

## SÜT İŞLETMELERİNDE ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE SÜT ENDÜSTRİSİNDE ARITMA

Çevre, içinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyal etkilerin sürdüğü ortam olarak tanımlanır. Çevre kirliliği ise, insanların her türlü faaliyetleri sonucu havada, suda ve toprakta meydana gelen doğal olmayan değişikliklerle ekolojik dengenin bozulması ve bu tür faaliyetler sonucu ortaya çıkan salgın hastalıklarla, görüntü bozukluğu, koku, gürültü ve atıkların çevrede meydana getirdiği arzu edilmeyen sonuçlardır.

Çevrenin korunması için yapılan çalışmaların en önemlilerinden birisi arıtmadır. Arıtma, suların kullanım sonucu yitirdikleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaltıldıkları alıcı ortamın doğal, fiziksel, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirilebilmelerini temin için uygulanacak her türlü fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemdir. Diğer bir ifade ile atıksuların alıcı ortama verilmeden önce kirletici özelliklerini müsaade edilebilen alıcı ortam parametre değerlerine indirme işlemidir.

Endüstrinin ana amacı çok sayıda ve çeşitte ürün üretmektir. Bu nedenle endüstrinin gaz, sıvı ve katı atıklarını toplayıp, arıtmak için arıtma tesisi kurması, işletmesi ek bir ekonomik yük getirmesinden dolayı endüstrinin amacı ile çelişir görünmektedir. Buna çevre ile ilgili yasaların gevşekliği ve/veya yeterince uygulanamaması, özellikle biyolojik arıtmanın maliyetinin yüksek olması gibi nedenler de eklenince arıtma bazen göz ardı edilmektedir. Oysa ki endüstri atıklarının da diğer tüm atıklar gibi, arıtılmadıkları takdirde doğaya ve insan sağlığına zarar verdiği bilinmektedir.

Arıtmanın getireceği ekonomik yükün endüstriyi minimum düzeyde etkilemesini sağlayabilmek için, kullanılacak arıtma teknolojisinin çok iyi bir şekilde belirlenmesi gerekir. Her endüstrinin üretim türü, üretim miktarı ve üretim teknolojisi farklı olduğundan, atık sularının kalitatif ve kantitatif özellikleri de büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle arıtma teknolojilerinin belirlenmesinde ve seçeneklerin ortaya konulmasında her endüstrinin ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir.

Süt endüstrisine ait atıklar, işletmede üretilen ürüne bağlı olmak üzere;

- Yağsız süt,
- Yayık altı,
- Peynir altı suyu (PAS) gibi isimler alır.

Peynir altı suyu: (PAS) Peynir üretimi sırasında ortaya çıkar. Kullanılan sütün % 35-50'si oranında PAS oluşur.

**Tablo 13.** PAS'ın tesislerde değerlendirilme durumu

		Özel tesisler		Kamu tesisleri		Kooperatif tesisleri	
	Tesislerin geneli	Fabrika	Mandıra	Fabrika	İmalathane	Fabrika	İmalathane

İşlenen süt (Ton/yıl)	47237,7	26102,7	6658,2	11906,9	1846,2	861,9	861,9
Peynir altı suyu (ton/yıl)	40714,7	22901,4	4606,1	10320,4	1432,4	739,9	714,5
Değerlendirilen peynir altı suyu	23,2	40,0	0,4	2,9	0,1	0,0	0,0

Herhangi bir şekilde değerlendirilmeyen bu atıkların, uygun şekilde arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesi insan ve çevre sağlığı açısından tehlike oluşturur. Endüstriyel atıklar herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın yada uygun olmayan yöntemler ile arıtılarak deşarj edilirse, su, toprak ve hava kirlenmesine neden olur. Örneğin, Amerika'da Çevre Koruma Dairesi (USEPA-The United States Environmental Protection Agency), ülkedeki göllerin % 25'inin nitrat ve eriyebilir fosfor içeren endüstriyel atıklar nedeni ile su kalitesi problemi ile karşı karşıya olduğunu bildirmiştir.

