

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2021)

12ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Πράσινη Εκπαίδευση για ένα Βιώσιμο μέλλον

Βιργινία Αρβανίτη, Ηλίας Καλαμπόκης, Ηρώ Κολιάκου, Αναστασία Μαστρογιάννη, Θαρρενός Μπράτιτσης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Αρβανίτη Β., Καλαμπόκης Η., Κολιάκου Η., Μαστρογιάννη Α., & Μπράτιτσης Θ. (2022). Πράσινη Εκπαίδευση για ένα Βιώσιμο μέλλον. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 571–576. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3796>

Πράσινη Εκπαίδευση για ένα Βιώσιμο μέλλον

Βιργινία Αρβανίτη¹, Ηλίας Καλαμπόκης¹, Ηρώ Κολιάκου¹, Αναστασία Μαστρογιάννη¹, Θαρρενός Μπράτιτσης²
ainigriv@anatolia.edu.gr, ebokis@anatolia.edu.gr, koliakou@anatolia.edu.gr,
mastroa@anatolia.edu.gr, bratitsis@uowm.gr

¹ Κολλέγιο Ανατόλια

² Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η Πράσινη εκπαίδευση έχει καθοριστικό ρόλο στην ευαισθητοποίηση των μαθητών γύρω από τα περιβαλλοντικά ζητήματα και στη διαμόρφωση σωστών στάσεων και συμπεριφορών, που μπορούν να συμβάλλουν σε ένα βιώσιμο μέλλον. Προγράμματα όπως το GREEN EDU - Πράσινη εκπαίδευση για ένα βιώσιμο μέλλον (GREEN EDU- Green Education for a Sustainable future -PROJ. N° 2019-1-PL01- KA201-065695) μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά προς αυτή την κατεύθυνση. Το Green Edu χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Erasmus+ της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έχει ως στόχο να ενθαρρύνει τους μαθητές να ασχοληθούν με καινοτόμους τομείς της επιστήμης και να τους βοηθήσει να αποκτήσουν γνώσεις και να καλλιεργήσουν δεξιότητες, οι οποίες θα τους προετοιμάσουν για να γίνουν υπεύθυνοι πολίτες του 21ου αιώνα. Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν οι στόχοι, η παιδαγωγική προσέγγιση και συνοπτικά οι δραστηριότητες του GREEN EDU, καθώς και παραδείγματα εφαρμογής εκπαιδευτικών σεναρίων στην διαδικτυακή τάξη της Β και Γ Δημοτικού.

Λέξεις κλειδιά: Βιωσιμότητα, πράσινη εκπαίδευση, STEM, Erasmus +

Εισαγωγή

Η πράσινη ή αειφόρος εκπαίδευση είναι μια εκπαιδευτική προσέγγιση που έχει ως στόχο να ενισχύσει στους μαθητές, τα σχολεία και τις κοινότητες την πεποίθηση για την βιωσιμότητα, αλλά και να τους δώσει το κίνητρο να αναλάβουν δράση για τον πλανήτη μας στην καθημερινή τους ζωή μέσα στην κοινότητα, αλλά και σε παγκόσμια κλίμακα, τώρα και στο μέλλον. (Grosseck et al., 2019) Η πράσινη εκπαίδευση στοχεύει στην οικοδόμηση της γνώσης και στην ευαισθητοποίηση των πολιτών για θέματα που αφορούν το μέλλον του πλανήτη, αλλά και στην καθοδήγηση μαθητών και κατ' επέκταση σχολικών μονάδων, ώστε να είναι σε θέση να σκέφτονται κριτικά, να καινοτομούν και να παρέχουν λύσεις προς πιο βιώσιμα πρότυπα ζωής. (Grosseck et al., 2019; Pauw et al., 2015)

Η πράσινη εκπαίδευση μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή έμπνευσης για την επόμενη γενιά μαθητών ώστε να ακολουθήσουν μια καριέρα στις επιστήμες. Επιπλέον, η ενεργός συμμετοχή των νέων για την εξασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος, είναι κρίσιμη στη διαδικασία της συνέχισης της ζωής του πλανήτη, αλλά και στην καλλιέργεια μελλοντικών υπεύθυνων πολιτών. Με ένα πράσινο πρόγραμμα εκπαίδευσης, ένα θέμα της επιστήμης που μπορεί να θεωρηθεί αφηρημένο, τοποθετείται σε ένα οικείο πλαίσιο που σχετίζεται με την καθημερινή ζωή των μαθητών και οδηγεί στη χρήση τεχνολογιών που απαντούν σε περιβαλλοντικές προκλήσεις. (Agbedahin, 2019; Grosseck et al., 2019; van den Branden, 2012; Zain et al., 2016).

