

Arş. Gör. Andaç YAKUT

**Abstract:**

The raw materials of cellulose, used in paper production, are natural resources such as wood, straw, or cotton. Depletion of these natural resources, environmental pollution and increasing energy cost problems can be overcome by producing paper from used paper. In this study, after giving information about paper and paper industry, the advantages of production of paper from used paper is indicated. After explaining the production of paper from used paper in detail, suggestions are made in the results section.

**Key Words:**

Recycling, used paper, energy saving, environmental pollution.

# Geri Dönüştürülebilir Kullanılmış Kağıttan Yeni Kağıt Üretiminin İrdelenmesi

**ÖZET**

*Kâğıt üretiminde kullanılan selülozun hammaddesi olan odun, saman, pamuk gibi doğal kaynakların azalması, çevre kirliliği ve enerji maliyetlerinin artması gibi sorunlar kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretilmesi ile aşılabılır. Bu çalışmada kâğıt ve kâğıt sektörü hakkında bilgi verildikten sonra kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretiminin avantajları belirtilmiştir. Geri dönüştürülebilir kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretimi detaylı bir şekilde açıklandıktan sonra sonuç bölümünde önerilerde bulunulmuştur.*

**Anahtar Sözcükler:** Geri dönüşüm, kullanılmış kâğıt, enerji tasarrufu, çevre kirliliği.

**1. GİRİŞ**

Günümüzde teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle azalacağı düşünülen kâğıt tüketimi, bunun tam tersine teknolojinin gelişmesiyle artmıştır. Dünya’da kâğıt tüketimine olan gereksinimin artması, buna karşın kâğıt üretiminde kullanılan selülozun hammaddesi olan odun, saman, pamuk gibi doğal kaynakların azalması, orman yetiştirilmesinin uzun süre alması, çevre kirliliği ve enerji maliyetlerinin artması, kâğıt üreticilerinin kullanılmış kâğıt kaynağına yönelmesini zorunlu kılmıştır.

**2. KÂĞIT ve KÂĞIT SEKTÖRÜ**

Kâğıt, bitkisel selülozun mekanik veya kimyasal yollarla liflendirilmesiyle veya kullanılmış kâğıtların yeniden liflendirilmesi ile elde edilen hamurlardan üretilen, üzerine baskı yapmaya elverişli tabaka olarak tanımlanır.

Kâğıtlar literatürde genel olarak iki grupta sınıflandırılmaktadır [1]:

**A) Kültürel Kâğıtlar**

**1) Yazı Tabı Kâğıtları:** Üzerine yazı yazılabilir ve baskı yapılabilir nitelikte kâğıtlardır. Kompozisyon itibarıyla kimyasal selülozdan

veya kimyasal selüloz ile mekaniksel odun hamurundan oluşmaktadır. Ayrıca bu kâğıtlara kullanım amacına bağlı olarak kaplama (kuşeleme) işlemi uygulanmaktadır.

**2) Gazete Kâğıdı:** Yüksek oranda mekaniksel odun hamuru ile düşük oranlarda kimyasal selüloz ihtiva eden ve özellikle gazete basımı için kullanılan kâğıtlardır.

## B) Endüstriyel Kâğıtlar

**1) Sargılık Kâğıtlar:** Selüloz, atık kâğıt ve odun hamurundan elde edilen ambalaj malzemesi olarak kullanılan kâğıtlardır.

**2) Temizlik Kâğıtları:** Selüloz ve atık kâğıttan, az miktarda odun hamuru (CTMP, TMP) içeren düşük gramajlı kâğıtlardır.

**3) Kraft Torba Kâğıdı:** Beyazlatılmamış ya da beyazlatılmış kraft selülozdan yapılan çok dayanıklı ambalaj kâğıdıdır.

**4) Oluklu Mukavva Kâğıtları:** Bir veya daha fazla oluklu tabakanın alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka (kraft liner) ile kaplanmasıyla meydana gelen bir üründür. Ambalaj kutularının imalinde ve kırılan eşyanın paketlenmesinde seperatör ve destekleyici olarak kullanılır.

**5) Kartonlar:** Yüksek gramajlı, kalın, tek veya çok katlı olabilen kâğıtlardır. Kullanım amacına bağlı olarak çok çeşitli adlarda ve özelliklerde üretimi yapılmaktadır.

**6) Sigara ve İnce Özel Kâğıtlar:** Genellikle kendir, keten, jüt ve paçavra selülozdan üretilen yüksek mukavemetli ve düşük gramajlı kâğıtlardır.

