

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ, STEAM ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ  
ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ»**

Διπλωματική Εργασία

**«ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ»-  
«APPLICATIONS OF 3D PRINTING IN PRESCHOOL EDUCATION:  
A CASE STUDY IN KINDERGARTEN».**

του/της

**ΚΥΡΙΑΚΙΔΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑΣ**  
ΑΜ 2021/043

Επιβλέπων Καθηγητής  
Κορλός Απόστολος

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος  
ειδίκευσης Ρομποτική, STEAM και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση  
Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2023



Η παρούσα Διπλωματική Εργασία καλύπτεται στο σύνολό της νομικά από δημόσια άδεια πνευματικών δικαιωμάτων CreativeCommons:

Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή



Μπορείτε να:

- Μοιραστείτε: αντιγράψετε και αναδιανέμετε το παρόν υλικό με κάθε μέσο και τρόπο
- Προσαρμόστε: αναμείξτε, τροποποιήστε και δημιουργήστε πάνω στο παρόν υλικό

Υπό τους ακόλουθους όρους:

- Αναφορά Δημιουργού: Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό, με σύνδεσμο της άδειας, και με αναφορά αν έχουν γίνει αλλαγές. Μπορείτε να το κάνετε αυτό με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, αλλά όχι με τρόπο που να υπονοεί ότι ο δημιουργός αποδέχεται το έργο σας ή τη χρήση που εσείς κάνετε.
- Μη Εμπορική Χρήση: Δε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το υλικό για εμπορικούς σκοπούς.
- Παρόμοια Διανομή: Αν αναμείξετε, τροποποιήσετε, ή δημιουργήσετε πάνω στο παρόν υλικό, πρέπει να διανείμετε τις δικές σας συνεισφορές υπό την ίδια άδεια CreativeCommonsόπως και το πρωτότυπο.

Αναλυτικές πληροφορίες νομικού κώδικα στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

## Υπεύθυνη Δήλωση

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται από τον Κανονισμό Σπουδών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Ρομποτική, STEAM και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί έργο αποκλειστικά δικής μου δημιουργίας, έρευνας, μελέτης και συγγραφής.
- Για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου δημιουργού ή τις ιδέες και αντιλήψεις άλλου δημιουργού χωρίς να γίνεται σαφής αναφορά στην πηγή προέλευσης(βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό, ιστοσελίδα κλπ.).

Θεσσαλονίκη, Παρασκευή 10 Φεβρουαρίου, 2023

Ο/Η Δηλών/ούσα: Ευθυμία Κυριακίδου

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην εισαγωγή της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο χώρο του νηπιαγωγείου με την αξιοποίηση των τεχνικών που αυτή προσφέρει. Διερευνώνται εκείνα τα χαρακτηριστικά, τα οποία σύμφωνα με τη γνώμη των παιδιών, κρίνονται κατάλληλα για τα αντικείμενα που εκτυπώνονται μέσω ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση παρουσιάζει, τον ορισμό και τα χαρακτηριστικά της τρισδιάστατης εκτύπωσης, τις εφαρμογές της στην εκπαίδευση με τα θετικά και τα αρνητικά στοιχεία που έχουν προκύψει, όπως και τις αντίστοιχες έρευνες. Σε δεύτερο χρόνο, αναλύεται η προσχολική εκπαίδευση και το πρόγραμμα του νηπιαγωγείου μαζί με την προσέγγιση STE(A)M και γίνεται η σύνδεση μεταξύ των τριών παραμέτρων. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε με τους σκοπούς και τους στόχους, πως σχεδιάστηκε και πως αναπτύχθηκε το ερευνητικό κομμάτι, τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε μαζί με τις προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Από τα τελικά αποτελέσματα προκύπτει πως η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να προσφέρει πολλά μέσα από τις εφαρμογές της στο χώρο της εκπαίδευσης. Σε κάθε περίπτωση τα παιδιά πρέπει να είναι στο επίκεντρο και οι βασικοί «ερευνητές» ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα τα οποία βασίζονται στις ανάγκες και στα πιστεύω τους.

**Λέξεις κλειδιά:** προσχολική εκπαίδευση, τρισδιάστατη εκτύπωση, χαρακτηριστικά αντικειμένων, STE(A)M

## **ABSTRACT**

This thesis aims at the introduction of 3D printing in the kindergarten area by making use of the techniques it offers. It investigates the characteristics, which according to the opinion of the children, are considered suitable for the objects printed with the help of a 3D printer. It is presented through the literature review, the definition and characteristics of 3D printing, its applications in education with the positive and negative elements that have emerged, as well as the corresponding research. Preschool education, the kindergarten program, the STE(A)M approach are also analyzed. Finally, the connection between the three parameters is made. The methodology follows with the aims and objectives and is examined how the research was designed and developed. The conclusions reached along with the proposals for future research are presented in detail.

From the final results, it follows that 3D printing can offer many a lot through its applications in the field of education. In any case, children must be at the center and become the majors “researchers” so that conclusions can be drawn based on their needs and beliefs.

**Key words:** preschool education, 3d printing, objects characteristics, STE(A)M

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	4
ABSTRACT.....	5
Πίνακας διαγραμμάτων και πινάκων.....	8
Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 1: Η τρισδιάστατη εκτύπωση.....	11
1.1 Ορισμός και στάδια ανάπτυξης.....	11
1.2 Η τρισδιάστατη εκτύπωση στην εκπαίδευση.....	15
1.3 Θετικά και αρνητικά στοιχεία από τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης.....	17
1.3.1 Θετικά στοιχεία.....	17
1.3.2 Αρνητικά στοιχεία.....	22
1.4 Ερευνητικά δεδομένα.....	25
Κεφάλαιο 2: Προσχολική εκπαίδευση και STE(A)M.....	30
2.1 Προσχολική εκπαίδευση.....	30
2.2 Το αναλυτικό πρόγραμμα του νηπιαγωγείου.....	30
2.3 Ορισμός STE(A)M.....	34
2.3.1 Η εκπαίδευση STE(A)M.....	35
2.3.2 Θεωρίες μάθησης STE(A)M.....	37
2.4 Το εκπαιδευτικό παιχνίδι στην τρισδιάστατη εκτύπωση.....	38
2.5 STE(A)M, 3D Printing και προσχολική εκπαίδευση.....	40
Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία Έρευνας.....	42
3.1 Εισαγωγή.....	42
3.2 Σκοπός-Ερευνητική Υπόθεση.....	42
3.3 Σχεδιασμός έρευνας.....	42
3.3.1 Επιλογή μεθόδου.....	43
3.3.2 Συλλογή δεδομένων.....	43
3.3.3 Υλοποίηση έρευνας.....	44
3.3.4 Τρισδιάστατος εκτυπωτής.....	45
3.3.5 Αντικείμενα εκτύπωσης.....	46
3.4 Πληθυσμός.....	51
3.5 Περιορισμοί.....	51
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα.....	52

4.1 Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης.....	52
4.2 Μετεπεξεργασία.....	56
4.3 Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.....	57
4.4 Δραστηριότητες.....	58
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα-Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	62
Κεφάλαιο 6: Βιβλιογραφία.....	65
Παράρτημα 1: Συνέντευξη.....	76
Παράρτημα 2: Ενδεικτικά αρχεία stl, μεγάλων και μικρών αντικειμένων.....	77
Παράρτημα 3: Φωτογραφίες αντικειμένων.....	80
Παράρτημα 4: Επεξεργασία αντικειμένων κατά τη διάρκεια της συνέντευξης.....	84
Παράρτημα 5: Φωτογραφίες από την μετεπεξεργασία.....	86

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Βιβλιοθήκες υλικού στο διαδίκτυο.....	12
Πίνακας 2: Δεξιότητες σύμφωνα με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών στο Νηπιαγωγείο.....	32
Πίνακας 3: Προτιμήσεις παιδιών όπως διαμορφώθηκαν από την παρατήρηση και την αξιολόγηση.....	44
Πίνακας 4: Προτιμήσεις παιδιών για εκτύπωση.....	47
Πίνακας 5: Πληθυσμός τμήματος.....	51
Πίνακας 6: Μέσος όρος ηλικίας τμήματος.....	51
Πίνακας 7: Αρχικές και τελικές επιλογές νηπίων.....	53
Πίνακας 8: Κριτήρια επιλογής αντικειμένων.....	54
Πίνακας 9: Θα έπαιζες με τα σπασμένα αντικείμενα; Γιατί;.....	55



## Εισαγωγή

Οι τεχνολογικές καινοτομίες που δοκιμάζονται και εφαρμόζονται κάθε μέρα στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα είναι πάρα πολλές. Η αρχή έγινε με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές πριν από περίπου 20 χρόνια, οι οποίοι δειλά δειλά εντάχθηκαν μέσα στις σχολικές τάξεις. Ακολούθησαν οι διαδραστικοί πίνακες, οι προτζέκτορες, τα tablets, οι ηλεκτρονικές τάξεις (e-classes), η δυνατότητα παρουσίασης μέσα από υπολογιστή, τα ρομποτάκια σε όλες τους τις μορφές και τα τελευταία 3 χρόνια έχουν αρχίσει να εμφανίζονται και οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές (Lacey, 2010; Hollenbeck & Fey, 2009; Drog, 2008). Ειδικά με την εισαγωγή της εκπαίδευσης STE(A)M, η επιρροή της τεχνολογίας μέσα στην εκπαιδευτική διαδικασία συνεχώς αυξάνεται. Από αυτήν την άποψη, οι εκτυπωτές τριών διαστάσεων (3d printers), οι οποίοι έχουν εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς (πχ υγεία, βιομηχανία), έχουν αρχίσει να λαμβάνουν τη δική τους θέση στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Yildirim, 2018).

Η τεχνολογία έχει έρθει και έχει επικρατήσει για τα καλά στη ζωή μας και όπως ήταν αναμενόμενο οι μαθητές καλούνται να τη χρησιμοποιήσουν τόσο στο παιδαγωγικό κομμάτι όσο και για την επαγγελματική τους εξέλιξη (Kwon, 2017). Η ψηφιακή εποχή απαιτεί καλή γνώση αυτής, στην απόκτηση της οποίας με το ορθό τρόπο συμβάλλει η εκπαιδευτική διαδικασία.

Στην εκπαίδευση, οι τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης διαπιστώθηκε ότι βελτιώνουν τη μάθηση, βοηθούν στην ανάπτυξη όλων των δεξιοτήτων, και τόσο οι μαθητές όσο και οι δάσκαλοι, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ενασχόληση με το θέμα που ασχολούνται κάθε φορά. Οι μαθητές εφοδιάζονται με επιπλέον εργαλεία, και νέες δεξιότητες που αφορούν στο χειρισμό και την κατανόηση των μέσων αυτών, ώστε να μπορούν να υλοποιήσουν ένα ολοκληρωμένο έργο, ακολουθώντας όλα τα βήματα από τη σύλληψη και το σχεδιασμό μέχρι το τελικό αποτέλεσμα (Novak, 2022; Kwon, 2017).

Αξίζει να σημειωθεί πως η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εκπαίδευση STE(A)M με τη σύνδεση και την αλληλεπίδραση όλων των τομέων που εμπλέκονται σε αυτήν, ειδικά των τομέων της μηχανικής και της τεχνολογίας (Novak, 2022).

Επιπλέον, η τεχνολογία γενικά, και η τρισδιάστατη εκτύπωση ειδικά, στηρίζουν τη μάθηση που βασίζεται στην έρευνα και δίνει ευκαιρίες για τη διαμόρφωση και την εξέλιξη των ερωτήσεων, της επιλογής πηγών και της παραγωγής προϊόντων για την επίδειξη της γνώσης (Coiro, Castek, & Quinn, 2016).

Όλες αυτές οι μορφές όμως, δεν έχουν κανένα απολύτως νόημα αν δε συνδεθούν με παιδαγωγικούς και μαθησιακούς στόχους και δεν υπάρξει σύνδεση θεωρίας με πράξη. Η ορθή της χρήση με ταυτόχρονη επίτευξη μαθησιακών στόχων είναι πολύ σημαντική (Song, 2018; Kwon, 2017). Η 3D εκτύπωση στην εκπαίδευση αδιαμφισβήτητα μπορεί να ωφελήσει τόσο τους δασκάλους όσο και τους μαθητές.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία γίνεται μία προσπάθεια εισαγωγής της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο χώρο του νηπιαγωγείου, αξιοποιώντας τις δυνατότητες που αυτή προσφέρει. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται προσπάθεια, μέσα από την επαφή και το παιχνίδι με αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί με την τρισδιάστατη τεχνολογία, να ανιχνευθούν εκείνα τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν τα αντικείμενα ώστε και να είναι αποδεκτά αλλά και να χρησιμοποιηθούν με ευκολία από τα παιδιά. Ταυτόχρονα υλοποιούνται δραστηριότητες που άπτονται της προσέγγισης STE(A)M με χρήση αντικειμένων 3D σαν εποπτικό υλικό και παράλληλα, γίνεται πάλι έλεγχος των κατάλληλων χαρακτηριστικών. Σημειώνεται πως στο ακρωνύμιο STEAM, ο όρος που αναφέρεται στις τέχνες (Arts) μπαίνει σε παρένθεση καθώς στη βιβλιογραφική αναζήτηση πολλές φορές οι όροι STEAM και STEM εναλλάσσονται.



*Εικόνα 1: Το 3D Printing στην εκπαίδευση*

*(<https://www.cosmotesmartliving.gr/ase-ta-paidia-na-ftiachnoun-ta-dika-tous-paichnidia-me-3d-printer/>)*

## Κεφάλαιο 1. Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D Printing)

### 1.1 Ορισμός και στάδια ανάπτυξης

Η διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D-printing/3DP) ορίζεται ως η διαδικασία δημιουργίας ενός φυσικού αντικειμένου από ένα ψηφιακό μοντέλο τριών διαστάσεων, συνήθως με την εναπόθεση πολλών λεπτών στρωμάτων ενός υλικού. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή και ως προσθετική κατασκευαστική (Additive Manufacture/AM) (Campbell et al., 2011) και γίνεται συνήθως στρώση-στρώση, σε αντίθεση με τις μεθοδολογίες της αφαιρετικής παραγωγής/κατασκευής (American Society for Testing and Material, 2012).

Η αρχική αιτία ανάπτυξης της ήταν η μείωση του χρόνου παραγωγής των πρωτοτύπων. Σε γενικές γραμμές, χρειάζονται βδομάδες για μια εταιρεία να δημιουργήσει ένα πρότυπο, μετά την οργάνωση και τον σχεδιασμό του προϊόντος. Με τη χρήση όμως της τρισδιάστατης εκτύπωσης, η διαδικασία αυτή ολοκληρώνεται μέσα σε λίγες ώρες. Τα χρήματα που εξοικονομούνται σε αυτήν την περίπτωση είναι πάρα πολλά. Η τεχνολογία αυτή που υπάρχει πάνω από 30 χρόνια, μόλις την τελευταία δεκαετία άρχισε να κάνει δυναμικά την εμφάνιση της σε διάφορους τομείς, με τα εκπαιδευτικά ιδρύματα να παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον (Chun, 2021). Πιο συγκεκριμένα η Novak (2022) αναφέρει χαρακτηριστικά πως «η επανάσταση της τρισδιάστατης τεχνολογίας ξεκίνησε το 2009, όταν ξαφνικά το κοινό απέκτησε άμεση πρόσβαση σε αυτήν».

Ο συνηθέστερος τρόπος δημιουργίας ενός τρισδιάστατου αντικειμένου σε αυτόν τον τύπο παραγωγής (AM), ξεκινά με το ίδιο το αντικείμενο σε τρισδιάστατη μορφή, είτε κατασκευασμένο σε ένα ειδικό πρόγραμμα λογισμικού CAD (computer-aided design) είτε μέσω σκαναρίσματος ενός ήδη υπάρχοντος αντικειμένου. Τα πιο συνηθισμένα προγράμματα σχεδίασης είναι το Tinkercad, το Scetchup και το 123D Design (Song, 2018). Μία ακόμα εναλλακτική που προσφέρεται, είναι η επιλογή κάποιου έτοιμου αντικειμένου από τις βιβλιοθήκες υλικού που υπάρχουν στο διαδίκτυο (Avanzini et al., 2019; Buehler et al., 2016).

Ιστοσελίδα/Site	Type	Δωρεάν/Με πληρωμή	#Models	Ιστοσελίδα/Site	Type	Δωρεάν/Με πληρωμή	#Models
Thingiverse	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★★★★	3DKitBash	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★
GrabCAD	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★★★★	3DShook	Subscription Service	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★
Sketchfab	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★	RascomRas	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★
CGTrader	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★★	Threading	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★
MyMiniFactory	Marketplace	Δωρεάν	★★★	Repables	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★
Free3D	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★	Libre3D	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★
Yeggi	Μηχανή Αναζήτησης/Search Engine	Δωρεάν, Με πληρωμή	-	3Dagogo	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★
Pinshape	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★★	Shapetizer	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★
XYZprinting Gallery	3D Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★★	The Forge	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★
Dremel Idea Builder	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★	Redpab	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★
YouMagine	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★★	Polar Cloud	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★
Yob3D	Μηχανή Αναζήτησης/Search Engine	Δωρεάν	-	3D Warehouse	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★
3DExport	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★★	STLHive	ShopFree, Paid	Δωρεάν, Με πληρωμή	★
Cults3D	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★	Shapeling	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	-
Zortrax Library	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★	NASA	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★
STLfinder	Μηχανή Αναζήτησης/Search Engine	Δωρεάν, Με πληρωμή	-	NIH 3D Exchange	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★★★★
Rinkak	Marketplace	Δωρεάν, Με πληρωμή	★★	Instructables	Αποθετήριο/Repository	Δωρεάν	★★

Πίνακας 1: Βιβλιοθήκες υλικού στο διαδίκτυο

Πριν από την εκτύπωση, χρειάζεται το μοντέλο που έχει σχεδιαστεί να ανέβει στην αντίστοιχη πλατφόρμα επεξεργασίας, το λογισμικό τεμαχισμού (slicing software) όπως ονομάζεται. Υπάρχουν πληθώρα ρυθμίσεων που πρέπει να γίνουν, όπως είναι το γέμισμα, το μέγεθος, η ποιότητα, η υποστήριξη, η θερμοκρασία, η ταχύτητα εκτύπωσης, έτσι ώστε να γίνει η προετοιμασία για την εκτύπωση του αντικείμενου. Μόλις γίνουν οι ρυθμίσεις, το εξειδικευμένο λογισμικό τεμαχίζει το αντικείμενο σε εγκάρσια επίπεδα δημιουργώντας ένα αρχείο υπολογιστικού τύπου το οποίο στέλνεται στον εκτυπωτή (Trust & Maloy, 2017). Το μηχάνημα στη συνέχεια δημιουργεί το επιλεγμένο αντικείμενο σχεδιάζοντας κάθε στρώση μέσα από ορθή τοποθέτηση του υλικού, προσθέτοντας επίπεδα το ένα πάνω στο άλλο μέχρις ότου το αρχικό αντικείμενο μετατραπεί σε τρισδιάστατο. Τα προηγούμενα χρόνια ο συνηθέστερος τύπος αναφοράς σε αυτού του είδους την τεχνολογία ήταν η ταχεία πρωτοτύπωση (rapid prototyping). Σήμερα, ο όρος αυτό τείνει να αντικατασταθεί με

αυτόν της τρισδιάστατης εκτύπωσης που έχει και ευρύτερη αποδοχή (Avanzini et al., 2019).

Οι περισσότεροι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν θερμοπλαστικά υλικά κατά τη διαδικασία εκτύπωσης. Αυτά τα υλικά μαλακώνουν και ρευστοποιούνται μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών (180-240°C) και στερεοποιούνται από την αρχή μόλις ξεκινήσει και αυξάνεται η θερμοκρασία. (Pai, S.S, et al, 2018; Verner et al., 2016; Buehler, 2016; Kostakis et al., 2015). Τα στρώματα πλαστικού που δημιουργούνται στην επιφάνεια απόθεσης (print bed) κυμαίνονται μεταξύ 0.1mm-0.4mm (Buehler et al., 2016). Κάποιες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να λιώνουν ή να μαλακώνουν το αρχικό υλικό, ώστε να δημιουργηθούν τα στρώματα, είναι οι τεχνολογίες laser (selective laser melting - SLM, selective laser sintering-SLS), οι τεχνολογίες διάχυσης υλικού (fused deposition modelling-FDM) ενώ κάποιες άλλες τεχνολογίες, διαχέουν απευθείας το υλικό σε υγρή μορφή (stereolithography-SLA, laminated object manufacturing - LOM).

Τα συνηθέστερα υλικά εκτύπωσης είναι το ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) και το PLA (Polylactic Acid). Η επιλογή των δύο αυτών υλικών, εκτός από τις δυνατότητες που έχουν λόγω της σύνθεσης τους, γίνεται για τρεις βασικούς λόγους: 1) είναι οικονομικά, 2) είναι πολύ εύκολο να τα αποκτήσει κανείς και 3) είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Και τα δυο, ανήκουν στην ίδια θερμοπλαστική ομάδα, που έχει τη δυνατότητα να ρευστοποιείται όταν ζεσταθεί και να στερεοποιείται όταν κρυώσει με την ίδια ευκολία (Sulistyarini et al., 2020).

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία της εκτύπωσης ακολουθεί το στάδιο της μετεπεξεργασίας. Στο στάδιο αυτό, υλοποιούνται όλα τα βήματα που είναι απαραίτητα για τη βελτίωση ενός αντικειμένου μετά την αφαίρεση του από τον τρισδιάστατο εκτυπωτή. Δύο είναι οι βασικές κατηγορίες, οι πρωτεύουσες και οι δευτερεύουσες και γίνονται είτε χειροκίνητα, είτε ημι-αυτόματα, είτε τελείως αυτόματα. Ανάλογα με τον τύπο του εκτυπωτή και το υλικό εκτύπωσης, καθορίζεται και ο τύπος της μετεπεξεργασίας.

Οι πρωτεύουσες διαδικασίες περιλαμβάνουν όλα εκείνα τα βήματα που πρέπει να υλοποιηθούν για να γίνουν τα αντικείμενα αξιοποιήσιμα και κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα, η αφαίρεση των στηρίξεων, ο καθαρισμός από τυχόν ρινίσματα, πούδρα και άλλα υλικά, η λείανση, η κόλληση είναι ορισμένες από τις διαδικασίες της μετεπεξεργασίας. Για την αφαίρεση των στηρίξεων, χρειάζονται απλά εργαλεία, όπως πένσες, ή ακόμα και τα ίδια τα

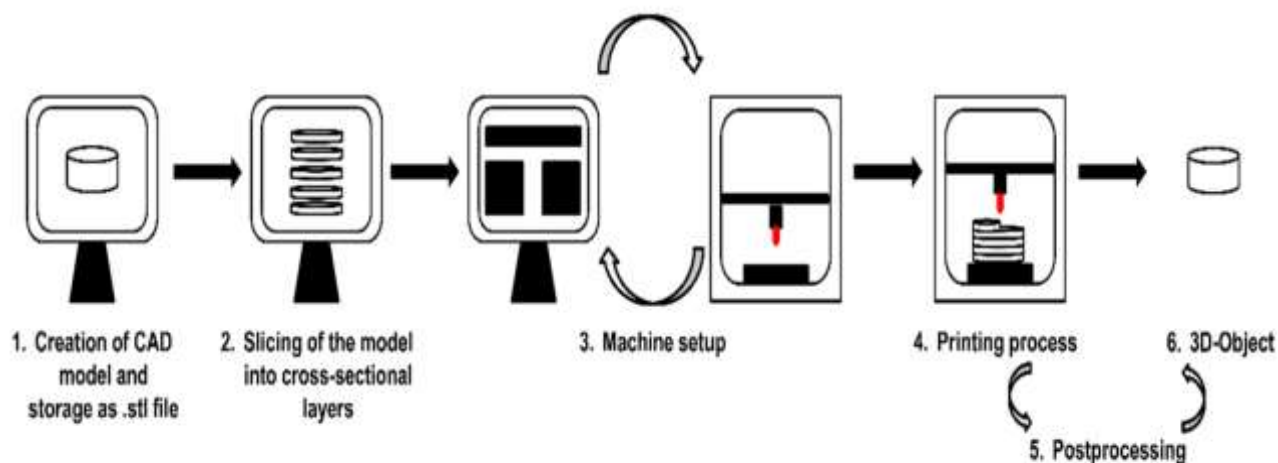
χέρια έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτή η διαδικασία είναι πολύ συνηθισμένο να αφήνει σημάδια στις επιφάνειες των αντικειμένων, τα οποία εξαλείφονται με τη λείανση με τη βοήθεια ενός γυαλόχαρτου.



Εικόνα 2: Αφαίρεση στηρίξεων

Οι δευτερεύουσες διαδικασίες, περιλαμβάνουν όλα εκείνα τα προαιρετικά βήματα που βελτιώνουν τις ιδιότητες των αντικειμένων, τη λειτουργικότητα τους, ακόμα και την αισθητική τους (βάψιμο), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αν αυτές παραλειφθούν τα αντικείμενα δεν είναι αξιοποιήσιμα. Οι διαδικασίες αυτές εντάσσονται στην κατηγορία του φινιρίσματος (priming).

Η ανάγκη για την μετεπεξεργασία εξαρτάται από την ποιότητα της εκτύπωσης, το υλικό που εκτυπώθηκε και τις ρυθμίσεις που έχουν γίνει εξ αρχής (Grimm, 2019; Piedra-Cascón et al., 2021; Karakurt & Lin, 2020).



Εικόνα 3: Διαδικασία τρισδιάστατης εκτύπωσης

(<https://www.pharmaexcipients.com/news/technologies-in-3d-printing/>)



## 1.2 Η τρισδιάστατη εκτύπωση στην εκπαίδευση

Όπως τονίζουν οι Novak και Wisdom (2020) η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ένα «κατασκευαστικό εκπαιδευτικό εργαλείο» και «μια αναδυόμενη εκπαιδευτική τεχνολογία που έχει τη δυνατότητα να φέρει πραγματική αλλαγή στην εκπαίδευση».

