

Biyokatların Aerobik Stabilizasyonu

Şenol YILDIZ, Ahmet DEMİR*

*İstaç İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş.Paşa Mahallesi, Piyale Paşa Bulvarı
No:74 Şişli/İstanbul. E-posta: syildiz@istac.com.tr
Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa kampüsü, Esenler/İstanbul
ahmetd@yildiz.edu.tr*

Öz İçmesuyu ve atıksulara fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemleri uygulanması sonucunda çökebilir veya yüzebilir hale getirilen katı maddeler (arıtma çamurları) genellikle sıvı veya katı formda olup kullanılan prosese ve işletmeye bağlı olarak % 25-12 oranında katı içermektedir. Çıkan çamur hacimce büyük olup, işlenmesi ve bertarafı atıksu arıtma alanında oldukça karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. İstanbul'daki arıtma tesislerinden oluşan evsel nitelikli arıtma çamurlarının büyük bir kısmı İSTAÇ A.Ş'nin Kömürcüoda Düzenli Depolama Alanında Düzenli olarak depolanarak bertaraf edilmektedir. Ancak işletmede yaşanan sıkıntılar, depolama ile alakalı getirilen yasal sınırlamalar ve faydalı kullanım ihtiyacının artması gibi nedenlerden dolayı artık arıtma çamurlarının düzenli olarak depolanması tercih edilmemektedir. Bu çalışma kapsamında arıtma çamurlarının bertaraf alternatifleri araştırılmıştır. Arıtma çamurlarının bertarafında ve faydalı son ürün olarak kullanımında özellikle son yıllarda tercih edilen bir yöntem olan Kompostlaştırma Teknolojinin dünyadaki durumu, uygulanabilirliği v.s. konularında geniş kapsamlı bir çalışma yürütülmüştür.

Anahtar Kelimeler : *Arıtma Çamuru, Bertaraf, Kompostlaştırma*

1. Giriş

Canlıların vazgeçilmez yaşam kaynağı olan içme sularının, insan ve endüstriyel kaynaklı atıksuların arıtılması sonucunda oluşan her türlü arıtma çamurunun biriktirilmesi, toplanması, taşınması ve bertarafı büyük bir sorundur. Arıtma işlemi sonunda çıkan çamur genellikle sıvı veya katı formda olup kullanılan proses ve işletmeye bağlı olarak değişik oranlarda katı madde içermektedir. Çıkan çamur hacimce büyük olup, işlenmesi ve bertarafı atıksu arıtma alanında oldukça karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle biyolojik arıtma işleminden oluşan arıtma çamurlarının organik madde içeriği çok yüksek olduğu için bu tip çamurlar bozunma ve kokuşma eğilimindedir.

İstanbul'daki arıtma çamurlarının büyük bir kısmı İSTAÇ A.Ş'nin Şile, Kömürcüoda' da bulunan düzenli depolama sahasında bertaraf edilmektedir. Ancak işletmede yaşanan sıkıntılar, depolama ile alakalı getirilen yasal sınırlamalar ve faydalı kullanım ihtiyacının artması gibi nedenlerden dolayı artık arıtma çamurlarının düzenli olarak depolanması tercih edilmemektedir. Arıtma çamurlarının bertarafında dünya genelinde tercih edilen ve uygulanan çeşitli teknolojiler mevcuttur. Bu çalışma kapsamında; arıtma çamurlarının bertarafı için en uygun ve uygulanabilir bertaraf alternatiflerinin ve özellikle kompostlaştırma teknolojisi araştırılmıştır.

2. Arıtma Çamurları Bertaraf Metodları

2.1. Arıtma Çamurlarının Arazide Kullanılması

Arıtma çamurlarının arazide kullanılmasının amacı, çamur içinde bulunan maddelerden kısmen fosfor ve azot gibi besleyiciler ile kısmen de organik maddelerin toprağa geçmesini sağlayarak toprağın iyileşmesine katkıda bulunmaktır. Arıtma çamurlarından tarımsal faydalanmanın temel prensibi çamurun tarım arazilerine agronomik oranlarda uygulanmasıdır. Yani yıllık yükleme bazında çamur ile verilen ve ürünündeki mevcut N ve /veya P miktarı, ürünün ihtiyacı olan yıllık N ve /veya P miktarını geçmeyecek şekilde çamur yüklemesi yapılmalıdır.

Çamur içindeki besleyici malzemelerin ve organik maddelerin toprak iyileştirilmesinde kullanılması uygulama aşamasında uyulacak yasal düzenlemelerin biliniyor olması ve maliyetinin düşük olması bu bertaraf metodunun avantajları arasında sayılabilir. Bununla beraber; yasal düzenlemelerin getirdiği sıkı kısıtlamalar, tam olarak yasal uyum kontrolü yapılmasının güçlüğü, azot bileşiklerinin yeraltı suyuna geçebilecek olması ve yeraltı suyunu kirletme riski, bitkiler için toksik etki yaratma riski, patojen mikroorganizmalardan dolayı sebze tarımında kullanılamaması, hayvanlara zararlı olabileceğinden otlak alanlarda kullanılamaması, koku sebebiyle civarın kötü etkilenmesi, yıl içerisinde belirli sayıda araziye serim yapılacağından depolama için önemli yatırım maliyeti gerektirmesi, toksik maddelerin(ağır metaller, patojenler, zehirli organikler) yer altı ve yerüstü suyuna geçiş riskini artırması bertaraf sisteminin dezavantajlarının oluşturmaktadır.

2.2. Arıtma Çamurlarının Düzenli Depolanması

Arazide depolama genel olarak çamurun yani çamurun araziye uygulanarak daha sonra üstüne bir toprak katmanının örtülmesi yoluyla gömülmesidir. Çamurun arazide depolama için uygunluğunun belirlenmesinde çamur kaynakları ve arıtma türü belirleyicidir. Sadece susuzlaştırılmış çamurlar (katı madde içeriği %15'ten büyük ya da eşit) arazide depolamak için uygundur. Katı madde içeriği %15'ten küçük olan çamurlar akışkan olduğu için depolanamaz. Eğer çamurun arazide depolanması tek seçenekse, arıtma tesisinde çamur susuzlaştırma işleminin yapılması gerekir. Düşük katı madde içerikli çamurlar (katı madde içeriği %3'ten küçük) ancak katı atıklarla birlikte arazide depolanabilir. Genellikle, sadece stabil haldeki çamurların arazide depolanması önerilir. Eğer arazide depolama uygun bir bertaraf metodu ise çamurun belirli bir dereceye kadar stabil olması istenir. Arıtma çamurlarının düzenli depolanmasında uygulanan başlıca yöntemler şunlardır:

- Sadece çamurun depolandığı hendekler: Dar ya da geniş hendekler
- Sadece çamurun depolandığı alanlar: Yığın depolama, tabakalı depolama
- Katı atıkla birlikte depolama: Çamur/çöp karışımı, çamur/toprak karışımı

