

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κατάλογος Πινάκων	2
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	3
1.1. Γενικά στοιχεία του Έργου.....	3
1.2. Γενικά στοιχεία της Μελέτης.....	3
1.3. Ομάδα Μελέτης	4
1.4. Στοιχεία Παραδοτέου	4
Κεφάλαιο 2. Προσομοίωση διαχείρισης υδατικών πόρων.....	5
2.1. Διαχειριστικό μοντέλο.....	5
2.2. Γενικά στοιχεία προσομοίωσης	5
2.3. Προσφορά νερού.....	5
2.3.1. Υπόγειο νερό.....	5
2.3.2. Επιφανειακό νερό	6
2.4. Ζήτηση νερού.....	6
2.4.1. Ύδρευση.....	6
2.4.2. Άρδευση.....	7
2.4.3. Έργα διαχείρισης υδατικών πόρων	7
Κεφάλαιο 3. Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις του Έργου.....	9
3.1. Εισαγωγή	9
3.2. Συμπεράσματα	9
Κεφάλαιο 4. Σενάρια λειτουργίας διαχειριστικού μοντέλου	11
4.1. Εισαγωγή	11
4.2. Σενάρια λειτουργίας.....	11
4.3. Ζήτηση νερού.....	12
4.4. Επιλογή παραμέτρων.....	13
4.5. Κριτήρια αξιολόγησης.....	13
Κεφάλαιο 5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων διαχειριστικού μοντέλου.....	15
5.1. Εισαγωγή	15
5.2. Σενάριο Υ1αΕ1	15
5.3. Ξηρό και πολύ ξηρό σενάριο	16
5.4. Σενάριο Υ1βΕ1	20
Κεφάλαιο 6. Οικονομική ανάλυση.....	21
6.1. Γενικά – Χρηματοοικονομικό Κόστος Νερού.....	21
6.2. Αποτελέσματα Χρηματοοικονομικού Μοντέλου Κοστολόγησης.....	22
6.2.2. Χρηματοοικονομικό Κόστος Νερού για τα διαχειριστικά σενάρια	22
6.3. Συμπεράσματα για το Χρηματοοικονομικό Μοντέλο Κοστολόγησης.....	23
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα διαχειριστικής αξιολόγησης.....	25
7.1 Εισαγωγή	25
7.2. Αξιολόγηση σεναρίων	25
7.2.1. Διαφορά αποθεμάτων των ταμιευτήρων υπόγειου νερού.....	25
7.2.2. Μέσος ετήσιος όγκος νερού υγροτόπου - υγρολίβαδου.....	25
7.2.3. Μέσος ετήσιος όγκος νερού στην εκκένωση ταμιευτήρα Κάρλας και τη σήραγγα	26
7.2.4. Μέση διαφορά μέγιστης – ελάχιστης στάθμης ταμιευτήρα.....	26
7.2.5. Μέση υπέρβαση ορίων σχεδιασμού τάφρων	26
7.2.6. Μέση υπερετήσια κάλυψη της ζήτησης των αρδευτικών ζωνών	27
7.3. Γενικά συμπεράσματα.....	28

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1.3-1. Παρουσίαση των έργων ύδρευσης - άρδευσης και των απαιτήσεων κάλυψης ανά χρονική περίοδο.....	12
Πίνακας 6.2.2-1. Αναλυτικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Υποδομή για το Υδρολογικό σενάριο Υ1αΕ1	22
Πίνακας 6.2.2-2. Συνολικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Χρήστη για το Υδρολογικό σενάριο Υ1αΕ1	22
Πίνακας 6.2.2-3. Αναλυτικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Υποδομή για το Ξηρό Σενάριο.....	23
Πίνακας 6.2.2-4. Αναλυτικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Υποδομή για το Πολύ Ξηρό Σενάριο	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά στοιχεία του Έργου

Η μελέτη για το Σύστημα διαχείρισης νερών, εδαφών και οικοσυστημάτων Κάρλας εκπονείται στο πλαίσιο του Έργου επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας, έτσι όπως έχει ενταχθεί στο Μέτρο 8.2 του ΕΠΠΕΡ Περιβάλλον 2000 - 2006. Το Έργο επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας χωροθετείται στην Κεντρική Ελλάδα, στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και υπάγεται κατά το μεγαλύτερο μέρος στο Νομό Μαγνησίας και κατά ένα μέρος στο Νομό Λάρισας. Η ευρύτερη περιοχή μελέτης περιλαμβάνει την υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κάρλας έκτασης 1051 km². Η υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κάρλας ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού, από την οποία πλέον έχει απομονωθεί εξ αιτίας της κατασκευής αποστραγγιστικών και αντιπλημμυρικών έργων .

Η σκοπιμότητα του Έργου είναι η αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας στην ευρύτερη περιοχή, η επαναδημιουργία υγροτόπου πλησίον της λίμνης, η αναδιάταξη του τρόπου διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της περιοχής, η αποκατάσταση του υδροφόρου ορίζοντα, η μείωση ρύπανσης του Παγασητικού Κόλπου, η ενίσχυση της ύδρευσης του Βόλου, η αντιπλημμυρική προστασία, η βιώσιμη και πλήρης άρδευση και η δημιουργία ενός πρότυπου χώρου για την ανάδειξη της δυνατότητας αρμονικής ανάπτυξης ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε ισορροπία με το φυσικό περιβάλλον.

Το έργο Επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας αφορά στη δημιουργία μιας μεγάλης υγροτοπικής έκτασης (λίμνης περιβαλλόμενης από ζώνες ειδικής διαχείρισης) και περιλαμβάνει έργα δημιουργίας της λίμνης, συμπληρωματικά – υποστηρικτικά έργα, έργα περιβαλλοντικής ανάδειξης και έργα κατασκευής αρδευτικών.

1.2. Γενικά στοιχεία της Μελέτης

Το γενικό αντικείμενο της μελέτης είναι:

- ο Η κατάστρωση σχεδίου διαχείρισης των περιβαλλοντικών παραμέτρων που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τα έργα επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας
- ο Η ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης των νερών της λεκάνης απορροής υδάτων της Κάρλας,
- ο Η κατάστρωση συστήματος παρακολούθησης των έργων, των νερών, των εδαφών και των οικοσυστημάτων της περιοχής.

Οι επιμέρους στόχοι της μελέτης "Σύστημα Διαχείρισης νερών, εδαφών και οικοσυστημάτων Κάρλας" είναι:

- ο Η διερεύνηση του βέλτιστου τρόπου λειτουργίας των έργων Επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας και η κατάστρωση αναλυτικού σχεδίου διάθεσης των νερών ώστε να επιτυγχάνεται αύξηση της αποδοτικότητας και ικανοποίηση των στόχων των έργων για διάφορες υδρολογικές συνθήκες
- ο Η κατάστρωση και η διατύπωση συγκεκριμένων αναλυτικών κανόνων λειτουργίας των έργων επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας, ώστε να ικανοποιούνται οι στόχοι του έργου και οι δεσμεύσεις της χώρας προς την Ε.Ε. και τους όρους χρηματοδότησης

- ο Η κατάσταση και η ανάπτυξη υπολογιστικού εργαλείου προσομοίωσης της λειτουργίας των έργων της Κάρλας και των κυριότερων έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων στη λεκάνη της Κάρλας, για να αξιοποιηθεί στη διαχείριση, στην ανάλυση του τρόπου λειτουργίας και περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος των έργων
- ο Η κατάσταση, διατύπωση και κατάρτιση λεπτομερών προδιαγραφών συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου της λειτουργίας των έργων και του συστήματος επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας (σύστημα νερών, εδαφών και οικοσυστημάτων)
- ο Εκτίμηση των δαπανών υλοποίησης της διαχείρισης και παρακολούθησης των έργων και του κόστους του νερού

1.3. Ομάδα Μελέτης

Η μελέτη του συστήματος διαχείρισης αποτελεί ένα πολυσύνθετο έργο, η υλοποίηση του οποίου απαιτεί αφενός μεν σημαντική εξειδίκευση σε μια σειρά από επιστημονικούς τομείς που σχετίζονται με τη διαχείριση ενός υδατικού οικοσυστήματος και αφετέρου προσεκτικό συντονισμό και οργάνωση μιας ετερόκλητης πολυπληθούς επιστημονικής ομάδας έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του έργου.

Η ομάδα μελέτης συγκροτείται από εικοσιέξι (26) εξειδικευμένους επιστήμονες-μελετητές, που αποτελούν μόνιμους συνεργάτες των:

- ENVECO A.E. – Κατηγορίες 13Γ & 27Γ (συμπράττον γραφείο)
- ΕΥΣΤΑΘΙΑ ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ – Κατηγορία 20 (συμπράττον γραφείο)
- ΤΑΚΑΒΑΚΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΗΣ – Κατηγορία 22 (συμπράττον γραφείο)
- ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ ΗΛΙΑΣ – Κατηγορία 23 (συμπράττον γραφείο)
- DRAXIS O.E. – Πληροφορική Περιβάλλοντος

1.4. Στοιχεία Παραδοτέου

Το παρόν παραδοτέο αποτελεί το 16^ο Παραδοτέο της μελέτης για το «Σύστημα Διαχείρισης Νερών, Εδαφών και Οικοσυστημάτων Κάρλας». Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα της Σύμβασης εκπόνησης της μελέτης, το παραδοτέο δίδεται στην αρμόδια Υπηρεσία εντός 9 μηνών από την ημερομηνία υπογραφής του Ιδιωτικού Συμφωνητικού της Σύμβασης (8/7/2009), δηλαδή έως τις 8/4/2010. Το ανά χείρας τεύχος αποτελεί αναθεωρημένη έκδοση μετά από τις σχετικές παρατηρήσεις της Υπηρεσίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

2.1. Διαχειριστικό μοντέλο

Το διαχειριστικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του συστήματος διαχείρισης στην περιοχή μελέτης, είναι το διαχειριστικό μοντέλο RIBASIM (River Basin Simulation Model), που έχει αναπτυχθεί από τον Ολλανδικό οίκο Deltares (πρώην w|Delft hydraulics).

Το RIBASIM είναι ένα υπολογιστικό πακέτο για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των υδρολογικών λεκανών κάτω από διαφορετικές υδρολογικές συνθήκες. Το μοντέλο είναι ένα εύχρηστο εργαλείο για τη σύνδεση των υδρολογικών εισόδων νερού σε διάφορες θέσεις με τις διάφορες καταναλώσεις νερού με σκοπό την εκτίμηση και αξιολόγηση των μέτρων που σχετίζονται με της υποδομές και τον τρόπο διαχείρισης και λειτουργίας του συστήματος.

