

## Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14 (2021)



**Μελέτη της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας με μεθοδολογία STEM από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης**

*Ειρήνη Πολίτη, Ανθή Καρατράντου, Χρήστος Παναγιωτακόπουλος*

doi: [10.12681/thete.39959](https://doi.org/10.12681/thete.39959)

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Πολίτη Ε., Καρατράντου Α., & Παναγιωτακόπουλος Χ. (2021). Μελέτη της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας με μεθοδολογία STEM από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 14, 75–93. <https://doi.org/10.12681/thete.39959>

# Μελέτη της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας με μεθοδολογία STEM από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

Ειρήνη Πολίτη, Ανθή Καρατράντου, Χρήστος Παναγιωτακόπουλος  
politi.e@outlook.com, akarat@upatras.gr, cpanag@upatras.gr

Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Περίληψη.** Διεθνώς, παρατηρείται μια εντατική προσπάθεια για την ανάπτυξη της εκπαίδευσης STEM με στόχο την προετοιμασία των μαθητών για μία επιστημονικά και τεχνολογικά ανεπτυγμένη κοινωνία. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει την επίδραση της μεθοδολογίας STEM στην επίδοση μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μία διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM που αφορούσε το μάθημα των Φυσικών και συγκεκριμένα την αιολική ενέργεια και τις ανεμογεννήτριες. Ως μεθοδολογία της έρευνας χρησιμοποιήθηκε η μικτή μέθοδος (συνδυασμός ποσοτικής και ποιοτικής μεθόδου). Τα μέσα συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν συμμετοχική παρατήρηση, τα φύλλα εργασίας των μαθητών και ερωτηματολόγιο γνωστικού περιεχομένου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 46 μαθητές της Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης δύο δημοτικών σχολείων στην περιοχή της πόλης των Πατρών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM επηρέασε θετικά και σε σημαντικό βαθμό την επίδοση και το ενδιαφέρον των μαθητών για το συγκεκριμένο μάθημα.

**Λέξεις κλειδιά:** STEM, φυσικές επιστήμες, αιολική ενέργεια, ανεμογεννήτριες, πρωτοβάθμια εκπαίδευση

## Εισαγωγή

Ως τεχνολογικά συνδεδεμένη παγκόσμια κοινότητα έχουμε να αντιμετωπίσουμε πολλαπλά αναδυόμενα προβλήματα της σύγχρονης εποχής, από την επιτυχία στην επίλυση των οποίων εξαρτάται η επιβίωση και το μέλλον της ανθρωπότητας. Παγκόσμιες προκλήσεις όπως η κλιματική αλλαγή, η διαχείριση πόρων για την ποιότητα της ανθρώπινης ζωής (νερό, αέρας, ενέργεια, τρόφιμα, φάρμακα), ο υπερπληθυσμός και η ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας, θέτουν το σχολείο και άλλους εκπαιδευτικούς φορείς σήμερα καταλυτικό σημείο αναφοράς για την προετοιμασία του νέου στην προσαρμογή ενός διαρκώς αναπτυσσόμενου κοινωνικού, πολιτικού, τεχνολογικού και οικονομικού γίγνεσθαι.

Από την ανάπτυξη της κοινωνικό-γνωστικής θεωρίας (Bandura, 1986), ο μαθητής τίθεται στο επίκεντρο και ο ρόλος του στη γνώση αρχίζει σταδιακά να γίνεται όλο και περισσότερο ενεργητικός. Η βιωματική μάθηση φαίνεται να αναπτύσσει θετικά κίνητρα και υψηλά γνωστικά επιτεύγματα (Cutucache et al., 2016). Ο μαθητής γίνεται δημιουργός της γνώσης και κριτικός υποστηρικτής της. Ένα πρόβλημα που έρχονται να καλύψουν σύγχρονες θεωρίες μάθησης είναι η αποστασιοποίηση του σχολείου από το εξωτερικό περιβάλλον. Αφού ο μαθητής πρόκειται να ενσωματωθεί στην κοινωνία και να συμβάλει ουσιαστικά στην εξέλιξη της γιατί δεν μαθαίνει να κρίνει και να δημιουργεί λύσεις σε πραγματικά κοινωνικά προβλήματα εξαρχής από το σχολικό περιβάλλον; Απάντηση σε αυτό το ερώτημα έρχεται να δώσει η μεθοδολογία STEM στην εκπαίδευση (English, 2016).

Πέρα από την αποσαφήνιση των όρων (Φυσική, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά), η εκπαίδευση STEM έρχεται να συνδέσει το «έξω με το μέσα» και να δώσει έναν διαφορετικό τρόπο διαχείρισης της γνώσης. Οι μαθητές δηλαδή δεν αρχίζουν από θεωρίες (π.χ. τι σημαίνει ο ηλεκτρομαγνητισμός) αλλά από ερωτήματα (π.χ. πώς δουλεύει ένας κινητήρας σε ένα ηλεκτρικό αμάξι) που οδηγούν στις θεωρίες (γιατί ο ηλεκτρικός κινητήρας κατασκευάστηκε στηριζόμενος στους νόμους του ηλεκτρομαγνητισμού). Εργάζονται πάνω σε επίκαιρα προβλήματα (οικονομικά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά) συνδυάζοντας όλες τις γνώσεις από τους επιστημονικούς κλάδους σε μια ολότητα και χρησιμοποιώντας τεχνολογικά μέσα και εργαλεία (Honey et al., 2014· Michalopoulos et al., 2016).

Στηριζόμενοι στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών (ΑΠΣ-ΔΕΠΠΣ, ΦΕΚ 304, τ. Β - 13/03/2003) η επιτυχής ενσωμάτωση της μεθοδολογίας STEM θα μπορούσε να αποφέρει πολύ θετικά αποτελέσματα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Για τον λόγο αυτό, επιλέχθηκε μια συγκεκριμένη ενότητα των Φυσικών της Ε' & ΣΤ ' τάξης που αφορά την ενέργεια και ιδιαίτερα τις ανεμογεννήτριες. Η ραγδαία ανάπτυξη αιολικών πάρκων στην Ελλάδα και στον κόσμο σήμερα είναι μία πραγματικότητα. Οι πιο γνωστές ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με τρία πτερύγια έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται ευρέως και να γίνονται σταδιακά σημαντικές πηγές ενέργειας για ολόκληρα οικοδομικά συστήματα (McKenna, Ostman & Fichtner, 2016). Το συγκεκριμένο θέμα θεωρήθηκε κατάλληλο, σύγχρονο και επίκαιρο προς διερεύνηση και ανάπτυξη χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία STEM σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί εάν η εκπαίδευση με μεθοδολογία STEM επιδρά θετικά στην επίδοση των μαθητών και στην κατανόηση των μηχανικών και φυσικών εννοιών που συνδέονται με τις ανεμογεννήτριες.

## Εκπαίδευση STEM και επίδοση

Η εκπαίδευση STEM οριοθετεί έναν διαφορετικό τρόπο σκέψης και αντιμετώπισης της γνώσης. Υπό το πρίσμα της έρευνας και της ανακάλυψης καταστάσεων από την καθημερινή ζωή, οι μαθητές γίνονται ενεργά μέλη σε μία κοινωνία του μέλλοντος με βασικό στόχο όχι τη γνώση αυτή καθ' εαυτή αλλά την κριτική αντιμετώπιση της γνώσης και την αναζήτηση (Hanover Research, 2012). Επιδίδονται στην εύρεση πραγματικών προβλημάτων και αναπτύσσουν δεξιότητες συνεργασίας και επίλυσης τους (Saleh, 2016). Η εκπαίδευση με μεθοδολογία STEM μπορεί να πραγματοποιηθεί με σχέδια εργασίας που αξιοποιούν: (α) την επιστημονική έρευνα (scientific inquiry), (β) τον μηχανικό σχεδιασμό (engineering design process), (γ) και την επίλυση προβλήματος (problem based learning-PBL, English, 2016). Η ανάπτυξη και βελτίωση της εκπαίδευσης STEM σήμερα έχει καταστεί οικονομικός παράγοντας στις αναπτυσσόμενες χώρες, στις αναδυόμενες οικονομίες και στις μακροχρόνιες οικονομίες (Kennedy & Odell, 2014). Το 2013 στις Η.Π.Α, η αναφορά της "Επιτροπής Εκπαίδευσης STEM" δήλωσε ότι «οι εργασίες του μέλλοντος είναι θέσεις STEM» (National Science and Technology Council, 2013, pp. vi).

Πολυάριθμες είναι οι έρευνες που υποστηρίζουν τη σύνδεση της εκπαίδευσης STEM με την κατάκτηση βαθύτερων επιστημονικών γνώσεων και δεξιοτήτων για τον 21<sup>ο</sup> αιώνα (Lachapelle et al., 2011· Cotabish et al., 2013· Wendell & Rogers, 2013· McClain, 2015· Wade-Shepherd, 2016· Acar, Tertemiz & Taşdemir, 2018). Πιο συγκεκριμένα και για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι ιδρυτές του αναλυτικού προγράμματος Engineering is Elementary (EiE) στο μουσείο Φυσικών Επιστημών της Βοστώνης διεξήγαγαν έρευνα με σκοπό να καθορίσουν κάτω από ποιες συνθήκες και σε ποιο βαθμό οι μαθητές που συμμετέχουν σε προγράμματα μηχανικού σχεδιασμού (engineering design process) αποκτούν γνώσεις των εννοιών της Φυσικής. Σε ένα από αυτά τα προγράμματα που σχετιζόταν με τον σχεδιασμό συστημάτων φωτισμού, βρήκαν ότι οι μαθητές κατανόησαν σε σημαντικό βαθμό έννοιες της Φυσικής που

εμπλέκονται με τις ιδιότητες του φωτός, όπως η αντανάκλαση, η μετάδοση και η απορρόφηση (Lachapelle et al., 2011).

