



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Τμήμα Γραφιστικής & Οπτικής Επικοινωνίας

**Κατεύθυνση Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εξελίξεις, τεχνολογίες και εφαρμογές της ψηφιακής  
εκτύπωσης στην βιομηχανία υφάσματος**

ΟΛΓΑ ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΙΔΗ (15037)

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Χρυσούλα Γάτσου

ΑΘΗΝΑ 2021

## ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

ΓΑΤΣΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ

ΚΑΡΑΜΑΝΗ ΑΝΤΙΓΟΝΗ

ΤΣΙΓΩΝΙΑΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Όλγα Παπαγιαννίδη του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 15037 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας του Τμήματος Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Όλγα Παπαγιαννίδη



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και τους φίλους μου για την υπομονή και την υποστήριξη που έδειξαν κατά την διάρκεια συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κυρία Γάτσου Χρυσούλα για την πολύτιμη βοήθεια καθώς και την καθοδήγησή που προσέφερε κατά την διάρκεια συγγραφής της εργασίας, έως και την ολοκλήρωσή της.

## Περίληψη:

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται οι συμβατικές και οι ψηφιακές τεχνολογίες εκτύπωσης στη βιομηχανία του υφάσματος. Ειδικότερα, αναλύονται οι ψηφιακές μέθοδοι εκτύπωσης, η εξέλιξη τους στην πορεία των χρόνων-δεκαετιών, καθώς και ο ρόλος τους στην βιομηχανία του υφάσματος.

Η συγκεκριμένη έρευνα βασίζεται πάνω σε μια συλλογή αξιόπιστων πηγών, μέσα από τις οποίες προκύπτουν τα συμπεράσματα για την εφαρμογή της ψηφιακής εκτύπωσης στην χώρο της βιομηχανίας του υφάσματος καθώς και για την περαιτέρω εξέλιξή της.

## Λέξεις – κλειδιά:

ύφασμα, textiles, ψηφιακή εκτύπωση, κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, νήματα, συνθετικό ύφασμα, γρήγορη μόδα, γρήγορη παραγωγή ρούχων, ψηφιακή εκτύπωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, DTG (Direct to Garment Printing).

## Abstract:

This paper describes conventional and digital printing technologies in the textile industry. In particular, the digital printing methods, their evolution over the years-decades, as well as their role in the textile industry are analyzed.

This research is based on a collection of reliable sources, through which the conclusions for the application of digital printing in the field of the textile industry as well as for its further development.

## Keywords:

fabric, textiles, digital printing, textiles, yarns, synthetic fabric, fast fashion, fast garment production, digital textile printing, DTG (Direct to Garment Printing).

## Περιεχόμενα:

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	4
Περίληψη: .....	5
Abstract: .....	5
Περιεχόμενα: .....	6
Πίνακας Εικόνων .....	8
Πίνακας Σχημάτων .....	9
Πίνακας σχεδιαγραμμάτων .....	9
1. Εισαγωγή .....	10
Πώς ξεκίνησε η ψηφιακή εκτύπωση στο ύφασμα:.....	10
2. Σκοπός .....	11
3. Ερευνητική Μεθοδολογία .....	12
4. Τεχνολογίες της ψηφιακής εκτύπωσης στην βιομηχανία υφάσματος.....	13
4.1 Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (textiles).....	13
4.1.1 Υφάσματα Ζωικής προέλευσης .....	14
4.1.2 Υφάσματα Φυτικής Προέλευσης.....	15
4.1.3 Ορυκτά .....	15
4.1.4 Συνθετικά.....	16
4.2 Μέθοδος παραγωγής ενός textile .....	17
4.4 Μέθοδοι Textile printing .....	19
4.5 Προετοιμασία υφάσματος για εκτύπωση .....	21
4.5.1 Προετοιμασία των χρωμάτων .....	21
4.5.2 Πηκτικά μέσα .....	22
4.5.3 Αντιαφριστικά .....	23
4.5.4 Προετοιμασία πριν την εκτύπωση .....	23
4.6 Textiles και ψηφιακή εκτύπωση / Digital Textile Printing .....	24
4.7 Υφάσματα ψηφιακής εκτύπωσης textile .....	29
4.7.1 Βαμβάκι .....	29
4.7.2 Βισκόζη .....	30
4.7.3 Μαλλί.....	30
4.7.4 Μετάξι.....	31

4.7.5	Λύκρα πολυαμιδίου .....	32
4.7.6	Πολυεστέρας .....	32
4.7.7	Μικτά υφάσματα .....	33
4.8	Εκτύπωση Inkjet - Υδατικός ψεκασμός μελάνης.....	34
4.8.1	Σχηματισμός σταγόνας .....	34
4.8.2	Η κεφαλή εκτύπωσης .....	38
4.8.3	DTG ( <i>Direct to Garment printing</i> ) - Άμεση εκτύπωση στο ύφασμα .....	39
4.9	Εκτύπωση σε ύφασμα με εκτυπωτή Laser .....	41
4.10	Εκτύπωση υφασμάτων εξάχνωσης-βαφής.....	43
4.11	Μελάνια που χρησιμοποιούνται ανά μέθοδο .....	45
5.	Εξελίξεις της ψηφιακής εκτύπωσης στην βιομηχανία υφάσματος .....	48
5.1	Το μέλλον των inkjet εκτυπωτών .....	49
5.1.1	Εξέλιξη στα μελάνια Inkjet .....	49
5.1.2	Εξέλιξη στα προγράμματα οδηγούς του εκτυπωτή και στα χρώματα.....	49
5.1.3	Εξέλιξη στην ταχύτητα εκτύπωσης .....	50
5.1.4	Εξέλιξη της ψηφιακής εκτύπωσης και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα .....	50
5.2	Η τρισδιάστατη εκτύπωση ως εξέλιξη της ψηφιακής .....	51
5.2.1	Λίγα λόγια για την τρισδιάστατη εκτύπωση.....	52
5.2.2	Εκτυπωμένα textile μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης .....	53
5.2.3	Η πιο πρόσφατη εξέλιξη των κλωστοϋφαντουργικών υλικών .....	55
	- <i>smart textiles</i> .....	55
6.	Εφαρμογές της ψηφιακής εκτύπωσης στην βιομηχανία υφάσματος.....	56
6.1	Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα ψηφιακής εκτύπωσης .....	57
6.1.1	Κλάδοι εφαρμογής ψηφιακής εκτύπωσης στον χώρο της .....	60
	βιομηχανίας του υφάσματος.....	60
6.2.1	Κλάδοι εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης στον χώρο της.....	62
	βιομηχανίας του υφάσματος .....	62
7.	Συμπεράσματα .....	65
	Θέματα για περαιτέρω συζήτηση:.....	66
	Βιβλιογραφία .....	67

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Textiles in Kenya. Πηγή: Conde nast traveler .....	13
Εικόνα 2 Παραδοσιακή εκτύπωση- Woodblock printing in India. Πηγή: Wikipedia .....	18
Εικόνα 3 Εκτυπωτής Χαμηλού Ογκου ATPColor. Πηγή: ColorSystems .....	26
Εικόνα 4 Εκτυπωτής Μεγάλου/Μεσαίου Ογκου ATEXCO. Πηγή: MZTEX.....	27
Εικόνα 5 Βιομηχανικός εκτυπωτής Μεγάλου Ογκου KONICA MINOLTA. Πηγή: Thlematiki direct ΑΕ.....	27
Εικόνα 6 Βαμβάκι επεξεργασμένο ως ύφασμα. Πηγή: Soft.gr .....	29
Εικόνα 7 Βοσκόζη ως ύφασμα. Πηγή: Ti-einai-viskozi.gr.....	30
Εικόνα 8 Drop spindle with wool of alpaca Peru. Πηγή: Wikipedia .....	30
Εικόνα 9 Μετάξι. Πηγή: Xinhe textiles silk and colors .....	31
Εικόνα 10 Λύκρα Πολυαμιδίου. Πηγή: Changzhou J-Tex Fabrics Co. Ltd.....	32
Εικόνα 11 Πολυεστέρας. Πηγή: WORKPROM .....	32
Εικόνα 12 Μικτά Υφάσματα. Πηγή: Dress-techinfus.com.....	33
Εικόνα 13 Εκτυπωτής DTG. Πηγή: Colman&company a division of coldesi INC.....	40
Εικόνα 14 Εκτυπωτής Laser. Πηγή: PRINTWEEK.....	42
Εικόνα 15 Αναφορά των μεθόδων της ψηφιακής εκτύπωσης σε textile και ποιες εκτυπωτικές μηχανές εξυπηρετούν καλύτερα την κάθε μέθοδο. Πηγή: EPSON blog .....	43
Εικόνα 16 Fabric Sport jersey Roller sublimation heater transfer printing machine. Πηγή: ALIBABA.COM.....	44
Εικόνα 17 Απεικόνιση κουκίδων εκτύπωσης, σε μεγέθυνση, για μερικούς εκτυπωτές Inkjet. Για σύγκριση δίνεται και η εκτύπωση offset από ένα περιοδικό. (κάτω δεξιά). Πηγή: Inkline.....	45
Εικόνα 18 Ιδιότητες και διαφορές των δύο ειδών μελανιού: DYE BASED - PIGMENT. Πηγή: Inkline.....	47
Εικόνα 19 Εργαστήριο ψηφιακής εκτύπωσης. Πηγή: ePac Flexible Packaging.....	48
Εικόνα 20 Απεικόνιση του τρισδιάστατου εκτυπωτή και του λογισμικού του. Πηγή: SIMPLIFY3D .....	51
Εικόνα 21 Απεικόνιση τρισδιάστατου εκτυπωτή. Πηγή: Matterhackers .....	53
Εικόνα 22 Αποτέλεσμα του ψηφιακού μοντέλου ύστερα από την εκτύπωση του με την μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης, χρησιμοποιήθηκε το πολυμερές υλικό PLA. Πηγή: RESEARCHGATE.....	54
Εικόνα 23 Εφαρμογές της ψηφιακής εκτύπωσης. Πηγή: FIBRE2FASHION, Aravin Prince P.....	57



## Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1 Η μέθοδος ύφανσης Spread Tow. Πηγή: ResearchGate .....	17
Σχήμα 2 Απεικόνιση λειτουργίας σχηματισμού πτώσης σταγόνας CIJ/DOD. Πηγή: ENGINEERED PRINTING SOLUTIONS.....	34
Σχήμα 3 Inkjet technology: A Continuous inkjet printing. B) Drop on demand inkjet printing. Πηγή: RESEARCHGATE .....	38
Σχήμα 4 Απεικόνιση μιας κεφαλής εκτύπωσης ενός inkjet εκτυπωτή. Πηγή: DOD-CODICO DISTRIBUTORS .....	38
Σχήμα 5 Απεικόνιση διαδικασίας DTG (Direct to Garment). Πηγή: workflow.net .....	40

## Πίνακας σχεδιαγραμμάτων

Σχεδιάγραμμα 1 Σχεδιάγραμμα που συγκρίνει την στάδια της αναλογικής εκτύπωσης με την ψηφιακή εκτύπωση. Πηγή: CNDC.com.....	25
Σχεδιάγραμμα 2 Προσπάθεια δημιουργίας ψηφιακού μοντέλου ενός textile σε πρόγραμμα σχεδίασης. Πηγή: RESEARCHGATE .....	54
Σχεδιάγραμμα 3 Γραμμικό σχεδιάγραμμα που αναλύει την σταθερή αλλά και γρήγορη ανάπτυξη της ψηφιακής εκτύπωσης σε αντίθεση με την αναλογική. Πηγή: theboxmakers BLOG 2020 .....	57

## 1. Εισαγωγή

Πώς ξεκίνησε η ψηφιακή εκτύπωση στο ύφασμα:

Στην αρχαιότητα η τέχνη της ύφανσης και της βαφής είχε αναπτυχθεί στο βαμβάκι, αλλά με την διάδοση του μεταξιού άλλαξε πορεία. Κατά την διάρκεια του 5ου αιώνα γίνεται αισθητή η τάση εκτύπωσης στο ύφασμα με σχέδια όπως λουλούδια και γεωμετρικά σχήματα, γεγονός που προκαλεί ανάπτυξη στο εμπόριο μεταξύ της Αιγύπτου και της Ινδίας. Είναι γνωστό πως η Ινδία ήταν η πρώτη χώρα που εισήγαγε την τέχνη της βαφής και της εκτύπωσης στο ύφασμα με και φυσικά χρώματα.

Συνεπώς, ο σκοπός της παραδοσιακής εκτύπωσης σε ένα κλωστοϋφαντουργικό προϊόν (*textile*), είναι η διακόσμηση του υφάσματος. Με το πέρασμα των χρόνων, καθώς αυξάνονταν οι ανάγκες του εμπορίου αλλά και της βιομηχανίας του υφάσματος, οι απαιτήσεις έγιναν περισσότερες. Ήδη από τη τέλη της δεκαετίας του 1980 γίνεται αισθητή η ψηφιακή εκτύπωση ως πιθανή αντικατάσταση της μεταξοτυπίας και της βαθυτυπίας που αποτελούσαν μέχρι τότε τις κυρίαρχες μεθόδους εκτύπωσης στον χώρο της κλωστοϋφαντουργίας.

Η ψηφιακή εκτύπωση εξ αιτίας της έλλειψης της εκτυπωτικής πλάκας, έχει επηρεάσει και διαμορφώσει με τα δικά της δεδομένα κάθε εκτυπωτική βιομηχανία με επιτυχία στον χώρο της μόδας τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς άνοιξε νέους δρόμους δημιουργικότητας, συμβάλλοντας στην ταχύτερη παραγωγή. Επίσης, υπήρξε πηγή νέων ιδεών και έμπνευσης για τους σχεδιαστές.

Η *καινοτομία* που έφερε η ψηφιακή εκτύπωση στην βιομηχανία του υφάσματος έχει ως βάση την γρήγορη παραγωγή, συνεπώς την εξοικονόμηση του χρόνου.

Με την ανάπτυξη ενός εκτυπωτή εξάχνωσης βαφής (*dye sublimation*) στις αρχές της δεκαετίας του 1990, κατέστη δυνατή η εκτύπωση με **μελάνια εξάχνωσης** χαμηλής ενέργειας και μελάνια υψηλής ενεργειακής διασποράς *απευθείας* σε κλωστοϋφαντουργικά μέσα. Οι εταιρείες μόδας που ασχολούνται με την εκτύπωση ψηφιακών υφασμάτων υποδεικνύουν πολλά πιθανά οφέλη (EPSON, 2018).

Η σημερινή εποχή πλέον βασίζεται στους ρυθμούς της "γρήγορης μόδας", γεγονός που σημαίνει ότι οι τάσεις κινούνται πιο γρήγορα και από ποτέ, έτσι οι σχεδιαστές εξαναγκάζονται να συμβαδίζουν και να καταλήγουν σε πιο δημιουργικές μεθόδους. Σε αυτό η ψηφιακή εκτύπωση αποτελεί την επιλογή στον τομέα της βιομηχανίας του υφάσματος καθώς τους εξυπηρετεί στην δημιουργικότητα αλλά και στην γρήγορη παραγωγή ώστε στην συνέχεια να τα προωθήσουν στην αντίστοιχη αγορά.

Η ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων είναι μια μέθοδος εκτύπωσης που επιτρέπει στους εκτυπωτές να τυπώνουν σχέδια υψηλής ποιότητας σε μια μεγάλη ποικιλία υποστρωμάτων. Για αυτούς τους συγκεκριμένους λόγους, όλο και περισσότεροι συμβατικοί εκτυπωτές κάνουν τη μετάβαση στην ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων.

Το 2015, η βιομηχανία του υφάσματος αποτιμάται σε περίπου 7,5 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ παγκοσμίως. Η παγκόσμια αγορά ψηφιακής εκτύπωσης υφασμάτων για ενδύματα, διακόσμηση σπιτιού και βιομηχανικές εφαρμογές παρουσιάζει έντονη ανάπτυξη περίπου 34% CAGR (Compound annual growth rate) έως το 2019 (Apparel Resources New-Desk, 2015).

## 2. Σκοπός

Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν και θα απαντηθούν ερωτήματα που σχετίζονται άμεσα με την βιομηχανία του υφάσματος και την σχέση τους με την ψηφιακή εκτύπωση. Συνεπώς τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Ποια είναι τα κριτήρια για την επιλογή της τεχνικής εκτύπωσης υφασμάτων και ποια εκτυπωτική μέθοδος θα υποστηρίξει καλύτερα τη διαδικασία παραγωγής της επιχείρησης ενώ παράλληλα θα εξυπηρετήσει τις ανάγκες του καταναλωτή.
2. Γιατί είναι ωφέλιμη η ψηφιακή εκτύπωση στην βιομηχανία του υφάσματος και που αποσκοπεί η αντικατάστασή της με τις συμβατικές μεθόδους εκτύπωσης υφάσματος.

3. Με ποιόν τρόπο η ψηφιακή εκτύπωση στο ύφασμα μπορεί να βελτιώσει την διαδικασία παραγωγής της επιχείρησης.

Ύστερα από μελέτη και ανάλυση της κάθε μεθόδου ψηφιακής εκτύπωσης, το επόμενο θέμα ανάλυσης είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εκάστοτε τεχνολογίας ως προς τις εφαρμογές της στην βιομηχανία του υφάσματος. Είναι απαραίτητη η γνώση των παραπάνω ώστε να μπορέσει κανείς να καταλήξει στο τελικό συμπέρασμα.

Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα ερωτήματα που θα αναλυθούν είναι, με ποιόν τρόπο η ψηφιακή εκτύπωση έχει ανασχηματίσει την βιομηχανία του υφάσματος.

### 3. Ερευνητική Μεθοδολογία

Η ερευνητική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση, δηλαδή *μια συλλογή από επιλεγμένες δημοσιευμένες πηγές σχετικές με το θέμα της εργασίας*. Οι πηγές αφορούν το σύγχρονο πεδίο της ψηφιακής αλλά και της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε ύφασμα. Εντοπίστηκαν κυρίως σε σχετικά άρθρα του διαδικτύου καθώς και σε διαδικτυακές πηγές από ιστοσελίδες εταιριών γραφικών τεχνών αλλά και διατριβές καταξιωμένων καθηγητών πάνω στον κλάδο της ψηφιακής εκτύπωσης στην βιομηχανία του υφάσματος. Θα ακολουθήσει συνοπτική επισήμανση των κεντρικών τάσεων της ψηφιακής εκτύπωσης σε ύφασμα καθώς πρώτα θα συζητηθεί η διαδικασία που ακολουθείται στην συμβατική μέθοδο εκτύπωσης.

Είναι γνωστό πως με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες έχουν προκύψει πολλά διαφορετικά σενάρια όσον αφορά τις τεχνολογίες εκτύπωσης και ιδιαίτερα της ψηφιακής.

Χρειάστηκε να συγκεντρωθούν και στη συνέχεια να επιλεχθούν τα βασικότερα στοιχεία στα οποία εστίασε αυτή η εργασία βάση των τελευταίων τεχνολογικών εξελίξεων στον κλάδο των γραφικών τεχνών, με αποτέλεσμα να προκύψουν

συμπεράσματα σχετικά με το φαινόμενο του μετασχηματισμού της βιομηχανίας του υφάσματος.

## 4. Τεχνολογίες της ψηφιακής εκτύπωσης στην βιομηχανία υφάσματος

Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας της ψηφιακής εκτύπωσης στο ύφασμα, θα πρέπει πρώτα να αναφερθεί η διαδικασία η οποία ακολουθείται για την συμβατική εκτύπωση σε ύφασμα. Ένα από τα πιο βασικά και ουσιώδη μέρη της διαδικασίας αυτής, τόσο για την παραγωγή όσο και για την βιομηχανία του υφάσματος, είναι το είδος του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος πάνω στο οποίο θα γίνει η εκτύπωση.