Her bir metod için önerilen kriterler, geniş bir aralıktaki çamur ve arazi koşullarını kapsayan deneyimlere dayanmaktadır. Bu kriterler çamur depolama uygulamalarının büyük çoğunluğu için geçerlidir. Çamur depolama alanlarında genellikle çamur doğal zeminin üzerinde yerleştirilir. Kazmak gerekli olmadığından ve çamur yeraltına depolanmadığından, araziye depolama özellikle sığ yeraltı suyu ya da kaya tabakası olan yerlerde yararlıdır. Çamurun katı madde yüzdesinin limiti olması şart değildir. Ancak yan duvarlarla koruma olmadığından çamur stabilitesi ve dayanıklılık kapasitesi oldukça iyi olmalıdır. Bunu elde etmek için genellikle toprak çamurla karıştırılır. Araziye çamur depolama; tümsek, tabakalı depolama, seddeli depolama olarak üç şekilde uygulanır:

Maliyetinin diğer ileri sistemlere nazaran düşük olması ve örtü toprağı olarak kullanılması depolama ile bertaraf sisteminin avantajları arasında sayılabilir. Ancak, çamur karakterizasyonuna bağı olarak oluşan uygulama güçlükleri(sahada kayma problemleri, koku ve sinek problemi), yasal düzenlemelerin getirdiğı sıkı kısıtlamalar ve alan sıkıntısı depolama ile bertaraf sisteminin dezavantajlarını oluşturmaktadır.

2.3. Arıtma Çamurlarının Yakılması

Günümüzde, arıtma çamurlarının en son bertaraf yöntemi olarak uygulanan yakma yöntemi Avrupa'da arıtma çamurlarının toplam kütlelerinin yaklaşık % 15 kadarına uygulanmaktadır. Bu uygulamada arıtma çamurları ya tek başlarına, ya da diğer atıklarla birlikte yakılmaktadır. Arıtma çamurlarının doğrudan zirai amaçlı olarak kullanılması veya düzenli depolama sahalarına gönderilerek bertaraf edilmesi giderek artan yasal kontrollere tabi olmaktadır. Bu nedenle, yakma sistemlerindeki yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına, yakma kriterlerinin sıklığına, emisyon gazlarının işlenmesi ile ilgili maliyetlerin artmasına ve uçucu küllerle yanma ürünü olarak ortaya çıkan küllerin bertarafı işlemlerinin zorlaşmasına rağmen, arıtma çamurlarının yakılarak bertaraf yönteminin giderek daha fazla kullanılacağı beklenmektedir.

Arıtma çamurlarının yakılması işlemi ya doğrudan bu atıkları yakmak üzere kurulmuş olan yakma tesislerinde ya da diğer evsel atıkların da yakıldığı yakma tesislerinde gerçekleştirilebilir. Arıtma çamuru yakmak için kurulmuş özel yakma tesisleri uzun yıllardır işletilmektedir. Döner fırınlar ve klasik veya pirolitik tipli fırınlar günümüzde giderek yerlerinin akışkan yataklı sistemlere terk etmektedirler. Bunun nedeni akışkan yataklı sistemlerin işletilmelerinin daha kolay olmasıdır. Akışkan yataklı sistem, içi ısı tuğlası ile kaplanmış dikey bir yakma odasına sahiptir. Yatağın altında yüksek sıcaklığa getirilen bir kum tabakası vardır. Bu kum içinden yüksek sıcaklıkta hava geçirilerek akışkan halinde tutulur. Bertaraf edilecek arıtma çamurları bu kum yatağının ya içine ya da üzerine bırakılır. Akışkan yatak içindeki gaz, oluşan yanma ürünlerinin tam olarak parçalanması için 850°C dereceye kadar ısıtılmalıdır. Mekanik olarak kurutulmuş arıtma çamurlarının yakma enerjisi verilmeden tam olarak yakılmaları mümkün değildir. Yanma odasından çıkan sıcak gazlardan ısı enerjisini geri kazanan bir ısı geri kazanım ünitesi kullanılır. Atık çamurlarının yakılması için evsel atık yakan yakma tesislerinin kullanılması diğer bir çamur yakma alternatifidir. Bu durum yakma tesisinin arıtma çamurunun olduğu su arıtma tesisine yakın olması ve özellikle evsel atık yakan tesisin kapasitesi doyum noktasına ulaşmamış ise daha da ilginç bir alternatif oluşturmaktadır. Evsel katı atıklarla arıtma çamurlarının karışımının enerji muhtevasının azalması nedeni ile dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca ön kurutmadan geçmiş veya hiç bir işlemde geçmemiş arıtma çamurlarının yakma tesislerine nasıl verilecekleri hususunda bir yöntemin geliştirilmesi de gerekmektedir.

Hacimde azalma(organik madde içeriğine göre %25-50 arasında), çıkan enerjiden yararlanabilme, yan ürünlerin geri dönüşüm gayesi ile kullanılması(asfalt dolgu mlz., beton üretimi, tuğla yapımı v.s.), her türlü çamuru bertaraf edebilmesi, bilinen bir sistem olması, sistemin kapalı olması ve yüksek sıcaklıklar nedeniyle kokuların minimize edilmesi, alan gereksiminin az olması, toksik kimyasalların tamamen yok edilmesi, yakma ile bertaraf sisteminin avantajları arasında sayılabilir. Bunun yanında yüksek yatırım ve işletme maliyetinin olması, baca gazı emisyonu kontrolünde yaşanan sıkıntılar ve çamurun düşük ısı değerinden dolayı ek bir yakıt gereksinim duyulması bu sistemin dezavantajları arasında sayılabilir.

2.4. Arıtma Çamurlarının Kurutulması

Kurutma işleminin esası, arıtma çamuru içerisindeki suyun buharlaştırılmasıdır. Evsel kaynaklı arıtma çamurunu işleyen küçük bir tesis saatte 0.5ton/saat'ten az su buharlaştırmaktayken, bunun yanında büyük bir tesis için bu miktar 30ton/saat olabilir. Kapasitedeki büyük varyasyonun nedenleri; atık su arıtma tesislerinin büyüklüğü (m^3 /saat), kirlilik, kuru katı (kg)/atık suyun hacmi(m^3), arıtım türü, sindirilmiş/Sindirilmemiş arıtma çamuru ve kurutulmuş arıtma çamuru içindeki kuru katı miktarı olarak sayılabilir. Arıtma çamuru, kurutmadan hemen sonra yakılacak ise kuru katı miktarı % 40-50 mertebesine yükseltilmektedir. Arıtma çamuru gübre, ek yakıt gibi çok amaçlı kullanımlar için paketlenen kuru katı oranı %90-95 mertebesine çıkartılıp, granüle edilir. Kurutma işlemini uygulamak için herhangi bir işlem öncesi koşullandırmaya ihtiyaç yoktur. Fakat kurutulmuş arıtma çamuru için kalite kriterleri uygulamaya bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Arıtma çamurunun gübre ve /veya yakıt olarak kalitesi genelde; organik katıların içeriği, bitkilerin kullanabileceği besin içeriği, su emme ve tutma özelliği, ağır metal içeriği, patojenik bakteri -mantar - virüs içeriği ve patojenik mikro organizmaların tekrar oluşum süresine göre değişiklik gösterir. Değişik kurutma metotları ve teknolojileri arasında en belirgin olanı direkt ve indirekt metotlardır:

İndirek kurutucularda, "kurutulacak maddeye, dolaylı olarak, bir ısı transfer yüzeyi aracılığı ile ısı iletilir. Bu sistemde ısı aracı (ör: buhar, termal yağ) arıtma çamuru ile direk temasta değildir. Oluşan su buharının taşınması için küçük bir hava akımı kullanılabilir. Fakat genel olarak dolaylı kurutucularda hiç hava kullanılmamaktadır. Bu durum koku giderme masrafını en aza indirirken ısı yalıtımını en üst seviyede tutmaktadır. Çamurla ısı arasında temas olmaması, koku problemi olmaması, ısıtma sonucu çıkan gazın içerisindeki buharın kolayca yoğunlaştırılabilmesi, ısı geri kazanımının kolay olması, yoğunlaşmayan ve kötü kokan gazların hacimlerinin az olması ve buhar kazanında yakılabilmesi, kompakt, sessiz ve temiz olması, kolayca devreye sokulabilmesi, hızlı devreye girmesi ve çalışma sırasında az izleme gerektirmesi, daha az gaz sirkülasyonunun olması, daha küçük ekipman gerektirmesi, daha az sıcaklık farklılıkları, daha az patlama ve yanma tehlikesi olması indirekt kurutucuların avantajları arasında sayılabilir. Çamur yapışması ise indirekt kurutucuların bir dezavantajıdır. Çamur katı madde miktarı %45'in üzerine çıkarılabilirse, yapışma sorununa çözüm getirilebilir. Bazı kurutucularda kurutulmuş çamur sisteme ilave edilerek sorun çözülebilir.

Direk kurutucularda, arıtma çamuru ile buharlaşma sağlayan ve aynı anda su buharını sistemden çıkaran ısıtılmış gaz arasında direk temas vardır. Kurutmak için kullanılan gazın ısısı, arıtma çamuruna direkt olarak aktarılmaktadır. Bu işlem gaz ve arıtma çamurunun arasında yoğun bir temas olmasını gerektirmektedir. Gaz ve arıtma çamuru arasında oluşan yoğun temas ve iyi ısı transferi sonucunda direk kurutucuların spesifik performansları dolaylı kurutuculardan daha iyidir. Buna ek bir avantaj olarak direk kurutucular mekanik tasarım olarak daha basittirler. Kullanılan gazların yüksek oranda kirletici taşınmasından dolayı gaz arıtımına ihtiyaç duyulması, yüksek ısılarda çalışmaya uygun olmasından dolayı patlama riskinin olması direkt kurutucuların dezavantajları arasında sayılabilir. Gazların sisteme tekrar devir daim edilmesi mümkün olsa da bu çok daha karmaşık kurutma ekipman tasarımı gerektirmekte ve böylelikle direkt kurutucuların avantajlarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Harcanan enerji açısından bakılırsa bir kütlede suyun, buharlaştırma/kurutma yöntemiyle çıkarılması başka mekanik metotlarla karşılaştırıldığında maliyeti genel olarak daha yüksektir. Bu nedenle kurutma öncesinde yeterli derecede mekanik olarak su çıkarma işlemi gerçekleştirilmelidir. Granül üretme işlemini içeren kurutma tesisleri diğer metotların çoğuna

göre daha fazla mali yatırım gerektirmekte olsa da, öte yandan kurutma, arıtma çamurunun hacminde büyük miktarlarda azalmaya neden olmakta ve depolanabilen ve hijyenik bir ürün üretmektedir. Hacimdeki büyük azalmadan dolayı kuru arıtma çamuru nakliye, işleme ve depolama maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır.

2.5. Arıtma Çamurlarının Havalı /Havasız Çürütülmesi

Havasız çürütme, çamur stabilizasyonu için kullanılan en eski proseslerde biri olup moleküler oksijen yokluğunda organik ve inorganik maddelerin parçalanması işlemi olarak tanımlanabilir. Atıksu arıtımı sonucu oluşan arıtma çamurlarının biyolojik stabilizasyonunda ve bazı endüstriyel atıksuların arıtımında günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çürütme işlemi hava girişinin önlendiği kapalı bir reaktörde gerçekleştirilir. Havasız çürütme bir seri organizma grubu tarafından yürütülen bir biyolojik bozunma işlemidir. Organik çamurların oksijensiz ortamda parçalanması süreci 3 safhada gerçekleşir. **Hidroliz Safhasında**; çözünmemiş yapıdaki kompleks organik maddeler hücre dışı enzimler vasıtasıyla daha basit yapıdaki organik maddelere dönüştürülür. İkinci safha olan **asit üretiminde**, karbonhidrat, yağ ve proteinlerden oluşan organik maddeler asit bakterilerince uçucu yağ asitlerine dönüştürülürler. **Metan üretimi** safhasında da metan bakterilerince ikinci safhanın son ürünü olan asetik asidin parçalanması veya CO₂ ile H₂ in sentezi yoluyla metan ve CO₂ üretilir. Havasız çamur çürütücü olarak en yaygın olarak kullanılan prosesler; standart hızlı çürütücüler, tek kademeli yüksek hızlılar çürütücüler, iki kademeli çürütücüler ve ayrı çürütücülerdir. Doğal bir atık arıtma yöntemi olması, besin gereksiniminin daha düşük olması, organik çamurların stabilize olmuş humusa dönüştürülmesi, çamurun hacminin ve kütlelerinin azaltılması, faydalı yan ürün olarak metan gazının elde edilmesi, patojen mikroorganizmaların kontrol altında tutularak yok edilmesi, organik maddelerin büyük bir kısmı biyogaza dönüştüğünden daha az çamur oluşumunun meydana gelmesi, işletmede daha az enerji gereksiniminin yanı sıra, yakıt (biyogaz) üretimi ile ekonomik fayda sağlanması anerobik çürütmenin avantajlarının oluşturmaktadır. Mikroorganizmaların büyüme hızlarının düşük olması, biyokütle gelişimi için uzun başlangıç evresinin gereksinimi, metanojenlerin toksik maddelere ve çevre şartlarına aşırı duyarlı olması, düşük sıcaklıklarda kinetik hızların daha da düşük olması, yüksek yatırım maliyeti gerektirmesi, sistemin oldukça hassas olması, işletme problemlerinin fazla olması anaerobik çürütmenin dezavantajları arasında sayılabilir.

Havalı çürütme ise; çeşitli arıtma işlemlerinden gelen organik çamurların biyolojik stabilizasyonu için kullanılan bir prostestir. Havalı çürütme aktif çamur prosesine benzer. Ortamda mevcut besi maddesi miktarı azalırken, mikroorganizmalar hücre bakım reaksiyonları için gerekli olan enerjiyi elde etmek üzere kendi protoplazmalarını yiyip bitirmeye başlarlar. Bu olay başladığında mikroorganizmalar endojen fazda bulunmaktadırlar. Hücre dokusu, havalı ortamda su, karbondioksit ve amonyağa oksitlenir. Gerçekte hücre dokusunun yalnızca %75-80'i oksitlenir; kalan %20-25'lik kısım ise inert maddeler ve biyolojik olarak indirgenemeyen organik maddelerden meydana gelmektedir. Bu oksidasyondan açığa çıkan amonyak, sonuçta nitrata oksitlendiğinde pH düşebilir. Teorik olarak oksitlenen kg amonyak başına 7.1kg CaCO₃ alkalinitesi giderilir. Aktif çamur veya damlatmalı filtre çamuru ön çökeltim çamuru ile karıştırılıp havalı olarak çürütüldüğünde ön çökeltim çamurundaki organik maddenin direkt oksidasyonu ve hücre dokusunun içsel oksidasyonu bir arada gerçekleşir. Havalı çürütücüler kesikli veya sürekli reaktörler olarak işletilebilir.

