

**Αποικοδόμηση: Εννοιολογική Αλλαγή σε μαθητές Δημοτικού με τη Διερευνητική Μέθοδο**

**Decomposition: Conceptual Change in Primary School Students with the Exploratory Method**

**Ειρήνη Μπαγιάτη**, Σχολική Σύμβουλος Δημοτικής Εκπαίδευσης 8ης Περιφέρειας Π.Ε. Ν. Ηρακλείου – Βιολόγος  
– Phd & Msc στις Επιστήμες της Αγωγής, [ebagiati@gmail.com](mailto:ebagiati@gmail.com)

**Irene Bayati**, School Councilor of Elementary Education of the 8th District N. Heraklion - Biologist - Phd & Msc in Education Sciences, [ebagiati@gmail.com](mailto:ebagiati@gmail.com)

**Περίληψη:** Η έρευνα μελετά τις εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών Δ΄ δημοτικού σε σχέση με την αποικοδόμηση και γίνεται προσπάθεια να επεκταθούν προς την επιστημονικά αποδεκτή άποψη με κονστρουκτιβιστικό πλαίσιο διδασκαλίας και συγκεκριμένα με τη διερευνητική μέθοδο, μέσω των τεχνικών του πειραματισμού και της ημιδομημένης συζήτησης. Αν και αρχικά οι μαθητές αγνοούν το ρόλο των αποικοδομητών και τη διαδικασία της αποικοδόμησης, μέσα από την υλοποίηση δραστηριοτήτων που προωθούν τη μάθηση και έχουν αφετηρία τις ιδέες και την εμπειρικοβιωματική γνώση των μαθητών, αλλά και με τη φθίνουσα καθοδήγηση της ερευνήτριας σταδιακά προεκτείνουν τις απόψεις τους προς την επιστημονική σκοπιά. Η έρευνα, που χρησιμοποίησε τόσο τη γραπτή έκφραση των παιδιών με μία φαινομενολογική προσέγγιση, όσο και την αποδελτίωση της βιντεοσκοπημένης διδασκαλίας ενισχύει την άποψη ότι η καθημερινή γνώση των μαθητών δεν αποτελεί εμπόδιο για την πορεία προς την εννοιολογική αλλαγή, αλλά πιθανότερα το «όργανο» στο οποίο θα βασιστεί η διδασκαλία προκειμένου η ονομαζόμενη απλοϊκή γνώση, να αντικατασταθεί από την επιστημονική γνώση.

**Λέξεις κλειδιά:** Διδακτική της Οικολογίας, οικολογικές γνώσεις, εναλλακτικές αντιλήψεις, εννοιολογική αλλαγή.

**Abstract:** This study explores the alternative concepts of elementary school students in relation to decomposition and efforts are made to extend the established scientific view of constructivist teaching framework, namely the exploratory method, through the techniques of experimentation and the semi-structured discussion. Although initially students disregard the role of the decomposers and the process of decomposition, through the implementation of activities that promote learning, emerging by the ideas and empirical knowledge of the students, as well as with the decreasing direction of the researcher, they gradually extend their views to the scientific point of view. The current study, which used both the written

expression of children with a phenomenological approach and the visualization of videotaped teaching, reinforces the view that the daily knowledge of students is not an obstacle to the path towards conceptual change, but rather the "organ" in which will be based on teaching so that so-called simplistic knowledge is replaced by scientific knowledge.

**Key words:** Ecology teaching, ecological knowledge, alternative concepts, conceptual change.

## Εισαγωγή

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70, οι εκπαιδευτικές έρευνες επηρεάστηκαν από ένα σύνολο θεωριών για τη γνώση και τη μάθηση που ορίζονται γενικά ως κονστρουκτιβιστικές (Taylor, 1993; Fosnot, 1995; Carr et al., 1995). Οι κονστρουκτιβιστικές θεωρίες περιγράφουν την ανθρώπινη γνώση ως διαδικασία γνωστικής κατασκευής ή επινόησης, στην οποία εμπλέκεται το άτομο στην προσπάθειά του να κατανοήσει, για οποιοδήποτε σκοπό, το κοινωνικό ή το φυσικό του περιβάλλον (Taylor, 1993). Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές εκδοχές του κονστρουκτιβισμού, ωστόσο όλες συγκλίνουν στην άποψη ότι το σύνολο των προηγούμενων βιωματικών εμπειριών ενός ατόμου συνιστούν ένα εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς, για να αντιληφθεί και να κατανοήσει νέα φαινόμενα (Taylor, 1993). Οι ερευνητές από τον τομέα της μάθησης και της διδακτικής, επηρεασμένοι από τις κονστρουκτιβιστικές θεωρίες έστρεψαν την προσοχή τους στην καταγραφή των ιδεών και των αντιλήψεων των μαθητών για διάφορες επιστημονικές έννοιες.

Ταυτόχρονα με τις έρευνες αυτές επιχειρήθηκε και η διαμόρφωση διδακτικών μοντέλων βασισμένων στα παραχθέντα ερευνητικά αποτελέσματα σχετικά με τις ιδέες των παιδιών καθώς και σε θέσεις της γνωστικής ψυχολογίας σχετικές με τη διαμόρφωση γνωστικών δομών, με κύρια κατεύθυνση την εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή την αλλαγή της μη αποδεκτής επιστημονικά γνώσης των παιδιών, προς την επιστημονικά παραδεκτή άποψη. Τα διδακτικά αυτά μοντέλα κατά κανόνα αφορούν τη διδασκαλία μεμονωμένων εννοιών από τις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) και προτείνουν διάφορες διδακτικές προσεγγίσεις. Οι Scott, Asoko και Driver (1991), σε μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης των προτεινόμενων μεθοδολογιών, διέκριναν δύο κύριες ομάδες. Στην πρώτη εξ αυτών ανήκουν εκείνες οι στρατηγικές που βασίζονται στη νοητική σύγκρουση των αρχικών ιδεών των παιδιών με τις παρουσιαζόμενες επιστημονικά ορθές και στην άλλη στρατηγικές που στηρίζονται πάνω στις υπάρχουσες απόψεις των παιδιών και σταδιακά επιχειρείται προέκτασή τους προς την επιστημονική σκοπιά με τη χρήση διάφορων μεθοδολογιών, όπως π.χ. αναλογιών και μεταφορών. Η εφαρμογή και αξιολόγηση των διδακτικών αυτών μοντέλων έδωσε κάποια αξιόλογα αποτελέσματα όσον αφορά στη μάθηση, αλλά γενικά διαπιστώθηκε ότι η πορεία για εννοιολογική αλλαγή είναι περισσότερο πολύπλοκη από ότι αρχικά είχε θεωρηθεί (Scott, Asoko και Driver, 1991).

Σύμφωνα με τη θεωρία των Posner, Strike κ.ά (1982), η εννοιολογική αλλαγή θεωρείται ως η

αντικατάσταση των παλιών εννοιών από τις καινούργιες. Σε συμφωνία με το παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο, οι μαθητές θα πρέπει να νοιώσουν δυσαρέσκεια με τις υπάρχουσες αντιλήψεις τους και να θεωρήσουν τις νέες έννοιες ικανοποιητικότερες (Posner, Strike κ.ά., 1982). Εμπειρικές έρευνες ωστόσο, δείχνουν ότι οι γνωστικές συγκρούσεις συχνά δεν οδηγούν σε εννοιολογική αλλαγή. Εφόσον οι έννοιες εκλαμβάνονται ως γνωστικά εργαλεία, πρέπει να γίνει παραδεκτό οι ονομαζόμενες απλοϊκές έννοιες είναι αρκετά χρήσιμες στην καθημερινή ζωή. Δεν είναι εύκολο να αντικατασταθούν από τις επιστημονικές, γιατί αυτές δεν επαρκούν στην πρακτική. Ως εκ τούτου οι απλοϊκές έννοιες αντί να αντικατασταθούν, συχνά παραμένουν ζωντανές και συνυπάρχουν επιπλέον με τις νέες έννοιες. Οι μαθητές, μαθαίνουν τέλεια την επιστημονική ορολογία, μαθαίνουν να αναπαράγουν τη γνώση που διδάχθηκαν στο σχολείο και να απαντούν στις ερωτήσεις του δασκάλου. Εκτός σχολείου, ωστόσο, συνεχίζουν να χρησιμοποιούν τις παλιές αντιλήψεις, ενώ η καινούργια γνώση παραμένει αδρανής (Schotz κ.ά., 1999; Κουζέλης, 2005). Η αδρανής γνώση είναι ένα φαινόμενο που προκύπτει από αδυναμία μεταφοράς γνώσεων, καθώς η τυπική γνώση που αποκτάται στο σχολείο περιορίζεται στη μετάδοση πληροφοριών και δε συνδέεται με τις περιστάσεις της καθημερινής ζωής με τις οποίες είναι σχετική (Βοσνιάδου, 1998).

Η κριτική απέναντι στην παραδοσιακή άποψη οδήγησε στην ανάπτυξη νέων θεωρητικών προσεγγίσεων, οι οποίες βοηθούν να σχεδιαστεί μια πιο διαφοροποιημένη άποψη για την εννοιολογική αλλαγή. Αυτές οι προσεγγίσεις διαφέρουν μεταξύ τους σε σχέση με τις ακόλουθες ερωτήσεις: ποια είναι η φύση των εναλλακτικών αντιλήψεων του μαθητευομένου; Ποιοι είναι οι μηχανισμοί που προκαλούν την εννοιολογική αλλαγή; Τι κάνει δύσκολη την εννοιολογική αλλαγή; Τι μπορούμε να κάνουμε για να ενισχύσουμε την εννοιολογική αλλαγή;

Σε σχέση με τη φύση των ατομικών εναλλακτικών αντιλήψεων, ο di Sessa (1993) υποστηρίζει ότι η απλοϊκή γνώση των μαθητών αποτελείται από απομονωμένα κομμάτια, που ονομάζονται φαινομενολογικές αρχές. Ο di Sessa (1993), θεωρεί ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών δε συνιστούν ένα συνδεδεμένο και εσωτερικά συνεπές θεωρητικό πλαίσιο αλλά αντίθετα, ένα κατακερματισμένο σύνολο, μια «γνώση σε κομμάτια». Αυτά τα κομμάτια αποτελούν ιδιαίτερα στοιχειώδη σχήματα τα οποία ονομάζει “p- prims” (phenomenological primitives) και αντιπροσωπεύουν επιφανειακές εξηγήσεις της πραγματικότητας, ενώ παίζουν σημαντικό ρόλο στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων. Η αρχική χαμηλή συνοχή της απλοϊκής γνώσης θεωρείται ότι απορρέει από τα μεταγνωστικά ελλείμματα των παιδιών και τα ακατάλληλα επίπεδα κατανόησης. Στο σύστημα αυτό, η εννοιολογική αλλαγή πραγματοποιείται μέσα από την αναδιοργάνωση των “p- prims” ή μέσω της αύξησης της εσωτερικής συνέπειας και συστηματοποίησης των “p- prims” τα οποία λειτουργούν ως ερμηνείες. Σύμφωνα λοιπόν με τη θεωρία του di Sessa η εννοιολογική αλλαγή είναι πρωταρχικά μια ενοποίηση των φαινομενολογικών αρχών (“p- prims” ή phenomenological primitives) σε πιο περιεκτικές εννοιολογικές δομές (di Sessa, 1993; Schotz κ.ά., 1999). Ο di Sessa, (1993) υποστήριζε ότι η διδακτική παρέμβαση που είχε στόχο τη γνωστική σύγκρουση δεν είχε κάποιο νόημα. Αντίθετα, οι μαθητές θα πρέπει να αντιμετωπιστούν ως

«αρχιτέκτονες» που θα πρέπει να βοηθηθούν για να συνθέσουν καλύτερα τα απαραίτητα “p-primis”, ώστε να δομήσουν κατάλληλες εξηγήσεις.

Δυσaréσκεια για τη χρήση της γνωστικής σύγκρουσης έχουν εκφράσει και άλλοι εκπαιδευτικοί από την εκπαίδευση στις ΦΕ, οι οποίοι παρατήρησαν ότι σε περιπτώσεις γνωστικής σύγκρουσης, οι μαθητές συνήθως ερμηνεύουν πρόχειρα και με πολύ επιφανειακό τρόπο τις ασυνέπειες που υπάρχουν και δεν περνούν σε πιο ριζικές μορφές εννοιολογικής αλλαγής, οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατανόηση πολύπλοκων επιστημονικών εννοιών (di Sessa, 2013; Duit, Treagust και Widodo, 2013).

Μια αρκετά διαφορετική άποψη υιοθετήθηκε από τους Vosniadou και Brewer (1998), οι οποίοι διερεύνησαν τις ιδέες των παιδιών για ορισμένα φαινόμενα στο χώρο της αστρονομίας. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, οι έννοιες που έχουν διαμορφώσει οι μαθητές «είναι ενσωματωμένες σε μεγαλύτερες θεωρητικές δομές» (Βοσνιάδου, 2000) που τελικά διαμορφώνουν τα νοητικά μοντέλα των μαθητών. Αυτά τα νοητικά μοντέλα «οικοδομούνται από την παιδική ηλικία και διαμορφώνουν τη βάση μιας σφαιρικής διαισθητικής θεωρίας για το φυσικό κόσμο και είναι υπεύθυνα για τις παρανοήσεις των μαθητών» (Βοσνιάδου, 2000; 2013). «Ο όρος *θεωρία* χρησιμοποιείται όχι μόνο με την έννοια μιας καλά διαμορφωμένης επιστημονικής θεωρίας, αλλά για να χαρακτηρίσει την ύπαρξη κάποιου επεξηγηματικού πλαισίου που αποσκοπεί στην ερμηνεία ενός ή περισσότερων φαινομένων. Συχνά, η ονομασία που δίνεται είναι *αφελείς θεωρίες ή θεωρίες του κοινού νου* (Βοσνιάδου, 2005). Τα νοητικά μοντέλα των μαθητών διακρίνονται οι ερευνητές σε τρία είδη: τα *αρχικά ή διαισθητικά μοντέλα* (δεν επηρεάζονται μάλλον από τα επιστημονικά, αλλά εξαρτώνται από την αισθητηριακή αντίληψη), τα *επιστημονικά* (είναι σύμφωνα με την άποψη της επιστήμης), τα *συνθετικά* (συνδυασμός διαισθητικών και επιστημονικών) (Vosniadou και Brewer, 1998).

