

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023

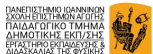


ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Βιοσυσσώρευση: Μια πειραματική προσέγγιση

Ελένη Μιχαλάτου, Άννα Φωτιάδου

doi: [10.12681/codiste.6837](https://doi.org/10.12681/codiste.6837)

ΒΙΟΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ: ΜΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Ελένη Μιχαλάτου¹, Άννα Φωτιάδου²

^{1,2}Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπ/σης, Πρώην Συνεργάτιδα ΕΚΦΕ Κέντρου, ΔΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης

fotiadouanna18@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια διδακτική πρόταση για την εργαστηριακή διδασκαλία της βιοσυσσωρευσης, ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης. Προτείνουμε δραστηριότητες προσομοίωσης του φαινομένου, με υλικά καθημερινής χρήσης, μελετώντας υποθετικά υδάτινα οικοσύστημα και προσδιορίζοντας τη συγκέντρωση του τοξικού ρυπαντή σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν ένα πείραμα επίδειξης και δύο εργαστήρια μοντελοποίησης, χρησιμοποιώντας το κλασικό παράδειγμα του DDT. Περιγράφουμε τις δραστηριότητες και τους διδακτικούς στόχους καθεμιάς εξ' αυτών. Οι προσομοιώσεις και οι διαδικασίες στις οποίες θα εμπλακούν οι μαθητές/τριες αναμένεται να συνεισφέρουν με εποπτικό τρόπο στη βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου και να βοηθήσουν στην αποσαφήνιση λεπτομερειών που σχετίζονται με τις παραδοχές του σχολικού βιβλίου. Είναι δραστηριότητες που υποστηρίζουν τη διδασκαλία και δεν απαιτούν ειδικό εξοπλισμό.

Λέξεις κλειδιά: βιοσυσσωρευση, ρύπανση νερού, τροφικά επίπεδα

BIOACCUMULATION: AN EXPERIMENTAL APPROACH

Helen Mihalatou², Anna, Fotiadou¹

^{1,2} Secondary School teacher, Former Collaborator of the Laboratory Center of Physical Sciences of Kentrou, Directorate of Secondary Education East Thessaloniki

fotiadouanna18@gmail.com

ABSTRACT (ΣΕ ΣΤΥΛ ΠΡΩΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΠΙΚΕΦΑΛΙΔΑ)

In this paper we present lab activities for teaching bioaccumulation, an environmental problem that needs immediate attention. We present activities that simulate the phenomenon, using inexpensive materials, to study hypothetical aquatic ecosystems and determine the concentration of the toxic pollutant at different trophic levels. The activities include a demonstration experiment and two lab projects to model the phenomenon, using the classic example of DDT. We describe the activities and their teaching objectives. The simulations and the procedures that students will undertake are expected to contribute in an illustrative way to a deeper understanding of the phenomenon and help clarify details related to the assumptions of the textbook. These activities support teaching and do not require special equipment.

Keywords: bioaccumulation, water pollution, trophic level

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια αναδεικνύεται όλο και περισσότερο η ανάγκη ευαισθητοποίησης της παγκόσμιας κοινότητας σχετικά με τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, ώστε να διαμορφωθούν ενεργοί πολίτες, οι οποίοι θα μπορούν να αναλάβουν δράση απέναντι στα κρίσιμα περιβαλλοντικά προβλήματα που ανακύπτουν. Αυτό σημαίνει ότι εκπαιδευτικοί, μαθητές και γονείς, μεταξύ άλλων, γίνονται όλοι αναπόσπαστο και πολύτιμο κομμάτι μιας παγκόσμιας συλλογικής συνείδησης απέναντι στο μέλλον του πλανήτη και στο δικαίωμα όλων των ανθρώπων να ζήσουν με αξιοπρέπεια, δικαιοσύνη και ισότητα (ΟΗΕ, 2015). Το σχολείο αποτελεί τον πρώτο χώρο επιστημονικού εγγραμματισμού στο κρίσιμο πεδίο γνώσεων της αειφορικής διαχείρισης του περιβάλλοντος.

