



HAYVAN GÜBRESİNDEN VE BİYO-ATIKLARDAN KOMPOST ÜRETİMİ

İçindekiler

1. GİRİŞ.....	8
2. KOMPOSTLAMA	10
2.1. AEROBİK ŞARTLARDA KOMPOSTLAMA İŞLEMİ	11
2.2. KOMPOSTLAMA İŞLEMİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER.....	13
2.2.1 Oksijen Ve Havalandırma	13
2.2.2 Besi Maddeleri	14
2.2.3 Nem	15
2.2.4 Porozite, Yapı, Kıvam Ve Partikül Boyutu.....	17
2.2.5 pH	18
2.2.6 Sıcaklık	19
2.2.7 Süre	20
2.3. KOMPOSTLAMA ESNASINDA MADDELERDEKİ DEĞİŞİMLER.....	21
2.4. OLGUNLAŞMA	23
2.5. KOMPOSTLAMANIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	24
2.5.1 Avantajları.....	24
2.5.2 Dezavantajlar.....	26
2.6. KOMPOSTLAMA İŞLEMİNDE KULLANILAN MADDELER	28
2.6.1. Ham Maddelerin Karakteristikleri.....	30
2.6.2. Kompostlamada Yaygın Kullanılan Maddeler.....	31
2.6.3. Kompost Karışımının Formülasyonu	39
2.6.4. Kompost Karışımını Hesaplama Kullarılan Formüller	44
2.6.5. Kompostlama İçin Ham Maddelerin Test Edilmesi	49
2.6.6. Madde Analizlerinin Çiftlikte Yapılması.....	49
3. KOMPOSTLAMA METOTLARI	53
3.1. PASİF KOMPOSTLAMA.....	53
3.2. SIRALI YIĞIN KOMPOSTLAMA.....	55
3.2.1. Döndürme Teçhizatı	56
3.2.2. Sıralı Yığın Kompostlama Yönetimi	60
3.3. PASİF HAVALANDIRMALI YIĞINLAR	61
3.4. HAVALANDIRMALI STATİK YIĞINLAR	62
3.4.1. Havalandırmalı Yığın Tipleri.....	64
3.4.2. Karıştırma ve Yığın Oluşturma	65
3.4.3. Havalandırma Yönetimi: Süre ve Sıcaklığa Göre Kontrol	66
3.4.4. Havalandırma Sistemleri.....	68
3.4.5. Emme ve Basınçlı Havalandırma	71
3.5. KAPALI REAKTÖRDE KOMPOSTLAMA.....	74
3.5.1. Depoda Kompostlama.....	74
3.5.2. Dikdörtgen Karıştırma Yatakları.....	74
3.5.3. Silolar.....	76
3.5.4. Döner Tanklar	76

3.5.5. Taşınabilir Konteynırlar.....	77
3.6. KOMPOSTLAMA METOTLARININ KARŞILAŞTIRMASI.....	78
4. KOMPOSTLAMA OPERASYONLARI.....	80
4.1. HAM MADDELERİN DEPOLANMASI VE İŞLENMESİ.....	80
4.2. EZME/PARÇALAMA.....	82
4.2.1. YüzeY Parçalayıcıları.....	82
4.2.2. Çekiçli Miller ve Tekneli Öğütücüler.....	84
4.2.3. Yongalama ve Diğer Parçalayıcı/Eziciler.....	85
4.3. KARIŞTIRMA VE YIĞIN OLUŞTURMA.....	85
4.3.1. Kepçeli Yükleyiciler.....	86
4.3.2. Gübre Yayıcılar.....	87
4.3.3. Yığın Karıştırıcıları.....	88
4.3.4. Diğer Karıştırıcılar.....	89
4.3.5. Sıvı Maddeleri Karıştırma.....	90
4.4. KOMPOST OLGUNLAŞTIRMA, DEPOLAMA VE İŞLEME.....	91
4.5. ELEME.....	93
4.5.1. Döner Kalburlu Elekler.....	94
4.5.2. Çalkalamalı Elekler.....	95
4.5.3. Sallayıcı Elekler.....	95
4.5.4. Esnek Kayışlı Elekler.....	95
4.5.5. Diskli Elekler.....	95
4.5.6. Burgular ve Tekneli Elekler.....	96
4.5.7. Döner Elekler (Döner Diskler).....	96
4.6. KURUTMA.....	96
4.7. PAKETLEME.....	97
5. KOMPOSTLAMA İŞLEMİ YÖNETİMİ VE ARAZİ SEÇİMİ.....	98
5.1. İŞLEM YÖNETİMİ.....	98
5.1.1. Güvenlik ve Sağlık.....	98
5.1.2. Mevsim Ve Hava Koşulları.....	99
5.1.3. İşlem Takibi Ve Arıza Giderimi.....	100
5.1.4. Koku Kontrolü ve Arıtımı.....	103
5.1.5. Azotun Tutulması.....	107
5.1.6. Aktif Kompostlamanın Ne Zaman Bittiğini Belirleme.....	108
5.1.7. Kompostlama İle Gübre Yönetimi.....	109
5.1.8. Kompostun Çiftlik Hayvanlarında Ve Kümeslerde Altlık Olarak Kullanılması.....	111
5.2. ARAZİ SEÇİMİ VE ÇEVRESEL GÜVENİRLİLİK.....	112
5.2.1. Arazi Seçimi.....	113
5.2.2. Ayırma Mesafeleri.....	114
5.2.3. Drenaj Koşulları.....	116
5.2.4. Çevresel Güvenirlilik.....	118

5.2.5. Araçlar	122
5.2.6. Arazi Koşulları	123
6. KOMPOSTUN KULLANIMI, PAZARLANMASI VE ÇİFTLİKTE KOMPOSTLAMANIN EKONOMİSİ.....	135
6.1. KOMPOSTUN KULLANIMI	135
6.1.1. Kompostun Faydaları.....	135
6.1.2. Kompost Kalitesi	136
6.1.3. Kompostun Kalitesini Saptama.....	136
6.1.4. Kompostun Kullanılabilirliğini Belirleme.....	137
6.1.5. Kompostun Konteynir Ürünleri Ve Saksı Karışımlarında Kullanımı	138
6.1.6. Kompostun Bahçelerde Ve Ürünlerde Toprak Düzenleyicisi Olarak Kullanımı	139
6.1.7. Kompostun Özel Kullanımları	140
6.1.8. Kompostun Bitki Hastalıklarının Kontrolünde Kullanılması	141
6.1.9. Kompostun Araziye Uygulanması	143
6.2. TARIMSAL KOMPOSTU PAZARLAMA	147
6.2.1. Zirai Kompostun Pazardaki Konumu	147
6.2.2. Nihai Kullanıcı Pazarını Değerlendirme Ve Genişletme.....	147
6.2.3. Ambalajlı Ve Açıkta Pazarlama.....	151
6.2.4. Ürünün Satışı.....	152
6.3. ÇİFTLİKTE KOMPOSTLAMANIN EKONOMİSİ	153
6.3.1. Gübre Üretim Masrafları.....	153
6.3.2. Kompostlama Metotlarının Karşılaştırmalı Maliyetleri	155
7. ATIK YÖNETİMİ VE KOMPOSTLAMA İÇİN DİĞER SEÇENEKLER.....	163
7.1. ARAZİYE DOĞRUDAN UYGULAMA VE DİĞER ARAZİ TEMELLİ METOTLAR.....	163
7.2. ANAEROBİK ÇÜRÜTME VEYA BİYOGAZ ÜRETİMİ.....	163
7.3. VERMİKOMPOSTLAMA.....	164
7.4. ATIKLARIN ALTLIK OLARAK KULLANILMAK ÜZERE GERİ KAZANIMI. 165	
7.5. EV VE BAHÇE KOMPOSTLAMASI.....	165
7.6. EV KOMPOSTLAMA	165
7.7. PİLOT ÇİFTLİĞE AİT VERİLER VE FARKLI KOMPOST SİSTEMLERİ TASARIMI	165
7.7.1. Kompost Sistemleri Tasarımı.....	166
8. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE KOMPOSTLAMAYLA İLGİLİ STANDARTLAR VE UYGULAMALAR.....	177
8.1. TÜRKİYE'DE KOMPOSTLAMAYLA İLGİLİ DÜZENLEMELER.....	177
8.2. AMERİKA VE AVRUPA'DA KOMPOSTLAMAYLA İLGİLİ DÜZENLEMELER 179	
9. SONUÇLAR.....	190
10. KAYNAKLAR	193

Şekiller Tablosu

Şekil 1.1 Kompost, Hayvan Gübresi ve Kompost/Gübre Kullanılmaması Sonucu Tarımsal Ürün Görüntüsü	9
Şekil 2.1 Kompostlama İşlemi.....	10
Şekil 2.2 Bir Kompost Sıralı Yığnında Veya Yığnında Doğal(Pasif) Hava Hareketi.....	11
Şekil 2.3 Kompostlamada Sıcaklık-Zaman İlişkisi: Genel(Üst) Ve Tipik(Alt)	12
Şekil 2.4 Partikül Boyutu Dağılımı, Şekil Ve Paketleme Yoğunluğuna Bağlı Olarak Etkif Kesit Alanı.....	17
Şekil 2.5 Katı Partiküllerin Bozunması.....	18
Şekil 2.6 Kompostlamaya Uygun Karakteristikleri Oluşturmak İçin Ham Maddelerin Karıştırılması	29
Şekil 3.1 Döndürücüler İle Sıralı Yığn Kompostlama.....	55
Şekil 3.2 Tipik Sıralı Yığn Şekilleri ve Boyutları	56
Şekil 3.3 Traktörle Çalışan Sıralı Yığn Döndürücüleri.....	58
Şekil 3.4 Traktörle Çalışan Döndürücüler İçin İki Geçiş Yeterlidir.....	59
Şekil 3.5 Kendinden Güç Sağlayabilen Ve Kendinden Sürülen Sıralı Yığn Döndürücüleri, Sırasıyla, Burgulu Döndürücü, Elevatörlü Döndürücü Ve Rotary Tekneli Harman Döveni... ..	59
Şekil 3.6 Gübre Kompostlamasında Pasif Havalandırmalı Yığnlar	61
Şekil 3.7 Havalandırılmış Statik Yığnlar Ve Boyutları	63
Şekil 3.8 Havalandırmalı Birleşik Statik Yığnların Yapısı Ve Boyutları.....	65
Şekil 3.9 Havalandırmalı Statik Yığna Sıcaklık Sensörünün Yerleşimi.....	67
Şekil 3.10 Havalı Statik Yığnlarında Havalandırma Borusunun Ayrıntıları	69
Şekil 3.11 Yığn Boyunca Hava Dağıtımı.....	70
Şekil 3.12 Havalı Statik Yığnlarda Yığn Uzunluğunu Arttırmak İçin Havalandırma Borularının Ayrılması	71
Şekil 3.13 Emmeli Havalandırma Sisteminde Kullanılan 208 Litrelik Yoğunlaştırma Kapanı	72
Şekil 3.14 Dikdörtgen Karıştırma Yataklı Kompost Sistemi	75
Şekil 3.15 Siloda Kompostlama	76
Şekil 3.16 Döner Tankla Kompostlaması	77
Şekil 4.1 Kompostlama Sistemi ve Operasyonları	81
Şekil 4.2 Konveyörlü Yüzey Parçalayıcısı (Detay).....	83
Şekil 4.3 Döner Yüzey Parçalayıcıları.....	83
Şekil 4.4 Çekiçli Miller	84
Şekil 4.5 Tekneli Öğütücü.....	84
Şekil 4.6 Karıştırma Alanı İçin Duvar Tasarımı.....	86
Şekil 4.7 Sıralı Yığnı Oluşturmak İçin Damperli Kamyon Yavaşça İlerler.....	87
Şekil 4.8 Bir Gübre Yayıcı İle Sıralı Yığn Oluşturma.....	88
Şekil 4.9 Mobil Yığn Karıştırıcı Sıralı Yığn Oluşturmada da Kullanılabilir.....	89
Şekil 4.10 Sürekli Karıştırıcı Pug Mili	90
Şekil 4.11 Uzunlamasına Oluklar Açarak Sıvı İlavesi.....	91
Şekil 4.12 Olgunlaşma Yığnlarının Boyutları.....	92
Şekil 4.13 Döner Kalburlu Elek.....	95
Şekil 5.1 Sıralı Yığn Sıcaklığını İzlemek İçin Kullanılan Kadranlı Termometre	102
Şekil 5.2 Oksijen Analiz Teçhizatı	102
Şekil 5.3 Amonyak Ve Amonyum Konsantrasyonları İle pH Arasındaki Denge.....	104
Şekil 5.4 Toprak Filtresi İle Koku Giderimi	106
Şekil 5.5 Biyofiltre İle Koku Giderimi	107
Şekil 5.6 Arazi Yerleşim Planı	114

Şekil 5.7 Arazi Planı Ve Drenajı	115
Şekil 5.8 Kompost Tabanının Yapısı Ve Drenaj	117
Şekil 5.9 Yüzeysel Akış Ve Sızıntı Suyunu Toplama Metotları	118
Şekil 5.10 Kompost Tabanı Yüzeysel Akış Suyu Arıtmak İçin Çimle Kaplanmış İnfiltrasyon Alanı.....	120
Şekil 5.11 Toplama Havuzunun Tipik Karakteristikleri.....	121
Şekil 5.12 Nemli Maddelerden Gelen Sızıntı Suyunu Tutmak İçin Örtülü Depolama	121
Şekil 5.13 Sıralı Yığınlar Ve Yığınlar İçin Uygun Boyutlar Ve Mesafeler.....	125
Şekil 6.1 Kompostun Araziye Uygulanması.....	140
Şekil 8.1 Avrupa’da Organik Atıkları Kaynağında Ayrı Toplama Ve Kompostlamanın Gelişimi	180

Tablo Listesi

Tablo 2.1 Hızlı Kompostlama İçin Tavsiye Edilen Koşullar	13
Tablo 2.2 Bazı Organik Maddelerin Lignin Muhtevası Ve Diğer Bileşenleri	16
Tablo 2.3 Kompostlama İşleminde Görev Yapan Mikroorganizmalar İçin Optimum Sıcaklıklar.....	19
Tablo 2.4 Seçilen Madde Metot Kombinasyonlarına Uygun Kompostlama Süreleri	21
Tablo 2.5 Ham Maddelerde Olması İstenilen Özellikler	30
Tablo 2.6 Çiftlik Kompostlamasında Yaygın Olarak Kullanılan Ham Maddeler.....	31
Tablo 2.7 Kompostlamada Kullanılan Bazı Maddelerin C:N Oranları	32
Tablo 2.8 Nem Muhtevasına Göre İki Maddeden Oluşan Karışımın Formülünün Belirlenmesi	41
Tablo 3.1 Havalandırma Sisteminin Ayrıntıları	68
Tablo 3.2 Havalı Bir Statik Yığındaki Havalandırma Borusu İçin Tahmini Delik Çapları Ve Aralıkları	70
Tablo 4.1 Kompostun Olgunlaştığını Gösteren Analizler.....	92
Tablo 5.1 Yaygın Kullanılan Yatak Malzemelerinin Su Absorblama Kapasitesi	112
Tablo 5.2 Tavsiye Edilen Minimum Ayırma Mesafeleri	116
Tablo 5.3 Tipik Sıralı Yığın Ve Yığın Şekilleri Ve Enine Kesit Alanları	124
Tablo 5.4 Sıralı Yığınlar/Yığınların Tahmini Kesit Alanı Kepçeli Yükleyiciyle Döndürülen Yüksek Parabolik Sıralı Yığınlar/Yığınlar	126
Tablo 5.5 Taze Gübrenin Üretimi Ve Karakteristik Özellikleri(Altıksız Ve Su İlave	129
Tablo 6.1 Nihai Kullanımına Bağlı Olarak Kompost Kalite Kılavuzu.....	138
Tablo 6.2 Ham yoğunluk temel alınarak hesaplanmış uygulama oranı dönüşümleri.....	145
Tablo 6.3 Farklı Uygulama Derinliğine Karşılık Gelen m ³ /ha Değerleri	146
Tablo 6.4 Kompostun Potansiyel Kullanıcıları	149
Tablo 6.5 Kepçeli Veya Önden Yükleyicilerle Döndürülen Sıralı Yığınların Maliyeti	156
Tablo 6.6 Sıralı Yığınları Yılda Dört Defa Döndürmenin Maliyetleri	162
Tablo 7.1 Sığır Gübresi Ve Testere Talaşının Kimyasal Analizi	166
Tablo 7.2 İzmir’deki McDonlads Pilot Çiftliğine Ait Genel Tasarım Kriterleri Ve	168
Tablo 7.3 Çiftlikteki Gübreyi Sıralı Yığın Metoduyla Kompostlamada Tasarım Kriterleri Ve Kabuller.....	170
Tablo 7.4 Çiftlikteki Gübreyi Havalandırmalı Statik Yığın Metoduyla Kompostlamada Tasarım Kriterleri Ve Kabuller.....	172
Tablo 7.5 Çiftlikteki Gübreyi Kapalı Reaktörde Kompostlamada Tasarım Kriterleri Ve Kabuller.....	172
Tablo 8.1 TTKY(10.12.2001) ve KAKY(14.03.1991) Topraktaki Ağır Metal Sınır	

Değerlerinin Karşılaştırılması.....	178
Tablo 8.2 TKKY (10.12.2001) ve KAKY (14.03.1991) Toprakta On Yıllık Dönem Esas Alınarak Bir Yılda Verilmesine Müsaade Edilecek Ağır Metal Yüklerinin Karşılaştırılması	179
Tablo 8.3 Avrupa ve Amerika’da Kompost Organizasyonları.....	181
Tablo 8.4 Avrupa Ülkelerinde Kompost Kalitesinin Durumu	182
Tablo 8.5 Avrupa’daki Kompostlama ve ÇürütücüTesislerinin Kalite Güvence Durumları	183
Tablo 8.6 Avrupa’da ki Kompost Tesislerinin Kontrolünü Üstlenen Kurumlar Ve Kontrol Şekli	183
Tablo 8.7 Amerika EPA Standardının Arıtma Çamuru Kaynaklı Komposttaki Ağır Metal Limitleri.....	185
Tablo 8.8 Avrupa Ülkelerinde Ağır Metal Limitleri, mg/kg.....	186
Tablo 8.9 Bazı Avrupa Ülkelerinde Ve Amerika’da Kullanılacak Kompostun Biyolojik İşlem Sırasında Hijyenleşmesi İçin Gerekli Sıcaklıkta Bekletme Süreleri	187
Tablo 8.10 AB Standardı Kompost Bileşenlerinin Sınır Değerleri	187
Tablo 8.11 Avusturya Ö-NORM Standardı Kompost Limitleri.....	188

1. GİRİŞ

Dünya’da karşılaşılması muhtemel enerji krizleri ve küresel ısınmanın etkileri ülkeleri alternatif (yeni) enerji kaynakları aramaya itmiştir. Bu çerçevede kompostlama, biyogaz gibi teknolojiler dünyanın birçok yerinde evsel katı atıklar ile hayvan gübrelerin bertarafı tarımsal alanlarda daha fazla tercih edilmektedir. Özellikle çiftliklerdeki gübre atıklarının düzensiz bertarafı sonucu sızıntı suları ile yüzeysel ve yeraltı su kaynakları kirletmektedir.

Kompostlama, biyolojik arıtma tesisi çamurları, park-bahçe atıkları, bitkisel atıklar, kullanılmış kağıt atıkları ve gıda atıkları gibi biyoboznur organik maddelerin mikroorganizmalar vasıtasıyla kompost adı verilen toprağımsı bir yapıya dönüştürüldüğü biyolojik bir işlemdir. Bu işlem park-bahçe ve diğer organik atıkların doğal olarak çürütüldüğü işlemle aynıdır. Kompostlamada sadece şartlar kontrol altına alınarak organik maddelerin daha hızlı çürümesi sağlanır.

Kompostlama ve kompost kullanımını gübre işlemeyi kolaylaştırıcı ve çevre kirliliğini önleyici yararları vardır. Kompostlamada nemi gideren ve patojen ve zararlı ot kaynaklarını tahrip eden ısı üretilir. İşlem doğru yönetilirse en az koku oluşur.

Kompost, elde edildiği ham maddelerden farklı özelliktedir. Koku oluşturmaz, işlenmesi kolaydır ve uzun süre depolanabilir. Ayrıca kompost çeşitli şekilde kullanılır. Bu nedenle kompost çiftçilerin dikkatini çekmektedir.

Kompostlama işlemi ziraata çok yatkın bir işlemdir. Bunun nedeni çiftlik atıklarının özellikleri, kompost için gereken arazinin çiftlikte doğal olarak bulunması ve kompostun çiftçiye sağladığı yararlarıdır. Kompostlamada kullanılan ekipman her çiftlikte kolayca bulunabilmektedir.

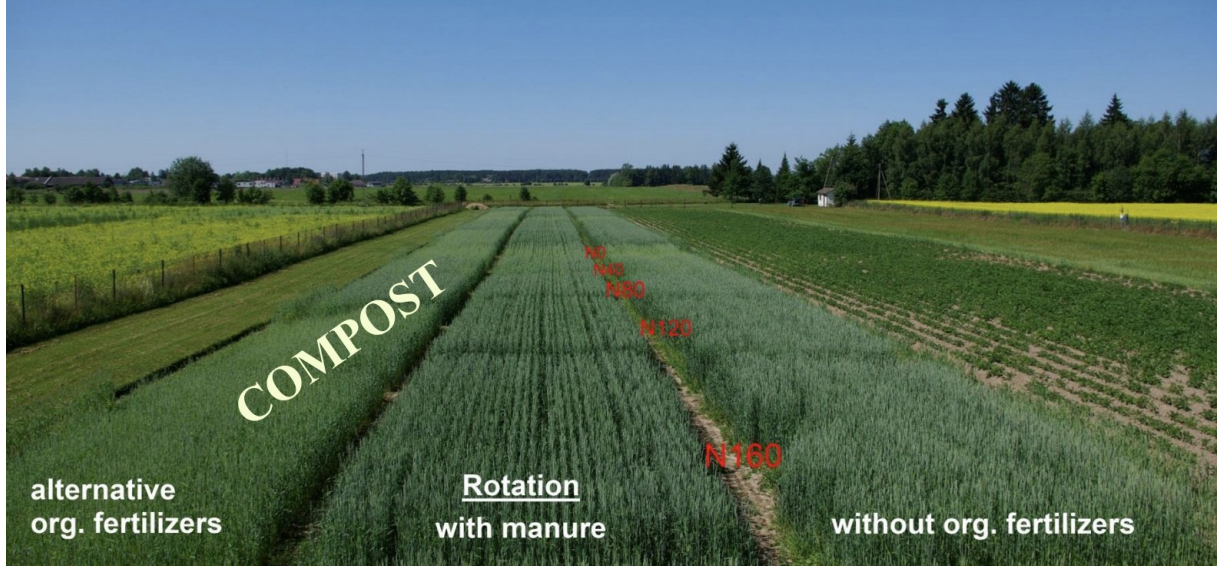
Kompostlama yeni bir teknoloji değildir. Amerika’da 18. ve 19. yy’dan beri kullanılmaktadır.

20. yy’da maddelerin ve mekanik teçhizatların seçiminin nasıl yapılması gerektiği ve farklı kompostlama metotları (sıralı yığın, yığınlar, kapalı reaktörde vs.) hakkında bilimsel ilkeler belirlenmiştir. Böylelikle çiftçilik daha bilimsel bir hal almıştır. Sanayileşme, kimyasal gübreler ve özelleştirme çiftçiliği değiştirmiştir. Kompostlama önemini yitirmiş ve atık bertarafı esas sorun olmaktan çıkmıştır. Şimdi ise çevre bilinci arttığı için kompostlama tekrar popüler olmaya başlamıştır.

Bu çalışmada kompostlamanın nasıl yapıldığı, hangi metotların kullanıldığı, elde edilen ürünün nasıl kullanılacağı ve satılacağı anlatılmaktadır. Kompostlamayla beraber kompost

metotları ve teçhizatları hızla gelişmektedir. Dünya’da sadece çiftliklerde kullanılmak üzere kompost teçhizatları üreten şirketler vardır.

Kompostlama hayvan gübrelerinin, biyo-atıkların, arıtma çamurlarının ve park-bahçe atıklarının içindeki organik maddeleri kararlı hale getirme işlemidir. Özellikle hayvan gübresi kompostlaştırıldıktan sonra tarımda kullanıldığı zaman ürün veriminin arttığı, yaban otu ile mücadelenin azaldığı, bitkilerin besi maddelerini daha verimli olarak kullandığı ve bitkilerin daha az su tükettiği bilinmektedir. Stabilize edilmemiş hayvan gübresinin tarımda kullanılması toprak için fevkalade zararlıdır.



Şekil 1.1 Kompost, Hayvan Gübresi ve Kompost/Gübre Kullanılmaması Sonucu Tarımsal Ürün Görüntüsü

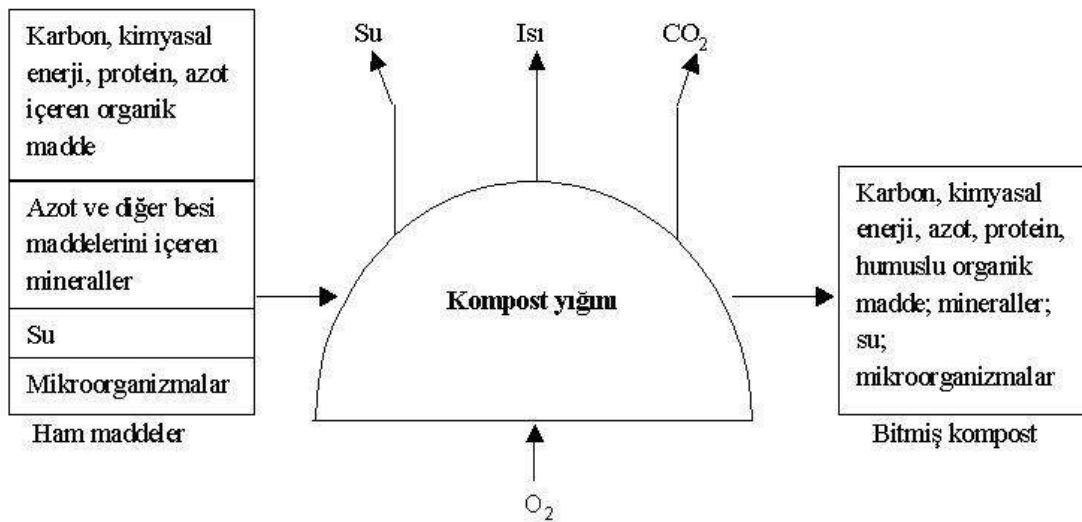
2. KOMPOSTLAMA

Kompostlama, biyobozunur organik maddelerin aerobik veya anaerobik koşullarda mikroorganizmalar vasıtası ile kararlı hale getirildiği bir işlemdir. Kompostlamada biyobozunur organik maddeler kararlı hale dönüştürülürken, mikroorganizmalar oksijeni tüketirler (Şekil 2.1). Aktif kompostlama esnasında fazla miktarda ısı ve karbondioksit (CO₂) üretilir ve su buharı havaya karışır.

CO₂ ve su kayıpları birincil maddelerin ağırlığının yaklaşık yarısına eşittir. Kompostlama böylece ham maddeleri değerli toprak şartlandırıcısına dönüştürürken onların hem hacmini hem de ağırlığını azaltır.

Kompostlama mikroorganizmaların büyümesi için uygun koşullar sağlandığında ve bu koşullar muhafaza edildiğinde çok hızlı gerçekleşir. Kompostlama için en önemli şartlar;

- Uygun karbon ve azot (C:N) oranı da dahil olmak üzere, mikrobiyal aktivite ve büyüme için gereken besin maddelerini sağlamak için organik maddelerin karıştırılması,
- Aerobik mikroorganizmalar için yeterli oksijen,
- Havalandırmayı engellemeden biyolojik aktiviteyi sağlayan yeterli nem içeriği,
- Kuvvetli mikrobiyal aktiviteyi sağlayan termofilik sıcaklıklar,



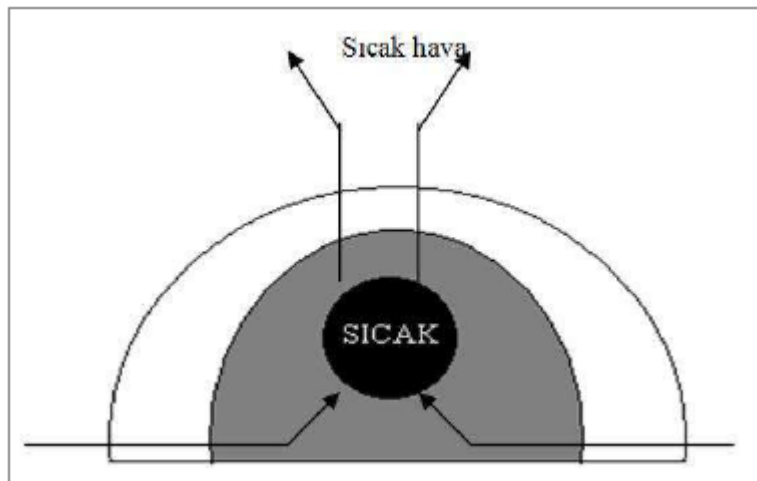
Bitmiş kompostta ki karbon, kimyasal enerji, protein ve su ham maddeden daha azdır. Bitmiş kompostta ki humus oranı daha fazladır. Bitmiş kompostun hacmi ham maddenin

%50'sine veya daha azına eşittir.

Kompostlama işlemi değişik koşullarda ve birçok madde ile gerçekleşir. Kompostlama hızı ve bitmiş kompostun kalitesi ham maddelerin seçimi ve karışımına bağlıdır.

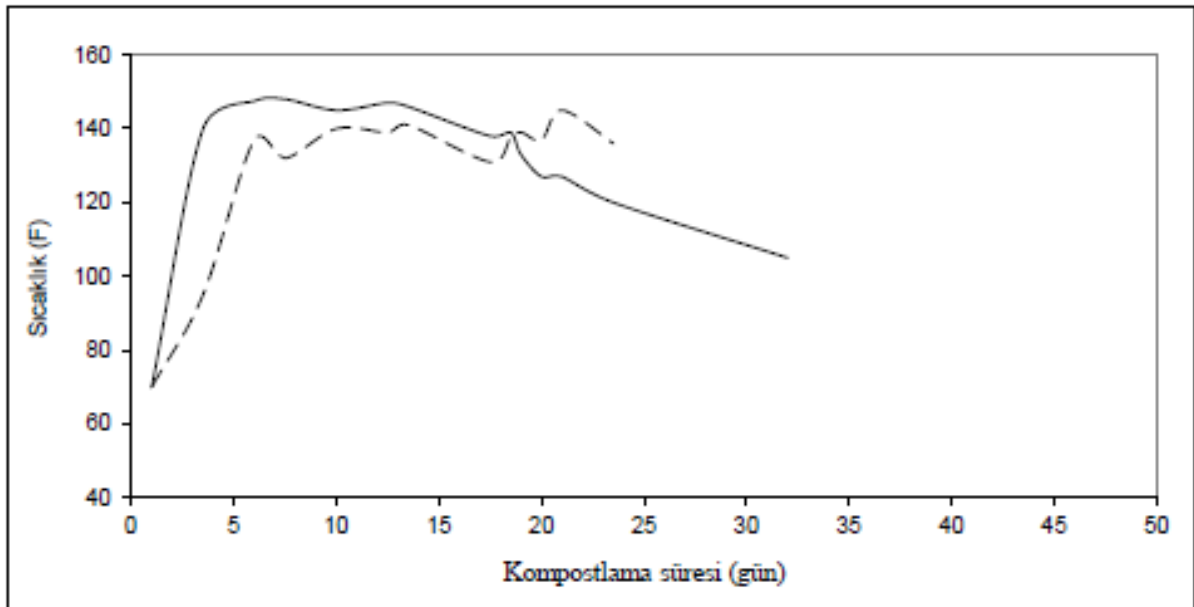
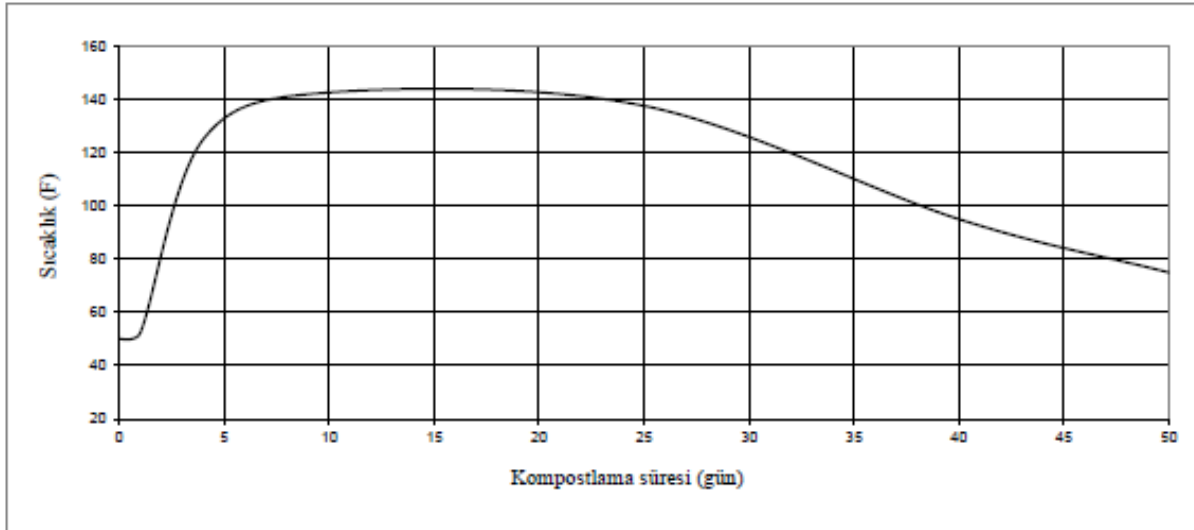
2.1. AEROBİK ŞARTLARDA KOMPOSTLAMA İŞLEMİ

Kompostlama; uygun biyobozunur organik maddeler bir araya getirildiğinde başlar. Aşılama yapılırsa işlem daha hızlı ilerler. Ham maddeler önce karıştırılır. Sonra işlemin başlaması için yeterli miktarda ortama hava verilir. Mikroorganizmalar oksijeni çabucak harcarlar ve çökelmiş maddeler havayı gözenek boşluklarından dışarı atarlar. Ortamda ki oksijen azaldıkça aerobik bozunma yavaşlar ve eğer yeterli oksijen sağlanmazsa işlem durur. Ortama oksijen vermek için havalandırmanın sürekli olarak yapılması gerekir. Havalandırma *pasif hava değişimi* (doğal ısı yayılımı ve difüzyon) veya *basınçlı havalandırma** (üfleyici/fan) ile yapılabilir. Kompostta mekanik karıştırma veya döndürme ile oksijen sağlanır ama bu oksijen hemen tüketildiğinden *pasif* veya *basınçlı* hava hareketi ile yeniden oksijen sağlanmalıdır. İyi bir havalandırma için döndürme gereklidir. Bu işlem ile yığında ki gözenek boşlukları onarılır ve böylece hava yığının içinde kolayca hareket eder (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Bir Kompost Sıralı Yığınının veya Yığınının Doğal(Pasif) Hava Hareketi

Isı yayılımı mikrobiyal aktiviteye doğrudan bağlı olduğundan, sıcaklık işlemi izlemeyi sağlayan iyi bir indikatördür. Mikroorganizmaların neden olduğu sıcaklık yükselmesi yığın oluşumundan birkaç saat sonra belirginleşir. Kompostun sıcaklığı genellikle 48-60 °C'ye kadar yükselir ve birkaç hafta bu seviyelerde kalır. Sıcaklık aktif kompostlama yavaşladığı için yavaşça 38 °C'ye düşer ve daha sonra atmosfer sıcaklığına gelir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Kompostlamada Sıcaklık-Zaman İlişkisi: Genel(Üst) Ve Tipik(Alt)

Aktif kompostlama esnasında, eğer ortamdaki oksijende azalırsa, mikrobiyal aktivite azalır ve sıcaklık düşer. Sıcaklık, karıştırma, döndürme veya basınçlı havalandırma ile tekrar yükseltilir. Eğer ortamda yeterli oksijen varsa ve mikrobiyal aktivite fazlaysa sıcaklık 60 °C'nin üstüne kolaylıkla yükselir. Bu sıcaklıkta birçok mikroorganizma tahrip olur veya hareketsiz kalır. Mikrobiyal aktivitenin azalmasıyla sıcaklık sabit kalır veya düşer. Döndürme veya basınçlı havalandırma ile yığıcı soğutarak sıcaklığın böylesine tehlikeli seviyelere gelmesi önlenir ve sıcaklık belli aralıkta sabit tutulur.

Aktif kompostlamadan sonra genellikle olgunlaştırma işlemi başlar. Olgunlaşmada biyobozunur organik maddeler kompostlanmaya devam ederler ama daha yavaş seviyede gerçekleşir.

Kompostlama işlemi belirli bir noktada durmaz. Bozunma, son kalan besi maddesi, son kalan mikroorganizma tarafından tüketilene ve karbonun tümü su buharı ve CO₂'ye dönüşene kadar devam eder. Kompostlamanın bittiğine C:N oranı, O₂ ihtiyacı, sıcaklık ve koku gibi kullanım ve yönetimi ile ilgili karakteristiklere bakılarak karar verilir.

2.2. KOMPOSTLAMA İŞLEMİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER

Kompostlamaya etki eden parametreler oksijen ve havalandırma; besi maddeleri (C:N oranı), nem, porozite, yapı, kıvam ve partikül boyutu, pH, sıcaklık ve süre'dir.

Tablo 2.1 Hızlı Kompostlama İçin Tavsiye Edilen Koşullar

Parametre	Makul Aralık ^a	Tavsiye Edilen Aralık
Karbon azot oranı (C:N)	20:1-40:1	25:1-30:1
Nem muhtevası	%40-65 ^b	%50-60
Oksijen konsantrasyonu	>%5	>>%5
Partikül boyutu (cm çap)	0,32-1,27	Değişir ^b
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Sıcaklık (°C)	43-65	54-60

^a Bu değerler hızlı kompostlama için geçerlidir. Bu aralıklar dışındaki değerlerde kullanılabilir.

^b Kullanılan madde, yığın boyutu ve/veya hava koşullarına bağlı olarak değişir.

2.2.1 Oksijen Ve Havalandırma

Aerobik kompostlamada fazla miktarda oksijen tüketilir. Kompostlamanın ilk günlerinde ham biyobozunur organik maddelerin kolay çözülebilir karışımları hızlı metabolize olur. Bu nedenle, oksijen veya hava ihtiyacı ve ısı üretimi en fazla ilk basamaklarda olur ve işlem ilerledikçe azalır. Eğer oksijen veya hava kaynağı sınırlıysa kompostlama işlemi yavaş gerçekleşir. Kompost yığınının gözenek boşluklarında ki oksijen konsantrasyonunun en az %5 olması gerekir (havada %21 O).

Eğer ortamda yeterli oksijen bulunmazsa ortam anaerobik olur. Anaerobik bozunma farklı mikroorganizma yapısı ve farklı biyokimyasal reaksiyonları gerektirir. Ayrıca anaerobik işlem

aerobik işlemden daha yavaştır ve verimi daha azdır. Maddelerin yapısındaki suyu buharlaştırmayı sağlayan ısı üretimi de azdır. Anaerobik işlemlerde metan (CH₄), karbon dioksit, organik asitler, hidrojen sülfür (H₂S) ve diğer maddeleri de içeren ara ürünler oluşur. Bu bileşiklerin birçoğu, çok ağır koku yaydığından kontrol edilmesi gerekir. Ara ürünler (organik asitler) aerobik bozunmayla oluşmasına rağmen bu maddeler oksijen varlığında bozunmaya devam eder. Anaerobik şartlarda bu ara ürünler birikir. Anaerobik koşullarda oluşan kötü kokunun giderilmesi ve kompost ürününün daha kısa sürede elde edilebilmesi için aerobik koşulların korunması gerekir.

Havalandırma işlemi oksijen sağlamanın yanında kompost içinde hapsolan ısı, su buharı ve diğer gazları giderir. Aslında ısı giderimi için gerekli havalandırma miktarı oksijen sağlamak için gerekli havalandırma oranından 10 kat fazla olabilir. Bu yüzden ne kadar ve hangi sıklıkla havalandırmanın gerektiği sıcaklığa göre belirlenebilir. Nem muhtevasını azaltmak için gereken havalandırma, oksijen sağlamak için gereken havalandırma miktarından fazla ama ısı giderimi için gerekli havalandırma oranından azdır.

2.2.2 Besi Maddeleri

Kompostlamada ki mikroorganizmalar için C, N, P ve K gibi besi maddeleri yeterli miktarda gereklidir. N, P ve K, bitkiler için birincil besi maddeleridir. Bu yüzden bunların konsantrasyonu kompostun kalitesini belirler.

Gübre, bitki kalıntıları ve besi atıkları içeren biyobozunur organik maddelerin çoğu bol miktarda nütrient içerir. C veya N miktarının fazla olması kompostlama işlemini önemli derecede etkiler. Mikroorganizmalar, karbonu; enerji ve büyüme, azotu ise; protein kaynağı ve üreme için kullanırlar. İnsanlarda dahil olmak üzere, biyolojik organizmaların azotun 25 katı daha fazla karbona ihtiyacı vardır. Bu nedenle karbon ve azotun uygun oranlarda olması önemlidir. Karbonun azota oranına; C:N oranı denir. C:N oranının dengede olması ortamda yeterli miktarda nütrient olduğunu gösterir. Aktif kompostlama da ham maddeler C:N oranı 15:1- 30:1 olacak şekilde karıştırılır. Ama 20:1- 40:1 C:N oranları da iyi bir kompostlama sağlar.

Bir çok uygulamada C:N oranı 50:1 veya daha yüksek olabilmektedir. Eğer C:N oranı 20:1'den küçük olursa karbon azotun tümünü stabilize etmeden tamamıyla kullanılır. Fazla azot daha sonra amonyak (NH₃) veya nitröz oksit(N₂O) olarak atmosfere karışır ve koku problemine neden olur. Eğer maddenin C:N oranı 40:1'den fazla ise mikroorganizmaların fazla karbonu kullanması için geçen süre uzadığından kompostlama süresi de artar.

C:N oranı kompost karışımını formüle etmede yol gösterici olmasına rağmen karbon bileşiklerinin bozunma oranının da dikkate alınması gerekir. Kompostlanabilir maddeler içinde bulunan azotun büyük bir kısmı biyolojik olarak kullanılabilir şekilde iken, karbonun bir kısmı biyolojik parçalanmaya dirençli olan bileşiklere bağlı olabilir. Örneğin, saman bozunur ve yapısındaki karbonu, odunsu maddelere oranla mikroorganizmalara daha kolay verir. Selülozun yine dirençli bir formundan oluşan mısır koçanları ve saman da çok yavaş parçalanır. Bunun nedeni odunsu malzemelerin yapısında bulunan biyolojik bozunmaya dayanıklı olan lignin bileşiklerinden ve bu malzemelerin organik maddelerle bağlı olmasından kaynaklanır. Lignin, bilindiği gibi ağaç dokusu içinde bulunan çok dirençli bir maddedir. Sığır gübresinde yapılan bir çalışmada biyolojik çözünürlük %40 olarak bulunmuştur. Bu değer hayvan gübresine maya veya maya fabrikası atıksuları ile karıştırıldığında ise %50 değerine ulaşabilmektedir.

Eğer karbon bozunması zor bir formda ise kompostlama yavaşlar. Bozulma partikül yüzeyinde olduğundan porozite problemi yoksa partikül boyutu azaltılarak(bu partikül yüzey alanını arttırır) çözülebilirlik arttırılabilir.

2.2.3 Nem

Mikroorganizmaların metabolik işlemleri gerçekleştirmesi için neme ihtiyaçları vardır. Su kimyasal reaksiyonlar için uygun ortamı ve mikroorganizma hareketini sağlar ve besi maddelerini taşır. Teoride, maddeler doygun olduğunda biyolojik aktivite optimumdur. Biyobozunur organik madde içindeki nem muhtevası %15'in altına düştüğünde biyolojik aktivite tamamen durur. Uygulamada kompost maddesinin nem muhtevasının %40-65 gibi daha dar bir aralıkta tutulması gerekir.

Yapılan deneyler nem muhtevası %40'a yaklaştıkça kompostlama işleminin yavaşladığını göstermiştir. Nem muhtevası %40'ın altına düştüğünde mikrobiyal aktivite yavaşlar. Eğer nem muhtevası %65'den büyük olursa su kompost maddesinin gözeneklerindeki hava ile yer değiştirir. Bu durum organik madde yüzeyini kaplayan nem, hava akımını önler ve anaerobik koşulların oluşmasına neden olur.

Nem muhtevası genelde kompostlama ilerledikçe düştüğünden, başlangıçtaki nem muhtevası %40'dan büyük olmalıdır. Birçok kompost karışımında çok kuru maddelerin nem muhtevasını %50-60'e getirmek amacıyla çok nemli maddelerle karıştırılır. Bazen yaprak gibi kuru maddeler ve su doğrudan eklenir.

Kompostlama esnasında nem yığından buharlaştıkça nem seviyesi değişir. Genellikle ilave edilenden fazla su buharlaşır bu yüzden kompost işlemi ilerledikçe nem muhtevası düşme eğilimi gösterir.

Kompostlamada çoğu madde ile iyi çalışılan aralık olduğundan, nem muhtevasının %40-65 arasında olması tavsiye edilir. Nem muhtevasının kabul edilebilir üst sınırı, ham maddenin porozite ve emiciliğine bağlıdır. Fazla gözenekli maddeler çok sıkıştırılmış (yoğun) maddelerden daha nemli olabilir. Hızlı kompostlama için emiciliği yüksek maddelerin karışımlarının nem muhtevası %40'dan fazla olmalıdır.

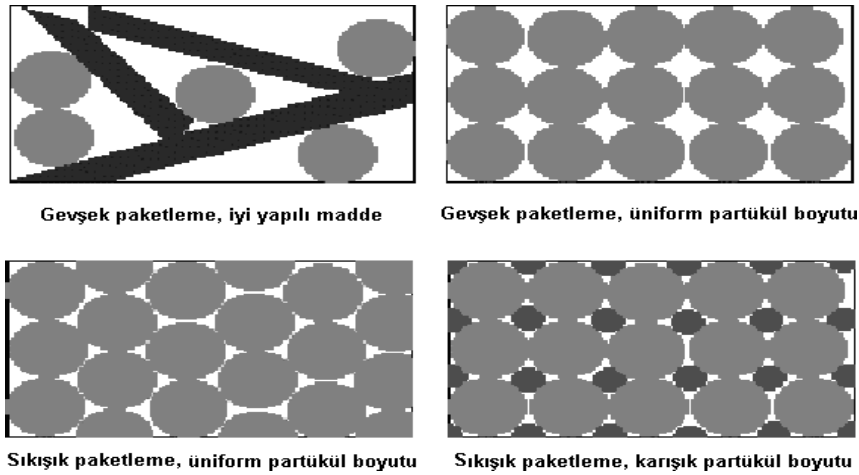
Tablo 2.2 Bazı Organik Maddelerin Lignin Muhtevası Ve Diğer Bileşenleri

Substrat	Lignin	Hücre Duvarı	Lignin/Hücre Duvarı	Ham Protein	Çözülebilir Hücre
Buğday samanı	8,9	77,1	11,6	9,3	22,9
Mısır sapları	3,9	49,6	7,8	6,6	50,4
Mısır yaprakları	3,8	59,3	6,5	19	40,7
Birkaç cins ot	8,5	63,5	13,4	13,6	36,5
İşlenmiş esmer su yosunu	6	33,2	18,1	30	66,8
Su mercimeği	8,7	60,1	14,5	17,7	39,9
Mısır unu	2	21,6	9,1	11,1	78,4
Gazete kağıdı	20,9	88,7	23,6	5,1	11,3
Fil gübresi	10,4	77,4	13,5	7	22,6
Tavuk gübresi	3,4	454,2	7,5	33,9	54,8
Domuz gübresi	2,2	40,5	5,4	27,6	59,5
İnek gübresi	8,1	57,1	14,1	19,4	42,9
İnek gübresi	7,9	52,3	15,1	20,1	47,7
İnek gübresi	10,1	62,9	16,1	17,2	37,1
Vişne sapı	8,98	26,2	34,3	1,77	
Sarı huş	12	42,5	28,2	1,42	
Akçaağaç şekeri	8,49	32,5	26,1	0,97	
Kayın ağacı	12,7	61,5	20,7	1,55	

2.2.4 Porozite, Yapı, Kıvam Ve Partikül Boyutu

Porozite, yapı ve kıvam; partikül boyutu, biçim ve yoğunluk maddelerin fiziksel özellikleri ile ilgilidir. Bu parametreler kompostlama işleminde havalandırmayı etkiler. Bu özellikler ham madde seçimi, karıştırma veya parçalama ile ayarlanırlar. Bu özellikleri ayarlamayı sağlayan maddelere *düzenleyici veya yoğunlaştırıcı* maddeler denir.

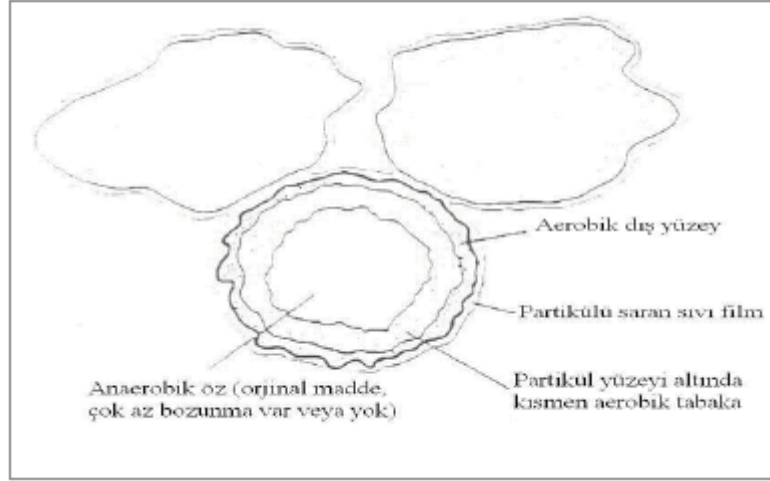
Porozite; kompost kütlesi içindeki hava boşluğunun bir ölçüsüdür ve hava akımına karşı direnci belirler. Porozite partikül boyutu, dane çapı dağılımı ve hava boşluklarının sürekliliği ile tayin edilir. Büyük partiküller veya daha uniform partiküller poroziteyi artırır. Partikül boyutunun küçük olması gözenekleri azaltır ve oksijenin su ile dolu küçük gözeneklerden geçerek yayılmasını önler. Partiküllerin şekli, boyutu ve yapısı onların nasıl çökeceğini belirler. Sıkışık paketleme ham yoğunluğu artırarak hava boşluklarını azaltır. Sıkıştırma da sıkışık paketlemeye teşvik eder. Bu etkilerin bir kaçı Şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Partikül Boyutu Dağılımı, Şekil Ve Paketleme Yoğunluğuna Bağlı Olarak Efektif Kesit Alanı

Yapı; partiküllerin sertliği, çökme ve sıkışmaya karşı mukavemetini belirler. İyi bir yapı kompostun porozite kaybını önler.

Doku; aerobik mikrobiyal aktivite için gerekli yüzey alanını tanımlayan bir karakteristiktir. Kompostlamada aerobik bozunmanın büyük bir kısmı partikül yüzeyinde olur. Bunun nedeni oksijenin partikül boşluklarında bir gaz kadar kolay hareket edebilmesi, buna rağmen partiküllerin sıvı veya katı kısımlarında daha yavaş hareket edebilmesindedir. Partikül yüzeyini çevreleyen sıvı tabakada aerobik mikroorganizmalar bulunur. Mikroorganizmalar partikül yüzeyindeki oksijeni kullanırlar. (Şekil 2.5)



Şekil 2.5 Katı Partiküllerin Bozunması

Küçük partiküllerin yüzey alanı daha fazla olduğundan aerobik bozunma küçük partiküllerde daha fazladır. Bu nedenle partikül boyutunun 3,0-13,0 mm. arasında olması tavsiye edilir.

Çoğu ham madde ve kompost uygulamasında uygun porozite ve yapı nem muhtevası %65'den az olduğunda elde edilir. Döndürmesiz kompostlama metotlarında tortulaşmaya karşı dayanıklı olması için daha kuvvetli yapı gerekir, bu yüzden partikül boyutunun daha büyük olması istenir. Poroziteyi arttırarak daha iyi bir hava akımı sağlamak için keskin kokulu maddeler rijit maddelerle karıştırılabilir.

2.2.5 pH

Kompostlama işlemine farklı spektrumda organizmalar katıldığından pH'a karşı nispeten duysızdır. pH'ın 6,5-8 arasında olması istenir ama işlemin doğal tamponlama yeteneği daha geniş bir aralıkta çalışmayı mümkün kılar. Kompostlama pH 4,5 ile 5 arasında etkin bir şekilde ilerler. Bununla beraber pH 5,5 veya 9'da nötralde (pH=7) olduğundan daha az etkilidir.

pH, yüksek azot muhtevalı maddelerde önemlidir. pH 8,5'dan büyük olduğunda azot bileşikleri amonyağa dönüşür. pH'ın 8'den düşük olması amonyak oluşumunu azaltır. Kireç, kül veya diğer katkı maddeleri katılarak pH'ın arttırılması genellikle gereksizdir ve amonyak oluşumuna neden olmasından dolayı tavsiye edilmez. Eğer böyle katkı maddeleri kullanılacaksa az miktarda kullanılmalı ve diğer maddelerle tamamen karıştırılmalıdır.

$\text{NO}_3^- \text{NO}_2^- \text{NH}_4^+ \text{NH}_3$ (yüksek pH)

Çürüme gerçekleşirken, kompost maddelerini ve bu maddelerin pH'ını değiştirir. Örneğin, organik asitlerin ortama verilmesinin; kompostlama işleminin ilk basamaklarında pH'ı

düşürmesi, buna karşılık azotlu bileşiklerden gelen amonyağın pH'ı arttırması örnek olarak verilebilir. Baştaki maddenin pH'ına bakılmaksızın kompostlama nötrale yakın stabil pH'lı son ürün verir.

2.2.6 Sıcaklık

Kompostlama mezofilik (10-40°C) ve termofilik (>40°C) sıcaklıklarda gerçekleşir. Kompostlama mezofilik şartlarda tesirli olmasına rağmen çoğu araştırmacı sıcaklığın 43-65 °C arasında muhafaza edilmesini tavsiye etmektedir. Daha fazla patojeni, yabancı ot kaynaklarını ve uçan larvaları yok ettiğinden dolayı termofilik sıcaklıklar daha makuldür. Yönetmeliklerde insanlara zararlı patojenler için kritik sıcaklık 55 °C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklıkta patojenlerin çoğu ölür. Yabancı ot tokum kaynakları için kritik sıcaklık ise 63 °C'dir. Farklı mikroorganizmaların dayandığı maksimum sıcaklıklar Tablo 2.3'te gösterilmektedir.

Tablo 2.3 Kompostlama İşleminde Görev Yapan Mikroorganizmalar İçin Optimum Sıcaklıklar

Mikroorganizma çeşidi	Optimal sıcaklık
Bakteriler	15-60 °C
Mantarlar	20-30 °C
Aktinomizetler	30-40/50-55 °C
Protozoolar	40 °C

Kompostlama esnasında mikrobiyal bozunma ile fazla miktarda enerji, ısı şeklinde açığa çıkar. Kompostlama maddesinin kendi kendini çürütme özelliği sıcaklığın yükselmesine neden olan ısı birikimine yol açar. Isı birikimi sıcaklığın 60°C'nin üzerine çıkmasına neden olur. Devam eden mikrobiyal aktivitenin ürettiği ısı ve kompost maddesinin kendini çürütme özelliği yüzünden sıcaklık 71 °C'nin üzerine yükselir. Bu sıcaklıkta birçok mikroorganizma tahrip olur veya canlılığını yitirir. İşlem durur ve mikroorganizmaların popülasyonu eski durumuna gelene kadar başlamaz. Bu gibi durumların önüne geçmek için sıcaklık sürekli izlenmelidir. Sıcaklık 60°C'ye yaklaştığında basınçlı havalandırma veya döndürme ile ısı kaybı hızlandırılmalıdır. Termal ölüm gerçekleşirse yığın daha aktif maddelerle karıştırılarak iyileşmesi çabuklaştırılabilir.

Aynı zamanda maddeler suyun buharlaşmasından ve hava akımının su buharı ve diğer sıcak gazları uzağa taşımasından dolayı devamlı ısı kaybeder. Döndürme ve havalandırma ısı kaybını arttırdığından dolayı sıcaklık makul seviyelerde tutulmalıdır. Küçük boyutlu yığınlar

ve soğuk hava da ısı kaybını arttıran sebeplerdir.

Kompostlamada ısı kaybının çoğu, suyun buharlaşmasıyla olduğu için maddelerin nem muhtevası %40'ın altına düşmemelidir. Düşük nem muhtevası kendiliğinden yanmaya yol açar.

2.2.7 Süre

Ham maddenin komposta dönüşmesi için gereken sürenin uzunluğu; kullanılan madde, sıcaklık, nem, havalandırma sıklığı ve kullanıcının istekleri gibi birçok değişkene bağlıdır. Uygun nem muhtevası, C:N oranı ve sıkça havalandırma mümkün olan en kısa kompostlama süresini sağlar. Yetersiz nem, yüksek C:N oranı, düşük sıcaklık, yetersiz havalandırma, büyük partiküller ve ortamda yüksek miktarda dayanıklı maddenin (odun kökenli maddeler) olması kompostlama işlemini yavaşlatan koşullardır.

Gerekten kompostlama süresi kompostun nihai kullanım amacına bağlı olarak değişir. Kompostun tamamıyla stabil olması istenmiyorsa bu süre kısadır. Örneğin eğer kompost büyüme sezonundan önce tarlaya tatbik edilirse burada olgunlaştırılabilir ve bitirilebilir. Eğer kompostun kısmen kuru veya stabil olması isteniyorsa buna bağlı olarak kompostlama süresi uzatılır.

Uygun koşullarda genellikle maddenin çürümesi ve stabilizasyonu için birkaç hafta yeterlidir; ama en iyisi bu sürenin iki aydan fazla olmasıdır. Çok iyi denetlenen bazı sistemlerde kompost üretimi bir haftadan daha kısa sürede gerçekleşmesine rağmen, kullanılmadan önce 4-6 hafta olgunlaşma süresi tavsiye edilir. Değişik uygulamalar için uygun kompost süreleri Tablo 2.4'de verilmektedir.

Tablo 2.4 Seçilen Madde Metot Kombinasyonlarına Uygun Kompostlama Süreleri

Metot	Kullanılan Madde	Aktif kompostlama süresi		
		Aralık	Tipik	Olgunlaşma Süresi
Pasif kompostlama	Yaprak	2-3 yıl	2 yıl	–
	İyi-katmanlaşmış gübre	6 ay ile 2 yıl	1 yıl	–
Sıralı yığın-seyrek döndürme ^a	Yaprak	6 ay ile 2 yıl	9 ay	–
	Gübre + düzenleyici	4-8 ay	6 ay	–
Sıralı yığın-sık döndürme ^b	Gübre + düzenleyici	1-4 ay	2 ay	4 ay
Pasif havalandırılmalı yığınlar	Gübre + yatak	10-12 hafta	–	1-2 ay
	Balık atıkları + çürümüş yosun	8-10 hafta	–	1-2 ay
Havalandırılmış statik yığınlar	Çamur + odun yongaları	3-5 hafta	4 hafta	1-2 ay
Dikdörtgen karıştırmalı yatak	Çamur + bahçe atıkları veya gübre + testere talaşı	2-4 hafta	3 hafta	1-2 ay
Döner tambur	Çamur ve/veya katı atık	3-8 gün	–	2 ay ^c
Dikey silolar	Çamur ve/veya katı atık	1-2 hafta	–	2 ay ^c

^a örneğin, kepçeli yükleyiciler ile

^b örneğin, özel yığın-sırası döndürücüler ile

^c genelde ikinci bir kompostlama basamağı gerektirir(örneğin sıra-yığınları veya havalandırılmış yığınlar)

İşlem, maddeleri kurutup biyolojik aktivitenin durduğu nem seviyesine düşürerek hızlıca stabilize olmasını sağlar. Eğer kompostun nihai kullanımı tam bir stabilizasyon gerektirmiyorsa iyidir. Bununla beraber kompostun nispeten stabilize olması çoğu bahçe işleri için uygun değildir.

2.3. KOMPOSTLAMA ESNASINDA MADDELERDEKİ DEĞİŞİMLER

Kompostlama esnasında ham maddelerin basit yapıları bileşiklere parçalanması ve yeni kompleks bileşiklerin oluşması ile biyobozunur organik maddeleri kompostta dönüşür. Bu dönüşüm maddelerin yapısını değiştirir. Ham maddeler işleme, kolaylıkla çözülebilen ve koku potansiyeline sahip partikül ve bileşiklerin farklı karışımları olarak başlarlar. Kompostlama tamamlandığı an, bileşiklerin karışımı daha üniform ve biyolojik aktifliği daha azdır. Madde

koyu kahve-siyahımsı bir renk alır. Partiküllerin boyutları küçülür, koyulaşır ve toprağa benzer bir yapı oluşur.

Bu işlemle humus miktarı artar, C:N oranı azalır, pH nötrale yaklaşır ve toprağın nütrient tutma kapasitesini artırır.

Zirai kökenli maddelerde hacimce büyük miktarda azalma görülür. Bu hacim azalmasının nedeni atmosferik karbondioksit ve su kaybıdır. Su kaybindan dolayı kompost maddelerinin ağırlığı %40-80 oranında azalır.

Azot kaybının bir kısmı azotun amonyak şeklinde yığından bırakılmasıyla gerçekleşir. Yine de kompost, ham maddelerin nütrientlerini yapısında tutar ve stabil organik bileşikler içinde depolar. Bu, bitkiler için gereken acil besi maddesi ihtiyacını azaltır.

Başlangıçtaki maddenin karbondioksit kaybı yüzünden C:N oranı kompostlama esnasında yavaşça düşer. Kompostlama esnasında karbon kaybı genellikle azot kaybindan fazladır. Bununla beraber eğer başlangıçtaki C:N oranı düşükse (<15:1), azot kayıpları C:N oranını çok az etkiler.

Kompostlama sırasındaki dönüşümler için enerji gerekir. Kompostlama esnasında kullanılan organik maddeler büyük miktarda depolanmış enerji içerirler. Bu depo edilmiş enerji fotosentez sırasında güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşmesi ile oluşur. Mikroorganizmalar organik maddelerin yapısındaki kimyasal bağları kırarak büyüme için gereken enerjiyi sağlarlar. Bu işlem esnasında enerjinin bir kısmı ısıya dönüşür, yığının sıcaklığını artırır ve çevreye yayılır.

Mikroorganizmalar, kompleks yapılı organik maddeleri parçalayarak daha basit yapılı bileşiklere dönüştürürler. Bu bozunma sırasında besi maddeleri humus şeklinde kompostta ki yeni mikroorganizmaların yapısında kalır.

Ham maddelerin yapısındaki organik bileşiklerin bazıları kompostlamada çok az değişirler veya değişmeden kalırlar. Odunsu maddelerin yapısındaki lignin(selüloz) maddesinin bozunması zordur. Ligninler ve biyolojik olarak dirençli diğer maddeler kompostta yoğun olarak bulunur. Bunlar kompost kalitesini kısmen etkilerler.

2.4. OLGUNLAŞMA

Olgunlaşma kritik ve kompostun erginleşmesi esnasında sıkça ihmal edilen bir basamaktır. Olgunlaşma düşük, mezofilik sıcaklıklarda gerçekleşir. Buradaki oksijen tüketimi, ısı üretimi ve nemin buharlaşması aktif kompostlama işlemine oranla daha yavaş gerçekleşir.

Eğer aktif kompostlama kısa tutulur ve çok yetersiz olursa olgunlaştırma süresi uzatılabilir. Olgunlaşma süresinin uzun tutulması kompostlama metodundan kaynaklanan sorunları giderir ve böylece ham kompostun kullanımını sağlar. Ham kompost bitkilerin büyümesi için gerekli olan köklerdeki oksijeni tüketir ve bitkilerin büyümesini sınırlar. Ham bir komposttaki organik asit ve C:N oranı yüksektir ve bahçe uygulamalarında kullanıldığında zararlı olabilecek diğer karakteristikleri içerir.

Olgunlaşma dirençli bileşiklerin, organik asitlerin, büyük partiküllerin ve aktif kompostlamadan artakalan bitki/çiçek (park-bahçe) atıklarının aerobik bozunmasını kolaylaştırır. Bunun bir sonucu olarak pH nötrale yaklaşır, C:N oranı düşer, *değiştirme kapasitesi (toprağın nütrient tutma kapasitesi)* ve humus konsantrasyonu artar. Bazı değişiklikler düşük sıcaklıklarda veya aktif kompostlama esnasında bulunmayan iyi-çürütülmüş organik maddelerle gerçekleşir. Buna $\text{NH}_3\text{-N}$ 'u oluşumunun olgunlaşma kademesinde fark edilmesi örnek olarak verilebilir. Diğer bir örnek ise; yığının kompost hastalığını önlemesini sağlayan toprak mikroorganizmaları tarafından tekrar koloni haline getirilmesi olarak verilebilir. Ayrıca humus oluşumu bu koşullarda daha kolay gerçekleşir.

Olgunlaştırmada aerobik bozunma işlemi hala devam ettiği için, yığının yeterince doğal havalandırılması gereklidir. Havalandırma olgunlaşma yığınının nem muhtevasını ve boyutunu etkiler.

Olgunlaşmanın başlaması veya bitmesi gereken belirli bir sıcaklık yoktur. Döndürmeden sonra sıralı yığının sıcaklığı tekrar ısınmaya yetmediğinden dolayı olgunlaşma periyodu başlar. Basınçlı havalandırmada olgunlaşma yığınının sıcaklığı sabit bir azalma gösterdiğinde ve mezofilik seviyelere yaklaştığında (örn. 40 °C) başlar. Yığın sıcaklığı atmosfer sıcaklığına düştüğünde olgunlaşmanın bittiği düşünülebilir.

2.5. KOMPOSTLAMAMANIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

2.5.1 Avantajları

Kompostlamanın avantajları: Mükemmel bir toprak şartlandırıcısıdır, satılabilir üründür, gübre işlemeyi iyileştirir, arazi uygulamalarını geliştirir, kirlilik riski düşüktür, bitki otu tohumlarını ve patojenleri tahrip eder, alt malzemesi olarak kullanılabilir, virüslerin toprak yoluyla taşınarak bitkilere zarar vermesini önler.

2.5.1.1 Toprak Şartlandırıcısıdır

Kompost çok iyi bir toprak şartlandırıcısıdır. Kompost tarlaya uygulandığında toprağa organik madde ekler, toprağın yapısını iyileştirir, gübre ihtiyacını azaltır ve yağmur ile toprak yüzeyine ulaşan suyun yüzey akışına geçmek yerine yeraltına daha kolay süzülmesini sağlayarak toprak erozyonu riskini azaltır.

