

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

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

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

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

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

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου

12-14 Απριλίου 2025

**ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ**

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

synedrio2025.enepnet.gr

Απόψεις Καθηγητών Χημείας Σχετικά με την Ενσωμάτωση Δραστηριοτήτων Πράσινης και Αειφόρου Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση της Κύπρου

Κωνσταντίνος Κορφιιάτης, Γεώργιος Αμπατζίδης

doi: [10.12681/codiste.9828](https://doi.org/10.12681/codiste.9828)

Απόψεις Καθηγητών Χημείας Σχετικά με την Ενσωμάτωση Δραστηριοτήτων Πράσινης και Αειφόρου Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση της Κύπρου

Κωνσταντίνος Κορφιάτης¹ και Γεώργιος Αμπατζίδης²

¹Καθηγητής, ²Επίκουρος Καθηγητής

¹Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

²Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

¹korfiatis.konstantinos@ucy.ac.cy

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα εξετάζει τον βαθμό ενσωμάτωσης της πράσινης και αειφόρου χημείας στη διδασκαλία στα σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Κύπρου, καθώς και τα κίνητρα και τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί. Συμμετείχαν 60 εκπαιδευτικοί, οι οποίοι ανέφεραν ότι κατά μέσο όρο το 32% των εργαστηριακών δραστηριοτήτων που πραγματοποιούν στην τάξη αφορούν την πράσινη και αειφόρο χημεία. Παρά τα ενδιαφέροντα θέματα, φαίνεται πως περιορισμοί όπως το αναλυτικό πρόγραμμα και ο διαθέσιμος χρόνος δυσκολεύουν την εφαρμογή τους, ωστόσο, η έλλειψη σχετικής εκπαίδευσης δεν θεωρείται σημαντικό εμπόδιο από τους συμμετέχοντες.

Λέξεις κλειδιά: αειφόρος χημεία, απόψεις εκπαιδευτικών για την πράσινη και αειφόρο χημεία, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθηγητές χημείας, πράσινη χημεία

Chemistry Teachers' Ideas on the Integration of Green and Sustainable Chemistry Activities in Secondary Education in Cyprus

Konstantinos Korfiatis¹ and Georgios Ampatzidis²

¹Professor, ²Assistant Professor

¹Department of Education, University of Cyprus

²Department of Early Childhood Education, University of Thessaly

¹korfiatis.konstantinos@ucy.ac.cy

Abstract

This study investigates the extent to which green and sustainable chemistry is integrated into teaching in secondary schools in Cyprus, as well as the motivations and obstacles faced by educators. A total of 60 teachers participated, reporting that, on average, 32% of the laboratory activities they conduct in class involve green and sustainable chemistry. Despite the interesting topics, limitations such as the curriculum and available time seem to hinder their implementation. However, the lack of relevant training is not considered a significant barrier by the participants.

Keywords: chemistry teachers, chemistry teachers' views on green and sustainable chemistry, green chemistry, secondary education, sustainable chemistry

Εισαγωγή

Σε μια εποχή αυξανόμενης περιβαλλοντικής ανησυχίας, οι έννοιες της πράσινης και αειφόρου χημείας έχουν αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς αντιπροσωπεύουν καινοτόμες ιδέες αναφορικά με την εξέλιξη της χημείας στην κατεύθυνση της επίτευξης των παγκόσμιων στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης (United Nations Environment Programme, 2020). Ως

πράσινη χημεία αναφέρεται ο σχεδιασμός χημικών προϊόντων και διεργασιών που μειώνουν, ή εξαλείφουν, τη χρήση και την παραγωγή επικίνδυνων ουσιών, ενώ ως αειφόρος χημεία ορίζεται η ανάπτυξη και χρήση χημικών ουσιών, χημικών διεργασιών και προϊόντων που βελτιώνουν τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται οι φυσικοί πόροι, για την κάλυψη των αναγκών των σημερινών και των μελλοντικών γενεών, χωρίς επιβλαβείς επιπτώσεις στον άνθρωπο και τα οικοσυστήματα (Anastas & Zimmerman, 2019; Kümmerner, 2017).

