

ATIKSU ARITIMINDA KULLANILAN KİMYASALLARIN ÖZELLİKLERİ, KULLANIM VE SAKLAMA KOŞULLARI

Çevre Yük. Müh. Tijen Tunca

Diper Kimya Endüstrisi San. ve Tic. A.Ş.
Kemalpaşa, İzmir, Tijen.Sayinsoy@kemwater.com.tr

ARITMA TESİSLERİNDE KULLANILAN KİMYASAL MADDELER

Arıtma tesislerinde kullanılan kimyasallar içinde en büyük payı çöktürücüler, pH ayarlayıcıları ve dezenfektanlar alır. Bunların dışında proses seçimine göre adsorbanlar, iyon değiştiriciler, oksidanlar, redükthanlar, nütrient maddeler de kullanılan diğer kimyasallardır.

1. NÖTRALİZASYON AMACI İLE KULLANILAN KİMYASALLAR:

pH ayarı amacı ile kullanılan kimyasallar asitler ve bazlar olmak üzere ikiye ayrılır.

1. Asitler:

Arıtma proseslerinde en yaygın kullanılan asitler sülfirik asit ve hidroklorik asittir. Her ikisi de kuvvetli ve tehlikeli asitlerdir.

Sülfirik asit (H_2SO_4) seyreltme sırasında fazlaca ısınır ve etrafa sıçrar. Bundan dolayı daima asiti suya yavaş yavaş eklemeli, arada karıştırılarak soğuması beklenmelidir. Sülfirik asit konsantre halde, seyreltilmişindeki kadar korozif değildir. Su ile birleşme sırasında Hidrojen iyonlarının ortaya çıkması seyreltilmiş ürünü korozif yapar. Bu yüzden %96'lık konsantrasyonun altında oldukça korozif hale gelen ürün, metal depolar içinde tutulamaz.

Hidroklorik asit (HCl) oldukça korozif özelliğe sahip, kuvvetli bir asittir. Altın, gümüş, platin gibi soy metaller hariç diğer metallere etkir. Temas edeceği yüzeyler paslanmaya dayanıklı malzemeden olmalıdır. Ticari olarak %33-35 konsantrasyonlarda temin edilebilir.

2. Bazlar:

Sodyum hidroksit (kostik, NaOH) en kuvvetli bazlardan birisidir. Katısı oldukça hidroskobik olduğundan kapalı kaplarda saklanmalıdır. Konsantre kostik çözeltisi oda sıcaklığında kristallenir (%50'lik çözeltisi, 10°C'de kristallenir). Bu yüzden deposunda ısıtma tertibatı olmalı ve izolasyon yapılmalıdır. Deriyi tahriş etme özelliği olan NaOH, göze kaçması halinde kör eder.

Sodyum karbonat (soda, Na_2CO_3), kostik ile kıyaslanırsa çok daha tehlikesiz ve hafif bir alkalidir. Deri ve göz ile temasından kaçınılmalıdır.

Kireç en yaygın olarak kullanılan bazdır. CaO sönmemiş kireçtir. Su ile teması halinde yüksek oranda ısı açığa çıkarak Ca(OH)_2 oluşur, tehlikelidir. Uygulama kolaylığı açısından pratikte daha çok sönmüş kireç olan Ca(OH)_2 kullanılır. Kirecin suda çözünürlüğü çok düşük olup, süspansiyon şeklinde dozlanır. Dozlama sırasında çözelti hazırlama tankı sürekli karıştırılmalıdır. CaCO_3 , suda çözünürlüğü çok az olan ve kireç taşı olarak da bilinen çok zayıf bir alkalidir.

Depolama ve Dozlama Ekipmanları:

Asit ve bazlar korozyon olup, paslanmaya dayanıklı tanklarda depolanmalı ve nakledilmelidir. Uygun malzemeler PP, PE, teflon veya içi kauçuk kaplı yada epoxy boyalı paslanmaz çelik/betonarme tanklardır.

Kullanılması Sırasında Dikkat Edilmesi Gerekenler:

Asit ve bazlar ile temas halinde olan kişiler özel koruyucu elbise, gözlük, eldiven giymelidir. Ele, yüze sıçraması halinde bol su ile yıkanmalıdır. Göze teması halinde hemen bol su ile yıkanıp, tıbbi müdahale yapılmalıdır.

Arıtma tesislerinde kullanılan bazı asit ve bazlar Tablo 1’de verilmiştir.

2. KİMYASAL ARITMA SÜRECİNDE KULLANILAN KİMYASALLAR:

Suda bulunan askıda veya kolloidal maddeler ortamdan çöktürme, yüzdürme ya da filtrasyon prosesi uygulanarak ayrılırlar. İri taneli, özgül ağırlığı yüksek olan katı maddeler kendiliğinden çökeliyor ayrılırken, kolloid maddeler gibi partikül çapları çok küçük (10^{-7} - 10^{-9} mm), çökme hızları oldukça yavaş (yaklaşık 30 cm/yıl) olan katıların çökmesi zordur (Kemira Kemi AB, 1990). Doğal kolloidlerin çoğu negatif yüke sahiptir ve bu da onları kararlı hale getirip çökmelerini önleyen en önemli etkidir. Bu maddelerin kararlı yapılarını bozmak için, yüzeylerinde oluşan enerji bariyerlerinin aşılması yani itme kuvvetinin ortadan kaldırılması gerekir. Ortama pozitif yüklü iyonlar verilmesi ile yük nötralizasyonu gerçekleştirilir ve partiküller arasında itme kuvveti yok edilerek kolayca çökebilir hale getirilir. Bu işleme koagülasyon (pıhtılaştırma), kullanılan kimyasal maddeye ise koagulan (pıhtılaştırıcı) adı verilir. Flokülasyon (yumaklaştırma), ise kararlı yapıları bozulmuş olan partiküllerin uzun zincirli veya dallı yapıya sahip flokulanlar (yumaklaştırıcı) kullanılarak bir araya getirilmesi ve daha büyük yumaklar oluşturularak çöktürülmesidir.