### 4.1 Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (textiles)



Εικόνα 1 Textiles in Kenya. Πηγή: Conde nast traveler

Η λέξη «κλωστοϋφαντουργία» (ή αλλιώς στα αγγλικά textile) προέρχεται από τα λατινικά, από το επίθετο *textilis*, που σημαίνει «υφαντό». Ως ύφασμα μπορεί να χαρακτηριστεί ένα εύκαμπτο υλικό το οποίο διαιρείται σε ίνες ή ακόμη και σε νήματα (όπως το βαμβάκι, ή η κάνναβη) τα οποία αν συνδυαστούν, μπορούν να αποτελέσουν μεικτής σύνθεσης νήματα.

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα έχουν μια ποικιλία χρήσεων, η συνηθέστερη των οποίων είναι τα είδη ένδυσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης στους

χώρους εργασίας, σε βιομηχανικές και επιστημονικές διαδικασίες όπως το φιλτράρισμα. Επιπλέον χρησιμοποιούνται σε πολλές παραδοσιακές βιοτεχνίες, όπως το ράψιμο.

Από τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα τα οποία προορίζονται για βιομηχανικούς σκοπούς εξ αιτίας της διαφορετικής εμφάνισής τους, παράγονται τα **τεχνικά υφάσματα** (technical textile). Τα τεχνικά υφάσματα περιλαμβάνουν κλωστοϋφαντουργικές κατασκευές για εφαρμογές στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (π.χ. εμφυτεύματα), γεωυφάσματα (ενίσχυση επιχωμάτων), προστατευτικά ενδύματα (π.χ. προστατευτικά μαξιλαράκια και αλεξίσφαιρα γιλέκα) (Accu-Shape Die cutting, 2021).

Πριν αναλυθούν περαιτέρω οι κατηγορίες των ινών των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, πρέπει πρώτα να αναφερθεί το γεγονός πως υπάρχουν ίνες που βρίσκονται ελεύθερες στην φύση και δεν χρειάζονται κάποιου είδους προεπεξεργασία ώστε να χρησιμοποιηθούν μετέπειτα. Μπορεί να είναι ζωικής (μαλλί, μετάξι), φυτικής (βαμβάκι, λινάρι, μπαμπού) ή και ορυκτής προέλευσης (αμιάντος, ίνες γυαλιού). Επιπροσθέτως, οι φυσικές ίνες έχουν πυκνότητα, καλύτερες μηχανικές και θερμικές ιδιότητες και είναι βιοδιασπώμενες, συνεπώς είναι φιλικές προς το περιβάλλον (Madeha, Khubab, 2016).

Στην τέταρτη και πιο πρόσφατη κατηγορία εντάσσονται οι συνθετικές ίνες (νάιλον, πολυεστέρας, ακρυλικό, τεχνητό μετάξι), οι οποίες δεν βρίσκονται ελεύθερες στην φύση και χρειάζονται πολλά στάδια προεπεξεργασίας ώστε να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω στην βιομηχανία του υφάσματος.

#### 4.1.1 Υφάσματα Ζωικής προέλευσης

Τα υφάσματα ζωικής προέλευσης είναι συνήθως κατασκευασμένα από τρίχες, γούνα, δέρμα ή μετάξι. Έχουν ως βάση τους την πρωτεΐνη και απαρτίζονται από μια περίπλοκη δομή.

Το *μαλλί* προέρχεται από τις τρίχες των κατοικίδιων αιγοπροβάτων, και όταν ενώνεται με μείγμα κεριών, ονομάζεται **λανολίνη** (Vatin et al., 2015). Το ύφασμα

που προκύπτει από τις ίνες του μαλλιού, χρησιμοποιείται συνήθως για ζεστά ρούχα.

Το *μετάξι* είναι ένα ζωικό κλωστοϋφαντουργικό προϊόν που κατασκευάζεται από τις ίνες του κουκουλιού του κινέζικου μεταξοσκώληκα. Οι ίνες του μεταξιού είναι σχετικά δύσκαμπτες και δείχνουν καλή έως εξαιρετική αντοχή σε συνθήκες εξωτερικών παραγόντων όπως είναι η υγρασία ή θερμότητα. Επίσης εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες (Madeha, Khubab, 2016). Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μεταξιού: το «*μετάξι μουρις*» που παράγεται από το *Bombyx Mori* και το «*άγριο μετάξι*» όπως το *μετάξι Tussah*. Περίπου τα τέσσερα πέμπτα της παγκόσμιας παραγωγής μεταξιού αποτελούνται από καλλιεργημένο μετάξι (Trevisan et al., 2012).

#### 4.1.2 Υφάσματα Φυτικής Προέλευσης

Οι φυτικές ίνες περιλαμβάνουν κυρίως το βαμβάκι σε συνδυασμό με άλλα φυτά όπως είναι: το λινάρι, η κάνναβη, η γιούτα και το σιζάλ (ίνες από φύλλα ινδικού φυτού). Απαρτίζονται κυρίως από κυτταρίνη και η συχνότερη χρήση τους είναι για την παραγωγή ρούχων. Μπορούν να συλλεχθούν από διαφορετικά μέρη του φυτού, ενώ παράλληλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ίνες από το φυτό απευθείας, ανάλογα με την χρήση που απαιτείται από το εκάστοτε εργοστάσιο παραγωγής (Madeha, Khubab, 2016).

#### 4.1.3 Ορυκτά

Τα ορυκτά αποτελούν την λιγότερο σημαντική πηγή προέλευσης των ινών υφάσματος για την βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας.

Ο *αμίαντος* αποτελεί την πιο χρήσιμη ίνα της κατηγορίας αυτής. Είναι εξαιρετική η ιδιότητα των ινών του στην αντοχή, στην θερμότητα και στην καύση. Είναι επίσης ανθεκτική σε οξέα, αλκάλια και άλλες χημικές ουσίες. Συνηθώς αυτές οι ίνες χρησιμοποιούνται στην παραγωγή υφασμάτων πυροπροστασίας (Madeha, Khubab, 2016).

Τα ορυκτά, τα φυσικά και τα συνθετικά υφάσματα μπορούν να συνδυαστούν, ως ένα σμιλεμένο ύφασμα.

#### 4.1.4 Συνθετικά

Τα συνθετικά υφάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή ενδυμάτων, καθώς και στην κατασκευή γευυφασμάτων. Αύτη η κατηγορία μπορεί να χωριστεί σε τεχνητές ίνες (man-made fibers) και σε ίνες που αναδημιουργούνται. Για να δημιουργηθούν οι τεχνητές ίνες πρέπει να περάσουν από μια διαδικασία περιστροφής με την βοήθεια ορισμένων μηχανημάτων. Τα πολυμερή που χρησιμοποιούνται για την περιστροφή των συνθετικών ινών βασίζονται σε χημικά, ενώ οι ίνες που αναδημιουργούνται προέρχονται από ένα φυσικό πολυμερές, συνήθως την κυτταρίνη (Madeha, Khubab, 2016).

Οι *ίνες πολυεστέρα* χρησιμοποιούνται σε όλους τους τύπους ρούχων, είτε σαν κύριο υλικό είτε σε συνδυασμό με ίνες όπως το βαμβάκι. Το *νάιλον* είναι μια ίνα που χρησιμοποιείται για να μιμηθεί το μετάξι.

Το *spandex* (εμπορική ονομασία lycra) είναι ένα προϊόν πολυουρεθάνης που εφαρμόζει στενά στο σώμα χωρίς να εμποδίζει την κίνηση. Χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή αθλητικών ενδυμάτων.

Η *ίνα ολεφίνης* είναι μια ίνα που χρησιμοποιείται σε ρούχα, επενδύσεις και ζεστά ρούχα και είναι από τις πιο *συνηθισμένες συνθετικές ίνες*. Οι ολεφίνες είναι υδρόφοβες, με αποτέλεσμα να στεγνώνουν γρήγορα.

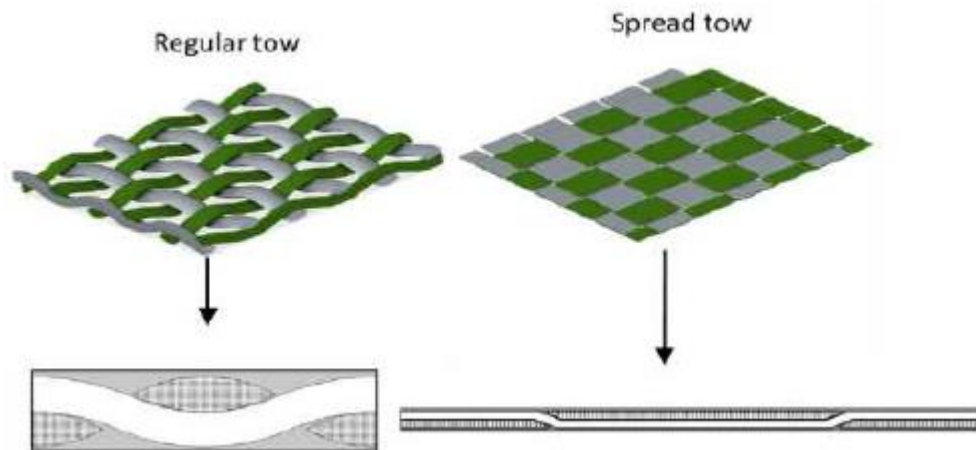
Το *τεχνητό μετάξι (rayon)* είναι κατασκευασμένο ύφασμα που προέρχεται από φυτικό πολτό κυτταρίνης. Διαφορετικοί τύποι τεχνητού μεταξιού μπορούν να μιμηθούν την αίσθηση και την υφή του κανονικού μεταξιού, του βαμβακιού ή και του μαλλιού.

Επιπλέον υπάρχουν τεχνητές ίνες που παράγονται από την βισκόζη, το οξύ, την ελαστίνη αλλά και τα ακρυλικά.



## 4.2 Μέθοδος παραγωγής ενός textile

Η ύφανση είναι μια μέθοδος παραγωγής κλωστοϋφαντουργίας η οποία περιλαμβάνει την αλληλοσύνδεση ενός συνόλου μακρύτερων νημάτων (στημόνι) με ένα σύνολο κλωστών διέλευσης (υφάδι). Αυτό γίνεται σε μια μηχανή γνωστή ως αργαλειός. Υπάρχει ύφανση που γίνεται ακόμα με το χέρι, αλλά η πλειοψηφία είναι πλέον μηχανοποιημένη.



Σχήμα 1 Η μέθοδος ύφανσης Spread Tow. Πηγή: ResearchGate

Το Spread Tow είναι μια μέθοδος παραγωγής όπου το νήμα απλώνεται σε λεπτές ταινίες, και στη συνέχεια οι ταινίες υφαίνονται με αποτέλεσμα οι ίνες να συνδέονται και να μην αφήνουν μεταξύ τους κενά όπως γίνεται στην κανονική ύφανση (σχήμα 1). Το παραγόμενο ύφασμα που δημιουργείται είναι λεπτότερο και ελαφρύτερο σε σχέση με το ύφασμα το οποίο παράγεται με την κανονική μέθοδο. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για **σύνθετα υλικά**.

## 4.3 Textile Printing – παραδοσιακή εκτύπωση σε ύφασμα

Πριν αναλυθεί περαιτέρω η διαδικασία της ψηφιακής εκτύπωσης, απαραίτητο είναι να μελετηθεί πρώτα η διαδικασία της συμβατικής μεθόδου, καθώς αποτέλεσε την βάση για την πορεία και την εξέλιξη της εκτύπωσης στο ύφασμα.

Η συμβατική εκτύπωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι η διαδικασία εφαρμογής χρώματος στο ύφασμα με την μορφή σχεδίων ή μοτίβων. Η μελάνη συνδέεται χημικώς με την ίνα, έτσι ώστε να αντιστέκεται στο πλύσιμο και στην

τριβή. Κατά την διαδικασία της εκτύπωσης χρησιμοποιούνται: ξύλινα τελάρα, μεμβράνες, εκτυπωτικές πλάκες και κύλινδροι για την εναπόθεση των μελανών στο ύφασμα. Οι μελάνες που χρησιμοποιούνται περιέχουν βαφές που έχουν πυκνωθεί για να εμποδίσουν την διασπορά της μελάνης με φαινόμενα τριχοειδούς έλξης πέρα από τα όρια του σχεδίου ή του μοτίβου (Knecht et al., 1911).



Εικόνα 2 Παραδοσιακή εκτύπωση- Woodblock printing in India. Πηγή: Wikipedia

Η πρώτη συμβατική μέθοδος εκτύπωσης σε ύφασμα, εμφανίστηκε με την μορφή εκτύπωσης Woodblock (katzome), η οποία ήταν γνωστή από την αρχαιότητα και πιθανότατα η προέλευσή της ήταν από την Κίνα. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για την εκτύπωση κειμένου, εικόνων ή και σχεδίων, τα οποία είναι γνωστά ευρέως μέχρι και σήμερα σε όλη την Ανατολική Ασία.

Γενικότερα, ο **σκοπός** της παραδοσιακής εκτύπωσης *textile* είναι για τη διακόσμηση του υφάσματος. Επιπλέον, όπως σε κάθε συμβατική μέθοδο, απαιτείται ο σωστός συντονισμός μεταξύ των ανθρώπινων δεξιοτήτων και των ικανοτήτων των μηχανημάτων εκτύπωσης.

Σήμερα, η πιο γνώστη συμβατική μέθοδος εκτύπωσης στο ύφασμα είναι η μεταξοτυπία. Σε αυτήν την μέθοδο εκτύπωσης, τα υποστρώματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι κυρίως το ύφασμα, το γυαλί και το πλαστικό.

#### 4.4 Μέθοδοι Textile printing

Για να γίνουν κατανοητοί οι μέθοδοι εκτύπωσης σε κλωστούφαντουργικά προϊόντα, θα πρέπει πρώτα να αναλυθεί η διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται η μεταφορά, η απόθεση και η σταθεροποίηση ενός μονόχρωμου ή πολύχρωμου σχεδίου στην επιφάνεια του υποστρώματος, στην συγκεκριμένη περίπτωση, του υφάσματος είτε αυτό είναι λευκό ή βαμμένο. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται **τυποβαφή** (Ελευθεριάδης et al., 2015).

Οι μέθοδοι της εκτύπωσης σε ένα κλωστούφαντουργικό προϊόν (δηλαδή οι μέθοδοι της τυποβαφής) ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Εκτύπωση με εσώγλυφους - χαραγμένους κυλίνδρους ( Βαθυτυπία)**
- **Μεταξοτυπία (Εκτύπωση με επίπεδα τελάρα)**
- **Εκτύπωση με κυλίνδρους (Εκτύπωση με οριζόντια τοποθέτηση κυλίνδρων)**
- **Εκτύπωση με θερμομεταφορά (Transfer Printing /Μελάνια εξάχνωσης)**
- **Ψηφιακή Εκτύπωση υφάσματος (Digital Textile Printing)**
- **Φλεξογραφική εκτύπωση υφάσματος (Flexo Textile Printing)**
- **Εκτύπωση με χρήση στένσιλ (Stencil printing)**

Τα πιο συχνά είδη τυποβαφής στην βιομηχανία εκτύπωσης υφάσματος είναι: η *μεταξοτυπία*, η *εκτύπωση με κυλίνδρους* και η *ψηφιακή εκτύπωση*.

Παρακάτω αναγράφονται αναλυτικά, τα *είδη* τυποβαφής:

- **Άμεση εκτύπωση**

Γίνεται με χρώματα οποιασδήποτε κατηγορίας πάνω σε λευκά ή και βαμμένα υφάσματα με ανοιχτές αποχρώσεις (Ελευθεριάδης et al, 2015).

Κατά την διαδικασία αυτή, εκτυπώνονται χρώματα που περιέχουν χρωστικές και πηκτικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την τοποθέτηση του χρώματος στο ύφασμα με το επιθυμητό σχέδιο. **Η σύγχρονη βιομηχανική εκτύπωση χρησιμοποιεί κυρίως τεχνικές άμεσης εκτύπωσης.**

- **Εκτύπωση παρεμπόδισης (resist),**

Σε ένα είδος παρεμπόδισης (batik), εφαρμόζεται κερί στο ύφασμα και στη συνέχεια περνάει από διαδικασία βαφής. Οι κερωμένες περιοχές δεν δέχονται την βαφή αφήνοντας το ύφασμα λευκό ή με το φυσικό χρώμα της ίνας από την οποία είναι φτιαγμένο.

Αυτή είναι μια τεχνική που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και έλεγχο, συνήθως προτιμάται για εργασίες υψηλής απόδοσης. Αποδίδει ευκρινέστερα και φωτεινότερα τα χρώματα από τις υπόλοιπες μεθόδους εκτύπωσης (Leslie, 2003).

- **Εκτύπωση με υλικά ξεβαφής (discharge)**

Κατά την διαδικασία αυτή εκτυπώνονται ανοικτές αποχρώσεις σε σκούρα φόντα ή δημιουργείται λευκό χρώμα στην επιφάνεια του υφάσματος (Ελευθεριάδης et al, 2015). Κατά την εκτύπωση αυτήν, το σχέδιο παράγεται από τον αποχρωματισμό της αρχικής βαφής, μέσω χημικής αντίδρασης που έγινε στις εκτυπωμένες περιοχές. Οι παράγοντες αποχρωματισμού μπορεί να είναι οξέα, αλκάλια και διάφορα άλατα (Leslie, 2003). Στο τέλος της διαδικασίας, από τις περιοχές που είχαν αποχρωματιστεί δημιουργούνται τα επιθυμητά σχέδια (indigo resist).

- **Εκτύπωση με χρώματα επίστρωσης (pigments)**

Τα χρώματα επίστρωσης είναι χρωστικές σε μορφή σκόνης, αδιάλυτα στο νερό, ελάχιστα διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες, που διασπείρονται με τη βοήθεια κατάλληλης ουσίας και συγκρατούνται μηχανικά με τη βοήθεια ενός συνδετικού μέσου (π.χ. κόλλας) πάνω σε κάποιο υλικό (Ελευθεριάδης et al, 2015).

Η διαδικασία εκτύπωσης περιλαμβάνει διάφορα στάδια προκειμένου να προετοιμαστεί το ύφασμα και η πάστα εκτύπωσης και στην συνέχεια να αποτυπωθεί μόνιμα το εκτυπωμένο θέμα πάνω στο ύφασμα:

- προετοιμασία υφάσματος προς εκτύπωση
- παρασκευή χρωμάτων, (προετοιμασία χρωμάτων)
- παρασκευή πάστας εκτύπωσης, (πάστα αμύλου)
- ξήρανση υφάσματος (σταθεροποίηση των χρωμάτων)
- άτμισμα του υφάσματος για στερέωση

## 4.5 Προετοιμασία υφάσματος για εκτύπωση

Το ύφασμα προετοιμάζεται με λεύκανση και πλύσιμο. Για ενιαίο χρωματισμό υλοποιείται βαφή του υφάσματος. Το ύφασμα πρέπει πάντα να βουρτσίζεται για να καθαριστεί από χνούδια, ίνες και ξένα σώματα, που μπορεί να βρίσκονται στην επιφάνειά του κατά την διάρκεια της αποθήκευσής του. Πολύ συχνά πρέπει να τεμαχιστεί σε μικρότερα κομμάτια ρόλων, σε ρολοκοπτικές, με την χρήση περιστρεφόμενων κυκλικών μαχαιριών (δίσκων) τοποθετημένα σπειροειδώς γύρω από τον άξονα του ρολοκοπτικού. Ως αποτέλεσμα της ρολοκοπής του υφάσματος μπορούμε να έχουμε πολύ γρήγορη και τεχνικά σωστή κοπή του υφάσματος με λείες ακμές καθαρό και απαλλαγμένο από χνούδια, ικανό να δεχθεί σε όλη την επιφάνεια του εκτυπώσεις με πολύ λεπτομερή χάραξη (Knecht et al., 1911).