## 3. KULLANILMIŞ KÂĞITTAN YENİ KÂĞIT ÜRETİMİNİN AVANTAJLARI

• Kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretimi daha az ağaç kesilmesi ve dolayısıyla ormanda yaşayan bitki ve hayvanların yani doğanın korunması anlamına gelir. Ayrıca Küresel ısınmanın nedenlerin-

den biri de yok olan bitki örtüsüdür. Böylece küresel ısınmanın da önüne geçilmiş olunur.

- Eski teknolojiyi kullanan kâğıt üretim tesislerinde bir ton kâğıt üretmek için 400 m<sup>3</sup> su tüketmek gerekirken, modern tesislerde 20-50 ton su kullanmak yeterli olmaktadır. Kullanılmış kâğıttan kâğıt üreten tesislerde bir ton kâğıt üretimi için sadece 5 ton su kullanmak yeterli olmaktadır.
- 1 ton kullanılmış kâğıt çöpe atılmayıp geri kazanıldığı ve kâğıt üretiminde tekrar kullanıldığı zaman;
  - 17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi,
  - 36 ton sera gazı CO<sub>2</sub> atmosfere atılması,
  - 4100 kWh elektrik enerjisinin israf edilmesi,
  - 267 kg kirletici gazın atmosfere atılması,
  - 1750 litre fuel-oilin israf edilmesi,
  - 3-4 m<sup>3</sup> depolama alanı tasarruf edilmesi,
  - 85 m<sup>2</sup> ormanlık alanın tahrip edilmesi,
  - 38,8 ton suyun israf edilmesi,

önlenmiş olur [2].

## 4. GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR KULLANILMIŞ KÂĞITTAN YENİ KÂĞIT ÜRETİMİ

Türkiye selüloz kaynakları kıt olan bir ülkedir. Selüloz üretimi bir fabrika dışında yapılmamaktadır. Bu nedenle selüloz ithal edilir. Selüloz üretimi başlı başına büyük bir organizasyondur. Fabrikasının kullanabileceği orman alanları, kütüklerin fabrikaya nakli ve işlenmesi yoğun çabalar ve büyük yatırımlar gerektirir. Bu tür fabrikalar ham madde kaynaklarına yakın olmak için orman içine ve nehir kenarına kurulmuşlardır. Bazıları nakliyeyi nehir üzerinden kütüklerin nehre atılmasıyla yapmaktadırlar. Bu nedenle çalışma alanı çapı oldukça büyük olmaktadır. Bu tür yatırımların bütçesi olağan üstü büyüktür. Kullanılmış kâğıdın ham madde olarak kullanılması fabrika alanını küçültmektedir. Selülozda olduğu gibi bu fabrikalar da ham madde kaynaklarına yakın olmak isterler. Bu nedenle büyük şehirlerin kenarını tercih ederler. Bu şehirlerde ortaya çıkan kullanılmış kâğıt bireysel toplayıcılarda çok geniş ve karmaşık bir yapıdadır. Marketler, matbualar, kentlerin belediye çöplükleri ve çöp bidonları ham madde temini için kullanılan kaynaklardır. Bunlar yetmediğinde komşu şehirler ve en sonunda diğer ülkeler ham madde temini için kullanılan ek alanlardır [3].

## Makale

Kullanılmış kâğıtlar 5 temel grupta sınıflandırılabilir:

- Karışık atıklar,
- Oluklu ambalaj atıkları, (OCC)
- Eski gazete kâğıtları, (ONP)
- Selüloz alternatifi atıklar
- Yüksek vasıflı matbu atıkları

### 4.1. Kâğıt Üretim Tesisini Meydana Getiren Üniteler ve İşlem Basamakları

Genel olarak kullanılmış kâğıttan kâğıt üreten bir kâğıt üretim tesisi "Hamur Hazırlama Bölgesi" ve "Kâğıt Makinesi" olmak üzere iki ana bölümden meydana gelir. Ayrıca bu iki bölüm arasında "Yaklaşım Bölgesi" denilen bir bölüm daha bulunur. Hamur Hazırlama Bölgesinde amaç kullanılmış kâğıdın sulu ortamda hamur haline getirilerek içindeki kirliliklerin temizlenmesidir. Temizleme işlemi kâğıt hamurunun birçok kademedan oluşan çeşitli tipte eleklerden geçirilmesiyle elde edilir.

