

Kompostlaştırma Tesislerinde Farklı Mekanizasyon Uygulamalarının Yatırım ve Üretim Maliyetlerine Etkilerinin Belirlenmesi

Recep KÜLCÜ¹, Osman YALDIZ²

¹Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, 07070, ANTALYA

²Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 07070, ANTALYA
rkulcu@akdeniz.edu.tr

Özet: Kompostlaştırma işlemi ile organik atıkların çevreye olan olumsuz etkileri azaltılmakta ve ekonomik değeri olan toprak düzenleyicisi bir ürün elde edilmektedir. Tarımsal organik atıkların kompostlaştırılmasında genellikle açık kompost tesisleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada farklı mekanizasyon uygulamalarının yapıldığı kompostlaştırma tesislerinin ve üretim miktarlarının tesis kurma, işletme ile ürün maliyetleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla dört ayrı kompostlaştırma sistemi için kapasitelerine bağlı olarak makine tercihlerini, işletme boyutu ve giderlerini hesaplayan Microsoft Excel tabanlı bir çalışma sayfası oluşturulmuş ve hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda 10 000- 150 000 t/y kapasiteli kompostlaştırma sistemleri için ürün maliyetlerinin 11-29 USD/t aralığında hesaplanmıştır. Tesis kapasiteleri 45 000 t/yıl değerinin altına düştüğünde ürün maliyetleri de 15 USD/t değerinin altına düşmüştür.

Anahtar kelimeler: Kompostlaştırma, Kompost tesisi, maliyet.

Determination The Effect of Different Mechanization Applications on Capital, Operation and Product Costs in Agricultural Composting Facilities

Abstract: Composting minimizes the environmental damage and provide economically valuable products from the organic wastes. Open composting systems are generally used for agricultural waste composting. In this study, the effect of different composting mechanization applications and different facility capacities on capital, product and operation costs was investigated. These costs of four composting systems were analyzed with Microsoft Excel Worksheet. According to the results, the cost of compost product was between 11 and 29 USD per tonne. Increasing the capacity to 45 000 t/year or higher, this product cost decreased under 15 USD per tonne.

Key words: Composting, composting facility, cost.

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde nüfus artışı ile tüketim alışkanlıklarındaki değişimlere bağlı olarak üretilen atık miktarları da önemli seviyelerde artış göstermektedir. Son yıllarda özellikle tarımsal üretimde yaşanan gelişmeler ile sağlanan verimlilik artışı beraberinde sürekli artan ve çevre açısından bir çok olumsuzluğu da taşıyan atık üretimini yoğunlaştırmıştır. Avrupa Birliği, atık miktarlarındaki artışların çevresel etkilerini azaltmak amacıyla çeşitli yasalar ve direktifler ile üye ülkeleri atıkların çevresel etkilerini düşürmek amacıyla sınırlandırmaktadır. Avrupa Birliği 26 Nisan 1999 yılında yürürlüğe koyduğu direktifinde " Üyelik yükümlülükleri içerisine giren ülkeler 5 yıl içerisinde

deponi alanlarında biriktirilen biyolojik olarak artılabilir atıklarını, 1995 yılındaki toplam seviyesinin %25 altına indireceklerdir" ifadesiyle üye ülkelerin atık bertarafındaki hedeflerini belirlemiştir (Anonymous, 1999). Ülkemizde 1991 yılında yürürlüğe giren katı atıkların kontrolü yönetmeliği ile katı atıkların bertarafı ve değerlendirilmesine dair kriterler ve yöntemler belirlenmiştir. Yönetmelikte 1998 yılında yapılan değişiklikle katı atıkların bertarafında sadece 3 yöntemin uygulanabileceği belirtilmiştir. Bu yöntemler (Anonim, 1991);

- Kompostlaştırma,
- Enerji kazanmak üzere yakma,
- Düzenli depolamadır.

Kompostlaştırma, tarımsal veya kentsel organik atıkların mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması, içerisindeki patojen organizmalardan arındırılması ve toprak düzenleyicisi bir ürün elde edilmesi işlemidir. Günümüze kadar çok farklı teknolojilerin ve mekanizasyon uygulamalarının kullanıldığı kompostlaştırma sistemleri tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemlerin işlem başarıları, uygulama kolaylıkları ve maliyetleri birbirlerine göre farklılıklar göstermiştir.