2.2. Γενικά στοιχεία προσομοίωσης

Το μοντέλο δημιουργείται από κόμβους (Nodes) προσφοράς, ζήτησης και διαχείρισης νερού, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς (links) και οι οποίοι αναλαμβάνουν το έργο της μεταφοράς νερού από τον έναν κόμβο στον άλλο.

Τα δεδομένα εισόδου για το μοντέλο είναι:

- ο Η σχηματοποίηση των περιοχών της λεκάνης απορροής.
- ο Τα δεδομένα που χαρακτηρίζουν κάθε σημείο της σχηματοποίησης και σχετίζονται με ζήτηση ή προσφορά νερού.
- ο Οι κανόνες για τη διάθεση του νερού.
- ο Λειτουργικοί κανόνες για τους υδροφορείς, τους ταμιευτήρες και τα σημεία εκτροπής.
- ο Υδρολογικά δεδομένα (χρονοσειρές διαθέσιμης ροής στα όρια του συστήματος, όπως βροχόπτωση, παροχές σε συγκεκριμένα σημεία, κατείσδυση υπόγειων υδροφορέων, επιφανειακή απορροή, εξάτμιση από ταμιευτήρες, κλπ).

Τα αποτελέσματα του διαχειριστικού μοντέλου περιλαμβάνουν πίνακες και διαγράμματα με τα κύρια αποτελέσματα της προσομοίωσης.

2.3. Προσφορά νερού

2.3.1. Υπόγειο νερό

Η προσομοίωση των υπογείων νερών έγινε με σύστημα κόμβων και δεσμών που απαρτίζεται από τα εξής:

- 1) Κόμβος ταμιευτήρα υπόγειου νερού (TYN).
- 2) Κόμβος μεταβλητής εισροής νερού (MEN).
- 3) Δεσμός τροφοδοσίας TYN.

- 4) Δεσμός εκροών TYN.
- 5) Δεσμοί απόληψης υπόγειου νερού (AYN).
- 6) Δεσμός απλής ροής (AP).
- 7) Τερματικός κόμβος.
- 8) Δεσμός πλευρικής τροφοδοσίας (ΠΤ).

Τα απαιτούμενα δεδομένα συνοψίζονται στα εξής:

- 1) Χρονοσειρά εισόδου στο σύστημα, με ή χωρίς πρωτογενή απώλεια (ή απόληψη) νερού στον κόμβο MEN, αποθηκευμένη σε κατάλληλο αρχείο τύπου ascii
- 2) Αύξων αριθμός χρονοσειράς εισόδου στο αρχείο τύπου ascii
- 3) Σχέση ΒΣ – όγκου νερού σε TYN
- 4) Σχέση ΒΣ – διαφυγών στον TYN
- 5) Ελάχιστο επιτρεπόμενο βάθος στάθμης στον TYN
- 6) Μέγιστες επιτρεπόμενες συνολικές απολήψεις από τον TYN
- 7) Μέγιστο βάθος άντλησης για κάθε AYN
- 8) 12 τιμές επιτρεπόμενης άντλησης (1 για κάθε μήνα του έτους), για κάθε AYN
- 9) Σχέση μεταξύ διαφοράς στάθμης υδροφορέων και παροχής νερού για την πλευρική μετάγγιση από ένα υδροφορέα στον άλλο

2.3.2. Επιφανειακό νερό

- 1) Κόμβοι μεταβλητής εισροής νερού (MEN).
- 2) Κόμβοι συμβολής. Σε αυτούς συντελείται η άθροιση των ροών, στα σημεία όπου νέες ροές εισέρχονται στο σύστημα.
- 3) Δεσμοί απλής ροής.
- 4) Κόμβοι εκτροπής νερού (EN).
- 5) Τερματικός κόμβος.

Τα απαιτούμενα δεδομένα συνοψίζονται στα εξής:

- 1) Χρονοσειρά εισόδου στο σύστημα, με ή χωρίς πρωτογενή απώλεια (ή απόληψη) νερού στον κόμβο MEΣ, αποθηκευμένη σε κατάλληλο αρχείο τύπου ascii.
- 2) Αύξων αριθμός χρονοσειράς εισόδου στο αρχείο τύπου ascii.
- 3) Έκταση λεκάνης

2.4. Ζήτηση νερού

2.4.1. Ύδρευση

Η ύδρευση προσομοιώνεται με κόμβους Παροχής Νερού Ύδρευσης (Public Water Supply - PINY). Οι κόμβοι αυτοί τροφοδοτούνται από το σύστημα συνδεδεμένοι είτε με κόμβους TYN, μέσω δεσμών απόληψης, είτε με συστήματα επιφανειακού νερού μέσω δεσμών διακλάδωσης.

Οι απαιτούμενες παράμετροι για την λειτουργία του μοντέλου είναι:

- 1) Ζήτηση νερού: απαιτείται είτε η εισαγωγή του πληθυσμού και της κατά κεφαλή ημερήσιας κατανάλωσης νερού, είτε η εισαγωγή της συνολικής ζήτησης νερού (σε μονάδες παροχής) για κάθε μήνα του έτους (12 τιμές).
- 2) Επιστροφές νερού: απαιτείται η εισαγωγή ενός ποσοστού επιστροφών νερού στο σύστημα για κάθε μήνα του έτους (12 τιμές).
- 3) Ποσοστό της ζήτησης με προτεραιότητα
- 4) Προτεραιότητα του ποσοστού αυτού και προτεραιότητα του υπολοίπου.
- 5) Μέγιστη απόληψη νερού ανά μήνα (12 τιμές) για τον δεσμό εκτροπής.
- 6) Σχέση μεταξύ ανάντη και κατάντη ροής για τον δεσμό εκτροπής.

2.4.2. Άρδευση

Στο διαχειριστικό μοντέλο οι αρδεύσεις προσομοιώνονται με σύστημα που αποτελείται από τα ακόλουθα:

- 1) Κόμβος μεταβλητής άρδευσης
- 2) Δεσμός απόληξης ή διακλάδωσης
- 3) Δεσμός απλής ροής προς τα κατάντη
- 4) Κόμβος διακλάδωσης
- 5) Δεσμός διακλάδωσης
- 6) Τερματικός κόμβος

Αναγκαίες παράμετροι του διαχειριστικού μοντέλου για το προαναφερόμενο σύστημα κόμβων είναι:

- 1) Χρονοσειρά 15νθήμερων ή μηνιαίων τιμών ανάγκης φυτού της αρδευόμενης περιοχής σε ισοδύναμο ύψος βροχής
- 2) Έκταση της αρδευόμενης περιοχής σε εκτάρια
- 3) Αποδοτικότητα της μεθόδου άρδευσης ως προς τα επιφανειακά νερά και ως προς τα υπόγεια νερά
- 4) Χρονοσειρά βροχόπτωσης
- 5) Ποσοστό ενεργού βροχόπτωσης επί της συνολικής
- 6) Διαδικασίες εναλλακτικής ανάγκης φυτού στην περίπτωση ειδικών κλιματολογικών συνθηκών
- 7) Ποσοστό της ζήτησης με προτεραιότητα
- 8) Προτεραιότητα του ποσοστού αυτού και προτεραιότητα του υπολοίπου.
- 9) Επιστροφές από το νερό άρδευσης στο σύστημα (στραγγίσεις)
- 10) Δυνατότητα απόληξης για κάθε μήνα (12 τιμές) στον δεσμό απόληξης ή άντλησης
- 11) Σχέση μεταξύ ανάντη και κατάντη διακλαδιζόμενης παροχής στον δεσμό διακλάδωσης, αν υπάρχει

2.4.3. Έργα διαχείρισης υδατικών πόρων

Το κύριο κομμάτι της σχηματοποίησης περιλαμβάνει τα τεχνικά υδραυλικά έργα του συστήματος της Κάρλας. Τα έργα Κάρλας έχουν ορισμένες ιδιομορφίες σε σχέση με άλλα συστήματα μεταφοράς και αποθήκευσης νερού:

1. Τα συστήματα μεταφοράς χρησιμοποιούνται και ως συστήματα αποθήκευσης, με την παρεμβολή χωμάτων ρουφρακτών ή και θυροφραγμάτων, έργα τα

- οποία λειτουργούν περιστασιακά, αλλά ελέγχονται από τρίτους (π.χ. ΤΟΕΒ Πηνειού ή επιμέρους παραγωγούς)
2. Ορισμένοι συλλεκτήρες και τάφροι εκβάλλουν στη λίμνη σε στάθμες χαμηλότερες από τη μέγιστη στάθμη της λίμνης, με αποτέλεσμα τις περιόδους που τα νερά της λίμνης είναι ψηλά να παρατηρούνται φαινόμενα ανάδρομης ροής από τη λίμνη προς τα έργα αυτά
 3. Υπάρχουν κομβικά σημεία του συστήματος στα οποία υπάρχουν έργα αντίθετης λειτουργίας. Π.χ. στον κόμβο Πέτρας υπάρχει αντλιοστάσιο που τροφοδοτεί τη λίμνη, αντλιοστασίου που λαμβάνει νερό από τη λίμνη, αλλά και έργο υπερχείλισης της λίμνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ ΤΟΥ ΈΡΓΟΥ

3.1. Εισαγωγή

Οι περιβαλλοντικές δεσμεύσεις του Έργου επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας προέρχονται από τους στόχους του Έργου, αλλά και από τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους.