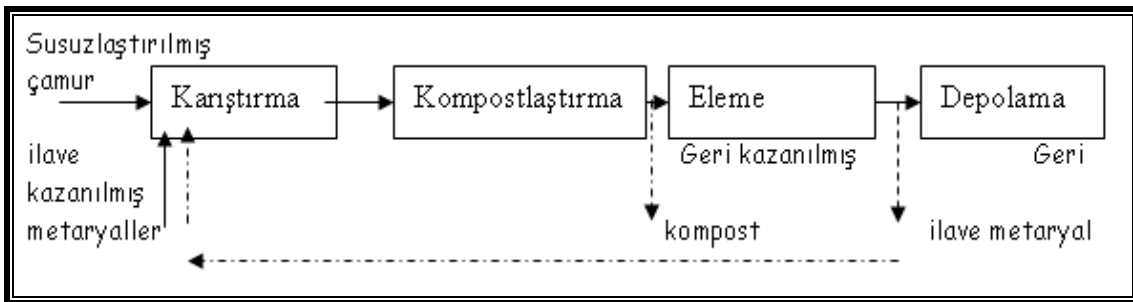
Uçucu katı madde gideriminin havasız çürütme ile elde edilene yakın olması, substrattaki BOI konsantrasyonlarının oldukça düşük olması, kolayca bertaraf edilebilecek kokusuz, humusa benzer, biyolojik olarak kararlı ürün elde edilmesi, oluşan çamurun susuzlaştırma karakteristikleri çok iyi olması, çamurun gübre değerinin yüksek olması, işletme problemlerinin az olması ve yatırım maliyetlerinin düşük olması havalı çürütmenin üstünlükleri arasında sayılabilir. Havalı çürütmenin üstünlükleri yanında en önemli mahsuru, sisteme gerekli oksijeni sağlamak için yüksek, enerji ihtiyacıdır. Metan gibi yararlı bir son ürünün elde edilememesi de diğer bir sorundur.

2.6. Arıtma Çamurlarının Kompostlaştırılması

Arıtma çamurlarının kompostlaştırılması, bu çamurların biyolojik olarak stabilize edilerek kirletici risklerinin kontrol altına alınmasını ve böylelikle ziraat veya sahip oldukları besleyici maddeler ve organik değer nedeni ile son ürün olarak değerlendirilmelerini amaçlar. Kompostlaştırma, organik maddenin oksijenli ortamda parçalanması demektir. Bu uygulamada, çamurun su miktarında potansiyel bir azalma da gerçekleşir. Verim, uygulanan kompostlaştırma prosesine bağlıdır.

Kompostlaştırma esnasında susuzlaştırılmış çamur bir yada daha fazla ilave materyalle (ağaç kabuğu, yonga vb.) hem nem muhtevasının kontrolü hem de sistemin C/N oranı ve enerji dengesi sağlamak için karıştırılır. Bu karışım daha sonrasında kompostlaştırma alanına sevk edilir. Yaygın olarak kullanılan 3 ana kompostlaştırma teknolojisi vardır. Bunlar Açık kompostlaştırma, açık havalandırılmalı yığın kompostlaştırma ve reaktör sistemler. Kompostlaştırma prosesi tamamlandıktan sonra ürün istenilen aralıklarda elenerek başlangıçta karıştırılan ilave metaryaller tekrar kullanım için geri kazanılabilir. Eleme pek çok sistemde bir ara adımdır. Elemeden sonra kompost piyasaya sürülebilir.

Kompostlaştırma prosesiyle çamurun tüm tipleri işlenebilir. Ancak bununla beraber ham çamurların kompostlaştırılması esnasında işlenmiş çamura nazaran daha fazla koku oluşur ve %40 kadar daha fazla alana ihtiyaç duyulur. Diğer taraftan ham çamur daha hızlı ısınır ve daha iyi kurur. Şekil 1'de susuzlaştırılmış çamurun kompostlaştırma akım şeması görülmektedir.

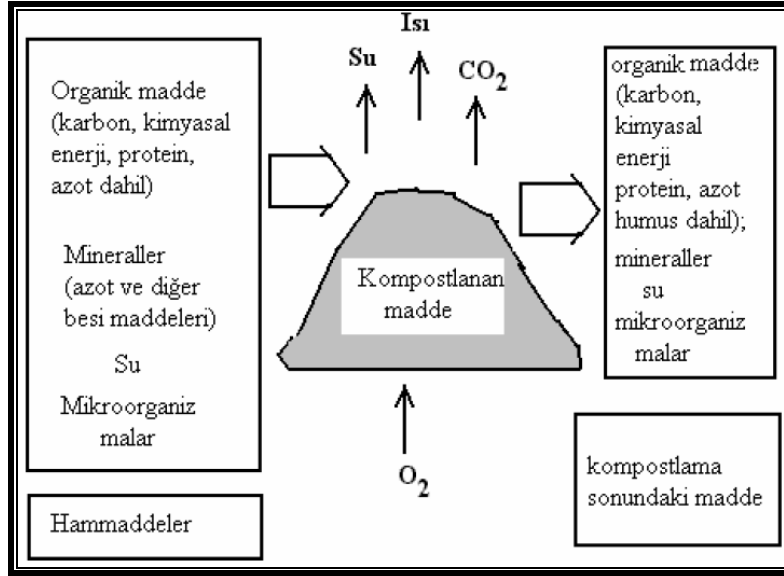


Şekil 1 Kompostlaştırma Prosesi

Kompostlaştırma esnasında mikroorganizmalar çamurun organik kısmını ve daha az miktarda ilave metaryalleri parçalarlar. Aerobik parçalanmanın son ürünü çoğunlukla su, CO₂, biyokütle(mikroorganizmalar) ve stabil komposttur. Parçalanma süresince açığa çıkan enerjinin bir kısmı ısıya dönüşür ve bunun sonucunda kompostun sıcaklığı 70-80oC çıkar. Bu sıcaklığın

artışı patojenlerin azalımı için gereklidir. Kompostlaştırma mekanizması Şekil 2’de gösterilmektedir.

Kompostlaştırma prosesi boyunca çamurun organik kısmının parçalanmasından %80-90 oranında bakteriler sorumludur. Biyolojik parçalanmada görev alan diğer mikroorganizmalar ise mantarlar ve aktinomisetlerdir. Bunlar daha sonra gelen kuruma ve iyi havalandırma şartlarının sağlanmasında lignin gibi biyolojik olarak parçalanması zor maddelerin bozulmasında tercih edilirler.



