ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 13 (2024)

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

Διερεύνηση διεπιστημονικών STEM διασυνδέσεων σε διδακτική ενότητα για την κλιματική αλλαγή από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς

Χαρά Μπιτσάκη, Ιωάννης Μεταξάς, Αθανασία Κοκολάκη, Δημήτρης Σταύρου, Olivia Levrini

doi: 10.12681/codiste.6987

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 10/12/2025 19:44:16

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ STEM ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΑΠΟ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ

Χαρά Μπιτσάκη[1], Ιωάννης Μεταξάς[2], Αθανασία Κοκολάκη[3], Δημήτρης Σταύρου[4], Olivia Levrini[5]

[1]Υποψ. Διδάκτορας ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης & FSE Rijksuniversiteit Groningen, [2]Υποψ. Διδάκτορας Τμήμα Χημείας Παν. Κρήτης, [3]Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης, [4]Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης, [5]Αναπλ. Καθηγήτρια University of Bologna

ch.bitsaki@edc.uoc.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν έννοιες που αξιοποιούνται στην αποτελεσματική διασύνδεση των STEM πεδίων σε διεπιστημονική STEM ενότητα για την κλιματική αλλαγή καθώς και τα χαρακτηριστικά των εννοιών αυτών όπως τα αναγνωρίζουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, μέσα από το πλαίσιο των διασυνοριακών αντικειμένων. Στην έρευνα συμμετείχαν 14 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί από Ελλάδα, Ιταλία, Γαλλία και Ισπανία, με υπόβαθρο σε διαφορετικά STEM αντικείμενα, οι οποίοι παρακολούθησαν ένα εβδομαδιαίο θερινό σχολείο για τη διεπιστημονική STEM προσέγγιση. Από την εφαρμογή προέκυψε η σημασία της πολυπλοκότητας στην ανάδειξη της διεπιστημονικής φύσης της ΚΑ καθώς και οι δυσκολίες που φέρει για μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Μαθηματικών και Επιστήμης Υπολογιστών.

Λέξεις κλειδιά: Διασυνοριακά αντικείμενα, STEM εκπαίδευση, Κλιματική αλλαγή

INVESTIGATION OF THE INTERDISCIPLINARY STEM INTEGRATION IN A TEACHING MODULE REGARDING CLIMATE CHANGE BY PRE-SERVICE TEACHERS

Chara Bitsaki[1], Ioannis Metaxas[2], Athanasia Kokolaki[3], Dimitris Stavrou[4], Olivia Levrini[5]

[1]PhD candidate Univ. of Crete & FSE University of Groningen, [2] PhD candidate Univ. of Crete, [3]Post-doc researcher Univ. of Crete, [4]Full Professor Univ.of Crete, [5]Associate Professor Univ. of Bologna

ch.bitsaki@edc.uoc.gr

ABSTRACT

This paper presents concepts that are utilized for the effective integration of STEM disciplines in an interdisciplinary STEM module for climate change, along with the characteristics of these concepts as recognized by secondary pre-service teachers, within the framework for boundary objects. The implementation involved 12 pre-service teachers from Greece, Italy, France, and Spain, with backgrounds in different STEM disciplines, who attended a week-long summer school on an interdisciplinary STEM approach. From this implementation emerged the importance of complexity in highlighting the interdisciplinary nature of climate change (CC), as well as the challenges it arises for Mathematics and Computer Science pre-service teachers.

Keywords: Boundary objects, STEM education, Climate change

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία διεπιστημονική STEM διδασκαλία, προκειμένου να είναι αποτελεσματική, είναι σημαντικό να περιλαμβάνει τη διασύνδεση εννοιών, γνώσεων και οπτικών από δύο ή περισσότερα επιστημονικά πεδία (Martín-Páez et al. 2019) οδηγώντας στη βαθύτερη ενοποίησή τους. Μία τέτοια προσέγγιση βασίζεται στην ανάδειξη διασυνδέσεων μεταξύ των STEM πεδίων, η οποία σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία οδηγεί σε αποτελεσματική επεξεργασία του περιεχομένου και αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών (Honey et al., 2014).

