

12. Yönetim Sistematiğinin Oluşturulması (IP 12)

12.1. Genel

Arıtma çamurlarının işlenmesi ve nihai olarak bertaraf edilmesi çok uzun bir süre atıksu arıtımı kadar ilgi görmemiş olsa da günümüzde uygun bir şekilde bertaraf edilmemiş arıtma çamurlarının çevre için önemli bir problem oluşturduğu bilinmektedir. Bu sebeple, atıksu arıtma tesislerinde çamur yönetiminin önemi giderek artmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurların yönetimi konusunda günümüz dünyasında temel kavramlar ve uygulamalarda önemli farklılıklar mevcuttur. Eskiden yararlı kullanım kavramı, “arıtma çamurlarının arazi uygulamalarında toprak iyileştirici olarak kullanımı” anlamını taşıırken, bu kavram günümüzde arıtma çamurlarından anaerobik çürütme ve yakma ile enerji geri kazanımı tartışmalarının odaklandığı bir kavrama dönüşmüştür. Böylelikle, arıtma çamurları günümüzde bir atık olarak değerlendirilmek yerine yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple, arıtma çamurlarının yönetimi günümüzde ve gelecekte çevresel eğilimleri yönlendirmede karar mekanizmaları için önemli bir konu olarak ortaya çıkmıştır. Yönetim sisteminin geliştirilmesi ise gerek çamurların yararlı kullanım çerçevesinde değerlendirilmesi, gerekse enerji kaynağı olarak kullanım imkanları ile sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır.

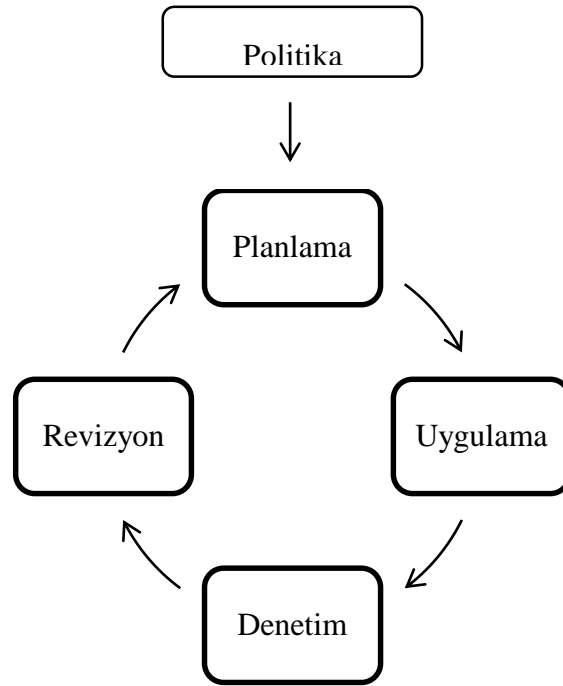
Çamur yönetimde günümüzde ve gelecekteki eğilimler gözden geçirildiğinde esas olarak karşımıza çıkan kavramlar “yasal çerçeve”, “teknoloji”, “işletme ve yönetim”, “iletişim araçları ve eğitim” ve “gelecekte izlenebilecek yollar”dır. Bu kavramların hem yerel, hem de ulusal ölçekte değerlendirilmesi gereği ortadadır.

Arıtma çamuru yönetim sisteminin tüm bileşenleri göz önünde bulundurularak ortaya konacak yönetim planının çamur oluşturan tesislere bazı alternatifler sunacak şekilde geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çamur yönetimi ile ilgili yasal düzenlemeler arıtma çamurlarının yararlı kullanımı ve uzaklaştırılması için çeşitli alternatifleri de ortaya koymalıdır. Bu sayede, geliştirilecek çamur yönetimi planları, tasarımcı ve işletmecilere, tesislerde özel hususlar söz konusu olduğunda *çamur yönetimi alternatifinin seçiminde* esneklik sağlayabilecektir.

Arıtma çamurlarının yönetimi, çamurun oluşumundan nihai olarak bertaraf edilmesi/ yararlı kullanımına kadar olan tüm aşamaları kapsar. Dolayısıyla, çamurun özelliklerinden işleme yöntemine, çamur nihai bertaraf/yararlı kullanım yönteminin seçimine, seçilen bertaraf/yararlı kullanım yöntemi kullanıldığında yasal yükümlülükler ile çizilen çerçevede kalınıp

kalınmadığının izlenmesi ve denetlenmesine kadar pek çok bileşeni bünyesinde barındırır. Bu karmaşık yapının işlevsel olabilmesi için, *her aşamasında yönetici, tasarımcı ve işletmecilere alternatifler sunabilme esnekliğine sahip olması* önemsenmesi gereken bir yaklaşımdır.

Karar verici kurumlar tarafından belirlenecek politikalar çerçevesinde planlamalar yapıldıktan sonra uygulama ve uygulamaların denetimi aşamalarında yaşanacak tecrübe ve bilgi birikimi doğrultusunda gerekli revizyonlar (düzenleme ve iyileştirmeler) yapılmalıdır. Yönetim sisteminin elemanlarını oluşturan bu aşamalar, bir döngü içerisinde (Şekil 12.1) arıtma çamuru yönetimi konusunda yapılacak planlamaların daha gerçekçi ve uygulanabilir olmalarını sağlar.



Şekil 12.1 : Çamuru yönetim sisteminin elemanları (PURE, 2012)

12.2. ÇAMUR YÖNETİMİ KOMBİNASYONLARI

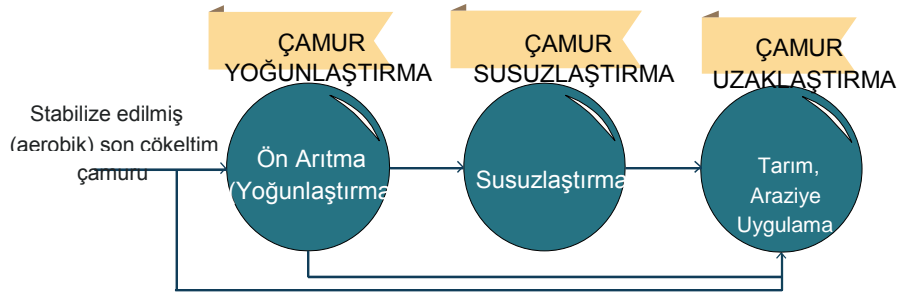
Çamur yönetiminde; çamurun stabilizasyonu, çamur su içeriğinin ve hacminin azaltılması, ekonomik olduğu durumlarda çamurun enerji potansiyelinin kullanılması ve insan, hayvan ve bitkiler ile temas halinde olabilecek çamurlar için patojen mikroorganizmaların azaltılması ve en uygun şekilde nihai olarak bertaraf edilmesi amaçlanmaktadır. Çamur yönetim sisteminin oluşturulması, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı için yönetmeliklerin düzenlenmesi ve uygulanmasında, ayrıca Avrupa Birliği sürecinde önemli bir kılavuz olacaktır.

Arıtma çamurlarının yönetiminde bütünsel yaklaşımların geliştirilmesi, çevresel açıdan sağlıklı, sürdürülebilir ve ekonomik olarak uygun yönetim stratejilerinin oluşturulması çok

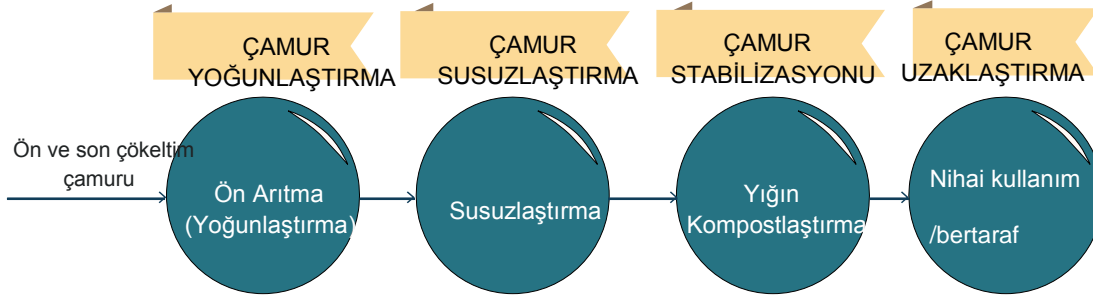
önemlidir. Uygulandığı bölgedeki yerel koşullara uyumlu olması, ekonomik olması ve geri kazanım ilkelerini dikkate almasının yanı sıra, kilit bir öneme sahip bir bileşen olarak “sürdürülebilir” olmasında en önemli etken, hem karar vericiler hem de uygulamacılar tarafından geniş kabul gören bir sistem olarak tasarlanması gerekmektedir.

Arıtma çamurlarının miktarı ve özelliği, atıksu arıtma tesislerinin kapasitesine (eşdeğer nüfus, EN) ve uygulanan arıtma teknolojilerine göre farklılık göstermektedir. Farklı eşdeğer nüfus aralıkları için çamur yönetim sistematığının oluşturulması çamur yönetiminin hem teknik hem de ekonomik açıdan uygulanabilirliğini sağlamaktadır. Eşdeğer nüfusa göre oluşturulmuş olan çamur yönetimi sistematığında atıksu arıtma tesisleri küçük, orta ve büyük ölçekli olarak üç sınıfta kategorize edilmiş olup bu sınıflar sırasıyla <10.000 EN, 10.000 – 100.000 EN ve >100.000 EN değerlerine karşılık gelmektedir (PURE, 2012). Küçük ve orta ölçekli atıksu arıtma tesisleri için çamur özelliğine ve nihai bertaraf yöntemine göre iki farklı çamur arıtma teknoloji kombinasyonu önerilmektedir (PURE, 2012). Küçük ve orta ölçekli tesislerde stabilizasyon amacıyla aerobik çürütme uygulama kolaylığı açısından daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Aerobik stabilizasyon sonrasında elde edilen çamur, yoğunlaştırma ve susuzlaştırma sonrası tarımda ya da araziye uygulamada kullanılabilir (Şekil 12.2). Aerobik stabilizasyona tabi tutulmamış ham çamurun yönetiminde ise yoğunlaştırma ve susuzlaştırma proseslerini yığın kompostlaştırma ile stabilizasyon ve son ürünün işlenmesi adımları takip etmektedir (Şekil 12.3).