Τη δεκαετία του '70, φαινόταν αδιανόητο ότι τα παιδιά θα είναι σε θέση στο μέλλον να χειριστούν τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές (που τότε είχαν αρχίσει να κάνουν την εμφάνιση τους). Κάποιες δεκαετίες αργότερα ο Eisenberg (2013), δηλώνει πως «η χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών, φαντάζει, τη σημερινή εποχή, ένα δύσκολο εγχείρημα». Σχεδόν ταυτόχρονα, το Tides Center (2014), υποστηρίζει πως «οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές αποτελούν μια αρκετά υποσχόμενη τεχνολογία που με το πέρασμα των χρόνων, θα χρίζει ευρείας αποδοχής στη βασική εκπαίδευση αλληλεπιδρώντας άμεσα με τους μαθητές» (Buehler et al. 2016)

Δέκα χρόνια μετά από αυτές τις δηλώσεις, οι εκτυπωτές τριών διαστάσεων έχουν αρχίσει να κάνουν την εμφάνιση τους σε κάποια σχολεία (πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση) κυρίως του εξωτερικού, με τα παιδιά να εκπαιδεύονται και να πραγματοποιούν τις δικές τους εκτυπώσεις.

Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιείται με έξι βασικούς τρόπους στην εκπαίδευση. Χρησιμοποιείται για την ίδια τη διδασκαλία της τρισδιάστατης τεχνολογίας (α) στους μαθητές και (β) στους εκπαιδευτικούς, (γ) σαν υποστήριξη και ενίσχυση κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, (δ) για την παραγωγή υλικού που θα ενισχύσει τη μάθηση, (ε) για τη δημιουργία υποστηρικτικών τεχνολογιών και (στ) για να ενισχυθούν οι δραστηριότητες μέσα στην τάξη. Επιπλέον, βοηθά στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη μεθοδολογίας και δραστηριοτήτων, ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο τη δημιουργικότητα (Arvanitidi et al., 2019; Ford and Minshall, 2019).

Η ουσιαστική, όμως, ένταξη της τεχνολογίας 3D μέσα στις σχολικές τάξεις και κατ' επέκταση στην ζωή των παιδιών, μπορεί να επιτευχθεί μόνο αν ληφθούν υπόψη, οι δυνατότητες, τα ενδιαφέροντα, οι μαθησιακές ευκαιρίες, η καθημερινή τους κουλτούρα, όπως επίσης και η ηλικίας τους (Eisenberg, 2013). Ακόμα και σήμερα ωστόσο απουσιάζουν εκείνα τα στοιχεία που διευκολύνουν την ευχρηστία της μάθησης και της ανάπτυξης αυτής της τεχνολογίας. Είναι πολύ σημαντικό, να γίνει κατανοητή η επίδραση αυτής και να βρεθούν οι καλύτεροι τρόποι ενσωμάτωσης μέσα στον τάξη, προκειμένου να βελτιωθεί η επίδοση των μαθητών (Kwon, 2017).

Γι' αυτό το λόγο, κρίνεται σημαντική η εισαγωγή της τρισδιάστατης εκτύπωσης μέσα στα σχολικά προγράμματα με στόχο την απόκτηση της εξειδίκευσης που κρίνεται απαραίτητη. Και εδώ όμως απαιτείται διερεύνηση των θεματικών πεδίων και των μαθημάτων που μπορεί αυτή να εφαρμοστεί, τόσο για τα υπάρχοντα όσο και για τα μελλοντικά προγράμματα σπουδών. Το περιεχόμενο και οι ιδέες των θεματικών που επιλέγονται προς ανάλυση και εμβάθυνση, βοηθούν στην περαιτέρω ανάπτυξη των παιδιών σε όλους τους τομείς (Farnicka and Diaz, 2019).

Οι νέες γενιές εκπαιδευτικών ενθαρρύνονται στην ορθότερη χρήση της τεχνολογίας (tablets, έξυπνα κινητά, 3DP), έτσι ώστε να διευκολυνθούν στην διδασκαλία του εκάστοτε αντικειμένου με τη μοντελοποίηση, την οπτικοποίηση και την προσομοίωση αφηρημένων εννοιών και φυσικών φαινομένων. Έτσι ενισχύεται η διδασκαλία, οι πληροφορίες παρουσιάζονται με μοναδικό τρόπο αλλά και παρατηρείται βελτίωση της γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών. Με τη δημιουργία των δικών τους τρισδιάστατων αντικειμένων, οι εκπαιδευτικοί αλληλοεπιδρούν με τους μαθητές τους με πολλούς διαφορετικούς τρόπους (Leionen et al., 2020; Novak & Wisdom, 2018; 2020; Kalogiannakis & Papadakis, 2019; 2020; Kwon, 2017; Trust & Maloy, 2017; Buehler et al., 2016).

Τη δεδομένη χρονική στιγμή, τρισδιάστατοι εκτυπωτές υπάρχουν σε σχολεία, πανεπιστήμια, βιβλιοθήκες και σε χώρους παροχής ειδικής αγωγής/εκπαίδευσης. Στα σχολεία, χρησιμοποιούνται κυρίως για την ενίσχυση της μάθησης STE(A)M, εστιάζοντας στα μαθηματικά και στην επιστήμη (Arvanitidi et al., 2019; Ford and Minshall, 2019).

Στην αγορά υπάρχει πληθώρα 3D εκτυπωτών σχεδιασμένοι για εκπαιδευτική χρήση, με τους περισσότερους να χρησιμοποιούν τεχνολογία εξώθησης υλικού (FDM), λόγω της ευχρηστίας και του χαμηλού κόστους (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013).

Κατά την επιλογή του κατάλληλου εκτυπωτή, καλό θα ήταν να λαμβάνονται υπόψη το κόστος του ίδιου και των αναλώσιμων που χρησιμοποιεί, ο απαιτούμενος χρόνος εκτύπωσης, που ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου, μπορεί να πάρει και μέρες, η τεχνική και εκπαιδευτική υποστήριξη και τέλος, η φορητότητα του. Η ανθεκτικότητα και η ασφάλεια είναι ακόμα δύο σημαντικοί παράγοντας. Σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί το κόστος να αυξάνεται, εξαιτίας κάποιων συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, αλλά αυτό δε σημαίνει απαραίτητα ότι προστίθεται κάποια αξία στην ανάπτυξη των μαθητών. Ορισμένοι κατασκευαστές, προσφέρουν επιπρόσθετα υλικά, όπως σχέδια μαθήματος και ιδέες, με κίνητρο να βοηθηθούν οι



εκπαιδευτικοί να επιτύχουν τους επιδιωκόμενους στόχους (Mensley, 2019; Trust & Maloy, 2017).

Η εκτύπωση σε τρεις διαστάσεις αποτελεί μια επαναστατική και καινοτόμα τεχνολογία που επιτρέπει την εφαρμογή νέων μεθόδων μάθησης και κατανόησης του περιεχομένου, το οποίο κρίνεται πολύ δύσκολο με τις παραδοσιακές μεθόδους (Pai, S.S. et al., 2018). Οι εκπαιδευτικοί στόχοι που επιδιώκονται, διαφέρουν ως προς την ηλικία και το περιεχόμενο. Με βάση αυτά τα δύο υπάρχουν και αυξομειώσεις στο βαθμό δυσκολίας.

Η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες, που εμπλέκονται η τρισδιάστατη τεχνολογία, δύναται να πραγματοποιηθεί τόσο εντός του σχολικού πλαισίου, όσο και εκτός. Ορισμένα από τα μαθήματα που μπορούν να ενισχυθούν με τη χρήση αυτής είναι η χημεία με τη δημιουργία χημικών μοντέλων, η βιολογία, η ιστορία, η γεωγραφία αλλά και πολλά ακόμα. Φυσικά δε θα μπορούσαν να παραλειφθούν τα μαθήματα STE(A)M. Αντίστοιχα και ο τομέας της ειδικής αγωγής, μπορεί να επωφεληθεί, με την δημιουργία και κατασκευή αντικειμένων/βοηθημάτων, που επιτρέπουν σε άτομα με οπτική, κινητική και νοητική αναπηρία, τη μεγαλύτερη συμμετοχή τους σε δραστηριότητες αλλά και τη γενικότερη εμπλοκή μέσα στην σχολική τάξη (Ford & Minshall, 2019; Eisenberg, 2011; 2009).

### **1.3 Θετικά και αρνητικά στοιχεία από τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εκπαίδευση.**

Οι προσπάθειες ένταξης και ενσωμάτωσης της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο χώρο της εκπαίδευσης, παρουσιάζουν τόσο τα θετικά τους στοιχεία όσο και τα αρνητικά. Ο ίδιος ενθουσιασμός που διακατέχει τους εκπαιδευτικούς στο άκουσμα ένταξης και χρήσης της τεχνολογίας αυτής, την ίδια στιγμή αντικαθίσταται από το άγχος και την ανησυχία για τον τρόπο διαχείρισης της.

#### **1.3.1 Θετικά στοιχεία της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εκπαίδευση**

Ορισμένα θετικά στοιχεία της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εκπαίδευση είναι η ανάπτυξη οπτικο-χωρικών δεξιοτήτων, η ανάπτυξη σχέσεων και η αλληλεπίδραση μεταξύ των τρισδιάστατων μοντέλων και των αντίστοιχων φυσικών αντικειμένων και φαινομένων, η βελτίωση των αφαιρετικών δεξιοτήτων, η πιθανότητα εμπλοκής σε χειρωνακτικές δεξιότητες και άλλα (Avanzini et al, 2019). Στα παιδιά προσφέρεται η δυνατότητα της δημιουργικής αυτό-καθοδήγησης, μέσω των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων, οι οποίες με τη σειρά τους, τους προσφέρουν μια απτή και πραγματική εμπειρία (Eisenberg, 2013).



*Εικόνα 4: Τρισδιάστατη εκτύπωση μέσα στην τάξη*

*(<https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-in-education-290820184/>)*

Οι ικανότητες χωρικής οπτικοποίησης ή αλλιώς απεικόνισης, όπως είναι η δημιουργία ενός αντικειμένου 3D και η παρουσίαση ιδεών, περιεχομένου και πληροφοριών με τη βοήθεια αυτής της τεχνολογίας, είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην εκπαίδευση, στη βιομηχανία, στην επιχειρηματικότητα αλλά και σε άλλες πλευρές της ζωής. Η ικανότητα αντίληψης του πραγματικού κόσμου με λεπτομέρεια και η μετατροπή ιδεών και περιεχομένου σε κάτι απτό, ορίζεται ως χωρική νοημοσύνη, και έχει σαν αποτέλεσμα της βελτίωση της δημιουργικότητας και υλοποίησης έργων και ιδεών με πολύ καλύτερο τρόπο (Tomc & Kočevar, 2020). Η τρισδιάστατη οπτικοποίηση, επιτρέπει στα παιδιά να κάνουν τη θεωρία πράξη, να αναπτύξουν σε σημαντικό βαθμό την φαντασία τους (Farnicka and Diaz, 2019) και να ενισχυθεί η παρατηρητικότητα τους (Ford & Minshall, 2019).

Αναπτύσσεται η δημιουργικότητα, μέσα από τη μετατροπή δικών τους σχεδίων σε πραγματικά τρισδιάστατα αντικείμενα. Στα παιδιά προσφέρεται η δυνατότητα να φτιάξουν τα δικά τους σχέδια και να επιλέξουν το χρωματισμό των πραγμάτων όπως τα ίδια το επιθυμούν. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η αυτοπεποίθησή τους, εμπλέκονται ενεργά στη φάση του σχεδιασμού, παρατηρούν από πρώτο χέρι τη διαδικασία δημιουργίας ενός αντικειμένου. Τα παιδιά καινοτομούν. Σε κάθε περίπτωση, ο σχεδιασμός τους είναι σύμφωνος με την ηλικία τους (Novak, 2022; Chun, 2021; Avanzini et al., 2019; Trust & Malory, 2017; Chao et al., 2016). Το πιο σημαντικό, είναι η ενεργητική τους συμμετοχή καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, από τη σύλληψη ως την υλοποίηση. Τα παιδιά συμμετέχουν ενεργά στη λήψη αποφάσεων και στο τελικό αποτέλεσμα (Cheng et al., 2020).

Επιπλέον, η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε δραστηριότητες που εμπλέκονται μαθητές, δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης των γνωστικών τους δεξιοτήτων και καλύτερης κατανόησης περιεχομένου του αντικείμενου που διδάσκεται (Hsiao et al., 2019). Μέσω των δραστηριοτήτων παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης ενός εικονικού μοντέλου με το δημιούργημα μιας ακριβούς φυσικής αναπαράστασης (Loy, 2014) και στο τέλος ακολουθεί η σύγκριση μεταξύ των δύο αντικειμένων ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Η μαθησιακή επίδοση των μαθητών βελτιώνεται χάρη στην πραγματική εμπειρία (Hsiao et al., 2019). Η διδακτική προσέγγιση εστιάζει στη δημιουργικότητα, στην κριτική σκέψη, στην επικοινωνία και στη συνεργασία (Mori et al., 2018).

Τα παιδιά αποκτούν ένα ισχυρό και δυναμικό εργαλείο εξερεύνησης σε θέματα STE(A)M (Novak, 2022; Buehler et al., 2016; National Research Council, 2012). Δημιουργούνται πλούσιες μαθησιακές εμπειρίες αναφορικά με την επιστήμη, τη μηχανική και τα μαθηματικά. Εισάγονται στη λογική της μηχανικής και των σχεδιαστικών τεχνικών, αυξάνεται η συμμετοχή σε μαθήματα που αφορούν τον τομέα αυτόν (National Science Foundation, 2013) και τους προσφέρεται η δυνατότητα εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης μέσα στην τάξη, καθώς εμπλέκονται στις τεχνικές διαδικασίες (National Research Council, 2012). Ταυτόχρονα, βελτιώνονται οι δεξιότητες σε όλους τους τομείς παράλληλα με τη χωρική τους αντίληψη (Chun, 2021) και εξελίσσουν την υπολογιστική τους σκέψη (Brown and Burge, 2014).

Έρευνες έχουν δείξει (Cheng et al., 2021; Hansen et al., 2020; Hsu & Fang, 2019; Schlegel et al., 2019; Trust & Maloy, 2017) ότι η χρήση της τρισδιάστατης



Εικόνα 5: Πλεονεκτήματα 3D Printing  
(<https://www.makersempire.com/7-benefits-of-using-3d-printing-technology-in-education/>)

τεχνολογίας στις επιστήμες και στη μηχανική, ενισχύουν την δημιουργικότητα, τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών, τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος, την ενίσχυση των δεξιοτήτων υψηλής σκέψης (high order thinking skills) και επηρεάζει τα ενδιαφέροντα, την ενασχόληση

τους, τα πιστεύω τους και την επαγγελματική πορεία.

Εκτός από το πεδίο των STE(A)M και άλλοι κλάδοι επηρεάζονται και ενισχύονται θετικά από την τεχνολογία αυτή, τόσο στον τομέα των θετικών επιστημών, πχ η χημεία, η βιοχημεία, η ανατομία, η αστρονομία και άλλοι (“Using 3D Print Models in the Classroom”, 2020; Ford & Minshall, 2019), όσο και στον τομέα των θεωρητικών, πχ την ιστορία και τις κοινωνικές επιστήμες (Maloy et al., 2017). Και ο τομέας της ειδικής αγωγής δε θα μπορούσε να μείνει ανεπηρέαστος (Buehler et al., 2016).

Ως προς το κομμάτι, της ειδικής εκπαίδευσης, υπάρχει έντονη η αίσθηση ότι η συμβολή της συγκεκριμένης τεχνολογίας θα μπορούσε να λειτουργήσει υποστηρικτικά τόσο με τη δημιουργία εποπτικού υλικού όσο και με τη δημιουργία υποστηρικτικής τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, οι Kostakis et al. (2015), βασίστηκαν στη χρήση της τρισδιάστατης τεχνολογίας για να ενισχύσουν την επικοινωνία ανάμεσα σε μαθητές με, αλλά και χωρίς αναπηρίες, με ενδυνάμωση των συνεργατικών τους δεξιοτήτων και της δημιουργικότητας.

Οι Novak & Wisdom (2020), επισημαίνουν την ανάπτυξη επικοινωνιακών δεξιοτήτων (επικοινωνία, συνεργασία και έρευνα) μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Οι μαθητές αποκτούν κίνητρο να δουλέψουν σαν ομάδα, αποκτούν καλύτερη επίγνωση του χώρου, μαθαίνουν να συμβιβάζονται, βελτιώνουν τη λεπτή τους κινητικότητα συμμετέχουν σε διασκεδαστικές και διερευνητικές μαθησιακές εμπειρίες (Grant et al., 2017; Trust & Maloy, 2017; NRC, 2014). Τους παρουσιάζονται προβλήματα του πραγματικού κόσμου, για την επίλυση των οποίων απαιτείται η ανάπτυξη των αντίστοιχων δεξιοτήτων επίλυσης τέτοιων καταστάσεων (Chun, 2021).

Εκτός από την επίδραση στη γνωστική διαδικασία, η εκτύπωση 3D, μπορεί να επηρεάσει και τα συναισθηματικά αποτελέσματα, όπως την ικανότητα αντίληψης γενικά και την αντίληψη περιεχομένου πιο συγκεκριμένα, τις στάσεις και τα κίνητρα. Η ενσυναίσθηση, ειλικρίνεια, λήψη πρωτοβουλίας από την πλευρά των μαθητών, ενίσχυση της μάθησης και της πρόκλησης, προσαρμογή στις ατομικές και κοινωνικές διαφορές είναι κάποια από αυτά (Ng & Ye, 2022; Cheng et al, 2020; Kwon, 2017). Επιπλέον, ενισχύονται ο τεχνολογικός εγγραμματισμός, η επιμονή, οι κριτικές ικανότητες, η λήψη αποφάσεων, η μαθηματική λογική και η προσαρμοστικότητα (Trust & Maloy, 2017). Τα ενδιαφέροντα, η ικανοποίηση που προσφέρει το τελικό αποτέλεσμα, η χρησιμότητα, η ουσιώδης ενασχόληση, είναι ορισμένες δεξιότητες που αναπτύσσονται επίσης σε μεγάλο βαθμό (Ng et al., 2022).

Τα νοητικά οφέλη χωρίζονται στις γνωστικές δεξιότητες και στις τεχνολογικές. Η βελτίωση του γνωστικού τομέα έχει ήδη αναλυθεί, με τους μαθητές να αποκτούν υψηλότερο γνωστικό επίπεδο ως προς το περιεχόμενο της εκάστοτε θεματικής, την επίλυση προβλήματος, και μπορούν να συνεργαστούν ευκολότερα με τους άλλους. Ως προς τις τεχνολογικές δεξιότητες, οι μαθητές, μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα τις διαδικασίες που εμπλέκονται σε αυτό όπως είναι λόγου χάρη οι διαδικασίες της μηχανικής, η μοντελοποίηση των αντικειμένων και οι χωρικές δεξιότητες (Ng et al., 2022). Οι Kaiser and Sriraman (2006), αναφέρουν ότι η *«μοντελοποίηση στους τομείς της επιστήμης, των μαθηματικών και της μηχανικής, μπορεί να βοηθήσει τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτική επίπεδο κυρίως με την εφαρμογή σχετικών μοντέλων σε δραστηριότητες μηχανικής σχεδίασης, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να εφαρμόσουν τις γνώσεις που έχουν αποκτήσει από άλλους τομείς με έναν πιο εποικοδομητικό τρόπο σε περιπτώσεις που αφορούν την επίλυση προβλήματος»* (Lin et al., 2021).

Η κιναισθηση έχει τη δικιά της μοναδική συμβολή, με τον χρήστη (του μαθητή στην προκειμένη περίπτωση) να χρειάζεται να αλληλεπιδράσει με το αντικείμενο που προκύπτει από την τεχνολογία αυτήν. Συγκριτικά με τις υπόλοιπες ψηφιακές τεχνολογίες, η τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέρει περισσότερες δυνατότητες συμμετοχής στην ενεργητική και εμπειρική μάθηση, κάτι που πριν ήταν αδιανόητο να συμβεί (πχ επαφή με ένα δόντι ενός δεινόσαυρου). Έτσι, οι μαθητές επιτρέπεται να κρατήσουν, να αγγίξουν, να χειριστούν πληθώρα αντικειμένων. Πιο σημαντικό είναι ότι επιτρέπει την μετατροπή της περίπλοκης, αφηρημένης γνώσης σε διακριτή και συγκεκριμένη (Arslan & Erdogan, 2021; NRC, 2014). Κάτι τέτοιο με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας θεωρείται ανέφικτο (Cheng et al., 2020).

Οι Ching, Basham & Planfetti (2005) ανακάλυψαν πως *«τα τεχνολογικώς εμπλουτισμένα μαθησιακά περιβάλλοντα τα οποία στηρίζονται στην μαθητοκεντρική προσέγγιση, επιτρέπουν στους μαθητές να σκεφτούν θετικά, να επιλύσουν προβλήματα, να συνεργαστούν με τους άλλους και να εντρυφήσουν βαθιά στη μαθησιακή διαδικασία»*.

Εν κατακλείδι, οι θεματικές που αφορούν την τρισδιάστατη τεχνολογία εισάγουν την ενίσχυση του δημιουργικού πειραματισμού, επιτρέπουν την παραγωγή καινοτόμων προϊόντων και προωθούν την επιχειρηματικότητα, υποστηρίζουν την ενσωμάτωση τεχνικών γνώσεων από άλλους τομείς και διευκολύνουν τις διεπιστημονικές προσεγγίσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι βασικοί στόχοι των συγκεκριμένων θεματικών είναι η ανάπτυξη ενός εύρους τεχνικών και μη-τεχνικών

δεξιοτήτων που σχετίζονται με την τρισδιάστατη εκτύπωση (Ford and Minshall, 2019).

### 1.3.2 Αρνητικά στοιχεία της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εκπαίδευση

Αναφέρεται πολύ συχνά βιβλιογραφικά, η ευκολία λειτουργίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης, χάρη στην ποικιλία των προγραμμάτων που εμπλέκονται σε αυτήν, στην ευχέρεια χρήσης αυτών, στον αυτοματοποιημένο τρόπο χειρισμού του και πολλά άλλα. Η άποψη αυτή όμως δεν είναι εξ' ολοκλήρου αληθής. Η επιλογή του προγράμματος (λογισμικού), η ηλικία των εμπλεκομένων, το επίπεδο εξοικείωσης των εκπαιδευτικών και κάποια άλλα στοιχεία είναι εκείνα που εν τέλει καθορίζουν το πόσο εύκολη τελικά είναι η χρήση της τεχνολογίας αυτής. Δυσκολίες υπάρχουν και δε πρέπει σε καμία περίπτωση να μη λαμβάνονται υπόψη (Yildirim, 2018).

Δύο είναι τα στοιχεία κλειδιά για την ομαλή ένταξη και έναρξη ενασχόλησης με την τρισδιάστατη εκτύπωση. Και τα δύο δεν είναι ούτε αυτονόητα ούτε σίγουρο ότι θα συμβούν.

Το πρώτο, είναι η διαθεσιμότητα ενός συστήματος τρισδιάστατης εκτύπωσης στη σχολική μονάδα (Avanzini et al., 2019). Σήμερα, στον ελλαδικό χώρο ελάχιστες είναι οι σχολικές μονάδες (κυρίως σε πειραματικά σχολεία) που διαθέτουν κάποιον τρισδιάστατο εκτυπωτή. Και ακόμα λιγότερες, είναι μονάδες προσχολικής εκπαίδευσης. Το δεύτερο στοιχείο, αφορά την παρουσία κάποιου έμπειρου καθοδηγητή που δίνει οδηγίες στα παιδιά, ενισχύει την προσήλωση και τη δημιουργικότητα, εξηγεί και ερμηνεύει και δίνει λύσεις σε πρακτικά και τεχνολογικά θέματα, τα οποία ενδεχομένως δημιουργούν σύγχυση στους μικρούς μαθητές (Avanzini et al., 2019). Για να συμβούν αυτά, απαιτείται κάποιος εκπαιδευτικός με την κατάλληλη εξειδίκευση, ο οποίος επίσης δύσκολα υπάρχει.

Σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, τα εμπόδια που προκύπτουν αφορούν δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και τα ίδια και τα παιδιά, και έχουν να κάνουν με ζητήματα τεχνολογικού τύπου αλλά και λογισμικού. Σημειώνεται επίσης, πως καθώς βρισκόμαστε ακόμα σε πρωτόλειο στάδιο, η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης περιορίζεται στα όρια του σχολείου.

Οι εκπαιδευτικοί καλούνται να αντιμετωπίσουν κυρίως την απειρία τους ως προς τη χρήση ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή. Προβληματίζονται ως προς την ένταξη και ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στην τάξη. Προκύπτουν επίσης χωροταξικά και τεχνικά, όπως το που θα τοποθετεί ο εκτυπωτής ή πως θα γίνει η αναγόμωση του (Ford & Minshall, 2019). Θέματα απλά, αλλά σε συνδυασμό με όλα τα υπόλοιπα, έρχονται να προστεθούν σαν βραχνάς. Δυσκολεύονται ακόμα να μεταβούν από τους

παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας ή να προχωρήσουν σε συνδυασμό, παραδοσιακών με πιο εξελιγμένων μεθόδων διδασκαλίας, για τους οποίους απαιτείται ενεργοποίηση της φαντασίας αλλά και προετοιμασία για το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων (Ng et al., 2022).

Οι μαθητές από τη δική τους πλευρά, αγχώνονται και προβληματίζονται για το επίπεδο των τεχνολογικών τους δεξιοτήτων όταν καλούνται να χειριστούν το απαιτούμενο λογισμικό (κυρίως λόγω της φύσης του), για το χρόνο και την προσπάθεια που χρειάζεται για το χειρισμό αυτού, τη γλώσσα του λογισμικού και την επαφή με τους εκτυπωτές (Ford & Minshall, 2019). Οι διαφορετικοί χρόνοι μάθησης (Ng et al., 2022), όπως είναι αναμενόμενο, που δημιουργεί μαθητές πολλών ταχυτήτων. Επίσης, πως θα αντιμετωπίσουν τυχόν προβλήματα τόσο κατά το σχεδιασμό όσο και κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης. Στο σημείο αυτό, σημειώνεται πως παρ' ότι με το πέρασμα των ετών υπάρχουν αρκετά λογισμικά φιλικά προς χρήση από την πλευρά των παιδιών, ο αριθμός αυτός συνεχίζει να είναι περιορισμένος.

