



Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılma Olanakları

Pervin Uzun¹, Uğur Bilgili^{1*}

¹ Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa

*-posta: ubilgili@uludag.edu.tr; Tel: 0 224 294 15 19; Faks: 0 224 442 88 36

Geliş Tarihi: 29.09.2011, Kabul Tarihi: 04.10.2011

Özet: Günümüzde atık su arıtma tesis sayısı hızla artmaktadır. Buna paralel olarak arıtma çamuru miktarlarında da büyük artış gözlenmektedir. Elde edilen arıtma çamurlarının çevreye zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu yöntemler içerisinde arıtma çamurlarının araziye uygulanarak bertarafı hem çevre hem de ekonomik açıdan en uygun yöntemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak arıtma çamurlarının arazide kullanımında çamurların içerdikleri zararlı elementler ve patojenler nedeniyle kullanımına dikkat edilmesi gerekmekte ve bu zararları ortadan kaldırmak için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, arıtma çamurunun elde edildiği kaynaklar, arıtma çamurlarının içerikleri, arıtma çamuru stabilizasyon yöntemleri, bertaraf yöntemleri, arıtma çamurlarının kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları ile bu konuda yapılan bazı çalışmalar araştırılarak derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, arıtma çamuru bertarafı, tarım arazilerinde kullanımı.

Possibilities of Using Sewage Sludge in Agriculture

Abstract: Number of waste water treatment facilities have been increasing rapidly. Consequently, the amount of purification sludge produced in these facilities has also increased. This amount of purification sludge has to be disposed without contaminating the environment. Spreading the purification sludge into a field is considered to be one of the best methods in terms of both environment and economics. However, toxic elements and pathogens can be present in the purification sludge and precaution has to be taken to remove these negative effects. In this study, literature on where these purification sludge were produced, contents of purification sludge, stabilization methods of purification sludge, removal methods of these purification sludge, fields uses the purification sludge, advantages and disadvantages were reviewed.

Keywords: Sewage sludge, disposal of sewage sludge, use of agricultural area.

Giriş

Arıtma çamuru, atık su arıtımı sonucu oluşan sıvı yada yarı katı halde, kokulu, uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak ağırlıkça % 0.25-12 katı madde içeren bir çeşit katı atıktır (Durak,2005).

Arıtma çamurları, makro ve mikro besin elementleri ve eser elementler gibi birçok yararlı bileşiklerin yanında, organik kirleticileri, mikroorganizmaları ve parazit yumurtalarını da içerebilmektedir (Alloway ve Jackson, 1991). Arıtım sonucu ortaya çıkan çamurlardaki makro ve mikro besin elementlerinin bu atığa faydalı bir gübre; organik maddelerin ise iyi bir toprak ıslah edici özellik vermesi nedeniyle, çoğu otorite bu ürünlerin tarımda kullanımını desteklemekte ve birçok ülkede uygulamaları yaygınlaşmaktadır (Strauch, D.,1991, Düring ve Gäth,2002).

Ülkemizde yıllık evsel arıtma çamuru miktarının 1,38 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Oluşan arıtma çamurlarının büyük bir kısmı katı atık depolama sahalarında ya da arazide depolanmak sureti ile bertaraf edilmektedir (Aksu, 2008). Miktarları her geçen gün artan arıtma çamurlarının çevresel sorunlar yaratmaması için uygun yöntemlerle bertarafı gerekmektedir. Çamur bertarafı konusunda uzun yıllardan beri çeşitli yöntemler denenmiş ve çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Bu yöntemler arasında arıtma çamurlarının toprağa verilerek bertarafı ekonomiye katkısı bakımından üzerinde önemle durulan tekniklerinden birisidir. Organik gübre ve toprak düzenleyici olarak uygun özellikler taşıyan arıtma çamurlarının tarımda kullanılmaları ile hem çamur bertarafı gerçekleşebilmekte hem de tarımsal üretimde ekonomik kazanç sağlanabilmektedir. Günümüzde uygun özellikler taşıyan arıtma çamurlarının tarım alanlarına verilerek kullanımının sağlanması oldukça yaygın bir uygulamadır. Arıtma çamurlarının tarıma uygun olarak toprağa uygulanmasıyla hem nihai bertaraf gerçekleşmekte hem de çamur içeriğindeki bitki besin elementleri topraktaki doğal döngülerine girmektedir (Kocaer ve ark., 2003).

Arıtma çamurlarının araziye uygulanmasında, çamur, bitki besin elementleri içeren organik bir kaynak olarak ele alınmaktadır. Çiftlik gübreleriyle karşılaştırıldığında arıtma çamurlarının azot ve fosfor içeriği yönünden tarımsal anlamda değerli olduğu ancak potasyum değerinin çiftlik gübrelere göre her zaman daha düşük değerler gösterdiği görülmektedir. (Spellman, 1997).