Νέα πεδία όπως η πράσινη χημεία, η αειφόρος μηχανική και η ρομποτική και η πράσινη βιοτεχνολογία, μπορούν να εφαρμοστούν στη διδασκαλία στην τάξη κάτω από την ομπρέλα της πράσινης εκπαίδευσης. Πρόσφατες μελέτες εντοπίζουν έλλειψη επαγγελματιών STEM και την ανάγκη προσέλκυσης μαθητών σε όλα τα επίπεδα στην επιστήμη για την ενίσχυση της προσφοράς εργαζομένων στον τομέα αυτό. Η Ευρωπαϊκή Ένωση επικεντρώνεται επίσης στην

εκπαίδευση που προωθεί τη δημιουργία δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (εγκάρσιες και βασικές δεξιότητες, δεξιότητες που σχετίζονται με το STEM, κλπ.) από παιδιά, νέους και κάθε πολίτη της ΕΕ. Επιπλέον, τα πράσινα προγράμματα προσελκύνουν φοιτητές και ιδιαίτερα γυναίκες σπουδαστές, προς το STEM - σχετικές διαδρομές και σταδιοδρομίες και τους εμπνέουν να ακολουθήσουν μια καριέρα ή περαιτέρω εκπαίδευση στους τομείς STEM. (Hays & Reinders, 2020; Holfelder, 2019; Noordegraaf-Eelens et al., 2019; Nousheen et al., 2020)

Το πρόγραμμα Green Edu

Προγράμματα όπως το GREEN EDU - Πράσινη εκπαίδευση για ένα βιώσιμο μέλλον (GREEN EDU- Green Education for a Sustainable future -PROJ. N^ο 2019-1-PL01- KA201-065695) μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά προς την προαναφερθείσα κατεύθυνση. Το Green Edu χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Erasmus+, Βασική Δράση 2 της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έχει ως στόχο να ενθαρρύνει τους μαθητές να ασχοληθούν με καινοτόμους τομείς της επιστήμης, να τους βοηθήσει να αποκτήσουν γνώσεις και να καλλιεργήσουν δεξιότητες, οι οποίες θα τους προετοιμάσουν για να γίνουν υπεύθυνοι πολίτες του 21ου αιώνα. Στο πλαίσιο του προγράμματος έχει δημιουργηθεί εκπαιδευτικό υλικό το οποίο θα αναρτηθεί σε μια διαδικτυακή πλατφόρμα που θα λειτουργεί ως αποθετήριο δραστηριοτήτων STEM με βάση την πράσινη προσέγγιση, εστιάζοντας στους τομείς της πράσινης χημείας, της πράσινης βιοτεχνολογίας και της βιώσιμης μηχανικής και ρομποτικής. Επιπλέον η πλατφόρμα θα ενσωματώσει πληροφορίες για τη μεθοδολογία micro-MOOC (Massive Open Online courses), μια καινοτόμο προσέγγιση για τη δημιουργία ευέλικτων εξατομικευμένων διαδρομών διδασκαλίας / μάθησης. Το σύνολο του υλικού του προγράμματος είναι διαθέσιμο σταδιακά στη διαδικτυακή διεύθυνση <http://greenedu.uowm.gr/>

Το Green Edu δεν αναπτύσσει μόνο νέο εκπαιδευτικό υλικό, αλλά υποστηρίζει τους εκπαιδευτικούς σε όλη την Ευρώπη, ώστε να ενσωματώσουν τις αρχές της πράσινης εκπαίδευσης στη διδασκαλία τους, δημιουργώντας ένα δίκτυο πράσινης εκπαίδευσης, με στόχο την ανάπτυξη πράσινων εργαστηρίων σε σχολεία στην Ευρώπη και παρέχοντας υποστήριξη σε εκπαιδευτικούς, εμπλεκόμενους μαθητές και την ευρωπαϊκή κοινότητα, ώστε να προσεγγιστούν οι στόχοι της αειφόρου ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών μέχρι το 2030.

