου στρώματος (Groundwater occurrence) με συντελεστή βαρύτητας ίσο με 1.
- Η υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφορέα (Aquifer hydraulic conductivity) με συντελεστή βαρύτητας ίσο με 3.
- Το υδραυλικό φορτίο (σε m) πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (Height of groundwater Level above sea level) με συντελεστή βαρύτητας ίσο με 4.
- Η απόσταση από την ακτή (Distance from the shore) με συντελεστή βαρύτητας ίσο με 4.
- Η υφιστάμενη κατάσταση της υφαλμύρισης στην περιοχή (Impact of existing status of seawater intrusion) με συντελεστή βαρύτητας ίσο με 1.
- Το πάχος του υδροφορέα (Thickness of aquifer mapped) με συντελεστή βαρύτητας ίσο με 2.

Συγκεκριμένα:

Η έκταση της διείσδυσης της θάλασσας εξαρτάται από τον τύπο του υδροφορέα. Για παράδειγμα, ένας ελεύθερος υδροφορέας κάτω από φυσικές συνθήκες θα επηρεάζεται περισσότερο από τη διείσδυση της θάλασσας σε σύγκριση με ένα υπό πίεση υδροφορέα. Τα στοιχεία που παρέχουν τον τύπο του υδροφορέα μπορούν να εξαχθούν από δεδομένα αντλητικών δοκιμών ή/και από λιθολογικές τομές.

Η υδραυλική αγωγιμότητα των υδροφόρων στρωμάτων χρησιμοποιείται για να μετρηθεί ο ρυθμός της ροής του νερού μέσα στο υδροφόρο στρώμα και ως εκ τούτου στη θάλασσα. Το μέγεθος της μετακίνησης του μετώπου

της υφαλμύρισης επηρεάζεται από την υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφορέα. Όσο πιο αυξημένη είναι, τόσο αυξημένη είναι και η κίνηση του μετώπου της υφαλμύρισης προς την ενδοχώρα. Ο προσδιορισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας μπορεί να γίνει με βάση τα δεδομένα από αντλητικές δοκιμές. Στη συνέχεια, αφού ληφθούν δείγματα υδραυλικής αγωγιμότητας (m/day) από όλο το εύρος της υπό μελέτη περιοχής, ομαδοποιούνται και βαθμονομούνται για τη χρήση του στο μοντέλο. Τυπικό παράδειγμα ομαδοποίησης και βαθμονόμησης είναι το ακόλουθο:

Πίνακας 24: Βαθμονόμηση βάσει Υδραυλικής Αγωγιμότητας

Βαθμονόμηση	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Υδραυλική αγωγιμότητα (m/d)	<5	5-7,5	7,5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-60	60-80	>80

Το υδραυλικό φορτίο του υπόγειου νερού πάνω από το επίπεδο της θάλασσας αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για την αξιολόγηση της διείσδυσης του θαλασσινού νερού επειδή καθορίζει την ικανότητα της υδραυλικής πίεσης να ωθήσει προς τα πίσω το μέτωπο της υφαλμύρισης. Όταν η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται, το ποσό του γλυκού νερού που εκρέει προς τη θάλασσα μειώνεται με αποτέλεσμα το πλάτος διείσδυσης να αυξάνεται. Για τον προσδιορισμό του υδραυλικού φορτίου, με σκοπό τη σύνταξη ενός πιεζομετρικού χάρτη, μπορούν να μετρηθούν οι στάθμες σε υπάρχοντα φρέατα και γεωτρήσεις. Στη συνέχεια, τα υψόμετρα από κάθε στάθμη (σε m) ομαδοποιούνται και βαθμονομούνται για τη χρήση του στο μοντέλο. Τυπικό παράδειγμα ομαδοποίησης και βαθμονόμησης είναι το ακόλουθο:

Πίνακας 25: Βαθμονόμηση βάσει στάθμης

Βαθμονόμηση	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Στάθμη (m)	>125	105-125	85-105	65-85	45-65	25-45	5-25	0,5-25	0-0,05	<0

Η επίδραση της θάλασσας γενικά μειώνεται όσο κινούμαστε απομακρυνόμενοι της ακτής. Η μέγιστη επίδραση παρατηρείται πλησίον αυτής. Τα δεδομένα αυτής της παραμέτρου υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής. Στη συνέχεια, τα υψόμετρα από κάθε στάθμη (σε m) ομαδοποιούνται και βαθμονομούνται

για τη χρήση του στο μοντέλο. Τυπικό παράδειγμα ομαδοποίησης και βαθμονόμησης είναι το ακόλουθο:

Πίνακας 26: Βαθμονόμηση βάσει απόστασης από την ακτή

Βαθμονόμηση	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Απόσταση από την ακτή (m)	>2000	1500-2000	1000-1500	700-1000	600-700	400-600	300-400	200-300	100-200	<100

Για την εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης της θαλάσσιας διείσδυσης στους παράκτιους υδροφορείς μιας περιοχής, η μέθοδος προτείνει ως κριτήριο το συντελεστή Revelle, δηλαδή το λόγο $Cl^- / (HCO_3^{1-} + CO_3^{2-})$. Η συλλογή των στοιχείων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω χημικών αναλύσεων από δείγματα υπογείου νερού σε ισάριθμες γεωτρήσεις ανά περιοχή. Στη συνέχεια, οι λόγοι ομαδοποιούνται και βαθμονομούνται για τη χρήση τους στο μοντέλο. Τυπικό παράδειγμα ομαδοποίησης και βαθμονόμησης είναι το ακόλουθο:

Πίνακας 27: Παράδειγμα Βαθμονόμησης

Βαθμονόμηση	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Λόγος $Cl^- / (HCO_3^{1-} + CO_3^{2-})$	<0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-1	1-1,25	1,25-1,5	1,5-1,75	1,75-2	>2

Το πάχος του υδροφορέα παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της έκτασης και του μεγέθους της υφαλμύρισης. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του υδροφόρου στρώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η έκταση της θαλάσσιας διείσδυσης και αντίστροφα. Στη συνέχεια, τα πάχη ανά περιοχή (m) ομαδοποιούνται και βαθμονομούνται για τη χρήση τους στο μοντέλο. Τυπικό παράδειγμα ομαδοποίησης και βαθμονόμησης είναι το ακόλουθο:

Πίνακας 28: Βαθμονόμηση βάσει πάχους υδροφορέα

Βαθμονόμηση	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Πάχος υδροφορέα (m)	<5	-	5-10	-	10-15	-	15-30	30-60	60-100	>100

Στο τέλος, καθεμία από τις έξι παραμέτρους έχει μία προκαθορισμένη αμετάβλητη βαρύτητα που εκφράζει τη σχετική σημασία της στη θαλάσσια διεύθυνση. Ο δείκτης GALDIT υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\text{Δείκτης GALDIT} = \sum_{i=1}^6 w_i * r_i$$

όπου: w_i : η βαρύτητα κάθε παραμέτρου

r_i : η βαθμονόμηση κάθε παραμέτρου σε κάθε θέση γεώτρηση/φρέατος σε όλη την υπό μελέτη περιοχή.

Με την τελική συλλογή όλων των στοιχείων των παραμέτρων και τη χρήση προγράμματος GIS, είμαστε πλέον σε θέση να καταρτίσουμε τον χάρτη τρωτότητας. Η ένωση των σημείων, στα οποία θα σημειωθεί αυξημένος συντελεστής GALDIT, αποδίδει την ευαίσθητη περιοχή επί της οποίας θα πρέπει να προβούμε σε διαχειριστικού τύπου αλλαγές όπως περιορισμός ή απαγόρευση αντλήσεων, ανόρυξη νέων υδρογεωτρήσεων, εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού, κα.

ii. Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα

Ο τεχνητός εμπλουτισμός είναι η διαδικασία με την οποία το περίσσειμα του επιφανειακού νερού διηθείται μέσα στο έδαφος, άλλοτε χρησιμοποιώντας πηγάδια εμπλουτισμού και άλλοτε μεταβάλλοντας τις φυσικές συνθήκες με σκοπό να αυξηθεί η φυσική διήθηση. Η μέθοδος αυτή βασίζεται ουσιαστικά στην κίνηση του νερού, μέσω τεχνικών διαδικασιών, από την επιφάνεια προς το εσωτερικό της γης, όπου μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον.

Βασικοί σκοποί του τεχνητού εμπλουτισμού είναι η αποκατάσταση της υδρολογικής ισορροπίας των υδροφόρων στρωμάτων που διαταράχθηκε λόγω υπερεκμετάλλευσης (υπεράντλησης) τους και η άνοδος της στάθμης, τοπικά ή γενικά, σε παράκτια υδροφόρα στρώματα για την αποφυγή ή την αναχαίτιση διεύθυνσης της θάλασσας και υφαλμύρισης των υδροφορέων.

Τα κύρια σημεία που εφιστούν την προσοχή κατά τον τεχνητό εμπλουτισμό είναι ο κίνδυνος μεταφοράς μολυσμένου νερού όταν το επιφανειακό νερό διηθείται ανεπεξέργαστο και η περίπτωση πως αν δεν διηθούνται σημαντικές ποσότητες νερού υπάρχει ο κίνδυνος η μέθοδος να καταλήξει οικονομικά ασύμφορη χωρίς την επίτευξη του τελικού στόχου.

Οι δύο κύριες κατηγορίες τεχνητού εμπλουτισμού είναι οι άμεσες και οι έμμεσες μέθοδοι εμπλουτισμού. Στις άμεσες μεθόδους τεχνητού εμπλουτισμού πραγματοποιείται άμεση εισαγωγή επιφανειακών υδάτων στον υπόγειο υδροφόρο. Στις έμμεσες μεθόδους τεχνητού εμπλουτισμού δεν υπάρχει άμεση εισαγωγή νερού στον υδροφόρο. Η επαναφόρτίσή του πραγματοποιείται με έμμεσες παρεμβάσεις που οδηγούν στη μεταβολή των υδρολογικών χαρακτηριστικών του υπόγειου υδροφορέα και έχουν ως συνέπεια την αύξηση των υδάτων του ή τη μείωση των διαρροών προς άλλους υδροφορείς ή υδρορέματα.

Στην άμεση μέθοδος της λεκάνης, το επιφανειακό νερό συγκεντρώνεται μέσα σε λεκάνες που έχουν εκσκαφθεί και ύστερα διηθείται στα βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Σημαντική παράμετρος για την εύρυθμη λειτουργία της μεθόδου είναι το έδαφος των λεκανών και τα πρώτα υποκείμενα στρώματα να διαθέτουν μεγάλο ρυθμό διήθησης, ειδικά αρκεί ποσότητα νερού χάνεται μέσω της εξάτμισης από την παραμονή τους εντός της λεκάνης.

Μια εναλλακτική λύση θα μπορούσε να είναι η άμεση μέθοδος με φρεάτια εμπλουτισμού. Σημαντικές παράμετροι υλοποίησης είναι ο σχεδιασμός τους με την ύπαρξη θετικής πίεσης σε όλο το μήκος τους, η πλησιέστερη ποιότητα του νερού έγχυσης προς το νερό του υπόγειου υδροφορέα σε χαρακτηριστικά όπως η χημική σύσταση, το PH και η θερμοκρασία για την αποφυγή ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου και η σύσταση ομάδας ελέγχου για την ορθή λειτουργία τους και τον έλεγχο ποιοτικών προδιαγραφών από δείγματα.

Αναφορικά με τις έμμεσες μεθόδους τεχνητού εμπλουτισμού, οι οποίες διακρίνονται στη μέθοδο διευθέτησης υδρορεύματος, η μέθοδος των

συνθετικών (κατά την οποία ενώνεται ένας ρηχός περιορισμένος υδροφορέας με έναν βαθύτερο αρτεσιανό), απορρίπτονται καθώς δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή τους πλησίον της ευρύτερης υπό μελέτη περιοχής.

Η ευρύτερη περιοχή στο αργολικό πεδίο διαθέτει ιστορικό αναφορικά με τον τεχνητό εμπλουτισμό. Καθώς η άντληση στην περιοχή αυτή ξεκίνησε το 1950, και ενώ είχε ξεκινήσει η υφαλμύριση του ρηχού υδροφορέα, πλέον το φαινόμενο έχει αγγίξει και τα βαθύτερα στρώματα. Υπολογίζεται μάλιστα ότι στην περιοχή υπάρχουν περίπου 15.000 γεωτρήσεις, ενώ η αυξημένη χρήση φυτοφαρμάκων οδήγησε σε υποβάθμιση της ποιότητας του νερού.

Λόγω της σπουδαιότητας της περιοχής ήδη από το 1960 ξεκίνησαν οι πρώτες προσπάθειες διάσωσης του υδροφορέα μέσω της μεθόδου του τεχνητού εμπλουτισμού. Έτσι η πρώτη προσπάθεια περιλάμβανε ένα πείραμα εμπλουτισμού διάρκειας 270 ημερών κατά την περίοδο 1965-1967 και τα αποτελέσματα ήταν πολύ ικανοποιητικά. Η έντονη εκμετάλλευση του υδροφορέα συνεχίστηκε με αποτέλεσμα η υφαλμύριση να προχωρήσει οπότε σχεδιάστηκε ένα νέο πείραμα εμπλουτισμού. Το πείραμα ξεκίνησε το 1990 και διάρκεσε μέχρι το 1998 και υπολογίζεται ότι κατά την περίοδο αυτή 20x106 m³ γλυκού νερού εισάχθηκε στον υδροφορέα.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πεδίου από το 1960 και πέρα, βγήκε το συμπέρασμα ότι η στάθμη του υδροφορέα άρχισε να διαταράσσεται αισθητά μετά το 1969. Το φθινόπωρο του 1990 παρατηρήθηκαν αρνητικές πιεζομετρικές τιμές από την ακτή προς το νησί που έφταναν μέχρι και τα 30 μέτρα. Το ίδιο φαινόμενο εμφανίστηκε ξανά την άνοιξη του 1995. Το 1975 η ζώνη υφαλμύρισης εντοπιζόταν σε απόσταση από την ακτή στα 3,5km ενώ το 1995 η ζώνη αυτή εντοπίστηκε στα 6km από την ακτή. Γενικά ο μέσος όρος βήματος της υφαλμύρισης υπολογίστηκε ότι ήταν 0,5 m/d.

Το φθινόπωρο του 2000 πραγματοποιήθηκε νέο πείραμα τεχνητού εμπλουτισμού με ένα δίκτυο 40 πηγαδιών κατανεμημένα στην περιοχή. Τα

πηγάδια επιλέχθηκαν ώστε να έχουν περίπου το ίδιο βάθος μεταξύ 80-100 μέτρων. Στον πάτο των πηγαδιών τοποθετήθηκαν ειδικά συστήματα παρακολούθησης και η ποσότητα άντλησης νερού κυμαινόταν από 80-120 m³/h.

Με βάση μετρήσεις, οι ποσότητες νερού που εφαρμόστηκαν από το 1990 μέχρι το 2002 για εμπλουτισμό στο Αργολικό πεδίο υπολογίζονται συνολικά στα 70.617.290 m³ (διώρυγα Ν. Κίου 27.885.290 m³ και διώρυγα Κιβερίου 47.732.000 m³).

Στη συνέχεια και μέχρι το 2004 το έργο συνεχίστηκε υπό την εποπτεία της Ν.Α. Αργολίδας. Την περίοδο από το 2006 έως το 2010 το πρόγραμμα εκτελέστηκε από τη Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων της Ν.Α. Αργολίδας και από το 2011 από το τμήμα Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας της Περιφερειακής Ενότητας Αργολίδας. Ο τεχνητός εμπλουτισμός πραγματοποιείται με μεταφορά νερού από την πηγή Κεφαλαρίου σε ιδιωτικές γεωτρήσεις, φρέατα και ειδικά διαμορφωμένες λεκάνες. Ο παρακάτω πίνακας εμφανίζει τις ποσότητες νερού που έχουν χρησιμοποιηθεί για τεχνητό εμπλουτισμό στο Αργολικό Πεδίο:

Πίνακας 29: Δαπάνες Τεχνητού Εμπλουτισμού

Έτος	Συνολικές ποσότητες νερού για τεχνητό εμπλουτισμό (m ³)	Δαπάνες εμπλουτισμού (€)
1990	3.094.000	73.847,60
1991	6.929.580	70.761,09
1992	5.685.370	112.451,47
1993	3.891.590	128.508,36
1994	14.000.000	80.537,53
1995	13.592.000	36.124,89
1996	7.224.000	13.923,00
1997	4.000.000	22.521,67
1998	4.918.920	34.836,68
1999	0	0
2000	0	0

2001	2.618.000	16.815,03
2002	6.542.855	58.845,00
2003	2.800.000	17.556,00
2004	3.358.000	27.150,00
2005	0	0
2006	0	0
2007	0	0
2008	144.320	3.057,00
2009	6.877.596	41.000,00
2010	4.587.466	29.340,00
ΣΥΝΟΛΟ	90.263.897 m³	767.275,32 €

Από τα παραπάνω δεδομένα, παρατηρείται πως στην περίοδο 2000-2010 το σύνολο της ποσότητας νερού ανέρχεται περίπου στα 27*106 m³, ποσότητα αρκετή μικρότερη συγκριτικά με το αντίστοιχο της περιόδου 1990-1999, το οποίο ανερχόταν περίπου στα 64*106 m³.

Ωστόσο, τα συμπεράσματα από την εφαρμογή του εμπλουτισμού είναι θετικά. Το 1990 εμφανίζονται οι χαμηλότερες πιεζομετρικές συνθήκες στο ευρύτερο μέρος του Αργολικού Πεδίου, με τιμές να φτάνουν ακόμη και τα 40 μέτρα κάτω από τη Μέση Στάθμη Θάλασσας. Εντούτοις, το 2010 η πιεζομετρική αποτύπωση της ίδιας περιοχής παρουσιάζει τοπικές ανυψώσεις της υπόγειας στάθμης (με μικρή ανακοπή της θαλάσσιας διείδυσης και , περιορίζοντας το πρόβλημα στα βορειοδυτικά και νοτιοανατολικά του πεδίου.

Όμως, συγκριτικά με τις δαπάνες που απαιτήθηκαν για τον τεχνητό εμπλουτισμό, τα αποτελέσματα έχουν μικρή βελτίωση για τον επιθυμητό σκοπό. Η υδροχημεία των υπογείων υδάτων παρουσίασε ελάχιστη βελτίωση. Για το λόγο αυτό, τα νερά της πηγής Κιβερίου παραμένουν ακατάλληλα για ύδρευση και μέτριας έως κακής ποιότητας για άρδευση.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, συμπεραίνουμε πως ο τεχνητός εμπλουτισμός έχει ευεργετικές επιδράσεις στην εξυγίανση των υπογείων υδάτων τόσο σε θέματα πιεζομετρίας αλλά και όσο σε θέματα χημικής

σύστασης. Πρόκειται, όμως, για μία μέθοδο η οποία αφενός απαιτεί μεγάλα χρονικά διαστήματα εφαρμογής και ταυτόχρονα έχει ένα υψηλό σχετικά κόστος. Επιπλέον, αν παράλληλα με την εφαρμογή της μεθόδου, δεν ληφθούν μέτρα όπως η συλλογική παύση αντλήσεων από παράνομες γεωτρήσεις της ευρύτερης περιοχής (διαδικασία πολύπλοκη με δυσκολία εποπτείας και άμεσου ελέγχου), δεν μπορούν να ολοκληρωθούν οι στόχοι βελτίωσης.

Επομένως, στο Αργολικό πεδίο, ο τεχνητός εμπλουτισμός δεν μπορεί να είναι μοναδική λύση αλλά πρέπει να συνδυαστεί με άλλα έργα διαχείρισης υδατικών πόρων, όπως η κατασκευή φράγματος ή η εκμετάλλευση υδάτων εξόδου από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε σχετικά μικρές αποστάσεις από αυτό (μείωση κόστους μεταφοράς) με την υπόθεση εξασφάλισης σχετικά ικανοποιητικών ποσοτήτων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

«Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου» - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Γραμματεία Υδάτων

«Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων» - Συλλογικό Έργο – Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος Ε.Μ.Π. 2008

«Επεξεργασία Νερού – Βασικές Αρχές και Διεργασίες» - Ανδρέας Ν. Ανδρεαδάκης

«Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Αργολίδος» - Συλλογικό Έργο – Ναύπλιο 1999

«Σύλληψη Πηγών Αναβάλου Αργολίδας» - Διπλωματική Εργασία Κ. Γκόνη, Δ. Μπασιάκου, Αθήνα 1978

«Σύλληψη Υδάτινων Πηγών Αναβάλου» - Οριστική Μελέτη – Ινστιτούτο Ερευνών και Μελετών – Dr. W. Staender

«Το πρόβλημα της Αλατότητας των Αρδευτικών Πηγών του Αργολικού Πεδίου και οι Επιπτώσεις του στις Καλλιέργειες του Νομού» - Πτυχιακή Εργασία Μαρίας Νικολάου – Καλαμάτα 1997

«Σχεδιασμός και Λειτουργία Μονάδων Αφαλάτωσης Νερού με Αντίστροφη Ώσμωση – Μελέτες Περιπτώσεων» - Διδακτορική Διατριβή Νικόλαου Υφαντή – Αθήνα 2011

«Μελέτη Νέας Μονάδας Αφαλάτωσης Μυκόνου και Εκτίμηση Ενεργειακής Παραγωγής Εμπορικών Ανεμογεννητριών για Αντιστάθμιση των Καταναλώσεών της» - Διπλωματική Εργασία Γεώργιου Ξενάριου – Αθήνα 2017

«Προμήθεια Φορητής Μονάδας Αφαλάτωσης Υφάλμυρου Νερού με τη Μέθοδο της Αντίστροφης Ώσμωσης Ελάχιστης Παραγωγής 500 ³ / ημέρα Πόσιμου Νερού» - Μελέτη – Νομός Κυκλάδων – Δήμος Κέας 2017

«Μονάδα Αφαλάτωσης στο Αργοστόλι Κεφαλονιάς Δυναμικότητας 8000 κ.μ. Πόσιμου Νερού την ημέρα» - Μελέτη – Τεχνική Υπηρεσία Δήμου Κεφαλονιάς 2017

«Μελέτη Εκτίμησης Επιπτώσεων στο Περιβάλλον – Κατασκευή και Λειτουργία Μονάδας Αφαλάτωσης (Χα Ποτάμι, Πάφος)» - Aristo Developers PLC. 2009 – Κύπρος

«Μ.Π.Ε. Έργων Μεταφοράς και Διανομής Νερού Άρδευσης από Δίκτυα Αναβάλου στο Δήμο Ερμιονίδας Ν. Αργολίδας» - Συλλογικό Έργο

«Καρστικοί υδροφορείς- Αναχαίτιση του φαινομένου της υφαλμύρισης στην περιοχή της Χερσονήσου Ηρακλείου Κρήτης προσομοιώνοντας τη μέθοδο του τεχνητού εμπλουτισμού» - Κουτάντου Παρασκευή - Πολυτεχνείο Κρήτης 2006

«Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος - Υπόγεια Νερά» - Κώστας Στ. Βουδούρης - Εκδόσεις Τζιόλα 2009

«Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος -Υπόγεια Νερά» - Κώστας Στ. Βουδούρης, 2013, Εκδόσεις Τζιόλα

«Καρστικοί υδροφορείς- Αναχαίτιση του φαινομένου της υφαλμύρισης στην περιοχή της Χερσονήσου Ηρακλείου Κρήτης προσομοιώνοντας τη μέθοδο του τεχνητού εμπλουτισμού», Κουτάντου Παρασκευή, 2006, Πολυτεχνείο Κρήτης

Παράρτημα Α: Τεχνική Περιγραφή Προτεινόμενων Έργων και Οικονομικά Στοιχεία

A1. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού

Γενικά

Η συμβατική προεπεξεργασία υδάτων είναι σύνθετη και ενσωματώνει επιπλέον μονάδες κροκίδωσης, θρόμβωσης, καθίζησης και φίλτρανσης με ενεργό άνθρακα. Κι αυτό γίνεται επειδή τα επιφανειακά νερά παρουσιάζουν αυξημένη θολότητα λόγω της ύπαρξης κολλοειδών που κατά κανόνα περιέχονται σε αυτά καθώς και αυξημένο οργανικό φορτίο που πρέπει να απομακρυνθεί πριν τις μεμβράνες.

Εναλλακτική μορφή προεπεξεργασίας αποτελεί η χρήση μεμβρανών υπερδιήθησης (UF) οι οποίες αποτελούν ένα απόλυτο φράγμα σε όλους τους παραπάνω ρύπους καθώς οι πόροι τους (0,002 – 0,1 μm) είναι σημαντικά μικρότεροι – στενότεροι από βακτήρια, κολλοειδή, οργανικά μόρια και αιωρούμενα σωματίδια.

Συμβατική επεξεργασία

Στο εξεταζόμενο σύστημα η απομάκρυνση της θολότητας και του οργανικού φορτίου από το νερό γίνεται με μια αλληλουχία φυσικοχημικών διεργασιών, η οποία κατά σειρά, περιλαμβάνει:

- 1) Κροκίδωση με ταχεία μίξη (coagulation – rapid mixing)
- 2) Θρόμβωση – συσσωμάτωση με αργή ανάδευση (flocculation)
- 3) Καθίζηση (sedimentation)
- 4) Διύλιση (filtration)
- 5) Διύλιση με ενεργό άνθρακα (activated carbon filtration)

Τα αιωρούμενα στερεά με μέγεθος μικρότερο από 1μm καθιζάνουν με πολύ μικρές ταχύτητες και δεν είναι δυνατός διαχωρισμός τους με τη φυσική διεργασία της καθίζησης. Τα κολλοειδή σωματίδια καθορίζονται εξ ορισμού από το μέγεθός τους, το οποίο κυμαίνεται

από 1 μm (10⁻³ mm) έως 0,001 μm (10⁻⁶ mm). Η μάζα τους είναι τόσο πολύ μικρή ώστε οι δυνάμεις βαρύτητας να έχουν αμελητέα επίδραση στην κίνησή τους. Η συμπεριφορά τους ελέγχεται κυρίως από δυνάμεις ηλεκτροστατικού τύπου, από δυνάμεις Van der Waals και από επιρροές της θερμικής κίνησης Brown. Οι δυνάμεις ηλεκτροστατικού τύπου είναι εκείνες που επενεργούν και διασφαλίζουν τη σταθερότητα των κολλοειδών αιωρημάτων.

Η αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σωματιδίων γίνεται με τη διεργασία της κροκίδωσης, κατά την οποία γίνεται προσθήκη χημικών (κροκιδωτικών) ώστε να μειωθούν οι δυνάμεις που παρεμποδίζουν την προσέγγιση και συνένωση των κολλοειδών σωματιδίων. Τα συνήθη κροκιδωτικά (coagulants) υλικά είναι το θειικό αργίλιο [Al₂(SO₄)₃·18H₂O], το χλωριούχο πολυαργίλιο (PAC) και τα άλατα του σιδήρου (τριχλωριούχος σίδηρος FeCl₃·6H₂O και θειικός σίδηρος FeSO₄·7H₂O). Η ποσότητα των κροκιδωτικών υλικών καθώς επίσης και το περιβάλλον στο οποίο δρουν καλύτερα (θερμοκρασία, pH, ανάδευση κ.λ.π.) ελέγχεται με εργαστηριακές δοκιμές (jar test).