Η πράσινη και αειφόρος χημεία βρίσκει όλο και περισσότερο θέση στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης παγκοσμίως. Τα βιοπολυμερή, οι πράσινες εναλλακτικές λύσεις για απορρυπαντικά, οι λύσεις για τα ηλεκτρονικά απόβλητα και η ασφάλεια των τροφίμων αποτελούν ενδιαφέροντα θέματα της πραγματικής ζωής, τα οποία οι εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να ενσωματώσουν στη διδασκαλία της χημείας (Eilks & Linkwitz, 2022). Σε μελέτες όπως των Karpudewan et al. (2016) διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή ενός καινοτόμου αναλυτικού προγράμματος πράσινης χημείας, το οποίο περιλάμβανε πειράματα χημείας με τη χρήση καθημερινών, φιλικών προς το περιβάλλον υλικών, ενσωματώνοντας παράλληλα μια μαθητοκεντρική παιδαγωγική προσέγγιση που προωθούσε τη συνεργασία και τη συζήτηση μεταξύ των μαθητών, ενίσχυσε την εννοιολογική κατανόηση για τα οξέα και τις βάσεις, και ανέπτυξε τις δεξιότητες κριτικής σκέψης και επιχειρηματολογίας των μαθητών. Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι η διδασκαλία της πράσινης και αειφόρου χημείας δίνει τη δυνατότητα σε μαθητές και εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν την αλληλεπίδραση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων στη διαμόρφωση της σημερινής κατάστασης πραγμάτων, όπως επίσης ότι αναπτύσσει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και τα περιβαλλοντικά κίνητρα εκπαιδευτών και εκπαιδευομένων (Celestino, 2023).

Αν και, όπως αναπτύχθηκε παραπάνω, η πράσινη και αειφόρος χημεία ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στα αναλυτικά προγράμματα της δευτεροβάθμιας, δεν υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν τον βαθμό αυτής της ενσωμάτωσης σε διάφορες χώρες, ιδιαίτερα όσον αφορά τις εργαστηριακές δραστηριότητες. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η παρούσα έρευνα αποσκοπεί στην διερεύνηση των πρακτικών εφαρμογής δραστηριοτήτων πράσινης και αειφόρου χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση της Κύπρου και πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μιας παγκόσμιας έρευνας η οποία συντονίζεται από την Διεθνή Ένωση για την Θεωρητική και Εφαρμοσμένη Χημεία (International Union of Pure and Applied Chemistry [IUPAC]) (Delaney et al., 2024).

Τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώνονται είναι τα εξής:

A) Σε ποιο βαθμό ενσωματώνουν οι καθηγητές χημείας της Κύπρου θέματα και πρακτικές πράσινης και αειφόρου χημείας στην εργαστηριακή διδασκαλία στα σχολεία μέσης εκπαίδευσης;

B) Ποια είναι τα κίνητρα των καθηγητών χημείας της Κύπρου για την ενσωμάτωση θεμάτων και πρακτικών πράσινης και αειφόρου χημείας στην εργαστηριακή διδασκαλία και ποια τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν;

Μεθοδολογία

Δείγμα

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν 60 εν' ενεργεία καθηγητές χημείας στα γυμνάσια και λύκεια της Κύπρου. Από αυτούς, οι 34 είχαν από 16 έως 30 χρόνια υπηρεσίας, 18 από έξι έως 15 χρόνια υπηρεσίας και οι 8 λιγότερα από πέντε χρόνια υπηρεσίας. Η μεγάλη πλειοψηφία (54 εκπαιδευτικοί) είχαν πτυχίο χημικού, ενώ 7 είχαν πτυχίο χημικού μηχανικού. Επίσης, 36 συμμετέχοντες είχαν κάποιον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών (δύο από αυτούς είχαν διδακτορικό τίτλο). Τέλος, 46 από τους συμμετέχοντες στην έρευνα είχαν συμμετάσχει σε σεμινάρια επαγγελματικής κατάρτισης που οργανώνονται από την επιθεώρηση χημείας, πανεπιστήμια και άλλους αρμόδιους φορείς (Τα αναφερθέντα δημογραφικά στοιχεία του δείγματος, αντλήθηκαν από το ίδιο ερωτηματολόγιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την

διερεύνηση των απόψεων των καθηγητών χημείας για την πράσινη και αειφόρο χημεία, το οποίο παρουσιάζουμε στη συνέχεια).

