

Boya Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu

Ayşe Erkuş^{*1}, Esmâ Oygun², Mehmet Türkmenoğlu³, Adnan Aldemir²

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Van

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Van

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Van
Sorumlu yazar e-posta: ayseerkus@yyu.edu.tr

Öz: Ülkemizde boyar madde üretimi yapan tesislerin sayısı oldukça fazladır. Boya fabrikalarındaki atıksular; reaktörlerin, karıştırıcıların, paketleme makinelerinin ve zeminlerin temizlenmesi işlemlerinden kaynaklanır. Boya endüstrisi atıksularının alıcı ortamın rengini arttırması ekolojik olumsuzluklara sebep olmaktadır. Boyar madde içeren atıksuların arıtılmasında fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu arıtım yöntemlerinden herhangi birisinin uygulanmadan önce karakterizasyon yapılarak atıksuyun fiziksel ve kimyasal değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada Van Organize Sanayi Bölgesi'nde su bazlı boya üretimi yapan bir tesisin atıksularının arıtımı için gerekli olan atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Boya atıksuyu karakterizasyonu için; pH, İletkenlik, renk ve bulanıklık, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, klorür, alkalinite, toplam katı madde, ağır metaller, yağ ve gres, toplam azot ve toplam fosfor gibi parametreler Mart 2018 ve Haziran 2018 ayları arasında incelenmiştir. Boya atıksularının fiziko-kimyasal parametreleri, pH (7.0-7.9), toplam katı madde (1450-1750 mg/L), askıda katı madde (140-170 mg/L), çözünmüş katı madde (500-3500 mg/L), alkalinite (1000-1450 mg/L), KOI (1116-1340 mg/L), yağ ve gres (377-501 mg/L) ve iletkenlik (600-717 µS/cm) olarak bulunmuştur. Yapılan bu karakterizasyon ile atıksuyun deşarj limitlerini sağlamak için en uygun arıtım yöntemi belirlenmeye çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu karakterizasyonu, Boya üretim tesisi, Su bazlı boya

Characterization of Paint Industry Wastewater

Abstract: The number of plants producing paint is very high in our country. Wastewater from paint factories results from the cleaning of reactors, mixers, packaging machines and floors. Increasing the color of receiving environment of the dye industry wastewater causes negative ecological consequences. Various physical, biological and chemical methods are used in the treatment of wastewater containing dyes. However, before any of these treatment methods are applied, the physical and chemical values of wastewater must be determined by characterization. In this study, the wastewater characterization required for the treatment of wastewaters of a plant producing water based paint was carried out in Van Organized Industrial Zone. For the dye wastewater characterization parameters such as pH, conductivity, color and turbidity, suspended solids, volatile suspended solids, chemical demand, chloride, alkalinity, total solids, heavy metals, oil and grease, total nitrogen and total phosphorus analyzed between March 2018 and June 2018. We found Physico-chemical parameters of dye wastewater pH (7.0-7.9), total solids (1450-1750 mg/L), suspended solids (140-170 mg/L), dissolved solids (500-3500 mg/L), alkalinity (1000-1450 mg/L), COD (1116-1340 mg/L), fat and grease (377-501 mg/L) and conductivity (600-717 µS/cm). With this characterization, it will be tried to determine the most appropriate treatment method to ensure the discharge limits of the wastewater.

Keywords: Wastewater characterization, Paint production plant, Water-based paint

Giriş

Endüstriyel tesislerden kaynaklanan atıksuların doğrudan yüzey sularına, yeraltı sularına ve toprağa verilmesi önemli ekolojik sorunlara neden olmaktadır, bu nedenle bu atıksuların arıtıldıktan sonra uygun alıcı ortamlara deşarj edilmesi gereklidir. Endüstriyel

atıksulardaki artış potansiyel sağlık ve çevre sorunlarına yol açmaktadır. Daha sıkı çevre düzenlemeleri ve su kaynaklarının tükenmesi ile karşı karşıya kalındığında, atık suyun yeniden kullanımı için geri dönüşümü bir öncelik haline gelmiştir. Türkiye'de boya endüstrisi inşaat sektöründeki ilerlemelere paralel bir gelişim

göstermekte ve toplam üretim seneden seneye artmaktadır. Üretimdeki artış oluşan atıksu miktarlarına da yansımaktadır. Bu nedenle boya endüstrisi, Türkiye'deki endüstriyel kirlenme açısından üzerinde önemle durulması gereken endüstri dallarından birini oluşturmaktadır. Boya endüstrisi atıksuları genellikle koyu renkli, yüksek pH'lı, yüksek organik madde içeren ve düşük biyolojik bozunurluğu olan atıksulardır. Boya üretiminde atıksular temel olarak çeşitli organik ve inorganik bileşenlerin birbirleriyle temas ettiği karıştırıcıların, reaktörlerin, paketleme makinalarının ve zeminlerin temizlenmesi sırasında meydana gelmektedir.

