

Ανάδειξη Έργου Αποκατάστασης

Σύνθεση δεδομένων από τη λίμνη Κάρλα

Μέρος του Παραδοτέου D4.1

Ημερομηνία δημοσίευσης: 28 Φεβρουαρίου 2026

Συγγραφείς: Διονύσης Λατινόπουλος, Δήμητρα Πετροχείλου, Ιωάννης Βέργος, Παρθένα Ιωαννίδου, Χρήστος Ακράτος, Ιφιγένεια Κάγκαλου.

Funded by the European Union

Τεχνικές λεπτομέρειες

Παραπομπή για το πλήρες παραδοτέο (Στα αγγλικά): Kramer, L., Augustyniak- Tunowska , R., De Rijk, S., Härkönen, LH, Grochowska, J., Latinopoulos , D., Kagalou , I., Hagman, C., May, L., and Carvalho, L. (2026). Demonstrating successful restoration. Deliverable 4.1, FutureLakes, διαθέσιμο στη διεύθυνση: https://futurelakes.eu/knowledge-hub/deliverables.

Ακρωνύμιο Έργου	FutureLakes
Τίτλος Έργου	Integrating Innovations for the Protection and Restoration of European Lakes (Ενσωμάτωση Καινοτομιών για την Προστασία και την Αποκατάσταση των Ευρωπαϊκών Λιμνών)
Διάρκεια Έργου	10.2024 – 09.2027

Αριθμός Παραδοτέου	4.1
Επίπεδο διάδοσης [1]	ΔΗ (Δημόσιο)
Πακέτο εργασίας	4
Έργο	4.1
Κύριος δικαιούχος	UWM
Συνεισφέροντες δικαιούχοι	Deltares, ΔΠΘ, NIVA, SYKE, UKCEH
Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας	Bryan M. Spears
Ημερομηνία υποβολής	27.02.2026

[1]ΔΗ= Δημόσιο, ΠΕ= Περιορισμένο σε άλλους συμμετέχοντες στο πρόγραμμα (συμπεριλαμβανομένων των Υπηρεσιών της Επιτροπής), ΠΟ= Περιορισμένο σε ομάδα που ορίζεται από την κοινοπραξία (συμπεριλαμβανομένων των Υπηρεσιών της Επιτροπής), ΕΜ= Εμπιστευτικό, μόνο για μέλη της κοινοπραξίας (συμπεριλαμβανομένων των Υπηρεσιών της Επιτροπής).

Περίληψη του Παραδοτέου 4.1

Στο πλαίσιο του παραδοτέου D4.1 το έργο FutureLakes αξιολόγησε την πορεία έξι μεγάλων προγραμμάτων αποκατάστασης Ευρωπαϊκών λιμνών ως προς τα περιβαλλοντικά, τα κοινωνικά και τα οικονομικά οφέλη που αυτή προσφέρει. Οι περιοχές που αξιολογήθηκαν είναι η λίμνη Vesijärvi (Φινλανδία), οι λίμνες Kartuzy (Πολωνία), οι λίμνες IJssel και Marken (Ολλανδία), **η λίμνη Κάρλα** (Ελλάδα), η λίμνη Leven (Ηνωμένο Βασίλειο) και η λίμνη Vansjø (Νορβηγία). Η παρούσα έκθεση στοχεύει στην καταγραφή ενός ευρέος φάσματος ωφελειών και των συνεπειών των προγραμμάτων αποκατάστασης που εφαρμόστηκαν σε κάθε μια λίμνη, καθώς και του σχετικού τους κόστους. Επίσης, στοχεύει στην ανάδειξη της σημασίας των «έξυπνων» επενδυτικών εργαλείων, της ολοκληρωμένης παρακολούθησης και της ανάδειξης αποτελεσματικών μέτρων.

Η ομάδα του FutureLakes προσάρμοσε το συστημικό πλαίσιο αξιολόγησης που αναπτύχθηκε από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα MERLIN στις λίμνες και επέλεξε 11 κριτήρια ομαδοποιημένα στις κατηγορίες: περιβάλλον, κλίμα, κοινωνία και οικονομία. Χρησιμοποιήθηκαν κοινοί δείκτες για ποσοτική σύγκριση, όπου ήταν δυνατόν, μεταξύ των λιμνών. Όπου δεν ήταν δυνατόν, εφαρμόστηκαν ειδικοί/τοπικοί δείκτες και αξιοποιήθηκε η κρίση ειδικών και εμπειρογνωμόνων. Πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις σε βάθος χρόνου, όπου υπήρχαν διαθέσιμες χρονοσειρές δεδομένων.

Τα κύρια ευρήματα που αφορούν την Κάρλα συνοψίζονται στα εξής:

1) **Περιβάλλον:** Μετά από την αρχική φάση επαναπλήρωσης, η κατάσταση και τα φορτία θρεπτικών της λίμνης παρουσίασαν διακυμάνσεις, παραμένοντας σε οικολογική κατάσταση «κατώτερη της καλής» σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα. Ωστόσο, η λίμνη αποτελεί έναν σημαντικό οικότοπο και φιλοξενεί σημαντικά είδη ορνιθοπανίδας (μεταξύ των οποίων απειλούμενα) εκπληρώνοντας τις απαιτήσεις του Δικτύου Natura 2000.
2) **Κλίμα:** Η αποκατάσταση της λίμνης είναι κεντρικής σημασίας για την αντιμετώπιση της ξηρασίας και των πλημμυρών, αναβαθμίζοντας τόσο τα υπάρχοντα τεχνικά έργα, όσο και εφαρμόζοντας σε ευρύτερη κλίμακα Λύσεις που Βασίζονται στη Φύση (NBS). Επιπλέον, αναδείχθηκε ότι η αποκατάσταση συνέβαλε στη μείωση των εκπομπών μεθανίου.
3) **Κοινωνία, αναψυχή και ευεξία:** Η διαχείριση της λίμνης διέπεται από ισχυρό πλαίσιο διακυβέρνησης σε κεντρικό επίπεδο χωρίς οργανωμένη κοινωνική συμμετοχή, αλλά τελευταία εξελίσσεται προς μια πιο συμμετοχική διακυβέρνηση. Η ευημερία και η αναψυχή φαίνεται ότι ενισχύονται με την βελτίωση της ποιότητας νερού, παρά το γεγονός ότι η αναψυχή στην Κάρλα παραμένει περιορισμένη με λίγες ευκαιρίες οικοτουρισμού.
4) **Οικονομία:** Τα οφέλη της αποκατάστασης υπερτερούν του κόστους, αλλά η αναφορά των οικονομικών αποτελεσμάτων δεν έχει πλήρως καταγραφεί. Η απόδοση του κόστους-οφέλους της Κάρλας κρίνεται θετική, αλλά χαμηλότερη συγκριτικά με άλλες λίμνες σε καθεστώς αποκατάστασης.

Όσον αφορά την πορεία της αποκατάστασης, ελλείψεις στην παρακολούθηση, στην οικονομική ανάλυση και αποτίμησή της, καθώς και η έλλειψη ποσοτικών δεδομένων, αλλά και η απουσία σταθερής χρηματοδότησης περιορίζουν την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής, ορισμένοι στόχοι και εργαλεία αποκατάστασης θα πρέπει τροποποιηθούν για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας. Αυτό συνεπάγεται ότι το νομοθετικό πλαίσιο οφείλει να επαναπροσδιοριστεί και να εφαρμοστούν συντονισμένα προγράμματα δράσης με τακτική παρακολούθηση, NbS,

στοχευμένα τεχνικά έργα, προσελκύοντας πολλαπλή χρηματοδότηση και αυξημένη συμμετοχή του κοινού ώστε να επιτευχθούν μετρήσιμα οφέλη από την αποκατάσταση.

Δήλωση αποποίησης ευθύνης

Οι απόψεις και οι γνώμες που εκφράζονται είναι μόνο των συγγραφέων και δεν αντικατοπτρίζουν απαραίτητα εκείνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ή του Εθνικού Οργανισμού Έρευνας και Καινοτομίας του Ηνωμένου Βασιλείου (UK Research and Innovation, UKRI). Η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι χρηματοδοτούσες αρχές δεν μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνες για τις παρούσες απόψεις.

Funded by the European Union

Πίνακας περιεχομένων

Τεχνικές λεπτομέρειες 2

Περίληψη του Παραδοτέου 4.1 3

Δήλωση αποποίησης ευθύνης 4

Πίνακας περιεχομένων 5

1.1 Τυπολογικά χαρακτηριστικά της λίμνης και της λεκάνης της 6

1.2 Πρόγραμμα Αποκατάστασης 8

1.3 Αξιολόγηση του υφιστάμενου προγράμματος αποκατάστασης 11

1.4 Μη αναμενόμενα αποτελέσματα σε όλα τα κριτήρια, συνέργειες και συμβιβασμοί 23

1.5 Σύνοψη της αποτελεσματικότητας του προγράμματος αποκατάστασης 24

1.6 Ενδεικτική Βιβλιογραφία 24

Funded by the European Union

Λίμνη Κάρλα

1.1 Τυπολογικά χαρακτηριστικά της λίμνης και της λεκάνης της

Πίνακας 1. Σύνοψη χαρακτηριστικών για τη λίμνη Κάρλα.