Επιπλέον, οι Wendell και Roger's (2013) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μαθητές του δημοτικού σχολείου που ενεπλάκησαν σε προγράμματα μηχανικού σχεδιασμού με τη χρήση απλών μηχανών (εργαλεία της Lego Education) για ένα χρόνο, βελτιώθηκαν σημαντικά στην κατάκτηση γνώσεων σε έννοιες της Φυσικής σε σχέση με μαθητές που διδάχτηκαν τις ίδιες έννοιες άλλα με την παραδοσιακή διδασκαλία για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Επίσης, οι Toma και Greca (2018) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μία ολοκληρωμένη παρέμβαση STEM με την μέθοδο της επιστημονικής έρευνας (scientific inquiry) μπορεί να έχει θετική επίδραση στην επίδοση και κατανόηση των φυσικών εννοιών σε μαθητές της Δ' δημοτικού. Ενώ τέλος, μαθητές της ίδιας ηλικίας που ασχολήθηκαν με δραστηριότητες STEM επέδειξαν πολύ υψηλότερα γνωστικά επιτεύγματα στη Φυσική σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία (Acar et al., 2018).

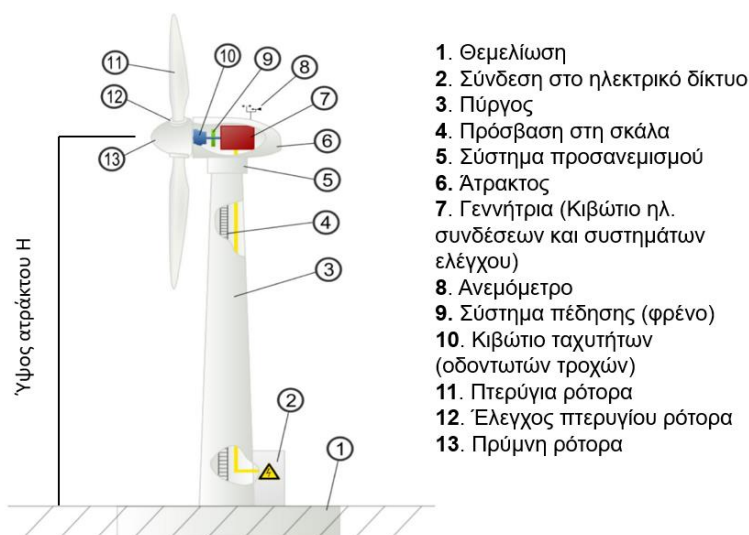
## Η αιολική ενέργεια και οι ανεμογεννήτριες

Μία από τις πιο σημαντικές πηγές ενέργειας για τον πλανήτη είναι η αιολική ενέργεια. Όπως ορίζει ο Chiras (2010), αιολική ενέργεια ονομάζεται η κινητική ενέργεια του ανέμου που οφείλεται κυρίως στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειάς της γης από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από μια περιοχή σε μία άλλη ανάλογα με τη διαφορά πίεσης.

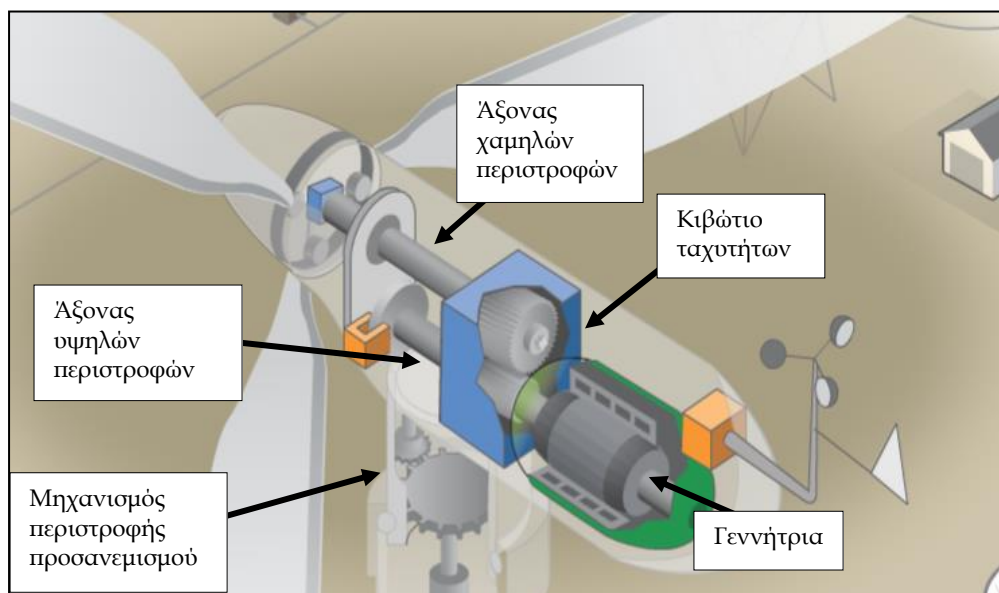
Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας κυρίως μέσα από τις ανεμογεννήτριες αποτελεί σήμερα ζήτημα των καιρών και των Ευρωπαϊκών σχεδίων δράσης για την αειφόρο ανάπτυξη (McKenna et al., 2016). Όπως επισημαίνει ο Chiras (2010), οι πιο συνηθισμένες ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα είναι οριζόντιου άξονα (horizontal axis wind turbines, HAWTs) με τρία πτερύγια (Σχήμα 1). Όπως φαίνεται και από το όνομα, ο άξονας του ρότορα είναι οριζόντιος και παράλληλος με το έδαφος.

Σύμφωνα με τον Chiras (2010) υπάρχουν δύο είδη ανεμογεννήτριας αυτής της κατηγορίας. Οι πρώτες είναι αυτές στις οποίες η πρύμνη του ρότορα συνδέεται απευθείας με τον ρότορα της ηλεκτρικής γεννήτριας μέσω ενός άξονα περιστροφής (direct drive turbines). Οι ηλεκτρικές γεννήτριες αποτελούνται από δύο τμήματα: ένα στατικό κύλινδρο που αποτελείται από χάλκινα καλώδια γνωστό και ως στάτορα, επειδή είναι στατικός (stator) και ένα σύστημα κινούμενων μαγνητών, τον ρότορα, επειδή περιστρέφεται (rotor). Η κίνηση των μαγνητών του ρότορα μέσα στον στάτορα (λόγω της περιστροφής των πτερυγίων) δημιουργεί το ηλεκτρικό ρεύμα. Γι' αυτό, οι ανεμογεννήτριες πρώτα μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια (περιστροφή) και έπειτα τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική μέσω της γεννήτριας. Επειδή ο ρότορας της ανεμογεννήτριας συνδέεται κατευθείαν μέσω του ίδιου άξονα στον ρότορα της ηλεκτρικής γεννήτριας, τα δυο αυτά μέρη έχουν την ίδια ταχύτητα. Οι δεύτερες ανεμογεννήτριες περιλαμβάνουν ενδιάμεσα του ρότορα της ανεμογεννήτριας και του ρότορα της ηλεκτρικής γεννήτριας κιβώτιο ταχυτήτων (gear-driven turbines). Σε αυτό υπάρχουν δύο γρανάζια, ένα μεγάλο που συνδέεται με τον ρότορα της ανεμογεννήτριας και ένα μικρότερο, που συνδέεται με τον ρότορα της ηλεκτρικής γεννήτριας. Λόγω της ιδιότητας των γραναζιών να πολλαπλασιάζουν ή να ελαττώνουν την ταχύτητα ανάλογα με το μέγεθος τους όταν εφάπτονται, ο άξονας υψηλής περιστροφής κινείται με ταχύτητα έως και 50 φορές μεγαλύτερη από τον άξονα χαμηλής περιστροφής (Σχήμα 2).

Το σύστημα προσανεμισμού (Σχήμα 2) περιστρέφει την άτρακτο σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανέμου, χρησιμοποιώντας περιστροφικό μηχανισμό με οδοντωτούς τροχούς που είναι τοποθετημένοι στην κορυφή του πύργου στήριξης.



Σχήμα 1. Διαμήκης τομή μιας τοπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα με τρία πτερυγία (προσαρμογή από McKenna et al., 2016, p. 1213)



Σχήμα 2. Εσωτερική δομή ανεμογεννήτριας, μηχανικά μέρη (προσαρμογή από Energy Efficiency & Renewable Energy, <https://www.energy.gov/>)

Οι Walker και Jenkins (2007) υποστηρίζουν ότι το σχήμα των πτερυγίων μιας ανεμογεννήτριας είναι αεροδυναμικό (Σχήμα 2), δηλαδή στο επάνω μέρος της αεροτομής τους υπάρχει αρνητική πίεση (αναρρόφηση) και στο κάτω μέρος υπάρχει θετική πίεση (ανύψωση). Η ισχύς (σε kW) μιας ανεμογεννήτριας δείχνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί στο ύψος της ατράκτου (Σχήμα 2). Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία και απόδοση της ανεμογεννήτριας είναι α) η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου σε συνάρτηση του ύψους από την επιφάνεια του εδάφους, β) το αεροδυναμικό σχήμα και ο αριθμός των πτερυγίων, γ) το σύστημα προσανεμισμού της ανεμογεννήτριας και δ) το ύψος της ατράκτου ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου.

Οι έννοιες της ενέργειας, της αιολικής ενέργειας και των ανεμογεννητριών εισάγονται στο μάθημα των Φυσικών της Ε' Δημοτικού και επανεκτιμώνται στην ΣΤ' Δημοτικού στην

ενότητα «Ενέργεια». Η διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM που διενεργήθηκε είναι συμβατή με τους μαθησιακούς στόχους του Α.Π.Σ/Δ.Ε.Π.Σ στο Δημοτικό Σχολείο (ΑΠΣ-ΔΕΠΠΣ, 2003).

### **Σκοπός της έρευνας - Ερευνητικά Ερωτήματα**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης διδακτικής παρέμβασης με μεθοδολογία STEM στην επίδοση μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με αντικείμενο την αιολική ενέργεια και τις ανεμογεννήτριες. Συγκεκριμένα η παρούσα μελέτη εξετάζει τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Επιδρά η διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM στην επίδοση των μαθητών; Αν ναι σε ποιο βαθμό;
- Υπάρχουν διαφορές στην επίδοση μεταξύ φύλου;

Για το σκοπό της παρούσας μελέτης σχεδιάστηκε και διενεργήθηκε μία διδακτική παρέμβαση σε μαθητές της Ε' και ΣΤ' Δημοτικού που αφορούσε στο μάθημα των Φυσικών και συγκεκριμένα στην ενότητα της ενέργειας με θέμα την αιολική ενέργεια και την εξέταση της λειτουργίας και της απόδοσης των ανεμογεννητριών. Η παρέμβαση διεξήχθη στο πλαίσιο του ωρολογίου προγράμματος του σχολείου.

