

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ
ΑΓΩΓΗΣ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η συμβολή της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση για
την Αειφορία»**

Αγλαΐα Παναγιώτου

ΒΟΛΟΣ 2025

**UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC
ENVIRONMENT AND DEPARTMENT OF SPECIAL EDUCATION**



**JOINT POSTGRADUATE PROGRAMME
«EDUCATION FOR SUSTAINABILITY AND THE
ENVIRONMENT»**

JOINT POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

**«The contribution of Augmented Reality to Education for
Sustainability»**

Aglaia Panagiotou

VOLOS 2025

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Έτος (2025). Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.), η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών: Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον και τα λοιπά αποτελέσματα αυτής αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και της φοιτήτριας, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, όπου εκπονήθηκε η Μ.Δ.Ε. καθώς και τον Επιβλέποντα Καθηγητή και την Επιτροπή Αξιολόγησης.

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Χαράλαμπος Καραγιαννίδης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***.

Στέφανος Παρασκευόπουλος, Ομότιμος Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Συνεπιβλέπων***.

Αγγελική Καραματσούκη, Καθηγήτρια Β/θμιας Εκπαίδευσης, ***Μέλος***.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χαράλαμπο Καραγιαννίδη για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη διαρκή υποστήριξη και τις ουσιαστικές συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική, και η εμπιστοσύνη του αποτέλεσε για μένα πηγή έμπνευσης.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον κ. Στέφανο Παρασκευόπουλο και την κα Αγγελική Καραματσούκη, μέλη της εξεταστικής επιτροπής, για τις πολύτιμες παρατηρήσεις και τις εμπειριστατωμένες προτάσεις τους.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου, που με τη διαρκή τους στήριξη και την αμέριστη συμπαράστασή τους υπήρξαν πολύτιμοι συνοδοιπόροι σε αυτή τη διαδρομή.

Αγλαΐα Παναγιώτου

Φεβρουάριος 2025, Βόλος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) έχει αρχίσει να αναδεικνύεται ως ένας ισχυρός παράγοντας στην εκπαιδευτική διαδικασία, προσφέροντας δυναμικές και καινοτόμες προσεγγίσεις στη διαδικασία μάθησης και ενισχύοντας τη μαθησιακή εμπειρία. Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση ενσωματώνει διαδραστικά και καινοτόμα εργαλεία, ενθαρρύνοντας τη συμμετοχή και την αλληλεπίδραση των μαθητών. Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, πραγματοποιήθηκε συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση, στην οποία εξετάστηκαν 30 μελέτες των τελευταίων επτά ετών, οι οποίες επιλέχθηκαν μέσω μιας ενδελεχούς διαδικασίας αναζήτησης και αξιολόγησης που αποτυπώνεται στο διάγραμμα ροής PRISMA. Η πλειονότητα των ερευνών χρησιμοποιεί ποσοτικές και μικτές μεθόδους. Τα ευρήματα δείχνουν ότι η ΕΠ συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση των γνώσεων, στη βελτίωση της κατανόησης αφηρημένων και περιβαλλοντικών εννοιών, και στην προώθηση ενεργητικής συμμετοχής στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι μαθητές αναφέρουν ότι η μάθηση μέσω ΕΠ είναι διασκεδαστική και ενδιαφέρουσα, ενώ ενισχύει την αυτονομία και την αλληλεπίδραση. Επιπλέον, προάγει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, αναπτύσσοντας θετικές περιβαλλοντικές στάσεις και δεξιότητες συνεργασίας. Παράλληλα, εντοπίστηκαν προκλήσεις, όπως τεχνικά προβλήματα, και ανησυχίες για την ασφάλεια των μαθητών σε υπαίθριες δραστηριότητες, ενώ ο σχεδιασμός του εκπαιδευτικού υλικού αποδείχτηκε απαιτητικός. Η παρούσα διατριβή προσδοκά να συνεισφέρει στην κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών της ΕΠ στην εκπαίδευση για την αειφορία, ανοίγοντας το δρόμο για μελλοντικές έρευνες που θα ενισχύσουν την εφαρμογή της στην εκπαιδευτική πράξη.

Λέξεις κλειδιά: Επαυξημένη Πραγματικότητα, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Αειφορία, Βιώσιμη Ανάπτυξη, Εκπαίδευση, Περιβάλλον, Περιβαλλοντική Ευαισθητοποίηση

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Αειφορία.....	1
1.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ)	9
1.3 Σκοπός και Ερευνητικά ερωτήματα	10
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	12
2.1 Ορισμοί.....	12
2.2 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση	15
2.3 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση	17
2.4 Πολιτισμική Αειφορία	26
2.5 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	32
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	37
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	40
4.1 Χαρτογράφηση βιβλιογραφίας.....	40
4.2 Συγκεντρωτικοί πίνακες αποτελεσμάτων	96
4.3 Ομαδοποίηση Αποτελεσμάτων.....	125
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	131
5.1 Συζήτηση	131
5.2 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα.....	143
5.3 Συνεισφορά και προτάσεις για εκπαιδευτική αξιοποίηση.....	146
5.4 Συμπεράσματα	147
5.5 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	150
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	152
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	158
ABSTRACT	163

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπαίδευση για την αειφορία αποτελεί μία από τις κρίσιμότερες προκλήσεις του 21ου αιώνα, καθώς καλείται να ανταποκριθεί στις ανάγκες της προστασίας του περιβάλλοντος, της κοινωνικής ισότητας και της οικονομικής βιωσιμότητας. Η παγκόσμια προσπάθεια για τη βιώσιμη ανάπτυξη αναδεικνύει την εκπαίδευση ως θεμελιώδες μέσο για την καλλιέργεια γνώσεων, δεξιοτήτων και αξιών που απαιτούνται για την αντιμετώπιση σύγχρονων περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών ζητημάτων.

Στο πλαίσιο αυτό, η ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών όπως η ΕΠ, έχει τη δυνατότητα να μετασχηματίσει την εκπαιδευτική διαδικασία. Η ΕΠ προσφέρει μοναδικές ευκαιρίες για τη δημιουργία διαδραστικών και δυναμικών μαθησιακών εμπειριών που γεφυρώνουν τη θεωρία με την πράξη. Μέσω της ενσωμάτωσης εικονικών στοιχείων στο φυσικό περιβάλλον, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να κατανοήσουν σύνθετες έννοιες, όπως η αειφορία, με έναν ελκυστικό και βιωματικό τρόπο.

Στην περιβαλλοντική εκπαίδευση (ΠΕ), που στοχεύει στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης και της ενεργούς συμμετοχής των μαθητών σε δράσεις αειφορίας, η ΕΠ λειτουργεί ως ένα ισχυρό εργαλείο. Μέσα από εφαρμογές που προσομοιώνουν πραγματικά περιβαλλοντικά προβλήματα ή αναδεικνύουν τη σημασία της βιώσιμης διαχείρισης φυσικών και πολιτιστικών πόρων, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συνδυάσουν τη θεωρητική γνώση με την πρακτική δράση. Παράλληλα, καλλιεργούνται δεξιότητες όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων και η λήψη αποφάσεων.

1.1 Αειφορία

Η έννοια της Αειφορίας συνδέεται με την αειφόρο ή βιώσιμη ανάπτυξη και αναφέρεται

σε πρακτικές που εξασφαλίζουν την ισορροπημένη διαχείριση φυσικών πόρων, με στόχο τη διατήρησή τους για τις επόμενες γενιές. Ο όρος πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές του 18ου αιώνα στη δασολογία και συνδέθηκε με τη διαχείριση δασών, ενώ καθιερώθηκε έναν αιώνα αργότερα. Στην Ελλάδα, η διάδοσή του ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970, καθώς ενισχύθηκε η επιστημονική ενασχόληση με την Οικολογία και την Περιβαλλοντική Προστασία, παράλληλα με την αυξανόμενη ανησυχία της κοινωνίας για την περιβαλλοντική υποβάθμιση. Η έννοια έγινε πιο γνωστή διεθνώς τη δεκαετία του 1970, σε συνδυασμό με τις πρώτες διεθνείς διασκέψεις για το περιβάλλον. Σήμερα, ο όρος περιλαμβάνει πολλούς ορισμούς και χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη συμβατότητα ανάμεσα στην οικονομική ανάπτυξη, την κοινωνική ευημερία και την περιβαλλοντική προστασία (Φωτιάδης, 2017).

Αειφορία: Ατζέντα 2030



Εικόνα 1: 17 Στόχοι της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Η Ατζέντα για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη 2030, που υιοθετήθηκε κατά την 70ή Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών στις 25 Σεπτεμβρίου 2015, αποτελεί ένα παγκόσμιο σχέδιο δράσης που προάγει την επίτευξη ενός βιώσιμου, δικαιότερου και ειρηνικού κόσμου. Περιλαμβάνει 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) και 169 επιμέρους στόχους, οι οποίοι σχεδιάστηκαν για να εφαρμοστούν από όλες τις χώρες, ανεξαρτήτως του επιπέδου ανάπτυξής τους, ενσωματώνοντας τις εθνικές πραγματικότητες, πολιτικές και προτεραιότητες. Με χρονικό ορίζοντα το 2030, η Ατζέντα εστιάζει στην ισόρροπη ενσωμάτωση της κοινωνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής διάστασης της ανάπτυξης σε όλες τις τομεακές πολιτικές, ενισχύοντας τη συνοχή και τη συνεργασία σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι ΣΒΑ αποτελούν ένα κοινό όραμα για την αντιμετώπιση κρίσιμων προκλήσεων, όπως η φτώχεια, η ανισότητα, η περιβαλλοντική υποβάθμιση και η διατήρηση της ειρήνης. Η Ελλάδα, αναγνωρίζοντας τη σημασία των ΣΒΑ, έχει δεσμευτεί να ενσωματώσει αυτούς τους στόχους στις εθνικές πολιτικές και να προσαρμόσει τις δράσεις της στις ιδιαίτερες ανάγκες και προτεραιότητες της χώρας, επιδιώκοντας την κοινωνική ευημερία, τη δίκαιη ανάπτυξη και την εξάλειψη των αποκλεισμών.

Οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης είναι οι εξής:

1. **Μηδενική Φτώχεια:** Καταβάλλεται προσπάθεια να εξαλειφθούν όλες οι μορφές φτώχειας, παρέχοντας βασικούς πόρους και ενισχύοντας τις κοινωνικές υποδομές για όλους τους ανθρώπους, παντού.
2. **Μηδενική Πείνα:** Επιδιώκεται ο τερματισμός της πείνας μέσω της διασφάλισης επισιτιστικής ασφάλειας, της βελτίωσης της διατροφής και της προώθησης βιώσιμων μεθόδων γεωργίας.

3. **Καλή Υγεία και Ευημερία:** Ο στόχος αυτός αφορά τη διασφάλιση ποιοτικών υπηρεσιών υγείας για όλους και την ενίσχυση της ευημερίας ανεξαρτήτως ηλικίας.
4. **Ποιοτική Εκπαίδευση:** Επιδιώκεται η παροχή ισότιμης και ποιοτικής εκπαίδευσης, ενισχύοντας την πρόσβαση στη δια βίου μάθηση για όλους.
5. **Ισότητα των Φύλων:** Εστιάζει στην εξάλειψη των διακρίσεων και στην ενδυνάμωση των γυναικών και κοριτσιών, προάγοντας την ισότητα σε όλες τις πτυχές της ζωής.
6. **Καθαρό Νερό και Αποχέτευση:** Διασφαλίζεται η πρόσβαση σε ασφαλές και καθαρό νερό, καθώς και η βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων και των εγκαταστάσεων υγιεινής.
7. **Φτηνή και Καθαρή Ενέργεια:** Προωθείται η πρόσβαση σε οικονομική, αξιόπιστη και ανανεώσιμη ενέργεια για όλους, συμβάλλοντας στη μείωση της ενεργειακής φτώχειας.
8. **Αξιοπρεπής Εργασία και Οικονομική Ανάπτυξη:** Στόχος είναι η προώθηση της βιώσιμης και χωρίς αποκλεισμούς οικονομικής ανάπτυξης, παράλληλα με τη δημιουργία αξιοπρεπών και παραγωγικών θέσεων εργασίας.
9. **Βιομηχανία, Καινοτομία και Υποδομές:** Εστιάζει στην οικοδόμηση ανθεκτικών υποδομών, την ενίσχυση της βιώσιμης βιομηχανοποίησης και την προώθηση της καινοτομίας.
10. **Λιγότερες Ανισότητες:** Προβλέπει τη μείωση των ανισοτήτων τόσο εντός των χωρών όσο και μεταξύ τους, προάγοντας την κοινωνική δικαιοσύνη.
11. **Βιώσιμες Πόλεις και Κοινότητες:** Επιδιώκεται η δημιουργία ασφαλών, βιώσιμων και ανθεκτικών πόλεων και οικισμών που προάγουν την ποιότητα ζωής.

12. **Υπεύθυνη Κατανάλωση και Παραγωγή:** Στόχος είναι η βιώσιμη διαχείριση των πόρων και η ενίσχυση υπεύθυνων προτύπων κατανάλωσης και παραγωγής.
13. **Δράση για το Κλίμα:** Υπογραμμίζεται η ανάγκη για άμεση δράση κατά της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών της, με ιδιαίτερη έμφαση στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προσαρμογή.
14. **Ζωή στο Νερό:** Εστιάζει στην προστασία των ωκεανών, των θαλασσών και των θαλάσσιων πόρων μέσω βιώσιμων πρακτικών.
15. **Ζωή στη Στεριά:** Στόχος είναι η διατήρηση και αποκατάσταση των χερσαίων οικοσυστημάτων, η καταπολέμηση της ερημοποίησης και η προστασία της βιοποικιλότητας.
16. **Ειρήνη, Δικαιοσύνη και Ισχυροί Θεσμοί:** Προάγονται οι ειρηνικές κοινωνίες, η πρόσβαση στη δικαιοσύνη για όλους και η ενίσχυση αποτελεσματικών και διαφανών θεσμών.
17. **Συνεργασία για τους Στόχους:** Ενισχύεται η διεθνής συνεργασία, η ανταλλαγή τεχνογνωσίας και η παροχή πόρων για την υποστήριξη της επίτευξης των ΣΒΑ σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η Ατζέντα 2030 αντανακλά μια μοναδική προσέγγιση συνεργασίας και αλληλεγγύης μεταξύ των χωρών, με στόχο τη δημιουργία ενός κόσμου όπου η ευημερία, η δικαιοσύνη και η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελούν κοινά επιτεύγματα. Ο Γενικός Γραμματέας του ΟΗΕ, Αντόνιο Γκουτέρες, τόνισε τη σημασία αυτής της Ατζέντας, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για επενδύσεις στις νεότερες γενιές και τη διασφάλιση ενός υγιούς πλανήτη για τις επερχόμενες γενιές (United Nations Regional Information Centre [UNRIC], χ.χ.· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, χ.χ.)

Η Αειφορία και οι Τρεις Πυλώνες της

Η έννοια της αειφορίας συχνά αποτυπώνεται μέσα από το τρίπτυχο που περιλαμβάνει τρεις αλληλοεξαρτώμενες διαστάσεις: την κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον. Η κοινωνική διάσταση της αειφορίας επικεντρώνεται στη βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσω της κοινωνικής δικαιοσύνης, της ισότητας και της αλληλεγγύης. Βασικός στόχος είναι η εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών για τις επόμενες γενιές, προάγοντας μια υγιή και δίκαιη κοινωνία. Η περιβαλλοντική διάσταση δίνει προτεραιότητα στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στη μείωση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο οικοσύστημα. Πρακτικές όπως η ανακύκλωση, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ορθολογική διαχείριση της ρύπανσης είναι κεντρικές για τη βιώσιμη περιβαλλοντική ανάπτυξη. Η οικονομική αειφορία στοχεύει στη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη, εστιάζοντας σε πρακτικές που σέβονται το περιβάλλον και ενισχύουν την κοινωνία.

Αυτή η τριμερής προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως μοντέλο κατανόησης και σχεδιασμού για την επίτευξη μιας ισόρροπης ανάπτυξης. Το συγκεκριμένο σχήμα πρωτοπαρουσιάστηκε και θεσμοθετήθηκε επίσημα στη Συνάντηση Κορυφής για τη Γη, που διοργανώθηκε από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο (United Nations, 1992). Στόχος του μοντέλου είναι η ταυτόχρονη προαγωγή των τριών πυλώνων σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Η ισότιμη ενσωμάτωση και των τριών διαστάσεων είναι κρίσιμη για την επίτευξη της αειφορίας, ωστόσο έχει προκαλέσει έντονες συζητήσεις στη διεθνή βιβλιογραφία. Η ουσιαστική σχέση μεταξύ κοινωνίας, οικονομίας και περιβάλλοντος αντιπροσωπεύει τη σύνδεση πλανήτη, ανθρώπων και κέρδους, υπογραμμίζοντας την πολυπλοκότητα των προκλήσεων που συνδέονται με την αειφόρο ανάπτυξη.

Ωστόσο, παρόλο που το τρίπτυχο έχει γίνει αποδεκτό ως θεμελιώδες εργαλείο ανάλυσης και πολιτικής χάραξης, παραμένουν σοβαρές αδυναμίες ως προς την εφαρμογή του, καθώς η ισότιμη ενσωμάτωση των τριών πυλώνων παραμένει πρόκληση εξαιτίας διαφόρων συγκρούσεων που παρατηρούνται συχνά μεταξύ τους (Παπαβασιλείου, 2015). Η αειφορία προϋποθέτει την αρμονική συνεργασία των τριών αυτών διαστάσεων, καθώς καμία δεν μπορεί να λειτουργήσει μόνη της (Dessein et al., 2015). Η έρευνα για βιώσιμες λύσεις, η προώθηση της ενεργειακής απόδοσης και η υπεύθυνη διαχείριση των πόρων αποτελούν βασικά εργαλεία σε αυτήν την κατεύθυνση.



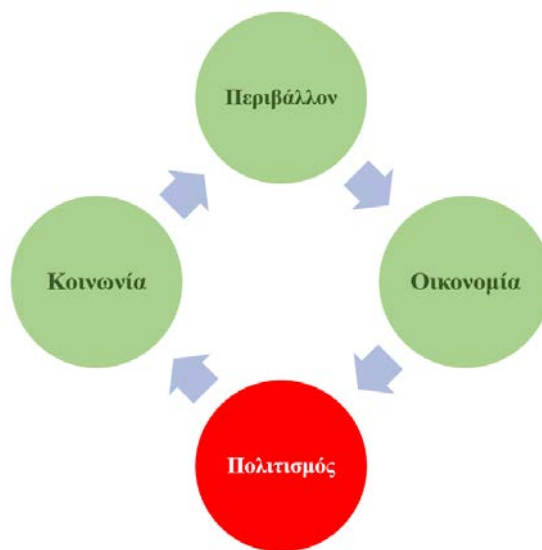
Εικόνα 2: το τρίπτυχο της Αειφορίας

Αειφορία: Η Προσθήκη του Πολιτισμού ως Τέταρτου Πυλώνα της

Η ανάγκη για ολιστική αντιμετώπιση των παγκόσμιων προκλήσεων στον τομέα της αειφορίας οδήγησε στην πρόταση ενσωμάτωσης του πολιτισμού ως τέταρτου πυλώνα του ήδη καθιερωμένου τριπτύχου. Ο πολιτισμός θεωρείται πλέον θεμελιώδης παράγοντας, ικανός να γεφυρώσει τις διαφορές μεταξύ κοινωνίας, οικονομίας και περιβάλλοντος, και να λειτουργήσει ως καταλύτης για την επίτευξη της αειφορίας (Hawkes, 2001).

Σύμφωνα με την UNESCO (2013), ο πολιτισμός μπορεί να ενταχθεί στην αειφόρο ανάπτυξη με τρεις τρόπους: α) ως θεμελιώδης παράγοντας που διαπερνά όλες τις αναπτυξιακές πρωτοβουλίες, β) ως εγκάρσια διάσταση ενσωματωμένη στους στόχους της αειφορίας, και γ) ως αυτόνομος πυλώνας, ισότιμος με τους ήδη εδραιωμένους πυλώνες. Οι διεθνείς αυτές προσπάθειες, όπως το πρόγραμμα COST IS1007 "Investigating Cultural Sustainability", ανέδειξαν την πολυδιάστατη φύση του πολιτισμού και την κεντρική του θέση στη βιώσιμη ανάπτυξη (Dessein et al., 2015).

Πολλοί ερευνητές, όπως οι Witta et al. (2012), υπογραμμίζουν ότι οι περισσότερες ανθρώπινες δράσεις που επηρεάζουν την αειφορία είναι πολιτισμικές. Η αναγνώριση αυτής της πραγματικότητας κατέστησε αναγκαία την προσθήκη του πολιτισμού ως τέταρτου πυλώνα. Η εισαγωγή του πολιτισμού στο μοντέλο της αειφορίας δεν έρχεται να αντικαταστήσει τις ήδη υπάρχουσες διαστάσεις, αλλά να τις ενισχύσει και να προωθήσει έναν πιο ολιστικό και διαρθρωμένο σχεδιασμό για την αειφόρο ανάπτυξη. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η διεύρυνση της έννοιας της αειφορίας, ανταποκρινόμενη στις σύγχρονες προκλήσεις και απαιτήσεις.



Εικόνα 3: οι 4 πυλώνες της Αειφορίας

1.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ)

Η ΕΠ είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει τη σύνθεση εικονικών αντικειμένων και πληροφοριών στο πραγματικό περιβάλλον, ενισχύοντας την αντίληψη και την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον κόσμο γύρω του. Η τεχνολογία αυτή εντάσσεται στο συνεχές φάσμα μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού κόσμου (Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino, 1994). Τα εικονικά αντικείμενα που χρησιμοποιούνται στην ΕΠ μπορεί να περιλαμβάνουν κείμενο, εικόνες, βίντεο, ήχο, δισδιάστατα ή τρισδιάστατα μοντέλα και κινούμενα γραφικά. Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα, η οποία δημιουργεί έναν πλήρως ψηφιακό κόσμο, η ΕΠ δεν αντικαθιστά το πραγματικό περιβάλλον, αλλά το συμπληρώνει με πρόσθετες πληροφορίες και λειτουργικότητες (Bower, Howe, McCredie, Robinson, & Grover, 2013).

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψε τη μεταφορά της ΕΠ σε φορητές συσκευές, όπως smartphones και tablets, καθιστώντας την πιο προσιτή στο ευρύ κοινό (Craig, 2013). Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι εφαρμογών ΕΠ για κινητές συσκευές: εκείνες που βασίζονται σε δείκτες και εκείνες που χρησιμοποιούν γεωγραφικό εντοπισμό. Οι πρώτες χρησιμοποιούν την αναγνώριση εικόνας μέσω οπτικών δεικτών, όπως κωδικοί QR, ενώ οι δεύτερες αξιοποιούν δεδομένα GPS και άλλους ανιχνευτές θέσης για την εμφάνιση πληροφοριών σχετικών με τον χώρο όπου βρίσκεται ο χρήστης (FitzGerald, Ferguson, Adams, Gaved, Mor, & Thomas, 2013).

Η ΕΠ αποτελεί ένα δυναμικά αναπτυσσόμενο πεδίο με εφαρμογές στην εκπαίδευση, την ιατρική, τη βιομηχανία και την ψυχαγωγία. Η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση προάγει νέους τρόπους μάθησης και ανάπτυξης γνωστικών και χωρικών δεξιοτήτων, δημιουργώντας καθηλωτικά σενάρια και διαδραστικά μαθησιακά περιβάλλοντα (Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009). Η ΕΠ προσφέρει σημαντικές εκπαιδευτικές

δυνατότητες, διαθέτοντας επτά βασικά χαρακτηριστικά: τρισδιάστατη απεικόνιση του μαθησιακού περιεχομένου, διαθεσιμότητα σε κάθε περιβάλλον, δυνατότητα συνεργασίας, ενίσχυση της παρουσίας του μαθητή, άμεση αλληλεπίδραση, οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών και γεφύρωση τυπικής και άτυπης μάθησης (Wu et al., 2013). Παρά τις δυνατότητές της, η ΕΠ αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως η ανάγκη εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών και η έλλειψη κατάλληλων μαθησιακών πόρων (Gómez-Galán et al., 2020).

Η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας ΕΠ καθιστά τη χρήση της ολοένα και πιο προσιτή και αποτελεσματική, προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο στην εκπαίδευση όσο και σε άλλους τομείς. Η ενσωμάτωση της AR σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα συμβάλλει στη δημιουργία ενός πιο ελκυστικού, διαδραστικού και βιωματικού τρόπου μάθησης, ενισχύοντας τη δέσμευση και την κατανόηση των μαθητών μέσα από μια πιο οπτικοποιημένη και εμπειρική προσέγγιση (Gómez-Galán et al., 2020).

1.3 Σκοπός και Ερευνητικά ερωτήματα

Η επιλογή του θέματος της συγκεκριμένης διατριβής, «η συμβολή της ΕΠ στην εκπαίδευση για την Αειφορία», βασίστηκε στη διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για την ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η ΕΠ, ως σύγχρονο εργαλείο μάθησης, παρουσιάζει ιδιαίτερη σημασία, ειδικά στον τομέα της ΠΕ, όπου η βιωματική μάθηση και η καλλιέργεια περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης αποτελούν πρωταρχικούς στόχους. Η διερεύνηση της συμβολής της ΕΠ είναι κρίσιμη, καθώς μπορεί να προσφέρει νέες προοπτικές για τη διδασκαλία και τη μάθηση, ενώ παράλληλα ενισχύει τη σύνδεση των μαθητών με την έννοια της αειφορίας.

Η μεταπτυχιακή διατριβή είναι διαρθρωμένη σε πέντε ενότητες:

➤ *Εισαγωγή*: Παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες της αειφορίας και της ΕΠ, θέτοντας

το θεωρητικό υπόβαθρο της έρευνας, καθώς επίσης και τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας.

- *Θεωρητικό πλαίσιο:* Ορίζονται οι βασικοί όροι και αναλύεται ο ρόλος της ΕΠ στην εκπαίδευση, με έμφαση στις εφαρμογές της στην περιβαλλοντική και πολιτισμική αειφορία. Επιπλέον, πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών μελετών, αναδεικνύοντας τα ευρήματά τους.
- *Μεθοδολογία:* Περιγράφεται η συστηματική διαδικασία αναζήτησης, εντοπισμού και επιλογής των 30 ερευνών, σύμφωνα με το διάγραμμα ροής PRISMA.
- *Αποτελέσματα:* Χαρτογραφούνται οι 30 έρευνες, συνοψίζονται τα δεδομένα τους, και ομαδοποιούνται τα ευρήματα που απαντούν στα ερευνητικά ερωτήματα.
- *Συζήτηση και Συμπεράσματα:* Ερμηνεύονται τα αποτελέσματα, συγκρίνονται με τη διεθνή βιβλιογραφία, απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα και εξάγονται γενικά συμπεράσματα για τη συμβολή της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι να αναδείξει τη σημασία της ΕΠ ως εργαλείου εκπαίδευσης, κυρίως στον τομέα της ΠΕ. Μέσω της ανάλυσης των υφιστάμενων ερευνών, επιδιώκεται η κατανόηση της προσφοράς της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία, η ανάδειξη της αξίας της, καθώς και η ενθάρρυνση για τη συνέχιση και διεύρυνση της χρήσης της στο μέλλον.

Ακολουθεί η παρουσίαση των τριών ερευνητικών ερωτημάτων που αποτέλεσαν τη βάση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης:

- 1^ο ερώτημα: Ποιος είναι ο ρόλος των παιχνιδοποιημένων εφαρμογών ΕΠ στην ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης και της μαθησιακής εμπειρίας;
- 2^ο ερώτημα: Πώς συμβάλλει η χρήση ΕΠ στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και στην καλλιέργεια βιώσιμων στάσεων και συμπεριφορών;
- 3^ο ερώτημα: Ποιες είναι οι βασικές μαθησιακές διαφορές μεταξύ παραδοσιακών μεθόδων και της ΕΠ στην απόκτηση γνώσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα;

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 Ορισμοί

Επαυξημένη Πραγματικότητα

Πολλοί ερευνητές έχουν επιχειρήσει να ορίσουν την έννοια της ΕΠ εστιάζοντας σε διαφορετικές πτυχές της, όπως την τεχνολογική, την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον και τις εφαρμογές της. Παρακάτω παρατίθενται μερικοί από τους σημαντικότερους ορισμούς που έχουν διατυπωθεί στη σχετική βιβλιογραφία:

- ❖ **Milgram et al. (1994):** Η ΕΠ τοποθετείται στο συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας, ως μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού κόσμου, όπου η πραγματικότητα εμπλουτίζεται με ψηφιακές πληροφορίες, γραφικά και εικονικά στοιχεία.
- ❖ **Azuma (1997, 2001):** Η ΕΠ αποτελεί ένα σύστημα που συνδυάζει τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο, επιτρέπει διαδραστική λειτουργία σε πραγματικό χρόνο και περιλαμβάνει τρισδιάστατα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν με τον χρήστη – ο συγκεκριμένος θεωρείται ο πιο κλασικός και ευρέως αποδεκτός ορισμός.
- ❖ **Klopfer & Squire (2008):** Η ΕΠ δεν πρέπει να ορίζεται αυστηρά, αλλά ως μια τεχνολογία που επιτρέπει την επικαλυπτόμενη παρουσία ψηφιακών και πραγματικών πληροφοριών με ουσιαστικό τρόπο, δημιουργώντας ένα εμπλουτισμένο περιβάλλον μάθησης και αλληλεπίδρασης.
- ❖ **Butchart (2011):** Η ΕΠ ενσωματώνει ψηφιακές πληροφορίες στο περιβάλλον του χρήστη σε πραγματικό χρόνο, αξιοποιώντας φορητές συσκευές, όπως smartphones και tablets, για την ενίσχυση της αλληλεπίδρασης και της εμπειρίας του χρήστη στον φυσικό κόσμο.
- ❖ **Chen et al. (2019):** Πρόκειται για μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί πολυμέσα,

τρισδιάστατα μοντέλα, αισθητήρες και ιχνηλάτηση αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο, προβάλλοντας εικονικές πληροφορίες που συμπληρώνουν και ενισχύουν την αντίληψη του χρήστη για τον πραγματικό κόσμο.

Αειφορία ή Αειφορική Ανάπτυξη

Η έννοια της Αειφορίας αποτελεί ένα πολυσύνθετο και δυναμικό πεδίο, το οποίο έχει διαμορφωθεί μέσα από πληθώρα μελετών και ερευνητικών προσεγγίσεων. Οι ακόλουθοι ορισμοί, οι οποίοι προέρχονται από σημαντικές επιστημονικές και θεσμικές πηγές, περιγράφουν την Αειφορία μέσα από διαφορετικές οπτικές γωνίες, με έμφαση στην περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική της διάσταση.

- ❖ **Ορισμός της Έκθεσης Μπρούντλαντ (WCED, 1987):** Η αειφόρος ανάπτυξη είναι η διαδικασία που ικανοποιεί τις παρούσες ανάγκες χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες. Βασίζεται στην αρχή της διαγενεακής δικαιοσύνης και στο ηθικό δικαίωμα κάθε ανθρώπου να απολαμβάνει τις βασικές του ανάγκες.
- ❖ **Ορισμός από τον τομέα της περιβαλλοντικής διαχείρισης (IUCN, UNEP, & WWF, 1991).** Η αειφόρος ανάπτυξη νοείται ως η βελτίωση της ποιότητας ζωής στο πλαίσιο των ορίων που θέτουν τα φυσικά οικοσυστήματα. Περιλαμβάνει την προστασία των φυσικών πόρων, την ισόρροπη χρήση της ενέργειας και την αποφυγή της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, προκειμένου να εξασφαλιστεί η σταθερότητα των οικολογικών και κοινωνικών συστημάτων.
- ❖ **Ορισμός της αειφορίας από την προοπτική της κοινωνίας και της πολιτικής (Sterling, 2001):** Μια κοινωνία ή δραστηριότητα θεωρείται αειφόρος όταν είναι σε θέση να διατηρηθεί διαχρονικά, να υιοθετεί μακροπρόθεσμη προοπτική, να

παραμένει ευέλικτη και προσαρμόσιμη στις αλλαγές, ενώ ταυτόχρονα προστατεύει τα θεμελιώδη συστήματα που την υποστηρίζουν.

- ❖ **Ολιστικός ορισμός της αειφορίας (Birdsall, 2013):** Η αειφορία είναι μια δυναμική διαδικασία που περιλαμβάνει τρεις αλληλένδετες συνιστώσες: την περιβαλλοντική, την κοινωνικο-πολιτιστική και την οικονομική. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των συνιστωσών είναι απρόβλεπτες και εξελικτικές, γεγονός που απαιτεί συνεχή αναθεώρηση και προσαρμογή των στρατηγικών βιωσιμότητας.

Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ)

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) έχει διαμορφωθεί ως επιστημονικό πεδίο μέσα από διεθνείς πρωτοβουλίες και μελέτες, οι οποίες έχουν συμβάλει στη διατύπωση σαφών ορισμών. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πλέον έγκυροι και αποδεκτοί ορισμοί, όπως έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία:

- ❖ **IUCN (1970):** Η ΠΕ αποτελεί μια εκπαιδευτική διαδικασία που βοηθά τα άτομα και τις κοινωνικές ομάδες να κατανοήσουν τις σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου, πολιτισμού και φυσικού περιβάλλοντος. Στοχεύει στην καλλιέργεια ικανοτήτων και στάσεων που επιτρέπουν την ενεργό συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων και τη διαμόρφωση υπεύθυνης συμπεριφοράς απέναντι σε περιβαλλοντικά ζητήματα.
- ❖ **UNESCO (1978 - Τιφλίδα):** Η ΠΕ προάγει τη συνειδητοποίηση της πολύπλοκης αλληλεξάρτησης μεταξύ οικονομικών, κοινωνικών, πολιτικών και οικολογικών παραγόντων, τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές. Παρέχει στα άτομα τα απαραίτητα εφόδια, όπως γνώσεις, αξίες, στάσεις και δεξιότητες, ώστε να συμβάλλουν ενεργά στην προστασία και αναβάθμιση του περιβάλλοντος,

διαμορφώνοντας υπεύθυνες συμπεριφορές σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο.

- ❖ **Φλογαΐτη (1998):** Η ΠΕ δεν αφορά μόνο τη μετάδοση γνώσεων, αλλά και την καλλιέργεια μιας συνολικής αντίληψης για το περιβάλλον ως ένα δυναμικό σύστημα που επηρεάζεται από φυσικές, κοινωνικές και πολιτισμικές συνιστώσες. Σκοπός της είναι η διαμόρφωση ενεργών πολιτών με περιβαλλοντική συνείδηση, οι οποίοι θα αναγνωρίζουν τη σημασία του περιβάλλοντος, θα κατανοούν τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και θα είναι σε θέση να συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη.

2.2 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση

Η εξέλιξη των ψηφιακών τεχνολογιών έχει διαμορφώσει νέες προοπτικές στη μαθησιακή διαδικασία, επιτρέποντας την ενσωμάτωση καινοτόμων εργαλείων στη διδακτική πρακτική. Η ΕΠ αποτελεί μια από τις πλέον σύγχρονες τεχνολογίες που αξιοποιούνται στην εκπαίδευση, καθώς συνδυάζει το φυσικό περιβάλλον με εικονικά στοιχεία, δημιουργώντας διαδραστικές εμπειρίες μάθησης (Theodorou, Kydonakis, Botzori & Skanavis, 2018). Μέσω της υπέρθεσης ψηφιακών αντικειμένων στον πραγματικό κόσμο, οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδρούν άμεσα με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο, γεγονός που βελτιώνει τη γνωστική κατανόηση και διευκολύνει την πρόσληψη αφηρημένων εννοιών (Garzón, Pavón, & Baldiris, 2019).

Η ΕΠ έχει εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα γνωστικών αντικειμένων, όπως οι φυσικές επιστήμες, τα μαθηματικά και οι ανθρωπιστικές σπουδές. Η αξιοποίησή της στη διδασκαλία επιτρέπει την προσομοίωση καταστάσεων και τη χρήση τρισδιάστατων μοντέλων, συμβάλλοντας στην ενίσχυση της χωρικής αντίληψης και της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020). Στη γεωμετρία, στη

χημεία και στη βιολογία, η ΕΠ παρέχει δυναμικές απεικονίσεις που καθιστούν τις αφηρημένες έννοιες πιο προσιτές και κατανοητές (Theodorou et al., 2018). Παράλληλα, ενεργοποιεί πολλαπλές αισθήσεις, όπως την όραση, την αφή και την ακοή, καθιστώντας τη μαθησιακή διαδικασία πιο βιωματική (Kaufmann, 2003).

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ΕΠ είναι η δυνατότητά της να υποστηρίζει τη συνεργατική μάθηση. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με κοινά εικονικά περιβάλλοντα, να εργάζονται σε ομάδες και να αναπτύσσουν στρατηγικές κατανόησης μέσω συνεργασίας (Lambropoulos et al., 2022). Η τεχνολογία αυτή ενισχύει την επικοινωνία και τη δυναμική της τάξης, ενώ επιτρέπει την εξατομίκευση της διδασκαλίας, προσαρμόζοντας το εκπαιδευτικό περιεχόμενο στον ρυθμό μάθησης κάθε μαθητή. Αυτή η δυνατότητα καθιστά την ΕΠ ιδιαίτερα χρήσιμη στην ειδική αγωγή, όπου η προσαρμοστικότητα των διδακτικών μεθόδων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη μαθησιακή διαδικασία (Lambropoulos et al., 2022).

Εκτός από την τυπική εκπαίδευση, η ΕΠ μπορεί να αξιοποιηθεί και στην άτυπη μάθηση. Μέσω κινητών συσκευών και φορητών αισθητήρων, οι μαθητές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε εκπαιδευτικό περιεχόμενο εκτός του σχολικού περιβάλλοντος, διευρύνοντας τις δυνατότητες της βιωματικής μάθησης (Garzón et al., 2019). Ιδιαίτερα σε τομείς όπως η περιβαλλοντική εκπαίδευση και η διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, η ΕΠ επιτρέπει την εξερεύνηση εικονικών αναπαραστάσεων ιστορικών τοποθεσιών και φυσικών οικοσυστημάτων, ενισχύοντας την εμπειρική γνώση (Theodorou et al., 2018).

Παρά τις πολλαπλές εφαρμογές και τα οφέλη της, η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Ένας από τους βασικούς περιορισμούς αφορά το υψηλό κόστος ανάπτυξης και συντήρησης των συστημάτων ΕΠ, καθώς απαιτείται εξειδικευμένος

εξοπλισμός και λογισμικό (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020). Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διδασκαλία συναντά εμπόδια που σχετίζονται με την τεχνική κατάρτιση των εκπαιδευτικών και τους περιορισμένους διαθέσιμους πόρους (Lambropoulos et al., 2022). Η ανάπτυξη κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί επίσης μια πρόκληση, καθώς απαιτεί χρόνο και εξειδικευμένες δεξιότητες, ενώ η πολυπλοκότητα ορισμένων εφαρμογών μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτωση πληροφοριών, επηρεάζοντας αρνητικά τη μαθησιακή διαδικασία (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020).

Ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι η ΕΠ μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της μαθησιακής εμπλοκής και στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, καθιστώντας την αντικείμενο συνεχούς επιστημονικής διερεύνησης (Garzón et al., 2019). Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών ΕΠ και η ενσωμάτωσή τους σε κινητές συσκευές διευρύνουν τις δυνατότητες αξιοποίησής τους σε διάφορα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, δημιουργώντας νέες προοπτικές για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Theodorou et al., 2018).

2.3 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Η χρήση της ΕΠ στην περιβαλλοντική εκπαίδευση έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον ερευνητών, εκπαιδευτικών και τεχνολόγων, καθώς προσφέρει καινοτόμες δυνατότητες για την καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης και την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας. Ποικίλες εφαρμογές και παιχνίδια ΕΠ έχουν αναπτυχθεί με στόχο να εμπλέξουν ενεργά τους μαθητές, αξιοποιώντας τη διάδραση, την οπτικοποίηση και τη σύνδεση θεωρίας και πράξης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται επιλεγμένα παραδείγματα

τέτοιων εφαρμογών, τα οποία συμβάλλουν ουσιαστικά στην επίτευξη εκπαιδευτικών και περιβαλλοντικών στόχων.

▪ *Save Elli, Save the Environment*

Το παιχνίδι ΕΠ *Save Elli! Save the Environment* ευαισθητοποιεί μαθητές μεγαλύτερων τάξεων δημοτικού για περιβαλλοντικά ζητήματα, με επίκεντρο τη Σαντορίνη. Η ανάπτυξή του περιλαμβάνει τρεις φάσεις: τον προσδιορισμό της ανάγκης περιβαλλοντικής προστασίας μέσω ΕΠ, τη δημιουργία σεναρίου βασισμένου σε βιωματική και συνεργατική μάθηση και την αξιολόγηση από ειδικούς και εκπαιδευτικούς. Το παιχνίδι εστιάζει σε πέντε τοποθεσίες με υπαρκτά περιβαλλοντικά προβλήματα: τη μονάδα λιγνίτη, τον χώρο υγειονομικής ταφής, το ναυάγιο του Sea Diamond, την παραλία Καμάρι και μια περιοχή με κάδους ανακύκλωσης. Οι μαθητές, οργανωμένοι σε ομάδες, προσπαθούν να σώσουν τη θαλάσσια χελώνα Έλλη, που έχει απαχθεί από επιστήμονα απειλώντας το περιβάλλον. Συλλέγουν πέντε στοιχεία στις τοποθεσίες, απαντούν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και αποκτούν τον κωδικό για την απελευθέρωσή της. Κάθε τοποθεσία παρέχει πληροφορίες και ψηφιακό υλικό σχετικά με το εκάστοτε πρόβλημα. Το παιχνίδι, που συνδυάζει φυσικό και ψηφιακό περιβάλλον, υλοποιήθηκε στην ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα ARIS και υποστηρίζεται από iOS συσκευές (Koutromanos, Tzortzoglou & Sofos, 2018).



Εικόνα 4: Παραδείγματα οθονών παιχνιδιού “Save Elli! Save the Environment”

▪ *GAIA*

Η εφαρμογή *GAIA* (Mylonas, Triantafyllis, & Amaxilatis, 2019) ενσωματώνει τεχνολογίες IoT για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, προσφέροντας στους μαθητές εργαλεία για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών δεδομένων και κατανάλωσης ενέργειας στα σχολεία σε πραγματικό χρόνο. Αναπτύχθηκε με τη χρήση Unity3D και βιβλιοθηκών ΕΠ, υποστηρίζοντας κινητές συσκευές. Το εκπαιδευτικό kit περιλαμβάνει συσκευές IoT, οδηγίες και δραστηριότητες, όπως η ανάλυση ενεργειακών αποτυπωμάτων. Οι μαθητές συμμετέχουν ως "Ενεργειακοί Επιθεωρητές", δημιουργούν κυκλώματα με αγωγίμο μελάνι και ηλεκτρονικά εξαρτήματα (LED, οθόνες LCD), τα οποία προγραμματίζονται σε Python για ζωντανή παρακολούθηση δεδομένων. Η ΕΠ προσφέρει τρισδιάστατα διαγράμματα και ζωντανές απεικονίσεις που διευκολύνουν τη βιωματική μάθηση, ενώ μέσω QR κωδίκων οι μαθητές αποκτούν άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες για τις συσκευές. Το GAIA προάγει την κατανόηση της βιωσιμότητας, ενισχύοντας τη διαδραστικότητα, την αυτονομία και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση.



Εικόνα 5: Όψεις της εφαρμογής ΕΠ “GAIA”

▪ *Mad City Mystery*

Το *Mad City Mystery* είναι ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι ΕΠ που αναπτύχθηκε από τους Squire και Jan (2007) για να διερευνήσει πώς τα εργαλεία ΕΠ επηρεάζουν τη μάθηση και την επιστημονική σκέψη των μαθητών. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να εξιχνιάσουν τα αίτια ενός μυστηριώδους θανάτου σε μια λίμνη, συνδυάζοντας δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως συνεντεύξεις, δείγματα νερού και περιβαλλοντικές αναλύσεις. Οι παράγοντες που οδήγησαν στον θάνατο περιλάμβαναν ζητήματα όπως η υπερβολική έκθεση σε χημικές ουσίες, αλλά και προσωπικές παραμέτρους (κατάθλιψη, αλκοολισμός). Το παιχνίδι προέτρεπε τους μαθητές να αναλάβουν ρόλους, όπως περιβαλλοντικός επιστήμονας, ιατρός, και να συνεργαστούν για την επίλυση προβλημάτων. Με τη χρήση της ΕΠ, συνδέθηκαν φυσικές τοποθεσίες με ψηφιακό περιεχόμενο, επιτρέποντας στους μαθητές να συλλέγουν αποδεικτικά στοιχεία, να ακούν συνεντεύξεις και να πραγματοποιούν μετρήσεις στη λίμνη. Η αξιολόγηση της εφαρμογής, μέσω συνεντεύξεων και ερωτηματολογίων, ανέδειξε θετικές επιδράσεις στη στάση των μαθητών, στην κατανόηση περιβαλλοντικών ζητημάτων και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η δυνατότητα των μαθητών να υιοθετούν ενεργούς ρόλους, όπως αυτόν του ερευνητή. Μεγάλης σημασίας ήταν η σύνδεση της μάθησης με συγκεκριμένες τοποθεσίες, ενισχύοντας έτσι τη σύνδεση των μαθητών με πραγματικά περιβαλλοντικά ζητήματα και την κοινότητά τους. Η αντιστοίχιση φυσικών χώρων με εικονικό περιεχόμενο αναγνωρίστηκε ως ουσιαστικό στοιχείο για τη δημιουργία ενός ρεαλιστικού και αποτελεσματικού μαθησιακού περιβάλλοντος.

▪ *Environmental Detectives*

Το *Environmental Detectives* (Klopfer, 2005) είναι μια εφαρμογή ΕΠ που καλεί τους μαθητές να ερευνήσουν ένα περιβαλλοντικό ζήτημα, προσομοιώνοντας μια χημική διαρροή σε μια λεκάνη απορροής. Οι μαθητές κλήθηκαν να συλλέξουν δεδομένα από το πεδίο και να εξετάσουν πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος. Η εφαρμογή παρείχε εκπαιδευτικό υλικό και επέτρεπε στους χρήστες να συγκεντρώσουν κρίσιμα στοιχεία για τη ρύπανση. Οι δημιουργοί της εφαρμογής πειραματίστηκαν με ρόλους και εξελισσόμενα γεγονότα για να διαφοροποιήσουν τις εμπειρίες των παικτών. Οι μαθητές προσέγγισαν το παιχνίδι διαφορετικά: άλλοι εστίασαν στη ρύπανση, ενώ άλλοι στις συνεντεύξεις για την κοινωνική διάσταση. Συχνά δυσκολεύονταν να βρουν λύσεις, με τους εκπαιδευτικούς να παρεμβαίνουν για ουσιαστικές συζητήσεις. Η σύνδεση με την τοπική κοινότητα αύξησε τη συμμετοχή και το ενδιαφέρον τους.

