

1 Η διδακτική της Βιολογίας και η σχέση της με τη βιολογική εκπαίδευση

— Μαρίντα Εργαζάκη

Το επιστημονικό πεδίο της «διδακτικής της Βιολογίας»

Εισαγωγή

Ο όρος «διδακτική της Βιολογίας» (Biology Didactics) είναι πλέον αρκετά διαδεδομένος. Κυριολεκτικά παραπέμπει στη διδασκαλία της Βιολογίας και μάλιστα σε μια παρωχημένη, θα έλεγε κανείς, εκδοχή της, η οποία διατρέχεται από την ιδέα της μετάδοσης της γνώσης (Gericke & Ottander, 2016· Jimenez-Aleixandre, 2016). Ωστόσο, ο όρος αυτός έχει καθιερωθεί ως συνώνυμο μιας διακριτής περιοχής της εκπαιδευτικής έρευνας (Zogza, 2016), η οποία μελετά οτιδήποτε σχετίζεται με τη μάθηση και τη διδασκαλία της Βιολογίας σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες αλλά και εκτός της τυπικής εκπαίδευσης (Ζόγκζα, 2007, 2009). Θα μπορούσε δε, να θεωρηθεί λιγότερο εύστοχος από τον όρο «Έρευνα για τη Βιολογική Εκπαίδευση» ή «Έρευνα για την Εκπαίδευση στη Βιολογία» (Biology Education Research), ο οποίος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε αγγλόφωνες χώρες.

Η διδακτική της Βιολογίας εντάσσεται στις επιστήμες της εκπαίδευσης και ως επιστημονικό αντικείμενο έχει διεπιστημονικό χαρακτήρα. Αποτελεί το πεδίο συνάντησης μιας επιστήμης της φύσης, της βιολογίας, με κοινωνικές επιστήμες όπως η φιλοσοφία, η ιστορία της επιστήμης, η ψυχολογία, η κοινωνιολογία και η παιδαγωγική (Jimenez-Aleixandre, 2016). Παρά τις ιδιαιτερότητές της (Αθανασίου, 2015· Zogza, 2016), η διδακτική της Βιολογίας—όπως άλλωστε και η διδακτική της φυσικής, της χημείας και της γεωλογίας—αποτελεί μέρος του ευρύτερου επιστημονικού πεδίου της διδακτικής των Επιστημών της Φύσης ή διαφορετικά Επιστημών της Φύσης (Science Education ή Science Education Research) (Jimenez-Aleixandre, 2016).

Η συγκρότηση του πεδίου της διδακτικής των Επιστημών της Φύσης και, βέβαια, η ανάδυση της διδακτικής της Βιολογίας μέσα σε αυτό, δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί χρονικά με αρκετή ακρίβεια, γιατί δεν

πραγματοποιήθηκε ασφαλώς σε ακαδημαϊκό κενό (Ραβάνης, 2016· Taber, 2009). Ήδη από το πρώτο μισό του 20ού αιώνα, ενώσεις εκπαιδευτικών των επιστημών της φύσης είχαν αρχίσει να εκδίδουν περιοδικά για την επιστημονική εκπαίδευση. Για παράδειγμα, το 1928 το NARST (National Association for Research in Science Teaching) αγόρασε το *General Science Quarterly*, το οποίο εκδιδόταν από το 1916 και το μετονόμασε στο γνωστό *Science Education*. Επίσης, το 1938 το NABT (National Association of Biology Teachers) άρχισε να εκδίδει το *American Biology Teacher*, ενώ το 1951 το AIBS (American Institute of Biological Sciences) κυκλοφόρησε το *AIBS Bulletin* που αργότερα μετονομάστηκε σε *Bioscience* (DeHaan, 2011). Επιπλέον, τουλάχιστον από τη δεκαετία του '60 είχε έρθει στο προσκήνιο η ανάπτυξη Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών για τις επιστήμες της φύσης (Bayrhuber, 2016). Στο πλαίσιο του γνωστού BSCS (Biological Science Curriculum Study), για παράδειγμα, μια πολυπληθής ομάδα ανθρώπων με διαφορετικές ειδικότητες (ακαδημαϊκοί βιολόγοι ερευνητές, καθηγητές βιολογίας σε σχολεία, ψυχολόγοι, διδακτικοί) εργάστηκαν για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών υλικών για μαθητές και εκπαιδευτικούς, με στόχο την αναβάθμιση της βιολογικής εκπαίδευσης στο γυμνάσιο (Mayer, 1970).

Ο Fensham (2004), στο βιβλίο του *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research*, επιχείρησε να καταγράψει την εξέλιξη της «Διδακτικής των Επιστημών της Φύσης», αναλύοντας συνεντεύξεις με σημαντικούς ερευνητές του πεδίου από διάφορες χώρες του κόσμου. Για την ταυτοποίηση της «Διδακτικής των Επιστημών της Φύσης» ως επιστημονικού πεδίου, ο Fensham πρότεινε ένα σύστημα κριτηρίων τριών τύπων. Πρόκειται για κριτήρια που αφορούν: (α) θεσμικού χαρακτήρα δομές, οι οποίες επιτρέπουν τη δημιουργία της αντίστοιχης επιστημονικής κοινότητας και υποστηρίζουν την εσωτερική και εξωτερική της επικοινωνία· (β) στοιχεία που καθορίζουν την «ουσία» της επιστημονικής έρευνας που διεξάγεται από τη συγκεκριμένη κοινότητα· και (γ) προϊόντα της έρευνας αυτής και τη σχέση τους με την εκπαίδευση στις Επιστήμες της Φύσης. Στην ενότητα που ακολουθεί θα επιχειρήσουμε να εφαρμόσουμε τα παραπάνω κριτήρια στην περίπτωση της διδακτικής της Βιολογίας, προκειμένου να αναδείξουμε την ταυτότητά της ως επιστημονικού πεδίου.

Η ταυτότητα του πεδίου

Τα κριτήρια του Fensham (2004) μας δίνουν ουσιαστικά τη δυνατότητα να προσεγγίσουμε τρεις διακριτές πτυχές της «διδακτικής της Βιολογίας»: τη

«δομική»), την αμιγώς ερευνητική και την πτυχή των εκπαιδευτικών επιπτώσεων.

Η «δομική» πτυχή

Είναι γεγονός ότι εκτός από οργανώσεις όπως για παράδειγμα η ESERA (European Science Education Research Association), η ASERA (Australian Science Education Research Association), η NARST (National Association of Research in Science Teaching) ή η δική μας ΕΝΕΦΕΤ (Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία), οι οποίες έχουν ως πεδίο αναφοράς τη διδακτική των Επιστημών της Φύσης ευρύτερα, υπάρχουν οργανώσεις που αφορούν αποκλειστικά και μόνο τη διδακτική της Βιολογίας. Το 1996, εδώ και 25 περίπου χρόνια, δημιουργήθηκε στο Κίελο της Γερμανίας η ERIDOB (European Researchers in Didactics of Biology), με στόχο την προώθηση της εμπειρικής έρευνας για τη βιολογική εκπαίδευση στην Ευρώπη (Bayhuber, 2016). Από τότε, τα διετή συνέδριά της γίνονται εναλλάξ με αυτά της ESERA και, ενώ αρχικά είχαν τη μορφή συναντήσεων εργασίας, στις οποίες όλες οι ερευνητικές δουλειές παρουσιάζονταν και συζητιούνταν με όλους τους συμμετέχοντες, σταδιακά το πλήθος των συμμετεχόντων αυξήθηκε τόσο, ώστε οι παράλληλες συνεδρίες έγιναν απολύτως απαραίτητες. Αρκετά χρόνια μετά τη δημιουργία της ERIDOB στην Ευρώπη, και συγκεκριμένα το 2010, δημιουργήθηκε στην Αμερική η SABER (Society for the Advancement of Biology Education Research), με στόχο την έρευνα για την αναβάθμιση ειδικά της μετα-δευτεροβάθμιας βιολογικής εκπαίδευσης. Τα ετήσια συνέδρια της ένωσης αυτής έχουν επίσης αύξουσα απήχηση (Lo, Grant, Gardner, Reid, Napoleon-Fanis, Carroll, Smith, & Sato, 2019).

Στα «δομικά» κριτήρια του Fensham (2004) περιλαμβάνονται, επίσης, και άλλες υποστηρικτικές δομές, όπως τα επιστημονικά περιοδικά, οι πανεπιστημιακές θέσεις και τα προγράμματα εκπαίδευσης των νέων ερευνητών του πεδίου. Πέρα, λοιπόν, από μία σειρά περιοδικών που αφορούν ευρύτερα τη «Διδακτική των Επιστημών της Φύσης» (π.χ. *International Journal of Science Education*, *Research in Science Education*, *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Science & Education* και πολλά άλλα), υπάρχουν πλέον και αρκετά περιοδικά που αφορούν αποκλειστικά τη διδακτική της Βιολογίας (π.χ. *Journal of Biological Education*, *CBE-Life Sciences Education*, *Natural Sciences Education*). Αρκετά, βέβαια, (π.χ. *Journal of Biology and Microbiology Education*, *Biochemistry and Molecular Biology Education* ή *Advances in Physiology Education*) έχουν προκύψει εξαιτίας των

εκπαιδευτικών αναγκών πανεπιστημιακών τμημάτων που θεραπεύουν επιμέρους βιοεπιστήμες, ενώ η αύξησή τους αντικατοπτρίζει επί της ουσίας την αύξηση των περιοδικών που εκδίδονται για τις Βιοεπιστήμες αυτές καθαυτές (Nehm, 2019). Επιπλέον, παράλληλα με τη σειρά βιβλίων του Springer «Contributions from Science Education Research», η οποία αφορά ευρύτερα τη «Διδακτική των Επιστημών της Φύσης», υπάρχει από το 2018 και η ειδικότερη σειρά «Contributions from Biology Education Research», η οποία ιδρύθηκε από δύο από τους επιμελητές του βιβλίου αυτού και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ERIDOB. Τέλος, αν και σε κάποιες χώρες πανεπιστημιακές θέσεις διδακτικής βιολογίας με μακρά ιστορία έχουν καταργηθεί ή απειλούνται με κατάργηση λόγω μειωμένης χρηματοδότησης (Waarlo, 2016), συνολικά θα μπορούσε κανείς να πει ότι οι θέσεις με το αντικείμενο αυτό έχουν αρχίσει να αυξάνονται, έστω και με αργό ρυθμό (Lo κ.ά., 2019). Αυτό δημιουργεί, προφανώς, και περισσότερες ευκαιρίες, τόσο για διδακτορική όσο και για μεταδιδακτορική έρευνα, δηλαδή για εκπαίδευση των νέων ερευνητών του πεδίου.