Kompostlaştırma tesislerinde maliyeti etkileyen temel faktörler kapasite ve kullanılan teknoloji düzeyidir. Temel faktörlerin yanında hesaplamaların yapıldığı bölge veya ülkenin enerji, inşaat ve makine satın alma bedelleri de maliyet üzerinde etkili olmaktadır. Renkow ve ark. (1993) Amerika Birleşik Devletlerinde açık sistemlerin kapasitelerine göre yaptıkları maliyet belirleme çalışmalarında 25000-200000 t/y aralığında atık işleme kapasitesine sahip işletmeleri incelemişler ve bu işletmelerde teknoloji düzeylerine bağlı olarak kompost maliyetinin 5-15 USD arasında değiştiğini bulmuşlardır. Kashmanian (1992) Amerika Birleşik Devletlerinde kentsel atıkların kompostlaştırıldığı fabrikalar için açık sistemlerde kompost maliyetini 18,46-36,01 USD/t değerleri arasında hesaplamıştır.

Bu çalışmanın amacı özellikle tarımsal atıklar için yaygın kullanım alanı bulan açık kompostlaştırma sistemlerinde kullanılan farklı mekanizasyon uygulamaları ile üretim miktarlarının tesis kurma, işletme ve ürün maliyetlerini belirleyerek fizibilite çalışması yapmaktır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan kompostlaştırma tesisi tipleri

Kompostlaştırma tesislerinde kullanılacak teknoloji ve mekanizasyon uygulamaları belirlenirken üretilecek üründe istenilen özellikler, çevresel etkiler ve üretim akışının sürekliliği ile düzgünlüğü gibi öncelikler etkili olmaktadır. Bu kriterler doğrultusunda geliştirilen tesis tipleri 2 temel grupta toplanmaktadır. Bu gruplar (Haug, 1993);

- Açık (yığın tipi) sistemler,
- Kapalı sistemler' dir.

Kapalı sistemlerde fiziksel ve kimyasal açıdan uygun forma getirilen atıklar dış ortamdan izole edilmiş kapalı bir mekan içerisine alınarak, biyolojik işleme tabii tutulurlar. İşlem tamamen kontrollü

şartlarda gerçekleştirilir. Genellikle işlem parametreleri bilgisayarlar ile kontrol edilerek, daha başarılı bir işlemin gerçekleşmesi sağlanır. Kapalı tip sistemler de çevresel etkiler düşük ve hijyenleşme daha etkindir ancak sistemin ilk kurulma ve üretim maliyetleri yüksektir. Bu nedenle kapalı tip sistemler kentsel katı atıkların ve arıtma çamurlarının kompostlaştırılmasında daha yaygın kullanılmaktadır (Taşan, 1991).

Açık tip sistemler organik atıkların düşük teknoloji ve maliyetle kompostlaştırıldığı sistemlerdir. Bu sistemlerin dezavantajları ise olumsuz çevresel etkilerinin yüksek ve işlemin ortam şartlarından etkileniyor olmasıdır. Ancak açık sistemlerde son yıllarda yapılan çalışmalar ile hijyenleşme etkinliği arttırılmış ve eklenen biyofiltreler ile koku problemleri azaltılmıştır. Açık tip sistemler özellikle tarımsal atıkların kompostlaştırıldığı işletmelerde daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

Açık (Yığın tipi) kompostlaştırma tesisleri ve teknik özellikleri

Açık sistemlerde işlem için uygun forma getirilen atık karışımları kullanılan sisteme uygun profilde yığın haline getirilerek seçilen teknolojiye göre havalandırılırlar. Yığın sistemlerini birbirinden ayıran temel fark materyalin havalandırılmasında kullanılan mekanizasyon uygulamasıdır (Epstein, 1997). Uygulamada kullanılan yığın sistemleri;

- Statik yığın
- Birleştirilmiş statik yığın
- Karıştırmalı yığın (THK) (traktörden hareket alan karıştırıcı)
- Karıştırmalı yığın (KYK) (kendi yürür karıştırıcı) sistemleridir.

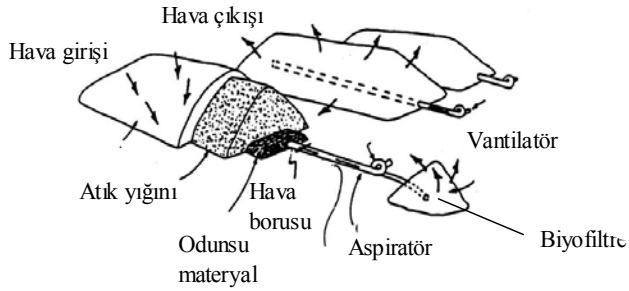
Statik yığın sistemlerinde trapez veya üçgen kesitinde yığın haline getirilen materyallere fanlar yardımıyla oksijen desteği sağlanır. Yığınların alt kısmında havanın tabanda yayılmasını sağlayan boşluk yaratıcı materyaller yerleştirilir (taş parçaları, büyük parçalı odunsu materyaller vs.) hava bu materyaller içerisine bir boru (üzerinde hava çıkış delikleri açılmış) yardımıyla üflenerek veya emilerek yığın içerisinde fandan uzak bölgelere de ulaşması sağlanır. Hava emişli sistemlerde yığın içerisinden emilen hava doğrudan ortama verilmez öncelikle bir biyofiltreden geçirilerek içerisindeki koku yapan kısımları temizlenir. Hava üfleli sistemlerde ise yığın üzerine dökülen olgun kompost veya diğer koku tutma özelliğine sahip