Η κροκίδωση γίνεται συνήθως με δύο μηχανισμούς:

- 1) Με προσρόφηση των προϊόντων υδρόλυσης του κροκιδωτικού στην επιφάνεια των αρνητικά φορτισμένων σωματιδίων, όπου γίνεται η εξουδετέρωση του ηλεκτρικού φορτίου
- 2) Με εγκλεισμό των κολλοειδών σωματιδίων στα κατακρημνιζόμενα μεταλλικά υδροξείδια.

Όταν το θειικό αργίλιο (γνωστό ως alum) προστεθεί στο νερό, προκύπτουν ιόντα αργιλίου (Al³⁺) τα οποία εξουδετερώνουν τα αρνητικά φορτία των κολλοειδών, διευκολύνοντας έτσι τη συσσωμάτωσή τους, σχηματίζοντας χαλαρές μάζες αδιάλυτων υδροξειδίων του αργιλίου [Al(OH)₃]. Τα υδροξείδια εμπλέκουν και συμπαρασύρουν στην κίνησή τους τα αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά.

Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, η κροκίδωση επιτυγχάνεται σε δεξαμενές όπου γίνεται έντονη ανάδευση με παράλληλη προσθήκη του κροκιδωτικού. Η αποτελεσματικότητα της διεργασίας εξαρτάται από τον σχεδιασμό των δεξαμενών και την επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (υδραυλικός χρόνος παραμονής, γεωμετρία, δοσομέτρηση κροκιδωτικού, ισχύς ανάδευσης).

Η ισχύς ανάδευσης καθορίζεται από την κλίση ταχύτητας G , η οποία είναι συνάρτηση του δυναμικού ιξώδους του νερού και του όγκου της δεξαμενής. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η ταχεία μίξη γίνεται με μηχανικά μέσα (κατακόρυφοι αναδευτήρες). Σε μικρής κλίμακας εφαρμογές η ταχεία μίξη μπορεί να γίνει σε ειδικά διαμορφωμένα σωληνοειδή εξαρτήματα που επιτυγχάνουν έντονη ανάδευση (στατικοί μίκτες).

Επειδή οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαλυτοποίηση των κροκιδωτικών γίνονται με πολύ μεγάλη ταχύτητα, η ανάμιξη θα πρέπει να πραγματοποιείται σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα και με μεγάλη κατανάλωση ισχύος.

Οι κροκίδες που δημιουργούνται κατά το παραπάνω στάδιο δεν έχουν τις απαιτούμενες διαστάσεις για την απομάκρυνσή τους με καθίζηση. Για το λόγο αυτό υποβάλλονται σε μια διεργασία αργής ανάδευσης με ταυτόχρονη προσθήκη οργανικών κροκιδωτικών (πολυηλεκτρολύτες) με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων συσσωματωμάτων (ή θρόμβων). Η διεργασία αυτή ονομάζεται θρόμβωση (flocculation).

Όπως και στην κροκίδωση, έτσι και στη θρόμβωση η αποτελεσματικότητα της διεργασίας εξαρτάται από το χρόνο παραμονής του νερού στη δεξαμενή, την ισχύ ανάδευσης και το είδος και δοσολογία του κροκιδωτικού. Η βραδεία ανάδευση είναι δυνατόν να γίνεται είτε με πρόσδοση ισχύος από κινητήρα (μηχανική ανάδευση) είτε με βαρύτητα (υδραυλική ανάδευση). Η μηχανική βραδεία ανάμιξη γίνεται είτε με έλικες ή με πτερωτές που περιστρέφονται γύρω από οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα.

Τις περισσότερες φορές, οι δεξαμενές κροκίδωσης χωρίζονται σε περισσότερα από ένα διαμερίσματα τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους με υποβρύχιες οπές. Έτσι αποφεύγεται η δημιουργία βραχυκλωμάτων ροής και δημιουργούνται ζώνες διαδοχικά μειούμενης προσδιδόμενης ενέργειας. Η ισχύς ανάδευσης (τιμή G) για διεργασίες που χρησιμοποιούν οργανικά κροκιδωτικά κυμαίνονται από 20 έως 75 s⁻¹.

Στις νέες μονάδες επεξεργασίας νερού, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής επιλέγεται στα 20 min στη μέγιστη ημερήσια παροχή. Υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία που προτείνουν χρόνο παραμονής 30 min ή μεγαλύτερο. Εάν μετά την κροκίδωση ακολουθεί απευθείας μονάδα διύλισης, τότε επιλέγεται κροκίδωση με υψηλή παροχή ισχύος ανάδευσης και χρόνο παραμονής 15 - 20 min. Εάν ακολουθεί δεξαμενή καθίζησης τότε η παροχή ισχύος ανάδευσης είναι χαμηλότερη και ο χρόνος παραμονής επιλέγεται σε 18 - 25 min. Η μηχανική ανάδευση προτιμάται από τους περισσότερους μηχανικούς εξαιτίας της ευελιξίας της στη ρύθμιση της τιμής G και των χαμηλών απωλειών ενέργειας. Ανάλογα με τον αναδευτήρα που θα επιλεγεί γίνεται και ο σχεδιασμός των διαμερισμάτων της δεξαμενής. Έτσι, οι κατακόρυφοι αναδευτήρες τοποθετούνται σε διαμερίσματα τετραγωνικής κάτοψης ενώ οι οριζόντιοι σε διαμερίσματα ορθογωνικής κάτοψης (ενδεικτικές διαστάσεις 6-30 m μήκος και 2-5 m πλάτος).

Οι συνηθέστερες διατάξεις μηχανικής ανάδευσης σε δεξαμενές θρόμβωσης είναι τα περιστρεφόμενα κουπιά (paddle mixers), τα οποία κινούνται με ταχύτητα 2-5 rpm. Τα στοιχεία ανάδευσης εκτείνονται σε όλο σχεδόν το βάθος και πλάτος της δεξαμενής και έτσι επιτυγχάνεται, με αργή ανάδευση, η διατήρηση των θρόμβων σε αιώρηση.

Η υδραυλική βραδεία ανάμιξη γίνεται σε δεξαμενές με χωρίσματα (baffles) τα οποία δημιουργούν μαιανδρική ροή. Επιλέγεται σε μικρής κλίμακας έργα και στις περιπτώσεις που η παροχή είναι σχετικά

σταθερή. Η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα ότι η τιμή της κλίσης ταχύτητας G δεν μπορεί να ρυθμιστεί.

Η ταχύτητα του νερού θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τιμή που αντιστοιχεί σε καθίζηση θρόμβων και μικρότερη από εκείνη που αντιστοιχεί στη διάσπασή τους. Συνήθως ο σχεδιασμός γίνεται για ταχύτητες 0,1 - 0,7 m/s.

Όταν ολοκληρωθεί η διεργασία της θρόμβωσης, το νερό οδηγείται σε δεξαμενές καθίζησης όπου σε συνθήκες ηρεμίας τα στερεά που έχουν δημιουργηθεί στα προηγούμενα στάδια, καθιζάνουν. Γενικά, η καθίζηση στην επεξεργασία νερού χρησιμοποιείται για:

- α) Αφαίρεση θρομβωμένης θολότητας μετά από διεργασίες κροκίδωσης – θρόμβωσης
- β) Αφαίρεση αιωρούμενων στερεών όπως εδαφικό υλικό κι άμμος
- γ) Πάχυνση της ιλύος που αντλείται από δεξαμενές καθίζησης

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών καθίζησης εξαρτάται από τον τύπο, τη συγκέντρωση και στη συμπεριφορά του αιωρούμενου υλικού που πρόκειται να διαχωριστεί. Διακρίνουμε τέσσερις διαφορετικούς τύπους καθίζησης:

- i. Καθίζηση τύπου I ή καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων. Παρατηρείται σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μικρές συγκεντρώσεις σωματιδίων, τα οποία καθιζάνουν σαν διακεκριμένες οντότητες, χωρίς να σχηματίζουν συσσωματώματα ή άλλου τύπου ενότητες με άλλα σωματίδια. Παραδείγματα καθίζησης τύπου I είναι η προκαθίζηση εδαφικού υλικού από θολό ποταμίσιο νερό, η καθίζηση άμμου στο νερό πλύσης των διυλιστηρίων και η καθίζηση κρυσταλλιτών ανθρακικού ασβεστίου κατά την αποσκλήρυνση του νερού.
- ii. Καθίζηση τύπου II. Συμβαίνει σε μικρές συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών, τα οποία όμως θρομβώνουν καθώς καθιζάνουν. Τέτοιου τύπου καθίζηση αποτελεί αυτή των επιφανειακών νερών μετά από κροκίδωση και θρόμβωση.

- iii. Καθίζηση τύπου III. Είναι γνωστή και σαν παρεμποδιζόμενη καθίζηση ή καθίζηση κατά ζώνες και παρατηρείται όταν πρόκειται για υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού, το οποίο καθιζάνει έτσι ώστε να σχηματίζονται ζώνες εκτεινόμενες σε όλο το κατερχόμενο μέτωπο καθίζησης.
- iv. Καθίζηση τύπου IV. Είναι γνωστή και σαν συμπύκνωση και λαμβάνει χώρα σε περιπτώσεις πολύ μεγάλων συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού, όπου τα σωματίδια βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Στην περίπτωση αυτή για να επιτευχθεί μείωση του όγκου του στρώματος της ιλύος θα πρέπει να γίνει συμπύκνωση της μάζας του αιωρούμενου υλικού ή να προκληθεί απελευθέρωση εγκλωβισμένου νερού και έξοδος του από το στρώμα ιλύος.

Όπως προαναφέρθηκε, η καθίζηση τύπου II διαφέρει από την καθίζηση τύπου I κατά το ότι τα σωματίδια δε συμπεριφέρονται ως διακεκριμένα αλλά συμβαίνουν συσσωματώσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα αλλαγή των διαστάσεων σωματιδίων καθώς και των ταχυτήτων καθίζησής τους. Στην καθίζηση τύπου II, το βάθος της δεξαμενής παίζει σημαντικό ρόλο αφού τα σωματίδια συνενώνονται καθώς καθιζάνουν. Πιο βαθιές δεξαμενές δίνουν μεγαλύτερες ευκαιρίες για συμπαρασυρμό ή σάρωση μικρότερων σωματιδίων από μεγαλύτερες ενότητες σωματιδίων. Επίσης η απόλυτη ηρεμία που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάλυση της καθίζησης διακεκριμένων σωματιδίων, δεν είναι τόσο πολύ σημαντική στην περίπτωση της καθίζησης τύπου II αφού ασθενή ρεύματα (ανεμογενή ή πυκνότητας) ενδέχεται να υπό-βοηθούν τους μηχανισμούς συσσωμάτωσης αιωρούμενου και κολλοειδούς υλικού. Οι παρατηρήσεις αυτές δείχνουν ότι οι διεργασίες της κροκίδωσης, της θρόμβωσης και της καθίζησης δεν πρέπει να θεωρούνται ξεχωριστά αλλά να εξετάζονται από κοινού αφού συσχετίζονται μεταξύ τους και κυρίως το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται από την επιτυχή ρύθμιση και των τριών αυτών διεργασιών.

Ο σχεδιασμός μιας δεξαμενής καθίζησης βασίζεται στον αναμενόμενο τύπου καθίζησης κατά τη λειτουργία της. Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, οι δεξαμενές είναι ορθογωνικές, τετραγωνικές ή κυκλικές.

Οι ορθογωνικές δεξαμενές είναι συνήθως μακρόστενες με λόγο μήκους προς πλάτος 2:1 έως 3:1. Όσο μεγαλύτερος είναι πάντως ο λόγος τόσο πιο αποτελεσματικά αποφεύγεται το βραχυκύκλωμα ροής (τιμές 6:1 και 7:1 επιτυγχάνουν καλό έλεγχο του βραχυκυκλώματος). Στη ζώνη εισόδου γίνεται κατά το δυνατόν ομοιόμορφη διανομή της παροχής ενώ η έξοδος γίνεται από υπερχειλιστές που είναι τοποθετημένοι στην περιοχή της πλευράς εξόδου. Η ιλύς που καθιζάνει στη ζώνη ιλύος, προωθείται με κατάλληλες διατάξεις προς το φρεάτιο ιλύος, απ' όπου αφαιρείται με κατάλληλη διάταξη άντλησης.

Οι κυκλικές δεξαμενές τροφοδοτούνται συνήθως από κεντρικό φρεάτιο διανομής και η πορεία του νερού είναι ακτινική προς το περιμετρικό κανάλι υπερχείλισης. Διαθέτουν περιστρεφόμενες γέφυρες με ξέστρα πυθμένα, τα οποία σαρώνουν την ιλύ και την οδηγούν σε κεντρικό κώνο συλλογής και από εκεί στο αντλιοστάσιο απομάκρυνσής της.

Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και τετράγωνες δεξαμενές, οι οποίες συνδυάζουν μερικά από τα πλεονεκτήματα των ορθογωνικών και των κυκλικών δεξαμενών. Οι τετραγωνικές δεξαμενές μπορούν να ακολουθούν δεξαμενές θρόμβωσης από τις οποίες διαχωρίζονται με κατάλληλο διάτρητο τοίχωμα επικοινωνίας. Σε αυτό τον τύπο δεξαμενών η συλλογή της ιλύος μπορεί να γίνεται από κεντρικό φρεάτιο, με τη βοήθεια περιστρεφόμενου βραχίονα σάρωσης του πυθμένα. Γενικά, ο πυθμένας των δεξαμενών καθίζησης σχεδιάζεται με κατάλληλη κλίση προς το φρεάτιο ιλύος. Η κλίση εξαρτάται τον τύπο της δεξαμενής και από τη μέθοδο αφαίρεσης της ιλύος. Συνήθως, για ορθογωνικές δεξαμενές χρησιμοποιείται κλίση 1 % και 8% για κυκλικές ή τετραγωνικές.

Τα κριτήρια σχεδιασμού των δεξαμενών καθίζησης είναι τα ακόλουθα:

- Υδραυλική φόρτιση ($m^3/m^2 \cdot d$): Είναι ο λόγος της παροχής του νερού που τροφοδοτείται προς την επιφάνεια της δεξαμενής
- Χρόνος παραμονής (h): Είναι ο λόγος του όγκου της δεξαμενής προς την τροφοδοτούμενη παροχή νερού
- Ρυθμός υπερχείλισης (ή γραμμική ταχύτητα υπερχείλισης, $m^3/m \cdot d$): Υπολογίζεται μετά από διαίρεση της παροχής του νερού που τροφοδοτείται με το μήκος από το οποίο υπερχειλίζει η εκροή του διαυγασμένου νερού.
- Ελάχιστος αριθμός δεξαμενών: Πρόκειται για τον αριθμό των δεξαμενών καθίζησης που είναι απαραίτητες ώστε να μην αντιμετωπίζονται προβλήματα κατά τη λειτουργία της μονάδας επεξεργασίας (από διακοπές, επισκευές, συντήρηση κλπ). Για εγκαταστάσεις μικρής δυναμικότητας, συνήθως ο ελάχιστος αριθμός δεξαμενών είναι δύο.

Οι διεργασίες της κροκίδωσης, θρόμβωσης και καθίζησης αφαιρούν ένα σημαντικό μέρος από το κολλοειδές υλικό του νερού στο οποίο οφείλεται η θολότητα. Η ολοκλήρωση της επεξεργασίας γίνεται με τη διύλιση (ή διήθηση) η οποία γίνεται με ροή του νερού διαμέσου κλινών από πορώδη υλικά όπως πυριτική άμμος, ανθρακίτης, χαλαζιακό χαλίκι, κ.α. Καθώς το νερό διέρχεται από τα πορώδη μέσα, γίνεται κατακράτηση των σωματιδίων που προκαλούν θολότητα και προκύπτει ένα διαυγασμένο νερό το οποίο έχει πολύ μικρότερες τιμές θολότητας. Οι μηχανισμοί με τους οποίους αφαιρούνται αιωρούμενα και κολλοειδή σωματίδια σε φίλτρα με κοκκώδη πληρωτικά υλικά είναι οι ακόλουθοι:

- 1) Κατακράτηση (straining) - Σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από το μέγεθος των κενών που δημιουργεί το κοκκώδες διυλιστικό μέσο συγκρατούνται στην επιφάνεια.
- 2) Καθίζηση (sedimentation) - Τα σωματίδια επικάθονται πάνω στους κόκκους κλινής διύλισης
- 3) Φυσική ή χημική προσρόφηση (adsorption) - Σωματίδια τα οποία έχουν έρθει σε επαφή με τους κόκκους της κλινής προσκολλώνται στην επιφάνειά της με χημικούς δεσμούς ή με τη βοήθεια

ηλεκτροστατικών και ηλεκτροκινητικών δυνάμεων ή δυνάμεων συνάφειας Van der Waals.

- 4) Κροκίδωση - Διαδοχική κροκίδωση των σωματιδίων κατά τη διόδό τους μέσα από το φίλτρο και στη συνέχεια συγκράτηση των κροκίδων με έναν από τους προηγούμενους μηχανισμούς. Αν και η πιθανότητα επαφής μεταξύ των σωματιδίων αυξάνει μέσα στους πόρους, οι παρατηρούμενες κλίσεις ταχύτητας είναι πολύ μεγάλες για να επιτρέψουν αξιόλογη κροκίδωση και κατά συνέπεια ο μηχανισμός αυτός δεν θεωρείται πρωτεύων μηχανισμός κατά την διύλιση.

Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του πληρωτικού υλικού και των κολλοειδών σωματιδίων στο τροφοδοτούμενο νερό, παίζουν κάποιο ρόλο στη διεργασία της διύλισης. Καθώς κολλοειδή σωματίδια διέρχονται διαμέσου των διακένων του πληρωτικού υλικού, αυξάνεται ο αριθμός των διασωματιδιακών επαφών και έτσι είναι δυνατόν να προκύπτουν συσσωματώματα τα οποία κατακρατώνται σε περιοχές της κλίνης. Καθώς προχωράει η διεργασία, γίνεται όλο και μεγαλύτερη απόθεση σωματιδίων και τα διάκενα μεταξύ των κόκκων του πληρωτικού υλικού γίνονται όλο και μικρότερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εκδηλώνεται εντονότερα ο μηχανισμός αφαίρεσης με μηχανική παρεμπόδιση, να αυξάνεται η ταχύτητα ροής του νερού διαμέσου των διακένων, να αυξάνονται οι διατμητικές δυνάμεις που αντιστοιχούν στη ροή γύρω από τους κόκκους και τέλος να αυξάνονται οι υδραυλικές απώλειες. Έτσι παρατηρείται μείωση της ταχύτητας διύλισης και απαιτείται πλύση του φίλτρου. Εάν δε γίνει έγκαιρα πλύση του φίλτρου, θα έχουμε εκδήλωση του φαινομένου της διάσπασης θολότητας που οφείλεται στην αύξηση των διατμητικών δυνάμεων, μέχρι του σημείου εκείνου που να προκαλείται συμπαρασυρμός των σωματιδίων θολότητας. Επίσης, εάν δε γίνει έγκαιρα η πλύση του φίλτρου, οι υδραυλικές απώλειες θα αυξηθούν πάνω από το διαθέσιμο ύψος για τη διεργασία της διύλισης.

Τα διυλιστήρια που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού του πόσιμου νερού, διακρίνονται με βάση το ρυθμό διύλισης (βραδυδιυλιστήρια, ταχυδιυλιστήρια), την πίεση του τροφοδοτούμενου

νερού (διυλιστήρια βαρύτητας ή πίεσης) και την κατεύθυνση ροής (ανοδικής ή καθοδικής ροής).

Τα διυλιστήρια αποτελούνται από μια κλίνη πληρωτικού υλικού η οποία μπορεί να είναι μονοστρωματική ή πολυστρωματική. Η κλίνη στηρίζεται σε κατάλληλη κατασκευή στήριξης και στράγγισης η οποία καλείται στραγγιστήριο πυθμένα. Η κλίνη ενδέχεται να στηρίζεται απευ-θείας στο στραγγιστήριο του πυθμένα (όταν η κατασκευή του είναι τέτοια ώστε να παρεμποδίζει την απώλεια υλικού διύλισης) ή στηρίζεται σε διαβαθισμένο χαλίκι που παρεμβάλλεται μεταξύ του στραγγιστηρίου και της κλίνης.

Η πλύση γίνεται με παροχέτευση νερού σε αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση ροής του νερού κατά τη διάρκεια της διύλισης. Η παροχή του νερού πλύσης είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται διαστολή της κλίνης διύλισης και συμπαρασυρμός του υλικού που έχει κατακρατηθεί κατά τη διάρκεια του κύκλου διύλισης. Η ανοδική ροή του νερού καταλήγει σε λούκια υπερχείλισης και απομακρύνεται προς την αποχέτευση (ή για επανεπεξεργασία). Σε μερικές περιπτώσεις, η αντίστροφη πλύση του φίλτρου συνδυάζεται με την παροχέτευση αέρα.

Η επιλογή των κατάλληλων υλικών διύλισης έχει μεγάλη σημασία για την αποτελεσματική αφαίρεση της θολότητας. Οι κλίνες διύλισης μπορεί να αποτελούνται από ένα μέσο (π.χ. μόνο από χαλαζιακή άμμο) ή περισσότερα (π.χ. ανθρακίτης και άμμος). Ο χαρακτηρισμός των υλικών που χρησιμοποιούνται στα διυλιστήρια γίνεται μετά από κοσκίνισμα με σειρά από πρότυπα κόσκινα. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η ενεργή διάμετρος και ο συντελεστής ομοιομορφίας. Ενεργή διάμετρος είναι η διάσταση του ανοίγματος του κόσκινου που επιτρέπει πέρασμα 10% κατά βάρος του υλικού (d10). Εάν προσδιοριστεί το d10 και αντίστοιχα το d60, τότε έχουμε την περιοχή μεγεθών στην οποία αντιστοιχεί το 50% του βάρους του υλικού. Ο συντελεστή ομοιομορφίας υπολογίζεται ως το πηλίκο d60/d10.

Όσον αφορά στη λειτουργία των φίλτρων, διακρίνουμε δύο τρόπους. Ο ένας είναι με σταθερή παραγωγή διυλισμένου νερού καθ' όλη τη διάρκεια

του κύκλου διύλισης και ο άλλος είναι με υψηλότερη παραγωγή στα αρχικά στάδια του κύκλου (οπότε και η κλίση είναι καθαρή) και χαμηλότερη παραγωγή καθώς προχωράει ο κύκλος διύλισης. Και οι δύο τρόποι λειτουργίας είναι κατάλληλοι για ικανοποίηση του κριτηρίου για θολότητα μικρότερη από 0,1 NTU.

Ο ρυθμός διύλισης ελέγχεται με τρεις τρόπους:

- 1) Διύλιση με σταθερή παροχή διυλισμένου νερού που επιτυγχάνεται με μέτρηση και ρύθμιση της παροχής στην εκροή.
- 2) Διύλιση με σταθερή στάθμη νερού πάνω από την κλίση διύλισης και σταθερή παροχή νερού στην τροφοδοσία. Η στάθμη του νερού παραμένει σταθερή με τη βοήθεια δικλείδας ρύθμισης που συνδέεται με την διάταξη μέτρησης στάθμης.
- 3) Διύλιση με σταδιακά μειούμενη εκροή διυλισμένου νερού. Η σωλήνωση της επεξεργασμένης εκροής δεν επιτρέπει πάνω από μια μέγιστη παροχή διυλισμένου νερού.

Το σημαντικότερο βήμα για το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός διυλιστηρίου νερού, είναι η επιλογή των κριτηρίων σχεδιασμού, τα οποία, εκτός από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπό επεξεργασία νερού, περιλαμβάνουν:

- Τα χαρακτηριστικά του πληρωτικού υλικού. Προτιμώνται υλικά όπως χαλαζιακή άμμος και χαλίκι, ενώ μπορεί να χρησιμοποιείται κοκκώδες υλικό από ειδικό σκληρό ανθρακίτη, μάρμαρο ή δολομίτη.
- Το βάθος της κλίσης. Σχετίζεται με το μέγεθος των κόκκων του πληρωτικού υλικού και γενικά ισχύει η παρακάτω σχέση:

Πίνακας 30: Βάθος της κλίσης

l/d _e ≥	1.000	Για συνήθεις μονοστρωματικές κλίνες άμμου ή διστρωματικές κλίνες ανθρακίτη – άμμου
	1.250	Για τριστρωματικές κλίνες ανθρακίτη – χαλαζιακής άμμου – άμμου γρανάτη

1.250-1.500	Για μονοστρωματικές κλίνες με χονδρό πληρωτικό υλικό (d _e μεταξύ 1,2 και 1,4 mm)
1.500-2.000	Για μονοστρωματικές κλίνες με πολύ χονδρό πληρωτικό υλικό (d _e μεταξύ 1,5 και 2,0 mm)

Όπου l (mm) το βάθος της κλίσης και d_e (mm) η ενεργή διάμετρος του πληρωτικού υλικού.

- Την υδραυλική φόρτιση (ή ταχύτητα διύλισης). Για τα βραδυλιστήρια είναι 1-10 m³/m²/h ενώ για τα ταχυδιυλιστήρια 4-25 m³/m²/h
- Τη διεύθυνση ροής. Τα διυλιστήρια με καθοδική ροή είναι τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα για τον καθαρισμό του πόσιμου νερού. Διυλιστήρια με ανοδική ροή του νερού πλεονεκτούν ως προς το φαινόμενο της επαναστρωμάτωσης, απαιτείται όμως η εφαρμογή κατάλληλων μέτρων προκειμένου να εμποδίζεται η διόγκωση της άμμου κατά την διύλιση. Συνδυασμός των συστημάτων αυτών, αποτελούν τα διυλιστήρια διπλής ροής, στα οποία η τροφοδότηση πραγματοποιείται συγχρόνως από τον πυθμένα και την άνω επιφάνεια, ενώ το διυλισμένο νερό λαμβάνεται από σημείο στο άνω τέταρτο του συνολικού ύψους.

Η συμβατική προεπεξεργασία του νερού ολοκληρώνεται με το πέρασμά του μέσα από κλίση ενεργού άνθρακα ώστε να απομακρυνθεί το οργανικό υλικό καθώς και το ελεύθερο χλώριο που προστίθεται τη μονάδα διύλισης. Ο ενεργός άνθρακας αφαιρεί οργανικά συστατικά με τη διεργασία της προσρόφησης αφού έχει πολύ μεγάλη ειδική επιφάνεια (500 έως 1.500 m²/g).