Παρουσιάζουν επίσης, αδυναμία ανάπτυξης ενός συγκεκριμένου μοντέλου σκέψης για τον τρόπο λειτουργίας του εκτυπωτή. Τα πιο συνηθισμένα προβλήματα περιλαμβάνουν την αδυναμία κατανόησης για ποιο λόγο απέτυχε ο εκτυπωτής, τα όρια των δυνατοτήτων του και τη σύνδεση ανάμεσα στις τεχνικές και στα προβλήματα που είναι για επίλυση (Buehler et al., 2016). Ένα μη-επιθυμητό αποτέλεσμα προκαλεί σύγχυση και απογοήτευση (Ng et al., 2022).

Επίσης, προκύπτουν περιορισμοί ως προς την ίδια την τεχνολογία και αφορούν τον περιορισμένο χώρο εκτύπωσης (200x200x200), τον συγκεκριμένο τύπο υλικών που δύναται να χρησιμοποιηθούν (PLA, ABS), την αδυναμία εναλλαγής χρώματος κατά την εκτύπωση (Avanzini et al, 2019; Eisenberg, 2013) κάτι το οποίο θα πρόσφερε καλύτερη αισθητική και, ίσως, και μεγαλύτερη εκπαιδευτική αποδοτικότητα του εκτυπώσιμου αντικειμένου (Eisenberg, 2013). Αν πρόκειται για μοντέλο ανοιχτού τύπου, τίθεται και θέμα ασφαλείας, καθώς τα μεταλλικά μέρη που περιλαμβάνονται, αναπτύσσουν μεγάλες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης και είναι εύκολο να τραυματιστεί κάποιος (Buehler et al., 2016). Επίσης, οι μεγάλοι χρόνοι εκτύπωσης που απαιτούνται σε κάποιες περιπτώσεις (Sulistyarini, et al. 2020; Yildirim, 2018). Τα ζητήματα αυτά προκύπτουν καθώς εντός των ορίων του σχολικού πλαισίου, χρησιμοποιούνται από τις πιο οικονομικές τεχνολογίες (Song, 2018; Canessa et al, 2013), για ευνόητους λόγους.

Βέβαια, παρά τη μείωση του κόστους που αφορά την αγορά ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή, δε παύουν να υφίστανται δυσκολίες όπως είναι το κόστος των αναλώσιμων, τα επιπλέον εργαλεία, τα οποία μπορεί να είναι αρκετά ακριβά για την κατασκευή υποστηρικτικής τεχνολογίας (Buehler et al., 2016), τα ανταλλακτικά (Sulistyarini et al., 2020; Yildirim, 2018) και φυσικά τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται. Παρ' ότι με το πέρασμα των ετών, η πρόσβαση στην τρισδιάστατη τεχνολογία έχει αυξηθεί, δε συμβαίνει και το ίδιο με τα λογισμικά σχεδίασης, τα οποία συνεχίζουν να είναι ακριβά και μη-φιλικά για αρχάριους χρήστες (Song, 2018; Regalado, 2013).

Σε πολλές των περιπτώσεων, αυτό που αποτελεί την πραγματική τροχοπέδη για τη χρήση των (ακόμα και ελεύθερων) λογισμικών είναι η απουσία ενός πολυδιάστατου και δημιουργικού τρόπου σκέψης, που είναι απαραίτητος για το σχεδιασμό και τη δημιουργία των τρισδιάστατων αντικειμένων (Arslan & Erdogan, 2021).

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι εμπλεκόμενοι στην τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης εντός του σχολικού χώρου, είναι η απουσία εξειδικευμένου προσωπικού, που έχει σαν αποτέλεσμα πολλές φορές να μην μπορούν να λυθούν τεχνικά προβλήματα (Ng et al., 2022). Μορφολογικά ζητήματα, προβλήματα κατά την εκτύπωση που αφορούν τη θερμοκρασία, τον εξωθητή, τη συμπεριφορά του υλικού και άλλα, προβλήματα που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα της εκτύπωσης και το τελικό αποτέλεσμα (Buehler et al., 2016) θα μπορούσαν να επιλυθούν και εύκολα και γρήγορα με την παρουσία κάποιου τεχνικού, κάτι όμως που δεν είναι εφικτό να συμβεί. Αντίθετα, με το ρόλο αυτό είναι επιφορτισμένοι οι εκπαιδευτικοί.



*Εικόνα 6: Αντικατάσταση νήματος σε αυτόματο 3d printer*



#### 1.4 Ερευνητικά Δεδομένα

Οι έρευνες που αφορούν τη χρήση της τρισδιάστατης τεχνολογίας στην εκπαίδευση είναι ελάχιστες στον αριθμό συγκριτικά με τους υπόλοιπους κλάδους. Οι περισσότερες αφορούν τους ανεπίσημους φορείς εκπαίδευσης, ενώ ελάχιστες αφορούν τους επίσημους (Novak, 2022). Το φάσμα αυτών καλύπτει από την πρωτοβάθμια ως την τριτοβάθμια (Cheng et al, 2020; Kalogiannakis & Papadakis, 2019;2020; Ford & Minshall, 2019; Hsiao et al., 2019; Kwon, 2017; Chien, 2017; Chen et al., 2014), με το κομμάτι που αφορά την προσχολική εκπαίδευση να παραμένει αχαρτογράφητο.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέκυψαν κάποιες έρευνες, κυρίως σε επίπεδο εξωτερικού, εκ των οποίων οι πιο σημαντικές αναφέρονται παρακάτω. Σημειώνεται επίσης, πως παρά τη συστηματική διερεύνηση, δε κατέστη δυνατό να βρεθεί κάποια έρευνα στα ελληνικά δεδομένα, η οποία να υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του νηπιαγωγείου και να αφορούσε την τρισδιάστατη εκτύπωση.

Ξεκινώντας από την προσχολική εκπαίδευση, η Asavanatana (2016), κινητοποίησε μαθητές νηπιαγωγείου να παρατηρήσουν μέσω μικροσκοπίου ή μεγεθυντικών φακών, τη δομή των φύλλων. Στη συνέχεια, τους ενθάρρυνε να αποτυπώσουν αυτό που είχαν δει στο χαρτί. Με τη βοήθεια μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας ανέβασε τις ζωγραφιές των παιδιών και μπόρεσε να τις μεταφορτώσει στα αντίστοιχα αρχεία, ώστε να μπορούν να εκτυπωθούν τρισδιάστατα. Τα παιδιά, παρά το γεγονός, ότι δεν είχαν καμία άμεση εμπλοκή με την τεχνολογία 3D, ενθουσιάστηκαν καθώς το τελικό αποτέλεσμα προέρχονταν από υλικό δικής τους έμπνευσης

Σε άλλη έρευνα των Mori et al. (2018), έγινε προσπάθεια διερεύνησης των γνωστικών λειτουργιών και των δεξιοτήτων που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε δραστηριότητες που υλοποιούνται στο χώρο του νηπιαγωγείου. Για την διερεύνηση χρησιμοποιήθηκαν σταθμισμένα τεστ. Υλοποιήθηκαν 14 δοκιμασίες, 7 λεκτικές, 5 δεξιοτήτων και 2 επεξεργασίας ταχύτητας, σε μια μικρή ομάδα μαθητών. Εφαρμόζοντας την στρατηγική Σκέψου, Υλοποίησε, Βελτίωσε (Think, Make, Improve) και με καθοδηγητή σε όλες τις φάσεις από τον εκπαιδευτικό, οι μαθητές καλούνταν να επιλύσουν κάποιο πρόβλημα, χωρίς να υπάρχει σαφή και διακριτή λύση. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός αντικειμένου, ήταν πολύ πιθανό να προσφέρει κάποια συγκεκριμένη λύση στο υπάρχον πρόβλημα. Ανάλογα με το αποτέλεσμα που πρόκυπτε κάθε φορά, είτε μπορούσε να ξεκινήσει ένας νέος κύκλος της παραπάνω στρατηγικής είτε να

ολοκληρωθεί. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι μαθητές που ενεπλάκησαν σε δραστηριότητες τρισδιάστατης εκτύπωσης, είχαν μεγαλύτερη εμπλοκή στην κατασκευή αντικειμένων με στερεά αντικείμενα και ανέπτυξαν μεγάλο μέρος των γνωστικών τους δεξιοτήτων.

Σε έρευνα μελέτης περίπτωσης που πραγματοποίησαν ο Avanzini και οι συνεργάτες του (2019), τέθηκε σαν στόχος η κατανόηση των αφηρημένων εννοιών του ρυθμού, της μελωδίας και του τέμπο από παιδιά προσχολικής ηλικίας με τη βοήθεια της τρισδιάστατη εκτύπωσης. Για την υλοποίηση αυτού του στόχο, βασίστηκαν στην μετατροπή των πλήκτρων του πιάνου από τις δύο διαστάσεις στις τρεις, με τις παραπάνω έννοιες να αποτυπώνονται με γεωμετρικά και χρωματισμένα σχήματα. Πιο συγκεκριμένα, σε μια ηλεκτρονική εκδοχή των πλήκτρων σε δύο διαστάσεις στον οριζόντιο άξονα αποτυπώνεται ο χρόνος και στον κάθετο η τονικότητα. Ο χρωματισμός αποτυπώνει τα διαφορετικά όργανα. Στην τρισδιάστατη απεικόνιση, εκτυπώνονται ορθογώνια πλακίδια τα οποία τοποθετούνται σε μια φυσική βάση, όπως στην ηλεκτρονική εκδοχή.

Αυτού του τύπου η προσέγγιση, ενίσχυσε τα παιδιά να συνδέσουν τις μουσικές παραμέτρους με τα πλακίδια μέσω της κιναισθησης και των αντίστοιχων δραστηριοτήτων. Καθώς αυτά τα πλακίδια είχαν σχεδιαστεί από τα ίδια τα παιδιά, ενδυναμώθηκε η δημιουργικότητα, η εκφραστικότητα και ο αυτό-στοχασμός. Το λάθος και η παρανόηση, ήταν εφικτά και ενθαρρύνονται καθώς υπάρχει η καθοδήγηση από τον ενήλικα.

Συγκρίνοντας την δυσδιάστατη με την τρισδιάστατη προσέγγιση, τα βασικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν είναι οι κατασκευές που επιτρέπουν πολλοί περισσότερους χειρισμούς, η απεικόνιση μουσικών παραμέτρων σε 3 διαστάσεις, η δυνατότητα κατανόησης αυτών των εννοιών και από άτομα με οπτική αναπηρία, καθώς ενσωματώνονται στην επιφάνεια σημεία αναγνώρισης.

Η μάθηση συμβαίνει σε διάφορα στάδια. Τα παιδιά μαθαίνουν κατά τη φάση σχεδιασμού (αφαιρετικές δεξιότητες), κατά τη χρήση του τρισδιάστατου εργαλείου για το σχηματισμό (τεχνικές δεξιότητες), κατά το φυσικό χειρισμό των αντικειμένων (αυτό-στοχασμός) και κατά τη διάρκεια ανάλυσης της υλοποίησης του τελικού αποτελέσματος (κριτικές και αναλυτικές δεξιότητες).

Οι Forbes et al., (2021), ανέπτυξαν ένα project μεταξύ πανεπιστημίου, σχολείου και μιας τεχνολογικής εταιρείας, με στόχο να εκτιμηθεί η συμβολή της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε ειδικά περιβάλλοντα μάθησης (Makerspaces) σε παιδιά νηπιαγωγείου μέχρι οχτώ χρονών. Τα παιδιά κλήθηκαν με την καθοδήγηση των

εκπαιδευτικών τους, οι οποίοι υλοποίησαν τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό, να συμμετέχουν σε δραστηριότητες STEAM με ταυτόχρονη χρήση τρισδιάστατων εκτυπώσεων. Τους δόθηκε η δυνατότητα να συμμετέχουν σε οικεία σενάρια με πραγματικά «προβλήματα» τα οποία συχνά συνδέονται με εμπειρίες που έχουν στο σπίτι και το σχολείο (πχ παιχνίδια, σχολικές δραστηριότητες, κατοικίδια)

Από τα αποτελέσματα προέκυψε, πως παρά τις δυσκολίες και τις προκλήσεις που είχαν να αντιμετωπίσουν, υπήρξε μεγαλύτερη εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία, καλύτερη επικοινωνία και συνεργασία. Οι μαθητές ήταν σε θέση να περιγράψουν πως αντιμετώπισαν τις δυσκολίες και ποιες στρατηγικές χρησιμοποίησαν. Ανέπτυξαν, επίσης, δεξιότητες επίλυσης προβλήματος και κριτικής σκέψης. Οι περισσότεροι μαθητές, επωφελήθηκαν από την ελευθερία να αποκτήσουν μεγαλύτερη υπευθυνότητα ως προς το ρυθμό μάθησης. Παρουσιάστηκαν δυσκολίες ως προς την επιλογή των αντικειμένων για σχεδίαση και στη διαχείριση του σχεδιαστικού προγράμματος από τα ίδια τα παιδιά.

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι Chen et al. (2014) μελέτησαν την εφαρμογή της νοητικής ικανότητας 10-χρονων μαθητών. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ραγδαία άφιξη του νοητικού τους (ιδιαίτερα στα αγόρια) και τη χωρική ικανότητα των κοριτσιών να αναπτύσσεται ταχύτατα.

Οι Leduc-Mills & Eisenberg (2011), ανέπτυξαν μια σειρά τεχνολογιών, που το ονόμασαν U-Cube, προκειμένου να ενθαρρύνουν τη συμμετοχή των παιδιών στο σχεδιασμό 3D προϊόντων. Οι ερευνητές μέσα από εργαστήρια προσπάθησαν να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τα οφέλη δημιουργίας μέσα στην τάξη, σαν ενίσχυση της κονστрукτιβιστικής θεωρίας μάθησης. Διερεύνησαν επίσης την πρόσβαση των παιδιών σε εργαλεία μέσα σε περιβάλλοντα μάθησης STEAM (Blikstein and Krannich 2013; Krannich et al. 2012; Leduc-Mills et al. 2013).

Οι Posch and Fitzpatrick (2012), επίσης διεξήγαγαν μια σειρά ερευνών σχετικά με τις προσδοκίες και τα τελικά συμπεράσματα των παιδιών κατά τη χρήση εργαλείων τρισδιάστατης εκτύπωσης. Τα παιδιά έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον με προσωπική εμπλοκή στο τελικό αποτέλεσμα και φάνηκε να τους ενδιαφέρουν ιδιαίτερα οι τεχνικές προκλήσεις.

Οι Easley et al. (2017), χρησιμοποίησαν την τρισδιάστατη εκτύπωση για να εντάξουν τους μαθητές που δε συμμετείχαν ενεργά σε δραστηριότητες STE(A)M, να αναπτύξουν τις επικοινωνιακές τους ικανότητες και να επιλύσουν προβλήματα σε εφαρμόσιμες δραστηριότητες. Εκτός των παραπάνω, μέσα από τα τεστ που

διεξήχθησαν μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση και στα μαθηματικά.

Σε αντίστοιχο πλαίσιο, κινήθηκε και ο Kwon (2017). Σε έρευνα που διεξήγαγε με μαθητές δευτεροβάθμιας εκτός σχολικού πλαισίου, κατέληξε ότι η συστηματική ενασχόληση με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, έρχεται να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών και το κίνητρο συμμετοχής τους σε μαθήματα STE(A)M. Κάτι που έρχεται να επιβεβαιωθεί και από άλλους ερευνητές (Jones, 2000; Hollenbeck & Fey, 2009). Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση του μαθηματικού ενδιαφέροντος, καθώς όχι μόνο απέκτησαν μαθηματικές γνώσεις αλλά και απέκτησαν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση ως προς τις μαθηματικές τους ικανότητες, παρ' ότι δεν πραγματοποιήθηκαν μαθήματα μαθηματικών. Η χωρική μνήμη βελτιώθηκε και αποκτήθηκαν δεξιότητες που αφορούν την πραγματική ζωή.

Οι Buehler et al. (2016), προκειμένου να κατανοήσουν πως χρησιμοποιείται η τρισδιάστατη εκτύπωση στον κλάδο της ειδικής αγωγής, προχώρησαν στην υλοποίηση ενός προγράμματος σε τρία εκπαιδευτικά ιδρύματα ειδικής αγωγής. Παρατήρησαν την εργασία που γινόταν στην τάξη και πήραν συνεντεύξεις από το εκπαιδευτικό προσωπικό, με ταυτόχρονη παρατήρηση παιδιών μέσης εκπαίδευσης με νοητικές και οπτικές αναπηρίες. Βασιζόμενα στα συμπεράσματα που εξήγαγαν, κατέληξαν σε ένα project υποστηρικτικής τεχνολογίας εξ ολοκλήρου βασισμένο στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Οι δυσκολίες που προέκυψαν ήταν αρκετές αν λάβει κανείς υπόψη του το δυναμικό του πληθυσμού το οποίο καταπιάστηκε με αυτή την εργασία. Ωστόσο, από τα τελικά αποτελέσματα προέκυψε πως με τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης τα παιδιά απέκτησαν πρόσβαση σε εκπαιδευτικό περιεχόμενο και πληροφορίες, που δε θα μπορούσαν διαφορετικά, και αναπτύχθηκε ένα λογισμικό για την παροχή εξατομικευμένης βοήθειας υποστηρικτικής τεχνολογίας.

Στον ελληνικό χώρο, οι Kostakis et al. (2015), έθεσαν σαν στόχο την εισαγωγή μαθητών στις βασικές λειτουργίες της τρισδιάστατης εκτύπωσης, όπως και στον σχεδιασμό αντίστοιχων αντικειμένων με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Η έρευνα τους πραγματοποιήθηκε σε δύο γυμνάσια της χώρας, με δύο ομάδες μαθητών. Η πρώτη ομάδα αποτελούνταν από 15 μαθητές 16 ετών και η δεύτερη 18 μαθητές 15 ετών. Το πρόγραμμα στο οποίο συμμετείχαν είχε διάρκεια περισσότερα από 700 λεπτά (συνολική διάρκεια 3 μήνες). Οι μαθητές δημιούργησαν τα δικά τους αντικείμενα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, μέσα από διαδικασίες δοκιμών, λάθους και επαλήθευσης, πριν αποτυπωθεί η εμπειρία που αποκόμισαν από τη συμμετοχή τους

στο πρόγραμμα. Από τα αποτελέσματα, προέκυψε διαφορετικό επίπεδο τεχνολογικού εγγραμματισμού και συμμετοχής τους στο πρόγραμμα, κάτι που δημιούργησε μαθητές πολλών ταχυτήτων και ανομοιογένειες στην τάξη. Οι εκπαιδευτικοί, αναγκάστηκαν να προσαρμοστούν στις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών τους. Η δημιουργικότητα των μαθητών αυξήθηκε.

Οι Pantazis et al. (2021), στη δική τους μελέτη, χρησιμοποίησαν την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε μαθητές πέμπτης και έκτης δημοτικού, προκειμένου να κατανοήσουν την αφηρημένη έννοια της τριβής, να μειωθεί το άγχος των μαθητών και να αυξηθεί το ενδιαφέρον τους απέναντι στην επιστήμη. Η σύγκριση έγινε με μια ομάδα μαθητών αντίστοιχης ηλικίας, οι οποίοι χρησιμοποίησαν αντικείμενα και υλικά καθημερινής χρήσης. Από τα τελικά αποτελέσματα, προέκυψε πως οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την τρισδιάστατη τεχνολογία, παρουσίασαν μεγαλύτερη κατανόηση του αντικειμένου, βελτίωσαν τις μηχανικές τους ικανότητες, το άγχος μειώθηκε.

Συνοψίζοντας, το σύνολο των ερευνών για τις εφαρμογές της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε όλες τις βαθμίδες, στα διάφορα θεματικά πεδία, προκύπτουν τρία διαφορετικά σύνολα αποτελεσμάτων: 1) γνωστικά αποτελέσματα, όπως η αντιληπτική ικανότητα και αντίληψη περιεχομένου, 2) δεξιότητες και ικανότητες, όπως η χωρική αντίληψη, η δημιουργικότητα και οι τεχνικές ικανότητες και 3) συναισθηματικά αποτελέσματα όπως οι αντιλήψεις, οι στάσεις, η ενασχόληση και η παροχή κινήτρων (Cheng et al., 2020).

Οι έρευνες επιβεβαιώνουν τη συμβολή της τρισδιάστατης τεχνολογίας στην προσέγγιση STEAM σαν ένα ισχυρό εργαλείο, καθώς εισάγει τους μαθητές στον σχεδιαστικό τρόπο σκέψης, στους μηχανισμούς της μηχανικής, προσφέρει ευκαιρίες στους μαθητές απόκτησης επιστημονικών γνώσεων μέσα στην τάξη και στην επίλυση τυχόν τεχνικών προβλημάτων που ανακύπτουν (National Research Council, 2012).

## **Κεφάλαιο 2: Προσχολική εκπαίδευση και STE(A)M**

### **2.1 Η προσχολική εκπαίδευση**

Τα παιδιά προσχολικής ηλικίας είναι από τη φύση τους πλάσματα περιέργα. Ρωτούν, εξερευνούν τον κόσμο γύρω τους, εκφράζουν εμπειρίες, προβλέπουν και υποθέτουν, διατυπώνουν συμπεράσματα (National Research Council, 2012; Katz et al., 2007). Τους αρέσει να πειραματίζονται, να λύνουν προβλήματα και γρίφους, να χρησιμοποιούν ερευνητικά εργαλεία, να συγκρίνουν φαινόμενα. Τα παιδιά γεννιούνται επιστήμονες, ερευνητές, μηχανικοί, λύτες προβλημάτων (Ντολιοπούλου, 2005). Ως εκ τούτου λοιπόν, η προσέγγιση STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) άπτεται της φύσης των νηπίων και τα παιδιά είναι έτοιμα να ασχοληθούν και να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες τέτοιου τύπου.

Όσο πιο πρώιμες οι εμπειρίες τους, τόσο μεγαλύτερη η σχολική επιτυχία. Όσο νωρίτερα η επαφή με τις επιστήμες, τόσο μεγαλύτερες οι πιθανότητες να δημιουργήσουν θετική στάση απέναντί τους. Οι μαθητές μαθαίνουν να σκέφτονται εναλλακτικά, να διατυπώνουν καινοτόμες και δημιουργικές ιδέες, να συνεργάζονται καλύτερα σε ομαδικό πλαίσιο και να κατανοούν τους τρόπους εμπλοκής των τεσσάρων διαφορετικών πεδίων. Και όλα αυτά θα συμβούν μέσα από δραστηριότητες, καθήκοντα και διαδικασίες που απαιτούν υψηλή σκέψη και στοχαστική γνωστική επεξεργασία τα οποία θα δομηθούν σε κατάλληλα μαθησιακά περιβάλλοντα τα οποία ενισχύουν τη φυσική τάση των παιδιών για εξερεύνηση, για δόμηση και παροχή προκλήσεων (Kastritsi et al., 2022; Chesloff, 2013).

### **2.2 Το αναλυτικό πρόγραμμα του νηπιαγωγείου**

Με τη χρήση του όρου «πρόγραμμα» αναφερόμαστε σε ένα ολοκληρωμένο και συγκεκριμένο σχέδιο, το οποίο έχει έναν βασικό σκοπό και επιμέρους στόχους, οι οποίοι καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τομέων και δεξιοτήτων. Το πρόγραμμα αποτελείται από ένα χρονοδιάγραμμα με τις σχεδιαζόμενες ενέργειες και δράσεις (Γερογιάννης & Μπούρας, 2007), βασιζόμενο σε μία εφαρμογή θεωριών σχετικά με τη μάθηση και την ανάπτυξη των παιδιών. Για να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό αποτέλεσμα λαμβάνει υπόψη του το τι είναι σημαντικό να μάθουν τα παιδιά, καθώς και τις υπάρχουσες παιδαγωγικές αλλά και πρακτικές μεθόδους (Spodek & Brown, 1993). Πρόκειται στην ουσία για ένα εργαλείο που χρησιμοποιεί ο/η παιδαγωγός σαν πυξίδα προκειμένου να ενημερωθεί για το τι πρέπει να κάνει και πότε (Ντολιοπούλου, 2005).