Ένα από τα σοβαρά προβλήματα που σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα είναι και η ρύπανση εδάφους, νερού και αέρα (Αδαμαντιάδου κ.ά., 2013). Σε ό,τι αφορά τα υδάτινα οικοσυστήματα, ως ρύπανση ορίζεται ή κάθε φυσική, χημική ή βιολογική μεταβολή που τα καθιστά ακατάλληλα για τους οργανισμούς οι οποίοι ζουν σ' αυτά ή τα χρησιμοποιούν. Οι πιο τοξικοί ρύποι (π.χ. διάφορα παρασιτοκτόνα και εντομοκτόνα) δε διασπώνται από τους οργανισμούς (μη βιοδιασπώμενες ουσίες) με αποτέλεσμα, ακόμη και αν βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, να συσσωρεύονται στους κορυφαίους καταναλωτές προκαλώντας το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης (Αδαμαντιάδου κ.ά., 2013). Οι ουσίες αυτές είναι συνήθως λιποδιαλυτές και, σε αντίθεση με τις υδατοδιαλυτές ουσίες οι οποίες απεκκρίνονται, παραμένουν στους ιστούς και στα όργανα των οργανισμών και μεταφέρονται αναλλοίωτες στους θηρευτές τους. Η συσσώρευση μη βιοδιασπώμενων ουσιών αφορά και τον ίδιο τον άνθρωπο καθώς αυτός αποτελεί, συνήθως, τον τελευταίο κρίκο σε πολλές τροφικές αλυσίδες.

Η παρούσα διδακτική πρόταση προτείνεται ως μια σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων προσομοίωσης του φαινομένου της βιοσυσσώρευσης με υλικά καθημερινής χρήσης για την υποστήριξη της διδασκαλίας. Μελετώνται υποθετικά υδάτινα οικοσυστήματα και προσδιορίζεται σε κάθε τροφικό επίπεδο η επιβάρυνση από τον τοξικό ρυπαντή. Οι δραστηριότητες αποτελούν προσαρμογή σχετικού υλικού που αντλήθηκε από τη βιβλιογραφία (eScience Labs, 2010· Shuskey, 2012· Wells, 2009).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί σε μαθητές της Β' τάξης του Γενικού Λυκείου στο πλαίσιο της διδασκαλίας της ρύπανσης των υδάτων που περιλαμβάνεται στο 2^ο κεφάλαιο του σχολικού εγχειριδίου για το μάθημα της Βιολογίας. Το κεφάλαιο αυτό εισάγει τους μαθητές στη ρύπανση του περιβάλλοντος με ειδική αναφορά στη ρύπανση των υδάτων και στο φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης. Η προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση περιλαμβάνει ένα πείραμα επίδειξης και δύο εργαστήρια μοντελοποίησης του φαινομένου, διάρκειας μιας διδακτικής ώρας το καθένα.