### **Μεθοδολογία**

#### ***Ερευνητική μέθοδος***

Στην παρούσα έρευνα επιχειρήθηκε ο συνδυασμός ερευνητικών μεθόδων, ποσοτικών και ποιοτικών. Για την επιλογή του δείγματος έγινε η χρήση βολικού δείγματος λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας εύρεσης δείγματος και των ανυπέρβλητων εμποδίων (ωράριο διδασκαλίας, διαθέσιμος χρόνος) στο πλαίσιο του δημοτικού σχολείου.

#### ***Μέσα συλλογής δεδομένων***

Για την συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της τριγωνοποίησης (Creswell, 2016). Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από: (α) ερωτηματολόγιο γνωστικού περιεχομένου με ερωτήσεις ανοιχτού τύπου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, (β) συμμετοχική παρατήρηση, και γ) τα φύλλα εργασίας με τα οποία εργάστηκαν οι μαθητές.

#### ***Ερωτηματολόγιο γνωστικού περιεχομένου***

Το ερωτηματολόγιο γνωστικού περιεχομένου περιείχε πέντε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου και αφορούσε την ενέργεια, την αιολική ενέργεια και τα χαρακτηριστικά δομής και λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Οι πέντε ερωτήσεις ήταν οι ακόλουθες:

1. Τι είναι η ενέργεια;
2. Τι είναι η αιολική ενέργεια;
3. Ποια είναι τα μέρη μίας ανεμογεννήτριας;
4. Πώς λειτουργεί μία ανεμογεννήτρια;
5. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας;

Για τον έλεγχο εγκυρότητας των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου, αυτές ελέγχθηκαν από δύο ειδικούς στο θέμα (ένας σε θέματα Φυσικών Επιστημών και ένας έμπειρος εκπαιδευτικός) ως

προς: α) την καταλληλότητα τους για το ηλικιακό επίπεδο των μαθητών και β) την εγκυρότητα - πληρότητα των ερωτήσεων για το υπό εξέταση θέμα.

Επίσης, η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε πιλοτικά πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας και συμπληρώθηκαν τα ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση από τρεις μαθητές (εκτός του προβλεπόμενου δείγματος) για να ελεγχθεί εάν το περιεχόμενο των ερωτήσεων ήταν κατανοητό.

Κατά τη διεξαγωγή της μελέτης, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε όλους τους μαθητές στην αρχή και στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης με σκοπό (α) να διερευνηθούν οι πρότερες γνώσεις των μαθητών στο θέμα και (β) να διαπιστωθεί εάν η παρέμβαση με μεθοδολογία STEM επηρεάζει την επίδοση των μαθητών για το συγκεκριμένο μάθημα.

Κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση, βαθμολογήθηκε από δύο βαθμολογητές ως προς την πληρότητα και ορθότητα της. Για τη βαθμολογία κάθε ερώτησης χρησιμοποιήθηκε κλίμακα από 0 μέχρι 10. Δεδομένου το ότι οι ερωτήσεις ήταν πέντε η συνολική βαθμολογία του ερωτηματολογίου ήταν από 0 μέχρι 50. Για να εξασφαλιστεί όσο το δυνατόν η εγκυρότητα της βαθμολόγησης από τους δύο βαθμολογητές, αυτοί αρχικά βαθμολόγησαν από κοινού τρία τυχαία επιλεγμένα ερωτηματολόγια και συνέκριναν τη βαθμολογία τους. Στη συνέχεια, ο καθένας βαθμολόγησε το σύνολο των ερωτηματολογίων. Η τελική βαθμολογία κάθε ερώτησης προέκυψε από τον μέσο όρο της βαθμολογίας των δύο βαθμολογητών.

### **Συμμετοχική παρατήρηση**

Η παρατήρηση που διενεργήθηκε κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ήταν συμμετοχική, δηλαδή ο ερευνητής ήταν μέλος της υπό παρατήρηση ομάδας και συμμετείχε ενεργά στις δραστηριότητες των μαθητών όπου χρειαζόταν (Παναγιωτακόπουλος & Σαρρής, 2017). Επίσης, είχε το χαρακτηριστικό της ημιδομημένης παρατήρησης, δηλαδή ο ερευνητής είχε εξ αρχής δημιουργήσει ένα πρωτόκολλο παρατήρησης με συγκεκριμένους θεματικούς άξονες και με βάση αυτούς κρατούσε περιγραφικές σημειώσεις πεδίου (Creswell, 2016) σε πραγματικό χρόνο.

Σεβόμενοι ζητήματα ηθικής δεοντολογίας, οι σημειώσεις ήταν ανώνυμες, χωρίς τη χρήση κάποιου καταγραφικού μέσου (μικρόφωνο, κάμερα) και αφορούσε ομαδικές παρατηρήσεις έναντι ατομικών για κάθε φάση του διδακτικού σεναρίου. Οι σημειώσεις εστίαζαν σε διάφορα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των συμμετεχόντων.

### **Φύλλα εργασίας**

Από την αρχή της διδακτικής παρέμβασης δόθηκαν στους μαθητές συγκεκριμένα φύλλα εργασίας προς συμπλήρωση. Τα φύλλα εργασίας όριζαν ρόλους και αρμοδιότητες στις ομάδες των μαθητών για κάθε φάση του διδακτικού σεναρίου και περιείχαν συγκεκριμένες δραστηριότητες αναφορικά με την κατασκευή και τον έλεγχο λειτουργίας και απόδοσης των ανεμογεννητριών (πίνακες, γραφικές παραστάσεις, προβλέψεις, παρατηρήσεις και αποτελέσματα). Τα φύλλα εργασίας ελέγχθηκαν επίσης ως προς την εγκυρότητα και την καταλληλότητα τους για την συγκεκριμένη ηλικία από δύο ειδικούς στο θέμα (ένας σε θέματα Φυσικών Επιστημών και ένας έμπειρος δάσκαλος). Όπως αναφέρθηκε, η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε πιλοτικά πριν από την διεξαγωγή της έρευνας για να ελεγχθεί εάν τα φύλλα εργασίας ήταν και κατανοητά από τους μαθητές τόσο ως προς τις οδηγίες που έδιναν όσο και ως προς τα ερωτήματα πουν έθεταν. Μετά από τη διδακτική παρέμβαση, οι απαντήσεις αναλύθηκαν από τον ερευνητή με στόχο να διαπιστωθεί σε ποιο βαθμό κατέκτησαν οι μαθητές τους αρχικούς γνωστικούς στόχους που είχαν τεθεί εξ αρχής.

## **Ανάλυση δεδομένων**

Για την ποσοτική ανάλυση των δεδομένων της μελέτης που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια γνωστικού περιεχομένου, χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος κανονικότητας της κατανομής δεδομένων Shapiro Wilk και στη συνέχεια με βάση τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου, το μέγεθος (πλήθος) του δείγματος και τον τύπο των τιμών των υπό μελέτη μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Witney U test με στόχο την ανίχνευση στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές του συνολικού δείγματος πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση καθώς και στις τιμές των δύο ομάδων (αγοριών και κοριτσιών). Για την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων, αξιοποιήθηκε η ανάλυση περιεχομένου με μονάδα ανάλυσης το θέμα στα ερωτηματολόγια γνωστικού περιεχομένου, στα φύλλα εργασίας των μαθητών και στην συμμετοχική παρατήρηση.

## **Δείγμα**

Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 46 μαθητές της ελληνικής πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (N=46). Οι 18 από αυτούς ήταν από ένα επαρχιακό σχολείο στην περιοχή της πόλης των Πατρών (Σχολείο Α) ενώ οι υπόλοιποι 28 από ένα σχολείο στην πόλη της Πάτρας (Σχολείο Β). Τα υποκείμενα της έρευνας ήταν μαθητές της ΣΤ' (n1=35) και της Ε' τάξης (n2=11) του δημοτικού σχολείου. Από τους 46 συμμετέχοντες οι 21 ήταν κορίτσια ενώ οι 25 αγόρια.

## **Περιγραφή της παρέμβασης**

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε στα δύο σχολεία με διαμοιρασμό ανά ομάδες και τάξεις. Στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης δόθηκε στους μαθητές το ερωτηματολόγιο γνωστικού περιεχομένου προς συμπλήρωση. Σε όλη την διάρκεια της παρέμβασης ο ερευνητής συμμετείχε και κρατούσε σημειώσεις. Η συνολική διάρκεια της παρέμβασης σε κάθε τμήμα ήταν δέκα (10) διδακτικές ώρες, δηλαδή απαιτήθηκαν συνολικά σαράντα (40) διδακτικές ώρες για τα τέσσερα (4) τμήματα και τις ομάδες που δημιουργήθηκαν από αυτά. Η διαδικασία στο σύνολό της έλαβε χώρα εντός του Μαρτίου του 2019.

Προϊόν του σχεδίου εργασίας ήταν ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η μελέτη παραγόντων λειτουργίας δύο μοντέλων ανεμογεννήτριας με τη χρήση απλών μηχανών της LEGO Education. Αρχικά, οι μαθητές κατασκεύασαν το πρώτο μοντέλο ανεμογεννήτριας (direct drive turbine) και εξέτασαν τους παράγοντες λειτουργίας και απόδοσης της με πειραματική διαδικασία. Ακολούθως, κατασκεύασαν και διερεύνησαν το δεύτερο μοντέλο ανεμογεννήτριας (gear-driven turbine) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του μηχανικού σχεδιασμού (engineering process design). Ολοκληρώνοντας, κατέληξαν ποιο από τα δύο μοντέλα είναι αποδοτικότερο και γιατί.

## **Φάση 1. Εισαγωγή στο θέμα**

Ο ερευνητής συζήτησε αρχικά με όλους τους μαθητές μία εκπαιδευτική παρουσίαση σε βίντεο-προβολέα ως αφορμή για εισαγωγή στο θέμα. Η παρουσίαση αφορούσε τις έννοιες της ενέργειας, του έργου, των πηγών της, της αιολικής ενέργειας και τα γνωρίσματα των ανεμογεννητριών. Στην συνέχεια, έγινε αναφορά στα μέρη της ανεμογεννήτριας χρησιμοποιώντας κινούμενες εικόνες (<https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work>) επίσης σε βίντεο-προβολέα για να αντιληφθούν οι μαθητές την λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε κίνηση.

