

“The Intelligent Wall”. The Electrical Analogy as an Educational Technique in the Context of HASS&STEM & Contextual Learning

S. Savelides¹, M. S. Savelidi²

¹ PhD, MSc Mechanical Engineering Teacher, Secondary Education (Greek),
socrates@sch.gr,

² Business Engineering, University of Ghent, msavelidi@hotmail.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στο σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση Πρωτοτύπου ενός Εκπαιδευτικού Σεναρίου στο οποίο εφαρμόζεται η διδακτική τεχνική των Αναλογιών στην οποία αξιοποιείται το Ηλεκτρικό Ανάλογο. Το Σενάριο καλύπτει διδακτικά, επιστημονικές περιοχές του HASS&STEM. Αναπτύχθηκε ως Πρωτότυπο με βάση τακτικές αρχές της Εκπαιδευτικής Μηχανικής. Οι μαθητές καλούνται να δημιουργήσουν ένα δικό τους διδακτικό μέσο, ένα Μοντέλο, τον «Νοήμονα Τοίχο». Αρχικά το Μοντέλο δημιουργείται ως ψηφιακό και κατόπιν ως υλικό. Κατόπιν, οι μαθητές πειραματίζονται μ' αυτό, κυρίως με την βοήθεια ICTs. Κατασκευάζουν, ψηφιακά και «χειροποίητα» μοντέλα στρώσεων τοίχου των οποίων φυσικά χαρακτηριστικά τους, μέσω Συστήματος Μικροελεγκτή, αναγνωρίζονται από λογισμικό το οποίο συντάσσουν οι ίδιοι. Ακολούθως πειραματίζονται με τη σύνθεση διαφορετικών τοίχων, υπολογίζουν ψηφιακά τις θερμικές απώλειες και διερευνούν τον τρόπο με τον οποίο η τοιχοποιία επηρεάζει την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, την οικονομία και το ίδιο το περιβάλλον καλούμενοι να επιλύσουν σχετικά διαθεματικά προβλήματα. Το Σενάριο αξιολογήθηκε εμπειρικά από ομάδα εκπαιδευτικών, ως Πρωτότυπο (χωρίς να εφαρμοστεί στην τάξη). Η περιορισμένη αυτή αξιολογική διαδικασία επέδωσε σημαντικές ενδείξεις κάλυψης των εκπαιδευτικών σκοπών και στόχων στα επιστημονικά πεδία του HASS&STEM.

Λέξεις Κλειδιά: HASS&STEM, ICTs, Ηλεκτρικό Ανάλογο, Εκπαιδευτική Μηχανική, Εμπλαισωμένη Μάθηση, Υπολογιστική Σκέψη, Σύστημα Μικροελεγκτή, Πρωτοτυποποίηση, Μοντελοποίηση.

1. Εισαγωγή

Η παρούσα ερευνητική προσέγγιση αποσκοπεί στο να παρουσιάσει τη μεθοδολογία σχεδιασμού και αξιολόγησης Πρωτοτύπου ενός Εκπαιδευτικού Σεναρίου το οποίο αναπτύσσεται διαθεματικά στα επιστημονικά πεδία τα οποία προσδιορίζονται από την έννοια του HASS&STEM (cf., Savelides, Fasouraki, Georgousis, Kolokotroni, & Savelidi, 2020). Το Σενάριο αποσκοπεί, στην ευρεία κάλυψη των επιστημονικών

πεδίων HASS&STEM, στην εφαρμογή «καινοτόμων» τεχνικών διδασκαλίας, στον τρόπο αξιολόγησής του και την εισαγωγή τεχνικών της Εκπαιδευτικής Μηχανικής τόσο στην ανάπτυξή του όσο και στην αξιολόγησή του, χωρίς αυτό να έχει εφαρμοστεί ολοκληρωτικά και επομένως, χωρίς να αξιολογηθεί στην τάξη [λόγω της Πανδημίας].

Η βασική ιδέα ανάπτυξής του βασίζεται στην εφαρμογή του Ηλεκτρικού Ανάλογου (έννοια της μηχανικής) στην εκπαιδευτική διαδικασία με την χρήση των εκπαιδευτικών τεχνικών των αναλογιών και της μοντελοποίησης. Οι τεχνικές των αναλογιών και της μοντελοποίησης εφαρμόζονται υβριδικά. Δηλαδή, αρχικά εφαρμόζεται μοντελοποίηση σε υπολογιστικό περιβάλλον με την υποστήριξη Information and Communication Technologies (ICTs), κατόπιν σε φυσικό περιβάλλον χειροτεχνικής εργασίας και τέλος πραγματοποιείται αξιοποίηση των μοντέλων σε διάφορα πειράματα κατευθυνόμενα από σχετικό λογισμικό σε βάση Συστήματος Μικροελεγκτή. Το όλο σύστημα συνάδει με το αναλυτικό πρόγραμμα μαθήματος των ΕΠΑΛ (Ερευνητική Εργασία στην Τεχνολογία), και κινείται στα πλαίσια της Εποικοδομητικής θεώρησης, της Εμπλαισιωμένης (Contextual Learning) και της Ανακαλυπτικής μάθησης και της Υπολογιστικής Σκέψης (Computational Thinking). Η αξιολόγησή του πραγματοποιήθηκε με βάση εκπαιδευτική τεχνική της κλίμακας Διαβαθμισμένων Κριτηρίων.

2. Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

HASS&STEM. Αποτελεί όρο διεπιστημονικής προσέγγισης της μάθησης και της διδασκαλίας. Η διεπιστημονική αυτή προσέγγιση βασίζεται στην διδασκαλία μέσω της τεχνικής της Επίλυσης Προβλημάτων (Problems Solving) (Polya, 2004), των οποίων τα στοιχεία κατανέμονται στα επιστημονικά πεδία τόσο του STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) όσο και του HASS (Humanities, Arts, Social Sciences) (Savelides et al., 2020). Η προσέγγιση προέκυψε με βάση την αρχή ότι τα περίπλοκα προβλήματα της πραγματικότητας δεν μπορούν να αποσαφηνιστούν στα πλαίσια ενός επιστημονικού πεδίου αλλά είναι απαραίτητη μια διεπιστημονική προσέγγιση που επηρεάζεται από διάφορους τομείς της γνώσης (Buchanan, R. 1992).

Εμπλαισιωμένη μάθηση (Contextual Learning). Η Εμπλαισιωμένη Μάθηση (Contextual Learning) βασίζεται σε μια Εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης (Cobern, 1991). Αποτελεί θεωρία η οποία αναφέρεται στη γνωστική διαδικασία η οποία είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης του ατόμου με αντικείμενα, τμήματα, πρόσωπα και διαδικασίες ενός αυθεντικού περιβάλλοντος συνδεδεμένο με τις εμπειρίες οι οποίες απορρέουν και διαδραματίζονται εντός του πλαισίου αυτού του περιβάλλοντος. Δηλαδή, τα άτομα μαθαίνουν κατασκευάζοντας νόημα μέσω της αλληλεπίδρασης και της ερμηνείας του περιβάλλοντός τους. (Brown, 1998; Ράπτης & Ράπτη, 2013). Οι Santos, Chen, Taketomi, Yamamoto, Miyazaki, and Kato (2013) υποστηρίζουν ότι η Εμπλαισιωμένη Μάθηση είναι μια φιλοσοφία

σχεδιασμού προγράμματος σπουδών στην οποία εφαρμόζεται η θεωρία της βιωματικής μάθησης. Αναγνωρίζει τη σημασία του πλαισίου των εμπειριών του μαθητή δηλαδή η μάθηση συμβαίνει μόνο όταν οι μαθητές επεξεργάζονται νέες πληροφορίες με βάση τις προσωπικές τους εμπειρίες.

Σύμφωνα με τον Crowford (2001) η Εμπλαιομένη Μάθηση εφαρμόζεται στην τάξη με βάση πέντε στρατηγικές: Σχέση ως συσχετισμός μίας νέας ιδέας με κάτι το οποίο οι μαθητές γνωρίζουν. Εμπειρία ως παρότρυνση των μαθητών να εξερευνήσουν, να ανακαλύψουν ή να εφεύρουν έτσι ώστε να μπορούν να μάθουν ενεργώντας. Εφαρμογή ως παροχή ευκαιριών, στους μαθητές, στο να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες σε ρεαλιστικές και σχετικές ασκήσεις. Συνεργασία ως παροχή ευκαιριών, στους μαθητές, στο να μοιραστούν, να απαντήσουν και να επικοινωνήσουν με άλλους μαθητές. Μεταφορά ως παροχή ευκαιριών, στους μαθητές, στο να χρησιμοποιήσουν τις νέες γνώσεις τους σε ένα νέο πλαίσιο ή μια νέα κατάσταση.