Ο ενεργός άνθρακας αποτελείται από διευθετημένα πλακίδια γραφίτη και άμορφες δομές που του εξασφαλίζουν ένα μεγάλο πορώδες με μεγάλη διακύμανση μεγέθους πόρων (από ορατές σχισμές και κοιλότητες μέχρι ακανόνιστης μορφής πόρους με διάμετρο στην περιοχή των μοριακών διαστάσεων). Χρησιμοποιείται είτε ως κονιοποιημένος (Powdered Activated Carbon, PAC) είτε ως κοκκώδης (Granular Activated Carbon, GAC).

Στις μονάδες επεξεργασίας νερού χρησιμοποιείται κοκκώδης ενεργός άνθρακας που τοποθετείται σε κλίνες από τις οποίες διέρχεται το νερό. Καθώς τα συγκρατούμενα μόρια καλύπτουν τους πόρους του υλικού, η ικανότητα προσρόφησης του άνθρακα μειώνεται με αποτέλεσμα να απαιτείται είτε η αντικατάστασή του είτε η αναγέννησή του. Μια εναλλακτική χρήση του ενεργού άνθρακα είναι η μερική ή ολοκληρωτική χρήση του ως πληρωτικό υλικό φίλτρων θολότητας όπου όμως προσφέρει περιορισμένη ικανότητα προσρόφησης λόγω των αιωρούμενων στερεών που συγκρατούνται στην κλίνη. Για αυτό το λόγο τοποθετείται κυρίως μετά τα φίλτρα θολότητας όπου το νερό είναι διαυγές.

Τα δεδομένα σχεδιασμού μιας μονάδας φίλτρανσης με ενεργό άνθρακα περιλαμβάνουν:

- Την παροχή σχεδιασμού και τον χρόνο παραμονής εντός της κλίνης. Η βασική προσέγγιση της διεργασίας είναι ίδια με αυτή των φίλτρων διύλισης, σχεδιάζοντας τη μονάδα για τη μέγιστη παροχή εισόδου. Ο όγκος του ενεργού άνθρακα καθορίζεται από το είδος των οργανικών ρύπων προς απομάκρυνση καθώς και τη μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση αυτών στην έξοδο της μονάδας.
- Τα χαρακτηριστικά του ενεργού άνθρακα, τα οποία ποικίλουν ανάλογα με τον παραγωγό. Γενικά, τα σωματίδια του ενεργού άνθρακα έχουν διαστάσεις μεταξύ 1,2 και 1,6 mm και συντελεστή ομοιομορφίας $\leq 1,7$.
- Την επιφανειακή φόρτιση η οποία συνήθως επιλέγεται από 5 έως 15 m/h.
- Την αντίστροφη πλύση η οποία γίνεται με την ίδια διαδικασία όπως με τα φίλτρα θολότητας με τη διαφορά ότι η πυκνότητα του ενεργού άνθρακα είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή των σωματιδίων της άμμου (1,4 έναντι 2,65 g/cm³)
- Τον ρυθμό χρήσης του ενεργού άνθρακα, ο οποίος καθορίζει τη συχνότητα με την οποία αυτός θα πρέπει να αντικαθίσταται και συνήθως προσδιορίζεται με εργαστηριακά τεστ.

Η συνηθέστερη διαμόρφωση των φίλτρων ενεργού άνθρακα περιλαμβάνει καθοδική ροή του νερού με παράλληλη τοποθέτηση των μονάδων.

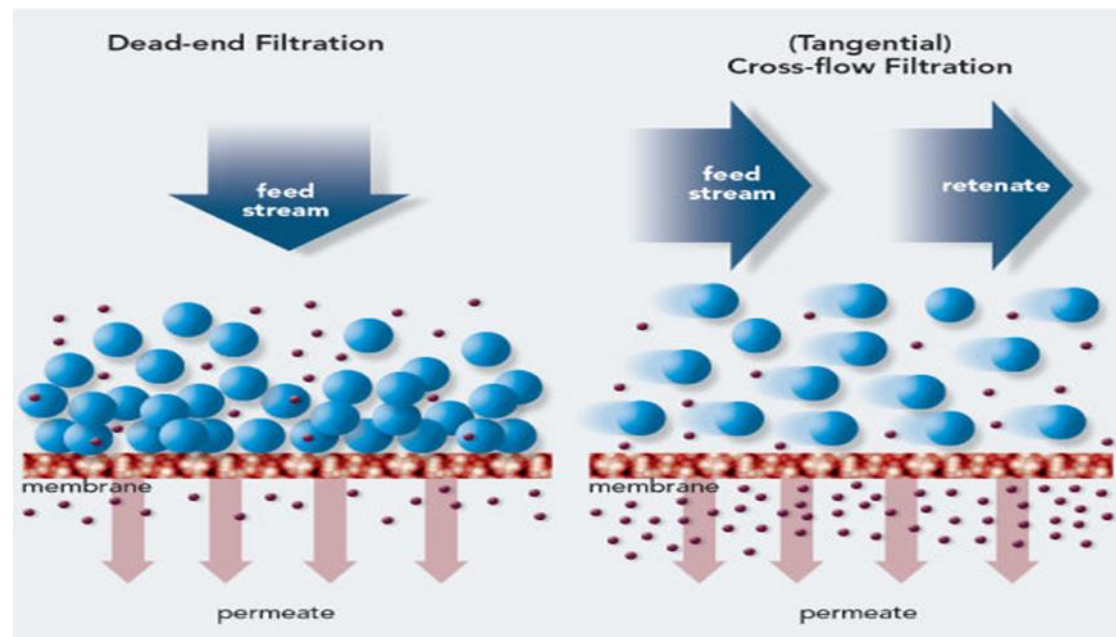
Υπερδιήθηση (Ultrafiltration, UF)

Η υπερδιήθηση (UF) είναι μια τεχνολογία διαχωρισμού με χρήση ημιπερατής μεμβράνης και πίεσης (1-7 bar), για την απομάκρυνση σωματιδίων, μεγαλομοριακών οργανικών ενώσεων και μικροοργανισμών από το νερό. Ειδικότερα, η υπερδιήθηση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση πρωτεϊνών, κολλοειδών, βακτηρίων, παρασίτων, μεγάλων οργανικών μορίων και γενικά κάθε συστατικού του νερού με μέγεθος μεγαλύτερο από 0,03 μm. Η μέθοδος δεν απομακρύνει ιόντα και μικρά μόρια.

Οι μεμβράνες UF κατασκευάζονται από οργανικά (πολυμερή) και ανόργανα υλικά ενώ η δομή τους είναι συνήθως ασύμμετρη. Περιλαμβάνουν μια πυκνή επιφανειακή στιβάδα, με πάχος 0,1 - 0,5 μm, η οποία τοποθετείται πάνω από μια πορώδη στιβάδα με πάχος 50 – 150 μm. Αυτού του τύπου οι μεμβράνες συνδυάζουν την υψηλή επιλεκτικότητα των πυκνών μεμβρανών με τον υψηλό ρυθμό διήθησης των πολύ λεπτών μεμβρανών. Η αντίσταση στη μεταφορά μάζας καθορίζεται κατά μεγάλο βαθμό (ή σχεδόν εξ' ολοκλήρου) από την λεπτή επιφανειακή στιβάδα.

Στις πορώδεις μεμβράνες, ο βαθμός διαχωρισμού εξαρτάται κυρίως από τη διάσταση των πόρων. Το υλικό κατασκευής της μεμβράνης είναι σημαντικό για τη χημική, θερμική και μηχανική σταθερότητα αλλά όχι για τη ροή διαμέσου αυτής και το βαθμό διαχωρισμού. Οι μεμβράνες κατασκευάζονται είτε σε σωληνοειδή (tubular) μορφή είτε σε επίπεδη (flat) και τοποθετούνται εντός κλειστών λειτουργικών μονάδων που αποτελούνται από τις μεμβράνες, το κέλυφος, το στόμιο τροφοδοσίας, το στόμιο απόρριψης, το στόμιο τροφοδοσίας αέρα και το στόμιο του διηθήματος. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μονάδων UF στην αγορά, ο τύπος «κοίλων ινών» (hollow fibers) και ο τύπος «σπειροειδούς τυλίγματος» (spiral wound).

Η λειτουργία των μονάδων UF μπορεί να γίνει με δυο διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με την ροή του νερού εντός της μονάδας: τον «dead-end flow» και τον «cross-flow». Ο πρώτος τρόπος είναι ίδιος με τη φίλτρανση του νερού μέσω φυσιγγίων διαχωρισμού, όπου υπάρχει ένα ρεύμα εισόδου κι ένα ρεύμα εξόδου (φιλτραρισμένο νερό). Η ανάκτηση νερού είναι σχεδόν ολοκληρωτική (95-98%) αλλά υπάρχει περιορισμός στη θολότητα του εισερχομένου νερού (συνήθως <5 NTU). Για μεγαλύτερες θολότητες το ποσοστό ανάκτησης μειώνεται ελαφρώς λόγω μεγαλύτερης χρήσης του νερού για την πλύση της μεμβράνης. Στον δεύτερο τρόπο λειτουργίας υπάρχει ένα επιπλέον ταυτόχρονο ρεύμα, αυτό της απόρριψης και επομένως η παραγωγή φιλτραρισμένου νερού είναι μικρότερη.



Εικόνα 9: Καθαρισμός Μεμβρανών

Ο καθαρισμός των μεμβρανών γίνεται με αντίστροφη πλύση και με συχνότητα 1-2 φορές ανά ώρα, ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπό υποεπεξεργασία νερού. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται για την πλύση και αέρας πριν το νερό. Η πλύση των μεμβρανών περιλαμβάνει επίσης τη μερική χρήση χημικών με συχνότητα 1-2 φορές την εβδομάδα και για χρόνο 15 min ενώ 2-4 φορές το χρόνο γίνεται εκτεταμένος χημικός καθαρισμός.

Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, οι μονάδες UF αποτελούνται από συστοιχίες πλήθους μεμβρανών, που τοποθετούνται εντός αυτομεταφερόμενων πλαισίων πάνω στα οποία διαμορφώνονται και οι υδραυλικές διασυνδέσεις.



Εικόνα 10: Υδραυλικές Διασυνδέσεις

Η ζήτηση που αναμένεται για το έτος πρόβλεψης (2043) ανέρχεται στα 1820 m³/h για τον πληθυσμό στις πόλεις Άργους και Ναυπλίου καθώς και των γύρω οικισμών.

Παρακάτω αναλύονται τα απαιτούμενα έργα για το κάθε είδος επεξεργασίας:

Πίνακας 31: Έργα Επεξεργασίας Νερού (Συμβατική Μέθοδος)

ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ (Συμβατική μέθοδος)				
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ	
Σιλό θειικού αργιλίου	m ³	1	6	6
Αντλία θειικού αργιλίου	τεμ	3	1.5	4.5
Αντλία Πολυηλεκτρολύτη	τεμ	6	200	1200
Δεξαμενή Ταχείας Μίξης	m ³	1	17	17
Δεξαμενή Καθίωσης	m ²	2	600	1200
Δεξαμενή Κροκίδωσης	m ²	2	72	144
Κλίνες Διύλισης	m ³	2	250	500
Δεξαμενή Απολύμανσης	m ²	5	60	300
Δεξαμενή Απολύμανσης	m ²	1	220	220
Δεξαμενή Αποθήκευσης	m ³	1	660	660
Επεξεργασμένου Νερού	m ²	1	800	800
Δεξαμενή Πάχυνσης	m ³	1	8000	8000
Φιλτρόπρεσες Αφυδάτωσης	m ²	1	74.26	74.26
	m ³	1	222.78	222.78
	m	2	1.5	3

Μονάδα προεπεξεργασίας

Η εσχάρωση εγκαθίσταται σε ανεξάρτητο κτίριο. Στο φρεάτιο εισόδου εγκαθίστανται όργανα μέτρησης pH, θολότητας και αγωγιμότητας με σκοπό της ρύθμιση των διεργασιών στις κατάντη μονάδες.

Στη συνέχεια το νερό οδηγείται σε τρία κανάλια τα οποία εξοπλίζονται με μηχανικά αυτοκαθαριζόμενες εσχάρες. Το πλάτος κάθε καναλιού είναι 1,80 m και ανάντη και κατάντη των εσχάρων φέρουν θυροφράγματα απομόνωσης από ανοξείδωτο χάλυβα με χειροστρόφαλο χειρισμού. Τα εσχάρισματα από τις μηχανικές εσχάρες απορρίπτονται σε κοχλία ο οποίος

στη συνέχεια τα απορρίπτει σε τροχήλατους κάδους απορριμμάτων που βρίσκονται σε ανεξάρτητο ισόγειο χώρο.

Η λειτουργία των εσχάρων ρυθμίζεται μέσω συστήματος διαφορικής μέτρησης στάθμης, ανάντη και κατάντη αυτών. Εγκαθίστανται τρεις μηχανικά τύπου περιστρεφόμενου αυτοκαθαριζόμενες εσχάρες με διάκενα 1,5 mm.

Το νερό μετά τις εσχάρες οδηγείται στο φρεάτιο εξόδου της μονάδας και από εκεί μέσω αγωγού οδηγείται με βαρύτητα στη μονάδα κροκίδωσης καθίωσης.

Μονάδας Κροκίδωσης-Καθίωσης

Η μονάδα της κροκίδωσης-καθίωσης περιλαμβάνει τρεις (3) δοσιμετρικές αντλίες δυναμικότητας 1,5 m³/h έκαστη για το θειικό αργίλιο (alum) καθώς και σιλό αποθήκευσης του κροκιδωτικού με χρόνο παραμονής πέντε (5) ημέρες και όγκου 6 m³. Επίσης περιλαμβάνει έξι (6) δοσιμετρικές αντλίες πολυηλεκτρολύτη με δυναμικότητα 200 l/h έκαστη.

Ακολούθως πρέπει να κατασκευαστεί τετραγωνική Δεξαμενή Ταχείας Μίξης με πλευρά 2,6 m , όγκο 17 m³ και ισχύ 8017,2 W. Τα παραπάνω στοιχεία της δεξαμενής υπολογίστηκαν για χρόνο παραμονής νερού 30 sec.

Η επιτρεπόμενη φόρτιση για την καθίωση επιλέχθηκε 40 m/d, ο χρόνος παραμονής νερού 2 h και το ύψος των δεξαμενών κροκιδοκαθίωσης 3,5 m. Προέκυψε ότι απαιτούνται συνολικά δύο (2) παράλληλες κυκλικές δεξαμενές κροκίδωσης-καθίωσης με κεκλιμένες πλάκες με συνολική διάμετρο 29,3 m.

Μονάδα Διύλισης

Η μονάδα διύλισης περιλαμβάνει 5 κλίνες ενεργού άνθρακα εκ των οποίων η μία θα είναι σε έκπλυση με συνολική επιφάνεια 300 m². Κάθε κλίνη έχει μήκος 10 m και πλάτος 6 m. Επίσης περιλαμβάνει μηχανισμό έκπλυσης.

Μονάδα Απολύμανσης

Η μονάδα απολύμανσης του νερού επιλέχθηκε η μέθοδος της χλωρίωσης ως η πιο οικονομική και αποδοτική για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Η δεξαμενή χλωρίωσης είναι ορθογωνική με μήκος 22m και πλάτος 10 m. Περιλαμβάνει 5 διαμερίσματα των 2m προκειμένου να εξασφαλίζεται η εμβολοειδής ροής. Συνολικά έχει όγκο 660 m³.

Τέλος πρέπει να εγκατασταθεί τετραγωνική δεξαμενή με επιφάνεια 800 m² και ύψος 10 m για την αποθήκευση του επεξεργασμένου νερού για 4 h.

Επεξεργασία Ιλύος

Μετά από μετρήσεις η θολότητα του νερού στις πηγές που χρησιμοποιούνται για την ύδρευση είναι 40 NTU. Σύμφωνα με αυτή την θολότητα προσδιορίστηκε ότι τα στερεά που παράγονται από την επεξεργασία του νερού είναι 1954 kg/d.

Πάχυνση

Η παροχή της υγρής ιλύος που καλείται να επεξεργαστεί η πάχυνση είναι 1856,3 kg/d με συγκέντρωση στερεών 3%. Το σχεδιαστικό κριτήριο είναι η φόρτιση με τιμή 25 kg/m²/d όπου προέκυψε επιφάνεια 74,3 m² με διάμετρο 9,7m και ύψος 3 m.

Αφυδάτωση

Η παροχή της υγρής ιλύος που καλείται να επεξεργαστεί η αφυδάτωση είναι 1763,5 kg/d με συγκέντρωση στερεών 20%. Θεωρήθηκε μία βάρδια 8 hr και πέντε μέρες την εβδομάδα, επομένως η λειτουργία της αφυδάτωσης είναι συνολικά 35 h/d και προέκυψε η ανάγκη για τοποθέτηση 2 φιλτρόπρεσσης με 1,5 m εκάστη με δυναμικότητα 117,6 kgSS/h/m.

Δεξαμενή ανεπεξέργαστου νερού

Η δεξαμενή υποδοχής του υφάλμυρου νερού κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, έχει ωφέλιμο όγκο 375 m³ και συνολικές διαστάσεις 5,0x25,0x3,50m και μέγιστο βάθος υγρού 3,0m. Η δεξαμενή θα χωροθετηθεί εκτός του κτιρίου επεξεργασίας.

Ο ελάχιστος ενεργός όγκος της δεξαμενής ανεπεξέργαστου νερού υπολογίζεται με βάση τη λειτουργία των αντλιών σε ελάχιστη χρήση θεωρώντας συνολική διάρκεια λειτουργίας $t_{εν} = 30 \text{ min/hr}$.

$$V = Q \cdot n \cdot t_{εν}$$

όπου:

V= ενεργός όγκος αντλιοστασίου (m³)

Q= παροχή κάθε αντλίας σε L/s (=150 L/s)

n= αριθμός αντλιών σε λειτουργία (=4)

Με αντικατάσταση στην παραπάνω σχέση και θεωρώντας συντελεστή ασφαλείας 1,25 προκύπτει ότι ο ελάχιστος ενεργός όγκος της δεξαμενής πρέπει να είναι 375 m³.

Υπερδιήθηση (UF)

Στην υπερδιήθηση, οι μονάδες προεπεξεργασίας και απολύμανσης είναι ίδιες με τη συμβατική επεξεργασία. Τα επιμέρους έργα που απαιτούνται είναι:

Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας μονάδας υπερδιήθησης

Το αντλιοστάσιο τροφοδοσίας της μονάδας UF αποτελείται από οχτώ αντλίες (έξι σε λειτουργία και δύο εφεδρικές) οι οποίες διατάσσονται ανά ζεύγη. Οι αντλίες είναι οριζόντιες φυγοκεντρικές ξηρού τύπου με συνολική δυναμικότητα 600 m³/h και θα διαθέτουν μετατροπέα συχνότητας για τη ρύθμιση της παροχής τους. Η λειτουργία τους θα ελέγχεται από σύστημα μέτρησης στάθμης τύπου υπερήχων στη δεξαμενή υφάλμυρου νερού.

Σε κάθε ζεύγος η μία αντλία είναι σε εφεδρεία ενώ αυτή που λειτουργεί τροφοδοτεί αποκλειστικά μία από τις δύο συστοιχίες υπερδιήθησης UF. Ένα ζεύγος αντλιών είναι εκτός λειτουργίας, ως εφεδρικό.

Σε κάθε γραμμή τροφοδοσίας των συστοιχιών UF θα τοποθετηθεί ένα αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο τύπου σίτας με δυναμικότητα 750 m³/h το καθένα και διάμετρος οπής 200 μm. Σκοπός των φίλτρων είναι η προστασία των μεμβρανών υπερδιήθησης από εμφράξεις.

Μονάδα υπερδιήθησης UF

Κριτήριο σχεδιασμού της μονάδας UF αποτελεί η επιφανειακή φόρτιση των μεμβρανών, η οποία για νερό με θολότητα 10 NTU και αιωρούμενα στερεά 10 mg/L λαμβάνεται 75 L/m²·h κατά μέγιστο. Εφόσον υπάρχουν τρεις γραμμές τροφοδοσίας και η παροχή ανά γραμμή τροφοδοσίας είναι ίση με 600 m³/h και η μέγιστη επιφανειακή φόρτιση 75 L/m²·h, απαιτείται επιφάνεια μεμβρανών 8.000 m² ανά γραμμή. Με διατιθέμενη επιφάνεια μεμβράνης εμπορίου ίση με 102,5 m², προκύπτει πως χρειάζονται 78 μεμβράνες ανά γραμμή. Για λόγους ασφαλείας, καταλήγουμε στη χρήση 82 μεμβρανών ανά γραμμή με φόρτιση λειτουργίας ίση με $600.000/(82 \cdot 102,5) = 71,38$ L/m²·h.

Η ολοκληρωτική απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και της θολότητας από το νερό, γίνεται σε μονάδα υπερδιήθησης (UF), η οποία περιλαμβάνει πέντε (5) συστοιχίες μεμβρανών εκ των οποίων τέσσερις (4) είναι σε λειτουργία και μία (1) σε εφεδρεία. Κάθε συστοιχία αποτελείται από ογδόντα δύο (82) μεμβράνες, διατεταγμένες σε δύο επίπεδα.

Η τροφοδοσία των μεμβρανών είναι συνεχής και η λειτουργία τους ελέγχεται με μέτρηση της πτώσης πίεσης. Οι μεμβράνες που θα χρησιμοποιηθούν είναι τύπου «κοίλων ινών» (hollow fiber), κατασκευασμένες από PVDF, με διάμετρο πόρων 0,03 μm και θα προσφέρουν επαρκή απομάκρυνση σε κολλοειδή στερεά, βακτήρια και μικροοργανισμούς.

Το τελικό προϊόν, στην έξοδο των μεμβρανών θα έχει θολότητα μικρότερη από 0,1 NTU. Η φόρτιση των μεμβρανών είναι μικρότερη από 75 L/m²·h,

λαμβάνοντας υπόψη και το χρόνο που διαρκεί η αντίστροφη πλύση τους. Η παροχή τροφοδοσίας κάθε μονάδας UF ξεχωριστά είναι περίπου 7,0 m³/h. Οι μεμβράνες τοποθετούνται μέσα σε πλαστικό κυλινδρικό κέλυφος το οποίο διαθέτει στόμια για την είσοδο του ανεπεξέργαστου νερού, την έξοδο του φιλτραρισμένου νερού, την έξοδο του νερού πλύσης καθώς και για την είσοδο και την έξοδο του αέρα αντίστροφης πλύσης.

Η διάταξη των μεμβρανών κάθε συστοιχίας γίνεται σε δύο επίπεδα (41 μεμβράνες σε κάθε επίπεδο) και η τροφοδοσία τους γίνεται διαμέσου κεντρικού διανομέα ο οποίος στη συνέχεια χωρίζεται σε τέσσερις κλάδους. Το φιλτραρισμένο νερό παραλαμβάνεται από τέσσερις κλάδους οι οποίοι καταλήγουν σε κοινό συλλεκτήριο αγωγό και από εκεί στη ενδιάμεση δεξαμενή φιλτραρισμένου νερού.

Κατά την αρχική έναρξη λειτουργίας οι συστοιχίες ξεπλένονται προκειμένου να απομακρυνθούν υπολείμματα χημικών ουσιών και ο αέρας. Η πλύση αυτή (forward flush) γίνεται μόνο στην εξωτερική επιφάνεια των ινών και δεν παράγεται φιλτραρισμένο νερό. Με την ολοκλήρωση της πλύσης οι συστοιχίες τίθενται σε κανονική λειτουργία. Ένας κύκλος λειτουργίας διαρκεί 20-60 min και κατά τη διάρκειά του το 100% της τροφοδοσίας μετατρέπεται σε φιλτραρισμένο νερό. Με την πάροδο του χρόνου και καθώς τα αιωρούμενα στερεά και τα κολλοειδή απομακρύνονται, η διαφορική πίεση της μεμβράνης αυξάνεται. Στο τέλος του προκαθορισμένου χρόνου λειτουργίας του κύκλου ξεκινά η διαδικασία καθαρισμού, η οποία περιλαμβάνει:

- Καθαρισμό με αέρα
- Εκκένωση κάθε στοιχείου UF
- Αντίστροφη πλύση με απομάκρυνση των εκπλυμάτων από το πάνω μέρος του στοιχείου
- Αντίστροφη πλύση με απομάκρυνση των εκπλυμάτων από το κάτω μέρος του στοιχείου
- Ξέπλυμα

Η χρήση του αέρα γίνεται με σκοπό τη «χαλάρωση» των εναποθέσεων στην επιφάνεια των ινών. Ο αέρας εισάγεται στο εξωτερικό μέρος της επιφάνειας και εξάγεται μαζί με μέρος του περιεχόμενου νερού, από το πάνω μέρος του στοιχείου. Η διαδικασία διαρκεί 20-30 s και στη συνέχεια το στοιχείο εκκενώνεται με βαρύτητα για να απομακρυνθούν όλα τα αποκολλημένα σωματίδια.

Ακολούθως ξεκινά το πρώτο στάδιο της αντίστροφης πλύσης, το οποίο περιλαμβάνει ροή φιλτραρισμένου νερού από το εσωτερικό προς το εξωτερικό μέρος των ινών. Τα εκπλύματα απομακρύνονται από το πάνω μέρος του στοιχείου ενώ στο στάδιο αυτό απομακρύνονται τα πιο ελαφρά στερεά. Στο δεύτερο στάδιο η ροή διαμέσου των ινών γίνεται με τον ίδιο τρόπο αλλά η απομάκρυνση των εκπλυμάτων γίνεται από το κάτω μέρος του στοιχείου. Με τον τρόπο αυτό απομακρύνονται τα βαρύτερα στερεά.

Μετά την ολοκλήρωση της αντίστροφης πλύσης γίνεται ένα τελευταίο ξέπλυμα των ινών για την απομάκρυνση του αέρα και των τελευταίων ρύπων από την επιφάνειά τους. Στη συνέχεια όλη η συστοιχία επιστρέφει σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας.

Συχνά, ο καθαρισμός των στοιχείων γίνεται και με ταυτόχρονη χρήση χημικών (Chemically Enhanced Backwash, CEB). Η συχνότητα του CEB εξαρτάται από την ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού. Νερό με πολύ καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά μπορεί να περιορίσει σημαντικά ή και να αποκλείσει την απαίτηση σε CEB. Το CEB γίνεται με φιλτραρισμένο νερό με προσθήκη υδροχλωρικού οξέος (HCl 33%) σε συνδυασμό με έναν οξειδωτικό παράγοντα (NaOCl 12%). Η διαδικασία καθαρισμού είναι ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω με τη διαφορά ότι στο νερό πλύσης γίνεται η προσθήκη χημικών ενώ μετά το δεύτερο στάδιο προστίθεται ένα επιπλέον στάδιο χημικής δράσης (soak) το οποίο διαρκεί 5-20 min. Ο επιπλέον χρόνος δίνει τη δυνατότητα στα χημικά να αντιδράσουν με τους ρύπους που έχουν επικαθίσει στην επιφάνεια των ινών ή έχουν διεισδύσει

εντός του τοιχώματος. Με την ολοκλήρωση και αυτού του σταδίου ξεκινά η διαδικασία μιας κανονικής αντίστροφης πλύσης.