▪ *SEBAR*

Το *SEBAR* είναι μια καινοτόμος εφαρμογή ΕΠ που στοχεύει στην ενίσχυση της αυτογνωσίας και των δεξιοτήτων εφήβων για την αναγνώριση και αντιμετώπιση του εθισμού στα ηλεκτρονικά παιχνίδια (DEGA). Συνδυάζει φυσικά και εικονικά στοιχεία σε ένα διαδραστικό περιβάλλον μάθησης, παρέχοντας πλούσιο πολυμεσικό περιεχόμενο, όπως βίντεο, άρθρα και δραστηριότητες. Οι χρήστες μπορούν να περιηγηθούν εύελκτα στο περιεχόμενο, προσαρμόζοντάς το στις ανάγκες τους. Το SEBAR διευκολύνει την κατανόηση αφηρημένων εννοιών, επιτρέποντας στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με ψηφιακά αντικείμενα σχετικά με τους κινδύνους του εθισμού. Εστιάζει στην ανάπτυξη στρατηγικών αυτορρύθμισης, χωρίς φόβο ή ντροπή, ενώ προάγει τη σύνδεση νέας γνώσης με υπαρκτές εμπειρίες. Μέσα από δραστηριότητες, οι έφηβοι αποκτούν πρακτικά εργαλεία για τη διαχείριση χρόνου και τη μείωση του εθισμού. Βασισμένο στη θεωρία

κοινωνικής μάθησης και την αυτονομία του μαθητή, το SEBAR ενισχύει την ενεργή συμμετοχή και εσωτερική κινητοποίηση, δημιουργώντας ένα βιώσιμο και ελκυστικό μαθησιακό περιβάλλον (Najmi, Alhalafawy, & Zaki, 2023).

▪ **EduPARK**

Το *EduPARK* είναι ένα πρωτοποριακό εργαλείο ΕΠ που σχεδιάστηκε από το Πανεπιστήμιο του Aveiro (Πορτογαλία) για την προώθηση της διεπιστημονικής μάθησης σε εξωτερικούς χώρους, συνδυάζοντας τεχνολογία, φύση και εκπαίδευση. Εφαρμόζεται στο πάρκο Infante D. Pedro, όπου 32 πινακίδες παρέχουν πληροφορίες μέσω AR για τη βιοποικιλότητα, την ιστορία και τον πολιτισμό του πάρκου. Η εφαρμογή διαθέτει δύο λειτουργίες: ελεύθερη εξερεύνηση και παιχνίδια μάθησης με δραστηριότητες όπως κουίζ, παρατήρηση και "κυνήγι θησαυρού". Προσφέρει εκπαιδευτικούς οδηγούς για μαθητές διαφόρων ηλικιών, τουρίστες και εκπαιδευτικούς, εστιάζοντας στη βιωματική μάθηση και τη συνεργασία. Ενσωματώνει την πλατφόρμα Vuuforia και λειτουργεί χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο, ενώ οι δραστηριότητες καλύπτουν θέματα όπως η βιολογία, τα μαθηματικά και η ιστορία. Έχει χρησιμοποιηθεί από πάνω από 900 μαθητές και 200 εκπαιδευτικούς, ενισχύοντας την περιβαλλοντική εκπαίδευση, τη διαπολιτισμική κατανόηση και τη σύνδεση με το φυσικό περιβάλλον (Pombo & Marques, 2019· Pombo, Marques, Afonso, Dias, & Madeira, 2019).



Εικόνα 6: Η εφαρμογή EduPARK κάνοντας χρήση (Α) πινακίδων αναγνώρισης με δείκτες εικόνας ΕΠ, (Β) ιστορικών πλακιδίων ως δείκτες, (C) εικονικού θησαυρού στην οθόνη του κινητού

▪ **AROLS**

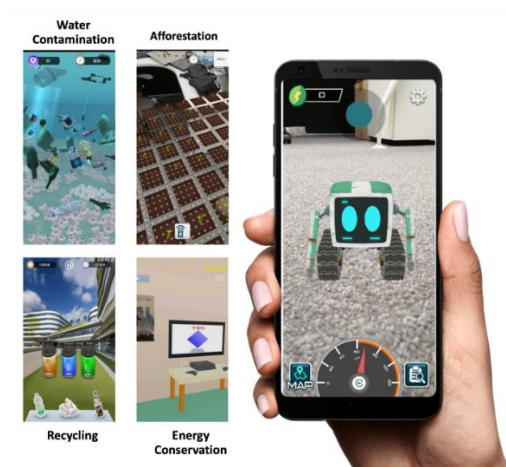
Το *AROLS* (AR Oyster Learning System) είναι ένα καινοτόμο εκπαιδευτικό εργαλείο ΕΠ που στοχεύει στην ενίσχυση της γνώσης των μαθητών για την εκτροφή και τις πτυχές ζωής των στρειδιών. Περιλαμβάνει ένα διαδραστικό βιβλίο ΕΠ με τίτλο *Θαλάσσια Εκπαίδευση: Ο Θρύλος των Στρειδιών*, το οποίο συνδυάζει το σχολικό πρόγραμμα σπουδών με περιεχόμενο σχετικό με το περιβάλλον εκτροφής, τις μεθόδους καλλιέργειας, τους φυσικούς εχθρούς και τη θρεπτική αξία των στρειδιών. Το βιβλίο έχει 26 σελίδες, με 13 διαδραστικές. Από αυτές, 12 περιλαμβάνουν 2D βίντεο με κείμενα, γραφικά, αφήγηση και υπότιτλους, ενώ μία σελίδα διαθέτει 3D περιεχόμενο που επιτρέπει περιστροφή και κλιμάκωση μέσω αφής. Η ανάπτυξη του συστήματος έγινε με το Unity και το Vuforia SDK, ενώ τα 3D μοντέλα σχεδιάστηκαν στο Blender. Το AROLS διαθέτει διαισθητική διεπαφή χρήστη, διαδραστικά μενού και κουμπιά, και είναι διαθέσιμο στις πλατφόρμες Google Play και Apple App Store, προσφέροντας στους μαθητές μια μοναδική εμπειρία μάθησης που συνδυάζει την τεχνολογία με την εκπαίδευση (Hsieh, 2021).



Εικόνα 7: εργαλείο ΕΠ “AROLS”

▪ *PEAR*

Το *PEAR* (Personalised Environmental Assistance Robot) είναι ένα σοβαρό παιχνίδι σχεδιασμένο να ευαισθητοποιεί τους παίκτες για την κλιματική αλλαγή και να προάγει βιώσιμες συμπεριφορές. Απευθύνεται σε άτομα ηλικίας 12-65 ετών και εξελίσσεται σε έναν μετα-αποκαλυπτικό κόσμο, όπου οι παίκτες συνεργάζονται με ένα εικονικό ρομπότ για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος. Το παιχνίδι συνδυάζει γεωεντοπισμό και ΕΠ για να παρέχει μια διαδραστική εμπειρία σε πραγματικές τοποθεσίες, όπως τα «πράσινα κτίρια» στη Σιγκαπούρη. Υποστηρίζεται από την τεχνολογία Unity και είναι διαθέσιμο για συσκευές Android και iOS με ARCore και ARKit. Μέσω του GPS, οι παίκτες εξερευνούν τοποθεσίες, συλλέγουν καύσιμα και συμμετέχουν σε μίνι παιχνίδια που αφορούν περιβαλλοντικά θέματα, όπως ανακύκλωση, αναδάσωση και εξοικονόμηση ενέργειας. Οι διαδραστικές λειτουργίες περιλαμβάνουν τη φροντίδα του ρομπότ PEAR, που αυξάνει την εμπειρία μέσω φυσικών αλληλεπιδράσεων. Το PEAR εκπαιδεύει και ψυχαγωγεί, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα, αν και αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως τεχνικούς περιορισμούς και ζητήματα απορρήτου (Wang, Tekler, Cheah, Herremans, & Blessing, 2021).



Εικόνα 8: το ρομπότ “PEAR”

▪ *EcoAegean*

Το EcoAegean είναι ένα εκπαιδευτικό εργαλείο ΕΠ που ενσωματώνει τη μάθηση σε πραγματικό περιβάλλον. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στην Ελλάδα χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα TaleBlazer, η οποία επιτρέπει τη δημιουργία παιχνιδιών βασισμένων σε τοποθεσία. Το εργαλείο συνδέει τον φυσικό κόσμο με ψηφιακά στοιχεία, τοποθετώντας εικονικούς χαρακτήρες και αντικείμενα σε γεωγραφικές τοποθεσίες μέσω GPS. Οι μαθητές, χρησιμοποιώντας κινητές συσκευές, αλληλεπιδρούν με αυτούς τους "πράκτορες," συλλέγουν δεδομένα, λύνουν γρίφους και προτείνουν λύσεις για πραγματικά προβλήματα. Το EcoAegean σχεδιάστηκε για μαθητές 10-13 ετών, εστιάζοντας στην καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία και η κοινωνική συνείδηση, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος. Περιλαμβάνει τρία στάδια: προετοιμασία στην τάξη, εξερεύνηση στον φυσικό χώρο και αναστοχαστική συζήτηση. Το παιχνίδι προάγει τη βιωματική μάθηση, συνδέοντας την τεχνολογία με την εκπαίδευση και ενθαρρύνοντας τη συμμετοχική μάθηση σε αυθεντικά περιβάλλοντα (Tzortzoglou, Kosmas, & Avraamidou, 2023).

▪ *The sustain AR game*

Το *Sustain* είναι ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι ΕΠ που στοχεύει στην ενίσχυση της συνειδητοποίησης για τη βιωσιμότητα, της συνεργασίας και της συλλογικής διαχείρισης προβλημάτων. Το παιχνίδι αφορά τρεις παίκτες που συνεργάζονται ως πολιτικοί υπεύθυνοι, αναλαμβάνοντας τους ρόλους του Δημάρχου, του Υπουργού Ενέργειας και του Υπουργού Γεωργίας, για την ανάπτυξη μιας βιώσιμης φανταστικής πόλης. Η δράση εξελίσσεται σε έξι γύρους, κατά τους οποίους οι παίκτες σχεδιάζουν στρατηγικές, εφαρμόζουν δράσεις μέσω tablet με χρήση ΕΠ, και αξιολογούν τα αποτελέσματα. Κάθε ρόλος έχει συγκεκριμένες ευθύνες, όπως διαχείριση υποδομών, ενεργειακών πόρων και

πολιτικών τροφίμων, με τις αποφάσεις τους να επηρεάζουν παράγοντες όπως η στέγαση και η μετακίνηση. Το "Sustain" εισάγει αβεβαιότητα μέσω αλληλεπίδρασης τοπικών και παγκόσμιων παραγόντων, χρησιμοποιώντας συστήματα ασαφούς λογικής. Ενισχύει τη συνεργασία, τη διαπραγμάτευση και τη διαχείριση περιορισμένων πόρων, ενώ προάγει τη βιώσιμη σκέψη και την κατανόηση περίπλοκων προβλημάτων.

2.4 Πολιτισμική Αειφορία

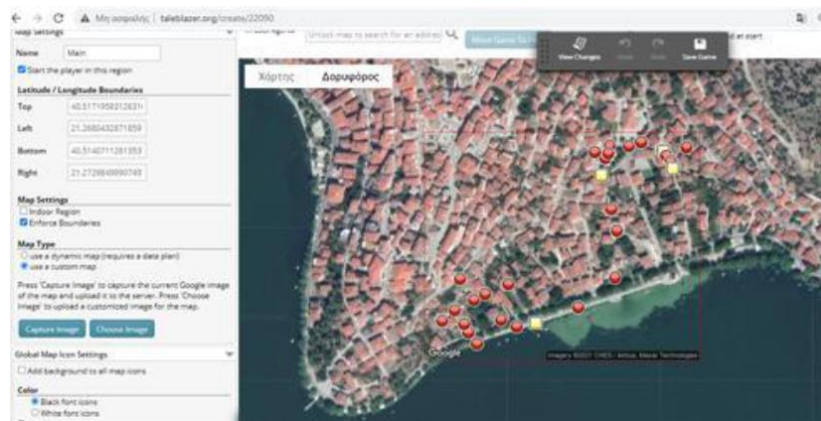
Η πολιτισμική αειφορία αφορά τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και τη σύνδεση παρελθόντος, παρόντος και μέλλοντος. Μέσω της εκπαίδευσης, παλιές υποδομές μετατρέπονται σε χώρους βιωματικής μάθησης, όπως τα «Μουσεία Γραμματισμού», που αναδεικνύουν τη σημασία του αναλογικού πολιτισμού. Οι εφαρμογές ΕΠ στα μουσεία εμπλουτίζουν την εμπειρία των επισκεπτών, επιτρέποντας μέσω κινητών συσκευών την πρόσβαση σε πληροφορίες για εκθέματα και ιστορικούς χώρους. Αυτό ενισχύει τη διαδραστικότητα, την ενεργητική συμμετοχή και την αυτόνομη μάθηση, συμβάλλοντας στην εμβάθυνση της ιστορικής εμπειρίας. Παράλληλα, υποστηρίζουν την πλαισιοθετημένη μάθηση, βοηθώντας τους επισκέπτες να συνδέσουν το παρελθόν με το παρόν και να ενισχύσουν τη συναισθηματική και γνωστική τους εμπλοκή (Κορασίδα & Μαργαρίτη, 2021).

Εργαλεία ΕΠ για Πολιτισμική Αειφορία

▪ *Ντολτσό: Μια Παραδοσιακή Συνοικία της Καστοριάς στο Πέρασμα του Χρόνου*

Η ψηφιακή εφαρμογή «Ντολτσό: Μια Παραδοσιακή Συνοικία της Καστοριάς στο Πέρασμα του Χρόνου» είναι ένα καινοτόμο εργαλείο ΕΠ που αναδεικνύει την πολιτιστική και αρχιτεκτονική κληρονομιά του Ντολτσού στην Καστοριά. Σχεδιασμένη

μέσω της πλατφόρμας TaleBlazer του MIT, η εφαρμογή είναι προσβάσιμη από έξυπνες συσκευές Android και iOS με GPS, λειτουργεί offline με στατικούς χάρτες και καθοδηγεί τους χρήστες σε μια διαδρομή 1,5 ώρας, με 25 σημεία ενδιαφέροντος, όπως ναοί, αρχοντικά και νεοκλασικά κτίρια. Οι χρήστες υιοθετούν εικονικούς ρόλους (π.χ. περιηγητής, αρχιτέκτονας) και συμμετέχουν σε διαδραστικές δραστηριότητες, απαντώντας σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που αναδεικνύουν την ιστορική και πολιτιστική αξία των μνημείων. Η εφαρμογή προάγει τη συνεργασία και την ευαισθητοποίηση για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, ενώ διατίθεται σε ελληνικά και αγγλικά, διευρύνοντας τη χρήση της σε διαφορετικά κοινά (Γρηγορίου, Ατζέμη, Βασιλείου, Λιόλιου, Ευαγγέλου, & Κλεφτοδήμος, 2022).

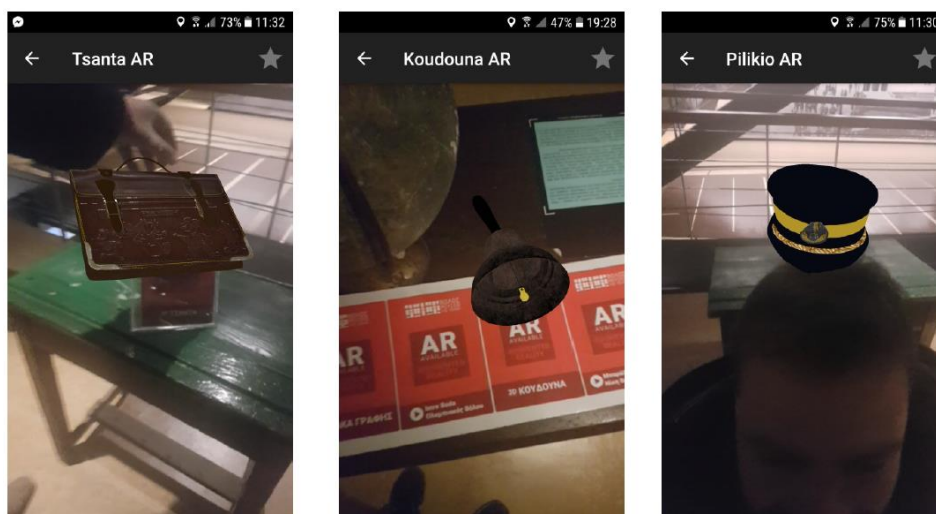


Εικόνα 9: Στιγμιότυπο οθόνης του προγραμματιστικού περιβάλλοντος της πλατφόρμας TaleBlazer

▪ *City Museum Volos AR*

Το εργαλείο *City Museum Volos AR* αποτελεί μια καινοτόμο εφαρμογή ΕΠ του Μουσείου της Πόλης του Βόλου, σχεδιασμένη για να ενισχύει την εμπειρία των επισκεπτών μέσω διαδραστικών ψηφιακών αντικειμένων. εστιάζοντας στην πλούσια πολιτιστική κληρονομιά της πόλης. Η εφαρμογή είναι διαθέσιμη για κατέβασμα από το Google Play

και το App Store και λειτουργεί σε smartphones και tablets που πληρούν συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές. Το εργαλείο επιτρέπει στους χρήστες να σκανάρουν εικόνες-στόχους (target images) ή QR codes μέσω της εφαρμογής Wikitude, ενεργοποιώντας την εμφάνιση τρισδιάστατων αντικειμένων ή βίντεο στο περιβάλλον τους. Αυτή τη στιγμή περιλαμβάνονται τέσσερα 3D αντικείμενα (κουδούνα, πηλίκιο, πλάκα γραφής, τσάντα), τοποθετημένα σε αναπαράσταση σχολικής αίθουσας, καθώς και δύο βίντεο που σχετίζονται με το ποδόσφαιρο του Βόλου, προσαρτημένα σε αφίσες. Οι επισκέπτες έχουν τρεις επιλογές αλληλεπίδρασης: μπορούν να αναζητήσουν τα αντικείμενα μέσω tags, να περιηγηθούν μέσω της εφαρμογής ή να χρησιμοποιήσουν ειδικές υπερσυνδέσεις που οδηγούν σε σελίδα περιηγητή, όπου ενεργοποιείται η εμπειρία ΕΠ. Επιπλέον, τα βίντεο είναι διαθέσιμα στο YouTube. Το εργαλείο City Museum Volos AR αναδεικνύει τη χρήση της τεχνολογίας ΕΠ ως μέσο σύνδεσης του πολιτιστικού αποθέματος με τους επισκέπτες, καθιστώντας την επίσκεψη πιο ελκυστική και διαδραστική. Προσφέρει έτσι μια βιωματική και εκπαιδευτική εμπειρία, ενισχύοντας ταυτόχρονα την πολιτιστική και τουριστική ανάπτυξη της περιοχής.



Εικόνα 10: τσάντα - κουδούνα - πηλίκιο

Η Εφαρμογή της ΕΠ σε Μουσεία

Όπως προαναφέρθηκε, οι εφαρμογές ΕΠ έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμες στους μουσειακούς χώρους. Και εξαιτίας αυτού οι εφαρμογές ΕΠ που σχετίζονται με την πολιτιστική κληρονομιά και με περιηγήσεις σε αρχαιολογικούς χώρους και μουσεία ολοένα και αυξάνονται. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες ξεχωριστές και δημοφιλείς εφαρμογές ΕΠ:

Ιδιαίτερα ξεχωριστό είναι το σύστημα *CHESS* (Cultural-Heritage Experiences through Socio-personal interactions and Storytelling), ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα που εφαρμόζει καινοτόμες τεχνολογίες μικτής πραγματικότητας και ψηφιακής αφήγησης για την εξατομίκευση των επισκέψεων σε μουσεία. Βασισμένο σε διεπιστημονική έρευνα, προσφέρει διαδραστικές εμπειρίες προσαρμοσμένες στα ενδιαφέροντα των επισκεπτών, ζωντανεύοντας εκθέματα μέσα από ιστορίες και MAR εφαρμογές. Το σύστημα έχει δοκιμαστεί με επιτυχία στο νέο Μουσείο της Ακρόπολης στην Αθήνα και στο πάρκο Cité de l'Espace στην Τουλούζ, ενισχύοντας τη σύνδεση επισκεπτών με την πολιτισμική κληρονομιά (Jennings, 2014).

Το έργο *APSIM* αξιοποιεί την τεχνολογία ΕΠ για να προβάλλει τον ελληνικό πολιτισμό μέσα από καινοτόμες εφαρμογές. Επισκέπτες αρχαιολογικών χώρων, όπως η Δήλος, το Δίον και το Επιγραφικό Μουσείο Αθηνών, μπορούν να χρησιμοποιούν το smartphone ή tablet τους για να βιώσουν μια μοναδική εμπειρία περιήγησης, βλέποντας εκθέματα και χώρους στην αρχική τους μορφή. Παράλληλα, η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα ψηφιακής περιήγησης από οποιοδήποτε σημείο, προάγοντας την πολιτιστική μας κληρονομιά παγκοσμίως (APSIM, χ.χ.).

Ακολούθως, η εφαρμογή επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας *COSMOTE CHRONOS* επιτρέπει στους χρήστες να εξερευνήσουν την Ακρόπολη του 5ου αιώνα

π.Χ., αναδημιουργώντας εικονικά τα μνημεία της, όπως τον Παρθενώνα και το Ωδείο Ηρώδου Αττικού, με επιστημονική τεκμηρίωση. Προσφέρει ψηφιακές περιηγήσεις από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου, ενώ με τη χρήση ΕΠ προβάλλει τις αναπαραστάσεις των μνημείων πάνω στη σημερινή τους εικόνα. Η εφαρμογή είναι δωρεάν και διαθέσιμη σε ελληνικά και αγγλικά, αναδεικνύοντας την ελληνική πολιτιστική κληρονομιά παγκοσμίως (Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, χ.χ.).

Η εφαρμογή *Terracotta Warriors*, που αναπτύχθηκε στο Μουσείο Ασιατικής Τέχνης του Σαν Φρανσίσκο, χρησιμοποιεί ΕΠ για την προβολή τρισδιάστατου περιεχομένου και βίντεο των Πολεμιστών Τερακότας, μέσω σκαναρίσματος έξι ειδικών σημείων στους εκθεσιακούς χώρους (Ciurea κ.ά., 2014).

Στις παραπάνω αξίζει να συμπεριληφθεί η εφαρμογή ΕΠ *aMUSEUMent*, η οποία σχεδιάστηκε για κινητές συσκευές Android, με στόχο τη βελτίωση της εμπειρίας των επισκεπτών στο Μουσείο Τυπογραφίας στα Χανιά. Μέσω QR codes, και παρέχει επιπλέον πληροφορίες για τα εκθέματα σε μορφές όπως εικόνα, βίντεο και ήχο. Περιλαμβάνει δύο βασικές λειτουργίες: τον «ε-ξεναγό» για ατομική ξενάγηση και το παιχνίδι «κρυμμένου θησαυρού» για ομαδική αλληλεπίδραση, διαθέσιμες στα Ελληνικά και Αγγλικά. Η εφαρμογή σχεδιάστηκε με τη βοήθεια του App Inventor, ενισχύοντας την εκπαιδευτική και ψυχαγωγική διάσταση της μουσειακής επίσκεψης (Παπαδάκης & Σπανός, 2017).

Τέλος, η εφαρμογή *AugMentor* δημιουργήθηκε για να προσφέρει μια διαδραστική εμπειρία ξενάγησης στο Μουσείο Επιστημών και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών. Μέσα από την τεχνολογία αναγνώρισης εικόνας, οι επισκέπτες συμμετέχουν σε ένα παιχνίδι «κρυμμένου θησαυρού», όπου σαρώνοντας εκθέματα μαθαίνουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και απαντούν σε σχετικές ερωτήσεις. Στόχος της

εφαρμογής είναι να μετατρέψει τη μουσειακή εμπειρία από μια τυπική διαδικασία σε μια συναρπαστική και εκπαιδευτική δραστηριότητα μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας, ενισχύοντας τη συμμετοχή και το ενδιαφέρον των επισκεπτών (Huffington Post Greece, 2015).

Σήμερα πολλά μουσεία σε όλο τον κόσμο αξιοποιούν εφαρμογές ΕΠ, προσφέροντας στους επισκέπτες τους μια ξεχωριστή εμπειρία. Παρατίθενται κάποια από αυτά τα μουσεία.

Λίστα μουσείων που αξιοποιούν την ΕΠ:

- Μουσείο Casa Batlló, Βαρκελώνη
- Ολλανδικό Ινστιτούτο Αρχιτεκτονικής
- Εθνικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Ουάσινγκτον
- Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο
- Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Νέα Υόρκη
- Διαδραστικό Μουσείο Casa Parlante, Κέρκυρα
- Νομισματικό Μουσείο της Αθήνας
- Μουσείο του Λούβρου, Παρίσι
- Βρετανικό Μουσείο, Λονδίνο
- Μουσείο του Andy Warhol, Pittsburgh
- Μουσείο Σύγχρονης Τέχνης, Αυστραλία
- Ιστορικό μουσείο Κρήτης, Ελλάδα
- Διαδραστικό Μουσείο ΕΠ Κατερίνης με θέμα: “Οι 12 Θεοί του Ολύμπου”, Ελλάδα

2.5 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η ΕΠ έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για τις δυνατότητές της να μετασχηματίσει την εκπαιδευτική εμπειρία. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις που διερευνούν την επίδραση της ΕΠ στην εκπαίδευση, εστιάζοντας στα πλεονεκτήματα, τις προκλήσεις και τις εφαρμογές της.

Η μελέτη των **Akçayır και Akçayır (2017)** αποτελεί μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση που εξετάζει τη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση. Αναλύοντας 68 άρθρα από το Social Science Citation Index (SSCI), η έρευνα εστιάζει σε πέντε βασικά ερωτήματα: την κατανομή των μελετών στον χρόνο, τους τύπους συμμετεχόντων, τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, τα πλεονεκτήματα και τις προκλήσεις της ΕΠ. Τα ευρήματα της μελέτης καταδεικνύουν ότι ο αριθμός των δημοσιεύσεων αυξήθηκε σημαντικά μετά το 2010, κυρίως λόγω της εξάπλωσης κινητών συσκευών. Οι περισσότερες έρευνες (51%) επικεντρώνονται σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ οι φοιτητές πανεπιστημίου αποτελούν τη δεύτερη μεγαλύτερη ομάδα συμμετεχόντων (29%). Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται βασίζονται κυρίως σε εφαρμογές για smartphones και tablets. Τα πλεονεκτήματα της ΕΠ περιλαμβάνουν τη βελτίωση μαθησιακών επιδόσεων, την αύξηση του κινήτρου και τη μείωση του γνωστικού φορτίου. Επιπλέον, ενισχύεται η διαδραστικότητα και η δέσμευση των μαθητών, προάγεται η συνεργατική μάθηση και διευκολύνεται η οπτική κατανόηση σύνθετων εννοιών. Ωστόσο, οι προκλήσεις που καταγράφηκαν είναι σημαντικές. Τεχνικά προβλήματα, περιορισμοί εξοπλισμού, δυσκολίες στη χρηστικότητα και το υψηλό κόστος αποτελούν βασικά εμπόδια. Επιπλέον, ο μεγάλος όγκος πληροφοριών ενδέχεται να προκαλέσει γνωστική υπερφόρτωση. Συνολικά, η έρευνα αναδεικνύει την αυξανόμενη σημασία της ΕΠ στην εκπαίδευση, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω βελτιώσεις στις τεχνολογίες και

τις διδακτικές στρατηγικές, ώστε να μειωθούν τα εμπόδια και να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας.

Η μελέτη των **Garzón, Pavón και Baldiris (2019)** εξετάζει τον ρόλο της ΕΠ στην εκπαίδευση μέσω 61 επιστημονικών μελετών που δημοσιεύθηκαν μεταξύ 2012 και 2018. Η έρευνα αναδεικνύει σημαντικά πλεονεκτήματα της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως η βελτίωση της μάθησης, η ενίσχυση της παρακίνησης και η αισθητηριακή εμπλοκή των μαθητών. Η ΕΠ φαίνεται να διευκολύνει την κατανόηση αφηρημένων εννοιών, βελτιώνοντας τις επιδόσεις των μαθητών και ενισχύοντας τη μακροχρόνια αποθήκευση γνώσεων. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή ενισχύει την αυτονομία των μαθητών και την αλληλεπίδρασή τους με το εκπαιδευτικό υλικό, ενώ προάγει τη συνεργασία και τη δημιουργικότητα. Επιπλέον, η ΕΠ φαίνεται να έχει θετική επίδραση στην παρακίνηση και την αφοσίωση των μαθητών, καθιστώντας τη μάθηση πιο διασκεδαστική και ενδιαφέρουσα. Αντίστοιχα, εντοπίζονται και προκλήσεις στη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση. Η πολυπλοκότητα της τεχνολογίας και οι τεχνικές δυσκολίες περιορίζουν την εφαρμογή της, ενώ η απόσπαση προσοχής λόγω της ανάγκης για συνεχή εστίαση επηρεάζει τη μαθησιακή διαδικασία. Επιπλέον, η αντίσταση από τους δασκάλους στη χρήση της ΕΠ ενδέχεται να δημιουργήσει εμπόδια στην ενσωμάτωσή της στην τάξη. Η έλλειψη εφαρμογών για χρήστες με ειδικές ανάγκες αποτελεί επίσης σημαντική πρόκληση, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για περισσότερη έρευνα και ανάπτυξη προσβάσιμων εφαρμογών για ομάδες με αναπηρίες ή μαθησιακές δυσκολίες.

Οι **Sırakaya και Alsancak Sırakaya (2020)** διερεύνησαν την επίδραση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM, αναλύοντας 150 μελέτες από το 2015 και μετά. Η έρευνα καταδεικνύει την αυξανόμενη χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση STEM, με την πλειονότητα των ερευνών να διεξάγεται σε σχολικά περιβάλλοντα και να εστιάζει σε

μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, από το Νηπιαγωγείο μέχρι το Λύκειο. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν σημαντικά πλεονεκτήματα για τη χρήση της ΕΠ, όπως η αύξηση της μαθησιακής απόδοσης, η ενίσχυση του κινήτρου των μαθητών και η μείωση του γνωστικού φορτίου. Η ΕΠ συμβάλλει στην οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών, ενδυναμώνει τη συμμετοχή στην τάξη και προάγει τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών. Επιπλέον, η χρήση της ΕΠ ενισχύει την ικανότητα χωρικής αντίληψης και διευκολύνει τη διαδικασία μάθησης, επιτρέποντας στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με το περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο, κάτι που προάγει την πιο ενεργητική μάθηση. Η τεχνολογία αυτή επίσης διευκολύνει την ασφαλή εκτέλεση επικίνδυνων πειραμάτων και μειώνει το κόστος των φυσικών εργαλείων, κάνοντάς τη πιο προσιτή. Ωστόσο, υπάρχουν προκλήσεις, όπως η τεχνική αντίσταση των εκπαιδευτικών, τα προβλήματα αναγνώρισης δεικτών και οι χρονοβόρες διαδικασίες ανάπτυξης περιεχομένου. Παρά τις δυσκολίες, η ΕΠ θεωρείται ως μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για την ενίσχυση της μάθησης και της συμμετοχής των μαθητών στην εκπαίδευση STEM.

Η μελέτη των **Lampropoulos, Keramopoulos, Diamantaras και Evangelidis (2022)** ανασκοπεί 670 μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της ΕΠ και της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση. Οι περισσότερες έρευνες πραγματοποιήθηκαν στην Ισπανία, την Ελλάδα, την Πορτογαλία και τις ΗΠΑ. Η πλειονότητα αυτών χρησιμοποίησε ποσοτικές προσεγγίσεις, ενώ οι υπόλοιπες ακολούθησαν ποιοτικές ή μεικτές μεθόδους. Σχετικά με την παιχνιδοποίηση, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στοιχεία όπως πόντοι, πίνακες κατάταξης και εικονικές ανταμοιβές για την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας. Σύμφωνα με τα ευρήματα, η ΕΠ και η παιχνιδοποίηση συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της μαθησιακής εμπλοκής, στη βελτίωση της ακαδημαϊκής απόδοσης και στην ενίσχυση της κινητοποίησης και συναισθηματικής κατάστασης των μαθητών μέσω

εικονικών ανταμοιβών και στοιχείων παιχνιδιοποίησης. Ειδικότερα, ενισχύουν την ενεργό συμμετοχή, τη συγκέντρωση και την εξατομικευμένη μάθηση, προάγοντας τη συνεργασία και τη δημιουργία πρακτικών μαθησιακών περιβαλλόντων. Παράλληλα, επισημαίνονται προκλήσεις, όπως η ανάγκη για εκπαιδευτική εξοικείωση με νέες τεχνολογίες, η έλλειψη αναλυτικών πληροφοριών για την ανάπτυξη εφαρμογών ΕΠ και η ανάγκη δημιουργίας εργαλείων αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας αυτών των τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Οι περισσότερες μελέτες εστίασαν στην τριτοβάθμια εκπαίδευση και τη γνωστική ανάπτυξη, με περιορισμένη εφαρμογή στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι εφαρμογές ΕΠ χρησιμοποίησαν κυρίως κινητές συσκευές, ενώ οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν τη χρησιμότητα της αυξημένης διαδραστικότητας στη διαδικασία μάθησης.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η μελέτη των **Ladykova, Sokolova, Grebenshchikova, Sakhieva, Lapidus και Chereshneva (2024)**, η οποία διερευνά τη χρήση της ΕΠ στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση μέσω ανάλυσης 20 μελετών των τελευταίων ετών. Τα ευρήματα αναδεικνύουν οφέλη, δυνατότητες και προκλήσεις σχετικά με την ενσωμάτωση της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία. Συγκεκριμένα, η ΕΠ ενισχύει την περιβαλλοντική γνώση, την οικολογική φαντασία, την περιβαλλοντική συμπεριφορά και τη μαθησιακή απόδοση των μαθητών, ενώ βελτιώνει την κατανόηση σύνθετων εννοιών. Στις περισσότερες έρευνες συμμετείχαν μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με τις μεθόδους αξιολόγησης να είναι κατά κύριο λόγο ποσοτικές, αν και αρκετές υιοθέτησαν μικτές προσεγγίσεις για πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των αποτελεσμάτων. Η ΕΠ επιδρά θετικά στη συναισθηματική εμπειρία των μαθητών, ενισχύοντας την αυτοεκτίμηση, τη στάση και την κινητοποίησή τους για μάθηση. Παράλληλα, ενθαρρύνει τη συνεργασία, την αλληλεπίδραση με τους εκπαιδευτικούς και

την ανάπτυξη μαθητοκεντρικών προσεγγίσεων, ενώ συμβάλλει σημαντικά στην αυτονομία των μαθητών. Παρά τα οφέλη, η έρευνα εντόπισε προκλήσεις, όπως η ανάγκη κατάλληλου εκπαιδευτικού περιεχομένου, η σχεδίαση αποτελεσματικών παιχνιδιών και η σύνδεση της τεχνολογίας με τους εκπαιδευτικούς στόχους. Οι μελετητές υπογραμμίζουν την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης της εφαρμογής της ΕΠ, προκειμένου να βελτιωθεί η ένταξή της στην εκπαιδευτική διαδικασία και να αναδειχθούν βέλτιστες πρακτικές. Η έρευνα επιβεβαιώνει τη δυναμική της ΕΠ ως καινοτόμου εργαλείου για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.

Η αειφορία αποτελεί μια ολιστική προσέγγιση ανάπτυξης που συνδυάζει την οικονομική πρόοδο, την κοινωνική δικαιοσύνη και την περιβαλλοντική προστασία, ενώ ο πολιτισμός έχει αναδειχθεί ως τέταρτος πυλώνας της. Ο πολιτισμός, ως φορέας αξιών και γνώσης, συμβάλλει στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής συνείδησης. Στο πλαίσιο αυτό, η εκπαίδευση για την αειφορία επιδιώκει να καλλιεργήσει υπεύθυνους πολίτες, ικανούς να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Η ΕΠ αναδεικνύεται ως ένα σύγχρονο εργαλείο που ενισχύει τη μαθησιακή διαδικασία, καθιστώντας την πιο διαδραστική και βιωματική. Εκτός από την τυπική εκπαίδευση, αξιοποιείται σε πολιτιστικούς χώρους, μουσεία και υπαίθριες δραστηριότητες, ενισχύοντας τη σύνδεση με την ιστορική και περιβαλλοντική κληρονομιά. Η παρούσα διατριβή διερευνά τη συμβολή της ΕΠ στην εκπαίδευση για την αειφορία, συνδέοντας τη θεωρητική γνώση με ερευνητικά δεδομένα. Μέσω της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης, εξετάζονται η ενσωμάτωση της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία, οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητά της και τα ερευνητικά κενά. Η διατριβή δεν περιορίζεται στη χαρτογράφηση της γνώσης, αλλά προχωρά σε κριτική ανάλυση των ευρημάτων, αναδεικνύοντας προκλήσεις και προοπτικές. Παράλληλα,

προσφέρει πολύτιμα συμπεράσματα και προτάσεις για τη μελλοντική αξιοποίηση της ΕΠ στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, συμβάλλοντας στην περαιτέρω έρευνα και εκπαιδευτική πρακτική.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης, η οποία επιλέχθηκε με στόχο να δοθούν σαφείς απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που έχουν τεθεί. Μέσα από τη διαδικασία αναζήτησης, εντοπισμού και αξιολόγησης διαφορετικών βιβλιογραφικών πηγών, επιδιώκεται η συγκέντρωση των πιο σχετικών και αξιόπιστων ερευνών που έχουν δημοσιευθεί στον συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα. Η μέθοδος αυτή διασφαλίζει τη συστηματική ανάλυση των διαθέσιμων δεδομένων, την εξαγωγή συνολικών συμπερασμάτων και τον περιορισμό της πιθανότητας μεροληψίας. Ειδικότερα, αναφέρονται τα κριτήρια για την επιλογή των μελετών, οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση, καθώς και οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν για την ανάλυση και αξιολόγηση των δεδομένων.

Η παρούσα ανασκόπηση πραγματοποιήθηκε στην ελληνική γλώσσα κατά την περίοδο Νοέμβριος 2024 - Ιανουάριος 2025. Η συλλογή βιβλιογραφικών πηγών βασίστηκε στις επιστημονικές βάσεις δεδομένων Google Scholar, Science Direct και Scopus, οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή επιστημονική εγκυρότητα. Τα κριτήρια επιλογής περιλάμβαναν τη χρονολογία δημοσίευσης, με έμφαση σε μελέτες που εκδόθηκαν την τελευταία εξαετία (2018-2024). Προτιμήθηκαν αποκλειστικά πειραματικές έρευνες, καθώς αυτές προσφέρουν αξιόπιστα δεδομένα και τεκμηριωμένα ευρήματα. Οι πηγές ήταν τόσο στην ελληνική όσο και στην αγγλική γλώσσα, ώστε να εξασφαλιστεί πρόσβαση σε διεθνείς και αξιόπιστες πληροφορίες, διατηρώντας παράλληλα συνοχή

στην ανάλυση. Εφαρμόστηκαν επιπλέον κριτήρια επιλογής και αποκλεισμού, εστιάζοντας στην επικαιρότητα και την αξιοπιστία των μελετών.

Η αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων έγινε με χρήση λέξεων-κλειδίων, όπως *Augmented Reality*, *Sustainability*, *Sustainable Development*, *Education*, *Environment*, *Education for Sustainability* και *Environmental Education*, για την εντόπιση σχετικών πηγών.

Για τη βελτίωση της ακρίβειας και τον περιορισμό των αποτελεσμάτων, αξιοποιήθηκε η λογική Boolean, επιτρέποντας τη δημιουργία πιο στοχευμένων συνδυασμών αναζήτησης.

Ακολουθούν κάποιες βασικές εκφράσεις Boolean που εφαρμόστηκαν:

- *"augmented reality" AND ("environment" OR "education")*
- *"augmented reality" AND "environmental education"*

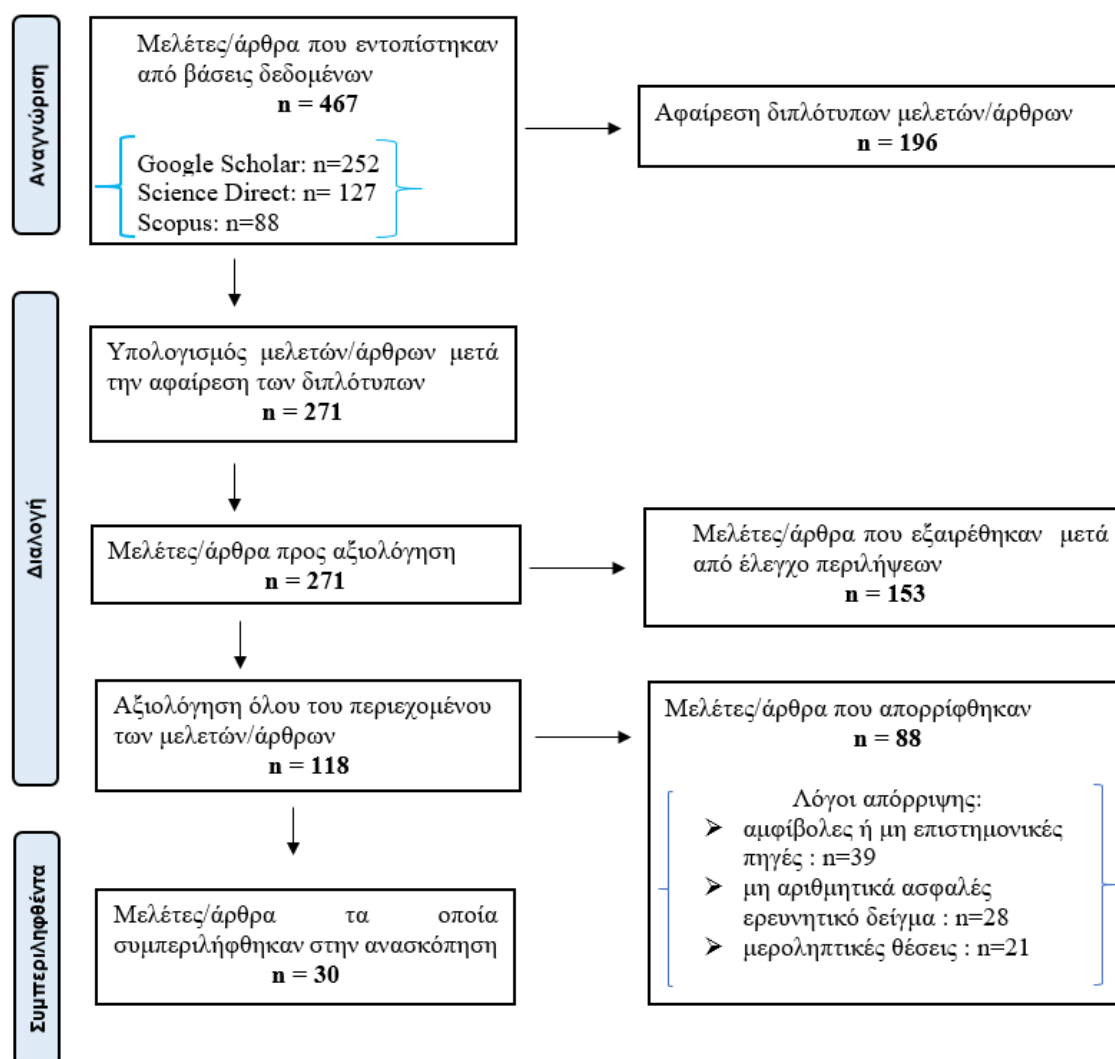
Παράλληλα, ο αριθμός των πηγών περιορίστηκε ώστε να διασφαλιστεί η υψηλή συνάφεια με το ερευνητικό θέμα. Χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα για την επιλογή επιστημονικών άρθρων και ανασκοπήσεων, εστιάζοντας κυρίως σε δημοσιεύσεις γραμμένες στα αγγλικά και δημοσιευμένες μεταξύ 2018 και 2024. Οι πηγές ταξινομήθηκαν με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα και τις σχετικές λέξεις-κλειδιά.

Η διαδικασία ξεκίνησε με αναζήτηση σε έγκυρες βάσεις δεδομένων, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες λέξεις-κλειδιά. Αρχικά, εξετάστηκαν οι περιλήψεις των άρθρων που περιείχαν τα σχετικά κλειδιά στους τίτλους. Μελέτες με παρόμοιο περιεχόμενο αποκλείστηκαν, ενώ οι υπόλοιπες ελέγχθηκαν λεπτομερώς για τη συνάφειά τους με το αντικείμενο της έρευνας.

Τα κριτήρια επιλογής περιλάμβαναν δημοσιεύσεις που είχαν εκδοθεί την περίοδο 2018-2024, προερχόμενες από έγκυρες επιστημονικές πηγές και γραμμένες στα ελληνικά ή αγγλικά. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε σε άρθρα από αναγνωρισμένα επιστημονικά περιοδικά και οργανισμούς που προσφέρουν ποικιλία προσεγγίσεων, ενισχύοντας την

ολοκληρωμένη ανάλυση. Από την άλλη πλευρά, αποκλείστηκαν άρθρα που εκδόθηκαν πριν από το 2018, μεθοδολογικά ασαφή κείμενα, καθώς και μελέτες με ανεπαρκή δεδομένα ή μη σχετικές με το θέμα της ανασκόπησης. Επίσης, απορρίφθηκαν πηγές με αμφισβητήσιμη εγκυρότητα ή εμφανή μεροληψία.

Η διαδικασία επιλογής και συλλογής δεδομένων βασίστηκε στο διάγραμμα ροής PRISMA, το οποίο απεικονίζει κάθε στάδιο από την αρχική αναζήτηση έως την τελική επιλογή. Το PRISMA διασφάλισε ακρίβεια και διαφάνεια, καταγράφοντας τα βήματα και τεκμηριώνοντας τις αποφάσεις εισαγωγής ή αποκλεισμού των πηγών.



Εικόνα 11: PRISMA 2009: Διάγραμμα ροής βιβλιογραφικής αναζήτησης και αξιολόγησης μελετών

Η διαδικασία αναζήτησης απέφερε συνολικά 467 μελέτες: 252 από το Google Scholar, 127 από το Science Direct και 88 από το Scopus. Μετά την αφαίρεση 196 διπλότυπων εγγραφών, παρέμειναν 271 μελέτες που αξιολογήθηκαν μέσω των περιλήψεών τους. Από αυτές, επιλέχθηκαν 118 για περαιτέρω ανάλυση. Στη συνέχεια, 88 μελέτες αποκλείστηκαν με βάση τα κριτήρια αποκλεισμού: 39 λόγω αμφιβολιών σχετικά με την εγκυρότητά τους, 28 λόγω μικρού μεγέθους δείγματος και 21 λόγω μεροληψίας. Τελικά, 30 μελέτες συμπεριλήφθηκαν στη συστηματική ανασκόπηση.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Χαρτογράφηση βιβλιογραφίας

Η έρευνα των **Theodorou, Kydonakis, & Botzori (2018)** εξετάζει την απήχηση εργαλείων επαυξημένης πραγματικότητας (ΕΠ) στους μαθητές, διερευνώντας αφενός κατά πόσο αυτές οι εφαρμογές κρίνονται ενδιαφέρουσες και ευχάριστες από τους ίδιους, αφετέρου την αποτελεσματικότητά των εφαρμογών στην ενίσχυση των γνώσεων τους. Ειδικότερα, αξιολογείται η δυνατότητα της ΕΠ να διευρύνει την κατανόηση περιβαλλοντικών εννοιών, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η κλιματική αλλαγή, μέσα από μια εμπειρία που συνδυάζει εκπαίδευση και διαδραστικότητα.