Topcuoğlu ve ark. (2003) tarafından yürütülen sera denemesinden elde edilen sonuçlara göre ise; toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurları ile ilgili olarak her iki yıl domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Ni ve Cd içerikleri artmıştır. Arıtma çamurlarının niteliklerindeki farklılık, uygulandığı toprakta yetişen bitkilerin mineral içeriklerine yansımıştır. Arıtma çamurlarının yinelemeli uygulamalarında bitkide daha yüksek mineral içerikleri belirlenmiştir. Yüksek düzeyde tuz ve mineral içeren çamur tipinin ikinci yıl uygulamaları, domates bitkisinde gelişimde duraklama ve toksik etki yapmış, Cd ve Pb gibi ağır metaller bitkide insan sağlığı için izin verilen sınır değerleri aşmıştır. Toprağa uygulanan çamurlar düşük düzeylerde bitki gelişimini olumlu etkilemiş, fakat yinelemeli uygulamalarda ve yüksek uygulama düzeylerinde, fitotoksisite ve yüksek ağır metal içerikleri belirlenmiştir.

Ünal ve Katkat tarafından (2003) yapılan çalışmada artan miktarlarda toprağa uygulanan gıda sanayi arıtma çamuru içerdiği tuzlar nedeniyle toprak tuzluluğunu artırdığı gözlenmiştir. Artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru toprak pH sında düşüşe neden olmuştur. Ancak denemede ele alınan mısır bitkisinin kimi mineral madde içeriklerini kontrole göre artırmıştır. Ayrıca arıtma çamuru toprağın organik madde miktarı ile kimi makro ve mikro bitki besin elementlerini artırmıştır.

Çimrin ve ark. (2000) tarafından yürütülen saksı denemesinden elde edilen sonuçlarda ise; arıtma çamuru ve TSP kombinasyonlarının fosfor kaynağı olarak kullanılması tanığa göre mısır bitkisinin, bitki kuru ağırlığı, toprak üstü aksam ağırlığı, bitkinin çinko ve demir içeriğini önemli düzeyde artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmada; arıtma çamuru ile bitkinin fosfor ihtiyacının tümüyle karşılanmasının mümkün olmadığı, ancak, bitkide Fe ve Zn miktarlarının artışına önemli katkılar sağladığı, bakır içeriğinde ise önemli azalmalara neden olduğu görülmüştür.

Aritma Çamurlarının Elde Edildiği Kaynaklar

a) Evsel Nitelikli Atık Sular: Evsel atıksularda bulunan belirgin organizma grupları; bitkiler, hayvanlar, fungi, protozoa, virüsler, bakteriler ve algler gibi mikroorganizmalardır. Evsel atıksudaki mikroorganizmaların birçoğu insanlar ve hayvanlar için hastalık yapıcı özelliكتedir. Koliform bakterileri insan atıklarından kaynaklanan kirlenmenin bir göstergesi olmaktadır. Algler de tat ve koku problemlerine yol açmaktadır. Atıksuyun arıtımı esasında organik maddeler bakteriler aracılığıyla parçalanmaktadır (Dağ, 2010).

b) Endüstriyel Nitelikli Atık Sular ; Gıda sanayi atık suları, maden sanayi atık suları, cam sanayi atık suları, tekstil sanayi atık suları, petrol sanayi atık suları, deri sanayi atık suları, kimya sanayi atık suları, metal sanayi atık suları, ağaç mamulleri ve mobilya sanayi atık suları, makine ve yedek parça sanayi atık suları'dır (İleri, 2007).

Aritma Çamuru İçeriği

Aritma çamuru, meydana geldiği endüstriyel kuruluşun çeşidine göre içinde; organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, Fe, Cu, Al, Hg, Cd, As, Co, Pb, Cr, organik fosfor ve azot gibi maddeler içerebilmektedir (Taşatar, 1997).

Atık su arıtma tesislerinden ortaya çıkan arıtma çamurlarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi düşünüldüğünde, bu çamurların öncelikle bitki besin elementi içeriği, tuzluluk, pH ve ağır metal içeriği bakımından detaylı araştırmalarının yapılması gerekmektedir.

Toprak kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre tarımda kullanılacak arıtma çamurlarında bulunmasına izin verilen ağır metaller için belirli sınırlar vardır. Bu sınır değerler çizelge 1'de gösterilmiştir.

Kirlenmeye genel olarak, çevreye geliş güzel dökülen atıklar ile nehir ve akarsulara atılmadan bırakılan atık sular neden olmakta ve bunlar alıcı ortamları kirleterek insan, hayvan ve bitki sağlığına zarar vermektedir. Çevrenin korunması açısından kalıntıların veya atıkların, kapsamlı ve kalıcı bir şekilde çevreyle uyumlu hale getirilmeleri büyük önem taşır. Sanayi tesisleri ve konutlardan doğan atık sularda bulunan su ve atık çamurun yeniden kullanımı hem çevresel hem de ekonomik ve politik açıdan değer taşımaktadır (Taşatar, 1997).

Aritma tesislerinde oluşan çamurlar, arıtmanın çeşitli kademelerinde işlem gördükten sonra, son işlem yeri olarak toprağa verilmekte, yakılabilmekte, denize deşarj edilebilmekte ya da karasal dolgu materyali olarak kullanılabilir. Arıtma çamurlarının elden

çıkarılması veya kullanımı endüstrilemiş büyük şehirlerin en önemli problemidir. Eskiden olduğu gibi, bu çamurların yok edilmesi sırasında yeni kirliliklere yol açılmaması esastır.