Μέχρι και το σχολικό έτος 2002-2003, εφαρμοζόταν στα ελληνικά νηπιαγωγεία το πρόγραμμα του Υπουργείου Παιδείας του 1989, το οποίο έκανε λόγο για τομείς ανάπτυξης. Παρ' ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα στόχευε στην ολόπλευρη ανάπτυξη των παιδιών, είχε και αρνητικά στοιχεία όπως ο έντονος διδασκισμός, η σχολειοποίηση του νηπιαγωγείου, όπως επίσης η αγνόηση της μικρότερης ηλικιακής ομάδας των προνηπίων (Ντολιοπούλου, 2005). Με το ΦΕΚ 1376/18-10-01, το πρόγραμμα σπουδών αναθεωρείται και το νέο που εφαρμόζεται προτάσσει την διαθεματική προσέγγιση της γνώσης και τα γνωστικά αντικείμενα. Η γλώσσα, τα μαθηματικά, η μελέτη περιβάλλοντος, η δημιουργία και έκφραση με τα εικαστικά, τη δραματική τέχνη, τη μουσική, τη φυσική αγωγή, και η πληροφορική απαρτίζουν τα γνωστικά αντικείμενα του Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) όπως ονομάστηκε. Το 2014, εισάγεται από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, το «*Νέο Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου*» το οποίο αναφέρεται στις μαθησιακές περιοχές μαζί με τον «*Οδηγό Εκπαιδευτικού για το Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου*» (Μπιρμπίλη, 2014):

<p><b>ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ &amp; ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ταυτότητα</li> <li>• Αυτορρύθμιση</li> <li>• Προσωπική ενδυνάμωση</li> <li>• Κοινωνικές δεξιότητες</li> <li>• Κοινωνική αλληλεπίδραση</li> </ul>	<p><b>ΓΛΩΣΣΑ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κατανόηση προφορικών κειμένων</li> <li>• Παραγωγή προφορικών κειμένων</li> <li>• Κατανόηση γραπτών κειμένων</li> <li>• Παραγωγή γραπτών κειμένων</li> </ul>	<p><b>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Αριθμοί και πράξεις</li> <li>• Άλγεβρα</li> <li>• Χώρος &amp; γεωμετρία</li> <li>• Στατιστική</li> <li>• Πιθανότητες</li> </ul>	<p><b>ΤΕΧΝΕΣ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εικαστικά</li> <li>• Θέατρο</li> <li>• Μουσική</li> <li>• Οπτικοακουστική έκφραση</li> <li>• Χορός-κίνηση</li> </ul>
<p><b>ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κινητικές δεξιότητες και φυσική κατάσταση</li> <li>• Γνώσεις για την κίνηση και την υγεία</li> <li>• Αυτό-έκφραση και κοινωνική αλληλεπίδραση</li> </ul>	<p><b>ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ζωντανοί οργανισμοί</li> <li>• Αντικείμενα και υλικά</li> <li>• Έννοιες και φαινόμενα από το φυσικό κόσμο</li> <li>• Πλανήτης Γη και διάστημα</li> </ul>	<p><b>ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ιστορία και πολιτισμός</li> <li>• Άνθρωποι, χώρος και περιβάλλον</li> <li>• Εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη</li> <li>• Κοινωνία και οικονομία</li> </ul>	<p><b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ &amp; ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ (Τ.Π.Ε.)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Γνωρίζω τις Τ.Π.Ε. &amp; δημιουργώ</li> <li>• Επικοινωνώ και συνεργάζομαι με τις Τ.Π.Ε.</li> <li>• Διερευνώ, πειραματίζομαι, ανακαλύπτω και λύνω προβλήματα με τις Τ.Π.Ε.</li> <li>• Οι Τ.Π.Ε. στην κοινωνία και τον πολιτισμό</li> </ul>

Εικόνα 7: *Νέο Πρόγραμμα του Νηπιαγωγείου, 2014*

Και φτάνουμε στο σήμερα, που τα σχολικά έτη 2021-2022 και 2022-2023, υλοποιείται από το ΙΕΠ η δράση «*Πιλοτική Εφαρμογή Προγραμμάτων Σπουδών στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*», στο πλαίσιο των Πράξεων «*Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης*» και «*Επιμόρφωση των*

εκπαιδευτικών στα Προγράμματα Σπουδών και το εκπαιδευτικό υλικό Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης». Από την επομένη σχολική χρονιά, 2023-2024, τα παραπάνω Προγράμματα Σπουδών αποκτούν υποχρεωτική εφαρμογή σε όλα τα σχολεία. Τα τέσσερα θεματικά πεδία όπως ονομάζονται πλέον, περιλαμβάνουν θεματικές ενότητες και εμπεριέχουν όλες εκείνες τις δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα που κρίνονται σημαντικές και απαραίτητες για τη μελλοντική εξέλιξη των παιδιών.

Η πρόταση του προγράμματος περιλαμβάνει τέσσερις βασικές ομάδες δεξιοτήτων μέσα στις οποίες υπάρχουν τρεις υπο-κατηγορίες ικανοτήτων. Οι κατηγορίες ικανοτήτων οι οποίες περιλαμβάνονται στις επιμέρους υποδοχές δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες, αλλά αλληλοσυνδέονται, έτσι, ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλούς και διαφορετικούς συνδυασμούς, εξυπηρετώντας τη μαθησιακή διαδικασία (ΙΕΠ, 2021α).

Στην πρώτη ομάδα, περιλαμβάνονται τα εργαλεία σκέψης με την 1.κριτική σκέψη, 2.τη δημιουργικότητα, 3.την επίλυση προβλήματος και τη στοχαστική λήψη αποφάσεων. Στη δεύτερη ομάδα, έχουμε τα εργαλεία επιστήμης και τεχνολογίας, δηλαδή 1.την καινοτομία, 2. την υπολογιστική σκέψη και 3.την σχεδιαστική και κατασκευαστική ικανότητα. Στην τρίτη ομάδα, τα εργαλεία ζωής που περιλαμβάνουν 1.την προσωπική ενδυνάμωση και κοινωνική ευθύνη, 2.την ιδιότητα του πολίτη και 3.την προσαρμοστικότητα. Η τελευταία ομάδα εμπεριέχει τα εργαλεία μάθησης, δηλαδή την 1.επικοινωνία, 2.τη συνεργασία και 3.τη μεταγνώση.

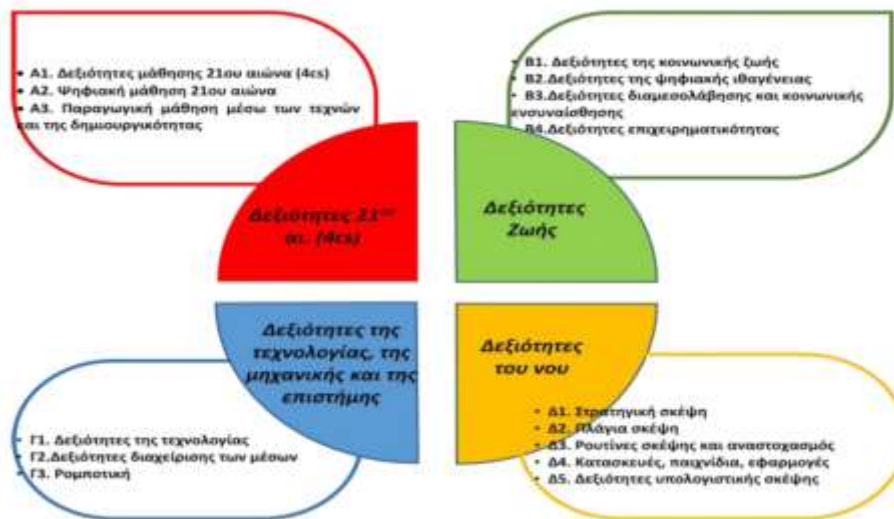
1 <sup>η</sup> ομάδα- Εργαλεία σκέψης	2 <sup>η</sup> ομάδα- Εργαλεία επιστήμης και τεχνολογίας	3 <sup>η</sup> ομάδα- Εργαλεία ζωής	4 <sup>η</sup> ομάδα- Εργαλεία μάθησης
1.Κριτική σκέψη	1.Καινοτομία	1.Προσωπική ενδυνάμωση και ευθύνη	1.Επικοινωνία
2.Δημιουργικότητα	2.Υπολογιστική σκέψη	2.Ιδιότητα πολίτη	2.Συνεργασία
3.Επίλυση προβλήματος- στοχαστική λήψη	3.Σχεδιαστική & κατασκευαστική ικανότητα	3.Προσαρμοστικότητα	3.Μεταγνώση

Πίνακας 2: Δεξιότητες σύμφωνα με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου

Με μια προσεκτική ανάγνωση των παραπάνω ομάδων και των υπο-κατηγοριών τους, γίνεται γρήγορα αντιληπτό πως πρόκειται για όλες εκείνες τις δεξιότητες που στοχεύουν τα προγράμματα STE(A)M, χωρίς όμως να υπάρχει προς το παρόν, ρητή αναφορά σε αυτά.

Στο πλαίσιο του Ωρολογίου Προγράμματος του Νηπιαγωγείου, εντάσσονται από τη σχολική χρονιά 2021-2022 και τα «Εργαστήρια Δεξιοτήτων» (ΦΕΚ 3567/04.08/2021).





Εικόνα 8: Εργαστήρια Δεξιοτήτων

Ο/Η νηπιαγωγός έχει την ευελιξία να επιλέγει ανάλογα με το πλαίσιο, τη δυναμική της ομάδας και τα ενδιαφέροντα των νηπίων, τη θεματική που θα διαπραγματεύεται στην τάξη. Τα «Εργαστήρια Δεξιοτήτων» αποτελούν ένα νέο καινοτόμο, δυναμικό, διδακτικό, εκπαιδευτικό πρόγραμμα, το οποίο εφαρμόζεται σε όλες τις βαθμίδες, αξιοποιώντας σύγχρονες και καινοτόμες μεθόδους μάθησης. Βασική τους αρχή είναι να συνδυάζουν το γνωστικό πεδίο των Προγραμμάτων Σπουδών με την ανάπτυξη βασικών ικανοτήτων των μαθητών με σκοπό τη διάπλασή τους σε ελεύθερους και υπεύθυνους πολίτες. Σκοπός τους είναι η ενίσχυση της καλλιέργειας ήπιων δεξιοτήτων, δεξιοτήτων ζωής και δεξιοτήτων τεχνολογίας και επιστήμης στις μαθήτριες και στους μαθητές.

Η δόμηση ενός ωρολόγιου προγράμματος είναι συνήθως της παρακάτω μορφής:

## ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΟΡΟΛΟΓΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟΥ

## ΠΡΩΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

ΟΡΕΙΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΤΜΗΜΑ: 1		ΑΡ. ΜΑΘΗΤΩΝ /ΤΡΙΩΝ: 11		
			Δ	Τ	Τ	Π	Π
7:45 - 8:30	45'	Πρώιμη υποδοχή μαθητών/τριών (προαιρετικό πρόγραμμα)	Δεν υπάρχει	Δεν υπάρχει	Δεν υπάρχει	Δεν υπάρχει	Δεν υπάρχει
08:15 - 8:30		Υποδοχή μαθητών/τριών	Υποδοχή μαθητών/τριών	Υποδοχή μαθητών/τριών	Υποδοχή μαθητών/τριών	Υποδοχή μαθητών/τριών	Υποδοχή μαθητών/τριών
8:30 - 9:15	1η διδακτική ώρα 45'	Ελεύθερο παιχνίδι - ενασχόληση στα κέντρα μάθησης(γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)
09:15 - 10:00	2η διδακτική ώρα 45'	Δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ ή Εργαστήρια Δεξιότητων ή Αγγλικά	Οργανωμένες δραστηριότητες	Οργανωμένες δραστηριότητες	Οργανωμένες δραστηριότητες	Οργανωμένες δραστηριότητες	Οργανωμένες δραστηριότητες
10:00 - 10:45		Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα
10:45 - 11:30	3η διδακτική ώρα 45'	Οργανωμένες δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ ή Εργαστήρια Δεξιότητων ή Αγγλικά	Εργαστήρια Δεξιότητων	Εργαστήρια Δεξιότητων	Οργανωμένες δραστηριότητες	Οργανωμένες δραστηριότητες	Οργανωμένες δραστηριότητες
11:30 - 12:10	4η διδακτική ώρα 40'	Ελεύθερο παιχνίδι - ενασχόληση στα κέντρα μάθησης, ανατροφοδότηση (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης, ανατροφοδότηση (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης, ανατροφοδότηση (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης, ανατροφοδότηση (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης, ανατροφοδότηση (γυναιές)	Ελεύθερο παιχνίδι-ενασχόληση στα κέντρα μάθησης, ανατροφοδότηση(γυναιές)
12:10 - 12:45	5η διδακτική ώρα 35'	Εργαστήρια Δεξιότητων	Οργανωμένες δραστηριότητες	Εργαστήρια Δεξιότητων	Οργανωμένες δραστηριότητες	Οργανωμένες δραστηριότητες	Εργαστήρια Δεξιότητων
12:45 - 13:00		Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση
13:00		Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση

## ΠΡΩΙΕΤΙΚΟ ΟΛΗΜΕΡΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

13:00 - 14:20	1η και 2η διδακτική ώρα 80'	Προετοιμασία γεύματος/γεύμα-χαλάρωση/ύπνος/Ελεύθερο παιχνίδι ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Προετοιμασία γεύματος/γεύμα-χαλάρωση/ύπνος/Ελεύθερο παιχνίδι ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Προετοιμασία γεύματος/γεύμα-χαλάρωση/ύπνος/Ελεύθερο παιχνίδι ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Προετοιμασία γεύματος/γεύμα-χαλάρωση/ύπνος/Ελεύθερο παιχνίδι ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Προετοιμασία γεύματος/γεύμα-χαλάρωση/ύπνος/Ελεύθερο παιχνίδι ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)	Προετοιμασία γεύματος/γεύμα-χαλάρωση/ύπνος/Ελεύθερο παιχνίδι ενασχόληση στα κέντρα μάθησης (γυναιές)
14:20 - 15:00	3η διδακτική ώρα 40'	Δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ - ΑΠΣ	Δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ - ΑΠΣ	Δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ - ΑΠΣ	Δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ - ΑΠΣ	Δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ - ΑΠΣ	Δραστηριότητες και διερευνήσεις με βάση το ΔΕΠΠΣ - ΑΠΣ
15:00 - 15:20	4η διδακτική ώρα 20'	Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα	Διάλειμμα
15:20 - 15:45	5η διδακτική ώρα 25'	Ελεύθερο και οργανωμένο παιχνίδι, ανατροφοδότηση	Ελεύθερο και οργανωμένο παιχνίδι, ανατροφοδότηση	Ελεύθερο και οργανωμένο παιχνίδι, ανατροφοδότηση	Ελεύθερο και οργανωμένο παιχνίδι, ανατροφοδότηση	Ελεύθερο και οργανωμένο παιχνίδι, ανατροφοδότηση	Ελεύθερο και οργανωμένο παιχνίδι, ανατροφοδότηση
15:45 - 16:00		Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση	Προετοιμασία για αποχώρηση
16:00		Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση	Αποχώρηση

Εικόνα 9: Ωρολόγιο Πρόγραμμα Νηπιαγωγείου

## 2.3 Ορισμός STE(A)M

«STE(A)M είναι ένα μαθησιακό περιβάλλον όπου οι μαθητές εξερευνούν, ανακαλύπτουν, οικοδομούν τη γνώση με τη χρήση πραγματικών προβλημάτων και καταστάσεων οι οποίες σχετίζονται με τα βιώματά τους» (PCAST, 2010).

Η εκπαίδευση STE(A)M είναι ένας νέος τρόπος διδασκαλίας, που διαφέρει σε σημαντικό βαθμό από τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας. Σχεδιάστηκε για να εκπαιδευτούν οι μαθητές στις τέσσερις (τα τελευταία χρόνια πέντε) θεματικές, από τις οποίες προκύπτει και το ακρωνύμιο, δηλαδή την επιστήμη (S-cience), την τεχνολογία (T-echhnology), τη μηχανική (E-nngineering) και τα μαθηματικά (M-ath). Για την υλοποίηση των παραπάνω θεματικών κομβικής σημασίας είναι η εφαρμογή των τεχνών (A-rts). Βασικός της ρόλος είναι η εκπαίδευση των μαθητών στην εφαρμογή επιστημονικών και τεχνικών γνώσεων στην πραγματική ζωή με τη βοήθεια πρακτικής εκπαίδευσης (Mahmudova et al., 2022).

Ο όρος εμφανίστηκε πρώτη φορά τη δεκαετία του 1990 στο National Science Foundation (NSF), και χρησιμοποιήθηκε σαν γενική ταμπέλα για να περιγράψει κάθε γεγονός, πολιτική, πρόγραμμα που εμπεριέχουν είτε μία είτε περισσότερες από τις θεματικές που αναφέρονται. Για πολλά χρόνια (Keefe, 2010), υπήρχε σύγχυση στον εκπαιδευτικό κλάδο, ως προς το περιεχόμενο αυτού. Πολλοί το συνέδεαν με τα κύτταρα ή τα φυτά, ή αποκλειστικά με τα μαθηματικά και την επιστήμη.

Φυσικά η προσέγγιση αυτή είναι πολύ περισσότερα. Η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STE(A)M συνδυάζει ορισμένες ή και όλες τις τέσσερις θεματικές περιοχές του ακρωνυμίου και κάνει συνδέσεις ανάμεσα σε αυτά τα θέματα και σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου, για την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων (Cheng et al., 2020; Kelley & Knowles, 2016).

Η επιστήμη, η τεχνολογία, η μηχανική και τα μαθηματικά βρίσκονται παντού στη ζωή μας (Kwon, 2017), όπως επίσης και οι τέχνες. Υπάρχουν τόσο επίσημες μορφές εκπαίδευσης STE(A)M (σχολείο) όσο και ανεπίσημες που δίνουν στα παιδιά τη δυνατότητα να αναπτύξουν τις απαιτούμενες δεξιότητες και τη γνώση, αυξάνοντας ταυτόχρονα την ετοιμότητα τους για το πανεπιστήμιο, την επαγγελματική τους πορεία, την ίδια τη ζωή.

### 2.3.1 Η εκπαίδευση STE(A)M

Τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε ευρωπαϊκή βάση, στα προγράμματα σπουδών που θέτουν στο επίκεντρο τη διδασκαλία STE(A)M (Science, Technology, Engineering, Mathematics) (Pantazis et al., 2021). Η εκπαίδευση αυτή προσφέρει ένα μοναδικό περιβάλλον μέσα στο οποίο οι μαθητές μπορούν και εξερευνούν, εφευρίσκουν και ανακαλύπτουν λύσεις σε πραγματικά προβλήματα και καταστάσεις (PCAST, 2010). Ο συνδυασμός των τεσσάρων περιοχών επιτρέπει τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των τομέων και τη δημιουργία νέων, τα οποία με τη

σειρά τους προωθούν τον καινοτόμο τρόπο σκέψης και «δημιουργούν συνδέσεις μεταξύ θεωρίας και πράξης» (Chien et al., 2018). Γενικά, η προσέγγιση STE(A)M δημιουργεί ένα μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα και τους δίνεται η δυνατότητα να εξασκηθούν πάνω σε αυτές τις δεξιότητες (Narum, 2008) και για το λόγο αυτό ενθαρρύνονται όλο και περισσότερο (Buehler et al., 2016).

Σε γενικές γραμμές, έρευνες έχουν δείξει πως η εκπαίδευση STE(A)M βελτιώνει τα ενδιαφέροντα των μαθητών και τη μάθηση τους στους τομείς των Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (National Science Board, 2010; Sanders, 2009). Στόχος είναι η καλλιέργεια των ικανοτήτων δημιουργικότητας και η επίλυση προβλημάτων της πραγματικής ζωής όπως αυτά αναπτύσσονται μέσω προγραμμάτων. Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων, οι μαθητές εκπαιδεύονται στις ικανότητες επίλυσης προβλήματος μέσα από το σχεδιασμό των δικών τους λύσεων. Με αυτό τον τρόπο αναπτύσσεται το ενδιαφέρον τους για τη μάθηση και ενισχύεται η απόκτηση γνώσεων (Chun, 2021).

Βλέποντας λοιπόν ότι οι ενότητες αυτές εσωκλείουν τη γνώση και τις τεχνικές δεξιότητες που θεωρούνται μελλοντικά σημαντικές από κυβερνήσεις, εκπαιδευτικούς και νομοθέτες, γίνεται μεγάλη προσπάθεια ενσωμάτωσης αυτών ως κομβικά σημεία στα εκπαιδευτικά συστήματα, έτσι ώστε να ενεργοποιηθούν οι μαθητές και να παραμείνουν ανταγωνιστικοί στην παγκόσμια οικονομία (Forbes et al., 2021).

Ήδη ορισμένες χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Αγγλία, η Αυστραλία, η Νότιος Κορέα, εδώ και μια δεκαετία, κινούνται προς την κατεύθυνση αυτή, προκειμένου να ενισχυθούν οι δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα και να ετοιμαστούν τα παιδιά για μελλοντική χρήση αυτών στο χώρο εργασίας τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα και την άμεση εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες τέτοιου τύπου αλλά και την προετοιμασία τους για την μετέπειτα επαγγελματική τους πορεία. (Kwon, 2017; Forbes et al., 2021).

Ως δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα ορίζονται, η κριτική σκέψη και η επίλυση προβλήματος, η συνεργασία ανάμεσα σε δίκτυα και η καθοδήγηση, η ευστροφία και η προσαρμοστικότητα, η πρωτοβουλία και η επιχειρηματικότητα, η αποτελεσματική γραπτή και προφορική επικοινωνία, η πρόσβαση και η ανάλυση της πληροφορίας, η περιέργεια και η φαντασία (Trust & Maloy, 2017).

Με εξαίρεση τα εργαστήρια δεξιοτήτων, στην Ελλάδα δεν υλοποιούνται σε ευρεία κλίμακα προγράμματα STE(A)M. Οι παράγοντες αρκετοί. Ένας από τους βασικότερους είναι η έλλειψη επάρκειας και κατάρτισης των εκπαιδευτικών από τον

κρατικό φορέα για την προσέγγιση, γεγονός που κάνει τους εκπαιδευτικούς να νιώθουν ανεπαρκείς ώστε να αναλάβουν τέτοιες προσπάθειες και πρωτοβουλίες. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό τις δύσκολες οικονομικές συνθήκες αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα στον εξοπλισμό μιας τάξης με υλικό STE(A)M και στη διοργάνωση επιμορφωτικών σεμιναρίων, την αναβάθμιση των αναλυτικών προγραμμάτων κ.α. Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στην προσέγγιση STEAM αλλά και σε άλλες καινοτόμες προσεγγίσεις αποτελεί πρωτοβουλία του ίδιου του εκπαιδευτικού και κομμάτι της επαγγελματικής του εξέλιξης. Μία πραγματικότητα όμως που τον τελευταίο χρόνο, παρατηρείται να αλλάζει.

### 2.3.2 Θεωρίες μάθησης στα STE(A)M

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της διδασκαλίας, κρίνεται ζωτικής σημασίας, ο εκπαιδευτικός να γνωρίζει τις βασικές θεωρίες μάθησης, να κατανοεί τη φιλοσοφία και τις αρχές που τις διέπουν, ώστε αυτό που διδάσκει να έχει νόημα για τα παιδιά και φυσικά να μπορεί στο τέλος να γίνει η αξιολόγηση του (Ράπτης και Ράπτη, 2004). Η διδασκαλία είναι από τη φύση της μια πολύπλοκη διαδικασία που αν θέλουμε να κριθεί ως επιτυχημένη, κάλο θα ήταν να εμπλέξει πολλές διαφορετικές θεωρίες και να προσαρμόζεται κάθε φορά (Φλουρή, 2003).

Ως εκ τούτου, και η προσέγγιση STE(A)M με τη σειρά της στηρίζεται σε σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες και μπορεί να γίνει σύνοψη στα εξής σημεία: στις αρχές της κοινωνικο-εποικοδομιστικής μάθησης, στην ενίσχυση της αυτονομίας της μαθησιακής διαδικασίας και στην ανάπτυξη συνεργατικών σχέσεων.

Πιο συγκεκριμένα, οι βασικές θεωρίες πάνω στις οποίες στηρίζεται η προσέγγιση STEM είναι ο εποικοδομισμός (constructivism), η θεωρία της διερευνητικής μάθησης (Inquiry based Science Education-IBSE), η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης και η συνεργατική μάθηση (collaborative learning).

Ο εποικοδομητισμός (constructivism) έχει σαν βασικούς εκπροσώπους τους Piaget, Vygotsky και Papert. Στηρίζεται στην άποψη ότι η γνώση που οικοδομείται βασίζεται σε ήδη υπάρχουσες εμπειρίες. Οι εμπειρίες αυτές είναι οι νοητικές κατασκευές, οι πεποιθήσεις που ο καθένας χρησιμοποιεί για να ερμηνεύσει καταστάσεις και γεγονότα. Αυτές οι εμπειρίες δε μπορεί να μη λαμβάνονται υπόψη κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Ράπτης και Ράπτη, 2004). Η διαδικασία της μάθησης δεν είναι μια απομονωμένη διαδικασία, αλλά μια διαδικασία διαμοιρασμού. Κατά τους Papert and Harel (1991) η τεχνολογία, τα μέσα και τα εργαλεία, παίζουν ρόλο

στην εποικοδομητική θεωρία καθώς επιτελούν σημαντική λειτουργία στην ανθρώπινη ανάπτυξη (Novak, 2022).

Η διερευνητική- ανακαλυπτική μάθηση, έχει σαν βασικό εκπρόσωπο τον Jerome Bruner. Στη θεωρία αυτή, η γνώση οικοδομείται σταδιακά, μέσα από τα διερευνητικά ερωτήματα των μαθητών. Πρόκειται για μία ενεργητική διαδικασία. Στόχος είναι να παρακινηθούν οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες και τις γνώσεις που έχουν ήδη για να λύσουν προβλήματα. Το πείραμα, η δοκιμή, η επαλήθευση ή η διάψευση της αρχικής υπόθεσης είναι τα μέσα για να οδηγηθεί κανείς στη νέα γνώση (Μπαράς, 2013; Bruner, 1990).

Τέλος, η συνεργατική μάθηση, κατά την οποία δύο ή περισσότεροι άνθρωποι μαθαίνουν ή προσπαθούν να μάθουν μαζί. Η γνώση δημιουργείται μέσα στην ανομοιογενή ομάδα όπου τα μέλη αλληλοεπιδρούν ενεργά ανταλλάσσοντας τις εμπειρίες τους, προκειμένου να επιτευχθούν κοινοί στόχοι (Ματσαγγούρας, 2002; Χαραλάμπους, 2001; Κοσσυβάκη, 2003). Τα αδύναμα μέλη, επωφελούνται άμεσα από τη συνεργασία με συμμαθητές υψηλότερης επίδοσης αλλά και στους περισσότερο ικανούς, οι οποίοι καλούνται να δομήσουν τη γνώση και να στηρίξουν τις απόψεις τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να επικοινωνούν αποτελεσματικά με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας (Βρίζα και Καραδημητρίου, 2020).

Η γνώση προσεγγίζεται διαθεματικά, μέσα από τη πολύπλευρη διερεύνηση και μελέτη ενός θέματος, με προσέγγιση πολλών διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων. Ο πιο συνηθισμένος όρος που χρησιμοποιείται, είναι αυτός της μεθόδου project (Katz et al., 2007). Επιλέγεται η ολιστική προσέγγιση του θέματος, με διαρκή αλληλεπίδραση και αντιμετώπιση της γνώσης ως ολότητα (Ματσαγγούρας, 2002). Στη διαθεματική προσέγγιση της γνώσης, στηρίζεται τόσο το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) του Νηπιαγωγείου όπως και το Διαθεματικό Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) μέχρι και σήμερα.

