

SAM

SECTOR SKILLS STRATEGY
IN ADDITIVE MANUFACTURING

Κατευθυντήρια Γραμμή για το πλαίσιο και τα εργαλεία κατάρτισης

Αριθμός έργου 601217-EPP-1-2018-1-BE-EPPKA2-SSA-B



Στοιχεία εγγράφου

| | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Αριθμός Παραδοτέου: | D3.3 |
| Προθεσμία Ολοκλήρωσης: | Ιούνιος 2023 |
| Ηγούμενος Οργανισμός Παραδοτέου: | EC Nantes |
| Συμμετέχοντες Οργανισμοί: | LMS, Lortek, Ansys , EWF, LAK, Polimi |
| Αναθεωρητές | Polimi, IMR |
| Ημερομηνία αναθεώρησης | Ιούνιος 2023 |
| Γλώσσα Πρωτοτύπου: | EN |
| Επίπεδο διάδοσης: | Δημόσιο |

Περιεχόμενα

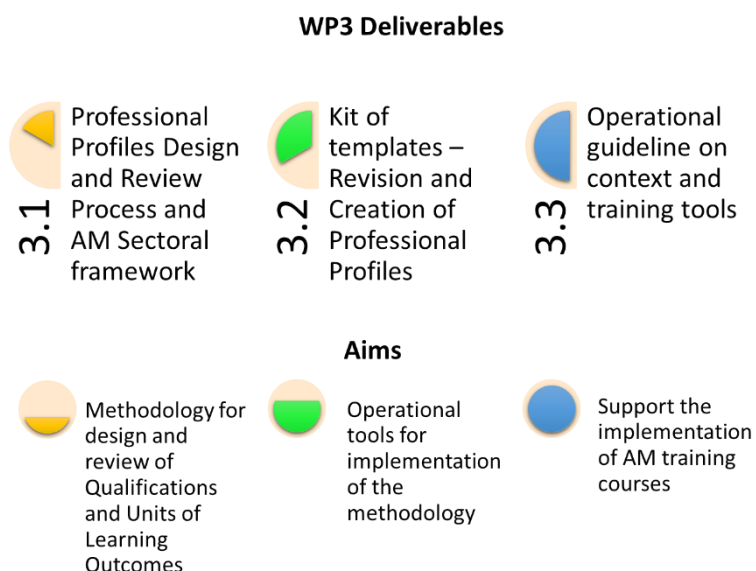
| | |
|---|----|
| Περιεχόμενα | 3 |
| 1 Περίληψη των κυριότερων σημείων | 5 |
| 2 Εισαγωγή | 6 |
| 3 Η τρέχουσα κατάσταση του υπό χρήση πλαισίου και των εργαλείων εκπαίδευσης στην Προσθετική Κατασκευή - Additive manufacturing (AM) | 7 |
| 3.1 Τρέχουσα κατάσταση μαθησιακών πλαισίων στην Προσθετική Κατασκευή | 7 |
| 3.1.1 Εισαγωγή | 7 |
| 3.1.2 Ευκαιρίες στην εποχή του COVID | 10 |
| 3.1.3 Εκμάθηση στην τάξη/ Μάθηση πρόσωπο με πρόσωπο | 12 |
| 3.1.4 Ηλεκτρονική μάθηση/εξ αποστάσεως εκπαίδευση | 16 |
| 3.1.5 Πρακτικές Δραστηριότητες | 19 |
| 3.1.6 Προσόντα, Πιστοποιήσεις και Διπλώματα για AM | 20 |
| 3.1.7 Εκπαίδευση εντός της εταιρείας / εκπαίδευση στην εργασία και πρακτική άσκηση στην εταιρεία ... | 21 |
| 3.1.8 Μικτή μάθηση | 23 |
| 3.1.9 Επισκόπηση των παρουσιαζόμενων μαθησιακών πλαισίων | 23 |
| 3.2 Τρέχουσα κατάσταση των εργαλείων εκπαίδευσης στο AM | 25 |
| 3.2.1 Teaching Factory Paradigm | 25 |
| 3.2.2 «Σοβαρά Παιχνίδια» - Serious games | 27 |
| 3.2.3 Επαυξημένη πραγματικότητα | 28 |
| 3.2.4 Πρακτική Μάθηση-Μάθηση βάση έργου | 29 |
| 3.2.5 Περιπτωσιολογικές μελέτες | 31 |
| 3.2.6 Διαλέξεις από ειδικούς στον κλάδο του AM | 31 |
| 3.2.7 Λογισμικό προσομοίωσης | 32 |
| 3.2.8 Εκπαιδευτικά βίντεο και κινούμενα σχέδια | 33 |
| 3.3 Επισκόπηση των εργαλείων εκμάθησης | 33 |
| 3.4 Ευρωπαϊκά έργα που υποστηρίζουν δραστηριότητες εκπαίδευσης για AM | 36 |
| 4 Λειτουργική κατευθυντήρια γραμμή SAM για το περιεχόμενο- μαθησιακά πλαίσια και τα εκπαιδευτικά εργαλεία | 37 |
| 4.1 Παραδείγματα μαθησιακών πλαισίων και εργαλείων από εταιρείες του SAM | 37 |
| 4.1.1 LORTEK | 38 |
| 4.1.2 LZH Laser Akademie GmbH | 41 |
| 4.1.3 Irish Manufacturing Research (IMR) | 42 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1.4 | IDONIAL..... | 43 |
| 4.1.5 | Εκπαιδευτικό Λογισμικό - Granta EduPack | 43 |
| 4.2 | Μετα-ανάλυση πιλοτικών μελετών και ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο έργο SAM | 45 |
| 4.2.1 | Πιλοτικές μελέτες | 45 |
| 4.2.2 | Συστηματική ανάλυση | 47 |
| 4.2.3 | Έρευνες | 56 |
| 4.2.4 | Συμπεράσματα μετα-ανάλυσης | 57 |
| 5 | Εγκεκριμένο σύνολο προτάσεων για το πλαίσιο και τα εργαλεία εκπαίδευσης AM | 61 |
| 6 | Συμπεράσματα | 64 |
| 7 | Βιβλιογραφικές αναφορές | 66 |
| 8 | Γλωσσάριο | 67 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ ΟΡΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΜΑΘΗΣΗΣ | 67 |

1 Περίληψη των κυριότερων σημείων

Το έργο SAM (Sector Skills Strategy in Additive Manufacturing), στοχεύει να προσφέρει μαζί με όλους τους εταίρους και τους ενδιαφερόμενους ένα κοινό όραμα και συνεργατικές λύσεις δεξιοτήτων, ικανών να προωθήσουν και να υποστηρίξουν την ανάπτυξη, την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα στον τομέα της Προσθετικής Κατασκευής – Additive Manufacturing (AM).

Το πακέτο εργασίας - work package (WP) 3 αποτελείται από τρία παραδοτέα - deliverables (Εικόνα 1) που καθορίζουν τη μεθοδολογία για το σχεδιασμό και την ανασκόπηση των επαγγελματικών προφίλ, των προσόντων και των Ενοτήτων μαθησιακών αποτελεσμάτων. Αυτό το παραδοτέο αναλύει το τρίτο μέρος της εργασίας που έγινε στο Πακέτο Εργασίας 3, ακολουθώντας την προτεινόμενη μεθοδολογία για τη δημιουργία και την αναθεώρηση επαγγελματικών προφίλ (D3.1) και τα εργαλεία και τα πρότυπα για την εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας (D3.2).



Εικόνα 1: Επισκόπηση παραδοτέων WP3

Η κύρια συμβολή αυτού του εγγράφου είναι να χαρτογραφήσει και να αξιολογήσει τα εκπαιδευτικά πλαίσια και τα εκπαιδευτικά εργαλεία που αντιστοιχούν με τα μαθησιακά αποτελέσματα των προσόντων. Ως μαθησιακό πλαίσιο ορίζεται ως η κατάσταση στην οποία λαμβάνει χώρα η μάθηση ή η κατανόηση. Τα εργαλεία εκπαίδευσης είναι όλα εκείνα τα προγράμματα, οι πλατφόρμες ή τα πρότυπα που βοηθούν τους εκπαιδευτές να παραδώσουν την εκπαίδευσή τους στους μαθητές τους. Το 2008, το EQF όρισε τα μαθησιακά αποτελέσματα ως δηλώσεις σχετικά με το τι γνωρίζει, κατανοεί και μπορεί να κάνει ένας εκπαιδευόμενος μετά την ολοκλήρωση μιας μαθησιακής διαδικασίας, η οποία μπορεί να οριστεί ως προς τη γνώση, τις δεξιότητες και τις ικανότητες. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την διαδικασία αξιολόγησης. Στην περίπτωση του έργου SAM, τα μαθησιακά αποτελέσματα θα προσδιορίζονται ως δεξιότητες και γνώσεις. Συχνά, η «Ταξινόμια του Μπλουμ - Bloom's Taxonomy» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις γνώσεις και τις δεξιότητες, το οποίο είναι ένα ιεραρχικό μοντέλο που

κατηγοριοποιεί τους μαθησιακούς στόχους σε διάφορα επίπεδα πολυπλοκότητας, από βασικές γνώσεις και κατανόηση έως προχωρημένη αξιολόγηση και δημιουργία.

Αυτό το έγγραφο περιέχει μια λίστα και περιγραφή των υπό χρήση μαθησιακών πλαισίων και των εργαλείων εκπαίδευσης στην εκπαίδευση για το AM. Για κάθε πλαίσιο/εργαλείο εκπαίδευσης, υπάρχει μια περιγραφή των «πλεονεκτημάτων», των «περιορισμών» και της «σύστασης για χρήση στην εκπαίδευση για το AM», τα οποία παρέχουν μια καλή εικόνα για το πόσο καλά κάθε πλαίσιο/εργαλείο μπορεί να συνεισφέρει στην εκπαίδευση/διδασκαλία για το AM. Επιπλέον, το παραδοτέο επωφελείται από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω έρευνας για τα εκπαιδευτικά κέντρα, με σκοπό να δείξουν την κατάσταση των απαιτούμενων δεξιοτήτων, δηλαδή των ψηφιακών και πράσινων δεξιοτήτων, που διδάσκονται στα υπάρχοντα μαθήματα AM. Τέλος, στην τελευταία ενότητα παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα εργαλείων εκπαίδευσης και μάθησης από συνεργάτες του SAM, τα οποία υποστηρίζουν τα αποτελέσματα από την ανάλυση των εγγράφων που συζητούνται σε προηγούμενες ενότητες αυτού του παραδοτέου.

Η τελευταία αναθεώρηση αυτού του παραδοτέου (αριθμός 3) περιλαμβάνει πρόσθετα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από πιλοτικές μελέτες και την έρευνα που διεξήχθη από τους εταίρους κατά τα τρία πρώτα χρόνια του έργου SAM. Περιλαμβάνει επίσης τα συμπεράσματα της μετα-ανάλυσης και παρέχει μια ολιστική εικόνα των εκπαιδευτικών πλαισίων και των εργαλείων που προέρχονται από την πιλοτική ανάλυση και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας, καθώς και μια ερμηνεία των πλέον χρησιμοποιούμενων εκπαιδευτικών εργαλείων για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών σε δεξιότητες. Η τελευταία ενότητα αυτού του ενημερωμένου παραδοτέου περιλαμβάνει ένα σύνολο προτάσεων για εκπαιδευτικά πλαίσια και εργαλεία για το AM, τα οποία συζητήθηκαν με ειδικούς του κλάδου και βιομηχανικούς φορείς κατά τη διάρκεια ενός εργαστηρίου που διοργανώθηκε στις 21 Απριλίου 2022. Οι συστάσεις που προσδιορίστηκαν επικυρώθηκαν σε μια ειδικά αφιερωμένη συνεδρία που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της 8^{ης} τεχνικής συνάντησης του έργου SAM, που πραγματοποιήθηκε τον Μάιο του 2022.

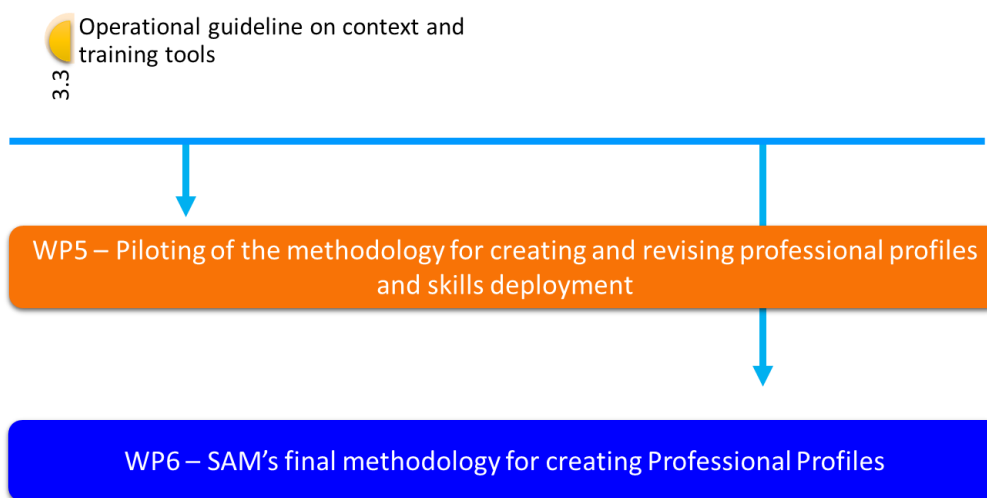
2 Εισαγωγή

Η παγκόσμια αγορά AM είχε αξία 9,3 δισεκατομμύρια δολάρια το 2018, σημειώνοντας ταχεία ανάπτυξη (18%) σε σχέση με το προηγούμενο έτος, σύμφωνα με την SmarTech Publishing, μια κορυφαία εταιρεία ανάλυσης 3D εκτύπωσης (1) (για παράδειγμα, η 3DPrint.com, που είναι ιδιοκτήτης της 3DR Holdings, έχει αποκτήσει ενδιαφέρον στην SmarTech Markets Publishing, την κορυφαία εταιρεία βιομηχανικών αναλύσεων στον τομέα του AM. Η SmarTech Publishing είναι η μόνη εταιρεία που παρέχει αναλυτική ανάλυση της αγοράς για τη βιομηχανία τρισδιάστατης εκτύπωσης/προσθετικής κατασκευής). Επιπλέον, σε μια πρόσφατη μελέτη, η Deloitte δείχνει ότι ο κλάδος του AM αναπτύσσεται με ακόμη ταχύτερους ρυθμούς και ότι η παγκόσμια αγορά του AM αναμένεται να αυξήσει τα έσοδά της πάνω από 21 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2020 (2)^[66]. Την ίδια στιγμή, η Society of Manufacturing Engineers (SME) διαπίστωσε ότι εννέα στους δέκα κατασκευαστές έχουν αναφέρει δυσκολία στην πρόσληψη των κατάλληλων υπαλλήλων για AM (3)^[67]. Ως εκ τούτου, η εκπαίδευση και η επαγγελματική κατάρτιση στο AM είναι επειγόντως απαραίτητη για να καταστεί δυνατή η ανάπτυξη της βιομηχανίας που σχετίζεται με το AM.

Ακολουθώντας τις κύριες προσπάθειες που έγιναν στις προηγούμενες δραστηριότητες αυτού του πακέτου εργασίας, οι οποίες περιλαμβάνουν τον ορισμό μιας μεθοδολογίας για το σχεδιασμό και την αναθεώρηση επαγγελματικών προφίλ στο Additive Manufacturing (AM), αυτό το παραδοτέο στοχεύει να παρέχει μια επισκόπηση των εκπαιδευτικών πλαισίων και εργαλείων που θα επιτρέψουν στους ενδιαφερόμενους να εφαρμόσουν τα επαγγελματικά προφίλ σε πραγματικά σενάρια και καταστάσεις. Γίνεται εστίαση στα συγκεκριμένα πλαίσια μάθησης/διδασκτικής που ταιριάζουν καλύτερα με τα προγράμματα εκπαίδευσης/κατάρτισης AM, καθώς

και στα εργαλεία κατάρτισης που υποστηρίζουν τους εκπαιδευόμενους/μαθητευόμενους στην επίτευξη συγκεκριμένων μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Αυτό το παραδοτέο, μαζί με το D3.1 και το D3.2, παρέχει ένα σύνολο εργαλείων που περιλαμβάνει τη μεθοδολογία για τη δημιουργία και την αναθεώρηση επαγγελματικών προφίλ, ένα σύνολο προτύπων για την εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας και έναν χάρτη του πλαισίου εκπαίδευσης/εργαλείων που επιτρέπει στα WP5 και WP6 να προχωρήσουν ένα βήμα μπροστά κατά την υλοποίηση των πιλοτικών μαθημάτων.



Εικόνα 2: Ροή αλληλεπίδρασης μεταξύ του D3.3 και των υπολοίπων αποτελεσμάτων του έργου

Για να διερευνήσει πλήρως τη διαθεσιμότητα συγκεκριμένων πλαισίων μάθησης και διδασκαλίας AM, το έγγραφο αυτό στοχεύει στη μελέτη της τρέχουσας κατάστασης των πλαισίων μάθησης και των διαθέσιμων εργαλείων κατάρτισης στο AM. Κατά συνέπεια, η ανασκόπηση χωρίζεται σε δύο κύριες ενότητες που επικεντρώνονται στα μαθησιακά πλαίσια (Ενότητα 3) και στα εργαλεία μάθησης (Ενότητα 4) αντίστοιχα. Στο τέλος κάθε ενότητας περιγράφεται μια επισκόπηση των θετικών και των αρνητικών πτυχών κάθε πλαισίου ή εργαλείου. Μια επισκόπηση των σχετικών ευρωπαϊκών πρωτοβουλιών σχετικά με την εκπαίδευση στο AM δίνεται στην Ενότητα 5. Τέλος, η εμπειρία των εταιρών του SAM, οι οποίοι μπορούν να θεωρηθούν ως κορυφαίοι οργανισμοί που δραστηριοποιούνται στον τομέα του ευρωπαϊκού AM, περιγράφονται στην Ενότητα 6.

3 Η τρέχουσα κατάσταση του υπό χρήση πλαισίου και των εργαλείων εκπαίδευσης στην Προσθετική Κατασκευή - Additive manufacturing (AM)

Για να διευκρινιστεί η έννοια του περιεχομένου των παρακάτω ενότητων (3.1 και 3.2), ένα γλωσσάριο όρων σχετικά με το μαθησιακό πλαίσιο και τα εργαλεία μάθησης έχει συμπεριληφθεί στο Παράρτημα 1 (σελίδα 67).

3.1 Τρέχουσα κατάσταση μαθησιακών πλαισίων στην Προσθετική Κατασκευή

3.1.1 Εισαγωγή

Το AM είναι ένας από τους πλέον υποσχόμενους και ταχέως αναπτυσσόμενους τομείς στον τομέα της μεταποίησης και της μηχανικής. Τα απαιτούμενα προσόντα δεν είναι μόνο τεχνικές ικανότητες, αλλά περιλαμβάνουν και

ορισμένους άλλους τύπους δεξιοτήτων, οι οποίες ταξινομούνται και συζητούνται με περισσότερες λεπτομέρειες στο WP2. Επιπλέον, η ανάλυση των υφιστάμενων προγραμμάτων εκπαίδευσης/κατάρτισης στο AM αποκαλύπτει ότι τα περισσότερα από αυτά δεν έχουν επικεντρωθεί μόνο σε ένα ενιαίο μαθησιακό πλαίσιο αλλά αποτελούν έναν συνδυασμό μαθησιακών πλαισίων. Πλέον, οι απαραίτητες δεξιότητες για το AM επεκτείνονται και σε άλλους τομείς. Ως εκ τούτου, το AM θεωρείται ένας πολυεπιστημονικός τομέας που θα πρέπει να αντιμετωπίζεται κατάλληλα σε προγράμματα εκπαίδευσης και κατάρτισης, χωρίς βέβαια να ξεχνάμε τις υποκείμενες ρίζες της μηχανολογίας και της μηχανικής των υλικών.

Παρά την έντονη βιομηχανική ανάπτυξη, η εκπαίδευση στο AM επί του παρόντος υποεκπροσωπείται σε μεγάλο βαθμό στον ακαδημαϊκό χώρο, καθώς θεωρείται ως δευτερεύον μάθημα στα προγράμματα σπουδών για μηχανικούς. Τα περισσότερα πανεπιστήμια προσεγγίζουν το AM με εισαγωγικά μαθήματα και εφαρμοσμένα εργαστήρια απλώς για να επιδείξουν τις δυνατότητες του σχετικά με την ελευθερία σχεδιασμού και κατασκευής.

Ένα παράδειγμα για ένα καλά ανεπτυγμένο μάθημα στο AM, είναι η προσέγγιση διδασκαλίας στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης - Massachusetts Institute of Technology (MIT) για φοιτητές μηχανικούς, η οποία διαφέρει από αυτή για τους εκπαιδευόμενους στη βιομηχανία: Για φοιτητές μηχανικούς στα τελευταία χρόνια προπτυχιακών και ανώτερων μεταπτυχιακών επιπέδων, η εκπαίδευση στο AM είναι ένα τρίγωνο παιδαγωγικό πλαίσιο (τα τρία βασικά εργαλεία μάθησης) που αποτελείται από διαλέξεις, εργαστήριο και εργασίες που αναφέρονται σε ρεαλιστικά προβλήματα. Το μάθημα ξεκινά με τις διαλέξεις για να χτίσει μια βάση κατανόησης του AM και των σχετικών διεργασιών του. Μετά την εισαγωγή, οι διαλέξεις και οι εργαστηριακές συνεδρίες δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να βιώσουν τόσο τη μάθηση όσο και την εφαρμογή, επιτρέποντας στους μαθητές να συνδυάσουν τη μάθηση με την εξάσκηση. Για παράδειγμα, Το Fused Deposition Modeling (FDM) διδάσκεται στην τάξη και ύστερα ανατίθενται πρακτικές ασκήσεις σε ομάδες μαθητών που σχετίζονται με τη διαδικασία, συμπεριλαμβανομένης της προεπεξεργασίας (εργασία πάνω σε κάποιο λογισμικό για σχεδιασμό εξαρτημάτων), της εκτύπωσης (χρήση και παρατήρηση της λειτουργίας της μηχανής), της μετα-επεξεργασίας και της επιθεώρησης. Το επόμενο βήμα είναι μια ατομική εργασία. Σε κάθε μαθητή θα ανατεθεί να σχεδιάσει και/ή να συναρμολογήσει ένα εξάρτημα με σκοπό να του δώσει πρακτική εμπειρία στην αντιμετώπιση των προκλήσεων και των περιορισμών που συνδέονται με τα χαρακτηριστικά της επιλεγμένης διεργασίας AM. Αυτή η μέθοδος που θέτει την αντιμετώπιση ενός προβλήματος ως κύριο άξονα της μάθησης, επιτρέπει στους μαθητές να γίνουν προνοητικοί και να μάθουν πώς να διερευνούν προβλήματα και ποιες ικανότητες είναι απαραίτητες για την επίλυσή τους επισημαίνοντας τις ικανότητες που είναι απαραίτητες. Μετά από αυτό, με βάση την κατανόησή τους καθώς και τους διαθέσιμους πόρους, οι μαθητές είναι σε θέση να επιλέξουν την πιο κατάλληλη διεργασία AM για να ολοκληρώσουν την εργασία. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει στους μαθητές να αντιμετωπίζουν πραγματικά προβλήματα, τα οποία ενισχύουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους. Επίσης, εξαλείφει τις ελλείψεις ορισμένων συμβατικών μεθόδων που επικεντρώνονται στο να δίνουν στους μαθητές συγκεκριμένες πληροφορίες και να τους ζητούν να κάνουν μια εργασία με βάση αυτές τις δεδομένες πληροφορίες.

Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί η προσέγγιση του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Politecnico di Milano όπου προσφέρονται τόσο μαθήματα επιπέδου Master of Science (MSc) όσο και επαγγελματική κατάρτιση. Δύο παραδείγματα μαθημάτων MSc στο AM περιλαμβάνουν ένα μάθημα Additive Manufacturing που παραδίδεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις (Μηχανολογία, Μηχανική Αυτοματισμού, Μηχανική Διοίκησης, Σχεδιασμός) (4) και το μάθημα Additive Manufacturing για Διαστημικές Εφαρμογές και Αεροδιαστημική για φοιτητές Μηχανολογίας και Μηχανικών Διοίκησης, το οποίο είναι επίσης διαθέσιμο σε διδακτορικούς φοιτητές (5). Αυτά τα μαθήματα βασίζονται σε ένα μείγμα διαλέξεων, συζήτηση περιπτώσεων μελετών, μαρτυρίες από τη βιομηχανία, ασκήσεις στην τάξη, εργαστηριακές δραστηριότητες, καθώς και εκπαίδευση στον υπολογιστή, με σχεδιασμό, ειδικά προγράμματα αφιερωμένα στο AM κ.λπ.

Ερευνητές και σχολές του Politecnico di Milano συμμετέχουν επίσης σε διαφορετικά προγράμματα κατάρτισης για AM που παρέχονται σε επαγγελματίες. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν: 1) Master Additive Manufacturing, Μιλάνο, που διοργανώνεται από το MIP Graduate School of Business – Management Academy, Politecnico di Milano, 2) Metal Additive Manufacturing - Scenario Research and Industrial Experience, που διοργανώνεται από το International Center for Mechanical Sciences, Università di Udine, 3) Master Bosch Industry 4.0 που διοργανώνεται από το Cefriel, Politecnico di Milano for Bosch Italia, 4) Master Progetto Formativo Additive Manufacturing Advanced, που διοργανώνεται από την Confindustria Firenze Formazione για την Baker Hughes, μια εταιρεία της GE, 5) Master Additive Manufacturing, που διοργανώνεται από τη Rina Consulting. Αυτά τα μαθήματα βασίζονται σε ένα μείγμα διαλέξεων, επισκέψεων σε εργαστήρια και εργαστηριακές δραστηριότητες ανάλογα με το υπόβαθρο και το επίπεδο τεχνογνωσίας των εκπαιδευομένων. Παραδείγματα μαθησιακών πλαισίων και εργαλείων κατάρτισης που σχετίζονται με αυτά τα μαθήματα συζητούνται στις ακόλουθες ενότητες.

Στο πλαίσιο του έργου SAM, ως σενάρια «πραγματικών εφαρμογών», προσαρμόζονται ή αναπτύσσονται εξαρχής μαθήματα που έχουν πιστοποιηθεί πιλοτικά, τα οποία προσφέρονται από το EWF (κύριος εταίρος στο έργο SAM). Η επιλογή του μαθήματος πιστοποίησης που θα αναπτυχθεί θα γίνει με βάση τις σχετικές έρευνες που αποστέλλονται στη βιομηχανία, τα κέντρα κατάρτισης και το εργατικό δυναμικό δύο φορές το χρόνο. Το μάθημα πιστοποίησης που θα έχει τη μεγαλύτερη ζήτηση, θα επιλεγεί για να εφαρμοστεί πιλοτικά από τους διαφορετικούς εταίρους, υπό πραγματικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, συνιστάται στους εταίρους να ακολουθούν τη δομή, τις μονάδες ικανοτήτων και τη λεπτομερή γνώση με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια.

Για να ελεγχθεί η δυνατότητα εφαρμογής και η παράδοση αυτών των πιλοτικών σεναρίων «πραγματικών εφαρμογών» διεξήχθη ένας αριθμός συνεδριών κατά τη διάρκεια του έργου, εστιάζοντας σε διαφορετικές Μονάδες Ικανοτήτων -Competence Units (CU) κάθε φορά.

Η πιλοτική εφαρμογή του 1^{ου} σταδίου πραγματοποιήθηκε στα τέλη του 2020/αρχές του 2021 και οι CU στις οποίες επικεντρώθηκε είναι:

| Μονάδα Ικανοτήτων (CU) | Διάρκεια σε Ώρες / Μαθησιακή Προσέγγιση | Εταίρος |
|--|---|-------------|
| 00 Επισκόπηση Διεργασιών AM | 5 / Παρουσίαση δια ζώσης | Lortek |
| 01 Διεργασία DED-Arc | 42 / Παρουσίαση δια ζώσης | AITIIP |
| 08 Διεργασία DED-LB | 15 / Διαδικτυακά | FA |
| 15 Διεργασία PBF-LB | 27/ Διαδικτυακά | IMR |
| 25 Μέθοδοι Μετα-Επεξεργασίας για AM | Διαδικτυακά | LMS |
| 26 Εισαγωγή στα Υλικά για AM | Διαδικτυακά | UBRUN Ansys |
| 27 AM με Πρώτη Ύλη το Ατσάλι | Διαδικτυακά | EPMA |
| 30 AM με Πρώτη Ύλη το Νικέλιο | 7/ Διαδικτυακά | EPMA |
| 31 AM με Πρώτη Ύλη το Τιτάνιο | 11/ Παρουσίαση δια ζώσης | Lortek |
| 34 Επιλογή διεργασίας AM | 20 / Διαδικτυακά | EC Nantes |
| 35 Ενσωμάτωση διεργασιών AM | 21/ Παρουσίαση δια ζώσης | AITIIP |
| 36 Συντονισμός AM | 7/ Διαδικτυακά | MTC |
| 43 Παραγωγή με χρήση της διεργασίας AM PBF-LB | 18/Διαδικτυακό | POLIMI |
| 44 Συμμόρφωση εξαρτημάτων που παράγονται με PBF-LB | 20/Διαδικτυακός | POLIMI |
| 45 Συμμόρφωση εγκαταστάσεων με PBF-LB | 14/ Διαδικτυακά | ISQ |
| 61 Ανάλυση Προσομοίωσης AM | 20 /Διαδικτυακό | IDONIAL |

| | | |
|---------------------------------|-----------------|-------|
| 62 Εκτέλεση Προσομοίωσης για AM | 44/ Διαδικτυακά | Ansys |
|---------------------------------|-----------------|-------|

Το 2^ο πιλοτικό στάδιο πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2021, με επίκεντρο τα παρακάτω CU:

| Μονάδα Ικανοτήτων (CU) | Διάρκεια σε Ώρες / Μαθησιακή Προσέγγιση | Εταίρος |
|---|---|---------------|
| 63 Πιστοποίηση, προσόντα και τυποποίηση στην προσθετική κατασκευή (CQS) | 7/ Διαδικτυακά | IMR & MTC |
| 63 Πιστοποίηση, προσόντα και τυποποίηση στην προσθετική κατασκευή (CQS) | 7 / Διαδικτυακά | LORTEK |
| 64 Επιχειρηματικότητα για AM | 17 / Διαδικτυακά | EC Nantes |
| 65 Επισκόπηση υλικών και ιδιοτήτων πολυμερών για AM | Διαδικτυακά | ISQ |
| 65 Επισκόπηση υλικών και ιδιοτήτων πολυμερών για AM | Διαδικτυακά | UBRUN & Ansys |
| 66 Σχεδιασμός για AM για εξαρτήματα από πολυμερή υλικά | Διαδικτυακά | MTC & AITIIP |
| 67 Μετα-επεξεργασία για εξαρτήματα AM από πολυμερή υλικά | 7 / Παρουσίαση δια ζώσης | LAK |
| 68 Σχεδιασμός για AM για εξώθηση υλικού- Material Extrusion | Διαδικτυακά | FA |
| 68 Σχεδιασμός για AM για εξώθηση υλικού- Material Extrusion | Διαδικτυακά | LMS |
| 69 Σχεδιασμός για AM για PBF | Διαδικτυακά | LMS & AITTIP |

Οι πιλοτικές δραστηριότητες κορυφώθηκαν με τις πιλοτικές δραστηριότητες πιστοποίησης για Συντονιστές Διεργασιών AM Μεταλλικών Υλικών - Metal AM Coordinator Qualification Pilot (Οκτώβριος 2022-Μάιος 2023)

| Μονάδα Ικανοτήτων (CU) | Διάρκεια σε Ώρες / Μαθησιακή Προσέγγιση | Εταίρος |
|---|---|--------------|
| 00 Επισκόπηση Διεργασιών AM | 3.5 / Διαδικτυακά | ISQ |
| 01 Διεργασία DED-Arc | 35 / Διαδικτυακά | MTC & LORTEK |
| 08 Διεργασία DED-LB | 28/ Διαδικτυακά | MTC |
| 15 Διεργασία PBF-LB | 28/ Διαδικτυακά | IMR |
| 25 Μετα-επεξεργασία για AM | 10.5/ Διαδικτυακά | LMS |
| 34 Επιλογή διεργασίας AM | 24.5/ Διαδικτυακά | EC NANTES |
| 35 Ενσωμάτωση διεργασιών AM | 17.5/ Διαδικτυακά | IDONIAL |
| 36 Συντονιστικές Δραστηριότητες | 7/ Διαδικτυακά | MTC |
| 72 Διεργασία Binder Jetting για μεταλλικά υλικά | 21/ Διαδικτυακά | POLIMI & MTC |

3.1.2 Ευκαιρίες στην εποχή του COVID

Η πανδημία του κορωνοϊού (Covid-19) επηρέασε τον τομέα της εκπαίδευσης, κυρίως με την εκτεταμένη αναστολή της δια ζώσης λειτουργίας των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων σε περισσότερες από 190 χώρες, για τον περιορισμό της εξάπλωσης του ιού και τη μείωση των επιπτώσεών του. Παρόλα αυτά, η βιομηχανία και οι εκπαιδευτικές οντότητες δεν σταμάτησαν να αναπτύσσονται, επομένως έπρεπε να βρεθούν λύσεις πολύ γρήγορα. Συνεπώς, από τις δυσκολίες που προκάλεσε η πανδημία, προέκυψαν ευκαιρίες.