Giderek miktarları artan arıtma çamurlarının, hem çevreye en az zarar verecek şekilde uzaklaştırılması ve hem de içerdikleri besin elementlerinin madde dolanımına sokulması amacıyla bunları araziye vermek en uygun yöntemlerden biri olarak düşünülürse de bunların topraklara ve yeraltı sularına yapabileceği etkileri araştırmak ve buna göre karar vermek gerekir. Uygulama yapılacak bölgenin lokal koşulları, iklim, topoğrafya vs. dikkate alınmalıdır. Drenajı iyi olan ve yeraltı su seviyesinin çok yüksek olmadığı alanlarda uygulama yapılmalıdır. Hızlı sanayileşme ve kentleşmenin olduğu yerlerde bu konu daha büyük önem taşır.

Çizelge 1. Dünya’da ve ülkemizde tarımsal amaçlı kullanılacak arıtma çamurlarında müsaade edilen maksimum ağır metal değeri (Arlı, 2006).

Kirleticisi	Üst Limit (mg/kg) *						
	ABD	Kanada	AB	İsveç	Danimarka	Almanya	Türkiye
Arsenik	75	75	-	-	-	-	-
Kadmiyum	85	20	20-40	2	0.5	1.5	20
Krom**	3000	-	1000-1750	100	-	-	1200
Bakır**	4300	-	1000-1750	600	40	60	1200
Kurşun**	840	500	750-1200	100	40	100	1200
Cıva	57	5	16-25	2.5	-	-	25
Molibden	75	20	-	-	-	-	-
Nikel**	420	180	300-400	50	15	50	1200
Selenyum	100	14	-	-	-	-	-
Çinko**	7500	1850	2500-4000	100	100	200	3000
PCB	8.6	-	-	-	-	-	-

*Kuru ağırlık

**İşlenmiş arıtma çamurunun topraklarda kullanılması ile hasadın alınması arasında en az 3 ay süre varsa ilgili kuruluşların görüşü alınarak Bakanlıkça cıva ve kadmiyum hariç olmak üzere bu değerler % 5'e kadar arttırılabilir.

Toprağın korunmasındaki yükümlülüğümüzün gereği tartışılmaz. Ancak ülkemizde, hali hazırda toprak kirlenmesine veya korunmasına ait kapsamlı bir yönetmelik veya tüzüğün bulunmayışı, arıtma çamurlarının uzaklaştırılmasında veya tarımsal alanlarda kullanımında ülkemizi gelişmiş olan ülkelerden daha riskli duruma sokmaktadır. Yasal boşluklardan, denetim mekanizmasının yetersizliğinden ve ülkemize ait yeterli sayıda pratik ve bilimsel araştırma sonuçları ve istatistiklerin bulunmayışından dolayı arıtma çamurlarının uzaklaştırılması tesis sahibinin veya bu atığı kullanacak olan çiftçinin inisiyatifine bağlı olmaktadır. Aslında 2872 sayılı Çevre Kanunu’na dayalı olarak hazırlanan 14.03.1991 tarihli Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile yasal çerçeve oluşturulmuş görünmektedir. Ancak yukarıda sayılan nedenlerden dolayı yönetmeliğin uygulanmasında aksaklıklar olmaktadır (Taşatar, 1997).

Atık suların arıtım işleminden sonraki çözünmeyen kalıntı kısmı olan ham çamurların alıcı ortamlara verilebilmeleri için stabilize edilmeleri gerekmektedir (Bilgin ve ark., 2002).

Stabilizasyon: Arıtma çamurlarına patojenleri azaltmak veya gidermek; istenmeyen kokuları gidermek; potansiyel organik bozunmayı azaltmak, engellemek veya bu riskten kurtulmak amacıyla uygulanan işlemlere denir (Akyarlı ve Şahin, 2005).

Ham çamurların stabilize edildikten sonraki aldığı isim biyokatıdır. “Biyokatı” tanımı, “arıtma çamuru” ve “işlenmiş arıtma çamuru” ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Bilgin ve ark., 2002).

Çamur Stabilizasyonu Yöntemleri

Anaerobik Çürütme: Organik maddenin oksijensiz ortamda mineralize olması (bozunması) işlemi olarak tanımlanır. İki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada organik maddeler organik asitlere, ikinci aşamada ise organik asitler metan ve karbondioksit dönüştürülerek biyogaz oluşmaktadır. Oluşan biyogaz, tesisin işletilmesi için gerekli ısı ve elektrik enerjisini sağlamada kullanılmaktadır.

Aerobik Çürütme: Oluşan çamurların, yeterli oksijenin sağlandığı koşullarda biyolojik stabilizasyonu için kullanılan bir yöntemdir. Aerobik süreçlerin işletilmesinde; sıcaklık, bekleme süresi, oksijen gereksinimi, karıştırma ve ortam pH’ı gibi faktörler denetim altında tutulmalıdır.

Kompostlama: Aerobik bir işlemdir. İyi işletilen bir sistemde organik maddenin bozunması sırasında sıcaklık 70°C’ye çıkartılarak, patojen bakterilerin yok olması sağlanabilir.

Kurutma: Arıtma çamuru içerisindeki suyun buharlaştırılması ve nem içeriğinin azaltılması dışında patojen giderimi sağlanmaktadır.