Μια αρκετά διαφορετική άποψη διατυπώνεται από όσους θεωρούν τη μάθηση και τη γνωστική ανάπτυξη, υπό το πρίσμα της κοινωνικο – πολιτιστικής θεωρίας του Vygotski, ως μια διαδικασία εκπολιτισμού. Τονίζουν ότι η γνώση είναι πάντα εξαρτώμενη από το πλαίσιο, ενσωματωμένη στην ανθρώπινη πρακτική, και υποστηρίζουν ότι η ονομαζόμενη εννοιολογική αλλαγή δεν απαιτεί μετριασμό των εννοιολογικών δομών, αλλά κυρίως μια αλλαγή στην ενσωμάτωση αυτών των δομών (Schotz κ.ά., 1999). Με άλλα λόγια δεν είναι η γνώση καθαυτή που θα έπρεπε να αλλάξει, αλλά κυρίως η κατάσταση αυτής της γνώσης (Caravita και Hallden, 1994). Η καθημερινή γνώση των μαθητών δεν είναι ρεαλιστικό να περιμένουμε ότι θα αντικατασταθεί πλήρως από την επιστημονική, απλά πρέπει να επιδιώκουμε με τη διδακτική παρέμβαση να συμπληρωθεί από την επιστημονική, εφόσον οι μαθητές συνειδητοποιήσουν και τελικά κρίνουν ότι οι εξηγήσεις της επιστήμης ερμηνεύουν πληρέστερα την πραγματικότητα (Κουζέλης, 2005; Caravita και Hallden, 1994). Τα άτομα θα πρέπει να μάθουν να ξεχωρίζουν ανάμεσα σε διαφορετικά πλαίσια και να μάθουν ποιες έννοιες είναι χρήσιμες σε ποια κατάσταση (Caravita και Hallden, 1994).

Ακόμη, στην παρούσα έρευνα θα υιοθετήσουμε τον όρο εναλλακτική αντίληψη (alternative conception) για να δώσουμε έμφαση στη διαφορά μεταξύ των ιδεών των παιδιών και της

αποδεκτής επιστημονικής θεωρίας. Εναλλακτικές αντιλήψεις θεωρούνται οι βασικές πεποιθήσεις που έχουν οι μαθητές για το πώς λειτουργεί ο κόσμος και τις χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν ποικίλες καταστάσεις (Dykstra et al. 1992). Οι ιδέες ή εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών μπορούν να ομαδοποιηθούν, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ παρόλο που μερικές απ’ αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή και την επίδραση της διδασκαλίας.

Η καταγραφή των εναλλακτικών αντιλήψεων των παιδιών για τις έννοιες της αποικοδόμησης και των αποικοδομητών, που επιχειρείται με την παρούσα έρευνα, θα είναι χρήσιμη γνώση για τους εκπαιδευτικούς, γιατί θα μπορούν πλέον να γνωρίζουν τις ιδέες των μαθητών τους γύρω από τις έννοιες αυτές, καθώς και τις δυσκολίες που συναντούν τα παιδιά στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν σχετικά οικολογικά φαινόμενα. Πράγματι, η γνώση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών μας δίνει τη δυνατότητα να διαλέξουμε διδακτικές δραστηριότητες που είναι πιο πιθανό να ερμηνευτούν από τους μαθητές με τον τρόπο που εμείς επιδιώκουμε. Από την άλλη μεριά αναμένουμε επίσης η έρευνα να αναδείξει, ότι η γνώση των αντιλήψεων των παιδιών μας επιτρέπει να απορρίψουμε ορισμένα κλασσικές προσεγγίσεις διδασκαλίας, οι οποίες δεν ερμηνεύονται από το παιδί με τον τρόπο που εμείς περιμένουμε να γίνει. Τέλος, σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να διαπιστώσουμε κατά πόσο η εννοιολογική αλλαγή είναι εφικτή σε μαθητές δημοτικού για την έννοια της αποικοδόμησης, χρησιμοποιώντας τη διερευνητική μέθοδο και κυρίως την τεχνική του πειραματισμού, αλλά και της ημιδομημένης συζήτησης. Ως εκ τούτου, από τη συγκεκριμένη έρευνα αναμένεται να προκύψουν στοιχεία για τους μηχανισμούς που προκαλούν την εννοιολογική αλλαγή, τις δυσκολίες επίτευξης της εννοιολογικής αλλαγής και τέλος ως προς τις διδακτικές ενέργειες και μαθησιακές εμπειρίες που μπορούν να υιοθετήσουν οι εκπαιδευτικοί για να ενισχύσουν την εννοιολογική αλλαγή.

## 1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Από τις εργασίες των Sequeira & Freitas (1986), Smith & Anderson (1986), και Leach et al. (1996), Hogan & Fisherkeller (1996) και Helden (1999) προκύπτει ότι τα περισσότερα παιδιά δεν θεωρούν ότι η ύλη ανακυκλώνεται μέσω της αποικοδόμησης και επιστρέφει στο οικοσύστημα με αυτόν τον τρόπο. Αναλυτικότερα:

Στην έρευνά τους οι Sequiera & Freitas μελέτησαν τις ιδέες μαθητών ηλικίας 8 -13 ετών και διαπίστωσαν ότι πολλοί λίγοι μαθητές καταλαβαίνουν ότι το οργανικό υλικό (από νεκρό φυτικό και ζωικό ιστό) μετατρέπεται κατά τη διάρκεια της αποικοδόμησης σε ανόργανο υλικό στο χώμα και στην ατμόσφαιρα. Μεγάλος αριθμός μαθητών θεωρεί ότι το οργανικό υλικό μερικώς ή ολικώς εξαφανίζεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποικοδόμησης (Sequiara & Freitas, 1986).

Οι Smith & Anderson βρήκαν ότι πολλά παιδιά (ηλικίας 12 ετών) πιστεύουν σε μια από τις δύο απλοϊκές απόψεις για την διαδικασία της αποσύνθεσης. Η πρώτη θεωρεί την

αποικοδόμηση ως μια θεμελιώδη διαδικασία που οδηγεί στο σχηματισμό ανόργανων υλικών ή εδάφους, αλλά χωρίς να περιλαμβάνει κάποιους άλλους οργανισμούς, όπως είναι οι αποικοδομητές. Η διαδικασία θεωρείται ότι «απλά συμβαίνει» χωρίς τη μεσολάβηση οποιασδήποτε αιτιατής ενέργειας. Η δεύτερη άποψη είναι αυτή της αποικοδόμησης ως αναπόφευκτης διαδικασίας η οποία εμπλουτίζει το έδαφος με κάποιο τρόπο και λαμβάνει χώρα απλά ως αποτέλεσμα του χρόνου, αλλά άλλη μια φορά δεν περιλαμβάνει κανένα άλλο οργανισμό (Smith & Anderson, 1986).

Ο Leach et al. ερεύνησαν τις απόψεις της αποικοδόμησης ανάμεσα σε μαθητές ηλικίας από 5 ως 16 ετών. Δυο δραστηριότητες χρησιμοποιήθηκαν ως ερέθισμα για αυτή τη δουλειά. Στην πρώτη, στα παιδιά παρουσιάζονταν μια φωτογραφία ενός μήλου σε κατάσταση αποικοδόμησης κάτω από ένα δέντρο. Στην δεύτερη τους παρουσιάστηκε μια βιντεοσκόπηση ενός μπολ με φρούτα που σαπίζουν με το πέρασμα του χρόνου. Μερικοί από τους μαθητές στο νεαρότερο ηλικιακά γκρουπ (ηλικίας 5 – 7) εμφανίστηκαν να μην έχουν καμία εμπειρία από το φαινόμενο της αποσύνθεσης, αντίθετα όλοι οι μαθητές ηλικίας 8 – 9 ετών ήταν εξοικειωμένοι με τη διαδικασία. Σχεδόν οι μισοί ηλικίας 5 – 7 ετών έκαναν κάποιες υποδείξεις ως προς το τι είχε προκαλέσει την αποσύνθεση. Αυτές οι υποδείξεις συχνά επικεντρώνονταν στην πεποίθηση ότι είναι η ίδια η φύση του φρούτου να αποσυντίθεται όταν αφήνεται για μια μακρά χρονική περίοδο, ωστόσο μερικοί υποδείκνυαν ορατή αιτία οργανισμούς όπως είναι τα έντομα. Περίπου το 10% των παιδιών υπέδειξαν τα μικρόβια ως αιτία της αποσύνθεσης. Στην ηλικία των 11 ετών τα παιδιά, σε υψηλό ποσοστό (75%), έδωσαν κάποιες εξηγήσεις γιατί ένα μήλο είχε αποσυντεθεί, με ένα μεγαλύτερο αριθμό να υποδεικνύει τα μικρόβια ή τα βακτήρια ως υπαίτιους οργανισμούς. Μερικοί υπέδειξαν φυσικούς παράγοντες, όπως το φως του ήλιου ή τον αέρα ως υπαίτιους για την αποσύνθεση. Στην ηλικία των 12 – 14 σχεδόν όλοι οι μαθητές έδωσαν κάποιες εξηγήσεις όσον αφορά τα αίτια της αποσύνθεσης, με περισσότερους από τους μισούς να υποδεικνύουν τους μικροοργανισμούς χωρίς παρατήρηση. Τα ευρήματα ήταν παρόμοια στην ηλικία των 15 – 16, με ένα μεγαλύτερο ποσοστό να υποδεικνύει τους μικροοργανισμούς (Leach et al., 1996).

Οι Hogan K. & Fisherkeller J. διαπίστωσαν ότι μερικά παιδιά έβλεπαν την αποικοδόμηση ως μια μυστηριώδη φυσική ή βιολογική διαδικασία όπου *«τα νεκρά πράγματα εξαφανίζονται, απλά συμβαίνει, η βροχή και ο άνεμος το προκαλούν, τα ζώα αυτοαποικοδομούνται, γίνονται σκόνη, τα σκουλήκια τρώνε τα νεκρά ζώα κ.ά.»*. Ακόμη θεωρούσαν ότι απαιτείται διαφορετικό χρονικό διάστημα για να αποικοδομηθούν διάφορα πράγματα π.χ. *«ένα μικρό φυτό διασπάται γρηγορότερα από ένα μεγάλο δέντρο»*. Επίσης θεωρούνταν ότι η αποικοδόμηση συμβαίνει και σε άγνωστα αντικείμενα, όπως ένας βράχος. Κάποια παιδιά γνώριζαν ότι οι νεκροί οργανισμοί αποσυντίθενται, αλλά αγνοούσαν την δράση των αποικοδομητών. Τέλος, άλλα παιδιά γνώριζαν ότι οι αποικοδομητές χρησιμοποιούν τους νεκρούς οργανισμούς ως τροφή (Hogan & Fisherkeller, 1996).

Ο Helden G. μελέτησε στην Σουηδία τις απόψεις 23 μαθητών, από την ηλικία των 9 ετών έως την ηλικία των 15 ετών, για την αποικοδόμηση. Ένα από τα υποκείμενα της έρευνας στην

ηλικία των 9 ετών θεωρούσε ότι ένα πεσμένο φύλλο δέντρου εξαφανίζεται στο έδαφος με την πάροδο του χρόνου, στην ηλικία των 13 ετών ότι τα ζώα έτρωγαν το φύλλο, ενώ στην ηλικία των 15 ετών υποστήριξε ότι το φύλλο αποσυντέθηκε και μετατράπηκε σε χώμα. Το ίδιο παιδί, καθώς και μερικά ακόμη που συμμετείχαν στην έρευνα, υποστήριξαν ότι η γη θα μεγαλώσει, καθώς τα φύλλα που πέφτουν σ’ αυτήν μετατρέπονται σε χώμα (Helden, 1999, σ.26 – 27).

Η Simonneaux L. μελέτησε τις απόψεις 10 μαθητών λυκείου στη Βρετανία για τα μικρόβια. Έξι από αυτούς ανέφεραν το ρόλο των βακτηρίων στη διάσπαση οργανικών υλικών. Ωστόσο κάποιοι θεώρησαν ότι βοηθούσαν στη διαδικασία της πέψης, διασπώντας την τροφή. Έτσι τα βακτήρια θεωρήθηκε ότι μπορεί να είναι ένζυμα, όπως η αμυλάση (Simonneaux, 2000, σ. 629).

Από τα στοιχεία της έρευνας της Μπαγιάτη Ε. (2002) σε δείγμα 108 μαθητών της Στ’ δημοτικού, προκύπτει ότι αν και το 88% του δείγματος γνωρίζει τον ορισμό του αποικοδομητή όπως περιγράφεται στο σχολικό εγχειρίδιο, μόνο το 7.4% περιγράφει σωστά την αποικοδόμηση, ως μια διαδικασία κατά την οποία οι αποικοδομητές (μύκητες και βακτήρια) μετατρέπουν τους νεκρούς οργανισμούς σε ανόργανα συστατικά. Στο υπόλοιπο 92.6% του δείγματος επικρατούν μια σειρά από εναλλακτικές αντιλήψεις για την αποικοδόμηση, οι οποίες διακρίνονται σε δυο ευρύτερες κατηγορίες: στην πρώτη ανήκουν τα παιδιά που θεωρούν ότι ένα μέρος του υλικού διατηρείται καθώς γίνεται τροφή για οργανισμούς και μικροοργανισμούς/ ή μετατρέπεται σε μύκητες/ ή γίνεται λίπασμα με το πέρασμα του χρόνου, ενώ στη δεύτερη τα παιδιά που πιστεύουν ότι το υλικό εξαφανίζεται με την πάροδο του χρόνου, ίσως και από την δράση φυσικών παραγόντων (π.χ. ήλιος).

Η δυσκολία κατανόησης της έννοιας των αποικοδομητών έχει διαπιστωθεί και για τους Έλληνες μαθητές Γυμνασίου (Βασιλοπούλου, 1998) και Λυκείου (Τρικάλιτη, 1995).

## 2. Μέθοδος

### 2.1. Το εργαλείο της έρευνας

Πριν, κατά την διάρκεια και μετά την υλοποίηση της διδασκαλίας αξιοποιήθηκαν κυρίως ποιοτικά ερευνητικά εργαλεία, όπως: ελεύθερα κείμενα μαθητών, προσωπικά ημερολόγια μαθητών, συζητήσεις αναστοχασμού μεταξύ εκπαιδευτικών - μαθητών, συζητήσεις σε ομάδες μαθητών μέσα στην τάξη, κ.ά. Τα ερευνητικά δεδομένα που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν με την μέθοδο της «Θεματικής Ανάλυσης». Κατά την Θεματική Ανάλυση επιχειρείται να αποδοθεί νόημα στα ποιοτικά δεδομένα προκειμένου να δοθούν απαντήσεις στα κεντρικά ερευνητικά ερωτήματα. Συνεπώς, ως ερευνητικά εργαλεία για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την αποικοδόμηση, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μέσα, όπως:

ί. το ερωτηματολόγιο, το οποίο συντάχθηκε από την ερευνήτρια με σκοπό τα παιδιά να κάνουν προβλέψεις και να δώσουν εξηγήσεις για τον τρόπο που συμβαίνουν τα πράγματα, χρησιμοποιώντας δικούς τους όρους και γλώσσα. Στις ερωτήσεις αποφεύγεται η

χρησιμοποίηση επιστημονικών όρων, για να εκφραστούν τα παιδιά με δική τους γλώσσα και πιο ελεύθερα, χωρίς να επηρεάζονται από τη γλώσσα της «σχολικής επιστήμης». Έτσι το ερωτηματολόγιο διαμορφώθηκε βασισμένο σε μια φαινομενολογική περισσότερο προσέγγιση (Driver & Erickson, 1983) διερεύνησης του τρόπου σκέψης των παιδιών, χρησιμοποιώντας ερωτήσεις πάνω σε καταστάσεις (π.χ. τι γίνεται το σώμα του νεκρού πτηνού μετά το θάνατο του, τι θα συμβεί στη γη χωρίς τη δράση των αποικοδομητών κ.τ.λ.) που απαιτούν από το μαθητή να εφαρμόσει τη γνώση του γύρω από την αποικοδόμηση και όχι απλά να ανακαλέσει μια προφορική πληροφορία.

ii. Επίσης, τα παιδιά διατύπωσαν αρχικά τις υποθέσεις τους για την έκβαση των πειραμάτων, αλλά και τις παρατηρήσεις τους κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων σε ειδικά διαμορφωμένο ημερολόγιο. Κάθε παιδί είχε το δικό του φύλλο εργασίας, ώστε να μην επηρεάζεται από τις διαισθητικές ιδέες των άλλων παιδιών.

iii. Τέλος, η διδασκαλία βιντεοσκοπήθηκε και αποδελτιώθηκαν οι ιδέες των παιδιών αλλά και η πρόοδος της σκέψης τους και η εννοιολογική αλλαγή που συντελέστηκε τόσο μέσω των πειραμάτων όσο και με την ημιδομημένη συζήτηση.

### 2.1.1 Στάδια της έρευνας

Η κύρια έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο το ερωτηματολόγιο δόθηκε αρχικά στους μαθητές, για να διαπιστωθούν οι εναλλακτικές αντιλήψεις τους για τις υπό μελέτη έννοιες. Στο δεύτερο στάδιο έγινε η διεξαγωγή της διδασκαλίας. Η διάρκεια της ήταν 8 διδακτικές ώρες. Η λεπτομερής οργάνωση της διδασκαλίας, λόγω της έκτασης της, περιγράφεται στην επόμενη ενότητα «οργάνωση της διδασκαλίας». Παράλληλα, λάμβανε χώρα η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τις έννοιες αποικοδόμηση/αποικοδομητής, τόσο με γραπτή έκφραση όσο και με βιντεοσκόπηση της ημιδομημένης συζήτησης για να διαπιστωθεί η ενδεχόμενη πρόοδος στην κατανόηση του υπό μελέτη φαινομένου από τους μαθητές με την επίδραση της διδακτικής παρέμβασης. Τέλος, στο τρίτο στάδιο με γραπτή έκφραση έγινε καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για το φαινόμενο της αποικοδόμησης μετά τη διδακτική παρέμβαση.

### 2.1.2 Ερωτήματα της έρευνας

1. Ποιες είναι οι Εναλλακτικές Αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες αποικοδόμηση και αποικοδομητές πριν την διδακτική παρέμβαση;
2. Πόσο ικανοί είναι οι μαθητές να προβλέψουν την επίδραση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της διαθεσιμότητας του αέρα στο φαινόμενο της αποικοδόμησης πριν την διδακτική παρέμβαση;



3. Ποια είναι τα εμπόδια που συναντούν οι μαθητές όταν υλοποιούν πειράματα με στόχο τη δόμηση των εννοιών αποικοδόμησης/αποικοδομητών και δημιουργία ολοκληρωμένων (σύνθετων) συνδέσεων για την ερμηνεία του φαινομένου της αποικοδόμησης;
4. Η κonstrουκτιβιστική προσέγγιση της μάθησης και διδασκαλίας είναι αποτελεσματική για την υπέρβαση των εμποδίων, τα οποία οι μαθητές έχουν εκφράσει με τις πρότερες αντιλήψεις τους;
5. Οι στρατηγικές που βασίζονται στη νοητική σύγκρουση των αρχικών ιδεών των παιδιών με τις παρουσιαζόμενες επιστημονικά ορθές ή οι στρατηγικές που στηρίζονται πάνω στις υπάρχουσες απόψεις των παιδιών και σταδιακά επιχειρείται προέκτασή τους προς την επιστημονική σκοπιά προκύπτουν ως οι πλέον κατάλληλες για την εννοιολογική αλλαγή δηλαδή την αλλαγή της μη αποδεκτής επιστημονικά γνώσης των παιδιών, προς την επιστημονικά παραδεκτή άποψη;

### **2.1.3 Ο χρόνος συλλογής των δεδομένων**

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας έγινε τους μήνες Απρίλιο – Μάιο 2016.

### **2.1.4 Το δείγμα**

Το δείγμα αποτέλεσαν 9 μαθητές Δ΄ τάξης δημοτικού σχολείου, που συνιστούσαν μια σχολική τάξη σε εξαθέσιο δημοτικό σχολείο επαρχίας. Το δείγμα αποτέλεσε μια φυσική τάξη και χαρακτηρίζεται ως συμπτωματικό δείγμα (Παρασκευόπουλος, 1993). Τα συμπεράσματα ενός συμπτωματικού δείγματος γενικεύονται μόνο σε πληθυσμούς που έχουν όμοια χαρακτηριστικά με το δείγμα.

### **2.1.5 Κατηγοριοποίηση των δεδομένων**

#### **2.1.5.1.Κατηγοριοποίηση Εναλλακτικών αντιλήψεων**

Η κατηγοριοποίηση των Εναλλακτικών Αντιλήψεων των παιδιών για την αποικοδόμηση/αποικοδομητές έγινε με τη μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου (content analysis), έτσι όπως περιγράφεται από τους Βάμβουκα (1998) και Τσιώλης (2014). Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για επεξεργασία ποιοτικού υλικού και αποσκοπεί στο μετασχηματισμό ποιοτικών δεδομένων σε ποσοτικά και συνεπώς μετρήσιμα. Η ταξινόμηση των απαντήσεων έγινε ανάλογα με το  $\theta \acute{\epsilon} \mu \alpha$  δηλ. συγκρότησαν κοινή κατηγορία απαντήσεις μαθητών που αντιστοιχούσαν στην ίδια ιδέα - αντίληψη για την έννοια της αποικοδόμησης και των αποικοδομητών. Κυρίως, εντάχθηκαν στην ίδια κατηγορία απαντήσεις που εκφράζουν κοινό νόημα, την ίδια αντίληψη των μαθητών για την έννοια της αποικοδόμησης και των αποικοδομητών.

Η ανάλυση περιεχομένου είναι «εξ ορισμού αντικειμενική» (Βάμβουκας, 1998; Τσιώλης, 2014). Αυτό σημαίνει ότι η ταξινόμηση ενός σημασιολογικού στοιχείου στην άλφα ή βήτα κατηγορία δεν εξαρτάται από την προσωπικότητα εκείνου που το ταξινομεί. Στη παρούσα έρευνα, περιορίστηκε το στοιχείο της υποκειμενικότητας συγκρίνοντας τις κατηγορίες που προέκυψαν με αυτές ερευνών του εξωτερικού και διαπιστώνοντας ότι υπήρχε σχετική ταύτιση (π.χ Sequeira & Freitas, 1986; Smith & Anderson, 1986; Leach et al., 1996; Hogan & Fisherkeller, 1996; Helden, 1999 κ.ά.).

Επειδή μας ενδιαφέρει στην παρούσα έρευνα να καταγραφούν οι αντιλήψεις των παιδιών, οι σχετικές με την αποικοδόμηση που μελετάμε, κατηγοριοποιήθηκε κάθε αντίληψη που μας βοηθά να κατανοήσουμε τον τρόπο σκέψης των παιδιών, ακόμη κι αν δεν απαντάται σε ιδιαίτερα μεγάλη συχνότητα. Επίσης, η κατηγοριοποίηση επαναλήφθηκε πολλές φορές από την ερευνήτρια, ώστε να εξασφαλιστεί ή αξιοπιστία της ανάλυσης περιεχομένου. Τέλος, έγινε προσπάθεια οι κατηγορίες ανάλυσης να είναι κατάλληλες, δηλαδή να ταιριάζουν με το στόχο της έρευνας.

Ως επιστημονικά αποδεκτό ορισμό για την έννοια των αποικοδομητών, θεωρήσαμε τους μικροοργανισμούς που αντιστοιχούν κυρίως στα βακτήρια και τους μύκητες και παίρνουν την απαιτούμενη ενέργεια και οργανική ύλη από νεκρούς οργανισμούς, είτε από ουσίες διάχυτες στο περιβάλλον (εκκρίσεις και απεκκρίσεις). Οι αποικοδομητές κατά κανόνα δεν καταναλώνουν τροφή με τον τρόπο των καταναλωτών, αλλά με μηχανισμούς απορρόφησης. Οι μικροοργανισμοί αυτοί αποσυνθέτουν τα νεκρά οργανικά υλικά και τα μετατρέπουν σε ανόργανα συστατικά, σε μορφή που να μπορούν να απορροφηθούν πάλι από τους παραγωγούς, είναι δηλαδή υπεύθυνοι για την αποικοδόμηση και ανοργανοποίηση της νεκρής οργανικής ύλης (Φλογαίτη, 1992). Οι αποικοδομητές αποτελούν σημαντικό στοιχείο των οικοσυστημάτων, αφού χωρίς αυτούς η βασική συστατική ύλη της ζωής θα εγκλωβιζόταν στα σύνθετα οργανικά μόρια και κάθε περαιτέρω ανάπτυξη θα σταματούσε. Θεωρητικά, είναι δυνατή η ύπαρξη οικοσυστημάτων τα οποία περιέχουν μόνο παραγωγούς και αποικοδομητές. Η πλειονότητα, ωστόσο, των συστημάτων περιλαμβάνει και καταναλωτές (Emberlin, 1996).

### 3. Οργάνωση της διδασκαλίας (Joyce, Weil & Cathoun, 2009)

#### 3.1. Τι θα διδάξουμε:

Οι έννοιες αποτελούν γνωστικά προϊόντα της κριτικής σκέψης. Αποτελούν νοητικές κατασκευές με τις οποίες το άτομο κατηγοριοποιεί και ονοματίζει οντότητες, διαδικασίες, καταστάσεις και φαινόμενα με βάση τα ουσιώδη γνωρίσματά τους. Ο σχηματισμός εννοιών στην πραγματικότητα είναι μια διαδικασία ένταξης των μεμονωμένων στοιχείων σε πλαίσια σχέσεων που προϋποθέτει αλλά και προάγει την κατανόηση. Όλες οι επιστήμες έχουν τις δικές τους έννοιες, τις οποίες χρησιμοποιούν ως κλειδιά. Οι βασικές έννοιες στη δική μας έρευνα ήταν οι αποικοδομητές ή αποσυνθέτες, που αντιστοιχούν κυρίως στα βακτήρια και

τους μύκητες που παίρνουν την απαιτούμενη ενέργεια και οργανική ύλη από νεκρούς οργανισμούς, είτε από ουσίες διάχυτες στο περιβάλλον (εκκρίσεις και απεκκρίσεις).

Το επιστημονικό μας ερώτημα εστιάστηκε στο τι συμβαίνει με τα νεκρά φυτά και τα ζώα; Σκοπός είναι να διερευνήσουν και να επεξηγήσουν οι μαθητές το φαινόμενο της αποικοδόμησης και το ρόλο που διαδραματίζουν οι αποικοδομητές στη διαδικασία αυτή. Βασικός προσανατολισμός μας ήταν η αξιοποίηση των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών μας κατά τη διδακτική πράξη και η προώθηση της οικοδόμησης των νέων εννοιών και αναδόμησης των αντιλήψεων με την ενεργοποίηση του ίδιου του μαθητή προς την κατεύθυνση της εννοιολογικής αλλαγής.