Boya endüstrisi atıksularının alıcı ortamlara deşarj edilmeden önce hem ekonomik açıdan uygun hem de çevre koruması bakımından yeterli bir düzeyde arıtımı için gerekli arıtma yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Toksik yapısı ve bileşenlerinin kararlılığı nedeniyle alıcı ortamlara deşarj edilmesi tehdit oluşturan atıksuların önce kirlilik yükünü azaltmak daha sonra askıdaki katı maddeleri, metal iyonlarını, mikroorganizmaları uzaklaştırmak için etkili ve ekonomik bir arıtım yapılması gerekmektedir. Boya sanayi atıksularını içerdikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirlilik parametreleri bakımından karakterize edebilmek oldukça zordur. Atıksuyun karakterizasyonu atıksu analizinden başka, prosese giren ham maddelere ve prosten çıkan ürünlere bakılarak proses bilgisine dayanmaktadır. Atıksu karakterizasyon çalışmalarında, numune alma zamanları da önemli olmaktadır, özellikle kirletici yüklerinin yoğun olduğu üretim zamanlarında örnekleme yapılmalıdır.

Atıksuların karakterizasyonunun belirlenmesi, kanalizasyon sistemlerinin, arıtma tesislerinin ve deşarj ünitelerinin dizayn ve işletilmesinde gerekli

olmaktadır. Karakterizasyon, atıksu içeriğindeki maddelerin tehlikeli ve tehlikeli olmayan kısımlara ayrılmasına ve kaynak azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm, arıtma gibi kirlilik önleme seçeneklerinin kullanılmasına yardımcı olur. Daha iyi bir yönetim için atıksularda kirletici yüklerini bilmek önemlidir. Atıksularda mevcut olan kirleticilerin türü ve dayanımı, atıksuyun deşarj standartlarının altına getirilmesi için etkin bir şekilde uygulanabilecek olan arıtma tipini belirler. Boya hammaddelerinde kullanılan kimyasal maddelerin, pigmentlerin ve çözücülerin yıkama atıksuları ile toplama kanallarına taşınması sonucu atıksuların içeriği sürekli farklılık göstermektedir. Buna göre boya endüstrisi genelinde atıksuları karakterize eden başlıca kirletici parametreler arasında; kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), pH, toplam katı madde, askıda katı madde, iletkenlik, renk ve bulanıklık, klorür, alkalinite, ağır metaller, yağ ve gres, toplam azot ve toplam fosfor yer almaktadır (Gönüllü ve ark. 1983).

Boya sanayi atıksularının bir diğer özelliği de çeşitli organik ve inorganik toksik maddeler içermesidir. Yapılan analizler toksik kirleticilerin bulunduğunu doğrulamaktadır. Yapılan literatür ve uygulamalı araştırmalar toksik maddelerin hammaddelerden üretim esnasında oluştuğunu göstermektedir. Boya hammaddelerinin içindeki toksik maddeleri, pigmentler ve boyar maddeler, özel kimyasal maddeler, vernik, cilalar ve yalıtım kimyasalları, reçineler ve çözücüler olarak dört ayrı grupta toplamak mümkündür (EPA, 1990). Boya atıksularındaki boya ve diğer organik maddeleri gidermek için adsorpsiyon, membran prosesleri, ileri oksidasyon prosesleri ve kimyasal arıtma gibi çeşitli arıtma yöntemleri kullanılmaktadır (Akyol, 2012). Kimyasal arıtma yöntemlerinden biri olan koagülasyon

prosesi, yüzeysel sularda, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmasında sık kullanılan bir yöntemdir. Bu proses ile bulanıklık, renk, koku veren maddeler, alg çoğalmasına neden olan azot ve fosfor sudan uzaklaştırılmış olur. Bu yöntemin dezavantajı fazla miktarda çamur oluşması ve oluşan çamurun bertaraf maliyetinin yüksekliğidir (Furlan ve ark. 2010).

Boya üretimi yapan tesislerde en çok doldur-boşalt usulü çalışan kesikli kimyasal arıtma sistemleri kullanılarak arıtma yapılmaktadır. Kimyasal arıtma sistemlerinden biri olan koagülasyon prosesi ile sulara bazı kimyasal maddeler ilave edilerek çökeltme özellikleri iyi olmayan çok ince askıda katı maddeler çökebilir yumaklar haline dönüştürülmektedir. Alıcı su ortamlarında katı madde miktarları fazla olursa çökelmelere ve fazla miktarda dip çamuru oluşmasına yol açmaktadır (Liang ve ark. 2014). Devletoglou ve arkadaşları, boya endüstrisi atıksularının koagülasyon yöntemi ile arıtımını incelemişlerdir. Koagülant dozu ve pH değerinin atıksuyun kalitesine etkilerini araştırmışlardır. $FeSO_4$ (Demir(II)Sülfat), $Al_2(SO_4)_3$ (Alüminyum Sülfat) ve PAC (Polialüminyum klorür) koagülant olarak kullanılmıştır. $FeSO_4$ için en uygun pH'nın 9.7 olduğunu bulmuşlardır. Koagülant miktarı 2000 mg/l olarak kullanıldığında KOİ ve bulanıklık gideriminin sırasıyla % 30-80 ve % 70-99 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan çalışmalarda pH ayarlaması yapılmasına gerek kalmadan koagülant dozu 2500 mg/l olarak ayarlandığında % 70-95 KOİ giderimi, % 90-99 oranında ise bulanıklık giderimini elde etmişlerdir. (Devletoglou ve ark.2002). Dey ve arkadaşları, çalışmalarında su bazlı boya üretim prosesinin çeşitli basamaklarında oluşan atıksuyu geri kullanmak için kimyasal koagülasyon ve çapraz akım