#### **2.4 Το εκπαιδευτικό παιχνίδι στην τρισδιάστατη εκτύπωση.**

Στην προσχολική αγωγή, συναντάται μία πρόκληση ως προς την μεταβίβαση των υλικών. Η βασική δυσκολία, βρίσκεται στην ίδια τη φύση των νηπίων που δυσκολεύονται να επικεντρωθούν και να συγκεντρωθούν σε κάτι για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για να βοηθηθεί το εκπαιδευτικό σύστημα, η επιλογή ενός παιχνιδιού, γίνεται βάση των αναπτυξιακών θεωριών και του αναλυτικού προγράμματος που απευθύνεται σε αυτές τις ηλικίες. Η εμπειρία που αποκτάται μέσα από τη χρήση αυτών των παιχνιδιών, βελτιώνει τους τομείς ανάπτυξης σε όλα τα επίπεδα. Τον

κινητικό, το λογικό, τον συναισθηματικό, τον κοινωνικό, το γλωσσικό, το γνωστικό τομέα αλλά και την ίδια την καθημερινότητα των παιδιών.

Εκπαιδευτικά βοηθήματα που άπτονται στην εκπαίδευση STE(A)M θεωρούνται όλα εκείνα τα μέσα ή τα εκπαιδευτικά εργαλεία που βασίζονται σε αυτήν την προσέγγιση και βοηθούν με τη σειρά τους, τους τομείς ανάπτυξης. Η βασική διαφορά μεταξύ κλασικού παιχνιδιού και εκπαιδευτικού, είναι ότι το δεύτερο, ψυχαγωγεί και ταυτόχρονα λειτουργεί εκπαιδευτικά. Με λίγα λόγια, τα εκπαιδευτικά παιχνίδια εγείρουν το ενδιαφέρον των παιδιών για μάθηση, χωρίς τα ίδια να το αντιλαμβάνονται με διάφορες μεθόδους διδασκαλίας, μοντέρνες ή παραδοσιακές.

Η κατηγοριοποίηση τους βασίζεται στις λειτουργίες ή στους ρόλους που αυτά επιτελούν. Έτσι έχουμε τα αισθητηριακά, τα κινητικά και τα γνωστικά. Το αισθητηριακό, βασίζεται στην ικανότητα του παιδιού να διεγείρει τις αισθήσεις του, το κινητικό, στην ανάπτυξη της κίνησης και το γνωστικό είναι η βασική δεξιότητα που απαιτείται για την υλοποίηση οποιασδήποτε δραστηριότητας από την απλή στην πιο περίπλοκη (Sulistyarini et al., 2020).

Εργαλεία εκπαιδευτικού παιχνιδιού, χαρακτηρίζονται όλα εκείνα που είτε χρησιμοποιούνται σαν μέσο ή εξοπλισμός παιχνιδιού, που εμπεριέχουν κάποια εκπαιδευτική αξία, ενισχύουν την εγκεφαλική ανάπτυξη που είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των ικανοτήτων των παιδιών. Υπάρχουν πολλοί τύποι παιχνιδιού όπως τα παζλ, τα lego και πολλά ακόμα.

Η ανάπτυξη της δημιουργικότητας, των δεξιοτήτων αδρής κινητικότητας, η συγκέντρωση, η παροχή κινήτρου για τη διαμόρφωση συμπεριφοράς και πολλά ακόμα είναι ορισμένα από τα οφέλη που μπορεί να αποκομίσει ένα παιδί προσχολικής ηλικίας από το εκπαιδευτικό παιχνίδι (Sulistyarini et al., 2020). Βασικό υλικό κατασκευής είναι το ξύλο, το οποίο ναι μεν έχει περισσότερη αντοχή, αλλά είναι πιο βαρύ υλικό και έχει περιορισμούς στους σχηματισμούς του

Η κατασκευή εκπαιδευτικών παιχνιδιών στην τρισδιάστατη εκπαίδευση, παρουσιάζει επίσης τα ίδια οφέλη. Για το σχεδιασμό τους κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι ανάγκες των πελατών, που στην προκειμένη περίπτωση είναι τα παιδιά. Τα τρισδιάστατα αντικείμενα είναι ελαφριά, ασφαλή με δυνατά χαρακτηριστικά.

Για να αυξηθούν οι πιθανότητες χρήσης της τρισδιάστατης τεχνολογίας, πρέπει να υπάρξει εναρμόνιση με το περιεχόμενο και τη ρουτίνα της τάξης. Ταυτόχρονα, να συνδεθεί με τις αναπτυξιακά κατάλληλα πρακτικές που

εφαρμόζονται και να δοθούν ευκαιρίες σχετικής συζήτησης και παιχνιδιού (Sullivan & McCartney, 2017).

## **2.5 STE(A)M, 3D PRINTING και προσχολική εκπαίδευση**

Ένα από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά με την προσέγγιση STE(A)M είναι και η τρισδιάστατη εκτύπωση. Με τη βοήθεια της και με την ορθή χρήση, αφηρημένες και δύσκολες έννοιες που προβληματίζουν τους μαθητές αποκτούν όψη και περιεχόμενο (Ng et al., 2022).

Στα μαθηματικά, παραδείγματος χάρη, οι μαθητές οπτικοποιούν έννοιες και θεωρήματα (πχ όγκος, γεωμετρία). Με αυτόν τον τρόπο τους επιτρέπεται να αναπτύξουν τη μαθηματική, την αφηρημένη και τη χωρική τους σκέψη (e.g., Dilling & Witzke, 2020; Ng & Ye, 2022). Πιο συγκεκριμένα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση των Ng et al. (2022), προκύπτει πως η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη γεωμετρικών εννοιών και περιεχομένου (πχ όγκος, ορθογώνιο πρίσμα), σε ανώτερα μαθηματικά σε πανεπιστημιακό επίπεδο (πχ πολυμεταβλητό λογισμό, διανύσματα, πολυώνυμα), αλλά και σε πλαίσιο ανάπτυξης απλών δεξιοτήτων όπως η μαθηματική σκέψη, τα κίνητρα, οι ικανότητες.

Στη γεωγραφία, παρ' ότι ένα θεωρητικό μάθημα, οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν οικοδομήματα που να αντέχουν τη σεισμική δραστηριότητα. Με αυτόν τον τρόπο τα παιδιά συνδέουν τόσο θεωρητικές όσο και γνώσεις μαθηματικών (Lin et al., 2021).

Στη βιολογία, δύναται να κατασκευαστούν αντικείμενα όπως κύτταρα, ανθρώπινα όργανα, τον σκελετό αλλά και πολλά άλλα, τα οποία δε θα μπορούσαν να κατασκευαστούν παρά μόνο σε εξειδικευμένα εργαστήρια (Novak, 2022).

Στη χημεία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία χημικών μοντέλων. Πιο συγκεκριμένα, οι Scalfani and Vaid (2014) στην έρευνα τους, ανακάλυψαν ότι με τη βοήθεια της τρισδιάστατης τεχνολογίας, μπόρεσαν να δημιουργήσουν κατασκευές που διευκόλυναν την κατανόηση και την μάθηση της χημείας από την πλευρά των μαθητών.

Σε άλλους τομείς, παραδείγματα τρισδιάστατης τεχνολογίας χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν απευθείας τη διδασκαλία με την δημιουργία αντικειμένων στην αεροναυπηγική, στη μηχανική, στις επιστήμες αλλά και σε θεωρητικά μαθήματα, όπως είναι η μουσική (με την εκτύπωση απλών οργάνων), η ιστορία και η λογοτεχνία (Canessa et al., 2013).



Η χρήση της τρισδιάστατης τεχνολογίας σε δραστηριότητες STE(A)M θεωρείται πως βοηθάει τους μαθητές, όλων των ηλικιών να υλοποιήσουν τη μοντελοποίηση αντικειμένων και τη βελτίωση αυτών με ενδεδειγμένο τρόπο κατά τη διάρκεια του κατασκευαστικού σταδίου. Με αυτόν τον τρόπο, αποκτούν περιεκτική γνώση των δομών της μηχανικής σχεδίασης (Lin et. al, 2018).

Καθώς υπάρχει η πεποίθηση ότι η τρισδιάστατη τεχνολογία επικεντρώνεται στην επιστήμη και στη μηχανική, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι αυτές οι περιοχές έρχονται στο νου, όσον αφορά την εφαρμογή της μέσα στις τάξεις προσχολικής αγωγής. Οι γνωστικοί στόχοι της εκπαίδευση STEAM είναι η υπόθεση, η πρόβλεψη, η απόδοση λογικής και η ανάπτυξη και η ανάλυση ιδεών. Οι ακαδημαϊκοί στόχοι είναι πιο συγκεκριμένοι όπως οι μετρήσεις. Ως εκ τούτου, με βάση και τη θεωρία που διέπει την προσέγγιση STEAM, φαίνεται πως μπορεί να εφαρμοστεί και στην προσχολική εκπαίδευση (Sullivan & McCartney, 2017).

## **Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία Έρευνας**

### **3.1 Εισαγωγή**

Στο κομμάτι αυτό της ερευνητικής εργασίας, αναπτύσσεται ο σκοπός και η ερευνητική υπόθεση του υπό διερεύνηση θέματος. Αναλύονται τα κύρια στοιχεία το δείγμα, η μεθοδολογία, τα εργαλεία ανάλυσης περιεχομένου, οι περιορισμοί και παρατίθεται τα τελικά αποτελέσματα, τα συμπεράσματα, όπως επίσης και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος, έγινε λόγω της αύξησης του εκπαιδευτικού ενδιαφέροντος για την ένταξη της τρισδιάστατης τεχνολογίας μέσα στη σχολική τάξη. Ειδικά την τρέχουσα χρονική περίοδο μέσω ευρωπαϊκών προγραμμάτων διοργανώνονται διαγωνισμοί που απευθύνονται στις σχολικές μονάδες, οι οποίοι προσφέρουν σαν έπαθλο, μεταξύ άλλων και, τρισδιάστατους εκτυπωτές (<https://www.etwinning.gr/news/stem/1197-etwinning-stem-4-0-500>). Το προσωπικό ενδιαφέρον που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού προγράμματος, αποτέλεσε και τη βασική αιτία ανάπτυξης του παρόντος ερευνητικού έργου.

### **3.2 Σκοπός-Ερευνητική Υπόθεση**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εισαγωγή της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην προσχολική εκπαίδευση και πιο συγκεκριμένα στο χώρο του νηπιαγωγείου, με την αξιοποίηση των τεχνικών που αυτή προσφέρει.

Η ερευνητική υπόθεση πάνω στην οποία δομήθηκε το παρόν έργο αφορά τα κατάλληλα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν τα αντικείμενα που εκτυπώνονται σε τρισδιάστατο εκτυπωτή, έτσι ώστε να είναι αποδεκτά από τα νήπια για να τα εντάξουν στο παιχνίδι τους. Τα αντικείμενα αυτά, θα έχουν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια, και αφού γίνει ανάλυση των χαρακτηριστικών αυτών, θα επιλεγούν κάποιες συγκεκριμένες θεματικές ενότητες για τις οποίες θα εκτυπωθούν νέα αντικείμενα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως εποπτικό υλικό.

### **3.3 Σχεδιασμός Έρευνας**

Αφού διατυπώθηκε ο σκοπός της έρευνας και η ερευνητική υπόθεση, στη συνέχεια ακολούθησε ο σχεδιασμός της, η επιλογή της μεθόδου υλοποίησης αλλά και ανάλυσης περιεχομένου.

### 3.3.1 Επιλογή μεθόδου

Για την υλοποίηση του σκοπού και της υπόθεσης, επιλέχθηκε η ποιοτική μέθοδος της μελέτης περίπτωσης.

Με τον όρο ποιοτική μέθοδο, εννοούμε ένα σύνολο ερμηνευτικών και διερευνητικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν, να αποκωδικοποιήσουν, να μεταφράσουν, να αποδώσουν κάποιο νόημα σε ένα φαινόμενο (Ζαφειρόπουλος, 2015). Η συγκεκριμένη μέθοδος, επιλέχθηκε καθώς το δείγμα ήταν πολύ μικρό, δεν είμασταν σίγουροι εξαρχής για τα ευρήματα και το υπό διερεύνηση θέμα, μπορούσε να μας δώσει αποτελέσματα μόνο με αυτόν τον τρόπο.

### 3.3.2 Συλλογή δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της άτυπης παρατήρησης και της ημι-δομημένης συνέντευξης. Η παρατήρηση επιλέχθηκε καθώς προσφέρει την άμεση διερεύνηση του υπό εξέταση θέματος σε πραγματικές συνθήκες και υλοποιήθηκε σε δύο φάσεις, πριν και μετά τη συνέντευξη. Πριν τη συνέντευξη, στόχος ήταν η καταγραφή των αναγκών, των ενδιαφερόντων και των προτιμήσεων των παιδιών. Με αυτόν τον τρόπο, μπόρεσαν να σχεδιαστούν τα επόμενα βήματα υλοποίησης της έρευνας (Ρεκαλίδου, 2016). Μετά τη συνέντευξη, η παρατήρηση στόχευσε στην αποδοχή των αντικειμένων μέσα από την ένταξη αυτών στο παιχνίδι. Η ερευνήτρια είχε το ρόλο του πλήρους παρατηρητή (Ζαφειρόπουλος, 2015). Κατέγραφε τις δραστηριότητες και τις συμπεριφορές της ομάδας, χωρίς όμως να συμμετέχει σε αυτήν.

Η ημι-δομημένη συνέντευξη, βασίστηκε σε μία σειρά ερωτημάτων τα οποία αναπτύχθηκαν μέσα από την παρατήρηση των παιδιών και τα τρισδιάστατα αντικείμενα, τα οποία εκτυπώθηκαν. Ο μέσος όρος των συνεντεύξεων ήταν τα 15 λεπτά. Αφού σημειώθηκαν κάποια προσωπικά στοιχεία των παιδιών (όνομα, ημερομηνία γέννησης), δημιουργήθηκαν 6 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου τις οποίες κλήθηκαν να απαντήσουν τα νήπια (Παράρτημα 1). Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, οι ερωτήσεις αναδιατυπώνονταν ή άλλαζε η σειρά τους ανάλογα με τη ροή του λόγου. Ήταν σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να απαντηθούν οι αρχικοί στόχοι της εργασίας και ταυτόχρονα έδινε στα παιδιά την ευελιξία να κατευθύνουν τα ίδια τη συζήτηση πάντα όμως μέσα σε συγκεκριμένα όρια.

### 3.3.3 Υλοποίηση Έρευνας

Η συνολική διάρκεια της έρευνας ήταν περίπου 4 μήνες, από τον Σεπτέμβριο του 2022 έως και τον Ιανουάριο του 2023.

Τον Σεπτέμβριο του 2022, έγινε ο πρώτος έλεγχος του εποπτικού υλικού και των παιχνιδιών που υπήρχαν στο σχολείο. Ορίστηκαν οι περιοχές (γωνιές) παιχνιδιού και στη συνέχεια έγινε η πρώτη γνωριμία με το μαθηματικό δυναμικό που θα έπαιρνε μέρος στην έρευνα. Από εκείνο το σημείο και μετά, ξεκίνησε η παρατήρηση. Σε καθημερινή βάση και κατά τη διάρκεια του ελεύθερου παιχνιδιού, τα παιδιά έπαιζαν στην περιοχή που επιθυμούσαν, χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα παιχνίδια (πχ γωνιά κουκλοθεάτρου, ζώα, κουζίνα, ζωγραφική).

Τον Οκτώβριο του ίδιου έτους, ολοκληρώθηκε η παρατήρηση και ξεκίνησε η εκτύπωση των πρώτων αντικείμενων τα οποία θα χρησιμοποιούνταν ως εποπτικό υλικό για την θεματική «Το Σώμα μου-Ο εαυτός μου». Παράλληλα, αφιερώθηκε μία ολόκληρη μέρα του προγράμματος, κατά τη διάρκεια της οποίας τα οποία γνώρισαν, έστω και σε θεωρητικό επίπεδο, την τρισδιάστατη εκτύπωση (τι είναι; πως χρησιμοποιείται), παρακολούθησαν video με εκτυπωτές που σχεδιάζουν, τα αντικείμενα που προέκυψαν, τους παρουσιάστηκαν κάποια δείγματα που είχαν εκτυπωθεί για το σκοπό αυτό. Τα παιδιά εξέφρασαν τις απορίες τους, τις σκέψεις τους, την επιθυμία τους να εκτυπώσουν και αυτά σχέδια και να δουν πως γίνεται η διαδικασία. Στο τέλος, τους δόθηκαν εξηγήσεις για το τι θα έκαναν κατά τη διάρκεια της χρονιάς και πως θα βοηθούσαν στις εκτυπώσεις. Μόλις ολοκληρώθηκε το στάδιο αυτό, τα παιδιά ερωτήθηκαν ποιο ζώο θα ήθελαν να εκτυπώσει ο εκτυπωτής, ώστε να το φέρουμε στην τάξη για να παίξουν με αυτό.

Προτάσεις νηπίων για παιχνίδι
1) Ζώα
2) Οχήματα
3) Εργαλεία μάστορα
4) Κουζίνα
5) Άλλα

*Πίνακας 3: Προτιμήσεις παιδιών όπως διαμορφώθηκαν από την παρατήρηση και τη συζήτηση.*

Οι εκτυπώσεις διήρκεσαν περίπου 1,5 μήνα, οπότε και παρουσιάστηκαν στα παιδιά. Στα μέσα Νοεμβρίου έγιναν οι συνεντεύξεις, οι οποίες ολοκληρώθηκαν σε δύο εβδομάδες. Στη συνέχεια, έγινε η μετεπεξεργασία και το φινίρισμα από τα ίδια τα

παιδιά με τον τρόπο που τα ίδια το επιθυμούσαν (χρωματισμοί). Και τα αντικείμενα εντάχθηκαν στο παιχνίδι τους.

Τον επόμενο μήνα, ταυτόχρονα με την παρατήρηση, ξεκίνησε και η ανάλυση των αποτελεσμάτων. Το μήνα αυτό επίσης, υλοποιήθηκε και η δεύτερη δραστηριότητα με αντικείμενα 3D. Εκτυπώθηκαν και δόθηκαν στα παιδιά, έτοιμα σχέδια φόρμας (κουπ-πατ) σε χριστουγεννιάτικα μοτίβα. Είτε με πλαστελίνη είτε με ζυμάρι, τα παιδιά ενεπλάκησαν με αυτά αρκετές φορές μέσα στο μήνα και κατέστη δυνατό και από αυτήν την δραστηριότητα να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.

Το τελευταίο στάδιο της έρευνας, θα ολοκληρωνόταν τον Ιανουάριο, με την τελευταία δραστηριότητα που εντασσόταν στην προσέγγιση STEAM και αφορούσε τον «Κύκλο του Νερού». Θα εκτυπώνονταν αντικείμενα τα οποία σχετίζονται με τον κύκλο του νερού, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που είχαν εντυπωθεί από τα αποτελέσματα της έρευνας. Ωστόσο, δυσμενείς καιρικές συνθήκες σε συνδυασμό με κάποιες ημέρες τηλεκαίτευσης (λόγω σεισμού) δεν επέτρεψαν να υλοποιηθεί η συγκεκριμένη θεματική ενότητα εντός του συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου.

#### 3.3.4 Τρισδιάστατος εκτυπωτής

Από τον ενδελεχή έλεγχο της βιβλιογραφίας, προέκυψε πως για την επιλογή του κατάλληλου εκτυπωτή, θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη η ασφάλεια, η ευκολία στις ρυθμίσεις και φυσικά το κόστος (Mensley, 2019; Trust & Malloy, 2017).

Συνεκτιμώντας λοιπόν όλους τους παραπάνω παράγοντες, αγοράστηκε ένας κλειστός τρισδιάστατος εκτυπωτής (box), ο CREALITY3D CR-200B.



Εικόνα 10: Creality3D CR-200B

(<https://www.youtube.com/watch?v=2nHXqCxfmQ>)

Πρόκειται για έναν εκτυπωτή που δε χρειάζεται συναρμολόγηση και μπορεί να εκτυπώσει ένα υλικό κάθε φορά, είτε PLA είτε ABS. Διαθέτει μονό εξωθητή και λειτουργεί αυτόνομα. Εκτυπώνει σε διαστάσεις 200x200x200, έχει οθόνη αφής, ενώ για την εισαγωγή των αντικειμένων, χρειάζεται μόνο μια κάρτα μνήμης. Τη δεδομένη στιγμή, ο εκτυπωτής είναι συμβατός μόνο με το λογισμικό των Windows.

### 3.3.5 Αντικείμενα εκτύπωσης

Από την διερεύνηση του παιδαγωγικού υλικού που υπήρχε μέσα στην τάξη, παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν αρκετές ελλείψεις ως προς αυτό. Αρκετά παιχνίδια δεν υπήρχαν (πχ πάγκος μαραγκού, γράμματα, αριθμοί) ή ήταν σπασμένα και κακοδιατηρημένα (πχ ζώα). Όταν ξεκίνησε η σχολική χρονιά, οι ελλείψεις αυτές έγιναν αισθητές καθώς τα παιδιά αντιμετώπιζαν δυσκολίες στο παιχνίδι τους. Έτσι, επιλέχθηκε ο εμπλουτισμός του παιδαγωγικού υλικού που αφορούσε τα ζώα καθώς παρατηρήθηκε ότι τα παιδιά επέλεγαν τη συγκεκριμένη κατηγορία πάρα πολύ συχνά για να παίζουν. Η κατηγορία αυτή παρουσίαζε τρομερές ελλείψεις και περιορισμούς, μειωμένες επιλογές και δε μπορούσε να απασχολήσει μεγάλο αριθμό παιδιών.





Εικόνα 11: Ενδεικτικές φωτογραφίες υλικού σχολικής μονάδας

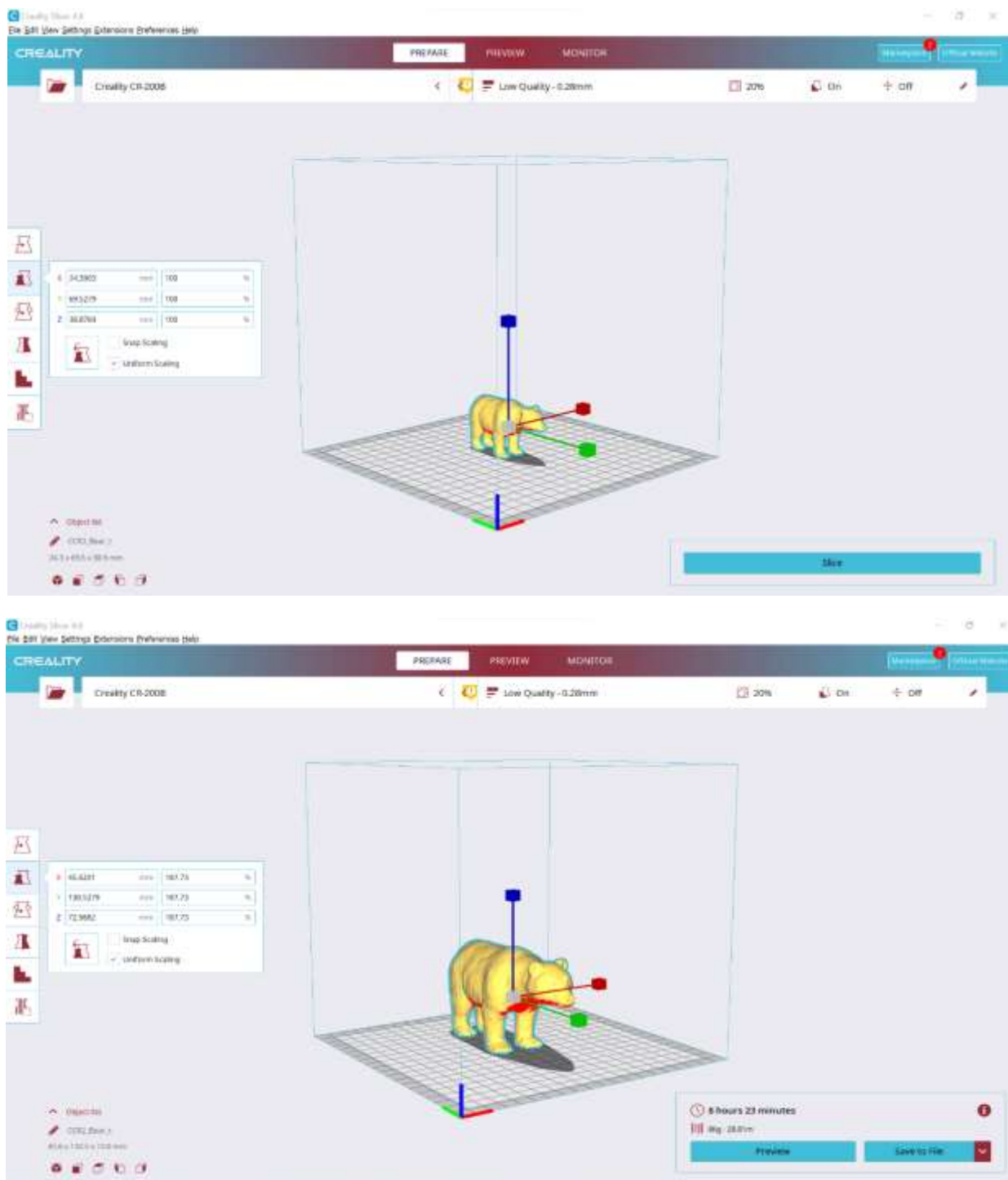
Όλα τα παιδιά λοιπόν, ερωτήθηκαν τι ζώο θα ήθελαν να εκτυπωθεί για να το έχουμε μέσα στην τάξη για να παίζουμε. Οι απαντήσεις τους καταγράφηκαν, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