Arıtma çamurlarının toprakta faydalı kullanımının hedeflendiği tüm tesislerde tesis boyutundan bağımsız olarak stabilizasyon uygulanmalıdır. Stabilizasyon işlemi yönetmelik gereği zorunlu olmasının yanı sıra, halk sağlığının korunması için de öncelikli olarak uygulanması gereken bir işlemdir. Küçük ölçekli arıtma tesislerinde (EN < 10.000) arıtma çamurlarının aerobik çürütücü ya da basit bir yığın kompostlama ile stabilize edilmesi önerilmektedir (PURE, 2012).

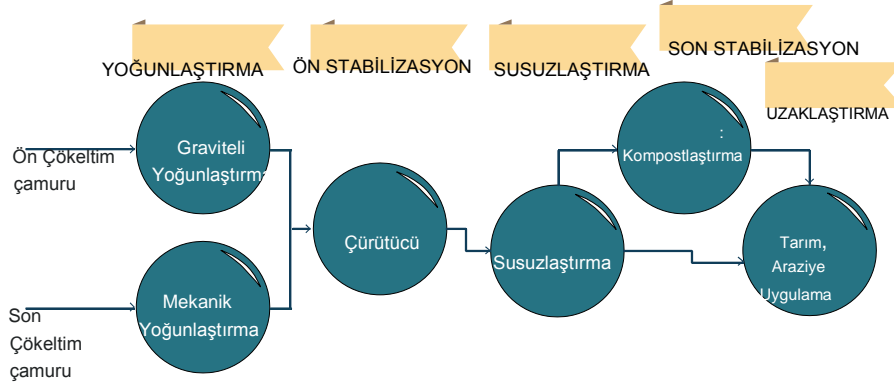


Şekil 12.2 : Aerobik stabilizasyon ile küçük ve orta ölçekli atıksu arıtma tesisi çamur yönetimi



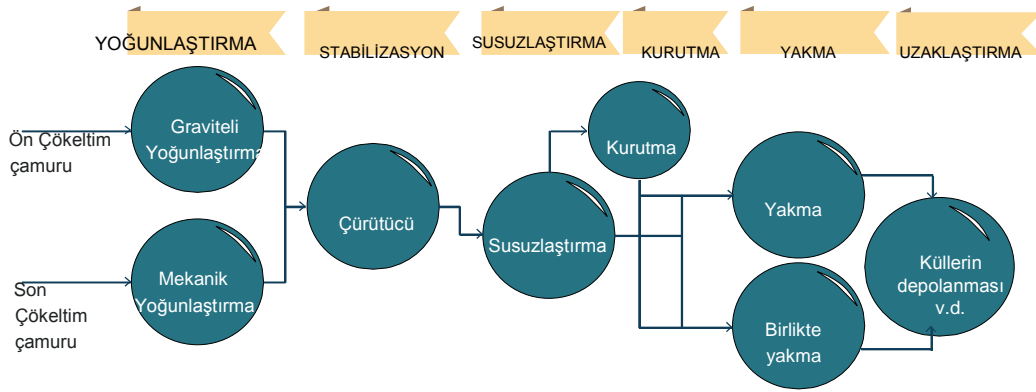
Şekil 12.3 : Kompostlaştırma ile küçük ve orta ölçekli atıksu arıtma tesisi çamur yönetimi

Orta ve büyük ölçekli tesislerde ($EN = 10.000-100.000$ ve $EN >100.000$) ise nihai bertaraf yöntemine göre iki farklı sistematik uygulanabilir. Nihai bertaraf olarak çamurun tarımda kullanılması ve araziye uygulanmasının seçilmesi durumunda mutlaka insan sağlığı açısından patojen mikroorganizmaların giderilmesi gerekmektedir. Bu sebeple ön ve son çökeltim çamurları için sırasıyla graviteli ve mekanik yoğunlaştırma uygulamalarını takiben anaerobik stabilizasyon ve susuzlaştırma prosesleri uygulanmalıdır. Bu şekilde işlenen çamurlar, mikrobiyal içerik bakımından minimum gerekliliği sağlayarak toprakta kullanılabilir hale gelmektedir. Bunu takiben yapılacak opsiyonel bir kompostlaştırma sağlığa zararlı mikroorganizmaların yüksek oranda giderimi sağlanarak yüksek kaliteye sahip çamur elde edilebilir. Bu çamurların tarımda ya da arazide kullanımı mümkün olabilir (Şekil 12.4).



Şekil 12.4 : Orta ve büyük ölçekli atıksu arıtma tesisi çamur yönetimi

Nihai bertaraf için yakma prosesi uygulanan büyük ölçekli arıtma tesislerinde (EN > 100.000), benzer şekilde ön ve son çökeltim çamurları için sırasıyla graviteli ve mekanik yoğunlaştırma uygulamalarını takiben enerji elde etme amacıyla anaerobik stabilizasyon uygulanabilmektedir. Susuzlaştırma ve kurutma proseslerini takiben çamur tek başına ya da birlikte yakma proseslerine tabi tutularak oluşan küllerle birlikte depolanabilir (Şekil 12.5). Bu uygulamada anaerobik stabilizasyonun kullanılıp kullanılmayacağına sistemin bir enerji dengesi yapılarak karar verilmelidir. Çamurun enerjisinin arıtma tesisi bünyesinde elde edilmesi ve kullanılması daha öncelikli ise anaerobik çürütücü ile çamurun enerjisi tesis bünyesinde kullanılabilir ve yakma/birlikte yakma işlemi enerji geri kazanımından çok bir bertaraf yöntemi olarak kullanılabilir. Yakma ya da birlikte yakma sırasında çamur ek yakıt olarak kullanılması hedefleniyorsa, olabildiğince yüksek kalorifik değere sahip çamurun yakma tesisine gönderilmesi esas olmalıdır. Bu durumda çamurun kalorifik değerini düşüren anaerobik stabilizasyon işleminin uygulaması önerilmemektedir. Bununla birlikte yakma tesisinde olası arıza, devre dışı kalma vb. durumlarına karşı yine de çamurun stabilize edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.



Şekil 12.5 : Büyük ölçekli atıksu arıtma tesisi çamur yönetimi

12.3. Farklı Ülkelerde Kullanılan Çamur Yönetim Sistemleri

Arıtma çamurlarının bertarafında geçmişte uygulanan en yaygın yöntemler arasında düzenli depolama, büyük çamur havuzlarında depolama, kurak iklime sahip bölgelerde güneşte kurutma veya okyanusa atma gibi alternatifler ön plandayken günümüzde birçok ülkede faydalı kullanıma yönelik yöntemler tercih edilmektedir. Bu yöntemler arasında susuzlaştırılmış çamurun kompostlaştırma veya çürütme neticesinde tarımda gübre olarak veya bozulmuş alanları iyileştirme amaçlı kullanımı ve enerjisinden faydalanmak amacıyla tek başına veya birlikte yakılması yer almaktadır.

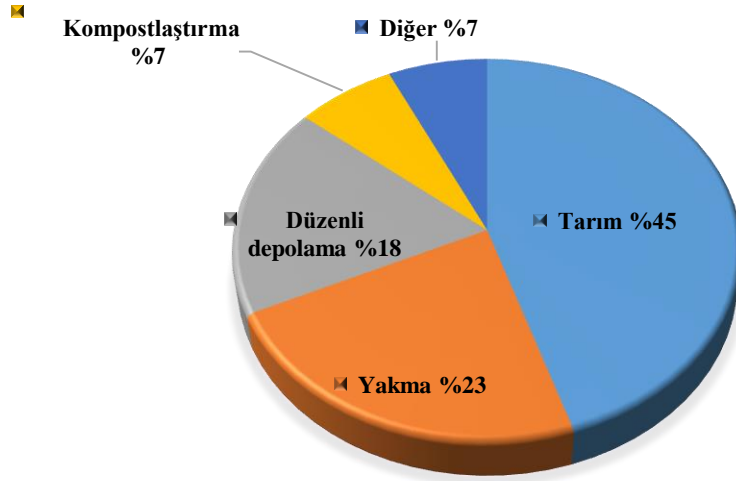
Çamurun bertarafında ülkesel bazda belirlenmiş olan yönetmelikler ve politik hedefler doğrultusunda yöntem seçimine gidilmektedir. Günümüzde Avrupa’da ve Baltık denizi kıyısında yer alan ülkelerde farklı çamur bertaraf yöntemleri kullanılmaktadır. Çamur bertaraf stratejileri bölgeden bölgeye değişim gösterebilmekte olup, özellikle Baltık Denizi’ne kıyısı olan ülkelerde çamurun tarımsal kullanımı veya yakılması çamurun faydalı kullanımını veya enerji olarak geri kazanımı hedeflediğinden en sık uygulanan bertaraf yöntemleri arasında yer almaktadır. Aynı bölgede kompostlaştırma prosesine tabi tutulmuş veya benzer şekilde hijyeni sağlanmış olan çamur, park ve bahçeler gibi yeşil alanlarda kullanılabilir.

Avrupa ülkelerinden Hollanda, Belçika ve İsviçre’de çamurun tarımsal amaçlı kullanımına yasaklamalar veya kısıtlamalar getirildiği ve oluşan çamurun yakılmasının bertaraf yöntemi olarak ön plana çıktığı görülmektedir. Finlandiya, Estonya ve Norveç gibi ülkelerde ise çamur, kompostlaştırma prosesinden sonra yeşil alanlara serilebilmektedir. Bunun haricinde Malta,

Yunanistan, İzlanda gibi bazı ülkelerde ise oluşan arıtma çamurlarının tamamına yakınının düzenli depolamaya gönderilmesine devam edilmektedir (PURE, 2012).