Λίμνη Κάρλα		
Τύπος χαρακτηριστικών	**Χαρακτηριστικά**	**Τιμή**
Γεωγραφικά χαρακτηριστικά	Γεωγραφικές συντεταγμένες: Γεωγραφικό μήκος Γεωγραφικό πλάτος Υψόμετρο (m από τη θάλασσα)	22.80 (22 ° 46'47'' έως 23 ° 51'50'' Ε) 39.50 (39 ° 26'49'' έως 39 ° 32'03'' Β) 60-80 m
Χαρακτηριστικά της λίμνης	Έκταση (km^2)	34.925 km^2
	Μέγιστο βάθος (m)	4,91 m
	Μέσο βάθος (m)	2,2 m
	Όγκος νερού (m^3)	85,10^6 m^3 (τρέχων) (μέσος όρος δεκαετίας < 56x10^6 m^3, μέγιστη χωρητικότητα 200x10^6 m^3)
	Δείκτης βάθους (λόγος μέσου προς μέγιστο βάθος)	0,45
	Χρόνος παραμονής νερού (τ) [έτη] Τύπος παραμονής (βραχύς < 1 έτος, μέτριος > 1 έτος, μεγάλος > 10 έτη)	Μέτριος > 1 έτος (πριν το 2018 ήταν μεγάλος)
	Δείκτης ανάπτυξης ακτογραμμής	1,42
	Τύπος ανάμειξης Βραδυμεικτική Ταχυμεικτική Ευμεικτική Πολυμεικτική Μερομεικτική	Πολυμεικτική-Ολομεικτική: ρηχή, ανάμειξη καθ' όλη τη διάρκεια της εποχής
	Στρωμάτωση	Χωρίς στρωμάτωση
Χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής	Συνολική έκταση λεκάνης απορροής (km^2)	1663 km^2 (37.000 km^2 συμπεριλαμβανομένης της λεκάνης του Πηνειού)
	Άμεση έκταση λεκάνη απορροής (km^2)	434,15 km^2

	Χρήση γης (CORINE)	% της συνολικής λεκάνης απορροής
	Γεωργία	66,66 %
	Αστική	3,49 %
	Δάση	26,69 %
	Υγρότοποι	0,53 %
	Υδάτινα σώματα	2,3% λίμνη (3,2 % συμπεριλαμβανομένων υδατορευμάτων και λοιπών τεχνητών υδάτινων σωμάτων)
	Δείκτης Schindler (λόγος αθροίσματος της συνολικής λεκάνης απορροής και της έκτασης της λίμνης προς τον όγκο της λίμνης)	19,98
Κλιματικά χαρακτηριστικά (μέσος όρος 30 ετών, 1991-2020)	Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα	14,8±1,5 °C
	Μέση ετήσια βροχόπτωση	547±82 mm/έτος
	Μέγιστη θερμοκρασία αέρα το καλοκαίρι	41,5 °C
	Αριθμός ημερών > 15°C θερμοκρασία αέρα ανά έτος	Περίπου > 200
	Ημέρες με χιόνι ανά έτος	ut0-5
Υδροχημεία και τροφικός τύπος (2025)	Αλκαλικότητα (meq/L) Τύπος αλκαλικότητας (χαμηλή < 0,2/ μέτρια 0,2-1,0/ υψηλή > 1,0)	Υψηλή > 1,0
	Τύπος χρώματος (χρώμα σε μονάδες HAZEN – διαυγές < 30/ χουμικό 30-90/ πολυχουμικό > 90)	χουμικό 30-90
	Τροφικός τύπος (ολιγοτροφικός, μεσοτροφικός, ευτροφικός, υπερευτροφικός)	Ευτροφικός (παλαιότερα ήταν υπερευτροφικός)
	Επίπεδο ασβεστίου (σκληρότητα νερού – μαλακό νερό < 25 mg Ca/L, σκληρό νερό > 25 mg Ca/L	σκληρό νερό > 25mg Ca/L

Funded by the European Union

1.2 Πρόγραμμα Αποκατάστασης

Η λίμνη Κάρλα βρίσκεται σε μια περιοχή με έντονη ξηρασία και η ορθολογική διαχείριση των υδάτων της οφείλει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζει την ποιότητα του νερού, την γεωργία και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας. Η νέα λίμνη Κάρλα χρησιμεύει ως ένα πολυλειτουργικό έργο προσφέροντας πληθώρα οικοσυστημικών υπηρεσιών, όπως ενίσχυση του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής, υποστήριξη της αγροτικής παραγωγής και του αντίστοιχου γεωργικού εισοδήματος στην γύρω περιοχή και μελλοντική εξασφάλιση των αναγκών ύδρευσης της πλησιέστερης πόλης του Βόλου. Επιπλέον, η επαναδημιουργία της λίμνης συμβάλλει στη βελτίωση της κατάστασης των υπόγειων υδάτινων πόρων, στην ανάπτυξη ενός φυσικού καταφυγίου για τη βιοποικιλότητα και στη δημιουργία ευκαιριών αναψυχής και τουρισμού. Το κόστος αποκατάστασης (κατασκευής υποδομών και λειτουργίας) μπορεί να ανακτηθεί σε μεγάλο βαθμό μέσω της παροχής των παραπάνω οικοσυστημικών υπηρεσιών συνοδευόμενο από ένα σχέδιο βιωσιμότητας. Απαραίτητοι παράγοντες για τη συνέχιση της αποτελεσματικής αποκατάστασης είναι η θετική στάση εκ μέρους των υπευθύνων λήψης αποφάσεων, η πλήρης υποστήριξη από τα ενδιαφερόμενα μέρη (κυρίως αγρότες) και η οικειοποίηση της ευθύνης του έργου αποκατάστασης από τους πολίτες.

Πίνακας 2. Σειρά διαδοχικών κύριων πηγών χρηματοδότησης και υλοποίησης μέτρων (από το 2000 και εντεύθεν).

Πηγή	Μέτρα που εφαρμόστηκαν
ΕΤΠΑ - 3ο κοινοτικό πλαίσιο στήριξης (2000-2006)	Ανακατασκευή ταμιευτήρα και συνοδευτικά έργα ρύθμισης των εισροών νερού από τον Πηνειό ποταμό
ΕΤΠΑ (2007-2013)	Βελτίωση του περιβάλλοντος της λίμνης, έργα ορεινής υδρονομίας και μέτρα που σχετίζονται με τις πλημμύρες. Δημιουργία τεχνητών υγροτόπων, επανεισαγωγή αυτοφυών ειδών και βελτίωση της ποιότητας του νερού
ΕΤΠΑ (2014-2020)	1. Μελέτη για την ύδρευση της πόλης του Βόλου 2. Συμπληρωματικές υποδομές
Περιφερειακό πρόγραμμα δημόσιων επενδύσεων	Υποστηρικτικές Μελέτες για Έγκριση από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση Θεσσαλίας για τον Ταμιευτήρα Κάρλας
Μεταρρύθμιση της ΚΑΠ 2014-2020 - Εθνικό Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης	Κατασκευή των υπόλοιπων έργων μεταφοράς και διανομής νερού της λίμνης Κάρλας, Φάση Ι – Μέτρο Δημοσίων Έργων
ΕΤΠΑ (2007-2013) - Επιχειρησιακό Πρόγραμμα για το Περιβάλλον και τη Βιώσιμη Ανάπτυξη	Ίδρυση και λειτουργία του Φορέα Διαχείρισης Κάρλας
ΕΤΠΑ (2014-2020) - Επιχειρησιακό Πρόγραμμα	1. Δημιουργία ενδιαιτημάτων (συστάδες δέντρων

Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη	στις όχθες της λίμνης για φωλεοποίηση πουλιών) 2. Διαχείριση καλαμώνων και υγρολίβαδων για βελτίωση της ποιότητας του νερού
Ελληνικό Πράσινο Ταμείο - Φυσικό περιβάλλον & καινοτόμες δράσεις 2017 - Καινοτόμες δράσεις πολιτών	Συνδυασμός έργων που επικεντρώνονται στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και την ενεργό συμμετοχή των πολιτών, με στόχο τους τελικούς χρήστες (δηλαδή τους αγρότες), τις τοπικές αρχές, τους νέους επιστήμονες και το ευρύ κοινό.
Ελληνικό Πράσινο Ταμείο (2012-2015)	1. Υπολογισμός των ροών των κύριων τάφρων και μέτρηση όγκου όλων των ταμιευτήρων στην περιοχή με χρήση νέων τεχνολογιών, καθώς και ανάπτυξη πρωτοκόλλου για την παρακολούθηση των οικολογικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών σε πραγματικό χρόνο της λίμνης Κάρλας. 2. Έρευνα όδευσης επιφανειακής απορροής της υπολεκάνης Βελεστίνου μέσω τεχνικού έργου και σύνδεση με μοντέλο ροής υπόγειων υδάτων. 3. Αξιολόγηση της δομής της τροφικής αλυσίδας της λίμνης Κάρλας. 4. Παρακολούθηση χωρικών προτύπων και οικολογικών διεργασιών σε επίπεδο τοπίου. 5. Αξιολόγηση υδρολογικής αποκατάστασης της πηγής Υπέρειας Κρήνης στο Βελεστίνο.

Όλα τα μέτρα αποκατάστασης που αναφέρονται περιγράφονται στα σχέδια αποκατάστασης (masterplans) και είναι διαθέσιμα στο κοινό.

Πίνακας 3. Κόστος όπως καταγράφηκε ανά δέσμη μέτρων (μετατροπή με εκτίμηση κόστους € αξίας 2025).