Koagülasyon-flokülasyon işlemi ile bulanıklık, askıda katı madde, renk, fosfor, BOI, KOI, Kjendahl azotu, virüs, bakteri ve algler gibi organik maddeler giderilebilir. Bu proses ile ayrıca kadmiyum, krom (Cr^{+3}), kurşun, selenyum civa, florür, demir, alüminyum manganez bakır, arsenik gideriminde de kullanılır (Eroğlu, 1995).

Koagülasyon ile giderilemeyen kirlilikler ise nitrat, amonyum, kobalt, nikel, siyanürdür. Ayrıca fenoller suda çok iyi çözündüklerinden bunların da koagülasyon ile giderilmesi mümkün değildir (Eroğlu, 1995).

Tablo 1: Arıtma Tesisinde Kullanılan Asitler ve Bazlar

ÜRÜN ADI	FORMÜLÜ	PIYASADA BULUNMA ŞEKLİ	KONSANTRASYONU %	ÖZGÜL AĞIRLIĞI (g/cm ³)	ÖZELLİKLERİ	BİRİM FİYAT (USD/T)
Sülfirik Asit	H ₂ SO ₄	Sıvı, renksiz	%96-98	1.84	Seyreltme sırasında yüksek ısı ortaya çıkar. Çok tehlikelidir. Patlayıcıdır. (Su ile)	50-100
Hidroklorik Asit	HCl	Sıvı, renksiz	%33-35	1.18	Çok tehlikeli kuvvetli bir asittir. Koroziftir.	90-100
Kostik Soda	NaOH	Katı, payet	98%	1,36-1,51	Çok tehlikeli, kuvvetli bir bazdır. Katısı hidroskobiktir.	280-300 katı
		Sıvı	%33, %49			
Sodyum Karbonat	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	Beyaz, Toz	99%	2.53	Biraz tehlikeli, bazdır.	140-150
Sönmüş Kireç	Ca(OH) ₂	Beyaz, Toz	%92-99	0,5-0,6	En yaygın kullanılan alkalidir.	50-100
Sönmemiş kireç	CaO	Beyaz granül, toz, kabaparça	%90-95	0,8-1,2	Çok hidroskobik, tehlikeli kuvvetli bazdır. Su ile temasında ısı açığa çıkar.	30-40
Kalsiyum Karbonat	CaCO ₃	Beyaz, Toz		2.7	Tehlikesizdir. Süspansiyon halde kullanılır.	35-45

Koagulanlar:

Koagulanlar organik ve inorganik kökenli olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Yük nötralizasyonu için +3 değerlikli inorganik kimyasallar tercih edilir. Koagulanın yükü arttıkça yük nötralizasyon kabiliyeti artmaktadır. Schultz-Hardy Teorisine göre +3 değerlikli iyonlar +2 değerlikli iyonlara göre 10 kat daha fazla etkilidir (Degremont,1991).

En çok kullanılan metal tuzları alüminyum ve demir bileşikleridir. Bunlar metal hidroksitleri şeklinde çökerken ortam pH'ını düşürürler.

Alüminyum sülfat, Türkiye'de ve dünyada en yaygın olarak kullanılan koagulantıdır. Arıtma tesislerinde genellikle %10-20'lik çözeltileri hazırlanarak dozlanır. Kolay çözünür, çözüldükten sonra sürekli karıştırmaya ihtiyaç duymaz. Alüminyum Sülfat ortam pH'ın çok yüksek olmadığı durumlarda koagülasyon özelliğinin yanında pH düşürücü olarak da kullanılır.

Polialüminyum Klorürler ($Al_2(OH)_xCl_{6-x}$ $0 < x < 6$), uygulama kolaylıkları ve bazı üstünlükleri nedeni ile tüm dünyada hızla yerini alan yeni nesil koagulantlardır. Polialüminyum klorürlerin alüminyum sülfat ve demir bazlı koagulanlara göre bazı avantajları şunlardır:

- Polialüminyum klorürler üretim sırasında eklenecek yardımcı malzemeler sayesinde arıtılacak olan suya göre özel olarak hazırlanabilir,
- Üretim sırasında ön-polimerize edilmiş olması nedeni ile çok kısa sürede reaksiyona girer,
- Kısa sürede reaksiyona girebilmesinden dolayı daha çabuk flok oluştururlar ve alüminyum sülfat gibi koagulanların başarısının azaldığı düşük sıcaklıklarda da yüksek performans gösterirler,
- Katyonik grubun yükünün yüksek olması nedeni ile yük nötralizasyonu için klasik koagulanlara göre çok daha az dozaj gerektirirler,
- Az dozlanmalarından dolayı daha az çamur oluştururlar,
- Geniş pH aralığında kolaylıkla çalışabilirler ($6 < pH < 8,5$)
- İçme suyu arıtımı uygulamalarında önemli bir parametre olan kalıntı alüminyum miktarı alüminyum sülfat uygulamalarına göre çok daha azdır,
- Atıksu arıtma tesislerindeki uygulamalarında, organik madde (BOI, KOI), fosfor ve toplam askıda katı madde giderme verimi fazladır, filamentli organizmaların ve şişkin çamurun kontrolünde etkilidir,
- Diğer koagulanlarda söz konusu olmayan yüksek basiste özelliğine sahiptir.

Nötralizasyonluk derecesi veya Cl^- ile OH^- iyonlarının yer değiştirmesi, basiste terimi olarak ifade edilir. Basiste şu şekilde formüle edilebilir:

$$\% \text{ Basiste} = 100 * (OH) / 3(Al)$$

Yüksek basiste, yüksek nötralizasyon derecesi anlamına gelir. Alum gibi koagülantlarda metal iyonlarının hemen hemen %100'ü +3 yüke sahiptir. PAC'larda ise basisteye bağlı olarak +3 yüklü iyonlar az, +5 ve +7 gibi yüksek yüklü iyonlar daha çoktur. PAC'ların

sahip olduğu bu yüksek katyonik yük; alüminyum sülfat, demir klorür gibi klasik koagulanlara göre daha az dozlanmalarındaki en önemli nedendir (Kemwater,1996).