A/A	1 <sup>η</sup> προτίμηση	2 <sup>η</sup> προτίμηση
1	Καμήλα	Γάιδαρος
2	Λιοντάρι	Δεινόσαυρος
3	Ελέφαντας	Γάιδαρος
4	Δεινόσαυρος	Πρόβατο
5	Τίγρης	--
6	Γουρούνι	--
7	Πεταλούδα	---
8	Άλογο	
9	Σκύλος	Αρκούδα (που δαγκώνει)
10	Δεινόσαυρος	--
11	Πεταλούδα	Μονόκερο

Πίνακας 4: Προτιμήσεις παιδιών για εκτύπωση  
(Παράρτημα 3)

Αφού συλλέχθηκαν οι απαντήσεις τους, μέσα από διάφορες δωρεάν ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες (πχ Thinkgiverse, Yeggi, STLFinder) επιλέχθηκαν εκείνα τα αρχεία που ήταν πιο κοντά στις αναπαραστάσεις των παιδιών. Εκτυπώθηκαν δύο μεγέθη για το κάθε αντικείμενο. Τα μεγάλα, τα οποία στον άξονα y, ήταν μεγαλύτερα

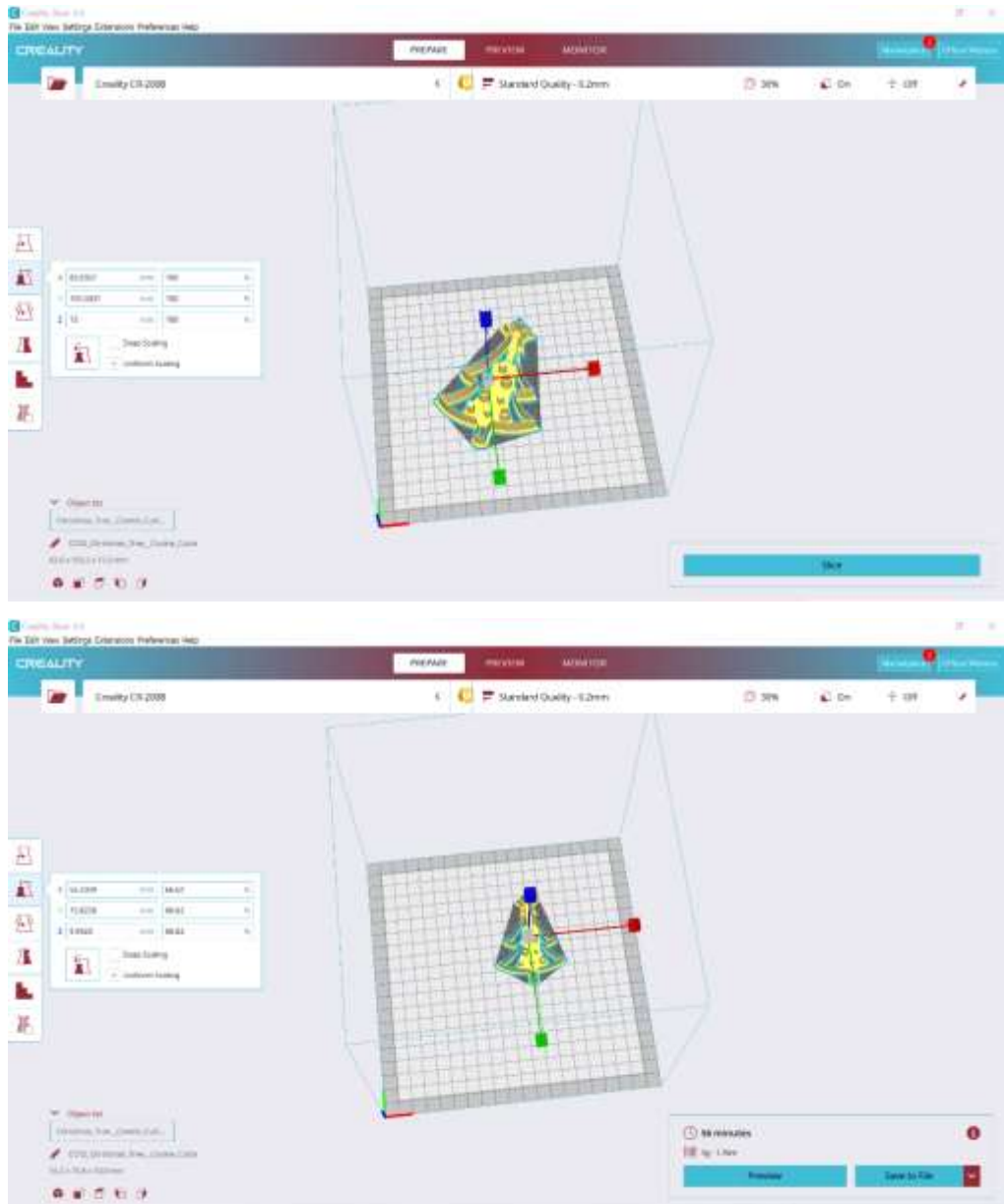
από 100 cm ( $y > 100$ ) και τα μικρά που στον άξονα  $y$ , ήταν μικρότερα από 100 cm ( $y < 100$ ).



Εικόνα 12: Αρχεία μορφής stl μεγάλων και μικρών αντικειμένων (για περισσότερα Παράρτημα 2)

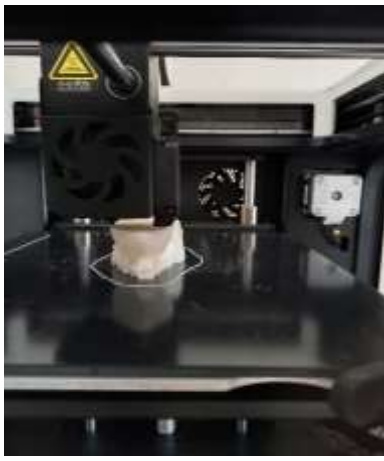
Αντίστοιχα σε διαστάσεις, ήταν και τα αντικείμενα που τους δόθηκαν για τη χριστουγεννιάτικη θεματική με περισσότερες όμως λεπτομέρειες επάνω στο σχεδιασμό τους.





Εικόνα 13: Αρχεία stl χριστουγεννιάτικων αντικειμένων

Τα αντικείμενα που επιλέχθηκαν για την πρώτη δραστηριότητα «Το Σώμα μου-Ο εαυτός μου», σημειώνεται πως εκτυπώθηκαν στις διαστάσεις που ήταν αρχικά κατασκευασμένα, χωρίς να εκτιμηθεί κάποιο στοιχείο.



*Εικόνα 14: Καρδιά και εγκέφαλος*

Για ερευνητικούς λόγους, εντάχθηκαν μέσα στη διαδικασία, τόσο κάποια σπασμένα αντικείμενα όσο και κάποια που είχαν διαστρεβλωθεί κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης. Όσα επιδέχονταν διορθώσεις, επιδιορθώθηκαν με τη χρήση σιλικόνης, καθώς η κόλλα σε υγρή μορφή ή στικ, δεν πρόσφερε αντοχή στα αντικείμενα.



*Εικόνα 15: Αντικείμενα με ατέλειες ή σπασμένα*

### 3.4 Πληθυσμός

Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης, συμμετείχαν 11 μαθητές ενός νηπιαγωγείου σε ένα ορεινό χωριό του νησιού της Λέσβου κατά το σχολικό έτος 2022-2023. Από αυτούς τα 5 ήταν κορίτσια και τα 6 αγόρια. Από το σύνολο των παιδιών, τα 5 ήταν νήπια ( $\approx 5,54$  ετών) και τα 6 προνήπια ( $\approx 4,48$  ετών). Από τα 11 παιδιά, όλα φαίνονταν να έχουν μία καλή σχέση με την τεχνολογία και να είναι αρκετά εξοικειωμένα με αυτήν. Παρατηρήθηκε ωστόσο, ότι αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο χειρισμό του επιτραπέζιου ηλεκτρονικού υπολογιστή και στη χρήση του ποντικιού. Αντίθετα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν με μεγάλη ευκολία κινητά τηλέφωνα και tablets. Κανένα από τα παιδιά δεν είχε ξανακούσει την έννοια της τριδιάστατης εκτύπωσης ή είχε έρθει σε επαφή με αυτήν με κάποιον τρόπο.



Πίνακας 5: Πληθυσμός τμήματος



Πίνακας 6: Μ.Ο ηλικίας παιδιών

### 3.5 Περιορισμοί

Ένας από τους βασικούς περιορισμούς της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης, αποτελεί ο πολύ μικρός αριθμός παιδιών (11) που πήρε μέρος στην έρευνα. Ως εκ τούτου, δεν δύναται να γενικευτούν και να επικυρωθούν τα αποτελέσματα. Ο μεγάλος αριθμός απουσιών κάποιων νηπίων, μία κατάσταση η οποία δυσκόλεψε την παρατήρηση τόσο στην αρχή, όσο και τα διάρκεια του προγράμματος. Ένας ακόμα περιορισμός προέκυψε από το χώρο διεξαγωγής της συνέντευξης. Καθώς οι συνεντεύξεις υλοποιήθηκαν μέσα στην τάξη, κατά τη διάρκεια των ελεύθερων δραστηριοτήτων, υπήρξαν πολλές διακοπές τόσο από τα ίδια τα παιδιά, όσο και από εξωγενείς παράγοντες (πχ τηλέφωνο).

Επίσης, κατά τη χρήση των αντικειμένων, είτε σαν εποπτικό υλικό είτε σαν αντικείμενο παιχνιδιού, κατέστη αδύνατο να υπάρχει φωτογραφικό υλικό από όλα τα στάδια, καθώς ταυτόχρονα έπρεπε να υλοποιούνται και άλλες δραστηριότητες.

## Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

Όλα τα παιδιά συμμετείχαν στην ερευνητική διαδικασία και η επεξεργασία των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν από τα ερωτηματολόγια και την παρατήρηση έγινε με ανάλυση περιεχομένου. Παρακάτω, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν, χωρισμένα σε τρεις (3) κατηγορίες: κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, κατά τη διάρκεια της μετε-επεξεργασίας και κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Ξεχωριστή κατηγορία δημιουργήθηκε για τα αντικείμενα που εκτυπώθηκαν σαν εποπτικό υλικό για τις οργανωμένες δραστηριότητες.

### 4.1.Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης

Αφού ολοκληρώθηκε η εκτύπωση των αντικειμένων κατά τη διάρκεια του ελεύθερου παιχνιδιού, τόσο αυτά που ήταν σε καλή κατάσταση όσο και εκείνα που ανήκαν στην κατηγορία ελλιπή (πχ σπασμένα, παραμορφωμένα) τοποθετήθηκαν επάνω σε ένα τραπέζι. Κάθε παιδί πλησίαζε το τραπέζι παρατηρούσε τα αντικείμενα και τα επεξεργαζόταν. Όλα τα παιδιά αναγνώρισαν τι ήταν αυτά τα αντικείμενα και στα περισσότερα γεννήθηκε η ερώτηση «τι θα κάνουμε με αυτά». Τους έγινε υπενθύμιση της δραστηριότητας που είχε γίνει σε προηγούμενο χρόνο για την τρισδιάστατη εκτύπωση και πως μόλις ολοκληρωνόταν η διαδικασία που θα κάναμε, θα τα έβαφαν και θα ήταν στη διάθεση τους για παιχνίδι.



Εικόνα 16: Παρουσίαση αντικειμένων

Τα περισσότερα (63%) πήραν τα αντικείμενα που τους άρεσαν για να παίξουν κατευθείαν. Η πρώτη αυτή αυθόρμητη επιλογή δεν είχε καμία σχέση με την επιθυμία που είχε εκφραστεί στην αρχική ερώτηση «*Τι ζώο θέλετε να μας εκτυπώσει ο εκτυπωτής;*». Ο παρακάτω πίνακας, αποτυπώνει τη θέση αυτή:

A/A	1 <sup>η</sup> προτίμηση	2 <sup>η</sup> προτίμηση	Επιλογή κατά την παρουσίαση
1	Καμήλα	Γάιδaros	Καμήλα
2	Λιοντάρι	Δεινόσαυρος	Πρόβατο
3	Ελέφαντας	Γάιδaros	Δεινόσαυρος
4	Δεινόσαυρος	Πρόβατο	Γάιδaros
5	Τίγρης	--	Τίγρης
6	Γουρούνι	--	Πεταλούδα
7	Πεταλούδα	--	Πεταλούδα
8	Άλογο	--	Άλογο
9	Σκύλος	Αρκούδα (που δαγκώνει)	Δεινόσαυρος
10	Δεινόσαυρος	--	Λιοντάρι
11	Πεταλούδα	Μονόκερο	Σκαντζόχοιρος

Πίνακας 7: Αρχικές και τελικές επιλογές νηπίων

Ένας μόνος μαθητής (9%) αναρωτήθηκε από τι υλικό είναι φτιαγμένα τα αντικείμενα («*Είναι φτιαγμένα από ζυμάρι;*») ενώ ένας άλλος διερωτήθηκε γιατί είναι έτσι («*Τι είναι αυτά; Γιατί είναι έτσι;*»). Επί της συγκεκριμένης παρατήρησης ακολούθησε διευκρινιστική ερώτηση, και το παιδί απάντησε «*Έτσι άσχημα και γυμνά! Χωρίς χρώμα!*». Επίσης, όλα αναρωτήθηκαν γιατί κάποια ήταν σπασμένα και τι δουλειά είχαν με τα «καλά» παιχνίδια καθώς «*η θέση τους είναι στα σκουπίδια*».

Στα τρία πρώτα ερωτήματα, τα παιδιά καλέστηκαν να επικεντρωθούν στα παιχνίδια που τους άρεσουν και με βάση ποιο στοιχείο κατέληξαν σε αυτήν την επιλογή. «*Είναι το αγαπημένο μου*», «*μου αρέσει*», «*έχει ο μπαμπάς μου πρόβατα και πάει κάθε μέρα και τα αρμέγει*» ήταν ορισμένες από τις απαντήσεις τους. Κανένα από τα ελλιπή αντικείμενα, δεν αποτέλεσε επιλογή των παιδιών.



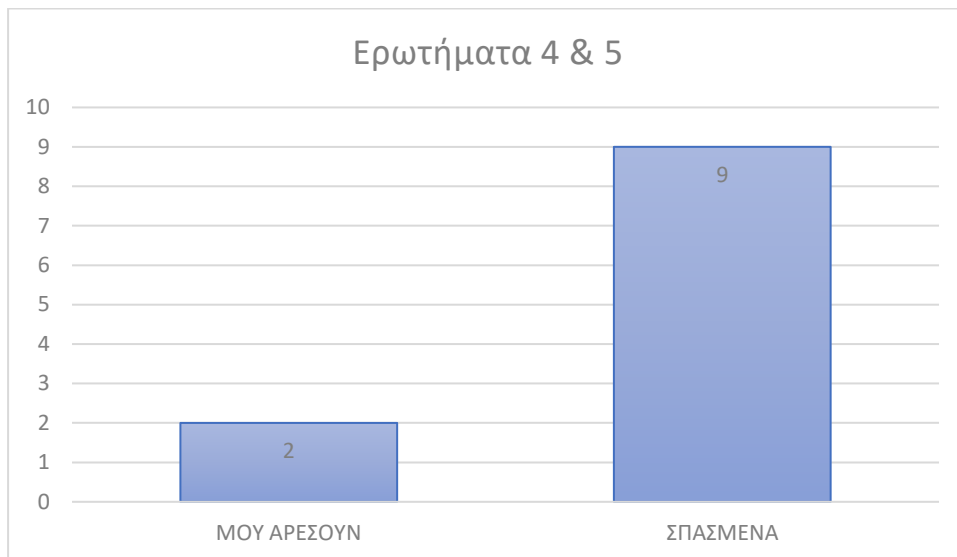
Πίνακας 8: Κριτήρια επιλογής αντικειμένων

Πολύ σύντομα έγινε αντιληπτό, πως τα νήπια επέλεξαν τα μεγάλα αντικείμενα και πως είχαν ξεκινήσει να διαχωρίζουν μεγάλα-μικρά («Κοίτα! Θα μπορούσε να είναι μαμά και παιδί!»). Έτσι, η ερευνήτρια ξεκίνησε να τα παρουσιάζει κατά ζεύγη και να ρωτά τα νήπια ποιο τους αρέσει περισσότερο. Σε όλες τις περιπτώσεις επέλεξαν το μεγάλο.

Στις περιπτώσεις που υπήρχε διχρωμία (μπλε-άσπρο) ανάμεσα στα αντικείμενα, οι απαντήσεις δε δόθηκαν αμέσως. Χρειάστηκε λίγο περισσότερος χρόνος για να δώσουν την τελική τους απάντηση. Ακόμα και τότε όμως, το μεγάλο ήταν αυτό που κέρδιζε το ενδιαφέρον τους. Εξαιρεση αποτελούσε αν το μεγάλο αντικείμενο δεν είχε κάποιο μέλος ή ήταν παραμορφωμένο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, απομονωνόταν.

Το δεύτερο σκέλος των ερωτήσεων, αφορούσε τα σπασμένα αντικείμενα, όπως χαρακτηρίστηκαν από τα ίδια τα παιδιά. Προέκυψαν δύο διαφορετικά σύνολα απαντήσεων. Αυτά που τα απέρριψαν τελείως και αυτά που ήταν διατιθέμενα να τους δώσουν μία δεύτερη ευκαιρία. Πιο αναλυτικά, στο πρώτο σύνολο που ήταν αυτό της ευρείας αποδοχής, τα νήπια έβαλαν στην άκρη τα αντικείμενα δίνοντας τους διάφορους χαρακτηρισμούς («Είναι αηδία», «Πως να παίξω με κάτι που δεν πάει-δεν προχωράει», «Είναι σπασμένα. Θα προτιμούσα να τα πετάξω», «Λείπουν πράγματα από πάνω τους. Δεν είναι καλά») και αρνήθηκαν με τον οποιοδήποτε τρόπο να τα εντάξουν στις επιλογές τους. Στη δεύτερη ομάδα, αρκετά πιο μικρή, φαίνεται να υπάρχει μία διαλλακτικότητα ως προς τη χρήση αυτών των αντικειμένων. Δεν τους αρέσαν, αλλά υπήρξε προθυμία επαναδιαπραγμάτευσης («Ναι με ενοχλεί που δεν έχει πόδια αλλά θα έπαιζα μαζί τους», «Παιχνίδια είναι και αυτά. Είναι κρίμα»).





Πίνακας 9: Θα έπαιζες με τα σπασμένα αντικείμενα; Γιατί;

Κάτι άλλο που παρατηρήθηκε, κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, ήταν ότι τα παιδιά έπιαναν τα αντικείμενα στα χέρια τους και τα παρατηρούσαν με περίτεχνη λεπτομέρεια. Τα γυρνούσαν δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω. Διέτρεχαν με τα δάχτυλα τους την υφή των αντικειμένων, χωρίς όμως να προβαίνουν σε σχόλια. Κάποια από αυτά, προσπάθησαν να δουν αν τα μέρη που εξείχαν, μπορούσαν να ξεκολλήσουν. Κάτι το οποίο συνέβη. Κάποια μέρη που εξείχαν αποκολλήθηκαν με τα παιδιά να πανικοβάλλονται, θεωρώντας πως είχαν κάνει κάποια ζημιά. Τους δόθηκαν εξηγήσεις, ότι δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα και ότι υπάρχει τρόπος να επιδιορθωθούν. Από εκείνο το σημείο και μετά όμως, τα αντικείμενα αυτά εντάχθηκαν από τα ίδια τα νήπια στα ελλιπή και σε αυτά που δεν θα έπαιζαν μαζί τους (Παράρτημα 4).



Εικόνα 17: Αντικείμενο που έσπασε την ώρα της επεξεργασίας

## 4.2 Μετεπεξεργασία

Αφού ολοκληρώθηκαν όλες οι συνεντεύξεις, ξεκίνησε το στάδιο της μετεπεξεργασίας. Δόθηκαν στα παιδιά τα κατάλληλα υλικά (πινέλα, χρώματα) και τους ζητήθηκε να τα χρωματίσουν με τον τρόπο που επιθυμούσαν. Σημειώνεται πως η αφαίρεση των στηρίξεων πραγματοποιήθηκε από την ίδια την ίδια την ερευνήτρια για λόγους ασφαλείας όπως επίσης και η λείανση στα περισσότερα από αυτά. Δόθηκε απόλυτη ελευθερία στα παιδιά στην επιλογή των χρωμάτων, όπως και στον αριθμό των αντικειμένων που μπορούσαν να ζωγραφίσουν.



Εικόνα 18: Υλικά μετεπεξεργασίας

Η προτίμηση στα μεγάλα αντικείμενα έρχεται να επαληθευτεί και κατά τη διάρκεια της μετεπεξεργασίας. Πρώτα επέλεξαν τα μεγάλα και λευκά και μετά τα μικρά λευκά. Τελευταία, επιλέχθηκαν τα αλλοιωμένα, μόνο από τα νήπια τα οποία είχαν δηλώσει προηγουμένως ότι δε θα τους ενοχλούσε να παίξουν με αυτά.



Εικόνα 19: Τι περίσσεψε

Παρατηρήθηκε επίσης, ότι το χρώμα αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα επιλογής για χρωματισμό του αντικειμένου. Θεωρήθηκε πως τα μπλε αντικείμενα ήταν ήδη χρωματισμένα. («Κυρία, αυτά γιατί είναι έτσι.», «Ποιος τα έβαψε;», «Εμείς



τώρα τι θα κάνουμε»). Η παιδική τους σκέψη δε μπορούσε να αντιληφθεί πως ένα έγχρωμο αντικείμενο επιδέχεται και αυτό με τη σειρά του επεξεργασία. Επίσης, θεωρώντας πως τα λευκά αντικείμενα δεν είναι έτοιμα για χρήση, ένας μαθητής, σημείωσε πως «δε μπορώ να παίξω με αυτά».

Τελευταία για χρωματισμό επιλέχθηκαν η μικρή και η μεγάλη πεταλούδα, που η καθεμία αποτελούνταν από τρία διαφορετικά μέρη (κύριο σώμα και φτερά), τα οποία δεν ήταν συναρμολογημένα, με απώτερο σκοπό να συναρμολογηθούν από τα ίδια τα παιδιά. Ωστόσο, όπως έγινε αντιληπτό κατά τη διάρκεια της μετεπεξεργασίας μέσα από τη συζήτηση μαζί τους, τα παιδιά θεώρησαν ότι είναι «σπασμένα» και για αυτό πιθανότατα δεν επιλέχθηκαν ούτε κατά τη διάρκεια της συνέντευξης.



*Εικόνα 20: Τελικό αποτέλεσμα  
(περισσότερες φωτογραφίες στο παράρτημα 5)*

#### **4.3 Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού**

Μόλις ολοκληρώθηκε η διαδικασία της συνέντευξης και της μετεπεξεργασίας, ακολούθησε συστηματική παρατήρηση, κάθε φορά που τα νήπια επέλεγαν να εντάξουν στο παιχνίδι τους αυτά τα αντικείμενα, που ήταν διαμορφωμένα από τα ίδια. Επέλεγαν πρώτα αυτά τα αντικείμενα και μετά τα άλλα που υπήρχαν ήδη στο σχολείο. Η επιλογή γινόταν ανάλογα με το θέμα που επέλεγαν να φτιάξουν κάθε φορά. «Μία ζούγκλα», «το μαντρί του μπαμπά μου», «καλά και κακά ζώα»,

«αυτοκίνητα και δεινόσαυροι» ήταν μόνο ορισμένα από τα παιχνίδια τους. Πολύ συχνά, επέλεγαν κάποια από αυτά και τα χρησιμοποιούσαν σαν σχεδιαστικά μοντέλα, κάτι που πριν την εισαγωγή τους δεν είχε παρατηρηθεί. Τα αντικείμενα που είχαν σπάσει και είχαν τοποθετεί στην κούτα με τα παιχνίδια, απομονώθηκαν από τα παιδιά. Κατά τη διάρκεια επίσης του παιχνιδιού, κάποια επισκευασμένα παιχνίδια, είτε ξεκόλλησαν είτε έσπασαν νέα μέρη. Τα παιδιά τα έφερναν και σημείωναν τι είχε αποκολληθεί: «Κοίτα! Έσπασε η ουρά», «Το αυτί!», «Τώρα δε μπορούμε να παίζουμε με αυτό; Τι θα κάνουμε;». Σε όσα μπόρεσε να βρεθεί το σπασμένο μέλος και επιδεχόταν επανακόλληση, προχώρησε αυτή η διαδικασία. Σε όσα κάτι τέτοιο δεν ήταν εφικτό είτε λόγω οριστικής απώλειας είτε λόγω αδυναμίας, αποσύρθηκαν με τα παιδιά να ζητάνε επανειλημμένα να τους φτιάξει η κυρία τους άλλα.

Τα παιδιά συμπεριφέρθηκαν στα νέα αντικείμενα, όπως και σε αυτά που είχαν ήδη. Τα έβαλαν στο παιχνίδι τους, τα έδωσαν ρόλους, τα συμπεριφέρονταν άλλοτε με αγριότητα και άλλοτε με ευγένεια.

Με το πέρασμα των μηνών, κάποια από τα αντικείμενα καταστράφηκαν λόγω κακής χρήσης (πέταγμα στο πάτωμα), κυρίως τα μέρη τα οποία εξείχαν (ουρές και αυτιά). Παρ' όλα αυτά, τα παιδιά συνεχίζουν μέχρι και σήμερα να τα εντάσσουν στο παιχνίδι τους και να παίζουν με αυτά. Κάτι το οποίο δε συμβαίνει με τα αντικείμενα που δε διαμορφώθηκαν από τα ίδια.



Εικόνα 21: Ένταξη στο παιχνίδι

#### 4.4 Δραστηριότητες

##### 1<sup>η</sup> δραστηριότητα

Πριν την έναρξη της ερευνητικής διαδικασίας, με αφορμή τη θεματική ενότητα «Το σώμα μου- Ο εαυτός μου», εκτυπώθηκαν κάποια όργανα του ανθρώπινου σώματος για να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία σαν εποπτικό υλικό συμπληρωματικά με το ήδη υπάρχον (εικόνες, βιβλία). Πιο συγκεκριμένα,

εκτυπώθηκαν μία καρδιά, ένας εγκέφαλος, πνεύμονες, στομάχι, συκώτι και ένας σκελετός χωρίς να ληφθεί υπόψη κανένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Οι διαστάσεις ήταν αυτές που πρότειναν οι αρχικοί δημιουργοί και εκτός από την αφαίρεση των στηρίξεων δεν υπέστησαν σε καμία μορφή μετεπεξεργασίας. Στόχος ήταν εκτός από τη διευκόλυνση της διδασκαλίας, τα παιδιά να έρθουν σε μια πρώτη επαφή με τα αντικείμενα τρισδιάστατης εκτύπωσης.