Kireç ile Stabilizasyon: Kireç, çamurun suyunu verme özelliklerini geliştirmenin yanı sıra çamur stabilizasyonu amacıyla da kullanılmaktadır. Bu yöntemde çamura, pH değerini 12’ye çıkaracak miktarda kireç ilave edilir. Yüksek pH değeri, mikroorganizmalar için uygun olmayan bir ortam oluşturur. Bunun sonucu olarak da çamur ayrışmaz, koku kaybolur ve sağlık riskleri oluşmaz (Filibeli, 1996).

İşlemden önce kireç kullanılabileceği gibi, sönmemiş kireç de kullanılabilir ve bu durumda, açığa çıkacak ısıdan yararlanılarak kısmi bir kurutma ve etkili bir pastörizasyon işlemi de gerçekleştirilebilir.

Arıtma çamurlarının kireç ile stabilizasyonunda üç yöntem kullanılmaktadır:

1. Susuzlaştırmadan önce çamura kireç ilavesi (kireç ile ön arıtma)
2. Susuzlaştırmadan sonra çamura kireç ilavesi (kireç ile son arıtma)
3. İleri kireç stabilizasyon teknolojileri (Akyarlı ve Şahin, 2005).

Arıtma Çamurlarının Uzaklaştırma Yöntemleri

Arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırılması için çeşitli alternatifler sunulabilir. Arıtma çamurlarının özellikleri ile mevcut ekonomik ve teknik imkânlarla göre uygulanan nihai bertaraf yöntemleri de farklılık gösterir.

Arıtma çamurlarının uzaklaştırılması için kullanılan yöntemler; Düzenli depolama, kompostlaştırma, termik yöntemler yakma, denize boşaltma, arazide bertaraf, çamur

lagünlerinde toplama, arazi iyileştirme (reklamasyon), kimyasal sabitleme (stabilizasyon), dağıtım ve pazarlamadır.

Düzenli Depolama: Düzenli depolama, katı atıkların ve arıtma çamurlarının halk sağlığı ve güvenliğine zarar vermeyecek şekilde depolanması ve üzerinin örtülmesi işlemidir. Çamur depolama işlemlerinin uygulanmasında ilk amaç, çamur hacminin azaltılarak depolama alanındaki kalitesinin artırılmasıdır. Bu nedenle düzenli depolamaya verilecek olan çamurların doğal veya mekanik yöntemler uygulanarak suyu alındıktan sonra depolanması gerekir (Aksu, 2008).

Yakma: Bu yöntem katı atıkların özel olarak projelendirilmiş fırınlarda yakılmasından ibarettir. Yakma işleminde başlıca hedefler katı atıkları çevreye zarar vermeyecek şekilde stabil bir hale getirmek ve atık hacmini azaltmaktır. Hacim azaltmanın yanında, buhar ve elektrik enerjisi elde etmek amacıyla da kentsel atıklar kontrollü şekilde yakılarak bertaraf edilmektedir. Bu yöntemle katı atıklar hacimde %90, ağırlık bakımından %75 oranında azaltılabilir (Palabıyık, 1998). Bu uygulamada arıtma çamurları tek başlarına ya da diğer atıklarla birlikte yakılmalıdır.

Kompostlaştırma: Kompostlaştırma, atığın biyolojik olarak parçalanabilen kısmının geri kazanılması ve yeniden değerlendirilmesi olarak görülebilir. Kompostlaştırma prosesinin amacı, atığın çevreye zarar vermeden biyolojik olarak parçalanabilmesidir. Bu proses, biyolojik olarak parçalanabilen atığın hacmini, kütlelerini ve nemini azaltıp değerli bir toprak düzenleyici haline dönüştürür (Öztürk ve ark., 2005).

Bu metod, düzenli depolamaya göre pahalı, yakmadan ise ucuz bir uzaklaştırma yöntemidir. Arıtma çamurlarının kompostlaştırılması özellikle ABD'de yaygın olarak uygulanmaktadır (Arıkan ve Öztürk, 2008).

Denize Boşaltma: Arıtma tesislerinin ilk kurulduğu dönemlerde ortaya çıkan çamur tüm dünya ülkelerinde çöp depolama alanlarına ve denizlere dökülmüştür. Ancak çamurların denizlere dökümü 1 Ocak 1999 tarihinden itibaren yasaklanmıştır (Arıkan ve Öztürk, 2008).

Termik Yöntemler: Termal metodlar ısı uygulayarak çamurdan suyu uzaklaştırırlar. Termal kurutma çamurun nem içeriğini mekanik su giderme yöntemleriyle elde edilenin çok altına düşürür. Termal kurutmanın avantajları; düşük taşıma masrafları, patojenlerin azaltılması ve kurutulmuş çamurun daha iyi depolama ve pazarlama imkanları vermesidir. Termal olarak kurutulmuş çamur gübre ya da toprak iyileştiricisi olarak kolayca pazarlanabilmekte, depolama ve yakma da kabul görmektedir (Ayvaz, 2000).