Demir bazlı koagulanlardan Türkiye’de en yaygın olarak kullanılan **Demir (III) Klorür**’dür. Demir tuzları suya renk vermeleri nedeni ile fazla tercih edilmemekle birlikte, fosfor giderme özelliğı nedeni ile atıksu arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılma imkanı bulurlar.

+2 Değerlikli demir iyonuna sahip olan **Ferrous Sülfat**, havalandırma ile Fe^{+3} ’e oksitlenerek ortamdaki yükseltgeni tüketir. Fe^{+2} ’yi Fe^{+3} ’e yükseltmek için gerekli oksijen miktarı dozlanan $FeSO_4$ miktarının 0,5 molü, klor miktarı ise %12’si kadardır (Degremont, 1991).

Kireç, demir ve alüminyum bazlı koagulanların aksine alkali özelliktedir. Suda çözünürlüğü düşük olduğundan çözelti şeklinde değil karışım olarak dozlanır. Bu yüzden sürekli karıştırılan depolarda bulundurulmalıdırlar. Daha çok %1-3’lük karışımları dozlanır. Tek başına kullanıldığında koagülasyon etkisi alüminyum ya da demir tuzları ile birlikte kullanıldığında kadar fazla değildir. Bir çok uygulamada, özellikle suyun pH’ının düşük ve askıda katı maddenin az olduğu tesislerde, önce kireç dozlanır ve arkasından kullanılacak alüminyum ya da demir tuzlarına çekirdek teşkil etmesi sağlanır.

Organik koagulanlar, katyonik polielektrolitler, tek olarak kullanıldıkları gibi önceden dozlanan bir inorganik koagulan ile birlikte kullanılabilirler. Bu durumda dozlanacak inorganik koagulan miktarı %40-%80 oranında azalmaktadır. Organik koagulanların yük nötralizasyon kabiliyeti inorganik koagulanlar kadar yüksek olmayıp, arıtma sonrasında oluşturdıkları çamur miktarının çok az olması en büyük avantajıdır. Ancak oluşan çamur daha yoğun ve yapışkandır. Bu yüzden bütün uygulamalarda kullanılamazlar. İçme suyu arıtımında kullanımları standartlarla belirlenmiş olup, daha çok endüstriyel atıksu arıtımında kullanım alanı bulurlar.

Depolama ve Dozlama Ekipmanları:

Koagulanlardan demir ve alüminyum tuzlarının çözeltileri koroziv olup, paslanmaya dayanıklı tanklarda depolanmalı ve nakledilmelidir. Uygun malzemeler PP, PE, teflon veya içi kauçuk kaplı yada epoxy boyalı paslanmaz çelik/betonarme tanklardır.

Demir ve alüminyum tuzları katı halde hidroskobiktir. Bu yüzden kuru yerde depolanmasına özen gösterilmelidir. Kuru olarak depolanan ortamda iyi havalandırma sağlanmalıdır.

Kullanılması Sırasında Dikkat Edilmesi Gerekenler:

Koagulan malzemeler ile temas halinde olan kişiler koruyucu elbise, gözlük, eldiven giymeli; ele, yüze sıçraması halinde bol su ile yıkanmalı; alüminyum ve demir bazlı ürünler yere döküldüyse kireç ile nötralize edilmelidir. Yutulması halinde ağız ve boğaz bol su ile yıkanmalı ve bol su içilmelidir. Göze teması halinde hemen bol su ile yıkanıp, tıbbi müdahale yapılmalıdır. Demir tuzlarının çok asidik olduğu unutulmamalıdır.

Yukarıda adı geçen malzemelerin katılarının solunmaları halinde, solunum yolları tahriş olur. Kullanılırken maske takılmasına özen gösterilmelidir.

Aritma tesislerinde kullanılan uygulama dozları Tablo2’de verilmiştir.

Tablo 2: Aritma Tesislerinde Kullanılan Koagulanların Dozları:

Koagulan Madde*	İçme suyu arıtımı için ortalama doz (mg/L)	Evsel atıksu arıtımı için ortalama doz (mg/L)	Endüstriyel atıksu arıtımı için ortalama doz (mg/L)
Aluminyum Sülfat	10-150	100-150	50-1500
Polialuminyum Klorür	2-25	80-100	10-250
Demir III Klorür	5-150	150-200	50-500
Demir II Sülfat	10-150	60-600	60-600
Demir III Sülfat	10-150	100-150	60-600
Demir Klorür Sülfat	5-150	150-200	50-500
Sönmüş Kireç		450-500	100-2000
Organik Koagulanlar	1-15		5-50

* Yukarıdaki dozajlar Demir Klorür Sülfat hariç katı formdaki ürünler için verilmiştir.

Flokulanlar:

Koagülasyon ile aradaki itme kuvveti ortadan kaldırılan partiküller, flokulanlar sayesinde aralarında köprüler kurularak daha da irileştirilir. Anyonik polimerler gibi negatif yüklü flokulanların koagulanlarla aynı anda dozlanması her ikisi arasında yük nötralizasyonu yaratacağından birbirinin etkisini azaltacaktır. Bu yüzden, yumaklaştırıcı malzemeler koagülasyon işleminin tamamlanması için 1-4 dakika sonra dozlanmalıdır. Oluşan flok büyüklükleri flokülasyon sırasında iyice gözlenmelidir. Çok küçük flokların çökmesi zor olacağı gibi çok büyük floklarda da yüzey alanının büyük olması nedeni ile çökme sorunu yaşanabilir.