mikrofiltrasyon metodunu incelemişlerdir. En yüksek KOİ giderim verimini % 74 ve bulanıklık giderimini % 99.6 olarak bulmuşlardır (Dey ve ark.2004). Kutluay ve arkadaşları, adsorpsiyon yoluyla atıksuyun arıtılabilirliğini araştırmış ve en yüksek KOİ giderim veriminin sodyum bentonit ile elde edildiği sonucuna varmışlardır. KOİ ve renk giderim verimlerinin atıksuyun kendi pH değerinde 500 mg/L koagülant dozu uygulanması ile arttığını bildirmişlerdir (Kutluay ve ark.2004).

Koagülasyon ile boya molekülleri % 90 oranında boya atıksularından giderilmektedir ve gerekli olan büyük hacimli çıkış miktarları göz önüne alındığında potansiyel olarak düşük maliyetlidir (Albuquerque ve ark. 2013). Alüminyum sülfat, demir sülfat ve demir klorür gibi çeşitli koagülantlar günümüzde bu uygulama için kullanılan en uygun koagülantlardır. Alüminyum format, alüminyum klorür ve alüminyum sülfat ile karşılaştırıldığında, daha yüksek bir koagülasyon etkisine sahiptir ve diğer anyonlara kıyasla daha az korrozif etkiye sahiptir (Hellsten ve ark. 2005).

Eremektar ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada alum ($Al_2SO_4)_3$, sodyum bentonit, $FeSO_4$, $FeCl_3$ gibi koagülantları kullanarak koagülasyon prosesi ile KOİ içeriği 2300 mg/L'nin üzerinde olan su bazlı boya atıksularının arıtılabilirliğini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan koagülantlar ile KOİ giderim verimlerini deşarj standartları sınır değerine düşürmek için tam bir giderim sağlanamamıştır. En uygun giderim verimine atıksuyun kendi pH değerinde (5.9) 50 mg/L $FeCl_3$ kullanıldığında ulaşıldığı bildirilmiştir (Eremektar ve ark.2006).

Camcıoğlu ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada koagülasyon yöntemi ile su bazlı boya atıksularının arıtımında en uygun koagülant ve pH'ın belirlenmesi amacıyla kesikli deneyler yapmışlardır.

En uygun koagülasyon koşullarını 25°C sıcaklık, pH 8 ve koagülant dozunu 0,68 g/L $Al_2(SO_4)_3$ olarak belirlemiştirlerdir (Camcıoğlu ve ark. 2016).

Boya Endüstrisinin Genel Özellikleri

Boyalar, pigmentin veya pigment karışımının bağlayıcı bir kısmı ile karıştırılmasıyla elde edilir, bağlayıcı maddenin geri kalanı katkı maddeleri ve çözücüler eklenerek renk ve viskozite ayarından sonra filtre edilir ve ambalajlanır. Boyalar genellikle bağlayıcılar, pigmentler, çözücüler, katkı ve dolgu maddelerinden oluşmaktadırlar. Bağlayıcılar tüm boyaların temelini oluştururlar ve doğru boya filmi oluşturmak için pigment parçalarını bağlarlar ve ayrıca boyanın yüzeye yapışmasını sağlarlar.

Pigmentler boyaya rengini veren ve koruyucu özelliği olan hammaddelerdir. Doğal ve sentetik yüzlerce farklı pigment vardır. Temel beyaz pigment olarak kullanılan titanyum dioksit çok iyi kapatma özelliklerine sahiptir ve siyah pigment genellikle karbon siyahından yapılır. Pigmentlerin renk özellikleri pigment molekülünün kimyasal yapısında bulunan renk grupları ve yardımcı renk grupları ile tespit edilir. Solventler çeşitli düşük viskoziteli ve uçucu yapıda madde içeren sıvılardır. Genellikle benzol, alkoller, esterler, ketonlar ve aseton gibi aromatik çözücüler kullanılmaktadır. Boyanabilir veya püskürtülebilir bir kıvam elde etmek ve boyanın ince bir tabaka halinde yüzeye yapışmasını sağlamak için çözücüler kullanılmaktadır. Katkı maddeleri daha kısa sürede boyanın akış davranışını ayarlamak, köpükleri gidermek, bakteriyel ve mantar oluşumunu önlemek, sert ve dayanıklı kuru filmler oluşturmak ve ultraviyole ışınlarına karşı stabilite sağlamak gibi özellikler vermektedirler (Tünay ve ark. 1996).