Στην έρευνα, η οποία διεξήχθη σε δύο σχολεία της Αθήνας, συμμετείχαν συνολικά 241 μαθητές των τάξεων Δ', Ε' και ΣΤ', ηλικίας 9 έως 12 ετών. Το δείγμα περιλάμβανε 50,6% κορίτσια και 49,4% αγόρια, με αναλογία φύλου που κυμαινόταν ανά τάξη. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ερωτηματολογίων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση με την εφαρμογή ΕΠ. Το ερωτηματολόγιο περιείχε 13 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, με στόχο την αποτύπωση της αρχικής γνώσης των μαθητών σχετικά με τις περιβαλλοντικές έννοιες της κλιματικής αλλαγής και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εμπειρία τους με

την τεχνολογία ΕΠ. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με το Microsoft Excel 2016. Οι εφαρμογές ΕΠ σχεδιάστηκαν μέσω των εργαλείων Unity3D και Vuuforia, αξιοποιώντας κινητές συσκευές Android και QR κώδικες ως στόχους εικόνας. Επιπροσθέτως, οι εφαρμογές περιλάμβαναν τρισδιάστατα μοντέλα και ήχο, παρουσιάζοντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ορυκτά καύσιμα, τα αίτια και τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, καθώς και πρακτικές για την αντιμετώπισή της.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στις γνώσεις των μαθητών μετά τη χρήση της ΕΠ. Συγκεκριμένα, Στην Δ' τάξη η αύξηση της γνώσης ανήλθε στο 29,5%, στην Ε' τάξη στο 25,6%, και στην ΣΤ' τάξη στο 21,7%. Ομοίως, η εκπαιδευτική εμπειρία μάθησης αξιολογήθηκε θετικά από τους μαθητές, με τη βελτίωση να ανέρχεται στο 38% για την Δ' τάξη, στο 32,3% για την Ε' τάξη και στο 26,9% για την ΣΤ' τάξη. Συνολικά, η μέση αύξηση της γνώσης υπολογίστηκε στο 25,6% και η βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας στο 32,4%. Όλα τα προαναφερθέντα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η ΕΠ αποτελεί ένα καινοτόμο και αποτελεσματικό εργαλείο στη διδασκαλία περιβαλλοντικών εννοιών. Η τεχνολογία αυτή ενισχύει τόσο την απόκτηση γνώσεων όσο και τη θετική στάση των μαθητών απέναντι στη συγκεκριμένη εμπειρία μάθησης.

Η μελέτη των **Koutromanos, Tzortzoglou, & Sofos (2018)** είχε στόχο την αξιολόγηση ενός παιχνιδιού επαυξημένης πραγματικότητας (AR) με τίτλο «Save Elli! Save the Environment!» και επικεντρώθηκε σε τρεις άξονες: την αποδοχή του παιχνιδιού από τους μαθητές και την πρόθεσή τους να το επαναχρησιμοποιήσουν, τον τρόπο χρήσης του από τους μαθητές και τους παράγοντες που διευκολύνουν ή δυσχεραίνουν τη χρήση του.

Το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 40 μαθητές της Δ' τάξης Δημοτικού σχολείου στη Σαντορίνη και δύο εκπαιδευτικούς. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου, παρατήρησης και συνεντεύξεων. Τα ερωτηματολόγια σχεδιάστηκαν

με βάση μοντέλα αποδοχής της τεχνολογίας. Εξετάστηκαν η πρόθεση χρήσης του παιχνιδιού, η ευκολία χρήσης, η αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα, η κοινωνική επιρροή, η απόλαυση και η στάση απέναντι στη χρήση. Οι μαθητές συμμετείχαν ομαδικά, ολοκληρώνοντας αποστολές που σχετίζονταν με περιβαλλοντικά προβλήματα, και καταθέτοντας προτάσεις για την αντιμετώπισή τους. Επιπλέον, κλήθηκαν να αξιολογήσουν τη συνολική τους εμπειρία χρησιμοποιώντας κλίμακες Likert πέντε βαθμίδων, ενώ οι παρατηρήσεις επικεντρώθηκαν στις ομαδικές αλληλεπιδράσεις, στις δυσκολίες που προέκυψαν και στη γενικότερη εμπειρία τους. Επιπλέον, τα δεδομένα από τις συνεντεύξεις παρείχαν βαθύτερη κατανόηση της χρήσης του παιχνιδιού. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση SPSS, περιλαμβάνοντας περιγραφική ανάλυση, συσχετίσεις Pearson και ανάλυση ιεραρχικής παλινδρόμησης, ενώ τα ποιοτικά δεδομένα από τις συνεντεύξεις κωδικοποιήθηκαν.

Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι μαθητές είχαν γενικά θετική στάση απέναντι στη χρήση του παιχνιδιού, με μέσο δείκτη 75,8%. Η αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα έφτασε το 75,4%, ενώ η ευκολία χρήσης σημείωσε χαμηλότερη βαθμολογία, στο 65,4%. Η κοινωνική επιρροή και η αντιλαμβανόμενη απόλαυση βαθμολογήθηκαν με 69,2% και 74,2% αντίστοιχα, ενώ η πρόθεση χρήσης του παιχνιδιού άγγιξε το 71,6%. Στην προσπάθεια ερμηνείας των υψηλών αυτών ποσοστών, προκύπτει ότι η αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα συνδέεται ισχυρά με τη στάση και την πρόθεση χρήσης, ενώ η ευκολία χρήσης δεν δείχνει να επηρεάζει ιδιαίτερα τη στάση. Η αντιλαμβανόμενη απόλαυση ήταν ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρέασε την πρόθεση χρήσης του παιχνιδιού, ενώ οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις εντός των ομάδων ενίσχυσαν τη συνεργασία και το ενδιαφέρον για την εκπαιδευτική διαδικασία. Οι μαθητές έδειξαν ενθουσιασμό για την ανακάλυψη του περιβάλλοντος μέσω των αποστολών, ενισχύοντας την περιβαλλοντική τους

ευαισθητοποίηση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανέκυσαν τεχνικά προβλήματα, όπως η σύνδεση στο διαδίκτυο και η έντονη ηλιοφάνεια, αλλά αυτά δεν επηρέασαν σημαντικά την εμπειρία. Η παρατήρηση έδειξε ότι οι ομαδικές συζητήσεις για τα περιβαλλοντικά προβλήματα και οι δραστηριότητες μετά το παιχνίδι αύξησαν τη συμμετοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών. Συνοψίζοντας, το παιχνίδι ΕΠ αποδείχθηκε κατάλληλο για περιβαλλοντική εκπαίδευση, συνδυάζοντας ευχρηστία και εκπαιδευτική χρησιμότητα. Οι μαθητές εκτίμησαν τη διαδραστικότητά του, αναδεικνύοντας τη δυνατότητά να ενισχύσει την περιβαλλοντική ευαισθησία μέσω ψυχαγωγίας και συνεργασίας.

Εν συνεχεία, η μελέτη των **Alahmari, Issa, Issa, & Nau (2019)** επικεντρώνεται στην επίγνωση των οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών της ΕΠ στην ανώτατη εκπαίδευση στα πανεπιστήμια της Σαουδικής Αραβίας. Για τη διεξαγωγή της χρησιμοποιήθηκε μια περιγραφική, ποσοτική προσέγγιση με τη συλλογή δεδομένων μέσω διαδικτυακής έρευνας στην πλατφόρμα Qualtrics με ερωτηματολόγια. Το δείγμα περιλάμβανε 228 άτομα προερχόμενα από το ακαδημαϊκό προσωπικό και το προσωπικό e-learning δημόσιων πανεπιστημίων στη Σαουδική Αραβία, που ενδιαφέρονταν για την εισαγωγή της ΕΠ στην εκπαίδευση. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS, και εφαρμόστηκε διερευνητική παραγοντική ανάλυση (EFA) για τον εντοπισμό παραγόντων σχετικών με τη βιωσιμότητα, από τη χρήση της ΕΠ στην ανώτατη εκπαίδευση.

Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν ότι οι συμμετέχοντες – μέλη ΔΕΠ- έχουν υψηλό επίπεδο επίγνωσης (70%) σχετικά με τα περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα της ΕΠ στη βιωσιμότητα. Η ανάλυση των παραγόντων αποκάλυψε δύο κύριες διαστάσεις: τον περιβαλλοντικό και τον οικονομικό παράγοντα. Ο

περιβαλλοντικός παράγοντας σχετίζεται με τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, της ρύπανσης και της υπερθέρμανσης του πλανήτη, καθώς η ΕΠ μειώνει την ανάγκη για φυσικούς πόρους και παράλληλα μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, περιορίζοντας την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας. Οι συμμετέχοντες αναγνώρισαν επίσης ότι η προσφορά μαθημάτων με τη χρήση ΕΠ συνεισφέρει θετικά στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης της παραγωγής και χρήσης έντυπου υλικού. Ο οικονομικός παράγοντας αφορά τη μείωση των απαιτήσεων για εξοπλισμό και την εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών, που μεταφράζεται σε μειωμένα κόστη για τον εκπαιδευτικό τομέα. Η χρήση της ΕΠ βελτιώνει την αποδοτικότητα και τον χρόνο διδασκαλίας του διδακτικού προσωπικού, καθώς η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την ψηφιακή διδασκαλία και μείωση της φυσικής παρουσίας στις τάξεις, γεγονός που εξοικονομεί χρόνο και ενέργεια. Η συνολική αξιοπιστία της έρευνας αξιολογήθηκε ως ικανοποιητική επιβεβαιώνοντας τη συνέπεια των παραγόντων που αναλύθηκαν. Εν κατακλείδι, σύμφωνα με τα παραπάνω ευρήματα, η ενσωμάτωση της ΕΠ στην εκπαίδευση συμβάλλει σημαντικά στη βιωσιμότητα, παρέχοντας περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που ευθυγραμμίζονται με τους στόχους της Vision 2030 της Σαουδικής Αραβίας. Η τεχνολογία ΕΠ μπορεί να προσφέρει μια βιώσιμη εκπαιδευτική διαδικασία και να ενισχύσει την ευαισθητοποίηση των εκπαιδευτικών και των φοιτητών, υποστηρίζοντας παράλληλα τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και την εξοικονόμηση πόρων στο εκπαιδευτικό σύστημα της χώρας.

Στην έρευνα των **Mei & Yang (2019)** διερευνάται η αποτελεσματικότητα της ενσωμάτωσης της ΠΕ στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση της Κίνας, χρησιμοποιώντας κινητές τεχνολογίες ΕΠ και στοιχεία παιχνιδοποίησης, με στόχο την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των φοιτητών μέσω μιας ΕΠ εφαρμογής για την

εξερεύνηση περιβαλλοντικών θεμάτων στο πανεπιστήμιο τους. Μέσω της πλατφόρμας ανοιχτού κώδικα ARIS σχεδιάστηκε το ερευνητικό εργαλείο - παιχνίδι ΕΠ, προορισμένο να εφαρμόζεται σε φορητές συσκευές.

Στην έρευνα συμμετείχαν 98 φοιτητές (87 γυναίκες, 11 άνδρες), ηλικίας 17-20 ετών, ενώ ένα υποσύνολο 5 συμμετεχόντων συμμετείχε σε συνεντεύξεις. Οι φοιτητές χωρίστηκαν σε ομάδες και στην κάθε ομάδα παραχωρήθηκε ένα iPhone. Η έρευνα ακολούθησε ένα επεξηγηματικό μικτό μοντέλο, συνδυάζοντας ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα, που συλλέχθηκαν μέσω σημειώσεων πεδίου, ερωτηματολογίων και ημιδομημένων συνεντεύξεων. Τα ποσοτικά δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά, ενώ τα ποιοτικά δεδομένα κωδικοποιήθηκαν θεματικά. Η ανάλυση έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS και το λογισμικό NVivo, όπου αναδείχθηκαν θέματα όπως η αντίληψη της χρησιμότητας και της ευκολίας χρήσης της εφαρμογής, η στάση των φοιτητών απέναντι στο παιχνίδι και η πρόθεση συμμετοχής τους σε παρόμοιες δράσεις στο μέλλον.

Η έρευνα κατέγραψε τις απόψεις των 98 φοιτητών σχετικά με τη χρήση της κινητής ΕΠ και της παιχνιδοποίησης για την ενίσχυση της ΠΕ στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση. Με βάση τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν, προέκυψαν θετικές εντυπώσεις και ισχυρή αποδοχή του συνδυασμού ΠΕ και γλωσσικής μάθησης μέσω τεχνολογίας. Περίπου το 80% των φοιτητών (μέσος όρος ~4.35) αξιολόγησαν την προσέγγιση ως χρήσιμη για την ενσωμάτωση της ΠΕ με τη γλωσσική μάθηση. Ωστόσο, η αξιολόγηση της ευκολίας χρήσης ήταν χαμηλότερη, με το 71.6% να συμφωνεί απόλυτα, υποδεικνύοντας την ανάγκη για καλύτερη τεχνολογική υποστήριξη σε μελλοντικά προγράμματα. Στο πεδίο της στάσης απέναντι στη συμμετοχή το 91.6% των συμμετεχόντων εξέφρασε θετική στάση, τονίζοντας ότι αυτή η προσέγγιση συνέβαλε στη βελτίωση των γλωσσικών δεξιοτήτων, στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης και της περιβαλλοντικής συνείδησης. Οι

συνεντεύξεις επιβεβαίωσαν ότι το παιχνίδι ΕΠ ήταν διασκεδαστικό και διεγείρει το ενδιαφέρον για το περιβάλλον, ενώ αρκετοί ανέφεραν ότι έμαθαν νέες έννοιες μέσα από τη χρήση ψηφιακών εργαλείων. Σχεδόν το 87%) των φοιτητών εξέφρασε πρόθεση να συμμετάσχει ξανά σε παρόμοιες δραστηριότητες, με αρκετούς να μοιράζονται την εμπειρία αυτή με φίλους. Παράλληλα, επισημάνθηκαν τεχνικές δυσκολίες, όπως διακοπές στη λειτουργία της εφαρμογής ARIS και περιορισμοί στη χρήση μικρών οθονών, που δυσχέραιναν τη συνεργασία. Κάποιοι συμμετέχοντες διατήρησαν παθητικό ρόλο, γεγονός που δείχνει την ανάγκη για βελτιωμένο σχεδιασμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ώστε να ενισχυθεί η ενεργή συμμετοχή. Συνολικά, η έρευνα καταδεικνύει ότι η ενσωμάτωση της ΠΕ μέσω κινητής ΕΠ και παιχνιδοποίησης έχει ισχυρά παιδαγωγικά πλεονεκτήματα, προάγοντας τη γνώση και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των φοιτητών.

Ακολουθεί η μελέτη των **Pombo & Marques (2019)**, η οποία εστιάζει στη συμβολή της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία και συγκεκριμένα στη βιωματική εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία, μέσω της εφαρμογής EduPARK. Οι στόχοι της μελέτης περιλάμβαναν την ανάλυση των απόψεων των μαθητών σχετικά με τη χρήση κινητών συσκευών για μάθηση, καθώς και την εκπαιδευτική αξία και χρηστικότητα της εφαρμογής μέσα από εμπειρίες σε τυπικά και μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 244 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (τάξεις 5η έως 9η), ηλικίας 10-16 ετών από την Πορτογαλία. Οι μαθητές συμμετείχαν σε δραστηριότητες στο πάρκο Infante D. Pedro, χρησιμοποιώντας την εφαρμογή EduPARK σε ομάδες των 3-5 ατόμων. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσω ερωτηματολογίου, που συμπληρώθηκε μετά τη δραστηριότητα, και καταγραφής στοιχείων από την εφαρμογή ενώ η ανάλυση αυτών περιλάμβανε υπολογισμό του EVS (κλίμακα εκπαιδευτικής αξίας)

και του SUS (κλίμακα χρηστικότητα) σύμφωνα με τυποποιημένες μεθόδους, περιγραφική στατιστική επεξεργασία και τριγωνοποίηση των δεδομένων για ολοκληρωμένη αποτίμηση των απόψεων των μαθητών, τηρώντας αρχές δεοντολογίας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το 85,8% των μαθητών διέθεταν Android συσκευές και το 86,6% τις χρησιμοποιούσαν για μάθηση είτε συχνά είτε περιστασιακά. Οι μαθητές εκτίμησαν θετικά τα πλεονεκτήματα της κινητής μάθησης, όπως η ευκολία εύρεσης πληροφοριών (81,1%), η διασκεδαστική μάθηση (80,7%) και η πρόσβαση σε επικαιροποιημένες πληροφορίες (79,5%). Ωστόσο, αναφέρθηκαν δυσκολίες, όπως η ανάγκη σύνδεσης στο διαδίκτυο (57,4%), η απαγόρευση χρήσης κινητών στα σχολεία (41,4%) και ο κίνδυνος διάσπασης προσοχής. Σχετικά με την εφαρμογή EduPARK, η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (94,3%) βρήκε την εμπειρία ενδιαφέρουσα ή πολύ ενδιαφέρουσα, με μέσο εκπαιδευτικό σκορ (EVS) 83,8/100, που υποδηλώνει υψηλή εκπαιδευτική αξία. Τα δεδομένα από την εφαρμογή έδειξαν ότι οι μαθητές απάντησαν σωστά σε 25,5 από τις 31 ερωτήσεις κατά μέσο όρο, ενώ οι ομάδες κατάφεραν υψηλές επιδόσεις στο παιχνίδι με μέση τελική βαθμολογία 284,9/361. Οι μαθητές επίσης συγκέντρωσαν κατά μέσο όρο 15,2/20 μπανάνες από θησαυρούς, δείχνοντας αποτελεσματική συμμετοχή στις δραστηριότητες. Η χρηστικότητα της εφαρμογής αξιολογήθηκε θετικά, με μέσο σκορ SUS 80,2/100, υποδηλώνοντας υψηλή ευχρηστία. Η διάρκεια του παιχνιδιού (μέση τιμή 76 λεπτά) δεν επηρέασε αρνητικά τις επιδόσεις, καταδεικνύοντας υψηλή δέσμευση των μαθητών. Τα ευρήματα υποστηρίζουν ότι η EduPARK προάγει τη βιωματική και αυθεντική μάθηση με έμφαση στην ΠΕ και την αειφορία. Συνολικά, η έρευνα καταλήγει ότι η χρήση ΕΠ σε εξωτερικούς χώρους, όπως αστικά πάρκα, προσφέρει καινοτόμες εκπαιδευτικές δυνατότητες, ενισχύει τη διαθεματική μάθηση και συμβάλλει στην προώθηση της περιβαλλοντικής συνείδησης.

Στη συνέχεια απαντάται η έρευνα των **Lee & Yoon (2020)**, η οποία εξετάζει τη χρήση της ΕΠ ως μέσο μάθησης για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, με στόχο να διερευνηθεί αν και σε ποιο βαθμό η ΕΠ μπορεί να επηρεάσει την κατανόηση των παιδιών σε σχέση με το περιβάλλον. συγκρίνοντας τη χρήση του παραδοσιακού βιβλίου με τη συνδυαστική χρήση βιβλίου και ΕΠ. Παράλληλα, μελετήθηκαν οι επιπτώσεις ατομικών παραγόντων, όπως η ηλικία και το φύλο, στη μαθησιακή διαδικασία.

Στην έρευνα συμμετείχαν 30 παιδιά, ηλικίας 8-13 ετών, τα οποία επιλέχθηκαν από ένα κέντρο παιδικής μέριμνας στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες: ομάδα AR και ομάδα Βιβλίου. Το υλικό μάθησης αφορούσε την προστασία των ζώων, με έμφαση στο γιγαντιαίο πάντα, και βασίστηκε στο βιβλίο *Surprising Animal World*, το οποίο συνοδευόταν από εφαρμογή ΕΠ. Η μεθοδολογία της μελέτης ήταν μικτή, συνδυάζοντας ποσοτικές και ποιοτικές προσεγγίσεις. Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια πριν και μετά τη δραστηριότητα - διάρκειας περίπου 40 λεπτών, με κλίμακες αξιολόγησης στάσεων απέναντι στη διατήρηση του περιβάλλοντος, τα άγρια ζώα και τις περιβαλλοντικές αξίες. Επίσης, διεξήχθησαν ημιδομημένες συνεντεύξεις για την διερεύνηση της εμπειρίας των παιδιών. Η ποσοτική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω ANOVA: μονόδρομη ANOVA για την ανάλυση των στάσεων απέναντι στο περιβάλλον πριν και μετά την έκθεση στα μέσα (βιβλίο ή AR) και διπλή ANOVA για την αξιολόγηση της ηλικίας και του φύλου των συμμετεχόντων ως μεταβλητές για την ανάλυση της σχέσης τους με τις περιβαλλοντικές στάσεις. Οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων ανέδειξαν αξιόπιστα αποτελέσματα, ενώ οι συνεντεύξεις ενίσχυσαν την βαθύτερη και ποιοτική κατανόηση. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι συμμετέχοντες που χρησιμοποίησαν το βιβλίο ΕΠ παρουσίασαν θετικές αλλαγές στις περιβαλλοντικές τους στάσεις και συμπεριφορές

μετά τη συμμετοχή τους στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Συγκεκριμένα, η ομάδα ΕΠ κατέγραψε σημαντική βελτίωση στις στάσεις απέναντι στη διατήρηση του περιβάλλοντος (αύξηση κατά 15%), στα άγρια ζώα (αύξηση κατά 30%) και στις περιβαλλοντικές αντιλήψεις (NEP - Νέο Περιβαλλοντικό Παράδειγμα) που σημείωσαν άνοδο περίπου 12%. Αντίθετα, η ομάδα βιβλίου παρουσίασε θετικές αλλαγές μόνο στις στάσεις για τα άγρια ζώα, με αύξηση περίπου 10%, ενώ στους άλλους τομείς δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις. Η ηλικία και το φύλο επηρέασαν τα αποτελέσματα. Τα μικρότερα παιδιά (8-10 ετών) εμφάνισαν βελτίωση κατά 25% υψηλότερη σε σχέση με τα μεγαλύτερα (11-13 ετών), ειδικά στην ομάδα ΕΠ. Αναφορικά με το φύλο, τα κορίτσια κατέγραψαν σημαντικότερες αλλαγές, σημειώνοντας διπλάσια πρόοδο στις στάσεις για τη διατήρηση του περιβάλλοντος και των άγριων ζώων συγκριτικά με τα αγόρια. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αυξημένη ενσυναίσθηση – σε ποσοστό 75% - που ανέπτυξαν οι συμμετέχοντες της ομάδας ΕΠ, η οποία αποτυπώθηκε στην αλληλεπίδραση με εικονικά περιβαλλοντικά σενάρια, όπως η προστασία απειλούμενων ειδών. Οι μαθητές αυτοί έδειξαν μεγαλύτερη προθυμία να συμμετάσχουν σε δράσεις βιωσιμότητας, όπως η ανακύκλωση και η φροντίδα φυσικών πόρων. Επιπροσθέτως, η ΕΠ παρέχει όχι μόνο γνωστική, αλλά και συναισθηματική ενίσχυση, δημιουργώντας συνθήκες βαθύτερης εμπλοκής. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη δυναμική της ΕΠ στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης, προσφέροντας ζωντανές και διαδραστικές μαθησιακές εμπειρίες που οδηγούν σε μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση και υπεύθυνη δράση. Συμπερασματικά, η ΕΠ αποτελεί ένα αποτελεσματικό, εργαλείο για την ΠΕ και την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης στα παιδιά, ενώ παράγοντες όπως η ηλικία και το φύλο επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Η ομάδα ΕΠ σημείωσε σημαντικά καλύτερα

αποτελέσματα από την ομάδα Βιβλίου, υποδεικνύοντας τη δυναμική της τεχνολογίας αυτής στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Η μελέτη των **Huh, Park, Sunwoo, Choi & Bhang (2020)** αποσκοπεί στη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της ΕΠ στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, με έμφαση στη σκόνη αιωρούμενων σωματιδίων (fine dust). Το δείγμα αποτέλεσαν 182 μαθητές πρώτης λυκείου από τη Σεούλ (Κορέα), οι οποίοι παρακολούθησαν δύο εκπαιδευτικές συνεδρίες. Η πρώτη περιλάμβανε θεωρητική προσέγγιση μέσω διαλέξεων και συζητήσεων σχετικά με τη φύση και τις επιπτώσεις της σκόνης. Στη δεύτερη, εισήχθη η χρήση ΕΠ για την παρουσίαση πιο σύνθετων θεμάτων, με εκπαιδευτικά βίντεο και εφαρμογές βασισμένες σε τεχνολογία αναγνώρισης εικόνων. Οι συμμετέχοντες εξοικειώθηκαν με την τεχνολογία ΕΠ μέσω πρακτικής εκπαίδευσης πριν την επίσημη διδασκαλία. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με ερωτηματολόγια πριν και μετά την εκπαίδευση, τα οποία αξιολόγησαν τη συνειδητοποίηση, τις στάσεις και την ικανοποίησή των συμμετεχόντων από τη χρήση της ΕΠ, καθώς και με συνεντεύξεις. Για την ανάλυση δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε ποσοτική μεθοδολογία που βασίστηκε στη χρήση της κλίμακας Likert. Επίσης, αξιολογήθηκαν περιγραφικά στατιστικά, όπως η συνολική μέση τιμή, οι μέσες τιμές κάθε ερώτησης, η τυπική απόκλιση, καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές, με υψηλό δείκτη αξιοπιστίας (Cronbach's $\alpha=0.815$).

Η έρευνα ανέδειξε σημαντικά ευρήματα σχετικά τις απόψεις των μαθητών για την ατμοσφαιρική σκόνη και την εκπαιδευτική διαδικασία με βάση την τεχνολογία ΕΠ. Αρχικά, το 86,1% των μαθητών έδειξε έντονο ενδιαφέρον για το θέμα, ενώ το 94% αναγνώρισε τη σοβαρότητα του προβλήματος στην Κορέα. Παράλληλα, οι μαθητές που είχαν προηγούμενη εκπαιδευτική εμπειρία για τη σκόνη εμφάνισαν υψηλότερη αντίληψη της σοβαρότητας του ζητήματος σε ποσοστό 98%, σε σύγκριση με 89,2% εκείνων χωρίς

σχετική εμπειρία. Ωστόσο, η εκπαιδευτική εμπειρία δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την αντίληψη για τη σοβαρότητα, αλλά μαθητές με μεγαλύτερο ενδιαφέρον κατανοούσαν καλύτερα το πρόβλημα. Ειδικότερα, το 57% των μαθητών με υψηλό ενδιαφέρον αναγνώριζε τη σοβαρότητα της σκόνης στα σχολεία, σε σύγκριση με μόλις 25% αυτών με χαμηλό ενδιαφέρον.

Οι στάσεις των μαθητών απέναντι στη σκόνη ήταν μέτριες, με τους μαθητές που είχαν εκπαιδευτική εμπειρία να εμφανίζουν ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα εφαρμογής σχετικών δραστηριοτήτων. Επιπλέον, το ενδιαφέρον επηρέαζε άμεσα την ενεργή συμμετοχή και την πρόθεση εφαρμογής πρακτικών για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής σκόνης. Οι μαθητές με υψηλό ενδιαφέρον παρουσίασαν μέσο σκορ 3,63 στις σχετικές δραστηριότητες, έναντι 2,83 εκείνων με χαμηλό ενδιαφέρον. Σημαντική ήταν η βελτίωση της στάσης όλων των ομάδων μετά την εφαρμογή της καινοτόμου εκπαιδευτικής μεθόδου ΕΠ. Συγκεκριμένα, το μέσο σκορ στις δραστηριότητες αυξήθηκε από 3,35 σε 4,23, με μεγαλύτερη αύξηση σε μαθητές με χαμηλό αρχικό ενδιαφέρον. Το μέσο επίπεδο ικανοποίησης από την πρόσφατη ΠΕ για τη σκόνη ήταν επίσης μέτριο (52,5%), με τη μορφή "διάλεξη και βίντεο" να κυριαρχεί. Ωστόσο, το 80% των δυσανεγισμένων μαθητών θεώρησαν ότι τα μαθήματα ήταν θεωρητικά και μη ενδιαφέροντα.

Η εισαγωγή της τεχνολογίας ΕΠ είχε θετική επίδραση, καθώς κρίθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη. Η συνολική στάση των μαθητών βελτιώθηκε, με το μέσο επίπεδο εφαρμογής δραστηριοτήτων να αυξάνεται από 3,35 σε 4,23. Η μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρήθηκε σε μαθητές με χαμηλό αρχικό ενδιαφέρον και χωρίς προηγούμενη εμπειρία στη σχετική εκπαίδευση. Επιπλέον, το 79% των μαθητών βρήκαν την εκπαίδευση ΕΠ ευχάριστη, ενώ το 80% τη θεώρησε χρήσιμη για την κατανόηση της ύλης, με το βαθμό ενδιαφέροντος να επηρεάζει την ικανότητα κατανόησης. Τέλος, η εκπαιδευτική εμπειρία ενίσχυε τη

διάθεση συμμετοχής των μαθητών στις δραστηριότητες ΕΠ περισσότερο από των άπειρων μαθητών.

Η έρευνα διαπίστωσε ότι η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση για τη λεπτή σκόνη είχε σημαντικά θετικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, βελτίωσε την κατανόηση των μαθητών για τη λεπτή σκόνη και αύξησε το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή τους στη μάθηση. Ακόμα, η ΕΠ βοήθησε τους μαθητές να οπτικοποιήσουν αφηρημένες έννοιες και να κατανοήσουν τις επιπτώσεις της σκόνης, ενώ ενίσχυσε τη σύνδεση θεωρίας και πράξης. Η εκπαίδευση με ΕΠ αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική για μαθητές με περιορισμένο ενδιαφέρον ή προηγούμενη γνώση, ενώ υποστηρίζει τη βιωσιμότητα μέσω της προώθησης περιβαλλοντικής συνείδησης και θετικών συμπεριφορών.

Ο **Hsieh (2021)** διερεύνησε την επίδραση της ΕΠ στη διδασκαλία των οστρακοειδών, καθώς και την σύγκριση της ΕΠ με τη παραδοσιακή διδασκαλία. Συγκεκριμένα, εξέτασε αν η χρήση της ΕΠ μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση, την κατανόηση και την κινητοποίηση των μαθητών, προσφέροντας μια πιο αυθεντική και ενδιαφέρουσα εμπειρία μάθησης.

Στην έρευνα συμμετείχαν 22 μαθητές της Δ' τάξης δημοτικού σχολείου της Ταιβάν, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: την πειραματική και την ομάδα ελέγχου. Στην πειραματική, οι μαθητές χρησιμοποίησαν ένα βιβλίο εικόνας ΕΠ για τα όστρακα, ενώ στην ομάδα ελέγχου η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε με παραδοσιακά πολυμεσικά υλικά, όπως διαφάνειες PowerPoint και δισδιάστατο βιβλίο εικόνας. Η ερευνητική διαδικασία περιλάμβανε τρία μέρη: την εισαγωγή στον όρο των οστράκων, τη χρήση των υλικών και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μέσω δοκιμασιών και ερωτηματολογίων. Ακολουθήθηκε πειραματική μέθοδος, με τη χρήση προ- και μετεξεταστικών τεστ κι ενός ερωτηματολογίου για την αξιολόγηση της μαθησιακής επίδοσης και των κινήτρων αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια της μάθησης. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω των 2 τεστ

γνώσης και του ερωτηματολογίου κινητοποίησης που βασίζεται στο μοντέλο ARCS του Keller, το οποίο αξιολογεί την προσοχή, τη σημασία, την αυτοεκτίμηση και την ικανοποίηση των μαθητών. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω στατιστικών τεστ, όπως το t-test για εξαρτημένα δείγματα και το t-test για ανεξάρτητα δείγματα, για να συγκριθούν οι επιδόσεις των δύο ομάδων πριν και μετά την παρέμβαση. Τα ευρήματα έδειξαν σημαντικές διαφορές στην επίδοση των μαθητών μεταξύ του προ- και του μετεξεταστικού τεστ στις δύο ομάδες. Στην πειραματική, οι μαθητές παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στην επίδοσή τους μετά τη χρήση της ΕΠ, με την μέση βαθμολογία να αυξάνεται από 43.18 σε 69.55. Παράλληλα, η ομάδα ελέγχου παρουσίασε επίσης βελτίωση (από 42.73 σε 63.18), αλλά η διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Αντίστοιχα, η ανάλυση των δεδομένων για τη κινητοποίηση των μαθητών έδειξε ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφάνισαν υψηλότερα αποτελέσματα στις διαστάσεις της προσοχής, της σημασίας, της αυτοεκτίμησης και της ικανοποίησης σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, αν και πάλι οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές. Εν κατακλείδι, η χρήση της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία ενίσχυσε τη μάθηση και βελτίωσε τα κίνητρα των μαθητών, αν και οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων δεν ήταν πάντα στατιστικά σημαντικές λόγω του μικρού δείγματος. Ψηφιακές τεχνολογίες, όπως η ΕΠ, αποτελούν πολύτιμα εργαλεία στην εκπαίδευση, ενισχύοντας τη μάθηση και παρέχοντας μια διαδραστική και ενδιαφέρουσα εμπειρία, ιδιαίτερα σε τομείς όπως η θαλάσσια εκπαίδευση.

Στις παραπάνω έρχεται να προστεθεί η μελέτη των **Lo, Lai, & Hsu (2021)**, η οποία εστιάζει στη χρήση της ΕΠ για τη βελτίωση της εμπειρικής μάθησης και της ΠΕ μέσω της ανάπτυξης μιας αυτοσχέδιας εφαρμογής ΕΠ, της *Campus Tree Guide*. Η εφαρμογή, ως διαδραστικό εργαλείο, λειτούργησε μέσω κινητών συσκευών για την ενίσχυση της

κατανόησης της βιοποικιλότητας και της σύνδεσης των μαθητών με το φυσικό περιβάλλον, εξοικειώνοντάς τους με τα φυτά και τα δέντρα της σχολικής αυλής και παρέχοντας πληροφορίες για τη διατροφή των πεταλούδων και την οικολογική διατήρηση. Στόχοι της ήταν η αξιολόγηση του τρόπου χρήσης των συσκευών από μαθητές και εκπαιδευτικούς και η διερεύνηση παραγόντων που επηρεάζουν την πρόθεση χρήσης της εφαρμογής από τους μαθητές. Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 77 μαθητές ενός δημοτικού σχολείου σε αγροτική περιοχή της Ταϊβάν, οι οποίοι συμμετείχαν σε δράσεις εξωτερικής μάθησης με φορητές συσκευές. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ερωτηματολογίου που περιλάμβαναν πέντε διαστάσεις: βασικές πληροφορίες μαθητών (φύλο, ηλικία, εμπειρία χρήσης εφαρμογών, ψηφιακή παιδεία), αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα και ευκολία χρήσης της εφαρμογής ΕΠ, στάση απέναντι στη χρήση της εφαρμογής, και παράγοντες που σχετίζονται με την πρόθεση χρήσης. Οι μαθητές συμμετείχαν σε μια εκπαιδευτική διαδικασία, όπου χρησιμοποίησαν φορητές κινητές συσκευές για αυτόνομη κινητή μάθηση. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν ποιοτικές συνεντεύξεις και παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του SPSS Statistics και του θεωρητικού εργαλείου TAM. Επιπροσθέτως, εφαρμόστηκαν περιγραφικές στατιστικές για την επεξεργασία των 77 ερωτηματολογίων, με στόχο την ανάλυση των δημογραφικών χαρακτηριστικών και άλλων σχετικών πληροφοριών των συμμετεχόντων, όπως η εμπειρία χρήσης εφαρμογών πληροφορικής και το υπόβαθρο ψηφιακής γνώσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα (PU) και ευχρηστία (PEU) της εφαρμογής επηρεάζονται από παράγοντες όπως η ηλικία και η ψηφιακή εγγραμματοσύνη των μαθητών. Συγκεκριμένα, οι μικρότεροι μαθητές θεώρησαν την εφαρμογή πιο χρήσιμη, πιθανώς λόγω της αυξημένης συμμόρφωσής τους

με τις οδηγίες των εκπαιδευτικών και της χαμηλότερης πολυπλοκότητας που αντιλαμβάνονται σε σχέση με τους μεγαλύτερους μαθητές. Η ψηφιακή εγγραμματοσύνη, που εκτιμήθηκε βάσει εμπειριών χρήσης κινητών συσκευών και δεξιοτήτων αναζήτησης στο διαδίκτυο, συνδέθηκε θετικά με τη χρησιμότητα της εφαρμογής, με τους μαθητές χαμηλότερης ψηφιακής εγγραμματοσύνης να την αξιολογούν ως πιο χρήσιμη. Επίσης, η ευχρηστία επηρέασε θετικά τη χρησιμότητα, ενισχύοντας την άποψη ότι οι μαθητές που βρήκαν την εφαρμογή εύκολη στη χρήση την αξιολόγησαν επίσης ως πιο χρήσιμη. Η ευχρηστία και η χρησιμότητα επηρέασαν σημαντικά τη στάση των μαθητών απέναντι στη χρήση της εφαρμογής, ενώ η θετική στάση συνδέθηκε με υψηλότερη πρόθεση χρήσης. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στη χρησιμότητα και το φύλο ή την εμπειρία των μαθητών με πληροφοριακές εφαρμογές. Συμπερασματικά, η ΕΠ ενισχύει τη μαθησιακή εμπειρία, προωθεί τη συμμετοχή των μαθητών και υποστηρίζει μαθητές με χαμηλότερες επιδόσεις να ενταχθούν στη μαθησιακή διαδικασία. Επιπλέον, παρέχει ευκαιρίες για τεχνολογική ανάπτυξη σε μαθητές απομακρυσμένων περιοχών. Η ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στην εκπαίδευση μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αυτοπεποίθησης των μαθητών στη χρήση πληροφοριακών εφαρμογών και να υποστηρίξει την ισότιμη πρόσβαση στη γνώση.

Η έρευνα των **Arvola, Fuchs, Nyman, & Szczepanski (2021)** διερεύνησε τη χρήση της κινητής ΕΠ σε συνδυασμό με την υπαίθρια εκπαίδευση, προκειμένου να ενισχυθεί η αυθεντικότητα της διδασκαλίας και η σύνδεση των μαθητών με το τοπικό περιβάλλον. Το έργο, το οποίο φέρει την ονομασία VASS (ακρωνύμιο του σουηδικού όρου που μεταφράζεται ως «ο εικονικός κόσμος συναντά τον αυθεντικό κόσμο στη συναισθηματική και ολοκληρωμένη μάθηση»), υλοποιήθηκε στην Σουηδία και διήρκεσε 3 χρόνια, 2012 - 2015. Οι ερευνητές ανέπτυξαν την πλατφόρμα Minnesmark, ένα

εργαλείο κινητής ΕΠ, και πραγματοποίησαν τρεις κύκλους σχεδίασης και αξιολόγησης χρηστικότητας της πλατφόρμας, με τη συμμετοχή 13 εκπαιδευτικών και 9 μη εκπαιδευτικών. Ενώ στην τελική αξιολόγηση πήραν μέρος 14 εκπαιδευτικοί, οι οποίοι κλήθηκαν να δημιουργήσουν δικές τους διαδρομές στην πλατφόρμα, εντοπίζοντας προβλήματα χρηστικότητας. Η έρευνα διεξήχθη σε δύο βασικές τοποθεσίες: ένα δημοτικό σχολείο και ένα κέντρο δραστηριοτήτων σχετιζόμενο με την ΠΕ και την Αειφόρο Ανάπτυξη. Στους προαναφερθέντες συμμετέχοντες, προστίθενται μαθητές Ε' δημοτικού (άγνωστου αριθμού – [α.α.]) οι οποίοι έλαβαν μέρος σε διάφορες υπαίθριες δραστηριότητες, όπως μαθήματα με χρήση ΕΠ, μαθήματα για το νερό, προετοιμασία φαγητού, καθώς επίσης, 6 εκπαιδευτικοί, διαφορετικής διδακτικής εμπειρίας, και 12 μαθητές (9-12 ετών) οι οποίοι συμμετείχαν σε συνεντεύξεις και παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων.

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω διαφόρων μεθόδων, όπως σημειώσεις από συναντήσεις, ανάλυση 419 ηλεκτρονικών μηνυμάτων, παρατηρήσεις και συνεντεύξεις, εργαστήρια δημιουργίας εννοιών, δοκιμές πρωτοτύπων της πλατφόρμας Minnesmark, καθώς και ημιδομημένες ομαδικές συνεντεύξεις με δασκάλους και μαθητές, εστιάζοντας στις εμπειρίες τους σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας και του υπαίθριου χώρου ως εκπαιδευτικού περιβάλλοντος. Η ανάλυση δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω θεματικής κατηγοριοποίησης και φαινομενογραφικής προσέγγισης. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης, διαγράμματα συσχετίσεων και ιεραρχική ανάλυση εργασιών για την κατανόηση των στόχων και υποστόχων των συμμετεχόντων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση κινητής ΕΠ , όπως η πλατφόρμα Minnesmark, μπορεί να εμπλουτίσει το τοπίο γύρω από το σχολείο, και να προσφέρει νέες ευκαιρίες και προκλήσεις για διδασκαλία και μάθηση. Οι εκπαιδευτικοί έκριναν ότι η διαδικασία

τούς βοήθησε να εξερευνήσουν τις δυνατότητες συνδυασμού υπαίθριας εκπαίδευσης και ΕΠ, ενώ παράλληλα τους υπέδειξε την ανάγκη περαιτέρω επιμόρφωσης σ' αυτά τα πεδία. Μαθητές και εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν τους φυσικούς χώρους γύρω από το σχολείο, όπως την αυλή, τα πάρκα και ιστορικά σημεία, για να συνδέσουν τα μαθήματα με το περιβάλλον. Η χρήση tablet και εργαλείων ΕΠ επέτρεψε στους μαθητές να εξερευνούν τις τοποθεσίες, να συλλέγουν δεδομένα και να ολοκληρώνουν εργασίες. Οι QR κωδικοί και οι συντεταγμένες GPS εμπλούτισαν τη μάθηση, επιτρέποντας στους μαθητές να συνδέουν τις τοποθεσίες με εκπαιδευτικό περιεχόμενο, όπως ιστορικές αναφορές ή φυσικά φαινόμενα. Παρότι οι μαθητές βρήκαν το Minnesmark εύχρηστο και διασκεδαστικό, οι εκπαιδευτικοί αντιμετώπισαν προκλήσεις τόσο αναφορικά με την ασφάλεια των μαθητών κατά τη διάρκεια των υπαίθριων δραστηριοτήτων, όσο και κατά την προετοιμασία του υλικού, όπως η δημιουργία πανοραμάτων ή τρισδιάστατων αντικειμένων. Οι δραστηριότητες συχνά περιλάμβαναν εξερεύνηση τοποθεσιών, συλλογή φωτογραφιών και ανάλυση δεδομένων στην τάξη, ενισχύοντας τη σύνδεση μεταξύ υπαίθριας εμπειρίας και εκπαιδευτικών στόχων. Η χρήση της ΕΠ γεφύρωσε την εκπαίδευση εντός και εκτός τάξης. Μαθητές και εκπαιδευτικοί συνειδητοποίησαν η ΕΠ επίδρασε θετικά στις τέσσερις διαστάσεις της υπαίθριας εκπαίδευσης - αισθητηριακή εμπειρία, αυθεντικότητα, βιωματική μάθηση και αναστοχαστική πρακτική. Συνοψίζοντας, η κινητή ΕΠ δύναται να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο ενσωμάτωσης της υπαίθριας εκπαίδευσης, γεφυρώνοντας την εμπειρία εντός και εκτός τάξης. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα και υποστήριξη για την πλήρη αξιοποίησή της από τους εκπαιδευτικούς, καθώς και αντιμετώπιση των δυσκολιών προσαρμογής των δραστηριοτήτων στους εκπαιδευτικούς στόχους.

Τη σκυτάλη παίρνει η μελέτη των **Wang, Tekler, Cheah, Herremans, & Blessing**

(2021) διερευνώντας την επίδραση ενός σοβαρού παιχνιδιού, του PEAR, στην ευαισθητοποίηση για ζητήματα κλιματικής αλλαγής και στη διαμόρφωση βιώσιμων συμπεριφορών. Το παιχνίδι σχεδιάστηκε με τη χρήση κινητής ΕΠ και γεωεντοπισμού, παρέχοντας μια διαδραστική και ευχάριστη εμπειρία για την ενίσχυση των γνώσεων και των στάσεων των συμμετεχόντων απέναντι σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Η μελέτη επιδιώκει να αποδείξει την αποτελεσματικότητα των σοβαρών παιχνιδιών στη βιωσιμότητα, αξιολογώντας τις αλλαγές στις γνώσεις και τις συμπεριφορές των συμμετεχόντων πριν και μετά τη χρήση του παιχνιδιού.

Το δείγμα αποτέλεσαν 85 φοιτητές πανεπιστημίου στη Σιγκαπούρη, εκ των οποίων μόνο 37 ολοκλήρωσαν όλες τις απαιτούμενες δραστηριότητες του παιχνιδιού και συμμετείχαν στα ερωτηματολόγια πριν και μετά το παιχνίδι. Η μελέτη διεξήχθη από Ιανουάριο έως Μάρτιο 2021. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω δύο ερωτηματολογίων που σχεδιάστηκαν βάσει του Πλαισίου Θεωρίας Προγραμματισμένης Συμπεριφοράς (TPB). Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν ερωτήσεις αξιολόγησης στάσεων, αντιλήψεων κοινωνικών κανόνων και αντιλαμβανόμενου ελέγχου, καθώς και ερωτήσεις γνώσεων για θέματα βιωσιμότητας. Τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν πριν και μετά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού, ώστε να αξιολογηθούν οι αλλαγές στις απόψεις και τις γνώσεις των συμμετεχόντων. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με συνδυασμό ποσοτικών και ποιοτικών μεθόδων. Χρησιμοποιήθηκαν εξαρτημένα t-tests για τη σύγκριση των απαντήσεων πριν και μετά το παιχνίδι. Επιπλέον, μελετήθηκε πιθανή συσχέτιση μεταξύ της αλλαγής στη συμπεριφορά και της απόκτησης γνώσεων, ενώ κανονικοποιήθηκαν τα δεδομένα για την καλύτερη ερμηνεία των μεταβολών. Παρά την απουσία τυχαιοποίησης και ομάδας ελέγχου, οι ερευνητές προσπάθησαν να διαχειριστούν πιθανές πηγές μεροληψίας, όπως η αυτο-επιλογή των συμμετεχόντων.