Ένα κατάλληλο πλαίσιο για την ανάδειξη και επεξεργασία των διασυνδέσεων μεταξύ των STEM πεδίων είναι αυτό που προτείνουν οι Akkerman & Bakker (2011) για τα διασυνοριακά αντικείμενα (boundary objects). Με τον όρο διασυνοριακά αντικείμενα αναφερόμαστε σε έννοιες ή τεχνουργήματα που διευκολύνουν την αλληλεπίδραση των επιστημονικών πεδίων προσφέροντας ένα κοινό σημείο αναφοράς ώστε να γίνει επεξεργασία των διαφορετικών οπτικών, μεθόδων και εργαλείων που παρουσιάζουν. Χώρος ανάδειξης των διασυνοριακών αντικειμένων είναι τα σύνορα των επιστημονικών πεδίων. Σύμφωνα με τους Akkerman & Bakker, (2011) τα σύνορα είναι ένας χώρος που δημιουργείται ανάμεσα σε δύο επιστημονικά πεδία ως ενδιάμεσος χώρος ενώ δεν εμφανίζονται ως διακριτές γραμμές που χωρίζουν τα επιστημονικά πεδία αλλά σαν ένας κοινός χώρος που αυτά μοιράζονται (Star, 2010). Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται μία αναπαράσταση του ενδιάμεσου αυτού χώρου.

Εικόνα 1. Η εμφάνιση του συνόρου μέσα από την αλληλεπίδραση των επιστημονικών πεδίων

Δεδομένης της ενδιάμεσης θέσης του συνόρου, τα διασυνοριακά αντικείμενα δεν ανήκουν σε κανένα από τα διασυνδεόμενα STEM πεδία (neither-nor) με αυτή την ιδιότητα των διασυνοριακών αντικειμένων να οδηγεί σε μία σειρά από χαρακτηριστικά που εκφράζουν την ενοποίηση των επιστημονικών πεδίων. Τα διασυνοριακά αντικείμενα μέσα από την ενοποιητική τους δράση εκφράζουν και αναδεικνύουν τις ομοιότητες των επιστημονικών πεδίων ενώ υπερβαίνουν ή και αναδομούν τα σύνορά τους. Παράλληλα, ανήκουν σε καθένα από τα επιστημονικά πεδία (both-and). Αυτή τους η ιδιότητα οδηγεί στη διάκριση των επιστημονικών πεδίων μέσα σε μία διεπιστημονική διεργασία, ενώ μας δίνει πληροφορίες για αυτά. Τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν από αυτή την ιδιότητα είναι η ενεργοποίηση των συνόρων των πεδίων, κάνοντάς μας σαφή τη συμβολή τους, η έκφραση των διαφορετικών οπτικών και κατ' επέκταση η ανάδειξη των ιδιαιτεροτήτων των πεδίων (Akkerman & Bakker, 2011 ˙ Star, 2010).

Παρά τη σημασία της διασύνδεσης των STEM πεδίων αποτελεί πρόκληση για τους τους εκπαιδευτικούς η ενσωμάτωση περιεχομένου, γνώσεων και οπτικών, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με τις αλληλεπιδράσεις των επιστημονικών πεδίων (English, 2016 ˙ Honey et al., 2014 ˙ Moore et al., 2014). Μία επιπλέον δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κατά τη δόμηση μίας διεπιστημονικής STEM διδασκαλίας είναι η δυσκολία που αφορά την εφαρμογή γνώσης περιεχομένου, πρακτικών και συλλογιστικών πορειών που προέρχονται από άλλα πεδία εκτός αυτού στο οποίο έχουν ειδίκευση (Ryu et al., 2019). Αυτή η δυσκολία επιπλέον μπορεί να οδηγήσει στην αντίληψη ότι συγκεκριμένα πεδία δεν διασυνδέονται αποτελεσματικά σε

μία STEM διδασκαλία, ή και στην έλλειψη επικοινωνίας με εκπαιδευτικούς από διαφορετικά επιστημονικά πεδία (Margot & Kettler, 2019). Ως εκ τούτου αναδεικνύεται η αναγκαιότητα της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών στην αναγνώριση των διασυνδέσεων μεταξύ των STEM πεδίων στο πλαίσιο ενός διεπιστημονικού αντικειμένου έτσι ώστε στη συνέχεια να εφαρμόσουν μία τέτοια πρακτική στις διδασκαλίες τους.

Ένα αντικείμενο που προσφέρεται για την ανάπτυξη διεπιστημονικών STEM ενοτήτων και την επεξεργασία διασυνδέσεων είναι το διεπιστημονικό αντικείμενο της Κλιματικής Αλλαγής (ΚΑ). Η ΚΑ φαίνεται να επηρεάζεται από παράγοντες που δεν άπτονται ενός και μόνο επιστημονικού πεδίου και ως εκ τούτου προκύπτει αναγκαιότητα για το συνδυασμό γνώσεων και πρακτικών από πολλαπλά επιστημονικά πεδία (Lehtonen et al., 2019) με σκοπό μία ολοκληρωμένη και ολιστική αντίληψη του αντικειμένου της ΚΑ. Το αντικείμενο της ΚΑ συνδέεται με πολλαπλά προβλήματα σε διαφορετικούς τομείς, όπως υγεία, οικονομία, κοινωνία, ηθική κ.α., καθώς μία λύση του προβλήματος ως προς ένα τομέα μπορεί να ενισχύει ένα πρόβλημα σε έναν άλλο (Lehtonen et al., 2019 ˙ Peters & Tarpey, 2019). Επιπλέον το αντικείμενο της ΚΑ παρουσιάζει πολυπλοκότητα ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο καθώς την εξετάζουμε σαν ένα σύστημα που οι αλλαγές που προκαλούνται (φυσικές και ανθρωπογενείς), οδηγούν σε νέες αλλαγές και θετικές ή αρνητικές αναδράσεις. Η ΚΑ είναι ένα ζήτημα που για την ταυτοποίηση και την κατανόησή του απαιτείται να λαμβάνονται υπόψιν φαινόμενα και οπτικές που διασυνδέονται με εκείνα που μελετάμε κάθε φορά, καθιστώντας σαφές ότι τέτοια προβλήματα για την επίλυσή τους απαιτούν κάθε άλλο παρά γραμμικές συλλογιστικές πορείες (Lehtonen et al., 2019). Έννοιες, επομένως, που μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για διασύνδεση των επιστημονικών πεδίων σε μία διεπιστημονική διδασκαλία για την ΚΑ μπορούν να είναι εκείνες των πολύπλοκων συστημάτων όπως η ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες, η χαμηλή προβλεψιμότητα, οι κρίσιμες καταστάσεις, η ανάδραση, η αυτοοργάνωση, αβεβαιότητα κ.α. (Levrini et al., 2019 ˙ Stavrou & Duit, 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή διεπιστημονικής ενότητας πάνω στο αντικείμενο της κλιματικής αλλαγής σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς διαφορετικών STEM ειδικοτήτων με σκοπό την ανάδειξη των διασυνοριακών αντικειμένων. Τα ερευνητικά ερωτήματα που καθοδηγούν την έρευνα αυτή είναι:

1. Ποια χαρακτηριστικά της φύσης των διασυνοριακών αντικειμένων αναγνωρίζουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε μία διεπιστημονική STEM διδασκαλία αναφορικά με την κλιματική αλλαγή;
2. Κατά πόσο επηρεάζει την αναγνώριση αυτή το υπόβαθρο επιστημονικού πεδίου των μελλοντικών εκπαιδευτικών;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η ενότητα για την ΚΑ συναναπτύχθηκε από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης και το Department of Physics and Astronomy "Augusto Righi" University of Bologna στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού ERASMUS+ προγράμματος IDENTITIES και βασίστηκε στο Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης (Duit et al., 2012) και το πλαίσιο των Akkerman & Bakker (2011) για τα διασυνοριακά αντικείμενα. Από την ανάλυση του περιεχομένου που πραγματοποιήθηκε, κρίθηκε σημαντικό η παρούσα εργασία να επικεντρώσει στην πολυπλοκότητα όπως αυτή εκφράζεται στην ΚΑ, μέσα από τη μη γραμμικότητα των συστημάτων που εμπλέκονται, την εξέλιξή τους στο χρόνο και τις θετικές και αρνητικές αναδράσεις (Tasquier et al., 2016). Ως εκ τούτου, έννοιες όπως η ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες, η χαμηλή προβλεψιμότητα, οι κρίσιμες καταστάσεις, η ανάδραση, η αυτό-οργάνωση, η αβεβαιότητα κ.α., κρίνονται

καίριας σημασίας ώστε να εισαχθούν στη διδασκαλία της κλιματικής αλλαγής ως διασυνοριακά αντικείμενα (Levrini et al., 2022 ˙ Stavrou et al., 2014).

Κατά τη δόμηση της παρούσας ενότητας, έμφαση δόθηκε στην ανάδειξη των ομοιοτήτων και των ιδιαιτεροτήτων μεταξύ των STEM πεδίων που εμπλέκονται, καθώς και των μορφών διασύνδεσής τους. Πιο συγκεκριμένα η ενότητα αποτελείται από τρεις υποενότητες:

- Στην πρώτη υποενότητα επιχειρείται μία εισαγωγή των μελλοντικών εκπαιδευτικών στις έννοιες της πολυπλοκότητας όπως εκφράζονται στην ΚΑ. Στη συνέχεια παρουσιάζεται στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς ένας αιτιολογικός χάρτης αναφορικά με την παραγωγή του βιοντίζελ, με αφορμή τον οποίο καλούνται οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί να συζητήσουν τις προαναφερθείσες έννοιες.
- Στην δεύτερη υποενότητα, επιδιώκεται η εξοικείωση των μελλοντικών εκπαιδευτικών με τις έννοιες αυτές μέσω της επεξεργασίας τους ως διασυνοριακών αντικειμένων. Πιο συγκεκριμένα, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εμπλέκονται με τέσσερεις δραστηριότητες που διαπραγματεύονται την πολυπλοκότητα από την πλευρά των φυσικών φαινομένων.

    1. Στην πρώτη δραστηριότητα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί έρχονται σε επαφή με τη χαμηλή προβλεψιμότητα του καιρού σε μακροπρόθεσμα χρονικά διαστήματα. Τους δίνονται μία σειρά από προβλέψεις καθώς και η πραγματική εικόνα του καιρού του καιρού για την ίδια μέρα με σκοπό τη συνειδητοποίηση από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς ότι όσο η πρόβλεψη απομακρύνεται χρονικά από το γεγονός τόσο είναι ανακριβής.
    2. Στην δεύτερη δραστηριότητα, δίνονται μία σειρά από ατράκτορες που έχουν παραχθεί μέσα από έναν χαοτικό ταλαντωτή. Μέσω των ατρακτόρων αυτών, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εξοικειώνονται με την έννοια της τάξης στο χάος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς βιντεοσκοπημένα πειράματα και προσομοιώσεις που αφορούν στον μαγνητικό ταλαντωτή. Μέσω αυτών των πειραμάτων οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εισάγονται στην έννοια των κρίσιμων καταστάσεων.
    3. Στην τρίτη δραστηριότητα παρουσιάζεται στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς ένα βιντεοσκοπημένο πείραμα που αφορά την δημιουργία κυψελίδων Benard. Μέσα από αυτό το πείραμα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εμβαθύνουν στην έννοια των κρίσιμων καταστάσεων και την καθοριστική τους σημασία στην εξέλιξη του συστήματος στο χρόνο.
    4. Τέλος, στην τέταρτη δραστηριότητα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναστοχάζονται με τη βοήθεια του αιτιολογικού χάρτη αναφορικά με το βιοντίζελ που αναφέρθηκε στην πρώτη δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα, αναγνωρίζουν «κρίσιμες καταστάσεις», ή διαφορετικά, σημεία του χάρτη που καθορίζουν την εξέλιξη των συστημάτων.

    Όλες οι δραστηριότητες της δεύτερης υποενότητας ακολουθούν τη μάθηση μέσω διερεύνησης.

- Τέλος, στην τρίτη υποενότητα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναστοχάζονται πάνω στις έννοιες αυτές σε σχέση με τα διαφορετικά STEM πεδία και πιο συγκεκριμένα συζητούν πάνω στις διεπιστημονικές διασυνδέσεις αναφορικά με την πολυπλοκότητα στην ΚΑ.

Η ενότητα διάρκειας δέκα ωρών, εφαρμόστηκε σε 14 φοιτητές/μελλοντικούς εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από τέσσερις χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Γαλλία και Ισπανία) με υπόβαθρο σε διαφορετικά STEM πεδία στο πλαίσιο του δεύτερου διεθνούς εβδομαδιαίου θερινού σχολείου του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα, στην εφαρμογή συμμετείχαν, έξι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών, πέντε μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Μαθηματικών και τρεις μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Επιστήμης Υπολογιστών. Κατά την εφαρμογή συλλέχθηκαν δεδομένα μέσω, α. ηχητικής καταγραφής των συναντήσεων, β. φύλλων

εργασίας που συμπληρώθηκαν και poster που κατασκευάστηκαν από τους συμμετέχοντες στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων της ενότητας.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με βάση το θεωρητικό πλαίσιο των Akkerman & Bakker (2011) για τα διασυνοριακά αντικείμενα που περιγράφεται παραπάνω, ενώ βασίζεται σε ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015), λόγω του μικρού αριθμού των συμμετεχόντων αλλά και της διερευνητικής φύσης της έρευνας. Η κατηγοριοποίηση που εφαρμόστηκε ήταν τόσο top- down όσο και bottom- up και προέκυψαν οι εξής κατηγορίες και υποκατηγορίες (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Κατηγορίες και υποκατηγορίες της ανάλυσης.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	**ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ**
Ενοποίηση των επιστημονικών πεδίων	Κοινή ερμηνεία/οπτική
	Κοινή αναγκαιότητα
	Μη καθορισμένα σύνορα
Διάκριση των επιστημονικών πεδίων	Διαφορετικές οπτικές/ερμηνείες
	Αναγνώριση από περισσότερα του ενός πεδία
	Ενεργοποίηση των συνόρων

Οι παραπάνω υποκατηγορίες εκφράζουν τις πτυχές της αμφίσημης φύσης των διασυνοριακών αντικειμένων (Akkerman & Bakker, 2011 ˙ Star, 2010) εκτός από την υποκατηγορία *Κοινή Αναγκαιότητα* που προέκυψε από τα δεδομένα. Καθώς είναι χαρακτηριστικό της διεπιστημονικότητας να προκύπτει ως αναγκαιότητα πάνω σε ένα κοινό πρόβλημα, ένα έλλειμα ή κάποιο ερώτημα όπου απαιτείται μία κοινή αντιμετώπιση από τα επιστημονικά πεδία (Akkerman & Bruining, 2016), κρίθηκε ότι αυτή η υποκατηγορία μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία *Ενοποίηση των Επιστημονικών Πεδίων*.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση του εμπειρικού μέρους της εργασίας διαφαίνεται ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συζητώντας για το διασυνοριακό αντικείμενο της πολυπλοκότητας δύνανται εντοπίσουν με ποιους τρόπους εκφράζεται στα δικά τους επιστημονικά πεδία και να αντιπαραβάλλουν αυτούς τους τρόπους έκφρασης με εκείνους των άλλων επιστημονικών πεδίων. Πιο αναλυτικά, εντοπίζουν τις διαφορετικές πτυχές του διασυνοριακού αντικειμένου αυτού όπως αυτές ορίζονται σε στοιχεία α) ενοποίησης των επιστημονικών πεδίων και β) διάκρισης των επιστημονικών πεδίων και μάλιστα φαίνεται η επίδραση του επιστημονικού πεδίου, καθώς διαφορετικές πτυχές αναγνωρίζουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Μαθηματικών, διαφορετικές μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών και διαφορετικές μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Επιστήμης Υπολογιστών.

Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών να αναγνωρίζουν περισσότερο πτυχές της ενοποίησης των επιστημονικών πεδίων όπως αυτές εκφράζονται σε α) κοινή αναγκαιότητα και β) μη καθορισμένα σύνορα ενώ αντίστοιχα αναγνωρίζουν λιγότερο διαστάσεις της διάκρισης των επιστημονικών πεδίων και περισσότερο εκείνες που αφορούν στην ενεργοποίηση των συνόρων των επιστημονικών πεδίων. Φαίνεται επομένως, ότι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών εστιάζουν περισσότερο στις έννοιες της πολυπλοκότητας ως ένα κοινό πρόβλημα που αναζητεί την συμβολή

και άλλων επιστημονικών πεδίων για την όσο το δυνατόν πιο ακριβή προσέγγιση των φαινομένων. Τέλος, αναγνωρίζουν την πολυπλοκότητα ως πιο σχετική με το επιστημονικό αντικείμενο της Φυσικής και του τρόπου σκέψης του συγκεκριμένου επιστημονικού πεδίου.

Αντίθετα, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Μαθηματικών φαίνεται να εστιάζουν περισσότερο στην κατηγορία που αφορά στη διάκριση των επιστημονικών πεδίων, δίνοντας έμφαση στις πτυχές που αφορούν στις διαφορετικές οπτικές σε σχέση με την πολυπλοκότητα και στην ενεργοποίηση των συνόρων των επιστημονικών πεδίων. Από την ανάλυση φάνηκε ότι κι εκείνοι αναγνωρίζουν την πολυπλοκότητα περισσότερο ως αντικείμενο της Φυσικής και μόνο σε συγκεκριμένους κλάδους των μαθηματικών όπως η στατιστική. Σημαντικό εύρημα είναι ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί των Μαθηματικών δεν αναγνωρίζουν τη διάσταση στην πολυπλοκότητα που εκφράζει κοινή οπτική ανάμεσα στα διαφορετικά επιστημονικά πεδία.

Τέλος, όμοια με τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς των Μαθηματικών και οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί της Επιστήμης Υπολογιστών, αναγνωρίζουν περισσότερο τις διαστάσεις που αφορούν τη διάκριση των επιστημονικών πεδίων με έμφαση περισσότερο ως προς την αναγνώριση της πολυπλοκότητας από περισσότερα του ενός επιστημονικά πεδία. Μία επιπλέον ομοιότητα με τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς των Μαθηματικών είναι η μη αναγνώριση κοινής οπτικής για την έννοια της πολυπλοκότητας στα διαφορετικά επιστημονικά πεδία.

Η παραπάνω ανάλυση αναδεικνύει κάποια σημαντικά σημεία σε σχέση με τη διαπραγμάτευση της διεπιστημονικότητας στο αντικείμενο της πολυπλοκότητας. Φαίνεται η πολυπλοκότητα να είναι ένα διασυνοριακό αντικείμενο που δύναται να φωτίσει τόσο τη συνεργασία όσο και τις ομοιότητες και διαφορές των επιστημονικών πεδίων στο αντικείμενο στης ΚΑ. Ένα άλλο σημείο που αναδείχθηκε από την εφαρμογή της παρούσας ενότητας είναι ότι αν και οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Μαθηματικών και Επιστήμης Υπολογιστών τελικά αναγνώρισαν πτυχές των επιστημονικών τους πεδίων σε σχέση με την εισαγωγή στην ενότητα, δυσκολεύτηκαν να βρουν άλλες συνδέσεις και κυρίως κοινές οπτικές πάνω στην πολυπλοκότητα όπως αυτή εκφράζεται στα διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Με αυτόν τον τρόπο αναδεικνύεται η αναγκαιότητα η παρούσα ενότητα να ενισχυθεί με στοιχεία που αφορούν στην έκφραση της πολυπλοκότητας στα πεδία των μαθηματικών και της Επιστήμης Υπολογιστών αντίστοιχα καθώς και τον τρόπο που αυτά συνδέονται με το επιστημονικό πεδίο των Φυσικών Επιστημών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από την επεξεργασία εννοιών που σχετίζονται με την πολυπλοκότητα της ΚΑ, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εξοικειώνονται με κεντρικές έννοιες του αντικειμένου της ΚΑ, εμβαθύνουν στο περιεχόμενό της και αναγνωρίζουν τη σημασία της συνεργασίας των διαφορετικών πεδίων σε αυτήν (Liu, 2022). Από τα αποτελέσματα φαίνεται πως οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί καταφέρνουν με τη βοήθεια των διασυνοριακών αντικειμένων να εμβαθύνουν περισσότερο σε διαφορετικές διαστάσεις της διεπιστημονικότητας. Ένα άλλο ζήτημα που αναδείχθηκε στην παρούσα έρευνα ήταν η σημασία της τοποθέτησης ενός κοινού προβλήματος ή ενός ελλείματος στο κέντρο της συνεργασίας με σκοπό την επίλυση του ζητήματος (Crujeiras-Pérez & Jiménez-Alexandre 2019 ˙ Dare et al., 2018 ˙ Honey et al., 2014). Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί με αφορμή τη συζήτηση γύρω από την πολυπλοκότητα, εστίασαν στα προβλήματα που σχετίζονται με την ΚΑ και την πολυπλοκότητά της. Τέλος, ένα ακόμα ζήτημα στο οποίο επιχείρησε να ρίξει φως η παρούσα εργασία ήταν η σχέση του επιστημονικού υποβάθρου των μελλοντικών εκπαιδευτικών με τις αντιλήψεις τους πάνω στις διασυνδέσεις (Peters- Burton & Knights, 2022 ˙ Ryu et al., 2019). Ως προς το συγκεκριμένο ζήτημα, φάνηκε να αναδεικνύονται διαφορετικές πτυχές από τις διαφορετικές ειδικότητες οδηγώντας στην αναγκαιότητα να λαμβάνεται υπόψιν κατά τη δόμηση μίας STEM διδασκαλίας που απευθύνεται σε μελλοντικούς

εκπαιδευτικούς με διαφορετικό υπόβαθρο. Επιπλέον, όμως, φάνηκε η αναγκαιότητα της συνεργασίας διαφορετικών ομάδων εκπαιδευτικών προκειμένου να λειτουργήσουν συμπληρωματικά και να θέσουν τις βασισμένες στην ταυτότητα του επιστημονικού τους πεδίου γνώσεις και δεξιότητες προκειμένου να προσεγγίσουν μία ισότιμη ανάδειξη της αμφίσημης φύσης των συνδέσεων ή μία πιο στοχευμένη στην επιστημονική τους ταυτότητα εμπειρία επαγγελματικής ανάπτυξης (Zahng & Shen, 2015).

Ως εκ τούτου, κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη διεπιστημονικών ενοτήτων είναι σημαντικό να επιλέγονται τα διασυνοριακά αντικείμενα με βάση τις πτυχές που κρίνεται αναγκαίο να αναδειχθούν κάθε φορά. Επιπλέον φαίνεται ότι είναι σημαντικό να λαμβάνεται το επιστημονικό υπόβαθρο των συμμετεχόντων υπόψιν και να παρέχονται περισσότερα ερεθίσματα που αφορούν στα δικά τους επιστημονικά πεδία και στη σύνδεσή τους με τα υπόλοιπα. Τέλος, κρίνεται σημαντική η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών πάνω σε θέματα διεπιστημονικότητας και πολυπλοκότητας και την αλληλεπίδρασή τους, οριοθετημένη και προσανατολισμένη στα επιστημονικά αντικείμενα των συμμετεχόντων μελλοντικών εκπαιδευτικών για την κατανόηση πολύπλοκων προβλημάτων όπως η Κλιματική Αλλαγή.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία υποστηρίχθηκε από το πρόγραμμα IDENTITIES το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα ERASMUS+ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Συμφωνία χρηματοδότησης αριθ. 2019-1- IT02-KA203-063184).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary Crossing and Boundary Objects. Review of Educational Research, 81(2), 132–169. https://doi.org/10.3102/0034654311404435

Akkerman, S., & Bruining, T. (2016). Multilevel Boundary Crossing in a Professional Development School Partnership. Journal of the Learning Sciences, 25(2), 240–284. https://doi.org/10.1080/10508406.2016.1147448

Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. International Journal of STEM Education, 5(1). https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science1. Science Education Research and Practice in Europe, 13–37. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2

English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. International Journal of STEM Education, 3(1). https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC: National Academies Press. https://doi.org/10.18260/1-2--20673 Liu, S.-C. (2022). Examining undergraduate students' systems thinking competency through a problem scenario in the context of climate change education. Environmental Education Research, 29(12), 1780–1795. https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2120187

Lehtonen, A., Salonen, A. O., & Cantell, H. (2019). Climate change education: A new approach for a world of wicked problems. In Sustainability, human well-being, and the future of education (pp. 339-374). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78580-6_11

Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. International Journal of STEM Education, 6(1). https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. Science Education, 103(4), 799–822. Portico. https://doi.org/10.1002/sce.21522

Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development. Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 4(1). https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069

Peters, B. G., & Tarpey, M. (2019). Are wicked problems really so wicked? Perceptions of policy problems. Policy and Society, 38(2), 218–236. https://doi.org/10.1080/14494035.2019.1626595

Peters-Burton, E. E., & Knight, K. L. (2022). Integrated STEM Teacher Education. Handbook of Research on Science Teacher Education, 465–476. https://doi.org/10.4324/9781003098478-41

Ryu, M., Mentzer, N., & Knobloch, N. (2018). Preservice teachers' experiences of STEM integration: challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. International Journal of Technology and Design Education, 29(3), 493–512. https://doi.org/10.1007/s10798-018-9440-9

Leigh Star, S. (2010). This is Not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept. Science, Technology, & Human Values, 35(5), 601–617. https://doi.org/10.1177/0162243910377624

Tasquier, G., Levrini, O., & Dillon, J. (2016). Exploring students' epistemological knowledge of models and modelling in science: results from a teaching/learning experience on climate change. International Journal of Science Education, 38(4), 539–563. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1148828

Zhang, D., & Shen, J. (2015). Disciplinary Foundations for Solving Interdisciplinary Scientific Problems. International Journal of Science Education, 37(15), 2555–2576. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1085658