Υπολογιστική Σκέψη: Μία τεχνική ή καλύτερα ένα πεδίο τεχνικών αποτελεί το πεδίο της Υπολογιστικής Σκέψης (ΥΣ) - Computational Thinking. Η Wing (2006) προσδιορίζει ότι η ΥΣ αποτελεί προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων, το σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς που βασίζεται σε θεμελιώδεις έννοιες της πληροφορικής. Η ΥΣ συμπληρώνει τη σκέψη στα μαθηματικά και τη μηχανική με έμφαση στο σχεδιασμό συστημάτων που βοηθούν στην επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι (Ψυχάρης, Κοτζαμπασάκη, & Καλοβρέκτης, 2018). Από παιδαγωγική άποψη, οι δεξιότητες σκέψης ή οι γνωστικές δεξιότητες περιλαμβάνουν τη μεταγνώση και τον προβληματισμό ως σημαντικά συστατικά (Schraw, 1998). Η ΥΣ βασίζεται στην αρχή της εξωτερίκευσης και «επαναξιολόγησης» νοητικών δομών ή ιδεών σε ένα υπολογιστικό μέσο. Συνεπώς, υπάρχει στενή αντιστοιχία μεταξύ του νοητικού και του υπολογιστικού μοντέλου κι έτσι μπορούμε να μιλάμε για την Υπολογιστική Μεταγνώση (Horpe & Werneburg, 2019, p.26). Οι βασικές διαστάσεις της ΥΣ περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως η απόκτηση εμπιστοσύνης στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας, η επιμονή στη ενασχόληση με δύσκολα προβλήματα, η απόκτηση ανοχής στην πολλαπλότητα των σημασιών κατά την αντιμετώπιση ανοιχτών προβλημάτων και η ικανότητα της εργασίας σε συνεργατικές ομάδες για έναν κοινό στόχο (Computer Science Teachers Association (CSTA), & International Society for Technology in Education (ISTE) [CSTA & ISTE]. 2011, p.7.).

Διδακτική Τεχνική των Αναλογιών. Οι εκπαιδευτικοί επιστημονικών πεδίων χρησιμοποιούν τις Αναλογίες σε μια πλούσια ποικιλία τόσο στη μορφή όσο και στο περιεχόμενο. Οι Αναλογίες βασίζονται αποκλειστικά σε συστήματα ανάλυσης που εισάγονται από άλλους τομείς έρευνας και αποτελούν μοναδικές λειτουργίες της συζήτησης στην τάξη (Dagher, 1995). Ο Χαριτωνίδης (2016) επικαλούμενος τους Genter (1983) και Glynn (1991) αλλά και ο Duit (1991) αναφέρει ότι η Αναλογία είναι μια διαδικασία εύρεσης ομοιοτήτων ανάμεσα σε διαφορετικές έννοιες ή εννοιολογικούς τομείς. Οι ίδιοι αναφέρουν χαρακτηριστικούς όρους που αναφέρονται

στη διδακτική τεχνική των Αναλογιών και υποδεικνύουν τον σκοπό της χρήσης της αναλογίας. Τέτοιοι όροι είναι ο όρος «Βάση» ή «Πηγή» αναφορικά στη γνωστή έννοια, και ο όρος «Στόχος» αναφορικά στην άγνωστη έννοια η οποία επεξηγείται αξιοποιώντας την εν λόγω διδακτική τεχνική. Όταν η Βάση και ο Στόχος παρουσιάζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά τότε μπορεί να δημιουργηθεί μια Αναλογία που να τους συνδέει οπτικά ή λεκτικά. Αυτή η σύγκριση των χαρακτηριστικών των δύο εννοιών ονομάζεται «Αντιστοίχιση». Οι αναλογίες είναι πολύτιμα εργαλεία για τη διευκόλυνση της διαδικασίας δημιουργίας νέας γνώσης στους μαθητές με βάση την υπάρχουσα γνώση τους κι επομένως αποτελούν τεχνικές στο πλαίσιο της θεωρίας του Εποικοδομητισμού. Είναι ισχυρά εργαλεία για την ανάπτυξη θεμελιωδών νέων εννοιών, μέσω της αναδιάρθρωσης στοιχείων υπάρχουσών εννοιών. Μπορούν να διευκολύνουν την γενική κατανόηση ενός θέματος επισημαίνοντας ομοιότητες στον πραγματικό κόσμο. Μπορούν να παρέχουν οπτικοποίηση του θέματος. Μπορεί να προκαλέσουν το ενδιαφέρον και την παρακίνηση των μαθητών. Αναγκάζουν τον δάσκαλο να λάβει υπόψη τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών (Duit, 1991).

Μοντελοποίηση: Με τη χρήση ενός Μοντέλου, ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει σε απλοποιημένη αναπαράσταση και οπτικοποίηση ενός συστήματος το οποίο εστιάζεται κυρίως σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, παράγοντες ή συνιστώσες του, όπως ιδέες, αντικείμενα, γεγονότα ή διαδικασίες (EAITY, 2010). Οι Edelson, Gordin, and Pea (1999), αναφέρουν ότι οι επιστήμονες και οι εκπαιδευτικοί, εδώ και χρόνια, χρησιμοποίησαν και χρησιμοποιούν υπολογιστικά μοντέλα και επιστημονικές απεικονίσεις για να διερευνήσουν σύνθετα συστήματα και φαινόμενα. Ωστόσο, μόνο τις τελευταίες δύο δεκαετίες τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται, για την απεικόνιση πολύπλοκων φαινομένων, στην επιστημονική πρακτική, χρησιμοποιήθηκαν ως εργαλεία για να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν επιστήμη (Edelson et al., 1999). Τα Μοντέλα υποστηρίζουν τη διερευνητική προσέγγιση της μάθησης, δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να πειραματίζονται και να ελέγχουν τις υποθέσεις τους και να αναπτύσσουν τις μεταγνωστικές τους ικανότητες. Μέσα από διαδικασίες μοντελοποίησης (ατομικές ή συλλογικές/συμμετοχικές) στηρίζονται και ενισχύονται οι εποικοδομητικές προσεγγίσεις, αφού προάγουν την έκφραση ιδεών, την αλληλεπίδραση με τις έννοιες και τα φαινόμενα με σκοπό την κτήση της νέας γνώσης και αντίληψης και τη σύγκριση τους με τις αρχικές (EAITY, 2010). Ο Ψυχάρης (2011) σημειώνει την άποψη του Hartmann (1995) ότι η σημασιολογία του μοντέλου αναφέρεται στις αναπαραστατικές του λειτουργίες, οι οποίες αφορούν είτε στην αναπαράσταση ενός επιλεγμένου τμήματος του κόσμου το οποίο ονομάζεται Σύστημα-Στόχος και στο οποίο το μοντέλο αναπαριστά φαινόμενα ή δεδομένα σχετικά με αυτό, είτε στην αναπαράσταση μιας θεωρίας, της οποίας τους νόμους και τα αξιώματα «διερμηνεύει» ή «πραγματοποιεί».