materyaller içerisinde geçen hava bir miktar süzülerek çevreye verilir (Şekil 1a) (Rynk vd., 1992).

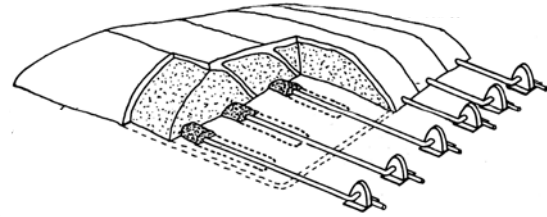
Statik birleştirilmiş yığın sisteminde, statik yığın sisteminden farklı olarak ilk yığın üçgen, diğerleri ise bir kenarı üçgen üzerine yaslanan paralel kenar kesitli sıralanmış yığınlardan oluşmaktadır (Şekil 1b). Statik birleştirilmiş yığın sistemlerinde, statik yığın sistemlerine göre daha küçük alan üzerinde işlem gerçekleştirilebilmektedir, ancak yığınların birbirine yaslanmış konumda olması uygulamada bazı teknik sorunlara neden olmaktadır (Rynk ve ark., 1992).

Karıştırmalı yığın sistemlerinde kompostlaştırma için uygun özelliklere getirilen materyaller yığınlar haline getirilir ve oluşturulan yığınlar belirli periyotlarla karıştırılarak havalandırılmaları sağlanır. Karıştırma işleminin zaman aralığı materyalin özelliklerine, teknik ve ekonomik imkanlara bağlıdır. Yapılan araştırmalar

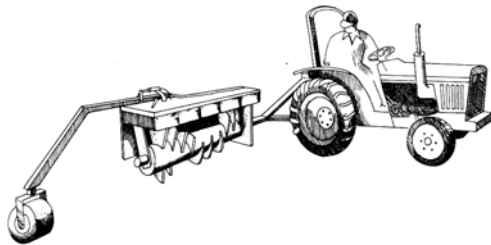
bu periyodun 4-5 günde bir olmasının işlem açısından uygun olduğunu göstermiştir (Diaz vd. 1993). Karıştırma işlemi sırasında materyal boyutları küçülür ve karışımın daha homojen hale gelmesi sağlanır. Traktörden hareket alan karıştırıcı sistemlerde traktörün üç nokta askı sistemine asılan ve kuyruk milinden hareket alan bir yığın karıştırıcısı kullanılarak yığınların karıştırılması sağlanır (Şekil 2a). Kendi yürür karıştırıcı sistemlerde ise kompostlaştırma işlemleri için tasarlanmış özel karıştırma makineleri kullanılmaktadır (Şekil 2b). Kendi yürür karıştırma makinelerinin kapasiteleri ve işlem başarıları traktörden hareket alan karıştırıcılara göre daha yüksektir. Ayrıca traktörden hareket alan karıştırıcılar ile çalışıldığında yığınlar arasında traktör için geçiş alanı bırakılması işlem için gerekli alanı arttırmakta dolayısıyla zemin maliyetini yükseltmektedir.



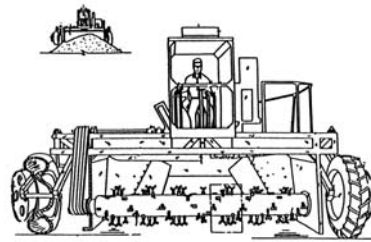
Şekil 1 a) Statik yığın sistemi



b) Birleştirilmiş statik yığın sistemi



a



b

Şekil 2 a) Traktörden hareket alan yığın karıştırıcısı b) Kendi yürür yığın karıştırıcısı

MATERYAL ve YÖNTEM

Açık (yığın) Tip Tesislerin Maliyet ve İşletme Parametrelerinin Hesaplanması

Farklı mekanizasyon uygulamalarının tasarlandığı sistemlerin maliyet ve işletme parametrelerinin hesaplanması amacıyla, Microsoft Excel tabanlı bir çalışma sayfası oluşturulmuştur. Çalışma sayfasının veri giriş bölümüne tesiste işlenecek ham atık miktarı eklendiği zaman, çalışma sayfası gerekli hesaplamaları yaparak dört ayrı tesisin maliyet hesaplamalarını, tesislerin mekanizasyon büyüklüklerini ve tesis planlaması için gerekli alan boyutlarını vermektedir.