2.5.1.2 Satılabilir Bir Üründür

Kompostlamanın en cazip özelliklerinden biri de ürünü satabilecek bir pazarın olmasıdır. Potansiyel alıcılar, bahçıvanlar, peyzajcılar, sebze ve meyve çiftçileri, çimen yetiştiricileri, golf sahaları ve süs bitkisi yetiştiricileridir. Kompost bir atık olarak görüldüğünden fiyatı çok değişkendir ABD’de yığın (açık) kompostun 1m³’ünün fiyatı yaklaşık 7-13\$ arasında değişmektedir. Çiftlik kompostunun 1m³’ünün fiyatı ise 65\$’dır. Fiyat pazarın durumuna, kompostun kalitesine ve kullanılan ham maddeye bağlı olarak değişir.

2.5.1.3 Gübreyi İşlemeyi İyileştirir

Kompostlama gübrenin ağırlığını, nem muhtevasını ve aktivitesini azaltır. Kompostun işlenmesi gübre işlenmeye göre daha basittir, koku veya sinek problemi yaratmaksızın depolanabilir. Depolanabilme kalitesinden dolayı kompost yılın uygun zamanlarında toprağa uygulanabilir. Bu sayede arazideki sızıntı suyu ve azot kayıpları azaltılır. Kompostlama gübrenin hacmini azaltmasına rağmen kompost karışımına düzenleyici ilavesi bu hacim kaybını telafi eder.

2.5.1.4 Arazi Uygulamalarını İyileştirir

Gerek kompost gerekse hayvan gübresi iyi birer toprak şartlandırıcısıdır. Hayvan gübre genellikle araziye direkt uygulanır ve gübre içindeki bitki tohumları ölmediği için yaban otu ile mücadele gereklidir. Bu yüzden toprak şartlandırma genellikle gübreden kompost yaparak doğrulanamaz. Bununla beraber kompost gübresi ile kazanılan faydalar vardır. Bunlar;

- Kompostlama ile gübredeki azot daha stabil olan organik forma dönüştürülür.
- Hayvanlarda altlık olarak kullanılan gübrenin C:N oranı yüksektir. Araziye direkt uygulandığında gübredeki fazla karbon topraktaki azotun geçici olarak kaybolmasına neden olur. Yüksek karbon muhtevalı gübre/yatak karışımlarının kompostlanması C:N oranını arazi uygulamaları için kabul edilebilir seviyeye düşürür.
- Kompostlamayla üretilen enerji gübredeki zararlı ot kaynaklarını minimize eder.

2.5.1.5 Düşük Kirlilik Riski

Besi maddesinin çiftlikte yetişmemesi ve çiftlikteki hayvan sayısının kapasiteyi aşması gübre bertarafını zorlaştırır. Koku şikayetleri genelde insanların yaşadığı arazilere yakın yerlerde olur. Diğer şikayetler donan arazi üzerine yayılan gübreden kaynaklanan sızıntı suları ve kuyulara azot bulaşmasından kaynaklanır.

Kompostlama bu problemleri azaltır. Kompostun depolama ve işleme kalitesinin yüksek olması gübre ve diğer ham maddelere göre daha uzağa taşınabilmesine olanak tanır. İyi işleyen bir kompost operasyonunun koku ve sinek oluşumu azdır. Kompostlama ayrıca topraktaki nütrientleri yıkanarak yer altı suyuna geçmesini önleyen formuna dönüştürür veya yüzey akışıyla uzaklara taşır.

2.5.1.6 Patojenlerin Tahribi

İnsan patojenleri çiftlik orijinli atıklara nadiren karışabilirken, *Giodia* türü ve *Cryptosporidium parvumun* salgınlarının çiftlik hayvanlarında bulunduğu tespit edilmiştir. Bunların her ikisi de insanlarda ve hayvanlarda bağışıklık sistemini zayıflatarak ishale neden olan protozoalardır. Protozoalar enfeksiyonlu hayvanların dışkılarından kistler halinde bulaşır.

Bu parazitler enfeksiyon taşıyan hayvanların dışkısıyla kirlenmiş yiyecek ve suyla çiftlik hayvanlarına geçebilir. Eğer bu protozoa hayvanlarda ishale neden oluyorsa gübredeki protozoa kistleri de fazla olur. Enfeksiyon belirtisi göstermeyen hayvanlar protozoaları taşıyabilir ve dışkılarıyla dökebilirler.

Protozoalar 60°C sıcaklığa 30 dakika maruz bırakılarak tahrip edilebilir. Kompost yığın içinin sıcaklığı 60°C'ye ulaşırken yığının yüzeyine yakın maddeler bu sıcaklığa ulaşamayabilir. Bu nedenle yığınlar döndürülerek yığının her noktasında aynı sıcaklığın olması sağlanır.

Literatürde protozoaları 60°C'den daha düşük sıcaklıklarda birkaç gün maruz bırakılarak öldürüldüğü belirtilir.

2.5.1.7 Hayvanlarda Altlık Olarak Kullanılması

Kompost kümes hayvanlarında ve ahırlarda yatak malzemeleri yerine kullanılır. Araştırmalar kompostun güvenilir ve etkili bir yatak malzemesi olduğunu göstermektedir.

2.5.1.8 Hastalık Önleyici

Uygun üretilmiş kompost kimyasal kontrol olmaksızın virüslerin toprak yoluyla taşınmasını önler.

2.5.1.9 İşlem Ücreti veya Çöp Ücreti

Bugünkü atık bertaraf krizleri, atık üreticilerinin alternatif bertaraf metotları aramasına neden olmuştur. Bu sayede, çiftçiler, çiftlik dışından gelen maddeleri kompostlamak için işlem ücreti alırlar. Atık maddenin maddi karşılığına genellikle çöp ücreti denir.

Bazı biyobozunur evsel ve evsel karakterli sanayi atıkları çiftlik kompost karışımlarını iyileştirir. Gübrelerin karbon içeren kuru maddelerle karıştırılması gerekebilir. Yapraklar, park-bahçe atıkları, bitki atıkları, gazeteler, kartonlar, testere talaşı, ağaç kabukları ve yongalar bu amaca uygun maddelerdir. Üretim ve yiyecek üretiminde oluşan biyo-atıklar gibi nemli maddeler, saman gibi çiftliklerden gelen kuru maddeler ile kompostlanabilir. Yaprak ve bahçe atıkları gibi çiftlik dışından gelen bazı maddeler tek başına kompostlanabilir.

Çiftlik dışından gelen atıkları kompostlama, dikkatlice üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. İlk olarak çöp ücretlerini kontrol altına almak güç olabilir. Çiftlik dışından kaynaklanan atıklar için alternatif kullanımlar daima vardır. İkinci olarak ise atık maddeleri işlemek zor olabilir veya çevreye rahatsızlık verebilirler.

Çiftlik dışından gelen biyoatıklar kompostlama arazisinde fazladan işleme, koku problemlerine ve koku kontrol ölçümlerine, şikayetlere ve daha sınırlayıcı düzenlemelerin yapılmasına neden olabilir. Kompostun değeri kullanılan ham maddeye göre belirlendiğinden ve bileşenlerin konsantrasyonu (örn. ağır metaller) kompostun kullanımını etkilediğinden kompost ürününün kalitesi ve değeri üzerine bunların etkisinin düşünülmesi gerekir.

2.5.2 Dezavantajlar

Çiftlikte kompostlamanın dezavantajları; zaman ve para, koku, hava koşulları, pazarlama,

ekin alanlarından gelen mahsul atıkları, azot kaybı, besi maddelerinin yavaş ayrışması ve çiftlik sınıfı kaybı riskidir.

2.5.2.1 Zaman ve Para

Diğer tüm operasyonlar gibi kompostlama işlemi; ekipman, emek ve yönetim gerektirir. Eğer eldeki çiftlik ekipmanı ve arazisi kullanılıyorsa kompostlama işleminin yatırımı çok düşük olur. Bu yaklaşım madde hacminin nispeten küçük olduğu durumlarda iyidir ama çoğu büyük-orta ölçekli çiftliklerde sadece eldeki ekipmanı kullanmanın çok fazla emek gerektirdiği gözlenmiştir. Çiftlik kompostçularının çoğu özel kompostlama ekipmanı satın alırlar. Özel ekipmanla çiftlikte kompostlama operasyonuna başlanması, satın alınan ekipman cinsine bağlı olarak 10.000-100.000\$'dan daha yüksek bir fiyata mal olabilir.

2.5.2.2 Arazi

Ham madde deposu, bitmiş kompost deposu ve olgunlaşma alanı ihtiyacından dolayı kompostlama için çok büyük alan gerekir.

2.5.2.3 Koku

Kompostlama işleminin koku oluşturmadığını söylemek yanlış olur. İşlemin son ürünü koku oluşturmamasına rağmen, kompostlanan maddeler bazen çok keskin kokuya neden olabilir. Kompostlamaya başlayana kadar, gübre, kanalizasyon çamuru ve yiyecek atıkları gibi aktif maddeler özellikle uzun süre depolanıyorsa kokuya neden olabilir. Ayrıca yanlış işlem yönetimi de koku oluşturur.

Kompostlama arazisinde kokuya karşı duyarlı olmak gerekir. Konumu yüzünden bazı yerlerde koku kontrolü için ölçümler yapılması gereklidir. Çoğu ham maddeler ile iyi yönetilmiş kompostlama işleminden gelen koku kısa sürelidir. Çoğu durumda kompostlama geleneksel gübre işleme metotlarına göre daha ileridir.

2.5.2.4 Hava Koşulları

Soğuk hava, kompost maddelerinin sıcaklığını düşürerek kompostlama işlemini yavaşlatır. Ayrıca maddelerin ve ekipmanların donması gibi diğer problemlere de sebep olur. Kompostlama işleminin üzerine yağmur ve karın etkisi çok büyüktür. Şiddetli yağışlar komposta su karışmasına neden olurken; kar ve çamur sıralı yığınlarla ulaşımı sınırlar. Şiddetli kar yağışları, operasyonun bahara erteletmesine de neden olabilir. Eğer bu olursa depolama ve atıkların bertarafı için alternatif metotlar bulmak gerekir.

2.5.2.5 Pazarlama

Kompostun satışı pazarlama ile olur. Pazarlama ise potansiyel alıcıların saptanmasını, reklam, paketleme, envanter yönetimini, ürünü müşterinin ihtiyaçlarına göre yapmayı ve ürün kalitesinde tutarlılık sağlamayı gerektirir.

2.5.2.6 Gübrenin ve Mahsul Atıklarının Tarladan Diversiyonu

Gübrenin kompostlanması ve kompost olarak satılması bu gübrenin besi maddeleri, organik maddeleri ve toprağı iyileştirme kalitesinin tarladan başka alanlara saptırır.

2.5.2.7 Azot Kaybı Riski

Kompostlanmış gübredeki azot muhtevası taze gübrenin azot içeriğinin yarısından azdır. Kompostlama azot kaybına neden olduğundan iyi bir gübre işleme sistemi ile azotun büyük bir kısmı tutulur. Toprak içermeyen ve uygun depolanmayan gübre, yapısındaki azotu atmosfere bırakır ve komposttan daha az azot tutar.

2.5.2.8 Komposttaki Nütrientlerin Yavaş Tahliyesi

Komposttaki besi maddeleri çoğunlukla kompleks organik formdadır ve bitkilere uygulanmadan önce mineralize olması gerekir. Örneğin kompostta %15'den daha az bulunan toplam azot ilk ürün sezonunda kullanılabilir. Ham maddeyle karşılaştırıldığında kompostun araziye ilk uygulanması aynı azot seviyesine getirmek için daha fazla olmalıdır.

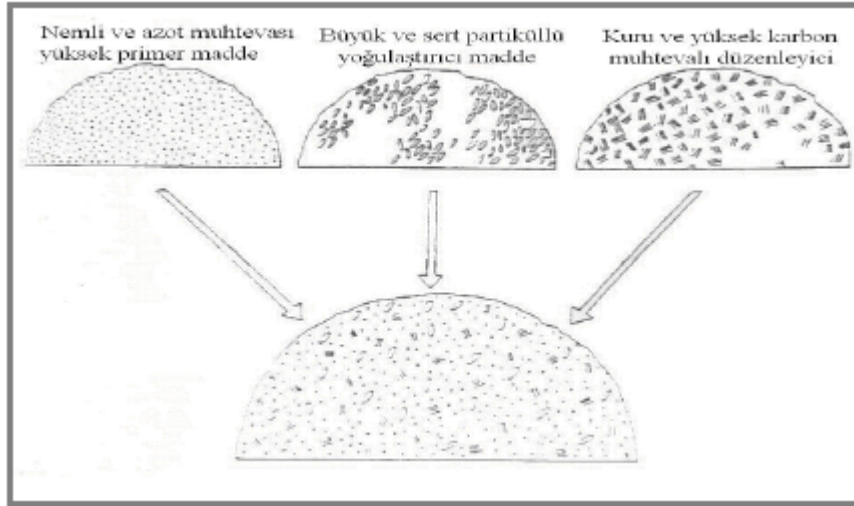
2.5.2.9 Çiftlik Sınıfını Kaybetme Riski

Çok başarılı olmak mümkündür. Eğer çiftlik fazla oranda kompost satıyor veya çöp ücreti için çiftlik dışından gelen atıkları işliyorsa civar komşuları ve yerel düzenleyiciler kompost operasyonun zirai bir aktiviteden çok ticari amaçlı olduğunu ileri sürerler. Kompost işlemini tesis etmeden ve ilerletmeden önce bu konunun düşünülmesi gerekir.

2.6. KOMPOSTLAMA İŞLEMİNDE KULLANILAN MADDELER

Kompostlamada gerekli bileşikler; organik yan ürünler veya atık maddelerdir. Çiftliklerde böyle maddelere hayvan gübreleri, yatak malzemeleri, hasat atıkları ve bazı işlemlerin atıkları örnek olarak verilebilir. Çoğu durumda gübre gibi kompostlanabilir birincil bir ham madde vardır ve buna biyobozunur organik maddeler eklenir. Bu birincil madde çoğunlukla arıtma ve/veya bertaraf edilmesi gereken istenmeyen atıktır.

Eldeki biyobozunur atık maddenin verimli bir kompostlama için gerekli tüm koşulları sağlaması nadir rastlanan bir durumdur. Bu nedenle istenilen özelliklerde madde elde etmek için, bu maddeler uygun oranlarda sekonder maddelerle karıştırılır (Şekil 2.6). Maddelerin bu karışımına “formül” denir. Çiftliklerde kompostlama karışımı gübre ve hasat atıkları karıştırılarak yapılır. Ara sıra kerestecilik işlemlerinden gelen testere talaşı veya ağaç kabukları da kullanılır.



Şekil 2.6 Kompostlamaya Uygun Karakteristikleri Oluşturmak İçin Ham Maddelerin Karıştırılması

İstenilen karakteristikte kompost elde etmek için ilave edilen maddelere *düzenleyiciler*, *hacimleştiriciler* veya *karbon kaynakları* denir. *Düzenleyiciler* karışımın nem muhtevasını, dokusunu veya C:N oranını iyileştirmek amacıyla katılırlar. *Hacimleştiriciler* ise maddenin yığın içinde sönmeden kalmasını sağlar ve iyi bir hava akımı sağlamak için gözenek boşluklarını iyileştirir. *Karbon kaynakları* ise C:N oranını ayarlamak için katılırlar. Bu üç terim birbirinin yerine kullanılmasına rağmen düzenleyici daha genel bir terimdir ve bu çalışmada ham maddelerin kalitesini iyileştirmek için katılan herhangi bir maddeyi tanımlamak için bu terim kullanılacaktır.

Kompostta kullanılan düzenleyicilerin harici kaynaklardan karşılanması maliyeti veya elde mevcut olması önemli bir faktördür. Gerekli ham maddelerin ucuz elde edilmesi kompostlamanın maliyetini azaltır. Kompostlama için birçok bedava veya ucuz maddeler vardır. Yiyecek imalatçılarına (gıda tesislerine) veya belediyeye yakın yerlere atık geri kazanım servisleri kurulabilir. Böylece çiftliğe ek gelir sağlanabilir.

2.6.1. Ham Maddelerin Karakteristikleri

Kompostlamada kullanılan ham maddelerde olması gereken karakteristikler Tablo 2.5’de gösteriliyor. Ama bu değerlerin her zaman sağlanabilmesi mümkün olmayabilir. Kompostlama esnek bir işlemdir. İdeal koşullardan oldukça farklı, çok geniş aralıkta vuku bulan bir işlemdir. Bu ideal şartlardan izin verilen sapma miktarı kompostun tamamlanması için gereken süre, koku oluşumu ve kompostun nihai kullanımına bağlı olarak belirlenir. Hızlı kompostlamanın olması veya koku riski yüksek maddeler için Tablo 2.5’teki değerlere yakın değerlerin seçilmesi önemlidir.

Tablo 2.5 Ham Maddelerde Olması İstenilen Özellikler

Özellik	Makul aralık	Tavsiye edilen aralık
C:N oranı	20:1-40:1	25:1-30:1
Nem içeriği	%40-65	%50-60
pH	5,5-9	6,8-8,5
Yoğunluk	< 640 kg/m ³	–

Ham maddenin nem içeriği ve C:N oranı en önemli parametrelerdir ve bunların hepsi karışımın formülünü belirler. Çoğu durumda birincil maddeler nemlidir ve azot muhtevası yüksektir. Bu nedenle kuru ve karbonlu düzenleyiciler gerektirir. Farklı bileşenlerin porozite ve ham yoğunluğu doğru tahmin edilemez. Karışımda ham yoğunluğun 558-640 kg/m³’ten küçük olması genellikle uygundur.

Madde formülleri nem ve C:N oranına göre belirlenmesine rağmen, ham maddeler kompostlama için önemli diğer kalitelere haizdir. Bunlar çözünürlük, koku ve saflıktır.

Biyobozunur organik maddelerin hepsi aynı şekilde çözülmez. Örneğin, odunsu maddeler yüksek miktarda lignin içerdiğinden dolayı yavaş çözünürler. Aynı maddenin büyük partikülleri küçük partiküllerinden daha yavaş çözünür.

Ham madde formülünün belirlenmesinde en önemli parametre koku oluşturma potansiyelidir.

Çok keskin kokulu veya kokuşmuş maddeler çok itinalı bir işlem gerektirirler. Koku şikayetlerinin olduğu bölgelerde en kolay önüne geçilenler, balık üretiminden kaynaklanan atıklar veya domuz gübreleridir.

Saflık; istenmeyen maddeler, kimyasallar ve organizmaların beraberce oluşturduğu kirliliğin ölçüsüdür. Karton kutular, camların üzerine yapışmış plastik ve benzeri atıklar ve yapraklarla taşınan iner çöpler, mahsullerdeki pestisit atıkları, ağır metaller veya çamurdaki insan patojenleri ve çamurlar bunlara örnek olarak verilebilir. Çevreye ve halk sağlığına zararlı maddeler daha sınırlayıcı düzenlemeler gerektirir. Çoğu durumda kompostta olması istenen saflık nihai kullanımına bağlı olarak belirlenir.

2.6.2. Kompostlamada Yaygın Kullanılan Maddeler

Aşağıdaki Tablo 2.6’da çiftlikte kompostlamada kullanılan ham maddeler gösteriliyor. Ayrıca Ek 1’de kompostlamada sıkça kullanılan ham maddeler ve bunların karakteristikleri verilmiştir.

Tablo 2.6 Çiftlik Kompostlamasında Yaygın Olarak Kullanılan Ham Maddeler

Ağaç kabuğu	Çiftlik hayvanlarının dışkıları
Karton	Kağıt fabrikalarından kaynaklanan atıklar
Sığır gübresi	Çürümüş yosun
Mahsul atıkları	Kümes hayvanlarının dışkıları
Gübre ve üre	Testere ve rende talaşı
Bitmiş kompost	Yosun ve diğer su bitkileri
Balık işlemlerinden kaynaklanan atıklar	Septik ve pissu çamurları
Yiyecek imalatından kaynaklanan atıklar	Mezbahane ve et paketleme atıkları
Sebze ve meyve atıkları	Saman ve kuru ot
Çimen kırıntıları	Saman
At dışkısı	Domuz dışkısı
Yapraklar	Tahta tozu
Kireç	Odun yongaları
Gazete	

Tablo 2.7 Kompostlamada Kullanılan Bazı Maddelerin C:N Oranları

Atık cinsi	C % kuru ağırlık	N% kuru ağırlık	C:N oranı	Nem muhtevası
Hayvan atıkları				
İnek gübresi	30	1,66	18	80-85
Koyun gübresi	83,6	3,8	22	75-80
Kümes hayvanlarının gübresi	87,5	6,55	14	70-80
Domuz	76	3,8	20	75-80
At gübresi	33,4	2,3	15	80-85
Kaz gübresi	54	2	27	70-80
Güvercin gübresi	50	2	25	70-80
Deve gübresi	75	1,8	42	70-85
Fil gübresi	60	1,3	46	70-85
İdrar	15	15	1	90-95
Kan	36	12	3	90-95
Balık atıkları	56	7	8	55-75
Kemik tozu	21	7	3	15-35
Kesimhane atığı	64	8	8	55-75
Çiftlik gübresi (ortalama değer)	42	3	14	75-80
Evsel ve zirai atıklar				
İnsan dışkısı	48	6	8	75-80
İdrarla karışık insan dışkısı	70	7	10	80-85
Patates kabuğu	37,5	1,5	25	50-70
Mutfak atıkları	62,5	2,5	25	50-70
Ekmek	50	2	25	50-60
Gazete	40	0,05	800	42125
Taze çimen	48	4	12	40-60

Tablo 2.7 Kompostlamada Kullanılan Bazı Maddelerin C:N Oranları (Devam)

Atık cinsi	C % kuru ağırlık	N% kuru ağırlık	C:N oranı	Nem muhtevası
Mutfak atıkları				
Amaranths	39,6	3,6	11	30-50
Kabayonca	40	2,5	16	40-60
Yulaf samanı	50,4	1,05	48	20-40
Buğday samanı	60	0,5	120	20-40
Pirinç samanı	18	0,3	60	20-40
Tahıl sapsarı ve artıkları	55	1	55	25-40
Yerfıstığı sapsarı	40	2	20	25-40
Soya sapsarı	64	2	32	25-40
Bitki yaprakları	75	1,5	50	40-60
Şeker kamışı	45	0,3	150	25-40
Soya	17,5	3,5	5	Eki.15
Pamuk çekirdeği	12,5	3,5	5	Eki.15
Bitkisel atıklar	24	1,5	16	40-60
Lahana	43,2	3,6	12	40-50
Hardal	39	1,5	26	Eki.15
Su sümbülü	30,4	1,9	16	85-90

2.6.2.1. Sığır Dışkısı

Azotça zengindir ve çok nemlidir. Nem içeriği ve C:N oranı; hayvanlarda kullanılan altlığa, operasyon türüne ve mevsime göre değişir. Genellikle kuru ve karbonca zengin düzenleyici gerektirir. Bir hacim dışkıya 2-3 hacim düzenleyici katılır. Kolay bozunur. Yatak malzemesiyle karışık dışkının C:N oranı yüksek ve kurudur. Kompost karışımlarında çok miktarda kullanıldığında, sıvı dışkı elekten geçirilmeli veya kurutulmalıdır. Biraz çöp katılması gerekebilir. Sonuç olarak iyi bir kompostlama maddesidir.

2.6.2.2. Kümes Hayvanlarının Dışkıları

Azot muhtevası yüksek ve orta derecede nemlidir. Yüksek karbon muhtevalı bir düzenleyici gerektirir. Testere talaşı veya odun kırıntıları içeren çöpler kompostlamaya çok uygundur. Ahırdan getirildikten sonra kısmen kompostlanabilir. Yüksek azot muhtevası ve pH yüzünden azot kayıplarının olması ve amonyaktan kaynaklanan koku sorun yaratabilir. Alkaliniteyi azaltmak için düşük pH'lı düzenleyiciler gerekebilir. Hızlı çürür. Yüksek azot muhtevasından dolayı gübre sınıfında bir kompost elde edilebilir. Çok iyi kompostlama maddesidir.

2.6.2.3. At Dışkısı

At dışkıları genellikle fazla alt (yatak) malzemesi içerir; bu nedenle C:N oranı yüksek olduğundan kurudur. Tek başına iyi kompostlanır veya sığır gübresinde düzenleyici olarak kullanılabilir. Koku olasılığı düşüktür. Eğer alt malzemesi olarak saman kullanılmışsa çabucak çürür. At dışkısı ahırlardan, hipodromlardan, at bakıcılarından ve fuarlardan az bir ücret karşılığı veya ücretsiz bulunabilir. Bazı ahır atıkları ilaç şişeleri, soda kutuları ve diğer süprüntüler içerebilir. Mükemmel bir kompost maddesidir.

2.6.2.4. Domuz Dışkısı

Azotça zengin ve çok nemlidir. Kuru ve yüksek karbonlu düzenleyiciler gerektirir. Çok koku yayar. Nem muhtevasının yüksek olması ve koku kompostlamayı diğerlerine oranla daha zorlaştırır. İyi bir kompost maddesi sayılır.

2.6.2.5. Diğer Çiftlik Hayvanlarının Dışkıları

Koyun, keçi, tavşan gibi diğer çiftlik hayvanlarının dışkıları genellikle iyi bir kompostlama maddesidir. Bu dışkıları çoğunlukla hayvanların altlarından toplanır, bu nedenle de C:N oranının yüksek olmasından dolayı nispeten kurudur. Alt malzemesiz dışkının azot içeriği

yüksek ve nemlidir. Alt malzemeleri düzenleyici olarak çiftlik hayvanlarının dışkıları da kullanılabilir. Koku oluşturma potansiyeli nispeten düşüktür. Çabucak çürür, iyi bir kompostlama maddesidir.

2.6.2.6. Mahsul Atıkları

Mahsul cinsine göre değişik karakteristikler göstermesine rağmen nem muhtevası orta-yüksek ve C:N oranı makul ölçülerdedir. C:N oranı ve nem muhtevası, ıslaklığa, meyve ve tohum miktarına bağlıdır. Genelde daha olgun sebzeler daha kuru ve daha az azot içerirler. Çok iyi bir yapıya ve çözülebilirliği sahiptir. Bazı atıklar kuru ve karbon muhtevaları yüksek olabilir. Eğer kompostun her tarafında yüksek sıcaklıklara ulaşamazsa patojenler oluşabilir. Maddenin türüne bağlı olarak kompost düzenleyicisi olarak mükemmeldir.

2.6.2.7. Bozulmuş Saman ve Hayvan Yemi

Koşullara bağlı orta derecede kuru veya nemlidirler. C:N oranı yüksektir. Bertaraf metodu olarak kompost karışımına eklenilir ve güvenilir bir düzenleyici değildir. İyi bir yapıya ve çözünürlüğe sahiptir. Hayvan yemi ve kuru otlara bağlı olarak koku ve toprak yıkanması¹ sorunu yaratabilir. Orta kalitede bir kompostlama maddesidir.

2.6.2.8. Saman

Kuru ve karbonlu bir yapısı vardır. İyi çözülür. Çok iyi bir yapı ve koku absorpsiyonu sağlar. Eğer alt malzemesi olarak kullanılıyorsa kompostlama için koşullandırıcı gübre olabilir. Hazır bulunabilirliği ve maliyeti dezavantajdır. Mükemmel bir kompost düzenleyicisidir.

2.6.2.9. Testere ve Rende Talaşı

Kuru ve karbonludur. Orta-iyi derecede çözülür. Testere talaşı, rende talaşından daha hızlı çözülür. İyi bir nem ve koku absorpsiyonu sağlar. Alt malzemesi olarak iki şekilde kullanılır. Genellikle orta-düşük fiyatlarda hazır olarak bulunurlar. İyi-orta kaliteli bir kompost düzenleyicisidir.

¹ Toprak yıkanması: Sıyın katı ile teması sonucu katıdan çözülmüş veya asılı maddelerini ayırması. Toprağın su etkisiyle madeni tuzlarını kaybetmesi.

2.6.2.10. Yapraklar

Nispeten kurudur. Karbon muhtevası yüksektir. Eğer parçalanırsa iyi çözünür. Orta derecede nemlidir. Koku olasılığı düşüktür. Tek başına kompostlanır veya düzenleyici olarak kullanılır. Çöp, çakıl, plastik torbalar içerir. İyi bir kompost maddesidir.

2.6.2.11. Tahta Yongaları

Kuru ve karbon muhtevası yüksektir. Partikül boyutunun büyük olması mükemmel bir yapı sağlar ama çözünürlüğü kötüdür. Genelde basınçlı havalandırma ile yapılan kompostlamada hacimleştirici olarak kullanılır. Nihai komposttan eleme ile giderilmelidir ama tekrar kullanılabilir. Orta-düşük fiyatlıdır. Boyalı tahta yongaları kullanılmamalıdır. Çok iyi bir hacimleştiricidir ama düzenleyici olarak kötüdür.

2.6.2.12. Ağaç Kabukları

Daha az azot ve kolay çözülebilir bileşikler içeren ağaç kabukları dışında kalan türleri tahta yongaları ile aynı kalitededir. Saksı malzemesi veya bitkilerin köklerini sıcaktan korumak için tek başına kompostlanabilir. İyi bir hacimleştiricidir ama vasat bir düzenleyicidir. Kompostlama süresi uzun olmasına rağmen özel nitelikli kompost ürünleri (saman örtüsü, saksı malzemesi) için iyi bir maddedir.

2.6.2.13. Çimen Kırpıntıları

Orta derecede nemli veya kurudur. C:N oranı biraz düşüktür. Çabucak ayrışır. Yönetime bağlı olarak koku problemi orta veya yüksek derecededir. Yaprak ve bahçe atıklarından oluşan karışımlar için iyi bir azot kaynağıdır. Kaba maddelerle karıştırılırsa iyi bir kompost maddesidir. Tek başına çimen kırpıntıları yoğundur ve anaerobik olurlar.

2.6.2.14. Gazete

Kuru ve karbon muhtevası yüksektir. Orta derecede çözülür. Çift yönlü yatak malzemesi olarak kullanılabilir. Nem absorpsiyonu iyidir ama yapısı ve porozitesi kötüdür. Siyah mürekkepler genelde toksiktir. Renkli mürekkep ve parlak kağıtların ayrılması gerekir veya ağır metal ve diğer bileşiklerini içerip içermediklerini anlamak için analiz yapılmalıdır. Maliyeti azdır. Parçalama ve sınıflandırma gerekebilir. Çiftlik yapıları yakınında depolama, toz ve çöp sorunu yaratabilir. Genelde karışımın yapısına bağlı olarak iyi-orta kalitede bir düzenleyicidir.

2.6.2.15. Karton

Kurudur ve karbon içeriği yüksektir. İyi çözülür. Nem absorpsiyonu ve yapısı iyidir. Maliyeti azdır. Parçalama, depolama ve sınıflandırma gerekebilir. Karton üzerindeki zımba tellerini ayırmak gerekebilir. Buruşuk kartonlar üzerindeki yapıştırıcıların bor seviyesi yüksektir. İyi-orta kalitede bir düzenleyicidir.

2.6.2.16. Bitmiş Kompost

Kompost nemli atıklarda düzenleyici olarak kullanılmak üzere (tek başına veya diğer düzenleyicilerle kullanılarak) geri kazanılabilir. Orta derecede kurudur. C:N oranı orta-düşüktür. İyi mikroorganizma sağlar. Sıkça geri kazanım tuz konsantrasyonunun artmasına sebep olabilir ama önemli bir dezavantajı yoktur. Geri kazanımdan sonra kompostun kaybı çok azdır. İyi bir düzenleyicidir, özellikle karışımın C:N oranını yükseltmeden nemini düşürmede kullanılır.

2.6.2.17. Turba Yosunu

Yıllar süren anaerobik bozunma sonucu oluşan lifli asidik bir maddedir. Azot muhtevası düşüktür. Su, nütrientler ve kokuyu absorblama kapasitesi yüksektir. Ağırlığının on katı kadar su tutabilir. Doğal birikintilerinin olduğu bölgeler dışında turba yosunu saksı bitkileri ve diğer bahçecilik uygulamalarında kullanıldığı için pahalıdır. Turba yosunu kompostlamayla hemen hemen değişmeden kalır ve yüksek kaliteli kompost üretir. Koku ve su absorblama kapasitesi yüzünden yüksek kaliteli bir düzenleyicidir ama maliyeti yüksektir.

2.6.2.18. Meyve ve Sebze Atıkları

Meyve kabukları, kırıntılar, bozulmuş meyveler. Atığın özelliğine bağlı olarak nem içeriği ve C:N oranı orta-yüksektir. Çekirdekler dışında çözülürlüğü iyidir. Yapısı fena değildir. Meyve ve sebzelerle oluşturulan yığınlar bozunma başlar başlamaz çökerler. Az-orta derecede koku problemi yaratır. Paketleme ve pazarlaması sırasında atık oluşturabilir. İyi-orta kalitede kompost maddesidir.

2.6.2.19. Besin İmalatından Kaynaklanan Atıklar

İşleme bağlı olarak değişik karakteristikler gösterir. Filtre pres kekleri genellikle orta ölçekte kuru ve karbon içeriği yüksek-ortadır. Yiyecek imalatından gelen diğer yan ürünler nemli ve C:N oranı orta veya düşüktür. Koku, haşarat (sıçan, fare, sinek) problemleri; yiyecek imalatında kullanılan mekanizmalar ve temizleyici çözeltilerden gelen kirleticilerin miktarı yüksektir. En büyük avantajı çöp ücretidir. Atığın karakterine bağlı olarak iyi-kötü kaliteli

kompost maddeleridir.

2.6.2.20. Kesim hane ve Et Paketleme Atıkları

Gübre, kan, diğer kısımlardır. Nemlidir ve C:N oranı düşüktür. İyi çözülür. Koku ve haşarat riski yüksektir. Daha sınırlayıcı düzenlemeler gerektirir. Nemi azaltmak ve kokuyu kontrol etmek için çok fazla düzenleyici gerekir. Eğer araziye direkt uygulanacaksa kompostlama düşünülmelidir.

2.6.2.21. Balık İmalatından Kaynaklanan Atıklar

Kılçıklar, kafalar, kuyruklar, kabuklardır. Özellikleri atığın tipine bağlı olarak değişir ama genellikle orta-yüksek ölçekte nemlidir ve azot içeriği yüksektir. Istakoz, yengeç, karides ve yumuşakça kabuklarının yapıları iyidir. Hepsi ama özellikle de yumuşakça kabukları iyi çözünür. Yüksek nem muhtevasıyla koku oluşturma riski, kuru düzenleyici ve/veya özel işlem gerektirir. Daha sınırlayıcı düzenlemeler gerektirir. Nemli maddeler (racks veya yumuşakçalar) sorun yarattığından kompostlama diğer seçeneklerden sonra düşünülmelidir. Kabuklar orta-iyi kaliteli kompost maddesidir.

2.6.2.22. Su Yosunu ve Diğer Deniz Bitkileri

Su mercimeği, atık su arıtma bitkileri. Nem içeriği önceki kurumaya bağlı olarak yüksek-ortadır. C:N oranı düşük (yosunlar) orta (su mercimeği) olabilir. Çözülebilirliği iyidir. Başta su yosunları olmak üzere yapısı kötüdür. İyi bir minör nütrient kaynağıdır ama su yosunu fazla miktarda kullanırsa tuz sorun yaratır. Koku riski düşük-ortadır. İyi bir kompost maddesidir.

2.6.2.23. Kağıt Fabrikalarından Kaynaklanan Atıklar

Preslenirse nemli veya orta derecede nemlidir. C:N oranı orta-yüksektir. Azotlu kuru bir düzenleyici gerektirir. Çözülürlüğü iyidir ama kötü bir yapısı vardır. Yanlış yönetilirse az-orta koku riski yaratabilir. Kağıt bulamaçlarında bazen organik bulaşkanlar olabilir. Güzel bir kompost maddesidir.

2.6.2.24. Tahta Tozu

Karbon ve azot miktarı çok azdır ve çok kurudur. Özellikle potasyum gibi diğer besi maddeleri yapısında yeteri kadar vardır. Kompostlamada tahta tozları nemi absorbe eder ve karışımın pH'ını yükseltir. Ayrıca koku absorblayıcı olarak da kullanılabilir. Tozlar çok ince ve uçarak toz oluşturduğundan işlenmesi zordur. Partiküller ıslandıktan sonra yapışma eğilimi gösterirler. Nemli asidik karışımlar için iyi bir kompost düzenleyicisidir. Eğer pH

yüksekse kullanılmamalıdır.

2.6.2.25. Septik Çamurlar ve Pissu Çamurları

Ham ve çürümüşür. Azotça zengin ve çok nemlidir. Her bir hacim çamura 2-4 hacim kuru düzenleyici karıştırmak gerekir. Septik ve pissu çamurları çabucak çözünür. Keskin koku yayarlar. İnsan patojenleri ve ağır metallere gelen bulaşkan maddeler içerebilirler. Patojenlerin azaltılması için özel düzenlemeler gerekir. Bu maddelerle kompostlama yaparken kullanım ve arazi uygulaması için ruhsat alınması, işlemin izlenmesi ve ürün analizleri yapmak gerekir. Genelde septik çamur ve pissu çamurları beraberinde sınırlamalar ve düzenlemeler getirir. İstisnalar olmasına rağmen çiftlik kompostlama işlemlerinde bu maddelerin kullanılmaması en iyisidir.

2.6.2.26. Gübre ve Üre

Gübre, üre veya diğer konsantre azot kaynakları bazen yaprak gibi yüksek karbonlu maddelerin C:N oranlarını düşürmek için kullanılırlar. Böyle maddeler ilk C:N oranını düşürmesine rağmen faydaları kısa sürelidir. Böyle maddelerden gelen azot, organik maddelerdeki karbondan daha hızlı elde edilebilir. Karbon ve azot oranları dengededir; ama kolayca elde edilebilir karbon tükendikten sonra artakalan azot gelişir. Er geç fazla azot amonyak olarak kaybolur.

2.6.2.27. Kireç

Gübre gibi, kireç de pH'ı ayarlamak veya kokuyu kontrol edici bir katkı maddesi olarak düşünülebilir. Genellikle kireç gereksiz bir maddedir ve zararlı olabilir. Kompostlamada pH ayarlaması nadiren gerekir. Eğer kireç koku kontrolünde kullanılırsa pH aşırı amonyak kaybına neden olabilecek kadar arttırabilir.

2.6.3. Kompost Karışımının Formülasyonu

Kompostlama için ham maddelerin uygun oranlarda formüle edilmesine karışım yapma denir. Başarılı bir karışım yapmak için beş kural vardır;

- Kompostlamada istenen genel şartları bilmek,
- Kullanılacak birincil maddeleri belirlemek (örneğin kümes atıkları, süthane gübresi vs.),
- Azot ve karbon muhtevası (C:N), nem muhtevası, ham yoğunluk, pH ve koku potansiyeli gibi birincil maddenin özelliklerini bilmek,
- Birincil maddelerle karıştırıldığında kompostlama için uygun koşullar sağlayan

tamamlayıcı veya sekonder maddeleri belirlemek,

- Doğal, aerobik ve yüksek sıcaklıkta kompostlama sağlayacak karışımı oluşturmak.

Kompostlamada kullanılacak maddeler belirlendikten ve kompostlama için uygun şartlar anlaşıldıktan sonra aşağıdaki basamaklar takip edilmelidir.

2.6.3.1. Nemin Ayarlanması

Yığın içindeki nem muhtevasının %40-60 arasında olması gerekir. Eğer nem muhtevası %60'dan fazlaysa yığın içinde hava akımı için gerekli boşlukları işgal eder. Çok fazla su, yığını ağırlaştırarak okelme ve sıkışmayı arttırır. Çok az nem ise kompostlayıcı mikropları kurutarak aktivitelerini durdurur. Nem muhtevasına göre ilk kompost karışımını belirlemenin ana hatları aşağıdadır;

- Birincil (ana) ve sekonder (yardımcı) maddelerin (rneğin sırasıyla, sığır gübresi ve testere talaşı) nem muhtevası belirlenir.
- Karışımın nem muhtevası %60 kabul edilerek, bu iki maddenin ıslak bazda uygun oranları belirlenir. Bu hesaplama için Tablo 2.8 kullanılır.

Karışımın nem muhtevası, en hızlı sıkarak belirlenir. Bir avuç dolusu madde alınır ve hiç sıkmadan su damlarsa bu karışımın çok nemli olduğunu gösterir. Eğer maddeyi elde sıktıktan sonra çok kuru ve ufalanıyorsa bu onun çok kuru olduğunu gösterir. Yine madde sıktıktan sonra su bırakmaksızın küme halinde duruyorsa bu karışımın nem muhtevasının istenen seviyede (yaklaşık %40-60) olduğunu gösterir.

Tablo 2.8 Nem Muhtevasına Göre İki Maddeden Oluşan Karışımın Formülünün Belirlenmesi

BİRİNCİL MADDENİN NEM MUHTEVASI

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
SEKONDER MADDENİN NEM MUHTEVASI	10						5:1	2,5:1	1,7:1	1,3:1
	20						4:1	2:1	1,3:1	1:
	30						3:1	1,5:1	1:1	1:1,2
	40						2:1	1:1	1:1,5	1:2
	50						1:1	1:2	1:3	1:4
	60						1:1			
	70	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1				
	80	1:2,5	1:2	1:1,5	1:1	2:1				
	90	1:1,7	1:1,3	1:1	1,5:1	3:1				
	100	1:1,3	1:1	1,3:1	2:1	4:1				



Nem muhtevası çok düşük(<math>< 60\%</math>)



Nem muhtevası çok yüksek(>math>60\%</math>)

Not: Tabloda istenen nem muhtevasının %60 olduğu kabul edilmiştir. Tablo sadece nemi ayarlama için kullanılır.

Örnek: İki maddeden oluşan bir karışımın formülünün nem muhtevasına göre belirlenmesi

Birincil (ana) madde olarak %70 nem muhtevalı sığır gübresi ve ikincil (yardımcı) madde olarak %35 nem muhtevalı testere talaşı kullanılmaktadır. Karışımın nem muhtevasını %60 kabul ederek karışımda kullanılacak her bir maddenin oranını hesaplayınız.

Çözüm: Tablo 2.8'den birincil maddenin nem muhtevasını gösteren yatay eksende nem muhtevasının %70 olduğundaki izdüşümü ve düşey eksendeki sekonder maddenin nem muhtevasının %35 olduğundaki izdüşümü alınır (%30 ve %40 satırlarının her ikisi) ve bu izdüşümlerin kesiştiği noktaların sırasıyla 3:1 ve 2:1 olduğu görülür. Sonuç olarak bu iki değer aritmetik ortalaması alınır ve madde oranları 2,5:1 bulunur. Yani karışımda her 2,5 kg sığır gübresine 1 kg testere talaşı kullanılacaktır.

2.6.3.2. Besi Maddelerinin Ayarlanması

Toplam organik karbonun toplam azota ağırlıkça oranını gösteren C:N oranı aktif

kompostlama için önemli bir şarttır. Kompost karışımındaki ham maddeler C:N oranı 30:1 olacak şekilde karıştırılması gerekir.

Kompostlamada sadece iki madde (örneğin sığır gübresi ve testere talaşı) kullanılacaksa karışımın oranları Tablo 2.8'den belirlenebilir. Her halükarda karışımın C:N oranı ıslak bazda hesaplanmalıdır. C:N oranını belirlemek için kullanılan formüller ve kısa yol formülleri 4.13-4.14'te gösterilmiştir.

Karışımın formülünün besi maddesine göre belirlenmesi aşağıda anlatılan “tahmin ve kontrol” metoduyla yapılır:

- Karışımındaki maddelerin ağırlıkça toplam karbon miktarları belirlenir. Karbon muhtevası maddenin yüzey alanı ve lignifikasyonuna göre değişir.
- Karışımındaki maddelerin ağırlıkça toplam azot miktarları belirlenir.
- Toplam karbon, toplam azota bölünerek karışımın C:N oranı belirlenir.
- Bu hedeflenen C:N oranıyla kıyaslanır.
- Maddelerin ağırlıkları optimum C:N ve nem muhtevasına getirmek için ayarlanır.

Eğer karışımda üç veya daha fazla madde kullanılacaksa kısayol formülleri kullanılır.

Kompostçuların çoğu ham madde karışımlarını deneme-yanılma metoduyla belirlerler. Eğer karışım çok kuruysa daha fazla su veya gübre ilave edilir veya karışım yığında çökmeden kalana kadar kuru düzenleyici ilave edilir. Bunu yapmak için genellikle karışımın nem içeriği, yapı ve porozitesi hakkında bilgi edinilmesi gerekir. Bu yaklaşımla kompost formülünü belirleme özellikle kompostlamanın hızlı olması veya kontrolü gerekmiyorsa başarılı olabilir. Ham maddelerin karakteristikleri bilinmiyorsa “bak ve anla” yaklaşımı tek alternatiftir. Bununla beraber kompostlayıcı maddelere veya işleme yabancıysa, optimum kompost koşullarını korumak gerekiyorsa kompostun formülünü hesaplama ile saptamak daha doğrudur. Hesaplamalar ile farklı özellikteki maddelerden oluşan karışımın nem içeriği ve C:N oranı tahmin edilebilir.

Kompost formülünü belirleme hem C:N oranı, hem de nem içeriğini istenen aralıklarda tutmak dengeleyici bir harekettir. Formül belirlendikten sonra gerekirse oranlar birincil maddelerin karakteristiklerini fazla değiştirmeksizin sekonder maddelerin karakteristiklerin ayarlanmasını sağlar.

Yüksek nem içeriği anaerobik koşullar, koku ve yavaş bozunmaya neden olduğundan nem muhtevasının yüksek olması istenmez. C:N oranının istenmeyen aralıkta olmasının sonucu daha az etkilidir. Nem içeriğine göre bir kompost karışımı hazırlamak ve sonra istenen C:N oranına getirmek için ayarlama yapmak en iyisidir.

Kompostun formülünü hesaplamada kullanılan formüller aşağıda verilmektedir. Hesaplamalar kuru ağırlığa göre yapılır. Her bir madde için nem içeriği, azot yüzdesi (kuru) ve karbon yüzdesi (kuru) veya C:N oranları bilinmelidir. Çoğu maddenin karbon içeriğini literatürde bulmak bazen mümkün olmayabilir. Eğer literatürde maddenin kül yüzdesi verilmişse karbon içeriği kabaca aşağıdaki eşitlikten bulunabilir.

$$\% \text{ Karbon} = \frac{(100 - \% \text{ kül})}{1.8} \quad (4.1)$$

Eğer literatürde maddenin uçucu katı yüzdesi verilmişse karbon içeriği kabaca aşağıdaki eşitlikten bulunabilir:

$$\% \text{ Karbon} = \% \text{ Uçucu katı} \times 0,56 \quad (4.2)$$

Bazen nütrient konsantrasyonu “ıslak bazda” istenir. Kuru bazda nütrient konsantrasyonunu ıslak baza çevirmek için aşağıdaki formüller kullanılır.

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = (\% \text{ Nütrient, kuru baz} \times \% \text{ Toplam katılar}) \div 100 \quad (4.3)$$

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \% \text{ Nütrient, kuru baz} \times (100 - \% \text{ Nem}) \div 100 \quad (4.4)(4.4)$$

Örnek: Kuru ağırlık bazı ıslak baza çevirme

Islak ve kısmi katı süthane gübresinin azot(N) konsantrasyonu; kuru ağırlık bazında %3'tür. Laboratuvar raporlarına göre nem muhtevası %80'dir. Bu gübrenin ıslak bazda azot muhtevasını bulmak için formül (4.4) kullanılır.

Çözüm:

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \%3 \text{ N, kuru baz} \times (100 - 80) \div 100$$

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \%3 \text{ N, kuru baz} \times 20 \div 100$$

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \%0,6 \text{ N, kuru baz}$$

2.6.4. Kompost Karışımını Hesaplamada Kullanılan Formüller

$$\text{Nem muhtevası} = \% \text{Nem muhtevası} \div 100 \quad (4.5)$$

$$\text{Suyun ağırlığı} = \text{Toplam ağırlık} \times \text{Nem içeriği} \quad (4.6)$$

$$\text{Kuru ağırlık} = \text{Toplam ağırlık} - \text{Suyun ağırlığı} = \text{Toplam ağırlık} \times (1 - \text{Nem içeriği}) \quad (4.7)$$

$$\text{Azot muhtevası} = \text{Kuru ağırlık} \times (\% \text{N} \div 100) \quad (4.8)$$

$$\% \text{ Karbon} = \% \text{N} \times \text{C:N oranı} \quad (4.9)$$

$$\text{Karbon muhtevası} = \text{Kuru ağırlık} \times (\% \text{C} \div 100) = \text{N içeriği} \times \text{C:N oranı} \quad (4.10)$$

Maddelerin kombine edilmesiyle oluşan karışım için genel formüller:

$$\begin{aligned} \text{Nem muhtevası} &= \frac{a \text{ maddesinde} + b \text{ maddesinde} + c \text{ maddesinde} + \dots \text{ suyun ağırlığı}}{\text{Karışım i maddelerinin toplam ağırlık}} \\ &= \frac{(a \times n_a) + (b \times n_b) + (c \times n_c) + \dots}{a + b + c} \end{aligned} \quad (4.11)$$

$$\text{C:N oranı} = \frac{a \text{ maddesinde} + b \text{ maddesinde} + c \text{ maddesinde} + \dots \text{C'nin ağırlığı}}{a + b + c + \dots} \quad (4.12)$$

Semboller;

a = a maddesinin toplam ağırlığı

b = b maddesinin toplam ağırlığı

c = c maddesinin toplam ağırlığı

n_a, n_b, n_c, \dots = sırasıyla a, b, c, \dots maddelerinin nem içeriği

$\%N_a, N_b, N_c, \dots$ = sırasıyla a, b, c, \dots maddelerinin azot yüzdesi(kuru ağırlık)

$\%C_a, C_b, C_c, \dots$ = sırasıyla a, b, c, \dots maddelerinin karbon yüzdesi(kuru ağırlık)

Sadece iki maddeden oluşan karışımlar için kısa yol formülleri (örneğin, yapraklar ve çimen kırıntıları):

1. Her bir kg b maddesi başına gereken a maddesinin miktarı nem muhtevası temel alınarak:

$$a = \frac{n_b - N}{N - n_b} \quad (4.13)$$

Genel formülü kullanarak C:N oranı kontrol edilir.

2. Her bir kg b maddesi başına gereken a maddesinin miktarı C:N oranı temel alınarak:

$$a = \frac{\%N_b}{\%N_a} \times \frac{(R - R_b)}{(R_a - R)} \times \frac{(1 - n_b)}{(1 - n_a)} \quad (4.14)$$

Genel formülü kullanarak nem içeriği kontrol edilir.

Semboller:

a = kg a maddesi/ kg b maddesi

N = karışımda istenen nem içeriği

n_a = a maddesinin nem içeriği (örneğin düzenleyici)

n_b = b maddesinin nem içeriği (örneğin gübre) R = karışımın istenen C:N oranı

R_a = a maddesinin C:N oranı

R_b = b maddesinin C:N oranı

Gübre ve düzenleyici gibi sadece iki maddeyle oluşan karışımlarda düzenleyicinin oranı hedeflenen C:N oranı veya nem içeriği esas alınarak hesaplanabilir. Ama eğer üç veya daha fazla madde kullanılırsa karışımın formülü; 4.5 - 4.12 arasındaki formüller kullanarak deneme-yanılma ile hesaplanabilir. Bu takdirde maddelerin oranları ilk önce tahmin edilir ve sonra karşılık gelen C:N oranı ve nem muhtevası hesaplanır. Eğer C:N oranı veya nem içeriği istenen aralıkta değilse oranlar ayarlanır ve hesaplamalar C:N oranı ve nem içeriği istenen aralığa gelene kadar tekrar edilir.

Örnek hesaplama: Formül hesaplama, nem içeriği ve C:N oranı

Bir çiftlikte nem muhtevası %70 olan sığır gübresi kullanılmaktadır. Nem içeriği ve azot muhtevası optimum kompostlama için çok yüksektir ve gübrelerin porozitesi azdır. Testere talaşının nem muhtevası %35'tir. Gübrenin C:N oranınının 10:1'den büyük, azot muhtevasının %6, testere talaşının C:N oranınının 500:1, ve azot muhtevasının %0,11 olduğu kabul edilecektir. Uygun kompost formülünü hesaplayınız.

Örnek hesaplama: Formül hesaplama, nem içeriği ve C:N oranı

Bir çiftlikte nem muhtevası %70 olan sığır gübresi kullanılmaktadır. Nem içeriği ve azot muhtevası optimum kompostlama için çok yüksektir ve gübrelerin porozitesi azdır. Testere talaşının nem muhtevası %35'tir. Gübrenin C:N oranının 10:1'den büyük, azot muhtevasının %6, testere talaşının C:N oranının 500:1, ve azot muhtevasının %0,11 olduğu kabul edilecektir. Uygun kompost formülünü hesaplayınız.

Çözüm:

1. Karışımındaki maddelerin nem içeriğine göre karıştırma;

Suyun ağırlığı = Toplam ağırlık x Nem muhtevası

Maddelerin kuru ağırlığı = Toplam ağırlık – Suyun ağırlığı

Azotun(N) ağırlığı = Kuru ağırlık x (%N÷100)

Karbonun(C) ağırlığı = C:N oranı x N ağırlığı

1 kg nemli gübrede bulunan maddeler;

Su:	$1 \text{ kg} \times 0,7 = 0,7 \text{ kg}$
Kuru madde:	$1 \text{ kg} - 0,7 = 0,3 \text{ kg}$
N muhtevası:	$0,3 \times 0,06 = 0,018 \text{ kg}$
C muhtevası:	$0,018 \times 10 = 0,18 \text{ kg}$

1 kg nemli testere talaşı;

Su:	$1 \text{ kg} \times 0,35 = 0,35 \text{ kg}$
Kuru madde:	$1 \text{ kg} - 0,35 = 0,65 \text{ kg}$
N muhtevası:	$0,65 \times 0,0011 = 0,00072$
C muhtevası:	$0,00072 \times 500 = 0,36 \text{ kg}$

Nem muhtevası %60'ı geçmemelidir. 1 kg nemli gübre için:

$$NM = \frac{\text{Gübredeki suyun ağırlığı} + \text{testere talaştaki suyun ağırlığı}}{\text{Toplam ağırlık}}$$

$$NM = \%60 = 0,6 = \frac{0,7 + (0,35 \times S)}{1 + S}$$

Gerekli testere talaşı miktarını S ise,

$$NM = 0,6 (1 + S) = 0,7 + 0,35 \times S$$

$$0,25 S = 0,1$$

$$S = 0,4 \text{ kg testere talaşı/kg gübre}$$

Not: S yukarıdaki eşitlikten hesaplanmıştır. Karışımda sadece iki madde kullanıldığından S'i kısa yol formüllerini kullanarak da hesaplamak mümkündür. Gübre *b* olarak gösterilir. Bu nedenle:

$$S = a = \frac{m_b - M}{M - m_a} = \frac{0,70 - 0,60}{0,60 - 0,35}$$

$$S = 0,4 \text{ kg testere talaşı/kg gübre}$$

C:N oranı kontrol edilir.

$$C:N = \frac{C_{gübre} + C_{testere talaşı}}{N_{gübre} + N_{testere talaşı}} = \frac{0,18 + (0,4 \times 0,36)}{0,018 + (0,4 \times 0,00072)} = 17,7$$

Bu oran kabul edilebilir aralığın alt sınırına yakın olduğundan ve nem muhtevası sınır değerinin üst noktasında olduğundan (%60) testere talaşının miktarı C:N oranının yükseltmek için arttırılmalıdır.

2. Maddelerin C:N göre karıştırılması

Buğday samanının nem içeriğinin %15, C:N oranının 128:1 ve azot muhtevasının %0,3 olduğu kabul edilir. Tavuk gübresiyle karıştırılacak samanın miktarının C:N oranının 25 olduğu varsayılacak.

1 kg buğday samanı;

Su:	1 kg x 0,15 = 0,15 kg
Kuru madde:	1 kg - 0,15 = 0,85 kg
N muhtevası:	0,85 x 0,003 = 0,0026 kg
C muhtevası:	0,0026 x 128 = 0,33 kg

İstenen C:N oranı 25:1'dir. 1 kg nemli gübre için:

$$C:N=25 = \frac{(1\text{kg gübredeki C}) + S \times (1\text{kg samandaki C})}{(1\text{kg gübredeki N}) + S \times (1\text{kg gübredeki N})}$$

Gerekli saman miktarını S ise,

$$25 = \frac{0.18 + S \times (0.33)}{0.018 + S \times (0.0026)}$$

$$S = 1 \text{ kg saman/kg gübre}$$

Not: Burada da sadece iki madde karıştırıldığından S'i hesaplamak için Tablo 2.8'deki kısa yol formülleri kullanılabilir.

$$S = a = \frac{\%N_b}{\%N_a} \times \frac{(R - R_b)}{(R_b - R)} \times \frac{(1 - n_b)}{(1 - n_a)} = \frac{\%6}{\%0.3} \times \frac{(25 - 10)}{(128 - 25)} \times \frac{(1 - 0.70)}{(1 - 0.15)}$$

$$S = 1 \text{ kg}$$

Karışımın nem muhtevası kontrol edilir:

$$NM = \frac{1\text{kg gübredeki suyun ağırlığı} + 1\text{kg samandaki suyun ağırlığı}}{\text{Toplam ağırlık}}$$

$$NM = \frac{0.7 + (1 \times 0.15)}{2} = 0.425 = \%42.5$$

Başlangıçta karışım için bu nem muhtevası düşüktür. Seçenekler:

1. Bu oranlar kullanılır ve yağmurla yığının ıslanması beklenir (riskli).
2. Karışıma direkt su eklenir.
3. Samanın oranı azaltılır ve daha düşük C:N oranı kabul edilir.
4. Karışıma başka bir nemli madde eklenir veya saman yerine daha nemli bir düzenleyici kullanılır.

2.6.5. Kompostlama İçin Ham Maddelerin Test Edilmesi

Ham maddelerin ara sıra analiz edilerek fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre kompostlanması yararlıdır. Maddenin özelliklerinin doğru olarak bilinmesi ham maddelerden oluşan karışımların oluşturulmasına katkıda bulunur. Bir çok maddenin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri literatürlerden bulunabilir. Bu planlama için iyi bir başlangıç noktasıdır.

Kompost formülünü oluşturmak için ham maddelerin analiz edilmesi gerekir. Kompostlama için analiz edilmesi gereken karakteristikler yoğunluk, nem muhtevası, karbon muhtevası, azot muhtevası ve pH'tır. Mümkün olabilecek tüm maddelerin bu parametreleri bilindikten sonra kabaca birkaç formül oluşturulabilir. Alternatif olarak formüller literatürden alınan verilere göre de oluşturulabilir.

Bazı kompostta kullanılan maddelerin ağır metal ve bazı mahsul atıklarında bulunabilecek pestisitler gibi kirleticiler için de analiz edilmelidir. Analiz süresi ve türü incelenen kirletici ve kompost, planlanan nihai kullanımına bağlı olarak değişir. Eğer kompost karışımındaki kirliliği önlemek zorunluysa ham maddelerin mutlaka test edilmesi gerekir. Eğer incelenen kirletici kompost işlemine zarar veriyor, arazide çevre kirliliği riski oluşturuyor veya kompostu kullanışsız ve satılamaz yapıyorsa bu yola başvurulur.

Operasyon başlangıcında maddelerin laboratuarda test edilmesi çok önemlidir. Aksi takdirde laboratuvar analizi sadece periyodik kalite kontrollerinde gereklidir. Yoğunluk, nem muhtevası, pH ve çözümlü tuz muhtevası analizleri nispeten kolaydır ve birkaç parça teçhizatla çiftlikte yapılabilir.

2.6.6. Madde Analizlerinin Çiftlikte Yapılması

Ham maddelerin ve kompostun bazı karakteristikleri elde veya ucuz ekipmanlar kullanarak basit prosedürlerle çiftlikte tespit edilebilir. Yoğunluk, nem muhtevası, pH ve çözümlü

tuzlar bu karakteristiklere örnektir. 0.1 gramı okuyabilen ölçekler tercih edilir. Gerekli diğer teçhizatlar spesifik analizlere bağlıdır.

2.6.6.1.Laboratuvar Emniyeti

Kompostlamada yapılan testler tehlikeli olmamasına rağmen laboratuvarda bazı basit önlemlerin alınması gereklidir. Sıcak konteynırlara dokunurken eldivenler giyilmelidir. Ayrıca gözleri korumak için gözlük de kullanılmalıdır. Çalışılan yer iyi havalandırılmalıdır. Kullanılan ekipmanlara uygun tedbirler alınmalıdır. Örneğin mikrodalga fırında metal konteynır kullanılmamalı ve numuneler ısıtılırken kontrolsüz bırakılmamalıdır.

2.6.6.2. Numuneler

Maddeleri test ederken ilk basamak temsil edici numune almaktır. Numune kompostlanacak maddeyi yansıtıcı nitelikte olmalıdır. Yığının farklı noktalarından veya farklı yığınlardan numune almak en iyi yoldur. Bu numunelerin hepsi karıştırılır ve alt numuneler oluşturulur. Eğer tek bir numune alınacaksa tüm yığında tipik olduğu bir noktadan alınır. Numuneler yığında ki maddelerin farklı özellikler gösterebileceği merkez, kenar ve dış yüzeyden alınmamalıdır.

Numune alma ve test etme arasında geçen sürede, numunelerin nemini kaybetmesi ve diğer değişimlere uğraması olasıdır. Bu nedenle numuneler analizden hemen önce alınmalı fazla bekletilmemelidir. Eğer numuneler ileride bir zamanda analiz edilmesi gerekiyorsa kapalı bir konteynır içinde soğutulmalı veya en azından ısı, güneş ışığı ve diğer özelliklerini değiştirebilecek çevresel etkilerden uzak tutulmalıdır.

Numune miktarı yeterli ve analiz ekipmanları ve konteynırlar uygun olmalıdır. Standart numune miktarı belirlenerek analizlerin tutarlı olması sağlanır. Numune miktarı olarak yuvarlak sayıların (örneğin 100 gram, 1 litre) kullanılması hesaplamaları kolaylaştırır. Genelde numune miktarı arttıkça test sonuçları daha doğru olur.

2.6.6.3. Yoğunluk

Yoğunluk; maddenin ağırlığını, hacmine bölerek hesaplanır. Kompostlamada genellikle maddelerin ham yoğunluğu* kullanılır. Ham yoğunluk yığın veya madde konteynırın ağırlığının, yığın veya konteynırın hacmine bölünmesiyle bulunur. Hacme, partiküller arasındaki hava boşlukları da dahildir. Örneğin odun yongalarından oluşan yığının ham yoğunluğunu bilmek her bir odun yongasının yoğunluğunu (partikül yoğunluğu) bilmekten

daha önemlidir.

Yoğunluk konteynırı belirli bir hacim ve ağırlıkta madde ile doldurduktan sonra dolu konteynırın tartılmasıyla belirlenebilir. Yoğunluk dolu konteynırın ağırlığını boş konteynırın ağırlığından çıkarıp konteynır hacmine bölünmesiyle bulunur.

$$Yoğunluk = \frac{Dolu\ konteyner\ ağırlığı - Boş\ konteyner\ ağırlığı}{Konteyner\ hacmi} \quad (4.15)$$

Ham yoğunluğu belirlerken önemli bir nokta; maddede depolama sırasında oluşan çökmeye yakın aynı derecede çökme sağlayacak miktarda maddeyi konteynıra doldurmaktır. Konteynırı tamamen doldurmak ustalık isteyen bir iştir. Bu nedenle birkaç numune almak ve tartmak, sonra sonuçların ortalamasını almak en iyi yoldur.

2.6.6.4. Nem Muhtevası

Nem muhtevası maddenin yapısındaki suyun ağırlığıdır. Bu genellikle yüzde olarak ifade edilir. Maddenin su içermeyen kısmı kuru madde olarak adlandırılır.

Nem muhtevası numunenin suyunu ayırarak kurutup ve sonra kuru numuneyi tartarak bulunabilir. Nem muhtevasını bulmak için aşağıdaki sıra takip edilir;

1. Konteynır tartılır,
2. Islak numune ve konteynır tartılır,
3. Numune kurutulur,
4. Kuru numune ve konteynır tartılır,
5. Kuru ağırlık ıslak ağırlıktan çıkarılır ve nem muhtevası belirlenir.

Numunenin kuru ve ıslak ağırlığı arasındaki fark, numuneden ayrılan suyun ağırlığıdır. Nem muhtevası, giderilen suyun ağırlığının (numunenin ıslak ağırlığı ile kuru ağırlığı arasındaki fark) numunenin ıslak ağırlığı ile konteynırın ağırlığı arasındaki farka bölünmesine eşittir. Bunun ıslak bazda nem içeriği olduğuna dikkat etmek gerekir. Kuru bazda nem muhtevası ıslak ağırlık ile kuru ağırlığın farkının kuru ağırlık ile konteynır ağırlığına bölünmesidir. Nem muhtevasını yüzde olarak hesaplamak için oran 100 ile çarpılır.

$$\text{Nem muhtevası \%} = \frac{\text{Islak ağırlık*} - \text{kuru ağırlık*}}{\text{Islak ağırlık} - \text{Konteyner ağırlığı}} \quad (4.16)$$

Numuneyi kurutmanın amacı amonyak ve organik asitler gibi uçucu kuru madde bileşiklerinin kaybını azaltırken suyu gidermektir. Numuneler düşük sıcaklıklarda kurutulurlar. Çünkü yüksek sıcaklıklar özellikle de numunenin yakılması kuru madde kaybını artırır. Düşük sıcaklıklar ve daha büyük numuneler analizlerde doğruluğu sağlarken kuruma süresini artırır.

Numuneleri kurutma; havayla kurutma, konvansiyonel ısıtma veya mikrodalga fırında kurutma ile yapılmaktadır.

*Konteynırdaki maddenin toplam ağırlığı

* Ham yoğunluk: Bir çok farklı partikülden oluşan bir hacim maddenin ağırlığıdır. Örneğin odun kırıntılarında oluşan bir yığının ağırlığının yığının hacmine bölünmesiyle ham yoğunluk bulunur. Bu partikül yoğunluğundan (tek bir odun kırıntısının ağırlığının hacmine bölümü) farklıdır.

3. KOMPOSTLAMA METOTLARI

Gübreler ve diğer organik atıklar yapılarında aerobik ve anaerobik koşullarda maddeleri çürütebilen mikroorganizmaları barındırırlar. Kompostlama maddesi içinde oksijenin bulunması yalnızca istenen bir durum değil aynı zamanda hızlı kompostlama için bir zorunluluktur.

Çiftliklerde dört çeşit kompostlama metodu kullanılır. Bunlar;

- Pasif kompostlama,
- Sıralı yığın oluşturarak kompostlama,
- Havalandırmalı yığın kompostlama,
- Kapalı reaktörde kompostlama.

Pasif kompostlama yığın içindeki maddelerin seyrek karıştırılarak uzun bir süre boyunca basitçe yığılmasıdır. Sıralı yığın metodunda ise maddeler uzun ince yığınlar (yığın-sıraları) halinde istiflenir. Yığınlar kepçeli bir yükleyici veya özel döndürme makineleri kullanılarak periyodik olarak döndürülür. Döndürme işlemi kompost yığınlarını karıştırarak havalandırmayı artırır.