Atık suların alıcı ortamlara verilmesi sonucunda ortaya çıkan en önemli sorunlardan biri de ötrifikasyondur. Atıksuda fazla miktarda azot ve fosfor varsa, bunlar biyolojik yaşam için gübreleme etkisi yapar. Bu durumda atıksuda fotosentezle organik madde üretimi, özellikle alglerin üremesi hızlanır. Bu aşırı beslenme ve üretim artışı ötrifikasyon olarak tanımlanır. Sentetik deterjanların giderek daha yaygın biçimde kullanımı ve bunların içerdiği fosfor neden ile de alıcı su ortamlarında ötrifikasyon hızlanabilir.

### **Süt Endüstrisi Atıksularının Kaynakları**

Süt ve süt ürünü işleyen tesislerde tesisin türüne ve elde edilen ürüne göre farklı atıksu kaynakları bulunur.

Bu tesisler; süt toplama merkezleri, içme sütü ve şişeleme tesisleri, peynir, krema, tereyağı, süt tozu, dondurma, yoğurt, konsantre süt fabrikalarıdır.

Bu tesislerden elde edilen atıksular kirlenmemiş sular ve çok kirli sular olmak üzere iki gruba ayrılır.

Kirlenmemiş sular grubunda soğutma suları yer alır. Bu sular proses dışı atıksular olarak da adlandırılır. Yardımcı tesisler olan kazan dairesindeki buhar santrali, soğutma sistemindeki kompresör kazan ve soğutma suyu blöflerinden kaynaklanan sular bu grubu oluşturur. Soğutma suları toplam atıksu hacminin % 60'ını oluşturmaktadır.

Çok kirli sular kısmını oluşturan atıklar ise, üretim işlemlerinden kaynaklanır. Bu sulara proses atıksuları adı da verilir. Bunlar çok değişken özelliklere sahip olabilir. Bir tesisten diğerine, kullanılan üretim teknolojisine göre özellikleri değişiklik gösterebilir. Süt teslimindeki kapların ve ekipmanın yıkanması, depolama, pastörizasyon, yoğurt ve ayran üretilen tankların yıkanması ve genel temizlik işlemlerinden kaynaklanan sular bu grubu oluşturur.

İşletmenin kapasitesi ile ortalama günlük atık su hacmi arasında önemli bir ilişki olduğu bilinmektedir. 10 000 l/gün süt işleme için atık su miktarı (soğutma suları hariç) 18 m<sup>3</sup>, 25 000 l/gün süt işleme için 25 m<sup>3</sup> ve 100 000 l/gün süt işleme için 60 m<sup>3</sup> olarak belirtilmektedir.

## Süt Endüstrisi Atıksularının Özellikleri

Fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikler başlıkları altında incelenir.

### Atıksularının Fiziksel Özellikleri

Renk, koku, bulanıklık, sıcaklık, toplam katı madde, çökebilir katı madde, askıdaki katı madde (AKM), organik ve inorganik katı madde, iletkenlik, radyoaktivite bu grupta yer alır. Bunlar içerisinde sıcaklık ve katı maddeler en önemlileridir.

**Toplam Katı madde:** Atık su numunesinin buharlaştırılmasından ve daha sonra bir fırında kurutulmasından sonra kurutma kabında kalan katı maddelerin miktarı olarak tanımlanır. Uçucu katı maddeler ve sabit katı maddeler olarak 2 bölüme ayrılır. Genel olarak uçucu katı maddeler organik maddeleri, sabit katı maddeler ise inorganik maddeleri temsil etmektedir. Diğer bir sınıflandırmada ise, atık sudaki katı maddeler;

1-Askıdaki Katı Maddeler (Atıksu numunesinin filtrelenmesinden sonra cam elyaftan disk üzerinde kalan katı maddeler)

2-Çözünmüş Katı Maddeler olarak iki gruba ayrılır.