*Εικόνα 22: Παρατήρηση αντικειμένων*

Τα παιδιά ενθουσιάστηκαν από το νέο και διαφορετικό υλικό. Ωστόσο, αντιμετώπισαν δυσκολίες στο χειρισμό και στην οπτική επεξεργασία των αντικειμένων καθώς κάποια από αυτά ήταν πολύ μικρά. Δυσκολεύτηκαν επίσης στην αναγνώριση τους. Τους φαινόταν δύσκολο να κατανοήσουν ότι πχ επρόκειτο για μια καρδιά, καθώς δεν υπήρχαν οι αντίστοιχοι χρωματισμοί. Ο συνδυασμός και η αντιστοίχιση εικόνας-αντικειμένου, διευκόλυνε την αναγνώριση τους σε ένα επόμενο στάδιο.

Με την ολοκλήρωση της ενότητας, φάνηκε να υπάρχει καλύτερη κατανόηση του θέματος, με άμεση αναγνώριση των αντικειμένων σε άσχετες στιγμές και αποτύπωση αυτών και των χαρακτηριστικών τους στις ζωγραφιές.



*Εικόνα 23: Αποτύπωση σε ελεύθερο σχέδιο*

## 2<sup>η</sup> Δραστηριότητα

Λαμβάνοντας υπόψη τα αντικείμενα που είχαν εκτυπωθεί ήδη, η διερεύνηση για την απάντηση στην ερευνητική υπόθεση συνεχίστηκε αυτή τη φορά με αφορμή τη γιορτή των Χριστουγέννων.

Εκτυπώθηκαν φόρμες σχεδίασης (κουπ-πατ) μαλακών επιφανειών σε δύο μεγέθη (μεγάλα-μικρά) για να χρησιμοποιηθούν σαν εργαλείο επεξεργασίας πλαστελίνης ή πηλού. Στα νήπια, δόθηκε το υλικό επεξεργασίας και τα αντικείμενα. Και εδώ η επιλογή τους έγινε βάση μεγέθους, ενδιαφέροντος και αρτιότητας. Η επιλογή του χρώματος δεν υπήρχε, καθώς όλα είχαν εκτυπωθεί με λευκό νήμα.

Η ενασχόληση με τα συγκεκριμένα αντικείμενα, κράτησαν μέχρι τα Χριστούγεννα, με τα παιδιά να έχουν ελεύθερη πρόσβαση σε αυτά. Από την παρατήρηση και τη συζήτηση που γινόταν κατά τη διάρκεια ενασχόλησης με αυτά, προέκυψε πως δυσκολεύτηκαν στο χειρισμό των πιο μικρών αντικειμένων που είχαν λεπτομέρειες («Γλιστράει από το χέρι μου», «Έχει μπει μέσα πλαστελίνη και δε μπορώ να παίξω άλλο μαζί του», «Μπλιαχ! Είναι βρώμικο») και τους ενοχλούσαν κομμάτια υλικού που κολλούσαν μέσα στις σχισμές και δε μπορούσαν να τα βγάλουν. Αποτέλεσμα ύστερα από κάποιες χρήσεις τα αντικείμενα αυτά εγκαταλείφθηκαν.



*Εικόνα 24: Χριστούγεννα  
(Παράρτημα 6)*

## 3<sup>η</sup> δραστηριότητα

Έχοντας πλέον ολοκληρωθεί το βασικό κομμάτι της έρευνας και γνωρίζοντας ότι μία από τις επόμενες θεματικές ενότητες θα ήταν «Ο κύκλος του Νερού», αποφασίστηκε, συνεκτιμώντας τις πληροφορίες που είχαν συλλεχθεί από την προηγούμενη ερευνητική διαδικασία, να εκτυπωθεί ένα πρόπλασμα με όλα τα βασικά στάδια της διαδικασίας αυτής. Ωστόσο, λόγω διαφόρων εκτάκτων συνθηκών

(σεισμός, ιώσεις, κακοκαιρίες) οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα ο αριθμός των μαθητών να είναι σε καθημερινή βάση μειωμένος (<3), η δραστηριότητα δε μπόρεσε να υλοποιηθεί εντός των χρονικών ορίων της έρευνας.

## Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα-Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Σε έρευνες που έχουν διενεργηθεί (Arslan & Erdogan, 2021), έχει αποδειχτεί ότι η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει αρχίσει και αποκτά όλο και περισσότερους οπαδούς στον εκπαιδευτικό χώρο. Εκτός από τη χρήση της ίδιας της τεχνολογίας, το μάθημα αποκτά μεγαλύτερο ενδιαφέρον, το περιβάλλον εμπλουτίζεται, διεγείρεται η περιέργεια των παιδιών και αναπτύσσονται ολόπλευρα (πολυπαραγοντική και δημιουργική σκέψη, δεξιότητες μηχανικής). Τα παιδιά έχουν ενεργή συμμετοχή κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, η ίδια η τάξη γίνεται διασκεδαστική.

Ποια είναι όμως εκείνα τα στοιχεία, που θα δώσουν στα αντικείμενα τρισδιάστατης εκτύπωσης τον χαρακτήρα που θα τα κάνουν αποδεκτά από τα παιδιά προσχολικής ηλικίας και θα διευκολύνουν τη μάθηση τους αλλά και την ίδια την εκπαιδευτική διαδικασία; Σε αυτό το ερώτημα έρχεται να απαντήσει τον παρόν ερευνητικό έργο.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, προέκυψε πως πέντε είναι τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει κάποιο αντικείμενο έτσι ώστε να επιλεγεί από τα νήπια:

- (1) Μέγεθος: Από την αρχική επεξεργασία ακόμα, φάνηκε πως τα αντικείμενα που ήταν σε διάσταση μεγαλύτερη από 100 χιλιοστά ( $y > 100$ ), τράβηξε το ενδιαφέρον των παιδιών. Τα έπιασαν στα χέρια τους, παρατήρησαν τις λεπτομέρειες, προσπάθησαν να δουν αν τα μέρη που εξείχαν (πχ ουρές και πόδια) μπορούν να ξεκολλήσουν. Ήταν τα πρώτα αντικείμενα που διάλεξαν στην μετεπεξεργασία. Όσο πιο μεγάλο το αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερο το ενδιαφέρον.
- (2) Αρτιότητα: Αντικείμενα που ήταν σπασμένα, είχαν κάποια έλλειψη, είχαν παραμορφωθεί ή δε μπορούσαν να καθαριστούν ύστερα από κάποιες χρήσεις, απορρίφθηκαν από τα παιδιά.
- (3) Χρώμα: Αναγνώρισαν ως υλικά που δέχονταν επεξεργασία, μόνο τα λευκά. Η παιδική τους σκέψη αδυνατούσε να αντιληφθεί πως και άλλα χρώματα, στην προκειμένη περίπτωση το μπλε, είναι δυνατόν να τροποποιηθούν.
- (4) Συναισθηματική εμπλοκή: «Δε θέλω να παίζω γιατί με φοβίζουν», «Είναι τρομακτικά», «Είναι τέλειος! Μεγάλος, θα τους φάει όλους!» είναι ορισμένες από τις εκφράσεις που ακούστηκαν από την πλευρά των παιδιών. Φαίνεται πως η σύνδεση παιχνιδιών και συναισθημάτων, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στις επιλογές τους



(5) Προσωπική επιλογή: Ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε ευκαιρία αν επιθυμούμε να συμβαδίζουμε με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των παιδιών. Επέλεξαν το αγαπημένο τους ζώο, αλλά και αυτό με το οποίο ένιωθαν εξοικείωση. Οι γονείς των περισσότερων είναι γεωργοκτηνοτρόφοι και έχουν καθημερινή επαφή με πρόβατα, άλογα, γουρούνια κτλ. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης δεν έλειψαν και οι περιγραφές γεγονότων που έχουν συμβεί με αυτά τα ζώα (*«Εμένα ο μπαμπάς μου, πάει κάθε μέρα στα πρόβατα και τα αρμέγει. Το μεσημέρι θα έρθει να με πάρει να πάμε μαζί», «Εγώ έχω το δικό μου άλογο, τη λένε Κανέλα», «Κάθε Κυριακή πάω για ιππασία», «Κυρία, εμείς δεν έχουμε πρόβατα! Αλλά τα γουρούνια μου αρέσουν πολύ»*).

Συνοψίζοντας, ο εντοπισμός των χαρακτηριστικών εκείνων σε συνδυασμό με την υποτυπώδη εφαρμογή τους μέσα στο σχολικό πλαίσιο, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να έχει τη δική της θέση μέσα στην τάξη και να αξιοποιηθεί για την διασκέδαση των παιδιών, τον εμπλουτισμό του παιδαγωγικού υλικού, να ενισχύσει τις αναπαραστάσεις των παιδιών, να προσφέρει ευκαιρίες και να διευκολύνει τη μάθηση. Ταυτόχρονα, αποτελεί έναν νέο τρόπο διδασκαλίας.

Όσον αφορά τα ίδια τα αντικείμενα, προσφέρουν τρομερή αμεσότητα, εξοικονόμηση χρήματος και είναι και φιλικά προς το περιβάλλον. Από διεξοδική έρευνα στην αγορά παιχνιδιών, διαπιστώθηκε πως τα πλαστικά ζώα που ήταν ευρέως διαδεδομένα παλαιότερα, πλέον είναι αδύνατο να βρεθούν. Πωλούνται σαν μεμονωμένα κομμάτια τα οποία έχουν μεγάλο κόστος αγοράς, κάτι που δεν επιτρέπει τη μαζική αγορά. Επίσης, το υλικό αυτών των αντικειμένων που κυκλοφορούν στο εμπόριο δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον, σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για αυτό και τείνουν να καταργηθούν. Τι καλύτερο λοιπόν, από την αντικατάστασή τους από αντικείμενα φτιαγμένα σύμφωνα με τις προδιαγραφές που επιθυμεί ο εκπαιδευτικός και με ανεπαίσθητο κόστος.

Όσον αφορά την μετεπεξεργασία, κρίνεται πως η επιλογή της τέμπερας δεν αποτελεί κατάλληλη επιλογή για τον χρωματισμό των αντικειμένων, καθώς με το πέρασμα των μηνών, σε πολλά από αυτά το χρώμα έφυγε, με αποτέλεσμα τα αντικείμενα να δίνουν την αίσθηση του χαλασμένου ή του βρώμικου. Ίσως η επιλογή ακρυλικού χρώματος, να έδινε μεγαλύτερη αντοχή.

Στο πλαίσιο αυτό, έρχονται να προστεθούν και προτάσεις για μελλοντική έρευνα. Καταρχήν, η ίδια η προσχολική αγωγή είναι από μόνη της ένας χώρος μελέτης, καθώς οι εργασίες επάνω σε αυτόν τον τομέα, είναι ελάχιστες. Θα μπορούσε

η ίδια η τεχνολογία να χρησιμοποιηθεί μέσα στη σχολική τάξη από τα ίδια τα παιδιά, φτιάχνοντας δικά τους δημιουργήματα και αξιοποιώντας τεχνολογικές γνώσεις χειρισμού τους. Να εμπλακούν τα ίδια τα παιδιά, σε όλες τις διαδικασίες που περιλαμβάνονται από το σχεδιασμό και την επεξεργασία, μέχρι το τελικό αποτέλεσμα και την μετεπεξεργασία αυτών. Πολλές οι διαστάσεις πάνω στην οποία μπορεί να μελετηθεί η τρισδιάστατη εκτύπωση στην προσχολική εκπαίδευση. Αυτό που χρειάζεται σε όλες τις περιπτώσεις είναι η διάθεση και ο χρόνος υλοποίησης τέτοιων ερευνών.

#### *Παρατηρήσεις:*

Οι εκτυπώσεις δεν ήταν άρτιες. Πολλές φορές χρειάστηκε να εκτυπωθούν από την αρχή κάποια αντικείμενα, ακόμα και ύστερα από πολλές ώρες εκτύπωσης, καθώς παρουσιάστηκαν αστοχίες.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- Katz, L. & Chard, C.C. (2007). *Η μέθοδος project: Η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της δημιουργικότητας των παιδιών προσχολικής ηλικίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Ατραπός.
- Βρίζα, Χ., & Καραδημητρίου, Κ. (2020). Απόψεις εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τα οφέλη, τα μειονεκτήματα και τους περιορισμούς της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και μάθησης. *Επιστήμες της αγωγής*, 1, 21-40.
- Γερογιάννης, Κ., & Μπούρας, Α. (2007). Σχεδιασμός Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών – Νέες Τάσεις. Στα πρακτικά του συνεδρίου “*Η πρωτοβάθμια εκπαίδευση και οι προκλήσεις της εποχής μας*”, Ιωάννινα.
- Ζαφειρόπουλος, Κ. (2015). *Πως γίνεται μία επιστημονική εργασία; Επιστημονική έρευνα και συγγραφή εργασιών*. 2<sup>η</sup> έκδοση. Αθήνα: Κριτική.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ). (2021α). *Πρόγραμμα Σπουδών για την Προσχολική Εκπαίδευση, Πράξη «Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης»* - MIS: 5035542, Πρώτη Έκδοση, Αθήνα: 2021.
- Κοσσυβάκη, Φ. (2003). *Εναλλακτική διδακτική. Προτάσεις για μετάβαση από τη διδακτική του αντικειμένου στη διδακτική του ενεργού υποκειμένου*. Αθήνα: Gutenberg.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση: Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Μπαράς, Ι. (2013). Εισαγωγή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στη διδασκαλία μαθημάτων Θετικών Επιστημών: Ένα σενάριο μαθήματος σύμφωνα με το μοντέλο της Διερευνητικής Μάθησης (InquiryBasedScienceEducation – IBSE). Στα Πρακτικά του *5th Conference on Informatics in Education «Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση»*, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 11-13 Οκτωβρίου 2013.
- Μπιρμπίλη, Μ. (Επιμ.) (2014). *Οδηγός Εκπαιδευτικού για το Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ. Ανακτήθηκε από <https://www.pdeionion.gr/index.php/2019/03/20/721/> στις 20 Νοεμβρίου 2022.

- Ντολιοπούλου, Μ. (2005). *Σύγχρονα προγράμματα για παιδιά προσχολικής ηλικίας*. Β' έκδοση. Αθήνα. Τυπωθήτω -Γιώργος Δάρδανος
- Ράπτης, Α., & Ράπτη, Α. (2004). *Μάθηση και Διδασκαλία στην εποχή της πληροφορίας – Ολική Προσέγγιση*. Τόμος Α'. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Ρεκαλίδου, Γ. (2016). *Η αξιολόγηση στην τάξη του νηπιαγωγείου*. Τι, γιατί και πως; Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- ΦΕΚ 1376/18.10.2001 & 304/13.03.2003. *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) και Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.) Νηπιαγωγείου*
- ΦΕΚ 3567/04.08.2021. *Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών για τα Εργαστήρια Δεξιοτήτων όλων των τύπων σχολικών μονάδων, Νηπιαγωγείων, Δημοτικών και των Γυμνασίων*.
- Φλουρής, Γ. (2003). *Σκέψεις για την αναζήτηση ενός πλαισίου επιμόρφωσης και διαβίου μάθησης των εκπαιδευτικών στην κοινωνία της γνώσης*. Αθήνα: Ατραπός
- Χαραλάμπους, Ν. (2001). Τι είναι συνεργατική μάθηση. Τα συστατικά στοιχεία της συνεργατικής μάθησης. Τρόποι αλληλεξάρτησης. *Συνεργατική Παιδεία*, 1, σελ. 3-13.

### Ξένη Βιβλιογραφία

- Arslan, A. & Erdogan, I. (2021). Use of 3D Printers for Teacher Training and Sample Activities. *International Journal of Progressive Education*, 17(3), 343-360.
- Arvanitidi, E., Drosos, C., Theocharis, E., & Papoutsidakis, M. (2019). 3D Printing and Education. *International Journal of Computer Applications*. 177(24), 55-59.
- Asavavatana, P. (2016). *3D Printing in Early Childhood*. Ανακτήθηκε από <https://www.mspanasays.com/blog/3d-printing-in-early-childhood> στις 12 Νοεμβρίου 2022.
- ASTM Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies, 2012, “Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies”. ASTM International. Ανακτήθηκε από <https://www.astm.org/f2792-12.html> στις 28 Ιανουαρίου 2023

- Avanzini, F., Baratè, A., Ludovico, L.A. (2019). 3d printing in preschool music education: Opportunities and challenges. *Open and Interdisciplinary Journal of Technology, Culture and Education*, 14(1), 71-92.
- Blikstein, P. & Krannich, D. (2013). The makers' movement and FabLabs in education: Experiences, technologies, and research. Στα πρακτικά του *12th International Conference on Interaction Design and Children* (σελ. 613–616). New York, NY: ACM Press.
- Brown, Q., & Burge, J. D. (2014). Motivate: Bringing out the fun with 3D printing and e-textiles for middle and high-school girls. Στα πρακτικά του *ASEE Annual Conference and Exposition*, Indianapolis, Indiana. doi:[10.18260/1-2--22848](https://doi.org/10.18260/1-2--22848).
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of Meaning*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Buehler, E., Comrie, N., Hofmann, M., McDonald, S., & Hurst, A. (2016). Investigating the implications of 3D printing in special education. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 8(3), 1-28.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O. & Garrett, B. (2011). Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing, Strategic Foresight Report, Atlantic Council. Ανακτήθηκε από <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/could-3d-printing-change-the-world/> στις 12 Νοεμβρίου 2022.
- Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development*. ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics. Ανακτήθηκε από <http://sdu.ictp.it/3D/book.html> στις 30 Οκτωβρίου 2022.
- Chao, J. Y., Po, H. Y., Chang, Y. S., & Yao, L.Y. (2016). The study of 3D printing project course for indigenous senior high school students in Taiwan. Στα πρακτικά του *Advanced materials for science and engineering (ICAMSE), international conference on* (σελ. 68–70). IEEE.
- Chen, M., Zhang, Y. & Zhang, Y. (2014). Effects of a 3D printing course on mental ability among 10-year-old primary students. *International Journal of Psychophysiology*, 94(2), 240. doi: [10.1016/j.ijpsycho.2014.08.925](https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.08.925).

- Cheng, L., Antonenko, P. P., Ritzhaupt, A. D., & MacFadden, B. (2021). Exploring the role of 3D printing and STEM integration levels in students' STEM career interest. *British Journal of Educational Technology*, 52(3),1262-1278.
- Cheng, L., Antonenko, P.D., Ritzhaupt, A.D., Dawson, K., Miller, D., MacFadden B.J., Grant, C., Sheppard, T. D., & Ziegler, M. (2020). Exploring the influence of teachers' beliefs and 3D printing integrated STEM instruction on students' STEM motivation. *Computers & Education*, 158, 1-18.
- Chesloff, J. D. (2013). STEM Education Must Start in Early Childhood. *Education Week*, 32(23), 27-32.
- Chien, Y. H., & Chu, P. Y. (2018). The different learning outcomes of high school and college students on a 3D-printing STEAM engineering design curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1047–1064.
- Chien, Y.-H. (2017). Developing a Pre-engineering Curriculum for 3D Printing Skills for High School Technology Education. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(7), 2941-2958. doi:10.12973/Eurasia.2017.00729a.
- Ching, C.C., Basham, J.D., & Planfetti, E.S. (2005). Technology in education, technology in life. Στο C. Vrasidas & G. V. Glass (Επιμ.), *Current perspectives on applied information technologies: Preparing teachers to teach with technology* (σελ. 225-240). Greenwich, CT: Information Age.
- Chun, H. (2021). A Study on the Impact of 3D Printing and Artificial Intelligence on Education and Learning Process. *Scientific Programming*, 1 ,1-5.
- Coiro, J., Castek, J. & Quinn, D. J. (2016). Personal Inquiry and Online Research: Connecting Learners in Ways That Matter. *The Reading Teacher*, 69(5), 483-492.
- Dilling, F., & Witzke, I. (2020). The use of 3D-printing technology in calculus education: Concept formation Processes of the Concept of Derivative with Printed Graphs of Functions, *Digital Experiences in Mathematics Education*, 6, 320–339.  
DOI:10.18260/1-2--28347
- Dror, I. E. (2008). Technology enhanced learning: The good, the bad, and the ugly. *Pragmatics & Cognition*, 16, 215-223.

- Easley, W., Buehler, E., Salib, G., & Hurst, A. (2017). Fabricating engagement: Benefits and challenges of using 3D printing to engage underrepresented students in STEM learning. *Στα πρακτικά του 124th ASEE Annual Conference and Exposition*. United States: Columbus. *Education*, 27(5), 412–432. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9733-5>
- Eisenberg, M. (2011). Educational Fabrication, In and Out of the Classroom. Στο M. Koehler & P. Mishra (Επιμ.), *Proceedings of SITE 2011--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (σελ. 884-891). Nashville, Tennessee, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Ανακτήθηκε από <https://www.learntechlib.org/primary/p/36393/> στις 14 Νοεμβρίου 2022.
- Eisenberg, M. (2013). 3D printing for children: What to build next?, *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 7-13.
- Eisenberg, M. (2009). Fabrication for children: toward the frontier of educational construction, Στο G. Siemens & C. Fulford (Eds.), *Proceedings of ED-MEDIA 2009--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (σελ. 3558-3563). Honolulu, HI, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Ανακτήθηκε από <https://www.learntechlib.org/primary/p/31994/> στις 14 Νοεμβρίου 2022.
- Farnicka, M. & Diaz, N.S. (2019), 3D printing skills as a resource for the development of creativity in middle childhood. *Rocznik Lubuski*, 45 (1), 123–134.
- Forbes, A., Falloon, G., Stevenson, M., Hatzigianni, M. & Bower, M. (2021). An Analysis of the Nature of Young Students' STEM Learning in 3D Technology-Enhanced Makerspaces. *Early Education and Development*, 32(1), 172-187.
- Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited review article: where and how 3D printing is used in teaching and education. *Addictive Manufacturing*, 25, 131-150. doi:[10.1016/j.addma.2018.10.028](https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028).
- Grant, C. A., MacFadden, B. J., Antonenko, P., & Perez, V. J. (2017). 3-D fossils for k–12 education: a case example using the giant extinct shark *Carcharocles Megalodon*. *The Paleontological Society Papers*, 22, 197–209.

- Grimm, T. (2019) *3D Printing: The Impact of Post-Processing*. Ανακτήθηκε από <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/pub/features/articles/33589> στις 28 Ιανουαρίου 2023.
- Hansen, A. K., Langdon, T. R., Mendrin, L. W., Peters, K., Ramos, J., & Lent, D. D. (2020). Exploring the Potential of 3D-printing in Biological Education: A Review of the Literature. *Integrative and Comparative Biology*, *60*(4), 896–905.
- Hollenbeck, R., & Fey, J. (2009). Technology and mathematics in the middle grades. *Mathematics Teaching in the Middle School*, *14*(7), 430-435
- Hsiao, H. S., Chen, J. C., Lin, C. Y., Zhuo, P. W., & Lin, K.Y. (2019). Using 3D printing technology with experiential learning strategies to improve preengineering students' comprehension of abstract scientific concepts and hands-on ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, *35*(2), 178–187.
- Hsu, Y.-S., & Fang, S.-C. (2019). Opportunities and challenges of STEM education. Στο Y.-S. Hsu, Y.-F. Yeh (Επιμ), *Asia-Pacific STEM teaching practices* (σελ. 1–16). Singapore: Springer Singapore.  
<https://doi.org/10.1007/s12564-022-09755-8>
- Jones, K. (2000). Proving a foundation for deductive reasoning: Students' interpretations when using dynamic geometry software and their evolving mathematical explanations. *Educational Studies in Mathematics*, *4*, 55-85
- Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2019). Pre-service kindergarten teachers acceptance of “ScratchJr” as a tool for learning and teaching computational thinking and Science Education. *The Journal of Emergent Science*, *15*, 31-34.
- Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2020). The Use of Developmentally Mobile Applications for Preparing Pre-Service Teachers to Promote STEM Activities in Preschool Classrooms. Στο Papadakis S. & Kalogiannakis M. (Επιμ.) *Mobile Learning Applications in Early Childhood Education* (σελ. 82-100). IGI Global: International Academic Publisher.
- Karakurt, I. & Lin, L. (2020). 3D printing technologies: techniques, materials, and post-processing. *Current Opinion in Chemical Engineering*, *28*, 134–143.
- Kastritsi, E., Kalogiannakis, M., Psycharis, S., & Vavougiou, D. (2022). The teaching of Natural Sciences in kindergarten based on the principles of

- STEM and STEAM approach. *Advances in Mobile Learning Education Research*, 2(1), 268-277.
- Keefe, B. (2010). *The perception of STEM: Analysis, issues and future directions*. Washington D.C: Entertainment and Media Industries Council.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11.
- Kostakis, V., Niaros, V. & Giotitsas, C. (2015). Open source 3D printing as a means of learning: an educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and Informatics*, 32(1), 118128. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2014.05.001>.
- Krannich, D., Robben, B. & Wilske, S. (2012). Digital fabrication for educational contexts. Στα πρακτικά του *11th International Conference on Interaction Design and Children* (σελ. 375-376). New York, NY: ACM Press. doi:<http://dx.doi.org/10.1145/2307096.2307174>.
- Kwon, H. (2017). Effects of 3D Printing and Design Software on Students' Overall Performance. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18 (4), 37-42.
- Lacey, G. (2010). 3D printing brings designs to life. *Tech Directions*, 70(2), 17-19.
- Leduc-Mills, B. & Eisenberg, M. (2011). The U-Cube: a Child-Friendly Device for Introductory Three-Dimensional Design. Στα πρακτικά του *10th International Design Conference on Interaction Design and Children* (σελ. 72-80), New York, NY: ACM Press.
- Leduc-Mills, B., Dec, J. & Schimmel, J. (2013). Evaluating accessibility in fabrication tools for children. Στα πρακτικά του *12th International Conference on Interaction Design and Children* (σελ.617-620). New York, NY: ACM Press. DOI:<http://dx.doi.org/10.1145/2485760.2485882>
- Leinonen, T., Virnes, M., Hietala, I. & Brinck, J. (2020). 3D Printing in the Wild: Adopting Digital Fabrication in Elementary School Education, *The International Journal of Art & Design Fabrication*, 39 (3), 600-615. <https://doi.org/10.1111/jade.12310>.
- Lin, K-Y., Hsiao, H-S., Chang, Y-S., Chien, Y-H. & Wu, Y-T. (2018). The Effectiveness of Using 3D Printing Technology in STEM Project-Based Learning Activities. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12),1633. <https://doi.org/10.29333/ejmste/97189>



- Lin, K-Y., Wu, Y-T., Hsu Y-T., & Williams, P.J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-15.
- Loy, J. (2014). eLearning and eMaking: 3D Printing Blurring the Digital and the Physical. *Education Sciences*,4(1), 108-121.
- Mahmudovna, N.M., Shavkatovna, M.D., Supxonovna, H.N. &Choriyevena, R.L. (2022). Fundamentals of using steam technology in preschool education system of Uzbekistan. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 14(3), 10053-10057.
- Maloy, R., Trust, T., Kommerts, S., Malinowski, A., & LaRoche, I. (2017). 3D modeling and printing in history/social studies classrooms: initial lessons and insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 17(2), 229-249.
- Mensley, M. (2019). *Best 3D Printers for Schools & Education*. Ανακτήθηκε από <https://all3dp.com/1/best-3d-printer-for-school-education/> στις 10 Νοεμβρίου 2022.
- Mori, S., Niewint, J. and Beni, C. (2018). Cognitive enhancement and 3d printer in kindergarten: an exploratory study. Στα πρακτικά του *11th annual International Conference of Education, Research and Innovation*, σελ. 2388-2392. doi:[10.21125/iceri.2018.1524](https://doi.org/10.21125/iceri.2018.1524)
- Narum, J. (2008). Promising practices in undergraduate STEM education. [Presentation slides]. Πρακτικά του *National Research Council's Workshop Linking Evidence to Promising Practices in STEM Undergraduate Education*, Washington, DC. Ανακτήθηκε από [http://www7.nationalacademies.org/bose/PP\\_Narum\\_Presentation.pdf](http://www7.nationalacademies.org/bose/PP_Narum_Presentation.pdf) στις 14 Νοεμβρίου 2022.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- National Research Council (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington DC: National Academy of Science.



