

Πρόβλημα της Ευτροφίας στη λίμνη Λυσιμαχεία

Αντώνης Δυσόλης, Δημήτρης Κωστόπουλος

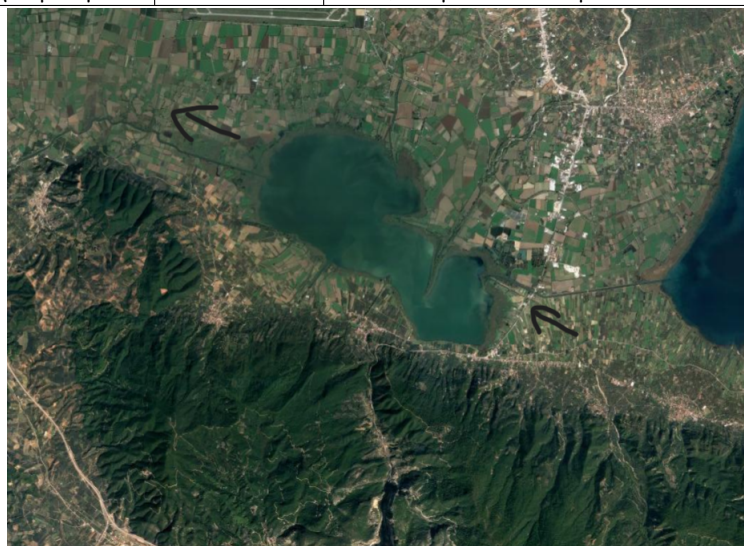
7 Ιανουαρίου 2024

Α

Εκφώνηση

Μεγάλες συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων (π.χ άζωτο, φώσφορος) μέσα στο νερό ευνοούν την ανάπτυξη άλγης ξεπερνώντας τα φυσιολογικά επίπεδα. Η άλγη καταναλώνει το οξυγόνο της λίμνης με αποτέλεσμα να κινδυνεύουν τα υπόλοιπα είδη. Τα επίπεδα της συγκέντρωσης φωσφόρου σε μιά λίμνη την καθιστούν ολιγοτροφική, μεσοτροφική η ευτροφική σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

	C (mg/L)	Επιβάρυνση οικοσυστήματος
Ολιγοτροφική	3-7	Φυσιολογικά επίπεδα
Μεσοτροφική	7-11	Κίνδυνος για μερικά είδη
Ευτροφική	> 11	Μεγάλη Απώλεια βιοποικιλότητας



Ένα εργοστάσιο βιολογικού καθαρισμού εμπλουτίζει ένα ποτάμι με 5000 κιλά διαλυτό φωσφόρο το χρόνο. Το ποτάμι αυτό εισρέει στη λίμνη Λυσιμαχεία, που βρίσκεται στο νομό Αιτωλοακαρνανίας, παρέχοντας $6 \cdot 10^6$ κυβικά μέτρα νερού το χρόνο. Το νερό εκρέει απο τη λίμνη από ένα άλλο ποτάμι με αποτέλεσμα ο όγκος της λίμνης να παραμένει πάντα σταθερος. Κάθε μέρα που ο φώσφορος βρίσκεται στη λίμνη το 0,05 της μάζας του κατακάθεται στο πυθμένα. Η αρχική συγκέντρωση του διαλυτού φωσφόρου στη λίμνη είναι 8 mg/L . Ο όγκος της λίμνης είναι 10^7 m^3 .

ι) Υπολογίστε τη συγκέντρωση C_1 διαλυτού φωσφόρου στο ποτάμι που εισρέει στη λίμνη δεδομένου ότι είναι σταθερή.

ii)Βρείτε την C_1 αν η μάζα του φωσφόρου που προσφέρεται είναι 10 φορές μεγαλύτερη/μικρότερη

iii)Η συγκέντρωση C_2 του φωσφόρου στη Λίμνη μετά από ένα χρόνο σταθεροποιείται. Τότε έχουμε ισοζύγιο μάζας, δηλαδή η μάζα m_1 φωσφόρου που εισρέει απο το πρώτο ποτάμι είναι ίση με τη μάζα m_2 που εκρέει απο τη λίμνη στο δεύτερο ποταμι συν την μάζα m_k που κάθισε στον πάτο της λίμνης .

α)Γράψτε το ισοζύγιο μάζας σαν ισότητα

β)Από την παραπάνω ισότητα βρείτε την C_2

(Υποδείξεις: $C = \frac{m}{V}$, $m_k = kVC_2$ όπου $k = 0,05$ ο συντελεστής της καθίζησης)
γ)Με βάση το παραπάνω πίναχα σε τι κατάσταση ευτροφίας βρίσκεται η Λίμνη μετά απο ένα χρόνο·

Λύσεις

i)Η συγκέντρωση στο ποτάμι είναι σταθερή. Δηλαδή τα $5000kg$ φωσφόρου είναι διαλυμένα σε $6 \cdot 10^6 m^3$ νερού.