Kolloid haldeki katı maddeler ise çözünmüş katı maddeler grubunda yer alır.

Arıtma işlemlerinin çoğu askıdaki katı maddeleri uzaklaştırmak için uygulanır. Çünkü askıda katı maddeler kanallarda birikimlere neden olur. Ayrıca, yüksek konsantrasyonlarda, kolayca parçalanabilen organik madde içeren atıksular kanallarda anaerobik koşulların oluşumunu hızlandırır. Özellikle ana kanalizasyon borularında hidrojen sülfür gazı çıkışı oluşur. Bu gazın çıkışı, kanalizasyon işçilerine zararlı olduğu için, istenmeyen bir durumdur.

**Sıcaklık:** 5-45 °C arasında çöken, katılaştıran, viskoz hale geçen atıklar ile sıcaklığı 40 °C' nin üzerinde olan atıkların kanalizasyon şebekesine veya alıcı ortama verilmesi, atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarj yönetmeliğince yasaklanmıştır.

Havanın sıcaklığı ile oksijenin suda çözünürlüğü ters orantılıdır. Bu durum çoğu zaman yaz aylarında çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında ciddi düşümlere neden olur. Ayrıca sıcaklık atıksulardaki toksik maddelerin etkinliğini de arttırmaktadır.

**Koku:** Atıksuda bulunan organik maddelerin bozulması ile oluşan gazlar kokuya neden olur. Ayrıca yağlar, petrol ve organik çözücülerde kokuya neden olabilir.

### Atıksuların Kimyasal Özellikleri

- Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI)
- Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI)
- pH
- Cl<sup>-</sup>

- SO<sub>4</sub>
- Azot (Toplam, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>)
- Fosfor
- Gres ve yağlar
- Deterjanlar
- Ağır metaller (Hg, Cd, Cr, Zn),
- Toksik maddeler (fenoller, CN<sup>-</sup>, insektisitler)

**Biyolojik oksijen ihtiyacı:** Bir litre sudaki, bakteriler ve protozoalar tarafından, tüm organik maddelerin tüketilmesi sırasında kullanılan oksijen miktarı olarak tanımlanır. En yaygın olarak kullanılan organik kirlenme parametresidir.

Genellikle biyokimyasal oksidasyonun tamamlanması çok uzun sürdüğünden, 5 günlük bir oksidasyon süresi standart deney süresi olarak kabul edilir. Bu nedenle parametre BOI<sub>5</sub> olarak ta bilinir. Biyokimyasal oksidasyonun yavaş bir işlem olduğu bu nedenle teorik olarak tamamlanma süresinin sonsuz olduğu kabul edilir. 20 günlük bir süre içinde, oksitlenme % 95-99 tamamlanırken, BOI test için kullanılan 5 günde oksitlenme % 60-70 arasında gerçekleşir. Bu nedenle test yapılırken, inkübasyon dönemi 20°C'de 5 gün olarak kabul edilir. Inkübasyondan sonra numunenin çözünmüş oksijen değeri ölçülüp, BOI<sub>5</sub> hesaplanır.

BOI<sub>5</sub> parametresi endüstriyel atıksularda, atıksuyun içerdiği organik unsurlar hakkında yeterli bilgiyi veremeyebilir. Bu durum, bazı sanayilerden kaynaklanan organik unsurların, biyokimyasal olarak güç parçalanması veya biyokimyasal ayrışmayı inhibe eden toksik maddeleri içermelerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle endüstri atıksularının kanalizasyon sistemlerine kabulünü düzenleyen ön arıtma standartlarında, bu parametrenin bulunmasının çokta önemli değildir.