Arazide Bertaraf Yöntemleri

Tankerle Yayma: Atık suyun araziye uygulanmasında kullanılan yöntemler, sulu haldeki arıtma çamurları içinde geçerlidir. Çamur, sulu haldeyken araziye uygulanması basit olduğu için genellikle su alma işlemleri yerine, daha ucuza mal olan sulu çamur transfer sistemleri kullanılabilir. Kapasitesi 3.2-7.6 m³ olan tankerlerle doğrudan araziye yayma, sulu çamurun uygulanmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Sulu çamur, tankerlerle arkasına monte edilen delikli borulardan akıtılarak araziye yayılır. Uygulama oranları, boruların üzerine monte edilmiş vanalarla veya tankerin hızını değiştirmek suretiyle ayarlanır. Bu sistemle çamurun yayıldığı alanlar otlak, golf sahaları, spor alanları gibi çeşitli uygulamalar için elverişli alanlardır. Ancak, bu tür sistemlerin en önemli

dezavantajı, yağışlı havalarda uygulama sırasında problemlerle karşılaşılması ve işletme giderlerinin yüksek olmasıdır.

Püskürtme yöntemi: Arıtma çamurlarının araziye verilmesi, borularda tıkanma yapmayan sabit veya taşınabilir püskürtme sistemleri ile yapılabilir. Püskürtme sisteminin avantajları, az emek, az alan gerektirmesi ve birçok bitki türü için kullanılabilmesidir. Bu sistem, ürün verme sezonu boyunca kullanılabilir. Yüksek basınçlı pompaların enerji giderleri çok fazla olması nedeniyle püskürtücüler ekonomik değildir. Aynı zamanda çamur, ürünün her yerine bulaşabilir ve hassas ürünlerin yaprakları zarar görebilir.

Toprak Yüzei Altına Enjeksiyon Yöntemi: Bu yöntemin esası, karık açma, çamuru karık içine verme ve çamurun üzerinin toprak tabakası ile kapatılması olarak özetlenebilir. Bu yöntemin diğerlerinden farkı, çamurun toprak yüzeyine değil, altına enjekte edilmesidir. Sistemin dezavantajları, mevsimsel sınırlamalar ve işletme yöntemleridir. Uygulama, ürünün büyüme döneminden önce veya ekip biçmek amacıyla kullanılmayan alanlarda yapılmalıdır.

Karık Yöntemi: Çamurun karıklarla araziye uygulanması basit olarak ürün sulamasının karıklarla yapılması ile aynı işlemdir. Çamur, karıklar içinde dizili ürünler arasından toprağı sulayarak veya gübreleyerek akar. Avantajları, kullanılan aletlerin basitliği ve uygulanan alanların kullanım kolaylığıdır. Dezavantajları, çamurdaki katı maddelerin karıkları tıkaması ve belli eğimlerle hazırlanmış alanlara ihtiyaç duyulmasıdır (Damar, 2002).

Bunların uygulanabilirliği, arıtma çamurunun özelliklerine, bölgenin jeolojik, hidrojeolojik ve iklim özellikleri gibi bazı faktörlere bağlıdır. Ülkemizde evsel ve endüstriyel atık suların arıtılması sonucu oluşan arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırılmasına gereken özen gösterilmemektedir. Arıtma çamurları, genellikle yoğunlaştırma ve kurutma işlemlerinden sonra veya hiçbir işlem uygulanmadan sulu halde depolama için belediyelerin gösterdikleri döküm sahalarında bertaraf edilmekte veya yerleşim bölgeleri dışında boş arazilere kaçak olarak dökülmektedir. Endüstriyel nitelikli arıtma çamurları ise, bünyelerinde barındırdıkları çeşitli ağır metal tuzları, çözünmüş ve zehirli maddeler nedeniyle yeraltı suyu ve toprak kirlenmesi risklerinden dolayı arazide doğrudan uzaklaştırılmasında sakıncalar bulunmaktadır.

Arıtma Çamuru ile İlgili Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde arıtma çamurları ile ilgili düzenlemeler Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY) ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (TKKY) yer almaktadır (Aksu, 2008). Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Madde 28'de, arıtma çamurlarının düzenli depo sahalarında depolanabilmesi ile ilgili olarak şartlar belirtilmiştir. Bunun için çamurların düzenli depo sahalarında bertaraf edilebilmesi için susuzlaştırılmış ve kurutulmuş çamurun katı madde muhtevası %25-%35'in üzerinde olmalıdır (Aksu, 2008).

Dünyada, arıtma çamurlarının tarımda değerlendirilmesi konusunda önemli çalışmalar yapılırken ülkemizde henüz yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Özellikle, son aşamada çamur uzaklaştırma sistemlerinin maliyeti düşünüldüğünde, ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde bu tip pahalı çözümler yerine çamurun tarım alanlarında kullanımı en uygun yöntemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Taşatar, 1997).