## **Φάση 2. Η πρόκληση**

Ο ερευνητής προκάλεσε τους μαθητές να εμπλακούν σε ένα αυθεντικό υποθετικό σενάριο. Σε αυτό, οι μαθητές είναι μέλη της εταιρίας «Vestas Hellas S.A.» και τους ζητείται να κατασκευάσουν και να πειραματιστούν με δύο μοντέλα ανεμογεννήτριας, έτσι ώστε να



καταλήξουν στο βέλτιστο μοντέλο. Για την κατανόηση της διαδικασίας εγκατάστασης και ανέγερσης αιολικών πάρκων ο ερευνητής παρουσίασε στους μαθητές ένα πραγματικό βίντεο της εταιρίας (<https://www.youtube.com/watch?v=M8jvfiunZOw>) που δείχνει την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών στον Άγιο Γεώργιο απέναντι από το Λαύριο της Αττικής.

Στη συνέχεια, παρουσίασε διεθνή στατιστικά δεδομένα χρήσης των ανεμογεννητριών ανά τον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, ανέλυσε μαζί με τους μαθητές τις προκλήσεις που έχουν θέσει τα Εθνικά Σχέδια Δράσης των Κρατών Μελών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (National Renewable Energy Action Plans - NREAPs) στην Ευρώπη αλλά και την Αμερική μαζί με τις δεσμεύσεις και τους στόχους που έχουν θέσει μέχρι το 2030 για αύξηση των εγκαταστάσεων ανεμογεννητριών και αύξηση των επαγγελμάτων στον χώρο της αιολικής ενέργειας.

Τέλος, μαθητές και ερευνητής συζήτησαν για τις προκλήσεις, τα θετικά και τα αρνητικά αποτελέσματα των αιολικών πάρκων και την ανάγκη για ζήτηση περισσότερο «καθαρής ενέργειας» τα επόμενα χρόνια.

### **Φάση 3. Κατασκευή πρώτου μοντέλου ανεμογεννήτριας**

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες (3-4 μαθητές ανά ομάδα). Η κάθε ομάδα διέθετε έναν ατομικό φάκελο (portfolio) με τυπωμένα βιβλία που δημιουργήθηκαν και περιείχαν χρήσιμο υλικό και λεξιλόγιο για τους μαθητές κατά την φάση αναζήτησης πληροφοριών για τις ανεμογεννήτριες. Στο φάκελο υπήρχαν επίσης τα φύλλα εργασίας που χρησιμοποίησαν οι μαθητές σε όλη την διάρκεια υλοποίησης του σχεδίου εργασίας.

Ως εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν: α) το πακέτο της LEGO Education Renewable Energy set 9688, β) το πακέτο της ίδιας εταιρίας Simple and Powered machines 9686 για την κατασκευή του μοντέλου της ανεμογεννήτριας, γ) ένας ανεμιστήρας για την προσομοίωση του ανέμου και δ) ένα χρονόμετρο για τις μετρήσεις παραγωγής ενέργειας. Σημειώνεται ότι το κόστος των δύο πακέτων της εταιρείας LEGO με τα υλικά που αξιοποιήθηκαν στην παρέμβαση (Education Renewable Energy και Simple and Powered machines) ήταν περίπου 300 ευρώ και απαιτήθηκε η ταυτόχρονη χρήση τριών σετ με τα δύο παραπάνω πακέτα.

Οι μαθητές, χωρισμένοι σε συγκεκριμένους ρόλους (συντονιστής, δύο μηχανικοί, γραμματέας, ερευνητής), κατασκεύασαν το πρώτο μοντέλο της ανεμογεννήτριας ακολουθώντας οδηγίες (Σχήμα 3). Ο γραμματέας κατέγραφε τα μέρη από τα οποία αποτελούνταν η ανεμογεννήτρια και ο ερευνητής έψαχνε στο τυπωμένο βιβλίο για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία των μηχανικών μερών. Ο συντονιστής επέβλεπε την ομάδα και βοηθούσε όπου χρειαζόταν.



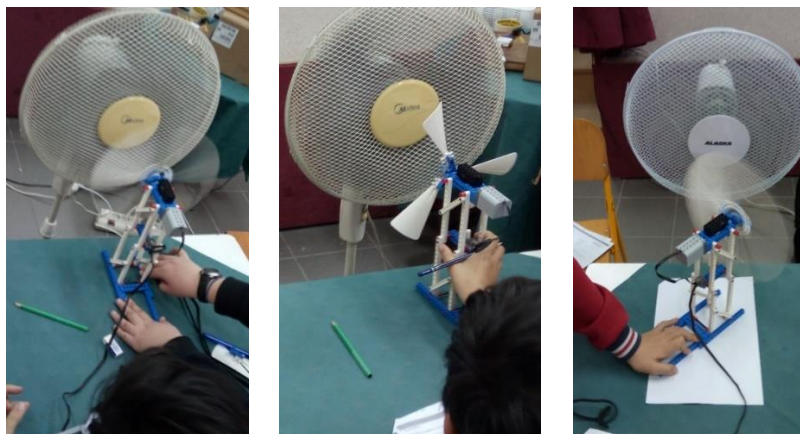
Σχήμα 3. Κατασκευή πρώτου μοντέλου ανεμογεννήτριας

#### Φάση 4. Ελέγχοντας τους παράγοντες που συμβάλλουν στην απόδοση της ανεμογεννήτριας

Στη συνέχεια, και αφού η κάθε ομάδα κατασκεύασε τη δική της ανεμογεννήτρια, οι μαθητές ξεκίνησαν τη διαδικασία πειραματισμού με σκοπό να κατανοήσουν κάτω από ποιες συνθήκες το μοντέλο που κατασκεύασαν παράγει περισσότερη ενέργεια. Σε αυτό το σημείο προέβλεψαν πιθανές λύσεις, επεξεργάστηκαν και συνέλεξαν δεδομένα εξετάζοντας διαφορετικούς παράγοντες στη λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Κάθε ομάδα έθεσε την ανεμογεννήτρια σε λειτουργία έχοντας έναν ανεμιστήρα ακριβώς απέναντι από αυτήν και ένα χρονόμετρο. Όσο η ανεμογεννήτρια δούλευε (κινούνταν δηλαδή τα πτερύγια της από τον άνεμο του ανεμιστήρα), η ομάδα κατέγραφε σε πίνακα τιμών το ποσοστό της ενέργειας (μετρημένο σε joule) που αποθηκεύονταν καθώς γύριζε η ανεμογεννήτρια στη μονάδα του χρόνου. Για την αποθήκευση ενέργειας χρησιμοποιήθηκε ο μετρητής (energy meter) που περιέχεται στο πακέτο της Lego Education. Οι μαθητές κατέγραφαν με το χρονόμετρο κάθε μισό λεπτό το ποσοστό της ενέργειας που αποθηκευόταν στον μετρητή. Οι μετρήσεις ελήφθησαν για συνολικό χρόνο 4 λεπτών (Σχήμα 4). Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ομάδα (κόκκινη ομάδα) έφτιαξε μία ανεμογεννήτρια με έξι πτερύγια και πειραματίστηκε με την ένταση του ανέμου και την απόσταση της ανεμογεννήτριας από τον άνεμο (χρησιμοποιώντας την ένταση του ανεμιστήρα και την απόσταση του από την ανεμογεννήτρια). Η δεύτερη ομάδα (πράσινη ομάδα) δημιούργησε μία ανεμογεννήτρια με τρία πτερύγια αρχικά και πειραματίστηκε με τον αριθμό των πτερυγίων πραγματοποιώντας μετρήσεις με ένα, δύο, τρία, τέσσερα και έξι πτερύγια.



Σχήμα 4. Μαθητές εν ώρα εργασίας, μετρήσεις και συμπλήρωση πίνακα τιμών



Σχήμα 5. Μετρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια με τρεις ομάδες



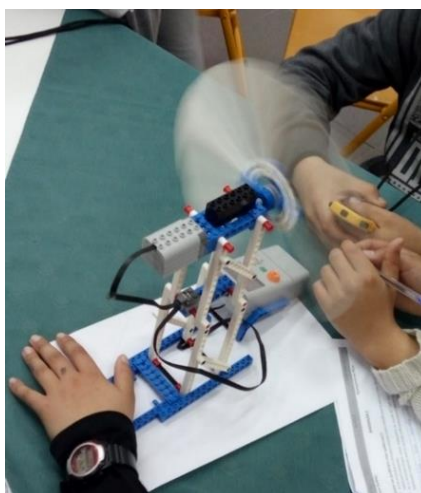
Σχήμα 6. Συμπλήρωση γραφικής παράστασης στο τέλος των μετρήσεων

Τέλος, η τρίτη ομάδα (μπλε ομάδα) ασχολήθηκε με το αεροδυναμικό σχήμα των πτερυγίων και την γωνία που ήταν τοποθετημένη η ανεμογεννήτρια ως προς τον άνεμο. Εξέτασε αυτούς τους παράγοντες τοποθετώντας τα πτερύγια ανάποδα από την κανονική τους πλευρά και γυρίζοντας την ανεμογεννήτρια  $45^\circ$  από την κατεύθυνση του ανέμου.

Στο τέλος, όλες οι ομάδες σύγκριναν τις μετρήσεις που έκαναν και δημιούργησαν τις γραφικές παραστάσεις των αποτελεσμάτων (Σχήμα 6) χρησιμοποιώντας δύο άξονες, τον οριζόντιο  $x$  (χρόνος,  $t$ ) και τον κατακόρυφο  $y$  (ενέργεια,  $J$ ). Ο στόχος ήταν να ερμηνεύσουν και να δώσουν εικόνα στα δεδομένα για να κατανοήσουν κάτω από ποιες συνθήκες η ανεμογεννήτρια παράγει την περισσότερη ενέργεια.