Γιατί πράσινη εκπαίδευση (στόχοι και παιδαγωγική προσέγγιση του GREEN EDU)

Η Πράσινη Εκπαίδευση αποτελεί τον πυρήνα για την διαμόρφωση πολιτών με ευαισθησία. Επιπλέον, το έργο στοχεύει στην εκπαίδευση καθηγητών και δασκάλων που ασχολούνται με την εκπαίδευση STEM, στη μεθοδολογία micro-MOOC στο πλαίσιο της Πράσινης Εκπαίδευσης για ένα βιώσιμο μέλλον. Η χρήση micro-MOOC και εκπαιδευτικών μέσων που βασίζονται στις ΤΠΕ, μπορεί να παρακινήσει τους εκπαιδευτικούς στη δημιουργία ευέλικτων εξατομικευμένων μεθόδων διδασκαλίας/μάθησης και να αυξήσει ταυτόχρονα το ενδιαφέρον των μαθητών και τη συμμετοχή τους λόγω της καινοτόμου μεθοδολογίας.

Ουσιαστικά, το πρόγραμμα GREEN EDU επιχειρεί την δημιουργία μια σχολικής Πράσινης “πρόκλησης” STEM για την εκπαίδευση και τα σχολεία, μέσα από τα ανοικτά και ελεύθερα προσβάσιμα σχέδια μαθήματος και την παράλληλη δημιουργία ενός δικτύου υποστήριξης για πράσινα κέντρα, στο σχολικό περιβάλλον της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Παράλληλα, θα σχεδιαστεί ένα εκπαιδευτικό kit για την πράσινη χημεία και βιοτεχνολογία, το οποίο θα περιέχει οδηγίες σε όλες τις γλώσσες των εταίρων του έργου και θα περιλαμβάνει όλο το υλικό που απαιτείται για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων σε οποιοδήποτε μαθησιακό περιβάλλον. Όλο το υλικό που θα παραχθεί στο πλαίσιο του έργου θα είναι

διαθέσιμο ελεύθερα για όλους τους ενδιαφερόμενους, σε όλες τις γλώσσες των εταίρων και στα αγγλικά.

Δραστηριότητες Green Edu

Οι δραστηριότητες του Green Edu στοχεύουν στο να εμπνεύσουν τους μαθητές να ακολουθήσουν μια σταδιοδρομία στον τομέα STEM και να τους βοηθήσουν να συνδέσουν αφηρημένες επιστημονικές έννοιες με τον πραγματικό κόσμο. Οι δραστηριότητες σχεδιάζονται σύμφωνα με την μεθοδολογία της μάθησης μέσω έργου (Project Based Learning-PBL). Τα θέματα καλύπτουν νέα επιστημονικά πεδία και απευθύνονται σε μαθητές δημοτικού και γυμνασίου.

Πράσινη Χημεία

Η Πράσινη Χημεία είναι ο σχεδιασμός χημικών προϊόντων που μειώνουν τη χρήση ή την παραγωγή επικίνδυνων ουσιών (Ware et al., 1999). Η πρόκληση είναι να παρέχουμε στην κοινωνία βασικά προϊόντα βιώσιμα, υψηλής απόδοσης και με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Από φαρμακευτικά φάρμακα που σώζουν ζωές, έως υλικά υψηλής απόδοσης χωρίς χημικά. Τα προγράμματα σπουδών της χημείας θα πρέπει να σχεδιαστούν εκ νέου ώστε να είναι πιο ασφαλή. Υποστηρίζοντας τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές να διδάξουν και να μάθουν πράσινη χημεία, μπορούμε να εμπνεύσουμε τους μαθητές να γίνουν το μελλοντικό υπεύθυνο επιστημονικό εργατικό δυναμικό. (Haack & Hutchison, 2016; Hurst, 2020)

Βιοτεχνολογία

Ο τομέας της Βιοτεχνολογίας αναπτύχθηκε γρήγορα και άλλαξε την τελευταία δεκαετία. Σήμερα τα προγράμματα σπουδών της βιολογίας σε ολόκληρη την Ευρώπη δεν περιλαμβάνουν νέες τεχνικές βιοτεχνολογίας λόγω έλλειψης πόρων και κατάρτισης των εκπαιδευτικών. (Dunham et al., 2002). Επιπλέον, καθώς η τεχνολογία κινείται γρήγορα, υπάρχει ένα κενό στην εκπαίδευση που μπορεί να οδηγήσει σε επιστημονικές παρανοήσεις από το κοινό, ιδίως στον τομέα της γενετικής τροποποίησης. Έτσι, οι δραστηριότητες που θα σχεδιαστούν θα επικεντρωθούν στην εισαγωγή νέων ιδεών και τεχνικών βιοτεχνολογίας στην τάξη (Grainger, 1996).