Σε αραιότερα χρονικά διαστήματα, ο καθαρισμός των ινών γίνεται με αντίστροφη πλύση και ανακυκλοφορία χημικών. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται CIP (Clean In Place) και ανάλογα με την ποιότητα του νερού γίνεται κάθε 1 με 3 μήνες. Πριν την έναρξη του CIP επαναλαμβάνεται 3-8 φορές η διαδικασία την κανονικής αντίστροφης πλύσης ώστε να απομακρυνθούν εντελώς οι ρύποι που δεν απαιτούν χημικό καθαρισμό. Στη συνέχεια κάθε στοιχείο UF εκκενώνεται ώστε να μην γίνει αραίωση των χημικών καθαρισμού. Τα χημικά ανακυκλοφορούν για 30 λεπτά στην εξωτερική πλευρά των ινών από τη δεξαμενή χημικών. Ακολούθως σταματά η ανακυκλοφορία και ξεκινά η χημική δράση για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 60 min. Η ανακυκλοφορία επαναλαμβάνεται για άλλα 30 min, ακολουθεί ξέπλυμα με αέρα και τελικά κάθε στοιχείο UF εκκενώνεται για να απομακρυνθούν χημικά και ρύποι. Πριν την έναρξη της κανονικής λειτουργίας γίνεται ένα κύκλος αντίστροφης πλύσης και την οριστική απομάκρυνση και των τελευταίων χημικών.

Αποθήκευση χημικών και εξοπλισμού καθαρισμού

i. Χώρος αποθήκευσης και δοσομέτρησης υδροχλωρικού οξέος

Το συγκρότημα του υδροχλωρικού οξέος (HCl 33%) εγκαθίσταται σε κλειστό και εξαεριζόμενο χώρο. Το οξύ χρησιμοποιείται για τη χημική αντίστροφη πλύση (CEB) των μονάδων UF.

Η δεξαμενή αποθήκευσης είναι κατακόρυφη κυλινδρική, κατασκευασμένη από σκληρό πολυαιθυλένιο, με ενεργό όγκο 5.000 L. Η αποθηκευτική της ικανότητα επαρκεί για 20 ημέρες συνεχούς λειτουργίας.

Η προσθήκη του υδροχλωρικού οξέος στη γραμμή αντίστροφης πλύσης γίνεται με δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική) δυναμικότητας 2.000 L/h.

ii. Χώρος αποθήκευσης και δοσομέτρησης καυστικού

Το συγκρότημα του καυστικού νατρίου (NaOH 50%) θα εγκατασταθεί στον ίδιο χώρο με το υδροχλωρικό οξύ. Το διάλυμα χρησιμοποιείται για τον χημικό καθαρισμό (CIP) των μονάδων UF καθώς και για τη ρύθμιση του pH στο επεξεργασμένο νερό.

Η δεξαμενή αποθήκευσης είναι κατακόρυφη κυλινδρική, κατασκευασμένη από σκληρό πολυαιθυλένιο, με ενεργό όγκο 5.000 L. Η αποθηκευτική της ικανότητα επαρκεί για 20 ημέρες συνεχούς λειτουργίας.

Η προσθήκη του διαλύματος στο φρεάτιο μίξης γίνεται με δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική) δυναμικότητας 20 L/h.

iii. Χώρος αποθήκευσης και δοσομέτρησης υποχλωριώδους νατρίου

Το συγκρότημα του υδροχλωρικού οξέος (NaOCl 12%) θα εγκατασταθεί σε κλειστό και εξαεριζόμενο χώρο. Το διάλυμα χρησιμοποιείται για τη χημική αντίστροφη πλύση (CEB) των μονάδων UF καθώς και για την απολύμανση του επεξεργασμένου νερού.

Η δεξαμενή αποθήκευσης είναι κατακόρυφη κυλινδρική, κατασκευασμένη από σκληρό πολυαιθυλένιο, με ενεργό όγκο 15.000 L. Η αποθηκευτική της ικανότητα επαρκεί για 28 ημέρες συνεχούς λειτουργίας. Η δεξαμενή φέρει στεγανή θυρίδα επίσκεψης, στόμιο υπερχειλίσης- αναπνοής καθώς και όλα τα απαραίτητα υδραυλικά εξαρτήματα για τη στήριξη και σύνδεση με τη διάταξη δοσομέτρησης.

Η προσθήκη του διαλύματος NaOCl στη γραμμή αντίστροφης πλύσης γίνεται με δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική) δυναμικότητας 2.500 L/h. Η προσθήκη του διαλύματος NaOCl για την απολύμανση του νερού γίνεται με δύο δοσομετρικές αντλίες (η μία εφεδρική) δυναμικότητας 15 L/h η καθεμία.

Επιπλέον, θα εδράζονται σε επίπεδη πλατφόρμα από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία φέρει στο μπροστινό μέρος τοίχιο, το οποίο δημιουργεί μια δεξαμενή προστασίας διαρροών.

iv. Εξοπλισμός χημικού καθαρισμού (CIP)

Εγκαθίσταται δεξαμενή χημικού καθαρισμού για τη μονάδα UF. Η δεξαμενή θα είναι κατασκευασμένη από σκληρό πολυαιθυλένιο και θα έχει ωφέλιμο όγκο 15.000 L.

Επίσης, θα φέρει σύστημα απευθείας πλήρωσης από το δίκτυο αφαλατωμένου νερού, δικλείδα εκκένωσης, σύστημα διακοπών στάθμης για τον έλεγχο της υπάρχουσας ποσότητας και κατακόρυφο αναδευτήρα μέσω του οποίου παρασκευάζονται τα διαλύματα καθαρισμού.

Για την παρασκευή των διαλυμάτων, η δεξαμενή πληρώνεται αρχικά με επεξεργασμένο νερό σε ποσοστό μεγαλύτερο από το μισό της. Στη συνέχεια και ενώ συνεχίζεται η πλήρωση και έχει εκκινήσει η λειτουργία του αναδευτήρα, γίνεται η προσθήκη του πρώτου χημικού (HCl) με χρήση αντλιών μετάγγισης. Μετά την πρώτη χρήση το χρησιμοποιημένο χημικό διάλυμα εξουδετερώνεται με χρήση NaOH, το οποίο προστίθεται με τον ίδιο τρόπο στη δεξαμενή. Ακολουθεί η εκκένωση της δεξαμενής και η παραγωγή του δεύτερου χημικού διαλύματος (NaOH) με τον ίδιο τρόπο. Η εξουδετέρωση αυτή τη φορά γίνεται με διάλυμα HCl. Στη συνέχεια παρασκευάζεται διάλυμα Na₄EDTA με προσθήκη στερεού χημικού.

Για τον χημικό καθαρισμό του συστήματος UF εγκαθίστανται δύο (2) επιπλέον αντλίες (η μία εφεδρική) με δυναμικότητα 200 m³/h.

Σύγκριση για την επιλογή μεθόδου

Η συμβατική μέθοδος προεπεξεργασίας απαιτεί μεγάλη επιφάνεια εγκατάστασης (περίπου 2.600 m²) κυρίως λόγω της ύπαρξης των δεξαμενών καθίζησης, διύλισης και ενεργού άνθρακα. Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που απαιτεί, είναι σημαντικά μειωμένος σε σχέση με την υπερδιήθηση. Η συνολική διεργασία είναι περισσότερο πολύπλοκη λόγω της ύπαρξης πέντε σταδίων επεξεργασίας (ταχεία μίξη – κροκκίδωση, θρόμβωση, καθίζηση, διύλιση, φίλτρανση με ενεργό άνθρακα). Επιπλέον απαιτείται και η κατασκευή μονάδας επεξεργασίας της χημικής ιλύος που παράγεται κατά τη διεργασία καθώς και η ανάγκη εξεύρεσης χώρου για την τελική της διάθεση. Αντίθετα, οι μεμβράνες υπερδιήθησης τοποθετούνται σε συστοιχίες κι επομένως

καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο χώρο (μικρότερα κτίρια και έργα υποδομής). Τα αιωρούμενα στερεά και κολλοειδή που συγκρατούν, απομακρύνονται κατά την διάρκεια της αντίστροφης πλύσης και οδηγούνται, μέσω του αγωγού διάθεσης της άλμης, στον τελικό αποδέκτη, χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη επεξεργασία τους.

Συμπερασματικά, η μέθοδος επεξεργασίας που θα επιλεγθεί βασίζεται αρκετά στην ποιότητα του εισερχόμενου νερού προς επεξεργασία, καθώς το κόστος εγκατάστασης των δύο μεθόδων είναι παρόμοιο (προσεγγιστικά 9-13 εκατ. ευρώ). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε περίπτωση αυξημένης θολότητας (>10 NTU) η υπερδιήθηση αδυνατεί να φτάσει τα επίπεδα διαύγειας της συμβατικής επεξεργασίας στο ίδιο κόστος και αυτό προφανώς οφείλεται στην αυξημένη ποσότητα μεμβρανών (που αναλογικά επηρεάζει και τη δυναμικότητα των αντλιών εγκατάστασης) που απαιτούνται για τη φίλτρανση του νερού.

A.2 Έργα Μονάδας Αφαλάτωσης

Επιλογή κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης

Με τον όρο αφαλάτωση χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Αποτελεί λοιπόν μέθοδο ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό και υφάλμυρο υπόγειο νερό. Οι μέθοδοι αφαλάτωσης νερού διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες.

Στις θερμικές διεργασίες ή διεργασίες που περιλαμβάνουν αλλαγή φάσης, στις οποίες το νερό θερμαίνεται έως το σημείο βρασμού. Ο ατμός που παράγεται ψύχεται και συμπυκνώνεται παράγοντας το επεξεργασμένο νερό ενώ τα άλατα παραμένουν στο ανεπεξέργαστο ρεύμα. Οι κυριότερες θερμικές μέθοδοι αφαλάτωσης είναι:

- η Πολυβάθμια Απόσταξη (MED)
- η Πολυβάθμια Ακαριαία Εκτόνωση (MSF)
- η Εξάτμιση και Επανασυμπύεση Ατμών (VC), θερμική ή μηχανική

Στις διεργασίες που χρησιμοποιούν μεμβράνες (ή διεργασίες μιας φάσης), στις οποίες η απομάκρυνση των αλάτων γίνεται χωρίς αλλαγή φάσης και με σημαντικά χαμηλότερα ποσά ενέργειας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι τεχνολογίες:

- της Ηλεκτροδιάλυσης (ED), και
- της Αντίστροφης Ώσμωσης (RO).

Η αντίστροφη ώσμωση απαιτεί ενέργεια για την αύξηση της πίεσης του ανεπεξέργαστου νερού προκειμένου να επιτευχθεί ο διαχωρισμός των αλάτων. Η ηλεκτροδιάλυση απαιτεί ενέργεια για τον ιονισμό του νερού, το οποίο αφαλατώνεται με χρήση μεμβρανών που τοποθετούνται σε δύο αντιθέτως φορτισμένα ηλεκτρόδια.

Άλλες μέθοδοι αφαλάτωσης νερού είναι η ηλιακή εξάτμιση όμως συνήθως δεν προτείνεται, καθώς δεν μπορεί να εφαρμοστεί για μεγάλες παροχές λόγω της υπερβολικά μεγάλης απαιτούμενης επιφάνειας εγκατάστασης.

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι αφαλάτωσης είναι η πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF) και η αντίστροφη ώσμωση (reverse osmosis, RO). Η αντίστροφη ώσμωση (RO) χρησιμοποιείται σε περισσότερες περιπτώσεις και μια τυπική μονάδα έχει μέση παραγωγή 1200 m³ /ημέρα, ενώ στην πολυβάθμια εκτόνωση μια τυπική μονάδα είναι πολύ μεγαλύτερη και έχει μέση παραγωγή 8800 m³/ημέρα. Συνολικά όμως οι δύο αυτές μέθοδοι έχουν ίση περίπου συμμετοχή στο παραγόμενο παγκόσμιο προϊόν. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις πολυβάθμιας εκτόνωσης (MSF) απαντώνται στον Περσικό Κόλπο, ενώ στον υπόλοιπο κόσμο κυριαρχεί η αντίστροφη ώσμωση (RO). Τα Μεσογειακά κράτη, ανάμεσά τους και η Ελλάδα, στράφηκαν προς την RO τις δυο τελευταίες δεκαετίες.

Για να κριθεί μια Μονάδα Αφαλάτωσης αποτελεσματική, κρίσιμη είναι η σωστή επιλογή του τύπου της αφαλάτωσης. Ο τύπος της αφαλάτωσης μπορεί να καθορίσει την ποιότητα του παραγόμενου νερού, την οικονομική λειτουργία της αφαλάτωσης και το εύρος του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Η επικράτηση ορισμένων τεχνολογιών έναντι άλλων διαθέσιμων οφείλεται στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου, καθώς και το πεδίο στο οποίο εφαρμόζεται η καθεμία. Κρίσιμοι παράγοντες στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης είναι ένα σύνολο κριτηρίων που αντικατοπτρίζουν τα δεδομένα που υπάρχουν, τις ανάγκες που θα αντιμετωπιστούν, την προέλευση του νερού προς αφαλάτωση, τις ενεργειακές απαιτήσεις και τις διαθέσιμες μορφές ενέργειας καθώς και τη δυνατότητα εξασφάλισης τεχνικής υποστήριξης.

Πιο συγκεκριμένα, κατά κύριο λόγο, η προέλευση του νερού προς επεξεργασία καθορίζει τον τύπο της μεθόδου αφαλάτωσης που θα επιλεγεί. Για επεξεργασία θαλασσινού νερού επιλέγονται οι τεχνολογίες

της πολυβάθμιας εκτόνωσης, της πολυβάθμιας εξάτμισης και της επανασυμπίεσης ατμών. Για την επεξεργασία υφάλμυρου νερού επιλέγεται η τεχνολογία της ηλεκτροδιάλυσης ενώ η αντίστροφη ώσμωση επεξεργάζεται τόσο το θαλασσινό όσο και το υφάλμυρο νερό.

Παράλληλα, καθοριστικό παράγοντα αποτελεί η επιθυμητή δυναμικότητα της μονάδας, καθώς και η ποιότητα του παραγόμενου νερού. Η δυναμικότητα μιας μονάδας αφαλάτωσης εξαρτάται από τη ζήτηση νερού η οποία επηρεάζει την επιλογή της μεθόδου. Η πολυβάθμια εκτόνωση συνιστάται για περιπτώσεις μεγάλου μεγέθους (1.000 – 60.000 m³), η πολυβάθμια εξάτμιση για περιπτώσεις μεσαίου μεγέθους (500 – 20.000 m³) ενώ η εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις για πολύ μικρές εφαρμογές (25 – 2.500 m³). Αντίθετα, οι διεργασίες μεμβράνης είναι κατάλληλες για κάθε είδους εφαρμογές (0,5 – 100.000 m³). Σε ότι αφορά την ποιότητα του παραγόμενου νερού, οι θερμικές διεργασίες (πολυβάθμια εκτόνωση, πολυβάθμια εξάτμιση, επανασυμπίεση ατμών) παράγουν αποσταγμένο νερό με πολύ χαμηλή συγκέντρωση αλάτων ενώ οι διεργασίες μεμβράνης (αντίστροφη ώσμωση και ηλεκτροδιάλυση) παράγουν νερό με συγκέντρωση αλάτων της τάξης των 200 ppm και άνω.

Προσοχή πρέπει ακόμη να δοθεί κατά την επιλογή στις ενεργειακές απαιτήσεις και την διαθεσιμότητα της ενέργειας, καθώς οι Μονάδες Αφαλάτωσης είναι αρκετά ενεργοβόρες. Έτσι, η χωροθέτηση και ο σχεδιασμός τους θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την διαθεσιμότητα σε ενέργεια. Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης έχει τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε ενέργεια (0,5 – 3 kWh/m³), όμως σε κάθε περίπτωση η ενέργεια ποικίλλει ανάλογα με την δυναμικότητα της μονάδας, αλλά και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.

Τέλος, η μέθοδος που θα επιλεγεί θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν απλή και να υπάρχει η βεβαιότητα έγκαιρης διάθεσης ανταλλακτικών και τεχνικής υποστήριξης από εξειδικευμένα συνεργεία για τη συντήρηση και τη λειτουργία, καθώς η λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης αποτελεί

κρίσιμο παράγοντα για την ασφαλή και αξιόπιστη παραγωγή νερού σε βάθος χρόνου.

Να σημειωθεί επίσης ότι όλες οι μέθοδοι απαιτούν προεπεξεργασία του νερού προκειμένου να αποφευχθούν καθαλατώσεις, εμφράξεις, διαβρώσεις και ανάπτυξη βακτηρίων.

Στην περιοχή μελέτης, τον Νομό Αργολίδος, η Μονάδα Αφαλάτωσης θα σχεδιαστεί για να επεξεργάζεται το υφάλμυρο νερό, που αντλείται από το φράγμα του Ανάβαλου. Η συγκέντρωση σε χλωριούχα άλατα ανέρχεται σε 400 – 450 mg/l σύμφωνα με στοιχεία από την επί τόπου επίσκεψη στην περιοχή μελέτης, ενώ βιβλιογραφικά έχουν σημειωθεί και υψηλότερες συγκεντρώσεις, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες. Όσον αφορά την δυναμικότητα της Μονάδας Αφαλάτωσης, αυτή εξαρτάται, κυρίως, από την ζήτηση της Ύδρευσης. Η ζήτηση που αναμένεται για το έτος πρόβλεψης (2043) ανέρχεται στα 1820 m³/h για τον πληθυσμό στις πόλεις Άργους, Επιδαύρου και Ναυπλίου, καθώς και των γύρω οικισμών. Τέλος, δεν τίθεται κάποιος περιορισμός για την διαθέσιμη ενέργεια, παρ' όλα αυτά, είναι επιθυμητός ο περιορισμός των απαιτήσεων για ενέργεια, καθώς θα έχει αντίκτυπο στην οικονομική λειτουργία της μονάδας και κατ' επέκταση, στην τιμή του υδρευτικού νερού. Προκύπτει, συμπερασματικά, πως η καλύτερη μέθοδος αφαλάτωσης για την Μονάδα στον Νομό Αργολίδος είναι η μέθοδος Αντίστροφης Ώσμωσης, καθώς αποτελεί την πλέον κατάλληλη μέθοδο για την επεξεργασία υφάλμυρου νερού και ταυτόχρονα, είναι μια απλή μέθοδος με ευρύτατη εφαρμογή και εξελιγμένη τεχνολογία, που συνεπάγεται μειωμένο κόστος.

Γενική Διάταξη Μονάδας Αφαλάτωσης Αντίστροφης Ώσμωσης

Στη μέθοδο αυτή μέσω τεχνητής πίεσης αλατούχο διάλυμα πιέζεται ώστε να περάσει μέσα από τους πόρους μιας ημι-διαπερατής μεμβράνης προς ένα θάλαμο καθαρού νερού, άρα έχουμε αντίστροφη ώσμωση καθώς το νερό με την μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων ωθείται προς το θάλαμο με τη μικρότερη συγκέντρωση και έτσι διηθείται και διέρχεται μόνο το καθαρό νερό, ενώ το αλάτι παραμένει στο διαμέρισμα του αλατούχου διαλύματος και η στάθμη του συνεχώς κατεβαίνει.

Η αφαλάτωση θαλασσινού νερού ακολουθεί την εξής διαδικασία η οποία περιλαμβάνει 3 στάδια:

- το στάδιο της προεπεξεργασίας,
- το στάδιο της αντίστροφης ώσμωσης,
- το τελικό στάδιο της επεξεργασίας.

Το στάδιο της προεπεξεργασίας είναι σημαντικό καθώς στοχεύει στην προστασία των μεμβρανών από τα άλατα και τους μικροοργανισμούς. Περιλαμβάνει:

- ένα φίλτρο εισόδου (με τοποθέτηση σχάρας για να μην εισέρχονται ψάρια, πλαστικά κ.α. κατά την αναρρόφηση νερού),
- την προχλωρίωση του θαλασσινού νερού,
- την προσθήκη οξέων (για αποφυγή απόθεσης αλάτων),
- το φίλτρο άμμου (για φιλτράρισμα μικρότερων σωματιδίων),
- τα φίλτρα πολυπροπυλενίου (για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1 μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες),
- την αποχλωρίωση, και
- την αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία.

Το στάδιο της αντίστροφης ώσμωσης περιλαμβάνει τη συμπίεση κατά την οποία αντλία αυξάνει την πίεση του κατεργασμένου νερού τροφοδοσίας, σε μια πίεση λειτουργίας κατάλληλη για την μεμβράνη και την αλμυρότητα του νερού τροφοδοσίας και τον διαχωρισμό κατά τον οποίο οι διαπερατές

μεμβράνες παρεμποδίζουν την διέλευση των διαλυμένων αλάτων, ενώ επιτρέπουν στο αφαλατωμένο νερό να περάσει μέσα.

Στο στάδιο της τελικής επεξεργασίας πραγματοποιείται η προετοιμασία του παραγόμενου νερού ώστε να αρχίσει η διανομή του. Αυτή η προετοιμασία περιλαμβάνει:

- την απομάκρυνση αερίων, όπως το υδροθείο,
- τη ρύθμιση της οξύτητας (pH),
- την αύξηση της σκληρότητας του νερού, και
- την τελική χλωρίωση.

Το παραγόμενο νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενή αποθήκευσης από όπου γίνεται η διανομή στους καταναλωτές.

Τεχνολογία Αντίστροφης Ώσμωσης

Η Αντίστροφη Ώσμωση (Reverse Osmosis, RO) είναι μια μέθοδος αντιστροφής της φυσικοχημικής διεργασίας που καλείται ώσμωση. Ώσμωση ονομάζεται το φαινόμενο της διέλευσης μορίων διαλύτη, μέσω ημιπερατής μεμβράνης, από τον διαλύτη στο διάλυμα ή από το διάλυμα μικρότερης συγκέντρωσης (αραιότερο) προς το διάλυμα μεγαλύτερης συγκέντρωσης σε διαλυμένη ουσία (πυκνότερο).

Πρόκειται για μια φυσική διαδικασία κατά την οποία μόνο τα μόρια του διαλύτη διαπερνούν την μεμβράνη, ενώ τα μόρια της διαλυμένης ουσίας όχι. Χωρίς την ύπαρξη της μεμβράνης θα συνέβαινε απλή ανάμιξη των δύο διαλυμάτων ή του διαλύτη και του διαλύματος. Η ώσμωση πραγματοποιείται με σκοπό να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων από τις δύο πλευρές της ημιπερατής μεμβράνης. Το φαινόμενο της ώσμωσης είναι πολύ σημαντικό στα διάφορα βιολογικά συστήματα, καθώς πολλές βιολογικές μεμβράνες είναι ημιπερατές.

Οσμωτική πίεση (Π) διαλύματος, που διαχωρίζεται με ημιπερατή μεμβράνη από τον καθαρό διαλύτη, ονομάζεται η ελάχιστη πίεση που πρέπει να ασκηθεί εξωτερικά στο διάλυμα, ώστε να εμποδιστεί το φαινόμενο της ώσμωσης, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Η

οσμωτική πίεση (Π) σε ορισμένη θερμοκρασία εξαρτάται από τον αριθμό γραμμομορίων ή μορίων του διαλυμένου σώματος σε ορισμένο όγκο διαλύματος και επομένως είναι μια προσθετική ιδιότητα. Όταν ένα διάλυμα αραιώνεται, η συγκέντρωσή του ελαττώνεται και επομένως η οσμωτική του πίεση επίσης ελαττώνεται. Το αντίθετο συμβαίνει σε διάλυμα που συμπυκνώνεται.

Όταν στο διάλυμα που έρχεται σε επαφή μέσω της ημιπερατής μεμβράνης με τον καθαρό διαλύτη ασκηθεί πίεση μικρότερη από την οσμωτική πίεση του διαλύματος, τότε στο διάλυμα θα συνεχίσει να εισέρχεται διαλύτης, αλλά με μικρότερο ρυθμό. Όταν στο διάλυμα ασκηθεί εξωτερική πίεση μεγαλύτερη από την οσμωτική πίεση του διαλύματος, τότε το φαινόμενο αντιστρέφεται και μόρια διαλύτη θα εξέρχονται από το διάλυμα προς τον καθαρό διαλύτη (ή από το πυκνότερο προς το αραιότερο διάλυμα). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση.

Σε μια εγκατάσταση αφαλάτωσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού, μια αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύει συνεχώς το ανεπεξέργαστο νερό στην επιφάνεια της μεμβράνης, η οποία βρίσκεται μέσα σε ένα δοχείο υψηλής πίεσεως. Το τροφοδοτούμενο νερό διαχωρίζεται σε δύο μέρη. Σε εκείνο που διέρχεται από τη μεμβράνη και είναι το καθαρό παραγόμενο νερό (permeate) με πολύ μικρή συγκέντρωση αλάτων και στο απορριπτόμενο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης, την άλμη (brine).

Δεδομένα σχεδιασμού

Μέχρι και σήμερα, οι ανάγκες της ύδρευσης του Νομού καλύπτονται πρωτίστως από την πηγή της Λέρνης και συμπληρωματικά από την πηγή του Κεφαλαρίου και της Αμυμώνης, ενώ ο Ανάβαλος καλύπτει της ανάγκες της άρδευσης. Το συλλογικό αρδευτικό δίκτυο του Ανάβαλου περιλαμβάνει αγωγούς μεταφοράς νερού συνολικού μήκους 80 km περίπου. Τα 35 km περίπου αποτελούνται από ανοιχτούς τσιμεντένιους αγωγούς, τραπεζοειδούς διατομής, ενώ τα υπόλοιπα από κλειστούς υπόγειους αγωγούς. Πέραν των αγωγών μεταφοράς έχουν κατασκευαστεί αρκετά χιλιόμετρα δευτερευόντων αγωγών και αρδευτικών δικτύων, αλλά

και 6 λιμνοδεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 18.000 m³ για τους τελικούς χρήστες.

Η προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης θα σχεδιαστεί ώστε να καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες του Νομού. Στην παρούσα στιγμή, οι υδρευτικές ανάγκες ανέρχονται σε 1600 m³/h ή 38.800 m³/ημέρα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ για το έτος 2043 προβλέπεται να ανέλθουν σε 1800 m³/h ή ισοδύναμα, 42.680 m³/ημέρα. Λαμβάνοντας υπόψη, πως η μέθοδος της αφαλάτωσης είναι ιδιαίτερα κοστοβόρα και το κόστος της αφαλάτωσης εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα του νερού που επεξεργάζεται, δηλαδή το κόστος των χημικών, της ενέργειας, της διάθεσης άλμης κ.ά. είναι συναρτήσει των m³ επιλέγεται η μονάδα να κατασκευαστεί σε δύο φάσεις. Κατά την Α' φάση, η μονάδα θα λειτουργεί με ελάχιστη παροχή 1600 m³/h για να καλύπτει τις υφιστάμενες ανάγκες, ενώ σχεδιάζεται με δυνατότητα επέκτασης στην Β' φάση για να καλύπτει τις μελλοντικές ανάγκες του Νομού.