Συνολικά λοιπόν, η διδακτική της Βιολογίας φαίνεται να είναι ένα εξελισσόμενο «δομικά» επιστημονικό πεδίο, του οποίου η τρέχουσα κατάσταση μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική, ειδικότερα αν λάβουμε υπόψη ότι η ιστορία του δεν είναι ιδιαίτερος μακρά. Συνεχίζοντας τη δομική του εξέλιξη, το πεδίο θα έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει περισσότερη και ενδεχομένως υψηλότερου επιπέδου έρευνα (Lo κ.ά., 2019). Ποια είναι, όμως, τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά της έρευνας αυτής; Ποιος είναι ο σκοπός της, η θεωρητική της βάση, ο τύπος των ερωτημάτων που την καθοδηγούν, η μεθοδολογία με την οποία διεξάγεται; Αυτή η πολύ σημαντική πτυχή της ταυτότητας της διδακτικής της Βιολογίας θα μας απασχολήσει αμέσως παρακάτω.

Η ερευνητική πτυχή

Η διδακτική της Βιολογίας έχει ως άνωτερο σκοπό να συνεισφέρει στην κατανόηση και τη βελτίωση της σύγχρονης διδασκαλίας και μάθησης της βιολογίας (Waarlo, 2016). Αναλυτικότερα, επιδιώκει: (α) να κατανοήσει πώς χτίζεται η βιολογική γνώση από την προσχολική ως την τριτοβάθμια εκπαίδευση· (β) να σχεδιάσει μαθησιακά περιβάλλοντα που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά την οικοδόμηση της βιολογικής γνώσης από τους εκπαιδευόμενους, την εξοικείωσή τους με σημαντικές επιστημονικές πρακτικές και την ανάπτυξη κριτικής σκέψης· (γ) να αναπτύξει εργαλεία αξιολόγησης των περιβαλλόντων αυτών, όχι μόνο ως προς τα μαθησιακά

αποτελέσματα, αλλά και ως προς την πορεία των εκπαιδευόμενων προς τα αποτελέσματα αυτά· και (δ) να συμβάλει στην επανεξέταση των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών Βιολογίας, σχεδιάζοντας πιθανές «μαθησιακές προόδους» ή «μαθησιακές διαδρομές» (learning progressions) για συγκεκριμένα θέματα (π.χ. γενετική, εξέλιξη) (Jimenez, 2016· Warloo, 2016). Με δεδομένη την αυξανόμενη επίδραση των βιοεπιστημών στην καθημερινή ζωή και τα διλήμματα που μπορεί να συνδέονται με αυτήν, η έρευνα για τη βιολογική εκπαίδευση ενδιαφέρεται να συνεισφέρει όχι μόνο στην προετοιμασία νέων βιοεπιστημόνων και νέων εκπαιδευτικών που θα διδάξουν Βιολογία, αλλά και στην προετοιμασία βιολογικά εγγράμματων νέων πολιτών, ικανών να διαχειρίζονται βιοηθικά διλήμματα και γενικότερα να ζουν μία καλή ζωή (Reiss, 2016).

Στο πλαίσιο των παραπάνω επιδιώξεων, η διδακτική της Βιολογίας ψάχνει να βρει αφενός ποιο βιολογικό περιεχόμενο έχει αξία να γίνει αντικείμενο μάθησης και για ποιον λόγο, και αφετέρου, αν το περιεχόμενο αυτό μπορεί όντως να «φτάσει» στους εκπαιδευόμενους και με ποιον τρόπο (Waarloo, 2016). Τα θεωρητικά πλαίσια από τα οποία αντλεί είναι κυρίως αυτά του εποικοδομητισμού και της εννοιολογικής αλλαγής (Ζόγκτζα, 2009· DeHaan, 2011· Taber, 2009). Η γενική παραδοχή είναι ότι η νέα γνώση οικοδομείται στη βάση της προϋπάρχουσας γνώσης με ενεργή προσπάθεια των εκπαιδευόμενων, καθώς και ότι η οικοδόμηση αυτή μπορεί να προϋποθέτει όχι απλώς τον εμπλουτισμό της γνώσης αλλά και σημαντικές αλλαγές στον συνολικότερο τρόπο αντίληψης των πραγμάτων (βλ. Κεφάλαιο 8). Εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι λέξεις όπως «βιολογία» ή «βιολογική» απουσιάζουν πλήρως από την παραπάνω περιγραφή, πράγμα που δεν είναι τυχαίο. Όπως υπογραμμίζει ο Nehm (2019), το θεωρητικό πλαίσιο που καθοδηγεί το πεδίο της διδακτικής της Βιολογίας δεν έχει αναδυθεί μέσα σε αυτό. Για παράδειγμα, η θεωρία της εννοιολογικής αλλαγής αναδύθηκε στο πεδίο της ψυχολογίας με επιρροές από τη φιλοσοφία της επιστημονικής γνώσης και προφανώς δεν αφορά αποκλειστικά τη βιολογική εκπαίδευση. Η διδακτική της Βιολογίας ως ένα σχετικά νέο, εξελισσόμενο επιστημονικό πεδίο είναι σκόπιμο να αρχίσει πλέον να εργάζεται για τη δημιουργία ειδικών θεωρητικών πλαισίων που θα συμβάλλουν στην ουσιαστική ενίσχυση της συνοχής της (Nehm, 2019).

Τα ερωτήματα που καθοδηγούν την έρευνα στο πεδίο της διδακτικής της Βιολογίας δίνουν τη δυνατότητα προσέγγισης των αντικειμένων μελέτης με πολύ διαφορετικούς τρόπους. Θα μπορούσαν δε, να χαρακτηριστούν ως «περιγραφικά», «αιτιακά», «συσχετιστικά» και «μηχανιστικά» (Lo κ.ά., 2019). Τα «περιγραφικά» ερωτήματα καθοδηγούν δουλειές διερευνητικού

χαρακτήρα και μπορεί να αφορούν ζητήματα όπως, για παράδειγμα, ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται ένα βιολογικό φαινόμενο, ή ο τρόπος λειτουργίας ενός μαθησιακού περιβάλλοντος και ο ρόλος του εκπαιδευτικού μέσα σε αυτό. Αντιθέτως, τα «αιτιακά» ερωτήματα έχουν να κάνουν με το αν κάτι (π.χ. ένα μαθησιακό περιβάλλον) «οδηγεί σε»/«προκαλεί» κάτι άλλο (π.χ. καλύτερη εννοιολογική κατανόηση). Ουσιαστικά, μιλάμε για ερωτήματα που αφορούν τον έλεγχο μιας πιθανής αιτιακής σχέσης ανάμεσα σε δύο τουλάχιστον μεταβλητές. Αλλάζοντάς το «οδηγεί σε»/«προκαλεί» με το πιο ήπιο «συσχετίζεται», περνάμε στα «συσχετιστικά» ερωτήματα, τα οποία καθοδηγούν μελέτες που ελέγχουν απλές σχέσεις μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Τέλος, στην περίπτωση των «μηχανιστικών» ερωτημάτων η εστίαση είναι στο «πώς» ή «γιατί» προκύπτει μία αιτιακή (ή μία απλή) σχέση. Με άλλα λόγια, στον περαιτέρω προσδιορισμό των παραγόντων που ενδεχομένως συμβάλλουν στην παραγωγή ενός αποτελέσματος ή στην απλή συσχέτιση δύο μεταβλητών. Η συνοχή των ερευνητικών ερωτημάτων με τις μεθοδολογικές επιλογές των ερευνητών αποτελούν ένα σημαντικό κριτήριο για την ποιότητα της έρευνας στο πεδίο της διδακτικής της Βιολογίας και όχι μόνο (Creswell, 2012). Για παράδειγμα, «αιτιακά» ή «συσχετιστικά» ερωτήματα αντιμετωπίζονται αντίστοιχα με πειραματικές και μη πειραματικές μεθόδους του ποσοτικού ερευνητικού παραδείγματος, ενώ «περιγραφικά» και «μηχανιστικά» ερωτήματα ενδέχεται να αντιμετωπίζονται μέσα στο ποιοτικό ή το μεικτό ερευνητικό παράδειγμα.

