

KRAFT KÂĞIT ENDÜSTRİSİNDE SU VE ATIK SU YÖNETİMİ

Kemal UYAR

**Bölent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

ZONGULDAK

Haziran, 2012

KABUL:

Kemal UYAR tarafından hazırlanan “KRAFT KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE SU VE ATIKSU YÖNETİMİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir. 08/06/2012

Başkan: Doç. Dr. Ahmet ALTIN (BEÜ)



Üye : Doç. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER (BEÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Süreyya ALTIN (BEÜ)



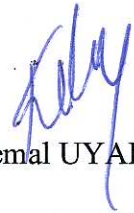
ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. ... /.../2012



Prof. Dr. Özden ÖZEL GÜVEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Kemal UYAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KRAFT KÂĞIT ENDÜSTRİSİNDE SU VE ATIKSU YÖNETİMİ

Kemal UYAR

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet ALTIN

Haziran 2012, 65 sayfa

Günümüzdeki en önemli çevresel sorunlardan biri su kaynaklarının azalması ve kirlenmesi olarak görülmektedir. Endüstrileşmeye ve tüketimdeki artışa bağlı olarak bu kaynaklar her geçen gün daha da azalmakta ve kirlenmektedir. Gelecekte evsel ve endüstriyel amaçlı su gereksinimlerinin karşılanabilmesi ve kalitelerinin korunabilmesi için, su kullanımını azaltacak yöntemlerin geliştirilmesine ve su-atık su yönetim stratejilerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle, endüstrilerde atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanımı ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

Geri dönüştürülebilir özellikte olması nedeniyle kâğıt ürünlerinin çevreci bir ürün olduğu düşünülmüş ve kullanımı her zaman teşvik edilmiştir. Ancak, kâğıt üretimi sırasında kullanılan su miktarı çok yüksektir. Dolayısıyla da, üretim sonunda oldukça yüksek miktarda atık su ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, bu atık sular tehlikeli inorganik kirleticilerin yanı sıra biyolojik ayrışabilirliği güç birçok organik maddeyi de bünyesinde bulundurmaktadır. Bu nedenle kâğıt üretim tesisleri, su kaynaklarının kullanımı ve su kirliliği açısından özel önem gösterilmesi gereken işletmeler arasında yer alır.

ÖZET (devam ediyor)

Bu çalışmada, selüloz ve kraft kağıt üretimi yapan entegre bir tesisinin su ve atık su yönetiminin nasıl olması gerektiği incelenmiştir. Çalışma iki ana aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada, öncelikle tesisteki tüm su (taze su) tüketimi yapan birimler tespit edilmiş ve tesiste kullanılan taze su miktarının azaltılması üzerine günümüze kadar yapılan çalışmaların sonuçları derlenmiştir. Ayrıca tesiste alınabilecek ek önlemler ve revizyonlar belirlenerek, bu sayede elde edilebilecek su tasarruf miktarları belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, tesisteki tüm atık su çıkış noktaları tespit edilmiş ve buralardan gelen atık suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra atık su oluşumunu azaltacak önlemler ortaya konmuştur. Ayrıca, atık suların mevcut kalitesiyle veya kısmi arıtma yoluyla ulaşılması muhtemel kaliteleriyle tesiste kullanılabileceği alanlar ve bu sayede temiz su kullanımında elde edilebilecek tasarruf miktarları hesaplanmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda, geçmişte 7 yıl süreyle yapılan iyileştirmeler yoluyla, 1032 m³/saat olan temiz su tüketiminin 771 m³/saat'e düşürüldüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, bazı ünitelerde revizyonların yapılması, optimizasyon çalışmaları ve kaçakların önlenmesi gibi önlemlerle, tesisin temiz su tüketiminde halen 286 m³/saat'lik bir tasarruf potansiyelinin var olduğu görülmüştür. Ayrıca tesisten çıkan bazı atık suların doğrudan veya kısmi arıtmayla yeniden kullanılma potansiyelinin olduğu belirlenmiştir. Bu yaklaşımla temiz su tüketiminde dolaylı olarak 100 m³/saat'lik ek bir tasarruf elde edilebileceği hesaplanmıştır. Sözü edilen tasarruflar yoluyla, tesisteki atık su arıtma biriminin yükünü azalacağı ve arıtma veriminde önemli artışlar sağlanacağı tahmin edilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kâğıt endüstrisi, selüloz ve kraft kâğıt üretimi, su ve atıksu yönetimi

Bilim Kodu: 615.02.02

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

WATER AND WASTEWATER MANAGEMENT IN KRAFT PAPER INDUSTRY

Kemal UYAR

Bülent Ecevit University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Ahmet ALTIN

June 2012, 65 pages

It is accepted that one of today's most important environmental problem is the depletion and pollution of water resources. Due to industrialization and the increase in the consumption, these resources decline and are more polluted every passing day. To meet the future needs of water in domestic and industrial purposes and to protect the quality of them, the development of methods to reduce water use and water-wastewater management strategies need to be improved. Therefore, studies on re-use and recovery of waste water in industries gain more and more importance.

Being recyclable, paper products are assumed as environmentally friendly and the use of them have always been encouraged. But, the amount of water being used in the process of paper production is very high. Therefore, it leads to quite high amount of waste water at the end of production. Additionally, this wastewater, besides dangerous inorganic pollutants, includes many organic substances that are hard to biologically degrade. For this reason, paper manufacturing plants are among the businesses that should be paid particular attention in terms of the use of water resources and water pollution.

ABSTRACT (continued)

In this study, how water and waste water management of an integrated plant that produces kraft and pulp paper, should be was examined. The study was carried out in two main phases.

In the first phase, all the water (fresh water) consuming units were detected and the results of the studies, being done until today, on reducing the amounts of fresh water used in plant were compiled. And, determining additional measures and revisions that may be taken at the plant, the amount of water saving by this way was calculated.

In the second phase of the study, all the discharge points at the plant were located and the physical and chemical properties of the waste water being discharged from here were specified. Later, measures to reduce the generation of wastewater were revealed. Besides, places where waste water may be used at the plant within the present or possible-to-reach quality through partial treatment were determined; and, in this way, the amount of obtainable savings from the use of clean water was calculated.

As a result of these studies, through improvements in the past 7 years, 1032 m³/hour of fresh water consumption was reduced to 771 m³/hour. In addition to this, through measures such as revisions at some units, optimization works and prevention of water leakage, a still potential of 286 m³/hour saving of fresh water consumption of the plant was seen. And, the potential of re-use of some waste water, the plant reduces, directly or by partial treatment was ascertained. Through this approach, it was calculated that an indirect additional saving of 100 m³/hour of fresh water consumption can be achieved. By the mentioned savings, it is estimated that the burden of the wastewater treatment unit of the plant will decrease and significant increases in the efficiency of treatment will be provided.

Key Words: Paper industry, pulp and kraft paper production, water and wastewater management

Science Code: 615.02.02

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda bana yön veren ve her türlü desteğini esirgemeyen çok değerli hocam ve danışmanım Sayın Doç. Dr. Ahmet ALTIN’a (BEÜ) ne kadar teşekkür etsem azdır.

Yüksek lisansa başlamama vesile olan Sayın Ulvi BEYTEKİN’e, çalışmalarım sırasında beni hep anlayışla karşılayan ve bana sürekli destek olan eşim Şerife UYAR’a ve kızım Şimal UYAR’a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
EKLER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
 BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	 1
1.1 TEZİN AMACI	2
1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
 BÖLÜM 2 SU VE ATIKSULARIN YÖNETİMİ	 7
2.1 DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE SU POTANSİYELİ.....	7
2.2 SUYUN KULLANIM ALANLARI	8
2.3 ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI.....	11
2.4 ENDÜSTRİLERDE SU YÖNETİMİ	13
 BÖLÜM 3 SELÜLÖZ VE KRAFT KÂĞIT ÜRETİMİNDE SU VE ATIKSU	 17
3.1 KÂĞIT ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN KİRLETİCİLER.....	17
3.1.1 Hammadde Olarak Odunun Yapısı	17
3.1.2 Lignin	18

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	Sayfa
3.1.3 Kâğıt Üretiminde Kullanılan ve Ortaya Çıkan Kimyasal Maddeler.....	19
3.3 KÂĞIT ÜRETİMİNDE SUYUN ÖNEMİ.....	20
BÖLÜM 4 MATERYAL VE METOD.....	23
4.1 İŞLETMENİN GENEL TANITIMI	23
4.1.1 Hammadde Temini ve Yongalama Tesisi	23
4.1.2 Selüloz Üretimi ve Geri Kazanım Tesisi.....	23
4.1.3 Kâğıt Üretim Tesisi	25
4.1.4 Yardımcı Üniteler.....	25
4.2 ÇALIŞMA PROGRAMI	25
4.2.1 Su ve Atıksu Debi Ölçümleri.....	26
4.2.3 Su ve Atıksu Özelliklerinin Belirlenmesi.....	28
BÖLÜM 5 BULGULAR VE TARTIŞMA	31
5.1 TESİSTE KULLANILAN TEMİZ SU MİKTARLARI VE ÖZELLİKLERİ	31
5.1.1 Selüloz Üretim Ünitesinde Su kullanımı.....	33
5.1.2 Kâğıt Üretim Ünitesinde Su Kullanımı.....	34
5.2 TESİSTE GEÇMİŞTE YAPILAN SU TASARRUFU ÇALIŞMALARI	35
5.3 TESİSTE TEMİZ SU TÜKETİMİNİ AZALTMAK İÇİN ALINABİLECEK EK ÖNLEMLER VE REVİZYONLAR	37
5.4 TESİSTEKİ MEYDANA GELEN ATIKSULARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	40
5.5 ARITMA TESİSİNİN ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI İÇİN YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR.....	46
BÖLÜM 6 SONUÇ	53
KAYNAKLAR	55
EK AÇIKLAMALAR A ÜRETİM AKIŞ ŞEMASINDA SU VE ATIK SU.....	59
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Endüstrilerde su yönetimi piramidi	14
3.1 Ligninin şematik yapısı	18
3.2 Lignini oluşturan ana kimyasal gruplar	19
4.1 Kraft kağıt üretim akış şeması	24
4.2 Temiz su debi ölçüm noktaları.....	27
4.3 Atıksu debi ölçüm noktaları.....	27
5.1 Keson kuyuların şematik görünümü.....	31
5.2 Tesiste ünite bazında taze su kullanım yerleri	32
5.3 Selüloz üretiminde suyun kullanım amaçları.....	34
5.4 Kâğıt işletmesinde suyun kullanım amaçları	34
5.5 Birim üretim başına su tüketim değeri.	36
5.6 Geçmişte yapılan su tasarrufu çalışmasında alınan önlemlerin toplam tasarruf edilen su miktarındaki etkisi.	37
5.7 Su hortumlarının daratılması ve vana kaçaklarının önlenmesi.	38
5.8 Soğutma sularının miktarının azaltılması	39
5.9 Soğutma sularının toplanması ve geri kazanılması.	39
5.10 Ünite atıksu kaynakları.....	41
5.11 Buharlaştırma kirli kondense suları ve blast buhar suyu.....	44
5.12 Arıtma tesisi genel akış şeması.	47
5.13 Tesiste köpük oluşumu	49
5.14 Kanala kaçan atıklar	49
A.1 Selüloz pişirme ve yıkama ünitesi akış şemasında su ve atıksu	61
A.2 Buharlaştırma tesisi akış şemasında su ve atıksu	62
A.3 Soda kazanı akış şemasında su ve atıksu.....	62
A.4 Kostikleştirme akış şemasında su ve atıksu.....	63
A.5 Kağıt üretimde su döngüsü ve atık su	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Dünya yüzeyindeki su varlığı	7
2.2 Falkenmarksu stres indeksi.....	8
2.3 Endüstri kuruluşlarında su tüketim miktarları	10
2.4 Kâğıt endüstrisinde suyun kullanım amaçları.....	10
3.1 Yumuşak bir ağacın ana yapısı	18
3.2 Siyah likörün içeriği	20
3.3 Farklı kağıt üretim prosesleri için su kalitesi standartları	21
3.4 Kağıt makinesinde su kalitesi standardı	22
4.1 Yapılan Analizler ve Yöntemleri	28
5.1 Tesiste kullanılan taze suyun yumuşatma işlemi öncesi ve sonrasındaki genel özellikleri	32
5.2 Selüloz ve Kağıt üretim ünitelerinde kullanılan su miktarları.....	35
5.3 Geçmişte yapılan tasarruf önlemleri ve elde edilen tasarruf miktarları	36
5.4 Tesis kanalizasyon hattında gözlenen atıksu kirlilik yükleri	43
5.5 Geri kullanılabilir kondense atık sularının özellikleri	44
5.6 Ön arıtıma tabi tutulacak atık sularının özellikleri.....	45
5.7 Arıtmanın son kademesine verilebilecek atık suların analizi	45
5.8 Ön arıtma yapmadan veya ön arıtma sonrası geri kazanılabilecek atık sular.....	46
5.9 Arıtma Deşarj Suyu Parametreleri	48
5.10 Arıtma Tesisi 2011 Yılı Giriş Atıksu Özellikleri ve Tesis Tasarımında Kabul Edilen Kirlilik Değerleri.....	47

EKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Ek A Üretim Akış Şemasında Su ve Atık Su.....	59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CaCO₃: Kalsiyum karbonat

MW : Megawatt

Na₂S : Sodyum sülfür

NaOH : Sodyum hidroksit

O₂ : Oksijen

O₃ : Ozon

OH : Hidroksil

KISALTMALAR

BOİ : Biyolojik oksijen ihtiyacı

DSİ : Devlet Su İşleri

EPA : Amerikan Çevre Koruma Örgütü

İOP : İleri oksidasyon prosesleri

KOI : Kimyasal oksijen ihtiyacı

MF : Membran filtre

Ppb : Milyarda bir kısım

Ppm : Milyonda bir kısım

Ppt : Trilyonda bir kısım

TEAŞ : Türk Elektrik Anonim Şirketi

TL : Türk Lirası

TO : Ters osmoz

TOK : Toplam organik karbon

UNEP : Birleşmiş Milletler Çevre Programı

UOK : Uçucu organik bileşikler

UV : Ultraviyole ışınları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gelişen dünyada nüfus sürekli artış göstermekte ve bu artışın devam edeceği bilinmektedir. Özellikle nüfus artışı ile birlikte kendini en çarpıcı şekilde hissettiren sorun, artan su gereksinimidir. Sınırlı olan su kaynaklarıyla gereksinimlerin karşılanabilmesi için su kaynaklarının her türlü kirlenmeden korunması, atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanımı gerekmektedir (URL-1 2012).

Dünyanın kurak bölgelerinde su ihtiyaçlarının %70-80'inin geri kazanılmış sulardan sağlandığı bilinmektedir (Asano 1991). Ancak suyun yeniden kullanımı, uygun teknoloji ve koşullar sağlandıktan sonra mümkün olabilir. Yeniden kullanımda, arıtılmış suyun kalitesinin yeniden kullanım için istenen özelliklere uygun olması ve bu sırada yapılacak işlemlerin ekonomik olması gerekmektedir. Aksi takdirde, suyun yeniden kullanıldığı bölgelerde veya endüstrilerde olumsuz etkiler meydana gelebilir (Büyükcamaçlı 2009).

Hızlı nüfus artışı, ihtiyaçların karşılanması için kurulan endüstriyel işletmelerde artışa neden olmuştur. Bu durum kara, su ve hava gibi çevresel ortamların kirlenmesini beraberinde getirmiştir. Kâğıt endüstrisi de sözü geçen endüstrilerden bir tanesidir (Pokhrel and Viraraghavan 2004). Kâğıt üretimi sırasında kullanılan su miktarının çok yüksektir ve ortaya çıkan atıksu biyolojik olarak ayrışması güç organik ve inorganik kirleticiler içerir. Örneğin, farklı kâğıt üretim teknolojileri için, üretilen birim ton kâğıt başına 75,7 ton ile 227,1 ton arasında su tüketilebilmektedir (Nemerov and Dasgupta 1991). Bu değerler, kâğıt endüstrisi ile kullanılabilir su kaynaklarının tüketimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Ayrıca, kâğıt endüstrinin ana ham maddesi olan odununhamur haline getirilmesi sırasında, eleme, yıkama, kondense gazların yoğunlaştırılması ve ekipmanlarda ve hatlarda meydana gelen kaçaklar nedeni ile lignin, karbonhidratlar, ekstraktifler ve üretim esnasında kullanılan yardımcı kimyasallar atık suya geçmektedir.

Kâğıt üretim prosesi türüne bağlı olarak, reçineler, doymamış yağ asitleri, organo-halojenler, inorganik klorlu bileşikler, uçucu organikler (alkoller, fenoller, aseton, kloroformvb.) ve sülfür gibi toksik bileşiklerde su ortamına verilmektedir (Pokhrel and Viraraghavan 2004). Örneğin, kraft kâğıt üretiminde beyazlatma işlemi yapılmadığı için atıksuyunda inorganik klor bileşikleri, organo-halojenler yoktur. Bu nedenle, kraft kâğıt endüstrisi atıksularının arıtılması daha kolaydır ve çevre açısından nispeten daha az kirlilik yaratır. Ancak beyazlatılmış kâğıt üretim prosesleri klorlu organik bileşiklerin birçoğunu bünyesinde bulundurduğundan kraft kâğıt üretiminden kaynaklanan atıksulara nazaran daha tehlikelidirler. Tüm bu nedenlerden dolayı, kâğıt endüstrileri çevresel açıdan özen gösterilmesi gereken işletmeler olarak bilinir.

1.1 TEZİN AMACI

Bu çalışmada, selüloz ve kraft kâğıt üretimi yapan entegre bir tesisinin su ve atıksu yönetiminin nasıl olması gerektiği incelenmiştir. Bu kapsamda, öncelikle tesisteki tüm su (taze su) tüketimi yapan birimler tespit edilmiş ve tesiste alınabilecek ek önlemler ve revizyonlarla elde edilebilecek su tasarrufu miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, tesisteki tüm atıksu çıkış noktaları veburalardan gelen atıksuların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve atıksu oluşumunu azaltacak önlemler ortaya konmuştur. Tüm bu çalışmalara ek olarak, tesisteki atıksuların mevcut kalitesiyle veya kısmi arıtma yoluyla ulaşılması muhtemel kaliteleriyle yeniden kullanılabilirliği alanlar incelenmiş ve bu sayede temiz su kullanımında elde edilebilecek tasarruf miktarları da hesaplanmıştır.

1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kâğıt endüstrisi için literatürde çevre temalı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar daha çok su kullanımının azaltılması, atıksuyun arıtma sonrası yeniden kullanılabilirliği ve atık suların uygun yöntemlerle arıtılması gibi konularda yoğunlaşmıştır. Bu çalışma kapsamında değerlendirilebilecek ve önemli olduğu düşünülen bazı araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

P.K Tewari et al. (2009), Hindistan'daki çok sayıda irili ufaklı kâğıt ve kâğıt hamuru üretimi yapan işletmede tarımsal ürünlerin kullanıldığını ve geleneksel yöntemler nedeniyle bu işletmelerde su tüketiminin halen çok yüksek olduğunu vurgulamıştır. Çalışmada özellikle

küçük işletmelerde siyah likör geri kazanımının yapılamadığı ve beyazlatma sırasında kullanılan kimyasallar sonucu ortaya çıkan atıksuların yoğun kirletici taşıdığı ifade edilmiştir. Bu tesislerde su tüketiminin azaltılması için bantların ve ağartma yıkamasında ters yıkama yönteminin kullanılması, beyazlatmada işleminden veya kağıt makinasından çıkan filtratların yeniden kullanımı (hamur seyreltme vb.) gibi uygulamaların faydalı olduğu belirtilmiştir. Lovelady et al. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada; atıksuların ayrı toplanması ve yeniden kullanımının yanı sıra, temiz su kullanımında optimizasyon yaklaşımları ve düşük maliyetli önlemler ile su kullanımında önemli bir azalma meydana gelebileceği görülmüştür.

