

**Πτυχιακή εργασία με θέμα:**

Σύγχρονες μέθοδοι και προοπτικές στην ανακύκλωση του χαρτιού

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Κονδύλη Μ. Αιμιλία

Φοιτητής : Καλογεράκης Αργύριος

Πειραιάς, Ιανουάριος 2016

## Περίληψη

Αυτή η πτυχιακή εργασία έχει σκοπό τη μελέτη την έρευνα και την καταγραφή της παρούσας κατάστασης ανακύκλωσης χαρτιού στην Ελλάδα και σ'όλον τον κόσμο.

Επίσης περιγράφει αναλυτικά τη βιομηχανική διαδικασία της συλλογής, ανακύκλωσης και παραγωγής χαρτιού.

Η εργασία αυτή προσπαθεί να μεταδώσει ένα μήνυμα:

### ***Ανακυκλώνω - Επαναχρησιμοποιώ - Ελαττώνω***

Ή στα αγγλικά τα γνωστά τρία R – (Recycle, Reuse, Reduce) οι οικολογικές οργανώσεις, οι δήμοι, τα σχολεία, και τα πανεπιστήμια προσπαθούν να κάνουν βίωμα σ' εμάς τους απλούς ανθρώπους ότι είναι υποχρέωση μας να φροντίζουμε τη μητέρα Γη, γιατί τα αγαθά που μας προσφέρει δεν είναι αστείρευτη πηγή και πρέπει η ανακύκλωση να γίνει τρόπος ζωής.

### **Λέξεις κλειδιά**

Ανακύκλωση χαρτιού, Πολτοποίηση kraft, Ίνα, Απομελάνωση Χαρτιού

### **Abstract**

This thesis aims to study the investigation and registration of this paper recycling situation in Greece and in the whole world.

It also describes in detail the industrial process of collection, recycling and paper production.

This work has a purpose to convey a message:

### **Recycle - Reuse - Reduces**

Or in English known three R - (Recycle, Reuse, Reduce) environmental organizations, municipalities, schools, and universities trying to make experience in our ordinary people that it is our duty to take care of Mother Earth, because goods our offers are not inexhaustible source and recycling should become a way of life.

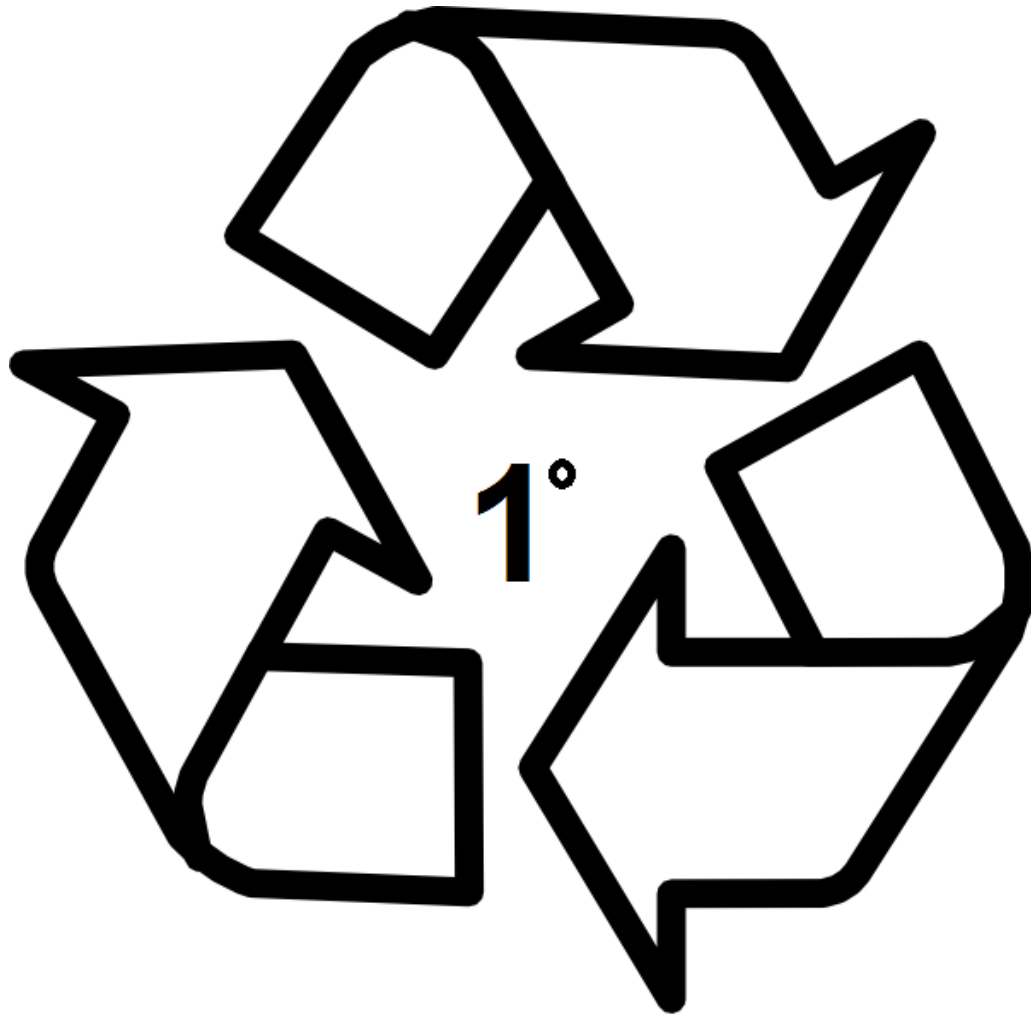
**Keywords** Paper recycling, Fiber, *Wood pulp*, kraft pulping

## Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή</b>	6
<b>2. Χαρτί και ανακύκλωση</b>	7
2.1. Τι είναι το χαρτί	8
2.2. Η ιστορία του χαρτιού	9
2.3. Η ιστορία πίσω από το σύμβολο της ανακύκλωσης	18
2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ανακύκλωσης	19
<b>3. Παραγωγή χαρτιού από ξύλο</b>	24
3.1. Πρώτες Ύλες Παρασκευή	25
3.2. Fiber Διαχωρισμός	26
3.3. Λεύκανση ή Λάμψη	27
3.4. Στρωμάτωση ινών	29
3.5. Τεχνολογίες πολτοποίησης	31
3.5.1. Μηχανική πολτοποίηση	31
3.5.2. Chemical Pulping Χημική πολτοποίηση	32
<b>4.1. Παράμετροι ποιότητας χαρτιού</b>	37
4.1.1. Σύνθεση Πρώτων Υλών	37
4.1.2. Επιφάνεια του χαρτιού (εμφάνιση)	37
4.1.3. Σαφήνεια, αδιαφάνεια και διαφάνεια	37
4.1.4. Μέγεθος	38
4.1.5. Δύναμη	38
4.1.6. Γραμμάρια και το πάχος	38
4.1.7. Κόκκος	38
4.1.8. Η γήρανση του χαρτιού	39
<b>4.2. FSC</b>	41
<b>4.3. Η διαδικασία της ανακύκλωσης χαρτιού</b>	42
4.3.1. Ταξινόμηση	43
4.3.2. Συλλογή	44
4.3.3. Μεταφορά και αποθήκευση	45

4.3.4.Η διαδικασία της ανακύκλωσης: πολτοποίηση επαναπολτοποίηση και διαλογή	46
4.3.5.Καθάρισμα	47
4.3.6. Απομελάνωση	47
4.3.7.Λεύκανση	48
4.3.8.Ποσοστό ανακτημένου χαρτιού που δεν ανακυκλώνεται	48
4.3.9.Υπολείμματα κατά την απομελάνωση	49
4.3.10.Προϊόντα ανακυκλωμένο χαρτιού	50
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>51</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ



## 1. Εισαγωγή

Τον προηγούμενο αιώνα, μετά τη βιομηχανική επανάσταση αρχίσαν να δημιουργούνται μεγάλα και πολλά προβλήματα στη γη με σοβαρές συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων, στα φυτά και στα ζώα. Επιπλέον δημιουργήθηκε η τρύπα του όζοντος, οι βιομηχανικοί ρύποι αυξήθηκαν ρυπαίνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα και τα προϊόντα που καταναλώνουμε.

Οι επιστήμονες όλου του κόσμου ενεργοποιήθηκαν, για να αντιμετωπίσουν όλα αυτά τα προβλήματα, ορισμένα από τα πολλά προβλήματα αντιμετωπίζονται άλλα με φίλτρα στα εργοστάσια, τα προϊόντα που προκαλούν την τρύπα του όζοντος αποσύρθηκαν και άλλα με εγκατάσταση βιολογικών καθαρισμών στις βιομηχανίες.

Βέβαια η συνεχής αύξηση του πληθυσμού και η κοινωνική και τεχνολογική ανάπτυξη, είχαν ως αποτέλεσμα την αλλαγή της σύνθεσης των απορριμμάτων, καθώς και την αλματώδη αύξηση της παραγόμενης ποσότητας τους.

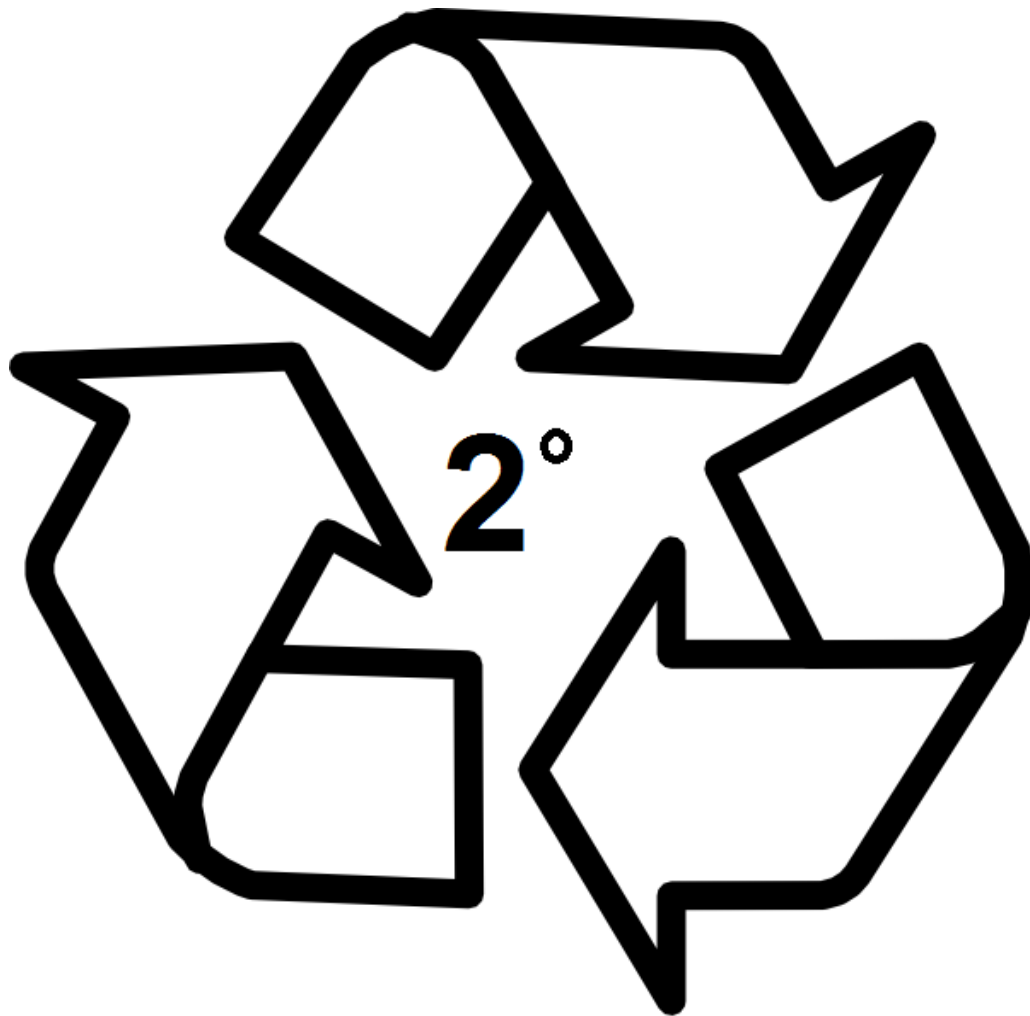
Επίσης αναπτύχθηκε η ιδέα της ανακύκλωσης και η οποία άρχισε να υλοποιείται για διάφορα απορρίμματα όπως γυαλί, χαρτί, αλουμίνιο, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, πλαστικά, κ.α. Έτσι περιορίζεται ο όγκος των απορριμμάτων και προστατεύεται το περιβάλλον και η δημόσια υγεία.

Με την ανακύκλωση χαρτιού προστατεύονται τα δάση από την αποψίλωση και δημιουργείται χαρτί για καινούρια χρήση. Συνεχώς γίνονται μελέτες και έρευνες για την καλύτερη ανάπτυξη μεθόδων ανακύκλωσης.

Η Ελλάδα ακολουθεί το παράδειγμα των άλλων χωρών και γίνονται προσπάθειες από τις χαρτοβιομηχανίες και οικολογικές οργανώσεις να κάνουν τρόπο ζωής στους Έλληνες την ανακύκλωση.

Οι Δήμοι έχουν τοποθετήσει ειδικούς κάδους σχεδόν σε όλους τους δρόμους για αυτό το σκοπό. Οι πολίτες ενημερώνονται για τα οφέλη της ανακύκλωσης από επιστήμονες και ειδικούς. Στα σχολεία τα παιδιά ενημερώνονται για την σπουδαία αυτή δράση της ανακύκλωσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ



## 2.1. Τι είναι το χαρτί;

Αληθινό χαρτί χαρακτηρίζεται το λεπτό φύλλο κατασκευασμένο από ίνες που έχει εμβαπτιστεί έως ότου κάθε άτομο νήμα γίνει μια ξεχωριστή μονάδα. Το μεσαιωνικό χαρτί έγινε από αραιωμένες ίνες βαμβακιού και λιναριού. Οι ίνες στη συνέχεια αναμιχθήκαν με νερό και με τη χρήση ενός κόσκινου, οι ίνες ανυψώνονται από το νερό αφήνοντας ένα φύλλο μπερδεμένων ινών στην επιφάνεια. Το λεπτό στρώμα από συνυφασμένες ίνες είναι το χαρτί.

Το χαρτί είναι μια εξαιρετική ευέλικτη ουσία που αποτελείται από φυσικές φυτικές ίνες που ονομάζεται κυτταρίνη. Αρχικά προεχόταν από κουρέλια υφασμάτων και πρασινάδες, το χαρτί είναι πλέον κατά κύριο λόγο από ξύλο (στην Ευρώπη, ο πολτός που δεν προέρχεται από ξύλο είναι μόλις 1,3% της παραγωγής πολτού).

Από την καλύτερη ποιότητα του χαρτιού έως το παχύτερο, ισχυρότερο κυματοειδές χαρτόνι, η διαδικασία παρασκευής του είναι η ίδια: το ξύλο πρέπει πρώτα να τεμαχισθεί και να αναμιχθεί με νερό για να γίνει πολτός. Ο πολτός στη συνέχεια εξευγενίζεται, καθαρίζεται και αναδεύεται προτού αντληθεί σε ένα κινούμενο κόσκινο ή πλέγμα. Καθώς ο πολτός ταξιδεύει κατά μήκος της οθόνης, περίσσεια νερού στραγγίζεται απομακρύνεται και ανακυκλώνεται. Ένα φύλλο χαρτί αρχίζει να σχηματίζεται από σύμπλεξη ινών κυτταρίνης. Καθώς κινείται μέσω της μηχανής χαρτοποιίας πιέζεται μεταξύ τεράστιων κυλίνδρων για να εξαχθεί το νερό και στη συνέχεια μέσα από θερμαινόμενους κυλίνδρους για να αφαιρεθεί οποιοδήποτε υπόλοιπο νερό. Μόλις το χαρτί έχει ξηρανθεί πιέζεται ανάλογα με την τελική χρήση του, μπορεί να ολοκληρωθεί με επιχρίσματα ή άλλα πρόσθετα που εξασφαλίζουν ομοιόμορφη ομαλότητα και πάχος.

Το χαρτί είναι παντού γύρω μας. Είναι δύσκολο να δοθεί μια οριστική απάντηση στο ερώτημα, "τι είναι το χαρτί;" επειδή ως προς τις μορφές και τις ιδιότητές του είναι τόσο διαφορετικό.

Ακόμη και αν κάποιος έχει πιο ευγενείς αξιώσεις από τον άλλο, ένα αγαπητό λογοτεχνικό χειρόγραφο έως το ταπεινό κουτί αυγών είναι εξίσου καλό και χρήσιμο. Όλα αυτά είναι κατασκευασμένα από διαφορετικό είδος χαρτιού.

Χαρτί και χαρτικά προϊόντα έχουν ένα ευρύ φάσμα χρήσιμων εφαρμογών - μπορεί να γίνει μαλακό και λεπτό όπως το ελαφρύτερο ή ισχυρό και αρκετά σκληρό για να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό. Και αυτή η πανταχού παρούσα ουσία συνεχίζει να αποκαλύπτει νέες ιδιότητες: το χαρτί μπορεί να αντιμετωπιστεί και να γίνει ανθεκτικό στη φωτιά μπορεί ακόμη και να στεγανοποιηθεί για να χρησιμοποιηθεί σε κύπη πλοίων.

Η βιομηχανία χαρτιού καθοδηγείται από συνεχή καινοτομία, οι χρήσεις αυτού του άπειρου φυσικού πόρου ίσως περιορίζονται μόνο από τη φαντασία μας.