Τα ευρήματα έδειξαν ότι το παιχνίδι PEAR βελτίωσε σημαντικά τις γνώσεις των συμμετεχόντων σε θέματα βιωσιμότητας και κλιματικής αλλαγής. Οι ερωτήσεις για την ανακύκλωση και την αναδάσωση είχαν σημαντικά αυξημένα ποσοστά σωστών απαντήσεων, ενώ οι ερωτήσεις για τη μόλυνση του νερού και την ενέργεια δεν παρουσίασαν αντίστοιχη βελτίωση. Αναφορικά με τη συμπεριφορά, οι συμμετέχοντες ένιωσαν μεγαλύτερο έλεγχο στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων, ιδιαίτερα σε απλές πράξεις όπως η ανακύκλωση. Ωστόσο, ορισμένες στάσεις, όπως η σημασία της αναδάσωσης, δεν παρουσίασαν σημαντική μεταβολή, πιθανώς επειδή οι περισσότεροι συμμετέχοντες είχαν ήδη θετική στάση πριν παίξουν το παιχνίδι. Παρότι το παιχνίδι αύξησε τη γενική προθυμία των συμμετεχόντων να ασχοληθούν με θέματα βιωσιμότητας, δεν σημείωσε σημαντική βελτίωση στη δέσμευσή τους να συνεχίσουν να παίζουν το παιχνίδι, καθώς η απώλεια παικτών κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ήταν υψηλή, ίσως λόγω έλλειψης ενδιαφέροντος για την εισαγωγή ή τεχνικών προβλημάτων. Ομοίως, παρά την ενίσχυση της πρόθεσης να μάθουν για την κλιματική αλλαγή μέσω του παιχνιδιού, το ενδιαφέρον για τη συνέχιση της χρήσης του παρέμεινε περιορισμένο. Συνολικά, η μελέτη καταλήγει στο ότι σοβαρά παιχνίδια, όπως το PEAR, αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για την ΠΕ, προωθώντας γνώσεις και βιώσιμες συμπεριφορές. Παρά τις προκλήσεις στη σχεδίαση και υλοποίησή τους, τα ευρήματα αναδεικνύουν το δυναμικό των σοβαρών παιχνιδιών για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Η έρευνα του **Chen (2022)** επικεντρώνεται στη διερεύνηση της μάθησης για το περιβάλλον από εκπαιδευτική σκοπιά, με ιδιαίτερη έμφαση στα προγράμματα βιωσιμότητας και την καλλιέργεια περιβαλλοντικών στάσεων και συμπεριφορών. Βασικός στόχος της ήταν η ανάπτυξη ψηφιακών βιβλίων ΕΠ ενσωματώνοντας την

τοπική κουλτούρα της Ταϊβάν. Το συγκεκριμένο υλικό σχεδιάστηκε με βάση το φυσικό οικοσύστημα του νησιού Orchid (Ταϊβάν), στοχεύοντας στη χρήση της ΕΠ στην ΠΕ και στην καλλιέργεια των στάσεων για την ΠΕ και τη βιωσιμότητα. Το δείγμα αποτελούνταν από 52 μαθητές της έκτης τάξης δημοτικών σχολείων στην Ταϊλάνδη και την Ιαπωνία, οι οποίοι συμμετείχαν σε διαπολιτισμικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίων, τα οποία περιλάμβαναν κλίμακες μέτρησης αυτό-αποτελεσματικότητας στη μάθηση επιστημών, περιβαλλοντικών στάσεων και συμπεριφορών, καθώς και μέσω ποιοτικών συνεντεύξεων, για τη διερεύνηση των απόψεων και συναισθημάτων τους σχετικά με τα ψηφιακά βιβλία ΕΠ. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν κλίμακες ευαισθησίας για τη διαπολιτισμική κατανόηση, ενώ όλα τα ερωτηματολόγια σχεδιάστηκαν με προσοχή στις πολιτισμικές ιδιαιτερότητες των δύο χωρών. Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε στην περιγραφική στατιστική και στη χρήση της μεθόδου μερικών ελαχίστων τετραγώνων (PLS), η οποία είναι κατάλληλη για μικρά δείγματα. Οι υποθέσεις ελέγχθηκαν με τον αλγόριθμο PLS και τη μέθοδο bootstrap, ενώ η επίδραση διαμεσολάβησης εξετάστηκε με τη μέθοδο του Baron και Kenny, καθώς και με το Sobel test. Η αξιολόγηση της εγκυρότητας των εργαλείων υπέδειξε καλή συνέπεια και αξιοπιστία των μετρήσεων (Cronbach's alpha = 0.90 - 0.95).

Τα ευρήματα έδειξαν πως οι μαθητές από την Ταϊβάν και την Ιαπωνία παρουσίασαν παρόμοιες στάσεις και αξίες, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές στην πολιτιστική ευαισθησία τους. Η ανάλυση των περιγραφικών δεδομένων αποκάλυψε σημαντικές πληροφορίες για τις τρεις βασικές μεταβλητές της έρευνας. Όσον αφορά την αυτο-αποτελεσματικότητα στη μάθηση των επιστημών, παρατηρήθηκε διακύμανση στις απαντήσεις των μαθητών. Ο υψηλότερος μέσος όρος (5.92) σημειώθηκε στις δηλώσεις

που αφορούσαν την αυτοπεποίθηση των μαθητών για τις εκπαιδευτικές επιδόσεις τους με τη χρήση ψηφιακών βιβλίων ΕΠ. Αντίθετα, ο χαμηλότερος μέσος όρος (5.39) σημειώθηκε στην ερώτηση που αξιολογούσε την αυτοπεποίθηση των μαθητών όταν οι συμμαθητές τους αποδίδουν καλά σε παρόμοιες δραστηριότητες. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η αυτο-αποτελεσματικότητα επηρεάζεται από τον τρόπο διδασκαλίας και το επίπεδο φόρτου που προκαλεί το περιεχόμενο των ψηφιακών βιβλίων. Στις περιβαλλοντικές στάσεις, οι μαθητές έδειξαν ιδιαίτερα υψηλή ευαισθησία σε θέματα δικαιώματος ύπαρξης όλων των έμβιων όντων (μέσος όρος 5.73) και κατανόηση των συνεπειών της υπερβολικής εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στην κλιματική αλλαγή (μέσος όρος 5.71). Ωστόσο, οι μαθητές δήλωσαν χαμηλότερη πρόθεση να πληρώσουν περιβαλλοντικούς φόρους (μέσος όρος 5.21), γεγονός που αποδίδεται στην περιορισμένη οικονομική τους δυνατότητα. Συνολικά, οι μαθητές φάνηκαν να αντιλαμβάνονται τη σημασία της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και την ανάγκη δράσης, αλλά οι οικονομικοί παράγοντες περιορίζουν τις αποφάσεις τους. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές συμπεριφορές, οι μαθητές εμφάνισαν υψηλή προθυμία να διαβάσουν βιβλία ή αναφορές για το περιβάλλον (μέσος όρος 5.79), καθώς και να συλλέγουν σκουπίδια από παραλίες (μέσος όρος 5.67). Ωστόσο, η χαμηλότερη βαθμολογία (μέσος όρος 5.52) σημειώθηκε στην ερώτηση που αφορούσε την πρόθεση αναφοράς περιβαλλοντικής ζημιάς στις αρμόδιες αρχές. Αυτό υποδηλώνει ότι, παρόλο που οι μαθητές ενδιαφέρονται για την προστασία του περιβάλλοντος, ενδέχεται να μην έχουν την απαραίτητη αυτοπεποίθηση ή γνώση για να αναλάβουν δράση σε τέτοιες περιπτώσεις.

Η ανάλυση της δομής του μοντέλου επιβεβαίωσε δύο από τις τρεις βασικές υποθέσεις.

Οι περιβαλλοντικές στάσεις επηρεάζουν θετικά τις περιβαλλοντικές συμπεριφορές

(0.725), ενώ η αυτο-αποτελεσματικότητα στη μάθηση των επιστημών επηρεάζει θετικά τις περιβαλλοντικές στάσεις (0.674). Ωστόσο, δεν βρέθηκε άμεση επίδραση της αυτο-αποτελεσματικότητας στις περιβαλλοντικές συμπεριφορές (0.164). Τέλος, εξετάστηκε η διαμεσολαβητική επίδραση των περιβαλλοντικών στάσεων μεταξύ της αυτο-αποτελεσματικότητας και των περιβαλλοντικών συμπεριφορών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αυτο-αποτελεσματικότητα επηρεάζει θετικά τις περιβαλλοντικές συμπεριφορές μέσω της επίδρασής της στις περιβαλλοντικές στάσεις. Ο συντελεστής επίδρασης της αυτο-αποτελεσματικότητας στις περιβαλλοντικές συμπεριφορές μειώθηκε από 0.489 σε 0.164 με την εισαγωγή του διαμεσολαβητικού παράγοντα, αλλά η συνολική εξηγητική ισχύς του μοντέλου αυξήθηκε. Αυτό υποδηλώνει ότι η επίδραση της αυτο-αποτελεσματικότητας στις περιβαλλοντικές συμπεριφορές είναι έμμεση και εξαρτάται από την ενίσχυση των περιβαλλοντικών στάσεων.

Εν κατακλείδι, τα ΕΠ ψηφιακά βιβλία εικόνων ενισχύουν τις περιβαλλοντικές στάσεις των μαθητών μέσω της οπτικής παρουσίασης γνώσεων, αλλά έχουν περιορισμένη επίδραση στις περιβαλλοντικές τους συμπεριφορές. Εντοπίστηκαν τεχνικές προκλήσεις, όπως σφάλματα αναγνώρισης και μειωμένο ενδιαφέρον λόγω επαναληψιμότητας. Ωστόσο, η χρήση τους αύξησε το ενδιαφέρον για εξερεύνηση και βελτίωσε τη διαπολιτισμική κατανόηση. Τονίζεται η ανάγκη περαιτέρω έρευνας για τη βελτίωση των εργαλείων ΕΠ και την ενίσχυση της σύνδεσης μεταξύ γνώσεων, στάσεων και περιβαλλοντικής δράσης.

Στη συνέχεια συναντάται η έρευνα των **Γρηγορίου, Ατζέμη, Βασιλείου, Λιόλιου, Ευαγγέλου, & Κλεφτοδήμος (2022)**, η οποία εστιάζει εστίασε στην αξιολόγηση της ψηφιακής εφαρμογής «Ντολτσό: Μια παραδοσιακή συνοικία της Καστοριάς στο πέρασμα του χρόνου», που σχεδιάστηκε για να αναδείξει την τοπική πολιτισμική

κληρονομιά και να ενισχύσει τη μαθησιακή εμπειρία. Ο κύριος στόχος της έρευνας ήταν να διερευνηθούν οι απόψεις μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τον τεχνικό σχεδιασμό, τη χρηστικότητα, το θεματικό περιεχόμενο και την ελκυστικότητα της εφαρμογής, καθώς και τα κίνητρα που αυτή παρέχει για συνεργασία και περαιτέρω χρήση. Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα έντυπο ερωτηματολόγιο, ανώνυμο και διαρθρωμένο σε τρεις ενότητες. Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε ερωτήσεις δημογραφικού χαρακτήρα, αξιολόγησης του εκπαιδευτικού προγράμματος, καθώς και κλειστού τύπου ερωτήσεις για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της εφαρμογής, με τις απαντήσεις να καταγράφονται σε πενταβάθμια κλίμακα Likert. Το δείγμα της έρευνας αποτελούσαν 158 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Περιφερειακής Ενότητας Καστοριάς, οι οποίοι συμμετείχαν στο αντίστοιχο εκπαιδευτικό πρόγραμμα του Κ.Ε.Π.Ε.Α. Καστοριάς κατά τη σχολική χρονιά 2021-2022. Τα δεδομένα αναλύθηκαν ποσοτικά με σκοπό την ανάδειξη τάσεων και συμπερασμάτων. Τα ερωτήματα της τρίτης ενότητας του ερωτηματολογίου βασίστηκαν σε προσαρμογές ερευνητικών εργαλείων που αφορούσαν την αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα της τεχνολογίας, την ελκυστικότητα παιχνιδιών επαυξημένης πραγματικότητας και την ικανοποίηση από τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων μάθησης.

Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι η πλειονότητα των μαθητών αξιολόγησε θετικά τη χρηστικότητα της εφαρμογής, με το 82,91% να θεωρεί την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον της εύκολη ή πολύ εύκολη. Επιπλέον, το 84,17% εκτίμησε ότι η χρήση της εφαρμογής συνέβαλε στη βελτίωση των γνώσεων τους για την πολιτισμική κληρονομιά της Καστοριάς. Αναφορικά με την ευχαρίστηση που προσέφερε η εφαρμογή, το 81,01% των μαθητών δήλωσε ότι ένιωσαν πολύ ή πάρα πολύ ικανοποιημένοι από τη διαδικασία, ενώ το 75,95% εκτίμησε ότι η εφαρμογή τους

παρακίνησε να συνεργαστούν με συμμαθητές τους σε εξωτερικό χώρο. Τέλος, το 81,01% των συμμετεχόντων εξέφρασε την επιθυμία να επαναχρησιμοποιήσει μια παρόμοια εφαρμογή στο μέλλον, με διαφορετικό θεματικό περιεχόμενο. Τα συνολικά συμπεράσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν την εκπαιδευτική αξία της εφαρμογής, τονίζοντας την ικανότητά της να ενισχύει τη μαθησιακή εμπειρία μέσω του συνδυασμού παιγνιωδών χαρακτηριστικών και εκπαιδευτικού περιεχομένου. Η χρήση ψηφιακών μέσων, όπως ο χάρτης και ο γεωεντοπισμός, σε συνδυασμό με τις ερωτήσεις και τα κείμενα ανατροφοδότησης, συνέβαλε στην ευαισθητοποίηση των μαθητών για την τοπική πολιτισμική κληρονομιά. Η εφαρμογή, σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς, πέτυχε να διατηρήσει το ενδιαφέρον των μαθητών, συνδυάζοντας τη φυσική και ψηφιακή περιήγηση με τρόπο ευχάριστο και αποδοτικό.

Η έρευνα των **Katika, Karaseitanidis, Tsiakou, Makropoulos, & Amditis (2022)** επικεντρώθηκε στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο μια εφαρμογή ΕΠ μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση και την εμπλοκή των πολιτών με τις αρχές της Κυκλικής Οικονομίας (ΚΟ). Στόχοι της έρευνας ήταν να αξιολογηθεί η συμμετοχή πολιτών που δεν είχαν εξοικείωση με τις αρχές της ΚΟ, να εξεταστεί η ένταξη συμμετεχόντων από διάφορες κοινωνικές ομάδες (ηλικίες, μορφωτικά επίπεδα, φύλο) και να διαπιστωθεί η δυνατότητα συμμετοχής ατόμων χωρίς προηγούμενη επαφή με την ΕΠ. Η έρευνα επιδίωξε τη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού και συμπεριληπτικού περιβάλλοντος που μετατρέπει τους πολίτες από παθητικούς δέκτες σε ενεργούς χρήστες. Χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή ΕΠ Circular, η οποία μέσω διαδραστικού περιεχομένου, παρέχει εκπαιδευτικές και ελκυστικές εμπειρίες για την κατανόηση και εφαρμογή της ΚΟ. Η εφαρμογή λειτουργεί σε Android smartphones, χρησιμοποιεί GPS για εντοπισμό θέσης και συνδυάζει εμπειρίες με QR κωδικούς και τοποθεσία. Περιλαμβάνει στοιχεία

παιχνιδοποίησης, κουίζ, τρισδιάστατα μοντέλα και έναν εικονικό βοηθό για μια διασκεδαστική, αλλά εκπαιδευτική εμπειρία.

Το δείγμα της έρευνας περιλάμβανε 127 πολίτες του Δήμου Καρδίτσας και 101 συμμετέχοντες από το γενικό κοινό, οι οποίοι επιλέχθηκαν μέσω ανοιχτής πρόσκλησης σε κοινωνικά δίκτυα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω διαδικτυακής έρευνας τριών σταδίων: συλλογή δημογραφικών στοιχείων και τεχνολογικού προφίλ, έκθεση των συμμετεχόντων σε βίντεο διάρκειας 3 λεπτών σχετικά με την εφαρμογή ΕΠ και αξιολόγηση της εμπειρίας μέσω ερωτηματολογίου βασισμένου στην Κλίμακα Εμπλοκής Χρηστών (UES). Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αξιολογήσουν την αισθητική, τη χρηστικότητα, την καινοτομία και την ικανότητά τους να κατανοούν τις αρχές της ΚΟ. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με στατιστικές μεθόδους, όπως περιγραφική στατιστική, παραμετρικές δοκιμές, ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) και μοντελοποίηση δομικών εξισώσεων (SEM). Οι απαντήσεις καταγράφηκαν σε κλίμακα Likert 4 βαθμίδων, ενώ η αξιοπιστία των δεδομένων εξασφαλίστηκε μέσω του δείκτη Cronbach's alpha.

Η έρευνα, ανέδειξε σημαντικά ευρήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ΕΠ ως εργαλείο ενίσχυσης της εμπλοκής των πολιτών με τις αρχές της ΚΟ. Η εφαρμογή CirculAR βελτίωσε την κατανόηση και την εμπλοκή των συμμετεχόντων στις αρχές της ΚΟ. Συγκεκριμένα, το 75% των συμμετεχόντων δήλωσε αυξημένο ενδιαφέρον για την ΚΟ, ενώ το 83% ανέφερε μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση σχετικά με την εφαρμογή αυτών των αρχών. Οι συμμετέχοντες με χαμηλή εξοικείωση με την ΚΟ βρήκαν την εφαρμογή πιο χρήσιμη και ένιωσαν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση (έως και 30% υψηλότερη σε σχέση με τους εξοικειωμένους χρήστες). Αντίθετα, πολίτες με υψηλή γνώση της ΚΟ βρήκαν την εφαρμογή λιγότερο αποτελεσματική. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα ότι πολίτες

χωρίς πανεπιστημιακή εκπαίδευση ανέφεραν υψηλότερα επίπεδα αυτοπεποίθησης και ενδιαφέροντος, καθώς και μεγαλύτερη διάθεση να συστήσουν την εφαρμογή σε φίλους. Οι νεότεροι συμμετέχοντες (κάτω των 45 ετών) παρουσίασαν υψηλότερα επίπεδα δέσμευσης/εμπλοκής, πιθανώς λόγω μεγαλύτερης εξοικείωσης με την τεχνολογία, ενώ οι μεγαλύτεροι σε ηλικία είχαν πιο ουδέτερες αντιλήψεις για την αισθητική και τη χρηστικότητα της εφαρμογής. Η τεχνολογική εξοικείωση (π.χ., χρήση ΕΠ και mobile games) επηρέασε θετικά την αντίληψη της χρηστικότητας του εργαλείου. Επιπλέον, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των φύλων στις περισσότερες παραμέτρους εμπλοκής. Η ενσωμάτωση στοιχείων παιχνιδοποίησης, όπως κουίζ και εικονικά σήματα, συνέβαλε στη διασκέδαση και την εκπαιδευτική αξία της εμπειρίας. Συνοψίζοντας, η ΕΠ αποτελεί ένα καινοτόμο, συμπεριληπτικό και αποτελεσματικό εργαλείο για την προώθηση της συμμετοχής στις αρχές της ΚΟ. Η εφαρμογή αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη για πολίτες με χαμηλή εξοικείωση σε θέματα ΚΟ, ενώ προσέφερε ίσες ευκαιρίες συμμετοχής ανεξαρτήτως ηλικίας, μορφωτικού επιπέδου ή φύλου. Τέλος, υπογραμμίστηκε η δυνατότητα του εργαλείου να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ πολιτών και τοπικών αρχών, να προάγει την κοινωνική συνοχή και να διευκολύνει τη διδασκαλία σύνθετων εννοιών όπως η ΚΟ.

Ακολουθεί η μελέτη των **Safitri, Lestari, Maksum, Ibrahim, Marini, Sudrajat, Zahari, & Iskandar (2022)**, ο οποία επικεντρώνεται στη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας ΕΠ μέσω διαδικτυακής πλατφόρμας για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης μαθητών δημοτικού στην Ινδονησία. Εξέτασε ερωτήματα σχετικά με τη λειτουργία της διαδικτυακής ΕΠ για την προβολή οικολογικών ετικετών (ecolabels) και αν αυτή η προσέγγιση ενισχύει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση περισσότερο από τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Το δείγμα

της μελέτης αποτέλεσαν 143 μαθητές Ε΄ τάξης δημοτικού, οι οποίοι κατανεμήθηκαν τυχαία σε πειραματική και ελεγχόμενη ομάδα. Η πειραματική ομάδα έλαβε την παρέμβαση μέσω ΕΠ, ενώ η ελεγχόμενη ομάδα ακολούθησε συμβατική διδασκαλία. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω δομημένων ερωτηματολογίων, που αξιολόγησαν την περιβαλλοντική δραστηριότητα, τις στάσεις και τις αξίες αειφορίας, και μέσω δοκιμαστικών τεστ (posttests), τα οποία διενεργήθηκαν στους μαθητές της πειραματικής ομάδας μετά την εφαρμογή της παρέμβασης. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με την ομάδα ελέγχου. Τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά, μέσω ελέγχου κανονικότητας (Kolmogorov-Smirnov Test) - για σύγκριση των κατανομών των δεδομένων των δύο ομάδων, μέσω ελέγχου ομοιογένειας (Levene's Test) - για να διαπιστωθεί αν οι ομάδες δεδομένων έχουν ίσες διακυμάνσεις, ενώ παράλληλα εφαρμόστηκε και ανεξάρτητος δειγματοληπτικός έλεγχος t-test, για να εξεταστεί η σημαντικότητα των διαφορών στις μέσες τιμές μεταξύ των δύο ομάδων.

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Συγκεκριμένα, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρουσίασαν υψηλότερη μέση βαθμολογία περιβαλλοντικής συνείδησης (56,41) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (55,06). Αν και η διαφορά μοιάζει μικρή, η στατιστική επεξεργασία επιβεβαίωσε ότι ήταν στατιστικά σημαντική. Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι οι δύο ομάδες είχαν δεδομένα κανονικά κατανεμημένα ενώ η ομοιογένεια της διακύμανσης επαληθεύτηκε. Επιπλέον, ο έλεγχος t-test επιβεβαίωσε ότι η παρέμβαση με ΕΠ είχε θετική επίδραση στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών, απορρίπτοντας τη μηδενική υπόθεση. Τα ευρήματα αναδεικνύουν ότι η ΕΠ συνεισφέρει σε αυξημένη ευαισθητοποίηση για θέματα όπως η μείωση των αποβλήτων, η εκτίμηση της βιοποικιλότητας, η εξοικονόμηση ενέργειας και η συμμετοχή σε περιβαλλοντικές

δράσεις. Επιπροσθέτως, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας έδειξαν μεγαλύτερη ικανότητα κατανόησης περιβαλλοντικών προβλημάτων και ανάληψης δράσης, ενώ εμφάνισαν πιο θετικές στάσεις και συμπεριφορές προς την αειφορία. Καταδεικνύεται έτσι η δυναμική της ΕΠ ως εργαλείο εκπαιδευτικής παρέμβασης για την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Συμπερασματικά, η καινοτόμος χρήση ecolabels ΕΠ ενισχύει τη γνώση και την ευαισθητοποίηση σχετικά με περιβαλλοντικά ζητήματα, προάγοντας θετικές στάσεις και συμπεριφορές προς το περιβάλλον. Επίσης, αυξάνει την περιβαλλοντική παιδεία, ενισχύει τη συμμετοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών, και συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και υπευθυνότητας για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.

Η Álvarez-Nieto και οι συνεργάτες της (2022) εξέτασαν τη συμβολή της εκπαίδευσης μέσω σεναρίων και ΕΠ στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και στις στάσεις απέναντι στην κλιματική αλλαγή και τη βιωσιμότητα σε φοιτητές Νοσηλευτικής. Η μελέτη στόχευε στην αξιολόγηση του βαθμού εφαρμογής δεξιοτήτων βιωσιμότητας στην κλινική πρακτική τους, καθώς και στην εκτίμηση της αντίληψής τους για την καταλληλότητα της μεθόδου αυτής στην εκπαιδευτική διαδικασία και τη χρησιμότητά της στην προώθηση θετικών αλλαγών στην κλινική τους πρακτική. Η έρευνα διεξήχθη στην Ισπανία, στο Πανεπιστήμιο της Χαέν, έχοντας ως δείγμα 119 πρωτοετείς φοιτητές Νοσηλευτικής εκ των οποίων 96 ολοκλήρωσαν τη διαδικασία αξιολόγησης.

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν ηλεκτρονικά κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικών συνεδριών, σε τέσσερις χρονικές στιγμές (μεταξύ 1^{ου} και 3^{ου} έτους). Οι συνεδρίες βασίζονταν σε σενάρια που σχετίζονταν με τη βιωσιμότητα, την κλιματική αλλαγή και την υγεία, ενώ χρησιμοποιήθηκε ΕΠ για την εμβάθυνση της εμπειρίας των φοιτητών. Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν το εργαλείο

SANS_2 για τη μέτρηση των στάσεων απέναντι στη βιωσιμότητα, ερωτήσεις για την ευαισθητοποίηση στη βιωσιμότητα στην καθημερινότητα και την κλινική πρακτική, καθώς και ερωτήσεις για τη χρησιμότητα των εκπαιδευτικών σεναρίων. Οι αναλύσεις των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν μέσω SPSS. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές μέθοδοι όπως το τεστ Friedman και το τεστ Wilcoxon για τη σύγκριση δεδομένων από διαφορετικές χρονικές στιγμές ενώ η αξιοπιστία των ερωτηματολογίων αξιολογήθηκε με τους δείκτες Cronbach's alpha, οι οποίοι έδειξαν καλή εσωτερική συνέπεια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση στις στάσεις και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των φοιτητών από το πρώτο στο δεύτερο και τρίτο έτος σπουδών, με τις καλύτερες επιδόσεις να παρατηρούνται στη δεύτερη και τρίτη χρονιά. Πάνω από το 95% των φοιτητών εμφάνισαν εξαιρετικές ή πολύ καλές στάσεις προς τη βιωσιμότητα κατά τα έτη αυτά, ενώ οι επιδόσεις τους ήταν ιδιαίτερα χαμηλές το πρώτο έτος. Ωστόσο, παρατηρήθηκε δυσκολία στην εφαρμογή αρχών βιωσιμότητας στην κλινική πρακτική, παρά την αυξημένη ευαισθητοποίησή για μη βιώσιμες πρακτικές στο εργασιακό περιβάλλον, λόγω περιορισμών όπως η έλλειψη αυτοπεποίθησης, η αντίσταση στις αλλαγές και η εξάρτησή τους από τους επόπτες τους. Η προσέγγιση εκμάθησης μέσω σεναρίων και ΕΠ αξιολογήθηκε εξαιρετικά θετικά από την πλειονότητα των φοιτητών, με περισσότερους από 90% να δηλώνουν ότι οι συνεδρίες βοήθησαν στη σύνδεση της κλιματικής αλλαγής με την υγεία και τη βιωσιμότητα, ενώ σημείωσαν ότι η προσέγγιση αυτή ήταν πιο αποτελεσματική από τις διαλέξεις. Η χρήση ΕΠ βελτίωσε την εμπειρία μάθησης, παρέχοντας μια πιο ρεαλιστική και καθηλωτική εκπαιδευτική διαδικασία και αυξάνοντας τη συμμετοχή και την κατανόηση των φοιτητών. Ωστόσο, παρά τα θετικά αποτελέσματα, οι πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα της ΕΠ είναι περιορισμένες εξαιτίας της απουσίας ομάδας ελέγχου στη μελέτη. Χωρίς μια ομάδα σύγκρισης, δεν ήταν

δυνατό να προσδιοριστεί με ακρίβεια η επίδραση της ΕΠ από μόνη της, καθώς οι φοιτητές συμμετείχαν σε ένα συνολικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα που συνδύαζε τόσο τη μάθηση με σενάρια όσο και τη χρήση ΕΠ. Συνοψίζοντας, η έρευνα κατέδειξε ότι η εκπαίδευση μέσω σεναρίων και επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να αυξήσει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και τις θετικές στάσεις προς τη βιωσιμότητα στους φοιτητές Νοσηλευτικής. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την αξιολόγηση της εφαρμογής αυτών των δεξιοτήτων στην κλινική πρακτική και την αντιμετώπιση εμποδίων όπως η έλλειψη αυτοπεποίθησης και η ιεραρχική εξάρτηση.

Η έρευνα των **Öztürk, & Akcay (2023)** διερεύνησε την επίδραση της ΠΕ που παρέχεται μέσω εφαρμογών ΕΠ, στη γνώση, στις στάσεις και στις συμπεριφορές μαθητών της Γ' τάξης του δημοτικού, και κυρίως εξέτασε τις απόψεις των ίδιων των μαθητών γι' αυτό το θέμα. Στην έρευνα συμμετείχαν 17 μαθητές Γ' τάξης δημοτικού σχολείου της επαρχίας Ορντού, στην Τουρκία. Η επιλογή της συγκεκριμένης ομάδας βασίστηκε στη διαθεσιμότητα κινητών συσκευών, απαραίτητες για τη διαδικασία των δραστηριοτήτων, καθώς και σε πρακτικούς λόγους, όπως ο περιορισμένος αριθμός μαθητών λόγω της πανδημίας COVID-19. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μετά από έξι εβδομάδες ΠΕ (18 διδακτικές ώρες) που υποστηρίχθηκε από εφαρμογές ΕΠ. Για τη διερεύνηση των απόψεων των μαθητών, χρησιμοποιήθηκε μια ημιδομημένη φόρμα συνέντευξης με έξι ερωτήματα, η οποία σχεδιάστηκε από τον ερευνητή και αξιολογήθηκε από δασκάλους και ειδικούς του πεδίου. Οι συνεντεύξεις ηχογραφήθηκαν, απομαγνητοφωνήθηκαν και ελέγχθηκαν από δύο ειδικούς για την ακρίβεια της καταγραφής. Η ανάλυση έγινε με τη μέθοδο της ανάλυσης περιεχομένου. Αρχικά, τα δεδομένα κωδικοποιήθηκαν, και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν θέματα βάσει των κωδικών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης εκφράστηκαν με τη χρήση συχνοτήτων, ενώ

οι ευρηματικές παρατηρήσεις συνοψίστηκαν και ερμηνεύθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η έρευνα ανέδειξε τη θετική επίδραση των εφαρμογών ΕΠ στην ΠΕ. Από τις ημιδομημένες συνεντεύξεις με όλους τους μαθητές της πειραματικής ομάδας, προέκυψε ότι το σύνολο των μαθητών (100%) ένιωσαν θετικά συναισθήματα κατά τη χρήση των εφαρμογών ΕΠ. Κανένας μαθητής δεν ανέφερε αρνητικά συναισθήματα. Επιπλέον, όλοι οι μαθητές (100%) δήλωσαν ότι οι εφαρμογές ΕΠ διευκόλυναν τη μάθησή τους. Ενδεικτικά, οι λόγοι που ανέφεραν περιλάμβαναν τη διασκέδαση, τη ρεαλιστική απεικόνιση, τη χρήση tablets και κινητών, καθώς και τη δυνατότητα πρακτικής εφαρμογής στο σπίτι. Όλοι οι μαθητές (100%) εξέφρασαν την επιθυμία τους να χρησιμοποιήσουν τις εφαρμογές AR και σε άλλα μαθήματα. Μεταξύ αυτών, το 82% θα ήθελε να τις χρησιμοποιήσει στη Γλώσσα, το 71% στη Μελέτη Περιβάλλοντος, το 59% στα Μαθηματικά, ενώ το 29% θα ήθελε να τις δει σε όλα τα μαθήματα. Οι βασικοί λόγοι για την επιθυμία αυτή ήταν η ευκολία στη μάθηση (41%), η διασκέδαση (47%) και η προσθήκη ενδιαφέροντος στα μαθήματα. Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών παρουσίασε επίσης σημαντική βελτίωση. Όλοι οι μαθητές (100%) ανέφεραν ότι η εκπαίδευση με ΕΠ επηρέασε θετικά την προσέγγισή τους προς τα ζωντανά και μη ζωντανά στοιχεία του περιβάλλοντος. Το 88% υιοθέτησε συμπεριφορές όπως η τήρηση της καθαριότητας του περιβάλλοντος, ενώ το 76% τάισε ζώα και το 53% φρόντισε ζωντανούς οργανισμούς. Ταυτόχρονα, οι μαθητές εξέφρασαν αυξημένη ευαισθησία και ενσυναίσθηση προς τα ζώα και το περιβάλλον. Τέλος, το 41% απέκτησε επιπλέον γνώσεις για περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η ανακύκλωση, οι κλιματικές αλλαγές και οι επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στο φυσικό περιβάλλον. Συμπερασματικά, η ΕΠ συνέβαλε τόσο στην ενίσχυση της ΠΕ όσο και στην ανάπτυξη

θετικών συναισθημάτων, διευκολύνοντας παράλληλα τη μάθηση και καλλιεργώντας την περιβαλλοντική ευαισθησία των μαθητών.

Ακολούθως, η μελέτη των **Najmi, Alhalafawy, & Zaki (2023)** επικεντρώνεται στην ανάπτυξη της συνειδητοποίησης των εφήβων σχετικά με τον εθισμό στα ηλεκτρονικά παιχνίδια (EGA), χρησιμοποιώντας την ΕΠ. Στόχος της η αξιολόγηση της επίδρασης ενός συστήματος ενίσχυσης της μάθησης μέσω ΕΠ, του SEBAR, στη γνώση των κινδύνων που απορρέουν από τον EGA και στη βελτίωση της απόδοσης και της ικανοποίησης των μαθητών στο εκπαιδευτικό περιβάλλον. Εξετάζεται η επίδραση του SEBAR στη συνειδητοποίηση των εφήβων σχετικά με τον EGA, καθώς και το πώς αντιλαμβάνονται οι έφηβοι τον ρόλο του SEBAR στην ενίσχυση της ευαισθητοποίησής τους. Μέσω συνδυασμού ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων, διερευνάται η αποτελεσματικότητα της ΕΠ στην προαγωγή της γνώσης, της προσοχής και της μνήμης, αξιοποιώντας πολυμέσα για ένα πιο βιώσιμο εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Η έρευνα διεξήχθη στη Σαουδική Αραβία με δείγμα 75 μαθητές ηλικίας 15-18 ετών. Το δείγμα χωρίστηκε σε δύο ομάδες: την πειραματική (45 μαθητές) και την ελέγχου (30 μαθητές). Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ποσοτικές και ποιοτικές μέθοδοι. Ποσοτικά δεδομένα συγκεντρώθηκαν μέσω της κλίμακας εθισμού στα ηλεκτρονικά παιχνίδια (EGAS) και ενός πολυδιάστατου τεστ κατανόησης των κινδύνων από τον εθισμό αυτό (DEGA). Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν ημιδομημένες συνεντεύξεις για τη συλλογή ποιοτικών δεδομένων από έξι συμμετέχοντες της πειραματικής ομάδας. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με συνδυαστική μεθοδολογία. Ποσοτικά στοιχεία ερμηνεύθηκαν μέσω στατιστικής ανάλυσης, ενώ τα ποιοτικά δεδομένα εξετάστηκαν με λογισμικό Maxqda για την ανίχνευση θεμάτων και μοτίβων στις απαντήσεις. Τέλος, τα ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα συγχωνεύθηκαν κατά την

ερμηνεία των αποτελεσμάτων για μια ολοκληρωμένη κατανόηση των επιδράσεων του SEBAR στην ευαισθητοποίηση μαθητών σχετικά με τους κινδύνους του EGA.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το SEBAR σημείωσαν σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (M.O. 28,49) από την ομάδα ελέγχου που ακολούθησε την παραδοσιακή μέθοδο (M.O. 18,87). Η διαφορά αυτή αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική. Η ΕΠ είχε ισχυρή επίδραση στην ενίσχυση της ευαισθητοποίησης για τον EGA. Η χρήση της SEBAR ενεργοποίησε συναισθηματικές, γνωστικές και συμπεριφορικές αντιδράσεις στους μαθητές. Μέσω της διαδραστικότητας και της πολυμεσικής παρουσίασης, οι μαθητές ανέπτυξαν βαθύτερη κατανόηση για τους μηχανισμούς αντιμετώπισης του εθισμού. Η δυνατότητα άμεσης αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο ενίσχυσε τον ενθουσιασμό και τη συμμετοχή, παρέχοντας σαφείς οδηγίες και ελκυστικές παρουσιάσεις για την αποφυγή των κινδύνων. Επιπλέον, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ανέπτυξαν εσωτερικά κίνητρα και συνειδητοποίησαν τη σημασία της ενημέρωσης, ενώ ενισχύθηκε η προσοχή και η αφοσίωσή τους στη διαδικασία μάθησης. Συμπληρωματικά, η ανάλυση ημιδομημένων συνεντεύξεων αποκάλυψε ότι το SEBAR συνέβαλε στην αυτογνωσία των μαθητών σχετικά με τους κινδύνους του εθισμού, στην κατανόηση μηχανισμών αντιμετώπισης και στον προγραμματισμό στρατηγικών για την αποφυγή των κινδύνων, ενισχύοντας παράλληλα την κριτική τους σκέψη και την οργάνωση πρακτικών διαχείρισης του χρόνου παιχνιδιού. Εν κατακλείδι, η έρευνα ανέδειξε τη σημασία του SEBAR στην ευαισθητοποίηση των εφήβων για τους κινδύνους του EGA, με έμφαση στη δημιουργία βιώσιμων σχολικών περιβαλλόντων που προάγουν την πρόληψη. Τα ευρήματα προτείνουν τη χρήση ΕΠ στην εκπαίδευση και σε θεραπευτικά προγράμματα για τη μείωση του EGA.

Στην έρευνα των **Tzortzoglou, Kosmas, & Avraamidou (2023)** παρουσιάζεται η

διαδικασία σχεδιασμού ενός παιχνιδιού ΕΠ για κινητό (MARG), το οποίο εφαρμόζεται σε ένα πραγματικό περιβάλλον τάξης με στόχο την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων των μαθητών - κοινωνική ικανότητα, «μάθηση για τη μάθηση», ικανότητα πολιτειότητας, επιχειρηματικότητα - εντός του πλαισίου της αειφόρου ανάπτυξης. Η μελέτη επιδιώκει να συμβάλει στην εκπαιδευτική πρακτική, προσφέροντας μια προσέγγιση για την ενσωμάτωση δασκάλων και μαθητών στη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης του παιχνιδιού, ενώ παράλληλα προτείνει πρότυπα σχεδίασης παιχνιδιών για την ενίσχυση των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα. Η συμμετοχή μαθητών και δασκάλων στη διαδικασία σχεδίασης είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του παιχνιδιού EcoAegean που ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών, καθιστώντας το εύκολα ενσωματώσιμο στο σχολικό πρόγραμμα.

Η εφαρμογή του EcoAegean πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα, σε ομάδα μαθητών ηλικίας 10-13 ετών, οι οποίοι συμμετείχαν στην ανάπτυξη και την πιλοτική εφαρμογή του παιχνιδιού σε συνδυασμό με δύο δασκάλους, οι οποίοι είχαν ενεργό ρόλο στην αξιολόγηση της διαδικασίας. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσω παρατήρησης των μαθητών κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του παιχνιδιού, ενώ παράλληλα πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις και συλλογή ανατροφοδότησης από μαθητές και δασκάλους. Η ανάλυση των δεδομένων ακολούθησε μια ποιοτική προσέγγιση, επικεντρωμένη στην αξιολόγηση της εμπειρίας των μαθητών και της απόδοσης του παιχνιδιού στην ανάπτυξη των επιδιωκόμενων δεξιοτήτων. Η μελέτη επέτρεψε τη συστηματική ανασκόπηση των ανατροφοδοτήσεων, οι οποίες βοήθησαν στην αξιολόγηση της επιτυχίας του εργαλείου.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το παιχνίδι βοήθησε τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους στην επικοινωνία και συνεργασία, καθώς και στην

επίλυση προβλημάτων. Οι μαθητές βρήκαν το σενάριο ενδιαφέρον και πρότειναν βελτιώσεις που ενσωματώθηκαν ενώ ανέφεραν ότι η συμμετοχή τους στην ανακάλυψη λύσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα τους ενίσχυσε στην ανάπτυξη κοινωνικής συνείδησης και πολιτικής σκέψης. Μέσα από τη διαδικασία του παιχνιδιού, οι μαθητές συνεργάστηκαν για να λύσουν προβλήματα και ανέλυσαν δεδομένα, ενισχύοντας έτσι την κριτική τους σκέψη. Η ανατροφοδότηση από δασκάλους και μαθητές έδειξε ότι οι μαθητές εκτίμησαν την αλληλεπίδραση με τα εικονικά στοιχεία του EcoAegean και τον ρεαλιστικό χαρακτήρα των περιβαλλοντικών προβλημάτων που παρουσίαζε το σενάριο. Η εμπειρία αυτή συνέβαλε στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία μάθησης, ενώ ταυτόχρονα τους ενθάρρυνε να σκεφτούν δημιουργικά και να συνεργαστούν. Επιπλέον, το EcoAegean συνέβαλε στην κοινωνική ευαισθητοποίηση των μαθητών, προτρέποντάς τους να προτείνουν λύσεις για τα περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής τους. Παράλληλα, διαπιστώθηκε η ανάγκη για υποστήριξη των μαθητών μέσω διδασκαλίας πριν και μετά το παιχνίδι, ώστε να ενισχυθεί η μεταγνωστική τους σκέψη. Οι μαθητές θεώρησαν το παιχνίδι ως ένα ενδιαφέρον και κινητοποιητικό εργαλείο για την ανάπτυξή τους. Επιπλέον, η ενσωμάτωσή του στην καθημερινή μάθηση εκτιμήθηκε θετικά, με τους μαθητές να εκφράζουν την ανάγκη για παρόμοια εργαλεία στην εκπαίδευση. Οι δάσκαλοι, από την πλευρά τους, σημείωσαν την αξία της ενσωμάτωσης τέτοιων παιχνιδιών στην εκπαιδευτική διαδικασία, αναγνωρίζοντας τη σημαντική συνεισφορά τους στην ενίσχυση των βασικών ικανοτήτων των μαθητών. Συμπερασματικά, το EcoAegean αναδεικνύει τη δυνατότητα των MARGs να προάγουν βασικές δεξιότητες και να ενισχύσουν την περιβαλλοντική συνείδηση. Το EcoAegean απέδειξε την αξία του ως εκπαιδευτικό εργαλείο και κατέδειξε την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και εξέλιξη των χαρακτηριστικών αυτών των εργαλείων για μεγαλύτερη

εκπαιδευτική αξία.

Η μελέτη των **Czok, Krug, Müller, Huwer, & Weitzel (2023)** εξέτασε τις επιπτώσεις της τεχνολογίας ΕΠ και της μάθησης μέσω παιχνιδιών στη διδασκαλία επιστήμης και μηχανικής, με έμφαση σε ένα θέμα σχετικό με την εκπαίδευση για την αειφορία. Σχεδιάστηκε ένα μαθησιακό περιβάλλον που συνδυάζει ΕΠ και στοιχεία παιχνιδοποίησης, ενώ για τη μέτρηση της επίδρασης των δύο παραμέτρων (ΕΠ και παιχνίδι), οι ερευνητές συνέκριναν διαφορετικές συνθήκες. Η έρευνα εξετάζει τη διαφορά στους τομείς της κινητοποίησης, της αποδοχής τεχνολογίας, της εμπλοκής χρηστών, της γνωστικής επιβάρυνσης, της αυτό-αποτελεσματικότητας, της γνώσης, καθώς και της εκπαίδευσης για την αειφορία, εστιάζοντας στη δράση και την κινητοποίηση.

Η έρευνα διεξήχθη στη Γερμανία, με δείγμα 203 πρωτοετών φοιτητών από διάφορους τομείς εκπαίδευσης, εκ των οποίων το 76,3% ήταν γυναίκες και το 22,8% άνδρες. Η κατανομή των συμμετεχόντων έγινε τυχαία σε τέσσερις διαφορετικές ομάδες (Α=με ΕΠ/με παιχνίδι, Β=με ΕΠ/χωρίς παιχνίδι, C= χωρίς ΕΠ/με παιχνίδι, D= χωρίς ΕΠ/χωρίς παιχνίδι). Η παρέμβαση διήρκεσε 120 λεπτά, με τους φοιτητές να μην έχουν προηγούμενη έκθεση στο θέμα μικροπλαστικών, gamification ή ΕΠ, ώστε να εξασφαλιστεί ομοιομορφία στην αρχική τους γνώση. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ερωτηματολογίων σε τρία χρονικά σημεία: πριν την παρέμβαση (pre-test), αμέσως μετά την ολοκλήρωση της κύριας δραστηριότητας (post1-test), και στο τέλος της συνολικής εκπαιδευτικής διαδικασίας (post2-test). Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν μετρήσεις για την αυτο-αποτελεσματικότητα στη χρήση τεχνολογιών, τη γνωστική φόρτιση, την κινητοποίηση, την αποδοχή τεχνολογίας, την εμπλοκή χρηστών, την απόκτηση γνώσεων, καθώς και παραμέτρους που αφορούσαν την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Για

την εκπαίδευση στη βιώσιμη ανάπτυξη χρησιμοποιήθηκε διαδικτυακό εργαλείο που προσαρμόζει τις ερωτήσεις βάσει προηγούμενων απαντήσεων. Όλες οι κλίμακες βασίστηκαν σε προτυποποιημένες μεθόδους, όπως η κλίμακα Likert. Η ανάλυση δεδομένων έγινε μέσω του λογισμικού IBM SPSS, με χρήση ανάλυσης διακύμανσης (one-way ANOVA), Kruskal-Wallis και δοκιμών post-hoc, για τη σύγκριση μεταξύ των ομάδων και των μεταβλητών.

Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι διαφορετικές παρεμβάσεις (με και χωρίς χρήση ΕΠ και παιχνιδιών) είχαν ποικίλες επιδράσεις στους εξεταζόμενους παράγοντες. Όσον αφορά τη γνωστική επιβάρυνση, οι ομάδες χωρίς ΕΠ παρουσίασαν χαμηλότερα επίπεδα, με την ομάδα Δ (χωρίς ΕΠ, χωρίς παιχνίδι) να εμφανίζει τις καλύτερες επιδόσεις στην απόκτηση γνώσεων (0,53). Παρότι η χρήση ΕΠ αύξησε τη γνωστική επιβάρυνση, αυτή δεν επηρέασε αρνητικά τη μάθηση. Η ομάδα Β (με ΕΠ, χωρίς παιχνίδι) διακρίθηκε για την υψηλή κινητοποίηση (3,36), την αποδοχή της τεχνολογίας (4,60) και την εμπλοκή (3,83), καταδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα της ΕΠ σε αυτούς τους τομείς. Αντίθετα, οι ομάδες με παιχνίδια, και ιδιαίτερα η ομάδα Γ (χωρίς ΕΠ, με παιχνίδι), εμφάνισαν χαμηλότερα επίπεδα κινητοποίησης (3,13) και εμπλοκής (3,39), παρά τη θετική επίδραση που συνήθως αποδίδεται στα παιχνίδια. Η αυτο-αποτελεσματικότητα στους υπολογιστές ήταν υψηλότερη στην ομάδα Α (με ΕΠ και παιχνίδι), ενώ οι παράμετροι της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη, όπως η δράση και η κινητοποίηση, δεν επηρεάστηκαν σημαντικά λόγω της σύντομης διάρκειας της παρέμβασης. Συμπερασματικά, η έρευνα καταδεικνύει τη δυναμική της ΕΠ ως εργαλείου που αυξάνει την εμπλοκή, την κινητοποίηση και την αποδοχή της τεχνολογίας, χωρίς να επηρεάζει αρνητικά την απόκτηση γνώσεων, παρά τη γνωστική επιβάρυνση. Ωστόσο, η παιχνιδοποίηση δεν είχε την αναμενόμενη θετική επίδραση, ενώ οι παραδοσιακές προσεγγίσεις φαίνεται να

ευνοούν την απόκτηση γνώσεων. Η χρήση της ΕΠ αποτελεί υποσχόμενη πρακτική, ωστόσο, απαιτούνται μακροχρόνιες και ισορροπημένες παρεμβάσεις για την αξιοποίηση της ΕΠ και τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητάς της στη μαθησιακή διαδικασία.