Η μονάδα θα τροφοδοτείται από τις υποθαλάσσιες πηγές στην περιοχή του Κιβερίου. Η άντληση θα γίνεται από τον Ανάβαλο και κατόπιν, το νερό θα διοχετεύεται στην μονάδα αφαλάτωσης. Οι χημικές αναλύσεις που έχουν γίνει κατά καιρούς έχουν δείξει πως η ποιότητα του νερού είναι χαμηλή και πως το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο. Το σοβαρότερο πρόβλημα ποιότητας εντοπίζεται ιδιαιτέρως τους καλοκαιρινούς μήνες στη συγκέντρωση των χλωριόντων, η οποία υπερβαίνει κατά 1,5 με 2 φορές το όριο που ορίζει η Εθνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις του νερού, καθώς και τα όρια της Ελληνικής νομοθεσίας για το πόσιμο νερό.

Πίνακας 32: Χημικές Αναλύσεις Υδάτων Αναβάλου

Παράμετρος	Μονάδες	Όρια Νομοθεσίας	Αποτελέσματα
<i>Φυσικοχημικές παράμετροι</i>			
pH		6,5 – 9,5	7,30
Αγωγιμότητα	μS cm ⁻¹ στους 20°C	<2500	810
Ολική Σκληρότητα	mg CaCO ₃ /lt		300
Παροδική Σκληρότητα	mg CaCO ₃ /lt		208
Μόνιμη Σκληρότητα	mg CaCO ₃ /lt		92
Ασβέστιο (Ca)	meq/lt		3,76
Μαγνήσιο (Mg)	meq/lt		2,24
Χλωριούχα (Cl)	mg/l	<250	470
Νιτρικά (NO ₃)	mg/l	<50	0,11
Νιτρώδη (NO ₂)	mg/l	<0,5	-

Απαραίτητη είναι και η μικροβιακή ανάλυση, όμως δεν διατίθενται τα αντίστοιχα στοιχεία. Παρ' όλα αυτά, κατά την επί τόπου επίσκεψη, επισημάνθηκε πως το μικροβιακό φορτίο είναι χαμηλό, και άρα η τελική χλωρίωση θα είναι αρκετή.

Χωροθέτηση Μονάδας

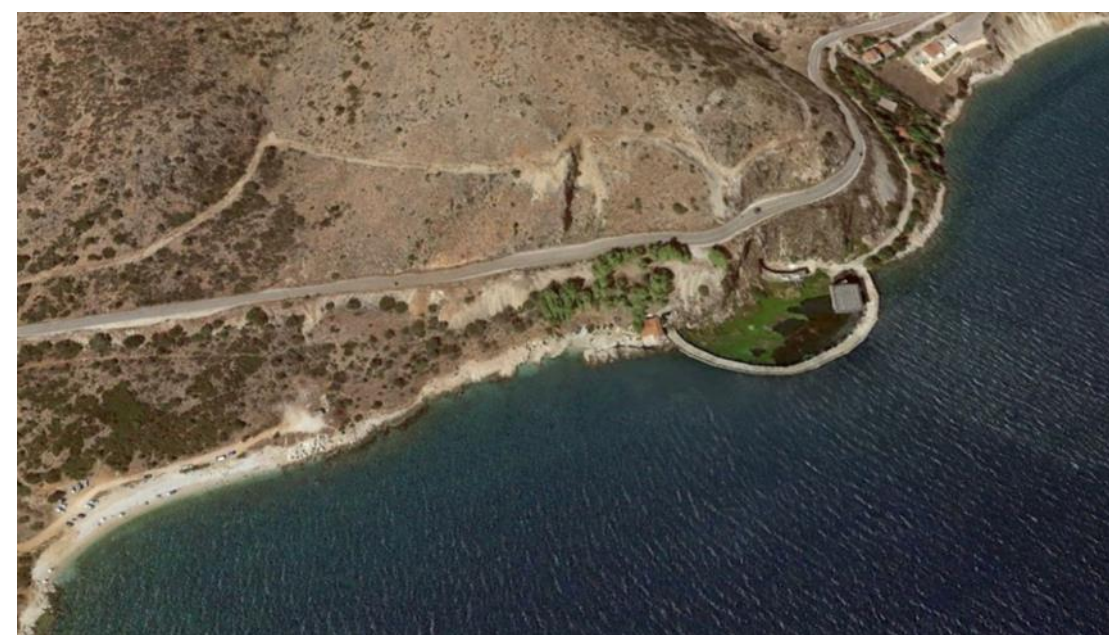
Η χωροθέτηση μιας μονάδας αφαλάτωσης αποτελεί καθοριστική απόφαση για την εξέλιξη του έργου. Συγκεκριμένα, κατά την φάση σχεδιασμού, είναι απαραίτητη η σωστή επιλογή της θέσης εγκατάστασης, με στόχο την πρόβλεψη για όσο το δυνατόν λιγότερων επεμβάσεων και παρεμβολών στο φυσικό και στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Σε αδρές γραμμές, η χωροθέτηση πρέπει να ικανοποιεί τα ακόλουθα κριτήρια:

- Ο χώρος να είναι μακριά από οικιστικές παραθεριστικές και τουριστικές περιοχές.
- Ο χώρος να είναι σε παράκτια περιοχή για αποφυγή διαρροής θαλασσινού νερού σε γεωργική ή άλλη γη σε περίπτωση ατυχήματος.
- Το θαλάσσιο περιβάλλον στην περιοχή να έχει χαμηλό κίνδυνο μόλυνσης ή ρύπανσης για την παραγωγή καλής ποιότητας νερού.
- Ο χώρος να είναι κοντά σε υδατικά έργα.

- Ο χώρος να μην βρίσκεται κοντά σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές με ειδική περιβαλλοντική σημασία.
- Ο χώρος να έχει ικανοποιητική πρόσβαση στο οδικό δίκτυο.
- Ο χώρος να έχει εύκολη πρόσβαση στο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όταν πρόκειται για μονάδες αντίστροφης όσμωσης.

Στην παρούσα μελέτη, το νερό θα αντλείται από τον Ανάβαλο και άρα, μια πιθανή θέση χωροθέτηση είναι η μονάδα να εγκατασταθεί κοντά στο φράγμα. Το πλεονέκτημα της θέσης αυτής είναι ότι δεν θα υπάρχει μεγάλο κόστος άντλησης και μεταφοράς από τον Ανάβαλο προς την μονάδα και το μειονέκτημα ότι το κόστος για την μεταφορά του υδρευτικού νερού θα είναι μεγαλύτερο. Όμως, σε κάθε περίπτωση, η μονάδα δεν μπορεί να χωροθετηθεί κοντά σε οικιστική περιοχή, άρα το κόστος για την μεταφορά της ύδρευσης θα είναι μεγάλο. Κοντά στην περιοχή αυτή, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, βρίσκεται μια μικρή παραλία, ενώ κάποια χιλιόμετρα μακριά βρίσκεται η οργανωμένη παραλία του Κιβερίου. Σε κάθε περίπτωση, για την τελική χωροθέτηση πρέπει οπωσδήποτε να γίνει ειδική μελέτη για να διερευνηθεί αν η μονάδα της αφαλάτωσης και η διάθεση της άλμης και των χημικών μπορεί να συντελέσει κίνδυνο για την υγεία των λουόμενων.



Εικόνα 11: Αεροφωτογραφία της περιοχής πέριξ της πηγής Κιβερίου

Τεχνική Περιγραφή Μονάδας

Πριν υποστεί τη διαδικασία αφαλάτωσης το νερό πρέπει να υποστεί κατάλληλη προκατεργασία, ώστε να γίνει από χημική και φυσική άποψη κατάλληλο για την διεργασία της αφαλάτωσης. Η αντίστροφη ώσμωση απαιτεί το νερό το οποίο φθάνει στις μεμβράνες να έχει SDI θολότητα, pH, οργανικές ουσίες και σίδηρο σε τιμές μικρότερες από τα όρια που θέτει ο κατασκευαστής των μεμβρανών, ώστε να εξασφαλίζεται η ποιότητα και ποσότητα του παραγομένου ποσίμου νερού. Στην έξοδο της προεπεξεργασίας το νερό θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- SDI (Silt Density Index) ≤ 3
- Θολότητα $\leq 0,2$ NTU
- Ελεύθερο χλώριο $\leq 0,02$ ppm

Σύμφωνα με την προτεινόμενη παραγωγική διαδικασία, το νερό θα αντλείται από τις πηγές του Κιβερίου και θα μεταφέρεται στην εγκατάσταση προεπεξεργασίας και συγκεκριμένα σε σύστημα πολυστρωματικών φίλτρων πίεσης για τη μείωση της θολότητας του νερού και την μείωση του αριθμού των αιωρούμενων στερεών και ειδικά του δείκτη ρυπαρότητας SDI (Silt Density Index) σε αποδεκτά από τους κατασκευαστές των μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης, επίπεδα. Η εκροή των πιεστικών φίλτρων θα οδηγείται σε συστοιχία φίλτρων φυσιγγίων, αφού στους προστεθεί κατάλληλη ποσότητα αντικαθαλατωτικού.

Στη συνέχεια, μέσω αντλιών υψηλής πίεσης το νερό θα τροφοδοτείται στους συστοιχίες των μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης. Από στους συστοιχίες των μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης θα προκύπτουν δύο ρεύματα νερού. Ένα ρεύμα νερού υψηλής αλατότητας (άλμη) και υψηλής πίεσης και ένα ρεύμα αφαλατωμένου νερού. Το αφαλατωμένο νερό, επειδή έχει χαμηλό pH και χαμηλή σκληρότητα θα υφίσταται την κατάλληλη επεξεργασία (με επανάμιξη με ρεύμα ανεπεξέργαστου νερού αλλά και προσθήκη σόδας για την αύξηση του pH) έτσι ώστε να αποκτήσει pH, σκληρότητα και δείκτη Langelier (που είναι ο δείκτης διαβρωτικότητας του νερού), σύμφωνα με τους κανονισμούς περί ποσίμου νερού και θα

αποθηκεύεται σε κατάλληλου όγκου δεξαμενή. Τέλος, το παραγόμενο – αφαλατωμένο νερό θα μεταφέρεται με αντλίες σε κατάλληλη δεξαμενή, από όπου θα διανέμεται στους καταναλωτές.

Αναλυτικά το κάθε στάδιο θα έχει ως εξής.

➤ Υδροληψία Υφάλμυρου Νερού

Η άντληση του νερού θα γίνεται από την υποθαλάσσια πηγή του Κιβερίου όπως αντλείται το νερό από το φράγμα του Ανάβαλου. Η συνολική δυναμικότητα του αντλιοστασίου θα πρέπει να εξασφαλίζει ημερησίως την τροφοδότηση με 1600 m³/h στην μονάδα αντίστροφης ώσμωσης, και ειδικά στο στάδιο των πολυστρωματικών φίλτρων. Θα τοποθετηθεί κατάλληλος αριθμός νέων αντλιών και συγκεκριμένα, 2 (+ 1 εφεδρική) αντλίες με δυναμικότητα 800 m³/h. Απαραίτητη είναι και η τοποθέτηση αγωγού από την άντληση προς το σύστημα προεπεξεργασίας.

➤ Φίλτραση σε Πολλαπλά Στρώματα Άμμου

Το νερό οδηγείται σε ένα συγκρότημα φίλτρασης, αποτελούμενο από φίλτρα κατάλληλης διαμέτρου και συνδεδεμένα παράλληλα ώστε το κάθε ένα να μπορεί να πλένεται ανάστροφα και ευθέως ενώ οι υπόλοιπες μονάδες είναι σε λειτουργία. Το πληρωτικό υλικό θα είναι άμμος διαφόρων κοκκομετριών και ανθρακίτης. Η διάμετρος θα επιλεγθεί έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστη ταχύτητα φίλτρασης μεταξύ 18-20m³/m²hr. Σκοπός της προφίλτρασης είναι η μείωση του αριθμού των αιωρούμενων στερεών και ειδικά του δείκτη ρυπαρότητας SDI (Silt Density Index). Η φίλτραση επιτυγχάνεται με την βοήθεια κλινών πολλαπλών στρώσεων άμμου. Θα χρησιμοποιηθεί κατάλληλος αριθμός υλικών φίλτρασης διαφορετικής κοκκομετρίας, τα οποία τοποθετούνται σε κλίνες έτσι ώστε το υλικό με τα μεγαλύτερο μέγεθος κόκκου να βρίσκεται στο άνω μέρος του φίλτρου. Το αφιλτράριστο νερό διέρχεται μέσα από τις κλίνες φίλτρασης με ροή από πάνω προς τα κάτω και βαθμιαία αφήνει την θολότητά του στην μάζα των υλικών φίλτρασης. Τα υλικά

φίλτρασης, θα έχουν πολύ καλές ιδιότητες κατακράτησης των ουσιών που προορίζονται να συλλέγουν, δεν θα προσδίδουν στο νερό οσμή, χρώμα ή βλαβερές ουσίες και θα διαθέτουν πιστοποιητικά καταλληλότητας για χρήση σε πόσιμο νερό έκδοσης αρμόδιου κρατικού φορέα χώρας της Ε.Ε.. Τα πολυστρωματικά φίλτρα θα περιέχουν μελετημένα με ακρίβεια υλικά φίλτρασης διαφορετικά στην κοκκομετρία και το ειδικό τους βάρος, έτσι ώστε το νερό να αλλάζει ταχύτητα διερχόμενο από μικρά σε μεγάλα διάκενα και αντιστρόφως και έτσι με τις αλληπάλληλες επιταχύνσεις (κροκίδωση) και επιβραδύνσεις (συσφαίρωση), με την συνδυασμένη δράση των αναπτυσσόμενων δυνάμεων αυξάνεται το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων και βελτιστοποιείται το φιλτράρισμα. Βάσει των ανωτέρω η τεχνική φίλτρασης είναι επίσης ικανή να απομακρύνει το σίδηρο και άλλες ουσίες που αν και αρχικά είναι σε διάλυση στο νερό, μετατρέπονται σε αδιάλυτες μέσω αντιδράσεων που προκαλούνται από τα οξειδωτικά χημικά που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση. Τα φίλτρα θα καθαρίζονται με νερό ή/και αέρα ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Αυτό θα γίνεται με την βοήθεια αυτοματισμών που θα αντιστρέφουν τη ροή εντός του φίλτρου (backwash), παρασύροντας τις επικαθίσεις. Κατόπιν το φίλτρο θα ξεπλένεται και κατά την κανονική ροή παρασύροντας οποιαδήποτε άλλη επικαθίση που τυχόν δεν απομακρύνθηκε προετοιμάζοντας το πάλι για κανονική λειτουργία. Με την μελετημένη διάταξη των υλικών φίλτρασης, το ύψος των κλινών φίλτρασης και το υπόστρωμα, καθώς και το εσωτερικό σύστημα διανομής, τα φίλτρα εξασφαλίζουν άριστης αποδοτικότητας αντίστροφο ξέπλυμα που απομακρύνει τελείως τη συγκρατημένη θολότητα από τις κλίνες φίλτρασης. Επίσης επειδή η ενεργοποίηση των κόκκων αντισταθμίζει ή ελαττώνει την φυσική έλλειψη ομοιογένειας των υλικών που προκαλούν την θολότητα, περιορίζει πάρα πολύ την διαρροή θολότητας από το φίλτρο. Έτσι η επιτυγχανόμενη ποιότητα του φιλτραρισμένου νερού σε συνδυασμό με τα στάδια της προκατεργασίας που ακολουθούν, υπερκαλύπτει τις

απαιτήσεις του κατασκευαστή των μεμβρανών. Στην φάση αυτή απομακρύνεται η θολότητα του νερού, ο σίδηρος, τα κολλοειδή και μεγάλο μέρος οργανικής ύλης. Η πλύση του συγκροτήματος φίλτρασης γίνεται σε ξεχωριστά στάδια για κάθε φίλτρο.

➤ Φίλτραση μέσω Φίλτρων Φυσιγγίων

Σωματίδια ή κάθε υλικό, το οποίο πιθανόν να διέφυγε από το σύστημα της φίλτρασης ή να προστέθηκε λόγω της έγχυσης των χημικών διαλυμάτων πρέπει να κατακρατηθεί πριν από τη μονάδα αντίστροφης ώσμωσης ώστε να προληφθεί κάθε ζημιά στις μεμβράνες και στις αντλίες υψηλής πίεσης. Προς τον σκοπό αυτό το νερό διέρχεται μέσω δύο φίλτρων ανά μονάδα για την κατακράτηση σωματιδίων έως και 5μ, κατασκευασμένων από ανοξείδωτο χάλυβα DUPLEX SS, ή άλλο κατάλληλο πλαστικό υλικό, με αντικαθιστάμενα φυσιγγία, διπλής πλέξης, τα οποία κατακρατούν όλα τα σωματίδια που είναι μεγαλύτερα από 1 μικρόν. Στην έξοδο των φίλτρων φυσιγγίων, όπως και στην έξοδο και την είσοδο των φίλτρων θολότητας, θα διαμορφωθούν κατάλληλες αναμονές για την σύνδεση του οργάνου για την μέτρηση του SDI.

➤ Κύρια Διεργασία Αντίστροφης Ώσμωσης

Στη συνέχεια το προεπεξεργασμένο νερό διέρχεται με υψηλή πίεση μέσα από τις μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης, που διαχωρίζουν το νερό εισόδου σε δύο κλάσματα: το διήθημα (permeate), δηλαδή το νερό που διέρχεται από τη μεμβράνη και το συμπύκνωμα (concentrate), δηλαδή το νερό που δε διέρχεται. Στο συμπύκνωμα παραμένει το σύνολο σχεδόν των αλάτων του νερού εισόδου, ενώ το διήθημα είναι νερό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα. Η ροή του διηθήματος και του συμπυκνώματος είναι μόνιμη όσο η μονάδα βρίσκεται σε λειτουργία. Επομένως ένα κλάσμα της παροχής εισόδου απορρίπτεται ως παραπροϊόν.

Η μονάδα αντίστροφης ώσμωσης θα αποτελείται από τα κάτωθι επιμέρους στοιχεία:

- Δοσομετρικό σύστημα αντικαθαλατωτικού για την αποτροπή αποθέσεων αλάτων και αιωρούμενων στις μεμβράνες
- Αντλίες υψηλής πίεσης για την επίτευξη της αναγκαίας ωσμωτικής πίεσης 10-14 bar
- Δοχεία πίεσης μεμβρανών, μέσα στα οποία θα είναι τοποθετημένες οι μεμβράνες
- Μεμβράνες, σε κατάλληλο αριθμό ανά μονάδα, ώστε να επιτυγχάνεται σχετικά χαμηλή ροή ανά μονάδα επιφανείας μεμβράνης
- Σύστημα επιτόπου χημικών καθαρισμών
- Όργανα μέτρησης λειτουργίας

Εξαιτίας της αντίστασης που δημιουργεί η μεμβράνη, η απαιτούμενη πίεση για να επιτευχθεί η αντίστροφη ώσμωση είναι σημαντικά αυξημένη σε σχέση με την οσμωτική πίεση. Για παράδειγμα, για ένα υφάλμυρο νερό με διαλυμένα στερεά (TDS) 1.500 ppm απαιτείται πίεση από 10 έως 15 bar.

Μια μεμβράνη για να είναι κατάλληλη για τη διεργασία της αντίστροφης ώσμωσης, θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη απόρριψη αλάτων με υψηλή διαπερατότητα διαλύτη
- Μεγάλο λόγο επιφάνειας προς όγκο
- Μεγάλο εύρος λειτουργικών παραμέτρων, πίεσης, θερμοκρασίας
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (3-5 χρόνια)
- Μεγάλη αντοχή σε χημικά διαλύματα και βιολογικές επικαθίσεις
- Χαμηλό κόστος

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης:

- 1) Οι ασύμμετρες μεμβράνες οι οποίες αποτελούνται από δύο διαφορετικά στρώματα. Ένα πολύ λεπτό στρώμα (0,1-2,0 μm) με ιδιότητες απόρριψης άλατος στην κορυφή, ακολουθούμενο από ένα πορώδες υπόστρωμα πάχους 100-200 μm χωρίς ιδιότητες απόρριψης, το οποίο όμως παρέχει την απαιτούμενη

μηχανική αντοχή ώστε η μεμβράνη να αντέχει στις υψηλές πιέσεις.

- 2) Οι σύνθετες μεμβράνες οι οποίες αποτελούνται από ένα υπόστρωμα πολυεστέρα, στην επιφάνεια του οποίου τοποθετείται ένα στρώμα μικροπορώδους πολυσουλφόνης, στην κορυφή του οποίου τοποθετείται η μεμβράνη με τις απορριπτικές ιδιότητες.

Όσον αφορά τη διαμόρφωσή τους, οι μεμβράνες είναι είτε «κοίλων ινών» (hollow fibers) είτε «σπειροειδούς τυλίγματος» (spiral wound). Οι μεμβράνες σπειροειδούς τυλίγματος χρησιμοποιούνται περισσότερο σήμερα και αποτελούνται από ένα συνδυασμό φύλλων μεμβράνης και πλαστικού πλέγματος, τα οποία τυλίγονται γύρω από έναν πλαστικό διάτρητο σωλήνα, ο οποίος συλλέγει το επεξεργασμένο νερό. Το νερό τροφοδοσίας στην είσοδο της μεμβράνης κινείται αξονικά και εξέρχεται στο άλλο άκρο ως «άλμη», ενώ το επεξεργασμένο νερό ή «διήθημα» διαπερνά κάθετα τη μεμβράνη, κινείται σπειροειδώς μέχρι ότου φτάσει στο σωλήνα συλλογής από το άκρο του οποίου εξέρχεται.

Για το σχεδιασμό του συστήματος αντίστροφης ώσμωσης, διατίθεται από τις εταιρείες παραγωγής στοιχείων μεμβρανών ειδικά λογισμικά, τα οποία παρέχουν τον αριθμό και τη διάταξη των στοιχείων μεμβρανών, την απαιτούμενη ισχύ της αντλίας υψηλής πίεσης και μέρος της προεπεξεργασίας, σύμφωνα με την επιθυμητή παραγωγή και τη σύσταση του νερού προς επεξεργασία.

Το σύστημα των μεμβρανών θα διαθέτει διάταξη αυτόματης απόπλυσης, για να ξεπλένονται οι μεμβράνες, η αντλία υψηλής πίεσης και η διάταξη ανάκτησης ενέργειας, από το νερό κάθε φορά που η μονάδα σταματά να λειτουργεί ώστε να αποφεύγονται οι διαβρώσεις λόγω στασιμότητας των αλάτων. Το σύστημα αυτό θα αποτελείται από ανεξάρτητη δεξαμενή αφαλατωμένου νερού κατάλληλης χωρητικότητας, που θα τοποθετηθεί σε κατάλληλη θέση ή θα αναρροφά αφαλατωμένο νερό από τη τελική δεξαμενή αποθήκευσης. Ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή

απαιτείται καθαρισμός με χημικά μέσα, σε αραιά χρονικά διαστήματα (μία φορά ανά τέσσερις μήνες) γίνεται χημικός καθαρισμός των μεμβρανών (CIP - Clean In Place) για την απομάκρυνση ακαθαρσιών και επικαθήσεων, που μπορεί να οδηγήσουν σε έμφραξη και καταστροφή των μεμβρανών. Περιλαμβάνει χρήση διαλύματος υδροχλωρικού οξέος, καυστικού νατρίου και EDTA. Τα διαλύματα παρασκευάζονται στην αντίστοιχη δεξαμενή και ακολούθως ανακυκλοφορούν με χρήση αντλιών, στις συστοιχίες RO. Μετά την ολοκλήρωση της ανακυκλοφορίας του οξέος ή της βάσεως γίνεται εξουδετέρωση των χημικών προκειμένου αυτά να διατεθούν με ασφάλεια στην αποχέτευση.

Το σύστημα χημικού καθαρισμού θα αποτελείται από :

- δοχείο αποθήκευσης χημικών ουσιών, από υλικό με υψηλή αντοχή στη διάβρωση, η χωρητικότητα του οποίου θα επαρκεί πλήρως για τον καθαρισμό των μεμβρανών
- φυγοκεντρική αντλία τροφοδοσίας από κατάλληλο υλικό στα διαβρεχόμενα μέρη. Η παροχή της αντλίας θα καλύπτει ταυτόχρονο χημικό καθαρισμό όλων των μεμβρανών.
- ηλεκτρικό αναδευτήρα χημικών ουσιών και έλικα,
- ρύθμιση παροχής του διαλύματος χημικών ουσιών.
- Διόρθωση του pH

Το νερό που παράγεται από την αντίστροφη ώσμωση έχει χαμηλή αγωγιμότητα και ταυτόχρονα χαμηλή σκληρότητα, αλκαλικότητα και pH, στοιχεία που το καθιστούν διαβρωτικό για το σύστημα διανομής και του προσδίδουν μια ασυνήθιστη γεύση. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η μετεπεξεργασία του. Στόχος της τελικής επεξεργασίας είναι η αύξηση της σκληρότητας και της αλκαλικότητας, με ταυτόχρονη ρύθμιση του pH πριν τη διοχέτευση στο σύστημα διανομής. Η τελική επεξεργασία περιλαμβάνει συνήθως την προσθήκη χημικών (π.χ. σόδας) για την ρύθμιση του pH καθώς και απολύμανση, όπου απαιτείται. Ενώ παράλληλα η επίτευξη της τελικής αποδεκτής από τον καταναλωτή γεύσης γίνεται με επανάμιξη με

ακατέργαστο νερό όπου επιτρέπεται (δηλαδή όπου το ακατέργαστο νερό δεν είναι επιφανειακό και δεν έχει μικροβιακό φορτίο).

➤ Διάθεση Άλμης

Η άλμη αποτελεί παραπροϊόν της διεργασίας αφαλάτωσης, το οποίο είναι απαλλαγμένο από ρυπαντικό και μικροβιακό φορτίο και χαρακτηρίζεται μόνο από την υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων στερεών. Η διάθεση στη θάλασσα μπορεί να γίνει με μια από τις ακόλουθες δύο μεθόδους:

- Απευθείας διάθεση με χωριστό υποθαλάσσιο αγωγό διάθεσης (ή σπανιότερα επιφανειακά στην ακτογραμμή)
- Διάθεση μαζί με την εκροή της μονάδας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Τα προηγούμενα χρόνια, είχε υιοθετηθεί και η μέθοδος της ταφής στην γη, όμως η πρακτική αυτή δεν είναι περιβαλλοντικά ορθή καθώς η άλμη αποτελεί απόβλητο ειδικής κατηγορίας με μεγάλη διαβρωτική ικανότητα. Η διάθεση της άλμης από συστήματα αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση μπορεί να πραγματοποιηθεί στους ακόλουθους αποδέκτες: στα επιφανειακά νερά, σε σύστημα αποχέτευσης-βιολογικό καθαρισμό, σε βαθιά πηγάδια-γεωτρήσεις, σε λίμνες εξάτμισης, σε λεκάνες διήθησης, για άρδευση και μέθοδος διάθεσης της άλμης σε παράκτια νερά όπως το θαλάσσιο περιβάλλον. Υπάρχουν επίσης και τρόποι επαναχρησιμοποίησης όπως: η χρήση της σε υδροβιότοπους ή στην ιχθυοκαλλιέργεια. Επίσης, η ανάμιξη (και αραιώση) της άλμης με επεξεργασμένα νερά από εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων και η από κοινού διάθεση τους στα παράκτια νερά αποτελεί μια συνηθισμένη πρακτική.