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας συγκεντρώθηκαν μέσω ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου (International Teacher Survey on Green and Sustainable Chemistry (GSC) Practical Activities), το οποίο δημιούργησε ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Deakin της Αυστραλίας, στα πλαίσια σχετικού προγράμματος της IUPAC (Delaney et al., 2024). Το ερωτηματολόγιο μεταφράστηκε στα ελληνικά από τους συγγραφείς της παρούσας εργασίας. Εδώ παρουσιάζουμε αποτελέσματα του τμήματος του ερωτηματολογίου που αφορούσε στην ενσωμάτωση πρακτικών και θεματικών πράσινης και αειφόρου χημείας στη διδασκαλία. Συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα από την ανάλυση των απαντήσεων των εκπαιδευτικών σε πέντε ερωτήσεις (τρεις κλειστού και δύο ανοικτού τύπου) που αφορούσαν τα θέματα πράσινης και αειφόρου χημείας που συνήθως διδάσκουν, τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν και τους τρόπους που προτείνουν για την καλύτερη ενσωμάτωση της πράσινης και αειφόρου χημείας στη διδασκαλία.

Συγκεκριμένα, οι τρεις ερωτήσεις κλειστού τύπου ήταν:

α) Ποιο ποσοστό των πρακτικών δραστηριοτήτων Χημείας που διεξάγετε περιλαμβάνει πράσινη και αειφόρο χημεία;

β) Αναφέρετε τη σημασία καθενός από τους ακόλουθους παράγοντες κατά την επιλογή πρακτικών δραστηριοτήτων πράσινης χημείας για την τάξη σας.

γ) Από πού βρίσκετε συνήθως τις πρακτικές δραστηριότητες χημείας που σχετίζονται με την πράσινη χημεία ή/και τη βιώσιμη χημεία;

Οι ερωτήσεις ανοικτού τύπου ήταν:

α) Αναφέρετε έως τρεις πρακτικές δραστηριότητες χημείας που συνήθως πραγματοποιείτε στην τάξη σας και προσδιορίστε αν κάποια από αυτές αφορά την πράσινη χημεία ή/και την αειφορία.

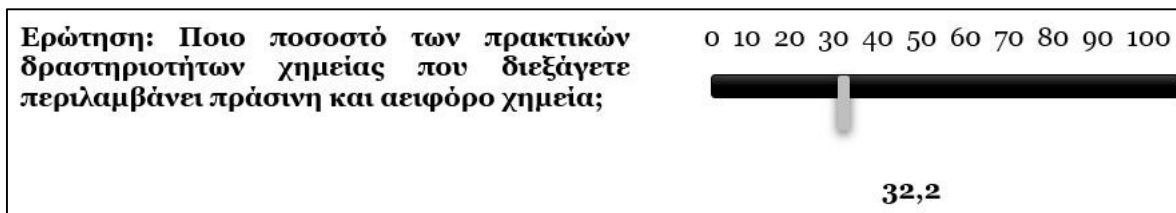
β) Αν θα θέλατε να υλοποιείτε περισσότερες πρακτικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την αειφορία, ποιους πρόσθετους πόρους θα χρειαζόσασταν; Ποιες προκλήσεις αντιμετωπίζετε;

Οι απαντήσεις των ερωτώμενων στις ανοικτού τύπου ερωτήσεις ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες οι οποίες δημιουργήθηκαν με σημαντική συμφωνία των συγγραφέων και οι οποίες παρουσιάζονται στην ενότητα των αποτελεσμάτων.