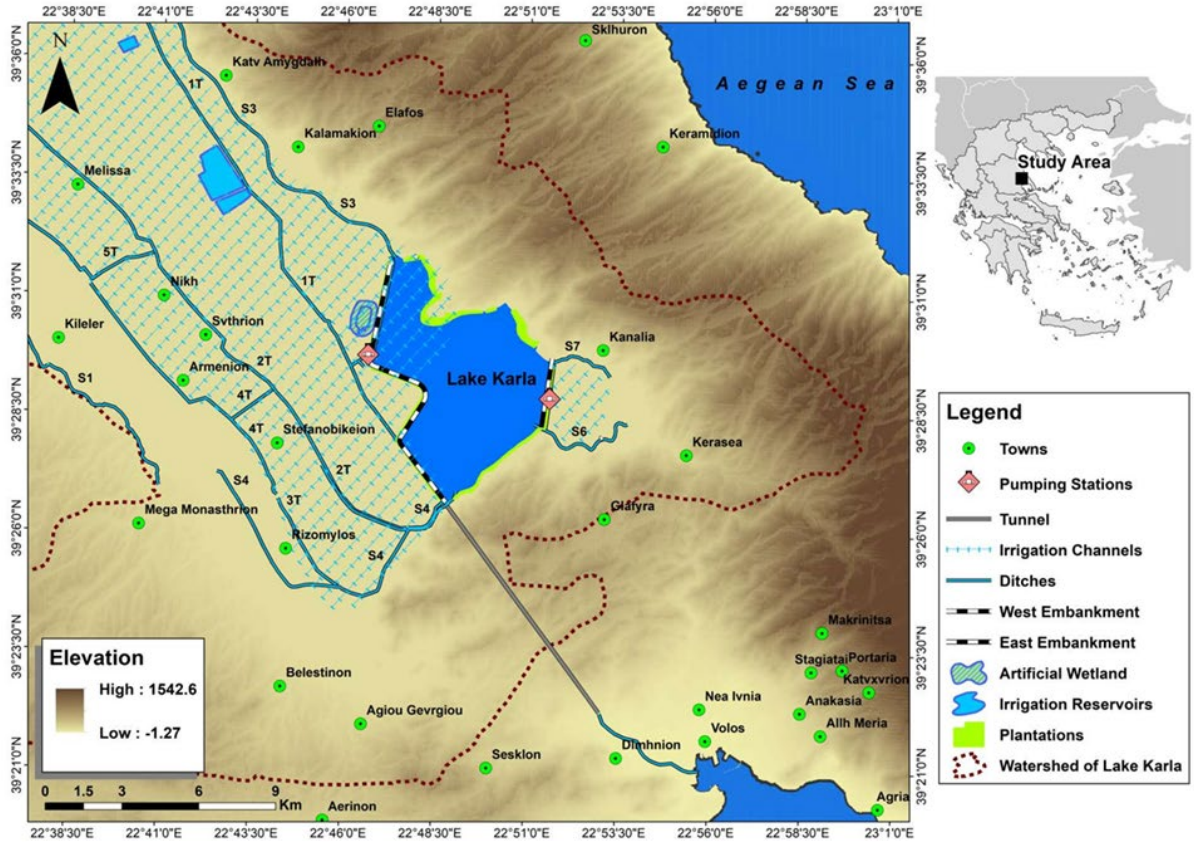
Κόστος για μεμονωμένα μέτρα		
Μέτρο	**Κόστος € (2010)**	**Κόστος € (2025)**
Κατασκευή ταμιευτήρα, συλλεκτών και τεχνητών νησίδων	74.091.338	202.851.462
Δημιουργία τεχνητού υγροτόπου και υπόλοιπα (περιφερειακά) έργα	15.200.000	41.040.000
Έργα υδρολογικής σύνδεσης ύδρευσης (εισροή Κάρλας) με τον ποταμό Πηνειό	5.125.467	13.838.761
Έργα ορεινής υδρονομίας στην περιοχή Κάρλα	7.800.000	21.060.000
Έργα ύδρευσης από την Κάρλα έως την πόλη του Βόλου	9.500.000	21.710.000

Έργα περιβαλλοντικής προώθησης και οικοτουρισμού	1.600.000	4.320.000
Περιβαλλοντικές πληροφορίες και τουριστικές υποδομές	3.500.000	9.540.000
Έργα μεταφοράς νερού και άρδευσης	25.423.729	68.644.068
Άλλα έξοδα (έναρξη λειτουργίας του Φορέα Διαχείρισης, τεχνική βοήθεια, αρχαιολογικά, ενημέρωση και διάδοση)	18.966.161	51.208.635
Σύνολο	**161.206.695**	**434.212.926**

*Ο αρχικός προϋπολογισμός είχε εκτιμηθεί σε 246.296.127€ (με ΦΠΑ). Το προβλεπόμενο συνολικό ποσό, συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης και συντήρησης, φτάνει τα 404 εκατ. €. Μέχρι στιγμής έχουν επενδυθεί περισσότερα από 300 εκατ. €.

**Διαφορετικός μέσος ετήσιος πληθωρισμός: 3% έως το 2019, 7% 2020-2025. Πληθωρισμός πρώτων υλών έως +11% ετησίως.

***Λόγω αδυναμίας διάκρισης της περιοχής που επωφελήθηκε από μεμονωμένα μέτρα αποκατάστασης, η μέση εκτίμηση κόστους είναι 2.426 €/εκτάριο.
****Η παροχή πόσιμου νερού δεν έχει ακόμη τεθεί σε εφαρμογή.



Εικόνα 1. Χάρτης της λίμνης Κάρλας και της λεκάνης απορροής. Στην εικόνα σημειώνονται βασικά μέτρα αποκατάστασης.

- **Απώλεια εσόδων**

Προς το παρόν, δεν υπάρχει καμία μελέτη για την απώλεια εσόδων. Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση της λεκάνης της Κάρλας, το προφίλ χρήσης γης, καθώς και την απουσία τουριστικών και πολιτιστικών δραστηριοτήτων, η απώλεια εσόδων υπολογίστηκε ως εξής:

Κόστος για την αποκατάσταση γης (48,6 εκατ. € Χ απολεσθέντα έσοδα από γεωργικές δραστηριότητες (11%/έτος) Χ συντελεστής πληθωρισμού (συνολικά 2,5 για την 15ετή περίοδο)= περίπου 200,5 εκατ. €.

Πίνακας 4. Εκτίμηση αναμενόμενων οικονομικών οφελών, σύμφωνα με το masterplan, με την προϋπόθεση ότι έχουν ληφθεί όλα τα μέτρα αποκατάστασης (χωρίς να ληφθούν υπόψη οι ζημίες που προκλήθηκαν από την κακοκαιρία Daniel).

Πρόβλεψη οικονομικών οφελών από την αποκατάσταση σε ετήσια βάση μετά το 2026 (€)			
ΑΡΔΕΥΣΗ*	**ΠΑΡΟΧΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ****	**ΑΝΑΨΥΧΗ*****	**ΑΛΙΕΙΑ******
2.986.060	2.550.359	117.388	36.684

Το συνολικό όφελος από την αποκατάσταση της Κάρλας εκτιμάται σε 17,96 εκατ. € (από άρδευση και αναψυχή). Το ετήσιο εκτιμώμενο κέρδος για το 2026 είναι 5,7 εκατ. €.

* Συνολική έκταση 2000 εκταρίων αρδεύεται από το 2019.
**Η υποδομή για την παροχή και την επεξεργασία πόσιμου νερού δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί.
***Αυτή τη στιγμή υπάρχει σημαντική έλλειψη εγκαταστάσεων για την υποστήριξη της περαιτέρω τουριστικής ανάπτυξης.
****Η αλιεία απαγορεύτηκε μέχρι το 2026. Αυτή τη στιγμή καταρτίζεται ένα γενικό σχέδιο αλιείας.

Σημείωση 1. Τα οικονομικά οφέλη δεν είναι ακόμη ορατά, καθώς οι ζημιές που προκλήθηκαν από τις καταιγίδες Daniel και Elias εκτιμώνται σε περισσότερα από 3 δισεκατομμύρια ευρώ για ολόκληρη την περιοχή της Θεσσαλίας (HVA). Όσον αφορά τη λεκάνη της Κάρλας, η διετής διακοπή της γεωργικής δραστηριότητας και η αστοχία και ανεπάρκεια των υποδομών των περισσότερων συμπληρωματικών μέτρων και των οδικών δικτύων προκάλεσαν περαιτέρω απώλειες εισοδημάτων.

Σημείωση 2. Τα οικονομικά οφέλη από την αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων, την αύξηση και αποκατάσταση της βιοποικιλότητας και άλλες ρυθμιστικές και πολιτιστικές οικοσυστημικές υπηρεσίες δεν έχουν ποσοτικοποιηθεί.

1.3 Αξιολόγηση του υφιστάμενου προγράμματος αποκατάστασης

Δυστυχώς για τη λίμνη Κάρλα δεν υπάρχουν διαθέσιμες μεγάλες χρονοσειρές δεδομένων, μόνο σποραδικά δεδομένα από μεμονωμένους ερευνητές και ορισμένες περιφερειακές αρχές.

Πίνακας 5. Σειρά δεικτών που στοχεύουν σε διαφορετικά θέματα αποκατάστασης (π.χ. βιοποικιλότητα, υδροληψίες, εμπλουτισμός υπόγειων υδάτων, αναψυχή, δημιουργία θέσεων εργασίας, τουριστική ανάπτυξη και υγειονομικά έργα). Δ/Υ: Δεν υπάρχει.

Τύπος Δείκτη	Σύντομο όνομα δείκτη	Ειδικός Δείκτης	Μονάδα μέτρησης	Τιμές πριν την επαναλειτουργία	Τιμές μετά την αποκατάσταση
BD1a	Κατάσταση_οικοτόπου	<Κωδικός οικοτόπων της Οδηγίας για τους Οικότοπους>	% έκτασης σε ευνοϊκή/καλή κατάσταση (HD), A: άριστος βαθμός διατήρησης οικοτόπου, C:μέτριος ή κακός βαθμός διατήρησης οικοτόπου	Δ/Υ	3140 – Δ/Υ, 6110 – C, 6220 – C, 91M0 – A, 9260 – A, 9280 – A
BD2a	Κατάσταση_είδους	<Οδηγία για τους Οικότοπους–επιστημονική ονομασία είδους>	Κατάσταση είδους στην περιοχή ενδιαφέροντος (αφθονία, πληθυσμιακή κατάσταση, εύρος κατανομής), LC:Χαμηλού κινδύνου, NT: Σχεδόν απειλούμενο, CR:Κρισίμως κινδυνεύον, DD: Ανεπαρκώς γνωστό		*Alosa fallax*– DD, *Rhodeus amarus*– LC, *Barbus sperchiensis*– NT, *Cobitis stephanidisi*- CR
BD3a	Κατάσταση_πουλιών	<Οδηγία για τα Πουλιά – επιστημονική ονομασία είδους>	Κατάσταση είδους πτηνών (αριθμός πτηνών)	Βάσει παλαιότερων δεδομένων ο αριθμός των πτηνών ήταν υψηλότερος (>80 είδη, >20.000 πληθυσμός)	Βλ. όφελος βιοποικιλότητας 1.3.2
FR1	Αυξημένη χωρητικότητα (αποθηκευτική ικανότητα) της λίμνης	Χωρητικότητα (συνδεδεμένη με τη στάθμη της λίμνης, η οποία για χρόνια ήταν κάτω από το καθορισμένο οικολογικό όριο)	hm^3	Δ/Υ	42,74-28,42 hm^3
DR1	Αυξημένος όγκος της λίμνης				13,5 hm^3 (μετά την κακοκαιρία Daniel, 2023)
DR4	Αλλαγή της άντλησης υπόγειων υδάτων ανά τομέα με την πάροδο του χρόνου (π.χ. τα τελευταία 20 χρόνια)		m^3	Υπόγεια ύδατα >βάθος 50 μέτρων	Υπόγεια ύδατα βάθος ~35 m (200hm^3, σε έκταση 578,44.106m^2)
DR5	Αλλαγή της άντλησης επιφανειακών υδάτων με την πάροδο του χρόνου (π.χ. τα τελευταία 20 χρόνια)			0	600 εκτάρια (21,5 hm^3/έτος)
In4	Επίσημη δημόσια διαβούλευση σχετικά με τα σχέδια	Δημόσιες διαβουλεύσεις για το ΣΔΛΑΠ			7 νομικές οντότητες