Πρωτοτυποποίηση: Στη Μηχανική, η ενσωμάτωση διαδικασιών Πρωτοτυποποίησης προϊόντων ή υπηρεσιών θεωρείται σημαντική στρατηγική για την επιτυχή ανάπτυξη

μιας οργανωτικής δυναμικής (Berglund & Grimheden, 2011; Tidd & Bessant, 2018). Χαρακτηρίζεται από πειραματικές επαναλήψεις «δοκιμής και σφάλματος» οι οποίες κατευθύνονται από ανάγκες που μερικές φορές μπορεί να είναι δύσκολο να διακριθούν (Berglund & Grimheden, 2011). Τα Πρωτότυπα επιτρέπουν τη συγχώνευση ιδεών σε πιο κατανοητές μορφές και επηρεάζουν τη μάθηση με βάση τεχνικές επίλυσης προβλημάτων, οι οποίες ενσωματώνουν διεπιστημονικές προσεγγίσεις. Διασφαλίζουν την εμπιστοσύνη στη διαδικασία μοντελοποίησης αφού είναι ευέλικτα και εύκολα τροποποιήσιμα συστήματα, είναι εύκολη η ακριβής προσαρμογή τους σε ζωτικά δεδομένα ή απαιτήσεις κι έτσι διευκολύνουν την πρόβλεψη για την επιτυχή εφαρμογή της τελικής διαδικασίας (Pisano, 1997). Η έννοια του Πρωτοτύπου ορίζεται γενικά ως αναπαράσταση μιας ιδέας σχεδιασμού. Τα Πρωτότυπα χρησιμεύουν ως τυπικό παράδειγμα, βάση ή πρότυπο για άλλα πράγματα της ίδιας κατηγορίας (Petroski, 1996). Ο Σχεδιασμός με βάση την Πρωτοτυποποίηση ή Σχεδιασμός Πρωτοτύπου (Design by Prototype) αποτελεί τεχνική συνυφασμένη με τη μηχανική και την παραγωγή νέων προϊόντων –κυρίως- ή νέων υπηρεσιών. Δημιουργούνται πρωτότυπα των ιδεών ώστε να διασφαλιστεί ότι αυτά λειτουργούν πριν δημιουργηθεί το τελικό τεχνούργημα. Η τεχνική αυτή είναι χρήσιμη στη δημιουργία υλικού για μοναδικά έργα, εξαιλείφοντας μεγάλο μέρος της τυπικής διαδικασίας σχεδιασμού. Ο Σχεδιασμός Πρωτοτύπου είναι μια έντονα διαδραστική, ολοκληρωμένη διαδικασία η οποία επιτρέπει πολλαπλές επαναλήψεις σύνθετων πτυχών ενός επιθυμητού έργου Research & Development (R&D), να αξιολογηθεί γρήγορα και να προσαρμοστεί σε ένα σωστά λειτουργικό σύνολο (Mulenburg & Gundo, 2002). Στην εφαρμογή του στην εκπαιδευτική διαδικασία, οι Diegel, Xu, and Potgieter (2006) εφάρμοσαν εξειδικευμένη διαδικασία Πρωτοτυποποίησης [Rapid Prototyping] αναφέροντας ότι πρόκειται για μια χρήσιμη τεχνική για τη διδασκαλία μαθητών της μηχανικής, καθώς συχνά τους βοηθά να παράγουν καλύτερα αποτελέσματα πιο γρήγορα και αποδεικνύεται ως ένα πολύ αποδοτικό εργαλείο στη δημιουργία μοναδικού, ερευνητικού υλικού. Οι Savelides et.al. (2020) στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού σεναρίου των επιστημονικών πεδίων HASS&STEM αξιοποίησαν τεχνικές του Educational Management & Engineering, μεταξύ των οποίων ήταν πιλοτικές διαδικασίες διαχείρισης εφαρμογών Πρωτοτύπου και διαδικασίες ελέγχου και βελτιστοποίησης, πριν από την κανονική εφαρμογή του σεναρίου στην τάξη.

Ηλεκτρικό Ανάλογο (Electrical Analogy). Πρόκειται για μία αναπαράσταση φυσικών –κυρίως- μηχανικών συστημάτων ως ηλεκτρικά δίκτυα με στόχο την ευκολότερη κατανόηση και διερεύνησή τους. Ηλεκτρικά Ανάλογα έχουν επινοηθεί για μια μεγάλη ποικιλία φυσικών συστημάτων. Το γεγονός ότι ένα σημαντικό μέρος της φυσικής και της μηχανικής αναπαρίσταται με στοιχεία του πεδίου της θεωρίας του ηλεκτρισμού αναγνωρίζεται ευρύτερα και ήδη έχουν υιοθετηθεί από μελετητές διάφορες προσεγγίσεις ηλεκτρικού δικτύου για ένα ευρύ φάσμα συστημάτων μηχανικής (Branin, 1966).

Σύστημα Μικροελεγκτή: Αποτελεί μια ηλεκτρονική πλατφόρμα –συνήθως- ανοιχτού κώδικα που βασίζεται σε εύχρηστο υλικό (Πίνακες, ηλεκτρονικά, ηλεκτρικά εξαρτήματα) και λογισμικό ως ένα εύκολο εργαλείο για γρήγορη προτυποποίηση. Απευθύνεται ακόμη και σε χρήστες χωρίς υπόβαθρο στα ηλεκτρονικά και τον προγραμματισμό. Οι Πίνακες του Συστήματος Μικροελεγκτή, με τη βοήθεια σχετικού λογισμικού, μπορούν να διαβάσουν εισόδους (αισθητήρες, πλήκτρα, είσοδο από το διαδίκτυο κ.λπ.) και να το μετατρέψουν σε έξοδο (π.χ. ενεργοποίηση κινητήρα, ενεργοποίηση LED, δημοσίευση στο διαδίκτυο). Με τα χρόνια, τα Συστήματα Μικροελεγκτή υπήρξαν «ο εγκέφαλος» χιλιάδων έργων, από καθημερινά αντικείμενα έως πολύπλοκα επιστημονικά όργανα (Arduino, n.d.).

3. Μεθοδολογία

Στην παρούσα αναφέρονται η Μεθοδολογία Ανάπτυξης Πρωτοτύπου του Σεναρίου και η Μεθοδολογία Αξιολόγησης Πρωτοτύπου του Σεναρίου.

3.1 Μεθοδολογία Ανάπτυξης Πρωτοτύπου του Σεναρίου

Ακολουθήθηκε η Μεθοδολογία Σχεδιασμού Πρωτοτύπου. Οι προδιαγραφές στις οποίες στηρίχτηκε και αξιολογήθηκε ο Σχεδιασμός Πρωτοτύπου Σεναρίου βασίστηκαν:

- 1) Στη Βασική Ιδέα βάσει της οποίας δύναται να αναπτυχθεί Εκπαιδευτικό Σενάριο διαθεματικής εκπαίδευσης στα πεδία HASS&STEM και του Αναλυτικού προγράμματος του μαθήματος «Ερευνητική Εργασία στην Τεχνολογία» με την αξιοποίηση ψηφιακής και υλικής ανάπτυξης, από τους μαθητές, εκπαιδευτικού μοντέλου και πειραματισμού με αυτό.
- 2) Στην εφαρμογή τεχνικών διδασκαλίας με βάση τις Αναλογίες, την Υπολογιστική Σκέψη, την ανάπτυξη Μεταγνωστικών ικανοτήτων, την Ομαδοσυνεργατική διδακτική και την Εξατομικευμένη Διδασκαλία.
- 3) στα Κριτήρια Αξιολόγησης Ψηφιακών Διδακτικών Σεναρίων όπως προσδιορίστηκαν από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (πρβλ., ΙΕΠ, 2015)
- 4) στις πέντε (5) χαρακτηριστικές στρατηγικές της Εμπλαιομένης Μάθησης κατά Crowford (2001), όπως προαναφέρθηκαν.
- 5) Σε προσδιορισμένα από τους ερευνητές κριτήρια ανάπτυξης της φιλοσοφίας HASS&STEM και συγκεκριμένα στην ανάπτυξη γνώσεων, δεξιοτήτων και αντιλήψεων, στους μαθητές, σχετικά με τα ακόλουθα:
 - a) Κοινωνική Υπευθυνότητα
 - b) Αειφορία - Περιβάλλον
 - c) Υγεία-Πρόνοια-Ευεξία
 - d) Καλές Τέχνες
 - e) Γενική Οικονομία - Διοίκηση
 - f) Ξένη Γλώσσα
 - g) Πληροφορική - ICTs

- h) Μαθηματικά
- i) Φυσική
- j) Χημεία
- k) Γενική Τεχνολογία
- l) Γενική Μηχανική
- m) Μηχανολογία
- n) Ηλεκτρολογία / Ηλεκτρονική
- o) Δομική/Αρχιτεκτονική