#### **Φάση 5. Επαληθεύοντας τις μετρήσεις**

Σε αυτή τη φάση και εφόσον η κάθε ομάδα κατέγραψε τα αποτελέσματα της, τα επαλήθευσε με την αντίθετη διαδικασία από την προηγούμενη. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποίησε τον μετρητή (energy meter), στον οποίο είχε αποθηκεύσει ενέργεια (στην προηγούμενη φάση), συνδέοντας τον με τον κινητήρα της ανεμογεννήτριας. Με αυτό τον τρόπο όλες οι ομάδες έδωσαν κίνηση στην ανεμογεννήτρια για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ανάλογα με την ενέργεια που είχαν αποθηκεύσει στον μετρητή (Σχήμα 7). Χρονομέτρησαν τη διαδικασία με το χρονόμετρο έτσι ώστε να συγκρίνουν ποια ομάδα και γιατί έδωσε στην ανεμογεννήτρια κίνηση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, δηλαδή ποια ομάδα είχε αποθηκεύσει περισσότερη ενέργεια στον μετρητή κατά την προηγούμενη φάση.



Σχήμα 7. Μετατροπή της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας σε κινητική

Ο σκοπός της παραπάνω διαδικασίας ήταν διττός. Από τη μία, θα διαπίστωναν ότι τα 4 λεπτά που τους δόθηκε ως χρόνος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια είναι αρκετός για να παράγουν ένα πολύ μικρό ποσό ενέργειας. Καθώς μεταφέρουν την ενέργεια αυτή από τον μετρητή στον κινητήρα της ανεμογεννήτριας (μετατρέποντας δηλαδή την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική) όπως περιγράψαμε παραπάνω, η ανεμογεννήτρια θα γυρίσει για μόλις λίγα δευτερόλεπτα. Από την άλλη, θα αξιολογούσαν τα αποτελέσματα που κατέγραψαν στην προηγούμενη φάση, διαπιστώνοντας κάτω από ποιους παράγοντες τελικά, η ανεμογεννήτρια παράγει περισσότερη ενέργεια.

### **Φάση 6. Κατασκευή δεύτερου μοντέλου, μηχανικός σχεδιασμός**

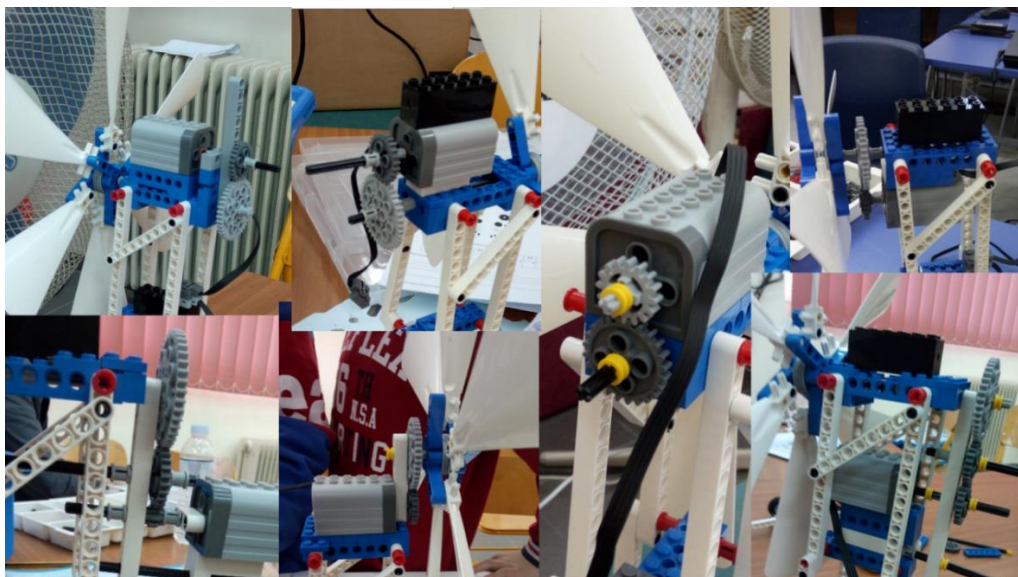
Σε αυτή τη φάση, οι μαθητές κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν μία νέα πρόκληση. Αφού εξέτασαν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία του πρώτου μοντέλου, ο ερευνητής κάλεσε όλες τις ομάδες σε έναν ομαδικό διάλογο (debate) για να συγκρίνουν τα αποτελέσματα αυτά με τη λειτουργία της πραγματικής ανεμογεννήτριας. Επειδή το μοντέλο που κατασκεύαζαν αποτελούσε εξομοίωση του πραγματικού, μέσω των πληροφοριών που διέθεταν στον φάκελο και την επενέργεια της εκπαιδευτικού, συζητήθηκε η λειτουργία της κανονικής ανεμογεννήτριας και οι διαφορές αυτής με το μοντέλο που δημιούργησαν.

Στη συνέχεια, κατασκεύαζαν το δεύτερο μοντέλο ανεμογεννήτριας προσθέτοντας σε αυτό γρανάζια (δηλαδή κιβώτιο ταχυτήτων). Σε αυτό το σημείο, χρησιμοποίησαν τις αρχές του μηχανικού σχεδιασμού για να λύσουν το πρόβλημα, εφόσον δεν υπήρχαν συγκεκριμένες οδηγίες για την κατασκευή της. Πιο συγκεκριμένα, προσδιόρισαν την ανάγκη του προβλήματος, ερεύνησαν πώς είναι τοποθετημένα τα γρανάζια στις κανονικές ανεμογεννήτριες, σκέφτηκαν και σχεδίασαν πιθανές λύσεις και στην συνέχεια άρχισαν να οικοδομούν το μοντέλο πειραματιζόμενοι διαφορετικούς τρόπους κατασκευής (Σχήμα 8 & 9).

Όταν ολοκλήρωσαν την κατασκευή, επιδόθηκαν σε μετρήσεις για να εξετάσουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα αυτά με τα προηγούμενα, πριν από την προσθήκη του μηχανικού μέρους των γριναζιών (Σχήμα 10). Στο τέλος, σύγκριναν τα αποτελέσματα τους στην κατασκευή και στη λειτουργία για να καταλήξουν τελικά στο καταλληλότερο μοντέλο που ήταν εξαρχής και ο σκοπός του υποθετικού σεναρίου.



Σχήμα 8. Σχεδιασμός πιθανών λύσεων για την τοποθέτηση γριναζιών στην ανεμογεννήτρια



Σχήμα 9. Διαφορετικά μοντέλα κατασκευής γραναζιών από τους μαθητές στην ανεμογεννήτρια



Σχήμα 10. Μετρήσεις με την πρόσθεση του μηχανικού μέρους των γραναζιών. Βέλτιστο μοντέλο

## Αποτελέσματα

### *Ανάλυση και ευρήματα με βάση τα φύλλα εργασίας*

Για την ερμηνεία των φύλλων εργασίας που δόθηκαν στους μαθητές έγινε συνδυαστική ανάλυση των απαντήσεων ανάλογα με την ομάδα στην οποία ανήκαν.

#### *Α. Κόκκινες ομάδες*

Για αυτές τις ομάδες, το ζητούμενο στο πρώτο φύλλο εργασίας ήταν να κατασκευάσουν μια ανεμογεννήτρια με έξι πτερύγια. Και οι τέσσερις ομάδες κατασκεύασαν προσεκτικά την ανεμογεννήτρια με τις οδηγίες και απάντησαν σωστά στο πρώτο ερώτημα που αφορούσε τα μέρη της ανεμογεννήτριας που κατασκεύαζαν.

Σχετικά με το δεύτερο φύλλο εργασίας και οι τέσσερις ομάδες μετά από τους σχετικούς πειραματισμούς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ανέμου, τόσο περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται.

Στο τρίτο φύλλο εργασίας, όλες οι ομάδες κατάφεραν να απεικονίσουν σε γραφικές

παραστάσεις τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις τους με μία πρόχειρη μορφή.

Στο τέταρτο φύλλο εργασίας ζητήθηκε από τους μαθητές να καταναλωθεί η ενέργεια που είχαν αποθηκεύσει στο συσσωρευτή LEGO κάνοντας την αντίστροφη διαδικασία από την προηγούμενη. Οι μαθητές κατανόησαν ότι στην πρώτη περίπτωση η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατράπηκε σε ηλεκτρική και στη δεύτερη περίπτωση η ηλεκτρική ενέργεια που είχαν αποθηκεύσει μετατράπηκε σε κινητική.

Στο πέμπτο και τελευταίο φύλλο εργασίας ζητήθηκε από τις ομάδες να αλλάξουν το μοντέλο προσθέτοντας το μηχανικό μέρος των γραναζιών. Επειδή η κατασκευή σε αυτό το σημείο έγινε από τους μαθητές χωρίς οδηγίες, οι δύο από τις τέσσερις ανεμογεννήτριες ήταν υπερβολικά ασταθείς κατασκευές. Όλες οι ομάδες κατάφεραν να προσθέσουν γρανάζια στην ανεμογεννήτρια με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργεί και να προσομοιάζει στις πραγματικές ανεμογεννήτριες. Ωστόσο, σε καμία δεν αυξήθηκε η παραγωγή ενέργειας σε σχέση με τις προηγούμενες με βάση τις μετρήσεις. Με την πρόσθεση του μηχανικού μέρους των γραναζιών, οι κατασκευές ήταν ασταθείς με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοσή τους. Όλες οι ομάδες κατέληξαν στο συμπέρασμα «ότι με τα γρανάζια παράγει λιγότερη ενέργεια».

### ***B. Πράσινες ομάδες***

Οι ομάδες αυτές έπρεπε να κατασκευάσουν μία ανεμογεννήτρια με τρία πτερύγια. Στο πρώτο φύλλο εργασίας, και οι τέσσερις ομάδες κατάφεραν να κατασκευάσουν με οδηγίες την ανεμογεννήτρια και σημείωσαν σωστά τα μέρη από τα οποία αποτελείται.

Στο δεύτερο φύλλο εργασίας και οι τέσσερις ομάδες μετά από πειραματισμούς, μετρήσεις και σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά των κόκκινων ομάδων συμπέραναν ότι η ανεμογεννήτρια με «έξι πτερύγια παράγει περισσότερη ενέργεια από ότι με τρία».

Στο τρίτο φύλλο εργασίας όλες οι ομάδες κατάφεραν να απεικονίσουν σε γραφικές παραστάσεις τις μετρήσεις τους με τη βοήθεια του ερευνητή.

Στο τέταρτο φύλλο εργασίας, οι ανεμογεννήτριες των ομάδων κατανάλωναν και πάλι, όπως και στην περίπτωση των κόκκινων ομάδων, την ίδια ενέργεια. Οι μαθητές κατανόησαν και απάντησαν σωστά στις μετατροπές που συμβαίνουν κατά τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις.