Pizzichini et al. (2004) tarafından kâğıt endüstrisi atıksularının membran teknolojisi ile arıtımı çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, membran teknolojisinin diğer teknolojilere göre daha avantajlı olduğu görülmüş ve bu olumlu etkilerin artırılması için sisteme giren atık su debisinin azaltılması gerektiği önerilmiştir. Chen and Horan (1998a) tarafından yapılan bir çalışmada, bu atık suların % 25'inin yeniden kullanımını amaçlamış ve yeniden kullanım için özellikle aktif çamur sisteminin optimizasyonu ve iyileştirilmesinin gerektiği tespit edilmiştir. Yarar (2009) makalesinde, kâğıt fabrikasındaki atık suların, katı madde, organik madde ve iletkenliklerinin yüksek konsantrasyonda olduğunu, bu atık suların ultra filtrasyon teknolojisi ile arıtılması sonucundakı madde gideriminde % 95-98 verim elde edilebileceğini rapor etmiştir. Buna karşın yöntemin çözünmüş organik maddelerin giderilmesinde başarılı olmadığı, ancak bu yöntemle elde edilen çıkış sularının düşük kaliteli kâğıt üretimi için kullanılabileceği belirtilmiştir. Chen and Horan (1998b) tarafından yapılan başka bir çalışmada, gazete kâğıdı üreten fabrikalardaki atık suların geri dönüşümü için pilot tesiste inceleme yapılmış, biyolojik arıtmadan çıkan suların yeniden kullanılabilirliğini artırmak için kimyasal koagülasyon ve ters elektrodializ yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle yüksek kalitede su elde edilmiş ve maliyetinin de 0.23 € /m³ dolayında olduğu belirtilmiştir. Mobius and Helble (2004) tarafından yapılan çalışmada, kâğıt atıksularının ozonlama ve biyofilm reaktör sistemi ile arıtılabilirliği incelenmiş ve % 60-85 arası KOİ giderimi elde edilmiştir. Arıtma işleminden çıkan suyun kalitesinin tesiste yeniden kullanımının uygun olabileceği kanısına varılmıştır. Benzer bir çalışma ozonlama ve anaerobik biyofilm reaktör sistemiyle T.R Chaparro et al. (2010) tarafından yapılmış %53 KOİ giderimi elde edilmiştir. Asghar et al. (2008) tarafından yapılan çalışmada, kâğıt sektörü atık sularının kapalı çevrim şeklinde tesiste kullanılabileceği ve üretimde kullanılamayan arıtılmış suların yem bitkisi ürünlerinin sulanmasında kullanılarak sıfır deşarj hedefine ulaşılabileceği belirtilmiştir.

Pokhrel and Viraraghavan (2004) kâğıt atıksuların içindeki organik maddelerin giderilmesinde anaerobik ve aerobik süreçlerin, renk giderme işleminde mantar iyileştirmesi, çökeltme, kimyasal oksidasyon ve ozonlama, klorlanmış fenolik bileşiklerinin ve organik tuzların giderilmesinde ise ozonlama ve membran teknolojilerinin uygun olduğunu rapor etmiştir. Thompson et al. (2001) tarafından yapılan çalışmada da, kâğıt üretim sektöründen kaynaklanan atıksu miktarının yüksek olduğu ($60 \text{ m}^3/\text{tonkâğıt}$) ve KOİ değerlerinin 11000 mg/L 'ye kadar çıktığı belirtilmiştir. Bu suların arıtımında ise anaerobik ve aerobik süreçlerin etkin olduğu ve İngiltere'de çoğunlukla aktif çamur prosesinin tercih edildiği belirtilmiştir.

Kâğıt üretimi esnasında oluşan kirli kondense atık sularının ana kirlilik kaynağı olduğu ve bu suların mutlaka arıtılması gerektiği belirtilmiştir. Bu kondenselerin arıtımında sıyırma (stripper) yönteminin BOİ, toksisite ve koku problemlerinin önemli ölçüde azalmasını sağlayacağı, ayrıca buradan elde edilen gazların da yakıt olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir (URL- 2 2012).

Kloro-fenoller gibi organik bileşiklerin biyolojik arıtımla tam olarak giderilememesi kâğıt endüstrisi atıksularının biyolojik arıtmadan sonra ileri oksidasyon proseslerinin (İOP) kullanılmasını gündeme getirmiştir (Balcioglu et al. 1999, Bijan and Mohseni 2004, Kargi ve Catalkaya 2007). Bu kapsamda, son yıllarda İOP'nin kullanılması üzerine bazı çalışmalar yapılmış ve oldukça verimli sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin TiO_2 ile foto-kataliz yöntemiyle bu tür atıksularda önemli miktarda organik madde giderimi sağlanabildiği ve %74 ile %95 arasında KOİ giderimine ulaşılabileceği belirlenmiştir (Kumar et al. 2011, Boyd and Almquist 2004, Perez et al. 2001, Altın ve Yıldırım 2008), kraft kâğıt endüstrisi atıksularının elektro-Fenton yöntemiyle arıtılabilirliğini incelemişler ve bu sulara çalışması sonucunda %91,7 oranında KOİ giderimi elde etmişlerdir. Munoz et al. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, beyazlatılmış kraft üreten bir kâğıt fabrikasındaki atık suyun farklı İOP'leri kullanılarak arıtılabildiği çalışılmış ve Fenton destekli heterojen kataliz yöntemleriyle arıtmada oldukça iyi sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür. Ancak enerji maliyetlerinin azaltılması için sözü edilen yöntemlerde kullanılan UV-A lambalardaki ve ozon üretimindeki enerji tüketiminin azaltılması üzerine çalışılması gerektiği ifade edilmiştir.

Yukarıdan da görüldüğü gibi, geçmişte yapılan çalışmalar çoğunlukla kâğıt endüstri atıksularının arıtımı ve/veya arıtıldıktan sonra yeniden kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak konu ile ilgili literatürde entegre bir kraft kâğıt üretim tesisinin tüm temiz su tüketim

noktaları ve atıksu kaynaklarını inceleyen, temiz su kullanımında su tüketiminin nasıl azaltılabileceği ve hangi tür atıksuların nerelerde yeniden kullanılabileceği üzerine detaylandırılmış bir çalışma olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle tez çalışmasında sözü edilen eksikliklerin bir nebze olsun giderilmesine üzerine odaklanılmıştır.

BÖLÜM 2

SU VE ATIKSULARIN YÖNETİMİ

2.1 DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SU POTANSİYELİ

Su, canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Yerkürenin dörtte üçü suyla kaplı olmasına karşın, bu miktarın tamamına ulaşılabilmesi ve kullanılabilmesi ekonomik açıdan mümkün değildir. Çünkü bu suların %96,5'i deniz ve okyanuslarda tuzlu su olarak bulunmaktadır ve sadece %3,5'lik kısmı tatlı sudur. Tatlı suların da %1,74'sı buzullarda katı haldedir ve bunların kullanılması doğal dengenin korunması açısından imkansızdır (Çizelge 2.1). Sadece %1,76'lük bir kısım kullanılabilir niteliktedir (Gleick 1996). Ancak yeraltısularının önemli bir miktarı ulaşılabilir nitelikte değildir. Bu durum ulaşılabilir tatlı su kaynaklarının ne kadar az olduğunu açıkça göstermektedir.

Çizelge 2.1 Dünya yüzeyindeki su varlığı (Gleick 1996).

Su kaynakları	Hacim (km ³)	Tatlı Su (%)	Toplam su (%)
Okyanus ve denizler	1,338,000,000	--	96.5
Buzullar	24,064,000	68.7	1.74
Yeraltısuları	23,400,000		1.7
Tatlı	10,530,000	30.1	0.76
Tuzlu	12,870,000		0.94
Toprak nemi	16,500	0.05	0.001
Donmuş toprak	300,000	0.86	0.022
Göller	176,400		0.013
Tatlı	91,000	0.26	0.007
Tuzlu	85,400		0.006
Atmosfer	12,900	0.04	0.001
Bataklık	11,470	0.03	0.0008
Nehirler	2,120	0.006	0.0002
Biyolojik su	1,120	0.003	0.0001
Toplam	1,386,000,000	-	100

Bu su varlığının % 36'sı Asya, % 25'i Güney Amerika, % 15'i Kuzey Amerika, % 11'i Afrika, % 8'i Avrupa ve % 5'i Okyanusya kıtalarına dağılmıştır. Dünya üzerinde eşit dağıtıldığında yılda kişi başına 5000–6000 m³ su düşmektedir (Çiçek ve Ataol 2009). Ancak yerküredeki tatlısu kaynakları eşit dağılmamış ve birçok yörede su kıtlığı en büyük problem haline gelmiştir. Su kıtlığını tanımlanmasında birçok indeks bulunmakla birlikte “Falkenmark su stres indeksi” adı verilen bir gösterge bulunmaktadır.

Çizelge 2.2 Falkenmarksu stres indeksi (Brown and Matlock 2011).

İndeks (kişi başına su)	Kategori
>1700 m³	Su stresi yok
1000-1700 m³	Su stresi var
500-1000 m³	Su kıtlığı var
<500 m³	Mutlak su kıtlığı var

Bu indekse göre, bir ülkede kişi başına yıllık su arzı 1700 m³ altında ise o ülkede su stresi var demektir. Bu ülkeler ise dönemsel veya sürekli su kıtlığı ile karşı karşıyadır. Eğer bu miktar 1000 m³'ün altına düşerse, ülkedeki yaşam koşullarında sıkıntılar ve su kıtlığı baş göstermektedir.

Türkiye, kişi başına yaklaşık 1500 m³ yıllık su arzıyla Dünya'da su stresinin yaşandığı ülkelerden biri olarak bilinmektedir. Ülkemizde ortalama yıllık yağış miktarı 643 mm olup, bu yağış miktarı ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. DSİ (2006)'ye göre, Türkiye de, yağış suyunun 274 milyar m³'ü buharlaşma-terleme yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır (Yalçın ve Eken 2006).

2.2 SUYUN KULLANIM ALANLARI

İnsanlık tarihinin gelişiminde suyun önemi çok büyüktür. Eski medeniyetlerin çoğu, su kenarlarına kurulmuştur. Burada tarımın öğrenilmesi ve ticaretin başlamasıyla, yerleşik hayata geçilmiş ve günümüze kadar uzanan tarih gelişmiştir.

Suyun kullanım alanları tarımsal, endüstriyel ve evsel olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir. Ülkemizde Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından üretilen suyun yaklaşık %73'ü tarımsal, %16'sı evsel ve %11'i endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır (DSİ 2010). Dünya'da ise üretilen suyun yaklaşık olarak %20'si endüstriyel amaçlı kullanılmış ve bu suyun yaklaşık %70'si enerji üretimi (nükleer veya termal) için harcanmıştır (Yarar 2009). Evsel amaçlı kullanımda isesular düş almak, temizlikve su içmek gibi ihtiyaçların giderilmesinde kullanılmaktadır. 2010 yılı verilerine göre belediyelerce çekilen kişi başı günlük ortalama içme ve kullanma suyu miktarının 217 litre olduğu tespit edilmiştir (TÜİK 2012). Enerji üretimi dışındaki endüstrilerde su kullanım alanları genel olarak aşağıda özetlenmiştir (URL-3 2012).

- 1) Tesis içinde taşıma işlemleri
- 2) Isı aktarımında kullanım
- 3) Kondenserlerde kullanım
- 4) Soğutma kuleleri
- 5) Isı değiştiriciler
- 6) Soğutma ve havalandırma cihazları
- 7) Kimyasal reaksiyonlarda hammadde olarak kullanım
- 8) Çözücü olarak kullanım
- 9) Endüstriyel sıvı atıkların seyreltilmesi amacıyla kullanım
- 10) Kinetik enerjisinden yararlanma (Örneğin, yüksek basınçlı jetlerle bazı metal parçalarının temizlenmesi)
- 11) Fabrikalarda içme ve kullanma suyu olarak kullanım

Bazı endüstrilerde su üretim için çok önemlidir ve yüksek miktarda su kullanımına ihtiyaç vardır. Farklı endüstriler için ortalama su kullanım miktarlarını Çizelge 2.3'de verilmiştir. Çizelge 2.3'ten de görüleceği üzere özellikle petrokimya, tekstil ve kâğıt su kullanımının yoğun olduğu endüstriler arasında yer almaktadır. Ancak su kullanım miktarları aynı endüstri türleri için bile oldukça değişken olabilmektedir. Burada en önemli unsur olarak üretim teknolojisinin türü ve kullanılan ekipmanların yeniliği gibi faktörler ortaya çıkmaktadır. Yine endüstrinin bulunduğu bölgedeki birim su fiyatlarının düşük veya yüksek olması, girdi maliyetlerini azaltmak için atıksuların yeniden kullanımını teşvik edebilmektedir.

Kâğıt hamuru ve kâğıt üretimini gerçekleştiren ve kısaca “kâğıt endüstrisi” ifade edilen endüstri kolu en eski endüstrilerden biri olup, halen dünyanın en büyük beş endüstrisi (demir-çelik, tekstil, kâğıt, organik kimyasallar ve petrokimya) içinde üçüncü sırada yer almaktadır (Gavcar et al. 1999).

Çizelge 2.3 Endüstri kuruluşlarında su tüketim miktarları.

ENDÜSTRİ	BİRİM	SU TÜKETİMİ
Rafineri	Litre/m ³	585-1135
Tekstil yün	Litre/kg	530
Tekstil/ Pamuk	Litre/kg	320
Tekstil / Sentetik	Litre/kg	125
Et kesim	Litre/kg	10
Tavuk kesim	Litre/adet	30
Deri	Litre/kg	90
Kâğıt /Kraft	Litre/kg	145-205
Kâğıt / Sülfür	Litre/kg	150-265
Süt/ Tereyağı	Litre/kg	35-115
Süt/ Peynir	Litre/kg	110-195
Süt/ Dondurma	Litre/kg	50-100
Çelik	Litre/kg	40
Konserve	m ³ /ton	4-70

Benzer şekilde, temiz su tüketimi açısından, metal ve kimya endüstrilerinden sonra en yoğun su kullanan üçüncü endüstri koludur (Avşar and Demirer 2005). Kâğıt üretimi için üretimin kalitesi ve miktarı açısından suyun önemi büyüktür. Suyun, üretimde kullanıma amaçları genel olarak, Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4 Kâğıt endüstrisinde suyun kullanım amaçları.

KULLANIM	İŞLEVİ	ÖRNEK
Proses suyu	Nakil	Selüloz, odun nakli
	Seyreltme	Çözelti hazırlama
Su jeti ve serpinti için su	Nemlendirme	Kâğıtformasyonu
	Yağlayıcı	Silindir ıslatma, elek dönüşü
	Kesme	Kâğıt kenarını kesme
	Temizleme	Silindir, formasyon teli temizleme
	Seyreltme	Baş bölgede hamur seyreltme
	Soğutma	Silindir, makine parçası
	Köpük söndürme	Hamur besleme baş bölgesi, yüzdürme hücresi
Soğutma suyu	Soğutma	Pompa istemi, makine operasyon sistemi,
Temizleme suyu	Temizlik	Makine, hat temizliği
Salmastra suyu	Salmastra	Pompa, vakum kutusu

Çizelge 2.4'ten de görüleceği üzere, su kullanımı daha çok hamur hazırlama ve kağıt üretiminde yoğunlaşmaktadır. Özellikle de seyreltme, soğutma ve temizleme aktivitelerinde temiz su kullanımı oldukça fazladır.

2.3 ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI

Dünya'daki su kaynaklarının kirletilmemesi ve su tasarrufu çalışmaları temiz su sıkıntısının önüne geçebilmek için en çok dile getirilen çözüm önerilerindendir. Bunlara ek olarak deniz suyunun tuzsuzlaştırılması da son günlerde üzerinde önemle durulan konular arasındadır. Tüm bunların yanı sıra “atık suların arıtıldıktan sonra yeniden kullanılması” kavramı Dünya'da oldukça fazla kullanılan bir yaklaşımdır. Ancak atıksular, Türkiye'de pek fazla dikkate alınmayan bir su kaynağı olarak görülmektedir (Büyükcamaç 2009).

Ülkemizde arıtılmış atıksu miktarı henüz çok az olup, tüketilen su miktarının yaklaşık %60 ~ 90'ı arasındadır. Bir atık suyun tekrar kullanılabilme potansiyeli olduğu söylenebilir (Aslan 2008). Geri kazanılmış evsel ve endüstriyel atık suların en çok kullanıldığı alanlar aşağıda verildiği şekilde genelleştirilebilir (EPA 2004).

- 1) Kentsel kullanımlar (yeşil alan ve bahçe sulama, ticari ve endüstriyel alanlarda tuvalet temizliği ve yangın söndürme, gölet ve havuzlar, araç yıkama vb.)
- 2) Endüstriyel kullanım (soğutma suyu, proses suyu, kazan suyu vb.)
- 3) Çevresel ve rekreasyon amaçlı kullanımlar (sulak alanların iyileştirilmesi, balıkçılık, yüzme aktivitelerinin yapılabildiği göletler vb.)
- 4) Tarımsal kullanım
- 5) İçme ve kullanma amaçlı kullanılan su kaynaklarını artırmak
- 6) Yeraltısularının beslenmesi

Atıksuların yeniden kullanılabilmesi için suyun kullanım amacı ile arıtılmış suyun kalitesi birbiriyle uyumlu olmalıdır. Bu amaçla çoğu durumda atıksuların bir miktar arıtılması gerekebilir. Gerekli arıtma işlemleri atıksuyun özelliklerine ve arıtıldıktan sonra hangi amaçla yeniden kullanılacağına bağlı olarak değişmektedir. Yeniden kullanım için atıksu arıtım teknolojisi seçiminde aşağıda verilen unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır (Büyükcamaç 2009).

- 1) Arıtılmış atık suyun özellikleri
- 2) Geri kullanım amaçları için sağlanması gereken kalite kriterleri
- 3) Güvenilirlik
- 4) İşletme kolaylığı
- 5) Ekonomiklik

Dünya’da su tüketiminin çok büyük bir kısmı tarımsal alanlarda olmaktadır. Bu oran kimi kaynaklarda %40 olarak verilse de, genel olarak bu değer %70 olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de ise bu oran %73 dolayındadır. Dolayısıyla, tarımda arıtılmış atık suyun geri kullanımının sağlanması oldukça önemlidir (EPA 2004). Ancak tarımsal amaçlı kullanılan suların büyük çoğunluğu bitki bünyesinde kalmakta, buharlaşmakta, toprak nemi olarak tutulmakta veya sızma ile yeraltısu akiferlerine doğru yönelmektedir. Bu nedenle bu suların tarımsal kullanım sonrası yeniden toplanması ve yeniden kullanımı oldukça zordur. Ancak başka kullanım alanlarından çıkan atıksuların tarımsal aktivitelerde kullanılması ile temiz suların tarımsal kullanımında önemli oranda azalma sağlayacaktır.