Funded by the European Union

	αποκατάστασης/διαχείρισης				
Rec4	Φορείς που εμπλέκονται στην παρατήρηση πουλιών			Δ/Υ	6 (επίσημα)
Rec6	Μήκος διαδρομών γύρω από τη λίμνη ή συνδεδεμένων με αυτήν (πεζοπορία/ποδηλασία)	Μήκος διαδρομής και πεζοπορικών μονοπατιών	km	Δ/Υ	92 km (10 διαδρομές)
Agri	Εκπομπές αζώτου από τη γεωργία			76500 kg/έτος (εκτίμηση)	69.389 kg/έτος
BE1	Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν λόγω δραστηριοτήτων αποκατάστασης	Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν λόγω δραστηριοτήτων αποκατάστασης (θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν από δραστηριότητες αποκατάστασης που υλοποιήθηκαν απευθείας από τον δικαιούχο ή/και ανατέθηκαν σε εξωτερικούς συνεργάτες)			13 υπάλληλοι Φορέα Διαχείρισης και εταιρείαςTEDRA και για την υλοποίηση των συμπληρωματικών μέτρων από θέσεις που παρέμειναν πλέον των (> 50 ατόμων) αναθέσεων σε εξωτερικούς συνεργάτες για δραστηριότητες αποκατάστασης
BE2	Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν λόγω των αποτελεσμάτων της αποκατάστασης	Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν λόγω των αποτελεσμάτων της αποκατάστασης (π.χ. θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν μετά τη βελτίωση της κατάστασης της λίμνης)			8 (ΚΕ.ΜΕ.ΒΟ., λειτουργία αντλιοστασίου, καταλύματα βραχυχρόνιας μίσθωσης, επιχειρήσεις εστίασης-foodtruck)
Tour2	Αριθμός διανυκτερεύσεων σε μια περιοχή σε ετήσια βάση			-	Εκτιμώμενος αριθμός κάτω των 400
Tour3	Αριθμός επιχειρήσεων που παρέχουν υπηρεσίες τουρισμού και αναψυχής			Δ/Υ	12
Tour6	Υποδομές που υποστηρίζουν τον φιλικό προς τη φύση τουρισμό (π.χ. μονοπάτια, κέντρα επισκεπτών)	Θετικές αλλαγές στις υποδομές		Δ/Υ	3 τοπικά μουσεία, 1 εκθεσιακό κέντρο, 1 κέντρο πληροφοριών και 6 καθορισμένες διαδρομές πεζοπορίας
WSS1	Συνολική κατανάλωση νερού στη λεκάνη απορροής (παρεχόμενη)		m^3/έτος	Περίπου 200 hm^3	1.168,9 hm^3 (ευρεία λεκάνη απορροής, < 200 hm^3 στην άμεση λεκάνη απορροής)
WSS2	Πληθυσμός που δεν είναι συνδεδεμένος με την αποχέτευση		Αριθμός κατοίκων	> 35.000 (ολόκληρος ο δήμος)	περίπου 25.000 άτομα (8 χωριά από 2 δήμους)
WSS3	Συχνότητα καταιγίδων στην περιοχή της λίμνης		Αριθμός ανά έτος	> 4	περίπου 2-3/έτος

Funded by the European Union

1.3.1 Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (2000/60/ΕC)

Πίνακας 6. Παρουσίαση παραμέτρων παρακολούθησης του Βιολογικού Ποιοτικού Στοιχείου του φυτοπλαγκτού στη λίμνη Κάρλα για 10 έτη (2013-2023).

Έτος	Χλωροφύλλη α	Βιομάζα κυανοβακτηρίων (mg/l)	Κυανοβακτήρια (% συμμετοχή)	Βιομάζα φυτοπλαγκτού (mg/l)	EQR (φυτοπλαγκτό)
2013	36,46	5,19	73,00	6,76	
2014	128,48	8,48	43,00	18,52	
2015	89,47	3,65	49,00	7,72	
2016	76,37	18,05	51,00	25,77	
2017	90,92	36,08	55,00	47,77	
2018	11,99				
2019	62,48	44,95	96,00	45,99	
2020	33,04	4,63	31,80	7,89	0,49
2021	115,50				0,64
2022	236,16	129,09	99,20	130,08	0,20
2023	94,65	45,32	93,30	47,03	0,46

Πίνακας 7. Αξιολόγηση όσον αφορά την υδρομορφολογία, τις επιπτώσεις-πιέσεις και την ποσοτική και χημική κατάσταση των υπόγειων υδάτων σύμφωνα με το τελευταίο ΣΔΛΑΠ (2η αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ8, 2024).

ΗΥΜΟ	IMPRESS	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ
4 (έντονες υδρομορφολογικές αλλοιώσεις)	ΙΣΧΥΡΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ

Πίνακας 8. Εξέλιξη του οικολογικού δυναμικού, της χημικής κατάστασης και της συνολικής οικολογικής ποιότητας (Τροποποιημένος, 2η αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΥΔ8, 2024).

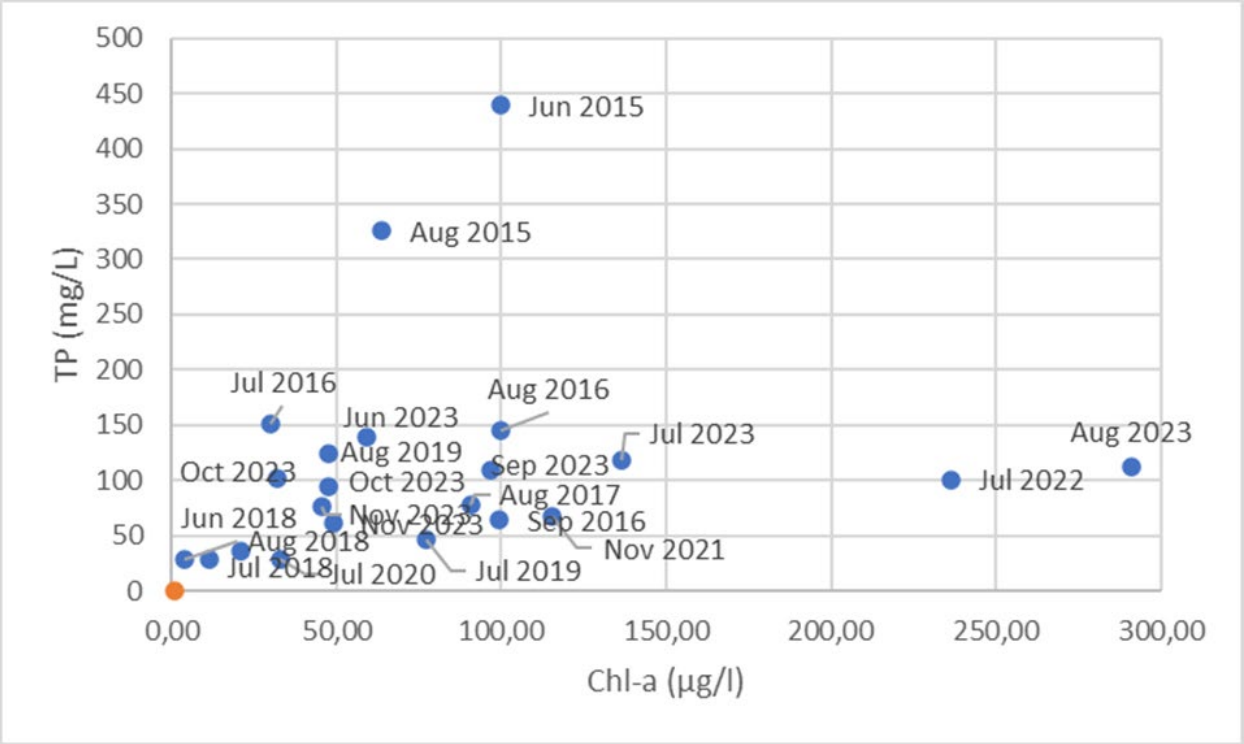
ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ								
1ο ΣΔΛΑΠ (2014)			1η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΔΛΑΠ (2017)			2η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΔΛΑΠ (2024)		
ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΑΓΝΩΣΤΟ	ΑΓΝΩΣΤΗ	ΑΓΝΩΣΤΗ	ΚΑΚΟ	ΑΓΝΩΣΤΗ	ΑΓΝΩΣΤΗ	ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥ	ΚΑΛΗ	ΚΑΤΩΤΕΡΗ ΤΗΣ ΚΑΛΗΣ

Πίνακας 9. Ετήσια διακύμανση (μέσες τιμές) των παρακολουθούμενων φυσικοχημικών δεδομένων στη Λίμνη Κάρλα 2013 – 2023.