Το Έργο, έτσι όπως έχει ενταχθεί στο Μέτρο 8.2 του ΕΠΠΕΡ, εξυπηρετεί πολλαπλούς στόχους και συγκεκριμένα:

- Την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας στην ευρύτερη περιοχή. Με την επαναδημιουργία της λίμνης δίνεται η δυνατότητα για μερική τουλάχιστον αποκατάσταση του παρόχθιου και υδατικού οικοσυστήματος που προϋπήρχε της αποξήρανσης της παλαιάς λίμνης Κάρλας.
- Την καλύτερη διαχείριση των επιφανειακών και υπογείων νερών της περιοχής. Τα επιφανειακά νερά της λεκάνης Κάρλας και οι πλούσιες χειμερινές απορροές του π. Πηνειού συλλέγονται και αξιοποιούνται για την αποκατάσταση του υδατικού οικοσυστήματος και για άρδευση δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα για εφαρμογή ελεγχόμενης διατηρήσιμης εκμετάλλευσης των υπογείων νερών στην περιοχή.
- Την ενίσχυση της ύδρευσης της μείζονος περιοχής του Βόλου από υπόγεια νερά της περιοχής της Κάρλας.
- Την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής
- Την εξασφάλιση νερού κατάλληλου για άρδευση
- Την ελαχιστοποίηση της συμβολής των απορροών της λεκάνης της Κάρλας στη ρύπανση του Παγασητικού κόλπου, με τη συγκέντρωση των απορροών στη λίμνη και επαναχρησιμοποίησή τους για άρδευση.
- Τη δημιουργία συνθηκών βιώσιμης ανάπτυξης της περιοχής
- Τη δημιουργία ενός πρότυπου χώρου για την ανάδειξη της δυνατότητας αρμονικής ανάπτυξης ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε ισορροπία με το φυσικό περιβάλλον.

3.2. Συμπεράσματα

Οι αναλυτικές περιβαλλοντικές δεσμεύσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: (α) αυτές που είναι δυνατόν να ενσωματωθούν στο διαχειριστικό μοντέλο, καθώς άπτονται της διαχείρισης νερών και (β) σε αυτές που αφορούν ευρύτερα θέματα διαχείρισης του έργου (π.χ. συντήρησης τάφρων κλπ) και οι οποίες δεν είναι δυνατόν να προσομοιωθούν με μαθηματικά μοντέλα. Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται επιγραμματικά οι ακόλουθες:

1. Σύνταξη ετήσιου σχεδίου διάθεσης νερού (ΕΣΔΙΝ)
2. Κατασκευή ζώνης ειδικής διαχείρισης και ποιοτικής αναβάθμισης των στραγγιστικών υδάτων στις χαμηλές περιοχές του βόρειου τμήματος του Δυτικού αναχώματος (υγρότοπος).
3. Διαμόρφωση της τάφρου IT σε φυσική δεξαμενή σταθεροποίησης
4. Αποφυγή τυχόν υπεραντλήσεων από την λίμνη κατά την διάρκεια φτωχών υδρολογικών ετών

5. Καθορισμός κατώτατης στάθμης αρδεύσεως τα + 46,4 m και ανώτατη στάθμη ανάσχεσης των πλημμύρων είναι τα + 50,00 m (για την εξασφάλιση των παραπάνω).
6. Δεν επιτρέπεται η απόληψη από τον ταμιευτήρα ποσότητας νερού μεγαλύτερης από 60 εκ. κυβικά μέτρα ετησίως για την άρδευση.
7. Δεν επιτρέπεται η απευθείας απόληψη νερού για την άρδευση από τις προσαγωγούς διώρυγες ή τους συλλεκτήρες.
8. Καμιά ποσότητα νερού της περιοχής δεν μπορεί να διατίθεται απευθείας στον Παγασητικό κόλπο μέσω της σήραγγας, παρά μόνο σε ρητά αναφερόμενες εξαιρετικές περιπτώσεις
9. Απαιτείται η ορθολογική χρήση του νερού της λίμνης για την εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων άρδευσης κατά προτεραιότητα της εφαρμογής συστημάτων μικροπαροχών.
10. Σε περίπτωση που οι αρδευτικές ανάγκες δεν καλύπτονται από τα διαθέσιμα νερά, η αντιμετώπιση του προβλήματος θα γίνεται με περιορισμό των αρδευόμενων εκτάσεων ή με αναδιάρθρωση καλλιεργειών.
11. Αποδοχή της «ελλειμματικής άρδευσης» των αρδευόμενων καλλιεργειών
12. Τα αρδευτικά δίκτυα του έργου (i) - μεταφοράς και διανομής νερού άρδευσης - δεν θα τεθούν σε λειτουργία προ της ολοκλήρωσης των έργων διαχείρισης των στραγγιστικών υδάτων.
13. Η έναρξη λειτουργίας των γεωτρήσεων, με εξαίρεση τις πέντε (5) γεωτρήσεις της ΔΕΥΑΜΒ που ευρίσκονται ήδη εν λειτουργία, θα γίνει μετά την εκπλήρωση προϋποθέσεων που αποσκοπούν στην αποτροπή της υποβάθμισης των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής λόγω υπεράντλησης
14. Οι αντλούμενες από τις γεωτρήσεις ποσότητες νερού να προέρχονται από τα ανανεώσιμα υπόγεια αποθέματα και όχι από τα μόνιμα
15. Η ποσότητα νερού που θα αντλείται από το σύνολο των γεωτρήσεων του έργου να μην υπερβαίνει τα 10,6 hm³ ετησίως.
16. Οι γεωτρήσεις να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την κάλυψη υδρευτικών αναγκών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΕΝΑΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

4.1. Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης διαχείρισης εξετάστηκαν Σενάρια διαχείρισης προκειμένου να αναγνωρισθεί η επίπτωση των μελλοντικών έργων και χρήσεων στην διαθεσιμότητα νερού στην περιοχή μελέτης και στην κατάσταση των συστημάτων επιφανειακών και υπογείων υδάτων, δεδομένου και του περιβαλλοντικού χαρακτήρα των έργων επαναδημιουργίας Κάρλας. Τα σενάρια διαμορφώθηκαν σε διάφορες φάσεις εκπόνησης και ως εκ τούτου κάποια απορρίφθηκαν είτε γιατί κρίθηκε ότι είναι λιγότερο πιθανό να συμβούν είτε γιατί όταν προέκυψαν πραγματικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης κρίθηκε ότι στηρίζονται σε παραδοχές που η πράξη δεν τις επιβεβαιώνει. Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία διαμόρφωσης του Βασικού Σεναρίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων (ΣΔΥΠ) για την περιοχή μελέτης, όπως προσδιορίστηκε μέσα από την προαναφερόμενη εξελικτική διαδικασία.

Κάθε ΣΔΥΠ αποτελείται από 3 συνιστώσες:

- Συνθήκες προσφοράς νερού
- Συνθήκες ζήτησης νερού
- Τεχνικές υποδομές διαχείρισης

Οι χρονοσειρές βροχόπτωσης που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν από τα επεξεργασμένα και συμπληρωμένα υδρομετεωρολογικά δεδομένα (βλ. 7ο Παραδοτέο «Τεχνική Έκθεση Β' Φάσης», § 2.3.2) για την περίοδο 1979 – 2010 και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η μεταφορά αυτών σε επόμενα έτη, με στόχο τη δημιουργία της τελικής χρονοσειράς 2011 – 2042 στην οποία βασίστηκε το διαχειριστικό μοντέλο.

4.2. Σενάρια λειτουργίας

Τα βασικά σενάρια λειτουργίας του διαχειριστικού μοντέλου είναι:

- Y1aE1 Μέσο Σενάριο
- Y1aE1 Ξηρό Σενάριο
- Y1aE1 Πολύ Ξηρό Σενάριο\
- Y1aE0 Μηδενικής Παρέμβασης
- Y1bE1 Μεταβατική Περίοδος

Το βασικό σενάριο λειτουργίας του διαχειριστικού μοντέλου που εξετάστηκε (εφεξής θα ονομάζεται Y1aE1) αντιπροσωπεύει τις εκτιμώμενες ως μέσες υδρολογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης και περιλαμβάνει μέσες, υγρές και ξηρές υδρολογικές περιόδους. Σημειώνεται ότι εκτός από την ανάλυση σε ολόκληρη τη χρονική διάρκεια του σεναρίου, εξετάστηκαν λεπτομερώς, ως ξεχωριστά σενάρια, τόσο μία ξηρή (Ξηρό Σενάριο Y1aE1) όσο και μία πολύ ξηρή περίοδος (Πολύ Ξηρό Σενάριο Y1aE1), οι οποίες αποτελούν υποτμήματα της συνολικής περιόδου του σεναρίου.

Επιπλέον, εξετάστηκε ένα σενάριο με μηδενική ζήτηση αρδευτικού νερού το οποίο αντιστοιχεί στη μεταβατική περίοδο λειτουργίας των έργων μέχρι την ολοκλήρωση της Α' Φάσης κατασκευής των αρδευτικών δικτύων. Τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού

(Y1bE1) καθώς και του υδρολογικού σεναρίου (Y1aE1) παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5 της παρούσας μελέτης. Για λόγους σύγκρισης των αποτελεσμάτων των σεναρίων λειτουργίας καταστρώθηκε επίσης σενάριο με μηδενική εξωγενή παρέμβαση στη λίμνη, δηλ. χωρίς συμπλήρωση νερού με αντλήσεις από το Α/Σ Πηνειού (σενάριο μηδενικής παρέμβασης Y1aE0).

4.3. Ζήτηση νερού

Αναφορικά με τη ζήτηση νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα έργα ύδρευσης – άρδευσης και των απαιτήσεων κάλυψής τους ανά χρονική περίοδο.

Πίνακας 4.1.3-1. Παρουσίαση των έργων ύδρευσης - άρδευσης και των απαιτήσεων κάλυψης ανά χρονική περίοδο.

<i>Έργο ανά Φάση</i>	<i>Υλοποιούμενα έργα</i>	<i>Απολήψεις</i>
Ύδρευση Βόλου Α' φάση (2010 – 2020)	28 νέες γεωτρήσεις και 5 υφιστάμενες	Για τα πρώτα 10 χρόνια μέχρι την ανάταξη του υπογείου υδροφορέα προβλέπονται: 5,6 hm ³ (4,6 hm ³ για Βόλο και 1 hm ³ για παρακάρλιους οικισμούς)
Άρδευση Α' Φάση (2010-2020)	Ζώνη 4 (14.100 στρ) και 6 (16.500 στρ) και υφιστάμενα μέσω της 1Τ (28.800 στρ) Σημείωση: Σήμερα κατασκευάζεται τμήμα της ζώνης 6 αλλά στο σχέδιο διαχείρισης ίσως δεν υπάρχει λόγος να ληφθεί υπόψη)	33,85 hm ³
Ύδρευση Β' Φάση (2020 – 2050)	17 γεωτρήσεις	Μετά την ανάταξη του υδροφορέα 10,6 hm ³ για τον Βόλο και 2 hm ³ για παρακάρλιους οικισμούς
Άρδευση Β' Φάση - Υπόλοιπα στρέμματα μέχρι τα 92.500 (2020-2030)	Υπόλοιπα δίκτυα ώστε το σύνολο αρδευόμενων από Κάρλα θα είναι 45.700 στρ από Κάρλα και τα υφιστάμενα 28.800 (μέσω 1Τ	41,88 hm ³
Μελλοντική Άρδευση (2030 – 2050)	Συμπληρωματικά έργα άρδευσης, ώστε να αξιοποιούνται πλήρως οι επιτρεπόμενες ποσότητες αρδευτικού νερού (βλ. 7ο Παραδοτέο «Τεχνική Έκθεση Β' Φάσης», § 2.4.2, Πίνακα 2.4.2-4)	60,00 hm ³

Επιπλέον η μέγιστη ποσότητα για άρδευση που μπορεί να διατεθεί από την Κάρλα είναι 60 hm³.