Suların herhangi bir amaç için kullanıldıktan sonra yeniden kullanılmasına olanak sağlayabilecek en önemli alanlar endüstriyel kullanımlardır. Konserve, süt ürünleri, şeker, meşrubat, bira, gübre ve kâğıt endüstrisi gibi endüstriler, atıksuları yeniden kullanılmaya elverişli olan sektörler olarak bilinir. Ancak yağ, petrol ürünleri, solvent, ağır metal ve toksik madde içeren atıksuların tarımsal sulamada kullanılması önerilmemektedir. Endüstriyel atıksuların yeniden kullanılabilmesi için gerekli arıtma işlemleri her bir sektör ve hatta her bir tesis için ayrı değerlendirilmelidir.

Kamu kuruluşları ve sektörler, su kaynaklarının az sayıda ve pahalı olması nedeni ile toplam su taleplerini azaltmak amacıyla su geri dönüşüm yolları bulmak zorundadırlar. Atık suyun geri kullanımı fırsatı hemen hemen tüm sektörlerde vardır. Çoğu sektörlerde soğutma suları tesis içinde en çok su talebi yaratmaktadır. Doğal su kullanan çoğu kullanıcı, imkânları doğrultusunda su kullanımını azaltmak için yoğun uğraş vermektedir. Özellikle atıksuların arıtılmasıyla tesiste yeniden kullanılması bu anlamda önemli bir araç haline gelmiştir. Doğal su kaynakları yerine atıksuların kullanımı hem tesislerde su kullanım maliyetlerinde azalmayı ve hem de su kaynaklarının korunmasını sağlamaktadır (James and McIntyre 1998).

Geri kazanılmış suyun endüstride kullanımı gelişmiş ülkelerde oldukça yaygındır. İçme suyu niteliğindeki suya ihtiyaç duymayan birçok endüstri için geri kazanılmış su idealdir. Atık suyun geri kazanılması, endüstriyel atık suyun tesis içinde geri çevrimi ile ve/veya evsel atık su arıtma tesislerinde arıtılan suyun kullanılması yoluyla olabilmektedir. Bu sular çoğunlukla soğutma suyu, kazan besleme suyu ve proses suyu olarak kullanılmaktadır. Pek çok endüstride, soğutma suyu ihtiyacı tesisteki en büyük su ihtiyacını oluşturmaktadır. (Büyükcamaç 2009).

Arıtılmış atıksu proseste de kullanılabilir. Atıksuyun proseste kullanımı için ileri arıtma teknolojileri kullanılabilir. Ancak yüksek işletme maliyeti nedeni ile endüstriler buna karasız kalmaktadır.

Atık suyun yeniden kullanımı ileri arıtma teknolojilerinin yaygınlaşması ve ilk yatırım maliyetinin azalması sonrasında yaygınlaşması mümkündür. Yerel yönetimler bu konuda sanayicileri teşvik etmelidir (UNEP and GEC 2005). Örneğin; Kuzey Avrupa ülkelerinin çoğu su kaynakları açısından oldukça zengindir. Ancak su kalitesinin korunmasına özel önem vermektedirler. Yüksek maliyetlere rağmen, genel olarak tüm sektörler geri dönüşümü ve geri kazanımı sağlanmış atıksuyun suyun yeniden kullanımı konularında önemli çalışmalar yapmaktadır (Dube and Swatuk 2002).

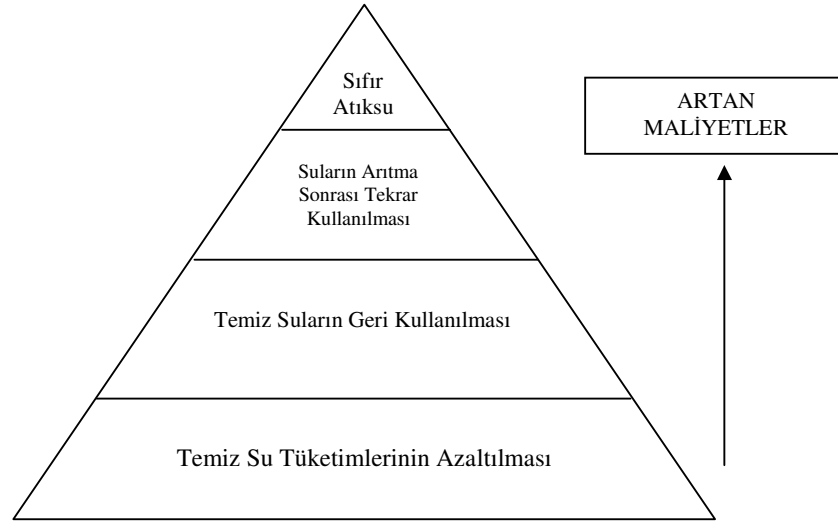
2.4 ENDÜSTRİLERDE SU YÖNETİMİ

Ülkemizde kişi başı yıllık kullanılabilir su miktarı 1500 m³ dolayındadır ve bu bakımından su stresi çeken ülkeler arasında yer almaktadır (Yalçın ve Eken, 2006). Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir.

Endüstrilerde su yönetimi genel anlamda, minimum miktarda taze su kullanmak ve minimum debide ve kirlilikte atıksu deşarjı yapacak şekilde suyun kullanılması olarak tanımlanabilir. Bu kapsamda bir endüstri için su yönetimi dört aşamada ele alınabilir (Şekil 2.1).

- a) Su yönetiminin ilk adımı, ekipman ve proseslerde su tasarrufu yaparak taze su kullanım miktarını azaltmaktır.

- b) İkinci aşamada, proses ve ekipmanlarda kullanıldıktan sonra hiç kirlenmemiş veya az kirlenmiş suların toplanarak, herhangi bir arıtma işlemine tabi tutmadan başka ekipman veya proseste kullanarak taze su kullanım miktarını azaltmaktır.
- c) Üçüncü aşamada, az kirli olarak kanala verilen suların toplanarak uygun bir arıtma işlemi sonrasında uygun yerlerde kullanımı sağlamaktır.
- d) Su yönetiminin dördüncü aşamasında ise, ilk üç işlem sonrasında kullanılmayacak durumda olan suların uygun arıtma işlemlerine tabi tutularak deşarj edilmesidir.



Şekil 2.1 Endüstrilerde su yönetimi piramidi (Mediterranean Action Plan 2005).

Tesisteki atıksuların arıtılması işlemi en son aşama olmalıdır. Atıksu yönetiminde öncelikle, tesisteki atıksu kaynakları tespit edilmeli, atıksuların miktar ve özellikleri belirlenmeli ve buradan alınan bilgilere göre atıksu miktarı ve kaynaklarının azaltımı için neler yapılabileceği belirlenmelidir. Daha sonra, atıksuların kirlilik durumlarına göre, ayrı ayrı toplanabilmesi sağlanmalıdır ve kütle dengeleri ve akış şemaları hazırlanmalıdır. Temiz veya az kirli olarak ayrı toplanan atıksuların yeniden kullanılabilmesi yerler araştırılmalıdır. Eğer bu atıksular direk olarak kullanılamıyor ise, basit arıtma teknikleri ile arıtılarak kullanımı sağlanmalıdır. Atık su yönetiminin son aşamasında ise konsantre atıksuların etkin ve verimli şekilde uygun arıtma işlemleri ile arıtımı sağlanmalıdır.

Kullanılabilir su kaynaklarının az olması, su arıtım maliyetlerinin yüksek olması, atık suların arıtım maliyetlerinin yüksek olması ve çevre açısından olumsuz etkilerinin olması nedeni ile işletmelerin mutlak surette tesislerinde su yönetimini ele almalarını zorunlu hale getirmiştir.

Özellikle, yüksek miktarda su tüketen ve çevre açısından olumsuz etkileri yüksek olabilecek bir atık su yapısına sahip kâğıt üretim işletmelerinde, su yönetimi daha büyük bir önem arz etmektedir.

BÖLÜM 3

SELÜLÖZ VE KRAFT KÂĞIT ÜRETİMİNDE SU VE ATIKSU

3.1 KÂĞIT ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN KİRLETİCİLER

Kâğıt üretiminden kaynaklanan kirlilikler odunun yapısında bulunan materyallerden, pişirme kimyasalından ve kullanılan yardımcı kimyasal maddelerden kaynaklanır. Atıksular içinde bulunan reçine asitleri, doymamış yağ asitleri, klorlu fenolik bileşikler insan sağlığı için zararlıdır. Bu maddelerin birçoğu alıcı ortamda çözünmüş oksijen tüketimini artırır, oksijen transferini engeller ve yapısında bulunan nütrientlersayesinde alıcı ortamda ötrofikasyona neden olur (Kirkpatrick 1991).

3.1.1 Hammadde Olarak Odunun Yapısı

Bir ton kâğıt hamuru için 4,8-6,3 m³ odun gerekmektedir. Odun ağırlığının %12-15 ini kabuk oluşturmaktadır. Kabuk, selüloz elde etme aşamasından önce, odundan ayrılmaktadır. Odunun kimyasal yapısı selüloz, lignin ve hemiselülöz olarak üç ana grupta incelenir. Selüloz beyaz renkte, güneş ışığı etkisi ile rengini değiştirmeyen, ağaca esneklik ve eğilme yeteneği veren maddedir. Ağaç içindeki oranı kuru ağaç ağırlığının %50-60'ı kadardır. Selülozun yapısında yaklaşık olarak % 44 karbon, % 7 hidrojen ve % 49 oksijen vardır. Kimyasal formülü C₅H₁₀O₅'tir. Selüloz yapısının miselleri arasına yerleşmiş olan lignin, selülozun aksine esneklik kabiliyeti olmayan gevrek bir maddedir ve ağaca sertliğini kazandırır. Lignin ağaçların otsu bitkilerden ayrılmasını sağlayan madde olup, ağacın yapısında%14-23 oranında bulunur. Hemiselülöz kimyasal bileşikleri itibarıyla polisakkaritlerden oluşur ve hidrolize edildikleri zaman şekere dönüşür. Ağaç içerisinde %15-25 oranında bulunur (URL-4 2011).

Kâğıt üretiminde kullanılan odunlar, sert ve yumuşak olarak 2 gruba ayrılır. Kraft kâğıt üretiminde yumuşak ağaç grubunda bulunan (çoğunlukla çam, köknar) ağaçlar kullanılmaktadır. Bir yumuşak ağacın kimyasal yapısı Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kâğıt

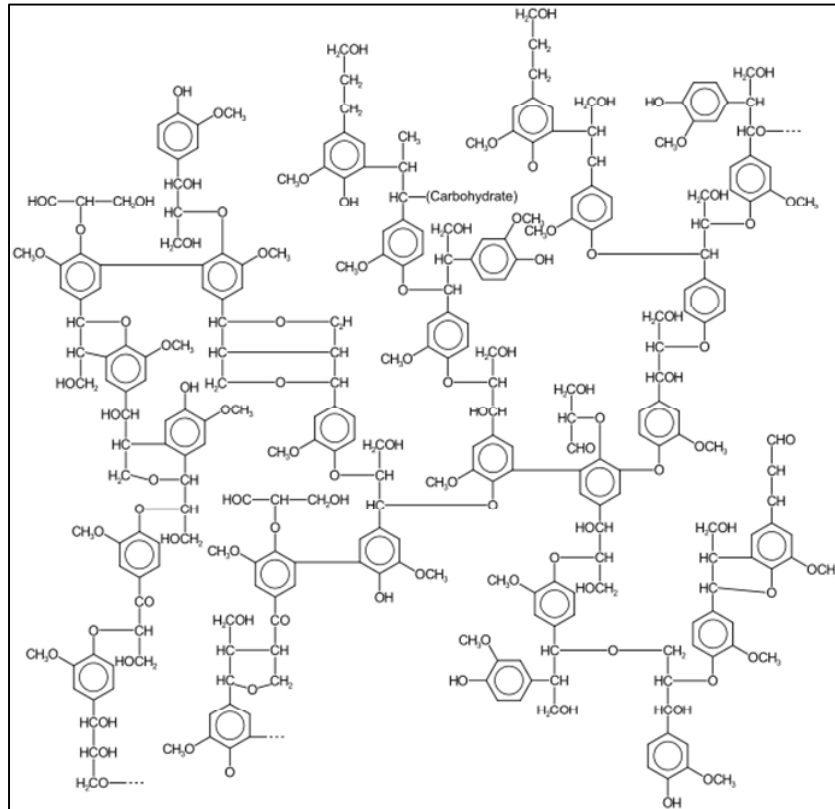
yapımı aşamasından biri olan pişirme sonucunda bu maddeler açığa çıkmakta ve pişirme kimyasalı ile beraber çevreye önemli zararlar vermektedir.

Çizelge 3.1 Yumuşak bir ağacın ana yapısı (DTP 2011).

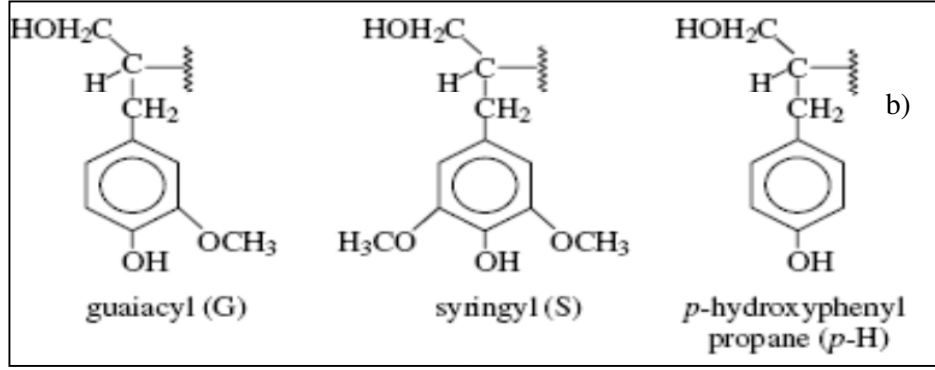
ANA GRUP	ORAN (%)	İÇERİK
Karbonhidratlar	%39-42 Selüloz	Glukoz
	%27-38 Hemiselüloz	Glikoz, mannoz, galaktoz, ksiloz, arabinose
Lignin	%20-29 Lignin	Karbonhidrat olmayan fenolik polimerler
Ekstraktifler	%2-5	%2,5-4,5 kül
		Terebentin, reçine asitleri, yağ asitleri, fenol, sabunlaşmayanlar

3.1.2 Lignin

Lignin üç manomerin enzimatik polimerizasyonu ile oluşturulmuş, karbonhidrat olmayan fenolik polimerdir (Şekil 3.1). Genellikle metoksi grupları, fenolik hidroksi grupları ve birkaç termind aldehit içerir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1 Ligninin şematik yapısı (URL-5 2012).



Şekil 3.2 Lignini oluşturan ana kimyasal gruplar (URL 6 2011).

Bitkileri iklim, patojenler ve diğer haşerelerin zararlı etkiler inden koruyan ve oldukça karmaşık bir bileşik olan ligninin parçalanması için genellikle ağır kimyasallar gereklidir. Bu kimyasallar doğal çevrede birikerek ekosistem ve ekosistemde yaşayan canlılar üzerinde zararlı etkileri olabilir (Sponza 2003). Örneğin; kâğıt yapımı sürecinden kaynaklanan sızıntılara maruz kalan balık populasyonlarında, üreme oranlarının azaldığını belirlemiştir. Yumurta gelişimi gerilemiş ve balıkların ömür uzunluklarında düşme görülmüştür (Larsson and Förlin 2002).

3.1.3 Kâğıt Üretiminde Kullanılan ve Ortaya Çıkan Kimyasal Maddeler

Kraft selüloz üretiminde pişirme kimyasalı olarak beyaz likör diye adlandırılan NaOH, Na₂S ve CaCO₃'dan oluşan kimyasal kullanılmaktadır. Likör geri çevrimli olarak çalışan sistemin dengesi, Na ve S giriş ve çıkışına göre ayarlanır ve eksilen miktar sisteme dışarıdan kostik ve kireç ilavesi ile takviyesi yapılır. Kraft kâğıt üretiminde kullanılan yardımcı ana kimyasallar; Alüminyum sülfat, nişasta, reçine, köpük kesici ve organik koagulant ve flocculant kimyasalıdır.

Siyah likör, selüloz fabrikalarında hamur üretim sürecinde oluşturulan organik ve inorganik kimyasallardan ve sudan meydana gelmektedir. Lignin, karbonhidratlar ve inorganik bileşikler gibi çözünmüş katılar içeren yüksek alkaliniteye sahip (11,5-13,5) karışık bir sıvıdır. Hamur üretim sürecinde siyah likör içinde odunun yapısından gelen biomas maddelerinin birçoğu vardır. Yüksek lignin, organik ve inorganik madde içerikleri nedeni ile 13-17g/L ve 40-50 g/L arasında yüksek BOİ'ye sahiptir (URL 6 2011). Siyah likör düşük

konsantrasyonlarda bile mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yapacak fenolik yapılar bulundurmaktadır. Çeşitli şartlarda likörün karakteristik içeriği Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Siyah likörün içeriği (URL 6 2011).

Bileşim	Konsantrasyon (% kuru madde)		
	Kraft likör	Soda likör	Sülfite likör
Lignin	39-54	15-35	55
Bozulmuş karbon hidratlar	25-35	25-41	28
Ekstraktivler	3-5	-	4
İnorganik bileşikler	18-25	-	--

Bu kimyasallarla ve atıklarla uzun süreler boyunca doğrudan çalışmak kalıcı hastalıkların ortaya çıkması ile sonuçlanabilir. Fabrika çalış anlarının sağlıkları üzerinde yapılan çeşitli çalışmalar hamurlaştırma işlevinin zehir derecesi ile çalışanların sağlık problemleri arasında doğrudan bir ilişki bulmuştur. Genel olarak, diyabet, akli dengesizlik ve çeşitli kanser formları gibi bir seri hastalık için ölüm oranları, beklenenin üstünde çıkmıştır. Bu sonuçlar çevrenin korunması ve insanların karşılaştıkları sağlık riskinin minimize edilmesi için kâğıt endüstrisinde kullanılan tehlikeli kimyasal miktarının azaltılması gerektiğini göstermektedir (Lee et al. 2002).

Kraft selüloz ve kâğıt üretimi esnasında kullanılan kimyasal maddelerin bir kısmı, üretim esnasında proses gereği veya meydana gelen kaçaklar ve dökülmeler sonucunda atıksuya karışmaktadır. Bu nedenle, kullanılan yardımcı kimyasalların kullanım miktarı, tipi, çözünürlüğü, çevre dostu olması gibi konular atık suyun kirlilik yükü açısından önemlidir. Kullanılan bu kimyasallarda yapılabilecek bir tasarruf, hem birim üretim başına maliyetleri düşürecek hemde atıksuyun kirlilik yükünü azaltacaktır.

3.3 KÂĞIT ÜRETİMİNDE SUYUN ÖNEMİ

Kâğıt endüstrisinde mekanik proses haricindeki selüloz ve kâğıt üretiminde çok miktarda su kullanılır. Bu nedenle, üretim yerinin belirlenme aşamasında bu husus büyük önem arz eder. Kâğıt üretiminde su kullanımı, üretim teknolojisinin durumuna, üretim tipi ve kullanılan

hammaddeye bağılı olarak $(75,7-210)\text{m}^3/\text{ton-kâğıt}$ arasında değişmektedir (Nemerov and Dasgusta 1991). Bundan dolayı, proseste kullanılan suyun kalitesi üretimin kalitesine etkisi fazladır. Örneğin, sudaki çözünmüş katı ve metal iyonlarını selüloz hamuru adsorbe eder. Daha sonra bu maddeler, kurutma bölümü sonrasında kâğıt yüzeyindeki kaliteyi etkiler. Ayrıca, çözünmüş katılar kimyasal hazırlama ünitesinde kimyasal maddelerle ile reaksiyona girerek çözeltinin kalitesini bozar.

İyi olmayan su kalitesi, mekanik ekipman ve boru aksamalarında korozyon, tortulaşma, bakteri oluşumu gibi etkilere sahiptir. Sistemde bulunan filtreleri tıkayarak, üretim kaybına d neden olabilirler. Bu yüzden, yüksek verimde üretim için iyi bir su yönetimi ve ham su arıtımı gereklidir.

Su temininde kaynak olarak yüzey suyu, yeraltısu, deniz suyu veya şebeke suyu kullanılabilir. Kâğıt üretiminde bazı bölümlerde özel su kalitesi istenir. Arıtmanın maliyeti ve su kalitesinin farklı proseslere etkisi nedeni ile farklı üniteler veya amaçlar için (soğutma suyu, yıkama suyu, ölçüm ve bitim işlemi suyu gibi) farklı su kalitesi kullanılmalıdır. Böylece, işletme maliyetleri düşürülebilir ve suyun kâğıt kalitesine olumsuz etkisi önlenir. Farklı kâğıt üretimi prosesleri için farklı su kalitesi standartları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Farklı kâğıt üretim prosesleri için su kalitesi standartları (Peng 2006).

Parametre	Kraft kâğıt (beyazlatılmış)	Kraft kâğıt (beyazlatılmamış)	GP kâğıt	İnce kâğıt	Alkali selülöz
Bulanıklık(SiO_2)	40	100	50	10	25
Renk(Pt-Co)	25	100	30	5	5
T. Sertlik(CaCO_3)	100	200	200	100	100
Ca sertliği (CaCO_3)	-	-	-	50	50
Mg sertliği (CaCO_3)	-	-	-	-	50
Alkanite (CaCO_3)	75	150	150	75	75
Demir (Fe)	0,2	1,0	0,3	0,1	0,1
Mangan (Mn)	0,1	0,5	0,1	0,05	0,05
Bakiye Klor				2,0	
Klorür (Cl)	200	200	75		75
Çözünmüş Silika (SiO_2)	50	100	50	2,0	20
Toplam Çöz. Katı	300	500	500	200	250
S. Kabondioksit (CO_2)	10	10	10	10	10

Kağıt makinesinde kullanılan su için kalite standardı Çizelge 3.4 de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Kağıt makinesinde su kalitesi standardı (Peng 2006).

Parametre	Soğutma suyu	Yıkama suyu	Hammadde	Ölçüm ayar	Üretim ekipmanları
Bulanıklık (NTU)	10	5	5	2	5
pH	7,5	7,5	7,0	7,0	7,5
Alkanite(CaCO_3)	50	80	50	50	40
Sertlik (CaCO_3)	100	30	80	50	50
Buharlaştırmadan kalan tortu	150	100	80	100	100
Klor iyonu	30	10	30	10	50
Demir (Fe)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mangan (Mn)	0,02	0,023	0,02	0,02	0,02

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOD

4.1 İŞLETMENİN GENEL TANITIMI

İşletme 1971 yılında kurulmuş, 80.000 ton/yıl kraft kağıt üretim kapasiteli, selüloz üretiminin de olduğu entegre bir kağıt üretimi fabrikasıdır. Tesis üç vardiya olarak bakım ve arıza duruşları dışında 350 gün/yıl üretim yapmaktadır. Tesiste çalışan toplam kişi sayısı ortalama 310'dur. Tesisin üretim akış şeması Şekil 4.1'de verilmiştir.

4.1.1 Hammadde Temini ve Yongalama Tesis

Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı Orman İşletmelerinden kabuklu veya kabuksuz olarak temin edilen odun türleri; sarıçam, karaçam, kızılçam, köknardır. Fabrikanın odun stoklama kapasitesi 80 000 m³'tür ve bu miktar yaklaşık 4 aylık tüketime tekabül etmektedir. Kabuklu odun teminine bağlı olarak yılda yaklaşık 15 000 ton kabuk ve 5 000 ton talaş yan ürün olarak elde edilmektedir. Tesiste biri kabuklu odun, diğeri kabuksuz odunları işlemek üzere iki adet yongalama hattı mevcuttur.

4.1.2 Selüloz Üretimi ve Geri Kazanım Tesis

Selüloz üretimi sülfat (kraft) yöntemine göre yapılmaktadır. Tesiste 5 adet kesikli kazan, 2 adet çift-diskli açıcı öğütücü, 1 adet kıymık öğütücü, 2 kademeli basınçlı eleme sistemi ve 3 kademeli ters akımlı tambur yıkayıcı mevcuttur. Üretilen esmer kraft selülozu 6 adet kesif hamur kulesinde stoklanır.

Selüloz tesisinden çıkan zayıf siyah likör 6-gövdeli buharlaştırıcıda kesif siyah liköre dönüştürüldükten sonra soda kazanında yakılarak yeşil likör elde edilir. Yeşil likör daha sonra

4.1.3 Kâğıt Üretim Tesis

Kesif hamur kulelerinden alınan selüloz hamuru, önce hamur hazırlama tesisinde mevcut çift diskli öğütücüler, düşük yoğunlukta öğütülür. Hamur hazırlama hattı, iki farklı tip hamuru işleme yeteneğine sahip olacak şekilde konfigüre edilmiştir.

Kâğıt makinesinin hamur yaklaşım sisteminde 3 adet paralel basınçlı tip dikey elek ve 4 kademeli konik temizleyiciler (kum tutucular) mevcuttur. Hidrolik tip hamur kasasına devir kontrollü pompa ile beslenen hamur, sonsuz elekte ince düz tabaka şekline dönüştürülür. Elde edilen hamur kâğıdı, 2 kademeli preslerden geçirilerek kurutma silindirlerinde kurutulur.

Kurutma sistemi 6 grup ve toplamda 45 adet sabit sifonlu buhar silindirinden ibarettir. Yirmi beşinci kurutma silindirinden sonra, kağıdı bobin haline getirme ünitesi mevcuttur. Üretilen kağıt bobinleri, bobin kesme makinesinde istenilen ebatlarda kesilerek ambalajlanır ve mamul ambarda stoklanır.

4.1.4 Yardımcı Üniteler

Fabrika elektrik enerjisini hemen yanında bulunan TEAŞ trafo merkezindeki 2x10 MW gücündeki trafolarından ve kendi enerji santralinden sağlamaktadır. Fabrikanın enerji santrali kullanılan buhar miktarına bağlı olarak gerekli elektrik ihtiyacının % 70'ine kadarını sağlayabilmektedir. Tesiste, proses suyunun karşılandığı kum filtreleri ve su yumuşatma ekipmanlarından oluşan su temini ünitesi (kapasitesi: 1050 m³/saat), enerji kazanlarında buhar üretiminde kullanılan suyun üretildiği demineralizasyon tesisi (kapasitesi: 35 m³/saat) ve atık kağıdın mekanik olarak işlendiği atık kağıt işleme tesisi (kapasitesi: 200 ton/gün) mevcuttur.

4.2 ÇALIŞMA PROGRAMI

Bu çalışmada, selüloz ve kraft kağıt üretimi yapan entegre bir tesisinin su ve atıksu yönetiminin nasıl olması gerektiği incelenmiştir. Çalışma aşağıda verilen aşamalar yoluyla gerçekleştirilmiştir.

İlk aşama;

- Tesiste kullanılan taze su miktarının azaltılması üzerine günümüze kadar yapılan çalışmaların sonuçlarının derlenmesi

- Tesisteki tüm su (taze su) tüketimi yapan birimlerin ve tüketim miktarlarının tespit edilmesi
- Tesiste alınabilecek ek önlemler ve revizyonların belirlenerek elde edilebilecek su tasarruf miktarlarının belirlenmesi

İkinci aşama;

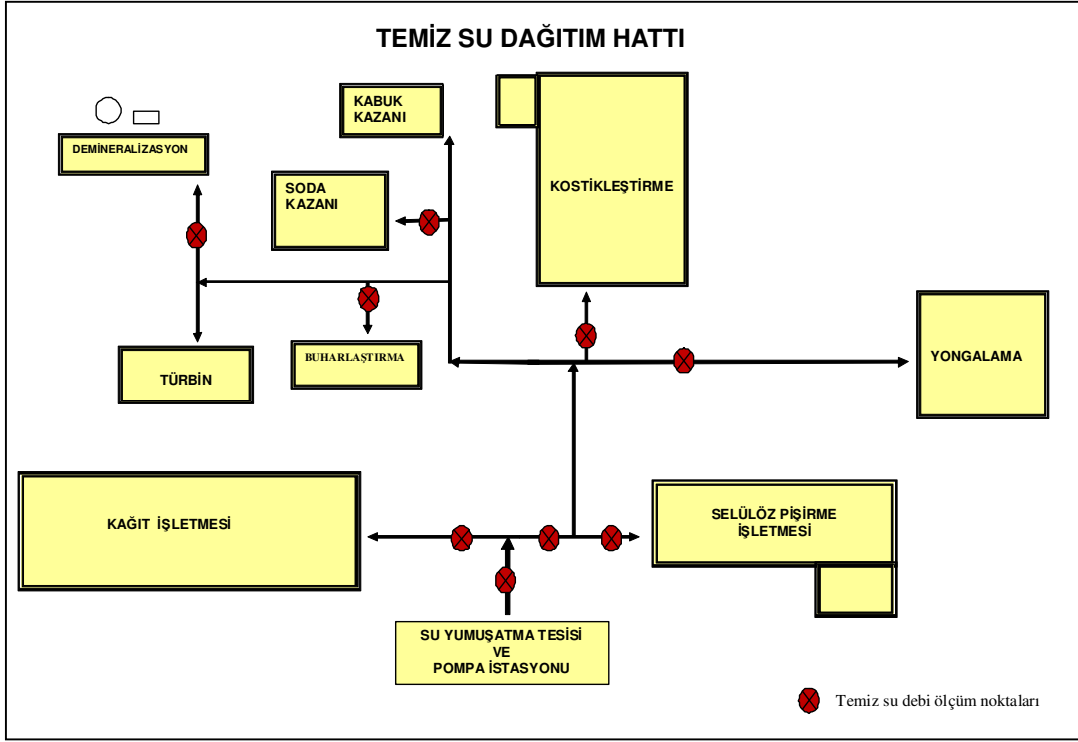
- Tesisteki tüm atıksu çıkış noktaları tespit edilmesi ve buralardan gelen atıksuların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi
- Atıksu oluşumunu azaltacak önlemlerin ortaya konması
- Atıksuların mevcut kalitesiyle veya kısmi arıtma yoluyla ulaşılması muhtemel kaliteleriyle tesiste kullanılabileceği alanların tespiti ve bu sayede temiz su kullanımında elde edilebilecek tasarruf miktarları hesaplanması

Yukarıda verilen çalışma programında aşağıda verilen ölçüm ve analiz yöntemleri kullanılmıştır.

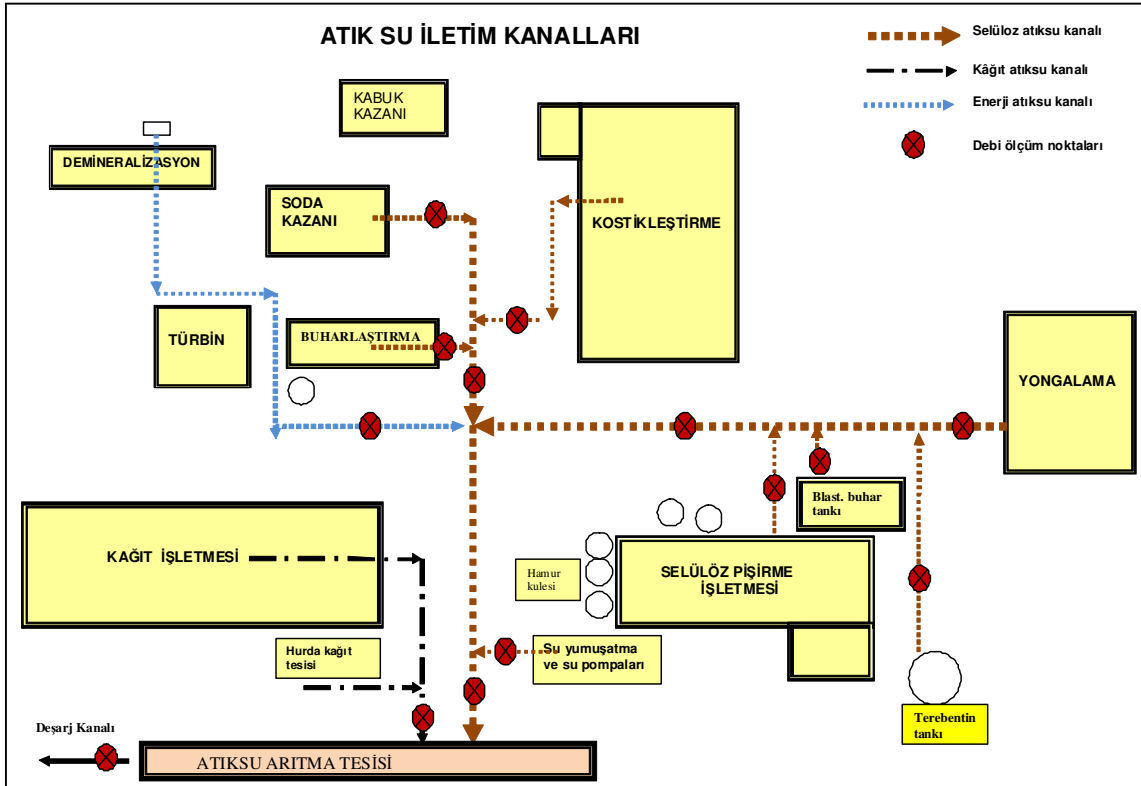
4.2.1 Su ve Atıksu Debi Ölçümleri

Bu tez kapsamında tesiste mevcut olan temiz su ve atık su miktarları bulunmuştur. İşletmede kullanılan suların ünitelerde bazında belirlenmesi için su hatlarında bulunan mevcut debi ölçüm cihazları (Fisher porter marka, orifis yöntemi ile ölçüm yapan) kullanılmıştır. Ana boruda debi ölçüm cihazı olan hatlara bağlı tali hatlardaki su kullanım miktarları vanaların açılıp kapatılması sonucunda debi ölçüm cihazındaki değişim miktarı belirlenerek hesaplanmıştır. Düşük debideki su kullanım miktarları ve salmastra suları miktarıölçekli bir kovaya birim zamanda dolan su miktarının ölçülmesi ile bulunmuştur.

Bu çalışmadaki atıksu miktarları iki yöntemle tespit edilmiştir. Arıtma tesisine gelen toplam atıksu miktarı, terfi pompaları çıkışında bulunan debimetre sayacından (Krohne marka, aquaflux tipi, elektromanyetik yöntemi ile ölçüm yapan) bulunmuştur. Ana hatta bağlı ünitelerden kaynaklanan atık su miktarları ise; kanalın kesit ve atıksuyun hızının ölçülmesi yardımıyla “Süreklilik Denklemi” kullanılarak hesaplanmıştır. Ölçümler normal işletme şartlarında gerçekleştirilmiş ve sonuçlar çeşitli zamanlarda yapılan en az 5 (beş) ölçümün ortalaması olarak verilmiştir. Çalışma kapsamından tesiste debi ölçümü yapılan su ve atıksu noktaları Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 de sunulmuştur.



Şekil 4.2 Temiz su debi ölçüm noktaları.



Şekil 4.3 Atıksu debi ölçüm noktaları.

4.2.3 Su ve Atıksu Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında tesisdeki atıksuların özelliklerinin belirlenmesi için kanalizasyon hatlarında 10 adet örnekleme noktası tespit edilmiştir. Bu noktalardaki örneklemler tesisin ortalama üretim kapasitesiyle çalıştığı dönemlerde 3 ayrı zamanda yapılmış ve ortalama değerler çalışmada sunulmuştur. Bu noktalardaki numuneler 30 dakikalık 3 eşit hacimli numunenin karıştırılması ile elde edilmiştir. Ayrıca tesisteki atıksu arıtma tesisine gelen toplam kirlilik yükünün belirlenmesi ve arıtma tesisinin veriminin hesaplanabilmesi için arıtma tesisi girişinde (selüloz ve kâğıt üretim birimleri için toplam 2 adet) ve çıkışında 1 adet olmak üzere toplam 3 adet atıksu numune noktası belirlenmiştir. Bu noktalarda ise bir yıl boyunca haftalık periyotta alınan 24 saatlik kompozit numuneler alınmış ve sonuçlar yıllık ortalama değer olarak verilmiştir. Çalışma kapsamında tesisin günlük tüketilen temiz suyun kalitesinin ve proses suyu hazırlama (yumuşatma) ünitesinin veriminin belirlenmesi için keson kuyuların ve yumuşatma tesisi çıkışında 2 adet su numune noktası alınmıştır. Analizler iki farklı zamanda anlık numuneler üzerinde yapılmış ve çalışmada ortalama sonuç verilmiştir.

Yukarıda verilen numune alma noktalarının yerleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de, bu noktalarda yapılan analizler ve analiz yöntemleri ise Çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1 Yapılan Analizler ve Yöntemleri

Numune Grubu	Numune Adı	Örnekleme Sıklığı ve Örnek Türü	Analiz Adı	Analiz Yöntemi
Atıksu Kanalları	• Buharlaştırma – 1 * • Buharlaştırma – 2 * • Buharlaştırma – 3 * • Buharlaştırma – 4 • Karışık Buharlaştırma • Selüloz Blast suyu * • Selüloz Üretim • Terebentin Tankı • Likör Geri Kazanım • Kâğıt Üretim	3 Adet Örnekleme Saatlik Kompozit Numune	Sıcaklık pH İletkenlik Toplam Sertlik TOK KOİ BOİ ₅ Sülfat Sülfür Sülfid Toplam Azot Toplam Fosfor Renk Koku	SM 2550 Sm-4500 SM-2510 SM-2340 SM-5310 SM-5220 SM-5210 Sm-4500 SM-4500 SM-4500 SM-4500 SM-4500 GÖRSEL DUYUSAL

Çizelge 4.1 (devam ediyor)

Numune Grubu	Numune Adı	Örnekleme Sıklığı ve Örnek Türü	Analiz Adı	Analiz Yöntemi
Arıtma Tesisi	- Selüloz Tesisi Atıksuyu - Kağıt Tesisi Atıksuyu - Arıtma Tesisi Çıkış Suyu	Haftada bir gün yıl boyunca 24 saatlik kompozit	pH KOİ AKM	SM-4500 SM-5220 SM-2540
Yumuşatma Tesisi	- Yumuşatma Tesisi Giriş - Yumuşatma Tesisi Çıkış	2 Adet Örnekleme Anlık Numune	Bulanıklık Toplam Sertlik İletkenlik pH Bikarbonat Alkanitesi	SM-2130 SM-2340 SM-2510 SM-4500 SM-2320

*Bu numunelerde SülfatSülfür, Sülfid, Toplam Azot, Toplam Fosfor ve BOİ₅ analizleri yapılmamıştır.

Buharlaştırma – 1 : Buharlaştırma direk temas kirli kondensi

Buharlaştırma – 2 : Buharlaştırma gövdelerde oluşan kirli kondensi

Buharlaştırma– 3 : Buharlaştırma, yüzey kondenser çıkışı kirli kondensi

Buharlaştırma – 4 : Buharlaştırma vakum suyu

Karışık Buharlaştırma: Buharlaştırma kirli kondense suyu (karışık)

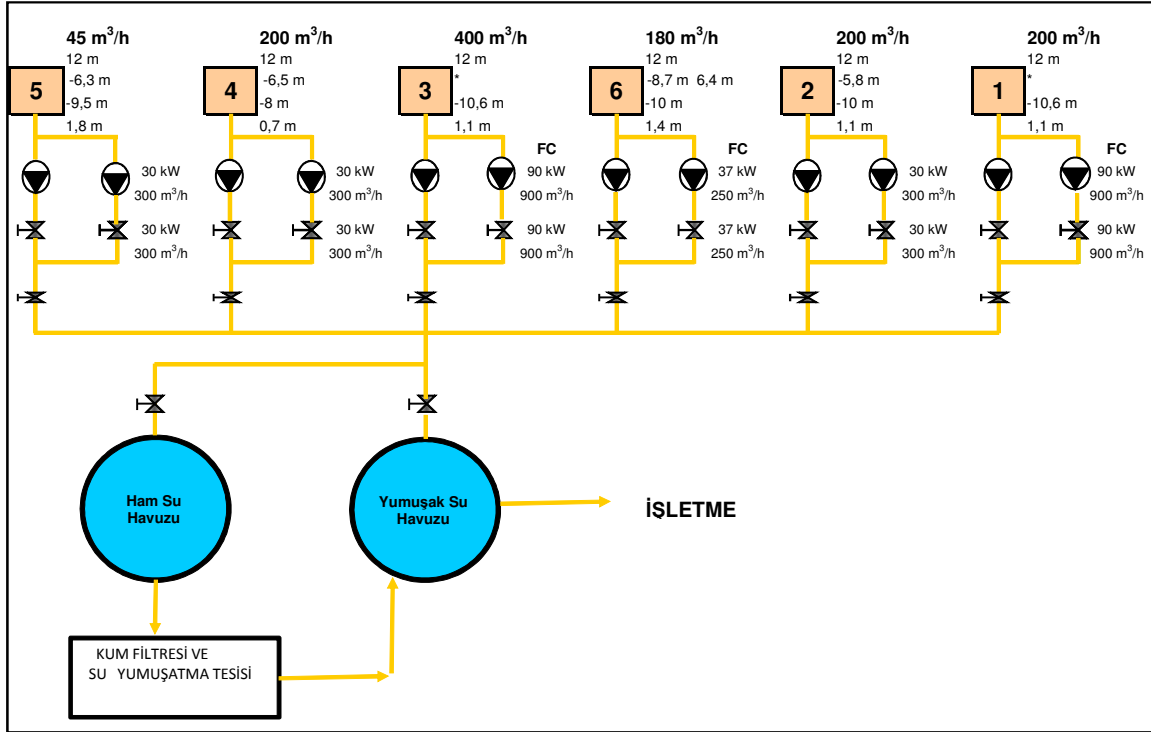
Fabrikada evselamaçlı tüketim temizlik, yemekhane, araç yıkama gibi aktivitelerde kullanılmaktadır. Evsel amaçlar için kullanılan su miktarı yaklaşık miktarı 15 m³/gün dür. Bu miktar toplam su kullanımı yanında çok düşük (%0,1'den küçük) olması nedeniyle ihmal edilebilir düzeydedir ve çalışma kapsamına değerlendirilmemiştir.

BÖLÜM 5

BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1 TESİSTE KULLANILAN TEMİZ SU MİKTARLARI VE ÖZELLİKLERİ

İncelenen işletmenin su ihtiyacı bölgede bolca bulunan yeraltısularından karşılanmaktadır. Bu amaçla tesis arazi sınırları içinde kalmak kaydı ile Filyos Irmağı yatağına 6 adet keson kuyu açılmıştır. Buradan pompalar vasıtası ile alınan yeraltısuyu işletmenin ham su havuzuna aktarılmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Keson kuyuların şematik görünümü.

Hamsu havuzundaki su önce kum filtresinden sonrada yumuşatma reçinelerinden geçirildikten sonra yumuşak su havuzuna aktarılmakta oradan da pompalar vasıtası ile tesisegönderilmektedir. Yumuşatma tesisinde kirlenen reçinelerin rejenerasyonu için ham tuz

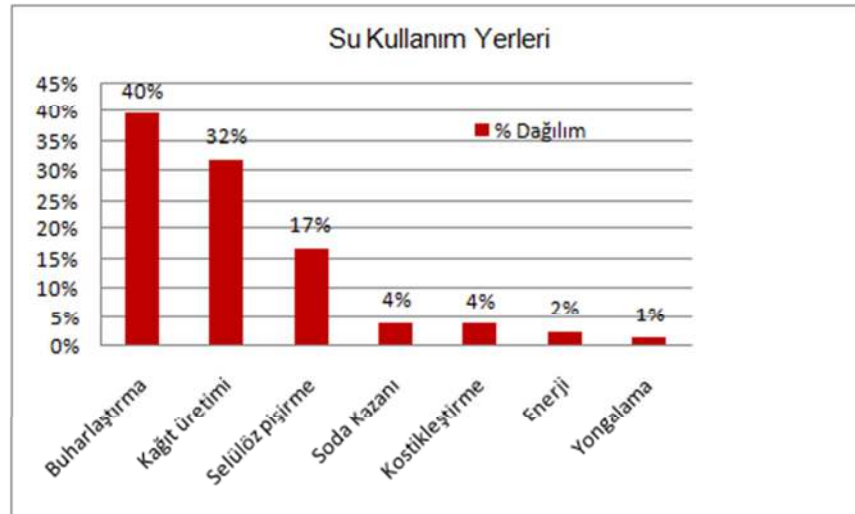
kullanılmaktadır. Ham su havuzundan yumuşatma tesisine gelen ve yumuşatma tesisinden çıkan suların genel özellikleri Çizelge 5.1’de sunulmuştur.

Çizelge 5.1 Tesiste kullanılan taze suyun yumuşatma işlemi öncesi ve sonrasındaki genel özellikleri.

Parametre	Yumuşatma Öncesi	Yumuşatma Sonrası
Bulanıklık (NTU)	12,2	<10
pH	7,6	7,8
Alkanite (CaCO_3)	280	280
Sertlik (CaCO_3)	310	42
İletkenlik (us/cm)	620	723

Çizelge 5.1’den de görüleceği üzere kuyulardan temin edilen ham su sertliği 30-32 °Fr arasında değişmektedir. Ham suya ait Ca, Mg ve alkalinite içerikleri dikkate alındığında, ilgili suların dolomitik kireç taşlarından çıktığı ve Filyos Irmağı yatağının bulunduğu alüvyon akiferi beslediği kanısına varılabilir. Su içerisinde demir ve mangan miktarı ise oldukça düşüktür. Keson kuyulardan temin edilen ve yumuşatma tesisinden geçirilip proseste kullanılan suyun maliyeti 2011 yılı verilerine göre üretilen birim kağıt miktarına 87 m³ su tüketilmekte olup, bu suyun birim maliyeti 0,13 TL/m³ dolayındadır.

Tesiste su kullanımı, selüloz üretimi ve kâğıt üretiminde su kullanımı olmak üzere iki bölümde incelenebilir. Selüloz üretimindeki su kullanımı buharlaştırma, selüloz pişirme, soda kazanı, kostikleştirme ve yongalama ünitelerinden meydana gelmektedir. Enerji santralinde su kullanımı oldukça azdır. Bununla birlikte, bu ünitenin su ve kanalizasyon hatları selüloz üretim tesisine bağlıdır ve selüloz üretim tesisi verileriyle birlikte değerlendirilebilir (Şekil 5.2).



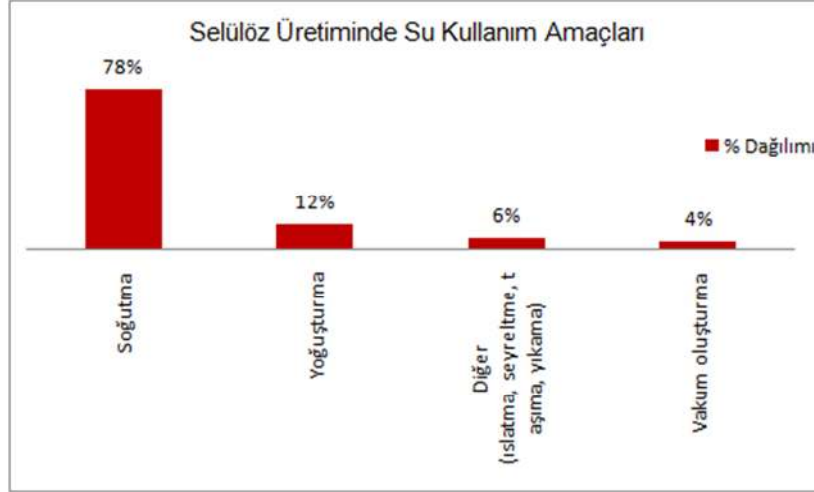
Şekil 5.2 Tesiste ünite bazında taze su kullanım yerleri.

Şekil 5.2'den de görüleceği gibi, taze suyun çok büyük bir oranı (%66'i) selüloz üretim ünitesinde, geri kalanı ise kağıt üretim ünitesinde (%32'si) ve enerji santralinde (%2'si) kullanılmaktadır.

5.1.1 Selüloz Üretim Ünitesinde Su kullanımı

Selüloz işletmesinde temiz sular soğutma, yoğunlaştırma, vakum oluşturma ve diğer (odun ıslatma, odun taşıma, çamur seyreltme) aktiviteler için kullanılmaktadır (Şekil 5.3). Bu ünitelerde suyun harcan suyun kullanım amaçları aşağıda tanımlanmıştır.

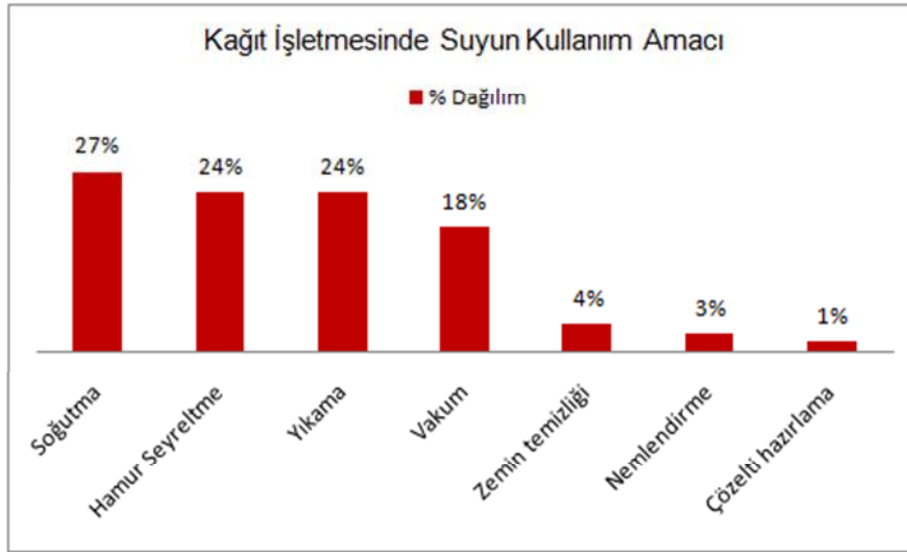
- 1. Yongalama ünitesi:** Tomrukların yüzdürülerek nakil işleminde, tozumayı önlemek için odunun yongalama öncesinde ıslatılmasında, mekanik aksamdaki şanzıman ve yatakların soğutulmasında kullanılmakta ve atıksu olarak kanala verilmektedir.
- 2. Selüloz pişirme ve yıkama ünitesi:** Pişirme sonrasında selüloz hamurun eleklerde yıkanmasında, pişirme sırasında ve sonrasında oluşan gazların yoğunlaştırılmasında, mekanik aksamların şanzıman ve salmastralarının soğutulmasında kullanılmaktadır (EK-1A).
- 3. Buharlaştırma ünitesi:** Yüzey kondenserlerin soğutulmasında, kirli kondense gazların direk temas kondenserinde soğutulmasında, vakum pompasında vakum oluşturmada, pompa salmastralarının soğutulmasında kullanılmaktadır (EK-1A).
- 4. Soda kazanı:** Siyah likörün yanması sonucu oluşan inorganik yapıdaki lavın dolaylı olarak soğutulmasında, tuz alma tankının direk soğutulmasında, şanzıman ve pompa salmastralarının soğutulmasında ve sıcak numune kaplarının soğutulmasında kullanılmaktadır (EK-1A).
- 5. Kostikleştirme ünitesi:** Kireç çamurunun su ile seyreltilerek pompa yardımı ile basılmasında, çamur eleklerinin yıkanmasında, çamur eleği vakum pompasında ve temizlik işlerinde kullanılmaktadır (EK-1A).



Şekil 5.3 Selüloz üretiminde suyun kullanım amaçları.

5.1.2 Kâğıt Üretim Ünitesinde Su Kullanımı

Kâğıt üretiminde taze su, mekanik ekipmanların soğutma işleminde, hamurun seyreltilmesinde, eleklerin yıkanmasında, vakum pompasında, zemin temizlik işlerinde, kâğıdın nemlendirilmesinde ve kimyasal madde çözelti hazırlamada kullanılmaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Kâğıt işletmesinde suyun kullanım amaçları.

Şekil 5.4'ten de görüleceği gibi kâğıt üretim işletmesinde suyun en büyük kullanımı soğutma, yıkama ve seyreltme işlemlerinde meydana gelmektedir. Bununla birlikte, kâğıt üretim tesisinde kısmi bir su döngüsü vardır. Su döngüsündeki denge kullanılan taze su, tüketilen su

miktarını oldukça etkilemektedir. Bu tesiste su döngüsü, su kullanılan birimler ve atıksu noktaları EK-1’de şematik olarak gösterilmiştir.

İncelenen tesisteki hem selüloz üretimi ve hem de kağıt üretimi sırasında kullanılan su miktarları Çizelge 5.2’de sunulmuştur.

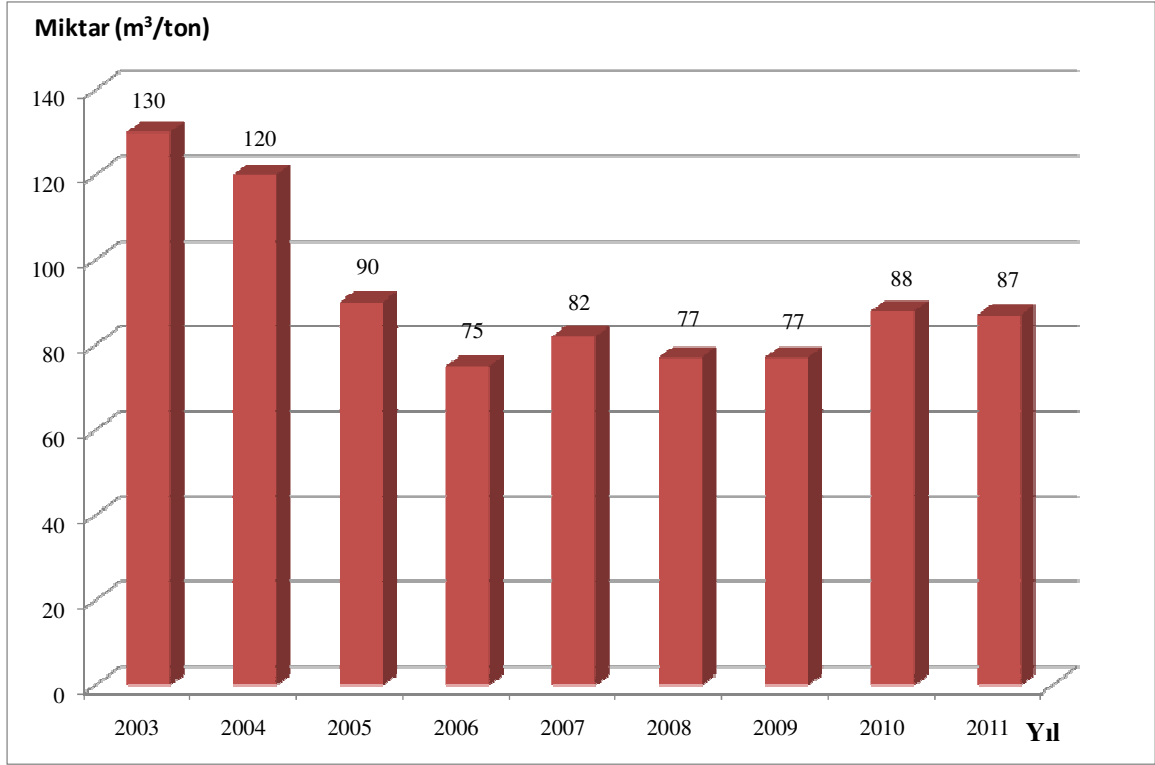
Çizelge 5.2 Selüloz ve Kağıt üretim ünitelerinde kullanılan su miktarları.

Ünite	Kullanılan su miktarı (m ³ /saat)
Buharlaştırma	477*
Kağıt işletmesi	382
Selüloz pişirme/yıkama	200
Soda kazanı	48
Kostikleştirme	47
Enerji	30
Yongalama	18

*Buharlaşma tesisinden çıkan 430 m³/sa lik yüzey soğutma suyu, soğutma kulesinde sogutulduktan sonra, geri kazanılmaktadır.

5.2 TESİSTE GEÇMİŞTE YAPILAN SU TASARRUFU ÇALIŞMALARI

İşletmenin birim üretim için kullandığı su miktarları yıllık bazda Şekil 5.5’de verilmiştir. Şekil 5.5’den de görüldüğü gibi, su tüketimi 2003 yılında 150 m³/ton.kâğıt değerinde iken 2011 yılında 87 m³/ton.kâğıt değerine düşmüştür.

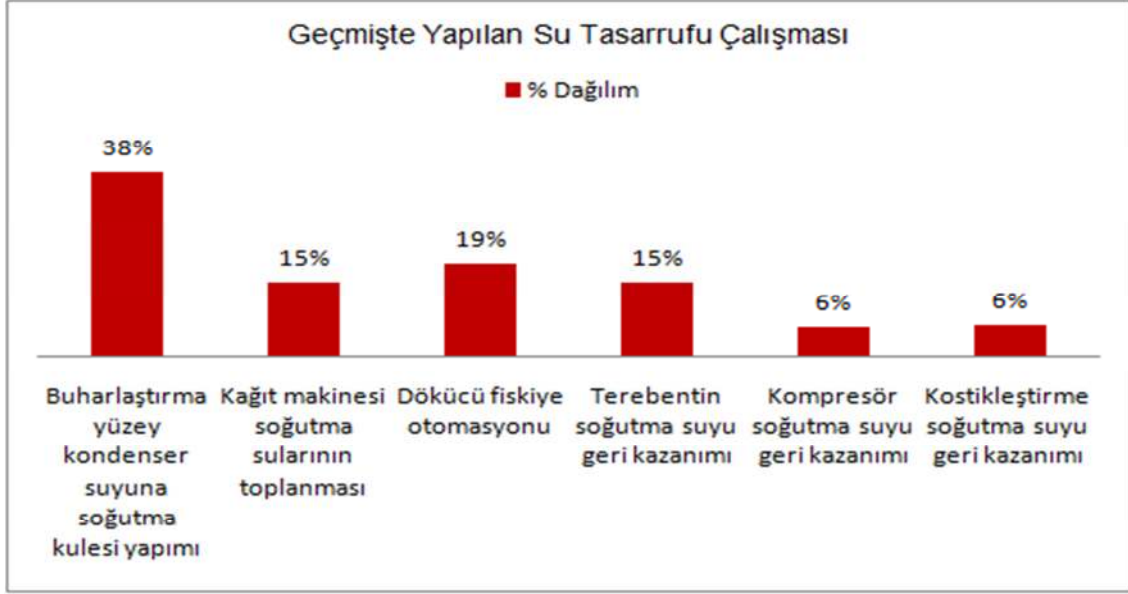


Şekil 5.5 Birim üretim başına su tüketim değeri.

Bu düşüşte alınan tasarruf ve geri kazanım önlemleri ile beraber kâğıt üretim miktarındaki artış da etkili olmuştur. 2003-2011 yılları arasında alınan tasarruf önlemleri ve sonuçta elde edilen tasarruf miktarları Çizelge 5.3’de, ilgili önlemlerin tasarrufa etkisi (yüzde olarak) Şekil 5.6’da sunulmuştur.

Çizelge 5.3 Geçmişte yapılan tasarruf önlemleri ve elde edilen tasarruf miktarları

Yapılan işlem	Tasarruf miktarı (m³/sa)
Yaz aylarında (4 ay), proses suyunun sıcaklığının artmasına neden olan ve kanala atılan buharlaştırma yüzey kondenser soğutma suyunun, soğutma kulesi yapılarak geri kazanılması.	100
Kağıt işletmesinde dökücü fiskiyelerin, otomasyon ile sadece kağıt koptuğu zaman devreye girmesinin sağlanması.	50
Kağıt makinesindeki, şanzıman soğutma sularının, yağ soğutma eşanjör suyunun, bobin tamponu soğutma suyunun toplanarak geri kazanılması.	40
Terebentin soğutma eşanjörü suyunun geri kazanılması	40
Kostikleştirme şanzıman soğutma sularının geri kazanılması	16
Kompresör soğutma suyunun geri kazanılması	15
Toplam tasarruf miktarı:	261



Şekil 5.6 Geçmişte yapılan su tasarrufu çalışmasında alınan önlemlerin toplam tasarruf edilen su miktarındaki etkisi.

Su tasarrufu yapılan çalışmalar, çoğunlukla soğutma sularının geri kazanılması üzerine yapılmış ve yüksek miktarda bir tasarruf elde edilmiştir. Fakat halen, toplanma zorluğu ve geri kazanıldığında temiz suyu kirletme riski nedeni ile geri kazanılmayan yüksek miktarda soğutma suyu bulunmaktadır. Bu nedenle, bundan sonraki tasarruf çalışmalarında, öncelikle mümkün ise soğutma suyu ihtiyacı olmayan, susuz çalışan yada daha az soğutma suyu ihtiyacı olan ekipmanlara geçilmesi üzerinde çalışma yapılmasında fayda vardır.

5.3 TESİSTE TEMİZ SU TÜKETİMİNİ AZALTMAK İÇİN ALINABİLECEK EK ÖNLEMLER VE REVİZYONLAR

Endüstride su yönetiminde düşünülmesi gerek ilk husus öncelikle taze su tüketimlerinin azaltılma olanaklarının araştırılması olmalıdır. Çünkü bu azaltma direk olarak toplam su maliyetinin azalmasına ve oluşan atıksu miktarının ve arıtma işletme maliyetlerinin azalmasına neden olacaktır. Böylece hem girdi maliyetlerinde ve hem de atık giderme maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlanacaktır. Kâğıt üretim sürecinde su yönetimi kapsamında temiz su tüketiminin azaltılmasında aşağıda verilen yaklaşımlar kullanılabilir.

1. Daha az su tüketen proses ve ekipmanların seçimi
2. Suların tekrar arıtma yapmadan başka amaç için tekrar kullanılması
3. Az kirli suların uygun arıtma işlemleri sonrası tekrar kullanılması

Atıksuların doğrudan veya kısmi arıtma ile özellikle kâğıt üretim işletmesindeki kapalı su çevrimi sisteminde çözünmüş madde miktarını artırabilmektedir. Bu nedenle önemli kalite problemleri yaşanabilmektedir.

İnceleme kapsamındaki tesiste taze su kullanımını azaltmak için alınabilecek ek önlemler ve bu sayede elde edilebilecek tahmini temiz su tasarrufları aşağıda sunulmuştur.

1. Selüloz yıkama eleklerindeki vakumunun yeterli olmaması nedeni ile elek üzerine verilen taze su, vakumun arttırılması sonrasında kapatılarak, $4\text{m}^3/\text{saat}$ 'lik su tasarrufu sağlanabilir.
2. İşletmede bulunan su hortumlarının uçlarının kesiti daraltılarak ve arızalı olan su vanaların bakımı yapılarak $10\text{-}15\text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik bir su tasarrufu sağlanacağı tahmin edilmektedir (Şekil 5.7).
3. Kâğıt endüstrisinde çok sayıda pompada bez salmastra kullanılmakta ve her pompada yüksek oranda su sarfiyatı ($15\text{-}20\text{ L/dk.}$) meydana gelmektedir (Şekil 5.8a). Ayrıca, çalışmayan ekipmanların soğutma suları sürekli olarak açık tutulmakta ve gerektiğinden fazla soğutma suyu kullanılmaktadır. Ekipmanlardaki, soğutma sularının önüne selenoid vanalar konularak, soğutma suyu miktarı azaltılabilir. Bu yolla günlük tüketilen $85\text{ m}^3/\text{saat}$ sudan en az %20 tasarruf edilerek yaklaşık $20\text{ m}^3/\text{saat}$ lik bir su tasarrufu sağlanabilir (Şekil 5.8b).



Şekil 5.7 Su hortumlarının daratılması ve vana kaçaklarının önlenmesi.



Şekil 5.8 Soğutma sularının miktarının azaltılması.

4. Pompa salmastra suları ve şanzıman soğutma suları bir toplama tankında toplanabilir. Toplanan sular, tekrar soğutma suyunu olarak veya başka amaçlar için kullanılabilir. Bu yolla yaklaşık olarak $30 \text{ m}^3/\text{saatlik}$ bir su tasarrufu sağlanabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla tesis içinde kurulmuş örnek bir toplama tankı Şekil 5.9'da sunulmuştur. Susuz çalışan ekipmanlara da daha az su kullanan ekipmanlar tercih edilebilir. Bu kapsamda yeni alınacak pompalar, susuz çalışan mekanik salmastralı olarak seçilebilir. Fakat ilk yatırım maliyetinin yüksek olması nedeni ile bu yaklaşım değerlendirilmemiştir.
5. Soda kazanı degazör suyu, lav oluğu soğutma suyu ve numune kapları soğutma suyu toplanarak, soğutma kulesinde soğutulması sonrasında tekrar kullanılabilir. Bu yolla, yaklaşık $32 \text{ m}^3/\text{saatlik}$ bir tasarruf sağlanacağı düşünülmektedir. Ayrıca kostikleştirme eleği vakum pompası soğutma suyu bir tankta toplanarak tekrar üretim prosesinde kullanılıp, $7 \text{ m}^3/\text{saatlik}$ bir su tasarrufu sağlanabilir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Soğutma sularının toplanması ve geri kazanılması.

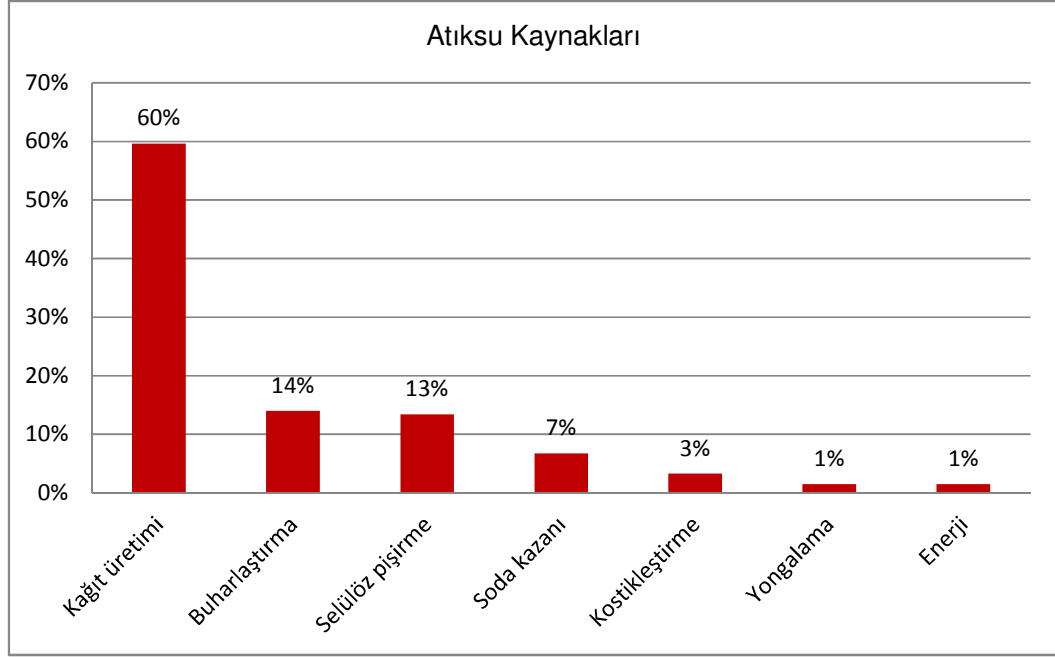
6. Kâğıt işletmesinde su havuzları arasındaki su dengesi sağlanarak, havuzlara taze su girişinde $70 \text{ m}^3/\text{saatlik}$ bir su tasarrufu sağlanabilir.
7. Kağıt makinesinde pres ünitesinin yıkaması için ortalama $20\text{-}30 \text{ m}^3/\text{ton.kâğıt}$ su kullanılmaktadır. Ayrıca, keçenin tıkanmasını önlemek için de ayrıca taze su kullanılmaktadır. Pres ünitesi ve keçe yıkama suları toplanarak, silindirlerin yıkama suyu için veya hamur seyreltme amacı ile tüketilebilir. Bu yolla, yaklaşık olarak $60 \text{ m}^3/\text{saatlik}$ bir su tasarrufu sağlanabileceği tahmin edilmektedir.
8. Kâğıt makinesi vakum pompaları sızdırmazlık suyunun, soğutma kulesi yapılarak soğutulması ve tekrar vakum pompasında kapalı çevrim şeklinde kullanılması ile taze su girişi engellenecektir. Bu sayede $50 \text{ m}^3/\text{saatlik}$ su tasarrufu sağlanabilir.
9. Buharlaştırma ve soda kazanında bulunan direk temas kondenserleri yerine, yüzey kondenserler kullanılarak yaklaşık $10 \text{ m}^3/\text{saatlik}$, su tasarrufu sağlanabileceği tahmin edilmektedir.

Yukarda bahsedilen önlemler ile tesisteki su kullanımı, $771 \text{ m}^3/\text{saat}$ den, % 35 lik ($286 \text{ m}^3/\text{saat}$) tasarruf sağlanarak $485 \text{ m}^3/\text{saate}$ düşürülebilir.

5.4 TESİSTEKİ MEYDANA GELEN ATIKSULARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İşletmede bulunan, kağıt üretim, selüloz pişirme-yıkama, buharlaştırma, soda kazanı, kostikleştirme, yongalama ve enerji (demineralizasyon, türbin) ünitesi atıksu kanalında debi ölçümü yapılarak atıksu yüzdeleri bulunmuştur.

Atıksu arıtma tesisine gelen atık sular ünite bazında; %60' ı kâğıt üretiminden ve %39'u selüloz üretiminden (buharlaştırma - %14, selüloz pişirme-yıkama - %14, soda kazanı - %7, kostikleştirme - %3, yongalama - %1, enerji - %1) kaynaklanmaktadır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Ünite atıksu kaynakları.

Selülöz üretim (yongalama, selülöz pişirme, buharlaştırma, soda kazanı, kostikleştirme ünitelerinden) işletmesinden çıkan atık suları oluşturan kirleticiler genel olarak aşağıda özetlenmiştir.

1. Yongalama ünitesinde oluşan atıksular; tromel ve pompaların yatak soğutma suları ve tomruk havuzu atıksuyudur.
2. Selülöz pişirme ünitesinde oluşan atıksular: Kirli gazların yoğunlaştırılması sonucu oluşan kirli kondense atık suları, blast buhar suyu, terebentin tankı ara faz atıksuyu, pompa salmastralarından, boru ve tank kaçaklarındaki patlaklarından dökülmeler sonucu oluşan siyah likör, şanzıman, pompa gibi mekanik aksamaların soğutma suları ve zemin yıkamadan oluşan atık sularıdır.
3. Buharlaştırma ünitesinde oluşan atık sular: Evaporatör gövdelerinde kirli kondense atıksuları, vakum pompasından çıkan vakum suyu, içinde sabun ve siyah likör bulunan pompa, boru hattı ve tanklarda meydana gelen kaçak ve dökülmelerden kaynaklanan sulardır.
4. Soda kazanında ünitesinden çıkan atıksular: tuz alma tankının soğutma suyundan, salmastra sularından, pompa salmastralarından sabun kaçağı ve dökülmelerden kaynaklanmaktadır.

5. Kostikleştirme ünitesinden çıkan atıksular: çamur eleği vakum pompası suyu, çamur boru hatlarındaki tıkanmalar nedeni ile çamur boşaltımı, arıza nedeni ile çamur tankından çamur boşaltımı, salmastra suları ve salmastralardaki çamur kaçaqları, dökülme ve boşaltmalardan kaynaklanmaktadır.

Kâğıt üretiminden kaynaklanan atıksuları oluşturan kirleticiler genel olarak aşağıda özetlenmiştir.

1. Hamurun eleklerden geçirilmesi sonucu oluşan elek altı ve filtrat havuzu taşkan atıksuları
2. Hamurun temizlendiği siklon kademelerinden kanal verilen atıksular
3. Atık kâğıdın su ile çözülmesi ve eleklerden geçirilmesi sonrasında oluşan ve içinde kâğıt hamuru, strafor, naylon parçaları bulunan atıksular
4. Mekanik ekipmanlara ait şanzıman ve salmastra soğutma suları
5. Vakum pompası havuzunun taşkan suyu
6. Mekanik ekipmanların salmastralarından kaçan selüloz elyafı kaçaqları

Enerji üretim ünitesinden kaynaklanan atıksuları oluşturan kirleticiler genel olarak aşağıda özetlenmiştir.

1. Demineralizsyon tesisinde anyon ve katyon değiştirici tankların geri yıkamasından çıkan rejenerasyon atıksuları.
2. Kazan blöf atıksuları.
3. Mekanik ekipmanlara ait şanzıman ve salmastra soğutma suları.

Çizelge 5.4’de atık su kanallarında ve kirlilik yükünün yüksek olduğu tahmin edilen sularda yapılan analizler sonucunda elde edilen kirlilik değerleri verilmiştir. Bulunan değerlere göre, atıksu içinde yüksek miktarda sülfat, sülfür ve sülfid bileşikleri vardır.

Çizelge 5.4 Tesis kanalizasyon hattında gözlenen atıksu kirlilik yükleri

Kanal İsmi	KOI mg/L	BOI mg/L	TOC mg/L	Sülfat mg/L	Sülfür mg/L	Sülfid mg/L	Azot mg/L	Fosfat mg/L	Debi m ³ /sa
Selüloz pişirme/yıkama işletmesi kanalı	1363	584	705	6940	9,6	250	23,93	0,10	110
Terebentin tankı ara faz suyu	2512	428	660	148	291	260	14	0,48	5
Buharlaştırma-4	1215	288	289	117	663	2460	11	0,07	15
Karışık Buharlaştırma	908	349	218	66	0,6	130	55	0,10	94
Likör geri kazanım ünitesi kanalı	766	360	156	92	233	820	20	0,07	161
Kâğıt işletmesi kanalı	607	152	252	124	11,6	320	0,8	0,02	380

Buharlaştırma – 4 : Buharlaştırma vakum suyu

Karışık Buharlaştırma : Buharlaştırma kirlili kondense suyu (karışık)

Arıtma tesisine gelen bazı atıksuları kanala dökülmeden geri kazanmak veya ön arıtmaya tabi tutmak gerekir. Böylece hem atıksu arıtma maliyeti düşecek ve hemde arıtma tesisi verimi yükselecektir. Bu kapsamdaki değerlendirilebilecek atık suları, 4 gruba ayırabiliriz.

1. Arıtma yapmadan proseste tekrar kullanılabilir sular
2. Ön arıtma sonrası geri kazanılabilir sular
3. Özel arıtılacak sular
4. Arıtmanın son kademesine verilebilecek sular.

Atıksuların üretim prosesinde tekrar kullanılabilmesi için ileri arıtma teknolojileri kullanılarak arıtılması gerekir. Özellikle adsorpsiyon, membran filtrasyon ve buharlaştırma-sıyırma (evaporation-stripping) kâğıt endüstrisinde tercih edilebilecek sistemler arasında yer almaktadır. Bu gibi sistemlerin kullanımı ile her tür atıksuyun su kalitesinin iyileştirilmesi ve proseste kullanılması mümkündür. Yüksek yatırım ve işletme maliyeti ve mevcut durumda birim su maliyetinin düşük olması nedeni ile ileri arıtım gerektiren alternatifler bu çalışma kapsamında değerlendirmeye alınmamıştır. Ancak, ileriki dönemde bu tür yaklaşımlar da mutlaka düşünülmeli ve uygulanmalıdır.

Tesiste atık su kanalına verilen atık sulardan bir kısmı ön arıtma yapmadan veya kısmi oranda arıtma yaptıktan sonra, proseste tekrar kullanılabilir. Bu sulara ilişkin bilgiler Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Geri kullanılabilecek kondense atık sularının özellikleri.