Η ανάπτυξη του Σεναρίου, ακολούθησε τα περιγεγραμμένα από τους Savelides et al. (2020) πριν το Σενάριο εφαρμοστεί σε κανονική τάξη. Έτσι η ανάπτυξη πραγματοποιήθηκε με την αξιοποίηση και εφαρμογή προτεινόμενων διαδικασιών και εργαλείων από την Educational Management & Engineering, με βάση εργαλεία και τεχνικές της διοίκησης και της μηχανικής συστημάτων τα οποία προσαρμόστηκαν ανάλογα στο σχεδιασμό και την εφαρμογή της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Χρησιμοποιήθηκαν λογισμικά οργάνωσης και συντονισμού GANTT και PERT. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του καταγισμού ιδεών μεταξύ των εκπαιδευτικών – σχεδιαστών. Οι ερευνητές και οι μελλοντικοί διδάσκοντες του Σεναρίου πραγματοποίησαν συσκέψεις οργάνωσης και συντονισμού, προσδιορίστηκαν κατευθυντήριοι άξονες και χαρακτηριστικά για το σχεδιασμό του Σεναρίου, ορίστηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά των πόρων υλικού και λογισμικού, περιγράφηκαν οι διαδικασίες ελέγχου και βελτιστοποίησης. Πραγματοποιήθηκε Σχεδιασμός Πρωτοτύπου σεναρίου και ελέγχθηκε με βάση το σύστημα ελέγχου πρωτοτύπου, δηλαδή ελέγχθηκε η σκοπιμότητα της ανάπτυξης του σεναρίου, η διαμόρφωση του σεναρίου ώστε να καλυφθούν οι ανωτέρω προδιαγραφές – κριτήρια. Με τεχνικές αξιολόγησης δια της Κλίμακας Διαβαθμισμένων Κριτηρίων και αντίστοιχο διαδικτυακό λογισμικό ελέγχθηκε η αξιοπιστία, δηλαδή ελέγχθηκε σε ποιο βαθμό το Σενάριο επιτελεί τις συγκεκριμένες λειτουργίες για το σκοπό που σχεδιάστηκε στα πλαίσια του μαθήματος στο οποίο αναφέρεται κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες διαχείρισης της διδασκαλίας από τους εκπαιδευτικούς οι οποίοι θα το υλοποιήσουν (Savelides et al., 2020).

3.2 Μεθοδολογία Αξιολόγησης Πρωτότυπου του Σεναρίου

Η Αξιολόγηση του Πρωτοτύπου Σεναρίου πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της Κλίμακας Διαβαθμισμένων Κριτηρίων (ρουμπρίκα αξιολόγησης) (πρβλ., Κουλουμπαρίση & Μатσαγγούρας, 2004). Η Κλίμακα Διαβαθμισμένων Κριτηρίων προσαρμόστηκε κατάλληλα για απαντήσεις από εκπαιδευτικούς (από μόνη της προσφέρεται για αξιολόγηση μαθητών), είχε όνομα *The Intelligent Wall* (1-3), βασίστηκε στο rubistar template και αποτελούνταν από τριάντα (30) κατηγορίες κατανομημένες σε τρεις (3) ρουμπρίκες με διαβάθμιση απαντήσεων από 1 έως 5. Οι 5 Κατηγορίες αφορούσαν στις πέντε (5) χαρακτηριστικές στρατηγικές της Εμπλαισωμένης Μάθησης κατά Crowford (2001). Οι δέκα (10) αφορούσαν σε

επιλεγμένα κριτήρια όπως προσδιορίστηκαν από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ, 2015). Οι δεκαπέντε (15) αφορούσαν, προσδιορισμένα από τους ερευνητές, κριτήρια επαρκούς προσέγγισης (σύμφωνα με τους σκοπούς του μαθήματος όπως προσδιορίστηκαν από το Αναλυτικό Πρόγραμμα του μαθήματος) και της διαθεματικής φιλοσοφίας του HASS&STEM.

Οι τρεις Κλίμακες Διαβαθμισμένων Κριτηρίων, των δέκα (10) Κατηγοριών η κάθε μία (*Εικόνα 1*), απευθύνθηκαν προς συμπλήρωση σε έντεκα (11) εκπαιδευτικούς οι οποίοι είτε πραγματοποιούσαν ή πραγματοποιούσαν το μάθημα.

RUBISTAR Find Rubric | Create Rubric | Teach

Create Rubrics for your Project-Based Learning Activities

Rubric ID: 2839824
Find out how to make this rubric interactive

Analyze Rubric edit rubric Save Rubric print page

The Intelligent Wall 3

CATEGORY	1	2	3	4	5
Χρήση Ψηφιακών Μέσων	Το ψηφιακό σενάριο σχεδόν δεν παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την αξιοποίηση των ψηφιακών μέσων	Το ψηφιακό σενάριο παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την αξιοποίηση των ψηφιακών μέσων, σε μικρό βαθμό	Το ψηφιακό σενάριο παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την αξιοποίηση των ψηφιακών μέσων, σε μέτριο βαθμό	Το ψηφιακό σενάριο παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την αξιοποίηση των ψηφιακών μέσων, σε μεγάλο βαθμό	Το ψηφιακό σενάριο παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την αξιοποίηση των ψηφιακών μέσων, σε πολύ μεγάλο βαθμό
Καινοτόμοι Μέθοδοι Διδασκαλίας	Το ψηφιακό σενάριο σχεδόν δεν παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την εφαρμογή με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας	Το ψηφιακό σενάριο, σε μικρό βαθμό, παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας	Το ψηφιακό σενάριο, σε μέτριο βαθμό, παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας	Το ψηφιακό σενάριο, σε μεγάλο βαθμό, παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας	Το ψηφιακό σενάριο, σε πολύ μεγάλο βαθμό, παρουσιάζει ιδιαίτερη καινοτομία σε σχέση με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας
Παρέχει Κοινωνική Υπευθυνότητα	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη της γενικής Κοινωνικής Υπευθυνότητας των μαθητών, σε πολύ μικρό βαθμό	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη της γενικής Κοινωνικής Υπευθυνότητας των μαθητών, σε μικρό βαθμό	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη της γενικής Κοινωνικής Υπευθυνότητας των μαθητών, σε μέτριο βαθμό	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη της γενικής Κοινωνικής Υπευθυνότητας των μαθητών, σε μεγάλο βαθμό	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη της γενικής Κοινωνικής Υπευθυνότητας των μαθητών, σε πολύ μεγάλο βαθμό
Παρέχει Ευαισθησία για Περιβάλλον κ Αειφορία;	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη γνώσεων,	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη γνώσεων,	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη γνώσεων,	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη γνώσεων,	Το Σενάριο περιλαμβάνει δραστηριότητες για την ανάπτυξη γνώσεων,

Εικόνα 1. Αναλογίες – Ηλεκτρικό Ανάλογο- στο πρόβλημα του Σεναρίου

Στην παρούσα αναφέρονται στοιχεία της Αξιολόγησης με τη χρήση της Κλίμακας Διαβαθμισμένων Κριτηρίων.

4. Αποτελέσματα

4.1 Αποτελέσματα Ανάπτυξης Πρωτοτύπου του Σεναρίου

Το Σενάριο έχει τίτλο «ο Νοήμων Τοίχος». Αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος «Ερευνητική Εργασία στην Τεχνολογία» με προβλεπόμενη διάρκεια 50 διδακτικές ώρες. Το μάθημα στην Α΄ τάξη Επαγγελματικών Λυκείων διδάσκεται περίπου 60 ώρες το Σχολικό Έτος. Σκοπός του