- National Science Board. (2010). *Science and engineering indicators 2010* (NSB 10-01). Arlington, VA: National Science Foundation.
- National Science Foundation (2013). *Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering*. Special Report NSF: 13-304.
- Ng, O.-L. & Ye H. (2022). Mathematics learning as embodied making: Primary students' investigation of 3D geometry with handheld 3D printing technology. *Asia Pacific Education Review*, 23(2), 311–323.
- Ng, D. T. K., Ming Fung Tsui, M.F. & Yuen, M. (2022). Exploring the use of 3D printing in mathematics education: A scoping review. *Asian Journal for Mathematics Education*, 1(3), 338-358.
- Novak, E. (2022). *3d Printing in Education*. In book: Routledge Resources Online: <https://doi.org/10.4324/9781138609877-REE81-1>. Ανακτήθηκε στις 28 Ιανουαρίου 2023.
- Novak, E., & Wisdom, S. (2020). Using 3D Printing in Science for Elementary Teachers. Στο J.J. Mintzes & E. M. Walter (Επιμ.), *Active learning in college science-The case for evidence based practice* (σσ. 729-739). Berlin: Springer International Publishing.
- Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D printing project-based learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Technology and Science*
- Pai, S.S., Gourish, B., Moger, P., and Mahale, P. (2018). Application of 3D Printing in Education. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 7(7), 278-280.
- Pantazis, S., Stylos, G., Kotsis, T.K. & Georgopoulos, K. (2021). The effect of 3D Printing technology on primary school students' content knowledge, anxiety and interest toward science. *International Journal of Education Innovation*, 3(1), 38-50.
- PCAST (2010). *Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Math (Stem) for America's Future*. Ανακτήθηκε από [https://nsf.gov/attachments/117803/public/2a--Prepare\\_and\\_Inspire--PCAST.pdf](https://nsf.gov/attachments/117803/public/2a--Prepare_and_Inspire--PCAST.pdf). στις 18 Νοεμβρίου 2022.
- Piedra-Cascón, W., Krishnamurthy, R.V, Att W. & Revilla-León, M. (2021). 3D printing parameters, supporting structures, slicing, and post-processing procedures of vat-polymerization additive manufacturing technologies: A narrative review, *Journal of Dentistry*, 109, 103630

- Posch, I. & Fitzpatrick, G. (2012). First steps in the FabLab: Experiences engaging children. Στα πρακτικά του *24th Australian Computer-Human Interaction Conference* (σελ.497–500). New York: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2414536.2414612>
- Regalado, A. (2013) *Wanted: A print button for 3-D objects: A lack of accessible design tools is holding back 3-D printing*. Ανακτήθηκε από <https://www.technologyreview.com/2013/04/24/83695/wanted-a-print-button-for-3-d-objects/> στις 12 Δεκεμβρίου 2022.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Scalfani, V. F., & Vaid, T. P. (2014). 3D printed molecules and extended solid models for teaching symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1174-1180. <https://doi.org/10.1021/ed400887t>
- Schlegel, R. J., Chu, S. L., Chen, K., Deurmeyer, E., Christy, A. G., & Quek, F. (2019). Making in the classroom: Making in the classroom: Longitudinal evidence of increases in self-efficacy and STEM possible selves over time. *Computers and Education*, 142 (3), 103637.
- Song, M.J. (2018). Learning to teach 3D printing in schools: how do teachers in Korea prepare to integrate 3D printing technology into classrooms?. *Educational Media International*, 55(3), 183-198.
- Spodek, B. & Brown, P. (1993). «*Curriculum alternatives in early childhood education: A historical perspective*», Στο Spodek, B. (Επιμ.), *Handbook of research on the education of young children*. New York: Macmillan.
- Sulistyarini, D., Andriani, D., Darmawan, Z. and Setyarini, P. (2020). Implementation of rapid prototyping polyactic acid using 3d printing technology for early education applications. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(1), 20-26.
- Sullivan, P. & McCartney, H. (2017). Integrating 3D printing into an early childhood teacher preparation course: Reflections on practice. *Journal Of Early Childhood Teacher Education*, 38 (1), 39–51. <http://dx.doi.org/10.1080/10901027.2016.1274694>
- Tomc, H.G, & Kočevar, T.N. (2020). Observation on creativity and spatial visualisation skills of graphic arts' students. Στα πρακτική του *10th International Symposium on Graphic Engineering and Design*, Novi Sad. Ανακτήθηκε από

Ιανουαρίου 2023.

- Trust, T., & Maloy, R.W. (2017). Why 3D Print? The 21st-Century Skills Students Develop While Engaging in 3D Printing Projects. *Computers in the Schools*, 34(4), 253-266. <https://doi.org/10.1080/07380569.2017.1384684>.
- Using 3D Print Models in the Classroom*, (2020). Ανακτήθηκε από <https://poorvucenter.yale.edu/strategic-resources-digital-publications/instructional-tools/using-3d-print-models-classroom> στις 12 Σεπτεμβρίου 2022.
- Verner, I. and Merksamer, A. (2015). Digital Design and 3D Printing in technology teacher education, *Procedia CIRP*, 36, 182-186.
- Yildirim, G. (2018). Opinions of Secondary School Students on 3D Modelling Programs and 3D Printers According To Using Experiences. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17 (4), 19-31. Ανακτήθηκε από στις 14 Νοεμβρίου 2022 από <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/could-3d-printing-change-the-world/>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1: Συνέντευξη

ΟΝΟΜΑ:

A/A:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ:

Στα παιδιά παρουσιάζονται τα αντικείμενα που εκτυπώθηκαν. Δίνεται χρόνος αναγνώρισης και επεξεργασίας.

Σχόλια:.....

.....

.....

Ερώτημα 1: Ποιο ζώο/α θα επέλεγες για να παίζεις; Γιατί;

.....

.....

.....

Ερώτημα 2: Τι είναι αυτό που σου άρεσε σε αυτό/α;

.....

.....

.....

Ερώτημα 3: Υπάρχει ακόμα ένα ίδιο παιχνίδι. Γιατί δεν το επέλεξες;

.....

.....

.....

Στη συνέχεια παρουσιάζονται/επιλέγονται κάποια από τα σπασμένα ζώα και δίνονται στο παιδί.

Ερώτημα 4: Θα επέλεγες να παίζει με αυτά; Γιατί;

.....

.....

.....

Ερώτημα 5: Τι είναι αυτό που σε ενοχλεί;

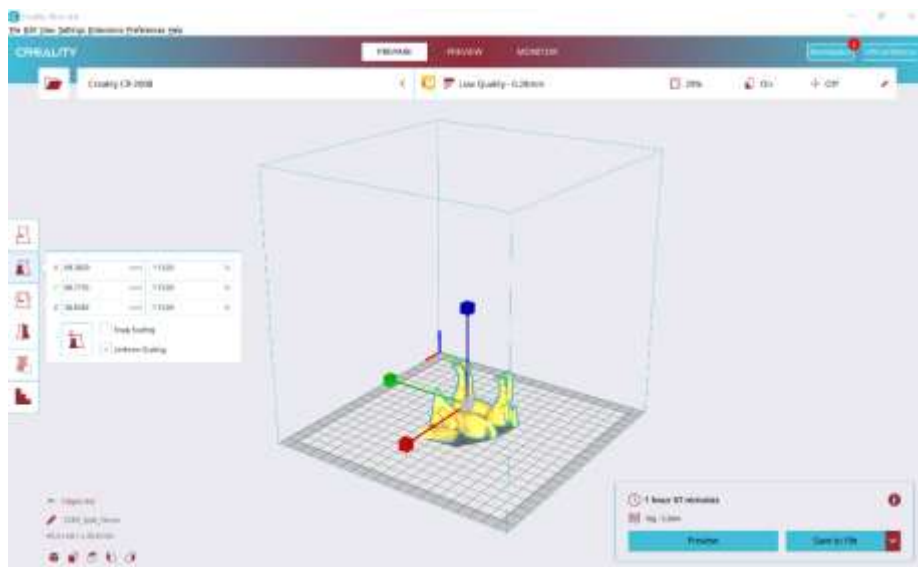
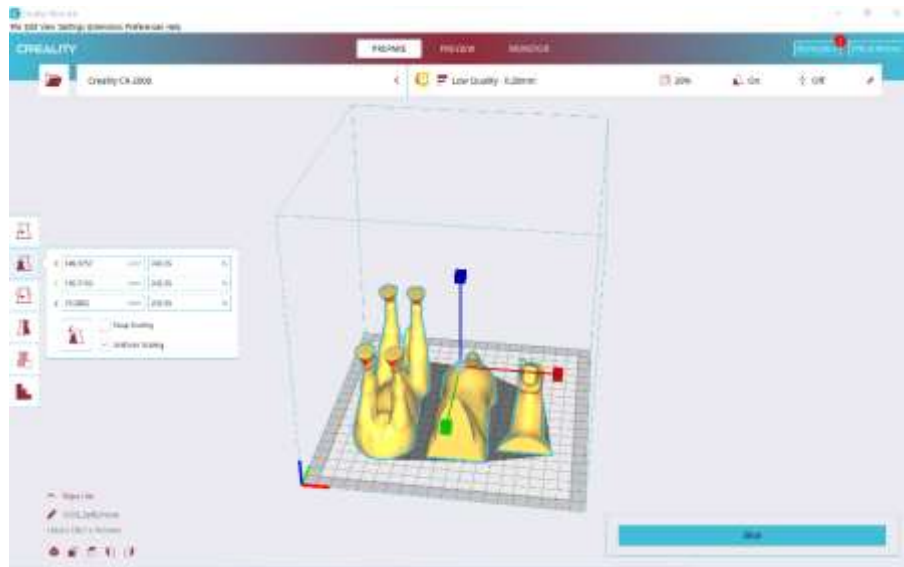
.....

.....

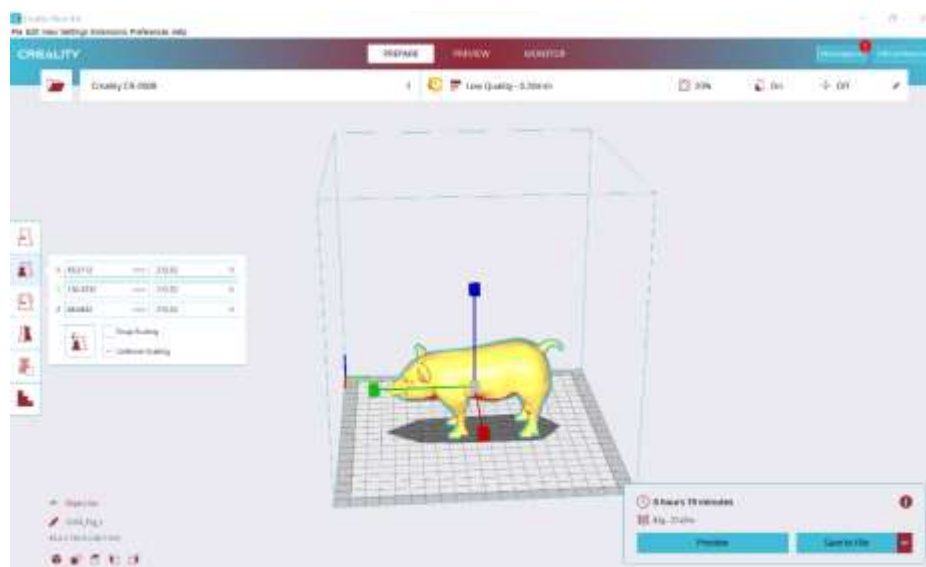
.....

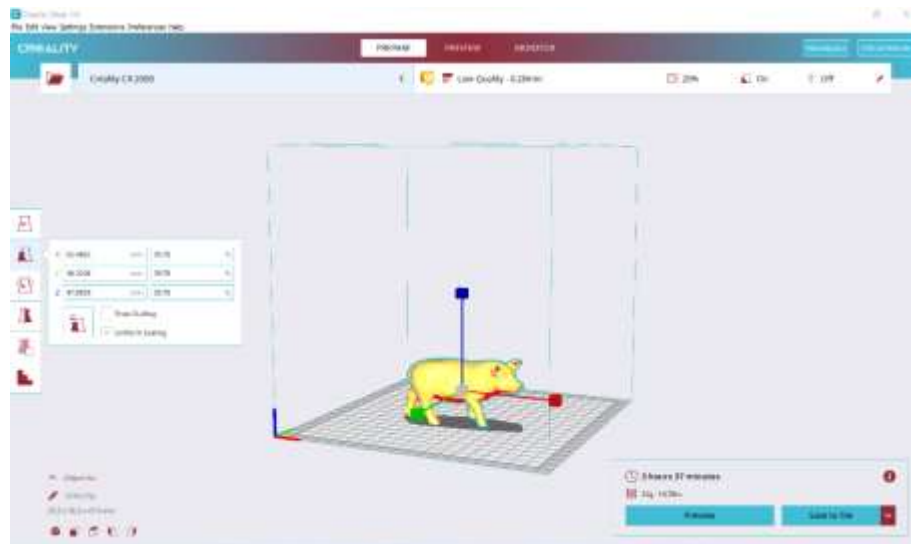
Ερώτημα 6: Με ποια από τα παιχνίδια δε θα έπαιζες καθόλου; Γιατί;

Παράρτημα 2: Ενδεικτικά αρχεία stl μεγάλων και μικρών αντικειμένων

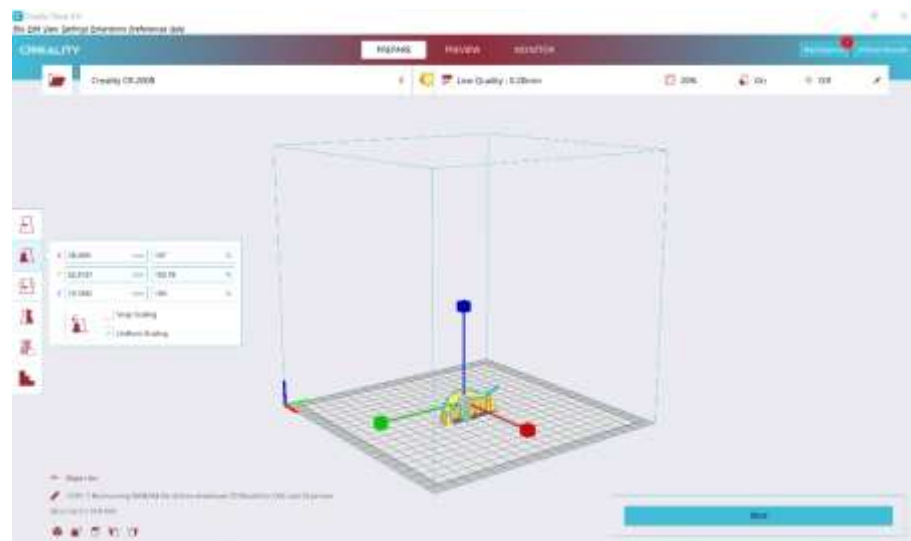
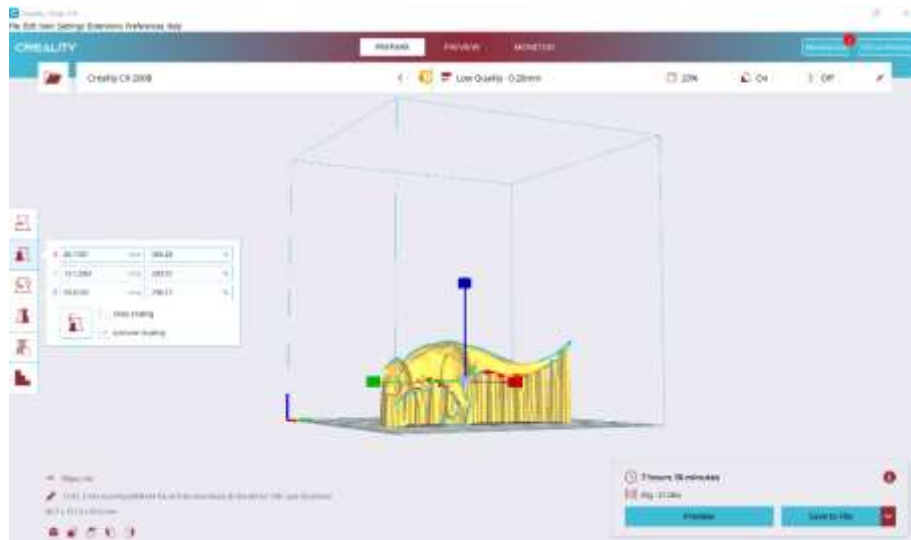


Εικόνα 25: Αρχείο stl, μεγάλο και μικρό άλογο

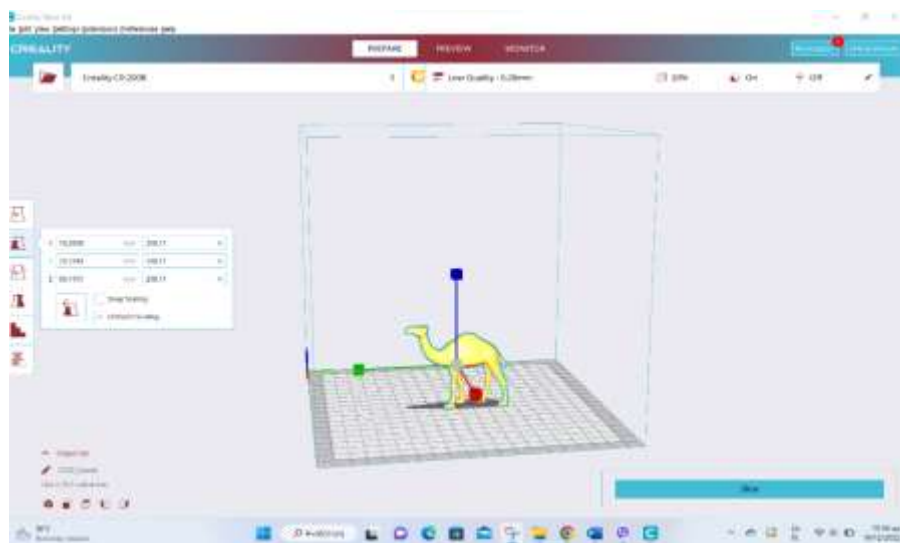
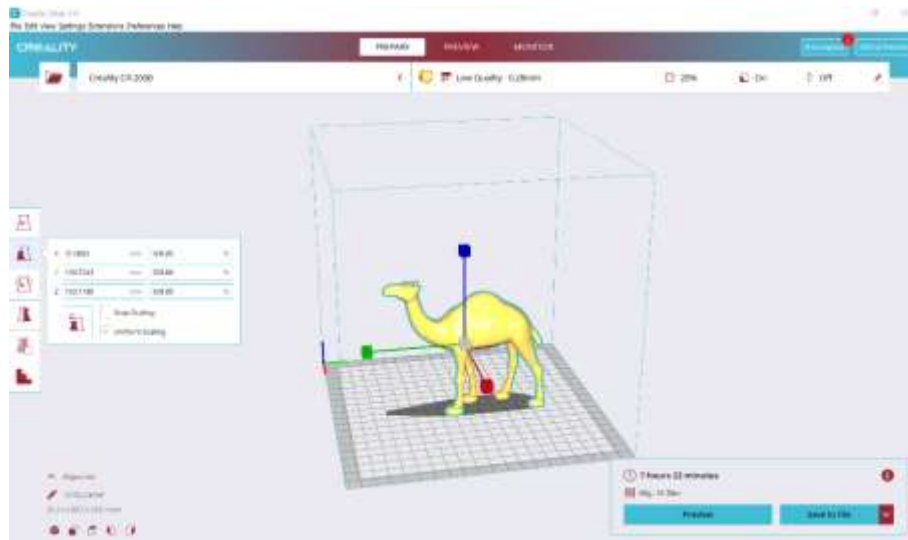




Εικόνα 26: Αρχείο stl, μεγάλο και μικρό γουρουνί.



Εικόνα 27: Αρχείο stl, μεγάλος και μικρός δεινόσαυρος με στηρίξεις.



Εικόνα 28: Αρχείο stl, μεγάλη και μικρή καμήλα



*Εικόνα 29: Άλογα*



*Εικόνα 30: Αρκούδες*



*Εικόνα 31: Γάιδαροι*





*Εικόνα 32: Γουρόνια*



*Εικόνα 33: Δεινόσαυροι*



*Εικόνα 34: Ελέφαντες*



*Εικόνα 35: Καμήλες*



*Εικόνα 36: Λιοντάρια*



*Εικόνα 37: Πεταλούδα*



*Εικόνα 38: Πρόβατα*



*Εικόνα 39: Τίγρεις*

Παράρτημα 4: Επεξεργασία αντικειμένων κατά τη διάρκεια της συνέντευξης



Εικόνα 40



Εικόνα 41



Εικόνα 42





*Εικόνα 43*



*Εικόνα 44*



*Εικόνα 45*

Παράρτημα 5: Φωτογραφίες από την μετεπεξεργασία



Εικόνα 46



Εικόνα 47



Εικόνα 48





Εικόνα 50



Εικόνα 51



Εικόνα 52



Εικόνα 53



Εικόνα 54



Εικόνα 55





Εικόνα 56



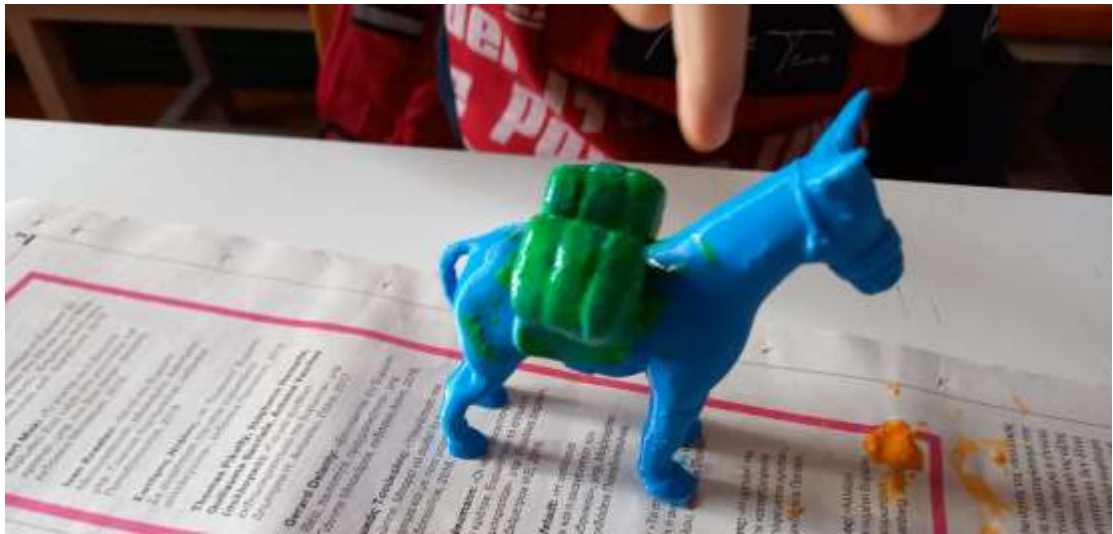
Εικόνα 57



Εικόνα 58



Εικόνα 59



Εικόνα 60



Εικόνα 61





Εικόνα 62



Εικόνα 63



Εικόνα 64



*Εικόνα 65*



*Εικόνα 66*



Παράρτημα 6: Χριστούγεννα



*Εικόνα 67*



*Εικόνα 68*



*Εικόνα 69*



*Εικόνα 70*



*Εικόνα 71*



*Εικόνα 72*



Εικόνα 73



Εικόνα 74





*Εικόνα 75*



*Εικόνα 76*



Εικόνα 77



Εικόνα 78