Πριν από τον Covid-19, τα προγράμματα ψηφιακής και εικονικής μάθησης γίνονταν όλο και περισσότερα και τώρα βλέπουμε μια σημαντική αύξηση σε τέτοια προγράμματα μάθησης, τα οποία εκμεταλλεύονται πολλοί νεότεροι εκπαιδευόμενοι. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι βελτιωμένες μαθησιακές δυνατότητες που προέκυψαν από την πανδημία μπορεί να αποδειχθούν ευνοϊκές μακροπρόθεσμα. Οι δραστηριότητες βέλτιστης πρακτικής, από τις επείγουσες και τακτικές έως τις στρατηγικές, μπορούν να βοηθήσουν τα προγράμματα μάθησης στο χώρο εργασίας να διατηρήσουν τη δυναμική και τα οφέλη τους, ενώ επίσης θέτουν μια νέα βάση για αποτελεσματική ψηφιακή και μικτή μάθηση, παράλληλα με τη συμβατική εκπαίδευση πρόσωπο με πρόσωπο. Η δημιουργία μιας ομάδας μάθησης-απόκρισης (learning-response team), η προστασία των εκπαιδευομένων σε προγράμματα μάθησης δια ζώσης, η υποστήριξη της ψηφιακής μάθησης, ο πειραματισμός με εναλλακτικές ψηφιακές τακτικές και η εξάσκηση και η προετοιμασία για διαφορετικά αποτελέσματα είναι όλα παραδείγματα αυτών των ενεργειών.

Ο Covid-19 δημιούργησε προκλήσεις καινοτομίας (και συνεπώς ευκαιρίες), τόσο για μαθητές όσο και για εκπαιδευτές, αφού έπρεπε να προσαρμόσουν τις πρακτικές εκπαίδευσης για να αποφύγουν την ανθρωπινή εγγύτητα. Οι εκπαιδευτές πειραματίζονται πλέον περισσότερο με την ψηφιακή μάθηση και υιοθετούν νέες τεχνολογίες, όπως περιβάλλοντα επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας. Ως παράδειγμα, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι η εκπαίδευση στις διεργασίες παραγωγής είναι καλύτερη όταν είναι πρακτική, επομένως θα είναι ζωτικής σημασίας για τους παρόχους εκπαίδευσης να ανακαλύψουν καινοτόμους τρόπους για να διατηρήσουν το ίδιο επίπεδο διδασκαλίας, ακόμη και ενόψει της πανδημίας. Ως αποτέλεσμα, οι διεργασίες παραγωγής γίνονται όλο και πιο εξελιγμένες και ψηφιακές, καθώς οι οργανισμοί υιοθετούν νέες τεχνολογίες προκειμένου να παραμείνουν ενημερωμένοι [βλ. Έκθεση Μεριδίου Αγοράς και Τάσεων Εικονικής Πραγματικότητας, 2021-2028 (grandviewresearch.com) και *The Impact and Potential of Virtual Reality Training in High-consequence Industries* (trainingmag.com)]. Αυτό αποδεικνύεται από την επέκταση των εφαρμογών του Industry 4.0 και του Industrial Internet of Things ή IoT.

Έχουν σημειωθεί ορισμένες τάσεις: Πράγματι, εκτός από τους ακαδημαϊκούς, τα εκπαιδευτικά προγράμματα και την αξιολόγηση, η διατήρηση των κινήτρων των εκπαιδευομένων έχει αναδειχθεί ως κρίσιμη ανάγκη κατά την περίοδο της πανδημίας. Επίσης, η αναθεώρηση και η αναβάθμιση δεξιοτήτων πρέπει να ξεκινήσουν άμεσα, προκειμένου οι επιχειρήσεις να βρίσκονται στην καλύτερη δυνατή θέση για να προχωρήσουν. Τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης - Learning Management Systems (LMS) διευκολύνουν τη σύνδεση με τους εκπαιδευόμενους εξ αποστάσεως και ανά πάσα στιγμή, διευκολύνοντας την εκπαίδευση μέσω διαδικτύου. Ωστόσο, δεν δίνουν πάντα μια ζώνη αξιολόγησης (assessment zone). Για παράδειγμα, το Moodle είναι μια διαδικτυακή πλατφόρμα εκμάθησης όπου μπορούν να ληφθούν και να βαθμολογηθούν οι εξετάσεις MCQ. Προσφέρει κουίζ και αυτόματη βαθμολόγηση, αλλά υστερεί όταν πρόκειται για δεξιότητες και ικανότητες. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ακόμα κι αν τα διαδικτυακά και μικτά εργαλεία παράδοσης για μάθηση δεν είναι κάτι νέο, η πανδημία Covid-19 τα έφερε στο προσκήνιο. Η επανεκπαίδευση και η αναβάθμιση δεξιοτήτων έχουν γίνει επίσης κρίσιμες για άτομα που μόλις έχασαν τη δουλειά τους. Τα ευέλικτα, εύκολα στην παρακολούθηση, αλλά και σχετικά με τη βιομηχανία, μαθήματα έχουν μεγάλη ζήτηση.

Τέλος, τα micro-credentials έχουν γίνει δημοφιλής επιλογή. Αυτά τα μάθημα μικρού μεγέθους, γνωστά ως μικρο-μάθηση (micro-learning), μπορούν να δημιουργηθούν αναλύοντας μια μονάδα ικανότητας και να εγκριθούν από έναν επαγγελματικό οργανισμό. Αυτή η προσέγγιση μάθησης ελκύει τους μαθητές, γιατί τους επιτρέπει να εστιάσουν και να αποκτήσουν τη συγκεκριμένη δεξιότητα που επιθυμούν. Αυτό βοηθά τους μαθητές να αναβαθμίσουν τις δεξιότητές τους και να παραμείνουν σύγχρονοι στις ταχέως μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της βιομηχανίας και αγοράς εργασίας. Συνεπώς, η ζήτηση της μικρο-μάθησης προβλέπεται να παραμείνει υψηλή.

Συμπερασματικά, οι μελλοντικοί μαθητές αναζητούν αυξημένη ευελιξία για πρόσβαση στην εκπαίδευση. Αυτό μπορεί να υποστηριχθεί από τους εργοδότες, ως επίσημη κατάρτιση με βάση την εργασία με αναγνωρισμένη πιστοποίηση ή ανεξάρτητες επιλογές κατάρτισης που δεν αποτελούν πρόκληση όσον αφορά τη χρονική δέσμευση ή από οικονομικής άποψης (για παράδειγμα, οι φοιτητές μερικής απασχόλησης αποτελούσαν το 81% των 4,2 εκατομμυρίων φοιτητών ΕΕΚ στην Αυστραλία πέρυσι). Οι προσδοκίες των εκπαιδευομένων έχουν αλλάξει και οι

προτιμήσεις των μαθητών περιλαμβάνουν μάθηση μέσω διαδικτύου, πρόσωπο με πρόσωπο ή μικτή μάθηση (η μικτή μάθηση είναι μια συνδυαστική προσέγγιση για την παροχή εκπαίδευσης που συνδυάζει εξ αποστάσεως συνεδρίες καθώς και πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό διαθέσιμο διαδικτυακά, με συμβατική εκπαίδευση πρόσωπο με πρόσωπο). Η ελευθερία που παρέχεται από την ηλεκτρονική παράδοση δίνει την δυνατότητα στην αξιολόγηση να είναι προσβάσιμη, φορητή, ευέλικτη και εύκολα προσαρμόσιμη. Γενικά, οι εκπαιδευόμενοι/μαθητές μπορούν να βρίσκονται οπουδήποτε, όπως σε τάξη, βιβλιοθήκη, χώρο εργασίας ή ακόμα και στο σπίτι. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι υπάρχουν διαθέσιμες ευκαιρίες χρηματοδότησης με σκοπό την ενίσχυση της ψηφιοποίησης των οργανισμών και των εταιρειών μέσω της ενημέρωσης των υπαρχουσών τεχνολογιών και των προσφερόμενων κινήτρων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση – αυτά είναι διαθέσιμα σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

3.1.3 Εκμάθηση στην τάξη/ Μάθηση πρόσωπο με πρόσωπο

Η μάθηση στην τάξη είναι ένας παροδικός τόπος μάθησης. Το περιβάλλον μάθησης είναι ο φυσικός χώρος μιας τάξης, όπου οι μαθητές και ο δάσκαλος βρίσκονται σωματικά παρόντες. Η μάθηση στην τάξη χωρίζεται στις παρακάτω υποκατηγορίες:

- **Διαλέξεις:** ένας τύπος εκπαίδευσης όπου ο δάσκαλος μιλάει για ένα θέμα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ δασκάλου και μαθητών. Μονόδρομη μέθοδος¹.
- **Σεμινάρια:** ένας τύπος εκπαίδευσης όπου οι μαθητές δίνουν εκ περιτροπής τη γνώμη τους σχετικά με ένα θέμα στην τάξη. Οι μαθητές συζητούν τι έμαθαν από τη διάλεξη².
- **Εργαστήριο - Workshop:** ένας τύπος εκπαίδευσης παρόμοιο με τα σεμινάρια, όπου οι μαθητές μιλούν και ο δάσκαλος συντονίζει τη συζήτηση για ένα συγκεκριμένο θέμα. Το εργαστήριο περιλαμβάνει πιο διαδραστικές ασκήσεις για την ενθάρρυνση της επικοινωνίας μεταξύ των συμμετεχόντων και μπορεί να διαρκέσει μια ολόκληρη μέρα ή πολλές ημέρες¹.

Σε μια έρευνα που έγινε ως μέρος του παραδοτέου του SAM στα πλαίσια των WP 4.3, 5.7, το 58 % των συμμετεχόντων στην έρευνα δήλωσε ότι η εκπαίδευση στο AM πραγματοποιείται σε ένα εκπαιδευτικό κέντρο. Σήμερα, πολλά πανεπιστήμια προσφέρουν μεταπτυχιακά προγράμματα μερικής και πλήρους φοίτησης στο AM για δύο εξάμηνα. Αυτά συχνά περιλαμβάνουν ατομικές και ομαδικές εργασίες και μια εκτεταμένη τελική εργασία. Μεταπτυχιακές σπουδές στο AM, που διαρκούν ως επί το πλείστον για δύο εξάμηνα, μπορούν να γίνουν με πλήρη ή μερική απασχόληση. Οι σπουδές χωρίζονται κυρίως σε διδασκόμενες ενότητες, ατομικές και ομαδικές εργασίες και μια εκτεταμένη τελική εργασία.

Οι **διδασκόμενες ενότητες** παραδίδονται στην τάξη με τη μορφή διαλέξεων και σεμιναρίων. Η διάρκειά τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το θέμα της ενότητας και ποικίλλει μεταξύ των πανεπιστημίων. Κατευθυντήριες γραμμές για τη διάρκεια των διδασκόμενων ενοτήτων μπορούν να βρεθούν σε έγγραφα που παρέχονται από το EWF ή το CLAIM (βλ. ενότητα 4). Η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων γίνεται με τη μορφή γραπτών εξετάσεων, περιπτωσιολογικών μελετών, εκθέσεων, παρουσιάσεων και διαγωνισμάτων. Τα περισσότερα πανεπιστήμια που προσφέρουν πτυχία ή μεταπτυχιακή εκπαίδευση έχουν μηχανές AM στα εργαστήρια διδασκαλίας τους.

Στις ομαδικές εργασίες οι μαθητές συνεργάζονται για την επίλυση βιομηχανικών προβλημάτων που παρέχονται από τον υπεύθυνο του μαθήματος. Η εργασία επιτρέπει την εφαρμογή τεχνικών γνώσεων και καλλιεργούν την

¹<https://wintersession.uconn.edu/2020/11/05/online-vs-distance-learning-whats-the-difference/#>

²<https://www.studentassembly.org/seminar-vs-lecture-course-vs-class-terms-youll-need-to-survive-college/>

συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευομένων και την ευκαιρία ανάπτυξης μη-τεχνικών πτυχών του διδασκόμενου προγράμματος. Οι εργασίες υποστηρίζονται συχνά από εξωτερικούς οργανισμούς και θέτουν πραγματικά προβλήματα.

Οι ατομικές εργασίες επιλέγονται επίσης με τον υπεύθυνο του μαθήματος. Ο μαθητής πρέπει να επιδείξει την ικανότητα σκέψης του, καθώς και τη δυνατότητα εκτέλεσης ανεξάρτητης έρευνας.

Οι διεπιστημονικές πτυχές που εμπλέκονται στο AM οδηγούν σε ένα μείγμα εκπαίδευσης σε θεωρητικές γνώσεις και πρακτικές δραστηριότητες. Η εκπαίδευση στην τάξη για φοιτητές MSc στοχεύει στην εισαγωγή στις διεργασίες AM και των εφαρμογών τους, συζητώντας τις τεχνικές και τις επιχειρηματικές επιπτώσεις τους για σχεδιαστές, μηχανικούς, «κατασκευαστές» και άλλους πιθανούς χρήστες αυτής της προηγμένης τεχνολογίας.

Για παράδειγμα, τα θέματα που καλύπτονται στην εκπαίδευση στην τάξη του μαθήματος MSc Additive Manufacturing που πραγματοποιήθηκε στο Politecnico di Milano είναι:

- **Εισαγωγή.** Αρχές για την παραγωγή αντικειμένων στρώση προς στρώση. Οφέλη και περιορισμοί του AM. Ιστορική εξέλιξη της τεχνολογίας AM. Γενικευμένη αλυσίδα διεργασιών AM. Υλικά και βιομηχανικές εφαρμογές: ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων, ταχεία επεξεργασία εργαλείων, άμεση ψηφιακή κατασκευή. Επιλογή διεργασίας, διαθεσιμότητα και τάσεις αγοράς, επιχειρηματικές ευκαιρίες.
- **Τεχνολογία AM: Πολυμερή.** Περιγραφή και μοντελοποίηση των κυριότερων διεργασιών AM για πολυμερή. Μηχανήματα, θέματα που αφορούν λογισμικό, μετα-επεξεργασία, σχεδιασμός AM για πολυμερή.
- **Τεχνολογία AM: Μέταλλα.** Περιγραφή και μοντελοποίηση των κυριότερων διεργασιών AM για μέταλλα. Μηχανήματα, θέματα που αφορούν λογισμικό, μετα-επεξεργασία, σχεδιασμός AM για μεταλλικά υλικά.
- **Επαλήθευση προϊόντων AM.** Η ανάγκη για μετρολογία ακριβείας. Διαστατική και γεωμετρική μετρολογία για AM: όρια απτικών και οπτικών συστημάτων μέτρησης. Συστήματα μέτρησης με βάση τον όγκο: 3D αξονική τομογραφία με ακτίνες X. Μέτρηση τοπογραφίας επιφάνειας (απτική, οπτική ή άλλες και μέθοδοι ανάλυσης).
- **Παρακολούθηση διεργασιών AM.** Η ανάγκη για διεργασίες υψηλής ακριβείας. Ενσωματωμένη παρακολούθηση για AM: μέτρηση μεταβλητών διεργασίας, προσεγγίσεις παρακολούθησης, αισθητήρες και συγχώνευση δεδομένων (data fusion).

Ένα άλλο παράδειγμα διδασκαλίας στην τάξη αποτελεί το μάθημα Additive Manufacturing for Space and Aerospace που πραγματοποιείται στο Politecnico di Milano. Η εκπαίδευση στην τάξη στοχεύει στην παροχή βαθιάς κατανόησης όλων των σύγχρονων τεχνολογιών AM που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικούς τομείς υψηλής τεχνολογίας. Κάθε διεργασία παραγωγής για μέταλλα (συμβατικά και μη), πολυμερή, σύνθετα υλικά, κεραμικά και γυαλί, ζωντανά κύτταρα/ανθρώπινα όργανα περιγράφεται λεπτομερώς. Κάθε διεργασία αναλύεται ως προς τις κύριες εφαρμογές και όλα τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της.

Το μάθημα στη συνέχεια αντιμετωπίζει όλες τις τρέχουσες ανοιχτές τεχνικές προκλήσεις. Για παράδειγμα, πτυχές σχεδιασμού και συναφείς κανόνες σχεδιασμού για AM, προκλήσεις παραγωγής που ξεκινούν με την προμήθεια και τον έλεγχο των πρώτων υλών (μέθοδοι ελέγχου σκόνης, προδιαγραφές προμήθειας και απαιτήσεις επαλήθευσης). Επίσης αναλύονται θέματα που αφορούν την ίδια τη διαδικασία παραγωγής, τη σταθερότητα της διεργασίας και την παρακολούθηση/έλεγχό της. Πρέπει να τονιστεί πως τα περισσότερα πανεπιστήμια που προσφέρουν πτυχία ή μεταπτυχιακή εκπαίδευση διαθέτουν μηχανές AM στα εργαστήρια διδασκαλίας τους. Επιπλέον, εξετάζονται οι διαδικασίες πιστοποίησης και επικύρωσης του χώρου εργασίας. Τέλος, παρουσιάζονται θέματα που αφορούν την

τυποποίηση, προκειμένου να διευκολυνθεί η υιοθέτηση της τρισδιάστατης εκτύπωσης από την αγορά και να προωθηθούν-υποστηριχθούν οι δυνατότητες καινοτομίας που μπορεί να προσφέρει το AM στη βιομηχανική ανταγωνιστικότητα. Τέλος, το μάθημα παρέχει μια προοπτική για τις μελλοντικές εξελίξεις που σχετίζονται με το AM.

Τα **Ψηφιακά μαθήματα** έχουν γίνει πρόσφατα αναγκαιότητα λόγω των περιορισμών που επιβάλλει η εξάπλωση του κορωνοϊού, η οποία έχει ήδη οδηγήσει στην προσωρινή εξ αποστάσεως παροχή των υπαρχόντων μαθημάτων. Αναμένεται ότι ο Covid-19 θα έχει τεράστιο αντίκτυπο στη μελλοντική εκπαίδευση. Παρόλο που οι μέθοδοι εκπαίδευσης έχουν εν μέρει προσαρμοστεί σε πλατφόρμες «απομακρυσμένων τάξεων», τα περιεχόμενα των μαθημάτων έχουν παραμείνει τα ίδια. Ωστόσο, είναι ενδιαφέρον να επισημανθεί ότι αυτή η συγκυριακή κατάσταση άνοιξε επίσης συζητήσεις για την κατανόηση του ρόλου των τεχνολογιών AM στην αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και στην ανταπόκριση σε μια ταχεία ζήτηση για προϊόντα που παράγονται συνήθως με άλλες μεθόδους παραγωγής. Η συμπερίληψη αυτών των συζητήσεων σε μαθήματα κατάρτισης για το AM μπορεί να έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ευαισθητοποίηση των εκπαιδευομένων σχετικά με τον στρατηγικό ρόλο που διαδραματίζει το AM σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Οι διδασκαλίες της Προσθετικής Κατασκευής (AM) εφαρμόζονται σποραδικά σε τάξεις τόσο μαθητών γυμνασίου, όσο και σε προπτυχιακές σπουδές μηχανικών. Στο επίπεδο του πτυχίου των μηχανικών, η εκπαίδευση στο AM αποτελείται από την συμπερίληψη ορισμένων μαθημάτων AM, ως μέρος ενός ευρύτερου προγράμματος σπουδών. Για παράδειγμα, η Granta Design έχει αναπτύξει λογισμικά για προπτυχιακή και μεταπτυχιακή διδασκαλία που επικεντρώνονται σε παραδοσιακά μαθήματα μηχανικής υλικών, αλλά περιλαμβάνουν το AM. Οι έτοιμες ενότητες διαλέξεων του PowerPoint και τα σχετικά φυλλάδια ασκήσεων διατίθενται στο Teaching Resources HUB: <https://grantadesign.com/education/teachingresources/>.

Μπορούν να δημιουργηθούν προσαρμοσμένα γραφήματα ιδιοτήτων υλικών και να αντιγραφούν στο PowerPoint ή να αποθηκευτούν ως αρχεία και να ανοίξουν μέσα στο λογισμικό, ώστε να μπορείτε να σχολιάσετε το γράφημα σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της διάλεξής σας. Το λογισμικό GRANTA EduPack χρησιμοποιείται επίσης ως βάση για σύντομες, πρακτικές ασκήσεις μαθητών κατά τη διάρκεια των συνεδριών στην τάξη ή ως «εργασία για το σπίτι». Οι διδακτικοί πόροι του EduPack παρέχουν τέτοιες ασκήσεις. Οι μαθητές μπορούν να διερευνήσουν διαφορετικά υλικά και να δημιουργήσουν αναφορές ή αφίσες για να αποδείξουν τη μάθησή τους. Το λογισμικό EduPack είναι διαθέσιμο στα περισσότερα πανεπιστήμια σε όλη την Ευρώπη που διδάσκουν μηχανική των υλικών. Ο Πίνακας 1 παρέχει μια επισκόπηση του περιεχομένου της διδακτικής ενότητας που είναι ενσωματωμένη στο EduPack.

Πίνακας 1. Περίληψη των περιεχομένων της διδακτικής ενότητας που υποστηρίζει την εκμάθηση των αρχών των τεχνολογιών AM.

| Γενική Αρχή AM | Ενότητα Περιεχομένου |
|----------------------------------|---|
| Γενικές Αρχές της Τεχνολογίας AM | Εξαρτήματα AM: Αποτελούνται από αλληπάλληλες στρώσεις |
| | Διαδικασίες σχηματισμού (π.χ. τήξη, πυροσυσσωμάτωση) |
| | Μετα-επεξεργασία |
| Σχεδιασμός για AM | Περιγραφή της σχεδιαστικής ελευθερίας του AM έναντι των συμβατικών κατεργασιών αφαίρεσης υλικού καθώς και έναντι άλλων διεργασιών αρχικού σχηματισμού |

| | |
|------------------------------|---|
| | Περιορισμοί εκτυπωσιμότητας στο AM |
| | AM: εκτυπωσιμότητα και σχεδιαστικές αλλαγές |
| | Η Τοπολογική βελτιστοποίηση (Topology Optimization) και ο Γενετικός σχεδιασμός (Generative Design) ενεργοποιήθηκαν με το AM |
| AM στην βιομηχανική παραγωγή | Οικονομίες κλίμακας έναντι μαζικής προσαρμογής |
| | AM - προστιθέμενη αξία στην παραγωγή |
| | AM: φάσεις ανάπτυξης ενός προϊόντος και τελικές φάσεις παραγωγής |

Μια αναζήτηση στο Διαδίκτυο για μαθήματα κατάρτισης AM (Master και Bachelor) για διαφορετικούς οργανισμούς σε όλη την Ευρώπη, καθώς και μαθήματα βιομηχανικής κατάρτισης έδειξε την κάλυψη των ακόλουθων θεμάτων:

- Διεργασίες AM για Μέταλλα
- Διεργασίες AM για Πολυμερή
- Μηχανικές και Επιστημονικές Αρχές του AM
- Υλικά AM (Πλαστικό/Μέταλλο)
- Στρατηγικές Παραγωγής-Εκτύπωσης
- Ποιότητα κατασκευής (ελαττώματα, πρότυπα, διαδικασίες, στατιστικός έλεγχος)
- Έλεγχος ποιοτικών χαρακτηριστικών
- Θέματα Μεταλλουργίας σχετικά με το AM (μεταλλουργικά χαρακτηριστικά / Παραγωγή προϊόντων τελικού σχήματος εξαρχής)
- Μετεπεξεργασία στο AM – Αρχές θερμικής επεξεργασίας
- Σχεδίαση για AM /CAD
- Ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων
- Προσομοίωση διεργασίας / Μοντελοποίηση για AM
- Λογισμικά για AM
- Συστήματα δεδομένων στο AM
- Εργοστασιακή υλοποίηση (υπό το πλαίσιο του Industry 4.0)
- Σχεδιασμός Συστημάτων AM
- Αυτοματισμοί και Ρομποτική
- Κριτική σκέψη και επίλυση προβλημάτων
- Τεχνικές διαλειτουργικής ομαδοποίησης και σκέψης για αύξηση της δημιουργικότητας

3.1.4 Ηλεκτρονική μάθηση/εξ αποστάσεως εκπαίδευση

Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο WP 4.3 του έργου SAM, έδειξε ότι η διαδικτυακή εκπαίδευση αντιπροσώπευε το 27,4 %. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στην ενότητα 2.2, αναμένεται σταθερή αύξηση λόγω της εξάπλωσης του CoVid 19 και της εκτεταμένης ψηφιοποίησης των εκπαιδευτικών διαδικασιών και των διαδικασιών κατάρτισης.

Η διαδικτυακή μάθηση αναφέρεται συνήθως ως μάθηση που υποστηρίζεται από υπολογιστή, μάθηση μέσω υπολογιστή, διαδραστική τεχνολογία και εκπαίδευση εξ αποστάσεως. Ωστόσο, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της διαδικτυακής και της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Η διαδικτυακή μάθηση θεωρείται ως μη ζωντανή διδασκαλία. Οι μαθητές δεν αναμένεται να είναι διαθέσιμοι κάποια συγκεκριμένη ώρα ή ημέρα για διδασκαλία στην τάξη από τον δάσκαλο³. Οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε ένα εικονικό περιβάλλον μάθησης - Virtual Learning Environment (VLE) όπως το Moodle ή το Dokeos. Το VLE λειτουργεί ως μέσο επικοινωνίας και διαδραστικό εργαλείο μάθησης. Ορισμένοι οργανισμοί παρέχουν υποστήριξη από εκπαιδευτές στους μαθητές που παρακολουθούν το πρόγραμμα. Οι μαθητές μπορούν να επικοινωνήσετε με αυτούς τους καθηγητές μέσω email ή Skype όταν απαιτείται^{4,5,6}. Από την άλλη πλευρά, η εξ αποστάσεως εκπαίδευση συνεπάγεται ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν εκπαιδευτικό υλικό (τόσο έντυπα όσο και ηλεκτρονικά μέσα) και λαμβάνουν οδηγίες από τον δάσκαλο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Θα μπορούσε να είναι σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας Microsoft Teams, Blackboard Collaborate, Zoom ή/και παρόμοιες εναλλακτικές. Έτσι, οι μαθητές αναμένεται μερικές φορές να είναι διαθέσιμοι για συγχρονισμένη διδασκαλία. Η εργασία των μαθητών ελέγχεται από τον εκπαιδευτή ψηφιακά^{7,8,9}. Συχνά περιλαμβάνουν επίσης εργαστήρια πρόσωπο με πρόσωπο, θερινά σχολεία ή «κατ' οίκον μάθηση» ως μέρος του προγράμματος σπουδών¹⁰.

Ένας τύπος διαδικτυακής μάθησης γίνεται μέσω εικονικού εργαστηρίου. Σύμφωνα με την Engineering Education Australia¹¹, ο ορισμός του Εικονικού Εργαστηρίου είναι μια δομημένη ζωντανή μέθοδος παράδοσης σε στυλ διαδικτυακής τάξης για εκπαίδευση και επαγγελματική εξέλιξη. Τα Εικονικά Εργαστήρια είναι διαδραστικά χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως αίθουσες συζητήσεων, δραστηριότητες που βασίζονται σε περιπτωσιολογικές μελέτες και αμφίδρομη επικοινωνία. Τα Εικονικά Εργαστήρια περιλαμβάνουν επίσης μια σειρά από υλικά αναφοράς για να βοηθήσουν τους συμμετέχοντες να εφαρμόσουν τις διδασκαλίες στην πράξη μετά την ολοκλήρωση της εκπαίδευσης και μπορούν επίσης να συνδυαστούν με στοιχεία προετοιμασίας του επόμενου μαθήματος, ή αυτορυθμιζόμενης μελέτης για τη μεγιστοποίηση του περιεχομένου που καλύπτεται στο μάθημα.

Η διαδικτυακή μάθηση και η εξ αποστάσεως εκπαίδευση μπορούν να χωριστούν σε διάφορους τύπους: πανεπιστημιακά διαδικτυακά μαθήματα για μεταπτυχιακούς φοιτητές, διαδικτυακά μαθήματα δωρεάν

³ <https://wintersession.uconn.edu/2020/11/05/online-vs-distance-learning-whats-the-difference/#>

⁴ <https://www.igi-global.com/dictionary/enhancing-student-agency-as-a-driver-of-inclusion-in-online-curriculum-pedagogy-and-learning-content/67168>

⁵ <https://www.thecriticalthinkingchild.com/the-difference-between-remote-learning-e-learning-distance-learning-and-at-home-schooling/>

⁶ Moore, JL, et al., e-Learning, διαδικτυακή μάθηση και περιβάλλοντα εξ αποστάσεως μάθησης: Είναι τα ίδια;, Internet and Higher Education (2010), doi:10.1016/j.iheduc.2010.10.001

⁷ <https://www.thecriticalthinkingchild.com/the-difference-between-remote-learning-e-learning-distance-learning-and-at-home-schooling/>

⁸ Moore, JL, et al., e-Learning, διαδικτυακή μάθηση και περιβάλλοντα εξ αποστάσεως μάθησης: Είναι τα ίδια;, Internet and Higher Education (2010), doi:10.1016/j.iheduc.2010.10.001

⁹ <https://www.aeseducation.com/blog/online-learning-vs-distance-learning>

¹⁰ <https://www.staffordglobal.org/articles-and-blogs/whats-the-difference-between-online-and-distance-learning/>

¹¹ <https://eea.org.au/insights-articles/what-virtual-workshop>

πρόσβασης, διαδικτυακές πλατφόρμες όπως το MOOC και σύντομα μαθήματα για τη βιομηχανία. Τα δωρεάν μαθήματα παρέχουν χαμηλότερο επίπεδο πληροφοριών και είναι πιο προσαρμοσμένα στο ευρύ κοινό. Τα μαθήματα Master που χρεώνουν δίδακτρα παρέχουν εις βάθος γνώση. Τα περισσότερα πανεπιστήμια που προσφέρουν μεταπτυχιακά μαθήματα στο AM, προσφέρουν επίσης προγράμματα που έχουν σχεδιαστεί για να αναληφθούν διαδικτυακά. Ωστόσο, τα μαθήματα που θα πραγματοποιηθούν στο διαδίκτυο ενδέχεται να απαιτούν συνδυασμό με εκπαίδευση σε εργαστήρια. Τα μαθήματα χωρίζονται σε διαφορετικές ενότητες καλύπτοντας τα ίδια θέματα που θα καλύπτονταν και στην διδασκαλία στην τάξη. Ανάλογα με τον τύπο της διαδικτυακής μάθησης, θα εφαρμοστούν διαφορετικές προσεγγίσεις μάθησης.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το MIT ξεχωρίζει μεταξύ των ιδρυμάτων που παρέχουν διαδικτυακή μάθηση: δίνονται διαλέξεις σε μορφή βίντεο και οι μαθητές μαθαίνουν από ειδικούς από τον ακαδημαϊκό και τον βιομηχανικό χώρο μέσω συνεντεύξεων. Αληθινά εξαρτήματα αξιολογούνται διαδικτυακά και προβλέπεται χρήση λογισμικού τελευταίας τεχνολογίας. Για την επικοινωνία, χρησιμοποιείται μια πλατφόρμα edX που βασίζεται σε πρόγραμμα περιήγησης, η οποία περιλαμβάνει πολυμέσα, παρουσιάσεις, δεδομένα τρισδιάστατων εξαρτημάτων, καθώς και διαδραστικά εργαλεία, αλλά και εργαλεία ποσοτικοποίησης. Τα σχέδια CAD μπορούν να αποθηκευτούν διαδικτυακά και τα μοντέλα κόστους είναι εύκολα προσβάσιμα. Επιπλέον, η διαδικτυακή προσβασιμότητα επιτρέπει μια διαδικτυακή βάση γνώσεων με συμπληρωματικό περιεχόμενο αναφορικά με το AM, διευρύνοντας το φάσμα των διδασκόμενων θεμάτων. Η επικοινωνία μεταξύ μαθητών και συμμαθητών μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διαδικτυακού πάνελ συζήτησης. Πέρα από την ηλεκτρονική πλατφόρμα εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου MIT, αρκετές άλλες διαδικτυακές πλατφόρμες εκπαίδευσης που σχετίζονται με γνωστά πανεπιστήμια, όπως το UDEMY, το Alison, το Coursera και το EDX, προσφέρουν μια σειρά μαθημάτων κατάρτισης μη ειδικών/ειδικών. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχει δωρεάν διαδικτυακά μαθήματα που καλύπτουν τα βασικά θέματα για μια ευρύτερη κατανόηση του AM (βλ. κεφάλαιο 5 – Ευρωπαϊκές Δραστηριότητες). Όσοι ενδιαφέρονται για το AM μπορούν επίσης να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους μέσω ηλεκτρονικών εγχειριδίων, διαδικτυακών σεμιναρίων (συχνά παρέχονται από προμηθευτές AM) και αναρτήσεων ιστολογίου (blog posts).

3.1.4.1 Διαδικτυακές πλατφόρμες εκμάθησης που χρησιμοποιούνται σήμερα

3.1.4.1.1 3DExperience από την Dassault Systems

Το 3DExperience είναι μια συνολική επιχειρηματική πλατφόρμα που βασίζεται σε μια βάση δεδομένων και επιτρέπει τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών χρηστών στους οποίους έχει παραχωρηθεί πρόσβαση. Η πλατφόρμα επικεντρώνεται σε διάφορους επαγγελματικούς ρόλους για διαφορετικούς τεχνολογικούς τομείς και ανάλογα με τον επιλεγμένο ή/και αγορασμένο ρόλο, οι παρεχόμενες εφαρμογών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν τον χρήστη.

Στην περίπτωση του AM, καλύπτει ολόκληρη την αλυσίδα της διαδικασίας παραγωγής και μπορεί να εφαρμοστεί σε όλη τη μαθησιακή διαδικασία. Η πλατφόρμα απευθύνεται κυρίως σε μηχανικούς και σχεδιαστές αλλά και σε φοιτητές και είναι ικανή να παρέχει μια πρακτική μορφή εκμάθησης αποτελώντας έναν βήμα προς βήμα οδηγό της για την παραγωγική διαδικασία του AM. Η πλατφόρμα είναι προσβάσιμη για ιδιωτικούς σκοπούς, εταιρείες ή δημόσια. Ως εκ τούτου, ένας πάροχος εκπαίδευσης, όπως ένα πανεπιστήμιο, μπορεί να παραχωρήσει πρόσβαση σε διαφορετικούς χρήστες (φοιτητές) για να εργαστούν μεμονωμένα ή σε ομαδικές εργασίες με θέμα το AM. Θεωρητικά, μια ομάδα σπουδαστών μπορεί να πραγματοποιήσει μια ρεαλιστική μελέτη εξετάζοντας όλους τους διαφορετικούς ρόλους που απαιτούνται όπως ακριβώς σε μια εταιρεία. Η πλατφόρμα βασίζεται σε ένα μάθησης μέσω εργασιών - Project Based Learning (PLM) (Ενοπία), επομένως η διαχείριση των χρηστών, των δικαιωμάτων και του ελέγχου έκδοσης είναι αρκετά εύκολη. Η αρχική διαμόρφωση είναι παρόμοια με τη δημιουργία μιας ομάδας στο Teams.