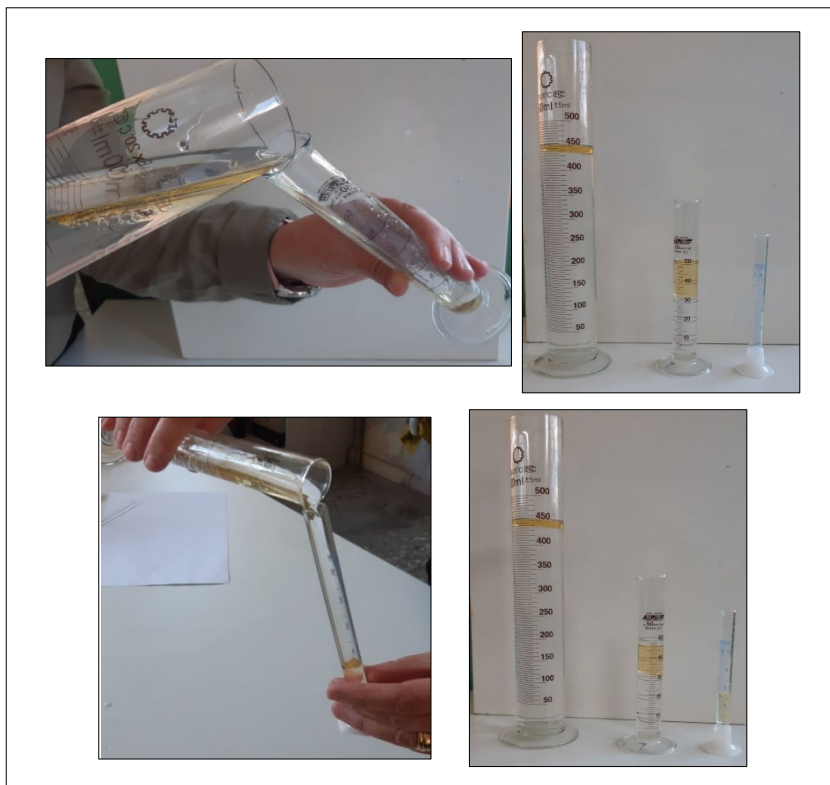
Η διδακτική προσέγγιση που προτείνουμε εμπλέκει βιωματικά τους μαθητές/τριες στην μοντελοποίηση του φαινομένου της βιοσυσσώρευσης με σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση των σχετικών διεργασιών. Η πρώτη δραστηριότητα αφορά ένα πείραμα επίδειξης, ως εφόρμηση στην παρουσίαση του φαινομένου, το οποίο δύναται να παρουσιαστεί μετωπικά από τον εκπαιδευτικό μέσα στην τάξη. Προτείνουμε, επίσης, 2 δραστηριότητες προσομοίωσης του φαινομένου με υλικά καθημερινής χρήσης. Η εκτέλεση των πειραμάτων περιγράφεται σε αντίστοιχα φύλλα εργασίας (Φ.Ε.) στα οποία αποτυπώνεται και η ροή της διδακτικής πορείας. Οι μαθητές/τριες συγκροτούνται σε ομάδες 3-4 ατόμων και ακολουθούν τις οδηγίες που Φ.Ε. για να εκτελέσουν τα πειράματα μοντελοποίησης του φαινομένου και να προβληματιστούν πάνω στις παραδοχές των μοντέλων που χρησιμοποιούνται αλλά και στις παραδοχές του σχολικού εγχειριδίου. Η κάθε διδακτική ώρα ολοκληρώνεται με συζήτηση των αποτελεσμάτων των ομάδων στην ολομέλεια της τάξης. Με τις προτεινόμενες δραστηριότητες, αναμένεται οι μαθητές/τριες:

- α) να κατανοήσουν με εποπτικό τρόπο την έννοια της βιοσυσσώρευσης,
- β) να συσχετίσουν το φαινόμενο με συγκεκριμένη κατηγορία ρύπων και να το συνδέσουν με θέματα της καθημερινής ζωής,
- γ) να αντιληφθούν ότι η βιοσυσσώρευση αποτελεί ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα με επεκτάσεις στην υγεία του ανθρώπου ως κορυφαίου θηρευτή,
- δ) να εκτελέσουν πειράματα και να εξάγουν συμπεράσματα,
- ε) να διακρίνουν/ανακαλύψουν τις παραδοχές του σχολικού εγχειριδίου και να συνειδητοποιήσουν ότι αποτελούν συμβάσεις προκειμένου να μελετηθεί το φαινόμενο,
- στ) να ενισχύσουν τον επιστημονικό τους εγγραμματισμό.

1^η Δραστηριότητα: Πείραμα επίδειξης.

Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί ογκομετρικούς κύλινδρους, νερό και λάδι για την προσομοίωση τριών τροφικών επιπέδων ενός υποθετικού οικοσυστήματος. Συγκεκριμένη ποσότητα νερού που προσομοιώνει τη βιομάζα των οργανισμών του 1^{ου} τροφικού επιπέδου προστίθεται στον 1^ο κύλινδρο. Ο μη βιοδιασπώμενος ρύπος (λιποδιαλυτή ουσία) προσομοιώνεται με συγκεκριμένη ποσότητα λαδιού η οποία προστίθεται κατόπιν στον ίδιο κύλινδρο του 1^{ου} τροφικού επιπέδου. Η αδιαλυτότητά του ρύπου στο νερό αντιπροσωπεύει την αντοχή του στη βιολογική αποικοδόμηση και τον μεταβολισμό. Για την προσομοίωση της ροής ενέργειας και του φαινομένου της βιοσυσσώρευσης, ο εκπαιδευτικός μεταφέρει συγκεκριμένη ποσότητα μίγματος (10%) από τον 1^ο κύλινδρο στον 2^ο (2^ο τροφικό επίπεδο) και ομοίως από τον 2^ο στον 3^ο (3^ο τροφικό επίπεδο) (Σχήμα 1).

Σχήμα 1. Προσομοίωση της ροής ενέργειας σε ένα υποθετικό οικοσύστημα στο πείραμα επίδειξης.



Η μεταφορά του μίγματος γίνεται αργά και με προσοχή ώστε να γίνονται αντιληπτές οι διαφορετικές φάσεις του μίγματος. Οι φάσεις αυτές, που διατηρούνται στους κύλινδρους των επόμενων τροφικών επιπέδων, δίνουν τη δυνατότητα οπτικοποίησης του φαινομένου της βιοσυσσώρευσης μιας και κατά τη μεταφορά αυξάνεται η συγκέντρωση του λαδιού στο μίγμα (Σχήμα 1).

Οι μαθητές/τριες σε κάθε ομάδα συμπληρώνουν στο Φ.Ε. (Σχήμα 2) τις συγκεντρώσεις του ρύπου σε κάθε τροφικό επίπεδο και συζητούν τους περιορισμούς και τις παραδοχές του μοντέλου.

Σχήμα 2. Ενδεικτική δραστηριότητα στο φύλλο εργασίας.

5. Παρακολουθήστε το πείραμα επίδειξης, καταγράψτε στον παρακάτω πίνακα τον όγκο του νερού και τον όγκο του λαδιού σε κάθε κύλινδρο και υπολογίστε τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις του λαδιού.

Τροφικό επίπεδο	Διαβαθμισμένος κύλινδρος	Όγκος νερού	Όγκος λαδιού	Συνολικός όγκος μίγματος	% συγκέντρωση λαδιού
Πρώτο	A			500 ml	
Δεύτερο	B			50 ml	
Τρίτο	Γ			5 ml	

6. Πώς άλλαξε η συγκέντρωση του λαδιού από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο;

.....Ac

2^η Δραστηριότητα: Υπολογισμός της ποσότητας του ρύπου ανά άτομο.

Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές/τριες θα προσομοιώσουν το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης σε ένα οικοσύστημα τεσσάρων τροφικών επιπέδων, ώστε να διαπιστώσουν, με εποπτικό τρόπο, τη μεταφορά αλλά και την αύξηση της ποσότητας ενός μη βιοδιασπώμενου ρύπου (DDT) ανά άτομο από τα κατώτερα στα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Σε κάθε ομάδα δίνεται το Φ.Ε και τα υλικά: φασόλια (λευκά και μαυρομάτικα) και ποτηράκια με τα ονόματα των οργανισμών που αντιπροσωπεύουν για κάθε τροφικό επίπεδο. Τα φασόλια αντιστοιχούν στον πληθυσμό των παραγωγών στο οικοσύστημα, με τα μαυρομάτικα να προσομοιώνουν τα άτομα των παραγωγών που έχουν απορροφήσει ο καθένας 1 μg DDT. Κάθε ποτηράκι αντιστοιχεί σε ένα άτομο καταναλωτή. Για την προσομοίωση της ροής ενέργειας από το 1^ο στο 2^ο επίπεδο, με βάση τις οδηγίες του Φ.Ε, μεταφέρεται με τυχαίο τρόπο συγκεκριμένος αριθμός φασολιών σε καθένα από τα αντίστοιχα ποτηράκια. Με ανάλογο τρόπο γίνεται η προσομοίωση της ροής ενέργειας για τα επόμενα επίπεδα (Σχήμα 3).

Σχήμα 3. Προσομοίωση της ροής ενέργειας στο υποθετικό οικοσύστημα της 2^{ης} δραστηριότητας.