Στο τέταρτο φύλλο εργασίας ζητήθηκε από τους μαθητές να καταναλωθεί η ενέργεια που είχαν αποθηκεύσει στο συσσωρευτή από τις ανεμογεννήτριες. Οι μαθητές κατανόησαν τις μετατροπές ενέργειας που συνέβησαν, όπως και στις κόκκινες ομάδες.

Στο πέμπτο φύλλο εργασίας τρεις ομάδες (3/4) κατάφεραν να κατασκευάσουν την ανεμογεννήτρια με γρανάζια με τρόπο που να λειτουργεί και να προσομοιάζει στο κανονικό μοντέλο. Από τις τρεις αυτές ομάδες μόνον οι δύο (2/4) κατάφεραν να κάνουν την κατασκευή τους σταθερή ώστε να παράγει περισσότερη ενέργεια από το πρώτο μοντέλο που είχαν κατασκευάσει χωρίς γρανάζια.

Οι ανεμογεννήτριες της πράσινης ομάδας είχαν τρία πτερύγια. Η σωστή και σταθερή σύνδεση του μηχανικού μέρους των γραναζιών βελτίωσε την απόδοση της επειδή πολλαπλασίασε την κίνηση του άξονα της ηλεκτρικής γεννήτριας στο μέγιστο δυνατό που θα μπορούσε να δεχτεί αυτή η κατασκευή.

### ***Γ. Μπλε ομάδες***

Το ζητούμενο για τις μπλε ομάδες στο πρώτο φύλλο εργασίας ήταν να κατασκευάσουν μία ανεμογεννήτρια με έξι πτερύγια. Όλες οι ομάδες κατάφεραν να κατασκευάσουν την ανεμογεννήτρια και να απαντήσουν σωστά για τα μέρη από τα οποία αποτελείται.

Στο δεύτερο φύλλο εργασίας, όλες οι ομάδες πειραματίστηκαν με τη θέση των πτερυγίων σε σχέση με την κατεύθυνση του ανέμου και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θέση της

ανεμογεννήτριας πρέπει να είναι κατάλληλη αναφορικά με τον άνεμο για να μπορεί να παράγει περισσότερη ενέργεια και ότι το αεροδυναμικό σχήμα των πτερύγιων παίζει σημαντικό ρόλο στην κίνηση του άξονα της.

Στο τρίτο φύλλο εργασίας μόνο δύο (2/4) ομάδες κατάφεραν να απεικονίσουν σωστά τα αποτελέσματα σε γραφικές παραστάσεις. Στο τέταρτο φύλλο εργασίας οι μαθητές κατανόησαν όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, τις μετατροπές της ενέργειας που συνέβησαν.

Στο πέμπτο φύλλο εργασίας, οι τρεις ομάδες (3/4) κατάφεραν να φτιάξουν το μοντέλο με το κιβώτιο ταχυτήτων, αλλά και πάλι σε αυτή την περίπτωση (όπως και στην περίπτωση της κόκκινης ομάδας), επειδή η ανεμογεννήτρια είχε έξι πτερύγια, δεν κατάφεραν να παράγουν περισσότερη ενέργεια.

Συμπερασματικά, όλες οι ομάδες κατέληξαν στα εξής:

α) Στο πρώτο μοντέλο ανεμογεννήτριας, βέλτιστη απόδοση σε παραγωγή ενέργειας είχε η ανεμογεννήτρια που ήταν κατασκευασμένη με έξι πτερύγια, αεροδυναμικό σχήμα πτερυγίων, είχε κατάλληλη θέση σε σχέση με τον ανεμιστήρα και η ένταση του ανέμου ήταν μέγιστη.

β) Στο δεύτερο μοντέλο ανεμογεννήτριας βέλτιστη απόδοση σε παραγωγή ενέργειας είχε η ανεμογεννήτρια με τρία πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, είχε κατάλληλη θέση σε σχέση με τον ανεμιστήρα και η ένταση του ανέμου ήταν μέγιστη.

### **Ανάλυση και ευρήματα με βάση την παρατήρηση**

Αρχικά, οι μαθητές επέλεξαν μόνοι τους τις ομάδες με τις οποίες θα συνεργάζονταν κατά τη διδακτική παρέμβαση. Φάνηκαν εξ αρχής κάποιες ομάδες να συνεργάζονται περισσότερο από άλλες και να δουλεύουν πιο παραγωγικά ως αποτέλεσμα της συνεργασίας τους. Επίσης, οι αρχικοί ρόλοι που έπρεπε να υιοθετήσουν οι μαθητές στη διάρκεια των παρεμβάσεων φάνηκε ότι δυσανασχέτησε κάποιους καθώς οι περισσότεροι ήθελαν τον ρόλο του μηχανικού (αυτού δηλαδή που κατασκευάζει τις ανεμογεννήτριες) και λιγότερο τους λοιπούς ρόλους (γραμματέας, συντονιστής, ερευνητής). Το ζήτημα αντιμετωπίστηκε, με τους ρόλους να εναλλάσσονται κυκλικά στα μέλη των ομάδων. Οι ομάδες που τα μέλη τους ήταν φίλοι μεταξύ τους είχαν λιγότερες διαφωνίες, συνεργάζονταν καλύτερα και προχωρούσαν πολύ πιο γρήγορα τις δραστηριότητες της παρέμβασης, σε αντίθεση με άλλες ομάδες που χρειάστηκαν ειδική παρότρυνση για να προχωρήσουν. Επίσης, κάποια μέλη από τις ομάδες φάνηκαν περισσότερο δυναμικά (αναλάμβαναν δύο ρόλους ταυτόχρονα και είχαν πιο ουσιαστική συμβολή στην παρέμβαση) από κάποια άλλα που ήταν πιο παθητικά στη διαδικασία.

Αναφορικά με την πρώτη φάση, οι μαθητές φαίνεται ότι είχαν ελάχιστη έως και καθόλου γνώση σχετικά με την έννοια της ενέργειας (παρόλο που σαν μάθημα το είχαν διδαχτεί και οι δύο τάξεις στο αναλυτικό πρόγραμμα του σχολείου). Οι αντιλήψεις τους αναφορικά με την ενέργεια περιορίζονταν σε κάποιες μορφές αυτής (π.χ. «ενέργεια είναι η θερμική ενέργεια», «είναι η ενέργεια του φωτός», κ.α.) και σε παρανοήσεις («ενέργεια είναι κάτι που κινείται») που δεν είχαν αρθεί με τη διδασκαλία στο σχολείο. Οι μαθητές δεν έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για αυτή τη φάση και η συμμετοχή τους ήταν μικρή.

Αναφορικά με την τρίτη φάση, οι ομάδες που απαρτιζόνταν μόνο από κορίτσια δυσκολεύτηκαν περισσότερο στην κατασκευή με Lego σε σχέση με τα αγόρια και η διαδικασία καθυστέρησε αρκετά πέραν του προκαθορισμένου χρόνου. Σε αυτή τη φάση όλες οι ομάδες δυσκολεύτηκαν σε κάποια σημεία της κατασκευής όπου και ζητήθηκε η βοήθεια του ερευνητή. Ωστόσο, ορισμένες ομάδες έδειξαν ιδιαίτερο ζήλο με την κατασκευή, ζήτησαν να παραμείνουν μέσα στα διαλείμματα για να συνεχίσουν την εργασία τους. Τελικά, όλες οι ομάδες, η κάθε μια στο δικό της χρόνο, κατάφεραν να ολοκληρώσουν το μοντέλο για να προχωρήσουν στην επόμενη φάση.

**Πίνακας 1. Σύγκριση της βαθμολογίας των μαθητών για κάθε μία ερώτηση και της συνολικής βαθμολογίας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση**

Ερώτηση	Pre-test (n=46)		Post-test (n=46)		U	Z	r	p
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD				
1 <sup>η</sup>	1,1	2,1	5,4	2,8	299,5	-6,12	-0,64	,00
2 <sup>η</sup>	3,8	1,8	4,5	1,4	858,0	-1,67	-0,17	,1
3 <sup>η</sup>	2,2	1,4	6,2	2,4	121,5	-7,4	-0,77	,00
4 <sup>η</sup>	3,6	2,1	5,3	2,1	689,0	-3,0	-0,31	,00
5 <sup>η</sup>	1,4	0,9	3,8	2,6	495,5	-4,44	-0,46	,00
<b>Βαθμολογία</b>	12,1	4,6	25,8	8,6	220,5	-6,54	-0,68	,00

Σχετικά με την τέταρτη φάση, η διαδικασία απαιτούσε ακριβείς μετρήσεις και πολύ καλή συνεργασία των ομάδων (μέτρηση με μεζούρα της ακριβούς απόστασης μεταξύ ανεμογεννήτριας και ανεμιστήρα, τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας σε σταθερή θέση, μετρήσεις ακριβώς στα 30 δευτερόλεπτα των ενδείξεων, Joule που παρήγαγε η ανεμογεννήτρια, καταγραφή αποτελεσμάτων σε πίνακα τιμών). Αυτό δυσκόλεψε ιδιαίτερα κάποιες ομάδες και χρειάστηκε να επαναλάβουν τη διαδικασία αρκετές φορές μέχρι να λάβουν σωστές μετρήσεις. Σε αρκετές περιπτώσεις, χρειάστηκε η βοήθεια του ερευνητή. Κατά την φάση απεικόνισης των αποτελεσμάτων σε γραφικές παραστάσεις, οι μαθητές δυσκολεύτηκαν καθώς δεν ήταν εξοικειωμένοι, όμως με τη βοήθεια του ερευνητή κατανόησαν και τα δεδομένα. Στο τέλος, έγιναν επιτυχώς οι συγκρίσεις των γραφικών παραστάσεων μεταξύ των ομάδων.

Στην έκτη φάση, οι μαθητές έδειξαν ιδιαίτερη επιμονή και θέληση να κατασκευάσουν το μοντέλο που τους ζητήθηκε. Δοκίμασαν πολλούς διαφορετικούς τρόπους κατασκευής και πραγματοποίησαν πολλούς πειραματισμούς για να κατανοήσουν αν δουλεύει κάθε φορά το μοντέλο που κατασκεύαζαν. Ήταν ιδιαίτερα δημιουργικοί καθώς σκέφτηκαν και δόμησαν μοντέλα που ήταν διαφορετικά το ένα από το άλλο. Φαίνεται ότι η διαδικασία τους κέντρισε ιδιαίτερα το ενδιαφέρον, ήταν προσηλωμένοι στο στόχο τους, χωρίς βοήθεια ή παρότρυνση από τον ερευνητή. Ωστόσο, ήταν και η φάση που τους δυσκόλεψε περισσότερο, καθώς δεν υπήρχε μια μοναδική λύση.