Στην περίπτωση της μονάδας αφαλάτωσης του Κιβερίου, επειδή το ακατέργαστο νερό είναι υφάλμυρο, η περιεκτικότητα σε άλατα δεν αναμένεται να είναι μεγάλη και άρα, είναι ασφαλής η διάθεση της στον

θαλάσσιο αποδέκτη μέσω χωριστού υποθαλάσσιου αγωγού. Συστήνεται δε να προηγηθεί μελέτη για το ακριβές σημείο εκβολής της άλμης, ώστε να γίνει γρήγορη ανάμειξη με το θαλασσινό νερό και να περιοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον αποδέκτη. Συγκεκριμένα, ακριβής θέση της απόρριψης πρέπει να καθορίζεται τόσο από την περιβαλλοντική ευαισθησία της περιοχής, αλλά και τοπικά χαρακτηριστικά του θαλάσσιου αποδέκτη, όπως κυματισμό και φυσική ανάμιξη των νερών.

Απαραίτητα Συνοδά Έργα

Όπως προαναφέρθηκε, τα προϊόντα της αφαλάτωσης είναι το πόσιμο νερό και ο αλμόλοιπος (άλμη). Το έργο υδροληψίας και το δίκτυο προσαγωγής του νερού για αφαλάτωση, ο αγωγός απαγωγής και διάθεσης της άλμης, το δίκτυο προσαγωγής του αφαλατωμένου νερού στις δεξαμενές ύδρευσης και οι βάσεις στήριξης για την εγκατάσταση των μονάδων είναι τα πλέον απαραίτητα συνοδά έργα της μονάδας αφαλάτωσης.

Η αφαλάτωση είναι ένα ενεργοβόρο έργο. Συνεπώς, ένα άλλο κύριο συνοδό της έργου αποτελεί και η ενεργειακή παροχή της μονάδας. Αυτή μπορεί να αποτελείται από εγκαταστάσεις ΑΠΕ, υποσταθμό της ΔΕΗ κ.α.

Αναλυτικότερα, τα συνοδά έργα που συνήθως ολοκληρώνουν τη διαδικασία της αφαλάτωσης παρουσιάζονται παρακάτω.

□ Δίκτυο προσαγωγής νερού προς αφαλάτωση στη μονάδα αφαλάτωσης

Πρόκειται για τον αγωγό, που συνήθως είναι αγωγός υπό πίεση, μέσω του οποίου γίνεται η μεταφορά του νερού από το έργο υδροληψίας, προς τη δεξαμενή εξισορρόπησης της μονάδας αφαλάτωσης.

□ Δίκτυο απαγωγής της παραγόμενης άλμης

Πρόκειται για τον αγωγό διάθεσης της άλμης στη θάλασσα. Ο αγωγός αυτός αποτελείται από ένα υπόγειο και ένα υποθαλάσσιο τμήμα. Επίσης,

θα πρέπει η έξοδος του αγωγού αυτού να είναι κατάλληλα προφυλαγμένη από τα υποθαλάσσια ρεύματα.

□ Δίκτυο μεταφοράς του πόσιμου νερού

Πρόκειται για τον αγωγό προσαγωγής του αφαλατωμένου νερού στις δεξαμενές ύδρευσης. Ο αγωγός αυτός συνήθως είναι ένας αγωγός υπό πίεση, ενώ προβλέπεται η κατασκευή και του σχετικού αντλιοστασίου.

□ Αγωγός απαγωγής εκπλυμάτων μεμβρανών στην περίπτωση της αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση

Στην περίπτωση της αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση, αν απαιτηθεί, πραγματοποιείται καθίζηση των εκπλυμάτων των φίλτρων σε κατάλληλη δεξαμενή, πριν από την απόρριψή τους στον αποδέκτη. Σε κάθε περίπτωση, το ρεύμα έκπλυσης από τον χημικό καθαρισμό των μεμβρανών δεν πρέπει αναμειγνύεται με το ρεύμα της άλμης ή να απορρίπτεται κοντά στην πηγή υδροληψίας.

□ Βάση στήριξης της μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης

Στην περίπτωση της αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση η βάση στήριξης πάνω στην οποία τοποθετείται η μονάδα αφαλάτωσης κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι συνήθως ένας compact οικίσκος.

□ Απαιτούμενες υποδομές για την ενεργειακή τροφοδοσία της μονάδας αφαλάτωσης

Οι υποδομές που απαιτούνται για την τροφοδοσία της μονάδας αφαλάτωσης περιλαμβάνουν την υποδομή των ΑΠΕ και τις απαραίτητες καλωδιώσεις, στην περίπτωση που η μονάδα αποφασιστεί να τροφοδοτείται από ΑΠΕ (π.χ. φωτοβολταϊκή εγκατάσταση). Επιπλέον, πιθανόν να ζητηθεί από την ΔΕΗ η κατασκευή υποσταθμού μέσης τάσης 20 kV, σύμφωνα με σχέδια και οδηγίες της. Ανάγκη για κατασκευή Υποσταθμού Μέσης Τάσης υπάρχει όταν οι απαιτήσεις ισχύος ξεπερνούν τα 135 kVA, που είναι η μεγαλύτερη παροχή Χαμηλής Τάσης που προσφέρεται από τη ΔΕΗ.

Βασικές έννοιες και στοιχεία υπολογισμού μονάδας αντίστροφης ώσμωσης

Οσμωτική πίεση (Π) ενός διαλύματος, που διαχωρίζεται με ημιπερατή μεμβράνη από τον καθαρό διαλύτη, ονομάζεται η ελάχιστη πίεση που πρέπει να ασκηθεί εξωτερικά στο διάλυμα, ώστε να εμποδιστεί το φαινόμενο της ώσμωσης, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος.

Η οσμωτική πίεση ενός διαλύματος είναι φυσική ιδιότητα του διαλύματος και εξαρτάται από την συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών και την θερμοκρασία. Για τον προσδιορισμό της χρησιμοποιείται η σχέση του Van't Hoff:

$$\Pi = R \cdot T \cdot \sum C_i$$

όπου:

Π: η οσμωτική πίεση (atm)

R: η παγκόσμια σταθερά των αερίων (=0,082 L·atm/mol·K)

T: η απόλυτη θερμοκρασία (K)

C_i: η συγκέντρωση του διαλυμένου συστατικού (mol/L)

Ανάκτηση (R) ονομάζεται το ποσοστό του νερού τροφοδοσίας το οποίο λαμβάνεται στην έξοδο της μονάδας αντίστροφης ώσμωσης σαν επεξεργασμένο (ή διήθημα). Γενικά η ανάκτηση στα συστήματα RO για νερά υφάλμυρα κυμαίνεται από 50% έως 85%. Η ανάκτηση υπολογίζεται από την σχέση:

$$R = (Q_p / Q_f) \cdot 100$$

όπου:

R: η ανάκτηση (%)

Q_p: η παροχή του διηθήματος (m³/h)

Q_f: η παροχή τροφοδοσίας του συστήματος RO (m³/h)

Συντελεστής συμπύκνωσης (CF) (ή συγκέντρωσης) ορίζεται το πηλίκο της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) στο ρεύμα της άλμης προς τη συγκέντρωσή τους στο ρεύμα τροφοδοσίας, σύμφωνα με τη σχέση:

$$CF = (C_c / C_f)$$

όπου:

CF: ο συντελεστής συμπύκνωσης (%)

C_c: η συγκέντρωση των TDS στο ρεύμα της άλμης (mg/L)

C_f: η συγκέντρωση των TDS στο ρεύμα τροφοδοσίας (mg/L)

Εάν θεωρήσουμε ότι η μεμβράνη συγκρατεί το σύνολο των TDS, τότε ο CF για διάφορες τιμές ανάκτησης R, είναι:

Πίνακας 33: Συντελεστής συμπύκνωσης συναρτήσει του ποσοστού ανάκτησης

Ανάκτηση (R%)	Συντελεστής συμπύκνωσης (CF%)
50	2
66	3
75	4
80	5
83	6
87,5	8

Απόρριψη άλατος (SR) ονομάζεται το ποσοστό των διαλυμένων στερεών στο ρεύμα τροφοδοσίας, το οποίο απορρίπτεται από τις μεμβράνες και καταλήγει ρεύμα απόρριψης. Ο υπολογισμός του γίνεται από τη σχέση:

$$SR = 100 \cdot (C_f - C_p) / C_f$$

όπου:

SR: η απόρριψη (%)

C_c: η συγκέντρωση των TDS στο ρεύμα της άλμης (mg/L)

C_f: η συγκέντρωση των TDS στο ρεύμα τροφοδοσίας (mg/L)

Πέρασμα άλατος (SP) είναι το αντίθετο της απόρριψης και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SP = 100 * (C_p) / C_f = 100 - SR$$

όπου:

SP: η απόρριψη [%]

C_c: η συγκέντρωση των TDS στο ρεύμα της άλμης (mg/L)

C_f: η συγκέντρωση των TDS στο ρεύμα τροφοδοσίας (mg/L)

Ο δείκτης κορεσμού Langelier (LSI) χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί εάν το νερό έχει τάση δημιουργίας καθυατώσεων ή τάση διαβρωτικής συμπεριφοράς. Ο προσδιορισμός τους στηρίζεται στην τιμή του pH και της θερμοκρασίας καθώς και στην συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών, της ανθρακικής σκληρότητας και της αλκαλικότητας. Υπολογίζεται από την σχέση:

$$LSI = pH - pH_a$$

όπου:

$pH_a = (9,30 + A + B) - (C + D)$ και

$A = (\log[TDS] - 1) / 10$, τα TDS σε mg/L

$B = -13,12 * \log(T + 273) + 34,55$, T η θερμοκρασία σε °C

$C = \log[Ca^{2+}] - 0,4$, με τη συγκέντρωση του Ca σε ppm CaCO₃

$D = \log(Alk)$, με τη συγκέντρωση της αλκαλικότητας σε ppm CaCO₃

Εάν ο δείκτης έχει τιμή μεγαλύτερη από 0, το νερό έχει την τάση να δημιουργεί επικαθίσεις ανθρακικού ασβεστίου. Εάν είναι 0 το νερό είναι σε ισορροπία ενώ εάν είναι μικρότερη του 0, το νερό είναι διαβρωτικό.

Όταν η συγκέντρωση των TDS είναι μεγαλύτερη από 4.000 mg/L, τότε χρησιμοποιείται ο δείκτης κορεσμού Stiff - Davis, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SDSI = pH - pCa - p_{ALK} - K$$

Όπου:

pCa = $-\log(Ca^{2+})$ με τη συγκέντρωση του Ca σε ppm

p_{ALK} = $-\log(Alk)$, με τη συγκέντρωση της αλκαλικότητας σε ppm CaCO₃

K = σταθερά που εξαρτάται από το συνολικό ιοντικό φορτίο και τη θερμοκρασία.

Πόλωση συγκέντρωσης είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η άλμη τείνει να συγκεντρώνεται στην επιφάνεια της μεμβράνης καθώς και στο οριακό στρώμα ροής που δημιουργείται πλησίον της επιφάνειας της μεμβράνης, με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης της αντίστροφης ώσμωσης.

Συντελεστής πόλωσης συγκέντρωσης είναι ο λόγος της συγκέντρωσης των TDS στην επιφάνεια της μεμβράνης προς την αντίστοιχη συγκέντρωση της τροφοδοσίας. Όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή του συντελεστή τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα έμφραξης και δημιουργίας επικαθίσεων στην επιφάνεια της μεμβράνης. Η μέγιστη αποδεκτή τιμή του συντελεστή κυμαίνεται από 1,0 έως 1,2.

- **Ισοζύγιο μάζας σε σύστημα RO**

$$Q_f = Q_p + Q_c$$

$$Q_f * C_f = Q_p * C_p + Q_c * C_c$$

$$Q_c / Q_f = 1 - R$$

$$CF = [1 - R * (1 - SR)] / (1 - R)$$

Εάν η απόρριψη του άλατος είναι SR=1 (100%), τότε:

$$CF = 1 / (1 - R) \text{ και } C_c = C_f / (1 - R)$$

- **Εξισώσεις σχεδιασμού συστήματος RO**

Η απόδοση ενός συστήματος RO καθορίζεται από την πίεση της γραμμής τροφοδοσίας, την παροχή του διηθήματος και την απόρριψη του άλατος και εκφράζεται με τις ακόλουθες σχέσεις:

$$Q_p = A * S * (P_f - \Delta P_{fc} / 2 - P_p - \pi_{ave})$$

όπου:

Q_p : η παροχή διηθήματος (m^3/h)

S : η επιφάνεια των μεμβρανών (m^2)

A : ο συντελεστής διαπερατότητας της μεμβράνης ($m^3/m^2 * h * bar$)

P_f : η πίεση στη γραμμή τροφοδοσίας (bar)

ΔP_{fc} : η πτώση πίεσης στο ρεύμα της άλμης (bar)

P_p : η πίεση στη γραμμή του διηθήματος (bar)

π_{ave} : η μέση οσμωτική πίεση (bar)

Από την άλλη μεριά, το πέρασμα του άλατος γίνεται με διάχυση και για αυτό η ροή του άλατος (N) είναι ανάλογη της διαφοράς της συγκέντρωσης στις δυο πλευρές της μεμβράνης, σύμφωνα με την σχέση:

$$N = B * (C_{fc} - C_{pave})$$

όπου:

N : η ειδική ροή του άλατος (m^3/h)

B : ο συντελεστής διάχυσης του άλατος

C_{fc} : η μέση συγκέντρωση άλατος στις γραμμές τροφοδοσίας και άλμης (mg/L)

C_p : η μέση συγκέντρωση άλατος στη γραμμή διηθήματος (mg/L)

Το πρώτο βήμα είναι να εκτιμήσουμε την πίεση στη γραμμή τροφοδοσίας P_f η οποία απαιτείται για την επιθυμητή παραγωγή Q_p από την σχέση:

$$P_f = Q_p / (A * S) + \Delta P_{fc} / 2 + P_p + \pi_{ave}$$

Η μέση οσμωτική πίεση π_{ave} υπολογίζεται από την μέση συγκέντρωση του ρεύματος εισόδου και άλμης λαμβάνοντας υπόψη την ονομαστική

ανάκτηση και την απόρριψη άλατος κάθε στοιχείου. Η διαφορά πίεσης ΔP_{fc} μπορεί να εκτιμηθεί από τη μέση ΔP_{fc} , υπολογιζόμενη από το πρώτο στοιχείο στη σειρά και το τελευταίο στοιχείο της συστοιχίας. Ο συντελεστής διαπερατότητας της μεμβράνης λαμβάνεται από τον κατασκευαστή της.

Προκειμένου ο υπολογισμός του ρυθμού παραγωγής αφαλατωμένου νερού να γίνει πιο ακριβής, η αρχική σχέση υπολογισμού του διαφοροποιείται εν μέρει, με την εισαγωγή επιπλέον παραμέτρων, όπως φαίνεται στη ακόλουθη σχέση:

$$Q_p = A * S * TCF * FF * (P_f - \Delta P_{fc} / 2 - P_p - \pi_{ave} + \pi_p)$$

όπου:

FF : ο συντελεστής έμφραξης της μεμβράνης ($=0,8$)

TCF : ο συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασία ο οποίος υπολογίζεται από την σχέση:

$$TCF = \exp\{2640 * [1/298 - 1/(273+T)]\}$$

π : η μέση τιμή της οσμωτικής πίεσης της άλμης (bar) η οποία υπολογίζεται από τη σχέση: $\pi = \pi_f * (C_{fc} / C_f) * P_f$

π_p : η μέση τιμή της οσμωτικής πίεσης του διηθήματος (bar)

Για τον τελικό σχεδιασμό των συστημάτων RO γίνονται με βάση τις παραπάνω εξισώσεις διαδοχικοί υπολογισμοί με σκοπό τη βέλτιστη σε λειτουργική και οικονομική απόδοση. Λαμβάνοντας υπόψη τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανεπεξέργαστου νερού, την επιλεγόμενη μεμβράνη (ή μεμβράνες όταν υπάρχουν δύο ή περισσότερα στάδια) των στοιχείων, τη θερμοκρασία, το ποσοστό μίξης, την επιθυμητή παραγωγή νερού ή/και το βαθμό ανάκτηση, υπολογίζεται ο απαιτούμενος αριθμός μεμβρανών ανά συστοιχία και αντίστοιχα εξάγονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αφαλατωμένου νερού.

Κοστολόγηση μονάδας αφαλάτωσης

Το συνολικό κόστος του παραγόμενου νερού από την μονάδα αφαλάτωσης προκύπτει από το άθροισμα των παρακάτω ποσών:

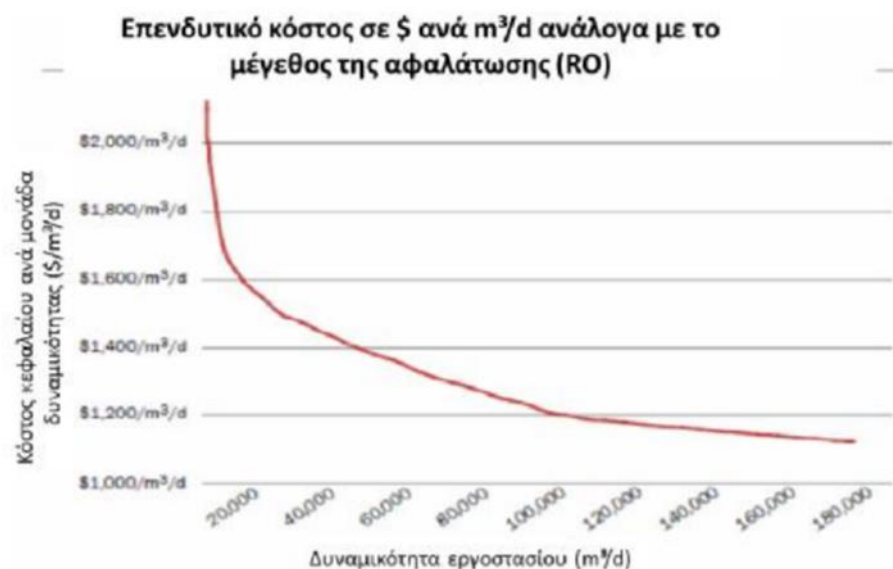
- Κόστος επένδυσης
- Κόστος λειτουργίας
- Κόστος συντήρησης

Το συνολικό κόστος αναλύεται και προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα σε μονάδες €/m³.

➤ Κόστος επένδυσης

Στο κόστος επένδυσης περιλαμβάνεται ο εξοπλισμός, οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, οι υδραυλικές εγκαταστάσεις, το κόστος της μελέτης, των προμηθειών, της δανειοδότησης και το κόστος της άδειας (Δεληγιάννη, Μπελεσιώτη 1995). Το 50-80% αυτού του κόστους καταλαμβάνεται από το κόστος κατασκευής της εγκατάστασης, και ειδικά τα συστήματα αφαλάτωσης και τα συστήματα επεξεργασίας του νερού.

Έχει παρατηρηθεί πως το επενδυτικό κόστος μιας μονάδας αφαλάτωσης RO μειώνεται όσο αυξάνεται η δυναμικότητα της εγκατάστασης.



Γράφημα 12: Επενδυτικό κόστος ανάλογα της δυναμικότητας εργοστασίου [πηγή: «Σχεδιασμός και Λειτουργία Μονάδων Αφαλάτωσης Νερού με Αντίστροφη Ωσμωση – Μελέτες Περιπτώσεων» - Διδακτορική Διατριβή Νικόλαου Υφαντή – Αθήνα 2011]

➤ Κόστος λειτουργίας και Συντήρησης

ο κόστος της αφαλάτωσης εξαρτάται από την ποιότητα του ανεπεξέργαστου νερού, την επιλεγόμενη τεχνολογία επεξεργασίας, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, τη διάθεση του συμπυκνώματος (ή άλμης). Αφορά τις ενεργειακές δαπάνες που απαιτεί η εγκατάσταση, το κόστος του προσωπικού που είναι υπεύθυνο για την ορθή λειτουργία και τον έλεγχο της μονάδας, καθώς και το κόστος των αναλώσιμων.

- Ενεργειακό κόστος λειτουργίας

Βασικό στοιχείο του κόστους λειτουργίας των Μονάδων Αφαλάτωσης είναι το ενεργειακό κόστος. Στην μέθοδο αυτή το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται χρησιμοποιείται από τις αντλίες που ασκούν πίεση στο νερό. Η οσμωτική πίεση (που πρέπει να υπερνικηθεί) είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων. Σε περίπτωση μάλιστα που συμπεριληφθεί στην εισαγωγή υφάλμυρο νερό, οι ενεργειακές απαιτήσεις της αντίστροφης ώσμωσης μειώνονται σημαντικά και γίνονται ανάλογες των ενεργειακών απαιτήσεων στην περίπτωση χρήσης της τεχνολογίας της ηλεκτροδιάλυσης για την επεξεργασία υφάλμυρου νερού, κυμαίνονται δε μεταξύ 0,5 και 2,5 kWh/m³. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας για την μέθοδο αντίστροφης ώσμωσης ανέρχεται σε 1 – 2,5 kWh/m³ για το υφάλμυρο νερό και όλη αυτή η ενέργεια είναι ηλεκτρική.

- Κόστος εργατικού δυναμικού

Το κόστος εργατικού δυναμικού καθορίζεται ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, των απαιτήσεων συντήρησης και λειτουργίας, καθώς και τον βαθμό αυτοματισμού.

- Κόστος για αναλώσιμα

Η μονάδα χρειάζεται ανταλλακτικά και χημικά για την ορθή λειτουργία της.

➤ Κόστος συντήρησης

Σε αντίθεση με τις άλλες τεχνολογίες αφαλάτωσης, υπάρχει μία επιπλέον λειτουργική δαπάνη, η κατά περιόδους αντικατάσταση των μεμβρανών. Για υφάλμυρα νερά χαμηλής συγκέντρωσης ολικών διαλυμένων στερεών, το ποσοστό των μονάδων στις οποίες απαιτείται ετήσια αντικατάσταση των μεμβρανών σε περίπτωση αντίστροφης ώσμωσης είναι περίπου 5% ανά έτος. Οι δαπάνες συντήρησης και ανταλλακτικών αποτελούν λιγότερο από το 2% των συνολικών κύριων δαπανών σε ετήσια βάση.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία για το κόστος της μεθόδου αντίστροφης ώσμωσης από βιβλιογραφικές αναφορές.

Πίνακας 34: Στοιχεία κόστους για μέθοδο RO

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΜΕΘΟΔΟ RO	
Επένδυση €/ m ³ ημέρα	800 – 1600
Ενέργεια €/ m ³ ημέρα	0.32 – 1.28
Αναλώσιμα €/ m ³ ημέρα	0.09 – 0.25
Προσωπικό €/ m ³ ημέρα	0.03 – 0.2
Συντήρηση €/ m ³ ημέρα	0.02 – 0.05
Συνολικό Κόστος €/ m ³ ημέρα	0.46 – 1.78

Σύμφωνα με άλλες αναφορές, το κόστος αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού με την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης ανέρχεται σε 0,18 – 0,70€/m³.

Υποθέτοντας πως μια εγκατάσταση έχει δυναμικότητα 30.000 m³/ημέρα, ο χρονικός ορίζοντας του έργου είναι 20 χρόνια, το επιτόκιο 7% και η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας 0.065 \$/kWh προκύπτουν τα παρακάτω οικονομικά στοιχεία.

Πίνακας 35: Οικονομικά Στοιχεία RO

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ RO	
Ειδικό κόστος επένδυσης \$/ m ³ ημέρα	700 – 900
Συνολικό κόστος προϊόντος \$/ m ³ ημέρα	0.68 – 0.82

Οικονομικά στοιχεία

Στην παρούσα ενότητα, θα υπολογιστεί αδρομερώς το κόστος για την εγκατάσταση, λαμβάνοντας υπόψιν μόνο τα βασικά μέρη της μονάδας και όχι λοιπά κόστη κατασκευής (εκσκαφές, αγορά οικοπέδου, εργατικά κ.ά.), καθώς και το λειτουργικό κόστος ανά έτος.

Πίνακας 36: Προκαταρκτική Κοστολόγηση Εγκατάστασης

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΝ.	ΤΙΜΗ ΣΥΝΟΛΟΥ(€)
1	Αντλίες υδροληψίας	3	60.000,00
2	Αντλίες τροφοδισίας φίλτων	1	50.000,00
3	Σύστημα φίλτρανσης σε πολυστρωματικά φίλτρα αιωρούμενων σωματιδίων	1	500.000,00
4	Σύστημα φίλτρανσης σε φίλτρα φυσιγγίων	1	150.000,00
5	Σύστημα δοσομέτρησης αντικαθαλατωτικού	1	10.000,00
6	Προκατασκευασμένο Σύστημα μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης δυναμικότητας 38500 m ³ /ημ	1	3.000.000,00
7	Σύστημα χημικού καθαρισμού	1	15.000,00
8	Μετακατεργασία - Σύστημα ρύθμισης pH	1	30.000,00
9	Αποθήκευση αφαλατωμένου και σύστημα επανάμιξης για διόρθωση σκληρότητας	1	30.000,00
10	Όργανα μέτρησης και λειτουργίας	1	30.000,00
ΣΥΝΟΛΟ			3.375.000
Δοκιμαστικό Λειτουργικό Κόστος 1 έτους			2.803.200€
Λειτουργικό Κόστος 5 ετών			14.016.000€

Τα λειτουργικά κόστη για 1 έτος προκύπτουν ως εξής:

Μέση (ετησίως) παραγωγή νερού : 38.400 m³/day

Προϋπολογιζόμενη δαπάνη : 0,20€/m³

Συνεπώς υπολογιζόμενη συνολική δαπάνη στο 1 έτος :

38.400 m³/day * 0,20€/m³ * 365 days/year * 1 year = 2.803.200€

Υπολογιζόμενη συνολική δαπάνη στα 5 έτη:

38.400 m³/day * 0,20€/m³ * 365 days/year * 5 years = 14.016.000€

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η χρήση των μονάδων αφαλάτωσης έχουν συνδεθεί με διάφορες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων που σχετίζονται με την υλοποίηση της μονάδας εξαρτάται μεταξύ άλλων από το μέγεθος και τοποθεσία των κατασκευαστικών έργων και αντίστοιχα το εύρος των διαφόρων μορφών όχλησης που ενδεχομένως προκύπτουν κατά τη λειτουργία αυτών. Στην παρούσα ενότητα, θα γίνει μια προσπάθεια να εκτιμηθούν οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την φάση κατασκευής αλλά κυρίως, με την φάση λειτουργίας της μονάδας.