Su Bazlı Boya Atıksularının Kaynak, Miktar ve Özellikleri

Su bazlı boya üretiminde, amonyak, çözücüler, su, katkı maddeleri ve pigmentler ilk reaktörde yarım saat süreyle karıştırıldıktan sonra yoğunluk kontrolü gerçekleştirilerek beyaz renkli boya pastasının hazırlanma işlemi gerçekleştirilmektedir. Daha sonra bu maddeler inceltme işlemleri ve renk ayarlamalarının yapıldığı ikinci reaktöre aktarılırlar. Bu reaktöre su, köpük önleyici madde, reçine ve koruyucu ilave edilir. Filtre işlemi uygulandıktan sonra uygun ürün kalitesine ulaşırsa karışım doldurma paketleme birimine gönderilir. Boya üretiminde atıksuların ana kaynağını teçhizat ve ekipmanların yıkanması oluşturmaktadır. Hammaddeleri karıştırma, inceltme-ton ayarlama ve doldurma, yanlışlıkla boyanın zemine dökülmesinden atıksular oluşmaktadır. Atıksuların % 80'i ekipmanların temizlenmesi sırasında oluşmaktadır. Lateks boya üretimi sırasında kazara dökülme ve cihaz temizleme gibi çeşitli aşamalarda atıksu oluşur. Bu şekilde üretilen atıksu, pigmentlerin heterojen bir karışımıdır ve bu atıksularda askıda katı maddeler, organik maddeler ve titanyum oksitlerin konsantrasyonu çok fazladır (Stephenson ve ark. 1998).

Boya Endüstrisi Atıksularının Çevreye ve İnsan Sağlığı Etkileri

Boya endüstrisi atıksuları Pb, Cr ve Cd gibi toksik kimyasalları içerdiğinden dolayı bu atıksuların doğrudan alıcı ortamlara verilmesi ekolojik dengeyi olumsuz olarak etkilemektedir. İnorganik asitler, ağır metaller ve toksik organik bileşikler yüzeysel sulardaki biyokimyasal dengeyi bozmaktadır. Organik maddelerin ve boyar maddelerin balıklar üzerinde toksik etkiler yaptığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. (Verma ve ark. 2012).

Boya atıksuları alıcı ortama verildiğinde, güneş ışınlarının yüzeysel sulara geçişini engeller, bu nedenle suda yaşayan bitkilerin fotosentezi önlenir ve bu da çözünmüş oksijenin tükenmesine yol açar. Boya endüstrisi atıksuları renk, bulanıklık, koku, yüzey aktif maddeler, bakterisitler, yağlar, çözücüler ve koruyucu maddeler gibi yüksek miktarda organik ve toksik kimyasal maddeler içerirler. Balıklara, vahşi yaşama ve dolayısıyla besin zincirine zarar verirler. Boya atıksuları insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. Kapalı alanlarda kullanılırsa göz, cilt ve akciğerleri tahriş edebilir ve baş ağrısı ve mide bulantısına neden olabilir. Ayrıca boyaya maruz kalma sonucunda bazı solunum problemlerine, kas zayıflığına, böbrek tahribatına da neden olmaktadır (Mackey ve ark. 1996).

Boya endüstrisi atıksularının başarıyla arıtılabilmesi için söz konusu atıksuyun karakterizasyonunun yapılması gereklidir. Boya atıksuyu üzerinde

yapılacak fiziksel ve kimyasal analizler ile bu atıksuyun özellikleri detaylıca belirlendikten sonra uygun arıtım yöntemi önerilebilecek, buna göre arıtım prosesi dizayn edilerek prosesin ekonomik analizi de yapılabilecektir. Bu çalışmalar, boya endüstrisi atıksularının arıtılması konusunda ekonomik ve yüksek verimde arıtım yöntemi arayışlarına bir çözüm olacaktır.

Deşarj standartları

Alıcı su ortamlarının kirlenmesinde en önemli kaynaklar noktasal kaynak olan endüstri tesisleridir. Bu kapsamda akarsularda sıcaklık, renk, iletkenlik, toplam çözünmüş madde, pH, tuzluluk, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), KOİ gibi parametrelerin ölçümünün önemli olduğu belirtilmektedir (Polat ve ark. 1997).

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre boya endüstrisi atıksuları alıcı ortam deşarj değerleri Çizelge 1 ve Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1. Sektör: Kimya Sanayi (Boya Üretimi ve Benzerleri)

Parametre	Birim	Kompozit Numune (2 saatlik)	Kompozit Numune (24 saatlik)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg/L	50	30
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	200	150
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	60	40
pH	mg/L	6-9	6-9

Çizelge 2. Sektör: Kimya Sanayi (Boya, Boya Hammadde ve Yardımcı Madde Üretimi ve Benzerleri)

Parametre	Birim	Kompozit Numune (2 saatlik)	Kompozit Numune (24 saatlik)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	200	150
Krom (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,3
Kadmiyum (Cd)	mg/L	-	0,2
Çinko (Zn)	mg/L	4	3
Toplam Krom	mg/L	2	1
Kurşun (Pb)	mg/L	2	1
Demir (Fe)	mg/L	30	-
Toplam Siyanür (CN ⁻)	mg/L	2	1
pH	mg/L	6-9	6-9