Έτος	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Βάθος Secchi (m)	pH	DO (mg/l)	DO %	TSS
2013	3832	0,30	8,48	10,01	109,68	
2014	5091	0,18	8,94	10,88	120,43	
2015	5941	0,09	8,88	10,60	117,74	
2016	4595	0,12	9,05	10,03	120,65	
2017	3749	0,13	9,19	10,55	109,73	89,81
2018	3220	0,40		10,29	114,48	17,32
2019	3094	0,54	9,05	9,95	109,42	14,94
2020	3251	0,45	8,93	10,33	108,13	12,65
2021	4978	0,36	9,12	11,21	110,55	15,93
2022	3790	0,41	9,21	10,37	106,70	25,49
2023	2889	0,55	8,94	9,81	110,43	14,00

Σύμφωνα με τα παραπάνω φυσικοχημικά δεδομένα, οι τιμές του βάθους Secchi (διαύγεια νερού) παρουσιάζουν αύξηση κατά τα έτη 2013-2023, ωστόσο δεν εμφανίζεται σαφής τάση βελτίωσης στις υπόλοιπες παρακολουθούμενες παραμέτρους (Πίνακας 9). Αυτό πιθανώς σχετίζεται και με τις υδρολογικές τροποποιήσεις και το ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο (μεγάλος χρόνος παραμονής νερού) που επηρεάζουν τη λίμνη από τη δημιουργία της. Επιπλέον, τα εξωτερικά φορτία θρεπτικών συστατικών (καθώς και η ενδεχόμενη εσωτερική τροφοδοσία) επιβραδύνουν τις προσπάθειες αποκατάστασης με τα εξωτερικά φορτία να παραμένουν υψηλά λόγω ημιτελών περιφερειακών έργων και υποστηρικτικών υποδομών (τάφροι, υγρότοποι κ.λπ.). Στα παραπάνω προστίθεται το γεγονός ότι τα όρια του λόγου μέτριας-καλής οικολογικής ποιότητας (EQR) έχουν αλλάξει για τα ΒΠΣ από την 1η εφαρμογή της ΟΠΥ και παρ' όλο που η παρακολούθηση στην Κάρλα ξεκίνησε το 2013, τα όρια των υποστηρικτικών ποιοτικών στοιχείων και άλλων βιοτικών παραμέτρων δεν έχουν καθοριστεί.

Funded by the European Union



Εικόνα 2. Κατανομή συγκεντρώσεων TP σε συνάρτηση με τις τιμές χλωροφύλλης-α (Chl -a).

1.3.2 Όφελος βιοποικιλότητας

Η λίμνη Κάρλα προστατεύεται από την Οδηγία για τους Οικοτόπους ως μέρος της περιοχής Ειδικής Ζώνης Προστασίας (ΕΖΠ) του Δικτύου Natura 2000 «ΚΑΡΛΑ – ΜΑΥΡΟΒΟΥΝΙ – ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ ΒΕΛΕΣΤΙΝΟΥ – ΝΕΟΧΩΡΙ» (Κωδικός περιοχής: GR1420004) (47,0 km^2), όπως ορίστηκε τον Αύγουστο του 1996. Η λίμνη επίσης προστατεύεται και από την Οδηγία για τα Πουλιά ως Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) ως μέρος της περιοχής «ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΠΡΩΗΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ» (Κωδικός περιοχής: GR1430007) του Δικτύου Natura 2000 (16,7 km^2) που ορίστηκε το 2010.

Από το Πρόγραμμα Παρακολούθησης Ειδών και Οικοτόπων της Μονάδας Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Θεσσαλίας (Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α., Natura 2000 Viewer) (Δεδομένα 2024):

Α. ΚΑΡΛΑ – ΜΑΥΡΟΒΟΥΝΙ – ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ ΒΕΛΕΣΤΙΝΟΥ – ΝΕΟΧΩΡΙ (GR1420004 – ΕΖΔ)

Στην περιοχή Κάρλας- Μαυροβουνίου- Κεφαλόβρυσου Βελεστίνου- Νεοχωρίου GR1420004 εντοπίζονται 12 προστατευόμενα ενδιαιτήματα (παράκτια, δάση, λιβάδια και βραχώδη ενδιαιτήματα- χωρίς τύπους ενδιαιτημάτων λιμνών) και 5 προστατευόμενα είδη (4 είδη ψαριών και 1 ερπετό – πράσινη χελώνα) σύμφωνα με τις αντίστοιχες Οδηγίες για τους Οικοτόπους και τα Πτηνά. Από τα πέντε είδη που αναφέρονται στην περιοχή, τα 4 είναι είδη που διαβιούν στα εσωτερικά ύδατα. Σε αυτά περιλαμβάνονται:

- Η Σαρδελομάνα (*Alosa fallax*), ένα ανάδρομο ψάρι που μεταναστεύει στα ποτάμια για να αναπαραχθεί.
- Η Φεροβελονίτσα (*Cobitis stephanidisi*), η παρουσία της οποίας επιβεβαιώθηκε τελευταία φορά το 2001 (στη Χασάμπαλη, εντός λεκάνης απορροής Πηνειού). Το

είδος σχετίζεται με ποτάμια χαμηλής ροής, πηγές και παρακείμενους υγροτόπους. Η εξάπλωσή του φαίνεται να περιλαμβάνει τη νοτιοανατολική περιοχή της λίμνης Κάρλας (IUCN,[1]).

- Η Μπριάνα Σπερχειού (*Barbus sperchiensis*), ένα κυπρινοειδές που διαβιοί σε ρέματα και ποτάμια και αξιολογείται ως «Σχεδόν Απειλούμενο» στην Κόκκινη Λίστα της IUCN [2].
- Η (Μακεδονική) Βελονίτσα (*Cobitis vardarensis*), το οποίο είναι «Χαμηλού Κινδύνου» στην κόκκινη λίστα της IUCN [3] και βρίσκεται σε εσωτερικά και μεταβατικά νερά στην Ελλάδα και τη Βόρεια Μακεδονία.

Πίνακας 10. Μέγεθος πληθυσμού και αξιολόγηση ειδών που αναφέρονται στο άρθρο 4 της Οδηγίας 2009/147/ΕΚ και απαριθμούνται στο παράρτημα II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ για την περιοχή GR1420004 – ΕΖΔ. P (Permanent): Μόνιμη παρουσία στην περιοχή, A: Πληθυσμός σχεδόν απομονωμένος, C: Πληθυσμός μη απομονωμένος, εντός εκτεταμένου εύρους κατανομής.

Είδη	Μέγεθος πληθυσμού και αξιολόγηση		
	Αφθονία	Αναπαραγωγή	Απομόνωση
Alosa fallax	P	+	A
Cobitis stephanidisi	P	+	C
Cobitis vardarensis	P	+	C

Πίνακας 11. Άλλα σημαντικά είδη πανίδας σύμφωνα με τα αρχεία της Μ.Δ.Π.Π. Θεσσαλίας για την GR1420004 – ΕΖΔ. Π:Πτηνά, Ψ: Ψάρια. P (Present): Παρουσία στην περιοχή.

Είδος	Μέγεθος πληθυσμού		
	Μόνιμη παρουσία(i)	Αναπαραγωγή (p)	Διαχείμαση (i) **
Egretta garzetta (Π)	20	200	20
Είδος	**Αφθονία**		
Alburnus thessalicus (Ψ)	P		
Chondrostoma vardarense (Ψ)	P		
Knipowitschia thessala (Ψ)	P		
Pachychilon macedonicum (Ψ)	P		
Squalius vardarensis (Ψ)	P		

**Δεδομένα από μεσοχειμωνιάτικες καταμετρήσεις πτηνών 2024.

Β. ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΠΡΩΗΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ (GR1430007 – ΖΕΠ) - Προστατεύεται από την Οδηγία για τα Πτηνά

Προστατευόμενα είδη πτηνών της ΕΕ: 50 (σύμφωνα με το Natura2000 Viewer).

Πίνακας 12. Άλλα είδη πανίδας με αξιοσημείωτη παρουσία σύμφωνα με τα αρχεία της Μονάδας Διαχείρισης Κάρλας για την GR1430007 – ΖΕΠ. Κατάσταση IUCN: LC= Ελάχιστης Ανησυχίας, NT= Σχεδόν Απειλούμενο, VU= Ευάλωτο.

Είδη*	Κατάσταση IUCN	Μέγεθος πληθυσμού		
		Μόνιμη παρουσία (i)	Αναπαραγωγή (p)	Διαχείμαση (i)**
Anas acuta	LC	20	2	4
Anas crecca	LC	200	100	7370
Anas platyrhynchos	LC	150	40	150
Ardea cinerea	LC	20	200	14
Aythya ferina	VU	20	10	660
Aythya fuligula	NT	2	1	0
Buteo buteo	LC	12	6	3
Circus cyaneus	NT	0	0	1
Cygnus olor	LC	8	2	0
Egretta garzetta	LC	20	200	20
Falco peregrinus	LC	0	1	0
Fulica atra	NT	50	50	150
Himantopus himantopus	LC	0	250	0
Ixobrychus minutus	LC	0	3	0
Merops apiaster	LC	0	16	0
Microcarbo pygmaeus	LC	160	80	200
Nycticorax nycticorax	LC	150	150	0
Podiceps cristatus	LC	40	20	160
Podiceps nigricollis	LC	15	0	0
Spatula clypeata	LC	140	10	140

*Είδη που αναφέρονται στο άρθρο 4 της οδηγίας 2009/147/ΕΚ και παρατίθενται στο παράρτημα ΙΙ της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ και δεδομένα.

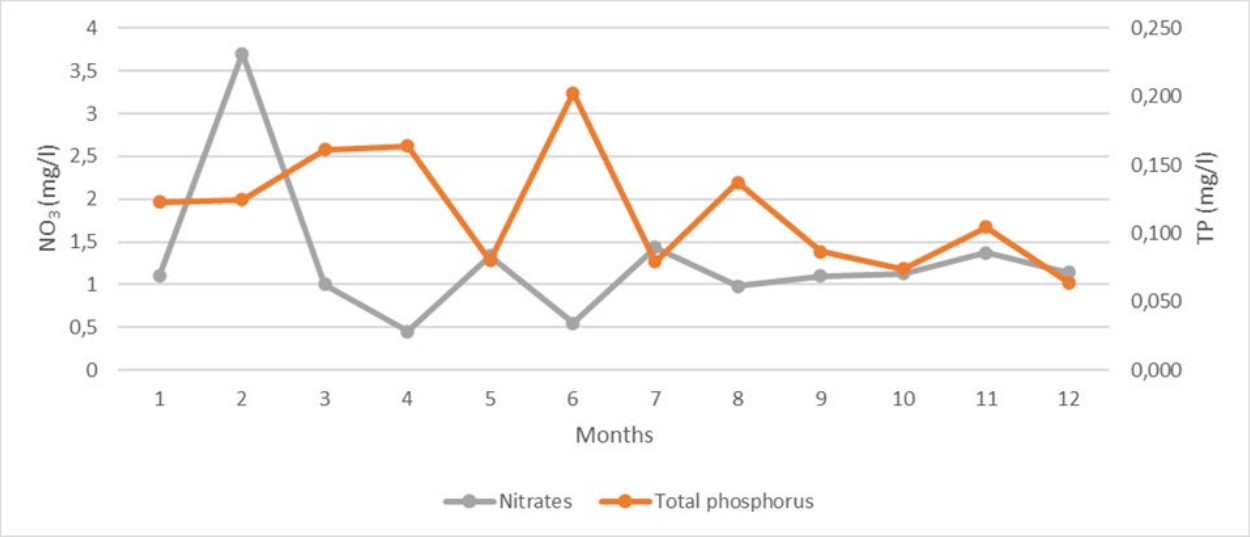
**Δεδομένα μεσοχειμωνιάτικων καταμετρήσεων πτηνών 2024.