Αποτελέσματα

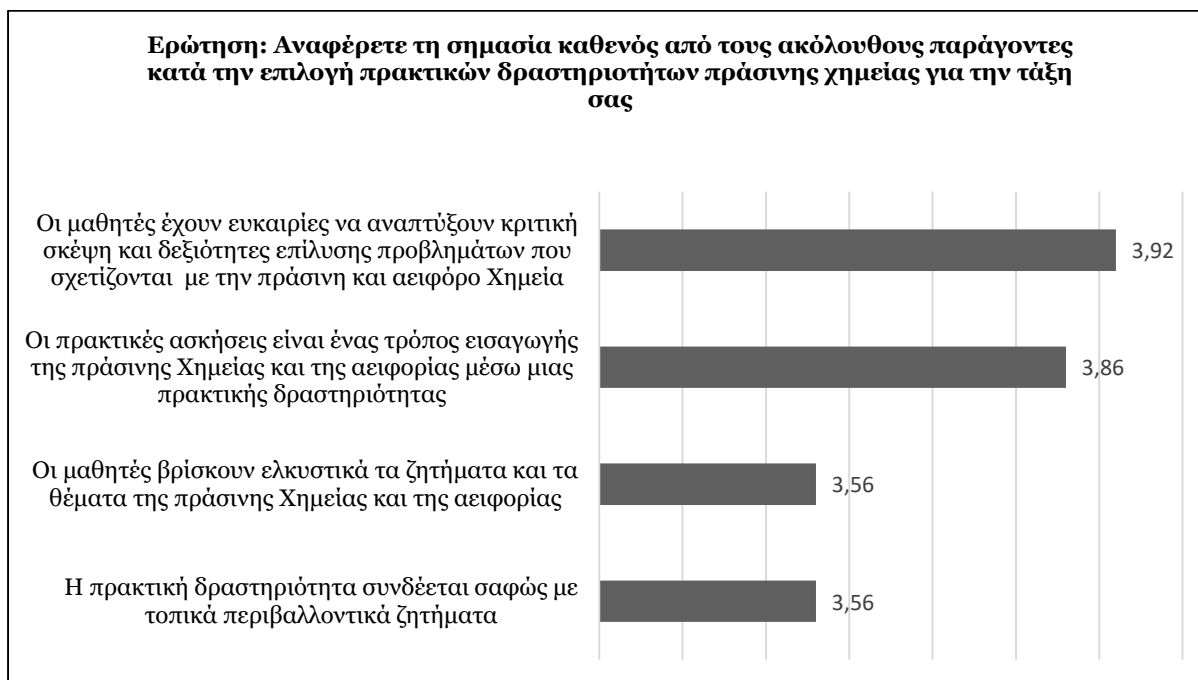
Οι συμμετέχοντες στην έρευνα δήλωσαν ότι, κατά μέσο όρο, το 32% των πρακτικών δραστηριοτήτων που εφαρμόζουν στην τάξη αφορά θέματα πράσινης και αειφόρου χημείας (Σχήμα 1). Ωστόσο, το 26% των συμμετεχόντων δήλωσαν ότι δεν αξιοποιούν ποτέ την πράσινη και αειφόρο χημεία στην διδασκαλία τους, ενώ συνολικά το 47% αφιερώνει λιγότερο από το 20% του εργαστηριακού διδακτικού χρόνου σε θέματα πράσινης και αειφόρου χημείας.

Σχήμα 1. Μέσος όρος των δηλωθέντων από τους εκπαιδευτικούς ποσοστών πρακτικών δραστηριοτήτων πράσινης/αειφόρου χημείας



Επίσης ανέφεραν ως ιδιαίτερα σημαντικούς λόγους για την ένταξη της πράσινης και αειφόρου χημείας στις πρακτικές δραστηριότητες του μαθήματος αυτή/καθαυτή τη σημασία εισαγωγής της στη διδασκαλία, τη σύνδεση της με άμεσα, τοπικά προβλήματα, αλλά και το γεγονός πως η θεματολογία της είναι ενδιαφέρουσα για τους μαθητές, αλλά και παιδαγωγικά προσφέρεται για την επίτευξη στόχων, όπως η ανάπτυξη κριτικής σκέψης (Σχήμα 2). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, η εισαγωγή της πράσινης και αειφόρου χημείας στη διδασκαλία της χημείας, είναι, από μόνος του, ο πιο σημαντικός λόγος για να διδάσκουν πρακτικές ασκήσεις πράσινης και αειφόρου χημείας (μαζί με το ότι κρίνουν τα θέματα πράσινης και αειφόρου χημείας κατάλληλα για την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών και της δεξιότητας τους στην επίλυση προβλημάτων). Είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι 35 από τους 60 συμμετέχοντες στην έρευνα (ποσοστό 60,7%) θεωρούν πολύ σημαντικούς ή εξαιρετικά σημαντικούς τους δύο προαναφερθέντες λόγους. Αντίθετα, η σύνδεση με τα τοπικά προβλήματα θεωρείται από τους συμμετέχοντες ο λιγότερο σημαντικός λόγος για την διδασκαλία της πράσινης και αειφόρου χημείας (Σχήμα 2). Ωστόσο, οι διαφορές στη προτίμηση μεταξύ των διαφόρων παραγόντων δεν είναι σημαντικές.