Ορισμένα υφάσματα απαιτούν πολύ προσεκτικό τέντωμα και ευθυγράμμιση σε ένα πλέγμα πριν τυλιχθούν γύρω από κούφια ξύλινα ή σιδερένια ρολά κατάλληλου μεγέθους ώστε ύστερα να τοποθετηθούν στις μηχανές εκτύπωσης, αλλά και για να τυπωθούν σωστά σε περιπτώσεις εκτύπωσης γεωμετρικών σχεδίων (Knecht et al., 1911).

### 4.5.1 Προετοιμασία των χρωμάτων

Η τέχνη της παραγωγής χρωμάτων για την εκτύπωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων απαιτεί τόσο χημική γνώση όσο και εκτεταμένη τεχνική εμπειρία, καθώς τα συστατικά τους πρέπει όχι μόνο να είναι ανάλογα μεταξύ τους, αλλά και προσεκτικά επιμελημένα. Υπάρχουν περιπτώσεις που τα περισσότερα χρώματα συνδυάζονται με τον ίδιο τρόπο για αυτό πρέπει να είναι ικανά να ανταπεξέρθουν

στις διάφορες λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και τη σταθεροποίηση των άλλων χρωμάτων.

Όλες οι πάστες εκτύπωσης, είτε περιέχουν χρωστικές είτε όχι, είναι τεχνικά γνωστές ως *χρώματα*. Τα χρώματα ποικίλλουν σημαντικά στη σύνθεση. Τα περισσότερα από αυτά περιέχουν όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για την άμεση παραγωγή και σταθεροποίηση.

Υπάρχουν χρώματα τα οποία περιέχουν μόνο την χρωστική ουσία, σε αυτά απαιτούνται διάφορες επιπλέον μεταγενέστερες επεξεργασίες. Μια χρωστική ουσία μπορεί να αποτελείται από ένα μεταλλικό άλας. *Όλα τα χρώματα εκτύπωσης πρέπει να περιέχουν πηκτικά μέσα ώστε να μπορούν να μεταφερθούν από το κουτί χρώματος στο ύφασμα χωρίς να τρέξουν ή να εξαπλωθούν πέρα από τα όρια του σχεδίου.* (Knecht et al., 1911)

#### 4.5.2 Πηκτικά μέσα

Τα πηκτικά μέσα εκτύπωσης που χρησιμοποιούνται, επιλέγονται ανάλογα με την τεχνική εκτύπωσης, το ύφασμα και τη συγκεκριμένη χρωστική ουσία. Το χρώμα διαλύεται σε μια πηκτή μάζα, η οποία χαρακτηρίζεται ως *πήκτωμα*. Το πήκτωμα αναμειγνύεται με την χρωστική ουσία με αποτέλεσμα να παραμένει στα σημεία του υφάσματος και να μην εξαπλώνεται.

**Οι συνηθέστεροι παράγοντες για την παρασκευή των πηκτωμάτων είναι:** *παράγωγα αμύλου (σιτάρι, καλαμπόκι, ρύζι), χαρουπάλευρο, αραβικό κόμμι (από φλοιό ακακίας), ταμαρίν, αλγινικό νάτριο και αλγινικές ενώσεις (φύκια), πολυακρυλικό νάτριο, κόμμι Senegal κ.α.*

Όλα τα βιομηχανικά επεξεργασμένα φυσικά πηκτικά διατίθενται σε μορφή σκόνης και διαλύονται σε νερό με ορισμένη αναλογία (Ελευθεριάδης et al, 2015). Τα πιο συνηθισμένα πηκτώματα τα οποία χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα είναι τα τροποποιημένα *καρβοξυμεθυλιωμένα ψυχρά διαλυτά άμυλα*.

#### 4.5.3 Αντιαφριστικά

Το πήκτωμα πρέπει να περιλαμβάνει αντιαφριστικά, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία αφρού, τόσο κατά την ανάδευση τού χρώματος, όσο και κατά την εκτύπωση, διότι το χρώμα που αφρίζει δεν παρέχει σωστή κάλυψη (Ελευθεριάδης et al, 2015).

#### 4.5.4 Προετοιμασία πριν την εκτύπωση

Πριν από την εκτύπωση είναι απαραίτητο να στραγγιστούν όλα τα χρώματα ώστε να απελευθερωθούν από σβώλους, λεπτή άμμο και άλλα σωματίδια, πράγμα που θα κατέστρεφε αναπόφευκτα την εξαιρετικά γυαλισμένη επιφάνεια των χαραγμένων κυλίνδρων και θα είχε αρνητικό αποτέλεσμα στην εκτύπωση. **Κάθε γρατσουιά στην επιφάνεια ενός κυλίνδρου εκτυπώνει μια λεπτή γραμμή στο ύφασμα, χρειάζεται μεγάλη προσοχή ώστε να αποφευχθούν οι κόκκοι και διάφορα άλλα σκληρά σωματίδια κατά την διάρκεια της εκτύπωσης** (Knecht et al, 1911).

#### 4.5.5 Σταθεροποίηση των χρωμάτων πάνω στο ύφασμα με άτμισμα

Το άτμισμα αποτελεί την καλύτερη μέθοδο σταθεροποίησης των εκτυπωμένων χρωμάτων πάνω στο ύφασμα. Το κρύο ύφασμα μπαίνει στο ατμιστήριο, υγρασιέται ένα μέρος του ατμού και το νερό που σχηματίζεται, κάθεται πάνω στο ύφασμα υποβοηθώντας όλες τις χημικές και φυσικές διεργασίες που γίνονται κατά το άτμισμα όπως: διόγκωση του πηκτικού, διάλυση των χρωμάτων και των χημικών βοηθητικών, ενδεχόμενη επιφανειακή διόγκωση των ινών, εισχώρηση των χρωμάτων στις ίνες, αντιδράσεις των χημικών ενώσεων με τις ίνες ή τα χρώματα, αντιδράσεις των χρωμάτων με τις ίνες (Ελευθεριάδης et al., 2015).

Ο χρόνος ατμίματος, η θερμοκρασία και η υγρασία του ατμού εξαρτώνται από το είδος του χρώματος και το είδος του υφάσματος (Ελευθεριάδης et al, 2015).



Ως τελευταία επεξεργασία του υφάσματος, ακολουθεί το πλύσιμο κατά το οποίο απομακρύνονται τυχόν βοηθητικά χημικά που έχουν απομείνει και πλεονάζουσα χρωστική ουσία.

#### 4.6 Textiles και ψηφιακή εκτύπωση / Digital Textile Printing

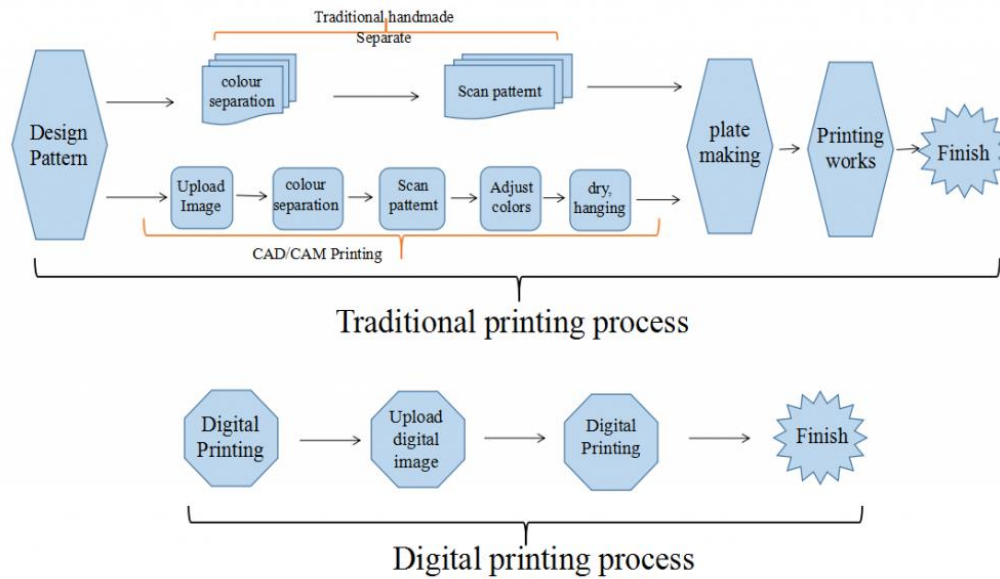
Η ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων χαρακτηρίζεται ως μια νέα βιομηχανική τάση η οποία έχει την δυνατότητα να διαμορφώσει την ήδη υπάρχουσα βιομηχανία τυποβαφικής. Το επιτυγχάνει αυτό με περισσότερες ευκαιρίες σχεδιασμού, μεγαλύτερη ποικιλία χρωμάτων και περισσότερη ελευθερία στο επαναλαμβανόμενο μοτίβο (Cie, 2015).

Ως **μέθοδος εκτύπωσης χρησιμοποιείται η τεχνολογία ψεκασμού μελάνης (inkjet printing)**. Η βασική αρχή της ψηφιακής εκτύπωσης είναι η τοποθέτηση ενός υγρού σταγονιδίου μελάνης μικροσκοπικού μεγέθους σε καθορισμένο χώρο και με καθορισμένο τρόπο. Η επιλεκτική αυτή εναπόθεση μικροσκοπικών σταγόνων επιτρέπει την εναπόθεση, όχι μόνο σταγονιδίων χρώματος, αλλά και πολλών άλλων λειτουργικών (functional) στοιχείων (Ελευθεριάδης et al, 2015).

Η ψηφιακή εκτύπωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων εμφανίστηκε την δεκαετία του 1990, ως μια πρωτοποριακή τεχνολογία εκτύπωσης. Οι εξελίξεις των τελευταίων δεκαετιών ήταν ραγδαίες, με αποτέλεσμα σήμερα να αποτελεί μια τεχνολογία αιχμής. Η εφαρμογή της ψηφιακής εκτύπωσης με ψεκασμό μελάνης (inkjet) για τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα εξελίσσεται γρήγορα και προβλέπεται ότι σε λίγα χρόνια από τώρα θα αντικαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τη συμβατική εκτύπωση με κυλίνδρους και τελάρια (Ελευθεριάδης et al, 2015).

Πιο συγκεκριμένα, η ψηφιακή εκτύπωση κλωστοϋφαντουργίας **χρησιμοποιείται για την εκτύπωση μικρότερων σχεδίων σε ρούχα και την εκτύπωση μεγαλύτερων σχεδίων σε ρολά υφασμάτων μεγάλου σχήματος**. Το τελευταίο είναι μια αυξανόμενη τάση στην οπτική επικοινωνία, όπου η διαφήμιση και η εταιρική επωνυμία εκτυπώνονται σε **πολυεστερικά μέσα**. Παραδείγματα είναι: **σημαίες, πανό, πινακίδες, γραφικά λιανικής** (Notermans, 2019).





Σχεδιάγραμμα 1 Σχεδιάγραμμα που συγκρίνει την στάδια της αναλογικής εκτύπωσης με την ψηφιακή εκτύπωση.

Πηγή: CNDC.com

Η εκτύπωση υφασμάτων με ψηφιακή τεχνολογία εκτύπωσης συγκρινόμενη με τις συμβατικές εκτυπωτικές μεθόδους έχει πολλές ομοιότητες σχετικά με την επιλογή και την προεπεξεργασία των υφασμάτων. Η ταχύτητα εκτύπωσης του υφάσματος είναι υψηλή, το άτμισμα (για σταθεροποίηση), η έκπλυση και η θερμική κατεργασία υλοποιείται αντιστοίχως (Textile Focus, 2020).

Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ αναλογικών μεθόδων και ψηφιακών τεχνολογιών εκτύπωσης είναι η άσκηση πίεσης κατά την εκτύπωση των χρωμάτων, η συγκεκριμένη γεωμετρία και ο περιορισμός γραφικών επιλογών στα υφάσματα. Η συμβατική εκτυπωτική διαδικασία χρησιμοποιεί κυλινδρικά τελάρα με συγκεκριμένων διαστάσεων μοτίβα (ραπτόρ) ενώ οι ψηφιακές εκτυπώσεις χρησιμοποιούν εικόνες σχέδια ή γραφικά (Textile Focus, 2020).

Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό και πλεονέκτημα της ψηφιακής εκτυπωτικής διαδικασίας αποτελεί το γεγονός πως δεν υπάρχει ο ρόλος της εκτυπωτικής πλάκας. Ακόμη, φέρνει πιο κοντά τον σχεδιαστή με το τελικό κλωστοϋφαντουργικό προϊόν με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη ελευθερία στην μεταβλητότητα δεδομένων. Επιπλέον, η εκτύπωση inkjet δεν έχει το ίδιο κόστος με την εκτύπωση της μεταξοτυπίας και των άλλων συμβατικών μεθόδων. Αυτό το γεγονός την χαρακτηρίζει ως εξατομικευμένη εκτύπωση στην μαζική παραγωγή (Ciel, 2015).

Ένας ψηφιακός εκτυπωτής υφασμάτων χρησιμοποιεί μια εκτυπώσιμη εικόνα (σχέδιο) **ενός αρχείου γραφικών δεδομένων**, διαβάζει τις σωστές πληροφορίες χρώματος χρησιμοποιώντας ένα σύστημα LAB ή RGB και στη συνέχεια εκτυπώνει το επιθυμητό χρώμα στο ύφασμα με την μορφή μικροσκοπικών σταγονιδίων μελανιού το οποία εκτοξεύονται από τις κεφαλές εκτύπωσης που αποτελούνται από τα ακροφύσια. Αυτές οι κεφαλές εκτύπωσης είναι τοποθετημένες λίγα χιλιοστά πάνω από το υπόστρωμα (Notermans, 2019).

Στην ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων διακρίνονται οι:

- **εκτυπωτές χαμηλού όγκου χρωμάτων** (π.χ. ATPColor, Roland, D-Gen, Mimaki, Mutoh)



Εικόνα 3 Εκτυπωτής Χαμηλού Ογκου ATPColor. Πηγή: ColorSystems

- **εκτυπωτές μεγάλου μεγέθους μεσαίου όγκου** (π.χ. Atexco, ATPColor, Roland, Durst, Hollanders Printing Systems, Vutek)



Εικόνα 4 Εκτυπωτής Μεγάλου/Μεσαίου Ογκού ATEXCO. Πηγή: MZTEX

- **βιομηχανικοί εκτυπωτές μεγάλου όγκου** (π.χ. Atexco, Reggiani, MS, Osiris, Stork (αργότερα SPGPrints), Konica-Minolta, Zimmer)



Εικόνα 5 Βιομηχανικός εκτυπωτής Μεγάλου Ογκού KONICA MINOLTA. Πηγή: Thlematiki direct AE

Διαφορές μεταξύ ψηφιακών εκτυπωτών πολλαπλής και μονής διέλευσης:

- **Εκτυπωτής πολλαπλής διέλευσης:**

Αυτός ο συγκεκριμένος τύπος εκτυπωτή βρίσκεται στην αγορά για σχεδόν 30 χρόνια και έκτοτε γνώρισε σημαντικές τεχνολογικές αναβαθμίσεις. Το ψηφιακό αρχείο επικοινωνεί με τον εκτυπωτή σχετικά με τον αριθμό των σταγονιδίων έγχρωμης μελάνης που πρέπει να εκτοξευτούν ή να εφαρμοστούν στο ύφασμα.

Οι κεφαλές εκτύπωσης είναι τοποθετημένες στο δοχείο που περιέχει μελάνι και κινείται δεξιά και αριστερά σε όλο το πλάτος του υφάσματος. Μετά την ολοκλήρωση κάθε κύκλου μεταφοράς, το ύφασμα κινείται σε μια ορισμένη απόσταση και μόλις σταματήσει, το δοχείο με την μελάνη κάνει την επόμενη διαδρομή. Στη συνέχεια, η εικόνα αναπτύσσεται στο ύφασμα από οριζόντιες ράβδους, καλύπτοντας έτσι σφάλματα εκτύπωσης που μπορεί να προκύψουν σε μία ή περισσότερες διαδρομές (Textile Focus, 2020).

- **Ο εκτυπωτής μίας διέλευσης:**

Αυτός ο εκτυπωτής λειτουργεί χωρίς το κινούμενο δοχείο μελάνης, διότι οι κεφαλές εκτύπωσης είναι τοποθετημένες σε όλο το πλάτος του υφάσματος και δεν χρειάζονται κάποιον μηχανισμό ώστε να τις μεταφέρει δεξιά και αριστερά. Κάθε μία από τη γραμμή εκτύπωσης είναι σταθερή για ένα συγκεκριμένο χρώμα κάτω από το οποίο το ύφασμα κινείται με σταθερή ταχύτητα, επιτρέποντας στην εικόνα να αναπτυχθεί σε μία μόνο διαδρομή.

Αυτή η τεχνολογία, επιτρέπει την ταχύτητα εκτύπωσης να φτάνει τα *2.400 γραμμικά μέτρα ανά ώρα*, η οποία όμως είναι αρκετά γρήγορη. **Μόνο ένα πέρασμα εκτύπωσης δεν είναι αρκετό για να διορθώσει οποιοδήποτε σφάλμα εκτύπωσης**. Επιπλέον, απαιτούνται 7 έως 10 φορές περισσότερες κεφαλές εκτύπωσης στο μονό πέρασμα, οι οποίες μπορεί να είναι πολύ δαπανηρές, καθώς μπορούν να κοστίσουν έως και χιλιάδες δολάρια (Textile Focus, 2020).

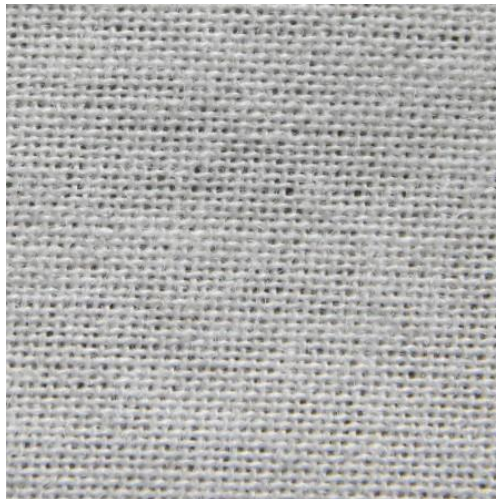
Το πιο σημαντικό για μια επιτυχημένη εκτύπωση σε ύφασμα είναι ο σωστός χειρισμός του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος. Η επιφάνεια του υποστρώματος πρέπει να παραμείνει σταθερή και λεία κατά την διάρκεια της εκτυπωτικής διαδικασίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί τραβώντας τα υφάσματα - συνήθως τα ελαστικά - από το ρολό το οποίο τροφοδοτεί το μηχάνημα (Ciel, 2015).

## 4.7 Υφάσματα ψηφιακής εκτύπωσης textile

Στην ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων, οι πολλές κεφαλές εκτύπωσης εξασφαλίζουν σχέδια υψηλής ποιότητας και επιτρέπουν γρήγορο ρυθμό παραγωγής. **Ωστόσο, επειδή οι κεφαλές εκτύπωσης είναι κοντά στο ύφασμα, υπάρχουν ορισμένα υλικά που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν.** Για παράδειγμα, τα υφάσματα των οποίων το πλέξιμο των ινών τους είναι πολύ αραιωμένο, μπορούν να έρθουν σε επαφή με τις κεφαλές εκτύπωσης και να προκαλέσουν προβλήματα (Notermans, 2018).

