



## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan Fermente Ürün Kalitesi



Şubat -2023

## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi

### İçindekiler Tablosu

1. Giriş.....	4
2. Pıhtılaştırma ve Yumaklaştırma İşlemi.....	9
3. Ham Fermente Ürün, Sıvı ve Katı Fermente Ürün .....	10
4. Katı ve Sıvı Fermente Ürün Kalite Kriterleri .....	11
5. Safsızlıklar .....	12
6. Fermente Ürünlerde Ağır Metal İçerikleri.....	15
7. Fermente Ürünlerde Kalıcı Organik Kirletici Sınır Değerleri .....	18
8. Fermente Ürünlerde Patojenler .....	21
9. Yaban Otu Tohumu .....	22
10. Fermente Ürün Pastörizasyon Süreci .....	23
11. Tarımda Kullanılan Organik, Mineral Ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübreler.....	24
12. Fermente Ürünün Fiziksel ve Kimyasal Özelliği .....	25
13. Fermente Ürün.....	28

<b>Tablo 1.</b> Katı-Sıvı Ayrımından Sonra Ana Bileşenlerin Dağılımı .....	8
<b>Tablo 2.</b> Ham Fermente Üründe, Katı Fermente ve Sıvı fermente Üründe Toplam Katı Madde (TS), Uçucu Katı Madde (VS) Mineral Katı Madde Konsantrasyonları .....	10
<b>Tablo 3.</b> Çeşitli Ülkelerde Fermente Üründe Bazı Kirlilikler İçin Sınır Değerleri.....	13
<b>Tablo 4.</b> Fermente Ürün İçin UK PAS 110'da N Muhtevasına Bağlı Olarak Safsızlık Limitleri ..	14
<b>Tablo 5.</b> İskoçya – fermente ürün ve uygulama zaman çizelgelerindeki toplam N içeriğine göre plastik (g/t) için kalite standartları (SEPA, WST-PS-16, 2017) .....	14
<b>Tablo 6.</b> Sıvı Fermente Ürün İçinde Ağır Metal Değerleri .....	15
<b>Tablo 7.</b> AB Ülkelerinde Fermente Üründe Ağır Metal İçeriği.....	16
<b>Tablo 8.</b> İrlanda'da Sıvı ve Katı Fermente ürün içinde Ağır metal Sınır Değerleri .....	17
<b>Tablo 9.</b> Çeşitli AB Ülkelerinde Fermente Ürün İçin Kalıcı Organik Kirletici Sınır Değerleri.....	19
<b>Tablo 10.</b> Bazı AB Ülkelerinde Fermente Ürün İçin Kalıcı Organik Kirletici Sınır Değerleri.....	20
<b>Tablo 11.</b> Fermente Ürün Patojenler İçin Standartların Değerlendirilmesi .....	21
<b>Tablo 12.</b> Diğer Ülkelerde Fermente Üründe Yabancı Ot Tohumu Standartları (Litre Başına Canlı Tohum) .....	22
<b>Tablo 13.</b> Organik Kaynaklı Ürünler .....	24
<b>Tablo 14.</b> Çeşitli AB ülkelerinde Fermente Ürün Kalite Kriterleri .....	26

## **Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi**

<b>Şekil 1.</b> AB Ülkelerinde Kişi Başına Oluşan Bioatık Miktarı.....	5
<b>Şekil 2.</b> Ham Fermente Üründen Katı ve Sıvı Fazı Ayırma .....	7
<b>Şekil 3.</b> Ham Fermente ürünü Katı ve Sıvı Faza Ayırma ve Katı Fazı Ayrılması ve Susuzlaştırmada Kullanılan Çeşitli Ekipmanlar.....	7

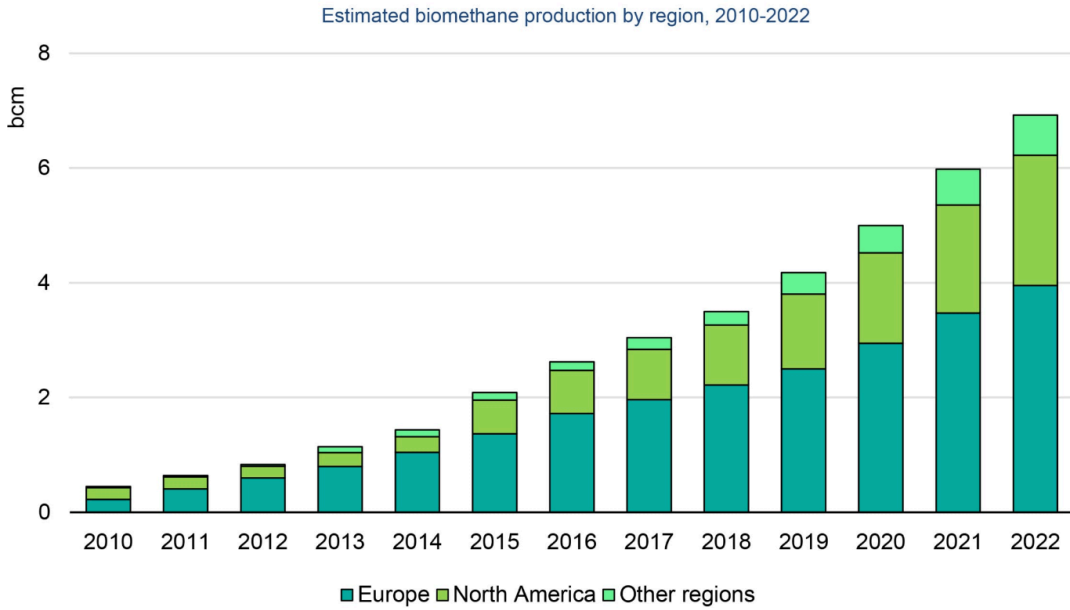
### 1. Giriş

Anaerobik çürütme, sürdürülebilir biyobozunur atık yönetiminin önemli bir adımı ve verimli bir geri dönüşüm yöntemidir.