No	Adı	Sıcaklık (°C)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Sertlik (°Fr)	TOK (mg/l)	KOI (mg/L)	Renk	Koku	Debi (m³/h)
1	Buharlaştırma -1	36,5	6,8	689	3,6	12	197	Berrak	Ağır	15
2	Buharlaştırma -2	52	8,4	80,5	1,2	224	922	Hafif sarı	Hafif	50
3	Buharlaştırma -3	51,5	9,0	360	1,5	359	1463	Koyu sarı	Hafif	15
4	Selüloz, blast buhar suyu	52	8,4	689	3,0	231	922	Berrak	Ağır	20

Buharlaştırma – 1 : Buharlaştırma direk temas kirli kondensi

Buharlaştırma – 2 : Buharlaştırma gövdelerde oluşan kirli kondensi

Buharlaştırma– 3 : Buharlaştırma, yüzey kondenser çıkışı kirli kondensi

Çizelge 5.5’te verilen sulardan buharlaştırma (-1,-2,-3) atıksularının, yaklaşık 30 m³/saatlik bir kısmı, ön arıtma yapmadan kostikleştirme tesisinde, çamur eleği yıkama ve çamur seyreltme amacı ile yeniden kullanılabilir. Geriye kalan 70 m³/saatlik bir kısmı ise, ön arıtma (evaporation-stripping) sonrasında selüloz ünitesindeki yıkama eleğinde, yıkama suyu olarak kullanılabilir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 Buharlaştırma kirli kondense suları ve blast buhar suyu.

Eğer bu atıksuların direk olarak selüloz yıkama eleğinde kullanılması, eleklerde yıkanan hamurun kirlenmesine neden olabilir. Bu durumda, bu sular ile ön arıtma tabi tutulduktan sonra (örneğin stripping yöntemiyle ön arıtım) sistemde, sorunsuz olarak kullanılabilir. Stripping yönteminin kâğıt endüstrisi atıksularının arıtımında kullanımının önemli avantajları

bulunmaktadır. Bu yöntem arıtma verimi olumsuz etkileyen ve koku sorunu yaratan kükürtlü organik kirleticilerin gideriminde oldukça verimlidir. Bu nedenle kâğıt endüstrisinde arıtma tesisine gelen kirletici yükü azalmakta ve arıtma verimi artmaktadır.

Terebentin ayırma ve tall oil yapma tesisinde oluşan tanklarda oluşan ara faz atıksuları, debisi düşük fakat kirlilik yükü fazla olan atık sulardır (Çizelge 5.6). Ayrıca, bu atıksular tanklardan atıksu kanalına, günde 1 sefer olmak üzere 30 dk içinde ani olarak boşaltılmaktadır.

Çizelge 5.6 Ön arıtıma tabi tutulacak atık sularının özellikleri.

No	Adı	Sıcaklık (C)	pH	İletkenlik (µs/cm)	TOC (mg/l)	KOI (mg/l)	Debi (m ³ /gün)
1	Terebentin tankı alt suyu	32,5	10,4	563	2250	10.179	4*
2	Tall oil alt suyu	38,0	6,7	115.900	-	47.482	8*

*Günde 1 defa, 30 dk içinde kanala verilen atıksu miktarı (m³).

Bu suların içinde yoğun miktarda TRS bileşiklerinin, yağ asitlerinin, reçine ve metanol bulunmaktadır. Bu nedenle, atıksular arıtma tesisinin kirlilik yükünü artırmaktadır. Bu sular, atıksu kanalına ve arıtma tesisine verilmeden önce mutlaka ön arıtıma (evaporation-stripping) tabi tutulmalıdır.

İşletmeden kanala verilen bazı suların kirlilik yükü ise oldukça düşüktür. Bu sulara ilişkin bilgiler Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Arıtmanın son kademesine verilebilecek atık suların analizi.

No	Adı	Sıcaklık (oC)	pH	İletkenlik (µs/cm)	Sertlik (°Fr)	TOC (mg/L)	KOI (mg/L)	Renk	Koku (Sülfür)	Debi (m ³ /h)
3	Demineralizasyon tesisi geri yıkama suyu	28	9,4	826	4,2	3	13	Berrak	Yok	10
4	Su yumuşatma tesisi, geri yıkama suyu.	17	7,5	18400	>50,0	2	124	Berrak	Yok	50

Demineralizasyon ve su yumuşatma tesisi geri yıkama suları ise, yüksek iletkenlik, tuzluluk ve yüksek pH nedeni ile geri kullanıma uygun değildir. Bu nedenle, bu sular toplanarak arıtmanın son kademesi olan stabilizasyon lagününe aktarılabilir. Böylece terfi havuzu, çökeltme havuzu, anaerobik lagün ve fakültatif lagüne giren suların debisi azalmış olur.

Çökeltme havuzu ve öncesi dozlanacak olan asit, köpük kesici, şap, polielektrolit gibi kimyasalların tüketim oranlarında da debiye bağlı olarak önemli oranda azalma olacaktır.

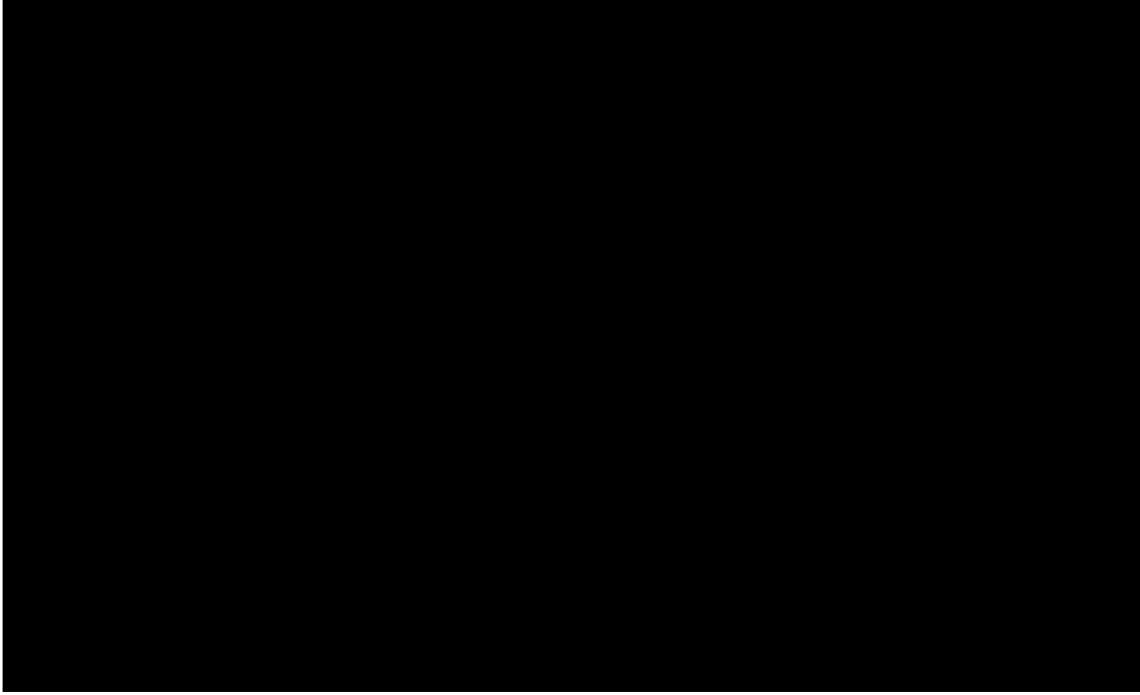
Yukarda belirtilen işlemleri uygulayarak, 30 m³/salık atıksu ön arıtma yapmadan ve 70 m³/saatlik atıksu ise arıtma sonrası olmak üzere, toplamda 100 m³/saatlik bir su geri kazanılarak, işletmede farklı amaçlar için kullanılabilir (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8 Ön arıtma yapmadan veya ön arıtma sonrası geri kazanılabilecek atık sular

Yapılaca işlem	Tasarruf miktarı (m ³ /sa)
Buharlaştırma kirli kondens suyunun ön arıtma yapmadan kostikleştirme tesisinde çamur eleğinde ve çamur seyreltme amacı ile kullanılması	30
Buharlaştırma kirli kondense ve selülöz blast buhar suyunun ön arıtma sonrasında tekrar kullanılması.	70
Toplam tasarruf miktarı	100

5.5 ARITMA TESİSİNİN ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI İÇİN YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR

Endüstride su ve atıksu yönetiminin ikinci adımı tesisteki arıtma işlemlerinin verimliliğinin artırılması ve maliyetlerin azaltılması üzerine olmalıdır. İnceleme kapsamındaki işletmede hâli hazırda atık suların arıtımı gerçekleştiren bir tesis mevcuttur (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 Arıtma tesisi genel akış şeması.

Şekil 5.13'ten de görüldüğü gibi arıtma tesisi çökeltme havuzundan ve anaerobik, fakültatif ve stabilizasyon lagününden oluşmaktadır. Tesiste, işletme maliyeti ve çamur yükü düşük olduğu için lagün sistemi tercih edilmiştir, ancak bu tür sistemlerin kontrolü zordur ve arıtma verimi düşüktür. Tesis gelen atıksu, selüloz ve kâğıt işletmesi olarak adlandırılmış iki ana hatttan gelmektedir. Bu hatlardan toplanan atıksulara ait projelendirme sırasında kabul edilen ve 2011 yılı gerçekleşen kirlilik yükleri Çizelge 5.9'da sunulmuştur.

Çizelge 5.9 Arıtma Tesisi 2011 Yılı Giriş Atıksu Özellikleri ve Tesis Tasarımında Kabul Edilen Kirlilik Değerleri.

Parametre	Selüloz Kanalı		Kâğıt Kanalı	
	Tasarım Değeri	2011yılı ortalaması	Tasarım Değeri	2011yılı ortalaması
Debi (m ³ /saat)	400	336	550	380
KOI (mg/L)	1600	1109	880	792
AKM (mg/L)	600	505	1070	440
pH	-	8,6		7,8

Arıtma tesisine giren atık suyun kirlilik yükü, tasarım değerlerinin altında seyretmektedir. Buda, arıtma tesisi kurulduktan sonra, işletmede kirlilik yükünü azaltıcı bazı önlemlerin alındığını göstermektedir.

Arıtma tesisi, deşarj suyunda KOI değeri 300 mg/L, AKM değeri ise; 100 mg/L olacak şekilde tasarlanmıştır. Tesisin şuandaki çıkış suyu KOI değeri 350-450 mg/L dolayındadır (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 Arıtma Deşarj Suyu Parametreleri

Parametre	Tasarımdaki Deşarj Değeri	Gerçekleşen Deşarj Değeri
KOI	300	350-450
AKM	100	30-70

Mevcut arıtma tesisinde üretim işletmesinden kaynaklanan sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

1. Bunların başında, tesise gelen atıksu debisinin yüksek olması hem işletme maliyetlerini arttırmakta hemde arıtma verimini düşürmektedir.
2. İşletmeden gelen atık suda özellikle kirli kondense sularında yoğun sülfürlü kimyasallar bulunması biyolojik aktiviteyi olumsuz yönde etkilemektedir.
3. İşletmeden kanala verilen terebentin ve tall oil ayırma tanklarından kanala bırakılan atıksuların kirlilik yükünün çok yüksek olması, arıtma kirlilik yükünü çok arttırmaktadır.
4. İşletmede ekipmanlardan ve hatlardan kaçan likör, sabun gibi kimyasallar suyun pH değerini 9,5-10 seviyesine çıkarmakta ve tesisin her kademesinde köpük oluşumuna neden olmaktadır (Şekil 5.13).
5. Kostikleştirme ünitesinden çeşitli nedenlerle kanala bırakılan kireç çamuru, arıtma tesisinde pompaları ve boru hatlarını tıkamakta, çökeltme havuzunun sıyrıcı paletlerini kırması nedeni ile çökeltme havuzunun devre dışı kalmasına neden olmaktadır (Şekil 5.14a).
6. Atık kağıt tesisinden kanal verilen atık maddeler, pompaların ve hatların tıkanmasına neden olmaktadır (Şekil 5.14b).



Şekil 5.13 Tesiste köpük oluşumu.



Şekil 5.14 Kanala kaçan atıklar

Tesisteki sorunları gidermek ve arıtma verimini arttırmak için alınabilecek önlemler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Tesise gelen suyun debi ve kirlilik yükünün düşürülmesi gerekmektedir. Su kullanımında yapılacak tasarruflar, arıtmaya gelen atıksu miktarının da aynı oranda azaltılmasını sağlayacaktır. Atıksu debisini azaltmak, atıksuyun tesiste bekleme süresini arttıracğından tesisin verimine olumlu etkisi olacaktır.
2. Arıtma kirlilik yükünü azaltmak için üretim prosesinde iyileştirmeler yapılabilir. Örneğin, selülozu pişirme işleminde oksijen ile pişirme yöntemine geçilerek, atıksulardaki oksitlenebilir kimyasallardan kaynaklanan kirlilik yükü azaltılabilir.
3. Yeni teknoloji selüloz yıkama sistemi ile selülozun daha iyi yıkanması ve sonucunda kanala dökülen atıksuyun kirlilik yükünde azalma sağlanabilir.

4. Selüloz pişirme ve buharlaştırma ünitesinden kaynaklanan kirli kondense, blast buhar, tall oil-terebentin tankı ara faz atık suyunun kanala verilmeden stripping yöntemi ile arıtılması. Bu yöntem arıtma verimi olumsuz etkileyen ve koku sorunu yaratan kükürtlü organik kirleticilerin gideriminde oldukça verimlidir. Bu nedenle kâğıt endüstrisinde arıtma tesisine gelen kirletici yükü azalacak ve arıtma verimi artacaktır.
5. Terebentin ayırma ve tall oil üretme tesisinde yeni teknoloji ekipmanlar kullanarak tesisin ayırma verimi yükseltilebilir ve tesisten kanala verilen atıksu kirlilik yükünde azalma sağlanabilir. Ancak bu yeni teknolojilerin yatırım maliyetinin yüksek olması nedeni ile ilk aşamada yapılması zordur.
6. Dökülen sabun, likör, çamur, katı atık maddelerden kaynaklanan zemin temizlik işleminin susuz yapılmasının sağlanması öncelikli önlemler arasında olmalıdır. Bu sayede, hem temiz su kullanımı azalacak hem de sabun ve çamurun bir bidonda toplanması sonucu atıksu kirlilik yükü azalacaktır.
7. Yumuşak salmastralı kimyasal madde pompaları yerine mekanik salmastralı pompalar kullanılarak, salmastralardan atıksu kanalına kimyasal madde, çamur ve hamur kaçakları önlenabilir. Ayrıca, sürekli yağ kaçıran eski ekipmanların değiştirilmesi ile ekipmanlardan atık suya yağ kaçakları önlenabilir. Sistemde önlenemeyen kimyasal madde, çamur ve yağ kaçaklar için, ekipmanların altına toplama tavası yapılarak bir havuzda yada tankta birikmesi sağlanabilir.
8. Kostikleştirme tesisinden atılması zorunlu olan içinde kirlilik içeren kostik çamuru, bir çamur susuzlaştırma ekipmanı yardımı ile kurutulmalı ve kanala verilmesi önlenmelidir.
9. Selüloz yıkama ve geri kazanım ünitelerine buffer tankları yapılmalıdır. Bu sayede, arızı duruşlardaki çamur likör, sabun boşaltma işlemleri bu tanklara yapılarak, kanala yapılan boşaltmalar önlenabilir. Böylece, hem bu kimyasallar tekrar kullanılmak üzere toplanmış olacak ve hemde arıtma tesisine aşırı bir kirlilik yüklemeleri önlenecektir.
10. Selüloz üretiminden kaynaklanan atıksu kaynaklarına bakıldığı zaman kaçakların, taşmaların ve dökülme faaliyetlerinin büyük bir yer tuttuğu görülmüştür. Bu nedenle, sistemin kontrolünün sıkı bir biçimde yapılması, dökülmelerin anında tespit edilip müdahale edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, atıksu kanallarına, online ölçüm cihazları (pH ve iletkenlik) cihazları konularak anlık olarak takibinin yapılması büyük önem taşımaktadır.

11. Kağıt makinesinde temiz su kullanımı ve kanala verilen atıksu miktarı azaltılmalıdır.
12. Kağıt makinesinde atık kağıt ünitesinden kanala verilen katı atıkları tutmak için, atık çıkış noktalarına ve atıksu kanalına uygun tipde ızgara sistemi yapılmalıdır.
13. Kağıt işletmesinde mekanik ekipmanların salmastralarından meydana gelen elyaf kaçakları önlenmelidir.

İşletmelerden gelen kirlilikler, atıksu arıtma tesisinin etkin olarak çalışmasını, olumsuz olarak etkilemektedir. İşletmelerde alınacak önlemler ve arıtma öncesi yapılacak ön arıtmalar ile bu olumsuz etkiler en az seviyeye indirilebilir, arıtma verimi arttırılabilir ve tesisin işletme maliyetleri düşürülebilir.

BÖLÜM 6

SONUÇ

Bu çalışmada, selüloz ve kraft kağıt üretimi yapan entegre bir tesisinin su ve atık su yönetiminin iyileştirilmesi için neler yapılması gerektiği incelenmiştir.

Bu kapsamda, öncelikle tesisteki tüm su (taze su) tüketimi yapan birimler tespit edilmiş ve tesiste alınabilecek ek önlemler ve revizyonlarla elde edilebilecek su tasarrufu miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, tesisteki tüm atık su çıkış noktaları ve buralardan gelen atık suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve atık su oluşumunu azaltacak önlemler ortaya konmuştur. Tüm bu çalışmalara ek olarak, tesisteki atık suların mevcut kalitesiyle veya kısmi arıtma yoluyla ulaşılması muhtemel kaliteleriyle yeniden kullanılabileceği alanlar incelenmiş ve bu sayede temiz su kullanımında elde edilebilecek tasarruf miktarları da hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışma sonucunda; tesisin temiz su tüketim miktarının yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Fakat yapılacak iyileştirme çalışmaları sonrasında temiz su kullanımında 386 m³/saat lük bir tasarruf ile %50 azaltma sağlanabileceği ve taze su tüketiminin 385 m³/saat e kadar düşürülebileceği saptanmıştır. Su tüketimin azaltılması, çalışmasında, tüm işletmedeki soğutma sularının geri kazanılması, kâğıt üretim işletmesindeki kapalı çevrim su döngüsünün optimizasyonu çalışması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, az kirli atık suların direk yada ön arıtma sonrasında ünitelerde tekrar kullanılması hem temiz su tüketimin azaltılmasında hemde atık su kirlilik yükünün azaltılmasında etkili olacaktır.

Atıksu arıtma tesisinin debinin, temiz su tüketimine bağlı olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, geri kazanılabilecek özellikte olan temiz ya da az kirli atık suların miktarının yüksek olmasına bağlı olarak, arıtma tesisine gelen atık su kirlilik konsantrasyonunun düşük olduğu görülmüştür. İşletmelerdeki likör, elyaf ve çamur kaçaklarının, arıtma tesisin çalışmasını olumsuz şekilde etkilediği, kirli kondense, terebentin ve tall oi tankı ara faz atık suyunun tesisin çalışma verimini etkileyen en önemli atık su kaynağı olduğu tespit edilmiştir.