**Παρακάτω, αναγράφονται ποια υλικά είναι κατάλληλα:**

### 4.7.1 Βαμβάκι



Εικόνα 6 Βαμβάκι επεξεργασμένο ως ύφασμα. Πηγή: Soft.gr

Το βαμβάκι είναι μια φυσική ίνα η οποία, ειδικά στη βιομηχανία της μόδας, χρησιμοποιείται ευρέως για ρούχα λόγω του υψηλού ελέγχου υγρασίας, της άνεσης και της αντοχής. Με μια ψηφιακή μηχανή εκτύπωσης υφασμάτων, είναι εφικτή η εκτύπωση σε βαμβάκι. Για να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή ποιότητα, οι περισσότεροι ψηφιακοί εκτυπωτές χρησιμοποιούν **αντιδραστικά μελάνια** (reactive dyes), καθώς αυτός ο τύπος μελανιού παρέχει την υψηλότερη σταθερότητα πλυσίματος για εκτυπώσεις σε βαμβάκι (Notermans, 2019).

#### 4.7.2 Βισκόζη



Εικόνα 7 Βοσκόζη ως ύφασμα. Πηγή: [Ti-einai-viskozi.gr](http://Ti-einai-viskozi.gr)

Μια άλλη ίνα που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία μόδας είναι η βισκόζη. Όπως συμβαίνει με την εκτύπωση σε βαμβάκι, τα καλύτερα αποτελέσματα κατά την εκτύπωση σε βισκόζη θα υπάρξουν, με **δραστικό μελάνι** (Notermans, (2019)).

#### 4.7.3 Μαλλί



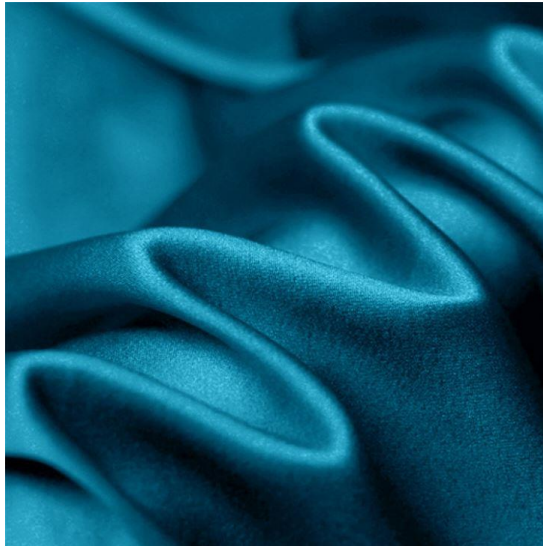
Εικόνα 8 Drop spindle with wool of alpaca Peru. Πηγή: Wikipedia

Η εκτύπωση σε μαλλί με ψηφιακό εκτυπωτή υφασμάτων είναι δυνατή, αλλά **εξαρτάται από τον τύπο του μαλλιού που θα χρησιμοποιηθεί**. Στην εκτύπωση σε "τριχωτό" μαλλί - που σημαίνει έναν τύπο μαλλιού που έχει πολλά χαλαρά νήματα που προεξέχουν - **οι κεφαλές εκτύπωσης πρέπει να τοποθετηθούν όσο το δυνατόν πιο μακριά από το υπόστρωμα**.

Το μάλλινο νήμα έχει πάχος πέντε φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρο του ακροφυσίου στην κεφαλή εκτύπωσης και συνεπώς μπορεί να προκαλέσει σοβαρή

ζημιά στην κεφαλή του εκτυπωτή. Για αυτόν τον λόγο, είναι σημαντικό να επιλεγεί ένας ψηφιακός εκτυπωτής που επιτρέπει την τοποθέτηση των κεφαλών εκτύπωσης σε σημαντική απόσταση από το υπόστρωμα (Notermans, (2019).

#### 4.7.4 Μετάξι



Εικόνα 9 Μετάξι. Πηγή: Xinha textiles silk and colors

Μια φυσική ίνα που είναι κατάλληλη για ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων είναι το μετάξι. Το μετάξι μπορεί να εκτυπωθεί με αντιδραστικό μελάνι (reactive ink) ή μελάνι οξέος (acid ink) (Notermans, (2019).



#### 4.7.5 Λύκρα πολυαμιδίου



Εικόνα 10 Λύκρα Πολυαμιδίου. Πηγή: Changzhou J-Text Fabrics Co. Ltd

Το πολυαμίδιο lycra είναι ένας τύπος υφάσματος που χρησιμοποιείται κυρίως για αθλητική ενδυμασία. Η εκτύπωση σε πολυαμίδιο lycra με ψηφιακό εκτυπωτή είναι δυνατή και μπορεί καλύτερα να γίνει με μελάνια οξέος (acid ink) (Notermans, 2019).

#### 4.7.6 Πολυεστέρας



Εικόνα 11 Πολυεστέρας. Πηγή: WORKPROM



Τα τελευταία δύο χρόνια, ο πολυεστέρας έχει γίνει όλο και πιο δημοφιλές συνθετικό ύφασμα στη βιομηχανία της μόδας. Ωστόσο, το μελάνι που χρησιμοποιείται πιο συχνά για εκτύπωση σε πολυεστέρα είναι το μελάνι διασποράς (Notermans, 2019).

#### 4.7.7 Μικτά υφάσματα



Εικόνα 12 Μικτά Υφάσματα. Πηγή: Dress-techinfus.com

Τα μικτά υφάσματα αποτελούνται από δύο διαφορετικούς τύπους υλικών. Δεδομένου ότι κάθε υλικό απαιτεί διαφορετικό τύπο μελανιού, ο εκτυπωτής πρέπει να χρησιμοποιεί το μελάνι που είναι κατάλληλο για το υλικό που αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του υφάσματος. Αυτό σημαίνει ότι το μελάνι δεν θα κολλήσει στο άλλο υλικό που χρησιμοποιείται στο ύφασμα (Notermans, 2019).

**Σε γενικές γραμμές, οι ψηφιακοί εκτυπωτές υφασμάτων μπορούν να χειριστούν μικτά υφάσματα με ελάχιστη διαίρεση 70-30%. Για παράδειγμα, ένα μικτό ύφασμα που αποτελείται από 70% βαμβάκι και 30% πολυεστέρα μπορεί να εκτυπωθεί με μια ψηφιακή μηχανή εκτύπωσης υφασμάτων με αντιδραστικά μελάνια. Ωστόσο, η ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων με διαίρεση 60-40% θα περιορίσει το βάθος χρώματος (Notermans, 2019).**

## 4.8 Εκτύπωση Inkjet - Υδατικός ψεκασμός μελάνης

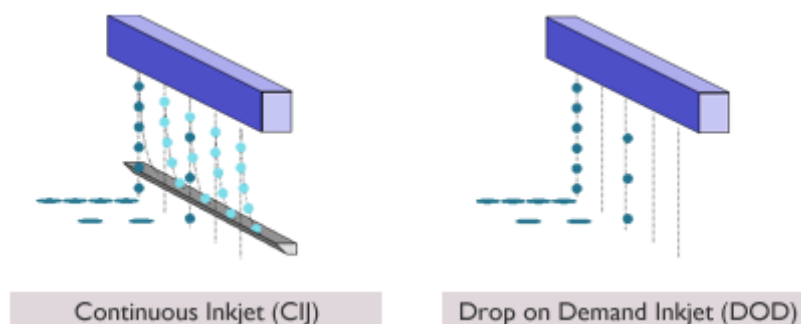
Αν και οι όροι, "jetting", "inkjet technology" και "inkjet printing", χρησιμοποιούνται συνήθως εναλλάξ, η **inkjet εκτύπωση** συνήθως αναφέρεται στον εκδοτικό κλάδο, που χρησιμοποιείται για την εκτύπωση γραφικού περιεχομένου, ενώ το **Jetting** συνήθως αναφέρεται στην **κατασκευή γενικού σκοπού μέσω εναπόθεσης σωματιδίων**. Η εκτύπωση σε ύφασμα μπορεί να είναι άμεση ή και έμμεση.

Λειτουργία:

Ένας εκτυπωτής inkjet τοποθετεί εξαιρετικά μικρά σταγονίδια μελανιού σε χαρτί για να δημιουργήσει μια εικόνα. Οι κουκίδες είναι εξαιρετικά μικρές (συνήθως μεταξύ 50 και 60 μικρών σε διάμετρο), τόσο που είναι πιο μικρές από τη διάμετρο των ανθρώπινων τριχών (70 μικρά). Τοποθετούνται με ακρίβεια, με αναλύσεις έως 1440 x 720 κουκίδες ανά ίντσα (dpi) και μπορούν να συνδυάσουν διαφορετικά χρώματα για να δημιουργήσουν εικόνες ποιότητας φωτογραφίας (Tyson, 2020).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των inkjet εκτυπωτών είναι η ακρίβεια του σχηματισμού της κουκίδας εκτύπωσης. Επειδή γίνεται έγχυση υγρής μελάνης απευθείας πάνω στο υπόστρωμα, όταν χρησιμοποιούνται απορροφητικά χαρτιά γίνεται διάχυση της κουκίδας με αποτέλεσμα η ευκρίνεια της εκτύπωσης να μειώνεται (Inkline, n.d).

### 4.8.1 Σχηματισμός σταγόνας



Σχήμα 2 Απεικόνιση λειτουργίας σχηματισμού πτώσης σταγόνας CIJ/DOD. Πηγή: ENGINEERED PRINTING SOLUTIONS

Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες **σχηματισμού πτώσης σταγόνας** και μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες:

**A) Ελεγχόμενη πτώση σταγόνων – drop-on-demand (DOD)**

**B) Συνεχής πτώση σταγόνων - continuous inkjet (CIJ)**

**Γ) Ψεκασμός σταγόνων ( Atomisation)**

### **A) Ελεγχόμενη πτώση σταγόνων – Drop on demand (DOD)**

Σε αυτήν την μέθοδο οι σταγόνες μελανιού ελέγχονται και δημιουργούνται μέσω του ψηφιακού σήματος που λαμβάνει ο εκτυπωτής από τον υπολογιστή. Η δημιουργία σταγόνας γίνεται όταν υπάρξει ζήτηση. Η ζήτηση δημιουργείται από το λογισμικό της εκτύπωσης. Η ζήτηση περιλαμβάνει μια μόνο σταγόνα την φορά, η οποία με την δύναμη της βαρύτητας φεύγει από το στόμιο του ακροφυσίου και ύστερα γίνεται η πτώση της πάνω στο υπόστρωμα, ως αποτέλεσμα να εμφανιστεί μια κουκίδα στην επιφάνεια του υποστρώματος. Οι κεφαλές εκτύπωσης μπορούν να έχουν ένα **μόνο ακροφύσιο (Solidscap)** ή **χιλιάδες ακροφύσια (HP)** και πολλές άλλες παραλλαγές μεταξύ τους.

Οι δύο κορυφαίες τεχνολογίες για την πτώση της σταγόνας μελανιού από το ακροφύσιο κατ' απαίτηση (DOD) χωρίζονται σε: **θερμικά DOD** και **πιεζοηλεκτρικά DOD**. Το DOD έχει την δυνατότητα να εκτελέσει δύο κινήσεις (ή το "γέμισμα πριν ρίξει μια σταγόνα" ή "να ρίξει πριν από το γέμισμα") ενώ το Thermal DOD εκτελεί μόνο μια εξ αίτιας της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στα ακροφύσια.

- **Το πιεζοηλεκτρικό Drop-On-Demand (DOD)**

Εφευρέθηκε τη δεκαετία του 1970 από την Epson σε συνεργασία με άλλες εταιρείες επαγγελματικών εκτυπωτών.

Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί έναν πιεζοηλεκτρικό (piezo-electric) κρύσταλλο για κάθε ακροφύσιο. Ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος έχει την ιδιότητα όταν εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση στα άκρα του να μεταβάλλει το σχήμα του. Μπορεί να παρομοιαστεί με την λειτουργία του κώνου του μεγάφωνου. Όταν εφαρμόζεται τάση στο μεγάφωνο ο κώνος κινείται. Το ίδιο συμβαίνει και στον κρύσταλλο που κάμπτεται όταν εφαρμοστεί τάση πάνω του και έτσι προκαλεί συμπίεση στον θάλαμο και εκτίναξη μιας σταγόνας μελανιού (Inkline).

Ένα **μεγάλο πλεονέκτημα** είναι πώς αυτή η τεχνολογία μπορεί να λειτουργήσει με **θερμοπλαστικά υψηλής θερμοκρασίας** και με άλλα μελάνια θερμού τήγματος στο εύρος θερμοκρασίας των 100-130C. Αντίθετα, το μειονέκτημα του πιεζοηλεκτρικού-DOD είναι ότι τα μελάνια που εκτοξεύονται πρέπει να έχουν ιξώδες και επιφανειακή τάση εντός ενός σχετικά αυστηρού εύρους για την αποβολή μικρότερων σταγόνων χωρίς ψεκασμό.

Στην τεχνολογία αυτή υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα, το μελάνι δεν χρειάζεται να θερμανθεί και να ψυχθεί όπως στην θερμική τεχνολογία. Αυτό οδηγεί σε μικρότερο χρόνο ανταπόκρισης.

- Το **Thermal (TIJ) DOD** :

Το Thermal (TIJ) DOD, εισήχθη στη δεκαετία του 1980 από τις εταιρείες Canon και Hewlett-Packard, και οι περισσότεροι επιτραπέζιοι εκτυπωτές σήμερα χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία. Η θερμική εκτύπωση δεν χρησιμοποιεί μελάνια υψηλής θερμοκρασίας.

Μέσα στον πολύ μικρό θάλαμο που βρίσκεται το μελάνι και θερμαίνεται μέσω μιας θερμαντικής αντίστασης, δημιουργείται μια φυσαλίδα αέρα εξ αιτίας της θέρμανσης, με αποτέλεσμα να εκτινάσσεται μια μικρή σταγόνα μελανιού από το ακροφύσιο. Στη συνέχεια το μελάνι ψύχεται, η φυσαλίδα χάνεται, δημιουργώντας κενό που αναπληρώνεται με μελάνι από το κύριο δοχείο μελανιού (Inkline).

Ένα μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η ποικιλία μελανών που είναι συμβατές με το TIJ, είναι ουσιαστικά περιορισμένη, επειδή αυτή **η μέθοδος είναι**

**συμβατή με μελάνια που έχουν υψηλή τάση ατμών, χαμηλό σημείο βρασμού και υψηλή σταθερότητα (kogation) (Shirota et al, 1996).**

*Το μελάνι θα πρέπει να αντέχει την υψηλή θερμοκρασία που δημιουργείται. Επίσης απαιτείται ένα μικρό χρονικό διάστημα ψύξης κατά τη διαδικασία της εκτύπωσης.*

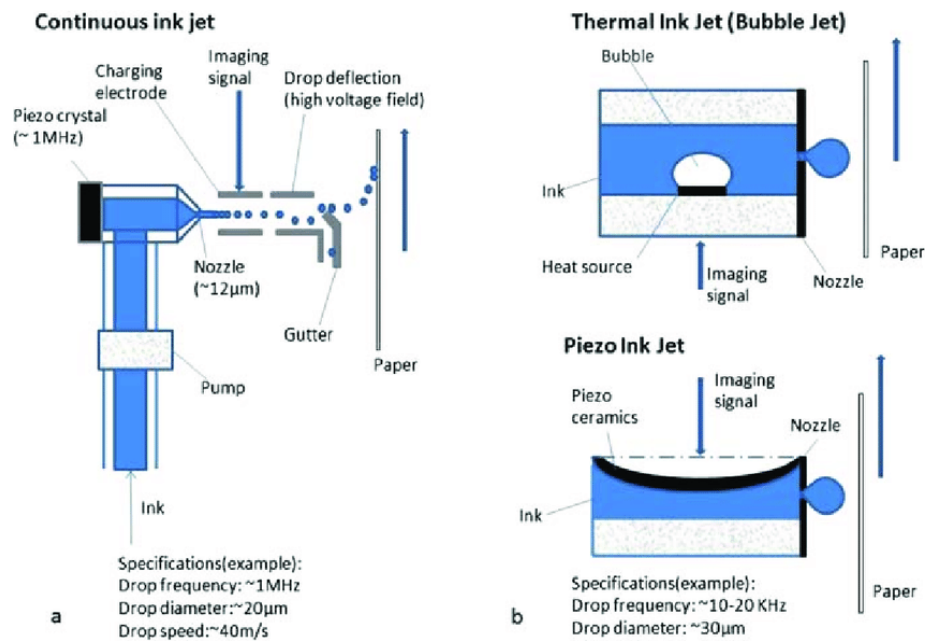
## **B) Συνεχής πτώση σταγόνων – Continuous inkjet (CIJ):**

Ένα συνεχές ρεύμα σταγονιδίων του μελανιού εξέρχεται από το ακροφύσιο σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Τα σταγονίδια αποκτούν ηλεκτροστατικό φορτίο. Οι φορτισμένες ηλεκτροστατικά σταγόνες κατευθύνονται, με τη χρήση ενός ηλεκτρικού πεδίου, στο υπόστρωμα. Η τεχνολογία αυτή παράγει υψηλές ταχύτητες εκτύπωσης και πιστεύεται ότι μπορεί να ανταγωνιστεί με την ταχύτητα της συμβατικής εκτύπωσης με κυλίνδρους (Ελευθεριάδης et al., 2015).

**Το CIJ είναι δημοφιλές στη βιομηχανία και τις εκδόσεις, αλλά συνήθως δεν εμφανίζεται σε εκτυπωτές λιανικής για οικιακή χρήση.**

Ένα μειονέκτημα της μεθόδου CIJ είναι η **ανάγκη παρακολούθησης διαλυτών**. Δεδομένου ότι χρησιμοποιείται μόνο ένα μικρό κλάσμα της μελάνης για την

πραγματική εκτύπωση, ο διαλύτης πρέπει να προστίθεται συνεχώς στο ανακυκλωμένο μελάνι.

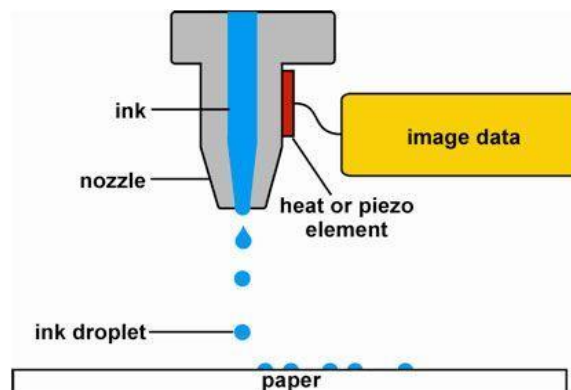


Σχήμα 3 Inkjet technology: A Continuous inkjet printing. B) Drop on demand inkjet printing. Πηγή: RESEARCHGATE

### Γ) Ψεκασμός σταγόνων ( Atomisation)

Αποτελείται από μηχανικό ψεκασμό αέρα. Πεπιεσμένος αέρας αντλεί και παρασύρει μελάνη από τα ακροφύσια μελανιών. Ο αέρας ψεκασμού μεταφέρει τα σταγονίδια του υγρού χρώματος στο υπόστρωμα (Ελευθεριάδης et al., 2015).

#### 4.8.2 Η κεφαλή εκτύπωσης



Σχήμα 4 Απεικόνιση μιας κεφαλής εκτύπωσης ενός inkjet εκτυπωτή. Πηγή: DOD-CODICO DISTRIBUTORS

Η κεφαλή ενός inkjet-printer εκτυπωτή περιέχει ένα σύνολο θαλάμων μελάνης που καταλήγουν στα ακροφύσια. Το μελάνι θερμαίνεται σε κάθε βαθμό μέσω μιας αντίστασης. Η αυξημένη θερμότητα δημιουργεί σε ελάχιστο χρόνο μια φυσαλίδα αερίου η οποία σπρώχνει μια μικρή ποσότητα μελάνης προς τα έξω μέσω του ακροφυσίου (Γουλιέλμος & Χρόνης, 2017). Η κεφαλή εκτύπωσης πρέπει να έχει δυνατότητα θέρμανσης για εκτύπωση οποιουδήποτε υλικού που επηρεάζεται από τις αλλαγές στο ιξώδες.