Funded by the European Union

1.3.3 Μηδενική ρύπανση

Πίνακας 13. Ετήσιοι μέσοι όροι των κύριων θρεπτικών αλάτων (νιτρικά: NO_3, αμμωνιακά: NH_4, ολικός φώσφορος: TP) (2014-2023, Στοιχεία ΕΚΒΥ).

Έτος	NO_3	NH_4	TP
2014	0,68	0,31	
2015	0,45		0,28
2016	1,00		0,13
2017			0,14
2018	1,10		0,07
2019	1,60		0,06
2020	2,23		0,04
2021	1,19		0,09
2022	2,85	0,09	0,13
2023	1,07	0,15	0,10



Εικόνα 3. Μηνιαίοι μέσοι όροι των περιοριστικών παραγόντων (θρεπτικών συστατικών), ταυτόχρονος περιορισμός αζώτου και φωσφόρου στη λίμνη Κάρλα (από διαθέσιμα στοιχεία της περιόδου 2013-2024, ΕΚΒΥ**).**

Funded by the European Union

1.3.4 Ρύθμιση του κλίματος

Πίνακας 14. Εκτίμηση εκπομπών μεθανίου (σε Gg άνθρακα) από τιμές χλωροφύλλης-α.

Μήνας	Έτος	Παράμετρος	Τιμή(μg/l)	Εκτίμηση εκπομπών μεθανίου (Gg άνθρακα)		
				Diffusive_Mean	Ebullitive_Mean	Combined_Mean
5	2013	Χλωροφύλλη_α	15,2	0,232	0,62	0,852
6	2013	Χλωροφύλλη_α	43,4	0,5	1,471	1.971
7	2013	Χλωροφύλλη_α	48,23	0,54	1,609	2,149
10	2013	Χλωροφύλλη_α	38,99	0,463	1,344	1,807
6	2014	Χλωροφύλλη_α	124,85	1,078	3,692	4,77
7	2014	Χλωροφύλλη_α	200,33	1,52	5,669	7,189
9	2014	Χλωροφύλλη_α	60,25	0,635	1,947	2,582
6	2015	Χλωροφύλλη_α	99,84	0,917	3,026	3,943
8	2015	Χλωροφύλλη_α	63,52	0,66	2,038	2,698
9	2015	Χλωροφύλλη_α	105,05	0,951	3,165	4,116
7	2016	Χλωροφύλλη_α	30,11	0,383	1,083	1,466
8	2016	Χλωροφύλλη_α	99,79	0,916	3,024	3,94
9	2016	Χλωροφύλλη_α	99,22	0,912	3,009	3,921
8	2017	Χλωροφύλλη_α	90,92	0,856	2,786	3,642
6	2018	Χλωροφύλλη_α	3,62	0,077	0,204	0,281
7	2018	Χλωροφύλλη_α	11,45	0,188	0,495	0,683
8	2018	Χλωροφύλλη_α	20,89	0,293	0,802	1,095
7	2019	Χλωροφύλλη_α	77,36	0,762	2,418	3,18
8	2019	Χλωροφύλλη_α	47,59	0,535	1,591	2,126
7	2020	Χλωροφύλλη_α	33,04	0,41	1,17	1,58
11	2021	Χλωροφύλλη_α	115,5	1,019	3,444	4,463
7	2022	Χλωροφύλλη_α	236,16	1,714	6,598	8,312
6	2023	Χλωροφύλλη_α	59,2	0,627	1,918	2,545
7	2023	Χλωροφύλλη_α	136,32	1,149	3,995	5,144
8	2023	Χλωροφύλλη_α	291,27	1,997	8,022	10,019
9	2023	Χλωροφύλλη_α	96,58	0,895	2,938	3,833
10	2023	Χλωροφύλλη_α	31,74	0,398	1,132	1,53
10	2023	Χλωροφύλλη_α	47,46	0,534	1,587	2,121
11	2023	Χλωροφύλλη_α	48,99	0,546	1,631	2,177
11	2023	Χλωροφύλλη_α	45,62	0,519	1,535	2,054

Για μια περίοδο 10 ετών (2013-2023), η μέση τιμή χλωροφύλλης-α είναι περίπου 80μg/l, επομένως, οι μέσες διάχυτες εκπομπές μοντελοποιούνται σε περίπου 0,8 Gg CH_4-C ανά έτος και η μέση αθροιστική τιμή εκτιμάται ότι είναι περισσότερο από 3000 τόνους άνθρακα.

1.3.5 Ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή

Η περιοχή ακολουθεί το Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (καταρτίστηκε το έτος 2014) και την πρωτοβουλία LIFE-IP AdaptInGR (Ενίσχυση της

εφαρμογής της πολιτικής προσαρμογής σε ολόκληρη την Ελλάδα). Σε περιφερειακό επίπεδο, η υιοθέτηση του Περιφερειακού Σχεδίου για την Κλιματική Προσαρμογή τέθηκε σε ισχύ τον Μάρτιο του 2025. Οι λύσεις που βασίζονται στη φύση (Nature based Solutions, NbS), όπως η αποκατάσταση υγροτόπων και παραποτάμιων περιοχών, η δημιουργία καλαμώνων και ζωνών ανάσχεσης) συνδυάστηκαν με στοχευμένα τεχνικά έργα (αναχώματα, ελεγχόμενη αποθήκευση όγκου νερού) για τη διαχείριση των πλημμυρών και των ξηρασιών, παρέχοντας παράλληλα οικοσυστημικές υπηρεσίες. Οι επίσημες εκθέσεις (αναφορές, καταγραφές και αξιολογήσεις) μετά την πλημμύρα Daniel (2023) και οι αξιολογήσεις εμπειρογνωμόνων υπογραμμίζουν την ανάγκη για συστημικές αλλαγές: ενίσχυση της αντιπλημμυρικής προστασίας, επανεξέταση της χρήσης των πλημμυρικών πεδίων, μετακίνηση αναχωμάτων, αποκατάσταση της συνδεσιμότητας των ποταμών, περιορισμός των νέων κατασκευών στα πλημμυρικά πεδία και επανεξέταση των υδροβόρων καλλιεργειών (π.χ. βαμβάκι). Προτάσεις μεγάλης κλίμακας (συμπεριλαμβανομένου του τριπλασιασμού της περιοχής της Κάρλας σε ορισμένα σενάρια) έχουν μοντελοποιηθεί και κοστολογηθεί σε μελέτες εμπειρογνωμόνων. Οι εκθέσεις σε εθνικό επίπεδο υπογραμμίζουν την πολύπλοκη, κατακερματισμένη και, ενίοτε αλληλεπικαλυπτόμενη διακυβέρνηση, καθώς και την ανάγκη αντιστοίχισης των διοικητικών αρμοδιοτήτων με τα όρια των λεκανών απορροής για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας και της αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

1.3.6 Υγεία και Ευεξία

Η επαναδημιουργία της λίμνης Κάρλας φαίνεται να έχει κατ'αρχήν, θετικές επιδράσεις στο μικροκλίμα και εν συνεχεία στην υγεία και την ευημερία των πολιτών γενικότερα. Παρά ταυτά, πρόσφατα, μετά την πλημμύρα Daniel (2023), η μετάδοση ασθενειών (vector-borne disease) αυξήθηκε, όπως εκτιμάται από τον πληθυσμό κουνουπιών και την κυκλοφορία φορέων του Ιού του Δυτικού Νείλου στην περιοχή (Mourelatos et al. 2025). Επίσης, κατά τις περιόδους ανθίσεων φυτοπλαγκτού τα συνηθισμένα είδη κυανοβακτηρίων είναι τα *Microcystis flos-aquae*, *Anabeanopsis* sp. και *Planktothrix* cf.*agardhii* χωρίς όμως την παρουσία των μεταβολιτών τους (π.χ. anabaenopeptins, Zervou et al. 2021). Άλλοι μεταβολίτες όπως κυανοτοξίνες έχουν ανιχνευθεί σε ιστούς ψαριών και σε δείγματα νερού της λίμνης, ωστόσο οι τιμές αυτές ήταν χαμηλότερές από το όριο του Συνολικής Ημερήσιας Πρόσληψης (Δείκτης TDI) του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) (έκθεση ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος - Φορέα Διαχείρισης 2020).

Επιπλέον, τα ιζήματα στη λίμνη Κάρλα παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις Ni, Cr, Co, Cu, Zn, Pb κατά τόπους. Παρ' όλο που ορισμένα μέταλλα προέρχονται από τη φυσική γεωλογία, ο μόλυβδος σχετίζεται με ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Υψηλές τιμές ορισμένων χημικών στοιχείων έχουν ανιχνευτεί σε σημεία των υδροφορέων (ΣΔΛΑΠ), αλλά χωρίς να επηρεάζουν την αγροτική παραγωγή ή την ανθρώπινη υγεία.

Η αποκατεστημένη λίμνη Κάρλα αυξάνει τη διαθεσιμότητα νερού, ειδικά σε περιόδους ξηρασίας. Αυτό μειώνει την υπεράντληση και την εξάρτηση από τα υπόγεια νερά και τους κινδύνους που αυτή ενέχει (ποιότητα, υφαλμύρινση υπόγειου υδροφορέα) και μειώνει το άγχος των αγροτών σχετικά με τη λειψυδρία, αυξάνοντας τα διαθέσιμα υδάτινα αποθέματα. Τέλος, η αποκατάσταση έχει ενισχύσει τη βιοποικιλότητα και την άγρια ζωή (πτηνά, ψάρια), οδηγώντας σε ικανοποίηση της τοπικής κοινωνίας, σε ενίσχυση της πολιτιστικής ταυτότητας και της αίσθησης του 'ανήκειν' στους ντόπιους, οι οποίοι αναφέρουν συναισθηματική ανάταση βλέποντας την επιστροφή της λίμνης.

1.3.7 Συμπερίληψη στη διακυβέρνηση

Ενώ δεν υπάρχουν εμπόδια στη συμπερίληψη και στην ισότιμη πρόσβαση στα αγαθά και τις υπηρεσίες της λίμνης μέχρι πρότινος δεν υπήρχαν οργανωμένες ομάδες πολιτών με

ισχυρή παρουσία, ενώσεις, ΜΚΟ - πλην εξαιρέσεων φορέων με γενικότερη περιβαλλοντική ενασχόληση - για να συγκροτήσουν μια ενιαία φωνή. Πρόσφατα τα πράγματα άρχισαν να αλλάζουν, αλλά η πρακτική «από πάνω προς τα κάτω» (top-down) στη συνολική διακυβέρνηση και τη λήψη αποφάσεων σε μεγάλο βαθμό δεν αφήνει πολλά περιθώρια ουσιαστικής, πραγματικής και έγκαιρης συμμετοχής των πολιτών.

1.3.8 Αναψυχή

Η χρήση της λίμνης Κάρλας ως τόπου αναψυχής είναι περιορισμένη. Την τρέχουσα περίοδο δεν επιτρέπονται η κολύμβηση, τα υδάτινα σπορ (κανό-καγιάκ, ιστιοπλοΐα, κωπηλασία κ.λπ.) και το ερασιτεχνικό ψάρεμα. Ωστόσο, περιστασιακά τα αναχώματα χρησιμοποιούνται για πεζοπορία και ποδηλασία. Ταυτόχρονα, το ενδιαφέρον για φωτογραφία άγριας ζωής και παρατήρηση πουλιών αυξάνεται κάθε χρόνο, γεγονός που υποστηρίζεται από την θέσπιση ενός ετήσιου φωτογραφικού διαγωνισμού που διοργανώνεται από μια τοπική περιβαλλοντική ομάδα (Αίγλη Παρατηρητήριο Βιοποικιλότητας, Πολιτισμού και Τέχνης Λίμνης Κάρλας, Όθρυος και παρακείμενων οικοσυστημάτων - Karla Biodiversity Observatory - https://www.facebook.com/groups/498716314091735). Εκδηλώσεις όπως αγώνες δρόμου, ποδηλατικές και ιππικές εκδρομές πραγματοποιούνται περιστασιακά αλλά όχι σε τακτική βάση.

1.3.9 Κυκλική οικονομία

Όσον αφορά την κυκλική οικονομία, υπάρχουν ευκαιρίες για οικοτουρισμό, μονοπάτια πεζοπορίας και αναψυχή βασισμένη στη φύση, αφού τα πολιτιστικά και αγροτικά τοπία γύρω από τη λίμνη θα μπορούσαν να δημιουργήσουν προστιθέμενη αξία. Δεν υπάρχουν τεκμηριωμένες υποδομές που έχουν κατασκευαστεί ειδικά για ανάκτηση υλικών ή βιομηχανική συμβίωση συνδεδεμένες με τη λεκάνη απορροής της λίμνης και δεν υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων σε επίπεδο κοινότητας γύρω από την Κάρλα (π.χ. κοινή χρήση, ανακατασκευή, κόμβοι μηδενικών αποβλήτων). Στην περιοχή δεν υφίστανται υποδομές για κομποστοποίηση, βιοενέργεια, ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών από ιζήματα ή γεωργικά/οργανικά απόβλητα.

1.3.10 Μπλε οικονομία

Αυτή η ενότητα εξηγεί πώς λειτουργούν η αλιεία, ο οικοτουρισμός, οι φιλικές προς τη φύση επιχειρήσεις αναψυχής που βρίσκονται γύρω από τη λίμνη, οι υπηρεσίες (καφετέριες-εστιατόρια) και υποστηρίζουν την τουριστική ανάπτυξη που βασίζεται στη γαλάζια οικονομία. Περιορισμένος αριθμός καφέ, καντινών και εστιατορίων (λιγότερα από 5) δραστηριοποιούνται αυτήν τη στιγμή στο κοντινό χωριό Κανάλια, καθώς και ένας μικρός αριθμός καταλυμάτων βραχυχρόνιας μίσθωσης (2-3). Υπάρχουν περιστασιακές επισκέψεις στη λίμνη οι οποίες οργανώνονται από επιχειρήσεις οικοτουρισμού από την Αθήνα ή τη Θεσσαλονίκη και ξεναγούνται στο πεδίο από το προσωπικό της Μονάδας Διαχείρισης (Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α.). Η αλιεία απαγορεύεται την τρέχουσα περίοδο στη λίμνη Κάρλα.

Η λίμνη Κάρλα εξακολουθεί να μην διαθέτει παρατηρητήρια και συνοδό εξοπλισμό για παρατήρηση πουλιών, ακόμη και αν υπάρχουν περιοχές που έχουν οριστεί για υπαίθριες δράσεις, η περιοχή εξακολουθεί να στερείται υποδομών (δεν υπάρχει ούτε δυνατότητα ηλεκτροδότησης).

1.3.11 Βιώσιμη Γεωργία

Ολόκληρη η άμεση λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας έχει χαρακτηριστεί ως περιοχή ευάλωτη στη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης από το 2020. Ακολουθώντας τις κατευθύνσεις της Οδηγίας για την νιτρορύπανση, δόθηκαν επιδοτήσεις για μέτρα/περιορισμούς (μεταφορά, διάθεση και εφαρμογή λιπασμάτων). Στην περιοχή μόνο ένα μικρό ποσοστό εφαρμόζει πρακτικές βιολογικής γεωργίας (< 5%).

1.3.12 Βιώσιμες μεταφορές

Δεν υπάρχουν ενεργά σκάφη μεταφοράς στη λίμνη και δεν υπάρχει δίκτυο δημόσιων μέσων μεταφοράς γύρω από τη λίμνη.

1.3.13 Βιώσιμη ενέργεια

Δεν υπάρχει χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις υποδομές, αλλά υπάρχουν φωτοβολταϊκά (ηλιακά πάνελ) για την παραγωγή ενέργειας (αυξανόμενη τάση σε επίπεδο λεκάνης σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή για την Ενέργεια, τα Απόβλητα και το Νερό).

1.3.14 Βιώσιμος Τουρισμός

Τα ποσοστά τουρισμού είναι τόσο χαμηλά που από περιβαλλοντική άποψη μόνο ως βιώσιμα θα μπορούσαν να θεωρηθούν (αν και μη βιώσιμα για τους απασχολούμενους με τον τουρισμό). Ωστόσο, η φέρουσα ικανότητα είναι υψηλή (Trakala et al. 2023) με σχετικά υψηλή Πολιτιστική Σημασία, Οικολογική Αξία, Ευκαιρίες για Εκπαίδευση, Προσβασιμότητα για Διαφορετικές Χρήσεις, π.χ. Πεζοπορία, Ποδηλασία και Ιππασία (σε σχέση με τις διαδρομές).

Route Number	Route Description	Length (Km)	Hiking (Visitors per Day)	Cycling (Visitors per Day)	Horse Riding (Visitors per Day)
1	Farmer Monument Kileler—Achillio-Kalamaki-Paleoskala	14.2	569	1423	356
2	Kalamaki-Elafos-Panagia Kampana	7.5	298	746	187
3	Elafos-Sklithro-Rakopotamos	11.7	467	1167	292
4	Sklithro-Keramidi-Kanalia	19.3	774	1934	483
5	Kanalia-Kerasia	6.9	275	687	172
6	Kanalia-Trail around lake Karla	30.4	1216	3040	760
7	Lake Karla-Stefanovikio-Panagia Armeniou-Panagia PetrasSotiriou	16.0	641	1603	401
8	Armenio-Achillio-Kalamaki-Elafos-Sklithro-DasosPolidendriou (former Royal estate)	29.9	1197	2992	748
9	Kileler greenhouses-Farmer Monument-VIOLAR-Achillio-Kalamaki reservoirs	8.1	325	811	203
10	Achillio-Kalamaki-Paleoskala-Lake Karla observatory-Ancient Oak forest park	28.8	1153	2882	721

Εικόνα 4. Εκτιμώμενος όγκος επισκεπτών που δυνητικά υποστηρίζει η περιοχή για τρεις διαφορετικές χρήσεις οικοπολιτιστικών δραστηριοτήτων (Από Trakala et al. 2023).

1.3.15 Ύδρευση και αποχέτευση

Η χρήση του ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλας για έμμεση υδροδότηση δεν είναι ακόμη ενεργή. Υγειονομικά μέτρα και υποδομές πρόκειται να τεθούν σε εφαρμογή για τη βελτίωση των υδάτων. Επίσης, τα περισσότερα χωριά γύρω από τη λίμνη δεν διαθέτουν κεντρικό σύστημα αποχέτευσης ούτε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν σηπτικές δεξαμενές και το δίκτυο ύδρευσης είναι παντορροϊκό, γεγονός που δυσχεραίνει την κατάσταση.

1.4 Μη αναμενόμενα αποτελέσματα σε όλα τα κριτήρια, συνέργειες και συμβιβασμοί

Παρά τον αρχικό σχεδιασμό, η υλοποίηση και η εφαρμογή του έργου αποδείχθηκαν σε ορισμένες περιπτώσεις προβληματικές. Για παράδειγμα, οι τάφροι/κανάλια που αποσκοπούσαν στην παροχή νερού στη λίμνη χρησιμοποιούνται μη- ορθολογικά ως συλλέκτες γεωργικών εκροών, αρδευτικά κανάλια και ρυθμιστικά για την προστασία από τις πλημμύρες. Αυτό έχει οδηγήσει σε ανεπαρκή παροχή νερού στη λίμνη, ειδικά κατά την περίοδο 2013-2018. Το κύριο πρόβλημα με την ελλιπή υδρολογική ρύθμιση της λίμνης και το ανεπαρκές ισοζύγιο νερού οδήγησαν σε μεγέθυνση των επιπτώσεων που προκαλούνται από άλλους παράγοντες, όπως οι γεωργικές πρακτικές.