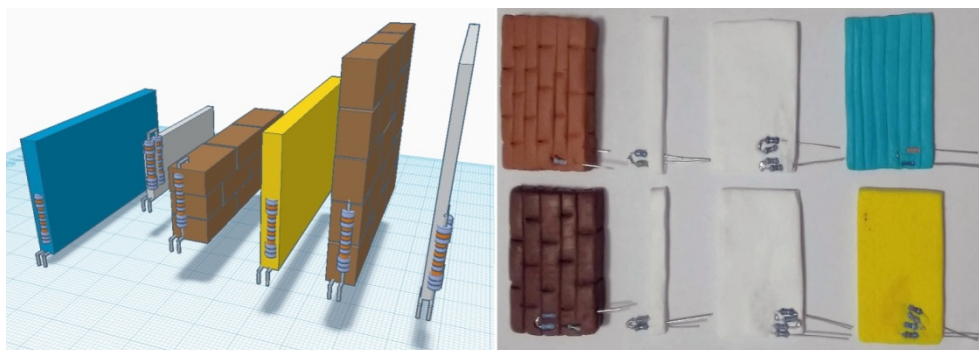
μαθήματος είναι να φέρει τους μαθητές σε επαφή τόσο με την ερευνητική μεθοδολογία όσο και με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε διάφορα επαγγέλματα και αντιστοιχούν στους υφιστάμενους τομείς και ειδικότητες του Επαγγελματικού Λυκείου. Ο κύριος διδακτικός στόχος του μαθήματος είναι να εισάγει τους μαθητές στο σχεδιασμό και την υλοποίηση συγκεκριμένου προϊόντος (engineering design). Αυτό πραγματοποιείται με την αξιοποίηση της ερευνητικής μεθοδολογίας και των υφιστάμενων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στα επαγγέλματα ή και στις τοπικές παραγωγικές δραστηριότητες, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις επιδράσεις στην κοινωνία, στο περιβάλλον και στην ανάπτυξη (ΥΠΠΕΘ, 2017). Το Σενάριο εδράζεται και ξεκινά με την επίλυση ενός προβλήματος από το μάθημα «Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών» του σχολικού βιβλίου του Τομέα Μηχανολογίας και συγκεκριμένα του προβλήματος υπολογισμού του Συντελεστή Θερμοπερατότητας ενός τοίχου κατοικίας.

Χρησιμοποιείται η τεχνική των Αναλογιών ως μέσο αλλαγής των γνωστικών δομών, δηλαδή την δημιουργία νέας γνώσης με τρόπο τέτοιον ώστε οι μαθητές να βασιστούν στην εξοικείωσή τους με τον Τομέα – Βάση, για να κατανοήσουν το μη οικείο Τομέα – Στόχο (Σκουμιάς, 2012). Εδώ, ως Τομέας Βάσης χρησιμοποιείται η Ηλεκτρική συμπεριφορά υλικών και Τομέα Στόχος, η Θερμική συμπεριφορά των Υλικών και ειδικά, των υλικών τοιχοποιίας αφού υπάρχει μια αναλογία μεταξύ των συστημάτων ροής θερμότητας και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, δηλαδή χρησιμοποιείται το Ηλεκτρικό Ανάλογο του συστήματος μετάδοσης θερμότητας (Πίνακας 1) (Κατσαπρακάκης, Μονιάκης, 2015).

***Πίνακας 1.** Αναλογίες – Ηλεκτρικό Ανάλογο- στο πρόβλημα του Σεναρίου*

Τομέας Βάσης: Ηλεκτρική Συμπεριφορά των Υλικών	Τομέας Στόχος: Θερμική Συμπεριφορά των Υλικών
Ηλεκτρισμός	Θερμότητα
Ηλεκτρική Ροή	Ροή Θερμότητας
Ωμική Αντίσταση Υλικού (Ω)	Αντίσταση Θερμοδιαφυγής Υλικού ($m^2 \cdot K/W$ ή $m^2 \cdot h \cdot Co/Kcal$)
Διαφορά Δυναμικού – Τάση Ηλεκτρικού Ρεύματος (Volt)	Διαφορά Θερμοκρασίας θερμοδοχείων (Ko)
Ένταση Ηλεκτρικού Ρεύματος (Ambers)	Ρυθμός της ροής θερμότητας q
Εξάρτημα Ωμικής αντίστασης (εντός πύλινου προπλάσματος)	Πραγματικό Υλικό τοιχοποιίας

Οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν ένα ηλεκτρονικό μηχανισμό, ένα Μοντέλο, «τον Νοήμονα Τοίχο». Το Μοντέλο θα μπορεί να λάβει πλήθος μορφών, όπως και οι πραγματικοί τοίχοι, ανάλογα με τα υλικά τα οποία θα επιλέγει κάθε μαθητής. Έτσι θα τους δίνει σημαντικές πληροφορίες για τη δομή του και για τα φυσικά χαρακτηριστικά του, όπως η θερμοπερατότητα. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, οι μαθητές κατασκευάζουν «χειροποίητα» ηλεκτρονικά εξαρτήματα, από πολυμερικό πηλό, τα οποία έχουν τη μορφή Στρώσεων τοιχοποιίας (πλίνθοι, μονωτικά, γυαλί, πέτρες κλπ). Κάθε ένα από αυτά τα εξαρτήματα έχει συγκεκριμένα ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά (συγκεκριμένη ωμική αντίσταση) ώστε να είναι αναγνωρίσιμο από ηλεκτρονική διάταξη η οποία ελέγχεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω Συστήματος Μικροελεγκτή. Τα ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά, κάθε εξάρτημα-Στρώση τοίχου, τα λαμβάνει από εμφυτευμένο εξάρτημα ωμικής αντίστασης η οποία έχει ονομαστική τιμή (Ω) ίση με την ονομαστική τιμή της Αντίστασης Θερμοδιαφυγής του υλικού της στρώσης ($m^2 \cdot K/W$). Η κατασκευή πραγματοποιείται αρχικά ως ψηφιακό μοντέλο σε διαδικτυακό λογισμικό Computer Aid Design (CAD) και κατόπιν ως υλικό μοντέλο (Εικόνα 2).

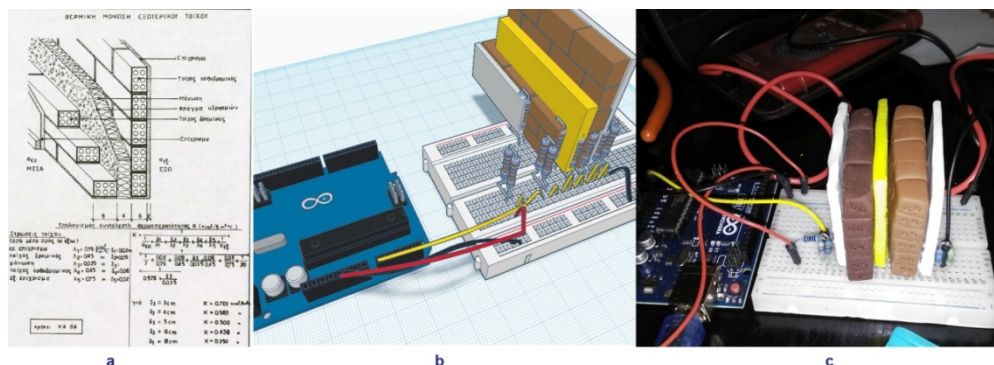


Εικόνα 2. «Χειροποίητα» ηλεκτρονικά εξαρτήματα σε σχήμα Στρώσεων τοίχου, με εμφυτευμένες ωμικές αντιστάσεις, ψηφιακά σχεδιασμένα και υλοποιημένα ως Πρωτότυπα

Ο «Νοήμων Τοίχος», με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και λογισμικού μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τη θερμοδυναμική συμπεριφορά κάθε μοντέλου το οποίο συνθέτει ο μαθητής και μάλιστα διευκολύνει την ενασχόληση του μαθητή με διαθεματικά προβλήματα HASS&STEM. Η κατασκευή και οι ερευνητικές δραστηριότητες γύρω από τον «Νοήμονα Τοίχο» καλύπτουν γνωστικά πεδία STEM των τομέων των ΕΠΑΛ: Πληροφορικής, Μηχανολογίας, Ηλεκτρολογίας-Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού, Δομικών Έργων -Δομημένου Περιβάλλοντος και Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού, Εφαρμοσμένων Τεχνών, Ηλεκτρολογίας-Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού. Επιπλέον παρέχονται σημαντικές γνώσεις, επαγγελματικές και κοινωνικές δεξιότητες σε άλλα στοιχεία του HASS&STEM όπως στα Μαθηματικά, την Γενική Μηχανική, την Κοινωνική Ευαισθησία, την Οικονομία, το Περιβάλλον

και την Αειφορία. Στην εν λόγω διαδικασία εμπλέκονται λογισμικά και διαδικασίες αναζήτησης πληροφορίας στο Διαδίκτυο οι οποίες προάγουν την ανάπτυξη γνώσεων τεχνικής ορολογίας στην Ξένη Γλώσσα.

