

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

Τόμ. 13 (2024)

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

13<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία  
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβρίλας, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ  
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα  
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



## Εκπαίδευση STEM και επιστημονικές πρακτικές: Η περίπτωση του προγράμματος «Διάχυση STEM»

Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Βασίλης Μιχαλόπουλος,  
Ηλίας Μπόικος, Αχιλλέας Μανδρίκας, Άνθιμος  
Χαλκίδης, Μαρία Χατζάκη, Κωνσταντίνος Σκορδούλης

doi: [10.12681/codiste.6844](https://doi.org/10.12681/codiste.6844)

## ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΔΙΑΧΥΣΗ STEM»

Κωνσταντίνα Στεφανίδου<sup>1</sup>, <sup>2</sup>Βασίλης Μιχαλόπουλος, <sup>3</sup>Ηλίας Μπόικος, <sup>4</sup>Αχιλλέας Μανδρίκας, <sup>5</sup>Άνθιμος Χαλκίδης, <sup>6</sup>Μαρία Χατζάκη, <sup>7</sup>Κωνσταντίνος Σκορδούλης

<sup>1</sup>ΕΔΙΠ ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, <sup>2</sup>ΜEd Εκπαιδευτικός Β/θμιας, <sup>3</sup>Υπ.Διδάκτορας ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, <sup>4</sup>Διδάκτορας ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, <sup>5</sup>Διδάκτορας ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, <sup>6</sup>Αν.Καθηγήτρια Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος ΕΚΠΑ, <sup>7</sup>Καθηγήτριας ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ

sconstant@primedu.uoa.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η εξοικείωση των μαθητών δημοτικού σχολείου με τις πρακτικές της επιστήμης μετά την πραγματοποίηση συγκεκριμένου προγράμματος STEM. Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα STEM εστιάζει στη συλλογή, ανάλυση, σύγκριση δεδομένων από διαφορετικές πηγές – μετεωρολογικούς σταθμούς και δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να εξασκηθούν σε αρκετές από τις επιστημονικές πρακτικές. Τα πρώτα ευρήματα της έρευνας είναι συγκρατημένα θετικά σε ό,τι αφορά τη βελτίωση των μαθητών στο να αναγνωρίζουν και να αξιοποιούν συγκεκριμένες επιστημονικές πρακτικές, όπως η ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, η ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, η χρήση των μαθηματικών και η επικοινωνία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Λέξεις κλειδιά: Πρακτικές επιστήμης, εκπαίδευση STEM

### ABSTRACT

*This paper investigates the familiarization of primary school students with some scientific practices after the implementation of a STEM education program. The STEM education program focuses on collecting, analyzing, comparing data from different sources – meteorological stations and gives students the opportunity to “practice” some of the scientific practices. First findings reveal that the implementation of STEM education program may help students recognize and use specific scientific practices such as developing and using models, analyzing and interpreting data, and using mathematics.*

Keywords: Scientific practices, STEM education

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο όρος Εκπαίδευση STEM ενσωματώνει τη διδασκαλία και μάθηση στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών σε όλες τις βαθμίδες της τυπικής εκπαίδευσης αλλά και στη μη τυπική και άτυπη εκπαίδευση (Kelley & Knowles, 2016). Η εκπαίδευση STEM έχει κερδίσει τα τελευταία χρόνια έδαφος, τόσο σε επίπεδο χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής όσο και σε επίπεδο εφαρμογής της στην καθημερινή πράξη (NRC, 2012· Bybee, 2013). Σύμφωνα με το μοντέλο των τριών διαστάσεων, η εκπαίδευση STEM βασίζεται στη διδασκαλία και μάθηση των επιστημονικών πρακτικών και πρακτικών μηχανικής, των διεπιστημονικών εννοιών και των κεντρικών εννοιών κάθε κλάδου (NRC, 2013). Αυτές οι επιστημονικές πρακτικές συγκεκριμενοποιούν την εκπαιδευτική επιστημονική διερεύνηση (inquiry) και προτείνονται ως απαραίτητες δεξιότητες και γνώσεις που πρέπει να έχουν κατακτήσει οι μαθητές/τριες μέχρι το τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (NRC, 2012). Στην παρούσα εργασία ερευνάται κατά πόσο η εφαρμογή ενός συγκεκριμένου προγράμματος STEM συμβάλει στην ανάπτυξη συγκεκριμένων επιστημονικών πρακτικών μαθητών δημοτικού σχολείου.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Η παρούσα έρευνα έλαβε χώρα στο πλαίσιο του χρηματοδοτούμενου από το ΕΛΙΔΕΚ προγράμματος «Διάχυση STEM» (DI-STEM) που σκοπό έχει τον σχεδιασμό τεσσάρων κόμβων έρευνας και διάχυσης της εκπαίδευσης STEM. Στο πλαίσιο του προγράμματος εξοπλίστηκαν τρία σχολεία καθώς και το Εργαστήριο Διδακτικής και Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ) με βασικό εξοπλισμό προκειμένου να οργανωθούν και να υλοποιηθούν σεμινάρια εκπαίδευσης STEM για τους εκπαιδευτικούς. Στη συνέχεια, οι εκπαιδευτικοί των εν λόγω σχολείων-κόμβων υλοποίησαν τις δραστηριότητες STEM στις τάξεις τους.