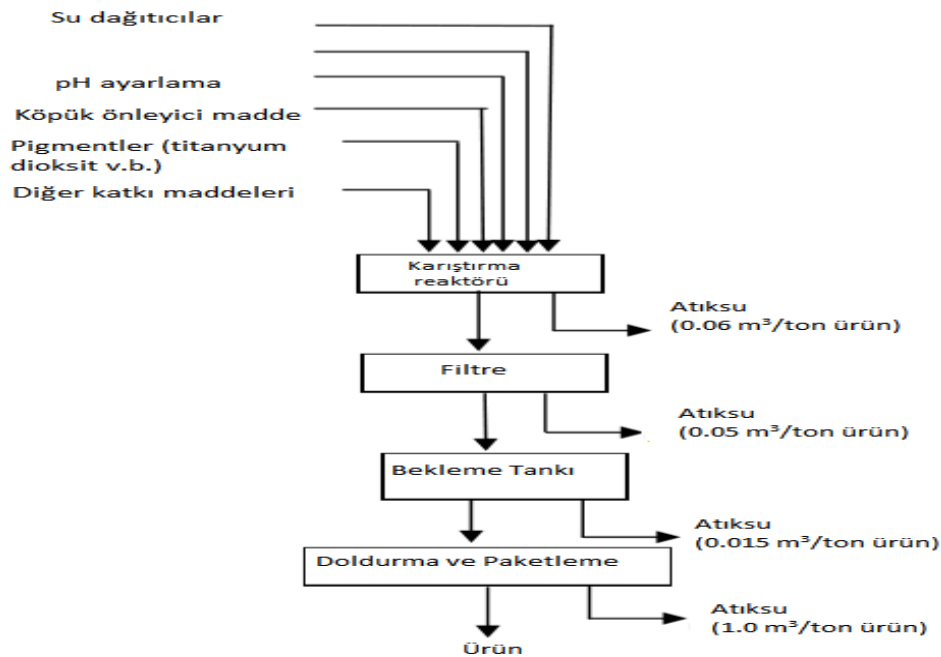
Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan atıksu, Van Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren bir boya fabrikasından temin edilmiştir. pH, İletkenlik, renk ve bulanıklık, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, klorür, alkalinite, toplam katı madde, ağır metaller, yağ ve gres, toplam azot ve toplam fosfor analizleri ile bu atıksuyun karakterizasyonu yapılmıştır. Numune alımları, boya endüstrisinin çalışma saatleri dikkate alınarak belirlenmiştir ve Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında 2 saatlik kompozit numune olarak alınmıştır. Çalışma kapsamında konvansiyonel parametre analizleri, Standart metotlarda belirtildiği gibi yapılmıştır (Standart Metotlar,1998). pH ve elektriksel iletkenlik WTW 3320 multiparametre cihazı kullanılarak yerinde ölçülmüş, diğer parametreler ise Çevre Mühendisliği Araştırma Laboratuvarında gününde analiz edilmiştir.

Renk parametresi ölçümü 455 nm dalga boyunda Hach/DR6000-model spektrofotometre ile Pt-Co olarak, bulanıklık ölçümü ise SM 2130-B (nefelometrik yöntem) ile yapılmıştır.

Prosesin Tanımlanması ve Atıksu Kaynakları

İncelenen sanayinin, 20 ton/gün su bazlı boya üretimini seri olarak gerçekleştiren üretim şeması Şekil 1'de verilmiştir. İlk üretim aşamasında, tüm bileşenler viskozite, yoğunluk ve renk açısından bir kontrol yapıldıktan sonra karıştırılır. Kontrolden pozitif bir sonuç elde edildiğinde, reaktör içeriği bir kumaş filtresinden süzülür ve bir tutma tankına aktarılır. Gerekli ürün kalitesini sağladıktan sonra boya karışımı sonraki doldurma ve paketleme ünitesine gönderilir. Tüm proses atıksuları üretim ünitesinin temizlik işlemleri sırasında üretilmektedir. Çizelge 3'de verilen proses profiline göre proste su bazlı boya tonu başına 0.13 m³ atıksu üretilmektedir (2.60 m³/gün atıksuya karşılık gelir).



Şekil 1. Üretim Prosesinin Akım Şeması

Çizelge 3. İncelenen Tesisin Proses Profili

Atıksu Üreten Prosesler	Atıksu Üretimi (m ³ /ton ürün)	Atıksu Debisi (m ³ /gün)
Karıştırma Tankı Temizliği	0.06	1.2
Filtre Temizliği	0.005	0.1
Bekleme Tankı Temizliği	0.015	0.3
Dolum Ekipmanlarının Temizliği	0.05	1
TOPLAM	0.13	2.60

Boya Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyon Parametreleri

pH:

Elektrometrik pH ölçümünün temel ilkesi, bir standart hidrojen elektrodu ve bir referans elektrodu kullanılarak potansiyometrik ölçüm yöntemiyle hidrojen iyonlarının aktivitesinin belirlenmesidir.

İletkenlik:

Bu metot, tanımlanmış numunenin elektrik akımını iletme kapasitesinin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. İletkenlik birimi olarak mS/m kullanılmaktadır.

Renk:

Renk, referans olarak platin-kobalt çözeltileri kullanılarak, 450 ve 465 nm arasında dalga boyunda spektrofotometrik olarak belirlenir.

Bulanıklık:

Bu yöntem, aynı koşullar altında, standart referans süspansiyonunun saçtığı ışığın yoğunluğu ile tanımlanmış koşullar altında, örneğin saçtığı ışığın yoğunluğu arasında bir karşılaştırmayı esas almaktadır. Formazin polimeri standart referans süspansiyon olarak kullanılır.