Ο Strada και οι συνεργάτες του (2023) εξέτασαν εάν το παιχνίδι ΕΠ Sustain μπορεί να ενισχύσει την ευαισθητοποίηση των παικτών για θέματα βιωσιμότητας, να προωθήσει τη δέσμευσή τους σε ζητήματα βιωσιμότητας, καθώς και να ενθαρρύνει διαδικασίες Συλλογικής Προσαρμοστικής Διαχείρισης Προβλημάτων (CAPM). Στην έρευνα συμμετείχαν 99 εθελοντές (ηλικίας 20-29), κυρίως φοιτητές και υποψήφιοι διδάκτορες του Πολυτεχνείου του Τορίνο στην Ιταλία, οι οποίοι κατανεμήθηκαν τυχαία σε 33 ομάδες των τριών ατόμων. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες είχαν κάποια εμπειρία με παιχνίδια ή/και ΕΠ. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίων πριν και μετά το παιχνίδι, ανάλυσης βίντεο από τις συνεδρίες, και ανάλυσης δεδομένων από το ίδιο το παιχνίδι. Τα ερωτηματολόγια αξιολόγησαν την ευαισθητοποίηση και τη δέσμευση για τη βιωσιμότητα, ενώ περιλάμβαναν ερωτήσεις που βασίζονταν σε υπάρχουσες κλίμακες, όπως η New Environmental Paradigm (NEP) και το Sustainability Consciousness Questionnaire. Επιπλέον, τα βίντεο των παιχνιδιών κωδικοποιήθηκαν ενώ τα δεδομένα του παιχνιδιού αφορούσαν το χρόνο, τις δράσεις και την πρόοδο των ομάδων. Η ανάλυση των δεδομένων περιλάμβανε περιγραφικά στατιστικά, συντελεστές συσχέτισης Pearson, και ιεραρχικά γραμμικά μοντέλα (HLM) για την εξέταση μεταβολών στους δείκτες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας του παιχνιδιού στη βελτίωση της βιωσιμότητας, υπολογίστηκαν διαφορές στις βαθμολογίες πριν και μετά το παιχνίδι. Επιπλέον, οι αναλύσεις βίντεο και παιχνιδιού χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της συνεργασίας και της προσαρμοστικότητας των ομάδων.

Τα ευρήματα αποκάλυψαν σημαντικές αλλαγές στην ευαισθητοποίηση για θέματα βιωσιμότητας, καθώς και αύξηση στη δέσμευση των συμμετεχόντων για τη βελτίωση των κοινοτήτων τους. Η πλειονότητα των παικτών (88%) θεώρησε ότι το παιχνίδι προήγαγε δεξιότητες σκέψης σχετικές με τη βιωσιμότητα, και υπήρξε μικρή αλλά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της αντίληψης αυτής και της αυξημένης δέσμευσης. Όσον αφορά τη συνεργασία, οι ομάδες συνεργάστηκαν στενά για το 32% του συνολικού χρόνου παιχνιδιού, ενώ η σύσφιξη αυτής αυξήθηκε κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων ανέφερε ότι το παιχνίδι διευκόλυνε τη συνεργασία (85%) και εξέφρασε ικανοποίηση από την ποιότητα των σχεδίων της. Επίσης, σημαντικά βελτιώθηκε η προσαρμοστικότητα των ομάδων, καθώς τα συλλογικά σχέδια προσαρμόζονταν όλο και περισσότερο στις ανάγκες του παιχνιδιού, το οποίο συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη της συνολικής κατανόησης των παραγόντων που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα, όπως η σύνδεση τοπικών δράσεων με παγκόσμιες συνέπειες. Το Sustain έδειξε πως οι δυνατότητες της ΕΠ μπορούν να ενισχύσουν την εμπύθιση και τη συνεργατική μάθηση, ενώ προτάθηκαν τρόποι βελτίωσης, όπως η προσθήκη μη ελεγχόμενων γεγονότων που αυξάνουν τη δυσκολία και την αβεβαιότητα. Τέλος, οι δείκτες ισορροπημένης ανάπτυξης των μεταβλητών του παιχνιδιού έδειξαν συνεχή βελτίωση, καθώς οι διαφορές μεταξύ των μεταβλητών μειώθηκαν σημαντικά. Συνολικά, η αξιολόγηση του παιχνιδιού Sustain έδειξε ότι ενισχύει την ευαισθητοποίηση, τη δέσμευση των παικτών σε θέματα βιωσιμότητας και την ικανότητά τους να συμμετέχουν σε διαδικασίες CAPM.

Η μελέτη των **Ma, Dik, & Fung (2023)**, πραγματοποιήθηκε την προώθηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και την ενθάρρυνση φιλικών προς το περιβάλλον συνηθειών μέσα από τη χρήση διαδραστικών παιχνιδιών. Κύριος σκοπός της ήταν να

καλλιεργήσει την οικολογική συνείδηση σε μαθητές και να ενισχύσει τη γνώση τους για τη βιωσιμότητα, προτείνοντας παράλληλα καινοτόμες και ελκυστικές μεθόδους εκπαίδευσης. Επιπλέον, μέσα από τη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού παιχνιδιού, φιλοδοξούσε να συνδυάσει τη μάθηση με τη διασκέδαση, συμβάλλοντας στην υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών στην καθημερινή ζωή. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν μαθητές και εκπαιδευτικοί στο Χονγκ Κονγκ, οι οποίοι συμμετείχαν ενεργά στην αξιολόγηση του παιχνιδιού. Συγκεκριμένα, διεξήχθησαν τέσσερις εις βάθος συνεντεύξεις (IDIs) και μία ομαδική συζήτηση (focus group). Για την αξιολόγηση της τελικής εφαρμογής, 130 μαθητές κλήθηκαν να κατεβάσουν το παιχνίδι και να το δοκιμάσουν. Πριν και μετά τη χρήση του παιχνιδιού, διενεργήθηκαν έρευνες μέσω ερωτηματολογίων (pre- και post-surveys) ώστε να μετρηθεί η μεταβολή στη γνώση και την ευαισθητοποίησή για περιβαλλοντικά θέματα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ποιοτικών μεθόδων (IDIs και focus group) για να αντληθούν απόψεις μαθητών και εκπαιδευτικών σχετικά με την αναγκαιότητα και τη μορφή του παιχνιδιού, καθώς και μέσω ποσοτικών, των προ- και μετά- ερευνών, συμβάλλοντας στην αποτύπωση της επίδρασης του παιχνιδιού στη γνώση και το ενδιαφέρον των μαθητών για την ΠΕ. Επιλέχθηκε ποιοτική ανάλυση, στοχεύοντας την εξαγωγή συγκεκριμένων θεμάτων και πρακτικών προτάσεων.

Τα ευρήματα ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Κατά τους μαθητές, η χρήση του παιχνιδιού ενίσχυσε το ενδιαφέρον τους για περιβαλλοντικά θέματα και τους βοήθησε να αναπτύξουν δεξιότητες που σχετίζονται με την οικολογική βιωσιμότητα. Οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι το παιχνίδι, μέσα από διαδραστικές λειτουργίες όπως ερωταπαντήσεις, gamification και τεχνολογίες ΕΠ, κατέστησε τη μάθηση ελκυστική και διαδραστική. Οι θεματικές που ενσωματώθηκαν, όπως η μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κρίθηκαν πολύ σχετικές και

αποδοτικές. Οι εκπαιδευτικοί τόνισαν επίσης τη σημασία της χρήσης εφαρμογών και παιχνιδιών για την ενίσχυση της ψηφιακής εγγραμματοσύνης, σε συνδυασμό με τη μάθηση περιβαλλοντικών πρακτικών. Η αξιολόγηση της εφαρμογής μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων έδειξε ότι οι μαθητές παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στις γνώσεις τους μετά τη χρήση του παιχνιδιού. Επιπλέον, η ενσωμάτωση λειτουργιών ανταμοιβών και επιτευγμάτων, όπως συλλογές μεταλλίων που μοιράζονται στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, ενισχύει την εμπλοκή των χρηστών. Συνολικά, η μελέτη απέδειξε ότι τα εκπαιδευτικά παιχνίδια ΕΠ μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο για την ΠΕ, προωθώντας την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και συνδυάζοντας την ψυχαγωγία με τη μάθηση.

Η έρευνα των **Ardyansyah & Rahayu (2023)** ανέπτυξε μια καινοτόμο μέθοδο διδασκαλίας για την εκμάθηση ενώσεων του άνθρακα, η οποία βασίζεται σε παιχνίδι με κάρτες και την ενσωμάτωση ΕΠ. Το παιχνίδι *ChemiCa* σχεδιάστηκε με βάση το μοντέλο ανάπτυξης ADDIE. Η υλοποίηση περιλάμβανε την ενσωμάτωση ΕΠ μέσω της πλατφόρμας Assemblr Edu, καθιστώντας τη χρήση του άμεση και εύκολη μέσω κινητών συσκευών. Στην έρευνα συμμετείχαν 30 μαθητές φυσικών επιστημών της Γ' Λυκείου στην Ινδονησία. Η εφαρμογή *ChemiCa* διήρκησε δύο διδακτικές ώρες των 90 λεπτών, καθώς και 7 ακόμα συνεδρίες των 30 λεπτών για τους μαθητές, εκτός τάξης. Η συλλογή δεδομένων διεξήχθη μέσω ερωτηματολογίων, δομημένων συνεντεύξεων με πέντε μαθητές και δοκιμασιών προ-τεστ και μετα-τεστ. Τα δεδομένα αναλύθηκαν μέσω ποσοτικών - έλεγχοι εγκυρότητας και αξιοπιστίας, τεστ κανονικότητας και ζεύγη δειγμάτων t-test μέσω SPSS 26, και ποιοτικών μεθόδων - κωδικοποίηση και περιεχομενική ανάλυση των δεδομένων των συνεντεύξεων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το *ChemiCa* αξιολογήθηκε από ειδικούς με μέσο όρο

88,1% (πολύ υψηλή καταλληλότητα), επιβεβαιώνοντας την αξία του ως εκπαιδευτικό μέσο. Οι μαθητές που το χρησιμοποίησαν βελτίωσαν σημαντικά τις μαθησιακές τους επιδόσεις. Οι βαθμολογίες τους πριν τη χρήση του εργαλείου (pre-test) έως μετά τη χρήση (post-test), παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αύξηση με τιμή σημαντικότητας 0,000 ($<0,05$), που υποδεικνύει ουσιαστική θετική αλλαγή. Παράλληλα, το 80% των συμμετεχόντων έκρινε το εργαλείο ευχάριστο στη χρήση, με το 100% να αναγνωρίζει τη συμβολή του στην κατανόηση της δομής και των χαρακτηριστικών των ανθρακούχων ενώσεων. Στις συνεντεύξεις, το 60% των συμμετεχόντων σημείωσε ότι η χρήση ΕΠ αποτέλεσε το πιο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του *ChemiCa*, ενώ το 40% επικεντρώθηκε στην ευχάριστη μορφή παιχνιδιού. Όσον αφορά την περιβαλλοντική συνείδηση, το 80% των μαθητών δήλωσε ότι η κατανόηση των περιβαλλοντικών κινδύνων που συνδέονται με τις ενώσεις αυξήθηκε, ενώ το 60% δήλωσε ότι ανέπτυξε πρακτικές περιβαλλοντικής υπευθυνότητας, όπως η σωστή διαχείριση προϊόντων που περιέχουν επικίνδυνα συστατικά. Συνοψίζοντας, το *ChemiCa* ενισχύει τη μάθηση, την κατανόηση και τη μνήμη μέσω της ευχάριστης και διαδραστικής φύσης του. Ταυτόχρονα, συμβάλλει στην αύξηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, συνδέοντας τη θεωρητική γνώση με καθημερινά ζητήματα. Παρά τα τεχνολογικά εμπόδια, όπως οι περιορισμοί αποθηκευτικού χώρου σε ορισμένα smartphones, η εφαρμογή κρίθηκε επιτυχής και αποδοτική.

Οι **Çakirlar-Altuntaş, & Turan (2023)** διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα της ΕΠ βασισμένης σε ντοκιμαντέρ (D-AR) για την ΠΕ, συγκριτικά με τη συμβατική μέθοδο διδασκαλίας των ερωταπαντήσεων. Εστιάζει στη διαφορά στις επιδόσεις PISA πειραματικών και ελεγχόμενων ομάδων σχετικά με περιβαλλοντικά προβλήματα, στους τρόπους ορισμού τους, στις απόψεις για τις επιπτώσεις και λύσεις τους, καθώς και στις αιτιολογήσεις που παρέχονται. Το δείγμα της έρευνας περιλάμβανε 118 μαθητές

δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Τουρκία, χωρισμένους σε δύο ομάδες: 60 μαθητές στην πειραματική και 58 στην ελεγχόμενη ομάδα. Η πειραματική ομάδα διδάχθηκε με χρήση εφαρμογών D-AR, ενώ η ελεγχόμενη ακολούθησε τη μέθοδο άμεσης διδασκαλίας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω προ-τεστ και μετά-τεστ, χρησιμοποιώντας ερωτήσεις PISA προσαρμοσμένες για τις εκπαιδευτικές ανάγκες της μελέτης. Η ανάλυση των δεδομένων περιλάμβανε τη χρήση t-test για τη σύγκριση αποτελεσμάτων μεταξύ των ομάδων και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης. Τα αποτελέσματα του ποιοτικού μέρους αναλύθηκαν περιγραφικά, με βάση τις απαντήσεις των μαθητών σε τέσσερις κατηγορίες: ορισμός, επιπτώσεις, προτάσεις λύσεων και δικαιολογίες για τις λύσεις των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Από την ανάλυση προέκυψαν ποσοστά για τις πηγές πληροφόρησης, όπως ότι το σχολείο αποτέλεσε κύρια πηγή για το 60.35% των μαθητών της ομάδας ελέγχου και το 43.34% της πειραματικής ομάδας. Σημαντική διαφοροποίηση παρατηρήθηκε στη χρήση ντοκιμαντέρ (1.72% στην ελέγχου έναντι 5.00% στην πειραματική), ενώ στην πειραματική προστέθηκαν πηγές όπως οι συνομήλικοι (13.33%) και η οικογένεια (3.33%), δείχνοντας πλουραλισμό στην προσέγγιση της πληροφόρησης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, αν και οι αρχικές επιδόσεις των δύο ομάδων στις ερωτήσεις τύπου PISA δεν διέφεραν σημαντικά, οι συμμετέχοντες της πειραματικής ομάδας παρουσίασαν αξιοσημείωτη βελτίωση στις τελικές επιδόσεις τους (αύξηση 21,8%). Αντίθετα, στην ελεγχόμενη ομάδα η βελτίωση ήταν μόλις 1,1%, χωρίς στατιστική σημασία. Οι εφαρμογές D-AR αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικές στη σύνδεση της γνώσης με την καθημερινή ζωή, οδηγώντας σε πιο θετικές στάσεις και αυξημένη συνείδηση για περιβαλλοντικά ζητήματα. Σε ποιοτικά δεδομένα, πριν από την παρέμβαση, οι μαθητές της ομάδας ελέγχου αντιλαμβάνονταν τα περιβαλλοντικά

προβλήματα κυρίως ως φυσικά φαινόμενα. Μετά την εκπαίδευση, παρατηρήθηκε μικρή μετατόπιση προς την αναγνώριση ανθρωπογενών αιτίων. Ωστόσο, οι μαθητές της πειραματικής, μετά τη χρήση D-AR, εστίασαν σε μεγαλύτερο βαθμό στη σύνδεση των προβλημάτων με ανθρώπινες δραστηριότητες (54,2% έναντι 36,7% στην ομάδα ελέγχου). Ομοίως, η πειραματική ομάδα έδειξε πιο αναπτυγμένη ικανότητα να προσδιορίσει τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε ανθρώπους, έμβια και άβια στοιχεία του περιβάλλοντος, ενώ οι λύσεις που πρότειναν οι συμμετέχοντες ήταν πιο ολοκληρωμένες, εστιάζοντας σε αλλαγές ατομικών συμπεριφορών (83,3% έναντι 50% στην ομάδα ελέγχου). Επιπλέον, η ομάδα της D-AR ανέπτυξε την ικανότητα να τεκμηριώνει τις προτεινόμενες λύσεις, γεγονός που υποδηλώνει ότι η εκπαίδευση αυτή ενίσχυσε την κριτική σκέψη. Στο τέλος της παρέμβασης, το 50% των μαθητών της πειραματικής ομάδας αιτιολόγησε τις απόψεις του, έναντι μόλις 18% στην ομάδα ελέγχου. Συνοψίζοντας, οι εφαρμογές D-AR στην ΠΕ αποδείχθηκε πιο αποτελεσματική στη βελτίωση της κατανόησης των μαθητών για τα περιβαλλοντικά προβλήματα, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και τη σύνδεση της γνώσης με την καθημερινή ζωή, υποδεικνύοντας την αξία της ως εργαλείο για την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Η Safitri και οι συνεργάτες της (2023) εξέτασαν την ανάπτυξη και αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας διαδραστικών εκπαιδευτικών μέσων με βάση την ΕΠ για τη διδασκαλία των μερών και λειτουργιών των φυτών σε μαθητές Δ' δημοτικού. Η έρευνα επιδίωξε να εξετάσει κατά πόσο η εφαρμογή *Assemblr EDU*, που αξιοποιεί την τεχνολογία ΕΠ, μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών για τη μάθηση και να βελτιώσει την εκπαιδευτική τους εμπειρία. Η μελέτη διεξήχθη σε δημοτικό σχολείο στην Ινδονησία, από Ιούνιο έως Σεπτέμβριο 2023. Το δείγμα περιλάμβανε 100 μαθητές Δ'

δημοτικού. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίων, πριν και μετά την εφαρμογή της εκπαιδευτικής παρέμβασης (pretest-posttest) ενώ ακολούθησε στατιστική ανάλυση μέσω του λογισμικού SPSS, το τεστ Kolmogorov-Smirnov για τον έλεγχο κανονικότητας, το τεστ ομοιογένειας Levene και το paired sample t-test για τη σύγκριση μέσων όρων.

Σύμφωνα με τα ευρήματα, η χρήση της εφαρμογής Assemblr EDU, έδωσε στους μαθητές τη δυνατότητα μέσω ΕΠ να αλληλεπιδράσουν με 3D αντικείμενα, να δουν αναπαραστάσεις των μερών των φυτών, να λαμβάνουν πληροφορίες για το εκπαιδευτικό υλικό σκανάροντας QR κωδικούς και να παρακολουθήσουν εκπαιδευτικά βίντεο, κάτι που ενίσχυσε τη φαντασία, την κριτική τους σκέψη και την κατανόηση των περιβαλλοντικών θεμάτων. Η μελέτη επισημαίνει ότι τέτοιες τεχνολογικές λύσεις μπορούν να καταστήσουν πιο απτές και εύληπτες τις αφηρημένες έννοιες, βελτιώνοντας τη συμμετοχή και την απορρόφηση της γνώσης. Αναφορικά με τα αποτελέσματα της επίδρασης της ΕΠ στη μαθησιακή διαδικασία, η έρευνα έδειξε ότι το ενδιαφέρον των μαθητών αυξήθηκε σημαντικά. Οι στατιστικές αναλύσεις επιβεβαίωσαν ότι τα δεδομένα ήταν φυσιολογικά κατανεμημένα, καθώς και ότι οι διαφορές σ' αυτά ήταν ομοιογενείς. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων προ και μετά την παρέμβαση έδειξε ότι ο μέσος όρος του ενδιαφέροντος των μαθητών για την ΠΕ αυξήθηκε από 43,27 μονάδες στο προ-τεστ σε 65,14 μονάδες στο μετα-τεστ, που αντιστοιχεί σε αύξηση κατά 50,6%, στατιστικά σημαντική αύξηση. Παράλληλα, η μέτρηση της αποτελεσματικότητας έδειξε μέσο σκορ 0,43, το οποίο κατατάσσεται στη μεσαία κατηγορία αποτελεσματικότητας, με ποσοστό βελτίωσης 43,5%. Εν κατακλείδι, η έρευνα επιβεβαιώνει ότι η ενσωμάτωση ΕΠ συμβάλει στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για την ΠΕ, βελτιώνοντας παράλληλα την κατανόησή τους για βασικές έννοιες, όπως τα μέρη και οι λειτουργίες των φυτών.

Επομένως, η χρήση της ΕΠ μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο για την εκπαίδευση, προσφέροντας νέες ευκαιρίες για δημιουργική και ελκυστική μάθηση.

Στην μελέτη των **Shakirova, Berechikidze, & Gafiyatullina (2024)** επιχειρείται η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μιας μαθησιακής παρέμβασης που βασίζεται σε τεχνολογία ΕΠ για την προώθηση της ΠΕ στους μαθητές λυκείου. Η μελέτη εξέτασε αν η χρήση της ΕΠ, σε ομαδικό και ατομικό επίπεδο, μπορεί να ενισχύσει τη μαθησιακή κινητοποίηση και να μειώσει το γνωστικό φορτίο των μαθητών.

Η έρευνα διεξήχθη στη Ρωσία και στο Καζακστάν, με συμμετοχή 155 μαθητών Α' Λυκείου, μέσου όρου ηλικίας 17 ετών. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες: 77 σε πειραματική ομάδα και 78 σε ελεγχόμενη. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρακολούθησαν το μάθημα "Οικολογία Φυσικών Πόρων", το οποίο περιλάμβανε χρήση ΕΠ μέσω της εφαρμογής *REWILD*, ενώ οι μαθητές της ομάδας ελέγχου παρακολούθησαν το ίδιο μάθημα χωρίς χρήση της εφαρμογής. Το μάθημα περιλάμβανε συνολικά 60 ώρες. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω δύο ερωτηματολογίων. Η περιβαλλοντική παιδεία μετρήθηκε με την κλίμακα *Environmental Literacy Scale (ELS)*, η οποία περιλάμβανε τέσσερις κατηγορίες: στάσεις, πεποιθήσεις, γνώση διατήρησης και υπεύθυνη περιβαλλοντική συμπεριφορά. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν στους μαθητές πριν και μετά την παρέμβαση. Επιπροσθέτως, η μαθησιακή κινητοποίηση και το γνωστικό φορτίο αξιολογήθηκαν μέσω ερωτηματολογίων, 19 και 10 στοιχείων αντίστοιχα, με αξιόπιστους δείκτες αξιοπιστίας για όλες τις υποκλίμακες. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου SPSS και του *t-test*, με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $p < 0.05$.

Τα ευρήματα έδειξαν ότι η παρέμβαση είχε σημαντικά θετική επίδραση στις παραμέτρους της ΠΕ για την πειραματική ομάδα. Οι στάσεις των μαθητών προς το

περιβάλλον βελτιώθηκαν κατά 30% στην πειραματική (μέσος όρος από 2,51 σε 3,26) έναντι μόλις 1% στην ομάδα ελέγχου (από 2,46 σε 2,49). Οι γνώσεις για τη διατήρηση των φυσικών πόρων αυξήθηκαν κατά 41% στην πειραματική ομάδα, συγκριτικά με 26% στην ομάδα ελέγχου. Επίσης, η υπεύθυνη περιβαλλοντική συμπεριφορά παρουσίασε αύξηση κατά 17%, ενώ στην ομάδα ελέγχου κατά 31%, χωρίς όμως ισχυρή διαφορά μεταξύ των ομάδων σε αυτήν την κατηγορία. Συνολικά, η παρέμβαση ΕΠ εκτιμήθηκε ότι είχε ισχυρή επίδραση ($d=0.612$). Αναφορικά με τη μαθησιακή κινητοποίηση, οι μαθητές της πειραματικής εμφάνισαν υψηλότερα επίπεδα προσοχής (κατά 23%) και ικανοποίησης (κατά 19%) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Στην αξιολόγηση του γνωστικού φορτίου, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφάνισαν μειωμένο ενδογενές φορτίο κατά 23%, κάτι που δείχνει ότι η χρήση ΕΠ βοήθησε στη διαχείριση της πολυπλοκότητας των μαθημάτων. Συμπερασματικά, η χρήση ΕΠ συνέβαλε θετικά στη βελτίωση της περιβαλλοντικής παιδείας, στην ενίσχυση της μαθησιακής κινητοποίησης και στη μείωση του γνωστικού φορτίου των μαθητών, επιβεβαιώνοντας ότι μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην ΠΕ και στην ενίσχυση της εμπειρίας μάθησης.

Η μελέτη της **Karpudewan (2024)** εξετάζει τη χρήση ΕΠ στη διδασκαλία της Πράσινης και Βιώσιμης Χημείας (GSC) σε εκπαιδευόμενους δασκάλους χημείας (PSTs), εστιάζοντας στην επίδρασή της στις επτά συνιστώσες του TPACK [Τεχνολογική Γνώση (TK), Γνώση Περιεχομένου (CK), Παιδαγωγική Γνώση (PK), Παιδαγωγική-Περιεχομενική Γνώση (PCK), Τεχνολογική-Περιεχομενική Γνώση (TCK), Τεχνολογική-Παιδαγωγική Γνώση (TPK) και συνολική γνώση (TPACK)]. Στόχος είναι να αξιολογηθεί η ενίσχυση της κατανόησης αφηρημένων εννοιών, η ανάπτυξη βιώσιμων στρατηγικών διδασκαλίας και η σύνδεση χημικών φαινομένων με πραγματικά προβλήματα μέσω της ΕΠ, καθώς και να μετρήσει τις αλλαγές στη γνώση περιεχομένου, παιδαγωγικής και

τεχνολογίας (TPACK) που βιώνουν οι PSTs κατά την εφαρμογή της AR-GSC. Η έρευνα διεξήχθη σε πανεπιστήμιο της Μαλαισίας, σε 36 PSTs που παρακολουθούσαν το μάθημα "Μέθοδοι Διδασκαλίας Χημείας". Από αυτούς, 15 συμμετείχαν σε εθελοντική ομαδική συνέντευξη. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ερωτηματολογίου TPACK, πριν και μετά την εφαρμογή της AR-GSC, και ομαδικών συνεντεύξεων. Το ερωτηματολόγιο περιείχε 28 δηλώσεις που αξιολογούσαν τη γνώση των PSTs στις επτά συνιστώσες του TPACK. Η ανάλυση ποσοτικών δεδομένων έγινε μέσω της στατιστικής μεθόδου SPSS, συμπεριλαμβανομένων περιγραφικής ανάλυσης και δοκιμών t ζευγαριών, για τη διερεύνηση σημαντικών διαφορών ενώ τα ποιοτικά δεδομένα των συνεντεύξεων εξετάστηκαν με θεματική ανάλυση, με τους επτά άξονες του TPACK ως βάση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στις συνιστώσες TK, TCK, TPK και TPACK. Συγκεκριμένα, η μέση τιμή της TK αυξήθηκε από 3,43 σε 4,47 (αύξηση 30,3%), ενώ η TCK παρουσίασε αύξηση 28,2% (από 2,45 σε 3,14) με τους PSTs να αναγνωρίζουν πώς η ΕΠ μπορεί να παρουσιάσει χημικά φαινόμενα μέσω 3D αναπαραστάσεων. Η TPK βελτιώθηκε κατά 37,3% (από 2,49 σε 3,42) αντανακλώντας τη σύνδεση της ΕΠ με βιώσιμες διδακτικές προσεγγίσεις, και η TPACK από 2,35 σε 4,13, σημειώνοντας αύξηση 75,7%, επιβεβαιώνοντας την ενίσχυση της ολοκληρωμένης χρήσης τεχνολογίας, παιδαγωγικής και περιεχομένου. Αντίθετα, οι CK, PK και PCK παρουσίασαν μικρότερη ή μη στατιστικά σημαντική βελτίωση, υποδεικνύοντας ότι η πρόοδος περιορίστηκε κυρίως στη χρήση της τεχνολογίας. Η ανάλυση των συνεντεύξεων αποκάλυψε ότι οι PSTs βελτίωσαν την κατανόηση της βιωσιμότητας και την ικανότητά να σχεδιάζουν 3D αναπαραστάσεις και να ενσωματώνουν τη βιωματική μάθηση στη διδασκαλία. Η ΕΠ ενίσχυσε την ικανότητά να παρουσιάζουν πολύπλοκες χημικές διαδικασίες και να συνδέουν τη χημεία με θέματα όπως η κλιματική αλλαγή. Η βιωματική μάθηση με χρήση

ΕΠ συνέδεσε τη θεωρία με πραγματικά προβλήματα, ενώ η ενσωμάτωση της GSC ανέδειξε τη σημασία της χρήσης περιβαλλοντικά φιλικών πρακτικών στη χημεία. Επιπροσθέτως, οι PSTs αναγνώρισαν τη σημασία της ΕΠ για την επίλυση τεχνικών προκλήσεων και την ενίσχυση της μαθητοκεντρικής προσέγγισης. Επιπλέον, οι εμπειρίες τους ανέδειξαν τη διεπιστημονική φύση της χημείας, ενισχύοντας την ικανότητά τους να συνδυάζουν TK, CK και PK. Η ΕΠ τους βοήθησε να προσεγγίσουν θέματα βιωσιμότητας με καινοτόμους τρόπους, ενισχύοντας την αλληλεπίδραση όλων των διαστάσεων του TPACK. Συνοψίζοντας, η προσέγγιση AR-GSC ενίσχυσε τη διδασκαλία της χημείας μέσω βιωματικής μάθησης, της οπτικοποίησης αφηρημένων εννοιών και της σύνδεσης της χημείας με τη βιωσιμότητα. Παρά τις προκλήσεις, η ΕΠ αποδείχθηκε αποτελεσματική στη βελτίωση της Τεχνολογικής και Συνολικής Γνώσης TPACK, επισημαίνοντας την ανάγκη αναμόρφωσης των προγραμμάτων σπουδών ώστε να ενσωματώνουν πράσινη χημεία και ψηφιακές τεχνολογίες.

Ακολουθεί η μελέτη της **Negi (2024)** η οποία εστιάζει στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της ΕΠ στην εκπαίδευση για τη βιωσιμότητα, με κύριο στόχο τη διερεύνηση της επιρροής της ΕΠ στην αλλαγή της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων σε σχέση με τις βιώσιμες πρακτικές. Και της ανάλυσης του τρόπου με τον οποίο η ΕΠ ενισχύει την κατανόηση και τη συνειδητοποίηση των εννοιών της πράσινης ενέργειας και της βιωσιμότητας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Ινδία, με δείγμα 30 συμμετεχόντων - 10 μαθητές, 10 δάσκαλοι και 10 εργαζόμενοι - από ποικίλα κοινωνικά και επαγγελματικά υπόβαθρα. Οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν με βάση το σύστημα της στοχευμένης δειγματοληψίας, εξασφαλίζοντας ότι είχαν κατάλληλες γνώσεις και εμπειρία στους τομείς ενδιαφέροντος της έρευνας. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω βιωματικών εμπειριών με την ΕΠ, οι οποίες περιλάμβαναν τη διδασκαλία θεμάτων

σχετικά με τη βιωσιμότητα και την πράσινη ενέργεια. Μετά την εμπειρία της ΕΠ, οι συμμετέχοντες συμμετείχαν σε ημιδομημένες συνεντεύξεις, οι οποίες προσέφεραν ποιοτικά δεδομένα σχετικά με τις εμπειρίες τους και τις αλλαγές στη συμπεριφορά τους. Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε σε ποιοτικές μεθόδους, όπως η θεματική κωδικοποίηση και η ανάλυση περιεχομένου, για να εντοπιστούν κοινά θέματα και σχέσεις μεταξύ των ομάδων συμμετεχόντων.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση για τη βιωσιμότητα είχε επίδραση στη βελτίωση της κατανόησης των συμμετεχόντων για τις έννοιες της πράσινης ενέργειας και της βιωσιμότητας. Όλες οι ομάδες των συμμετεχόντων, ανεξαρτήτως ηλικίας ή επαγγελματικής κατάστασης, αναγνώρισαν την ικανότητα της ΕΠ να καταστήσει πιο κατανοητές και ενδιαφέρουσες τις σύνθετες έννοιες της βιωσιμότητας, κάνοντάς τις πιο προσιτές και διαδραστικές. Η εκπαίδευση μέσω ΕΠ διευκόλυνε τη γνώση και την ευαισθητοποίηση για την ανανεώσιμη ενέργεια, δίνοντας στους συμμετέχοντες τη δυνατότητα να δουν βιώσιμες λύσεις και εγκαταστάσεις σε πραγματικό χρόνο και με οπτικές αναπαραστάσεις. Επιπρόσθετα, όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν θετικές αλλαγές στη συμπεριφορά τους, δείχνοντας αυξημένο ενδιαφέρον για την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών και την υποστήριξη οικολογικών πρωτοβουλιών, όπως η ανακύκλωση και η εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, η μελέτη ανέδειξε και κάποιες προκλήσεις, όπως το υψηλό κόστος των εξοπλισμών, την προσβασιμότητα και τα τεχνικά προβλήματα. Ιδιαίτερα επισημάνθηκε η ανάγκη για μεγαλύτερη προσβασιμότητα σε άτομα με χαμηλότερο εισόδημα ή ηλικιωμένους. Παρά τις δυσκολίες, οι συμμετέχοντες εξέφρασαν αισιοδοξία για το μέλλον της ΕΠ στην εκπαίδευση, αναμένοντας η τεχνολογία να καταστεί πιο προσιτή και προσβάσιμη. Εν κατακλείδι, η μελέτη κατέδειξε την ισχυρή δυνατότητα της ΕΠ να ενισχύσει την

εκπαίδευση για τη βιωσιμότητα, καθώς βοηθά στην κατανόηση σύνθετων εννοιών και στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των συμμετεχόντων. Η εμπειρία με την ΕΠ φαίνεται να ενδυνάμωσε τους συμμετέχοντες να υιοθετήσουν βιώσιμες πρακτικές και να αναγνωρίσουν την προσωπική τους ευθύνη για τη βιωσιμότητα. Οι συμμετέχοντες εξέφρασαν την ανάγκη για περισσότερη συνεργασία και ανάπτυξη περιεχομένου που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες όλων των κοινωνικών ομάδων, ενώ οι συνεχείς εξελίξεις στην τεχνολογία ΕΠ αναμένεται να ενισχύσουν περαιτέρω την αποτελεσματικότητα αυτής της εκπαιδευτικής προσέγγισης.

Η έρευνα της **Syskowski και των συνεργατών της (2024)** διερεύνησε την επίδραση της παράλληλης χρήσης iPads ως εκπαιδευτικού εργαλείου και αντικειμένου μάθησης στην κατανόηση των μαθητών για τη χρήση πλαστικού σε αυτές τις συσκευές. Παράλληλα, εξετάζει τη συμπεριφορά των μαθητών απέναντι στη χρήση της ΕΠ κατά τη διάρκεια μαθημάτων χημείας, καθώς και τον αντίκτυπο αυτής της χρήσης στο ενδιαφέρον τους για το θέμα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στη Γερμανία, άνοιξη - καλοκαίρι 2023, με τη συμμετοχή 65 μαθητών Λυκείου. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν ποσοτικά, μέσω ερωτηματολογίων. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση κάθε υποενότητας του μαθήματος, οι μαθητές συμπλήρωναν σύντομα ερωτηματολόγια με 10-12 δηλώσεις που βαθμολογούνταν σε μια τετραβάθμια κλίμακα Likert, χωρίς επιλογή ουδέτερης απάντησης προς αποφυγήν ζητημάτων αμφιθυμίας. Οι δηλώσεις επικεντρώνονταν στο ενδιαφέρον, την κατανόηση και την εμπειρία των μαθητών με την ΕΠ, προσαρμοσμένες στο περιβάλλον μάθησης. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω περιγραφικής στατιστικής ανάλυσης στο Excel.

Στα πλαίσια της έρευνας περιγράφεται ένα εκπαιδευτικό σενάριο που εστιάζει στη βιωσιμότητα και τη χρήση πλαστικών αποβλήτων, ενσωματώνοντας ΕΠ και άλλα

ψηφιακά εργαλεία. Σχεδιασμένο για μαθητές 10ης-13ης τάξης, περιλαμβάνει πέντε υποενότητες: στην πρώτη οι μαθητές αποσυναρμολογούν ένα iPad για να αναλύσουν τη χρήση πλαστικών, αξιοποιώντας ΕΠ για την προβολή πληροφοριών σχετικά με τη δομή και την αναλογία των υλικών. Η δεύτερη εστιάζει στις ιδιότητες των πλαστικών, όπως πυκνότητα και θερμική αντοχή, με τη βοήθεια ΕΠ που επιτρέπει τη μικροσκοπική απεικόνιση των πολυμερών. Στην τρίτη, εξετάζεται η παραγωγή και επεξεργασία πλαστικών, εστιάζοντας στα περιβαλλοντικά και τοξικολογικά ζητήματα που συνδέονται με την παραγωγή. Η τέταρτη επικεντρώνεται στην ανακύκλωση, αναλύοντας διαδικασίες και εμπόδια, ενώ οι μαθητές χρησιμοποιούν ΕΠ για να αξιολογήσουν τη δυνατότητα ανακύκλωσης διαφόρων πλαστικών. Τέλος, στην πέμπτη υποενότητα, εξετάζονται τα βιοπλαστικά ως εναλλακτική λύση, με τους μαθητές να παράγουν ένα πολυμερές (PLA) σε εργαστηριακό πείραμα και να μελετούν τη διαδικασία μέσω ΕΠ. Το σενάριο εφαρμόζει αρχές πολυμεσικής μάθησης και αξιοποιεί εργαλεία όπως το Maya, το ZapWorks Studio, την πλατφόρμα LearningApps.org, ενισχύοντας τη διαδραστική συμμετοχή. Συνδυάζοντας θεωρία και τεχνολογία, προάγει την κατανόηση των θεμάτων βιωσιμότητας και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, παρέχοντας μια καινοτόμο προσέγγιση στη διδασκαλία.

Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλό επίπεδο σαφήνειας στον σχεδιασμό και την παρεχόμενη πληροφορία, με ποσοστά θετικής αποδοχής μεταξύ 76% και 88% για τις διάφορες υποενότητες. Ειδικότερα, η σαφήνεια των ορισμών σχετικά με τη συγκέντρωση και τον κίνδυνο χωρών σημείωσε αποδοχή 83%, ενώ το 76% των συμμετεχόντων συμφώνησε ότι τα ΕΠ μοντέλα διευκόλυναν την κατανόηση των ιδιοτήτων των πλαστικών. Παράλληλα, η πλοήγηση στον ψηφιακό κύκλο ζωής ενός βιοπλαστικού κρίθηκε απλή από το 84% των συμμετεχόντων, ενώ το 83% δήλωσε ότι οι ασκήσεις συμπλήρωσης

κενών ήταν κατανοητές και αποτελεσματικά σχεδιασμένες. Στην υποενότητα της ανακύκλωσης, το 80% ζήτησε τη δυνατότητα αυτοελέγχου των απαντήσεών του, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για άμεση ανατροφοδότηση. Ωστόσο, μόλις το 30% συμφώνησε ότι το περιεχόμενο που σχετιζόταν με τη σύνθεση ήταν επαρκές, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη για αναθεώρηση του συγκεκριμένου μέρους. Επιπλέον, η έρευνα κατέδειξε έντονη προτίμηση για χρήση 3D ΕΠ στοιχείων αντί 2D, με το 82% των μαθητών να δηλώνει ότι θα ήθελε μεγαλύτερη ενσωμάτωση της ΕΠ στη διδασκαλία της χημείας. Στην υποενότητα της παραγωγής, το 89% αξιολόγησε θετικά τα διαδραστικά κείμενα, ενώ στην υποκατάσταση, το 86% εκτίμησε την πρακτικότητα των σταθερών στοιχείων ΕΠ. Τα ευρήματα καταδεικνύουν ότι η ΕΠ ενισχύει τη μαθησιακή αυτονομία και το ενδιαφέρον, με το 93% να επιβεβαιώνει τη δυνατότητα εμπλοκής με το περιεχόμενο με βάση τον δικό του ρυθμό. Ωστόσο, παραμένουν προκλήσεις σχετικά με την περαιτέρω ενίσχυση του ενδιαφέροντος και τη διαφοροποίηση των προτιμήσεων για 2D και 3D αναπαραστάσεις. Συνοψίζοντας, η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση, όταν ενσωματώνεται με σαφή και καλοσχεδιασμένο τρόπο, ενισχύει τη συμμετοχή, το ενδιαφέρον και τα μαθησιακά αποτελέσματα, ενώ απαιτείται προσαρμογή στις ανάγκες των μαθητών για βέλτιστη αξιοποίηση.

Τέλος, η μελέτη του **Arici (2024)** εξέτασε την επίδραση της ΕΠ στη βελτίωση της ΠΕ, της αυτορρύθμισης και της κινητοποίησης για μάθηση της επιστήμης. Τα ερευνητικά ερωτήματα περιλαμβάνουν τη διερεύνηση διαφορών μεταξύ πειραματικής και ομάδας ελέγχου ως προς τις παραπάνω δεξιότητες και τα υποσυστατικά τους, καθώς και τις απόψεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη γνωστική διάσταση της ΠΕ. Η έρευνα διεξήχθη στην Τουρκία, με δείγμα 70 μαθητές, 11-12 ετών. Χρησιμοποιήθηκε μέθοδος δειγματοληψίας ευκολίας, επιλέγοντας δύο τμήματα ως πειραματική ομάδα (34) και ένα

τιμήμα ως ελεγχόμενη (36). Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση τριών εργαλείων: κλίμακας ΠΕ, κλίμακας αυτορρύθμισης και κλίμακας κινητοποίησης για μάθηση επιστήμης. Οι κλίμακες χρησιμοποιήθηκαν πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση για την αξιολόγηση των διαφορών μεταξύ των ομάδων. Επιπλέον, συλλέχθηκαν δεδομένα μέσω δομημένων ερωτήσεων για τη γνωστική διάσταση της ΠΕ. Η ανάλυση έγινε μέσω SPSS 22 και MANOVA, καθώς εξετάστηκαν πολλαπλές εξαρτημένες μεταβλητές. Ελέγχθηκαν όλες οι παραδοχές της MANOVA, κανονικότητα, γραμμικότητα, ομοιογένεια διασποράς και πολυμεταβλητή κανονικότητα, ενώ χρησιμοποιήθηκε και ανάλυση περιεχομένου για τις ανοιχτές ερωτήσεις. Επιπλέον, οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν με τη μέθοδο In Vivo. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ομάδες ήταν ισοδύναμες στις προ-δοκιμασίες. Η ΕΠ χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική ομάδα και σχεδιάστηκε από ειδικούς του πεδίου ενώ η ελεγχόμενη ακολούθησε το παραδοσιακό πρόγραμμα. Η εκπαιδευτική παρέμβαση διήρκεσε 16 διδακτικές ώρες, με κοινή διδακτική ύλη για τις δύο ομάδες.

Εξετάζοντας την αποτελεσματικότητα της ΕΠ όσον αφορά την περιβαλλοντική εγγραμματοσύνη, την αυτορρύθμιση και το κίνητρο για μάθηση των φυσικών επιστημών, προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα, που έδειξαν σαφή υπεροχή της πειραματικής ομάδας σε όλους τους τομείς. Οι μέσες τιμές της πειραματικής στα τεστ μετά την παρέμβαση ήταν σημαντικά υψηλότερες. Συγκεκριμένα, η ΠΕ της πειραματικής ομάδας σημείωσε μέση βαθμολογία 135.32 συγκριτικά με την ελέγχου, που είχε 106.42. Αντίστοιχα, η αντιλαμβανόμενη αυτορρύθμιση ήταν 73.00 για την πειραματική έναντι 54.52 της ομάδας ελέγχου. Τα κίνητρα για τη μάθηση των φυσικών επιστημών σημείωσαν 106.23 για την πειραματική, με 89.80 για την ομάδα ελέγχου.

Αναφορικά με την περιβαλλοντική εγγραμματοσύνη, η πειραματική ομάδα παρουσίασε

σημαντικά καλύτερες επιδόσεις στους βασικούς παράγοντές της, περιβαλλοντική αντίληψη, περιβαλλοντική συμπεριφορά, περιβαλλοντική γνώση. Η ΕΠ φάνηκε να ενισχύει την ευαισθησία, την ευθύνη και την κατανόηση περιβαλλοντικών θεμάτων, ενώ προήγαγε τη συμπεριφορά προς τη διατήρηση της φυσικής ισορροπίας και την κοινωνική ευαισθησία, λόγω της διαδραστικότητας και της βιωματικής μάθησης που προσφέρει η ΕΠ. Οι δεξιότητες αυτορρύθμισης, «ανοιχτότητα» και «αναζήτηση», ήταν επίσης ενισχυμένες στην πειραματική. Η ΕΠ επέτρεψε στους μαθητές να μάθουν με τον δικό τους ρυθμό, ενισχύοντας την αυτονομία και την προσαρμοστικότητα στη μάθηση. Η δυνατότητα της ΕΠ να προσφέρει εξατομικευμένη μάθηση φαίνεται να έπαιξε καθοριστικό ρόλο σε αυτό το αποτέλεσμα. Όσον αφορά την κίνηση για μάθηση φυσικών επιστημών, σημειώθηκαν και σ' αυτή τη μεταβλητή παρόμοια αποτελέσματα, με την πειραματική ομάδα να υπερέχει σημαντικά. Οι μαθητές έδειξαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον, καλύτερες επιδόσεις, βελτιωμένη επικοινωνία και αυξημένη συμμετοχή σε συνεργατικές δραστηριότητες. Η ΕΠ φάνηκε να ενισχύει την ενεργή συμμετοχή μέσω της διαδραστικότητας και της ομαδικής εργασίας. Συνοψίζοντας, τα ευρήματα επιβεβαιώνουν ότι η ΕΠ μπορεί να ενισχύσει ουσιαστικά τις περιβαλλοντικές, γνωστικές και συναισθηματικές δεξιότητες των μαθητών. Προτείνεται η ένταξή της στην εκπαίδευση, ειδικά σε ενότητες που σχετίζονται με την ΠΕ και τις φυσικές επιστήμες, ώστε να καλλιεργηθούν δεξιότητες όπως περιβαλλοντική ευαισθησία, αυτορρύθμιση και συνεργασία. Παράλληλα, συστήνεται η κατάλληλη εκπαίδευση των εκπαιδευτικών για τη χρήση της ΕΠ.

4.2 Συγκεντρωτικοί πίνακες αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας παρουσιάζονται συνοπτικά σε τρεις πίνακες (Πίνακας 1, Πίνακας 2 και Πίνακας 3). Οι πίνακες περιλαμβάνουν τις πιο βασικές πληροφορίες των 30 τελικών πηγών/ερευνών, οι οποίες στο σύνολο τους είναι πειραματικές (ποσοτικής, ποιοτικής ή μικτής προσέγγισης).