### **Ανάλυση και ευρήματα με βάση το ερωτηματολόγιο γνωστικού περιεχομένου**

Προκειμένου να διερευνηθεί εάν επιδρά η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε με τη μεθοδολογία STEM στην επίδοση των μαθητών, αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις αυτών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση όπως δείχνει ο Πίνακας 1.

Στην πρώτη ερώτηση οι μαθητές πέτυχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $U(46) = 299,5$ ,  $Z = -6,12$ ,  $p < ,001$ ,  $r = 0,64$ ).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί ότι παρόλο που οι μαθητές είχαν διδαχθεί την έννοια της ενέργειας στο σχολείο πριν πραγματοποιηθεί η παρέμβαση, οι περισσότεροι από αυτούς (39/46) είχαν τελείως λανθασμένες ή και καθόλου απαντήσεις σε αυτή την ερώτηση. Μόνο οι υπόλοιποι (7/46) είχαν δώσει ως απάντηση ορισμένες μορφές της ενέργειας όπως ηλεκτρική, θερμική, αιολική, κ.ά. Μετά τη διενέργεια της παρέμβασης οι περισσότεροι από τους μαθητές (38/46) έδωσαν πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις (μερικώς σωστές) όπως «ενέργεια είναι ικανότητα ενός σώματος να παράγει έργο. Χωρίζεται σε δυναμική και κινητική» ενώ οι υπόλοιποι (8/46) απάντησαν τελείως λανθασμένα ή καθόλου.

Στη δεύτερη ερώτηση δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $U(46) = 858$ ,  $Z = -1,67$ ,  $p > ,05$ ,  $r = 0,17$ ). Οι περισσότεροι μαθητές (35/46) πριν από την παρέμβαση απάντησαν ότι η αιολική ενέργεια



είναι η κινητική ενέργεια του ανέμου, ενώ οι υπόλοιποι (11/46) δεν απάντησαν καθόλου ή είχαν τελειώς λανθασμένες απαντήσεις. Μετά την παρέμβαση, σχεδόν όλοι οι μαθητές (41/46) έδωσαν την ίδια απάντηση με πριν, ότι δηλαδή η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια του ανέμου. Μόνο ένας μαθητής απάντησε πλήρως σωστά στην ερώτηση μετά την διενέργεια της παρέμβασης «αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου. Ο ήλιος θερμαίνει διαφορετικά τη Γη. Ο θερμός αέρας πηγαίνει πάνω και ο κρύος κάτω. Έτσι δημιουργούνται οι άνεμοι».

Η τρίτη ερώτηση αφορούσε τα μέρη της ανεμογεννήτριας. Διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $U(46) = 121,5$ ,  $Z = -7,4$ ,  $p < ,001$ ,  $r = 0,77$ ) στην επίδοση των μαθητών πριν και μετά την πραγματοποίηση της παρέμβασης. Σε αυτή την ερώτηση οι μαθητές πέτυχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη επίδοση μετά την παρέμβαση σε σχέση με πριν. Οι περισσότεροι από αυτούς (36/46) πριν από την παρέμβαση, έδωσαν ανακριβείς και λανθασμένες απαντήσεις με βάση όσα είχαν δει για τις ανεμογεννήτριες όπως «οι έλικες και το κοντάρι», «η βάση και οι έλικες», «η κολώνα και τα φτερά». Οι υπόλοιποι (10/46) δεν έδωσαν καμία απάντηση. Μετά από την παρέμβαση, όλοι οι μαθητές (46/46) ανέφεραν από 4 έως 10 μέρη των ανεμογεννητριών και με σωστούς επιστημονικούς όρους (ρότορας, πτερύγια, πύργος, κιβώτιο ταχυτήτων, κ.ά.).

Σχετικά με την τέταρτη ερώτηση που αφορούσε τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση ( $U(46) = 689$ ,  $Z = -3$ ,  $p < ,01$ ,  $r = 0,31$ ). Οι μαθητές πέτυχαν δηλαδή, υψηλότερη επίδοση μετά τη διενέργεια της παρέμβασης. Πριν από την παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές (38/46) έδωσαν περίπου την ίδια απάντηση με διαφορετικό τρόπο, ότι δηλαδή η ανεμογεννήτρια λειτουργεί με τον αέρα και παράγει ρεύμα ενώ οι υπόλοιποι (8/46) δεν απάντησαν καθόλου. Μετά από την παρέμβαση όλοι οι μαθητές απάντησαν μερικώς σωστά για τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας (δίνοντας από λίγο έως πολύ διαφορετικές απαντήσεις) ενώ λίγοι από αυτούς (10/46) έδωσαν πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις όπως «μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική επειδή γυρίζει και παράγει η γεννήτρια ενέργεια. Μετά την αποθηκεύει για να την χρησιμοποιήσει».

Αναφορικά με την πέμπτη ερώτηση που αφορούσε τους παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία της ανεμογεννήτριας οι περισσότεροι μαθητές (33/46) απάντησαν πριν από την παρέμβαση ότι είναι η ένταση του ανέμου. Οι υπόλοιποι (13/46) δεν απάντησαν καθόλου ή είχαν λανθασμένες απαντήσεις. Μετά την παρέμβαση λίγοι από αυτούς (7/46) δεν απάντησαν καθόλου, οι 10/46 έδωσαν έναν παράγοντα ως απάντηση (π.χ. την ένταση του ανέμου) ενώ οι υπόλοιποι (29/46) ανέφεραν από δύο έως έξι σωστούς παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργία της όπως «το μέγεθος και το σχήμα των πτερυγίων, η δύναμη του ανέμου, το κιβώτιο ταχυτήτων, που είναι τοποθετημένα (θάλασσα ή βουνό), το ύψος της (από την επιφάνεια της Γης)». Οι μαθητές επομένως, πέτυχαν υψηλότερη επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση, με την διαφορά των δύο ομάδων να είναι στατιστικά σημαντική ( $U(46) = 495,5$ ,  $Z = -4,44$ ,  $p < ,001$ ,  $r = 0,46$ ).

Στη συνέχεια προκειμένου να ελεγχθεί εάν οι επιδόσεις των κοριτσιών διέφεραν από αυτές των αγοριών στο ερωτηματολόγιο γνωστικού περιεχομένου συγκρίθηκαν οι επιδόσεις των κοριτσιών και των αγοριών μεταξύ τους πριν και μετά την παρέμβαση.

Όπως φαίνεται στους Πίνακες 2 και 3 υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των δύο ομάδων μόνο στην πρώτη ερώτηση τόσο πριν ( $U(46)=153$ ,  $Z = -2,85$ ,  $p < ,01$ ,  $r = 0,42$ ) όσο και μετά την παρέμβαση ( $U(46) = 134,5$ ,  $Z = -2,85$ ,  $p < ,01$ ,  $r = 0,42$ ). Οι επιδόσεις των κοριτσιών είναι σημαντικά υψηλότερες από εκείνες των αγοριών τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση.

Πίνακας 2. Σύγκριση της βαθμολογίας για κάθε μία ερώτηση και της συνολικής βαθμολογίας πριν τη διδακτική παρέμβαση για την ομάδα των κοριτσιών και των αγοριών

Ερώτηση	Κορίτσια (n=21)		Αγόρια (n=25)		U	Z	r	p
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD				
1 <sup>η</sup>	2,2	2,7	0,1	0,34	153,0	-2,85	-0,42	,00
2 <sup>η</sup>	3,5	2,1	4,0	1,6	230,0	-0,75	-0,11	,50
3 <sup>η</sup>	1,9	1,5	2,5	1,1	214,0	-1,12	-0,17	,30
4 <sup>η</sup>	3,8	2,5	3,6	1,9	255,0	-0,16	-0,02	,90
5 <sup>η</sup>	1,4	0,9	1,4	,94	235,5	-0,63	-0,09	,50
<b>Βαθμολογία</b>	12,7	5,3	11,6	4,0	256,0	-0,14	-0,02	,90

Πίνακας 3. Σύγκριση της βαθμολογίας για κάθε μία ερώτηση και της συνολικής βαθμολογίας μετά τη διδακτική παρέμβαση για την ομάδα των κοριτσιών και των αγοριών

Ερώτηση	Κορίτσια (n=21)		Αγόρια (n=25)		U	Z	r	p
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD				
1 <sup>η</sup>	6,4	2,6	4,5	2,8	134,5	-2,85	-0,42	,00
2 <sup>η</sup>	4,5	1,9	4,4	1,0	261,5	-0,02	-0,00	,98
3 <sup>η</sup>	6,7	1,9	5,8	2,7	215	-1,05	-0,15	,29
4 <sup>η</sup>	5,9	2,4	4,7	1,7	192,5	-1,57	-0,23	,12
5 <sup>η</sup>	4,0	2,8	3,6	2,4	244,5	-0,40	-0,06	,69
<b>Βαθμολογία</b>	27,5	8,9	23,0	7,6	195,5	-1,48	-0,22	,14

Παρόμοιες έρευνες (Cotabish et al., 2013· Acar et al., 2018) δείχνουν να συμφωνούν με τα παραπάνω ευρήματα σχετικά με την κατάκτηση γνώσεων των φυσικών εννοιών από μαθητές του δημοτικού σχολείου ύστερα από τη διενέργεια δραστηριοτήτων STEM. Αλλά και πιο ολοκληρωμένα προγράμματα STEM συνδέονται επίσης θετικά με την επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες (Toma & Greca, 2018). Όταν μάλιστα συνεχίζονται για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα ευνοούν την βαθύτερη και ουσιαστικότερη κατανόηση των φυσικών εννοιών (Lachapelle et al., 2011).