Çamurun içeriğindeki yüksek organik madde konsantrasyonu, çürütme uygulanmış veya çürütme uygulanmamış çamurun, kurutma sonrasında yakma alternatifini ön plana çıkarabilmektedir. Bu seçenek ile çamur hacminde de önemli miktarda azalma sağlanabilmektedir.

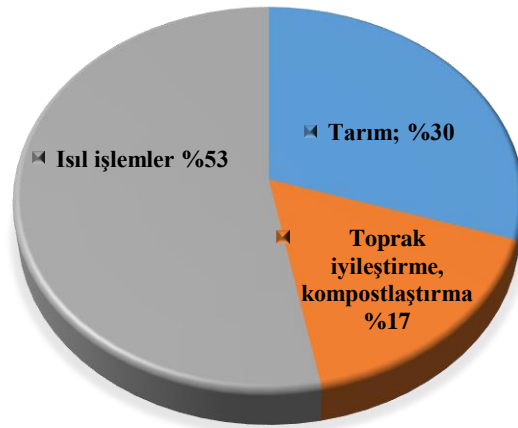
Bertaraf yöntemleri arasında yer alan çamurun düzenli depolamaya gönderilmesinin, özellikle Avrupa Birliği uyum sürecinde getirilen yönetmelikler doğrultusunda önümüzdeki yıllarda azalması öngörülmekte olup, daha çok geri kazanıma yönelik uygulamaların ön plana çıkması beklenmektedir. Günümüzde Avrupa Birliği genelinde uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin dağılımı Şekil 12.6'da verilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere en yaygın bertaraf yöntemi tarım alanlarında kullanım (%45) olup, ikinci sırada ise yakma alternatifi (%23) yer almaktadır. Şu anda üçüncü sırada yer alan düzenli depolamanın (%18) çamurun içerdiği organik madde ve besi maddesinin kontrolsüz bir şekilde gömülmesini engellemek amacıyla getirilen yönetmelikler neticesinde ileriki yıllarda azalması beklenmektedir. Çamur yönetiminde kullanılan sonraki alternatif %7 ile kompostlaştırmadır (PURE, 2012).



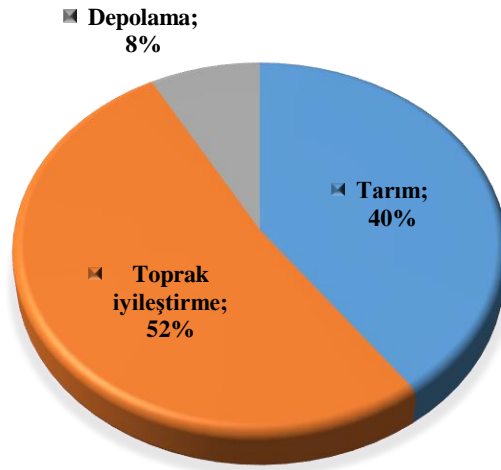
Şekil 12.6 : Avrupa Birliği'ne üye ülkeler genelinde uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin yüzde dağılımı (PURE, 2012).

Çamur yönetiminin özellikle de bertaraf yönteminin ülke ihtiyaçları ve politikaları ile şekillendiğinden yukarıda bahsedilmiştir. Aşağıda çeşitli ülkelerin yaklaşımları özetlenmeye çalışılmaktadır. Almanya genelinde bölgeden bölgeye uygulanan bertaraf yöntemlerinde değişiklik gözlenirse de oluşan çamurun büyük çoğunluğunun enerji elde etmek üzere yakılarak (%53) değerlendirildiği görülmektedir (Şekil 12.7). Yakma alternatifinden sonra gelen bertaraf yöntemi tarımda uygulama (%30) şeklindedir. Toprak iyileştirme ve kompostlaştırma ise %17 civarındadır. İsviçre ve Almanya’da arıtma çamurlarının düzenli depolanması yasaklanmış olup, Danimarka ve Finlandiya’da ise yasak olmamasına rağmen, az bir miktarda çamur düzenli depolamaya gönderilmektedir (PURE, 2012).

Macaristan’da uygulanan yöntemlere bakıldığında, oluşan çamurun yarısından fazlasının toprak iyileştirmede (%52), %40’ının ise tarımda kullanıldığı, %8’lik bir kısmın da düzenli depolamaya gönderildiği görülmektedir (Şekil 12.8).

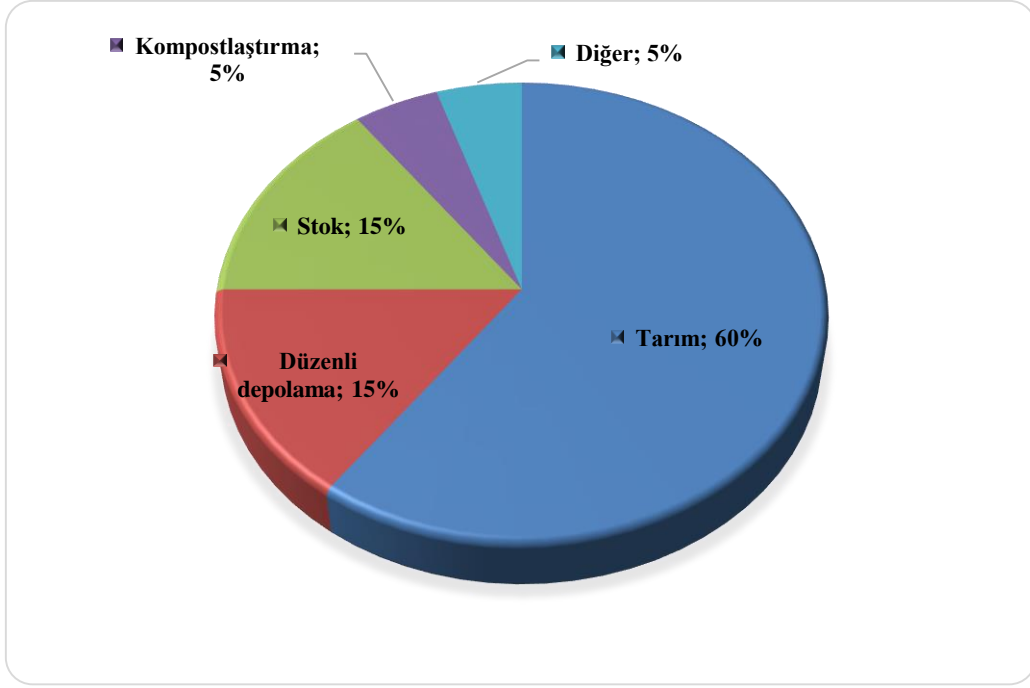


Şekil 12.7 : Almanya’da uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin yüzde dağılımı (Zsabokorszky, 2012).

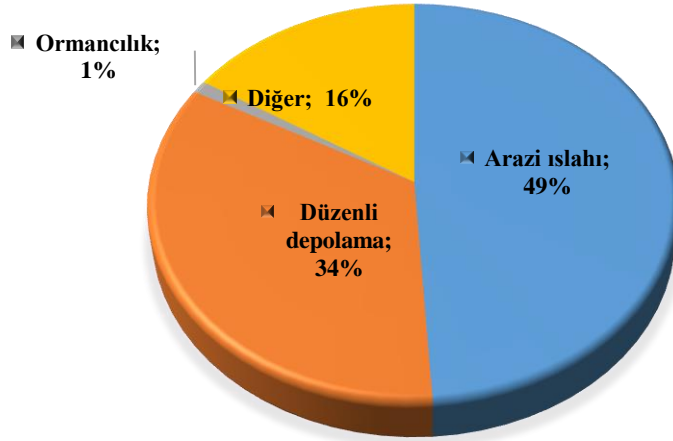


Şekil 12.8 : Macaristan’da uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin yüzde dağılımı (Zsabokorszky, 2012).

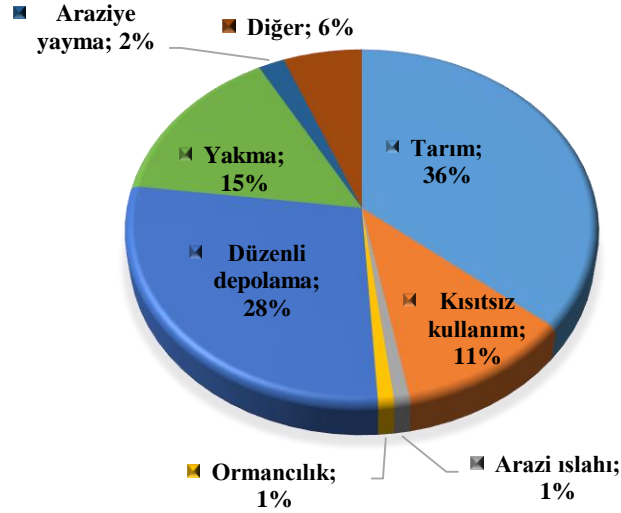
Çamur bertaraf yöntemi Avustralya’da bölgeden bölgeye değişim gösterse de, Avrupa Birliği’ndeki ülkelere benzer şekilde, oluşan çamurun büyük bir çoğunluğu Şekil 12.9’da verildiği gibi tarımda (%60) kullanılmaktadır. Bunu %15 ile düzenli depolama takip etmektedir. Yeni Zelanda’da uygulanan çamur bertaraf yöntemlerine bakıldığında ilk sırada arazi ıslahı amaçlı kullanım (%49) ve bunu takiben düzenli depolama (%34) yer almaktadır (Şekil 12.10). Amerika Birleşik Devletleri’nde çamur bertarafında sırasıyla tarımda kullanım (%36), düzenli depolama (%28) ve yakma (%15) yöntemleri uygulanmaktadır (Şekil 12.11). Avustralya, Yeni Zelanda ve Amerika Birleşik Devletleri’nde çamur yönetiminde standartlarının belirlenmesinde patojen ve vektör azaltımı, numune alma ve raporlama gerekliliği bulunmaktadır. Avrupa Birliği mevcut Çamur Direktifi’nde ise çamur yönetimi, numune alma ve raporlama ile ilgili özel zorunluluklar bulunmamaktadır.