Avrupa Birliđi arıtılmış çamurun arazide geri kullanımını önermektedir. Avrupa Birliđi'ne uyum sürecinde katı atıkların, çevresel etkileri daha az olan yöntemlerle bertaraf edilmeleri zorunludur. Bu çerçevede, üye ülkeler tarafından benimsenen asgari organik atık bertaraf standardı düzenli depolamadır. Diğer taraftan, Avrupa Birliđi 1999/31/EC nolu katı atık düzenli depolama direktifine (Directive on the Landfill of Waste) göre 2013 yılından sonra atıkların %50'den, 2020 yılından sonra da %35'ten fazlasını düzenli depolama şeklinde gömerek bertaraf etmeye ilişkin kısıtlamalar getirilmiştir (Aksu, 2008). AB'de kullanılan ve deşarj edilen arıtma çamuru miktarları çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Avrupa Birliđinde kullanılan ve deşarj edilen çamur miktarı (Ludovico ve Vesilind, 2001)

Ülkeler	Toplam (10 ³ kuru t/yıl)	Tarım	Arazi Depolama	Yakma	Deniz
		%	%	%	%
Belçika	35	57	43	0	0
Danimarka	150	43	29	28	0
Fransa	900	27	53	20	0
Almanya	2750	25	65	10	0
Yunanistan	200	10	90	0	0
İrlanda	23	23	34	43	0
İtalya	800	34	55	11	0
Lüksemburg	15	80	20	0	0
Hollanda	280	53	29	10	8
Portekiz	200	80	12	0	8
İspanya	300	61	10	0	29
İngiltere	1500	51	16	5	28

Ülkemizde özellikle son yıllardaki yasal düzenlemelerle birlikte sanayi atık su arıtma tesislerinin sayısında büyük bir artış sağlanmış ve beraberinde de açığa çıkan çamur miktarı önemli oranlara ulaşmıştır. şuanda 50'si devlet, 338'i özel sektöre ait olmak üzere toplam 388 adet endüstriyel atık su arıtma tesisinde yılda yaklaşık 3.2 milyon ton arıtma çamuru açığa çıkmaktadır. Bu çamurların uzaklaştırma yöntemlerine göre dağılımı çizelge 3'de verilmiştir (Damar, 2002).

Çizelge 3. Bertaraf yöntemlerine göre endüstriyel arıtma çamuru miktarları (Damar, 2002)

Bertaraf Yöntemi	Çamur Miktarı	
	ton/yıl	%
Tarımda Kullanım	260.000	8.2
Denize Boşaltma	405.000	12.7
Araziye Boşaltma	1.060.000	33.5
Belediye Çöplüğüne Atma	145.000	4.5
Yakma	8.000	0.3
Depolama	490.000	15.4
Gömme	92.000	2.8
Diğer	720.000	22.6
Toplam	3.180.000	100.0

İşlenmiş Arıtma Çamurlarının Kullanım Alanları

İşlenmiş Arıtma Çamurunun Tarım Alanlarında Kullanımı

İşlenmiş arıtma çamurları, bitkisel üretim için gerekli olan bütün bitki besin maddelerini bir arada bulundurlar. Bu sayede kullanıldığı alanlarda ticari gübre kullanımı azalmakta veya işlenmiş arıtma çamuru tamamen gübrelerin yerini almaktadır.

Maksimum uygulama oranları, toprak cinsi, ürün cinsi, arazinin topoğrafyası, su kirlenmesi, iklim, koku oluşumu, uygulama yöntemi, çamur özellikleri, patojenik organizmalar, ağır metaller, besin elementleri, diğer toksik maddelerin konsantrasyonları gibi faktörlere bağlıdır. Çamurun araziye uygulanmasında, maksimum müsaade edilebilir uygulama oranları ya ağır metaller yada azot baz alınarak hesaplanmaktadır ve pratikte bu ikisinin en düşük konsantrasyonu esas alınmaktadır.

Uygulama oranının gerektiğinden fazla olması, tohumun filizlenmesini ve büyümesini engellediğinden, ürünlere zarar verebilir. Tohumun filizlenmesini engelleyen, atık çamur içindeki amonyaktır. Bunu engellemek için tohum atılmadan birkaç gün önce çamur toprağa püskürtülmelidir ya da arıtma çamuru havalandırılmalıdır (Filibeli, 1996).

Çamurun hangi periyotlarla toprağa verileceği bölgenin iklim şartlarına, bitki üretim programına, müsaade edilen yüke göre değişmektedir. Toprağa verilebilecek yükün hesabında en önemli faktör toprağın taşkın ve göllenmeye sebep olmaksızın absorbe edebileceği maksimum çamur miktarıdır. İkinci önemli faktör, azot ve fosfor gibi besin maddeleridir (Nisanoğlu, 1998).

Yıllık yükleme bazında çamur ile verilen azot veya fosfor miktarı ile ürünlerdeki mevcut azot veya fosfor miktarı toplamının, ürünün ihtiyacı olan yıllık azot veya fosfor miktarından küçük olmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde ortama verilen fazla miktardaki azot ve fosfor toprakta birikecek, toprak kirliliği ile birlikte yeraltı suyu kaynakları ve yüzeysel kaynaklar için de bir kirlenme söz konusu olacaktır.

Azot, çamurun uygulanma hızını belirleyen en önemli parametredir. Arıtma çamurlarındaki azot yüzdesi çamurun tipine bağlı olarak % 1,8 ile % 5,9 arasında değişmektedir. Arıtma çamurunun toprağa verilmesinden sonra mevcut NH_4 'un büyük bir kısmı nitrata (NO_3^-) dönüşmektedir. Özellikle rutubetli bölgelerde toprağa, ürünün ihtiyaç duyduğundan daha fazla miktarda verilen azot, topraktan sızabilmekte ve nitratin yeraltı sularına bulaşmasına neden olabilmektedir. Bu yüzden tarımsal uygulamalarda, toprağa uygulanacak çamurdaki yıllık azot miktarının hesabında, yetiştirilecek tarımsal ürünün ihtiyaç duyduğu azot miktarları baz alınmaktadır.