Şekil 2 Kompostlaştırma Mekanizması

Bakteriler 75°C de hayatta kalırken, aktinomisetler için sıcaklık limiti yaklaşık 65°C, mantarlar içinse de 60°C dir. Genellikle beslenmiş yığın yeterli mikroorganizma popülasyonuna sahiptir. İlave bir aşımaya genelde gerek kalmaz. Kimyasal olarak, kompostlaştırma prosesine girecek olan arıtma çamuru inorganik ve biyolojik olarak parçalanabilen organik kısımdan oluşur. Biyolojik olarak parçalanabilen organik kısım; Lignin, hemiselüloz ve selüloz, Şeker ve Nişasta, Yağlar ve parafin ve proteinlerdir. Organik sınıf içerisinde yer alan bileşiklerin mikrobiyal parçalanmaya karşı gösterdiği dayanım sırasıyla şeker, nişasta, protein, yağ, selüloz, hemiselüloz, lignin ve diğer moleküler bileşiklerdir. Arıtma çamuru içine konan ağaç parçacıkları arıtma çamurundan daha fazla oranda zor parçalanabilen bileşikler yapılarında ihtiva eder.

Organik bileşiklerin kompozisyonu ve parçalanma oranları kompost süresince enerji dengesini etkileyen temel faktörlerdir. Ham çamurun parçalanabilme oranı %70-80 arasındadır. Sindirilmiş çamur içinse bu oran %35-55 mertebelerindedir. Yapılan bir çalışmada, yerel bir kağıt endüstrisinden gelen ham atıksu arıtma çamurunun kompostlaştırılmasında parçalanabilirliği düşük bir besleme yığının kışın kompostun kendisini ısıtmada yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Arıtma çamurunun 60 gün sonra parçalanma yüzdesi sadece %48 ve 90 gün sonra çam talaşı ilavesiyle yapılan kompostun da %11’i parçalanmıştır. Kompostun yeterli sıcaklığı sağlamasından emin olunmak için daha fazla biyolojik olarak parçalanabilen madde ilave edilmiştir. Bu sebeple buharlaşmış suyun kütle oranı organik madde kaybının kütle oranından 8-10 aşağı ki bu da gösteriyor ki nemin buharlaşması ve kompostun ısınması için yeterli bir enerjidir.

Kompostlaştırma prosesinin geliştirilmesi ve kompostlaştırma süresince mikrobiyal bozuşma sonucu oluşan koku gibi çevreye olan olumsuz etkinin minimize edilmesi bu sistemlerin etkin bir şekilde kontrol edilmesiyle mümkün olabilir. Arıtma çamurlarının kompostlaştırılmasında sıcaklık, nem muhtevası, C/N oranı, Ph, oksijen muhtevası, biyolojik olarak parçalanabilen arıtma çamuru ve kullanılan ilave malzemeler, malzemelerin yapısı gibi pek çok parametre işletme koşullarında göz önünde bulundurulmalıdır. Kompostlaştırma işletme şartlarını etkileyen durumlar aşağıda verilmiştir.

a-)Nem Muhtevası

Nem, bozuşmanın temelinde yatan ana faktördür ki, çoğu mikrobiyal bozuşma nemli yüzeylerde meydana gelir. Mikroorganizmalar çözülmüş nütrientleri absorblar ve bu noktada su, heterojen kompost substratının içinde ara bir dağıtım görevi yapar. Kompost prosesi boyunca minimum nem muhteviyatı mikroorganizmaların su ihtiyacına bağlı iken maksimum nem muhtevası hava ve su arasındaki boşluk ilişkisiyle belirlenir. Mikrobiyal parçalanma için gerekli minimum nem oranı %12-15 arasındadır. Arıtma çamurlarının optimum nem muhtevası hammaddenin kalınlığına ve kullanılan kompost teknolojisine bağlıdır. Arıtma çamurları için ilk nem muhtevası %55-60 tavsiye edilir. Aktarmalı yatak sistemlerde, aktarma sıklığı buharlaşma ve yeterli poroziteyi yükselttiğinden dolayı, nem muhtevası %60-65'lerde yönetilebilir. Kompostlaştırma prosesinin sonunda, nihai kompost %40-45 den daha yüksek bir nem konsantrasyonuna sahip olmamalıdır. Bu oran eleme için yeterlidir. Daha kuru bir kompost toz emisyonunun oluşmasına neden olabilir. Şayet nihai kompost plastik çantalarda paketlenenirse, nem oranı %35 aşmamalıdır. Aksi halde anaerobik ortam oluşması halinde koku oluşu kaçınılmazdır. Kompost oluşumunda az miktarda su üretilirken, artan nem muhtevası dolayısıyla organik madde bozuşmaya uğrar. Daha önemlisi, kompostlaştırma boyunca artan sıcaklık nem muhtevasındaki buharlaşmadan dolayı azalır. Buharlaşma, kompostlaştırmadaki temel enerji kaybıdır. Kompostlaştırma esnasında nem muhtevasındaki değişiklik özellikle kompostun sıcaklığına ve havalandırma oranına bağlıdır. Fazla nem kaybı, ilave su ihtiyacını doğururken, gereğinden fazla nem de kompostun porozitesini azaltıp yer yer anaerobik ortamların oluşarak koku oluşuna neden olur. Ayrıca kompostun sıcaklığının düşmesine neden olur. Eğer kompostun su tutma kapasitesi fazla ise bu durumda sızıntı suyu oluşur ve bunun artırılması gerekir.

b-) Havalandırma

Aerobik kompostlaştırmada yeterli oksijen temini, kompostlaştırma prosesinin en önemli parametresidir. Kompostlaştırmada oluşan çıkış gazının oksijen muhtevasının %5 olması tavsiye edilir. Seçilen kompostlaştırma teknolojisi ve ilk beslemeye bakmaksızın yeterli bir oksijen temini için en az %20-30 gözenek boşluğu olması önerilir. Oksijen temininin yanı sıra havalandırma, kompostun kurutulması ve sıcaklığın kontrol edilmesinde de görev alır. Kompostlaştırma prosesinin başlangıcında, hızlı bozuşmadan dolayı daha fazla oksijen talebi olur. Oksijen ihtiyacı aktif havalandırmayla (zorlamalı yada vakumlu), doğal havalandırmayla (difüzyon yada ısı yayımı) yada küçük ölçekli yerlerde ise çevirme ile sağlanır. Zorlamalı havalandırmada, vakumlu havalandırmadan daha fazla verimli enerjiye ihtiyaç vardır. Bunun yanı sıra vakumlu havalandırmada kompostlaştırma esnasında çıkan gaz kolaylıkla yakalanabilir. Buda bu sistem için bir avantajdır. Eğer kompostlaştırma prosesinde aktif havalandırma kullanılacak ise, havalandırma periyodunun uzunluğu, sıklığı, hava akışı oranı, yönü(zorlamalı yada vakum) tipi (taze hava yada geri sirküle edilmiş gaz) ve ortam şartları (sıcaklık, nem)uygun şekilde planlanmalıdır.