Παράλληλα, αξίζει να επισημανθεί η διαφορά στην επίδοση των μαθητών που παρατηρείται στις Φυσικές Επιστήμες με προγράμματα STEM σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία (Wendell & Rogers, 2013). Επίσης, έρευνες έχουν συνδέσει θετικά την εκπαίδευση STEM με την επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες και στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση (McClain, 2015· Wade-Shepherd, 2016) παρόλο που φαίνεται ιδιαίτερα σημαντικό η εκπαίδευση STEM να ξεκινάει από τις μικρές ηλικίες διότι έχει αποδειχτεί πιο αποτελεσματική στους μαθητές του δημοτικού σχολείου (Lamb et al., 2015). Άλλες έρευνες δείχνουν ένα αυξημένο ενδιαφέρον από την πλευρά των μαθητών όταν επιδίδονται σε δραστηριότητες STEM (Afriana, Permanasari & Fitriani, 2016· Mohd Shahali et al., 2017), αλλά και θετικές στάσεις απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες (Ugras, 2018).

## Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης διδακτικής παρέμβασης με μεθοδολογία STEM στην επίδοση μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε μία διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM που αφορούσε το μάθημα των Φυσικών και συγκεκριμένα την αιολική ενέργεια και τις ανεμογεννήτριες. Δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 46 μαθητές της Ε' και ΣΤ' τάξης δύο δημοτικών σχολείων στην περιοχή της πόλης των Πατρών.

Αναφορικά με το πρώτο ερευνητικό ερώτημα «η διδακτική παρέμβαση με μεθοδολογία STEM επιδρά στην επίδοση των μαθητών; Αν ναι σε ποιο βαθμό;» προέκυψε ότι η μεθοδολογία

επηρέασε την επίδοση των μαθητών αφού οι επιδόσεις τους αυξήθηκαν σημαντικά μετά την παρέμβαση σε όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (τι είναι η ενέργεια, τι είναι η αιολική ενέργεια, ποια είναι τα μέρη μίας ανεμογεννήτριας, πώς λειτουργεί μία ανεμογεννήτρια, ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την λειτουργία της ανεμογεννήτριας), εκτός από την ερώτηση που αφορούσε την αιολική ενέργεια. Ειδικότερα, φαίνεται ότι η εμπλοκή των μαθητών στην κατασκευή των μηχανικών μερών της ανεμογεννήτριας και η μελέτη της λειτουργίας της με βάση τα πειράματα που διεξήγαγαν τους βοήθησε να κατακτήσουν σημαντικές έννοιες της Φυσικής και της μηχανικής και να κατανοήσουν την λειτουργία και τους παράγοντες απόδοσης των ανεμογεννητριών. Αντίθετα, σύνθετες έννοιες Φυσικής οι οποίες αναπτύχθηκαν μόνο θεωρητικά από την εκπαιδευτικό, όπως αυτή της αιολικής ενέργειας, δεν φαίνεται να κατακτήθηκαν στον ίδιο βαθμό από τους μαθητές. Όπως φάνηκε και στο θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας, παρόμοιες έρευνες έχουν συνδέσει θετικά τις δραστηριότητες STEM με την επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες (Lachapelle et al., 2011· Wendell & Rogers, 2013· Acar et al., 2018).

Όσον αφορά το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα «αν υπάρχουν διαφορές στην επίδραση της παρέμβασης ανάμεσα στα αγόρια και στα κορίτσια» φάνηκε ότι δεν υπήρχαν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ φύλου. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με αποτελέσματα που εξήχθησαν από πρόσφατες έρευνες (Κορομπίλη, 2019). Ωστόσο, προέκυψε διαφορά στην ερώτηση που αφορούσε τον ορισμό της ενέργειας. Εκεί τα κορίτσια πέτυχαν σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από τα αγόρια και έδωσαν πιο ουσιαστικές και πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις. Στο σημείο αυτό θα χρειαστεί μάλλον ευρύτερη και σε βάθος έρευνα, σε συσχέτιση με το γεγονός ότι τα κορίτσια γενικά φαίνεται να παρουσιάζουν μειωμένο ενδιαφέρον για τις επιστήμες και την τεχνολογία (Sultan, Axel & Hallström, 2019) και το ενδιαφέρον αυτό, τόσο για τα αγόρια όσο και τα κορίτσια φαίνεται να παγιώνεται σε μεγάλο βαθμό στο τέλος του δημοτικού σχολείου (Maltese & Tai, 2010).

Η παρούσα εργασία έρχεται να συμβάλει στην συζήτηση αναφορικά με την επίδραση της μεθοδολογίας STEM στην επίδοση για το δημοτικό σχολείο στον ελληνικό χώρο καθώς δεν εντοπίζονται παρόμοιες έρευνες για αυτήν την ηλικία. Προηγούμενες έρευνες στον ελληνικό χώρο έχουν γίνει για μεγαλύτερες ηλικίες που αφορούν την δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση. Προτείνεται να ακολουθήσουν παρόμοιες έρευνες που θα ενσωματώσουν την μεθοδολογία STEM στα δημοτικά σχολεία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και θα επιβεβαιώσουν ή όχι τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Η εκπαίδευση με μεθοδολογία STEM αρχίζει σταδιακά και επεκτείνεται στον ελληνικό χώρο. Ωστόσο, είναι πολλές ακόμα οι ελλείψεις σχετικά με το πώς πρέπει να πραγματοποιείται, με το πώς πρέπει να διεξάγεται και με ποιον τρόπο η πραγματοποίηση αυτής της εκπαίδευσης μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην απόκτηση κρίσιμων δεξιοτήτων για τον 21<sup>ο</sup> αιώνα.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας πρέπει να ληφθούν υπόψη κάτω από συγκεκριμένους περιορισμούς. Πρώτον, επειδή το δείγμα μελέτης περιορίστηκε σε δύο σχολεία και σε 46 μαθητές, είναι σημαντικό στο μέλλον να γίνουν παρόμοιες έρευνες με μεγαλύτερο δείγμα με μαθητές από περισσότερα σχολεία, έτσι ώστε να είναι πιθανή η γενίκευση των αποτελεσμάτων και ενδεχομένως δυνατή η περαιτέρω διερεύνηση κάποιων πτυχών της παρούσας μελέτης. Δεύτερον, η διάρκεια της παρέμβασης στα σχολεία να είναι χρονικά μεγαλύτερη για την εξαγωγή ενδεχομένως πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων.

## Αναφορές

Acar, D., Tertemiz, N., & Taşdemir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training teachers. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(4), 505–513.

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to stem to enhance elementary school's student's scientific literacy. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2).
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. NJ: Prentice-Hall.
- Chiras, D. (2010). *Wind power basics: A green energy guide*. Canada: New Society Publishers.
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Huhes, G. (2013). The Effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215-226.
- Creswell, J. W. (2016). *Η Έρευνα στην Εκπαίδευση* (5<sup>η</sup> έκδ.). Αθήνα: Εκδόσεις Ιων.
- Cutucache, C. E., Luhr, J. L., Nelson, K. L., Grandgenett, N. F., & Tapprich, W. E. (2016). NE STEM 4U: An out-of-school time academic program to improve achievement of socioeconomically disadvantaged youth in STEM areas. *International Journal of STEM Education*, 3(6), 1-7.
- English, L. D. (2016). Stem education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1).
- Hanover Research (2012). *Best Practices in Elementary STEM Programs*. Washington: HR.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Lachapelle, C.P., Cunningham, C.M., Jocz, J., Kay, A.E., Phadnis, P., & Sulliovan, S (2011). *Engineering is Elementary: An evaluation of years 4 through 6 field testing*. Boston, MA: Museum of Science.
- Lamb, R., Akmal, T., & Petrie, K. (2015). Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 410-437.
- Maltese A., Tai, P. (2010). Eyeballs in the Fridge: Sources of early interest in science. *International Journal of Science Education*, 32(5), 669-685.
- McClain, M. L. (2015). *The effect of STEM education on mathematics achievement of fourth-grade underrepresented minority students*. Doctoral Dissertation. Capella University, Minneapolis.
- McKenna, R., Ostman, P., & Fichtner, W. (2016). Key challenges and prospects for large wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1212-1221.
- Michalopoulos, P., Mpania, S., Karatrantou, A., & Panagiotakopoulos, C. (2016). Introducing STEM to Primary Education Students with Arduino and S4A. *Paper presented at the "Hellenic Conference on Innovating STEM Education"*. Athens.
- Mohd Shahali, E. H., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211.
- National Science and Technology Council (2013). *A report from the committee on STEM education*. Washington, D.C: National Science and Technology Council.
- Saleh, A. H. (2016). A proposed unit in the light of STEM approach and its effect on developing attitudes toward (STEM) and problem-solving skills for primary students. *International Interdisciplinary Journal of Education*, 5(7), 186-217.
- Sultan, U., Axell, C., & Hallström, J. (2019). Girls' engagement with technology education: A scoping review of the literature. *Design and Technology Education. An International Journal*, 24(2), 20-41.
- Toma, R. B., Greca, I. M. (2018). The Effect of Integrative STEM Instruction on Elementary Students' Attitudes toward Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395.
- Ugras, M. (2018). The effect of STEM activities on STEM attitudes, scientific creavity and motivation beliefs of the students and their views on STEM education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182.
- Wade-Shepherd, A. A. (2016). *The effect of middle school STEM curriculum on science and math achievement scores* (Doctoral dissertation). Union University, Tennessee.
- Walker, J. F., & Jenkins, N. (2007). *Αιολική Ενέργεια και Ανεμογεννήτριες*. Αθήνα: Εκδόσεις Ιων.
- Wendell, K. B., Rogers, C. (2013). Engineering design based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513- 540.
- ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) & Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ) Δημοτικού-Γυμνασίου*. ΦΕΚ 304, τ. Β - 13/03/2003.
- Κορομπίλη, Α. (2019). Έλεγχος διαφοράς επίδοσης μεταξύ φύλων στη διδασκαλία εννοιών φυσικής και μηχανικής στην πρώτη σχολική ηλικία με χρήση του προϊόντος εκπαιδευτικής ρομποτικής UARO. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Αθήνα.
- Παναγιωτακόπουλος, Χ., & Σαρρή, Μ. (2017). *Η Εκπόνηση μιας Επιστημονικής Εργασίας με τη Χρήση των Τ.Π.Ε.* Αθήνα: Εκδόσεις Ιων.

Αναφορά στο άρθρο ως: Πολίτη, Ε., Κατρανάντου, Α., & Παναγιωτακόπουλος, Χ. (2021). Μελέτη της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας με μεθοδολογία STEM από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 14, 75-93.

<http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete>