



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ»**

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΩΝ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ 3D
ΕΚΤΥΠΩΤΩΝ**

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΤΖΑΧΡΗΣΤΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2021

ΔΗΛΩΣΗ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι:

Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και τον επιβλέποντα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του μη συμμετέχοντα στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο.

Η μεταπτυχιακή φοιτήτρια

Αγγελική Τζαχρήστα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μία εποχή που οι καταναλωτές γίνονται ολοένα και πιο συνειδητοποιημένοι και οι απαιτήσεις τους από τα προσφερόμενα αγαθά αυξάνονται, οι επιχειρήσεις πρέπει όχι μόνο να προσαρμόζονται στα νέα δεδομένα αλλά και να επιδιώκουν να προβλέπουν τις τάσεις. Οι επιχειρήσεις, προκειμένου να παραμείνουν ανταγωνιστικές, αναπτύσσουν καινοτόμες τεχνολογίες για την ικανοποίηση των αναγκών των πελατών τους.

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία θα δούμε αρχικά το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής και τους λόγους που οδήγησαν στην ανάγκη για τη δημιουργία αυτού του μοντέλου και πως διαφοροποιείται από άλλες μεθόδους παραγωγής, παραθέτοντας θετικά και αρνητικά στοιχεία που προκύπτουν από τη χρήση του. Έπειτα, μέσα από κάποια παραδείγματα επιχειρήσεων που χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο, και λειτουργούν με επιτυχία, θα δούμε πώς μπορεί να λειτουργήσει στην πράξη και να είναι βιώσιμο.

Στη συνέχεια, θα δούμε την τεχνολογία της τριδιάστατης εκτύπωσης, μία τεχνολογία που έχει φέρει επανάσταση σε πάρα πολλούς τομείς και έχει επηρεάσει πολλές επιχειρήσεις στον τρόπο που λειτουργούν και παρέχουν τα αγαθά και τις υπηρεσίες τους. Αφού αναλύσουμε τις πιο διαδεδομένες κατηγορίες τριδιάστατης εκτύπωσης, θα δούμε τους τομείς που έχει επηρεάσει περισσότερο για να καταλήξουμε σε κάποια θετικά και αρνητικά χαρακτηριστικά που προσδίδει η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στις επιχειρήσεις που την έχουν επιλέξει.

Στόχος της εργασίας είναι να καταλάβουμε πώς η τριδιάστατη εκτύπωση μπορεί να συνδυαστεί αρμονικά με την κατανεμημένη παραγωγή και να αξιοποιηθούν με αποτελεσματικό τρόπο από επιχειρήσεις ή οργανισμούς, έχοντας πάντα ως σκοπό τη βέλτιστη ποιότητα και ικανοποίηση των αναγκών των πελατών. Οπότε στο επόμενο κεφάλαιο αυτό ακριβώς είναι το θέμα στο οποίο θα εστιάσουμε. Αφού αναλυθούν αρκετά παραδείγματα επιχειρήσεων που λειτουργούν με αυτό τον τρόπο και το κάνουν πολύ επιτυχημένα, θα καταλάβουμε πώς έχει επηρεαστεί ο βιομηχανικός τομέας καθώς και πολλοί άλλοι τομείς και τι αλλαγές έχουν γίνει αλλά και αλλαγές που μπορούν να γίνουν για αποτελεσματικότερη αξιοποίηση αυτού του καινοτόμου μοντέλου λειτουργίας.

Τελικά, θα καταλήξουμε από όλα τα παραπάνω, σε κάποια επιχειρηματικά μοντέλα που προκύπτουν και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, για να συμπεράνουμε κατά

πόσο τελικά είναι βιώσιμος ο συνδυασμός αυτών των δύο, αν όντως τελικά είναι, και τι ερωτήματα δημιουργούνται.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Ιωάννη Γιαννασλή, για την άψογη συνεργασία που είχαμε και για τη βοήθεια που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλους τους υπόλοιπους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος για το επίπεδο των γνώσεων που μου προσέφεραν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου για την πολύ όμορφη συνεργασία που είχαμε .

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ.....	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	IV
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	VII
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	10
2.1 Γενικά.....	10
2.2 Εξέλιξη σε κατανεμημένη παραγωγή.....	11
2.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά μοντέλα παραγωγής	12
2.4 Παραδείγματα επιχειρήσεων με κατανεμημένη παραγωγή.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ.....	20
3.1 Γενικά.....	20
3.2 Μέθοδοι 3D εκτύπωσης.....	21
3.3 Εφαρμογές 3D εκτύπωσης	28
3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ 3D ΕΚΤΥΠΩΤΩΝ.....	40
4.1 Γενικά.....	40
4.2 Παραδείγματα επιχειρήσεων με κατανεμημένη παραγωγή με χρήση 3D εκτυπωτών	42
4.2.1 <i>Field Ready – Εξοπλισμός ανθρωπιστικής βοήθειας</i>	42
4.2.2 <i>Local Motors – Παραγωγή αυτοκινήτων</i>	43
4.2.3 <i>BMW – Παραγωγή πρωτοτύπων και εξαρτημάτων</i>	45
4.2.4 <i>Volvo Trucks – Κατασκευή εργαλείων και εξαρτημάτων</i>	46
4.2.5 <i>Shell – Κατασκευή πρωτοτύπων και ανταλλακτικών</i>	47
4.2.6 <i>Made in Space – Κατασκευή εργαλείων στο διάστημα</i>	48
4.2.7 <i>Grohe – Κατασκευή συσκευών μπάνιου</i>	50
4.2.8 <i>Adidas – Παραγωγή υποδημάτων</i>	51
4.2.9 <i>Invisalign – Κατασκευή ορθοδοντικών βοηθημάτων</i>	52
4.2.10 <i>Lima Corporate – Κατασκευή ορθοπεδικών εμφυτευμάτων</i>	54
4.2.11 <i>Emerybikes – Κατασκευή σκελετών ποδηλάτων</i>	55

4.3 Οργανωτικές αλλαγές στις μονάδες παραγωγής	56
4.4 Επιχειρηματικά μοντέλα	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Σύγκριση παραδοσιακών συστημάτων παραγωγής με νέα.	14
Εικόνα 2. Ελαστικά Pirelli.	18
Εικόνα 3. Φωτοπολυμερισμός σε κάδο.	22
Εικόνα 4. Εναπόθεση υλικού.	23
Εικόνα 5. Εναπόθεση συγκολλητικής ουσίας.	24
Εικόνα 6. Σύντηξη πούδρας σε στρώμα.	25
Εικόνα 7. Εξώθηση υλικού.	26
Εικόνα 8. Κατευθυνόμενη ενεργειακή εναπόθεση.	27
Εικόνα 9. Ελασματοποίηση φύλλων.	28
Εικόνα 10. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην αυτοκινητοβιομηχανία.	29
Εικόνα 11. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην αεροπορία.	30
Εικόνα 12. Η τριδιάστατη εκτύπωση στις κατασκευές κτιρίων.	31
Εικόνα 13. Οι τριδιάστατα τυπωμένες σόλες της Adidas.	31
Εικόνα 14. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην κατασκευή κοσμημάτων.	32
Εικόνα 15. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην ιατρική.	33
Εικόνα 16. Το τριδιάστατα τυπωμένο όχημα της Local Motors, το Olli.	44
Εικόνα 17. Χρήση τριδιάστατης εκτύπωσης από τη BMW.	46
Εικόνα 18. Τριδιάστατος εκτυπωτής της Made in Space.	49
Εικόνα 19. Τριδιάστατα τυπωμένες βρύσες της Grohe.	51
Εικόνα 20. Τριδιάστατα τυπωμένες σόλες της Adidas.	52
Εικόνα 21. Η κατασκευή των ορθοδοντικών βοηθημάτων Align.	53
Εικόνα 22. Το τριδιάστατα τυπωμένο ποδήλατο Emery.	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή – Αντικείμενο της εργασίας

Η παρούσα εργασία αφορά τη χρήση 3D εκτυπωτών από επιχειρήσεις που λειτουργούν με βάση την κατανεμημένη παραγωγή. Οι ραγδαίες αλλαγές στην τεχνολογία, το συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον καθώς και τα κόστη μεταφοράς και αποθήκευσης προϊόντων έχουν οδηγήσει πολλές επιχειρήσεις στη χρήση μοντέλων κατανεμημένης παραγωγής. Βασικός τους στόχος είναι η όσο το δυνατόν πιο άμεση προσαρμογή στα νέα δεδομένα και η ελαχιστοποίηση των εξόδων μέσω της εξάλειψης περιττού κόστους.

Η 3D εκτύπωση είναι μία τεχνολογία η οποία τα τελευταία χρόνια έχει γνωρίσει μεγάλη άνθηση και έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς, από την κατασκευή κατοικιών μέχρι και τον τομέα της ιατρικής. Παρουσιάζει αρκετά θετικά χαρακτηριστικά έναντι της παραδοσιακής μεθόδου κατασκευής όπως η εξάλειψη των λαθών κατά την παραγωγή. Με την πάροδο των χρόνων η μέθοδος αυτή θα γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά το κόστος της, χαρακτηριστικό το οποίο ίσως αυτή τη στιγμή να αποτελεί και το πιο βασικό αρνητικό της.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν θα αναλύσω τα δύο παραπάνω θέματα καθώς και το συνδυασμό τους.

Πιο αναλυτικά στο 2ο Κεφάλαιο θα δούμε πώς έχουν εξελιχθεί τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής και ποιοι ήταν οι παράγοντες που οδήγησαν στην ανάγκη για κατανεμημένη παραγωγή. Ποια είναι τα θετικά και ποια τα αρνητικά αυτής της μεθόδου σε σύγκριση με τα παραδοσιακά και κάποια παραδείγματα επιχειρήσεων που λειτουργούν κατ' αυτό τον τρόπο.

Στο 3ο Κεφάλαιο θα παρουσιάσω αρχικά τα γενικά χαρακτηριστικά των 3D εκτυπωτών. Στη συνέχεια θα αναλύσω τις κατηγορίες κατασκευής 3D εκτυπωτών και τους τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται και τις θετικές και αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση τους.

Στο 4ο Κεφάλαιο βλέπουμε αρχικά γενικά στοιχεία της κατανεμημένης παραγωγής με χρήση 3D εκτυπωτών. Ύστερα παρουσιάζω παραδείγματα επιχειρήσεων που έχουν εφαρμόσει τη συγκεκριμένη μέθοδο λειτουργίας και στη συνέχεια αναλύω τις αλλαγές που έχει προκαλέσει αυτή η μέθοδος στη λειτουργία των μονάδων παραγωγής. Καταλήγοντας, ακολουθεί η παρουσίαση και ανάλυση των νέων επιχειρηματικών μοντέλων που έχουν προκύψει.

Το 5ο και τελευταίο Κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγω από την ανάλυση των παραπάνω καθώς και κάποια ερωτήματα που προκύπτουν και χρειάζονται επιπλέον ανάλυση και έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

2.1 Γενικά

Ως κατανεμημένη παραγωγή ή αλλιώς αποκεντρωμένη παραγωγή (distributed manufacturing) νοείται το μοντέλο επιχειρήσεων που χρησιμοποιούν γεωγραφικά διάσπαρτες μονάδες παραγωγής (εγκαταστάσεις) οι οποίες επικοινωνούν δια μέσω της τεχνολογίας πληροφοριών (information technology). Στην πιο απλή μορφή της, υπάρχει μία κεντρική εγκατάσταση στην οποία λαμβάνουν χώρα όλες οι αποφάσεις και οι δραστηριότητες της επιχείρησης και από εκεί στέλνονται οι απαραίτητες πληροφορίες και τα δεδομένα προς τις υπόλοιπες μονάδες. Οι μονάδες αυτές, που μπορεί να είναι από απλοί χώροι αποθήκευσης μέχρι ολόκληρα εργοστάσια, λαμβάνουν τις πληροφορίες και στη συνέχεια είτε προχωρούν στην παραγωγή ή στη διάθεση του τελικού προϊόντος στην αγορά στην οποία βρίσκονται. (wikipedia, 2020)

Οι αλλαγές στη σημερινή εποχή είναι ραγδαίες. Το περιβάλλον αλλάζει διαρκώς και οι απαιτήσεις των ανθρώπων ως καταναλωτές αυξάνονται μέρα με τη μέρα. Οι επιχειρήσεις, αν θέλουν να επιβιώσουν, πρέπει να ακολουθήσουν τις αλλαγές και να προσαρμόζονται σε αυτές άμεσα. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται από το περιβάλλον πρέπει να διαμοιράζονται γρήγορα και σε όλη την έκταση της επιχείρησης. Η αλυσίδα εφοδιασμού πρέπει να είναι ευέλικτη και να προσαρμόζεται γρήγορα στις αλλαγές της ζήτησης.

Κατά συνέπεια, βλέπουμε ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις να απομακρύνονται από μοντέλα μαζικής παραγωγής και να επιλέγουν να διαφοροποιηθούν χρησιμοποιώντας πιο μικρές και ευμετάβλητες μονάδες παραγωγής. Τέτοιου τύπου μοντέλα αποτελούν και αυτά της κατανεμημένης παραγωγής.

Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί μοντέλα κατανεμημένης παραγωγής με βασικό σκοπό τη μείωση του κόστους του εργατικού δυναμικού και όχι για να εξυπηρετήσουν τις απαιτήσεις του αγοραστικού κοινού καλύτερα. Η αποκέντρωση τέτοιου τύπου γνώρισε ιδιαίτερη άνθηση από επιχειρήσεις που μετέφεραν τις εγκαταστάσεις παραγωγής τους κατά κύριο λόγο στην Ασία. Το γεγονός αυτό αποδείχτηκε τρομερά επικερδές για μεγάλες επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο και όχι μόνο στο ασιατικό κοινό, που κατάφεραν να ελαχιστοποιήσουν τα κόστη τους. Η διάθεση των προϊόντων τους σε όλες τις μεγάλες αγορές, τους εξασφάλισε τεράστια περιθώρια κέρδους.

Μοντέλα κατανεμημένης παραγωγής έχουν χρησιμοποιηθεί και από επιχειρήσεις στις οποίες το απαιτεί το αντικείμενό τους. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν επιχειρήσεις

που δραστηριοποιούνται στον τομέα των τροφίμων, όπως αλυσίδες εστιατορίων και fast food που τα τελικά προϊόντα παράγονται στα σημεία προσφοράς. Σε τέτοιου τύπου εταιρείες, είναι εύλογο το προσφερόμενο προϊόν να είναι όσο το δυνατόν πιο φρέσκο και διαμορφωμένο σύμφωνα με τις προτιμήσεις του κάθε καταναλωτή. (Dallasega, 2015)

2.2 Εξέλιξη σε κατανεμημένη παραγωγή

Τα προηγούμενα χρόνια η παραγωγή ήταν πιο μαζική και με συγκεκριμένες προδιαγραφές με σκοπό να διατηρείται χαμηλό το κόστος. Αντίθετα, τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε ότι οι επιχειρήσεις καταβάλουν μεγάλη προσπάθεια στο να προσφέρουν πιο εξατομικευμένα προϊόντα, ανάλογα με τη ζήτηση του εκάστοτε περιβάλλοντος στο οποίο απευθύνονται. Η διάθεση προσαρμοσμένων προϊόντων σε διαφορετικές αγορές έχει αυξηθεί και οι καταναλωτές δεν είναι πρόθυμοι να συμβιβαστούν με μαζικά αγαθά όταν μπορούν να έχουν ακριβώς αυτό που θέλουν. Έτσι, έχουν δημιουργηθεί καινοτόμες μέθοδοι παραγωγής που να εξυπηρετούν πιο αποτελεσματικά τις καταναλωτικές ανάγκες.

Η έκθεση του καταναλωτή σε πληθώρα διαφορετικών αγαθών και η εύκολη πρόσβαση στις συνεχόμενες εξελίξεις της τεχνολογίας έχουν δημιουργήσει τεράστια ποικιλία στις προτιμήσεις του. Οι παραγωγοί, για να ικανοποιήσουν αυτές τις ανάγκες, πρέπει να προσφέρουν πληθώρα προϊόντων με διαφορετικά γνωρίσματα σε μικρές ποσότητες. Η διαδικασία της παραγωγής πρέπει να γίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε ανά πάσα στιγμή να μπορούν να αλλάξουν στοιχεία του αγαθού ή ακόμα και εξ' ολοκλήρου το ίδιο το προϊόν στις διαφορετικές μονάδες παραγωγής. Αυτό οδηγεί σε έναν αποκεντρωμένο τρόπο παραγωγής που το μόνο κοινό που θα έχουν προϊόντα της ίδιας εταιρείας, θα είναι οι πρώτες ύλες.

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που έχει οδηγήσει στην κατανεμημένη παραγωγή είναι και τα συνεχώς αυξανόμενα κόστη μεταφοράς και αποθήκευσης. Η κλιματική αλλαγή έχει δημιουργήσει μεγάλη ευαισθητοποίηση ως προς τη συμπεριφορά προς το περιβάλλον και τη χρησιμοποίηση των πόρων του. Παρατηρείται μία στροφή προς πιο οικολογικές μεθόδους και γενικά προς έναν πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο ζωής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι εκπομπές ρύπων να συνεπάγονται από ποινές οικονομικού χαρακτήρα και το κόστος πετρελαίου και άλλων βλαβερών προς το περιβάλλον ορυκτών καυσίμων να είναι πλέον πολύ μεγάλο. Έτσι η μεταφορά μεγάλου όγκου αγαθών έχει γίνει μία αρκετά δαπανηρή

διαδικασία και οι περισσότερες επιχειρήσεις επιδιώκουν να βρουν εναλλακτικούς τρόπους διάθεσης.

Η κλιματική αλλαγή δεν έχει επηρεάσει μόνο το κόστος συγκεκριμένων αγαθών και υπηρεσιών αλλά και τη γενικότερη συμπεριφορά των καταναλωτών. Οι περισσότεροι άνθρωποι πλέον, σε αυτά που αγοράζουν, δεν αναζητούν μόνο την ποιότητα. Σημαντικό ρόλο στην επιλογή τους παίζει και ο τρόπος με τον οποίο έχουν κατασκευαστεί να είναι υπεύθυνος προς το περιβάλλον και την κοινωνία. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έχουν τεράστιο αντίκτυπο στο περιβάλλον και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει προσπάθειες να μειωθούν. Οι καταναλωτές είναι πολύ πιο ενημερωμένοι και ευσυνείδητοι ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια και κατά συνέπεια επιλέγουν προϊόντα των οποίων η κατασκευή να είναι οικονομική και να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι περισσότερες επιχειρήσεις προσπαθούν να προσαρμοστούν σε αυτά τα δεδομένα και λειτουργούν με κάποια πρότυπα που έχουν θεσπιστεί με στόχο την «πράσινη» παραγωγή.

Παράλληλα με τις οικολογικές προδιαγραφές που αναζητούν οι καταναλωτές, βλέπουμε και μία στροφή ολοένα και περισσότερο προς τοπικά προϊόντα και πρώτες ύλες. Οι αγοραστές έχουν γίνει πιο επιλεκτικοί και είναι πρόθυμοι να διαθέσουν περισσότερα χρήματα προκειμένου να αγοράσουν ένα ντόπιο προϊόν και να εξασφαλίσουν την ποιότητα με την οποία έχει παραχθεί. (T.Mat, 2015)

2.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά μοντέλα παραγωγής

Η εποχή της μαζικής τυποποιημένης παραγωγής έχει αρχίσει να αλλάζει. Τα εργοστάσια μεγάλης παραγωγής, παρά τα προτερήματα που εξακολουθούν να παρουσιάζουν, δίνουν τη θέση τους σε παραγωγή μικρότερης κλίμακας, πιο προσωποποιημένη. Παραγωγή η οποία έχει σαν επίκεντρο τον τελικό καταναλωτή και τις επιθυμίες του. Για την επιτυχία ενός τέτοιου συστήματος παραγωγής απαιτείται να υιοθετηθεί μια πιο ολιστική προσέγγιση. Πλέον δεν λαμβάνεται υπόψιν μόνο το προϊόν, αλλά και ολόκληρος ο κύκλος ζωής του, από τον τρόπο κατασκευής του, τον τρόπο χρήσης του μέχρι και τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει.

Επιχειρήσεις με κατανομημένη παραγωγή υπερτερούν σε πολλούς τομείς έναντι των παραδοσιακών. Τέτοια πλεονεκτήματα αποτελούν :

- Η μεγαλύτερη ευελιξία,

- Η μικρότερη απόσταση από τους πελάτες,
- Η ταχύτερη και καλύτερη πληροφόρηση,
- Η αυξημένη ικανοποίηση από πλευράς των εργαζομένων,
- Η δυνατότητα εκμετάλλευσης των διαφορών στο ύψος του εργασιακού κόστους ανά περιοχή,
- Η ενεργή συμμετοχή του καταναλωτή στη διαδικασία παραγωγής,
- Η ελαχιστοποίηση της φύρας κατά τη διάρκεια της παραγωγής.

Οι επιχειρήσεις με κατανομημένη παραγωγή παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευελιξία στο να παράγουν αγαθά τα οποία να ανταποκρίνονται στις διαφοροποιημένες απαιτήσεις των καταναλωτών. Αυτό επιτυγχάνεται πιο εύκολα όταν η επιχείρηση βρίσκεται πιο κοντά στους πελάτες της, σε γεωγραφικό επίπεδο. Η μεγαλύτερη ευελιξία οδηγεί σε μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα. Τέτοιες επιχειρήσεις μπορούν να παράγουν συγκεκριμένα προϊόντα ανάλογα με τη ζήτηση που υπάρχει σε μία περιοχή. Άλλο ένα πλεονέκτημα που παρουσιάζει η ευελιξία είναι ότι οι αποφάσεις μπορούν να λαμβάνονται πιο γρήγορα, αφού η επικοινωνία σε τοπικό επίπεδο είναι πιο αποτελεσματική από ότι όταν χρειάζεται να περάσει από πολλαπλά επίπεδα.

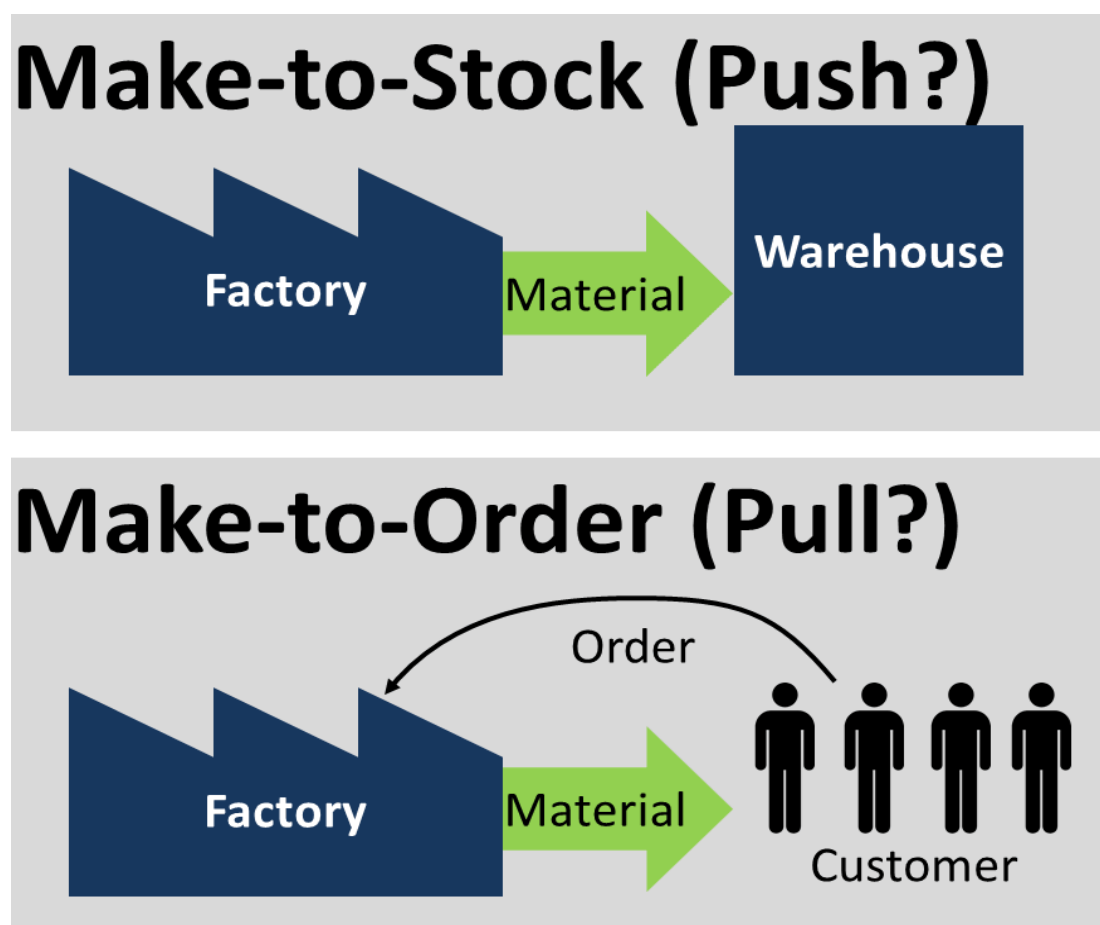
Μία μελέτη του πανεπιστημίου του Harvard δείχνει ότι στην κατανομημένη παραγωγή, δίνοντας στα τοπικά στελέχη περισσότερες ευθύνες, αυξάνεται η δημιουργικότητα και ο ενθουσιασμός. Τα στελέχη αποφασίζουν μόνα τους χωρίς να χρειάζεται η έγκριση μιας κεντρικής οργάνωσης και τα προβλήματα λύνονται πιο άμεσα. Οι εργαζόμενοι ενδυναμώνονται και η απόδοσή τους αυξάνεται όταν έχουν την αίσθηση της ιδιοκτησίας, όπως γίνεται στα απομακρυσμένα συστήματα παραγωγής.

Πολλές φορές, οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν την κατανομημένη παραγωγή για να μπορέσουν να ανταποκριθούν στην αυξημένη ζήτηση ή απλά για λόγους επέκτασης. Άλλες φορές καταφεύγουν στην κατανομημένη παραγωγή για να επωφεληθούν από τα μειωμένα κόστη, είτε εργατικών είτε πρώτων υλών, που έχουν κάποιες χώρες. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η Κίνα, στην οποία έχουν μεταφέρει πολλές επιχειρήσεις εργοστάσιά τους. (Garrehy, 2014)

Τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής λειτουργούν με τη λογική του «μοντέλου ώθησης προϊόντων» (“push model production”) σύμφωνα με την οποία πρώτα υλοποιείται η μαζική παραγωγή και στη συνέχεια τα τελικά προϊόντα «ωθούνται» στον καταναλωτή. Με την πάροδο του χρόνου αυτό αλλάζει και τα συστήματα παραγωγής προσπαθούν να απορροφούν πόρους και πληροφορίες από τον τελικό χρήστη και να τα ενσωματώνουν στη διαδικασία της παραγωγής η οποία κατά συνέπεια γίνεται πιο

αμφίδρομη. Ο καταναλωτής εμπλέκεται, επίσης, ενεργά στη δημιουργία του προϊόντος όλο και συχνότερα.

Μέχρι σήμερα, η διαδικασία παραγωγής γινόταν με αφαιρετικό τρόπο, δηλαδή για να φτάσουμε στο τελικό προϊόν αφαιρούσαμε υλικά, γεγονός το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα μεγάλη φύρα σε πρώτες ύλες. Αυτό πλέον αλλάζει με την απορρόφηση πληροφορίας από τον τελικό καταναλωτή και η παραγωγική διαδικασία γίνεται με πιο προσθετική μέθοδο. Δηλαδή, ξεκινάμε από μία βασική κατασκευή και στη συνέχεια προσθέτουμε μόνο τα υλικά που είναι απαραίτητα ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Έτσι δεν έχουμε απώλειες πρώτων υλών ούτε αστοχίες και η κατασκευή είναι πιο ευέλικτη και ευπροσάρμοστη σε παραμετροποιήσεις. (systemsinnovation, 2019)



Εικόνα 1. Σύγκριση παραδοσιακών συστημάτων παραγωγής με νέα.
(Roser, 2015)

Φυσικά, η κατανεμημένη παραγωγή παρουσιάζει και μειονεκτήματα. Το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται για το στήσιμο μίας τέτοιας δομής επιχείρησης είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό που χρειάζεται στο παραδοσιακό μοντέλο. Το ανά μονάδα προϊόντος κόστος είναι σχεδόν πάντα μικρότερο στη μαζική παραγωγή σε

σχέση με την κατανομημένη. Για επιχειρήσεις που κατασκευάζουν άκρως εξειδικευμένα προϊόντα, αποδεικνύεται αρκετά δύσκολο να υπάρχει απόλυτη συνέπεια στο τελικό αποτέλεσμα καθώς και στις διαδικασίες παραγωγής.

Στα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής μπορούν να παραχθούν διαφορετικά προϊόντα χρησιμοποιώντας τον ίδιο εξοπλισμό με αποτέλεσμα το ανά μονάδα προϊόντος κόστος να είναι χαμηλό. Έτσι επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας.

Στα μη απομακρυσμένα συστήματα μπορούμε να έχουμε και πιο ακριβείς προβλέψεις για τη ζήτηση και την απαιτούμενη παραγωγή. Περισσότερες θέσεις εργασίας σε τοπικό επίπεδο καθώς και πιο αποδοτικό τρόπο αξιοποίησης περιορισμένων διαθέσιμων πόρων. Επίσης, μπορεί το κόστος κάποιων πρώτων υλών να είναι πιο χαμηλό για επιχειρήσεις που βρίσκονται πιο κοντά στον τόπο διάθεσής τους.

Παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η κεντρική παραγωγή, υστερεί σε σχέση με την κατανομημένη στην ευελιξία εξαιτίας του κόστους που απαιτείται για προσαρμοστικότητα και αλλαγές στα παραγόμενα αγαθά. Έτσι, όταν χρειάζεται να γίνει η παραμικρή αλλαγή στο παραγόμενο προϊόν, πρέπει να αλλάξει ολόκληρο το σύστημα παραγωγής, γεγονός το οποίο είναι εξαιρετικά χρονοβόρο και ακριβό. Βασικό μειονέκτημα επίσης αποτελούν τα υψηλά εργατικά κόστη που μπορεί να ισχύουν σε μία χώρα, όταν έχει εκεί η επιχείρηση την παραγωγική μονάδα της. (Garrehy, 2014)

2.4 Παραδείγματα επιχειρήσεων με κατανομημένη παραγωγή

Η περίπτωση Favi

Η Favi είναι μία εταιρεία που έχει τη βάση της στη Γαλλία. Δραστηριοποιείται στον κλάδο της χύτευσης υπό πίεση και ειδικεύεται στα κράματα χαλκού. Η εταιρεία σχεδιάζει, κατασκευάζει, βελτιστοποιεί και συναρμολογεί αντικείμενα από κράμα χαλκού. Η Favi σήμερα προμηθεύει τις μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες στην Ευρώπη με περόνες κιβωτίων ταχυτήτων. Μεταξύ αυτών Audi, Volvo, Renault, Fiat, Opel, Volkswagen.

Η Favi έχει καταφέρει να ηγηθεί στον τομέα της έγχυσης χαλκού παγκοσμίως καθώς και στην κατασκευή περονών κιβωτίων ταχυτήτων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Το βασικό στοιχείο της στρατηγικής της εταιρείας είναι η καινοτομία στην αγορά προϊόντων. Η εταιρεία ουσιαστικά εκμεταλλεύεται τις βασικές ικανότητές της με στόχο να δημιουργήσει καινούρια προϊόντα. Στο παρελθόν κατασκεύαζε σιφώνια νιπτήρων και

γενικότερα προϊόντα υγιεινής και στη συνέχεια άρχισε να φτιάχνει μετρητές νερού, προτού εισέλθει στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Το δεύτερο χαρακτηριστικό της στρατηγικής της αποτελεί η εξέλιξη και βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής και η απόκτηση πιστοποιήσεων για αυτές τις καινοτομίες. Μεταξύ των πιστοποιήσεων που έχει λάβει είναι τα ISO 9001-2000 καθώς και το ISO 14001. Μάλιστα το 2010 της απονεμήθηκε Βραβείο Ποιότητας της Peugeot, 'Peugeot Quality Trophy'.

Το τρίτο χαρακτηριστικό της στρατηγικής της είναι η καινοτομία στην οργάνωση της εργασίας. Η παραγωγή της Favi γίνεται σε μικρο-εργοστάσια 'mini factories', εκ των οποίων το κάθε ένα λειτουργεί για να εξυπηρετεί έναν πελάτη σχεδόν αποκλειστικά. Η ιεραρχική δομή του εργοστασίου αποτελείται από δύο επίπεδα, τον διευθυντή του εργοστασίου στην ανώτατη βαθμίδα και αμέσως από κάτω τους 'ηγέτες' του κάθε μικρο-εργοστασίου. Το κάθε μικρο-εργοστάσιο έχει ξεχωριστή παραγωγή και δικό του εξοπλισμό τα οποία απευθύνονται στον εκάστοτε πελάτη. Συνήθως αποτελούνται από είκοσι έως τριάντα πέντε εργάτες, έναν «ηγέτη», έναν «πωλητή» και έναν σπόνσορα δημιουργικότητας.

Το βασικό στοιχείο της δομής των μικρο-εργοστασίων είναι η αυτονομία των εργατών. Οι εργάτες παίρνουν αποφάσεις μόνοι τους και είναι υπεύθυνοι για την ποιότητα του προϊόντος που παράγουν καθώς και για όλα τα υλικά και τα αποθέματά τους. Το μόντο της εταιρείας είναι ότι η εμπιστοσύνη στους εργαζόμενους είναι πολύ πιο αποδοτική από την παρακολούθησή τους.

Οι «ηγέτες» είναι πρώην εργάτες οι οποίοι έχουν δείξει ότι έχουν κλίση στην ηγεσία και στην οργάνωση. Είναι υπεύθυνοι για την όλη διαδικασία της οργάνωσης του μικρο-εργοστασίου, την τήρηση των προθεσμιών, τις προσλήψεις, τον έλεγχο των χρηματοοικονομικών. Λαμβάνουν τις παραγγελίες απευθείας από τους πελάτες και είναι υπεύθυνοι για την ομαλή έκβαση αυτών και την παράδοσή τους στον καθορισμένο χρόνο.

Οι «πωλητές» βρίσκονται σε συνεχή επαφή με τους πελάτες, ώστε να έχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις προδιαγραφές που χρειάζονται και να τις μεταφέρουν στους εργάτες. Έχουν το δικαίωμα να δρουν εντελώς αυτόνομα και είναι υπεύθυνοι για τη σχέση με τους πελάτες καθώς και για όλο το έργο. Μπορούν να πωλήσουν μόνο ότι παράγει το μικρο-εργοστάσιο ώστε να αποφεύγονται τριβές μεταξύ αυτών και της γραμμής παραγωγής.

Ο τρόπος λειτουργίας της Favi αποτελεί μία καινοτομία που αναπτύχθηκε σε βάθος χρόνου. Η ανάπτυξή της έχει οδηγήσει σε ένα μη τυποποιημένο και μη τεχνοκρατικό μοντέλο λειτουργίας στο οποίο οι αποφάσεις λαμβάνονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στον πελάτη. (Anne-Charlotte, 2013)

Η περίπτωση Pirelli

Η Pirelli ιδρύθηκε το 1872 στο Μιλάνο και σήμερα αποτελεί μία παγκοσμίου φήμης εταιρεία κατασκευής λάστιχων για αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες και ποδήλατα. Το 2018 παρουσίασε τζίρο περίπου στα 5,2 δισεκατομμύρια ευρώ και απασχολούσε γύρω στους 31.500 υπαλλήλους. Έχει στην ιδιοκτησία της 19 εγκαταστάσεις παραγωγής σε 12 χώρες και εμπορική παρουσία σε περισσότερες από 160 χώρες με 15.900 σημεία πώλησης. Είναι η μοναδική εταιρεία που δραστηριοποιείται αποκλειστικά στην κατασκευή ελαστικών για καταναλωτική χρήση.

Έχει αποκτήσει σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα πραγματοποιώντας το 80% της παραγωγής της σε περιοχές με περιορισμένο κόστος. Τα εργοστάσια παράγουν διάφορους τύπους ελαστικών σε ελάχιστο χρόνο και με ελάχιστο κόστος ενώ προσαρμόζονται με ιδιαίτερη ευκολία στις εκάστοτε απαιτήσεις της αγοράς, αξιοποιώντας στο έπακρο τις παραγωγικές τους δυνατότητες. Η Pirelli έχοντας σαν γνώμονα το λιτό τρόπο παραγωγής (Lean Manufacturing), ανέπτυξε το πρόγραμμα «έξυπνης παραγωγής» ("Smart Manufacturing"), με το οποίο βελτιστοποιούνται οι παραγωγικές δραστηριότητες και επιτρέπει την αποτελεσματική οργάνωση και προγραμματισμό της παραγωγικής διαδικασίας.



Εικόνα 2. Ελαστικά Pirelli. (Pirelli, 2019)

Ο πρωταρχικός σκοπός των εργοστασίων είναι να έχουν την απαραίτητη ευελιξία για να ανταποκρίνονται στις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις για διαφορετικούς τύπους ελαστικών. Η εταιρεία καθορίζει τα πρότυπα ποιότητας και φροντίζει να διατηρούνται σε όλη την αλυσίδα αξίας. Παρακολουθεί κάθε φάση από την προμήθεια πρώτων υλών, την επιλογή προμηθευτών, την κατασκευή, την επιθεώρηση προϊόντων έως και την πιστοποίηση.

Τα εργοστάσια της Pirelli λειτουργούν σαν μία ομάδα. Με τη χρήση της «έξυπνης παραγωγής», πρακτικές σχετικές με τις διαδικασίες παραγωγής μπορούν να εφαρμοστούν αμέσως για την επίλυση προβλημάτων στον ίδιο τομέα σε οποιαδήποτε άλλη εγκατάσταση. Τα δεδομένα ολόκληρης της κατασκευής του προϊόντος, από το βουλκανισμό μέχρι τη συναρμολόγηση, είναι εύκολα προσβάσιμα ανά πάσα στιγμή από εξειδικευμένους επαγγελματίες σε διάφορα εργοστάσια σε όλο τον κόσμο μέσω μίας κατασκευαστικής εφαρμογής (manufacturing app). Αυτή η άμεση παρακολούθηση δίνει τη δυνατότητα να εντοπίζεται κάθε συστατικό στοιχείο από το χώρο συναρμολόγησης μέχρι τον τελικό έλεγχο ποιότητας.

Φυσικά, βασικό συστατικό για την επιτυχημένη λειτουργία ενός τέτοιου μοντέλου αποτελεί το κατάλληλα εκπαιδευμένο εργατικό δυναμικό. Όπως αναφέρει ο εκτελεστικός αντιπρόεδρος τεχνικών λειτουργιών Pirelli, Francesco Sala, τα προϊόντα

υψηλής τεχνολογίας απαιτούν και το αντίστοιχο επίπεδο δεξιοτήτων. Χρειάζεται εντατική εκπαίδευση για τη διαχείριση και τον έλεγχο πλήρως αυτοματοποιημένων τμημάτων.

Συνεπώς οι άνθρωποι είναι εκείνο το συστατικό που είναι πιο ικανό να επηρεάσει την παραγωγή της Pirelli στον κόσμο. (Pirelli, 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: 3D εκτύπωση

3.1 Γενικά

Η τριδιάστατη εκτύπωση (3D printing) ή Προσθετική Κατασκευή (Additive Manufacturing) είναι η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αντικειμένων απευθείας από ψηφιοποιημένα αρχεία σχεδίου (CAD). Είναι μία διαδικασία κατά την οποία τα αντικείμενα δημιουργούνται με προσθετικό τρόπο, από κάτω προς τα πάνω ενώ οι απαραίτητες πληροφορίες λαμβάνονται από ψηφιακά σχέδια. Το υλικό ή το μελάνι τοποθετείται με προοδευτικό τρόπο, σε λεπτές στρώσεις η μία πάνω από την άλλη μέχρι να σχηματιστεί το προκαθορισμένο αντικείμενο. Οι στρώσεις καθορίζονται μέσα από συγκεκριμένο λογισμικό στο συνδεδεμένο υπολογιστή και αποστέλλονται στον εκτυπωτή.

Ανάλογα με το είδος του εκτυπωτή, οι στρώσεις μπορούν να κατασκευαστούν με διαφορετικούς τρόπους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδική πούδρα η οποία θα απλωθεί πάνω σε μία πλατφόρμα και στη συνέχεια θα μετατραπεί σε στερεό με τη βοήθεια συνδετικού υλικού υγρών ή με τη χρήση λέιζερ.

Κάποια μηχανήματα χρησιμοποιούν φωτοευαίσθητες ρητίνες (φωτοπολυμερή) ενώ άλλες εναποθέτουν νήματα λιωμένου πλαστικού. Κάθε στρώση κατασκευάζεται αφότου ολοκληρωθεί η προηγούμενη. Για να προστεθεί η επόμενη στρώση, η επιφάνεια κατασκευής μετακινείται κατά ένα κλάσμα του χιλιοστού. Σε εκτυπωτές χαμηλού κόστους, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνολογία είναι αυτή της κατασκευής μοντέλων με εξώθηση υλικού, (Fused Deposition Modeling FDM) (ή Fused Filament Fabrication FFF). Με αυτή την τεχνολογία το μηχάνημα χρησιμοποιεί ένα θερμαινόμενο ακροφύσιο από το οποίο εξέρχεται λεπτό νήμα λιωμένου πλαστικού πάνω σε θερμαινόμενη ή σε θερμοκρασία δωματίου πλατφόρμα κατασκευής. Η κάθε στρώση νήματος εξέρχεται και τοποθετείται πάνω στην προηγούμενη αφού αυτή κρυώσει, έως ότου να σχηματιστεί ένα συμπαγές αντικείμενο. (Hutchins, 2012)

Οι διαδικασίες με τις οποίες μπορεί να εκτυπωθεί 3D ένα αντικείμενο, μπορούν να χωριστούν σε 7 κατηγορίες:

- Φωτοπολυμερισμός σε κάδο (Vat photopolymerization),
- Εναπόθεση υλικού (Material jetting),
- Εναπόθεση συγκολλητικής ουσίας (Binder jetting),
- Σύντηξη πούδρας σε στρώμα (Powder bed fusion),
- Εξώθηση υλικού (Material extrusion),
- Εναπόθεση με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη (Directed energy deposition),

- Διεργασίες επάλληλων φύλλων (Sheet lamination).

3.2 Μέθοδοι 3D εκτύπωσης

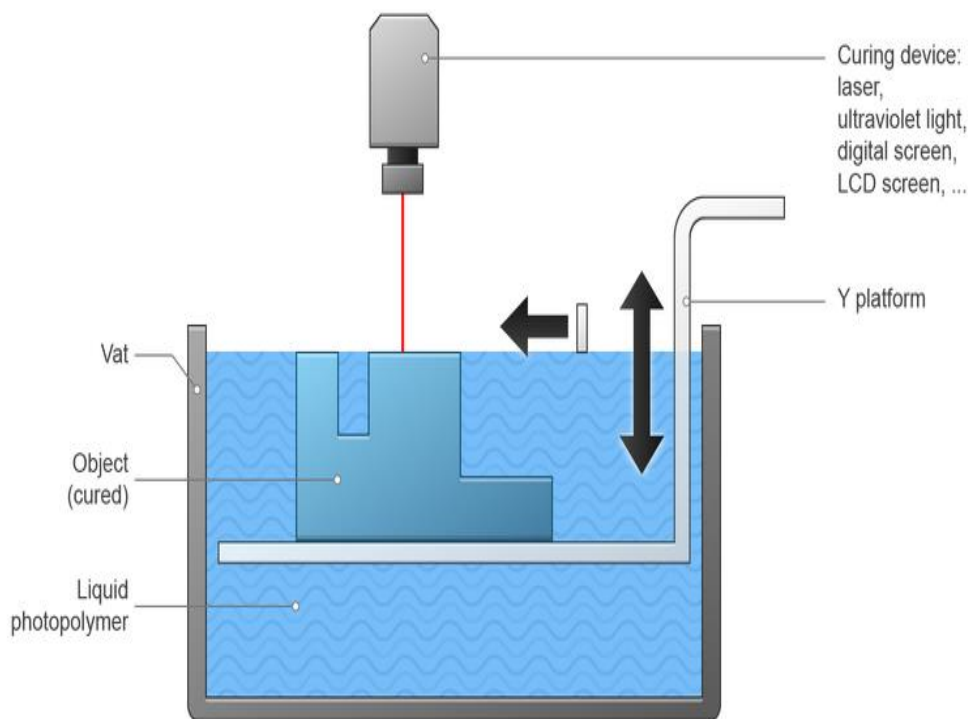
Φωτοπολυμερισμός σε κάδο

Ο φωτοπολυμερισμός σε κάδο πραγματοποιείται με διάφορες διαδικασίες οι οποίες βασίζονται στην ίδια λογική. Το υγρό φωτοπολυμερές, το οποίο είναι τοποθετημένο σε κάδο, στερεοποιείται σε συγκεκριμένα σημεία από μία πηγή φωτός. Το τελικό αντικείμενο χτίζεται σε στρώσεις, αφού κάθε φορά έχει ολοκληρωθεί η προηγούμενη.

Οι πρώτες χρονικά τεχνικές στερεοποίησης βασιζόταν στη χρήση λέιζερ. Πλέον, πιο δημοφιλείς τρόποι είναι οι προβολείς ψηφιακής επεξεργασίας φωτός και οι οθόνες LCD, λόγω του χαμηλού κόστους καθώς και της υψηλής ανάλυσης που προσφέρουν.

Αυτή η τεχνική επιτρέπει τη δημιουργία φυσικών μοντέλων με ακρίβεια και για αυτό εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό στην ιατρική μοντελοποίηση καθώς και στη δημιουργία πρωτοτύπων. Δίνει τη δυνατότητα να κατασκευαστούν μέρη με πολλές λεπτομέρειες και λεία ομαλή επιφάνεια, γεγονός που την καθιστά ιδανική για κατασκευή κοσμημάτων, οδοντοτεχνικές και ιατροτεχνικές εφαρμογές.

Το βασικό αρνητικό αυτής της μεθόδου είναι ότι συχνά χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν δομές στήριξης ακόμα και μετά τη στερεοποίηση ώστε το εξάρτημα να είναι αρκετά ανθεκτικό για τυπική χρήση. (Loughborough University London, 2010)



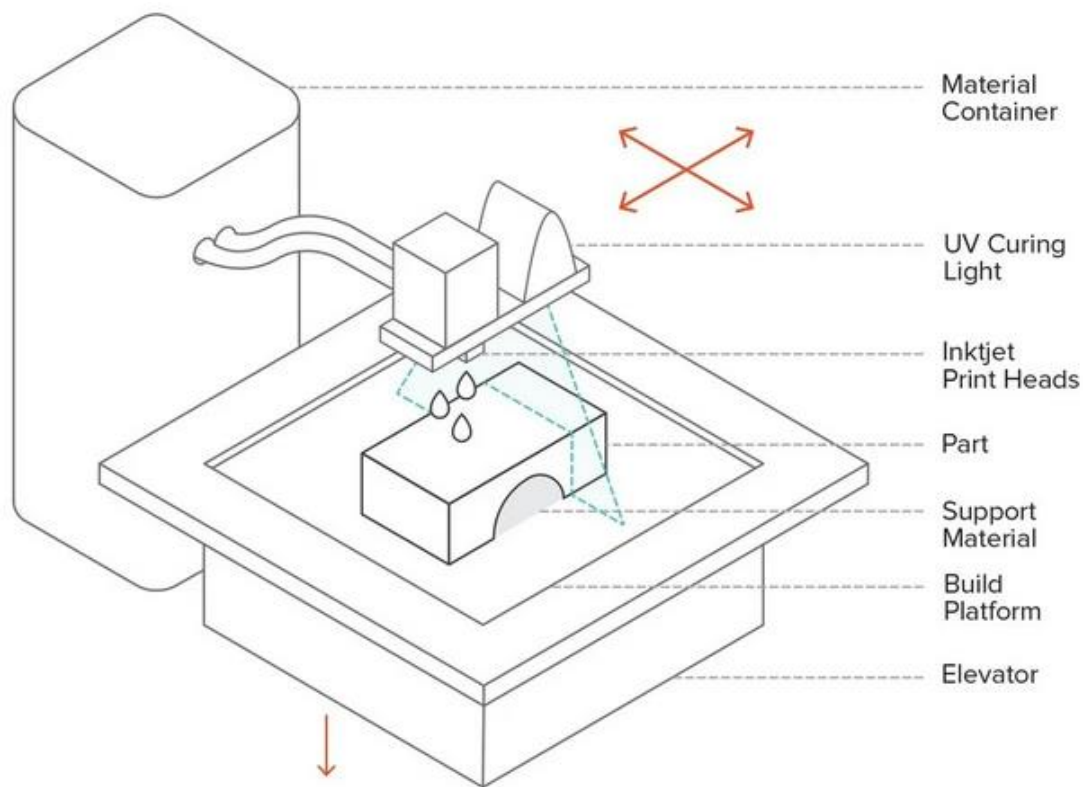
Εικόνα 3. Φωτοπολυμερισμός σε κάδο. (3dexperience, 2020)

Εναπόθεση υλικού

Με την εναπόθεση υλικού κατασκευάζονται αντικείμενα με παρόμοιο τρόπο λειτουργίας με αυτόν ενός απλού εκτυπωτή εγγράφων. Το υλικό εκχέεται πάνω σε μία επιφάνεια ή πλατφόρμα με συνεχή ροή ή με ελεγχόμενες σταγόνες, από ένα ακροφύσιο που κινείται οριζόντια στην πλατφόρμα κατασκευής. Εκεί το υλικό σκληραίνει με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας και το μοντέλο χτίζεται σε στρώσεις.

Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτή την τεχνική είναι περιορισμένα, καθώς πρέπει να εναποτίθενται σε σταγόνες. Τα πολυμερή και τα κεριά είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα λόγω της ιξώδους φύσης τους και της δυνατότητας να σχηματίζουν σταγόνες.

Βασικό θετικό της μεθόδου είναι ότι η εναπόθεση σταγονιδίων προσφέρει υψηλή ακρίβεια και ταυτόχρονα ελαχιστοποιούνται οι απώλειες. (Loughborough University London, 2010)



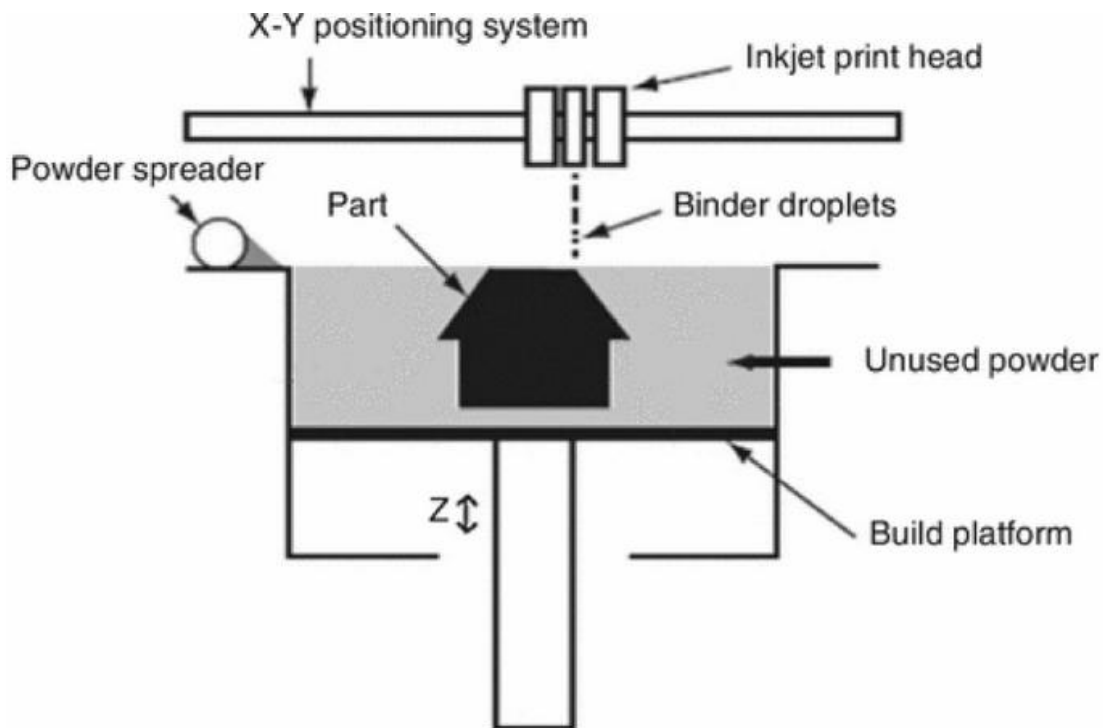
Εικόνα 4. Εναπόθεση υλικού. (Gregurić, 2019)

Εναπόθεση συγκολλητικής ουσίας

Η εναπόθεση συγκολλητικής ουσίας χρησιμοποιεί δύο υλικά, ένα υλικό με βάση τη σκόνη, που αποτελεί το υλικό κατασκευής, και ένα συνδετικό. Το συνδετικό δρα ως συγκολλητικό μεταξύ των στρώσεων σκόνης και είναι συνήθως σε υγρή μορφή. Μία κεφαλή εκτύπωσης κινείται οριζόντια κατά μήκος των αξόνων x και y του μηχανήματος και εναποθέτει εναλλασσόμενα στρώματα υλικού κατασκευής και συγκολλητικού υλικού. Αφού κάθε στρώση ολοκληρώνεται, το αντικείμενο κατεβαίνει στην πλατφόρμα κατασκευής του.

Το αντικείμενο που εκτυπώνεται υποστηρίζεται από μόνο του μέσα στην κλίνη πούδρας και αφαιρείται αφού ολοκληρωθεί, από τη μη δεσμευμένη πούδρα.

Το βασικό αρνητικό αυτής της μεθόδου είναι ότι λόγω της φύσης των υλικών, το τελικό αντικείμενο μπορεί να μην είναι πάντα κατάλληλο για χρήση ως τελικό εξάρτημα. (Loughborough University London, 2010)

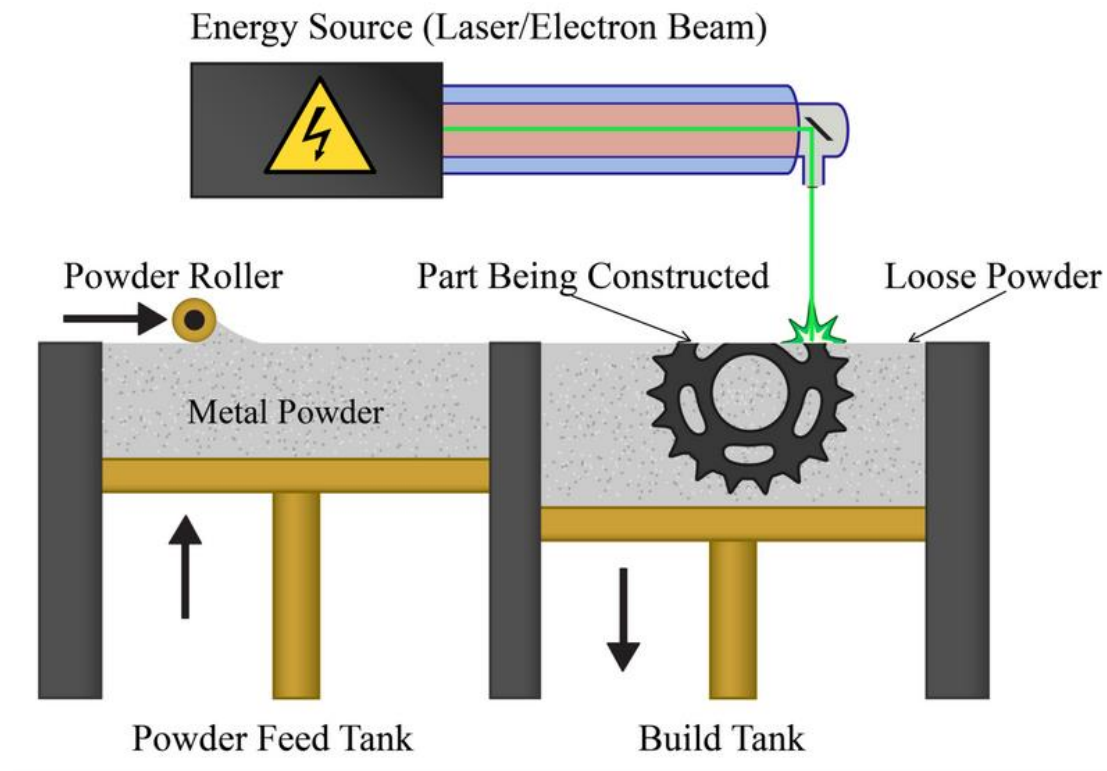


Εικόνα 5. Εναπόθεση συγκολλητικής ουσίας. (Silbernagel, 2018)

Σύντηξη πούδρας σε στρώμα

Οι μέθοδοι σύντηξης πούδρας σε στρώμα χρησιμοποιούν ακτίνα λέιζερ ή ηλεκτρονίων για να λιώσουν και να συνδέσουν το υλικό της πούδρας. Οι μέθοδοι τήξης δέσμης ηλεκτρονίων (EBM) απαιτούν κενό αέρος αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μέταλλα και κράματα για τη δημιουργία λειτουργικών εξαρτημάτων. Όλες οι διαδικασίες σύντηξης πούδρας σε στρώμα περιλαμβάνουν την εξάπλωση σκόνης στα προηγούμενα στρώματα. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση κυλίνδρου ή λεπίδας. Κάτω από το στρώμα υπάρχει μία δεξαμενή που τροφοδοτεί φρέσκο υλικό. Μεγάλο πλεονέκτημα της εν λόγω διαδικασίας είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγάλη γκάμα υλικών.

Βασικά μειονεκτήματα αυτής αποτελούν ο περιορισμός στο μέγεθος του τελικού αντικειμένου και ότι η υφή και η όψη του αντικειμένου επηρεάζονται από το μέγεθος του κόκκου της πούδρας. (Loughborough University London, 2010)



Εικόνα 6. Σύντηξη πούδρας σε στρώμα. (3deo, 2018)

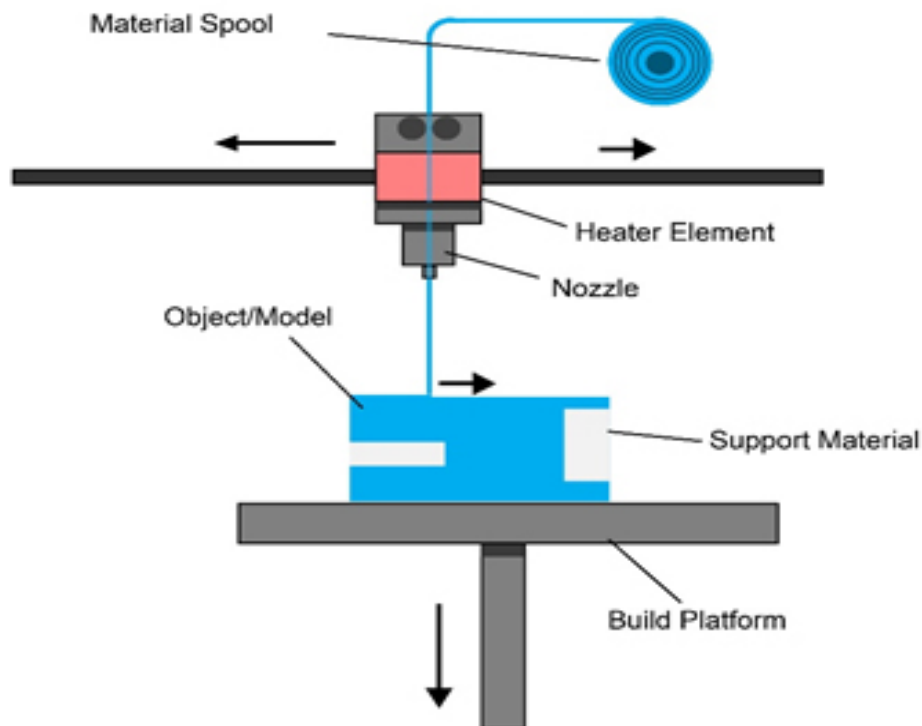
Εξώθηση υλικού

Στην εξώθηση υλικού, το υλικό, εξωθείται μέσω ενός ακροφυσίου όπου και θερμαίνεται τοπικά. Το ακροφύσιο μπορεί, συνήθως, να κινηθεί οριζόντια, δημιουργώντας έτσι μια στρώση δεδομένου σχήματος, ενώ η πλατφόρμα στην οποία τοποθετείται το υλικό, κινείται κάθετα αφότου ολοκληρωθεί η κάθε στρώση. Είναι μία ευρέως διαδεδομένη τεχνική που χρησιμοποιείται κυρίως σε πιο οικονομικούς, οικιακούς 3D εκτυπωτές.

Η τελική ποιότητα του προϊόντος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες αλλά αν οι σχετικές παράμετροι ελεγχθούν με επιτυχία τότε η μέθοδος αυτή έχει πολλές δυνατότητες. Η εξώθηση υλικού διαφέρει από τις άλλες μεθόδους 3D εκτύπωσης στο γεγονός ότι το ακροφύσιο που εξωθεί το υλικό πρέπει να έχει συνεχόμενη σταθερή πίεση και ροή. Για να επιτευχθούν ακριβή αποτελέσματα, η ροή πρέπει να έχει σταθερή ταχύτητα. Οι στρώσεις του υλικού μπορούν να συνδεθούν με έλεγχο της θερμοκρασίας ή με τη χρήση χημικών παραγόντων.

Στη διαδικασία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ABS το οποίο είναι σχετικά οικονομικό και έχει πολύ καλές δομικές ιδιότητες. Τα αρνητικά της μεθόδου είναι ότι η ποιότητα του προϊόντος επηρεάζεται από τη διάμετρο του ακροφυσίου, ενώ και η ταχύτητα και

η ακρίβεια, σε σχέση με άλλες μεθόδους, είναι χαμηλές. (Loughborough University London, 2010)



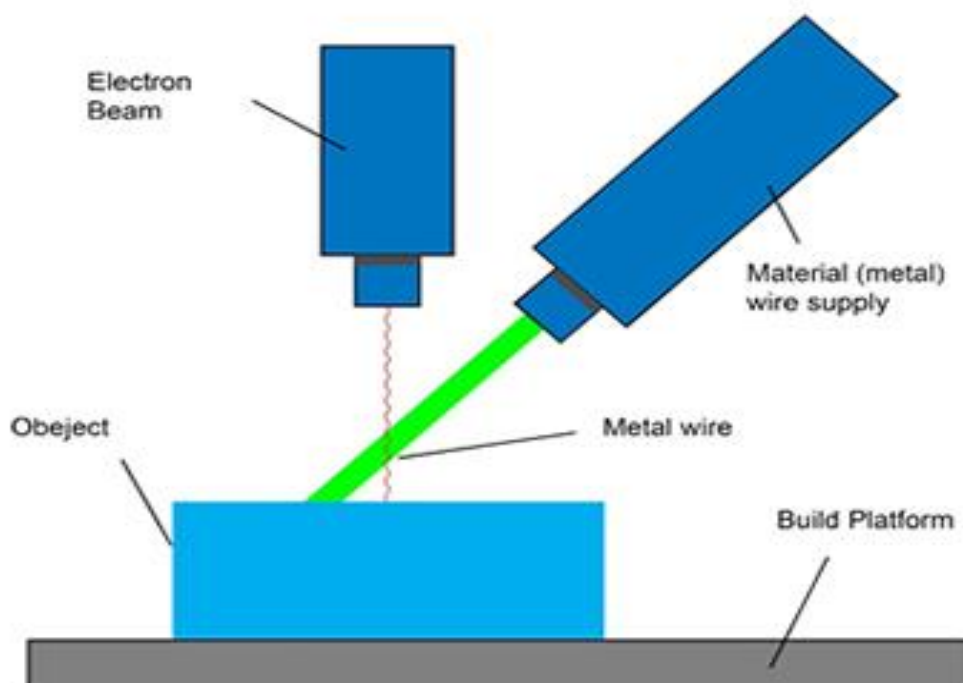
Εικόνα 7. Εξώθηση υλικού. (Loughborough University London, 2010)

Εναπόθεση με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη

Η εναπόθεση με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη είναι μία πιο περίπλοκη διαδικασία που χρησιμοποιείται κυρίως για να επισκευάσει ή να προσθέσει υλικό σε ήδη υπάρχοντα μέρη.

Στην πιο συνηθισμένη του μορφή, ο σχετικός εξοπλισμός αποτελείται από ένα βραχίονα πολλαπλών αξόνων με ένα ακροφύσιο το οποίο εναποθέτει σε μία επιφάνεια λιωμένο υλικό όπου στη συνέχεια στερεοποιείται. Η διαφορά με την εξώθηση υλικού είναι ότι το ακροφύσιο έχει περισσότερους βαθμούς ελευθερίας κίνησης. Για να λιώσει το υλικό, το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί από κάθε γωνία, χρησιμοποιείται δέσμη λέιζερ ή ηλεκτρονίων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι μέταλλα σε μορφή πούδρας ή σύρματος αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πολυμερή ή κεραμικά. Η μεγάλη δυνατότητα παραμετροποίησης της διαδικασίας μπορεί να προσφέρει επισκευές υψηλής ποιότητας. Ένα μειονέκτημα είναι το τελικό αντικείμενο

μπορεί να χρειαστεί περαιτέρω επεξεργασία ανάλογα με το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί. (Loughborough University London, 2010)

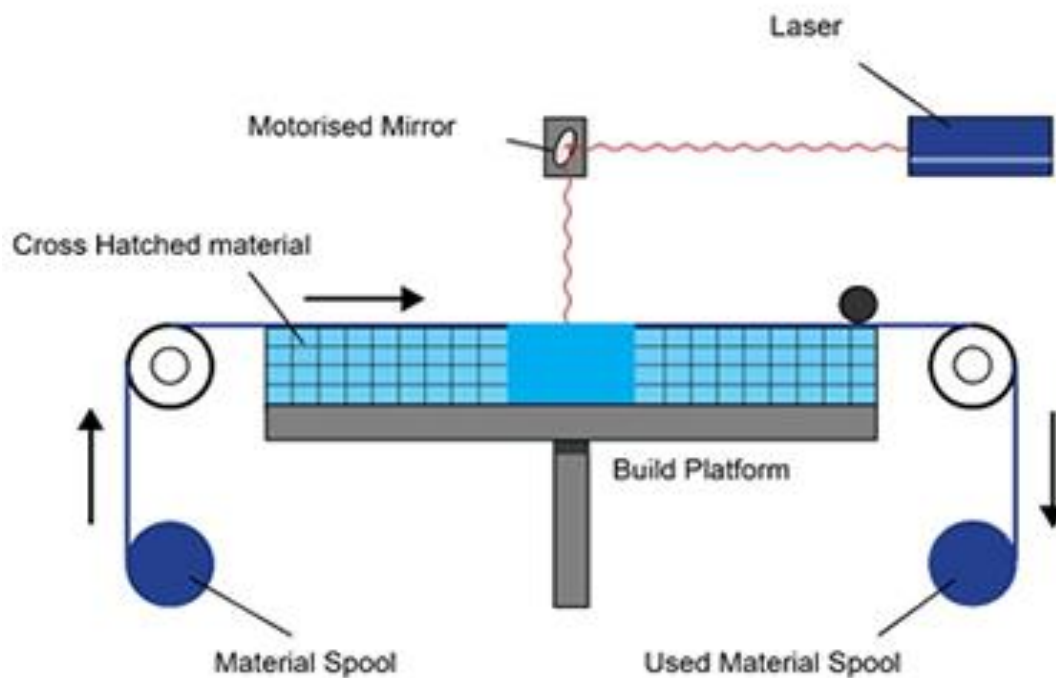


Εικόνα 8. Κατευθυνόμενη ενεργειακή εναπόθεση. (Loughborough University London, 2010)

Διεργασίες επάλληλων φύλλων

Οι διεργασίες επάλληλων φύλλων περιλαμβάνουν την υπερηχητική προσθετική κατασκευή και την κατασκευή αντικειμένων από επάλληλα φύλλα χαρτιού. Στην υπερηχητική προσθετική κατασκευή χρησιμοποιείται μέταλλο σε μορφή φύλλων ή κορδελών τα οποία συγκολλούνται μεταξύ τους με τη χρήση υψηλής συχνότητας υπερηχητικών δονήσεων. Στη διαδικασία αυτή απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία και αφαίρεση του περισσευούμενου μετάλλου κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης. Χρησιμοποιούνται χαμηλές θερμοκρασίες και μπορούν να δημιουργηθούν εσωτερικές γεωμετρίες. Το μέταλλο δε λιώνει οπότε δεν απαιτεί μεγάλη ενέργεια.

Στην κατασκευή αντικειμένων από επάλληλα φύλλα χαρτιού, τα επιμέρους στρώματα συγκολλούνται με χρήση ειδικής κόλλας. Τα αντικείμενα που προκύπτουν από αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται κυρίως για αισθητικούς σκοπούς και όχι για δομικούς. (Loughborough University London, 2010)



Εικόνα 9. Ελασματοποίηση φύλλων. (Loughborough University London, 2010)

3.3 Εφαρμογές 3D εκτύπωσης

Η τριδιάστατη εκτύπωση έχει καταφέρει να εισέλθει σε όλους τους τομείς παραγωγής καθώς πολλές οι επιχειρήσεις τη χρησιμοποιούν πια σε κάποιο στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν μόνο για κατασκευή πρωτοτύπων ή για τα αρχικά στάδια. Πλέον αποτελεί τεχνολογία παραγωγής, καθώς η μεγαλύτερη ζήτηση είναι βιομηχανικής φύσης. Με την ταχεία εξέλιξή της η 3D εκτύπωση θα αλλάξει κάθε πτυχή της ζωής μας.

Οι τομείς στους οποίους εκτιμάται ότι θα έχει τη μεγαλύτερη επίδραση είναι:

- Ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων και ταχεία κατασκευή,
- Αυτοκινητοβιομηχανία,
- Αεροναυπηγική,
- Κατασκευές,
- Καταναλωτικά αγαθά,
- Ιατρική περίθαλψη,

- Εκπαίδευση.

Ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων και ταχεία κατασκευή

Η δημιουργία ενός πρωτοτύπου με τη 3D εκτύπωση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα σε λίγες μέρες ή ώρες. Είναι μία γρήγορη και σχετικά οικονομική διαδικασία. Δεν χρειάζονται επιπλέον εργαλεία ή να κατασκευαστούν πιο ακριβά καλούπια και οι επαναλήψεις είναι πιο εύκολες και οικονομικές.

Η 3D εκτύπωση χρησιμοποιείται και για γρήγορες κατασκευές. Κάποιες επιχειρήσεις βασίζονται στην κατασκευή πιο προσωποποιημένων προϊόντων και κατά συνέπεια παράγουν μικρότερες παρτίδες σε σύντομους χρόνους.

Αυτοκινητοβιομηχανία

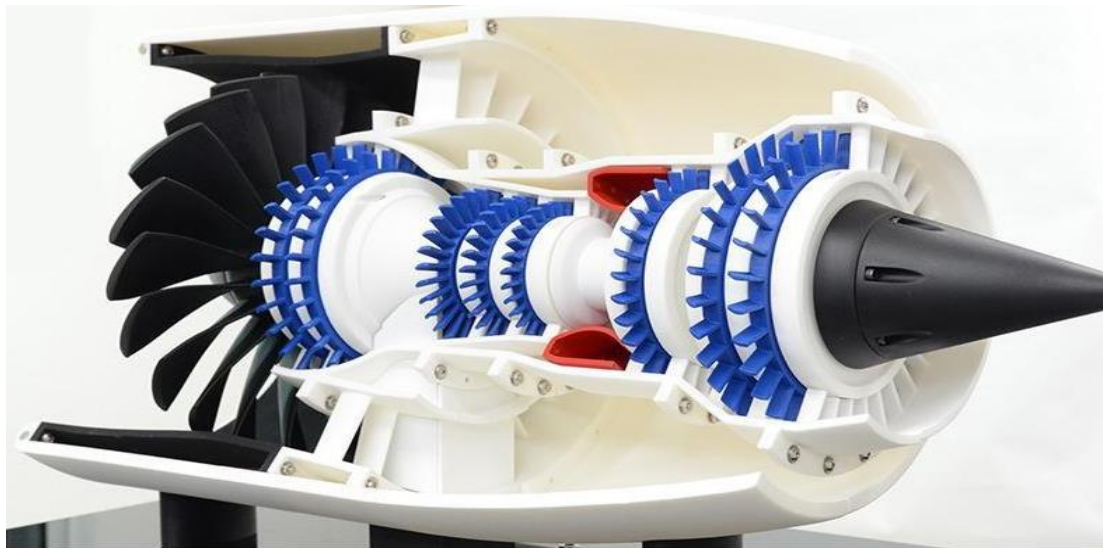
Οι αυτοκινητοβιομηχανίες χρησιμοποιούν τη 3D εκτύπωση εδώ και πολλά χρόνια για να κατασκευάσουν εργαλεία, ανταλλακτικά και διάφορα εξαρτήματα. Η τεχνολογία αυτή έχει δώσει τη δυνατότητα της παραγωγής κατά απαίτηση η οποία βοηθά στη μείωση των αποθεμάτων και του κύκλου σχεδιασμού και παραγωγής. Λάτρεις ιστορικών αυτοκινήτων έχουν αξιοποιήσει αυτή την τεχνολογία για να ανακατασκευάσουν τμήματα αυτών και να τα επισκευάσουν. (3dprinting, 2019)



Εικόνα 10. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην αυτοκινητοβιομηχανία. (3ERP, 2018)

Αεροναυπηγική

Από το 2015, το 15% από τα εκτιμώμενα 5 δισεκατομμύρια έσοδα της της προσθετικής κατασκευής ανήκει στις αεροδιαστημικές και αμυντικές βιομηχανίες. Η γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων βρίσκει εξαιρετική εφαρμογή στην κατασκευή πρόσθετων για την αεροπορία. Ένα ακριβές αντίγραφο του τελικού αντικειμένου μπορεί να δημιουργηθεί πολύ γρήγορα, στη συνέχεια να λάβει τις απαραίτητες πιστοποιήσεις ή να γίνουν οι αλλαγές που μπορεί να χρειάζεται και μετά να αρχίσει η φάση της παραγωγής. (Mototok, 2019)



Aerospace 3D Printing

Εικόνα 11. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην αεροπορία. (openPR, 2019)

Κατασκευές

Στον κατασκευαστικό τομέα, με τη 3D εκτύπωση, μπορούν να παραχθούν μέρη ή ακόμα και ολόκληρα κτίρια. Λόγω της διαδικασίας σχεδιασμού, αυτός είναι ένας τομέας που είχε ήδη τις απαραίτητες πληροφορίες για τη δημιουργία αντικειμένων και έχει μεγάλη εμπειρία στις κατασκευές με υπολογιστή.

Με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας, κατασκευάζονται πιο γρήγορα, πιο ακριβή και πιο περίπλοκα αντικείμενα ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιείται η φύρα και τα εργατικά κόστη. Μπορούν επίσης να πραγματοποιηθούν κατασκευές και σε πιο επικίνδυνες και δύσβατες τοποθεσίες, ακατάλληλες για να εργαστούν άνθρωποι. (Designing Buildings Wiki, 2020)



Εικόνα 12. Η τριδιάστατη εκτύπωση στις κατασκευές κτιρίων. (Jamie, 2018)

Καταναλωτικά αγαθά

Στα είδη υπόδησης, η αγορά τριδιάστατων τυπωμένων υποδημάτων προβλέπεται να φτάσει στα 5,9 δισεκατομμύρια ως το 2029. Μεγάλες εταιρείες όπως η Adidas κατασκευάζουν ήδη τριδιάστατες σόλες παπουτσιών και τις έχουν εντάξει στη μαζική παραγωγή.



Εικόνα 13. Οι τριδιάστατα τυπωμένες σόλες της Adidas. (Jamie, 2018)

Ο χώρος της κατασκευής κοσμημάτων είναι ακόμα ένας τομέας που έχει επωφεληθεί από την 3D τεχνολογία. Η κατασκευή μπορεί να γίνει είτε άμεσα ή έμμεσα. Άμεσα κατασκευάζοντας το κόσμημα από την αρχή με τον 3D εκτυπωτή και έμμεσα ακολουθώντας τις παραδοσιακές διαδικασίες χύτευσης, βάσει των οποίων παράγονται στη συνέχεια καλούπια, με βάση εκτυπωμένα μοντέλα.



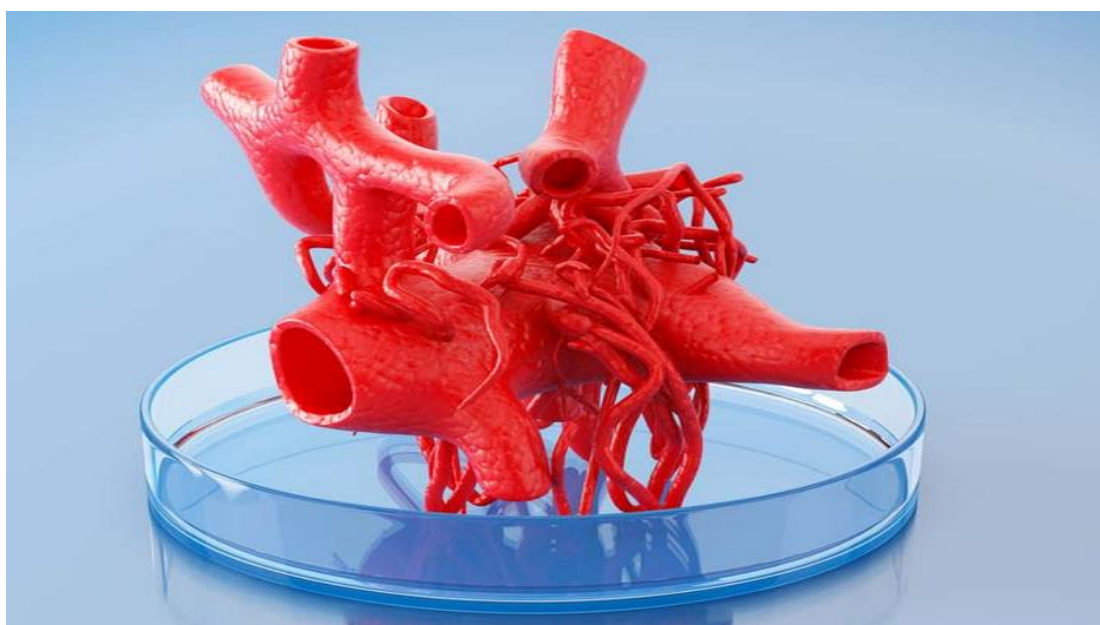
Εικόνα 14. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην κατασκευή κοσμημάτων.
(Jamie, 2017)

Ιατρική περίθαλψη

Την τελευταία δεκαετία, σε περισσότερες από 100.000 επεμβάσεις αντικατάστασης ισχίου έχουν χρησιμοποιηθεί εμφυτεύματα παραχθέντα με 3D εκτύπωση. Επίσης, ένας ακόμα τομέας στον οποίο έχει παρουσιάσει άνθιση, είναι τα ακουστικά βαρηκοΐας. Τα τελευταία 17 χρόνια,, σχεδόν όλα τα ακουστικά έχουν παραχθεί μέσω της εκτύπωσης 3D. Παλιότερα, για να κατασκευαστεί ένα ακουστικό βαρηκοΐας χρειάζονταν 9 βήματα τα οποία περιλάμβαναν και κατασκευή καλουπιών και πολύ συχνά η εφαρμογή τους δεν ήταν αρκετά καλή. Πλέον, ένας τεχνικός χρησιμοποιεί σιλικόνη για να αποτυπώσει το σχήμα του αυτιού, και έπειτα με βάση το αποτύπωμα κατασκευάζεται το ακουστικό. Το ηλεκτρονικό μέρος προστίθεται στο τέλος, αφότου έχουν γίνει και οποιεσδήποτε τροποποιήσεις.

Στον τομέα της οδοντιατρικής και ορθοδοντικής ίσως συναντούμε την πιο διαδεδομένη εφαρμογή της 3D εκτύπωσης. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται κατά βάση είναι η σύντηξη πούδρας σε στρώμα και η εναπόθεση υλικού.

Από τις αρχές του 2000 έχουν γίνει εκτεταμένες έρευνες για χρήση 3D εκτυπωτών στη δημιουργία ανθρώπινου ιστού ή ακόμα και ολόκληρων οργάνων και μελών. Ο τομέας αυτός ονομάζεται τριδιάστατη βιολογική εκτύπωση. Μέχρι τώρα, τα όργανα και ιστοί που έχουν κατασκευαστεί χρησιμοποιούνται για δοκιμές φαρμάκων. Ωστόσο, αναδύονται συνεχώς καινούριες τεχνολογίες βιοεκτύπωσης (Bioprinting) στις οποίες τα κύτταρα ενσωματώνονται συχνά σε μία ειδικά διαμορφωμένη γέλη σε στρώσεις για να διαμορφωθεί ιστός ή το επιθυμητό όργανο.



Εικόνα 15. Η τριδιάστατη εκτύπωση στην ιατρική. (boldbusiness, 2017)

Εκπαίδευση

Η 3D εκτύπωση είναι ένας εύκολος και οικονομικός τρόπος ώστε οι μαθητές να δώσουν μορφή στις ιδέες τους και με αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται σε πολλά σχολεία ανά τον κόσμο. Επίσης μπορούν να ενσωματωθούν σε πολλά μαθήματα ανώτερων βαθμίδων όπως στη μελέτη θεμάτων σχετικών με το σχεδιασμό με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD). (3dprinting, 2019)

3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Στην παραδοσιακή εκτύπωση χρησιμοποιείται χαρτί και μελάνι. Αντίθετα, στη 3D εκτύπωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία μεγάλη γκάμα πρώτων υλών όπως πολυμερή, μέταλλα, ακόμα και κεραμικά. Η ποικιλία αυτή στη χρήση των υλικών σημαίνει πως τα προϊόντα της τριδιάστατης εκτύπωσης μπορούν να εφαρμοστούν σε κάθε πτυχή της καθημερινότητας.

Σχετικά με τα πλεονεκτήματα αναφέρουμε :

- ταχύτητα,
- απλοποιημένη διαδικασία παραγωγής,
- κόστος,
- έγκαιρος εντοπισμός σχεδιαστικών λαθών,
- ελευθερία ως προς το σχεδιασμό και την πολυπλοκότητα,
- εξατομίκευση,
- ευκολία στην πρόσβαση και
- βιωσιμότητα.

Ταχύτητα

Η ταχύτητα με την οποία μπορούν να παραχθούν εξαρτήματα με τη 3D εκτύπωση αποτελεί ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής. Μέσα σε λίγες ώρες, σύνθετα σχέδια μπορούν να φορτωθούν από ένα σχέδιο CAD και να τυπωθούν. Σε αυτό συμβάλει και η ταχεία επαλήθευση και ανάπτυξη ιδεών σχεδίου. Ενώ στο παρελθόν μπορεί να χρειάζονταν μέρες ή ακόμα και εβδομάδες για τη κατασκευή ενός πρωτοτύπου, τώρα αυτό μπορεί να γίνει μέσα σε λίγες ώρες.

Απλοποιημένη διαδικασία παραγωγής

Ένας από τους βασικούς παράγοντες που πρέπει να λάβει υπόψη ένας σχεδιαστής είναι η διαδικασία παραγωγής του προϊόντος. Οι παραδοσιακές τεχνολογίες κατασκευής απαιτούν συνήθως την ολοκλήρωση πολλών επιμέρους σταδίων, η σειρά και η ακρίβεια των οποίων επηρεάζει την ποιότητα και λειτουργικότητα του τελικού προϊόντος.

Οι 3d εκτυπωτές ολοκληρώνουν την κατασκευή σε ένα βήμα χωρίς καμία αλληλεπίδραση με τον χειριστή του μηχανήματος κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος. Από τη στιγμή που έχει ολοκληρωθεί το CAD σχέδιο, φορτώνεται στον εκτυπωτή και κατασκευάζεται εν πολλοίς σε ένα στάδιο, μέσα σε λίγες ώρες.

Η δυνατότητα κατασκευής σε ένα μόνο στάδιο, δίνει στο σχεδιαστή μεγαλύτερο έλεγχο πάνω στο τελικό προϊόν και μειώνει την εξάρτηση από τις διάφορες διεργασίες κατασκευής.

Κόστος

Το χαμηλό εργατικό κόστος αποτελεί ακόμα ένα μεγάλο πλεονέκτημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Από τη στιγμή που ο χειριστής θα επιλέξει τις παραμέτρους κατασκευής και θα δώσει εντολή για την έναρξη της κατασκευής, η διαδικασία της εκτύπωσης προχωρά με τελείως αυτοματοποιημένο τρόπο και χωρίς να απαιτείται συνήθως επίβλεψη. Αντίθετα, στις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής, απαιτούνται μηχανικοί και χειριστές υψηλής εξειδίκευσης.

Το κόστος της 3d εκτύπωσης σε μικρές ποσότητες είναι αρκετά χαμηλό, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο πιο οικονομικά συμφέρουσα έναντι άλλων μεθόδων. Γι' αυτό είναι πολύ χρήσιμη για την κατασκευή πρωτοτύπων που πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές. Τα δεδομένα αυτά αλλάζουν, βέβαια, όσο αυξάνεται το μέγεθος της παραγωγής.

Έγκαιρος εντοπισμός σχεδιαστικών λαθών

Ο μη έγκαιρος εντοπισμός σχεδιαστικών λαθών ή/και παραλείψεων κοστίζει τόσο σε χρόνο όσο και σε χρήμα. Η παραμικρή μετατροπή στην κατασκευή και στην επιλογή υλικών μπορεί να έχει μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο. Κατά τη διαδικασία ανάλυσης πρωτοτύπων είναι εξαιρετικά χρήσιμο να μπορεί να επιβεβαιωθεί ένα σχέδιο προτού επενδυθούν χρήματα σε υλικά και ακριβούς εξοπλισμούς, ειδικά πριν ξεκινήσει η διαδικασία της μαζικής παραγωγής.

Ελευθερία ως προς το σχεδιασμό και την πολυπλοκότητα

Στο συγκεκριμένο τρόπο κατασκευής δεν ισχύουν οι περιορισμοί πιο παραδοσιακών μεθόδων κατασκευής σε ό,τι αφορά τη μορφή το προϊόντος, αφού αυτό κατασκευάζεται σε στρώσεις.

Οι σχεδιαστές έχουν μεγάλη ελευθερία να δημιουργήσουν εύκολα, σχέδια με σύνθετες γεωμετρίες. Οι περισσότεροι περιορισμοί που αντιμετωπίζουν έχουν να κάνουν με τον ιδανικό προσανατολισμό που πρέπει να έχει το σχέδιο ώστε να αποφευχθούν προβλήματα στήριξης ή κατάρρευσης του προϊόντος κατά την κατασκευή.

Εξατομίκευση

Η 3d εκτύπωση επιτρέπει πλήρη ελευθερία σχεδίασης αλλά και την εξ' ολοκλήρου προσαρμογή του σχεδίου στον πελάτη ή στην περίπτωση. Αυτό την καθιστά ιδανική για την κατασκευή εξατομικευμένων, μοναδικών αντικειμένων.

Στους τομείς της ιατρικής και της οδοντιατρικής κατασκευάζονται με αυτή τη μέθοδο εξατομικευμένα προσθετικά, εμφυτεύματα και οδοντιατρικά βοηθήματα. Άλλοι τομείς στους οποίους είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η δυνατότητα εξατομίκευσης αυτής της μεθόδου είναι η δημιουργία αθλητικού εξοπλισμού υψηλού επιπέδου, ο οποίος να προσαρμόζεται ώστε να ταιριάζει απόλυτα στις απαιτήσεις αθλητών.

Ευκολία στην πρόσβαση

Η μεγαλύτερη άνθηση της εν λόγω τεχνολογίας άρχισε από το 2010 και μετά, παρ' ότι υπάρχει εδώ και περισσότερα από 30 χρόνια. Πλέον θεωρείται μια εξαιρετικά προσιτή τεχνολογία, εξ' αιτίας και του μεγάλου αριθμού 3d εκτυπωτών που έχουν εισαχθεί στη βιομηχανία. Ενώ στο παρελθόν είχε πρόσβαση μόνο ένα μικρό κομμάτι της κατασκευαστικής βιομηχανίας σε αυτή την εξειδικευμένη τεχνολογία, τώρα είναι ευρέως διαθέσιμη και αποτελεί μία πολύ ανταγωνιστική, ως προς το κόστος, μέθοδο που χρησιμοποιείται από πολλούς κλάδους της βιομηχανίας.

Βιωσιμότητα

Πολλές κατασκευαστικές μέθοδοι βασίζονται στην αφαίρεση υλικού από ένα αντικείμενο, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλου όγκου αποβλήτων.

Στις διαδικασίες της 3d εκτύπωσης χρησιμοποιείται συνήθως ελάχιστα περισσότερο υλικό από αυτό που χρειάζεται. Μεγάλο είναι και το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης του υλικού που δεν θα υποστεί κάποιου είδους επεξεργασία.. Κατά συνέπεια, η παραγόμενη φύρα είναι απειροελάχιστη.

Ο χειρισμός ενός 3D εκτυπωτή είναι σχετικά εύκολος, οπότε πολλά σχέδια δεν απαιτούν τη μεσολάβηση ενός ειδικού για να κατασκευαστούν. Επιπλέον, το αποτύπωμα ενός βιομηχανικού συστήματος με 3D εκτυπωτές είναι πολύ μικρότερο από αυτό ενός παραδοσιακού.

Θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχει και η δυνατότητα να τυπώνονται και να παράγονται εξαρτήματα στην τοποθεσία που χρειάζονται. Γι' αυτό έχουν αναπτυχθεί και επαγγελματικές υπηρεσίες 3D εκτύπωσης σε όλο τον κόσμο, και έτσι μειώνονται οι απαιτήσεις μεταφοράς, συμβάλλοντας έτσι με έναν ακόμα τρόπο στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. (Redwood, 2017)

Μερικά από τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει η 3D εκτύπωση είναι επαναστατικά, αλλά όπως κάθε τεχνολογία, έτσι και αυτή έχει περιορισμούς και μειονεκτήματα που χρήζουν ανάλυσης, όπως τα εξής: (TWI, 2017)

- Περιορισμένες πρώτες ύλες,
- Περιορισμός ως προς το μέγεθος,
- Επεξεργασία μετά την εκτύπωση,
- Μικρός όγκος παραγωγής,
- Κατασκευαστική δομή,
- Μείωση θέσεων εργασίας στον κατασκευαστικό κλάδο,
- Ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων.

Περιορισμένες πρώτες ύλες

Η διαθέσιμη ποικιλία πρώτων υλών δεν είναι απεριόριστη, παρ' ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη πλαστικού και μετάλλου. Η σχετικά μικρή ποικιλία υλικών συνδέεται τόσο με τεχνικούς λόγους όσο και με τον αρκετά διαφορετικό χαρακτήρα των περισσότερων τεχνολογιών 3D εκτύπωσης. . Επιπλέον πολλά από τα διαθέσιμα υλικά δεν μπορούν να ανακυκλωθούν.

Περιορισμός ως προς το μέγεθος

Οι περισσότεροι εκτυπωτές έχουν μικρό μέγεθος που σημαίνει ότι και το τελικό προϊόν θα έχει το ανάλογο μέγεθος. Έτσι, για την εκτύπωση μεγαλύτερων αντικειμένων χρειάζεται να τυπωθούν ξεχωριστά τα μέρη του και έπειτα να ενωθούν μετά την εκτύπωση. Αυτό φυσικά αυξάνει το χρόνο παραγωγής αλλά και το κόστος.

Επεξεργασία μετά την εκτύπωση

Τα προϊόντα 3d εκτύπωσης χρειάζονται, συνήθως, κάποιας μορφή δευτερεύουσα επεξεργασία, είτε αυτή αφορά στον καθαρισμό είτε στη λείανση των επιφανειών για να επιτευχθεί το επιθυμητό φινίρισμα. Ανάλογα με τον τύπο εκτυπωτή που χρησιμοποιείται ή και τη διαδικασία, μπορεί να προκύψουν, επίσης, ανακρίβειες στο τελικό αποτέλεσμα σε σχέση με το αρχικό σχέδιο. Αυτό μπορεί να διορθωθεί με περαιτέρω επεξεργασία. Το μέγεθος της δευτερεύουσας επεξεργασίας που θα χρειαστεί εξαρτάται από το μέγεθος του προϊόντος και από την μέγεθος εκτύπωσης που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι πολύ χρονοβόρα, επιβραδύνοντας, τελικά, το συνολικό χρόνο παραγωγής.

Μικρός όγκος παραγωγής

Στις περισσότερες παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής, όσο μεγαλώνει ο όγκος παραγωγής τόσο μειώνεται το ανά μονάδα κόστος, γεγονός που δε συμβαίνει στη 3D εκτύπωση. Κατά συνέπεια, ενώ μπορεί το αρχικό κόστος επένδυσης να είναι μικρότερο, η χρήση μεθόδων 3D εκτύπωσης στην περίπτωση της μαζικής παραγωγής τελικά δε συμφέρει.

Κατασκευαστική δομή

Στη 3d εκτύπωση τα προϊόντα αποτελούνται από διαδοχικές στρώσεις. Αυτό αποτελεί και πιθανή κατασκευαστική αδυναμία καθώς κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, οι στρώσεις αυτές μπορούν να αποκολληθούν ή να αλλοιωθούν.

Μείωση θέσεων εργασίας στον κατασκευαστικό κλάδο

Με τους 3D εκτυπωτές, η διαδικασία της παραγωγής είναι αυτοματοποιημένη, γεγονός που αναπόφευκτα οδηγεί στην εξάλειψη της ανάγκης για κάποια επαγγέλματα και κατά συνέπεια στη μείωση του εργατικού δυναμικού. Μάλιστα, σε ορισμένες χώρες που βασίζονται σε κατασκευαστικά επαγγέλματα αυτό μπορεί να στοιχίσει πολύ.

Ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων

Η 3D εκτύπωση γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής και προσβάσιμη και ταυτόχρονα γίνεται πιο εύκολο να δημιουργηθούν πλαστά προϊόντα και πιστές αντιγραφές. Έτσι, παρουσιάζεται μεγάλη δυσκολία στον έλεγχο της ποιότητας και προκύπτουν θέματα πνευματικών δικαιωμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Κατανεμημένη παραγωγή με χρήση 3D εκτυπωτών

4.1 Γενικά

Η κατασκευή προϊόντων κοντά στον πελάτη αποτελεί μία βιώσιμη στρατηγική που ακολουθούν πολλές μεγάλες εταιρείες με σκοπό την εξοικονόμηση χρόνου μεταφοράς. Η ταχύτερη ανταπόκριση στις ανάγκες των πελατών και τα χαμηλότερα κόστη μεταφοράς είναι μόνο λίγα από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει.

Εταιρείες εξόρυξης πόρων, διαστημικές υπηρεσίες και ο στρατός μπορούν να βρουν ιδιαίτερα χρήσιμη την κατασκευή περίπλοκων αντικειμένων, με αυτόνομο τρόπο σε απομακρυσμένο περιβάλλον. Η 3D εκτύπωση μπορεί να αξιοποιηθεί για να φέρει την κατασκευή σε δυσπρόσιτες περιοχές. Το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ έχει χρησιμοποιήσει αυτή την τεχνολογία σε αρκετές περιπτώσεις. Το 2014, εγκατέστησαν 3D εκτυπωτές στο USS Essex με σκοπό να εκπαιδεύσουν τους ναύτες να τυπώνουν ανταλλακτικά και εξαρτήματα όπλων όποτε τα χρειάζονται. Το αποτέλεσμα ήταν να μειωθεί ο χρόνος παράδοσης αλλά και να υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε απαραίτητα εξαρτήματα σε απομακρυσμένες καταστάσεις.

Ακόμα ένα παράδειγμα σχετικά με το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ έχει να κάνει με την κατασκευή μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Το σκεπτικό ήταν ότι τα πλοία θα ξεκινήσουν την πορεία τους έχοντας ήδη έναν μικρό αριθμό ηλεκτρικών εξαρτημάτων και ανταλλακτικών που να χρησιμοποιούνται συνήθως στην κατασκευή των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και αυτά θα κατασκευάζονται, ανάλογα με τη δεδομένη ανάγκη, από τους ναύτες με τη χρήση 3D εκτυπωτών, κατά τη διάρκεια της πλεύσης. (DHL, 2016)

Η κατανεμημένη παραγωγή παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία σε σχέση με τα καθιερωμένα μοντέλα παραγωγής. Τα τωρινά δεδομένα στον κατασκευαστικό τομέα βασίζονται στη δημιουργία μεγάλου όγκου παραγωγής με πανομοιότυπα προϊόντα. Ωστόσο, τέτοια μοντέλα αποδεικνύονται ανεπαρκή όταν παρουσιάζεται αύξηση στη ζήτηση εξατομίκευσης, πιο γρήγορες αντιδράσεις στις αλλαγές και πιο αποτελεσματικές αλυσίδες εφοδιασμού.

Για τις παραδοσιακές μεθόδους χρησιμοποιούνται μεγάλα εργοστάσια όπου εκεί αποθηκεύονται οι πρώτες ύλες και γίνεται η παραγωγή. Στη συνέχεια, τα προϊόντα αποστέλλονται στον τελικό πελάτη που μπορεί να βρίσκεται χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Η περίπτωση της Κίνας αποτελεί ένα παράδειγμα κατανεμημένης παραγωγής. Χιλιάδες εργοστάσια στην Κίνα λειτουργούν με πολύ χαμηλά κόστη ενώ ταυτόχρονα παράγουν προϊόντα υψηλής τεχνολογίας. Τα περισσότερα smartphones από όλες τις

μεγάλες εταιρείες σήμερα, κατασκευάζονται σε εργοστάσια της Κίνας. Εταιρείες όπως η Xiaomi, Huawei και άλλες προσφέρουν τα προϊόντα τους σε πολύ χαμηλές τιμές δημιουργώντας έτσι μεγάλο ανταγωνισμό σε παγκόσμιο επίπεδο. (Peels, 2017)

Αντίθετα, στην κατανεμημένη παραγωγή, χρησιμοποιείται ένα ψηφιακό δίκτυο από απομακρυσμένες εγκαταστάσεις παραγωγής, τα οποία είναι διασκορπισμένα σε διάφορες τοποθεσίες και επικοινωνούν με ψηφιακό τρόπο. Αυτό οδηγεί σε ταχύτερες παραδόσεις, βιωσιμότητα, εξατομίκευση και υποστήριξη των τοπικών αγορών. Παρά το γεγονός ότι η παραγωγή μεγάλης κλίμακας, πάντα θα υπερτερεί σε κάποιους τομείς, η τοπική παραγωγή μικρής κλίμακας προσφέρει μία βιώσιμη εναλλακτική στον τρόπο που παράγονται και διακινούνται κάποια αγαθά.

Η τεχνολογία η οποία θα παίξει καθοριστικό ρόλο στην υιοθέτηση αυτού του νέου μοντέλου είναι η τριδιάστατη εκτύπωση, με την οποία αλλάζει εντελώς ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζονται τα αντικείμενα.

Η τριδιάστατη εκτύπωση μπορεί να επηρεάσει τους χρόνους παράδοσης με δύο βασικούς τρόπους. Πρώτον, με την ταχύτερη κατασκευή πρωτοτύπων, που συνεπάγεται και μείωση του χρόνου που χρειάζεται για να βγει ένα προϊόν στην αγορά και δεύτερον με την απευθείας κατασκευή ανταλλακτικών. Από τη στιγμή που δε βασίζεται στη δημιουργία καλουπιών, η παραγωγή μπορεί να αρχίσει αμέσως μόλις γίνει μία παραγγελία. Η παραγωγή συνήθως χρειάζεται από μερικές ώρες μέχρι μερικές μέρες που απέχει πολύ από τις εβδομάδες και μήνες που χρειάζονται τυπικά στην παραγωγή με καλούπια.

Χρησιμοποιώντας ψηφιακές μορφές αποθήκευσης υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα να μειωθούν τα κόστη αποθήκευσης. Οι εγκαταστάσεις στην κατανεμημένη παραγωγή, μπορούν να χρησιμοποιήσουν έναν κεντρικό ψηφιακό αποθηκευτικό χώρο για τα τριδιάστατα σχέδια. Από εκεί μπορούν να στέλνουν δεδομένα στις διάφορες εγκαταστάσεις και να κατασκευάζονται τα αντικείμενα όποτε το χρειάζεται ο πελάτης, αποφεύγοντας έτσι τη διατήρηση αποθεμάτων.

Η κατασκευή κατά παραγγελία αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της τριδιάστατης εκτύπωσης. Σε συνδυασμό με την κατανεμημένη παραγωγή, μπορεί να αντικατασταθεί η λογική της κατασκευής για δημιουργία αποθέματος, η οποία πολλές φορές είναι αναποτελεσματική, με τη λογική της κατασκευής για παραγγελία, αλλάζοντας έτσι εξ'ολοκλήρου τη φιλοσοφία της αποθήκευσης. Οι εταιρείες μπορούν να παράγουν εξαρτήματα στις ποσότητες που χρειάζονται χωρίς να υπάρχει το ρίσκο να παραμείνουν απούλητα και ταυτόχρονα να καταναλώνουν και χώρο στις αποθήκες.

Αφού η παραγωγή γίνεται κατά παραγγελία, το κάθε προϊόν μπορεί να σταλεί απευθείας στον πελάτη μειώνοντας έτσι και τα κόστη αποθήκευσης. (AMFG, 2021)

4.2 Παραδείγματα επιχειρήσεων με καταναμημένη παραγωγή με χρήση 3D εκτυπωτών

4.2.1 Field Ready – Εξοπλισμός ανθρωπιστικής βοήθειας

Υπάρχουν απομακρυσμένες κοινότητες σε αναπτυσσόμενες περιοχές που δεν έχουν πρόσβαση σε δυνατότητες κατασκευής και στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού. Η Field Ready σε συνεργασία με τη World Vision κατασκευάζουν ένα καινοτόμο εργαστήριο στο Νεπάλ με σκοπό να παράγουν εξοπλισμό με τη χρήση 3D εκτυπωτών, απαραίτητο για τις υπηρεσίες βοήθειας. Εκτιμάται ότι με αυτή την τεχνολογία, τα μεταφορικά κόστη των υπηρεσιών έκτακτης βοήθειας θα μειωθούν κατά 40-50%.

Η καταναμημένη παραγωγή, σε περιπτώσεις μικρών αποκεντρωμένων τοποθεσιών, όταν υποστηρίζεται από ψηφιακά συστήματα και δίκτυα, μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη στην ανθρωπιστική βοήθεια. Σε ανθρωπιστικές κρίσεις, η Field Ready χρησιμοποιεί την καταναμημένη παραγωγή για να κατασκευάζει απαραίτητα αντικείμενα τοπικά, στις περιοχές που τα χρειάζονται.

Στις κοινότητες που το έχουν ανάγκη, τέτοιες προμήθειες μπορούν να είναι διαθέσιμες, με πιο οικονομικό τρόπο από τις εναλλακτικές επιλογές και παρέχοντας τις κατάλληλες λύσεις, ενώ ταυτόχρονα εμπλέκουν τους ντόπιους στη διαδικασία του σχεδιασμού και της κατασκευής.

Για τη σωστή εξέλιξη αυτής της πρωτοβουλίας, χρειάζεται να υπάρχουν κάποιες δεξιότητες, εργαλεία και πληροφορίες, σε τοπικό επίπεδο. Σε αυτό μπορούν να βοηθήσουν παγκόσμιες μη κυβερνητικές οργανώσεις και υπηρεσίες βοήθειας.

Οι κοινότητες που έχουν επηρεαστεί από καταστροφές, με αυτό τον τύπο τοπικής παραγωγής, έχουν τη δυνατότητα να αναμειχθούν ενεργά με την ανάκαμψη και μακροπρόθεσμα να γίνουν πιο ανθεκτικές, με πρόσβαση στις πληροφορίες και τον εξοπλισμό που χρειάζονται για την κατασκευή απαραίτητων προμηθειών.

Στο Νεπάλ πολλές υπηρεσίες βοήθειας δουλεύουν για να παρέχουν εξοπλισμό σε απομακρυσμένες δομές υγείας, μετά από σεισμούς. Οι διαδικασίες αυτές θα μπορούσαν να διαρκέσουν πάνω από 4 μήνες, οπότε η Field Ready ξεκίνησε ένα έργο για την παραγωγή 3D βασικού ιατρικού εξοπλισμού, απευθείας στις δομές αυτές. Κατά

τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, είχαν την ευκαιρία να συνεργαστούν και με τους ντόπιους ιατρούς, οι οποίοι συνέβαλαν στην ανάπτυξη προϊόντων που να καλύπτουν τις ανάγκες τους πιο αποτελεσματικά.

Η Field Ready συνεργάστηκε με ένα πανεπιστήμιο για τη δημιουργία μίας εφαρμογής, στην οποία εισάγουν μετρήσεις για σωλήνες και αυτή εξάγει σχέδια για προσαρμοσμένα εξαρτήματα τριδιάστατης εκτύπωσης για σύνδεση σωλήνων νερού. Αυτό το σχέδιο έχει ήδη δοκιμαστεί και τώρα αναζητούν περαιτέρω προοπτικές που μπορεί να προσφέρει αυτό το είδος εξατομίκευσης. Άνθρωποι οι οποίοι μπορεί να μην έχουν παραδοσιακές γνώσεις σχεδιασμού, μπορούν να αξιοποιήσουν τέτοια ψηφιακά εργαλεία σχεδιασμού και κατασκευής. (Laura James-Field Ready)

4.2.2 Local Motors – Παραγωγή αυτοκινήτων

Πολλές εταιρείες προσπαθούν να κάνουν την κατασκευή με εξ' ολοκλήρου 3D εκτύπωση, αυτοκινήτων πραγματικότητα. Η Local Motors, με έδρα στην Αριζόνα, κατάφερε να το πραγματοποιήσει. Ιδρύθηκε το 2007 και έκτοτε σχεδιάζει, κατασκευάζει και πουλάει οχήματα. Η πλατφόρμα στην οποία λειτουργεί, συνδυάζει την παγκόσμια από κοινού δημιουργία με την τοπική μικροπαραγωγή με σκοπό να δημιουργεί καινοτομίες, όπως το πρώτο κατασκευασμένο με 3D εκτύπωση αυτοκίνητο.

Το 2014, ανακοίνωσε στη Διεθνή Έκθεση Κατασκευής Τεχνολογίας (IMTS), την κατασκευή του πρώτου ηλεκτρικού 3D τυπωμένου αυτοκινήτου, του Strati, σε συνεργασία με το Oak Ridge National Laboratory και το Cincinnati, Inc. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν μεγάλης κλίμακας 3D εκτυπωτές του Cincinnati Inc. Χρειάστηκαν μόνο 44 ώρες για να ολοκληρωθεί και για τις ρόδες και τα καλύμματα χρησιμοποιήθηκε 3D εκτύπωση επεξεργασίας μετάλλου.



Εικόνα 16. Το τριδιάστατα τυπωμένο όχημα της Local Motors, το Olli.
(local motors, 2014)

Μετά από 2 χρόνια, η εταιρεία παρουσίασε το Olli, ένα αυτόνομο ηλεκτρικό όχημα τριδιάστατης εκτύπωσης, που προορίζεται για τοπικές, χαμηλής ταχύτητας μεταφορές. Η αρχική σχεδίαση του Olli έγινε για χρήση σε αστικά κέντρα, επιχειρήσεις, νοσοκομεία και πανεπιστημιούπολεις. Για την κατασκευή των περισσότερων εξαρτημάτων καθώς και της οροφής και του κάτω μέρους του οχήματος, η εταιρεία χρησιμοποίησε μερικούς από τους μεγαλύτερους τριδιάστατους εκτυπωτές στον κόσμο, όπως τα μηχανήματα του ORNL Big Area Additive Manufacturing και του Thermwood Large Scale Additive Manufacturing. Από την πρώτη παρουσίαση του Olli, η Local Motors έχει δοκιμάσει περισσότερους από 2000 συνδυασμούς υλικών και προσθέτων και πλέον μπορεί να πραγματοποιήσει μία πλήρη εκτύπωση σε σχεδόν 10 ώρες.

Για την υλοποίηση των ιδεών της η Local Motors, χρησιμοποιεί το λογισμικό Solid Edge Software της Siemens, το οποίο επιτρέπει να εισάγονται και να επεξεργάζονται σχέδια CAD από σχεδιαστές από όλο τον κόσμο. Η σύγχρονη τεχνολογία του λογισμικού της Siemens είναι η μόνη με αυτή τη δυνατότητα στην αγορά. (Siemens, 2016)

Το ψηφιακό μοντέλο κατασκευής οχημάτων επιτρέπει στη εταιρεία να φέρνει στην αγορά οχήματα με έναν εντελώς καινοτόμο τρόπο, δημιουργώντας νέα σχέδια σε συνεργασία με μία παγκόσμια κοινότητα ειδικών. Χρησιμοποιεί τοπικά μικρο-

εργοστάσια και ψηφιακές τεχνολογίες για να κατασκευάσει και να συναρμολογήσει οχήματα. Σε αυτό το μοντέλο κατανεμημένης παραγωγής, η τριδιάστατη εκτύπωση προσφέρει μεγάλη ταχύτητα στην υλοποίηση των σχεδίων, στη δημιουργία εξατομικευμένων μερών καθώς και στην κατασκευή προϊόντων όποτε χρειάζεται, εξοικονομώντας κατ' αυτό τον τρόπο πόρους και κρατώντας χαμηλό απόθεμα. (AMFG, 2019)

4.2.3 BMW – Παραγωγή πρωτοτύπων και εξαρτημάτων

Ο όμιλος BMW άνοιξε το νέο Additive Manufacturing Campus, στο οποίο χρησιμοποιείται τριδιάστατη εκτύπωση για έρευνα, δημιουργία πρωτοτύπων και κατασκευή ανταλλακτικών. Ο στόχος της εταιρείας, με αυτή την επένδυση 15 εκατομμυρίων, είναι να εδραιώσει τη θέση της στην αυτοκινητοβιομηχανία με τριδιάστατη εκτύπωση.

Το 1991, χρησιμοποίησε την τριδιάστατη εκτύπωση για πρώτη φορά, για τη δημιουργία πρωτοτύπων εξαρτημάτων για αυτοκίνητα εκθέσεων, ενώ το 2010 πραγματοποίησε μία μικρή παραγωγή. Για αγωνιστικά αυτοκίνητα, κατασκεύασε εξαστήματα με τη μέθοδο σύντηξης πούδρας μετάλλου σε στρώμα. Έκτοτε, έχει παρασκευάσει εξαρτήματα για τα μοντέλα Rolls Royce Phantom, i8 Roadster και το MINI John Cooper Works GP.

Το 2019, η εταιρεία τύπωσε περίπου 300.000 εξαρτήματα αυτοκινήτων. Το Additive Manufacturing Campus απασχολεί 80 εργαζόμενους και χρησιμοποιεί 50 βιομηχανικά συστήματα προσθετικής κατασκευής. Επιπλέον, διαθέτει ακόμα 50 τριδιάστατους εκτυπωτές παγκοσμίως. Μέσα στο χώρο δραστηριοποιείται μία ομάδα προ-κατασκευής οι οποία είναι αφοσιωμένη στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών και υλικών για αξιοποίηση από ολόκληρη την εταιρεία, εστιάζοντας στην αυτοματοποίηση διαδικασιών εφοδιασμού. Στόχος της είναι, μειώνοντας τη χειρωνακτική εργασία, να μειώσει το κόστος της τριδιάστατης εκτύπωσης ώστε να γίνει πιο κατάλληλη για παραγωγή βιομηχανικής κλίμακας. (Molitch-Hou, 2020)



Εικόνα 17. Χρήση τριδιάστατης εκτύπωσης από τη BMW. (Michelle, 2018)

4.2.4 Volvo Trucks – Κατασκευή εργαλείων και εξαρτημάτων

Η Volvo Trucks ανήκει στον όμιλο Volvo και δραστηριοποιείται στην κατασκευή φορτηγών σε παγκόσμιο επίπεδο, με έδρα τη Σουηδία. Είναι η δεύτερη μεγαλύτερη εταιρεία κατασκευής φορτηγών. Το 1928 έφτιαξε το πρώτο φορτηγό και έφτασε το 2011 να απασχολεί 19.000 εργαζόμενους σε όλο τον κόσμο, οι οποίοι κατασκευάζουν και συναρμολογούν φορτηγά σε 15 χώρες. Οι μονάδες παραγωγής και πώλησης ξεπερνάνε τις 100.000 ετησίως. (Halterman, 2015)

Η εταιρεία έχει κατασκευάσει 500 εργαλεία με τριδιάστατη εκτύπωση. Ενσωματώνοντας την τεχνική SLS, η εγκατάσταση στη Βιρτζίνια, η οποία τροφοδοτεί όλη τη Βόρεια Αμερική, έχει επιταχύνει τις διαδικασίες παραγωγής και κάνει συνεχείς βελτιώσεις στα εξαρτήματα οχημάτων.

Από το 2015 ξεκίνησε τη συνεργασία της με τη Stratasys, αξιοποιώντας τα συστήματα τριδιάστατης παραγωγής της στην εγκατάστασή της στη Γαλλία. Ο χρόνος κατασκευής της γραμμής συναρμολόγησης εργαλείων μειώθηκε, έκτοτε κατά 94%.

Ο Adam Crowder, διευθυντής του Advanced Manufacturing Technology στην εγκατάσταση New River Valley, ηγείται ενός παγκόσμιου δικτύου 12 εγκαταστάσεων παραγωγής φορτηγών, που εστιάζει στην κατασκευή. Αυτές οι 12 εγκαταστάσεις

συνεργάζονται με στόχο την ανάπτυξη καινούριων εφαρμογών τριδιάστατης εκτύπωσης και τεχνικών βελτίωσης της παραγωγικής διαδικασίας.

Η τεχνολογία SLS που χρησιμοποιεί η Volvo Trucks στην παραγωγή της, επιτρέπει στους μηχανικούς να σχεδιάζουν και να κατασκευάζουν μέρη μέσα σε λίγες ώρες, μειώνοντας δραματικά το χρόνο που απαιτείται για κατασκευή εργαλείων σε σχέση με τη χρήση παραδοσιακών μεθόδων. Επιπλέον, πλέον δεν υπάρχει αναμονή εξαρτημάτων από προμηθευτές αφού αυτά παράγονται στις ίδιες εγκαταστάσεις. Με την τριδιάστατη εκτύπωση έχει περιοριστεί το περιθώριο λάθους και κατά συνέπεια αυξήθηκε η ποιότητα και η ακρίβεια. (Lo, 2019)

4.2.5 Shell – Κατασκευή πρωτοτύπων και ανταλλακτικών

Πριν από κάποια χρόνια, η Shell άρχισε να χρησιμοποιεί την τριδιάστατη εκτύπωση ώστε να κατασκευάζει εξοπλισμό για χρήση στην παραγωγή πετρελαίου και αερίου, πιο γρήγορά και αποτελεσματικά. Αυτό βοήθησε την εταιρεία να κατασκευάζει πιο ακριβή πρωτότυπα με πλαστικό, τα οποία χρησιμοποιεί για να βελτιώνει σχέδια και διαδικασίες κατασκευής. Το Τεχνολογικό Κέντρο της Shell στο Άμστερνταμ, με επικεφαλής τον μηχανικό Joost Kroon, αποτελεί τη βάση όλων αυτών των τεχνολογικών εγχειρημάτων.

Ο Kroon σχεδίασε και κατασκεύασε μία πιλοτική μονάδα η οποία διασπά τα υποπροϊόντα του διυλιστηρίου σε δομικά στοιχεία για χημικά προϊόντα υψηλότερης αξίας. Αυτή η μονάδα αφαιρεί την υγρασία από αέριο. Η υγρασία μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο σύστημα και να καταστρέψει τον αναλυτή αερίου. Ο Kroon, με τη βοήθεια της τριδιάστατης εκτύπωσης έφτιαξε ένα σχέδιο που διαχέει θερμότητα μέσω του δικτύου μέσα στην υποδοχή, αντί να εισέρχεται από εξωτερική πηγή θερμότητας.

Μία από τις βασικές δραστηριότητες της Shell με τριδιάστατη εκτύπωση είναι η κατασκευή ανταλλακτικών, με χρήση κυρίως των τεχνολογιών σύντηξη πούδρας σε στρώμα και εναπόθεση με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη. Με αυτό τον τρόπο η Shell επιδιώκει να κάνει την αλυσίδα εφοδιασμού ψηφιακή, ώστε να αντιμετωπίσει προβλήματα όπως είναι οι προμήθειες σε τοπικό επίπεδο, η απαρχαίωση και τα άμεσης διαθεσιμότητας αποθέματα, τα οποία όλα αποτελούν μεγάλο ζήτημα για την εφοδιαστική αλυσίδα. Μία εγκατάσταση μπορεί να κλείσει αν έχει υπερβολικά μικρό αποθεματικό, ενώ η αντίθετη περίπτωση δημιουργεί σπατάλη. Ακόμα πιο δύσκολη

γίνεται η διαχείριση υπεράκτια, όπου το κόστος για να στείλεις τα ανταλλακτικά μπορεί να είναι πολύ υψηλό. (Listek, 2019)

Ακόμα ένα μεγάλο ζήτημα είναι η εύρεση ανταλλακτικών για παλιά μηχανήματα. Χωρίς την τριδιάστατη εκτύπωση αν ένα ανταλλακτικό για ένα παλιό μηχανήμα δεν μπορεί να βρεθεί τότε είναι πολύ πιθανό το μηχανήμα να είναι πλέον άχρηστο. Έτσι, στο Κέντρο Τεχνολογίας της Shell στο Άμστερνταμ, η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται και για την κατασκευή εξαρτημάτων τα οποία δεν μπορούν να βρεθούν πλέον, με αποτέλεσμα την επέκταση της διάρκειας ζωής μηχανημάτων και απλοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού.

Οι νέες μελέτες σχεδιασμού, αποσκοπούν στην κατασκευή συστατικών με καλύτερη λειτουργία. Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην αεροδιαστημική, όπου τα μέρη των αεροσκαφών τυπώνονται με τριδιάστατη εκτύπωση για να είναι πιο ελαφριά ενώ ταυτόχρονα να έχουν την ίδια δύναμη με τα μέρη που κατασκευάζονται παραδοσιακά. Έτσι, και στη Shell έχουν γίνει πολλές νέες μελέτες σχεδιασμού για να υποστηρίξουν ερευνητικά προγράμματα.

Στη Shell χρησιμοποιείται τριδιάστατη εκτύπωση και για κατασκευή πρωτοτύπων για βιομηχανικά σχέδια. Έτσι μπορούν να δοκιμαστούν διάφορα μέρη σε μικρή κλίμακα προτού προχωρήσουν σε βιομηχανική κλίμακα. (Shell, 2021)

4.2.6 Made in Space – Κατασκευή εργαλείων στο διάστημα

Με το πέρασμα του χρόνου, η τεχνολογίες κατασκευής σε τοπικό επίπεδο και κατά απαίτηση θα γίνουν βασικές για τις ανάγκες του προγραμματισμού αποστολών. Τα τελευταία 7 χρόνια, η Made in Space σε συνεργασία με τη Nasa, έχει αποδείξει την ανάγκη της προσθετικής κατασκευής για την υποστήριξη αποστολών στο Διεθνές Διαστημικό Σταθμό. Το 2014, μαζί έγραψαν ιστορία κατασκευάζοντας το πρώτο αντικείμενο στο διάστημα. Τότε αναπτύχθηκε μία μόνιμη εγκατάσταση για κατασκευές στο Διεθνές Διαστημικό Σταθμό, η Εγκατάσταση Προσθετικής Κατασκευής (Additive Manufacturing Facility).

Η Εγκατάσταση Προσθετικής Κατασκευής ενεργοποιήθηκε το 2016, όπου κατασκευάστηκε το πρώτο αντικείμενο εμπορικής χρήσης, ένα γαλλικό κλειδί και έκτοτε έχουν παραχθεί εκεί 115 εργαλεία και εξαρτήματα. Έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να αναβαθμιστεί με ευκολία για να βελτιώνεται η λειτουργικότητα και είναι συμβατή με περισσότερα από 30 πολυμερή. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η εξώθηση υλικού και τα πιο συχνά υλικά είναι πολυμερή ABS, PEI/PC και HDPE.

Μπορεί να αξιοποιηθεί ιδιαίτερα καλύπτοντας ανάγκες, σε αποστολές μεγάλης διάρκειας, όπως με το να παρέχει ευελιξία σε καταστάσεις που απειλείται η αποστολή. Η παραγωγή εργαλείων όποτε χρειάζονται και όπως χρειάζονται στην ίδια την εγκατάσταση, κάνει τις αποστολές πολύ πιο ασφαλείς. Οι αποστολές στο διάστημα γίνονται πιο βιώσιμες όταν δεν χρειάζεται συνεχής ανεφοδιασμός από τη γη.

Η Εγκατάσταση Προσθετικής Κατασκευής άνοιξε το δρόμο για τη Made in Space ώστε να αναπτύξει δυνατότητες νέας γενιάς. Συνεχώς πραγματοποιούνται έρευνες για ανάπτυξη ακόμα πιο καινοτόμων δυνατοτήτων κατασκευής στο διάστημα οι οποίες να κάνουν ακόμα πιο εύκολες τις διαστημικές αποστολές. (Made in Space, 2019)



Εικόνα 18. Τριδιάστατος εκτυπωτής της Made in Space. (spaceflight101, 2018)

4.2.7 Grohe – Κατασκευή συσκευών μπάνιου

Η Grohe είναι μια εταιρεία με έδρα τη Γερμανία, που ειδικεύεται στις συσκευές μπάνιου. Το 2018 ξεκίνησε την κατασκευή μίας σειράς με βρύσες για την οποία χρησιμοποίησε τριδιάστατη εκτύπωση. Η διαδικασία που χρησιμοποιεί της επιτρέπει να δημιουργεί πολύ λεπτά σχέδια με ελάχιστα εξαρτήματα και λιτή αισθητική. Αυτή η σειρά προϊόντων αποτελεί ένα από τα πρώτα μεγάλα έργα στα εξατομικευμένα είδη πολυτελείας.

Για την κατασκευή χρησιμοποιεί μία διαδικασία τήξης πούδρας σε στρώμα με λέιζερ. Κάθε στοιχείο της βρύσης αποτελείται από σχεδόν 4.700 στρώσεις με πάχος 0,06 χιλιοστά η καθεμία. Όταν τελειώνει η τριδιάστατη εκτύπωση, η βρύση περνά από μηχανική επεξεργασία σε ειδικές μηχανές άλεσης και στη συνέχεια το περνούν από χειροκίνητη λείανση και βούρτσισμα.

Πέρα από μεταλλικές κατασκευές, η εταιρεία έχει χρησιμοποιήσει στο παρελθόν την τριδιάστατη εκτύπωση με κεραμικά υλικά για άλλες συσκευές μπάνιου. Το 2018, κατασκεύασε περισσότερα από 500 προϊόντα και συνεχίζει να επεκτείνει τις δραστηριότητες που αφορούν την τριδιάστατη εκτύπωση.

Η Grohe χρησιμοποιεί ειδικές κόκκους μετάλλου και αναπτύσσει τα δικά της υλικά, προσαρμόζοντας τη φόρμουλα ώστε να ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες κατασκευής του κάθε προϊόντος. Επίσης συνδυάζει την τριδιάστατη εκτύπωση με παραδοσιακή χειρωνακτική εργασία και άλλες μεθόδους ώστε να επιτύχει το συγκεκριμένο σχέδιο μετάλλου.

Οι διαδικασίες αυτές επιτρέπουν στις εταιρείες όπως η Grohe να ξεχωρίσουν από τον ανταγωνισμό ενώ ταυτόχρονα απλοποιούν την εγκατάσταση και την παραμετροποίηση. Δίνουν τη δυνατότητα να προσφέρεται μία μίξη μαζικής παραγωγής με προσαρμοστικότητα. Οι πελάτες μπορούν πλέον να διαμορφώσουν τα μπάνια και τις κουζίνες τους εντελώς όπως τα φαντάζονται. (3dprinting.com, 2019)



Εικόνα 19. Τριδιάστατα τυπωμένες βρύσες της Grohe. (archiproducts, 2019)

4.2.8 Adidas – Παραγωγή υποδημάτων

Το 2017 ξεκίνησε η συνεργασία της Adidas με την Carbon, μία αμερικάνικη εταιρεία κατασκευής τριδιάστατων εκτυπωτών. Για την ανάπτυξη ενός παπουτσιού με όνομα STRUNG, αποφάσισε να χρησιμοποιήσει τριδιάστατη εκτύπωση για την κατασκευή της σόλας. Χρησιμοποίησε μία τεχνολογία της Carbon, την Digital Light Synthesis, στην οποία χρησιμοποιούνται ρητίνες, δέσμες φωτός και οξυγόνο για την ανάπτυξη υψηλής ποιότητας μέρη από πολυμερή. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί δεδομένα για να αναλύσει τις απαιτήσεις του εκάστοτε αθλήματος και τελικά του κάθε αθλητή και πελάτη, προσαρμόζοντας έτσι τις προδιαγραφές που χρειάζονται για την κάθε σόλα.

Το μοναδικό αυτό σχέδιο, το οποίο αποτελείται από 20.000 υποστυλώματα για καλύτερη απορρόφηση των κραδασμών, θα ήταν αδύνατο να δημιουργηθεί με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής. Για παράδειγμα, με χύτευση ή συμπίεση θα ήταν αδύνατο να δημιουργηθούν σόλες με όλες αυτές τις προδιαγραφές.