Şekil 12.9 : Avustralya’da uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin yüzde dağılımı (Darvodelsky, 2009).



Şekil 12.10 : Yeni Zelanda’da uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin yüzde dağılımı (Darvodelsky, 2009).

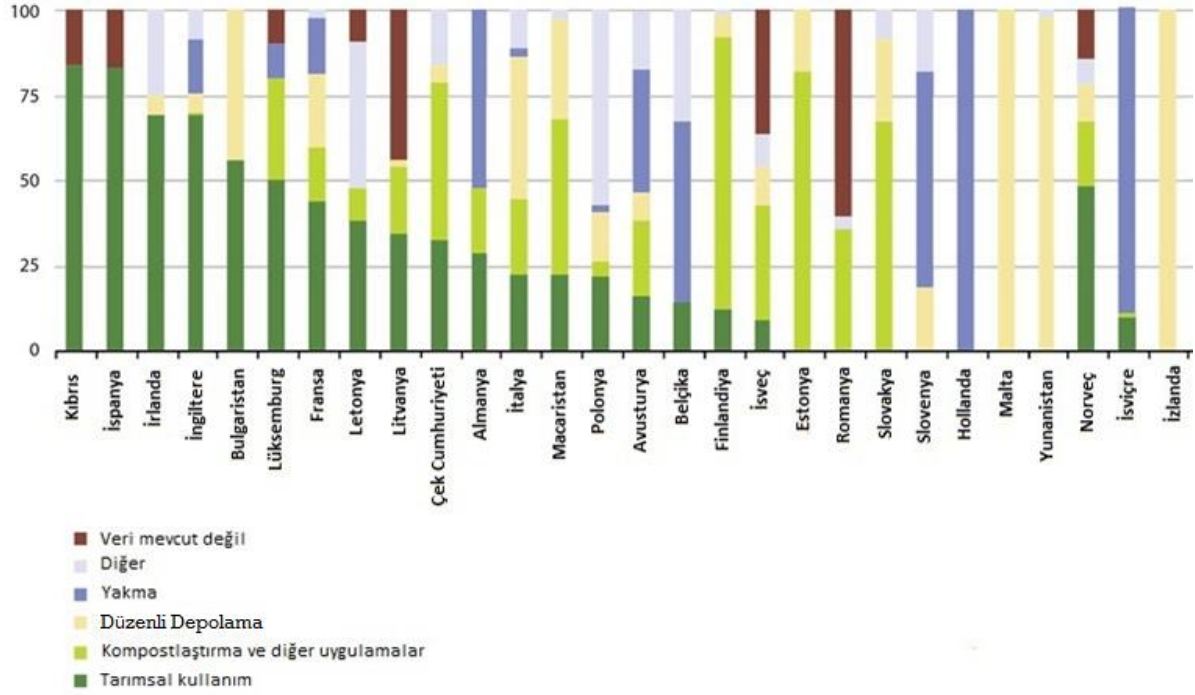


Şekil 12.11 : Amerika Birleşik Devletleri'nde uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin yüzde dağılımı (Darvodelsky, 2009).

Hangi bertaraf yönteminin uygulanacağını belirlemede çoğunlukla ulusal yönetmelikler ve çevre politikalarının katkısı bulunmaktadır. Çamur yönetimi ile ilgili geliştirilmekte olan yönetmeliklerde özellikle insan sağlığını etkilediği ve çevreyi kirlettiği için çamurda bulunabilecek bazı kimyasalların ve patojenlerin kontrolü esas alınmaktadır. Arıtma çamurları, yüksek konsantrasyonlarda karbon, azot ve fosfor gibi besin maddelerini barındırmakla birlikte metal ve organik kirleticileri de içermektedir. Çamurdaki kirletici konsantrasyonları atıksuyun toplandığı bölgedeki evlere ve endüstrilerin miktar ve sektörlerine bağlıdır. Yüksek konsantrasyonlardaki bakır ve çinko evlerden de kaynaklanabilirken kadmiyum, krom, cıva ve kurşun genellikle sadece endüstri kaynaklıdır. Ayrıca, endişe yaratan iz organik kirleticiler de büyük oranda endüstriyel kaynaklardan atıksulara verilerek arıtma çamurlarına kadar ulaşmaktadırlar. Bu kapsamda evsel ve kentsel atıksu arıtma tesislerine gelen atıksuların kontrolü çok önemlidir. Arıtma çamurlarının yönetiminin ilk basamağı arıtma tesisine gelen endüstriyel atıksuyun kontrolü ve etkin deşarj izin işlemi ile denetim sürecidir. Bu ön koşulun sağlandığı durumda çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelikte verilen sınır değerler kolaylıkla sağlanabileceğinden arıtma çamurlarının toprakta kullanılabilmesinde bir problem yaşanmayacaktır.

Arıtma çamurlarının yüksek organik madde içeriğinden dolayı kurutulmuş çamurun yakılarak hacminin azaltılması olasıdır. Fazladan enerji üretilmesi sayesinde elektrik ya da termal enerji üretimi de mümkündür. Yakma sonrası oluşan küllerin nasıl uzaklaştırılacağı ise hala çözüm bekleyen konular arasındadır. Bu noktada da çimento fabrikaları gibi birlikte yakma tesisleri kül oluşumuna yol açmadıkları için uygun çözüm üretiminde yardımcı olabilecek seçeneklerdir.

Pek çok ülkede arıtma çamurlarının düzenli depolama sahalarına gönderilmesi gittikçe daha az kullanılan bir yöntemdir. Hatta bazı ülkelerde bu yasaklanmıştır. Arıtma çamurlarının düzenli depolama sahalarına gönderilmesi çamurların besin maddesi ya da enerji kaynağı olarak kullanılmasını engellemektedir. Avrupa Birliği'nde çamur yönetim alternatiflerinin ülke bazındaki dağılımı Şekil 12.12'de verilmiştir.



Şekil 12.12 : Avrupa Birliği'nde çamur yönetim alternatiflerinin ülke bazındaki dağılımı (Eurostat, 2012).

Her bir çamur yönetim alternatifinin ülkeden ülkeye kullanım şekli değişebilmektedir. Ülkeler bazında da alternatiflerin uygulanmasına yönelik çeşitli kriterler ve limitler geliştirilmiştir. Bazı ülkeler için çamur yönetim alternatiflerinin uygulanmasında kullanılan bazı kriterler ve limitler Tablo 12.1'de özetlenmiştir.

Tablo 12.1 : Çamur yönetim alternatiflerinin kullanılmasına yönelik olarak çeşitli ülkelerde kullanılan kriter ve limitler (PURE, 2012)

Ülkeler	Toprağa uygulanan azami miktarlar (Tarımsal kullanım)	Ormanlık alanda, ağaçlandırma, arazi geri kazanımı, yeşil alanlarda kullanımı	Yakma/ düzenli depolama
Finlandiya	Toprak kalitesine ve ekilmiş ürünlerin besi maddesi ihtiyaçlarına göre belirlenir	Tarım ve Orman Bakanlığı'nın kararı - tarımla ilgili limit değerleri ve arsenik parametresi	Toplama, arıtma ve düzenli depolamadan çıkan gazların kullanımı. Yakma: enerji geri kazanımı açısından tercih edilir
İsveç	Azami toplam P miktarı: toprağın sınıfına göre değişir. Azami toplam NH ₄ -N: 150 kg/ha-yıl	İsveç Çevre Koruma Ajansı önerileri doğrultusunda kullanılır	Düzenli depolamaya 2005'ten beri izin verilmiyor. Yakma: bölgesel otoritelerin izinlerine tabi
Danimarka	7 ton kuru madde/ha-yıl	Ormanlık arazide kullanım: eğer yerel kurullar izin verirse Yeşil alanlarda: pastörizasyon sonrası	-
Almanya	5 ton kuru madde/ha-üç yıl	Ormada, ağaçlandırmada ve yeşil alanlarda kullanımı yasaklanmıştır	2005'ten itibaren sadece organik madde içeriği %5'in altında olan çamurlar düzenli depolamaya kabul edilmektedir
Estonya	-	Peyzaj ve rekultivasyon tarımsal kullanım ile aynı yönetmeliği bağlıdır	-
Letonya	Azami toplam P miktarı: 40 kg/ha-yıl Azami toplam NH ₄ -N: 170 kg/ha-yıl	Yönetmelikte ormanlık arazide kullanım ve arazi geri kazanımı için özel hükümler ve en yüksek miktarlar, yeşil alanlarda ağır metaller ile ilgili sınırlamalar mevcut	Düzenli depolama: tarımsal kullanım ile aynı yönetmelikte özel hükümler
Litvanya	3 ton kuru madde/ha-yıl	Yönetmelikte rekultivasyon ve enerji kazanımı için kullanılan bitkiler için özel hükümler mevcut; azami miktar: 100 ton/ha-yıl	Düzenli depolama: Ulusal stratejik atık yönetimi planına göre düzenli depolamaya biyolojik atıkların gönderilmesinin azaltılması yönünde hedefler mevcut
Polonya	5 ton kuru madde/ha-üç yıl	Tarımda, yeşil alanlarda, rekultivasyon ve kompost dışında kullanımı yasaklanmıştır; azami miktar: 15 ton/ha-yıl	Düzenli depolama: Atık Kanunu'na göre düzenli depolamaya biyolojik atıkların gönderilmesinin azaltılması yönünde hedefler mevcut
Avrupa Birliği	Üye ülkeler toprağa uygulanabilecek çamurun azami miktarları ile ilgili kurallar koyabilir	Arıtma Çamuru Direktifi (86/278/EEC) ile düzenlenmiştir	Düzenli depolama direktifi (1999/31/EC) Yakma direktifi (2000/76/EC)
Rusya	Azami toplam N miktarı 300 kg/ha-yıl Azami kuru madde miktarı: ağır topraklarda- 10 ton/ha-5 yıl, kumlu topraklarda- 7 ton/ha-3 yıl	Endüstriyel bitki yetiştirmede, yeşil alanlarda, ormanlarda, arazi geri kazanımında ve düzenli depolamada kullanılabilir.	Düzenli depolama: çamurlar kentsel katı atık depolama alanlarına verilebilir. Arıtma yapılmasına gerek yoktur.