## 2.2. Η ιστορία του χαρτιού



*Εικόνα 1 Ts'ai Lun (Τσάι Λουν)*

Το χαρτί όπως το ξέρουμε, εφευρέθηκε στην Κίνα, το 105 μ.Χ., από τον κινέζο Ts'ai Lun (Τσάι Λουν). Ήταν λεπτό, σχηματίζοντας επίπεδη πορώδη επιφάνεια σε καλούπια από μουλιασμένες φυτικές ίνες. Πριν από τον 3ο αιώνα μ.Χ., το πρώτο χαρτί έγινε από λιωμένο ρουχισμό (κουρέλια), φλοιό των δέντρων και της βλάστησης, όπως η μουριά, η κάνναβη και το γρασίδι. Το χαρτί χρησιμοποιήθηκε στην Κίνα από το 868 μ.Χ., για χαρακτηριστική θρησκευτικών εικόνων και έφτασε στο απόγειό της το 1634 με τα ξύλινα μπλοκ εκτυπώσεων τα οποία έγιναν δημοφιλή από τον Sung Ying-Hsing.

Η τεχνολογία της κατασκευής χαρτιού μετακόμισε από την Κίνα στην Ιαπωνία και στη συνέχεια στην Κορέα μ.Χ. 610 όπου συνήθως γίνονται από φλοιό μουριάς και Gampi. Αργότερα έγινε από μπαμπού και άχυρο ρυζιού.

Ο Marco Polo έδωσε μία από τις πρώτες περιγραφές της κινεζικής χαρτοποιίας σε «Milione του». Αναφέρει ότι οι Κινέζοι αυτοκράτορες κρατούν τα μυστικά της παραγωγής χαρτιού και ότι ψιλό χαρτί κατασκευάζεται από φυτικές ίνες: ρύζι ή άχυρο, τσάι, μπαμπού, καλάμια, κάνναβη και κουρέλια πανιού.



Εικόνα 2 Σχέδιο που απεικονίζει τον τρόπο κατασκευής χαρτιού στην Κίνα

Το κινεζικό χαρτί που γίνεται από το φλοιό και τις ίνες των υφασμάτων και της κάνναβης μπορεί να είχε ταξιδέψει με καραβάνια μέσω της ερήμου Γκόμπι, της ερήμου της Takla Makan και της κοιλάδας του Tarim και τελικά έφτασε στην Samarkan. Αλλά η χαρτοποιία ήταν ένα καλά φυλαγμένο μυστικό μέχρι το 751 μ.Χ.. Το 751 οι Κινέζοι έχασαν μια μάχη στο Τουρκεστάν, στις όχθες του ποταμού Tharaz. Υπήρχαν μαρτυρίες ότι μεταξύ των κινέζων κρατούμενων ήταν ειδικευμένοι χαρτοποιοί. Οι τεχνίτες αυτοί άρχισαν να κατασκευάζουν χαρτί στο Samarkan.

Το Σαμαρκάν ( σημερινό Ουζμπεκιστάν ) ήταν ένα καλό μέρος για να κατασκευάζεται χαρτί, γιατί είχε μια άφθονη προμήθεια κάνναβης, λιναριού και καθαρό νερό.

Εικάζεται ότι το πρώτο εργοστάσιο χαρτοποιίας ιδρύθηκε στη Βαγδάτη 793 μΧ

Η χαρτοποιία στη συνέχεια εξαπλώθηκε στη Δαμασκό, στην Αίγυπτο και στο Μαρόκο. Χρειάστηκαν 500 χρόνια για να βρει το δρόμο της προς την Ευρώπη. Μέχρι το τέλος του 10ου αιώνα, το χαρτί είχε αντικαταστήσει την περγαμηνή και τον πάπυρο στον αραβικό κόσμο.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός πρόωρων αραβικών χειρόγραφων σε χαρτί που χρονολογούνται από τον 9ο αιώνα. Το υλικό του Αραβικού χαρτιού προφανώς κατασκευάστηκε από λινάρι. Φαίνεται ότι οι Άραβες, και οι ειδικευμένοι Πέρσες εργάτες οι οποίοι απασχολούνταν χρησιμοποιήσαν το λινάρι, το οποίο αναπτυσσόταν σε αφθονία στο Χορασάν, ως κύριο υλικό τους, στη συνέχεια, χρησιμοποίησαν και κουρέλια, συμπληρώνοντας τα υλικά τους,

καθώς η ζήτηση αυξήθηκε, χρησιμοποίησαν οποιοσδήποτε φυτικές ίνες που τους εξυπηρετούσαν. Το βαμβάκι, εάν χρησιμοποιούταν καθόλου, χρησιμοποιήθηκε με πολύ φειδώ.

Πολλά χειρόγραφα σώζονται που γράφτηκαν σε χώρες της Ευρώπης, σε Oriental χαρτί ή χαρτί που γινόταν στην Ανατολή. Το παλαιότερο καταγεγραμμένο έγγραφο σε χαρτί ήταν μια πράξη του βασιλιά Roger της Σικελίας, του έτους 1102. Υπάρχουν και άλλα έγγραφα βασιλιάδων της Σικελίας κατά τον 12ο αιώνα. Επίσης μια συμβολαιογραφική πράξη, στη Γενεύη που χρονολογείται, το 1154. Η παλαιότερη γνωστή αυτοκρατορική πράξη στο ίδιο υλικό είναι ένας χάρτης του Φρειδερίκου Β στις μοναχές της Goess στη Συρία, του έτους 1228 που τώρα βρίσκεται στη Βιέννη. Το 1231 ο Φρειδερίκος Β 'απαγόρευσε την περαιτέρω χρήση του χαρτιού για τα δημόσια έγγραφα και έκαναν χρήση περγαμηνής. Στη Βενετία της *plegiolum Liber*, οι εγγραφές αρχίζουν κατά το έτος 1223, είναι φτιαγμένες από τραχύ χαρτί όπως είναι και τα μητρώα του Συμβουλίου των Δέκα, αρχής γενομένης από το 1325 και το μητρώο του αυτοκράτορα Ερρίκου. (1308--1313) διατηρούνται στο Τορίνο. Στο Βρετανικό Μουσείο υπάρχει ένα παλαιότερο χειρόγραφο, το οποίο περιέχει μερικές αστρονομικές πραγματείες γραμμένο σε ένα εξαιρετικό χαρτί από ιταλικό χέρι από το πρώτο μισό του 13ου αιώνα. Στο δημόσιο ΓΑΚ υπάρχει ένα γράμμα σε χαρτί από τον Raymond, ο γιος του Raymond, δούκας της Ναρμπόν και κόμης της Τουλούζης, προς τον Henry III της Αγγλίας, που γράφτηκε κατά τη διάρκεια των ετών 1216-1222. Αναφορές για ισπανικό χαρτί υπάρχουν από το 1279.

Υπάρχει καταγεγραμμένο χαρτί που χρησιμοποιείται από την αυτοκράτειρα Ειρήνη στην Ελλάδα στα τέλη του 13ου αιώνα, όμως, δεν υπάρχουν σωζόμενα ελληνικά χειρόγραφα σε χαρτί πριν από τα μέσα του 13ου αιώνα.

Η Μουσουλμανική κατάκτηση της Ισπανίας έφερε τη χαρτοποιία στην Ευρώπη. Η αγγλική λέξη «δεσμίδα» (που σημαίνει 500 φύλλα) προέρχεται από τα ισπανικά και τα γαλλικά από την αραβική λέξη *rizmah* που μεταφράζεται ως «δέσμη».

Τόσο η Ισπανία όσο και η Ιταλία ισχυρίζονται ότι είναι η κάθε μια πρώτη στην κατασκευή χαρτιού στην Ευρώπη. Μια από τις πρώτες χαρτοβιομηχανίες στην Ευρώπη ήταν σε Xativa (τώρα Jativa ή του Αγίου Felipe de Javita στην αρχαία πόλη της Βαλένθια και μπορεί να χρονολογηθεί το 1151 μ.Χ. Ορισμένοι μελετητές υποστηρίζουν ότι οι Άραβες έχτισαν μύλο χαρτοποιίας στη Xativa περίπου το 1009 μ.Χ.. συνεχίστηκε σύμφωνα με το μαυριτανικό κανόνα μέχρι το 1244, όταν εκδιώχθηκαν οι Τρύφωνες. Τότε άρχισε σταδιακά να εξαπλώνεται σε όλη τη χριστιανική Ευρώπη η κατασκευή χαρτιού.

Το πρώτο καλούπι με σύρμα για την κατασκευή χαρτιού εντοπίζεται στην Ισπανία που χρονολογείται στα 1150 μ.Χ. Τα καλούπια Μπαμπού ήταν κοινά στην Κίνα, αλλά δεν ήταν άμεσα διαθέσιμα στην Ευρώπη.

Το μπαμπού επέτρεψε στο καλούπι να είναι ευέλικτο, αλλά το Ευρωπαϊκό άκαμπτο συρματένιο καλούπι, ταίριαζε καλύτερα στο σχηματισμό των ινών από κουρέλια. Οι Ευρωπαίοι επινόησαν επίσης τον φράχτη (deckle), ο οποίος κρατά το χαρτί μέσα στα όρια.

Το παλαιότερο χαρτί ονομαζόταν «περγαμινή πανί», αλλά συχνά περιείχε ξύλο και άχυρο εκτός από ύφασμα. Όλες αυτές οι πρώτες ύλες πολτοποιούνταν και αναμιγνύονταν με νερό. Στη συνέχεια πιεζόταν έτσι ώστε να απομακρυνθεί το νερό, ξηραινόταν και σκλήραινε.

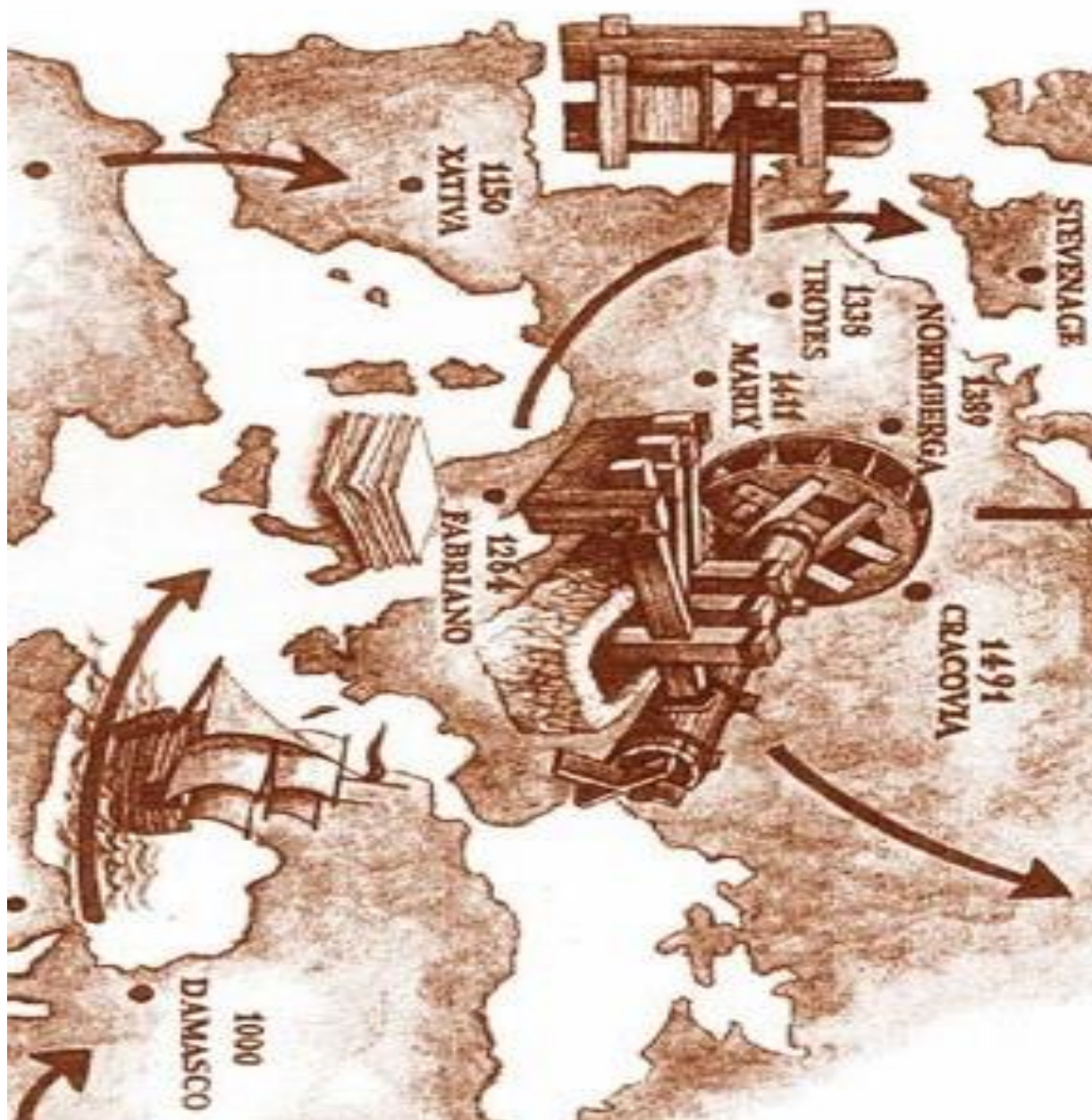
Η ζήτηση για χαρτί ήταν λίγη κατά τον 10ο αιώνα. Το χαρτί κόστιζε περισσότερο, ήταν πιο εύθραυστο από περγαμινή και συνδέθηκε με τους Εβραίους και Άραβες τους οποίους δεν εμπιστεύονταν. Στην πραγματικότητα, η Εκκλησία στη Δυτική Ευρώπη αρχικά απαγόρευσε τη χρήση του χαρτιού αποκαλώντας το «ειδωλολατρική τέχνη», πιστεύοντας ότι η ζωική περγαμινή ήταν το μόνο αρκετά «ιερό» πράγμα για να αποτυπώνεται ο Ιερός Λόγος.

Με την έλευση της εκτύπωσης στα μέσα του 15ου αιώνα άρχισε να γίνεται η ζήτηση σε χαρτί μεγαλύτερη. Η πρώτη παράσταση της διαδικασίας εκτύπωσης είναι η εκτύπωση το 1568 σε ξύλο από τον Jost Ammán στο Μικρό Βιβλίο των συναλλαγών.

Στην Ιταλία το πρώτο μεγάλο κέντρο βιομηχανίας χαρτιού ήταν το Fabriano στη Μαρκιονία της Ανκόνα. Μύλοι ιδρύθηκαν το 1276. Το πρώτο επίσημο έγγραφο που καταγράφει την παρουσία της παραγωγής χαρτιού στο Fabriano χρονολογείται από το 1283, και είναι μια συμβολαιογραφική πράξη.

Στο 1340 ένα εργοστάσιο ιδρύθηκε στο Τρεβίζο και άλλα εργοστάσια γρήγορα ιδρύονται στα εδάφη της Φλωρεντίας, της Μπολόνια, της Πάρμα, του Μιλάνο και της Βενετίας. Τα εργοστάσια της βόρειας Ιταλίας προμηθεύουν με χαρτί τη Γερμανία ως τον 15ο αιώνα. Τα πρώτα γερμανικά εργοστάσια δημιουργούνται περίπου το 1320. Ο Ulman Stromer καθιέρωσε ένα εργοστάσιο το 1390 στη Νυρεμβέργη, με τη βοήθεια των Ιταλών εργατών.

Το πρώτο έγγραφο που αναφέρει ότι ιδρύθηκαν εργοστάσια στη Γαλλία είναι το 1189, στην περιοχή του Héroult. Από το δεύτερο μισό του 14ου αιώνα, η χρήση του χαρτιού για λογοτεχνικούς σκοπούς είχε καθιερωθεί σε όλες τις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Κατά τη διάρκεια του 15ου αιώνα σταδιακά αντικαταστάθηκε η περγαμινή από το χαρτί. Η περγαμινή χρησιμοποιούνταν σαν εξώφυλλο στα βιβλία.

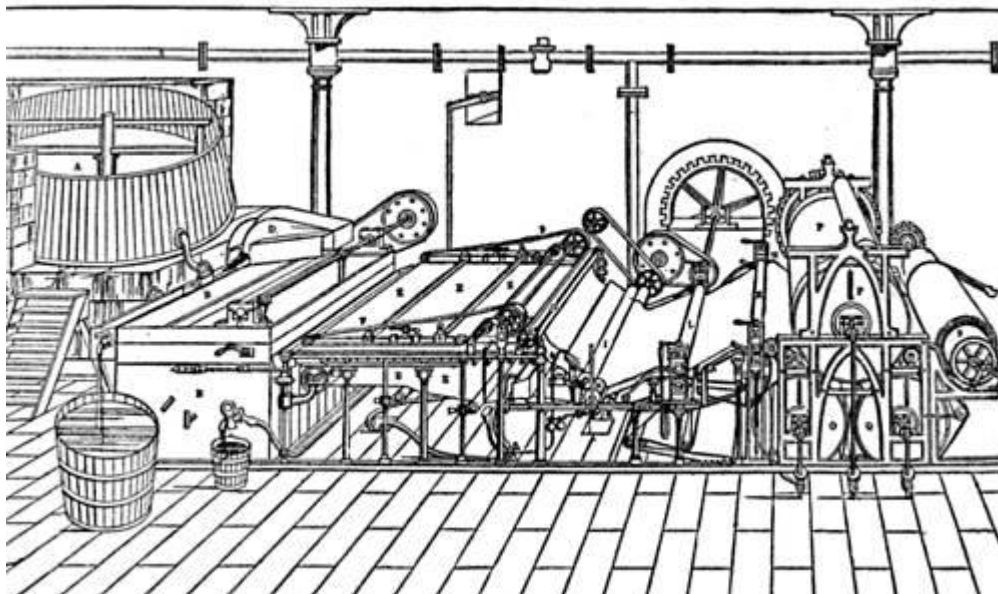


Εικόνα 3 Χάρτης όπου φαίνεται η πορεία μεταφοράς της τεχνολογίας παρασκευής χαρτιού

Στο τέλος του 14ου αιώνα η παρασκευή χαρτιού εξαπλώθηκε σε όλη την Ευρώπη. Αποφασιστικό βήμα της εδραίωσης της ήταν η εφεύρεση της τυπογραφίας από το Γουτεμβέργιο το 1447 μ.Χ. Το 1448 μ.Χ. ο Γουτεμβέργιος τυπώνει ένα ημερολόγιο. Επίσης το 1450 αρχίζει η εκτύπωση της Βίβλου σε 1282 σελίδες. Η τυπογραφία βοήθησε να ζητούνται τυπωμένα έργα και αυξήθηκε η ζήτηση σε χαρτί. Αυτή η περίοδος συνέπεσε με την εποχή της Αναγέννησης.

Με την ανακάλυψη της τυπογραφίας άρχισαν να τυπώνονται και να κυκλοφορούν έντυπα και βιβλία με σκέψεις μεγάλων αντρών, των αρχαίων και

νεότερων χρόνων, που γίνονταν κτήμα πιά των πολλών και όχι των λίγων μόνο ανθρώπων. Έτσι η πρώτη ύλη, άρχισε να μειώνεται αισθητά, που μέχρι τότε ήταν φυτικές και συνθετικές ίνες κυρίως από βαμβάκι και λινάρι. Τότε άρχισαν να αναζητούνται άλλες πηγές πρώτης ύλης. Το 1719 ο Γάλλος Rene Antoine Ferchault de Reaumur, ανέφερε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξύλο για την παραγωγή χαρτιού.



Εικόνα 4 Fourdrinier μηχανή παραγωγής χαρτιού



Εικόνα 5 Κοινή Σφήκα (*Vespula vulgaris*)

Το 1798 ο Γάλλος Nicholas-Louis Robert εφηύρε μια μηχανή παραγωγής χαρτιού σε μορφή ρολό και όχι μεμονωμένα φύλλα δεν βρήκε όμως χρηματοδότη και έτσι το σχέδιο της μηχανής δεν χρησιμοποιήθηκε. Αργότερα οι Άγγλοι αδερφοί Fourdrinier πήραν το σχέδιο του Γάλλου Nicholas-Louis Robert κατασκεύασαν την δική τους μηχανή την οποία κατοχύρωσαν με παγκόσμιο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και έτσι η μηχανή έμεινε στην ιστορία με το όνομα τους αν και δεν χρησιμοποιήθηκε ποτέ.



Εικόνα 6 Nicholas-Louis Robert

Ο Γερμανός Friedrich Gottlob Keller παρατήρησε ένα είδος σφήκας οι οποίες μασουλώντας κομμάτια ξύλου έφτιαχναν τις φωλιές τους, που έμοιαζαν χαρτονένιες. Το 1850 ο Friedrich Gottlob Keller κατάφερε να συνθλίψει ξύλο μετατρέποντάς το σε ξυλοπολτό. Στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, το ξύλο ήταν άφθονη και φθηνή πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτιού επειδή είναι πλούσια σε κυτταρίνη. Το 1851 ο Άγγλος Hugh Burgess χρησιμοποίησε χημικά για να πολτοποιήσει το ξύλο.



Εικόνα 7 Friedrich Gottlob Keller

Επειδή η ζήτηση παραγωγής χαρτιού αυξήθηκε λόγω μεγάλης κυκλοφορίας περισσότερων έντυπων μέσων, επικοινωνίας των ανθρώπων (

βιβλία, εφημερίδες, περιοδικά και άλλα) έπρεπε να βρεθεί εναλλακτικός τρόπος παραγωγής χαρτιού για να σωθεί το περιβάλλον. Ο μεγάλος όγκος άχρηστης χάρτινης μάζας στα σκουπίδια δημιούργησε την ιδέα της ανακύκλωσης.

First stage (2001)	Recovery	Recycling
Article in 'Packaging Directive'	§6(*) (a) (Overall target: 50–65 %)	§6(*) (c) (Plastics: 15 %)
Malta	2009	2009
Bulgaria	2011	2009
Romania	2011	2011

Second stage (2008)	Recovery	Recycling					
Article in 'Packaging Directive'	§6(*) (b) (Overall target: 60 %)	§6(*) (d) (Overall target: 55–80 %)	§6(*) (e) (i) (Glass: min. 60 %)	§6(*) (e) (ii) (Paper and board: min. 60 %)	§6(*) (e) (iii) (Metals: min. 50 %)	§6(*) (e) (iv) (Plastics: min. 22.5 %)	§6(*) (e) (v) (Wood: min. 15 %)
Belgium	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Denmark	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Germany	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Spain	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
France	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Italy	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Luxembourg	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Netherlands	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Austria	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Finland	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Sweden	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
United Kingdom	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Greece	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Ireland	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Portugal	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Czech Republic	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Estonia	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Cyprus	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Lithuania	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Hungary	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Slovenia	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Slovakia	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Malta	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013
Poland	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014
Latvia	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Bulgaria	2014	2014	2013	2008	2008	2013	2008
Romania	2013	2013	2013	2008	2008	2013	2011

(\*) The target dates in the table always refer to the end of the year.

(\*) The data for wood shall not be used for the purpose of evaluating the target of a minimum of 15 % by weight for each packaging material, as provided for in article 6(\*) (c) of Directive 94/62/EC, as amended by Directive 2004/12/EC.

*Εικόνα 8 Πρώτο και δεύτερο στάδιο, οι στόχοι και τα έτη κατά τα οποία θα πρέπει να επιτευχθούν*



	Recovery rate	Recycling rate
<b>EU-28</b>	<b>78.5</b>	<b>64.6</b>
Belgium	97.0	80.3
Bulgaria	67.5	66.5
Czech Republic	73.6	69.9
Denmark	89.4	63.0
Germany	96.8	71.3
Estonia	67.8	61.3
Ireland	86.6	74.0
Greece	58.6	58.6
Spain	73.0	66.5
France	74.7	64.9
Italy	59.7	59.7
Croatia	76.3	66.6
Cyprus	55.7	55.3
Latvia	54.6	51.1
Lithuania	62.5	62.2
Luxembourg	93.0	62.5
Hungary	60.1	48.5
Malta	47.5	46.6
Netherlands	92.7	69.3
Austria	94.0	65.9
Poland	57.1	41.4
Portugal	59.9	56.9
Romania	57.4	56.8
Slovenia	78.0	66.9
Slovakia	70.0	68.1
Finland	93.3	59.3
Sweden	80.1	56.9
United Kingdom	69.1	61.4
Iceland	56.5	41.8
Liechtenstein	90.0	44.3
Norway	92.7	55.9

*Εικόνα 9 Ανάκτηση και ανακύκλωση ποσοστού για τα απορρίμματα συσκευασίας, 2012*

### 2.3. Η ιστορία πίσω από το σύμβολο της ανακύκλωσης

Επειδή το σύμβολο της ανακύκλωσης είναι τόσο οικείο και πανταχού παρόν, έχουμε την τάση να το θεωρούμε δεδομένο, δεν συνειδητοποιούμε ότι είχε σχεδιαστεί από έναν φοιτητή ο οποίος, ακόμη και σήμερα, εξακολουθεί να ανησυχεί για το περιβάλλον.

Τον Απρίλιο του 1970 πραγματοποιήθηκε η πρώτη Ημέρα της Γης που συμπίπτει με την επιτακτική περιβαλλοντική συνείδηση, όπου το περιβαλλοντικό κίνημα άρχισε να κερδίζει έδαφος.

Ένα άτομο που συμμετείχε σε αυτή την πρώτη ημέρα της Γης ήταν ο φοιτητής στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας ο Gary Dean Anderson, ο οποίος σχεδίασε το σύμβολο της ανακύκλωσης αργότερα την ίδια χρονιά.

Όταν οι άνθρωποι αρχίζουν να συνειδητοποιούν ότι οι πόροι της γης δεν ήταν άπειροι και υπάρχει ανάγκη διατήρησης και ανανέωσης τους για τις μελλοντικές γενιές. Κάθε χρόνο γιορτάζουμε την Ημέρα της Γης.

Επίσης, ότι την άνοιξη του 1970, η Container Corporation of America, μια εταιρεία χαρτονιού, χρηματοδότησε ένα διαγωνισμό για το περιβάλλον και οι μαθητές έπρεπε να δημιουργήσουν ένα σχέδιο που θα συμβόλιζε τη διαδικασία ανακύκλωσης χαρτιού.

Το νέο σύμβολο της ανακύκλωσης επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό συσκευασιών από ανακυκλωμένες και ανακυκλώσιμες ίνες, και να επιστήσουν την προσοχή στην ανακύκλωση χαρτιού ως μια αποτελεσματική μέθοδο της διατήρησης των φυσικών πόρων μας.

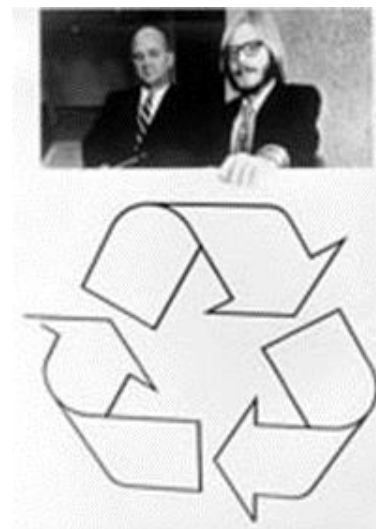
Η CCA προσπάθησε να προωθήσει την μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του ανακυκλώσιμο χαρακτήρα των ινών του χαρτιού, και να τονίσει τη συμβολή της ανακύκλωσης στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Εκείνη την εποχή, η CCA (τώρα Smurfit-Stone Container Corporation) ήταν ο μεγαλύτερος χρήστης των ανακυκλωμένων ινών στις ΗΠΑ, και εύκολα θα μπορούσε να έχει τη δική της εταιρική σχεδιαστική ομάδα για το σύμβολο, αλλά αποφάσισε ότι η νεότερη γενιά των φοιτητών, ως κληρονόμοι της γης, θα ήταν η καλύτερη πηγή για το νέο σχεδιασμό.



*Εικόνα 10 Ο Gary Dean Anderson, ο οποίος σχεδίασε το σύμβολο της ανακύκλωσης*

Περισσότεροι από 500 ταλαντούχοι μαθητές υπέβαλαν τις συμμετοχές τους, οι οποίες κρίθηκαν από μια διακεκριμένη επιτροπή κριτών στο Διεθνές Συνέδριο Σχεδιασμού στο Aspen, Κολοράντο. Το θέμα του συνεδρίου ήταν «Περιβάλλον by Design». Ο πρώτος νικητής ήταν ο Gary Dean Anderson, ένας μεταπτυχιακός φοιτητής στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας στο Λος Άντζελες. Ο δεύτερος νικητής του βραβείου ήταν ο Mike Νόρτσια της Νέας Υόρκης, και το τρίτο βραβείο απονεμήθηκε στην Janet McElmurry του Πανεπιστημίου της Georgia. Υπήρχαν, επίσης, είκοσι βραβεία Αριστείας.

Ο Gary Anderson είχε μόλις αποφοιτήσει από το πρόγραμμα της αρχιτεκτονικής του USC διάρκειας 5 ετών, και ολοκληρώνοντας ένα επιπλέον έτος για ένα μεταπτυχιακό του αστικού σχεδιασμού. Το βραβείο για την νικητήρια συμμετοχή ήταν \$ 2.500 δίδακτρα επιχορήγηση για περαιτέρω μελέτη σε κάθε κολέγιο ή πανεπιστήμιο στον κόσμο. Αφού έλαβε το μεταπτυχιακό του στον αστικό σχεδιασμό από το USC, ο Άντερσον επέλεξε το Πανεπιστήμιο του μεταπτυχιακού προγράμματος της Στοκχόλμης στις κοινωνικές επιστήμες για αγγλόφωνους μαθητές, όπου σπούδασε τη σχέση μεταξύ της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και φυσικού χώρου, και κέρδισε ένα δίπλωμα στις κοινωνικές επιστήμες (περίπου ισοδύναμο με ένα μεταπτυχιακό) το 1972. Είχε επίσης την ευκαιρία να μάθει τη σουηδική γλώσσα μέσα από εντατικό πρόγραμμα διδασκαλίας του πανεπιστημίου για τις γλώσσες.



*Εικόνα 11 Ο πρώτος νικητής ήταν ο Gary Dean Anderson, ο οποίος σχεδίασε το σύμβολο της ανακύκλωσης*

## 2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ανακύκλωσης

Ανακύκλωση είναι η μετατροπή παλιών ή άχρηστων προϊόντων σε νέα προϊόντα που μας κάνει να αισθανόμαστε υπερήφανοι για ένα σημαντικό βήμα προς τη μείωση της ρύπανσης, επίσης η ανακύκλωση είναι μια διασκεδαστική δραστηριότητα ειδικά όταν γίνεται σε ομάδες. Παραδόξως, η διαδικασία της ανακύκλωσης δεν είναι πάντα ευεργετική και έχει συγκλονιστικά αποτελέσματα άγνωστα στους περισσότερους από εμάς.

Πριν από τη λήψη της απόφασης για ανακύκλωση είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής της διαδικασίας.

## Πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης

1. **Προστατεύει το περιβάλλον:** Αυτό είναι το κύριο πλεονέκτημα της ανακύκλωσης και αυτό προωθεί την προστασία του περιβάλλοντος με έναν ισορροπημένο τρόπο. Λαμβάνοντας για παράδειγμα την κοπή δέντρων για την παραγωγή χαρτιού, τα άτομα μπορούν να δημιουργήσουν ισορροπία με την ανακύκλωση χαρτιών που γίνονται από τα δέντρα. Με αυτό τον τρόπο, η αποψίλωση των δασών και η υλοτόμηση είναι μειωμένη. Οι φυσικοί πόροι διατηρούνται με αυτόν τον τρόπο.
2. **Μειώνει την κατανάλωση ενέργειας:** Όταν οι πρώτες ύλες υποβάλλονται σε επεξεργασία κατά τη διάρκεια της κατασκευής καταναλώνεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Ως εκ τούτου, η ανακύκλωση συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας καθιστώντας τη διαδικασία παραγωγής ωφέλιμη και το κόστος ιδιαίτερα χαμηλό για τους κατασκευαστές.
3. **Μειώνει τη ρύπανση:** Σήμερα τα βιομηχανικά απόβλητα είναι η κύρια πηγή όλων των μορφών ρύπανσης. Ανακύκλωση των βιομηχανικών προϊόντων, όπως κονσέρβες, χημικά, πλαστικά βοηθάει σημαντικά στη μείωση των επιπέδων ρύπανσης, καθώς αυτά τα υλικά επαναχρησιμοποιούνται, αντί να πετιούνται ανεύθυνα.
4. **Μειώνει την Υπερθέρμανση του πλανήτη:** Η ανακύκλωση βοηθά στην ανακούφιση από την υπερθέρμανση του πλανήτη και της σκληρές συνέπειες της. Σήμερα, τα μαζικά απόβλητα που καίγονται παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η ανακύκλωση είναι, επομένως, ένας αποτελεσματικός τρόπος για να διασφαλιστεί ότι η διαδικασία της καύσης μειώνεται και τα απόβλητα αναγεννούνται και μετατρέπονται σε χρήσιμα και φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα, χωρίς να δημιουργούν επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον.
5. **Η ορθολογική και βιώσιμη χρήση των πόρων:** Η ανακύκλωση προωθεί την ορθολογική και την αειφόρο χρήση των πόρων. Η διαδικασία αυτή εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχει διακριτή χρήση οποιουδήποτε υλικού, όταν υπάρχει σε αφθονία στο παρόν. Η ανακύκλωση ενθαρρύνεται σε όλα τα επίπεδα, ξεκινώντας από το σχολείο στα εταιρικά γραφεία και σε διεθνές επίπεδο. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να διατηρήσουμε όλους τους πολύτιμους πόρους για τη σημερινή γενιά και τις επόμενες για μελλοντική χρήση.
6. **Εξοικονόμηση Φυσικών Πόρων:** Τα προϊόντα που κατασκευάζονται από την εξαγωγή φρέσκων πρώτων υλών κάτω από τη γη μέσω της εξόρυξης και άντλησης παλιά δεν ανακυκλώνονταν. Τώρα με την ανακύκλωση η οποία συμβάλλει στη διατήρηση σημαντικών πρώτων υλών και προστατεύει το φυσικό περιβάλλον για το μέλλον. Διατήρηση

των φυσικών πόρων, όπως το ξύλο, το νερό και τα μέταλλα εξασφαλίζουν τη βέλτιστη χρήση τους.

7. **Μειώνει την ποσότητα των αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής:** Η ανακύκλωση παλαιών απόβλητων προϊόντων σε νέα προϊόντα μειώνει την ποσότητα των αποβλήτων που πηγαίνουν σε χωματερές. Αυτό βοηθά στη μείωση της ρύπανσης των υδάτων και της γης. Οι χωματερές αποτελούν σημαντική πηγή στην καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος. Τα προγράμματα ανακύκλωσης συμβάλουν στη μείωση κατά 70 τόνους περίπου αποβλήτων από το να εναποτίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής κάθε χρόνο.
8. **Δημιουργία πράσινων θέσεων εργασίας:** Η ανακύκλωση είναι καλή για το περιβάλλον και, επίσης δημιουργεί τις πράσινες θέσεις εργασίας. Σύμφωνα με ένα αμερικανικό γραφείο στατιστικής οι πράσινες θέσεις εργασίας είναι περίπου 3,1 εκατομμύρια στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 2010.

### **Μειονεκτήματα της Ανακύκλωσης**

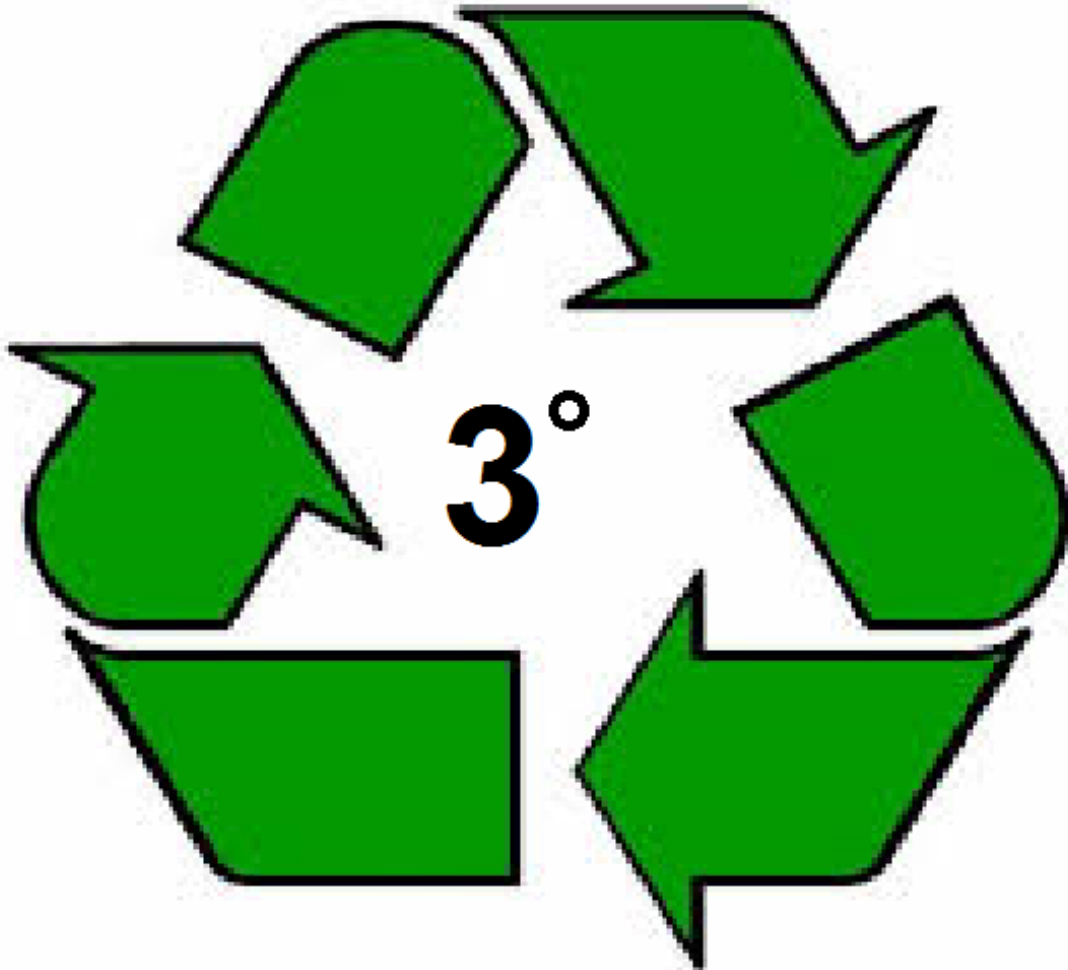
1. **Η ανακύκλωση δεν είναι πάντα αποδοτική οικονομικά:** Μερικές φορές, μπορεί να υπάρχει ανάγκη για τη δημιουργία ξεχωριστών εργοστασίων για την επεξεργασία των επαναχρησιμοποιήσιμων προϊόντων. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει περισσότερη ρύπανση, δεδομένου ότι θα πάνε στο πλαίσιο της διαδικασίας του καθαρισμού, αποθήκευσης και μεταφοράς.
2. **Τα ανακυκλωμένα προϊόντα δεν είναι πάντα ανθεκτικά:** Μερικές φορές τα προϊόντα που λαμβάνονται από φθηνά υλικά και υπερκατανάλωση, δεν εγγυώνται αντοχή και αποτελεσματικότητα 100 τις 100. Γι' αυτό είναι φθηνότερα.
3. **Μη ασφαλής και ανθυγιεινές τοποθεσίες ανακύκλωσης:** Οι περιοχές Ανακύκλωσης είναι συχνά ανασφαλείς και ανθυγιεινές. Μέρη όπου όλα τα είδη των αποβλήτων συγκεντρώνονται είναι ευνοϊκά για την εξάπλωση νόσων και άλλους κινδύνους που προκαλούνται από επιβλαβείς χημικές ουσίες και τα απόβλητα. Αυτό όχι μόνο προκαλεί εκτεταμένη ρύπανση, αλλά είναι επιβλαβές για τους αφοσιωμένους ανθρώπους που ανακυκλώνουν τα εν λόγω προϊόντα. Τα απόβλητα αυτά, αν αναμιχθούν με νερό μολύνουν το έδαφος τον υδροφόρο ορίζοντα και στη συνέχεια τα τρόφιμα και το πόσιμο νερό.
4. **Δεν είναι διαδεδομένη σε μεγάλη κλίμακα:** Παρά το γεγονός ότι η ανακύκλωση αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης, δυστυχώς, αυτή η διαδικασία είναι μόνο ένα μικρό μέρος της μακροπρόθεσμης επιτυχίας. Ανακύκλωση γίνεται συχνά σε μικρή κλίμακα, στα σπίτια ή στα σχολεία και έχει αποτύχει να είναι χρήσιμη σε ένα μεγάλο επίπεδο, όπως σε βιομηχανίες ή συνολικά στην παγκόσμια

σκηνή. Εξοικονόμηση χαρτιού στα σχολεία δεν μπορούν να συγκριθούν με πετρελαιοκηλίδες ή μαζική κοπή δέντρων σε βιομηχανικό επίπεδο.

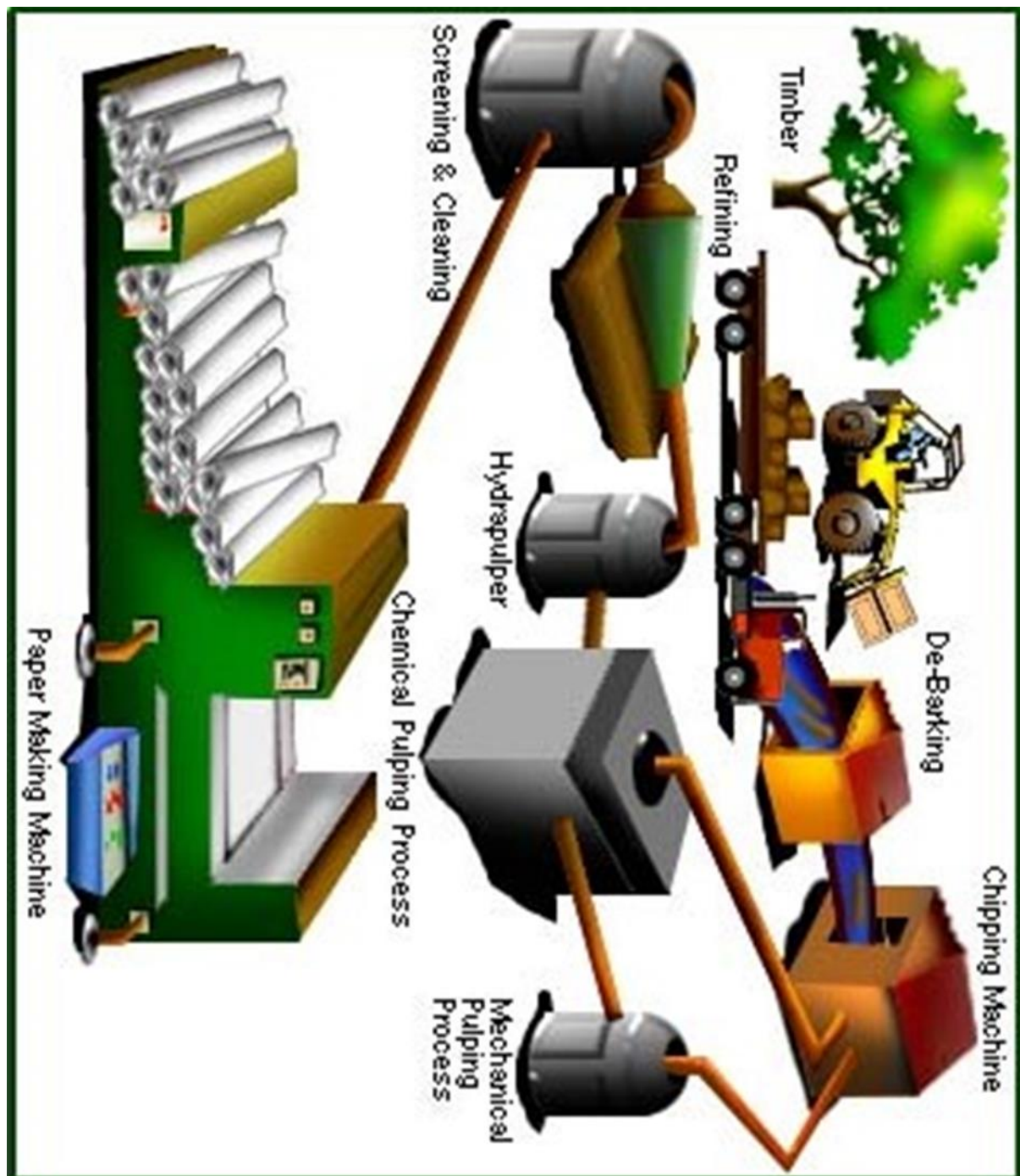
- 5. Υψηλό αρχικό κόστος:** Η δημιουργία νέας μονάδας ανακύκλωσης συνεπάγεται υψηλό κόστος. Αυτό το τεράστιο κόστος μπορεί να καταλήξει ως μέρος της απόκτησης διαφορετικών οχημάτων κοινής ωφέλειας, την αναβάθμιση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, εκπαιδύοντας τους κατοίκους με τη διοργάνωση σεμιναρίων και άλλων προγραμμάτων, τη διάθεση των υφιστάμενων αποβλήτων και των χημικών ουσιών κ.λπ.

Μετά τη σύγκριση μεταξύ των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της ανακύκλωσης, μπορεί κανείς να λάβει με σύνεση κρίσιμα βήματα που εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία. Η κατανόηση των επιπτώσεων της ανακύκλωσης είναι απαραίτητη σε μια μεγάλη κλίμακα η οποία, αν γίνει αποτελεσματικά μπορεί να φέρει τεράστια θετικά αποτελέσματα, αμοιβαία επωφελή για την ύπαρξη του ανθρώπου και του περιβάλλοντος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ



### 3. Παραγωγή χαρτιού από ξύλο



Εικόνα 12 Ροή παραγωγής χαρτοπολτού και χαρτιού



### 3.1. Πρώτες Ύλες Παρασκευή



*Εικόνα 13 κορμοί ξύλου*

Το ξύλο που εισάγεται στο μύλο πολτού μπορεί να είναι σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τη διαδικασία πολτοποίησης και την προέλευση της πρώτης ύλης. Μπορεί να είναι μικρά κομμάτια στρογγυλής ξυλείας με το φλοιό τους ή απόβλητα ελαιοτριβείου ή προ-πελεκημένη αποφλοιωμένη στρογγυλή ξυλεία, ή τα πριονίδια.

Εάν η πρώτη ύλη είναι στρογγυλή ξυλεία χρησιμοποιείται συνήθως, αποφλοιωμένη, εισάγεται σε μεγάλα χαλύβδινα βαρέλια γεμάτα νερό. Τα κοντά κούτσουρα αποφλοιωμένης ξυλείας στη συνέχεια κόβονται με τσεκούρι εάν η διαδικασία πολτοποίησης απαιτεί χημική πέψη ή τροφοδοτούνται σε ένα μύλο στην περίπτωση ορισμένων μηχανικών πολτών. Ανάλογα με το μέγεθος διαχωρίζονται, καθαρίζονται, και αποθηκεύονται προσωρινά για περαιτέρω επεξεργασία.

### 3.2. Fiber Διαχωρισμός



*Εικόνα 14 μηχανή ξεφλουδίσματος*

Το στάδιο διαχωρισμού των ινών είναι το σημείο στο οποίο η διάφορες τεχνολογίες πολτοποίηση αποκλίνουν. Στην Kraft χημική πολτοποίηση, ανάλογα με το μέγεθος τροφοδοτούνται σε χωνευτήρα, μέσα στον οποίο προστίθενται οι κατάλληλες χημικές ουσίες (λευκό υγρό). Το υλικό στη συνέχεια, μαγειρεμένο (πέψη) με ατμό σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες αρκετό καιρό για να διαχωριστούν οι ίνες και μερικώς να διαλυθεί η λιγνίνη και άλλα εκχυλίσματα. Μερικά χωνευτήρια λειτουργούν συνεχώς με σταθερή τροφοδοσία υλικών και υγρών, άλλα τροφοδοτούνται κατά διαστήματα. Μετά την πέψη, ο μαγειρεμένος πολτός (καφέ απόθεμα) μεταφέρεται σε δοχείο πίεσης (δεξαμενή χτυπήματος), όπου ο ατμός και τα πτητικά υλικά συλλέγονται. Το υγρό μαγειρέματος, ότι από αυτό έχει μετατραπεί σε σκούρο καφέ από τη διαλυμένη λιγνίνη (μαύρο υγρό), επιστρέφει στον κύκλο χημικής ανάκτησης, με τις εγκαταστάσεις ανάκτησης χημικών, η λιγνίνη στο μαύρο υγρό καίγεται για τη παραγωγή ενέργειας, και οι χημικές ουσίες που ανακτώνται, καθαρισμένες και ανασυνταγμένες, επιστρέφουν στο χωνευτήρα ως λευκό υγρό για επαναχρησιμοποίηση. Το καφέ απόθεμα που περιέχει τις ανακτημένες ίνες πλένεται με νερό, κοσκινίζεται για την αφαίρεση αχώνευτου ξύλου, και καθαρίζεται για να απομακρυνθούν άλλα ξένα σώματα. Τότε είναι έτοιμο για λεύκανση και περαιτέρω επεξεργασία.

Ο διαχωρισμός των ινών με μηχανική πολτοποίηση είναι λιγότερο περίπλοκος. Κατά τη διαδικασία αλέσματος με πέτρα αποφλοιωμένου κορμού

κατά την περιστροφή της πέτρας πλένεται συνεχώς με ένα ρεύμα νερού. Ο πολτός κατόπιν κοσκινίζεται για την απομάκρυνση υπολειμμάτων, είναι παχύρρευστος και αποθηκεύεται για την διαδικασία κατασκευής χαρτιού.

Στην παραγωγή θερμομηχανικού πολτού και ραφινάρισματος το ξύλο αλέθεται καθώς διέρχονται μέσω ταχέως περιστρεφόμενου δίσκου.

Ο θερμομηχανικός πολτός καθαρίζεται υπό πίεση με ατμό, σε ένα δεύτερο στάδιο ο πολτός κοσκινίζεται καθαρίζεται και το μεγαλύτερο μέρος του νερού επεξεργασίας αφαιρείται και είναι έτοιμος για την κατασκευή χαρτιού.