Μηχανική και ρομποτική

Η πράσινη μηχανική είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή προϊόντων και διαδικασιών που έχουν το λιγότερο αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Από τις ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά κύτταρα έως τα βιοκλιματικά σπίτια, η σύγχρονη τεχνολογία είναι καθοριστικός παράγοντας για να γίνει ο κόσμος πιο πράσινος. Η ρομποτική και ο αυτοματισμός έχουν σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη βελτιστοποίηση της παραγωγής (Talib et al., 2020). Ωστόσο, εξακολουθεί να υπάρχει μια λανθασμένη αντίληψη στην κοινωνία μας ότι η ρομποτική δεν έχει ρόλο σε μια βιώσιμη κοινωνία και ότι στερούν τους ανθρώπους από τις θέσεις εργασίας. Τα σημερινά εκπαιδευτικά προγράμματα πρέπει να περιλαμβάνουν ρομποτική και αυτοματισμό, καθώς θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο μέλλον της παραγωγής (Schina et al., 2020). Θα αναπτυχθούν δραστηριότητες που συνδέουν τη ρομποτική και τον αυτοματισμό με τη βιώσιμη μηχανική, με στόχο να οδηγήσουν τους μαθητές στο να αναπτύξουν δεξιότητες κριτικής σκέψης και να γίνουν η επόμενη γενιά μηχανικών που θα συμβάλλουν στη βιωσιμότητα.

Πράσινες δραστηριότητες Edu στην τάξη

Η πανδημία COVID-19 έχει επηρεάσει τους εκπαιδευτικούς οργανισμούς παγκοσμίως. Οι δραστηριότητες που είχαν προγραμματιστεί να υλοποιηθούν μέσα στην τάξη έπρεπε να μεταφερθούν σε ένα διαδικτυακό περιβάλλον. Υλοποιήθηκαν δύο δραστηριότητες του Green Edu για διαδικτυακά μαθήματα δημοτικών σχολείων, οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια. Η υλοποίηση των δραστηριοτήτων πραγματοποιήθηκε πολύ κοντά στην περίοδο συγγραφής της παρούσας εργασίας και κατά συνέπεια δεν υπήρχε η δυνατότητα διεξοδικής ανάλυσης ερευνητικών δεδομένων. Έτσι, μόνο μια γενική εντύπωση που αποκόμισαν οι εκπαιδευτικοί-ερευνητές αποτυπώνεται στο παρόν κείμενο

Δραστηριότητα Green Edu - Η Γη μας

Μέσα από το σχέδιο μαθήματος “ Η Γη μας” οι μαθητές μαθαίνουν για την πράσινη χημεία, τη Γη μας και πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν το περιβάλλον. Μετά από μια εισαγωγή στην πράσινη χημεία, οι μαθητές μαθαίνουν για την κλιματική αλλαγή, τις ανθρώπινες ενέργειες που είναι υπεύθυνες για αυτό το περιβαλλοντικό ζήτημα και χρησιμοποιούν τη φαντασία τους για να σκεφτούν τρόπους να σώσουν το περιβάλλον. Το σχέδιο μαθήματος δοκιμάστηκε διαδικτυακά σε 75 μαθητές της Γ τάξης του Δημοτικού σχολείου του Κολλεγίου Ανατόλια. Με τη βοήθεια του δασκάλου της τάξης, των εκπαιδευτών STEM και των γονιών τους, ακολούθησαν το σενάριο μάθησης χωρισμένοι ανά τμήμα. Μετά από μια σύντομη παρουσίαση σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις τους στην αλλαγή του κλίματος, οι μαθητές αντάλλαξαν απόψεις σχετικά με τις διαφορετικές χρήσεις των πλαστικών φιαλών και τους δόθηκαν οδηγίες για το πώς να φτιάξουν ένα μίνι κομποστοποιητή στην οικιακή τους κουζίνα, πάνω στον οποίο έκαναν παρατηρήσεις για μια περίοδο 2 εβδομάδων. Στο τέλος, μοιράστηκαν τις κατασκευές τους και τις παρατηρήσεις τους με την υπόλοιπη τάξη.