Arıtma çamurlarının tarımda kullanımı Baltık Denizi Bölgesi'nde 40 yılı aşkın bir süredir uygulanan bir çamur yönetim alternatifidir. Tarımsal amaçlı kullanıma olan ilgi hem Avrupa

hem de Baltık Denizi Bölgesi'ndeki ülkelerde farklılık göstermektedir. Hatta Almanya örneğinde olduğu gibi ülke sınırları içerisinde bile farklı yaklaşımlar gözlenmektedir. Kuzey Almanya'da arıtma çamurlarının tarım amaçlı kullanımı %60'tan fazla iken Güney Almanya'da bu oran %20'nin altına düşmektedir.

Çamurda bulunabilecek kirletici ve patojenler, tarım sektörünün, politikacıların ve halkın arıtma çamurlarının tarım amaçlı kullanımına kuşku ile yaklaşmasına neden olmaktadır. Yeni fosfor geri kazanım teknolojilerinin, besi maddelerinin çamurdan geri kazanılması ve tarım amaçlı olarak kullanılmasına olanak tanınması umulmaktadır. Arıtma çamurlarını tarımsal amaçlı kullanan ülkeler farklı çamur arıtım yöntemleri ile patojen ve organik madde sınır değerleri belirlemiştirler (Tablo 12.2).

Tablo 12.2 : Tarımsal uygulamada patojen ve organik madde sınır değerleri (PURE, 2012)

Ülkeler	Arıtma teknikleri	Patojen sınır değerleri	Organik bileşenler sınır değerleri
Estonya	Kompostlaştırma, kimyasal ya da ısıtma işlemi de içeren aerobik/anaerobik çürütme	Fekal koliform <1000 kob ve helminth yumurtasına rastlanmamalı	-
Letonya	Depolama, aerobik, anaerobik ve kireç stabilizasyonu, kompostlaştırma, pastörizasyon, 100°C'de kurutma	-	-
Litvanya	Biyolojik, kimyasal ya da ısıtma işlemi, uzun süreli depolama ve sağlık etkilerini önemli derecede azaltan diğer prosesler	E.coli, Clostridium perfringes, helminth yumurtası ve larvası ile patojenik enterobakteriler	-
Polonya	Stabilizasyon + biyolojik, kimyasal, ısıtma ya da sağlık etkilerini önemli derecede azaltan diğer prosesler	100 g'da Salmonella'ya ve ascaris, tricharis ve toxocata yumurtalarına rastlanmamalı	-
Avrupa Birliği	Biyolojik, kimyasal, ısıtma, uzun süreli depolama veya diğer yöntemler	E.Coli <1000 kob Clostridium perfringes< 3000 kob	-
Rusya	Biyolojik, ısıtma arıtma, aerobik stabilizasyon, uzun süreli depolama, pastörizasyon, kompostlaştırma	E. Coli<100/1000, Salmonella, helminth yumurtası ve bağırsak kaynaklı patojenik protozoa olmamalı	Organik madde <%20, toplam N kuru maddenin %0,6'sından küçük olmalı, P2O5, toplam kuru maddenin %1,5 değerinden küçük olmalı

12.4. Türkiye’de Çamur Arıtım Yöntemleri ile Mevcut ve Planlanan Atıksu Arıtma Tesislerinden Oluşacak Çamur Miktarı ve Nihai Bertaraf Yöntemleri

Proje ekibi tarafından 2010 yılında yapılan anket çalışması verilerine göre Türkiye’de mevcut AAT’lerde günde 8.080.959 m³ atıksuyun arıtıldığı saptanmıştır. Buna göre, ülkemizde oluşan evsel/kentsel nitelikli atıksuların yaklaşık %66’sına arıtma işlemi uygulanmaktadır. Atıksu arıtma tesisi sayısına göre %72 evsel ve %28 kentsel nitelikli olan tesis oranlarının, arıtılan atıksu miktarlarına göre değerlendirilmesi sonucunda %50 evsel ve %50 kentsel nitelikte olduğu belirlenmiştir. Türkiye’deki arıtılan atıksu miktarı bazında %76 oranında biyolojik arıtma yapılmaktadır. AAT’lerde uygulanan arıtma teknolojileri arıtılan atıksu debisi bazında incelendiğinde BNR %44, KAÇ %35, UHAÇ %15, DF %3, SH %2,8, Biyodisk ve YSA %0,1 olarak saptanmıştır. BNR sisteminin dağılımı ise %51’i A2O, %40’ı Bardenpho,%4,8’i AO, %0,1’i ise MBR ve AKR şeklindedir.

Atıksu arıtma tesislerinde stabilizasyon işleminin tesislerin %25’inde uygulandığı bilgisi elde edilmiştir. Stabilizasyon işlemlerinde aerobik çürütme %53, anaerobik çürütme %29, kireçle stabilizasyon %16 ve kompostlaştırma %2 oranlarında uygulanmaktadır.

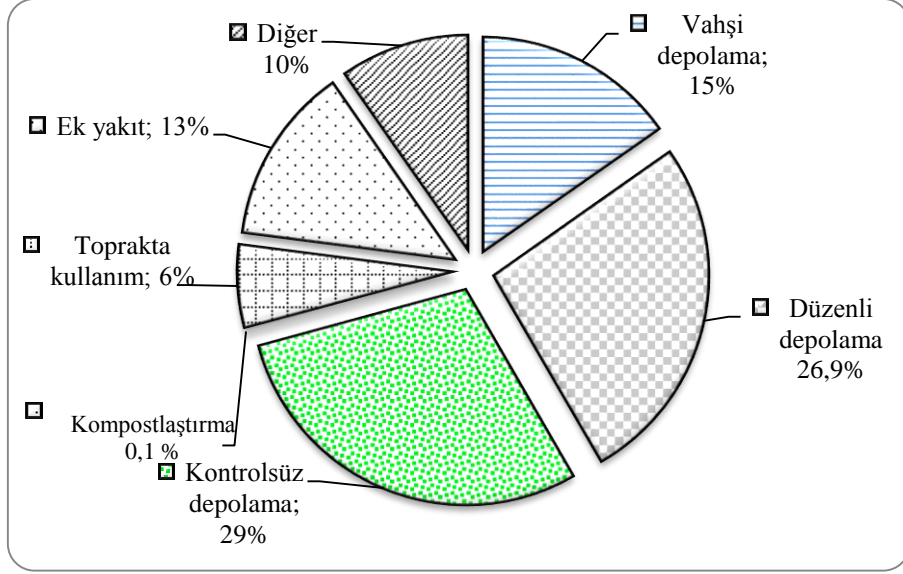
Türkiye’de çamur susuzlaştırmada en fazla belt pres (%54) kullanılmaktadır. Bunu sırasıyla dekantör santrifuj (%29), araziye yayma/ kurutma yatakları/lagün (%13) ve plakalı pres filtre (%4) takip etmektedir.

Ülkemiz için en uygun çamur yönetim sistematığının belirlenmesinde mevcut ve planlanan evsel/kentsel atıksu arıtma tesislerinden (AAT) oluşacak çamur miktarının ortaya konması gerekmektedir. Proje ekibi tarafından 2010 yılında Türkiye’deki evsel/kentsel AAT sayısı 305, toplam çamur miktarı 332.150 ton KM/yıl olarak belirlenmiştir. Kasım 2012’de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan alınan güncellenmiş AAT listesine göre, 2010 ile 2012 yılları arasında 89 tesis daha işletmeye alınmıştır. İlave tesislerin toplam çamur miktarı 14.466 ton KM/yıl olup, bu miktar 2010 yılındaki mevcut tesislerden oluşan çamur miktarının %4,3’üne denk gelmektedir (Tablo 12.3). Planlanan evsel/kentsel atıksu arıtma tesisi sayısı 2012 yılı itibarıyla 528 adettir. Türkiye’de mevcut ve planlanan tesislerden oluşacak toplam çamur miktarı ise 2025 ve 2040 yılları için sırasıyla 847.326 ve 911.069 ton KM/yıl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 12.3 :Türkiye’de 2025 ve 2040 yıllarında oluşacak toplam çamur miktarları