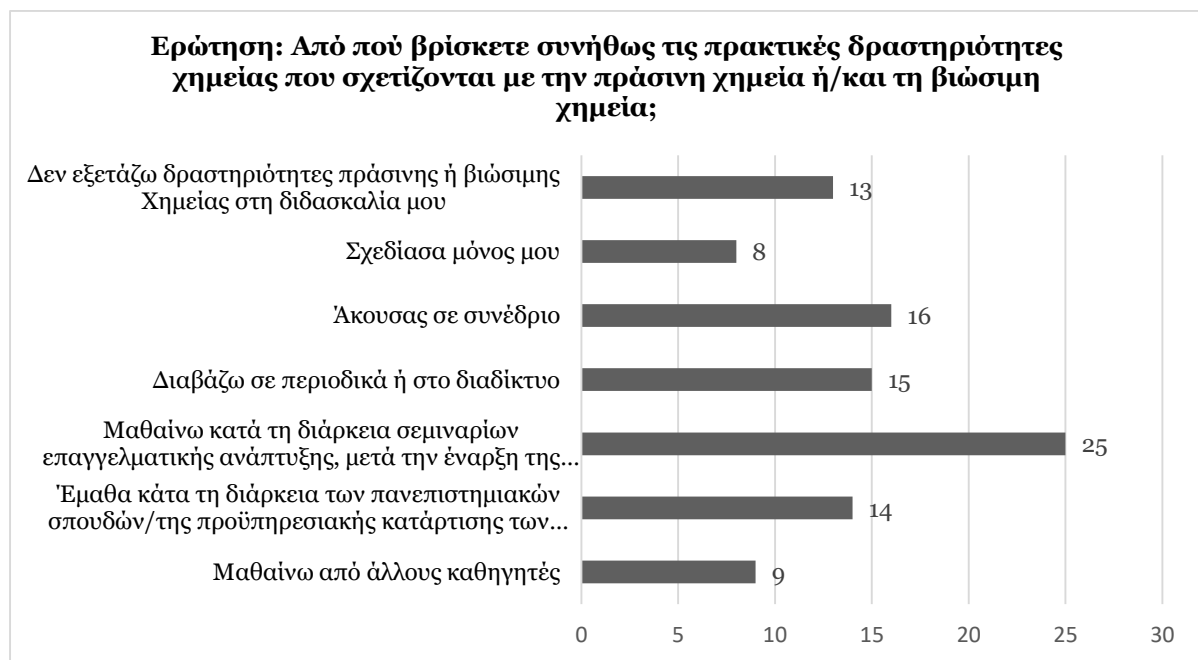
Σχήμα 2. Μέσος όρος σημαντικότητας διαφόρων παραγόντων στην επιλογή πρακτικών δραστηριοτήτων πράσινης και αειφόρου χημείας (1=Καθόλου Σημαντικός, 2=Λίγο σημαντικός, 3=Μέτρια σημαντικός, 4=Πολύ σημαντικός, 5=Εξαιρετικά Σημαντικός)



Οι καθηγητές Χημείας ενημερώνονται για θέματα διδασκαλίας πράσινης και αιεφόρου Χημείας κυρίως από εκπαιδευτικά σεμινάρια (50%) και ειδικά περιοδικά και το διαδίκτυο (30%) (Σχήμα 3). Μικρότερο του αναμενομένου ποσοστό (28% των συμμετεχόντων) αναφέρει ότι ενημερώθηκε στις πανεπιστημιακές του σπουδές, ή κατά την διάρκεια της προϋπηρεσιακής κατάρτισης.