c-)Sıcaklık

Yapılan pek çok kompostlaştırma deneylerinde hızlı parçalanma periyodu boyunca ideal sıcaklığın yaklaşık 55°C dolayında olduğu gözlenmiştir. 60°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda mikroorganizmaların çeşitliliği büyük oranda azalmaktadır. 70°C 'deki toplam biyolojik aktivite 60°C deki nin %10-15 arasında iken 75-80°C de hiçbir önemli biyolojik aktiviteye rastlanmamıştır. Olgunlaşma safhasında sıcaklık düşer. Örneğin olgunlaşma safhasında gerçekleşen nitrifikasyon için optimum sıcaklık 30°C mertebelerindedir. Aktif havalandırılmalı büyük ölçekli kompost proseslerinde, hızlı parçalanma süresince sıcaklık havalandırma ile kontrol edilir.

d-) C/N Oranı

Nitrojen, potasyum ve fosfor gibi inorganik besin maddeleri mikrobiyal büyüme için gereklidir. Nitrojen dışındaki biyolojik olarak parçalanabilen atıklar karbon, sülfür, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum gibi makronütrientleri ve mikronütrientleri içerir. Kompost prosesinin başlangıcında çoğu atık için en uygun C/N oranı 20-30 arasındadır. Yüksek C/N oranı mikrobiyal parçalanmayı yavaşlatırken, düşük C/N oranı ise nitrojenin amonyak olarak serbest kalmasını sağlar. Bu oranı kontrol etmenin en önemli yolu, ilk beslemenin kompozisyonunun çeşitliliğine bakılmasıdır.

e-) pH

Yüksek asidik ve bazik şartlar altında biyolojik aktivite engellenir. Kompostlaştırma için ideal Ph aralığı 6- 7,5 arasındadır.

f-) Porozite

Porozite ilk karıştırma için oldukça önem taşımaktadır. Yetersiz gözeneğe sahip bir karışım havalandırmayı sınırlar. Porozite kompost içine konan odun ve çalı parçacıkları gibi geniş partikül büyüklüğündeki metaryallerin karıştırılmasıyla sağlanır. Porozite aynı zamanda nem muhtevasında etkiler. Eğer nem muhtevası fazla ise gözenek boşlukları hava yerine su ile dolar. Genelde nem muhtevası %60 altında olduğu durumlarda idealdir. İdeal porozite/ nem oranı ilk karışımın nem tutma kapasitesine bağlıdır.

Kompostlaştırma prosesi kendi içinde üç fazdan oluşur: Hızlı bozuşma, Stabilizasyon ve olgunlaşma. Hızlı bozuşma safhası kompost prosesinin termofilik kısmıdır ve buradaki sıcaklık 50-70°C arasında değişmektedir. Bu safhada hızlı parçalanma sebebiyle hacim ve kütlede azalma meydana gelir. Bu fazda yüksek sıcaklıktan ötürü patojenler ölür. Bu fazdaki henüz olmamış kompost "taze kompost" olarak adlandırılır. Stabilizasyon süresince ise taze kompost bozularak "aktif kompost" denilen forma dönüşür. Burada sıcaklık düşer, parçalanma devam eder ve organik madde daha stabil bir hale gelir. Olgunlaşma safhasında ise kompost olgunlaşarak "*nihai kompost*" olarak nitelendirilir. Bu fazda kompostun sıcaklığı çevre sıcaklığı değerine gelir ve olgunlaşmasını tamamlar. Ancak nihai kompost olarak adlandırılan kompost halen tam olarak stabil halde olmayabilir.

Nihai ürünün hemen kullanılabilir, depolanabilir ve satılabilir olması, hacimde azalma, ürünün daha az su ihtiva etmesi nedeniyle araziye serilmesinin kolaylaşması, daha kolay depolanabilmesi, zirai uygulamadan önce ürünün hijyenliğinin sağlanması, nihai ürünün tarım alanlarında ya da toprak iyileştirmede kullanılması kompostlaştırma sisteminin avantajları arasında sayılabilir. %18-30 arası susuzlaştırılmış çamura ihtiyaç duyulması, gözenekliliğin

artması için ilave malzemelere ihtiyaç duyulması, geniş alan gereksinimi, potansiyel koku ve aerosol oluşumu, organik atıklardan oluşan karışımın su muhtevasının %55 ve organik madde miktarının %70 den daha fazla olması, optimum ph 5.5 ve 8 arasında olması gerekliliği, işletme maliyetinin çamurun ham olarak serilmesine göre daha fazla olması ve havalandırma ihtiyacından dolayı enerji ihtiyacının artması kompostlaştırma sisteminin dezavantajlarını oluşturmaktadır. Değişik kompostlaştırma mekanizmaları aşağıda verilmiştir.

2.6.1. Açık Kompostlaştırma

Açık kompostlaştırma en eski ve en basit kompostlaştırma sistemi olmakla beraber en çok alana ihtiyaç duyulan teknolojidir. Windrow olarak adlandırılan ve uzatılmış yığınlar halinde araziye serilen kompost özel ekipmanlarla havalandırma maksadıyla belirli sıklıkta döndürülmesi gerekir. Açık kompostlaştırma sisteminde koku problemi yoğun olarak yaşanmaktadır. Kompost yığınları ısı döngüsü ve difüzyonun etkisiyle doğal olarak havalıdır. Ancak bazen kompost yığınları zorlama yoluyla yada vakumlama tekniğiyle havalandırılır. Kompost yığını içinde havalandırmayı sağlayan havalandırma boruları yığın altına yerleştirilirler. Kompost yığını üzerinde hareket eden aktarma makinesi poroziteyi artırıp kompostun içindeki büyük parçaları parçalarken, diğer taraftan da kompostun homojenizasyonunu sağlar. Böylece yığın içindeki sıcaklık ve nemin eşitlenmesini sağlar. Aktarma makinesi yığındaki kompostu kaldırır, döndürür ve düzelterek yerleştirir. Aktarma makinesinin döndürme sıklığı, yüksek oranda bozuşmanın gerçekleştiği ilk haftalardan nihai ürünün elde edilmesine yakın olan son haftalara doğru azalma gösterir. Hatta bazen son dönemde yığının çevrilmesi ihmal bile edilebilir.

2.6.2. Açık Yığın Kompostlaştırma

Açık kompostlaştırma ve açık yığın kompostlaştırma arasındaki temel fark, yığın kompostlaşımada çevirme ve karıştırma olmamasıdır. Açık yığın kompostlaşımada karıştırmanın olmaması, kompost içindeki yeterli porozitenin sağlanması yönünden uzun vadede açık kompostlaşımada daha kritik bir hal alır. Bu yüzden kaba atıkların kompostlaşımada yığın metoduna daha fazla ihtiyaç duyulur. Yığınla kompostlaşımada genel olarak yarım piramit şekli kullanılmaktadır. Yığının tipik boyutları 12-15m ve yükseklikte 3m civarındadır. Bu yükseklik olgun kompost kaplama tabakasını ve ilave metaryelleri de içerir.