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η αντίστοιχη εικόνα μοντέλου-παραπομπής στο πρόβλημα από το σχολικό εγχειρίδιο (a), η ηλεκτρονική διάταξη του «Νοήμονα Τοίχου» σχεδιασμένη ως ψηφιακό Μοντέλο με Σύστημα Μικροελεγκτή (b) και έκδοση του σε υλική μορφή (στρώσεις σοφά, πλίνθων, μονωτικού, πλίνθων, σοφά) (c), όπως καλούνται να τα δημιουργήσουν οι μαθητές.



Εικόνα 3. Εικόνα-μοντέλου του σχολικού εγχειριδίου (a) (Πηγή: Διαβάτης, Καρβέλης, και Κοτζαμπάσης (1999)), ο «Νοήμων Τοίχος» με Σύστημα Μικροελεγκτή, ψηφιακά σχεδιασμένος (b), «Νοήμων Τοίχος» σε υλική μορφή (c),

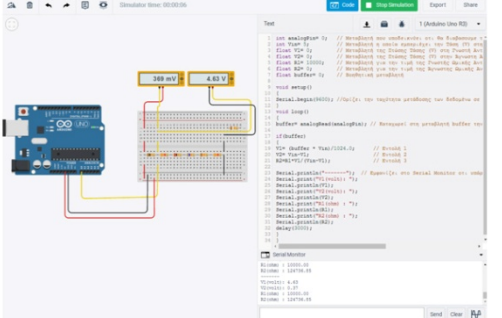
Αναφορικά στη Διδακτική προσέγγιση, προηγείται διδασκαλία Σεναρίων κατά τα οποία οι μαθητές συμπληρώνουν τις προϋπάρχουσες γνώσεις του σε θέματα Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας, Προγραμματισμού Η/Υ, Σχεδιασμού με Η/Υ και Θερμοδυναμικής. Ουσιαστικά συμμετέχουν σε Πρόδρομες Εφαρμογές (Savelides et al. 2019) ώστε να είναι ικανοί να ανταποκριθούν αποτελεσματικά στην εφαρμογή του Σεναρίου.

Η σύνθεση της τάξης, η αναγκαιότητα αναζήτησης πληροφοριών, τεχνικών διαδικασιών, εμπορικών εξαρτημάτων, και κυρίως η αναγκαιότητα επίλυσης προβλημάτων προάγουν την εφαρμογή τεχνικών διδασκαλίας σε Εποικοδομητικό περιβάλλον και συγκεκριμένα, της Ανακαλυπτικής Μάθησης, της Εμπλαισιωμένης Μάθησης και της Υπολογιστικής Σκέψης.

Το Μοντέλο, κατασκευάζεται πρώτα ψηφιακά ως παράσταση (Εικόνα 3b). Κατόπιν κατασκευάζεται, επίσης ψηφιακά, ως προγραμματιζόμενο κύκλωμα με υποστήριξη λογισμικού. Τέλος κατασκευάζεται ως υλικό αντικείμενο το οποίο ελέγχεται από συνδεδεμένο Η/Υ και υποστηρίζεται από σχετικό λογισμικό (Εικόνα 3c).

Οι μαθητές, κατευθύνονται στην λύση της ηλεκτρονικής κατασκευής, του «Νοήμονα Τοίχου», η οποία τελικά θα αποτελέσει συσκευή πραγματοποίησης Πειραμάτων επί

της οποίας θα είναι δυνατή η σύνθεση προπλάσμάτων τοιχοποιίας, η αναγνώρισή του «υλικού» και του συντελεστή Θερμοπερατότητας τους από τη συσκευή, ο αυτόματος υπολογισμός και η παρουσίαση του συνολικού συντελεστή Θερμοπερατότητας του συντιθέμενου τοίχου. Ακολουθώντας, με τη βοήθεια του συνδεδεμένου με τη συσκευή Η/Υ, πραγματοποιούνται πειραματικοί υπολογισμοί του καυσίμου, το οποίο απαιτείται για την κάλυψη των απωλειών σε ένα χειμώνα, η οικονομική επιβάρυνση της οικογένειας, ο όγκος του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων οι οποίοι επιβαρύνουν το περιβάλλον και λοιπά στοιχεία των επιστημονικών πεδίων του HASS. Οι υπολογισμοί για κάθε περίπτωση τοίχου πραγματοποιούνται μέσω λογισμικού – προγράμματος σε γλώσσα C με την υποβοήθηση του κώδικα τον οποίο παράγει το διαδικτυακό λογισμικό CAD. Στην *Εικόνα 4* παρουσιάζεται μέρος του Φύλλου Δραστηριότητας στο οποίο παρουσιάζονται ο βασικός Κώδικας ελέγχου του Μοντέλου του «Νοήμονα Τοίχου» και σχετικές ερωτήσεις και παροτρύνσεις κατασκευής και διερεύνησης για τους μαθητές.

	με ονόματα τοιχοποιίας. Ξεκινήστε την Εξομοίωση (Simulation). Τι παρατηρείτε στις τιμές των Πολυμέτρων; Τι παρατηρείτε στις τιμές του Serial Monitor (απαντήστε με τη χρήση το πολύ 50 λέξεων) Δ) Αφήστε μόνο την Αντίσταση του Υαλοβάμβακα (συνδέστε κατάλληλα τις άκρες της). Τι παρατηρείτε; Βρίσκε την ονομαστική τιμή της το συστήμα σας; (Κύκλωμα <u>μικροελεγκτή</u> -Πρόγραμμα). Εξηγήστε το αποτέλεσμα. Ε) Μπορείτε να σκεφτείτε μια πρακτική τεχνολογική χρήση αυτού του κυκλώματος;
7 Ας Κατασκευάσουμε: Κατασκευάστε το πραγματικό Κύκλωμα του Βήματος 3. Στη σειρά των Αντιστάσεων με ονόματα τοιχοποιίας, τοποθετήστε μόνο την Αντίσταση της Οπτοαληθοδομής με διάτρησης οπτοπληθούς (20 ΚΩ). Το Κύκλωμα θα δείχνει κάπως έτσι (προσέξτε να μην μπερδεύεστε από τις σκιάς της φωτογράφησης).	

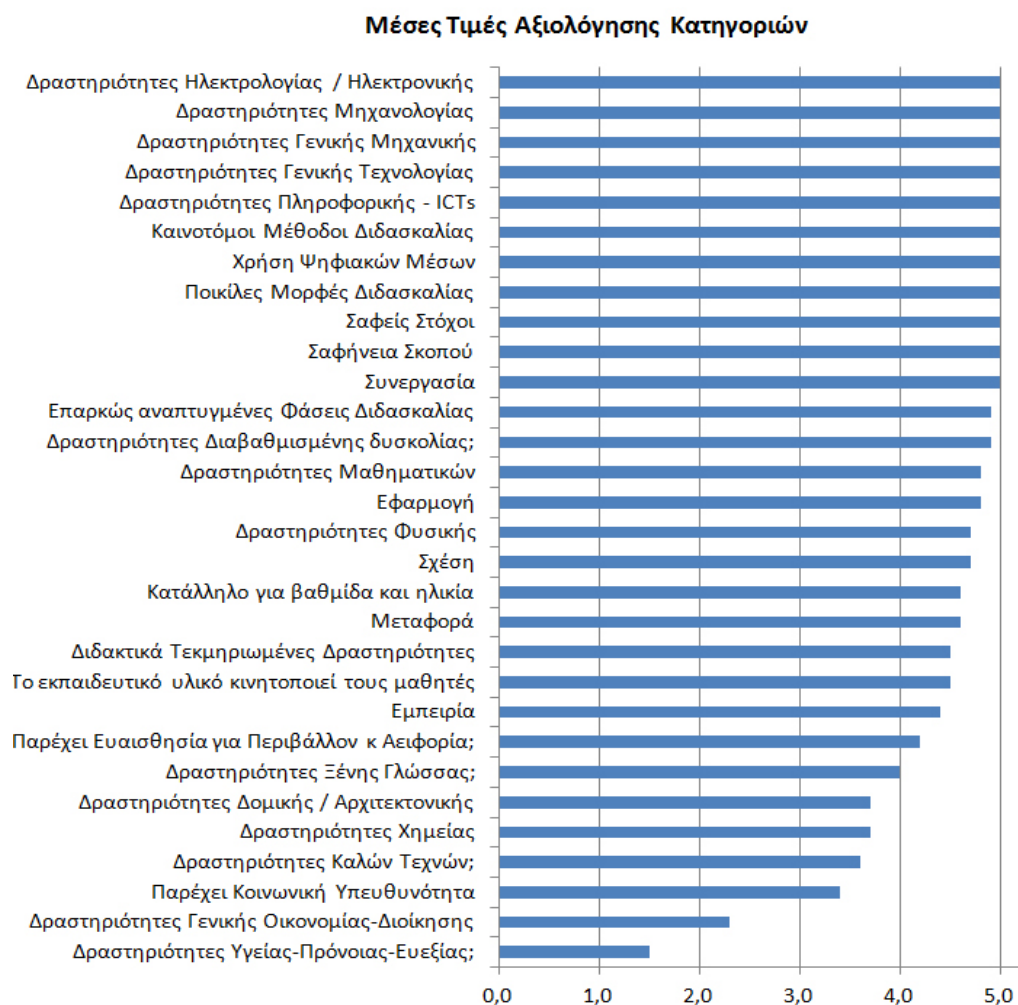
Εικόνα 4. Φύλλο Δραστηριότητας του Σεναρίου. Πρόγραμμα ελέγχου του Μοντέλου και παροτρύνσεις Ανακάλυψης.