#### 4.8.3 DTG (Direct to Garment printing) - Άμεση εκτύπωση στο ύφασμα

Η άμεση εκτύπωση στο ένδυμα (DTG) είναι μια διαδικασία εκτύπωσης σε υφάσματα **χρησιμοποιώντας την τεχνολογία υδατικού ψεκασμού μελάνης**. Οι εκτυπωτές DTG έχουν συνήθως μια πλακέτα σχεδιασμένη για να συγκρατεί το ένδυμα σε σταθερή θέση και τα μελάνια του εκτυπωτή εκτοξεύονται ή ψεκάζονται στο ύφασμα από την κεφαλή εκτύπωσης. Με αυτήν την μέθοδο εκτύπωσης, είναι απαραίτητη η επεξεργασία του ρούχου με μηχανή προεπεξεργασίας που επιτρέπει ισχυρότερους δεσμούς μεταξύ των ινών του ενδύματος και των χρωστικών μελανιών.

Δεδομένου ότι πρόκειται για ψηφιακή διαδικασία, η εκτύπωση είναι ευκρινέστερη και **έχει υψηλότερη ανάλυση, από τις παραδοσιακές μεθόδους εκτύπωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων**, όπως η μεταξοτυπία. Σε αντίθεση όμως με τις συμβατικές μεθόδους, δεν υπάρχει κάποια διαδικασία ρύθμισης ή καθαρισμού και η DTG έχει τη δυνατότητα να εκτυπώσει ένα μόνο πουκάμισο με ελάχιστο κόστος (Cahill, 1998).



Σχήμα 5 Απεικόνιση διαδικασίας DTG (Direct to Garment). Πηγή: workflow.net

### Διαδικασία εκτύπωσης DTG:

Οι εκτυπωτές DTG χρησιμοποιούν υδατικά μελάνια (υδατογενούς/υδατικής χημικής σύστασης) που απαιτούν μια μοναδική θερμική κατεργασία (curing). Επιπλέον, εφαρμόζεται θερμική επεξεργασία πολυσυμπύκνωσης στο ρούχο πριν από την εκτύπωση. *Η προεπεξεργασία αυτή επιτρέπει επίσης στα μελάνια με βάση το νερό να κολλήσουν πληρέστερα στο ρούχο.* Αυτό είναι ιδιαίτερα **σημαντικό** όταν γίνει η χρήση λευκού μελανιού σε σκούρα ρούχα



Εικόνα 13 Εκτυπωτής DTG. Πηγή: Colman&company a division of coldesi INC

Μόλις το προσαρμοσμένο ένδυμα έχει υποστεί σωστή προεπεξεργασία, τοποθετείται σε ένα τροχηλάτο τραπέζι σχεδιασμένο για να το συγκρατεί στη θέση του, στη συνέχεια εκτυπώνεται ψηφιακά.



## 4.9 Εκτύπωση σε ύφασμα με εκτυπωτή Laser

Η τεχνολογία Laser επέφερε μια τεράστια βελτίωση στους εκτυπωτές των υπολογιστών. Οι εκτυπωτές laser δεν κάνουν σάρωση της σελίδας γραμμή προς γραμμή αλλά τα δεδομένα κάθε σελίδας αποθηκεύονται στη μνήμη του εκτυπωτή. Εκεί σχηματίζεται η τελική εικόνα της σελίδας, κουκίδα προς κουκίδα και στη συνέχεια ξεκινά η διαδικασία της εκτύπωσής της (Γουλιέλμος & Χρόνης, 2017).

Λειτουργία:

Ένας εκτυπωτής λέιζερ λειτουργεί από τον υπολογιστή, στέλνοντας ηλεκτρονικά δεδομένα πίσω στον εκτυπωτή, όπου μια δέσμη λέιζερ σαρώνεται μπρος-πίσω σε ένα τύμπανο μέσα στον εκτυπωτή. Αυτό δημιουργεί ένα μοτίβο στατικού ηλεκτρισμού, που προσελκύει τον γραφίτη στη σελίδα. Αυτός ο γραφίτης είναι ένα είδος μελανιού σε σκόνη. Τέλος, μια μονάδα τήξης συνδέει το γραφίτη στο χαρτί (Midshire Technology for your office, 2015).

Ο μηχανισμός εκτύπωσης είναι παρόμοιος με αυτόν που έχουν τα φωτοαντιγραφικά μηχανήματα. Στην μνήμη του εκτυπωτή, παράγεται μια δέσμη ακτίνας laser, η οποία προσπίπτει πάνω σε ένα φωτοευαίσθητο τύμπανο. Τα σημεία όπου προσπίπτει η δέσμη φορτίζονται με θετικό στατικό ηλεκτρισμό και έτσι δημιουργείται το "αρνητικό" της σελίδας πάνω στο τύμπανο. Το τύμπανο περιστρέφεται γύρω από ένα δοχείο το οποίο περιέχει κόκκους γραφίτη (toner). Οι κόκκοι γραφίτη προσκολλώνται στα θετικώς φορτισμένα σημεία του τυμπάνου και έτσι δημιουργείται στην επιφάνειά του η εικόνα της σελίδας. Ένας μηχανισμός προωθήσεως φέρνει σε άμεση επαφή με το τύμπανο μια λευκή σελίδα, οπότε οι κόκκοι του γραφίτη προσκολλώνται πάνω σε αυτή. Έτσι, το χαρτί με σχηματισμένη τη σελίδα προωθείται προς ένα σύστημα κυλίνδρων το οποίο πιέζει και ξηραίνει το γραφίτη με την εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας. Οι εκτυπωτές laser, επειδή εκτυπώνουν όταν γεμίσει μια ολόκληρη σελίδα, λέγονται εκτυπωτές σελίδας.

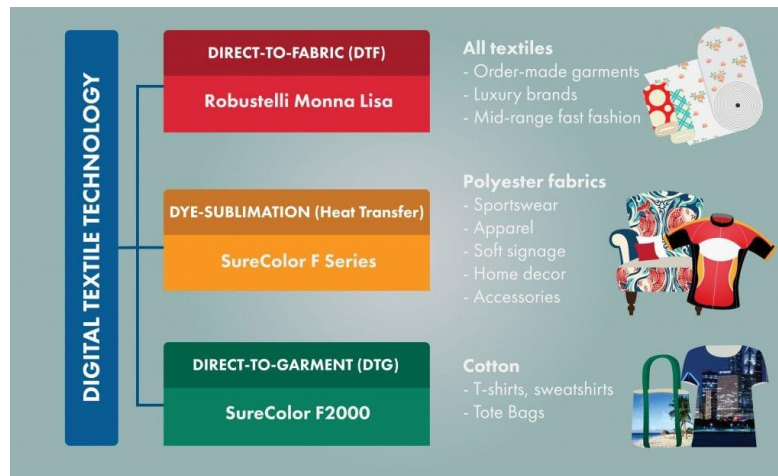


Εικόνα 14 Εκτυπωτής Laser. Πηγή: PRINTWEEK

Οι εκτυπωτές αυτής της κατηγορίας ξεχωρίζουν, από την ανάλυσή τους, η οποία μετριέται σε κουκίδες ανά ίντσα (dpi =dots per inch) και από την ταχύτητά τους, που μετριέται σε σελίδες ανά λεπτό, (ppm = pages per minute). Είναι γενικά πολύ ακριβοί και εμφανίζουν υψηλό κόστος συντήρησης. Παρέχουν όμως υψηλότερη ποιότητα εκτύπωσης, είναι αθόρυβοι και πολύ γρήγοροι (Γουλιέλμος & Χρόνης, 2017).

Η εκτύπωση λέιζερ σε ύφασμα είναι παρόμοια με την εκτύπωση inkjet, εκτός από το ότι δεν χρειάζεται το στάδιο προεπεξεργασίας του υφάσματος. Τα εκτυπώσιμα υφάσματα για αυτήν την μέθοδο εκτύπωσης, περιέχουν άκαμπτα υλικά με αποτέλεσμα να τα καθιστούν αρκετά ανθεκτικά ώστε να περνάνε από έναν εκτυπωτή χωρίς να κυματίζουν. Τα εμπορικά παρασκευασμένα υφάσματα όμως είναι συνήθως σχεδιασμένα για εκτυπωτές inkjet και όχι για εκτυπωτές λέιζερ και κατασκευάζονται συνήθως από λευκό βαμβάκι ( Wickell, 2020).

## 4.10 Εκτύπωση υφασμάτων εξάχνωσης-βαφής



Εικόνα 15 Αναφορά των μεθόδων της ψηφιακής εκτύπωσης σε textile και ποιες εκτυπωτικές μηχανές εξυπηρετούν καλύτερα την κάθε μέθοδο. Πηγή: EPSON blog

Οι μέθοδοι ψηφιακής εκτύπωσης ποικίλλουν. Κάθε τύπος υφάσματος ταιριάζει σε συγκεκριμένο σκοπό με αποτέλεσμα να προκύπτουν διαφορετικές ποιότητες εκτύπωσης. Οι κατασκευαστές των υφασμάτων που πρόκειται να εκτυπωθούν, επικεντρώνονται περισσότερο στην ψηφιακή εκτύπωση για να επεκτείνουν την αγορά τους.

Μια ακόμη μέθοδος ψηφιακής εκτύπωσης είναι η **εκτύπωση υφασμάτων εξάχνωσης (heat transfer)**. Ένας εκτυπωτής βαφής εξάχνωσης χρησιμοποιεί θερμότητα για τη μεταφορά βαφής σε υλικά όπως πλαστικό, κάρτες, χαρτί ή ύφασμα. Κατά τη διαδικασία της εξάχνωσης, η βαφή μεταφέρεται στο ύφασμα με τη βοήθεια της θερμότητας. Για αυτήν την τεχνική εκτύπωσης χρησιμοποιούνται εκτυπωτές inkjet, μελάνι εξάχνωσης και πρέσα θερμότητας. Αυτή η μέθοδος είναι αρκετά δαπανηρή λόγω του υψηλού κόστους του μελανιού. Η εκτύπωση εξάχνωσης θεωρείται ότι είναι πολύ ανθεκτική και διαρκεί πολύ (DXPrints, 2019).



Εικόνα 16 Fabric Sport jersey Roller sublimation heater transfer printing machine. Πηγή: ALIBABA.COM

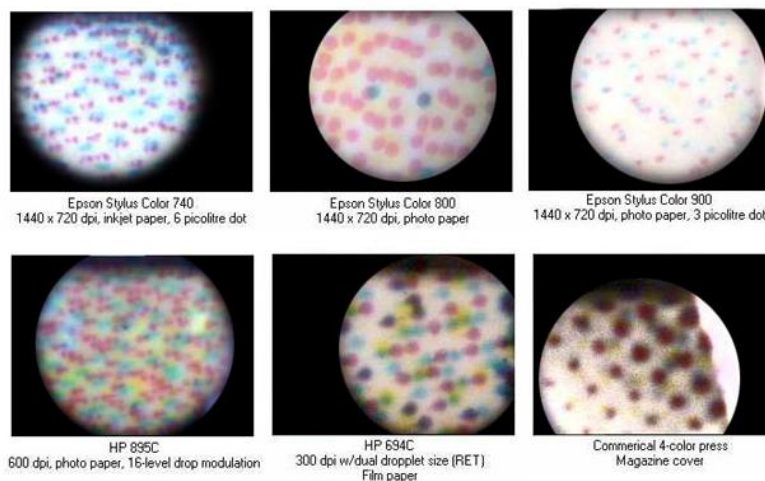
Η εκτύπωση υφασμάτων εξάχνωσης και η ψηφιακή εκτύπωση είναι και οι δύο αρκετά απαιτητικοί μέθοδοι. Η κύρια διαφορά της εκτύπωσης εξάχνωσης οφείλεται στο γεγονός ότι **αποτελείται από δύο βήματα**, σε αντίθεση με την άμεση εκτύπωση:

- **1ο βήμα**- η εικόνα είναι ψηφιακά τυπωμένη σε ειδικό χαρτί με τις υψηλές δυνατότητες απορρόφησης μελανιού.
- **2ο βήμα**- το τυπωμένο χαρτί τοποθετείται έπειτα σε ένα κλωστοϋφαντουργικό υπόστρωμα και τα δύο τοποθετούνται σε μια θερμοπρέσα για περίπου 20 έως 45 δευτερόλεπτα στους 180-230 βαθμούς Κελσίου.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι οι βαφές εξάχνωσης εξαλείφονται, αυτό γίνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες με υψηλότερες πιέσεις. Το ύφασμα που ταιριάζει περισσότερο για αυτήν την μέθοδο είναι από πολυεστέρα. Τα αθλητικά ενδύματα και η διακόσμηση του σπιτιού, όπως ταπετσαρίες και κουρτίνες ντους εκτυπώνονται καλύτερα χρησιμοποιώντας τεχνικές εξάχνωσης βαφής.

Οι τεχνολογίες εξάχνωσης μελανιού ήταν δημοφιλείς το 2000-2010, αλλά με τη βελτίωση της άμεσης ψηφιακής εκτύπωσης, άρχισε να χάνει τη δημοτικότητά του. Σήμερα η **άμεση εκτύπωση σε υφάσματα (DTG)** παρέχει μεγάλη ποικιλία υλικών, ταχύτερη επεξεργασία και ανταγωνιστικότερες τιμές.

#### 4.11 Μελάνια που χρησιμοποιούνται ανά μέθοδο



Εικόνα 17 Απεικόνιση κουκίδων εκτύπωσης, σε μεγέθυνση, για μερικούς εκτυπωτές Inkjet. Για σύγκριση δίνεται και η εκτύπωση offset από ένα περιοδικό. (κάτω δεξιά). Πηγή: InKline

Για τις μεθόδους ψηφιακής εκτύπωσης που αναφέρθηκαν παραπάνω χρησιμοποιούνται συγκεκριμένου είδους μελάνια τα οποία ανταποκρίνονται πληρέστερα στις ανάγκες του κάθε υποστρώματος σε συνδυασμό με την μέθοδο εκτύπωσης. Ενώ η εκτυπωτική μηχανή μπορεί να είναι σημαντικός παράγοντας για την παραγωγική διαδικασία, το ίδιο σημαντικά είναι και τα μελάνια που χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια της παραγωγής. Όλα τα μελάνια έχουν δύο κοινά πράγματα: τα δύο βασικά συστατικά είναι χρωστικές, είτε τύπου dye ή τύπου pigment, και **όλα χρησιμοποιούν φορέα για την χρωστική**, συνήθως σε υγρή μορφή (Βιβλίο Γραφικών Τεχνών, 2016).

Για την μέθοδο της εξάχνωσης χρησιμοποιούνται αντίστοιχα τα μελάνια εξάχνωσης. Τα μελάνια **dye sublimation** (μελάνια εξάχνωσης) χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: στα Α) **αντιδραστικά μελάνια** και στα Β) **μελάνια οξέος**, που έχουν ως βάση τους το νερό και στα Γ) **μελάνια διασποράς**.

Α) Η ονομασία των αντιδραστικών μελανιών (reactive inks), προκύπτει από το γεγονός ότι περιέχει αντιδραστικές βαφές οι οποίες μόλις έρθουν σε επαφή με την ίνα υφάσματος που είναι δομημένη από *κυτταρίνη* (φυσικές ίνες όπως το βαμβάκι, λινάρι), δημιουργούν μια αντίδραση και η βαφή εμποτίζεται στο ύφασμα.

Β) Τα μελάνια οξέος (acid inks) απαιτούν ήδη προεπεξεργασμένο ύφασμα για την στερέωση και την μετέπειτα απευθείας εκτύπωση στο κλωστοϋφαντουργικό προϊόν. Τα μελάνια αυτά δημιουργούν ιοντικούς και ηλεκτροστατιστικούς δεσμούς με υφάσματα όπως το μετάξι, το μαλλί και το νάιλον. Στην συνέχεια βράζουν στον ατμό για να σταθεροποιηθεί το μελάνι. Τα αντιδραστικά μελάνια και τα μελάνια οξέος απαιτούν μια επιπλέον διαδικασία θέρμανσης μετά την επεξεργασία τους, ώστε να σταθεροποιηθούν μόνιμα οι βαφές στο ύφασμα. Επιπλέον απαραίτητες είναι οι μετεπεξεργασίες όπως το άτμισμα και το πλύσιμο.

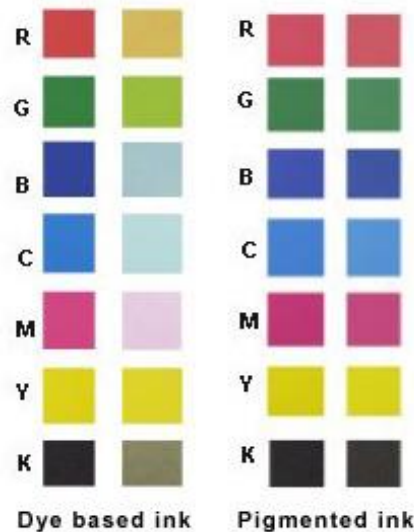
Τα μελάνια διασποράς (disperse inks), είναι τα ιδανικότερα ώστε να τυπώσουν σε ύφασμα πολυεστέρα το οποίο αποτελεί το πιο συχνό ύφασμα στις ψηφιακές εκτυπώσεις. Αυτά τα μελάνια εμποτίζουν και βάφουν το ύφασμα και χωρίζονται σε μελάνια χαμηλής και υψηλής διασποράς. Πάραυτα το μελάνι διασποράς, δεν λειτουργεί καλά όταν εκτυπώνεται με ψηφιακούς εκτυπωτές υψηλής ταχύτητας. **Ένα τυπικό πρόβλημα είναι η μόλυνση του εκτυπωτή μέσω της ομίχλης μελανιού.**

Τα μελάνια εξάχνωσης χρησιμοποιούνται συχνά στην απευθείας εκτύπωση στο ύφασμα, πολλές φορές παράγουν θολό αποτέλεσμα για αυτό είναι προτιμότερα σε εκτυπώσεις σημαίων ή υφασμάτων διπλής όψεως.

Πέρα από τα μελάνια εξάχνωσης, υπάρχουν και τα μελάνια τύπου **pigment**. Βρίσκονται σε μορφή αλεσμένης σκόνης και αναμειγνύονται σε υγρούς φορείς οι

οποίοι περιέχουν πηκτικά μέσα. Όπως αναφέρθηκε σε παραπάνω κεφάλαιο, τα πηκτικά μέσα σταθεροποιούν την χρωστική ουσία στο ύφασμα.

Τα μελάνια τύπου Dye γενικά προσφέρουν μια μεγαλύτερη ποικιλία χρωμάτων από τα μελάνια τύπου Pigment. Τα μελάνια τύπου Pigment θεωρούνται πιο ανθεκτικά, με καλύτερη σταθερότητα στο φως από τα μελάνια τύπου Dye.



Εικόνα 18 Ιδιότητες και διαφορές των δύο ειδών μελανιού: DYE BASED - PIGMENT. Πηγή: Inkline

Όταν χρησιμοποιούνται μελάνια τύπου Dye τα σταγονίδια μπορεί να είναι πολύ μικρά, επομένως **αυτό το είδος μελανιού είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για πολύ υψηλής ανάλυσης εκτυπώσεις**. Τα μελάνια αυτά συνήθως είναι άοσμα, αλλά, όπως και με όλες τις χημικές ουσίες, ο χρήστης θα πρέπει να αποφύγει την επαφή με το δέρμα (Βιβλίο Γραφικών Τεχνών, 2016).