Flokulanlar organik ve inorganik olmak üzere iki gruba, organik flokulanlar da doğal ve sentetik olmak üzere yine iki alt gruba ayrılırlar.

Doğal flokulanlardan, Aktif silika inorganik; patates, mısır, tapioca nişastalar bitkisel organik; alginateler ise hayvansal organik kökenlidirler. Doğal flokulanların molekül ağırlıkları düşük olup, genellikle özel uygulamalarda kullanım imkanı bulurlar.

Sentetik organik flokulanlar, sentetik monomerlerden elde edilen uzun zincirli makro moleküllerdir. Doğal polimerlerle kıyaslanırsa molekül ağırlıkları (10^6 - 10^7 g) ve performansları daha yüksektir. Anyonik, katyonik ve noniyonik olarak üç gruba ayrılırlar.

Anyonik polimerler akrilamid ve akrilik asitin copolymerleri olup, en çok kullanılan flokulanlardır. Koagulan ilave edilmiş atıksularda yumaklaştırıcı madde olarak kullanılırlar.

Katyonik polimerler akrilamidlerin ya da katyonik monomerlerin copolimeridir. Bazı özel uygulamalarda (örn: demir çelik fab, yüzey arıtmada) tek başlarına kullanım imkanı buldukları gibi daha çok inorganik koagulandan sonra dozlanırlar.

Anyonik polimerler ayrıca inorganik çamurun susuzlaştırılmasında da kullanım alanı bulurken, katyonik polimerler daha çok organik çamurun susuzlaştırılmasında kullanılırlar.

Askıda katı madde oranı az olan sularda **flokulasyon yardımcı maddeleri** ilave edilerek flokların büyümesi sağlanır. Bunlar flokulan değildir, ancak floğu büyütmesi açısından flokulan gibi davranırlar. Bunlar; bazı killer (bentonit, kaolin) kalsiyum karbonat, aktif karbon, ince kum vb.dir.

Flokulanların uygulama dozları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Arıtma Tesislerinde Kullanılan Flokulanlar İçin Ortalama Uygulama Dozları:

Flokulan Madde	İçme Suyu Arıtımı için gerekli doz (mg/L)	Atıksu Arıtımı için gerekli doz (mg/L)	Çamur susuzlaştırma için gerekli doz (kg/TonKM)
Alginateler	0,1-0,5	0,5-2,0	
Nişastalar		1,0-10,0	
Anyonik Polimerler	0,05-0,5	0,5-5	0,5-8(Tipik 3,0)
Noniyonik Polimerler	0,05-0,5	0,5-5	0,5-8(Tipik 3,0)
Katyonik Polimerler	0,5-1,0	0,5-5	0,5-8(Tipik 3,0)

Arıtma tesislerinde kullanılan koagulan ve flokulanların listesi ve temin edilebilecek haldeki genel özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Koagulan – Flokulan Madde Seçimi:

Arıtma için gerekli koagulan ve flokulan madde tipi ve dozları yapılan jar testleri ile belirlenir. Bu testlerde kimyasal maddelerin verimleri karşılaştırılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, dozlanacak madde miktarının ticari ürün bazında (mgürün/L) değil, metal miktarı bazında (molMe/L) karşılaştırılmasıdır. Ancak bu şekilde ürünlerin birbirine göre arıtma verimlerinin üstünlüklerinden söz edilebilir. Örneğin; %8.5 Aluminyum içeriğine sahip aluminyum sülfat ile, %15 Aluminyum içeriğine sahip polialuminyum klorür karşılaştırılırken her iki üründen 100 mg/L dozlama ile iki ürünün arıtma verimlerini karşılaştırmak yanlış olur. 100 mg/L aluminyum sülfat (%8.5Al) dozlanıyor ise, 1 L suya 0.315 mmol Aluminyum dozlanıyor demektir. Bu da 57 mg/L polialüminyum klorür (%15 Al) dozuna eşittir. Bu şekilde yapılan jar testi çalışmaları ile ürünlerin verimleri karşılaştırılabilir.

Koagülasyon prosesine etki eden en önemli parametre ortamın pH'ıdır. Jar testleri ya da arıtma tesisinde yapılacak uygulamalarda suyun pH'ı önceden asit veya baz dozlaması ile