Hesaplamalar için hazırlanan çalışma sayfasının işlem akışı

Çalışma sayfasında dört farklı kompost tesisi için maliyet ve işletme parametresi hesaplamaları yapılmaktadır. Bu tesisler;

- Statik yığın
- Birleştirilmiş statik yığın
- Karıştırmalı yığın (THK)
- Karıştırmalı yığın (KYK)

Çalışma sayfasının veri giriş kısmından tesiste işlenecek ham atık miktarı eklendiğinde öncelikle tesisin zemin alanı belirlenmekte ve kompost sistemlerine uygun zemin malzemeleri kullanılarak toplam zemin ve işletme binası maliyeti hesaplanmaktadır. Zemin malzemesi olarak çakıl üzerine demir ile mukavemeti arttırılmış beton kullanılmış ve üst yüzeye sızdırmazlık sağlamak amacıyla sıkı beton uygulaması yapılmıştır. Tesis içerisindeki tüm işlem bölümleri için ayrı alan hesaplamaları yapılarak, toplam zemin alanı belirlenmiştir. Tüm sistemlerde işlem özelliklerine bağlı olarak farklı boyutlarda olan işlem alanları;

- Ham materyal deposu,
- Şartlandırma alanı ,
- Biyolojik işlem alanı,
- Olgunlaştırma alanı,
- Ürün deposundan oluşmaktadır.

Zemin hesaplamaları içerisine işletme için kullanılacak idari bina maliyeti de dahil edilmiştir. Bina maliyetinin hesaplanmasında 300 m2 ve Bayındırlık Bakanlığının 2004 tebliğinde belirttiği III. sınıf A grubu yapı maliyetleri kullanılmıştır (Anonim, 2004).

Zemin hesaplamaları tamamlandıktan sonra veri girişinden alınan ham materyal miktarı kullanılarak tüm sistemlerde bulunan makine ve ekipmanların kapasiteleri ve sayıları belirlenerek gerekli makine tercihleri çalışma sayfası tarafından yapılmaktadır.

Çalışma sayfası tarafından belirlenen uygun mekanizasyon araçlarının büyüklükleri üzerinden toplam makine maliyetleri hesaplanmaktadır. Bütün tesislerde, belirlenen atık miktarına göre, şartlandırma alanında bulunan makineler aynı kapasite ve sayıda kullanılmıştır. Şartlandırma alanında işlenecek ürün miktarına bağlı olarak farklı kapasitelerde; ham materyal karıştırıcısı, boyut küçültmek amacıyla kullanılan parçalayıcı ve tambur elek kullanılmaktadır. Tesis içerisindeki ve tesise gelecek materyallerin sevkiyatında kullanmak amacıyla kapasitesi ve sayısı program tarafından seçilen traktör, römork, önyükleyici ve kamyon kullanılmıştır. Biyolojik işlem alanlarında kullanılan makine ve ekipmanlar seçilen sistemin çalışma prensiplerine bağlı olarak değişmektedir. Statik ve birleştirilmiş statik yığın sistemleri için fan sayıları ve kapasiteleri ile gerekli boru uzunlukları hesaplanırken, karıştırmalı yığın sistemlerinde kullanılacak yığın karıştırıcılar kapasitelerine göre program tarafından seçilmektedir.

Çalışma sayfasının maliyet hesaplaması bölümünde tüm sistemlerin zemin, işletme binası ve makine maliyetleri toplanarak işletmenin toplam kurulma maliyeti hesaplanmaktadır. Ürün maliyeti hesaplamalarında ise sabit ve değişken giderler dikkate alınmıştır. Sabit giderler kapsamında makine ve yapıların amortisman ile faiz giderleri değerlendirilmiştir. Amortisman hesapları doğru hat amortisman yöntemine göre yapılmıştır.

$$D_T = \frac{C_0}{n} \quad (\text{Işık, 1999}) \quad (1)$$

DT- t yılı sonundaki izin verilen amortisman değeri (USD/yıl)

C0- Malın yenisinin şimdiki satın alma bedeli (USD)

n- söz konusu malın ekonomik ömrü (yıl)

Doğru hat amortisman hesaplamasında kullanmak üzere makine ekonomik ömürleri 10 yıl, yapı ekonomik ömürleri 50 yıl kabul edilmiştir (Işık, 1999).