Εκπαιδευτικό Σενάριο Green Edu- Βιωσιμότητα και Μεσογειακή Διατροφή

Το εκπαιδευτικό σενάριο με τίτλο «Βιωσιμότητα, Μεσογειακή Διατροφή και Υγεία» απευθύνεται σε μαθητές/τριες Β-Δ δημοτικού (εξοικειωμένους/ες με τις νέες τεχνολογίες) με σκοπό τη δημιουργία μιας μαθησιακής συνθήκης που θα κινητοποιήσει τα παιδιά να ανακαλύψουν τη γνώση με κριτική σκέψη, συνεργασία και δημιουργικότητα.

Με μια διαδικτυακή αποστολή τα παιδιά κάνουν ιστοεξερεύνηση και ετοιμάζουν ψηφιακά ενημερωτικά φυλλάδια με θέμα τη Μεσογειακή-υγιεινή διατροφή και συνδέουν την διατροφή με την ανθρώπινη υγεία και τη βιωσιμότητα του πλανήτη.

Η Ιστοεξερεύνηση (WebQuest) αποτελεί μία δραστηριότητα κατευθυνόμενης διερεύνησης κατά την οποία οι μαθητές αναλαμβάνουν να λύσουν ένα πρόβλημα αξιοποιώντας ως πηγές πληροφορίας το διαδίκτυο, καθώς και συμβατικά μέσα (σχολικά βιβλία). Η πληροφορία αποτελεί το πρωτογενές υλικό προς επεξεργασία και οικοδόμηση νέας γνώσης. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής: Powerpoint, Google docs, Google forms, Padlet, Thinglink , Wordwall Παιχνίδι. Η ιστοεξερεύνηση είναι διαθέσιμη στη διεύθυνση <https://wordwall.net/el/resource/7118654/nutrition>

Το σενάριο εφαρμόστηκε σε 75 μαθητές της Γ τάξης του Δημοτικού του Κολλεγίου Ανατόλια μέσω της πλατφόρμας google meet κατά τη διάρκεια των διαδικτυακών μαθημάτων του μαθήματος της Φυσικής Αγωγής. Τα παιδιά ανταποκρίθηκαν πολύ θετικά και αυτό αξιολογήθηκε με βάση το ποσοστό των μαθητών που συμμετείχαν ενεργά σε όλα τα ψηφιακά εργαλεία, αλλά και από την επισκεψιμότητα των μαθητών και των γονέων στην πλατφόρμα moodle του Δημοτικού του Κολλεγίου Ανατόλια.

Συμπεράσματα

Το πρόγραμμα GREEN EDU: Green Education for a sustainable future επιχειρεί την διάδοση και την ενίσχυση της Πράσινης Εκπαίδευσης, τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους μαθητές, προκειμένου να ενισχύσει το ενδιαφέρον και τις δεξιότητές τους γύρω από καινοτόμα θέματα της επιστήμης. Λόγω την πανδημίας δοκιμάστηκαν δυο δραστηριότητες στην διαδικτυακή τάξη σε σύνολο 150 μαθητών. Τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά στα εκπαιδευτικά σενάρια. Στόχος είναι να γίνει η εφαρμογή όλων των σεναρίων μέσα στην τάξη και να αξιολογηθεί το έργο μέσα από ερωτηματολόγια που θα συμπληρώσουν οι εκπαιδευτικοί. Προσδοκώμενος σκοπός του έργου είναι η Εκπαιδευτική Πλατφόρμα GREEN EDU και το εκπαιδευτικό υλικό που θα αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια του έργου, να αποτελέσουν σημείο αναφοράς και έναυσμα για την ενίσχυση και υιοθέτηση πράσινων - βιώσιμων προσεγγίσεων στην εκπαίδευση μέσα από το STEM. Έτσι, οι μαθητές θα έχουν αυθεντικές και καινοτόμες εμπειρίες μάθησης και οι εν ενεργεία και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί θα έχουν χρήσιμα εργαλεία για την εκπαιδευτική τους τάξη.