Anaerobik çürütme (AD), biyo-atıkların ((tarımsal (gıda atıkları) ve hayvansal atıklar), önemli bir yerleşik yenilenebilir enerji formu olan biyogazı ve sıvı/katı digestat üretmek için güvenli bir şekilde geri dönüştürüldüğü umut verici bir teknolojidir.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın yayınladığı rakamlar, 2022 yılının özellikle ABD ve Avrupa'da biyogaz üretiminde 7 milyar metreküp biyogaz üretimi tam bir rekor yılı olduğunu gösteriyor!

#### Global biomethane production reached close to 7 bcm in 2022



#### Şekil 1. Global Ölçekte Biyogaz Üretimi

Global ölçekte yıllık biyogaz üretimi 2025 yılına kadar 10 milyar m<sup>3</sup>'ü ve 2030 yılına kadar 20 milyar m<sup>3</sup>'ü aşacaktır.

Mevcut tüm bio-atıkların toplanması ve biyogaz üretimi için anaerobik çürütülmesi ile sera gazı karbon emisyonları 3,29 ila 4,36 milyar ton karbondioksit (CO<sub>2</sub>) eşdeğeri kadar azaltılabilir.

Avrupa, 2021 yılında biyogaz tesislerinden biyogaz şeklinde enerji üretme konusunda liderlerden biridir. Avrupa'da 19.000 biyogaz tesisi, biyogaz formunda yılda yaklaşık 167 TWk yeşil enerji üretmektedir.

AB ülkelerinde bulunan biyogaz tesislerinin %70'inden fazlası, biyogaz üretimi için tarım, gıda ve hayvancılık kaynaklı atıkları kullanmaktadır.

Tüm biyobozunur organik maddeler, atmosferle temas halinde bırakılırlarsa metan ve nitröz oksit gibi güçlü GHG'ler salabilir; buna kanalizasyon çamuru ve belediye biyoatıkları şeklindeki evsel atıklar, gübre ve saman gibi tarımsal artıklar ve ayrıca yiyecek ve içecek işlemeden kaynaklanan atıklar dahildir. Metan, karbondioksitten 21 kat, azot oksit ise karbondioksitten

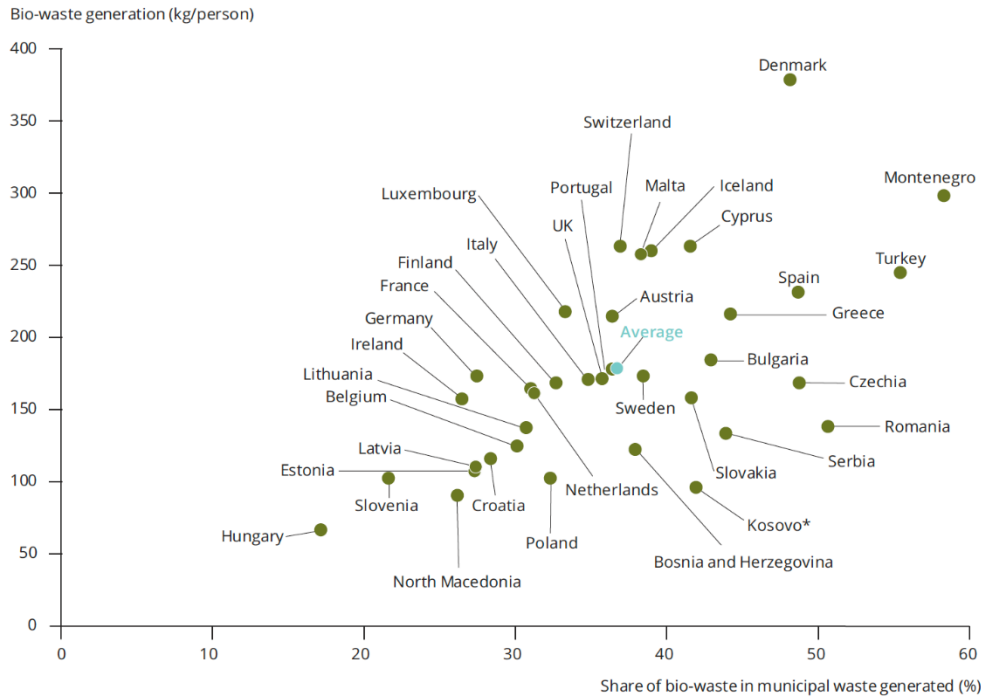
## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi

310 kat daha zararlıdır. Organik malzemeleri sindirmek/çürütmek bu istenmeyen emisyonları önler.

Modern gıda üretimi, büyük ölçüde endüstriyel olarak üretilmiş mineral gübrelere bağımlıdır. Bazı proseslerle, tarımda kullanılan nitrojenin çoğunu giderir ve dünyadaki toplam enerji tüketiminin %1-2'sini ve dünya doğal gaz tüketiminin %3-5'ini oluşturur. Avrupa'da bu yolla üretilen her bir ton mineral gübre, proses ortalama 9,7 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri sera gazı salımlar, bu sadece çevreye zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda ithal edilen doğal gazdan enerji bağımlılığını da sürdürür. Mineral gübreleri organik olanlarla değiştirerek fermente ürünü, Avrupa'nın enerji yoğun tarım sektöründeki emisyonları önemli ölçüde azaltabilir.