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής :

- 1) Τα πρώτα 10 χρόνια λειτουργίας για την ανάταξη του υπογείου υδροφορέα και σταδιακή ανάπτυξη των αρδευτικών :
 - Απολήψεις από υπόγεια για ύδρευση $5,6 \text{ hm}^3$. Διάθεση Κάρλας για άρδευση $33,85 \text{ hm}^3$ (Α' Φάση - τρέχουσα εργολαβία)
- 2) Μετά τα πρώτα 10 χρόνια λειτουργίας και έως τα 20:
 - Απολήψεις από υπόγεια για ύδρευση $12,6 \text{ hm}^3$. Διάθεση Κάρλας για άρδευση $41,88 \text{ hm}^3$ (Α' και Β' Φάση, αρδευόμενες εκτάσεις περίπου 76.800 στρ από τα συνολικά 84.400 στρ)
- 3) Μετά τα 20 χρόνια, αναμένεται πλήρης λειτουργία έργων (δίνεται για άρδευση το σύνολο των αρχικά προβλεπόμενων ποσοτήτων)
 - Απολήψεις από υπόγεια για ύδρευση $12,6 \text{ hm}^3$. Διάθεση Κάρλας για άρδευση 60 hm^3

Όσον αφορά λοιπές χρήσεις στην περιοχή, έχει γίνει η παραδοχή ότι κατά τη διάρκεια λειτουργίας των έργων του συστήματος Κάρλας, στην περιοχή θα δραστηριοποιείται ο ΤΟΕΒ Πηνειού, ο οποίος επισήμως σήμερα εξυπηρετεί περί τα 80.000 στρ με άντληση από τον ποταμό Πηνειό (αντλιοστάσια Α, Β, Δ, Ε) και σειρά λιμνοδεξαμενών συνολικού όγκου περί τα 22 hm^3 .

4.4. Επιλογή παραμέτρων

Αναφορικά με την επιλογή παραμέτρων κρίνεται σκόπιμο να σημειωθούν τα εξής :

1. Άρδευση: έγινε συνδυασμός των τριών σεναρίων ζήτησης σε ένα σενάριο το οποίο περιλαμβάνει προοδευτικά και τα τρία, ως εξής: λειτούργησαν 3 σενάρια ζήτησης μόνο με την βροχύπτωση (χωρίς παροχή αρδευτικού νερού) και υπολογίστηκαν οι ανάγκες φυτού και οι αντίστοιχες ανάγκες άρδευσης, την περίοδο 2011 – 2020 με την ζήτηση της πρώτης περιόδου, την περίοδο 2020-2030 με τη ζήτηση της δεύτερης περιόδου και την περίοδο 2030-2042 με τη ζήτηση της τρίτης περιόδου.
2. Ύδρευση: Δημιουργήθηκε ένα σενάριο ζήτησης με ανάγκες Α' Φάσης από το 2011 έως το 2021 και με τις ανάγκες Β' Φάσης από το 2021 έως το 2031.
3. Δημιουργήθηκε ένα σενάριο ζήτησης με το σύνολο των χαρακτηριστικών ύδρευσης και άρδευσης, δηλαδή προοδευτική αύξηση αντλήσεων ανά δεκαετία 2011-2021, 2021-2031 και 2031-2042.

4.5. Κριτήρια αξιολόγησης

Η αξιολόγηση του σεναρίου γίνεται με βάση συγκεκριμένους δείκτες για ορισμένους τύπους διαχειριστικών στοιχείων (πηγών νερού, έργων κλπ), οι οποίοι είναι οι εξής:

- Ταμιευτήρες υπόγειου νερού: Ελέγχεται η διαφορά αποθεμάτων στην αρχή και στο τέλος της περιόδου λειτουργίας.
- Ταμιευτήρας Κάρλας: (α). Ελέγχεται ο μέσος ετήσιος όγκος νερού που διέρχεται από την εκκένωση του ταμιευτήρα. (β). Ελέγχεται η μέση διαφορά μέγιστης - ελάχιστης στάθμης.
- Υγρότοπος - Υγρολίβαδο: Ελέγχεται η μέση ποσότητα νερού που εισέρχεται στο σύστημα επεξεργασίας.
- Υποτμήματα τάφρων: Ελέγχεται η μέση υπέρβαση των ορίων σχεδιασμού των τάφρων σε κάθε έτος σε μονάδες όγκου διερχόμενου νερού.
- Άρδευση: Ελέγχεται η μέση υπερετήσια κάλυψη της ζήτησης στο σύνολο της περιόδου λειτουργίας.
- Αντλιοστάσιο Πηνειού: Ελέγχεται η μέση ετήσια ποσότητα τροφοδοσίας του συστήματος από το Α/Σ Πηνειού προς τη λίμνη Κάρλα, σε σχέση και με τις μέσες ετήσιες ανάγκες άρδευσης.
- Λειτουργία Σήραγγας Κάρλας: Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η προτεινόμενη συνδυασμένη λειτουργία της σήραγγας Κάρλας (προς Παγασητικό) με τη λειτουργία του by-pass αντλιοστασίου άρδευσης Α0 προκειμένου να ενισχυθεί η αντιπλημμυρική προστασία που παρέχει η λίμνη Κάρλα.

Σημειώνεται ότι, η κάλυψη των αναγκών της ύδρευσης σε ποσοστό 100% ήταν προαπαιτούμενος περιορισμός και ως εκ τούτου δεν εξετάζεται ως συμπέρασμα στην ανάλυση που ακολουθεί (Κεφάλαιο 5).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

5.1. Εισαγωγή

Σκοπός του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του διαχειριστικού μοντέλου ανά διαχειριστικό σενάριο.

5.2. Σενάριο Υ1αΕ1

Υ1αΕ1: Μέσο υδρολογικό σενάριο με λειτουργία του αντλιοστασίου Πηνειού, κάλυψη του μεγαλύτερου τμήματος της ζήτησης της ζώνης άρδευσης Ζ7 από υπόγεια νερά και μη ολοκλήρωση του συλλεκτήρα Σ4.

➤ Παρουσίαση κατανομής της προσφοράς νερού στη λίμνη

Στο παρόν σενάριο (Υ1αΕ1) που εξετάζεται με λειτουργία του αντλιοστασίου Πηνειού, η συνολική ποσότητα νερού που καταλήγει στη λίμνη ετησίως (μέση τιμή 30 ετών) προέκυψε 88,7 hm³ και προέρχεται κατά το μεγαλύτερο μέρος από την τάφρο 2Τ (41,6 hm³), με τη συμβολή και του Α/Σ Πηνειού, το συλλεκτήρα Σ3 (19,8 hm³), και από την απευθείας βροχόπτωση (16,2 hm³), με ποσοστά 46,9%, 22,3% και 22,3% της συνολικής συνεισφοράς αντίστοιχα. Αρκετά μικρότερη ποσότητα νερών στη λίμνη εισέρχεται από τους συλλεκτήρες Σ4, Σ6 και Σ7 (4,4 hm³, 2,7 hm³ και 0,9 hm³ αντίστοιχα, ήτοι 5,0%, 3,0% και 1,0% της συνολικής ποσότητας) ενώ σε χαμηλά επίπεδα κυμαίνεται και η προσφορά νερού από τα αντλιοστάσια DP1 (1,0 hm³) και DP2 (0,1 hm³) και τον υγρότοπο (0,7 hm³), με ποσοστά επί της συνολικής ποσότητας νερού που καταλήγει στη λίμνη 1,1%, 0,1% και 0,8% αντιστοίχως. Τέλος, η απορροή ρεμάτων απευθείας στη λίμνη προέκυψε 1,3 hm³, ποσοστό που αναλογεί ετησίως και κατά μέσο όρο στο 1,5% περίπου.

➤ Παρουσίαση κάλυψης των αρδευτικών αναγκών ανά ζώνη άρδευσης

Η συνολική απαίτηση σε νερό των αρδευτικών ζωνών είναι 1,8 m³/sec περίπου, ήτοι 56,7 hm³ κατά μέσο όρο ετησίως. Αντίστοιχα, η συνολική παροχή νερού για την κάλυψη των αρδευτικών απαιτήσεων από τη λίμνη είναι 1,7 m³/sec περίπου, ήτοι 52,8 hm³ περίπου κατά μέσο όρο ετησίως. Ως εκ τούτου, το συνολικό ποσοστό κάλυψης των αρδευτικών απαιτήσεων από τη λίμνη ανέρχεται σε 93,0%.

➤ Παρουσίαση εκροών της λίμνης

Το μεγαλύτερο τμήμα των εκροών (οι εκροές της λίμνης είναι 54,4 hm³) οδηγείται στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών (περίπου 47,1 hm³), ποσοστό που αναλογεί στο 53,1% περίπου των συνολικών εκροών της λίμνης. Αρκετά μικρότερες ποσότητες αποτελούν οι διαρροές του πυθμένα και των πρανών προς τους υπόγειους υδροφορείς (6,2 hm³, που αποτελούν το 7,0% των συνολικών εκροών) και οι πιθανές εκροές – υπερχειλίσσεις της λίμνης (1,1 hm³, ήτοι 1,2% επί του συνόλου) και. Σημειώνεται ότι η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ της συνολικής ποσότητας νερού των εισροών στη λίμνη (88,7 hm³ ετησίως) και των εκροών αυτής (54,4 hm³ ετησίως) οφείλεται στην εξάτμιση.

➤ Παρουσίαση συμπεριφοράς υπόγειων υδροφορέων

Ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π-1 τη χρονική περίοδο 2011-2021, όπου τα έργα άρδευσης και ύδρευσης βρίσκονται ακόμη στην Α' Φάση τους, παρουσιάζει εμπλουτισμό των αποθεμάτων του, ο οποίος συνεχίζεται και την αμέσως επόμενη δεκαετία (2021-2031) κατά τη Β' Φάση. Επιπλέον, παρατηρείται ότι την περίοδο 2021-2031 ο εμπλουτισμός των αποθεμάτων του υδροφορέα είναι μικρότερος σε σχέση με τον αντίστοιχο εμπλουτισμό που παρατηρείται την περίοδο 2011-2021, λόγω των ξηρών ετών που εμφανίζονται. Σημειώνεται ότι κατά τη χρονική περίοδο 2011-2031 ο εμπλουτισμός δεν είναι συνεχής και ο όγκος των αποθεμάτων του υδροφορέα παρουσιάζει αυξομειώσεις της τάξεως των 10-20 hm³ ανάλογα με τις εισροές κάθε έτους.

Σημειώνεται ότι ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π3 παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά κατά τη διάρκεια των 30 ετών, λόγω του ότι βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία με τον υδροφορέα Π1.

Αναφορικά με τον υπόγειο υδροφορέα Π2, παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 2011-2042 η διακύμανση του όγκου νερού είναι σαφώς μικρότερη σε σχέση με τους υπόλοιπους δύο υδροφορείς και είναι περίπου της τάξεως των 4-5 hm³, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει αύξηση του όγκου νερού στο τέλος των 30 ετών, κατά 10 hm³ περίπου σε σχέση με το 2011. Συμπερασματικά η έλλειψη αντλήσεων οδηγεί σε γρήγορη επανάκαμψη του υδροφορέα, αν και η επανάκαμψη αυτή στη φύση ενδεχομένως δεν θα είναι τόσο γρήγορη όσο στο μοντέλο.

➤ Συμπεράσματα

Με βάση τα όσα αναφέρονται στις προηγούμενες παραγράφους, για το σύνολο της περιόδου, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

1. Η απαίτηση για κάλυψη των αρδευτικών αναγκών αγγίζει το 93,0%
2. Ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π1 παρουσιάζει αύξηση των αποθεμάτων νερού κατά 29 hm³ περίπου στο σύνολο της περιόδου.
3. Οι απολήψεις της λίμνης (άρδευση – αντλήσεις) είναι 47,1 hm³ και οι απώλειες της λίμνης (εκροές – υπερχειλίσσεις, διαρροές πυθμένα και πρηνών και εξάτμιση) εκτιμάται σε 41,6 hm³.

5.3. Ξηρό και πολύ ξηρό σενάριο

Στη χρονική περίοδο 2011-2041 του μέσου υδρολογικού σεναρίου, εξετάστηκε μία ξηρή περίοδος (2016-2021) και μία πολύ ξηρή περίοδος (2020-2026), με στόχο την πληρέστερη κατανόηση της λειτουργίας της λίμνης, σε περιόδους μειωμένης βροχόπτωσης. Όπως αναφέρθηκε στην παρ. 4.2.4 της παρούσης μελέτης, προέκυψαν τα εξής :

- **Ξηρό Σενάριο:** «Ξηρή Περίοδος» του σεναρίου διαχείρισης, ορίζεται η αντίστοιχη της πολύ ξηρής υδρολογικά περιόδου 1984-1988 (της οποίας όμως προηγείται μία υγρή περίοδος) με επιπλέον ένα έτος, άρα :

2016-2021

- **Πολύ Ξηρό Σενάριο:** «Πολύ Ξηρή Περίοδος» του σεναρίου διαχείρισης, ορίζεται η αντίστοιχη της ξηρής υδρολογικά περιόδου 1988-1993 (της οποίας όμως προηγείται μία πολύ ξηρή περίοδος) με επιπλέον ένα έτος, άρα:
2020-2026

Α). Ξηρή περίοδος μέσου υδρολογικού σεναρίου Υ1αΕ1 (2016-2021)

➤ Παρουσίαση κατανομής της προσφοράς νερού στη λίμνη

Στην πολύ ξηρή περίοδο του μέσου υδρολογικού σεναρίου με λειτουργία του αντλιοστασίου Πηνειού, η συνολική ποσότητα νερού που καταλήγει στη λίμνη ετησίως (μέση τιμή 5 ετών) εκτιμάται σε 66,4 hm³ περίπου και προέρχεται κατά το μεγαλύτερο μέρος από την τάφρο 2Τ (26,7 hm³), περιλαμβανομένης και της ενίσχυσης από το Α/Σ Πηνειού (19,3 hm³), από το συλλεκτήρα Σ3 (21,0 hm³) και από την απευθείας βροχόπτωση (10,8 hm³), με ποσοστά 40,2%, 31,6% και 16,3% της συνολικής συνεισφοράς αντίστοιχα. Αρκετά μικρότερη ποσότητα νερών στη λίμνη εισέρχεται από τους συλλεκτήρες Σ4, Σ6 και Σ7 (3,8 hm³, 2,3 hm³ και 0,7 hm³ αντίστοιχα, ήτοι 5,7%, 3,5% και 1,1% της συνολικής ποσότητας) ενώ μηδενική είναι η προσφορά από τα αντλιοστάσια DP1 και DP2 καθώς και από τον υγρότοπο. Τέλος, η απορροή ρεμάτων απευθείας στη λίμνη εκτιμάται σε 1,1 hm³, ποσοστό που αναλογεί ετησίως και κατά μέσο όρο στο 1,7% περίπου.

➤ Παρουσίαση κάλυψης των αρδευτικών αναγκών ανά ζώνη άρδευσης

Στο εξεταζόμενο σενάριο, η συνολική απαίτηση σε νερό των αρδευτικών ζωνών είναι 1,29 m³/sec, ήτοι 40,6 hm³ περίπου κατά μέσο όρο ετησίως. Αντίστοιχα, η συνολική παροχή νερού για την κάλυψη των αρδευτικών απαιτήσεων από τη λίμνη είναι της τάξεως των 1,28 m³/sec περίπου, ήτοι 40,3 hm³ περίπου κατά μέσο όρο ετησίως. Ως εκ τούτου, το συνολικό ποσοστό κάλυψης των αρδευτικών απαιτήσεων από τη λίμνη ανέρχεται σε 99,3%.

➤ Παρουσίαση εκροών της λίμνης

Το μεγαλύτερο τμήμα των εκροών (οι εκροές της λίμνης είναι 41,3 hm³) οδηγείται στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών (35,7 hm³), ποσοστό που αναλογεί στο 53,8% περίπου των συνολικών εκροών της λίμνης. Αρκετά μικρότερες ποσότητες αποτελούν οι διαρροές του πυθμένα και των πρανών προς τους υπόγειους υδροφορείς (5,6 hm³, που αποτελούν το 8,4% των συνολικών εκροών) ενώ μηδενικές είναι οι εκροές – υπερχειλίσεις της λίμνης. Σημειώνεται ότι η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ της συνολικής ποσότητας νερού των εισροών στη λίμνη (66,4 hm³ ετησίως) και των εκροών αυτής (41,3 hm³ ετησίως) οφείλεται στην εξάτμιση.

➤ Παρουσίαση συμπεριφοράς υπόγειων υδροφορέων

Ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π-1 σε όλη τη διάρκεια της ξηρής περιόδου παρουσιάζει αυξομειώση των αποθεμάτων του, της τάξεως των 8 hm³.

Στην αρχή της πολύ ξηρής περιόδου και μέχρι τον Ιανουάριο 2019, η στάθμη του υδροφορέα παρουσιάζει τις μέγιστες στάθμες κυρίως τους πρώτους μήνες κάθε έτους και σε αυτές τις περιόδους η στάθμη είναι υψηλότερα από την αντίστοιχη στάθμη των

μόνιμων αποθεμάτων. Αντίθετα, προς το τέλος της θερινής περιόδου η στάθμη κινείται χαμηλότερα από την αντίστοιχη στάθμη των μόνιμων αποθεμάτων.

Καθόλη τη διάρκεια του 2019 η στάθμη του υδροφορέα είναι υψηλότερη από τη στάθμη των μόνιμων αποθεμάτων του, με εξαίρεση τον Οκτώβριο του έτους. Από τον Μάιο 2020 και μέχρι το τέλος της περιόδου, ο όγκος των αποθεμάτων του υδροφορέα είναι μικρότερος, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη της περιόδου και σε σχέση με τα μόνιμα αποθέματα. Στο τέλος της χρονικής περιόδου 2016-2021 ο υδροφορέας έχει μικρότερο όγκο νερού σε σχέση με την αρχή της περιόδου, δεδομένου ότι το 2021 έχει όγκο $115,5 \text{ hm}^3$ περίπου ενώ το 2016 είχε περίπου $121,5 \text{ hm}^3$.

Αναφορικά με τον υπόγειο υδροφορέα Π2 παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 2016-2021 η διακύμανση του όγκου νερού είναι σαφώς μικρότερη σε σχέση με τους υπόλοιπους προαναφερθέντες υδροφορείς και είναι περίπου της τάξεως των $2,5 \text{ hm}^3$, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει επίσης μείωση του όγκου νερού στο τέλος της περιόδου, κατά $1,2 \text{ hm}^3$ περίπου σε σχέση με το 2016. Σημειώνεται ότι σε όλη τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 2016-2021, η στάθμη του υδροφορέα κινείται συνεχώς υψηλότερα από την αντίστοιχη στάθμη των μόνιμων αποθεμάτων του.

Σημειώνεται ότι ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π3 παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της πολύ ξηρής περιόδου 2016-2021, λόγω του ότι βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία με τον υδροφορέα Π1, με τη διαφορά ότι η στάθμη των αποθεμάτων του βρίσκεται σε όλη τη διάρκεια της περιόδου χαμηλότερα από την αντίστοιχη στάθμη των μόνιμων αποθεμάτων του, δεδομένου ότι σε όλη τη διάρκεια της ξηρής περιόδου δεν κατάφερε ποτέ να αγγίξει τη στάθμη των μόνιμων αποθεμάτων. Στο τέλος της ξηρής περιόδου ο υδροφορέας παρουσιάζει μείωση του όγκου των αποθεμάτων του κατά $1,9 \text{ hm}^3$, σε σχέση με το 2016.

➤ Συμπεράσματα

Με βάση τα όσα αναφέρονται στις προηγούμενες παραγράφους, για το σύνολο της περιόδου, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

1. Η απαίτηση για κάλυψη των αρδευτικών αναγκών ξεπερνά το 99%
2. Ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π1 παρουσιάζει μείωση των αποθεμάτων νερού κατά $6,0 \text{ hm}^3$ λόγω των ξηρών ετών που εμφανίζονται την περίοδο 2016 – 2021.
3. Οι απολήψεις της λίμνης (άρδευση – αντλήσεις) εκτιμήθηκαν στα $35,7 \text{ hm}^3$, οι εκροές – υπερχειλίσεις της λίμνης είναι μηδενικές και οι απώλειες της λίμνης (διαρροές πυθμένα και πρανών και εξάτμιση) στα $30,7 \text{ hm}^3$.

B). Πολύ ξηρή περίοδος μέσου υδρολογικού σεναρίου (2020-2026)

➤ Παρουσίαση κατανομής της προσφοράς νερού στη λίμνη

Στην πολύ ξηρή περίοδο του μέσου υδρολογικού σεναρίου με λειτουργία του αντλιοστασίου Πηνειού, η συνολική ποσότητα νερού που καταλήγει στη λίμνη ετησίως (μέση τιμή 6 ετών) εκτιμήθηκε στα $82,4 \text{ hm}^3$ περίπου και προέρχεται κατά το μεγαλύτερο μέρος από την τάφρο 2Τ ($45,8 \text{ hm}^3$ εκ των οποίων $44,2 \text{ hm}^3$ από το ΑΣ Πηνειού) από το συλλεκτήρα Σ3 ($18,8 \text{ hm}^3$) και από την απευθείας βροχόπτωση

(13,2 hm³), με ποσοστά 55,6%, 22,8% και 16,0% της συνολικής συνεισφοράς αντίστοιχα. Αρκετά μικρότερη ποσότητα νερών στη λίμνη εισέρχεται από τους συλλεκτήρες Σ4, Σ6 και Σ7 (1,8 hm³, 1,5 hm³ και 0,5 hm³ αντίστοιχα, ήτοι 2,2%, 1,8% και 0,6% της συνολικής ποσότητας) ενώ μηδενική είναι η προσφορά από τα αντλιοστάσια DP1 και DP2. Η συνεισφορά νερού στη λίμνη από τον υγρότοπο είναι 0,1 hm³, με ποσοστό επί της συνολικής ποσότητας νερού που καταλήγει στη λίμνη 0,1%. Τέλος, η απορροή ρεμάτων απευθείας στη λίμνη είναι της τάξεως των 0,7 hm³, ποσοστό που αναλογεί ετησίως και κατά μέσο όρο στο 0,9% περίπου.

➤ Παρουσίαση κάλυψης των αρδευτικών αναγκών ανά ζώνη άρδευσης

Στο εξεταζόμενο σενάριο, η συνολική απαίτηση σε νερό των αρδευτικών ζωνών είναι 1,57 m³/sec, ήτοι 49,6 hm³ κατά μέσο όρο ετησίως. Αντίστοιχα, η συνολική παροχή νερού για την κάλυψη των αρδευτικών απαιτήσεων από τη λίμνη είναι της τάξεως των 1,5 m³/sec, ήτοι 46,75 hm³ κατά μέσο όρο ετησίως. Ως εκ τούτου, το συνολικό ποσοστό κάλυψης των αρδευτικών απαιτήσεων από τη λίμνη ανέρχεται σε 94,3%.

➤ Παρουσίαση εκροών της λίμνης

Το μεγαλύτερο τμήμα των εκροών (οι εκροές της λίμνης είναι 47,6 hm³) οδηγείται στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών (42,2 hm³), ποσοστό που αναλογεί στο 51,2% περίπου των συνολικών εκροών της λίμνης. Αρκετά μικρότερες ποσότητες αποτελούν οι διαρροές του πυθμένα και των πρανών προς τους υπόγειους υδροφορείς (5,4 hm³, που αποτελούν το 6,6% των συνολικών εκροών) ενώ μηδενικές είναι οι εκροές – υπερχειλίσσεις της λίμνης. Σημειώνεται ότι η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ της συνολικής ποσότητας νερού των εισροών στη λίμνη (82,4 hm³ ετησίως) και των εκροών αυτής (47,6 hm³ ετησίως) οφείλεται στην εξάτμιση.

➤ Παρουσίαση συμπεριφοράς υπόγειων υδροφορέων

Ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π1 σε όλη σχεδόν τη διάρκεια της πολύ ξηρής περιόδου παρουσιάζει μείωση των αποθεμάτων του. Η μείωση αυτή δεν είναι συνεχής, αλλά παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις (π.χ. τα έτη 2023 και 2026). Στο τέλος της χρονικής περιόδου 2021-2026 ο υδροφορέας έχει μικρότερο όγκο νερού σε σχέση με την αρχή της περιόδου, δεδομένου ότι το 2026 έχει όγκο 93 hm³ περίπου ενώ το 2020 είχε περίπου 116 hm³.

Αναφορικά με τον υπόγειο υδροφορέα Π2 παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 2020-2026 η διακύμανση του όγκου νερού είναι σαφώς μικρότερη σε σχέση με τους υπόλοιπους υδροφορείς και είναι περίπου 2,8 hm³, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει επίσης μείωση του όγκου νερού στο τέλος της περιόδου, κατά 0,3 hm³ περίπου σε σχέση με το 2021.

Σημειώνεται ότι ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π3 παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου 2021-2026 με τον υδροφορέα Π1, λόγω του ότι οι δύο αυτοί υδροφορείς βρίσκονται σε άμεση επικοινωνία μεταξύ τους. Στο τέλος της πολύ ξηρής περιόδου ο υδροφορέας Π3 παρουσιάζει μείωση του όγκου του των αποθεμάτων του κατά 7,4 hm³, σε σχέση με το 2020.

➤ Συμπεράσματα

Με βάση τα όσα αναφέρονται στις προηγούμενες παραγράφους, για το σύνολο της περιόδου, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

1. Η απαίτηση για κάλυψη των αρδευτικών αναγκών αγγίζει το 94,3%
2. Ο υπόγειος προσχωματικός υδροφορέας Π1 παρουσιάζει μείωση των αποθεμάτων νερού κατά 23,2 hm³ λόγω των ξηρών ετών που εμφανίζονται την περίοδο 2021 – 2026.
3. Οι απολήψεις της λίμνης (άρδευση – αντλήσεις) είναι 42,2 hm³, οι εκροές – υπερχειλίσσεις της λίμνης είναι μηδενικές και οι απώλειες της λίμνης (διαρροές πυθμένα και πρανών και εξάτμιση) είναι 40,2 hm³ περίπου.

5.4. Σενάριο Υ1βΕ1

Υ1βΕ1: Σενάριο χωρίς τη λειτουργία του αντλιοστασίου Πηνειού, χωρίς κάλυψη ζήτησης της ζωνών άρδευσης και μη ολοκλήρωση του συλλεκτήρα Σ4.

Όπως είναι προφανές, σε ένα μέσο υδρολογικό σενάριο στο οποίο δεν υπάρχει συνεισφορά νερού λόγω της άντλησης από το αντλιοστάσιο Πηνειού καθώς και απουσία άντλησης νερού από τη λίμνη για την κάλυψη των αρδευτικών απαιτήσεων, αναμένεται ότι η στάθμη της λίμνης θα είναι αρκετά υψηλή σε υγρές περιόδους, δεδομένου ότι δεν υφίσταται αποληψη νερού από τη λίμνη. Πλέον, οι μόνες διαφυγές νερού από τη λίμνη είναι λόγω της εξάτμισης και των διαφυγών από τον πυθμένα και τα πρανή της λίμνης προς τους υπόγειους υδροφορείς (καθώς και οι εκροές της λίμνης στην περίπτωση όπου η στάθμη αυτής υπερβαίνει το +49,40 m).

Αναφορικά με τις εκροές – υπερχειλίσσεις της λίμνης, στη διάρκεια της χρονικής περιόδου 2011-2042, η μέση ετήσια τιμή των διαφυγών (για 5 χρόνια στα οποία παρατηρήθηκαν διαφυγές) ήταν 25 hm³ περίπου και η μέση ετήσια τιμή των εκροών (για την τριακονταετία) ήταν 4,0 hm³ περίπου.

Σημειώνεται ότι ο όγκος των αποθεμάτων των υπόγειων προσχωματικών υδροφορέων δεν διαφοροποιείται από την αντίστοιχη στάθμη που παρατηρείται στο Σενάριο Υ1αΕ1, δεδομένου ότι και στα δύο σενάρια δεν υπάρχει άποληψη νερού για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών.

Για το σύνολο της περιόδου (2011-2042), προκύπτει ότι οι εκροές – υπερχειλίσσεις της λίμνης είναι αυξημένες, δεδομένης της έλλειψης απόληψης νερού από τη λίμνη για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Κατά συνέπεια, η απουσία άντλησης από τον Πηνειό σε συνδυασμό με τη μη ύπαρξη απολήψεων για άρδευση επιτυγχάνουν :

1. Την ανύψωση της στάθμης της λίμνης σε όλη τη διάρκεια του έτους και κυρίως στις υγρές περιόδους
2. Την αύξηση των επεισοδίων ανοίγματος της σήραγγας της λίμνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

6.1. Γενικά – Χρηματοοικονομικό Κόστος Νερού

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται το οικονομικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του χρηματοοικονομικού κόστους του νερού. Ακολουθήθηκαν οι εννοιολογικές και μεθοδολογικές επιλογές της Οδηγίας 2000/60 και του καθοδηγητικού κειμένου αριθμός 1, το οποίο περιέχει τις κατευθύνσεις για την υλοποίηση της Οδηγίας. Το χρηματοοικονομικό κόστος αναφέρεται στο κόστος λειτουργίας των μονάδων παραγωγής, διανομής και διαχείρισης του νερού, συντήρησης των εγκαταστάσεων και εξοπλισμού, καθώς επίσης και του κόστους κεφαλαίου (εν είδη κόστους αποσβέσεων) για τις επενδύσεις που συνδέονται με την εκμετάλλευση. Στην περίπτωση μας οι δαπάνες που συνθέτουν το συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος νερού αναλύονται σε:

- απόσβεση της κεφαλαιακής αξίας (ποσοστό επί του κόστους κατασκευής),
- κόστος συντήρησης και αντικατάστασης,
- κόστος λειτουργίας (διοικητικό κόστος και κόστος ηλεκτρικής ενέργειας),
- λοιπές ετήσιες δαπάνες (στη δομή του μοντέλου ενσωματώνονται σε κάποιο από τα παραπάνω κόστη και προστέθηκε στο μοντέλο για να «παγιδεύσει» τυχόν διαφύγοντα κόστη).

Δηλαδή:

$$\text{κόστος νερού} = \text{κόστος απόσβεσης} + \text{κόστος συντήρησης} + \text{κόστος λειτουργίας} \quad (1)$$

Οι δαπάνες που συνθέτουν το συνολικό κόστος κατασκευής των έργων αναλύονται χωρικά σε:

- δαπάνες για την δημιουργία του ταμιευτήρα (αφορά όλους τους χρήστες και επιμερίζεται σε αυτούς ανάλογα με την κατανάλωση)
- δαπάνες για το αρδευτικό παρακάρλειο σύστημα (αφορά την άρδευση των παρά την Κάρλα χωραφιών και άρα επιβαρύνει μόνο τους εν λόγω χρήστες)
- δαπάνες για την ύδρευση του Βόλου (γεωτρήσεις για άντληση υπόγειου ύδατος και αφορά την ΔΕΥΑΜΒ)

Οι δαπάνες που συνθέτουν το συνολικό κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας του έργου επιμερίζονται στις κατά τόπους καταναλώσεις νερού. Όλες οι αναλύσεις κόστους γίνονται σε τιμές 2010. Προέκυψε από τις επικαιροποιήσεις των προϋπολογισμών που δίνονται στην εκάστοτε μελέτη, ενώ έχουν συνυπολογιστεί και οι τελικές εκπτώσεις. Επίσης στο κόστος κατασκευής του ταμιευτήρα και δη στις χωματουργικές εργασίες έχει ενσωματωθεί το κόστος απαλλοτριώσεων. Αυτό έγινε γιατί οι πρώτες έχουν πρακτικά μηδενικό κόστος συντήρησης, κάτι που ισχύει και για τις δαπάνες απαλλοτριώσεων. Τέλος η προϋπολογιζόμενη δαπάνη (εξαιρουμένων των απαλλοτριώσεων) έχει προσαυξηθεί κατά τα Γενικά Έξοδα (ΓΕ) και το Όφελος Εργολάβου (ΟΕ) καθώς και κατά τις απρόβλεπτες δαπάνες.

6.2. Αποτελέσματα Χρηματοοικονομικού Μοντέλου Κοστολόγησης

6.2.2. Χρηματοοικονομικό Κόστος Νερού για τα διαχειριστικά σενάρια

Σενάριο διαχείρισης Υ1αΕ1

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά τα χρηματοοικονομικά κόστη του νερού όπως αυτά προέκυψαν από τη βάση δεδομένων του οικονομικού μοντέλου εντός χρονικής περιόδου ανάλυσης 30 ετών της μέσης κατάστασης (μέσος όρος χρονοσειρών). Τα αποτελέσματα της χρηματοοικονομικής ανάλυσης αφορούν στο σενάριο Υ1αΕ1. Ο υπολογισμός μοναδιαίου κόστους ανά υποδομή παρουσιάζεται στον **Πίνακα 6.2.2-1**.

Πίνακας 6.2.2-1. Αναλυτικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Υποδομή για το Υδρολογικό σενάριο Υ1αΕ1

<i>Υποδομή</i>	<i>Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 4%</i>	<i>Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 2%</i>
Ταμιευτήρας	0,090	0,068
Υποδομές Αρδευτικού	0,022	0,018
Έργα Ύδρευσης	0,072	0,063

Πίνακας 6.2.2-2. Συνολικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Χρήστη για το Υδρολογικό σενάριο Υ1αΕ1

<i>Χρήστης</i>	<i>Συνολικό Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 4%</i>	<i>Συνολικό Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 2%</i>
Αρδευτικό Κάρλας	0,112	0,082
Αρδευτικό ΤΟΕΒ Πηνειού (μέσω έργων μεταφοράς από Πηνειό στη λίμνη)	0,090	0,065
Ύδρευση Ευρύτερης Περιοχής Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ)	0,162	0,127
Αρδευτικό ΤΟΕΒ Πηνειού	0,112	0,082
Ύδρευση Παρακάρλιων Οικισμών	0,090	0,065

Ξηρό και Πολύ Ξηρό Σενάριο

Τα μοναδιαία κόστη που προέκυψαν για τη μέση κατάσταση παρουσιάζουν διαφορετική εικόνα για την ξηρή και την πολύ ξηρή περίοδο της προσομοίωσης. Στους **Πίνακες 6.2.2-3** και **6.2.2-4** δίνονται οι σχετικές πληροφορίες μοναδιαίου κόστους ανά χρήση.

Τα εν λόγω σενάρια σε σχέση με τη μέση κατάσταση παρουσιάζουν ομοιότητες και διαφορές. Στην περίπτωση της σύντομης απόσβεσης, το κόστος από τη λειτουργία του ταμιευτήρα είναι μεγαλύτερο στο ξηρό και το πολύ ξηρό σενάριο (κατά 40% και 28% αντίστοιχα), ενώ το μεγαλύτερο εμφανίζεται στο ξηρό σενάριο. Αντίστοιχη εικόνα εμφανίζουν η άρδευση και η ύδρευση, όπου το κόστος για την ύδρευση και την άρδευση είναι αυξημένο κατά 14% (ύδρευση στο πολύ ξηρό σενάριο) έως 25% (άρδευση στο ξηρό σενάριο). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην χαμηλότερη ανάγκη για παραγωγή νερού δεδομένου ότι το κόστος αποσβέσεων και τα πάγια διοικητικά κόστη είναι τα ίδια, ενώ το λειτουργικό κόστος δεν βαρύνει πολύ το συνολικό ετήσιο κόστος. Η διαφορά σε σχέση με το μέσο σενάριο είναι μικρότερη κατά την πολύ ξηρή περίοδο με δεδομένη την υψηλότερη ανάγκη παραγωγής νερού (τόσο λόγω ξηρασίας όσο και λόγω αύξησης των αρδεύσεων).

Πίνακας 6.2.2-3. Αναλυτικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Υποδομή για το Ξηρό Σενάριο

<i>Υποδομή</i>	<i>Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 4%</i>	<i>Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 2%</i>
Ταμιευτήρας	0,126	0,077
Υποδομές Αρδευτικού	0,028	0,019
Έργα Ύδρευσης	0,086	0,067

Πίνακας 6.2.2-4. Αναλυτικά Χρηματοοικονομικά Κόστη Νερού ανά Υποδομή για το Πολύ Ξηρό Σενάριο

<i>Υποδομή</i>	<i>Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 4%</i>	<i>Μοναδιαίο Κόστος (€/m³) με απόσβεση = 2%</i>
Ταμιευτήρας	0,114	0,071
Υποδομές Αρδευτικού	0,026	0,018
Έργα Ύδρευσης	0,082	0,065

6.3. Συμπεράσματα για το Χρηματοοικονομικό Μοντέλο Κοστολόγησης

Συνοψίζοντας τη λειτουργία του μοντέλου μπορούμε να πούμε τα κάτωθι:

1. Το μοντέλο υπολογίζει ετήσια χρηματοοικονομικά κόστη νερού
2. Επεξεργάζεται χρονοσειρές προερχόμενες από το διαχειριστικό μοντέλο και κάνει μελλοντικές εκτιμήσεις κόστους μέσα στο χρόνο, δηλαδή απαντά στο ερώτημα «πώς μεταβάλλεται το κόστος ανάλογα με τα υδρολογικά σενάρια»
3. Εμπεριέχει την δυνατότητα της χωρικής ανάλυσης. Υπολογίζεται το κόστος ανά χωρική ενότητα, δηλαδή στην ουσία απαντά στο ερώτημα «πώς μεταβάλλεται το κόστος εάν αλλάξουν οι κατά τόπους επενδύσεις», όπως επίσης και στο ερώτημα «πώς μεταβάλλεται το κόστος εάν κάτι αλλάξει εντός των επενδύσεων».

Τα δύο τελευταία σημεία είναι εκείνα που καθιστούν το μοντέλο απαραίτητο εργαλείο για την κατάστρωση πολιτικών τιμολόγησης και διαχείρισης ύδατος. Γιατί ενώ κάνει

προβλέψεις βάσει των υδρολογικών σεναρίων και του ύψους των επενδύσεων, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να συνδυάσει αυτές τις δύο δυνατότητες. Επιτρέπει δηλαδή στον χρήστη να κάνει ανάλυση ευαισθησίας, καθώς και προβλέψεις-εκτιμήσεις εντός των υδρολογικών σεναρίων ανάλογα με διαφορετικές επενδύσεις (μεταβολές στο ύψους των επενδύσεων) ή ακόμη και εντός των ίδιων των επενδύσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται από την εφαρμογή του διαχειριστικού μοντέλου και από την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας διαχειριστικής αξιολόγησης, η οποία εφαρμόστηκε στα διαχειριστικά σενάρια, όπως αυτά περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 5.

Η διαχειριστική αξιολόγηση έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα εξής κριτήρια¹ :

1. Έλεγχος της διαφοράς των αποθεμάτων των ταμιευτήρων υπόγειου νερού, στην αρχή και στο τέλος της περιόδου λειτουργίας
2. Έλεγχος της μέσης ποσότητας νερού που εισέρχεται στο σύστημα υγροτόπου – υγρολίβαδου (εξαιρούνται οι ποσότητες που διέρχονται με ανακύκλωση από τον ταμιευτήρα)
3. Έλεγχος του μέσου ετήσιου όγκου νερού που διέρχεται από την εκκένωση του ταμιευτήρα Κάρλας και λειτουργία σήραγγας Κάρλας
4. Μέση ετήσια διαφορά μέγιστης – ελάχιστης στάθμης στον ταμιευτήρα (με δεδομένη την εξασφάλιση της ελάχιστης στάθμης)
5. Στα υποτιμήματα των τάφρων, ελέγχεται η μέση υπέρβαση των ορίων σχεδιασμού των τάφρων σε κάθε έτος σε μονάδες όγκου διερχόμενου νερού
6. Τέλος, ελέγχεται η μέση υπερετήσια κάλυψη της ζήτησης των αρδευτικών ζωνών στο σύνολο της περιόδου λειτουργίας.

7.2. Αξιολόγηση σεναρίων

7.2.1. Διαφορά αποθεμάτων των ταμιευτήρων υπόγειου νερού

Παρατηρείται ότι στο τέλος της χρονικής περιόδου 2011-2042, μόνο στο συνολικό, μέσο σενάριο Υ1αΕ1, οι ταμιευτήρες υπόγειου νερού παρουσίασαν αύξηση των αποθεμάτων τους. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι κατά τις ξηρές περιόδους η περιορισμένη τροφοδοσία δεν καλύπτει τις απαιτήσεις της ύδρευσης σε νερό από τον προσχωματικό υδροφορέα. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο κατά την πολύ ξηρή περίοδο οπότε το έλλειμμα στους υπόγειους υδροφορείς αγγίζει τα 5 hm³ ανά έτος.