Faiz giderlerinin hesaplanmasında (Sındır, 1999; Çanakçı ve Akıncı, 1998; Işık, 1988);

$$I_r = \frac{SAB + HD}{2} \times i \quad (2)$$

Ir- faiz gideri (TL/yıl),

SAB- faiz gideri hesaplanan değer satın alma bedeli (TL)

HD- faiz gideri hesaplanan değer hurda değeri

$$i = \frac{I_n - I_e}{1 + I_e} \quad (3)$$

i-gerçek faiz değeri, ondalık

In- nominal veya piyasa faiz değeri, ondalık

Ie- genel enflasyon oranı, ondalık eşitlikleri kullanılmıştır.

Nominal ve piyasa faiz oranları ile genel enflasyon değerleri Türkiye için 1994-2004 yılları arasındaki değerlerin ortalamaları alınarak kullanılmıştır (Anonim, 2004a; Anonim, 2004b).

Değişken giderlerin hesaplanmasında; makine ve ekipmanların tamir bakım, enerji ve işçilik giderleri değerlendirilmiştir. Makinaların tamir bakım giderleri için satın alma bedelleri üzerinden yıllık %3.5'lik pay ayrılmıştır. Sistemlerin enerji giderleri kullanılan makinaların enerji tüketimlerine göre farklılıklar göstermektedir. Karıştırmalı yığın sistemlerinde makinaların çalışma süreleri üzerinden enerji tüketim değerleri hesaplanırken, statik yığın sistemlerinde yığın karıştırıcılar yerine fanların çalışma süreleri değerlendirilerek enerji tüketim değerleri belirlenmiştir. Yığınların oluşturulmasında tüketilen enerji 5,03 lt/t , yığınların karıştırılmasında harcanan enerji ise 3,17 lt/t olarak kullanılmıştır (Schuchart, 2003). Statik yığın sistemlerinin havalandırma için harcadıkları enerjinin belirlenmesinde gerekli havalandırma miktarından hareket edilmiştir. Yığınlar için gerekli havalandırma miktarının belirlenmesinde;

$$Q_h = m v \quad (\text{Rynk vd., 1992})$$

Qh- havalandırma miktarı (ft³/min)

m- havalandırılacak materyalin kuru ağırlığı (t)

v- materyalin havalandırma oranı (100 ft³.min-1.t-1)

eşitliği kullanılmıştır.

Yığınlar için hesaplanan havalandırma oranını sağlayacak fan boyutu program tarafından seçilmekte ve fanın harcayacağı elektrik enerjisi hesaplanmaktadır.

Ürün maliyetlerinin hesaplanmasında;

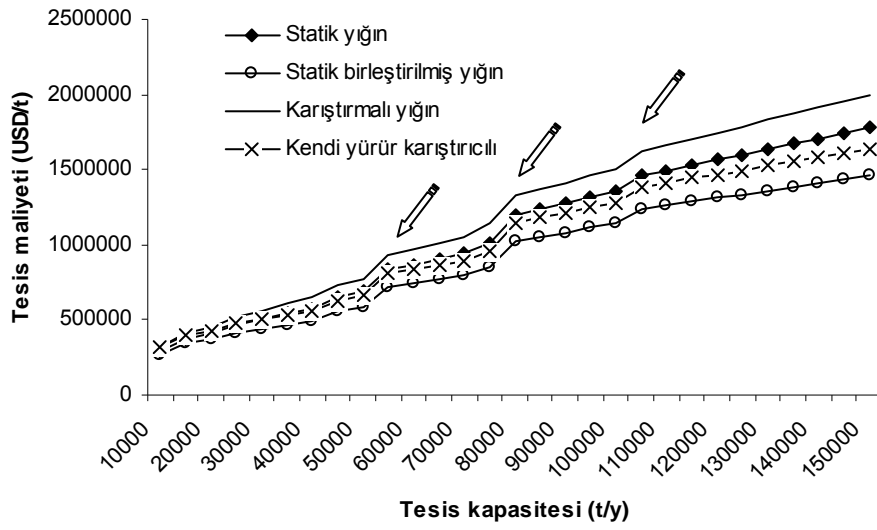
$$\text{Birim ürün maliyeti} = \frac{\text{Üretim masrafları toplamı}}{\text{Ürün miktarı}} \quad (4)$$

(Erkuş vd., 1995) eşitliği kullanılmıştır.