Αποτελέσματα της Αξιολόγησης Πρωτότυπου του Σεναρίου

Τα δεδομένα από τις Κλίμακες Διαβαθμισμένων Κριτηρίων αναλύθηκαν μόνο Περιγραφικά και μόνο ως προς την εξαγωγή των Μέσων Τιμών ανά Κατηγορία. Ο λόγος είναι ότι η αξιολόγηση ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί μόνον ως ενδεικτική ώστε να εξαχθούν γενικά συμπεράσματα για την καταλληλότητα και αποτελεσματικότητα του Σεναρίου με σκοπό στην εισαγωγή στην τάξη. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή στη Μηχανική ως MVP (Minimum Viable Product). Το ελάχιστο βιώσιμο παραγόμενο είναι αυτή η έκδοση ενός νέου έργου που επιτρέπει σε μια ομάδα με τη λιγότερη προσπάθεια να συλλέξει το μέγιστο ποσό επιβεβαιωμένης γνώσης για την αντιμετώπιση του παραγόμενου έργου από τους χρήστες (Ries, 2009)

Στην περίπτωση μας το μέγιστο ποσό επιβεβαιωμένης γνώσης προέκυψε από τις απαντήσεις των 11 έμπειρων εκπαιδευτικών.

Οι Μέσες Τιμές των βαθμών των απαντήσεων παρουσιάζεται διαγραμματικά στην *Εικόνα 5*.



***Εικόνα 5.** Μέσες Τιμές Αξιολόγησης Κατηγοριών (Κριτηρίων Αξιολόγησης) του Σεναρίου.*

Παρατηρούμε ότι οι περισσότερες Κατηγορίες αξιολογούνται πάνω από το βαθμό 4. Βασικές εξαιρέσεις αποτελούν οι Αξιολογήσεις για το αν το Σενάριο ανταποκρίνεται επαρκώς σε δραστηριότητες των επιστημονικών πεδίων της Υγείας και της Οικονομίας – Διοίκησης, πράγμα αναμενόμενο. Το παρατηρούμενο «κενό» στο

επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα μπορεί να καλυφθεί από την υλοποίηση άλλων διδακτικών προσεγγίσεων σε αυτά τα αντικείμενα. Σημαντικά αρνητικό για το στόχο του Σεναρίου αποτελεί η σχετικά μειωμένη τιμή της Παροχής Κοινωνικής Υπευθυνότητας στους μαθητές, πράγμα το οποίο αντιβαίνει στην προοπτική της προσέγγισης HASS&STEM (στο πεδίο του Ανθρωπισμού).

Οι υπόλοιπες αξιολογήσεις συνηγορούν στο ότι οι ένδεκα (11) αξιολογητές συμφωνούν ότι από την εν λόγω Διδακτική Προσέγγιση προάγονται όλες οι στρατηγικές της Εμπλαιομένης Μάθησης, της Υπολογιστικής Σκέψης, της αποτελεσματικότητας σύμφωνα με το ΙΕΠ (2015), και του πνεύματος εφαρμογής του HASS&STEM (Savelides et al. 2020).

5. Περιορισμοί

Η παρούσα ερευνητική εργασία χαρακτηρίζεται από τον περιορισμό του μικρού αριθμού αξιολογητών και του τύπου της αξιολόγησης ως Πρωτοτύπου, χωρίς να έχει εφαρμοστεί στην πράξη και την τάξη. Επιπλέον χαρακτηρίζεται από τους περιορισμούς ότι ήταν η μόνη εφαρμογή αυτού του χαρακτήρα και απευθύνονταν σε περιορισμένο εύρος, ηλικίας, τάξης και τύπου σχολείου μαθητές.

6. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής προσέγγισης φαίνεται ότι η εφαρμογή του Ηλεκτρικού Ανάλογου φυσικών μεγεθών ή φυσικών φαινομένων είναι δυνατό να αξιοποιηθεί στη διδασκαλία στο πλαίσιο της διδακτικής τεχνικής των Αναλογιών και να αποτελέσει την βάση ανάπτυξης εποικοδομηστικών περιβαλλόντων μάθησης (cf., Genter, 1983; Duit, 1991; Glynn, 1991).

Είναι δυνατή η εφαρμογή σε φαινόμενα διάφορων επιστημονικών πεδίων αλλά κυρίως μπορεί να αποτελέσει τον πυρήνα ανάπτυξης εκπαιδευτικών διαθεματικών προσεγγίσεων των επιστημονικών πεδίων του HASS&STEM (cf., Savelides et al. 2020).

Επιπλέον είναι δυνατή η αξιοποίηση του, καθώς ανταποκρίνεται στις αρχές της Εμπλαιομένης Μάθησης αφού μπορεί να αποτελέσει εφελκτήριο ανάπτυξης εμπλαιομένων στρατηγικών όπως, συσχετισμός μίας νέας ιδέας με κάτι γνώσιμο, παρότρυνση για εξερεύνηση, ανακάλυψη ή εφεύρεση, χρήση εννοιών σε ρεαλιστικές και σχετικές ασκήσεις (cf., Crowford, 2001) .

Είναι δυνατή η ανάπτυξης επίλυσης πραγματικών προβλημάτων, ιδιαίτερα με βάση μοντέλα και τεχνικές της Υπολογιστικής Σκέψης (πρβλ., Ψυχάρης, Κοτζαμπασάκη, & Καλοβρέκτης, 2018; Κονσουλίδης, 2019).

Τέλος προσδιορίζεται ένα ακόμη πλεονέκτημα του «Νοήμονα Τοίχου». Είναι ότι παρέχεται η δυνατότητα στον μαθητή, τόσο να διερευνήσει το διδακτέο αντικείμενο

με βάση μοντέλα υπολογισμού αλλά κυρίως να δημιουργήσει το δικό του πειραματικό εκφραστικό μοντέλο (cf., Psycharis, 2015; Psycharis 2016). Άλλωστε η πειραματική δραστηριότητα είναι η πλέον ουσιώδης πτυχή της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών -και μάλιστα αναντικατάστατη- λόγω του περιεχομένου τους (cf., Arons, 1991).

Άρρηκτα συνδεδεμένη με την προτεινόμενη τεχνική του Ηλεκτρικού Ανάλογου αποτελεί η υποστήριξη με Σύστημα Μικροελεγκτή και υποστήριξη από τις ICTs ώστε να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου των πειραματικών διατάξεων, δυνατότητα προσέγγισης των παραμέτρων και των αποτελεσμάτων των πειραμάτων και γενική υποστήριξη των μαθητών στην προσπάθειά τους να αναπαραστήσουν τα υπό μελέτη φυσικά φαινόμενα και να ανακαλύψουν νέες γνώσεις που χρειάζονται για την υλοποίηση του μοντέλου.

Τέλος κατά τους ερευνητές για την εφαρμογή του Ηλεκτρικού Ανάλογου στη διδασκαλία, απαιτείται –πάντα- μία καλή ιδέα.

7. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Προτείνεται η αξιοποίηση του Ηλεκτρικού Ανάλογου με χρήση H/Y, στη διδασκαλία και σε άλλα φαινόμενα και προβλήματα του HASS&STEM κι όχι μόνον ως διδακτικά Μοντέλα αλλά και σαν ερευνητικές διατάξεις. Προτείνεται η ανάπτυξη δραστηριών εργαλείων παράστασης και διαχείρισης των φαινομένων με βάση Ηλεκτρικές Αναλογίες και η διερεύνησή τους τόσο στην τάξη όσο και στο επιστημονικό εργαστήριο.

Αναφορές

- Arduino. (n.d.). *What is Arduino?* (online). Retrieved from <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arons, A. (1991). *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*. Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα.
- Berglund, A., & Grimheden, M. (2011). The importance of prototyping for education in product innovation engineering. In *ICORD 11: Proceedings of the 3rd International Conference on Research into Design Engineering, Bangalore, India, 10.-12.01. 2011*.
- Branin, F. H. (1966, April). The algebraic-topological basis for network analogies and the vector calculus. In *Symposium on generalized networks* (pp. 453-491). NY: Polytechnic Institute of Brooklyn.
- Brown, B. L. (1998). Applying Constructivism in Vocational and Career Education. *Information Series No. 378*.
- Buchanan, R. (1992). Wicked problems in design thinking. *Design Issues*, 8(2), 5-21.

- Coburn, W. W. (1991). *Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science*.
- Crowford, M. R. (2001). Teaching contextually: Research, rational and techniques for improving student motivation and achievement in mathematics and science. Texas: CORD.
- CSTA, & ISTE. (2011). *Operational definition of computational thinking for K-12 education*. Retrieved from <https://id.iste.org/>
- Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- Diegel, O., Xu, W. L., & Potgieter, J. (2006). A case study of rapid prototype as design in educational engineering projects. *International Journal of Engineering Education*, 22(2), 350.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*, 75(6), 649-672.
- Edelson, D., Gordin, D. and Pea, R. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(3&4), 391–450.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, 7(2), 155-170.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. *The psychology of learning science*, 219-240.
- Hartmann, S. (1995). Models as a Tool for Theory Construction: Some Strategies of Preliminary Physics. In Herfel William, Wladiyslaw Krajewski, Ilkka Niiniluoto and Ryszard Wojcicki (Eds.) *Theories and Models in Scientific Process* (Poznan Studies in the Philosophy of Science and the Humanities 44). Amsterdam.
- Hoppe, H., Werneburg, S. (2019). Computational Thinking—More Than a Variant of Scientific Inquiry!. In: Kong SC., Abelson H. (eds) *Computational Thinking Education*. Springer, Singapore
- Mulenburg, G. M., & Gundo, D. P. (2002). *Design by Prototype: Examples from the National Aeronautics and Space Administration*.
- Petroski, H. (1996). *Invention by Design — How Engineers Get from Thought to Thing*. Cambridge University Press, Cambridge (MA).
- Pisano, G. P. (1997). *The development factory: unlocking the potential of process innovation*. Harvard Business Press.

- Polya, G. (2004). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (Vol. 85). Princeton university press.
- Psycharis, S. (2015). The Impact of Computational Experiment and Formative Assessment in Inquiry Based Teaching and Learning Approach in STEM Education. *Journal of Science Education, and Technology*, 25(2),316-326 (JOST) DOI 10.1007/s10956-015-9595-z
- Psycharis, S., (2016). Inquiry Based- Computational Experiment, Acquisition of Threshold Concepts and Argumentation in Science and Mathematics Education. *Educational Technology & Society*, 19(3), 282-293.
- Ries, E. (2009). Minimum viable product: a guide. *Startup lessons learned*, 3.
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2013). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on learning technologies*, 7(1), 38-56.
- Savelides, S., Fasouraki, R., Georgousis, E., Kolokotroni, K., & Savelidi, M. (2020). Interdisciplinary Educational Approach STEM and HASS Knowledge Fields Using ICTs Support. Case of an Application for a Pilot Experiment. *European Journal of Engineering Research and Science*, (CIE), 33-42. <https://doi.org/10.24018/ejers.2020.0.CIE.1797>
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, 26(1–2), 113–125.
- Tidd, J., & Bessant, J. R. (2018). *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*. John Wiley & Sons.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725.
- Wing, J. M. 2006 Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Διαβάτης, Η., Καρβέλης, Ι., & Κοτζαμπάσης, Γ. (1999). *Στοιχεία Σχεδιασμού Κεντρικών Θερμάνσεων* [Διδακτικό Εγχειρίδιο]. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών [EAITY] (2010). *Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών - Τεύχος 5: Κλάδος ΠΕ04*. EAITY, Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης (TEK). Πάτρα.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής [ΙΕΠ] (2015). *Έγκριση Κριτηρίων Αξιολόγησης Ψηφιακών Διδακτικών Σεναρίων στο πλαίσιο της Πράξης: «Ανάπτυξη μεθοδολογίας και ψηφιακών διδακτικών σεναρίων για τα γνωστικά αντικείμενα της*

- Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Γενικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης» με κωδικό ΟΠΣ 479325. Αθήνα.*
- Κατσαπρακάκης, Δ., & Μονιάκης, Μ. (2015). *Θέρμανση - ψύξη - κλιματισμός*. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Αθήνα. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/6167>
- Κονσουλίδης, Ν. (2019). *Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού για την υπολογιστική σκέψη* (Μεταπτυχιακή Διατριβή). Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη.
- Κουλουμπάριτση, Α., & Μатσαγγούρας, Η. (2004). Φάκελος εργασιών του μαθητή (Portfolio Assessment): Η αυθεντική αξιολόγηση στη διαθεματική διδασκαλία. *Εκπαιδευτικές Καινοτομίες Για το Σχολείο του Μέλλοντος, τόμος Α*, 55-83.
- Ράπτης Α., Ράπτη Α. (2013). *Μάθηση και Διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας*. Α' τόμος. Αθήνα.
- Σκουμιάς, Μ. (2012). *Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Ι* [σημειώσεις]. Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων [ΥΠΠΕΘ](2017). *Υψηλή και Οδηγίες διδασκαλίας των μαθημάτων Προσανατολισμού της Α' τάξης Ημερήσιου και Εσπερινού ΕΠΑ.Λ. σχ. έτους 2017-2018, Φ3/152814/Δ4/14-09-2017*. Αθήνα.
- Χαριτωνίδης, Η. (2016). *Η χρήση των αναλογιών ως διδακτικό εργαλείο για την επεξήγηση βασικών εννοιών της φυσικής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση* (Μεταπτυχιακή Διατριβή). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Επιστημών της Αγωγής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Ιωάννινα.
- Ψυχάρης, Σ. (2011). *Η μοντελοποίηση και οι θεωρίες μάθησης στις τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση: Οι επιπτώσεις τους στην διδακτική-εκπαιδευτική τεχνολογία* (1η Έκδ.) - Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.
- Ψυχάρης, Σ., Κοτζαμπασάκη, Ε., & Καλοβρέκτης, Κ. (2018). Υπολογιστική Σκέψη, Επιστημολογία των Μηχανικών και Υπολογιστική Παιδαγωγική: Μια πρόταση εισαγωγής του STEM στην εκπαίδευση. *Εκπαίδευση & Επιστήμες* (1), 1-11.

Abstract

The present article refers to the prototype design and evaluation of an educational scenario, in which the didactical technique of Analogies is implemented and the Electrical Analog is utilized. The scenario is didactically covering the scientific areas of HASS&STEM. The Scenario was developed as a Prototype based on regular principles of Educational Engineering. Students are asked to create their own Teaching Aid Model, the "Intelligent Wall". Initially the Model is created as digital and then as material. Then students experiment with it, mostly with the help of ICTs. They manufacture digital and "handmade" models of wall layers whose physical characteristics, via a Microcontroller System, are recognized by software that they compile themselves. They then experiment with the composition of different walls, digitally calculate heat losses and explore how the wall construction affects carbon dioxide emissions, the economy and the environment itself, to solve interdisciplinary problems. The Scenario was evaluated empirically by a group of teachers, as a Prototype (without being applied in the classroom). This limited evaluation process provided important indications of the coverage of the educational aims and objectives in the scientific fields of HASS & STEM.

Keywords: HASS&STEM, ICTs, Electrical Analogy, Educational Engineering, Contextual Learning, Computational Thinking, Microcontroller System, Prototyping.