**Tarım arazilerinde 1 ton suni gübre yerine fermente (digestat) ürün kullanılırsa, 1 ton yağ, 108 ton su ve 7 ton CO<sub>2</sub> emisyonu tasarruf edilir.**

AB ülkelerinde kişi başına oluşan bio-atık miktarı **Şekil 2**'de verilmiştir. Türkiye'de evsel atıkların yaklaşık %55'i bio-atıktır ve kişi başına oluşan bio-atık miktarı 250 kg/kişidir/yıl.



**Şekil 2.** AB Ülkelerinde Kişi Başına Oluşan Bioatık Miktarı

Fermente ürün, Avrupa Gübreleme Ürünleri Yönetmeliği tarafından tanınan ve organik karbon açısından zengin organik bir gübredir.

Çiftçiler, organik karbon içeriği yüksek olan fermente ürünü düzenli olarak toprağa geri vererek toprağın kalitesini, sağlığını ve verimliliğini artırabilir, iyileştirilir ve bir maliyet faktörü olan mineral gübreleri organik tarımda da kullanılabilen organik bir ürünle değiştirebilirler.

2010 yılında biyogaz tesislerinde AB'de 56 milyon ton fermente ürün üretilirken 2013 yılında bu miktar yaklaşık 80 milyon ton çıkmıştır.

## **Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi**

AB28'de yılda yaklaşık 180 milyon ton fermente ürün üretildiğini göstermektedir. AB'deki en büyük fermente ürün üreticisi yaklaşık 87 milyon ton ile Almanya'dır, onu İtalya (30 milyon tona kadar) ve İngiltere (yaklaşık 19 milyon ton) takip etmektedir.

AB'de yılda yaklaşık 120 milyon ton tarımsal fermente ürün üretilmektedir (tipik olarak gübre ve bitkilerin, özellikle enerji bitkilerinin bir karışımı). EBA ayrıca 55 milyon ton organik malzemenin belediye katı atıklarından (MSW) mekanik olarak çıkarıldığını ve ardından sindirildiğini belirtmiştir. Anaerobik çürütme işlemi sırasında besleme stokundan fermente ürüne yapılan tipik ağırlık azalmasına dayanarak, bunun kabaca 46 milyon ton fermente ürün ile sonuçlandığı tahmin edilmektedir.

Tarımsal fermente ürün çoğu durumda sıvıdır (genellikle %70-90 su içeriği), özellikle önemli miktarlarda gübre olarak kullanılması nedeniyle (kendisi genellikle %90-96 sıvıdır).

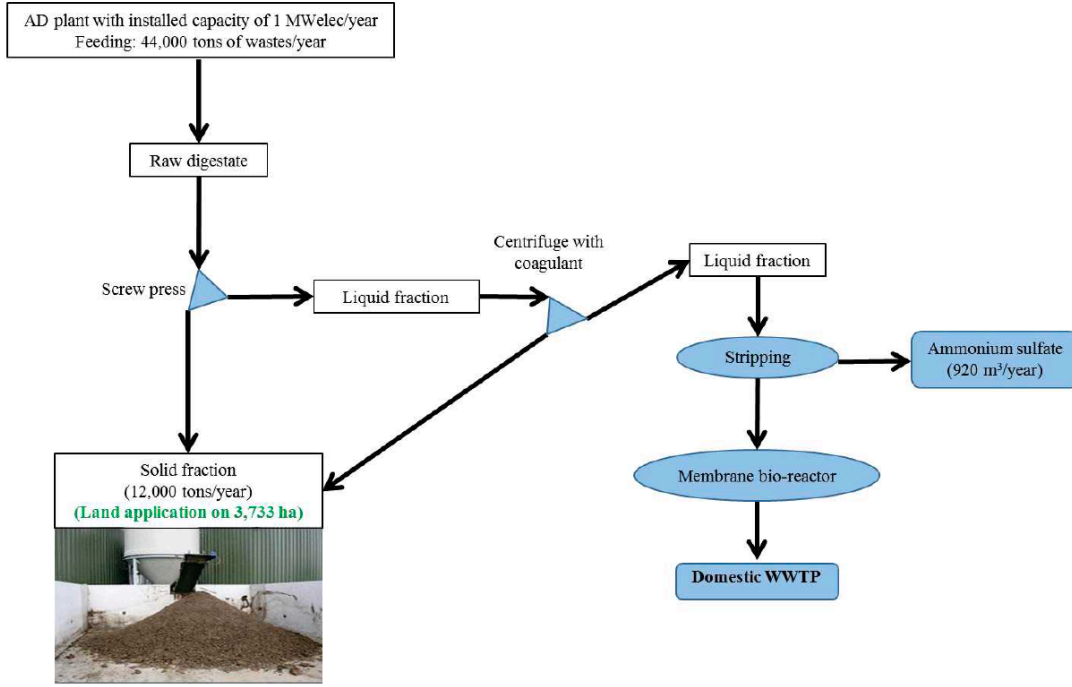
İtalya, yılda yaklaşık 400 milyon € fosil gübre tasarrufuna eşit 30 milyon ton fermente ürünü üretiyor ve tarım arazilerinde kullanıyor.

**Fermente ürünü, tarım alanlarında uygulamak için kullanılan ekipman çoğunlukla ham bulamacın yayılmasıyla aynıdır. Amonyak buharlaşması yoluyla azot kaybını önlediğinden, fermente ürünü toprağa hızla enjekte ederek havaya maruz kalmasını en aza indiren makinelerin seçilmesi önemlidir. Bu nedenle sıçrama plakalı yayma gibi verimsiz ve kirletici yöntemlerden kaçınılmalıdır. Bunun yerine, fermente ürün en iyi şekilde arkadaki hortumlar, arkadaki ayakkabılar veya üst toprağa doğrudan enjeksiyon yoluyla uygulanmalıdır.**

Malzemenin çoğu, tüm girdi besinlerini, mikro besinleri, organik maddeleri ve suyu içeren bütün fermente ürün (yani bir biyogaz tesisinden çıktığı gibi) olarak yayılır. Bazı durumlarda fermente ürün, aşağıdakiler de dahil olmak üzere özel ihtiyaçlara uyacak şekilde daha fazla işlenebilir: sıvı ve katı fraksiyonlara ayırma (iyi kurulmuş); kurutma (ayrıca kurulmuş); amonyak şeritleme (ayrıca kullanılır) mikro filtrasyon (test edilmiş ve umut verici); yağış (atık su arıtma sektöründe test edilmiş ve tarımda umut verici).

Ülkemizde son yıllarda sayıları giderek artan, özellikle hayvansal atıklar ve çeşitli tarım artıklarının işlendiği biyogaz tesislerinde anaerobik çürütme işlemi sonucu açığa çıkan ham digestat katı ve sıvı faza ayrılır.

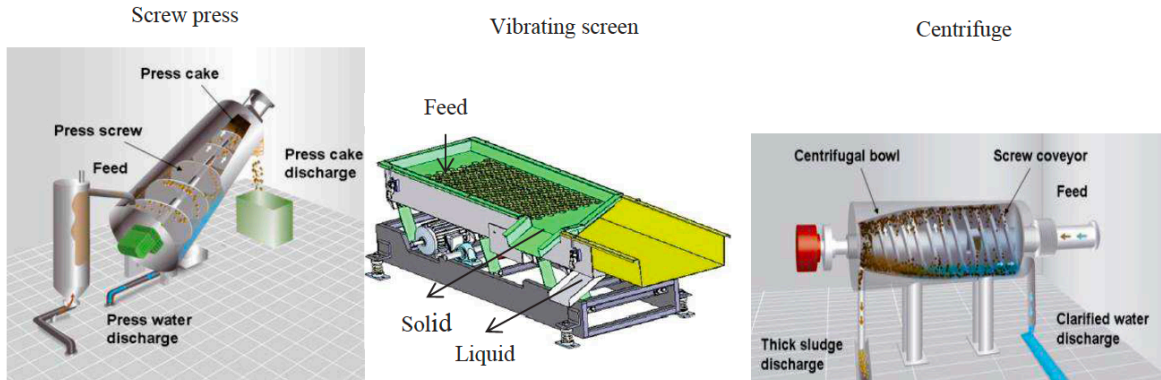
## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi



Şekil 3. Ham Fermente Üründen Katı ve Sıvı Fazı Ayırma

Amonyum sıyırma işlemi, sıvı fermente üründe amonyum yüksek konsantrasyonda ise uygulanır. Bu konuda çalışma yapılması gerekir.

Ham fermente ürünü katı ve sıvı faza ayırma ve katı fazı ayrılması ve susuzlaştırmada kullanılan çeşitli ekipmanlar Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Ham Fermente ürünü Katı ve Sıvı Faza Ayırma ve Katı Fazı Ayrılması ve Susuzlaştırmada Kullanılan Çeşitli Ekipmanlar

Katı ve sıvı fermente ürünün yönetimi için farklı ülkelerdeki uygulamaları inceleyerek alternatiflerin belirlenmesi ve bu alternatifleri değerlendirerek ülkemiz için uygun olanların tespit edilmesidir.



## **Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi**

**Tablo 1.** Katı-Sıvı Ayrımından Sonra Ana Bileşenlerin Dağılımı

	General range		Screw press		Centrifuge	
	Liquid (%)	Solid (%)	Liquid (%)	Solid (%)	Liquid (%)	Solid (%)
Mass	80-92	8-20	90	10	92	8
Total solids (TS)	14-52	48-86	52	48	14	86
Volatile solids (VS)	35-45	55-65	-	-	-	-
Ash	50-60	40-50	-	-	-	-
Total nitrogen (TN)	65-83	17-35	83	17	75	25
Ammonia-Nitrogen (NH <sub>4</sub> -N)	70-93	7-30	82	9.2	92.5	7.5
Phosphorus (P)	22-45	55-78	-	-	22	78
Potassium (K)	70-93	7-30	90	10	93	7
Carbon (C)	30-40	60-70	-	-	-	-

**Tablo 1** incelendiği zaman ham sıvı fermente ürünün %80-92 oranında sıvı içerdiği görülmektedir.



### 2. Pıhtılaştırma ve Yumaklaştırma İşlemi

Son yıllarda günlük olarak üretilen ham çürütücü hacmindeki büyük artış, yerel kullanım için aşırı miktarda ham çürütülmesine neden olmaktadır. 5-10 km'yi aşan fazla ham fermente ürünün yerel ve bölgesel olarak taşınması, gübre değerinin maliyetini aşacak ve büyük miktarda fuel oil tüketecektir. Bu nedenle, fermente ürünlerin bertaraf için nakliye maliyetini azaltmak için ham fermente ürünün katı-sıvı ayrımı genellikle yerinde gerçekleştirilir. Fermente ürünün katı-sıvı ayrımı, yay elek, çift dairesel yay elek, elek kayışlı pres, elek tamburlu pres, pres vidalı/burgu ayırıcı, elek santrifüj veya dekanter santrifüj kullanılarak yapılabilir. Ancak tam ölçekli tesislerde uygulanan en yaygın katı-sıvı ayrımı **Şekil 4'**daki şematik diyagramlarda gösterildiği gibi vidalı pres, elek tamburlu pres (titreşimli elek) ve santrifüjdür), alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ), demir klorür ( $FeCl_3$ ), demir sülfat ( $Fe_2(SO_4)_3$ ), magnezyum bileşikler ve sönmüş kireç ( $Ca(OH)_2$ ), veya organik polimerler (akrilamid) gibi yumaklaştırıcılar katı-sıvı ayırma performansını artıracaktır. Ayrıca, son araştırmalar, katı-sıvı ayırma verimliliğini artırmak için işlevselleştirilmiş kitosan kullanımını da önermiştir. Kireç kullanıldığı zaman aşırı çamur oluşur.

Fermente ürün uygulama dozları, büyük ölçüde karışımın mineral konsantrasyonuna ve bitki talebine bağlı olarak çok değişkendir. Genel olarak ham fermente ürün, yüksek su içeriği nedeniyle hacimlidir, bu nedenle mümkün olduğunca yerel olarak yayılması tavsiye edilir. Örneğin, Avusturya'da yılda hektar başına izin verilen maksimum fermente ürün miktarı  $25m^3$ 'tür (2,5 m<sup>3</sup>/da). AB ülkelerinde genel olarak uygulanan fermente ürün miktarı 10-40 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Gübre bazlı fermente ürün, Nitrata Duyarlı Bölgeye yayılırsa, genellikle 170 kg olan bir sınıra uyulmalıdır. Ulusal yorumlar neyin 'gübre' olarak kabul edildiğine göre değişir. Bir tesiste üretilen ham sıvı fermente ürün %0,8-%1 oranında azot içermektedir.

Biyogaz tesislerinde oluşan fermente sıvı ve katı ürünün ülkemiz şartlarında en iyi şekilde yönetilip ekonomik değere sahip bir ürüne dönüştürülmesi büyük önem arz etmektedir.

### 3. Ham Fermente Ürün, Sıvı ve Katı Fermente Ürün

Ham fermente ürün, sıvı ve katı fermente ürün içinde yaklaşık toplam katı madde (TKM), uçucu katı madde (UKM) ve mineral katı içinde azot, fosfor başta olmak üzere çeşitli elementlerin oranları **Tablo 2**'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Ham Fermente Üründe, Katı Fermente ve Sıvı fermente Üründe Toplam Katı Madde (TS), Uçucu Katı Madde (VS) Mineral Katı Madde Konsantrasyonları

Plants	Ham fermente ürün				Katı Fermente ürün				Sıvı Fermente ürün			
	TS (g TS/kg)	VS (g VS/kg)	MS (g MS/kg)	VS/TS (%)	TS (g TS/kg)	VS (g VS/kg)	MS (g MS/kg)	VS/TS (%)	TS (g TS/kg)	VS (g VS/kg)	MS (g MS/kg)	VS/TS (%)
N	93 ± 2	62 ± 2	30.9 ± 0.2	67	218 ± 14	189 ± 15	29 ± 3	87	76.7 ± 0.1	46.0 ± 0.2	30.7 ± 0.1	60
O	34 ± 2	21 ± 2	12.8 ± 0.7	62	277 ± 3	165 ± 4	112 ± 6	60	13.10 ± 0.04	7.12 ± 0.02	5.99 ± 0.03	54
P	68.0 ± 0.2	39 ± 1	29 ± 1	58	202 ± 9	163 ± 8	39 ± 2	81	61.6 ± 0.2	35 ± 2	27 ± 2	56
Q	71.20 ± 0.03	43 ± 1	28 ± 1	61	267 ± 3	203 ± 4	65 ± 7	76	72.6 ± 0.8	48.1 ± 0.8	24 ± 2	66
R	47.5 ± 0.4	33.5 ± 0.4	14.0 ± 0.6	70	247 ± 2	151 ± 5	96 ± 4	61	26.66 ± 0.02	18.63 ± 0.06	8.02 ± 0.07	70
S	48.4 ± 0.3	31.4 ± 0.3	16.94 ± 0.09	65	187.6 ± 0.3	114 ± 2	73 ± 2	61	6.72 ± 0.02	3.04 ± 0.02	3.68 ± 0.01	45
T	71.6 ± 0.5	42.1 ± 0.7	29.5 ± 0.2	59	*893.9 ± 0.4	538 ± 7	356 ± 7	60	46.86 ± 0.07	27.34 ± 0.04	19.52 ± 0.05	58
U	78.1 ± 0.3	42.0 ± 0.6	36.0 ± 0.7	54	244 ± 7	173 ± 5	70 ± 3	71	66.2 ± 0.8	42 ± 1	25 ± 2	63
V	73.8 ± 0.4	45 ± 1	29 ± 2	61	180 ± 3	125 ± 4	55 ± 3	69	54.35 ± 0.02	32 ± 2	22 ± 2	59
W	82 ± 2	58 ± 1	24.1 ± 0.5	71	244 ± 15	209 ± 6	35 ± 11	85	57 ± 1	41.1 ± 0.2	15 ± 1	73
X	94.7 ± 0.9	59 ± 2	36 ± 2	62	209 ± 3	166.4 ± 0.8	42 ± 2	80	85.5 ± 0.7	51 ± 1	34.2 ± 0.7	60
Y	52.7 ± 0.6	33.7 ± 0.2	19.0 ± 0.7	64	374 ± 4	267 ± 6	107 ± 4	71	44.6 ± 0.3	26.2 ± 0.2	18.4 ± 0.4	59
Z	118 ± 2	79 ± 5	39 ± 6	67	246 ± 9	205 ± 21	41 ± 13	83	67.27 ± 0.09	41 ± 1	26 ± 1	61
I2	283 ± 7	98 ± 1	185 ± 7	35	440 ± 10	167 ± 4	273 ± 8	38	37 ± 2	20.7 ± 0.6	17 ± 2	56
AA	61.5 ± 0.3	39.9 ± 0.8	21.6 ± 0.8	65	314 ± 31	256 ± 23	58 ± 8	82	34.49 ± 0.05	22.09 ± 0.09	12.4 ± 0.1	64
AB	67.4 ± 0.8	36.6 ± 0.8	31 ± 2	54	297 ± 2	202.6 ± 0.9	94 ± 2	68	46.3 ± 0.3	23.4 ± 0.2	22.8 ± 0.1	51
AC	32 ± 1	19.7 ± 0.9	12.0 ± 0.2	62	315.4 ± 0.9	213 ± 1	102.6 ± 0.4	67	16.12 ± 0.06	8.73 ± 0.06	7.39 ± 0.01	54
AD	18.9 ± 0.3	8.7 ± 0.2	10.2 ± 0.2	46	*880 ± 5	426 ± 39	454 ± 34	48	7.8 ± 0.2	2.9 ± 0.2	4.88 ± 0.06	37
First collection (chapter 3)	14.4 - 227.2	5.4 - 115.4	9.0 - 111.8	37 - 78	99.2 - 416.2	87.6 - 272.4	11.5 - 217.2	48 - 93	10.3 - 82.7	4.7 - 52.3	4.3 - 38.1	35 - 75

\*Samples were dried after solid-liquid separation

Not: TS; katı madde, VS; uçucu katı madde,

Fermente ürün toprak kalitesini önemli derecede iyileştirecek ve düzenleyecek maddeler içermektedir.

#### **4. Katı ve Sıvı Fermente Ürün Kalite Kriterleri**

Anaerobik çürütme (AD) prosesi sırasında organik azot parçalanarak,  $NH_4^+$  gibi serbest ve bağlı azota dönüşür ve bu amonyum direk olarak bitkiler tarafından alınabilecek özellikle bir üründür. Fermente üründe amonyum içeriği arttıkça, gübre olarak kullanım değeri de artmaktadır. Bu yüzden fermente ürün üretildikten ve açıkta depolanıyorsa sülfürik asitle pH'ı 7 getirilmesi özellikle tavsiye edilir. pH'ı 7 civarına getirmek için laboratuvar ölçeğinde deney yapılması tavsiye edilir ve kullanılacak sülfürik asit miktarı belirlenir. Böylece amonyağın gaz fazına geçmesi önlenir ve azotun besi maddesi olarak kullanılması artar.

Yabani ot tohumları ve patojen gibi safsızlıklar anaerobik çürütme işlemi sırasında öldürülebilirler. Bu inaktivasyonun yeterlilik derecesi ise; tamamen sıcaklığa, reaktördeki bekleme süresine ve mikroorganizmaların tipine bağlıdır. Sıvı fermente ürünü 70 oC sıcaklıkta 1 saat bekletilmesi hastalık yapıcı mikroorganizmaların hijyenizasyon için yeterlidir.

Temiz biyobozulur organik atıkların kullanıldığı anaerobik çürütme tesislerinde elde edilen, bitki besi maddeleri açısından zengin fermente ürün, gübre olarak kullanılabilir. Fermente ürün, aynı zamanda toprağın organik madde ihtiyacını da karşılayacağından iyi bir toprak şartlandırıcısı ve iyileştiricisidir.

Fermente ürün, tarım arazilerine gübre olarak kullanılacaksa ağır metaller, patojen mikroorganizmalar, ilaç ve pestisit kalıntıları gibi kirleticilerin sınır değerlerinin altında olması gerekir. Gübre olarak kullanılacak fermente üründe; plastik, cam vb. maddelerin olması istenmez.