**Kimyasal oksijen ihtiyacı:** Genellikle bir atıksuyun kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacından daha yüksektir. Bu durum biyolojik olarak oksitlenemeyen bir çok bileşiğin kimyasal olarak oksitlenebilmesi ile açıklanmaktadır. Kimyasal oksijen ihtiyacı değeri özellikle gıda endüstrisinden gelen atıksular için önemlidir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı değerinin endüstri atıksularında, organik madde içeriğini, biyolojik oksijen ihtiyacı parametresine kıyasla daha sağlıklı olarak tanımladığı kabul edilir. Ayrıca üç saatte belirlenebilmesi ile de avantaj sağlar.

Gerek su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde, gerekse İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'nin (İSKİ) ön arıtma standartlarında kimyasal oksijen ihtiyacı 4000 mg/litre olarak kabul edilmektedir. Bu kabulün arkasında yatan temel düşünce, 4000 mg/1 değerinin üzerinde organik madde içeren atıksuların anaerobik arıtma ile biyogaz üretimine elverişli olmaları nedeniyle, kaynakta değerlendirilmelerini teşvik etmektir.

**pH:** Atıksular genelde alkali özellik gösterir. Bu durum kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum gibi elementlerin, hidroksit karbonatlarının varlığından veya amonyaktan ileri gelir. Alıcı ortamlara deşarj edilecek ensütriyel atıksularda pH değerinin 6-8 arasında olması tercih edilir. Atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarj yönetmeliğinde, pH değeri 6'dan düşük, 10'dan yüksek olan atıksuların kanalizasyon şebekesine veya alıcı ortama verilmesi yasaklanmıştır. pH değeri 10'un üzerinde olan atıksular alüminyum içeren çimentoya etki eder ve evsel atıklardaki bikarbonat ile reaksiyona girerek kanallarda karbonat tabakası oluşmasına neden olur.

**Azot:** Atıksulardaki azot proteinli maddeler ve üreden kaynaklanır. Azot, fosfor, potasyum elementleri mikroorganizmalar ve bitkiler için nütrienttir. Dolayısı ile azot yeterli olmadığı takdirde, arıtma için azot ilave edilmesi gerekebilir. Bakterilerin parçalaması ile azotlu maddeler amonyağa dönüşür. Amonyagın oksitlenmesi ile de nitrat ve nitrit oluşur. Nitrat arıtma sistemlerinde alglerin büyümesini uyaran etken olarak bilinir. Bu nedenle alglerin fazla çoğalması istenmediğinde, büyümenin kontrolü amacı ile deşarjdan önce atıksularda azot miktarı azaltılmalıdır.

**Fosfor:** Alglerin büyüme faktörüdür. Atıksudaki fosforun en önemli özelliği, biyolojik arıtma yapılmaksızın kimyasal yöntemlerle de uzaklaştırılabilmesidir.

**Sülfat:** Atıksuda bulunan hidrojen sülfür beton ve çelik aksamı korozyona uğrattır. Betonda bağlayıcı olarak kullanılan portland çimentosunun karma oksitlerinden  $C_3A$  ( $3Ca.Al_2O_3$ ) sülfatlarla reaksiyona girerek etrenjit adı verilen tuzu oluşturur. Oluşan bu tuz hacim artışına yol açarak, duvarın dayanıklılığı azaltır ve duvarlarda çatlamalara neden olur. Bu nedenle, bileşiminde en çok % 5 ya da daha az  $C_3A$  bulunan çimentolar sülfata dayanıklı olarak kabul edilir. Atıksuda sülfat bulunması korozyon dışında koku, toksik etki, oksijen ihtiyacının artması gibi etkilere de neden olur.

**Ağır Metaller:** Sularda kirlilik yapan ağır metal iyonları; Arsenik, Civa, Kurşun, Krom, Kadmiyum, Nikel, Demir, Çinkodur. Eser miktarda bulunmaları biyolojik aktiviteyi arttırır. Yüksek konsantrasyonlarda ise bakterileri inhibe ederek biyolojik arıtma işlemini bozabilir.