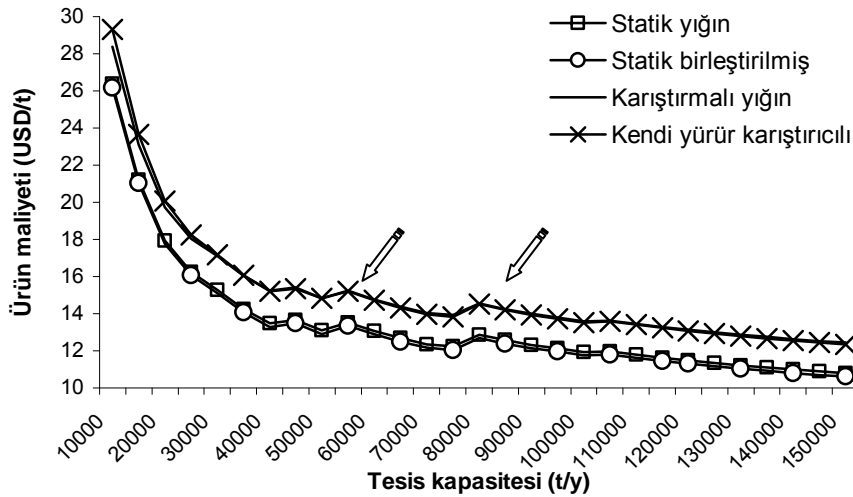
Üretim masrafları içerisinde toplam değişken ve sabit giderler değerlendirilmiştir. Maliyet hesaplamalarına resmi giderler (çed raporu, proje giderleri vs.) ve vergiler dahil edilmemiştir. Hesaplamalarda Dolar ve Türk Lirası arasındaki değişimlerde 1USD için 1400000 TL paritesi kullanılmıştır.

SONUÇLAR

Çalışmada ele alınan dört ayrı sistemin 10000-150000 t/y kapasite aralıkları için, tesis kapasitesinin artışına bağlı olarak tesis kurma maliyetleri yükselmiş, ters orantılı olarak ürün maliyetleri düşmüştür. Yıllık 10000 ton atık işleme kapasitesine sahip kompost tesislerinin tesis kurma maliyetleri 270000-320000 USD aralığında değişmektedir. Tesislerin kapasitesi yıllık 150000 t değerine arttırıldığında tesis kurma maliyetleri 1450000-2000000 USD aralığına yükselmektedir. Birleştirilmiş statik yığın sisteminin tesis kurma maliyetleri diğer sistemlerden daha düşük gerçekleşmiştir. Statik birleştirilmiş yığın sistemini sırasıyla statik yığın, karıştırmalı yığın (KYK) ve karıştırmalı yığın (THK) sistemler takip etmektedir. Ancak tesislerin kapasitesi 35000 t/y değerini aştığında statik yığın sisteminin tesis kurma maliyeti karıştırmalı yığın (KYK) sisteminden daha yüksek hesaplanmıştır. Tesis kapasitelerinin 55000-60000, 75000-80000 ve 100000-110000 t/y olduğu aralıklarda tesislerin temel makinalarının birçoğunda kapasite artırımı gerektiği için tesis kurma maliyetleri hızlı yükseliş göstermiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Tesis kurma maliyetlerinin tesis kapasitelerine göre değişimi



Şekil 4. Ürün maliyetlerinin tesis kapasitelerine göre değişimi

Şekil 4'de çalışmada kullanılan dört farklı kompost tesisi için farklı atık işleme kapasitelerine göre ürün maliyetlerinin değişimi gösterilmiştir. Ürün maliyetleri genel olarak statik sistemlerde düşük, karıştırmalı sistemlerde yüksek bulunmuştur. Ürün maliyetleri 10000 t/y atık işleme kapasitesindeki sistemlerde 26-29 USD aralığında hesaplanırken, bu değerler 45000 t/y kapasitede 13-15 USD ve 150000 t/y kapasitede 11-12 USD aralığına kadar gerilemektedir. Ürün maliyetleri 10000-40000 t/y kapasite aralığında hızlı bir düşüş gösterirken, 40000 t/y kapasitenin üzerine çıktığında azalan bir düşüş hızı göstermektedir. Tesis kurma maliyetlerine paralel olarak, 55000-60000 ve

75000-80000 t/y tesis kapasitelerinde makine maliyetlerinin kapasite değişimi nedeniyle artması sonucunda ürün maliyetlerinde yükselme görülmektedir.