Για τη συλλογή των δεδομένων τους, οι ερευνητές της διδακτικής της Βιολογίας χρησιμοποιούν εργαλεία όπως το ερωτηματολόγιο, η συνέντευξη, η παρατήρηση και η εστιασμένη συζήτηση. Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται γενικότερα από τους εκπαιδευτικούς ερευνητές, ενώ, με εξαίρεση ίσως το τελευταίο, είναι δυνατόν να προσαρμοστούν στη συλλογή τόσο ποσοτικών δεδομένων (κλειστό ερωτηματολόγιο, δομημένη συνέντευξη, σχάρα ποσοτικής παρατήρησης) όσο και ποιοτικών (ανοικτό ερωτηματολόγιο, ημιδομημένη συνέντευξη, σχάρα ποιοτικής παρατήρησης). Επιπλέον, προκειμένου να εξασφαλιστεί η εσωτερική εγκυρότητα της έρευνάς τους – και ενδεχομένως και η εξωτερική, εφόσον το επιτρέπει η μέθοδος που έχουν επιλέξει (π.χ. επισκόπηση με μεγάλο και τυχαίο δείγμα)– οι ερευνητές φροντίζουν να ελέγχουν με διάφορους τρόπους, στατιστικούς και μη, την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των εργαλείων συλλογής των δεδομένων τους, ή ακριβέστερα, των συναγωγών που προκύπτουν από τα δεδομένα που συλλέγουν με τα συγκεκριμένα εργαλεία (Creswell, 2012). Τέλος, για την ανάλυση των δεδομένων τους, οι ερευνητές της διδακτικής της Βιολογίας

χρησιμοποιούν είτε ποσοτικές (βλ. στατιστική), είτε ποιοτικές τεχνικές (βλ. κωδικοποίηση δεδομένων σε κατηγορίες, οργάνωσή τους σε σχήματα κωδικοποίησης, έλεγχος της αξιοπιστίας των κωδικοποιητών). Για μία ολοκληρωμένη εικόνα των μεθοδολογικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται στη διδακτική της Βιολογίας, βλ. Κεφάλαιο 2.

Η πτυχή των εκπαιδευτικών επιπτώσεων

Ένας τρόπος να ανιχνεύσει κανείς την επίδραση που μπορεί να έχει η διδακτική της Βιολογίας, όπως βέβαια και η διδακτική των Επιστημών της Φύσης ευρύτερα, είναι να αναζητήσει μετα-έρευνες μεγάλης κλίμακας και τα συμπεράσματά τους (Lo κ.ά., 2019). Μία τέτοια, η μεγαλύτερη ίσως, αφορά την πανεπιστημιακή εκπαίδευση στις επιστήμες της φύσης, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά (Science, Technology, Engineering and Mathematics Education ή πιο σύντομα STEM Education) και περιλαμβάνει 225 έρευνες «Διδακτικής» επιστημών της φύσης, μαθηματικών και τεχνολογίας, οι οποίες είχαν συγκρίνει τις τελικές επιδόσεις προπτυχιακών φοιτητών STEM που παρακολουθούσαν είτε τυπικές διαλέξεις είτε μαθήματα σχεδιασμένα στη λογική της ενεργής μάθησης (active learning) (Freeman, Eddy, McDonough, Smith, Okoroafor, Jordt, & Wenderoth, 2014). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης των ερευνών αυτών, η ενεργή μάθηση οδηγεί σε αύξηση της επίδοσης των φοιτητών, ενώ οι αποτυχίες μετά από τυπικές διαλέξεις είναι κατά 55% αυξημένες σε σχέση με τις αποτυχίες μετά από ενεργή μάθηση. Αυτό έδωσε στους μετα-ερευνητές τη δυνατότητα να υποστηρίξουν ισχυρότερα από ό,τι οι επιμέρους ερευνητές ότι η ανάγκη για αύξηση του αριθμού των φοιτητών που καταφέρνουν να γίνουν πτυχιούχοι STEM θα μπορούσε εν μέρει να αντιμετωπιστεί μέσω της αντικατάστασης των τυπικών διαλέξεων με ενεργή μάθηση.

Άλλο ένα παράδειγμα έρχεται από τους Ruiz-Primo, Briggs, Iverson, Talbot, & Shepard (2011), οι οποίοι έκαναν μία επίσης μεγάλη μετα-έρευνα με διάρκεια τριών ετών. Στόχος τους ήταν να προσδιορίσουν ποσοτικά την επίδραση που έχει στην αποτελεσματικότητα πανεπιστημιακών μαθημάτων βιολογίας, χημείας, τεχνολογίας και φυσικής, η εφαρμογή συγκεκριμένων πρακτικών (π.χ. εργασία σε ομάδες, διερεύνηση, εστίαση σε έννοιες) οι οποίες είχαν μελετηθεί και προταθεί σε ήδη δημοσιευμένες έρευνες. Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η μετα-ανάλυση που έκαναν οι Ruiz-Primo κ.ά. (2011) σε αρκετές έρευνες «Διδακτικής των Επιστημών Φύσης» και «Διδακτικής της Τεχνολογίας», οι 98 από τις οποίες ήταν έρευνες για τη

βιολογική εκπαίδευση ειδικά, τους έδωσε τη δυνατότητα να υποστηρίξουν ότι η ενσωμάτωση τέτοιων πρακτικών στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση STEM μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητά της.

Η διδακτική της Βιολογίας, λοιπόν, τροφοδοτεί μετα-έρευνες που αναδεικνύουν ισχυρότερα τις πιθανές επιπτώσεις της στην εκπαιδευτική πράξη, αν και σύμφωνα με τους Lo κ.ά. (2019) φαίνεται να υστερεί από «διδασκτικές» άλλων Επιστημών της Φύσης. Στα παραδείγματά μας, οι επιπτώσεις αυτές έχουν να κάνουν επί της ουσίας με διαφορετικές στρατηγικές διδασκαλίας και μάθησης, οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και για οποιαδήποτε άλλη φυσική (και όχι μόνο) επιστήμη. Τι συμβαίνει, όμως, με τη δυνατότητα της διδακτικής της Βιολογίας να επιδρά αποκλειστικά στη βιολογική εκπαίδευση με έναν πολύ πιο ειδικό τρόπο;

Καταρχάς, πολλά ευρήματα της διδακτικής της Βιολογίας είναι, όντως, δυνατόν να αξιοποιηθούν από εκπαιδευτικούς που θέλουν να αναβαθμίσουν τη διδασκαλία της Βιολογίας στις τάξεις τους. Τέτοια ευρήματα μπορεί να αφορούν, για παράδειγμα, εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, η γνώση των οποίων είναι θεμελιώδους σημασίας για την καλύτερη οργάνωση του μαθήματός τους, μαθησιακά περιβάλλοντα, η εμπειρική αξιολόγηση των οποίων έχει δείξει ότι μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τους μαθητές σε διάφορα επίπεδα (π.χ. ενίσχυση συγκεκριμένης βιολογικής γνώσης, εξοικείωση με συγκεκριμένες επιστημονικές πρακτικές ή πτυχές της φύσης της επιστήμης, ανάπτυξη στάσεων φιλικών προς τον βιολογικό κόσμο), ή γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου που αφορά τη βιολογία. Από την άλλη πλευρά, όμως, όπως υπογραμμίζει ο Nehm (2019) σε μια κριτική επισκόπηση του πεδίου, η διδακτική της Βιολογίας παραμένει κατακερματισμένη. Με άλλα λόγια, ενώ όντως υπάρχει πλήθος εν δυνάμει χρήσιμων για τους εκπαιδευτικούς ερευνών που αφορούν απαιτητικές βιολογικές έννοιες, δεν μπορεί ακόμα να εξηγηθεί με έναν πιο ενιαίο τρόπο το πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τα βιολογικά συστήματα και πώς αλλάζει αυτή τους η αντίληψη με τον χρόνο (Nehm, 2019). Η ανάπτυξη ενοποιητικών, εννοιολογικών πλαισίων που θα έκαναν δυνατή μία τέτοια εξήγηση, θα επέτρεπε στη διδακτική της Βιολογίας να αυξήσει, ενδεχομένως σημαντικά, τη δυνατότητά της να επιδρά στη βιολογική εκπαίδευση.

Η θεματολογία του πεδίου

Αν θέλαμε να έχουμε μία συνοπτική εικόνα για τα θέματα που απασχολούν τους ερευνητές της διδακτικής της Βιολογίας, θα μπορούσαμε απλώς να

εξετάσουμε τις θεματικές περιοχές (strands) των συνεδρίων της ERIDOB, η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη οργάνωση του πεδίου μέχρι στιγμής. Οι θεματικές αυτές, οι οποίες αντικατοπτρίζονται και στους τόμους επιλεγμένων εργασιών που προκύπτουν από τα συνέδρια, αφορούν:

- τις αντιλήψεις των εκπαιδευόμενων και την εννοιολογική αλλαγή (Students' conceptions and conceptual change), το ενδιαφέρον και τα κίνητρά τους για τη μάθηση της βιολογίας (Students' interest and motivation), τις αξίες, τις στάσεις και την ικανότητά τους για λήψη απόφασης σε θέματα βιολογικού χαρακτήρα (Students' values, attitudes and decision-making), την ικανότητά τους για επιστημονική σκέψη, για κατανόηση της φύσης της επιστήμης και για επιχειρηματολογία, με πλαίσιο πάντα τη βιολογία (Scientific thinking, nature of science and argumentation),
- τη διδασκαλία της βιολογίας (Teaching strategies and teaching environments), τη διαμεσολάβησή της από τεχνολογικά εργαλεία (Teaching and learning with educational technology), την αξιοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων και εργασίας πεδίου σε αυτήν (Practical work and field work),
- την περιβαλλοντική εκπαίδευση (Environmental education) και την αγωγή υγείας (Health education) στο πλαίσιο της βιολογικής εκπαίδευσης,
- τα κοινωνικο-πολιτισμικά ζητήματα και ζητήματα φύλου στο πλαίσιο της βιολογικής εκπαίδευσης (Social, cultural, and gender issues), και τέλος
- τα μεθοδολογικά και θεωρητικά ζητήματα του έρευνας για τη βιολογική εκπαίδευση (Research methods and theoretical issues).