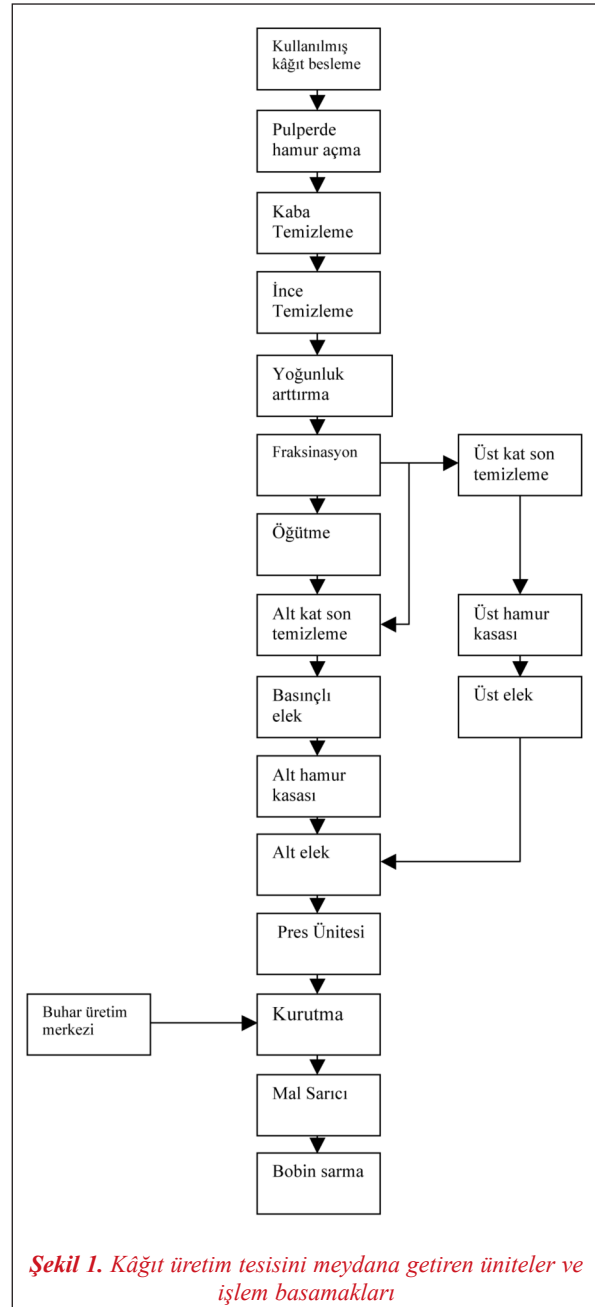
Kâğıt Makinesinde ise amaç içinde neredeyse hiç kirlilik kalmamış kâğıt hamurunun sırasıyla elekler, presler ve kurutma silindirlerinden geçirilerek içindeki suyu almak ve böylece istenen kuruluk derecesine sahip kâğıt elde etmektir. Şekil 1'de kullanılmış kâğıttan kâğıt üreten bir kâğıt üretim tesisinin genel işlem basamakları görülmektedir [4].

### 4.2. Hamur Hazırlama Bölgesinde Ana Üretim Süreçleri ve Ekipmanları

Hamur hazırlama bölgesinde bir dizi elyaf hazırlama işlemi yapılır. Aşağıda özet olarak çeşitli işlem basamakları ve bunların yapılış amaçları verilmektedir [3]:

- Hamurun elde edilmesi ve elyaflarına ayırma: Hamur elyafın sulandırılarak hamur hale getirilmesi sonucu pompa ile basılabilecek kıvam elde edilir. Burada katı madde oranı %1 ile %6 arasında değişmektedir. Bunun sonucunda gerekiyorsa hamur elyaflara ayırılır. Kullanılmış kâğıt işlenmesinde kâğıt dışı parçacıklar ve mürekkep parçacıkları elyaflardan ayrılmalıdır.
- Eleme: Hamur içinden şekil ve büyüklük bakımından istenmeyen kâğıt dışı parçacıkların ayrılması işlemi.

- Fraksinasyon: Elyafı istenilen kriterlere göre, genellikle uzunluklarına göre ayırma işlemi.
- Santrifüj temizleme: Hamur içindeki istenmeyen parçacıkları ayırma işlemi. Genellikle daha yoğun olan cisimler ve düğümler, elyaftan bu yolla ayrıştırılır.
- Öğütme: Elyafın şeklini, boyunu ve yüzeyinin yapısını değiştirmek için yapılan işlem.
- Beyazlatma, renk giderme: Sarı veya esmer elyafa gerekli parlaklık ve ışık özelliğinin kazandırılması işlemi.



Şekil 1. Kâğıt üretim tesisini meydana getiren üniteler ve işlem basamakları

- Yıkama: Çok küçük katı parçacıkların hamurdan ayrıştırılması işlemi.
- Su alma: Hamurdan su alınması işlemi.
- Dispersiyon: Kirli ve yapışkan maddelerin, mürekkep parçacıklarının kâğıtta görülmemesi için boyutunu küçültme ve elyaf kümelerini dağıtma işlemi.
- Büteye alma ve karıştırma: Düzgün bir hamur karışımı elde edebilmek ve bunu depolayabilmek için, hamurun, üzerinde karıştırıcı takılı bütelere alınması işlemi.