Tablo 4: Arıtma Tesisinde Kullanılan Koagulanlar ve Flokulanlar

ÜRÜN ADI	FORMÜLÜ	PİYASADA BULUNMA ŞEKLİ	AMBALAJ	KONSANT. %	ÖZGÜL AĞIRLIĞI (g/cm ³)	ÖZELLİKLERİ	BİRİM FİYATLARI (USD/T)
Aluminyum Sülfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	Beyaz; Kaba Parça, Granül, Toz, Sıvı	50 kg torbalarda, 1000 kg çuvallarda, dökme	Katı: %17-18 Al_2O_3	Kaba Parça 0,9 Granül.....1,0	Asidik özelliktedir. Yüksek konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltileri oldukça koroziftir.	150-180
			Sıvı: PE, PP konteynerler ya da dökme	Sıvı (%45'lik): %7,6-8 Al_2O_3	%45'lik çöz...1,3		
Polialüminyum Klorür	$Al_2(OH)_xCl_{(6-x)}$	Toz (sarı-beyaz)	25 kg torbalarda, 1000kg PP çuvallarda	%27-33 Al_2O_3	ort.0,85	Çok farklı özelliklerde üretilebilir. Katısı oldukça hidroskobiktir. Koroziftir.	500-600
		Sıvı (renksiz, sarı)	PE, PP konteyner, dökme	%8- 22 Al_2O_3	1,18 - 1,40		150-350
Ferrous Sülfat (Demir II Sülfat)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Yeşil, Toz	35 kg'lık torbalarda veya 1000 kg'lık çuvallarda	%18 Fe	0.9	Korozif asidik özelliktedir.	80-100
Ferric Sülfat (Demir III Sülfat)	$Fe(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Sarı-gri, granül	40-50 kg paketlerde, 1000 kg'lık çuvallarda	%20 Fe	1.3	Hidroskobik ve korozif asidik özelliktedir.	300-350
Ferric Chloride (Demir III Klorür)	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Koyu kahverengi pul				Koagulanlar içinde en yüksek koroziflik özelliğine sahip üründür.	120-150
		Koyu kahverengi sıvı	PE, PP konteyner, dökme	%40 $FeCl_3$	1.45		
Demir Klorür Sülfat	$FeClSO_4$	Kızıl-kahverengi sıvı	PE, PP konteyner, dökme	%12 Fe	1.5	Korozif asidik özelliktedir.	150-180
Sönmüş Kireç	$Ca(OH)_2$	Beyaz, Toz	25,50 kg'lık torbalarda yada bigbaglerde, dökme	%92-99	0,4-0,6	Alkali özelliktedir.	30-40
Anyonik Polimerler		Beyaz, granül	25 kg PE torbalarda, 1000 kg bigbaglerde		Katı: 0,7-0,75	Stok Çözelti raf ömrü max 1 hafta, dozlama çözeltisi raf ömrü 3 gün	2500-3500
Katyonik Polimerler		Beyaz, granül	25 kg PE torbalarda, 1000 kg bigbaglerde		Katı: 0,7-0,75	Koagulan olarak kullanılabilir. Organik karakterli çamurun susuzlaştırılmasında da kullanılır. Stok Çözelti raf ömrü max 1 hafta, dozlama çözeltisi raf ömrü 3 gün	3500-4000
Noniyonik Polimerler		Beyaz, granül	25 kg PE torbalarda, 1000 kg bigbaglerde		Katı: 0,7-0,75	Çok az anyonik ve ya katyonik özelliğe sahiptir.	3000-3500

ayarlanmalıdır. Alüminyum bazlı koagulanlar için optimum çalışma pH'ı 6.0-7.5 olup, demir bazlılar için pH >5, kireç için ise pH >10,5 uygundur.

Jar testinde önce uygun koagulan tipini belirlemek için 1L'lik beherlere su numunesi koyulur, pH ayarı yapıldıktan sonra 300-400 rpm dönme hızında her bir behere farklı koagülasyon ilavesi yapılır ve 30-60 sn karıştırma sağlanır. Daha sonra dönme hızı 40-50 rpm değerlerine indirilir ve 10-20 dakika kadar flokların belirginleşmesi sağlanır. Karıştırma bitince 10-20 dakika kadar çökmesi beklenir ve su yüzeyinden yaklaşık 1-2 cm altından numune alınarak gerekli testler yapılır. En uygun sonucu veren koagulan madde tespit edilir. Koagulan tipi belirlendikten sonra en uygun dozu belirlemek için jar testi tekrarlanır.

Koagulan tipi ve dozu belirlenince jar testi flokulan tipi ve dozu belirlemek için yenilenir. Flokulan madde, koagulan madde ile pıhtı oluşumunu takiben (koagulan dozlamasından sonra yaklaşık 1-4 dakika içinde) dozlanır.

Depolama ve Dozlama Ekipmanları:

Polimerler, alüminyum ve galvanize zarara verebileceği için bu malzemeler ile temasından kaçınılmalıdır. Çok sıcak yada çok soğuk ortamlardan uzak tutulmalıdır. Kuru olarak depolanan ortamda iyi havalandırma sağlanmalıdır.

Polimerler su ile temas ettiğinde oldukça kaygan bir hal alırlar. Bu yüzden polimer hazırlama ünitelerinde ürünün yere dökülmemesine dikkat edilmelidir. Yere dökülmesi halinde etrafı kum veya toprak ile çevrilmeli ve toplanıp bertaraf edilmelidir.

Kullanılması Sırasında Dikkat Edilmesi Gerekenler:

Bu malzemeler ile temas halinde olan kişiler koruyucu elbise, gözlük, eldiven giymeli; ele, yüze sıçraması halinde bol su ile yıkanmalıdır. Göze teması halinde hemen bol su ile yıkayıp, tıbbi müdahale yapılmalıdır. Solunması halinde tahriş edici olabilir.

1. BİYOLOJİK ARITMA SÜRECİNDE KULLANILAN KİMYASALLAR:

Atıksu karakterine göre biyolojik arıtma safhasında arıtma derecesine veya özel amaçlara göre bazı kimyasal maddelere ihtiyaç duyulabilir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Nutrient Madde İlavesi:

Kağıt, tekstil atıksuları gibi yüksek COD'ye sahip ancak N ve P yönünden fakir olan atıksularda biyolojik arıtma sırasında BOD₅/N/P/ : 100/5/1 oranının sağlanamadığı durumlarda mikroorganizma aktivitesinin devamı için dışarıdan azot ve fosfor kaynağına ihtiyaç vardır. Bu durumda biyolojik arıtma ünitelerine DAP (Diamonyum sülfat), fosforik asit gibi fosfor kaynakları ya da üre gibi azot kaynaklarının ilave edilmesi gerekir. Dozaj miktarları atıksuyun C, N ve P oranına göre ve uygulanan kimyasal maddenin aktif madde içeriğine göre her tesis için değişiklik gösterir.

Karbon Kaynağı İlavesi:

Denitrifikasyon bakterileri hetetrofik canlılardır ve substrat olarak organik karbona ihtiyaçları vardır. Denitrifikasyon proseslerinde karbon kaynağı içeriden ve dışarıdan olmak üzere 2 gruba ayrılır. İçsel kaynaklar atıksuyun içinde bulunan organik maddelerdir. Ancak bunların büyük bir kısmı karbonlu madde giderimi sırasında giderilir, bir kısmı nitrifikasyon sırasında kullanılır. Geriye kalan kısım ise genellikle daha güç parçalanabilen karbon kaynaklarıdır. Denitrifikasyon sırasında metanol, etanol, asetik asit ya da nişasta gibi kolay parçalanabilen kaynaklara ihtiyaç vardır. 1 gr N giderimi için 3-6 gr COD yaratan karbon kaynağı gerekir.