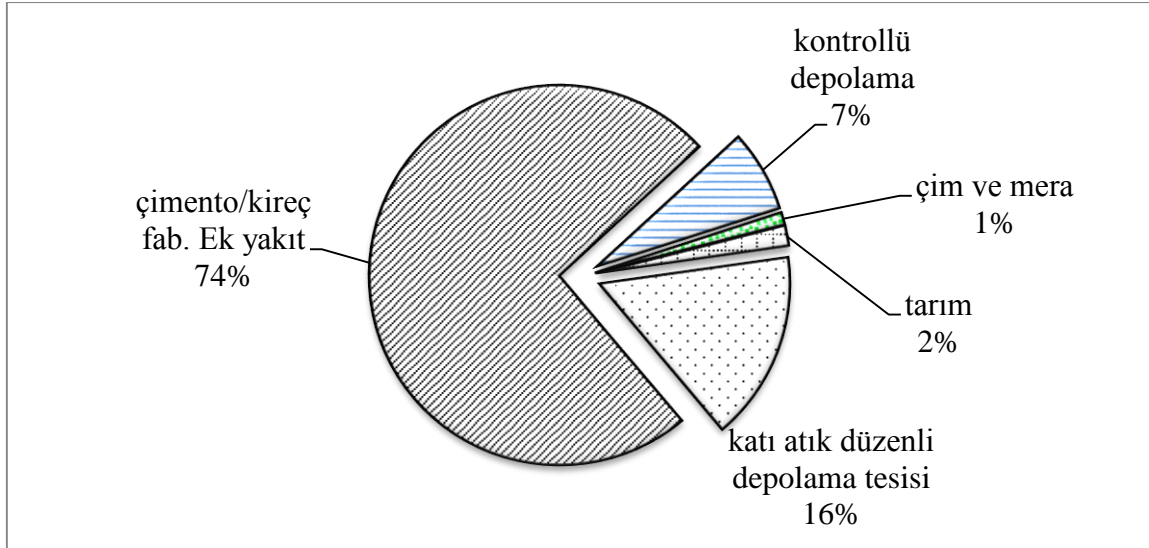
Çamur Miktarları (ton KM/yıl)										
	Mevcut Tesisler (Anket Bilgisi)			İlave Tesisler (ÇŞB Verisi)			Planlanan Tesisler		TOPLAM	
	[1]	[1]	[1]	[2]	[2]	[2]	[3]	[3]	[1]+[2]+[3]	[1]+[2]+[3]
	2010	2025	2040	2012	2025	2040	2025	2040	2025	2040
MB	107675	124299	133649	577	650	699	291164	313068	416113	447417
KB	5475	6320	6796	5130	5787	6223	32106	34522	44214	47540
EB	72270	83428	89704	6176	6966	7490	34464	37056	124858	134251
AKB	43070	49719	53460	106	120	129	22472	24163	72311	77751
İAB	77745	89748	96499	2238	2524	2714	20972	22550	113244	121764
GAB	15330	17697	19028	25	28	31	16329	17557	34054	36616
DAB	10220	11798	12685	214	241	260	30492	32786	42531	45731
Toplam	332150	383008	411822	14466	16318	17545	448000	481702	847326	911069

Türkiye’de 2010 yılında mevcut evsel/kentsel nitelikli AAT’lerinden oluşan arıtma çamurlarının bertaraf yöntemlerinin çamur miktarlarına göre dağılım Şekil 12.13’de gösterilmiştir. Buna göre üretilen çamurun %29’u kontrolsüz, %26,9’u düzenli ve %15’i vahşi depolanmakta olup, %13’ü ek yakıt olarak, ve %6’sı ise toprakta kullanılmaktadır. Diğer uzaklaştırma yöntemleri ise %10 civarındadır.



Şekil 12.13 : Mevcut AAT'lerden (2010 yılı) oluşan arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırma yöntemlerinin çamur miktarlarına göre dağılımı

Planlanan evsel/kentsel atıksu arıtma tesislerinden oluşacak arıtma çamurlarının bertaraf yöntemlerinin dağılımı Şekil 12.14'de verilmiştir. Anket verileri kullanılarak bertaraf yöntemleri çamur miktarlarına göre değerlendirildiğinde oluşacak çamurun büyük bir kısmının tesisler tarafından çimento/kireç fabrikalarında ek yakıt (%74) olarak kullanılmasının planlandığı görülmektedir. Bunu sırasıyla katı atık düzenli depolama tesisinde depolama (%16), kontrollü depolama (%7), tarımda kullanım (%2) ile çim ve mera alanlarında kullanımın (%1) takip ettiği belirlenmiştir.



Şekil 12.14 : Planlanan AAT'lerden oluşacak arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırma yöntemlerinin çamur miktarlarına göre dağılımı

12.5. Çamur Yönetim Sistemleri Maliyetleri

Çamur yönetiminde kullanılan farklı sistemlerin maliyetleri Tablo 12.4'te gösterilmiştir (PURE, 2012). Farklı kaynaklarda maliyetler USD olduğundan 1 Avro=1,3 USD ve 2,5 TL alınarak aşağıdaki tüm maliyetler Avro bazında verilmiştir. Aktarmalı yığında kompostlaştırma en ucuz kompostlaştırma metodu olup, ilk yatırım maliyeti karıştırma makinalarının kapasitesine göre 500.000 ila 3.000.000 Avro arasında değişmektedir. Kapalı reaktörde kompostlaştırma sistemlerinin ilk yatırım maliyeti aktarmalı yığın sistemlere göre daha yüksek olup, 1.500.000 ila 5.000.000 Avro aralığındadır. Kompostlaştırma uygulamasında hava girişini kolaylaştırmak ve poroziteyi arttırmak için yığınlara genellikle ağaç parçaları vb. katkı malzemeleri ilave edilir. Bu malzemeler proses sonunda elekten geçirilerek tekrar kullanılabilir. Bununla birlikte proste zamanla ayrışan katkı malzemeleri için yığınlara bir miktar yeni malzeme ilave edilmesi gerekir. İlave edilen yeni malzemenin maliyeti 10 Avro/ton KM'den daha düşüktür (PURE, 2012). Bir başka kaynakta, arıtma çamurları için yaygın olarak kullanılan havalandırmalı statik yığın sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin yaklaşık 30.000 Avro/ton KM-gün, kapalı reaktörde kompostlaştırma sistemlerinin ise ~30.000-75.000 Avro/ton KM-gün olduğu belirtilmiştir (Shammas ve Wang, 2006a). Tipik işletme-bakım maliyetleri ise havalandırmalı statik yığın sistemlerde 145 Avro/ton KM-gün, kapalı reaktörde kompostlaştırmada 145-190 Avro/ton KM-gün değerleri arasında değişmektedir. Prosten elde edilen kompost ürününün satış fiyatı 10-20 Avro/ton (yaş ağırlık) mertebelerinde olup, bazı tesislerde kompost daha düşük fiyatlarla veya ücretsiz olarak da verilmektedir (Shammas ve Wang, 2006a).

Termal çamur kurutma sistemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri, önemli miktarda enerji ihtiyacı nedeniyle yüksektir. Bu nedenle termal çamur kurutma tesislerinin, biyogaz veya atık depolama tesisi gazı vb. birincil enerji kaynaklarından üretilecek atık ısı bulunan yerlerde kurulması tercih edilmektedir. Başlıca çamur kurutma uygulamaları, direkt veya dolaylı olarak yapılmakta olup, ilk yatırım maliyetleri kapasite, kullanılan ekipman ve kurutma tipine bağlı olarak 500.000 ila 2.000.000 Avro arasında değişebilmektedir (Tablo 12.4, PURE, 2012). Sadece ekipman maliyeti (20-100 ton KM/gün kapasiteli bir tesis için) 85.000-140.000 Avro/tonKM-gün aralığında değişmekte, bina vb. tüm bileşenlerle birlikte toplam maliyet 170.000-230.000 Avro/ton KM-gün tutarında olmaktadır (WEF, 2004). İşletme-bakım maliyeti 140-230 Avro/ton KM civarındadır. Bu maliyet önemli ölçüde kullanılan yakıtın maliyetine bağlı olup, yakıt maliyeti toplam maliyetin %25-55'ini oluşturmaktadır (WEF, 2004).

Tablo 12.4 : Çamur yönetim sistemleri maliyetleri (PURE, 2012).

Teknoloji	Maliyet	Açıklamalar
Aktarmalı Yığın Kompostlaştırma	500.000 € - 3.000.000 €	Eşdeğer Nüfus ≤ 1,000,000 olan belediyeler için uygundur
Kapalı Reaktörde Kompostlaştırma	1.500.000 € - 5.000.000 €	
Termal kurutma –(Direkt veya dolaylı kurutma) (45-90 % kuru madde)	500.000 €-2.000.000 €	Kurulu güç : 150-200 kW Elektrik enerjisi tüketimi : 70-100 kWsa/t KM Enerji maliyetinin düşürülmesi için ikincil ısıdan faydalanılabilmektedir.
Akışkan yataklı yakma	20.000.000 € - 40.000.000 €	Yakma sıcaklığı : 850-950°C Kurulu güç: 400-600 kW İşletme için özel eğitilmiş teknik elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Çamur tekil yakma ve birlikte yakma için uygundur
Izgaralı yakma	60.000.000 € - 100.000.000 €	Yakma sıcaklığı : 850-1000°C Kurulu güç : 300-500 kW İşletme için özel eğitilmiş teknik elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Çamur tek başına yakma için uygun değildir. Çamur birlikte yakma için uygun ve çamur yüzdesi <%20 olmalıdır.
Birlikte yakma	60.000.000 € - 100.000.000 € 3.000.000 € - 5.000.000 €*	İşletme için özel eğitilmiş teknik elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

* Çamur yakma için ilave yatırım maliyeti

Çamurlar tek başına yakılabildiği gibi, kentsel katı atık, kömür vb. diğer materyallerle birlikte de yakılabilir. İlk yatırım maliyetleri sadece çamurun yakıldığı akışkan yataklı sistemlerde 20.000.000 - 40.000.000 Avro, ızgaralı sistemlerde 60.000.000 - 100.000.000 Avro seviyelerindedir. Birlikte yakma sistemlerinin toplam ilk yatırım maliyetleri ızgaralı sistemlere benzer şekilde 60.000.000 - 100.000.000 Avro seviyesinde olup, çamur yakma için 3.000,000 - 5.000.000 Avro aralığında ilave bir yatırım yapılması gerekmektedir. (Tablo 12.4, PURE, 2012).

Diğer bir çamur yönetim sistemi olan kireçle stabilizasyonun 40000-230000 m³/gün kapasiteli atıksu arıtma tesisleri için ilk yatırım maliyeti 1.200.000-3.000.000 Avro, yıllık maliyet ise 800.000-3.000.00 Avro aralığında değişmektedir (Williford ve diğ., 2006).