➤ Επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον

Η σημαντικότερη επίπτωση που εκτιμάται ότι θα προκύψει κατά την αφαλάτωση είναι η διατάραξη του θαλάσσιου περιβάλλοντος λόγω της απόρριψης της άλμης. Η άλμη ως παραπροϊόν της διαδικασίας αφαλάτωσης έχει συγκέντρωση σε άλας, σχεδόν 30 – 70% της συγκέντρωσης του ανεπεξέργαστου νερού, καθώς επίσης είναι επιβαρυνόμενο με μικρές ποσότητες χημικών (αντικαθαλωτικά, θειικό οξύ για ρύθμιση του pH κ.ά.). Οι ποσότητες αυτές είναι σχετικά μικρές, όμως δεν αποκλείεται να επηρεάσουν περιβαλλοντικά ευπαθείς αποδέκτες και οικοσυστήματα. Επίσης, προσωρινή διαταραχή στο θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει η εγκατάσταση του αντλιοστασίου του υφάλμυρου νερού και του αγωγού απόρριψης της παραγόμενης άλμης.

Για να διερευνηθεί η σημαντικότητα των επιπτώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον, πρέπει, αρχικά, να εξετασθεί η ευαισθησία του οικοσυστήματος κοντά στην περιοχή του Κιβερίου. Στην περιοχή μελέτης δεν υπάρχει σημαντικός αριθμός περιοχών που συμπεριλαμβάνονται σε καταλόγους ευαίσθητων ή/και προστατευόμενων περιοχών με κύριο κριτήριο την οικολογική και αισθητική τους αξία. Το έργο βρίσκεται επίσης σε έμμεση γειτνίαση με μία προστατευόμενη περιοχή του δικτύου NATURA 2000.



Χάρτης 11: Χάρτης περιοχών Natura για την Πελοπόννησο

Επίσης, η οικολογική κατάσταση του Παράκτιου Υδατικού Συστήματος «Αργολικός κόλπος (GR0331C0001N)» έχει χαρακτηριστεί ως μέτρια, με βάση τα αποτελέσματα της ταξινόμησης, που πραγματοποιήθηκε στο σχετικό Σχέδιο Διαχείρισης (αρ.οικ. 391/21.04.2013 Υ.Α. (ΦΕΚ Β' 1004)) και δεν έχει εντοπιστεί κάποιος κίνδυνος, ώστε η περιοχή να χαρακτηριστεί ως ευαίσθητος αποδέκτης. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, κρίνεται πως οι επιπτώσεις από την λειτουργία της μονάδας και την διάθεση της άλμης δεν θα είναι σοβαρές για το υδατικό σύστημα, λαμβάνοντας υπόψιν και το γεγονός ότι το ανεπεξέργαστο νερό χαρακτηρίζεται ως υφάλμυρο και άρα, η συγκέντρωση άλατος στην άλμη δεν θα είναι μεγάλη.

Παρ' όλα αυτά, συστήνεται να πραγματοποιηθεί προσομοίωση, η οποία θα εκτιμά το ακριβές σημείο της εκβολής της άλμης, καθώς και την ακτίνα, αλλά και την ένταση της, και ίσως να βελτιστοποιεί το σύστημα, ώστε να μεγιστοποιηθεί η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και να διατηρηθεί ο φυσικός του πλούτος.

Πίνακας 37: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον

<u>ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</u> Το έργο θα προκαλέσει:	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ..
Αλλαγές στην ποιότητα των θαλάσσιων υδάτων		×	
Αλλαγές στα ρεύματα ή αλλαγές στην πορεία ή κατεύθυνση των κινήσεων των θαλάσσιων υδάτων		×	

➤ Επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους

Η μονάδα αφαλάτωσης θα χρησιμοποιήσει ως κύρια πρώτη ύλη το υφάλμυρο νερό που αναβλύζει στην πηγή του Κιβερίου του οποίου η παροχή θεωρείται πλήρως ανανεώσιμη. Όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, η μέθοδος αντίστροφης ώσμωσης έχει μικρές απαιτήσεις συγκριτικά με άλλες μεθόδους αφαλάτωσης, όμως η ενέργεια που καταναλώνεται δεν παύει να αποτελεί ένα σημαντικό μέγεθος.

Για την μείωση των επιπτώσεων από την κατανάλωση μη ανανεώσιμων καυσίμων, μπορεί να διερευνηθεί η δυνατότητα υποστήριξης των ενεργειακών απαιτήσεων της μονάδας από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ). Το κυριότερο πλεονέκτημα τους είναι ότι οι ΑΠΕ είναι πρακτικώς ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και έτσι, είναι δυνατό να μειώσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της εγκατάστασης. Η υποστήριξη της μονάδας μπορεί να συμβεί αποτελεσματικά, αρκεί να ληφθούν κατά τον σχεδιασμό όλες οι παράμετροι που θα δώσουν τον καλύτερο δυνατό σχεδιασμό. Κλειδί για την αποτελεσματικότητα της διασύνδεσης με ΑΠΕ είναι η επιλογή της κατάλληλης μορφής ενέργειας που να ταιριάζει με τον τύπο της αφαλάτωσης. Μια καλή επιλογή για μονάδα αντίστροφης ώσμωσης είναι η ενεργειακή υποστήριξη με αιολική ενέργεια ή/και φωτοβολταϊκά. Σε κάθε περίπτωση, όμως, η επιλογή πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες της περιοχής (γεωγραφικές συνθήκες, τοπογραφία) αλλά και τις ειδικές ανάγκες της μονάδας. Κύριο πρόβλημα, όμως, της χρήσης ΑΠΕ για την παροχή ενέργειας σε μια εγκατάσταση είναι ο τυχαίος και παροδικός χαρακτήρας τους. Το χαρακτηριστικό αυτό προκαλεί αδυναμία πρόβλεψης της αξιοπιστίας της μονάδας παραγωγής νερού όσο αναφορά το νερό της ύδρευσης.

Πίνακας 38: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις στους Φυσικούς Πόρους

<u>ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ</u> Το έργο θα προκαλέσει:	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ..
Σημαντική εξάντληση οποιουδήποτε μη ανανεώσιμου φυσικού πόρου		×	
Χρήση σημαντικών ποσοτήτων καυσίμου ή ενέργειας	×		
Σημαντική αύξηση της ζήτησης των υπαρχουσών πηγών ενέργειας ή απαίτηση για δημιουργία νέων πηγών ενέργειας	×		
Αύξηση του ρυθμού χρήσης / αξιοποίησης οποιουδήποτε φυσικού πόρου	×		

➤ Επιπτώσεις στην πανίδα

Βασικό κριτήριο βαθμολόγησης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις στην πανίδα της περιοχής του έργου αποτελούν τόσο κατά τη φάση της κατασκευής όσο και κατά την φάση λειτουργίας του έργου οι ποιοτικές μεταβολές της βιολογικής ποικιλομορφίας σε κάθε τύπο χερσαίου και θαλάσσιου φυσικού ενδιαιτήματος και οι μεταβολές στην κατάσταση του τροφικού καθεστώτος των υδάτων (ολιγοτροφισμός, ευτροφισμός).

Στην φάση κατασκευής, οι εργασίες κατασκευής του συστήματος εισόδου του νερού τροφοδοσίας και της εκροής της άλμης μπορεί να προκαλέσουν παροδική διατάραξη του θαλάσσιου βυθού και επίδραση στα επίπεδα του οξυγόνου, με αποτέλεσμα να προκληθούν δυσμενείς συνθήκες για την επιβίωση των θαλάσσιων οργανισμών. Παρ' όλα αυτά, οι δυσμενείς αυτές επιπτώσεις διαρκούν μόνο κατά την φάση της κατασκευής και άρα δεν μπορούν να θεωρηθούν καταστροφικές για την πανίδα της περιοχής μελέτης.

Όσον αφορά την φάση της λειτουργίας της μονάδας, καθώς δεν μπορεί να γίνει αναλυτική μελέτη των επιπτώσεων στην θαλάσσια πανίδα στα πλαίσια της παρούσας διαχειριστικής μελέτης, καλό είναι να σημειωθεί ότι η διάθεση χημικών ίσως να επηρεάσει κάποια είδη, όμως δεν υπάρχει ενημέρωση για συγκεκριμένα είδη που είναι σπάνια ή είδη υπό προστασία, ώστε οι επιπτώσεις να είναι καταστροφικές. Επίσης, η διάθεση της άλμης, όπως αναλύθηκε στο χωρίο του θαλάσσιου περιβάλλοντος, δεν

αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα των νερών και συμπερασματικά, να μεταβάλλει τον υδροβιότοπο.

Πίνακας 39: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις στην Πανίδα

<u>ΠΑΝΙΔΑ</u> Το έργο θα προκαλέσει:	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ..
Μείωση του αριθμού οποιονδήποτε μοναδικών σπανίων ή υπό εξαφάνιση ειδών ζώων		x	
Εισαγωγή ή νέων ειδών ζώων σε κάποια περιοχή ή παρεμπόδιση της αποδημίας ή των μετακινήσεων των ζώων		x	
Χειροτέρευση του φυσικού περιβάλλοντος των υπαρχόντων ψαριών ή άγριων ζώων			x
Αλλαγή στην ποικιλία των ειδών ή στον αριθμό οποιωνδήποτε ειδών ζώων		x	

➤ Υποβάθμιση χρήσης γης – Αισθητική ρύπανση

Οι χρήσεις γης δεν θα επηρεαστούν από το έργο καθώς οι σημερινές χρήσεις γης θα παραμείνουν ως έχουν, οπότε δεν υπάρχει λόγος να θεωρηθεί ότι μελλοντικά θα υπάρξει μεταβολή των χρήσεων γης.

Κατά την φάση της κατασκευής θα υπάρχει παραγωγή μεγάλου όγκου στερεών αποβλήτων που μπορεί να αποτελέσει πηγή οπτικής όχλησης αν δεν διατεθούν σωστά και εγκαίρως. Κατά την φάση λειτουργίας, το έργο με τον κατάλληλο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιριακών εγκαταστάσεων η οπτική όχληση θα είναι περιορισμένη, ενώ η διάθεση της άλμης θα γίνεται υποθαλάσσια άρα δεν θα δημιουργηθεί αισθητική ρύπανση ούτε στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Πίνακας 40: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις αναφορικά με τις χρήσεις Γης και την αισθητική ρύπανση

<u>ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ – ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ</u> Το έργο θα προκαλέσει:	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ..
Το προτεινόμενο έργο θα προκαλέσει σημαντική μεταβολή της παρούσας ή της προγραμματισμένης για το μέλλον χρήσης γης		x	
Παρεμπόδιση οποιασδήποτε θέας του ορίζοντα ή οποιασδήποτε κοινής θέας ή θα καταλήξει στη δημιουργία ενός μη αποδεκτού αισθητικά τοπίου, προσιτού στην κοινή θέα		x	

➤ Ηχητική Ρύπανση

Οι κατασκευαστικές εργασίες και οι δραστηριότητες στα εργοτάξια αναμένεται να έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της στάθμης του θορύβου στη περιοχή μελέτης. Σημαντικά επίπεδα ηχορύπανσης θα δημιουργηθούν κατά την κατασκευή των έργων σε μία περιορισμένη όμως περιοχή η οποία βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από οικιστικές και παραθεριστικές περιοχές.

Κατά την λειτουργία της μονάδας, οι αντλίες αναμένεται να δημιουργούν δυνατό θόρυβο, όμως δεν θεωρείται σημαντική επίπτωση λόγω της θέσης τους.

Πίνακας 41: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις αναφορικά με την ηχητική ρύπανση

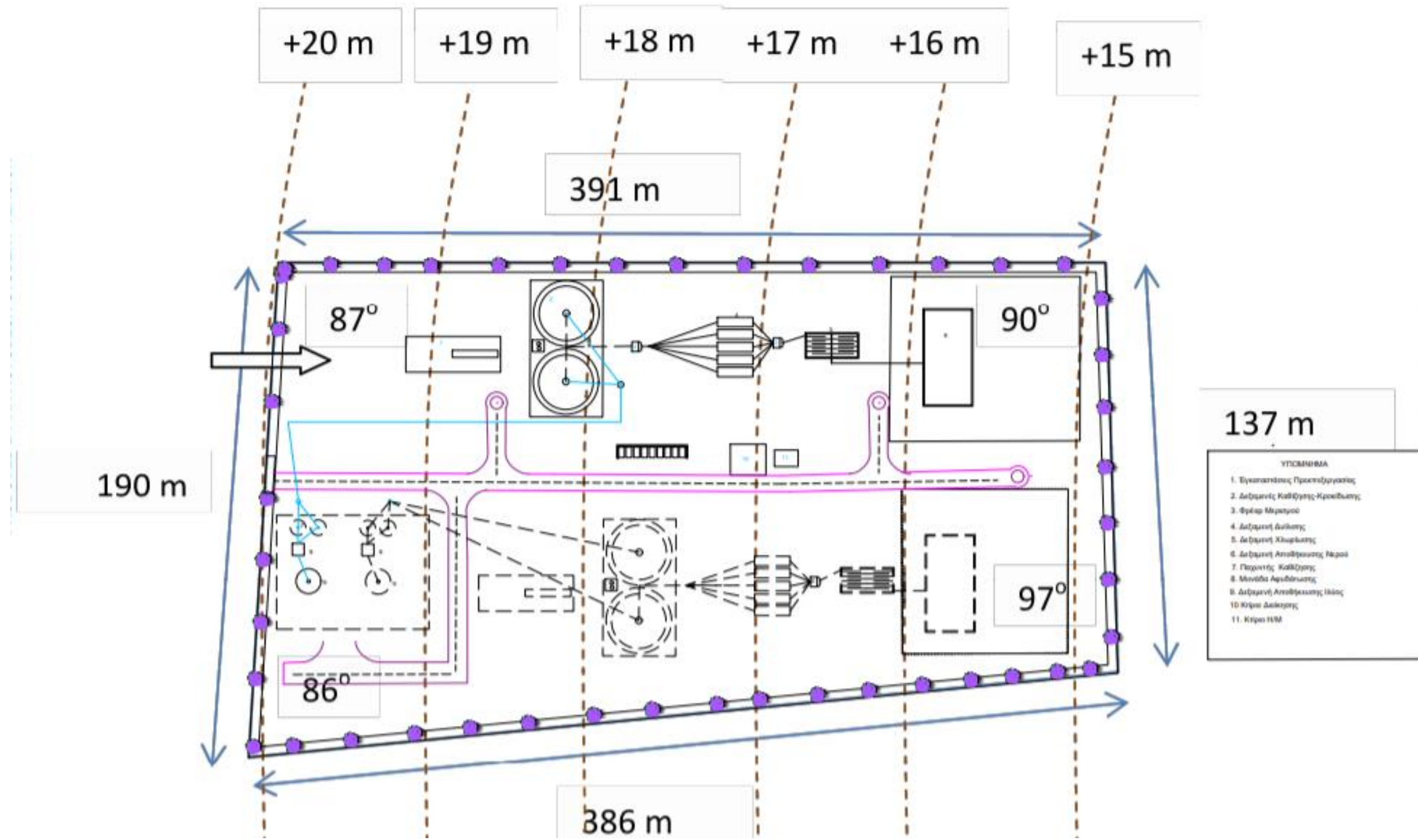
<u>ΗΧΗΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ</u> Το έργο θα προκαλέσει:	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ..
Αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου	x		
Έκθεση ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου			x

Παραπάνω αναλύθηκαν οι κυριότερες και οι πιο συνήθεις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συναντιούνται σε μια εγκατάσταση αφαλάτωσης. Παρ' όλα αυτά, δεν είναι οι μοναδικές επιπτώσεις, όμως δεν θα γίνει επέκταση σε αυτήν την μελέτη.

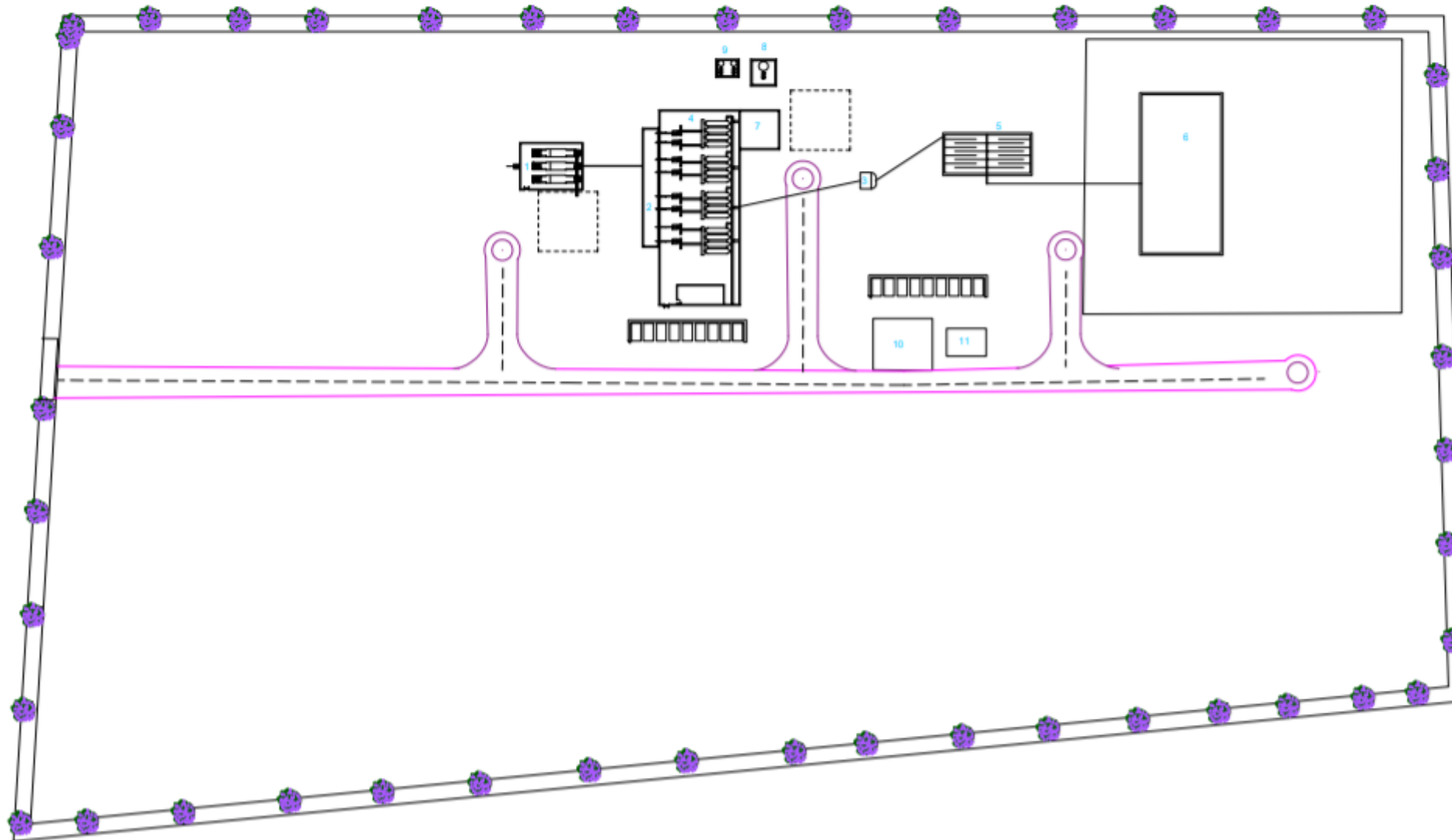
➤ Συμπεράσματα

Δεν αναμένονται σημαντικές και μη-αναστρέψιμες επιπτώσεις από τις εργασίες κατασκευής και την λειτουργία του έργου, όμως θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην κατάλληλη θέση διάθεσης της άλμης, καθώς και να διερευνηθούν εναλλακτικοί τρόποι εύρεσης της απαιτούμενης ενέργειας, ώστε να μην γίνεται υπερκατανάλωση μη-ανανεώσιμων πόρων.

Παράρτημα Β: Τεχνικά Σχέδια



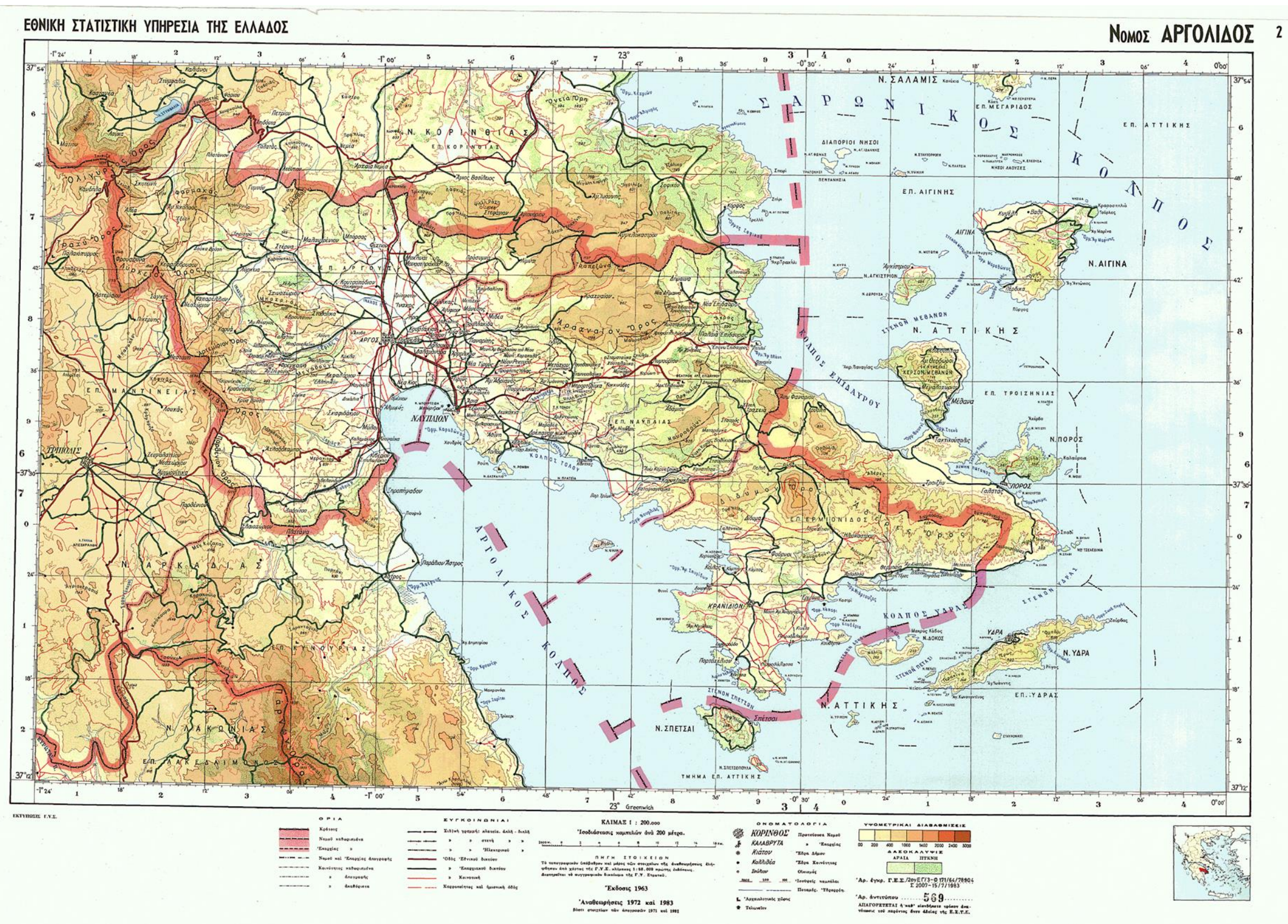
Σχέδιο 1: Κάτοψη Εγκατάστασης Συμβατικής Επεξεργασίας Νερού



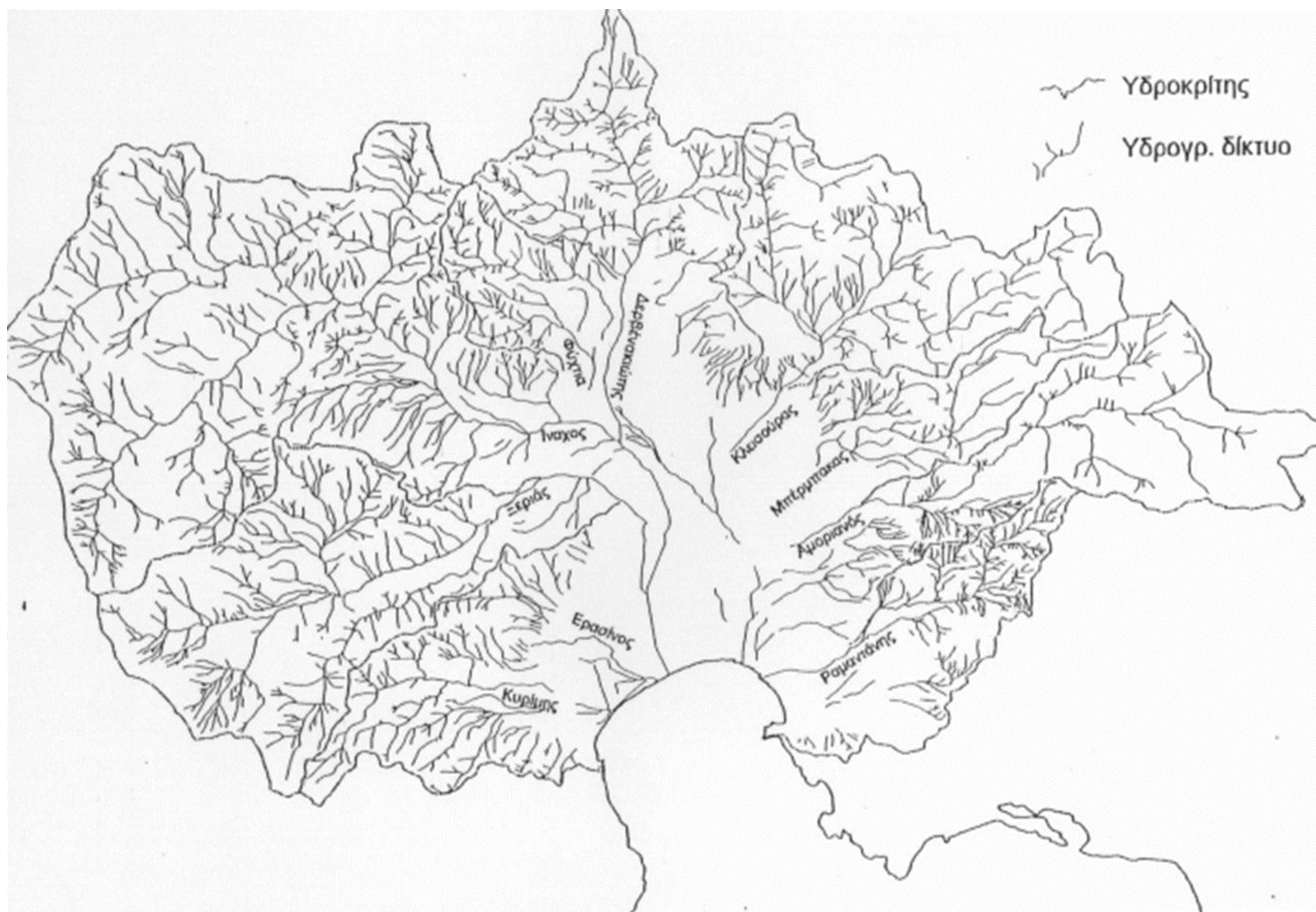
- ΥΠΟΜΝΗΜΑ
1. Εγκαταστάσεις Προεπεξεργασίας
 2. Δεξαμενή Τροφοδοσίας
 3. Φρέαρ Μεραιμού
 4. Μονάδα Υπερδιήθησης
 5. Δεξαμενή Χλωρίωσης
 6. Δεξαμενή Αποθήκευσης Νερού
 7. Δεξαμενή Έκπλυσης
 8. Δεξαμενή Υποχλωριώδους Νατρίου
 9. Δεξαμενή Καυστικού Νατρίου και Υδρικού Οξέος
 10. Κτίριο Διοίκησης
 11. Κτίριο ΗΜ

