

Η ενσωμάτωση των προγραμμάτων σπουδών των αντικειμένων STEM στον σχεδιασμό ενός σεναρίου STEM

I. Σδράλλης¹, E. Κολέζα¹

1 Εργαστήριο Έρευνας για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών, ΠΤΔΕ, Παν. Πατρών

Abstract Η εκπαίδευση σε περιβάλλον STEM αξιοποιεί τα θετικά στοιχεία των διδασκαλιών ενσωμάτωσης αλλά εμφανίζει και δυσκολίες κυρίως στον σχεδιασμό και την εφαρμογή. Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, η έλλειψη κουλτούρας των εκπαιδευτικών σε διδασκαλίες ενσωμάτωσης, οι περιορισμοί που προκύπτουν από το Αναλυτικό Πρόγραμμα (Α.Π.) των γνωστικών περιοχών που περιλαμβάνονται στον όρο STEM ιδίως των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών και τέλος το προκαθορισμένο Ωρολόγιο Πρόγραμμα (Ω.Π.) περιορίζουν σημαντικά τις δυνατότητες εφαρμογής. Αναδύεται έτσι ένα κεντρικό ερώτημα για τον βαθμό στον οποίο η εκπαίδευση STEM μπορεί να ενσωματωθεί λειτουργικά στο υπάρχον εκπαιδευτικό σύστημα ή αποτελεί μια δράση συμπληρωματική. Στην κατεύθυνση της λειτουργικής ενσωμάτωσης σχεδιάσαμε και υλοποιούμε ένα σενάριο STEM με στόχο να καταγράψουμε τις καλές πρακτικές και τις δυσκολίες εφαρμογής του καθώς και να διαμορφώσουμε ένα μεθοδολογικό μοντέλο που θα διασφαλίζει τη θεωρητική δομή και αρτιότητα ενός σεναρίου STEM.

Λέξεις κλειδιά: διδασκαλία STEM ενσωμάτωσης, κριτήρια καλών STEM πρακτικών, βιοντίτζελ, ανάλυση κύκλου ζωής (AKZ), έμμεση αλλαγή χρήσης γης (iLUC –indirect Land Use Change)

1. Εισαγωγή

Οι τομείς όλου του φάσματος της ανθρώπινης δραστηριότητας γίνονται όλο και πιο αλληλένδετοι και αλληλοεξαρτώμενοι. Επικοινωνιακά δίκτυα ανταλλαγής πληροφοριών σε όλο τον κόσμο δημιουργούν νέες μορφές συνεργασίας και μετασχηματίζουν τη φύση της εργασίας και της γνώσης. Νέοι τομείς έρευνας αναπτύσσονται για να προωθήσουν την ανθρώπινη γνώση ώστε να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις αυτού του μεταβαλλόμενου κόσμου με διορατικότητα και καινοτομία. Αυτοί περιλαμβάνουν περιοχές που προκύπτουν από τον συνδυασμό περισσότερων κλάδων όπως οι φυσικές επιστήμες, η τεχνολογία, η μηχανική, οι τέχνες κ.α. Ως εκ τούτου, η νέα αυτή πραγματικότητα επηρεάζει και την εκπαίδευση. Οι σημερινοί μαθητές θα κληθούν να αντιμετωπίσουν έναν πρωτοφανές φάσμα κοινωνικών, επιστημονικών, οικονομικών, πολιτιστικών, περιβαλλοντικών, πολιτικών και τεχνολογικών προβλημάτων. Προκειμένου να ανταποκριθούν σε αυτά αποτελεσματικά θα πρέπει να έχουν διεπιστημονικές δεξιότητες που σχετίζονται με τη διεξαγωγή έρευνας, τη διαχείριση πληροφοριών, τη συνεργασία, την κριτική και δημιουργική σκέψη και την εφαρμογή τεχνολογιών. Οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν νέες μεθόδους και μορφές ανάλυσης, ερμηνείας, σύνθεσης και αξιολόγησης που θα τους επιτρέψουν να αποκτήσουν δεξιότητες εφαρμογής των σύγχρονων συστημάτων σκέψης και σχεδιασμού, να διεξάγουν επιστημονική διερεύνηση, να προσομοιώνουν ιδέες κατασκευάζοντας και χρησιμοποιώντας μοντέλα και πρότυπα, να παράγουν νέα προϊόντα και να εφαρμόζουν λύσεις, υπερβαίνοντας τις δεξιότητες και τις γνώσεις των καθιερωμένων κλάδων [13]. Στην απόκτηση αυτών των δεξιοτήτων συνολικά αποσκοπεί η εκπαίδευση σε περιβάλλον STEM ως μια διδασκαλία ενσωμάτωσης διεπιστημονικού τύπου.

Η εκπαίδευση σε περιβάλλον STEM είναι μια διδακτική προσέγγιση, που ενσωματώνει το περιεχόμενο και τις δεξιότητες των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Τα κριτήρια των καλών πρακτικών που καθορίζουν συγκεκριμένες συμπεριφορές σε συνδυασμό με το περιεχόμενο των αντικειμένων STEM αποτελούν τα προσδοκώμενα ενός ικανού STEM μαθητή. Σε αδρές γραμμές

αυτά τα κριτήρια είναι: α) η σε βάθος μάθηση και ικανότητα εφαρμογής του περιεχομένου των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, των μαθηματικών, και της μηχανικής β) η συνδυαστική χρήση του περιεχομένου των STEM αντικειμένων με σκοπό ο μαθητής να είναι ικανός να απαντά σε σύνθετες ερωτήσεις και να επιλύει πολύπλοκα προβλήματα γ) η δυνατότητα ερμηνείας και διαχείρισης πληροφοριών σχετικών με τις φυσικές επιστήμες, την τεχνολογία, τη μηχανική και των μαθηματικών δ) η ικανότητα στη διεξαγωγή έρευνας ε) η ανάπτυξη ορθών συλλογισμών στ) η συνεργασία μεταξύ ομάδων στο πλαίσιο των STEM και ζ) η με στρατηγικό τρόπο εφαρμογή της τεχνολογίας [7].

Οι συνιστώσες «επιστήμη» και «μαθηματικά» είναι σε μεγάλο βαθμό γνωστές ως προς το περιεχόμενο και τους μαθησιακούς τους στόχους. Λιγότερο γνωστές είναι οι συνιστώσες της «τεχνολογίας» και «μηχανικής». Η τεχνολογία αποσκοπεί στη δημιουργία αντικειμένων-προϊόντων και την επίλυση προβλημάτων ενώ η επιστήμη αποσκοπεί στην περιγραφή και την ερμηνεία των φαινομένων του κόσμου [10]. Αν και πρόκειται για δύο διαφορετικά επιστημονικά πεδία με διαφορετικές μεθόδους και διαφορετικά αποτελέσματα, αναπτύσσεται μεταξύ τους μια δυαδική σχέση σε δύο επίπεδα. Σε πρώτο επίπεδο η τεχνολογία εκπορεύεται από την επιστήμη.

Μεταξύ των μαθητών - και όχι μόνο - υπάρχει η στερεοτυπική αντίληψη ότι η επιστήμη προηγείται της τεχνολογίας, γεγονός που σε πολλές περιπτώσεις επιβεβαιώνεται. Η επιστήμη, πράγματι, δίνει κίνητρο και οδηγεί την τεχνολογική εξέλιξη. Οι ημιαγωγοί, η μικροηλεκτρονική, το λέιζερ, η νανοτεχνολογία προήλθαν από επιστημονικές ανακαλύψεις. Υπάρχουν, όμως, πολλές περιπτώσεις που συμβαίνει το αντίθετο. Οι άνθρωποι γνώριζαν την επεξεργασία του χαλκού ήδη από τις τελευταίες χιλιετίες των προχριστιανικών χρόνων πολύ πριν τον ορισμό των εννοιών της οξειδωσης και της αναγωγής και η Αγγλία έγινε βιομηχανική δύναμη τον 18^ο αιώνα αμέσως μετά την εφεύρεση των ατμομηχανών και πολύ πριν την κατανόηση του θεωρητικού πλαισίου για την παραγωγή έργου μέσω των θερμικών μηχανών [1].

Σε ένα δεύτερο επίπεδο - αυτό της εκπαίδευσης - η τεχνολογία και οι εφαρμογές της δίνουν κίνητρο στους μαθητές για την ανακάλυψη των επιστημονικών εννοιών, των οποίων τη χρησιμότητα και την αξία δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν καθώς μοιάζουν αφηρημένες και αποσπασματικές σε σχέση με τον πραγματικό κόσμο. Το κίνητρο αυτό επεκτείνεται πέρα από την τεχνολογία και περιλαμβάνει όλο το κοινωνικό - πολιτιστικό πλαίσιο από το οποίο η μάθηση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό καθώς στο πλαίσιο αυτό η γνώση συμπεριλαμβάνει τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στις οποίες εντάσσεται [8]. Η δημιουργία τέτοιου είδους κινήτρων αποτελεί το ισχυρότερο επιχείρημα των υποστηρικτών των μοντέλων της ενσωμάτωσης των STEM, οι οποίοι θεωρούν την επιστήμη και την τεχνολογία κατάλληλο όχημα για τη διδασκαλία επίλυσης προβλημάτων με έμφαση κυρίως στις μεθόδους και τις πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες και οι μηχανικοί στα αντίστοιχα STEM επαγγέλματα.

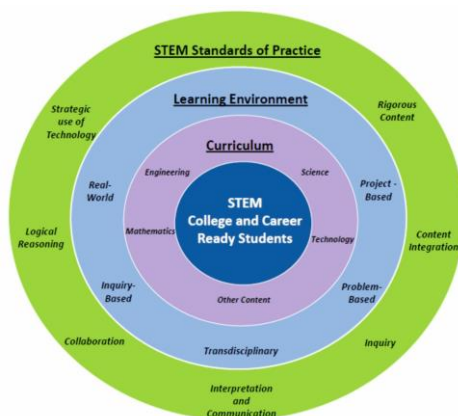
Ωστόσο, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση τα αναλυτικά προγράμματα των περισσότερων χωρών είναι πλήρως διακριτά χωρίς να απεικονίζουν τις δομικές σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των αντικειμένων και χωρίς να αφήνουν χώρο για διδασκαλίες ενσωμάτωσης. Καθώς η εκπαίδευση STEM δεν προορίζεται να αποτελέσει έναν νέο αυτόνομο θεματικό τομέα με εξειδικευμένους εκπαιδευτικούς, η εφαρμογή της καλείται να εκπληρωθεί από τα υπάρχοντα αναλυτικά προγράμματα και από τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν αντικείμενα που περιλαμβάνονται στο ακρωνύμιο STEM [11]. Ως εκ τούτου, θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί των αντικειμένων STEM να διαθέτουν τα κατάλληλα εργαλεία για να προετοιμάσουν και να εφαρμόσουν

διδασκαλίες ενσωμάτωσης υπερβαίνοντας δυσκολίες και περιορισμούς που οφείλονται στη δομή και τον τρόπο λειτουργίας των σχολικών μονάδων.

Οι συγγραφείς του πλαισίου Next Generation Science Standards (NGSS) ισχυρίζονται ότι πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια ώστε να ενισχυθεί η επιστημονική κατάρτιση των εκπαιδευτικών όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης και όχι να αντικατασταθούν τα ισχύοντα προγράμματα σπουδών. Τονίζουν, επίσης, την αξία της επιδέξιας «ύφανσης» των κοινών πρακτικών της επιστήμης, της μηχανικής, της τεχνολογίας και των μαθηματικών γύρω από τον πυρήνα σημαντικών επιστημονικών ιδεών. Οι ίδιοι υποστηρίζουν ότι το έργο αυτό αποτελεί την κυρίως πρόκληση καθώς είναι αδύνατον να επιτευχθεί συντονισμός μεταξύ των προγραμμάτων σπουδών [2].

2. Η διδασκαλία των ΦΕ στα σενάρια STEM

Η παρούσα εργασία ασχολείται με τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί αυτός ο συντονισμός δηλ. η ευθυγράμμιση ενός σεναρίου STEM με τους σκοπούς και τους στόχους των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών εκπληρώνοντας την υποχρέωση της επίτευξης των στόχων και των σκοπών των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών στις φυσικές επιστήμες παράλληλα με την εφαρμογή δραστηριοτήτων τύπου STEM (εικόνα 1). Στον πυρήνα αυτής της διαδικασίας βρίσκεται η επιδίωξη δημιουργίας μαθητών που να διαθέτουν STEM δεξιότητες ώστε να ακολουθήσουν STEM σπουδές και επαγγέλματα (STEM college and career ready students). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ενσωμάτωση των προγραμμάτων σπουδών των μαθηματικών, της επιστήμης, της τεχνολογίας, και της μηχανικής. Με τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές πρέπει να συναντήσουν τους σκοπούς και τους στόχους που ορίζουν τα προγράμματα σπουδών που στην περίπτωση μας είναι εθνικά και ίδια για όλα τα σχολεία (Curriculum). Η επίτευξη τους εκπληρώνεται σε ένα διδακτικό περιβάλλον ομαδο-συνεργατικού τύπου που δίνει έμφαση στις πρακτικές και στις μεθόδους μέσω των οποίων οι μαθητές κατασκευάζουν/ανακαλύπτουν τη γνώση ερχόμενοι αντιμέτωποι με προβλήματα του πραγματικού κόσμου, κατασκευάζοντας επεξηγηματικά σχήματα, μοντέλα, πρότυπα καθώς και προϊόντα τα οποία αξιολογούν και επανασχεδιάζουν ικανοποιώντας τα κριτήρια των καλών πρακτικών STEM (Learning Environment και STEM standards of Practice).



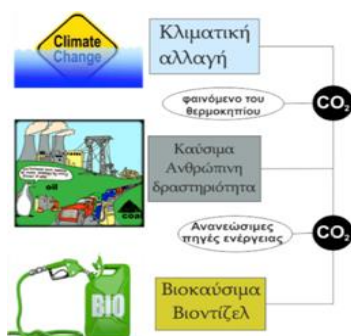
Εικόνα 1 Ικανοποιώντας τα κριτήρια των καλών STEM πρακτικών

Από τη μελέτη της βιβλιογραφίας γίνεται φανερό ότι δεν υπάρχει ένα σαφές και προκαθορισμένο μεθοδολογικό πρότυπο ούτε για τη θεματολογία ούτε τον σχεδιασμό και την υλοποίηση σεναρίων STEM. Μια ανασκόπηση των ορισμών του όρου STEM καταδεικνύει ότι η κεντρική ιδέα συνοψίζεται στις κοινές συνδέσεις μεταξύ των STEM αντικειμένων, στη δημιουργία κινήτρων για STEM καριέρα, στη διεπιστημονικότητα και κυρίως στην έκθεση των μαθητών σε αυθεντικές εμπειρίες με την αυστηρή εφαρμογή του περιεχόμενου για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων [3]. Η

επίλυση αυθεντικών προβλημάτων καθημερινής ζωής (real – world problems) που είναι open – end και ελλιπώς δομημένα (ill-structured), σε διδακτικό περιβάλλον τύπου Problem-Based Learning δημιουργεί ένα κατάλληλο πεδίο απόκτησης STEM δεξιοτήτων. Η διεπιστημονικότητα των σεναρίων STEM βελτιώνει κατά πολλούς τις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών. Ωστόσο, για τη διερεύνηση των επιπτώσεων και των επιδράσεων τέτοιου τύπου διδασκαλιών στις μαθησιακές επιδόσεις, η έρευνα βρίσκεται σε αρχικό στάδιο και απαιτούνται περισσότερες έρευνες [14]. Οι διδασκαλίες ενσωμάτωσης σε διδακτικό περιβάλλον τύπου Problem – Based Learning παρέχουν στους μαθητές εκτός των άλλων τη δυνατότητα προβληματισμού σχετικά με τις γνώσεις που απέκτησαν και τη δυνατότητα κατανόησης του τρόπου με τον οποίο η μάθηση χρησιμεύει στην επίλυση προβλημάτων [5]. Η καταγραφή αυτού του προβληματισμού καθώς και της επιχειρηματολογίας των μαθητών κατά τη διαδικασία εξεύρεσης λύσεων ευνοούνται σε αυτό το διδακτικό περιβάλλον, παρέχοντας τη δυνατότητα της διερεύνησης και της αξιολόγησης της επίδρασης της διδασκαλίας.

2.1 Η επιλογή του θέματος

Ξεκινώντας από τη βασική ιδέα της κλιματικής αλλαγής και της εύρεσης λύσεων για την ανάσχεσή της, διατρέξαμε οριζόντια τα προγράμματα σπουδών (οριζόντια δηλ. της β' τάξης των ημερησίων γενικών λυκείων) της χημείας και της βιολογίας και μέσα από τους στόχους και τους σκοπούς που αυτά έθεταν, αναζητήσαμε ένα αυθεντικό πρόβλημα καθημερινής ζωής (real-world problem) για να σχεδιάσουμε και να εφαρμόσουμε μια διδασκαλία τύπου STEM. Η διδασκαλία είναι τύπου Problem - Based Learning με δραστηριότητες που απαιτούν εφαρμογή των μεθόδων της επιστήμης και της τεχνολογίας, όπως για παράδειγμα η επιστημονική διερεύνηση (Inquiry Based Scientific Education, IBSE) και η διαδικασία μηχανικού σχεδιασμού (Engineering Design Process, EDP).



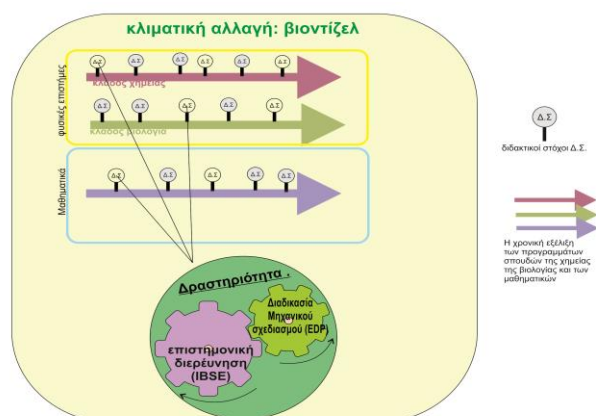
Εικόνα 2: η βασική ιδέα του σεναρίου STEM

Με βάση τα προηγούμενα, η επιλογή του θέματος στηρίχθηκε σε τρεις (3) προϋποθέσεις. Τη σημασία του θέματος, τη δυνατότητα επίτευξης διεπιστημονικής προσέγγισης και τη δυνατότητα ανάδειξης των επιθυμητών δεξιοτήτων. Το θέμα που επιλέξαμε και που πληροί τα προηγούμενα κριτήρια, ήταν το «βιοντίζελ». Στο πλαίσιο της διερεύνησης αυτού του θέματος, οι μαθητές θα έρθουν αντιμέτωποι με ένα αυθεντικό πρόβλημα της καθημερινής ζωής (real-world problem) και θα αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (problem-solving skills) μέσα από τη Διαδικασία Μηχανικού Σχεδιασμού (EDP) και της επιστημονική διερεύνηση [6].

Η κλιματική αλλαγή, είναι ένα πρόβλημα, που προκαλεί συχνά άκρως αμφιλεγόμενες συζητήσεις. Οι περισσότεροι μαθητές της Β/θμιας Εκπαίδευσης αντιλαμβάνονται τα προβλήματα που επιφέρει η κλιματική αλλαγή (μόλυνση, μείωση των φυσικών πόρων κ.λπ.), αλλά δεν κατανοούν το μέγεθος και την έκτασή τους. Η κλιματική αλλαγή αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις αυξανόμενες

εκπομπές του CO₂ που θα αποτελέσει το συνδυαστικό κρίκο με τα καύσιμα και τις ΑΠΕ, προϊόν των οποίων είναι και το βιοντίζελ.

Η παραγωγή βιοκαυσίμων και συγκεκριμένα το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε απόλυτη ευθυγράμμιση με τα προγράμματα σπουδών των ΦΕ και συγκεκριμένα της χημείας και της βιολογίας της β' τάξης των Ημερησίων Γενικών Λυκείων. Η ευθυγράμμιση, όπως θα δούμε, επιτυγχάνεται μέσω των «σημαντικών ιδεών» (big ideas) και των σκοπών που καθορίζονται από τα προγράμματα σπουδών των αντικείμενων αυτών στη διεθνή βιβλιογραφία. Υπό αυτό το πρίσμα, επιλέγονται οι διδακτικοί στόχοι για την επίτευξη των οποίων σχεδιάζονται οι STEM δραστηριότητες. Καθώς οι μαθητές θα οικοδομούν το γνωστικό περιεχόμενο των αντικείμενων των ΦΕ μέσω της υποστηρικτικής μάθησης (scaffolding), θα εφαρμόζουν γνώσεις σε νέα πεδία, όπως αυτό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) ενσωματώνοντας κατάλληλα τα Μαθηματικά, την Τεχνολογία και τη Μηχανική [3].



Εικόνα 3: η βασική ιδέα ως κριτήριο για την επιλογή διδακτικών στόχων στη δημιουργία δραστηριοτήτων

3. «Ενσωματώνοντας» τα προγράμματα σπουδών

Η εφαρμογή των σεναρίων STEM πραγματοποιείται από έναν ή περισσότερους εκπαιδευτικούς, σε μία ή περισσότερες τάξεις, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους [9] και είναι δραστηριότητες σε συνεργατικό πλαίσιο. Συνιστά ένα δύσκολο εγχείρημα τόσο σε επίπεδο σχεδιασμού, όσο και σε επίπεδο εφαρμογής και διαχείρισης στην τάξη [12]. Σε ό,τι αφορά την εφαρμογή και τη διαχείριση, οι δυσκολίες οφείλονται μεταξύ άλλων στο ότι οι εκπαιδευτικοί που θα εφαρμόσουν σεναρία STEM δεν είναι κατ' ανάγκην οι ίδιοι που θα έχουν σχεδιάσει τις δραστηριότητες, συνήθως δεν είναι επαρκώς εκπαιδευμένοι σε τέτοιου είδους σχεδιασμούς και έχουν ελλιπή εμπειρία σε ό,τι αφορά τη συνεργασία με άλλους εκπαιδευτικούς. Μια σημαντική δυσκολία εφαρμογής των σεναρίων STEM στα σχολεία, αποτελεί και το γεγονός ότι η σύνδεση των γνωστικών στόχων των σεναρίων και εκείνων των Π.Σ. για κάθε μια από τις συνιστώσες του STEM, δεν είναι προφανής. Υπάρχουν δύο τρόποι για την εφαρμογή της ενσωμάτωσης τύπου STEM. Ο πρώτος τρόπος είναι αυτός κατά τον οποίο υλοποιείται ένα εκτός προγράμματος project με τη συμμετοχή πολλών εκπαιδευτικών. Οι μαθητές συμμετέχουν ομαδικά σε δραστηριότητες που επιβλέπουν και υποβοηθούν οι εκπαιδευτικοί στους οποίους οι μαθητές απευθύνονται για συμβουλές και υποστήριξη. Ο δεύτερος τρόπος είναι μια ολοκληρωμένη ενσωμάτωση στην οποία ένας εκπαιδευτικός ακολουθεί ένα θεματικό project πολλών διδακτικών ωρών, όπως συχνά συμβαίνει στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αν αυτός ο τρόπος εφαρμοστεί στη Β/θμια εκπαίδευση ο εκπαιδευτικός που θα το υλοποιήσει απαιτείται να διαθέτει ποικίλες δεξιότητες πέρα αυτών του ενός συγκεκριμένου αντικείμενου για να μπορέσει να

επιτύχει την κατάλληλη μορφοποίηση [1]. Σχετικά με τους προαναφερθέντες τρόπους θα πρέπει να τονιστεί ότι στην Ελλάδα οι απόπειρες STEM που έχουν γίνει αφορούν κυρίως τον πρώτο τρόπο. Συγκεκριμένα, σε ιδιωτικά σχολεία έχουν διοργανωθεί καλοκαιρινά σχολεία STEM ή δραστηριότητες εκτός προγράμματος στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς κυρίως τα σαββατοκύριακα. Επιπλέον, ιδιωτικοί φορείς διοργανώνουν φεστιβάλ με STEM δραστηριότητες για να φέρουν σε επαφή τους μαθητές με την επιστήμη και την τεχνολογία. Σε αντιπαράθεση με τις προηγούμενες απόπειρες η παρούσα εργασία περιγράφει μια διαδικασία σχεδιασμού ενός σεναρίου STEM το οποίο θα υλοποιηθεί και θα αξιολογηθεί κατά τη διάρκεια μιας σχολικής χρονιάς από έναν εκπαιδευτικό στο ωρολόγιο πρόγραμμα ενός Γενικού Ημερησίου Λυκείου.

Σε ό,τι αφορά την πρότασή μας, σχεδιάσαμε την παρέμβαση έτσι ώστε για την επίλυση ενός πραγματικού προβλήματος και συγκεκριμένα του «βιοντίζελ» ως απάντηση στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, να λαμβάνονται υπόψη οι διδακτικοί στόχοι από τα γνωστικά αντικείμενα που θα ενσωματωθούν και κυρίως της επιστήμης της μηχανικής και των μαθηματικών.

Ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων ακολουθεί τη μεθοδολογία του «backward design process» προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της ενσωμάτωσης [15]. Τα βήματα αυτού του σχεδιασμού είναι: i) η αναγνώριση των επιθυμητών αποτελεσμάτων ii) ο καθορισμός των τελικών αναμενόμενων αποτελεσμάτων ώστε να μπορεί κάποιος να αποφανθεί ότι οι αρχικοί στόχοι επιτεύχθηκαν και iii) ο σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης με την οποία θα επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Όταν ο σχεδιασμός ακολουθεί τα βήματα αυτά τότε το περιεχόμενο, η αξιολόγηση και η διδακτική στρατηγική είναι συνεκτικές [15]. Στην περίπτωση των σεναρίων STEM που ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ενσωμάτωση, είναι αναγκαία η προσθήκη ενός ακόμα βήματος ως απάντηση στην ερώτηση: μπορεί ο σκοπός και οι στόχοι της διδασκαλίας να οργανωθούν με ουσιαστικό τρόπο; Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφονται τα βήματα και οι αντίστοιχες ερωτήσεις για τον σχεδιασμό μιας διδασκαλίας ενσωμάτωσης [4].

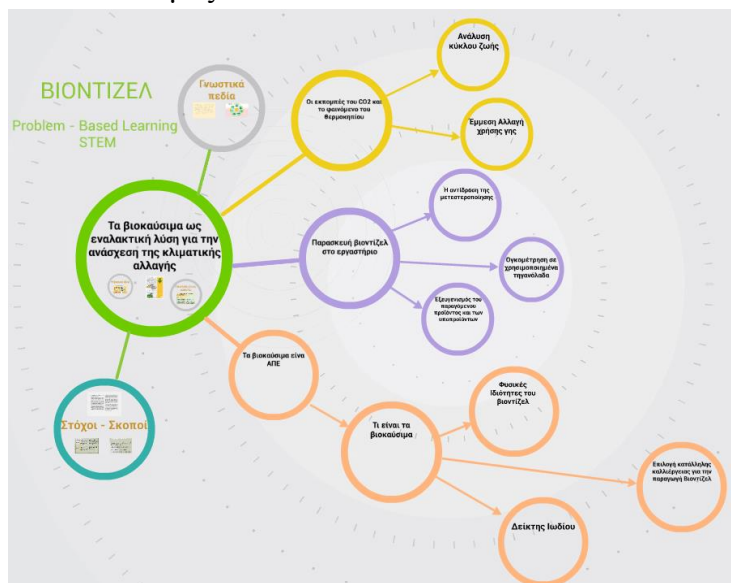
Backward design process	Ερωτήσεις
1. Η αναγνώριση των επιθυμητών αποτελεσμάτων	<ul style="list-style-type: none"> • Τι είναι σημαντικό και τι απαιτείται για την κατανόηση; • Ποια θέλουμε να είναι η επίδραση της διδασκαλίας στους μαθητές;
2. Επανεξέταση των προτύπων για να καθοριστεί ο τρόπος χρησιμοποίησης σε ένα διεπιστημονικό πλαίσιο	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορούν τα πρότυπα να οργανωθούν με ουσιαστικό τρόπο;
3. Ο καθορισμός των αποδεικτικών στοιχείων	<ul style="list-style-type: none"> • Ποια είναι τα αποδεικτικά στοιχεία της κατανόησης;
4. Ο σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης με την οποία θα επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα	<ul style="list-style-type: none"> • Ποιες εμπειρίες μάθησης προωθούν την κατανόηση και οδηγούν στα επιθυμητά αποτελέσματα;

Πίνακας 1: διευρύνοντας τις αρχές του backward curriculum design για τον σχεδιασμό μιας διδασκαλίας ενσωμάτωσης

4. Το «βιοντίζελ»: Μια διδακτική πρόταση

Το «βιοντίζελ» είναι στη φάση του σχεδιασμού και της υλοποίησης (work in progress). Οι δραστηριότητες σχεδιάζονται με βάση το αρχικό προσχέδιο το οποίο περιλαμβάνει τρεις τομείς – φάσεις. Αυτές καθορίζονται από κοινά χαρακτηριστικά όπως η

δημιουργία προτύπου, η εφαρμογή τεχνολογιών, η μαθηματική επεξεργασία, η λογική αιτιολόγηση και ο συνδυασμός όλων αυτών.



Εικόνα 4: το αρχικό προσχέδιο το οποίο περιλαμβάνει τρεις τομείς – φάσεις

Το κοινό χαρακτηριστικό της πρώτης φάσης (δραστηριότητες με πορτοκαλί χρώμα στην εικόνα 4) είναι να οριστεί το πραγματικό πρόβλημα που πρέπει οι μαθητές να επιλύσουν. Καθώς η κεντρική ιδέα είναι η κλιματική αλλαγή και ο τρόπος σύνδεσής της με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι μαθητές θα εμπλακούν ενεργά στη διδασκαλία συνδέοντας την κεντρική ιδέα με το βιοντίζελ. Με μια σειρά από δραστηριότητες θα διατυπώσουν και θα αναζητήσουν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: Πώς συνδέεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου με τις ανθρώπινες δραστηριότητες; Τι είναι το αποτύπωμα του άνθρακα και πώς μπορεί να μειωθεί; Τι ποσοστό αντιστοιχεί στις μεταφορές; Ποιες είναι οι ΑΠΕ; Γιατί το βιοντίζελ είναι ΑΠΕ, σε τι πλεονεκτεί και σε τι μειονεκτεί αυτό σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα; Ποιες είναι οι κατάλληλες πρώτες ύλες για την παραγωγή του και πώς αυτές επηρεάζουν το τελικό προϊόν; Σκοπός της πρώτης φάσης είναι να αιτιολογηθεί η απόφαση των ηγετών των αναπτυσσόμενων και των αναπτυσσόμενων χωρών για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα στον τομέα των μεταφορών (ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων που φτάνει περίπου το 28%) από βιοκαύσιμα με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών του CO₂ που μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου συμβάλλει κατά κύριο λόγο στην κλιματική αλλαγή.