Μπορούν να επιλεγθούν τέσσερις διαφορετικές εφαρμογές: το CATIA για τη δημιουργία ενός λειτουργικού σχεδίου του προς παραγωγή εξαρτήματος, το Delmia για την προσομοίωση της διαδικασίας παραγωγής για την διεργασία Powder Bed Fusion, το Simulia για τη διεξαγωγή προσομοιώσεων της διεργασίας παραγωγής AM και το CATIA2 για τη διερεύνηση των επιπτώσεων των παραμέτρων της διεργασίας στο εξάρτημα, καθώς και της επιλογής της στρατηγικής μετά-επεξεργασίας. Ανάλογα με το τι χρειάζονται οι μαθητές, μπορούν να επιλέξουν μια εφαρμογή ή να περνούν βήμα-βήμα την αλυσίδα της παραγωγικής διαδικασίας. Η διέλευση ολόκληρης της αλυσίδας της παραγωγικής διαδικασίας βοηθά τον μαθητή να εργαστεί με το AM σε μια συνολική προσέγγιση. Μέσα στο CATIA μπορεί να μελετηθεί ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση των εξαρτημάτων AM, ενώ το Delmia είναι ένα εργαλείο πιο προσανατολισμένο στην παροχή γνώσης για διεργασία παραγωγής. Το Simulia και το CATIA 2 επικεντρώνονται στις μεταβλητές της διεργασίας και στην επιρροή τους στο εξάρτημα προς παραγωγή αλλά και στην επιρροή των επιλογών των στρατηγικών μετά-επεξεργασίας. Οι μεμονωμένες εφαρμογές προσομοιώνουν μια πραγματική αλυσίδα διαδικασιών, και το λογισμικό 3D εμπειρίας επιτρέπει στους μαθητές να εργάζονται σε ένα πραγματικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία σήμερα. Η πλατφόρμα χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας Project Based Learning (PBL). Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικά εργαλεία και μεθοδολογίες εντός της πλατφόρμας για να αναπτύξουν νέα προϊόντα AM και να εξοικειωθούν με διαφορετικά προγράμματα λογισμικού.

3.1.4.1.2 Κόμβος εκμάθησης Ansys - Ansys Learning Hub

Η Ansys προσφέρει έναν διαδικτυακό κόμβο εκμάθησης με εκπαιδευτικούς πόρους για την αντιμετώπιση τρεχόντων έργων και την ανάπτυξη ευκαιριών για τη βελτίωση των δεξιοτήτων στο AM, ιδιαίτερα για τον μηχανικό σχεδίασης και προσομοίωσης. Πρόκειται για μια συνδρομητική υπηρεσία, με πρόσβαση σε πληθώρα πόρων λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων μαθημάτων στην τάξη τα οποία είναι προγραμματισμένα παγκοσμίως, ψηφιακών μαθημάτων σε όλες τις ζώνες ώρας, μαθήματα βίντεο με αυτορυθμιζόμενους ρυθμούς, καθοδήγηση στην επιλογή μαθημάτων, αποκλειστικές αίθουσες εκμάθησης για ερωτήσεις και συζήτηση και λεπτομερές εκπαιδευτικό υλικό. Συγκεκριμένα, τα τρέχοντα μαθήματα για την ανάπτυξη δεξιοτήτων AM μέσω του λογισμικού Ansys είναι:

- **Εισαγωγή στο Ansys Additive Prep.** Το κοινό-στόχος είναι μηχανικοί, σχεδιαστές και χειριστές μηχανών που εργάζονται με μηχανές εκτύπωσης μετάλλων. Οι μέθοδοι διδασκαλίας αποτελούνται από διαλέξεις και πρακτικές συνεδρίες μέσω υπολογιστή για την επικύρωση της αποκτηθείσας γνώσης. "Το Ansys Additive Prep» διδάσκει τη ροή εργασιών μέσα στο λογισμικό Additive Prep, από την εισαγωγή εξαρτημάτων έως την εξαγωγή αρχείων κατασκευής που περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την 3D εκτύπωση ή/και για την προσομοίωση της εκτύπωσης. Σε αυτό το μάθημα, ο εκπαιδευόμενος μαθαίνει πώς να βρίσκει τον βελτιστοποιημένο προσανατολισμό για την εκτύπωση ενός εξαρτήματος και πώς να ανιχνεύει αυτόματα τις περιοχές που χρειάζονται υποστήριξη. Ο τρόπος δημιουργίας και καθορισμού των παραμέτρων υποστηρικτικών δομών παρουσιάζεται στο αρχείο της διάλεξης. Οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν πού και πώς να εισάγουν τις παραμέτρους της μηχανής εκτύπωσης για τη δημιουργία του αρχείου κατασκευής. Τέλος, το μάθημα παρουσιάζει το επόμενο βήμα της προσομοίωσης για AM: εξαγωγή αρχείου κατασκευής και χρήση του σε Workbench Additive ή σε προϊόντα Additive Print. Αυτό το μάθημα διδάσκει πού και πώς να ορίσετε τις παραμέτρους υποστηρικτικών δομών, αλλά και πώς να ορίσετε τις παραμέτρους του μηχανήματος. Σε όλους τους συμμετέχοντες που ολοκληρώνουν το μάθημα παρέχεται πιστοποιητικό εκπαίδευσης.
- **Εισαγωγή στο Ansys Additive Print:** Σε αυτό το μάθημα οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν για: τη διαδικασία DMLS, τη διαδικασία βαθμονόμησης, την επίλυση προβλημάτων προηγμένης θερμικής ανάλυσης, την πρόβλεψη παραμόρφωσης, την κατανόηση των διαφορετικών τύπων παραμόρφωσης (strain modes), τη

δημιουργία υποστηρικτικών δομών με βάση τη γεωμετρία, την επιλογή της θέσης κατασκευής εξαρτημάτων, την επιλογή του μοτίβου-στρατηγικής σάρωσης, καθώς και την οπτικοποίηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της εκτύπωσης. Το κοινό-στόχος είναι Μηχανικοί, Σχεδιαστές και Χειριστές Μηχανών που εργάζονται με μηχανές εκτύπωσης μετάλλων. Η μέθοδος διδασκαλίας περιλαμβάνει διαλέξεις και πρακτικές συνεδρίες μέσω υπολογιστή για την επικύρωση της αποκτηθείσας γνώσης. Σε όλους τους συμμετέχοντες που ολοκληρώνουν το μάθημα παρέχεται πιστοποιητικό εκπαίδευσης.

3.1.4.1.3 Granta Education Hub

Η Granta Design αναπτύσσει λογισμικά υποστήριξης διδασκαλίας και σπουδαστών, καθώς και βάσεις δεδομένων υλικών και εκπαιδευτικό λογισμικό χρησιμοποιώντας εξελιγμένα εργαλεία για την υποστήριξη της διδασκαλίας για την επιλογή υλικών, του σχεδιασμού και της βιωσιμότητας. Περίπου 350 εκπαιδευτικά προγράμματα-πόροι για καθηγητές και μαθητές διατίθενται δωρεάν μέσω του ιστότοπου Granta Education Hub στη διεύθυνση <https://grantadesign.com/education/teachingresources>.

Τα εκπαιδευτικά προγράμματα-πόροι περιλαμβάνουν παρουσιάσεις, ασκήσεις, μελέτες πραγματικών περιπτώσεων, εργασίες, εκπαιδευτικά βίντεο. Η ενότητα διαλέξεων «Μεταποίηση» καλύπτει τις βασικές αρχές της επιστήμης των υλικών και τις σχετικές διεργασίες που θα πρέπει να αποτελούν τη βάση για κάθε εκπαίδευση AM. Οι διδακτικές ενότητες αποτελούνται από: Υλικά και σχήμα, Επιλογή υλικού, Παραγωγικές διεργασίες και κόστος κ.λπ. Οι διδακτικοί πόροι είναι μεταφρασμένοι σε 8 γλώσσες.

3.1.5 Πρακτικές Δραστηριότητες

Μια σημαντική πτυχή της εκπαίδευσης στον τομέα του AM σχετίζεται με πρακτικές δραστηριότητες και επισκέψεις στο εργαστήριο. Το πρώτο μπορεί να οργανωθεί και να εφαρμοστεί με διαφορετικούς τρόπους. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο του Master Bosch Industry 4.0, που διοργανώθηκε από τους Cefriel και Politecnico di Milano για την Bosch Italia, οι εκπαιδευόμενοι έχουν τη δυνατότητα να συμμετάσχουν σε όλα τα βήματα από το σχεδιασμό του εξαρτήματος μέχρι τον τεμαχισμό σε στρώσεις, την προετοιμασία του κώδικα g (αρχείο εκτύπωσης) και την τελική εκτύπωση. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να γνωρίσουν τα πρακτικά ζητήματα που σχετίζονται με την τρισδιάστατη εκτύπωση και τις βιομηχανικές της δυνατότητες. Τους επιτρέπει επίσης να εφαρμόσουν στην πράξη τις αρχές και τις έννοιες που έμαθαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Στο Politecnico di Milano, μια τάξη εξοπλισμένη με αρκετούς τρισδιάστατους εκτυπωτές για πολυμερή που μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας από τους φοιτητές είναι διαθέσιμη στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

Οι επισκέψεις στο εργαστήριο είναι επίσης σημαντικές, καθώς επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να δουν και να αγγίξουν πραγματικά εξαρτήματα, βιομηχανικά συστήματα και ερευνητικά πρωτότυπα. Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν επίσης να μάθουν για ερευνητικά έργα και να αποκτήσουν μια καλύτερη αίσθηση της τρέχουσας-τελευταίας τεχνολογίας, αλλά και να ασχοληθούν με ανοιχτά ζητήματα και καινοτόμες λύσεις που δεν υπάρχουν ακόμη στην αγορά.

Στον εκπαιδευτικό και ακαδημαϊκό χώρο, το AM έχει ισχυρή παρουσία. Με την υιοθέτηση του επιτραπέζιου 3D εκτυπωτή, ο εξοπλισμός AM έγινε προσιτός σε μικρούς οργανισμούς τόσο όσον αφορά την κατοχή όσο και την χρήση. Αυτό δημιουργεί δύο σημαντικά πλεονεκτήματα για την εκπαίδευση στο AM.

Πρώτον, τα εργαστήρια με άλλες ερευνητικές δραστηριότητες, εκτός του AM, μπορούν να αξιοποιήσουν την παραγωγική ικανότητα των επιτραπέζιων 3D εκτυπωτών τους και να εκτυπώσουν εξαρτήματα για τις ερευνητικές

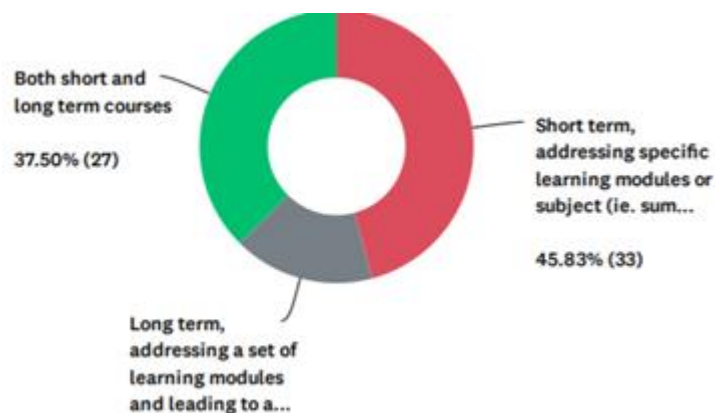
τους δραστηριότητες. Δεύτερον, οι επιδείξεις σε πραγματικό χρόνο για το πώς τα 3D εκτυπωμένα εξαρτήματα θεωρούνται ο πιο αποτελεσματικός τρόπος εισαγωγής του AM ως νέας τεχνολογίας. Αυτή η εκτός τάξης και ζωντανή εναλλακτική εισαγωγή στοχεύει να παροτρύνει τους μαθητές να εμπλακούν ενεργά. Οι εργαστηριακές δραστηριότητες με θέμα το AM συνήθως στοχεύουν στην εκπαίδευση με την επίδειξη:

- Σχεδιασμός για AM
- Λειτουργίες μηχανών AM (πρώτες ύλες π.χ. φόρτωση και εκφόρτωση σκόνης)
- Διαδικασίες μετα-επεξεργασίας AM

3.1.6 Προσόντα, Πιστοποιήσεις και Διπλώματα για AM

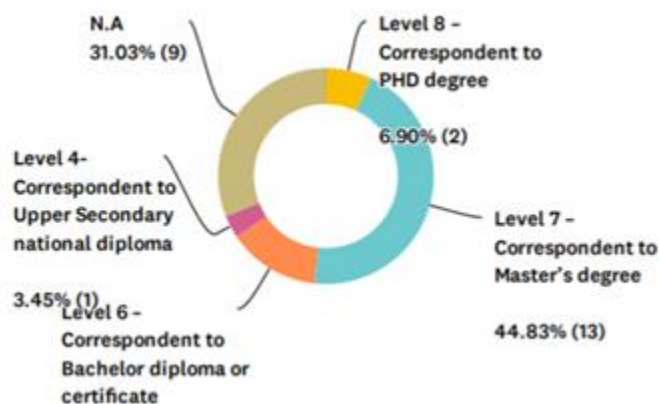
Η πιστοποίηση στο AM είναι αυτή τη στιγμή η πιο δημοφιλής επίσημη επικύρωση ικανότητας στον ευρωπαϊκό κλάδο. Τα ιδρύματα που παρέχουν εκπαίδευση στο AM είναι είτε κέντρα εκπαίδευσης AM (εξουσιοδοτημένα ή μη εξουσιοδοτημένα - για παράδειγμα από το EWF) που παρέχουν επίσης σχετική εκπαίδευση στον συμμετέχοντα ώστε να αποκτήσει τις απαιτούμενες γνώσεις, είτε κέντρα αξιολόγησης που απλώς επικυρώνουν τις γνώσεις και τις δεξιότητες AM του εξεταζόμενου.

Στον ακαδημαϊκό κόσμο, η εκπαίδευση στο AM δεν διαθέτει διακριτή πιστοποίηση μεταξύ των πτυχίων μηχανικού. Είναι διαθέσιμη ως μάθημα ή ως εξειδίκευση στους κύριους κλάδους στα διπλώματα μηχανικού. Ο φοιτητής μηχανικός μπορεί είτε να επιλέξει μια σειρά διαθέσιμων μαθημάτων σχετικά με το AM στη σχολή του, για να εμπλουτίσει την κατανόσή του στις διεργασίες AM ή να συνεχίσει τις μεταπτυχιακές του σπουδές με Master of Science ή PhD στο AM. Οι πρόσθετες πιστοποιήσεις AM που παρέχονται στα πανεπιστήμια είναι επαγγελματικά πιστοποιητικά Masters of Engineering ή μεταπτυχιακά πιστοποιητικά. Αυτός ο τύπος εκπαίδευσης και πιστοποίησης AM είναι σύντομος (μονοετής) και συνήθως έχει ψηφιοποιημένο χαρακτήρα, όπως τα διαδικτυακά μαθήματα.



Εικόνα 3: Διάρκεια των μαθημάτων AM

Το περιεχόμενο όλων των πιστοποιήσεων για AM έχει την τάση να είναι εξαιρετικά εξειδικευμένο και στοχευμένο σε θεματικούς άξονες που κυμαίνονται από Σχεδιασμός για AM μεταλλικών εξαρτημάτων, έως χειρισμό μηχανών AM και πρώτων υλών, σε μορφή σκόνης, για AM.



Εικόνα 4: Στοχευμένο επίπεδο EQF

3.1.7 Εκπαίδευση εντός της εταιρείας / εκπαίδευση στην εργασία και πρακτική άσκηση στην εταιρεία

Η εκπαίδευση στην εταιρεία ή η εκπαίδευση στην εργασία αναφέρεται σε πρακτική προσέγγιση ή σεμινάριο κατάρτισης για την απόκτηση νέων ικανοτήτων και δεξιοτήτων που απαιτούνται για μια εργασία που παραδίδεται από την εταιρεία σε έναν στοχευμένο εργαζόμενο¹². Από την άλλη πλευρά, η πρακτική άσκηση στην εταιρεία ορίζεται ως μια βραχυπρόθεσμη εργασιακή εμπειρία που προσφέρεται από εταιρείες στους φοιτητές για να αποκτήσουν κάποια αρχική έκθεση σε έναν συγκεκριμένο κλάδο ή τομέα όπου ο σπουδαστής αναπτύσσει τόσο τις πρακτικές του δεξιότητες (hard skills) όσο και τις μη-τεχνικές (soft skills)¹³.

Πολλές εταιρείες στον τομέα του AM προσφέρουν σύντομα μαθήματα σε θέματα AM. Καθώς τα σύντομα μαθήματα στοχεύουν συνήθως σε ένα ευρύτερο κοινό, τα θέματα συχνά περιλαμβάνουν:

- Εκτυπωσιμότητα εξαρτημάτων
- Υλοποίηση AM
- Διεργασίες AM
- Υλικά που χρησιμοποιούνται στο AM
- Υπολογισμός κόστους εξαρτημάτων AM
- Ποιότητα εξαρτημάτων AM (ιδιότητες και ανοχές).

Τα σύντομα μαθήματα παρέχονται συχνά από παρόχους υπηρεσιών ή τεχνολογίας (service / technology providers). Επιπλέον, οι μηχανικοί θα λάβουν ειδική εκπαίδευση για επικύρωση διεργασιών, συντήρηση, αντιμετώπιση προβλημάτων, λογισμικό, εκτίμηση κόστους, υγεία και ασφάλεια, καθώς και σχεδιασμό και εκτέλεση

¹²<https://www.valamis.com/hub/on-the-job-training>

¹³<https://www.themuse.com/advice/what-is-an-internship-definition-advice>

τρισεπίστας σάρωσης και εκτύπωσης. Μπορείτε να δείτε εδώ ένα παράδειγμα μαθήματος από το TUV Sud: <https://www.tuvsud.com/de-de/store/academy/technical-trainings/additive-manufacturing>

Ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα έχει αναπτυχθεί από την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Συγκολλήσεων (European Welding Federation) <https://www.ewf.be/additive-manufacturing>, στο οποίο διδάσκονται διαφορετικά πλαίσια ανάλογα με τα διαφορετικά προφίλ εργασίας. Αυτά τα προφίλ ταξινομούνται ως εξής:

- Direct Energy Deposition - DED (wire plus arc) Χειριστής.
- DED (λείζερ) Χειριστής
- Laser Powder Bed Fusion (LPBF) Χειριστής
- DED (wire plus arc) Μηχανικός
- DED (λείζερ) Μηχανικός
- LPBF Μηχανικός
- Σχεδιαστής
- Επιθεωρητής

Ένας άλλος πάροχος προγράμματος εκπαίδευσης για AM είναι το PM Life <https://www.pmlifetraining.com/about/about-pm-life> που έχει αναπτυχθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση Μεταλλουργίας Σκόνης (European Powder Metallurgy Association). Το πρόγραμμα στοχεύει στην ανάπτυξη του μέλλοντος της Μεταλλουργίας Σκόνης. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν διαφορετικές ενότητες ή μπορούν να παρακολουθήσουν ένα πλήρες πρόγραμμα. Τα μαθήματα διαρκούν μία εβδομάδα και πραγματοποιούνται σε διάφορες τοποθεσίες σε όλη την Ευρώπη. Στο τέλος προτείνεται πρακτική άσκηση σε εργοστάσιο ή πανεπιστήμιο (τρεις εβδομάδες). Τέλος, απονέμεται πιστοποιητικό. Καλύπτονται τα ακόλουθα θέματα:

- Press και Sinter
- AM
- Σκόνη και σκληρά υλικά

Όσον αφορά τα μαθήματα για επαγγελματίες, πραγματοποιείται εκπαίδευση τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά. Τα περισσότερα από τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω [όπως Master in AM (Μιλάνο), Università di Udine, Master in AM (Rina Consulting) και AM Engineer training (MTC)] εμπλέκονται στην εξωτερική εκπαίδευση των επαγγελματιών σε Πανεπιστήμια ή εκπαιδευτικούς οργανισμούς (όπως το EWF). Από την άλλη πλευρά, ορισμένοι εξωτερικοί οργανισμοί παρέχουν εσωτερικά μαθήματα στη βιομηχανία [όπως το Progetto Formativo AM Advanced (Confindustria Firenze Formazione για τον Baker Hughes, μια εταιρεία GE)]. Η παροχή μέρους του μαθήματος εξωτερικά διευκολύνει τη συμπερίληψη εργαστηριακών επισκέψεων, πρακτικών συνεδριών και άμεσης επαφής με έρευνα αιχμής στον τομέα που διεξάγεται από το Ινστιτούτο. Από την άλλη πλευρά, η εσωτερική εκπαίδευση έχει τη δυνατότητα να προσαρμόσει το εκπαιδευτικό περιεχόμενο σε σχέση με τις ανάγκες της ίδιας της εταιρείας. Η εσωτερική εκπαίδευση μπορεί να παρέχεται από πωλητές μηχανών που παρέχουν επιτόπου ειδική εκπαίδευση σε μηχανήματα ή τεχνολογία.

3.1.8 Μικτή μάθηση

Ο ορισμός της μικτής μάθησης, που είναι μείγμα τεχνικών μάθησης, έχει διερευνηθεί με την πάροδο των ετών και διαπιστώθηκε ότι με μια ευρύτερη έννοια, όλα τα προαναφερθέντα πλαίσια μάθησης μπορούν (με τον ένα ή τον άλλο τρόπο) να θεωρηθούν ως τεχνικές μικτής μάθησης. Η μικτή μάθηση είναι ο συνδυασμός της πρόσωπο με πρόσωπο και της διαδικτυακής διδασκαλίας. Ως εκ τούτου, η διαδικτυακή διδασκαλία (3.1.4) θα μπορούσε να αναμιχθεί με πρακτικές δραστηριότητες (3.1.5.). Ο δάσκαλος είναι ελεύθερος να επιλέξει τη μέθοδος ή τον συνδυασμό μεθόδων, καθώς και την αναλογία τους, έτσι ώστε να προσαρμοστεί στις εκάστοτε ανάγκες ενός μαθητή/εκπαιδευόμενου ή μια ομάδας μαθητών/εκπαιδευομένων. Επιπλέον, η μικτή μάθηση βοηθά στην ταχεία προσαρμογή των νέων τάσεων όσον αφορά τα συλ μάθησης αλλά και τη γρήγορη ενσωμάτωση νέων διαδικτυακών εργαλείων μάθησης. Αυτό θεωρείται πραγματικό πλεονέκτημα ειδικά σε μια εποχή που η ψηφιοποίηση εξελίσσεται γρήγορα και ο καθηγητής πρέπει να παραμένει στην κορυφή των εξελίξεων.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι διδασκαλίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μικτή μάθηση:

- Πρόσωπο με πρόσωπο (παραδοσιακή σχέση μαθητή-δασκάλου)
- Περιστροφή (οι μαθητές πηγαίνουν από τον ένα σταθμό/δραστηριότητα στον άλλο)
- Ευέλικτη (οι μαθητές ελέγχουν τη μαθησιακή τους διαδρομή - ο καθηγητής ενεργεί ως μέντορας)
- Παιχνιδοποίηση (συμπεριλαμβανομένων στοιχείων παιχνιδιού: για παράδειγμα: οι μαθητές ανταγωνίζονται και μεταπηδούν από επίπεδο σε επίπεδο)
- Διαδικτυακό εργαστήριο (εξ ολοκλήρου διαδικτυακή εκμάθηση για την εμβάθυνση της γνώσης)
- Αυτό-ανάμιξη (Self-blend) (προσέλκυση των ενδιαφερόμενων μαθητών σε white papers, ιστολόγια - blogs, εκπαιδευτικά βίντεο κ.λπ.)
- Διαδικτυακοί εκπαιδευόμενοι (αυτοκατευθυνόμενη μάθηση στην οποία η επαφή με τον καθηγητή, εκπαιδευτή ή ο δάσκαλο επιτυγχάνεται, παραδείγματος χάριν, με χρήση βίντεο κλήσης).

3.1.9 Επισκόπηση των παρουσιαζόμενων μαθησιακών πλαισίων

Όπως έχει φανεί στην υποενότητα 3.1.1 έως 3.1.9, παρέχονται επί του παρόντος διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης για την εκπαίδευση στο AM. Το είδος του πλαισίου μάθησης εξαρτάται από τις συγκεκριμένες λεπτομέρειες του μαθήματος. Ο Πίνακας 2 παρέχει μια περίληψη των συστάσεων με περιορισμούς και παρουσιάζονται οι πιθανές αξιολογήσεις τους.

Πίνακας 2: Περίληψη των συστάσεων για την εφαρμογή μαθησιακών πλαισίων για εκπαίδευση στο AM.

| Τύπος μαθησιακών πλαισίων | Πλεονεκτήματα | Περιορισμοί | Προτάσεις για εφαρμογή στην εκπαίδευση για AM | Εκτίμηση της αποκτηθείσας γνώσης |
|--|-------------------|---|---|---|
| Ηλεκτρονική μάθηση/Εκπαίδευση εξ αποστάσεως | Εύκολα προσβάσιμη | Όλα ψηφιακά – όχι πρακτική εκπαίδευση Μπορεί να είναι απαραίτητος πρόσθετος εξοπλισμός (π.χ. Oculus Rift για VR) | Για το μέλλον σε συνδυασμό με προσέγγιση εντός εταιρείας ή προσέγγιση εκπαιδευτικής εγκατάστασης. | Διαδικτυακά τεστ, πολλαπλή επιλογή, ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, ασκήσεις ανατροφοδότησης (feedback) |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <p>Εκμάθηση στην τάξη/ Μάθηση πρόσωπο με πρόσωπο (Διαλέξεις/Σεμινάρια/Εργαστήριο-workshop)</p> | <p>Καθιερωμένη μέθοδος</p> | <p>Μάθηση με βάση τα γεγονότα, η αποτελεσματικότητα της διάλεξης χάνεται μετά από 15-30 λεπτά.</p> | <p>Πρέπει να συνδυαστεί με πρακτική διδακτική εμπειρία. Πρέπει να περιλαμβάνονται δραστηριότητες ενεργοποίησης (ερωτήσεις, προβληματισμός, σύνοψη)</p> | <p>πολλαπλή επιλογή, ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, ασκήσεις-προβλήματα</p> |
| <p>Εργαστήριο - laboratory (πρακτικές δραστηριότητες)</p> | <p>Πρακτική μάθηση, πρέπει να συνδυαστεί με την τάξη</p> | <p>Εξοπλισμός στο εργαστήριο</p> | <p>Πρέπει να συνδυαστεί με μια διάλεξη κ.λπ. Δραστηριότητα.</p> | <p>Εκπλήρωση εργαστηριακής μελέτης, ασκήσεις-προβλήματα, ομαδική δουλειά, πρακτική εξέταση</p> |
| <p>Πρακτική άσκηση σε εταιρείες για φοιτητές ή Εκπαίδευση σε εταιρείες/εκπαίδευση στην εργασία για εργαζομένους</p> | <p>Πρακτική μάθηση, εκπαίδευση σε ερευνητικό ή βιομηχανικό περιβάλλον</p> | <p>Συχνά επικεντρώνεται σε μεμονωμένη βιομηχανία ή διαδικασία που περιορίζει μια συνολική προσέγγιση στο AM.</p> | <p>Θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με μια διαδικτυακή δραστηριότητα ή μια δραστηριότητα στην τάξη για να δώσει μια πλήρη επισκόπηση των θεμάτων.</p> | <p>Πρακτική εξέταση</p> |
| <p>Μεικτή μάθηση (συνδυασμός δδία ζωής και διαδικτυακής/εξ αποστάσεως εκπαίδευσης)</p> | <p>Εύκολα προσβάσιμη. Επιτρέπει τη γρήγορη προσαρμογή για νέα εργαλεία και τάσεις μάθησης. Χαμηλό κόστος, προσαρμογή στις ανάγκες των μαθητών.</p> | <p>Τα χαρακτηριστικά του μαθητή πρέπει να εξεταστούν εκ των προτέρων για να καλυφθούν οι ανάγκες. Τα μαθησιακά αποτελέσματα θα πρέπει να καθοριστούν εκ των προτέρων.</p> | <p>Είναι μια καλή ευκαιρία να ασχοληθείτε με θεωρητικό περιεχόμενο και πρακτικές προσεγγίσεις (tutorials / μηχανές).</p> | <p>Διαδικτυακά τεστ. Εργαστηριακές μελέτες, ομαδική δουλειά, πολλαπλή επιλογή, ανάλογα με το πώς ενσωματώνεται η μικτή μάθηση. (Αναποδογυρισμένη τάξη - Flipped classroom)</p> |

3.2 Τρέχουσα κατάσταση των εργαλείων εκπαίδευσης στο AM

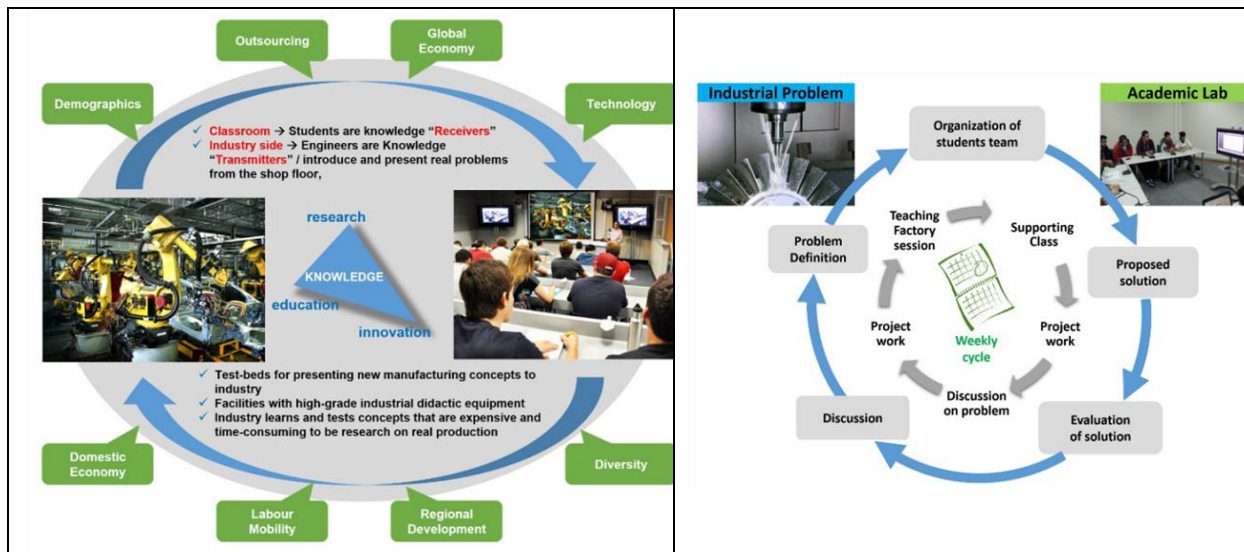
3.2.1 Teaching Factory Paradigm

Το παράδειγμα Teaching Factory (TF) χρησιμοποιεί εκπαίδευση και κατάρτιση από τις ατομικές ανάγκες τόσο του ακαδημαϊκού χώρου όσο και της βιομηχανίας. Η άμεση επικοινωνία μηχανικών από τον ακαδημαϊκό χώρο και βιομηχανικών ενδιαφερομένων καθιερώνεται για την εκτέλεση μιας συλλογικής εργασίας (6). Αυτές οι δύο πλευρές αντιμετωπίζουν ένα κοινό πρόβλημα ενώ έχουν ξεχωριστούς τελικούς στόχους, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Στόχοι του Teaching Factory

| Στόχοι της Ακαδημίας | Στόχοι Βιομηχανικών Εταίρων |
|---|--|
| Τεχνική κατάρτιση | Νέες λύσεις |
| Εξάσκηση και εφαρμογή των γνώσεων | Υποστήριξη αποφάσεων |
| Πραγματικά Προβλήματα | Καινοτόμες Προσεγγίσεις («Out-of-the-box») |
| Απόδειξη της ορθότητας νέων ιδεών-λύσεων | Εξωτερική ανάθεση εργασιών |

Οι διαφορετικοί στόχοι μπορούν να επιτευχθούν με μια συμβιωτική σχέση μεταξύ του ακαδημαϊκού χώρου και της βιομηχανίας στην οποία το Teaching Factory λειτουργεί ως δίαυλος επικοινωνίας και δρα ως καταλυτικός παράγοντας. Όπως εξηγούν οι Γ. Χρυσολούρης και οι συνεργάτες του ¹³, το Teaching Factory υποστηρίζει την αμφίδρομη μεταφορά γνώσης, όπου θέματα που σχετίζονται με παραγωγικές διεργασίες αποτελούν τη βάση για νέα μοντέλα συνέργειας μεταξύ του ακαδημαϊκού κόσμου και της βιομηχανίας. Καινοτόμες ιδέες και λύσεις ανταλλάσσονται μεταξύ του ακαδημαϊκού κόσμου και της βιομηχανίας για την εξισορρόπηση του χρόνου και του κόστους που απαιτείται για τη μάθηση και τη δοκιμή λύσεων σε ρεαλιστικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία. Ακόμα, υποστηρίζεται και προωθείται η εμβάθυνση της γνώσης τόσο της βιομηχανίας όσο και της ακαδημαϊκής κοινότητας, μέσω της ανάπτυξης καινοτόμων λύσεων σε πραγματικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία (Εικόνα 5, αριστερά). Υπάρχουν δύο λειτουργικά σχήματα: «εργοστάσιο στην τάξη» και «ακαδημαϊκός κόσμος στη βιομηχανία». Η έννοια «εργοστάσιο στην τάξη» στοχεύει στη μεταφορά του πραγματικού περιβάλλοντος παραγωγής στην τάξη, ενώ η έννοια «ακαδημία στη βιομηχανία» στοχεύει στη μεταφορά της γνώσης από τον ακαδημαϊκό χώρο στη βιομηχανία (Εικόνα 5, δεξιά).