### 3.2. Στόχοι διδασκαλίας

Οι στόχοι διατυπώνουν τι θα πρέπει να κάνουν οι μαθητές μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας. Είναι συγκεκριμένοι, μετρήσιμοι. Ως εκ τούτου, μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να είναι ικανοί να:

- επεξηγούν ποιοι είναι οι αποικοδομητές και το φαινόμενο της αποικοδόμησης
- διατυπώσουν συμπεράσματα σχετικά με το ρόλο των αποικοδομητών στο οικοσύστημα ή γιατί οι αποικοδομητές είναι σημαντικοί για τα άλλα έμβια όντα
- χρησιμοποιούν τη διαδικασία έρευνας για να πραγματοποιήσουν πειράματα για να προσδιοριστεί ο συντελεστής ή παράγοντες που προκαλούν σήψη
- παρατηρούν, να καταγράφουν, να ερμηνεύουν τα δεδομένα μιας πειραματικής διαδικασίας
- συλλέγουν με επιστημονικές μεθόδους τις πηγές τους
- εκφράζονται με επιστημονικό λόγο
- τεκμηριώνουν επιστημονικά τις απόψεις και θέσεις τους
- ασκούν την κριτική τους σκέψη
- συνειδητοποιούν την αναγκαιότητα να αποκτήσουν τις απαιτούμενες ικανότητες και να θέτουν μαθησιακούς στόχους
- συνεργάζονται.

### 3.3. Μέθοδος Διδασκαλίας

Επιλέξαμε μια χαρακτηριστική μέθοδο διδασκαλίας και παιδαγωγικών προσεγγίσεων η οποία αξιοποιεί τις αρχές της Κοινωνικο-γνωστικής θεωρίας Μάθησης (Constructivism) και συγκεκριμένα τη Διερευνητική μέθοδο.

Η Διερευνητική μέθοδος μάθησης εισάγει την επιστημονική έρευνα στη σχολική πράξη.

Παράλληλα πλαισιώσαμε τη Διερευνητική μέθοδο με πολλαπλές τεχνικές διδασκαλίας, όπως:

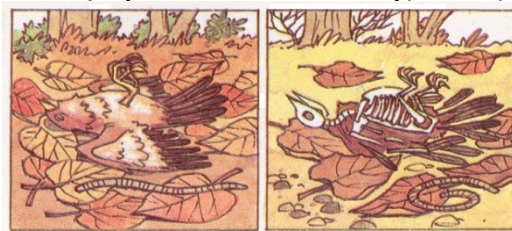
- Προσομοίωση. Οι μαθητές συμμετέχουν σε δραστηριότητες που ανταποκρίνονται στην ανασύσταση πραγματικών καταστάσεων
- Δημιουργία ομάδων
- Δημιουργία από τους μαθητές φακέλου υλικού (Portfolio, e-portfolio)
- Σκιτσογραφία εννοιών
- Εισήγηση, ημιδομημένος διάλογος, συζήτηση, επίδειξη
- Πείραμα.

#### 4. Δόμηση Μοντέλου Διδασκαλίας

##### 4.1. Πρώτη Φάση: Έκθεση Προβληματισμού - Κινητοποίηση Μαθητών - Διερεύνηση πρότερων αντιλήψεων των μαθητών για την έννοια της αποικοδόμησης

Μέσω μιας κατάστασης προβληματισμού ή μέσω δραστηριοτήτων, ενεργοποιούνται οι εκπαιδευόμενοι και τους γίνεται επεξήγηση των ερευνητικών διαδικασιών που θα ακολουθήσουν. Αρχικά διερευνήσαμε τις πρότερες αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια της αποικοδόμησης ενώ ταυτόχρονα θέσαμε το ερευνητικό ερώτημα. Ειδικότερα, θέσαμε στα παιδιά το παρακάτω ερώτημα και ζητήσαμε να διατυπώσουν τις ιδέες τους γραπτώς και αυθόρμητα.

*Κοίταξε προσεκτικά το πουλάκι της εικόνας*



«Μετά το θάνατό του, τι πιστεύεις ότι έγινε το υλικό από το οποίο ήταν φτιαγμένο το σώμα του;»

Στη συνέχεια, βασισμένοι στις ιδέες που διατύπωσαν οι μαθητές φτιάξαμε μια σκιτσογραφία εννοιών.

##### 4.2. Δεύτερη Φάση: Συγκέντρωση Δεδομένων - Επεξεργασία Υλικού

Οι εκπαιδευόμενοι παρατηρούν, συλλέγουν και αρχειοθετούν δεδομένα και πληροφορίες, Διατυπώνουν υποθέσεις, συγκρίνουν τις πληροφορίες με ό,τι είναι ήδη αποδεκτό και κάνουν συνδέσεις του γνωστικού αντικείμενου με τη χρησιμότητα στην ευρύτερη κοινωνία.

Η συλλογή στοιχείων βασίστηκε σε τρία πειράματα που σχεδίασε και πρότεινε η εκπαιδευτικός και ανέθεσε την παρατήρηση της εξέλιξης ενός πειράματος σε κάθε ομάδα παιδιών. Συνολικά συγκροτήθηκαν τρεις ομάδες με το ακόλουθο παιχνίδι που ονομάζεται ψηφιδωτό και αποτελεί τεχνική τυχαίας συγκρότησης ομάδας. Κόψαμε εικόνες μπανάνας, μήλου και μούρων σε τόσα κομμάτια την καθεμία όσα είναι τα μέλη της ομάδας, δηλαδή τρία. Κάθε μαθητής πήρε ένα κομμάτι της εικόνας στα τυφλά. Οι μαθητές ταίριαζαν τα κομμάτια μεταξύ τους και βρήκαν ο ένας τον άλλο, για να συμπληρωθεί η εικόνα. Έτσι οι ομάδες συγκροτήθηκαν με τυχαίο τρόπο και πήραν το όνομα τους από το φρούτο που απεικονίζονταν στην εικόνα. Επίσης, σχεδιάστηκε ένα πείραμα για όλη την τάξη, όπου η επιλογή υλικών έγινε και από τα παιδιά.

#### Υλικά και εξοπλισμός (Nasa:Astro-Venture: Biology Educator Guide, 2016)

Περιελάμβαναν τα ακόλουθα για κάθε ομάδα :

- Ένα ημερολόγιο
- δύο σφραγισμένες πλαστικές σακούλες που ξανακλείνουν
- στυλό για επισήμανση στις τσάντες
- 2 κομμάτια από κάποιο είδος τροφής (προτείνουμε φρούτα ή λαχανικά, όπως το μήλο, μούρα και μπανάνα αποφλοιωμένα σε μικρά κομμάτια )
- αποξηραμένα φρούτα χωρίς συντηρητικά (χρησιμοποιήσαμε μπανάνα που αποξηράναμε στο φούρνο)
- Άλλα υλικά θα εξαρτηθεί από το πείραμα που θα σχεδιάσουν οι μαθητές π.χ. πλαστικό υλικό, πετραδάκια κτλ
- ψυγείο

#### Πειράματα

Τα πειράματα ήταν τα ακόλουθα:

*Πείραμα 1: Επίδραση της θερμοκρασίας:* Τοποθετήστε από μισό κομμάτι του ίδιου μήλου σε δύο σακούλες. Σφραγίστε τις δύο επανακλειόμενες σακούλες. Τοποθετήστε μία σακούλα στο ψυγείο. Τοποθετήστε τη δεύτερη σακούλα σε μια περιοχή που παραμένει σε θερμοκρασία δωματίου.

*Πείραμα 2: Επίδραση της διαθεσιμότητας του αέρα:* Τοποθετήστε τη μισή ποσότητα μιας συσκευασίας μούρων σε ένα καλά σφραγισμένο βαζάκι. Για να το πετύχετε βράσετε για λίγο το καπάκι του, πριν το βιδώσετε στο βαζάκι. Εκθέστε την υπόλοιπη ποσότητα μούρων της συσκευασίας στον αέρα για μια παρατεταμένη χρονική περίοδο. Αφήστε τα σε θερμοκρασία δωματίου.

*Πείραμα 3: Επίδραση του νερού:* Αφυδατώστε εντελώς (με αποξήρανση σε φούρνο για δύο ώρες στους 100 βαθμούς Κελσίου) μισό κομμάτι μιας μπανάνας, αφού βγάλετε τη φλούδα

και την κόψετε σε λεπτές ροδέλες. Στη συνέχεια, τοποθετήστε το σε μια πλαστική σακούλα που ξανακλείνει. Τοποθετήστε το δεύτερο μισό κομμάτι της αποφλοιωμένης και λεπτοκομμένης σε ροδέλες φρέσκιας μπανάνας - που δεν έχει αφυδατωθεί - σε μία πλαστική σακούλα που ξανακλείνει. Σφραγίστε τις δύο σακούλες και αφήστε τις σε ζεστό μέρος.

Εξηγήσαμε στους μαθητές ότι θα εργάζονται σε τριάδες, θα καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους, και θα εξηγήσουν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματά τους προφορικά. Επίσης, ότι θα μπορούν να τραβήξουν και φωτογραφίες πριν το πείραμα της ομάδας τους και μετά. Παρατηρήσεις θα κάνουν κάθε δύο μέρες. Παράλληλα μια τσάντα για όλη την τάξη με υλικά που επέλεξαν οι μαθητές, θα παραμείνει εκτός ψυγείου.

Τέλος, τους επισημάναμε ότι όταν οι επιστήμονες διεξάγουν ένα πείραμα κρατούν όλες τις μεταβλητές σταθερές, εκτός από τη μεταβλητή της οποίας την επίδραση μελετούν. Αυτό θα προσπαθήσουμε να κάνουμε και εμείς και διαπραγματευτήκαμε κατά πόσο θεωρούν οι μαθητές ότι τα πειράματα που σχεδιάσαμε είναι αξιόπιστα.

Στη συνέχεια, περάσαμε τις σακούλες κάθε ομάδας σε κάθε μαθητή για να τις παρατηρήσουν πιο προσεκτικά. Θέσαμε τις παρακάτω ερωτήσεις και αφήσαμε τους μαθητές να διατυπώσουν υποθέσεις για την έκβαση κάθε πειράματος τις οποίες και κατέγραψαν. Για παράδειγμα:

- Ερώτηση: *Τι νομίζετε ότι θα συμβεί με τα υλικά σε αυτήν την τσάντα;*
- Ερώτηση: *Πιστεύετε ότι όλα τα υλικά στις τσάντες θα σαπίσουν το ίδιο γρήγορα; Εξηγήστε την απάντησή σας.*
- Ερώτηση: *Είστε σίγουροι ότι κάποιος άλλος παράγοντας δεν θα επηρεάσει το σάπισμα ή μούχλιασμα (εκφράσεις που χρησιμοποίησαν τα ίδια τα παιδιά για την αποικοδόμηση);*

Επίσης, βοηθάμε τους μαθητές να διατυπώσουν τις γνώσεις που έχουν γύρω από το φαινόμενο της αποικοδόμησης από τις εμπειρίες τους με ερωτήσεις, όπως:

- *Γιατί βάζουμε τρόφιμα στο ψυγείο;*
- *Γιατί αποξηραίνουμε τρόφιμα, για παράδειγμα ποιο τρόφιμο διατηρείται περισσότερο οι σταφίδες ή τα φρέσκα σταφύλια;*
- *Στις κονσέρβες τα τρόφιμα είναι αεροστεγώς κλεισμένα, τι σημαίνει αυτό και σε τι χρησιμεύει να κονσερβοποιούμε τα τρόφιμα;*
- *Τα πετραδάκια είναι έμβιο ή άβιο υλικό; Σαπίζουν;*
- *Το πλαστικό είναι φυσικό υλικό ή το φτιάχνει ο άνθρωπος; Σαπίζει ή μούχλιαζει;*
- *Τι υλικά θεωρείτε ότι σαπίζουν μούχλιαζουν, όσα ήταν κάποτε ζωντανά ή και τα άψυχα (πχ πέτρες, πλαστικό κτλ);*

Στη συνέχεια τους λέμε κάθε δύο μέρες να παρατηρούν το πείραμα της ομάδας τους και το κάθε μέλος να καταγράφει τι παρατηρεί στο ειδικά σχεδιασμένο ημερολόγιο.

### 4.3. Τρίτη Φάση: Οργάνωση - Διατύπωση Συμπερασμάτων

Οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να οργανώσουν τα δεδομένα, να αναφέρουν τις δικές τους ερμηνείες και επεξηγήσεις και στη συνέχεια, σε συνεργασία με τον εκπαιδευτικό, διατυπώνονται οι κανόνες.

Τη δέκατη μέρα του πειράματος ζητάμε από τα παιδιά να αναφέρουν τις παρατηρήσεις τους και να δώσουν αρχικά τις δικές τους εξηγήσεις για το φαινόμενο της αποικοδόμησης. Αρχικά συζητάμε με τους μαθητές τις παρατηρήσεις από το πείραμά τους. Για παράδειγμα:

- Ερώτηση : *Τι παρατηρήσεις κάνατε κατά τη διάρκεια του πειράματός σας;*

Αποδεχόμαστε όλες τις λογικές απαντήσεις.

- Ερώτηση: *Τι πιστεύετε ότι προκάλεσε το σάπισμα των φρούτων; Αφήνομε τους μαθητές να μοιραστούν τις απαντήσεις τους, ανάλογα με τα πειράματα, τα περισσότερα, αν όχι όλα, πρέπει ήδη να έχουν προκαλέσει σήψη.*

- Ερώτηση: *Είναι η μούχλα ένα ζωντανό πράγμα; Εξηγήστε την απάντησή σας.* Αποδεχόμαστε όλες τις λογικές απαντήσεις. Οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι η μούχλα ζει, αν και η επιχειρηματολογία τους μπορεί να μην είναι πολύ ισχυρή, αλλά μπορούν να παρατηρήσουν ότι η μούχλα μεγαλώνει – αναπτύσσεται, χρειάζεται νερό, αέρα και κατάλληλη θερμοκρασία και ίσως κάποια παιδιά σκεφτούν ότι είναι κάτι ζωντανό. Ρωτάμε λοιπόν, τους μαθητές αν κατάλληλη θερμοκρασία, νερό, αέρα και την ιδιότητα να αναπτύσσονται έχουν τα έμψυχα ή τα άψυχα, όπως μια πέτρα γι παράδειγμα.