Tablo 5: Bazı karbon kaynakları (Kemira Kemwater, 2003).

Karbon Kaynağı	Denitrifikasyon Hızı (gNO₃-N/kg VSS.h)	COD İçeriği (mgO₂/L)
Glikol	7-10	1400
Asetik Asit	12-16	800
Asetat/Metanol	10-15	1110

Aktif Karbon İlavesi:

Biyolojik arıtma ünitelerinde BOD, COD giderme, nitrifikasyon verimlerini artırmak ve renk giderimi sağlamak amacı ile zaman zaman aktif karbon kullanılabilir. Aktif karbon ayrıca biyolojik çamurun çökme verimini artırır, mikroorganizmaları toksik etkilere karşı korur, şişkin çamur problemini azaltır, çamur susuzlaştırma verimini artırır, yüzey aktif maddelerden oluşan köpüğü azaltır.

Toz aktif karbon biyolojik arıtma girişine ya da doğrudan havalandırma havuzuna dozlanabilir. Evsel atıksu tesislerinde 200-400mg/L olan dozlama aralığı endüstri tipine göre 1000mg/L'ye yükseltilir. Aktif karbonun %1-3'lük karışımı hazırlanarak dozlama yapılır. Dozlama tankında sürekli bir karıştırıcı bulunmalıdır, aksi halde çökme meydana gelir.

Koagulan İlavesi:

Biyolojik arıtmanın tek başına yeterli olmadığı ve kimyasal arıtma üniteleri için yer yokluğu durumunda arıtmanın verimini artırmak için havalandırma havuzu içine ya da çıkışına koagulasyon ilavesi yapılabilir. Özellikle evsel atıksularda biyolojik arıtma ile fosforun 1mg/L değerinin altına düşürülmesi çok zordur. Demir ve alüminyum bazlı koagulanlar kullanılarak fosfor bu değer altına düşürülebilir ancak kireçle fosfor giderimi pek uygulanan bir yöntem değildir. Koagulasyon ilavesi çıkış suyu kalitesini yükselttiği gibi ayrıca şişkin çamur problemini azaltır ve çamurun çökelebilmek karakteristiği iyileştirilebilir.

Alüminyum bazlı koagulanlarla çözünmüş fosfor giderimi için pH'ın 5-8,5 (opt.6-8), demir bazlı koagulanlarda 4-9 arasında tutulması gerekir. 1 mol çözünmüş fosfor teorik

olarak 1 mol Al^{+3} ve Fe^{+3} gerektirse de pratikte bu değer 1-1,5 moldür. Fe^{+2} gereksinimi ise teorikten farklı olarak yaklaşık 2 moldür (Kemira Kemwater, 2003). Koagulanlar çok yüksek dozlarda biyolojik arıtma ünitelerindeki mikroorganizmalara toksik etki yapabilir.

Biyolojik arıtma sürecinde kullanılan kimyasal maddeler Tablo 6’te verilmiştir.

Tablo 6: Biyolojik Arıtma Sürecinde Kullanılan Kimyasal Maddeler

ÜRÜN ADI	FORMÜLÜ	PİYASADA BULUNMA ŞEKLİ	AMBALAJ	KONSANT. %	ÖZGÜL AĞIRLIĞI (g/cm ³)	ÖZELLİKLERİ	BİRİM FİYATLARI (USD/T)
DAP (Di Amonyum Sülfat)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	Beyaz, Granül	50 kg torbalarda	%18 NH ₃ -N %46 P ₂ O ₅	ort. 1,6		400-600
ÜRE	N ₂ H ₄ CO	Renksiz, katı	25 kg torbalarda	%46- N			250-300
Fosforik Asit	H ₃ PO ₄	SIVI	50 kg plastik konteynerlerde	85%	1.68	Korozif asidik özelliktedir.	800-1000
Aktif Karbon		toz, granül, şekillendirilmiş	40-50 kg paketlerde, 1000 kg'lık çuvallarda	%80-95	Toz: 0,3-0,5 Granül: 0,4-0,5	Aşındırıcı özelliktedirler. Özellikle rutubet almamalıdır. Kolay yanabilir.	1000-2000

1. ÇAMUR ARITIMINDA KULLANILAN KİMYASALLAR:

Arıtma tesislerinden çıkan çamurlarda mikroorganizma aktivitesini azaltmak ya da çamur susuzlaştırma verimini artırmak için değişik kimyasal yöntemler uygulanabilir. Bunlardan en çok uygulanan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Kireçle Stabilizasyon:

Bu yöntem hem ham çamura hem de susuzlaştırılmış çamura uygulanabilir. Kireç ile pH 11'in üzerine çıkarılarak yaklaşık 2 hafta boyunca mikroorganizma faaliyeti durdurularak stabilizasyon yapılır. Sönmüş ya da sönmemiş kireç kullanılabilir. Sönmemiş kireç kullanılması halinde çamurun içindeki suyu kullanılarak Ca(OH)_2 oluşacağından bir miktar çamur susuzlaştırma da sağlamış olur. Kireç ilavesi ile çamur içindeki patojen mikroorganizmaların kontrol altına alınması yanında fosforun ve ağır metallerin de kireçle güvenli bir şekilde bağlanması sağlanmış olur.