Askıda Katı Madde (AKM):

İyi karışmış bir numune tartılmış bir standart fiber cam filtre aracılığıyla filtre edilir ve filtre üzerinde kalan tortu 103-105 °C' de sabit bir ağırlığa kadar kurutulur. Filtrenin ağırlığındaki artış, toplam askıda katı maddeyi ifade eder.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

KOİ, reaksiyonda kimyasal olarak oksitlenen organik maddenin oksijen eşdeğerinin bir ölçüsüdür ve atıksuyun asidik çözeltilisine dikromat eklenerek belirlenir. Numune potasyum dikromat ve sülfürik asitten oluşan bir karışım ile kaynatılarak oksitlenir. Atıksudaki organik madde asidik ortamda potasyum dikromat ile yükseltgenerek parçalanır. Reaksiyona girmeden kalan potasyum dikromatın fazlası geri titrasyona tabi tutulur. Bu titrasyon için de demir amonyum sülfat çözeltisi kullanılır ve okside olan madde oksijen eşdeğeri cinsinden hesaplanır.

Klorür:

Nötral ya da çok alkali bir çözeltide, potasyum kromat (K₂CrO₄), klorürün gümüş nitratla titrasyonunun dönüm noktasını belirtmek üzere indikatör olarak kullanılır. Kantitatif olarak kırmızı gümüş kromat oluşmadan önce gümüş klorür çöker.

Alkalinite:

Doğal sularda bulunan karbonat ve bikarbonat iyonlarını nötralize eden H⁺ iyonları miktarına alkalinite denir. Bir suyun alkalinitesi, o suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Toplam alkalinite genelde mg/L CaCO₃ cinsinden ifade edilir.

Toplam katı madde (TKM):

Orijinal numuneden 100 ml alınır ve sabit tartıma getirilmiş beher içerisinde 60°C' de tamamen buharlaştırılır. Beher içerisindeki tortu

çözünmüş, askıda ve çöken katıların toplamıdır.

Ağır Metaller:

Orijinal atık su numunesinden 100 ml alınır, üzerine 30 ml derişik nitrik asit ilave edilir. Isıtıcı tabla üzerinde katı maddeler çözününceye kadar bekletilir. Mavi bant süzgeç kağıdından süzülür. Aynı koşullarda atıksu numunesi içermeyen şahit numune hazırlanarak, atomik absorpsiyon spektrofotometresinde Hg, Al, As, Ni, Cr, Co, Cu, Zn, Pb, Cd metalleri tayin edilir.

Yağ ve gres:

Boya atıksuyundan 100 ml alınır üzerine 100 ml kloroform ilave edilir. Ayırma hunisinde iyice karıştırılır. Oluşan iki faz ayırma hunisinde birbirinden ayrılır ve kloroform fazı sabit tartıma getirilmiş bir beherde düşük sıcaklıkta buharlaştırılır.

Toplam Azot:

Azotu; organik azot, amonyak, amonyum, nitrat ve nitrit iyonları halinde içeren su numunesi H_2SO_4 ile asitlendirilir ve H_2O_2 ile muamele edilir. Bu şekilde ön işlem görmüş su numunesi bir süre buharlaştırılır ve kjeldahl balonuna yerleştirilir. Ayarlı hidroklorik asit çözeltisi ile titre edilerek toplam azot miktarı hesaplanır.

Bulgular ve Tartışma

Atıksuyun organik içeriği, su bazlı boya üreten endüstriler için literatürde verilen konsantrasyonlara uygundur. Ağır metallerin ve diğer boya bileşiklerinin

varlığının mikrobiyal aktiviteyi inhibe ettiği ve bazı durumlarda biyolojik arıtma sistemini olumsuz etkilediği bildirilmiştir (El-Gohary ve ark. 2002). USEPA, boya atıklarındaki kirlilik parametrelerini BOİ, KOİ, azot, fosfor, askıda katı maddeler, sıcaklık, pH, toksik kimyasallar, ağır metaller, alkalinite, asidite, yağ ve gres olarak bildirmiştir. Boyama proseslerinde genellikle atıksuya krom, kurşun, çinko ve bakır verilmektedir. Bakır, 1.0 mg/L'nin üstündeki konsantrasyonlarda su bitkileri için zehirlidir ve bu seviyeye yakın konsantrasyonlar bazı balıklar için zehirli olabilir (Nergis ve ark. 2005).

Bu çalışmada elde edilen fiziko-kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Karakterizasyonu yapılan atıksuyun ağır metal konsantrasyonları Çizelge 5'de verilmiştir. Bu sonuçlar Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen deşarj standartları ile kıyaslanmıştır. Bu değerler kıyaslandığında aylara göre alınan numunelerde ölçülen KOİ (1116-1340 mg/L) ve askıda katı madde değerlerinin (140-170 mg/L) standart değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu deşarj yönetmeliğine göre atıksuların toplam KOİ'sinin, alıcı ortama deşarj edilmeden önce 200 mg/L'nin altına, askıda katı madde konsantrasyonunun ise 60 mg/L'nin altına düşürülmesi gerekmektedir. Böyle bir özelliğe sahip atıksu alıcı ortama verildiğinde ekosistemi olumsuz etkileyecek ve canlılar üzerinde toksik etkiye sahip olacaktır. Bu nedenle bu atıksuların alıcı ortama deşarj edilmeden önce uygun arıtma metodu ile arıtılması gerekmektedir.