### 3.3. Λεύκανση ή Λάμψη

Δεδομένου ότι ο πρώτος πολτός (καφέ αποθεμάτων) εξακολουθεί να περιέχει σημαντική ποσότητα λιγνίνης, πρέπει να λευκανθεί για να παραχθούν ανοιχτόχρωμα ή λευκά χαρτιά που προτιμώνται για πολλά προϊόντα. Η λεύκανση συνήθως γίνεται σε διάφορα στάδια (πολλαπλά στάδια λεύκανσης). Μέσα από τη χλωρίωση και την οξειδωση των ινών διαλύεται η επιπλέον λιγνίνη από την κυτταρίνη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας αριθμός από λευκαντικά που εφαρμόζονται κατά βηματικό τρόπο εντός της λευκαντικής ακολουθίας. Αυτά περιλαμβάνουν αέριο χλωρίου,



Εικόνα 15 Μη-λευκασμένος πολτός

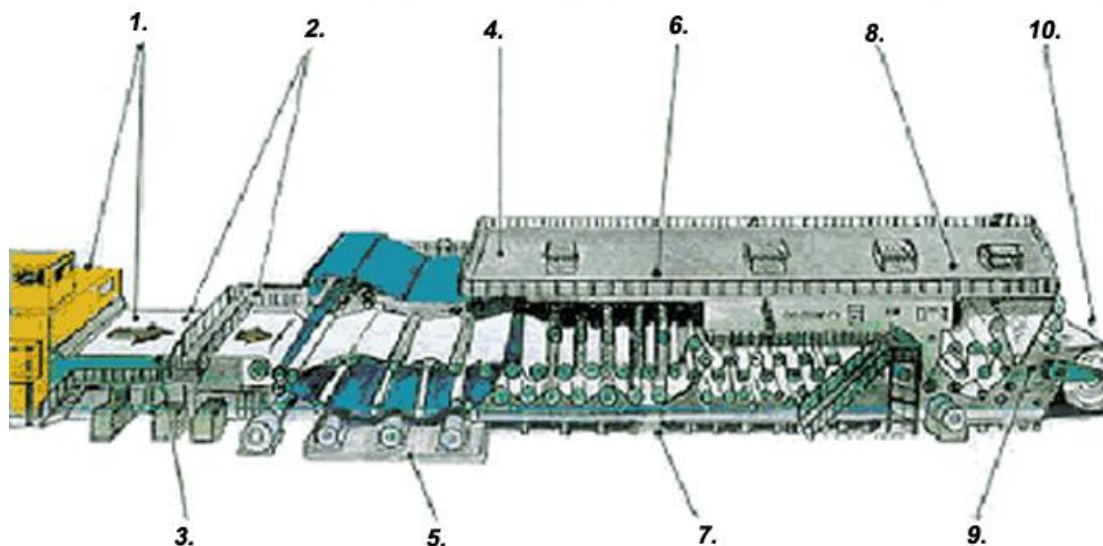
διοξειδίο χλωρίου, υποχλωριώδες νάτριο, υπεροξειδίο του υδρογόνου, και οξυγόνο. Κατά την διαδικασία λεύκανσης, ένα ισχυρό αλκάλιο (συνήθως υδροξειδίο του νατρίου) χρησιμοποιείται για την εκχύλιση της διαλυμένης λιγνίνης από την επιφάνεια των ινών. Τα λευκαντικά και η σειρά που χρησιμοποιούνται εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, όπως το σχετικό κόστος των χημικών λεύκανσης, τον τύπο και την κατάσταση του χαρτοπολτού, την επιθυμητή φωτεινότητα του χαρτιού και μερικές φορές περιβαλλοντικές κατευθυντήριες γραμμές και κανονισμούς. Η λεύκανση του μηχανικού πολτού είναι πολύ διαφορετική από εκείνη του χημικού πολτού. Η μηχανική πολτοποίηση αφήνει τη λιγνίνη και την κυτταρίνη ανέπαφη, ενώ ο σκοπός της χημικής πολτοποίησης είναι ο χημικός διαχωρισμός της λιγνίνης από τις ίνες κυτταρίνης και η αφαίρεση του από τον πολτό. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μηχανικών πολτοποιήσεων είναι οι υψηλές αποδόσεις του πολτού που μπορεί να επιτυγχάνεται από ένα δεδομένο όγκο ξύλου. Ως εκ τούτου, η λεύκανση ή οι φωτεινότεροι μηχανικοί πολτοί είναι σχεδιασμένη για να

ελαχιστοποιήσει την απομάκρυνση της λιγνίνης και να μειώσει τις αποδόσεις των ινών. Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη λεύκανση των μηχανικών πολτών καταστρέφουν επιλεκτικά ακαθαρσίες χρωματισμού, αλλά αφήνουν τη λιγνίνη και τα κυτταρινικά υλικά άθικτα. Αυτές περιλαμβάνουν όξινο θειώδες νάτριο, νάτριο ή υδροθειώδες ψευδάργυρο (δεν χρησιμοποιείται πλέον στις Ηνωμένες Πολιτείες), ασβέστιο ή νάτριο υποχλωριώδες, υπεροξείδιο του υδρογόνου ή νατρίου και το διοξείδιο του θείου. Αρχικά, ένα μεγάλο μέρος του μηχανικού πολτού δεν ήταν λευκασμένο, αλλά η λεύκανση του αλεσμένου πολτού έχει αυξηθεί και η βελτίωση της τεχνολογία επιτρέπει τώρα λευκασμένο ξύλο πολτό για χαρτί που χρησιμοποιείται για την εκτύπωση εγγράφων.



*Εικόνα 16 Λευκασμένος πολτός*

### 3.4. Στρωμάτωση ινών



*Εικόνα 17 Ροή παραγωγής χαρτιού και απαιτούμενες εγκαταστάσεις*

- |  |  |
|--|--|
| 1. Έλεγχος ροής                                | 6. Τμήμα ξήρασης   |
| 2. Επιφάνεια διάστρωσης                        | 7. Κύλινδροι ξήρασης                                     |
| 3. Δικτυωτός ιμάντας<br>που συγκρατεί τις ίνες | 8. Τμήμα λείανσης  |
| 4. Τμήμα πίεσης                                | 9. Το χαρτί ψύχεται, λειαίνεται<br>και τυλίγεται σε ρολά |
| 5. Κύλινδροι πίεσης                            | 10. Έτοιμα ρολά χαρτιού                                  |

Ο ξύλο πολτός εισάγεται σε δεξαμενές. Στο στάδιο αυτό μπορούν να προστεθούν βοηθητικές χημικές ουσίες και πρόσθετα σε επίπεδα κάτω από 1% έως 2% και μπορεί να είναι παράγοντες οι οποίοι μειώνουν το μελάνι, τη διείσδυση του νερού και τους αντιαφριστικούς παράγοντες. Κοινά πρόσθετα αποτελούνται από άργιλο, κιμωλία ή διοξείδιο του τιτανίου, που προστίθενται για την τροποποίηση των οπτικών ιδιοτήτων του χαρτιού και χαρτονιού ή ως υποκατάστατο ινών. Το απόθεμα στη συνέχεια αντλείται μέσω διαφόρων τύπων μηχανικού εξοπλισμού καθαρισμού στη μηχανή χαρτιού.

Στις δεξαμενές μηχανής χαρτιού, προστίθεται περισσότερο νερό για να παραχθεί ένα αιώρημα ινών από 1 έως 10 μέρη ινών σε 1000 μέρη νερού και το προκύπτον μίγμα περνάει σε ένα σύστημα ελέγχου ροής που εκτοξεύει μέσω μιας λεπτής, οριζόντιας σχισμής στο πλήρες πλάτος της μηχανής (συνήθως 2 - 6 m) σε ένα κινούμενο, ατελείωτο συρματόπλεγμα.

Το νερό κατόπιν απομακρύνεται σε αυτό το τμήμα του σύρματος από ένα μίγμα βαρύτητας και αναρροφήσεως σε μια διαδικασία γνωστή ως

σχηματισμός φύλλου όπου οι ίνες αρχίζουν να εξαπλώνονται και να σχηματίζουν ένα λεπτό στρώμα, το οποίο είναι σχεδόν αναγνωρίσιμο ως ένα στρώμα από χαρτί πάνω από το συρματόπλεγμα.

Ο ιστός υγρού χαρτιού ανυψώνεται από το συρμάτινο πλέγμα και πιέζεται μεταξύ μιας σειράς πρεσών όπου το περιεχόμενο νερού μειώνεται σε περίπου 50%. Στη συνέχεια περνάει γύρω από μια σειρά κυλίνδρων χυτοσιδήρου, θερμαίνεται σε θερμοκρασίες λίγο άνω των 100 ° C, όπου η ξήρανση λαμβάνει χώρα. Εδώ η περιεκτικότητα σε νερό μειώνεται μεταξύ 5% και 8%. Καθ' όλη τη διέλευση του από το συρμάτινο πλέγμα στη λειτουργία ξήρανσης, ο ιστός χαρτιού υποστηρίζεται από διάφορους τύπους ατελείωτους ιμάντες υφάσματος που κινούνται με την ίδια ταχύτητα. Μετά την ξήρανση, μερικά χαρτιά μπορεί επίσης να υποβληθούν σε θεραπείες επιφάνειας, π.χ. μια διαδικασία αποτελείται από την εξομάλυνση της επιφάνειας του χαρτιού με διέλευση μεταξύ μιας σειράς εκ περιτροπής, γυαλιστερών, μεταλλικών κυλίνδρων για να παράγει λεία ή γυαλιστερή εμφάνιση. Το χαρτί στη συνέχεια τυλίγεται σε ένα κύλινδρο.

Τα χαρακτηριστικά, η εμφάνιση και οι ιδιότητες του χαρτιού και χαρτονιού που συμπληρώνονται και ενισχύονται από την τελική θεραπεία τους. Αυτές μπορεί να είναι απλές διεργασίες όπου η μπομπίνα σχίζεται σε έναν αριθμό από πιο στενούς κυλίνδρους ή κόβεται σε φύλλα ή περισσότερο πολύπλοκες διαδικασίες, όπως η επικάλυψη.

Επίστρωση: σημαίνει ότι ένα στρώμα εφαρμόζεται στο χαρτί, είτε απευθείας στην μηχανή χαρτοποίησης ή χωριστά. Η επικάλυψη αποτελείται από ένα μείγμα με χρωστικές ουσίες, διαλυτικά όπως άργιλος και κιμωλία και συνδετικά όπως άμυλο ή λάτεξ. Επιπλέον, οι διάφορες χημικές ουσίες προστίθενται για να δώσουν στο χαρτί τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Η επίστρωση βελτιώνει την αδιαφάνεια, την ελαφρότητα, την ομαλότητα της επιφάνειας, την στιλπνότητα και τη χρώμοαπορροφητική ικανότητα του χαρτιού. Επίσης ανταποκρίνεται στις αυστηρές απαιτήσεις ποιότητας όσον αφορά την ομαλότητα της επιφάνειας.

Για ακόμα πιο λεία επιφάνεια του χαρτιού, απαιτείται υπερ-σιδέρωμα. Αυτό γίνεται κυρίως για περιοδικά και χαρτιά με επίστρωση. Το χαρτί περνά μέσα από τους κυλίνδρους, οι οποίοι είναι εναλλάξ σκληροί και μαλακοί. Μέσω ενός συνδυασμού από θερμότητα, πίεση και τριβή, το χαρτί αποκτά μια υψηλή επιφανειακή στιλπνότητα. Το χαρτί γίνεται κάπως συμπιεσμένο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας και, συνεπώς είναι λεπτότερο από ματ.

Στη βιομηχανία χαρτοπολτού και χαρτιού το 95% του νερού που χρησιμοποιείται καθαρίζεται και επαναχρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις και όλα τα λύματα υποβάλλονται σε επεξεργασία σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία και τα πρότυπα. Στις χαρτοβιομηχανίες οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχουν βελτιωθεί τόσο πολύ που σε ορισμένες περιπτώσεις το νερό σε λίμνες κοντά στις χαρτοβιομηχανίες είναι τώρα

καθαρότερο από ό, τι ήταν στο παρελθόν. Από το 1994, η βιομηχανία χαρτιού έχει μειώσει την ετήσια κατανάλωση νερού πάνω από 14% ετησίως.

### **3.5. Τεχνολογίες πολτοποίησης**

#### **3.5.1. Μηχανική πολτοποίηση**

Υπάρχουν έξι βασικές μηχανικές πολτοποιήσεις:

1) πέτρα αλέσματος, 2) ραφινάρισματος, 3) θερμομηχανική πολτοποίηση, 4) χημική μηχανική, 5) αποϊνωμένη πολτοποίηση, και 6) ανακυκλωμένο χαρτί. Στη μηχανική πολτοποίηση χρησιμοποιούνται γενικά ξύλα από κωνοφόρα δέντρα λόγω της προστιθέμενης δύναμης που μεταδίδεται από το μακρύ μήκος ίνας από είδη δέντρων με μαλακό ξύλο. Μερικά σκληρά ξύλα απαιτούν χημική προεπεξεργασία (χημική μηχανική πολτοποίηση) για την παραγωγή ενός κατάλληλου ξυλοπολτού. Οι ίνες διαχωρίζονται μηχανικά ουσιαστικά καταστρέφονται στη διαδικασία και ως εκ τούτου τα κάνει ασθενέστερο χαρτί ή χαρτόνι. Ωστόσο δεδομένου ότι τόσο η λιγνίνη και οι ίνες κυτταρίνης παραμένουν άθικτες, η απόδοση του χαρτιού ανά μονάδα όγκου του ξύλου είναι ακόμη μεγαλύτερη από εκείνη που παράγονται με χημική πολτοποίηση. Οι αποδόσεις των πολτών από τις διεργασίες μηχανικής πολτοποίησης συνήθως είναι κοντά στο 90 με 95 τοις εκατό ανάκτησης, η οποία είναι μια πολύ υψηλότερη απόδοση ανά μονάδα του ξύλου παρά με τις χημικές μεθόδους πολτοποίησης, λόγω της διατήρησης της λιγνίνης. Ωστόσο, το χαρτί που κατασκευάζεται από μηχανικό πολτό αποχρωματίζεται και γίνεται εύθραυστο με την ηλικία, λόγω της λιγνίνης που περιέχει, το οποίο οδηγεί σε μια μικρότερη διάρκεια ζωής από ό, τι το χαρτί που κατασκευάζεται από χημικό πολτό. Οι μηχανικοί πολτοί που χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή δημοσιογραφικού χαρτιού, χαρτιά εκτύπωσης, σκούπισμα, ταπετσαρίες, χαρτόνια και επιχρισμένα χαρτιά ειδικότητας που δεν απαιτούν υψηλή αντοχή. Μικρές ποσότητες του χημικού πολτού συχνά αναμιγνύονται με ξυλοπολτό για πρόσθετη αντοχή. Ανακυκλωμένος πολτός χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή πτυσσόμενων χαρτοκιβωτίων, κυματοειδές χαρτόνι, και δημοσιογραφικό χαρτί. Προϊόντα από χαρτί κατασκευασμένα από αποϊνωμένο πολτό περιλαμβάνουν χαρτόνια και χάρτινες στέγες. Κατά τη διαδικασία πετράαλέσματος οι αποφλοιωμένοι κοντοί κορμοί (στρογγυλής ξυλείας) πολτοποιούνται με την βοήθεια υγρών που διοχετεύουν την πέτρα του μύλου με υδραυλικά έμβολα. Περιστρεφόμενοι δίσκοι χαλύβδινοι χρησιμοποιούνται μερικές φορές αντί τις λειαντικής πέτρας κατά τη διαδικασία άλεσης. Η τριβή του τροχού που αλέθει την ξυλεία και διαχωρίζει φυσικά τις ίνες ξύλου. Η διαδικασία άλεσης συνήθως είναι αυτόματη και συνεχής. Ο πολτός στη συνέχεια καθαρίζεται, λευκαίνεται και διοχετεύεται στη μηχανή χαρτιού. Στη μηχανική πολτοποίηση (ΣΔΚ) χρησιμοποιούνται μικρά κομμάτια ξύλου αντί της στρογγυλής ξυλείας και παράγει χαρτί με υψηλότερη αντοχή από το συμβατικά αλεσμένο ξύλο, λόγω της λιγότερης ζημιά στις ίνες στη διεργασία πολτοποίησης. Κατά τη διαδικασία ραφινάρισματος οι περιστρεφόμενοι δίσκοι λειτουργούν κάτω από ένα ρεύμα νερού. Πολτοποιείται ένα ευρύτερο φάσμα

ειδών, όπως σκληρά ξύλα και πριονίδια. Η θερμομηχανική διεργασία (ΠΔΤ) αναπτύχθηκε ως μία τροποποίηση της συσκευής ραφινάρισματος μηχανικής πολτοποίησης. Στο ΠΔΤ, τα ροκανίδια είναι σε ατμό για αρκετά λεπτά κάτω από πίεση ακολουθούν ένα ή δύο στάδια στα οποία η λιγνίνη μαλακώνει με θέρμανση των υπολειμμάτων ξυλείας με πεπιεσμένο ατμό. Αυτός ο ξυλοπολτός είναι ασθενέστερος από τον χημικό πολτό, κάνει ένα ισχυρότερο χαρτί από αλεσμένο ή ραφινάρισμένο πολτό με μόνο μια μικρή θυσία στην απόδοση αλλά με μεγάλες απαιτήσεις σε ενέργεια. Το χαρτί εφημερίδων τώρα παράγεται εξ ολοκλήρου από θερμομηχανικό πολτό, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για τη προσθήκη χημικού πολτού που απαιτούνταν συχνά για ενίσχυση του χαρτιού που κατασκευάζεται από μηχανικό πολτό.

Το ουδέτερο θειώδες στην ημιχημική (NSSC) διαδικασία πολτοποίησης χρησιμοποιείται σε μια σειρά από εργοστάσια των ΗΠΑ για την παραγωγή προϊόντων ποιότητας Courier, όπως είναι το κυματοειδές χαρτόνι. Η ημιχημική διαδικασία έχει μια απόδοση περίπου 75 τοις εκατό του ξύλου της πρώτης ύλης. Επίσης κατά την πολτοποίηση, ροκανιδιών είναι ηπιότερη κατά το μαγείρεμα τους για λίγο σε ένα διάλυμα ουδέτερου νατρίου ή διάλυμα θειώδους αμμωνίου και κατόπιν διαχωρισμός των ινών (αποϊνώση) σε μια συσκευή ραφινάρισματος.

Η ανακύκλωση μπορεί να μειώσει αποτελεσματικά την κατανάλωση ξύλου και ενέργειας, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μηχανικές διεργασίες πολτοποίησης. Αυτό το κάνει, όμως, με κάποια θυσία αντοχής του χαρτιού. Ο ανακυκλωμένος πολτός παρασκευάζεται από άχρηστο χαρτί που μεταποιείται σε απόθεμα χαρτιού. Ένα μικρό ποσοστό του αποθέματος χαρτιού (5-10 τοις εκατό) είναι εμποτισμένο, συνήθως με καυστική σόδα δηλαδή με χημικές ουσίες. Το ανακυκλωμένο χαρτί, μερικές φορές, πολτοποιείται χωρίς απομελάνωση. Η πολτοποίηση επιτυγχάνεται μέσω βίαιης ανατάραξης που πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες. Το χαρτί που παράγεται από ανακυκλωμένο πολτό είναι γενικά ασθενέστερο από ό, τι χαρτιά από παρθένα υλικά, λόγω της διακοπής της μεταχειρισμένης ίνας και την απώλεια του δεσμού ίνας.