TARTIŞMA

Yapılan hesaplamalar sonucunda statik birleştirilmiş yığın sisteminin tesis kurma ve işletme maliyetleri diğer sistemlere göre daha düşük hesaplanmıştır. Ancak bu sistemin işletilmesi diğerlerine göre daha fazla teknik bilgi gerektirmektedir. Ayrıca birleştirilmiş statik yığın sistemi yüksek kapasiteli uygulamalarda yığınlar

arasında servis alanları bulunmaması nedeniyle bazı teknik zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle yüksek kapasiteli sistemlerde düşük işletme ve ürün maliyeti istendiğinde statik yığın veya karıştırmalı (KYK) sistemlerin uygulanması daha uygun olacaktır. Karıştırmalı yığın sistemleri ise yüksek ürün maliyetlerine rağmen kullanım kolaylığı ve daha az teknik bilgi ile uygulanabilirlikleri nedeniyle değerlendirilebilecek yöntemlerdir. Karıştırmalı yığın (KYK) sistemi tesis kurma maliyeti ve ürün maliyeti açısından traktörden hareket alan karıştırıcı sistemine göre daha uygun görülmektedir. 35000 t/y atık işleme kapasitesinin üzerindeki tesislerde düşük tesis kurma maliyeti açısından, statik (birleştirilmiş) yığın sistemi hariç, karıştırmalı (KYK) yığın sistemi diğer sistemlere

göre daha ekonomik olmaktadır. Ayrıca kendi yürür sistemin uygulanması traktörden hareket alan sisteme göre daha kolaydır. Ancak çiftlik içerisinde kurulacak tesislerde traktörün tesis içerisinde diğer işlerde de kullanılıyor olması karıştırmalı yığın (THK) sistemini daha avantajlı hale getirebilir.

Örnek tesis modeli

Tablo 1,2 ve 3'de hesaplamalar için hazırlanan çalışma sayfalarından elde edilen , 50000 t/y atık işleme kapasiteli sistemlerinin makine-ekipman, maliyet ve işletme değerleri gösterilmiştir.

Tablo 1. Tesislerin makine ve ekipman varlıkları ile kapasiteleri

Atık işleme kapasitesi; 50000 t/y	Statik yığın		Birleştirilmiş statik yığın		Karıştırmalı yığın (THK)		Karıştırmalı yığın (KYK)	
	Adet	Kapasite	Adet	Kapasite	Adet	Kapasite	Adet	Kapasite
Materyal karıştırıcısı	1	35 (m ³)*	1	35 (m ³)	1	35 (m ³)	1	35 (m ³)
Parçalayıcı/Değirmen	1	15 (t/h)	1	15 (t/h)	1	15 (t/h)	1	15 (t/h)
Tambur elek	1	25 (t/h)	1	25 (t/h)	1	25 (t/h)	1	25 (t/h)
Traktör	2	70 (hp)	2	70 (hp)	2	70 (hp)	2	70 (hp)
Römork	2	3 (t)	2	3 (t)	2	3 (t)	2	3 (t)
Traktör ön yükleyicisi	2	-	2	-	2	-	2	-
Kamyon	1	25 (t)	1	25 (t)	1	25 (t)	1	25 (t)
Fan	74	85 (m ³ /min)	-	-	-	-	-	-
Boru	-	3478 (m)	-	3478 (m)	-	-	-	-
Yığın karıştırıcı	-	-	-	-	1	1200 (t/h)	1	1000 (t/h)

*- materyal karıştırıcısı kapasitesinde karıştırma haznesinin hacmi kullanılmıştır

Tablo 2. Tesis planlanması için işletme parametreleri

Atık işleme kapasitesi; 50000 t/y	Statik yığın	Birleştirilmiş statik yığın	Karıştırmalı yığın (THK)	Karıştırmalı yığın (KYK)
İşçi sayısı	7	7	7	7
Yığın sayısı	74	74	55	55
Yığın profili	Üçgen	Üçgen+eşkenar dörtgen	Trapez	Trapez
Ham materyal depolama alanı	1883 (m ²)	1883	1883	1883
Şartlandırma alanı	200 (m ²)	200 (m ²)	200 (m ²)	200 (m ²)
Biyolojik işlem alanı	12732 (m ²)	6600 (m ²)	17649 (m ²)	9540 (m ²)
Olgunlaştırma alanı	3553 (m ²)	3553 (m ²)	3553 (m ²)	3553 (m ²)
Ürün depolama alanı	2274 (m ²)	2274 (m ²)	2274 (m ²)	2274 (m ²)
Toplam alan gereksinimi	20642 (m ²)	14510 (m ²)	25559 (m ²)	17450 (m ²)