Παρόλα αυτά, η περιοχή γύρω από τη λίμνη έχει υψηλό δυναμικό προσφοράς ρυθμιστικών υπηρεσιών και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, ενώ η αγροτική δραστηριότητα υποστηρίζει κυρίως υπηρεσίες εφοδιασμού, όχι μόνο σε τοπικό, αλλά και σε Εθνικό επίπεδο.

1.5 Σύνοψη της αποτελεσματικότητας του προγράμματος αποκατάστασης

Η άρδευση (εισροή νερού από τον Πηνειό, αρδευτικά κανάλια, μικροί αρδευτικοί ταμιευτήρες, αντλιοστάσια, τάφροι) έχει εν μέρει επιλυθεί.

Η αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων (κυρίως λόγω της ανακατασκευής/επαναπλήρωσης του ταμιευτήρα) έχει συμβάλει στην αντιμετώπιση των προβλημάτων εξάντλησης, ενώ παράλληλα έχει αυξήσει την ικανότητα αποθήκευσης νερού.

Η ανθεκτικότητα στις πλημμύρες (συλλεκτήρες, αντλιοστάσια, δίκτυα αποστράγγισης και η ίδια η λίμνη) έχουν βελτιώσει διάφορους δείκτες όπως: καλλιεργήσιμη έκταση προστατευμένη από πλημμύρες, χέρσα έκταση προστατευμένη από πλημμύρες, μήκος λεκάνης αποστράγγισης, μη διαβρώσιμη γη, διάβρωση εδάφους από το νερό, μέγιστος όγκος πλημμύρας.

Η εφαρμογή παρόχθιων ζωνών προστασίας (φυτο-αποκατάσταση), οι τεχνητοί υγρότοποι, η φύτευση/δάσωση, η περιφερειακή ζώνη προστασίας, αντιμετώπισαν ζητήματα ορθής λειτουργίας (βιωσιμότητας) και έτσι δεν προσέφεραν στην βελτίωση των βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων ποιότητας νερού.

Οι δράσεις για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και κατά της υποβάθμισης των οικοτόπων (αλλαγή στο καθεστώς προστασίας, αναδημιουργία του υγροτόπου, πολιτική περιβαλλοντικής διαχείρισης, δημιουργία πεδίων αναπαραγωγής ψαριών και πτηνών και δημιουργία οικολογικών διαδρόμων (συνεχών ενδιαιτημάτων χωρίς κατακερματισμούς) έχουν εν μέρει καταφέρει να μειώσουν την απώλεια βιοποικιλότητας, καθώς έχει καταγραφεί μια αυξητική τάση όσον αφορά τα είδη και τους πληθυσμούς.

Ποιες προκλήσεις πρέπει ακόμη να αντιμετωπιστούν;

Η διατήρηση του πολυλειτουργικού χαρακτήρα του συστήματος με ιεράρχηση των παρεχόμενων υπηρεσιών (θέτοντας ως απαρέγκλιτο όρο την σαφή διατήρηση του οικοσυστήματος). Επιπλέον, οι πολιτιστικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες, μαζί με την πράσινη/μπλε ανάπτυξη (στρατηγικές ορθής γεωργικής πρακτικής, μηδενικής ρύπανσης, κυκλικής οικονομίας, υιοθέτηση πράσινης/οικολογικής σήμανσης σε προϊόντα και υπηρεσίες της περιοχής), πρέπει να υποστηριχθούν ενεργά. Τέλος, τα μελλοντικά έργα αποκατάστασης οφείλουν να «απαντούν» ταυτόχρονα στους πυλώνες της ασφάλειας νερού, της ανθεκτικότητας του οικοσυστήματος και της κοινωνικής ευημερίας.

1.6 Ενδεικτική Βιβλιογραφία

Anagnostopoulos, D. A., Parlapani, F. F., Natoudi, S., Syropoulou, F., Kyritsi, M., Vergos, I., ... & Boziaris, I. S. (2022). Bacterial Communities and antibiotic resistance of potential pathogens involved in food safety and public health in fish and water of Lake Karla, Thessaly, Greece. *Pathogens*, *11*(12), 1473.

Gkelis, S., Panou, M., Chronis, I., Zervou, S. K., Christophoridis, C., Manolidi, K., ... & Lazaridou, M. (2017). Monitoring a newly re-born patient: water quality and cyanotoxin occurrence in a reconstructed shallow Mediterranean lake. *Advances in Oceanography and Limnology*, *8*(1).

Kagalou, I., Ntislidou, C., Latinopoulos, D., Kemitzoglou, D., Tsiaoussi, V., & Bobori, D. C. (2021). Setting the phosphorus boundaries for Greek natural shallow and deep lakes for Water Framework Directive compliance. *Water*, *13*(5), 739.

Karanikola, P., Tampakis, S., Zafeiriou, E., & Akrivouli, K. (2017). Local people attitudes towards wetland management. The case of Lake Karla in Greece. *Journal of Environmental Protection and Ecology, 18*(3), 1268–1276.

Latinopoulos, D., Dimitriou, A., & Kagalou, I. (2020). Modelling water related ecosystem Services in a Heavily Modified Mediterranean Reservoir Using the soil and water assessment tool (SWAT). *Environmental Sciences Proceedings*, *2*(1), 2.

Latinopoulos, D., Ntislidou, C., & Kagalou, I. (2020). Relationships of environmental conditions and phytoplankton functional groups in a new re-constructed shallow lentic system in draught conditions. *Ecohydrology & Hydrobiology*, *20*(3), 369-381.

Latinopoulos, D., Sidiropoulos, P., & Kagalou, I. (2018). Addressing gaps in environmental water policy issues across five Mediterranean freshwater protected areas. *Water*, *10*(12), 1853.

Mourelatos, S., Charizani, E., Kalaitzopoulou, S., Tseni, X., Lazos, N., Tsioka, K., ... & Gewehr, S. (2025). Extreme flood and WNV transmission in Thessaly, Greece, 2023. Scientific Reports, 15(1), 22433.

Panagopoulos, Y., &Dimitriou, E. (2020). A large-scale nature-based solution in agriculture for sustainable water management: The Lake Karla case. *Sustainability*, *12*(17), 6761.

Papadimitriou, T., Katsiapi, M., Vlachopoulos, K., Christopoulos, A., Laspidou, C., Moustaka-Gouni, M., & Kormas, K. (2018). Cyanotoxins as the “common suspects” for the Dalmatian pelican (Pelecanus crispus) deaths in a Mediterranean reconstructed reservoir. *Environmental Pollution*, *234*, 779-787.

Pavlis, E. (2025). Landscape loss and restoration: the case of Lake Karla in Greece. *Landscape Research*, 1-15.

Sidiropoulos, P., Chamoglou, M., & Kagalou, I. (2017). Combining conflicting, economic, and environmental pressures: Evaluation of the restored Lake Karla (Thessaly-Greece). *Ecohydrology & Hydrobiology*, *17*(3), 177-189.

Sidiropoulos, P., Tziatzios, G., Vasiliades, L., Mylopoulos, N., & Loukas, A. (2019). Groundwater nitrate contamination integrated modeling for climate and water resources scenarios: the case of Lake Karla over-exploited aquifer. *Water*, *11*(6), 1201.

Skordas, K., Kelepertzis, E., Kosmidis, D., Panagiotaki, P., & Vafidis, D. (2015). Assessment of nutrients and heavy metals in the surface sediments of the artificially lake water reservoir Karla, Thessaly, Greece. *Environmental Earth Sciences*, *73*(8), 4483-4493.

Spiliotis, M., Latinopoulos, D., Vasiliades, L., Rafailidis, K., Koutsokera, E., & Kagalou, I. (2022). Flexible Goal Programming for Supporting Lake Karla’s (Greece) Sustainable Operation. *Sustainability*, *14*(7), 4311.

Trakala, G., Martinis, A., Karris, G., Minotou, C., & Tsiroukis, A. (2023a). Sustainable development and environmental tourism. the case of lake Karla – Thessaly, Greece. *Journal of Environmental Management & Tourism, 14*(5), 2426-2439.

Trakala, G., Tsiroukis, A., & Martinis, A. (2023b). Eco-Cultural development of a restored lake environment: The case study of lake Karla (Thessaly, Greece). Land, 12(6), 1227.

Tziatzios, G., Sidiropoulos, P., Vasiliades, L., Lyra, A., Mylopoulos, N., & Loukas, A. (2021). The use of the pilot points method on groundwater modelling for a degraded aquifer with limited field data: the case of Lake Karla aquifer. *Water Supply*, *21*(6), 2633-2645.

Zervou, S. K., Kaloudis, T., Gkelis, S., Hiskia, A., & Mazur-Marzec, H. (2021). Anabaenopeptins from cyanobacteria in freshwater bodies of Greece. *Toxins*, *14*(1), 4.

Αδημοσίευτα δεδομένα από τον πρώην φορέα διαχείρισης ΦΔ ΚΑΜΑΚΕΒΕΔΕΠΗ και τη Μονάδα Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Θεσσαλίας (ΟΦΥΠΕΚΑ)

Βιολογικά και Φυσικοχημικά Δεδομένα Παρακολούθησης Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ, https://wfd.ekby.gr/apotelesmata/biologika-physikochimika-dedomena/)

Δεδομένα Natura 2000 Viewer (https://natura2000.eea.europa.eu/)

Έκθεση HVA. https://www.government.gov.gr/wp-content/uploads/2023/11/HVA-Fact-Finding-Mission-Report-on-Thessaly-Post-Disaster-Remediation.pdf?utm

ΣΔΛΑΠ ΥΔ8 – Θεσσαλία (2η αναθεώρηση, 2024). https://wfdver.ypeka.gr/el/management-plans-gr/2revision-approved-management-plans-gr/approved-2revision-el08-gr/

[1]https://www.iucnredlist.org/species/5030/137242130

[2]https://www.fishbase.org/summary/Barbus_sperchiensis.html

[3]https://www.iucnredlist.org/species/5040/137242801