Για να αποφευχθεί οποιοδήποτε πρόβλημα κατά την εκτύπωση, πρέπει πρώτα να γίνει μια σχετική έρευνα των υποστρωμάτων που θα τυπωθούν, ιδιαίτερα στην περίπτωση του υφάσματος.



## 5. Εξελίξεις της ψηφιακής εκτύπωσης στην βιομηχανία υφάσματος



Εικόνα 19 Εργαστήριο ψηφιακής εκτύπωσης. Πηγή: ePac Flexible Packaging

Γενικότερα οι εξελίξεις των inkjet εκτυπωτών, όπως θα αναλυθούν και στην συνέχεια, επηρεάζονται συγκεκριμένα από: **την ταχύτητα, την ακρίβεια, την χρήση μελάνης διαφόρων τύπων ανεξαρτήτως χημικής σύστασης, τα προγράμματα οδηγών του εκτυπωτή και τα χρώματα.** Το είδος των υποστρωμάτων τους καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους παραμένει ο ίδιος ενώ στα επόμενα χρόνια αναμένεται η άνοδος των τρισδιάστατων επιτραπέζιων εκτυπωτών.

Ήδη από το 2015, η εταιρεία EPSON, παρουσιάζει την νέα τεχνολογία κατασκευής των **Micro Piezo** κεφαλών. Με τους εκτυπωτές της νέας, εμφανίζονται τα μοντέλα, *SureColor SC-F2000* και *SureColor SC-F6000* τα οποία διευκολύνουν την εκτύπωση σε ποικιλία υλικών, όπως τα υφάσματα και άλλα υλικά. Εξ αιτίας της νέας μελάνης, του λογισμικού σχεδίασης και της κεφαλής εκτύπωσης, αποτελούν την επιλογή για εκτύπωση σε πληθώρα υλικών (PCmag, 2015).



## 5.1 Το μέλλον των inkjet εκτυπωτών

Η συντομότερη εξέλιξη όλων των ψηφιακών εκτυπωτών είναι η εκτύπωση με όσο το δυνατόν μικρότερες σταγόνες μελανιού. Το όριο μέχρι στιγμής είναι το 1 pl (picoliter = πολύ μικρός όγκος μελανιού). Αυτό το μέγεθος δημιουργεί κουκίδες διαμέτρου 15 μm, αρκετά μικρές ώστε να μην φαίνονται στο μάτι, ως αποτέλεσμα η ομαλότητα στην εκτύπωση κειμένου να είναι εξαιρετικά καλή. **Δεν προβλέπεται να ξεπεραστεί εύκολα αυτό το όριο, οι εξελίξεις θα προέλθουν από άλλα χαρακτηριστικά.** Ένα δεύτερο σημείο που φαίνεται ότι θα απασχολήσει τις κατασκευάστριες εταιρείες είναι η ποιοτική **ανεξίτηλη** εκτύπωση σε όσο το δυνατόν περισσότερα υλικά. Η χρήση μελανιών που στεγνώνουν πολύ γρήγορα θα δώσει αυτό το αποτέλεσμα. Σαν πρώτο βήμα, εκτιμάται ότι θα γίνει σταδιακή αντικατάσταση των dye based έγχρωμων μελανιών με pigment (Inkline).

### 5.1.1 Εξέλιξη στα μελάνια Inkjet

**Η εξέλιξη των μελανιών εκτιμάται ραγδαία τα επόμενα χρόνια.** Η ποιότητα των μελανιών είναι απαραίτητη ώστε να γίνει η εκτύπωση ανεξίτηλη. Θα εμφανιστούν καλύτερης ποιότητας μελάνια, καθώς και **διαφορετικοί τύποι μελανιού.** Ένα παράδειγμα είναι τα μελάνια τύπου «gel» των εταιρειών Ricoh και Gestetner (Inkline).

### 5.1.2 Εξέλιξη στα προγράμματα οδηγούς του εκτυπωτή και στα χρώματα

Μεγάλη βελτίωση αναμένεται και στα προγράμματα οδηγούς του εκτυπωτή που κάνουν βελτιστοποίηση της έγχρωμης εκτύπωσης (Photo Enhanced). Βελτίωση στην απόδοση των χρωμάτων, π.χ. ακόμα και εκτυπωτές με αυτόματη χρωματική διόρθωση.

### 5.1.3 Εξέλιξη στην ταχύτητα εκτύπωσης

Τέλος, η ταχύτητα είναι ένας παράγοντας του μέλλοντος. Ήδη υπάρχουν επαγγελματικοί εκτυπωτές με ταχύτητα 60 σελίδες το λεπτό, δηλαδή 1 σελίδα το δευτερόλεπτο. Η αύξηση της ταχύτητας αναμένεται ραγδαία, θα πραγματοποιηθεί κατά ένα μέρος με τη χρήση ακίνητων κεφαλών εκτύπωσης που καλύπτουν όλο το πλάτος του χαρτιού (Inkline, n.d).

### 5.1.4 Εξέλιξη της ψηφιακής εκτύπωσης και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Οι πρώτοι υποστηρικτές της ψηφιακής εκτύπωσης σε ύφασμα είχαν μηχανήματα μεγάλου format, τα οποία χρησιμοποιούνταν για εκτυπώσεις γραφικών τεχνών. Ξεκίνησαν με εκτυπώσεις σε υφάσματα πολυεστέρα που είναι μέχρι και σήμερα από τα πιο σημαντικά υποστρώματα στην βιομηχανία του υφάσματος.

Σταδιακά οι περισσότερες εταιρείες εκτυπώσεων προσπάθησαν να προσαρμόσουν τα μηχανήματά τους ώστε να έχουν περισσότερο έλεγχο για τα υφάσματα που δεν έχουν σταθερό μήκος. Πολύ γρήγορα έγινε κατανοητό ότι πολλά είδη υφασμάτων ήταν ακατάλληλα για τα ήδη υπάρχοντα μηχανήματα των γραφικών τεχνών. Συνεπώς πολλές εταιρείες εκτυπώσεων συνεργάστηκαν με κλωστοϋφαντουργικές εταιρείες ώστε να αναπτυχθεί η απαραίτητη τεχνολογία εκτύπωσης πάνω στο ύφασμα (Ciel, 2015).

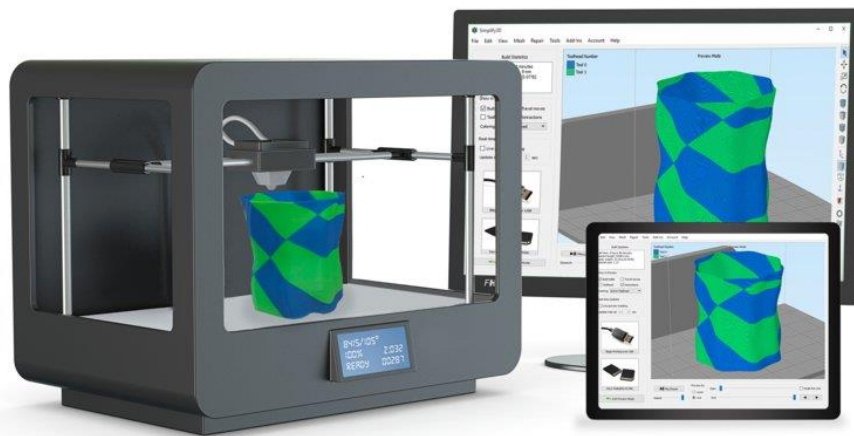
Πλέον οι εκτυπωτικές μηχανές, μαζί με τα κατάλληλα μελάνια, διατίθενται στην αγορά και αποδίδουν εκτυπώσεις με αρκετά καλή ποιότητα και αντοχή στα περισσότερα κλωστοϋφαντουργικά υποστρώματα (Leslie, 2003).

Μερικοί μελλοντικοί στόχοι της ψηφιακής εκτύπωσης στον χώρο της κλωστοϋφαντουργίας, είναι η μελέτη επίδρασης της προεπεξεργασίας του υφάσματος στην αντοχή του χρώματος και της στερέωσης της χρωστικής ουσίας πάνω στο εκτυπωμένο βαμβακερό ύφασμα. Η προεπεξεργασία του υφάσματος είναι άκρως απαραίτητη για την εκτύπωση υφασμάτων με αντιδραστικές βαφές

ώστε να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική απόδοση της inkjet εκτύπωσης (Muhammad, 2017).

Ως επόμενο βήμα της ψηφιακής εκτύπωσης χαρακτηρίζεται η τρισδιάστατη εκτύπωση η οποία από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 έως και σήμερα δεν έχει πάψει να εξελίσσεται.

## 5.2 Η τρισδιάστατη εκτύπωση ως εξέλιξη της ψηφιακής



Εικόνα 20 Απεικόνιση του τρισδιάστατου εκτυπωτή και του λογισμικού του. Πηγή: SIMPLIFY3D

Οι εκτυπωτές ψεκασμού μελάνης διαθέτουν μια κεφαλή εκτύπωσης η οποία κινείται οριζόντια πάνω στο υπόστρωμα εκτυπώνοντας γραμμή προς γραμμή. Ως εξέλιξη τους προέκυψαν ύστερα οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές οι οποίοι εκτυπώνουν στρώμα προς στρώμα ώστε να δημιουργήσουν το τελικό αντικείμενο. Για την διαδικασία αυτή, απαιτείται ένας υπολογιστής που να περιέχει το κατάλληλο λογισμικό, ώστε το προς εκτύπωση αντικείμενο να σχεδιαστεί από το μηδέν ή να σκαναριστεί ένα ήδη υπάρχον.

### 5.2.1 Λίγα λόγια για την τρισδιάστατη εκτύπωση

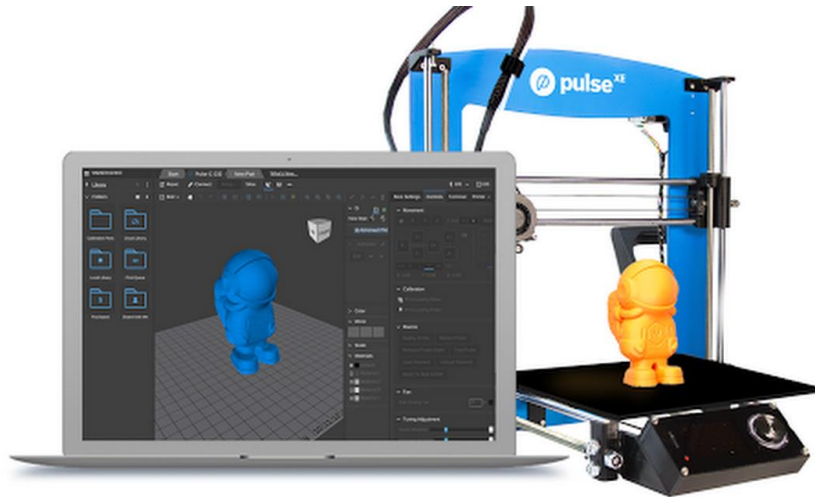
Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή φυσικών μοντέλων από σχεδιαστές, μηχανικούς και ομάδες ανάπτυξης νέων προϊόντων που έχουν τη δυνατότητα να εκτυπώνουν μέρη και εξαρτήματα από διάφορα υλικά, με διαφορετικές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες και συχνά σε μια ενιαία διαδικασία κατασκευής.

Αυτό που σήμερα ονομάζεται τρισδιάστατη εκτύπωση έχει τις ρίζες του στην **ταχεία προτυποποίηση** (rapid prototyping), η οποία χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια από μηχανικούς και σχεδιαστές. Για την **προτυποποίηση**, σχεδιάζεται ένα αντικείμενο και αποθηκεύεται σε αρχείο ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στη συνέχεια, το αρχείο στέλνεται σε ειδικά μηχανήματα και παράγεται η τρισδιάστατη εκδοχή του σχεδιασμένου αντικειμένου.

Το πρόβλημα είναι ότι τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτά τα μηχανήματα δεν έχουν την απαραίτητη ποιότητα για να δημιουργηθεί κάτι πέρα από ένα πρωτότυπο αντικείμενο, το οποίο δεν έχει δομική ακεραιότητα και είναι ουσιαστικά ένα απλό μοντέλο σε πραγματική κλίμακα (Studiolive.gr, 2021).

Η τεχνολογία της προσθετικής κατασκευής εφαρμόζεται σε εκτυπωτές με διάφορα μεγέθη και σχήματα· ανεξάρτητα όμως από το είδος του 3D εκτυπωτή ή από το υλικό που χρησιμοποιείται, η διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης ακολουθεί τα ίδια βασικά βήματα: Ξεκινά με τη δημιουργία ενός 3D σχεδίου από το αντικείμενο που πρόκειται να τυπωθεί, χρησιμοποιώντας το ψηφιακό λογισμικό CAD (Computer Aided Design) (Creat it real, 2020). Το ψηφιακό μοντέλο μπορεί να προκύψει μέσω της χρήσης κάποιου τρισδιάστατου σαρωτή αλλά μπορεί να βρεθεί και έτοιμο στο διαδίκτυο.

Η προετοιμασία του εκτυπωτή περιλαμβάνει καταρχάς το γέμισμά του με τις πρώτες ύλες. Η επιλογή του υλικού θα πρέπει να ανταπεξέρθει στις απαιτήσεις του αντικείμενου που βρίσκεται προς εκτύπωση. Η ποικιλία των υλικών που χρησιμοποιούνται στους τρισδιάστατους εκτυπωτές είναι πολύ μεγάλη, περιλαμβάνει πλαστικά, κεραμικά, ρητίνη, μέταλλα, άμμο, υφάσματα, γυαλί ακόμα και τροφή (Computer-aided design).



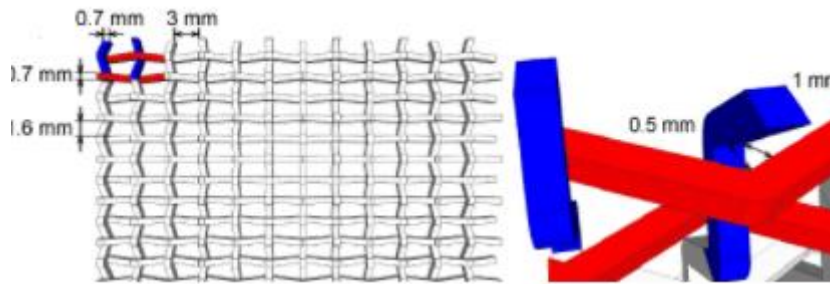
Εικόνα 21 Απεικόνιση τρισδιάστατου εκτυπωτή. Πηγή: Matterhackers

### 5.2.2 Εκτυπωμένα textile μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης

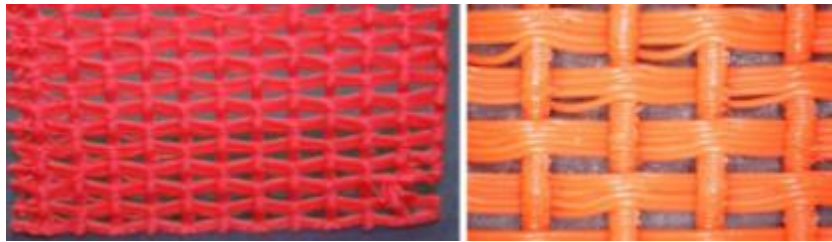
Οι τρέχουσες εξελίξεις στην τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης έχουν ως κυριότερο στόχο την ικανοποίηση αναγκών των πελατών, ειδικότερα όταν η απόσταση από την ιδέα ως το τελικό προϊόν είναι αρκετά εύκολη και γρήγορη (Partsch et al, 2015). Έτσι από την στιγμή που η τεχνολογία έχει εξελιχθεί τόσο, οι ανάγκες των καταναλωτών έχουν αλλάξει. Τα παραγόμενα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα θα πρέπει να ανταποκρίνονται και να προσαρμόζονται στην εκάστοτε περίπτωση ή απαίτηση του καταναλωτή.

Συνήθως τα μοντέλα που δημιουργούνται με την τρισδιάστατη εκτύπωση, εμφανίζουν μια σκληρή και άκαμπτη συμπεριφορά λόγω των υλικών των οποίων εμπριέχονται σε αυτά. Τα πιο πρόσφατα μοντέλα στοχεύουν στην δημιουργία ευέλικτων δομών που προσαρμόζονται στο σχήμα και στην κίνηση των αντικειμένων (Partsch et al, 2015).

Μια πρόσφατη μελέτη δείχνει ότι ήταν δυνατό να δημιουργηθούν ευέλικτες πλεκτές δομές υφιδιού σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή. Στα παρακάτω σχήματα, φαίνονται τα αποτελέσματα των χαλαρών δομών από δύσκαμπτες κλωστοϋφαντουργικές δομές.



Σχεδιάγραμμα 2 Προσπάθεια δημιουργίας ψηφιακού μοντέλου ενός textile σε πρόγραμμα σχεδίασης. Πηγή: RESEARCHGATE



Εικόνα 22 Αποτέλεσμα του ψηφιακού μοντέλου ύστερα από την εκτύπωση του με την μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης, χρησιμοποιήθηκε το πολυμερές υλικό PLA. Πηγή: RESEARCHGATE

Στις παραπάνω εικόνες φαίνεται η πρώτη πειραματική προσπάθεια ύφανσης ενός textile με την μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Στην θέση της φυσικής ίνας, χρησιμοποιείται πολυμερές (PLA) το οποίο υφαίνεται με τις προδιαγραφές και αποστάσεις που έχουν δοθεί από το πρόγραμμα σχεδιασμού της μακέτας (CAD). Σε κάθε προσπάθεια ύφανσης του textile με τρισδιάστατη εκτύπωση, έχουν επιλεχθεί διαφορετικές αποστάσεις των κενών μεταξύ του υφασμένου υλικού μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος. Με αυτό το γεγονός το παραγόμενο ύφασμα μπορεί να έχει διαφορεική όψη, δηλαδή να μοιάζει είτε με μάλλινο πλεκτό είτε με βαμβακερό ύφασμα.

Αυτές οι πειραματικές προσπάθειες δείχνουν πως είναι δυνατό να υπάρξουν οι ιδιότητες ενός κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος σε ένα τυπωμένο τρισδιάστατο μοντέλο. Το παραπάνω δείγμα δείχνει μια ινώδη μορφή στα νήματα υφαιδίου η οποία είναι ελπιδοφόρα για περαιτέρω ανάπτυξη. Το υπάρχον τεχνολογικό επίπεδο τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι κατάλληλο για ειδικά προϊόντα ή πρωτότυπα (Partsch et al, 2015).

### 5.2.3 Η πιο πρόσφατη εξέλιξη των κλωστοϋφαντουργικών υλικών - smart textiles

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι εφαρμογές των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων ποικίλουν σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, από τα μηχανοκίνητα αντικείμενα, την αρχιτεκτονική έως και την βιομηχανία του υφάσματος. Για αυτόν τον λόγο οι ιδιότητές τους μπορούν άνετα να προσαρμοστούν, να αλλάξουν δομικά και αισθητικά.

Λόγω των ευπροσάρμοστων ιδιοτήτων τους, τα κλωστοϋφαντουργικά υλικά μπορούν να προσφέρουν πολλές εξελίξεις και καινοτομίες στον χώρο της τεχνολογίας. Οι δυο κυριότερες εφαρμογές τους περιλαμβάνουν:

**A)** την χρήση τους ως υποστρώματα στην βιομηχανία ένδυσης,

**B)** ή την προσαρμοστικότητά τους για την εκτέλεση νέων ιδιοτήτων.

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα έχουν την τάση να εξελίσσονται ιδιαίτερα ύστερα από την εμφάνιση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στον χώρο της βιομηχανίας του υφάσματος. Υπάρχει μια συνεχόμενη απαίτηση από την αγορά, ώστε τα textiles να εκτελούν καινούργιες ιδιότητες. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει η καινούργια τεχνολογία των 4D textiles, η οποία είναι βασισμένη στο γεωμετρικό παρουσιαστικό και στην δημιουργία δομών των αντικειμένων με την επαναλαμβανόμενη πρόσθεση υλικού (additive manufacturing). Η τέταρτη διάσταση περιγράφει το χρονικό διάστημα που απαιτείται στο εκτυπώσιμο τρισδιάστατο προϊόν ώστε να δεχτεί την αλλαγή των ιδιοτήτων (μετασχηματιστεί) μετά την τρισδιάστατη εκτύπωση. Η αλλαγή επέρχεται από την επίδραση ενός εξωτερικού ερεθίσματος. Τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι έξυπνα υλικά τα οποία αντιδρούν σε εξωτερική ενέργεια με μετασχηματισμό της φόρμας τους (Koch et al., 2021).