### **Ερευνητικό ερώτημα**

Σε αυτό το πλαίσιο το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας έχει ως εξής: Αν και κατά πόσο οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν μετά το τέλος ενός συγκεκριμένου εκπαιδευτικού προγράμματος STEM να αξιοποιούν πρακτικές της επιστήμης για να απαντούν αντίστοιχα ερωτήματα. Συγκεκριμένα, διερευνάται σε ποιο βαθμό το εκπαιδευτικό πρόγραμμα STEM με τίτλο «Βρέξει – Χιονίσει» συμβάλλει στην ανάπτυξη των εξής επιστημονικών πρακτικών των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης: *1. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων 2. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων 3. Χρήση μαθηματικών 4. Επικοινωνία και παρουσίαση επιστημονικών δεδομένων.*

### **Το δείγμα – ο χώρος και ο χρόνος της έρευνας**

Η υλοποίηση του εκπαιδευτικού προγράμματος STEM έλαβε χώρα τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2023 στο 2<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Μεσσήνης. Μετά την επιμόρφωση του μεγαλύτερου μέρους των εκπαιδευτικών του σχολείου τόσο σε βασικά στοιχεία της εκπαίδευσης STEM όσο και στο ίδιο το περιεχόμενο του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού προγράμματος, τρεις εκπαιδευτικοί εφάρμοσαν το πρόγραμμα στις τάξεις τους. Επρόκειτο για δύο τμήματα της πέμπτης (Ε΄) και ένα τμήμα της έκτης (ΣΤ΄) τάξης. Συνολικά στο πρόγραμμα συμμετείχαν 59 μαθητές και μαθήτριες.

### **Περιορισμοί της έρευνας**

Η παρούσα έρευνα υπόκειται σε περιορισμούς που εμποδίζουν τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, δεν έγινε διασταύρωση των απαντήσεων των μαθητών/τριών με συνεντεύξεις, κάτι το οποίο θα προσέδιδε αρκετές διευκρινίσεις στις γραπτές απαντήσεις του ερωτηματολογίου. Επιπλέον, το δείγμα της

έρευνας ήταν περιορισμένο και προερχόταν από ένα επαρχιακό σχολείο στο οποίο δεν υπήρχε πρότερη εμπειρία των εκπαιδευτικών σε προγράμματα STEM, πριν λάβουν σχετική επιμόρφωση από την ομάδα έργου.

### Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα STEM

Το εν λόγω εκπαιδευτικό πρόγραμμα STEM με τίτλο «Βρέξει - Χιονίσει» εστιάζει στη κατασκευή ενός αυτοσχέδιου μετεωρολογικού σταθμού, τη συλλογή μετρήσεων μετεωρολογικών παραμέτρων και τη σύγκριση των τιμών αυτών με τις τιμές από έναν ασύρματο μετεωρολογικό σταθμό επίσης εγκατεστημένο στον χώρο του σχολείου καθώς και από το [meteo.gr](http://meteo.gr) για την περιοχή τους (Καλαμάτα – Δυτικά). Η κατασκευή του αυτοσχέδιου μετεωρολογικού σταθμού περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός ανεμόμετρου, μίας πυξίδας και ενός βροχόμετρου. Οι μαθητές/τριες αφού συλλέξουν τιμές από τον αυτοσχέδιο σταθμό και από τον ασύρματο σταθμό του σχολείου τους για χρονική διάρκεια ενός μήνα, στη συνέχεια καλούνται να συγκρίνουν τις φετινές τιμές θερμοκρασίας με τις αντίστοιχες τιμές των τελευταίων τριάντα ετών και να προβληματιστούν για το αν οι διαφορές εντάσσονται στη γενικότερη συζήτηση περί κλιματικής αλλαγής ή όχι.

Το πρόγραμμα είχε διάρκεια περίπου 6 διδακτικές ώρες και το υλικό του εκπαιδευτικού και του μαθητή είναι ελεύθερα διαθέσιμο στο διαδίκτυο στην ιστοσελίδα του προγράμματος (<http://asel.primedu.uoa.gr/di-stem-diaxysh-stem/di-stem-biblio-ekpaideytikoy-kai-biblio-ma8hti.html>).

### Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Οι μαθητές πριν και μετά την υλοποίηση του εκπαιδευτικού προγράμματος «Βρέξει – Χιονίσει» συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο (pre-post test) που σκοπό είχε να ελέγξει την πρόοδό τους στις εξής επιστημονικές πρακτικές: 1. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων 2. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων 3. Χρήση μαθηματικών 4. Επικοινωνία και παρουσίαση επιστημονικών δεδομένων. Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 10 ερωτήσεις: 7 ερωτήσεις ανοικτού τύπου, 2 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και μία ερώτηση που βασιζόταν σε σχέδιο/σκίτσο.

Σε ό,τι αφορά τις ανοικτές ερωτήσεις, εφαρμόστηκε ποιοτική μέθοδος ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015). Οι απαντήσεις των μαθητών αποδελτιώθηκαν και ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το περιεχόμενό τους: επιστημονικά αποδεκτές, μερικώς αποδεκτές και μη αποδεκτές. Οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με τις προεπιλεγμένες απαντήσεις. Οι απαντήσεις στην ερώτηση που βασιζόταν σχέδιο/σκίτσο κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το περιεχόμενο.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας ποικίλουν ανάλογα με την προς μελέτη «πρακτική». Οι μαθητές/τριες φαίνεται ότι σε κάποιες πρακτικές βελτιώθηκαν περισσότερο από ό,τι σε κάποιες άλλες. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σημειώθηκε σημαντική βελτίωση στην πρακτική *Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων* (Πίνακας 1) καθώς και στη *Χρήση μαθηματικών* (Πίνακας 2).

Πίνακας 1. Ποσοστά των απαντήσεων μαθητών/τριών σχετικά με την *Ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων* (Ερώτηση: Υποθέστε ότι έχετε συλλέξει ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας για όλο τον μήνα Μάρτιο. Τι συμπεράσματα μπορείτε να βγάλετε;)

PRE-TEST			POST-TEST		
Επιστημονικά αποδεκτές	Μερικώς αποδεκτές	Μη αποδεκτές	Επιστημονικά αποδεκτές	Μερικώς αποδεκτές	Μη αποδεκτές
2%	27%	71%	14%	44%	42%

Σε ό,τι αφορά την *Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων*, βελτιώθηκε η ικανότητα των μαθητών να κάνουν μετρήσεις χρησιμοποιώντας επιστημονικά όργανα, να οργανώνουν τα δεδομένα τους, να τα συγκρίνουν και να εξάγουν μοτίβα για τις μεταξύ τους σχέσεις. Τα ευρήματα αυτά είναι ανάλογα με την έρευνα των Kang et al. (2018) σύμφωνα με την οποία η ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων ήταν η πιο επιτυχημένη πρακτική μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών.