Σύμφωνα με τη μετα-ανάλυση των Asshoff και Hammann (2009), στα πρώτα συνέδρια της ERIDOB, το 50% των εργασιών ανήκαν αφενός στη θεματική που αφορά τις αντιλήψεις μαθητών και την εννοιολογική αλλαγή, και αφετέρου στη θεματική που αφορά τη διδασκαλία της Βιολογίας. Παρά τις όποιες ανακατατάξεις στο πέρασμα του χρόνου, αυτές οι θεματικές συνεχίζουν να συγκεντρώνουν πολύ σημαντικό ενδιαφέρον.

Συγκρίνοντας τις θεματικές των συνεδρίων της ERIDOB με εκείνες των συνεδρίων της ESERA, τα οποία αφορούν τους ερευνητές της «Διδακτικής» όλων των επιστημών της φύσης, διαπιστώνει κανείς ότι στην ατζέντα της ESERA υπάρχει ειδική θεματική για τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών

και την εκπαιδευτική πολιτική (Science Curriculum and Educational Policy). Αυτό δεν ισχύει για την ERIDOB, ενώ, αντιθέτως, η πολύ νεότερη SABER περιλαμβάνει στην ερευνητική της ατζέντα τη διερεύνηση των τρόπων που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τη θεσμοθέτηση βιολογικής εκπαίδευσης, η οποία θα βασίζεται σε αποτελέσματα της διδακτικής της Βιολογίας (Offerdahl, Balsler, Dirks, Miller, Momsen, Montplaisir, Osgood, Sirum, Wenderoth, White, Wood, Withers, & Wright, 2011). Επιπλέον, η ατζέντα της SABER που εστιάζει αποκλειστικά στη μετα-δευτεροβάθμια εκπαίδευση, κάνει ιδιαίτερη μνεία στην έρευνα για τη βιολογική εκπαίδευση με στόχο τη δημιουργία βιοεπιστημόνων (Offerdahl κ.ά., 2011), η οποία δεν υπάρχει ως ξεχωριστή θεματική της ERIDOB.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ στην ESERA συναντά κανείς ξεχωριστές θεματικές για την εκπαίδευση των Επιστημών της Φύσης στις διάφορες βαθμίδες συμπεριλαμβανομένης και της προσχολικής (Early Years Science Education), η ERIDOB δεν φαίνεται να ενδιαφέρεται ιδιαίτερος για αυτήν. Ωστόσο, η έρευνα για τη βιολογική εκπαίδευση στην προσχολική ηλικία έχει ιδιαίτερη σημασία (Ergazaki, 2018· Evans & Rosengren, 2018· Ζόγκτζα, 2007), οπότε στην επόμενη ενότητα θα επιχειρήσουμε να δώσουμε μία εικόνα για αυτήν μέσα από την ιδέα των «πρόδρομων μοντέλων» (precursor models) (Weil-Barais, 2001), η οποία μπορεί να κάνει εύκολα εμφανή τη σχέση της διδακτικής της Βιολογίας στην προσχολική ηλικία με την προσχολική εκπαίδευση. Προκειμένου να αναζητήσουμε τη σχέση έρευνας-εκπαίδευσης σε όλες τις βαθμίδες, θα μας απασχολήσει, επίσης, αφενός η ερευνητική γραμμή για τις αντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με τον βιολογικό κόσμο, και αφετέρου η «μέθοδος σχεδιασμού μαθησιακών περιβαλλόντων», τα οποία αφορούν συγκεκριμένα βιολογικά θέματα.

Η σύνδεση του πεδίου της διδακτικής της Βιολογίας με τη βιολογική εκπαίδευση: μερικά παραδείγματα

Οι αντιλήψεις των μαθητών

Η διδακτική της Βιολογίας άρχισε να ασχολείται στη δεκαετία του '80 με τη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών για οντότητες και φαινόμενα του βιολογικού κόσμου. Οι «αντιλήψεις», «αυθόρμητες ιδέες», «αρχικές ιδέες», «νοητικές αναπαραστάσεις», «εναλλακτικές ιδέες» ή ακόμα και «παρανοήσεις» των παιδιών, όπως και να τις πει κανείς, σχεδόν μονοπώλησαν το ενδιαφέρον των ερευνητών του πεδίου για πολύ καιρό (Ζόγκτζα, 2007). Με

αφετηρία την παραδοχή ότι τα παιδιά έχουν τους δικούς τους τρόπους να περιγράφουν και να εξηγούν τους ζωντανούς οργανισμούς, τις λειτουργίες τους και τις αλληλεπιδράσεις τους με το βιοτικό και αβιοτικό τους περιβάλλον, οι ερευνητές ασχολήθηκαν πολύ συστηματικά με την ανίχνευση των τρόπων αυτών και κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα πολύ πλούσιο σώμα γνώσης, πολύτιμο τόσο για τους ίδιους όσο και για τους εκπαιδευτικούς (Duit, 2009). Δεν θα ήταν, ίσως, υπερβολή, αν έλεγε κανείς ότι οι «εναλλακτικές ιδέες» των παιδιών που περιλαμβάνονται πλέον σε αυτό το σώμα, αφορούν σχεδόν τα πάντα: για παράδειγμα, την οικολογία (Leach, Driver, Scott, & Wood-Robinson, 1996), την εξέλιξη (Kampourakis & Zogza, 2007), το ανθρώπινο σώμα (Arnaudin & Mintzes, 1985), τη γενετική (Lewis & Kattmann, 2004).

Η τεράστια έκταση που πήρε η μελέτη των αντιλήψεων των παιδιών μέσα στο επιστημονικό πεδίο της διδακτικής της Βιολογίας δικαιολογείται αν λάβουμε υπόψη το θεωρητικό πλαίσιο του εποικοδομητισμού (Driver, 1995). Οι αρχικές ιδέες των μαθητών αποτελούν το σημείο εκκίνησης μιας συνήθως δύσκολης πορείας προς ιδέες όλο και πιο συμβατές με τις επιστημονικές. Ο ρόλος τους είναι πολύ σημαντικός, γιατί επηρεάζουν τη διαδικασία της μάθησης αλλά και επηρεάζονται από αυτήν (Driver & Oldham, 1986). Αυτή η πολύ κρίσιμη, αμφίδρομη σχέση θα αναδειχθεί σε επόμενα κεφάλαια, τα οποία ασχολούνται με την ιδέα της εννοιολογικής αλλαγής (Κεφάλαιο 8), αλλά και με αντιλήψεις μαθητών (Κεφάλαιο 7) για τον βιολογικό κόσμο και βέβαια την αξιοποίηση των αντιλήψεων αυτών στη διδασκαλία.

Η ιδέα των «πρόδρομων μοντέλων»

Είναι γνωστό ότι τα παιδιά δείχνουν από πολύ νωρίς ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους ζωντανούς οργανισμούς. Όταν φτάνουν στο νηπιαγωγείο, έχουν ήδη αναπτύξει τους δικούς τους τρόπους να σκέφτονται για διάφορα βιολογικά θέματα, όπως, για παράδειγμα, οι κύκλοι ζωής (Shepardson, 2002), οι αλληλεπιδράσεις των οργανισμών στη φύση (Ergazaki & Andriotou, 2010), το ανθρώπινο σώμα (Reiss & Tunnicliffe, 2001), η κληρονομικότητα (Ergazaki, Alexaki, Papadopoulou, & Kalpakiori, 2014), η εξέλιξη (Evans & Rosengren, 2018). Τα παιδιά προσχολικής ηλικίας έχουν αρχικά την τάση να εξηγούν βιολογικά φαινόμενα επικαλούμενα τις επιθυμίες ή τις προθέσεις των οργανισμών. Σύμφωνα με την Carey (1985), αυτό συνεχίζεται μέχρι την ηλικία των δέκα ετών. Αντιθέτως, σύμφωνα με τους Inagaki και Hatano

(2002), τα παιδιά εγκαταλείπουν την «αιτιότητα από πρόθεση» (intentional reasoning) πολύ νωρίτερα και αρχίζουν να χρησιμοποιούν έναν μηχανισμό σκέψης που εντάσσεται στη «διαισθητική» ή «αφελή βιολογία» τους. Πρόκειται για τη λεγόμενη «τελολογική-βιταλιστική εξήγηση», η οποία τους επιτρέπει να εξηγούν την ανάγκη των οργανισμών για σωματικές λειτουργίες (π.χ. θρέψη, αναπνοή) επικαλούμενα τη «δύναμη» ή «ενέργεια» (vital power) που παρέχουν οι λειτουργίες αυτές στους οργανισμούς, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να επιτυγχάνουν τον σκοπό της επιβίωσής τους (Inagaki & Hatano, 2002) (βλ. και Κεφάλαιο 6).