Tablo 7: Çamur Stabilizasyonu İçin Gerekli Kireç Miktarları: (Kemira Kemwater, 2003)

Çamur Tipi	Gerekli Kireç Miktarları	
	KgCa(OH) ₂ /TonKM	KgCaO/TonKM
Ön çökeltim çamuru	100-150	70-120
Ön + Son Çökeltim Çamuru	300-500	200-400

Çamur Şartlandırma:

Mikroorganizmalar etrafında bir jel tabakası ile kendilerini sararlar. Bu jel tabakası bol miktarda su tutar. Ayrıca, mikro organizmaların besin deposu görevini gördüğü gibi enfeksiyonlara ve kurumaya karşı onları korur. Çamur şartlandırmanın anlamı bu jel tabakasının kırılmasıdır. Bu şekilde çamur suyunu salar ve çamur susuzlaştırma yöntemleri ile su ve katı faz birbirinden ayrılmış olur (Kemira Kemwater, 2003).

Kimyasal şartlandırma için yaygın olarak inorganik kimyasal maddeler (FeCl_3 , kireç, vb.) ile organik sentetik polimerler (anyonik, katyonik, noniyonik) kullanılır.

FeCl_3 ve kireç kombinasyonu yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Daha çok vakum ya da press filtre ile susuzlaştırma yöntemlerinde uygulanır. FeCl_3 ve kireç dozları sırası ile yaklaşık 50kg/ton KM ve 100-200 kg/tonKM'dir (Kemira Kemwater, 2003).

Organik Polimerlerin temel amacı, çamur içindeki küçük partikülleri büyük floklara bağlayıp susuzlaştırma sırasında mekanik dayanımı artırmaktır. Polimerler her çamur tipinde farklı özellik gösterirler. Bu nedenle polimer seçiminde laboratuvar ve işletme testleri önemlidir. Örneğin ön çökeltim ve biyolojik arıtma çamurlarında katyonik polimer iyi çalışırken, kimyasal çamurlarda genellikle anyonik polimerler çok iyi sonuç verir.

Çamur Şartlandırma Proseslerinde Polimer Seçimi:

Çamurun polimer ihtiyacı laboratuvarında Büchner Testi yada CST (capillary suction time) testleri ile belirlenir. Ancak küçük tesislerde, çok kaba olarak polimerin arıtma çamuruna uygunluğunu belirlemek için bir behere 200 ml çamur alınarak üzerine pipet ile polimer dozlanır. Daha sonra her seferinde 10'ar kez olmak üzere başka bir behere ve tekrar diğerine boşaltılarak karıştırma sağlanır. Karıştırma işlemi biter bitmez tesisteki örneğine yakın bir filtreden süzdürülerek filtratın süzülme hızı ölçülür. En kısa sürede süzülen ve filtratta en az AKM bırakan numune kabaca en uygun sonucu veren olarak kabul edilir.

Genel olarak çamur yoğunlaştırma ünitelerinde 2-4 kg/TonKM olan polimer dozu, çamur susuzlaştırma ünitelerinde 2-8 kg/TonKM değerlerindedir.

KİMYASAL MADDELERİN AMBALAJLARI, DEPOLAMA VE DOZLAMASI

Kimyasal meddelerin paketleme, depolama ve dozlama şartları kimyasalın formuna (katı, sıvı, gaz), doğasına (korozif, taş yapıcı), nakliye ve boşaltma şekline (dökme, paketli) bağlıdır.

AMBALAJLAR:

Kimyasal maddeler formuna göre şu ambalajlar içinde taşınabilir:

Sıvılar:

- 40-60 L'lik PE bidonlarda,
- 1000L'lik PE, PP konteynerde,
- 20.000-25.000L'lik tankerler ile (Karayolları Genel Müdürlüğü'nün iznine göre tır ağırlığı ile birlikte en çok 42 Ton malzeme taşınabilir).

Katılar:

- 25-50kg'lık paketler içinde (paletli olarak),
- Metal, plastik veya karton fiçiler içinde,
- 'bigbag' adı verilen çuvallar içinde,

Gazlar:

- Bazı gazlar (örn: Klor, karbondioksit, amonyak) basınç altında sıvılaştırılarak yatay veya dikey olarak silindirik tanklara depolanabilir. Gaz ve sıvı fazın her ikisi de, buharlaşma denge basıncında kimyasalın sıcaklığına bağlı olarak (Klor ve amonyak için 20 °C'de 6-9 bar, karbon dioksit için 60 bar) bulunabilir. Bu tankların alt kısmındaki kimyasalı evaporatörlerden geçirilerek sıvı faz, üst kısmındakini ise direk gaz faz olarak dozlamak mümkündür.

DOZLAMA ÜNİTELERİ:

Kimyasal madde çözeltileri genellikle ağırlık yüzdesine (w/w) göre hazırlanır. Örneğin %10'luk Alüminyum sülfat çözeltisi denildiğinde farklı olarak belirtilmedikçe 900 kg su içinde çözündürülmüş 100 kg alüminyum sülfat anlamına gelir. Çözelti hazırlama sırasında karıştırma tankı içine önce su doldurulur. Daha sonra karıştırıcı çalıştırılır ve belirlenen

miktarda kimyasal madde suyun içine yavaş yavaş ilave edilir. Kimyasal maddenin çözünürlüğüne göre karıştırma süreleri değişebilir. Büyük tesislerde genellikle otomatik çözelti hazırlama sistemleri kullanılır.

Flokulan solüsyonları yüksek konsantrasyonlarda oldukça viskozdur. Bu yüzden ancak seyreltik halde dozlanabilirler. Çok seyreltik çözeltilerin (%0,1) dayanımı 3 günü geçmez. Polielektrolit çözeltisi içinde dallı yapılar oluşmaya başlar. Bu yüzden polimerler genellikle 7-10 gün dayanacak ara çözeltiler hazırlandıktan sonra günlük olarak seyreltilerek kullanılır.