Δομή εργαστηρίου

A/A	Τίτλος Σταδίου Υλοποίησης	Διάρκεια σε λεπτά
1	Εισαγωγή στην πράσινη εκπαίδευση	10
2	Παρουσίαση του προγράμματος Green Edu	10
3	Εκπαιδευτικό σενάριο " Βιοπλαστικά"	10
4	Εκπαιδευτικό σενάριο " Βιωσιμότητα και Μεσογειακή διατροφή	10
5	Εφαρμογή των ΤΠΕ στην παραγωγή ψηφιακού υλικού με τη χρήση Book Creator , Think link, Padlet και Quizizz	15
6	Παρουσίαση στην ολομέλεια - Συζήτηση	25

Αναγνώριση

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο πλαίσιο του έργου GREEN EDU: Green Education for a sustainable future (Project No: 2019-1-PL01- KA201-065695) που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, πρόγραμμα Erasmus+ Βασική Δράση KA2, συνεργασία για την καινοτομία και την ανταλλαγή καλών πρακτικών.

Αναφορές

- Agbedahin, A. V. (2019). Sustainable development, Education for Sustainable Development, and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Emergence, efficacy, eminence, and future. *Sustainable Development*, 27(4). <https://doi.org/10.1002/sd.1931>
- Dunham, T., Wells, J., & White, K. (2002). Biotechnology education: A multiple instructional strategies approach. In *Journal of Technology Education* (Vol. 14, Issue 1). <https://doi.org/10.21061/jte.v14i1.a5>
- Grainger, J. M. (1996). Needs and means for education and training in biotechnology: Perspectives from developing countries and Europe. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 12(5). <https://doi.org/10.1007/BF00419456>
- Grosbeck, G., Tîru, L. G., & Bran, R. A. (2019). Education for sustainable development: Evolution and perspectives: A bibliometric review of research, 1992-2018. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 21). <https://doi.org/10.3390/su11216136>
- Haack, J. A., & Hutchison, J. E. (2016). Green chemistry education: 25 years of progress and 25 years ahead. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 4(11). <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b02069>

- Hays, J., & Reinders, H. (2020). Sustainable learning and education: A curriculum for the future. *International Review of Education*, 66(1). <https://doi.org/10.1007/s11159-020-09820-7>
- Holfelder, A. K. (2019). Towards a sustainable future with education? *Sustainability Science*, 14(4). <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00682-z>
- Hurst, G. A. (2020). Systems thinking approaches for international green chemistry education. In *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* (Vol. 21). <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.004>
- Noordegraaf-Eelens, L., Kloeg, J., & Noordzij, G. (2019). PBL and sustainable education: addressing the problem of isolation. *Advances in Health Sciences Education*, 24(5). <https://doi.org/10.1007/s10459-019-09927-z>
- Nousheen, A., Yousuf Zai, S. A., Waseem, M., & Khan, S. A. (2020). Education for sustainable development (ESD): Effects of sustainability education on pre-service teachers' attitude towards sustainable development (SD). *Journal of Cleaner Production*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119537>
- Pauw, J. B. de, Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The effectiveness of education for sustainable development. *Sustainability (Switzerland)*, 7(11). <https://doi.org/10.3390/su71115693>
- Schina, D., Esteve-González, V., Usart, M., Lázaro-Cantabrana, J. L., & Gisbert, M. (2020). The integration of sustainable development goals in educational robotics: A teacher education experience. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/su122310085>
- Talib, C. A., Aliyu, H., Aliyu, F., Maimun, A., Malik, A., Anggoro, S., & Ali, M. (2020). Integration of Robotics into STEM Education for Facilitating Environmental Sustainability. *Solid State Technology*, 63(1s).
- van den Branden, K. (2012). Sustainable education: Basic principles and strategic recommendations. *School Effectiveness and School Improvement*, 23(3). <https://doi.org/10.1080/09243453.2012.678865>
- Ware, S. A., Breen, J. J., Williamson, T. C., Anastas, P. T., Stanitski, C., Manahan, S. E., Warner, J. C., Cann, M. C., & Taylor-Smith, R. E. (1999). Green chemistry education. *Environmental Science and Pollution Research*, 6(2). <https://doi.org/10.1007/bf02987562>
- Zain, S. M., Mahmood, N. A., Basri, N. E. A., Zawawi, M. A., Mamat, L. F., & Saad, N. F. M. (2016). Sustainable education model through recycling and ekorelawan volunteering activities. *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, 24(April).