Πίνακας 2. Ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών/των σχετικά με τη *Χρήση μαθηματικών* (Ερώτηση: Ποια δεδομένα πιστεύετε ότι είναι σημαντικά για την εκτίμηση του καιρού;)

PRE-TEST			POST-TEST		
Επιστημονικά αποδεκτές	Μερικώς αποδεκτές	Μη αποδεκτές	Επιστημονικά αποδεκτές	Μερικώς αποδεκτές	Μη αποδεκτές
30%	20%	50%	67%	7%	26%

Σε ό,τι αφορά τη *Χρήση μαθηματικών*, οι συμμετέχοντες της παρούσας έρευνας έδειξαν σημαντική πρόοδο με την έννοια ότι μετά το εκπαιδευτικό πρόγραμμα STEM μπορούσαν να επιλέξουν πιο εύστοχα το αντίστοιχο όργανο μέτρησης και να κάνουν διάκριση ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων. Το συγκεκριμένο εύρημα έρχεται σε αντίθεση με την έρευνα των Kang et al. (2018) που κατέγραψε χαμηλή επίδοση στην *Χρήση μαθηματικών*, ως μία από τις υπό μελέτη επιστημονικές πρακτικές.

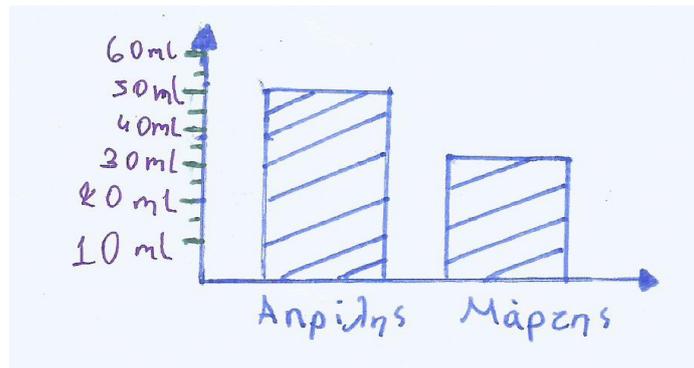
Μικρότερη πρόοδος σημειώθηκε στη *Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων* (Πίνακας 3) και στην *Επικοινωνία και παρουσίαση δεδομένων*.

Πίνακας 3. Ποσοστά μαθητών/τριών σχετικά με την *Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων* (Ερώτηση: Μπορείς να προβλέψεις κατά προσέγγιση τη θερμοκρασία του Μαρτίου στη Μεσσήνη αν έχεις δεδομένα καιρού από προηγούμενα χρόνια;)

PRE-TEST			POST-TEST		
Επιστημονικά αποδεκτές	Μερικώς αποδεκτές	Μη αποδεκτές	Επιστημονικά αποδεκτές	Μερικώς αποδεκτές	Μη αποδεκτές
10%	43%	47%	13%	67%	20%

Σε ό,τι αφορά την *Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων* ζητήθηκε από τους μαθητές/τριες να προβλέψουν κατά προσέγγιση τη θερμοκρασία του Μαρτίου στον τόπο τους (Μεσσήνη) κατά τον μήνα Μάρτιο και να αιτιολογήσουν την άποψή τους. Παρόλο που οι μαθητές/τριες προέβλεψαν ότι η θερμοκρασία κατά τον μήνα Μάρτιο θα είναι παρόμοια με τον Μάρτιο του προηγούμενου έτους, δεν μπορούσαν να τεκμηριώσουν το μοτίβο που επικαλούνταν. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με σχετικές έρευνες (Campbell & Oh, 2015).

Σε ό,τι αφορά στην *Επικοινωνία και παρουσίαση δεδομένων* ζητήθηκε από τους μαθητές/τριες να παρουσιάσουν σε γράφημα τα αποτελέσματα μιας υποθετικής έρευνας με θέμα «Τον Απρίλιο του 2023 έβρεξε περισσότερο από τον Μάρτιο του ίδιου έτους. Ποια είναι τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνονται στο γράφημα;» (Σχήμα 1). Φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες έδειξαν μέτρια πρόοδο στην ικανότητά τους να επικοινωνούν επιστημονικά και τεχνικά στοιχεία με γραπτό τρόπο, αξιοποιώντας γραφήματα. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας φαίνεται να είναι πιο αισιόδοξα από των Kang et al. (2018).