$$\text{Είναι } C = \frac{m}{V} \Rightarrow C_1 = \frac{5000}{6 \cdot 10^6} \Rightarrow C_1 = \frac{5}{6} \cdot 10^{-3} \frac{kg}{m^3} = \frac{5}{6} \cdot 10^{-3} \cdot 10^9 \cdot 10^{-3} \frac{\mu g}{L} =$$

$$\frac{5}{6} \cdot 10^3 \approx 833,333 \mu g \Rightarrow C_1 = 833,333 \frac{\mu g}{L}$$

ii)Ομοίως με το i) αλλάζοντας την αντίστοιχη μάζα στο τύπο

iii)

$$\alpha) m_1 = m_2 + m_k$$

β)Έστω V_1 ο όγκος του ποταμιού και V_2 ο όγκος της λίμνης

$$\text{Υπόδειξη} \Rightarrow C_1 = \frac{m_1}{V_1}, C_2 = \frac{m_2}{V_2} \text{ και } m_k = kV_2C_2$$

$$\text{Από } \alpha) m_1 = m_2 + m_k \Rightarrow C_1V_1 = C_2V_1 + kV_2C_2 \Rightarrow C_2 = \frac{V_1}{V_1 + kV_2} C_1 = \frac{6 \cdot 10^6}{6 \cdot 10^6 + 0,05 \cdot 10^7} \frac{5}{6} \cdot$$

$$10^3 = \frac{5}{65} \cdot 10^{-2} \frac{kg}{m^3} = \frac{5}{65} \cdot 10^{-2} \cdot 10^9 \cdot 10^{-3} \frac{\mu g}{L} \approx 769,23 \frac{\mu g}{L}$$

γ)Ευτροφική

B

Το θέμα επιλέχθηκε μέσα απο πολλά προβλήματα προπτυχιακού επιπέδου μίας σχολής μηχανικών περιβάλλοντος. Τα μαθηματικά που απαιτούνται για να λυθεί το

πρόβλημα σε τέτοιο επίπεδο ξεπερνούν τις γνώσεις τον μαθητών σχολείου. Για αυτό ήταν σημαντικό το πρόβλημα που θα επιλεγεί να χρήζει απλούστευσης. Για παράδειγμα η υπόθεση ότι ο όγκος της λίμνης είναι σταθερός (θα μπορούσε να μειώνεται ή να αυξάνεται) ή το γεγονός ότι η συγκέντρωση σταθεροποιείται στη λίμνη πριν υπολογισθεί (αν την υπολογίσουμε πριν την ισορροπία πρέπει να λύσουμε μια διαφορική εξίσωση).

Γ

Το ζήτημα της ευτροφίας είναι πραγματικό πρόβλημα που συναντάται σε πολλά και γνωστά μέρη της Ελλάδας (Θερμαϊκός, Πηλίο, Ιωάννινα κ.α) αλλά και παγκοσμίως (Δυτικές Αχτές ΗΠΑ). Η απόρριψη χημικών που περιέχουν θρεπτικά στοιχεία από βιομηχανίες και αγροτικές παραγωγές εάν δεν γίνει προσεκτικά μπορεί να δημιουργήσει τεράστιες καταστροφές στη βιοποικιλότητα.

Δ

Το πρόβλημα θα δοθεί σε μαθητές πρώτης Λυκείου στο μάθημα της άλγεβρας. Στα πρώτα ερωτήματα οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν τον ορισμό της συγκέντρωσης και να κάνουν τη κατάλληλη μετατροπή μονάδων. Στο τρίτο ερώτημα οι μαθητές πρέπει να ποσοτικοποιήσουν το πρόβλημα (ισοζύγιο μάζας) και στη συνέχεια να λύσουν ένα σύστημα 4 απλών σχέσεων για να βρουν τη C_2 . Αν και από μαθηματικής άποψης τα ερωτήματα είναι απλά χρειάζεται αρκετή προσοχή στην περιγραφή του προβλήματος αφού είναι αρκετά μεγάλη με σχετικά πολλά μεγέθη που πρέπει να γίνει κατανοητό τι εκπροσωπούν. Η δορυφορική φωτογραφία δείχνει την Λίμνη και τα δύο ποτάμια και πάνω σε αυτή μπορεί ο διδάσκοντας να δείξει σε ποιο από αυτά τα σώματα αντιστοιχούν οι συγκεντρώσεις, μάζες και όγκοι.

Ε

Οδηγός εργαστηρίου, Μάθημα Μ-Π 421: Εφαρμογές σε Περιβαλλοντικά Μοντέλα, Νικόλαος Π. Νικολαΐδης, Ph.D., P.E., QEP Καθηγητής, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Αρχείο: ΟΔΗΓΟΣ-1ου-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ 2023 (Βρίσκεται στον zipped Φάκελο)

Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και Αποκατάστασης Εδαφών Χανιά, 73100 Διπλωματική Εργασία, Ποιοτικός έλεγχος της λίμνης Παμβώτιδας και συγκριτική ανάλυση με τη λίμνη της Καστοριάς, Μαρτάκης Ιωάννης, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2018 (σελίδες 41-42-43)
link: Διπλωματική Εργασία
Φωτογραφία: Google earth