Σχέδιο 2: Κάτοψη Εγκατάστασης Εναλλακτικής Επεξεργασίας Νερού με χρήση Μεμβρανών Υπερδιήθησης (UF)

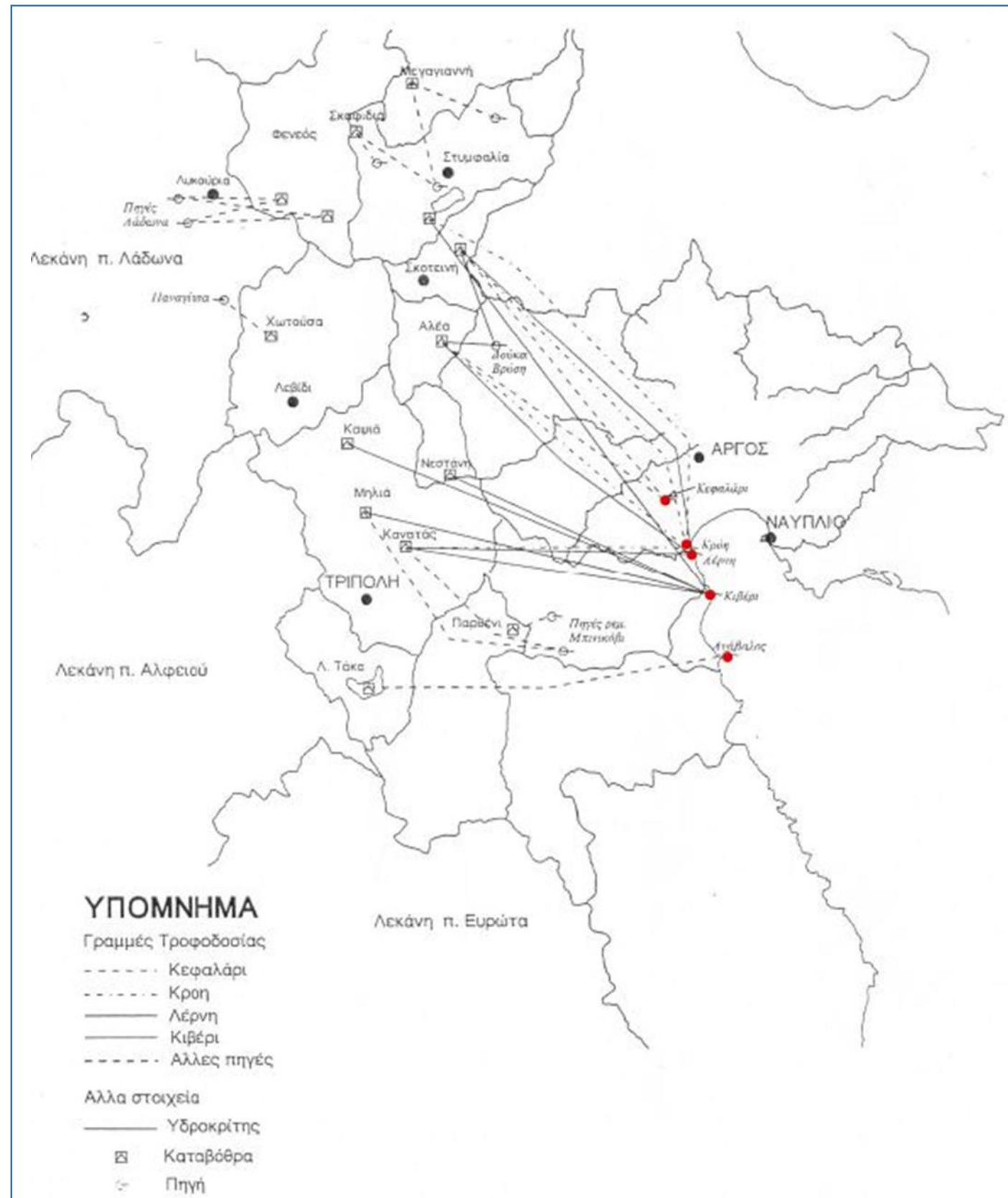
Παράρτημα Γ: Συγκεντρωτικοί Χάρτες



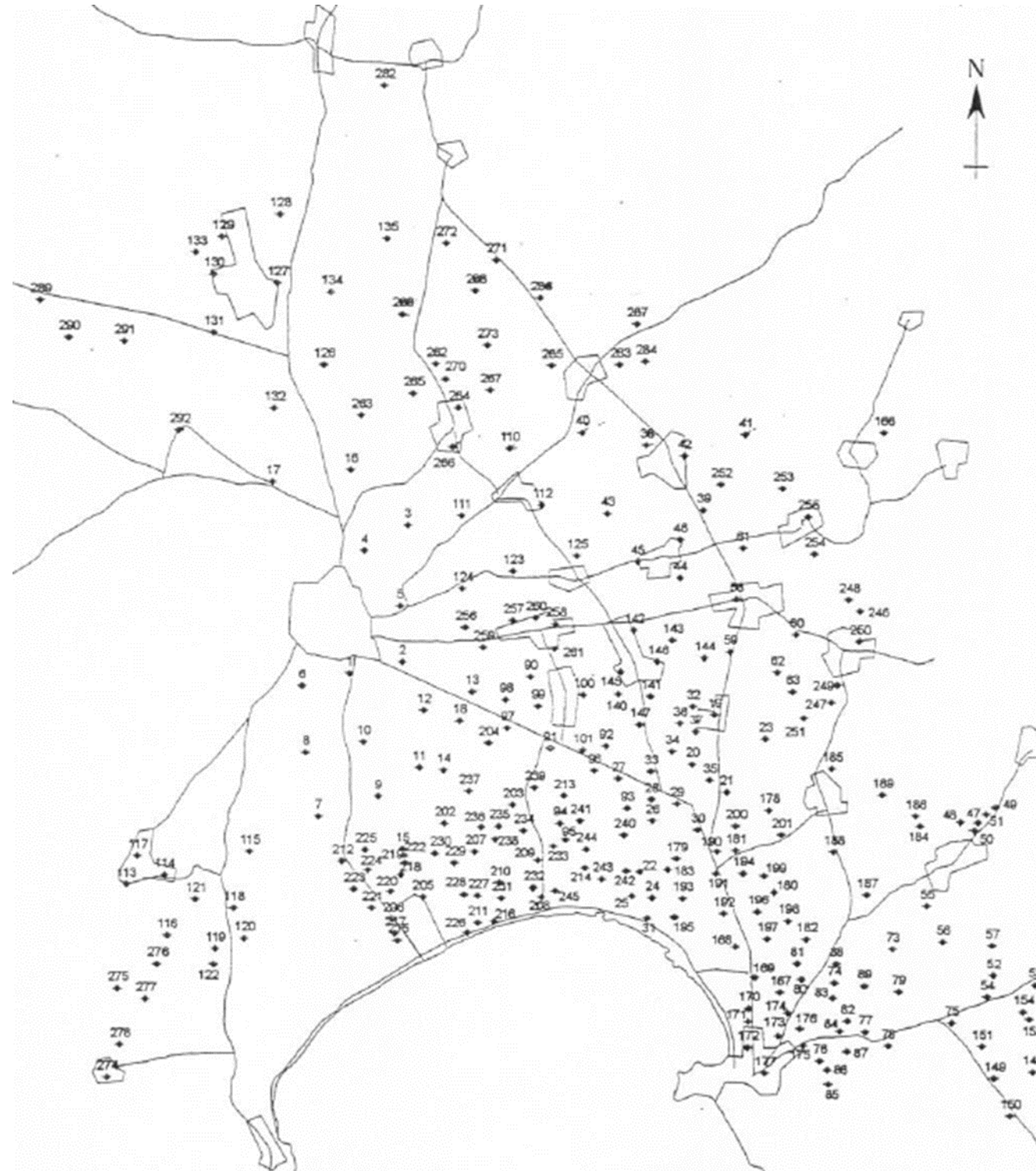
Χάρτης 12: Νομός Αργολίδας (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος)



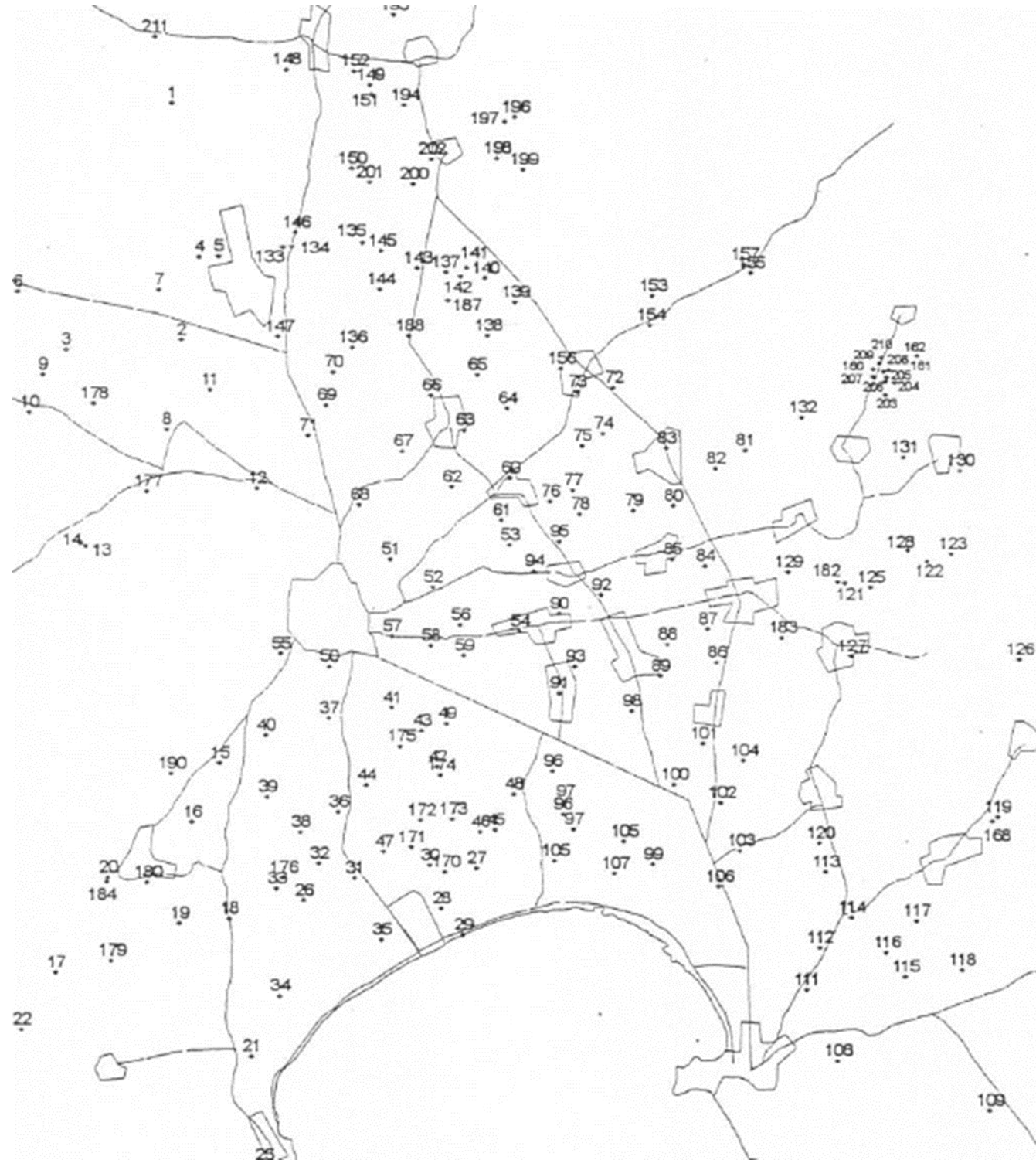
Χάρτης 13: Υδρογραφικό δίκτυο Αργολικού Πεδίου



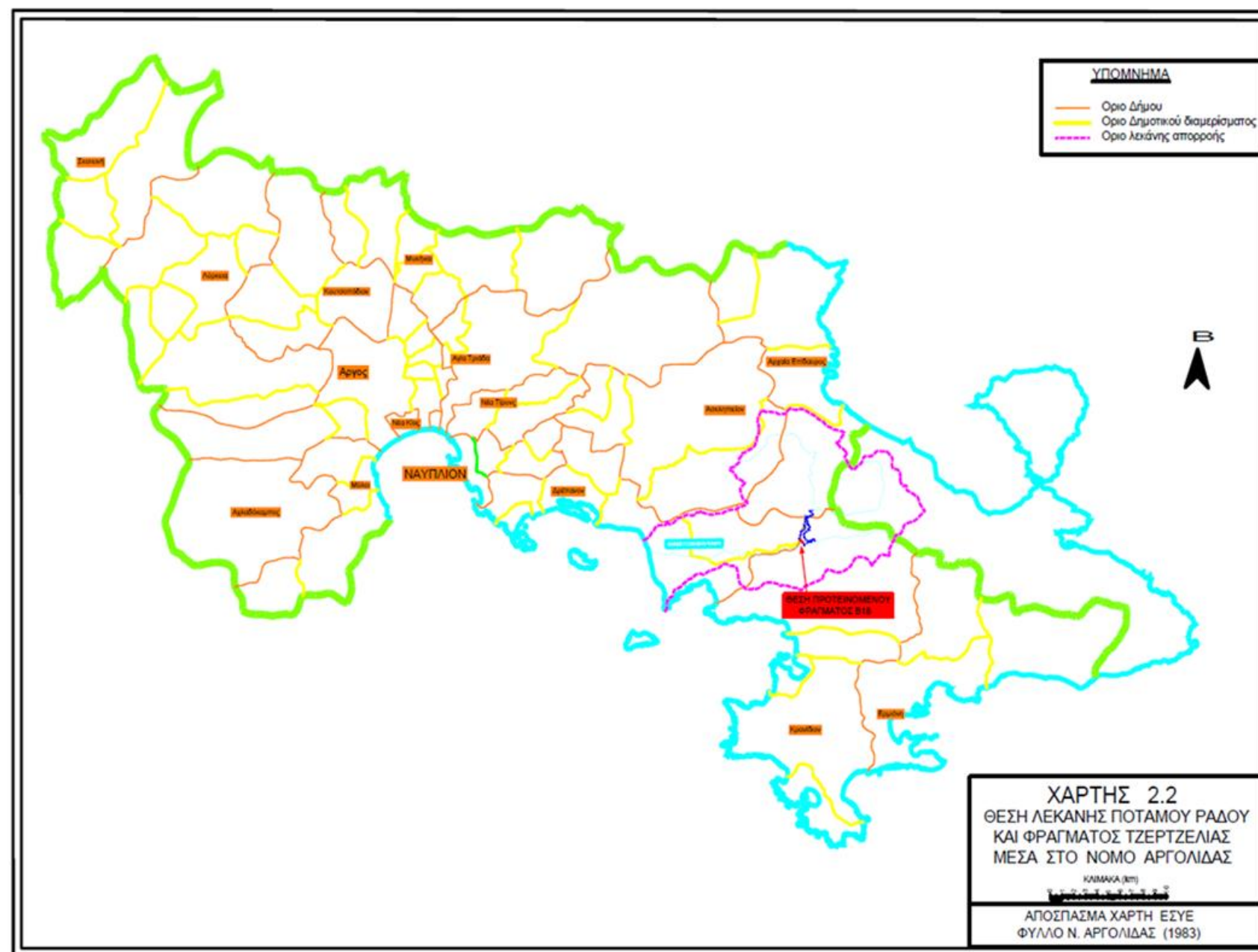
Χάρτης 14: Σχέσεις τροφοδοσίας των πηγών του Αργολικού Πεδίου από τις καταβόθρες στο οροπέδιο της Τρίπολης



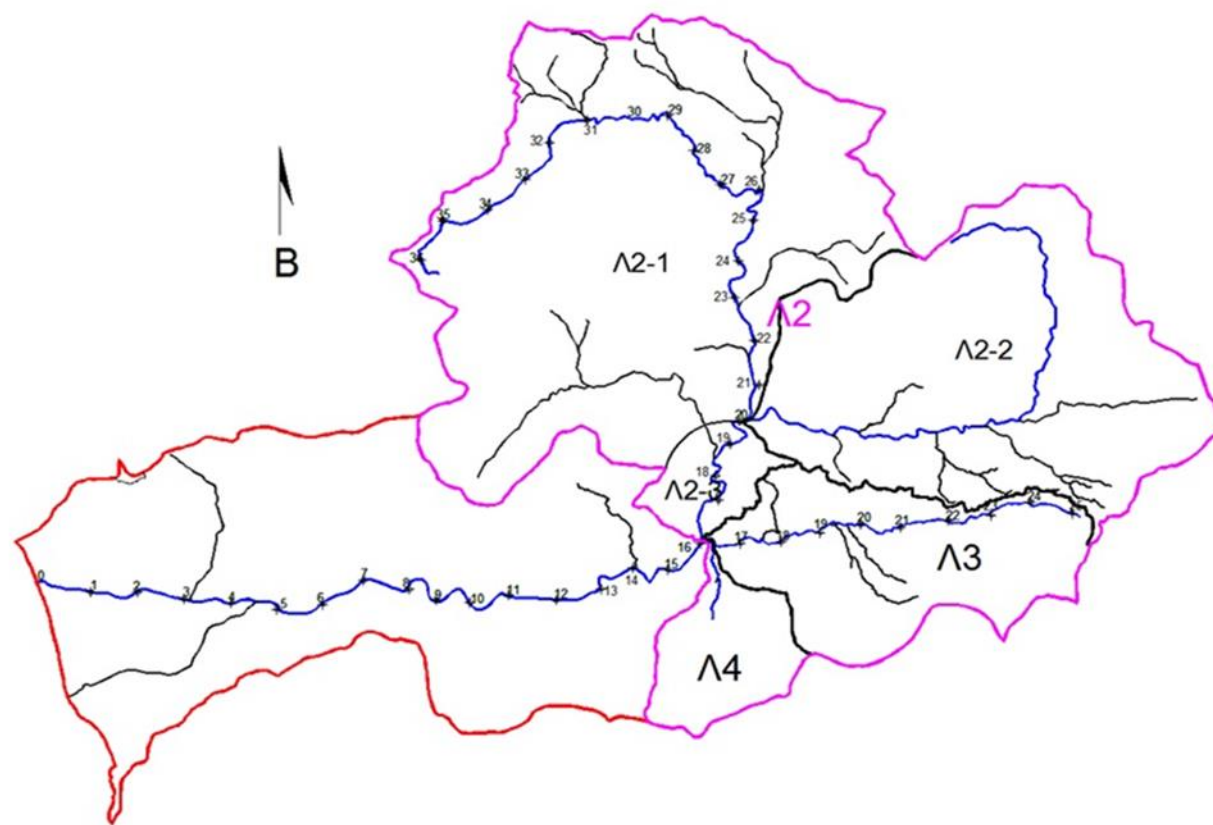
Χάρτης 15: Φρέατα παρατήρησης περιόδου 1964-75



Χάρτης 16: Δίκτυο παρατήρησης περιόδου 1985-95



Χάρτης 17: Απόσπασμα χάρτη ΕΣΥΕ – Θέση Λεκάνης Ποταμού Ράδου και φράγματος Τζερτζελιάς



Χάρτης 18: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Ράδου

Παράρτημα Δ: Πίνακες Υδατικών Ισοζυγίων

Δ.1 Υφιστάμενη Κατάσταση

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (στρέμματα)		30000
Ζήτηση για άρδευση (m ³ /y)		30660000
Κάτοικοι	Μόνιμοι	97000
	Εποχιακοί	194000
Ζήτηση για ύδρευση (m ³ /y)		14162000
Σύνολο ζητήσεων (m ³ /y)		44822000

ΠΡΟΣΦΟΡΑ (m ³ /y)		
	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ
Ανάβαλος	262800000	262800000
Λέρνη	56940000	35040000
Κεφαλάρι	70080000	21900000
Κρόη	9636000	2628000
Υπόγειος Υδροφόρεας	83220000	83220000
Σύνολο	482676000	405588000
Προσφορά χωρίς υπόγειο υδροφόρο	399456000	322368000

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (στρέμματα)		300000
Έκταση γκολφ (στρέμματα)		768
Ζήτηση για άρδευση (m ³ /y)		308394048
Κάτοικοι	Μόνιμοι	97000
	Εποχιακοί	194000
Κλίνες ξενοδοχειακής μονάδας		2500
Ζήτηση για ύδρευση (m ³ /y)		15943200
Σύνολο ζητήσεων (m ³ /y)		324337248

Δ.2 Εναλλακτική Λύση 1

ΥΔΡΕΥΣΗ							
Κάτοικοι (σήμερα)		Κάτοικοι (2043)		Υδρευτικές ανάγκες (m ³ /γ)	Έργο εξυπηρέτησης	Θεωρητική προσφορά (m ³ /γ)	Περίσσεια (m ³ /γ)
Μόνιμοι	Εποχιακοί	Μόνιμοι	Εποχιακοί				
97000	194000	106700	218400	15943200	Ανάβαλος	262800000	246856800

ΑΡΔΕΥΣΗ					
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (στρέμματα)	Αδρευτικές ανάγκες (m ³ /γ)	Έργο εξυπηρέτησης	Ελάχιστη προσφορά (m ³ /γ)	Σύνολο (m ³ /γ)	Έλλειμα (m ³ /γ)
		Ανάβαλος			
300768	308394048	Πηγές	59568000	306424800	1969248

Δ.3 Εναλλακτική Λύση 2

ΥΔΡΕΥΣΗ														
Περιοχή	Κάτοικοι (2011)		Κάτοικοι (2031)		Κάτοικοι (2051)		Σύνολο(2051)	Υδρευτικές ανάγκες m3/y	Έργο εξυπηρέτησης	Θεωρητική προσφορά		Οικολογική παροχή m3/y	Περίσσεια (m3/y)	
	Μόνιμοι	Εποχιακοί	Μόνιμοι	Εποχιακοί	Μόνιμοι	Εποχιακοί				Χειμώνας (m3/y)	Θέρος (m3/y)		Χειμώνας	Θέρος
Ερμιονίδα	4099	8198	4919	9838	5903	16805	46365	3384677	Τζεργτζελιά	4050000	4050000	613200	52123	52123
Κρανίδι	9452	18904	11342	22685	13611	27222								
Ίρια	732	1464	878	1757	1054	2108								
Καρνεζαίικα	80	160	96	192	115	230								
Υπόλοιπες	82637	165274	84614	169229	86017	167035	167035	12193523	Πηγές	136656000	59568000	-	124462477	47374477

ΑΡΔΕΥΣΗ						
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (σε όλες τις περιοχές)	Αδρευτικές ανάγκες m3/y	Έργο εξυπηρέτησης	Προσφορά (m3/y)		Περίσσεια (m3/y)	
			Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
300768	308394048	Ανάβαλος (m3/y)	262800000	262800000	78868429	1780429
		Πηγές (m3/y)	124462477	47374477		

Από επί τόπου μετρήσεις έχει παρατηρηθεί ότι το Κεφαλάρι δεν έχει σταθερή παροχή μέσα στα έτη. Έχουν υπάρξει έτη όπου η παροχή ήταν μηδενική. Με το σενάριο της μηδενικής παροχής από το Κεφαλάρι, το ισοζύγιο της ύδρευσης καλύπτεται αλλά δεν καλύπτεται της άρδευσης. Οπότε προτείνονται οι παρακάτω λύσεις:

1η εναλλακτική

Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (σε όλες τις περιοχές)	Αδρευτικές ανάγκες m3/y	Έργο εξυπηρέτησης	Προσφορά (m3/y)		Περίσσεια (m3/y)	Έλλειμμα (m3/y)	Παρατηρούμε ότι η έλλειψη είναι περί τα 20εκ.m3/y ενώ ο υπόγειος υδροφόρος μπορεί να καλύψει έως και 83εκ.m3/y. Επομένως θα μπορούσαν να περιοριστούν οι αντλήσεις και να παρέχεται μόνο το απαραίτητο ποσό. Σε αυτή την περίπτωση θα είχαμε:	Έργο εξυπηρέτησης	Προσφορά (m3/y)		Περίσσεια (m3/y)	
			Χειμώνας	Θέρος					Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
300768	308394048	Ανάβαλος (m3/y)	262800000	262800000	8788429	-20119571		Ανάβαλος (m3/y)	262800000	262800000	26308429	6160429
		Πηγές (m3/y)	54382477	25474477				Πηγές (m3/y)	54382477	25474477		
		Υπόγειος υδροφόρος	17520000,0	26280000,0								

2η εναλλακτική

Είχε προταθεί (2009) η τοποθέτηση μια ακόμα αντλίας 10000 m3/h (περίπου 2.8 m3/s) στον φράγμα του Αναβάλου που θα αυξήσει την προσφορά του στα 40000 m3/h (θα εκμεταλλεύεται δηλαδή κάτι λιγότερο από τα 12 m3/s που προσφέρει φυσικά ο Ανάβαλος)

Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (σε όλες τις περιοχές)	Αδρευτικές ανάγκες m3/y	Έργο εξυπηρέτησης	Προσφορά (m3/y)		Περίσσεια (m3/y)	Έλλειμμα (m3/y)
			Χειμώνας	Θέρος		
300768	308394048	Ανάβαλος (m3/y)	350400000	350400000	96388429	67480429
		Πηγές (m3/y)	54382477	25474477		