Σύμφωνα με την Adidas, τελικός τους στόχος είναι να δημιουργηθεί μία πλατφόρμα, που θα εξυπηρετεί όλα τα αθλήματα. Το STRUNG ήταν μόνο η αρχή, και απευθυνόταν σε συγκεκριμένο τύπο τρεξίματος. Ευελπιστούν στο μέλλον οι αθλητές να συνεργάζονται με τους σχεδιαστές ώστε να δημιουργούν μαζί το κατάλληλο παπούτσι. (Fionn Corcoran-Tadd, 2020) (AMFG, 2020) (V., 2021)



Εικόνα 20. Τριδιάστατα τυπωμένες σόλες της Adidas. (Huber, 2020)

4.2.9 Invisalign – Κατασκευή ορθοδοντικών βοηθημάτων

Οι τριδιάστατοι εκτυπωτές της Align Technology παράγουν γύρω στο μισό εκατομμύριο προϊόντα τη μέρα, γεγονός που κάνει την εν λόγω εταιρεία το μεγαλύτερο χρήστη τριδιάστατης εκτύπωσης στον κόσμο. Η Align κατασκευάζει ορθοδοντικά βοηθήματα δοντιών, τα Invisalign, τα οποία είναι διάφανες πλαστικές θήκες που αντικαθιστούν τα σιδεράκια. Κάθε ένα από αυτά κατασκευάζεται μέσω μίας υβριδικής διαδικασίας, μέσω της οποίας ένα πλαστικό φύλλο προσαρμόζεται με θερμότητα πάνω σε ένα τριδιάστατο εκτυπωμένο σχέδιο. Μπορεί το τελικό προϊόν να μην είναι τριδιάστατο τυπωμένο, αλλά ο βασικός παράγοντας της διαδικασίας κατασκευής της Align είναι σίγουρα η τριδιάστατη εκτύπωση. (Bruner, 2019)

Η Align χρησιμοποιεί τριδιάστατη εκτύπωση από το 2009 με περισσότερους από 5,8 εκατομμύρια πελάτες παγκοσμίως, που για κάθε έναν έχει κατασκευάσει σειτ πολλών τεμαχίων από ορθοδοντικά βοηθήματα. Η εταιρεία συνεχίζει να επεκτείνεται ακόμα και σε τοπικό επίπεδο παραγωγής σε αγορές όπως της Ασίας, που υπολογίζει ότι το συνολικό μερίδιο αγοράς της είναι 3 εκατομμύρια ασθενείς ετησίως.

Η Srinī Kaza, αντιπρόεδρος στον τομέα καινοτομίας της Align Technology, είπε πως η Align άλλαξε την πορεία της ορθοδοντικής δημιουργώντας μία ψηφιακή προσέγγιση στον τρόπο που ευθυγραμμίζονται τα δόντια, γεγονός που κάνει την ορθοδοντική προσβάσιμη σε περισσότερους ανθρώπους από ποτέ και ότι αυτό δεν θα ήταν δυνατό χωρίς την τεχνολογία που προσφέρει η τριδιάστατη εκτύπωση. Συνέχισε λέγοντας ότι η διαδικασία κατασκευής που χρησιμοποιούν, αποτελεί τη μεγαλύτερη λειτουργία μαζικής εξατομίκευσης στον κόσμο.

Κάθε συστατικό των ορθοδοντικών βοηθημάτων έχει βελτιστοποιηθεί ώστε να πληροί τις προδιαγραφές κατασκευής της Align. Κάθε συσκευή κατασκευάζεται με ένα μοναδικό αναγνωριστικό ασθενούς το οποίο τυπώνεται απευθείας πάνω στη συσκευή για να αποφευχθούν λάθη όταν έχουν να κάνουν με πολλές συσκευές για ξεχωριστές θεραπείες. (Griffiths, 2018)



Εικόνα 21. Η κατασκευή των ορθοδοντικών βοηθημάτων Align. (Molitch-Hou, 2020)

4.2.10 Lima Corporate – Κατασκευή ορθοπεδικών εμφυτευμάτων

Τα τριδιάστατα εκτυπωμένα εμφυτεύματα έχουν κάνει θαύματα για πολλούς ανθρώπους με προβλήματα ορθοπεδικής φύσεως. Στο παρελθόν, τα εμφυτεύματα που χρησιμοποιούνταν ήταν του τύπου ένα μέγεθος για όλες τις περιπτώσεις. Αυτά τα εμφυτεύματα δημιουργούσαν πολύ συχνά επιπλοκές και απαιτούνταν οι ασθενείς να κάνουν διορθωτικά χειρουργεία. Οι ασθενείς είχαν πολύ πόνο και δυσφορία καθώς τα εμφυτεύματα δεν εφάρμοζαν ακριβώς στην ανατομία τους. Τα εμφυτεύματα μπορούσαν να κοπούν και να διαμορφωθούν κατάλληλα ώστε να εφαρμόζουν καλύτερα στον ασθενή, αλλά αυτό χρειαζόταν αρκετό χρόνο και έπρεπε να γίνει κατά τη διάρκεια του χειρουργείου και δυστυχώς δεν έδινε πάντα σαν αποτέλεσμα την τέλεια εφαρμογή. Από την άλλη, τα τυπωμένα με τριδιάστατη εκτύπωση εμφυτεύματα, μπορούν να ταιριάξουν απόλυτα στην ανατομία του κάθε ασθενή και μπορούν να διαμορφωθούν πολύ πριν την εγχείρηση, εξοικονομώντας έτσι πολύτιμο χρόνο κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. (hss, 2021)

Η Lima αποτελεί έναν από τους πρωτοπόρους της προσθετικής κατασκευής στον τομέα της ορθοπεδικής και έναν από τους πρώτους χρήστες της σύντηξης πούδρας σε στρώμα της Arcam. Η έδρα της βρίσκεται στην Ιταλία, ενώ έχει ακόμα δύο μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής και συνεχίζει να αναπτύσσεται παγκόσμια.

Από το 2000, η εταιρεία έχει εστιάσει στον τομέα της ορθοπεδικής και κατασκευάζει συσκευές κατασκευασμένες από μέταλλο, για αντικατάσταση αρθρώσεων σε γοφούς, γόνατα και ώμους. Το 2019, η εταιρεία έθεσε σε λειτουργία την πρώτη εγκατάσταση προσθετικής κατασκευής για εξατομικευμένα εμφυτεύματα σε νοσοκομειακό περιβάλλον, το Νοσοκομείο για Ειδικές Επεμβάσεις (Hospital for Special Surgery), στη Νέα Υόρκη, το οποίο θεωρείται από τα κορυφαία ορθοπεδικά νοσοκομεία στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτό αντιπροσωπεύει μία μεγάλη απόκλιση από την τυπική βιομηχανική σχέση μεταξύ των χειρουργών και των εταιρειών. Έτσι, δίνεται έμφαση στα ειδικά για τον ασθενή εμφυτεύματα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε περίπλοκες περιπτώσεις.

Η συνεργασία της Lima με το Νοσοκομείο για Ειδικές Επεμβάσεις δεν ήταν κάτι πρωτόκουστο, καθώς το νοσοκομείο είχε κάνει πολλές παραγγελίες ειδικά εξατομικευμένων εμφυτευμάτων από την εταιρεία, ήδη από το 2016. (Sher, 2020)

4.2.11 Emerybikes – Κατασκευή σκελετών ποδηλάτων

Η Arevo, με έδρα το Silicon Valley, η οποία ειδικεύεται στη σύνθετη τριδιάστατη εκτύπωση, κατασκεύασε το πρώτο τριδιάστατα τυπωμένο ποδήλατο. Σε συνεργασία με τη Studio West, μία σχεδιαστική εταιρεία, το εν λόγω ποδήλατο κατασκευάστηκε σε λιγότερες από 18 ημέρες, μειώνοντας σημαντικά το χρόνο που χρειάζεται για την κατασκευή ενός τυπικού ποδηλάτου. (Boissonneault, 2019)

Η εταιρεία ξεκίνησε το 2014, κατασκευάζοντας προϊόντα από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες άνθρακα. Τα υλικά που χρησιμοποιούσε ήταν ιδιαίτερα ανθεκτικά και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν υποστήριξη για πλαστικές κατασκευές. Αυτό ήταν και η αρχή για να μπουν στον χώρο των ποδηλάτων.

Ξεκίνησε να τυπώνει σκελετούς ποδηλάτων με τρισδιάστατη εκτύπωση για την εταιρεία Franco Bicycles, χρησιμοποιώντας το αποκλειστικό πρόγραμμα κατεργασίας πολλαπλών αξόνων RAM. Τα ποδήλατα που κατασκευάστηκαν από αυτή τη συνεργασία ονομάστηκαν Emery Bikes. Ο σκελετός των ποδηλάτων κατασκευαζόταν χρησιμοποιώντας την τεχνολογία DED.

Αυτή η εφαρμογή της Arevo, εξελίχθηκε και η πλατφόρμα της εταιρείας τώρα χρησιμοποιείται για την κατασκευή μίας ποικιλίας ηλεκτρικών ποδηλάτων για την Franco Bicycles. Αυτή η συνεργασία έκανε την Arevo την πρώτη εταιρεία κατασκευής με τριδιάστατη εκτύπωση, ενιαίου σκελετού ηλεκτρικού ποδηλάτου.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε, έκανε δυνατή την παραγωγή εντελώς εξατομικευμένων ηλεκτρικών ποδηλάτων που να μπορούν να κατασκευαστούν ανάλογα με τις απαιτήσεις των πελατών, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη ελευθερία στην κατασκευή. Η δυνατότητα εξατομίκευσης στα Emery Bikes είναι μεγάλη. Κάθε σκελετός μπορεί να σχεδιαστεί βασιζόμενος σε 18 ακριβείς μετρήσεις, επιτρέποντας σε ποδηλάτες με διαφορετικές διαστάσεις, να έχουν αυτό που τους ταιριάζει. Αν λάβουμε υπόψιν και τις επιπλέον προσαρμόσιμες ρυθμίσεις, όπως το βαθμό σκληρότητας και τη θέση οδήγησης, τότε το ποδήλατο έχει περισσότερους από μισό εκατομμύριο δυνατούς συνδυασμούς. Τα ποδήλατα αυτά μπορούν να εξατομικευτούν ώστε να εξυπηρετούν διαφορετικούς τύπους οδήγησης όπως αγωνιστικό, δρόμου και ανώμαλου δρόμου και μπορούν να έχουν διαφορετικά χρώματα και υλικά στις ρόδες. (Steeves, 2020)



Εικόνα 22. Το τριδιάστατα τυπωμένο ποδήλατο Emery. (3dprinting, 2019)

4.3 Οργανωτικές αλλαγές στις μονάδες παραγωγής

Επί του παρόντος, σε πολλές μορφές κατασκευής, χρησιμοποιούνται διαδικασίες που εκτελούνται σε εργοστάσια υψηλού κεφαλαίου πολύ μακριά από τον τελικό πελάτη. Τέτοιες διαδικασίες μπορούν να μετακινηθούν σε μικρότερες εγκαταστάσεις. Σε κάποιες περιπτώσεις η λογική των οικονομιών κλίμακας θα συνεχίσει να ισχύει, όμως σε άλλες, η αύξηση στην απόκριση, στην εξατομίκευση και στη μείωση των αποθεμάτων θα ευνοήσει η αποκέντρωση της παραγωγής.

Επισκευές οι οποίες στο παρελθόν θεωρούνταν αδύνατες, όπως δύσκολες επισκευές οδοντιατρικής ή και χρήση εξοπλισμού που θεωρείται απαρχαιωμένος, θα γίνουν εφικτές. Οι προβλέψεις θα πρέπει να είναι πιο άμεσες και να ανταποκρίνονται σε μικρότερη παραγωγή η οποία να πραγματοποιείται πιο κοντά στον πελάτη.

Το γεγονός ότι η παραγωγική δυνατότητα μεταφέρεται πιο κοντά στον πελάτη, αποφεύγοντας τους ενδιάμεσους, μπορεί να οδηγήσει και σε επιτάχυνση της καινοτομίας.

Για τη σωστή λειτουργία της μαζικής εξατομίκευσης στη βιομηχανία, θα πρέπει η αλυσίδα εφοδιασμού να αναδιαμορφωθεί και να γίνουν σημαντικές αλλαγές σε επίπεδο οργάνωσης. Πολλές φορές έχουν γίνει πειραματισμοί με τριδιάστατους εκτυπωτές σε περιπτώσεις που συνήθως χρησιμοποιείται αφαιρετική κατασκευή και

έχει διαπιστωθεί πως αυτή η μέθοδος είναι πολύ αργή και ακριβή. Έτσι ακριβώς συμβαίνει και στην αλυσίδα εφοδιασμού που η σειρά των λειτουργιών είναι πλάνο – πηγές – εκτέλεση – παράδοση. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, οι δυνατότητες της προσθετικής κατασκευής δεν εκμεταλλεύονται στο έπακρο.

Για το σχεδιασμό της διαδικασίας της μαζικής εξατομίκευσης από την αρχή, χρειάζεται να ξεκινήσουμε από μεμονωμένες μονάδες ζήτησης, δηλαδή από το τι είναι αυτό το οποίο θα εξατομικευτεί και με ποιες παραμέτρους. Ένα καλό παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης αποτελούν τα ακουστικά βαρηκοΐας. Οι γιατροί παίρνουν μετρήσεις από το επίπεδο απώλειας ακοής και από τις διαστάσεις του αυτιού του κάθε ασθενή και στη συνέχεια τροφοδοτούν τα δεδομένα και ξεκινάει η διαδικασία κατασκευής.

Όταν διαπιστώνεται ότι η τριδιάστατη εκτύπωση μπορεί να είναι λειτουργική, πολλές επιχειρηματικές διαδικασίες μπορούν να επαναπροσδιοριστούν. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί η μείωση των αποθεμάτων. Στην περίπτωση που προηγείται η ζήτηση από την κατασκευή, δεν υπάρχουν αποθέματα προϊόντων αφού η ζήτηση είναι γνωστή πριν ολοκληρωθεί η παραγωγή. Ταυτόχρονα, δεν χρειάζονται πλέον κλασσικές μέθοδοι αναβολής, όπως ολοκλήρωση ενός προϊόντος στο τελικό στάδιο. Το βασικό ερώτημα εδώ είναι αν πρέπει να προσλάβει σαν υπηρεσία κάποιον εξωτερικό συνεργάτη που να αναλάβει την τριδιάστατη εκτύπωση ή αν πρέπει να επενδύσει κεφάλαια για την παραγωγική δυνατότητα και να προσλάβει εξειδικευμένο προσωπικό.

Ακόμα ένα θετικό είναι και η βελτίωση της χρήσης των κεφαλαίων κίνησης. Δεν χρειάζεται να κατασκευαστούν και να πληρωθούν ακριβά εργαλεία για μία μεγάλη παραγωγή πριν ξεκινήσει η κατασκευή ενός αντικειμένου. Αυτή η μείωση επεκτείνεται και στις πρώτες ύλες. Χρειάζεται να δαπανηθούν πολύ μεγαλύτερα ποσά για υλικά όταν πρόκειται να παραχθούν μεγάλες παρτίδες. Τέλος, το επενδυτικό κεφάλαιο στον εξοπλισμό της τριδιάστατης εκτύπωσης είναι πολύ προσαρμόσιμο.

Για πολλά χρόνια, οι έρευνες στην τριδιάστατη εκτύπωση εστίαζαν στην αναπαραγωγή των αφαιρετικών και διαμορφωτικών μεθόδων κατασκευής και υλικών των τελευταίων 150 ετών, αλλά σε μικρότερες παρτίδες. Τελευταία, οι τριδιάστατοι εκτυπωτές αρχίζουν να δημιουργούν καινούριες μεθόδους, αφού νέα υλικά γίνονται πιο πρακτικά.

Όσο η τριδιάστατη εκτύπωση θα συγκρίνεται σε οικονομικό επίπεδο με τη μαζική παραγωγή μη περίπλοκων σχεδίων προϊόντων, τόσο θα υστερεί. Το μέταλλο σε μορφή πούδρας και άλλα τέτοιας μορφής υλικά έχουν μεγάλο κόστος. Όμως, η τριδιάστατη εκτύπωση φέρνει αλλαγές στην τιμολόγηση, στις προβλέψεις, στα κανάλια διανομής και στο σχεδιασμό των αντικειμένων. Όλες αυτές οι αλλαγές, σχετίζονται με

την παραγωγή των αγαθών στα οποία η τριδιάστατη εκτύπωση υπερτερεί όπως σύνθετα σχέδια. Γι' αυτό δεν πρέπει να τη σκεφτόμαστε σαν αντικατάσταση των παραδοσιακών μεθόδων μαζικής παραγωγής. (Jordan, 2019)

4.4 Επιχειρηματικά μοντέλα

Η τριδιάστατη εκτύπωση δεν αποτελεί απλά ένα καινούργιο εργαλείο ανάπτυξης και παραγωγής αγαθών. Με την υιοθέτησή της, επηρεάζεται ολόκληρη η διαχείριση της επιχείρησης και ο τρόπος που προσδίδει αξία στους πελάτες και δημιουργεί κέρδος. Μερικά επιχειρηματικά μοντέλα που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση της τριδιάστατης εκτύπωσης στην καταναεμημένη παραγωγή είναι τα εξής:

Παραγωγή κατά παραγγελία

Η ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προμήθειας μπορεί να αποδειχθεί πολύ δύσκολη. Οι προμηθευτές χρησιμοποιούν πολλές φορές, μεθόδους πρόβλεψης για να προβλέψουν τις ποσότητες των προϊόντων τους που μπορεί να χρειαστούν, σε δεδομένη χρονική στιγμή και μέρος, ενώ η ζήτηση παραμένει μία απρόβλεπτη μεταβλητή. Στην αντίθετη περίπτωση όμως, δηλαδή όταν η ζήτηση είναι ήδη γνωστή, για παράδειγμα όταν οι πελάτες έχουν κάνει παραγγελίες πριν από την παραγωγή, τα δεδομένα αλλάζουν πολύ.

Βασικά χαρακτηριστικά της παραγωγής κατά παραγγελία, είναι η ταχύτητα της διανομής και η δυνατότητα να κατασκευάζονται τα αγαθά όπου χρειάζονται. Έτσι, ο πελάτης παίρνει ακριβώς αυτό που χρειάζεται και τη στιγμή που το χρειάζεται.

Η τριδιάστατη εκτύπωση είναι η τεχνολογία που μπορεί να βοηθήσει στην υλοποίηση της παραγωγής κατά παραγγελία. Το γεγονός ότι δεν χρειάζονται ιδιαίτερα εργαλεία, σημαίνει ότι ο απαιτούμενος χρόνος για την παραγωγή μικρών παρτίδων μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Αν μία επιχείρηση χρειάζεται να κατασκευάσει μερικές εκατοντάδες τεμάχια, είναι πολύ πιο εύκολο με αυτό τον τρόπο, καθώς δεν απαιτείται κατασκευή καλουπιών ή άλλων εργαλείων. Η όλη διαδικασία μπορεί να πάρει από μερικές ώρες μέχρι μερικές ημέρες.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κατασκευή ανταλλακτικών. Ένα σύστημα που μπορεί να λειτουργήσει είναι ο πελάτης να κάνει την παραγγελία από την ιστοσελίδα του κατασκευαστή και μέσα σε λίγες ώρες, ένα κοντινό κατάστημα

υπηρεσιών τριδιάστατης εκτύπωσης να έχει τα σχέδια, να έχει τυπώσει το αντικείμενο και να το έχει στείλει στον πελάτη. Ακόμα, θα μπορούσε ο ίδιος ο πελάτης να το τυπώσει με δικό του εξοπλισμό, αποφεύγοντας έτσι κόστη μεταφοράς και καθυστερήσεις.

Κατασκευή ως υπηρεσία

Η ψηφιοποίηση της διαδικασίας κατασκευής έχει δημιουργήσει νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Η κατασκευή ως παροχή υπηρεσίας είναι ένα από αυτά. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στη γεωγραφική διασπορά του παραγωγικού εξοπλισμού και της αντίστοιχης δυναμικότητας σε ένα δίκτυο έτσι ώστε η παραγωγή να γίνεται πιο αποτελεσματική.

Σε αυτό το μοντέλο, ο πελάτης μπορεί να κάνει την παραγγελία για το αντικείμενο που θέλει και ανάλογα με το φόρτο εργασίας, την τοποθεσία και το μέγεθος της παραγγελίας, η παραγγελία θα δοθεί μέσω του δικτύου στην κατάλληλη εγκατάσταση.

Η τριδιάστατη εκτύπωση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι αυτού του μοντέλου, καθώς επιτρέπει τα διάφορα μέρη να παραχθούν από ένα ψηφιακό αρχείο και το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας πραγματοποιείται μέσω ψηφιακών δεδομένων. Σημαντικές προϋποθέσεις για την καλή λειτουργία του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η ευελιξία και η δυνατότητα παραγωγής μικρών παρτίδων, οι οποίες καλύπτονται επιτυχώς με τη χρήση της τριδιάστατης εκτύπωσης.

Ενοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας

Οι επιχειρήσεις επιδιώκουν να μειώσουν την πολυπλοκότητα των αλυσίδων εφοδιασμού τους, όσο το βιομηχανικό περιβάλλον γίνεται πιο αβέβαιο και ασταθές. Με την τριδιάστατη εκτύπωση, παρουσιάζεται η ευκαιρία να απλοποιηθεί, κατασκευάζοντας ανταλλακτικά τελικής χρήσης στην ίδια εγκατάσταση της επιχείρησης.

Η δυνατότητα της τριδιάστατης εκτύπωσης, να κατασκευάζονται πολύπλοκα σχέδια μπορεί να βοηθήσει για παράδειγμα στο να μειωθούν τα εξαρτήματα ενός προϊόντος. Ένα συναρμολογούμενο προϊόν, η συναρμολόγηση του οποίου απαιτεί να κατασκευαστούν πρώτα τα επιμέρους εξαρτήματα, μπορεί να κατασκευαστεί πλέον ως μία συνολική ενιαία μονάδα, ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του σχεδίου. Η διαδικασία αυτή είναι ευρέως γνωστή ως ενοποίηση εξαρτημάτων (part consolidation)

και βοηθά να μειωθούν τα εξαρτήματα που χρειάζεται να κατασκευαστούν, με αποτέλεσμα την απλοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η απλοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας προσφέρει και άλλα πλεονεκτήματα, όπως μείωση του ρίσκου. Για παράδειγμα, όταν κάποιος προμηθευτής σταματάει την παραγωγή ενός εξαρτήματος που μας είναι απαραίτητο, αυτό επηρεάζει ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα.