Çoğu arıtma çamurunda potasyum düşük miktarlarda bulunmaktadır. Arıtma çamurunda bulunan potasyumun hemen hemen tümü inorganik formlarda bulunmaktadır. Bu nedenle çamur toprağa verildiğinde bitkiye yarayışlı hale geçmesi için mineralize olmasına gerek yoktur (Aksu, 2008).

Toprağın çamuru kullanabilme kapasitesi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Toprak, ürün büyümesine elverişli olduğu kadar çamuru filtre etme, tamponlama ve absorblama kapasitesine de sahip olmalıdır. Genel olarak, çamur uygulaması yapılacak olan toprak, orta geçirimlilikte olmalı (1,5-15 cm/ha), drenajı iyi olmalı, ağır metalin çözünürlüğünü kontrol etmek için nötr veya alkali olmalı derin olmalı, yüksek nem ve besin maddesi kapasitesini sağlamak için ince yapıya sahip olmalıdır (Filibeli,1996).

İşlenmiş Arıtma Çamurlarının İslah Amaçlı Kullanımı

Kapatılmış maden, taş, kömür ve tuğla ocakları ile erozyona uğramış alanlar ıslah alanları arasında sayılabilir. İslah çalışmaları kapsamında ele alınması gereken en önemli konu, diğer ekolojik özelliklerinin yanı sıra toprak varlığı ve verimliliğini yitirmiş bu alanlarda yeniden bitkilendirmenin sağlanacağı ortamların oluşturulmasıdır.

İslah amacıyla işlenmiş arıtma çamurlarının uygulanacağı alanlarda, uygulama başlatılmadan önce bu alanın ıslah edildikten sonra ne şekilde kullanılacağına kararlaştırılması gerekmektedir. İslah edilecek alan tarımsal üretim veya hayvan otlatma amaçlı kullanılacaksa uygulanacak işlenmiş arıtma çamuru miktarının uygulama zamanının ve şeklinin belirlenmesinde yönetmeliklerin öngördüğü düzenlemelerin yerine getirilmesi gerekmektedir.

İslah edilecek alanlarda geçici depolama yapılması durumunda çevre kirliliğine neden olmayacak önlemlerin alınması gerekmektedir.

İslah amaçlı işlenmiş arıtma çamurlarının kullanımında, uygulama zamanı büyük önem taşımaktadır. Uygulama zamanı; iklim, toprak şartları ve bitkilendirmede kullanılan materyalin büyüme dönemleri göz önünde bulundurularak belirlenmelidir.

İşlenmiş Arıtma Çamurlarının Yeşil Alanlarda Kullanımı

Yeşil alanlar arasında parklar, futbol sahaları, mezarlıklar, otoyol kenarları, golf sahaları ve havaalanları sayılabilir. İşlenmiş arıtma çamurları belirtilen bu alanlarda ilk tesis aşamasında kullanılabilirdiği gibi, önceden tesis edilmiş alanlarda daha sonraki yıllarda yapılan gübre uygulamaları yerine vejetasyonu geliştirmek amacıyla kullanılabilir. İşlenmiş arıtma çamurlarının yeşil alanlara uygulanması halk sağlığı açısından patojenik organizmalarla temasın kontrol altında tutulmasını gerektirmektedir. Bu nedenle bu tür uygulamalar projeye dayalı olarak yapılmalıdır.

İşlenmiş Arıtma Çamurlarının Ağaçlandırma Alanlarında Kullanımı

İşlenmiş arıtma çamurlarının ağaçlandırma alanlarında kullanımı, diğer kullanım alanlarındaki kadar yaygın değildir. Yapılan araştırmalar işlenmiş arıtma çamurlarının fidan dikiminden önce ve sonra kullanılabilirdiği belirlenmiştir. Bu şekilde kullanımın fidan ölümüne neden olmadığı, iğne yapraklı ve yaprağını döken ağaçların birçoğunda fidan gelişimine olumlu etkilerinin olduğu belirtilmektedir. Yetişkin ağaçların bulunduğu alanlara da işlenmiş arıtma çamuru uygulamaları yapılabilir. Ancak gerek bitkiye olan olumlu etkisinin genç bitkilere oranla az olması, gerekse yetişkin ağaçlara işlenmiş arıtma çamurlarının dağıtımının zor olması nedeniyle daha az tercih edilmektedir.

Ağaçlandırma alanlarında işlenmiş arıtma çamuru uygulamaları gerekli tedbirler alınmadığı takdirde su kaynaklarında ağır metal ve azot kirliliğine neden olabilmektedir (Anonim, 2008).