### **3.5.2. Chemical Pulping Η χημική πολτοποίηση**

Η χημική πολτοποίηση περιλαμβάνει την επεξεργασία ροκανιδιών με χημικές ουσίες για την απομάκρυνση της λιγνίνης, της ημικυτταρίνης, τον διαχωρισμό και τον καθαρισμό των ινών. Η απολιγνινοποίηση στις ίνες δίνει μεγαλύτερη ευελιξία, με αποτέλεσμα ισχυρότερο χαρτί (λόγω της μακρύτερης ίνας) από ό, τι μπορεί να κατασκευαστεί από υψηλής σε λιγνίνη ίνες που παράγονται με μηχανική πολτοποίηση. Στο χαρτί δύναμη και αντοχή επιτυγχάνεται εις βάρος της απόδοσης σε ίνες. Οι χημικές διεργασίες μπορούν



να δώσουν μόνο το μισό της ίνας που μπορεί να ανακτηθεί με τη χρήση τεχνικών μηχανικής πολτοποίησης.

Δύο σημαντικές διεργασίες χημικής πολτοποίησης είναι σήμερα στην εμπορική χρήση: 1) Kraft (θειικό) πολτοποίηση, και 2) θειώδης πολτοποίηση.

### **Πολτοποίηση kraft**

Η πολτοποίηση Kraft περιλαμβάνει την επεξεργασία ροκανιδιών και πριονιδιών με ένα σουλφίδιο νατρίου και διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου. Το ιδιαίτερα αλκαλικό μείγμα χημικών και ξύλου είναι μαγειρεμένα με ατμό υπό πίεση (πέψη) περίπου από 1 έως 3 ώρες. Η πέψη μπορεί να είναι είτε μία συνεχής διεργασία ή μια ασυνεχής επεξεργασία (Παρτίδες). Η περισσότερη από τη λιγνίνη και μερική από την ημικυτταρίνη διαλύεται, αφήνοντας τις υπόλοιπες ίνες κυτταρίνης διαχωρισμένες. Το υγρό μαγειρέματος που περιέχει τη διαλυμένη λιγνίνη και άλλα εκχυλίσματα (μαύρο υγρό) δρομολογείται σε ένα χημικό εργοστάσιο ανάκτησης όπου η λιγνίνη και τα οργανικά απόβλητα καίγονται για να παραχθεί ενέργεια που απαιτείται στην διαδικασία πολτοποίησης. Πολύτιμα εκχυλίσματα (π.χ., νέφτι, έλαια, και ρητίνη) διαχωρίζονται προς πώληση ως βασικά χημικά προϊόντα. Τα χημικά επεξεργασίας που περιλαμβάνουν ανακτώνται με μόνο μια σχετικά μικρή απώλεια σε όγκο, και μετά από αναπλήρωση με άλατα νατρίου, επιστρέφονται στο χωνευτή για επαναχρησιμοποίηση. Ο καφέ πολτός (καφέ απόθεμα) από το χωνευτή πλένεται, διαλέγεται, και περνάει μέσω ενός συσσωρευτή στους καθαριστές. Εάν ο πολτός πρόκειται να λευκανθεί, απομακρύνεται το περίσσιο νερό και αποστέλλεται μέσα σε μια σειρά ενεργειών χλωρίνης. Αυτές μπορεί να διαφέρουν ευρέως στο είδος των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται και της ακολουθίας. Ο λευκασμένος πολτός είναι τότε έτοιμος για χαρτί. Τα μαλακά ξύλα και πλατύφυλλα μπορούν να πολτοποιούνται με τη διαδικασία Kraft. Η ανάκτηση ινών είναι σε μεγάλο βαθμό συνάρτηση των ειδών ξύλου που χρησιμοποιούνται, τον χρόνο και την θερμοκρασία του μαγειρέματος, ο βαθμός λεύκανσης, και η απαιτούμενη αντοχή του χαρτιού. Σε γενικές γραμμές, η Kraft ανακτήσεις πολτών από κωνοφόρα είναι περίπου 47 τοις εκατό για μη λευκασμένο πολτό και 44 τοις εκατό για λευκασμένο. Οι ανακτήσεις σκληρού ξύλου κυμαίνονται 50-52 τοις εκατό για μη λευκασμένο πολτό Kraft και έως 50 τοις εκατό για το λευκασμένο.

Στη θειώδη πολτοποίηση η λιγνίνη μπορεί να λυθεί με σουλφόνωση με ένα υδατικό διάλυμα διοξειδίου του θείου και ασβέστιο, νάτριο, μαγνήσιο, αμμώνιο ή όξινο θειώδες που μαγειρεύεται σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση σε αυτόκλειστο. Υπάρχουν τέσσερις βασικές διεργασίες θειώδους επεξεργασίας επί του παρόντος: 1) όξινο θειώδες, 2) θειώδες, 3) ουδέτερο θειώδες, και 4) αλκαλικό θειώδες. Οι μεγάλες διαφορές μεταξύ της θειώδους διαδικασίας είναι τα επίπεδα οξύτητας και της αλκαλικότητας των θειωδών

χημικών διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται για να σπάσει το ξύλο και να αφαιρεθεί η λιγνίνη.

Η θειώδης πολτοποίηση είναι κατάλληλη μόνο για είδη με χαμηλή περιεκτικότητα σε τανίνες, πολυφαινόλες, χρωστικές ουσίες, ρητίνες, λίπη, και τα παρόμοια λόγω της παρεμβολής αυτών των ουσιών. Αν και το ασβέστιο είναι η φθηνότερη διαθέσιμη βάση του θειώδους, σχηματίζει αδιάλυτες ενώσεις που δεν μπορούν να ανακτηθούν οικονομικά. Έτσι, πολτοποίηση με βάση το ασβέστιο χρησιμοποιείται σπάνια. Επειδή το μαγνήσιο, η βάση νατρίου (sodiumbased) και η βάση αμμωνίου (ammoniumbased) είναι χημικές ουσίες λιγότερο ακριβές και μπορούν να καούν χωρίς επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες.

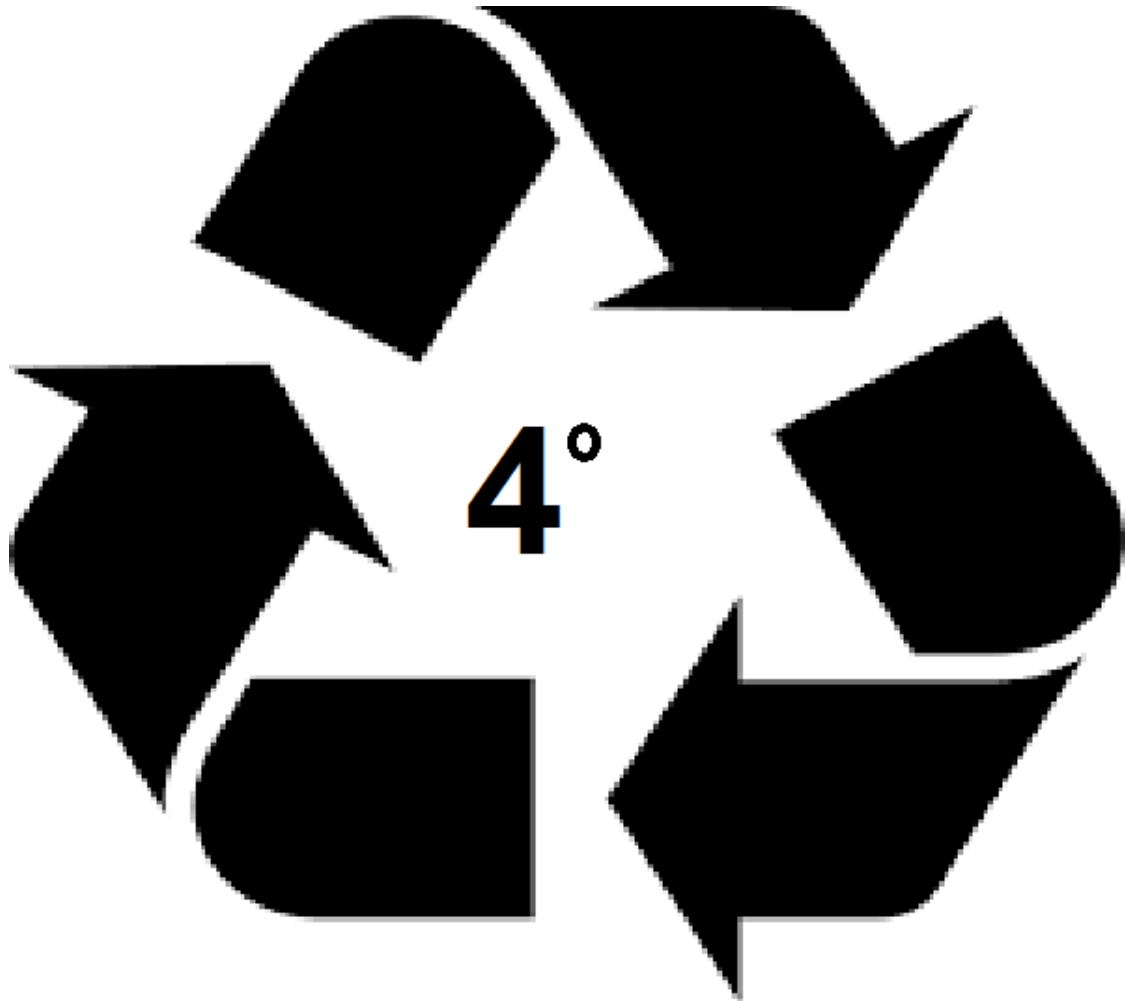
Με βάση το θειώδες νάτριο η πολτοποίηση μπορεί να αποτελείται από πολυσταδιακό μαγείρεμα σε διαδοχικά στάδια τα οποία διαφέρουν σε οξύτητα. Επειδή ένα στάδιο βελτιστοποιεί τη διείσδυση χημικών υγρών και το άλλο αφαιρεί λιγνίνη. Περισσότερη λιγνίνη μπορεί να αφαιρεθεί με λιγότερη φθορά των ινών, έτσι ώστε οι αποδόσεις σε ίνες είναι υψηλότερη, πιο δυνατή και ένα ευρύτερο φάσμα ειδών ξύλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η θειώδης επεξεργασία διαλύει μερική ημικυτταρίνη, καθώς και λιγνίνη. Στην Ουδέτερη θειώδη πολτοποίηση, χρησιμοποιώντας βάσεις νατρίου και αμμωνίου, ανακτάται το μεγαλύτερο ποσοστό των ινών (75-90 τοις εκατό) όλων των μεθόδων θειώδους πολτοποίησης.

Ο θειώδης πολτός έχει ένα ελαφρύ χρώμα και μερικές φορές μπορεί να χρησιμοποιείται χωρίς λεύκανση εάν δεν απαιτείται υψηλή φωτεινότητα. Ο αλεύκαντος θειώδης πολτός συχνά αναμειγνύεται με άλλους υψηλής απόδοσης μηχανικούς πολτούς για την ενίσχυση των αποθεμάτων για χαρτί εφημερίδας. Ο θειώδης πολτός εύκολα λευκάζεται σε πολύ φωτεινούς πολτούς για χαρτί γραφής και εκτύπωσης. Επίσης χρησιμοποιείται για την διάλυση πολτών (για την περαιτέρω απομάκρυνση της ημικυτταρίνης) για την παραγωγή βισκόζης, ταινίες, πλαστικά, μέσα πλήρωσης, και σελοφάν.

### Σύγκριση

<b>Τύπος</b>	<b>Μηχανικός πολτός</b>	<b>Χημικός πολτός</b>
κατανάλωση ενέργειας	1000 KW / τόνο χαρτοπολτού	Αυτό επάρκεια
Απόδοση (από υλικό το ξύλο)	95%	45%
μήκος της ίνας	θραύσματα ινών διαφορετικών μεγεθών	Κυρίως μακρύτερες ίνες
αντοχή του χαρτιού	χαμηλή	υψηλή
Παραγωγή χαρτοπολτού στην Ευρώπη	32%	66%
κόστος παραγωγής	χαμηλότερο	Υψηλότερο σε σχέση με τη περίπτωση του μηχανικού πολτού

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ



## **4.1.Παράμετροι ποιότητας χαρτιού**

### **4.1.1.Σύνθεση Πρώτων Υλών**

Η σύνθεση της πρώτης ύλης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του χαρτιού. Τόσο η εμφάνιση και ακόμα περισσότερο η αντοχή του χαρτιού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται. Επίσης, καθορίζει τον τύπο του χαρτιού.

Έτσι χαρτί κουρέλι, χαρτί ημι-κουρέλι, χαρτί χωρίς ξύλο και χαρτί που περιέχει ξύλο διακρίνονται. Το χαρτί από κουρέλι περιέχει 100% λινό ή και βαμβάκι και ως εκ τούτου είναι υψηλότερης ποιότητας και πιο ακριβό. Το χαρτί ημι-κουρέλι συνήθως περιέχει 50% ίνες πανιού και 50% κυτταρίνη. Υπάρχουν επίσης διάφορες ποιότητες φθηνού χαρτιού από 25% ίνες πανιού και 75% κυτταρίνη.

### **4.1.2.Επιφάνεια του χαρτιού (εμφάνιση)**

Η δομή της επιφάνειας του χαρτιού είναι μία σημαντική παράμετρος της ποιότητας που επηρεάζει τα χαρακτηριστικά απόδοσης. Κάθε χαρτί είναι διπλής όψης, την πλευρά που κατά τη διάρκεια της παραγωγής ήταν σε επαφή με το σύρμα λέγεται πλευρά του σύρματος (κάτω πλευρά). Αυτή η πλευρά φέρει επίσης τα σημάδια του σύρματος και είναι ελαφρώς πιο άνηση. Στην περίπτωση των έγχρωμων εγγράφων, αυτή η πλευρά έχει την τάση να είναι πιο σκούρα καθώς οι χρωστικές ουσίες εναποτίθενται στο κάτω μέρος.

Η άνω πλευρά ονομάζεται αισθητή πλευρά ή δεξιά πλευρά. Είναι ομαλότερη και γενικά φωτεινότερη. Επίσης περιέχει περισσότερα πληρωτικά υλικά.

### **4.1.3.Σαφήνεια, αδιαφάνεια και διαφάνεια**

Η σαφήνεια υποδεικνύει εάν το χαρτί είναι χοντροκομμένο ή λεπτοθρυμματισμένο. Η αδιαφάνεια σχετίζεται με το πάχος του χαρτιού. Η διαφάνεια είναι ένα ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό για πολλές ποιότητες χαρτιού, με την εξαίρεση ωστόσο το χαρτί αντιγραφής για λεπτομερή σχέδια. Αυτή η ιδιότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική για φωτοαντίγραφα και μικροφίλμ των σχεδίων.

#### **4.1.4.Μέγεθος**

Το μέγεθος είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη γραφή και για τα χαρτιά σχεδίου, αλλά επίσης και για άλλες ποιότητες χαρτιού. Ο ρόλος του μεγέθους του χαρτιού είναι να δεσμεύσει ίνες και παράγοντες πλήρωσης. Θα πρέπει να είναι ομοιογενές και να δοσολογείται έτσι ώστε όταν εφαρμόζεται μελάνη στο σχέδιο, οι γραμμές να είναι καθαρές και να μην υπάρχει αιμορραγία. Υπάρχουν δύο τύποι μεγέθους: το μέγεθος των αποθεμάτων και η επιφάνεια μεγέθους. Στην περίπτωση του μεγέθους του αποθέματος, το μέγεθος προστίθεται στο απόθεμα. Στην περίπτωση της επιφάνειας μεγέθους, το μέγεθος εφαρμόζεται μόνο όταν έχει ξηρανθεί η επιφάνεια του χαρτιού. Ανεπαρκές, κακό μέγεθος μπορεί να αναγνωριστεί από την ορατή ακανόνιστη γραμμή που συχνά αιμορραγεί μέσα στην άλλη πλευρά του χαρτιού.

#### **4.1.5.Δύναμη**

Αντοχή στη θραύση, αντοχή σε εφελκυσμό, σπάσιμο του μήκους, επιμήκυνση, δακρύρροια, δύναμη, πτυσσόμενη αντίσταση και ακαμψία.

#### **4.1.6.Γραμμάρια και Πάχος**

Τα γραμμάρια ορίζονται ως το βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο και εκφράζεται σε gsm. Τα γραμμάρια έως 200 gsm θεωρούνται έγγραφα από 200 GSM και πάνω αναφέρονται ως χαρτόνι ή χαμηλής ποιότητας πίνακας.

Το πάχος του χαρτιού, το οποίο μετράται σε μικρά, είναι μια σημαντική ιδιότητα που σχετίζεται με το βάρος σε γραμμάρια. Αυτή η παράμετρος καθορίζει εάν το χαρτί είναι ένα συμπαγές χαρτί με πολλά υλικά πληρώσεως ή ένα χαρτί υψηλής έντασης.