Çizelge 4. Boya endüstrisi atıksuyuna ait aylara göre karakterizasyon değerleri

Karakterizasyon Parametreleri	AYLAR				Sınır değerler
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	
pH	7,9	7,0	7,1	7,5	6-9
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	700	717	690	600	-
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/l)	1116	1308	1340	1129	200
Çözünmüş KOİ (mg/l)	344	336	325	341	-
Askıda Katı Madde (mg/l)	140	167	170	166	60
Klorür (mg/l)	35,5	25	25	25	-
Alkalinite (mg CaCO_3/l)	1330	1134	1000	1450	-
Toplam Katı Madde (mg/l)	1540	1750	1550	1450	-
Çözünmüş Katı Madde (mg/l)	500	900	860	498	-
Toplam Fosfor (mg P/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-
Yağ ve gres (mg/l)	501	423	377	417	-
Renk (mg/l Pt-Co)	43	38	42	35	-
Bulanıklık (NTU)	811	1470	1276	775	-
Toplam Azot (mg/l)	11,81	24,41	26,4	11,54	-

Çizelge 5. Boya endüstrisi atık suyunun içerdiği ağır metal konsantrasyonları

Ağır Metaller (ppm)	AYLAR				Sınır değerler
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	
Cıva (Hg)	0	0	0	0	-
Alüminyum (Al)	14.18	8.86	10.42	7.26	-
Arsenik (As)	0	0	0	0	-
Kadmiyum (Cd)	0	0.0024	0.0008	0	-
Kobalt (Co)	0.008	0	0.003	0.005	-
Krom (Cr)	0.085	0	0.010	0	2
Bakır (Cu)	0.26	0.08	0.43	0.03	-
Nikel (Ni)	0	0	0	0	-
Kurşun (Pb)	0.061	1.190	2.898	0.027	2
Çinko (Zn)	0.94	0.10	0.56	0.10	4

Çizelge 6'da Boya atıksuları için literatürdeki atıksu karakterizasyonu ile ilgili diğer çalışmalara baktığımızda boya atıksularının karakterizasyon parametrelerinin deşarj yönetmeliğinde verilen standart değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu atıksuların alıcı ortama verilmeden önce uygun bir arıtma sisteminden geçirilmesi

gerekmektedir. Gondal ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada boya endüstrisi atıksularının Pb, Cr, Al, Ba, Cu, Fe, P, Zn gibi çoğu toksik elementleri içerdiği ve bu elementlerin konsantrasyonlarının standartlarda verilen sınır değerlerden yüksek olduğu belirtilmiştir (Gondal ve ark.2007).

Çizelge 6. Boya atıksuları için literatürdeki atıksu karakterizasyonu

Karakterizasyon Parametreleri	Kutluay ve ark., 2003	Yapıcıoğlu, 2018	Akyol, 2012	Bu çalışma
KOI (mg/L)	1200	5970	1970	1223
Renk (mg/l Pt-Co)	-	28	-	40
Toplam katı madde (mg/L)	-	1463	1100	1573
Askıda katı madde(mg/L)	-	-	-	161
Yağ-gress (mg/L)	-	421	-	430
Çözünmüş KOI (mg/L)	390	-	-	337
Alkalinite (mg/L)	-	1500	-	1229
pH	6-9	7.69	6.95	7.38
Bulanıklık (NTU)	500	-	-	1083
İletkenlik (µS/cm)	1400	-	1530	677
Toplam fosfor (mg P/L)	0.15	-	-	<0.5
Cr (mg/L)	<0.5	-	0.021	<0.5
Mn (mg/L)	<0.3	-	-	-
Fe (mg/L)	<0.5	-	4.82	-
Cd (mg/L)	<0.2	-	<0.02	<0.2
Zn	0.25	-	<0.2	0.43
Pb	-	-	1.44	1.04

Sonuç

Bu çalışmada boya endüstrisi ele alınmış ve bu amaçla faaliyet gören Van Organize Sanayi Bölgesinde bir boya endüstri tesisi incelenmiştir. Boyar maddeler biyolojik parçalanmaya dirençli olduğu için ve toksik maddeler içerdiğinden dolayı alıcı su ortamlarında çevresel risk oluşturma potansiyeline sahiptir. Boya atıksuları çevre ve insan sağlığına zarar verebilecek Cr, Cu, Pb, Al, ve Zn gibi ağır metaller, toksik organik bileşikler, biyo-refrakter bileşikler ve pigmentleri içerir. Endüstriyel tesislerde, özellikle de atıksularını sürekli yüzeysel sulara deşarj eden boya endüstrilerinde arıtma tesisi kurmak ön şart haline gelmiştir. Bu nedenle boya endüstrisi atıksularının uygun arıtma yöntemleri ile giderilmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda uygulanacak arıtma süreci, çevreye en az zarar verecek şekilde tercih edilmelidir. Boya endüstrisi atıksularının karakterizasyon değerleri

incelendiğinde tipik bir boya atıksu özeliğinde olduğu görülmüştür. Boya endüstrisi atıksularının fiziko-kimyasal parametreleri, pH (7.0-7.9), toplam katı madde (1450-1750 mg/L), askıda katı madde (140-170 mg/L), çözünmüş katı madde (500-3500 mg/L), alkalinite (1000-1450 mg/L), KOI (1116-1340 mg/L), yağ ve gres (377-501 mg/L) ve iletkenlik (600-717 µS/cm) olarak bulunmuştur. Bu endüstride tanımlanan değerlerin evsel atıksudaki değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu kapsamda boya endüstrisi atıksularının arıtılması için en uygun yöntem fizikokimyasal arıtmayı takiben biyolojik arıtmanın yapılmasıdır.