Η πιο εξελιγμένη μορφή των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, έχει εμφανιστεί ήδη από την δεκαετία του 1980. Για να ξεχωρίσουν από τα άλλα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που έχουν την χρήση του απλού υποστρώματος, τα υφάσματα τα οποία προσδίδουν επιπλέον ιδιότητες ονομάστηκαν *έξυπνα* (smart textiles). Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, σε αυτά που προσφέρουν



διαφορετική εικόνα, τα αισθητικά (*aesthetic textiles*), και σε εκείνα που βελτιώνουν την απόδοση του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος (*performance enhancing textiles*). Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στα υφάσματα που μπορούν να αλλάξουν χρώμα ή και να "φωτίσουν", ενώ η δεύτερη κατηγορία προορίζεται για ενδύματα που είναι απαραίτητα για αθλητική ή στρατιωτική χρήση. Αυτά τα υφάσματα μπορούν να ρυθμίσουν την θερμοκρασία του σώματος, να μειώσουν την αντίσταση του ανέμου αλλά και να ελέγξουν τις μυϊκές δονήσεις.

Ως έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, ορίζονται τα υφάσματα με αλληλεπίδραση και διαδραστικότητα που επιτρέπουν την αμφίδρομη ηλεκτρονική επικοινωνία. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα (τα οποία μπορεί να είναι αγωγοί έως και διαδρομές αγωγών) ενσωματώνονται στις επιφάνειες των υφασμάτων. Οι δομές πάνω στις οποίες εφαρμόζονται μπορεί να είναι άκαμπτα ή και υφασμάτινα υλικά (π.χ κεντήματα με ενσωματωμένες τις διαδρομές των αγωγών). Και στις δύο περιπτώσεις η κλωστοϋφαντουργική δομή χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα. Οι πρόσφατες εξελίξεις έχουν διευρύνει την εκτύπωση των ηλεκτρονικών λειτουργιών πάνω σε υφάσματα (Koch et al, 2021).

## 6. Εφαρμογές της ψηφιακής εκτύπωσης στην βιομηχανία υφάσματος

Σε αυτήν την ενότητα θα αναλυθούν οι εφαρμογές που παίρνουν μέρος οι ψηφιακές εκτυπώσεις στον τομέα της βιομηχανίας του υφάσματος. Για να γίνουν κατανοητές θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ψηφιακής εκτύπωσης, τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο για την περαιτέρω χρήση της αντίστοιχης τεχνολογίας στον χώρο της παραγωγής των προϊόντων.



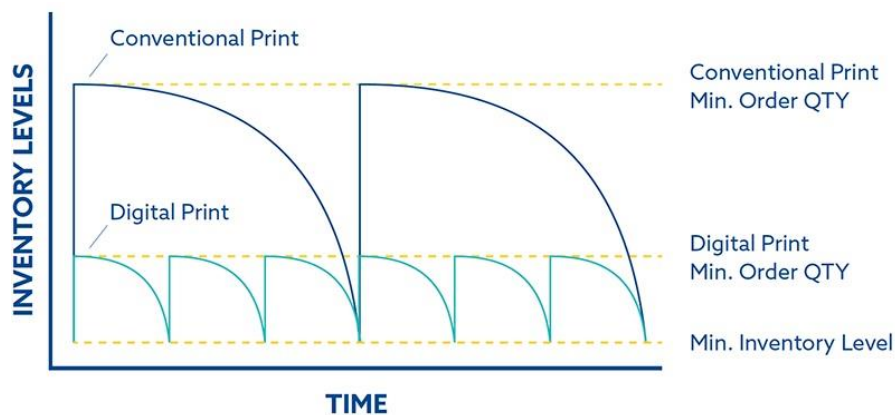


Εικόνα 23 Εφαρμογές της ψηφιακής εκτύπωσης. Πηγή: FIBRE2FASHION, Aravin Prince P.

## 6.1 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα ψηφιακής εκτύπωσης

Η χρήση ψηφιακής τεχνολογίας ή ψηφιακών εκτυπωτών στη βιομηχανία εκτύπωσης υφασμάτων συγκρίνεται με τον παραδοσιακό μηχανισμό εκτύπωσης υφασμάτων ο οποίος μοιάζει αρκετά με τις ψηφιακές διαδικασίες όπως η επιλογή και η προεπεξεργασία του υφάσματος (Textile Focus, 2020).

Η ψηφιακή εκτύπωση παρέχει πρόσβαση σε ένα μεγάλο εύρος χρωμάτων και σχεδίων, με υψηλή πιστότητα και οπτική καθαρότητα. Μερικά από τα πλεονεκτήματά της είναι τα εξής:



Σχεδιάγραμμα 3 Γραμμικό σχεδιάγραμμα που αναλύει την σταθερή αλλά και γρήγορη ανάπτυξη της ψηφιακής εκτύπωσης σε αντίθεση με την αναλογική. Πηγή: theboxmakers BLOG 2020

**1) Είναι φιλική προς το περιβάλλον:** Οι συνειδητοί επαγγελματίες μόδας αναζητούν πάντα τρόπους για να καταστήσουν την βιομηχανία πιο βιώσιμη. **Η ψηφιακή εκτύπωση, όχι μόνο μειώνει το ποσό των σπατάλης υφασμάτων, αλλά μπορεί να συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 90% και της ηλεκτρικής χρήσης έως και 30% σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους εκτύπωσης υφασμάτων.** Επιπλέον κάνει το περιβάλλον εργασίας για το ανθρώπινο δυναμικό ασφαλέστερο καθώς οι ουσίες που χρησιμοποιούνται στα μελάνια δεν είναι επιβλαβείς για την υγεία σε σχέση με εκείνες που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο της μεταξοτυπίας.

**2) Βελτιωμένες στρατηγικές:** Με την ψηφιακή εκτύπωση δεν είναι απαραίτητο να παραχθούν δεκάδες χιλιάδες ενδύματα. Οι σχεδιαστές μπορούν να δημιουργήσουν μερικές εκατοντάδες κομμάτια και στη συνέχεια να αλλάξουν χρώματα ή να προχωρήσουν στην παραγωγή κάτι εντελώς διαφορετικό.

**3) Μείωση του κόστους της ψηφιακής εκτύπωσης υφασμάτων:** Το κόστος της ψηφιακής εκτύπωσης υφασμάτων σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους εκτύπωσης εξαρτάται από μερικούς παράγοντες όπως:

A) Το μήκος της διαδρομής: **Οι μεγάλες διαδρομές είναι φθηνότερες στη συμβατική εκτύπωση,** το υψηλό αρχικό κόστος κατανέμεται σε μεγάλο αριθμό μέτρων, ενώ το μεταβλητό κόστος είναι χαμηλότερο. **Ωστόσο, οι σύντομες διαδρομές είναι φθηνότερες στην ψηφιακή εκτύπωση:** το υψηλότερο μεταβλητό κόστος ανά μέτρο αντισταθμίζεται από την έλλειψη αρχικού κόστους.

B) Ο αριθμός των χρωμάτων: Στην ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων, ένας ψηφιακός σχεδιασμός εκτυπώνεται απευθείας στο ύφασμα. **Εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος από την έλλειψη διαδικασίας χάραξης των τελάρων (όπως στην μεταξοτυπία), αλλά και επιπλέον κόστος.**

Γ) Ο αριθμός επαναλαμβανόμενων παραγγελιών: Όταν υπάρχει μεγάλος αριθμός επαναλαμβανόμενων παραγγελιών, το κόστος της χάραξης οθονών για ένα συγκεκριμένο σχέδιο μειώνεται αφού η ίδια οθόνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές.

Δ) Ο αριθμός των σχεδίων: Ο αριθμός των σχεδίων για εκτύπωση επηρεάζει το συνολικό κόστος της τεχνικής εκτύπωσης. Δεδομένου ότι στην μεταξοτυπία πρέπει να παραχθεί ένα νέο σετ τελάρων για κάθε σχέδιο, το κόστος αυτής της συμβατικής μεθόδου εκτύπωσης θα αυξηθεί όταν πρέπει να εκτυπωθούν πολλά διαφορετικά σχέδια.

Ε) Μεταβλητά έξοδα: Μειώνοντας την κατανάλωση μελανιού ανά μέτρο, γίνεται και η μείωση του μεταβλητού κόστους της ψηφιακής εκτύπωσης υφασμάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση μελανιών υψηλής πυκνότητας, ώστε να χρειάζεται λιγότερο μελάνι ανά μέτρο για την επιθυμητή ποιότητα εκτύπωσης. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας έναν ψηφιακό εκτυπωτή υφασμάτων που χρειάζεται λιγότερο καθαρισμό, θα παραχθούν λιγότερα απορρίμματα μελανιού.

Παρακάτω ακολουθούν μερικά από τα σημαντικότερα **μειονεκτήματα** της ψηφιακής εκτύπωσης:

Με την τεχνολογία της ψηφιακής εκτύπωσης προκύπτει η ταχεία κατασκευή, επομένως, χαρακτηρίζει την ψηφιακή εκτύπωση ως μια γρήγορη τεχνική.

Όταν οι βιομηχανικές εταιρείες των ενδυμάτων παρατηρούν ότι ένα συγκεκριμένο ρούχο έχει καλές πωλήσεις, χρειάζονται έναν συνεργάτη εκτύπωσης που μπορεί να τους παραδώσει το τυπωμένο ύφασμα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

**1) Η γρήγορη μόδα:** απαιτεί γρήγορους χρόνους παράδοσης τόσο για επαναλαμβανόμενες παραγγελίες, ώστε οι γνωστές εταιρίες ένδυσης να ξανακάνουν γρήγορα ρούχα με τις καλύτερες πωλήσεις. Λόγω αυτού του νέου μοντέλου διανομής, οι συλλογές μόδας αλλάζουν συχνότερα. Έτσι, *οι απεριόριστες δυνατότητες σχεδίασης, η δυνατότητα άμεσης εκκίνησης εκτύπωσης και το χαμηλό κόστος εγκατάστασης της ψηφιακής εκτύπωσης κλωστοϋφαντουργίας επιτρέπουν σαφώς την ταχεία κατασκευή* (Notermans, 2018).

**2) Απαιτήσεις σύγχρονου πελάτη:** η τάση για συνεχή απαίτηση με νέα, υψηλής ποιότητας σχέδια που ακολουθούν γρήγορα τις τάσεις της μόδας και προτιμούν εταιρείες ενδυμάτων με πράσινη εικόνα (Notermans, 2018). Η ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων ταιριάζει καλύτερα στις απαιτήσεις της γρήγορης

κατασκευής. Αυτό γίνεται επίσης σαφές στην πράξη: οι εταιρείες ενδυμάτων γρήγορης μόδας είναι οι μεγαλύτεροι αγοραστές ψηφιακά τυπωμένων υφασμάτων.

Ωστόσο, ένα **σημαντικό μειονέκτημα** της ψηφιακής εκτύπωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων σε σύγκριση με τη συμβατική εκτύπωση υφασμάτων **είναι το υψηλότερο μεταβλητό κόστος, το κόστος συντήρησης και το τελευταίο, αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, η υψηλότερη αρχική επένδυση** (Notermans, 2018).

**A) Επένδυση κεφαλαίων:** Η ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων έχει **υψηλή επένδυση κεφαλαίου**. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να επιλεχτεί ένας ψηφιακός εκτυπωτής που έχει **υψηλή αξιοπιστία** για την αύξηση αξιοπιστίας και ταυτόχρονα την μείωση του χρόνου διακοπής. Δηλαδή στο τέλος προκύπτει μεγαλύτερη παραγωγή, συνεπώς και αύξηση των εισοδημάτων (Notermans, 2018).

**B) Έξοδα συντήρησης:** Το κόστος συντήρησης της ψηφιακής εκτύπωσης υφασμάτων **αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος της κεφαλής εκτύπωσης**. Έτσι, όταν γίνεται η επιλογή ενός ψηφιακού εκτυπωτή κλωστοϋφαντουργίας, θα πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά οι όροι διάρκειας ζωής και εγγύησης που παρέχονται από τον κατασκευαστή του εκτυπωτή για τις κεφαλές εκτύπωσης που χρησιμοποιούνται σε αυτόν (Notermans, 2018).

### *6.1.1 Κλάδοι εφαρμογής ψηφιακής εκτύπωσης στον χώρο της βιομηχανίας του υφάσματος*

Ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας προσφέρει πολλές διαφορετικές δυνατότητες ανάπτυξης στις περισσότερες από τις ψηφιακές επιχειρήσεις. Παράλληλα, εισέρχεται σε νέες αγορές, οι οποίες, πέρα από την εκτύπωση υφασμάτων, περιλαμβάνουν τη συσκευασία, την εκτύπωση ευρείας διάστασης, τη βιομηχανική και λειτουργική εκτύπωση (functional printing). Όλοι αυτοί οι επιμέρους κλάδοι περνούν από τις ίδιες διαδικασίες μετασχηματισμού, προσφέροντας τεράστιες δυνατότητες ανάπτυξης (GraphicaNews, 2020).

Η ψηφιακή εκτύπωση σε ύφασμα αποτελεί έναν μεγάλο κλάδο των εφαρμογών της ψηφιακής εκτύπωσης, καθώς επίσης ανοίγει αρκετές νέες θέσεις εργασίας. Αυτοματοποιεί με απλούστερο τρόπο, την χειρωνακτική εργασία σε ψηφιοποιημένη μορφή (σύγκριση διαδικασίας παραδοσιακής μεταξοτυπίας). Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομούνται πόροι καθώς και το περιβάλλον εργασίας γίνεται πιο ασφαλές (λιγότερες χημικές ουσίες).

Οι κατασκευαστές συνήθως προτιμούν να τυπώνουν μικρότερες παρτίδες, ώστε να καλύπτουν τις εναλλαγές ζήτησης των πελατών τους, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για αποθέματα, ενώ η παραγωγή γίνεται πιο ευέλικτη. Η βιομηχανική εκτύπωση τύπου ψεκασμού (inkjet printing) προσφέρει πολλές δυνατότητες οι οποίες θα ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν με την αναλογική. Αφού οι κατασκευαστές δεν χρειάζεται να κρατάνε μεγάλο απόθεμα σημαίνει ότι οι σχεδιαστές είναι πιο ελεύθεροι να εκφραστούν και να δοκιμάσουν διαφορετικά σχέδια, μερικά από τα οποία μπορεί να αποδειχτούν και ακατάλληλα.

Η καινοτομία στον βιομηχανικό τομέα, κατά ένα μεγάλο μέρος, αποτελείται από την εκτύπωση ψεκασμού μελάνης, τη μεταξοτυπία (screen printing) ή το συνδυασμό αυτών των δύο, που πολλές φορές γίνεται μέσα από το ίδιο μηχάνημα.

Οι εκτυπώσεις που είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του κάθε καταναλωτή μπορούν να πραγματοποιηθούν κυρίως με εκτυπώσεις ψεκασμού. Αυτές συνήθως αφορούν καλύμματα τοίχου, δαπέδου, έπιπλα αλλά και άλλες διακοσμητικές επιφάνειες.

Όσο αφορά τις πιο συχνές χρήσεις της ψηφιακής εκτύπωσης, πιο συγκεκριμένα γίνονται σε πολυεστερικό ύφασμα, για την διακόσμηση-εκτύπωση σε: αξεσουάρ ένδυσης (φουλάρια, κοσμήματα κ.α), σε ρούχα αθλητισμού κατά ειδική παραγγελία, αλλά και στην εσωτερική διακόσμηση ως επένδυση επίπλων.

Χωρίς αμφιβολία η ψηφιακή εκτύπωση έχει αρκετά μεγάλο μέλλον, καθώς δίνει το πάτημα στην βιομηχανία του υφάσματος να επεκταθεί ακόμη περισσότερο στην αγορά, προσελκύοντας πολλούς επενδυτές να εισέλθουν στον τομέα της όπως και καταναλωτές που είναι πρόθυμοι να αγοράσουν τα προϊόντα τα οποία παράγονται από αυτήν.

### 6.2.1 Κλάδοι εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης στον χώρο της βιομηχανίας του υφάσματος

Η χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών στη βιομηχανία της μόδας αυξάνεται καθώς οι σχεδιαστές και οι παραγωγοί ενδυμάτων ανακαλύπτουν τα οφέλη αυτής της τεχνολογίας. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης μόδας με σχήματα και γεωμετρίες που δεν έχουν γίνει ποτέ ξανά, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για πρωτότυπους σκοπούς, καθώς και για να κάνουν τη διαδικασία παραγωγής ενδυμάτων πολύ πιο βιώσιμη και προσιτή. Όταν πρόκειται όμως, για έντυπη ένδυση με έντυπη τρισδιάστατη ένδυση, οι τρέχουσες πρακτικές περιορίζονται κυρίως σε έργα τέχνης ή υψηλής ραπτικής για μεγάλους σχεδιαστές μόδας (Bcn3D, 2020).

Η τρισδιάστατη εκτύπωση στη μόδα αποτελεί μια λύση για τους σχεδιαστές και τους καλλιτέχνες που ενδιαφέρονται να δημιουργήσουν σύνθετα γεωμετρικά σχέδια και τέχνη πάνω σε ένα κομμάτι ύφασμα, ώστε να αποτυπώσουν σε τρεις διαστάσεις την ιδέα που διαθέτουν στα σχέδια τους. Ωστόσο, πολλά από αυτά τα σχέδια δεν είναι κατάλληλα να φορευθούν από τους μέσους καταναλωτές στην καθημερινή ζωή.

Καινοτομίες και νέες τεχνικές αναπτύσσονται καθημερινά, αλλά σε γενικό επίπεδο, η τρισδιάστατη τυπωμένη μόδα συνεχίζει να αναπτύσσεται. Αναμένεται πως στο κοντινότερο μέλλον η πώληση τρισδιάστατων εκτυπωτών θα είναι εφικτή στο λιανεμπόριο, αυτό το γεγονός θα καταστήσει τους τρισδιάστατους εκτυπωτές ως μια καθημερινή συσκευή.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση στη μόδα χρησιμοποιείται: για τη δημιουργία αξεσουάρ, την κατασκευή πρωτοτύπων και εργαλείων κατασκευής, την ενίσχυση των προσπαθειών βιωσιμότητας και την επέκταση των επιλογών προσαρμογής.

Αντί για τρισδιάστατη εκτύπωση πλήρων ειδών ένδυσης, οι εκτυπωτές 3D στη μόδα χρησιμοποιούνται για τη συμπλήρωση τμημάτων ολόκληρου του σχεδιασμού, όπως διακοσμητικά, αξεσουάρ και κουμπιά. Τα μικρά αξεσουάρ

τελικής χρήσης μπορούν εύκολα να συναρμολογηθούν σε λίγα λεπτά ή ώρες χρησιμοποιώντας 3D εκτύπωση.