#### 4.2.1. Ham Maddenin Beslenmesi

Ham madde beslemesinde ana amaç, üretim tonajına uygun miktarda ham maddeyi pulpere aktarabilmektir. Besleme pulper tipine bağlı olarak kesikli veya sürekli olabilir. Kullanılmış kâğıt işleyen fabrikalarda kâğıtlar balyalı veya dökme olarak beslenirler.

Konveyörün amacı kullanılmış kâğıdı pulpere göndermektir. Konveyör metal parçalardan yapılmış sonsuz olarak bağlanmış bir palet grubudur. Zincir ile tahrik edilir. Konveyörün hızı pulpere malı besleyebilmesi için ayarlanmıştır.

Konveyörün üzerine asla kesilmemiş telli balya konmamalıdır. Balyaların telleri ya demir makasıyla ya da otomatik tel kesme üniteleri aracılığıyla kesilmiş olmalıdır. Böylece balya parçalara ayrılabilir. Pulpere atılacak bütün balya, pulper yoğunluğunu aşırı yükseltir. Teller kesilmeyecek olursa balyanın ayrılması imkânsızlaşır. Balya telleri kesildikten sonra genellikle alınmaz ve pulpere sarkıtılan kuyruk tarafından tutulurlar.

#### 4.2.2 Pulperde Hamurun Açılması

Pulperler kullanılmış kâğıdı sulu ortamda tekrar kâğıt hamuru haline getirmek için yapılmış özel bıçakları olan karıştırıcılardır. Pulperlerde elyaf açmanın amacı kuru olan elyaf kümelerini ıslatarak ve parçalayarak, elyafı tanelerine ayırmak ve onları pompalarla basılabilecek hale getirmektir. Böylece, elde edilen elyaf süspansiyonu kolayca eleklerde ve siklonlarda temizlenebilir.

Pulperlerin hamurlaştırma yanında diğer bir görevi

kullanılmış kâğıttaki kirliliklerin büyük bir kısmını prosese sokmadan sistemden uzaklaştırmaktır. Pulperin içinde bir bıçak ve altında süzgeç delikleri vardır. Bu haliyle pulper bir kıyma makinası gibi çalışarak kullanılmış kâğıdı parçalar ve alttaki süzgeçlerden geçebilecek büyüklüğe getirir. Parçalanamayan kullanılmış kâğıt alt süzgeçten geçemeyeceğinden parçalanıncaya kadar pulper içinde kalır.

Kullanılmış kâğıtlarda pulperleme sıcak olarak yapılır. Elyafın açılmasının zor olduğu durumlarda pulperdeki hamur sıcaklığı 75 °C'nin üzerine kadar çıkartılır. Yaş dayanımın iyice arttığı durumlarda, asit ve baz türü çeşitli kimyasallar parçalamaya yardımcı olarak kullanılır.

Pulper içine atılan kullanılmış kâğıdın içinde yabancı maddeler bulunur. Kullanılmış kâğıt pulper içinde hamur hale getirilir. Hamur içindeki yabancı maddeleri, yoğunluğu hamurdan ağır olanlar ve yoğunluğu hamurdan hafif olanlar diye ikiye ayırmak gerekir. Her iki yabancı madde türünün temizlenmesinde çeşitli aşamalarda farklı temizleme işlemleri yapılır. Bu işlemler iyi bir hamurun hazırlanması ve sonuçta kaliteli bir kâğıdın üretilmesi için gereklidir [3].

#### 4.2.3. Eleme

Eleme ve temizlemenin amacı temiz hamur liflerinden katı pisliklerin ayrılmasıdır. Bu pislikler; lif topağı, lif demeti, kazan taşı, balyalardan gelen pislikler, toz, kum, balya teli, su borularından gelen pas, lastik, plastik, gibi kirletici maddeler olabilir. Bu pislikler ayrılmadığı takdirde kâğıt içinde lekeler ve benekler halinde ortaya çıkarlar [5].

Temizlemede ilke yabancı maddelerin şekil, büyüklük ve yoğunluk bakımından liflerden farklı olmasından yararlanmaktadır. Bu amaçla, delikli veya yarıklı levhaları bulunan eleklerle yerçekimi ve santrifüj kuvveti yardımıyla çalışan aygıtlar kullanılmaktadır. Elemanın iki amacı vardır [5]:

- Yabancı maddeleri lifleri en az düzeyde kaybederek ayırmak
- Liflerin düzenli dağılımını sağlayarak düzgün bir kâğıt oluşturmak

## Makale

Kullanılmış kâğıtla çalışılırken temizlik işleri birden fazla kademede ve farklı gözenekli eleklerle yapılır. Kademelerin çoğalması elyaf kaybını azaltarak verimliliği arttırırken, yatırım maliyetini ve enerji sarfiyatını da arttırır. Bu nedenle eleme daima ham madde özellikleri, temizlik verimi, elyaf kaybı, üretim miktarı ve üretimde güvenilirlik beklentisi gibi kriterler göz önüne alınarak yapılır [3].

### 4.2.3.1. Kaba Eleme

İlk temizleme kademesi kaba temizleme olarak adlandırılır. Bu kademenin atık maddesi ve bir miktar hamur ikinci bir eleğe gelerek daha iyi bir temizleme yapılır. Bu kademede de atık maddeler ve bir miktar hamur çıkar. Her kademede bir miktar kirlilik adım azaltılır. Son temizlik kademesinden çıkan kirlilik elyaf kaybına neden olur. Yüksek atık madde oranı aynı zamanda yüksek elyaf kaybı demektir.

Kaba elemelerde hem sepetli hem de disk elekler kullanılır. Kaba temizlemede kullanılan sepetli elekler ince temizleme eleklerine benzer. Tek farkı eleğin rotor olarak dönmesi ve bıçakların sabit olmasıdır. Bu tür makine yapısı sadece kaba elemelerde bulunur. Katı atık miktarına bağlı olarak rotor yapısı değişmektedir. Bu tür eleklerin elyaf kümelerini dağıtması disk eleklerle göre çok azdır ve sonucu rotorun yapısı belirler. Silindirik sepetlerde katı madde oranı % 5'in altındadır.

### 4.2.3.2. İnce Eleme

Basınçlı elekler, basınç altında çalışan ve ince temizlemede kullanılan eleklerdir. Bu sistemde, daha az yabancı madde birikimi olur ve elek daha az alan kaplar. Kapalı eleklerin birçok avantajı vardır. Daha az yer kaplar, önemli derecede basınç gereken hava yastıklı hamur kasalarıyla hızlı makinelerle kullanılmaya uygundur, köpük sorunu yoktur. Ayrıca basınçlı eleklerde hamura hava karışma riski yoktur. Kontrolü kolaydır, fiskiye olmadığından su kullanımını azalır. Ancak, bu eleklerde lifler birbirine sarılarak ip şekline gelebilir [5].

### 4.2.3.3. Santrifüj Temizleme ve Siklon Temizleyiciler

Santrifüj temizlemede, kâğıt kalitesini olumsuz olarak etkileyecek olan, hamur içindeki askıda bulunan

yabancı parçacıklar alınır. Bunlar içinde aşındırıcı kum ve cam parçaları ile tıkanmaya yol açacak düğümler bulunur. Etkili ayırıştırma yoğunlukla ilgili olduğundan elyafla benzeşen yabancı maddeler uzaklaştırılmaz. Santrifüj temizleme diğer temizleme yöntemlerini tamamlayıcı bir işlemdir. Elemekten farkı, temizlenecek hamuru sıkıştırarak deforme etme olayı yoktur. Bunlara hidrosiklonlar da denilmektedir.

Hidrosiklonlarda parçacıkların ayrılma prensibi hızla hamuru siklon içine göndermektir. Bu esnada ağır parçacıklar siklon içinde duvara doğru fırlatılırken, ağırlıkları nedeniyle dibe doğru giderler. Hamur ise üstten dışarıya alınır. Tabana doğru olan akış hafif ve ağır atık maddeleri temiz hamurdan uzaklaştırır. Siklon içinde santrifüj kuvvet, temiz hamuru üstten alırken, aksiyel kuvvet atık maddeleri tabana iterek ayırıştırır [3].

### 4.2.4. Fraksinyasyon (Elyaf Seçme, Ayırma)

Prensip olarak fraksinyasyonda elyaf girişi ve atık madde çıkışı elemeye benzemekle birlikte, fraksinyasyon elyafları uzun ve kısa olarak seçmede yani ayırıştırma kullanılır. Özellikle esmer test liner gibi çift katlı kâğıtlarda, elyaflar alt ve üst kata farklı uzunluklarda gönderilir. Genellikle kısa elyaf örtücülüğü ve yüzey düzgünlüğü sağlaması nedeniyle üste verilir. Oluklu kâğıdı üreten çift elekli makinelerde fraksinyasyon vazgeçilmez olarak kullanılmaktadır. Elyaf elemelerde, eleme oranı %5-25 arındayken, fraksinyasyonda elyaflar üretim ihtiyacına göre %30-40 olarak ayırıştırılır. Fraksinyasyon düz eleklerle ve silindirik sepetlerle yapılır.

Fraksinyasyon sonucunda uzun ve kısa elyaflar kısmen birbirlerinden ayrılırlar. Uzun elyafların içinde kısa elyaflar, kısa elyafların içinde de uzun elyaflar görülecektir. Bu işlem sadece elyaflarda istenilen zenginleşmeyi sağlayabilir. Ham maddenin özellikleri, yoğunluğun durumu, elyafların eleğe giriş açısı seçiciliği etkiler. Eleme sırasında atık maddeler arasında uzun elyaflar yoğunluktadır [3].

### 4.2.5. Öğütme (Refinerde İşleme)

Lifleri bireysel olarak ayırıp, uç kısımlarını püskül-

lendirip, birbiriyle kenetlenmelerini sağlamak için öğütme gerekir. Öğütüm, refiner (öğütücü) denilen araçla gerçekleşir.

Öğütmenin veya elyafları dövmenin amacı, elyaf şeklini kullanıma uygun olacak şekilde tasarlamaktır. Bunun iki nedeni vardır [3]:

- Kâğıt üretim sürecini iyileştirmek,
- Üretilmiş kâğıda istenilen özellikleri kazandırmak

Dövme sözcüğü kâğıtçılıkta kâğıt hamuru liflerinin saçaklanma, hidratlanma, şişme ve kesme gibi etkilere uğratılmasını ifade eder.

Kullanılmış kâğıtta öğütme genellikle dayanımı arttırmak ve düğümleri azaltmak için uygulanır. Öğütmeyle elyafların şekli değişir. Boyları kısalmır, enlerinden bölünürler, çökmeler ve liflenmeler olur.

Refinerler bir yüzey üzerine yerleştirilmiş metal bıçakların yine benzer bir yüzeye karşı yer değiştirmesi ilkesine göre çalışırlar. Lif süspansiyonu bu iki yüzey arasından geçerken lifler sert hareketlere, basınç, çekme ve sürtünmeye uğrayarak yapıları gevşer. İki bıçak arasında geçen olaylar yeterince açıklanmış olmamakla birlikte, türbülansın çok şiddetli olduğu, bıçakların özelliğinin önemli olduğu, bıçak şeklinin etkisi olduğu bilinmektedir [5].

#### 4.2.6. Dispersiyon (Elyafı Dağıtma)

Harman yapısına ve üründen beklentiye göre hamurun dağıtılmasındaki amaçlar aşağıda verilmektedir:

- Hamur içindeki kirlilikleri gözle farkedilemeyecek kadar küçültmek,
- Yapışkanların büyüklüğünü azaltmak,
- Kullanılmış kâğıttaki kaplama ve tutkal parçacıklarını elyaftan sökmek,
- Parfinlerin dağılmasını sağlamak,
- Mürekkep parçacıklarını elyaftan ayırmak,
- Elyaf kümelenmelerini dağıtmak,
- Hamuru mekanik ve kimyasal olarak işlemek,
- Hamurdaki mikro organizmaları öldürmek

Elyafı ve kirlilikleri dağıtma ihtiyacı sadece kullanılmış kâğıt işlenirken ortaya çıkar. Üretim kade-

mesi olarak, katı madde oranının arttırıldığı (%25-%35) bir bölgeye disperger kurulur. Hamur içindeki kirliliklere ve elyaf kümelerine yüksek kesme kuvveti uygulayarak dağılmalarını sağlar. Kesme kuvvetinin, hamurdaki tüm parçaları birbirine bağlayan kuvvetin üstüne çıkması istenir. Bu nedenle hamur katı madde oranı % 24 ile %30 arasında tutularak, kesme kuvvetinin hamura daha fazla geçmesi sağlanır. Hamurun ısıtılması kirliliklerin ve elyafların bağlarını gevşemesini kolaylaştırır.

#### 4.2.7. Teksif (Yoğunlaştırma) ve Hamurdan Suyun Alınması

Teksifle ilgili işlemlerde hamurun içindeki suyun ve bu suyla birlikte erimiş katkı maddelerinin alınması sağlanır. Suyun alınmasının teknolojik ve ekonomik nedenleri vardır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- Hamurdan kimyasal maddeler, kirlilikler ve sıcaklık alınmış olur.
- Hamurun katı madde oranı başka işlemler için istenilen düzeye getirilir.
- Atık su veya elek altı suyundan elyaf kazanılır.
- Yaş elyaf tabakaları oluşturmak (yaş elyafın nakli için) veya atık maddelerin suyunu almak için katı madde oranı arttırılır.