Στη συνέχεια ζητάμε από τους μαθητές να ανοίξουν το βιβλίο της Μελέτης Περιβάλλοντος στη σελίδα 61 όπου γίνεται η μόνη αναφορά σε κάποιους «*μικρούς κυρίως, οργανισμούς, που βοηθούν στην αποσύνθεση των φυτών και των ζώων*». Κατόπιν, τους εξηγούμε ότι η μούχλα είναι ένα παράδειγμα ενός τέτοιου οργανισμού που ονομάζεται αποικοδομητής. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι αποικοδομητών, ορισμένα βακτήρια και μύκητες. Η μούχλα είναι ένα είδος μύκητα. Τα μανιτάρια είναι ένα άλλο είδος μύκητα που μπορεί να είναι πολύ εξοικειωμένοι οι μαθητές. Αν σας αρέσει να τρώτε μανιτάρια στην πίτσα σας, τότε το φαγητό σας θα αποτελείται και από μύκητες. Ακόμη, ορισμένοι τύποι βακτηρίων είναι αποικοδομητές. Πολλοί από εσάς έχετε ακούσει για τις ασθένειες που προκαλούνται από βακτήρια. Μερικοί από εσάς μπορεί να είχατε πονόλαιμο που προκαλείται από βακτήρια, αλλά δεν προκαλούν όλα τα βακτήρια ασθένειες. Μερικά βακτήρια είναι χρήσιμα. Οι αποικοδομητές είναι ένα παράδειγμα ενός τύπου βακτηρίων που είναι χρήσιμα. Στη συνέχεια θέτουμε ερωτήσεις στους μαθητές, όπως:

- Ερώτηση: *Μπορείτε να δείτε τα βακτήρια που προκαλούν ασθένειες;* Απάντηση: Όχι, δεν μπορείτε να δείτε τα βακτήρια που προκαλούν ασθένειες χωρίς τη χρήση ενός μικροσκοπίου.
- Ερώτηση: *Μπορούσατε να δείτε τη μούχλα, όταν είχε αρχίσει να αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια του πειράματός σας;* Απάντηση: Μπορούσαμε να δούμε τη μούχλα, όταν είχε

αρχίσει να αναπτύσσεται. Εξηγούμε στους μαθητές, ότι έβλεπαν αποικίες της μούχλας. Δεδομένου ότι οι περισσότεροι μεμονωμένοι αποικοδομητές είναι τόσο μικροί, που δεν μπορεί κανείς να τους δει χωρίς το μικροσκόπιο. Ως αποτέλεσμα, έχουμε την τάση να μην τους παρατηρούμε και να μη γνωρίζουμε τη σημασία που παίζουν. Η μούχλα και τα μανιτάρια είναι οι μόνοι αποικοδομητές που μπορούμε να δούμε, επειδή είναι πολύ μεγαλύτεροι από τα βακτηρίδια.

Μια συχνή παρανόηση είναι η ακόλουθη: οι μαθητές πιστεύουν ότι οι νεκροί οργανισμοί απλά θα διαλυθούν ή θα εξαφανιστούν. Δεν έχουν συνειδητοποιήσει ότι το υλικό από τους νεκρούς οργανισμούς μετατρέπεται σε άλλα υλικά στο περιβάλλον. Η συζήτηση που ακολουθεί θα πρέπει να συμβάλει στην αντιμετώπιση αυτής της παρανόησης.

• Ερώτηση: *Όταν αποικοδομητές διασπούν τα νεκρά φυτά και ζώα, πως νομίζετε ότι αξιοποιούν το υλικό τους για να ζήσουν; Για σκεφτείτε εσείς από πού βρίσκετε τα υλικά για να ψηλώσετε και την ενέργεια για να τρέχετε, παίζετε κτλ..* Επιτρέπομε στους μαθητές να μοιραστούν τις ιδέες τους. Πολλοί μαθητές μπορούν να θυμηθούν ότι τα ζώα χρησιμοποιούν την τροφή για να τη σπάσουν σε απλούστερα δομικά υλικά και να πάρουν και ενέργεια. Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές μπορούν να απαντήσουν ότι οι αποικοδομητές σπάνε το υλικό του νεκρού οργανισμού για να τραφούν δηλ. να εξασφαλίσουν υλικά για να χτίσουν το σώμα τους και ενέργεια. Τα υλικά αυτά μπορούν να γίνουν μέρος του οργανισμού των αποικοδομητών ή τα υλικά μπορούν να τα διασπάσουν σε απλούστερες ουσίες που θα αποβληθούν στο περιβάλλον. Διευκρινίζουμε στα παιδιά ότι, τα υλικά που οι αποικοδομητές απελευθερώνουν στο περιβάλλον εμπλουτίζουν το χώμα και κάνουν τη γη εύφορη. Αυτές οι ουσίες θα γίνουν μέρος των νέων φυτών που μεγαλώνουν. Εξηγούμε στα παιδιά ότι οι ζωντανοί οργανισμοί αποτελούνται από πολύπλοκες και μεγάλες ενώσεις - συστατικά που δεν μπορούν να απορροφηθούν σε αυτή τη μορφή από τα φυτά, αλλά πρέπει να διασπαστούν από τους αποικοδομητές σε μικρότερες και πιο απλές ουσίες. Τέλος, τονίζουμε στα παιδιά ότι η γη τροφοδοτείται συνεχώς από τον ήλιο με ενέργεια, ενώ τα υλικά τα απαραίτητα για τους ζωντανούς οργανισμούς είναι πεπερασμένα.

• Ερώτηση: *Ακόμη, ρωτάμε τα παιδιά αν «πολλοί από εσάς έχετε δει έντομα ή γαιοσκώληκες κοντά ή σε νεκρά φυτά και ζώα»* Γιατί νομίζετε ότι τα έντομα και σκουλήκια βρίσκονται κοντά ή σε νεκρά φυτά και τα ζώα; Επιτρέπομε στους μαθητές να μοιραστούν τις ιδέες τους, έτσι μπορεί να απαντήσουν ότι τα έντομα και οι γαιοσκώληκες τρέφονται με ή αποσυνθέτουν το νεκρό φυτό ή ζώο. Συμφωνούμε με την παρατήρηση των παιδιών ωστόσο, τονίζουμε ότι τα έντομα και οι γαιοσκώληκες δεν θεωρούνται αποικοδομητές. Ο λόγος είναι ότι στην πραγματικότητα είναι τα βακτήρια στα στομάχια τους, που ενεργούν ως αποικοδομητές και ανακυκλώνουν τα νεκρά υλικά σε ουσίες που χρειάζονται τα φυτά να επιβιώσουν.

• Ερώτηση: *Σε ποιά κατηγορία των έμβιων όντων νομίζετε ότι θα κατατάσσαμε τα έντομα και τα σκουλήκια (παραγωγούς ή καταναλωτές);* Οι μαθητές έχουν μελετήσει τους παραγωγούς και τους καταναλωτές. Θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξουν ότι τα έντομα και οι



γαιοσκώληκες είναι καταναλωτές με βάση το γεγονός ότι δεν μπορούν να κάνουν τη δική τους τροφή και επίσης δεν είναι αποικοδομητές.

#### 4.4. Τέταρτη Φάση: Ανάλυση Ερευνητικής Διαδικασίας-Εφαρμογή

Αναλύεται η ερευνητική στρατηγική που ακολούθησαν οι εκπαιδευόμενοι, γίνεται προσπάθεια για ανάπτυξη αποτελεσματικότερων ερευνητικών στρατηγικών και υλοποιείται αντίστοιχη εφαρμογή.

- Ερώτηση: *Γιατί το νερό επηρεάζει αποσύνθεση;* Απάντηση: Υπάρχουν τα βακτήρια και οι μύκητες στο νερό. Οι οργανισμοί που κάνουν την αποσύνθεση χρειάζονται νερό για να ζήσουν.
- Ερώτηση: *Γιατί η θερμοκρασία επηρεάζει την αποσύνθεση;* Απάντηση: Η θερμοκρασία επηρεάζει την αποσύνθεση, διότι αποικοδομητές χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για να ζήσουν, και πολλές βιολογικές αντιδράσεις θα επιταχύνονται σε υψηλές θερμοκρασίες και θα επιβραδύνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- Ερώτηση: *Γιατί νομίζεις ότι βάζουμε τα τρόφιμα στα ψυγεία;* Απάντηση: τοποθετούμε τα τρόφιμα στο ψυγείο, διότι η δροσερή θερμοκρασία επιβραδύνει την ανάπτυξη των αποικοδομητών, όπως η μούχλα.
- Ερώτηση: *Αν δε συνέβαινε αυτό το φαινόμενο της αποικοδόμησης τι θα συνέβαινε στη γη κατά τη γνώμη σου;* Τους ζητάμε να απαντήσουν γραπτά.

#### 4.5. Πέμπτη Φάση: Ανακεφαλαίωση

Στη συνέχεια προβάλλουμε δύο βίντεο στα παιδιά που συνοψίζουν όσα μάθαμε:

<https://www.youtube.com/watch?v=uB61rfeeAsM>

<https://www.youtube.com/watch?v=ShGF5mkFbzU>

Τέλος, ζητάμε από τα παιδιά να βρουν στο διαδίκτυο πληροφορίες, βίντεο, εικόνες κτλ για τους αποικοδομητές και να τα συνθέσουν ως ομαδική εργασία και να τα παρουσιάσουν στην τάξη με όποιο τρόπο επιθυμούν. Τα παιδιά αποφάσισαν να φτιάξουν, δηλαδή μια σχολική ταινία, όπου θα παραθέτουν όσα έμαθαν για την αποικοδόμηση. Η σχολική ταινία είναι στον σύνδεσμο <https://www.youtube.com/watch?v=UDNfXIFn1Qk>.

#### 4.6. Έκτη Φάση: Αξιολόγηση

Μέσα από τεχνικές αυτοαξιολόγησης και ετεροαξιολόγησης, οι εκπαιδευόμενοι αναστοχάζονται και επανατροφοδοτούνται στην όλη διαδικασία (Bloom, B. S. & Krathuohl, D. R., 1986). Παράλληλα, αξιοποιούνται και όποιες τεχνικές αξιολόγησης κρίνονται

κατάλληλες για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί, όπως: φωτογραφίες των παιδιών από τα πειράματα, σχετικά «φύλλα εργασίας» π.χ. ημερολόγιο, παρατηρήσεις δικές μας που δείχνουν ότι τα παιδιά κατανόησαν τις έννοιες που θέλαμε να περάσουμε, το βίντεο όπου φαίνονται οι σκέψεις των παιδιών και η πρόοδος για την εννοιολογική αλλαγή. Τέλος, η σχολική ταινία που έφτιαξαν τα παιδιά αυτοσχεδιάζοντας αποτελεί υλικό για την αξιολόγηση της κατανόησης της έννοιας της αποικοδόμησης.

## 5. Αποτελέσματα

### 5.1. Στοιχεία για τις πρότερες αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια της αποικοδόμησης (γραπτή έκφραση)

Οι αντιλήψεις των μαθητών του δείγματος για την αποικοδόμηση διακρίνονται σε δυο ευρύτερες κατηγορίες: στην πρώτη ανήκουν τα παιδιά που πιστεύουν ότι το υλικό εξαφανίζεται με την πάροδο του χρόνου, ίσως και από την δράση φυσικών παραγόντων (π.χ. ήλιος, αέρας), ενώ στη δεύτερη τα παιδιά που θεωρούν ότι ένα μέρος του υλικού διατηρείται καθώς γίνεται τροφή για οργανισμούς και μικροοργανισμούς/ ή μετατρέπεται σε μύκητες/ ή γίνεται λίπασμα/ ή χώμα με το πέρασμα του χρόνου. Αποτέλεσμα παρόμοιο με αυτά των ερευνών που παρατίθενται στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Τέλος, ένα παιδί εκτιμά ότι απαιτείται διαφορετικό χρονικό διάστημα για να αποικοδομηθούν διάφορα πράγματα π.χ. «όσο πιο μεγάλο είναι το ζώο χρειάζεται περισσότερο χρόνο», όπως διαπιστώθηκε και στην έρευνα των Hogan & Fisherkeller (1996).