Avantajları

Arıtma çamurları bünyelerinde dirençli organik bileşikleri ve bitki gelişimi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini bulundurmaktadırlar. Azot ve fosfor içerikleri arıtma çamurlarının gübre değerini ortaya koymakta, organik madde değeri de bu maddenin toprak

islah etme açısından ayrı bir önem taşıdığını göstermektedir. Arıtma çamurları toprağın su tutma kapasitesini artırır. Gözenekli ve geçirgen toprak yüzeyi oluşturur ve bu da filtrasyonu artırarak yüzey akışını azaltır. Kurak alanlarda sulama sıklığı azaltılarak, toprağın daha fazla su tutması sağlanır. Toprak erozyonu azalır ve katyon değişim kapasitesi artar.

Dezavantajları

Çevreye zararlı olabilecek potansiyel toksik elementleri, patojen mikroorganizmaları ve patojenik mikroorganizmaların yumurtalarını içerebilmektedir. Yüksek miktarda potansiyel toksik element içerebilen arıtma çamurlarının gübre olarak tarım arazilerinde kullanılmaları kısıtlanmaktadır. Ayrıca patojenleri giderilmemiş arıtma çamurlarının kullanımı ile, halk sağlığı açısından olası risklerin görülmesi söz konusu olabilir (Akyarlı ve Şahin, 2005).

Sonuç

Sanayi kuruluşlarının hızla artmasına paralel olarak fazla miktarlarda oluşan arıtma çamurlarının uzaklaştırılması problem olmaktadır. Oluşan arıtma çamurlarının araziye uygulanması hem çevre açısından hem de ekonomik açıdan önem taşımaktadır.

Arıtma çamurlarının tarımda kullanımında; toprağın özellikleri, çamurun hangi periyotlarda uygulanması gerektiği, yetiştirilecek ürünün ihtiyacı belirlenmelidir.

Araziye uygulanması düşünülen arıtma çamurlarının çevreye olumlu etkileri olduğu gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için arıtma çamurlarının mutlaka stabilize edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında, çamurların ağır metal içeriği, çevre ve insan sağlığına yapacağı etkiler dikkate alınmalı ve gerekli uygulamalar sınır değerler göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Kaynaklar

- Akyarlı, A. , Şahin, H. 2005. Arıtma Çamurlarının Bertarafında Kireç Kullanımı; I.Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, AÇS2005 23-25 Mart 2005, İzmir.
- Arlı, S. 2006. Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- Aksu, T, 2008. Isparta Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurun Bertaraf Stratejilerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- Alloway, B., Jackson, P., (1991). The Behaviour of Heavy Metals in Sewage Sludge Avened Soils. Elsevier Science publishers B.V., United Kingdom.
- Anonim, 2008. İşlenmiş Arıtma Çamurunun Kullanım Alanları, 2008.www.styd- cevreorman.gov.tr IMAGESstabilize_aritma_camurlari.doc
- Ankan, O. A. , Öztürk, İ., 2008. Arıtma çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Evsel Katı Atık İlavesinin Etkisi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul.

- Ayvaz, Z., 2000. Atık Su Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 2000.
- Bilgin, N., Eyüpoğlu, H., Üstün, H. (2002) Biyokatıların Arazide Kullanımı, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- Çimrin, K.M., Bozkurt M.A., Erdal İ., 2000. Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 2000.
- Dağ, M.C., 2010. Eysel Nitelikli Atıksular Arıtma Prosesleri, 2010.
- Damar, Y. 2002. Petrokimya Endüstrisinden Kaynaklanan Sülfürik Asit Atıklarının Kireçli Toprakların Islahı Amacıyla Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- Düring, R.A., Gäth, S. (2002). Utilization of Municipal Organic Wastes in Agriculture Where Do we Stand, Where will we go? J. Plant Nutr. Soil Sci., 165, 544-556.
- Filibeli, A. 1996. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, DEÜ, İZMİR.
- İleri, R. 2007. Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Ders Notları.
- Kocaer, F.O., Kemiksiz A., Başkaya, H.S., 2003. Arıtma Çamuru Uygulanmış Bir Topraktaki Organik Azotun Mineralizasyonu. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, 2003.
- Ludovico Spinosa and P.Aarne Vesilind, 2001. Sludge into Biosolids, Processing, Disposal and Utilization, IWA Publishing, UK, 2001.
- Nisanoğlu, G., “Atık su Arıtma Sistemlerinin ve Bu Sistemlerden Elde Edilen Çamurların Tarım Olanaklarında Kullanılması Olanakları” Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1998.
- Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U. 2005. Atık Su Arıtımının Esasları. Eysel, Endüstriyel Atık su Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, 2005.
- Palabıyık, H., Çevre Sorunu Olarak Kentsel Katı Atıklar (Çöpler) ve Entegre Katı Atık Yönetimi, Türk İdare Dergisi, 70(420):45-64, 1998, Ankara.
- Strauch, D. (1991) Survival of pathogenic micro-organisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. Rev. Sci. Techn. Off. Int. Epiz. 10, 813-846.
- Spellman, F.R., Wastewater Biosolids to Compost. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A., 1997.
- Taşatar, B. , “Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri”, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 1997.
- Topcuoğlu B., Önal M.K. ve Arı N., 2003. Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2003.
- Ünal, M., Katkat, A.V. 2003. Bisküvi ve Şekerleme Sanayii Arıtma Çamurunun Toprak Özelliklerine ve Mısır Bitkisinin Kimi Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2003.