#### 4.3. Makine Yaklaşım Bölgesi

Yaklaşım bölgesi kâğıt makinası hamur kasası ile hamur hazırlama bölgesi arasında kalan bölgedir. Bu bölgede hamur hazırlamada açılan ve temizlenen elyaf türleri çeşitli oranlarda karıştırılır, sulandırılır, kimyasallar ve dolgu maddeleri eklenir, son temizlikleri yapılır, havası alınarak makina kapasitesine göre katı madde oranı belirlenir ve hamur kasasına gönderilir. Sabit debide, sabit basınçta, sabit katı madde oranında, sabit karışımda hamurun makinaya verilmesi kâğıdın kalitesinde ve gramajında düzgünlük sağlar.

#### 4.4. Sonsuz Elek (Fourdrinier) Kâğıt Makinesi

Kâğıdın sulu sistemde fabrikasyonu asırlardan beri değişmemiştir. Uygun şekilde dövülmüş, konsantrasyonu ve miktarı belli olan bitkisel lif süspansiyonu bir elek üzerinde düzgün şekilde dağıtılarak süzülür. Süspansiyondaki serbest su elek arasından süzül-

## Makale

lererek geriye bir safiha (ıslak kâğıt yüzeyi) bırakılır. Daha sonra da bir veya daha fazla sayıda presten geçirilerek safihanın boşlukları arasındaki ıslatma suyu alınır. Sonuçta, lifler tarafından tutulan kapiler su kurutma ile uzaklaştırılır ve böylece liflerin temas noktalarında oluşan doğal hidrojen bağları kâğıda kendine has sağlamlığı ve özellikleri verir.

### 4.4.1. Hamur Kasaları

Akım dağıtıcı ve hamur kasasının görevi santrifüj pompalardan borular vasıtasıyla gelen belirli hızda ve dairesel kesitteki süspansiyon akımını mümkün olduğu kadar düzenli bir biçimde, makine eni boyunca en az oranda karşı akım ve anaförler oluşturarak kalınlığı 1-1,5 cm olan ince dikdörtgen prizması şeklinde bir akıma dönüştürerek cetvel ağzına vermektir.

### 4.4.2 Kâğıt Makinesi Islak Parti Bölümü (Sonsuz Elek)

Elek ünitesi hamur kasasından sonra hamurdan suyun alınmaya başladığı ilk ünedir. Elek ünitesine gelen hamur önce kendi ağırlığından dolayı bir miktar suyu yerçekimi etkisiyle bırakır. Belli bir süre sonra yerçekimi kuvveti etkili olmadığından vakum kasaları yardımıyla su vakum ile çekilir. Elek ünitesinde belli miktar suyun alınmasından sonra çıkışta kuruluk oranı %20 civarında olur.

### 4.4.3. Pres Ünitesi

Elek Ünitesinden sonra artık hamurun içindeki su vakumla alınamaz hale gelir. Bundan sonra hamurdaki suyu baskı uygulayarak almak gerekir. Bunun için elek ünitesinden sonra hamur pres ünitesine gönderilir. Hamur kademeli olarak baskının artırıldığı preslerin arasından geçer. Böylece hamur içindeki suyun büyük bir kısmı alınır. Hamur artık kâğıt haline gelmeye başlamıştır. Pres ünitesi çıkışında kuruluk oranı yaklaşık %49'dur.

### 4.4.4. Kurutma Ünitesi

Mekanik olarak kağıttan en fazla su çıkarılması elek ve pres partisinde gerçekleşmekte olup bu kısımlarda uzaklaştırılmayan su kurutma partisinde buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Eleklerden sonra ıslak safihanın kuruluğu %16-23, pres partisinden sonra %40-50 ve kurutma partisinden sonra %91-95 olur. Bu

elek partisinde 1 kg kâğıt üretimi için 100-170 kg, pres kısmında 2-4 kg, kurutma partisinde ise 1,0-1,5 kg suyun uzaklaştırıldığını ifade etmektedir. Kurutma partisinde çıkarılan su, toplam suyun çok az bir kısmına karşılık gelmesine rağmen kurutma partisinden bir kâğıt veya karton makinesi için ana enerji tüketicisi durumundadır.

Kâğıt makinesinin kurutma partisinde kurutma silindirlerinin ilk %10-15'i ısınma devresini temsil eder. Orta kısımlarda kurutma silindirlerinin %55-65'i de sabit kurutma devresini temsil eder. Suyun çoğu sabit kurutma devresinde buharlaştırılıp bu devrede açık gözenekli fabrik keçelerin kullanılması kurutmayı önemli ölçüde kolaylaştırabilir. Geri kalan sonda %25-30'u ise azalan kuruma devresine tekabül etmekte olup burada da az geçirgen keçe kullanılması ısı transferini artırmak yönünden yararlıdır [6].