Polimer hazırlanacak olan tankın iyi bir karıştırma sistemi olmalıdır (mil üzerine çözünmemiş polimerler yapışması önlemek için laboratuvarında milli karıştırıcı yerine manyetik karıştırıcı tercih edilir). Tank yeterli miktarda su ile doldurulur ve karıştırıcı çalıştırılır. Polimerler neredeyse tek tek denecek kadar yavaş dozlanmalıdır. Aksi halde oluşan toprakların çözünmesi günler sürebilir. Ilık suda polimer daha rahat çözünebilir, ancak yüksek sıcaklığın (>40°C) polimer zincirinin yapısını bozacağı unutulmamalıdır. Çok yüksek hızlı karıştırıcılar, ezme makinalar ve santrifüj pompaları gibi polimerin yapısını bozacak unsurlardan kaçınılmalıdır.

Tablo 8: Kimyasal Maddelerin Tipik Çözelti Konsantrasyonları:

Koagulan Madde	Çözelti Hazırlama Aralığı (%w/w)	Tipik Uygulama Konsantrasyonları (%w/w)
Aluminyum sülfat	5-48	10
Katı PAC	20-50	50
Demir III Klorür	30-40	40
Demir II Sülfat	40-55	40
Demir III Sülfat	40-55	40
Kireç*	0,5-10	5
Anyonik Polimerler	0,01-0,5	0,1
Noniyonik Polimerler	0,01-0,5	0,1
Katyonik Polimerler	0,01-0,5	0,1
Alginateler**	5-10	
Niştastalar**	5-10	
Aktif Karbon***	0,5-5	2

*Kirecin suda çözünürlüğü çok az olup, hazırlanan bir süspansiyondur. Kireci dozlayacak pompa seçimine göre konsantrasyonu değişebilir. Dozlama sırasında sürekli karıştırılmalıdır.

**Alginateler ve nişasta gibi doğal organik polimerlerin çözeltilerinde 20°C'nin üzerinde bozulma başlayacağı için depolanırken dikkat edilmelidir. Fermantasyon riskini önlemek için depolama tankının temiz olduğundan emin olunmalıdır.

*** Aktif Karbon suda çözünmez, hazırlanan bir süspansiyondur. Dozlama sırasında sürekli karıştırılmalıdır.

Kimyasal maddeler için dozlama pompaları genellikle diyaframlı ve pistonlu pompalardır. Korozif malzemeler için teflon, PE, PP gibi malzemelerden üretilmiş pompalar kullanılabilir.

DEPOLAMA VE ÇÖZELTİ HAZIRLAMA ÜNİTELERİ

Kimyasal maddelerin depolanacağı ünitelerde dikkat edilmesi gereken en önemli husus deponun kolay kullanılabilirliği ve güvenli oluşudur. Bir kimyasal madde deposu ve çözelti hazırlama ünitesinin kullanma kolaylığı açısından dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Forklift, el arabası gibi kimyasal madde taşıyacak araçların rahatlıkla giriş çıkış yapabileceği özellikte olmalıdır.
- Bir çok kimyasal sıcak-soğuk hava, nem, ışık vb. dış etkenlere hassas olduğundan depolar ısıtma-soğutma tertibatı ile donatılmalı, kuru ve üzeri kapalı olmalıdır.
- Bu tesislerde mutlaka havalandırma sistemi olmalıdır.
- Kot farkından yararlanarak mümkün olduğu kadar cazibeli akım kullanılmalıdır. Özellikle toz ürünlerden çözelti hazırlanması sırasında ve dökme sıvıların depolara boşaltılmasında bu çok büyük kolaylık sağlayacaktır.
- Boru vb. kimyasal madde taşıyan (özellikle korozif kimyasallar) hatlar elektrik kabloları, elektrikli aletlerin üzerinden geçirilmemelidir.
- Ekipman ve yer temizliği için kimyasal madde depolama ve hazırlama üniteleri servis suyu hattı ile donatılmalıdır.
- Kimyasal maddelerin işçilerin üzerine dökülmesi, sıçraması tehlikesine karşı özellikle asit-baz ünitelerine yakın olmak üzere düş sistemi koyulmalıdır.
- Her bir çözelti hazırlama ünitesinde meydana gelebilecek sızıntıya karşı sızan kimyasal maddeyi toplayacak bir deşarj hattı olmalı ve atıksu arıtma tesisine yönlendirilmelidir.
- Bütün kimyasal madde hazırlama üniteleri ile kimyasalları taşıyan borular, vanalar, vb. çok iyi bir şekilde etiketlenmelidir ve tehlikeli karışımlar önlenmelidir.
- Korozif maddeler için epoxy, PE, polyester, kauçuk veya ebonit kaplı çelik tanklar kullanılabileceği gibi, yüksek yoğunluklu PE, PP gibi malzemelerde kullanılabilir (PVC ve epoxy uygulamalarında sıcaklığın 30°C'nin altında kalmasına dikkat edilmelidir).

KAYNAKLAR

1. Degremont (1991): *Water Treatment Handbook*. 6th Ed., Lavoisier Publishing Inc., pp.1051-1057.
2. Duran M., Demirer G.N. (1997): *Su Arıtımında Temel İşlemler*, Picasso Tanıtım Tasarım, pp.42-62.
3. Elf Autochem : *Brochure on Chlorine Dioxide in Drinking Water*, pp.6-7.
4. Eroğlu V. (1995): *Su Tasviyesi*, ITU yayınları
5. Filibeli A. (1998): *Arıtma Çamurlarını İşlenmesi*, D.E.Ü Müh. Fak. Basım Ünitesi
6. FPA (1986): *Information Sheets on Hazardous Materials*
7. Hakdiyen İ.(1972): *Genel ve Teknik Kimya*
8. Kemira Kemi AB (1990) : *Handbook On Water Treatment*, AB Landstryck, pp. 99-106.
9. Kemira Kemi AB (2003): *about water treatmen*,
10. Kemwater North Amerika, Technical Service Bulletin, No:7 (1996): *PAX (Polyaluminum Chloride)*
11. Şengül F. Küçükgül E. Y. (1997): *Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler*, 4. Baskı, DEÜ Basım Ünitesi.