Çamurun düzenli depolanması halinde, ilk yatırım maliyeti 10-100 ton (yaş ağırlık)/gün kapasiteli bir tesis için 12-15 Avro/ton (yaş ağırlık) aralığında değişmekte olup, işletme-bakım maliyeti ise kapasiteye bağlı olarak 5-15 Avro/ton (yaş ağırlık)-gün mertebelerindedir (Shammas ve Wang, 2006b).

Çamurun en yaygın yönetim sistemlerinden biri toprakta kullanımdır. Spesifik olarak detaylar bilinmeden çamurların toprakta kullanımı ile ilgili bir maliyet tahmininin yapılması zordur. Örnek olarak çamur miktarı arttıkça büyük kapasiteli ekipmanların ton başına maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır. Bununla birlikte çamurun toprakta kullanımının maliyetinin 46-220 Avro/ton gibi geniş bir aralıkta değiştiği rapor edilmiştir (Wang ve diğ., 2008).

12.6. Türkiye için Önerilen Çamur Yönetim Sistemi

Ülkemizde arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurlarına uygulanabilecek en uygun yönetim sistemi ve nihai bertaraf yöntemi mevcut yönetmeliklerimize uyumlu ve ülkemize en az maliyeti getirecek sistematiğe hazırlanmalıdır. Bu bağlamda ülkemiz için çamur yönetim sistemi belirlenmesinden önce mevcut yönetmeliklerde bazı revizyonların yapılması uygun olacaktır. Söz konusu revizyonların Avrupa Birliği mevzuatı ile uyumlu olması gerekmektedir. Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ile elde edilen veriler ve arıtma çamurlarının coğrafi dağılımı ve niteliği göz önünde bulundurularak arıtma çamurlarının yönetiminde kullanılacak esaslar belirlenmiştir.

AAT'nin kapasitesine göre sınıflandırma

Atıksu arıtma tesisleri için hizmet ettiği eşdeğer nüfus değerlerine göre küçük, orta ve büyük ölçekli olarak üç sınıf oluşturulmuş olup bu sınıflar sırasıyla <10.000 EN, 10.000 – 100.000 EN

ve >100.000 EN değerlerine karşılık gelmektedir. Çamur yönetim sistematığında de uygulama kolaylığı ve maliyet açısından küçük ölçekli tesisler ve orta/büyük ölçekli tesisler için farklı teknoloji kombinasyonları geliştirilmiştir.

Arıtma çamurlarının toprakta faydalı kullanımının hedeflendiği tüm tesislerde tesis boyutundan bağımsız olarak stabilizasyon uygulanmalıdır. Stabilizasyon işlemi yönetmelik gereği olmasının yanı sıra, halk sağlığının korunması için de öncelikli olarak uygulanması gereken bir işlemdir. Küçük ölçekli arıtma tesislerinde (EN < 10.000) arıtma çamurlarının aerobik çürütücü ya da basit bir yığın kompostlama ile stabilize edilmesi önerilmektedir.

Çamur kalitesine göre sınıflandırma

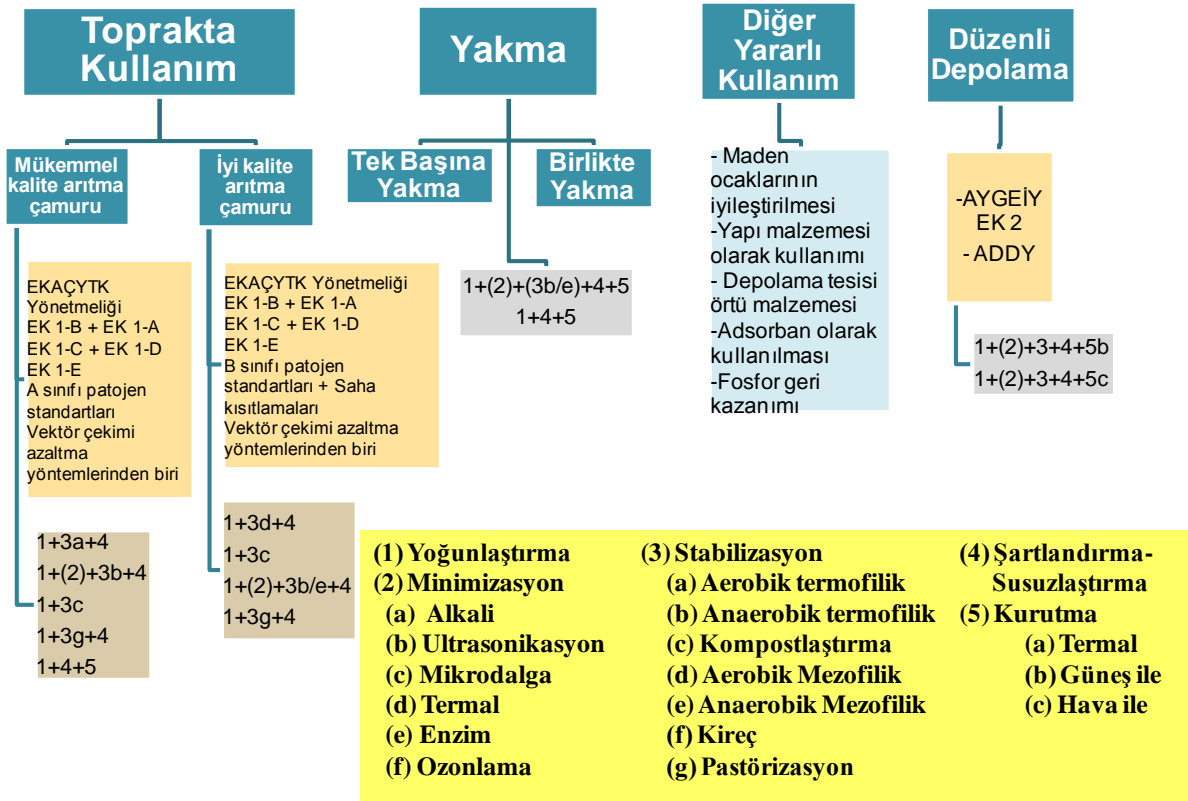
Orta ve büyük ölçekli tesisler için önerilen nihai bertaraf yöntemleri toprak iyileştirme ve tarımsal amaçlı olarak toprakta kullanım, yakma, diğer yararlı kullanımlar ve düzenli depolamadır (Şekil 15). Toprakta kullanım nihai bertaraf yönteminin uygulanması halinde “Evsel Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmeliği”nde belirtilen kriterlerin sağlanması gerekmektedir. Yönetmelikte EK 1-B’de belirtilen toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları, EK 1-A’da belirtilen topraktaki ağır metal sınır değerleri, EK 1-C’de belirtilen toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri, EK 1-D’de verilen stabilizasyon sırasında gerekli tutulan mikrobiyal giderim değerini ve EK 1-E’de belirtilen toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü sınır değerleri tablolarında belirlenen sınırlara uyulması gerekmektedir.

Proje kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre arıtma çamurlarının kalite sınıflamasının yapılması önerilmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde mevcut stabilizasyon işlemlerinden elde edilen stabilize çamurun “**mükemmel kalite arıtma çamuru**” ve “**iyi kalite arıtma çamuru**” olmak üzere iki farklı kategoride değerlendirilmesi öngörülmüştür. . Bu sınıflama dikkate alındığında, istenen kaliteyi sağlayabilmek için mevcut yönetmelikte bazı kısımların revize edilmesi önerilmektedir. Toprakta kullanım için arıtma çamurlarının **revize edilecek olan** “Evsel Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmeliği”nde belirtilen kriterlere göre arıtılması gerekmektedir. Arıtma çamurlarının toprakta kullanımında mükemmel kalite arıtma çamuru kategorisi için mevcut yönetmelikteki EK 1-D’de yer alan stabilizasyonda sağlanması gereken mikrobiyolojik giderim ile ilgili bölümüne ek olarak “A sınıfı patojen standartları” ve “Vektör çekimi azaltma yöntemlerinden

biri” kriterlerinin eklenmesi önerilmektedir. Benzer şekilde arıtma çamurlarının toprakta kullanımında “iyi kalite arıtma çamuru” için önerilen sistemde ise mevcut yönetmelikteki EK 1-D’de yer alan mikrobiyolojik analiz ile ilgili bölüme ek olarak “B sınıfı patojen standartları ve saha kısıtlamaları”, “Vektör çekimi azaltma yöntemlerinden biri” kriterleri ile yönetim ve uygulama ile ilgili belirtilen kısıtlamaların eklenmesi önerilmektedir. ***Ancak çamur bertaraf alternatifleri için önerilen sistemde belirtilen tanımlamalar ve açıklamalar proje kapsamında önerilen yeni yönetmelik uygulamaya konulması durumunda geçerlidir.***

AAT kapasitesine göre önerilen çamur yönetimi alternatifleri

A) Orta ve büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri



Şekil 12.15 : Orta ve büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri için önerilen çamur yönetimi

Orta/büyük ölçekli atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurlarının toprak iyileştirme amaçlı kullanımı öncesi Yönetmelikte belirlenen sınır değerlerinin sağlanması için kullanılabilir arıtma teknoloji kombinasyonları Şekil 12.15’de gösterilmektedir. Arıtma çamurlarına, yoğunlaştırma sonrası anaerobik stabilizasyon prosesinin verimini arttırmak için

alkali arıtma, ultrasonikasyon, mikrodalga, termal arıtma, enzimle arıtma ve ozonlama gibi minimizasyon teknolojilerinin uygulanması önerilmektedir. Yukarıda belirtilen kalite sınıflaması önerisi dikkate alındığında, bu metotlardan alkali arıtım, ozonlama, mikrodalga ve ultrasonikasyon önemli ölçüde mikrobiyal giderime de katkıda bulunabildikleri için mikrobiyal açıdan mükemmel kalite çamurun oluşumunu da sağlayabileceklerdir. Anaerobik ve aerobik stabilizasyon ile beraber kompostlaştırma veya pastörizasyon yöntemleri de stabilizasyon amacı ile uygulanabilir ve çamurların iyi kalite sınıfından mükemmel kalite sınıfına yükselmelerini sağlayabilirler. Stabilizasyonu takiben şartlandırma-susuzlaştırma uygulanan çamur, toprak iyileştirme amaçlı kullanılabilir. İlave olarak yoğunlaştırılan çamurun şartlandırma-susuzlaştırma işlemleri sonrası tesis içinde termal, güneş veya hava ile kurutulması da mümkündür. Tarımsal amaçlı kullanım öncesi arıtma çamurları yoğunlaştırıldıktan sonra doğrudan kompostlaştırma prosesine ya da opsiyonel minimizasyon adımlarını takiben anaerobik stabilizasyon ve şartlandırma-susuzlaştırma proseslerine tabi tutularak çamurun tarımsal amaçlı kullanımı için gerekli sınır değerlerin sağlanması mümkün olacaktır.