Açık yığın kompostlaşımada genellikle, odun parçacıkları ve kaplama kompostu kullanılarak yapılır. Kaplama kompost olarak bahsedilen olgunlaşmış olan nihai komposttur. Arıtma çamurlarının kompostlaşımada yığın üzerine tabaka halinde nihai ürün olan kompost serilir. Bu sayede arıtma çamurunun üst seviyesinde sıcaklık kaybı önlenmiş olur. Aynı zamanda üstte serilen kompost bir nevi biyofiltre gibi davranarak koku yönetimine yardımcı olur. Aynı zamanda üstte serilen kompost bir nevi biyofiltre gibi davranarak koku yönetimine yardımcı olur. Bu teknoloji 1970'lerde Beltsville de geliştirilmiştir

Zaman kontrollü blowerlar oksijen seviyesinin %5-15 seviyelerinde kalmasını sağlar. Yığın içerisinde istenmeyen sıcaklıkların oluşmaması için Rutgers prosesi geliştirilmiştir ki buda sıcaklık kontrollü blowerlarla sistem kontrol altındadır.(çoğu 60°C sıcaklıkların altındaki yığınlarda) İlk ve final kompostlaştırma safhalarında, şayet yığın içerisindeki sıcaklıklar ayar noktasının aşağısında ise, sıcaklık geri beslemesi minimum havalandırmayı sağlamak ihmal edilebilir. Havalandırılmalı statik yığınlarda tipik alıkonma süresi 14-28 günü takip eden en az 30 günlük iyileşme süresidir.

2.6.3. Kapatılmış Kompost Reaktör Sistemi

Kapatılmış kompost reaktör sistemi ile reaktör olmayan sistemler(yığın metodu vb.) arasındaki ana fark, kompostlaştırmanın bir yapı içerisinde yer almasıdır. Bunun sağlayacağı en büyük avantaj ise kompostlaştırma prosesince açığa çıkan gazların toplanıp işlenebilir olmasıdır. Bununla birlikte, kompostlaştırma prosesinde açığa çıkan nemli ve sıcak gaz bu proseste kullanılan yapının çatı, duvar ve borularında yoğunlaşarak korozyona uğramasına neden olurlar. Açığa çıkan gazın hacmini azaltmak için bazı uygulamalarda kompostlaştırma alanı diğer alanlardan ayrı tutulur.

Arıtma çamurları için, kapatılmış sistemler gibi, çoğunlukla tüneller, hücreler, açık kompostlaştırma ve havalandırılmalı yığın metodlarında kullanılır. Kapalı sistemlerde, beslemeli yığın üçgen ya da trapezoidal şeklini alır. Bununla birlikte, çoğu uygulamada, beslemeli yığın üzerinde aktarma makinesinin gezebileceği kalın duvarlarla bölünür. Üzeri kapalı olmayan yerlerde ise yığın yüksekliği 2-2,5m'dir. Kapalı sistemdeki kanal sayısı atık kapasitesi ve önerilen alıkonma süresine bağlıdır.

Bu yöntemde 2 kanalla uygulamaya başlanabilir ve kapasite artışı halinde kanallar ilave edilebilir. Kısa kanallarda hücre olarak adlandırılır. Bu tarz sistemlerde sisteme hava, zorlamalı olarak yada vakumlama yoluyla verilir. Havalandırma ve aktarmanın temel amacı kompostlaştırma sürecini kontrol etmektir. Hava her bir kanalda altta yer alan manifoldlardan temin edilir ve su ilavesiyle birlikte gerçekleşen havalandırma, her bir tünelde ayrı ayrı kontrol edilir. Bu sistemlerde genelde her bir tünel kendi kontrol fanlarıyla birkaç havalandırma alanına bölünerek, havalandırmanın iyice yapılması sağlanır. Kompostun aktarılmasında, kompost tünelin başından sonuna doğru hareket eder. Aktarılma sıklıkları ise her gün kaydedilir. Bu sistemle çamurun tipik olarak alıkonma süresi kanallarda 21 gündür. Bunu takiben havalandırılmalı yada havalandırmasız yığınlarda 30 günlük olgunlaşma süresi geçerir. Biyojenik atıklar için tünellerde gerçekleşen tüm kompostlaşma süresi 6-8 haftadır.

2.6.4. In-Vessel Metodu

Kapalı reaktör sistemlerle karşılaştırıldıklarında, in-vessel reaktör sistemleri serili kompost üzerinde daha az hava boşluğuna sahiptir ve buda işletilmesi gereken çıkış gazının hacmini azaltır. Bu sistemlerde genelde çıkış gazı biyofiltrelerden geçirilir. Buna ilaveten, havalandırma sistemi belirli uygulamalara göre daha iyi kontrol edilebilir.

Kapalı reaktör sistemlerle karşılaştırıldıklarında, in-vessel reaktör sistemleri serili kompost üzerinde daha az hava boşluğuna sahiptir ve buda işletilmesi gereken çıkış gazının hacmini azaltır. Bu sistemlerde genelde çıkış gazı biyofiltrelerden geçirilir. Buna ilaveten, havalandırma sistemi belirli uygulamalara göre daha iyi kontrol edilebilir. Arıtma çamurlarının İn-vessel sistemleriyle kompostlaştırılması Amerika'da son 15 yıldır kullanılmaktadır. Başlangıçta, bu sistemlerin uygulanmasında bazı ciddi sorunlar (koku, nemin kaybolması, materyallerin işlenmesi vb.) yaşanmıştır. Ancak son 5-10 yıl süresince, Avrupa'da biyojenik atıkların kaynağında ayrı toplanması yönünde getirilen direktifler doğrultusunda biyojenik atıkların bu sistemlerle kompostlaştırılması giderek yaygınlaşmıştır.

2.6.5. Tünel Kompostlaştırma

Tünel kompost sistemi uzun yıllardır katı atıkların ve arıtma çamurların kompostlaştırılmasında kullanılan bir sistemdir. Bu sistemler proses kontrolünün farklı seviyelerinde karıştırma ve yığınlaştırarak kompostlaştırma sistemlerini içerir. Amerika'da özellikle arıtma çamurlarının kompostlaştırılmasında yatay akışlı reaktör sistemleri kullanılmaktadır.

Önceleri mantar endüstrisinde kullanılan bu kompostlaştırma reaktörleri kontrolleri daha iyi olduğundan ve dizayn ve işletmeleri hakkında uzun yılların verdiği tecrübenin ötürü son zamanlarda yoğun bir ilgi görmektedir. Bu sistem Amerika Birleşik Devletlerinde arıtma çamuru ve katı atıkların kompostlaştırılması için tavsiye edilmiştir. Avrupa'daki bazı üreticiler bu sistemi biyogenik atıklar üzerine adapte etmeye çalışmışlardır. Bu sistemin bir karakteristik özelliği kompost yığının profiline bakıldığında homojen bir sıcaklık nem ilişkisinin olduğu görülmektedir. Buda kompostlaştırmada çıkan gazın resürkilasyonundan kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak bu sistemde homojen bir kompost için minimum bir aktarma ihtiyacı vardır.