Κατόπιν, η κάθε ομάδα υπολογίζει, μετρώντας τον αριθμό των μαυρομάτικων φασολιών που έχουν καταλήξει σε κάθε ποτηράκι, την ποσότητα του DDT που καταλήγει σε κάθε θηρευτή κάθε τροφικού επιπέδου. Η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές (1^η, 2^η, 3^η δοκιμή) και υπολογίζεται ο μέσος όρος της ποσότητας του ρύπου ανά άτομο, ώστε να διαπιστωθεί η αύξηση του ρύπου στους οργανισμούς των ανώτερων τροφικών επιπέδων. Οι μαθητές/τριες συμπληρώνουν το Φ.Ε. (Σχήμα 4) και συζητούν για τους περιορισμούς και τις παραδοχές του μοντέλου και του σχολικού εγχειριδίου.

Σχήμα 4. Ενδεικτική δραστηριότητα στο 2^ο φύλλο εργασίας.

Ποσότητα DDT/άτομο (pgr)				
Τροφικό επίπεδο	A (1 ^η δοκιμή)	B (2 ^η δοκιμή)	Γ (3 ^η δοκιμή)	Δ (μέσος όρος)
Φυτοπλακτόν				
Ζωοπλακτόν				
Αθερίνες				
Ψαροπούλι				

3^η Δραστηριότητα: Υπολογισμός της συγκέντρωσης του ρύπου ανά τροφικό επίπεδο.

Με τη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές/τριες θα προσομοιώσουν τη διαδικασία της βιοσυσώρευσης σε ένα οικοσύστημα τριών τροφικών επιπέδων ώστε να διαπιστώσουν με εποπτικό τρόπο τη μεταφορά αλλά και την αύξηση της συγκέντρωσης των ρύπων ανά τροφικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη τις παραδοχές του σχολικού

εγχειριδίου. Στο υποθετικό οικοσύστημα ζουν: φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν και ψάρια. Θα χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένες ποσότητες νερού για να προσομοιωθεί η βιομάζα των οργανισμών και ένας συγκεκριμένος αριθμός κομματιών πλαστικού για να προσομοιωθεί ο μη βιοδιασπώμενος ρύπος. Η αδιαλυτότητά τους στο νερό αντιπροσωπεύει την αντοχή τους στη βιολογική αποικοδόμηση και τον μεταβολισμό. Θεωρούμε ότι κάθε κομματάκι πλαστικού αντιστοιχεί σε 0,5 μg DDT. Οι τροφικές σχέσεις προσομοιώνονται με μεταφορά συγκεκριμένης ποσότητας νερού, μαζί με τα επιπλέοντα κομμάτια πλαστικού, από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο.

Σε κάθε ομάδα δίνεται το Φ.Ε και τα υλικά: 1 μεγάλο πλαστικό μπουκάλι νερού (βαθμονομημένο στα 200 ml) με την ένδειξη "φυτοπλαγκτόν" στο οποίο περιέχονται 1000 ml νερό και 30 κομμάτια επιπλέοντος πλαστικού, 1 μεγάλο πλαστικό μπουκάλι νερού με την ένδειξη "ζωοπλαγκτόν" (βαθμονομημένο στα 20 και 100 ml), 1 μικρός ογκομετρικός κύλινδρος με την ένδειξη "ψάρια" (βαθμονομημένο στα 2 και 10 ml), 1 χωνί, 1 μικρό κομμάτι τούλι, λαστιχάκι, 1 λεκανάκι απόρριψης υγρών. Τα κομμάτια του πλαστικού αντιστοιχούν στην ποσότητα του τοξικού ρυπαντή (λιποδιαλυτή ουσία) που περιέχεται στη συνολική βιομάζα των παραγωγών (που προσομοιώνεται με τα 1000 ml νερού) του υποτιθέμενου οικοσυστήματος.