Nihai bertaraf yöntemi olarak yakma prosesi seçilmesi durumunda, tek başına ve birlikte yakma işlemleri için yoğunlaştırılan çamurun şartlandırma-susuzlaştırma işlemleri sonrası tesis içinde termal, güneş veya hava ile kurutulması prosesleri uygulanabilir. Alternatif olarak arıtma çamurları yoğunlaştırıldıktan sonra opsiyonel minimizasyon adımlarını takiben anaerobik stabilizasyon adımları uygulanarak tesis içi enerji maliyetleri düşürülebilir; stabilize olmuş çamur şartlandırma-susuzlaştırma ve kurutma proseslerine tabi tutularak yakma işlemine gönderilebilir.

Düzenli depolama için arıtma çamurlarının “Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliği”nde ve “Atıkların Düzenli Depolanmasına dair Yönetmelik”te belirtilen kriterlere göre arıtılması gerekmektedir. Arıtma çamurlarının düzenli depolama sahalarına gönderilebilmesi için Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliği EK 2’de belirtilen bertaraf yöntemleri ve geri kazanım işlemleri kriterlerini sağlaması gerekmektedir. Nihai bertaraf yöntemi olarak düzenli depolama sahalarına gönderilmesi gereken arıtma çamuruna sırasıyla yoğunlaştırma, opsiyonel minimizasyon, stabilizasyon, şartlandırma-susuzlaştırma ve kurutma prosesleri uygulanması gerekmekte olup minimizasyon, stabilizasyon ve kurutma için uygulanabilecek farklı yöntemler Şekil 12.15’de gösterilmektedir. Ancak arıtma çamurlarının depolama yöntemiyle bertarafı sürdürülebilir bir yaklaşım olarak görülmemektedir. Gerek mevcut depolama yönetmeliğindeki kısıtlar, gerekse çamurun içeriğinde bulunan değerli

maddelerin kaybına neden olması sebebi ile bu alternatif, yönetmeliğin öngördüğü geçiş dönemi için bir bertaraf yöntemi olarak düşünülmelidir.

B) Küçük ölçekli atıksu arıtma tesisleri

Küçük ölçekli atıksu arıtma tesislerinde önerilen nihai bertaraf yöntemleri toprakta kullanım ve diğer yararlı kullanımlardır. Ayrıca orta ve büyük ölçekli tesislerde olduğu gibi Yönetmelikte yapılacak yeni düzenlemeler ile belirlenecek geçiş süresi boyunca arıtılan çamurların düzenli depolama sahalarında uzaklaştırılabilmesi önerilmektedir. Küçük ölçekli atıksu arıtma tesislerinde üretilen arıtma çamurlarının toprakta kullanım için arıtma çamurlarının revize edilecek “Evsel Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmeliği”nde belirtilen kriterlere göre arıtılması gerekmektedir. Küçük ölçekli atıksu arıtma tesislerinde arıtma çamurlarına ön yoğunlaştırma sonrası, stabilizasyon uygulanması önerilmektedir. Bu tesisler için stabilizasyon amaçlı aerobik çürütme veya yığın kompostlaştırma işlemleri uygulanabilir. Stabilizasyon sonrası çamur, şartlandırma ve susuzlaştırma proseslerine tabi tutularak toprak iyileştirme için kullanılabilir. Ayrıca yoğunlaştırılan çamur doğrudan şartlandırma ve susuzlaştırma proseslerine tabi tutulduktan sonra merkezi bir kurutma tesisinde kurutularak nihai olarak uzaklaştırılabilir. Nihai bertaraf yönteminin tarımsal amaçlı kullanım olması durumunda ise arıtma çamurlarına yoğunlaştırma sonrası benzer şekilde stabilizasyon prosesleri uygulanabilir. Stabilizasyon için aerobik çürütme, kompostlaştırma veya kireçle stabilizasyon işlemleri yürütülebilir. Stabilizasyon sonrasında çamur, şartlandırma ve susuzlaştırma proseslerine tabi tutularak kullanılabilir. Arıtma çamurlarının diğer yararlı kullanım yöntemleri, orta ve büyük ölçekli tesisler için önerildiği şekilde uygulanabilir. Düzenli depolama için arıtma çamurlarının “Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliği”nde ve “Atıkların Düzenli Depolanmasına dair Yönetmelik”te belirtilen kriterlerini sağlamalıdır. Nihai bertaraf yöntemi olarak düzenli depolama sahalarına gönderilmesi gereken arıtma çamurlarına sırasıyla yoğunlaştırma, opsiyonel minimizasyon, stabilizasyon, şartlandırma-susuzlaştırma ve kurutma prosesleri uygulanması önerilmektedir.

Genel Değerlendirme

Yukarıdaki verilen tartışmalardan da görüldüğü gibi arıtma tesislerinde oluşan çamurların yönetimi konusunda günümüz dünyasında uygulamalarda farklılıklar mevcuttur. Çamurların sürdürülebilir yönetiminde çok önemli olan yararlı kullanım kavramı, “arıtma çamurlarının arazi uygulamalarında toprak iyileştirici olarak kullanımı”nın yanı sıra günümüzde arıtma

çamurlarından anaerobik çürütme ve yakma ile enerji geri kazanımını da öne çıkaran bir hale gelmiştir. Böylelikle, arıtma çamurları günümüzde bir atık olarak değerlendirilmek yerine yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak görmek önemlidir.

Arıtma çamurlarının miktarı ve özelliği, atıksu arıtma tesislerinin kapasitesine (eşdeğer nüfus, EN) ve uygulanan arıtma teknolojilerine göre farklılık göstermektedir. Farklı eşdeğer nüfus aralıkları için çamur yönetim sistematığının oluşturulması çamur yönetiminin hem teknik hem de ekonomik açıdan uygulanabilirliğini sağlamaktadır. Eşdeğer nüfusa göre oluşturulmuş olan çamur yönetimi sistematığında atıksu arıtma tesisleri küçük, orta ve büyük ölçekli olarak üç sınıfta kategorize edilmiş olup bu sınıflar sırasıyla <10.000 EN, 10.000 – 100.000 EN ve >100.000 EN değerlerine karşılık gelmektedir. Bu gruplar için farklı çamur işleme ve bertaraf alternatifleri önerilmiştir.

Ülkemizde arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurlarına uygulanabilecek en uygun yönetim sistemi ve nihai bertaraf yöntemi mevcut yönetmeliklerimize uyumlu ve ülkemize en az maliyeti getirecek sistematiğe hazırlanmalıdır. Bu bağlamda ülkemiz için çamur yönetim sistematığı belirlenmesine paralel olarak mevcut yönetmeliklerde bazı revizyonların yapılması uygun olacaktır. Söz konusu revizyonların Avrupa Birliği mevzuatı ile uyumlu olması gerekmektedir. Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ile elde edilen veriler ve arıtma çamurlarının coğrafi dağılımı ve niteliği göz önünde bulundurularak arıtma çamurlarının yönetiminde kullanılacak esaslar belirlenmiştir. Buna göre; AAT'nin kapasitesine göre ve çamur kalitesine göre sınıflandırma yapılması önerilmektedir.

Arıtma çamurlarının yönetiminin en önemli bileşenlerinden biri çamurların bertarafıdır. Önerilen yönetim sistematığı İP 10 ve İP 11 kapsamında yapılan çalışmalarla birlikte ele alınırsa, maliyetleri minimize eden bölgesel bir yaklaşım ile yararlı kullanım alternatiflerinin bir değerlendirilmesi yapılabilir. İP 10 kapsamında toprakta kullanım için yapılan teorik hesaplar ülkemizdeki tarım topraklarının çok az bir kısmı kullanılarak arıtma çamurlarının bertarafının mümkün olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan, mevcut durumda oluşan tüm evsel/kentsel arıtma çamurlarının ülkemizde bulunan çimento fabrikalarında ek yakıt olarak kullanımları durumunda, fabrikaların çamurların bertarafı için yeterli kapasiteye sahip olduğu İP 11'de yapılan hesaplardan görülmektedir. Gerek toprakta kullanım, gerekse yakma alternatiflerine yönelik hesaplar yapılırken varsayımlar tutucu yaklaşımlarla yapılmıştır. Çimento fabrikaları ile görüşmelerde fabrikalara düzenli bir çamur akışının olduğu durumlarda gerekli yatırımların yapılacağı ve çamurun yakıtta %10 oranında, hatta daha yüksek miktarlarda eklenebileceği belirtilmiştir. Bu durumda tarım alternatifinin hiç uygulanmadığı düşünülse bile

Çimento fabrikalarının mevcut kapasitelerinin sadece bir kısmı kullanılarak çamurların bertaraf edilmesinin mümkün olduğu hesaplanmıştır. Bu alternatifin etkin kullanımı için kurutma, taşıma ve yakmaya ilişkin maliyetlerin aşılmasında ülke politikası olarak çamurun yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi ve hem imento fabrikalarına hem de atıksu arıtma tesislerine yapılacak teşviklerle çamurun yakmaya yönlendirilmesi ülkemizdeki arıtma amurlarının bertarafı için önemli bir katkı sağlayabilir.