**Yağ ve Gres:** Serbest veya emülsiyon halinde bulunabilen çok çeşitli maddeler bu grubu oluşturur. Debisi ne olursa olsun, yağ ve gres konsantrasyonu 400 mg/l'den fazla olan atıksular kanalizasyon şebekesine veya alıcı ortama deşarj edilemez. Yüzücü yağ ve gres su üstünde bir film oluşturarak ışık ve oksijen transferini engelleyerek, suda bulunan araçları ve canlıları kirletir. Emülsiyon halinde bulunan yağlar ise balıklar için toksik etkilidir. Yüksek konsantrasyonda yağ ve gres içeren atıklar, kanallarda tabaka oluşmasına neden olur ve pahalı temizleme işlemlerini gerektirir. Ayrıca zamanla kanalizasyonda parçalanarak serbest yağ asitleri oluşturup, beton boruları korozyona uğrattır. Büyük miktarda yağ ve gres biyolojik arıtma sistemlerinin çalışmasını da olumsuz etkiler.

**Deterjanlar** (Anyonik Yüzey Aktif Maddeler): Deterjanlar kimyasal kirlenmede en önemli faktördür. Alıcı ortamlardaki doğal hayatı olumsuz etkiler. Ülkemizde biyolojik olarak parçalanması güç aktif maddeleri içeren deterjanlar kullanılmamaktadır. Genel olarak kullanılan Etoksilat aktif maddesi içeren deterjanlardır. Bunlarında biyolojik arıtma ile arıtılması mümkündür.

Kanal şebekesinde köpük oluşturan ve anyonik yüzey aktif madde konsantrasyonu 400 mg/l'den fazla olan deterjanlı atıksuların, debisi ne olursa olsun kanalizasyon şebekesine veya alıcı ortama verilmesi atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarj yönetmeliği tarafından yasaklanmıştır.

Kimyasal özellikler içerisinde, KOI, toplam azot, toplam fosfor, yağ ve gres ile fiziksel özelliklerden askıda katı madde yönetmelikte konvansiyonel parametreler olarak yer alır. Konvansiyonel Parametreler: Genel olarak atıkları tanımlanmada kullanılan ve doğada kalıcı özellik göstermeyen ve/veya toksik etkisi olmayan parametreler olarak tanımlanır.

## **Atıksuların Biyolojik Özellikleri**

- Toksik maddeler için biyo sınaama deneyi
- Balık biyo deneyi
- Koliform bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların tespiti

### **Süt Endüstrisi Atıksularının Özellikleri**

Sadece konvensiyonel parametreler içermek üzere, atıksu debisi 50 m<sup>3</sup> /günden fazla olan, veya üretim faaliyetleri itibarı ile toksik parametreler içeren proses atıksularına sahip endüstriyel atıksu kaynakları önemli kirletici kaynak olarak tanımlanır. Süt işletmeleri, önemli endüstriyel kirletici kaynaklar grubunda tanımlanır.

Herhangi bir endüstri için bütün kirlilik parametrelerinin ölçülmesine gerek yoktur. Endüstri tipine bağlı olarak çeşitli endüstrilerin atıksularında incelenmesi gereken kirlilik parametreleri farklılık gösterir. Buna göre süt endüstrisi için; renk, askı maddeleri, BOI<sub>5</sub>, azotlu maddeler, fosfor, kimyasal oksijen ihtiyacı, klorürler, sıcaklık ve pH en önemli parametreler olarak kabul edilir.

- pH: Süt endüstrisine ait tüm atıklar taze olduklarında zayıf alkali veya nötr özellik gösterir (pH= 7,0 - 8,8). Ancak kısa zamanda, atıksuda bulunan laktozun laktik aside dönüşmesi ile ortamın pH değeri 4,0-4,5'e kadar düşer, ortamdaki kazein çöker.
- AKM: Süt fabrikası atıkları az miktarda AKM içerir. Ancak peynir fabrikası atıklarında askıda bulunan yağ globülleri nedeni ile oran yükselir.
- Renk : Süt endüstrisi atıkları bulanık, beyazımsı sarımtırak renkte görünür.
- BOI: Yüksek oranda organik madde içerdikleri için, yüksek BOI değerine sahiptir. Yapılan çeşitli çalışmalarda, peynir altı suyunda, BOI 40 000-60 000 ppm İle 110 000-350 000 ppm arasında saptanmıştır.