### 4.4.5. Kalenderleme

Kurutma partisinden çıkan kâğıdın yüzeylerinde bazı düzensizlikler vardır. Bu düzensizlikler; baskı, yazı ve ambalaj gibi bazı kullanım yerleri için bir kusur oluşturur. Kalenderleme kâğıdın yüzeyini sonradan düzleştirilen bir işlemdir. Kâğıt kuruduktan sonra basınç altında ağır metal silindirler veya yumuşak kaplamalı silindirler arasından geçirilerek kalenderlenir.

Kalenderlemenin amaçları şunlardır:

- Kâğıt eni boyunca mümkün olduğu kadar kalınlık farklılıklarını gidererek kâğıt yüzeyini düzeltmek
- Keçe ve elek izlerini gidermek
- Kâğıt yüzeyine düzgünlük vererek onun baskı özelliklerini iyileştirmek
- Kabarma, bükülme ve lif yığılmalarını düzeltmektir.

### 4.4.6. Mal Sarıcı

Mal sarıcı sürekli üretilen kâğıdı makara şeklinde sarmak için kullanılır. İngilizce adı olan "reel" makara anlamına gelir. Türkçede mal sarıcı olarak geçmektedir ve sarılan makaraya boş tampon denir. Dolu tampon çapları 4,5 metreye kadar büyür. Tampon sıklığı ve kenar düzgünlüğü önemli parametrelerdendir. Tampon değişimi sırasında kâğıdın işlem dışı kopmaması gerekir.

Kâğıt kurutma grubunun sonuna geldiğinde imalat bitmiş demektir. Bu durumda kâğıdın içindeki rutubet ve kâğıdın gramaj dağılımının bilinmesi gerekir. Mal sarıcı öncesi konulan çerçeve ve üzerindeki sensörler bu işlevi yerine getirir. Sürekli tarama yaparak kâğıtla ilgili bilgileri toplar. Gerekli görüldüğünde operatör tarafından gramaj ve rutubet istekleri bilgisayar ekranı üzerinden değiştirilir [3].

#### 4.4.7. Bobin Makinesi

Bobin makinesi istenen özellikler doğrultusunda kâğıdın tampondan bobine dönüşümü sağlar. Sarım işlemi biten bobin son uç yapıştirılarak çemberlenir ve bobin kantarında tartılır. Burada gerekli etiket üretilir ve bobin üzerine yapıştirılır. Buradan mamul ambarına teslim edilir.

### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kâğıt üretiminde kullanılan selülozun hammaddesi olan odun, saman, pamuk gibi doğal kaynakların azalması, çevre kirliliği ve enerji maliyetlerinin artması gibi sorunlar kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretilmesi ile aşılabılır. Kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretilmesiyle;

- Orman kaynaklarının daha az tüketilmesi sağlanacak,
- Üretim için gerekli enerji ihtiyacı daha az olacak ve böylece enerji tasarrufu sağlanacak,
- Daha az su tüketimi olacak ve su tasarrufu sağlanacak,
- Kullanılmış kâğıdın ülke içinde toplanıp kullanılması halinde selüloz ve kullanılmış kâğıt ithalatı azalacak,

- Kâğıdın bünyesinde bulunan bazı maddeler geri kazanıldığında kimyevi madde tasarrufu sağlanmış olacak,
- Üretimde kullanılan kimyasalların daha az tüketilmesi dolayısıyla çevre kirliliği azalacaktır.

Küresel ısınma ve çevre kirliliği dünyamızda hızla arttığından geri dönüştürülebilir kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üreten tesislerin teşvik edilmesi enerji tasarrufu ve çevre kirliliği bakımından büyük önem taşımaktadır.

### KAYNAKLAR

- [1] Usta, H., (2004), Kağıt Sektörü Profil Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- [2] Öztürk, M., (2005), Kullanılmış Kağıtların Geri Kazanılması Kullanılmış Kağıttan Kağıt Üretimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [3] Karıncaoğlu, M., (2010), Kağıt ve Karton Üretimi, I.Cilt-Üretim Hattı, <http://www.scribd.com/doc/26773200/Ka%C4%9F%C4%B1t-ve-karton-uretimi-Cilt-1>, 12 Nisan 2010.
- [4] Karıncaoğlu, M., (2009), Dönüşümlü Kağıt İşletmeciliği Temel Bilgiler, <http://www.scribd.com/doc/38515261/Donu%C5%9Fumlu-Ka%C4%9Fıt-%C4%97letmecili%C4%97i-temel-bilgiler>, 15 Mart 2010.
- [5] Eroğlu, H. ve Usta, M., (2004). Kâğıt ve Karton Üretim Teknolojisi, I. Cilt, Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı, Trabzon.
- [6] Eroğlu, H. ve Usta, M., (2004). Kâğıt ve Karton Üretim Teknolojisi, II. Cilt, Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı, Trabzon.