Η χρήση της «τελολογικής-βιταλιστικής εξήγησης» σηματοδοτεί σημαντική πρόοδο για τα μικρά παιδιά, αλλά σταδιακά οι απαντήσεις τους σε ερωτήματα όπως, λόγου χάρη, γιατί τα ζώα τρώνε ή αρρωσταίνουν, και πώς γίνεται να μοιάζουν με τους γονείς τους ή να μεγαλώνουν, θα πρέπει να βασιζονται σε βιολογικούς μηχανισμούς, όσο υπεραπλουστευμένοι κι αν είναι αυτοί. Μία τόσο απαιτητική μετάβαση δεν μπορεί παρά να επιχειρείται βήμα-βήμα (Inagaki & Hatano, 2002) και εδώ μπαίνει στη συζήτηση η ιδέα των «πρόδρομων μοντέλων» (precursor models). Τα μοντέλα αυτά δεν είναι ούτε επιστημονικά, ούτε διαισθητικά (Weil-Barais, 2001). Θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως «ενδιάμεσα», αφού αναπτύσσονται προσαρμόζοντας την επιστημονική θεωρηση στο δυναμικό των παιδιών (Ergazaki κ.ά., 2014· Ravanis, Koliopoulos & Boilevin, 2008). Σύμφωνα με τη Weil-Barais (2001), τα μοντέλα αυτά είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως «καλούπια για τις μελλοντικές εννοιολογικές κατασκευές» των παιδιών που δουλεύουν με αυτά.

Είναι σαφές ότι η ιδέα των «πρόδρομων μοντέλων» έχει να κάνει με τον μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Έτσι, μπορεί να αξιοποιηθεί στη διδασκαλία και μάθηση οποιασδήποτε επιστήμης της φύσης και μελετάται ερευνητικά μέσα στο ευρύτερο πεδίο της «Διδακτικής» των επιστημών αυτών. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι η ιδέα των «πρόδρομων μοντέλων» δεν αφορά αποκλειστικά την προσχολική εκπαίδευση. Αντιθέτως, η ιδέα αυτή αναδύθηκε στο πλαίσιο της ανάπτυξης μιας εννοιολογικά προσανατολισμένης προσέγγισης της Μηχανικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ωστόσο, εδώ μας ενδιαφέρει να δούμε την ανάπτυξη και χρήση «πρόδρομων μοντέλων» για την εξήγηση συγκεκριμένων βιολογικών θεμάτων ως εργαλείο για τη μετάβαση των μικρών παιδιών σε έναν πρώιμο μηχανιστικό τρόπο σκέψης για τα θέματα αυτά. Ένα καλό παράδειγμα τέτοιου θέματος είναι η κληρονομικότητα. Η εμφανισιακή ομοιότητα των παιδιών με τους γονείς τους είναι μία διαπίστωση με την οποία τα παιδιά εξοικειώνονται από πολύ νωρίς. Ωστόσο, δεν μπορούν

να εξηγήσουν τον τρόπο με τον οποίο αυτή προκύπτει, αφού τους λείπει η ιδέα της βιολογικής σχέσης του παιδιού και με τους δύο γονείς του. Η σχέση αυτή είναι δυνατόν να προσεγγιστεί με ένα «πρόδρομο μοντέλο» κληρονομικότητας, σαν αυτό που αναπτύχθηκε και ελέγχθηκε με ικανοποιητικά αποτελέσματα στην έρευνα των Ergazaki, Valanidou, Kasimati, και Kalantzi (2015).

Για την ανάπτυξη του λάβαμε υπόψη μας τρία παλαιότερα «πρόδρομα μοντέλα». Το πρώτο ήταν των Springer και Keil (1991): η ομοιότητα του παιδιού με τους γονείς του εξηγείται με τη μεταφορά κομματιών από το σώμα της μαμάς στο σώμα του παιδιού κατά τη διάρκεια της κύησης και ενόσω το παιδί είναι σε πολύ στενή επαφή με τη μαμά και απομονωμένο από τον υπόλοιπο κόσμο. Πρόκειται για ένα «πρόδρομο μοντέλο» που είναι μεν αρκετά μακριά από την πραγματικότητα, αλλά προωθεί μία μηχανιστική εξήγηση που εμπλέκει «υλικά» και δεν έχει καμία σχέση με ψυχολογικές παραμέτρους, όπως η πρόθεση ή η επιθυμία της μαμάς. Το δεύτερο μοντέλο ήταν των Solomon και Johnson (2000), στο οποίο η ιδέα των «κομματιών από το σώμα της μαμάς» αντικαταστάθηκε με την ιδέα των «γονιδίων» της μαμάς: καθώς ένα μωρό-κουνέλι μεγαλώνει μέσα στην κοιλιά της μαμάς του, τα «κουνελο-γονιδιά» της (βλ. πολύ μικρά «πραγματάκια» που υπάρχουν μέσα της και την κάνουν κουνέλι) μεταφέρονται στο μωρό που τελικά γίνεται κουνέλι σαν αυτήν. Η εισαγωγή της ιδέας των «γονιδίων» σαν ένα «ενοιολογικό μανταλάκι» (placeholder) που απλώς και μόνο «κρατά» την εξήγηση για την ομοιότητα του παιδιού με τη μαμά του «στη θέση της», αποτελεί σημαντική βελτίωση. Ωστόσο, η συνεισφορά του πατέρα συνεχίζει να απουσιάζει και οι Schroeder, McKeough, Graham, Stock, και Palmer (2007) ήταν οι πρώτοι που ενδιαφέρθηκαν για αυτήν. Ενσωμάτωσαν στο μοντέλο τους την ιδέα της αναπαραγωγής, αλλά ταυτόχρονα αφαίρεσαν την ιδέα των «γονιδίων», θεωρώντας την ως αναπτυξιακά ακατάλληλη.

Στο δικό μας μοντέλο (Ergazaki κ.ά., 2015) φέραμε μαζί τόσο την αναπαραγωγή, όσο και την ιδέα των «γονιδίων» και μάλιστα σε μία πιο διευρυμένη εκδοχή από αυτήν των Solomon και Johnson (2000). Αναλυτικότερα, η ομοιότητα παιδιού-γονιού εξηγείται ως εξής: το «αβγουλάκι» της μαμάς και το «σποράκι» του μπαμπά έχουν μέσα τους τα «γονίδια» της μαμάς και τα «γονίδια» του μπαμπά· τα «γονίδια» είναι πολύ μικρά «πραγματάκια» που περνούν στο παιδί, όταν αυτό δημιουργείται από το «αβγουλάκι» και το «σποράκι» που ενώνονται μεταξύ τους· αυτά τα πολύ μικρά «πραγματάκια» κάνουν τη μαμά και τον μπαμπά: (α) να είναι μέλη μιας συγκεκριμένης κατηγορίας ζώων (π.χ. τα «ψαρο-γονίδια» τούς κάνουν ψάρια), και (β) να

έχουν συγκεκριμένα σωματικά χαρακτηριστικά (π.χ. τα «καφε-ματο-γονίδια») τούς κάνουν να έχουν καφέ μάτια). καθώς περνούν στο παιδί, τα «γονίδια» της μαμάς και του μπαμπά γίνονται δικά του «γονίδια» και το κάνουν να μοιάζει με αυτούς.

Συνοψίζοντας, θα λέγαμε ότι ένα «πρόδρομο μοντέλο», όπως αυτό, μπορεί να δώσει στα παιδιά προσχολικής ηλικίας τη δυνατότητα να αντιληφθούν την κληρονομικότητα ως μία μεταφορά («γονιδίων») από τους γονείς στο παιδί, η οποία (α) πραγματοποιείται κατά την αναπαραγωγή, και (β) έχει ως αποτέλεσμα τη γνωστή τους ομοιότητα ανάμεσα στο παιδί και τους γονείς του. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης με την οποία ελέγχθηκε (Ergazaki κ.ά., 2015), το μοντέλο αυτό φάνηκε να δουλεύει αρκετά καλά. Στις αρχικές συνεντεύξεις τα περισσότερα παιδιά υποστήριζαν ότι το παιδί ενός ζευγαριού θα είχε τα ασυνήθιστα σωματικά χαρακτηριστικά των γονιών του και όχι τα συνήθη σωματικά χαρακτηριστικά του είδους του, επικαλούμενα «οικογενειακούς κανόνες», όπως η γέννηση από τους γονείς ή η παρόμοια εμφάνιση των μελών μιας οικογένειας. Αντιθέτως, στις τελικές συνεντεύξεις τα περισσότερα παιδιά αιτιολογούσαν την ομοιότητα του παιδιού με τους γονείς του, επικαλούμενα τα γονίδια των γονιών που περνούν στο παιδί κατά τη δημιουργία του. Επιπλέον, η ιδέα των γονιδίων που ήταν ενσωματωμένη στο πρόδρομο μοντέλο φάνηκε να διευκολύνει τα παιδιά στην αποσταθεροποίηση της ιδέας, σύμφωνα με την οποία η πρόθεση ή η επιθυμία των γονιών μπορεί να επηρεάσει τα σωματικά χαρακτηριστικά του παιδιού τους.

Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι ο λεγόμενος «διδακτικός μετασχηματισμός» (Chevallard, 1985· Κολιόπουλος, 2006) είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο τόσο στα χέρια των ερευνητών της διδακτικής της Βιολογίας όσο και στα χέρια των εκπαιδευτικών που διδάσκουν βιολογία. Είναι σκόπιμο να μην ξεχνά κανείς ότι η «επιστήμη» και η «σχολική επιστήμη» είναι δύο διακριτές περιοχές γνώσης και το μόνο πλαίσιο στο οποίο το επιστημονικό και το διδακτικό αντικείμενο μπορούν κάποια στιγμή να έρθουν πολύ κοντά, είναι αυτό της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Η «έρευνα σχεδιασμού μαθησιακών περιβαλλόντων» (Design research)

Πολύ συχνά, επισημαίνεται η ανάγκη για μεγαλύτερη επίδραση της εκπαιδευτικής έρευνας στην εκπαιδευτική πράξη, και μία μέθοδος που όντως εστιάζει στην ανάγκη αυτή είναι η «έρευνα σχεδιασμού μαθησιακών περιβαλλόντων» (educational design research ή πιο απλά design research) (McKenney &

Reeves, 2012). Η μέθοδος αυτή και δη στο πλαίσιο της διδακτικής της Βιολογίας, που μας αφορά, έχει πολλαπλή θεωρητική στήριξη από μαθησιακές θεωρίες, «σχεδιαστικές θεωρίες» και μετα-βιολογικές προσεγγίσεις, όπως π.χ. η «συστημική προσέγγιση» με την οποία ασχολείται το Κεφάλαιο 13. Επιπλέον δε, παράγει θεωρητική γνώση που απαντά στο κανονιστικό ερώτημα «τι θα έπρεπε να γίνει» για μία αποτελεσματική εκπαιδευτική προσέγγιση συγκεκριμένων θεμάτων βιολογίας (Boersma & Waarlo, 2009). Με άλλα λόγια, προτείνει λύσεις σε συγκεκριμένα προβλήματα διδασκαλίας και μάθησης βιολογικών θεμάτων, όχι μόνο σε πρακτικό αλλά και σε θεωρητικό επίπεδο, όπως θα δείξουμε παρακάτω με συγκεκριμένα παραδείγματα.

Όπως σημειώνουν χαρακτηριστικά οι Boersma και Waarlo, σημαντικοί εκπρόσωποι της ολλανδικής («σχολής») του «design research» στη διδακτική της Βιολογίας, η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει έρευνα επί του σχεδιασμού, μέσω του σχεδιασμού και για τον σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων, ενώ ο χαρακτήρας της είναι κυκλικός: σχεδιασμός, εμπειρική μελέτη, επανασχεδιασμός και ανάπτυξη θεωρητικής γνώσης δημιουργούν κύκλους που διαδέχονται ο ένας τον άλλο, οργανωμένοι σε δύο μεγάλες φάσεις – τη «διερευνητική φάση» και τη «φάση των κύκλων έρευνας» (Boersma & Waarlo, 2009· McKenney & Reeves, 2012).

Στη «διερευνητική φάση» οι ερευνητές μελετούν κριτικά τη σχετική βιβλιογραφία ώστε να εντοπίσουν χρήσιμα θεωρητικά και εμπειρικά στοιχεία και συνδυάζοντάς τα με γνώσεις για την εκπαιδευτική πράξη που συνήθως προέρχονται από εκπαιδευτικούς, να μπορέσουν να προχωρήσουν στον σχεδιασμό τους. Καταρχάς, ορίζουν τους «διδασκικούς-μαθησιακούς στόχους» για το περιβάλλον που θα σχεδιάσουν και περιγράφουν τις «σχεδιαστικές αρχές» που θα ακολουθήσουν. Στη συνέχεια, σχεδιάζουν την πρώτη εκδοχή του μαθησιακού περιβάλλοντος και με βάση αυτήν δημιουργούν την πρώτη εκδοχή του λεγόμενου «σεναρίου». Αυτό αποτελεί μία αναλυτική περιγραφή του τι αναμένεται να κάνουν οι εκπαιδευτικοί και τι οι μαθητές τους στο πλαίσιο κάθε διδακτικής-μαθησιακής δραστηριότητας του μαθησιακού περιβάλλοντος, καθώς και τι επιδιώκεται ως μαθησιακό αποτέλεσμα κάθε φορά.

Στον πρώτο κύκλο έρευνας οι ερευνητές εφαρμόζουν την πρώτη εκδοχή του μαθησιακού περιβάλλοντος και ελέγχουν τον τρόπο λειτουργίας της με μία ή περισσότερες «μελέτες περίπτωσης». Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται ως ανατροφοδότηση για τον επανασχεδιασμό μιας δεύτερης αναθεωρημένης εκδοχής, η οποία θα «περάσει» από τη/τις «μελέτες περίπτωσης» του δεύτερου κύκλου. Αυτά επαναλαμβάνονται και στον τρίτο κύκλο, ενώ,

παράλληλα με το μαθησιακό περιβάλλον, αναθεωρείται κάθε φορά και το αντίστοιχο «σενάριο». Κατά την ολοκλήρωση της «φάσης των κύκλων έρευνας» οι ερευνητές καταλήγουν στην τελική εκδοχή του μαθησιακού περιβάλλοντος και την τελική εκδοχή του «σεναρίου». Επιπλέον, καταλήγουν σε μία «σχεδιαστική θεωρία» ή «ειδική θεωρία διδασκαλίας και μάθησης» (design theory ή domain-specific educational structure) με βάση τις «σχεδιαστικές αρχές» που έχουν κατοχυρωθεί στους τρεις κύκλους (Boersma & Waarlo, 2009). Η θεωρία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά στον σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων για το ίδιο αντικείμενο ή διαφορετικά αντικείμενα με αντίστοιχες απαιτήσεις (Ampatzidis & Ergazaki, 2018· Klaassen, 1995· Knippels, 2003).

Συνολικά, λοιπόν, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να έχουν στη διάθεσή τους τόσο το ίδιο το μαθησιακό περιβάλλον που προκύπτει από μία «έρευνα σχεδιασμού μαθησιακών περιβαλλόντων», όσο και το «σενάριο» της εφαρμογής του στην τάξη. Η λεπτομερής περιγραφή (α) των αναμενόμενων ενεργειών των ίδιων και των μαθητών τους, και, βέβαια, (β) των επιδιωκόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων, για κάθε δραστηριότητα του μαθησιακού περιβάλλοντος, αποτελεί σημαντικό υποστηρικτικό υλικό για την εφαρμογή του περιβάλλοντος στην τάξη τους. Ωστόσο, αυτό που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι το θεωρητικό προϊόν της μεθόδου, η λεγόμενη «σχεδιαστική θεωρία». Αυτή, ουσιαστικά, δίνει στους εκπαιδευτικούς τη δυνατότητα να σχεδιάσουν τα δικά τους μαθησιακά περιβάλλοντα για το θέμα ή για θέματα παρόμοιων απαιτήσεων, βασισμένοι πλέον σε θεωρητική γνώση που έχει προκύψει από εμπειρική έρευνα σε πραγματικές συνθήκες τάξης.

Ένα παράδειγμα «σχεδιαστικής θεωρίας» είναι το «yo-yo strategy» ή «στρατηγική γιο-γιο» (Knippels, 2002). Αναπτύχθηκε σε μια έρευνα σχεδιασμού ενός μαθησιακού περιβάλλοντος γενετικής, με στόχο να αντιμετωπιστούν οι σημαντικές δυσκολίες που έχουν οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εξαιτίας της αφηρημένης και σύνθετης φύσης του συγκεκριμένου θέματος. Παρόλα αυτά, έχει χρησιμοποιηθεί, το ίδιο αποτελεσματικά, στον σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων που αφορούν τη βιολογία κυττάρου (Verhoeff, 2003) και την οικολογία (Westra, 2008), ενώ γενικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε θέμα περιλαμβάνει μεταβάσεις μεταξύ διαφορετικών επιπέδων βιολογικής οργάνωσης, είτε κάτω είτε πάνω από το επίπεδο του οργανισμού. Για περισσότερα σε σχέση με αυτό, βλ. Κεφάλαιο 7.

Άλλη μία «σχεδιαστική θεωρία» που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως παράδειγμα του πώς η βιολογική εκπαίδευση μπορεί να ωφεληθεί από τη

διδασκτική της Βιολογίας, είναι το «concept-context approach» ή «προσέγγιση έννοια-πλαίσιο» (Westra, 2008). Αναπτύχθηκε σε μία έρευνα σχεδιασμού ενός μαθησιακού περιβάλλοντος οικολογίας, με στόχο να αντιμετωπιστεί αφενός το πρόβλημα της χρήσης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση παραχρησμένης γνώσης και στατικών μοντέλων για τη συμπεριφορά των οικοσυστημάτων και αφετέρου ό,τι αυτό συνεπάγεται για το ενδιαφέρον και την απόδοση των μαθητών. Ωστόσο, όπως θα φανεί στη συνέχεια, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στον σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων για πολύ διαφορετικά θέματα βιολογίας αλλά και άλλων Επιστημών της Φύσης (Boersma & Waarlo, 2009).

Στο «concept-context approach», το «context» («πλαίσιο») δεν αντιστοιχεί σε μία κατάσταση, όπως γίνεται συνήθως, αλλά σε μία κοινωνική πρακτική. Αυτή μπορεί να είναι «επαγγελματική» (π.χ. πρακτική των επαγγελματιών υγείας ενός εμβολιαστικού κέντρου) ή «επιστημονική» (π.χ. πρακτική των ερευνητών σε ένα ινστιτούτο οικολογικής έρευνας) (Westra, 2008). Οι επαγγελματικές πρακτικές παρέχουν προϊόντα ή υπηρεσίες που μπορεί να έχουν νόημα ακόμα και για ανθρώπους, όπως οι μαθητές, οι οποίοι δεν εμπλέκονται άμεσα σε αυτές αλλά λειτουργούν ως καταναλωτές ή χρήστες των αντίστοιχων προϊόντων ή υπηρεσιών. Το ίδιο ισχύει και για επιστημονικές πρακτικές που σχετίζονται με θέματα κοινωνικού ενδιαφέροντος, όπως, για παράδειγμα, η έρευνα για τη διαχείριση της άγριας ζωής. Προφανώς, οι μαθητές δεν εμπλέκονται ούτε σε τέτοιες πρακτικές και μπορεί να μην ενδιαφέρονται για την οικολογία ως επιστήμη, αλλά γνωρίζουν ότι η σημασία της για την κοινωνία, στην οποία ζουν και οι ίδιοι, είναι μεγάλη και αυτό είναι κάτι που μπορεί να αξιοποιηθεί εκπαιδευτικά.