### **Süt Endüstrisi Atıksularında Kullanılan Arıtma Sistemleri**

Tüm olumsuz etkiler göz önüne alınarak, öncelikle arıtmada ilk basamak olarak proses profili çıkartılıp, daha sonra uygun yöntemlerle arıtma işleminin yapılması gereklidir.

Tesiste yer alan proseslerin her biri için, bu prosesteki su kullanımı ve atıksu oluşumunun zaman ve üretim bazında ifade edilmesi proses profili adını alır. Bir endüstri kolunda arıtma işleminde ilk basamak proses profilinin çıkartılmasıdır. Proses profilin tesisin kirlenme açısından tanınmasında, üretim atıksu ilişkisinin kurulmasında en önemli aşamadır. İçme sütü ve süt ürünleri üreten bir tesisin proses profilinin çıkartılmasında ilk adım proseslerin, bu proseslerle ilgili temel bilgileri kapsayacak şekilde tanımlanmasıdır. Bu tanımlama için tesisten alınan bilgiler doğrultusunda işletmenin akım şeması çıkartılmalıdır.

Atıksu ve diğer atık ürünleri azaltmak için ne kadar çalışılırsa çalışılsın, sonuçta süt endüstrisi atıklarının mutlaka arıtılması gerektiği bilinmektedir. Bu nedenle, atıksular belediyenin ön gördüğü limitlere kadar ön arıtma yapıldıktan sonra kanalizasyon şebekesine verilebilir. Burada kast edilen ön arıtma yönetmelikte, atıksuların kanalizasyon şebekesine ulaştırılmasından veya herhangi bir taşıma aracı ile tekil, ortak veya kamuya ait bir atıksu arıtma tesisine taşınmasından önce, önem ve kirlilik yüklerine göre arıtılması olarak tanımlanmaktadır. Arıtma sırasında kentsel kanalizasyon şebekesinin ve toplum sağlığının korunmasına, yeraltı kaynaklarının kirletilmemesine dikkat edilmesi gerekir. Endüstriyel atıkların kanalizasyon şebekesine deşarj edilmeleri için atıksu numunesinde izin verilebilir maksimum değerler tabloda verilmektedir.

**Tablo 14.** Endüstriyel atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarj edilmeleri için atık su numunesinde izin verilebilir maksimum değerler

Süt endüstrisi atıksularında tam bir arıtma için aşağıdaki yöntemler kullanılabilir.

1- Mekanik arıtma

- Izgaralar
- Kum tutucular
- Yağ tutucular

2- Ön arıtma

- Flotasyon
- Çökeltim havuzları

3- Biyolojik arıtma

- Damlatmalı filtreler
- Aktif çamur yöntemi
- Biyo disk
- Stabilizasyon havuzları

PARAMETRE	ATIK SU ÖRNEĞİNDE İZİN VERİLEBİLİR MAKSİMUM DEĞERLER
BOI <sub>5</sub>	250 (mg/l)
Askıda katı madde	350 (mg/l)
Toplam azot	30 (mg/l)
Toplam fosfor	8 (mg/l)
Yağ ve gres	50 (mg/l)
Hidrojen sülfür	2 (mg/l)
Sıcaklık	40 °C

- Havalandırmalı lagünler

4- Kimyasal arıtma

5- Sulamada kullanma

6- Bitkisel arıtma

Bu yöntemlerin hepsinin bir arada uygulanması GEREKLİ DEĞİLDİR. İşletmenin tipine göre bir seçim yapılması gerekir. Örneğin, süt tozu, cheddar peyniri, peynir altı suyu ürünleri üreten işletmelerde anaerobik arıtma, damlatmalı filtreler en önemli basamaklardır.