Πράγματι, τα παιδιά αρχικά θεωρούν ότι το υλικό του νεκρού οργανισμού:

i. εξαφανίζεται με την επίδραση των κλιματολογικών συνθηκών ή γιατί έτσι συμβαίνει, για παράδειγμα: «το σώμα του πουλιού ξεραίνεται από τον ήλιο και μετά μένει μόνο το κόκκαλο του και το κρέας του το παίρνει ο αέρας» ή «το πουλί όταν πεθάνει μετά από λίγες μέρες λιώνει το δέρμα του και φαίνονται μόνο τα κόκκαλα του» ή «αν ένα πουλάκι πεθάνει το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο το σώμα του σιγά - σιγά λιώνει και εξαφανίζεται» ή «όταν το πουλάκι πεθάνει όσο πάει ο καιρός μαδάει. Το δέρμα του λιώνει και μένουν μόνο τα κόκκαλα του»

ii. το νεκρό ζώο διατηρείται μερικώς δηλαδή και λιώνει και το τρώνε ζώα, αρπακτικά πουλιά, έντομα κτλ, για παράδειγμα: «όταν το πουλάκι πέθανε μετά από λίγο καιρό το σώμα του εξατμίστηκε και έμειναν μόνο τα κόκκαλα και μερικά φτερά. Έτσι γίνεται με όλα τα ζώα που έχουν κόκκαλα, αλλά εγώ πιστεύω ότι όσο πιο μεγάλο είναι το ζώο χρειάζεται περισσότερο χρόνο. Μπορεί και να έφαγαν το κρέας του τα πιο μεγάλα ζώα» ή «Το πουλάκι που έχει ψοφήσει λιώνει σιγά - σιγά το δέρμα του, βγαίνουν τα πούπουλα του και έρχονται κάποια ζουζούνια και τρώνε τα έντερα του και σιγά - σιγά γεμίζει με ζουζούνια και αργότερα του μένουν μόνο τα κόκκαλα» ή «το πουλάκι αυτό ήταν φτιαγμένο από οστά όταν είχε τα φτερά και τα πούπουλα. Το σώμα του έλιωσε στα περίπου τρία χρόνια μετά το θάνατο του. Επίσης, θα

*βρωμάει μετά το θάνατο του. Μπορεί να το έφαγαν κάποια πουλιά όπως, γυπαετός, γεράκια και διάφορα άλλα». Τέλος, ένα παιδί ισχυρίζεται ότι το νεκρό πουλάκι μερικώς θα γίνει χόμα χωρίς περαιτέρω εξηγήσεις: «το πουλάκι μετά το θάνατο του σιγά – σιγά έχασε τα φτερά του και μετά από καιρό το δέρμα και το κρέας του έγιναν χόμα».*

## **5.2. Στοιχεία από τις προβλέψεις – ιδέες των μαθητών για την έκβαση των πειραμάτων (αποδελτίωση βίντεο)**

Οι μαθητές για να περιγράψουν την διαδικασία της αποικοδόμησης χρησιμοποίησαν αρχικά λέξεις, όπως: «λιώνει», «σαπίζει» και «μουχλιάζει» που καταγράψαμε στον πίνακα. Καταγράφηκε ότι ενώ τα παιδιά με βάση την εμπειρικοβιωματική τους γνώση προβλέπουν σωστά την έκβαση των πειραμάτων, εξακολουθούν ωστόσο να θεωρούν ότι η διαδικασία της αποικοδόμησης «απλά συμβαίνει» χωρίς τη μεσολάβηση οποιασδήποτε αιτιατής ενέργειας. Αν και η αποικοδόμηση εκλαμβάνεται ως αναπόφευκτη διαδικασία, λαμβάνει χώρα απλά ως αποτέλεσμα του χρόνου, για άλλη μια φορά δεν περιλαμβάνει κανένα άλλο οργανισμό. Ωστόσο, τα παιδιά με αφορμή το πείραμα που σχεδίασε όλη η τάξη με διάφορα βιοτικά και αβιοτικά υλικά εκτίμησαν για πρώτη φορά ότι «μόνο όσα ήταν ζωντανά σαπίζουν», «τα άψυχα δεν σαπίζουν» σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Hogan & Fisher (1996).

Επίσης, για να εισάγουμε τα παιδιά στην πειραματική διαδικασία αξιοποιήσαμε απόψεις τους, όπως: «ο ήλιος» δηλαδή η θερμοκρασία, «η βροχή» δηλαδή η υγρασία και «ο αέρας» συμβάλλουν με το πέρασμα του χρόνου στο «σάπισμα».

Για την επίδραση της θερμοκρασίας σχεδιάσαμε το πείραμα του μήλου (εντός και εκτός ψυγείου το ήμισυ του ίδιου μήλου αποφλοιωμένο και κομμένο σε κυβάκια). Οι προβλέψεις που έκαναν σε σχετική ερώτηση της εκπαιδευτικού τα παιδιά (γιατί βάζουμε τρόφιμα στο ψυγείο;), με χρονική σειρά ήταν:

- *Για να είναι κρύα*
- *Για να διατηρηθούν*
- *Να μη μουχλιάσουν*
- *Στο ψυγείο μένει το φαί όπως είναι και δε μουχλιάζει*
- *Το ψυγείο είναι πιο κρύο και τα συντηρεί καλύτερα τα τρόφιμα*
- *Η θερμοκρασία επηρεάζει το σάπισμα, μούχλιασμα*
- *Η μούχλα εμφανίζεται στο τυρί, στα μήλα, στις ντομάτες κτλ σε θερμοκρασία δωματίου*
- *Μουχλιάζουν όσα υλικά κάποτε ήταν ζωντανά*
- *Το πείραμα είναι αξιόπιστο αφού το μήλο είναι το ίδιο κομμένο στη μέση και αλλάζει μόνο η θερμοκρασία.*

Για την επίδραση αέρα σχεδιάσαμε το πείραμα του μούρου (μισή ποσότητα εκτεθειμένη στον αέρα, μισή κλεισμένη αεροστεγώς σχεδόν σε βαζάκι). Οι προβλέψεις που έκαναν σε σχετική ερώτηση της εκπαιδευτικού τα παιδιά (γιατί βάζουμε τρόφιμα σε κονσέρβες αεροστεγώς κλεισμένα;), με χρονική σειρά ήταν:

- *Αεροστεγώς σημαίνει ότι έχει αφαιρεθεί ο αέρας*
- *Χωρίς αέρα τα τρόφιμα διατηρούνται περισσότερο*
- *Στον αέρα θα μουχλιάσουν γρηγορότερα τα μούρα*
- *Το πείραμα είναι αξιόπιστο αφού τα μούρα είναι από το ίδιο κεσεδάκι και αλλάζει μόνο η έκθεση τους στον αέρα.*

Για την επίδραση της υγρασίας σχεδιάσαμε το πείραμα της μπανάνας (φρέσκια και αφυδατωμένη). Οι προβλέψεις που έκαναν σε σχετική ερώτηση της εκπαιδευτικού τα παιδιά (γιατί ξεραίνουμε τρόφιμα π.χ. ξυνόχοντρος, σύκα, σταφίδες κτλ, τι αφαιρούμε από το τρόφιμο;), με χρονική σειρά ήταν:

- *Φεύγει η ουσία του*
- *Δεν είναι πια μαλακό*
- *Φεύγουν οι βιταμίνες*
- *Φεύγει το ζουμί του*
- *Φεύγουν οι φυτικές ίνες*
- *Φεύγει υδρατμός*
- *Φεύγει υγρό*
- *Εξατμίζεται το νερό του*
- *Η ξερή μπανάνα έχασε το νερό της*
- *Σαπίζει πιο εύκολα η φρέσκια μπανάνα, τα ξεραμένα φρούτα διατηρούνται περισσότερο καιρό.*

Στην τσάντα που βάλαμε βιοδιασπώμενα και μη υλικά με τη συμβολή των μαθητών, οι μαθητές εκτίμησαν ότι:

- *Το πετραδάκι είναι άψυχο και δε θα σαπίσει*
- *Τα άψυχα δε σαπίζουν*
- *Τα φύλλα δε σαπίζουν λέει ένα παιδί*
- *Θα σαπίσουν (όλα μαζί του ανταπαντούν)*
- *Τα φύλλα ήταν κάποτε ζωντανά και θα σαπίσουν*

- *Το πλαστικό δε σαπίζει*
- *Δεν υπάρχει πλαστικό στη φύση το φτιάχνει ο άνθρωπος και δε σαπίζει*
- *Μόνο όσα ήταν ζωντανά σαπίζουν*
- *Δε ξέρομε πως συμβαίνει αυτό το φαινόμενο. Δεν έχουμε καμιά ιδέα.*

Στην ερώτηση «τι αλλαγές περιμένετε να παρατηρήσουμε στα φρούτα με το πέρασμα του χρόνου;», οι μαθητές υποστήριξαν:

- *Θα χαλάσουν*
- *Θα μυρίζουν άσχημα*
- *Θα αλλάζουν χρώμα*
- *Θα αλλάζουν μορφή*
- *Θα βγάλουν πράσινη μούχλα.*

### **5.3. Στοιχεία από τις παρατηρήσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια των πειραμάτων (γραπτή έκφραση - προσωπικά ημερολόγια μαθητών)**

Οι μαθητές του δείγματος ήταν εξοικειωμένοι με την αποσύνθεση μια και χρησιμοποιούσαν λέξεις όπως σήψη, μουχλιασμένος για να περιγράψουν την διαδικασία που είχαν παρατηρήσει. Ακόμη, οι μαθητές υπέδειξαν ότι το συνολικό ποσό του υλικού θα χανόταν σταδιακά καθώς η αποσύνθεση θα προχωρούσε π.χ. «μίκρυναν» ή «η δροσερή μπανάνα κάθε μέρα χειροτερεύει, έχει βγάλει τα ζουμιά της» ή «έχει σαπίσει πολύ περισσότερο». Αλλά κανένας μαθητής δεν υπέδειξε ότι η συνολική ποσότητα του υλικού τελικώς θα μείνει η ίδια στη φύση. Ακόμα, οι μαθητές δεν μπορούσαν να εξηγήσουν πως η αποσύνθεση λάμβανε χώρα.

Παρατηρήσεις των μελών της ομάδας του Μήλου:

- *«τα μήλα εκτός ψυγείου αρχικά μαυρίζουν, μετά σαπίζουν και τέλος είναι μουχλιασμένα. Στο ψυγείο τα μήλα είναι κανονικά»*
- *«τα μήλα σε θερμοκρασία δωματίου έχουν μυρίσει και σαπίσει, ενώ στο ψυγείο είναι νόστιμα και δροσερά και πολύ μαλακά»*
- *«παρατηρώ ότι το μήλο που είναι στο ψυγείο δεν έχει πάθει τίποτα, ενώ αυτό στη θερμοκρασία δωματίου είναι μουχλιασμένο»*

Παρατηρήσεις των μελών της ομάδας της Μπανάνας:

- *«η ξερή μπανάνα δεν έχει πάθει τίποτα γιατί έχουν φύγει τα ζουμιά της. Η δροσερή κάθε μέρα χειροτερεύει, έχει βγάλει τα ζουμιά της και έχει μουχλιάσει»*
- *«η δροσερή μπανάνα έχει σαπίσει πολύ περισσότερο, ενώ η ξερή δεν έχει πάθει τίποτα.»*

- «η ξερή διατηρείται, η δροσερή μουχλιάζει.

Παρατηρήσεις της ομάδας του Μούρου:

- «τα μούρα στον αέρα μίκρυναν, σάπισαν, γέμισαν μούχλα, ενώ χωρίς αέρα έβγαλαν μόνο ζουμί»
- «με αέρα μίκρυναν και σάπισαν, ενώ χωρίς αέρα έχασαν μόνο το ζουμί»
- «τα μούρα στον αέρα είναι μικρότερα και μουχλιασμένα, ενώ αυτά στο βάζο έβγαλαν ζουμιά».

#### **5.4. Στοιχεία από τις ιδέες – επεξηγήσεις των μαθητών για φαινόμενο της αποικοδόμησης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (αποδελτίωση ημιδομημένης συζήτησης εκπαιδευτικού - μαθητών με βίντεο)**

Στην Τρίτη Φάση της διδασκαλίας που αφορούσε στην οργάνωση και διατύπωση συμπερασμάτων (10<sup>η</sup> μέρα από την έναρξη των πειραμάτων), οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να αναφέρουν ξανά τις δικές τους ερμηνείες και επεξηγήσεις για το φαινόμενο της αποικοδόμησης και με τη φθίνουσα καθοδήγηση της εκπαιδευτικού, διατυπώνονται οι επιστημονικές ερμηνείες του φαινομένου.

Εκπαιδευτικός: *Η μούχλα είναι ίδια από την πρώτη μέρα;*

Μαθητές: *Όχι μέρα τη μέρα επεκτείνονταν*

Εκπαιδευτικός: *Τι λέτε να προκάλεσε την ανάπτυξη της μούχλας;*

Μαθητές: *Η άσκημη μυρωδιά..., έβγαλε τα ζουμιά του και γι αυτό σάπισε..., μυρίζει σαν ρακί και σάπισε...*

Εκπαιδευτικός: *Η μούχλα θέλει κατάλληλη θερμοκρασία, υγρασία, αέρα και αναπτύσσεται συνεχώς, τι πιστεύετε η μούχλα είναι κάτι ζωντανό ή άψυχο;;;*

Μαθητές: *Η μούχλα πρέπει να είναι ζωντανό γιατί κάθε μέρα γίνεται και περισσότερη... επειδή σιγά - σιγά αναπτύσσεται πρέπει να έχει ζωή.*

Η εκπαιδευτικός υποδεικνύει στα παιδιά να διαβάσουν την αναφορά στους αποικοδομητές από το βιβλίο.

Μαθητές: *Λέει ότι είναι και κάποιοι μικροί οργανισμοί που βοηθούν στην αποσύνθεση των φυτών και των ζώων κάτι τέτοιο πρέπει να είναι η μούχλα.*

Η εκπαιδευτικός λέει στα παιδιά ότι αποικοδομητές είναι τα βακτήρια και οι μύκητες. Εξηγεί στα παιδιά ότι εκτός από τα μανιτάρια που είναι ορατός μύκητας, οι αποικοδομητές συνήθως δε φαίνονται με γυμνό μάτι. Η μούχλα είναι αποικία μυκήτων.

Μαθητές: *Κυρία εκτός από φυτά και ζώα τρώμε και αποικοδομητές.... Τα μανιτάρια..*

Εκπαιδευτικός: Εξηγεί την έννοια της αποικοδόμησης. Τι να σημαίνει αποικοδόμηση;

Κάτι ενώνω ή κάτι σπάω;

Μαθητές: Κάτι διασπώ...

Εκπαιδευτικός: Εσείς που βρίσκετε τα υλικά και την ενέργεια για να ψηλώσετε και να είστε δραστήριοι;

Μαθητές: στο κρέας..., στο φαγητό..., το φαί μας δίνει ενέργεια... και υλικά: γάλα, γιαούρτι κτλ..., από το φαγητό παίρνουμε βιταμίνες και ενέργεια....

Εκπαιδευτικός: Η μούχλα για να αναπτυχθεί διασπά νεκρά φυτά ή ζώα. Τι είναι αυτά για τη μούχλα – αποικοδομητές;

Μαθητές: Είναι το φαγητό της μούχλας η μπανάνα και τα μούρα κτλ..., αφού οι νεκροί οργανισμοί είναι η τροφή των αποικοδομητών, θα παίρνουν από αυτά ενέργεια και ύλη....