7.2.2. Μέσος ετήσιος όγκος νερού υγροτόπου - υγρολίβαδου

Στο μέσο υδρολογικό σενάριο Υ1αΕ1η μέση ποσότητα νερού που εισέρχεται στο σύστημα υγροτόπου – υγρολίβαδου είναι 0,65 hm³. Η μόνη φυσική παράμετρος που

¹ Σημειώνεται ότι η αντλούμενη ποσότητα νερού από τον Πηνειό, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της ομάδας μελέτης, δεν αποτελεί αξιόπιστο κριτήριο διαχειριστικής αξιολόγησης, το οποίο θα οδηγούσε σε ένα ασφαλές συμπέρασμα από τη σύγκριση των σεναρίων του διαχειριστικού μοντέλου, με δεδομένο ότι η λειτουργία του αντλιοστασίου εξαρτάται από το επίπεδο αναγκών άρδευσης, το οποίο είναι μεταβλητό στο μέσο σενάριο, αλλά σταθερό στα άλλα δύο (Ξηρό και Πολύ Ξηρό). Σε κάθε περίπτωση τα σχετικά στοιχεία για τη λειτουργία του ΑΣ Πηνειού δίνονται στις παραγράφους 5.1.1. – 5.1.3.

επηρεάζει τη λειτουργία του υγροτόπου είναι η παροχή της τάφρου 1Τ, η οποία είναι σχεδόν όλη πλημμυρική, με αποτέλεσμα πάνω από τις μισές ποσότητες να καταλήγουν ανεπεξέργαστες στη λίμνη μέσω του αντλιοστασίου DP-1. Ο μόνος τεχνικός περιορισμός είναι η χωρητικότητα της τάφρου ΕΤ που αποτελεί και την δεξαμενή αναρρύθμισης για την λειτουργία του αντλιοστασίου του υγροτόπου.

Επιπλέον, παρατηρείται διαφοροποίηση στην ποσότητα νερού που διέρχεται από το προαναφερθέν σύστημα στην ξηρή και πολύ ξηρή περίοδο του μέσου υδρολογικού σεναρίου, λόγω του περιορισμού των πλημμυρών που παρατηρείται στην ξηρή και πολύ ξηρή περίοδο. Η αυξημένη ποσότητα που παρατηρείται κατά την πολύ ξηρή περίοδο σχετίζεται με την διαφοροποιημένη κατανομή των βροχοπτώσεων στο χρόνο που οδηγεί σε ηπιότερες πλημμύρες και λίγο μεγαλύτερη μέση τιμή.

7.2.3. Μέσος ετήσιος όγκος νερού στην εκκένωση ταμιευτήρα Κάρλας και τη σήραγγα

Ο μέσος ετήσιος όγκος νερού που διέρχεται από την εκκένωση του ταμιευτήρα Κάρλας στην περίπτωση του σεναρίου Υ1αΕ1 είναι $1,20 \text{ hm}^3$. Παράλληλα, προς τη σήραγγα Κάρλας δεν απαιτήθηκε να διατεθούν επιπλέον ποσότητες από την 1Τ. Σημειώνεται ότι τα $1,20 \text{ hm}^3$ αποτελεί μέση τιμή 30 ετών, γεγονός που σημαίνει ότι τα συμβάντα εκροών (σε αντιπαράβολή και με τη διακύμανση της στάθμης της λίμνης) αφορούν την υγρή περίοδο της πρώτης 5ετίας.

Αναφορικά με την ξηρή και πολύ ξηρή περίοδο του σεναρίου Υ1αΕ1, η αντίστοιχη ποσότητα είναι μηδενική, καθώς οι εισερχόμενες στη λίμνη ποσότητες νερού δεν επαρκούν για τις ανάγκες, οπότε δεν δημιουργούνται υπερχειλίσσεις. Η σήραγγα της Κάρλας δεν απαιτήθηκε να λειτουργήσει κατά τις περιόδους αυτές.

7.2.4. Μέση διαφορά μέγιστης – ελάχιστης στάθμης ταμιευτήρα

Η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης στάθμης της λίμνης βρίσκεται στην ίδια τάξη μεγέθους για όλα τα σενάρια, με τις τιμές να κυμαίνονται από 1,4 m έως 1,8 m.

Στην ξηρή και πολύ ξηρή περίοδο παρατηρείται μικρή διαφοροποίηση, δεδομένου ότι οι πλημμυρικές εισροές είναι λιγότερο συχνές σε σχέση με το μέσο σενάριο και ως εκ τούτου η στάθμη της λίμνης καθορίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από την άντληση του Πηνιού. Σχετικά με την διαφορά μεταξύ ξηρής και πολύ ξηρής περιόδου αυτή εκτιμάται ότι οφείλεται αφ' ενός στην ανάγκη για αποθήκευση μεγαλύτερων ποσοτήτων άρδευσης και αφ' ετέρου στην υδρολογία των δύο περιόδων.

7.2.5. Μέση υπέρβαση ορίων σχεδιασμού τάφρων

Σε σχέση με την μέση υπέρβαση των ορίων σχεδιασμού των τάφρων κάθε έτος διαπιστώνεται ότι δεν αναμένονται υπερβάσεις των ορίων σχεδιασμού στις τάφρους σε όλα τα σενάρια. Το αποτέλεσμα αυτό σχετίζεται με την προσπάθεια που καταβλήθηκε

κατά την βελτιστοποίηση του διαχειριστικού μοντέλου να περιοριστεί η παροχή άντλησης από τον Πηνειό. Στην πράξη, για όσο χρονικό διάστημα δεν έχουν ολοκληρωθεί τα έργα και δεν έχει εξασφαλιστεί η πλήρης μεταφορική ικανότητα των τάφρων, πιθανώς το σύστημα να είναι περισσότερο ευαίσθητο σε υπερχειλίσεις. Η ιδιαιτερότητα αυτή έχει ληφθεί υπ' όψιν στην κατάρτιση του εγχειριδίου λειτουργίας. Σε κάθε περίπτωση συνιστάται η ολοκλήρωση των έργων στην πλήρη δυναμικότητά τους.

7.2.6. Μέση υπερετήσια κάλυψη της ζήτησης των αρδευτικών ζωνών

Η μέση υπερετήσια κάλυψη των αρδευτικών απαιτήσεων στο σύνολο της περιόδου λειτουργίας δεν παρουσιάζει αξιόλογες διαφοροποιήσεις και κυμαίνεται μεταξύ 91% και 100%, ποσοστά ιδιαιτέρως αυξημένα και ασφαλώς μεγαλύτερα από το 85% που αποτελεί όριο για την παραγωγικότητα των καλλιεργούμενων αρδευόμενων εκτάσεων.

Αναφορικά με το ξηρό και το πολύ ξηρό σενάριο, η διαφοροποίηση της μέσης ετήσιας κάλυψης των ζωνών άρδευσης (99,5% και 94% αντίστοιχα) σε σχέση με το μέσο, υπογραμμίζει τον ρόλο του αντλιοστασίου Πηνειού, υπό συνθήκες υδρολογικής ξηρασίας.

7.3. Γενικά συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα της διαχειριστικής και της οικονομικής αξιολόγησης διαπιστώνεται ότι η λειτουργία του συστήματος των έργων Κάρλας εξασφαλίζει την κάλυψη των αναγκών άρδευσης σε πολύ ικανοποιητικό επίπεδο, πάνω από 90% σε όλες τις εναλλακτικές περιπτώσεις, ακόμα και υπό τις ξηρότερες συνθήκες που έχουν συναντηθεί ιστορικά, εξασφαλίζοντας εν παραλλήλω την ικανοποίηση του περιβαλλοντικού όρου για κατώταση στάθμη στο +46,4 m. Οι ποσότητες νερού με τις οποίες κάθε φορά πρέπει να ενισχύεται ο ταμιευτήρας από το ΑΣ Πηνειού εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και κυρίως από τη βροχόπτωση. Οι συνολικές εισροές στη λίμνη, εξ αιτίας των μεγάλων απωλειών (εξάτμιση και διαρροές) είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις ανάγκες άρδευσης.

Τα επίπεδα διακύμανσης της στάθμης στον ταμιευτήρα κρίνονται ως ήπια, καθώς εξασφαλίζουν την κατά το δυνατό ετήσια διακύμανση της στάθμης. Επίσης, η δυνατότητα ελέγχου της στάθμης και των υπερχειλίσεων του ταμιευτήρα αυξάνεται αντιστρόφως ανάλογα με την υγρότητα του υδρολογικού έτους. Όσο πιο υγρό είναι αυτό τόσο μικρότερες δυνατότητες ελέγχου απομένουν στο διαχειριστή. Για τον λόγο αυτό εξετάστηκαν οι διαθέσιμες τακτικές για την αποτελεσματικότερο έλεγχο της στάθμης.

Σχετικά με την λειτουργία του συστήματος Υγροτόπου – Υγρολίβαδου, εκτιμάται ότι οι απορροές τις τάφρου 1Τ δεν επαρκούν για να υποστηρίξουν την συνεχή λειτουργία του. Όμως η συνεχής λειτουργία είναι δυνατή με ανακύκλωση νερού από τη λίμνη κατά την αρδευτική περίοδο, μέσω της 1Τ, η οποία τροφοδοτείται από την παράκαμψη (by-pass) του αντλιοστασίου Α0.

Από πλευράς οικονομικής, τα αποτελέσματα των διαφόρων σεναρίων καταλήγουν σε παρόμοια ή και σχεδόν πανομοιότυπα αποτελέσματα, με το κόστος αποσβέσεων των τεχνικών έργων του ταμιευτήρα να κυριαρχούν στο συνολικό κόστος, καθιστώντας το μοναδιαίο κόστος παραγωγής νερού ευαίσθητο στις σχετικές παραδοχές. Όσον αφορά τα μοναδιαία κόστη για τους χρήστες, περισσότερο ευαίσθητο στις συνθήκες του σεναρίου είναι το κόστος για την ύδρευση (ΔΕΥΑΜΒ) με διακύμανση η οποία οδηγεί στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει η παρακολούθηση του κόστους ύδρευσης να είναι συνεχής.