

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

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές



12-14 Απριλίου 2025

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



**Εκπαίδευση Μελλοντικών Εκπαιδευτικών
Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για την Διδασκαλία
Ικανοτήτων για την Κλιματική Αλλαγή**

*Χαρά Μπιτσάκη, Λούση Αβρααμίδου, Δημήτρης
Σταύρου*

doi: [10.12681/codiste.9877](https://doi.org/10.12681/codiste.9877)

Εκπαίδευση Μελλοντικών Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για την Διδασκαλία Ικανοτήτων για την Κλιματική Αλλαγή

Χαρά Μπιτσάκη¹, Λούση Αβρααμίδου² και Δημήτρης Σταύρου³

¹Υποψήφια Διδάκτορας, ²Καθηγήτρια, ³Καθηγητής,

^{1,3}Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

^{1,2}Σχολή Θετικών Επιστημών και Μηχανικής, Πανεπιστήμιο του Χρόνινγκεν

¹*ch.bitsaki@edc.uoc.gr*

Περίληψη

Η κλιματική κρίση απαιτεί εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που αναπτύσσουν τις ικανότητες των μαθητών για δράση και λήψη αποφάσεων. Ωστόσο, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συχνά δυσκολεύονται να ενσωματώσουν την πολυπλοκότητα της κλιματικής αλλαγής και τις απαραίτητες διδακτικές πρακτικές. Η έρευνα εξετάζει πώς οι φοιτητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αναπτύσσουν διδακτικό υλικό για τις ικανότητες διαπραγμάτευσης ζητημάτων κλιματικής αλλαγής. Μέσα από δραστηριότητες επιστημονικού περιεχομένου, ανάπτυξης ικανοτήτων και σχεδιασμού διδακτικού υλικού, οι συμμετέχοντες ξεπερνούν τις δυσκολίες τους, ενσωματώνοντας διάφορες πτυχές της πολυπλοκότητας της κλιματικής αλλαγής. Από τα αποτελέσματα διαφαίνεται η ανάγκη για διαρκή επαγγελματική ανάπτυξη και αρχική εκπαίδευση μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών στην αξιοποίηση πολύπλοκων προβλημάτων στη διδασκαλία τους.

Λέξεις κλειδιά: εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών, εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή, ικανότητες για την διαπραγμάτευση ζητημάτων κλιματικής αλλαγής

Primary Pre-service Teacher Education for Teaching Climate Change Competencies

Chara Bitsaki¹, Lucy Avraamidou² and Dimitris Stavrou³

¹PhD Student, ²Full Professor, ³Full Professor,

^{1,3}Department of Primary Education, University of Crete

^{1,2}Faculty of Science and Engineering, University of Groningen

¹*ch.bitsaki@edc.uoc.gr*

Abstract

The climate crisis demands educational approaches that empower students to act and make informed decisions. However, pre-service teachers often face challenges in addressing the complexity of climate change and implementing essential teaching practices. This study investigates how primary education pre-service teachers develop competencies for teaching climate literacy. Activities focusing on scientific content, competencies development, and designing and implementing teaching material help participants overcome difficulties by incorporating multiple aspects of climate change complexity. The findings highlight the need for ongoing professional development and initial teacher education that supports both future and in-service teachers in addressing complex societal problems in their teaching.

Keywords: pre-service teacher education, climate change education, climate change competencies

Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή, που εξελίσσεται ραγδαία σε κλιματική κρίση, αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του 21ου αιώνα, επηρεάζοντας το φυσικό περιβάλλον, την κοινωνία, την οικονομία και την υγεία (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023). Η πολυπλοκότητα της κλιματικής κρίσης δεν εστιάζεται μόνο στο επιστημονικό περιεχόμενο, όσο και στις κοινωνικές προεκτάσεις που καθορίζονται από την ανθρώπινη συμπεριφορά. Αφενός, το κλίμα – ένα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα- παρουσιάζει μη – γραμμικότητα και εξαρτάται από τις αρχικές συνθήκες και τις πολλαπλές μεταβλητές που υφίστανται σε αυτό, οδηγώντας σε θετικές και αρνητικές αναδράσεις. Αφετέρου, όμως, ενέχει αβεβαιότητα που προκύπτει και από την ανθρώπινη συμπεριφορά καθιστώντας την αλληλεπίδραση Περιβάλλοντος-Κοινωνίας-Οικονομίας ένα σημαντικό παράγοντα που αξίζει να συμπεριλάβει κανείς όταν τη μελετά ή τη διδάσκει (Kirchner et al., 2021 · Miani et al., 2025 · Provenzale, 2014 · Shepherd, 2019). Με αυτό τον τρόπο η κλιματική κρίση, καθίσταται ένα πρόβλημα που δεν έχει μία μόνο λύση ενώ μία λύση που εξετάζουμε μπορεί να ενισχύει ένα άλλο πρόβλημα, απαιτώντας ολιστική σκέψη και συνεργασία τομέων (Lehtonen et al., 2019 · Peters & Tarpey, 2019).

Η Εκπαίδευση για την Κλιματική Αλλαγή είναι ζωτικής σημασίας, εξοπλίζοντας τους μαθητές με γνώσεις, κριτική σκέψη και δεξιότητες λήψης αποφάσεων για να λειτουργούν ως κλιματικά εγγράμματοι πολίτες. Πολίτες, επομένως, που κατανοούν την επιρροή τους στο κλιματικό σύστημα και την επιρροή του κλιματικού συστήματος στον άνθρωπο και την κοινωνία. Οι πολίτες αυτοί έχουν την ικανότητα να κατανοούν τις βασικές αρχές του κλίματος ως σύστημα, να αξιολογούν την επιστημονική πληροφορία σε σχέση με το κλίμα, να επικοινωνούν με συνέπεια και συνεκτικότητα για το κλίμα και την κλιματική αλλαγή και τέλος να λαμβάνουν ενήμερες και υπεύθυνες αποφάσεις για ανάληψη δράσης (United States Global Change Research Program [USGCRP], 2024).

Προκειμένου ένας μελλοντικός πολίτης να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει τα ανωτέρω, είναι σημαντικό να αναπτύξει μέσω της εκπαίδευσης, μία σειρά από γνώσεις, στάσεις και δεξιότητες, που στην βιβλιογραφία αναγράφονται ως Ικανότητες. Οι Wiek et al. (2011) προσδιορίζουν βασικές ικανότητες, όπως η πραγμάτευση αξιών, ο γραμματισμός για το μέλλον, η συστημική σκέψη, η στρατηγική και η διαπροσωπική ικανότητα, με την Επιστημονική Διερεύνηση (Taurinen et al., 2024) να αποτελεί βασικό στοιχείο για την αποτελεσματική εφαρμογή τους. Οι παραπάνω ικανότητες αν και αρχικά έχουν διαμορφωθεί στο πλαίσιο της Βιωσιμότητας, η σχέση του αντικείμενου αυτού με το αντικείμενο της Κλιματικής Αλλαγής (Eilam, 2022), μας επιτρέπει να εξετάσουμε τις παραπάνω ικανότητες, ως Ικανότητες για τη διαπραγμάτευση ζητημάτων Κλιματικής Αλλαγής (Climate Change Competencies). Η επιλογή να αντιμετωπιστούν διακριτά σε σχέση με το αντικείμενο της Βιωσιμότητας έγκειται στο γεγονός ότι πλέον αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα από τη σύγχρονη βιβλιογραφία ότι το αντικείμενο της κλιματικής αλλαγής αναδεικνύεται όταν διδάσκεται ως ένα διακριτό αντικείμενο (Eilam, 2022 · Taurinen et al., 2024). Η παρούσα εργασία εστιάζει στη Συστημική Σκέψη, καθώς αποτελεί έναν αναλυτικό φακό για την ανάλυση και επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων (Wiek et al., 2011).

Οι εκπαιδευτικοί παίζουν κεντρικό ρόλο στη ανάπτυξη αυτών των ικανοτήτων. Ωστόσο, η έλλειψη επαρκούς προετοιμασίας δυσκολεύει την ενσωμάτωση δραστηριοτήτων που αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα της κλιματικής αλλαγής και καλλιεργούν τις απαραίτητες ικανότητες. Πιο συγκεκριμένα οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται στο επιστημονικό περιεχόμενο αποφεύγοντας την πραγμάτευση της πολυπλοκότητας της κλιματικής αλλαγής και τη διεπιστημονική της προσέγγιση (Shea et al., 2016). Επιπλέον, δυσκολεύονται στην εφαρμογή διδακτικών πρακτικών όπως η διαπραγμάτευση κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων διστάζοντας να προωθήσουν την λήψη αποφάσεων και ανάληψη δράσης (Majid et al., 2023). Τέλος, εκλαμβάνουν την εγγενή αβεβαιότητα στην κλιματική αλλαγή ως ένα εμπόδιο στην διαπραγμάτευση πιο σύνθετων ζητημάτων (de Sousa et al., 2019 · Taube, 2023).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων που δεν περιορίζονται στη γνώση του επιστημονικού περιεχομένου αλλά περιλαμβάνουν και την ανάπτυξη ικανοτήτων για την κλιματική αλλαγή. Επίσης, απαιτούνται περιβάλλοντα μάθησης που αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα της κλιματικής αλλαγής και ενισχύουν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για το ρόλο τους (Shea et al., 2016). Εντούτοις, είναι μικρός ο αριθμός ερευνών στην Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών για την Κλιματική Αλλαγή κι ακόμα μικρότερος αυτών που λαμβάνουν υπόψη την εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών σε ικανότητες για την διαπραγμάτευση ζητημάτων κλιματικής αλλαγής (Waldron et al., 2019).

Επομένως, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του τρόπου που εντάσσουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Α/θμιας Εκπαίδευσης την Συστημική σκέψη σε διδακτικό υλικό για την Κλιματική Αλλαγή. Τα ερευνητικά ερωτήματα που καθοδηγούν την έρευνα αυτή είναι: Πώς εντάσσουν την συστημική σκέψη σε διδασκαλία αναφορικά με την κλιματική αλλαγή μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Α/θμιας εκπαίδευσης ;

- Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν καθώς δομούν τις διδασκαλίες τους;
- Σε ποιες διαστάσεις της πολυπλοκότητας εστιάζουν;

Μεθοδολογία

Για τη διερεύνηση των παραπάνω ερωτημάτων αξιοποιήθηκε ένα εξαμηνιαίο σεμινάριο, το οποίο διεξήχθη στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης και σαν στόχο είχε την εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών Α/θμιας εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Κλιματικής Αλλαγής. Η εκπαίδευση, διάρκειας 12 εβδομάδων, ήταν χωρισμένη σε τρεις φάσεις και περιλάμβανε δραστηριότητες αναφορικά με το επιστημονικό περιεχόμενο της κλιματικής αλλαγής, δραστηριότητες ανάπτυξης ικανοτήτων για την κλιματική αλλαγή, ενώ καθ' όλη τη διάρκεια του μαθήματος σχεδίασαν και ανέπτυξαν τμηματικά διδακτικό υλικό αναφορικά με τις ικανότητες για την διαπραγμάτευση ζητημάτων κλιματικής αλλαγής.

Πιο συγκεκριμένα οι δύο συναντήσεις της Α φάσης περιλάμβαναν δραστηριότητες επιστημονικού περιεχομένου μέσα από επεξεργασία πραγματικών δεδομένων, πειράματα για τη μελέτη του φαινομένου του θερμοκηπίου και αξιοποίηση μοντέλων και προσομοιώσεων για τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Στο πλαίσιο του σεμιναρίου αυτού, εξοικειώθηκαν επιπλέον με τη STEM προσέγγιση θεμάτων με διεπιστημονική φύση, όπως η κλιματική αλλαγή. Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί σε αυτή τη φάση εξοικειώθηκαν με θεμελιώδεις έννοιες αναφορικά με το κλιματικό σύστημα όπως:

- Ατμόσφαιρα και η Σύστασή της
- Ηλιακή Ακτινοβολία και οι Αλληλεπιδράσεις της με το Σύστημα της Γης
- Καιρός και Κλίμα: Κατανόηση των Διαφορών
- Η Γη και το Κλίμα ως αλληλοεπηρεαζόμενα Συστήματα
- Μηχανισμοί Ανάδρασης και Κύκλος του Άνθρακα
- Ανθρώπινες Διαστάσεις και η Επίδρασή τους στην Εξέλιξη του Συστήματος

(Schubatzky et al., 2024 · USGCRP, 2024)

Η Φάση Β πραγματοποιήθηκε σε 8 συναντήσεις όπου οι εκπαιδευόμενοι εμβάθυναν στη συστημική σκέψη στις πρώτες 4 ενώ παράλληλα ανέπτυσαν διδακτικό υλικό για την κλιματική αλλαγή. Οι υπόλοιπες τέσσερις συναντήσεις αφιερώθηκαν στην συζήτηση πάνω στα διδακτικά υλικά και στην παροχή ανατροφοδότησης από την ερευνήτρια και τους υπόλοιπους εκπαιδευόμενους. Αρχικά οι εκπαιδευόμενοι/ες εισήχθησαν στην πολυπλοκότητα της κλιματικής αλλαγής μέσα από μία σειρά δραστηριοτήτων όπως βιντεοπειράματα πάνω σε μη γραμμικά συστήματα και εννοιολογικοί χάρτες, επεξεργασία μελλοντικών σεναρίων και κλιματικών μοντέλων καθώς και παιχνιδιών ρόλων. Η ευρύτερη θεματική πάνω στην οποία

στήθηκαν οι δραστηριότητες ήταν τα βιώσιμα μέσα μεταφοράς ως λύση για την κλιματική αλλαγή και οι κοινωνικές προεκτάσεις της εφαρμογής τέτοιων λύσεων.

Πιο συγκεκριμένα, κρίθηκε σημαντικό η επεξεργασία της συστημικής σκέψης 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 (Miani et al., 2019 · 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 (Miani et al., 2025 · Stavrou & Duit, 2014).

Στις πρώτες δύο συναντήσεις ζητήθηκε από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν εννοιολογικούς χάρτες με κεντρική έννοια τα Βιώσιμα μέσα μεταφοράς. Στη συνέχεια τους δόθηκαν 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. Τέλος, παρουσιάστηκε 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 καθώς και την ανάδραση και την αυτοοργάνωση του συστήματος. Στην τρίτη συνάντηση έγινε επεξεργασία των μοντέλων πρόβλεψης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα έως το 2100, καθώς και των κοινωνικοοικονομικών μελλοντικών σεναρίων όπως παρουσιάζονται από τον IPCC (IPCC, 2015). Με τη βοήθεια των παραπάνω οι εκπαιδευόμενοι εισήχθησαν στην έννοια του μέλλοντος, διακρίνοντάς το σε πιθανά, δυνατά και επιθυμητά μέλλοντα, ενώ εξοικειώθηκαν με τις χρονικές ασυνέχειες που προκύπτουν και την αβεβαιότητα που εγγενώς φέρουν τέτοια μοντέλα. Τέλος, στην τέταρτη συνάντηση πραγματοποιήθηκε μία δραστηριότητα που αφορούσε στην προσβασιμότητα ευάλωτων ομάδων στα βιώσιμα μέσα μεταφοράς μέσα από ένα παιχνίδι ρόλων όπου οι εκπαιδευόμενοι εξοικειώθηκαν με την πολυπλοκότητα που φέρουν οι πολλαπλές οπτικές γύρω από ένα κοινωνικοεπιστημονικό ζήτημα και η επιρροή τους στην έκβαση ενός μελλοντικού σεναρίου, καθώς και στην αβεβαιότητα που προκύπτει από την ανθρώπινη συμπεριφορά. Στο πέρας αυτής της δραστηριότητας, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί επέστρεψαν στον αρχικό εννοιολογικό χάρτη ώστε να τον εμπλουτίσουν ή να τον αναθεωρήσουν. Σε αυτή τη φάση οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συμπλήρωσαν τρία αναστοχαστικά ημερολόγια με προτροπές όπως:

- Από την τελευταία συνάντηση ποιες ήταν οι πιο χρήσιμες πτυχές για εσάς?
- Τι είναι εύκολο να ενσωματωθεί σε μία διδασκαλία σας? Τι πιστεύετε θα ταίριαζε στον τρόπο σκέψης σας?
- Τι πιστεύεται θα σας δυσκολέψει στη διαπραγμάτευση με τους μαθητές?
- Υπάρχει κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τον τρόπο σκέψης σας?
- Υπάρχει κάτι που θα προσεγγίζατε διαφορετικά?
- Οτιδήποτε άλλο θεωρείτε σημαντικό

Αναφορικά με το σχεδιασμό του διδακτικού υλικού δόθηκε στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς ενδεικτική βιβλιογραφία καθώς και εργαλεία όπως το CoRes (Hume & Berry, 2010). Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να αναζητήσουν τις βασικές έννοιες που αφορούν το προς διδασκαλία περιεχόμενο καθώς και τις ιδέες των μαθητών αναφορικά με αυτό. Στη συνέχεια, σχεδίασαν και δόμησαν πρωτότυπο διδακτικό υλικό για την κλιματική αλλαγή. Από τη διαδικασία αυτή αναπτύχθηκαν επτά διδακτικά υλικά τα οποία επικέντρωσαν σε θεματικές όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η βιοποικιλότητα, η οξύνιση των ωκεανών και ο κύκλος του άνθρακα.

Συμμετέχοντες/ουσες της έρευνας αποτελούν 29 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, χωρισμένοι σε 7 ομάδες των 4-5 ατόμων. Πρόκειται για φοιτητές και φοιτήτριες

του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης που φοιτούν στο τρίτο και τέταρτο έτος προπτυχιακών σπουδών. Προϋπάρχουσες γνώσεις των συμμετεχόντων/ουσών αφορούσαν στις φυσικές επιστήμες και τη διδακτική τους.

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσα τις δραστηριότητες του μαθήματος και τα διδακτικά υλικά, τα οποία αξιοποιήθηκαν ώστε να διαπιστώσουμε τον τρόπο που συμβάλλουν οι δραστηριότητες του μαθήματος στην εκπαίδευση και ανάπτυξη των μελλοντικών εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία της συστημικής σκέψης στην κλιματική αλλαγή. Πιο συγκεκριμένα, από τα αναστοχαστικά ημερολόγια αντλήθηκαν οι απόψεις που εκφράζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πάνω στην πολυπλοκότητα ενώ από τα διδακτικά υλικά οι διαστάσεις της πολυπλοκότητας που αναδεικνύουν με τις διδασκαλίες τους

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με ποιοτική ανάλυση περιεχομένου (Mayring, 2014) και επαγωγική κατηγοριοποίηση ως προς τις δυσκολίες των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε σχέση με την πολυπλοκότητα και τις διαστάσεις της πολυπλοκότητας που προσεγγίζουν. Στον Πίνακα 1 παρατίθενται οι κατηγορίες ανάλυσης καθώς και τα κριτήρια που αξιοποιήθηκαν ως προς τις δυσκολίες των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε σχέση με την πολυπλοκότητα. Ενώ στον Πίνακα 2 παρατίθενται οι κατηγορίες ανάλυσης καθώς και τα κριτήρια που αξιοποιήθηκαν ως προς τις διαστάσεις της πολυπλοκότητας.

Πίνακας 1. Κατηγορίες ανάλυσης αναφορικά με τις δυσκολίες μελλοντικών εκπαιδευτικών ως προς την πολυπλοκότητα

Κατηγορίες	Κριτήρια
Διαπραγμάτευση εννοιών	Δυσκολίες ως προς τη διαπραγμάτευση της Πολυπλοκότητας με τους/τις μαθητές/τριες
Φύση των πολύπλοκων συστημάτων	Δυσκολίες ως προς τυχαιότητα, αβεβαιότητα, πρόβλεψη
Διαχείριση πολλαπλών οπτικών	Δυσκολία να διαπραγματευτούν με τους/τις μαθητές/τριες την πληθώρα απόψεων

Πίνακας 2. Κατηγορίες ανάλυσης αναφορικά με τις διαστάσεις της πολυπλοκότητας που διαπραγματεύονται μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στα διδακτικά τους υλικά

Κατηγορίες	Κριτήρια
Απλές Αλληλεπιδράσεις Υποσυστημάτων	Απλές σχέσεις μεταξύ δύο υποσυστημάτων
Αλυσίδες αιτίου- αποτελέσματος	Μία αλλαγή πυροδοτεί αλυσιδωτές μεταβολές σε διαφορετικά υποσυστήματα
Πολυπαραγοντικότητα	Κοινωνικές διαστάσεις και πολλαπλές οπτικές

Αποτελέσματα

Από τα δεδομένα που έχουν αναλυθεί διαφαίνεται ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αρχικά δυσκολεύονται ή και αποφεύγουν να εντάξουν τη συστημική σκέψη για την κλιματική αλλαγή καθώς διαπραγματεύονται το επιστημονικό περιεχόμενο που έχουν επιλέξει. Μέσα από την επαφή με τις δραστηριότητες του μαθήματος ενέταξαν κυρίως ικανότητες επιστημονικής διερεύνησης και συστημικής σκέψης ενώ προσέγγισαν και το γραμματισμό για το μέλλον. Ως προς τις δραστηριότητες που ανέπτυξαν, αξιοποίησαν κυρίως πειράματα και προσομοιώσεις ενώ για τον οραματισμό ενός γνώριμου περιβάλλοντος στο μέλλον είτε μέσω κειμένων, είτε μέσω μοντέλων που αφορούν σε μελλοντικά σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τις διαστάσεις της πολυπλοκότητας που εστιάζουν φαίνεται από τον Πίνακα 3 ότι τρεις ομάδες μελλοντικών εκπαιδευτικών εστιάζουν σε απλές σχέσεις αιτίου αποτελέσματος και επιφανειακά εξετάζουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο υποσυστημάτων. Αντίθετα τέσσερις ομάδες μελλοντικών εκπαιδευτικών εστιάζουν σε διεργασίες που οδηγούν σε αλυσίδες αιτίου αποτελέσματος με πιο πολυσύνθετες συνέπειες για τα υποσυστήματα, ενώ δεν παραλείπουν να εισάγουν και κοινωνικές προεκτάσεις.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα αναφορικά με τις διαστάσεις της πολυπλοκότητας που διαπραγματεύονται μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στα διδακτικά τους υλικά

Διαστάσεις	Υλικό
Απλές Αλληλεπιδράσεις Υποσυστημάτων	3
Αλυσίδες αιτίου- αποτελέσματος & Πολυπαραγοντικότητα	4

Όσον αφορά το δεύτερο υποερώτημα αυτής της εργασίας φαίνεται ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν κυρίως δυσκολίες που αφορούν στη φύση των πολύπλοκων συστημάτων που απορρέουν από έναν ντετερμινιστικό τρόπο σκέψης. Κάτι τέτοιο καθιστάτε σαφές και από τον Πίνακα 4 όπου παρατίθενται τα αποτελέσματα ως προς τις δυσκολίες που παρουσιάζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα αναφορικά με τις δυσκολίες μελλοντικών εκπαιδευτικών ως προς την πολυπλοκότητα

Δυσκολίες Εκπαιδευτικών	Απόλυτες Συχνότητες
Διαπραγμάτευση εννοιών	18
Φύση των πολύπλοκων συστημάτων	24
Διαχείριση πολλαπλών οπτικών	21

Τέλος, πραγματοποιήθηκε μία συσχέτιση των δύο αυτών αποτελεσμάτων ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο οι απόψεις των εκπαιδευτικών για την πολυπλοκότητα επηρεάζουν τον τρόπο που τη διαχειρίζονται στα διδακτικά τους υλικά. Στον Πίνακα 5 παρατίθεται η συσχέτιση αυτή.

Πίνακας 5. Αποτελέσματα αναφορικά με τις δυσκολίες μελλοντικών εκπαιδευτικών σε συσχέτιση με τη διάσταση της πολυπλοκότητας που αναδεικνύουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί

	Διαπραγμάτευση εννοιών	Διαχείριση πολλαπλών οπτικών	Φύση των πολύπλοκων συστημάτων
Απλές Αλληλεπιδράσεις Υποσυστημάτων	2	13	15
Αλυσίδες αιτίου- αποτελέσματος & Πολυπαραγοντικότητα	16	8	9

Από τον Πίνακα 5 διαφαίνεται ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που εστιάζουν σε απλές αλληλεπιδράσεις υποσυστημάτων, παρουσιάζουν λιγότερες δυσκολίες ως προς την διαπραγμάτευση των επιστημονικών εννοιών αλλά παρουσιάζουν ντετερμινιστικό τρόπο σκέψης και δυσκολίες στη διαχείριση των πολλαπλών οπτικών. Αντίθετα, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που παρουσίασαν λιγότερες δυσκολίες ως προς τη φύση των πολύπλοκων συστημάτων και των πολλαπλών οπτικών, κατάφεραν να εισάγουν πιο πολύπλοκες διαστάσεις τα διδακτικά τους υλικά παρά τη δυσκολία που παρουσιάζουν στη διαπραγμάτευση των επιστημονικών εννοιών.

Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα αναδεικνύει την αναγκαιότητα σχεδιασμού προγραμμάτων εκπαίδευσης μελλοντικών εκπαιδευτικών που ενσωματώνουν το επιστημονικό περιεχόμενο και την πολυπλοκότητα που εμφανίζει, καθώς και να προχωράει πέρα από αυτό και να το συνδέει με κοινωνικές, οικονομικές, ηθικές και άλλες προεκτάσεις (Shea et al., 2016). Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν τις αρχικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στην

ενσωμάτωση τέτοιων προεκτάσεων. Παρόλα αυτά, η συμμετοχή σε δραστηριότητες που συνδυάζουν το επιστημονικό περιεχόμενο με ικανότητες, όπως η συστημική σκέψη και η αξιοποίηση παραδειγμάτων από την πράξη, φαίνεται να συμβάλλει καθοριστικά στην ενσωμάτωση της στην διδασκαλία των μελλοντικών εκπαιδευτικών (Taube, 2024). Εντούτοις, οι απόψεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών για την αβεβαιότητα φαίνεται να δυσκολεύει τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς να αναδείξουν με την πολυπλοκότητα της κλιματικής αλλαγής παρά μόνο σε περιορισμένα πλαίσια (Shea et al., 2016´ Taube, 2024). Συνεπώς, η διαρκής επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών και η αρχική τους εκπαίδευση, αποτελεί κρίσιμη προϋπόθεση για την υποστήριξη τους ώστε να αναλάβουν ενεργό ρόλο στην προώθηση του κλιματικού γραμματισμού των μαθητών (Bascopé et al., 2025´ Drewes et al., 2018´ Shea et al., 2016).