Tablo 3. Tesislerin maliyet hesaplamaları

Atık işleme kapasitesi; 50000 t/y	Statik yığın	Birleştirilmiş statik yığın	Karıştırmalı yığın (THK)	Karıştırmalı yığın (KYK)
Toplam tesis maliyeti (USD)	686211	578658	769632	665804
Kompost maliyeti (USD/t)	13,09	12,91	14,82	14,82
Zemin ve işletme binası maliyeti (USD)	422691	315138	508932	366704
Toplam makine maliyeti	263520	263520	260700	299100
Toplam amortisman (USD/y)	34805	32654	36248	37244
Faiz giderleri (USD/y)	16517	14024	18444	16126
Toplam sabit giderler (USD/y)	51322	46678	54692	53370
Yıllık enerji bedeli	182916	182916	222715	222715
Makinaların tamir ve bakım bedelleri (USD/y)	9223	9223	9124	10468
İşçilik maliyetleri (USD/y)	83998	83998	83998	83998
Toplam değişken giderler (USD/y)	276137	276137	315837	317181
Yıllık toplam giderler (USD/yıl)	327459	322815	370529	370551

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 20814 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonim, 2004. Sistem dergisi Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2004 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ. <http://www.sistemdergisi.com.tr/ozel/63.html>. Web sayfasına giriş tarihi; 18/03/2004.
- Anonim, 2004a. T.C.Devlet İstatistik Enstitüsü. <http://www.die.gov.tr>. Web sayfasına giriş tarihi; 18/03/2004.
- Anonim, 2004b. T.C. Merkez Bankası. <http://www.tcmb.gov.tr>. Web sayfasına giriş tarihi; 18/03/2004.
- Anonymous, 1999. Council Directive 1999/31/EC of 26 April on the landfill of waste. Official Journal L.182, 16/07/99 p.0001-0019.
- Çanakçı, M. ve Akıncı, İ., 1998. Antalya Bölgesinde Ekim ve Gübreleme Mekanizasyonuna Ait İşletme Giderlerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniv., Ziraat Fakültesi Dergisi 11: 63-74.
- Diaz, L.D., Savage, G.M., Eggerth, L.L., Golueke, C.G. 1993. Composting And Recycling Municipal Solid Waste Lewis Publishers, Florida.
- Epstein, E., 1997. The Science Of Composting .Technomic Publishing Company, Switzerland.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kırıl, T., Açıl, F., Demirci, R. 1995. Tarım Ekonomisi. Ankara Üniversitesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:5, Ankara.
- Haug, R.T., 1993. The Practical Handbook Of Compost Engineering. Lewis Publishers, Florida, 699 Pp.
- Işık A., 1988. Sulu Tarımda Kullanılan Mekanizasyon Araçlarının Optimum Makina ve Güç Seçimine Yönelik İşletme Değerlerinin Belirlenmesi ve Uygun Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerinde Bir Araştırma (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Ç.Ü. F.B.E., Tarımsal Mekanizasyon ABD, S: 210, Adana.
- Işık, A., 1999. Mühendislik Ekonomisi. Bizim Büro Basımevi, Kütahya.
- Kashmanian, R., M., 1992. Cost consideration solid waste compost production versus market price. Science and Engineering of composting edited by Hoiting, H., A., J and Keener, H., M. Ohio research and development center, Ohio.
- Kulcu, R., Yaldiz, O., 2004. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. Bioresource Technology 93: 49-57.
- Renkow, M., Safley, C., Chaffin, J. 1993. A Cost Analysis of Municipal Yard Waste Composting. ARE Report No. 6, <http://www.ces.ncsu.edu/resources/economics/compost/>. Web sayfasına giriş tarihi; 16/03/2004.
- Rynk, R., Kamp, M., Wilson, G.B., Singley, M.E., Richard, T.L., Kolege, J.J., Gounin, F.R., Laliberty, L.J., Kay, D., Murpy, D.W., Hortinh, A.J. And Brinton, W.F., 1992. On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca.
- Schuchart, F., 2003. Biologische behandlung von problemabfallen und-abwassern Begleitforschung im rahmen der demonstrationsanlage am schlachthof Cakung/Jakarta. FKZ 0319179D, FAL.
- Sındır K. O., 1999. Tarımda Makina Seçimi ve Ortak Kullanım Modelleri. T. C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Yayın No: 110, S.91, Ankara
- Taşan, A. S., 1991. Şehirsel Çöp Ve Katı Atıkların Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış) İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü , İstanbul.