Η τεχνολογία αυτή είναι πρωτοπόρα αφού δίνει τη δυνατότητα στους νέους σχεδιαστές να δημιουργήσουν σύνθετα υλικά τα οποία παρουσιάζουν συνδυασμούς διαφορετικών μηχανικών ιδιοτήτων και εκπληκτική λεπτομέρεια έως και 0.8 mm σε οποιοδήποτε σχέδιο αντικειμένου που έχει σχεδιαστεί στον υπολογιστή.

Η δημιουργία πρωτοτύπων και εργαλείων για την κατασκευή είναι δύο από τις πιο κοινές χρήσεις των επαγγελματικών τρισδιάστατων εκτυπωτών και **η βιομηχανία της μόδας δεν αποτελεί εξαίρεση σε αυτό.**

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία εργαλείων που θα βοηθήσουν στην κατασκευή του τελικού ενδύματος. Για παράδειγμα, ο Louis Vuitton, μια εξέχουσα εταιρεία υψηλής μόδας, χρησιμοποιεί τρισδιάστατη εκτύπωση για να παράγει εργαλεία τα οποία αποσκοπούν ώστε τα τελικά προϊόντα τους να παράγονται αποτελεσματικά αλλά και κομψά (Bcn3D, 2020).

Η Camper, μια δημοφιλής ισπανική εταιρεία παπουτσιών, χρησιμοποιεί εκτυπωτές BCN3D για να κατασκευάσει πρωτότυπα μοντέλα για κάθε νέα συλλογή παπουτσιών που δημιουργούν. Προηγουμένως, αφιέρωναν περισσότερο κόστος και χρόνο στη συνολική διαδικασία σχεδιασμού. Έχοντας αρκετούς τρισδιάστατους εκτυπωτές, οι σχεδιαστές τους μπορούν να κατανοήσουν πολύ καλύτερα τους όγκους και τα σχήματα των σχεδίων τους (Bcn3D, 2020).

Περισσότεροι σχεδιαστές και επώνυμες εταιρείες αρχίζουν να αναζητούν βιώσιμες μεθόδους για τη δημιουργία των συλλογών τους. Διάφορες γνωστές εταιρείες ένδυσης **χρησιμοποιούν εκτυπωτές 3D για να σχεδιάσουν τα συγκεκριμένα μοτίβα τους και στη συνέχεια εκτυπώνουν μόνο την ποσότητα του προϊόντος που χρειάζονται.** Αυτό τους επιτρέπει να μειώσουν τη σπατάλη πόρων για κάθε ένδυμα και να διασφαλίσουν ότι η διαδικασία κατασκευής τους δεν είναι επιβλαβής για το περιβάλλον. Οι βιώσιμες προσπάθειες μόδας ωφελούνται

από τους εκτυπωτές 3D όταν τα υλικά 3D επαναχρησιμοποιούνται και ανακυκλώνονται για τη δημιουργία νέων σχεδίων.

Τέλος, η τρισδιάστατη εκτύπωση ανοίγει τις πόρτες σε νέες δυνατότητες όσον αφορά τις επιλογές προσαρμογής στην μόδα. **Οι εταιρείες ένδυσης μπορούν να αρχίσουν να κατασκευάζουν κομμάτια που δημιουργούνται με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες του καταναλωτή ή τα μέρη του σώματος.**

Η γερμανική εταιρεία αθλητικών ειδών Adidas πειραματίζεται με αυτήν την ιδέα από το 2015. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από αθλητές, έχουν δημιουργήσει ένα παπούτσι που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει τη βέλτιστη εφαρμογή για κάθε δρομέα.

Από τα σχέδια τελικής χρήσης, έως και τις ψηφιοποιημένες μακέτες στο πρόγραμμα σχεδιασμού, η τρισδιάστατη εκτύπωση επιβεβαιώνει την παρουσία και τα οφέλη της στη βιομηχανία της ένδυσης (Bcn3D, 2020).



## 7. Συμπεράσματα

Η τεχνολογία της ψηφιακής εκτύπωσης, δίνει μια ευκαιρία στην βιομηχανία του υφάσματος να ανασχηματιστεί και το επιτυγχάνει αυτό με την αύξηση της παραγωγικότητας, ενώ παράλληλα, μειώνεται το κόστος της. Πολλοί σχεδιαστές επωφελοούνται από αυτήν την ευκαιρία και παράγουν πολλά διαφορετικά σχέδια σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα, από ότι θα μπορούσαν με μια συμβατική μέθοδο εκτύπωσης υφάσματος.

Η ψηφιακή εκτύπωση συνδυάζει την ποιότητα με την παραγωγικότητα καθώς και την εξοικονόμηση του χρόνου. Για αυτό και οι περισσότερες βιομηχανίες υφάσματος προτιμούν αυτόν τον τρόπο εκτύπωσης. Πάραυτα, πέρα από τα πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει η ψηφιακή εκτύπωση στον κλάδο της βιομηχανίας του υφάσματος, υπάρχουν σοβαρά μειονεκτήματα, όπως η αναγκαστική ταχεία κατασκευή, η οποία οδηγεί στο φαινόμενο της γρήγορης μόδας. Τα καταστήματα και οι παραγωγές που αναλαμβάνουν κατά κύριο λόγο ρούχα τα οποία έχουνε παραχθεί σε μεγάλες ποσότητες χάρει στην ψηφιακή εκτύπωση, είναι αναγκασμένα να πουλήσουν μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα το εμπόριό τους, κάτι που πολλές φορές δεν μπορεί να επιτευχθεί.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση δίνει την δυνατότητα στους σχεδιαστές να υλοποιήσουν το όραμά τους, παράλληλα να καταστήσουν ως χρήσιμα τα αντικείμενα τα οποία εκτυπώνονται με αυτήν την τεχνολογία. Επιπλέον η τρισδιάστατη εκτύπωση προσφέρει την μείωση σπατάλης των πόρων για κάθε ένδυμα, με αποτέλεσμα η διαδικασία κατασκευής των προϊόντων που παράγονται με αυτόν τον τρόπο να είναι φιλική προς το περιβάλλον. Επιπλέον, δημιουργούνται προϊόντα με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες του καταναλωτή ή ακόμη και τα μέρη του σώματός του. Όπως είναι γνωστό σε ψηφιοποιημένη μορφή μπορεί να γίνει πιο άνετα και ελεύθερα τόσο ο σχεδιασμός ενός customized προϊόντος (δηλαδή φτιαγμένο στα μέτρα κάποιου) όσο και ο πειραματισμός για περαιτέρω εξέλιξη του ήδη υπάρχοντος προϊόντος.

Συνεπώς, η εξέλιξη στον τομέα της ψηφιακής εκτύπωσης χαρακτηρίζεται ως η τρισδιάστατη εκτύπωση, επειδή εκείνη είναι το επόμενο βήμα ένταξης του ψηφιακού κόσμου στην βιομηχανία του υφάσματος. Οι εξελίξεις στην τομέα της τεχνολογίας όπως είναι γνωστό τις τελευταίες δεκαετίες είναι ραγδαίες. Η πιο πρόσφατη τεχνολογία που αναπτύσσεται αυτήν την στιγμή στην βιομηχανία του υφάσματος σχετίζεται με τα έξυπνα υφάσματα τα οποία είναι .προσαρμόζονται στο εκτυπώσιμο κλωστούφαντουργικό προϊόν προσδίδοντάς του επιπλέον ιδιότητες (τυπωμένα ηλεκτρονικά συστήματα).

### Θέματα για περαιτέρω συζήτηση:

- Σύγκριση με άλλα είδη εκτύπωσης σε ύφασμα, για ποιο λόγο η ψηφιακή εκτύπωση είναι πιο κερδοφόρα για την βιομηχανία του υφάσματος

## Βιβλιογραφία

Alaeea, M. Arias, P. Sjudinc, A. Bergman, A. (2003). An overview of commercially used brominated flame retardants, their applications, their use patterns in different countries/regions and possible modes of release, *Environment International* 29, pp 683 – 689.

Apparel Resources News-Desk, (2015). Digital Textile Printing Market to grow 34% in next four years, *Apparel Resources*.

URL=<https://apparelresources.com/business-news/trade/digital-textile-printing-market-to-grow-34-in-next-four-years/> (προσβάσιμο: 15/09/20).

Anima, (2016). *Anima: The 3D printer experts*, URL: <https://www.anima.gr/3d-printing-categories> (προσβάσιμο: 17/03/21)

Accu-Shape Die cutting Inc, (2021). *Cloths / Textiles*, Accu-shape.com URL=<https://accushapediecutting.com/cloth-textiles-explained/> (προσβάσιμο: 22/07/21)

Berlin, A. A. Joswik, R. Vatin, N. I. (2015). *Engineering Textiles*.

Βιβλίο Γραφικών Τεχνών, (2016). Γιατί το μελάνι παίζει ρόλο στην ψηφιακή εκτύπωση μεγάλου μεγέθους, *Grafic Notes/Σημειώσεις Γραφιστικής*. URL=<http://graficnotes.blogspot.com/2016/10/blog-post.html> (προσβάσιμο: 17/11/20)

Bcn3D, (2020). *3D Printed Fashion: How Are 3D Printers Used In The Fashion Industry?*, Bcn3D.com, URL=<https://www.bcn3d.com/3d-printed-fashion/#:~:text=3D%20Printed%20Fashion%20Accessories&text=3D%20printin%20materials%20with%20a,jewelry%20with%20complex%20geometric%20shapes>. (προσβάσιμο: 03/02/2020)

Britannica, *Computer-aided design*, BRITANNICA.COM, URL=<https://www.britannica.com/topic/computer-aided-design> (προσβάσιμο: 28/01/21)

Byko, M. (2005). The Materials Science and Engineering of Textiles, JOM, TMS.org, vol.5, No 7, pp 14 – 18.

Γουλιέλμος, Ν. Χρόνης, Ι. (2017). Σύγχρονα συστήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης και χρησιμότητά τους στο E-Business, Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.

Cahill, V. (1998). Introduction to Digital Printing Technology, SGIA Journal. Screenprinting & Graphic Imaging Association International,

URL:<https://docplayer.net/14399669-Introduction-to-digital-printing-technology.html> (προσβάσιμο: 07/12/20)

Cie, C. (2015). *Ink Jet textile Printing*. United Kingdom: Woodhead Publishing in association with the Textile Institute.

Collier, A. M. (1970). *A Handbook of Textiles*, Pergamon Press, p. 258 .

Creat it real, (2020). *3D Printer Electronics*, CREATITREAL.COM, URL=<https://www.createitreal.com/3d-printer-electronics/48/> (προσβάσιμο: 28/01/21)

Δουλαδέλη, Μ. (2015). Η τρισδιάστατη εκτύπωση και η επίδρασή της στην εφοδιαστική αλυσίδα και στα Logistics. Μελέτη επίδρασης της τεχνολογίας στην εταιρεία Nike, Πανεπιστήμιο Πειραιώς: Τμήμα Διοίκησης και Τεχνολογίας, Αθήνα.

DXPrints. (2019). Dye Sublimation Print, DXPRINTS.COM, URL=<https://dxprints.com/blog-dye-sublimation-printer/> (προσβάσιμο: 30/10/20)

Ελευθεριάδης, Ι. Νικολαΐδης, Ν. Τσατσαρώνη, Ε. (2015). *Χημεία και τεχνολογία του χρώματος*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Εκδόσεις Κάλλιπος.

EPSON, (2018). Create Trends, Don't Chase Them: How Digital Printing is Reshaping the Fashion Industry. EPSON. URL=<https://blog.epson.com/small-business/create-trends-dont-chase-them-how-digital-printing-is-reshaping-the-fashion-industry/> (προσβάσιμο: 14/07/20)

EPSON, *PrecisionCore next-generation print head technology*, Epson.com, URL=<https://epson.com/precisioncore-advanced-printing-technology> (προσβάσιμο: 02/03/2021)

Euroflax Industries LTD, (2005). Euroflax of Industries (Imports of textiles), [www.Euroflax.com](http://www.Euroflax.com), URL=[https://web.archive.org/web/20100113023858/http://euroflax.com/products\\_imports%20of\\_textiles.htm](https://web.archive.org/web/20100113023858/http://euroflax.com/products_imports%20of_textiles.htm) (προσβάσιμο: 19/10/20)

Edmond, L. K. Sears, B. S. (1970). Method and apparatus for recording with writing fluids and drop projection means therefor, *Konica Minolta Inc.*

GraphicaNews, (2020). Drupa 2020: 1η εκδήλωση για την ψηφιακή εκτύπωση υφασμάτων, *GraphicaNew.gr*, URL: <https://www.graphicanews.gr/> (προσβάσιμο: 27/03/21)

Gulrajani, M. L. (1981). Blended Textiles: Papers of the 38th All India Textile Conference, an International Conference, Textile Association, pp 280 – 354.  
Hue P. Le, (1998), Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology, *Journal of Imaging Science and Technology*. vol.42(1): pp 49–62.

Global Imaging, 2017. *Digital textile inks: sublimation, dispersion, reactive and acid*, GloabalimagingInc.com. URL = <https://www.globalimaginginc.com/blogs/digital-textile-inks-sublimation-dispersion-reactive-and-acid-take-a-dive-into-dye-sublimation-digital-textile-inks/> (προσβάσιμο: 22/07/21)

Knecht, Edmund, C., Summerly, A. (1911). Textile-printing, Encyclopædia Britannica, Cambridge University Press , v.26, (11th ed.), pp 694 – 708.

Koch, H. C. Schmelzeisen, D. Gries, T. (2021). 4D Textiles made by additive manufacturing on pre-stressed textiles – An overview, MDPI. URL = [https://www.researchgate.net/publication/349243376\\_4D\\_Textiles\\_Made\\_by\\_Additive\\_Manufacturing\\_on\\_Pre-Stressed\\_Textiles-An\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/349243376_4D_Textiles_Made_by_Additive_Manufacturing_on_Pre-Stressed_Textiles-An_Overview) (προσβάσιμο: 14/07/2021)

- Kilkelly, M. (2016). *5 Ways Computational Design Will Change the Way You Work*, Archdaily.com, URL= <https://www.archdaily.com/785602/5-ways-computational-design-will-change-the-way-you-work#:~:text=What%20is%20Computational%20Design%3F,decisions%20using%20a%20computer%20language>. (προσβάσιμο: 03/02/2021)
- Madeha, J. Khubab, S. (2016). Textile raw materials, *Physical sciences reviews*, v.1( 7). URL= <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/psr-2016-0022/html> (προσβάσιμο: 06/07/2021)
- Leslie, W.C.M. (2003). *Textile Printing (revised second version)*. Society if Dryers and Colourists.
- Midshire Technology for your office, (2015). Laser Printer – A history of the technology, *MIDSHIRE*, URL=<https://midshire.co.uk/laser-printer-a-history-of-the-technology/#:~:text=A%20laser%20printer%20essentially%20works,toner%20on%20to%20the%20page>. (προσβάσιμο: 16/01/20)
- Muhammad, S. A. (2017). Digital textile printing technology: Evolution, progression and techniques. *Textilelearner*. URL= <https://textilelearner.net/digital-textile-printing-technology/> (προσβάσιμο: 07/07/2021)
- Notermans, J. (2019). Digital textile printing fabrics: what materials are suitable for digital printing?, *SPGPrints*, URL= <https://www.spgpprints.com/digital-textile-printing> (προσβάσιμο: 09-10-20)
- Notermans, J. (2018). [The Note] How digital textile printing enables fast-fashion manufacturing, *SPGPrints*, URL=<https://blog.spgpprints.com/digital-printing-materials> (προσβάσιμο: 09-10-20)
- Partsch, L. Vassiliadis, S. Papageorgas, P. (2015). *3D Printed textile fabrics structures*. Conference 5<sup>th</sup> International Istanbul textile Congress: Innovative technologies “Inspired to innovate” Istanbul 2015. URL = [https://www.researchgate.net/publication/283288900\\_3D\\_PRINTED\\_TEXTILE\\_FABRICS\\_STRUCTURES](https://www.researchgate.net/publication/283288900_3D_PRINTED_TEXTILE_FABRICS_STRUCTURES) (προσβάσιμο: 07/07/2021)

Remanufactured Toner Cartridges, *Inkline*,

<http://www.inkline.gr/inkjet/theory/inkjettech.html> (προσβάσιμο 14/01/21)

Royal society of London, Proceedings of the Royal Society. A, Mathematical, physical and engineering sciences, *London: The Society*.

Sepaniak, S. (2016). Back to the future: A Brief History and Evolution of D2 Printing, via *read.uberflip.com*, URL: <http://read.uberflip.com/i/753723-2016-d2-report/1?> (προσβάσιμο:07/12/20).

Stathis, (2015). *Η Epson επαναστατεί και τυπώνει σε υφάσματα και πλακάκια*, Pcmag.com, URL= <https://gr.pcmag.com/peripherals/15863/e-epson-epanastatei-kai-tuponei-se-uphasmata-kai-plakakia> (προσβάσιμο: 03/02/21).

Sculpteo.com. (2021). *3D Printing Technologies and Techniques*, URL: [sculpteo.com/en/3d-printing-technologies/](http://sculpteo.com/en/3d-printing-technologies/) (προσβάσιμο: 01/02/21).

Scott, F. (2016). The Death of Screen Printing – written in 1996, *T-BIZ Network International*, URL: <https://t-biznetwork.com/articles/fun-and-humorous/the-death-of-screen-printing-written-in-1996/> (προσβάσιμο: 07/12/20).

Shirota, K., Shioya, M., Suga, Y., Eida, T. (1996). *Kogation of Inorganic Impurities in Bubble Jet Ink*, pp. 218–219.

Studiolive.gr, Το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον του 3D printing, URL= <https://www.studiolive.gr/%CE%BD%CE%AD%CE%B1-%CE%B5%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7/to-parelthon-to-paron-kai-to-mellon-toy-3d-pr/> (προσβάσιμο: 27/01/21).

Tyson, J. (2020), How Inkjet-printers work, *How stuff works*, URL= <https://computer.howstuffworks.com/inkjet-printer.htm> (προσβάσιμο: 19/10/20).

Τράντζας, Γ. (2016). Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση και ποιες οι εφαρμογές της, *Pc Steps*, URL= <https://www.pcsteps.gr/100046-%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B7->

[%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%8D%CF%80%CF%89%CF%83%CE%B7-3d-printing/](#) (προσβάσιμο: 27/2/21)

Timson, M. (2017). Industrial Print 2.0 – Moving onto Another Level, URL: [http://www.inprintshow.com/germany/2017/assets/Industrial\\_Print\\_2.0\\_-\\_Moving\\_onto\\_another\\_level.pdf](http://www.inprintshow.com/germany/2017/assets/Industrial_Print_2.0_-_Moving_onto_another_level.pdf) (προσβάσιμο: 27/03/21)

Textile Focus, (2020). Uses & Benefits of Digital Printing in the Textile Industry, *Textilefocus.com*, URL: <http://textilefocus.com/uses-benefits-digital-printing-textile-industry/> (προσβάσιμο:11/12/20)

Vaught, J. L., Frank L.C., Donald, D. K., Meyer, J. D., Tacklind A.C., Taub, H. H., (1982). Thermal ink jet printer, *HP Inc.*

Wickell, J. (2020), Printing on Fabric With Inkjet and Laser Printers, *The spruce crafts*, URL= <https://www.thesprucecrafts.com/print-fabric-with-inkjet-laser-printers-2821354> (προσβάσιμο: 20/01/21)

Yeates, G. S., Desheng Xu, Marie-Beatrice M., Caras-Quintero D., Khalid A. A., Malandraki, A., Sanchez-Romaguera, V., (2014). *Inkjet Technology for Digital Fabrication*. pp. 87–112.

Zoltan, S. (1970). Pulsed droplet ejecting system, United States.

3DEXPERT. (2014). Μέρη Εκτυπωτή, *3DEXPERT: All about 3D printing*, URL= <https://www.3dexpert.gr/3dprinters-intro/meri-ektipoti/> (προσβάσιμο: 27/02/21)