#### **4.1.7.Κόκκος**

Σχεδόν όλες οι ποιότητες χαρτιού δείχνουν κάποιους κόκκους ως προς τον προσανατολισμό των ινών που αντιστοιχούν περισσότερο ή λιγότερο προς την κατεύθυνση στην οποία κινείται το σύρμα.

Η κατεύθυνση στην οποία κινείται ο χάρτινος ιστός στη μηχανή χαρτιού αναφέρεται ως η κατεύθυνση της μηχανής. Όταν το χαρτί εμποτισμένο, απλώνεται σε εγκάρσια κατεύθυνση σε σχέση με την κατεύθυνση της μηχανής μας βοηθά να εξηγήσουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

1. Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι μεγαλύτερη κατά την εγκάρσια κατεύθυνση σε σχέση με την κατεύθυνση της μηχανής.

2. Το τέντωμα είναι υψηλότερο κατά την εγκάρσια κατεύθυνση

3. Το βρεγμένο χαρτί είναι κυρτωμένο με τον άξονα στην κατεύθυνση μηχανής

4. Η μεταβολή στις διαστάσεις μεταξύ της μηχανής και της εγκάρσιας κατεύθυνσης ανάλογα με την υγρασία του αέρα είναι περίπου 1:10.

Για τους ανωτέρω λόγους, η κατεύθυνση είναι εξαιρετικά σημαντική στην περαιτέρω επεξεργασία του χαρτιού. Κατά την παραγωγή των μπλοκ, η κατεύθυνση της μηχανής πρέπει να είναι παράλληλη προς την ακμή (ράχη) του μπλοκ. Διαφορετικά, η υγρασία της κόλλας μπορεί να προκαλέσει το τέντωμα με αποτέλεσμα το κατσάρωμα του μπλοκ.

Ο κόκκος μπορεί εύκολα να ελεγχθεί στην πράξη από το σχίσσιμο του χαρτιού στη μεγάλη και τη μικρή πλευρά. Εάν το χαρτί σχιστεί σχετικώς καθαρά και σε μια ευθεία γραμμή, αυτό σημαίνει ότι σχίζεται κατά την κατεύθυνση της μηχανής. Αν η γραμμή είναι τραχύς και ανώμαλη, το χαρτί έχει σχιστεί κατά την εγκάρσια διεύθυνση. Εάν η δοκιμή που περιγράφεται ανωτέρω δεν είναι πειστική, τοποθετήστε ένα κομμάτι χαρτί σε ένα βρεγμένο πανί και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα παρατηρούμε την κατεύθυνση των κυμάτων προς την κατεύθυνση της μηχανής.

#### **4.1.8. Η γήρανση του χαρτιού**

Η αντοχή στη γήρανση σε διάφορες ποιότητες χαρτιού εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα των πρώτων υλών. Στην περίπτωση των προϊόντων με σύντομο κύκλο ζωής, όπως το δημοσιογραφικό χαρτί, συσκευασίες κ.λπ., αυτή η ικανότητα δεν είναι πολύ σημαντική. Όλος ο κόσμος έχει σίγουρα την ευκαιρία να παρατηρήσει ένα σαφές κιτρίνισμα της ημερήσιας εφημερίδας υπό την επίδραση του ηλιακού φωτός. Αυτό το φαινόμενο προκαλείται από την υψηλή περιεκτικότητα σε ξύλο στο χαρτί. Στο χαρτί η γήρανση είναι μια συνεχής διαδικασία που συμβαίνει σε βιβλιοθήκες, μουσεία και σπίτια. Κάθε βιβλίο έχει επηρεαστεί από αυτή την αργή διαδικασία έως ότου, τελικά, είναι ολοσχερής. Αυτή η διαδικασία προκαλείται από θειικό αργίλιο, το οποίο προστίθεται στις ίνες, ώστε να καθιζάνει η ρητίνη.

Το χαρτί που αποθηκεύεται σε ελαφρώς υγρές συνθήκες αρχίζει να μυρίζει κλεισούρα, αυτό οφείλεται σε μικρόβια. Οι λεκέδες και οι τρύπες είναι ορατές. Η διαδικασία αυτή έχει προκαλέσει σε πολλά βιβλία και έργα τέχνης μεγάλη φθορά η οποία δεν επισκευάζεται.

Παρά το γεγονός ότι η αποσύνθεση του χαρτιού έχει γίνει γνωστή εδώ και πολλά χρόνια, το υλικό ρητίνη εξακολουθεί να είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος. Οι ανεπιθύμητες παρενέργειες μπορούν να αποφευχθούν μόνο με τη χρήση του λεγόμενου ουδέτερου υλικού και είναι η μέθοδος που εφαρμόζεται για την παραγωγή χαρτών.

Αυτή η μέθοδος κατέστη δυνατή για περίπου 20 χρόνια και χρησιμοποιείται για να κάνει εξαιρετικά σταθερές και ανθεκτικές τις διάφορες ποιότητες χαρτιού στη γήρανση.

Για την πρόληψη της γήρανσης, όλα τα χαρτιά αποτύπωσης καλλιτεχνικών έργων περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο ως ένα αλκαλικό διάλυμα που να έχει pH τουλάχιστον 7. Όλες οι κατηγορίες χαρτιού έχουν ρυθμιστικό ανθρακικού ασβεστίου τουλάχιστον 4% και τιμή pH μεταξύ 7,5 και 9,5.



## 4.2. FSC

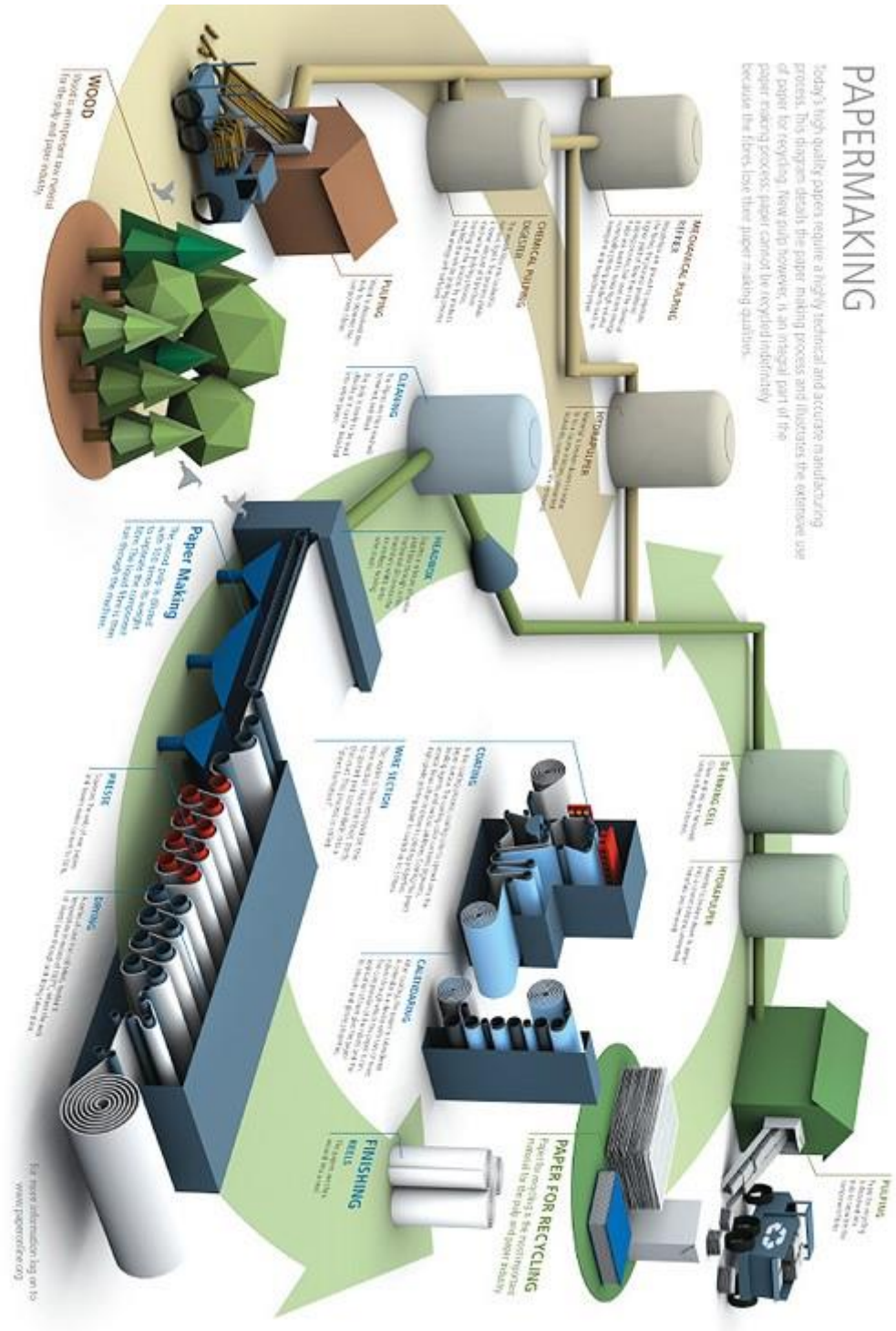


*Εικόνα 18 το σύμβολο FSC*

Η πιστοποίηση FSC παρέχει τη σύνδεση μεταξύ της υπεύθυνης διαχείρισης των δασών και της κατανάλωσης προϊόντων που προέρχονται από το δάσος (όπως ξυλεία, χαρτί) επιτρέποντας στους μεν καταναλωτές να αγοράζουν προϊόντα που προστατεύουν το περιβάλλον και την ανθρώπινη αξία και στις δε επιχειρήσεις να προσδίδουν αξία στα προϊόντα τους. Για την δασική πιστοποίηση με βάση τις απαιτήσεις του FSC ο διεθνής οργανισμός Forest Stewardship Council (FSC) έχει αναπτύξει τα πρότυπα FSC Forest

Management certification και FSC Chain of Custody. Το FSC Forest Management Certification αφορά την πιστοποίηση του δάσους εξασφαλίζοντας ότι η διαχείριση των δασών πραγματοποιείται με υπεύθυνο και ορθό τρόπο. Το πρότυπο FSC Chain of Custody περιγράφει ένα σύστημα διαχείρισης που έχει στόχο την αποτελεσματική παρακολούθηση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των προϊόντων σε μία εταιρεία. Η παρακολούθηση αυτή αφορά όλα τα στάδια της επεξεργασίας των πρώτων υλών, μέχρι την παράδοση στους καταναλωτές, διασφαλίζοντας ότι έχουν χρησιμοποιηθεί πρώτες ύλες και μετέπειτα διαδικασίες σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου και της υπεύθυνης διαχείρισης των δασών.

### 4.3. Η διαδικασία της ανακύκλωσης χαρτιού



Εικόνα 19 Σχεδιάγραμμα της βιομηχανικής διαδικασίας της ανακύκλωσης χαρτιού

Η διαδικασία της ανακύκλωσης χαρτιού γίνεται ως εξής:

- Πηγές και Ταξινόμηση παλαιού χαρτιού
- Συλλογή παλαιού χαρτιού
- Έμποροι παλαιού χαρτιού
- Μεταφορά και αποθήκευση παλαιού χαρτιού
- Πολτοποίηση παλαιού χαρτιού
- Απομάκρυνση ξένων υλών
- Απομελάνωση
- Μηχανή χαρτοποιίας
- Χαρτί

#### 4.3.1. Ταξινόμηση



Εικόνα 2 Ταξινόμηση χαρτιού

Η επιτυχής ανακύκλωση απαιτεί καθαρό ανακυκλωμένο χαρτί, έτσι θα πρέπει να κρατηθεί το χαρτί απαλλαγμένο από ρύπους, όπως τα τρόφιμα, το πλαστικό, το μέταλλο, και άλλα σκουπίδια, τα οποία καθιστούν δύσκολη τη διαδικασία της ανακύκλωσης του χαρτιού. Τα μολυσμένα χαρτιά που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν πρέπει να κομποστοποιηθούν, να καούν για ενέργεια, ή να μεταφερθούν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Τα κέντρα ανακύκλωσης συνήθως ζητούν να ταξινομείται το χαρτί ανά βαθμίδα, ή τον τύπο του χαρτιού.

### 4.3.2. Συλλογή



Εικόνα 21 Κάδος συλλογής απορριμμάτων προς ανακύκλωση

Η συλλογή του χρησιμοποιημένου χαρτιού και χαρτονιού είναι το πρώτο βήμα στη διαδικασία της ανακύκλωσης. Υπάρχουν διάφορα εθνικά και περιφερειακά συστήματα συλλογής χαρτιού. Χαρτοποιοί συνήθως αγοράζουν τις πρώτες ύλες τους για ανακύκλωση από εμπόρους ανακυκλωμένου χαρτιού. Αυτοί οι έμποροι μπορούν να ανήκουν σε χαρτοβιομηχανίες και να αποτελούν αναπόσπαστο μέρος μιας εταιρείας (μύλο), ή μπορεί να είναι μια ανεξάρτητη εταιρία που ειδικεύεται σε διαφορετικές ποιότητες ή που ίσως λειτουργεί σε μια περιορισμένη γεωγραφική περιοχή.

Στην Ευρώπη, μια αυξανόμενη ποσότητα των απορριμμάτων χαρτιού τροφοδοτείται σήμερα από τις εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων, οι οποίες αντιμετωπίζουν οικονομικά συμφέρουσα την ταξινόμηση του ανακτημένου χαρτιού για ανακύκλωση. Αυτό βοηθά να μειωθεί η ποσότητα του χαρτιού που πηγαίνει σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Μέχρι πρόσφατα, εκτός από παλιές εφημερίδες και περιοδικά, το περισσότερο ανακυκλωμένο χαρτί προερχόταν από βιομηχανικές και εμπορικές πηγές, επειδή ήταν το πιο εύκολο, πιο καθαρό και πιο οικονομικό για τη συλλογή. Καθώς η ζήτηση για ανακυκλωμένο χαρτί έχει αυξηθεί, έτσι σήμερα αξιοποιούνται πρόσθετες πηγές, όπως τα νοικοκυριά, τα **σουπερμάρκετ** με χαρτοκιβώτια, τα **τυπογραφεία** με αχρηστευμένες εκτυπώσεις, τα **σχολεία** και οι μαθητές με βιβλία και τετράδια περασμένων ετών, γραφεία κ.α.

Το σύστημα συλλογής που είναι σε λειτουργία πρέπει να είναι οικονομικό, αποδοτικό, αποτελεσματικό και οργανωμένο έτσι ώστε οι αναγκαίες ποσότητες και ποιότητες ανακτημένου χαρτιού να μπορούν να συλλέγονται και

να ανακυκλώνονται. Οι χαρτοβιομηχανίες που εξαρτώνται από το ανακυκλωμένο χαρτί πρέπει να έχουν τη βεβαιότητα ενός τακτικού εφοδιασμού.

Το χαρτί για ανακύκλωση πρέπει να συλλέγεται χωριστά από τα άλλα υλικά. Είναι σημαντικό να διατηρείται χωριστά από τα άλλα απόβλητα. Μολυσμένα έγγραφα δεν είναι αποδεκτά για ανακύκλωση. Αν σε ορισμένες περιπτώσεις, το χαρτί συλλέγεται μαζί με άλλα ανακυκλώσιμα υλικά, όπως το ανακυκλωμένο χαρτί πρέπει αυτά να επισημαίνονται.

Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις της χαρτοποιίας: ένας κατασκευαστής συσκευασίας μπορεί να χρησιμοποιήσει μικτές ποιότητες ανακτημένου χαρτιού, ενώ ένας κατασκευαστής χαρτιού γραφικών μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο ορισμένες ανακτημένες ποιότητες χαρτιού.

#### **4.3.3.Μεταφορά και αποθήκευση**

Το ταξινομημένο χαρτί μεταφέρεται σε κέντρα ανακύκλωσης. Στο κέντρο ανακύκλωσης, το χαρτί που έχει συλλεχθεί είναι τυλιγμένο σε σφιχτές μπάλες και μεταφέρεται σε μια χαρτοβιομηχανία, όπου θα ανακυκλωθεί σε νέο χαρτί.



*Εικόνα 22 μπάλες από χαρτί*

Οι εργαζόμενοι στις χαρτοποιίες ξεφορτώνουν το ανακτημένο χαρτί και το βάζουν σε αποθήκες, όπου αποθηκεύεται μέχρι να χρειαστεί. Οι διάφορες ποιότητες χαρτιού, όπως εφημερίδες και κουτιά από κυματοειδές χαρτόνι

διατηρούνται χωριστά, επειδή η χαρτοβιομηχανία χρησιμοποιεί διαφορετικές ποιότητες ανακτημένου χαρτιού για να κάνει τα διαφορετικά είδη των ανακυκλωμένων προϊόντων χαρτιού.

Όταν η χαρτοβιομηχανία είναι έτοιμη να χρησιμοποιήσει το χαρτί, περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα μετακινούν τις μπάλες χαρτιού από την αποθήκη με μεγάλα μεταφορικά μέσα.

#### **4.3.4. Η διαδικασία της ανακύκλωσης: πολτοποίηση επαναπολτοποίηση και διαλογή**

Σε γενικές γραμμές, η τελική διαδικασία παραγωγής χαρτιού ανακύκλωσης είναι η ίδια με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για το χαρτί που κατασκευάζεται από παρθένες ίνες, αλλά επειδή οι ανακτημένες ίνες χαρτιού έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει επίσης να ταξινομηθούν και να καθαρισθούν. Για ορισμένα προϊόντα από χαρτί (π.χ. χαρτί γραφικών και προϊόντα υγιεινής) το μελάνι πρέπει να αφαιρεθεί από το ανακτημένο χαρτί, δηλαδή οι ίνες πρέπει να απομελανωθούν.