Diğer metotlar; hava kanalları gibi görev yapan borular yardımıyla, havanın yığın içine girmesini sağlayarak döndürmeye olan ihtiyacı azaltır. Havalandırmalı statik yığınlarda, havanın borulardan geçip yığın içine girmesi için üfleyicilerin kullanılması daha yaygındır.

3.1. PASİF KOMPOSTLAMA

Pasif kompostlama oldukça düşük yönetim sistemine sahiptir. Kompostlama oldukça yavaştır. Ağaç yaprakları, çeşitli kabuklar, hayvan altı atlıklar ve hızar talaşları gibi gözenekli organik maddelerin kompostlaması için pratiktir. Yığındaki gübre aerobik kompostlama için gereken koşulları her zaman karşılamaz. Gübrenin azot muhtevası yüksek ve karbon muhtevası düşüktür. Gübre hayvanların midesinde ve bağırsağında sindirilir ve mikroorganizmalar için çekici hale gelir. Eğer altlık yoksa yığından çok az miktarda hava geçer. Bu koşullar altında anaerobik mikroorganizmalar çözünmeye hakim olurlar. Bu istenmeyen etkilerin tümü düşük sıcaklıklar, yavaş bozunma, hidrojen sülfürün oluşması ve diğer kokulu bileşikler dahil anaerobik çözünme ile ilgilidir.

Yıgında ki nem, hava veya yüksek sıcaklıklarda buharlaştırma ile uzaklaştırılmadığından yıgında nemli ve anaerobik şartlar oluşur. Bu şartların kombinasyonu toprak yıkanmasına neden olur. Eğer yıgın karıştırılmazsa yüzeyinde er geç bir kabuk tabaka oluşur. Kabuk kırıldıktan sonra ise yıgın içinde tutulan koku dışarıya kaçar.

Eğer çiftlik hayvanlarının rahatı ve temizliğinde altlık kullanılıyorsa bu alt malzemesi gübre ile karışıktır ve daha kuru ve daha gözenekli karışım sağlar. Bu yıgın yapısının daha iyi olmasını ve alt malzemesinin miktarına bağlı olarak karışımın asıl yıgınlar içinde istiflenmesini sağlar. Bu altlık ayrıca gübrenin C:N oranını değiştirir. Eğer gübre ve taban malzemesinden oluşan yıgın fazla büyük değilse kompostlama başlayabilir. Yıgının çoğu kısmı anaerobik olarak bozunabilir ama aerobik işlem en azından nemi gidermek ve anaerobik bozunmadan oluşan ürünleri parçalamak için yıgının bazı kısımlarında devam eder.

Gübre ve alt malzemesinden oluşan karışıma porozite sağlanması için önemli miktarda altlık katılır. Altlık ve gübrenin en azından eşit hacimlerde katılması gereklidir. Karışımdaki alt malzemesinin miktarı gözenek sağlamaya yetmiyorsa çiftlik ambarında kullanılan alt malzemesini arttırarak veya yıgınlar oluşturulduğunda düzenleyici ekleyerek fazladan kuru düzenleyici tedarik edilmelidir. At ahırlarından alınan gübreler veya alt malzemeli gübreler tek başına çürümesine rağmen süthane, domuz ve kümes hayvanlarının ahırlarından alınan alt malzemesiz gübrenin kurutulması veya fazladan düzenleyicilerin eklenmesi gerekir.

Bu karakteristikteki gübre yıgınları uygun bir şekilde boyutlandırılıp ve yönetilmeden kompostlanamazlar. Kompostun yönetilmesi karışım gözeneklerinin havalandırma için yeterli olup olmadığı ve yıgının belirli aralıklarla karıştırılarak porozitesinin iyileştirilmesi anlamına gelir. Ayrıca yıgın pasif hava akımı için yeterince küçük olmalıdır, genellikle yükseklik 1,8 m'den, genişlik 3,6 m'den az olmalıdır.

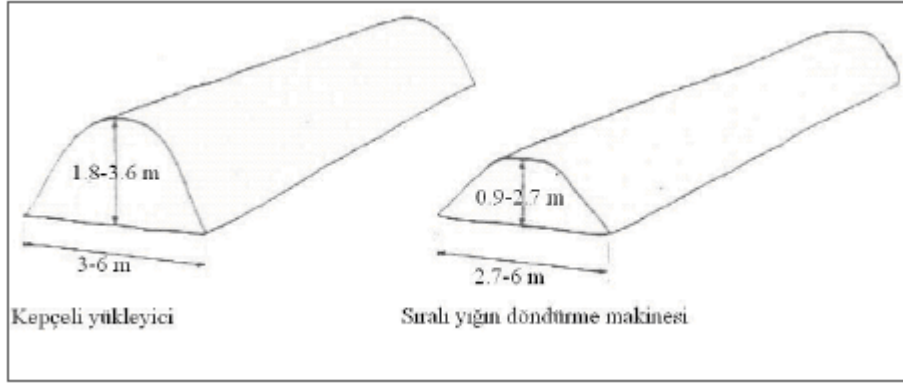
Bu pasif kompostlama metodu aslında bir sıralı yıgın kompostlama metodudur. Ama döndürme daha seyrek yapılır. Ayrıca çöp kompostlanmasında kullanılan yaygın bir metottur. En az emek ve teçhizat gerektirir. Havalandırma oranı düşük olduğundan pasif kompostlama yavaştır ve koku problemi fazladır.

3.2. SIRALI YIĞIN KOMPOSTLAMA

Sıralı yığın metodu dünyada uygulanan en genel metotlardan biridir. Sıralı yığın kompostlama, ham madde karışımının uzun yığınlar şeklinde veya düzenli aralıklarla döndürülen veya karıştırılan yığın-sıraları şeklinde oluşturulmasıdır. (Şekil 3.1) Sıralı yığınların yükseklikleri 0,9 m (gübre gibi yoğun maddeler için) ile 3,6 m (yaprak gibi kabarık maddeler için) arasında değişir. Genişlikleri ise 3-6 m arasında değişir. Döndürmede kullanılacak teçhizat yığın sıralarının boyutları, şekli ve aralarındaki mesafeye göre belirlenir. (Şekil 3.2) Kepçeli yükleyiciler kolaylıkla yükselebildiğinden yüksek sıralı yığınlar oluşturulabilir. Döndürme makineleri ile de alçak, geniş sıralı yığınlar oluşturulur.



Şekil 3.1 Döndürücüler İle Sıralı Yığın Kompostlama



Şekil 3.2 Tipik Sıralı Yığın Şekilleri ve Boyutları

Yığın sıraları doğal veya pasif hava akımı kullanılarak havalandırılır. Hava değişiminin miktarı sıralı yığınların porozitesine bağlıdır. Bu nedenle havalandırılan sıralı yığının efektif miktarı porozitesine bağlı olarak belirlenir. Hafif kabarık yapraklardan oluşturulmuş sıralı yığın nemli yoğun gübreden oluşturulmuş bir sıralı yığından daha büyük olabilir. Eğer sıralı yığın çok büyükse; merkezine yakın kısımlarda, sıralı yığın döndürüldüğünde kokuya neden olan anaerobik bölgeler oluşabilir. Diğer taraftan küçük yığın-sıraları ısıyı çabuk kaçırdıklarından nemin giderilmesi, patojenleri ve zararlı ot kaynaklarını yok etmek için gereken sıcaklıkları sağlayamaz.

Döndürme işlemi ile maddeler karıştırılır; bu yığın-sıralarının porozitesini iyileştirir ve yığın içinde tutulan ısı, su buharı ve gazları serbest bırakır. Yığın döndürülerek havalandırılmasına rağmen gözenek boşluklarında bulunan taze oksijen mikroorganizmalar tarafından çabucak tüketilir (30 dakika sürer). Döndürmenin en önemli etkisi sıralı yığının porozitesini oluşturmasıdır. Döndürme yığın-sıralarını kabartır, bozunma ve çökme ile azalan gözenek boşluklarını artırır. Böylece pasif hava değişimi sağlanır.

Döndürme, ayrıca sıralı yığının yüzeyindeki madde ile içindeki maddelerin yerini değiştirir. Bu da yığının en dış yüzeyini havaya ve iç kısmını ise yüksek sıcaklıklara eşit derecede maruz bırakır. Böylece maddeler çürür ve daha fazla kuru ot kaynakları, patojenler ve uçan larvalar yüksek iç sıcaklıkla yok edilir.

3.2.1. Döndürme Teçhizatı

Küçük ve orta ölçekli operasyonlarda döndürme, önden yükleyiciler veya kepçeli bir traktörle yapılabilir. Yükleyici yığın-sıralarındaki maddeleri kaldırır ve tekrar döker. Böylece maddeler karıştırılmış ve sıralı yığındaki karışım ıslah edilmiş olur. Yükleyici yığının üstündeki ve altındaki maddelerin yerini değiştirir. Eski sıralı yığının yanına yenisi oluşturularak

döndürmeye devam eder. Kepçeli yükleyiciler ile döndürülen yığın-sıraları birbirine yakın çiftler şeklinde terkip edilir ve yığın-sıraları hacimce azaldıkça birbirleriyle birleştirilir.

Yükleyici kullanarak yığınları döndürmek için geçen süre, yükleyici kepçesinin kapasitesi ile doğru orantılıdır. Tipik olarak bir yükleyici madde yükünü bir dakikada yükleyip boşaltabilir. Traktör ve kızaklı yükleyiciler saatte 15-52 m³ madde döndürürler.

Eğer maddelerin daha fazla karıştırılması gerekiyorsa yükleyici bir gübre yayıcı ile kombine edilerek kullanılabilir. Yayıcı paletler ve burgular ham maddelerin sürekli karıştırılmasını sağlayan bir hareket verirler. Bu durumda maddeler sıralı yığından yayıcıya doldurulur. Yayıcı tam olarak dolduğunda maddeyi mevcut yığının hemen yanındaki yığına boşaltır. Bu bir yükleyici ile döndürmeye oranla daha iyi bir karışım sağlmasına rağmen; bu yöntem aynı zamanda ilave teçhizat ve daha fazla zaman gerektirir.

Ayrıca sıralı yığın döndürmek için geliştirilmiş özel teçhizatlarda vardır. Bu makineler zaman ve emek ihtiyacını azaltır, maddeleri tam anlamıyla karıştırır ve daha uniform kompost oluştururlar. Bu makinelerin bazıları çiftlikte kullanılan traktörlere ve önden doldurmalı yükleyicilere monte etmek için tasarlanmıştır.

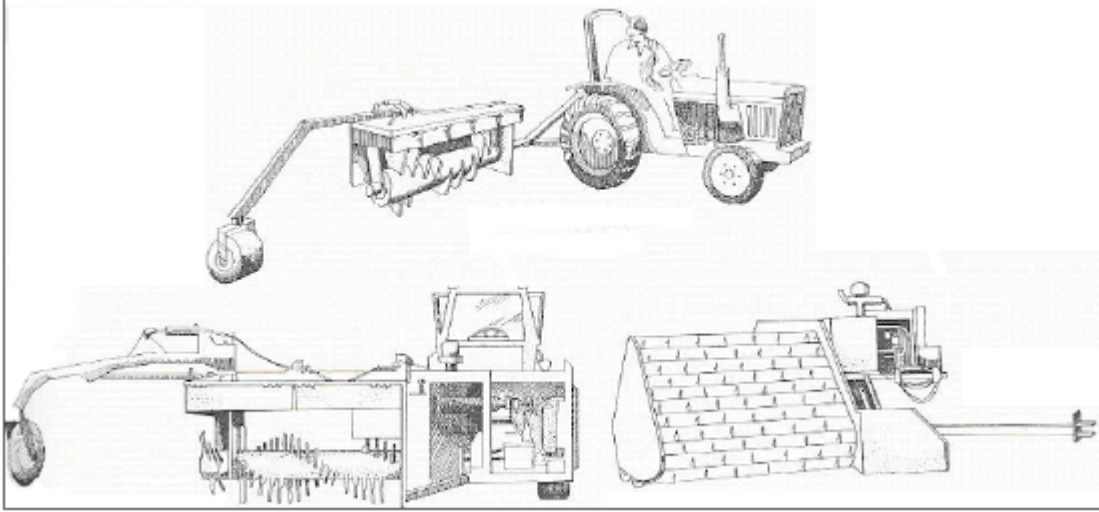
Traktör yardımıyla çalışan döndürücüler bir traktör veya önden yükleyici ile yürütülür. (Şekil 3.3) Bu teçhizatlar traktörün yan tarafına monte edilir ve traktör yığınlar arasından geçerken yığın-sıralarını döndürür. Makine dönen bir şaft üzerindeki paletler yardımıyla maddeleri kaldırarak ve karıştırarak yığın-sıralarını sürer. Traktör yardımıyla çalışan makinelerin çoğu tek bir geçişte sıralı yığının yarısını döndürür. Her bir sıralı yığın için iki geçiş yeterlidir. (Şekil 3.4) Traktörle çalışan döndürücülerin yalnızca bir kaç tek-geçişli döndürücülerdir. Bu nedenle yığınlar arasında traktörlerin geçeceği bir yol olmalıdır.

Döndürücü maliyetinin az olması traktörün hareketine ve gücüne bağlıdır. Değişik döndürücüler farklı özelliklere sahiptir. Ama traktörlerin en azından 80 hp gücünde olması ve döndürücüyü çalıştırırken en azından saatte 0.6 km yol kat etmesi gerekir. Bu da hidrostatik sürücülü bir traktör gerektirir. Buna alternatif; traktör/döndürücü kombinasyonu itmek için ikinci bir araç kullanılmasıdır. Eğer elde uygun bir traktör yoksa veya ekonomik nedenlerle alınamıyorsa traktörle çekilen bir döndürücü almak daha iyidir. Bu döndürücüler yalnızca dizel motorlarla çalışırlar.

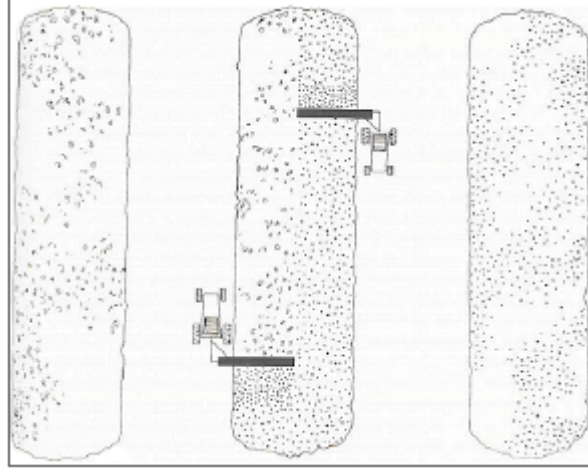
Diğer kompost döndürücüleri tamamıyla kendinden çalıştırıcıdır. (Şekil 3.5) Bu makinelerin

bazıları yığın-sıralarını döndürmek veya maddeyi diğer bir tarafa kaldırmak için burguları veya kısa kürekleri kullanır. Diğer kendinden işleyen döndürücüler yığın-sıralarını karıştırmak için kalın bir milin üzerine yerleştirilmiş çekiçleri veya pedalları kullanır. Elevatörlü konveyörler aynı zamanda kendinden çalıştırıcı bir birim olarak da elde edilebilir. Ayrıca bu makineler ikinci bir teçhizata olan ihtiyacı giderirler, yığın-sıraları arasında daha az mesafe bırakırlar ve yığın-sıralarını daha hızlı döndürebilirler.

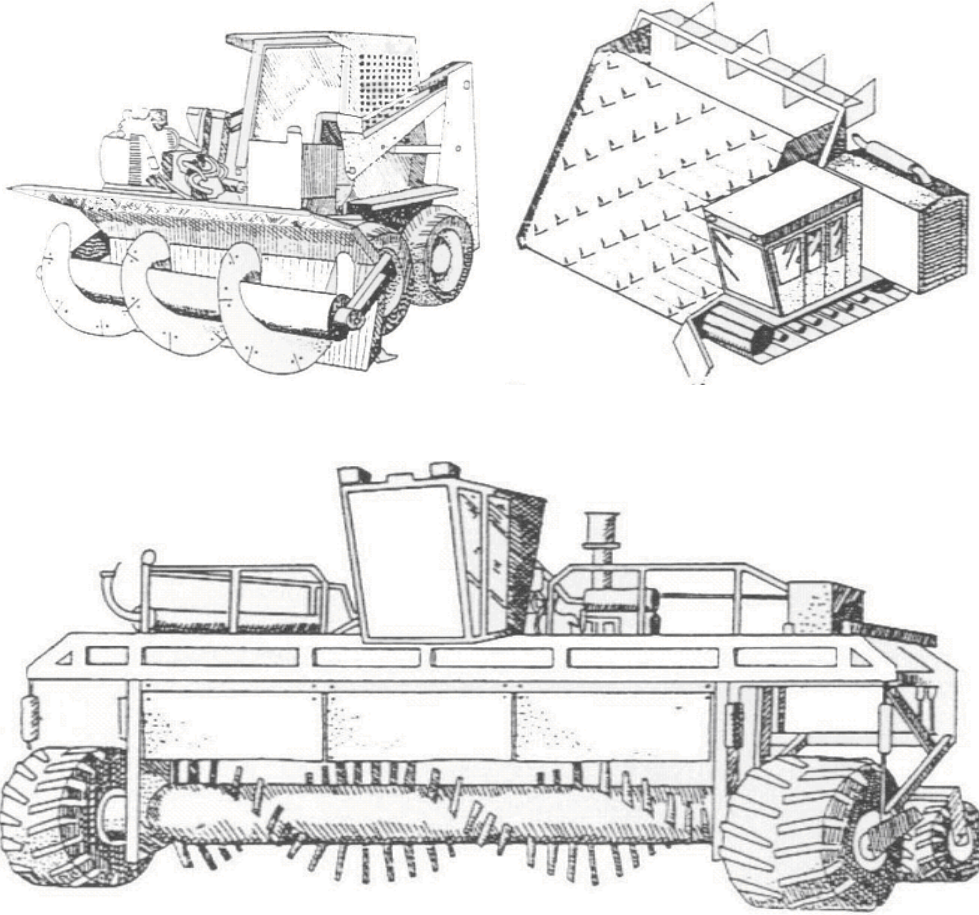
Tüm döndürücülere belirli aralıklarla bakım yapılması gerekir. Makine ve hidrolik sistem için rutin bakım yapılmalıdır. Palet, bıçaklar ve çekiçler kırılabilir veya aşınabilirler. Bu nedenle periyodik olarak değiştirilmelidir. Kırılmış veya aşınmış parçalar dönen kalın şaftların ve diğer dönen kısımların dengesini bozar ve fazla aşınmaya neden olurlar.



Şekil 3.3 Traktörle Çalışan Sıralı Yığın Döndürücüleri



Şekil 3.4 Traktörle Çalışan Döndürücüler İçin İki Geçiş Yeterlidir



Şekil 3.5 Kendinden Güç Sağlayabilen Ve Kendinden Sürülen Sıralı Yığın Döndürücüleri, Sırasıyla, Burgulu Döndürücü, Elevatörlü Döndürücü Ve Rotary Tekneli Harman Döveni

3.2.2. Sıralı Yığın Kompostlama Yönetimi

Bir döndürme programı oluşturulması önemlidir. Döndürme sıklığı, bozunma miktarına, nem muhtevasına, malzemelerin porozitesine ve istenen kompostlama süresine bağlıdır. Kompostlama işleminin başında bozunma oranı daha fazla olduğundan döndürme sıklığı, sıralı yığın olgunlaştıkça azalır. İşlemin başında kolay çözülebilir veya yüksek azotlu karışımın her gün döndürülmesi gerekebilir.

Döndürmenin ne zaman yapılması gerektiği sıralı yığınların sıcaklığı ve kokusuna göre belirlenir. Düşük sıcaklık ve/veya kokular daha fazla oksijen gerektiğini işaret eder. Yığın-sıralarının ortalama sıcaklığı istenen seviyenin (50°C) altına düştüğünde, sıralı yığının döndürülmesi gerekir. Ayrıca 4 veya 5 gün boyunca sıcaklıkta ani düşüş olması yığının döndürülmesi gerektiğini gösterir. Yığın içinde soğuk veya sıcak noktaların bulunması, karışmamış maddelerin olduğunu veya döndürme ile düzeltililebilecek bir sorun olduğunu gösterir. Sıralı yığın çok ısındığında (60°C) soğutmak için döndürme gerekir. Eğer döndürme ile yüksek sıcaklıklar düşürülemiyorsa yığın-sıralarının boyutları azaltılır.

60 veya 90 cm uzunluğunda bir termometre, sıralı yığınların sıcaklığını ölçmek için hem ucuz hem de kullanışlı bir teçhizattır. Ayrıca portatif elektronik sıcaklık problemleri da kullanılabilir. Ölçme işlemi sıralı yığının her 15 m'sinde bir içten yapılmalıdır.

Sineklerin etkin olduğu dönemde sinek üremesini önlemek amacıyla yığın-sıralarının sıcaklığına bakılmaksızın haftada en az 1 defa döndürülmelidir. Bazı sinek türleri beş gün gibi kısa bir sürede büyüdüğünden sıralı yığınların sinek kontrolü için her dört günde bir döndürülmesi gerekir.

Kompostlamanın birinci haftasının sonunda yığın sırasının yüksekliği azalır ve ikinci haftanın sonunda 0,6 m'ye kadar düşebilir. Bu basamakta iki sıralı yığını birleştirirken dikkat edilmeli ve döndürme programı değiştirilmeden devam edilmelidir. Sıralı yığınları birleştirme; kompost yığınının sıcaklığını muhafaza etmek için yapılan bir uygulamadır. Bu sıralı yığın kompostlamasının avantajlarından biridir.

Sıralı yığın metodu ile aktif kompostlama periyodu, maddenin yapısına ve döndürme sıklığına bağlı olarak genellikle 3-9 haftada biter. Gübre kompostlaması için 8 hafta uygun bir süredir. Eğer hedef 3 hafta ise ilk hafta kompost 1-3 kez ve sonra da 3-5 günde bir döndürülmelidir.

3.3. PASİF HAVALANDIRMALI YIĞINLAR

Pasif havalandırmalı sıralı yığın olarak bilinen metot yığın sıraları içine gömülmüş delikli borular sayesinde kompost yığına hava verilerek yapılır. Bu boruların ucu açıktır. Sıcak gazın sıralı yığının dışında yükselmesiyle oluşan baca etkisinden dolayı hava borulara, oradan da sıralı yığına doğru hareket eder.

Gübre kompostlamasında pasif havalandırmalı sıralı yığınları kullanan bir sistemin ana hatları Şekil 3.6'da gösteriliyor. Sıralı yığınların yüksekliği 0,9-1,2 m olmalı ve nemin emilmesi ve sıralı yığını yalıtım için saman, turba yosunu veya bitmiş komposttan oluşturulmuş bir taban üzerine serilmelidir. Turba veya kompost örtü tabakası ayrıca yığın sırasını izole eder; sinekleri önler ve nem, koku ve amonyağın tutulmasına yardım eder. Çoğu havalandırmalı yığın uygulamalarında tıkanmaları azaltmak ve nem akışını sağlamak için borunun delikli yüzü aşağıya döndürülmüştür. Ama bazı araştırmalarda delikli yüzün üste gelmesi tavsiye edilir.



Şekil 3.6 Gübre Kompostlamasında Pasif Havalandırmalı Yığınlar

Sıralı yığınlar oluşturulduktan sonra ham maddeler döndürülmediğinden bunların önceden iyice karıştırılması gerekir. Yığın-sıralarını oluştururken karışımın sıkışması önlenmelidir. Havalandırma boruları turba/kompostla örtülmüş tabanın üzerine yerleştirilir. Kompostlama tamamlandığında borular çıkarılır ve tabandaki malzemeler kompostla karıştırılır.

Bu metot süthane, et, domuz ve koyun çiftliklerinden gelen gübrelerin kompostlanmasında kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar, metodun madde karışımlarını en iyi sıralı yığın

sıcaklığının 50°C'nin altında olduğunda kompostladığını göstermiştir. Deniz ürünü/turba yosunu karışımları 6-8 haftada ve gübre karışımları 10-12 haftada kompostlanır.

Turba yosununun çamur benzeri maddelerde düzenleyici olarak kullanılması bu metodun performansını etkiler. Turba yosunu (%50 nem içerikli) hacimce karışımın %40-50'sidir. Bu karışıma iyi bir yapı ve porozite verir. Ayrıca turba yosununun asiditesi kokuyu ve amonyak kaybını azaltır. İyi yapı sağlayan saman ve tahta yongaları gibi düzenleyiciler de kullanılabilir. Buradaki amaç sıralı yığında iyi bir yapı ve porozite oluşturmaktır.

3.4. HAVALANDIRMALI STATİK YIĞINLAR

Havalandırmalı statik yığın kompostlama, yığnlara üfleyicilerle basınçlı hava verilerek yapılır. Üfleyiciler kullanılarak işlem doğrudan kontrol edilebilir ve daha büyük yığınlar oluşturulabilir. Yığın oluşturulduğunda madde döndürülmez veya karıştırılmaz. Yığın gerektiği gibi oluşturulduysa, havalandırma verimli ve hava yığın içinde uniform dağılıyorsa aktif kompostlama periyodu yaklaşık 3-5 hafta sürer.

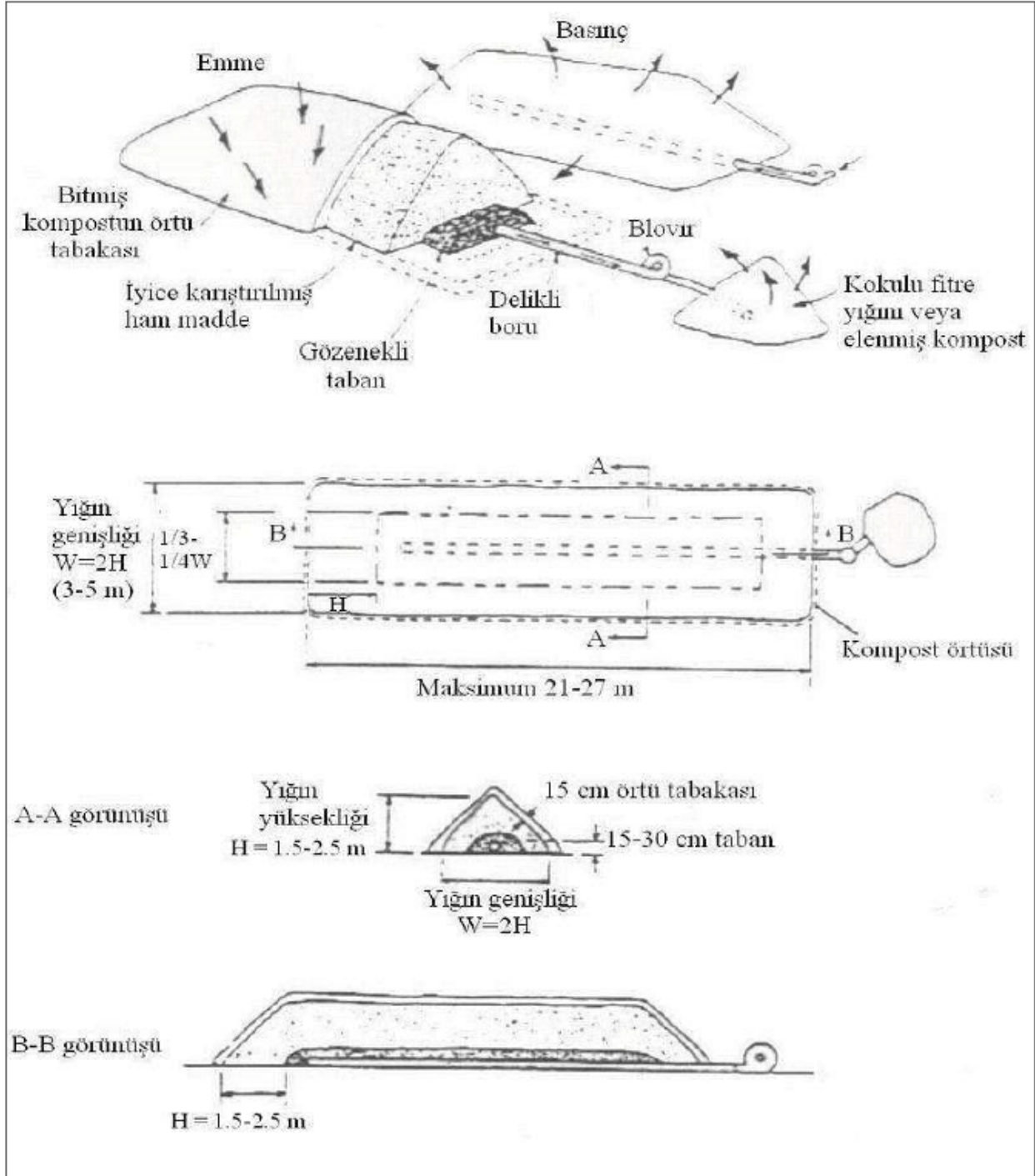
Havalandırılmış statik yığın tekniğinde ham madde karışımı; tahta yongaları, saman sapları veya diğer çok gözenekli maddelerden oluşturulmuş bir taban üzerine serilir. (Şekil 3.6) Gözenekli taban içinde delikli havalandırma borusu vardır. Bu boru havayı yığna veren veya yığından atan bir üfleyici ile bağlantılıdır.

Yığının ilk yüksekliği maddenin porozitesine, hava koşullarına ve yığını oluşturmada kullanılan ekipmana bağlı olarak 1,5-2,5 m arasında değişir. Yüksekliğin fazla olması kış zamanında ısının tutulması açısından avantajlıdır. Yığın üzeri 15 cm kalınlığında bitmiş kompost veya hacimleştirici ile örtülür. Bitmiş kompost tabakası yığın yüzeyinin kurumasını önler, ısı kayıplarına karşı yalıtır, sinek oluşumunu önler, yığında oluşan amonyak ve kokuları süzer.

Gözenekli taban sayesinde hava, yığna ve havalandırma borusuna eşit dağılır. Hava yığının içine itildiğinde (pozitif basınç) tabandaki gözenekli madde havayı besleme borusundan yığna verir. Hava çekildiğinde ise (negatif basınç veya emme) gözenekli taban havayı yığından alır. Eğer gözenekli madde yığının kenarlarına taşarsa, hava yığın içinde kısa çevirime maruz kalır. Bu nedenle gözenekli tabanın genişliği yığının genişliğinin 1/4-1/3'ü olmalıdır (Şekil 3.7).

Yığının uzunluğu havalandırma borusundaki havanın dağılımına göre belirlenir. Eğer yığın

çok uzunsa üfleyiciden uzağa çok az hava taşınır. Yığının uzunluğu havalandırma sistemine bağlı olarak 21-27 m'den az olmalıdır.



Şekil 3.7 Havalandırılmış Statik Yığınlar Ve Boyutları

3.4.1. Havalandırılmalı Yığın Tipleri

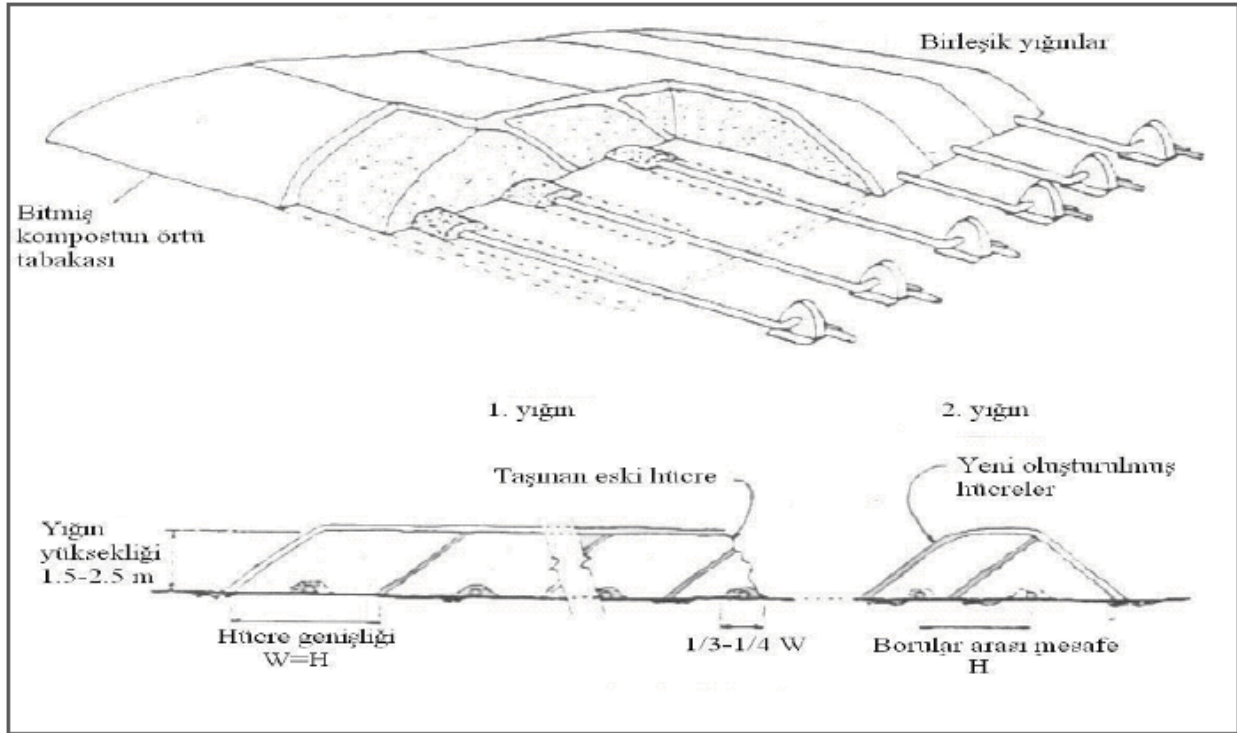
Havalandırılmış statik yığınlar iki şekilde teşkil edilirler:

- Ayrı yığınlar
- Birleşik yığınlar

Ayrı yığınlar Şekil 3.8’te de gösterildiği gibi uzun ve genişliği yığın yüksekliğinin yaklaşık iki katı (3-5m-örtü tabakasının kalınlığı dahil değil) olan üçgen kesitli yığınlardır. Havalandırma borusu yığın sırtının altına uzunlamasına yerleştirilir. Ayrı yığınlar farklı çeşitteki maddelerden veya kabaca aynı formül ve olgunlukta olan birkaç tip maddeden oluşurlar. Tüm yığın sadece bir boru ve üfleyici ile işletildiğinden, yığının her noktasının aynı oranda havalandırılması gerekir. Kesikli beslemede ayrı yığınlar daha kullanışlıdır. (Örneğin eğer ahırdan gübre haftada bir toplanıyorsa veya gübrenin kısa süreli depolanması mümkünse).

Ham maddeler günlük üretiliyorsa, birleşik statik yığının kullanılması daha uygundur. (Şekil 3.8) Birleşik bir yığın hücrelerden meydana gelir. Her bir hücre bir günde biriktirilen maddeden oluşur. Hücreler yan yana yığılırlar. Bu yığına dikdörtgen bir şekil verir ve taban alanının daha verimli kullanılmasını sağlar. Hücre genişliği hemen hemen hücre yüksekliğine eşittir. Hücre uzunluğu ise günlük toplanan madde hacmine göre belirlenir. En az iki birleşik yığın gereklidir. Bir yığın yeni tertip edilmiş bir hücreden oluşurken diğer bir yığın kompostlanmaya veya nakledilmeye yakın, olgun madde hücrelerinden meydana gelir. İki yığın arasındaki mesafe ekipmanın yığından olgun hücreyi nakletmesine ve yeni bir hücre oluşturmasına imkan verecek mesafede olmalıdır.

Gözenekli bir tabana oturtulmuş olan her hücreye havalandırma borusu yerleştirilir. Borular arasındaki boşluk yığının yüksekliğine eşit olmalıdır. Genellikle her bir yığın ayrı bir üfleyici ile havalandırılır ayrı kronometre ve sıcaklık sensörüyle kontrol edilir. Aynı günler veya birbirini izleyen günlerde oluşturulmuş hücrelerde aynı üfleyici kullanılabilir. Bir çok hücre için tek üfleyici kullanılması üfleyici gereksinimini azaltmasına rağmen üfleyici kontrolünü ve seçimini zorlaştırır.



Şekil 3.8 Havalandırılmalı Birleşik Statik Yığınların Yapısı Ve Boyutları

3.4.2. Karıştırma ve Yığın Oluşturma

Yığın oluşturulduktan sonra tekrar karıştırılmadığı için ham maddelerin seçimi ve maddelerin ilk karışımı önemlidir. Aksi takdirde kompost içinde hava yayılımı iyi olmadığından kompostlama düzgün gerçekleşmez ve yığından çıkan hava kompostu by-pass geçer. Böyle olduğunda son kompost üniform olmaz. Yani anaerobik noktalar ve kompostlanmamış maddeler bulunur. Bu problemi önlemek için genellikle fazladan karıştırma yapılır.

Yığının tüm kompostlama süresince poroziteyi koruyan iyi bir yapısı olması gerekir. Bu genellikle saman veya tahta kırıntıları gibi oldukça sert hacimleştirici maddeler kullanılmasıyla sağlanır. Tahta kırıntıları fazla kullanılırsa kısmen kompostlandıktan sonra işlemde geçerler. Bu maddeler genellikle bitmiş komposttan elenirler ve geri kazanılarak 2-3 defa hacimleştirici olarak kullanılırlar. Statik yığın kompostlamada kullanılan diğer hacimleştirici ve düzenleyiciler geri kazanılmış kompost, turba yosunu, mısır koçanı, mahsul atıkları, ağaç kabuğu, yapraklar, kabuklu deniz canlıları, istiridye kabuğu, atık kağıtlar ve parçalanmış lastiklerdir.

İyi bir hava yayılımı sağlamak için yığın oluşturulmadan önce gübre veya çamur hacimleştirici madde ile tamamen karıştırılmalıdır. Gübre yayıcı hem maddeleri karıştırmada

hem de yığın oluşturulmasında kullanılabilir. Keççeli yükleyiciler en yaygın karıştırma teçhizatıdır. Bu yükleyiciler yığının oluşturulmasında ve karıştırılmasında kullanılırlar.

3.4.3. Havalandırma Yönetimi: Süre ve Sıcaklığa Göre Kontrol

Havalandırmanın nasıl yapılacağı, hava debisine, üfleyici ve havalandırma borusu seçimine bağlıdır. Bir üfleyici sürekli operasyon veya kesikli operasyon gibi bir çok farklı yolla kontrol edilebilir. Kesikli operasyonda kontrol mekanizması olarak programlanabilir bir kronometre veya bir sıcaklık sensörü kullanılır.

Üfleyicinin devamlı çalışması sürekli oksijen ve soğutma sağladığından daha düşük hava debilerinde çalışmaya olanak tanır. Bununla beraber üfleyicinin sürekli çalışması yığın sıcaklığının üniformluğunu azaltır. Hava kanallarına yakın kısımlar az hava veya hiç hava almayan kısımlara oranla daha soğuktur. Bu soğuk noktalar yüzünden sıcaklık patojenlerin giderilmesi için uygun olan dereceye yükselmez. Kesikli operasyonda ise hava akımı durduktan sonra yığının farklı noktalarında sıcaklıklar eşitlenir.

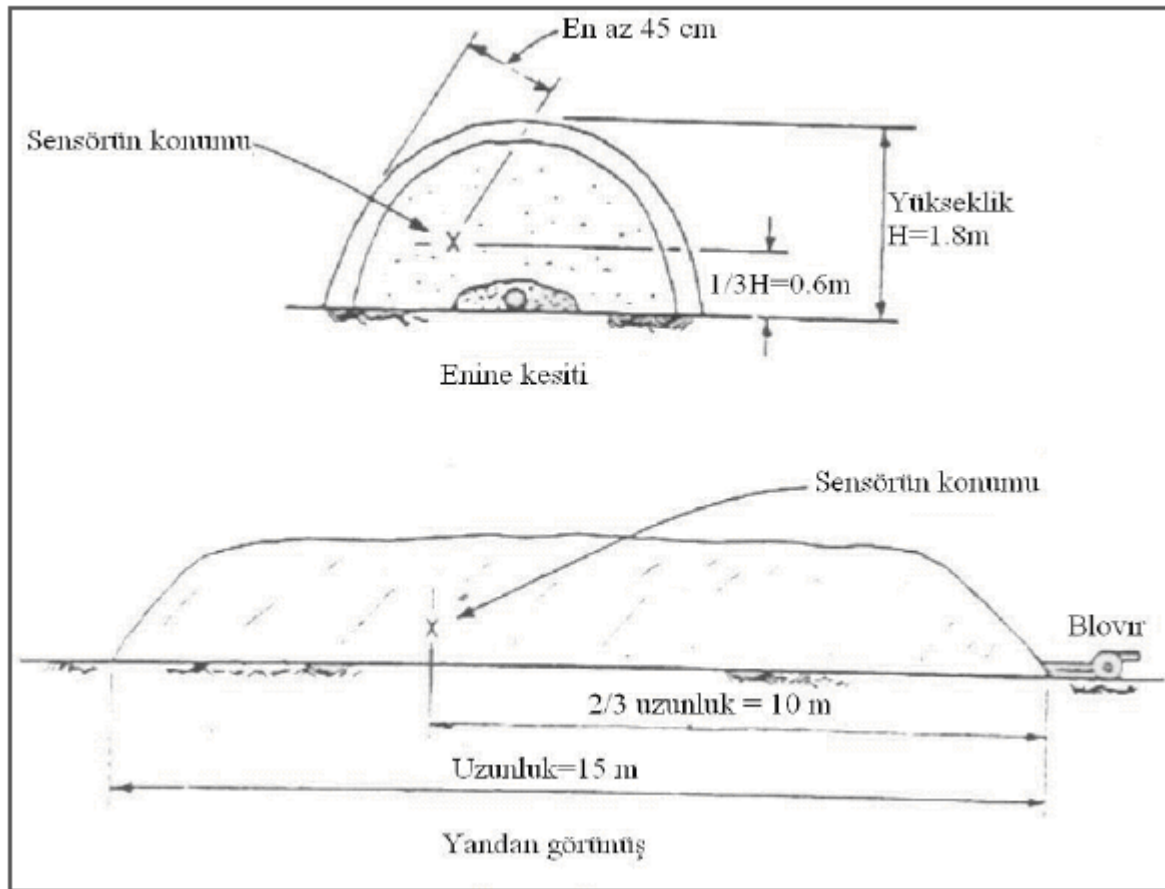
Kronometreyle kontrol edilen havalandırma sisteminde üfleyiciler sabit zamanlı bir programa göre açılıp kapanırlar. Tipik bir programda üfleyici bir devir boyunca geçen sürenin 1/2 - 1/3'ü kadar çalışır ve devir süresinin 1/2-2/3'ü kadar devre dışı kalır. (örneğin 10 dk çalışır, 20 dk durur)-Üfleyicinin devre dışı kaldığı süre 30 dk'dan fazla olmamalıdır. Herhangi bir uygulama için uygun havalandırma programı genellikle arazide ki deneyimlerden yararlanılarak ve yığın sıcaklığını izleyerek belirlenir. Sıcaklık yükselirken soğumayı sağlamak için üfleyicinin çalıştığı süre arttırılabilir. Daha sonra eğer sıcaklık kompostlama oranının azaldığını gösteriyorsa üfleyicinin çalıştığı süre azaltılabilir.

Kronometre üfleyicileri kontrol etmenin basit ve ucuz bir yoludur. Süreyle kontrol yaklaşımı işlemin oksijen gereksinimini azaltmak ve sıcaklığı kontrol etmek için gerekli havayı sağlar. Bununla beraber optimum sıcaklığı korumaz. Böyle zamanlarda sıcaklık istenen seviyeyi aşar ve kompostlama oranı yüksek sıcaklıklardan dolayı düşen mikrobiyal aktivite yüzünden yavaşlar.

Sıcaklıkla kontrol yaklaşımı optimum yığın sıcaklığı (örneğin 54-60 °C) muhafaza edilir. Sıcaklık, işlemin durumunu doğrudan gösterdiğinden ısı çift veya termistor gibi elektronik sıcaklık sensörleri, sıcaklık ile birlikte hava akımının kontrolünü de sağlar. Yığın sıcaklığı belirlenen limite ulaştığında sensörün verdiği elektronik sinyal, kontrol rölesinin üfleyicinin açıp-kapamasını sağlar. Sıcaklık 57 °C'yi aştığında soğutmak için üfleyici çalışmaya başlar.

Yığın hedeflenen sıcaklığa geldiğinde sistem üfleyiciyi kapatır. Düşük sıcaklık yüksek sıcaklığın takriben 3 °C altındadır. (Örneğin 54 °C) Başlama esnasında ve yığın sıcaklığı belirlenen sınır değer altına düşer düşmez üfleyicinin kontrolü kronometreye geçer. Eğer yüksek sıcaklıkla doğru tetiklenmezse kronometre üfleyiciyi sabit süre programına göre aktive eder.

Sıcaklık sensörü üfleyicinin çalışmasını kontrol için kullanılıyorsa, kompostlanan tüm kütlenin sıcaklığını ölçmeyi sağlayacak şekilde, sensör yığın yüzeyinin 45 cm aşağısına ve üfleyici bitiminden itibaren yığın uzunluğunun 2/3'üne yerleştirilmelidir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Havalandırmalı Statik Yığna Sıcaklık Sensörünün Yerleşimi

Yığın sıcaklığını izlemek için uygun olan en iyi yerleşim önceki deneyimlerle belirlenir. Yığının her noktasını kontrol etmek ve elektronik sensörlerin doğru ölçümü yapıp yapmadığını belirlemek için uzun saplı bir termometre gerekir. Elektronik sıcaklık sensörleri yığının iyi karışmamış bir noktasına yerleştirildiğinde sıcaklığı yanlış okuyabilirler.

3.4.4. Havalandırma Sistemleri

Havalandırılmalı statik yığın için tavsiye edilen üfleyici ve boruların özellikleri Tablo 3.2’de gösterilmektedir. Uygun hava debisi çamur veya gübre gibi birincil ham maddelerin kuru ağırlığına bağlıdır. Tablo 3.1’de verilen ayrıntılar çamur kompostlamaya göre belirlenmesine rağmen, bu değerler gübre kompostlanması içinde uygundur. Bununla beraber bunlar genel varsayımlardır. Uygulamada kronometre devrinin, yığın boyutunun veya üfleyicinin spesifik şartlara ve maddelere uyum sağlayacak şekilde ayarlanması gerekir.

Tablo 3.1 Havalandırma Sisteminin Ayrıntıları

Ayrıntılar			
Bileşen	Birim	Zaman Kontrollü Sistem	Sıcaklık Kontrollü Sistem
Üfleyici gücü	hp(beygir gücü)	1/3-1/2	3-5
Hava debisi ^a	m ³ /dk	0,7	2,8
Tipik boru çapı	cm	10	15-20 ^b
Maksimum boru uzunluğu	metre	23	15

^a Çamur kompostlama tesislerinden elde edilen deneyimlere göre belirlenir

^b Havalandırma borusundaki havanın hızı 10 m/sn kabul edildi

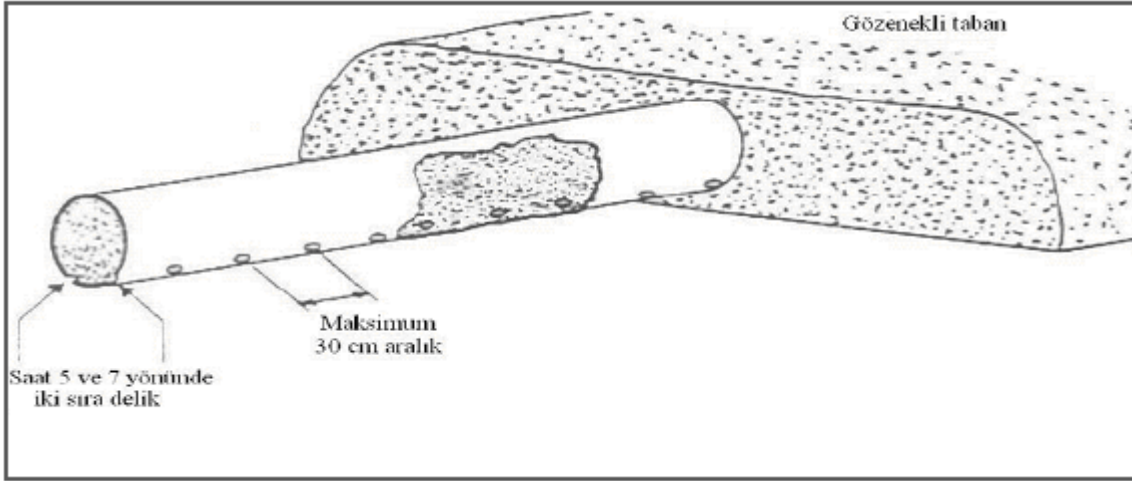
Üfleyiciler genellikle aksel dönüşlü tiptedir. Zaman kontrollü operasyonlarda üfleyicilerin gücü 1/2-1/3 hp arasında ve sıcaklık kontrollü operasyonlarda kullanılan üfleyicilerin gücü ise 3-5 hp arasında değişir. Uygun üfleyici boyutu ve verimi yığın hücrelerindeki maddelerin tipine ve miktarına bağlıdır. İdealde üfleyici pik hava debilerini karşılayacak kapasitede olmalıdır. Bununla beraber pik debiler kompostlama süresinin küçük bir kısmı için gereklidir.

Üfleyici seçerken sistemin hava debisiyle birlikte hava basıncı kaybını da bilmek gereklidir. Tahta kırpıntılı bir kompost çamuru için hava basıncı kaybı tahmini olarak 5-13 cm arasındadır. Uygun boru seçimiyle 2,5-5 cm’ye kadar basınç kaybına izin verir. Kompostlama yığınlarındaki basınç kayıpları 1,27-2,54 cm su sütunu arasındadır. Basınç kayıpları hız ve yığın yüksekliği arttıkça, porozite azaldıkça ve boru boyutu veya uzunluğu azaldıkça artar.

Havalandırma borusu genellikle drenaj borusu gibi ucuz plastik borulardan yapılır. Eğer ekipman kompost maddesinin taşınması sırasında bu borulara zarar verdiyse kompostlamadan sonra borular çıkarılır. Ayrıca metal boru da kullanılabilir ve kompost nakledilmeden önce

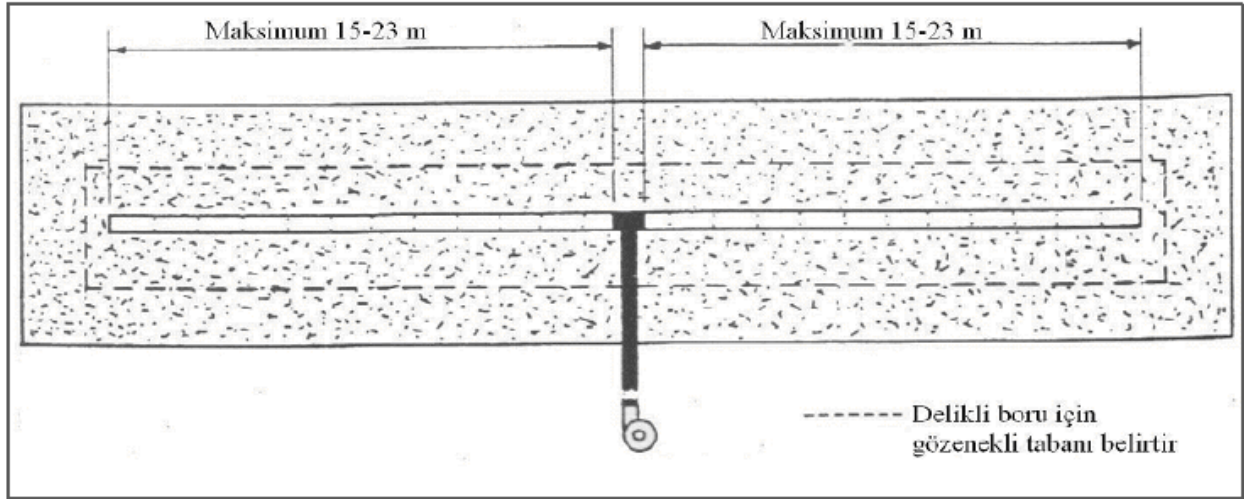
çıkarılır. Bazı kompost tesislerinde boruyu korumak için kompost tabanında çakıl ve/veya metal bir ızgara içine gömülür. Fakat boru kompost partikülleri boruyu tıkağından tavsiye edilmez.

Kaba bir varsayım olarak havalandırma borusundaki havanın hızı 10m/sn alınarak boyutlandırılmalıdır. Buna göre zaman kontrollü operasyonlar için boru çapı 10 cm ve sıcaklık kontrollü operasyonlar için boru çapı 15-20 cm arasında değışir. Boru delikleri yaklaşık saat 5 ve 7 yönüne gelecek şekilde alta iki sıra halinde yerleştirilmelidir. (Şekil 3.10) Borunun üzerindeki deliklerin miktarı ve çapı borunun enine, kesit alanının iki katına eşit, toplam delik alanı sağlayacak şekilde olmalıdır. Tek bir sırada delikler arasındaki mesafe 30 cm'den küçük olmalıdır.



Şekil 3.10 Havalı Statik Yığınlarda Havalandırma Borusunun Ayrıntıları

Borunun uzunluğu boru boyunca havanın dağılımını etkiler. Eğer boru uzunluğu artarsa hava dağılımı azalır. (Şekil 3.11) Sıcaklık kontrollü operasyonda eşit delik mesafe ile borunun gözenekli kısmının uzunluğu 15 m'den, zaman kontrollü operasyonda 23 m'den daha uzun olmamalıdır. Eğer daha uzun bir yığın gerekirse delik çaplarını ve aralarındaki mesafeyi belirlemek zorlaşır. Böyle bir tasarım mühendislik yeteneğı ve deneyim gerektirir. Uzun bir boru ikiye ayrılabilir ve tam ortasına bir üfleyici ile birleştirilebilir. (Şekil 3.12)

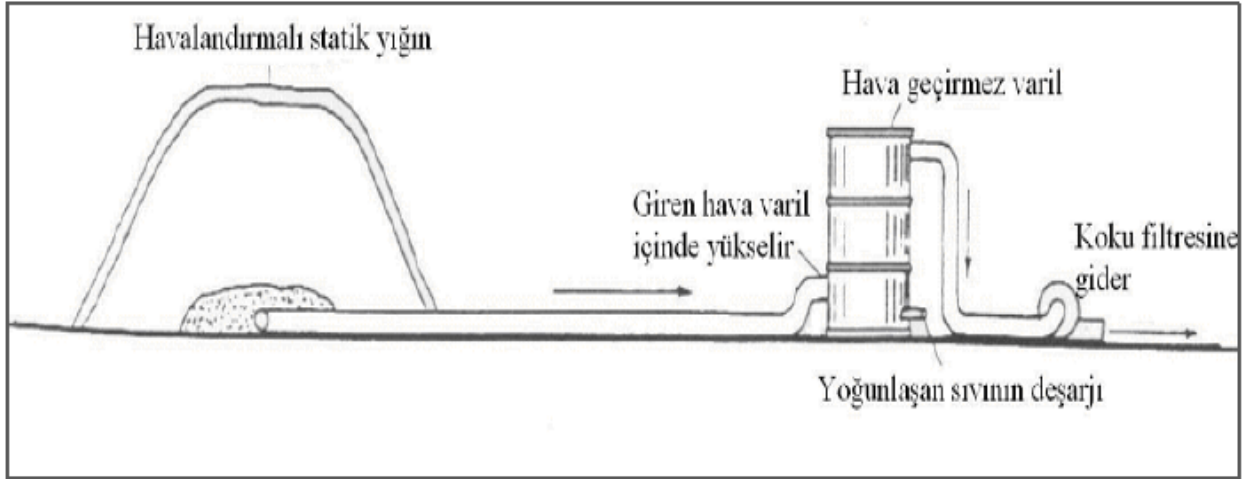


Şekil 3.12 Havalı Statik Yığınlarda Yığın Uzunluğunu Arttırmak İçin Havalandırma Borularının Ayrılması

3.4.5. Emme ve Basıncı Havalandırma

Statik yığın kompostlamasında hava iki yolla sağlanır; yığın boyunca havanın çekilmesiyle yapılan emme sistemi veya yığın içine havanın üfleyicilerle verildiği basınçlı sistem.

Emme havayı yığının dış yüzeyinden içine doğru çeker ve bu havayı havalandırma borusunda toplar. Dışarı atılan hava deşarj borusunda olduğundan, kompostlama işlemi sırasında koku olursa filtreden kolayca geçebilir. Deşarj borusunun ucu bitmiş kompost yığınının içine gömülebilir (Şekil 3.13) veya koku arıtma sistemine yönlenebilir. Emme sistemiyle yığından çekilen su buharından kaynaklanan yoğunlaşma suyunun hava üfleyicilere ulaşmadan önce giderilmesi gerekir. Hava sızdırmaz 208 L'lik tank su damlalarını tutmak için kullanılan ucuz ve basit bir metottur. (Şekil 3.13) Havalandırma borularının delikli yüzü aşağıya gelecek şekilde yerleştirilmesi su damlalarının borudan drene olmasını sağlar. Koku giderimi için egzoz gazları ihtiva etmesi emme ile havalandırmanın önemli bir avantaj olmasına rağmen, basınç kaybı bu sistemin dezavantajıdır. Gereğinden fazla koku filtresi havalandırma sisteminin basınç kayıplarını ikiye katlar.



Şekil 3.13 Emmeli Havalandırma Sisteminde Kullanılan 208 Litrelik Yoğunlaştırma Kapanı

Pozitif basınçla havalandırmada dışarıya bırakılan hava, yığın yüzeyinden kompostu terk eder. Bu nedenle koku kontrolü için havayı tutmak zordur. Eğer daha iyi bir koku kontrolü gerekliyse dış tabakası daha kalın bir kompost kullanılabilir. Basınçlı havalandırma emme ile havalandırmaya göre daha iyi bir hava akımı sağlar. Bunun nedeni koku fitresinin bulunmayışıdır. Aynı üfleyici gücüyle daha düşük basınç kayıpları daha büyük hava akımına neden olur. Bu yüzden basınçlı sistemler yığını soğutmada daha etkili olabilirler ve sıcaklık kontrolünün önemli olduğu sistemlerde tercih edilirler.

Örnek hesaplama: Havalandırmalı statik yığınlarda havalandırma sistemi tasarımı

600 adet büyükbaş et sığırı olan bir çiftlik her bir hücresi 1,8 m yükseklikte ve 1,8 m genişlikte olan birleşik statik yığın metodunu kullanarak gübre ve samanı kompostluyor. Üfleyiciler sıcaklıkla kontrol ediliyor ve basınç modunda çalışıyor. Samanın gübreye hacimce oranı 2/1'dir. Ortalama günlük gübre üretimi 24 ton veya yaklaşık 22,4 m³'dür. (%85 nem muhtevasında = %15 kuru katı)

Üfleyiciden geçen hava akımını bulun ve birleşik statik yığınının bir günlük hücresi için boruyu boyutlandırın.

Çözüm:

1. Hücredeki madde hacmi hesabı:

Hacim = gübre + saman

$$= 22,4 \text{ m}^3 + 44,8 \text{ m}^3$$

$$= 67,2 \text{ m}^3$$

Not: Birkaç farklı maddenin karıştırılması genellikle toplam hacmi azaltır. Karıştırmadan kaynaklanan hacim azalması her bir maddenin karıştırılan hacminin en az %20'sidir. Bu nedenle yukarıda hesaplanan hücre hacmi uygundur. Sonuç olarak tahmini hücre uzunluğu ve boru uzunluğu gerekenden biraz fazla olabilir.

2. Hücre uzunluğunun hesabı

$$\text{Alan} = \text{yükseklik} \times \text{genişlik}$$

$$= 1,8\text{m} \times 1,8\text{m} = 3,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Tahmini hücre uzunluğu} = \text{Hacim} / \text{Alan} = 67,2 \text{ m}^3 / 3,24 \text{ m}^2 = 20,7 \text{ m}$$

3. Tahmini hava debisi hesabı

$$\text{Gübrenin kuru ağırlığı} = 24 \text{ ton (ıslak ağırlık)} \times 0,15 = 3,6 \text{ ton kuru gübre}$$

Tablo 3.1'de sıcaklık kontrollü sistem için hava debisi $2,8 \text{ m}^3/\text{dk}$ olarak verilmişti.

$$\text{Tahmini hava debisi} = 3,6 \text{ ton kuru gübre} \times 2,8 \text{ m}^3/\text{dk} / \text{kuru ton} = 10 \text{ m}^3/\text{dk}$$

4. Boru boyutunun hesabı

havalandırma borusunda havanın hızı 10 m/sn kabul edilir. $10 \text{ m/sn} = 600 \text{ m/dk}$

$$\text{Boru alanı} = 10 \text{ m}^3/\text{dk} / 600 \text{ m/dk} = 0,016 \text{ m}^2 = 160 \text{ cm}^2$$

$$\text{Çap} = (160 \text{ cm}^2 \times 4/\pi)^{1/2} = 14,27 \text{ cm}$$

15 cm'lik boru kullanılır.

$$\text{Borular arası mesafe} = \text{yığın yüksekliği} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Delikli boru uzunluğu} = \text{yığın uzunluğu} - (2 \times \text{yığın yüksekliği})$$

$$= 20,7 \text{ m} - (2 \times 1,8\text{m})$$

$$= 17 \text{ m}$$

3.5. KAPALI REAKTÖRDE KOMPOSTLAMA

3.5.1. Depoda Kompostlama

Depoda kompostlama, kapalı reaktörde kompostlama metotlarının en kolay olanıdır. Maddeler duvarlar ve çatıdan oluşan yapı içinde tutulurlar. Depo tahtadan yapılmış çatılı veya çatısız duvarlardan, arpa veya mısır depolamak için yapılmış olan depolardan oluşturulabilir. Depolar fazla oranda madde biriktirilmesini sağlayarak ayrı oluşturulan yığınlar göre daha iyi yer kullanımı sağlar. Depolar ayrıca mevsimsel değişikliklerden etkilenmezler, kokuyu tutarlar ve sıcaklık kontrolü sağlarlar.

Depoda kompostlama metotları havalandırmalı statik yığınlar gibi çalışır. Bu metot basınçlı havalandırma ile deponun tabanından hava verilerek yapılır ve maddeler çok seyrek döndürülür. Depodaki maddelerin ara sıra döndürülmesi işlemi hızlandırır. Eğer birden fazla depo kullanılırsa kompostlanan maddelerin birinden diğerine aktarılması gerekebilir. Havalandırmalı yığınlarda geçerli olan prensip ve ana hatlar depoda kompostlama içinde geçerlidir. Fakat yüksek depolar bunun dışındadır. Bu durumda sıkıştırma ve yığınların yüksekliği daha fazladır. Her iki faktör maddenin hava akımına direncini (basınç kaybını) artırır. Havalandırmalı statik yığın metoduyla kıyaslanırsa daha güçlü yapıda ham madde ve/veya yüksek basınçlı bir üfleyici gerekebilir.

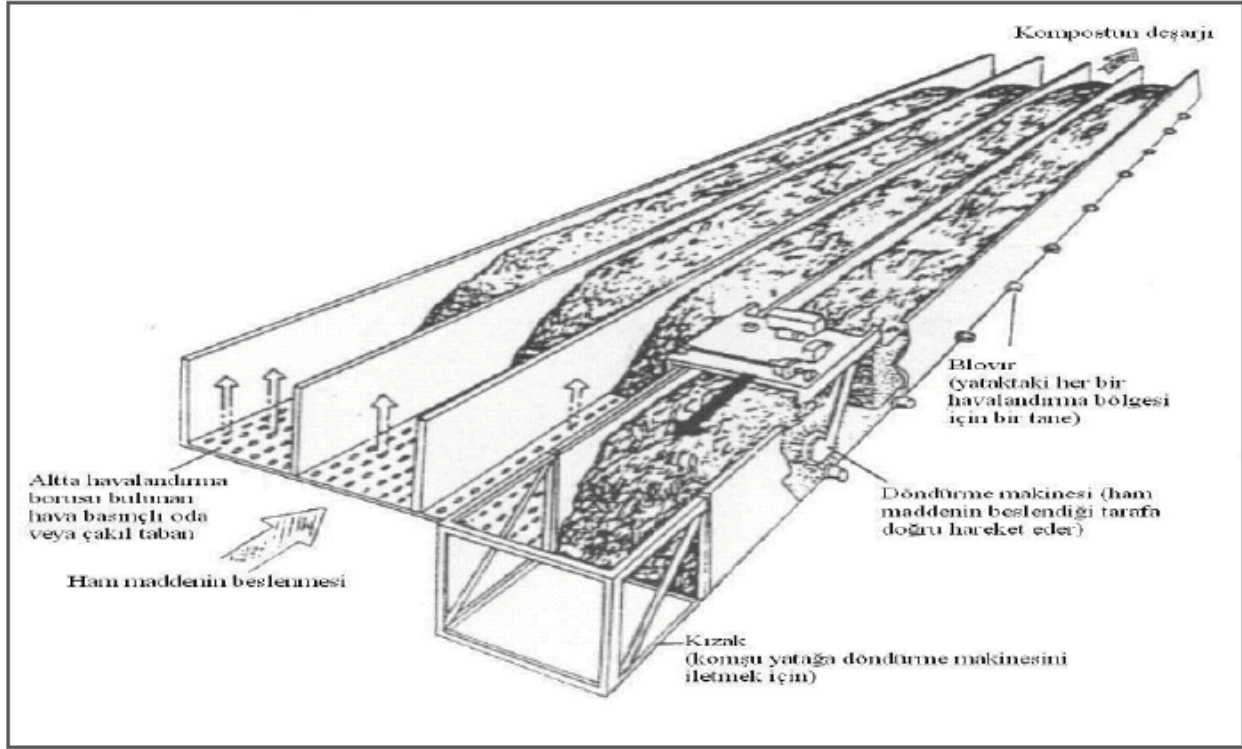
3.5.2. Dikdörtgen Karıştırma Yatakları

Karıştırmalı yatak sisteminde kontrollü havalandırma ve periyodik döndürme bir arada yapılır. Bu sistemde kompostlama yatak olarak adlandırılan uzun ince kanallar içinde gerçekleşir. (Şekil 3.14) Döndürme mekanizması duvarlar üzerine oturtulur ve bu duvarlar üzerinde hareket eder.

Ham maddeler bir yükleyiciyle yatağın ön kısmına yüklenirler. Döndürme makinesi raylar üzerinde ilerlerken kompostu karıştırır ve geriden deşarj eder. Makine her döndürmede kompostu yatağın sonuna doğru taşır. Döndürme makineleri döner bıçaklar ile maddeleri karıştırır, tortuları parçalar ve poroziteyi iyileştirir. Bazı makineler konveyör kullanarak kompostu taşır. Makineler operatörsüz otomatik çalışır

Ticari sistemlerin çoğu, havalandırma boruları veya yatak tabanına gömülmüş ve üzeri ızgara ve/veya çakılla kapatılmış havalandırma sistemlerinden oluşur. İki döndürme arasında kompost üfleyicilerle havalandırılarak soğutulur. Maddeler farklı kompostlama adımlarında olduğundan yatak farklı havalandırma bölgelerine ayrılmıştır. Bir yatakta birkaç üfleyici

kullanılır. Her bir üfleyici yatağın bir bölgesine hava verir, sıcaklık sensörü ve zamanlayıcı ile kontrol edilir.



Şekil 3.14 Dikdörtgen Karıştırma Yataklı Kompost Sistemi

Sistemin kapasitesi yatak sayısına ve boyutuna bağlı olarak değişir. Piyasadaki sistemlerde yatakların genişliği 1,8-6 m arasında, derinliği ise 0,9-3 m arasında değişir. Yatakların döndürme makinesinin boyutları ile uyumlu olması ve özellikle duvarların dik olması gerekir. Karıştırma makinesi duvarların üzerinde hareket ettiğinden iki duvar arasındaki mesafe yatağın her noktasında eşit olmalıdır. Kompostlama tesisinde birden fazla yatak kullanılabilir. Eğer döndürme makinesini bitişik yataklar arasında transfer edecek bir teçhizat varsa, tek bir döndürme makinesi birkaç yatakta birden kullanılır. Ekipmanı korumak ve kompost koşullarını aynen muhafaza etmek için yataklar çatıyla kapatılırlar.

Kompostlama süresi yatak uzunluğu ve döndürme sıklığına göre belirlenir. Eğer makine her döndürmede maddeyi 3 m taşıyor ve yatağın boyu 30,5 m ise; günde bir defa döndürmeyle kompostlama süresi 10 gündür. Ticari sistemler için önerilen kompost süresi 2-4 hafta arasında değişir.

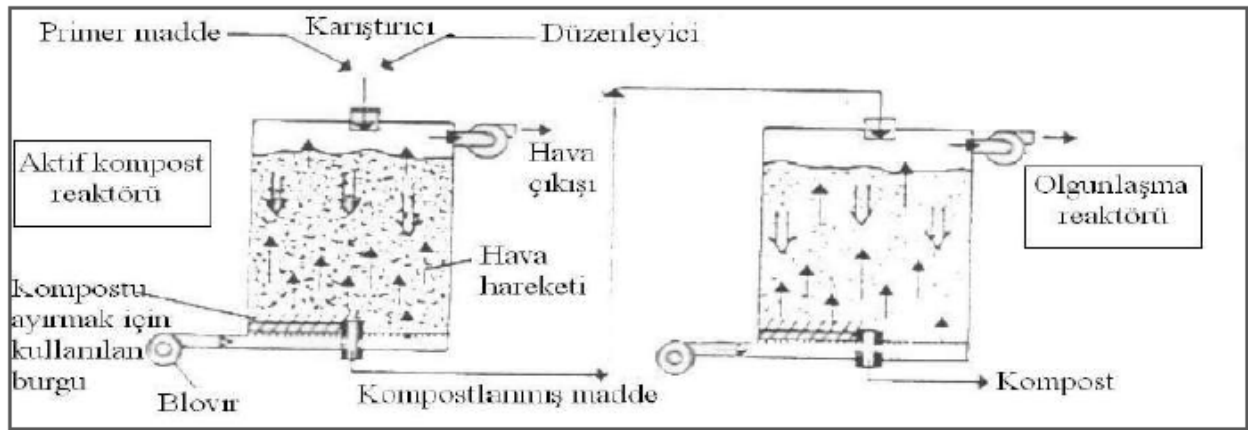
Döndürmeli yatak sistemleri çiftlik kompostlamasına uygundur. Kompost süresinin kısa olması, tutarlı kompost kalitesi ve az emek gerektirmesinden dolayı çok caziptir. Buna rağmen sistemin toplam maliyeti çok fazladır. Tek başına küçük bir döndürme makinesi en

azından 20 000\$'a, ticari makineler ise en azından 200 000\$'a mal olur. Ana maliyeti yataklar ve inşa oluşturur.

Dikdörtgen karıştırma yataklarını satan ve sistem dizaynı, inşası ve işletmesi konularında teknik destek sağlayan bir çok ticari şirket vardır. Bayilerin çoğu 150 ton/gün veya daha fazla kapasiteli büyük sistemler üretirler. Daha az kapasiteli sistemler (daha çok çiftçilere hitap eder 20 ton/gün) ise normalde az bulunurlar. 15-30 m³/gün kapasiteli birimler yaklaşık 100 000-175 000\$'a mal olurlar.

3.5.3. Silolar

Bu sistemlerin çalışma prensibi alttan boşaltmalı sistemlere benzer. (Şekil 3.15) Burgu yardımıyla kompost her gün silonun altından boşaltılır ve ham madde karışımı üstten doldurulur. Havalandırma sistemi havayı silonun tabanından kompostlanan maddeye doğru verir.



Şekil 3.15 Siloda Kompostlama

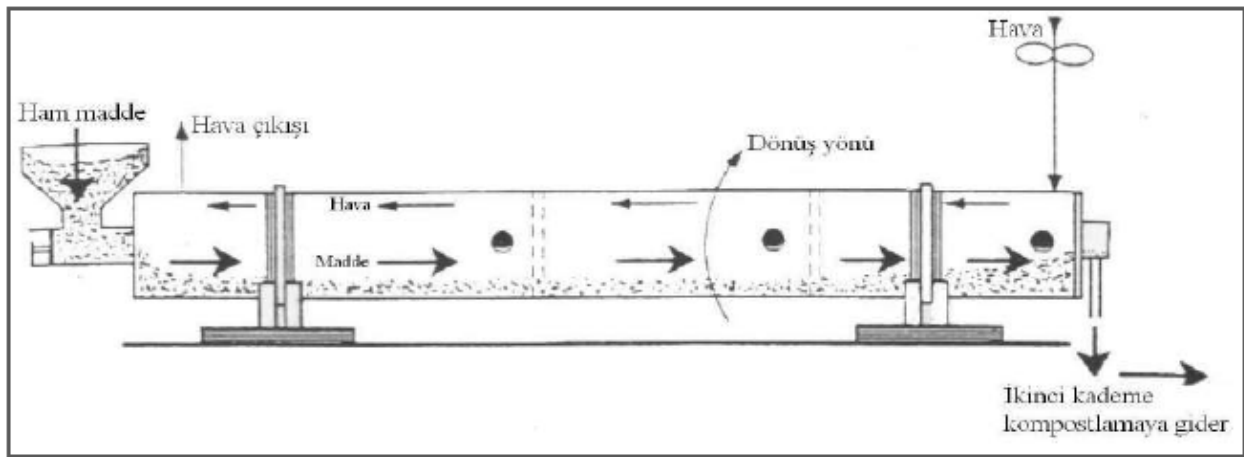
Fazla hava koku bertarafı için silonun üstünden toplanabilir. Bu metotta kompostlama süresi yaklaşık 14 gündür. Bu nedenle bir günde silo hacminin 1/14'ü giderilmeli ve tekrar üstten beslenmelidir. Kompost siloyu terk ettikten sonra çoğunlukla ikinci havalandırmalı siloya gönderilerek burada olgunlaştırılır. Bu sistemde maddeler dikey olarak yığıldığından kompostlama için gereken alan azalır. Ayrıca sıkışma, sıcaklık ve hava akımının kontrol edilmesi gerekir. Haznede maddeler çok az karıştırıldığından ham maddeler silolara yüklendikten sonra iyice karıştırılmalıdır.

3.5.4. Döner Tanklar

Bu sistemde maddeyi karıştırma, havalandırma ve sistem içinde taşımak için döner tank kullanılır. (Şekil 3.16) Tank büyük bir rulmana monte edilmiştir ve dişli ile döndürülür. 3,34

m çaplı ve 36,5 m boyundaki bir tankın kapasitesi, üç gün bekleme süresinde takriben 50 ton'dur. Tankta çözünürlüğü yüksek, oksijen seven maddelerin çözülmesiyle kompostlama hemen başlar. Maddelerin daha fazla çürütülmesi için genellikle yığın sıraları ve havalı statik yığınlarda ikinci basamak kompostlama yapılması gerekir. Bazı ticari sistemlerde kompost maddesi tank içinde bir günden az bekletilir. Bu durumda tank bir karıştırıcı gibi çalışır.

Hava deşarj noktasından beslenir. Hava akımı maddenin gidiş yönünün tersine doğru verilir. Deşarja yakın kompost taze havayla soğutulur. Silonun tam ortasında işlemin gerçekleşmesini sağlayan ısınmış hava, kompostta nüfuz eder ve yeni beslenmiş madde işlemi başlatmak için en sıcak havayı bünyesine alır.



Şekil 3.16 Döner Tankla Kompostlaması

Tank açık veya bölmelidir. Açık tank aynı düzende maddeyi aralıksız nakleder. Bekletme süresi tankın dönme hızı ve dönen eksenin eğimine bağlıdır. Bölmeli tank metodu kompostlamayı açık tanka göre daha yakından kontrol sağlar. Tank iki veya üç kısma bölünebilir. Her bir bölmede transfer kapısıyla teçhiz edilmiş transfer kapısı vardır. Günlük operasyondan sonra tankın deşarj kısmındaki transfer kapısı açılır ve boşaltılır. Daha sonra diğer bölmeler açılır ve sırayla boşaltılır. Sonunda birinci bölmeye yeni madde beslenir.

Beton karıştırıcıları, besleme karıştırıcıları ve eski beton fırınları gibi eldeki teçhizatlar kullanılarak da daha küçük kompost tankları oluşturulabilir. Ticari modellerine göre daha basit olmasına rağmen aynı işlevi görür. Karıştırma, havalandırma ve kompost işlemi hemen başlatır.

3.5.5. Taşınabilir Konteynırlar

Bu sistemler taşınabilir hazne ve merkezi bir kompost tesisinden oluşur. Konteynırın tabanında üfleyiciye bağlı havalandırma boruları vardır. Gübre ve kuru düzenleyiciler

konteynıra günlük beslenir ve konteynır toplanana kadar birkaç gün havalandırılır ve kompostlamayı bitirmek için merkezi bir tesise gönderilir. Kompost konteynır toplandıktan sonra yerine yenisi konur.

3.6. KOMPOSTLAMA METOTLARININ KARŞILAŞTIRMASI

Sıralı yığınlar, pasif havalandırılmalı sistemler ve havalandırılmalı statik yığın sistemleri maliyet, emek, işletme ve işlem hızı açısından karşılaştırılabilirler. Haznede depolama ve bazı karıştırmalı yatak sistemleri dışında, kapalı reaktörde kompostlama farklı bir metottur. Bu nedenle çiftliklerde kompostlama metodu olarak genellikle sıralı yığınlar, havalandırılmalı yığınlar veya havalandırılmalı hazne metotlarından biri seçilir.

Sıralı yığında kompostlama havalandırılmalı yığınlardan daha fazla emek gerektirir. Havalandırılmalı statik yığınlar ve pasif havalandırılmalı yığın metotlarında da en fazla emek yığınların oluşturulması ve nakledilmesinde gerekir. Yığın oluşturulmuş madde, olgunlaşma yığına nakledilmeye hazır olana kadar tekrar işlemden geçirilmez.

Havalandırılmalı yığın daha yoğun bir kompostlama metodudur. Bu metotta yığınlar daha yüksek ve geniş olduğundan sıralı yığın veya pasif havalandırılmalı sıralı yığın metotlarına göre daha az arazi gerektirir. Bu da sistemin bir dam/çatı ile örtülmesi veya bir yapı içinde muhafaza edilmesini kolaylaştırır. Mekanik havalandırma otomasyonu kolaylaştırır, daha iyi işlem kontrolü sağlar ve kompostlama süresini azaltır. Kompostun izole edilmesi veya daha büyük yığınlar sıcaklıktaki değişimleri azaltır. Bu sayede patojenlerin giderilmesi için uygun koşullar sağlanır. İzolasyon malzemesi kullanılması ve döndürmenin az olması azotu tutararak kokunun yayılmasını azaltır. Sıralı yığın kompostlamasında 1/3'i kayıp olmasına rağmen azotun tümü havalandırılmalı, statik yığınlarda muhafaza edilmelidir. Emmeli havalandırma sistemiyle koku tutulabilir ve arıtılabilir. Tüm bu nedenlerden, havalandırılmalı yığın metodu, kanalizasyon çamuru kompostlama tesislerinde yaygın olarak kullanılır. Tek bir dezavantajı kısa devre olma olasılığıdır. Başka bir problem de; havalandırma borusunun çıkışında tıkanma olmasıdır.

Çiftlikte kompostlama operasyonlarında genellikle sıralı yığın metodu kullanılır. Çiftlikte kullanılan maddelerin çoğunun daha az koku problemi vardır ve kırsal alanlardaki çiftliklerde koku kabul edilebilirdir. Arazi genellikle çiftlikleri sınırlamaz. Bazı durumlarda, sıralı yığınlar kompostun uygulanacağı alanlarda oluşturulabilir.

Kompostlama elektrik gerektirmediğinden kırsal alanlarda da uygulanabilir. Sıralı yığın kompostlaması, nitelik itibariyle diğer çiftlik işlemleri ile aynı olduğundan eldeki teçhizatlar da kullanılabilir. Sıralı yığın kompostlamasında düzenleyici madde seçeneği daha fazladır. Döndürme işlemi komposttaki maddeleri karıştırmaya ve toz haline getirmeye devam eder. Bu sayede daha uniform bir kompost oluşur, eleme ve parçalamaya gerek kalmaz. Sıralı yığın kompostlamasının en büyük dezavantajı mevcut hava koşullarına karşı hassas olmasıdır. Yağmur, kar ve çamur yığın-sıralarında havalandırmalı yığınlara göre daha fazla soruna yol açar. Bunu önlemek için asfalt veya taşla döşenmiş yüzeyler ve açık kenarlı yapılar kullanılır.

Pasif havalandırmalı yığın-sıraları metodu döndürmeli, yığın-sıraları ve havalandırmalı statik yığınları ile benzerlik gösterir. Sıralı yığın metodu gibi daha fazla alana ihtiyaç duyar ama elektrik gerektirmez. Havalandırmalı statik yığınlar gibi bünyesinde azot barındırır, sıcaklığı iyileştirir ve koku yayılımını yavaşlatır; fakat düzenleyici seçimi daha kısıtlıdır.

4. KOMPOSTLAMA OPERASYONLARI

4.1. HAM MADDELERİN DEPOLANMASI VE İŞLENMESİ

Kompost işlemi uygun C:N oranı, nem muhtevası ve gözenek boşlukları oluşturmak için gereken organik maddelerin bir araya gelmesiyle başlar. Ham madde olarak genelde hayvan gübresi kullanılır. Bir veya daha çok düzenleyici bu maddeye eklenir.

İlk olarak atık maddeler toplanır ve kompost alanına taşınır. Düzenleyiciler genellikle periyodik olarak getirilen gübreye veya diğer birincil maddelere ilave edilmek üzere arazide yığılırlar. Gübre gibi birincil maddeler anaerobik koşulların çabucak oluşabilmesi ve rahatsız edici kokular yayabilmesinden dolayı dikkatle izlenmesi gerekir. Sığır gübresi gibi maddeler birkaç günlüğüne depolanmalıdır. Fakat en iyisi bu maddelerin derhal işlenmesidir.

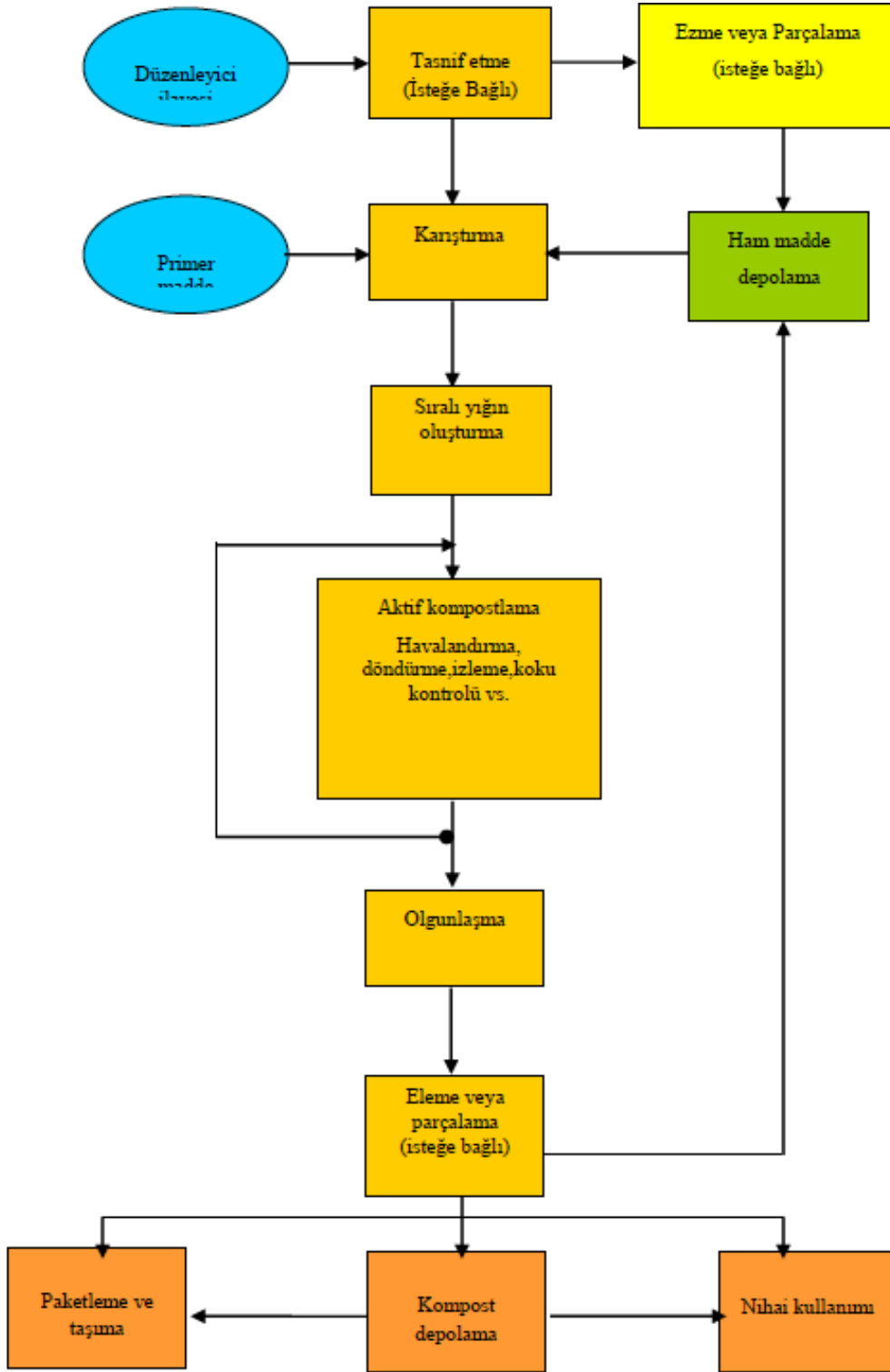
Saman, tahta kırıntıları, sera atıkları, yaprak ve talaş gibi düzenleyicilerin karbon içeriği yüksek ve genellikle kuru olduklarından, mikrobiyal aktiviteleri daha yavaştır. Bunlar çözünmeden önce uzun bir süre depolanabilirler. Eğer bu düzenleyiciler nemlenirse azot eksikliğinden dolayı kompostlama yavaş başlar. Koku oluşumunu önlemek için bu maddeler kompostlamaya başlarken araziye getirilmelidir.

Düzenleyici dışarıda üstü açık şekilde yığılır. Dam kullanılarak karışımın baştaki nem içeriği azaltılır ve depolama sırasında nemli maddelerden nütrientlerin yıkanarak ayrılması önlenir. Bununla beraber ilk düşünülmesi gereken şey çiftlik yapıları arasındaki mesafelerin ne kadar olacağıdır.

Çiftlik dışından kaynaklanan çöpler (özellikle kağıt) sorun yaratırlar. Eğer hemen kompostlanmayacaksa parçalanmış kağıtlar ve kartonların depolanması gerekir. Maddelerin depolanması ve işlenmesinde tutulacak yol civar komşuların kompost işlemini kabullenmesiyle yakından ilgilidir. Atık kağıtlar açık alanlarda depolanmamaktadır.

Kompostlanmadan önce ham maddelerin tasnif edilmesi veya ayrılması gerekebilir. Örneğin at ahırından gelen atıkların içinde çeşitli çöpler veya plastik torbalar olmasıdır. Bir çok durumda ilk olarak kompost içinden yabancı cisimlerin ayıklanması gerekir ve kompostlama işlemi boyunca bu işlem sürekli olarak tekrarlanır. Döndürme ve onu izleyen yığın ve yığın-sıralarının çökmesi büyük ve hafif cisimleri yığının üstüne iter ve böylece yığından kolayca ayrılmaları sağlanır. Eğer kompost ham maddelerinde çok fazla istenmeyen madde varsa

mekanik ayırma ile bunların ayrılması gereklidir.



Şekil 4.1 Kompostlama Sistemi ve Operasyonları

4.2. EZME/PARÇALAMA

Çiftlik kompostlamasında kullanılan maddelerin çoğu ezme veya parçalama gerektirmez. Gazete kağıtları, kartonlar ve diğer bahçe atıkları ezilerek parçalanır. Ağaç kabuğu ve diğer büyük cisimler de kompostlamadan önce boyutları azaltılır. Parçalama sayesinde gazete gibi maddeler kompostlamadan önce küçültülerek altlık malzemesi olarak kullanılabilir. Bununla beraber ezme/parçalama operasyonları gürültü ve toz problemleri yaratabilir.

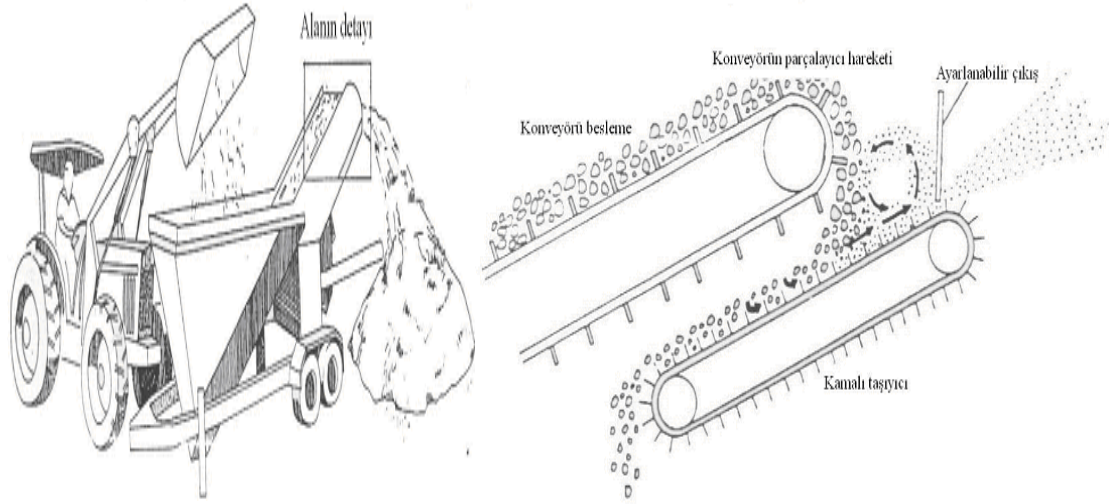
Bu işlemde kullanılacak ekipmanlar kağıt parçalayıcıları, büyük bahçe parçalayıcıları, çim biçiciler ve saman kırıcılarıdır. Bazı boyut azaltıcı mekanizmalar balyalayıcılar, toz ayırıcıları, konveyörler ve elekler gibi yardımcı teçhizatlarla beraber kullanılabilirler. Gerçek kapasiteler kullanılan maddelere, yükleme oranına ve diğer koşullara bağlıdır. Maliyet ise güç ihtiyacına ve kullanılan teçhizata bağlı olarak değişir. Eğer yılda yalnızca birkaç haftalığına bir ezici veya parçalayıcı gerekliyse bu teçhizatların kiralanması daha karlıdır.

Kompostlama sistemlerinde kullanılan birincil tip ezme/parçalama teçhizatları yüzey parçalayıcılar, çekiç eksenler, tekneli öğütücü ve yontuculardır.

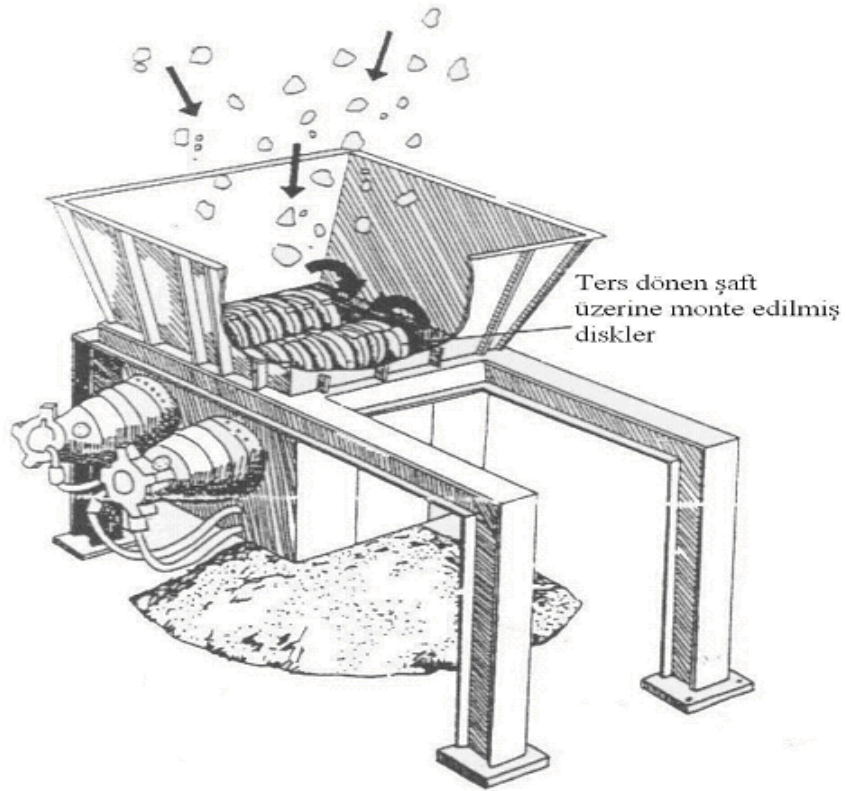
4.2.1. Yüzey Parçalayıcıları

Yüzey parçalayıcı sabit veya römorkör monte edilmiş bir mekanizmadan oluşur. Bu mekanizma maddeyi kamalı taşıyıcı bir bant boyunca ileterek maddenin boyutunu azaltır. Madde konveyöre (taşıyıcı bant) aktaran bir silo içine beslenir. Konveyör ise beslenen maddeyi parçalamak için tırmıkla toplama hareketi yapan kamalı bir taşıyıcı üzerine düşürür. (Şekil 4.2) Ayarlanabilir çıkışlar ince dal, taş, metal ve cam gibi maddeleri atar ve atık olduğundan deşarj eder, çok büyük parçaları ise daha ileri parçalama için geri döndürür. Bu tip parçalayıcılar genellikle boyutları 10-15 cm'den daha az olan maddeleri parçalayabildiğinden çok büyük partikülleri elemek için besleme kısmına bir elek konulması gerekir.

İkinci tür yüzey parçalayıcıları üzerinde dişler bulunan ve ters yönde dönen iki şaftla çalışırlar. (Şekil 4.3) Kesiciler maddeyi besleyicinin alt kısmındaki şaftlara doğru taşırlar. Bu kesiciler partikülleri kesici disklerin arasındaki boşluklardan geçecek kadar küçük parçalara ayırırlar. Parçalanan partiküllerin boyutu, kesici disklerin boyutuna bağlıdır. Ayrıca bu kesici diskler yerine burgular kullanan ticari mekanizmalarda vardır.



Şekil 4.2 Konveyörlü Yüzey Parçalayıcısı (Detay)

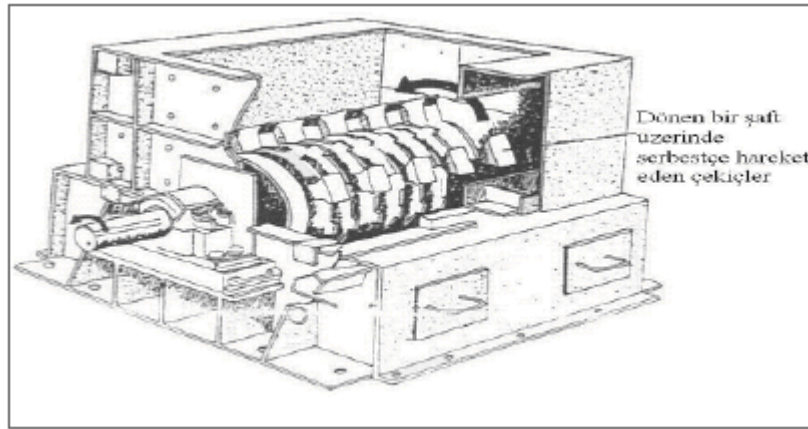


Şekil 4.3 Döner Yüzey Parçalayıcıları

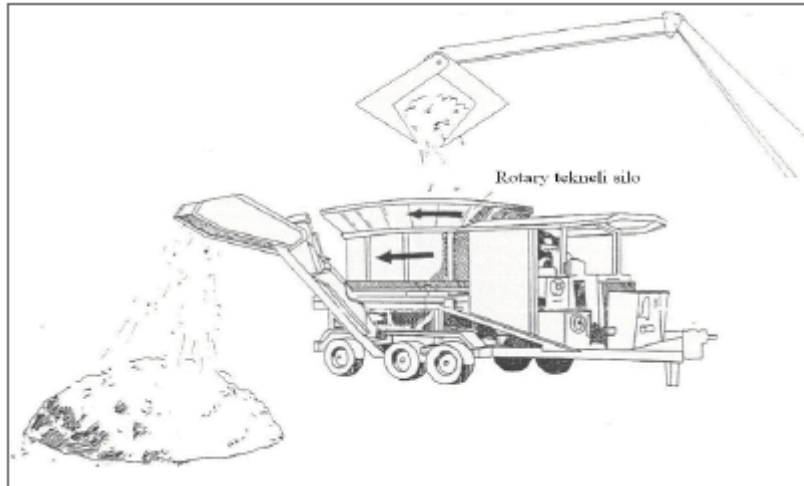
4.2.2. Çekiçli Miller ve Tekneli Öğütücüler

Çekiçli mil içine verilen madde, döner bir şaftta monte edilmiş birbirinden bağımsız hareket eden metal çekiçlerle boyutu azaltılır. (Şekil 4.4) Çekiçler maddeyi deşarj ağzından çıkabilecek kadar küçültürler. Çekiçli miller daha büyüktür ve genellikle sabittirler. Bunlar vuruş hareketiyle çalıştıklarından yüzey parçalayıcılardan daha fazla gürültüye neden olurlar.

Tekneli öğütücü, parçalamak için döner tekneli giriş sistemi kullanan bir tür çekiçli mildir. (Şekil 4.5) Dönme hareketi maddeyi çekiçlerden oluşan sabit zemine doğru taşır. Daha sonra buradan bir eleğe veya diğer çıkışlara doğru itilir. Sonra yığınlara taşınır veya bir kamyonla yüklenir. Tekneli öğütücü bir kepçeli yükleyici veya konveyörle doldurulur.



Şekil 4.4 Çekiçli Miller



Şekil 4.5 Tekneli Öğütücü

Piyasada farklı kapasite ve modellerde tekneli öğütücü mevcuttur. Büyük, ağır işler için elverişli parçalayıcı mekanizmalar genellikle ıslak tahtaları parçalamada kullanılır. Bunların 300-550 hp(224-410 kW) kapasiteli dizel ve gazla çalışan, taşınabilir modelleri vardır. Sabit birimlerin ise dizel veya elektrikle çalışan tipleri vardır. Tekneli öğütücüler madde boyutu, elek aralığı ve nem muhtevası gibi faktörlere bağlı olarak bir saatte 10 ton maddeyi parçalayabilirler. Uygun atık karışımının ve farklı elek aralıklarının kullanılması tıkanmayı azaltır ve çıkış verimini artırır. Tekneli öğütücü çalıştırma ve madde yükleme dahil iki kişiyle işletilebilirler.

Çekiçlerin yenilenmesi de dahil, ezicilerin düzenli aralıklarla bakımının yapılması gereklidir. Doksan altı adet çekicinin yenilenmesi yaklaşık 900-1400\$'a mal olur ve monte edilmesi 2 veya 3 saat alır. Çekiçlerin her 50 saatte bir döndürülmesi ve her 140-240 saatte bir yenilenmesi gerekir. Ama eğer ezicide kullanılan çeliğin kalitesi düşük veya yüklenen maddeler içinde aşındırıcı maddeler varsa daha çabuk yıpranacaklarından dolayı daha sık bakım veya yenileme gerektirir.

4.2.3. Yongalama ve Diğer Parçalayıcı/Eziciler

Diğer ezme, parçalama ve yongalama mekanizmaları, döner ve sabit kesicilerin eleklerle kombine edilerek oluşturulmuş sistemlerden meydana getirilirler. Yongalayıcılar partikülleri sabit bir muhafaza içindeki döner bir silindir veya disk üzerine monte edilmiş bıçaklarla doğrarlar.

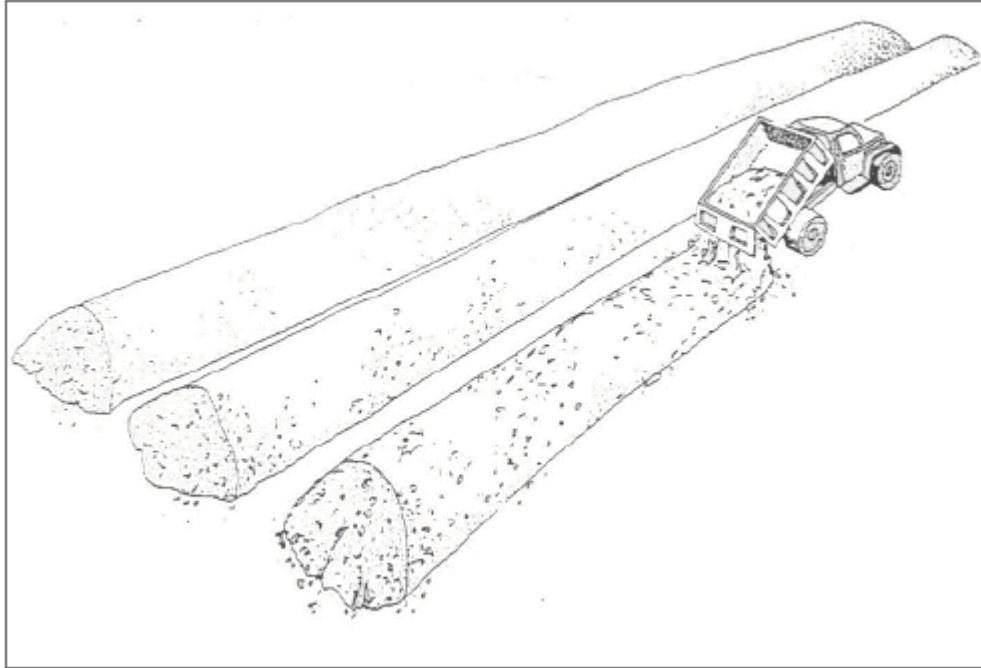
Kağıt ve kartonları parçalamak için ot biçme makineleri ile denemeler yapılmıştır. Bunun sonunda biçme makinesinin kağıtları iyi parçaladığı gözlenmiş, buna rağmen kartonların çıkışları tıkadığı görülmüştür.

4.3. KARIŞTIRMA VE YIĞIN OLUŞTURMA

Kompostlama işleminde en gerekli basamak; maddelerin uygun oranlarda karıştırılması ve daha sonra bu karışımla sıralı yığınların kapalı bir reaktör içinde oluşturulmasıdır. Kapalı reaktör metotlarının çoğunda karıştırma sistem içinde yapılır. Maddeler silo veya hazneye konveyör, burgu ve/veya kepçeli yükleyicilerle yüklenir. Sıralı yığın ve havalandırılmalı yığın metotlarında karıştırma ve yığın oluşturma ayrı basamaklarda gerçekleşir. Havalandırılmalı statik yığın sistemlerinde bilhassa ilk karıştırma önemlidir. Karıştırma bir kere yapıldıktan sonra bu karışımın kalitesi tüm kompostlama boyunca sürer. Sıralı yığın metodunda ilk karıştırma basamağında ham maddeler oranlanır ve belirli bir koyuluğa gelene kadar

Kepçeli yükleyiciler ile yığın ve sıralı yığınlar da oluşturulabilir. Sıralı yığınlar ve pasif yığınları tek bir basamakta karıştırıp oluşturmak için ham maddeler kompostlama alanında katmanlar halinde yığılırlar. Daha sonra yükleyici maddeleri iyice karıştırır. Havalandırmalı yığınlar gözenekli taban ve havalandırma borular üzerinde bulunduğundan ayrı bir yerde karıştırılmalı ve oluşturulmalıdır. Yığınlar ve sıralı yığınları oluşturmak için kepçeli bir yükleyici kullanılması oluşturulan yığınların daha büyük olmasını sağlar. Sıralı yığınların boyutları havalandırmayı sağlayacak veya sıralı yığın dndrebileceği büyüklükte olmalıdır.

Eğer kompost alanı karıştırma arazisinden uzaksa, ilk sıralı yığını kamyonlarla karışım alana taşıyarak oluşturabilirler. Kamyon yavaşça ilerlerken maddeyi damperiyle boşaltır. (şekil 4.7) Sıralı yığın yüksekliği kamyonun hızına ve boyutuna göre belirlenir.



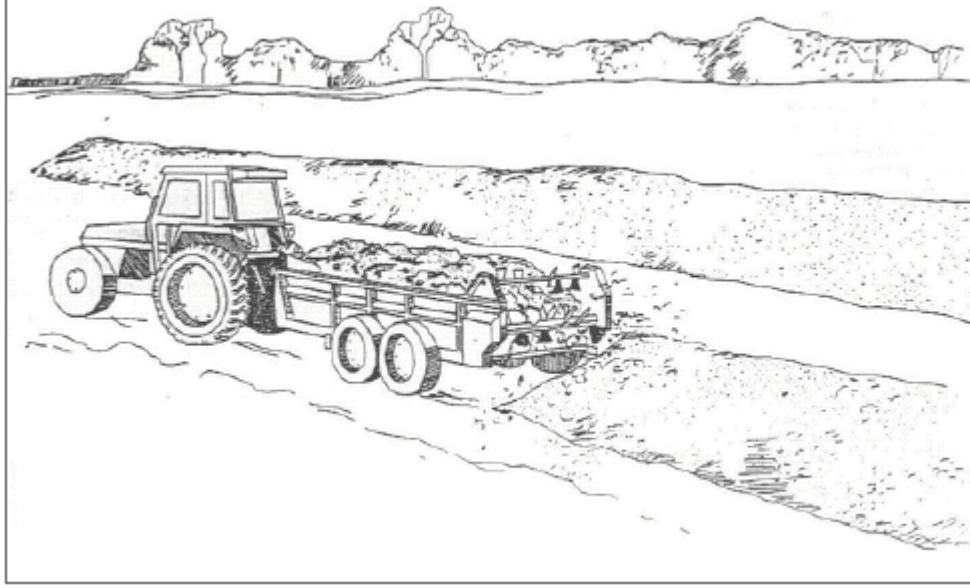
şekil 4.7 Sıralı Yığını Oluşturmak için Damperli Kamyon Yavaşça İlerler

4.3.2. Gübre Yayıcıları

Çiftlik kompostlamasında sıralı yığının bir gübre yayıcı ile karıştırılması ve teşkil edilmesi iyi bir seçenektir. Yayıcının karıştırma hareketi gübre ve düzenleyiciyi kısmen karıştırır. Yayıcı yavaşça ilerlerken yükünü sıralı yığına boşaltır. (şekil 4.8)

İlk karışımı iyileştirmek için gübre ve düzenleyicilerin yayıcıya farklı oranlarda yüklenmesi gerekir. (rneğin 2 kepçe gübre, 4 kepçe düzenleyici vs.) Düzenleyici deposunun gübre kaynağına yakın olması yayıcıyı yükleme için gereken emeği azaltır. Bazı maddeler yayıcı mekanizmasında sorun yaratabilir. Örneğin uzun samanın karıştırılması kırpılmış samana göre

daha zordur, bu yüzden eğer uygun teçhizat varsa samanın kırılması en iyisidir.



Şekil 4.8 Bir Gübre Yayıcı İle Sıralı Yığın Oluşturma

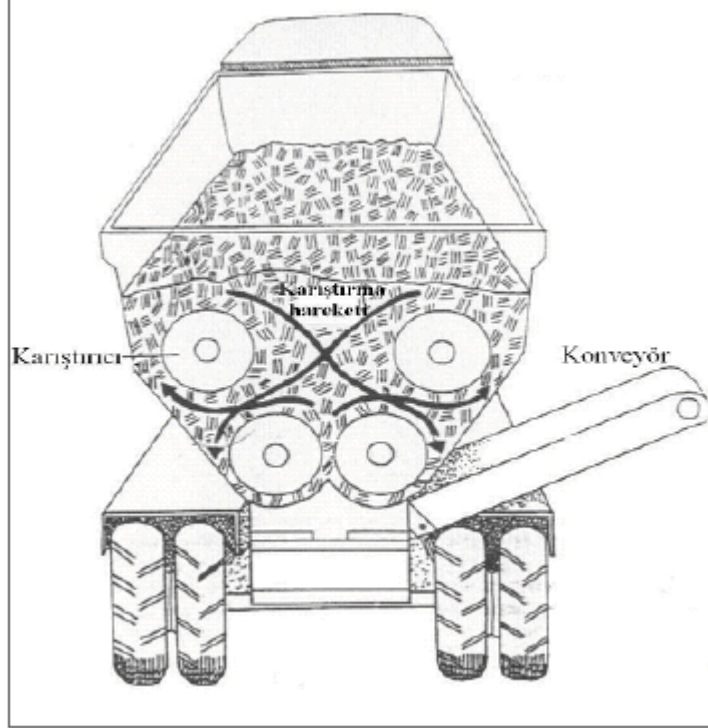
Eldeki gübre yayıcı çeşitleri sınırlı olabilir. Yandan boşalmalı yayıcılar gübreyi sıralı yığına karıştırabilmelerine rağmen, maddeleri sıralı yığın formunda boşaltamazlar. Ayrıca bazı arkadan boşaltmalı yayıcılar çok alçak oldukları için verimli kompostlama için gereken büyüklükte yığın-sıraları oluşturamazlar. Bu durumda yükleyici bir yayıcı ile kombine edebilir. Taşıma romörkü monte edilmiş yayıcılar sıralı yığın oluşturmaya uygundur. Ayrıca daha büyük yayıcıların kullanılması ve daha kuvvetli karıştırma yapan sistemler avantajlıdır.

4.3.3. Yığın Karıştırıcıları

Çiftlik hayvanlarının yemini karıştırmada kullanılan karıştırıcılar en iyi yığın karıştırma mekanizmasıdır. (Şekil 4.9) Modifiye edilmiş yem karıştırıcıları özellikle kompost işlemleri için pazarlanır. Kompostlama için çeşitli karıştırıcıların uygunluğu test edilmiştir ve bu karıştırıcıların hepsiyle uygun karışımın sağlandığı görülmüştür. Yığın karıştırıcıları maddenin taşınması ve yığın-sıralarının oluşturulması için kamyonu veya yük vagonuna monte edilebilir. Yem karıştırıcısı kompostlama işleminde kullanılıyorsa bu karıştırıcı yem karıştırmada kullanılmamalıdır.

Yığın karıştırıcısında düzenleyiciler karıştırıcıya eklenir ve en üste gübre ilave edilir. Bu karışım dağıtım silosunun yanından sıralı yığının içine veya araç hava dağıtım borusuna paralel ilerlerken bir havalandırılmalı yığın üzerine boşaltılır. Karıştırma mekanizması sadece birkaç dakikalığına çalıştırılmalıdır. Eğer çok uzun süre çalıştırılırsa (örneğin 10 dk.) gübre

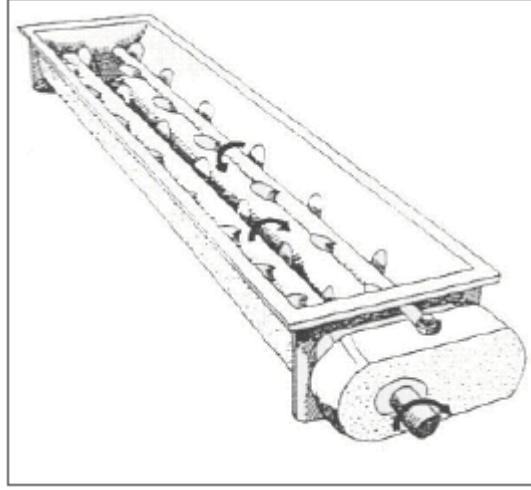
düzenleyici boşluklarına sıkışır ve porozite azalır. Bu karıştırma cihazında olan yaygın bir arızadır. Gübre yayıcısıyla uzun saman kolay işlenemediğinden ilk önce kırılması gerekir veya karıştırma yapılmamalıdır.



şekil 4.9 Mobil Yiğın Karıştırıcı Sıralı Yiğın Oluşturmada da Kullanılabilir

4.3.4. Diğer Karıştırıcılar

Yiğın oluşturma ve karıştırma için farklı teknikler ve mekanizmalar kullanılmıştır. Döner pedallı pug milleri iyi bir karışım sağlar ve sürekli beslemede kullanılabilir. Maddeler sürekli beslenebildiğinden ve kepçeli bir ykleyiciden bağımsız olduğundan yiğın karıştırıcılara oranla daha hızlı çalışırlar. Bununla beraber maddeler operasyon sırasında uygun miktarda hazır bulundurulmalıdır. Bu tip karıştırıcılar yiğın karıştırıcılar gibi taşınabilir değillerdir. (şekil 4.10)



Ŗekil 4.10 Sürekli Karıştırıcılı Pug Mili

Döner kazanlı karıştırıcılar kanalizasyon çamurlarını ve havalandırılmalı yığın kompostlama için tahta yongalarını karıştırmada kullanılabilir. Karıştırıcının dönme hareketi düşük hızda olduğundan çamur yumakları oluşmasına neden olabilir. Yüksek dönme hızlarında ise çamur kazan çeperlerine yapışır.

4.3.5. Sıvı Maddeleri Karıştırma

Sıvı maddeler, aşırı sulandırmayacak miktarda toprakta bulunması istendiğinden işletme problemlerine neden olur. Ayrıca çoğu sıvılar potansiyel bir koku kaynağıdır. Sıvı maddelere örnek olarak gübre çamurları, balık üretimi sırasında kaynaklanan atıklar, süthane atıkları ve yıkama suları verilebilir. Bu maddeler birincil atık veya kompost sisteminde absorblayacağı sekonder madde olarak kullanılabilirler. Uygun nem içeriğini sağlamak için bazen yığın-sıralarına ilave edilir. Bu sayede süthane yıkama suyu veya biriktirme havuzlarında tutulan seyreltilmiş sıvı atıklar bertaraf edilir. Ham maddeler ilave edilen sıvıyı tutacak yeterlilikte olmalıdır. Bunu sağlamak için genellikle büyük miktarda testere talaşı, yer turbası, veya geri kazanılmış kompost kullanılır. Sıvı bileşenlerin hacmi azsa ilk karıştırma esnasında ilave edilebilir. Bununla beraber, kompostlanacak sıvı miktarı ilk karışımı aşırı nemlendirecekse sıralı yığın veya reaktör nemini kaybettikten sonra ilave edilir. Bu işlem gübre işleme teçhizatı veya yandan boşaltmalı gübre yayıcıları ile veya kamyon tankından püskürtülerek yapılabilir. Sıvının yanlardan kaçmasını önlemek için; yığın-sıralarının tepelerine uzunlamasına oluklar açılabilir. (Ŗekil 4.11)

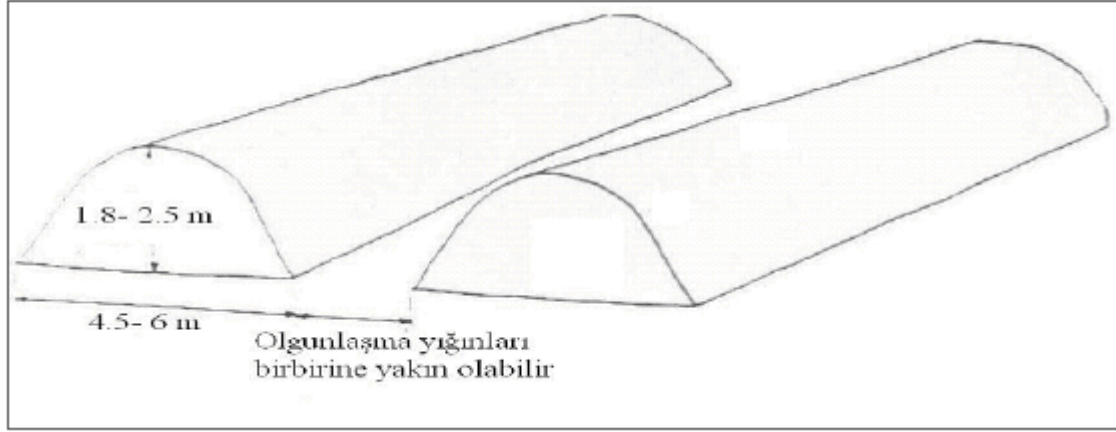


Şekil 4.11 Uzunlamasına Oluklar Açarak Sıvı İlavesi

4.4. KOMPOST OLGUNLAŞTIRMA, DEPOLAMA VE İŞLEME

Kompostlama işleminin tamamlanması ve kompostun nihai kullanıma uygun karakteristiklere gelmesi için en azından bir aylık bir olgunlaşma süresi gerekir. Olgunlaşma genellikle ayrı bir işlemdir ve aktif kompostlamanın yapıldığı alandan ayrı bir yerde yapılır. Bununla beraber olgunlaşma, aktif kompostlamanın gerçekleştiği yığınla aynı yerde olabilir.

Olgunlaşma yığınları yavaş bozunmaya maruz kaldığından aerobik koşulların muhafaza edilmesi gereklidir. Anaerobik olgunlaşma, yığınlarda bitkiler için zehirli koku ve bileşikler oluşmasına neden olurlar. Döndürme ve basıçlı havalandırma gereksiz olmasına rağmen olgunlaşma yığınlarının doğal hava akımını sağlayacak boyutta olması gerekir. Tavsiye edilen maksimum yığın yüksekliği 2,4 m'dir. Ama kompostun nihai kullanımı için yüksek kalite gerekiyorsa yığın yüksekliğini en fazla 1,8 m'de ve genişliğini 4,5-6 m arasında tutmak gerekir. (Şekil 4.12) Kompostun olgunlaştığını gösteren analizler Tablo 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.12 Olgunlaşma Yığınlarının Boyutları

Tablo 4.1 Kompostun Olgunlaştığını Gösteren Analizler

Kalite ve olgunluğu belirlemede yaygın kullanılan laboratuvar analizleri
Oksijen tüketimi ; olgun kompostta düşük olmalı
CO ₂ solunumu ; olgun kompostta düşük olmalı
Kendi kendine ısınma kabiliyeti ; olgun kompostta düşük olmalı
Redoks potansiyeli ; oksidasyon/redüksiyon oranı yüksek olmalı
NO ₃ NH ₃ oranı ; yüksek olmalı(>1)
Büyüme testi: tere, arpa, yeşil fasulye veya turp kompost karışımında uygun sürede gelişmeli
Dewar olgunluk testi: Yalıtılmış özel bir küçük şişe içindeki kompostun ısıtma potansiyelini ölçer. 3-5 gün sonra küçük şişe içindeki kompostun sıcaklığı atmosfer sıcaklığından en fazla - 7 °C yukarıda olmalıdır.
Nitrat ve amonyak testleri: nitrat değeri 200 ppm'den fazla olmamalı; olgun kompostta amonyak fazla olmamalı

Anaerobik koşulların nedeni fazla nem veya yığının tabanında biriken sudan kaynaklanabilir. Olgun kompostta nemi buharlaştırmaya yetecek kadar ısı üretilmez. Olgunlaştırma sahasında ki yüzey akışı yığımlardan uzağa yönlendirilerek drene edilir. Yığının yüksekliği tabana paralel olmalıdır.

Kompost yığınındaki ıslak veya anaerobik koşulları önlemenin en etkili yolu yığıcı karıştırmak ve kompostu açık bir araziye sermektir. Bu yığın içine oksijen girmesini sağlar ve anaerobik bileşiklerin aerobik olarak bozunmasına veya buharlaşmasına yardım eder. Bir iki gün havalandırmadan sonra kompost tekrar yığılır, yığın tekrar ısınır ve kısa sürede kompostlanır. pH'ın normal seviyesine dönmesi için birkaç gün ile birkaç haftalık bir süre gerekir. Kompostun kullanımı ve satışı genellikle mevsimlidir.

Uygun bir şekilde kompostlanan ve olgunlaşan bitmiş kompostta mikrobiyal aktivite düşük seviyede devam eder. Yığının yüksekliği ve genişliği kepçeli yükleyiciler, konveyörler veya diğer teçhizata bağlı olarak belirlenir. Yine de depolama yığınlarının yüksekliği 3,6 m'yi geçmemelidir. Yığının büyüklüğü arttıkça kompostun bozulma riski ve spontane yanma riski de artar. Yüksekliği 2,4 m'den fazla olan yığınların nemi azdır ama kötü drenaj koşulları yüzünden depo yığınlarının alt kısmı ıslanır.

Genellikle kullanmadan veya satmadan birkaç hafta önce büyük depo yığınlarını küçük yığınlar şeklinde istiflemek güvenlidir. Bu depolanmış kompostun doğal havalanmasını ve mevcut fitotoksik bileşiklerin giderilmesini sağlar.

Eğer üretilen kompost bir tarlaya uygulanırsa olgunlaşma ve/veya depolama yığınları arazinin uygun bir yerine yerleştirilir. Anaerobik koşulları, kompost kaybını ve yüzey akışlarından kaynaklanan nütrient kaybını azaltmak için kötü drenaj ve dik arazi eğimleri önlenmelidir.

4.5. ELEME

Eleme farklı boyut ve/veya şekildeki maddeleri ayırmak için yapılır. Eleme ile;

- Taş, metal, şişe ve diğer çöpler gibi istenmeyen maddelerin çoğu giderilir,
- Kompostlanan maddeler kompostlanmayanlardan ayrılır,
- Kompost tortuları ve tamamı ile kompostlanmamış maddeler ayrılarak satışa veya kullanılmaya uygun kaliteye getirilir,
- Kompost içindeki hacimleştirici madde geri kazanılır ve tekrar kullanılır.

Elemenin çiftlikte kompostlama sistemlerinde kullanılması kompostun kalitesinin artmasını veya hacimleştirici maddenin geri kazanılmasını sağlar.

Elek seçiminde göz önüne alınması gereken en önemli karakteristikler; eleğin ağız açıklığı, kapasitesi, verimi, maliyeti ve tıkanmaya karşı direncidir. Tıkanma elek açıklıklarının

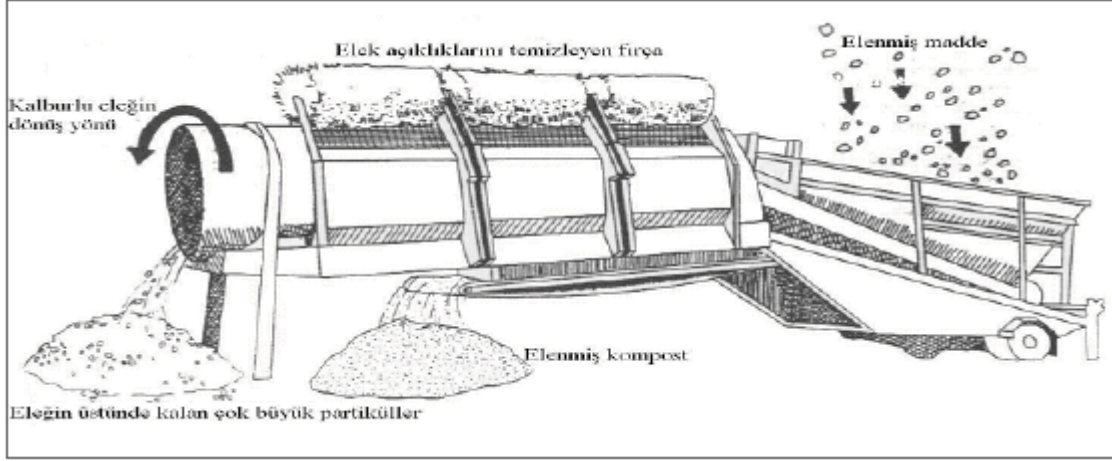
partiküller ile kapanmasıdır. Eleklerin çoğunda bunu önlemek için fırçalar veya küre gibi teçhizatlar kullanılır. Kompostlamada kullanılacak elek açıklığının ayrılacak maddelere ve kompostun nihai kullanımına bağlı olarak 0,60-1,30 cm arasında olması gerekir. Küçük açıklıklar daha iyi ayırma sağlamasına rağmen eleğin kapasitesini azaltır ve tıkanmaya neden olur. Eleğin verimliliği, partikülleri istenilen dağılımda ayırabilmesine göre belirlenir. Elekten geçen partiküllerin boyutları istenenden büyükse veya elekten geçmesi planlanan partiküller elekte tutuluyorsa verim azalır. Verimlilik ve kapasiteye elek açıklığı kadar beslenen madde de etki eder. Elek kurutucu madde ile daha iyi çalışır. Genellikle maddelerin olgunlaşma ve kurumadan sonra elekten geçirilmesi tercih edilir. Tıkanma ve madde yığılması olmaksızın kompostu elemek için nem muhtevasının %50 veya %45'ten az olması gerekir. Uygulamada maksimum nem içeriği spesifik elek açıklığına bağlıdır.

Parçalama ve karıştırma yapabilen eleklerde vardır. Böyle elekler elemeyen önce madde tortularını parçalamak için aşındırıcı kayış veya çekiçleri kullanırlar.

Çeşitli tiplerde elekler vardır. Elekler genellikle kompost veya toprağa benzer diğer maddeleri ayırmak için kullanılır. Gerçek kapasite; esasen maddeye ve nem içeriğine bağlıdır.

4.5.1. Döner Kalburlu Elekler

Döner kalburlu elek, delikli döner bir hazneden oluşur. (Şekil 4.13) Bu elekler genellikle bir besleme girişi ve konveyörden oluşurlar. Küçük partiküller deliklerden geçip konveyöre düşerken büyük partiküller hazne içinde kalırlar. Elek açıklıklarını temizlemek ve tıkanmayı önlemek için kalbur yüzeyine döner fırça monte edilmiştir.



Şekil 4.13 Döner Kalburlu Elek

4.5.2. Çalkalamalı Elekler

Çalkalamalı elekler maddeyi elek boyunca sıçratan bir hareket yaparlar. Bu hareket büyük ve küçük partikülleri ayırmaya yarar, tıkanmayı önler ve çok büyük partiküllerin elekten atılmasını sağlar. Bu elekler besleme girişi, konveyör ve elekten oluşurlar. Tel örgülü, gözenekli panel tipinde elekler vardır.

4.5.3. Sallayıcı Elekler

Sallayıcı elekler elemeyi sallama hareketiyle yaparlar. Sallamanın hızı çalkalayıcı eleğinkinden daha fazladır. Sallama ve eleğin eğimi sayesinde çok büyük partiküller taşınabilir. Bu elekler endüstriyel işlemlerde ince maddeleri (ıslak ve kuru) ayırmak için kullanılır ama özellikle kompost için yapılmış bazı modelleri vardır.

4.5.4. Esnek Kayışlı Elekler

Esnek kayışlı elekler dayanıklı bir malzemeden yapılmış yivli bir kayış kullanır. Diğer esnek kayışlı elekler dalga hareketi şeklinde hareket eden gözenekli kayışla çalışırlar. Bu hareketle maddeyi elek boyunca aşağıya doğru sıçratır.

4.5.5. Diskli Elekler

Bu teçhizat üst üste yerleştirilmiş tarak kenarlı diskler ile kaba maddeleri eleğin bir ucundan diğer ucuna taşır. Daha küçük parçalar ise diskler dönerken bu disklerin arasına düşer. Sıyırıcı diskler büyük parçaları ayıracak şekilde tasarlanmıştır.

4.5.6. Burgular ve Tekneli Elekler

Bu elek maddeyi bir uçtan diğer uca taşıyan burgulu bir delikli tekneden oluşur. İnce parçalar deliklerden geçerek aşağı düşerken kaba parçalar ise uç tarafa doğru aktarılır. Çok burgulu elekler çok farklı boyutlardaki maddeleri ayırmak için kullanılırlar. Bu teçhizat toprak ve ince maddeleri tahta kırıntılarından ayırmak için tasarlanmıştır.

4.5.7. Döner Elekler (Döner Diskler)

Bu tip elekler kullanılan maddeye göre seçilmiş delik boyutlarına sahip levha veya disklerden oluşur. Dönme hareketiyle çok büyük maddeler uzaklaştırılır. Bu elekler bıçkılıhanelerde talaşları daha büyük maddelerden ayırmak için kullanılır.

4.6. KURUTMA

Kurutma kompostun nem muhtevasını azaltır. Buradaki esas amaç kompostun nem içeriğinin %35-45 olmasını sağlamaktır. Nem muhtevası %45'den az olursa kompostu işlemek ve elemek kolaylaşır. Nem içeriği %35'den fazla olduğunda ise toz azalır.

Kompost sisteminde kuruma için fazla havalandırma veya süre gerekir. Eğer kuruma gerekiyorsa kompostlamanın son basamağında sıralı yığın en azından günde bir çevrilmelidir. Olgun kompost yağmur suyunu kompostlaştırmaya yetecek kadar ısı üretmez. Bu noktada kuruma solar buharlaşmaya bağlıdır. Sıcak ve kuru havalarda alternatif metot ise, kompostu doğal olarak kuruması için ince bir tabaka şeklinde yere sermektir. Yağmur bekleniyorsa kompost tekrar yığılmalıdır. Büyük konik yığınlar su geçirmez ve yağmurla absorbe edilen nemi azaltır.

Eğer kompost istenenden daha nemliyse kuruma sadece sistemdeki diğer sorunları giderir.

Kompost karışımının nemli olmasının nedeni;

- İlk nem muhtevasının yüksek olması
- Ham maddelerin enerji üretmemesi
- Seyrek döndürme/karıştırma
- Kompost arazisinde drenaj problemleri olması
- Soğuk veya nemli hava koşullarıdır.

4.7. PAKETLEME

Paketli kompost açıkta satılan komposta göre daha pahalıdır. Paketleme ile ayrıca kompost müşterileri arttırılabilir. Küçük hacimlerde paketleme için özel ekipman kullanmak gerekmez. Zahmetli olmasına rağmen kürek kullanarak kompost paketlenir. Paket tutacakları, paket bağlayıcı veya kapayıcıları kullanılarak daha hızlı çalışılabilir.

Yüksek hacimli paketleme operasyonlarında sayaçlı valfler, teraziler, paket kapatıcıları ve konveyörler kullanılır. Satıcıların çoğu paketi ambalajladıklarından bir ambalaj makinesi de gerekebilir. Otomatik bir paket hattı toplam 50 000\$'a mal olmaktadır. Buna emek ve ürünü depolama dahil değildir.

Plastik bir pakette, paketlenen kompostun nem muhtevası en azından %35 olmalıdır. Aksi takdirde hava geçirmez pakette bozunan kompost ekşiyebilir.

Kompost etiketlenmesinde üretici firma/kişi, kompostun özellikleri, saklama koşulları, üretim kodu, tarihi, kullanım amaçları, kullanma talimatları, halk sağlığı konusundaki ayrıntılar paket üzerinde belirtilmelidir.

5. KOMPOSTLAMA İŞLEMİ YÖNETİMİ VE ARAZİ SEÇİMİ

5.1. İŞLEM YÖNETİMİ

Uygun işletme koşullarında koku, çevre problemi ve işleme ilgili diğer sorunlar olmaksızın kompost en kısa sürede üretilir. Ayrıca iyi bir işletme için en iyi madde ve teçhizat kullanımı gerekir. Diğer taraftan kötü yönetim kompostun kalitesinin düşmesine, koku problemlerine, civar komşuların şikayetlerine neden olur. Komşular ve işletmeler arazide yapılacak uygulamalar hakkında bilgilendirilmeli, danışmalı ve eğitilmelidir. Komşular, halka açık işletmeler ve basınla iyi ilişkiler içinde olunmalıdır.

5.1.1. Güvenlik ve Sağlık

Güvenlik ve sağlık önlemlerinin alınması kompost tesisinde olası iş kazalarını önler. Kompostlama tehlikeli bir operasyon olmamasına rağmen yaralanmalara karşı korunmak için bazı tedbirlerin alınması gerekir.

Kompostlama operasyonunda güvenlik kullanılan teçhizatla yakından ilgilidir. Eğer öğütücüler, önden yükleyiciler veya diğer standart çiftlik teçhizatları kullanılırsa göz, kulak koruma ve diğer güvenlik önlemleri alınır. Özel sıralı yığın döndürücüler kullanılırsa ilave önlemler alınmalıdır. Döndürücülerin çoğunda yüksek hızlı harman dövenleri bulunduğu için insan ve hayvanların bu teçhizattan korunması gerekir. Dövenler sıralı yığın boyunca dönerken yığın-sıralarında bulunan istenmeyen maddeleri dışarı atarlar. Taşlar karıştırma teçhizatının arkasına fırlatıldığında tehlike oluştururlar. Arazideki teçhizat operatörleri ve işçilerin işletme makinelerinin çevresinde güvenliği sağlamaları gerekir.

Islak kompost maddeleri yanmadıklarından, yangınlar açık havada yapılan kompostlama işleminde nadiren sorun çıkarırlar. Ama eğer madde kurumazsa ve sıralı yığın çok büyükse spontane yanma olabilir. Bu olay nem muhtevası %25-45 arasında olduğunda gerçekleşir. Yüksekliği 3,6 m olan yığınlarda, kompost yığınının ısınması için gereken kimyasal reaksiyonlar başlayabilir. Bu sorunu önlemek için nem, sıcaklık ve yığın boyutuna gereken dikkat gösterilmelidir.

Kompostun neden olduğu sağlık sorunları hem kompostlanan maddeye hem de kişiye bağlıdır. Çiftlikte hayvan gübrelerinde bulunan az miktarda patojen mikroorganizma insanlara tesir eder, sağlık koruma tedbirleri alınması önemlidir. Ellerin yiyeceklere, göze vs.'ye dokunmadan önce yıkanması gibi. İnsan atıkları toplanıyorsa bu tedbirler daha önemli olur.

Kanalizasyon çamurları hastalık yapıcı organizmalar içerir. Bu atıkların patojenlerden arıtılması için aerobik veya anaerobik çürütme, havayla kurutma veya kireçle stabilizasyon yöntemleriyle ön arıtılması gerekir. Yine de çamurla veya septikle temas halindeki kişiler bulaşıcı hastalık riskiyle yüz yüzedir.

Kişilerin hastalıklara karşı direnci değiştiğinden bazıları komposttaki organizmalara duyarlı olabilirler. Aktif kompostlama işleminde küf ve mantarlara duyarlı kişilerde alerjik reaksiyonlara neden olurlar. Tek kullanımlık kartuşlu toz maskeleri kullanılarak bu etkiler mümkün olduğunca azaltılır. Kişiyi enfeksiyon veya alerjik tepkiye yatkınlaştırabilen koşullar zayıf bağışıklık sistemi, alerjiler, astım, antibiyotikler gibi bazı ilaç tedavileri veya kulak zarının delinmesidir. Normalde bu koşullar altındaki işçiler kompostlama işlemine dahil edilmemelidir.

Kompost tesisinde spesifik önlemlerin nedeni *aspergillus fumigatus* mantarıdır. Bu mantar çürüten organik maddelerde bulunur ve kompost tesisinde işlenen herhangi bir maddede çoğalır. Bu mantar çoğu çiftlikte özellikle küflü samanda fazlaca bulunurlar. Eğer kompost kurur ve tozu solunursa bu organizmaların sporları çalışanlar için sorun yaratır. Enfeksiyon riskini azaltmak için özellikle kuru ve tozlu koşullarda tek kullanımlık solunum cihazları kullanılmalıdır.

5.1.2. Mevsim Ve Hava Koşulları

Kompostlama soğuk iklimlerde yaklaşık bir yıl sürer. Mevsimlik varyasyonlar ve hava durumu varyasyonlarının neden olduğu koşulların telafi edilmesi veya avantaja dönüştürülmesi için operasyonel ayarlamalar gerekir. Havalandırmalı statik yığınlar ve kapalı reaktör metotları hava koşullarından daha az etkilenir.

Soğuk hava koşulları yığınlar ve yığın-sıralarındaki ısı kaybını artırarak kompost işlemini yavaşlatabilir. Düşük sıcaklıklar mikrobiyal aktiviteyi en az sıralı yığınının yüzeyine yakın yerlerde azaltır. Bunun sonucunda üretilen ısı miktarını azaltır. Olağanüstü durumlarda bu sıcaklık düşüşü kompostlamayı geçici olarak durdurarak, tüm sıralı yığınların donmasına neden olur. Kış mevsiminde yığın-sıraları ve yığınlar daha fazla ısı tutması için birleştirilmelidir. Donmayı önlemek için yığın-sıralarının boyutu kaybettiği ısıdan daha fazla ısı üretecek büyüklükte yani en az 1 m olmalıdır. Daha olgun yığın-sıraları/yığınlar daha az ısı üretildiğinden kompostlama soğuk hava koşullarında devam ediyorsa yığının yüksekliği 1,5 m olmalıdır.

Sıcak hava, sıralı yığın yüzeyinde buharlaşmaya neden olarak su kaybını artırır. Sıralı yığın kompostlamasında döndürme sayısının artırılması daha fazla nemin buharlaşmasını sağlar ve kompostu kurutur. Eğer yığın-sıraları çok kurursa su katılmalıdır.

Yağışlar kompostlamada nadiren sorun yaratır. Sıralı yığın kompostlama diğer metotlara oranla daha az etkilenir. Yığın-sıraları genellikle yağış veya karla gelen suyu maddeleri doyurmadan yapısında tutar. Eğer yığın-sıraları istenilenden daha nemli olursa fazla nemi buharlaştırmak için daha fazla döndürme gerekir. Yağışlar en fazla arazi koşullarını etkiler. Yağmur suyu zeminin çamurlaşmasına ve toprağın yumuşamasına neden olarak teçhizatla çalışmayı zorlaştırır. Sıralı yığın/yığınların tabanındaki su birikintileri anaerobik koşullar oluşturabilir. Bu nedenle arazide drenajın önemi büyüktür.

Hava koşullarıyla beraber mevsimsel değişiklikler ham maddelerin kolay bulunabilirliğini ve kompostun kullanımını etkiler. Yapraklar buna iyi bir örnektir. Bazı ürün atıkları ve işlem atıklarının mevsimsel karakteristikleri aynıdır. Kompost mevsimsel kullanılır ve genellikle depolama gerektirir.

5.1.3. İşlem Takibi Ve Arıza Giderimi

Temelde kompost işlemini izlemek için iki araç gerekir; sıcaklık sensörü ve koku. Sıcaklık ve koku kompostlamanın nasıl işlediğini gösteren en önemli indikatörlerdir.

Arazide bir miktar koku olabilmesine rağmen keskin kokular işlemin yanlış gittiğine yani anaerobik koşulların varlığına işaret eder. Yığın-sıralarını döndürme veya havalandırma gerekebilir; veya havalandırmayı önleyen bir sorun olabilir (örneğin ham maddelerin tam karışmaması). Ham maddelerin yanlış yönetimi koku oluşumuna neden olur. Her koşulda operatörler kokuyu dikkatlice izlemeli ve kaynağını belirledikten sonra bu sorunu gidermelidir.

Kompostlama sırasında oluşan ısı mikrobiyal aktivite ile doğrudan ilgili olduğundan, sıcaklık kompostlama işleminde en fazla dikkat edilmesi gereken parametredir. Anormal derecede düşük sıcaklıklar aerobik mikrobiyal aktivitenin azaldığını gösterir. Bu, işlemde oksijenin azaldığı veya düşük nem veya donma yüzünden işlemin yavaşladığı anlamına gelir. Çoğu durumda bunun nedeni oksijenin az olmasıdır. Bu yüzden sıcaklık düştüğünde havalandırma veya döndürme yapılmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda (60°C) da yığını soğutmak amacıyla döndürme veya havalandırma yapılır.

Sıralı yığının sıcaklığı döndürmeden sonra eski sıcaklığına gelmezse; ya işlem bitmeye yakındır veya işlemde bir problem vardır. Eğer bu durum normal kompostlama süresi tamamlanmadan önce veya kokuyu fark etmeden önce oluyorsa bir problem vardır. Düşük sıcaklıklar ve kokular maddelerin çok nemli veya yetersiz karıştırılmasından kaynaklanan oksijen eksikliğini işaret eder. Yığının bazı bölümlerinde sıcaklık düşük olurken bazı bölümlerinin iyi ısınmış olması normal değildir. Bunun nedeni yeterli karıştırmanın yapılmaması ve kısa hava devri veya yığının farklı kısımlarının farklı sürelerde kompostlanmasıdır. Düşük sıcaklıklar aynı zamanda ortamda nem muhtevasının eksik olduğunun da bir göstergesidir. (Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Ek 2)

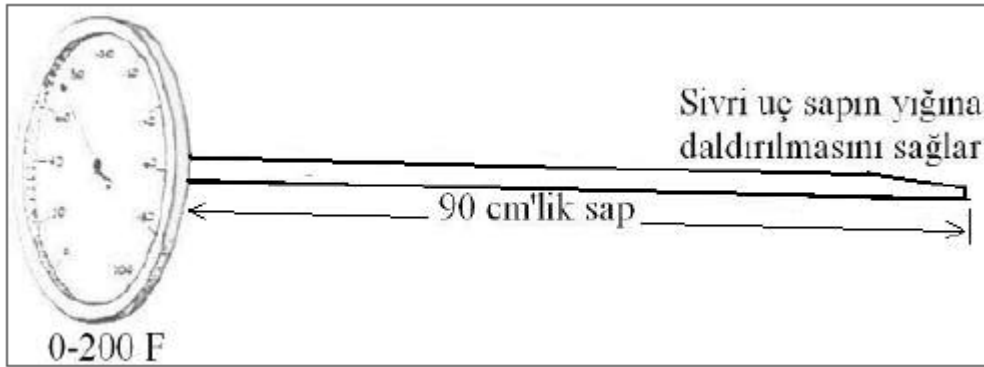
Kompost yığınlarındaki problemlerin yaygın nedenleri:

- İlk karışımın ham yoğunluğunun(d_h) yüksek olması;
 $d_h < 593 \text{ kg/m}^3$; uygun.
 $593 < d_h < 712 \text{ kg/m}^3$; sık döndürme gerekir.
 $d_h > 712 \text{ kg/m}^3$; karışıma düşük yoğunluklu madde eklemek gerekir.
- Yığının sıkışması/çökmesi;
Yığının büyüklüğüne ve gözle muayeneye dayanır. Madde döndürülür veya kabartılır.
- C:N oranının çok düşük veya çok yüksek olması; Formülün belirlenmesi sırasında ayarlanabilir.
- Uçucu katılar/organik madde çok düşük; İlk karışımında %40'dan düşük olması yığın sıcaklığının düşmesine neden olur.
- Nem içeriği çok yüksek; %60'dan büyük olması anaerobik koşulların oluşmasına neden olur.
- Nem içeriğinin(NM) çok düşük olması;
 $NM < \%40$; işlem yavaşlar
 $NM < \%20$; işlem durur, amonyak kaybı olur
- pH'ı çok yüksek; > 8.5 , amonyak kaybı, mikroorganizmaları inhibe eder,
- pH çok düşük; < 5.5 , mikroorganizmaları inhibe eder, kompostlama yavaşlar,
- Besi maddesinde yağ olması (özellikle balık atıkları); keskin ve kötü kokusu vardır.
- Fazla basınçla havalandırma

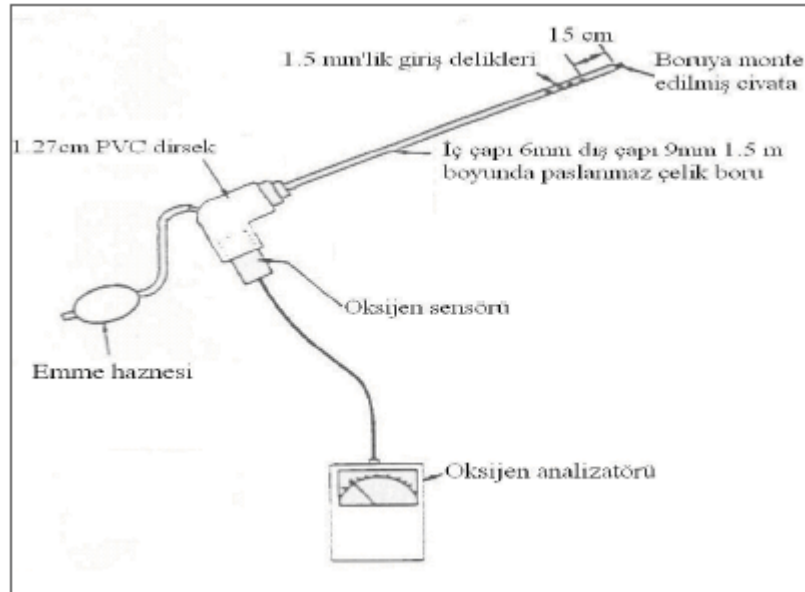
Operatör işlemi iyice kavrayana kadar sıcaklığı izlemeli ve en azından her gün kaydetmelidir. Sıcaklık kaydında kullanılan formlar Ek 3'te gösterilmektedir. Günlük sıcaklık ölçümleri

sıralı yığın veya yığınların olgunlaşırken sıcaklık eğilimlerini gösterir ve döndürme/havalandırmanın ne kadar sıklıkta yapılması gerektiği hakkında fikir verir. Normal bir sıcaklık şablonu birkaç yığının kompostlanmasından sonra elde edilir. Sıcaklık şablonundan sapmalar; maddelerin yetersiz karıştırıldığı gibi düzeltilmesi gerekli değişikliklerin olduğunu gösterir.

Sıcaklık izlemek için 95 cm uzunluğunda ve kadranlı termometreler tavsiye edilir. Termometre sıcaklığı 0-100 F arasında olmalıdır. Sapın sivri ucu sayesinde termometre yoğun madde yığınlarına kolayca itilir ve termometrenin kırılmasını önler. (Şekil 5.1)



Şekil 5.1 Sıralı Yığın Sıcaklığını İzlemek İçin Kullanılan Kadranlı Termometre



Şekil 5.2 Oksijen Analiz Teçhizatı

Oksijene duyarlı teçhizat kompost işleminin izlenmesinde ve arızanın tetkikinde nadiren kullanılır. Oksijen ölçümleri kompost yığınları içindeki oksijen seviyesini doğrudan gösterdiğinden kompostlama işleminin durumu hakkında bilgi verir. Sürekli aerobik kompostlama için oksijen seviyesinin %5 civarında olması istenir. Oksijene duyarlı teçhizat

sıcaklık ölçen cihazlardan daha pahalı ve komplekstir. (Şekil 5.2) Hemen hemen tüm hallerde sıcaklık; uygun işlem koşullarının saptanması için yeterlidir ve oksijen izleme gereksizdir. Oksijen izleme deneysel işlerde kullanılabilir.

5.1.4. Koku Kontrolü ve Arıtımı

Koku problemleri kompost işlemini etkileyen tek ve en önemli tehdittir. Koku şikayetlerini önlemek için komşular ile kompost tesisi arasındaki mesafeyi arttırmak gerekir. Bu her zaman mümkün olmadığından kokunun izlenmesi gerekir.

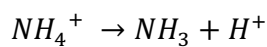
Teoride, aerobik kompostlamada kokulu bileşikler oluşmadığı ama anaerobik şartlarda oluştuğu kabul edilir. Bununla beraber kararlı ham maddelerden veya uygun olmayan işlem koşullarından dolayı istenmeyen kokular oluşabilir. Kompost tesisindeki kokunun kaynakları; kokulu ham maddeler, azot muhtevası yüksek maddelerden kaynaklanan amonyak, ve sıralı yığınlardaki anaerobik koşullar.

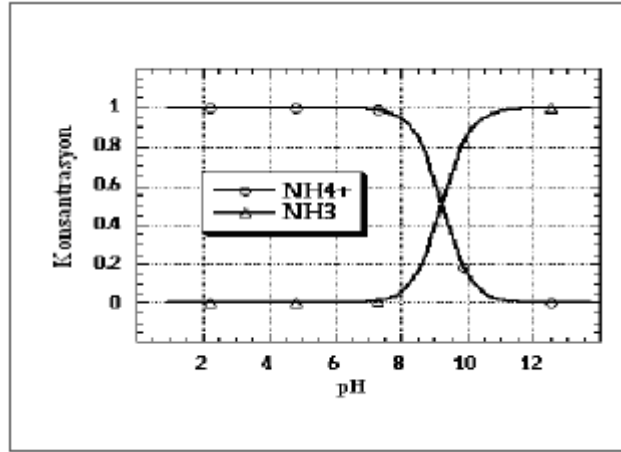
Anaerobik koşullar arazide uygun yönetim ile azaltılabilir. Bu yönetim ham madde karışımlarının iyice karıştırılması, çok nemli karışımlardan kullanılmaması, sıcaklıkların izlenmesi ve maddeleri düzenli olarak döndürme veya havalandırmasıyla yapılır. Teçhizat veya nemli hava koşulları nadiren sorun yaratır. Keskin amonyak kokularını önlemek için karışıma karbon eklenmeli ve pH 8,5'un altında muhafaza edilmelidir.

Kompost arazisindeki kokunun en büyük kaynağı keskin kokulu maddelerdir. Koku araziye maddelerle taşınır ve maddeler kompostlanana kadar devam eder. Talaş tozu, yapraklar, hasat atıkları ve taze yatak malzemeleri gibi maddeler çok az veya hiç koku oluşturmazlar. Buna karşılık kanalizasyon çamurları, sıvı gübre ve balık atıkları koku problemi oluştururlar.

Kompostlamadan kaynaklanan kokulu bileşikler beş kısma ayrılır:

- **Azot:** Amonyak, aminler ve indoller. Amonyak aerobik ve anaerobik ayrışmadan oluşur. Amonyakın kokusu pH>7,5 da fark edilir. Bu yüzden yığına kireç ilave edilmesi amonyak kokusunu artırır. Yüksek pH'da NH₄⁺ koku yayan gaz NH₃ formuna dönüşür. Bu denge bağıntısı aşağıdaki gibidir.





Şekil 5.3 Amonyak Ve Amonyum Konsantrasyonları İle pH Arasındaki Denge

Ayrıca amonyak havadan daha hafif olduğundan (yoğunluğu havanın yoğunluğunun %60'ı) kolayca dağılır ve alçak arazilerde çökelmez. Aminlerin kokusu balık kokusuna benzer. Eğer C:N<20:1(azotça zengin) ise aerobik çözünmeyle amonyak oluşur. Diğer azot kaynağı bileşen indolenin skatole'dir. Bunlar insan ve hayvan atıklarının bozunmasıyla oluşur.

- **Sülfür:** Hidrojen sülfür (H_2S), organik sülfürler ve merkaptanlar. H_2S 'nin kokusu çürük yumurta gibidir. H_2S 'nin yoğunluğu havadan fazla olduğundan alçak arazilerde çökelirler. Dimetil sülfür ve dimetil disülfür gibi organik sülfürler sarımsağımsı veya leş kokusuna benzer kokuları vardır. Diğer sülfürlü madde merkaptandır. Metil merkaptan ve etil merkaptan tipiktir. Merkaptanlar pırasa veya çürük lahanaya gibi koku yayarlar. pH'ı 6'dan büyük olan yığınlarda H_2S ve merkaptanlar oluşur. Aerobik bozunma bu sülfürleri kokusuz sülfatlarına indirger.
- **Uçucu organik asitler:** Asetik, propiyonik ve bütirik asitler. UOA'lar yağ asitlerinin aerobik veya anaerobik koşullarda bozunmasıyla oluşur. Aerobik koşullar altında UOA'lar karbondioksit ve suya okside olmazlar. Anaerobik koşullarda UOA'lar hızlı bozunmazlar. Kokuları kusmuk gibidir. Yığının oksijen konsantrasyonu %3'ten az olduğunda UOA birikimi olur.
- **Terpenler:** Terpenler tahta yongaları veya testere talaşının bozunmasıyla oluşur. Terpenler tahta yongalı olgunlaşma yığınlarında sorun yaratırlar.
- **Diğer organikler:** Aldehitler, ketonlar ve alkoller. Bu bileşikler biyokatılar ve yemek parçalarının bozunmasıyla oluşur ve diğer maddeler kadar koku oluşturmaz.

Kokuyu azaltmanın anahtarı maddeleri mümkün olan en kısa sürede kompostlamak ve daha sonra aerobik koşulları muhafaza etmektir. Bunun için bazen fazla gözenekli karışımların ve koku absorblayıcı manto malzemesi kullanılması ve/veya ayrı sıralı yığın/yığınlarının fazladan havalandırılması gerekebilir. Bu koşulların işletmedeki karakteristik koku giderilene kadar korunması gerekir. Yığın-sıraları pasif hava değişimiyle havalandırıldığından karışımın porozitesi yığın-sıraları için önemlidir. Gözenekli karışım elde etmek için keskin kokulu maddeler düzenleyicilerle karıştırılmalıdır. Koku azaldıktan sonra bu karışım diğer maddelere eklenebilir.

Ayrıca koku ham maddenin doğru seçimiyle de önlenir. Örneğin, havalandırılmalı kompost yığını yüzeyindeki bitmiş kompost tabakası veya turba yosunu kokuyu tutar. Ayrıca talaş tozlu, kompostlu veya turba yosunlu karışımlar kokuları absorbe eder.

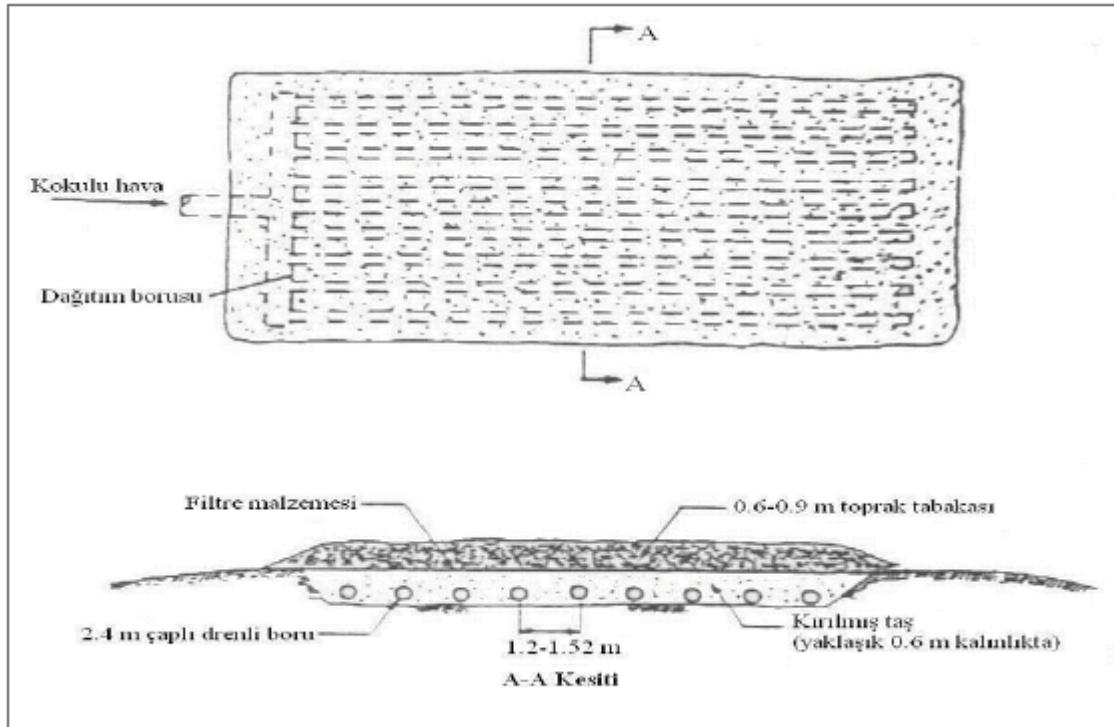
Kompostun kokusunu kontrol etmek için koku absorblayıcı çeşitli kimyasallar kullanılır. Bunların verimleri sınırlı ve fazla kimyasal gerektirdikleri için maliyetleri fazladır. Mikrobiyal aktiviteyi azaltarak kokuyu önlemek ve pH'ı 10'un üzerine çıkarmak için fazla miktarda kireç gerekir. Bu genellikle kanalizasyon çamurlarına uygulanır. Bununla beraber etkisi geçicidir; yüksek pH amonyak kaybının artmasına ve kokuya neden olduğundan kireç durumu daha da kötüleştirir.

Sıralı yığın kompostlaması sırasında koku sıralı yığında tutulur. Sıralı yığın döndürüldüğünde koku bırakılır. Döndürme sıklığını azaltarak koku kontrol altına alınmaya çalışılmamalıdır. Bu sorunu daha da şiddetlendirir. Sıralı yığının en son döndürüldüğünde ki yaydığı koku daha fazla ve keskindir. İşlemin ilk başlarında döndürmeyi daha sık yaparak daha az koku oluşmasını sağlamak en iyisidir. Eğer koku hala rahatsızlık veriyorsa karışım oranları değiştirilmeli, kokulu maddeler kullanılmamalı veya kompost metodu değiştirilmelidir.

Basınçlı havalandırılmalı kompost tesislerinde koku kontrolü daha kolaydır. Yığını veya kapalı reaktörü terk eden hava koku absorblayıcı filtrelemlere yönlendirilebilir. Havalandırılmalı statik yığın kompostlamada bitmiş kompost yığını filtre olarak kullanılabilir. Kompost kokulu bileşikler içerdiğinden filtre yığını hava ile kokuyu ayırır. Ayrıca bu iş için turba yosunu da kullanılabilir. Kokuyu filtrelemek için kullanılan yığınlar nemlenmeden, porozitesini kaybetmeden ve koku oluşmaya başlamadan önce düzenli aralıklarla değiştirilmelidir. Diğer koku filtreleme sistemleri havayı toprağın altındaki drenaj borularına, turba veya kompostlu kontraplak filtre bölmelerine verir. (Şekil 5.4)

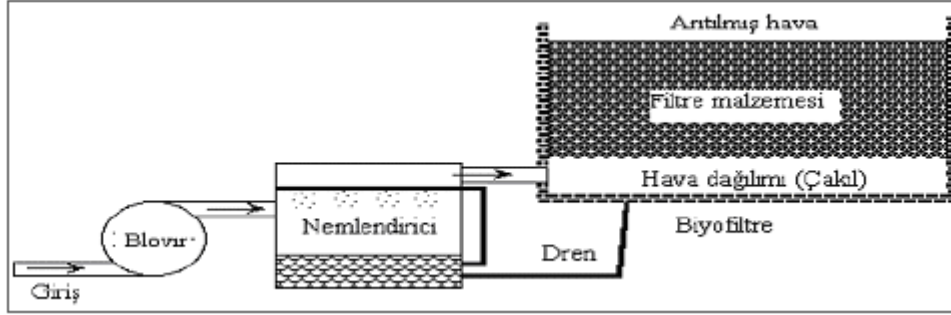
Toprak filtreleri için standart şartlar şunlardır:

- Lineer gaz hızı: 0,5-1 m/sn
- Statik gaz basıncı: <250 mmHg
- Gazın nemliliği: suya doymun olmayacak
- Gazın sıcaklığı: 5-40 °C
- Toprağın nem muhtevası: maksimum su tutma kapasitesi %40-70
- Toprağın sıcaklığı: 20-37 °C'de optimum
- Toprağın pH'ı: 7'de optimum



Şekil 5.4 Toprak Filtresi İle Koku Giderimi

Koku arıtımı için biyofiltrasyon hem en ucuz ham de en etkili arıtma olduğundan, kompost endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. (Şekil 5.5) Biyofiltre adsorbe etmek için ıslak organik maddeleri kullanarak kokulu bileşikleri biyolojik olarak indirger. Soğutulmuş ve nemlendirilmiş kompost işleminin havası, delikli borulardan filtrasyon yatağına verilir. Biyofiltrasyon inşasında kompost, toprak, turba, saz ve ağaç kabuğu kullanılır ve bu maddeler bazen poroziteyi iyileştirmek için çakıl gibi biyolojik inert maddelerle karıştırılır. Biyofiltre yatağının derinliği 1-1,5 m arasındadır. Daha sığ yataklar gazı kısa çevrime maruz bırakır. Daha derin yataklarda ise nemi üniform tutmak zorlaşır. Biyofiltre ile amonyak ve uçucu organik bileşikler (sülfür bileşikleri ve aminler) dahil, kompostlamadan kaynaklanan tüm kokular arıtılabilir.



Şekil 5.5 Biyofiltre İle Koku Giderimi

Tasarım kriteri biyofiltrenin bir birim yüzey alanı başına düşen hava debisidir. Literatürde biyofiltredeki hava debisinin 0,005-0,0025 m/sn(11-54 cfm/m²) arasında ve genellikle 0,015-0,02 m/sn(32-43 cfm/m²) arasında olması tavsiye edilir.

Eğer tesis kapalı bir yapı içindeyse koku kontrolü için iki seçenek vardır. ilki havalandırma sistemi yapı içindeki havayı toplar ve koku arıtma sistemine gönderir. İkincisi alternatif olarak havalandırma sistemi dışarıdaki temiz havayı kullanarak da kokuyu seyreltir.

Koku oluşturuvcu işlemler yığın-sıralarının döndürülmesi, karıştırılması ve kokulu ham maddelerin taşınmasıdır. Bu aktiviteler kokuya sebep olduğundan mümkün olduğunca programlı yapılmalıdır. Örneğin, yığın-sıraları sıcak günlerde döndürülmemelidir. Genelde rüzgarlı koşullar ve sabahın erken saatleri daha iyidir. Rüzgar yönü izlenir ve eğer rüzgar yönü civar komşulara doğruysa koku yayabilecek işlemler ertelenir.

Ham maddelerin depolama süreleri mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Depolama yığınları kontrol altında ve kuru koşullarda tutulmalıdır. Arazide anaerobik aktiviteli su birikintilerinin oluşması önlenmelidir. Çimle kaplanmış infiltrasyon alanı veya diğer uygun teknikler kullanılarak araziden kaçan suyun bertaraf edilmesi gerekir. Kokunun fazla taşınması önlenir. Uygun havalandırma, pH ve sıcaklık kontrolü ile iyi bir kompostlama sağlanmalıdır.

Genellikle koku arıtma tedbirlerine son çare olarak başvurulur. Çünkü bunlar pahalı ve sadece kısmen etkili olabilirler. Uygun ham madde seçimi ve yönetimi yaparak kokuyu önlemek daha iyidir ve çiftlikte kompostlama işlemleri içinde daha uygundur.

5.1.5. Azotun Tutulması

Ham maddelerin komposta dönüşümü sırasında azot kaybı oldukça fazladır. Bu nedenle kompost yığınınındaki azotu mümkün olduğunca fazla tutmak gerekir. Çünkü kompostun azot içeriğinin fazla olması değerini artırır. Azotu tutmanın ikinci sebebi ise amonyak kokusunu

azaltmaktır.

Kompostlama sırasında kaybolan azotun hemen hemen hepsi organik azot bileşiklerini oluşturan amonyağın bırakılması sonucu oluşur. Fazla azot denitrifikasyonla giderilebilir.

Mikroorganizmalar yeni hücre oluşumu için gerekli azotu sağlamak amacıyla azotun organik kaynaklarını basit bileşiklere parçalarlar. Azotun bir kısmı amonyağa çevrilir. Eğer azot harcandığından daha hızlı oluşursa amonyak birikimi olur. Neticede havadan daha hafif olduğundan sıralı yığın/yığından kaçar.

Amonyak kontrolünün en iyi yolu azot muhtevasını mikroorganizmalar için uygun seviyede tutmaktır. Mikroorganizmalar azotu karbon ile orantılı kullanırlar. Bu nedenle C:N oranı amonyak kaybını önler.

Yüksek pH amonyak kaybını artırır(özellikle amonyakça zengin olan kümes hayvanlarının gübresi gibi ham maddelerin). Kompost maddelerinde amonyak iki şekilde bulunur; gaz amonyak(NH_3) ve kompost yığını içinde çözülmüş halde bulunan amonyum iyonu(NH_4^+). Her iki şekli mevcuttur ve biri diğerine dönüşebilir. Yüksek pH amonyağın yığından kaçmasını sağlar. Fazla amonyak kaybını önlemek için karışımın ilk pH'ı nötrale yakın olmalı ve 8,5'dan fazla olmamalıdır.

Karıştırma, basınçlı havalandırma ve döndürme yığın-sıraları/yığınlardan amonyağın kaçmasını hızlandırır.

Statik veya pasif yığınlarla beraber kullanılan kompost veya turba yosununun dış tabakası amonyak kaybının azalmasını sağlar. Amonyak, tabakanın içindeki partiküller tarafından yığından dışarı çıkarken tutulurlar. Sonra dış tabakadaki daha serin ve daha stabil çevrede amonyak, azotun daha az taşınabilir şekline dönüştürülür.

Kompostlama sırasında süthane gübrelerine süper fosfatın ilavesinin azotu tuttuğu bulunmuştur. Süper fosfatın kuru gübreye ağırlıkça oranı %2-5 arasında olmalıdır.

5.1.6. Aktif Kompostlamanın Ne Zaman Bittiğini Belirleme

Aktif kompostlamanın bittiği kompostun nihai kullanımı ve arazideki boşluğa göre belirlenir. Bu faktörlere bakarak kompostun kullanılmadan ve olgunlaşmadan önce ne kadar stabil olduğu anlaşılır.

Minimumda ayrışma, kompostun fazla ısınmadan veya koku oluşturmadan depolanmasına

izin verecek seviyede olmalıdır. Sıcaklığın düşmesi aktif kompostlamanın bittiğini gösteren en güvenilir parametredir. Sıralı yığın kompostlamada döndürmeden sonra kompostun tekrar ısınmaması, ayrışmanın kompostun olgunlaşmasını sağlayacak seviyede olduğunu gösterir. Basınçlı havalandırmada sıcaklık nispeten düşük veya yavaşça azalıyorsa bu kompostun olgunlaşmaya hazır olduğunu gösterir. Bu küçük bir kompost numunesini tamamen ıslatıp kapalı plastik bir torbaya koyarak ve torbayı oda sıcaklığında muhafaza ederek kontrol edilebilir. Eğer bir haftadan sonra kompost kötü kokular yaymıyorsa bu bize kompostun stabil olduğu gösterir.

Kompostun koyu kahve renginde ve toprak gibi kokması kompostlamanın bittiğini anlamamız için yeterli değildir. Bu kaliteler nispeten işlemin ilk aşamalarında stabiliteye erişilmeden önce oluşur. Ham veya bitmemiş kompostun bitkilere zamanından önce uygulanması ürünlere zararlıdır ve fitotoksik etki eder. Son sıcaklık düşüşü aktif kompostlamanın bittiğini gösterir. Kullanmadan önce kompostu bir ay veya daha fazla olgunlaştırmak daha doğrudur. Diğer kriterler nihai kullanımına bağlıdır.

Kompost olgunlaşma yığınlarında yavaşça ayrışmaya devam eder. Esas dikkat edilmesi gereken konu olgunlaşma yığınlarında sıcaklığın yüksek ve anaerobik koşulların olup olmadığıdır. Eğer kompost arazisinde boş yer yoksa aktif kompostlama süresinin mümkün olduğunca kısa tutulması ve sıra yığınlar için bir yapı oluşturulması daha avantajlıdır. Bu sadece pik süreler sırasında olabilir. Bu durumda kompostlama süresi, kısmen kompostlanmış yığını olgunlaşma yığınlarına naklederek veya kompostlamanın tamamlanması için araziye yığılarak kısaltılabilir. Olgunlaşma yığınları doğal hava akımını sağlayacak boyutta olmalı, sıcaklığı ve kokusu izlenmelidir. Kompost tamamıyla olgunlaşmadan satılmamalı veya kullanılmamalıdır.

5.1.7. Kompostlama İle Gübre Yönetimi

Kompostlama tüm gübre işleme şeklini değiştirir ve gübrenin işleme tarzı, kompostlama sistemini etkiler. İdealde kompostlama ve gübre işleme tüm işlemi kolaylaştıracak şekilde ayarlanmalıdır. Kompostlamada gübrenin işlenmesi ve düzenleyicilerle karıştırılması fazla emek gerektirir. Madde işleme ilkelerine uyulmalıdır; işlem basamaklarını birleştirme veya eleme, mümkün olduğunca az madde kaldırma, maddeleri son kullanım yerlerine yakın depolama ve taşımayı azaltma.

Eğer koşullar uygunsa kompost tarlaya doğrudan uygulanmalıdır. Bu işlemle toprak için

gerekli organik maddeler sağlanırken, kompostlama için gereken emek ihtiyacını azaltır. Bu ayrıca kuru düzenleyici gereksinimini azaltır. Ne kadar gübrenin kompostlanması gerektiği kompostlamanın amacına, diğer çıktılara ve ham maddelerin kullanımına bağlıdır. Diğer çıktılar sırasıyla arazi büyüklüğü, toprak ve hava koşulları ve ürünün büyüme derecesine bağlıdır. Eğer kompost satış için ayrılmışsa kompostlanacak gübre miktarı satış hacmine bağlıdır. Aynı zamanda kuru düzenleyicilerin bulunması kompostlama hacmini sınırlayabilir.

Gübrenin yoğunluğu kompostlamada özellikle önemli bir faktördür. Gübre kendi kendine kompostlanabilmesi için gereğinden fazla nemlidir. Bu nedenle kuru düzenleyicilerle karıştırılması gerekir. Kuru gübrenin düzenleyici ihtiyacı daha azdır ve bu yüzden daha az madde gerektirir. Ayrıca daha az düzenleyici hacmi kompost arazisinin büyüklüğünü azaltır.

Gübrenin nem içeriği yapısındaki alt malzemesinin miktarına bağlı olarak belirlenir. Alt malzemesi ve kuru çöp kullanımı kompostlama için, gübreyle kuru düzenleyiciyi karıştırmanın en iyi yoludur. Gübre/alt malzemesi giderildikten sonra biraz daha düzenleyici gerekebilir ama ilave edilen alt malzeme, maddeleri karıştırma için gereken emeği azaltır. Bu yaklaşım düzenleyici seçimini sınırlamasına rağmen testere talaşı, saman ve odun rendesi gibi birçok alt malzemesi iyi bir kompost düzenleyicisidir.

Ayrıca gübrenin nem muhtevasını belirlemede diğer faktörlerde rol oynar. Sızıntı yapan sulama cihazları gübreyle fazla miktarda su katarlar. Bu özellikle kafesli tavuk barınaklarında çok fazla sayıda sulama cihazı kullanıldığından sorun yaratabilir. Ayrıca tavandan sızan yağmur suları, açık arazilerde ve gübre depolarında kötü drenaj neme neden olur. Bu su kaynakları kontrol edilerek sızıntı yapan sulama cihazları tespit edilmeli ve onarılmalıdır. Süthane yıkama suyu veya diğer nemli atıklar gübreyle karıştırılmamalıdır.

Kompostlanmış gübrenin nemini azaltmak için diğer bir yol; kompostlama için nispeten kuru gübre seçmek ve nemli maddeleri kullanmadır. Bağlı süthane bölümlerinden gelen gübreler; yavru hayvan ahırlarından gelen alt malzemeye karışık gübre; iyi alt malzemeli koyun veya keçi ahırları; kümeslerden gelen alt malzemeleri ve at ahırlarından kaynaklanan alt malzemelerinden gelen gübreler kurudurlar. Açık bölmeli süthanelerden, domuz ahırları ve kafesli tavuk kümeslerinde nemli gübre oluşur.

Mevsimsel koşullar veya hava koşullarından avantaj sağlanabilir. Eğer mevsim gübrenin yoğunluğunu etkiliyorsa kompostlama sadece kuru mevsimlerde yapılabilir.

Gübreyi depolama kompostlama işleminde bir avantajdır. Depolama sıralı yığınların uygun sürelerde ve farklı yığınlarda oluşturulmasını sağlar. Depolama sistemi ayrıca kompostlama operasyonlarının kesilmesine karşı yedek bir sistemdir.

Kısa süreli depolama (4-30gün) yapılan çiftliklerde kompost aktiviteleri, gübre depolama kapasitesine uygun bir hale getirmek için programlanabilir. Eğer sıralı yığınlar gübre yayıcı veya damperli bir araçla oluşturulduysa düzenleyicinin gübre deposuna yakın bir yere yerleştirilmesi sağlanarak teçhizat hareketi en aza indirilir.

Uzun süreli gübre depolamada (4-6 ay), gübre kompostlamak için sıkça taşındığından depo kapasitesinin çoğu boşa gider. Bunun için gübre deposunu kompostlama tabanı veya karıştırma alanına dönüştürmek gerekir. Çimento tabanlı toprak lagünler veya çatılı depolar bunun için iyidir ama sınırlı alan sağlar. Deponun kompostlama alanı için kullanılması çiftçiye üretilen tüm gübreyi kompostlamaya veya kompostlanmayan gübre için alternatif yerler bulmaya zorlar.

5.1.8. Kompostun Çiftlik Hayvanlarında Ve Kümeslerde Altık Olarak Kullanılması

Altık, zeminde kuruluk sağlayan kuru absorbant bir maddedir. Komposttan yararlanmanın bir yolu ahırda altık ve kümes hayvanlarında samanla karışık kullanmadır. İyi bir toprak düzenleyicisi olan kompost aynı zamanda iyi bir altık malzemesidir. Kompostun altık malzemesi veya samanla karışık kullanımı çiftçilere avantajlar sağlar. Kompost sadece az bulunur yatak malzemesi yerine kullanılmakla beraber, ahırda son kompostlama için bulunan gübreyi de iyileştirir. Kalifornia'da 70 sığır kapasiteli bir çiftlikte 75 m³ kompost altığının nem muhtevasını %85'den %50-55'lere düşürdüğü bulunmuştur. Nem absorpsiyonu altık malzemeleri için anahtar bir işlemdir. Yaygın olarak kullanılan alt malzemelerinin nem absorblama kapasitesi 1,5(sert ağaç talaşı için) ile 4,5(kırpılmış saman için) arasında değişir(1 kg altık 1 kg suyu absorblar). Kıyas için %40 nem içerikli 0,45 kg kompost 0,67-1,12 kg su absorblar. (Tablo 5.1)

Tablo 5.1 Yaygın Kullanılan Yatak Malzemelerinin Su Absorblama Kapasitesi

Malzeme ^a	kg su/kg atık
Kompost (%30-50 nem)	0,67-1,12
Sert ağaç-talaş, yonga veya kırıntı	0,67
Yapraklar	0,45-0,9
Yer fıstığı	0,9-1,12
Çam –talaş, kırıntı	1,12-1,35
Çam –yonga	0,76-1,17
Saman veya nem (kırılmış)	1,35-2
Saman veya nem (kırılmamış)	0,94-1,7

^a Çiftlik depolama ve kullanımı için tipik nem seviyeleri

Kompost eğer alt malzeme olarak kullanılacaksa; stabil ve kuru yani nem içeriğinin %50'den az olması gerekir. Kompostun nem içeriği arttıkça su tutma kapasitesi azaldığından hayvanlar temiz kalır. Bu kompostlama süresini uzatır ve/veya kapalı depolama alanı şart koşar. Dolayısıyla kompostlama sırasında daha sık havalandırma gerektirebilir. Bununla beraber çok kuru yani nem içeriği %35'ten az olan kompost toz problemi yaratır. Hastalık riski ve patojenleri yok etmek için gereken sıcaklık ve süre değerlerine bağlı kalınmalıdır.

Yapılan araştırmalar ve çiftliklerden elde edilen tecrübeler ile kompostun geleneksel alt malzemeleri ve çöp vs.' den daha iyi kalitede olduğunu göstermiştir.

5.2. ARAZI SEÇİMİ VE ÇEVRESEL GÜVENİRLİLİK

Bir zirai kompost tesisi çevresel risk, koku ve gürültüyü önlemesi dışında kompostlama için yeterli arazi ve tüm hava şartlarında kompostlamaya olanak sağlayacak şekilde olmalıdır. Arazi planlama uygun arazinin saptanması, kompost metodunun araziye uyarlanması, yeterli alan büyüklüğü ve yüzeysel akışın önlenmesi ve kirlilik kontrol tedbirlerinin alınması gibi

uygulamaları kapsar.

Özellikle zirai olmayan atıklar kompostlanacaksa; tesiste mutlaka bir uzman olmalıdır. Kompost tesisi inşasına ve/veya işletmesine başlamadan önce bazı belgeler gereklidir. Çiftlik dışında üretilen maddeler için yerel yönetimlerin ve komitelerin onayı gereklidir.

Hükümetin uyguladığı arazi düzenleme ile ilgili şartlara ek olarak, kompostlama işlemine başlamanın komşularını ve yerel görevlilerin ilgisini arttıracaklarını unutmamak önemlidir. Bu grupların kompost hakkında eğitilmeleri gerekir.

5.2.1. Arazi Seçimi

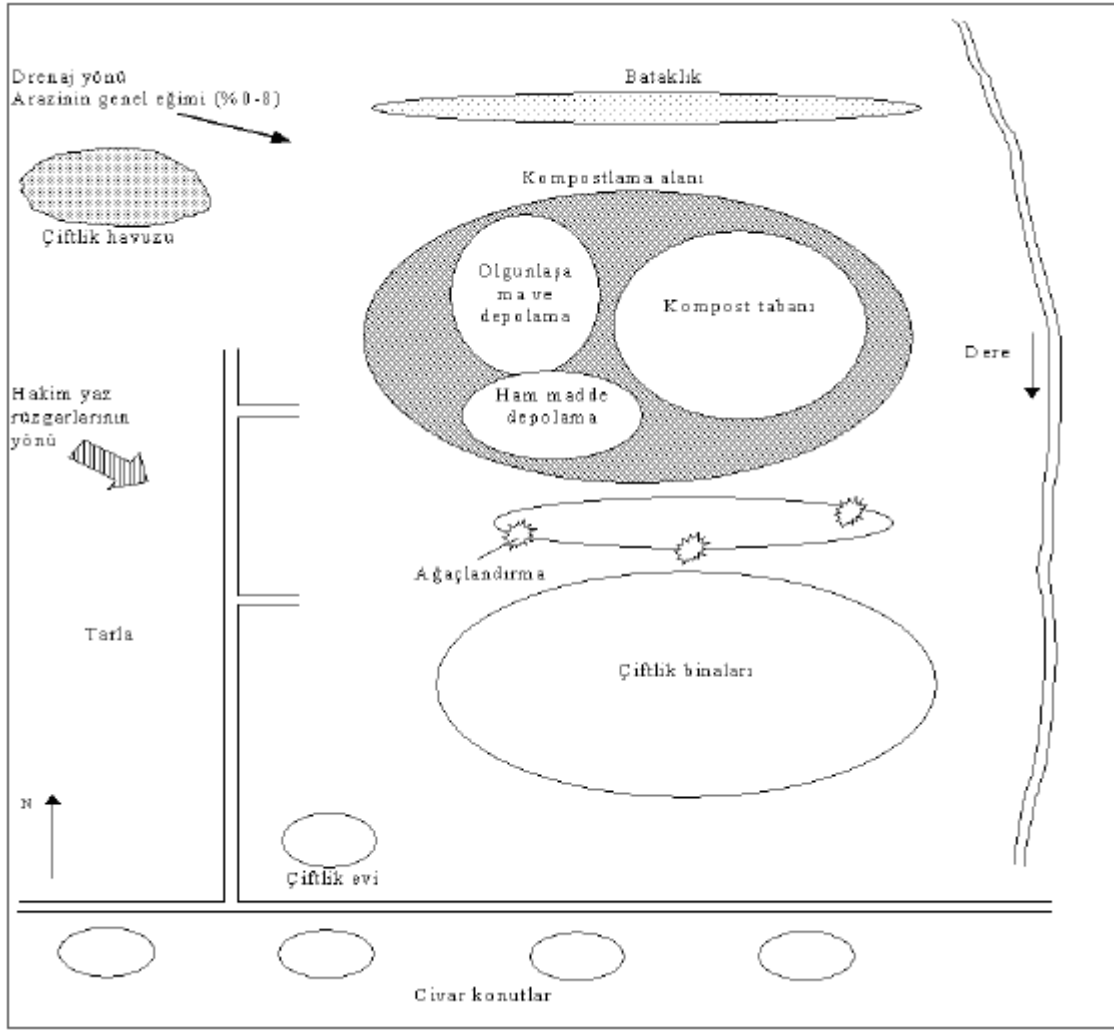
Kompostlama arazisi;

- Konumu araçların kolay giriş-çıkışına uygun
- En az taşıma mesafesi ve madde işlenmesini sağlayacak
- Değişken hava koşullarında (yağmur, kar, çamur vs.) araçların çalışmasını önlemeyecek kuvvetli bir tabana sahip olmalıdır.

Çiftliklerde kompostlama için en uygun yer genellikle barınaklar veya gübrenin saklandığı depolardır. Arazinin uygunluğunu saptamak için alan, civar komşuların yakınlığı, görünürlük, drenaj ve sızıntı suyu kontrolü gibi özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Her zaman çiftlikteki en iyi alan, kompostlama için en uygun alan olmayabilir veya toprak sınıflandırma yada drenaj gibi modifikasyonlar gerektirebilir.

Kompost tesisi; okullar, hastaneler ve bakım evleri gibi hassas bölgelere yakın alanlarda olmamalıdır. Kompostlama tesisi civar mülklerden uzak olmalı ve görülmemelidir.

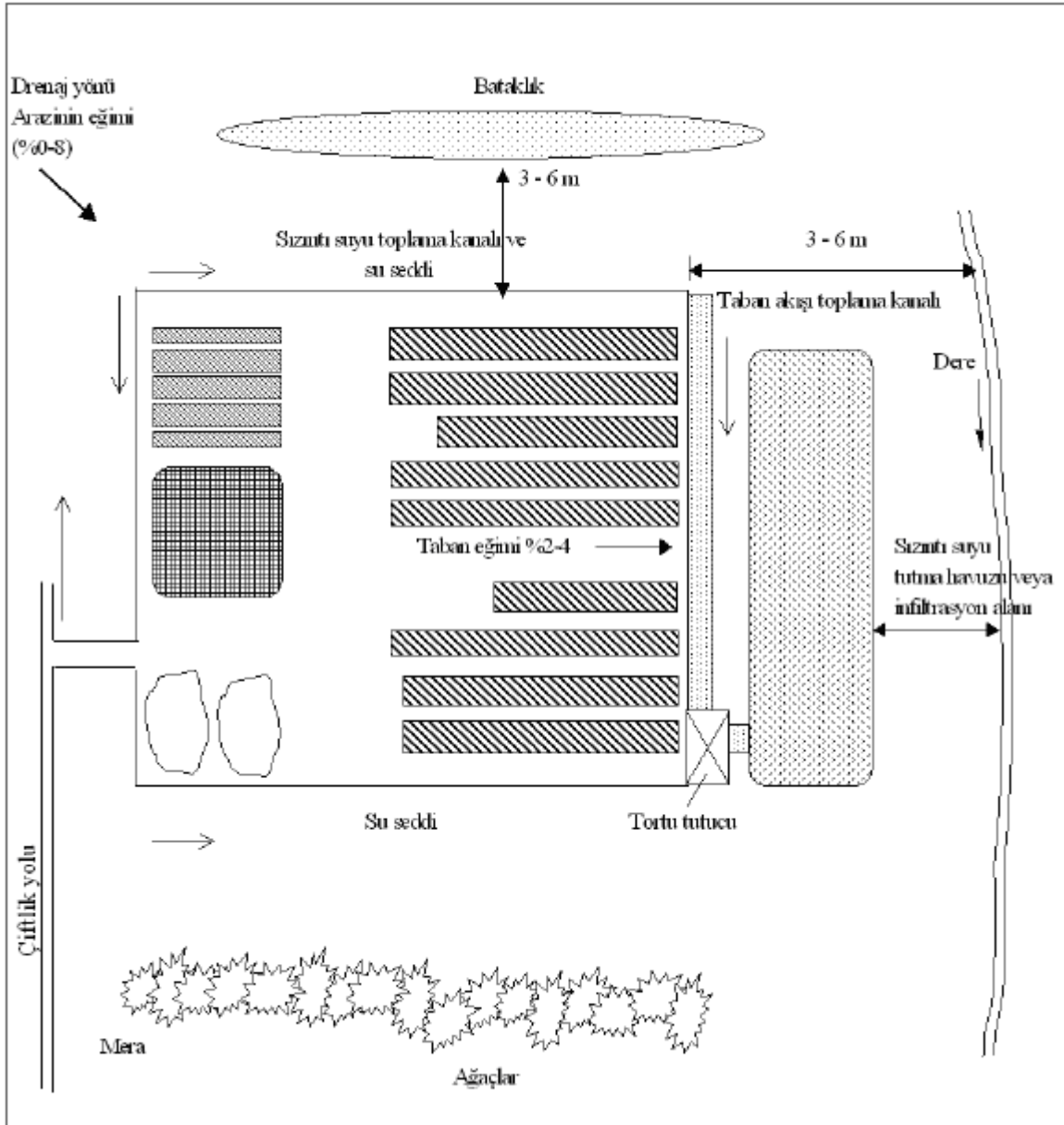
Kompost tesisinin tüm anahtar alanları gösteren bir ön krokisi yapılmalıdır. Hakim rüzgar yönü, trafik akışı, arazinin eğimi, sızıntı suları, çevredeki arazi kullanımları, bataklık ve su kaynaklarının yerleri gibi bilgiler bu krokide belirtilmelidir. Şekil 5.6'da gösterilen diyagram kompost arazisinin düzenini göstermektedir.



Şekil 5.6 Arazi Yerleşim Planı

5.2.2. Ayırma Mesafeleri

Çiftlikte kompostlama operasyonları ve dereler, su kaynakları ve civar barınaklar arasındaki ayırma mesafeleri veya tampon bölgeler, su kalitesi, koku ve teçhizat sesi gibi parametreleri etkilediğinden önemlidir. (Şekil 5.7)



Şekil 5.7 Arazi Planı Ve Drenajı

Yüzeysel su kaynaklarının korunmasında minimum yatay ayırma mesafesi önemlidir. Bu mesafe kompost tesisi ve yüzeysel su kaynağı veya bataklık arasındaki mesafedir. Yer altı su kaynağının korunmasında minimum düşey mesafe önemlidir. Bu mesafe kompost tabanı ile mevsimsel su seviyesi arasındaki düşey uzaklıktır. Tablo 5.2’de kompost arazileri ve gübre işleme tesislerinde tavsiye edilen yatay ve düşey ayırma mesafeleri gösterilmektedir. Tablo 5.2’deki değerler son yıllarda yapılan çalışmalar ve su kirliliğini önlemek için yapılan düzenlemeler esas alınarak hazırlanmıştır. Ayırma mesafeleri keyfi olmasına rağmen hassas bölgelerde bunlara dikkat edilmesi gerekir.

Tablo 5.2 Tavsiye Edilen Minimum Ayırma Mesafeleri

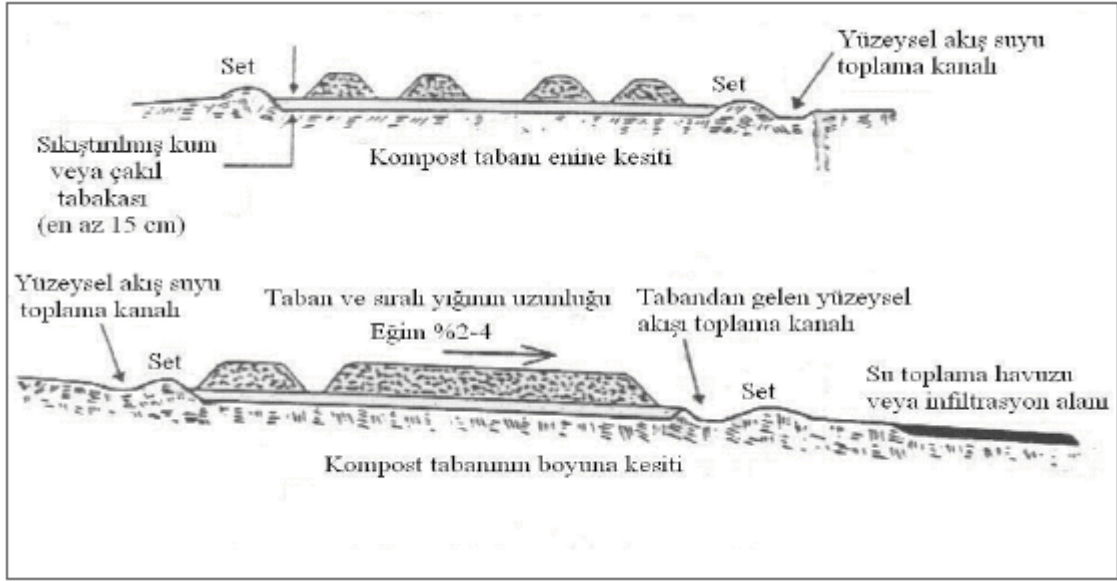
Hassas alan	En az mesafe (m)
Özel mülklere	15 (152 ideal)
Konut veya işyerleri	60 (610 ideal)
Hususi kuyu veya diğer içme suyu kaynakları	30-60
Bataklık veya yüzeysel su kaynakları(dere, göl, gölet)	30-60
Doğal kaynağına döken yer altı drenaj borusu veya drenaj hendeği	8
Su seviyesi(mevsimsel yükseklik)	0,6-1,5
Dip kaya	0,6-1,5

5.2.3. Drenaj Koşulları

Kompostlama alanının drenajı iyi olmalıdır. Kötü drenaj koşulları suyun göllenmesine, kompost maddelerinin doymasına, arazinin çamurlaşmasına, arazide sızıntı suyunun artmasına ve toprak yıkanmasına (su etkisiyle madeni tuzlarını kaybetmesine) neden olur. Kompostlama alanının çamurlanması tesis işletmecilerinin şikayet ettiği en büyük sorundur. Arazinin çamurlanması teçhizat hareketini engelleyerek kompost işlemini aksatır.

Kompostlama alanını seçerken toprak drenajının orta-iyi olduğu yerler tercih edilir. İdealde arazideki taş miktarı kompost maddelerine karışması ve ekipmana zarar verebilmesi nedeniyle az olması istenir. Eğer çamur problemi varsa kompost tabanının üstü, sıkıştırılmış çakıl veya kumla kapanmalıdır.

Suyun göllenmesini önlemek için kompost arazisindeki eğim en az %1 olmasına rağmen idealde %2-4 arasında olması istenir. Eğimi %7'den fazla olan araziler tavsiye edilmez çünkü yüzey taşınımı ve toprak erozyonuna neden olabilirler. Sıralı yığınlar ve yığınların eğimi taban eğimi ile aynı, yani tabana paralel olmalıdır. (Şekil 5.8)

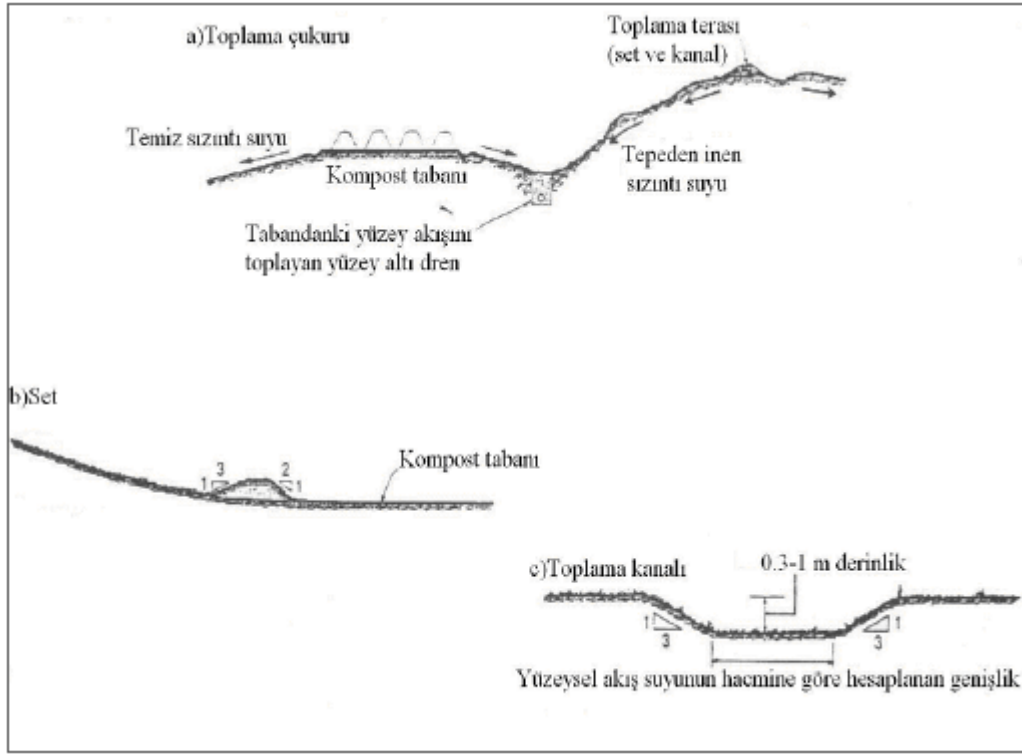


Şekil 5.8 Kompost Tabanının Yapısı Ve Drenaj

Arazi eğimi erozyona sebebiyet vermeden sızıntı suyunu toplayacak şekilde olmalıdır. Kompost alanında oluşan sızıntı suyu doğrudan otağa, tarlaya veya infiltrasyon alanına² yönlendirilmeli veya bir su toplama havuzunda³ daha sonra kullanılmak üzere depolanmalıdır. Çevreden kompostlama arazisine gelen sızıntı suyu kompost tabanından ve depo alanından başka bir tarafa yönlendirilmelidir. Bu toprak altına drenler yerleştirilerek veya setlerle yapılabilir. (Şekil 5.9)

² Suyun kontrollü olarak verildiği genellikle çimenle örtülü bir arazi veya toprak parçası.

³ Bekletme veya alıkoyma havuzu da denir. Yağıştan kaynaklanan yüzey akışı ve son kullanım veya atık suyu toplayan topraktan yapılan bir havuzdur. Toplama havuzları hendekler veya setler oluşturularak yapılabilir.



Şekil 5.9 Yüzeysel Akış Ve Sızıntı Suyunu Toplama Metotları

Kontrol kuyular açılarak arazi toprağı tetkik edilmelidir. Kuyu derinliğı 2-4 m arasında değışir. Kuyu kazıları kompost arazisindeki kayaç yapısı ve yer altı suyu durumunu belirlemek amacıyla yapılır. Eğer yer altı suyu yoksa toprak profili mevsimsel yer altı suyu değışimlerini belirleme de kullanılır.

5.2.4. Çevresel Güvenirlilik

Kompost arazisi koku, gürültü, toz, toprağın yıkanması ve sızıntı ile ilgili risklere yol açabilir. Ayrıca çevresel ehemmiyeti; kompostlanan madde, kompostlama metodu ve sistem yönetimi de etkiler.

Eğer kompost sistemi doğru tasarlanmış ve araziye yayılmışsa kompostlama işleminden kaynaklanan kokular iyi bir yönetimle önlenabilir. Tesisi araziye sıcak havalardaki hakim rüzgarların yönü dikkate alarak oturtmak gerekir.

Kompostlama operasyonları ve kompost alanına giren-çıkan araçların oluşturduğu gürültü ve kokular için de önlem alınmalıdır. Bu önlemler gün boyunca yapılan operasyonlar ve yol kullanımına göre belirlenir. Normal bir sohbetin ses seviyesi 60 dbA iken ağır bir makinenin ses seviyesi 90dbA'dır. Kompost işlemleri sırasında gürültü üreten kaynaklar; vasıtalar(doldurma, boşaltma, kornalar, hareket), çekiçli miller, tekneli eziciler, hidrolik güç birimleri, jeneratörler, motorlar, dişli çarklar'dır. Operasyonun büyüklüğü arttıkça oluşan

gürültüde uzun süre etkili olur. Kompostlanan maddeye ve işletme tipine bağlı olarak gürültü sadece mevsimsel bir faktör olabilir. Eğer sıralı yığınlar açıktaysa ılıman hava koşullarında ve yaz mevsiminde daha da dikkat etmek gerekir.

Kompostlamanın yapıldığı arazinin görülmesi insanı psikolojik olarak etkiler. Bu nedenle kompostlama arazisi daha az görülebilir olursa civardaki komşulardan gelen şikayetlerde azalır. Kompostlama alanının çevreden görülebilirliği ağaç dikilerek veya çiçekler ekilerek azaltılabilir. Eğer arazi halkın görüş alanı içindeyse temiz tutulması gerekir. Arazi çevresindeki çimler kırılmalı, otlar temizlenmeli ve bitkiler bakımlı olmalıdır. Bunun yanında çamurlu araziler daha büyük sorunların oluşmasına neden olur.

Arazide koku kontrolü çok önemlidir ve yönetmeliklerde verilen değerlere uyulmalıdır. Su kompostlama arazisindeki potansiyel kirlilikleri uzaklaştırır. Yağmur ve kar yağışıyla taşınan sıvılar maddelerden süzülerek toprağa geçer ve kirlilikleri uzaklaştırır. Kompostlamada; sıralı yığınlar yağmur suyunu tuttuğu için toprağın yıkanması sızıntıdan daha az dikkat gerektirir. Bu yüzden yağmur suyu ve araziye giren suyu azaltmak ve sonra arazideki yüzeysel sıvı akışını yönetmek gereklidir.

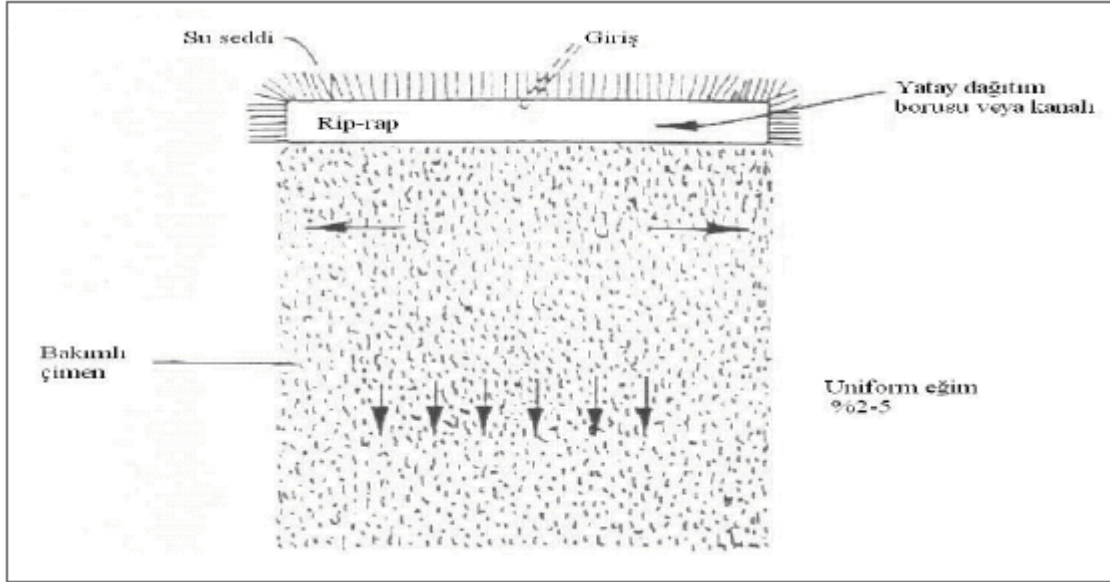
Zirai kompostlama sırasında potansiyel kirlilikler bozunma sırasında oluşan nitrat azotu, amonyak ve organik bileşiklerdir. Azot yer altı suyu için bir tehdit olmasına rağmen aktif kompostlama yığınları diğerlerine nazaran az nitrat azotu içerirler. Böyle olmasının sebebi kompost karışımlarındaki karbon muhtevasının yüksek olması ve kompostlama sırasındaki yüksek sıcaklıklardır. Olgunlaşma yığınları veya depolanmış kompost büyük azot kaynakları olabilirler.

Organik maddeler ve amonyak oksijen tüketimleri (BOİ veya KOİ) yüzünden yüzeysel sularda sorun oluşturabilirler. Ürün atıklarındaki pestisitler veya çiftlik dışı atıklardan gelen ağır metallerin kompost kalitesine etkileri, araziden kaynaklanan kirliliğin kompost kalitesine etkisinden daha fazladır.

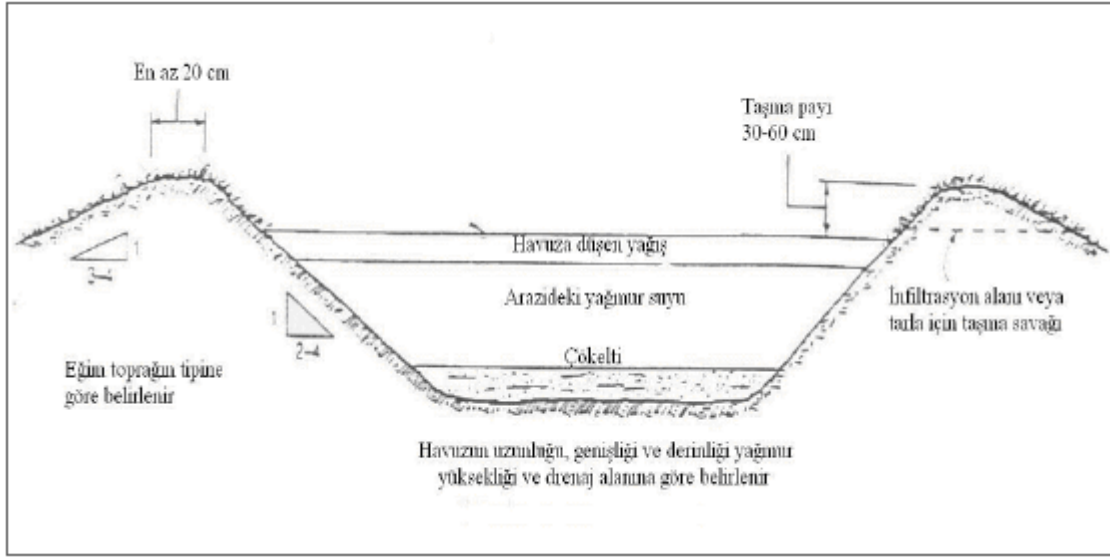
Koku kontrolü yalnızca kompost tabanı ile sınırlandırılmamalıdır. Arazide depolanan ham maddeler ve bitmiş kompost, toprağın yıkanması yüzünden aktif kompost, sıralı yığınlarında daha fazla kirlilik yaratırlar.

Bu nedenle aşağıda ki kirlilik kontrolü ölçümlerine dikkat edilmelidir;

- Toprak yıkanmasını kontrol altına almak için sıralı yığınların maksimum nem muhtevası %65'in altında tutulmalıdır. Azot kaybını önlemek için ham maddeler tavsiye edilen C:N oranında kombine edilmelidir.
- Kompost tabanından ve depo alanından gelen yüzeysel sıvı akışının yüzeysel su kaynaklarına doğrudan karışmasına izin verilememelidir. Dere, göl ve göletler için sorun yaratan maddelerin çoğunu toprak kullanılır hale getirir. Kaçan sızıntı suyu tarlaya veya infiltrasyon alanına (Şekil 5.10) yönlendirilmelidir. Sızıntı suyu sulama için sonradan kullanılmak üzere toplama havuzlarında (Şekil 5.11) tutulabilir veya kuru kompostlama maddelerini nemlendirmek için kullanılabilir. İnfiltrasyon işleminden önce katıları tutmak için yüzeysel akış toplama sistemindeki çöktürme cihazı kullanılabilir.

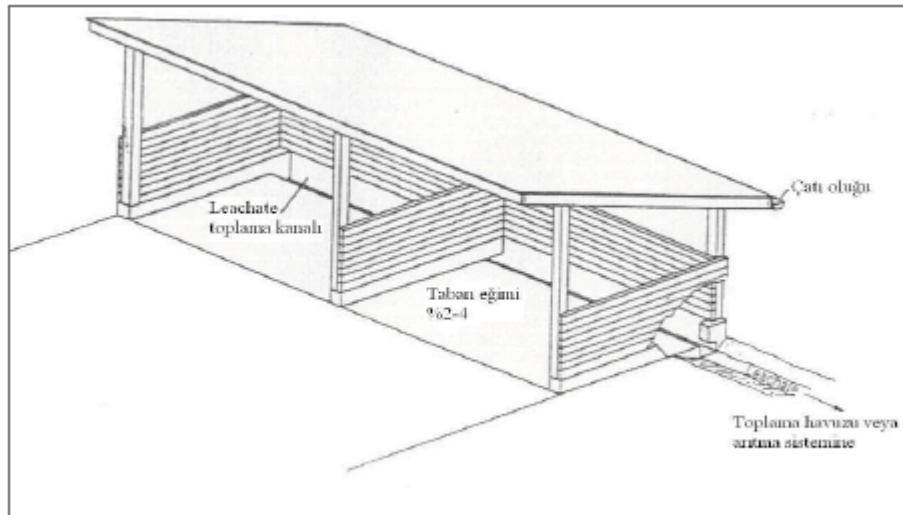


Şekil 5.10 Kompost Tabanı Yüzeysel Akış Suyu Arıtmak İçin Çimle Kaplanmış İnfiltrasyon Alanı



Şekil 5.11 Toplama Havuzunun Tipik Karakteristikleri

- Araziye gelen suyu kompost tabanından ve depo alanından uzak olan tepelere yönlendirilmeli
- Yüzeysel su kaynakları ve yer altı su kaynakları için tavsiye edilen ayırma mesafelerine uyulmalı (Tablo 5.2, Şekil 5.7)
- Ham maddeler ve bitmiş kompost yüzeysel su kaynaklarından ve drenaj alanlarından uzakta depolanmalıdır. Yıkılmaya elverişli ham maddeler bir çatı altında veya yıkılmayı önleyen geçirgen olmayan bir yüzey üzerinde depolanmalıdır. (Şekil 5.12)



Şekil 5.12 Nemli Maddelerden Gelen Sızıntı Suyunu Tutmak İçin Örtülü Depolama

5.2.5. Araçlar

Kapalı reaktörde kompostlama dışında kompost alanları için bazı araç-gereçler gereklidir.

5.2.5.1. Kompost Tabanı

Kompost tabanı sıralı yığınların kompost süresince üzerinde bulunduğu yüzeydir. Kompost tabanının sağlam bir yüzey olması istenmesine rağmen beton kaplaması gerektirmez. Çiftlik kompostlama sistemleri için orta-iyi drenajlı topraklar uygundur. Mevcut toprak koşulları iyi değilse sıkıştırılmış veya ayrılmış kum veya çakıldan oluşan 15 cm'lik bir taban oluşturulmalıdır. Beton veya asfaltla kaplanmış taban genelde lükse kaçır. Bu tip bir taban çamur problemini, teçhizatların çalışmasını ve tabanın muhafazası ile ilgili problemleri azaltır. Ayrıca komposta karışan taş miktarını da en aza indirir. Bununla beraber maliyeti yüksektir ve idare edilmesi gereken yüzeysel akış suyunu artırır. Geçirimsiz bir yüzey sadece toprak drenajı iyi ve su seviyesi yüksekse (1,2-1,5 m) geçirimsiz bir taban gerekir.

5.2.5.2. Diğer Çalışma Yüzeyleri

Beton veya asfalt yüzeyler özel aktivite alanlarında bazen faydalıdır. Ham maddelerin kepçeli bir yükleyiciyle karıştırıldığı, toplandığı ve nemli ham maddelerin depolandığı kısımlardan oluşur. Bu alanlar kompost tabanından daha küçük olduğundan beton veya asfaltın maliyeti daha azdır. En iyi durumda eldeki çiftlik olanakları kullanılabilir.

5.2.5.3. Yollar

Kompostlama arazisine giriş ve çıkışlar tüm kompostlama sezonu boyunca işlevsel olmalı ve araç yüklerini karşılayabilir kapasitede olmalıdır.

5.2.5.4. Elektrik

Yığınların üfleyicilerle havalandırılması, burgular ve konveyör gibi ekipmanların çalışması için elektrik gerekir. Eğer güç gerekliyse enerji ve elektriği kompost alanına getirmek için maliyet hesaplanır. 10 beygir gücünden büyük elektrik motorları için üç fazlı elektrik servisi gerekir.

5.2.5.5. Su

Su gereksinimi ham maddelere ve mevsime bağlıdır. Çoğu durumda kompost alanında suya ihtiyaç yoktur. Kuru madde karışımları için su kuru, sıcak havalar sırasında veya başlangıçta gereklidir. Örneğin yaprak kompostlamasında 765 litre yaprak için 75 litre fazla su gerekir. Su

ihtiyacını karşılamak için tanklar ara sıra kullanılabilir.

5.2.5.6. Yangından Korunma

Yangın ham maddelerin çoğu için en büyük tehlike değildir. Bununla beraber büyük miktarda yaprak veya diğer kuru maddeler kompostlandığında uygun miktarda su sağlama ve/veya yangın söndürme teçhizatına ulaşmak için koşullar oluşturulur. Bu yol tasarımını ve yangın araçlarının girmesi için sıralı yığınları/yığınların arazindeki mesafeyi ve yerleşimini kısıtlayabilir.

5.2.5.7. Binalar

Çiftlik kompostlama işlemlerinin çoğunda binalar gereksiz olmasına rağmen bazı durumlarda avantajlı olabilir. Özellikle teçhizatın, ham maddelerin ve bitmiş kompostun depolanmasında. Kompostu örtme veya nemli ham maddeleri ve kompostu depolamak için kullanılan yapılar havalandırılmalı ve yüksek neme dayanıklı olmalıdır. Tipik çiftlik yapıları, açık kenarlı yapılar ve seralar kompost koşullarına uygundur. Metal binalar korozyona dayanıklı, teçhizat ve kuru madde deposu olarak kullanılmalıdır.

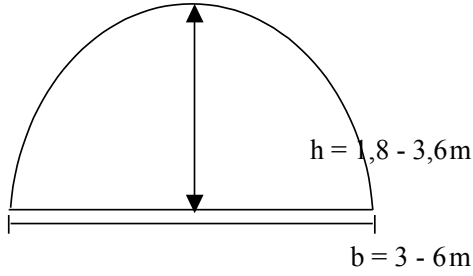
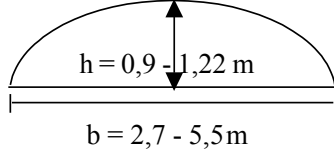
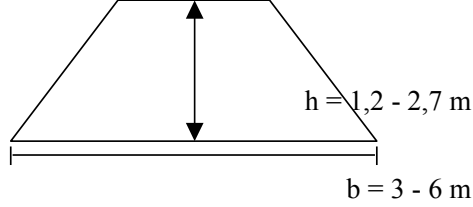
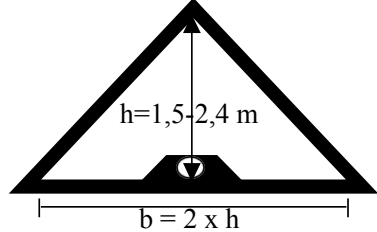
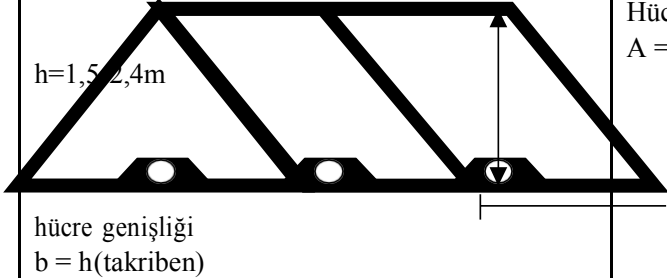
5.2.6. Arazi Koşulları

Arazi seçilen kompost metoduna ve ekipmana, araç güzergahına, ham maddelere, kompostu olgunlaştırma ve depolama için gereken araziye, koku, gürültü ve hava kontrolü için gereken tampon bölgeye bağlıdır.

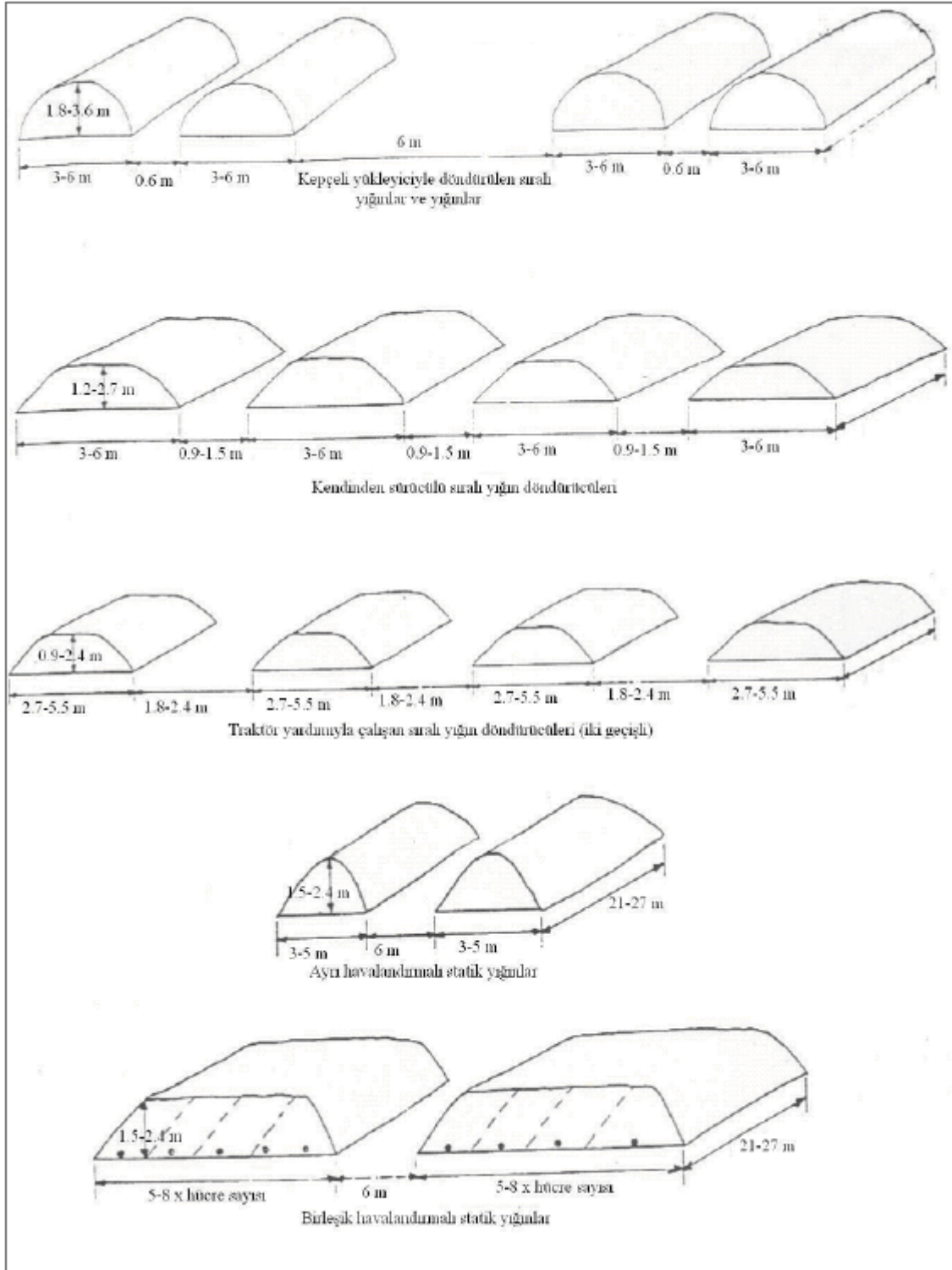
5.2.6.1. Kompost Tabanı İçin Gerekli Alan

Kompost tabanı için gereken alan; işlenen madde hacmine, sıralı yığınların şekline, uzunluğuna ve ekipmanı kullanmak için gereken arazi ihtiyacına göre belirlenir. Sıralı yığın/yığınların şekli, kompostlama metodu ve sıralı yığınlar/yığınları oluşturmak ve döndürmek için kullanılan teçhizata göre belirlenir. **Tablo 5.3** ve Şekil 5.13'te verilen madde hacimleri için kompostun taban alanını tahmin etmek için gereken temel bilgileri gösteriyor. İlave olarak Tablo 5.4'te tipik şekil ve büyüklüklerdeki sıralı yığınların ve yığınların enine kesitini göstermektedir.

Tablo 5.3 Tipik Sıralı Yığın Ve Yığın Şekilleri Ve Enine Kesit Alanları

Metot ve kullanılan teçhizat	Takribi şekil	Enine-kesitin alanı
Keççeli yükleyici ile döndürülen sıralı-yığın/yığınlar		$A = 2/3 \times b \times h$
Küçük traktör ile çekilen sıralı-yığın döndürücüleri veya ıslak malzemeli herhangi bir döndürücü		$A = 2/3 \times b \times h$
Kendinden itilen ve traktör ile çekilen sıralı-yığın döndürücüleri		$A = h \times \frac{(b + h)}{2}$
Az veya hiç döndürülmeyen ayrı havalandırılmalı statik yığınlar ve diğer yığınlar		$A = 1/2 \times b \times h$
Birleşik havalandırılmalı statik yığınlar		Hücre alanı $A = b \times h$

^a Bu formül tahminidir ve sadece genişliğin yüksekliğe eşit veya iki katı olduğu durumlarda kullanılır.



Şekil 5.13 Sıralı Yığınlar Ve Yığınlar İçin Uygun Boyutlar Ve Mesafeler

Tablo 5.4 Sıralı Yığmalar/Yığmaların Tahmini Kesit Alanı Kepçeli Yükleyiciyle Döndürülen Yüksek Parabolik Sıralı Yığmalar/Yığmalar

Yüksek Parabolik Yığın-Sırası/Yığmalar- Kepçeli Yükleyicilerle Döndürülen ^a

Genişlik (m)	Alan (m ²)						
	Yükseklik (m)						
	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,4	3,7
3	3,7	4,4	4,9	5,6	6,2	6,8	7,4
3,7	4,5	5,2	6	6,7	7,4	8,2	8,9
4,3	5,2	6	7	7,8	8,6	9,6	10,4
4,9	6	7	7,9	8,9	10	10,9	11,9
5,5	6,7	7,8	8,9	10	11,2	12,3	13,4
6,1	7,4	8,6	10	11,2	12,4	13,7	14,9

^a Alan = 2/3 genişlik x yükseklik

Üçgen Şekilli Statik Yığmalar ^b

Genişlik (m)	Alan (m ²)					
	Yükseklik (m)					
	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3
3	2,3	2,8	3,3	3,7	4,2	4,7
3,7	2,8	3,3	3,9	4,5	5	5,6
4,3	3,3	3,9	4,6	5,2	5,9	6,5
4,9	3,7	4,5	5,2	6	6,7	7,4
5,5	4,2	5	5,9	6,7	7,5	8,4

^b Alan = 1/2 genişlik x yükseklik

Hücreler-Ayrı Statik Yığmalar ^c

Genişlik (m)	Alan (m ²)					
	Yükseklik (m)					
	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3
3	0,9	5,6	6,5	8,4	8,4	9,3
3,7	1,1	6,7	7,8	8,9	10	11,2
4,3	1,3	7,8	9,1	10,4	11,7	13
4,9	1,5	8,9	10,4	11,9	13,4	14,9
5,5	1,7	10	11,7	13,4	15,1	16,7

^c Alan = genişlik x yükseklik

Trapezoidal Şekli - Yığın Döndürücüleriyle Döndürülen ^d

Genişlik (m)	Alan (m ²)					
	Yükseklik (m)					
	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
3	2,2	2,3	–	–	–	–
3,4	2,6	2,8	–	–	–	–
3,7	3	3,3	3,3	–	–	–
4	3,3	3,7	3,9	–	–	–
4,3	3,7	4,2	4,5	4,6	–	–
4,6	4,1	4,7	5	5,2	–	–
4,9	4,5	5,1	5,6	5,9	6	–
5,2	4,8	5,6	6,1	6,5	6,7	–
5,5	5,2	6	6,7	7,2	7,4	8,5
5,8	5,6	6,5	7,3	7,8	8,2	8,4
6,1	6	7	7,8	8,5	8,9	9,2

^d Formül : Alan = yükseklik x (genişlik –yükseklik). Bu formül tahminidir ve genişlik yalnızca yüksekliğe eşit veya büyük olduğunda kullanılabilir.

Alçak parabolik sıralı yığınlar – pasif havalandırmalı sıralı yığınlar, küçük sıralı yığın döndürücüleri veya ıslak maddeler ^e

^e Formül: Alan = 2/3 genişlik x yükseklik

Not: Yığın şekilleri **Tablo 5.3**'te gösteriliyor. Bu Tabloda ki enine kesit alanları bir sıralı yığın veya yığın içindeki ham maddelerin hacmini hesaplamakta kullanılır. Üst örtü tabakası ve taban hesaplamalarda ihmal edilir. Eğer taban veya yalıtkan bir örtü kullanılıyorsa sıralı yığın için gereken alanı değerlendirirken düşünülür.

Kompost alanını hesaplamak için;

- 1) Kompostlanan maddenin hacmi tahmin edilir. Genelde kompost maddeleri beraber karıştırılır, karışımın hacmi maddelerin teker teker hacimleri toplamından yaklaşık%20 daha azdır. Bu nedenle yeni oluşturulan sıralı yığınlar/yığınlardaki maddelerin hacmini bulmak için içinde bulunan farklı maddelerin hacimlerinin toplamı 0,8(%80) ile çarpılır. Gübreyi kompostlamak için gereken düzenleyici hacmi; genelde gübrenin hacminin 2 veya 3 katıdır. Eğer işlenecek gübrenin hacmi bilinmiyorsa Tablo 5.5'ten büyükbaş ve kümes hayvanlarının gübre üretim tahminlerinden yararlanılabilir.

- 2) Eldeki maddelerin günlük hacmi kompostlama süresi ile (maddenin sıralı yığında veya yığında kaldığı

Maddeler kompostlama sırasında hacim kaybına uğradıklarından sıralı yığınlar birkaç hafta sonra takviye e kullanılan ham maddeye bağlıdır, bu nedenle eğer biliniyorsa daha spesifik bir değer kullanılır.

Tablo 5.5 Taze Gübrenin Üretimi Ve Karakteristik Özellikleri(Altlıksız Ve Su İlave Edilmeden)

Bir Günde Üretilen Toplam Gübre Miktarı						
Hayvan Cinsi	Hayvan Ağırlığı (kg)	kg	m ³	L	Su %	Yoğunluk (kg/m ³)
Et sığırı	230	13,6	0,0141	14,4	88,4	961
Et sığırı	340	20,4	0,021	21,2	88,4	961
Et sığırı	455	27,2	0,028	28,4	88,4	961
Et sığırı	570	34	0,034	35,6	88,4	961
İnek	–	28,6	0,03	29,9	88,4	961
Süt sığırı	70	5,4	0,0053	5,7	87,3	993
Süt sığırı	115	9,1	0,009	9,1	87,3	993
Süt sığırı	230	18,6	0,018	18,9	87,3	993
Süt sığırı	455	37,2	0,037	37,5	87,3	993
Süt sığırı	635	52,2	0,0523	52,6	87,3	993
Buzağı	109 ^a	6,8	0,0068	6,8	97,5	993
At	454	20,4	0,0212	21,3	79,5	961
Kümes Hayvanları						
Et pilici	1	0,1	0,000068	0,1	74,8	961
Yumurta pilici	2	0,1	0,000099	0,1	74,8	961
Koyun	45	1,8	0,0017	1,7	75	1041
Domuz						
Yavru(6-10hft)	16	1	0,00107	1	90,8	961
Yetişkin	29	1,9	0,00198	1,8	90,8	961
12-26 hft.	68	4,4	0,0045	4,3	90,8	961
12-26 hft.	91	5,9	0,0062	5,7	90,8	961
Gebe domuz	125	4	0,0042	4,2	90,8	961
Dişi domuz ve altlık	170	15	0,0153	15,1	90,8	961
Yaban domuzu	159	5	0,0054	5,3	90,8	961

^a Ortalama hayvan ağırlığı

- 3) Sıralı yığınların veya yığınların muhtemel boyutları tahmin edilir. Eldeki ekipman ve kompostlama metodu temel alınarak yığının şekli ve boyutu belirlenir. Sıralı yığınlar

veya yığınların arazideki uzunluğu belirlenir. Araç giriş çıkışları (yaklaşık 3 m) için yığın bitimindeki boşluklar ve özel mülk sınırları, bataklıklar, dereler vs. gibi ayırma mesafeleri hesaplanır. Ayrıca peş peşe dizilen sıralı yığınlar arasındaki mesafe hesaplanır.

- 4) Tek bir sıralı yığın veya yığın hacmi hesaplanır. Sıralı yığın/yığının enine kesit alanının hesabı için Tablo 5.3 veya Tablo 5.4'teki formüller kullanılır. Sıralı yığınlar/yığınların hacmini bulmak için bu alan tahmini sıralı yığın/yığının uzunluğuyla çarpılır.
- 5) Gerekli sıralı yığın/yığın veya hücre sayısı toplam hacmin her bir sıralı yığın/yığın veya hücrenin hacmine bölünmesiyle bulunur.
- 6) Sıralı yığınlar/yığınlar arasındaki mesafeler için Şekil 5.13'e bakılır. Genişlik ile mesafenin toplamı ve bunun sıralı yığın/yığın sayılarıyla çarpımı tabanın genişliğini verir.

5.2.6.2. Olgunlaşma ve Depolama Tabanı İçin Gerekli Alan

Kompostu olgunlaştırma ve depolama için gereken alan kompostlanan organik madde miktarına, yığının yüksekliği ve yığınlar arası mesafeye, olgunlaşma ve depolama süresine bağlıdır. Üretilen kompostun hacmi genellikle orijinal maddenin yarısıdır. Bununla beraber yaprak gibi gevşek ve çözümlü maddelerin hacmi, kompostun hacminin %25'inden daha az olabilir. Depolama süresi kompostun nihai kullanımına bağlıdır. Kompost genellikle baharda ve yaz aylarında kullanılır veya satılır.

Kompostun olgunlaşması ve depolanması için gerekli alanın (m^3) cinsinden tahmini kompost hacmini (m) cinsinden ortalama yığın yüksekliğine bölerek bulunabilir. Yığın yüksekliği anaerobik koşulları önlemek için gereken sınırlar içinde yükleyiciler, konveyörler veya diğer madde işleme ekipmanlarının ulaşımına göre belirlenir. Toplam alanda araçların hareketi ve yüklemesi için yeterli boşluk bırakılmalıdır.

Olgunlaşma ve depolama alanının tahmini kompost taban alanının %25'i ile (yaprak kompostlama için) kompost taban alanının iki katı (havalandırmalı statik yığınlar kullanarak kanalizasyon çamuru kompostlama için) arasında değişir.

Örnek Hesaplama: Kompost tabanının alanı ve düzeninin hesabı

60.000 tavuktan gelen gübre, testere talaşı ile beraber kompostlanacaktır. Çiftçi sıralı yığın

metodunu kullanmakta ve sıralı yığınları kepçeli yükleyici ile döndürmektedir. Tahmini kompostlama süresi 60 gündür. Kompost 1 ay (30 gün) olgunlaştırıldıktan sonra araziye uygulanmadan önce 3 aydan (90gün) fazla depolanacaktır. Kompost hacmi ham maddelerin hacminin %50'sine eşit olduğu varsayılacak.

Kompostun taban alanı hesabı:

1. Bir günde kompostlanan maddenin hacmi:

a. Tablo 5.5'ten bir et tavuklarının bir günde ürettiği gübre miktarına bakılırsa yaklaşık 0,000099 m³ olduğu okunur;

$$60.000 \text{ tavuk} \times \frac{0.0000991 \text{ m}^3 \text{ gübre}}{\text{gün}} = \frac{6 \text{ m}^3 \text{ gübre}}{\text{gün}}$$

b. Testere talaşı. Karışımın formülünün 3 hacim testere talaşına 1 hacim gübre olduğunu kabul edilir;

$$\frac{3 \text{ m}^3 \text{ testere talaş}}{\text{m}^3 \text{ gün}} \times \frac{6 \text{ m}^3}{\text{gün}} = 18 \text{ m}^3 \frac{\text{testere talaş}}{\text{gün}}$$

$$\text{Maddelerin toplam günlük hacmi} = 6 + 18 = 24 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Maddelerin karıştırılmasıyla oluşan hacim azalmasının %20 olduğu kabul edilir ve karışımın toplam günlük hacmi 0,80 ile çarpılırsa;

$$\text{Karışımın günlük hacmi} = 24 \times 0,8 = 19 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ bulunur.}$$

2. Kompost tabanı üzerindeki madde hacminin hesabı:

$$\text{Toplam madde hacmi} = 60 \text{ gün} \times 19 \text{ m}^3/\text{gün} = 1140 \text{ m}^3$$

Sıralı yığınlar hacimce azaldığı için birleştirilirler. Çekme faktörü 0,75 olarak kabul edilir;

$$\text{Ayarlanmış toplam madde hacmi} = 1140 \text{ m}^3 \times 0,75 = 855 \text{ m}^3$$

3. Sıralı yığın boyutunun hesabı

Araziye 46 m uzunluğunda sıralı yığınlar serildiği ve kepçeli yükleyici ile 2,4 m yüksekliğinde ve 4,3 m genişliğinde sıralı yığın oluşturulabildiği kabulü yapılır. Bu ebatlar ile yığın içinde yeterli hava akımının sağlandığı kabul edilir.

4. Tahmini sıralı yığın hacminin hesabı:

Tablo 5.3'ten sıralı yığının enine kesit alanı;

$$A = \frac{2}{3} \times b \times h = \frac{2}{3} \times 2.4 \times 4.3 = 6.8 \text{ m}^2 \cong 7 \text{ m}^2$$

veya Tablo 5.4'ten 2,4 m yüksekliğinde ve 4,3 m genişliğindeki sıralı yığının alanı 7 m² olarak okunur.

$$\text{Sıralı yığın hacmi} = \text{alan} \times \text{uzunluk} = 7 \text{ m}^2 \times 46 \text{ m} = 322 \text{ m}^3$$

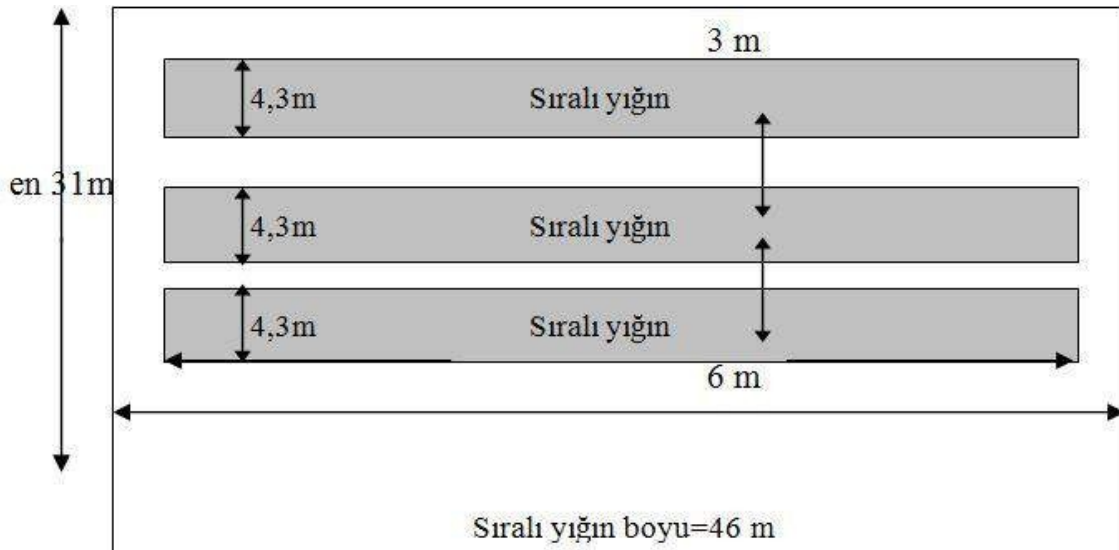
5. Sıralı yığın sayısının hesabı:

$$\text{Sıralı yığın} = \frac{\text{Toplam madde hacmi}}{\text{Tek bir sıralı yığının hacmi}} = \frac{855 \text{ m}^3}{322 \text{ m}^3} = 2,65 \cong 3 \text{ yığın}$$

3 sıralı yığın olduğu bulunur.

6. Sıralı yığınlar arasındaki mesafelerin tasarımı ve taban genişliğinin hesabı:

Not: Sıralı yığınlar birleştirilmeden önce birkaç defa döndürülmesi gerekir bu yüzden mesafeler döndürücü teçhizatların her iki taraftan kolayca erişebileceği büyüklükte seçilir.



Toplam taban alanı :

$$31 \text{ m en} \times 52 \text{ m boy} = 1612 \text{ m}^2$$

Olgunlaşma Tabanı için gereken alanın hesabı:

Olgunlaşma yığınlarının 1,2 m yüksekliğinde, 5.5 m eninde ve ortalama 1,2 m yüksekliğinde olduğu ve ucuca yığıldığı kabul edilir(yığınlar arasında boşluk yok).

1. Olgunlaşma alanındaki kompost hacminin hesabı:

$$19 \text{ m}^3/\text{gün} \times 30 \text{ gün} \times 0,5 \text{ çekme faktörü} = 285 \text{ m}^3$$

2. Yığın sıralarının oturduğu alanın hesabı:

$$\text{Olgunlaşma alanı} = \frac{\text{olgunlaşma hacmi}}{\text{ortalama yığın yüksekliği}} = \frac{285 \text{ m}^3}{1,2 \text{ m}} = 237,5 \text{ m}^2$$

3. Aşağıda yığınlar arası mesafe ve teçhizat giriş çıkışı gösterilmiştir

Kompostu depolama için gereken alanın hesabı:

Kompostun ortalama 2,4 m yüksekliğindeki birleşik yığınlarda depolandığı kabulü yapılır.

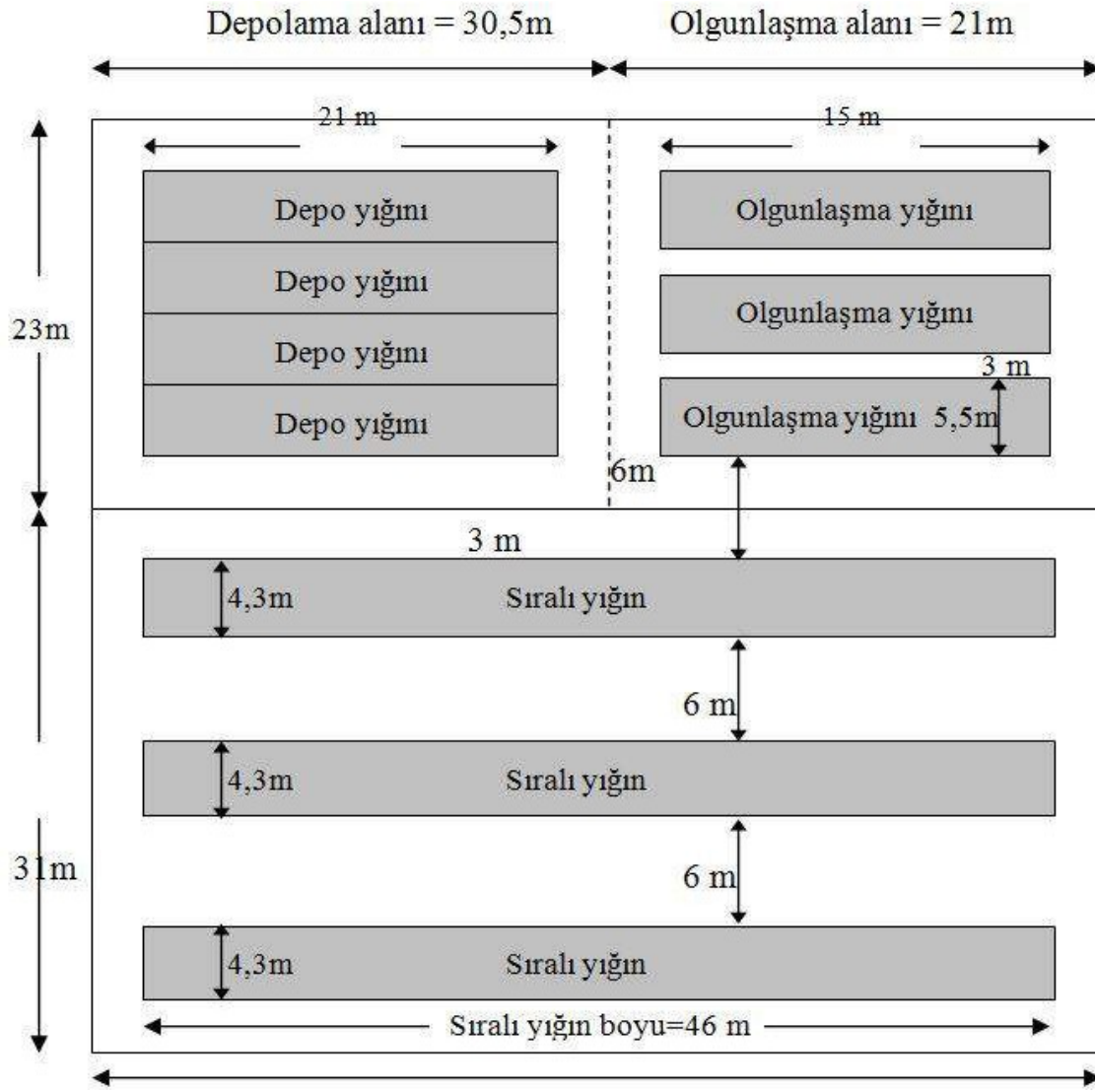
1. Depolama alanında

$$19 \text{ m}^3/\text{gün} \times 90 \text{ gün} \times 0,5 \text{ çekme faktörü} = 855 \text{ m}^3$$

2. Depo yığınlarını oturduğu alanın hesabı

$$\text{Depo alanı} = \frac{\text{Depo hacmi}}{\text{Ortalama yığın yüksekliği}} = \frac{855 \text{ m}^3}{2,4 \text{ m}} = 356 \text{ m}^2$$

3. Yığınlar arası mesafe ve teçhizat giriş çıkışı:



Taban boyu = 52 m

6. KOMPOSTUN KULLANIMI, PAZARLANMASI VE ÇİFTLİKTE KOMPOSTLAMANIN EKONOMİSİ

6.1. KOMPOSTUN KULLANIMI

Kompost tarım, havancılık, fidancılık, peyzaj düzenlemesi, çiçekçilik ve ormancılıkta yaygın kullanılır. Ziraî ve bahçe bitkilerinin üretiminde, orman ve fidelerde, arazide veya konteynırlarda (saksılarda) yetiştirilen bitkilerde, şifalı otların yetiştirilmesinde kullanılabilir. Aynı zamanda tarım topraklarının organik maddelerini, verimliliğini muhafaza etmek için; peyzaj oluşturmak; terk edilmiş maden ocaklarını tarıma elverişli hale getirmek; ve katı atık depo alanlarını örtmek için kullanılır.

Her üreticinin mevcut kompostu ayırma şekli üretilen miktara, çiftlikte ki ihtiyaca ve çiftlik dışındaki pazara bağlıdır. Kompostu çiftlikte kullanarak maliyet ve pazarlama yönetimi azaltılabilir. Böylece kompost kullanımı için ilk basamak kompostun üretildiği yerde kullanılabilirliğini belirlemektir.

6.1.1. Kompostun Faydaları

Kompost ilavesi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir. Kompost organik maddelerin kısmen stabil olan bir formudur. Kompostun toprağa ilave edilmesi ile ham yoğunluk azalır. Kompost sıkı toprakların havalanmasını ve drenajını, kumlu toprakların ise su tutma kapasitesini iyileştirir ve bir arada tutar. Kompost ayrıca toprağın değiştirme kapasitesini (toprağın nütrient tutma gücü) artırır ve toprağı bir arada tutar. Saksı karışımlarında kompost; köklerinin kolayca büyüebilmesi için gereken maddelerin çoğunu sağlar. Diğer maddeler ile beraber kullanıldığında kompost su ve nütrient tutma kapasitesini artırır; ilaveten kök büyümesi için gereken hava boşluğu miktarını artırır. Kompostun pH'ı genellikle nötrale yakındır. Bu ziraî ürünlerin çoğunda istenen bir pH'tır.

Komposttaki bitkisel besi maddelerinin çoğu organik formdadır. Bunlar mikrobiyal aktivite sonunda atmosfere bırakılırlar. Sonbaharın son ayları, kış ve ilkbaharın başlarında toprak serin olduğundan toprağın mikrobiyal aktivitesi azalır. Bu yıkanabilir besi maddelerinin miktarını azaltır.

Bitki ve hayvan kalıntılarından oluşan kompost iz elementler dahil bitki büyümesi için zorunlu olan nütrientlerin tümünü barındırır. Ayrıca kompost bazı bitki nütrientlerini elverişli hale getiren hümik asit içerir. Bununla beraber azot, fosfor ve potasyum gibi nütrientlerin

bazıları bitki büyümesini hızlandırıcı miktarda bulunamayabilirler.

Yıllık azot minerilizasyon oranı veya bulunabilirliği, toprak sıcaklığı, havalandırma ve neme bağlı olarak kompost içindeki toplam azotun %8 ile %12'si arasındadır. Komposttaki fosfor miktarı ticari gübredekinin %25-40'ı olabilir. Kompost ilk yıl kullanılabilir olduğundan ürünler için az miktar azot, fosfor ve potasyum kullanılabilir. Bununla beraber kompost toprağa uygun oranlarda karıştırılırsa bitkilerin çoğunu birkaç yıl boyunca sağlıklı tutar. Kompostun zirai topraklarda ki yararı üzerine yapılan çalışmalar ilk uygulamadan 8 yıl veya daha fazla süre boyunca ölçülebilir yararları olduğunu göstermiştir.

Kompostun biyolojik özellikleri tamamıyla anlaşılmamıştır. Kompostun mantar öldürücü ilaçları ve hastalığa sebep olan mikroorganizmaları yok edici yararlı organizmaları içerdiği bilinmektedir.

Kompostun bahçivanlıkta, saksı karışımlarında ve fide yataklarında kullanımı ile mantar öldürücü ilaçların kullanımı azalmıştır. Kompostun ağaç ve funda yetiştiriciliğinde mantara yardımcı *mycorrhizae*'nin büyümesini destekleyerek yararlı olduğunu göstermiştir. Bu mantarlar bazı bitkilerin büyümesi için zorunludur. Bunlar özellikle terk edilmiş madenler ve depo alanları örtüsü gibi bozulmuş topraklardaki veya hastalık yapıcı organizmaları, böcekleri, zararlı ot ve iplik kurdu kontrolü için sterilize edilmiş topraklardaki vejetatif örtünün saptanmasında önemlidir.

6.1.2. Kompost Kalitesi

Kompostun kalitesini kontrol etmede iki tür yaklaşım vardır; kompostun kalitesine göre nihai kullanımın belirlenmesi veya nihai kullanıma göre kompostun kalitesinin belirlenmesidir. Dikkat edilmesi gereken; kullanılacak yaklaşımın kompost operasyonunun amaç ve öncelikleri ile ham maddelerin bulunabilirliğine bağlı olarak seçilmesidir. Her iki yaklaşımda kompostun kalitesi ve kullanımı ile yakından ilişkilidir.

Sürekli olarak yüksek kaliteli bir kompost üretimi özellikle kompostun sadece çiftlikte kullanılmadığı ancak pazarlandığı durumlarda önemlidir. Eğer kompost saksı bitkiler gibi yüksek değerli ürünlerde; besi bitkilerinde; fide yatakları gibi hassas bitkilere tatbik edilecek veya toprak ve diğer katkı maddeleriyle beraber kullanılacaksa kompost kalitesinin önemi daha da artar. Diğer açıdan kompost sadece tarladaki ürünlerde, toprak düzenleyicisi olarak çiftliklerde ve fide dikmeden önce ilave edilecekse; üretilen kompostun kalitesi daha az önem arz eder. Partikül boyutu gibi kriterler bazı çiftlik uygulamalarında önemli değildir. Ayrıca

toprak düşük kaliteli kompostun muhtemel ters etkilerini tamponlar.

Kompost kalitesi genellikle partikül boyutu; pH; eriyen tuzlar; stabilite ve zararlı otlar, ağır metaller, fitotoksik bileşikler ve yabancı maddeler gibi toprakta istenmeyen bileşenlerin varlığına bağlıdır. Kalite ayrıca yığından yığına ürünün üniformluğu ile de belirlenir.

Partikül çapı 1,27 cm'den daha küçük, pH'ı 6 ile 7.8 arasında, çözülür tuz seviyesi 2,5 $mmho^4/cm^2$ 'den daha az, düşük solunum oranı, zararlı ot olmayan ve bileşen konsantrasyonları EPA'nın ve ülke standartlarının altında olan kompostun bir çok kullanım alanı vardır. Solunum oranı oksijen tüketimine göre belirlenir ve stabilite ile ilgilidir. Kompost karakteristikleri bu standartları sağlamazsa kullanım alanı sınırlanır. Örneğin, çözülür tuz seviyesi 2,5 $mmhos/cm^2$ 'den fazla olan kompost bitkilerde kullanılmadan önce diğer maddelerle seyreltilmiş olmalıdır. pH'ı 7,8'den büyük olan kompost yüksek pH'a ihtiyacı olan asidik topraklar veya ürünlerde kullanılabilir. Tablo 6.1 son kullanımına bağlı olarak kompost kalite kılavuzuna bir örnektir.

Kompostun fiziksel ve kimyasal özellikleri ham maddeleri etkiler. Örneğin bahçe atıklarından yapılan kompostun nütrient seviyesi, kanalizasyon çamuru veya hayvan gübrelere yapılan komposta göre daha düşüktür. Farklı hayvan gübrelere yapılan kompostun nütrient içeriği değişiktir. Kompostlamadan önce ham maddelerin işlenmesi pH, çözülür tuz konsantrasyonu ve kompostun diğer karakteristiklerini etkiler.

Ayrıca olgunlaşma kompostun kalitesini etkiler. Üç veya dört aylık bir kompostun pH'ı düşük, daha ince yapılı ve nitrat-azot konsantrasyonu daha yüksektir. Bununla beraber pH yalnızca ham maddelere kireç ilave ederek değiştirilebilir. Zamanla daha büyük partiküller bozunur ve daha küçük partiküller birikir.

⁴ mmho: milimho. Bir mho'nun binde biri. mho çözülebilir tuz konsantrasyonunu ölçerken elektrik iletkenliğini ifade etmede kullanılan bir birimdir.

Tablo 6.1 Nihai Kullanımına Bağlı Olarak Kompost Kalite Kılavuzu

Karakteristik	KALİTE HATLARI			
	KOMPOSTUN NİHAİ KULLANIMI			
	Saksı Toprağı Sınıfı	Saksı Malzemesi İyileştirme Sınıfı	Üst Giydirme Sınıfı	Toprağı İyileştirme Sınıfı
Tavsiye edilen kullanım	İlave karıştırmasız büyüme ortamı olarak	Saksı ürünleri için pH<7,2'de büyüme ortamını formüle etmede	Esasen üst giydirme	Tarım topraklarını düzeltme,bozulmuş toprağın onarımı, pH'ı 7,2'den az olan peyzaj bitkilerinin bakımı ve onarımı
Renk	Koyu kahve veya siyah	Koyu kahve veya siyah	Koyu kahve veya siyah	Koyu kahve veya siyah
Koku	İyi, toprak kokusunda olmalı	İstenmeyen koku olmamalı	İstenmeyen koku olmamalı	İstenmeyen koku olmamalı
pH	5,0-7,6	Aralık tanımlanmalıdır	Aralık tanımlanmalıdır	Aralık tanımlanmalıdır
Partikül boyutu	<13 mm	<13 mm	<7 mm	<13 mm
Çözülür tuz konsantrasyonu (mmho/cm)	<2,5	<6	<5	<20
Yabancı maddeler	Cam, plastik ve 3-13cm çaplı yabancı partiküllerin ıslak karışımının %1'inden fazlasını içermemeli	Cam, plastik ve 3-13cm çaplı yabancı partiküllerin ıslak karışımının %1'inden fazlasını içermemeli	Cam, plastik ve 3-13cm çaplı yabancı partiküllerin ıslak karışımının %1'inden fazlasını içermemeli	Cam, plastik ve yabancı partiküllerin ıslak karışımının %5'inden fazlasını içermemeli
Ağır metaller	Sınırsız kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı	Sınırsız kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı	Sınırsız kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı	Sınırsız kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı
Solunum oranı (mg/kg.saat)	<200	<200	<200	<400

Nihai kompostun kalitesi depolama koşulları ile yakından ilgilidir. Mikroorganizmaların ilk aktivitesinin yavaşlaması ve sıcaklığın düşmesine rağmen kompostlama tamamlanmaz. Kompostlama tüm karbon kaynakları tüketilene kadar yavaşça devam eder. Bunun anlamı ilk kompostlama periyodundan sonra kompostun kuru olacak veya tüm yığında aerobik solunuma izin verecek kadar küçük yığınlar şeklinde depolanması gerektiğidir. Anaerobik veya bozulmuş kompost koku oluşturur. Alkol ve organik asitler içerir. Bu anaerobik yan ara ürünler bitkilere zarar verir. Anaerobik kompostun bitkilere veya sığ köklere uygulanması bunların anında yok olmasına sebep olur. Eğer kompost çok uzun süre anaerobik koşullarda depolanırsa pH 3'e kadar düşer. Bu pH düşüklüğü geçicidir ama bu kompostun bozulmuş olduğunun bir göstergesidir.

6.1.3. Kompostun Kalitesini Saptama

Kompost yüksek kalite gerektiren bir kullanım için pazarlanacaksa kalite kontrol laboratuvarı kurulması ve/veya bağımsız laboratuvarlarda kompostun test edilmesi gerekir.

Kompost nütrient analizine göre satılıyorsa veya çevresel düzenlemeler kompostun araziye uygulaması için spesifik analizleri şart koşuyorsa analizler düzenli yapılmalıdır. Kompostun araziye uygulama oranını belirlemek için ara sıra nütrient analizlerinin yapılması gerekir. Ayrıca komposttaki muhtemel zararlı bulaşkan maddelerin tespit edilmesi içinde test edilmesi gerekir. Test edilecek bulaşkan madde kaynağına ve çevresel düzenlemelere bağlıdır. Evsel ve sanayi çamurları ve bazı işlem atıkları gibi maddelerde en fazla ağır metaller analiz edilir. Eğer kompost hassas arazilerde kullanılacaksa; fitotoksik bileşikler, herbisitler veya pestisitlerin analiz edilmesi gerekir. Örneğin çok miktarda karton içeren bir kompost karışımında karton yapıştırıcılarından kaynaklanan bor maddesi olabileceğinden bor analizi yapılmalıdır. Ayrıca çiftlik dışından gelen kimyasal bileşikleri de bilmek önemlidir. Bu bilgilerin bazıları literatürden edinilebilir ama en iyi kaynak ham madde satıcılarıdır.

Eğer yüksek kaliteli bir kompost üretilecekse analizlerin sıkça yapılması özellikle önemlidir. Laboratuvar analizleri için numunenin, maddenin tümünü temsil ettiğinden emin olmak gerekir. Her yığın elenirken 15 veya 30 dk aralıklarla 0,5 litrelik laboratuvar numuneleri alınmalıdır. Her bir kısımdan alınan numuneler karıştırılarak kompozit numune oluşturulur. Bu bilgi yığın numarası ve tarihiyle raporlanır.

Nem muhtevası, yoğunluk, pH, çözülebilir tuzlar ve partikül boyut dağılımı gibi karakteristikler sınırlı laboratuvar imkanlarıyla analiz edilebilir. Eğer ürünlerdeki partikül çapının

1,27 cm'yi geçmemesi isteniyorsa 1,27 cm açıklıklı elek kullanılmalıdır. Numune eleğe konulur ve en azından %95'i elekten geçiyorsa ürün standardı sağladığını gösterir.

Solunum oranı, nütrient konsantrasyonu, ağır metaller ve kimyasal bileşikler gibi testler müstakil bir laboratuarda yapılır.

6.1.4. Kompostun Kullanılabilirliğini Belirleme

Kompost kütlelerinin ısı atmosfer seviyesine indiğinde ve kütlelerin merkezindeki oksijen konsantrasyonu birkaç gün %5'den yüksek ise kullanılmaya hazırdır. Ölçümler kompostun en azından %50 nem içeriğinde ve ısınması için yeterli hacimde olduğunda yapılması gerekir. Kompostun ne derecede olgunlaştığını anlamak için analitik metotlar geliştirilmesine rağmen tek bir metot güvenilir değildir.

Kompost büyüme sezonunda toprağa katıldığında yeterince çözünmelidir. Yüksek C:N oranlı organik madde ile bitki kökleri topraktaki kullanılabilir azot için rekabete girerler. Organik maddedeki karbonu sindiren mikroorganizmaların azotla birleşme eğilimi daha fazladır. Bu genç, yeni filizlenmeye başlayan veya yeni ekilen bitkilerde kullanıldığında daha zararlı olabilir. Toprakta veya uygun kompostlanmamış maddelerde ıslah edilmiş saksı malzemesinde büyüyen bitkilerin büyümesi durur ve dip yapraklar genellikle sararır ölür. Bu problem kompost işlemi sırasında fazla azotlu gübre ilavesiyle önlenmesine rağmen, belirtiler genellikle bitkiler bodurlaşmaya kadar gözden kaçırılır. Belirtilerden sonra bu sorunu önlemek genellikle yararsızdır.

Aktif kompostlama periyodundan sonra kompostta bulunan kullanılabilir azotun çoğu amonyum formundadır. Bahçe bitkilerinin çoğu amonyum azotunu absorblamasına rağmen bir çoğu konsantre miktarıyla zarar görür. Amonyumun nitrat azotuna dönüşmesi yaklaşık üç ay sürer. Genç bitki kökleri amonyumu genellikle olgun bitkilerden daha verimli absorblayabilir. Bu nedenle seçici olmak gerekir. Farklı olgunluk seviyelerindeki kompost sadece bazı bitki türleri için ve bazı büyüme basamaklarında kullanılabilir. Yaban mersini, açelya, rododendron(yaprak dökmeyen büyük çiçekli kuru ağaç), defne ağaçları, andromeda ve leucothoe gibi ericaceous türler azotlarının hepsini amonyum formunda absorbe ederler. Bunun yanında çoğu çayır otları, çiçek açan mevsimlik bitkiler, daimi otsu bitkiler ve nebatî bitkiler azotun çoğunu nitrat olarak absorblarlar. Amonyum toprağın serin olduğu ilkbahar mevsiminde daha kolay absorblanır; ama sonbaharda bu bitkiler olgunlaştığından nitrat azotu tercih edilir. Kompostta yüksek konsantrasyonlarda amonyum ilavesi büyüme geçici olarak

durdurur ve hassas türlerin yapraklarını yakar.

6.1.5. Kompostun Konteynır Ürünleri Ve Saksı Karışımlarında Kullanımı

Konteynırda yetiştirilen bitkiler ve peyzaj bitkilerinin değerleri yüksektir. Yığınlar arasındaki kompost kalitesinin değişmesi sorun yaratır. Bu nedenle yüksek kaliteli standartlar oluşturulmalı ve korunmalıdır. Bu tüm yığınların pH, çözülebilir tuzlar, solunum oranları ve partikül boyutlarının test edilerek önlenmesini sağlar.

Saksı karışımlarının formülasyonunda kullanılan kompostun miktarı büyüyen türlere ve diğer kullanılan maddelere bağlı olarak %20 ile %33 arasında değişir. Kompost nadiren saksı maddesi olarak da kullanılır, bunun nedeni aşırı gözenekli ve genellikle çözülebilir tuz seviyesinin aşırı yüksek olmasından kaynaklanır. Bitkisel transplantasyonların büyümesi için *turba yosunu*, ve *perlit*, yer *Styrofoam* veya *vermiculite*⁵’den oluşan bir karışım kullanılır. Altlık oluşturmak için kullanılan yaygın bir karışım: %25 kompost; %50 turba yosunu; ve %25 perlit, yer styrofoam veya vermiculite ile yapılır. Konteynırdaki otsu ve odunsu dekoratif bitkileri yetiştirmek için eşit miktarda kompost, işlenmiş kum, turba yosunu veya öğütülmüş çam ağacı kabuğundan oluşan bir karışım yapılır. Öğütülmüş çam ağacı kabuğu içeren karışımın su tutma kapasitesini arttırmak için genellikle hacminin %10’u kadar turba yosunu eklenir.

Saksı karışımlarını formüle ederken kompost kullanılırsa iz elementleri karıştırmaya gerek kalmaz. Bitkilerin büyümesi için gereken iz elementler zaten kompostun bünyesinde vardır.

Kompostlu saksı karışımlarında büyüyen bitkilere büyümenin ilk 2. veya 3. haftasında sıvı gübre karıştırılmamalıdır. Bu süre zarfında bitkiler için yeteri kadar azot, fosfor ve potasyum kompostta vardır. Bitki bu esnada sadece suya ihtiyaç duyar. Saksıya diktikten sonra 2. ve 3. haftalarda sürekli veya kesikli sıvı gübre programına başlanmalıdır. Reçine ile kaplanmış yavaş bırakan gübreler herhangi bir kompost düzenleyici saksı karışımıyla karıştırılabilirler.

Toprak analizi konteynırdaki bitkilerin büyümesinde sıkça yapılan bir uygulamadır. Bununla beraber, kompost içeren saksı malzemesindeki pH ve çözülebilir tuzların gerçek ölçümlerini elde etmek için testi karıştırmadan en az iki hafta ertelemek gerekir. Bu bekleme periyodu

⁵ Saksı toprağında düzenleyici olarak kullanılan doğal bir mineral

düzenleyicilerin tümünün kimyasal özelliklerinin dengelenmesi için gereklidir. Karıştırma işleminden sonra malzeme saksı kapasitesine kadar nemlendirilir ve kapalı polietilen (PE) torba içinde, oda sıcaklığında depolanır. pH ve çözülebilir tuzların yaklaşık değerleri depolamanın birinci haftasından sonra ölçülebilmesine rağmen; gerçek değerini elde etmek için fazladan bir hafta daha beklenir. Kompostlamadaki pH ve çözülebilir tuzların ölçülmesi için tavsiye edilen test prosedürlerinin aynısı saksı karışımındaki pH ve çözülebilir tuzlarının ölçülmesinde kullanılmalıdır.

pH'ı istenen seviyeye getirmek için gereken kireç ve sülfür miktarı kompost ve diğer düzenleyicilere bağlıdır. Bu yüzden son tayin yapmak için küçük test numuneleri oluşturmak en iyisidir.

6.1.6. Kompostun Bahçelerde Ve Ürünlerde Toprak Düzenleyicisi Olarak Kullanımı

Kompostun araziye uygulanması, yapılan testlerin sonuçlarına ve yetiştirilecek ürüne bağlıdır. Toprak testi sonuçları hangi kompost sisteminin en avantajlı olduğunu ve kompostun ne kadar kullanılması gerektiğini anlamamıza yarar. Kompost ilk defa ve tekrarlı uygulanıyorsa toprak tahlillerinin yapılması tavsiye edilir. Bu nürient dengesizliğini önlemek ve kompostun verimli kullanılması için gereklidir.

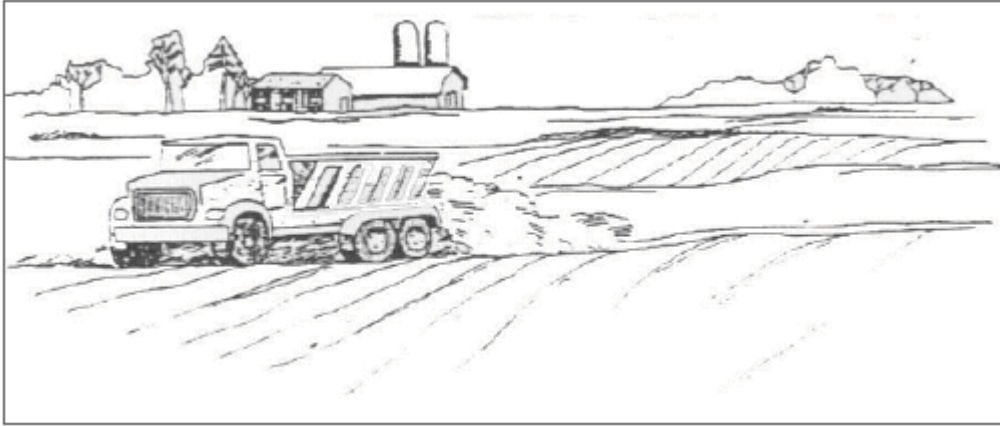
Toprağın nürient seviyesini, pH seviyesini ve ne kadar ürün yetiştirileceğini bilmek önemlidir. Bazı kompostlanmış maddeler fosforca zenginken diğer kompostlanmış ürünler fosforca fakir ama potasyumca zengin olabilirler. Kompostun pH'ı nötrale yakın olduğundan asidik toprakların pH'ını artırır ama alkali toprakların pH'ının düşmesine katkısı az olur. Kireçle takviye edilmiş kompost asitli topraklar için yararlıdır. Fakat pH'ı 6'dan fazla olan topraklarda sorun yaratabilir. Böyle bir durumda komposttaki kireç miktarı ihtiyaçtan daha fazla olmamalıdır.

Ürün ihtiyacı temel alınarak kompostun uygulama oranlarını belirlerken, ilk yıl bitki büyümesi için komposttaki azotun sadece %8-12'sinin kullanıldığını unutmamak gerekir. Azot muhtevası yüksek bir ürün için fazladan mineral gübre beslemesi yapmak gerekebilir. Kompostun uygulama oranı 123,5 kuru ton/ha veya 33 m³/m²'yi geçmemelidir. Toksik maddelerin (kanalizasyon çamuru ve katı atık) neden olduğu çevre kirliliklerini önlemek için daha üst limitler belirlenmiştir.

Maksimum izin verilen oranda kullanıldığında, kompost bitkinin ilk büyüme mevsimi boyunca ihtiyaç duyduğu nürientlerin çoğunu karşılar. Zamanla ortamdaki azot miktarı

azalır; bu yüzden genellikle ilk uygulamayı takip eden 2-3 yıl boyunca ilave potasyum ve azotlu gübre gereklidir. Bununla beraber bu oran toprak tipine ve yetiştirilen mahsule bağlı olarak değişir. Ürünlerde genellikle uygulamadan sonra 2. ve 3. yıllarda azot noksanlığı görülmemesine rağmen ürün/bitki optimum oranda büyüyemeyebilir.

Kompost arkadan veya yandan dökmeli gübre yayıcı ile araziye uygulanabilir. (Şekil 6.1) Kompostun üst giydirme malzemesi olarak uygulanması için; tohum yayıcı siklon tipi sürme cihazları veya modifiye edilmiş arkadan gübre boşaltan yayıcılar kullanılır. Üst giydirme kompostunun maksimum üniformlukta olması için nem miktarı %40'tan daha az olmalıdır. Kompost ayrıca arazi yüzeyine önden yükleyiciler ve arazi düzelticileri veya yol greyderleri ile de serilebilirler. Küçük arazilerde kompost kürekler ve tırmıkla uniform olarak serilebilirler. Genelde %50 su içeren 2,54 cm kalınlığında kompost tabakası 123 kuru ton/ha'a eşittir.



Şekil 6.1 Kompostun Araziye Uygulanması

6.1.7. Kompostun Özel Kullanımları

6.1.7.1. Ev Bahçelerinde Kullanımı

Ev bahçelerinde çözülebilir tuz konsantrasyonu düşük, yüksek kaliteli kompost kullanılmalıdır. Kompost toprak renginde ve kokusunda olmalı ve toprak içermemelidir. Bahçelerde toprak düzenleyicisi kullanım oranı toprak testlerinin neticelerine göre belirlenir ama $0,04 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 'yi geçmemelidir. Maksimum yararı sağlamak için kompost ekin zamanından hemen önce uygulanmalıdır.

6.1.7.2. Tarım Ve Bahçe Bitkilerinde Ve Peyzaj Amaçlı Kullanımı

Toprak düzenleyicisi ile aynı kalitede kompost; tarım ve bahçe ürünleri ve peyzaj için üst toprağın imalinde kullanılabilir. Bu kompost çoğunlukla toprakla karıştırıldığından yoğunluk, pH ve çözülebilir tuz seviyesi tehlike arz etmez. Bununla beraber kompost-düzenleyici arazisinde büyüyen besi ürünlerinde fazlaca kullanıldığında, kompostun ağır metal ve bulaşıcı madde seviyeleri çevre standartlarında belirlenen değerleri aşmamalıdır. Uygulama oranı toprak tahlillerinin sonuçlarına göre belirlenmeli ve uygulamanın oranı 1 hektarda 50 kuru tonu aşmamalıdır. Üst örtü toprağı üretilirken; kompostun toprağa hacimce oranı 1/3'ü geçmemelidir. İstenilen pH'ı sağlamak için kireç ilave edilebilir.

6.1.7.3. Besi Amaçlı Yetiştirilen Ürünlerde Kullanımı

Yeme amaçlı yetiştirilen ürünlerin yetiştirilmesi için gerekli minimum çevresel standartları karşılayamayan kompost fidanlar ve ağaç fidelerinde, arazi ve bahçede dekoratif bitkilerin yetiştirilmesinde; anayol ve golf pisti inşası; umumi bahçelerde ve peyzaj oluşturulmasında ve muhafazasında; bozulmuş arazilerin tarıma elverişli hale getirilmesinde kullanılabilirler. Çim biçmeyle ürün başına 50-60 ton toprağı giderir. Ürünler arasındaki her bir hektara 123,5 ton kuru kompostlu toprağın serilmesiyle ıslah edilmesi toprak üretkenliğini belirgin bir şekilde arttıran bir uygulamadır.

6.1.7.4. Tahsis Edilmiş Arazilerde Kullanımı

Aşırı derecede ağır metal ihtiva eden kompost sadece arazi depolamada örtü malzemesi olarak veya atık maddelerin bertarafı için tahsis edilmiş arazilerde kullanılabilirler. Uygulama oranı; toprak tahlillerinin neticelerine, yükleme sınırına ve ilgili düzenlemelere bağlıdır. Yüksek oranda kirlilik ihtiva eden kompostun veya orta derecede kirli kompostun tekrar tekrar kullanılması arazinin ömrünü azaltır.

6.1.8. Kompostun Bitki Hastalıklarının Kontrolünde Kullanılması

Kompost yüzlerce yıldır topraktaki bitki patojenlerinin neden olduğu hastalıkları kontrol etmek için kullanılmıştır.

Kompostun hastalık kontrol etme kalitesi, yapısındaki zararlı bitki patojenleri yok eden mikroorganizmaların varlığından kaynaklanır. Bununla beraber, kompostlama esnasında bitki patojenlerindeki azalma büyük role sahiptir. Ayrıca kompostun bazı fiziksel ve kimyasal faktörleri hastalık kontrolüne yardım eder.

Kompostlama işlemdeki aktif mikroorganizmaların ısı üretimi ile meydana gelir. Kompostlama sırasında sıcaklık 45-65 °C arasındadır. Zamanla bu yüksek sıcaklıklar sayesinde patojenler ve zararlı ot kaynakları yok edilir. Sıralı yığınlar ve statik yığınların üzerindeki kompostun izolasyon tabakasının sıkça döndürülmesi, yüksek sıcaklıklara üniform maruz kalmaya ve böylece patojenlerin ölmesine neden olur.

Organik madde stabilize olduktan ve sıcaklık 40 °C'nin altına düştükten sonra, normal toprak mikroorganizmaları kompostta tekrar koloni kurarlar. Bu mikroorganizmalar topraktaki patojenleri yok eden veya önleyen bir çok yararlı organizmaları içerir.

Komposttan açığa çıkan enerji rezervleri yararlı *mikroflora* ve *mikrofaunanın* aktivitesini destekler. Kompostun özelliği işlenmiş toprağın mikrobiyal taşıma kapasitesine etkisini tayin eder.

Üreticiler kompostla ıslah edilmiş substuratta ki mikrobiyal aktiviteyi ölçmek ve *Pythium*^{*6} kök çürüme potansiyelini tahmin etmek için çeşitli prosedürler geliştirmişlerdir. Bu prosedürler toprağın besisi durumu veya mikroflora durumu hakkında bilgi sağlar. Örneğin organik maddelerin fazlaca bozunduğu ve mineralize olduğu toprak aynı zamanda mikrobiyal aktivitesi düşük bir topraktır, bu da toprakta zararlı hastalıkların oluşmasına neden olur. Faydalı mikroflora için gereken enerjiyi karşılamak için uygun formda organik madde yıpranmış topraklara uygulanmalıdır. Sonbaharda uygulanan gübre veya fidan dikmeden haftalarca önce uygulanan kompostun böyle etkileri vardır.

Bitki için zararlı patojenlerin oluşmaması bakımından komposttaki organik maddelerin iyice stabilize olması önemlidir. Taze mahsul atıkları bir çok patojenin aktivitesini artırır. Bu yüzden kompostun hastalık önleyici olması için uygun derecede kompostlanması ve olgunlaşması gereklidir.

Kompostun kimyasal ve fiziksel özellikleri kompostun faydalı etkilerini arttırabilir veya azaltabilir. Örneğin tuzluluğu fazla olan kompost fidan dikmeden hemen önce uygulanırsa;

⁶ Çoğu bitkide tohum, fide ve kök çürümesine neden olan mantarimsi bir bitki patojenidir. Bu mantarlar nem muhtevası yüksek olduklarında en aktiftir

soya fasulyesinin *Phytophthora kök* çürümesini artırır. Eğer kompost fidan dikiminden aylarca önce uygulanırsa toprak su etkisiyle madeni tuzlarını kaybeder ve biyolojik kontrol gerekir ve pozitif etki sağlar. Özellikle ağaç kabuklarından hazırlanan kompost bazı bitki patojenlerini önleyen kimyasalları sağlar. Partikül boyutu, pH ve azot muhtevası gibi diğer faktörler ayrıca hastalık oluşumunu etkiler.

Bazı yaprak ve sap hastalıkları komposttan gelen su ekstratları ile su serpilerek kontrol edilebilir. Bu arıtmanın bitkiyi bazı yaprak patojenlerinden koruduğu söylenebilir.

6.1.9. Kompostun Araziye Uygulanması

Bir sıra üründe kompostun besin maddesi ihtivasına bağlı olarak bir hektar araziye 50 ton (ıslak baz)'dan fazla uygulanması tavsiye edilir. Ortalama uygulama oranı 12-24 ton/ha'dır. Eğer kompost toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmek için kullanılacaksa daha fazla oranlarda uygulanması gerekebilir. Otlaklar ve saman için uygulama oranı 17 ton/ha'dan fazladır.

Ağaç kabukları gibi kaba maddelerden yapılan kompost, erozyon kontrolü için kullanılabilir. Bununla beraber bu amaç için kullanılacak kompostun çözülebilir tuz seviyesinin analiz edilmesi gerekir. Kompost uygulama oranlarının özellikle ağır topraklarda 248 ton/ha'ı aşmamalıdır. Uygulama oranlarının yüksek seçilmesi toprak kontrolünü zorlaştırır. Kompost genellikle %50 su içerdiğinden, ıslak bazda 100 ton kompost, kuru bazda 50 ton'a eşittir.

Toprak analizi sonuçlarına göre ilk uygulama için ıslak bazda 124-371 ton/ha miktarında ve peşpeşe ekimlerde ilk uygulama oranının dörtte biri veya üçte biri kadar kompost kullanılır. Çayüzümü üretiminde elenmemiş kompost veya kompostlanmış saman örtüsü genellikle toprağı serin tutmak ve yavaş bırakılan besin maddelerini sağlamak için yılda bir uygulanır. Saman örtüsü genellikle 124-185 ton/ha arasında uygulanır.

Kompost araziye uygulanırken aşağıdakilere dikkat etmek gerekir:

- Kompost uygulanmanın ana gayesi,
- Örtülecek arazinin büyüklüğüne bağlı olarak kompostun miktarı,
- Kompostun toprağın tuzluluğuna etkisi,
- Faydalar ile ilgili olarak uygulama maliyeti.

Kompost tavsiye edilen maksimum uygulama oranlarında veya bu oranlara yakın kullanıldığında, ilk büyüme sezonunda besin maddesi gereksinimini sağlayabilir. Kompostun uygulama miktarı ve sıklığı ürün ihtiyacına, arazinin geçmişine (yakın zamanlarda araziye

kompost uygulanmışsa bu arazinin kompostta olan gereksinimini azaltır) ve yerel iklime bağlıdır.

Çiftlikte kompost arkadan serpicili veya yandan serpicili gübre yayıcıları kullanılarak uygulanabilir. Nem muhtevası %45'den fazla olan kompost topaklaşmaya meyil eder. Nem muhtevası %40'dan az olan kompost ise çok toz oluşturur.

Örnek: Kompostun araziye besi maddeleri için uygulanması

Çiftlikte yapılan kompost analizi sonuçlarına göre; toprağın nem muhtevası %50, ham yoğunluğu 593 kg/m³, fosfor (kuru bazda) %0,5, potasyum (kuru bazda) %0,1'dir.

Eğer bu kompost mısır yetiştirilecek araziye 112 kg N/ha oranında uygulanırsa (ilk yıl azotun mineralizasyon oranı %12 kabulüyle) bir hektar arazi için ıslak bazda 148 ton kompost gerekli olur.

$$148 \text{ ton/ha} \times \%50\text{katı} \times 907\text{kg/ton} \times \%1,5\text{N} \times \%12(\text{ilk yıl mineralizasyonu}) = 121 \text{ kgN/ha}$$

Kompostun ham yoğunluğu 593 kg/m³ olduğundan yetiştirilecek mısırın besi maddesi ihtiyacını karşılamak için bir hektar araziye 227 kg kompost uygulanmalıdır. Bir hektar araziye 336 kg P ve 672 kg K uygulanır. Bu uygulama oranlarının tekrarlanması toprakta P ve K birikmesine neden olur.

Eğer mısırın P ihtiyacı göz önüne alınırsa ve P'nin ilk mineralizasyon oranı ilk yıl için %30 kabul edilir ve mısır üretimi için bir hektar araziye 49 kg P gerekliyse her bir hektar araziye ıslak bazda 74 ton kompost gerekir:

$$74\text{ton/ha} \times \%50\text{katı} \times 907\text{kg/ton} \times \%0,5 \text{ P} \times \%30(\text{ilk yıl mineralizasyonu}) = 50 \text{ kgP/ha}$$

Kompostu uygulama oranları mısırın P ihtiyacına göre belirlenirse N ihtiyacı mineral N ilavesiyle sağlanabilir.

Kompost araziye ayrıca önden yükleyicilerle ve toprak düzelticileri veya greyderler ile serilebilir. Uygun partikül boyutu, nem muhtevası, kompost doğru oranda deneyim ve dikkatle araziye serilebilir. Küçük arazilerde kompost kürekler ve tırmıkla yayılabilir.

Kompostun gözenekli ve yoğun yapısı yüzünden arazi için gereken kompost miktarını tahmin etmek genellikle yararlıdır. Tablo 6.2 kompostun ham yoğunluğu temel alınarak oluşturulmuş olup, uygulama oranlarını ıslak bazda ton/ha'dan m³/ha'a çevirmekte ve uygulama için

gerekli kompost veya saman örtüsünün hacminin tahmininde kullanılır. Tablo 6.3'te ise m³/ha birimindeki uygulama oranlarını uygulama derinliğine çevirmede kullanılır. Her iki Tabloda da sıkışma olmadığı varsayımı yapılır.

Tablo 6.2 Ham yoğunluk temel alınarak hesaplanmış uygulama oranı dönüşümleri

Ham Yoğunluk (kg/m ³) Ton/ha (ıslak)	356	474	593	712	830	949	1067	1186
2,5	6,2	4,7	3,8	3,2	2,6	2,5	2,1	2,5
3,7	9,5	7,2	5,7	4,7	4	3,6	3,2	3,7
5	12,7	9,5	7,6	6,2	5,5	4,7	4,2	5
7,4	18,9	14,2	11,3	9,5	8,1	7,2	6,2	7,4
9,9	25,1	18,9	15,1	12,7	10,8	9,5	8,3	9,9
12,4	31,6	23,6	18,9	15,7	13,4	11,9	10,6	12,4
14,9	37,8	28,4	22,7	18,9	16,3	14,2	12,7	14,9
17,3	44	33,1	26,5	22,1	18,9	16,6	14,7	17,3
19,8	50,5	37,8	30,2	25,1	21,5	18,9	16,8	19,8
22,3	56,7	42,5	34	28,4	24,4	21,4	18,9	22,3
24,8	62,9	47,3	37,8	31,6	27	23,6	21	24,8
37,1	94,5	70,9	56,7	47,3	40,4	35,5	31,6	37,1
49,5	126,1	94,5	75,6	62,9	54,1	47,3	42	49,5
74,3	189	141,8	113,4	94,5	81,1	70,9	62,9	74,3
99	-	189	151,2	126,1	107,9	94,5	83,9	99
124	-	-	189	157,4	135	118	105	124
148,5	-	-	-	189	162	142	126	148,5
198	-	-	-	-	-	189	168	198
245	-	-	-	-	-	-	-	245

Tablo 6.3 Farklı Uygulama Derinliğine Karşılık Gelen m³/ha Değerleri

Kompost	Uygulama Kalınlığı(cm)	m ³ /ha ^a
	0,6	64,3
	1	94,5
	1,3	128,5
	1,9	190,9
	2,5	255,2
	3,8	381,8
	5,1	510,3
	6,4	635
	7,6	765,5

^a Sıkışmalar ihmal ediliyor**Örnek: Kompostun araziye uygulama oranının hesabı**

Verilenler: Nutrient analizleri ve ürün ihtiyacına göre gerekli uygulama oranı 30 kuru ton kompost/hektar'dır. Kompostun nem muhtevası %40 olduğu hesaplanmıştır. Kompostun ham yoğunluğu 533 kg/m³'tür.

İstenenler:

1. Bir hektar arazi için kaç m³ kompost gereklidir?
2. Bu uygulama oranı için kaç cm kompost serilir?

Çözüm:

1. Kompostun nem muhtevası %40 ve gereken uygulama oranı 30 ton/ha ise her bir hektar arazi için gereken kompostun miktarı;

$$30 \text{ kuruton/ha} / (1-0,4) = 50 \text{ ıslak ton/ha}$$

Tablo 5.2 kullanılarak, ve 474kg/m³ ve 593kg/m³ sütunlarının her ikisinde ele alınırsa(533 bu iki değer tam ortasına tekabül ettiğinden) 50ton/ha için uygulama oranları Tablodan sırasıyla 94,5 ve 75,6 ton/ha bulunur. Bu her iki değer aritmetik ortalaması ise 85 m³/ha'dır ve bu gerekli kompost hacmidir.

2. **Tablo 5.3** kullanarak kompost hacmi 85 m³/ha'a karşılık gelen uygulama derinliğinin 1cm civarında olduğu görülür.

6.2. TARIMSAL KOMPOSTU PAZARLAMA

Tarımsal kompostu satmadan önce ilk olarak bu kompostun nerede satılacağını düşünmek gerekir. Kompost pazarı yumurta veya diğer zirai ürün pazarlarından biraz farklıdır. Hedeflenen pazardaki müşterilerin ne kadar komposta ihtiyacı olduğu, bunun karşılığında ne kadar bedel ödeyecekleri ve istedikleri kompost kalitesi önceden saptanmalıdır.

6.2.1. Zirai Kompostun Pazardaki Konumu

Bir çok toplum kanalizasyon çamurları, bahçe atıkları ve katı atıkları arıtmak için kompostlamayı tercih ettiğinden kompost stoğunda artış olması beklenmektedir.

Çiftlikte kompost pazarlamanın en önemli kısmı; çiftlik kompostunu, atıktan oluşturulan komposttan ayırmaktır. Eğer atıktan oluşan kompostun kalitesi yüksekse sorun oluşturmaz. Tüketiciler bunları düşük kaliteli ve saf bulmazlar. Diğer taraftan yiyecek, bitki ve hayvan yan ürünlerinden elde edilen kompost iyi bir üründür. Buna ilave olarak, yapılan bazı düzenlemeler çamur ve katı atıklardan yapılan kompostun kullanımını sınırlamaktadır. Bu boşluğu pazarda zirai kompost doldurur.

6.2.2. Nihai Kullanıcı Pazarını Değerlendirme Ve Genişletme

Kompostun muhtemel alıcıları; bahçe düzenleyiciler, ticari fidanlıklar, ev ve bahçe merkezleri, seralar, ev sahipleri, çiftçiler (meyve ve sebze), golf sahaları ve mezarlıklar, bayındırlık işleri, yol ve anayollar, okullar, çim yetiştiricileridir. (Tablo 6.4) Tüm bu gruplar kompostun veya turba yosununun yerini doldurabilecek, üst toprak ve kimyasal gübre gibi diğer ürünler kullanır. Bayındırlık işleri, okullar, depolama alanları ve diğer şehir kullanıcıları kompostu kendi çamur veya bahçe atığı kompostlama tesislerinde üretebilirler. Bu takdirde bahçe düzenleyiciler, seralar ve fidanlıklar gibi yüksek kaliteli ticari kompost kullanıcıları birincil alıcılardır.

Muhtemel kullanıcıları tanıdıktan sonra kompostun pazar hacmini belirlemek gerekir. Çoğu durumda kompostun taşıma maliyeti diğer üretim maliyetlerine oranla yüksek olduğundan kompost pazarı kompost tesisinin 40-90 km'siyle sınırlanır. Taşıma maliyetinin yüksek olması pazarlama alanıyla beraber rekabeti de sınırlar. Potansiyel kompost alıcıları kompostu alıp almayacakları, nasıl kullanacakları ve kompostta istedikleri kaliteyi belirlemek için lokal bölgeyle irtibata geçmelidirler. Posta, telefon veya kişiden alınan bilgiler ile oluşturulan anketler yeterlidir.

Muhtemel kullanıcıların nerede ve kimler olduğunu ve neyi istediklerini belirledikten sonra, hedef pazar genişletilebilir. Üretilen kompost hedef pazarın taleplerini karşılamalıdır. Örneğin, bir çok ticari fidanlık kompostu ntrienleri için değil toprağı iyileştirebilme özelliğinden dolayı kullanırlar. Diğer açıdan organik çiftçiler kompostun ntriencie zengin olmasını isterler. Evlerin bahçelerinde kullanılacak kompostun üniform, temiz ve bulaşkan madde içermemesi gerekir. Üretim sistemi hedeflenen pazara göre değiştir. Eğer hedef pazarın gerektirdiği şartlarda kompost retilmezse farklı bir pazar oluşturulması gerekebilir.

Farklı çeşitte kompost ürünleri arz etmek hedeflenen pazarı genişletebilir. Örneğin, komposta ilave olarak, kompost ve toprak karışımından yapılmış üst toprak ve kompostlanmış saman örtüsü hazırlanabilir. Toprak düzenleyici sınıfında, zengin gübre sınıfında veya saksıya dikme amacıyla farklı kalitede kompost pazara arz edilebilir.

Tablo 6.4 Kompostun Potansiyel Kullanıcıları

Zirai Alanlar Ve İkametgah Alanlarında			
Kullanıcı Grup	Kompostun Birincil Kullanımı	Kompost Ürünü ^a	Paketleme
Saman ve mahsul yetiştiricileri	Toprak düzenleyicisi, gübre yardımcısı, otlaklar üst yüzey giydirme ve kuru ot bakımı	Elenmemiş ve elenmiş kompost	Açıkta
Meyve ve sebze çiftçileri	Toprak düzenleyicisi, gübre yardımcısı, meyve ağaçlarının köklerini sıcaktan koruma	Elenmemiş ve elenmiş kompost	Açıkta
Ev sahipleri	Toprak düzenleyicisi, bitkilerin köklerini sıcaktan koruma , gübre yardımcısı, ve ev bahçeleri ve çayırlarda gübrenin yerine	Elenmiş kompost, yüksek nütrientli kompost, saman örtüsü	Torba, küçük hacimli açıkta
Organik çiftçiler	Gübre yardımcısı, toprak düzenleyicisi	Elenmemiş ve elenmiş kompost, yüksek nütrientli kompost	Torba
Çim yetiştiricileri	Çim için toprak düzenleyicisi, üst yüzey giydirme	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta
Ticari			
Kullanıcı Grup	Kompostun Birincil Kullanımı	Kompost Ürünü ^a	Paketleme
Mezarlıklar	Çim için üst yüzey giydirme, çim ve peyzaj bitkileri için toprak düzenleyicisi	Elenmiş kompost	Açıkta
İndirim mağazaları, süpermarketler	Ev sahiplerine tekrar satış	Genel elenmiş kompost ürünü	Torbalar

Bahçe merkezleri, hırdavat/kereste satış yeri	Ev sahipleri ve küçük kullanıcılara tekrar satış	Elenmiş kompost gübre	Torba, küçük hacimli açıkta
Golf sahaları	Çim için üst yüzey giydirme, çimenlik ve saha inşaatı için toprak düzenleyici, peyzaj bitkilerinde	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta ve torbalı
Seralar	Saksı karışımında, turba yerine, altlıklar için toprak düzenleyicisi	Yüksek kalite, kuru, elenmiş kompost	Açıkta ve torbalı
Araziyi tarıma elverişli hale getirme	Zarar görmüş alanlarda(madenler) üst toprak ve toprak düzenleyici olarak	Elenmemiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta
Peyzajcılar	Üst toprak yerine, saman örtüsü, toprak düzenleyicisi, gübre yardımcısı	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı, saman örtüsü	Açıkta
Fidanlıklar	Toprak düzenleyicisi ve toprak yenileme, saksı karışımı, perakende için yeniden satış ve peyzaj müşterileri	Elenmemiş ve elenmiş kompost, kompostlanmış ağaç kabuğu, saman örtüsü	Açıkta, torba
<i>Evsel</i>			
Kullanıcı Grup	Kompostun Birincil Kullanımı	Kompost Ürünü ^a	Paketleme
Depolama alanları	Depolama örtüsü, son örtü olarak kullanımı	Elenmemiş düşük kaliteli kompost	Açıkta
Kamu işleri departmanı	Yollara üst örtüsü ve inşaat işleri, toprak düzenleyicisi ve peyzaj bitkileri için saman örtüsü	Elenmemiş ve elenmiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta
Okullar, parklar ve rekreasyon alanları	Üst toprak, çim için üst giydirmede, peyzaj bitkilerinde toprak düzenleyicisi ve saman örtüsü	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı, saman örtüsü	Açıkta

^a Üst toprak karışımı kompost, toprak veya kumdan oluşur. Saman örtüsü elenmemiş, kaba komposttan oluşur.

Kullanıcıların komposttan istedikleri karakteristikler spesifik kullanıma bağlı olarak değişmesine rağmen, kompost kullanıcılarının beklentileri aşağıda önem sırasına göre sıralanmıştır.;

- 1) **Kalite;** Kompostun kaliteli olması kullanıcıların ilk koşuludur. Fakat tek başına kompost yapmak için yeterli değildir. Alıcıların istediği kalitede kompost üretilmelidir. Kullanıcıların istediği kalite nihai kullanıma bağlıdır. Ama kalitenin belirlenmesinde yaygın kriterler nem, koku, partikül boyutu, stabilite, nütrient konsantrasyonu ve zararlı ot kaynakları, fitotoksik bileşikler ve diğer bulaşkanların olmamasıdır. Ürün ayrıca yoğun olmalıdır. Ürünün her noktasında aynı nem muhtevası, partikül boyutu ve/veya nütrient konsantrasyonu olmalıdır. Ayrıca stabil olması çok önemlidir.
- 2) **Fiyat:** Yüksek fiyat yüksek kalite ve performansla dengelenebilmesine rağmen fiyat genellikle kompost ve kompost yerine kullanılan maddelerle (üst toprak, turba yosunu vs.) rekabet içinde olmalıdır.
- 3) **Renk, yapı, koku:** Kompostun yapısal olarak üniform ve nispeten kuru (nem içeriği<%50) ve toprak renginde ve kokusunda olması gerekir.
- 4) **Danışma:** Muhtemel kullanıcıların çoğu kompost karakteristiklerine yabancısıdır. En azından ilk olarak yararları ve nasıl kullanılacağı ile ilgili bilgi verilmelidir. Kullanıcıların bazıları için en önemli bilgi azot, fosfor, potasyum konsantrasyonu ve pH analizleridir.
- 5) **Güvenilir stok:** Alıcılar stokların güvenilir olmasını isterler.

6.2.3. Ambalajlı Ve Açıkta Pazarlama

Pazarlamada düşünülmesi gerekli ilk soru kompostun nasıl satılacağıdır. Yani ambalajsız, torbalı veya her iki şekilde. Ambalajlı kompost ambalajsız olana göre daha pahalıdır. Daha yüksek fiyatlar daha yüksek taşıma maliyetleri ve daha büyük pazarlar oluşturur. Kısaca paketleme potansiyel pazarı genişletir. Bununla beraber aynı nedenden dolayı büyük ölçekli ticari kompostçular ambalajlı kompostu kullanırlar. Ambalajlı ürün satan çiftlik kompostçuları büyük üreticilerle rekabet edebilmelidir. Buna ilave olarak ambalajlamadaki ekipman maliyeti ve emeği, sezon dışında ambalajlı ürünü depolama maliyetini karşılaması gerekir.

Küçük hacimli paketlenmiş kompost, bahçıvanlara toprak düzenleyicisi olarak arz edilebilir.

Ayrıca kompost alıcıları kompost alanına gelip kompostlarını kendi istedikleri miktarda paketleyebilirler veya paketlenmiş ürünler yerel dükkanlara götürülebilir. Eğer paketlenmiş ürünlerin satışı azsa çiftlikte elle paketlenir. Bunun yerine paket yapan bir şirketle kompostun paketlenmesi için işbirliği yapılabilir.

Çiftlikte kompost yapanların çoğu yığın pazarını daha uygun bulurlar. Taşıma giderleri paket pazarını sınırlandırdığından küçük üreticiler rekabet ederler. Bu tip satış için en iyi pazar, bahçıvanlar, yerel fidanlık veya çevre düzenlemesi yapanlardır.

6.2.4. Ürünün Satışı

Kompostun pazarlanması; kompostun miktarı, kalitesi, görünüşü ve ürünün mevsimlik bulunabilirliğine bağlı olarak birinci veya ikinci derecede önemli olabilir. Kompost en fazla bahar mevsiminde ve yazın ilk aylarında kullanılır. Dağıtım için ürün stabil ve kuru olmalıdır. Ürünü kullanan müşteri bir problemle karşı karşıya kalırsa soruna derhal bir çare bulunmalıdır.

Ürünü pazara arz ederken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

- Kompostun pH'ı genellikle nötrdür. Bu toprağın asiditesini veya alkalinitesini ne artırır ne de azaltır.
- Kompost bir toprak düzenleyicisidir. Kompost toprak için gereken besin maddelerini yeteri kadar içermesine rağmen kimyasal gübrelerle karşılaştırılmamalıdır.
- Kompost en iyi *organik madde* kaynaklarından biridir. Organik madde toprağa katıldığında *su ve besin maddesi tutma kapasitesi* büyümeye daha elverişli koşullar oluşturarak bitki miktarını artırır.
- Komposttaki organik madde ayrışırken, içindeki besin maddeleri yavaşça toprağa geçer. Bu kimyasal gübrelerin yaptığı gibi bitkileri yakmaz. Kompostun besin maddeleri ve yararlı etkileri birkaç yıl sürer.
- Kompostun yapısındaki organik madde bir sünger gibi çalışır. Nemi ve gübrelerden gelen besin maddelerini bitkilerin kök bölgesinde tutarak besin kaybını azaltır.
- Uygun koşullarda üretilmiş bir kompost hemen hemen hiç zararlı ot kaynağı içermez. Eğer zararlı ot kaynakları içermeyen bir kompost üretilmiyorsa bu ayrıca pazardaki güvenilirliği de etkiler.
- Çiftlik kompostu; kanalizasyon çamurları veya katı atıklardan değil ahır hayvanlarının *gübrelerinden* ve bitkisel artıklarından yapılır. Müşteri kompostu yaparken hangi

maddelerin kullanıldığıyla ilgilenir.

- Kompostlama çevresel olarak yararlı bir işlemdir ve ekolojik bir üründür.

6.3. ÇİFTLİKTE KOMPOSTLAMANIN EKONOMİSİ

Kompostlayıcılar maddeleri daha az değerli ve hatta değersiz formlarından değerli ürünlere dönüştürürler. Çiftlikte kompost üreticilerinin bazıları m³'ünü 70 TL'yi aşan fiyatlarda satmaktadırlar.

Çoğu ürünler gibi kompostun fiyatı; tutarlılığına, toplam kalitesine, tanıtıma, paketlemeye ve hizmetler ile yakından ilgilidir. Bu faktörler sırasıyla işletme ölçeğine, ustalığa, taahhütlere ve kompost üreticisinin kaynaklarına bağlıdır. Kompostun paketlerde satışını genellikle büyük üreticiler tercih etmektedir. Çiftlikteki kompost üreticileri ise kompostu ürettikten sonra açık olarak küçük veya orta ölçekte dağıtmayı tercih ederler. Bunun nedeni açık kompost pazarının daha az gelişmiş olması ve taşıma maliyetlerinin yüksek olmasındandır.

Zirai kompostlamanın avantajları; hızla artan sayıda çiftçinin kompostlamayı seçmesi için yeterli bir sebeptir. Bu çiftçiler çiftlikte ve çiftlik dışında üretilen farklı organik atıkları beraber kompostlarlar. Bazıları büyük ticari girişimlerde bulunurlarken diğerlerinin hedefi ise küçük çiftliklerdir. Bazı çiftçiler bitmiş kompostun tümünü veya çoğunu çiftlikte kullanırlar. Bir çoğu kompost yığınlarını yönetmek amacıyla çiftlikteki teknolojiyi kullanır. Diğerleri ise kompostlama için özel ekipmanlar edinirler.

Kompostlamada öncülük yapan bu çiftçiler, farklı tip çiftliklerde kompostun başarılı bir şekilde yapılabileceğini ispatlamışlardır.

6.3.1. Gübre Üretim Masrafları

Kompostlama operasyonuna başlamadan önce birkaç sorunun çiftçi tarafından cevaplanması gerekir. İlk soru; uygun organik madde hangi miktarda ve fiyatta bulunabilir olduğudur. Bir çok çiftçinin her yıl ilave harcama olmaksızın yüzlerce metreküp maddeyi kompostlama potansiyeli vardır. Kompostlanacak maddenin hacmi arttıkça arazi, emek ve/veya yatırım konularında daha fazla taahhüt ister.

İkincisi; çiftlikte ve çiftlik dışında hangi tür maddeler mevcut olduğudur. Çiftlik içinde tercih edilir maddeler kompostlansın veya kompostlanmasın işleme veya bertarafı çok masraflı olan kirlenmemiş organik atıklardır. Çiftlik dışından gelen tercih edilir maddeler çöp ücreti ile

gelenler ve çiftlikte kompostlanabilen maddeler, önemli fiziksel özelliklerini (*C:N, nem muhtevası, partikül boyutu vs.*) tamamlayıcılardır. Çiftlik dışından gelen maddelerde evsel atıklar veya karton gibi makine aksamına zarar verebilecek veya nihai kompostun kalitesini düşürebilecek bulaşkan maddelerin (örneğin metaller, beton ve kimyasallar) bulunmadığından emin olunması gerekir.

Üçüncü soru ise; çiftçinin kompostlama için ne kadar alan ayırabileceğidir. Kompostlama için fazla arazi gerekir. Kompostlamayı ciddi olarak düşünen çiftçiler uygun eğimi, drenajı ve giriş-çıkış sağlayan en azından 0,5 hektarlık bir araziye gereksinim duyarlar. Eldeki mevcut araziye uygulanacak kompost teknolojisini de belirler. Kullanılan teknolojiye bağlı olarak 0,5 hektarlık bir arazi yılda 1500-2300 m³ 'ten 7646 m³'e kadar kompostu işleyebilir. Eğer arazi bulmak zor veya çok masraflıysa çiftlik kompostçularının arazi gereksinimini azaltan ekipmanlara yatırım yapmaları gerekir.

Dördüncüsü nihai kompostun satılacağı pazarlar veya hangi amaçla kullanılacağıdır. Kompost ürünü yüksek kaliteli pazarın taleplerine uygun olmalıdır. Nihai ürünü iyileştirmek için parçalama veya eleme gerekebilir.

Gerçekte her bir kompost işleminin maliyeti bir çok değişkene bağlıdır. Bu değişkenler emek ve yakıt maliyeti, arazinin değeri, ekipmanı satın alma ve bakım maliyetidir. Konum faktörü de masraflara etki edebilir. Bu konum faktörleri civar komşulara yakınlık; çiftlik dışından gelen ham maddelerin çiftliğe uzaklığı, çiftlikte taşınması gereken maddelerin mesafeleri, kompost alanının nihai kullanım noktasına uzaklığıdır. Diğer faktörler ise; izinler, talep ve kredi süresi, nihai kullanıcının komposttan istediği kalitedir.

Kompost; arazi, emek ve teçhizatın farklı kombinasyonlarını kullanarak üretilebilir. Daha pahalı sistemler nihai kompost üretmek için gerekli süreyi azaltarak verilen arazide daha fazla maddeyi işlemeye olanak tanır. Kompostlanan maddenin hacmi arttıkça harcanan emek de artar. Dolayısıyla bu da çiftçiyi daha ileri kompost ekipmanları satın almaya iter.

Operasyonun boyutuna ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak arazi hazırlama, planlama, izinler ve ekipman için yatırım harcamaları birkaç yüz dolarla yüz bin dolar arasında değişir.

6.3.2. Kompostlama Metotlarının Karşılaştırmalı Maliyetleri

Kompostlamaya en azından beş temel yaklaşım vardır. Bunlar;

- *pasif* yığın yaklaşımı,
- yükleyici veya döndürücü kullanarak *sıralı yığın* kompostlama,
- özel sıralı yığın döndürücüleri kullanarak *sıralı yığın* kompostlama,
- *havalandırılmalı statik yığın* sistemleri,
- *kapalı reaktör* sistemleri.

6.3.2.1. Çok Küçük Veya Orta Ölçekli Operasyonlarda Pasif Yığın Yaklaşımı

Bu yaklaşımda çiftçiler organik maddelerden yığınları oluştururlar ve stabil ürün içinde madde bozunana kadar bekletirler. Kompostlamanın toplam maliyeti azaltılır. İlk yığınların oluşturulması ve karıştırılmasında kullanılan ekipman ve emek maliyetleri operasyondaki en büyük maliyetlerdir. Çiftlik yükleyicileri ve gübre yayıcıları genellikle bu maksatla diğer çiftlik kullanımlarından saparlar. Yığını oluşturma maliyeti, gelen maddenin bir tonu için 1-6 \$ arasındadır. Bu kompostlanan maddeye ve kullanılan ekipmana bağlı olarak değişir. Bazı durumlarda organik maddeleri çiftliğe veya çiftliğin dışına taşımak için ilave bir harcamada gerekebilir.

6.3.2.2. Küçük ve Orta Ölçekli Operasyonlarda Yükleyici Veya Döndürmeli Sıralı Yığın Yaklaşımı

Yükleyici-döndürmeli sıralı yığın yaklaşımı, ilave ekipman veya yatırım gerektirmemesi bakımından pasif yığın yaklaşımına benzer. Esas fark yığın yönetiminin aktif olarak yapılmasıdır. Yığınlar traktör ve kepeçli yükleyiciyle, veya gübre yayıcı ve traktör-yükleyici kombinasyonu ile döndürülür. Maddelerin hacimleri yetmiş ile yedi yüz metreküp arasında değişir.

Bu yaklaşımla kompostlamanın maliyeti çiftliğin diğer işlerinde de yükleyici kullanarak azaltılabilir. Ek maliyetlere rağmen yılda birkaç kere yığınların döndürülmesi ve karıştırılması bile bozunmayı hızlandırarak nihai kompostsun kalitesini artırır. Yedi yüz metreküplük orta büyüklükteki bir yığını döndürme birkaç gün sürebilir. Sıkça döndürme koku kontrolünü veya işlemi hızlandırmayı sağlayabilir.

Evsel atıkların kompostlamasında ham maddeleri yılda dört defa önden yükleyicilerle

döndürme yaklaşık 5 \$'a mal olmaktadır. Maliyete ekipman, arazi maliyeti ve emek dahildir. Yığıcı döndürme ve oluşturma maliyeti genellikle bir tonun maliyetinin en azından %80'idir.

Standart çiftlik ekipmanları ile yığıcı döndürme ve karıştırma ne kadara mal olduğu, döndürülen maddenin karakteri ve ham yoğunluğu, döndürme sıklığı ve operatörün becerisine bağlıdır.

Belediyeye ait önden yükleyicilerin yükleme ve boşaltması kabaca bir dakika sürer. Yükleyicilerin bir saatte işledikleri miktar kepçelerinin büyüklüğü ile orantılıdır. Böylece bir çiftçi 1/5 m³'lük yükleyici yerine 2,3 m³ kapasiteli bir yükleyici kullanarak döndürme oranını dokuz misli arttırabilir. Bununla beraber 2,3 m³'lük bir belediyeye ait yükleyici kızaklı bir yükleyicinin veya 1/5 m³ kapasiteli küçük bir kepçeli yükleyicinin kabaca dokuz katıdır. Kullanılmış ekipman alınarak ana giderler azaltılabilir.

Yükleyiciyle döndürme ve karıştırmanın maliyeti Tablo 6.5'te listelenmiştir. Sıralı yığıcının bir kere döndürülmesi 1-4 \$/ton'a mal olur.

Tablo 6.5 Kepçeli Veya Önden Yükleyicilerle Döndürülen Sıralı Yığıcıların Maliyeti

Döndürme Ekipmanı/Tekniği	Maddeler	Kapasite (m ³ /saat)	Ton Başına Döndürme Maliyeti
0,7 m ³ kepçe kapasiteli 100 hp traktör	Çöpler	54	1.50 – 2.00 \$ ^a
0,7 m ³ kepçe kapasiteli + gübre yayıcı 100 hp traktör ve ikinci 100 hp traktör	Çöpler	54	3.00 – 4.00 \$ ^a
Önden yükleyici + gübre yayıcı ve traktör	Kümes hayvanlarının atıkları	32	1.12 \$ ^a
Önden yükleyici + gübre yayıcı ve traktör	Kümes hayvanlarının atıkları ve çöpleri (1:1)	28	1.25 \$ ^a
Önden yükleyici + gübre yayıcı ve traktör	Kümes hayvanlarının atıkları ve gazeteler (1:4)	11	3.75 \$ ^a
1/5 m ³ kepçe kapasiteli 40 hp traktör	Boğa gübresi ve testere talaşı	15	2.25 \$ ^b

^a Ekipman ve işletme maliyetinin 30 \$/saat olduğu kabul edildi;

^b Ekipman ve işletme maliyetinin 15 \$/saat olduğu kabul edildi

Unutulmaması gereken bir nokta gelen maddelerin çoğu kompostlandıkça özellikle de ilk karıştırılmadan sonra ilk ay içinde ağırlığı azalır. Hacimdeki azalmalar kullanılan maddeye bağlı olmasına rağmen %50-80'lik azalmalar normaldir. Bu ikinci ve sonraki döndürmelerin ilk döndürmeye oranla daha az masraflı ve daha az süre gerektirdiği anlamına gelir. İlk döndürmeden sonra yığıcı sıkça döndürmenin iyi nedenleri olmasına rağmen sadece sinen yığıcıları döndürülerek harcamalar azaltılabilir.

Yığıcıları yükleyiciyle döndürme küçük ölçekli kompost operasyonuna yüzlerce dolar ve yılda 500 ton madde işleyen büyük ölçekli operasyonlara ise binlerce dolar yük getirir.

6.3.2.3. Orta Ve Büyük Sıralı Yığıcı Operasyonlarında Özel Ekipman Yaklaşımı

Maddenin hacmi arttıkça kompostlama ilave bir çiftlik operasyonundan çok merkezi bir operasyon haline gelir. Arazi, emek ve ekipman ihtiyacı diğer çiftlik aktiviteleri ile çatıştığından çiftçilerin çoğu kompost operasyonlarına uygun ilave teçhizat satın alırlar.

Bir çok çiftçi bu seçenikle karşılaştığından özel sıralı yığıcı döndürücülerine yatırım yaparlar. Büyük hacimli bahçe atıkları için sıralı yığıcı döndürücülerini kullanan belediyeler kompost üretiminin toplam maliyetinin 15-30 \$/ton olduğunu kaydetmişlerdir. Yıllık 10.000 ton kümes atıkları ve testere talaşını kompostlamanın maliyet hesapları masrafların düşük olabileceğini göstermiştir. Bu hesaplamalar yapılırken hem yükleyici kullanan sistem hem de daha yoğun yönetim gerektiren sıralı yığıcı döndürücü kullanan sistemlerde kompostlamanın toplam maliyetinin yaklaşık 5.50 \$/ton olduğu kabulü yapılmıştır.

Sıralı yığıcı döndürücülerini kullanılarak yığıcıları döndürme için gerekli süre azaltılabilir. Bununla beraber yığıcı oluşturulması, bakımı ve kompostu eleğe veya parçalayıcıya besleme için bir yükleyici gerekebilir. PTO'lu küçük bir sıralı yığıcı döndürücüsü saatte 200 ton maddeyi döndürmesi yaklaşık 10,000\$'a mal olur. Daha büyük sıralı yığıcı döndürücülerini saatte 2,000 tondan fazla maddeyi döndürmesi 75,000-200,000\$'a mal olur.

Tablo 6.6 Sıralı Yığınları Yılda Dört Defa Döndürmenin Maliyetleri

'da döndürme süreleri ve toplam maliyetler, gelen maddenin hacmi temel alınarak kıyaslanmıştır. Bu varsayımlar ve örnekler sıralı yığın döndürme için yapılmıştır. Gelen maddenin hacmi yılda 764-11,467m³ arasında değişir. Buradaki örneklerde; yılda maddeyi dört defa döndürmek için geçen süre, madde miktarına ve döndürme ekipmanının kapasitesine bağlı olarak 1500 saat (yaklaşık 2,5 ay) ile bir saat arasında değişir. Sıralı yığın döndürücüleri gelen madenin 11,467m³'ünü yaklaşık 100 saat veya daha az sürede döndürebilir. En büyük döndürücüler 11,467m³'lük maddeyi döndürmeden önce hazırlanmalıdır. Tersine en küçük yükleyicilerde ise aynı hacimdeki maddeyi işlemesi için neredeyse full time çalıştırılması gerekir. Hatta büyük önden yükleyiciler bile 11,467m³ hacimli maddeyi dört defa döndürmesi dört haftadan fazla sürer. Gerçekte sıralı yığınlara yatırım yapan herkes yığınları dört defadan daha fazla döndürmek isterler. Aynı şekilde küçük traktör veya kızaklı yükleyici operatörleri 3,800 veya 11,467m³'lük yığınları dört defadan fazla döndürmezler.

Madde hacmi artarsa ve ekipman daha verimli kullanılırsa döndürme daha hesaplı olur. Eğer çok küçük hacimli maddeler döndürülüyorsa özel sıralı yığın döndürücüler verimli olmaz. Döndürülen maddenin miktarı arttıkça sıralı yığın döndürücüsü daha verimli olur. Yılda 11,467 m³ maddeyi döndüren PTO'lu döndürücülerin masrafları en azdır. Küçük ölçekli operasyonlarda kızaklı yükleyiciler ve traktör yükleyicileri en ucuz seçenektir ve döndürülen maddenin hacmi artsa bile masrafı azdır. Bunun nedeni değişken işletme maliyetlerinin düşük olmasıdır.

6.3.2.4. Statik Yığın Veya Kapalı Reaktörde Çiftlik Kompostu

Zirai atıkların havalandırılmalı statik yığınlarda kompostlanması nadir uygulanan bir yöntemdir. Belediyelerin havalandırılmalı statik yığın sistemleriyle yaptığı tecrübeler maliyetin 20-50 \$/ton arasında olduğunu göstermiştir. Bu yöntem genellikle evsel kanalizasyon çamurlarının işlenmesinde kullanılır. Sistemin yatırım maliyeti birkaç bin nüfuslu bir köy için 100,000\$ ile, büyük bir şehirden gelen atığı işleyebilen bir sistem için milyon dolar arasında değişmektedir.

Daha pahalı kapalı reaktördeki sistemlerin maliyeti 150 \$/ton iken maliyeti tipik olarak ton başına 50-100\$ arasında değişir. Maliyetlerin böyle yüksek olmasının nedeni arazinin az olması ve/veya işlem kontrolünün maksimum olması gerektiğindedir.

Hesaplamalar varsayımsal olarak, kümes hayvan atıklarının kompost operasyonları temel

alınarak yapılır. Kabul edilebilir toplam yatırım maliyeti 40.000 ton/yıl kapasiteli havalandırılmalı yığın sistemi için 1,1 milyon dolar ve aynı kapasiteli dikdörtgen karıştırma yataklı sistem için 1.4 milyon dolardır. Yıllık maliyet 79.000\$ olan havalandırılmalı yığın sistemlerinde 1 ton ham madde başına toplam maliyet 7,64\$, yıllık maliyeti 67.000\$ olan dikdörtgen karıştırma yataklı sistemlerde ton başına toplam maliyet 8,40\$'dır. Ham maddenin bir tonunun toplam maliyeti havalandırılmalı yığın için 7.64\$ ve dikdörtgen karıştırma yataklı sistem için 8.40\$'dır. Arazi, yapı, emek ve ekipman (kompostlama, eleme ve paketleme) harcamaları da bu rakamlara dahildir. Ham maddelerin tahmini yıllık maliyeti olan 410,000\$ buna dahil değildir.

Başka bir projede; küçük havalandırılmalı statik yığın sistemi için satın alma ve işletme maliyetlerinin yılda 2,661\$ olduğu varsayımı ile sistem balık atıkları, testere talaşı ve diğer düzenleyicilerden oluşan 200 tonluk atığı işleyebilecek şekilde ölçeklendirilmiştir. Bu fiyata maddeleri karıştıran makine, yığınları oluşturmak için yükleyici, üfleyici (9,5 m³/dk) ve 10 cm gözenekli boru maliyeti de dahildir. Taşıma masrafları, hacimleştirici maddenin alımı, arazi ve arazinin hazırlanması masrafları hariçtir

Tablo 6.6 Sıralı Yığınları Yılda Dört Defa Döndürmenin Maliyetleri

Gelen madde	764 m ³			3823 m ³			11467 m ³			Kabuller		
	Toplam Maliyet	Saat	Maliyet/m ³	Toplam Maliyet	Saat	Fiyat/m ³	Toplam Maliyet	Saat	Fiyat/m ³	Kapital Maliyetleri	Saatlik Operasyon Maliyeti	İşleme Kapasitesi (m ³ /saat)
Küçük yükleyici(30kW);1/5m ³ 'lük kepçe	1,423\$	100	1,85\$	6,308\$	500	0,98\$	17,276\$	1,5	0,87\$	15,000\$	10\$	19
Traktör(63kW) ve 600\$'lık yükleyici;0,7m ³ 'lük kepçe	1,116\$	33	1,46\$	4,800\$	167	0,73\$	11,669\$	500	0,59\$	45,000\$	13\$	57
Önden yükleyici(100kW);2,3m ³ 'lük kepçe	3,062\$	11	4,0\$	11,365\$	56	1,73\$	21,135\$	167	1,0\$	130,000\$	22\$	172
30kW'lik sıralı yığın döndürücüsü(küçük,PTO'lu)	2,326\$	6	3,0\$	2,885\$	31	0,44\$	4,205\$	94	0,21\$	28,000\$	13\$	306
74kW'lik sıralı yığın döndürücüsü(büyük,PTO'lu)	4,383\$	2	5,73\$	4,551\$	10	0,69\$	4,996\$	31	0,25\$	65,000\$	19\$	917
60kW'lik sıralı yığın döndürücüsü(orta,)	17,360\$	1	23\$	17,491\$	3	2,67\$	17,797\$	9	0,9\$	115,000\$	32\$	3,058

7. ATIK YÖNETİMİ VE KOMPOSTLAMA İÇİN DİĞER SEÇENEKLER

Sığır atıkları kompostlamadan başka seçeneklerde vardır. Bunlar aşağıda anlatılacaktır.

7.1. ARAZİYE DOĞRUDAN UYGULAMA VE DİĞER ARAZİ TEMELLİ METOTLAR

Doğrudan araziye uygulama, gübre ve zirai kaynaklı atıkları geri kazanmanın geleneksel bir yoludur. Bu metot ayrıca uzun süre çiftlik dışındaki atıkların işlenmesinde kullanılmıştır. Kompostlama da olduğu gibi çöp ücretleri ve toprak kalitesini artırması olasıdır. Doğrudan araziye uygulama metotlarında madde işleme daha az olduğundan kompostlamaya nazaran maliyeti daha azdır.

Gübre ve sulu çamur gibi katı ve çamurumsu maddeler normalde bir gübre yayıcı veya bir araçla tek başına veya toprakla karışık tarlaya uygulanır. Seyreltilmiş sıvılar ile toprak sulanır veya infiltrasyon havuzlarına verilir veya arazi yüzeyinden akıtılır. Sıvılar çiftlikte kurulabilecek lagün ve bataklık gibi sistemler kullanarak da arıtılabilir.

Kanalizasyon çamurları, yiyecek atıkları, kağıt ve bahçe atıkları gibi maddeler dahil, atık maddeler araziye uygulanabilir. Örneğin ön işlemden geçirilmiş balık işleme atıkları bataklık bitkilerine yağmurlama yoluyla uygulanabilir. Çok az çiftlikte çöpler veya çimen kırpıntıları önce kompostlama yapmaksızın doğrudan toprağa verilir. Çiftlik; temiz kanalizasyon çamurunu gübre ilavesi ve organik madde kaynağı olarak alır.

Atık maddeleri tarlaya uygularken uygulamanın zamanlamasına, ürünler için gerekli besi maddeleri, atığın nütrient muhtevası, atığın C:N oranı, depolamaya uygunluğu, hava koşulları ve kirlilik kontrolüne dikkat edilmelidir. Kullanılan maddeye bağlı olarak kirlilik kontrolü ana sorun olabilir. Çevre koruma önlemleri ve işlem takibi gerekebilir.

7.2. ANAEROBİK ÇÜRÜTME VEYA BİYOGAZ ÜRETİMİ

Gübrenin anaerobik sindirimi birkaç çiftlikte uygulanmıştır. Anaerobik sindirim oksijenin yokluğunda gerçekleşir. Gübre ve diğer maddelerin mikroorganizmalar aracılığıyla çürümesi sonucu atık madde ve biyogaz üretilir. Biyogaz metan, karbondioksit ve diğer gazların karışımından oluşur. Atık madde ile çürütücüye giren maddenin yoğunluk, ağırlık, hacim ve besi maddesi hemen hemen aynıdır ama çıkan maddenin kokusu daha azdır.

Biyogaz ile doğal gaz benzerdir. Biyogaz; ısıtma veya elektrik üretiminde yakıt olarak kullanılabilir. Isıtma ihtiyacı mevsime bağlıdır, gübre ve biyogaz üretimi ile karşılaştırılmaz. Bu nedenle biyogaz elektrik üretiminde sıkça kullanılır. Üretilen elektrik çiftlikte kullanılır ve üretim fazlası elektrik için satılır.

Anaerobik çürütücüler beton veya korozyona karşı dayanıklı çelikten inşa edilen kapalı reaktörlerdir. Karıştırmalı çürütücüler genellikle mekanik karıştırmalı düşey silindirik tanklardır. Ters akımlı çürütücüler çoğunlukla yeraltına inşa edilen esnek plastik membran kapalı uzun beton reaktörlerdir. Her iki tip çürütücü içinde istenen sıcaklıkları muhafaza etmek için ısıtma gerekir. Gübre çürütücü içine ve dışına pompalanır veya cazibeyle akıtılır. Gübre çürütücüde ortalama 3-5 hafta kalır.

Anaerobik çürütücüyü işletme için gereken emek kompostlamadan daha azdır. Bununla beraber çürütücünün sıcaklık, pH ve yükleme oranı gibi parametrelerinin takip edilmesi gerekir çünkü işlem kolaylıkla bozulabilir. Toplam maliyetler elektrik üretme teçhizatının bakımı ve çürütücünün ilk yatırım ve ısıtma masraflarında oluşur.

Anaerobik çürümeye ile gübrenin kokusu giderilir. Çürütücüden çıkan atık madde karbon muhtevası ve enerji değeri azalmasına rağmen istenirse kompostlanabilir.

7.3. VERMİKOMPOSTLAMA

Vermikompostlamada veya vermikültürde organik maddeler toprak solucanları ile çürütülür. Solucanının castingleri yüksek kaliteli bir kompost kadar yarar sağladığından genellikle iyi bir toprak düzenleyicisidir. Solucanlar; bitki atıkları, yemek atıkları, kanalizasyon çamurları ve gübreler gibi değişik organik maddeleri bozabilir. Atık yönetimi ve kompost üretim değerine ek olarak, solucanlar olta yemi olarak ve hayvan yemi için protein kaynağı olarak da değerlidir.

Vermikompostlama; istenen tipte solucan organik madde yığınınna katılmasıyla başlar. Yığını döndürmek gerekmez. Solucanlar yığın içinde ilerlerken yığının sonuna veya yığının üstündeki ince tabakanın içine yeni madde eklenir. Solucanlar stabil kompostu oluşturacak castingleri geri de bırakarak yığının içinden yeni ilave olunan maddeye doğru hareket ederler. Solucanlar çürüyen bölgeyi terk ederken kompostlanmış madde ayrılabilir.

Solucanlar için nispeten nemli ve düşük amonyak konsantrasyonlu aerobik bir çevre gerekir.

Nem muhtevasının %60-90 ve sıcaklıkların ise 15-30 °C arasında olması istenir. Aerobik koşulları muhafaza etmek ve sıcaklığı kontrol etmek için yığın yüksekliğinin 1m'den küçük olması gerekir.

7.4. ATIKLARIN ALTLIK OLARAK KULLANILMAK ÜZERE GERİ KAZANIMI

Büyükbaş ve kümes hayvanlarında altlık olarak bir çok madde kullanılır. Bunlara örnek olarak yapraklar, gazeteler, kartonlar, kompost atıkları ve karışık kağıtlardır. Gübre/altlık karışımı ahırdan alındıktan sonra tarlaya uygulanabilir, satılabilir veya kompostlanabilir. Nadir bulunan veya pahalı geleneksel maddeler yerine bu maddeler altlık olarak kullanılabilir.

Çoğu durumda kağıt, karton ve diğer atık altlık olarak kullanılmadan önce parçalanması gerekir. Kağıt parçalayıcıları, eziciler ve kıyıcılar kullanılır. Depo, toz ve atık kağıt parçaları muhtemel sorunlarla karşılaşılabilir. Ayrıca yabancı maddelerin sınıflandırılması ve işlenmesi gerekebilir. (örneğin kağıt zımba telleri) Eğer gübre/altlık karışımı doğrudan araziye uygulanacaksa, altlık maddesinin toprak düzenleyicisi gibi uygun olması gerekir.

7.5. EV VE BAHÇE KOMPOSTLAMASI

Ev veya bahçe kompostlaması küçük ölçekte bir kompostlamadır. Genellikle kompostlama küçük yığınlarda veya küçük bir siloda gerçekleşir.

7.6. EV KOMPOSTLAMA

Evde kompostlama, arazide kompostlama işlemi ile neredeyse aynıdır. İlk istisna evde kompostlamanın düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesidir. Çoğu durumda termofilik sıcaklıklar sürekli değildir. Evde kompostlama yığınları uzun süre sıcak kalabilmesine rağmen ayrışmanın çoğu mezofilik sıcaklıklarda gerçekleşir. Bunun sonucunda böcekler, solucanlar ve diğer büyük organizmalar evde kompostlama yığınlarının içinde daha aktif olurlar.

7.7. PİLOT ÇİFTLİĞE AİT VERİLER VE FARKLI KOMPOST SİSTEMLERİ TASARIMI

Kompost sistemi tasarımı amacıyla pilot olarak İzmir bölgesinde en fazla hayvan kapasiteli çiftlik olan McDonald's çiftliği seçilmiştir. Bu çiftliğe gidilerek anket yapılmış ve çiftlikle ilgili gerekli data toplandı.

Çiftlik İzmir'in Torbalı ilçesinin Atalan köyünde bulunmaktadır. Çiftliğin arazisi özel mülke ait fakat McDonald's tarafından kiralanarak Mart 2001'den beri et sığıru yetiştiriciliği

yapılmaktadır. Çiftlikte 4213 büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Sığırlar gerekli erginliğe geldikten sonra buradan kesim hanelere nakledilmektedir. Çiftlik İzmir şehir merkezine 55 km uzaklıktadır. Çiftlikte gübre temizlemede dört kişi olmak üzere toplam 30 kişi çalışmaktadır. Çiftliğin toplam yerleşim alanı 388 dönümdür. Bu arazinin 300 dönümü hayvanlar için mısır yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Çiftlikte hayvanlar yarı açık ve kapalı olmak üzere iki çeşit barındırılmaktadırlar. Açıkta barındırılan hayvanlar 2000 adettir. Hayvan barınaklarının tabanları betondan ve gübrenin rahatça toplanması için eğimlidir. Hayvanlar için gereken su çiftlikte artezyenden sağlanmaktadır. Çiftlikte tüketilen su miktarı yazın hayvan başına 70-100 lt, kışın ise 40- 50 lt arasında değişmektedir.

7.7.1. Kompost Sistemleri Tasarımı

4213 sığırdan gelen gübre testere talaşı ile beraber kompostlanacaktır. Yapılan anket sonucunda çiftlikteki ortalama hayvan ağırlığı 550 kg ve 35 kg hayvan/gün gübre oluştuğu anlaşılmaktadır. Çiftlikte sıralı yığın metodu kullanılacak ve sıralı yığınlar kepçeli yükleyici ile döndürülecektir. Tahmini kompostlama süresi 30 gündür. Kompost 1 ay (30 gün) olgunlaştırıldıktan sonra araziye uygulamadan önce 60 gün depolanacaktır. Kompost hacmi, ham maddelerin hacminin %50'sine eşit olduğu varsayılacak.

Tablo 7.1 Sığır Gübresi Ve Testere Talaşının Kimyasal Analizi

	N (%)	C/N	Nem(%)
Sığır gübresi	4	10	70
Testere talaşı	0,11	500	35

Çiftlikte bir günde oluşan toplam atık miktarını hesaplama:

1 kg ıslak gübrede:

$$Su = 1 \text{ kg} \times 0,7(\text{gübrenin nem muhtevası})=0,7 \text{ kg}$$

$$\text{Kuru Madde} = 1-0,7=0,3 \text{ kg}$$

$$N= 0,3 \times 0,04=0,012 \text{ kg}$$

$$C= 0,012 \times 10=0,12 \text{ kg}$$

1 kg ıslak testere talaşında:

$$Su = 1 \text{ kg} \times 0,35 (\text{testere talaşının nem muhtevası})=0,35 \text{ kg}$$

$$\text{Katı Madde} = 1-0,35=0,65 \text{ kg}$$

$$N = 0,65 \times 0,0011 = 0,0071 \text{ kg}$$

$$C = 0,00071 \times 500 = 0,35 \text{ kg}$$

Karışımın nem muhtevası %60'ı geçmemelidir:

$$NM = \frac{\text{Gübredeki suyun ağırlığı} + \text{testere talaştaki suyun ağırlığı}}{\text{Toplam ağırlığı}}$$

$$NM = 0,6 = \frac{0,7 + (0,35 \times 0,4)}{1 + S}$$

$$S = 0,4 \text{ kg testere talaşı/gübre}$$

$$C: N \text{ oranı kontrol edilirse } C: N = \frac{0,12 + (0,35 \times 0,4)}{0,012 + (0,00071 \times 0,4)} = 21,6$$

Karışımın C:N oranı 25-30 arasında olması gerektiğinden ve nem muhtevası yüksek sınırdadır(%60) olduğundan testere talaşının miktarı artırılabilir.

Testere talaşı gübre oranı 0,7:1 alınır

$$C: N = \frac{0,12 + (0,35 \times 0,7)}{0,012 + (0,0071 \times 0,7)} = 29(25 \sim 30) \text{ uygun aralıktadır.}$$

Nem muhtevası kontrol edilirse:

$$NM = \frac{0,7 + (0,35 \times 0,7)}{10,7} = \%55(50 \sim 60) \text{ uygun aralıktadır.}$$

Gübre ve testere talaşı 1,4:1 oranında karıştırılmalıdır.

Çiftlikte toplam 4213 sığır var ve bir günde bir hayvandan 35 kg gübre oluşuyor.

$$4213 \times 35 \text{ kg} / \text{gün} = 147.455 \text{ kg gübre/gün}$$

$$148 \text{ ton gübre/gün} = 54.020 \text{ ton gübre/yıl}$$

1 günde 148 ton gübre oluşuyor. Her 1,4 ton gübreye 1 ton testere talaşı kullanılıyorsa 148 ton gübreye 106 ton/gün testere talaşı kullanılır.

$$\frac{148 \text{ ton/gün}}{0,961 \text{ ton/m}^3} = 154 \text{ m}^3 \text{ gübre/gün}$$

$$\frac{106 \text{ ton/gün}}{0,243 \text{ ton/m}^3} = 436 \text{ m}^3 \text{ testere talaş/gün}$$

Maddelerin toplam günlük hacmi:

$$154 \text{ m}^3 \text{ gübre} + 436 \text{ m}^3 \text{ testere talaşı} = 590 \text{ m}^3$$

Maddelerin karıştırılmasıyla %20 hacim azalmasının olduğu kabul edilirse:

$$\text{Karışımın günlük hacmi} = 590 \text{ m}^3 \times 0,8 = 472 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

Tablo 7.2 İzmir'deki McDonlads Pilot Çiftliğine Ait Genel Tasarım Kriterleri Ve Kabuller

Parametre	Kriter
Çiftlikteki sığır sayısı	4213
Çiftlikte bir günde oluşan gübre miktarı	147455 kg/gün*
Çiftlikte oluşan gübrenin hacmi	154 m ³ /gün
Gübreyi ıslah etmek için kullanılan düzenleyici	talaş
Talaşın gübreyle karışma oranı	1,4:1(talaş:gübre)
Çiftlikte gübreyle karıştırılacak talaşın hacmi	436 m ³ /gün
Elde edilen karışımın C:N oranı	29 (25-30)
Elde edilen karışımın nem muhtevası	%55 (50-60)

* Çiftlikte bir günde bir sığırdan 35 kg gübre oluşuyor.

Çözüm 1: Sıralı yığın metoduyla kompostlama

Çiftlikte sıralı yığın metodu kullanılacak ve sıralı yığınlar kepçeli yükleyici ile döndürülecektir. Tahmini kompostlama süresi 30 gündür. Kompost lay (30 gün) olgunlaştırıldıktan sonra araziye uygulamadan önce 60 gün depolanacaktır.

Kompostlama alanı hesabı:

$$\text{Toplam madde hacmi} = 30 \text{gün} \times 472 \text{ m}^3 / \text{gün} = 14.160 \text{ m}^3$$

$$\text{Ayarlanan toplama madde hacmi} = 14.160 \text{ m}^3 \times 0,75 = 10.620 \text{ m}^3$$

Araziye 55m uzunluğunda ve 3,4 m yüksekliğinde ve 6,1 m genişliğinde yığınlar serilecektir.

Tahmini sıralı yığının enine kesit alanı 13,7 m²'dir.

$$\text{Sıralı yığın hacmi} = 13,7 \times 55 = 753,5 \text{ m}^3$$

Sıralı yığın sayısının hesabı:

$$\text{Sıralı yığın} = \frac{\text{Toplam madde hacmi}}{\text{Tek bir sıralı yığın hacmi}} = \frac{1.0620}{753,5} = 14 \text{ yığın}$$

$$\text{Toplam taban alanı} = 85 \times 122 = 10.370 \text{m}^2$$

Olgunlaşma alanı hesabı:

$$\text{Olgunlaşma alanındaki kompost hacmi: } 472 \text{m}^3/\text{gün}$$

$$472 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 30 \text{ gün} \times 0,5 \text{ çekme faktörü} = 7.080 \text{ m}^3$$

Olgunlaşma alanı:

$$\text{Yığın sayısı olgunlaşma alanı} = \frac{\text{Olgunlaşma hacmi}}{\text{Ortalama yığın yüksekliği}} = \frac{7.080}{3} = 2.360 \text{ m}^2$$

$$\text{Yığın sayısı} = \frac{2.360}{(5,5 \times 31)} = 13,8 \cong 14 \text{ yığın}$$

Depo alanı hesabı:

$$\text{Depo hacmi: } 472 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 60 \text{ gün} \times 0,5 = 14.160 \text{m}^3$$

Depo alanı hesabı

$$\text{Depo alanı} = \frac{\text{Depo hacmi}}{\text{Ortalama yığın yüksekliği}} = \frac{14.160}{2,4} = 5.900 \text{ m}^2$$

Yığınların kompost alanına getirilmesi, oluşturulması, olgunlaşma ve daha sonra depolama alanına taşınması için döndürücü seçiminin yapılması gerekir. Yığınları uygun boyutlarda oluşturabilecek bir döndürücü seçilmesi gerekir. Buna uygun olarak katalogdan iki geçişli elevator yüzlü bir döndürücü seçildi. Bu yaklaşık 250 000\$'a mal olur.

Kompost tabanının sağlam bir yüzey olması istenir. Bunun için beton veya asfalt kaplı yüzeyler kullanılmasına rağmen maliyetinden dolayı fazla tercih edilmemektedir. Bu nedenle taban için aynı işlevi görebilecek iyice sıkıştırılmış 20 cm kalınlığında kum-çakıl tabakası seçildi.

Kompostun depolanması için hava koşullarına daha iyi adapte olabilmesinden ve haşare önleme özelliğinden dolayı sundurmalı depo kullanılır.

Kompostlama alanının çevresine daha az görülebilir olması için ağaç veya diğer peyzaj bitkileri dikilir. Böylelikle tesisteki koku, toz gürültü vs. tutulur. Tesisin ayrıntılı arazi diyagramları Ek 9'da gösterilmektedir.

Tablo 7.3 Çiftlikteki Gübreyi Sıralı Yığın Metoduyla Kompostlamada Tasarım Kriterleri Ve Kabuller

Parametre	Kriter
Kompostlama türü	Açıkta (sıralı yığınlar)
Kompostlama süresi	30 gün
Kompostlama için gereken alan	10370 m ²
Kompostlama yığınlarının yüksekliği x genişliği x uzunluğu	3,4m x6,1m x55 m
Sıralı yığınların sayısı	14
Yığınlar arası mesafe	3 m
Kompostun olgunlaşma süresi	30 gün
Olgunlaşma alanı	2360 m ²
Kompostu depolama süresi	60 gün
Depolama alanı	5900 m ²
Depolama yüksekliği (yığınlar birbirine bitişik depolanacaklardır)	2,4 m

Çözüm 2: Havalandırılmalı statik yığınlarda kompostlama

Birleşik yığınlarda hücreler günlük hazırlanır ve sürekli beslenir. Günlük madde hacmi çok fazla olduğundan gerekli hücre boyutu da tasarım kriterleri dışında kalır. Bu nedenle günde yedi hücre oluştuğu kabul edilerek boyutlandırma yapılır.

Hücredeki madde hacmi = gübre + talaş = 472 m³/gün

$$\text{Tek bir hücrenin hacmi} = \frac{472 \text{ m}^3/\text{gün}}{7 \text{ gün}} = 67,4 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Hücre alanı} = \text{Yükseklik} \times \text{Genişlik} = 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} = 3,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Hücre uzunluğu} = \frac{\text{Hacim}}{\text{Alan}} = \frac{67,4 \text{ m}^3}{3,24 \text{ m}^2} = 20,8 \text{ m}$$

Hava debisi hesabı;

$$\text{Günlük gübre hacmi} = 154 \text{ m}^3$$

$$\text{Tek bir hücredeki gübre hacmi} = \frac{154 \text{ m}^3}{7 \text{ hücre}} = 22 \text{ m}^3 \cong 23 \text{ ton}$$

Sığır gübresinin nem muhtevası %70'di. Buna göre kuru ağırlık;

Gübrenin kuru ağırlığı = 23 ton × 0,3 = 7 ton

Sıcaklık kontrollü bir sistemde hava debisi = 2,8 m³/dk olduğu kabulüyle

Hava debisi = 7 ton × 2,8 m³/dk/ton = 19,6 m³/dk

Hava borusundaki havanın hızı sıcaklık kontrollü operasyonlarda 10 m/sn idi.

10 m/sn = 608 m/dk

Boru çapı = $\frac{19,6 \text{ m}^3/\text{dk}}{608 \text{ m/dk}} = 0,0323 \text{ m}^2 = 322 \text{ cm}^2$

Boru çapı = $(322 \text{ cm}^2 \times \frac{4}{3,14})^{\frac{1}{2}} = 20 \text{ cm}$

Borular arası mesafe = Yığının yüksekliği = 1,8 m

Delikli borunun uzunluğu = Yığının uzunluğu – (2 × Yığının yüksekliği)
= 20,8 – (2 × 1,8) = 17,2 m

Tablo 5.2’den delikli boru çapı 2,2 cm, delikler arası mesafe 23 cm olarak seçilir. Aktif kompostlama süresi 42 gün kabul edilir. Üfleyici gücü 3 kW seçilir.

Tablo 7.4 Çiftlikteki Gübreyi Havalandırmalı Statik Yığın Metoduyla Kompostlamada Tasarım Kriterleri Ve Kabuller

Parametre	Kriter
Kompostlama türü	Havalandırmalı statik yığın
Aktif kompostlama süresi	42 gün
Kompostlama yığınlarının yüksekliği x genişliği x uzunluğu	1,8m x1,8m x20,8m
Sistem tipi	Sıcaklık kontrollü
Sıcaklık kontrollü işlemlerde havalandırma borularındaki hava debisi	2,8 m ³ /dk
Sıcaklık kontrollü işlemlerde hava borusundaki havanın hızı	10 m ³ /sn = 608 m/dk
Seçilen boru çapı	20 cm
Borular arası mesafe	= yığın yüksekliği= 1,8 m
Borunun delikli kısmının uzunluğu	17,2 m
Delikli boru çapı	2,2 cm (Tablo 2.9'dan)
Delikler arası mesafe	23 cm
Üfleyici gücü	3 kW

Çözüm 3: Döner tambur tipinde reaktörde kompostlama

İzmir'de seçilen pilot çiftliğe ait tasarım kriterler ve yapılan kabuller Tablo 7.2'de gösterilmektedir.

Tablo 7.5 Çiftlikteki Gübreyi Kapalı Reaktörde Kompostlamada Tasarım Kriterleri Ve Kabuller

Parametre	Kriter
Kompostlama sıcaklığı	55 °C
Bu sıcaklıkta gübreyi bekletme süresi	min. 3 gün (4,8 gün seçildi)
Kompostun olgunlaşma süresi	30 gün
Kompostlama türü	Kapalı reaktör (Döner tambur tipte)
Reaktörde katı madde giderimi	%1-1,5/gün (ağırlıkça)
Reaktörde giderilen(buharlaşan) su miktarı	(giderilen KM) x 4500kcal/900kcal
Olgunlaşmada giderilen (buharlaşan) su miktarı	2,5 kg/m ² -gün
Kompostlama işlemi sonunda oluşan gözenekler sonucu hacim artışı	50%

İzmir bölgesi kompostlama tesisi birimlerinin kapasite hesabı:

1- Ham sığır gübresi:

Miktar: 154 t/gün

Hacim: ~154 m³

KM: %30 (46 t/gün)

Su: %70 (108 t/gün)

2- Testere talaşı:

Miktar: 436 t/gün

Hacim: ~ 436 m³

KM: %65 (283 t/gün)

Su: %35 (153 t/gün)

3- Gübre toplama ve karıştırma tankı:

Miktar: 472 t/gün (gübre ve testere talaşı karıştırıldığında %20 hacim azalması olduğu kabul edildi)

Hacim: ~ 472 m³

KM: %45 (212 t/gün)

Su: %55 (260 t/gün)

4- Kompost reaktörleri:

10 adet Φ 4,5x22,5m, 10x235 m³ kapasiteli

Bekletme süresi: 4,8 gün

İşletme sıcaklığı: 55°C

KM giderimi: 212 t /gün x 0,015/gün x 4,8 gün = 15,2 t/gün

Su giderimi(fermantasyon sırasında buharlaşan su)= 15,2 t/gün x 4500kcal/900kcal = 76 m³

Hacim artışı = 0,5 x 212 =106 m³

5- Kompostlanmış gübre:

KM = 212-15 = 197 ton

Su = 260-76 = 184 m³

$$\text{Hacim} = 472 + 106 = 578 \text{ m}^3$$

$$\text{C:N} = 29$$

6- Olgunlaşma, bekletme:

$$\text{Olgunlaşma süresi} = 30 \text{ gün}$$

$$\text{Hacim} = 578 \times 30 = 17340 \text{ m}^3$$

$$\text{Yığın yüksekliği} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Alan} = 17340/3 = 5780 \text{ m}^2$$

$$\text{Buharlaşan su} = 1,01 \times 10^{-3} \times 5780 \text{ m}^2 = 6 \text{ m}^3/\text{gün}$$

7- Eleme, paketleme:

$$\text{KM} = 197 \text{ t/gün} (\%53)$$

$$\text{Su} = 184 - 6 = 178 \text{ m}^3 (\%47)$$

$$\text{Hacim} = 578 \text{ m}^3$$

$$\text{Yoğunluk} = 0,6 \text{ t/m}^3$$

Gübre kompostlama tesisi birimlerinin tasarımı:

Ham gübre kabul bunkerleri: Gübrenin boşaltılarak gübre hazırlama ünitesine taşınmasının sağlanması.

Adet: 2 Malzeme: Çelik Kapasite: 10 m³

Ekipman: gübre taşıma konveyörü, 50 t/saat, 2 adet, 3 kW

Ham gübre toplama karıştırma tankı: Ham gübre kabul bunkerinden gelen gübre ile düzenleyiciyi (talaşı) uygun oranda(1,4:1) karıştırılması.

Adet: 2

Malzeme: Betonarme Hacim: 2 x 300 m³

Boyutlar: 11m x11 m x2,5 m , 40 cm hava payı

Ekipman: Her tankta bir adet düşey milli mekanik karıştırıcı (2 adet,10 kW) ve her tankta bir adet gübre besleme konveyörü, (2 adet, 25 t/saat, 7,5 kW).

Kompostlama reaktörü (döner tambur tipte): Gübre içindeki zararlı patojenlerin giderilmesini ve stabilizasyonu sağlamak için 55 °C'de bekletilmesi.

Adet: 10

Malzeme: Çelik, ısı izolasyonlu

Hacim: 10x235 m³

Bekletme süresi: 4,8 saat

Boyutlar: 10 x (Φ4,5x22,5m)

Dönme hızı: 1 devir/15dk

Ekipman: Her reaktör için bir motor (10 adet, 12 kW), her reaktör için bir besleme konveyörü (10 adet, 4 t/saat, 3 kW), her reaktör için boşaltma konveyörü (10 adet, 5 t/saat, 3 kW) ve biri yedek olmak üzere toplam iki adet fan (160 000 m³/saat, 80 kW, ΔP =1 bar).

Kompost olgunlaştırma kısmı: Oluşan kompostu soğutma, kurutma ve olgunlaştırma.

Adet: 10 adet (kompost reaktörü çıkışına)

Malzeme: Sundurmalı

Ekipman: gübreyi belirli aralıklarla karıştırarak içindeki hava dolaşımının iyileştirilmesi ve taşınması için iki adet yükleyici, her kısmın çıkışına bir adet taşıyıcı konveyör (10adet, 4t/saat, 3kW)a, ana gübre taşıma konveyörleri (2 adet, 25 t/saat, 7,5 kW).

Döner tambur reaktörü için maliyet analizi (işletme giderlerine göre):

İşletme giderleri: kompost tesisini işletme giderleri personel maliyeti, gübre taşıma maliyeti, enerji kullanımı, su kullanım maliyeti, yedek parça maliyeti ve yıllık onarım giderleri sayılabilir. Kompostun satış bedeli 0,01 Euro/kg olarak kabul edilmiştir. Elde edilen kompostun %75'inin satıldığı varsayılmıştır.

Personel maliyeti: 8 kişi x 400Euro/ay x 12 ay = 38 400 Euro/yıl

Gübre taşıma maliyeti: bir kamyonun 200 km/gün yol katettiği, 10 ton taşıdığı ortalama taşıma mesafesinin 20 km olduğu varsayılarak 154+436 ton =590 ton

490 Euro/gün x 360 =176 400 Euro/yıl

Enerji kullanımı: Tesisi 346 kWsaat'tir. Yedek ekipmanlar dahil kurulu güç 426 kWsaattir. Gücün ortalama %75'inin kullanıldığı varsayımı ve çevre koruma tesisi için enerji bedeli 0,03Euro/kWs kabulü ile: 0,03 Euro/kWsaat x 260 kWs x 24 saat x 360 = 67 392 Euro/yıl

Su ve yedek parça maliyetleri: $50 \times 0,2 \text{ Euro/m}^3 = 10 \text{ Euro/gün su} + 40 \text{ Euro/gün} = 50 \text{ Euro/gün}$

$50 \text{ Euro/gün} \times 360 = 18\ 000 \text{ Euro/yıl}$

Sigorta: Tahmini: 25 000 Euro/yıl

Çevre kirliliği ölçümleri: 10 000 Euro/yıl

Yıllık onarım giderleri: 40 000 Euro/yıl

Toplam giderler: $38\ 400 + 176\ 400 + 67\ 392 + 18\ 000 + 25\ 000 + 10\ 000 + 40\ 000 = 375\ 192$
Euro/yıl

Gelirler: 375 ton/gün üretim için 0,01 Euro/kg satış bedeli ve yıllık üretimin %75'inin satılması varsayımı ile;

$0,01 \text{ Euro/kg} \times 375\ 000 \text{ kg/gün} \times 360 \times 0,75 = 1\ 012\ 500 \text{ Euro/yıl}$

Gelirler > Toplam giderler = $1\ 012\ 500 \text{ Euro/yıl} > 375\ 192 \text{ Euro/yıl}$

8. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE KOMPOSTLAMAYLA İLGİLİ STANDARTLAR VE UYGULAMALAR

8.1. TÜRKİYE'DE KOMPOSTLAMAYLA İLGİLİ DÜZENLEMELER

Türkiye'de katı atıkların kompostlanmasına ilişkin ilk yasal sınırlandırma 14.03.1991 tarihli 20814 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenmişti. Bundan sonra 10.12.2001 tarihli 24609 sayılı Resmi Gazetede Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği yayınlanmış ve daha sonra 25.04.2002 tarihli 24736 sayılı Resmi Gazetede Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik yayınlanarak KAKY'ne ilavelerle bu yönetmelikteki (KAKY) bazı hükümler, TKKY'ndeki hükümlere tabi tutulmuştur.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde, tarımda kullanılmak istenen kompostun kalite kriterlerini belirleyen Madde 36 ile, kompostun ağır metal muhtevası ve sınır değerlerini belirleyen Madde 37, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde birleştirilerek Madde 10 altında düzenlenmiştir.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ndeki Madde 37'de topraktaki ağır metal analizi 1 hektardan büyük arazilerde yapılması şartına bağlanmışken; bu ifade Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki Madde 10'da ağır metal analizleri böyle bir şarta bağlanmamış, her boyuttaki arazide bu analizlerin yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde toprağın ağır metal yükü hakkındaki sınırlama; kompostun araziye tekrarlanan bir şekilde uygulanması halinde geçerli iken, bu ifade Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde toprağın ağır metal yükü kompostun araziye 10 yıllık dönemde her yıl uygulanması şeklinde düzeltilerek uygulama süresi belirli bir periyoda bağlanmıştır.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ndeki ağır metal sınır değerleri Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yeniden düzenlenmiştir. Topraktaki ağır metal sınır değerleri KAKY'de tek bir değer olarak belirtilirken daha sonra yayımlanan TKKY'nde bu değerler toprağın pH'ının 6'dan büyük ve 6'dan küçük olmasına göre iki farklı duruma göre düzenlenmiştir. Tablo 8.1 ve Tablo 8.2'de TKKY ve KAKY'ndeki ağır metal sınır değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

Ülkemizde kompost kalitesi için özellikle geliştirilmiş bir standart henüz bulunmamaktadır. KAKY ve TKKY’de ise yüksek kaliteli kompost için yetersizdir ve bazı açıklar bulunmaktadır. TKKY’nde ki Madde 10’da ifade edilen kompostun hijyenik yönden kusursuz olması, insan ve tüm canlı sağlığını tehdit etmemesi ibaresi yetersiz kalmaktadır. Bunun nedeni ise kompostun hijyenik yönden kusursuz olmasının bir ölçütünün verilmemesi ve kusursuzluğun hangi parametre ile belirleneceğinin standartta kesin olarak belirtilmemesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle işleminden geçmiş kompost çeşitli amaçlar için kullanılacaksa nihai kompostun pH’ı, mineral muhtevası, ve partikül dağılımı gibi parametrelerin limit değerleri belirlenerek, çeşitli amaçlara uygun kompost kalite sınıfları geliştirilmeli ve standartta kompost kalite sınıfına göre ifade edilmelidir.

Tablo 8.1 TKKY(10.12.2001) ve KAKY(14.03.1991) Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Ağır Metal	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği,		Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ek-IV/A
	PH<6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	PH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	
Kurşun	50 **	300 **	100
Kadmiyum	1 **	3 **	3
Krom	100 **	100 **	100
Bakır *	50 **	140 **	100
Nikel *	30 **	75 **	50
Çinko *	150 **	300 **	300
Cıva	1 **	1,5 **	2

* pH değeri 7’den büyük ise Bakanlık sınır değerleri %50’ye kadar artırabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir

Tablo 8.2 TKKY (10.12.2001) ve KAKY (14.03.1991) Toprakta On Yıllık Dönem Esas Alınarak Bir Yılda Verilmesine Müsaade Edilecek Ağır Metal Yüklerinin Karşılaştırılması

Ağır Metal	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Ek-III	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ek-IV/B
	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl) **	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl) **
Kurşun *	1500	2000
Kadmiyum	15	33
Krom *	1500	2000
Bakır *	1200	2000
Nikel *	300	330
Çinko *	3000	5000
Civa	10	42

* İşlenmiş arıtma çamurunun topraklarda kullanılması ile hasatın alınması arasında en az üç ay süre varsa; ilgili kuruluşların görüşü alınarak, Bakanlıkça civa ve kadmiyum hariç olmak üzere bu değerler % 5'e kadar artırılabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

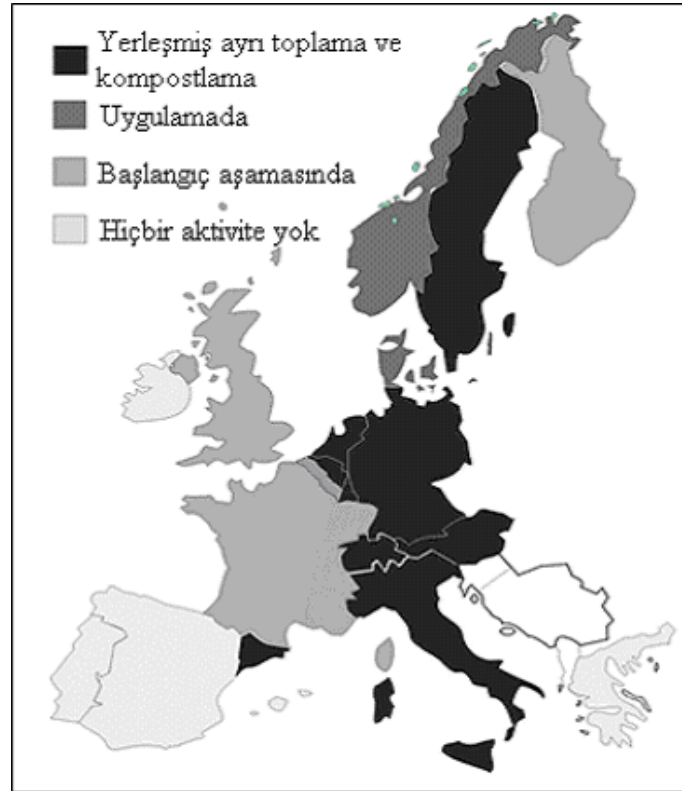
8.2. AMERİKA VE AVRUPA'DA KOMPOSTLAMAYLA İLGİLİ DÜZENLEMELER

Organik atık aktivitelerine göre Avrupa dört sınıfta incelenir. Avusturya, Belçika, Almanya, İsviçre, Lüksembourg, İtalya, İspanya (Katalonya), İsveç ve Hollanda ilk sınıfta bulunur. Bu ülkeler politikasını tüm ülke geneline yaymış ve politikaları yerleşmiştir. Bu ülkeler kaynağında ayrı toplanan organik atıklarının %80'ini kompostlamayla geri kazanmaktadır. Çürütme az kullanılır. Danimarka, İngiltere ve Norveç ikinci sınıfta bulunurlar. Bu ülkeler ayrı toplama ve kompostlama için gereken kalite ve örgütlenme politikasını oluşturmuşlardır. Finlandiya ve Fransa üçüncü sınıfta bulunur. Bu ülkeler kompostlama konusunda stratejilerini belirlemiş ve uygulamanın başlangıç noktasında bulunmaktadırlar. Dördüncü sınıfta İspanya, Yunanistan, İrlanda ve Portekiz gibi organik atıkların kaynağında ayrı toplanıp kompostlama yönetimi konusunda hiçbir çalışma yapmayan ülkeler bulunur. Bu ülkelerde atıklar karışık toplanıp kompostlanmaktadır.

Kompostlamada nihai ürünün kalite güvencesi önemlidir. Kompostlamayı planlarken nihai ürün kalitesi, kompost işlemi ve kompost teknikleride etraflıca düşünülmelidir.

Avusturya, Almanya, Danimarka, Hollanda ve Belçika gibi yerleşik kompost sistemi olan

ülkelerde kalite güvencesinin rolü büyüktür. Bu ülkelerde bir kalite sistemi oluşturulmuştur. İsveç, Norveç, İtalya ve Fransa gibi bir çok ülkede bu sistem tasarım aşamasındadır. Kalite güvence organizasyonları sırasıyla Almanya'da Kompost Kalite Güvence Organizasyonu (CQAO), Avusturya'da KGVÖ, Belçika'da VLACO ve Hollanda'da VVAV'dir. Avrupa'da kalite güvence sistemi ham madde, girdi kontrolü, zararlı madde miktarı, komposttaki değerli maddelerin kalite kriteri, kompostlama üretimi, dıştan kontrol (ürün ve/veya üretimin), ürün kalite etiketi, tesisi veya ürün sertifikası, kompost özelliklerinin deklarasyonu, operatör eğitimi ve yeteneği, tesislerin işletme ve bakımı ile sertifikalardan oluşmaktadır. Avrupa'da kompost kalitesinin ve Avrupa'daki kompostlama ve çürütme tesislerinin kalite güvence durumu sırasıyla Tablo 8.4 ve Tablo 8.5'te gösterilmektedir.










Şekil 8.1 Avrupa'da Organik Atıkları Kaynağında Ayrı Toplama Ve Kompostlamamın Gelişimi

Avusturya, Belçika (Flandra), Almanya, Lüksembourg, Hollanda ve İsveç'te 520 büyük kompost ve çürütme tesisi, kalite izleme sistemi ile kontrol edilmektedir.

Almanya'da nihai kompostun kalitesi RAL işareti ile belirlenir. Hollanda ve Belçika'da iki farklı tutum geçerlidir. Burada nihai ürün kontrolü üretim kontrolü ile kombine edilmiştir. Belçika'da yeni bir kompost tesisinin kalite işareti için müracaat süresi iki yıldır. İlk yıl üretim sürekli izlenir. Başvurunun ikinci yılı yalnızca üretilen kompost kontrol edilir.

Avrupa’da ki kompost tesislerinin kontrolünü üstlenen kurumlar ve kontrol şekli Tablo 8.6’da gösterilmektedir.

Tablo 8.3 Avrupa ve Amerika’da Kompost Organizasyonları

Kalite etiketli kuruluşlar		
Ülke	Organizasyon Adı	Etiket
Avusturya	KGVO- Avusturya Kompost Kalite Birliği	
Belçika	VLACO- Flaman Kompost Organizasyonu	
Almanya	BGK- Bundesgütegemeinschaft Kompost	
İsveç	RVF- İsveç Atık Yönetim Birliği	
Hollanda	VVAV- Hollanda Atık İşleme Birliği	
İngiltere	CA- Kompost Birliği	
Yeni Zelanda	NGIA- Fidanlık ve Bahçe Sanayi Birliği	
Kalite etiketsiz kuruluşlar		
Avusturya	ARGE- Kompost ve Biyogaz	
Çek Cumhuriyeti	CZ Biom	
İrlanda	Cré- İrlanda Kompost Birliği	
İtalya	CIC- İtalya Kompost Birliği	
Japonya	JORA- Japon Organik Atıkları Geri Kazanım Birliği	
İsviçre	VKS- Verband Kompostwerke Schweiz	
Avrupa	ECN- Avrupa Kompost Ağı	
Kanada	CCC- Kanada Kompost Konseyi	
Kaliforniya	Kaliforniya Kompost Kalite Konseyi	
Amerika	Birleşik Devletler Kompost Konseyi	

Tablo 8.4 Avrupa Ülkelerinde Kompost Kalitesinin Durumu

Ülke	Kompost Kalite Güvencesi/Sertifika Durumu
Avusturya	Bütünüyle yerleşik bir kalite güvence sistemi var
Belçika	Flandra bölgesinde bütünüyle yerleşik bir kalite güvence sistemi var
Danimarka	Kompost kalite güvence sistemine henüz başlandı
Fransa	Kalite kriteri önergesi, kalite yönetim sistemi araştırma programı
Almanya	Kompost ve çürütme atıkları için bütünüyle yerleşik bir kalite kontrol sistemi var
İtalya	Başarılı bir kaynaktan ayırma sistemi var
Lüksembourg	Bazı tesisler Alman Kalite Güvence Sistemine(German Quality Assurance System) tabidir
Hollanda	Bütünüyle yerleşmiş kalite güvence ve sertifika sistemi
İsveç	Kompost ve çürütücü atıkları için kalite kontrol sistemine henüz başlandı
İngiltere	Kompostlama Birliği(Composting Association TCA) tarafından kalite standardı teklifi
Finlandiya	-
Yunanistan	-
İrlanda	-
Portekiz	-
Kanada	Organik atıkları kaynağında ayırma için düşünülen kalite güvence sistemi görüşmeleri başlangıç aşamasındadır
Avustralya	Kalite kriteri ve analiz metotları için öneri yapıldı

Tablo 8.5 Avrupa'daki Kompostlama ve Çürütücü Tesislerinin Kalite Güvence Durumları

Ülke	Kalite Güvencesi Olan Tesisler	Kalite İşareti Veya Sertifikası Olan Tesisler
Avusturya	10	2
Belçika(Flandra)	22	10
Lüksembourg	3	
Hollanda	22	
Almanya	429 kompost, 16 çürütme	-
İsveç	2 kompost, 8 çürütücü	-
Danimarka	Kalite güvence sistemi tasarım aşamasında	-
Norveç	Kalite güvence sistemi var	-
İngiltere	Kalite güvence sistemi başlangıç aşamasında	-

Tablo 8.6 Avrupa'da ki Kompost Tesislerinin Kontrolünü Üstlenen Kurumlar Ve Kontrol Şekli

Ülke	Üretim İzleme	Ürün Kontrolü
Avusturya	Kompost yönetmeliği	
Belçika(Flandra)	VLACO (işletmenin ilk yılında)	VLACO (ikinci yılın başlangıcında)
Danimarka	-	Tesis yönetmeliği
Fransa	ISO 9000'e göre	ISO 9000'e göre
Almanya	BGK (yalnızca hijyen konusunda)	BGK
Hollanda	KIWA	KIWA
İsveç	RVF Sertifikasyonu	RVF Sertifikasyonu
İngiltere	TCA (prosedürler ve raporlar her değerlendirme süresinde kontrol edilir)	TCA (analizler, sonuçlar, ürün depolama ve etiketleme her değerlendirme süresinde kontrol edilir)

Avrupa'da kompostlamayla ilgili düzenlemelerde özellikle kompostun ağır metal muhtevası üzerinde durulduğu görülmektedir. Özellikle Avusturya'da kompost kalite sınıfları ağır metal muhteviyatına göre belirlenmiştir. Almanya'da kompost sınıfları, kompostun özellikleri veya kullanımına göre belirlenmektedir. Belçika (Flandra)'da ise; kompost kalitesi, kullanılan ham maddeye göre belirlenmektedir. Esasen nihai kompostun kalitesi; kullanılan ham maddeye, ağır metal muhtevasına ve kullanım amacına bağlıdır.

Amerika'da arıtma çamuru kompostu için özel limitler geçerlidir. Bu limitler oldukça esnektir. Amerika'daki EPA Part 503'de arıtma çamuru kompostuna ilişkin ağır metal sınırlandırmaları

Tablo 8.7'de gösterilmektedir. Bu yönetmelik TKKY'ndeki Ek-II ile karşılaştırıldığında nikel dışındaki değerlerin EPA 503'de daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca Avrupa lkelerinde ağır metal limitleri

Tablo 8.8’de gösterilmektedir.

Tablo 8.7 Amerika EPA Standardının Arıtma amuru Kaynaklı Komposttaki Ağır Metal Limitleri

Ağır Metal	ABD EPA 503, mg/kg
Kurşun	300
Kadmiyum	39
Krom	-
Bakır	1500
Nikel	420
Çinko	2800
Civa	17

Tablo 8.8 Avrupa Ülkelerinde Ağır Metal Limitleri, mg/kg

Ülke	Kalite Standardı	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Avusturya	Biyoatık Yönetmeliği A Sınıfı	1	70	150	0,7	60	120	500
Belçika(FL)	Tarım Bakanlığı	1,5	70	90	1	20	120	300
Danimarka	Tarım Bakanlığı	0,4	-	1000	0,8	30	120	4000
Almanya	Biyoatık Yönetmeliği Tıp II	1,5	100	100	1	50	150	400
İrlanda	Taslak	1,5	100	100	1	50	150	350
Lüksembourg	Çevre Bakanlığı	1,5	100	100	1	50	150	400
Hollanda	İkinci Sınıf Kompost	1	50	60	0,3	20	100	200
İspanya	A Sınıfı	2	100	100	1	60	150	400
İsveç	Kalite Güvence Organizasyonu	1	100	100	1	50	100	300
İngiltere	TCA Kalite Etiket	1,5	100	200	1	50	150	400

Avrupa ülkelerinde kompost limitleri arıtma çamuru için de geçerlidir. Kompostun ağır metal limitleri her ülkede farklıdır. Amerika’da limitler oldukça yüksektir buna karşılık Avrupa’da ise limitler oldukça düşük olduğundan bunların sağlanması oldukça güçtür. Amerika standartlarındaki limitler sağlık riskine göre belirlenirken, Avrupa standartlarındaki limitler bu ağır metallerin topraktaki doğal sınırlarına yakın belirlenmektedir ve esnek değildir. Böylece kompost hem toprak kirliliğini önlemekte hem de halk sağlığı açısından daha güvenli olmaktadır. Avrupa’da kompost üretimi sırasında biyolojik süreç sırasındaki gerekli sıcaklıklar ve bu sıcaklıkta hijyen koşullar sağlanması için öngörülen bekleme süreleri Tablo 8.9’te gösterilmektedir. Ayrıca kompostun kullanım alanları farklı olduğundan, kompostun sağlanması gereken limitlerde farklı olmaktadır.

Avrupa Birliğinde 31 Aralık 1994’te kompostun etiketlenmesi ile ilgili standart hazırlanmıştır. Bu bağlamda toprak iyileştiriciler için standart geliştirmiştir. Bu standartta göre üretilen kompostun etiketinin üzerinde üretici firma, kişi, kompostun özellikleri, saklama koşulları, üretim kodu, tarihi, kullanma amaçları, kullanma talimatları ve halk sağlığı konusundaki ayrıntıları belirtilmek zorundadır. Ayrıca kompost uygulandıktan sonra hiçbir kokuya neden olmamalı, insan sağlığı açısından kompost; cam, tel, metal ve sert plastik içermemelidir. Standarttaki limitler Tablo 8.10’da gösterilmektedir.

Tablo 8.9 Bazı Avrupa Ülkelerinde Ve Amerika’da Kullanılacak Kompostun Biyolojik İşlem Sırasında Hijyenleşmesi İçin Gerekli Sıcaklıkta Bekletme Süreleri

Ülkeler	Hijyenleşme Sıcaklığı, °C	Bu Sıcaklıkta Bekletme Süresi, Gün
Belçika	60	4
Danimarka	55	14
İtalya	55	3
Hollanda	55	4
Avusturya	65	6
Küba	55	3
Kore	55	3
İngiltere	55	3
İspanya	55	3
Amerika	55	3

Tablo 8.10 AB Standardı Kompost Bileşenlerinin Sınır Değerleri

Parametre	AB Standardı Limitleri
KM	>%25
Azot	8 g/m ²
K ₂ O	12 g/m ²
Salmonella	<25 g
E.coli	<1000 MPN(olası ortalama değer)
Ağır metal, mg/kg	
Çinko	300
Bakır	75
Nikel	50
Kadmiyum	1,5
Kurşun	140
Civa	1
Krom	140
Molibden	2
Selenyum	1,5
Arsenik	7
Flor	200

Avusturya’da ise kompost kalitesi için Ö-NORM S 2200 standardı geliştirilmiştir. Bu standart Avusturya, Almanya, Hollanda ve İsviçre araştırma enstitüleri ile üniversiteleri tarafından

geliştirilmiştir. Uzmanlar kompost içindeki organik maddeler için bir limit değeri belirlememiş ve bunun nedeni olarak da kompost işlemini durdukları için, bu maddelerin kendi kendilerini limitleme özelliği olduğunu kabul etmektedir. Avusturya’da kompost kalitesinin korunması için uygulanması gereken bir prosedür vardır ve bu prosedüre göre kompost kalitesinin iki ayda bir devlet kuruluşları veya devlet tarafından yetki verilen kurumlar tarafından kontrol edilir. Kompostun gübre olarak kullanımı 7 ton/ha/yıl ile, toprak iyileştiricisi olarak Ö-NORM S tarafından 10 ton/ha/yıl ile kısıtlanmıştır. Avusturya’nın Ö-NORM standardı Tablo 8.11’de gösterilmektedir. Avusturya’da tüm atıklar belediyeler tarafından toplanmaktadır. Organik atıkların toplanması için merkezler kurularak, organik atıklar bu merkezlerde biriktirilmektedir. Bu merkezler yaşam merkezlerine yakındır. Mesafesi 30 km’den fazla olan kompost tesisleri için de aktarma istasyonları kurulmuştur. Atıklar öncelikle bu aktarma istasyonlarında toplanır, buradan da katı atık kompost tesislerine taşınır.

Tablo 8.11 Avusturya Ö-NORM Standardı Kompost Limitleri

Organik içerikler (%KM)	
Parametre	Ö-NORM S 2200 Limitleri
Uçucu katı maddeler	> 20
Toplam karbon	> 12
Makronütrientler	
Toplam azot (%KM)	< 0,2
Toplam nitrat (N-NO ₃) (%KM)	< 0,1
Toplam amonyak (N-NH ₄) (%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Fosfor (toplam P ₂ O ₅)	Üretici tarafından tayin edilir
Fosfor (mümkün olan)	Üretici tarafından tayin edilir
Kalsiyum (toplam CaO)	Üretici tarafından tayin edilir
Potasyum (toplam K ₂ O)(%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Potasyum (mümkün olan)(%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Manganez (toplam MgO)(%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Bor (mg/kg KM)	< 10
Karbon/azot (C:N)	Üretici tarafından tayin edilir
Ağır metaller, mg/kg	
Krom	70
Nikel	42
Bakır	70
Çinko	210
Kadmiyum	0,7
Civa	0,7
Kurşun	70

Lindan	0,1
Fiziksel özellikler	
Nem muhtevası (%ham ağırlık)	25-50
Nem kapasitesi (%KM)	> 100
Ham yoğunluk (kg 1 ham ağırlık)	< 0,85
PH (H ₂ O) (-)	Kompost üreticisi tayin eder
EC (μS/cm)	< 2,0
Tanecik boyutu > 25 mm (%KM)	< 3
Toplam fiziksel kontaminasyon (%KM)	< 0,5
Plastikleri de içerecek > 200 (%KM)	0,2
Plastikleri de içerecek > 20 mm (%KM)	0
Bitki tolerans payı, %15 kompost	
Bitki biyokütle (% referans kütleinin)	100
Germinasyon gecikmesi (gün)	0
Germinasyon sayısı (%)	100
Bitki toleransı, %30 kompost	
Bitki biyokütle (% referans kütleinin)	100
Germinasyon gecikmesi (gün)	0
Germinasyon sayısı (%)	100
Bitki toleransı, %30 kompost	
Bitki biyokütle (% referans kütleinin)	90
Germinasyon gecikmesi (gün)	1
Germinasyon sayısı (%)	100

9. SONUÇLAR

Bu çalışma ülkemizdeki et sığırı çiftliklerinden kaynaklanan hayvan atıklarının neden olduğu çevre kirliliğine çözüm üretmek amacıyla yapılmıştır. Enerjinin çok değerli olduğu günümüzde uygulanan teknolojilerle hayvan atıklarının çevreye etkileri önlenmekle beraber miktarı da azaltılmaktadır. Bu çalışmada gübre bertaraf yöntemi olarak kompostlama tercih edilmiştir. Bunun nedeni bu sistemlerin işletilmesinin kolay olması, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin özellikle biyogaz gibi anaerobik sistemlerle karşılaştırıldığında daha az olmasındandır.

Bu amaçla literatür araştırması yapılarak kompostlama teknolojileri ve maliyetleri etraflıca araştırılmıştır. Daha sonra Türkiye’de mevcut sığır sayıları ve atık potansiyeli belirlenmiş ve kompostlamayla sığır atıklarının bertarafı için pilot bir bölge seçilmiştir. Bu pilot bölgede seçilen çiftliğe ait datalar anket yöntemiyle toplanarak elde edilen veriler sıralı yığın kompostlama, havalandırmalı statik yığın kompostlaması ve döner tambur tipte kompostlama teknolojilerine ayrı ayrı uygulanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucu arazi ihtiyacının en fazla sıralı yığın ve havalandırmalı kompostlama metotlarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu sistemlerin ilk yatırım ve işletme maliyetleri de düşüktür. Bu sistemlerde ilk yatırım maliyetleri arazi maliyeti ve kompostu döndürme ve işleme için gerekli makine maliyetleridir. Ama çoğu çiftlikte kompostlama için gerekli büyüklükte arazi ve karıştırıcı ekipman bulunmaktadır. Bu nedenle çiftlikler de çoğunlukla bu tip sistemler tercih edilmektedir. Dolayısıyla bu sistemlerin ilk yatırım maliyetleri düşük olmaktadır. Pilot bölgeye; kapalı reaktörde kompostlama sistemlerinden, döner tambur tipte kompostlama sistemi de uygulanmış ve yapılan hesaplamalar bu sistemin maliyetinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni sistemin daha yüksek yapı, ve betonarme, döndürme, havalandırma sistemleri (fan, üfleyici) ve izleme ekipmanları gerektirmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Bu sistemin maliyet analizi yapılarak tesiste elde edilen gübrenin satışından bir yılda elde edilen gelirin, tesisin işletme maliyetinden büyük olduğu sonucu çıkarılmıştır. Bu konu hakkında yapılan diğer çalışmalardan da kompostlama tesisinin ilk yatırım maliyetinin 3-8 yıl arasında geri döndüğü belirlenmiştir. Maliyet gübrenin tipi ve muhteviyatıyla yakından ilgilidir. Gübrenin kuru madde muhtevası arttıkça; gereken düzenleyici madde ihtiyacı da azalır. Buna bağlı olarak ilk yatırım ve işletme maliyetinin de azaldığı saptanmıştır.

Yapılan bu çalışmadan kompostlama işleminin durumunu gösteren en önemli parametrelerin mikrobiyal aktivitenin bir göstergesi olduğu için sıcaklık ve koku parametreleri olduğu sonucu çıkarılmıştır. Koku oluşumunun en önemli sebebi anaerobik koşulların oluşmasıdır. Kompost tesislerinde kokuya neden olan en önemli bileşik amonyaktır. Yığın içindeki amonyak miktarını gösteren parametre ise C:N oranıdır. Bu nedenle yığınların C:N oranları, sıcaklık ve kokuları izlenerek en uygun döndürme programı oluşturulmalıdır.

Kompostlama sonucu oluşan sızıntı suları yer altı ve yüzeysel su kaynaklarına zararlıdır. Ayrıca sızıntı suyu süzülürken toprağın üst kısmındaki madeni tuzlarını toprak partiküllerinden ayırarak birlikte sürükler ve toprağın madeni tuzlarını kaybetmesine (toprak yıkanmasına) neden olur. Bu nedenle kompost tesislerinin bu tip su kaynaklarına mesafesi 30-60 m olmalı ve kompost tabanı beton, asfalt veya daha ucuz olan sıkıştırılmış çakıl tabakasıyla kaplanarak yalıtılmalıdır. Kompost tabanındaki yüzeysel su akışını toplamak için tabanın eğimi %2-4 arasında olmalıdır. Kompost taban çevresi; hendek ve kuyular inşa ederek veya dren boruları ile döşeyerek yağışlarla gelen yüzeysel akış suları toplanıp arıtma sistemine diverse edilmelidir.

Kompostlama işleminden elde edilen nihai kompost bahçelerde, tarımda, peyzaj alanında ve bitki hastalıklarını önlemede kullanılabilir. Kompostun hangi amaçla kullanılacağı kalitesine göre belirlenir. Kompostun kalitesini belirleyen parametreler, partikül çapı(<1,27 cm), pH(6-7,8), çözümlü tuz seviyesi (<2,5mmhos/cm), nem(<%50), organik madde içeriği ve patojen ihtiva edip etmemesidir. Kompostu araziye uygulama oranı ise ham yoğunluğa göre belirlenir.

Ülkemizde kompost kalitesi için özellikle geliştirilmiş bir standart henüz bulunmamaktadır. KAKY ve TKKY’de ise yüksek kaliteli kompost için yetersizdir ve bu yönetmeliklerde bazı açıklar bulunmaktadır. TKKY’nde ki Madde 10’da ifade edilen kompostun hijyenik yönden kusursuz olması, insan ve tüm canlı sağlığını tehdit etmemesi ibaresi yetersiz kalmaktadır. Bunun nedeni ise kompostun hijyenik yönden kusursuz olmasının bir ölçütünün verilmemesi ve kusursuzluğun hangi parametre ile belirleneceğinin standartta kesin olarak belirtilmemesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle işleminden geçmiş kompost çeşitli amaçlar için kullanılacaksa nihai kompostun pH’ı, mineral muhtevası, ve partikül dağılımı gibi parametrelerin limit değerleri belirlenerek çeşitli amaçlara uygun kompost kalite sınıfları geliştirilmeli ve standartta kompost kalite sınıfına göre ifade edilmelidir.

Yine Katı Atıklar Kontrolü Yönetmeliğinin 34. Maddesinde kompost tesislerinin yer altı ve

yzeyssel su kaynaklarının koruma alanı içine inŖa edilmemesi gerektiği ifade edilmekte fakat mesafe limitleri yönetmelikte belirtilmemektedir. Bunun yerine kompost tesislerinin kuyu, içme suyu kaynakları, yer altı ve yzeyssel su kaynaklarına yatay ve dikey mesafeleri, civar çiftliklere ve bataklıklara mesafeleri belirtilmelidir. Bununla beraber yönetmelikte tesislerin yerleŖim alanlarına en yakın mesafesi 1000 m gibi kesin bir değer verilmiŖtir.

TKKY'inde ve KAKY'inde ayrıca kompostun arazide kullanımı için herhangi bir sınırlama getirilmemiŖtir. Kompostun taŖınma mesafesine, su muhtevası önemli derecede etki etmesine rağmen, standartta bunun içinde bir sınırlama getirilmemiŖtir.

Hayvan gübresini doğrudan taŖıma, arazide kullanma ve ürün elde maliyeti kompost kullanmaya göre çok daha maliyetlidir. Çünkü fazla miktarda nem içeren gübrenin taŖınması ve dağıtımı arazide kullanılması ve tarım arazisinde oluŖan yaban otu ile mdalede önemli miktarda bir maliyet gerektirir. Ham gübre doğrudan tarım arazisinde kullanıldığı zaman 100 birim gerekirken kompost kullanıldığı zaman 40 birim kullanmak yeterlidir.

10. KAYNAKLAR

Alexander, Ronald A., (1195) “Standards and Guidelines for Compost Use”, In Farm Scale Composting, Emmaus, JG Press Inc., Pennsylvania.

ASAE, Standards, Engineering Practices and Data, American Society of Agricultural Engineering Service, 1989.

Allison, F.E., (1973) “Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production” Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.

Arble, William C. ve Dennis J. Murphy, (1989) Extinguishing Silo Fires. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, NRAES-18. Ithaca, New York.

Baban, A., Timur, H., Cılız, N., Olgun, H. ve Akgün, F. (2001), Kümes ve Ahır Gübrelерinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi Başlangıç Raporu, TÜBİTAK-MAM.

Beerli, M., (1989) Use of Biofilters in Odor Control, American Society of Agricultural Engineers, Michigan.

Biddlestone, A.J., (1971) “Reviews of Composting Part-I” Process Biochemistry 6.

Biddlestone, A.J., (1971) “Reviews of Composting Part-II” Process Biochemistry 6. Biocycle Staff Editors, (1984) Mangining Sludge by Composting, Pennsylvania.

Biocycle Staff Editors, (1991) The Biocycle Guide to the Art and Science of Composting, Pennsylvania.

Biocycle Staff Editors, (1989) The Biocycle Guide to Yard Waste Composting, Pennsylvania.

Biocycle Staff Editors, (1989) “The Present and Future of Compost Marketing”, Biocycle, emmuz-Ağustos 1985.

Bishop, J.R., Janzen, J.J. ve Bodine, A.B., “ Composted Solids from Dairy Manure Can Be Used in Free Stalls”, Hoards Dairyman 125, October 1980.

Bollen, G. J., (1984)“ The Fate of Plant Pathogens During the Composting of Agricultural Organic Wastes” In Composting of Agricultural and Other Wastes, Elsevier Applied Science

Publishers, New York

Border, D., Coombs, C ve Shellens, M., (1988) “Composting Straw with Untreated Liquid Sludge”, Biocycle, (Temmuz 1988).

Brinton, W. ve Seekins, M., (1988) Composting Fish By-Products, A feasibility Study, Time & Tide RC&D, Waldoboro.

Brodie, Herbert L., ve Carr, L.E., (1995) “Composting Animal Mortalities on Farms” In Farm Scale Composting, Emmaus, Pennsylvania.

Brodie, Herbert L., ve Carr, L.E., (1997) “Composting Animal Mortality” ORBIT-97 Conference, 2-3 September 1997, Harrogate, United Kingdom.

Brodie, Herbert L., Gouin, Francis R. ve Carr, L.E., (1995) “What Makes Good Compost?” In Farm Scale Composting, Emmaus, Pennsylvania.

Center For Rural Affairs, (1979)“Composting of Farm Manure”, Small Farm Energy Project Newsletter, Hartington, Nebraska, March 1979.

Composting Council. Compost: It’a Natural! A Farmer’s Field Guide to Compost Production and Use. Slide Chart. Alexandria, Virginia: The Composting Council, 1996.

Composting Council. Field Guide to Compost. Alexandria, Virginia:The Composting Council, 1996.

Composting Council. Potential U.S. Applications for Comopst. Alexandria, Virginia:The Composting Council, 1992.

Composting Council. Suggested Compot Prameters and Compost Use Guidelines. Composting Council Fact Sheet. Alexandria, Virginia: The Composting Council, 1995.

Conner, D.E., Blake, J.P. VE Donald, J.O, (1991) “Microbiology Safety of Composted Poultry Farm Mortalities”, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan.

Cotton, M., (1996) “Compoating Moves West” ,Waste Age, May 1996. Crockett, J. (1997) “The Impotance of Oxygen”, Biocycle, May 1997.

Diener, R.G., (1998) Class Notes, Commercial Composting (Agricultural and Environmental Education), West Virginia University

Dougherty, Mark., (1998) Composting for Municipalities: Planning and Design Considerations (NRAES-94), Natural Resource, Agricultural and Engineering Service, Itacha, New York

Epstein, E., (1994) "Composting and Bioaerosols" In Composting Source Separated Organics, Emmaus, Pennsylvania.

Franklin Associates Ltd., (1996) Characterization of Municipal Solid Waste in the United States, Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, Prairie Village, Kansas.

Fulhage, C. ve Ellis C., (1994) "Composting Dead Swine" Fact Sheet WQ225, University of Missouri Cooperative Extension Service, Columbia, Missouri: University of Missouri.

Glenn, J., (1997) "Living Up to the Good Neighbor Policy", Biocycle, August 1997. Glenn, J. and Farrel, F., (1997) "Bagging and Blending Strengthen Compost Markets", Biocycle, July 1997.

Goldstein, N., (1997) "Safety at Composting Facilities", Biocycle, March 1997.

Gouin, Francis R.. Notes, (1996) 5th Annual Better Composting School, University of Maryland Foundation Inc., October 29-November 1996, Hanover, Maryland.

Greaser, G. and Harper, J., (1994) Enterprise Budget Analysis, Agriculture Alternative Series, State College, Pennsylvania, Penn State Cooperative Extension, 1994.

Haug, R.T., (1997) "Feedstocks, Conditioning and Fire Protection", Biocycle, April 1997

Haynes, J., (1997) "Applying Compost and Mulches to Control Erosion", Biocycle, May 1997.

Hoitink, H.A.J., Keener, H.M. ve Krause, C.R., (1994) "Management Principles" In Composting Source Separates Organics, Emmaus, Pennsylvania: JG Press, Inc.

Hoitink, Harry A. And Marcella E. Grebus (1994), "Status of Biological Control of Plant Diseases with Composts." Compost Science and Utilization, Spring 1994.

Inbar, Y., Y. Chen Y. Hadar, and H. A. J. Hotink (1990), “New Approaches to Compost Maturity” BioCycle(December 1990).

International Process Systems, Inc (1990), Odor Control–Completing the Composting Process, Hampton, New Hampshire.

Kashmanian, Richard M. (1995), “The Right Time for Composting in Agriculture”, In Farm Scale Composting, Emmaus, Pennsylvania: JG Press, Inc.

Kashmanian, Richard M. And Robert F. Rynk (1998), “Creating Positive Incentives for Farm Composting”, American Journal of Alternative Agriculture, vol. 13, no. 1.

Kashmanian, Richard M. And Robert F. Rynk (1996), “Agricultiring Composting in United States:Trends and Driving Forces”, Journal of Soil and Water Conservation, (May-June 1996).

Keener, H. M., W. A. Dick, C. Marugg, and R. C. Hansen (1991), Composting Spent INCA Press-Molded, Wood Fibre Pallets Bonded with Urea-Formaldehyde, ASAE Paper914013, St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers.

Lancaster County Solid Waste Management Authority (1991), Agricultural Utilization of Yard Wate, Lancaster, Pennsylvania.

Majercak, John, Daren Bouquillon, and Sherill Baldwin (1998), “Expanding On-Farm Composting”, BioCycle , January 1998.

Mathur, S. P., M. Schnitzer, and P. Schuppli (1990), “The Distrubution of Nitrogen in Peat-Based Composts of Manure and Fisheries Wastes”, Biological Agriculture and Horticulture 7:153-163.

Mathur, S. P., N. K. Patni, and M. P. Lévesque (1990), “Static Pile, Passive Aeration Composting of Manure Slurries Using Peat as a Bulking Agent”, Biological Wastes 34:323-333.

Maynard, A. A. (1990), Using Composted Animal Manures on Vegetable Plots, New Heaven, Connecticut: Connecticut Agricultural Experiment Station.

Maynard, Abigail A. (1994), “Sustained Vegetable Production for Three Years Using

Composted Animal Manures”, *Compost Science and Utilization*, vol. 2, no. 1.

Morris J., T. O’Conner, and F. Kains (1995), “A Method for the Bio-Degradation of Dead Pigs”, In *Proceedings of the Seventh International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes*, St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers.

Murphy, D. W. (1990), “Disease Transfer Studies in a Dead Bird Composter”, In *Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium*, Auburn University, Auburn, Alabama: National Poultry Waste Symposium Committee.

Murphy, D. W. (1992), “Minicomposter Dea Bird Disposal”, Fact Sheet 642, Collage Park, Maryland: University of Maryland Cooperative Extension Service.

Murphy, D. W. (1992), “New Development in Mortality Composters”, In *Proceedings of the 1992 National Poultry Waste Management Symposium*, Auburn University, Auburn, Alabama: National Poultry Waste Symposium Committee.

Murphy, Dennis W. and Lewis E. Carr (1991), “Composting Dead Birds”, Fact Sheet 537, College Park, Maryland: University of Maryland Cooperative Extension Service.

Murphy, D. W. and T. S. Handwerker (1988), “Preliminary Investigtions of Composting as a Method of Dead Bird Disposal”, In *Proceedings of the 1988 National Poultry Waste Management Symposium*, Ohio State University, Columbus, Ohio: National Poultry Waste Management Symposium Committee.

Murphy, D. W., M. J. Estienne, C. N. Dobbins, and K. A. Foster (1995), “Disposing of Dead Swine”, PIH-133, West Lafayette, Indiana: Purdue University Cooperative Extension Service.

Pitt, Ron E. (1990), *Silage and Hay Preparation (NRAES-5)*, Ithaca, New York: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Reed, S. C. (19990), *Natural Systems for Wastewater Treatment*, Alexandria, Virginia: Water Pollution Control Federation.

Richard, T., N. Dickson, and S. J. Rowland (1990), *Yard Waste Management: A Planning Guide for New York State*, Ithaca, New York: Cornell Cooperaive Extension.

Richard, Tom L. (1992), “Municipal Solid Waste Composting:Physical and Biological

Processing”, *Biomass and Bioenergy*, vol. 3, no. 3-4:163-180.

Riggle, David (1995), “Why Farmers Become Composters”, In *Farm Scale Composting*, Emmaus, Pennsylvania: JG Press, Inc.

Riggle, David (1995), “Controlling and Preventing Fires at Compost Facilities”, *BioCycle*, November 1997.

Riggle, David (1997), “Hard Surface Alternatives”, *BioCycle*, November 1997.

Ringer, C. E., P. D. Millner, L. M. Teerlinck, and B. W. Lyman (1997), “Suppression of Seedling Damping-off Disease in Potting Mix Containing Animal Manure Composts”, *Compost Science and Utilization*, vol. 5, no. 2.

Rosenburg, Darlene (1997), “Composting Equipment”, *MSW Management*, Santa Barbara, California: Forester Communications, Inc., May-June 1997.

Rynk, Robert (1992), *On-Farm Composting Handbook*(NRAES-54), Ithaca, New York: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Rynk, Robert (1995), *Dairy Farmers Shift to Composting*, In *Farm Scale Composting*, Emmaus, Pennsylvania: JG Press, Inc.

Rynk, Robert and Michael Colt (1997), *Composting at Home*, CIS-1066, Moscow, Idaho: Ag Communications, The University of Idaho College of Agriculture.

Safley, C. D., and L. M. Safley, Jr. (1990), “Economic Analysis of Alternative Composting Systems”, In *Composting Poultry Litter—Economics and Marketing Potential of a Renewable Resource*, Raleigh, North Carolina: North Carolina State University, Agricultural Research Service.

Seekins, Bill (1997), *Class Notes*, University of Maine Cooperative Extension Compost School, Orono, Maine: University of Maine Cooperative Extension, August 25- 29.

Sikora, L. J. and M. I. Azad (1993), “Effect of Compost Fertilizer Combinations on Wheat Yields”, *Compost Science and Utilization*, vol. 1, no. 2.

Sussman, V. (1984), *Easy Composting*, Emmaus, Pennsylvania: Rodale Press. Synder, Darwin P. (1990), *Field Crop Enterprise Budget Update: 1990 Cost and Return Projections*

and Grower Worksheets, New York State, A.E.Res. 90-7, Ithaca, New York: Cornell University, Department of Agricultural Economics.

Tchobanoglous, G., H. Theisen, and S. Vigil (1993), Integrated Solid Waste Management–Engineering Principles and Management Issues, New York, New York: McGraw-Hill, Inc.

Turner, Larry W. “Geotextile Feeding/Traffic Surfaces and Costs”, AEU-85, Lexington, Kentucky: University of Kentucky Cooperative Extension Service.

Tyler, Rodney W. (1996), Winning the Organics Game: The Compost Marketer’s Handbook, Alexandria, Virginia: The American Society of Horticultural Science (ASHS) Press.

Vogtmann, H. (1990), The Composting of Farm Yard Manure with Mineral Additives and under Forced Aeration, and the Utilization of Farm Yard Manure and Farm Yard Manure Compost in Crop Production, Germany: Universitat des Landes Hessen.

Vogtmann, H., K. Matthies, B. Kehres, and A. Meier-Ploeger (1993), “Enhanced Food Quality: Effects of Composts on the Quality of Plant Foods”, Compost Science and Utilization, Premier Issue.

Watkins, J., and W. T. White (1990), “How Composting Period and Mineral Amendments Affect Physical Properties of a Hardwood/Pine Bark Blend”, University of Tennessee, SNA Research Conference, vol. 35:

Wilmink, Tom (1998), “Managing Odors Associated with Composting”, Barboursville,

West Virginia: Wilmink Associates, Inc.

EK 1 Kompostlama işleminde kullanılan maddelerin karakteristikleri

Madde	Veri Tipi	%N	C:N oranı	Nem Muhtevası%	Yoğunluk
		(kuru ağırlık)	(ağırlık/ağırlık)	(ıslak ağırlık)	kg/m ³
Mahsul Atıkları ve Meyva/Sebze İşleme Atıkları					
Elma filtre keki	Tipik	1,2	13	60	0,72
Elma pomace	Tipik	1,1	48	88	0,94
Elma-işleme çamuru	Tipik	2,8	7	59	0,85
Kakao kabukları	Tipik	2,3	22	8	481
Kahve telvesi	Tipik	–	20	–	
Mısır koçanı	Aralık	0,4–0,8	56–123	9–18	
	Ortalama	0,6	98	15	336
Mısır sapı	Tipik	0,6–0,8	60–73	12	19
Çiğit unu	Tipik	7,7	7	–	
Kızılıçık filtre keki	Tipik	2,8	31	50	0,62
(pirinç kabukları ile)	Tipik	1,2	42	71	0,78
Kızılıçık (saplar, yapraklar)	Tipik	0,9	61	61	
Cull patates	Tipik	–	18	78	0,93
Meyva atıkları	Aralık	0,9–2,6	20–49	62–88	
	Ortalama	1,4	40	80	
Zeytin kabukları	Tipik	1,2–1,5	30–35	8–10	
Patates işleme atıkları	Tipik	–	28	75	0,95
Patates tops	Tipik	1,5	25	–	
Pirinç kabukları	Aralık	0–0,4	113–1120	7–12	111,5–132
	Ortalama	0,3	121	14	122
Soya fasülyesi unu	Tipik	7,2–7,6	4–6	–	
Domates işleme atıkları	Tipik	4,5	11	62	
Sebze üretimi	Tipik	2,7	19	87	0,96
Sebze atıkları	Tipik	2,5–4	11–13	–	
Balık ve Et İşleme Atıkları					
Kan atıkları (kesimhane atıkları ve kuru kan)	Tipik	13–14	3–3,5	10–78	
Yengeç ve istakoz atıkları	Aralık	4,6–8,2	4,0–5,4	35–61	145
	Ortalama	6,1	4,9	47	
Balık-breeding parçaları	Tipik	2	28	10	
Balık-işleme çamurları	Tipik	6,8	5,2	94	
Balık atıkları	Aralık	6,5–14,2	2,6–5,0	5081	
	Ortalama	10,6	3,6	76	
Karışık kesimhane atıkları	Tipik	7–10	2–4	–	
Midye atıkları	Tipik	3,6	2,2	63	
Kümes hayvanları ölüleri	Tipik	2,4	5	65	
Karın gübresi	Tipik	1,8	20–30	80–85	0,9
Karides atıkları	Tipik	9,5	3,4	78	
Gübre					
Izgaralık piliç samanı	Aralık	1,6–3,9	12–15	22–46	456–619
	Ortalama	2,7	14	37	521
Sığır –süthane	Aralık	1,5–4,2	11–30	67–87	0,8–1
	Ortalama	2,4	19	81	0,9
bağlı ahır bölmesinden	Tipik	2,7	18	79	
bağlı olmayan ahır bölmesinden	Tipik	3,7	13	83	
at –genel	Aralık	1,4–2,3	22–50	59–79	0,7–1
	Ortalama	1,6	30	72	0,8
at –yarış pisti	Aralık	0,8–1,7	29–56	52–67	

EK 1 Kompostlama işleminde kullanılan maddelerin karakteristikleri (devam)

Madde	Veri Tipi	%N	C:N oranı	Nem Muhtevası%	
		Yoğunluk (kuru ağırlık)	(ağırlık/ağırlık)	(ıslak ağırlık)	kg/m ³
laying heps	Ortalama	1,2	41	63	
	Aralık	4-10	3-10	62-75	0,8-1
koyun	Ortalama	8	6	69	0,9
	Aralık	1,3-3,9	13-20	60-75	
domuz	Ortalama	2,7	16	69	
	Aralık	1,9-4,3	9-19	65-91	
hindi altına serilen saman	Ortalama	3,1	14	80	
	Aralık	2,6	16	26	471,5
Belediye Atıkları					
çöp (yiyecek atıkları)	Tipik	1,9-2,9	14-16	69	
gece toprağı	Tipik	5,5-6,5	6-10	-	
kağıt -evsel çöplerden	Tipik	0,2-0,25	127-178	18-20	
eczacılık atıkları	Tipik	2,6	19	-	
istenmeyen (karışık yiyecek, kağıt vs.)	Tipik	0,6-1,3	34-80	-	
kanalizasyon çamurları	Aralık	2-6,9	5-16	72-84	0,65-1,1
aktif çamur	Tipik	5,6	6	-	
çürütülmüş çamur	Tipik	1,9	10	-	
Saman ve Yem					
buğday yemi	Tipik	1,2-1,4	38-43	65-68	
yem -genel	Aralık	0,7-3,6	15-32	8-10	
	Ortalama	2,1	-	-	
yem -tohum	Aralık	1,8-3,6	15-19	-	
	Ortalama	2,5	16	-	
yem -tohumsuz	Aralık	0,7-2,5	-	-	
	Ortalama	1,3	32	-	
saman -genel	Aralık	0,3-1,1	48-150	4-27	35-228
	Ortalama	0,7	80	12	137
saman -yulaf	Aralık	0,6-1,1	48-98	-	
	Ortalama	0,9	60	-	
saman -buğday	Aralık	0,3-0,5	100-150	-	
	Ortalama	0,4	127	-	
Odun ve Kağıt					
Ağaç kabuğı -sert ağaç	Aralık	0,1-0,41	116-436	-	
	Ortalama	0,241	223	-	
ağaç kabuğı -yumuşak ağaç	Aralık	0,04-0,39	131-1,285	-	
	Ortalama	0,14	496	-	
buruşuk karton	Tipik	0,1	563	8	156
kereste kesim yeri atıkları	Tipik	0,13	170	-	
gazate kağıdı	Tipik	0,06-0,14	398-852	3-8	117,6-146
kağıt fiberi çamuru	Tipik	-	250	66	687
kağıt fabrikası atığı	Tipik	0,56	54	81	
kağıt hamuru	Tipik	0,59	90	82	846
testere talaşı	Aralık	0,06-0,8	200-750	19-65	211-271
	Ortalama	0,24	442	39	66
telefon rehberi	Tipik	0,7	772	6	151
odun yongaları	Tipik	-	-	-	268-374

EK 1 Kompostlama işleminde kullanılan maddelerin karakteristikleri (devam)

Madde	Veri Tipi	%N	C:N oranı	kg/m ³
odun–sert ağaç (yongalar, talaşlar vs.)				—
odun–sert ağaç				
Bahçe atıkları ve diğer bitkiler				
Çimkırıntıları				

EK 2 Arıza tespiti ve giderimi kılavuzu

Arızanın tanımı	Nedeni	Diğer belirtiler	Çözüm
Yiğm ısınmıyor	Maddelerin fazla kuru olması	Suyun maddeden ayrılamaması	Su veya nemli maddeler ilave et
	Maddelerin fazla nemli olması	Maddeler iyice ıslanmış görünüyor; yiğm çöküyor; nem muhtevası %60'dan büyük	Kuru düzenleyiciler ilave et ve tekrar karıştır
	Yeterince azotun olmaması, veya yavaş bozunma veya stabil maddelerin olması	C:N oranı 50:1'den büyük; odunsu maddeler fazla	Azot muhtevası yüksek maddeler ilave et; kompost karışımını değiştir
	Kompost yapısının zayıf olması	Yiğm çabucak çöküyor; az miktarda büyük partikül; aşırı nemli değil	Hacimleştirici maddeler ilave et
	Soğuk hava koşulları ve yiğmin küçük olması	Yiğm yüksekliği 1 m'den az	Yiğimleri büyüt veya birleştir; yüksek çözünürlüklü madde ilave et
	pH'n aşırı düşük olması	pH 5,5'dan az; çöp kokusuna benzer bir koku olması	Kireç veya tahta tozu ilave et ve tekrar karıştır
Sıcaklık birkaç gündür sürekli düşüyor	Az oksijen; havalandırma ihtiyacı	Sıcaklık yavaş yavaş azalıyor	Yiğmi döndür veya havalandır
	Düşük nem	Suyun maddeden ayrılamaması	Su ilave et
Yiğimde sıcaklık dalgalanmaları olması veya farklı kokuların yükselmesi	Maddelerin yeterli karıştırılmaması	Yiğmin neminde ve maddelerde görülebilir farklılıklar	Yiğmi döndür veya tekrar karıştır
	Havalandırmanın düzgün olmayışı veya kısa devre	Yiğmin neminde ve maddelerde görülebilir farklılıklar	Havalandırma borusunu kısalt; yiğmi tekrar karıştır
	Farklı olgunluğa sahip maddeler	Yiğm boyunca sıcaklığın farklılık göstermesi	Hiçbirşey gerekmez
Sıcaklık giderek düşüyor; yiğm döndürme veya havalandırmadan sonra tekrar ısınmıyor	Kompostlamanın bitmeye yakın olması	Beklenen kompostlama süresine yaklaşma; yeterli nem mevcut; C:N oranı 20:1'den az	Hiçbirşey gerekmez
	Düşük nem	Suyun maddeden ayrılamaması	Su ilave et ve tekrar karıştır
Yiğm aşırı ısıyor (sıcaklık 65 °C'den büyük)	Isı giderimi için havalandırmanın yetersiz olması	Yiğmin nemli olması	Yiğmi döndür veya hava debisini arttır
	Orta-düşük nem	Yiğm nemli ama aşırı nemli olması veya kuru olmaması	Su ilavesi; sıcaklık kontrolü için döndürme veya havalandırmaya devam et
	Yiğm çok büyük	Yükseklik 2,4m'den fazla	Yiğm boyutunu azalt
Yiğm sıcaklığının aşırı yüksek olması (>76,6°C): kompostlama veya olgunlaşma/depolama	Piroliz veya spantone yanma	Düşük nem muhtevası; yiğm içi yanmış gibi görünüyor veya kokuyor	Yiğm boyutunu azalt; uygun nem seviyesini muhafaza et; yanan veya alevlenen yere su ilave et; yiğmi diğer yiğimlerle birleştirerek ayır

EK 2 Arıza tespiti ve giderim kılavuzu (devam)

Arızanın tanımı	Nedeni	Diğer belirtiler	Çözüm
Kompostlama yağmırlardan amonyak kokusu geliyor	Azot seviyesinin fazla olması	C:N oranı 20:1'den az	Yüksek karbonlu düzenleyici ilave et
	Yüksek pH	pH 8'den büyük	Asidik maddeler kullanarak pH'ı azalt ve/veya alkali maddeleri önle
	Karbon kaynağının yavaşça kullanmaya elverişli olması	Büyük odunsu parçalar; C:N oranı 30:1'den az	Başka bir karbon düzenleyicisi ilave et veya karbon oranını arttır
Kompost yağmırdan sürekli olarak çürük yumurta kokusu veya kötü kokular geliyor	Anaerobik koşullar	Düşük sıcaklıklar	
	Maddeler çok nemli		Kuru düzenleyicileri ilave et
	Zayıf yapı		Hacimleştirici maddeler ilave et
	Yağm çok kesif		Yağmı tekrar karıştır ve gerekliyse hacimleştirici madde ilave et
	Yetersiz havalandırma		Yağmı döndür veya hava debisini arttır
	Anaerobik koşullar	Yüksek sıcaklıklar	
	Yağm aşırı büyük		Yağm boyutunu azalt
Döndürmeden sonra koku olmuyor	Hava akımının dalgalanmalar göstermesi veya kısa devre olması		Yağmı tekrar karıştır; yağm formülünü değiştir
	Kokulu ham maddeler	Yüksek sıcaklıklar	Sıkça döndür; poroziteyi arttır; koku absorblayıcı düzenleyiciler ilave et
Arazi kaynaklı kokular (yağm kokulu değil)	Yetersiz havalandırma; iç kısmın anaerobik olması	Sıcaklığın düşmesi	Döndürme periyodunu azalt; poroziteyi arttır
	Ham maddeler	Kokunun ham maddelerin yapısında olması	Ham maddelerin az depolayarak hızlıca işle
	Kötü drenaj yüzünden nütriense zengin su birikintileri	Su birikintilerinin olması	Sızıntı suyunu uzaklaştır; alt yüzeyin bakımını yap
Sinek ve sivrisinek sorunu	Su tutma havuzları veya lagünlerinde nütriense zengin tortunun fazla olması	Yosun ve yabancı otların fazla olması; havuz yüzeyinde hava kabarcıkları olması	Tortu tutucu yerleştir; havuzun yüzey alanını arttır; tarlada sızıntı suyu ve havuz suyu kullan
	Kompost yağmırlarda sineklerin üremesi	Yağm yüzeyinde taze gübre veya gıda maddeleri; yağm çevresinde sineklerin uçuşması	Her 4-7 günde bir yağmırları çevir; statik yağmırları 15cm'lik kompost tabakası ile ört
	Ham maddelerde sineklerin üremesi	Arazideki nemli ham maddelerin dört günden fazla depolanması	Ham maddeleri hızlıca işle

EK 2 Arıza tespiti ve giderim kılavuzu (devam)

Arızanın tanımı	Nedeni	Diğer belirtiler	Çözüm
Kompostta madde tortuları ve büyük partiküller olması; yapının üniform olmaması	Maddelerin yetersiz karıştırılması	Orijinal ham maddelerin kompostta farkedilmesi	Kompostu ele; ilk karıştırmayı iyileştir
	Hava akımının dalgalanmalar göstermesi veya kısa devre	Kompostun nemli kümeleri	Kompostu ele veya ez; hava dağılımını sağla
	partiküller ve ayrışmayan veya yavaş çözülebilir maddeler içermesi	Kompostta büyük genellikle de odunsu partiküller görülmesi	Kompostu ele; ham maddeleri parçala ve/veya tasnifle
	Aktif kompostlamanın tamamlanmaması	Olgunlaşma yığınları ısınması veya koku olması	veya kompost koşullarını iyileştir.

EK 3 Kompost Yığınları Ve Arazi Sıcaklığı İzleme Formları

EK 3 Arazi sıcaklığı izleme formu						
Tarih			Saat			
Veri alma şekli						
Hava (güneşli, yağmurlu vs.)						
Çevre(hava) sıcaklığı		°C	Rüzgar yönü			
Genel arazi izlenimleri ve düşünceler						
Yığın no	Nem oranı	Koku oranı	Sıcaklık (°C)			
			Yığının sonuna uzaklığı			
			met re	met re	met re	met re



EK 4 Kompost Taban Alanı Hesap Cetveli

1. Ham maddeler ve günlük hacimleri

Madde	Günlük hacmi	m ³ /gün
_____	_____	m ³ /gün
_____	_____	m ³ /gün
_____	_____	m ³ /gün
_____	_____	m ³ /gün
Toplam günlük hacim =	_____	m ³ /gün

1A. Ham maddelerin birleştirilmesinden dolayı oluşan hacim azalmasının ayarı (isteğe bağlı)

Hacim azalması = günlük hacim (1. basamaktan) x 0,80

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}} \times 0,80$$

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}} \times 0,80$$

2. Taban hacminin hesabı. Taban hacmi tabandaki maddelerin toplam hacmidir.

Taban hacmi = kompostlama süresi x günlük hacim

$$= \text{_____} \times \text{_____} \text{ gün} \times \text{_____} \text{ m}^3$$

$$= \text{_____} \text{ m}^3$$

2A. Azalma için hacim ayarlama (isteğe bağlı)

Hacim ayarı = azalma faktörü x hacim

$$= \text{_____} \times \text{_____} \text{ m}^3$$

$$= \text{_____} \text{ m}^3$$

3. Yığın-sırası/yığın boyutları

Uzunluk = _____ m

Yükseklik = _____ m

Genişlik = _____ m

(arazi sınırlamalarına göre belirlenir)
(yığın-sıralarını oluşturmak ve döndürmek için kullanılan teçhizata göre belirlenir)

4. Yığın-sırası/yığın hacmi

A = _____

= _____

= _____

veya A = _____

Hacim = A x uzunluk

$$= \text{_____} \text{ m}^2 \times \text{_____} \text{ m}$$

$$= \text{_____} \text{ m}^3$$

5. Yığın-sırası/yığın sayısı = taban hacmi/ yığın-sırası/yığının hacmi

$$= \frac{\text{_____} \text{ m}^3}{\text{_____} \text{ m}^3}$$

$$= \text{_____} \text{ veya } \text{_____} \text{ yığın}$$

6. Yığın-sırası/yığınların ve mesafeleri (yığın-sıraları arasında olması istenen aralık Şekil 4.13'e göre tahmin edilir.)

7. Taban genişliği, uzunluğu ve alanı

Yığın-sırası/yığının genişliği = _____

= _____

= _____

Hava boşluğu = _____

Çevre boşluğu = _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

= _____

yığın-sırası/yığınların sayısı x her birinin genişliği	_____	Metre
_____ x _____	_____	Metre
_____ metre	_____	M
_____ m + _____	_____	M
_____ metre	_____	M
_____ m + _____	_____	M
_____ metre	_____	M
yığın-sırası/yığınların genişliği + ara yol mesafesi + çevre boşluğu	_____	M
_____ m + _____	_____	M
_____ metre	_____	M
yığın-sırası/yığın uzunluğu + çevre boşluğu	_____	M
_____ m + _____	_____	M
_____ metre	_____	M
taban genişliği x uzunluk	_____	m ²
_____ m x _____	_____	m ²
_____ M	_____	m ²
_____ m ²	_____	m ²