Ο Μηχανικός Σχεδιασμός-βασικό συστατικό των διδασκαλιών STEM- εφαρμόζεται στο «βιοντίζελ» στη δεύτερη φάση (με μπλε χρώμα στην εικόνα 4) καθώς οι μαθητές στον χώρο του εργαστηρίου των Φυσικών Επιστημών θα παρασκευάσουν βιοντίζελ μέσα από μια διαδοχή απλών βημάτων. Τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν για την παρασκευή του είναι απλά καθημερινά υλικά, η προμήθεια των οποίων μπορεί να γίνει εύκολα και με χαμηλό κόστος. Στη συνέχεια, το πρότυπο βιοντίζελ θα υποβληθεί σε διαδικασίες εξευγενισμού και προσδιορισμού των φυσικών ιδιοτήτων, προσαρμοσμένες στο διαθέσιμο χρονικό πλαίσιο εφαρμογής του project. Οι μαθητές σχεδιάζοντας και εφαρμόζοντας ένα πρότυπο προϊόν μαθαίνουν από τα λάθη τους και τις αποτυχίες τους, έχοντας τις δυνατότητες επανασχεδιασμού διαρκούς ελέγχου.

Στην τρίτη φάση οι δραστηριότητες αφορούν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των βιοκαυσίμων. Πρόκειται για ένα σύνολο δραστηριοτήτων που οδηγούν το «βιοντίζελ» στα όρια της σχέσης επιστήμης – κοινωνίας. Διερευνώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης του βιοντίζελ μέσω της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) θα

καταγραφούν και θα εκτιμηθούν τα στάδια κατά τα οποία προκύπτουν οφέλη στις εκπομπές του CO₂ από τη χρήση του βιοντίζελ. Στη φάση αυτή θα μελετηθεί επίσης και το θέμα της έμμεσης αλλαγής χρήσης γης (iLUC –indirect Land Use Change), το οποίο εγείρει επιφυλάξεις για τα οφέλη από τη χρήση των βιοκαυσίμων. Ο ορισμός του φαινομένου της έμμεσης αλλαγής χρήσης γης και οι κοινωνικές του συνέπειες, όπως επίσης και τα αντικρουόμενα αποτελέσματα ερευνών που έχουν μέχρι στιγμής προκύψει μέσω της μοντελοποίησης του φαινομένου, θα δώσουν την ευκαιρία στους μαθητές να δουν την επιστήμη όχι ως βέβαιη γνώση, αλλά ως διαρκή προσπάθεια προσέγγισης της βέλτιστης λύσης σε ένα πρόβλημα, εκπληρώνοντας έτσι ένα βασικό στόχο της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, εκείνον της διαμόρφωσης των κατάλληλων στάσεων και αντιλήψεων απέναντι στην επιστήμη.

Βιβλιογραφία

- [1] Banks, F., & Barlex, D. (2014). Teaching STEM in the secondary school: Helping teachers meet the challenge. Routledge.
- [2] Barakos, L., Lujan, V., & Strang, C. (2012). Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM): Catalyzing Change Amid the Confusion. *Center on Instruction*
- [3] Burrows, A.C., Breiner, J.M., Keiner, J. and Behm, C., 2014. Biodiesel and integrated STEM: Vertical alignment of high school biology/biochemistry and chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(9), pp.1379-1389.
- [4] Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. ASCD.
- [5] Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational psychology review*, 16(3), 235-266.
- [6] Laboy-Rush, D., 2011. Integrated STEM education through project-based learning. *Learning.com*, <http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/DisplayFile.aspx>.
- [7] Maryland State STEM Standards of Practice (Draft) Accepted by the Maryland State Board of Education - April 2012
- [8] McCormick, R. (2006). Technology and knowledge: Contributions from learning theories. In *Defining technological literacy* (pp. 31-47). Palgrave Macmillan US.
- [9] Moore, T.J. and Smith, K.A., 2014. Advancing the State of the Art of STEM Integration. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(1), p.5.
- [10] Norström, P. (2013). Engineers' non-scientific models in technology education. *International journal of technology and design education*, 23(2), 377-390.
- [11] Sanders, M. E. (2008). Stem, stem education, stemmania.
- [12] Smith, K.A., Douglas, T.C. and Cox, M.F., 2009. Supportive teaching and learning strategies in STEM education. *New Directions for Teaching and Learning*, 2009(117), pp.19-32.
- [13] The Ontario Curriculum, Grades 11 and 12: Interdisciplinary Studies, 2002
- [14] Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.
- [15] Wiggins, G. P., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design*. Ascd.