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα πρώτα ευρήματα αποκαλύπτουν τη δυσκολία αρκετών μαθητών να περιγράψουν διαδικασίες που σχετίζονται με τις επιστημονικές πρακτικές, ακόμα κι όταν έχουν εξασκηθεί έμπρακτα σε αυτές μέσω ενός εκπαιδευτικού προγράμματος STEM. Και στις τέσσερις πρακτικές που αναφέρθηκαν υπήρχε βελτίωση περιορισμένης έκτασης μετά την υλοποίηση του εκπαιδευτικού προγράμματος STEM. Οι μαθητές μέσω του προγράμματος «Βρέξει – Χιονίσει» είχαν τη δυνατότητα να εξοικειωθούν με τη χρήση μοντέλων, την ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων και τη χρήση μαθηματικών μέσω των γραφικών παραστάσεων θερμοκρασίας και ύψους βροχής σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Επιπλέον, εξοικειώθηκαν με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων μέσω διαφόρων δραστηριοτήτων κατασκευής γραφημάτων.

Το γεγονός ότι η ανάλυση των δεδομένων αποκαλύπτει μικρή βελτίωση στην κατανόηση των επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές, αποδίδεται στο γεγονός ότι οι επιστημονικές πρακτικές σχετίζονται βαθύτερα με την κουλτούρα των φυσικών επιστημών, όπως παρουσιάζονται στο σχολείο, και ως εκ τούτου δεν αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης ενός βραχυπρόθεσμου προγράμματος STEM.

Μερικές προτάσεις για καλύτερα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τη συστηματική εμπλοκή των μαθητών σε ακόμα πιο αυθεντικές επιστημονικές διαδικασίες (μετρήσεις, υπολογισμός μέσου όρου, συζήτηση για τα δεδομένα, συγκρίσεις μεταξύ συνόλων δεδομένων, επιλογή χρονικών διαστημάτων για σύγκριση).

Ωστόσο, ο μετεωρολογικός «πυρήνας» του εκπαιδευτικού προγράμματος «Βρέξει – Χιονίσει» παρείχε κατάλληλο πλαίσιο για να εισάγουμε την εκπαίδευση STEM σε ένα δημοτικό σχολείο. Οι μαθητές ενεπλάκησαν σε επιστημονικές πρακτικές όπως προτείνονται από τα NGSS και σημείωσαν πρόοδο σε αρκετές από αυτές. Τέλος, η υλοποίηση δραστηριοτήτων STEM στο πεδίο μετεωρολογίας μπορεί να αποτελέσει μια εισαγωγή σε προγράμματα μακροπρόθεσμων μετρήσεων και παρατηρήσεων σε τοπικό επίπεδο συμβάλλοντας στην επιστήμη των πολιτών (citizen science) στο πλαίσιο της εκπαίδευσης για την κλιματική αλλαγή.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία χρηματοδοτήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης «Επιστήμη και Κοινωνία: Κόμβοι Έρευνας, Καινοτομίας και Διάχυσης» του ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ (Έργο DI-STEM, ΚΕ 18163).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association Press. <https://static.nsta.org/pdfs/samples/PB337Xweb.pdf>
- Campbell, T., & Oh, P. S. (2015). Engaging Students in Modeling as an Epistemic Practice of Science: An Introduction to the Special Issue of the Journal of Science Education and Technology. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 125–131. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9544-2>
- Kang, E. J. S., Donovan, C., & McCarthy, M. J. (2018). Exploring elementary teachers' pedagogical content knowledge and confidence in implementing the NGSS science and engineering practices. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 9–29. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1415616>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Mayring, P. (2015). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In A. Bikner-Ahsbahr, C. Knipping & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp.365–380). Dordrecht: Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9181-6\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9181-6_13)
- National Research Council (2011). Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics. Washington: The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13158/successful-k-12-stem-education-identifying-effective-approaches-in-science>
- National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- National Research Council (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- <http://asel.primedu.uoa.gr/di-stem-diaxysh-stem/di-stem-biblio-ekpaideytikoy-kai-biblio-ma8hti.html>