Οι τρεις πίνακες περιέχουν συνολικά 18 μεταβλητές: τίτλος αναφοράς, έτος συγγραφείς, χώρα, τύπος μελέτης, εκπαιδευτική βαθμίδα, δείγμα, αναπτυξιακή κατηγορία, εστίαση, ανάπτυξη εφαρμογής-μέθοδος, κύριοι στόχοι, μεταβλητές, εργαλεία συλλογής, εργαλεία ανάλυσης, εργαλεία/εφαρμογές, εργαλεία ανάπτυξης, στοιχεία παιχνιδοποίησης, αποτελέσματα.

Οι 18 μεταβλητές επιλέχθηκαν για να προσφέρουν μια ολοκληρωμένη και πολυδιάστατη εικόνα των ερευνών που σχετίζονται με τη συμβολή της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την αειφορία. Η επιλογή βασίστηκε στην ανάγκη κατανόησης βασικών χαρακτηριστικών, όπως το περιεχόμενο (τίτλος, συγγραφείς, έτος), το πλαίσιο (χώρα, εκπαιδευτική βαθμίδα, δείγμα) και τη μεθοδολογία (τύπος μελέτης, περιοχή εστίασης, μέθοδοι συλλογής και ανάλυσης δεδομένων). Επιπλέον, συμπεριλήφθηκαν μεταβλητές που αφορούν τα εργαλεία και τις εφαρμογές, καθώς και στοιχεία παιχνιδοποίησης, για να διερευνηθεί ο ρόλος της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τέλος, τα αποτελέσματα και οι στόχοι περιλαμβάνονται για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της εστίασης των ερευνών.

Πίνακας 1

Αναφορά	Έτος	Συγγραφείς	Χώρα	Τύπος μελέτης	Εκπαιδευτική βαθμίδα	Δείγμα	Αναπτυξιακή κατηγορία	Εστίαση
Augmented Reality proves to be a breakthrough in Environmental Education	2018	Theodorou, Kydonakis, & Botzori	Ελλάδα	Ποσοτική	Πρωτοβάθμια (Δ',Ε, ΣΤ' Δημοτικού)	241	Γνωστικό	Αειφορία
Evaluation of an Augmented Reality Game for Environmental Education: Save Elli, Save the Environment"	2018	Koutroman os, Tzortzoglou , & Sofos	Ελλάδα	Ποσοτική και ποιοτική (μικτή μέθοδος)	Πρωτοβάθμια (Δ' Δημοτικού)	40 μαθητές + 2 εκπαιδευτικοί	Γνωστικό	Αειφορία
Faculty awareness of the economic and environmental benefits of augmented reality for sustainability in Saudi Arabian universities	2019	Alahmari, Issa, Issa, & Nau	Σαουδική Αραβία	Ποσοτική (περιγραφική)	ΔΕΠ	228	Γνωστικό	Αειφορία
Nurturing Environmental Education at the Tertiary Education Level	2019	Mei & Yang	Κίνα	Ποσοτική και ποιοτική (μικτή μέθοδος)	Τριτοβάθμια	98 (17-20 ετών, 87 γυναίκες-11 άντρες)	Γνωστικό	Αειφορία

in China: Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help?								
Improving students' learning with a mobile augmented reality approach – the EduPARK game	2019	Pombo & Marques	Πορτογαλία	Ποσοτική	Δευτεροβάθμια	244	Γνωστικό	Αειφορία
Exploring augmented reality for mobile learning: a case study with children's readings on environmental sustainability	2020	Lee & Yoon	Ηνωμένες Πολιτείες	Ποσοτική και ποιοτική	Πρωτοβάθμια	30 (8-13 ετών)	Γνωστικό, Συναισθηματικό, Συμπεριφορικό	Αειφορία
Augmented Reality (AR)-Based Intervention to Enhance Awareness of Fine Dust in Sustainable Environments	2020	Huh, Park, Sunwoo, Choi & Bhang	Νότια Κορέα	Ποσοτική και ποιοτική	Δευτεροβάθμια	182	Γνωστικό, Συμπεριφορικό	Αειφορία
Development	2021	Hsieh	Ταϊβάν	Ποσοτική	Πρωτοβάθμια	22	Γνωστικό	Αειφορία (θαλάσσια)

and Application of an Augmented Reality Oyster Learning System for Primary Marine Education					(Δ' δημοτικού)			εκπαίδευση)
The Study of AR-Based Learning for Natural Science Inquiry Activities in Taiwan's Elementary School from the Perspective of Sustainable Development	2021	Lo, Lai, & Hsu	Ταϊβάν	Ποσοτική και ποιοτική (μικτή μέθοδος)	Πρωτοβάθμια	77	Γνωστικό	Αειφορία
Mobile Augmented Reality and Outdoor Education	2021	Arvola, Fuchs, Nyman, & Szczepanski	Σουηδία	Ποιοτική μελέτη	Πρωτοβάθμια	13 εκπαιδευτικοί , 9 μη εκπαιδευτικοί , 14 εκπαιδευτικοί στην τελική αξιολόγηση, μαθητές Ε' Δημοτικού (άγνωστος αριθμός)	Γνωστικό	Αειφορία (υπαίθρια εκπαίδευση)
Evaluating the	2021	Wang,	Σιγκαπούρ	Ποσοτική και	Τριτοβάθμια	Αρχικά 85	Γνωστικό,	Αειφορία

Effectiveness of an Augmented Reality Game Promoting Environmental Action		Tekler, Cheah, Herremans, & Blessing	η	ποιοτική		φοιτητές - 37 ολοκλήρωσαν το παιχνίδι	Συμπεριφορικό	
To explore the impact of augmented reality digital picture books in environmental education courses on environmental attitudes and environmental behaviors of children from different cultures	2022	Chen	Ιαπωνία, Ταϊβάν	Ποιοτική και ποσοτική, διαπολιτισμική αξιολόγηση	Πρωτοβάθμια	52	Γνωστικό, συναισθηματικό, συμπεριφορικό	Αειφορία, πολυπολιτισμικότητα
Ψηφιακή εφαρμογή μικτής πραγματικότητας - «Ντολτσό: Μια Παραδοσιακή Συνοικία της Καστοριάς στο Πέρασμα του Χρόνου»	2022	Γρηγορίου, Ατζέμη, Βασιλείου, Λιόλιου, Ευαγγέλου, & Κλεφτοδήμος	Ελλάδα	Ποσοτική	Δευτεροβάθμια	158	Γνωστικό	Αειφορία, Πολιτισμική Αειφορία
Augmented	2022	Katika,	Ελλάδα	Ποσοτική	μη	127 πολίτες	Γνωστικό	Αειφορία, Κυκλική

Reality (AR) Supporting Citizen Engagement in Circular Economy		Karaseitani dis, Tsiakou, Makropoulos, & Amditis			εκπαιδευτικό κοινό	του Δήμου Καρδίτσας, 101 γενικοί συμμετέχοντες –		Οικονομία
Ecolabel with Augmented Reality on the Website to Enhance Student Environmental Awareness	2022	Safitri, Lestari, Maksum, Ibrahim, Marini, Sudrajat, Zahari, & Iskandar	Ινδονησία	Ποσοτική	Πρωτοβάθμια (Ε΄ δημοτικού)	143 ομάδες: πειραματική και ελέγχου)	Γνωστικό	Αειφορία
Effectiveness of scenario-based learning and augmented reality for nursing students' attitudes and awareness toward climate change and sustainability	2022	Álvarez-Nieto, Álvarez-García, Parra-Anguita, Sanz-Martos, & López-Medina	Ισπανία	Ποσοτική	Τριτοβάθμια	119 φοιτητές Νοσηλευτικής (96 ολοκλήρωσαν τη διαδικασία)	Γνωστικό	Αειφορία
Can Environmental Education Supported by Augmented Reality (AR) Applications	2023	Öztürk & Akcay	Τουρκία	Ποιοτική	Πρωτοβάθμια (Γ΄ δημοτικού)	17	Γνωστικό, Συναισθηματικό, Συμπεριφορικό	Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (Αειφορία)

Improve the Environmental Awareness of Primary School Students?								
Developing a Sustainable Environment Based on Augmented Reality to Educate Adolescents about the Dangers of Electronic Gaming Addiction	2023	Najmi, Alhalafawy, & Zaki	Σαουδική Αραβία	Ποσοτική και ποιοτική	Δευτεροβάθμια	75	Γνωστικό, συναισθηματικό	Αειφορία Εθισμός στα ηλεκτρονικά παιχνίδια
Design of a location-based augmented reality game for the development of key 21st century competences in primary education	2023	Tzortzoglou, Kosmas, & Avraamidou	Ελλάδα	Ποιοτική	Πρωτοβάθμια	Μαθητές 10-13 ετών και 2 δάσκαλοι	Γνωστικό	Αειφόρος Ανάπτυξη
Learning Effects of Augmented Reality and Game-Based Learning for	2023	Czok, Krug, Müller, Huwer, & Weitzel	Γερμανία	Ποσοτική	Τριτοβάθμια	203	Γνωστικό	Αειφορία

Science Teaching in Higher Education in the Context of Education for Sustainable Development								
Leveraging a collaborative augmented reality serious game to promote sustainability awareness, commitment and adaptive problem-management	2023	Strada et al.	Ιταλία	Ποσοτική	Τριτοβάθμια	99	Γνωστικό	Αειφορία
Turning Grey to Green: Engaging Gamification in Sustainability Education With Augmented Reality Technology	2023	Ma, Dik, & Fung	Χονγκ Κονγκ	Ποσοτική και ποιοτική	Δ/Π	130 μαθητές	Γνωστικό	Αειφορία
Development and Implementation of Augmented Reality-Based	2023	Ardyansyah & Rahayu	Ινδονησία	Ποσοτική και ποιοτική	Δευτεροβάθμια	30	Γνωστικό	Αειφορία Χημεία

Card Game Learning Media with Environmental Literacy for Improving Students' Understanding of Carbon Compounds								
Effectiveness of documentary-based augmented reality application in teaching environmental problems	2023	Çakirlar-Altuntaş & Turan	Τουρκία	Ποσοτική και ποιοτική	Δευτεροβάθμια	118 μαθητές (60 πειραματική - 58 ελεγχόμενη ομάδα)	Γνωστικό	Αειφορία
Development of Augmented Reality-based Interactive Learning Media to Increase Interest in Environmental Education	2023	Safitri, Marini, Auliya, Sujarwo, & Wardhani	Ινδονησία	Ποσοτική	Πρωτοβάθμια (Δ' δημοτικού)	100	Γνωστικό	Αειφορία Βιολογία
The effects of immersive AR technology on the environmental	2024	Shakirova, Berechikidze & Gafiyatullina	Ρωσία, Καζακστάν	Ποσοτική	Δευτεροβάθμια (Α' Λυκείου)	155 μαθητές (77 πειραματική – 78 ομάδα ελέγχου)	Γνωστικό	Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

literacy, intrinsic motivation, and cognitive load of high school students								
Augmented reality as a platform to present green sustainable chemistry to improve preservice teachers' competency on technological pedagogical content knowledge	2024	Karpudewan	Μαλαισία	Ποσοτική και ποιοτική	Εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί χημείας	36 εκπαιδευτικοί – οι 15 συμμετείχαν σε συνεντεύξεις	Γνωστικό, συμπεριφορικό	Αειφορία
Exploring the Impact of Virtual Reality and Augmented Reality Technologies in Sustainability Education on Green Energy and Sustainability Behavioral Change: A Qualitative	2024	Negi	Ινδία	Ποιοτική	Μαθητές, εκπαιδευτικοί, εργαζόμενοι	30	Γνωστικό	Αειφορία

Analysis								
Interactive Learning with iPads and Augmented Reality: A Sustainability-Oriented Approach to Teaching Plastics Chemistry	2024	Syskowski, Lathwesen, Maurer, Siol, Eilks, & Huwer	Γερμανία	Ποσοτική	Δευτεροβάθμια	65	Γνωστικό συμπεριφορικό	Αειφορία
Investigating the Effectiveness of Augmented Reality Technology in Science Education in Terms of Environmental Literacy, Self-Regulation, and Motivation to Learn Science	2024	Arici	Τουρκία	Ποσοτική και ποιοτική	Πρωτοβάθμια (11- 12 ετών)	70 (34 πειραματική – 36 ομάδα ελέγχου)	Γνωστικό Συναισθηματικό Συμπεριφορικό	Αειφορία

Πίνακας 2

Αναφορά	Έτος	Μεθοδολογία	Κύριοι στόχοι	Μεταβλητές	Εργαλεία Συλλογής	Εργαλεία Ανάλυσης	Εργαλεία / Εφαρμογές
Augmented Reality proves to be a breakthrough in Environmental Education	2018	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Αύξηση γνώσεων και εμπειρίας μάθησης	Αρχική γνώση, γνώση μετά την παρέμβαση, εκπαιδευτική εμπειρία	Ερωτηματολόγια (13 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής)	Microsoft Excel (στατιστική ανάλυση)	Δ/Π
Evaluation of an Augmented Reality Game for Environmental Education: <i>Save Elli, Save the Environment</i>	2018	Παιχνιδοποίηση	Αξιολόγηση αποδοχής, πρόθεσης επαναχρησιμοποίησης και διευκόλυνσης χρήσης	Αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα, ευκολία χρήσης, απόλαυση, κοινωνική επιρροή, πρόθεση χρήσης	Ερωτηματολόγια, παρατήρηση, συνεντεύξεις	SPSS, περιγραφική ανάλυση, συσχετίσεις Pearson, ιεραρχική παλινδρόμηση, κωδικοποίηση συνεντεύξεων	Παιχνίδι ΕΠ: <i>Save Elli, Save the Environment</i>
Faculty awareness of the economic and environmental benefits of augmented reality for sustainability in Saudi Arabian universities	2019	Δ/Π	Επίγνωση βιωσιμότητας	Επίπεδο επίγνωσης, περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες	Ερωτηματολόγια (διαδικτυακή έρευνα - Qualtrics)	SPSS (EFA - διερευνητική παραγοντική ανάλυση)	Δ/Π
Nurturing Environmental Education at the	2019	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης	Χρησιμότητα, ευκολία χρήσης, στάση φοιτητών,	Ερωτηματολόγια, σημειώσεις πεδίου,	SPSS, NVivo	Δ/Π

Tertiary Education Level in China: Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help?			μέσω κινητών εφαρμογών ΕΠ	πρόθεση συμμετοχής	ημιδομημένες συνεντεύξεις		
Improving students' learning with a mobile augmented reality approach – the EduPARK game	2019	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Προώθηση βιωματικής και διαθεματικής μάθησης	Εκπαιδευτική αξία, χρηστικότητα, αποτελεσματικότητα	Ερωτηματολόγια, δεδομένα από την εφαρμογή	Στατιστική και περιγραφική στατιστική	EduPARK (για κινητές συσκευές)
Exploring augmented reality for mobile learning: a case study with children's readings on environmental sustainability	2020	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Αύξηση κατανόησης για περιβάλλον μέσω ΕΠ, αύξηση περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης	Στάσεις για περιβάλλον, φύλο, ηλικία	Ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις	Μονοδρομη και διπλή ANOVA	Βιβλίο/εφαρμογή ή ΕΠ
Augmented Reality (AR)-Based Intervention to Enhance Awareness of Fine Dust in	2020	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, κατανόηση των συνεπειών της ατμοσφαιρικής σκόνης,	Εξαρτημένες: Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, στάσεις, ενδιαφέρον Ανεξάρτητες: Προηγούμενη	Ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις	Ποσοτική και περιγραφική στατιστική	Δ/Π

Sustainable Environments			ενίσχυση της διάθεσης συμμετοχής στις περιβαλλοντικές δραστηριότητες	εμπειρία, επίπεδο ενδιαφέροντος			
Development and Application of an Augmented Reality Oyster Learning System for Primary Marine Education	2021	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Σύγκριση ΕΠ με παραδοσιακή διδασκαλία Ενίσχυση μαθησιακής επίδοσης Αύξηση ενδιαφέροντος για τα οστρακοειδή	Εξαρτημένες: Επίδοση, κίνητρα, ενδιαφέρον Ανεξάρτητες: Μέθοδος διδασκαλίας (ΕΠ ή παραδοσιακή)	Προ- και μετεξεταστικά τεστ, ερωτηματολόγιο ARCS	T-test για εξαρτημένα και ανεξάρτητα δείγματα	AROLS
The Study of AR-Based Learning for Natural Science Inquiry Activities in Taiwan's Elementary School from the Perspective of Sustainable Development	2021	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Ενίσχυση κατανόησης της βιοποικιλότητας, εξοικείωση με τα φυτά και τα δέντρα της σχολικής αυλής, διερεύνηση πρόθεσης χρήσης εφαρμογής ΕΠ	Εξαρτημένες: Χρησιμότητα, ευχρηστία, στάση, πρόθεση χρήσης Ανεξάρτητες: Ηλικία, ψηφιακή εγγραμματοσύνη	Ερωτηματολόγιο, παρατηρήσεις, συνεντεύξεις	SPSS Statistics, TAM, περιγραφικές στατιστικές	Campus Tree Guide - ΕΠ
Mobile Augmented Reality and Outdoor Education	2021	Εγκαθιδρυμένη μάθηση (συνδυασμός υπαίθριας εκπαίδευσης και ΕΠ)	Ενίσχυση της αυθεντικότητας της διδασκαλίας και σύνδεση μαθητών με το περιβάλλον	Χρήση ΕΠ στην υπαίθρια εκπαίδευση, εμπειρίες εκπαιδευτικών και μαθητών	Συνεντεύξεις, παρατηρήσεις, σημειώσεις από συναντήσεις, ανάλυση μηνυμάτων,	Θεματική κατηγοριοποίηση, φαινομενογραφική προσέγγιση, διαγράμματα	Minnesmark

					δοκιμές πρωτοτύπων	συσχετίσεων, ιεραρχική ανάλυση εργασιών	
Evaluating the Effectiveness of an Augmented Reality Game Promoting Environmental Action	2021	Παιχνιδοποίηση (σοβαρό παιχνίδι με γεωεντοπισμό)	Ενίσχυση των γνώσεων και στάσεων για την κλιματική αλλαγή και την περιβαλλοντική δράση	Γνώσεις και στάσεις για τη βιωσιμότητα και την κλιματική αλλαγή	Ερωτηματολόγια, TPB	Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση, εξαρτημένα t-tests	PEAR
To explore the impact of augmented reality digital picture books in environmental education courses on environmental attitudes and environmental behaviors of children from different cultures	2022	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Καλλιέργεια περιβαλλοντικών στάσεων και συμπεριφορών μέσω ψηφιακών βιβλίων ΕΠ	Μαθησιακή εμπειρία Δυνατότητα γρήγορης εκμάθησης γνώσεων	Ερωτηματολόγια	Ποσοτική ανάλυση, PLS, bootstrap, Baron & Kenny method, Sobel test	Δ/Π
Ψηφιακή εφαρμογή μικτής πραγματικότητας - «Ντολτσό: Μια Παραδοσιακή	2022	Παιχνιδοποίηση	Ανάδειξη πολιτισμικής κληρονομιάς, βελτίωση μαθησιακής εμπειρίας	Χρηστικότητα, θεματικό περιεχόμενο, κίνητρα συνεργασίας	Ερωτηματολόγιο	Ποσοτική ανάλυση	«Ντολτσό: Μια παραδοσιακή συνοικία της Καστοριάς στο πέρασμα του χρόνου».

Συνοικία της Καστοριάς στο Πέρασμα του Χρόνου»							
Augmented Reality (AR) Supporting Citizen Engagement in Circular Economy	2022	Παιχνιδοποίηση, χρήση GPS, QR codes	Βελτίωση κατανόησης αρχών κυκλικής οικονομίας, ενίσχυση εμπλοκής πολιτών μέσω εκπαιδευτικών εμπειριών, αξιολόγηση συμμετοχής μη εξοικειωμένων πολιτών	Αισθητική, χρηστικότητα, κατανόηση αρχών ΚΟ, εμπλοκή	Διαδικτυακή έρευνα (τρία στάδια), ερωτηματολόγιο	Περιγραφική στατιστική, PCA, SEM	CircularAR
Ecolabel with Augmented Reality on the Website to Enhance Student Environmental Awareness	2022	Δ/Π	Ενίσχυση περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, κατανόηση περιβαλλοντικών προβλημάτων	Περιβαλλοντική δραστηριότητα, στάσεις, αξίες αειφορίας	Ερωτηματολόγιο, posttests	Kolmogorov-Smirnov, Levene's Test, ανεξάρτητος t-test	Δ/Π
Effectiveness of scenario-based learning and augmented reality for nursing students' attitudes and awareness	2022	Εγκαθιδρυμένη μάθηση, Εκπαίδευση μέσω σεναρίων και ΕΠ (συμπεριλαμβάνεται βιωματική μάθηση).	Αύξηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και αξιολόγηση δεξιοτήτων βιωσιμότητας	Στάσεις, ευαισθητοποίηση, εφαρμογή δεξιοτήτων βιωσιμότητας	Ερωτηματολόγιο, SANS_2	SPSS, Friedman Test, Wilcoxon Test	Δ/Π

toward climate change and sustainability							
Can Environmental Education Supported by Augmented Reality (AR) Applications Improve the Environmental Awareness of Primary School Students?	2023	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και ενθάρρυνση θετικών περιβαλλοντικών συμπεριφορών	Περιβαλλοντική γνώση, στάσεις, συμπεριφορές	Ημιδομημένες συνεντεύξεις	Ανάλυση περιεχομένου	Δ/Π
Developing a Sustainable Environment Based on Augmented Reality to Educate Adolescents about the Dangers of Electronic Gaming Addiction	2023	Παιχνιδοποίηση με χρήση ΕΠ	Ευαισθητοποίηση για τους κινδύνους του ΕΓΑ, ενίσχυση γνώσεων, προσοχής και μνήμης, ενίσχυση εσωτερικών κινήτρων και αυτογνωσίας	Αποτελεσματικότητα της SEBAR στην ευαισθητοποίηση, σύγκριση επιδόσεων μεταξύ πειραματικής και ομάδας ελέγχου, συναισθηματικές, γνωστικές, και συμπεριφορικές αντιδράσεις	Κλίμακα EGAS (ηλεκτρονικά παιχνίδια), πολυδιάστατο τεστ κατανόησης DEGA, ημιδομημένες συνεντεύξεις	Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση, Στατιστική ανάλυση Λογισμικό Maxqda για θεματική ανάλυση	SEBAR
Design of a location-based augmented reality game for the	2023	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας, συνεργασίας και κριτικής σκέψης	Κοινωνική συνείδηση, επικοινωνιακές δεξιότητες, πολιτική σκέψη	Παρατήρηση, Συνεντεύξεις, Ανατροφοδότηση	Ποιοτική ανάλυση	EcoAegean

development of key 21st century competences in primary education							
Learning Effects of Augmented Reality and Game-Based Learning for Science Teaching in Higher Education in the Context of Education for Sustainable Development	2023	Παιχνιδοποίηση με χρήση ΕΠ	Αξιολόγηση κινητοποίησης, εμπλοκής και αποδοχής τεχνολογίας	Αυτο-αποτελεσματικότητα, κινητοποίηση, γνωστική φόρτιση	Ερωτηματολόγια (pre-test, post1-test, post2-test)	SPSS, ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), Kruskal-Wallis	Beat the Beast
Leveraging a collaborative augmented reality serious game to promote sustainability awareness, commitment and adaptive problem-management	2023	Συλλογική Προσαρμοστική Μάθηση (CAPM)	Ενίσχυση ευαισθητοποίησης για βιωσιμότητα, ανάπτυξη συνεργατικών δεξιοτήτων	Ευαισθητοποίηση, δέσμευση, συνεργασία, προσαρμοστικότητα	Ερωτηματολόγια (NEP, Sustainability Consciousness Questionnaire), ανάλυση βίντεο	Στατιστική ανάλυση (HLM, Pearson, περιγραφικά στατιστικά)	Sustain
Turning Grey to	2023	Παιχνιδοποίηση	Βελτίωση γνώσεων	Γνώση για	Ερωτηματολόγια	Ποιοτική	Δ/Π

Green: Engaging Gamification in Sustainability Education With Augmented Reality Technology			για βιωσιμότητα, ενίσχυση περιβαλλοντικής συνείδησης, υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών	περιβάλλον, ενδιαφέρον για βιωσιμότητα, δεξιότητες περιβαλλοντικής συνείδησης	(pre- και post-surveys), ποιοτικές μέθοδοι (IDIs, focus groups)	ανάλυση και στατιστική ανάλυση ερωτηματολογίων	
Development and Implementation of Augmented Reality-Based Card Game Learning Media with Environmental Literacy for Improving Students' Understanding of Carbon Compounds	2023	Μάθηση μέσω Παιχνιδιού Καρτών	Ενίσχυση γνώσης ενώσεων άνθρακα, ανάπτυξη περιβαλλοντικής υπευθυνότητας	Γνώση για άνθρακα, περιβαλλοντική υπευθυνότητα, μαθησιακή επίδοση	Ερωτηματολόγια, προ-τεστ και μετα-τεστ, δομημένες συνεντεύξεις	SPSS (t-tests, κανονικότητα), κωδικοποίηση και περιεχομενική ανάλυση	ChemiCa
Effectiveness of documentary-based augmented reality application in teaching environmental problems	2023	D-AR (ΕΠ βασισμένη σε Ντοκιμαντέρ)	Βελτίωση γνώσης για περιβαλλοντικά προβλήματα, κριτική σκέψη	Επιδόσεις στις ερωτήσεις τύπου PISA, περιβαλλοντική κατανόηση, κριτική σκέψη	Ερωτήσεις τύπου PISA (προσαρμοσμένες), ποιοτική ανάλυση απαντήσεων	T-test για ομάδες, περιγραφική ανάλυση ποιοτικών δεδομένων	Δ/Π

Development of Augmented Reality-based Interactive Learning Media to Increase Interest in Environmental Education	2023	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για την ΠΕ και βελτίωση της κατανόησης αφηρημένων εννοιών	Ενδιαφέρον για την ΠΕ, κατανόηση μερών και λειτουργιών φυτών	Ερωτηματολόγια (pretest-posttest)	SPSS, Kolmogorov-Smirnov, Levene, paired sample t-test	Assemblr EDU
The effects of immersive AR technology on the environmental literacy, intrinsic motivation, and cognitive load of high school students	2024	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Βελτίωση περιβαλλοντικής παιδείας, ενίσχυση κινητοποίησης, μείωση γνωστικού φορτίου	Στάσεις, πεποιθήσεις, γνώση διατήρησης, υπεύθυνη συμπεριφορά, γνωστικό φορτίο	Ερωτηματολόγια ELS, ερωτηματολόγια για κινητοποίηση και γνωστικό φορτίο	SPSS, t-test	REWILD
Augmented reality as a platform to present green sustainable chemistry to improve preservice teachers' competency on technological pedagogical content	2024	Εγκαθιδρυμένη μάθηση - βιωματική	Ενίσχυση τεχνολογικής, παιδαγωγικής και περιεχομενικής γνώσης (TPACK), βιώσιμη διδασκαλία	TPACK (TK, CK, PK, PCK, TPK, TCK, συνολική γνώση)	Ερωτηματολόγιο TRACK, ομαδικές συνεντεύξεις	SPSS, θεματική ανάλυση συνεντεύξεων	AR-GSC

knowledge							
Exploring the Impact of Virtual Reality and Augmented Reality Technologies in Sustainability Education on Green Energy and Sustainability Behavioral Change: A Qualitative Analysis	2024	Εγκαθιδρυμένη μάθηση βιωματική -	Διερεύνηση της επιρροής της ΕΠ στη συμπεριφορά για βιώσιμες πρακτικές, κατανόηση της πράσινης ενέργειας	Κατανόηση βιωσιμότητας, αλλαγή συμπεριφοράς	Ημιδομημένες συνεντεύξεις	Θεματική κωδικοποίηση, ανάλυση περιεχομένου	Δ/Π
Interactive Learning with iPads and Augmented Reality: A Sustainability-Oriented Approach to Teaching Plastics Chemistry	2024	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Κατανόηση ιδιοτήτων πλαστικών, περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση	Ενδιαφέρον κατανόηση, εμπειρία με ΕΠ	Ερωτηματολόγια	Περιγραφική στατιστική (Excel)	Δ/Π
Investigating the Effectiveness of Augmented Reality Technology in	2024	Εγκαθιδρυμένη μάθηση	Βελτίωση περιβαλλοντικής εγγραμματοσύνης, αυτορρύθμισης και κινήτρου μάθησης	Περιβαλλοντική εγγραμματοσύνη, αυτορρύθμιση, κινητοποίηση	Κλίμακες μέτρησης (περιβαλλοντική εγγραμματοσύνη, αυτορρύθμιση, κινητοποίηση)	SPSS 22, MANOVA, ανάλυση περιεχομένου	Δ/Π

Science Education in Terms of Environmental Literacy, Self-Regulation, and Motivation to Learn Science							
--	--	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 3

Αναφορά	Έτος	Εργαλεία ανάπτυξης	Στοιχεία παιχνιδοποίησης	Αποτελέσματα
Augmented Reality proves to be a breakthrough in Environmental Education	2018	Unity3D, Vuforia (Android, QR κώδικες)	Τρισδιάστατα μοντέλα, ήχος, διαδραστική παρουσίαση περιβαλλοντικών εννοιών	• αύξηση γνώσεων • βελτίωση μαθησιακής εμπειρίας
Evaluation of an Augmented Reality Game for Environmental Education: “Save Elli, Save the Environment	2018	Δ/Π	Ομαδικές αποστολές, διαδραστική εξερεύνηση περιβάλλοντος	• θετική στάση μαθητών (75,8%), • αντιλαμβανόμενη χρησιμότητα (75,4%), • απόλαυση (74,2%) • Προβλήματα: τεχνικά θέματα (σύνδεση στο διαδίκτυο, ηλιοφάνεια)
Faculty awareness of the economic and environmental benefits of augmented reality for sustainability in Saudi Arabian universities	2019	Δ/Π	Δ/Π	• υψηλό επίπεδο επίγνωσης • αναγνώριση περιβαλλοντικών (μείωση ανθρακικού αποτυπώματος) και οικονομικών (εξοικονόμηση κόστους) πλεονεκτημάτων
Nurturing Environmental Education at the Tertiary Education Level in China: Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help?	2019	ARIS	Διαδραστικά σενάρια, ομάδες συνεργασίας	• υψηλή αποδοχή της εφαρμογής • βελτίωση κριτικής σκέψης και συνείδησης • τεχνικές δυσκολίες (χρήση μικρών οθονών, παθητικοί συμμετέχοντες)
Improving students’ learning with a mobile augmented reality approach – the EduPARK game	2019	Δ/Π	Βαθμολογίες, θησαυροί	• υψηλή εκπαιδευτική αξία • θετική εμπειρία • βελτίωση περιβαλλοντικής συνείδησης

Exploring augmented reality for mobile learning: a case study with children's readings on environmental sustainability	2020	Δ/Π	Εικονικά περιβαλλοντικά σενάρια	• Η ΕΠ συνέβαλε σε αύξηση 15% στις στάσεις για τη διατήρηση του περιβάλλοντος. • Η ΕΠ ενίσχυσε κατά 30% τις στάσεις για τα άγρια ζώα. • Η ΕΠ βοήθησε τα μικρότερα παιδιά να βελτιωθούν κατά 25% περισσότερο από τα μεγαλύτερα • Η ΕΠ διπλασίασε τη βελτίωση των κοριτσιών στις περιβαλλοντικές στάσεις σε σχέση με τα αγόρια.
Augmented Reality (AR)-Based Intervention to Enhance Awareness of Fine Dust in Sustainable Environments	2020	Δ/Π	Δ/Π	• Βελτίωση κατανόησης των συνεπειών της σκόνης • Αύξηση ενδιαφέροντος και συμμετοχής στη μάθηση • Ενίσχυση περιβαλλοντικής συνείδησης
Development and Application of an Augmented Reality Oyster Learning System for Primary Marine Education	2021	Unity Blender Vuforia	Στοιχεία παιχνιδιοποίησης Ανατροφοδότηση	• Αύξηση μαθησιακής επίδοσης και κινήτρων • Βελτίωση στις διαστάσεις προσοχής, σημασίας, αυτοεκτίμησης και ικανοποίησης
The Study of AR-Based Learning for Natural Science Inquiry Activities in Taiwan's Elementary School from the Perspective of Sustainable Development	2021	Δ/Π	Δ/Π	• Ενίσχυση μαθησιακής εμπειρίας • Βελτίωση ψηφιακής εγγραμματοσύνης και αυτοπεποίθησης • Προώθηση ισότιμης πρόσβασης στη γνώση
Mobile Augmented Reality and Outdoor	2021	Δ/Π	Δ/Π	• η χρήση της κινητής ΕΠ ενίσχυσε την αυθεντικότητα της διδασκαλίας και τη σύνδεση

Education				με το περιβάλλον • υπήρξαν προκλήσεις στην ασφάλεια και την προετοιμασία των δραστηριοτήτων
Evaluating the Effectiveness of an Augmented Reality Game Promoting Environmental Action	2021	Δ/Π	Διαδραστικότητα, παιχνίδι γεωεντοπισμού	Η χρήση του παιχνιδιού • βελτίωσε τις γνώσεις και στάσεις για τη βιωσιμότητα • υψηλή απώλεια παικτών λόγω τεχνικών προβλημάτων
To explore the impact of augmented reality digital picture books in environmental education courses on environmental attitudes and environmental behaviors of children from different cultures	2022	Δ/Π	Χρήση εικόνας και διαδραστικών στοιχείων στο ψηφιακό βιβλίο	Τα ψηφιακά βιβλία ΕΠ: • ενίσχυσαν τις περιβαλλοντικές στάσεις • είχαν περιορισμένη επίδραση στις περιβαλλοντικές συμπεριφορές λόγω των πολιτισμικών και οικονομικών περιορισμών.
Ψηφιακή εφαρμογή μικτής πραγματικότητας - «Ντολτσό: Μια Παραδοσιακή Συνοικία της Καστοριάς στο Πέρασμα του Χρόνου»	2022	Δ/Π	Συνδυασμός φυσικής και ψηφιακής περιήγησης	• Βελτίωση γνώσεων • Θετική αξιολόγηση χρηστικότητας • Ικανοποίηση • Παρακίνηση για συνεργασία • Επιθυμία επανάληψης χρήσης
Augmented Reality (AR) Supporting Citizen Engagement in Circular Economy	2022	Δ/Π	Κουίζ, εικονικός βοηθός, τρισδιάστατα μοντέλα	• Αύξηση ενδιαφέροντος για ΚΟ • Ενίσχυση αυτοπεποίθησης • Υψηλότερη αποδοχή από μη εξοικειωμένους χρήστες • Υποστήριξη συμμετοχής πολιτών διαφορετικών προφίλ
Ecolabel with Augmented Reality on	2022	Vuforia	Διαδραστικά ecolabels	• Σημαντική αύξηση περιβαλλοντικής συνείδησης • καλύτερη κατανόηση περιβαλλοντικών

the Website to Enhance Student Environmental Awareness				προβλημάτων • ενίσχυση δεξιοτήτων για αειφορία.
Effectiveness of scenario-based learning and augmented reality for nursing students' attitudes and awareness toward climate change and sustainability	2022	Δ/Π	Δ/Π	• Σημαντική αύξηση στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και τις θετικές στάσεις • δυσκολίες εφαρμογής δεξιοτήτων στην κλινική πρακτική λόγω περιορισμών.
Can Environmental Education Supported by Augmented Reality (AR) Applications Improve the Environmental Awareness of Primary School Students?	2023	Δ/Π	Διαδραστικότητα, ψυχαγωγία μέσω ΕΠ	• Θετικά συναισθήματα κατά τη χρήση ΕΠ • Βελτίωση γνώσεων και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς (π.χ., τήρηση καθαριότητας, φροντίδα ζώων).
Developing a Sustainable Environment Based on Augmented Reality to Educate Adolescents about the Dangers of Electronic Gaming Addiction	2023	Δ/Π	Δυνατότητα άμεσης αλληλεπίδρασης, διαδραστικότητα, πολυμεσική παρουσίαση	• Βελτίωση επιδόσεων • Ενίσχυση γνώσεων και αυτογνωσίας για τους κινδύνους του EGA • Ενίσχυση κριτικής σκέψης και στρατηγικών διαχείρισης χρόνου
Design of a location-based augmented reality game for the development of key 21st century competences in primary education	2023	Πλατφόρμα TaleBlazer	Ενσωμάτωση ρεαλιστικών σεναρίων και εικονικών στοιχείων	• Βελτίωση δεξιοτήτων • ανάπτυξη κοινωνικής συνείδησης • προώθηση συνεργασίας
Learning Effects of	2023	Δ/Π	Σενάρια βιωσιμότητας,	• Η ΕΠ αυξάνει εμπλοκή, αποδοχή,

Augmented Reality and Game-Based Learning for Science Teaching in Higher Education in the Context of Education for Sustainable Development			gamified learning	κινητοποίηση, γνωστική επιβάρυνση • το παιχνίδι δεν είναι πάντα αποτελεσματικό • η ΕΠ επηρεάζει θετικά γνώση
Leveraging a collaborative augmented reality serious game to promote sustainability awareness, commitment and adaptive problem-management	2023	Δ/Π	Συνεργατικά σενάρια, εικονικές δραστηριότητες	Βελτίωση • ευαισθητοποίησης • συνεργασίας • προσαρμοστικότητας • δέσμευση για βιωσιμότητα
Turning Grey to Green: Engaging Gamification in Sustainability Education With Augmented Reality Technology	2023	Δ/Π	Συλλογές μεταλλίων, ανταμοιβές, κοινωνική διάδραση	• Βελτίωση γνώσεων • αυξημένο ενδιαφέρον • ενίσχυση ψηφιακής εγγραμματοσύνης • σύνδεση ψυχαγωγίας και μάθησης
Development and Implementation of Augmented Reality-Based Card Game Learning Media with Environmental Literacy for Improving Students' Understanding of Carbon Compounds	2023	Assemblr EDU	Διαδραστική ΕΠ, ευχάριστη μορφή παιχνιδιού	• Σημαντική βελτίωση γνώσεων • αυξημένη κατανόηση και περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση • επιτυχία εργαλείου
Effectiveness of documentary-based augmented reality	2023	Δ/Π	Δ/Π	• Σημαντική βελτίωση γνώσεων • αυξημένη κατανόηση περιβαλλοντικών προβλημάτων

application in teaching environmental problems				ανάπτυξη κριτικής σκέψης
Development of Augmented Reality-based Interactive Learning Media to Increase Interest in Environmental Education	2023	Δ/Π	Διαδραστικότητα μέσω 3D αντικειμένων, αναπαραστάσεις, πληροφορίες μέσω QR	- Αύξηση ενδιαφέροντος κατά 50,6% - μεσαία αποτελεσματικότητα - βελτίωση συμμετοχής και απορρόφησης γνώσης
The effects of immersive AR technology on the environmental literacy, intrinsic motivation, and cognitive load of high school students	2024	Δ/Π	Εικονική αλληλεπίδραση, ενσωμάτωση ΕΠ στη διδασκαλία	- Βελτίωση στάσεων γνώσεων υπεύθυνης συμπεριφοράς - μείωση γνωστικού φορτίου - ενίσχυση μαθησιακής κινητοποίησης
Augmented reality as a platform to present green sustainable chemistry to improve preservice teachers' competency on technological pedagogical content knowledge	2024	Δ/Π	Οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών, 3D σχεδιασμός	Βελτίωση TK (+30,3%) - TCK (+28,2%) - TPK (+37,3%) - TPACK (+75,7%) βιωματική μάθηση σύνδεση θεωρίας με βιωσιμότητα
Exploring the Impact of Virtual Reality and Augmented Reality Technologies in Sustainability Education on Green Energy and Sustainability Behavioral Change: A	2024	Δ/Π	Δ/Π	- Βελτίωση κατανόησης για βιωσιμότητα - θετική αλλαγή συμπεριφοράς - δυσκολίες προσβασιμότητας

Qualitative Analysis				
Interactive Learning with iPads and Augmented Reality: A Sustainability-Oriented Approach to Teaching Plastics Chemistry	2024	Maya, ZapWorks Studio, LearningApps.org	Ενσωμάτωση 3D ΕΠ στοιχείων	• Ενίσχυση ενδιαφέροντος • καλύτερη κατανόηση • ανάγκη για περισσότερη ανατροφοδότηση
Investigating the Effectiveness of Augmented Reality Technology in Science Education in Terms of Environmental Literacy, Self-Regulation, and Motivation to Learn Science	2024	Δ/Π	Δ/Π	• Βελτίωση σε περιβαλλοντική εγγραμματοσύνη • αυτορρύθμιση • κινητοποίηση

4.3 Ομαδοποίηση Αποτελεσμάτων

Εν συνεχεία, παρατίθενται ομαδοποιήσεις των παραπάνω αποτελεσμάτων βάσει

- γενικών χαρακτηριστικών των πηγών: οι 30 έρευνες κατανέμονται χρονικά με ποσοστά που αναδεικνύουν τις τάσεις στη μελέτη της ΕΠ στην εκπαίδευση για την αειφορία. Ένα μικρό ποσοστό, περίπου 7%, εντοπίζεται το 2018 και το 2020, ενώ το 2019 και το 2021 παρατηρείται μικρή αύξηση, με ποσοστά της τάξης του 10% και 13% αντίστοιχα. Στο 2022 αναλογεί το 17% των συνολικών μελετών, ποσοστό που κορυφώνεται το 2023, με το 30% των συνολικών ερευνών να ανήκουν σε αυτό το έτος ενώ οι μελέτες του 2024 καταλαμβάνουν το 17% (βλ. Παράρτημα, Γράφημα 1). Η γεωγραφική προέλευση των ερευνών καταδεικνύει ισχυρή παρουσία της Ασίας, η οποία φιλοξενεί το 60% των μελετών. Η Ευρώπη ακολουθεί με ποσοστό 37%, ενώ η Αμερική αντιπροσωπεύεται από το 3%. Η Ωκεανία και η Αφρική δεν καταγράφουν συμμετοχές (βλ. Παράρτημα, Γραφήματα 2 & 3). Αναφορικά με τον τύπο των 30 μελετών, οι ποσοτικές και οι μικτές προσεγγίσεις κυριαρχούν, με καθεμία από αυτές να αντιστοιχεί στο 43% των ερευνών. Οι ποιοτικές μελέτες καταλαμβάνουν το 13% του συνόλου (βλ. Παράρτημα, Γράφημα 4).
- πλαισίου και αντικειμένου μελέτης: αναφορικά με τη βαθμίδα εκπαίδευσης των συμμετεχόντων η πρωτοβάθμια εκπαίδευση καλύπτει το 33,33% του συνόλου των πηγών ενώ το 26,67% αυτών εστιάζει στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ακολουθεί η τριτοβάθμια εκπαίδευση, η οποία «πρωταγωνιστεί» στο 16,67% των ερευνών. Ειδικές κατηγορίες, όπως μη εκπαιδευτικό κοινό και ομάδες που περιλαμβάνουν μαθητές, εκπαιδευτικούς και εργαζόμενους, καταλαμβάνουν ποσοστά 3,33% και 6,67% αντίστοιχα. Το υπόλοιπο 3,33% αναφέρεται σε κατηγορίες που δεν κατατάσσονται στις παραπάνω (βλ. Παράρτημα, Γράφημα 5). Ως μεταβλητή

ιδιαίτερης σημασίας, ελέγχθηκε ο αριθμός του δείγματος των ερευνών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 56,67% των ερευνών χρησιμοποίησε δείγμα μικρότερο των 100 ατόμων, ενώ το 20% από 101 έως 200 άτομα. Το 16,67% των ερευνών περιλαμβάνει δείγματα άνω των 200 ατόμων. Επιπλέον, για το 6,67% των ερευνών δε δίνονται στοιχεία σχετικά με το μέγεθος του δείγματος (βλ. Παράρτημα, Γράφημα 6). Στα πλαίσια των αναπτυξιακών κατηγοριών αναδείχτηκε ότι στο 70% των ερευνών κυριαρχεί αποκλειστικά η γνωστική ανάπτυξη, ενώ το 13,33% συνδυάζει τη γνωστική με τη συμπεριφορική ανάπτυξη, και το ίδιο ποσοστό (13,33%) εξετάζει τη γνωστική σε συνδυασμό με τη συναισθηματική και τη συμπεριφορική ανάπτυξη. Τέλος, μόνο το 3,33% συνδυάζει τη γνωστική με τη συναισθηματική ανάπτυξη (βλ. Παράρτημα, Γράφημα 7). Αναφορικά με την περιοχή εστίασης των πηγών, η ανάλυση κατέδειξε ότι το 66,67% επικεντρώνεται στην αειφορία. Το 26,67% των ερευνών συνδυάζει την αειφορία με άλλους τομείς, όπως η διαπολιτισμικότητα, η κυκλική οικονομία, ο πολιτισμός, η χημεία και η βιολογία. Τέλος, το 6,67% αφορά την περιβαλλοντική εκπαίδευση (βλ. Παράρτημα, Γράφημα 7).

- μεθοδολογικής προσέγγισης και ανάπτυξης εφαρμογής: η μελέτη των 30 ερευνών ανέδειξε ως κυρίαρχη μέθοδο την εγκαθιδρυμένη, η οποία εφαρμόστηκε στο 60% των περιπτώσεων, με την παιχνιδοποίηση να ακολουθεί στο 23% των ερευνών. Σε ένα μικρό ποσοστό -10%- συναντώνται διάφορες άλλες μέθοδοι, όπως η βιωματική και η συλλογική προσαρμοστική μάθηση, ενώ στο 7% των ερευνών δεν παρέχονται στοιχεία σχετικά με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Από τις 30 έρευνες, στο 57% κατονομάζονται συγκεκριμένα εργαλεία ή εφαρμογές, όπως το *Save Elli*, το *Sustain*, το *EduPARK*, ενώ το 43% δεν παρείχε σχετικές πληροφορίες. Αξίζει να σημειωθεί πως το 86,7% των ερευνών χρησιμοποίησε κινητές συσκευές (tablets, smartphones),

το 6,7% συνδύασε κινητές συσκευές με εργαστηριακό περιβάλλον, το 3,3% πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά σε εργαστήριο, ενώ το 3,3% διεξήχθη μέσω του διαδικτυακού εργαλείου Qualtrics Survey (βλ. Παράρτημα, Γράφημα 8). Όσον αφορά τα εργαλεία ανάπτυξης των εφαρμογών, η πλειοψηφία - 67% - των ερευνών δεν αναφέρει το εργαλείο ανάπτυξης ενώ μόνο το 33% αναφέρει συγκεκριμένα εργαλεία, με το Vuforia (10%) και το Unity3D (7%) να είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα. Από τις 30 έρευνες, στοιχεία παιχνιδοποίησης εντοπίστηκαν στο 73% των περιπτώσεων. Πιο συχνή κατηγορία αποτελεί η διαδραστικότητα και τα πολυμέσα, που εμφανίζεται στο περίπου 55% των ερευνών, με χαρακτηριστικά όπως τρισδιάστατα μοντέλα, QR κώδικες, και πολυμεσικές αναπαραστάσεις. Ακολουθούν οι ομαδικές αποστολές και η συνεργασία στο 27%, οι ανταμοιβές και συλλογές στο 9%, η ψυχαγωγία μέσω ΕΠ στο 9%.