Teşekkür

Yazar, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Proje Başkanlığı'na maddi desteklerinden (Proje No: FHD-2018-7159) dolayı teşekkür eder.

Kaynaklar

- Akyol, A., 2012. Treatment of Paint Manufacturing Wastewater by Electrocoagulation.Desalination, 285: 91-99.
- Albuquerque, L.F., Salgueiro, A.A., Melo, J.L., Chiavone-Filho, O., 2013. Coagulation of indigo blue present in dyeing wastewater using a residual bittern. Sep. Purif. Technol. 104: 246-249.
- Camcıoğlu, Ş., Özyurt, B., Zeybek, Z., Hapoğlu H., 2016. Su bazlı boya atık suyu arıtımında bir adım ileri gelişmiş deneysel pH kontrol uygulaması, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 31(3): 655-664.
- Dey, B. K., Hashim, M.A., Hasan, S., Sen Gupta, B., 2004. Microfiltration of Water-Based Paint Effluents, Advances in Environmental Research, 8: 455-466.
- Dovletoglou, O., Philippopoulos, C., Grigoropoulou, H., 2002. Coagulation for Treatment of Paint Industry Wastewater, Journal of Environmental Science and Health, 37: 1361-1377.
- El-Gohary, F. A., Wahaab, R. A., Nasr, F. A., Ali, H. I., 2002. Three Egyptian industrial wastewater management programmes. The Environmentalist, 22: 59-65.
- EPA, 1990. The Paint Manufacturing Industry, US Environment Protection Agency, EPA/ 625/ 7-90/ 005.
- Eremektar G., Goksen S., Germirli Babuna F. , Dogruel S., 2006. Coagulation Flocculation of Wastewater From a Water Based Paint and Allied Products Industry and its Effect on Inert COD, Journal of Environmental Science and Health, 41: 1843-1852.
- Furlan, F.R., de Melo da Silva, L.G., Morgado, A.F., de Souza, A.A.U., Guelli Ulson de Souza, S.M.A., 2010. Removal of reactive dyes from aqueous solutions using combined coagulation/flocculation and adsorption on activated carbon,Resources, Conservation and Recycling. 54(5): 283-290.
- Gondal, M.A, Hussain T., 2007. Determination of poisonous metals in wastewater collected from paint manufacturing plant using laser induced breakdown spectroscopy, Talanta ,71(1):73-80.
- Gönüllü, M. T., Göknil, M. H. ve Toröz, G., 1983. Boya Endüstrisi Kullanılmış Sularının Tasfiyesi, II Ulusal Çevre Sempozyumu, İzmir.
- Hellsten, P., Salminen, J., Jorgensen, K., Nysten, T., 2005. Use of formate in road winter deicing can reduce groundwater deterioration. Environ. Sci. Technol. 39: 5095-5100.
- Liang, C.-Z., Sun, S.-P., Li, F.-Y., Ong, Y.-K., Chung, T.-S., 2014. Treatment of highly concentrated wastewater containing multiple synthetic dyes by a combined process of coagulation/flocculation and nanofiltration. J. Membr. Sci. 469: 306-315.
- Kutluay, G., Germirli Babuna, F., Eremektar, G., Orhon, D., (2004), Treatability of Water-Based Paint Industry Effluents, Fresenius Environmental Bulletin, 13: 1057-1060.
- Mackey, E.A., Becker, P.R., Demiralaph, R., Greenberg, P.R., Koster, B.J., Wise, S.A.,1996. Bioaccumulation of vanadium and

- other trace metals in livers of Alaskan cetaceans and pinnipeds, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 30: 503–512.
- Nergis, Y., Ahmed, S.I., and Shareef, M., 2005. Impact of Contaminated Vegetable Fruits and Fodders on Human Health by Malir River Farms Karachi, *JCSP.* 27(6): 561.
- Polat, M., 1997. Akarsu ve Göllerde İzlenen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler, DSI Genel Müdürlüğü Seminer Notları, Ankara.
- Standart Metotlar, A.P.H.A.-A.W.W.A., 1998. Standart Methods For The Examination of Water and Wastewater. 19. Baskı., Washington, DC.
- Stephenson, R.L., Blavkburn, J.B., 1998. The Handbook of Industrial Wastewater Systems, Jr Lewis Publishers, Washington.
- Tünay, O., 1996. Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Verma, A.K., Dash, R., Bhunia, P., 2012. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 93(1): 154–168.
- Yapıcıoğlu, P., 2018. Investigation of Environmental-friendly Technology for a Paint Industry Wastewater Plant in Turkey. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences.* 22-1,98-106.