Bu sistemin bir karakteristik özelliği kompost yığının profiline bakıldığında homojen bir sıcaklık nem ilişkisinin olduğu görülmektedir. Buda kompostlaştırmada çıkan gazın resürkilasyonundan kaynaklanmaktadır. Bu sistemde homojen bir kompost için minimum bir aktarma ihtiyacı vardır. Tünel kompostlaştırmada tünel sayıları uygulamanın kapasitesine göre değişir. Tipik bir tünel kompostlaştırma sisteminin boyutları ortalama olarak 30-50 m uzunlukta, 4-6m genişlikte ve 2,5-4 m yüksekliktedir. Her bir tünel ayrı ayrı kontrol edilir. Prosesin kontrolü taze hava, çıkan gazın geri sirkülasyonu ya da ikisinin karışımının alt yataktan temin edilmesidir. Bu sistemler genellikle bant konveyör sistemleriyle otomatik olarak beslenir. Eğer tünel sistemlerinde kompostlaştırma süresi kısa ise (1 hafta gibi) karıştırma uygulanmayabilir. Tünel sistemlerinde karıştırma yapmanın bir yolu da bir tünelin boşaltılarak diğerine doldurulmasıyla yapılır ki hacim ve kütle kaybı telafi edilir. Bu sistemler karıştırma her bir tünelin üzerine konulan bir düzenekle de sağlanabilir. Tünel sistemlerinde kompostlaştırma süresi 1 ila 7 hafta arasında değişir. Eğer tünellerde kompostlaştırma süresi kısa ise, kompost için ilave olgunlaşma süresine ihtiyaç vardır.

2.6.6. Kutu ve Konteyner Tipte Kompostlaştırma

Bu kompostlaştırma sistemlerinin reaktör üniteleri tünel reaktörlere çok benzer olmakla beraber biraz daha kısırdırlar. Kompostlaştırma haznelerinin hacimleri, 50-60 m³ (7x3x3) ten 250m³ kadar çıkmaktadır. Kompostlaştırma kutularına karşın, daha küçük olan kompostlaştırma reaktörleri hacmi 20-25 m³ arasındadır ve bu sistemler taşınabilir ve üstten yüklenebilir. Bir araçla bu konteynirler proses süresince taşınabilir. Her bir konteynir havalandırmaya ve sızıntı suyu toplama sistemine bağlantılarla ilişkilidir. Proses kontrolü tünel sistemine benzer. Kutu ve konteyner sistemlerinde alıkonma süresi 7-14 gündür ve daha sonra sistem kompostun olgunlaşması ile devam eder.

2.6.7. Dikey Akışlı Kompostlaştırma

Dikey akışkanlı reaktörler genel olarak silindirik kuleler ve dikdörtgen reaktörlerden oluşur. Bu sistemler katı atıklardan ziyade daha sık arıtma çamurları için kullanılmaktadır. Bazı kuleler iç katlarda dikey bölmelerle ayrılırlar. Kulelerin hacim aralığı 400 – 1800 m³ ve derinliği ise 6- 9 m arasındadır. Dikey reaktörler genellikle üstten sürekli yada kesikli olarak beslenir. Kulede kompostlaştırma hareketi yavaş bir şekilde üstten aşağı doğrudur. İç katların ayrılması durumunda, kule içindeki malzeme hareketli ızgara yada flanşlarla dikey olarak hareket ettirilir. Reaktörde aşağı doğru hareket boyunca ara katlar karıştırmayı artırır. Kompostlaştırmanın verimli olabilmesi için havalandırmanın yeterli olması şarttır. Ancak bazı hallerde yüksek derinlik ve yığının etkili karıştırılmaması kompostun sıkışmasına neden olur. Buda kompost içinde anaerobik bölgelerin oluşarak koku sorununun yaşanmasına neden olur. Dikey kompostlaştırma reaktöründen sonra, reaktör içindeki materyal ya açık kompostlaştırmada

iyileştirilir yada ikinci bir kompostlaştırma kulesine doldurularak olgunlaşması sağlanır. Tipik olarak dikey akışlı sistemlerde alıkonma süresi 14- 20 gün arasındadır. Çıkan materyalin iyileştirilmesi için başka bir reaktöre konması halinde 2-3 hafta, açık kompostlaştırma yapılması halinde ise 3 aya kadar bir süre gereklidir.

Kompostlaştırma prosesi sonucu elde edilen kompost stabildir. Bu sebepten ötürü genelde toprak şartlandırıcı olarak tarım alanlarında, park ve bahçelerde, kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilir. Kompost bitkilerin büyümesi için gerekli olan makro element ve mikro elementleri yapısında ihtiva eder. Bununla beraber bir toprak şartlandırıcı olarak kullanılan kompostun temel etkisi toprağa nütrient ilavesinden ziyade toprağın yapısının ve humus dengesini sağlayıcı bir rol oynamasıdır. Kompost toprağın su tutma kapasitesini geliştirirken, diğer taraftan da erozyon kontrolüne, sıcaklığın düzenlenmesine ve pH dengesinde tampon olmak gibi artı özelliklere sahiptir. Kompost aynı zamanda ağır metalleri de içerir. Düşük konsantrasyonlarda bakır ve çinko gibi bazı metaller temel nütrientlerdir. Bunun yanı sıra ağır metal bakımından yüksek konsantrasyona sahip kompostun toprağa uygulanması oldukça sakıncalıdır. Yapısında ağır metal, patojen ve sentetik organik gibi istenmeyen kirleticiler bulunan biyokatıların toprağa uygulanmaması için pek çok yasa ve yönetmelikler çıkartılmıştır. Genellikle Avrupa Birliği Ülkeleri, Amerika'dan daha katı kanun ve standartlara sahiptir.

Kaynaklar

- 1) Atıksu Arıtımının Esasları, Prof. Dr. İzzet Öztürk, Dr. Hacer Timur, Dr. Ufuk Koşkan
- 2) Haug, R.T., (1993). The Practical Handbook of Compost Engineering, Lewis Publishers, Florida, USA.
- 3) Water Environment Federation (WEF) (1995a) Wastewater Residuals Stabilization, Manual of Practice FD-9, WEF, Alexandria, VA.
- 4) Eysel ve Eysel Nitelikli Atıksu Arıtma Çamurunun Arıtımı, R&R Bilimsel ve Teknik Hizmetler Ltd. Şti. 21.12.05/report-4d-Turkish
- 5) Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, Prof. Dr. Ayşe Filibeli
- 6) Occupational and environmental exposure to bioaerosols from composts and potential health effects [A critical review of published data,(Strom 1980 -de Bertoldi et al. 1983)
- 7) Water Environment Federation (WEF) (1995b) Biosolids Composting. WEF, Alexandria, VA. Wilber, C. And Murray, C. (1990) Odor source evaluation. BioCycle 36(3), 68-72.
- 8) US EPA (1981) Composting Processes to Stabilize and Disinfect Municipal Sewage Sludge, EPA 430/9-81-011, Office of Water Program Operations, Washington, DC.
- 9) Biocycle 1991,pp42-44).
- 10) Eysel ve Eysel Nitelikli Atıksu Arıtma Çamurunun Arıtımı, R&R Bilimsel ve Teknik Hizmetler Ltd. Şti., 12/03/10/report-4d-Turkish"
- 11) Waste treatment and disposal, Paul T. Williams - 2005 - Technology & Engineering, The regulation of sewage sludge in agricultural use.
- 12) US EPA (1989) In-vessel Composting of Municipal Wastewater Sludge, EPA 625/8-89/016, Center of Environmental Research Information, Cincinnati,

13) Atıksu Arıtımında Tesis Tasarım Dersi Uygulamaları Bülent I. Goncahođlu–Ocak 2008

14) Ventilation in composting wastewater sludge. Journal of the Water Pollution Control Federation 54, 111-113. Strom, P. F. (1985)