Η προσομοίωση της ροής ενέργειας από το 1^ο στο 2^ο τροφικό επίπεδο γίνεται με μεταφορά συγκεκριμένης ποσότητας νερού (800 ml) από το 1^ο στο 2^ο "μπουκάλι". Το νερό που μεταφέρεται παρασύρει και τα επιπλέοντα κομμάτια πλαστικού (προσομοίωση του φαινομένου της βιοσυσσώρευσης). Για την προσομοίωση των απωλειών ενέργειας, οι μαθητές/τριες μεταφέρουν συγκεκριμένη ποσότητα νερού από το 2^ο "μπουκάλι" (700 ml) στο λεκανάκι απόρριψης, αφού πρώτα καλύψουν το στόμιό του με το τούλι ώστε να μην παρασυρθούν τα επιπλέοντα κομμάτια πλαστικού. Ο όγκος του νερού που παραμένει στο 2^ο μπουκάλι (100 ml) αντιπροσωπεύει, τελικά, τη βιομάζα των καταναλωτών 1^{ης} τάξης (Σχήμα 5).

Σχήμα 5. Προσομοίωση της ροής ενέργειας στο υποθετικό οικοσύστημα της 3^{ης} δραστηριότητας.



Οι μαθητές/τριες υπολογίζουν τις συγκεντρώσεις του ρύπου στο 1^ο και στο 2^ο τροφικό επίπεδο, βάσει του όγκου του νερού και του αριθμού των κομματιών πλαστικού που παραμένουν σε κάθε "μπουκάλι". Με ανάλογο τρόπο προσομοιώνεται η ροή ενέργειας και μεταξύ των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων και υπολογίζονται οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις του ρύπου για να διαπιστωθεί η κατά 10% αύξηση της συγκέντρωσής του από το ένα επίπεδο στο αμέσως επόμενο. Η κάθε ομάδα συμπληρώνει το Φ.Ε. (Σχήμα 6) και οι μαθητές/τριες συζητούν τους λόγους για τους οποίους δεν μεταφέρθηκε όλη η ποσότητα του νερού από το κάθε μπουκάλι στο επόμενο, τους λόγους για τους οποίους χάνεται το 90% της βιομάζας κάθε επιπέδου,

καθώς και τους περιορισμούς και τις παραδοχές του συγκεκριμένου μοντέλου που συμπίπτουν με αυτές του σχολικού εγχειριδίου.

Σχήμα 6. Ενδεικτική δραστηριότητα στο 3^ο φύλλο εργασίας.

4. Συμπληρώστε τα υπόλοιπα πεδία του πίνακα 1.

Ποσότητα DDT/τροφικό επίπεδο			
Τροφικό επίπεδο	Βιομάζα (g)	Ποσότητα μη βιοδιασπώμενου ρύπου (μg)	Συγκέντρωση μη βιοδιασπώμενου ρύπου (μg/g)
Φυτοπλαγκτόν			
Ζωοπλαγκτόν			
Ψάρια			

5. Σχεδιάστε την πυραμίδα βιομάζας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αδαμαντιάδου ΣΜ., Γεωργάτου Μ., Γιαπιτζάκης Χ., Λάκκα Λ., Νοταράς Δ., Φλωρεντίν Ν. & Χατζηγεωργίου Γ. (2013). Βιολογία Γ' Λυκείου. ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- ΟΗΕ. (2015). Ατζέντα 2030 για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη: 17 Στόχοι για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη. Retrieved from: https://unric.org/el/17_Στόχοι_Βιώσιμης_Ανάπτυξης
- eScience Labs. (2010). Lab Manual Introductory Biology (Version 4.4): Lab 10: Ecological Interactions. Retrieved from: <https://www.yumpu.com/en/document/read/39634505/lab-manual-escience-labs>
- Shuskey, T. (2012). Biomagnification Lab. Retrieved from: Cornell Institute for Biology Teachers <https://blogs.cornell.edu/cibt/labs-activities/labs/biomagnification-lab-todd-shuskey/>
- Wells, E. (2009). Lab Manual for Environmental Science: Biomagnification Through a Food Chain. Retrieved from: <https://www.fairmontstate.edu/esspassport/sites/default/files/u4/Biomagnification%20Activity%20Earth%20Science%20Version.docx>