Στην ερώτηση «Αναφέρετε έως τρεις πρακτικές δραστηριότητες χημείας που συνήθως πραγματοποιείτε στην τάξη σας και προσδιορίστε αν κάποια από αυτές αφορά την πράσινη χημεία ή/και την αιεφορία» οι απαντήσεις των συμμετεχόντων που αφορούσαν την πράσινη και αιεφόρο χημεία ταξινομήθηκαν στις εξής κατηγορίες: α) πρακτικές πράσινης και αιεφόρου χημείας στο εργαστήριο: αναφέρθηκαν κυρίως η ανακύκλωση υλικών, όπως χαρτί, πλαστικό, αλουμίνιο, και η εξοικονόμηση νερού κατά τον καθαρισμό συσκευών και εξοπλισμού, β) πρακτική διδασκαλία θεματικών πράσινης χημείας, όπως η δράση των οξέων (πχ. όξινη βροχή), θέματα ρύπανσης και προστασίας (πχ. θαλάσσια ρύπανση και καθαρισμός του νερού στα πλαίσια της διδασκαλίας ενοτήτων όπως ο διαχωρισμός μειγμάτων και ο κύκλος του νερού), εργαστήρια για την αξιοποίηση ανακυκλωμένου λαδιού και παραγωγή καθαριστικών από στάχτη, και γ) κατ' οίκον βιωματικές εργασίες (project), με θέματα όπως η παραγωγή φυσικών χρωμάτων και η παραγωγή βιοπλαστικών.

Σχήμα 3. Δηλώσεις εκπαιδευτικών για τις πηγές εύρεσης πρακτικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την πράσινη χημεία ή/και βιώσιμη χημεία



Τέλος, στην ερώτηση σχετικά με το τι θα τους βοηθούσε να πραγματοποιούν περισσότερες δραστηριότητες πράσινης/αιεφόρου χημείας, οι συμμετέχοντες στην έρευνα εκπαιδευτικοί αναφέρθηκαν κυρίως στην ανάγκη αλλαγής του αναλυτικού προγράμματος και των διδακτικών εγχειριδίων, ώστε να περιλαμβάνουν περισσότερα θέματα και εργαστήρια πράσινης/αιεφόρου χημείας, και στην έλλειψη χρόνου για την διερεύνηση αυτών των θεμάτων και την πραγματοποίηση των εργαστηρίων.

Συζήτηση

Το αναλυτικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία της χημείας στα σχολεία της Κύπρου δίνει κάποιες δυνατότητες για την εργαστηριακή διδασκαλία θεμάτων και πρακτικών πράσινης και αειφόρου χημείας. Σε αυτό βοηθάει και το γεγονός ότι σε κάθε γυμνάσιο και λύκειο της Κύπρου υπάρχει εργαστήριο χημείας. Έτσι, με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, μπορούμε να πούμε ότι, από τη μια πλευρά, η κατεύθυνση στην οποία κινούνται οι εκπαιδευτικοί και το εκπαιδευτικό σύστημα της Κύπρου είναι σύμφωνη με το μοντέλο των Eilks & Linkwitz (2022), το οποίο προτείνει ότι η ενσωμάτωση της πράσινης και αειφόρου χημείας γίνεται μέσω: α) της συμπερίληψης πρακτικών στο αναλυτικό πρόγραμμα, β) της εργαστηριακής διδασκαλίας θεμάτων πράσινης και αειφόρου χημείας και γ) της διδασκαλίας κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων που αναδεικνύουν τη χρησιμότητα της χημείας για την πραγματική ζωή και την αειφόρο ανάπτυξη.

Από την άλλη πλευρά, από την παρούσα έρευνα προκύπτει ότι οι δυνατότητες που δίνει το αναλυτικό πρόγραμμα για την ανάπτυξη θεμάτων πράσινης και αειφόρου χημείας είναι περιορισμένες σε λίγες συγκεκριμένες θεματικές, ενώ και το ωρολόγιο πρόγραμμα (περιορισμένες ώρες για τη διδασκαλία της χημείας) δεν βοηθάει τους εκπαιδευτικούς. Το αναλυτικό πρόγραμμα ως εμπόδιο για την ανάπτυξη της πράσινης/αειφόρου χημείας είναι ένα στοιχείο που εντοπίζεται σε πολλές χώρες και σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Eilks & Linkwitz, 2022). Τέλος, ένα ενδιαφέρον εύρημα της παρούσας έρευνας είναι το ότι οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί δεν αναφέρονται στην ανάγκη μεγαλύτερης δικής τους εκπαίδευσης στη διδασκαλία πράσινης/αειφόρου χημείας, παρόλο που στη διεθνή βιβλιογραφία αυτή θεωρείται από τα σημαντικότερα εμπόδια για τη σωστή διδασκαλία θεμάτων πράσινης/αειφόρου χημείας (Marques et al., 2021). Ωστόσο, από την έρευνα προκύπτει ότι η προϋπηρεσιακή παιδαγωγική κατάρτιση (που είναι υποχρεωτική διαδικασία στην Κύπρο, διάρκειας ενός έτους) πρέπει να δώσει μεγαλύτερη έμφαση σε θέματα πράσινης/αειφόρου Χημείας.

Όπως αναφέρουν και οι δημιουργοί του ερωτηματολογίου, μέρος του οποίου χρησιμοποιήσαμε σε αυτή την έρευνα, απώτερος στόχος του είναι να αποτυπώσει την τρέχουσα κατάσταση σχετικά με την εφαρμογή της πράσινης/αειφόρου χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, σε παγκόσμιο επίπεδο, θεωρώντας ότι αυτή η πληροφορία θα βοηθήσει όλους τους αρμόδιους φορείς (πανεπιστήμια, κυβερνήσεις, συλλόγους διδασκόντων χημείας, διεθνείς ενώσεις διδασκαλίας της χημείας) να διαμορφώσουν, και να υλοποιήσουν, στρατηγικές ενσωμάτωσης των αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης στη διδασκαλία της χημείας (Delaney et al., 2024). Ελπίζουμε τα ευρήματα της παρούσας έρευνας να συμβάλλουν σε αυτή την διεθνή προσπάθεια.

Βιβλιογραφία

- Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2019). The periodic table of the elements of green and sustainable chemistry. *Green Chemistry*, 21(24), 6545–6566. <https://doi.org/10.1039/C9GC01293A>
- Celestino, T. (2023). High School Sustainable and Green Chemistry: Historical–Epistemological and Pedagogical Considerations. *Sustainable Chemistry*, 4(3), 304–320. <https://doi.org/10.3390/suschem4030022>
- Delaney, S., Chiavaroli, L., Dissanayake, T., Pham, L., & Schultz, M. (2024). International teacher survey on green and sustainable chemistry (GSC) practical activities: Design and implementation. *Chemistry Teacher International*, 6(3), 295–309. <https://doi.org/10.1515/cti-2024-0050>
- Eilks, I., & Linkwitz, M. (2022). Greening the chemistry curriculum as a contribution to education for sustainable development: When and how to start? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 37, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100662>
- Karpudewan, M., Roth, W. M., & Sinniah, D. (2016). The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid-base concepts and argumentation skills. *Chemical Education Research and Practice*, 17(4), 893–901.

<https://doi.org/10.1039/C6RP00079G>

Kümmerer, K. (2017). Sustainable Chemistry: A Future Guiding Principle. *Angewandte Chemie International Edition*, 56(52), 16420–16421. <https://doi.org/10.1002/anie.201709949>

Marques, C. A., Marcelino, L. V., Dias, É. D. S., Rüntzel, P. L., Souza, L. C. A. B., & Machado, A. (2021). Green chemistry teaching for sustainability in papers published by the Journal of Chemical Education. *Química Nova*, 43, 1510–1521. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170612>

United Nations Environment Programme (2020). *Green and Sustainable Chemistry: Framework Manual*. <https://www.unep.org/resources/toolkits-manuals-and-guides/green-and-sustainable-chemistry-framework-manual>