Εικόνα 5: (Αριστερά) Η έννοια του Teaching Factory. (Δεξιά) Κύκλος Teaching Factory για μεταφορά γνώσης¹⁴

Δεδομένου ότι τα εργαλεία TF είναι ως επί το πλείστον ψηφιακά, τα εμπόδια της απόστασης εξαλείφονται. Αυτό το μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί σε παγκόσμιο επίπεδο εντός του πανεπιστημίου και του βιομηχανικού χώρου.

Για να γίνει αυτό, η προσέγγιση TF λειτουργεί ως αμφίδρομος διάυλος επικοινωνίας: μπορεί να εφαρμοστεί από το εργοστάσιο προς την τάξη/εργαστήριο και από την τάξη/εργαστήριο προς το εργοστάσιο. Οι τρεις κύριες εφαρμογές όσον αφορά το Teaching Factory είναι:

1. Ακαδημαϊκή μάθηση
2. Επαγγελματική μάθηση
3. Κοινωνική μάθηση

Το AM TF πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο εκπαίδευσης με σκοπό την ανταλλαγή εμπειρογνομοσύνης από την βιομηχανία προς τον ακαδημαϊκό κόσμο και αντίστροφα (7). Οι στόχοι του AM TF είναι:

- α. Παροχή τεχνικής γνώσης και εξειδικευμένης εκπαίδευσης σε φοιτητές μηχανικούς για την καλύτερη εκπαίδευση και αναβάθμιση του μελλοντικού εργατικού δυναμικού του AM.
- β. Βελτίωση της τεχνολογικής ετοιμότητας των νέων τεχνολογιών που σχετίζονται με το AM και επιτάχυνση της υιοθέτησης της του AM στην βιομηχανία.

Η διαδικασία υλοποίησης του AM TF απαιτεί συνεργασία δύο διαφορετικών ομάδων. Η πρώτη προέρχεται από τον βιομηχανικό κόσμο και είναι υπεύθυνη να παρουσιάζει ένα πραγματικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ή να ζητά να πραγματοποιηθεί μια νέα εξέλιξη. Διαθέτει επίσης τον εξοπλισμό AM και είναι υπεύθυνη για την πραγματική παραγωγή του εξαρτήματος AM.

¹⁴Γ. Χρυσολούρης, Δ. Μαυρίκιος, Λ. Ρέντζος, «The Teaching Factory: A Manufacturing Education Paradigm», Procedia CIRP, Τόμος 57, 2016, Σελίδες 44-48, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.001>

Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας. Αυτή η ομάδα είναι υπεύθυνη να δώσει μία συγκεκριμένη λύση για το πρόβλημα που θα συζητηθεί ή να πραγματοποιήσει την απαιτούμενη μελέτη για τις νέες εξελίξεις που ζητήθηκαν.

Με την ολοκλήρωση του AM TF και τα δύο μέρη-ομάδες επωφελούνται, καθώς η βιομηχανική πλευρά θα έχει βελτιώσει την παραγωγή της και η ακαδημαϊκή πλευρά θα έχει αποκτήσει πολύτιμη γνώση και εμπειρία.

3.2.2 «Σοβαρά Παιχνίδια» - Serious games

«Σοβαρά Παιχνίδια» - Serious games δηλαδή (ψηφιακά) παιχνίδια που χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς από την απλή ψυχαγωγία. Το σημείο εκκίνησης είναι η ίδια η έννοια των σοβαρών παιχνιδιών και τι σημαίνει στην πραγματικότητα. Αυτού του είδους τα παιχνίδια επιτρέπουν στους μαθητές να βιώσουν καταστάσεις που είναι αδύνατες στον πραγματικό κόσμο για λόγους ασφάλειας, κόστους, χρόνου κ.λπ., αλλά έχει αποδειχθεί ότι έχουν θετικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη πολλών διαφορετικών δεξιοτήτων. Στη συνέχεια, συζητούνται ορισμένες πιθανές θετικές (και αρνητικές) επιπτώσεις αυτών των παιχνιδιών. Επιπλέον, εξετάζονται ορισμένες από τις αγορές στις οποίες χρησιμοποιούνται τέτοια παιχνίδια, συμπεριλαμβανομένων των στρατιωτικών παιχνιδιών, των κυβερνητικών παιχνιδιών, των εκπαιδευτικών παιχνιδιών, των εταιρικών παιχνιδιών και των παιχνιδιών υγειονομικής περίθαλψης (δείτε Serious Games: An Overview (diva-portal.org)). Περιγράφουν τη χρήση του υποβάθρου υπαρχόντων παιχνιδιών (game engines) για εφαρμογές που δεν σχετίζονται με τα συγκεκριμένα παιχνίδια. Δηλαδή, τα παιχνίδια θα χρησιμοποιηθούν για την προπόνηση, διαφήμιση, προσομοίωση και εκπαίδευση. Η δύναμη των παιχνιδιών να αιχμαλωτίζουν τον χρήστη χρησιμοποιείται για την απόκτηση νέων γνώσεων και δεξιοτήτων. Ένας αυξανόμενος αριθμός σχολών προσφέρει πτυχία τεχνών σχετικά με την ανάπτυξη παιχνιδιών όπως Bachelor και Master of Fine Arts ή/και Bachelor και Master of Science ανάλογα με τα θέματα που επιλέγονται. Οι Susi et al. (8) περιγράφουν τα Serious games ως έναν διασκεδαστικό τρόπο για να μάθετε για σοβαρά ζητήματα των παραγωγικών διεργασιών. Για παράδειγμα, οι ακουστικές και οπτικές οδηγίες μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν για να καθοδηγήσουν έναν χρήστη στη συναρμολόγηση ενός νέου προϊόντος ή στην παροχή τακτικής συντήρησης ή ακόμη και επισκευής έκτακτης ανάγκης. Πολλές υπάρχουσες εφαρμογές περιλαμβάνουν διαδικασίες προετοιμασίας για χειρουργείο, προσομοιώσεις για τη διαχείριση φοβιών και διδασκαλία μαθηματικών προβλημάτων. Η ψυχαγωγία έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος ανταλλαγής και μεταφοράς γνώσης.

Όσον αφορά τη διδασκαλία του AM, θα μπορούσε να αναπτυχθεί μια λειτουργία πολλαπλών παικτών που θα επιτρέπει σε διαφορετικές ομάδες εκπαιδευόμενων να αναλαμβάνουν διαφορετικούς ρόλους στα διάφορα βήματα της παραγωγικής διαδικασίας του AM. Ένα άλλο παράδειγμα στο οποίο serious games έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία είναι η άμεση χρήση της εφαρμογής μηχανών σε πραγματικό χρόνο που έχει δημιουργηθεί με τη λήψη δεδομένων CAD και την αναδιαμόρφωση τους (9). Η απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο μπορεί να βοηθήσει, για παράδειγμα, έναν μηχανικό διεργασιών να κατανοήσει καλύτερα τις μηχανές AM και το περιβάλλον τους.

Ένα πρόσφατο παράδειγμα ενός «σοβαρού παιχνιδιού» AM είναι ένα βιντεοπαιχνίδι αφιερωμένο στην ανακάλυψη του AM για μεταλλικά υλικά. Ονομάζεται "AddUp Adventure" και κυκλοφόρησε το 2019 από την AddUp. Το παιχνίδι λειτουργεί σαν το "SIMS" και τοποθετείται σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον. Εκμεταλλεύεται διαλόγους με μη παίκτες, περιβαλλοντική αφήγηση, μη γραμμικές φάσεις εξερεύνησης, συλλογή αντικειμένων, μίνι-παιχνίδια και μάθηση μέσω γεγονότων. Το AddUp Adventure προωθεί τη συμμετοχή του εκπαιδευόμενου και βοηθά στην εκπαίδευση ατόμων με μη τεχνικό προφίλ. Επιπλέον, υπάρχουν μερικά κουίζ που σχετίζονται με το AM μέσω του ιστότοπου (<https://mcqpoint.com/mcq/additive-manufacturing/>, <https://aaq.auburn.edu/node/1549>).

3.2.3 Επαυξημένη πραγματικότητα

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την ενσωμάτωση εικονικών στοιχείων στην εικόνα που του πραγματικού κόσμου που αντιλαμβανόμαστε μέσω των αισθήσεών μας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ψηφιακών οπτικών στοιχείων, ήχου ή άλλων αισθητηριακών ερεθισμάτων που παρέχονται μέσω της τεχνολογίας¹⁵. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να επιτρέψει στους εκπαιδευτές να δείχνουν εικονικά παραδείγματα εννοιών και να προσθέτουν στοιχεία παιχνιδιού για να παρέχουν υποστήριξη υλικού από το σχολικό βιβλίο. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να μαθαίνουν πιο γρήγορα και να απομνημονεύουν ευκολότερα πληροφορίες.

Προγράμματα AM που συνδυάζουν επαυξημένη πραγματικότητα/εικονική πραγματικότητα (AR/VR) και AM μπορούν, προς το παρόν, να βρεθούν μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Το Πανεπιστήμιο της Αριζόνα προσφέρει ένα πρόγραμμα 8 πιστοποιημένων μαθημάτων, διαδικτυακά ή εντός της τάξης για την εξοικείωση των νέων με το AM (<https://ami.arizona.edu/courses>). Τα μαθήματα περιλαμβάνουν:

- Προσομοίωση διεργασίας AM
- Μοντελοποίηση βασισμένη στη φυσική χρησιμοποιώντας τη μηχανή παιχνιδιών Unity3D
- Αξιολόγηση των εκπαιδευομένων με βάση το χρόνο, την ακρίβεια και τους ανθρώπινους παράγοντες
- Γνωστική αντίληψη που υποστηρίζεται από εμπειρία εμβύθισης (immersive) χρησιμοποιώντας εξοπλισμό VR/AR
- Οπτικοποίηση και απτική ανάδραση
- Ψηφιακά δίδυμα - Digital twins και machine learning για μοντελοποίηση και έλεγχο διεργασιών
- Cyber-physical security και υποδομή

Μια πηγή εκμάθησης για την επαυξημένη πραγματικότητα και την τρισδιάστατη εκτύπωση έχει αναπτυχθεί από την 3D Bear. Αυτή η εταιρεία εξειδικεύεται στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση που συνδυάζει τεχνολογίες εμβύθισης (immersive) και δημιουργεί παιδαγωγικό περιεχόμενο για καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας επαυξημένη πραγματικότητα ("AR"), εικονική πραγματικότητα ("VR"), φωτογραφίες 360°, καθώς και σάρωση και εκτύπωση 3D. Επαγγελματική ανάπτυξη, υλοποίηση και εργαστήρια.

<https://www.3dbear.io/>

Το επιστημονικό άρθρο «Διεπαφές επαυξημένης πραγματικότητας για προσθετική κατασκευή - Augmented Reality Interfaces for Additive Manufacturing» (10) διερευνά πιθανές περιπτώσεις χρήσης της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) ως εργαλείο για τη λειτουργία βιομηχανικών μηχανών AM. Ως βασική γραμμή χρησιμοποιούν ένα σύστημα AM, ευρύτερα γνωστό ως 3D Printer. Υλοποιούν νέες επαυξημένες διεπαφές και στοιχεία ελέγχου χρησιμοποιώντας άμεσα διαθέσιμα πλαίσια ανοιχτού κώδικα και υλικό χαμηλού κόστους. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η τεχνολογία επιτρέπει πλουσιότερο και πιο διαισθητικό έλεγχο και παρακολούθηση της απόδοσης του εκτυπωτή σε σύγκριση με τα διαθέσιμα προϊόντα. Επομένως, υπάρχει μεγάλο δυναμικό για αυτούς τους τύπους τεχνολογιών σε μελλοντικά ψηφιακά εργοστάσια.

¹⁵<https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>

Άλλες εμπειρίες που σχετίζονται με την εικονική πραγματικότητα αναφέρονται στο «A Virtual Reality Application for Additive Manufacturing Process Training» (2015). Αυτό το επιστημονικό άρθρο παρουσιάζει μια επεκτάσιμη εφαρμογή λογισμικού που προσομοιώνει μια διαδικασία AM σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας (VR). Η εφαρμογή αναλύει τις κινήσεις των εξαρτημάτων του μηχανήματος και τα χαρακτηριστικά τυπωμένων εξαρτημάτων από αρχεία G-code που εξάγονται από το λογισμικό MakerBot® Computer Aided Manufacturing (CAM). Η θέση, η ταχύτητα και ο τύπος κίνησης χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση των κινήσεων της μηχανής. Ένα "τμήμα" εκτύπωσης δημιουργείται στις θέσεις έναρξης και λήξης μιας κίνησης εκτύπωσης. Η χρωματική κωδικοποίηση των ιδιοτήτων και η τροποποίηση του μεγέθους και του σχήματός του, δημιουργεί μια οπτική σχέση μεταξύ της ορολογίας σχετικά με τις επιλεγμένες ρυθμίσεις εκτύπωσης και της αναπαράστασης του εξαρτήματος στο εικονικό περιβάλλον. Αυτή η οπτική σχέση μεταξύ τυπωμένων εξαρτημάτων και ρυθμίσεων εκτύπωσης διευκολύνει την εκμάθηση της διαδικασίας τρισδιάστατης εκτύπωσης και της σχετικής ορολογίας. Τόσο οι αρχάριοι όσο και οι έμπειροι χρήστες μπορούν να τροποποιήσουν τις ρυθμίσεις εκτύπωσης στο εικονικό περιβάλλον πριν και μετά την εκτύπωση ενός πρωτοτύπου. Ο εντοπισμός και η διόρθωση ενός λάθους στο εικονικό περιβάλλον μειώνει τον χρόνο και το κόστος εκτύπωσης ενός εξαρτήματος με την επιθυμητή ποιότητα.

3.2.4 Πρακτική Μάθηση-Μάθηση βάση έργου

Οι επαγωγικές μέθοδοι διδασκαλίας περιλαμβάνουν μάθηση βάσει διερεύνησης και ερωτήσεων - inquiry-based learning, μάθηση μέσω επίλυσης προβλημάτων - problem based learning (PBL), μάθηση μέσω εργασιών - project-based learning (PjBL), διδασκαλία μέσω διερεύνησης περιπτώσεων - case-based teaching και εκπαίδευση τη στιγμή που τη χρειάζεσαι/ έγκαιρη εκπαίδευση-μάθηση - just-in-time teaching .

Τα προβλήματα/εργασίες έχουν σχεδιαστεί ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά αληθινών προβλημάτων, τα οποία έχει αποδειχθεί ότι παρακινούν τους μαθητές, διατηρούν το ενδιαφέρον τους και τους εμπλέκουν ενεργά στη μάθηση. Οι προσεγγίσεις μάθησης PBL έχουν βρεθεί ότι βελτιώνουν την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων και βελτιώνουν την κατανόηση των εννοιών της επιστήμης του μηχανικού και της κριτικής σκέψης.

Η κεντρική αρχή της προσέγγισης PBL είναι ότι η εκπλήρωση των μαθησιακών στόχων από τους μαθητές επιτυγχάνεται μέσω της επίλυσης προβλημάτων ανοιχτού τύπου, παρά μέσω μιας επαγωγικής παρουσίασης πληροφοριών. Το πρόβλημα, το οποίο έχει σχεδιαστεί προσεκτικά ώστε να είναι ρεαλιστικό και να αντικατοπτρίζει την επαγγελματική πρακτική, χρησιμεύει ως κίνητρο για την εκμάθηση του περιεχομένου. Οι μαθητές εργάζονται σε μικρές ομάδες για να λύσουν το πρόβλημα, προσδιορίζοντας πρώτα τι γνωρίζουν ήδη, τι πρέπει να γνωρίζουν και σε ποιες πληροφορίες πρέπει να έχουν πρόσβαση, προκειμένου να προχωρήσουν στην επίλυση του προβλήματος. Τα προβλήματα χρησιμοποιούνται ως ευκαιρία για τους μαθητές ώστε να αποκτήσουν την επιθυμητή γνώση ενώ ταυτόχρονα ενισχύουν τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και την ικανότητά τους για αυτοκατευθυνόμενη μάθηση. Η απλή παρουσίαση ενός ανοιχτού προβλήματος στους μαθητές δεν θεωρείται αληθινό PBL. Ο εκπαιδευτής πρέπει να καθοδηγεί τη μαθησιακή διαδικασία ενώ παράλληλα να οδηγεί τους μαθητές μέσα από προβληματισμό και τέλος απολογισμό και σύνοψη στο τέλος της εμπειρίας. Ένα παράδειγμα για ένα μάθημα AM θα μπορούσε να είναι:

- Εξηγήστε τις δυνατότητες, τους περιορισμούς και τις βασικές αρχές των εναλλακτικών τεχνολογιών AM.
- Αξιολογήστε και επιλέξτε κατάλληλες τεχνολογίες AM για συγκεκριμένες εφαρμογές σχεδιασμού-κατασκευής.
- Εξηγήστε τις βασικές αιτίες των σφαλμάτων και της πτώσης της ποιότητας στα εξαρτήματα AM.
- Εφαρμόστε τις τεχνικές AM σε μια προκλητική εφαρμογή σχεδιασμού και παραγωγής.

- Προσδιορίστε, εξηγήστε και ιεραρχήστε ορισμένες από τις σημαντικές ερευνητικές προκλήσεις στο AM.

Μια σημαντική πτυχή της εκπαίδευσης στον τομέα του AM αφορά τις πρακτικές δραστηριότητες. Σε αυτόν τον τομέα, οι ομαδικές εργασίες έχουν αρκετά πιθανά οφέλη. Από τη μία πλευρά, επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να βιώσουν άμεσα τις πολλές δυνατότητες των τεχνολογιών AM. Επιπλέον, εδραιώνουν την επίτευξη των αναμενόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσω πρακτικών συνεδριών και εργασίας με πραγματικά δεδομένα και προϊόντα. Επιπλέον, ενισχύουν τις δεξιότητες ομαδικής συνεργασίας σε πολυπολιτισμικά και πολυεπιστημονικά περιβάλλοντα, καθώς τα μαθήματα AM περιλαμβάνουν συνήθως εκπαιδευόμενους με διαφορετικό υπόβαθρο.

Το ακόλουθο παράδειγμα αφορά μια εργαστηριακή και ομαδική δραστηριότητα στο πλαίσιο του μαθήματος Additive Manufacturing for Space and Aerospace που πραγματοποιήθηκε στο Politecnico di Milano. Ζητήθηκε από τους φοιτητές του μαθήματος να επανασχεδιάσουν ένα αληθινό εξάρτημα αεροδιαστημικής προκειμένου να παραχθεί με AM. Το συγκεκριμένο εξάρτημα ήταν ένα υποστηρικτικό τμήμα για τη σύνδεση των τροχών αντίδρασης ελέγχου του ύψους του ION Cubesat Carrier, μια νέα έκδοση ενός μικρού διαστημικού σκάφους που σχεδιάστηκε αρχικά από την D-Orbit, μια ιταλική νεοσύστατη εταιρεία (<https://www.dorbit.space/>) για την τελική παράδοση και τοποθέτηση δορυφόρων CubeSat. Για αυτήν την έκδοση του διαστημικού σκάφους, η D-Orbit συνεργάζεται άμεσα με την ESA και η τεχνολογία της θα χρησιμοποιηθεί επίσης για την πρωτοβουλία Clean Space της ESA σχετικά με την παροχή υπηρεσιών σε τροχιά και την ενεργή απομάκρυνση των συντριμμίων-υπολειμμάτων.

Ζητήθηκε από όλες τις ομάδες να ελαχιστοποιήσουν το βάρος της επανασχεδιασμένης στήριξης τους, ενώ ταυτόχρονα να συμμορφώνεται με τις μηχανικές απαιτήσεις (στατική και δυναμική ανάλυση), καθώς και να βελτιστοποιήσουν την εκτυπωσιμότητα. Η νικήτρια ομάδα, που αποτελούνταν από τέσσερις μαθητές, κέρδισε τον διαγωνισμό παρουσιάζοντας ένα σχέδιο που τους επιτρέπει να επιτύχουν τη μεγαλύτερη μείωση βάρους (-65% σε σχέση με το αρχικό βάρος του εξαρτήματος), ενώ παράλληλα πληροί όλες τις μηχανικές απαιτήσεις και τις απαιτήσεις «εκτυπωσιμότητας». Στο τέλος του έργου, οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε μια τελική παρουσίαση.

Ένα άλλο παράδειγμα: στο πλαίσιο του μαθήματος MSc Additive Manufacturing που πραγματοποιήθηκε στο Politecnico di Milano, οι μαθητές πραγματοποίησαν μια ομαδική εργασία όπου τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν για AM και να εκτυπώσουν με Fused Deposition Modeling εξαρτήματα που πρέπει να συμμορφώνονται με τις επιβαλλόμενες λειτουργικές απαιτήσεις και να μεγιστοποιούν κάποιο δεδομένο στόχο-λειτουργία. Δύο παραδείγματα εργασιών περιλαμβάνουν την παραγωγή αυτοκινήτων-παιχνιδιών που στη συνέχεια δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια ενός διαγωνισμού μεταξύ όλων των ομάδων (τα αυτοκίνητα έπρεπε να διανύσουν τη μεγαλύτερη απόσταση περνώντας από μια ράμπα) ή γεφυρών που δοκιμάστηκαν επίσης σε έναν διαγωνισμό (οι γέφυρες έπρεπε να υποστηρίξουν το υψηλότερο βάρος χωρίς να καταρρεύσουν).

Όλες αυτές οι εργασίες-δραστηριότητες επιτρέπουν στους μαθητές να μάθουν νέα εργαλεία λογισμικού (SW): για τοπολογική βελτιστοποίηση, προετοιμασία παραγωγής, διεργασίες, προσομοίωση, καθώς και τη χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών, να εφαρμόσουν στην πράξη τις περισσότερες από τις έννοιες που έχουν μάθει και να βιώσουν τις πραγματικές δυνατότητες καθώς και τους περιορισμούς των μεθόδων AM. Ο διαγωνισμός έχει το πλεονέκτημα ότι ενισχύει τη δέσμευση των μαθητών και το ενδιαφέρον τους για θέματα κατάρτισης και εκπαίδευσης.

Το λογισμικό GRANTA EduPack είναι ένα κατάλληλο μέσο για σπουδαστές που εκτελούν έργα και μάθηση βάσει προβλημάτων, καθώς αποτελεί μια ολοκληρωμένη πηγή πληροφοριών αλλά και προσφέρει εργαλεία λογισμικού, όπως επιλογή υλικών, Eco Audit και άλλα εργαλεία μοντελοποίησης για την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με υλικά. Αυτές οι εργασίες θα μπορούσαν να είναι από σύντομες ασκήσεις σε ένα εισαγωγικό μάθημα (παραδείγματα παρέχονται στους διδακτικούς πόρους GRANTA EduPack) έως εκτεταμένες εργασίες σχεδιασμού

για το τελευταίο έτος φοίτησης, ή ακόμα και ερευνητικές εργασίες επιπέδου master (αξιοποιώντας σε βάθος τη βάση δεδομένων EduPack Level 3).

3.2.5 Περιπτωσιολογικές μελέτες

Μια περιπτωσιολογική μελέτη είναι η περιγραφή μιας δραστηριότητας, ενός γεγονότος ή ενός προβλήματος που περιέχει μια πραγματική ή υποθετική κατάσταση και περιλαμβάνει τις πολυπλοκότητες που θα συναντούσατε στο χώρο εργασίας. Οι περιπτωσιολογικές μελέτες χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν τους μαθητές να δουν πώς οι πολυπλοκότητες της πραγματικής ζωής επηρεάζουν τις αποφάσεις. Η ανάλυση μιας περιπτωσιολογικής μελέτης απαιτεί από τους μαθητές να εξασκηθούν στην εφαρμογή της γνώσης και των δεξιοτήτων τους σε μια πραγματική κατάσταση ¹⁶. Για να μάθουν από μια ανάλυση περιπτωσιολογικής μελέτης, οι μαθητές θα «αναλύουν, θα εφαρμόζουν τη γνώση, θα συλλογίζονται και θα εξάγουν συμπεράσματα» (Kardos & Smith 1979).

Η συμπερίληψη περιπτωσιολογικών μελετών στην κατάρτιση-εκπαίδευση έχει μεγάλη σημασία τόσο για μαθήματα πανεπιστημιακού επιπέδου όσο και για μαθήματα για επαγγελματίες. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο του μαθήματος Additive Manufacturing for Space and Aerospace που πραγματοποιείται στο Politecnico di Milano, μόλις ο μαθητής γνωρίζει πλήρως όλες τις επί του παρόντος διαθέσιμες τεχνολογίες, τα οφέλη και τα μειονεκτήματά τους και τις κύριες ανοιχτές προκλήσεις, ύστερα παρουσιάζονται πραγματικές περιπτωσιολογικές μελέτες (κυρίως από τον τομέα του διαστήματος και της αεροδιαστημικής). Ο στόχος του μαθήματος είναι να παρέχει στον φοιτητή μια τρέχουσα βιομηχανική προσέγγιση εφαρμογών του AM σε προϊόντα υψηλής ποιότητας. Εμφανίζονται οι διαδικασίες σχεδίασης/παραγωγής πραγματικών διαστημικών σκαφών, δορυφόρων, πυραύλων ή εξαρτημάτων αεροσκαφών. Ξεκινούν με τη βελτιστοποίηση σχεδίασης/τοπολογίας (βιονικός σχεδιασμός- bionic design), προχωρούν στην επιλογή της ιδανικής τεχνολογίας AM καθώς και τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων της διεργασίας, τον μηχανικό χαρακτηρισμό (στατική, κόπωση, μικροδομή, NDI, τομογραφία υπολογιστή, διανομέυμα κ.λπ.) και την παραγωγή μιας πλακέτας που θα δοκιμαστεί σε πλήρη κλίμακα και στη συνέχεια θα πετάξει σε τροχιά. Επιπλέον, το μάθημα παρέχει περιπτωσιολογικές μελέτες και παραδείγματα ερευνών αστοχίας σε πραγματικά εξαρτήματα.

3.2.6 Διαλέξεις από ειδικούς στον κλάδο του AM

Οι διεπιστημονικές πτυχές που εμπλέκονται στο AM συνήθως επιβάλλουν τη συμμετοχή ειδικών σε διαφορετικούς τομείς που δίνουν διαλέξεις για συγκεκριμένα θέματα. Αυτή η προσέγγιση έχει ακολουθηθεί τόσο σε μαθήματα επιπέδου MSc όσο και σε μαθήματα για επαγγελματίες. Για παράδειγμα, το μάθημα MSc Additive Manufacturing που πραγματοποιήθηκε στο Politecnico di Milano προβλέπει διαλέξεις από καθηγητές που είναι ειδικοί σε διαφορετικούς τομείς (διαδικασίες παραγωγής, μηχανική ποιότητας και ανάλυση δεδομένων, μετρολογία και μετρήσεις, κ.λπ.) μαζί με σεμινάρια που πραγματοποιούνται από προσκεκλημένους εμπειρογνώμονες από τη βιομηχανία ή από άλλες ερευνητικές ομάδες. Τα σεμινάρια εκτιμώνται ιδιαίτερα από τους φοιτητές καθώς επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να έρθουν σε επαφή με βιομηχανικές απόψεις, πραγματικές εμπειρίες υλοποίησης, προκλήσεις και ευκαιρίες.

Το μάθημα Additive Manufacturing for Space and Aerospace που πραγματοποιείται στο Politecnico di Milano αποτελεί ένα διαφορετικό παράδειγμα, καθώς για το μάθημα είναι πλήρως υπεύθυνος ο Tommaso Ghidini, επικεφαλής του Τμήματος Δομών, Μηχανισμών και Υλικών του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA). Σε αυτή την περίπτωση, οι φοιτητές MSc έχουν την ευκαιρία να έρθουν σε επαφή με έναν από τους σημαντικότερους εμπειρογνώμονες της ΕΕ στον τομέα, ο οποίος μεταφέρει στους εκπαιδευόμενους την πολύ εφαρμοσμένη και

¹⁶<https://www.student.unsw.edu.au/writing-case-study-report-engineering>

πρακτική προσέγγισή του σε θέματα και προβλήματα που σχετίζονται με το AM. Ως παράδειγμα, μετά την επιτυχή ολοκλήρωση αυτού του μαθήματος, ο φοιτητής θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- Προσδιορίσει τις τάσεις, τις τεχνολογίες και τις βασικές μεθοδολογίες που σχετίζονται με την ψηφιακή παραγωγή και το AM για προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας (Εφαρμογή γνώσης).
- Αναπτύξει νέες ιδέες και λύσεις σε αναδυόμενες βιομηχανικές επιχειρήσεις. Στην πραγματικότητα, το AM είναι ένας από τους πιο ενεργούς τρόπους για την ανάπτυξη νέων λύσεων, καινοτόμων ιδεών και νέων επιχειρήσεων (Εφαρμογή γνώσεων και κρίση).
- Αλληλεπιδράσουν με επαγγελματικό, υπεύθυνο, αποτελεσματικό και επικοινωνιακό τρόπο σε ένα εργασιακό περιβάλλον. Η σχετική συμπεριλαμβανόμενη εργασία θα επιτρέψει σε όλους τους μαθητές να αλληλεπιδράσουν σε ένα πολυεπιστημονικό περιβάλλον. Στην πραγματικότητα, η ομάδα του έργου θα εμπλέξει φοιτητές σε πρακτικά θέματα σχετικά με τη διαχείριση, τη μηχανολογία, το σχεδιασμό, τον αυτοματισμό και τη φυσική (ομαδική εργασία και ικανότητες επικοινωνίας).

Επιπλέον, στο πλαίσιο μαθημάτων AM για επαγγελματίες (τουλάχιστον για μηχανικούς και διευθυντές-διαχειριστές), συνήθως πραγματοποιούνται διαλέξεις από διαφορετικούς ειδικούς πάνω στους τομείς τους, που κυμαίνονται από την επιστήμη των υλικών έως τις διαδικασίες που βασίζονται σε δέσμες λέιζερ και ηλεκτρονίων, σχεδιασμό για AM, ποιοτικό έλεγχο και δοκιμές υλικών, μετρολογία, προσομοίωση, ανάλυση δεδομένων, ως παράδειγμα κοστολόγησης κ.λπ. LILIAM – Διά βίου Μάθηση στο AM - έργο (<https://www.liliam-project.polimi.it/>), μια ομάδα οκτώ διεθνών εταιρών από διαφορετικές χώρες της ΕΕ συγκροτήθηκε για να αναπτύξει ένα πρόγραμμα δια βίου κατάρτισης για επαγγελματίες (μηχανικούς προϊόντων και διεργασιών και διευθυντές) που συνδυάζει πολλές διαφορετικές γνώσεις για να παρέχει μια ολοκληρωμένη και διεπιστημονική μάθηση. Το LILIAM στοχεύει να περιλαμβάνει διαλέξεις για τα ακόλουθα θέματα: 1) Υλικά για AM, 2) Διαδικασίες AM, 3) Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση προϊόντων, 4) Μοντελοποίηση και προσομοίωση, 5) Παρακολούθηση και έλεγχος διεργασιών, 6) Μετα-επεξεργασία / υβριδικές διεργασίες, 7) Έλεγχος, αξιολόγηση κύκλου ζωής, πιστοποίηση και 9) κύκλος ζωής, τέλος ζωής και ανακύκλωση υλικών.

3.2.7 Λογισμικό προσομοίωσης

Το λογισμικό προσομοίωσης επιτρέπει τη σχεδίαση για AM με πιο προβλέψιμο τρόπο για τη μείωση της προσέγγισης δοκιμής- λάθους (trial and error), εξοικονόμηση κόστους και χρόνου και επιτρέπει την ανάπτυξη πιο καινοτόμων προϊόντων. Υπάρχουν πολλά προϊόντα λογισμικού για τη βελτίωση του σχεδιασμού και της επεξεργασίας στο AM. Η Εικόνα6 δείχνει τα πιο δημοφιλή προϊόντα λογισμικού που χρησιμοποιούνται στο AM. Αυτά τα προϊόντα λογισμικού μπορούν να εφαρμοστούν για την προσομοίωση της διαδικασίας εκτύπωσης, την πρόβλεψη παραμορφώσεων και την αντιστάθμιση τους ή τη βελτίωση της στρατηγικής εφαρμογής υποστηρικτικών δομών για την πρόβλεψη της ακρίβειας του εξαρτήματος¹⁷.

¹⁷ <https://fluidcodes.com/software/additive-manufacturing-simulation/>

| | | |
|--------------------|----------------------|--|
| Additive Works | Amphyon | Simulation-based process preparation software for metal powder bed fusion |
| Adobe | Photoshop CC | 3D design tools and color management |
| Altair Engineering | Inspire | Topology optimization |
| Altair Engineering | SIMSOLID | Meshless topology optimization |
| Altair Engineering | Inspire Print3D | Simulation-based process preparation software for metal powder bed fusion |
| Autodesk | Project Shapeshifter | Browser-based tool for generating geometric shapes and exporting them for 3D printing |
| Autodesk | Within Medical | Lattice structures for orthopedic industry, porous coatings for implants |
| Dassault Systèmes | Tosca Structure | Topology optimization for FEA packages including Abaqus, ANSYS, and MSC Nastran |
| Desktop Metal | Live Parts | Generative design and topology optimization software |
| DTU | TopOpt | Topology optimization |
| e-Xstream | Digimat | Material simulation tool |
| GeonX | Virfac | Material and process simulation |
| GravitySketch | GravitySketch | VR-based modeling |
| MSC | Simufact | Metal AM build simulation |
| ParaMatters Inc. | CogniCAD 2.0 | Topology optimization |
| PTC | GENERATE | Topology optimization |
| Siemens | NX | High-end CAD that integrates topology optimization, lattice structures, and support generation |

Εικόνα6: (Αριστερά) Εταιρεία, (Κέντρο) όνομα και (Δεξιά) περιγραφή προϊόντων λογισμικού που χρησιμοποιούνται ευρέως (Έκθεση Wohlers 2021).

3.2.8 Εκπαιδευτικά βίντεο και κινούμενα σχέδια

Τα εκπαιδευτικά βίντεο και τα κινούμενα σχέδια είναι εργαλεία που χρησιμοποιούνται ως οπτικό βοήθημα για τη διευκόλυνση της μάθησης. Χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς για να κάνουν το περιεχόμενο ελκυστικό, εύκολο στην κατανόηση και προσιτό σε όλα τα είδη μαθητών. Αυτό το μέσο επιτρέπει την εξήγηση σύνθετων ιδεών με απλό τρόπο. Διατηρούν τους μαθητές εστιασμένους στο περιεχόμενο και δημιουργούν μια ξεχωριστή εμπειρία που είναι πιο πιθανό να θυμούνται οι μαθητές^{18,19}.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα εκπαιδευτικών βίντεο και κινουμένων σχεδίων στον ιστό που εξηγούν τις διαδικασίες AM σε διαφορετικό επίπεδο πολυπλοκότητας, όπως εισαγωγικά βίντεο (<https://www.youtube.com/watch?v=EHvO-MIzAIM> από την GE Additive, <https://www.youtube.com/watch?v=qoBU0r7pT84> από την Bracken Media, <https://www.youtube.com/watch?v=t4S0mKjXtT4> από Additive Manufacturing Media) ή πιο συγκεκριμένα βίντεο και κινούμενα σχέδια που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη διεργασία, όπως το Laser Powder Bed Fusion (<https://www.youtube.com/watch?v=VqjtuFxGio4> από την SLM Solutions NA, Inc) ή τη διαδικασία Multi Jet Fusion (<https://www.youtube.com/watch?v=sUjyK0ilhwg> από την Protolabs).

3.3 Επισκόπηση των εργαλείων εκμάθησης

Όπως φαίνεται στην υποενότητα 3.2.1. έως την 3.2.6., μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικά εργαλεία εκμάθησης για την εκπαίδευση στο AM. Ο τύπος του εργαλείου μάθησης εξαρτάται από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του μαθήματος. Στον πίνακα 4, παρουσιάζεται μια περίληψη των συστάσεων καθώς και οι περιορισμοί και οι πιθανές αξιολογήσεις τους.

¹⁸<https://elearningindustry.com/video-learning-animation-styles-and-best-practices-to-follow>

¹⁹<https://elearningindustry.com/how-animation-based-learning-can-benefit-online-courses>

Πίνακας 4: συστάσεις για την εφαρμογή εργαλείων εκμάθησης στην εκπαίδευση AM

| Τύπος εργαλείου εκπαίδευσης | Πλεονεκτήματα | Περιορισμοί | Προτάσεις για εφαρμογή στην εκπαίδευση για AM | Εκτίμηση |
|---|---|--|--|------------------------------------|
| Teaching Factory | Εμπειρίες μάθησης. Φέρνει τη βιομηχανία πιο κοντά στον ακαδημαϊκό χώρο. Πρακτική διδασκαλία | Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την υποδομή. | Θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες «παραδοσιακές» δραστηριότητες μάθησης. | Βάσει προβλημάτων. Ομαδική δουλειά |
| «Σοβαρά Παιχνίδια» - Serious games | Επίλυση προβλημάτων, διασκέδαση, εναρμονισμένα με την ψηφιοποίηση | Δεν προσφέρουν πρακτική εμπειρία. | Συμπληρωματικό μέσο σε άλλες διδακτικές δραστηριότητες όπως τάξη και εργαστήριο. | Πρακτική, συνέντευξη |
| Επαυξημένης πραγματικότητας | Μάθηση ενσωματωμένη στη διαδικασία. | Προς το παρόν διαθέσιμο μόνο για λίγες διεργασίες και μεταβλητές. Δεν προσφέρουν πρακτική εμπειρία. Ψηφιακό. | Θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες «παραδοσιακές» δραστηριότητες μάθησης ή Teaching Factory. | Πρακτική, συνέντευξη |
| Εργασία (Μάθηση βάσει έργου (PBL)) | Μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με την εκπαίδευση. Οι μαθητές μπορούν να δουν ολόκληρη την ακολουθία των διαδικασιών. Εξίσου χρήσιμο για όλους τους ανθρώπους. Εύκολα ρυθμιζόμενη έκταση. | Θα πρέπει να αναπτυχθεί για όλο το μάθημα. | Συνιστάται ανεπιφύλακτα καθώς οι μαθητές μπορούν να μάθουν με πρακτικό τρόπο, εφαρμόζοντας τα βήματα της ακολουθία των διαδικασιών για τη 3D εκτύπωση. | Ατομική, συνέντευξη |
| Περιπτωσιολογική Μελέτη | Επιτρέπει την εφαρμογή της αποκτηθείσας γνώσης. | Ανάλογα με την περιπτωσιολογική μελέτη – μπορεί να | | Αναφορά: βασισμένη σε πρόβλημα. |

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| | | λείπει η πρακτική εμπειρία. | | |
| Διαλέξεις | Εύκολο να αποκτήσετε μια επισκόπηση της γνώσης, για όλους τους μαθητές. Πρόσωπο με πρόσωπο. Εύκολα προσεγγίσιμη. | Χωρίς πρακτική εμπειρία. Στοχεύει κυρίως σε φοιτητές ή μαθητές. | Να παρέχονται τα σχετικά έγγραφα που συνοδεύουν το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. | Πολλαπλή επιλογή, αναφορά, συνέντευξη. |
| Λογισμικό προσομοίωσης | Χρησιμοποιείται σε προσομοιώσεις AM, οι μαθητές αποκτούν πρακτική εμπειρία στην διεξαγωγή προσομοιώσεων και μιλούν με εκπαιδευτές για καθοδήγηση | Οι μαθητές πρέπει να φτάσουν όλοι στο ίδιο επίπεδο για να μπορούν να διεξάγουν προσομοιώσεις και να έχουν πρόσβαση σε σχετικά εργαλεία | | Ερώτηση-Απάντηση, Πρακτικές ασκήσεις |
| Πρακτικές δραστηριότητες | Εμπειρίες μάθησης. Να συνδυάζονται με την τάξη | Χρειάζεται εξοπλισμός, λογισμικό ή υλικά | Πρέπει να συνδυαστεί με μια διάλεξη κ.λπ. Δραστηριότητα. | Επίλυση προβλήματος. ομαδική εργασία, πρακτική εξέταση. |
| Ομαδική εργασία | Συνεργατική μάθηση, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες όπως επίλυση προβλημάτων, διαπραγμάτευση, διαχείριση συγκρούσεων, ηγεσία, κριτική σκέψη και διαχείριση χρόνου. | Χρονοβόρο | Κατάλληλο για να εκθέτει τους μαθητές σε διαφορετικές ιδέες και προσεγγίσεις | Επίλυση προβλήματος, πρακτική ή θεωρητική |
| Εκπαιδευτικά βίντεο και κινούμενα σχέδια | Εξαιρετικό για να εξηγήσει περίπλοκο | Τα προσαρμοσμένα | Συμπληρωματικό σε άλλες διδακτικές | Πρακτική, συνέντευξη |

| | | | | |
|--|---|---------------------------------|--|--|
| | περιεχόμενο. Η συναισθηματική μάθηση ενισχύει τη συγκράτηση της γνώσης και προσελκύει την προσοχή των μαθητών | κινούμενα σχέδια είναι δαπανηρά | δραστηριότητες όπως τάξη και εργαστήριο. | |
|--|---|---------------------------------|--|--|

3.4 Ευρωπαϊκά έργα που υποστηρίζουν δραστηριότητες εκπαίδευσης για AM

Ορισμένα ευρωπαϊκά έργα στοχεύουν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη Δεξιοτήτων για AM, τόσο με θεμελιώδη τρόπο, όσο και μέσω της ανάπτυξης καθοδηγητικών πλαισίων. Αυτή η ενότητα καλύπτει μια λίστα έργων που αντιπροσωπεύουν μια πιο σημαντική προσπάθεια σε αυτή την κατεύθυνση, αλλά δεν είναι εξαντλητική σε εύρος. Ένας περαιτέρω κατάλογος μπορεί να βρεθεί στο AM Observatory, από το 2019 (https://skills4am.eu/amobservatory_projects.html).

Admire (Συμμαχία για το AM μεταξύ της βιομηχανίας και των πανεπιστημίων - Alliance for additive Manufacturing between Industry and universities): Το Admire ήταν μια συμμαχία μεταξύ εταιρειών AM, πανεπιστημίων και φοιτητών που ανταποκρίθηκε σε μια βιομηχανική ανάγκη: την ανάπτυξη των προσόντων του εργατικού δυναμικού στο AM. Αναπτύχθηκε ένα ευρωπαϊκό μεταπτυχιακό δίπλωμα AM για μεταλλικά υλικά σύμφωνα με το επίπεδο 7 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Πιστοποιήσεων Προσόντων.

<https://admireproject.eu/summary.html>

3D Prism: Το 3D Prism έχει αναπτύξει ένα «Μαζικό Ανοιχτό Διαδικτυακό Μάθημα - Massive Open Online Course (MOOC)» το οποίο είναι διαθέσιμο για δημόσια χρήση. Το μάθημα καλύπτει βασικές πτυχές και διαφορετικές τεχνολογίες AM, υλικά, παραμέτρους διεργασίας, εργαλεία CAD/CAM και θέματα συντήρησης. Το μάθημα είναι διαθέσιμο για όλους, διαδικτυακά, και οι γνώσεις ελέγχονται μέσω Κουίζ.

<https://versal.com/c/jppgww/3dprism-mooc>

Metals – MachinE Tool Alliance for Skills. Το έργο Metals αφορούσε την προετοιμασία των δεξιοτήτων που απαιτούνται για έναν χειριστή AM στο επίπεδο 5 του EQF. Έχει αναπτυχθεί ένα διαδικτυακό μάθημα το οποίο παρέχει ένα πρόγραμμα σπουδών για 3 διαφορετικούς τομείς. Πρώτον, μαθήματα AM - καλύπτουν όλες τις πτυχές του AM από το σχεδιασμό έως τη μετα-επεξεργασία. Δεύτερον, εκπαιδευτικές μονάδες προσανατολισμένες σε πρακτικά θέματα διεργασιών, στις οποίες παρέχονται απαραίτητες πρακτικές δεξιότητες συμπεριλαμβανομένης συντήρησης. Τρίτον, ενότητες επιχειρηματικότητας στις οποίες καλύπτονται το μάρκετινγκ, η ηγεσία και άλλες πτυχές. Η εξέταση πραγματοποιείται μέσω ενός διαδικτυακού διαγωνίσματος από το οποίο το 80% των απαντήσεων πρέπει να είναι σωστές.

3DP – Training in 3D Printing to Foster EU Innovation & Creativity - Εκπαίδευση στην τρισδιάστατη εκτύπωση για την προώθηση της καινοτομίας και της δημιουργικότητας της ΕΕ

Αυτή η ευρωπαϊκή πρωτοβουλία έχει παράσχει γραπτές κατευθυντήριες γραμμές για θέματα σύντομων μαθημάτων, κατευθυντήριες γραμμές για εκπαιδευτές, προγράμματα μαθημάτων και περιπτώσιολογικές μελέτες,

προκειμένου να βελτιώσει επιτυχώς τις δεξιότητες των μαθητών. Επιπλέον, έχει αναπτυχθεί μια πλατφόρμα ηλεκτρονικής μάθησης για τρισδιάστατη εκτύπωση, η οποία είναι διαθέσιμη σε 6 γλώσσες.

<https://3d-p.eu/>

CLLAIM – Creating Knowledge and Skills in AM - Δημιουργία Γνώσης και Δεξιοτήτων στο AM– τρέχει αυτήν τη στιγμή

Το CLLAIM ασχολείται με την ανάπτυξη ενός συστήματος πιστοποίησης AM με τη δημιουργία ενός φορέα πιστοποίησης, διαφορετικών προσόντων για διαφορετικούς ρόλους, καινοτόμων εκπαιδευτικών πακέτων, μοντέλων αναγνώρισης προηγούμενης μάθησης (RPL) και ενός παιδαγωγικού σετ εργαλείων για εκπαιδευτές που επικεντρώνονται σε μεθοδολογίες μάθησης μέσω πρακτικής εργασίας.

<http://claimprojectam.eu/>

PAM2 – Precision Additive Metal Manufacturing - τρέχει αυτήν τη στιγμή

Το PAM 2 στοχεύει στη δραστική βελτίωση της ακρίβειας των διεργασιών AM μετάλλων αντιμετωπίζοντας τις αρχές της ευρωστίας, της προβλεψιμότητας και της μετρολογίας, μέσω της ανάπτυξης μεθόδων CAE που ενισχύουν-ενδυναμώνουν το σχεδιασμό για AM, αντί να τον περιορίζουν. Στα αποτελέσματα του έργου συγκαταλέγονται μεγάλος αριθμός ερευνητικών δημοσιεύσεων, καθώς εξετάζει 15 διασυνδεδεμένα ερευνητικά έργα για Ερευνητές Πρώιμου Σταδίου. Επιπλέον, έχει αναπτυχθεί μια σειρά YouTube για να καθοδηγήσει τους ενδιαφερόμενους στις απαραίτητες διαδικασίες μοντελοποίησης που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της τοπολογικής βελτιστοποίησης για AM.

<https://pam2.eu/>

Έργα EIT Manufacturing:

EIT-AddManu: Το EIT-AddManu θα αναπτύξει ένα διαδικτυακό «AM Teaching Factory» στο οποίο θα παρέχονται πακέτα μάθησης - learning nuggets για τη διδασκαλία AM στην τριτοβάθμια ακαδημαϊκή και στη βιομηχανική εκπαίδευση. Η πλατφόρμα θα περιλαμβάνει εργαλεία σχεδιασμού, έλεγχο κατάλληλων συστημάτων AM και επιλογή του σωστού υλικού για ένα προϊόν. <https://eitmanufacturing.eu/additive-manufacturing-teaching-factory/>

LILIAM: lifelong learning in Additive Manufacturing - δια βίου μάθηση στο AM – τρέχει αυτήν τη στιγμή. Το LILIAM στοχεύει να αναπτύξει ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα εκπαίδευσης για διαφορετικά επαγγελματικά προφίλ, συμπεριλαμβανομένων ειδικών, μηχανικών και διευθυντών, στον τομέα του AM. Οι εκπαιδευτικές ενότητες, οι οποίες θα συνδυάζουν παραδοσιακές και καινοτόμες προσεγγίσεις διδασκαλίας, σχεδιάζονται από ένα διεθνές δίκτυο συνεργατών από 8 ευρωπαϊκές χώρες που συντονίζεται από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Politecnico di Milano. <https://www.liliam-project.polimi.it/>

4 Λειτουργική κατευθυντήρια γραμμή SAM για το περιεχόμενο- μαθησιακά πλαίσια και τα εκπαιδευτικά εργαλεία

4.1 Παραδείγματα μαθησιακών πλαισίων και εργαλείων από εταιρείες του SAM

Για να δώσουμε κάποια εικόνα για το πώς τα μαθησιακά πλαίσια και εργαλεία ενσωματώνονται στην εκπαιδευτική κατάρτιση, θα δοθούν εδώ δύο παραδείγματα.

4.1.1 LORTEK

4.1.1.1 Εισαγωγή

Από το 2018, το Lortek και Goierrri Eskola προσφέρει Master στο AM. Το Lortek είναι ένα ιδιωτικό τεχνολογικό κέντρο και μέλος της Basque Research & Technology Alliance (BRTA). Το κέντρο εξειδικεύεται σε διεργασίες συγκόλλησης. Το Goierrri Eskola είναι ένα πλουραλιστικό και συμμετοχικό εκπαιδευτικό κέντρο που απευθύνεται σε μαθητές που έχουν ολοκληρώσει την υποχρεωτική εκπαίδευση στην Ισπανία. Το μεταπτυχιακό πρόγραμμα απευθύνεται σε πτυχιούχους μηχανολόγους μηχανικούς και τεχνικούς μηχανικούς. Απευθύνεται επίσης σε πτυχιούχους φυσικής και χημικής μηχανικής με άδεια. Επιπλέον, τεχνικοί με εργασιακή εμπειρία τριών ετών και άνω θα γίνονται δεκτοί μετά από προσεκτική εξέταση γνώσεων (Αναγνώριση Προηγούμενης Μάθησης (RPL)). Το μάθημα διαρκεί 1165 ώρες, χωρίζεται σε δώδεκα ενότητες και διαρκεί ένα πλήρες εξάμηνο. Επιπροσθέτως, προσφέρεται ένα σύντομο μάθημα στο οποίο δεν απαιτείται η συγγραφή διατριβής. Δικτυακός τόπος: <https://www.mondragon.edu/cursos/es/tematicas/ingenieria-mecanica-procesos-fabricacion/master-en-fabricacion-aditiva-industrial>.

4.1.1.2 Διαλέξεις

Η διδασκαλία πραγματοποιείται πρόσωπο με πρόσωπο, συμπεριλαμβάνοντας δραστηριότητες διδασκαλίας και κατάρτισης. Κάθε ενότητα χωρίζεται σε εργαστήρια και διδακτικές δραστηριότητες για την ενίσχυση των πρακτικών μαθησιακών ικανοτήτων. Στις διάφορες ενότητες, διδάσκονται διαφορετικές πτυχές του AM με έντονη εστίαση στην πρακτική προσέγγιση και σε διεργασίες AM για μεταλλικά υλικά. Όλες οι διαφορετικές ενότητες μπορούν να θεωρηθούν ως μονάδες ικανοτήτων που θα μπορούσαν επίσης να διδαχθούν μεμονωμένα. Η αρχική φάση διαρκεί 265 ώρες.

- M1 – Εισαγωγή στο AM και οικονομικές πτυχές (PDF)
- M2 – Διαφορετικές τεχνολογίες AM (PDF και επίδειξη)
- M3 – Σχεδιαστικά στοιχεία, στοιχεία και εργαλεία (Λογισμικό)
- M4 – Ανάπτυξη μεταλλικών προϊόντων για AM: τύποι υλικών, επεξεργασία και βελτιστοποίηση (PDF)
- M5 – AM για πολυμερή και ανάπτυξη προϊόντων: τύποι υλικών, τεχνικές επεξεργασίας και βελτιστοποίηση (PDF)
- M6 – Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων με χρήση AM – ελαττώματα και μετεπεξεργασία (PDF και πρακτική)
- M7 – Κατασκευή προϊόντων από πολυμερή με χρήση AM – ελαττώματα και μετεπεξεργασία (PDF και πρακτική)
- M8 – Άλλα υλικά (PDF)
- M9 – Βιομηχανοποίηση της αλυσίδας διεργασιών AM (PDF)
- M10 – Πρακτικές δραστηριότητες (Πρακτικές Goierrri και Lortek)
- M11 – Μεταπτυχιακή διατριβή

Σύντομα μαθήματα ή μονάδες ικανοτήτων θα είναι διαθέσιμα, τα οποία θα στοχεύουν στην παροχή στοχευμένης εκπαίδευσης σε έναν συγκεκριμένο τομέα του AM. Τα ακόλουθα σύντομα μαθήματα είναι διαθέσιμα:

- Χρήση AM σε διεργασίες χύτευσης 12 ώρες
- AM για πλαστικά και σύνθετα υλικά για επαγγελματίες 12 ώρες
- AM για μέταλλα για επαγγελματίες 18 ώρες
- Σχεδιασμός για AM για επαγγελματίες 30 ώρες

4.1.1.3 Περιπτώσιολογικές μελέτες

Κατά τη διάρκεια του εξαμήνου, οι φοιτητές έχουν στη διάθεσή τους έξι μήνες για να αναπτύξουν ένα προϊόν για το οποίο θα δοθούν οι βασικές απαιτήσεις και η περιγραφή των απαραίτητων χαρακτηριστικών του (μάθηση βάσει εργασίας). Το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας είναι ο επανασχεδιασμός ενός προϊόντος και η ανάλυση όλης της αλυσίδας των διαδικασιών που απαιτούνται για την παραγωγή του. Οι μαθητές θα αξιολογήσουν τις οικονομικές πτυχές καθώς και λεπτομέρειες αναφορικά με την παραγωγή και τον σχεδιασμό και επιπλέον θα επιλέξουν τεχνολογία AM και υλικό για την παραγωγή του. Το αποτέλεσμα είναι μια αναφορά 70/80 σελίδων στην οποία έχουν εξηγηθεί ο λόγος και τα βήματα της ανάπτυξης του προϊόντος. Κάθε χρόνο επιλέγεται ένα νέο εξάρτημα-προϊόν. Η διάρκεια της περιπτώσιολογικής μελέτης έχει οριστεί στις 400 ώρες.



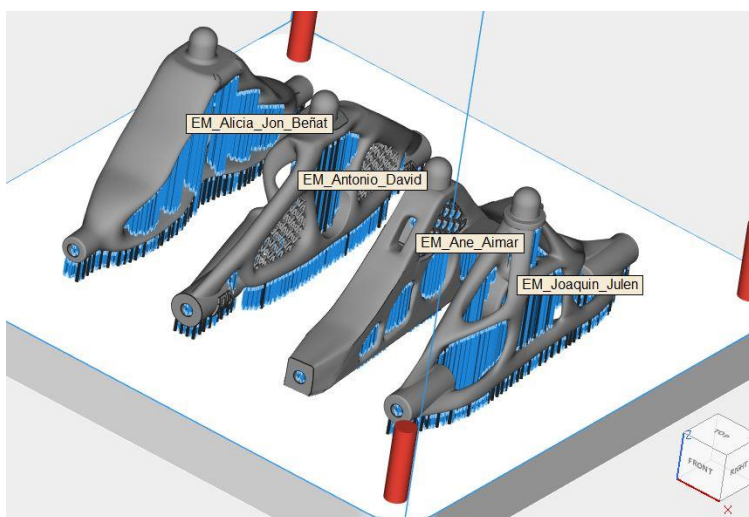
Εικόνα 7: Αρχικοί βραχίονες drone που πρόκειται να επανασχεδιαστούν



Εικόνα8: Drone επανασχεδιασμένο από φοιτητές στο μεταπτυχιακό μάθημα AM

Το πλήρες μάθημα περιλαμβάνει τη συγγραφή μεταπτυχιακής διατριβής για την οποία έχουν προβλεφθεί 500 ώρες και θα διαρκέσει τρεις μήνες. Η εργασία του μεταπτυχιακού θα πρέπει ιδανικά να αναπτυχθεί από τον μεταπτυχιακό φοιτητή σε συνδυασμό με την τρέχουσα εταιρεία στην οποία εργάζεται (κατά προτίμηση σε μια RTO ή μια βιομηχανική εταιρεία). Αυτό διασφαλίζει ότι υπάρχει εγγύτητα με ένα πραγματικό περιβάλλον εργασίας. Για την ολοκλήρωση των μαθημάτων, των εργασιών και της μεταπτυχιακής εργασίας, οι φοιτητές ενθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν λογισμικό τελευταίας τεχνολογίας, που είναι άμεσα διαθέσιμο, προκειμένου να εξοικειωθούν με αυτό. Τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται είναι τα ακόλουθα (2020):

- Πλατφόρμα επιλογής υλικού GRANTA EduPack SW από την GRANTA
- Πλατφόρμα 3DExperince
- Ειδικό λογισμικό σχεδιασμού (SOLIDWORKS, CATIA)
- Βελτιστοποίηση τοπολογίας (Altair INSPIRE)
- Προσομοίωση FEM (Dassault Systemes ABAQUS)
- Edition (Markforged EIGER, Materialize Magic)



Εικόνα 9: Διαφορετικά σχέδια αξόνων skateboard

4.1.1.4 «Σοβαρά παιχνίδια»

Καθώς το μάθημα απευθύνεται σε φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, τα «σοβαρά παιχνίδια» δεν αποτελούν μέρος του διδακτικού περιβάλλοντος. Ωστόσο, οι μαθητές ενθαρρύνονται να κατεβάσουν την εφαρμογή AM-Motion για να δοκιμάσουν τις γνώσεις τους στο AM.

4.1.1.5 Teaching Factory

Το Lortek ή το Goierri Eskola δεν θεωρούνται teaching factories. Ωστόσο, το δίκτυο μεταξύ βιομηχανικών εταιριών, ερευνητικών οργανισμών (Lortek) και του Goierri (Πανεπιστήμιο) καθώς και η εστίαση σε βιομηχανικά έργα μπορούν να θεωρηθούν teaching factories.

4.1.1.6 Επαυξημένη πραγματικότητα

Η επαυξημένη πραγματικότητα δεν εφαρμόζεται επί του παρόντος κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού προγράμματος για AM. Εξετάζεται η ανάπτυξη προσομοίωσης συγκολλήσεων, ωστόσο αυτή τη στιγμή όλες οι πρακτικές στη συγκόλληση πραγματοποιούνται με παραδοσιακό τρόπο.

4.1.2 LZH Laser Akademie GmbH

4.1.2.1 Εκπαιδευτικό μάθημα: Ειδικός Διεργασιών AM – Μεταλλικά Υλικά

Η LZH Laser Akademie GmbH είναι ένα από τα κορυφαία εκπαιδευτικά κέντρα για εφαρμοσμένη τεχνολογία λέιζερ στη Γερμανία.

Μαζί με την SLV Hannover, η LZH Laser Akademie ήταν το πρώτο ίδρυμα στη Γερμανία που προσέφερε ένα νέο πιστοποιημένο προχωρημένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα με τίτλο "Ειδικός στο AM – Μεταλλικά Υλικά" από το 2016. Η διάρκεια του μαθήματος είναι μία εβδομάδα και ολοκληρώνεται με εξέταση.

Η προχωρημένη εκπαίδευση για να γίνει κανείς Specialist for Additive Manufacturing Processes – Metal απευθύνεται σε άτομα με επίπεδο επάρκειας μηχανικού και χειριστή. Απευθύνεται σε εξειδικευμένους εργάτες, τεχνίτες και τεχνικούς που είναι ή θα είναι υπεύθυνοι για τη λειτουργία συστημάτων selective laser beam melting και συνιστάται επίσης σε μηχανικούς, σχεδιαστές και διευθυντές παραγωγής που επιθυμούν να αποκτήσουν βασική και ολοκληρωμένη γνώση των πιθανών εφαρμογών του στην παραγωγή.

Το μάθημα μεταδίδει ολοκληρωμένη γνώση των αρχών της διεργασίας και των παραμέτρων της, καθώς και των επιμέρους βημάτων όλων των σταδίων για την παραγωγή μεταλλικών εξαρτημάτων με AM.

Περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες στη γερμανική ιστοσελίδα της LZH Laser Akademie: <https://www.lzh-laser-akademie.de/de/seminare/lasermaterialbearbeitung/fachkraft-fuer-additive-fertigungsverfahren-metall/>

Δομή του μαθήματος:

Τα μαθήματα διαρκούν 40 ώρες συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης και διενεργείται με πλήρη απασχόληση εντός πέντε ημερών.

Το μάθημα πραγματοποιείται ως εκπαίδευση πρόσωπο με πρόσωπο σε τάξη και εργαστήριο. Τα μαθήματα εξηγούνται από ειδικούς και χωρίζονται σε θεωρητικές και πρακτικές ενότητες.

Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται στην τάξη είναι ένας συνδυασμός διαλέξεων που υποστηρίζονται από παρουσιάσεις και περιπτωσιολογικές μελέτες για τη διδασκαλία της θεωρητικής βάσης και την εμβάθυνση σε αυτή. Η πρακτική εκπαίδευση διαρκεί περίπου το ήμισυ της διάρκειας του μαθήματος (~17,6 ώρες) και λαμβάνει χώρα ως συνδυασμός επίδειξης στο εργαστήριο-εργοστάσιο και συμπεριλαμβάνει και πρακτικές ενότητες, που βασίζονται και εμβαθύνουν σε αντικείμενα που διδάχθηκαν στις θεωρητικές ενότητες. Αυτή η διαδικασία δίνει τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να δοκιμάσουν τις αποκτηθείσες θεωρητικές γνώσεις στην πράξη, με την βοήθεια καθοδήγησης.

Ο συνδυασμός διαλέξεων, περιπτωσιολογικών μελετών, πρακτικής και θεωρητικής εκπαίδευσης είναι ιδανικός για τη μεταφορά γνώσεων αναφορικά με: χειρισμό λογισμικού για προετοιμασία εξαρτημάτων και εργασιών, προετοιμασία μηχανών, εκκίνηση και παρακολούθηση εργασιών παραγωγής, αφαίρεση και μετα-επεξεργασία εξαρτημάτων μετά την ολοκλήρωση της εκτύπωσης, διασφάλιση προσόντων/επιθεώρηση εξαρτημάτων.

Στόχος γνώσεων και δεξιοτήτων:

- Γενικές γνώσεις σχετικά με τις διεργασίες και υλικά AM (όλα τα υλικά)
- Λεπτομερείς γνώσεις για τις διεργασίες AM μεταλλικών υλικών
- Λεπτομερείς γνώσεις σχετικά με τις διαδικασίες PBF-LB και DED-LB (υλικά, συστήματα μηχανών, λογισμικό, μεταεπεξεργασία, εκτέλεση εργασιών κατασκευής με πλήρη αλυσίδα διεργασιών από τους συμμετέχοντες)
- Με το σεμινάριο χειριστή αποκομίζεται βαθιά γνώση για τις διεργασίες AM για μεταλλικά υλικά. Η εκπαίδευση για μηχανικούς και προχωρημένους χειριστές στοχεύει στην απόκτηση βασικών γνώσεων σχετικά με τις διεργασίες AM και προχωρημένη γνώση για τις διεργασίες AM για μεταλλικά υλικά καθώς και εμπειρία στη διεξαγωγή διεργασιών PBF-LB (διαδικασίες, αιτίες σφαλμάτων και μέθοδοι αποφυγής/διόρθωσης).

Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση γίνεται την 5^η ημέρα και περιλαμβάνει γραπτές και προφορικές εξετάσεις. Με την επιτυχία στις εξετάσεις αποκτάται το πιστοποιητικό «Ειδικός για διεργασίες AM - Μεταλλικά υλικά».

Εκτίμηση:

Για το κλείσιμο του σεμιναρίου, η αξιολόγηση της εκπαίδευσης γίνεται με ανώνυμο ερωτηματολόγιο.

4.1.3 Irish Manufacturing Research (IMR)

4.1.3.1 Επαυξημένη πραγματικότητα

Η IMR έχει αναπτύξει μαζί με άλλες 9 εταιρείες ένα εργαλείο επαυξημένης πραγματικότητας που ονομάζεται XR-adapt. Αυτό το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση του προσωπικού.



Έχουν γίνει τεράστιες εξελίξεις στις ψηφιακές οθόνες, την επεξεργασία εικόνας, την ανίχνευση κίνησης, την όραση μηχανών και την παρακολούθηση αντικειμένων. Όλες αυτές οι συνδυασμένες τεχνικές εξελίξεις είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλαπλών, ευρέως ικανών και υψηλής ακρίβειας XR, με πολύ χαμηλότερο κόστος.

Η κοινότητα των δημιουργών ψηφιακού περιεχομένου και χρηστών XR έχει επίσης αυξηθεί με εκθετικό ρυθμό. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία πολλών παρόχων λογισμικού και υλικού, μια πολύ μεγαλύτερη αγορά, νέες επενδύσεις και σε μεγάλο βαθμό απλουστευμένες μέθοδοι ανάπτυξης λογισμικού.

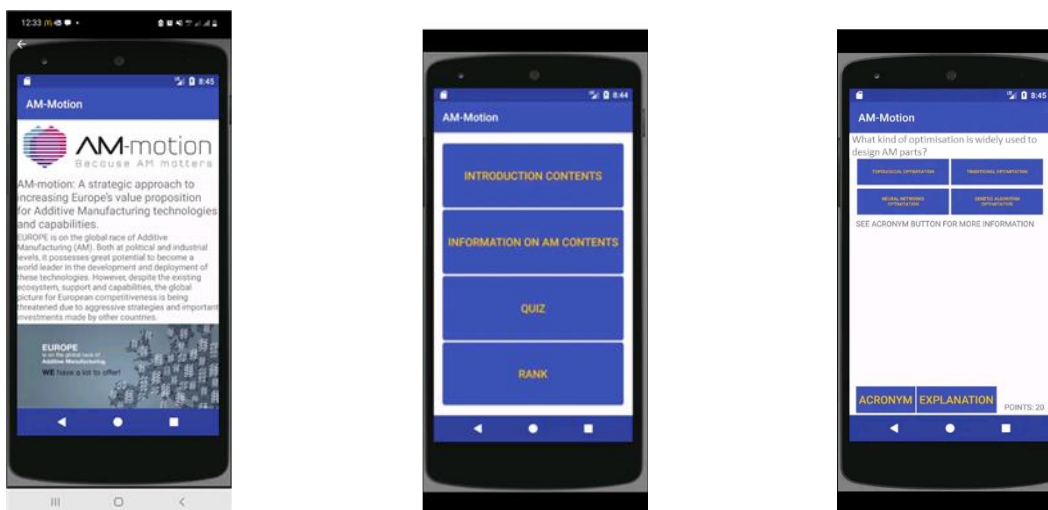
Μια εταιρεία αντιμετωπίζει πολλαπλές προκλήσεις υιοθετώντας την τεχνολογία XR. Σε ένα ταχέως μεταβαλλόμενο τοπίο παρόχων που συμμετέχουν και εγκαταλείπουν το χώρο, πολλά νέα μοντέλα και αναβαθμίσεις τόσο σε προϊόντα όσο και σε λογισμικά, οι εταιρείες δεν διαθέτουν τους πόρους για να αξιολογήσουν πολλές από αυτές τις επιλογές ούτε να αποκτήσουν την απαραίτητη εμπειρία για να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις.

Παρά τα παραπάνω, η τεχνολογία XR έχει αποδειχθεί ότι προσφέρει τεράστια αξία σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Το XR-Adopt είναι μια συνεργασία 9 εταιρειών, οι οποίες μοιράζονται δύσκολες περιπτώσεις χρήσης στις οποίες το XR προσφέρει μια οικονομικά αποδοτική λύση. Τα αποτελέσματα ισχύουν για σημαντικό ποσοστό της ιρλανδικής βιομηχανίας.

4.1.4 IDONIAL

4.1.4.1 Serious Games - «Σοβαρά παιχνίδια»

Η Idonial αναπτύσσει την εφαρμογή AM-Motion που περιλαμβάνει ένα κουίζ που επιτρέπει τη δοκιμή των γνώσεων των χρηστών στο AM. Η Εικόνα 10 δείχνει μερικά στιγμιότυπα της εφαρμογής και ένα παράδειγμα του κουίζ.



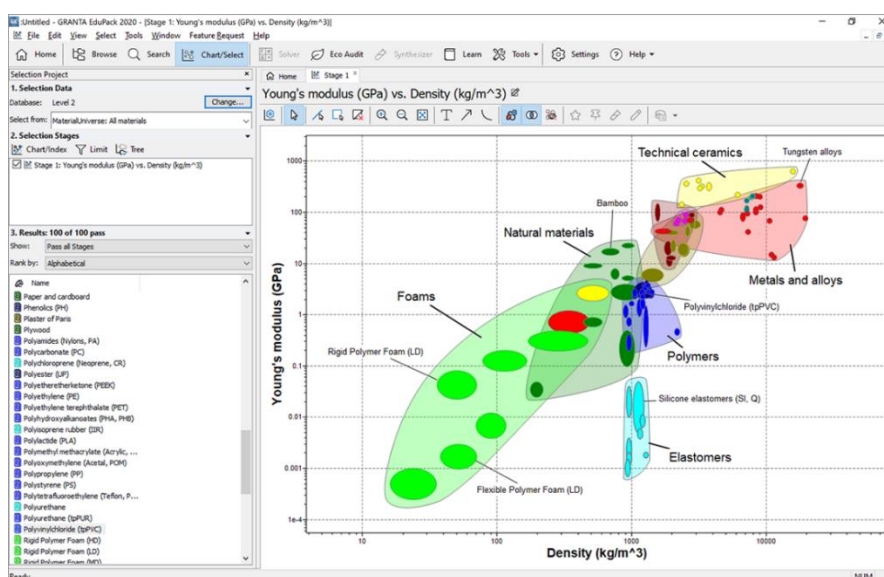
Εικόνα 10: Στιγμιότυπα οθόνης της εφαρμογής AM-Motion που αναπτύχθηκε από την Idonial.

4.1.5 Εκπαιδευτικό Λογισμικό - Granta EduPack

Το GRANTA EduPack είναι ένα μοναδικό σύνολο διδακτικών πόρων και λογισμικού που υποστηρίζει την Εκπαίδευση Υλικών σε θέματα Μηχανικής, Σχεδιασμού, Επιστήμης, Βιώσιμης Ανάπτυξης και AM. Παρέχει μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων υλικών και πληροφοριών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένου του AM, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων (διαγράμματα Ashby), μια σειρά από υποστηρικτικούς πόρους: π.χ. διαλέξεις, εργασίες και ασκήσεις. Το GRANTA EduPack χωρίζεται σε τρία επίπεδα, έτσι ώστε οι μαθητές να έχουν πρόσβαση σε ένα κατάλληλο επίπεδο πληροφοριών καθώς προχωρούν με τις σπουδές τους, δηλαδή από το προπανεπιστημιακό επίπεδο έως το μεταπτυχιακό. Χρησιμοποιείται σε πολλές διαφορετικές περιστάσεις για διδακτικό υλικό που σχετίζεται με το AM: μερικές φορές σε εργαστήρια υπολογιστών, άλλες σε αυτοκατευθυνόμενες μελέτες

χρησιμοποιώντας το φορητό υπολογιστή ενός μαθητή. Μπορεί να ενσωματωθεί θεμελιωδώς στα προγράμματα σπουδών και αποτελεί ένα ουσιαστικό εργαλείο για τους μαθητές κάθε χρόνο. Επίσης, μπορεί απλώς να χρησιμοποιηθεί ως πηγή δεδομένων και μέσο δημιουργίας διαλέξεων με σαφή και ελκυστικά γραφήματα για την απεικόνιση των εννοιών.

Στο λογισμικό, υπάρχουν ιδέες σχετικά με τον τρόπο χρήσης της βάσης δεδομένων, στοιχείων για την απεικόνιση των τάσεων και των σχέσεων μεταξύ των ιδιοτήτων του περιοδικού πίνακα, πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλά γραφήματα, όπως μέτρο ελαστικότητας συναρτήσει της πυκνότητας, για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τις διαφορετικές οικογένειες υλικών και πως σχετίζονται οι ιδιότητές τους. Οι μαθητές μπορούν να κάνουν κλικ στις «Σημειώσεις Επιστημών» που εξηγούν τη θεωρία και περιλαμβάνουν αναφορές σε κείμενα. Θέματα όπως Διαγράμματα Φάσεων και Κρυσταλλογραφία μπορούν να καλυφθούν χρησιμοποιώντας διαδραστικά εργαλεία στη νέα έκδοση MS&E του GRANTA EduPack. Η θερμική επεξεργασία και άλλοι τρόποι μεταβολής των ιδιοτήτων των υλικών απεικονίζονται με κατανοητό και προσβάσιμο τρόπο.



Εικόνα 11: Στιγμιότυπο του Granta EduPack

Πολλές διδακτικές προσεγγίσεις είναι εφαρμόσιμες κατά τη χρήση του λογισμικού Granta EduPack για διδασκαλία και εκμάθηση σχετικά με υλικά με αυξανόμενη βαρύτητα σε υλικά και διεργασίες AM:

Μια προσέγγιση με γνώμονα το σχεδιασμό: Σε αυτήν την προσέγγιση, ο μαθητής ξεκινά με μια πρόκληση σχεδιασμού. Το λογισμικό επιτρέπει στους μαθητές να προσδιορίζουν τις οικογένειες υλικών που ανταποκρίνονται καλύτερα στις εκάστοτε απαιτήσεις. Στη συνέχεια, μπορούν να εξερευνήσουν γιατί διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετική απόδοση, εμβαθύνοντας στους πόρους πληροφοριών του EduPack για να μάθουν περισσότερα για την υποκείμενη επιστήμη.

Διδασκαλία στην τάξη: Διατίθενται έτοιμες διαλέξεις PowerPoint και σχετικά φυλλάδια ασκήσεων. Μπορούν να δημιουργηθούν προσαρμοσμένα γραφήματα ιδιοτήτων υλικών και να αντιγραφούν στο PowerPoint ή να αποθηκευτούν ως αρχείο και να ανοίξουν μέσα στο λογισμικό, ώστε να μπορείτε να σχολιάσετε το γράφημα σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της διάλεξής σας. Το λογισμικό χρησιμοποιείται επίσης ως βάση για σύντομες, πρακτικές ασκήσεις μαθητών κατά τη διάρκεια των συνεδριών στην τάξη ή ως «εργασία για το σπίτι». Οι διδακτικοί

πόροι του EduPack παρέχουν επίσης τέτοιες ασκήσεις. Οι μαθητές μπορούν να διερευνήσουν υλικό και να δημιουργήσουν αναφορές ή αφίσες για να αποδείξουν τη μάθησή τους.

Μάθηση βάσει έργου: υποστήριξη για φοιτητικές εργασίες, τόσο ως μια περιεκτική πηγή πληροφοριών όσο και με τη χρήση της επιλογής υλικών, του Eco Audit και άλλων εργαλείων μοντελοποίησης για την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με υλικά. Αυτές οι εργασίες θα μπορούσαν να είναι οτιδήποτε, από σύντομες ασκήσεις σε ένα εισαγωγικό μάθημα (παραδείγματα παρέχονται στους διδακτικούς πόρους GRANTA EduPack) έως εκτεταμένες εργασίες σχεδιασμού τελευταίου έτους ή ακόμα και ερευνητικές εργασίες επιπέδου master (χρησιμοποιώντας σε βάθος τα δεδομένα της βάσης EduPack Level 3).

Εκμάθηση βασισμένη στην επίλυση προβλημάτων: Καθώς οι μαθητές χρησιμοποιούν το λογισμικό για να λύσουν προβλήματα σχεδιασμού ή υλικών, μπορούν εύκολα να «εξετάσουν» πληροφορίες που εξηγούν τις μηχανικές και επιστημονικές αρχές πίσω από τις ιδιότητες και τα υλικά που ερευνούν. Αυτή η δυνατότητα είναι κατάλληλη για προσεγγίσεις που βασίζονται σε προβλήματα, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να διευρύνουν τις γνώσεις τους στο θέμα διερευνώντας ζητήματα και έννοιες που προκύπτουν καθώς αντιμετωπίζουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.

Αυτοδιδασκαλία: Οι άδειες εγγραφής και άδειες για χρήση σε όλο το πανεπιστήμιο του GRANTA EduPack, για όλη την Ευρώπη, επιτρέπουν σε κάθε μαθητή που συμμετέχει στο μάθημα να εγκαταστήσει το λογισμικό στον δικό του φορητό ή προσωπικό υπολογιστή. Αυτό σημαίνει ότι το GRANTA EduPack μπορεί να είναι ένα ισχυρό βοήθημα για την εξ αποστάσεως εκπαίδευση και άλλα μαθήματα που απαιτούν από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν ένα σημαντικό μέρος της μάθησής τους εξ αποστάσεως ή στον δικό τους χρόνο. Παρέχονται εκτενείς πόροι για σπουδαστές, συμπεριλαμβανομένων φυλλαδίων, γλωσσαρίων και περιπτωσιολογικών μελετών «Μάθε Μόνος σου- Teach Yourself».

4.2 Μετα-ανάλυση πιλοτικών μελετών και ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο έργο SAM

4.2.1 Πιλοτικές μελέτες

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, διάφορα πιλοτικά μαθήματα για επαγγελματίες επανασχεδιάστηκαν ή εισήχθησαν κατά τη διάρκεια του έργου SAM. Αυτή η ενότητα εξετάζει την ενσωμάτωση των προαναφερθέντων μαθησιακών πλαισίων και εργαλείων που παρατίθενται εδώ και βοηθούν στην κατανόηση του ποιο από αυτά έχει χρησιμοποιηθεί με μεγαλύτερη επιτυχία σε σχέση με άλλα. Καθώς η κρίση του COVID 19 άρχισε ακριβώς στην αρχή της πιλοτικής φάσης, η πλειονότητα των πιλοτικών μαθημάτων παραδόθηκαν ως διαδικτυακά μαθήματα. Τα μέλη δήλωσαν ότι τα μαθήματα αυτά, υπό «κανονικές» συνθήκες, θα είχαν παραδοθεί ως θεωρητικό και ως πρακτικό μάθημα. Κατά το 1ο και 2ο στάδιο των πιλοτικών μαθημάτων διεξήχθησαν 29 πιλοτικά μαθήματα, που αντιστοιχούν σε 17 στο πρώτο και 12 στο δεύτερο στάδιο, αντίστοιχα. Για το πρώτο στάδιο, οι 12 CU που ολοκληρώνουν το Επαγγελματικό Προφίλ Μηχανικού Διεργασιών υλοποιήθηκαν από τους συνεργάτες του SAM. Υπήρξε ομοιόμορφη κατανομή μεταξύ της υλοποίησης των διαφόρων CU από τους εταίρους. Επιπρόσθετα, διδάχθηκαν 3 CU υλικών και 2 CU που αντιστοιχούν στο επαγγελματικό προφίλ του σχεδιαστή AM για μεταλλικά υλικά. Οι παρακάτω εταίροι οργάνωσαν και υλοποίησαν αυτές τις 17 πιλοτικές δραστηριότητες στο πρώτο στάδιο: LORTEK, ANSYS GRANTA, AITIIIP, FA, IMR, LMD, EC Nantes, MTC, POLIMI, ISQ, UBRUN, EPMA, IDONIAL. Συνολικά 732 μαθητές συμμετείχαν σε αυτό το αρχικό πιλοτικό στάδιο.

Από αυτές τις πιλοτικές δραστηριότητες υλοποίησης, καταγράφηκαν λεπτομερείς πληροφορίες όσον αφορά το εκπαιδευτικό πλαίσιο και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές από αυτές τις πιλοτικές δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν κατά το πρώτο εξάμηνο του 2020, όπου επικρατούσε γενικό lockdown στις ευρωπαϊκές χώρες.

Η ανάλυση ως προς τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία μάθησης και τα πλαίσια επαναλήφθηκε για τον δεύτερο γύρο πιλοτικών μελετών. Σε αυτήν την περίπτωση, 10 πιλοτικές δραστηριότητες ολοκληρώθηκαν από διαφορετικούς εταίρους, συμπεριλαμβανομένων των UBRUN, ISQ, MTC, LAK, LMS, FA, AITIP, IDONIAL, ECNANTES, POLIMI, LORTEK και IMR. Συνολικά, 261 μαθητές συμμετείχαν σε αυτό το δεύτερο στάδιο. Σε αυτήν την περίπτωση, επιλέχθηκαν οι νέες CU που δημιουργήθηκαν για το επαγγελματικό προφίλ Σχεδιαστής AM για Πολυμερή Υλικά - Professional Profile Designer for Polymers καθώς και δύο νέες μονάδες ικανοτήτων σχετικά με την πιστοποίηση και την τυποποίηση και την επιχειρηματικότητα.

| Competence Unit | Organizer |
|---|-------------------------|
| CU 00: Additive manufacturing Process Overview | Lortek (support Granta) |
| CU 01: DED-Arc Process | AITIP |
| CU 08: DED-LB Process | FA |
| CU 15: PBF-LB Process | IMR |
| CU 25: Post Processing | LMS |
| CU 34: Process selection | EC Nantes |
| CU 35: Metal AM integration | AITIP |
| CU 36: Coordination activities | MTC |
| CU 43: Production of PBF-LB parts | POLIMI |
| CU 44: Conformity of PBF-LB parts | POLIMI |
| CU 45: Conformity of facilities featuring PBF-LB | ISQ |
| CU 26: Introduction to materials (optional) | UBRUN/Granta |
| CU 27: AM with steels feedstock (excluding Stainless Steel) | EPMA |
| CU 30: AM with Nickel feedstock | EPMA |
| CU 33: AM with Titanium feedstock | Lortek |
| CU61 (should be done if possible): Simulation Analysis | Idonial |
| CU62: Simulation Execution | Granta |

| Competence Unit | Organizer | Mode of training |
|---|--------------------------------|------------------|
| CU 65 - Overview on polymer materials and properties | UBRUN (support Granta) | |
| CU 65 - Overview on polymer materials and properties | ISQ | |
| CU 66 - Designing Polymers AM Parts | MTC (support: AITIP) | |
| CU 67 - Post Processing for Polymers | LAK | |
| CU 68 - Design for Material Extrusion | LMS | |
| CU 68 - Design for Material Extrusion | FA | |
| CU 69 - Design for PBF Polymer | LMS (support: AITIP & IDONIAL) | |
| CU 64 - Business for Additive Manufacturing | EC Nantes (support: POLIMI) | |
| CU 63 - Certification, Qualification and Standardisation in | LORTEK | |
| CU 63 - Certification, Qualification and Standardisation in | IMR (support: MTC) | |

D3.3 Operational guide line on context and training tools

| Competence Unit | Organizer | Mode of training | Participants (including number of attendances, age range, profession, etc) | Training tool kits | | | |
|--|-------------------------|------------------|--|--|---|---|---|
| | | | | Training context Description of the context used in training (e.g. classroom, Lab, etc) | Training tools Description of the training tools (e.g. lecturing, project, case study, etc) | Practical exercises (if it is used) | Restrictions & Difficulties Description of any limitation preventing to use specific training tool technologies, it is very difficult to provide practical tools as most companies have maybe only a few in-house. |
| CU 00: Additive manufacturing Process Overview | Lortek (support Granta) | presential | 16 Participants, 20-35 age range, 3 Women, 13 | Classroom teaching over a few days. | The pilot was carried out by several experts in their area of expertise. The presentations were given in form of lecturing. | Practical exercises were only performed in terms of showing parts manufactured in the different (if applicable) technologies. | |
| CU 01: DED-Arc Process | AITIP | presential | 18 Participants, 26-40 age range, 5 Women, 13 | Classroom teaching over 5 days. | Presentations, peer instruction, KRAKEN example (AITIP development) and real cases discussion (LBP) were used | Videos and practical explanations were used to increase the involvement of the students in the training. | This CU is very long and was complicated to students to maintain focused all the training. |
| CU 08: DED-LB Process | FA | Online | 11 Participants, five < 26 age range, three: 26-35 age range, 2 Women, 6 Men, at Portugal all | 3 days online course | Lecturing | No | the duration of the course per day and some changes that were performed due to COVID-19. |
| CU 15: PBF-LB Process | IMR | Online | 60 Participants 95% of participants were male. 53% were between the ages of 26 and 35. 50% of all attendees were working in the Health Industry. 95% of attendees had a Bachelor's or Master's degree. | 4 days online course | Lecturing | No | Due to COVID 19 The course was too theory heavy and this is not relevant to industry where expertise in practice is vital. Contact was also limited because of current restrictions preventing face-to-face. Online content should be reviewed multiple times to reinforce theory. |
| CU 25: Post Processing | LMS | on line | 21 participants, 26-35 age range, students and professionals, 1 at Belgium, 4 at Greece, 3 at Portugal, 3 at India, 1 at Turkey, and 1 at Nigeria. | On line course separated in 2 days | Lecturing | No | No practical exercise was done due to on line mode of the course |
| CU 34: Process selection | EC Nantes | on line | 13 Master students in industrial engineering - gender: 92% male & 8% female age range: all <35 years old Origin: France, Italy, China, Iran, India | On line classroom | Lecturing - Providing some case studies Hands on experience | Perform cost estimation to compare a traditional manufacturing route (injection molding) with layer manufacturing processes (Stereolithography SL, Fused deposition modelling FDM and Laser sintering LS) in terms of the unit cost for parts made in various quantities. Students were given necessary information to solve a case study including: Assumptions (e.g. AM machines specifications, etc.), The cost model equations, and Requirement for the cost estimation for different AM process including SL, FDM and LS. | Restriction on the use of team working and group discussion activities prevented practicing decision-making skills, mostly for case study analysis. Impossibility to use some practical training tools required to demonstrate the AM technologies and processes |
| CU 35: Metal AM integration | AITIP | presential | 18 Participants, 26-40 age range, 5 Women, 13 | Classroom teaching over 3 days. | Presentations, peer instruction and real cases discussion (LBP) were used | Videos and practical explanations were used to increase the involvement of the students in the training. | The students suggested to use more practical cases and to do shorter sessions. |
| CU 36: Coordination activities | | | 35 participants, 87% male, 13% female. 20%<25 yrs old, 43% 26-35, 33% 36-55, 3%>55 | 10 lecture sessions undertaken in one | Powerpoint presentations supported by | | Powerpoint presentations supported by |

Εικόνα 12: Στοιχεία που συλλέχθηκαν από τις πιλοτικές μελέτες που ολοκληρώθηκαν στο πρώτο στάδιο. Στην κορυφή, ο κατάλογος των CU που εκτελέστηκαν πιλοτικά από διαφορετικούς συνεργάτες του SAM

Γενικά, η θεωρητική διδασκαλία αποτελούνταν από μια γενική ανασκόπηση των εφαρμοζόμενων διαδικασιών, καθώς και από λεπτομερείς πληροφορίες για τις διεργασίες AM, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στο πρακτικό μέρος των πιλοτικών μαθημάτων, οι συμμετέχοντες έπρεπε να δημιουργήσουν ένα προϊόν χρησιμοποιώντας τεχνικές AM. Στα πιλοτικά μαθήματα CU 68 Σχεδιασμός για Material Extrusion και CU 69 – Σχεδιασμός για PBF Πολυμερών Υλικών ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να δημιουργήσουν μια βάση κινητού τηλεφώνου χρησιμοποιώντας AM.

Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης και για να αυξηθεί η αλληλεπίδραση και η αφοσίωση των μαθητών, πραγματοποιήθηκαν ζωντανές δημοσκοπήσεις χρησιμοποιώντας Slido, Kahoot! και άλλες πλατφόρμες για τη βελτίωση της συμμετοχής των μαθητών μέσω διαδικτύου, δίνοντας στους συμμετέχοντες ευκαιρίες να μάθουν περισσότερα, να αυξήσουν την επικοινωνία με τους εκπαιδευτές και να βελτιώσουν τη λήψη αποφάσεων σχετικά με το σχεδιασμό και το φινίρισμα των προϊόντων που δημιουργούνται. Οι δημοσκοπήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στην πρόσωπο με πρόσωπο όσο και στη διαδικτυακή μάθηση.

4.2.2 Συστηματική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε συστηματική ανάλυση με βάση τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο WP3 για την υποστήριξη της υλοποίησης μαθημάτων κατάρτισης AM, προκειμένου να παρακολουθηθεί η ποιότητα των πιλοτικών δραστηριοτήτων και να εξαχθούν συμπεράσματα και να εντοπιστούν πιθανοί τρόποι βελτίωσης. Όλοι οι εταίροι που ηγούνται της υλοποίησης κάθε πιλοτικής δραστηριότητας κλήθηκαν να συμπληρώσουν το επόμενο πρότυπο προκειμένου να ολοκληρωθεί αυτή η συστηματική ανάλυση. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με βάση τις τέσσερις κατηγορίες δεξιοτήτων που αντιμετωπίζονται στο έργο SAM, και συγκεκριμένα: τεχνολογικές, πράσινες, ψηφιακές και επιχειρηματικές.

«Τεχνολογικές δεξιότητες» ορίζονται ως «Ικανότητα εφαρμογής γνώσεων και χρήσης τεχνογνωσίας για την ολοκλήρωση εργασιών και την επίλυση προβλημάτων» [στο πλαίσιο συγκεκριμένων δραστηριοτήτων]» (Προσαρμογή από το CEDEFOP 2008)

<https://www.cedefop.europa.eu/en/projects/validation-non-formal-and-informal-learning/european-inventory/european-inventory-glossary#S>

Παραδείγματα δεξιοτήτων που σχετίζονται με το AM: διεργασίες AM, Αριθμητική μοντελοποίηση, Προσομοίωση, CAPP (Computer Aided Process Planning) για AM, Βελτιστοποίηση τοπολογίας, Σχεδιασμός για AM, Δομική ακεραιότητα, Ανάλυση και χαρακτηρισμός υλικών, Προεπεξεργασία & χειρισμός υλικού, Μετα-επεξεργασία κ.λπ.

*Πηγή: Ζητήθηκε η γνώμη ειδικών στο AM για τον προσδιορισμό της λίστας των τεχνολογικών δεξιοτήτων στο AM. Η λίστα δεν είναι κλειστή και απαιτείται περαιτέρω εκμετάλλευση για τον εντοπισμό συγκεκριμένων τομέων ή/και προφίλ.

«Ψηφιακές δεξιότητες» ορίζονται ως το «εύρος δυνατοτήτων χρήσης ψηφιακών συσκευών, εφαρμογών επικοινωνίας και δικτύων για την πρόσβαση και την διαχείριση πληροφοριών. Επιτρέπουν στους ανθρώπους να δημιουργούν και να μοιράζονται ψηφιακό περιεχόμενο, να επικοινωνούν και να συνεργάζονται και να λύνουν προβλήματα για την αποτελεσματική και δημιουργική αυτοεκπλήρωση στη ζωή, τη μάθηση, την εργασία και τις κοινωνικές δραστηριότητες γενικότερα» (UNESCO, 2022). <https://www.unesco.org/en/articles/digital-skills-critical-jobs-and-social-inclusion>

Παραδείγματα δεξιοτήτων που σχετίζονται με το AM: Αναλύσεις ψηφιακών δεδομένων (Τεχνητή νοημοσύνη, Machine learning). Διαχείριση ψηφιακών δεδομένων (big data, στατιστικά,...), Ικανότητα σκέψης 3D, Cybersecurity, προγραμματισμός.

*Πηγή: Ζητήθηκε η γνώμη ειδικών στο AM για τον προσδιορισμό της λίστας των ψηφιακών δεξιοτήτων στο AM. Αργότερα, το DiGComp χρησιμοποιήθηκε για περαιτέρω εκμετάλλευση και αντιστοίχιση με τους διαφορετικούς κλάδους του AM.

Οι «πράσινες δεξιότητες» ορίζονται ως «οι γνώσεις, οι ικανότητες, οι αξίες και οι στάσεις που απαιτούνται για τη ζωή, την ανάπτυξη και την υποστήριξη μιας βιώσιμης και αποδοτικής από πλευράς πόρων κοινωνίας» (CEDEFOP, 2015) <https://www.unido.org/stories/what-are-green-skills>,

Παραδείγματα δεξιοτήτων σχετικών με το AM: αποδοτικότητα πόρων, περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, αξιολόγηση κύκλου ζωής - Life Cycle Assessment (LCA), οικολογικός σχεδιασμός, κυκλική οικονομία, πράσινοι πόροι και πράσινα προϊόντα.

*Πηγή: Η κατηγοριοποίηση σε δεξιότητες AM Green βασίστηκε στη δημοσίευση του CEDEFOP «Πράσινες δεξιότητες και καινοτομία για ανάπτυξη χωρίς αποκλεισμούς» [<https://www.cedefop.europa.eu/en/publications/3069>],

«Επιχειρηματικότητα ή Επιχειρηματικές Δεξιότητες» ορίζονται ως «εγκάρσια βασική ικανότητα που εφαρμόζεται από άτομα και ομάδες, συμπεριλαμβανομένων των υπαρχόντων οργανισμών, σε όλους τους τομείς της ζωής» ή «όταν ενεργείτε βάσει ευκαιριών και ιδεών και τις μετατρέπετε σε αξία για τους άλλους. Η αξία που δημιουργείται μπορεί να είναι οικονομική, πολιτιστική ή κοινωνική». (ENTRECOMP, 2016)

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/entrecomp-entrepreneurship-competence-framework_en

Παραδείγματα δεξιοτήτων που σχετίζονται με το AM: επικοινωνία, ομαδική εργασία, χειρισμός πελατών, επίλυση προβλημάτων, μάθηση και προγραμματισμός και οργάνωση, ευκαιρίες εντοπισμού, δημιουργικότητα, εκτίμηση ιδεών, αυτογνωσία και αποτελεσματικότητα και άλλα.

*Πηγή: το πλαίσιο EntreCOMP χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά σε συνδυασμό με εγκάρσια αναφορά δεξιοτήτων στο εργαλείο Skills Intelligence.

Για την ολοκλήρωση της συστηματικής ανάλυσης, ζητήθηκε από τους εταίρους να εντοπίσουν εκείνες τις τεχνολογικές, επιχειρηματικές, ψηφιακές και πράσινες δεξιότητες που ενστερνίστηκαν στις πιλοτικές δραστηριότητές τους κατά το 1^ο και το 2^ο στάδιο των πιλοτικών μαθημάτων και να τις συνδέσουν με τα εκπαιδευτικά εργαλεία και τις μεθόδους αξιολόγησης που χρησιμοποίησαν. Επομένως, η μετα-ανάλυση πραγματοποιήθηκε αναφορικά με τις δεξιότητες. Το πρώτο βήμα ήταν η συμπλήρωση του παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από το Πανεπιστήμιο Brunel και την Ansys Granta.

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιοτήτων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|---|----------------------------------|--|--|--|---|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU 26 (Brunel / Ansys): Επισκόπηση διεργασιών AM | Εισαγωγή στα υλικά (προαιρετικό) | 8 διαδικτυακές συνεδρίες μέσω του Microsoft Teams | Διαδικτυακές παρουσιάσεις, επιδείξεις, έρευνες τύπου Mentimeter, περιπτωσιολογικές μελέτες μέσω Granta EduPack | Διαδικτυακό Κουίζ (πολλαπλής επιλογής) | Δεν υπάρχουν πρακτικές ή εργαστηριακές συνεδρίες καθώς το μάθημα παραδόθηκε εξ αποστάσεως |
| | CU 61 (Ansys): Εκτέλεση προσομοίωσης | Προσομοίωση Metal AM | 4 διαδικτυακές συνεδρίες μέσω του Teams. Κατ' απαίτηση | περιπτωσιολογικές μελέτες, κουίζ, βίντεο, συνομιλία/φόρουμ | Διαδικτυακό Κουίζ (πολλαπλής επιλογής) | Η πρόσβαση στο λογισμικό απαιτεί άδεια. Απαιτείται προηγούμενη γνώση των εργαλείων |

| | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|----------------------|---|--------------------|------------------------|--|
| | | | σεμινάριο μέσω του Ansys Learning HUB. Παρέχεται λογισμικό Ansys. | | | προσομοιώσεων FEA/Ansys που ορισμένοι συμμετέχοντες δεν είχαν. |
| Επιχειρηματικότητα | - | - | - | - | - | - |
| Ψηφιακές δεξιότητες | CU 61 (Ansys): Εκτέλεση προσομοίωσης | Προσομοίωση Metal AM | Πρακτικές δεξιότητες λογισμικού | Λογισμικό Ansys AM | Διαδικτυακή αξιολόγηση | Η πρόσβαση στο λογισμικό απαιτεί άδεια που παρασχέθηκε. |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 6 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που διεξήγαγε η Lortek (υποστήριξη Granta σε 00 CU και CQSAM σε CU63).

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιοτήτων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|---|---|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU 00 (Lortek): Επισκόπηση διεργασιών AM | Επισκόπηση τεχνολογίας | Διδασκαλία στην τάξη σε λίγες μέρες | Πραγματοποιήθηκε από αρκετούς ειδικούς στον τομέα εξειδίκευσής τους. Διάλεξη, επίδειξη/ξενάγηση εργαστηρίου | Γραπτή εξέταση (ψηφιακά) | Καθώς αυτή η CU παρέχει μια επισκόπηση όλων των τεχνολογιών, είναι πολύ δύσκολο να παρέχουμε πρακτικά εργαλεία, καθώς οι περισσότερες εταιρείες διαθέτουν ίσως μόνο λίγα μηχανήματα εσωτερικά. |
| | | Επίσκεψη εργαστηρίου, εξοπλισμός, εξαρτήματα και εξαρτήματα | | | | |
| | | Πρότυπα διεργασίας | | | | |
| | CU 31 (Lortek): AM με πρώτη ύλη τιτανίου | Επισκόπηση Metal AM | Διδασκαλία στην τάξη σε λίγες μέρες | Βίντεο, Εργαστηριακή περιήγηση, Μακρογραφικές μελέτες, Ανάλυση εργασιών, περιπτώσιολογικές μελέτες | Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής | Καθώς η εταιρεία χρησιμοποιεί WAAM και διαθέτει εξοπλισμό εσωτερικά, δεν υπήρχαν περιορισμοί |
| Σχεδιασμός AM και υλικά | Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής | | | | | |
| | | Απαιτήσεις μεταεπεξεργασίας και βιομηχανίας | | | Πρακτική εξέταση, μικρές εργασίες | |
| | CU 63 (Lortek): | Πιστοποίηση και προσόντα στο AM | | Διάλεξη - με περιπτώσιολογικές | Προφορική, Αναγνωστική, | Το μάθημα προσφέρθηκε ως |

| | | | | | | |
|----------------------------|---|---|-------------------------------------|---|---|---|
| | Πιστοποίηση, προσόντα και τυποποίηση στο AM | Τυποποίηση σε AM | | μελέτες και αλληλεπίδραση μέσω slide για την εμπλοκή του κοινού | Γραπτή (Ερωτηματολόγιο) | διαδικτυακό σεμινάριο. Αυτό ήταν κάτι διαφορετικό για τους μαθητές μας. Ως εκ τούτου, ήταν πολύ δύσκολο να ελεγχθεί ο τύπος των ατόμων που συμμετείχαν στο μάθημα. Επιπλέον, για να ακολουθηθεί μια διαφορετική προσέγγιση στη διδασκαλία, επιλέχθηκαν διαφορετικοί προσκεκλημένοι ομιλητές - καθώς οι ομιλητές προέρχονταν από διαφορετικές εταιρείες - η προσέγγιση για την πιστοποίηση διδασκαλίας ήταν διαφορετική. |
| | | Δυνατότητα εφαρμογής αυτών στην αλυσίδα διεργασιών με δυνατότητα AM | Διαδικτυακό μάθημα 2 x 3,5 ώρες | | | |
| Επιχειρηματικότητα | CU 31 (Lortek): AM με πρώτη ύλη τιτανίου | Στοιχεία οικονομικών και παραγωγικότητα | Διδασκαλία στην τάξη σε λίγες μέρες | Περιπτωσιολογική μελέτη, πρακτική εξάσκηση | Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής Πρακτική εξέταση, μικρές εργασίες | Καθώς η εταιρεία χρησιμοποιεί WAAM και διαθέτει τον εξοπλισμό εσωτερικά, δεν υπήρχαν περιορισμοί |
| Ψηφιακές δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 7 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από το ΑΙΤΙΠ.

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιοτήτων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|------------------------------------|---|---|--|--|---|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU 01 (ΑΙΤΙΠ): Διεργασία DED-Arc | Υποδομές (hardware) και λειτουργία Πρώτες ύλες και αναλώσιμα | Διδασκαλία στην τάξη πάνω από 5 ημέρες. | Χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάσεις, συζήτηση στην τάξη, παράδειγμα KRAKEN (ανάπτυξη ΑΙΤΙΠ) και συζήτηση πραγματικών περιπτώσεων (LBP) | Γραπτή εξέταση (ερωτηματολόγιο) | Χρησιμοποιήθηκαν βίντεο και πρακτικές εξηγήσεις για να αυξηθεί η συμμετοχή των μαθητών στην εκπαίδευση |
| | CU 35 (ΑΙΤΙΠ): Ενσωμάτωση Metal AM | Διοίκηση παραγωγής | Διδασκαλία στην τάξη πάνω από 3 ημέρες. | Χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάσεις, συζήτηση στην τάξη και ανάλυση πραγματικών περιπτώσεων (LBP). | Γραπτή εξέταση (ερωτηματολόγιο) | Οι μαθητές πρότειναν να χρησιμοποιούν πιο πρακτικές εφαρμογές και να κάνουν μικρότερες συνεδρίες. |
| Επιχειρηματικότητα | CU 01 (ΑΙΤΙΠ): Διεργασία DED-Arc | Στρατηγική DED-Arc Manufacturing | Διδασκαλία στην τάξη πάνω από 5 ημέρες. | Παρουσίαση, βίντεο, ρρακτικές επεξηγήσεις | Γραπτή εξέταση (ερωτηματολόγιο) | Αυτό το CU είναι πολύ μεγάλο και ήταν δύσκολο για τους μαθητές να παραμείνουν εστιασμένοι στην εκπαίδευση |
| | CU 35 (ΑΙΤΙΠ): Ενσωμάτωση Metal AM | Εμπορική ενσωμάτωση AM Περιπτωσιολογικές μελέτες | Διδασκαλία στην τάξη πάνω από 3 ημέρες. | Χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάσεις, συζήτηση στην τάξη και ανάλυση πραγματικών περιπτώσεων (LBP). | Γραπτή εξέταση (ερωτηματολόγιο) Προφορική εξέταση | Οι μαθητές πρότειναν να χρησιμοποιηθούν πιο πρακτικές εφαρμογές και να κάνουν μικρότερες συνεδρίες. |
| Ψηφιακές δεξιότητες | CU 01 (ΑΙΤΙΠ): Διεργασία DED-Arc | Λογισμικό, προγραμματισμός με CURA, CAM | Διδασκαλία στην τάξη πάνω από 5 ημέρες. | Παρουσίαση, βίντεο, πρακτικές επεξηγήσεις | Γραπτή εξέταση (ερωτηματολόγιο) | Αυτό το CU είναι πολύ μεγάλο και ήταν δύσκολο για τους μαθητές να παραμείνουν εστιασμένοι στην εκπαίδευση |
| | - | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 8 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από το LMS (υποστήριξη: ΑΙΤΙΠ & IDONIAL σε CU69).

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιοτήτων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU 25 (LMS): Μεταεπεξεργασία | Θερμική επεξεργασία | Διαδικτυακό μάθημα | Διαδικτυακές διαλέξεις | Διαδικτυακές ερωτήσεις | Δεν έγινε πρακτική άσκηση |

| | | | | | | |
|----------------------------|---|---|--|---|---------------------------------------|--|
| | | Πλαστική παραμόρφωση και κατεργασίες αφαίρεσης υλικού | χωρισμένο σε 2 ημέρες | | πολλαπλών επιλογών | λόγω της διαδικτυακής διεξαγωγής του μαθήματος |
| | | Επιφανειακές κατεργασίες | | | | |
| | CU 68 (LMS): Σχεδιασμός για Material Extrusion | Βασικές έννοιες για AM και MEX | Διαδικτυακό μάθημα χωρισμένο σε 2 ημέρες | Διαλέξεις, δημοσκοπήσεις, διαδικτυακή περιπτωσιολογική μελέτη | Διαδικτυακή εξέταση | Προτιμάται η πρακτική-δια ζώσης περιπτωσιολογική μελέτη, αλλά λόγω της διαδικτυακής διεξαγωγής του μαθήματος δεν κατέστη δυνατή. |
| | | Υλικά για MEX | | | | |
| | | Ζητήματα σχεδιασμού | | | | Αύξηση του αριθμού των συμμετεχόντων. |
| | CU 69 (LMS): Σχεδιασμός για PBF με πολυμερή υλικά | Βασικές έννοιες για AM και PBF | Διαδικτυακό μάθημα χωρισμένο σε 2 ημέρες | Διαδικτυακές διαλέξεις | Διαδικτυακή εξέταση | Προτιμάται η πρακτική-δια ζώσης περιπτωσιολογική μελέτη, αλλά λόγω της διαδικτυακής διεξαγωγής του μαθήματος δεν κατέστη δυνατή. |
| | Υλικά για PBF | | | | | |
| | Ζητήματα σχεδιασμού | | | | Αύξηση του αριθμού των συμμετεχόντων. | |
| Επιχειρηματικότητα | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |
| Ψηφιακές δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 9 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από την POLIMI.

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιοτήτων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|--|-------------------|---|---|------------------------------|--|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU 43 (POLIMI): Παραγωγή εξαρτημάτων μέσω PBF-LB | Σχεδιασμός για AM | Απομακρυσμένες, διαδικτυακές συνεδρίες + εργαστήριο | Διάλεξη, εργαστήριο που περιλαμβάνει εργασία και πρακτική | Διαδικτυακή εξέταση | Περιορισμός στις επισκέψεις στο εργαστήριο λόγω κατάστασης COVID |

| | | | | | | |
|----------------------------|---|--|---|--|---------------------|--|
| | | | | μάθηση, κοινή εικονική τάξη με άλλα δύο πανεπιστήμια (TUM και MIT) | | |
| | CU 44 (POLIMI): Συμμόρφωση εξαρτημάτων για PBF-LB | Διασφάλιση ποιότητας Πρότυπα διεργασιών AM Υλικά και δοκιμές | Διαδικτυακή τάξη | Διάλεξη, κοινή εικονική τάξη με άλλα δύο πανεπιστήμια (TUM και MIT) | Διαδικτυακή εξέταση | Περιορισμός στις επισκέψεις στο εργαστήριο λόγω κατάστασης COVID |
| Επιχειρηματικότητα | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | |
| Ψηφιακές δεξιότητες | CU 43 (POLIMI): Παραγωγή εξαρτημάτων μέσω PBF-LB | Λογισμικό για AM, βελτιστοποίηση τοπολογίας, κώδικας CAD-STL-g | Απομακρυσμένες, διαδικτυακές συνεδρίες + εργαστήριο | Διάλεξη, εργαστήριο που περιλαμβάνει εργασία και πρακτική μάθηση, κοινή εικονική τάξη με άλλα δύο πανεπιστήμια (TUM και MIT) | Διαδικτυακή εξέταση | |
| | - | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 10 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από την EPMA.

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιοτήτων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|--|---|--|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU 27 (EPMA): AM με πρώτη ύλη από χάλυβα (εκτός από ανοξείδωτο χάλυβα) | Επιστήμη υλικών του χάλυβα | 10 διαδικτυακές συνεδρίες μέσω του Microsoft Teams | Διαφάνειες διαλέξεων, εκδόσεις EPMA | Διαδικτυακή εξέταση | Όχι πρακτικές συνεδρίες |
| | CU 30 (EPMA): AM με πρώτη ύλη νικελίου | Επιστήμη υλικών κραμάτων με βάση το νικέλιο | 3 διαδικτυακές συνεδρίες μέσω του Microsoft Teams | Διαφάνειες διαλέξεων, εκδόσεις EPMA | Διαδικτυακή εξέταση | Όχι πρακτικές συνεδρίες |
| Επιχειρηματικότητα | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |
| Ψηφιακές δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 11 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από το MTC.

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιότητων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|--|--|--|--|--|---|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU36 (MTC): Συντονιστικές δραστηριότητες | Διαχείριση AM και επιχειρησιακά ζητήματα | 10 συνεδρίες διαλέξεων που πραγματοποιήθηκαν σε μία ημέρα (το μάθημα διεξήχθη δύο φορές για διαφορετικές ομάδες - 12/1/21 και 15/1/21) | Παρουσιάσεις Powerpoint που υποστηρίζονται από βίντεο, συζητήσεις και συνεδρίες mentimeter | Διαδίκτυακή εξέταση (πολλαπλής επιλογής) | Κανένα πρόβλημα με την παράδοση αλλά οι μαθητές ζήτησαν μείωση της έκτασης ή περισσότερο χρόνο, καθώς το μάθημα ήταν πολύ εντατικό. Προτιμώνται περισσότερες περιπτωσιολογικές μελέτες και πρακτικά/συζήτηση. Ζητήθηκαν διευκρινίσεις στα ερωτήματα αξιολόγησης και αυτό περιέχεται σε ξεχωριστή αναφορά. |
| | - | - | - | - | - | - |
| Επιχειρηματικότητα | - | - | - | - | - | - |
| Ψηφιακές δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 12 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από την Idonial.

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιότητων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------------------|---|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU61 (Idonial): Ανάλυση προσομοίωσης | Προσομοίωση και ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων | 4 εκπαιδευτικές συνεδρίες που πραγματοποιήθηκαν εξ αποστάσεως μέσω του Microsoft Teams | Διαλέξεις, περιπτωσιολογικές μελέτες | Διαδίκτυακή εξέταση | Το μάθημα πραγματοποιήθηκε εξ ολοκλήρου εξ αποστάσεως, λόγω περιορισμών για τον COVID 19. Αυτό ήταν μια πρόσθετη δυσκολία όταν προσπαθήσαμε να προτείνουμε ασκήσεις προς επίλυση από τους συμμετέχοντες (πρακτικές ασκήσεις), καθώς και την |

| | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|---------------------|--|
| | | | | | | πολυπλοκότητα της ίδιας της CU όσον αφορά τη σχέση μεταξύ περιεχομένου και διαθέσιμου χρόνου. |
| | - | - | - | - | - | - |
| Επιχειρηματικότητα | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | |
| Ψηφιακές δεξιότητες | CU61 (Idoinal): Ανάλυση προσομοίωσης | Βελτιστοποίηση τοπολογίας, λογισμικό Ansys | 4 εκπαιδευτικές συνεδρίες που πραγματοποιήθηκαν εξ αποστάσεως μέσω του Microsoft Teams | Διαλέξεις, περιπτωσιολογικές μελέτες | Διαδικτυακή εξέταση | Το μάθημα πραγματοποιήθηκε εξ ολοκλήρου εξ αποστάσεως, λόγω περιορισμών για τον COVID 19. Αυτό ήταν μια πρόσθετη δυσκολία όταν προσπαθούσαμε να προτείνουμε ασκήσεις προς επίλυση από τους συμμετέχοντες (πρακτικές ασκήσεις), καθώς και την πολυπλοκότητα της ίδιας της CU όσον αφορά τη σχέση μεταξύ περιεχομένου και διαθέσιμου χρόνου. |
| | - | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 13 Συστηματική ανάλυση πιλοτικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν από το ECNantes.

| Ομάδα Δεξιοτήτων /Κατηγορίες Δεξιοτήτων | CU | Μαθήματα | Εκπαιδευτικό πλαίσιο | Εργαλείο εκπαίδευσης | Μέθοδοι/εργαλεία αξιολόγησης | Περιορισμοί |
|---|--------------------------------------|--|----------------------|--|------------------------------|--|
| Τεχνολογικές δεξιότητες | CU 34 (ECNantes): Επιλογή διεργασίας | Ανάλυση των βημάτων για την κατασκευή ενός εξαρτήματος με AM (Επισκόπηση της διεργασίας AM) Ανάλυση των βημάτων για την κατασκευή ενός εξαρτήματος με AM (Σχεδιασμός, | Διαδικτυακή τάξη | Διάλεξη - Βίντεο Διάλεξη – Βίντεο – Περιπτωσιολογική μελέτη | Γραπτή εξέταση (MCQ) | Αδυναμία χρήσης ορισμένων εργαλείων εκπαίδευσης που βασίζονται στο φυσικό εργαστήριο (π.χ. teaching factory) που υποστηρίζει τη μάθηση κόνοντας – λιγότερες δυνατότητες για ομαδική εργασία και ομαδική συζήτηση – |

| | | | | | | |
|----------------------------|--|---|------------------|-----------------------------------|---|--|
| | | Υλικό, Τεχνικές προδιαγραφές) | | | | δυσκολίες κατανόησης των επιπέδων εμπλοκής των μαθητών |
| | | Ανάλυση των βημάτων για την κατασκευή ενός εξαρτήματος με (Μεταποίηση, Απαιτήσεις βιομηχανικού τομέα) | | Διάλεξη - Βίντεο | | |
| Επιχειρηματικότητα | CU 64 (ECNantes): Επιχειρηματικότητα για AM | Επιχειρηματικές στρατηγικές και μοντέλα | Διαδικτυακή τάξη | Διάλεξη – περιπτωσιολογική μελέτη | Γραπτή εξέταση (MCQ) | Λιγότερες δυνατότητες εφαρμογής της πραγματικής/τεχνητής επιχειρηματικής υπόθεσης στα πλαίσια της ομαδικής εργασίας και της ομαδικής συζήτησης – αδυναμία επίδειξης ζωντανών παραδειγμάτων |
| | | Πολιτική και διακυβέρνηση | | Διαλέξεις | | |
| | | Διαχείριση Ποιότητας, Σχεδιασμός και Έλεγχος | | Διάλεξη - Βίντεο | | |
| | | Διαχείριση ροής εργασιών AM | | Διαλέξεις | | |
| | | Προϋπολογισμός και Κόστος | | Διάλεξη – Πρακτική άσκηση | | |
| | CU 34 (ECNantes): Επιλογή διεργασίας | Στοιχεία οικονομικών και παραγωγικότητα | Διαδικτυακή τάξη | Διάλεξη – Πρακτική άσκηση | Γραπτή εξέταση (MCQ) – Πρακτική εξέταση | |
| | - | - | - | - | - | - |
| Ψηφιακές δεξιότητες | | - | - | - | - | - |
| | | - | - | - | - | - |
| Πράσινες δεξιότητες | CU 64 (ECNantes): Επιχειρηματικότητα για AM | HSE & Βιωσιμότητα | Διαδικτυακή τάξη | Διάλεξη - Βίντεο | Γραπτή εξέταση (MCQ) | |
| | | - | - | - | - | - |

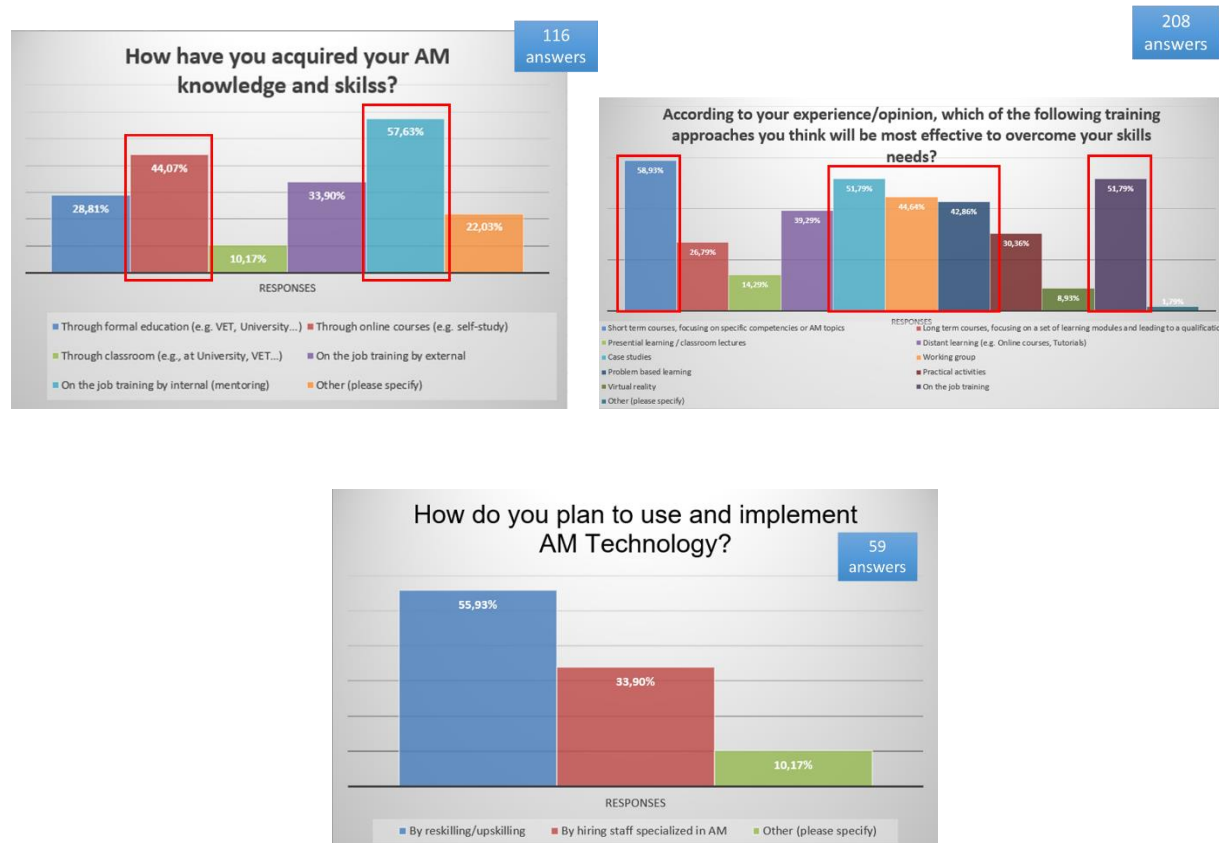
Από αυτό το υπόδειγμα, πραγματοποιήθηκε μια μετα-ανάλυση που έδωσε καλές πληροφορίες για τον αριθμό των δεξιοτήτων που καλύπτονται σε κάθε μαθησιακή ενότητα και αντικείμενο, τον αριθμό των εργαλείων κατάρτισης που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξή τους και τα πλέον χρησιμοποιηθέντα εκπαιδευτικά εργαλεία ανά κατηγορία δεξιοτήτων.

4.2.3 Έρευνες

Τα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε με τα δεδομένα που καταγράφηκαν από κάθε μεμονωμένη πιλοτική δραστηριότητα αντιστοιχίστηκαν με τα αποτελέσματα της δεύτερης Βιομηχανικής Έρευνας που πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο του 2022. Το κοινό αυτής της έρευνας ήταν το τρέχον εργατικό δυναμικό του AM καθώς και εργοδότες. Αν και ο κύριος στόχος της έρευνας ήταν να ρωτήσει σχετικά με τα σχετικά κενά δεξιοτήτων, την αντιστοίχιση μεταξύ της ζήτησης της βιομηχανίας και της προσφοράς εργασίας στο AM και τα προφίλ που θα απαιτηθούν από τον κλάδο κυρίως βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα, οι εταίροι του SAM αποφάσισαν να συμπεριλάβουν επίσης ορισμένες πρόσθετες ερωτήσεις σχετικά με τη μελλοντική εφαρμογή

του AM στην βιομηχανία. Αυτές οι ερωτήσεις αφορούσαν τις προτιμήσεις για εκπαίδευση που προσεγγίστηκε για να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες σε δεξιότητες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλοί από τους σημερινούς επαγγελματίες απέκτησαν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους μέσω σεμιναρίων, αυτοδιδασκαλίας και εκπαίδευσης ή καθοδήγησης στην εργασία. Επομένως, είναι προφανές ότι εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη τυπικού εκπαιδευτικού πλαισίου που να διασφαλίζει τα πρότυπα και την ποιότητα των προγραμμάτων διδασκαλίας. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι οι εργαζόμενοι στοχεύουν στην παρακολούθηση σύντομων μαθημάτων, εστιάζοντας σε συγκεκριμένες ικανότητες ή θέματα AM, να εργαστούν με περιπτωσιολογικές μελέτες, ομάδες εργασίας, μεθόδους μάθησης βάσει προβλημάτων και κατάρτιση στην εργασία. Στην πραγματικότητα, τα μακροπρόθεσμα μαθήματα που βασίζονται στην μάθηση μέσω διαλέξεων στην τάξη δεν είναι τα πιο ελκυστικά μαθησιακά πλαίσια και εργαλεία σύμφωνα με το εργατικό δυναμικό.

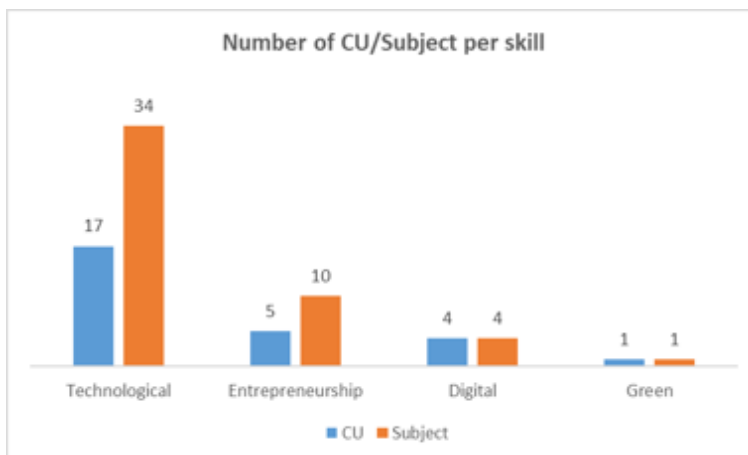


Εικόνα 13: Τα αποτελέσματα της δεύτερης έρευνας για τον κλάδο δείχνουν τις κύριες προτιμήσεις για εκπαίδευση.

4.2.4 Συμπεράσματα μετα-ανάλυσης

Τα κύρια αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης που διενεργήθηκε περιγράφονται στα ακόλουθα γραφήματα. Επιπλέον, τα κύρια συμπεράσματα ήταν:

- 1) Σε κάθε CU και σε συναφή θέματα ο κύριος στόχος ήταν οι τεχνολογικές δεξιότητες. Οι επιχειρηματικές δεξιότητες εξετάστηκαν επίσης σε πολλές πιλοτικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των πέντε CU και 10 θεμάτων. Οι ψηφιακές και ιδιαίτερα οι πράσινες δεξιότητες σχεδόν δεν καλύφθηκαν κατά τη διάρκεια των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.
- 2) Σχεδόν τα δύο τρίτα των πιλοτικών δραστηριοτήτων έλαβαν χώρα διαδικτυακά. Αυτό οφειλόταν κυρίως στους περιορισμούς που προκάλεσε το ξέσπασμα του Covid-19.
- 3) Οι διαλέξεις, οι περιπτώσιολογικές μελέτες, τα βίντεο και οι πρακτικές δραστηριότητες ήταν τα πιο δημοφιλή εκπαιδευτικά εργαλεία για την ανάπτυξη τεχνολογικών δεξιοτήτων. Για επιχειρηματικές και ψηφιακές δεξιότητες, προτιμήθηκαν επίσης ως εκπαιδευτικά εργαλεία οι διαλέξεις και οι πρακτικές δραστηριότητες. Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να τονιστεί ξανά ότι η εφαρμογή ορισμένων εργαλείων όπως εργασίες, πρακτικές δραστηριότητες ή ομαδικές εργασίες επηρεάστηκε από την πανδημία.
- 4) Προκειμένου να ελεγχθεί ο αντίκτυπος της πανδημίας Covid19 στα επιλεγμένα εκπαιδευτικά εργαλεία, πραγματοποιήθηκε ανάλυση βάσει ετών. Με αυτόν τον τρόπο, οι πιλοτικές δραστηριότητες που ολοκληρώθηκαν το 2020 αναλύθηκαν ανεξάρτητα από εκείνες που πραγματοποιήθηκαν το έτος 2021. Το συμπέρασμα είναι ότι κατά τις πιλοτικές δραστηριότητες του 2021 χρησιμοποιήθηκαν λιγότερες διαλέξεις, ενώ προωθήθηκαν τα υπόλοιπα εκπαιδευτικά εργαλεία όπως πρακτικές δραστηριότητες, ομαδικές εργασίες ή περιπτώσιολογικές μελέτες. Αυτό επέτρεψε μια πιο πρακτική διδακτική προσέγγιση που θεωρήθηκε θετική από τους μαθητές-εκπαιδευόμενους.



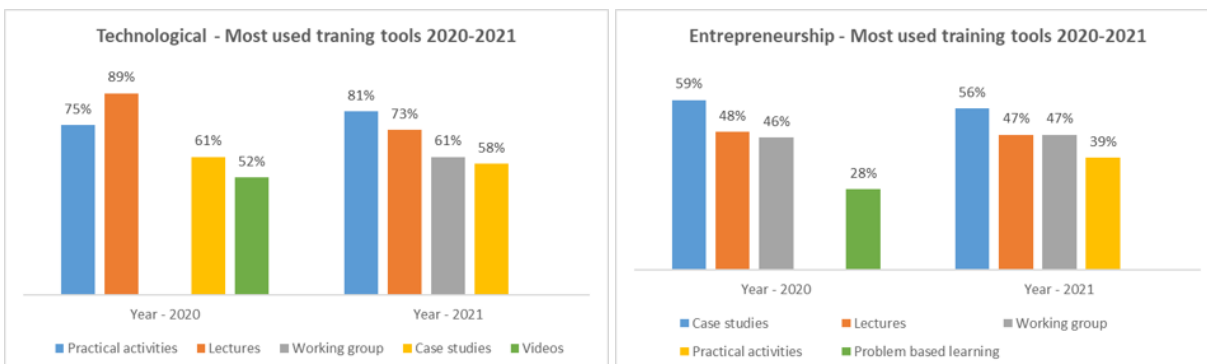
Εικόνα 14: Επισκόπηση των αποτελεσμάτων της μετα-ανάλυσης: αριθμός δεξιοτήτων σε κάθε κατηγορία που καλύπτονται στα CU/θέματα.

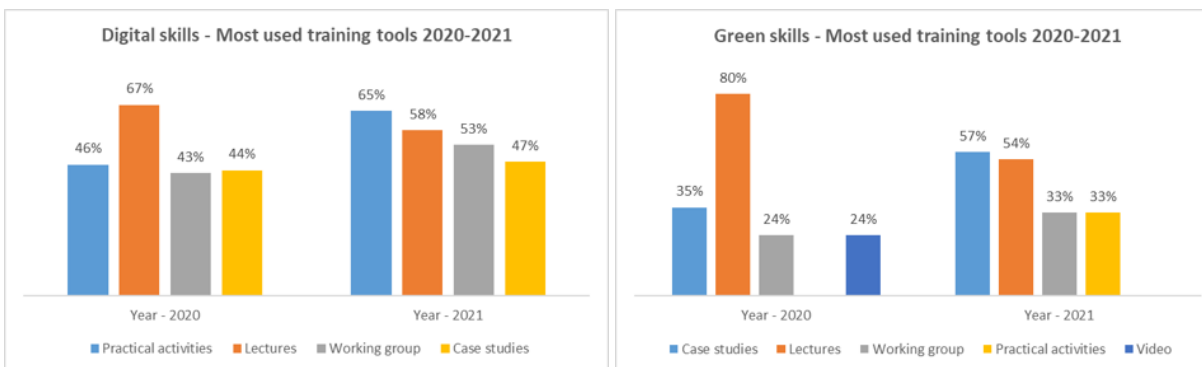


Εικόνα 15: Επισκόπηση των αποτελεσμάτων της μετα-ανάλυσης: τρόπος εκπαίδευσης για την παροχή πιλοτικών δραστηριοτήτων.



Εικόνα 16: Επισκόπηση των αποτελεσμάτων της μετα-ανάλυσης: αριθμός εργαλείων κατάρτισης που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη διαφορετικών τύπων δεξιοτήτων.





Εικόνα 17: Τα πλέον χρησιμοποιηθέντα εκπαιδευτικά εργαλεία για την ανάπτυξη διαφορετικών κατηγοριών δεξιοτήτων (τεχνολογικές, επιχειρηματικότητας, ψηφιακές, πράσινες) κατά τα έτη 2020 και 2021.

Μετά την ολοκλήρωση των πιλοτικών δραστηριοτήτων, ολοκληρώθηκε μια σύνοψη των πιο απαραίτητων δεξιοτήτων και των πλέον χρησιμοποιηθέντων εργαλείων εκπαίδευσης και μεθόδων αξιολόγησης.

| Τεχνολογικές δεξιότητες | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|
| Οι πιο σημαντικές δεξιότητες 2021 | Οι πιο απαιτούμενες δεξιότητες 2020 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2021 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2020 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2021 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2020 |
| Διεργασίες AM (91%) Εφαρμογές AM (79%) Σχεδιασμός (CAD) (77%) | Διεργασίες AM (91%) Εφαρμογές AM (85%) Σχεδιασμός CAD (67%) | Πρακτικές εργαστηριακές δραστηριότητες (81%) Διαλέξεις (73%) Ομαδικές εργασίες (61%) | Διαλέξεις (89%) Πρακτικές εργαστηριακές δραστηριότητες (75%) Περιπτωσιολογικές μελέτες (61%) | Πρακτικές εργαστηριακές δραστηριότητες (61%) Γραπτές εξετάσεις (55%) Ομαδικές εργασίες (42%) | Γραπτή εξέταση (59%) Πρακτική εργαστηριακή εξέταση (47%) Ομαδικές εργασίες (46%) |
| Επιχειρηματικές δεξιότητες | | | | | |
| Οι πιο σημαντικές δεξιότητες 2021 | Οι πιο απαιτούμενες δεξιότητες 2020 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2021 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2020 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2021 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2020 |
| Εργασία με άλλους (62%) Δημιουργικότητα (59%) Μάθηση μέσω εμπειρίας (59%) | Δημιουργικότητα (46%) Εργασία με άλλους (42%) Μάθηση μέσω εμπειρίας (38%) | Περιπτωσιολογικές μελέτες (56%) Ομάδες εργασίας (47%) Διαλέξεις (47%) | Περιπτωσιολογικές μελέτες (59%) Διαλέξεις (48%) Ομαδικές εργασίες (46%) | Ομαδικές εργασίες (42%) Γραπτές εξετάσεις (39%) Μάθηση βάσει προβλημάτων (35%) | Ομαδικές εργασίες (57%) Γραπτές εξετάσεις (32%) Αναφορά (30%) |
| Ψηφιακές δεξιότητες | | | | | |
| Οι πιο σημαντικές δεξιότητες 2021 | Οι πιο απαιτούμενες δεξιότητες 2020 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2021 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2020 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2021 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2020 |
| Ικανότητα σκέψης 3D (83%) Προγραμματισμός (24%) | Ικανότητα σκέψης 3D (69%) Προγραμματισμός (17%) | Πρακτικές εργαστηριακές δραστηριότητες (65%) | Διαλέξεις (67%) Σεμινάρια (50%) Πρακτικές εργαστηριακές | Πρακτικές εργαστηριακές δραστηριότητες (56%) | Πρακτικές εργαστηριακές δραστηριότητες (40%) |

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|
| Ψηφιακή ανάλυση δεδομένων (23%) | Ψηφιακή ανάλυση δεδομένων (16%) | Διαλέξεις (58%) Ομαδικές εργασίες (53%) | δραστηριότητες (46%) | Μάθηση βάσει προβλημάτων (42%) Γραπτές εξετάσεις (41%) | Ομαδικές εργασίες (40%) Γραπτές εξετάσεις (38%) |
| Πράσινες δεξιότητες | | | | | |
| Οι πιο σημαντικές δεξιότητες 2021 | Οι πιο απαιτούμενες δεξιότητες 2020 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2021 | Τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκπαίδευσης 2020 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2021 | Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι αξιολόγησης 2020 |
| Οικολογικός σχεδιασμός (47%) Κυκλική οικονομία (47%) Διαχείριση αποδοτικότητας πόρων (38%) | Οικολογικός σχεδιασμός (37%) Κυκλική οικονομία (35%) Ανάλυση κύκλου ζωής - Life cycle analysis (LCA) (32%) | Περιπτωσιολογικές μελέτες (57%) Διαλέξεις (54%) Ομαδικές εργασίες (33%) | Διαλέξεις (80%) Περιπτωσιολογικές μελέτες (35%) Ομαδικές εργασίες (24%) | Ομαδικές εργασίες (39%) Πρακτικές εργαστηριακές δραστηριότητες (35%) Γραπτές εξετάσεις (31%) | Ομαδικές εργασίες (38%) Γραπτές εξετάσεις (33%) Αναφορά (31%) |

Εικόνα 18: Επισκόπηση των αποτελεσμάτων της μετα-ανάλυσης: συνοπτικός πίνακας.

5 Εγκεκριμένο σύνολο προτάσεων για το πλαίσιο και τα εργαλεία εκπαίδευσης AM

Μια διαδικτυακή συνεδρία εμπειρογνομών οργανώθηκε από το έργο SAM στις 21 Απριλίου 2022. Διάφορες βιομηχανικές εταιρείες που υποστηρίζουν το έργο SAM παρακολούθησαν τη συνεδρία, η οποία είχε ως στόχο τη συζήτηση της μεθοδολογίας για το σχεδιασμό και την αναθεώρηση επαγγελματικών προφίλ και την ανάπτυξη δεξιοτήτων που θα επιτρέψουν την εφαρμογή του/των Επαγγελματικού/-ών Προφίλ - Professional Profile(s) (PPs)/Προσόντα-ων ή Μονάδων Ικανοτήτων- Competence Units (CUs).

Αντίστοιχα, τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση της κατευθυντήριας γραμμής που ισχύει για το πλαίσιο και τα εργαλεία εκπαίδευσης εξηγήθηκαν σε αυτήν την συνδιάσκεψη. Επιπλέον, εισήχθη η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των σχετικών δεδομένων από τις πιλοτικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες και κοινοποιήθηκαν τα συμπεράσματα της μετα-ανάλυσης που διεξήχθη αναφορικά με τις πιλοτικές δραστηριότητες πρώτου και δεύτερου γύρου. Στο τέλος της συνεδρίας, οι παρευρισκόμενοι συζήτησαν για τις συστάσεις τους σχετικά με το πλαίσιο και τα εκπαιδευτικά εργαλεία.

Εδώ περιλαμβάνεται μια λίστα με τις προτεινόμενες συστάσεις:

- 1) Πλαίσιο εκπαίδευσης: οι προσεγγίσεις της διαδικτυακής μάθησης και της μάθησης σε τάξη/διαλέξεις που εφαρμόστηκαν λόγω των περιορισμών για τον COVID-19 δεν υποστηρίζουν την πρακτική μάθηση. Θα πρέπει να συνδυάζονται με πρακτική μάθηση, συμπεριλαμβανομένων δοκιμών στο εργαστήριο και σε πρακτική άσκηση σε εταιρείες. Η μικτή μάθηση φαίνεται να είναι η καλύτερη προσέγγιση, επομένως αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να προωθηθεί. Η πρόσβαση σε μηχανές AM είναι κρίσιμη για μια ολοκληρωμένη εκπαίδευση.
- 2) Εργαλεία εκπαίδευσης: Εκτός από τις διαλέξεις, οι περιπτωσιολογικές μελέτες είναι ένα ισχυρό εργαλείο εκπαίδευσης για τους επαγγελματίες στο AM και το εκτιμούν ιδιαίτερα οι εργαζόμενοι. Αυτό το εργαλείο έχει εφαρμοστεί εκτενώς σε πιλοτικές δραστηριότητες και θα πρέπει να εξεταστεί για την εφαρμογή και τον καθορισμό νέων CU για Επαγγελματικά Προφίλ.
- 3) Εργαλεία εκπαίδευσης: Ορισμένα εκπαιδευτικά εργαλεία, όπως τα «σοβαρά παιχνίδια», η επαυξημένη πραγματικότητα, η μάθηση βάσει έργου ή τα εικονικά εργαστήρια δεν έχουν εφαρμοστεί και θα πρέπει να συμπεριληφθούν και να δοκιμαστούν σε μελλοντικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες για να αξιολογηθούν τα οφέλη τους.

- 4) Να συμπεριληφθεί στα μαθησιακά αποτελέσματα των CU η περιγραφή των δεξιοτήτων (τεχνολογικές-επιχειρηματικές-ψηφιακές-πράσινες) που εστιάζει η κάθε εκπαιδευτική δραστηριότητα (προηγούμενη αξιολόγηση και κατευθυντήρια γραμμή για εκπαιδευτές). Επί του παρόντος, μόνο οι τεχνικές δεξιότητες προσδιορίζονται ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα.
- 5) Ο ορισμός των προγραμμάτων κατάρτισης θα πρέπει να αντιστοιχισθεί με τις προτιμήσεις των εργαζομένων και της βιομηχανίας: αναβάθμιση και επανεκπαίδευση επαγγελματικών-βραχυπρόθεσμων μαθημάτων που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένες ικανότητες και πρακτική εργασία (περιπτωσιολογικές μελέτες, ομαδικές εργασίες, μάθηση μέσω επίλυσης προβλημάτων- PBL, κατάρτιση σε εταιρείες).

Αργότερα, αυτές οι συστάσεις αναλύθηκαν στην 8^η Τεχνική Συνάντηση SAM, η οποία έλαβε χώρα στη Gijon της Ισπανίας από τις 23 έως τις 25 Μαΐου 2022. Οι εταίροι συμφώνησαν να υιοθετήσουν τις πέντε συστάσεις που πρότεινε η ομάδα εμπειρογνομόνων και πρόσθεσαν ακόμα τρεις νέες.

Ο τελικός κατάλογος των εγκεκριμένων συστάσεων φαίνεται παρακάτω:

- 1) Πλαίσιο εκπαίδευσης: οι προσεγγίσεις της διαδικτυακής μάθησης και της μάθησης σε τάξη /διαλέξεις που εφαρμόστηκαν λόγω των περιορισμών για τον COVID-19 δεν υποστηρίζουν την πρακτική μάθηση. Θα πρέπει να συνδυάζονται με πρακτική μάθηση, συμπεριλαμβανομένων δοκιμών στο εργαστήριο και σε πρακτική άσκηση σε εταιρείες. Η μικτή μάθηση φαίνεται να είναι η καλύτερη προσέγγιση, επομένως αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να προωθηθεί. Οι ενεργητικές μαθησιακές δραστηριότητες θα πρέπει να συνδυάζονται με παραδοσιακές διαλέξεις. Σε ορισμένες CU, η πρόσβαση σε μηχανές AM είναι κρίσιμη για μια πλήρη εκπαίδευση.
- 2) Εργαλεία εκπαίδευσης: Εκτός από τις διαλέξεις, οι περιπτωσιολογικές μελέτες είναι ένα ισχυρό εργαλείο εκπαίδευσης για τους επαγγελματίες στο AM και το εκτιμούν ιδιαίτερα οι εργαζόμενοι. Αυτό το εργαλείο έχει εφαρμοστεί εκτενώς σε πιλοτικές δραστηριότητες και θα πρέπει να εξεταστεί για την εφαρμογή και τον καθορισμό νέων CU για Επαγγελματικά Προφίλ.
- 3) Εργαλεία εκπαίδευσης: Ορισμένα εκπαιδευτικά εργαλεία, όπως τα «σοβαρά παιχνίδια», η επαυξημένη πραγματικότητα, η μάθηση μέσω εργασιών ή τα εικονικά εργαστήρια δεν έχουν εφαρμοστεί και θα πρέπει να συμπεριληφθούν και να δοκιμαστούν σε μελλοντικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες για να αξιολογηθούν τα οφέλη τους. Ορισμένοι συνεργάτες διέθεταν τα δικά τους παιχνίδια και εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν από εκπαιδευτικά κέντρα.
- 4) Να συμπεριληφθεί στην περιγραφή των CU μια ενότητα σχετικά με τις «συστάσεις για την ανάπτυξη μη τεχνολογικών δεξιοτήτων» με στόχο την ευαισθητοποίηση σχετικά με τις υπόλοιπες κατηγορίες δεξιοτήτων που καλύπτει το έργο SAM, συγκεκριμένα: ψηφιακές, επιχειρηματικές και πράσινες δεξιότητες.
- 5) Ο ορισμός των προγραμμάτων κατάρτισης θα πρέπει να αντιστοιχισθεί με τις προτιμήσεις των εργαζομένων και της βιομηχανίας (διατήρηση των μαθημάτων κατάρτισης σε όσο το δυνατόν συντομότερη διάρκεια): αναβάθμιση και επανεκπαίδευση επαγγελματικών, βραχυπρόθεσμων μαθημάτων που εστιάζουν σε συγκεκριμένες ικανότητες και πρακτικές εργασίες (περιπτωσιολογικές μελέτες, ομαδικές εργασίες, μάθηση μέσω επίλυσης προβλημάτων - PBL, εκπαίδευση σε εταιρείες). Οι προτάσεις από τη βιομηχανία (ο σημαντικότερος πελάτης) είναι απαραίτητες.
- 6) Ο ορισμός ή η αναθεώρηση της διάρκειας για πρακτικές δραστηριότητες πρέπει να περιλαμβάνεται στον ορισμό της CU.
- 7) Προκειμένου να βελτιωθεί η συστηματική ανάλυση της διαδικασίας υλοποίησης των CU, προτείνεται ο [νέος πίνακας συλλογής δεδομένων](#). Αυτός θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μαζί με το νέο γλωσσάριο και

την βελτιωμένη περιγραφή των CU, συμπεριλαμβανομένων των στοχευμένων τεχνολογικών-επιχειρηματικών-ψηφιακών-πράσινων δεξιοτήτων στην περιγραφή των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

- 8) Η αντιστοίχιση του IAMQS με το DigiComp και το EntreComp είναι αρκετά υποκειμενική και αυτό απαιτεί μια αρχική προσαρμογή αυτών των δύο πλαισίων ικανοτήτων στο AM. Στις κατευθυντήριες γραμμές πρέπει να περιλαμβάνονται σαφή παραδείγματα σχετικά με τον τρόπο μεταφοράς ψηφιακών, επιχειρηματικών και πράσινων δεξιοτήτων στην κατάρτιση (παράδειγμα: μάθηση βάσει έργου με τακτική παρακολούθηση και κάλυψη διαφορετικών τομέων ανάπτυξης – επιχειρηματικό μοντέλο, LCA,...)

D3.3. Operational guide line on context and training tools

| Competence Unit | Subjects | Learning context | | | | | Learning tools | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|--------------------------------|------------|----------------------------------|------------------|------------------|---------------|-------------------|------------------------|------------|-----------|-------------------|----------------------|------------|-----------------------------------|
| | | On-line learning / distance learning | Classroom / presental learning | Laboratory | Internship / in company training | Blended learning | Teaching factory | Serious games | Augmented reality | Project based learning | Case study | Lecturing | Virtual workshops | Practical activities | Group work | Educational videos and animations |
| CU 00 (Lortek): Additive manufacturing Process Overview | Technology overview | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lab visit, equipment, components and parts | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Process standards | | | | | | | | | | | | | | | |
| CU 31 (Lortek): AM with Titanium feedstock | Metal AM overview | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AM Design and material | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Post processing and industrial sector requirements | | | | | | | | | | | | | | | |

Εικόνα 19 Νέος πίνακας συλλογής δεδομένων για παρακολούθηση υλοποίησης των CU.

6 Συμπεράσματα

Αυτό το έγγραφο παρέχει μια επισκόπηση και ορισμό (γλωσσάριο) των διαφορετικών μαθησιακών πλαισίων και εργαλείων εκπαίδευσης που είναι διαθέσιμα για την κατάρτιση και την εκπαίδευση στο AM. Όσον αφορά τα μαθησιακά πλαίσια, μπορεί να βρεθεί μια σειρά πλαισίων από την παραδοσιακή διδασκαλία στην τάξη, καθώς και τη διδασκαλία στο εργαστήριο. Λόγω του CoVid 19, αναμένεται ότι η διαδικτυακή μάθηση θα αποκτήσει σημαντική δυναμική τα επόμενα χρόνια. Τα εργαλεία εκπαίδευσης έχουν διευρύνει τις τεχνολογικές τους δυνατότητες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, περιλαμβάνοντας πλέον τα «σοβαρά παιχνίδια» και παραδείγματα Teaching Factory (TF).

Συνολικά, μπορεί να επισημανθεί ότι η εκπαίδευση στο AM είναι περιορισμένη στο δεύτερο και τρίτο επίπεδο του EQF, αλλά πολλά εκπαιδευτικά πλαίσια και εργαλεία είναι ήδη διαθέσιμα για τη διδασκαλία, τη μάθηση και την εξάσκηση διαφορετικών θεμάτων τρισδιάστατης εκτύπωσης σε επίπεδο Master/PhD και για επαγγελματική ανάπτυξη/αναβάθμιση δεξιοτήτων.

Είναι προφανής η ανάγκη να μετασχηματισθούν τα συγκεκριμένα, προχωρημένα μεταπτυχιακά θέματα ώστε να είναι διαθέσιμα και σε προπτυχιακό επίπεδο. Επιπλέον, η συμπερίληψη θεμάτων AM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (όπως σε προγράμματα που αναπτύχθηκαν από την IMR – Irish Manufacturing Research) θα ήταν εξαιρετικά επωφελής προκειμένου να αρχίσει να λαμβάνει χώρα η ανάπτυξη δεξιοτήτων σχετικά με το AM σε πρωιμότερα εκπαιδευτικά στάδια και να αυξηθεί η ελκυστικότητα της σταδιοδρομίας του μηχανικού μεταξύ των νέων.

Καθώς η 3D εκτύπωση είναι μια αρκετά νέα τεχνολογία, η διαδικασία ψηφιοποίησης έχει ήδη συμπεριληφθεί για πολλές μεθόδους διδασκαλίας, όπως η επαυξημένη πραγματικότητα ή τα «σοβαρά παιχνίδια». Μπορεί κανείς να επιλέξει από ένα ευρύ πεδίο μεθόδων διδασκαλίας.

Ωστόσο, όπως περιγράφεται σε αυτό το έγγραφο, η τρέχουσα προσφορά της αγοράς εκπαίδευσης σε ολόκληρη την ΕΕ τοποθετεί το AM ως προαιρετικό ή δευτερεύον μάθημα των σε σχολές Μηχανικού και όχι στο κέντρο μιας ειδικής προσφοράς κατάρτισης. Ο τρόπος με τον οποίο διεξάγεται η διδασκαλία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαφορετική εστίαση, τα σχολεία, το αναμενόμενο κοινό, το θέμα ή το ίδρυμα. Δεν υπάρχει ομοιογενής τρόπος διδασκαλίας ή μάθησης που να εφαρμόζεται σήμερα από τα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Γενικά, η χαρτογράφηση των διαφορετικών πλαισίων και εργαλείων μάθησης έδειξε ότι ένα μείγμα δύο διαφορετικών μεθόδων εκπαίδευσης (θεωρητικής και πρακτικής) θα έχει το μεγαλύτερο μαθησιακό αποτέλεσμα για το κοινό. Θα ήταν ενδιαφέρον να αναπτυχθεί μια κατευθυντήρια γραμμή για το ποιο μαθησιακό πλαίσιο θα πρέπει να υιοθετηθεί με ένα αντίστοιχο εκπαιδευτικό εργαλείο λαμβάνοντας υπόψη το εκάστοτε στοχευόμενο κοινό.

Όσον αφορά τα μαθησιακά πλαίσια, έχει αποδειχθεί ότι ποικίλες μέθοδοι διδασκαλίας καθώς και διαφορετικά θέματα καλύπτονται στο AM. Ένα εύρημα είναι σαφές: υπάρχει έλλειψη ανάπτυξης δεξιοτήτων σχετικά με την βιωσιμότητα καθώς και άλλων «πράσινων δεξιοτήτων» σε ολόκληρη τα στάδια-αλυσίδα της διαδικασίας παραγωγής μέσω AM (από υλικά ως εξαρτήματα, οικολογικές πτυχές, κατανάλωση πρώτων υλών κ.λπ.)

Η ψηφιοποίηση της κατάρτισης είναι μια πτυχή που έχει καλυφθεί αρκετά καλά. Αυτό οφείλεται πιθανώς στον συνδυασμό της τρισδιάστατης εκτύπωσης και της βιομηχανίας 4.0 - Industry 4.0 (I4.0), καθώς αυτά τα δύο συνδυάζονται πολύ καλά και το Industry 4.0 μπορεί να προβληθεί με τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Πράγματι, η εγγενής ψηφιακή φύση των σταδίων προετοιμασίας ενός εξαρτήματος για τη διαδικασία παραγωγής μέσω AM ενδείκνυται ιδιαίτερα για αυτήν την προσέγγιση – προκλήσεις προκύπτουν σχετικά με την «πρακτική» πλευρά.

Όσον αφορά τα εργαλεία εκπαίδευσης, μια ποικιλία εργαλείων είναι διαθέσιμα, συμπεριλαμβανομένων των ψηφιακών. Φυσικά, πάντα υπάρχει περιθώριο βελτίωσης. Όσον αφορά τη σύσταση της σωστής μεθόδου για το

εκάστοτε κοινό, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό για ποιο κοινό, ποια διαδικασία, ή πλαίσιο θα διδαχθεί. Γενικά, στο AM υπάρχει μεγάλη δυνατότητα συνδυασμού θεωρητικών και πρακτικών διδακτικών πόρων, καθώς μικρές «διδασκτικές μηχανές» είναι ήδη άμεσα διαθέσιμες στην αγορά. Για παράδειγμα, η διαδικτυακή μάθηση (η οποία ήδη αυξάνεται σημαντικά μετά τον COVID-19) είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για να προσεγγίσετε ένα ευρύ κοινό με πολλά διαφορετικά θέματα. Ωστόσο, αυτό είναι ένα εργαλείο μάθησης που βασίζεται στη θεωρία και προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες της εκμάθησης του AM, η διαδικτυακή μάθηση θα πρέπει να συνοδεύεται από πρακτική μάθηση για μία ή δύο εβδομάδες σε ένα Teaching Factory ή εργαστήριο.

Οι εκπαιδευτικές προκλήσεις κατά τη διάρκεια του COVID19 και η ανάγκη για πρακτική εκπαίδευση ανάγκασαν τους οργανισμούς να προσαρμοστούν, να επανεξετάσουν και να βελτιώσουν τις μεθόδους και τις πρακτικές εκπαίδευσης που χρησιμοποιούσαν. Για να το λύσουν αυτό, οι εκπαιδευτές έχουν αρχίσει να πειραματίζονται με την ψηφιακή μάθηση και να ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες όπως η επαυξημένη και η εικονική πραγματικότητα ως εργαλεία εκπαίδευσης.

Συστήματα διαχείρισης μάθησης - Learning Management Systems (LMS), μικρο-μάθηση - micro-learning διαδικτυακές διαδραστικές δραστηριότητες όπως Live Polls και IoT μαζί με την ενίσχυση της Εικονικής Πραγματικότητας είναι μερικές από τις νέες εκπαιδευτικές μεθόδους και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά την περίοδο της πανδημίας και παρουσιάζουν αντιπροσωπευτικά παραδείγματα νέων μεθόδων και εργαλείων. Αυτό φαίνεται επίσης στην παράδοση των πιλοτικών μαθημάτων κατάρτισης στο πλαίσιο του έργου SAM. Συμπεράσματα, προτάσεις και τρόποι βελτίωσης για την προώθηση της ανάπτυξης των απαιτούμενων τεχνικών, επιχειρηματικών, ψηφιακών και πράσινων δεξιοτήτων για τις μελλοντικές δεξιότητες των επαγγελματιών AM περιλαμβάνουν τόσο την αρχική ανάλυση των πιλοτικών δραστηριοτήτων υλοποίησης που πραγματοποιήθηκαν από τους εταίρους του SAM, αλλά και αποτελέσματα από την ανάλυση εμπειρογνομόνων από την βιομηχανία.

7 Βιβλιογραφικές αναφορές

1. **Smartechnalysis.** *Additive Manufacturing Market Outlook and Summary of Opportunities.* s.l. : <https://www.smartechnalysis.com/reports/2019-additive-manufacturing-market-outlook/>, 2019.
2. **Deloitte.** *3D opportunity for the talent gap additive manufacturing and the workforce of the future.* s.l. : <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/3d-opportunity/3d-printing-talent-gap-workforce-development.html>, 2016.
3. **SME.** *Experts in Demand: Growth in Metal AM Creates Need for Professionals.* s.l. : <https://www.smeef.org/globalassets/sme.org/media/white-papers-and-reports/2018-metal-am-report.pdf>, 2018.
4. **Politecnico di Milano.** https://www11.ceda.polimi.it/schedaincarico/schedaincarico/controller/scheda_pubblica/SchedaPublic.do?&evn_default=evento&c_classe=712407&polij_device_category=DESKTOP&__pj0=0&__pj1=970af81f61136d26e36e7b9cab36ec13. Milan : s.n.
5. **Politecnico di Milano.** https://www11.ceda.polimi.it/schedaincarico/schedaincarico/controller/scheda_pubblica/SchedaPublic.do?&evn_default=evento&c_classe=712938&polij_device_category=DESKTOP&__pj0=0&__pj1=c3669a9cf7c244db392372c11e3c7b06. Milan : s.n.
6. *A view on Future Challenges & Goals.* **Chryssolouris, George & Mavrikios, Dimitris & Papakostas, Nikolaos & Mourtzis, Dimitris.** 2006, Education in Manufacturing Technology & Science.
7. *The Teaching Factory: A Manufacturing Education Paradigm.* **Chryssolouris, G., Mavrikios, D., & Rentzos, L.** doi:10.1016/j.procir.2016.11.009, 2016, Procedia CIRP, Τόμ. 57, σσ. 44-48.
8. *Serious Games – An Overview.* **T. Susi, M. Johannesson and P. Backlund.** 2005, Tech. Rep.
9. *Serious games...and less!* **Blackman, Sue.** DOI:<https://doi.org/10.1145/1057792.1057802>, 2005, SIGGRAPH Comput. Graph., Τόμ. 39, σσ. 12-16.
10. *A Virtual Reality Application for Additive Manufacturing Process Training.* **Renner, Alex, Holub, Joseph, Sridhar, Shubang, Evans, Gabe, and Winer, Eliot.** 2017, Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers.
11. **Projects, diva - Good Practice for Dissemination and Valorization of Educational.** *Handbook for Dissemination, Exploitation and Sustainability of Educational Projects.* 2009.
12. <https://www.smartechnalysis.com/reports/2019-additive-manufacturing-market-outlook/>. *Additive Manufacturing Market Outlook and Summary of Opportunities.* 2019.
13. *A framework for teaching the fundamentals of additive manufacturing and enabling rapid innovation.* **Go, Jamison, Hart A. John.** 2016, Additive Manufacturing, Τόμ. 10, σσ. 76-87.
14. *Preparing industry for additive manufacturing and its applications: Summary & recommendations from a National Science Foundation workshop.* **Simpson, Timothy; Williams, Christopher and Hripko, Michael.** 2017, Additive Manufacturing, Τόμ. 13, σσ. 166-178.

8 Γλωσσάριο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ ΟΡΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΜΑΘΗΣΗΣ

Μαθησιακό πλαίσιο: είναι ο χώρος όπου λαμβάνει χώρα η μάθηση¹.

Πλαίσιο είναι το σύνολο των περιστάσεων που είναι σχετικές για τον εκπαιδευόμενο ώστε να αποκομίσει γνώση σχετική με το περιεχόμενο της εκπαίδευσης².

Μαθησιακό περιεχόμενο: Οι πόροι που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία και τη μάθηση για την επίτευξη των επιθυμητών μαθησιακών στόχων³.

Εξ αποστάσεως εκπαίδευση: οι μαθητές χρησιμοποιούν εκπαιδευτικό υλικό (τόσο έντυπα όσο και ηλεκτρονικά μέσα) και λαμβάνουν οδηγίες από τον δάσκαλο-εκπαιδευτή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Θα μπορούσε να είναι σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας Microsoft Teams, Blackboard Collaborate, Zoom ή/και παρόμοιες εναλλακτικές εφαρμογές. Έτσι, οι μαθητές αναμένεται μερικές φορές να είναι διαθέσιμοι για συγχρονισμένη διδασκαλία. Η εργασία των μαθητών ελέγχεται από τον δάσκαλο-εκπαιδευτή ψηφιακά^{4,5,6}. Συχνά περιλαμβάνουν επίσης εργαστήρια που διεξάγονται πρόσωπο με πρόσωπο, θερινά σχολεία ή «κατ' οίκον μάθηση» ως μέρος του προγράμματος σπουδών⁷

Διαδικτυακή μάθηση: Μη ζωντανή διδασκαλία. Οι μαθητές δεν αναμένεται να είναι διαθέσιμοι κάποια συγκεκριμένη ώρα ή ημέρα για διδασκαλία στην τάξη από τον δάσκαλο⁸. Οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε ένα εικονικό περιβάλλον μάθησης - Virtual Learning Environment (VLE) όπως το Moodle ή το Dokeos. Το VLE λειτουργεί ως μέσο επικοινωνίας και διαδραστικό εργαλείο μάθησης. Ορισμένοι οργανισμοί παρέχουν υποστήριξη σε μαθητές που αναλαμβάνουν το πρόγραμμα μέσω εκπαιδευτών-καθηγητών. Αυτοί οι καθηγητές μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω email ή Skype όταν απαιτείται^{3,4,5}.

Εκπαίδευση στην τάξη: μάθηση πρόσωπο με πρόσωπο. Το περιβάλλον μάθησης δημιουργείται μέσα στους φυσικούς τοίχους μιας τάξης όπου οι μαθητές και ο δάσκαλος βρίσκονται σωματικά.

- **Διαλέξεις:** ένας τύπος μάθησης πρόσωπο με πρόσωπο όπου ο δάσκαλος μιλάει για ένα θέμα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ δασκάλου και μαθητών. Μονόδρομη μέθοδος⁸.
- **Σεμινάρια:** ένας τύπος μάθησης πρόσωπο με πρόσωπο όπου οι μαθητές δίνουν εκ περιτροπής τη γνώμη τους σχετικά με ένα θέμα στην τάξη. Οι μαθητές συζητούν τι έμαθαν από τη διάλεξη⁹.
- **Εργαστήριο-Workshop:** ένα είδος μάθησης πρόσωπο με πρόσωπο παρόμοιο με τα σεμινάρια, όπου οι μαθητές μιλούν και ο δάσκαλος συντονίζει τη συζήτηση για ένα συγκεκριμένο θέμα. Το εργαστήριο περιλαμβάνει πιο διαδραστικές ασκήσεις για την ενθάρρυνση της επικοινωνίας μεταξύ των συμμετεχόντων και μπορεί να διαρκέσει μια μέρα ή πολλές ημέρες⁸.

Εργαστήριο-laboratory: πρακτικές δραστηριότητες για ένα θέμα που μελετάται στην τάξη. Οι μαθητές μαθαίνουν μέσω της πρακτικής εφαρμογής θεμάτων που διδάχθηκαν θεωρητικά, δουλεύοντας συνεργατικά ή μεμονωμένα.

Πρακτική άσκηση σε εταιρεία: μια βραχυπρόθεσμη εργασιακή εμπειρία που προσφέρεται από εταιρείες στους σπουδαστές για να αποκτήσουν κάποια αρχική έκθεση σε έναν συγκεκριμένο κλάδο ή τομέα. Ο μαθητής αναπτύσσει τεχνικές και μη-τεχνικές ικανότητες¹⁰.

Εκπαίδευση στην εταιρεία/εκπαίδευση στην εργασία: πρακτική προσέγγιση ή σεμινάριο κατάρτισης για την απόκτηση νέων ικανοτήτων και δεξιοτήτων που απαιτούνται για μια εργασία. Παραδίδεται από την εταιρεία σε στοχευμένους εργαζόμενους¹¹.

Μικτή μάθηση: μάθηση που συνδυάζει την μάθηση πρόσωπο με πρόσωπο και τη διαδικτυακή μάθηση. Το διαδικτυακό περιεχόμενο κυμαίνεται από 30 % έως 80 %.

Εργαλείο μάθησης: ένα όργανο σχεδιασμένο να χρησιμοποιείται από μαθητές για να παρέχει μια δομή για την ανάπτυξη δεξιοτήτων και συμπεριφορών μάθησης ή/και συστηματική συλλογή και σκέψη σχετικά με βασικές πληροφορίες¹².

Teaching Factory: είναι μια έννοια που βασίζεται στον συνδυασμό του μαθησιακού και εργασιακού περιβάλλοντος, από την οποία προκύπτουν ρεαλιστικές σχετικές μαθησιακές εμπειρίες. Το Teaching Factory υποστηρίζει την αμφίδρομη μεταφορά γνώσης, όπου θέματα που σχετίζονται με παραγωγικές διεργασίες αποτελούν τη βάση για νέα μοντέλα συνέργειας μεταξύ του ακαδημαϊκού κόσμου και της βιομηχανίας. Καινοτόμες ιδέες και λύσεις ανταλλάσσονται μεταξύ του ακαδημαϊκού κόσμου και της βιομηχανίας για την εξισορρόπηση του χρόνου και του κόστους που απαιτείται για τη μάθηση και τη δοκιμή λύσεων σε ρεαλιστικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία. Ακόμα, υποστηρίζεται και προωθείται η εμπάθунση της γνώσης τόσο της βιομηχανίας όσο και της ακαδημαϊκής κοινότητας, μέσω της ανάπτυξης καινοτόμων λύσεων σε πραγματικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία. Υπάρχουν δύο λειτουργικά σχήματα: «εργοστάσιο στην τάξη» και «ακαδημαϊκός κόσμος στη βιομηχανία». Η έννοια «εργοστάσιο στην τάξη» στοχεύει στη μεταφορά του πραγματικού περιβάλλοντος παραγωγής στην τάξη, ενώ η έννοια «ακαδημία στη βιομηχανία» στοχεύει στη μεταφορά της γνώσης από τον ακαδημαϊκό χώρο στη βιομηχανία¹³.

«Σοβαρά παιχνίδια» - Serious Games: Τα σοβαρά παιχνίδια συνδυάζουν στρατηγικές μάθησης, γνώσεις, δομές και στοιχεία παιχνιδιού για να διδάξουν συγκεκριμένες δεξιότητες, γνώσεις και έννοιες. Έχουν σχεδιαστεί για να λύνουν προβλήματα σε διάφορους τομείς και περιλαμβάνουν προκλήσεις και ανταμοιβές, χρησιμοποιώντας τα στοιχεία ψυχαγωγίας και αφοσίωσης που παρέχονται όταν ο χρήστης παίζει παιχνίδια¹⁴. Στην εκπαίδευση τα παιχνίδια χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία συγκεκριμένων θεμάτων μέσω παιχνιδιοποιημένων ασκήσεων και προσομοιώσεων. Σε αυτή την περίπτωση είναι επίσης γνωστά ως «εκπαιδευτικά παιχνίδια».

Επαυξημένη πραγματικότητα: Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την ενσωμάτωση εικονικών στοιχείων στην εικόνα που του πραγματικού κόσμου που αντιλαμβανόμαστε μέσω των αισθήσεών μας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ψηφιακών οπτικών στοιχείων, ήχου ή άλλων αισθητηριακών ερεθισμάτων που παρέχονται μέσω της τεχνολογίας¹⁵. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να επιτρέψει στους εκπαιδευτές να δείχνουν εικονικά παραδείγματα εννοιών και να προσθέτουν στοιχεία παιχνιδιού για να παρέχουν υποστήριξη υλικού σχολικού βιβλίου. Αυτό θα επιτρέψει στους μαθητές να μαθαίνουν πιο γρήγορα και να απομνημονεύουν πληροφορίες¹⁶.

Μάθηση μέσω εργασιών - Project based learning: Η Μάθηση μέσω εργασιών είναι μια μέθοδος διδασκαλίας στην οποία οι μαθητές αποκτούν γνώσεις και δεξιότητες δουλεύοντας για εκτεταμένη χρονική περίοδο για να διερευνήσουν και να απαντήσουν σε μια αυθεντική, συναρπαστική και περίπλοκη ερώτηση, πρόβλημα ή πρόκληση.¹⁷

Περιπτωσιολογική Μελέτη - Case study: Μια περιπτωσιολογική μελέτη είναι η περιγραφή μιας δραστηριότητας, ενός γεγονότος ή ενός προβλήματος που περιέχει μια πραγματική ή υποθετική κατάσταση και περιλαμβάνει τις

πολυπλοκότητες που θα συναντούσατε στο χώρο εργασίας. Οι περιπτώσιολογικές μελέτες χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν τους μαθητές να δουν πώς οι πολυπλοκότητες της πραγματικής ζωής επηρεάζουν τις αποφάσεις. Η ανάλυση μιας περιπτώσιολογικής μελέτης απαιτεί από τους μαθητές να εξασκηθούν στην εφαρμογή της γνώσης και των δεξιοτήτων σκέψης τους σε μια πραγματική κατάσταση¹⁸. Για να μάθουν από μια ανάλυση περιπτώσιολογικής μελέτης, οι μαθητές θα «αναλύουν, θα εφαρμόζουν τη γνώση, θα συλλογίζονται και θα εξάγουν συμπεράσματα» (Kardos & Smith 1979).

Διαλέξεις: ένας τύπος μάθησης όπου ο δάσκαλος μιλάει για ένα θέμα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ δασκάλου και μαθητών. Μονόδρομη μέθοδος⁸.

Λογισμικό προσομοίωσης: λογισμικό που βασίζεται στη διαδικασία μοντελοποίησης ενός πραγματικού φαινομένου με ένα σύνολο μαθηματικών τύπων. Είναι, ουσιαστικά, ένα πρόγραμμα που επιτρέπει στο χρήστη να παρατηρήσει μια διεργασία-φαινόμενο μέσω προσομοίωσης χωρίς αυτό να λάβει χώρα στον πραγματικό κόσμο. Το λογισμικό προσομοίωσης χρησιμοποιείται ευρέως για το σχεδιασμό εξοπλισμού, έτσι ώστε το τελικό προϊόν να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις προδιαγραφές σχεδιασμού χωρίς δαπανηρές τροποποιήσεις κατά τη διαδικασία παραγωγής¹⁹. Αυτά τα λογισμικά δημιουργούν ένα μοντέλο ικανό να υποστηρίζει τις αποφάσεις των διευθυντών και των μηχανικών καθώς και εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Οι τεχνικές προσομοίωσης βοηθούν στην κατανόηση και στον πειραματισμό, καθώς τα μοντέλα είναι οπτικά και διαδραστικά²⁰.

Πρακτικές δραστηριότητες: Οποιαδήποτε δραστηριότητα που επιτρέπει στους μαθητές να έχουν άμεση, συχνά πρακτική, σύνδεση με τα φαινόμενα που μελετούν²¹.

Ομαδική δουλειά: μέθοδος διδασκαλίας που κάνει τους μαθητές να συνεργάζονται σε ομάδες. Απαιτεί από τους μαθητές να συμμετέχουν σε μαθησιακές δραστηριότητες εντός της ίδιας ομάδας για μια περίοδο ενώ εργάζονται σε μια εκτεταμένη εργασία με κοινό αποτέλεσμα (π.χ. μια αναφορά ή μια εργασία)²².

Εκπαιδευτικά βίντεο και κινούμενα σχέδια: βίντεο και κινούμενα σχέδια που χρησιμοποιούνται ως οπτικό βοήθημα για τη διευκόλυνση της μάθησης. Χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς για να κάνουν το περιεχόμενο ελκυστικό, εύκολο στην κατανόηση και συναισθηματικά προσίτο σε όλα τα είδη μαθητών. Αυτοί οι πόροι επιτρέπουν την εξήγηση σύνθετων ιδεών με απλό τρόπο. Διατηρούν τους μαθητές εστιασμένους στο περιεχόμενο και δημιουργούν μια ξεχωριστή εμπειρία που είναι πιο πιθανό να θυμούνται οι μαθητές^{23,24}.

1 <https://www.igi-global.com/dictionary/ubiquitous-learning-supporting-systems/16847>

2 Figueiredo, Antonio Dias de. (2005). Learning Contexts: A Blueprint For Research. Interactive Educational Multimedia, ISSN 1576-4990, N^o. 11, 2005, pags. 127-139.

3 <https://www.igi-global.com/dictionary/enhancing-student-agency-as-a-driver-of-inclusion-in-online-curriculum-pedagogy-and-learning-content/67168>

4 <https://www.thecriticalthinkingchild.com/the-difference-between-remote-learning-e-learning-distance-learning-and-at-home-schooling/>

5 Moore, J.L., et al., e-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?, Internet and Higher Education (2010), doi:10.1016/j.iheduc.2010.10.001

6 <https://www.aeseducation.com/blog/online-learning-vs-distance-learning>

7 <https://www.staffordglobal.org/articles-and-blogs/whats-the-difference-between-online-and-distance-learning/>

8 <https://wintersession.uconn.edu/2020/11/05/online-vs-distance-learning-whats-the-difference/#>

9 <https://www.studentassembly.org/seminar-vs-lecture-course-vs-class-terms-youll-need-to-survive-college/>

-
- 10 <https://www.themuse.com/advice/what-is-an-internship-definition-advice>
 - 11 <https://www.valamis.com/hub/on-the-job-training>
 - 12 "Faculty Guidebook- A comprehensive tool for improving faculty performance". Chapter: 3.4.1 Overview of Effective Learning Tools by Carol Nancarrow (English, Sinclair Community College). 4th Edition Project Directors. Steven W. Beyerlein, Carol Holmes, Daniel K. Apple.
 - 13G. Chryssolouris, D. Mavrikios, L. Rentzos, "The Teaching Factory: A Manufacturing Education Paradigm", Procedia CIRP, Volume 57, 2016, Pages 44-48, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.009>.
 - 14 <https://grendelgames.com/what-are-serious-games/>
 - 15 <https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>
 - 16 <https://elearningindustry.com/augmented-reality-in-education-staggering-insight-into-future>
 - 17 <https://www.pblworks.org/what-is-pbl>
 - 18 <https://www.student.unsw.edu.au/writing-case-study-report-engineering>
 - 19 <https://www.youtube.com/watch?v=EF9v-P0dDg4>
 - 20 <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-simulation#WhatDoesitMean>
 - 21 The National Strategies, 2008.
 - 22 <https://www.teaching.unsw.edu.au/group-work>
 - 23 <https://elearningindustry.com/video-learning-animation-styles-and-best-practices-to-follow>
 - 24 <https://elearningindustry.com/how-animation-based-learning-can-benefit-online-courses>