Μαζική εξατομίκευση

Στα σημερινά δεδομένα, η ζήτηση για εξατομικευμένα προϊόντα γνωρίζει μεγάλη άνθηση. Το μοντέλο της μαζικής εξατομίκευσης ικανοποιεί αυτή ακριβώς την ανάγκη. Η τριδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει στις εταιρείες να πειραματιστούν με αυτό το μοντέλο, προσφέροντας μία πιο βιώσιμη λύση στην παραγωγή εξατομικευμένων αντικειμένων.

Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους παραγωγής που απαιτείται επένδυση σε μηχανήματα, στην τριδιάστατη εκτύπωση το μόνο που χρειάζεται είναι ένα ψηφιακό αρχείο με το σχέδιο και η εισαγωγή του σε έναν εκτυπωτή. Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και για κατασκευή καλουπιών, που σε άλλη περίπτωση θα χρειαζόταν περισσότερο χρόνος και κόστος. Ακόμα μία χρήση που μπορεί να έχει είναι για την κατασκευή κοσμημάτων. Για παράδειγμα, η εταιρεία American Pearl, προσφέρει τη δυνατότητα μέσω της ιστοσελίδας της, στους πελάτες να επιλέξουν όχι μόνο το μέταλλο που επιθυμούν για την κατασκευή των κοσμημάτων τους, αλλά και τη δυνατότητα να το κάνουν πιο προσωπικό με κάποια χάραξη. Στη συνέχεια, ανάλογα με το σχέδιο που έχει επιλέξει ο πελάτης, η εταιρεία δημιουργεί το αρχείο σε ένα σχέδιο CAD και αρχίζει η κατασκευή του. Η εταιρεία υποστηρίζει ότι το κόσμημα δεν θα ικανοποιεί μόνο τις προδιαγραφές του πελάτη, αλλά ότι παραδίδεται και σε 3 με 4 ημέρες.

Μοντέλο 'Άπευθείας στον καταναλωτή'

Το συγκεκριμένο επιχειρηματικό μοντέλο γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλές για εταιρείες που επιθυμούν να βγουν στην αγορά άμεσα, χωρίς να χρειαστεί κάποιος μεσάζοντας. Η τριδιάστατη εκτύπωση βοηθάει τέτοιες εταιρείες να δημιουργούν πιο γρήγορα και με πιο οικονομικό τρόπο τα προϊόντα τους χωρίς να χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν τεχνικές μαζικής παραγωγής.

Για παράδειγμα, η εταιρεία κατασκευής φωτιστικών, Gantri, προσφέρει μία πλατφόρμα όπου σχεδιαστές μπορούν να υλοποιήσουν τα σχέδιά τους, χρησιμοποιώντας τη δική της διαδικασία τριδιάστατης εκτύπωσης και να τα διαθέσουν απευθείας στον πελάτη, παρακάμπτοντας έτσι πολλά εμπόδια.

Η τριδιάστατη εκτύπωση, λοιπόν, δεν αποτελεί μόνο ένα νέο εργαλείο κατασκευής, αλλά δημιουργεί και καινούρια επιχειρηματικά μοντέλα που δεν θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ή να είναι οικονομικά βιώσιμα σε άλλη περίπτωση. Με την παραγωγή κατά απαίτηση, επιτρέπει στις επιχειρήσεις να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των πελατών τους για συγκεκριμένα μέρη, χωρίς να χρειάζονται την οικονομική δέσμευση της μαζικής παραγωγής. Αυτό κάνει τις επιχειρήσεις πιο ευέλικτες. Επίσης, εμπλέκει και τον πελάτη στη διαδικασία της δημιουργίας, αναπτύσσοντας έτσι πραγματικά εξατομικευμένα προϊόντα.

Δεδομένων όλων αυτών των πλεονεκτημάτων, τα επόμενα χρόνια, είναι πιθανό όλο και περισσότερες επιχειρήσεις να ενσωματώσουν μεγαλύτερη ανάμειξη της τριδιάστατης εκτύπωσης στις λειτουργίες τους, ώστε να ανταποκρίνονται πιο γρήγορα στις αλλαγές. (AMFG, 2019)

Βασικός παράγοντας για την υιοθέτηση αποτελεί, φυσικά, το κόστος, το οποίο σύμφωνα με αρκετές μελέτες είναι ακόμα σχετικά υψηλό.

Μία ομάδα ερευνητών από το τμήμα Μηχανικής και Δημόσιας Πολιτικής του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon και από το Πανεπιστήμιο της Λισαβόνας διερεύνησαν κατά πόσο μπορεί η τρισδιάστατη εκτύπωση να συμβάλλει στην καταναεμημένη παραγωγή. Η έρευνα εστίασε κυρίως στην παραγωγή ανταλλακτικών για τον τομέα της αεροπορίας, όπου η ταχύτητα με την οποία τυπώνονται τα διάφορα μέρη είναι πολύ πιο σημαντική από το να παράγονται μεγάλες ποσότητες. Η ομάδα, για να υπολογίσει το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας, χρησιμοποίησε μοντέλα κόστους και γεωγραφικής χωροθέτησης.

Τα συμπεράσματα της ομάδας ήταν ότι προς το παρόν, ο συμβατικός μη καταναεμημένος τρόπος κατασκευής, αποτελεί πιο συμφέρουσα επιλογή από άποψη κόστους. Παρ'ότι στην απομακρυσμένη παραγωγή με τρισδιάστατη εκτύπωση, τα προϊόντα μπορούν να παράγονται εκεί που χρειάζονται, μειώνοντας έτσι τα κόστη μεταφοράς και αποθήκευσης, τα πολύ ακριβά μηχανήματα που χρειάζονται για την επεξεργασία των εξαρτημάτων μετά την εκτύπωση μπορεί να ευνοούν τη μη απομακρυσμένη παραγωγή (Grasha, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα

Παραδοσιακά, η λειτουργία των επιχειρήσεων ήταν διαμορφωμένη έτσι ώστε να πληροί προδιαγραφές μεγάλου όγκου και μαζικής παραγωγής συνήθως σε μία μεγάλη εγκατάσταση. Ενώ, δεν φαίνεται να απαξιώνεται αυτό το μοντέλο παραγωγής στο άμεσο μέλλον, ταυτόχρονα αναλύοντας τα παραδείγματα του 4ου κεφαλαίου, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις δημιουργούν καινούρια μοντέλα. Μοντέλα τα οποία αξιοποιούν την τελευταία λέξη στην τεχνολογία, όμως δεν επιδιώκουν να καλύψουν κάποιο κενό στο κομμάτι της μαζικής, τυποποιημένης παραγωγής. Συνήθως αυτές οι επιχειρήσεις δεν στοχεύουν να εισέλθουν στην αγορά και να εκτελούν μεγάλες παραγγελίες.

Η τριδιάστατη εκτύπωση έχει φέρει επανάσταση στον τεχνολογικό κόσμο βοηθώντας τις επιχειρήσεις να εξοικονομούν χρόνο, χρήμα και υλικά. Προσφέρει πολλές νέες ευκαιρίες μερικές εκ των οποίων είναι η δημιουργία πρωτοτύπων, η κατασκευή σχεδίων που είναι δύσκολο να κατασκευαστούν και η κατασκευή αγαθών κοντά στην τοποθεσία του αγοραστή.

Από τα παραδείγματα που αναλύσαμε πιο πάνω μπορούμε να διακρίνουμε δύο κατηγορίες μοντέλων κατανεμημένης παραγωγής με τριδιάστατη εκτύπωση. Το μοντέλο που χρησιμοποιεί μικρο εργοστάσια στον τρόπο λειτουργίας τους και γενικότερα την έννοια των γεωγραφικά διεσπαρμένων εγκαταστάσεων. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η κατασκευή ανταλλακτικών και εξαρτημάτων. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα μοντέλα επιχειρήσεων που κατασκευάζουν εξατομικευμένα προϊόντα και κατά παραγγελία.

Συμπερασματικά, σε αυτά τα μοντέλα επιχειρήσεων εντοπίζουμε κάποια θετικά χαρακτηριστικά, που τα κάνουν να ξεχωρίζουν από αυτά που λειτουργούν με πιο παραδοσιακά πρότυπα. Συγκεκριμένα :

- Ανάγκη για μικρότερη ποσότητα πρώτων υλών, γεγονός που απλοποιεί τη διαδικασία παραγωγής,
- Απλοποιημένη διαδικασία παραγωγής σημαίνει μικρότερο κόστος,
- Μικρότερο ρίσκο σε σχέση με μοντέλα μαζικής παραγωγής,
- Ταχύτερη ανταπόκριση στις αλλαγές της αγοράς, λόγω του μικρού όγκου παραγωγής,
- Μεγαλύτερη ευελιξία στην παραγωγική διαδικασία,
- Απλοποιημένη εφοδιαστική αλυσίδα, που οδηγεί σε ταχύτερη παράδοση των προϊόντων στον πελάτη,

- Μικρότερο αρχικό κόστος κεφαλαίου για την είσοδο στην αγορά.

Φυσικά, όσα πλεονεκτήματα και να προσφέρει αυτός ο τρόπος λειτουργίας, δε σημαίνει ότι πρέπει να εφαρμοστεί καθολικά και ότι μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά για όλες τις επιχειρήσεις και σε όλους τους τομείς, κυρίως λόγω υψηλού κόστους εξοπλισμού και εγκαταστάσεων.

Αυτό δημιουργεί πολλά ερωτήματα, που χρήζουν περαιτέρω μελέτης και έρευνας, ως προς το ποιοι τομείς, ποιες επιχειρήσεις και ποια προϊόντα ή υπηρεσίες μπορούν να ευνοηθούν από αυτό το μοντέλο παραγωγής και σε τι βαθμό.

Βιβλιογραφία

- 3dprinting.com, 2019. *3dprinting.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://3dprinting.com/news/3d-printed-bathroom-fittings-developed-by-grohe/>
[Πρόσβαση 13 Μάρτιος 2021].
- 3dprinting, 2019. *3dprinting.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].
- AMFG, 2019. *amfg.ai*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://amfg.ai/2019/05/28/7-exciting-examples-of-3d-printing-in-the-automotive-industry/>
[Πρόσβαση 9 Μάρτιος 2021].
- AMFG, 2019. *amfg.ai*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://amfg.ai/2019/11/29/5-examples-of-how-3d-printing-is-creating-new-business-models/>
[Πρόσβαση 20 Μάρτιος 2021].
- AMFG, 2020. *amfg.ai*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://amfg.ai/industrial-applications-of-3d-printing-the-ultimate-guide/>
[Πρόσβαση 15 Μάρτιος 2021].
- AMFG, 2021. *amfg.ai*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://amfg.ai/2021/03/15/why-should-companies-embrace-distributed-additive-manufacturing/>
[Πρόσβαση 19 Μάρτιος 2021].
- Anne-Charlotte, G. P. & R. C. N. & T., 2013. Work organisation and innovation: Case study: FAVI, France. *European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions*, 24 Μάρτιος, p. 17.
- Boissonneault, T., 2019. *3dprintingmedia.network*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.3dprintingmedia.network/arevo-first-3d-printed-carbon-fiber-ebike-emery/>
[Πρόσβαση 16 Μάρτιος 2021].
- Bruner, J., 2019. *thedigitalfactory.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.thedigitalfactory.com/podcasts/inside-the-worlds-largest-3d-printing-operation>
[Πρόσβαση 15 Μάρτιος 2021].
- Dallasega, D. T. & E. R. & P., 2015. Trends towards Distributed Manufacturing Systems and Modern Forms for their Design. *ScienceDirect*, 33(9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '14), p. 190.

- Designing Buildings Wiki, 2020. *designingbuildings.co.uk*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/3D_printing_in_construction
[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].
- DHL, 2016. *3D printing and the future of supply chains*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/dhl-trendreport-3dprinting.pdf>
[Πρόσβαση 4 Μάρτιος 2021].
- Fionn Corcoran-Tadd, B. K. C. D. +. I. H., 2020. *adidas.gr*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.adidas.gr/blog/562694>
[Πρόσβαση 14 Μάρτιος 2021].
- Garrehy, P., 2014. Centralized vs Decentralized Manufacturing. *Industrytoday*, 17(10).
- Grasha, E. D. & L., 2019. *cmu.edu*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.cmu.edu/news/stories/archives/2019/july/distributed-manufacturing.html>
[Πρόσβαση 21 Μάρτιος 2021].
- Griffiths, L., 2018. *tctmagazine.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/align-3d-systems-3d-printing-aligners-320000/>
[Πρόσβαση 15 Μάρτιος 2021].
- Halterman, T., 2015. *3dprint.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://3dprint.com/52007/volvo-trucks-3d-print-parts/>
[Πρόσβαση 11 Μάρτιος 2021].
- hss, 2021. *hss.edu*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.hss.edu/hss-lima-3d-printing.asp>
[Πρόσβαση 15 Μάρτιος 2021].
- Hutchins, S. J. L. & R. J. B. & C. P. P. & D. R. B. & D. A., 2012. A Simple, Low-Cost Conductive Composite Material for 3D Printing of Electronic Sensors. *www.plosone.org*, 7(11), p. 6.
- Jordan, J. M., 2019. Additive manufacturing (“3D printing”) and the future of organizational design: some early notes from the field. *J Org Design*, Τόμος 5, p. 8.
- Laura James-Field Ready, χ.χ. *Opportunities and challenges of distributed manufacturing for humanitarian response*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://130a1e01-ed5d-f31b-eb3f-e23f77fab438.filesusr.com/ugd/4bcea0_044a33fccd7043bea3ae25b9a5e0c198.pdf
[Πρόσβαση 8 Μάρτιος 2021].
- Listek, V., 2019. *3dprint.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://3dprint.com/239542/the-oil-and-gas-business-is-catching-up-with-3d-printing/>
[Πρόσβαση 12 Μάρτιος 2021].
- Lo, A., 2019. *3dprintingindustry.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://3dprintingindustry.com/news/volvo-trucks-new-river-valley-plant-3d->

[prints-over-500-tools-and-fixtures-161355/](#)

[Πρόσβαση 11 Μάρτιος 2021].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialjetting/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/binderjetting/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/powderbedfusion/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialextrusion/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/directenergydeposition/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/sheetlamination/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Made in Space, 2019. *madeinspace.us*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://madeinspace.us/blog/2019/03/20/2019-3-28-additive-manufacturing-facility-3d-printing-the-future-in-space/>

[Πρόσβαση 13 Μάρτιος 2021].

Molitch-Hou, M., 2020. *3dprint.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://3dprint.com/269471/bmw-opens-e15-million-additive-manufacturing->

campus/

[Πρόσβαση 10 Μάρτιος 2021].

Mototok, 2019. *mototok.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.mototok.com/blog/3d-printing-in-aviation-advantages>

[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

Peels, J., 2017. *3dprint.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://3dprint.com/174375/decentralize-production-3d-print/>

[Πρόσβαση 3 Μάρτιος 2021].

Pirelli, 2020. *corporate.pirelli.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://corporate.pirelli.com/corporate/en-ww/aboutus/pirelli-in-brief>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Redwood, B., 2017. *3dhubs.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/advantages-3d-printing/#speed>

[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

Shell, 2021. *shell.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/digitalisation/digital-technologies/3d-printing.html>

[Πρόσβαση 12 Μάρτιος 2021].

Sher, D., 2020. *3dprintingmedia.network*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.3dprintingmedia.network/lima-corporate-additive-manufacturing/>

[Πρόσβαση 16 Μάρτιος 2021].

Siemens, 2016. *siemens.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:bb8d99d2-337b-4fcb-98ba-057858b2ca35/background-local-motors-e.pdf>

[Πρόσβαση 9 Μάρτιος 2021].

Steeves, J., 2020. *emerybikes.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.emerybikes.com/category/emery-bikes/>

[Πρόσβαση 16 Μάρτιος 2021].

systemsinnovation, 2019. *systemsinnovation.io*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.systemsinnovation.io/post/distributed-manufacturing-how-it-works>

[Πρόσβαση 20 Νοέμβριος 2020].

T. Mat, E. R. & M. D. & P. & D., 2015. Sustainability in Manufacturing through Distributed Manufacturing Systems (DMS). *ScienceDirect*, 29(The 22nd CIRP Conference on Life Cycle Engineering), pp. 544-549.

TWI, 2017. *twi-global.com*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-3d-printing/pros-and-cons>

[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

V., C., 2021. *3dnatives.com*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.3dnatives.com/en/4d-fusio-3d-printed-sneaker-150120204/#!>
[Πρόσβαση 15 Μάρτιος 2021].

wikipedia, 2020. *wikipedia.org*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_manufacturing
[Πρόσβαση 1 Σεπτέμβριος 2020].

ΕΙΚΟΝΕΣ

3deo, 2018. *Intro to Metal 3D Printing Processes – Powder Bed Fusion (DMLS, SLS, SLM, LMF, DMP, EBM)*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.3deo.co/manufacturing/intro-to-metal-3d-printing-processes-powder-bed-fusion-dmls-sls-slm-lmf-dmp-ebm/>
[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

3dexperience, 2020. *3D printing - Additive*. [Εικόνα]
Available at: <https://make.3dexperience.3ds.com/processes/photopolymerization>
[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

3dprinting, 2019. *Update: AREVO 3D Printing the Carbon Fiber Emery ONE eBike Frame*. [Εικόνα]
Available at: <https://3dprinting.com/news/update-arevo-3d-printing-the-carbon-fiber-emery-one-ebike-frame/>
[Πρόσβαση 16 Μάρτιος 2021].

3ERP, 2018. *5 ways 3D Printing is Changing The Automotive Industry*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.3erp.com/blog/3d-print-changing-automotive-industry/>
[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

archiproducts, 2019. *archiproducts.com*. [Εικόνα]
Available at: https://www.archiproducts.com/en/products/grohe/3-hole-countertop-washbasin-tap-with-individual-rosettes-allure-brilliant-icon-3d-countertop-washbasin-tap_407455
[Πρόσβαση 13 Μάρτιος 2021].

boldbusiness, 2017. *Printing Life, Capillaries Made with 3D Printers*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.boldbusiness.com/health/3d-bioprinting-of-tissues-and-organs/>
[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

Gregurić, L., 2019. *What Is Material Jetting? – 3D Printing Simply Explained*. [Εικόνα]
Available at: <https://all3dp.com/2/what-is-material-jetting-3d-printing-simply-explained/>
[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Huber, T., 2020. *Adidas Raises The Running Sneaker Bar With Ultralight 1oz Woven Uppers*. [Εικόνα]

Available at: <https://hiconsumption.com/adidas-futurecraft-strung-technology/>
[Πρόσβαση 15 Μάρτιος 2021].

Jamie, D., 2017. *Top 10 3D Printed Jewelry Designs*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.3dnatives.com/en/3d-printed-jewelry-151220174/>
[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

Jamie, D., 2018. *Adidas Release their 3D Printed Shoes: The Futurecraft 4D*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.3dnatives.com/en/adidas-futurecraft-4d-220120184/>
[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

Jamie, D., 2018. *The 3D Printing Construction Market is Booming*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-construction-240120184/#!>
[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

local motors, 2014. *localmotors.com*. [Εικόνα]
Available at: <https://localmotors.com/meet-olli/>
[Πρόσβαση 09 Μάρτιος 2021].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Εικόνα]
Available at:
<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialextrusion/>
[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Εικόνα]
Available at:
<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/directedenergydeposition/>
[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Loughborough University London, 2010. *lboro.ac.uk*. [Εικόνα]
Available at:
<https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/sheetlamination/>
[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Michelle, J., 2018. *Why does BMW bet on additive manufacturing?*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.3dnatives.com/en/bmw-3d-printing-additive-manufacturing-241220184/>
[Πρόσβαση 9 Μάρτιος 2021].

Molitch-Hou, M., 2020. *The Present and Future of 3D Printing and Invisible Aligners*. [Εικόνα]
Available at: <https://3dprint.com/268786/the-present-and-future-of-3d-printing-and-invisible-aligners/>
[Πρόσβαση 15 Μάρτιος 2021].

openPR, 2019. *Outstanding Growth of Aerospace 3D Printing Market is Estimated to reach US\$ 2800.0 Million by the end of 2024 - Stratays, 3D Systems, Arcam Group*. [Εικόνα]
Available at: <https://www.openpr.com/news/1854744/outstanding-growth-of-aerospace-3d-printing-market-is-estimated>
[Πρόσβαση 25 Οκτώβριος 2020].

Pirelli, 2019. *PIRELLI BRINGS P ZERO TYRE NUMBER 10,000 FOR THE FERRARI XX PROGRAMME*. [Εικόνα]

Available at: <https://press.pirelli.com/pirelli-brings-p-zero-tyre-number-10000-for-the-ferrari-xx-programme/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Roser, C., 2015. *The (True) Difference Between Push and Pull*. [Εικόνα]

Available at: <https://www.allaboutlean.com/push-pull/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

Silbernagel, C., 2018. *Additive Manufacturing 101-1: What is binder jetting?*. [Εικόνα]

Available at: <http://canadamakes.ca/what-is-binder-jetting/>

[Πρόσβαση 20 Οκτώβριος 2020].

spaceflight101, 2018. *Made in Space – 1st ISS 3D Printer*. [Εικόνα]

Available at: <https://spaceflight101.com/iss/made-in-space-1st-iss-3d-printer/>

[Πρόσβαση 13 Μάρτιος 2021].