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας κανείς ως πλαίσιο (context) για την «έννοια-στόχο» του (concept) μία επαγγελματική ή επιστημονική πρακτική, η οποία σχετίζεται με αυτήν και είναι οικεία στους μαθητές, μπορεί να σχεδιάσει διδακτικές-μαθησιακές δραστηριότητες που να έχουν νόημα για αυτούς. Επίσης, επειδή η ίδια έννοια μπορεί να αποκτά διαφορετικό νόημα σε διαφορετικά («πλαίσια»)/«κοινωνικές πρακτικές», έχει ενδιαφέρον να υπάρχουν για τους μαθητές ευκαιρίες αναπλαισίωσης, και άρα εκ νέου νοηματοδότησής της (Westra, Boersma, Waarlo, & Savelsbergh, 2007). Για παράδειγμα, ο Westra (2008) έχει προτείνει τη διερεύνηση της έννοιας «οικοσύστημα» μέσα σε τρία διαδοχικά «πλαίσια». Πρόκειται για τρεις διαφορετικές κοινωνικές πρακτικές, η χρήση των οποίων δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να οικοδομήσουν μία αρχική αντίληψη της έννοιας, και αφού τη διευρύνουν, να τη χρησιμοποιήσουν τελικά ως εργαλείο στην επίλυση ενός πιο σύνθετου προβλήματος.

Ως πρώτο «πλαίσιο» λοιπόν, ο Westra (2008) προτείνει γενικά μία πρακτική με σαφή στους μαθητές κοινωνικο-οικονομική σημασία, στην οποία εμπλέκεται ένα οικοσύστημα διαχειρίσιμης πολυπλοκότητας. Η πρακτική που χρησιμοποίησε ο ίδιος ώστε οι μαθητές να οικοδομήσουν μια αρχική αντίληψη για το οικοσύστημα ήταν η εφαρμοσμένη έρευνα ενός οικολογικού ινστιτούτου για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής της καλλιέργειας μυδιών σε ένα προστατευόμενο οικοσύστημα ποταμόκολπων στη νοτιοδυτική Ολλανδία. Ως δεύτερο «πλαίσιο», ο Westra (2008) προτείνει γενικά μία πρακτική που θα αφορά ένα αρκετά πιο σύνθετο οικοσύστημα, έτσι ώστε να δίνεται στους μαθητές η δυνατότητα να διευρύνουν την αρχική αντίληψη που οικοδόμησαν για την έννοια του οικοσυστήματος μέσα στο πρώτο «πλαίσιο». Η πρακτική που χρησιμοποίησε ο ίδιος ήταν η διαχείριση του οικοσυστήματος των αμμόλοφων της βόρειας Ολλανδίας από τους επιστήμονες μιας εταιρείας που ασχολείται με τους υδάτινους πόρους και την προστασία της περιοχής. Στο τρίτο και τελευταίο «πλαίσιο» διερεύνησης, οι μαθητές είναι γενικά σκόπιμο να έχουν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν τη διευρυμένη αντίληψη της έννοιας του οικοσυστήματος που οικοδόμησαν μέσα στο δεύτερο «πλαίσιο», ασχολούμενοι πλέον με μια πρακτική που αφορά οικοσυστήματα πιο σύνθετα και λιγότερο οικεία σε αυτούς. Η πρακτική που χρησιμοποίησε ο Westra (2008) για να δημιουργήσει αυτήν την ευκαιρία αφορά ένα επιστημονικό συνέδριο για τη διαχείριση του υπερπληθυσμού των ελεφάντων στην Αφρική.

Άλλη μια «σχεδιαστική θεωρία» (design theory) με ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι το «problem-posing approach» ή η «προσέγγιση με βάση ένα κεντρικό ερώτημα» (Klaassen, 1995). Αν και αναπτύχθηκε σε μια έρευνα σχεδιασμού ενός μαθησιακού περιβάλλοντος φυσικής με στόχο να αντιμετωπιστούν συγκεκριμένες δυσκολίες στη διδασκαλία και μάθηση της ραδιενέργειας, έχει χρησιμοποιηθεί το ίδιο αποτελεσματικά στον σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων γενετικής (Knippels, 2002), βιολογίας κυττάρου (Verhoeff, 2003), και οικολογίας (Westra, 2008· Ampatzidis & Ergazaki, 2018). Η λογική αυτής της προσέγγισης είναι ότι οι μαθητές πρέπει να έχουν συνεχώς μία σαφή εικόνα σχετικά με το τι κάνουν, γιατί το κάνουν και τι θα κάνουν μετά από αυτό. Επιπλέον, πρέπει να νιώθουν την ανάγκη να προχωρήσουν στις επόμενες διδακτικές-μαθησιακές δραστηριότητες, γιατί μόνο έτσι θα μπορέσουν να δώσουν απάντηση σε ερωτήματα που έχουν προκύψει από τις προηγούμενες.

Σύμφωνα με την «προσέγγιση με βάση ένα κεντρικό ερώτημα», το μαθησιακό περιβάλλον διατρέχεται από ένα «κεντρικό ερώτημα». Αυτό

διατυπώνεται στην αρχή και δεν μπορεί να απαντηθεί πριν το τέλος, γιατί η απάντησή του διαμορφώνεται από τις απαντήσεις των «επιμέρους κεντρικών ερωτημάτων» που καθοδηγούν τα επιμέρους μαθήματα. Το κεντρικό ερώτημα ενός επιμέρους μαθήματος θεωρείται το «επιμέρους κίνητρο» (local motive) των μαθητών για το συγκεκριμένο μάθημα, ενώ το κεντρικό ερώτημα του μαθησιακού περιβάλλοντος είναι αυτό που τους δίνει «συνολικό κίνητρο» (global motive). Για να διατηρήσουν οι μαθητές την περιέργειά τους και να μη χαθούν στην πορεία, είναι σκόπιμο τα κεντρικά ερωτήματα των επιμέρους μαθημάτων, αφενός να έχουν νόημα για αυτούς, και αφετέρου να συνδέονται στενά μεταξύ τους. Η σύνδεση αυτή έγκειται, ιδανικά, στην ανάδυση κάθε επιμέρους κεντρικού ερωτήματος από την απάντηση στο αμέσως προηγούμενό του (Klaassen, 1995).

Όπως φάνηκε ήδη, η «προσέγγιση με βάση ένα κεντρικό ερώτημα» είναι δυναμικά ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στον σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων για πολύ διαφορετικά θέματα Επιστημών της Φύσης. Στο Κεφάλαιο 7, μπορεί να δει κανείς ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα αξιοποίησής του στον σχεδιασμό ενός μαθησιακού περιβάλλοντος οικολογίας ενάντια στην ιδέα της «ισορροπίας της φύσης». Επιπλέον, στο ίδιο κεφάλαιο περιγράφεται και το «διχαλωτό μονοπάτι ντόμινο», η επίσης ευρύτερα αξιοποιήσιμη «σχεδιαστική θεωρία» που έχει προκύψει από τη συγκεκριμένη έρευνα (Ampatzidis & Ergazaki, 2018).

Συνοψίζοντας

Η διδακτική της Βιολογίας αποτελεί ένα εξελισσόμενο επιστημονικό πεδίο που εντάσσεται στην ευρύτερη περιοχή της «Διδακτικής των Επιστημών της Φύσης». Η σχέση της με τη βιολογική εκπαίδευση είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ευρήματα της διδακτικής της Βιολογίας που αφορούν, για παράδειγμα, εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, συγκεκριμένα μαθησιακά περιβάλλοντα και σεναρία υλοποίησής τους στην τάξη, «σχεδιαστικές θεωρίες» ή «ειδικές θεωρίες διδασκαλίας και μάθησης» για την ανάπτυξη μαθησιακών περιβαλλόντων βιολογίας, «πρόδρομα μοντέλα» απαιτητικών βιολογικών εννοιών, «μαθησιακές προόδους» για έννοιες ή δεξιότητες στη διάρκεια της εκπαίδευσης, τεχνικές διδασκαλίας και μάθησης, εργαλεία αξιολόγησης και άλλα, είναι στη διάθεση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Βιολογία σε οποιαδήποτε εκπαιδευτική βαθμίδα και θέλουν να προσφέρουν στους μαθητές τους πιο αποτελεσματικές εκπαιδευτικές εμπειρίες. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι ανεξάρτητα από την πολύ σημαντική δυνατότητα

