

Project Based Learning & STEM: Μια διαθεματική συνεργασία σε έργο Ρομποτικής

Αριστείδης Παλιούρας
arispaliouras@gmail.com

Εκπαιδευτικός Πληροφορικής Δ/θμιας Εκπαίδευσης

Περίληψη. Το παρόν άρθρο πραγματεύεται διαθεματικά προβλήματα που προσεγγίζουν οι μαθητές μέσα από τη χρήση εννοιών που εμπίπτουν σε διαφορετικά γνωστικά πεδία. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου STEM PBL στην επαγγελματική εκπαίδευση. Με αφορμή τη συμμετοχή του σχολείου μας στον διαγωνισμό εκπαιδευτικής ρομποτικής του WRO-hellas με θέμα «Αειφόρος Ανάπτυξη & Επιχειρηματικότητα», εφαρμόσαμε τη μέθοδο STEM PBL για την επίλυση ενός πραγματικού προβλήματος και καταφέραμε τη συνεργασία των περισσότερων τομέων και ειδικοτήτων του σχολείου μας.

Λέξεις κλειδιά: STEM, PBL, STEM PBL, σχέδια εργασίας, διαθεματικότητα, ρομποτική

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη οι αρμόδιοι φορείς των χωρών που ασκούν εκπαιδευτική πολιτική αναφέρονται στο STEM. Ο όρος «STEM» [Science, Technology, Engineering and Mathematics] είναι το ακρωνύμιο το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως από άτομα σχετικά με την εκπαιδευτική πολιτική, για τα πεδία που αναφέρονται στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Επιστήμη των Μηχανικών και τα Μαθηματικά. Η μέθοδος STEM εστιάζει στην επίλυση αυθεντικών - πραγματικών προβλημάτων με την επιλογή θεωριών - εννοιών και εργαλείων από διάφορες επιστήμες ώστε να λυθεί ένα πρόβλημα ή να δημιουργηθεί μια κατασκευή που να συνδυάζει έννοιες και εργαλεία από τις τέσσερις επιστήμες του STEM. Με την μέθοδο STEM επιτυγχάνεται η ολιστική αντιμετώπιση των προβλημάτων και γεφυρώνεται το χάσμα ανάμεσα στην επιστήμη και τις εφαρμογές της.

Με τον όρο STEM Project-Based Learning (STEM PBL) αναφερόμαστε στην ολοκλήρωση (integration) του STEM με την μέθοδο Project Based Learning (PBL). Η μέθοδος STEM PBL είναι μαθητοκεντρική, διαθεματική, συνεργατική και βασίζεται στην τεχνολογία. Βασίζεται στο θεωρητικό υπόβαθρο του κονστρουκτιβισμού και του κονστραξιονισμού (constructionism). Οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν προβλήματα και να εμπλακούν στην επίλυση ασθενώς δομημένων προβλημάτων (ill-structured problems) δουλεύοντας σε ομάδες και εντός ενός πλαισίου με σαφώς καθορισμένα αποτελέσματα.

Λαμβάνοντας όλα αυτά υπόψη αποφασίστηκε η υλοποίηση ενός έργου Ρομποτικής με τη μέθοδο STEM PBL εμπλέκοντας τους περισσότερους τομείς του σχολείου μας.

Project Based Learning (PBL)

Σύμφωνα με τον οργανισμό «Buck Institute for Education» (<http://www.bie.org/>) με τη μέθοδο «Project Based Learning» (PBL) οι μαθητές εργάζονται σε ένα έργο για ένα μεγάλο

χρονικό διάστημα, από μια εβδομάδα έως ένα εξάμηνο, για την επίλυση ενός προβλήματος ή για την απάντηση σε μια πολύπλοκη ερώτηση. Επιδεικνύουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους κατασκευάζοντας ένα τεχνούργημα ή μια παρουσίαση για ένα πραγματικό κοινό. Οι μαθητές αναπτύσσουν βαθιά γνώση του περιεχομένου, κριτική σκέψη, δημιουργικές και επικοινωνιακές δεξιότητες στο πλαίσιο ενός αυθεντικού και ουσιαστικού έργου.

Προκειμένου να βοηθηθούν οι καθηγητές να εφαρμόσουν την μέθοδο PBL όσο γίνεται πιο αποτελεσματικά ο οργανισμός «Buck Institute for Education» δημιούργησε ένα πλήρες μοντέλο για την μέθοδο PBL (Larmer, 2015) το οποίο αποτελείται από τρία βασικά μέρη:

- Μαθησιακά αποτελέσματα
- Βασικά στοιχεία σχεδίασης του project
- Πρακτικές διδασκαλίας project-based προσέγγισης

Μαθησιακά αποτελέσματα

Οι μαθητές μαθαίνουν πως να εφαρμόζουν την γνώση στον πραγματικό κόσμο και να τη χρησιμοποιήσουν για να λύνουν προβλήματα, να απαντάνε σε πολύπλοκες ερωτήσεις και να δημιουργούν υψηλού επιπέδου προϊόντα. Πρέπει να είναι ικανοί να σκέφτονται κριτικά, να λύνουν προβλήματα, να συνεργάζονται αποτελεσματικά με άλλους και να διαχειρίζονται τους εαυτούς τους. Όλα τα projects πρέπει να εστιάζουν σε αυτές τις δεξιότητες.

Βασικά στοιχεία σχεδίασης του Project

Η καρδιά του project είναι ένα πρόβλημα για έρευνα και επίλυση ή μια ερώτηση για εξερεύνηση και απαντήσεις, που ενδιαφέρει τους μαθητές. Ένα ελκυστικό πρόβλημα ή μια ερώτηση κάνει τη μάθηση να έχει νόημα για τους μαθητές. Οι καθηγητές πρέπει να προσπαθούν να διατυπώσουν το πρόβλημα ή την ερώτηση με τη μορφή ενός ανοιχτού, φιλικού προς τους μαθητές "ζητήματος" που να εστιάζει στην εργασία που πρέπει να κάνουν. Για παράδειγμα, ένα ερώτημα θα μπορούσε να είναι: "Πως μπορούμε να βελτιώσουμε το σύστημα ανακύκλωσης του σχολείου μας ώστε να μειώσουμε τα απορρίμματα;".

Το δεύτερο στοιχείο σχεδίασης ενός project είναι η συνεχής έρευνα. Η διαδικασία της έρευνας απαιτεί χρόνο και δεν διαρκεί μόνο λίγες μέρες. Είναι επαναληπτική μέχρι να βρεθεί μια ικανοποιητική λύση ή απάντηση. Τα projects περιλαμβάνουν διάφορες πηγές πληροφορίας όπως βιβλία, αναζητήσεις σε web sites, συνεντεύξεις από ειδικούς, παρόχους υπηρεσιών και απλούς ανθρώπους. Οι μαθητές μπορεί να κάνουν και έρευνα για τις ανάγκες των χρηστών για ένα προϊόν που σκέφτονται να δημιουργήσουν.

Το τρίτο στοιχείο είναι η αυθεντικότητα. Το project πρέπει να είναι αυθεντικό. Δηλαδή, τα προβλήματα προς επίλυση να αφορούν την πραγματική ζωή. Μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση πραγματικών διαδικασιών, εργαλείων και προτύπων ποιότητας.

Το τέταρτο στοιχείο της σχεδίασης είναι οι απόψεις των μαθητών. Οι μαθητές έχουν τον έλεγχο πολλών φάσεων του project. Δημιουργούν δικές τους ερωτήσεις, βρίσκουν απαντήσεις και λύσεις στα προβλήματα μόνοι τους και πολλές φορές αποφασίζουν για το ρόλο που θα έχει ο καθένας μέσα στην ομάδα.

Το πέμπτο στοιχείο είναι ο αναστοχασμός (reflection). Κατά τη διάρκεια του project οι μαθητές, με τον καθηγητή, πρέπει να αναστοχάζονται στο τι μαθαίνουν, πως μαθαίνουν και γιατί μαθαίνουν. Ο αναστοχασμός πάνω στο ίδιο το project βοηθάει τους μαθητές να

αποφασίσουν πως θα προσεγγίσουν το επόμενο project και τον καθηγητή να βελτιώσει την PBL τεχνική του.

Το έκτο στοιχείο της σχεδίασης ενός project είναι η κριτική και οι αλλαγές. Για την παραγωγή υψηλής ποιότητας δουλειά από τους μαθητές απαιτείται εμπειριστατωμένη κριτική και αλλαγές. Οι μαθητές πρέπει να διδαχθούν πως να ασκούν και να δέχονται εποικοδομητική κριτική από τους συμμαθητές τους η οποία θα βελτιώσει τις διαδικασίες του project και τα τελικά προϊόντα. Επίσης, κριτική μπορεί να γίνει και από ενήλικες και ειδικούς, προσδίδοντας έτσι μια διαφορετική διάσταση στην κριτική, αυτή του πραγματικού κόσμου.

Το έβδομο στοιχείο της σχεδίασης ενός project είναι η δημιουργία ενός τελικού προϊόντος προς δημοσίευση. Το τελικό προϊόν μπορεί να είναι κάτι χειροπιαστό, μια παρουσίαση της λύσης ενός προβλήματος ή της απάντησης σε μια ερώτηση. Η δημιουργία του τελικού προϊόντος ενθαρρύνει την υψηλού επιπέδου δουλειά γιατί οι μαθητές το παίρνουν υπόψη τους πιο σοβαρά, λόγω της δημοσίευσης. Κανείς δεν θέλει να ρεζιλευτεί σε μια παρουσίαση μπροστά σε ένα ακροατήριο. Μέσω τη δημιουργίας του τελικού προϊόντος οι μαθητές κάνουν αυτό που έμαθαν κάτι χειροπιαστό. Με τη δημοσιοποίηση του προϊόντος προσδίδεται στη διαδικασία της μάθησης μια κοινωνική διάσταση, το οποίο βελτιώνει τη διαδικασία της μάθησης. Τέλος, με τη δημοσιοποίηση επιτυγχάνεται η επικοινωνία με τους γονείς των μαθητών και την τοπική κοινωνία. Με αυτό τον τρόπο το σχολείο ανοίγει τις πόρτες τους στην κοινωνία και μπορούν όλοι να δουν τα αποτελέσματα της διαδικασίας της μάθησης με την PBL μέθοδο.

Πρακτικές διδασκαλίας project-based προσέγγισης

Η μετάβαση από την δασκαλοκεντρική διδασκαλία στην PBL απαιτεί να δείξουμε περισσότερη εμπιστοσύνη στους μαθητές. Αυτό δεν σημαίνει ότι ο καθηγητής δεν διδάσκει στην τάξη. Οι παρακάτω πρακτικές (Larmer, 2015) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην διδασκαλία με την μέθοδο PBL:

- Σχεδιασμός και προγραμματισμός
- Συμμόρφωση με πρότυπα για τη δημιουργία προϊόντων
- Κατάλληλο κλίμα στην τάξη
- Διαχείριση δραστηριοτήτων
- Τεχνική της σκαλωσιάς (Scaffold Student Learning)
- Αξιολόγηση των μαθητών
- Εμπλοκή του καθηγητή και υποστήριξη των μαθητών

STEM Project Based Learning (STEM PBL)

Σύμφωνα με τον Caprao κ.α. (2013) η μέθοδος STEM μέσω PBL (Project Based Learning) είναι μια ασθενώς οριοθετημένη εργασία (ill-defined task - μια διαδικασία καλά σχεδιασμένη, που επιτρέπει την διερεύνηση από τους μαθητές, έχει πολλές λύσεις και εμπλέκει διαφορετικά περιβάλλοντα με σκοπό την επίτευξη των στόχων της εργασίας) της οποίας το αποτέλεσμα είναι γνωστό και καθορισμένο, μέσα από την παροχή πλούσιου υποστηρικτικού υλικού. Για την επίλυση ενός ασθενώς δομημένου προβλήματος (ill-structured problem) δεν υπάρχει μια σαφώς καθορισμένη διαδρομή που πρέπει να ακολουθηθεί. Τα ασθενώς δομημένα προβλήματα (ill-structured problems) τις περισσότερες φορές έχουν πολλές λύσεις και πολλές διαδρομές για κάθε λύση (Chia & Chin, 2005). Τα περισσότερα προβλήματα του

πραγματικού κόσμου είναι ασθενώς δομημένα και απαιτούν την ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου για την επίλυσή τους.

Στην εκπαιδευτική προσέγγιση STEM PBL οι μαθητές θα πρέπει λύσουν διάφορα προβλήματα τα οποία, αν τα δούμε στο σύνολό τους, επιδεικνύουν την ικανότητα των μαθητών να προσεγγίζουν διάφορες έννοιες που εμπίπτουν σε διάφορα θέματα STEM (να προσεγγίζουν διαθεματικά προβλήματα μέσα από τη χρήση εννοιών που εμπίπτουν σε διαφορετικά γνωστικά πεδία). Οι δραστηριότητες και οι προκλήσεις δεν επιδέχονται ως λύση την εφαρμογή μιας υπάρχουσας μεθοδολογίας ή αλγορίθμου. Είναι ανοιχτές σε πολλαπλές ερμηνείες δίνοντας την ελευθερία στους μαθητές να προσδιορίσουν οι ίδιοι τις βασικές και τις επιμέρους ενέργειες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση ενός έργου ή μέρος αυτού.

Η μέθοδος STEM PBL είναι μια διδακτική μέθοδος που βασίζεται στο θεωρητικό υπόβαθρο του κονστρουκτιβισμού και του κονστραξιονισμού (constructionism). Μια STEM PBL δραστηριότητα είναι από την φύση της διαθεματική και απαιτεί από τους μαθητές να εντοπίσουν και να ορίσουν ένα πρόβλημα στα πλαίσια ενός σχεδίου εργασίας (Carpago & Jones, 2013). Οι μαθητές συνεργάζονται σε όλες τις φάσεις και έχουν την ευκαιρία να κατασκευάσουν τη δική τους γνώση (Özel, 2013).

Η αποτελεσματική STEM PBL εκπαίδευση πρέπει να είναι διεπιστημονική και να περιλαμβάνει ποικίλους στόχους στο πλαίσιο hands-on δραστηριοτήτων για την παραγωγή ενός τεχνουργήματος (Carpago & Slough, 2013). Τα τεχνουργήματα πρέπει να έχουν πρακτική αξία για τους εκπαιδευόμενους και να είναι συναφή με τις καταστάσεις μάθησης των εκπαιδευόμενων και τις απαιτήσεις του αναλυτικού προγράμματος (Παπαδημητρίου, 2018).

Σύμφωνα με τον Carpago κ.α. (2013) ένα σενάριο διδασκαλίας στην STEM PBL εκπαίδευση πρέπει να περιλαμβάνει τις εξής ενότητες:

- Εισαγωγή στο θέμα (ill-defined task)
- Ο καθηγητής κάνει μια εισαγωγή στο θέμα (ill-defined) μέσω μιας ιστορίας που να το συνδέει με την πραγματική ζωή. Οι στόχοι της εισαγωγής είναι οι εξής: (1) να φανεύει η σχέση του θέματος με την πραγματική ζωή, (2) να τραβήξουν την προσοχή των μαθητών, (3) να δώσουν κίνητρα στους μαθητές για να ασχοληθούν με το project και έτσι να νιώσουν ότι είναι δικό τους, (4) να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι πρέπει να δουλέψουν σε ομάδες για την επιτυχημένη ολοκλήρωση του έργου, (5) να ορίσουν τα εργαλεία και τους περιορισμούς για την ολοκλήρωση του έργου, (6) να συζητήσουν οι μαθητές για το τελικό προϊόν που θα δημιουργήσουν, (7) να γίνει κατανοητό ότι το έργο δεν είναι εύκολο, (8) να γίνει ξεκάθαρο στους μαθητές ότι υπόκεινται σε ανακεφαλαιωτική και διαμορφωτική αξιολόγηση.
- Σκοπός και στόχοι (Objectives)
- Συνδέσεις (Connections) με άλλα γνωστικά πεδία
- Σαφώς καθορισμένα αποτελέσματα (Well-Defined Outcome)
- Υλικά (Materials)
- Οι μαθητές θα αποφασίσουν για τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν για την ολοκλήρωση του έργου.
- Έναυσμα (Engagement)
- Έρευνα (Exploration)
- Οι μαθητές χρησιμοποιούν τις βασικές αρχές της διαδικασίας σχεδιασμού (design process) για τα έργα τους (Morgan, Moon & Barroso, 2013).
- Εξήγηση (Explanation)

- Όταν οι μαθητές ξεκαθαρίσουν με τι θέμα θα ασχοληθούν, ξεκινούν να χρησιμοποιούν τις γνώσεις που έχουν και είναι σχετικές με το θέμα. Ο καθηγητής μπορεί να επέμβει και να βοηθήσει τους μαθητές να εμβαθύνουν στο θέμα. Αν αντιληφθεί ότι οι περισσότεροι μαθητές δεν έχουν τις απαραίτητες γνώσεις για να προχωρήσουν πρέπει να σταματήσει το έργο και να διδάξει ξανά τις έννοιες που απαιτούνται για τη συνέχιση του έργου.
- Επεκτάσεις (Extension)
- Περιλαμβάνει επιπλέον δραστηριότητες για τους μαθητές που θα τελειώσουν νωρίτερα από τους υπόλοιπους και για τους μαθητές που είναι ικανοί να κάνουν επιπλέον πράγματα.
- Αξιολόγηση (Evaluation/Assessment)
- Περιλαμβάνει την ανακεφαλαιωτική και την διαμορφωτική αξιολόγηση.

Ρομποτικό σύστημα «Πράσινη πόλη»

Το έργο «Πράσινη πόλη» (Εικόνα 1) είναι ένα ρομποτικό σύστημα το οποίο προσομοιώνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα υδροηλεκτρικό σύστημα και από ένα αιολικό πάρκο και στη συνέχεια διαχειρίζεται το δίκτυο μεταφοράς της ενέργειας μιας πόλης η οποία τροφοδοτείται εξ' ολοκλήρου με ενέργεια από τις παραπάνω ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (υδροηλεκτρική και αιολική).



Εικόνα 1: Ρομποτικό σύστημα «Πράσινη Πόλη»

Το καινοτόμο στο συγκεκριμένο έργο είναι η αποθήκευση της ενέργειας που περισσεύει και η αξιοποίησή της όταν η ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της πόλης.

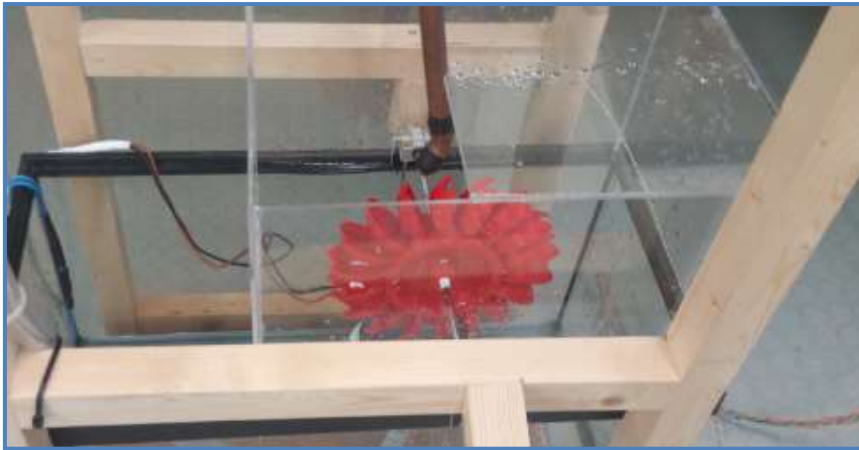
Ο μικροελεγκτής Arduino

Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής Arduino ο οποίος έχει χαμηλό κόστος και επιτρέπει στον καθένα να αναπτύξει εύκολα και γρήγορα εφαρμογές με

αυτοματισμούς. Το Arduino είναι μια πλακέτα (το κύκλωμα της οποίας διατίθεται με άδεια χρήσης Creative Commons) που διαθέτει εισόδους και εξόδους, μέσω των οποίων το Arduino αλληλεπιδρά με τον φυσικό κόσμο. Με το Arduino συνήθως δημιουργούνται εφαρμογές οι οποίες δέχονται ερεθίσματα από το περιβάλλον μέσω των αισθητήρων και αντιδρούν ανάλογα με το πώς έχουν προγραμματιστεί. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του Arduino είναι η τεράστια κοινότητα που το υποστηρίζει.

Ηλεκτρομηχανικά μέρη

Για την προσομοίωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ένα υδροηλεκτρικό σύστημα χρησιμοποιήσαμε ένα δοχείο χωρητικότητας 10 λίτρων ως ταμιευτήρα νερού στην άκρη του οποίου τοποθετήθηκε ένας χαλκοσωλήνας για τη διοχέτευση του νερού σε ένα στρόβιλο Pelton (Εικόνα 2). Ο οριζόντιος άξονας που περιστρέφεται μαζί με τον στρόβιλο Pelton περιστρέφει τον άξονα μιας γεννήτριας στις άκρες του οποίου έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

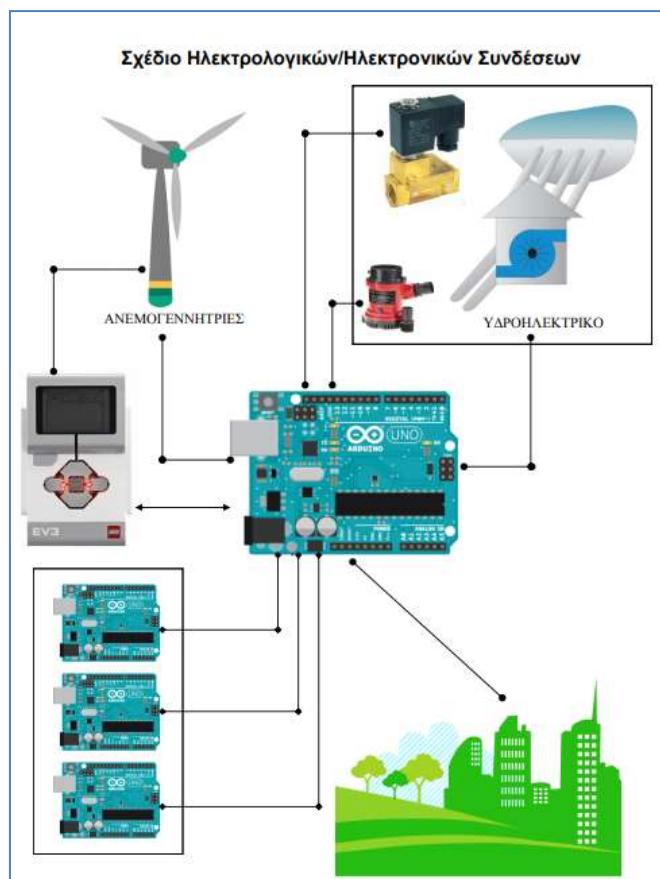


Εικόνα 2: Στρόβιλος Pelton εκτυπωμένος σε 3D εκτυπωτή

Για την προσομοίωση του αιολικού πάρκου κατασκευάσαμε μια απλή ανεμογεννήτρια. Για τον πυλώνα της ανεμογεννήτριας χρησιμοποιήσαμε σωλήνες αποχέτευσης και για την άτρακτο χρησιμοποιήθηκε ένα T (ταυ) αποχέτευσης μέσα στο οποίο τοποθετήθηκε μια γεννήτρια στον άξονα της οποίας εφαρμόστηκε ο έλικας που θα περιστρέφεται. Κάθε φορά που περιστρέφεται ο έλικας (με τη βοήθεια του αέρα) στους ακροδέκτες της γεννήτριας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Όταν κατά την παραγωγή ενέργειας αυτή δεν καταναλώνεται, τότε αυτή αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας του νερού. Δηλαδή ενεργοποιείται αντλία η οποία -εφόσον υπάρχει νερό σε έναν ταμιευτήρα που βρίσκεται σε ύψος h_1 - ανεβάζει το νερό στον ταμιευτήρα του υδροηλεκτρικού συστήματος που βρίσκεται σε ύψος $h_2 > h_1$.

Η προσομοίωση του συστήματος διαχείρισης μεταφοράς ενέργειας γίνεται από τον μικροελεγκτή Arduino. Στον μικροελεγκτή Arduino συνδέονται όλοι οι αισθητήρες του συστήματος και οι έξοδοι του υδροηλεκτρικού συστήματος και της ανεμογεννήτριας (Εικόνα 3). Για την οπτικοποίηση της ροής ενέργειας κατασκευάσαμε έναν πίνακα ελέγχου ο οποίος χρησιμοποιεί τρεις μικροελεγκτές Arduino (για την ενεργοποίηση σειράς LED που δείχνουν τη ροή της ενέργειας).



Εικόνα 3: Σχέδιο συνδέσεων

Λογισμικό ελέγχου

Η ανάπτυξη του λογισμικού πραγματοποιήθηκε από την ομάδα του Τομέα Πληροφορικής στο προγραμματιστικό περιβάλλον (IDE) του Arduino το οποίο έχει αναπτυχθεί με την γλώσσα προγραμματισμού Java και βασίζεται στην Processing (<http://processing.org/>), το οποίο είναι απλό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα από αρχάριους χρήστες. Το IDE περιέχει το συντάκτη, ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου όπου γράφονται οι εντολές, μια γραμμή εργαλείων, μια κονσόλα κειμένου, τον μεταγλωττιστή και τις βιβλιοθήκες.

Συμμετοχή σε διαγωνισμούς και εκδηλώσεις

Το σχολείο μας συμμετείχε με το έργο «Πράσινη Πόλη» (Εικόνα 4) στον διαγωνισμό εκπαιδευτικής ρομποτικής του WRO-hellas (<http://wrohellas.gr/>) με θέμα «Αειφόρος Ανάπτυξη & Επιχειρηματικότητα» τη σχολική χρονιά 2017-2018 και κατέλαβε την 4η θέση.

Επίσης, συμμετείχε στο Spoudase Festival 2018 (<http://www.spoudasefest.gr/>) στην Τεχνόπολη του Δήμου Αθηναίων και στην ετήσια έκθεση έργων μαθητών του 3ου Ε.Κ. Ανατολικής Αττικής (Ραφήνας).

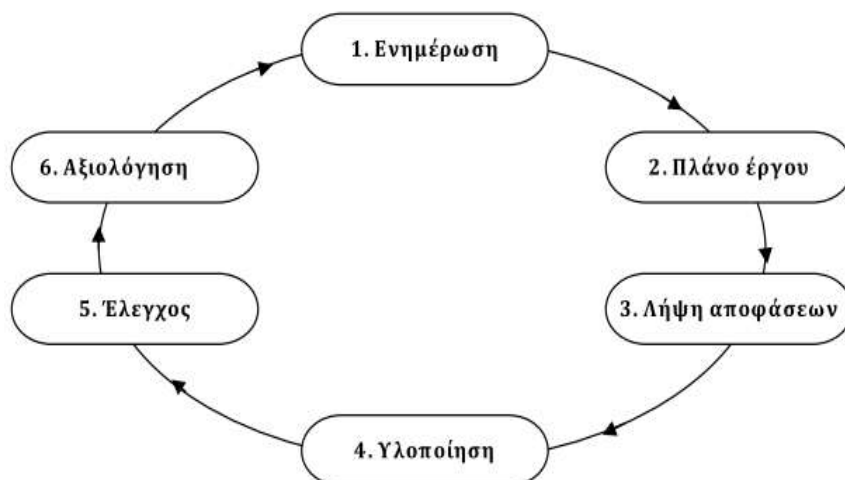


Εικόνα 4: Συμμετοχή σε διαγωνισμό ρομποτικής

Περιγραφή της εφαρμογής της μεθόδου STEM PBL

Για την υλοποίηση του έργου «Πράσινη πόλη» ακολουθήθηκε το μοντέλο των έξι φάσεων (Παπαδημητρίου, 2018) που αναπαριστάνεται στην εικόνα 5, οι οποίες φάσεις επαναλαμβάνονται κυκλικά, ως εξής:

- Ενημέρωση (Informing)
- Πλάνο έργου (Planning)
- Λήψη απόφασης (Deciding)
- Υλοποίηση (Implementing)
- Έλεγχος (Controlling)
- Αξιολόγηση (Evaluating)



Εικόνα 5: Οι φάσεις του project στην Επαγγελματική Εκπαίδευση

Κατά τη διάρκεια της 1ης συνάντησης (φάση ενημέρωσης) πραγματοποιήθηκε η γνωριμία με τους μαθητές οι οποίοι προήρχοντο από πολλούς τομείς (Πληροφορικής, Δομικών Έργων, Ηλεκτρολογίας, Μηχανολογίας). Επίσης, οι μαθητές ενημερώθηκαν για το θέμα του διαγωνισμού εκπαιδευτικής ρομποτικής του WRO-hellas (<http://wrohellas.gr/>) με θέμα «Αειφόρος Ανάπτυξη & Επιχειρηματικότητα». Τέλος, ενημερώθηκαν για τον τρόπο εργασίας και για τις υποχρεώσεις τους (συλλογή και ανάλυση πληροφοριών για τη δημιουργία ρομποτικής κατασκευής) μέχρι την επόμενη συνάντηση. Στη φάση της ενημέρωσης πραγματοποιήθηκαν αρκετές συναντήσεις και λήφθηκε απόφαση για την κατασκευή του έργου «Πράσινη πόλη». Στο έργο "Πράσινη Πόλη" παρουσιάζεται σε μακέτα η διαχείριση της πράσινης ενέργειας που παράγεται από ανεμογεννήτριες, ηλιακά πάνελ και άλλες μορφές φιλικές προς το περιβάλλον. Το καινοτόμο στο συγκεκριμένο έργο είναι η αποθήκευση της ενέργειας που περισσεύει και η αξιοποίησή της όταν η ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της πόλης. Στην πρώτη φάση του έργου δημιουργήθηκαν και οι ομάδες των μαθητών. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν τέσσερις ομάδες, μία ομάδα για κάθε τομέα.

Στην επόμενη φάση, στη φάση πλάνου έργου, προσδιορίστηκαν οι στόχοι της κάθε ομάδας. Η ομάδα του τομέα Πληροφορικής ανέλαβε τον προγραμματισμό των μικροελεγκτών Arduino που χρησιμοποιήθηκαν. Η ομάδα του τομέα Ηλεκτρολογίας ανέλαβε την υλοποίηση όλων των ηλεκτρολογικών συνδέσεων και των αυτοματισμών. Η ομάδα του τομέα Μηχανολογίας ανέλαβε την δημιουργία της κεντρικής κατασκευής (υδροηλεκτρικό εργοστάσιο), τον σχεδιασμό των απαραίτητων εξαρτημάτων (στρόβιλος Pelton) και την εκτύπωσή τους σε 3D εκτυπωτή. Η ομάδα του τομέα Δομικών Έργων ανέλαβε τη δημιουργία μακέτας υπό κλίμακα η οποία αναπαριστά μια πόλη η οποία τροφοδοτείται εξ' ολοκλήρου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στη φάση της λήψης αποφάσεων έλαβαν χώρα εκτενείς συζητήσεις με όλες τις ομάδες και τους υπεύθυνους καθηγητές για τις στρατηγικές επίλυσης των προβλημάτων που θα ακολουθήσει η κάθε μία ομάδα.

Στη φάση υλοποίησης εκτελέστηκαν οι εργασίες σύμφωνα με το συμφωνημένο πλάνο εργασίας. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης έγιναν πολλές φορές τροποποιήσεις και στη φάση πλάνου του έργου και στη φάση υλοποίησης. Μεγάλο μέρος των εργασιών γίνονταν παράλληλα από όλες τις ομάδες και ανά τακτά χρονικά διαστήματα συνεδρίαζε η ολομέλεια (όλες οι ομάδες μαζί με τους υπεύθυνους καθηγητές) για να εξετάσει συνολικά την πρόοδο του έργου.

Στη φάση ελέγχου έλαβαν χώρα πολλές συζητήσεις. Συγκεκριμένα, κάθε φορά που μια ομάδα ολοκλήρωνε ένα σημαντικό μέρος του έργου που είχε συμφωνηθεί, όλα τα μέλη της ομάδας με τον υπεύθυνο καθηγητή αξιολογούσε την ποιότητα της εργασίας. Ο εκπαιδευτικός είχε το ρόλο του συμβούλου και συμμετείχε άμεσα όταν οι μαθητές δε μπορούσαν να συμφωνήσουν στην αξιολόγηση της εργασίας τους.

Στη φάση της αξιολόγησης συμμετείχαν όλες οι ομάδες με τους υπεύθυνους καθηγητές και έγινε μια συνολική παρουσίαση του έργου. Έλαβε χώρα μια εκτενής συζήτηση για το τελικό αποτέλεσμα και αποφασίστηκαν να γίνουν μερικές αλλαγές που είχαν σχέση με την μεταφορά του έργου. Λόγω του μεγέθους της κατασκευής (υδροηλεκτρικό εργοστάσιο) δεν μπορούσε να μεταφερθεί το έργο στον χώρο του διαγωνισμού. Για τον λόγο αυτό η ομάδα του τομέα Μηχανολογίας έκανε αλλαγές στην βασική κατασκευή για την εύκολη μεταφορά του έργου.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Ο σκοπός της μεθόδου STEM PBL στην επαγγελματική εκπαίδευση πρέπει να είναι η ανάπτυξη τεχνημάτων και υπηρεσιών. Με τη μέθοδο STEM PBL επιτυγχάνεται ο συνδυασμός διαφορετικών περιοχών γνωστικών αντικειμένων και μαθημάτων. Οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες έρευνας για την επίλυση πραγματικών, αυθεντικών προβλημάτων και δουλεύουν συλλογικά για την επίτευξη κοινών στόχων. Έχουν ενεργό ρόλο, βρίσκονται στο κέντρο της μαθησιακής διαδικασίας και εφαρμόζουν στην πράξη αυτά που μαθαίνουν.

Αξιοποιώντας τη μέθοδο STEM PBL στη διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων το μάθημα γίνεται πιο ελκυστικό, οι μαθητές εμπλέκονται με την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων, γίνονται πιο δημιουργικοί, μαθαίνουν να επιλύουν προβλήματα και κατανοούν την αξία αυτών που διδάσκονται στη θεωρία.

Αναφορές

- Capraro M.M., & Jones M. (2013) Interdisciplinary Stem Project-Based Learning. In: Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds) STEM Project-Based Learning. SensePublishers, Rotterdam
- Capraro R.M., & Slough S.W. (2013) Why PBL? Why STEM? Why now? an Introduction to STEM Project-Based Learning. In: Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds) STEM Project-Based Learning. SensePublishers, Rotterdam
- Capraro, R.M., Capraro, M.M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). STEM Project_Based Learning: A Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach (2nd Edition). Rotterdam: Sense, 2013
- Chia, L., & Chin, C. (2005). Problem-Based Learning: Using ill-structured problems in biology project work. Wiley Periodicals, Inc: Journal Science Education, (90), hlm. 44 – 67
- Larmer, J. (2015). *Gold Standard PBL: Essential Project Design Elements*. Retrieved May 1, 2018, from <https://www.pblworks.org/blog/gold-standard-pbl-essential-project-design-elements>
- Morgan J.R., Moon A.M., & Barroso L.R. (2013) Engineering Better Projects. In: Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds) STEM Project-Based Learning. Sense Publishers, Rotterdam
- Özel S. (2013). W3 of Project-Based Learning. In: Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds) STEM Project-Based Learning. Sense Publishers, Rotterdam
- Παπαδημητρίου, Α. (2018). Η μέθοδος project στην επαγγελματική εκπαίδευση. Ανακτήθηκε στις 1 Ιουνίου 2018, από http://users.sch.gr/apapadim/autosch/schcan/material/vocational_project.pdf