Βιβλιογραφία

- Bascopé, M., Becerra, R., Salazar, D., Arenas, A., Morales, R., Merino, C., Cisternas, M., & Ampuero, P. (2025). Teacher continuous professional development in climate change education: Analyzing teachers' perspectives. *The Journal of Environmental Education*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/00958964.2025.2471971>
- de Sousa, L. O., Hay, E. A., & Liebenberg, D. (2019). Teachers' understanding of the interconnectedness of soil and climate change when developing a systems thinking concept map for teaching and learning. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 28(4), 324–342. <https://doi.org/10.1080/10382046.2019.1657684>
- Drewes, A., Henderson, J., & Mouza, C. (2018). Professional development design considerations in climate change education: teacher enactment and student learning. *International Journal of Science Education*, 40(1), 67–89. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1397798>
- Eilam, E. (2022). Climate change education: the problem with walking away from disciplines. *Studies in Science Education*, 58(2), 231–264. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.2011589>
- Hume, A., & Berry, A. (2010). Constructing CoRes—a Strategy for Building PCK in Pre-service Science Teacher Education. *Research in Science Education*, 41(3), 341–355. <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9168-3>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)(2023). Summary for Policymakers. Στο *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 3-34. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001>
- IEEE International Professional Communication Conference (IPCC). (2015). <https://doi.org/10.1109/procomm33430.2015>
- Kirchner, M., Mitter, H., Schneider, U. A., Sommer, M., Falkner, K., & Schmid, E. (2021). Uncertainty concepts for integrated modeling - Review and application for identifying uncertainties and uncertainty propagation pathways. *Environmental Modelling & Software*, 135, 104905. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104905>
- Lehtonen, A., Salonen, A. O., & Cantell, H. (2018). Climate Change Education: A New Approach for a World of Wicked Problems. *Sustainability, Human Well-Being, and the Future of Education*, 339–374. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78580-6_11
- Levrini, O., Tasquier, G., Branchetti, L., & Barelli, E. (2019). Developing future-scaffolding skills through science education. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2647–2674. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1693080>
- Majid, N., Marston, S., Reed Johnson, J. A., & Happle, A. (2023). Reconceptualising Preservice Teachers' Subject Knowledge in Climate Change and Sustainability Education: A Framework for Initial Teacher Education from England, UK. *Sustainability*, 15(16), 12237. <https://doi.org/10.3390/su151612237>
- Mayring, P. (2014). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education*, 365–380. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13
- Miani, L., Bitsaki, C., Metaxas, I., Stavrou, D., & Levrini, O. (2025). Embracing complexity and uncertainties to deal with climate change challenges: An interdisciplinary module for preservice teacher education. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-025-00658-9>

- 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>
- Provenzale, A. (2014). Climate as a complex dynamical system. Στο A. Celletti, U. Locatelli, T. Ruggeri, & E. Strickland (Επιμ.), *Mathematical models and methods for Planet Earth*, 135–142. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02657-2_11
- Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Wackermann, R., Wöhlke, C., & Wildbichler, S. (2024). Navigating the complexities of student understanding: Exploring the coherency of students' conceptions about the greenhouse effect. *Science Education*, 108(4), 1134–1161. Portico. <https://doi.org/10.1002/sce.21867>
- Shea, N. A., Mouza, C., & Drewes, A. (2016). Climate Change Professional Development: Design, Implementation, and Initial Outcomes on Teacher Learning, Practice, and Student Beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 27(3), 235–258. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9456-5>
- Shepherd, T. G. (2019). Storyline approach to the construction of regional climate change information. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 475(2225). <https://doi.org/10.1098/rspa.2019.0013>
- Stavrou, D., & Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Interplay Between Chance and Determinism in Nonlinear Systems. *International Journal of Science Education*, 36(3), 506–530. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.802056>
- 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>
- Taube, D. (2023). Complexity as a challenge in teaching sustainable development issues: an exploration of teachers' beliefs. *Environmental Education Research*, 30(3), 361–376. <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2255393>
- Taurinen, J., Vesterinen, V. M., Veijonaho, S., Siponen, J., Riuttanen, L., & Ruuskanen, T. (2024). Climate change competencies from perspective of Finnish youth. *Journal of Youth Studies*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/13676261.2024.2343724>
- US Global Change Research Program (USGCRP) (2024). *Climate Literacy: Essential Principles for Understanding and Addressing Climate Change*. U.S. Global Change Research Program. <https://doi.org/10.7930/clg2024>
- Waldron, F., Ruane, B., Oberman, R., & Morris, S. (2016). Geographical process or global injustice? Contrasting educational perspectives on climate change. *Environmental Education Research*, 25(6), 895–911. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1255876>
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>