- πλαισίωσης στόχων κι επιστημονικής αξιολόγησης: Οι κύριοι στόχοι των 30 ερευνών επικεντρώνονται κυρίως – 73% - στην ενίσχυση γνώσης και κατανόησης περιβαλλοντικών ζητημάτων και της ΕΠ. Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση καταγράφεται στο 37% των ερευνών, ενώ το 17% επιδιώκει την καλλιέργεια βιώσιμων στάσεων και συμπεριφορών. Στόχοι που αφορούν την ενίσχυση κινήτρων και του ενδιαφέροντος για το περιβάλλον καλύπτουν το 30%, ενώ η πρόθεση χρήσης της ΕΠ αναφέρεται στο 13%. Η ανάπτυξη δεξιοτήτων, όπως συνεργασία και κριτική σκέψη, εντοπίζεται στο 17%, ενώ το 15% ασχολείται με άλλους, ειδικότερους στόχους. Αναλύοντας τις μεταβλητές των πηγών αναδεικνύεται ότι στο 30% εντοπίζονται μεταβλητές περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και στάσεων. Η εκπαιδευτική εμπειρία και η αποτελεσματικότητα καταγράφηκαν στο 23%, ενώ η χρησιμότητα, χρηστικότητα και πρόθεση χρήσης της ΕΠ στο 20%. Ζητήματα

αιεφορίας και βιωσιμότητας εντοπίστηκαν στο 17% των ερευνών, ενώ κοινωνικές δεξιότητες και συνεργασία στο 10%. Σειρά παίρνει η ανάλυση των εργαλείων συλλογής δεδομένων, με τα ερωτηματολόγια να αποτελούν το κυριότερο εργαλείο, χρησιμοποιούμενο στο 80% των περιπτώσεων. Οι συνεντεύξεις εφαρμόστηκαν στο 40% των ερευνών, ενώ η παρατήρηση στο 13%. Προ - και μετεξεταστικά τεστ αξιοποιήθηκαν στο 20% των ερευνών, και οι κλίμακες μέτρησης στο 10%. Επιπλέον, ένα σύνολο άλλων εργαλείων καταγράφηκε στο 33% των περιπτώσεων. Τέλος, αναφορικά με τα εργαλεία ανάλυσης δεδομένων, η εξέταση των 30 ερευνών ανέδειξε την επικράτηση εργαλείων ποσοτικής ανάλυσης, που αντιπροσωπεύουν το 70% του συνόλου, ενώ τα εργαλεία ποιοτικής ανάλυσης καταλαμβάνουν το 30%. Το SPSS χρησιμοποιήθηκε στο 37% των ερευνών, υπογραμμίζοντας τη συχνή χρήση του στην ποσοτική ανάλυση. Επιπλέον, τα T-tests καταγράφηκαν στο 33% των μελετών, ενώ η μέθοδος ANOVA χρησιμοποιήθηκε στο 10%.

- ευρημάτων: η διεξοδική μελέτη και ανάλυση των 30 πηγών σχετικά με τη χρήση ΕΠ στην εκπαίδευση ανέδειξε μια σειρά από αποτελέσματα που αφορούν τη μαθησιακή εμπειρία, τη βελτίωση γνώσεων και τη διαμόρφωση περιβαλλοντικής συνείδησης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αύξηση γνώσεων, βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας και ενίσχυση της κριτικής σκέψης, της αυτοπεποίθησης και της ψηφιακής εγγραμματοσύνης. Η ΕΠ επέτρεψε στους μαθητές να μαθαίνουν με τον δικό τους ρυθμό, ενισχύοντας την αυτονομία τους και προάγοντας εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες. Επιπλέον, οι μαθητές ανέπτυξαν θετική στάση προς τη μάθηση, εκτίμησαν τη χρησιμότητα της εφαρμογής και απόλαυσαν τη διαδικασία. Η χρήση της ΕΠ συνέβαλε στη βελτίωση της κατανόησης περιβαλλοντικών προβλημάτων και στην ανάπτυξη περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης,

αναδεικνύοντας οφέλη όπως η μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος και η εξοικονόμηση κόστους. Η εκπαιδευτική αξία της ΕΠ αξιολογήθηκε ως υψηλή, ενισχύοντας στάσεις για τη διατήρηση του περιβάλλοντος και τα άγρια ζώα. Ειδικότερα, η ΕΠ είχε μεγαλύτερη επίδραση σε νεότερους συμμετέχοντες, οι οποίοι την αξιολόγησαν ως περισσότερο χρήσιμη και παρουσίασαν υψηλότερα επίπεδα δέσμευσης συγκριτικά με μεγαλύτερης ηλικίας άτομα, που υιοθέτησαν ουδέτερες αντιλήψεις. Επιπλέον, στα κορίτσια παρατηρήθηκε διπλάσια πρόοδος στις στάσεις για τη διατήρηση του περιβάλλοντος και τα άγρια ζώα σε σχέση με τα αγόρια, αν και δεν καταγράφηκαν διαφορές ως προς την εμπλοκή. Συμμετέχοντες χωρίς πανεπιστημιακή εκπαίδευση παρουσίασαν αυξημένη αυτοπεποίθηση και ενδιαφέρον, ενώ άτομα με περιορισμένη ψηφιακή εγγραμματοσύνη αξιολόγησαν την ΕΠ ως εξαιρετικά χρήσιμη. Αντίθετα, όσοι διέθεταν υψηλή ψηφιακή εγγραμματοσύνη την αντιλήφθηκαν ως λιγότερο αποτελεσματική. Τέλος, η προηγούμενη μαθησιακή εμπειρία επηρέασε θετικά την κατανόηση ζητημάτων, όπως η ατμοσφαιρική σκόνη, και ενίσχυσε τη διάθεση συμμετοχής σε δραστηριότητες ΕΠ.

Τα αποτελέσματα περιλάμβαναν αύξηση της μαθησιακής επίδοσης, βελτίωση προσοχής, σημασίας, αυτοεκτίμησης και ικανοποίησης, καθώς και προώθηση ισότιμης πρόσβασης στη γνώση. Η ΕΠ συνέβαλε στην αυθεντικότητα της διδασκαλίας και τη σύνδεση με το περιβάλλον, ενώ παράλληλα ενίσχυσε την περιβαλλοντική εγγραμματοσύνη, την αυτορρύθμιση και την κινητοποίηση για μάθηση. Επιπλέον, η ΕΠ ενίσχυσε την ενεργή συμμετοχή μέσω δραστηριοτήτων και ομαδικής εργασίας, προάγοντας τη συνεργατική μάθηση. Ωστόσο, αναφέρθηκαν προκλήσεις, σχετικές με τεχνικά προβλήματα σύνδεσης στο διαδίκτυο, διακοπές λειτουργίας εφαρμογών, δυσκολίες στη χρήση μικρών οθονών, υψηλό κόστος

εξοπλισμών, καθώς και περιορισμούς όπως η απαγόρευση χρήσης κινητών στα σχολεία. Οι εκπαιδευτικοί αντιμετώπισαν προκλήσεις στην ασφάλεια των μαθητών σε υπαίθριες δραστηριότητες και στην προετοιμασία υλικού.

Η χρήση ψηφιακών εργαλείων ΕΠ, όπως παιχνίδια και ψηφιακά βιβλία, ενίσχυσε τις περιβαλλοντικές στάσεις, τη συνεργασία και τη βιωσιμότητα. Τα παιχνίδια βελτίωσαν τις γνώσεις για τη βιωσιμότητα ενώ τα ψηφιακά βιβλία ενίσχυσαν τις περιβαλλοντικές στάσεις, αλλά είχαν περιορισμένη επίδραση στις συμπεριφορές λόγω πολιτισμικών και οικονομικών περιορισμών.

Τέλος, η χρήση της ΕΠ συνέβαλε στη βελτίωση δεξιοτήτων, όπως η κριτική σκέψη και οι στρατηγικές διαχείρισης χρόνου, ενώ προώθησε τη σύνδεση ψυχαγωγίας και μάθησης. Σημαντική ήταν η ενίσχυση του ενδιαφέροντος για μάθηση, παράλληλα με τη μείωση του γνωστικού φορτίου και την προώθηση της δέσμευσης για βιωσιμότητα. Παρά τις προκλήσεις εφαρμογής και προσβασιμότητας, η συνολική αποδοχή της ΕΠ από τους χρήστες αξιολογήθηκε ως υψηλή.

Πριν την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διατριβής, κρίνεται χρήσιμο να αναφερθεί πως κατά την εκπόνησή της προέκυψαν ορισμένοι περιορισμοί που επηρέασαν τη διαμόρφωση συμπερασμάτων. Συγκεκριμένα, σε αρκετές έρευνες παρατηρήθηκε έλλειψη επαρκών δεδομένων, γεγονός που οδήγησε στην εξαγωγή συμπερασμάτων μόνο από ένα μέρος των διαθέσιμων μελετών. Επιπλέον, υπήρξε ανισομερής γεωγραφική κατανομή των ερευνών, καθώς δεν εντοπίστηκαν σχετικές μελέτες από την Αφρική και την Ωκεανία, περιορίζοντας έτσι τη γενικευσιμότητα των ευρημάτων. Παρά τους περιορισμούς αυτούς, τα αποτελέσματα της μελέτης παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες και μπορούν να αποτελέσουν αφετηρία για περαιτέρω έρευνα.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Συζήτηση

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εξετάζει τη συμβολή της ΕΠ στην εκπαίδευση, εστιάζοντας ειδικά στην ΠΕ. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκαν και αναλύθηκαν 30 έρευνες, παρεμφερείς με το αντικείμενο της διατριβής, προκειμένου να διερευνηθούν οι τρέχουσες τάσεις και τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Σ' αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια προσπάθεια ερμηνείας των ευρημάτων που προέκυψαν από την ανάλυση των 30 πηγών εστιάζοντας στην κάθε μεταβλητή ξεχωριστά.

Αρχικά, όσον αφορά την κατανομή των ερευνών ανά έτος, τα αποτελέσματα έδειξαν μια σταθερή αύξηση των δημοσιεύσεων από το 2020 και μετά. Ειδικότερα, το 2018 και 2020 η ερευνητική δραστηριότητα ήταν περιορισμένη, με μόλις το 7% των συνολικών μελετών να διεξάγεται στο κάθε έτος. Ωστόσο, το 2019 και το 2021 καταγράφηκε μια σταδιακή αύξηση (10% και 13% αντίστοιχα), ενώ το 2022 σημειώθηκε περαιτέρω άνοδος, με το 17% των ερευνών να δημοσιεύονται εκείνο το έτος. Η κορύφωση της ερευνητικής δραστηριότητας παρατηρείται το 2023 με το 30% των μελετών, ενώ το 2024 υπήρξε μια μικρή μείωση στο 17%, υποδεικνύοντας πιθανή σταθεροποίηση του ενδιαφέροντος. Η ανοδική αυτή πορεία συνάδει με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας (Akçayır & Akçayır, 2017· Garzón, Pavón & Baldiris, 2019· Ladykova et al., 2024), γεγονός που επιβεβαιώνει την αυξανόμενη ερευνητική δραστηριότητα στον τομέα της ΕΠ στην εκπαίδευση. Σημαντικό εύρημα αποτελεί και η γεωγραφική κατανομή των ερευνών, με ισχυρή παρουσία της Ασίας (60%) και της Ευρώπης (37%) ενώ η Αμερική εκπροσωπείται μόλις με 3%. Αντίθετα, δεν καταγράφεται καμία μελέτη από την Ωκεανία και την Αφρική. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό με την έρευνα των Lampropoulos et al. (2022), που ανέδειξε την Ευρώπη —και συγκεκριμένα χώρες όπως

η Ισπανία, η Ελλάδα και η Πορτογαλία— ως κεντρικούς φορείς έρευνας, ενώ οι ΗΠΑ παρουσίαζαν επίσης σημαντική συμμετοχή. Αξίζει να επισημανθεί ότι η Ελλάδα και στην παρούσα διατριβή αποτελεί τη χώρα με τις περισσότερες (5) έρευνες, καταλαμβάνοντας το 16,7% του συνόλου, γεγονός που αναδεικνύει τον ενεργό ρόλο της στην επιστημονική κοινότητα. Επιπλέον, η αυξημένη παρουσία της Ασίας φαίνεται να συνδέεται με την τεχνολογική της πρόοδο και τις επενδύσεις στην εκπαίδευση, ενώ η απουσία ερευνών από Ωκεανία και Αφρική υπογραμμίζει την ανάγκη ενίσχυσης της έρευνας σε αυτές τις περιοχές.

Η ανάλυση του τύπου των μελετών αποκαλύπτει την επικράτηση των ποσοτικών και μικτών μεθόδων, με ποσοστά 43% για καθεμία, ενώ οι ποιοτικές μέθοδοι περιορίζονται στο 13%. Η τάση αυτή αντανακλά τα ευρήματα των Sirakaya και Alsancak Sirakaya (2020), που αναφέρουν αντίστοιχα ποσοστά. Η ευρεία χρήση ποσοτικών και μικτών μεθόδων επιβεβαιώνεται επίσης και από τις έρευνες των Lampropoulos et al. (2022) και Ladykova et al. (2024), οι οποίες αναδεικνύουν τη μικτή μεθοδολογία ως ιδιαίτερα αποτελεσματική στην εκπαιδευτική έρευνα, προσφέροντας μια πιο σφαιρική κατανόηση μέσω του συνδυασμού ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η χρήση της ΕΠ στην εκπαίδευση επικεντρώνεται κυρίως στη πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με ποσοστό 33,33%, ακολουθούμενη από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με 26,67%. Η αποτελεσματικότητα της ΕΠ σε νεαρότερες ηλικίες αναφορικά με την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης επιβεβαιώνεται από διάφορες μελέτες (Akçayır & Akçayır, 2017· Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020· Ladykova et al., 2024). Παράλληλα, αν και υπάρχουν έρευνες όπου η χρήση της ΕΠ εστιάζει στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Lampropoulos et al., 2022), η περιορισμένη χρήση της σε μη-εκπαιδευτικά κοινά υποδηλώνει ότι η εφαρμογή της ΕΠ εκτός του παραδοσιακού πλαισίου βρίσκεται

ακόμη σε πρώιμο στάδιο, όπως επισημαίνουν οι Garzón et al. (2019). Επιπλέον, η εφαρμογή της ΕΠ για την ενίσχυση του κινήτρου σε φοιτητές με χαμηλή παρακίνηση αποτελεί τομέα που χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση. Αναφορικά με το μέγεθος των δειγμάτων, το 56,67% των ερευνών περιλαμβάνει λιγότερους από 100 συμμετέχοντες, ενώ μόνο το 16,67% αξιοποιεί μεγαλύτερα δείγματα, γεγονός που ενδέχεται να επηρεάζει τη γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων. Επόμενη μεταβλητή που αναλύθηκε είναι οι τομείς ανάπτυξης. Το 70% των μελετών επικεντρώνεται στη γνωστική ανάπτυξη, ενώ το 13,33% συνδυάζει γνωστική και συμπεριφορική διάσταση, αναγνωρίζοντας τη σημασία της περιβαλλοντικής συνείδησης. Ελάχιστες έρευνες (3,33%) εστιάζουν σε γνωστική και συναισθηματική ανάπτυξη, επισημαίνοντας την ανάγκη για μεγαλύτερη έμφαση στη συναισθηματική διάσταση της μάθησης.

Εν συνεχεία, μελετώνται τα θεματικά πεδία όπου το 66,67% των ερευνών επικεντρώνεται στην αειφορία, το 26,67% συνδυάζει την αειφορία με άλλους τομείς όπως η κυκλική οικονομία και η διαπολιτισμικότητα, ενώ το 6,67% επικεντρώνεται αποκλειστικά στην ΠΕ. Η ποικιλία αυτή αντικατοπτρίζει την ευελιξία της ΕΠ ως εργαλείου σε διάφορες θεματικές περιοχές. Σχετικά με τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις, η πλειονότητα των μελετών (60%) υιοθετεί εγκαθιδρυμένες μεθόδους, ενισχύοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Η παιχνιδοποίηση (23,33%) αναδεικνύεται ως μια δημοφιλής προσέγγιση για τη δημιουργία διαδραστικών εμπειριών, ενώ το 10% των ερευνών χρησιμοποιεί εναλλακτικές μεθόδους, όπως η βιωματική και η συλλογική μάθηση. Στην παρούσα διατριβή, το 57% των 30 πηγών, χρησιμοποίησε συγκεκριμένα εργαλεία ΕΠ, όπως Save Elli, EduPARK, PEAR, AROLS, CirculAR, GAIA, Ντόλτσο, υπογραμμίζοντας τη σημασία των συγκεκριμένων τεχνολογικών εφαρμογών για τη στήριξη της αειφορίας, ενώ το 43% δεν παρέχει λεπτομέρειες σχετικά με τα

χρησιμοποιούμενα εργαλεία, γεγονός που υποδεικνύει την ανάγκη για μεγαλύτερη διαφάνεια στις δημοσιεύσεις. Ομοίως, αναφορικά με τα εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ, το 67% των ερευνών δεν τα κατονομάζει, ενώ μόνο το 33% αναφέρει συγκεκριμένα εργαλεία, με το Vuforia (10%) και το Unity3D (7%) να είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα και πιο διαδεδομένα. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν τη σημασία του Unity, όπως διαπιστώνεται και από τη μελέτη των Lampropoulos et al. (2022), χάρη στην ευελιξία και τη συμβατότητά του με διαφορετικά περιβάλλοντα ανάπτυξης. Ωστόσο, το υψηλό ποσοστό μη αναφοράς των εργαλείων ανάπτυξης στην παρούσα ανάλυση δείχνει ένα σημαντικό κενό στη βιβλιογραφία, που ενδέχεται να περιορίζει τη δυνατότητα αναπαραγωγής των εφαρμογών σε μελλοντικές έρευνες. Επιπροσθέτως, η πλειονότητα των ερευνών (86,7%) βασίζεται στη χρήση κινητών συσκευών (smartphones, tablets), ενώ ένα μικρότερο ποσοστό (6,7%) συνδυάζει τις κινητές συσκευές με εργαστηριακά περιβάλλοντα. Αυτή η τάση αντιστακλά τα ευρήματα των Akçayır & Akçayır (2017) και Lampropoulos et al. (2022), που επισημαίνουν τη δυναμική των κινητών τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία λόγω της ευκολίας πρόσβασης και της τεχνολογικής εξέλιξης. Μια άλλη μεταβλητή που μελετήθηκε είναι τα στοιχεία παιχνιδοποίησης, τα οποία ενσωματώνονται στο 73% των μελετών, η χρήση των οποίων συνάδει με την έρευνα των Lampropoulos et al. (2022). Συγκεκριμένα, διαδραστικά χαρακτηριστικά όπως τρισδιάστατα μοντέλα και QR κώδικες εμφανίζονται στο 55% των ερευνών, ενώ ομαδικές αποστολές (27%) και ανταμοιβές (9%) καταγράφονται σε μικρότερα ποσοστά.

Σε συνέχεια της ανάλυσης, γίνεται σαφές ότι η πλειονότητα των 30 ερευνών (73%) στοχεύει στην ενίσχυση των περιβαλλοντικών γνώσεων και της κατανόησης περιβαλλοντικών ζητημάτων, ενώ το 37% στοχεύει στην περιβαλλοντική

ευαισθητοποίηση, υπογραμμίζοντας τη σημασία της συναισθηματικής σύνδεσης με το περιβάλλον. Επιπλέον, το 30% εστιάζει στην αύξηση των κινήτρων και το 17% στην καλλιέργεια βιώσιμων στάσεων. Ακολούθως, εξετάζοντας τις μεταβλητές των μελετών, διαπιστώνεται ότι το 30% συνδέεται με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, το 23% με την εκπαιδευτική εμπειρία και το 20% με την χρησιμότητα και την πρόθεση χρήσης της ΕΠ. Μεταβλητές σχετιζόμενες με την αειφορία εξετάζονται στο 17%, ενώ με κοινωνικές δεξιότητες και τη συνεργασία στο 10%, αναδεικνύοντας τη σημασία της κοινωνικής διάστασης της ΠΕ. Διερευνώντας τις μεθόδους συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, προέκυψαν τα εξής ευρήματα: στη συλλογή δεδομένων τα ερωτηματολόγια χρησιμοποιήθηκαν στο 80% των ερευνών, στοιχείο που επιβεβαιώνει την προτίμηση σε ποσοτικές τεχνικές λόγω της αποτελεσματικότητάς τους, διαπίστωση που συναντάται συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία (Lampropoulos et al., 2022). Οι συνεντεύξεις (40%) και η παρατήρηση (13%) είναι λιγότερο συχνές, υποδεικνύοντας την προτίμηση σε τυποποιημένες μεθόδους, ενώ το 33% των ερευνών συνδυάζει πολλαπλά εργαλεία, γεγονός που καταδεικνύει την ανάγκη για πολυδιάστατες μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Στην ανάλυση δεδομένων, η ποσοτική επεξεργασία υπερισχύει, καθώς το 70% των ερευνών εφαρμόζει στατιστικά εργαλεία όπως το SPSS, τα T-tests και η μέθοδος ANOVA, επιβεβαιώνοντας την τάση προς ποσοτικές αξιολογήσεις των εκπαιδευτικών εργαλείων. Αντίθετα, η ποιοτική ανάλυση είναι λιγότερο διαδεδομένη (30%), γεγονός που υποδηλώνει τη στροφή προς την ποσοτική προσέγγιση στην αποτίμηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Τη σκυτάλη στην ανάλυση των 30 ερευνών - τη βάση της παρούσας διατριβής - αναλαμβάνουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την διεξοδική εξέτασή τους. Διερευνώντας τη συμβολή της ΕΠ στην ΠΕ, αναδείχτηκε αρχικά ότι η χρήση της ΕΠ

συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση των γνώσεων των μαθητών, ενισχύοντας τόσο τις γνωστικές τους δεξιότητες όσο και την κατανόηση νέων εννοιών, εύρημα που συναντάται πολύ συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία (Garzón, Pavón & Baldiris, 2019· Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020· Lampropoulos et al., 2022· Ladykova et al., 2024). Οι πειραματικές ομάδες παρουσίασαν υψηλότερες επιδόσεις σε σχέση με τις ομάδες ελέγχου, αν και η διαφορά δεν ήταν πάντα στατιστικά σημαντική. Ακόμα, καταγράφηκε αξιοσημείωτη βελτίωση σε θέματα βιωσιμότητας και κλιματικής αλλαγής, καθώς και σε ζητήματα ανακύκλωσης και αναδάσωσης, ενώ η πρόοδος ήταν μικρότερη σε θέματα σχετικά με τη ρύπανση του νερού και την ενέργεια. Παράλληλα, η ΕΠ ενίσχυσε την περιβαλλοντική παιδεία και τη γνώση γύρω από την πολιτιστική κληρονομιά. Το σύστημα SEBAR (Najmi, Alhalafawy & Zaki, 2023) ενεργοποίησε τις γνωστικές, συναισθηματικές και συμπεριφορικές αντιδράσεις των μαθητών, καθιστώντας τη μάθηση πιο δυναμική. Ωστόσο, σημειώθηκαν και περιπτώσεις όπου η παραδοσιακή προσέγγιση αποδείχτηκε ιδιαίτερα ευνοϊκή στην απόκτηση γνώσεων. Η μαθησιακή εμπειρία μέσω ΕΠ αξιολογήθηκε θετικά από τους μαθητές, καθώς ενίσχυσε την εκπαιδευτική διαδικασία μέσω βιωματικής μάθησης. Το EduPARK (Pombo & Marques, 2019), συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε ως ιδιαίτερα ενδιαφέρον εργαλείο, γεφυρώνοντας τη μάθηση εντός και εκτός τάξης. Οι μαθητές εμπλέκονταν περισσότερο όταν συνδυάζονταν παιγνιώδη χαρακτηριστικά, όπως ανταμοιβές και επιτεύγματα, με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Συνολικά, η χρήση ΕΠ προσέφερε μια πιο ρεαλιστική και καθηλωτική εκπαιδευτική εμπειρία, διευκολύνοντας την απόκτηση γνώσεων και ενισχύοντας τη μαθησιακή διαδικασία.

Ακολούθως, η χρήση της ΕΠ συνέβαλε καθοριστικά στη θετική μεταβολή των περιβαλλοντικών στάσεων των συμμετεχόντων. Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση

στη στάση τους απέναντι στη διατήρηση του περιβάλλοντος, την προστασία των άγριων ζώων και γενικότερα στις περιβαλλοντικές αντιλήψεις τους. Αξιοσημείωτο ήταν το γεγονός ότι η επίδραση της ΕΠ ήταν εντονότερη στους μαθητές που αρχικά παρουσίαζαν χαμηλό ενδιαφέρον για το περιβάλλον. Αντίθετα, στην ομάδα ελέγχου, παρατηρήθηκαν θετικές αλλαγές κυρίως στις στάσεις απέναντι στα άγρια ζώα, ενώ στους υπόλοιπους τομείς οι διαφοροποιήσεις ήταν ελάχιστες. Στο μεταξύ, οι μαθητές ανέπτυξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα δικαιώματα όλων των έμβιων όντων, κατανοώντας τη σημασία της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και της ανάγκης για ανάληψη δράσης. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία, οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σαφή βελτίωση στις στάσεις που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα, ακόμα και όταν τα αρχικά τους επίπεδα ήταν χαμηλά, γεγονός που αναδεικνύει τη δυναμική της ΕΠ στην προώθηση περιβαλλοντικά υπεύθυνων προσεγγίσεων.

Η επίδραση της ΕΠ δεν περιορίστηκε στις στάσεις των μαθητών, αλλά επεκτάθηκε και στις συμπεριφορές αυτών, οδηγώντας σε θετικές αλλαγές (Lampropoulos et al., 2022). Οι συμμετέχοντες υιοθέτησαν πιο υπεύθυνες πρακτικές, όπως η τήρηση καθαρού περιβάλλοντος, η φροντίδα των ζώων και η προστασία των ζωντανών οργανισμών. Αυτές οι συμπεριφορές συνάδουν με την ανάπτυξη μιας πιο ενεργής και υπεύθυνης στάσης απέναντι στο φυσικό περιβάλλον. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι σε ελάχιστες περιπτώσεις παρατηρήθηκε μικρότερη αύξηση της υπεύθυνης περιβαλλοντικής συμπεριφοράς σε πειραματικές ομάδες συγκριτικά με τις ομάδες ελέγχου. Παρότι οι διαφορές αυτή δεν ήταν ιδιαίτερα ισχυρές, υποδηλώνουν ότι η επίδραση της ΕΠ μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τα αρχικά χαρακτηριστικά και τις προϋπάρχουσες στάσεις των μαθητών. Εν συνεχεία, αναφορικά με την περιβαλλοντική συνείδηση η ανάλυση ανέδειξε ότι η ΕΠ συντέλεσε καθοριστικά στην ανάπτυξη αυτής, καθώς οι συμμετέχοντες είχαν

την ευκαιρία να βιώσουν ζωντανές και διαδραστικές μαθησιακές εμπειρίες που ενίσχυσαν την περιβαλλοντική τους ευαισθητοποίηση και οδήγησαν σε πιο υπεύθυνες δράσεις. Επιπλέον, μέσω της ΕΠ αυξήθηκε η κατανόηση των περιβαλλοντικών κινδύνων, γεγονός που συνδέθηκε με την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης και την υιοθέτηση μιας πιο υπεύθυνης στάσης απέναντι στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Ωστόσο, παρόλο που υπήρχε διάθεση δράσης, δεν καταγράφηκε ανάλογη πρόθεση αναφοράς περιβαλλοντικών ζημιών στις αρμόδιες αρχές, πιθανότατα λόγω έλλειψης αυτοπεποίθησης ή γνώσεων κατάλληλων για την ανάληψη τέτοιων πρωτοβουλιών. Παρά τις όποιες διαφοροποιήσεις, οι πειραματικές ομάδες παρουσίασαν υψηλότερα επίπεδα περιβαλλοντικής συνείδησης συγκριτικά με τις ομάδες ελέγχου, διαφορές που αν και μικρές σε ορισμένες περιπτώσεις, ήταν στατιστικά σημαντικές. Εν συνεχεία, η ΕΠ αποδείχθηκε ισχυρός παράγοντας ενίσχυσης της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των μαθητών (Ladykova et al., 2024 · Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020), καθώς πυροδότησε τον ενθουσιασμό τους για την ανακάλυψη του φυσικού κόσμου μέσα από βιωματικές και διερευνητικές δραστηριότητες. Οι συμμετέχοντες επέδειξαν αυξημένη ευαισθησία σε ζητήματα όπως η μείωση των αποβλήτων, η διατήρηση της βιοποικιλότητας, η εξοικονόμηση ενέργειας και η συμμετοχή σε περιβαλλοντικές δράσεις. Επιπλέον, διαπιστώθηκε αυξημένη ευαισθητοποίηση σχετικά με μη βιώσιμες πρακτικές στον εργασιακό χώρο (Álvarez-Nieto et al., 2022). Σημαντική ήταν επίσης η ενίσχυση της ευαισθητοποίησης σε θέματα που αφορούν τα ζώα και τη φύση, ενώ ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα ήταν η επίδραση της ΕΠ στην κατανόηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μέσω των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να δουν βιώσιμες λύσεις και σχετικές εγκαταστάσεις σε πραγματικό χρόνο

και με οπτικές αναπαραστάσεις, γεγονός που συνέβαλε στην ουσιαστική κατανόηση και αποδοχή των αρχών της βιωσιμότητας.

Η χρήση της ΕΠ αύξησε σημαντικά τα επίπεδα δέσμευσης και εμπλοκής των συμμετεχόντων στη μαθησιακή διαδικασία, ευρήματα που συμφωνούν απόλυτα με τα αντίστοιχα των Akçayır και Akçayır (2017) και των Lampropoulos et al. (2022). Ωστόσο, η χρήση του παιχνιδιού PEAR (Wang et al., 2021) δε σημείωσε αντίστοιχη βελτίωση στη δέσμευση των συμμετεχόντων, καθώς από τους 85 ολοκλήρωσαν τη διαδικασία του παιχνιδιού μόλις οι 37 συμμετέχοντες, απώλεια που οφειλόταν είτε σε έλλειψη ενδιαφέροντος είτε σε τεχνικά προβλήματα. Αναφορικά με την επίδραση της ΕΠ στη γνωστική επιβάρυνση εμφανίζονται μικτές τάσεις. Ομάδες χωρίς ΕΠ παρουσίασαν χαμηλότερο γνωστικό φορτίο και, σε ορισμένες περιπτώσεις, καλύτερη απόδοση στη μάθηση. Αντίθετα, σε ομάδες που χρησιμοποίησαν ΕΠ, το γενικό γνωστικό φορτίο αυξήθηκε, χωρίς όμως αρνητική επίδραση στη μαθησιακή διαδικασία. Παράλληλα, σε άλλες περιπτώσεις, οι πειραματικές ομάδες με ΕΠ κατέγραψαν μείωση του ενδογενούς γνωστικού φορτίου, γεγονός που δείχνει ότι η ΕΠ βοήθησε στη διαχείριση της πολυπλοκότητας των μαθημάτων, εύρημα το οποίο βρίσκει απόλυτα σύμφωνους τους Akçayır & Akçayır (2017), που υποστηρίζουν ότι η σύνθεση πληροφοριών από διαφορετικές πηγές που παρέχει η ΕΠ μειώνει τη γνωστική επιβάρυνση. Επομένως, ενώ απαιτεί περισσότερη γνωστική προσπάθεια, η ΕΠ διευκολύνει την κατανόηση δύσκολων εννοιών, κάτι που εξηγεί την ουδέτερη ή θετική επίδρασή της στη μάθηση.

Η εξέταση των 30 πηγών ανέδειξε ιδιαίτερα υψηλή πρόθεση χρήσης εφαρμογών ΕΠ, με τους χρήστες να βιώνουν απόλαυση κατά τη διάρκεια της εμπειρίας τους, γεγονός που αυξάνει την επιθυμία τους να εμπλακούν ξανά σε παρόμοιες δραστηριότητες και να εξερευνήσουν διαφορετικά θεματικά περιεχόμενα. Οι μαθητές εξέφρασαν ενδιαφέρον

για την ενσωμάτωση της ΕΠ σε συγκεκριμένα μαθήματα ενώ αρκετοί επιθυμούσαν την αξιοποίησή της σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα. Ομοίως, ουσιαστική υπήρξε η συμβολή της ΕΠ στην κατανόηση, καθώς διευκόλυνε την αφομοίωση αφηρημένων και πολύπλοκων εννοιών μέσω οπτικοποίησης και πρακτικής εφαρμογής, άποψη που ενστερνίζονται πολλές μελέτες (Garzón, Pavón & Baldiris, 2019· Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020· Lampropoulos et al., 2022). Εφαρμογές όπως το *ChemiCa* (Ardyansyah & Rahayu, 2023) ενίσχυσαν τη μάθηση και τη μνήμη, διευκολύνοντας την κατανόηση επιστημονικών εννοιών. Σύμφωνα με την έρευνα των Garzón, Pavón & Baldiris (2019) η ΕΠ συμβάλλει στη μακροχρόνια αποθήκευση γνώσεων και στη διατήρηση της μνήμης, επιβεβαιώνοντας τα σχετικά ευρήματα της παρούσας μελέτης. Επιπροσθέτως, η ΕΠ προάγει την κριτική σκέψη, καθώς οι μαθητές καλούνται να αναλύσουν δεδομένα, να λάβουν αποφάσεις και να αναπτύξουν στρατηγικές, ενισχύοντας ταυτόχρονα δεξιότητες διαχείρισης χρόνου και επίλυσης προβλημάτων, ενώ παράλληλα αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών, ειδικά σε θέματα περιβάλλοντος και βιωσιμότητας. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους, ενισχύει την κατανόηση και βελτιώνει τη στάση μαθητών με αρχικά χαμηλό ενδιαφέρον, ενώ προάγει την αυτοπεποίθηση και την οικολογική ευαισθητοποίηση.

Η ενεργή συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία ενισχύεται σημαντικά μέσω της ΕΠ, η οποία προωθεί τη διαδραστικότητα και τη συνεργατική μάθηση (Akçayır & Akçayır, 2017· Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020). Οι μαθητές έδειξαν μεγαλύτερη προθυμία να συμμετάσχουν σε περιβαλλοντικές δράσεις, όπως η ανακύκλωση, ενώ εφαρμογές όπως το *Circular* (Katika et.al., 2022) προήγαγαν ίσες ευκαιρίες συμμετοχής, ανεξάρτητα από φύλο, ηλικία ή μορφωτικό επίπεδο. Παράλληλα, καλλιεργούνται

δεξιότητες συνεργασίας και ομαδικής επίλυσης προβλημάτων μέσω της συλλογικής ανάλυσης δεδομένων, γεγονός που ενισχύει την εμπάθυνση στη μαθησιακή διαδικασία. Επιπλέον, η ΕΠ λειτουργεί και ως ισχυρό κίνητρο μάθησης, ενθαρρύνοντας την αφοσίωση και την ενεργό εμπλοκή των μαθητών. Η δυνατότητα πειραματισμού και πρακτικής εφαρμογής ενισχύει την εσωτερική παρακίνηση, ενώ η αλληλεπίδραση με τα εργαλεία ΕΠ αυξάνει την προσοχή και την ικανοποίηση (Akçayır & Akçayır, 2017· Garzón, Pavón & Baldiris, 2019· Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2020· Lampropoulos et al., 2022· Ladykova et al., 2024). Οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες αυτορρύθμισης (Ladykova et al., 2024) και αποκτούν μεγαλύτερη αυτονομία στη διαχείριση της μάθησής τους, γεγονός που συνδέεται με την ανάπτυξη περιβαλλοντικής εγγραμματοσύνης και υψηλότερου κινήτρου για μάθηση. Επόμενο εύρημα αποτελεί η σημαντική ενίσχυση της αλληλεπίδρασης, με την ΕΠ να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των μαθητών και την αλληλεπίδραση με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο, διαπίστωση στην οποία κατέληξαν και οι μελέτες των Akçayır & Akçayır (2017), Garzón, Pavón & Baldiris (2019) και Sirakaya & Alsancak Sirakaya (2020). Η δυνατότητα εξερεύνησης 3D αντικειμένων και η χρήση QR κωδικών εμπλούτισαν τη μαθησιακή εμπειρία, ενισχύοντας τη φαντασία και την κριτική σκέψη. Παράλληλα, η ΕΠ πρόσφερε ευκαιρίες εξατομικευμένης μάθησης, με τους Lampropoulos et al. (2022) να συμφωνούν, επιτρέποντας στους μαθητές να προσαρμόζουν το ρυθμό και να μαθαίνουν με τρόπο που ανταποκρίνεται στις ατομικές τους ανάγκες.

Η απόλαυση αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη θετική στάση απέναντι στην ΕΠ, άποψη την οποία προσυπογράφει η μελέτη των Akçayır & Akçayır (2017), στην οποία αναφέρεται ότι οι δραστηριότητες ΕΠ ενισχύουν την απόλαυση, καθώς είναι πιο διασκεδαστικές σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μαθησιακές

μεθόδους. Οι μαθητές βρίσκουν τις εφαρμογές ελκυστικές, με στοιχεία παιχνιδοποίησης, όπως κουίζ, να προσδίδουν εκπαιδευτική αξία και να καθιστούν τη μάθηση πιο ευχάριστη. Συμπληρωματικά, η ευκολία χρήσης των εφαρμογών διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αποδοχή τους, καθώς η ευχρηστία ενισχύει την πρόθεση για μελλοντική χρήση, συμβάλλοντας στη γενικότερη ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Τα προαναφερθέντα αποτελέσματα έχουν επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες. Τα κορίτσια σημείωσαν διπλάσια πρόοδο από τα αγόρια στις στάσεις για τη διατήρηση του περιβάλλοντος και των άγριων ζώων, ενώ οι διαφορές στα επίπεδα εμπλοκής και χρησιμότητας μεταξύ των φύλων δεν ήταν σημαντικές. Οι μικρότερης ηλικίας μαθητές είχαν μεγαλύτερη βελτίωση και αξιολόγησαν θετικότερα την χρησιμότητα της ΕΠ, πιθανώς λόγω ευκολότερης προσαρμογής, ενώ οι μεγαλύτεροι διατήρησαν ουδέτερη στάση. Η χαμηλή εξοικείωση με περιβαλλοντικά ζητήματα συσχετίστηκε με υψηλότερη αντιληπτή χρησιμότητα, ενώ η προηγούμενη εμπειρία ενίσχυσε τη διάθεση συμμετοχής. Επιπλέον, οι μαθητές χωρίς πανεπιστημιακή εκπαίδευση ανέφεραν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και ενδιαφέρον ενώ η ψηφιακή εγγραμματοσύνη συνδέθηκε θετικά με την αξιολόγηση της ΕΠ, με τους λιγότερο εξοικειωμένους να τη θεωρούν πιο αποτελεσματική.

Εκτός των πολυάριθμων οφελών, η χρήση της ΕΠ έφερε εκπαιδευτικούς και μαθητές αντιμέτωπους με διάφορες προκλήσεις. Οι προκλήσεις αφορούσαν κυρίως τεχνικά προβλήματα, όπως σύνδεση στο διαδίκτυο, διακοπές στη λειτουργία των εφαρμογών, περιορισμοί στη χρήση μικρών οθονών, περιορισμοί στον αποθηκευτικό χώρο ορισμένων smartphones. Επιπροσθέτως, δυσκολίες επέφεραν τα διάφορα έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως έντονη ηλιοφάνεια, ισχυρή βροχή ή αέρας, το υψηλό κόστος των

εξοπλισμών, η ασφάλεια των μαθητών στις υπαίθριες δραστηριότητες, η προετοιμασία υλικού όπως δημιουργία πανοραμάτων ή τρισδιάστατων αντικειμένων, η απαγόρευση χρήσης κινητών στα σχολεία, ο κίνδυνος διάσπασης προσοχής. Οι προαναφερθείσες προκλήσεις αποτελούν κοινά ευρήματα στη διεθνή βιβλιογραφία (Akçayır & Akçayır, 2017· Garzón, Pavón & Baldiris, 2019· Sırakaya & Alsancak Sırakaya, 2020· Lampropoulos et al., 2022· Ladykova et al., 2024). Ακόμα, ως εμπόδιο λειτούργησε σε κάποιες παρεμβάσεις η διατήρηση παθητικού ρόλου κάποιων συμμετεχόντων, γεγονός που υπέδειξε την ανάγκη βελτίωσης του σχεδιασμού εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για την ενίσχυση ενεργής συμμετοχής.

5.2 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα

Οι 30 επιλεγμένες μελέτες κρίθηκαν κατάλληλες, καθώς απαντούν αποτελεσματικά στα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν στην Εισαγωγή.

➤ **1^ο ερώτημα:** *Ποιος είναι ο ρόλος των παιχνιδοποιημένων εφαρμογών ΕΠ στην ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης και της μαθησιακής εμπειρίας;*

Απάντηση: Οι παιχνιδοποιημένες εφαρμογές ΕΠ διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης και της μαθησιακής εμπειρίας, καθώς προάγουν τη συνεργασία μέσω ομαδικών αποστολών και διαδραστικών δραστηριοτήτων, ενισχύοντας την επικοινωνία και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών. Η εφαρμογή «Save Elli! Save the Environment!» επέτρεψε στους μαθητές να συνεργαστούν για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, αυξάνοντας τη συμμετοχή και το ενδιαφέρον τους. Αντίστοιχα, το EcoAegean ανέπτυξε δεξιότητες συνεργασίας και επίλυσης προβλημάτων μέσω συλλογικής ανάλυσης δεδομένων. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή Sustain κατέδειξε ότι το 85% των συμμετεχόντων αναγνώρισε τη θετική συμβολή της ΕΠ στη συνεργασία, ενώ

οι μαθητές του «Ντολτσό» ανέφεραν υψηλή διάθεση για συνεργασία σε εξωτερικούς χώρους. Η χρήση της ΕΠ στη βιωματική μάθηση, όπως φάνηκε από τις εφαρμογές EduPARK και Campus Tree Guide, επέτρεψε την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων. Παρόμοια, η πλατφόρμα Minnesmark γεφύρωσε τη μάθηση εντός και εκτός τάξης μέσω συνεργατικών εργασιών στο πεδίο. Η ΕΠ αποδεικνύεται ένα ισχυρό εργαλείο που ενισχύει τη μαθησιακή εμπειρία, προάγοντας τη συμμετοχή, την αλληλεπίδραση και τη βιωματική κατανόηση του αντικειμένου. Αν και ορισμένες μελέτες εστίασαν κυρίως στη συνολική εκπαιδευτική εμπειρία, τα δεδομένα δείχνουν ότι η διαδραστικότητα και η δυνατότητα ομαδικής εργασίας που προσφέρει η ΕΠ διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης. Μέσα από την ενεργή εμπλοκή των μαθητών, την ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας και τη δημιουργία δυναμικών συνθηκών συνεργασίας, οι παιχνιδοποιημένες εφαρμογές συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση ενός εμπλουτισμένου και πιο συμμετοχικού μαθησιακού περιβάλλοντος.

➤ **2^ο ερώτημα:** *Πώς συμβάλλει η χρήση ΕΠ στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και στην καλλιέργεια βιώσιμων στάσεων και συμπεριφορών;*

Απάντηση: Η ΕΠ συμβάλλει ουσιαστικά στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και στην καλλιέργεια βιώσιμων στάσεων, καθώς συνδυάζει βιωματική μάθηση, διαδραστικότητα και οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών. Εκπαιδευτικές εφαρμογές όπως το *Save Elli! Save the Environment!* και το *EduPARK* βελτιώνουν την κατανόηση της βιωσιμότητας, ενώ η χρήση παιχνιδοποιημένων εργαλείων, όπως το *PEAR* και το *Sustain*, ενισχύει τις γνώσεις για την κλιματική αλλαγή, την ανακύκλωση και την αναδάσωση. Η εφαρμογή *Circular* αύξησε την κατανόηση των αρχών της Κυκλικής Οικονομίας, ενώ το *Campus Tree Guide* ενίσχυσε τη σύνδεση των μαθητών με τη φύση.

Επίσης, όπως αποδεικνύεται μέσα από τις έρευνες, η ΕΠ μειώνει το ανθρακικό αποτύπωμα, περιορίζοντας τη χρήση φυσικών πόρων στην εκπαίδευση. Συμμετέχοντες που χρησιμοποίησαν την ΕΠ ανέφεραν αυξημένη ενσυναίσθηση (75%), ενώ η διάθεση για συμμετοχή σε περιβαλλοντικές δράσεις, όπως η φροντίδα ζώων και η καθαριότητα δημόσιων χώρων, αυξήθηκε σημαντικά. Επιπλέον, το *REWILD* ενίσχυσε την περιβαλλοντική παιδεία, βελτιώνοντας τη γνώση διατήρησης των φυσικών πόρων και την υπεύθυνη συμπεριφορά. Η χρήση της ΕΠ στη διδασκαλία της πράσινης χημείας συνέβαλε στην κατανόηση της βιωσιμότητας, ενώ εφαρμογές όπως η *ChemiCa* βελτίωσαν την κατανόηση περιβαλλοντικών κινδύνων. Επιπροσθέτως, η ΕΠ αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματική στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης, καθώς τα εκπαιδευτικά σενάρια που ενσωματώνουν την τεχνολογία αυτή οδηγούν σε θετικές στάσεις, αυξημένη γνώση και μεγαλύτερη δέσμευση σε οικολογικές πρακτικές. Μέσα από τη βιωματική εμπειρία και τη διαδραστικότητα, ενδυναμώνει τη νέα γενιά, καθιστώντας τη φορέα αλλαγής προς μια πιο βιώσιμη κοινωνία.

➤ **3ο ερώτημα:** *Ποιες είναι οι βασικές μαθησιακές διαφορές μεταξύ παραδοσιακών μεθόδων και της ΕΠ στην απόκτηση γνώσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα;*

Απάντηση: Οι μαθησιακές διαφορές μεταξύ παραδοσιακών μεθόδων και ΕΠ στην απόκτηση γνώσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα καταγράφονται πιο έντονα σε έρευνες που χρησιμοποιούν πειραματικές και ομάδες ελέγχου. Η πλειονότητα των ερευνών δείχνει ότι η ΕΠ υπερτερεί στην κατανόηση, τη συμμετοχή και τη διαμόρφωση θετικών στάσεων, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η παραδοσιακή διδασκαλία παραμένει εξίσου ή και περισσότερο αποτελεσματική. Καταδεικνύεται ότι η χρήση ΕΠ οδηγεί σε αυξημένη κατανόηση περιβαλλοντικών εννοιών, με βελτίωση που φτάνει έως και το 25%, καθώς και σε μεγαλύτερη εμπλοκή και συναισθηματική σύνδεση με το αντικείμενο.

Σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία, οι μαθητές που χρησιμοποιούν ΕΠ τείνουν να διατηρούν τις γνώσεις τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και να αναπτύσσουν θετικότερες στάσεις απέναντι στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Επιπλέον, η ΕΠ ενισχύει τη διάθεση των μαθητών να εφαρμόσουν στην πράξη τις γνώσεις τους, ιδιαίτερα σε θέματα όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η αναδάσωση και η αειφορία. Ωστόσο, δεν καταγράφεται πάντα στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόδοση μεταξύ των δύο μεθόδων. Υπάρχουν περιπτώσεις, όπως προαναφέρθηκε, όπου η παραδοσιακή διδασκαλία αποδεικνύεται εξίσου αποτελεσματική, ιδιαίτερα όταν το περιεχόμενο δεν απαιτεί διαδραστική προσέγγιση. Σε ορισμένες θεματικές, όπως η μόλυνση του νερού, η ΕΠ δεν επέφερε αξιοσημείωτες βελτιώσεις. Παράλληλα, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η θεωρητική διδασκαλία χωρίς ΕΠ μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες επιδόσεις στη γνώση, ενώ η ΕΠ τείνει να υπερέχει στην κινητοποίηση, την αποδοχή της τεχνολογίας και την εμπλοκή των μαθητών. Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους, συμπεραίνεται ότι η ΕΠ προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στη βιωματική και ενεργητική μάθηση, αλλά η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από τη θεματική, τη γνωστική επιβάρυνση που συνεπάγεται και την προσαρμογή της στις ανάγκες των μαθητών.