των εκπαιδευτικών να αξιοποιούν ατομικά οτιδήποτε μπορεί να τους προσφέρει η διδακτική της Βιολογίας, θα ήταν σκόπιμη και μία θεσμικού χαρακτήρα διευκόλυνση της συστηματικής και ευρείας συνάντησης του επαγγελματικού πεδίου της βιολογικής εκπαίδευσης με το επιστημονικό πεδίο της διδακτικής της Βιολογίας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ampatzidis, G., & Ergazaki, M., 2018. «Challenging Students' Belief in the 'Balance of Nature' Idea», *Science & Education*, 27 (9-10), 895-919.
- Arnaudin, M.W., & Mintzes, J.J., 1985. «Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study», *Science Education*, 69, 723-733.
- Asshoff, R., & Hammann, M., 2009, «Content Analysis of the ERIDOB Proceedings and 431 Comparison with the International Journal of Science Education» στο M. Hamman, A.J. Waarlo, & K. Boersma (επιμ.), *The Nature of Research in Biological Education. A Selection of Papers presented at the 7th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Ουτρέχτη, Ολλανδία, 431-446.
- Bayrhuber, H., 2016. «Our double helix: ERIDOB in the face of the two strands of biology 'didaktik'» στο T. Tal, M. Grace & A. Yarden (επιμ.), *The future of Biology Education Research. A Selection of Papers presented at the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Χάιφα: Technion, 149-154.
- Boersma, K.T., & Waarlo, A.J., 2009. «On the theoretical input and output of 'design research' in biology education» στο M. Hammann, A.J. Waarlo, & K. Boersma (επιμ.), *The Nature of Research in Biological Education. Old and New Perspectives on Theoretical and Methodological Issues: A Selection of Papers presented at the VIIth Conference of European researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Ουτρέχτη, Ολλανδία: CD-β Press, 463-479.
- Chevallard, Y., 1985. *La transposition didactique*, Γκρενόμπλ: La Pensée Sauvage.
- Creswell, J. W., 2012. *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*, Βοστώνη, Μασαχουσέτη: Pearson.
- DeHaan, R. L., 2011. «Education research in the biological sciences: A nine decade review». Άρθρο που ανατέθηκε από την the NAS/NRC Committee on the Status, Contributions, and Future Directions of DBER, Ουάσινγκτον: National Academy Press. Ανακτήθηκε από τις ιστοσελίδες: http://www.nationalacademies.org/cs/groups/dbassite/documents/webpage/dbasse_072581.pdf.
- Driver, R., 1995. «Constructivist approaches to science teaching» στο L. P. Steffe & J. Gale (επιμ.), *Constructivism in education*, Χίλσντεϊλ, Νιου Τζέρσεϊ: Lawrence Erlbaum, 385-400.
- Driver, R., & Oldham, V., 1986. «A constructivist approach to curriculum development in science», *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Duit, R., 2009. *Bibliography – Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα: <https://www.archiv.ipn.uni-kiel.de/stcese/bibint.html>.
- Ergazaki, M., & Andriotou, E., 2010. «From 'forest fires' and 'hunting' to disturbing 'habitats' and 'food chains': Do young children come up with any ecological interpretations of human interventions within a forest?», *Research in Science Education*, 40 (2), 187-201.
- Ergazaki, M., Alexaki, A., Papadopoulou, C., & Kalpakiori, M., 2014. «Young children's reasoning about physical & behavioural family resemblance: is there a place for a precursor model of inheritance?», *Science & Education*, 23 (2), 303-323.

- Ergazaki, M., Valanidou, E., Kasimati, M. C. & Kalantzi, M., 2015. «Introducing a precursor model of inheritance to young children», *International Journal of Science Education*, 37 (18), 3.118-3.142.
- Ergazaki, M., 2018. «Biology and young children» στο K. Kampourakis & M. Reiss (επιμ.), *Teaching Biology in Schools*, Νέα Υόρκη: Routledge, 22-34.
- Evans, E. M., & Rosengren, K. S., 2018. «Cognitive biases or cognitive bridges? Intuitive reasoning in biology» στο K. Kampourakis & M. J. Reiss (επιμ.), *Teaching biology in schools*, Νέα Υόρκη: Routledge, 9-21.
- Fensham, P. J., 2004. *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research*, Ντόρτρεχτ: Kluwer.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P., 2014. «Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics», *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111 (23), 8.410-8.415.
- Gericke, N., & Ottander, C., 2016. «On the issue of ‘Research in the Didactics of Biology’: Definitions and demarcations» στο T. Tal, M. Grace & A. Yarden (επιμ.), *The future of Biology Education Research. A Selection of Papers presented at the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Χάιφα: Technion, 155-162.
- Inagaki, K., & Hatano, G., 2002). *Young Children’s Thinking about the Biological World*, Νέα Υόρκη: Psychology Press.
- Jimenez-Alexandre, M.-P., 2016. «Framing Biology Education Research in Science Education Research» στο T. Tal, M. Grace and A. Yarden (επιμ.), *The future of Biology Education Research. A Selection of Papers presented at the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Χάιφα: Technion, 163-166.
- Kampourakis, K., & Zogza, V., 2007. «Students’ preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as ‘Lamarckian’ when considering the history of evolutionary thought?», *Science & Education*, 16, 393-422.
- Klaassen, C. W. J. M., 1995. *A problem-posing approach to teaching the topic of radioactivity*, Ουτρέχτη, Ολλανδία: CD-β Press.
- Knippels, M. C. P. J., 2002. *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education - The yo-yo learning and teaching strategy*, Ουτρέχτη, Ολλανδία: CD-β Press.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C., 1996. «Children’s ideas about ecology 3: Ideas found in children aged 5-16 about the interdependency or organisms», *International Journal of Science Education*, 18 (2), 129-141.
- Lewis, J., & Kattmann, U., 2004. «Traits, genes, particles and information: Revisiting students’ understanding of genetics», *International Journal of Science Education*, 26 (2), 195-206.
- Lo, S. M., Gardner, G. E., Reid, J., Napoleon-Fanis, V., Carroll, P., Smith, E., & Sato, B. K., 2019. «Prevailing questions and methodologies in biology education research: A longitudinal analysis of research in CBE-Life Sciences Education and at the Society for the Advancement of Biology Education Research», *CBE- Life Sciences Education*, 18 (1), άρθρο 9.
- Mayer, W.V., 1970. «The Biological Sciences Curriculum Study», *Science Education*, 53 (4), 226-240. Ανακτήθηκε από: <https://www.jstor.org/stable/40366465>.
- McKenney, S., & Reeves, T. C., 2018. *Conducting educational design research*, Νέα Υόρκη: Routledge.
- Nehm, R. H., 2019. «Biology education research: Building integrative frameworks for teaching and learning about living systems», *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1, άρθρο 15.
- Offerdahl, E., Balsler, T., Dirks, C., Miller, K., Momsen, J., Montplaisir, L., Osgood, M., Sirum, K., Wenderoth, M., White, B., Wood, W., Withers, M., & Wright, R., 2011. «Society for the Advancement of Biology Education Research (SABER)», *CBE life sciences education*, 10, 11-13.

- Ravanis, K., Koliopoulos, D., & Boilevin, J. M., 2008. «Construction of a precursor model for the concept of rolling friction in the thought of preschool age children: A socio-cognitive teaching intervention», *Research in Science Education*, 38, 421-434.
- Ruiz-Primo, M. A., Briggs, D., Iverson, H., Talbot, R., & Shepard, L. A., 2011. «Impact of undergraduate science course innovations on learning», *Science*, 331 (6022), 1.269-1.270.
- Reiss, M. J., & Tunnicliffe, S. D., 2001. «Students' understandings of human organs and organ systems», *Research in Science Education*, 31, 383-399.
- Reiss, M., 2016. «The Future of Biology Education Research» στο T. Tal, M. Grace & A. Yarden (επιμ.), *The future of Biology Education Research. A Selection of Papers presented at the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Χάιφα: Technion, 177-180.
- Schroeder, M., McKeough, A., Graham, S., Stock, H., & Palmer, J., 2007. «Teaching preschoolers about inheritance», *Journal of Early Childhood Research*, 5(1), 64-82.
- Shepardson, D. P., 2002. «Bugs, butterflies, and spiders: children's understandings about insects», *International Journal of Science Education*, 24 (6), 627-643.
- Solomon, G. E. A., & Cassimatis, N. L., 1999. «On facts and conceptual systems: young children's integration of their understanding of germs and contagion», *Developmental Psychology*, 35, 113-126.
- Taber, K.S., 2009. «Science Education as a Research Field within a Domain of Enquiry» στο Taber K.S. (επιμ.), *Progressing Science Education. Science & Technology Education Library*, 37, Ντόρντρεχτ: Springer.
- Verhoeff, R. P., 2003. *Towards systems thinking in cell biology education*, Ουτρέχτη, Ολλανδία: CD-B Press.
- Waarlo, A.J., 2016. «The nature of research in didactics of biology: A Dutch perspective» στο T. Tal, M. Grace & A. Yarden (επιμ.), *The future of Biology Education Research. A Selection of Papers presented at the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Χάιφα: Technion, 193-196.
- Weil-Barais, A., 2001. «Constructivist approaches and the teaching of science», *Prospects*, 31 (2), 187-196.
- Westra, R., 2008. *Learning and teaching ecosystem behaviour in secondary education*, Κάστρικουμ, Ολλανδία: Faculteit Betawetenschappen.
- Westra, R., Boersma, K., Waarlo, A.J., Savelsbergh, E., 2007. «Learning and Teaching about Ecosystems Based on Systems Thinking and Modelling in an Authentic Practice» στο Pintó R., Couso D. (επιμ.), *Contributions from Science Education Research*, Ντόρντρεχτ: Springer.
- Zogza, V., 2016. «Biology didactics: A distinct domain of educational research» στο T. Tal, M. Grace & A. Yarden (επιμ.), *The future of Biology Education Research. A Selection of Papers presented at the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Χάιφα: Technion, 163-166.
- Αθανασίου, Κ., 2015. *Διδακτική της βιολογίας*, [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4794>.
- Ζόγκτζα, Β., 2007. *Η βιολογική γνώση στην παιδική ηλικία. Ιδέες των παιδιών και διδακτικές προσεγγίσεις*, Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Ζόγκτζα, Β., 2009. *Θέματα Διδακτικής της Βιολογίας. Η διδασκαλία της Βιολογίας στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση*, Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ., 2006. *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών*, Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Ραβάνης, Κ., 2016. *Εισαγωγή στη Διδακτική και στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.