Εκπαιδευτικός: Διακρίνει στον πίνακα τους οργανισμούς σε φυτά – ζώα – αποικοδομητές. Τι λέτε να είναι τα σκουλήκια, οι γύπες κτλ που λέγατε αρχικά ότι θα φάνε το νεκρό ζώο;

Μαθητές: Τα φυτά λέγονται παραγωγοί, τα ζώα καταναλωτές. Τα σκουλήκια, οι γύπες είναι καταναλωτές μάλλον... Αφού δεν είναι μικροσκοπικοί αποικοδομητές, σίγουρα είναι καταναλωτές....

Εκπαιδευτικός: Πράγματι τα σκουλήκια, οι γύπες κτλ έχουν στο στομάχι τους αποικοδομητές που διασπών τα υλικά σε πιο απλά συστατικά.... Ακόμη με την απέκκριση απορρίπτουν υλικά στο περιβάλλον, που πάλι τα διασπών οι αποικοδομητές και κάνουν το έδαφος γόνιμο, δηλαδή το εμπλουτίζουν με απλά συστατικά που είναι απαραίτητα στα φυτά.

Εκπαιδευτικός: Τι ερμηνεία δίνεται τώρα στα πειράματα που κάναμε;;;

Μαθητές: Το μήλο δε χαλάει εύκολα στο ψυγείο γιατί οι αποικοδομητές δεν μπορούν να αναπαραχθούν..., στο κρύο οι αποικοδομητές δεν επιβιώνουν...

Μαθητές: Η αποικοδόμηση αργεί στο βαζάκι γιατί οι περισσότεροι οργανισμοί χρειάζονται αέρα για να ζήσουν.... Δε ζουν χωρίς αέρα στο βαζάκι οι αποικοδομητές...

Μαθητές: Η φρέσκια μπανάνα μουχλιάζει πιο γρήγορα γιατί η μούχλα δηλαδή οι αποικοδομητές χρειάζονται υγρασία για να αναπτυχθούν...

Μαθητές: Το πετραδάκι και το πλαστικό δε μουχλιάζουν γιατί δεν ήταν ζωντανά... μόνο υλικά που υπήρχαν στη φύση και ήταν ζωντανά διασπών οι αποικοδομητές..

Εκπαιδευτικός: Ποιο παρατσούκλι θα δίνετε στους αποικοδομητές;;; Τι δουλειά θα έκαναν στη γη;

Μαθητές: Θα ήταν σκουπιδοφάγοι ... Σκουπιδιάρηδες το λέμε.

Εκπαιδευτικός: Σας αρέσει η έρευνα; Θέλετε να είστε επιστήμονες;

Μαθητές: Ναι..Για να πετύχει μια έρευνα κάθε φορά πρέπει να αλλάζουμε ένα πράγμα.

Από την αποδελτίωση της ημιδομημένης συζήτησης εκπαιδευτικού - μαθητών καταγράφεται ότι αρχικά οι μαθητές εμμένουν στην άποψη ότι η αποικοδόμηση είναι μια τυχαία διαδικασία που απλά συμβαίνει π.χ. σάπισε γιατί «έχει άσκημη μυρωδιά... έβγαλε τα ζουμιά του και γι αυτό σάπισε...», μυρίζει σαν ρακί και σάπισε», ενώ με τη φθίνουσα καθοδήγηση της εκπαιδευτικού οι μαθητές καταλήγουν να υποδεικνύουν τους μικροοργανισμούς ως υπεύθυνους της αποικοδόμησης π.χ. «κάποιοι μικροί οργανισμοί που βοηθούν στην αποσύνθεση των φυτών και των ζώων κάτι τέτοιο πρέπει να είναι η μούχλα». Πράγματι, οι μαθητές δεν ενστερνίζονται πια την άποψη της αποικοδόμησης ως αναπόφευκτης διαδικασίας η οποία με κάποιο τρόπο και λαμβάνει χώρα απλά ως αποτέλεσμα του χρόνου, αλλά ότι συμμετέχουν σε αυτή οργανισμοί π.χ. «η μούχλα πρέπει να είναι ζωντανό γιατί κάθε μέρα γίνεται και περισσότερη... επειδή σιγά - σιγά αναπτύσσεται πρέπει να έχει ζωή» και συγκεκριμένα οργανισμοί που «κάτι διασπών» και ονομάζονται αποικοδομητές «αφού οι νεκροί οργανισμοί είναι η τροφή των αποικοδομητών, θα παίρνουν από αυτά ενέργεια και ύλη...». Ακόμη, οι αποικοδομητές εκτιμούν τα παιδιά με βάση τα πειράματα που υλοποίησαν ότι «στο κρύο οι αποικοδομητές δεν επιβιώνουν...», «Δε ζουν χωρίς αέρα», «χρειάζονται υγρασία για να αναπτυχθούν...» και αποτελούν ξεχωριστό κρίκο της τροφικής αλυσίδας «Τα φυτά λέγονται παραγωγοί, τα ζώα καταναλωτές. Τα σκουλήκια, οι γύπες είναι καταναλωτές μάλλον... Αφού δεν είναι μικροσκοπικοί αποικοδομητές, σίγουρα είναι καταναλωτές...».

#### **5.5. Στοιχεία για τις απόψεις των μαθητών σχετικά με τη χρησιμότητα των αποικοδομητών για το οικοσύστημα μετά τη διδακτική παρέμβαση (ερωτηματολόγιο - γραπτή έκφραση)**

Στο ερώτημα «αν δε συνέβαινε το φαινόμενο της αποικοδόμησης τι θα γινόταν στη γη κατά τη γνώμη σου;», οι μαθητές απάντησαν:

- «...δε θα μούχλιαζαν τα φαγητά, τα φρούτα και δε θα διαλύονταν αλλά τα σκουπίδια θα έμεναν στη γη και δε θα μπορούσαμε να ευχαριστήσουμε τους αποικοδομητές που μας προσφέρουν αυτά που μας προσφέρουν, όπως να φυτρώνουν ζανά λουλούδια. Καλό θα ήταν να μην υπάρχουν μικροοργανισμοί, αλλά κάποιες φορές τους χρειαζόμαστε»
- «Τα ζώα και τα φυτά όταν πέθαιναν, θα έμεναν πάνω στη γη και θα ήταν για πάντα στο ίδιο σημείο. Η γη δε θα γινόταν γόνιμη και στο τέλος οι άνθρωποι δεν θα μπορούσαν να φυτέψουν και αυτοί που εξαρτώνται από αυτό το επάγγελμα δε θα μπορούσαν να ζήσουν. Άρα οι αποικοδομητές μας είναι χρήσιμοι»
- «Χωρίς τους αποικοδομητές δε θα υπήρχαν τα φυτά και τα ζώα, αφού η γη δε θα είχε πάλι τα απαραίτητα υλικά»
- «Τα φυτά δε θα φύτρωναν αν δεν υπήρχαν αποικοδομητές»
- «Δε θα δημιουργούνταν πια λουλούδια, φυτά και πολλά άλλα, που χρειάζονται το χώμα, συνεπώς ούτε τα ζώα που τρώνε τα φυτά»



- *«Αν δεν υπήρχαν οι αποικοδομητές δε θα υπήρχαν τα λουλούδια και τα φυτά, δε θα υπήρχαν τρόφιμα και φρούτα. Θα υπήρχαν μόνο σκουπίδια στη γη»*
- *«Δε θα μπορούσαν να μεγαλώσουν τα φυτά, ενώ τώρα μπορούν και για αυτό πρέπει να τους ευχαριστούμε τους αποικοδομητές γι αυτά που μας κάνουν. Ακόμα, τα σκουπίδια θα έμεναν στη γη και θα βρωμούσαν»*
- *«Η γνώμη μου είναι ότι αν δεν υπήρχαν οι αποικοδομητές τα λουλούδια δε θα έβγαιναν και τα σκουπίδια θα έμεναν για πάντα στη γη»*
- *«Θα είχαμε γεμίσει με σκουπίδια. Μόνο σκουπίδια καμιά ζωή».*

Οι μαθητές του δείγματος κατέληξαν να κατακτήσουν τις βασικές έννοιες της έρευνας που ήταν οι αποικοδομητές, δηλαδή οι οργανισμοί που αντιστοιχούν κυρίως στα βακτήρια και τους μύκητες που παίρνουν την απαιτούμενη ενέργεια και οργανική ύλη από νεκρούς οργανισμούς π.χ. *«Χωρίς τους αποικοδομητές δε θα υπήρχαν τα φυτά και τα ζώα, αφού η γη δε θα είχε πάλι τα απαραίτητα υλικά»* και *«Θα είχαμε γεμίσει με σκουπίδια. Μόνο σκουπίδια καμιά ζωή».*

## Συζήτηση – Προτάσεις

Από τα ευρήματα της έρευνας προκύπτει ότι αρχικά οι μαθητές ενστερνίζονται μια σειρά από εναλλακτικές αντιλήψεις για την αποικοδόμηση, οι οποίες διακρίνονται σε δυο ευρύτερες κατηγορίες: στην πρώτη ανήκουν τα παιδιά που πιστεύουν ότι το υλικό εξαφανίζεται με την πάροδο του χρόνου, ίσως και από την δράση φυσικών παραγόντων (π.χ. ήλιος), ενώ στη δεύτερη τα παιδιά που θεωρούν ότι ένα μέρος του υλικού διατηρείται καθώς γίνεται τροφή για οργανισμούς ή μετατρέπεται σε χώμα με το πέρασμα του χρόνου. Αποτελέσματα σύμφωνα και με αυτά άλλων ερευνών π.χ. Smith & Anderson (1986), Sequiera & Freitas (1986), Leach et al. (1996) και Hogan & Fisherkeller (1996) κτλ.. Ενισχύεται έτσι η άποψη ότι οι ιδέες ή αντιλήψεις των μαθητών μπορούν να ομαδοποιηθούν, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ (Driver κ.ά., 1998).

Η δυσκολία κατανόησης της διαδικασίας της αποικοδόμησης και της έννοιας του αποικοδομητή από τα παιδιά, μπορεί να αποδοθεί στους παρακάτω παράγοντες:

- **Κυριαρχία της αισθητηριακής αντίληψης:** Οι μικροοργανισμοί δεν είναι άμεσα ορατοί και τα παιδιά δεν έχουν εμπειρίες για την ύπαρξή τους παρά μόνο πληροφορίες με αποτέλεσμα συχνά οι μαθητές να μην τους λαμβάνουν υπόψη (Driver et al., 1998).
- **Επηρεάζονται από την κοινή λογική.** Η αντίληψη της έννοιας των μικροοργανισμών δεν πηγάζει από καθημερινές εμπειρίες, αλλά από την παράδοση, την τηλεόραση, τους οδοντιάτρους και από πληροφορίες από τα προγράμματα αγωγής υγείας, την καμπάνια ενημέρωσης για το AIDS, (Maxted, 1984, Simonneaux, 2000). Συνήθως οι πληροφορίες αυτές οδηγούν τα παιδιά στο συμπέρασμα ότι οι μικροοργανισμοί, όπως τα βακτήρια είναι

επιβλαβής για τον άνθρωπο. Επίσης, η κοινή κουλτούρα ότι μετά το θάνατο το σώμα χάνεται, ενισχύει τη διαισθητική αντίληψη των παιδιών.

- Σχολικά εγχειρίδια. Οι αποικοδομητές αναφέρονται σε μια σειρά για πρώτη φορά στην Δ΄ τάξη (σ.σ. 61), χωρίς να κατονομάζονται με σαφήνεια, ως «μικρούς κυρίως, οργανισμούς, που βοηθούν στην αποσύνθεση των φυτών και των ζώων» και συνδέονται με την τροφική αλυσίδα. Σ’ όλες τις προηγούμενες τάξεις η τροφική αλυσίδα παρουσιάζεται με τη μορφή Φυτό – φυτοφάγο – σαρκοφάγο, με αποτέλεσμα οι μαθητές να αγνοούν ότι η ύλη ανακυκλώνεται μέσω των τροφικών σχέσεων και συνεπώς τον ρόλο των αποικοδομητών. Η ελλιπής αναφορά στους αποικοδομητές συνεχίζεται καθ’ όλη τη βασική εκπαίδευση μέχρι και το πέρας του Γυμνασίου.
- Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός. Η σχέση αιτίας – αποτελέσματος είναι εστιασμένη προς μία κατεύθυνση και τα παιδιά δυσκολεύονται να κατανοήσουν κυκλικές διαδικασίες, όπως την ανακύκλωση της ύλης μέσω των τροφικών σχέσεων και την διαδικασία της αποικοδόμησης. Οι δυσκολίες που συναντούν τα παιδιά όταν προσπαθούν να καταλάβουν κυκλικές διαδικασίες, έχει προκύψει και από έρευνα της Αγγελίδου (1995), για τον κύκλο του νερού.
- Δυσκολίες που σχετίζονται με τις αντιλήψεις των παιδιών για την διατήρηση της ύλης. Οι μαθητές όταν βλέπουν μια συγκεκριμένη χημική ή φυσική μεταβολή, όπου επικρατεί η φανερή εξαφάνιση κάποιου ή κάποιων υλικών, τότε είναι απίθανο να θεωρήσουν ότι η μάζα διατηρείται (Driver et al., 1998). Έτσι, είναι πιο εύκολο να πιστέψουν ότι το υλικό του νεκρού οργανισμού απλά «διαλύεται», «λιώνει» και εξαφανίζεται παρά ότι διατηρείται.