İşletmelerde kullanılan temiz su tüketiminin azaltılması, az kirli atık suların direk veya ön arıtma sonrası tekrar kullanılması sonrasında, atık su debisinde yaklaşık olarak %50 azalma olacağı belirlenmiştir. Atık su kirlilik yükünün azaltılarak, tesisinin çalışabilirliğini sağlamak için, öncelikle işletmelerde meydana gelen elyaf, likör, çamur dökülmelerinin ve kaçakların önlenmesi, kirli kondense atık suları ile terebentin-tall oil tankı ara faz sularının kanala verilmeden önce ön arıtımının (stripper) yapılması ve atık su debisinin azaltılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın yapıldığı firma yatırımlarını öncelikle, likör, kaçakların önlenmesi, su ve atık su debisinin azaltılması üzerine daha sonra ise, kirli kondense, tall oil, terebentin atık suların ön arıtımı üzerine yapmalıdır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, özellikle kirli kondense atık sularının arıtımı, kâğıt üretim işletmesinde kapalı su çevriminin optimizasyonu konusu üzerinde durulmalıdır. Ayrıca, arıtma tesisi sonrasında, atık suyun tekrar işletmede geri kullanılması ve sıfır atık su hedefinin sağlanması için, işletme ve ilk yatırım maliyeti düşük olan bir arıtma yönteminin tespiti üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Altın A ve Yıldırım Ö** (2008) Kraft Kağıt Endüstrisi Atıksularının Elektro-Fenton Yöntemiyle Arıtılabilirliği. *Çevre Sorunları Sempozyumu Kocaeli-2008*, 14-17 Mayıs, Bildiriler Kitabı, s. 971-979.
- Asano T** (1991) Planning and Implementation of Water Reuse Projects. *Water Science & Technology*, 24(9): 1-10.
- Asghar M N Khan S and Mushtaq S** (2008) Management of treated pulp and paper mill effluent to achieve zero discharge. *Journal of Environmental Management*, 88(4): 1285-99.
- Aslan V** (2008) Türkiye’de Su Potansiyeli Ve Atıksuların Geri Kullanımı. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 20-22 Mart 2008, 273-276.
- Avşar E ve Demirer G N** (2005) SEKA Balıkesir Kâğıt Hamuru ve Kağıt Fabrikasında Temiz Üretim Olanaklarının Değerlendirilmesi Çalışması. *6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 24-26 Kasım 2005, pp. 181-194.
- Balcioglu I A and Cecen F** (1999) Treatability of Kraft pulp bleaching wastewater by biochemical and photocatalytic oxidation. *Water Science and Technology*, 40(1): 281-288.
- Brown A Matlock M D** (2011) A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies, *The Sustainability Consortium*, University of Arkansas, 19 p.
- Büyükcamaç N** (2009) Su Yönetimi Etkin Bileşimi. *İzmir Kent Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s. 363-367.
- Chen W and Horan N J** (1998a) The treatment of a high strength pulp and paper mill effluent for wastewater reuse, III) Tertiary treatment options for pulp and paper mill wastewater to achieve effluent recycle, *Environmental Technology*, 19:173-182
- Chen W and Horan N J** (1998b) The Treatment of a High Strength Pulp and Paper Mill Effluent for Wastewater Reuse: IV) A pilot study into the production of high quality recycle water using tertiary and deep treatment, *Environmental Technology*, 19(9): 861-871.
- Çiçek H ve Ataol M** (2009), Türkiye’nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım, *Coğrafi Bilimler Dergisi* 7(1):51-64.
- Çuha D** (2008) Deniz Suyu ve Kuyu Suyunun Tuzdan Arıtılması. *Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi*, 18:48-56.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- DPT** (2001) Kimya Sanayi Hammaddeleri: Bor Tuzları-Trona-Kaya Tuzu-Sodyum Sülfat-Stronsiyum. *Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çalışma Grubu Raporu*, Cilt II Ankara.
- DSİ** (2010) *DSİ Genel Müdürlüğü 2010 Yılı Faaliyet Raporu*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 342 s.
- Dube D and Swatuk L A** (2001) Stakeholder participation in the new water management approach: a case study of the Save catchment. Zimbabwe. *Elsevier Science Journal*, 27:867-874
- EPA** (2004) Manual Guidelines for Water Reuse, USA. EPA/625/R-04/108, 2004.
- Gavcar E Şen S ve Aytakin A** (1999) Türkiye’de Kullanılan Kâğıt-Karton Türlerinin Talep Tahminlerinin Belirlenmesi, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23:203-211.
- Gleick P H** (1996) *Water resources: In Encyclopedia of Climate and Weather*, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, 2:817-823.
- Grisham A and Flemming W** (1989) Long Term Options for Municipal Water Conservation. *Journal of the American Water Works Association*, 81(3):34-42
- James P and McIntyre P E** (1998) *Industrial water reuse and wastewater minimization*, Retrieved August 21, 2008, from <http://www.gewater.com/pdf/tp365.pdf>. URL
- Janosovaa B Miklankova J Hlavinek P and Wintgens T** (2006) Drivers for wastewater reuse: regional analysis in the Czech Republic. *Desalination*, 187:103-114
- Kargi F and Catalkaya E** (2007) Color, TOC, and AOX removals from pulp Mill effluent by advanced oxidation processes: a comparative Study. *Journal of Hazardous Materials*. 139:244–253.
- Kirkpatrick N** (1991) Environmental Issues in the pulp and paper Industries. Surrey, U.K Pira International.
- Larry E** (1996) *Sources of pulping and bleaching derived chemicals in effluence. La Fleur Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents*. St. Lucie Press.
- Larsson D G J and Förlin L** (2002). Male-biased sex ratios of fish embryos near a pulp mill: Temporary recovery after a short-term shutdown. *Environmental Health Perspectives*, 110(8):739-742.
- Lee W J Teschke K Kauppinen T Andersen A Jäppinen P Szadkowska-Stanczyk I Pearce N Persson B Bergeret A and Facchini L A** (2002) Mortality from lung cancer in workers exposed to sulfur dioxide in the pulp and paper industry. *Environmental Health Perspectives*, 110(10):991–995.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

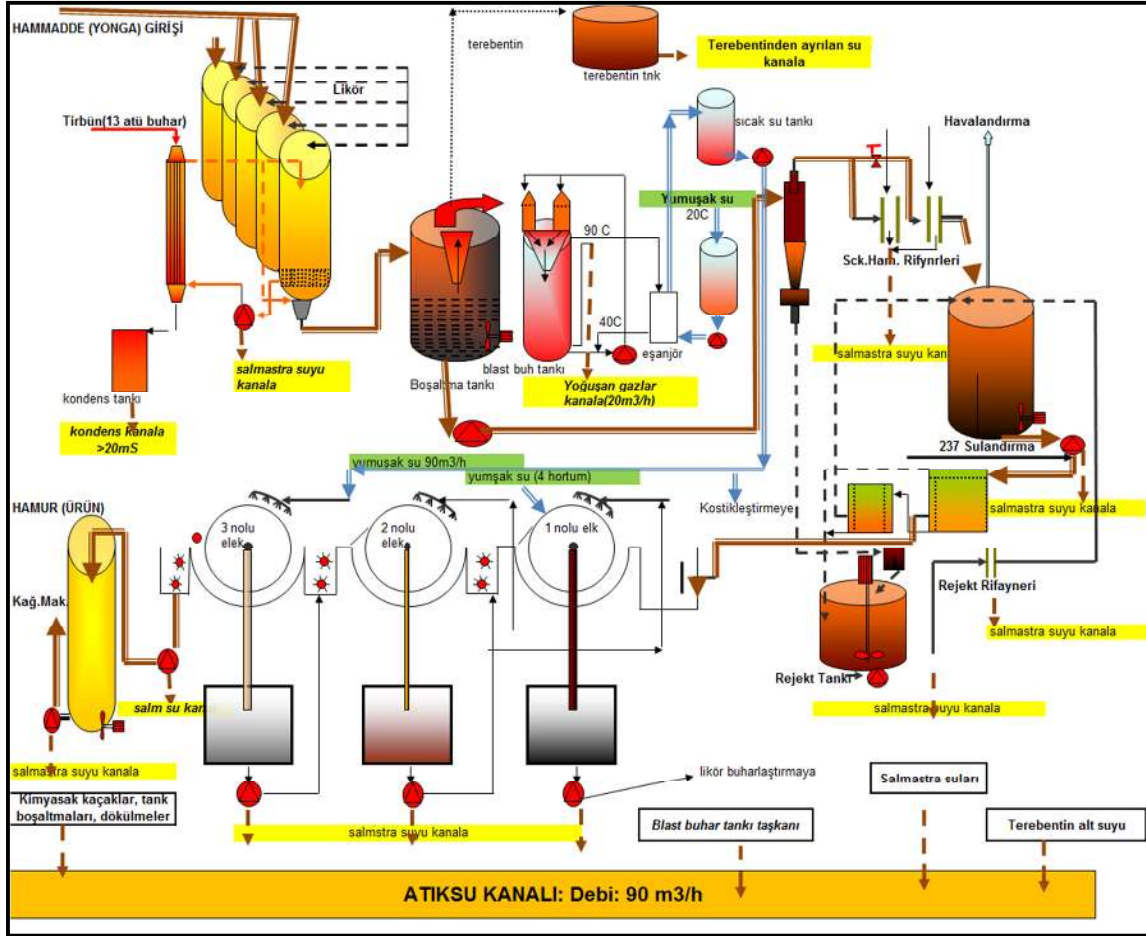
- Lin B and Eng P** (2008) *Faul Kondens Şeritlemesinin Temel Öğeleri*, a.h.lundberg systems ltd. 5480 parkwood yolu, richmond, Kanada.
- Lovelady E M and El-Halwagi M** (2007). An integrated approach to the optimisation of water usage and discharge in pulp and paper plants. *International Journal of Environment and Pollution* 2007, 29(3):274-307.
- Lu W C and Du P H** (1996) Investigation and analysis of industrial water usage in Taiwan.
- McKinney R W J** (1995) *Water and waste water treatment in recycling mills in Technology of Paper Recycling*, R. W. J. McKinney (ed), Blackie Academic & Professional, London, 1995, pp. 204-243.
- Mediterranean Action Plan** (2005) *Pollution Prevention in the paper sector*, Regional Activity Centre for Cleaner Production, 163 p.
- Mobius C H and Helble A** (2004) Combined ozonation and biofilm treatment for reuse of papermill wastewaters. *Water Science & Technology*, 49(4):319–323.
- Munoz I Rieradavall J Torrades F and Domenech JPX** (2006) Environmental assessment of different advanced oxidation processes applied to a bleaching Kraft mill effluent AOP, *Journal of Hazardous Materials*. 62(1):9-16.
- Nemerov N L and Dasgupta A** (1991) *Industrial and Hazardous Waste Treatment*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Öztürk A** (2004) Tuzluluk ve Sodyumluluğun Oluşumu, Bitki ve Toprağa Etkileri. *Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu*, 20-21 Mayıs 2004, DSİ, Ankara. s. 1-15.
- Paulapuro H** (2000) *Papermaking Part 1, Stock Preparation and wet end*, Papermaking. Science and Technology Book 8, Fapet Oy, Jyväskylä, Finland, 297 p.
- Peng C Y** (2006) Water Consumption, Quality Demanded, and Re-use of the Treated Wastewater for Paper Industry. *2006 Taiwan Water Industry Conference*, July 27, B-1, pp. 9-17.
- Pizzichini M Russo C and Di Meo C** (2004) Purification of pulp and paper wastewater, with membrane technology, for water reuse in a closed loop. *Desalination*, 178:351-359.
- Pokhrel D and Viraraghavan T** (2004) Treatment of pulp and paper mill wastewater – a review. *Science of The Total Environment*, 333:37-58.
- Rowe D R** (1995) *Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse*, ISBN: 087371671X, 1995, US Water News.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

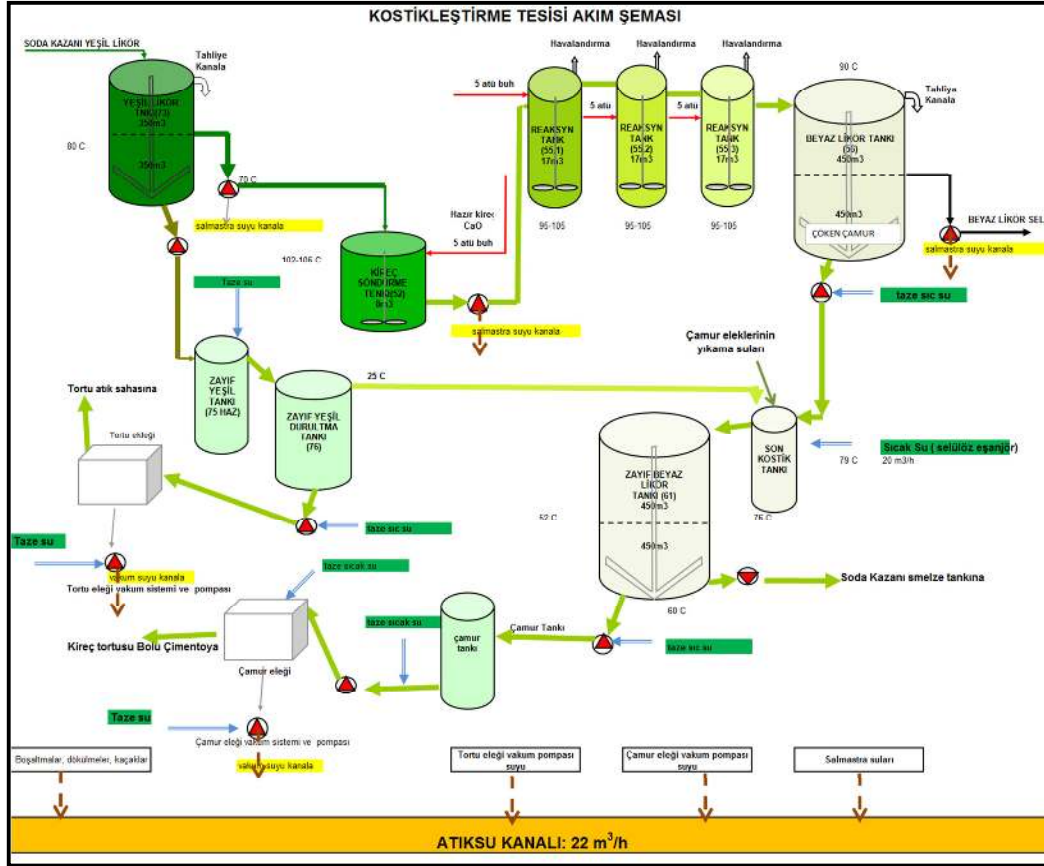
- Sponza D T** (2003) Application of toxicity tests into discharges of the pulp-paper industry in Turkey. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54(1):74-86.
- Tewari P K Batra V S and Balakrishnan M** (2009) Efficient water use in industries: Cases from the Indian agro-based pulp and paper mills. *Journal of Environmental Management*, 90: 265-273.
- Thompson G, Swain J, Kay M and Forster C F** (2001) The treatment of pulp and paper mill effluent: a review. *Bioresource Technology*, 77(3):275-286.
- TÜİK** (2012) Belediye Su İstatistikleri-2010, Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, 24 Şubat 2012 *Haber Bülteni*, Sayı: 34, Ankara, 1 s.
- UNEP and GEC** (2005) *Water and Wastewater Reuse - An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management*. United Nations Environment Programme and Global Environment Centre, Japan, 48 p.
- URL 1** (2012) http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/996535e07258a7b_ek.pdf?dergi=178.
- URL 2** (2012) <http://www.tappi.org/content/events/.../3-5.pdf> (06.02.2012).
- URL 3** (2012) http://ahmetbilgicli.bravehost.com/Su_teknolojisi.doc (03 03.2012).
- URL 4** (2011) <http://tr.wikipedia.org/wiki/Tahta>, (10.11.2011).
- URL 5** (2012) <http://en.wikipedia.org/wiki/Lignin> (15.03.2012).
- URL 6** (2011) http://eprints.usm.my/9562/1/characterization_of_recovered_black_liquor_and_isolated_lignin_from_oil_palm_empty_fruit_bunch_soda_pulping_for_semicheical_and_chemical_pulps.pdf (12.12.2011).
- Yalçın G ve Eken G** (2006) Türkiye'nin Baraj Politikası Ve Önemli Doğa Alanları Doğa Derneği Kurumsal Görüşü. *TMMOB Su Politikaları Kongresi*, 21-23 Mart 2006, 250-264.
- Yarar M** (2009) Wastewater reuse and water optimisation at the pulp and paper industry, Graduate of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylul University, M.Sc Thesis, 73 p.

EK AÇIKLAMALAR A

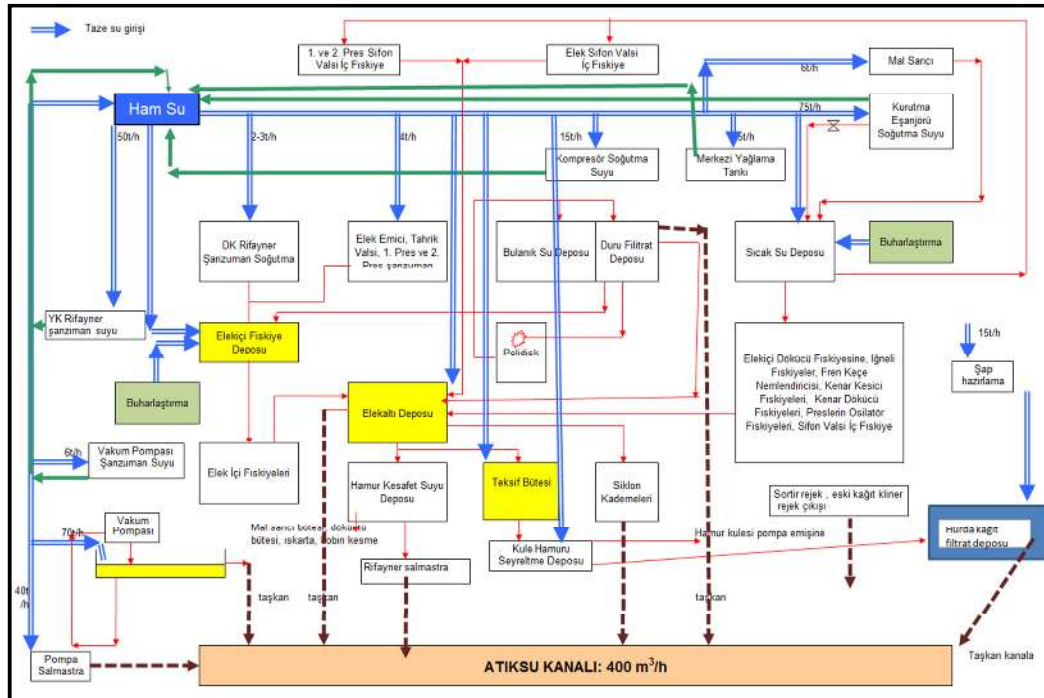
ÜRETİM AKIŞ ŞEMASINDA SU VE ATIK SU



Şekil A.1 Selüloz pişirme ve yıkama ünitesi akış şemasında su ve atıksu.



Şekil A.4 Kostikleştirme akış şemasında su ve atıksu.



Şekil A.5 Kağıt üretimde su döngüsü ve atık su.

ÖZGEÇMİŞ

Kemal UYAR; 1971 yılında Silifke’de doğdu, ilk, orta ve lise eğitimini aynı şehirde tamamladı; Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi ve 1993 yılında mezun oldu. Halen, 2007 yılında girdiği, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: OYKA Kağıt Amb. San. Tic. A.Ş

Tel: 0.532.2649453

E-posta: kemal.uyar@oyka.com.tr