5.3 Συνεισφορά και προτάσεις για εκπαιδευτική αξιοποίηση

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αναδεικνύει τη σημασία της ΕΠ ως διδακτικού εργαλείου, προσφέροντας στους εκπαιδευτικούς νέες προοπτικές για τη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας. Τα αποτελέσματα της μελέτης επιβεβαιώνουν ότι η ΕΠ μπορεί να υποστηρίξει τη διδασκαλία της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΕ), ενισχύοντας τη βιωματική μάθηση, τη γνωστική ανάπτυξη και τη μαθησιακή εμπλοκή των μαθητών. Μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης και των διαδραστικών προσομοιώσεων, οι

εκπαιδευτικοί αποκτούν ένα ισχυρό εργαλείο για την παρουσίαση αφηρημένων περιβαλλοντικών εννοιών, διευκολύνοντας τη μετάβαση από τη θεωρία στην πράξη.

Η αξιοποίηση της ΕΠ μπορεί να προσφέρει λύσεις σε προκλήσεις της εκπαιδευτικής πράξης, όπως η ενεργοποίηση μαθητών με χαμηλό κίνητρο και η ενίσχυση της κριτικής σκέψης μέσω πειραματισμού και διερευνητικής μάθησης. Επιπλέον, οι παιχνιδοποιημένες εφαρμογές της ΕΠ μπορούν να αυξήσουν την εμπλοκή των μαθητών, καθιστώντας τη μάθηση πιο ελκυστική και αποδοτική. Ωστόσο, η έρευνα υποδεικνύει την ανάγκη για στοχευμένη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, ώστε να αποκτήσουν τις απαραίτητες τεχνολογικές και παιδαγωγικές δεξιότητες για την αποτελεσματική ενσωμάτωση της ΕΠ στη διδακτική πράξη.

Η ανάπτυξη δομημένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων και η δημιουργία οδηγών χρήσης για τους εκπαιδευτικούς αποτελούν κρίσιμα βήματα για τη μεγιστοποίηση των οφελών της ΕΠ στην εκπαίδευση. Συνολικά, η ενσωμάτωσή της μπορεί να λειτουργήσει ως ένας καταλύτης για την αναβάθμιση της ΠΕ, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να αξιοποιήσουν την τεχνολογία για τη διαμόρφωση μιας πιο συμμετοχικής, διαδραστικής και βιώσιμης μαθησιακής εμπειρίας.

5.4 Συμπεράσματα

Ακολουθούν τα συμπεράσματα που συνοψίζουν τα βασικά ευρήματα σχετικά με τη συμβολή και την επίδραση της ΕΠ στην εκπαίδευση, και ειδικότερα στην ΠΕ.

✓ Αυξανόμενη ερευνητική δραστηριότητα

Από το 2020 και μετά παρατηρείται σταθερή αύξηση της ερευνητικής παραγωγής για την ΕΠ στην εκπαίδευση, με κορύφωση το 2023, γεγονός που αντανακλά το αυξημένο επιστημονικό ενδιαφέρον.

✓ Γεωγραφική Ανισοκατανομή

Η ισχυρή παρουσία ερευνών στην Ασία και την Ευρώπη, σε συνδυασμό με την περιορισμένη συμμετοχή της Αμερικής και την απουσία από Ωκεανία και Αφρική, υποδεικνύει την ανάγκη προώθησης ερευνητικών πρωτοβουλιών σε υποεκπροσωπούμενες περιοχές.

✓ **Επικράτηση Ποσοτικών και Μικτών Μεθοδολογιών**

Η κυριαρχία ποσοτικών και μικτών μεθοδολογικών προσεγγίσεων δείχνει την προτίμηση για δεδομένα που προσφέρουν στατιστική ακρίβεια και συνδυασμένη ανάλυση, ενισχύοντας την αξιοπιστία των ερευνητικών ευρημάτων.

✓ **Έμφαση στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση**

Η εφαρμογή της ΕΠ επικεντρώνεται κυρίως στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, επιβεβαιώνοντας την αποτελεσματικότητά της στην καλλιέργεια περιβαλλοντικής συνείδησης από νεαρή ηλικία.

✓ **Περιορισμένη Γενικευσιμότητα λόγω Μικρών Δειγμάτων**

Η πλειονότητα των ερευνών βασίζεται σε μικρά δείγματα, γεγονός που περιορίζει τη γενικευσιμότητα των ευρημάτων και την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για ευρύτερους πληθυσμούς.

✓ **Έμφαση στην Ποσοτική Ανάλυση Δεδομένων**

Η επικράτηση ποσοτικών μεθόδων ανάλυσης δεδομένων εις βάρος της ποιοτικής διερεύνησης περιορίζει την κατανόηση των βαθύτερων μαθησιακών εμπειριών και της περιβαλλοντικής συνείδησης των συμμετεχόντων.

✓ **Δυναμική των Κινητών Συσκευών στην Εκπαίδευση**

Η εκτεταμένη χρήση κινητών συσκευών αναδεικνύει τη σημασία της φορητότητας και της τεχνολογικής ευελιξίας στη σύγχρονη εκπαιδευτική διαδικασία.

✓ **Έλλειψη Διαφάνειας στα Τεχνολογικά Εργαλεία Ανάπτυξης**

Η απουσία αναφοράς στα εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ σε πολλές μελέτες περιορίζει τη δυνατότητα αναπαραγωγής και αξιολόγησης των εκπαιδευτικών εφαρμογών σε μελλοντικές έρευνες

✓ **Ενίσχυση της Γνώσης και των Γνωστικών Δεξιοτήτων**

Η ΕΠ συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση των γνωστικών δεξιοτήτων και της κατανόησης νέων εννοιών, με τις πειραματικές ομάδες να επιτυγχάνουν υψηλότερες επιδόσεις σε σύγκριση με τις ομάδες ελέγχου, ειδικά σε θέματα βιωσιμότητας, κλιματικής αλλαγής και πολιτιστικής κληρονομιάς.

✓ **Ανάπτυξη Περιβαλλοντικής Συνείδησης και Ευαισθητοποίησης**

Η ΕΠ διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης, προάγοντας την κατανόηση περιβαλλοντικών κινδύνων και την υιοθέτηση υπεύθυνων στάσεων απέναντι στο φυσικό περιβάλλον.

✓ **Θετικές Μεταβολές στις Περιβαλλοντικές Στάσεις και Συμπεριφορές**

Η χρήση ΕΠ οδηγεί σε θετικές αλλαγές στις στάσεις και τις συμπεριφορές των μαθητών, ενισχύοντας περιβαλλοντικά υπεύθυνες πρακτικές, όπως η ανακύκλωση και η προστασία της βιοποικιλότητας.

✓ **Αύξηση της Μαθησιακής Εμπλοκής και Δέσμευσης**

Οι εφαρμογές ΕΠ, με παιγνιώδη χαρακτηριστικά και διαδραστικό περιεχόμενο, ενισχύουν την ενεργό συμμετοχή και τη δέσμευση των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία.

✓ **Μικτές Επιδράσεις στη Γνωστική Επιβάρυνση**

Αν και η ΕΠ αυξάνει το συνολικό γνωστικό φορτίο λόγω της πολυπλοκότητας των πληροφοριών, συμβάλλει στη μείωση του ενδογενούς γνωστικού φορτίου σε δύσκολα μαθήματα, διευκολύνοντας την κατανόηση πολύπλοκων εννοιών.

✓ **Ενίσχυση της Κατανόησης και Κριτικής Σκέψης**

Η ΕΠ προάγει την κριτική σκέψη, την αυτονομία και την αυτορρύθμιση της μάθησης, ενώ ενισχύει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, ειδικά σε θέματα βιωσιμότητας.

✓ **Προώθηση Συνεργατικής Μάθησης και Περιβαλλοντικής Δράσης**

Οι εφαρμογές ΕΠ ενισχύουν τη συνεργατική μάθηση και την ισότιμη συμμετοχή, καλλιεργώντας δεξιότητες ομαδικής επίλυσης προβλημάτων και ενθαρρύνοντας τη συμμετοχή σε περιβαλλοντικές δράσεις.

✓ **Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποτελεσματικότητα της ΕΠ**

Η αποδοχή και η αποτελεσματικότητα της ΕΠ επηρεάζονται από δημογραφικούς και ατομικούς παράγοντες, όπως το φύλο, η ηλικία, η εξοικείωση με περιβαλλοντικά ζητήματα και το επίπεδο ψηφιακής εγγραμματοσύνης.

✓ **Προκλήσεις Εφαρμογής της ΕΠ**

Η εφαρμογή της ΕΠ αντιμετώπισε διάφορες προκλήσεις: τεχνικά προβλήματα, υψηλό κόστος εξοπλισμών, δυσμενείς καιρικές συνθήκες, περιορισμοί στη χρήση κινητών στα σχολεία, ανάγκη βελτίωσης δραστηριοτήτων για προώθηση ενεργής συμμετοχής, ανάγκη επιπλέον κατάρτισης των εκπαιδευτικών για αποτελεσματική αξιοποίηση της ΕΠ.

5.5 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα διατριβή απέδειξε ότι η ΕΠ αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο με σημαντικές προοπτικές για την εκπαίδευση και ιδιαίτερα για την εκπαίδευση για την αειφορία. Ωστόσο, μελλοντικές έρευνες θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να εστιάσουν στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων παιδαγωγικών μοντέλων, στη βελτίωση της χρηστικότητας των εφαρμογών ΕΠ και στην επίδρασή της σε διαφορετικές ομάδες εκπαιδευομένων,

συμπεριλαμβανομένων ατόμων με ειδικές ανάγκες. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περαιτέρω αξιοποίησή της στην υπαίθρια εκπαίδευση και η σύνδεσή της με άλλες αναδυόμενες τεχνολογίες. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας, η ΕΠ μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη διαμόρφωση μιας πιο βιώσιμης και περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένης κοινωνίας.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Γρηγορίου, Μ., Ατζέμη, Α., Βασιλείου, Α., Λιόλιου, Κ., Ευαγγέλου, Α., & Κλεφτοδήμος, Α. (2022). Ψηφιακή εφαρμογή μικτής πραγματικότητας - «Ντολτσό: Μια Παραδοσιακή Συνοικία της Καστοριάς στο Πέρασμα του Χρόνου». *Open Journal of Animation, Film and Interactive Media in Education and Culture [AFIMinEC]*, 3(3). <https://doi.org/10.12681/afimnec.31737>
- Παπαβασιλείου, Β. (2015). *Αειφόρος ανάπτυξη και εκπαίδευση: Το πολυδιάστατο μιας σχέσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Διάδραση.
- Παπαδάκης, Σ., & Σπανός, Κ. (2017, Οκτώβριος). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας για μουσειακή εκπαίδευση. Στο *9ο Συνέδριο για την Πληροφορική στην Εκπαίδευση (CIE2017)*, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Ελλάδα, 13-15 Οκτωβρίου 201
- Πολίτης, Ν. (2018). *Ανάπτυξη εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για το Μουσείο Πόλης του Βόλου. Επιδράσεις AR στην εμπειρία του επισκέπτη και στην πρόθεση επανάληψης της επίσκεψής του στο μουσείο* [Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας]. Πανεπιστημιακό Αποθετήριο. <http://hdl.handle.net/11615/48463>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (χ.χ.). *Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης ΟΗΕ (Sustainable Development Goals - SDGs)*. Ανακτήθηκε από <https://ypen.gov.gr/stochoi-viosimis-anaptyxis-oie-sustainable-development-goals-sdgs/>
- Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού. (χ.χ.). *Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού και COSMOTE, «ζωντανεύουν» την Ακρόπολη, στην ακμή της*. Ανακτήθηκε από <https://www.culture.gov.gr/el/Information/SitePages/view.aspx?nID=4587>
- Φλογαΐτη, Ε. (1998). *Περιβαλλοντική εκπαίδευση*. Ελληνικά Γράμματα.
- Φωτιάδης, Μ. (2017). Αειφορία και αειφόρος ανάπτυξη: μία (ακόμα) κριτική θεώρηση. *Για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*, 13(58). Ανακτήθηκε από <https://www.peekremagazine.gr/article/αειφορία-και-αειφόρος-ανάπτυξη-μία-ακόμα-κριτική-θεώρηση>

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Alahmari, M., Issa, T., Issa, T., & Nau, S. Z. (2019). Faculty awareness of the economic and environmental benefits of augmented reality for sustainability in Saudi Arabian universities. *Journal of Cleaner Production*, 226, 259–269. doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.090
- Álvarez-Nieto, C., Álvarez-García, C., Parra-Anguita, L., Sanz-Martos, S., & López-Medina, I. M. (2022). Effectiveness of scenario-based learning and augmented reality for nursing students' attitudes and awareness toward climate change and

- sustainability. *BMC Nursing*, 21, 245. <https://doi.org/10.1186/s12912-022-01023-9>
- APSIM (Applications of Situated Simulations). (χ.χ.). Οι αρχαιολογικοί χώροι. Ανακτήθηκε 13 Ιανουαρίου 2025, από <https://www.apsim-project.eu/oi-archaiologikoi-xoroi/>
- Ardyansyah, A., & Rahayu, S. (2023). Development and implementation of augmented reality-based card game learning media with environmental literacy for improving students' understanding of carbon compounds. *Orbital: Electron. J. Chem.*, 15(2), 118-126. <https://doi.org/10.17807/orbital.v15i2.17617>
- Arici, F. (2024). Investigating the effectiveness of augmented reality technology in science education in terms of environmental literacy, self-regulation, and motivation to learn science. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2310921>
- Arvola, M., Fuchs, I. E., Nyman, I., & Szczepanski, A. (2021). Mobile augmented reality and outdoor education. *Built Environment*, 47(2), 223-242. <https://doi.org/10.2148/benv.47.2.223>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>
- Birdsall, S. (2013). Measuring student teachers' understandings and self-awareness of sustainability. *Environmental Education Research*, 19(6), 895–917. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.833594>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2013). Augmented reality in education: Cases, places, and potentials. In *2013 IEEE 63rd Annual Conference International Council for Education Media, ICEM: Proceedings* (1-11). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/CICEM.2013.6820176>
- Butchart, B. (2011). *Augmented reality for smartphones: A guide for developers and content publishers*. JISC Observatory.
- Çakırlar-Altuntaş, E., & Turan, S. L. (2023). Effectiveness of documentary-based augmented reality application in teaching environmental problems. *Journal of Biological Education*. <https://doi.org/10.1080/00219266.2023.2282423>
- Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H., & Tian, M. (2019). An overview of augmented reality technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1237(2), 022082. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1237/2/022082>
- Chen, S.-Y. (2022). To explore the impact of augmented reality digital picture books in environmental education courses on environmental attitudes and environmental behaviors of children from different cultures. *Frontiers in Psychology*, 13, 1063659. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1063659>
- Ciurea, C., Coseriu, C., & Tudorache, C. (2014). Implementing mobile applications for virtual exhibitions using augmented reality. *Journal of Mobile, Embedded and Distributed Systems*, 6(3), 96–100.
- Craig, A. B. (2013). *Understanding augmented reality: Concepts and applications*. Morgan Kaufmann.
- Czok, V., Krug, M., Müller, S., Huwer, J., & Weitzel, H. (2023). Learning effects of augmented reality and game-based learning for science teaching in higher education

- in the context of education for sustainable development. *Sustainability*, 15(21), 15313. <https://doi.org/10.3390/su152115313>
- Dessein, J., Soini, K., Fairclough, G., & Horlings, L. (Eds.). (2015). *Culture in, for and as sustainable development: Conclusions from the COST action IS1007 Investigating Cultural Sustainability*. Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- FitzGerald, E., Ferguson, R., Adams, A., Gaved, M., Mor, Y., & Thomas, R. (2013). Augmented reality and mobile learning: The state of the art. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 5(4), 43–58. <https://doi.org/10.4018/ijmbl.2013100103>
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>
- Gómez-Galán, J., Vázquez-Cano, E., Luque de la Rosa, A., & López-Meneses, E. (2020). Socio-Educational Impact of Augmented Reality (AR) in Sustainable Learning Ecologies: A Semantic Modeling Approach. *Sustainability*, 12(21), 9116. doi:10.3390/su12219116
- Hawkes, J. (2001). *The fourth pillar of sustainability: Culture's essential role in public planning*. Common Ground.
- Hsieh, M.-C. (2021). Development and Application of an Augmented Reality Oyster Learning System for Primary Marine Education. *Electronics*, 10(22), 2818. <https://doi.org/10.3390/electronics10222818>
- Huffington Post Greece. (2015). AugMentor: Επauξημένη Πραγματικότητα και παιχνίδια «κρυμμένου θησαυρού» στο μουσείο. *Huffington Post Greece*. https://www.huffingtonpost.gr/2015/12/15/augmentor-epaykshmenh-pragmatikothta_n_8811822.html
- Huh, J. R., Park, I.-J., Sunwoo, Y., Choi, H. J., & Bhang, K. J. (2020). Augmented Reality (AR)-Based Intervention to Enhance Awareness of Fine Dust in Sustainable Environments. *Sustainability*, 12(23), 9874. doi:10.3390/su12239874
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), United Nations Environment Programme (UNEP), & World Wide Fund for Nature (WWF). (1991). *Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living*. Gland, Switzerland: IUCN.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (1970). *Final report: International working meeting on environmental education in the school curriculum*. <https://portals.iucn.org/library/node/10447>
- Jennings, M. (2014). Η ξενάγηση στα μουσεία γίνεται μια φορητή, προσωποποιημένη και διαδραστική εμπειρία. Βρυξέλλες. Ανακτήθηκε από <http://www.chessexperience.eu/publications-and-media/press-coverage.html?download=63:european-commission-press-release-in-greek-29-12-2024>
- Karpudewan, M. (2024). Augmented reality as a platform to present green sustainable chemistry to improve preservice teachers' competency on technological pedagogical content knowledge. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 39(1), Article 101582. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101582>

- Katika, T., Karaseitanidis, I., Tsiakou, D., Makropoulos, C., & Amditis, A. (2022). Augmented reality (AR) supporting citizen engagement in circular economy. *Circular Economy and Sustainability*, 2(3), 1077–1104. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00137-7>
- Kaufmann, H. (2003). Collaborative augmented reality in education. *Institute of Software Technology and Interactive Systems, Vienna University of Technology*.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental detectives: The development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research & Development*, 56(2), 203–228. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6>
- Koutromanos, G., Tzortzoglou, F., & Sofos, A. (2018). Evaluation of an Augmented Reality Game for Environmental Education: “Save Elli, Save the Environment.” *Research on e-Learning and ICT in Education*, 14, 231–241. doi:10.1007/978-3-319-95059-4_14
- Ladykova, T. I., Sokolova, E. I., Grebenshchikova, L. Y., Sakhieva, R. G., Lapidus, N. I., & Chereshneva, Y. V. (2024). Augmented reality in environmental education: A systematic review. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(8). <https://doi.org/10.29333/ejmste/14914>
- Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., Diamantaras, K., & Evangelidis, G. (2022). Augmented reality and gamification in education: A systematic literature review of research, applications, and empirical studies. *Applied Sciences*, 12(13), 6809. <https://doi.org/10.3390/app12136809>
- Lee, S.-Y., & Yoon, S.-Y. (2020). Exploring augmented reality for mobile learning: A case study with children's readings on environmental sustainability. *International Journal of Smart Technology and Learning*, 2(2/3), 151–165. <https://doi.org/10.1504/ijsmarttl.2020.10034264>
- Lo, J.-H., Lai, Y.-F., & Hsu, T.-L. (2021). The study of AR-based learning for natural science inquiry activities in Taiwan's elementary school from the perspective of sustainable development. *Sustainability*, 13(11), 6283. <https://doi.org/10.3390/su13116283>
- Ma, Y., Dik, N.-Y., & Fung, W. (2023). Turning grey to green: Engaging gamification in sustainability education with augmented reality technology. *Proceedings of the 17th European Conference on Games Based Learning*, 17(1). <https://doi.org/10.34190/ecgbl.17.1.1384>
- Malta, A., Farinha, T., & Mendes, M. (2023). Augmented reality in maintenance—History and perspectives. *J. Imaging*, 9(7), 142. <https://doi.org/10.3390/jimaging9070142>
- Mei, B., & Yang, S. (2019). Nurturing Environmental Education at the Tertiary Education Level in China: Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help? *Sustainability*, 11(16), 4292. doi:10.3390/su11164292
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE: Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282–292. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Mylonas, G., Triantafyllis, C., & Amaxilatis, D. (2019). An Augmented Reality Prototype for supporting IoT-based Educational Activities for Energy-efficient School Buildings. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 343, 89–101. doi:10.1016/j.entcs.2019.04.012

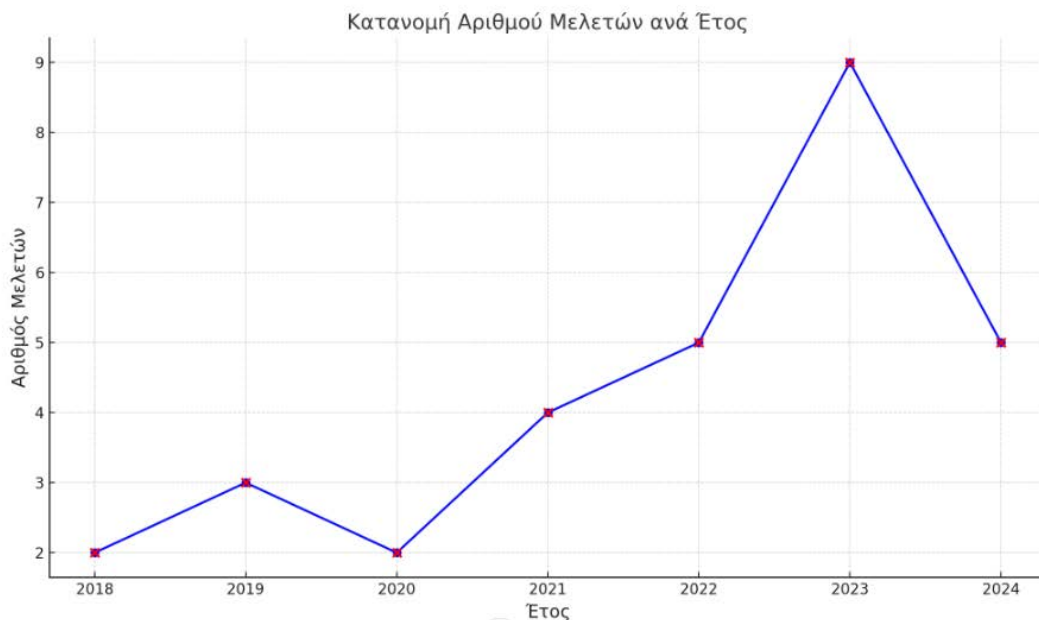
- Najmi, A. H., Alhalafawy, W. S., & Zaki, M. Z. T. (2023). Developing a sustainable environment based on augmented reality to educate adolescents about the dangers of electronic gaming addiction. *Sustainability*, 15(4), 3185. <https://doi.org/10.3390/su15043185>
- Negia, S. K. (2024). Exploring the impact of virtual reality and augmented reality technologies in sustainability education on green energy and sustainability behavioral change: A qualitative analysis. *Procedia Computer Science*, 236, 550–557. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.065>
- Öztürk, E., & Akcay, G. (2023). Can environmental education supported by augmented reality (AR) applications improve the environmental awareness of primary school students? *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, 31, 216–229. <https://doi.org/10.55549/epess.1381983>
- Pombo, L., & Marques, M. M. (2019). Improving students' learning with a mobile augmented reality approach – the EduPARK game. *Interactive Technology and Smart Education*, 16(4), 392–406. doi:10.1108/itse-06-2019-0032
- Pombo, L., Marques, M. M., Afonso, L., Dias, P., & Madeira, J. (2019). Evaluation of a Mobile Augmented Reality Game Application as an Outdoor Learning Tool. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 11(4), 59–79. doi:10.4018/ijmbl.2019100105
- Safitri, D., Lestari, I., Maksum, A., Ibrahim, N., Marini, A., Sudrajat, A., Zahari, M., & Iskandar, R. (2022). Ecolabel with augmented reality on the website to enhance student environmental awareness. *International Journal of Ecology*, 2022(2), 1-8. <https://doi.org/10.1155/2022/8169849>
- Safitri, D., Marini, A., Auliya, A. F., Sujarwo, & Wardhani, P. A. (2023). Development of Augmented Reality-based Interactive Learning Media to Increase Interest in Environmental Education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 106, 101-117. <https://doi.org/10.14689/ejer.2023.106.007>
- Shakirova, N., Berechikidze, I., & Gafiyatullina, E. (2024). The effects of immersive AR technology on the environmental literacy, intrinsic motivation, and cognitive load of high school students. *Education and Information Technologies*, 29, 9121–9138. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12144-2>
- Shishakly, R., Almaiah, M. A., Lutfi, A., & Alrawad, M. (2024). The influence of using smart technologies for sustainable development in higher education institutions. *International Journal of Data and Network Science*, 8(1), 77-90. <https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2023.10.015>
- Sırakaya, M., & Alsancak Sırakaya, D. (2020). Augmented reality in STEM education: A systematic review. *Interactive Learning Environments*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713>
- Squire, K. D., & Jan, M. (2007). Mad city mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of science education and technology*, 16, 5-29.
- Sterling, S. (2001). *Sustainable education: Re-visioning learning and change*. Green Books.
- Strada, F., Lopez, M. X., Fabricatore, C., dos Santos, A. D., Gyaurov, D., Battegazzorre, E., & Bottino, A. (2023). Leveraging a collaborative augmented reality serious game to promote sustainability awareness, commitment and adaptive problem-management. *International Journal of Human-Computer Studies*, 172, 102984. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102984>

- Sünger, İ., & Çankaya, S. (2019). Augmented reality: Historical development and area of usage. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 2(3), 118–133. <https://doi.org/10.31681/jetol.615499>
- Syskowski, S., Lathwesen, C., Maurer, N., Siol, A., Eilks, I., & Huwer, J. (2024). Interactive learning with iPads and augmented reality: A sustainability-oriented approach to teaching plastics chemistry. *Sustainability*, 16(8), 3342. <https://doi.org/10.3390/su16083342>
- Theodorou, R., Kydonakis, P., Botzori, M., & Skanavis, C. (2018). Augmented Reality proves to be a breakthrough in Environmental Education. Ανακτήθηκε από <https://www.researchgate.net/publication/326208201>
- Tzortzoglou, F., Kosmas, P., & Avraamidou, L. (2023). Design of a location-based augmented reality game for the development of key 21st century competences in primary education. *Contemporary Educational Technology*, 15(3), Article No: ep432. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13221>
- UNESCO. (1978). *Final report of the Intergovernmental Conference on Environmental Education, Tbilisi, USSR, 14-26 October 1977*. UNESCO.
- United Nations. (1992). *Agenda 21: United Nations Conference on Environment and Development*. Rio de Janeiro, Brazil: United Nations
- United Nations Regional Information Centre (UNRIC). (χ.χ.). 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης. Από <https://unric.org/el/17-στοχοι-βιωσιμησ-αναπτυξης/>
- Vertucci, R., D'Onofrio, S., Ricciardi, S., & De Nino, M. (2023). History of augmented reality. In A. Y. C. Nee & S. K. Ong (Eds.), *Springer handbook of augmented reality*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67822-7_2
- Wang, K., Tekler, Z. D., Cheah, L., Herremans, D., & Blessing, L. (2021). Evaluating the effectiveness of an augmented reality game promoting environmental action. *Sustainability*, 13(24), 13912. <https://doi.org/10.3390/su132413912>
- WCED (World Commission on Environment and Development). (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- Witta, L. E., Flanagan, S. A., & Hagan, L. P. (2012). Culture: The missing aspect of the sustainability paradigm. *International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, 6(9), 37–46
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities, and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

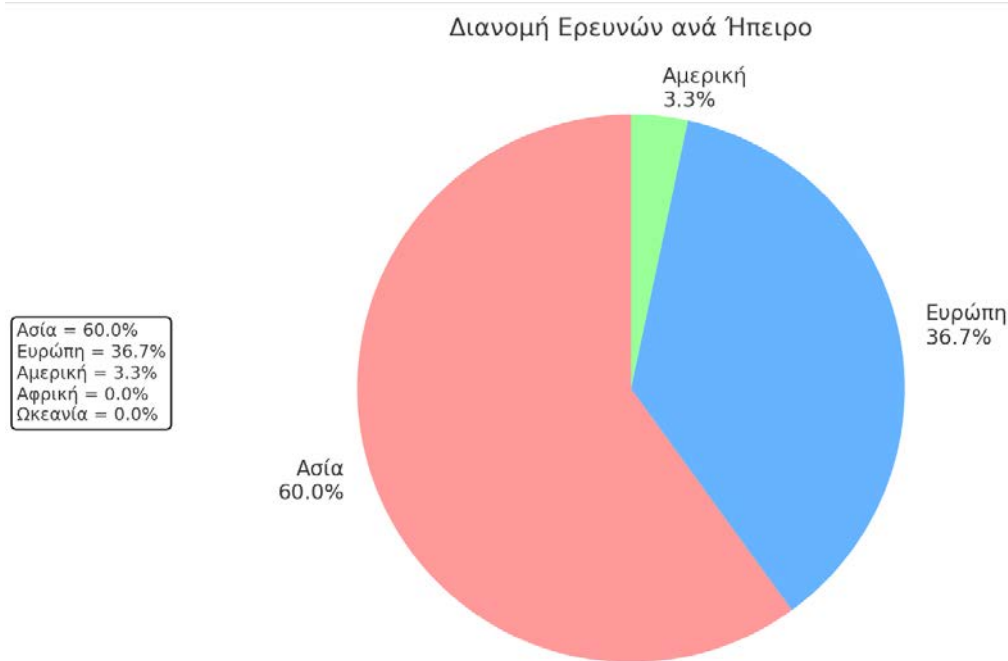
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Εικόνα 1: 17 Στόχοι της Βιώσιμης Ανάπτυξης.....	2
Εικόνα 2: το τρίπτυχο της Αειφορίας.....	7
Εικόνα 3: οι 4 πυλώνες της Αειφορίας.....	8
Εικόνα 4: Παραδείγματα οθονών παιχνιδιού “Save Elli! Save the Environment”	18
Εικόνα 5: Όψεις της εφαρμογής ΕΠ “GAIA”	19
Εικόνα 6: Η εφαρμογή EduPARK κάνοντας χρήση (Α) πινακίδων αναγνώρισης με δείκτες εικόνas ΕΠ, (Β) ιστορικών πλακιδίων ως δείκτες, (C) εικονικού θησαυρού στην οθόνη του κινητού	22
Εικόνα 7: εργαλείο ΕΠ “AROLS”	23
Εικόνα 8: το ρομπότ “PEAR”.....	24
Εικόνα 9: Στιγμιότυπο οθόνης του προγραμματιστικού περιβάλλοντος της πλατφόρμας TaleBlazer	27
Εικόνα 10: τσάντα - κουδούνα - πηλήκιο.....	28
Εικόνα 11: PRISMA 2009: Διάγραμμα ροής βιβλιογραφικής αναζήτησης και αξιολόγησης μελετών	39

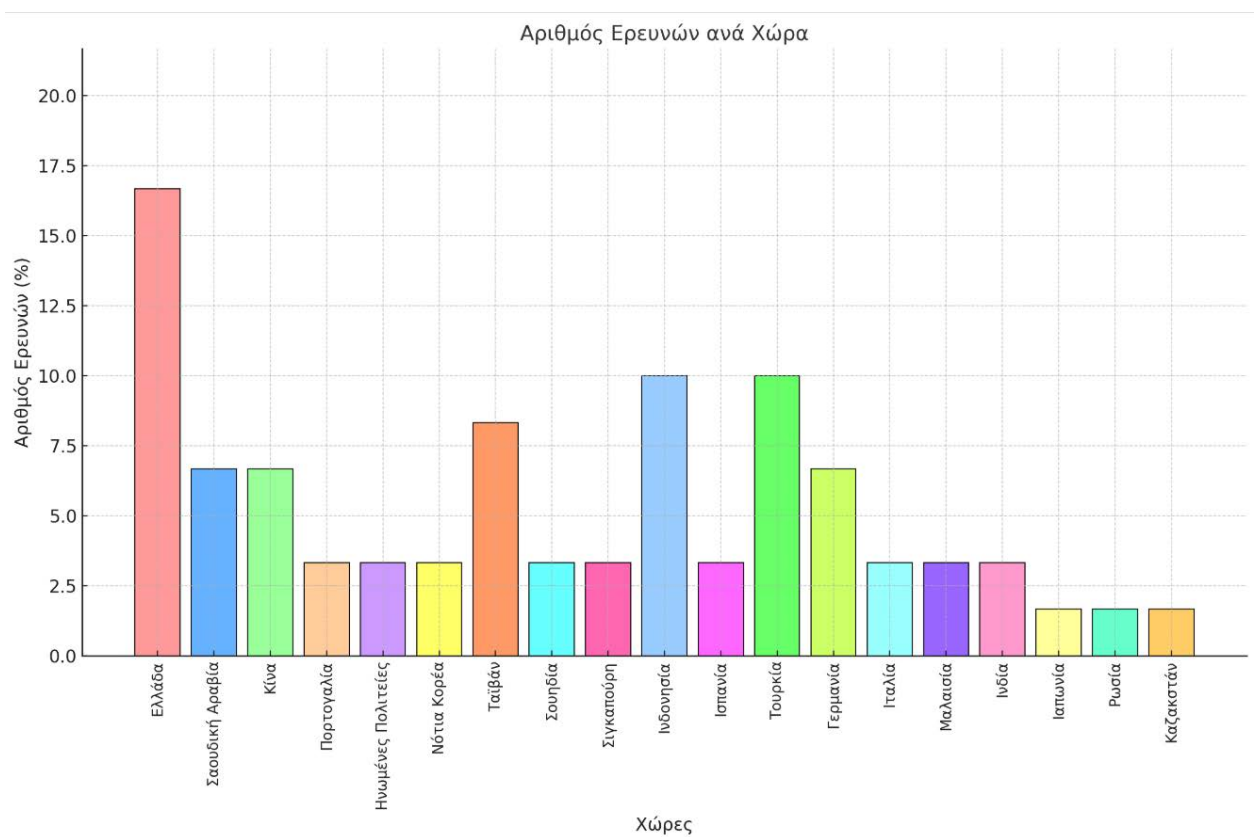
Γραφήματα



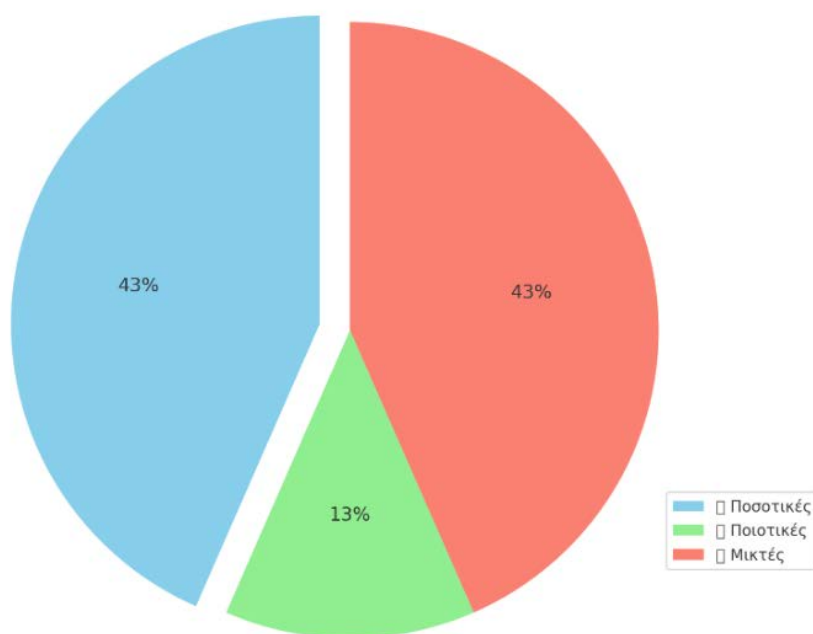
Γράφημα 1: Κατανομή αριθμού μελετών ανά έτος



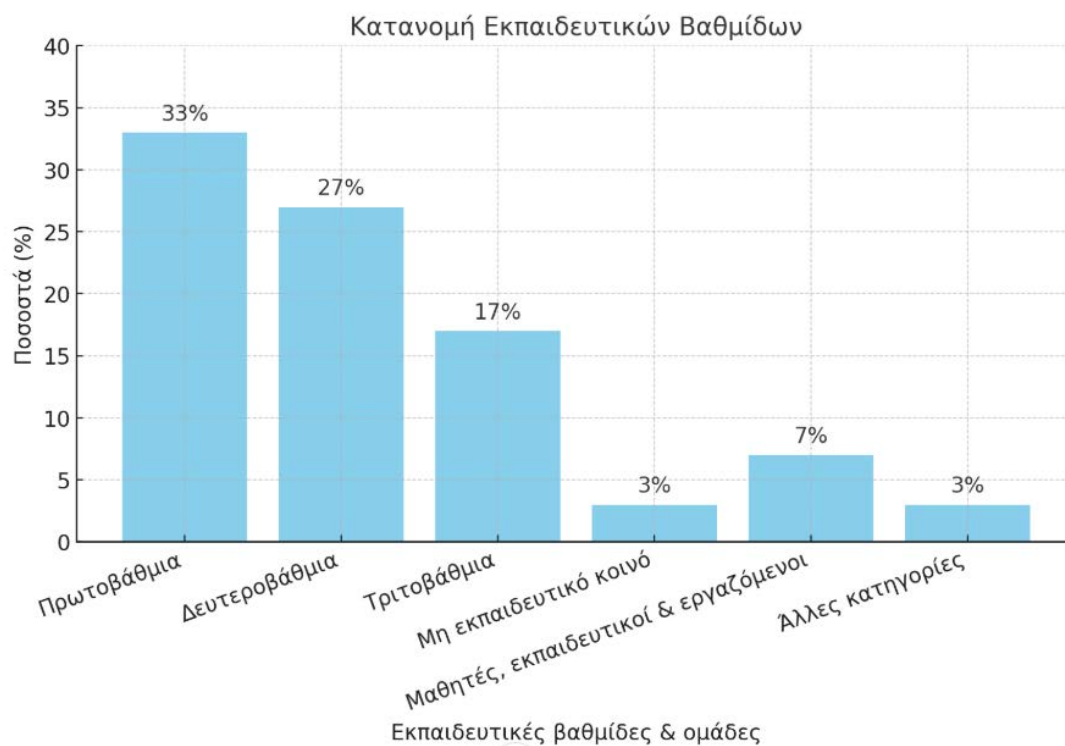
Γράφημα 2: Διανομή Ερευνών ανά Ήπειρο



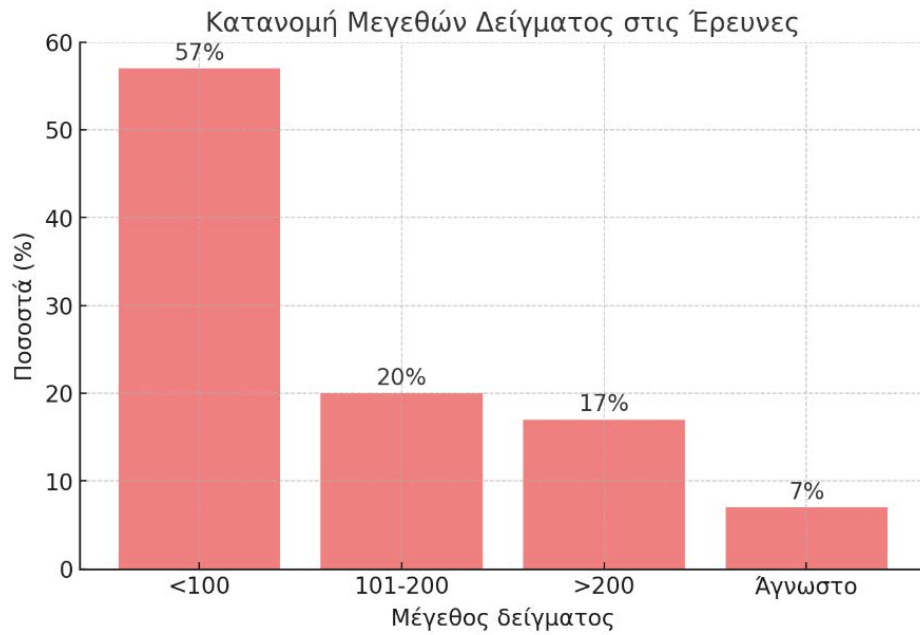
Γράφημα 3: Αριθμός ερευνών ανά Χώρα



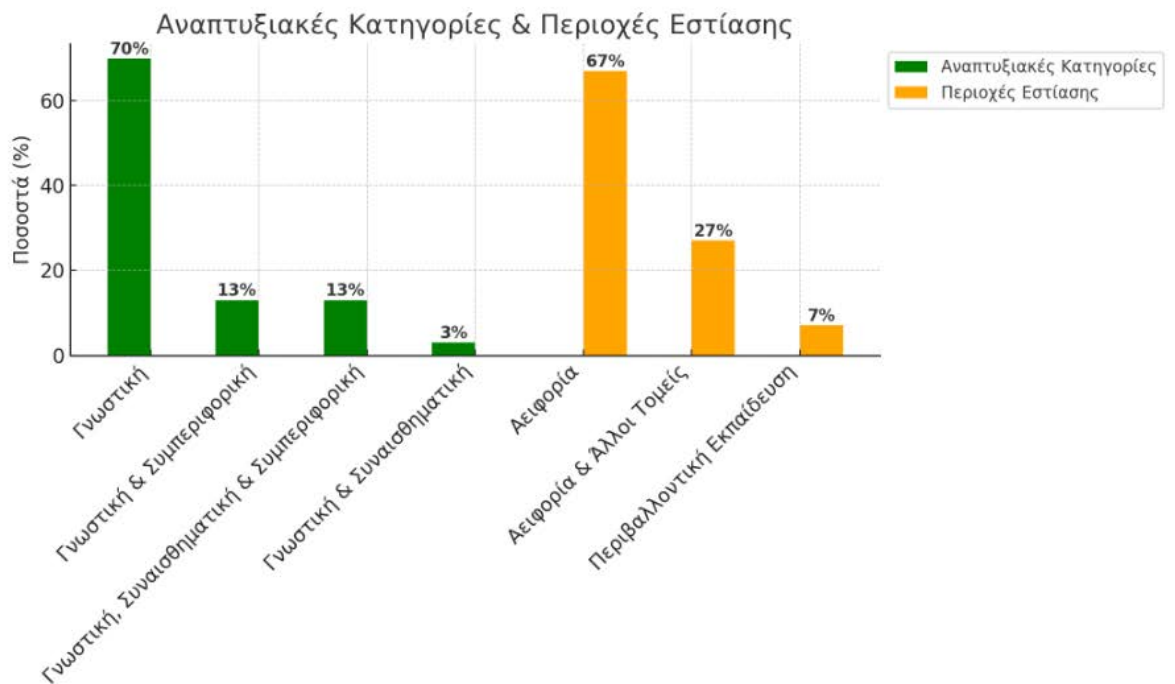
Γράφημα 4: Τύπος ερευνών



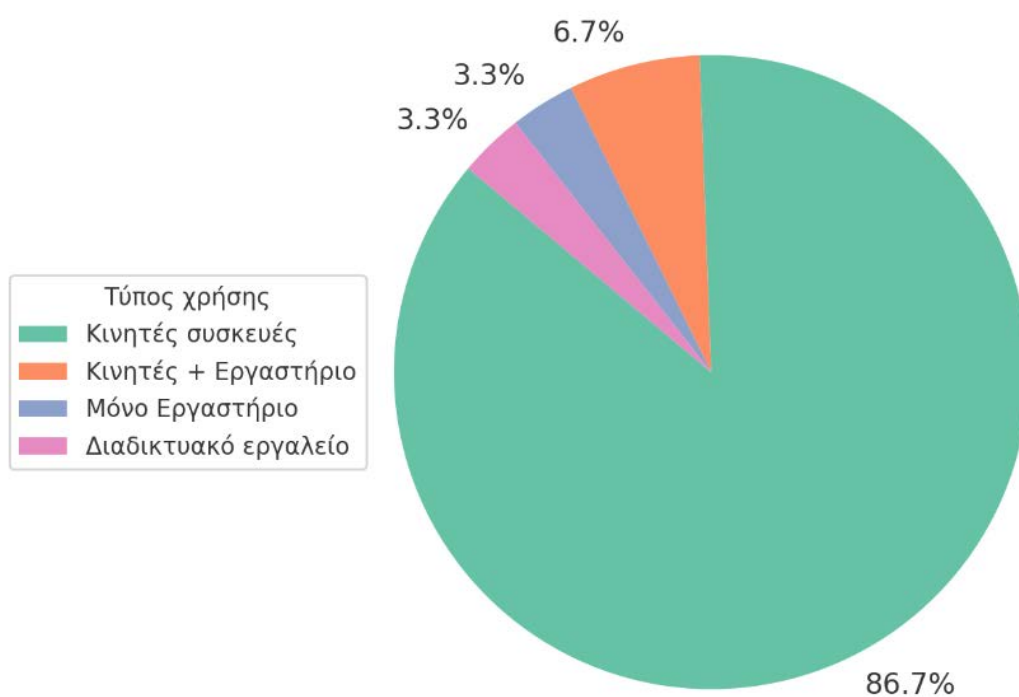
Γράφημα 5: Εκπαιδευτικές βαθμίδες



Γράφημα 6: Μέγεθος δείγματος ερευνών



Γράφημα 7: Αναπτυξιακές κατηγορίες – Περιοχές Εστίασης



Γράφημα 8: Μέσα εφαρμογής των εργαλείων ΕΠ

ABSTRACT

Augmented Reality (AR) is emerging as a powerful factor in the educational process, offering dynamic and innovative approaches to learning while enhancing the learning experience. The use of AR in education integrates interactive and innovative tools, encouraging student engagement and interaction. In this master's thesis, a systematic literature review was conducted, examining 30 studies from the past seven years, which were selected through a thorough search and evaluation process, as depicted in the PRISMA flow diagram. The majority of studies employ quantitative and mixed methods. Findings indicate that AR significantly contributes to knowledge enhancement, improves the understanding of abstract and environmental concepts, and promotes active participation in the educational process. Students report that learning through AR is both enjoyable and engaging while fostering autonomy and interaction. Additionally, it advances environmental awareness by developing positive environmental attitudes and collaboration skills. At the same time, challenges such as technical issues and concerns about student safety in outdoor activities were identified, while the design of educational material proved to be demanding. This thesis aims to contribute to understanding the potential and limitations of AR in education for sustainability, paving the way for future research that will further support its application in educational practice.

Keywords: Augmented Reality, Environmental Education, Sustainability, Sustainable Development, Education, Environment, Environmental Awareness.