Παράλληλα, προκύπτει από την έρευνα ότι ενώ οι μαθητές από τις εμπειρίες τους και με τη φθίνουσα καθοδήγηση της εκπαιδευτικού, μέσω κατάλληλων ερωτήσεων, μπορούν να κάνουν σωστές προβλέψεις για την έκβαση των πειραμάτων και κάνουν ακριβείς παρατηρήσεις κατά τη διεξαγωγή τους, ωστόσο αδυνατούν να δώσουν επιστημονικές εξηγήσεις για το φαινόμενο της αποικοδόμησης. Συνεπώς, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη ότι η ανάλυση και η επίλυση επιστημονικών ζητημάτων, που αποτελεί βασικό στόχο μιας πειραματικής διαδικασίας, απαιτεί από τον μαθητή να κατακτήσει την πιο σύνθετη ιεραρχικά «νοητική δεξιότητα», σύμφωνα με το ταξινομικό σύστημα του Gagné (Gagné, 1977). Ο μαθητής για να κατανοήσει και να αναζητήσει λύση σ’ ένα επιστημονικό ερώτημα, όπως ποια είναι η διαδικασία της αποικοδόμησης, πρέπει να ανακαλέσει βασικές οικολογικές έννοιες και αρχές, που δεν προκύπτουν από την εμπειρική γνώση ή την απλή παρατήρηση ενός σχολικού πειράματος. Για το σκοπό αυτό, η διδακτική παρέμβαση πρέπει να παράσχει τις απαραίτητες γνώσεις για την ερμηνεία των σύνθετων φαινομένων που διέπουν το φυσικό περιβάλλον. Ως εκ τούτου, η αποικοδόμηση θα πρέπει να διδάσκεται αναλυτικά στα παιδιά και όχι μόνο μέσα από πειράματα γιατί έχει αποδειχθεί αναποτελεσματική διδακτική στρατηγική από σχετικές έρευνες που αφορούν στην αποτελεσματικότητα εξαγωγής επιστημονικών συμπερασμάτων από μαθητές αποκλειστικά μέσω πειραματισμού π.χ. (Smith & Anderson, 1984; Barker & Carr., 1989; Siler et al., 2013). Ωστόσο, η διδασκαλία δεν θα

πρέπει να είναι μόνο μετάδοση γνώσεων, αλλά να περιλαμβάνει και το σχεδιασμό έργων που προωθούν τη μάθηση και έχουν αφετηρία τις ιδέες των μαθητών (Duit, Treagust και Widodo, 2013).

Ακόμη, η κατανόηση της διατήρησης της ύλης μετά από φυσική ή χημική μετατροπή είναι βασική γνώση, για να κατανοηθεί από τους μαθητές η ανακύκλωση της ύλης μέσω των τροφικών σχέσεων και η διαδικασία της αποικοδόμησης. Οι αποικοδομητές να συνδέονται σαφώς με τα τροφικά πλέγματα στα σχολικά εγχειρίδια.

Επίσης, τα στοιχεία που προέκυψαν από την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών κατά τη διάρκεια της δικής μας διδακτικής παρέμβασης για την κατανόηση της αποικοδόμησης, θα λέγαμε ότι ενισχύει περισσότερο τις θέσεις του di Sessa, (1993; 2013), που υποστηρίζει ότι η διδακτική παρέμβαση που είχε στόχο τη γνωστική σύγκρουση δεν έχει κάποιο νόημα. Αντίθετα, οι μαθητές θα πρέπει να αντιμετωπιστούν ως «αρχιτέκτονες» που θα πρέπει να βοηθηθούν για να συνθέσουν καλύτερα τα απαραίτητα “p- prims”, ώστε να δομήσουν κατάλληλες εξηγήσεις. Πράγματι, η όποια γνωστική σύγκρουση σημειώθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, όπου τα υλικά των φρούτων αντί να εξαφανίζονται ή να τρώγονται από έντομα, απλά μετατρέπονταν σε μούχλα που ολοένα αναπτύσσονταν, οι μαθητές συνήθως την ερμήνευαν με πολύ επιφανειακό τρόπο αυτήν την ασυνέπεια με τις πρότερες αντιλήψεις τους και δεν προέβιναν σε πιο ριζικές μορφές εννοιολογικής αλλαγής, οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατανόηση πολύπλοκων επιστημονικών εννοιών (di Sessa, 1993; 2013). Αντιθέτως, η στρατηγική που στηρίζεται πάνω στις υπάρχουσες απόψεις των παιδιών και σταδιακά επιχειρείται προέκτασή τους προς την επιστημονική σκοπιά, αποδείχθηκε πιο επωφελής.

Από τα πορίσματα της έρευνας, μάλλον επιβεβαιώθηκε η άποψη ότι η καθημερινή, η εμπειρικοβιωματική γνώση των μαθητών δεν αποτελεί εμπόδιο για την πορεία προς την εννοιολογική αλλαγή, αλλά πιθανότερα το «όργανο» στο οποίο θα βασιστεί η διδασκαλία για να τη συμπληρώσουν και να την επεκτείνουν οι μαθητές προς την επιστημονικά αποδεκτή άποψη. Τέλος, φαίνεται να προκύπτει ότι η μεταφορά βασικών οικολογικών γνώσεων στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής είναι εφικτή (Μπαγιάτη, 2012), τόσο σε αντίθεση με την πλειοψηφία των ερευνητικών ευρημάτων που αφορούν στη μεταφορά (Perkins & Salomon, 1992), όσο και σε αντιδιαστολή με την άποψη ότι η ονομαζόμενη απλοϊκή γνώση, δε θα πρέπει να ευελπιστούμε ότι θα αντικατασταθεί από την επιστημονική γνώση (Caravita και Hallden, 1994).

Η έρευνα θα μπορούσε να αποτελέσει έναυσμα για την εφαρμογή της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης σε πληθυσμό μεγαλύτερης κλίμακας, οπότε τα ευρήματα θα μπορούσαν να ποσοτικοποιηθούν και να αποτελέσουν αντικείμενο στατιστικής ανάλυσης και εξαγωγής πιο γενικεύσιμων συμπερασμάτων. Ωστόσο, η ποιοτική ανάλυση που εφαρμόστηκε στη συγκεκριμένη έρευνα ενδείκνυται για πιο λεπτομερή μελέτη της σκέψης των μαθητών του δείγματος και για ανάδειξη της καταλληλότητας της κονστρουκτιβιστικής προσέγγισης της μάθησης για την υπέρβαση των εμποδίων, τα οποία οι μαθητές έχουν εκφράσει με τις

πρότερες αντιλήψεις τους.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Barker, M. και Carr, M. (1989). Photosynthesis – can our pupils see the wood for the trees; *Journal of Biological Education*. 23(1), 41- 44.
- Bloom, B.S. & Krathuohl, D.R. (1986). *Ταξινόμια Διδακτικών Στόχων*. (μτφρ. Α. Λαμπράκη- Παγανού ). Αθήνα: Κώδικας.
- Caravita, S. και Halldén, O. (1994). *Re- framing the problem of conceptual change, Learning and Instruction*, Μεγάλη Βρετανία, Elsevier Science Ltd., 4, 89 – 111.
- Carr, M., Barker, M., Bell, B., Biddulph, F., Jones, A., Kirkwood, V., Pearson, J. και Symington, D. (1995). The constructivist Paradigm and Some Implications for Science Content and Pedagogy. Στο P.J. Fensham, R.F. Gunstone και R.T. White (Επιμ.). *The Content of Science: A constructivist approach to its teaching and learning*. Λονδίνο. The Palmer Press, 147 – 160.
- Di Sessa, A. (2013). A Birds Eye. View of the “Pieces” Vs “Coherence”Controversy (from the “Pieces” Side of the Fence). S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. New York. Routledge. 31—48.
- Di Sessa, A. (1993). Towards an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, 10(2 και 3), 105 – 225.
- Driver, R. and Erickson, G. (1983). Theories – in – action: some theoretical and empirical issues in the study of student’s conceptual frameworks in science, *Studies in Science Education*, 10, 37 – 60.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. και Wood – Robinson, V. (1998). *Οικο- δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών* (Μ Χατζή, Μετάφρ.), Αθήνα, Τυπωθήτω.
- Duit, R., Treagust, D. F, & Widodo, (2013). Teaching science for conceptual change: Theory and practice. S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. New York. Routledge. 487-503.
- Fosnot, C.T. (1995). *Constructivism: Theory, Perspectives and Practice*. Νέα Υόρκη, Teachers College Press.
- Gagné, R.M. (1977). *The Conditions of Learning* (2η εκδ.), Νέα Υόρκη, Holt, Rinehart and Winston.
- Hellden, G. (1999). A longitudinal study of pupils’ understanding of conditions for life, growth and decomposition, Στο M. Bandiera, S. Caravita, E. Torracca και M. Vicentini (Επιμ.), *Research in Science Education in Europe*, Λονδίνο, Kluwer Academic Publishers, 23 – 29.
- Hogan, K. και Fisherkeller, J. (1996). Representing students’ thinking about nutrient cycling in ecosystems: bidimensional coding of a complex topic, *Journal of Research in Science Teaching*, (33)9, 941- 970.

- Joyce, B. , Weil, M. & Cathoun,E. (2009). *Διδακτική μεθοδολογία-διδακτικά μοντέλα*, (Επιμ. Κ. Κασσιμάτη). Αθήνα : Έλλην. Γράμματα
- Leach, J., Driver, R., Scott, Ph. και Wood – Robinson, C. (1996). Children’s ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5 –16 about the cycling of matter, *International Journal of Science Education*, 18 (1), 19 –34.
- Maxted, M.A. (1984). “*Pupils’ prior beliefs about bacteria and science processes: their interplay in school science laboratory work*”, unpublished Master thesis, University of British Columbia.
- Nasa, 2016. Astro-Venture: Biology Educator Guide: Lesson 5: Decomposers Get Energy From Dead Things. Retrieved from [Http://www.astroventure.arc.nasa.gov](http://www.astroventure.arc.nasa.gov)
- Perkins, D.N. και Salomon, G. (1992). *Transfer of learning*, *International Encyclopedia of Education* (2η εκδ.), Οξφόρδη, Αγγλία, Pergamon Press: Ανακτημένο στις 26/8/2005 από το δικτυακό τόπο [http:// learnweb.harvard.edu](http://learnweb.harvard.edu).
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211 – 227.
- Schotz, W., Vosniadou, S. και Carretero, M. (1999). *New Perspectives on Conceptual Change*, Οξφόρδη, Elsevier Science Ltd.
- Scott, P., Asoko, H. και Driver, R. (1991). Teaching for conceptual change: a review of strategies. Στο R. Duit κ.ά. (Επιμ.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Bremen:INP., 310 –329.
- Sequeira, M. και Freitas, M. (1986). *Death and decomposition of living organisms: Children’s alternative frameworks*, Τουλούζη, Γαλλία: Association of Teacher Education in Europe.
- Siler, S., Klarh, D. & Matlen, B.J. (2013). Conceptual change when learning experimental design. S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. New York. Routledge. 138- 158
- Simonneaux, L. (2000). A study of pupil’s conceptions and reasoning in connection with “microbes”, as a contribution to research in biotechnology education, *International Journal of Science Education*, 22 (6), 619 – 644.
- Smith, E.L. και Anderson, C.W. (1986). *Alternative students conceptions of matter cycling in ecosystems*, Paper presented to National Association of Research in Science Teaching.
- Taylor, P.C.S. (1993). Collaborating to reconstruct Teaching: The Influence of Researcher Beliefs, Στο K. Tobin (Επιμ.), *The Practice of Constructivism in Science Education*, Νέο Τζέρσει, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdate, 267 –297.
- Vosniadou, S. (1999). Conceptual Change Research: State of the Art and Future Directions. Στο W.Schotz,, S. Vosniadou και M. Carretero (Επιμ.), *New Perspectives on Conceptual Change*, Οξφόρδη, Elsevier Science Ltd.
- Vosniadou, S. (2013). *International handbook of research on conceptual change* (2nd ed.).

New York. Routledge.

- Vosniadou, S. και Brewer, W.F. (1998). Νοητικά Μοντέλα της Εναλλαγής της Μέρας/Νύκτας. Στο Σ. Βοσνιάδου (Επιμ.) *Γνωσιακή Ψυχολογία: Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*, (Χ. Κύρκος Μεταφρ.), Αθήνα, Gutenberg.
- Βασιλοπούλου, Μ. (1998). *Διερεύνηση και Διδακτική αντιμετώπιση των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών του γυμνασίου για τη Βιοποικιλότητα*. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Τομέας Παιδαγωγικής.
- Βοσνιάδου, Σ. (1998). *Γνωσιακή Ψυχολογία: Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*, (Χ. Κύρκος Μεταφρ.), Αθήνα, Gutenberg.
- Βοσνιάδου, Σ. (2000). Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία: παραδείγματα από το χώρο της αστρονομίας. Στο Β. Κουλαϊδής, (Επιμ.), *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου. Γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*, Αθήνα, Gutenberg, 233 – 261.
- Βοσνιάδου, Σ. (2005). *Εισαγωγή στην ψυχολογία. Βιολογικές Αναπτυξιακές και Συμπεριφοριστικές Προσεγγίσεις - Γνωστική Ψυχολογία*, τόμος Α΄, Αθήνα, Gutenberg.
- Κουζέλης, Γ. (2005). *Ενάντια στα φαινόμενα, για μια επιστημολογική προσέγγιση της διδακτικής των Κοινωνικών Επιστημών*, Αθήνα, Νήσος.
- Μπαγιάτη, Ε. (2002β). *Διερεύνηση εναλλακτικών αντιλήψεων μαθητών της Στ΄ τάξης δημοτικών σχολείων γύρω από τις τροφικές αλυσίδες και της ικανότητάς τους να κατανοούν σχετικά περιβαλλοντικά προβλήματα*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Μπαγιάτη, Ε. (2012α). Μεταφορά μάθησης βασικών οικολογικών εννοιών κατά τη διερεύνηση περιβαλλοντικών ζητημάτων και κριτική σκέψη. Συσχέτιση γνώσεων και στάσεων μαθητών για τα τροφικά πλέγματα. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*. 5(1-2), 141-152.
- Τρικαλίτη, Α. (1995). *Διερεύνηση γνωστικών, κοινωνικών και ψυχολογικών παραμέτρων συνδεδεμένων με την Περιβαλλοντική εκπαίδευση*, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Αθήνα.
- Τσιώλης, Γ. (2014). *Μέθοδοι και τεχνικές ανάλυσης στην ποιοτική κοινωνική έρευνα*. Αθήνα: Κριτική.