Ως πρώτο βήμα, το ανακυκλωμένο χαρτί είναι διαχωρισμένο και ταξινομημένο στη συνέχεια παραδίδεται σε μια χαρτοβιομηχανία. Έχοντας φτάσει στο μύλο χαρτιού το χαρτί μεταφέρεται σε μια μεγάλη δεξαμενή, η οποία περιέχει νερό και χημικές ουσίες. Ο πολτοποιητής τεμαχίζει το ανακτημένο χαρτί σε μικρά κομμάτια. Η θέρμανση του μίγματος σπάει το χαρτί προς τα κάτω πιο γρήγορα σε μικροσκοπικά κομμάτια κυτταρίνης (οργανικό φυτικό υλικό) που ονομάζονται ίνες. Τελικά το παλιό χαρτί μετατρέπεται σε πουρέ. Το μείγμα αυτό ονομάζεται πολτός.

Ο πολτός ωθείται μέσω οθονών που περιέχουν οπές και σχισμές διάφορων σχημάτων και μεγεθών. Οι οθόνες αφαιρούν τους μικρούς ρύπους, όπως κομμάτια από πλαστικό και κόλλα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται διαλογή.

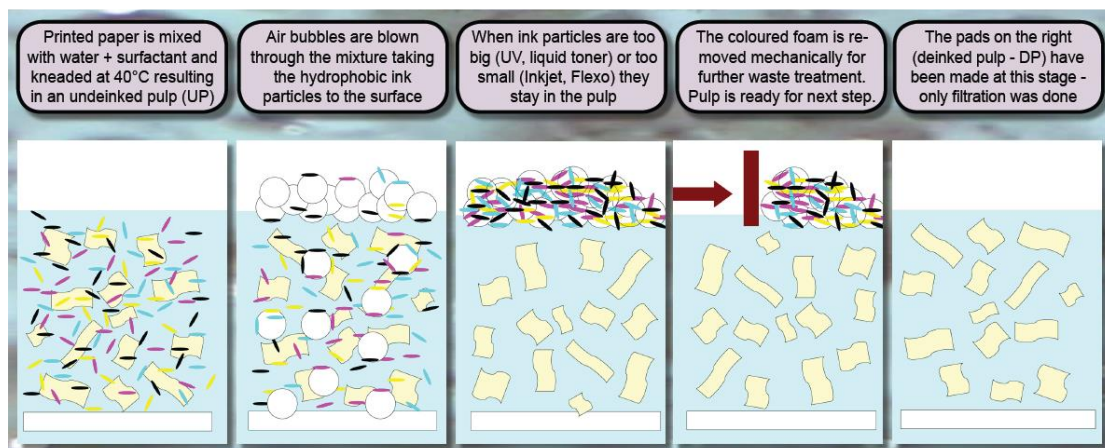
#### 4.3.5. Καθάρισμα



Εικόνα 23 Υπολείμματα μετά από την απομάκρυνση των ξένων υλών

Επίσης ο καθαρός πολτός γυρίζοντας γύρω στους μεγάλους κωνικούς κυλίνδρους. Οι βαρύς ρύποι όπως συνδετήρες, γυαλί, πλαστικά, κ.α. ρίχνονται στο εξωτερικό του κώνου και πέφτουν μέσα στον πυθμένα του κυλίνδρου. Οι ελαφρύτερες προσμείξεις συλλέγονται στο κέντρο του κώνου και απομακρύνονται. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται καθαρισμός.

#### 4.3.6. Απομελάνωση



Εικόνα 24 Διαδικασία απομελάνωσης

Μερικές φορές ο πολτός πρέπει να υποβληθεί σε «ξέπλυμα πολτού» λειτουργία που ονομάζεται απομελάνωση για να αφαιρεθεί το μελάνι

εκτύπωσης και τα κολλήματα (κολλώδη υλικά) τα οποία είναι υπολείμματα κόλλας και συγκολλητικών ουσιών. Οι χαρτοποιοί για την απομελάνωση συχνά χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό δύο διαδικασιών απομελάνωσης: 1) Τα μικρά σωματίδια μελανιού ξεπλένονται από τον πολτό με νερό σε μια διαδικασία που ονομάζεται πλύση και 2) Τα μεγαλύτερα σωματίδια και κολλήματα αφαιρούνται με φυσαλίδες αέρα σε μια άλλη διαδικασία που ονομάζεται επίπλευση.

Στην επίπλευση κατά τη διάρκεια της απομελάνωσης ο πολτός τροφοδοτείται σε μια μεγάλη δεξαμενή όπου ο αέρας και το σαπούνι εγχέονται στο πολτό. Οι επιφανειοδραστικές ουσίες προκαλούν τη μελάνι και τα κολλήματα να χαλαρώσουν από τον πολτό και να κολλήσουν στις φυσαλίδες αέρα που επιπλέουν στην κορυφή του μίγματος. Οι μελανώδης φυσαλίδες αέρα δημιουργούν αφρό ο οποίος απομακρύνεται από την κορυφή, αφήνοντας πίσω τον καθαρό πολτό.

#### **4.3.7.Λεύκανση**

Στη συνέχεια, αν θέλουμε το ανακυκλωμένο χαρτί να είναι λευκό ο πολτός μπορεί να χρειαστεί να λευκανθεί με υπεροξειδίο του υδρογόνου, διοξειδίο του χλωρίου, οξυγόνο για να καταστεί λευκότερο και φωτεινότερο. Ο πολτός είναι έτοιμος για την παραγωγή χαρτιού και η διαδικασία είναι η ίδια, όπως περιεγράφηκε στο Κεφάλαιο 3.4. Αν το ανακυκλωμένο χαρτί γίνει καφέ όπως αυτό που χρησιμοποιείται για τη βιομηχανικές χαρτοπετσέτες, ο πολτός δεν θα χρειαστεί να λευκανθεί.

#### **4.3.8.Ποσοστό ανακτημένου χαρτιού που δεν ανακυκλώνεται**

Το 80% του ανακτημένου χαρτιού μπορεί πραγματικά να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία της ανακύκλωσης και το 20% δεν μπορεί. Πολλά από αυτά που περιέχονται σε ένα δεμάτι ανακτημένου χαρτιού δεν είναι χαρτί! Είναι σκουπίδια, όπως σύρμα, πόρτες, συνδετήρες, και πλαστικά, τα οποία πρέπει να αφαιρεθούν κατά τη διάρκεια της πολτοποίησης, τον καθαρισμό και τον έλεγχο. Αυτά τα σκουπίδια συνήθως αποστέλλονται σε χώρους υγειονομικής ταφής, όπως ακριβώς τα σκουπίδια στο σπίτι.

Το ανακυκλωμένο χαρτί περιέχει κάποιες ίνες που έχουν γίνει πολύ μικρές για να ανακυκλωθούν σε χαρτί. Το ανακτημένο χαρτί μπορεί να περιέχει ίνες που έχουν ήδη ανακυκλωθεί μια, δύο, ή ίσως περισσότερες φορές. Οι ίνες ξύλου μπορούν να ανακυκλωθούν μόνο πέντε έως επτά φορές προτού να γίνουν πάρα πολύ μικρές και εύθραυστες για να γίνουν νέο χαρτί.

Το ανακυκλωμένο χαρτί περιέχει πολλά άλλα συστατικά που δεν έχουν ίνες. Π.χ σε ένα περιοδικό οι εκτυπωμένες σελίδες περιέχουν πολύ μελάνι. Εάν οι σελίδες είναι λαμπερές, κατά πάσα πιθανότητα σημαίνει ότι είναι επικαλυμμένες με πηλό ή άλλα υλικά. Τα περιοδικά περιέχουν επίσης κόλλες



που συνδέουν τις σελίδες μαζί. Το μελάνι, τα επιχρίσματα και οι κόλλες πρέπει να αφαιρεθούν από το χαρτί πριν μπορέσει να παραχθεί το ανακυκλωμένο χαρτί.

#### **4.3.9.Υπολείμματα κατά την απομελάνωση**

Μελάνι και κολλητικά είναι παγιδευμένα στον αφρό που παράγεται κατά τη διάρκεια της απομελάνωσης επίπλευσης. Αυτό το υλικό συλλέγεται, το νερό απομακρύνεται και επαναχρησιμοποιείται στο μύλο.

Το υπόλοιπο υλικό, το οποίο εξακολουθεί να περιέχει 30% με 50% νερό, περιέχει επίσης πολύ μικρές ίνες οι οποίες έχουν πλυθεί έξω από τον πολτό κατά την διάρκεια της διαδικασίας απομελάνωσης.

Αυτό το υλικό μπορεί να καεί για να παραχθεί ενέργεια, ή να ταφεί. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να κάνει σκυρόδεμα ή αδρανή για δρόμους και εξαρτάται από το περιεχόμενο του υλικού. Σε μια τυπική εγκατάσταση απομελάνωσης, στα 100.000 κιλά ανακτημένου χαρτιού που τοποθετούνται στον πολτοποιητή τα 16.000 κιλά είναι μελάνι, κολλώδεις ουσίες, και μικρές ίνες.

#### 4.3.10. Προϊόντα από ανακυκλωμένο χαρτί



*Εικόνα 25 Προϊόντα από ανακυκλωμένο χαρτί*

Το περισσότερο ανακτημένο χαρτί ανακυκλώνεται εκ νέου σε προϊόντα χαρτιού και χαρτονιού. Με λίγες εξαιρέσεις, το ανακυκλωμένο χαρτί γενικά ανακυκλώνεται σε ένα βαθμό παρόμοιο με, ή χαμηλότερης ποιότητας από ό, τι, το αρχικό προϊόν. Για παράδειγμα, τα παλιά κουτιά από κυματοειδές χαρτόνι χρησιμοποιούνται για να κάνουν νέα ανακυκλωμένα κουτιά από κυματοειδές χαρτόνι. Το χαρτί εκτύπωσης και γραφής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει νέο ανακυκλωμένο χαρτί αντιγραφής.

Το ανακυκλωμένο χαρτί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια ποικιλία άλλων προϊόντων, όπως χαρτοκιβώτια αυγών και δίσκοι φρούτων. Το ανακυκλωμένο χαρτί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύσιμο, οροφή, μόνωση τοίχων, κ.α. Σχεδόν 100.000 τόνοι τεμαχισμένο χαρτί χρησιμοποιείται κάθε χρόνο για στρωμένη ζώνη. Ακόμη και άμμος για γάτες μπορεί να γίνει από ανακυκλωμένο χαρτί.

Για την ανακύκλωση χαρτιού απαιτείται 40% λιγότερη ενέργεια από την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή χαρτιού από ξύλο.

Ανακυκλώνοντας ένα τόνο χαρτί γλιτώνουμε 17 δέντρα, 6953 γαλόνια νερού, 463 γαλόνια πετρελαίου, 587 κυβικά εκατοστά αέρα, 306 κυβικές γιάρδες γης και 4077 kw.

## Βιβλιογραφία

- [ 1 ] Αγγουράκη Κλειώ, περιοδικό Ξύλο και Έπιπλο, άρθρο Η Βιομηχανία Επεξεργασίας Ξύλου, Χαρτιού και Επίπλου στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Αθήνα, 2002)
- [ 2 ] Δικτυακός τόπος <http://www.hqpapermaker.com/paper-history/>
- [ 3 ] Δικτυακός τόπος <http://www.paperrecycles.org/about/the-history-of-paper>
- [ 4 ] Δικτυακός τόπος <http://users.stlcc.edu/nfuller/paper/>
- [ 5 ] Δικτυακός τόπος [http://www.dyer-consequences.com/recycling\\_symbol.html](http://www.dyer-consequences.com/recycling_symbol.html)
- [ 6 ] Δικτυακός τόπος [https://en.wikipedia.org/wiki/Pulp\\_\(paper\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pulp_(paper))
- [ 7 ] Δικτυακός τόπος  
[http://www.recycledpaper.org.uk/information/school\\_resources/paper\\_woodpulp.pdf](http://www.recycledpaper.org.uk/information/school_resources/paper_woodpulp.pdf)
- [ 8 ] Δικτυακός τόπος <http://www.paperonline.org/paper-making/paper-production/pulping/types-of-pulping-processes>
- [ 9 ] Δικτυακός τόπος <http://www.madehow.com/Volume-2/Paper.html>
- [ 10 ] Δικτυακός τόπος  
<https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1989/8931/893104.PDF>
- [ 11 ] Δικτυακός τόπος  
[http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/pulppaper/upload/1997\\_11\\_14\\_guide\\_pulppaper\\_jd\\_fs2.pdf](http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/pulppaper/upload/1997_11_14_guide_pulppaper_jd_fs2.pdf)
- [ 12 ] Δικτυακός τόπος <http://www.paperonline.org/paper-making/paper-production/papermaking>
- [ 13 ] Δικτυακός τόπος <http://www.paperonline.org/paper-making/paper-production>
- [ 14 ] Δικτυακός τόπος <http://www.paperonweb.com/pmake.htm>
- [ 15 ] Δικτυακός τόπος <http://www.isri.org/recycling-industry/commodities-specifications/recovered-paper-and-fiber#.VeW1KfntlBc>
- [ 16 ] Δικτυακός τόπος [https://www.xeikon.com/downloads/QA\\_P-Challenges-in-Paper-Recycling.pdf](https://www.xeikon.com/downloads/QA_P-Challenges-in-Paper-Recycling.pdf)
- [ 17 ] Δικτυακός τόπος <http://www.tappi.org/Bookstore/Public-Outreach/Earth-Answers/How-Is-Paper-Recycled.aspx>

- [ 18 ] Δικτυακός τόπος <http://www.paperonline.org/environment/paper-recycling/the-paper-recycling-process>
- [ 19 ] Δικτυακός τόπος <https://myrecycling.recyclebank.com/ecolibrary/paper-recycling>
- [ 20 ] Δικτυακός τόπος [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging_waste_statistics)
- [ 21 ] Δικτυακός τόπος <http://www.rountos.gr/%CE%B4%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7-pefc/>
- [ 22 ] Δικτυακός τόπος <http://www.hahnemuehle.com/en/traditional-fineart/paper-quality-parameters.html>
- [ 23 ] Δικτυακός τόπος <https://s3.amazonaws.com/EPNPaperCalc/documents/Paperwork.pdf>
- [ 24 ] Δικτυακός τόπος [http://ecologygreece.blogspot.gr/2012/04/blog-post\\_349.html](http://ecologygreece.blogspot.gr/2012/04/blog-post_349.html)
- [ 25 ] Δικτυακός τόπος [http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=406:paper-recyclers&catid=85&Itemid=435&lang=en](http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=406:paper-recyclers&catid=85&Itemid=435&lang=en)
- [ 26 ] Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων Τόμος Α Οικιακά και άλλα μη επικίνδυνα Απόβλητα Αδαμάντιος Σκορδίλης και Κωνσταντίνος Κορνίτσας
- [ 27 ] Εγκυκλοπαίδεια ΥΔΡΙΑ Γ. ΑΞΙΩΤΕΛΛΗΣ & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.
- [ 28 ] Χρονικό της Ανθρωπότητας ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΗ

### Παραπομπές Εικόνων

- Εικόνα 1 - 3 ιστοσελίδα [http://graficnotes.blogspot.gr/2012/10/blog-post\\_14.html](http://graficnotes.blogspot.gr/2012/10/blog-post_14.html)
- Εικόνα 5,7 ιστοσελίδα <http://www.uni-kiel.de/anorg/lagaly/group/klausSchiver/Keller.pdf>
- Εικόνα 4 ιστοσελίδα <http://users.stlcc.edu/nfuller/paper/>
- Εικόνα 6 ιστοσελίδα <http://www.paperhall.org/louis-nicolasrobert/>
- Εικόνα 8,9 ιστοσελίδα [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging_waste_statistics)

Εικόνα 10,11 ιστοσελίδα [http://www.dyer-consequences.com/recycling\\_symbol.html](http://www.dyer-consequences.com/recycling_symbol.html)

Εικόνα 12 ιστοσελίδα <http://www.paperonline.org/paper-making/paper-production/papermaking>

Εικόνα 13 ιστοσελίδα <http://freestocktextures.com/texture/id/119>

Εικόνα 14 ιστοσελίδα <http://www.alibaba.com/showroom/wood-peeling-machine.html>

Εικόνα 15,16 ιστοσελίδα  
[http://www.recycledpaper.org.uk/information/school\\_resources/paper\\_woodpulp.pdf](http://www.recycledpaper.org.uk/information/school_resources/paper_woodpulp.pdf)

Εικόνα 17,19 ιστοσελίδα <http://www.paperonline.org/paper-making/paper-production/papermaking>

Εικόνα 18 ιστοσελίδα <https://us.fsc.org/en-us>

Εικόνα 20,21 ιστοσελίδα <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=96>

Εικόνα 22 ιστοσελίδα <http://www.diamondpaper.gr/epexergasia.html>

Εικόνα 23 ιστοσελίδα  
<http://www.tappi.org/PageNotFound/?aspxerrorpath=/Bookstore/Public-Outreach/Earth-Answers/How-Is-Paper-Recycled.aspx>

Εικόνα 24 ιστοσελίδα [https://www.xeikon.com/downloads/QA\\_P-Challenges-in-Paper-Recycling.pdf](https://www.xeikon.com/downloads/QA_P-Challenges-in-Paper-Recycling.pdf)

Εικόνα 25 ιστοσελίδα <http://www.paperonline.org/paper-making/paper-production>