### 5. Safsızlıklar

Safsızlıklar esas olarak hammaddenin bir parçası olabilen insan yapımı malzemelerden oluşur. İnsan yapımı kirlilikler arasında cam, plastik film ve metal parçalar bulunur. Kompostlama ve AD işlemine tabi tutulduklarında cam ve plastik gibi malzemeler bozulmaz. Ürün işleme (örneğin cam) ve rüzgarla savrulan plastik filmde çöp oluşumu gibi fiziksel olarak kirlenmiş kompost/fermente ürün kullanmanın bazı sağlık/güvenlik ve çevresel etkileri olsa da, estetik sorunlar daha uzun vadeli bir endişe kaynağıdır. Kompost, büyüyen ortamlarda bir bileşen olarak kullanıldığında, çalışanların malzeme ile genellikle oldukça yoğun, doğrudan temas kurması nedeniyle sağlık ve güvenlik yönleri özel bir önem taşır. Örneğin makroskopik cam parçaları bulunmamalıdır. Plastik gibi fiziksel kirleticiler içeren kompostların piyasa değeri düşüktür. Bu malzemeler, kompostu/sindirmeyi arttırmadıkları ve çoğu durumda estetik açıdan rahatsız edici oldukları için bitmiş kompost/fermente ürünlerin değerini düşürebilir. Piyasaya kompost ve fermente ürünü koyarken, birçok ülke plastikten ele alınması gereken önemli bir kirlenici olarak bahseder. **AB FPR, kilogram kompost (DM) başına 2,5 g'a kadar plastiğe izin verir**; ancak, bazı ülkeler daha katı sınırlar uygular. Plastikler de dahil olmak üzere yabancı maddeler için kalite standartları son zamanlarda Almanya'da daha sıkı hale getirildi ve bu standartlar sadece ağırlık olarak değil aynı zamanda yüzey alanı olarak da ifade ediliyor.

Toplama sırasında biyo-atıkların plastiklerle kontaminasyonunu azaltmak için ek önlemler ve politikalar gereklidir. Arıtma sırasında biyo-atıklardan plastik kirliliğinin giderilmesi hem pahalı hem de etkisi sınırlı olduğundan, kaynağında plastik kontaminasyonu önlemek en etkili ve verimli yaklaşımdır. Genel olarak, biyo-atıkların plastiklerle kontaminasyonunu önlemek için daha fazla dikkat gösterilmesi gerekiyor. Bu bölüm mevcut durumu gözden geçirecek ve tüm paydaşların biyo-atıkta sıfır plastik hedefi doğrultusunda nasıl çalışması gerektiğine dair bir yol haritası sunacaktır.

**İrlanda**'daki safsızlıklar için operatörler tarafından sağlanan yalnızca sınırlı veri vardı ve bununla ilgili herhangi bir anlamlı değerlendirme yapmak zor olurdu. Gerçek kontaminasyon seviyelerini belirlemek için İrlanda'da bağımsız olarak verilerin toplanmasına ihtiyaç vardır.

**Hollanda**'dan alınan veriler, 50 bitkiden alınan 1000 numunedeki biyo-atık kompostundaki ortalama kontaminasyonun %0,03 DM (90. yüzdeleri dilim %0,06) olduğunu belirtmiştir.

**Tablo 3**, Avrupa'nın çeşitli ülkelerinden ve dünyanın diğer ülkelerinden gelen kompost ve fermente ürünlerindeki safsızlık standartlarının bir derlemesidir. 2 mm'nin üzerinde %0,5'lik toplam safsızlık içeriği standartlardaki ana eğilimdir.

**İngiltere**'de fermente ürünlerdeki safsızlık limiti N içeriğine bağlı olarak değişir (**Tablo 4**). Bunun arkasındaki mantık, endişenin toprağa uygulanan plastiğin seviyesi olmasıdır; bu nedenle, fermente ürünü uygulaması için sınırlayıcı faktör N'yi yayma yeteneği olduğundan, sınırlar N yüklemesine göre değişir. **Tablo 4**, komposttaki toplam safsızlık içeriğinin %0,25 olarak ayarlandığını göstermektedir.

## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi

İngiltere, Galler ve Kuzey İrlanda'da İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI) PAS 100 ve PAS 110'da yer alan standartlara göre kompost ve fermente ürün üretilebilir. Atık sonu statüsünün elde edilmesi söz konusu olduğunda, bu kalite protokolleri aracılığıyla yapılır.

Çeşitli ülkelerde kompost ve fermente ürünlerdeki cam, plastik, metal ve diğer yabancı maddeler gibi kirlilikler **Tablo 3'**de verilen sınır değerlerinin üzerinde olamaz.

**Tablo 3.** Çeşitli Ülkelerde Fermente Üründe Bazı Kirlilikler İçin Sınır Değerleri

Ülkeler	Standart Referansları	Fermente Ürün (KM veya DM))	
		Cam, metal, plastik, diğerleri >2	Plastikler >2
Belçika	Flemish Decree (VLAREMA)	< %0,5	Limit yok
Estonya	End-of-waste	< %0,5	
Finlandiya	Fertiliser Products (24/2011, 7/2013)	0,50	0,50
Almanya	RAL GZ 245 – digestate Liquid RAL GZ 245 – digestate – Solid RAL GZ 245 – whole digestate	Tüm safsızlıklar için %0,5; plastik filmler için %0,1 (filmler) ve cam/metal için %0,4	Plastik (filmler) için %0,1
Yunanistan	Gazette of the Hellenic Republic 3339	< 3%	
Slovenya	Official Gazette of the Republic of Slovenia (99/13, 56/15 and 56/18)		< 0.5% < 2%
İsveç	Compost QAS SPCR 152 Note: visible impurities are defined as plastic, glass, metal and composite materials > 2 mm		Plastikler >2 mm: 20 cm <sup>2</sup> /kg sıvı fermente üründe veya 60 cm <sup>2</sup> /kg katı fermente üründe. 1 Ocak 2020'den itibaren bu limit değeri 10 cm <sup>2</sup> /kg (sıvı) ve 30 cm <sup>2</sup> /kg (katı)
İngiltere, Galler, Kuzey İrlanda	PAS 100:2018 and PAS 110:2014 Tanım toplam cam, metal, plastik ve diğer taş olmayan insan yapımı parçalar > 2 mm'dir.	0.36 kg/ton = %0.36 FW <sup>a</sup>	Sınır yok

## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi

İskoçya		28.8 g/ton = %0.0288 FM <sup>a</sup>	
İrlanda		Toplam cam, metal ve plastik > 2 mm çap kuru ağırlığa göre: %0,5	Plastik > 2 mm: %0,25
Norveç	Regulations on fertilisers, etc. of organic origin FOR-2003-07-04-951	%0.5 > 4 mm (2023'te %0,5 > 2 mm ve %0,25 > 2 mm olarak değiştirilecek)	
İsviçre	Fertiliser Ordinance 2001	%0.4	%0,1
ABD	American Biogas Council Digestate Standard Testing and Certification Programme	< % 1 toplam kuru ağırlığa göre > 4 mm, bunun kuru ağırlığına göre < % 0,25'i film plastiktir ve keskinlik içermez	

a. Ayrılmış sıvı, yalnızca üretici tarafından kullanılan ayırma teknolojisi, ayrılan sıvı fraksiyonunda tüm parçacıkların < 2 mm olmasıyla sonuçlanıyorsa, fiziksel kirletici madde testlerinden muaftır.

**Tablo 4.** Fermente Ürün İçin İngiltere UK PAS 110'da N Muhtevasına Bağlı Olarak Safsızlık Limitleri

Safsızlık	Total N (kg/t)									
	<1	1-1.9	2-2.9	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9	8-8.9	≥9
Toplam taş (kg/t)	3.2	6.4	9.6	12.8	16	19.2	22.4	25.6	28.8	32
Toplam fiziksel kirleticiler (Taşlar hariç) (kg/t)	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36

Not: Toplam N, fiziksel kirletici içerikleri için sınırlayıcı faktördür.

Ayrılmış likör, yalnızca üretici tarafından kullanılan ayırma teknolojisi, ayrılan likör fraksiyonunda tüm parçacıkların < 2 mm olmasıyla sonuçlanıyorsa, fiziksel kirletici madde testlerinden muaftır.

**Tablo 5.** İskoçya – fermente ürün ve uygulama zaman çizelgelerindeki toplam N içeriğine göre plastik (g/t) için kalite standartları (SEPA, WST-PS-16, 2017)

Tarih	Total N (kg/t)										
	<1	1-1.9	2-2.9	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9	8-8.9	≥9	
From December 2017	20	35	55	70	90	110	125	145	160	180	50% of current PAS 110
From December 2018	10	17.5	27.5	35	45	55	62.5	72.5	87.5	90	25% of current PAS 110
From December 2019	3.2	5.6	8.8	11.2	14.4	17.6	20	23.2	25.6	28.8	8% of current PAS 110

Bu teknik ile tarım arazisinde kullanılacak azot miktarına göre plastik atık kontrol altında tutmak daha pratik olabilmektedir.

## 6. Fermente Ürünlerde Ağır Metal İçerikleri

Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelikte ağır metal sınır değerleri Tablo 6'da verilmiştir. En fazla endişe oluşturan ağır metaller çinko (Zn), bakır (Cu), nikel (Ni), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), krom (Cr) ve cıvadır (Hg)'dir

**Tablo 6.** Sıvı Fermente Ürün İçinde Ağır Metal Değerleri

Ağır Metaller	Birim	Yönetmelik	Bir Tesisin Katı Fermente	Bir Tesisin Sıvı Fermente
<b>Kadmiyum (Cd)</b>	ppm	3	0,07	<0,01
<b>Bakır (Cu)</b>	ppm	450	34,82	
<b>Nikel (Ni)</b>	ppm	120	4,98	1,67
<b>Kurşun (Pb)</b>	ppm	150	0,57	<0,01
<b>Çinko (Zn)</b>	ppm	1100	169,00	
<b>Cıva (Hg)</b>	ppm	5	<0,001	<0,01
<b>Krom (Cr)</b>	ppm	350	4,73	1,09
<b>Kalay (Sn)</b>	ppm	10	<0,001	<0,01

Mikroorganizmalarla ilgili olarak, yaygın olarak bildirilen bir toksisite derecelendirmesi Cd> Cu > Zn> Pb'dir.

Tarım alanlarından ve hayvan çiftliklerinden gelen hammadde malzemelerini işleyen AD tesislerinde oluşan fermente ürünlerdeki ağır metal içeriği, gıda atıkları ve gıda işlemeden kalan artıklar normalde tarımsal gübre olarak uygunluk sınırları içindedir. Pratik bir örnek olarak, gıda, ev ve bahçe atıkları işleyen üç Norveç biyogaz tesisinden ve ayrıca gıda endüstrisinden gelen artıklardan elde edilen on iki aylık bir süre boyunca yapılan aylık analizler, Ni, Cr, Pb ve Hg konsantrasyonlarının en iyi Norveç sınıflandırması için kalite kriterleri (Sınıf 0)'dır. Sonuç olarak, fermente ürün organik tarım uygulamasında da gübre olarak kısıtlama olmaksızın kullanılabilir. Bununla birlikte, topraktaki Cd, Pb, Hg, Ni, Zn, Cu ve Cr seviyelerinin sırasıyla 1, 50, 30, 150, 50 ve 100 mg/g/DM (kuru madde)'nin üzerinde olduğu organik tarımda fermente ürün kullanımı sınırlandırılmıştır. 12 Aylık dönemde seviyeler aylık bazda dalgalansa da ortalama ağır metal içeriği o kadar düşüktü ki, bu biyogaz tesislerinden elde edilen sindirimin organik tarımda kullanılmaya hak kazanması kabul edilebilir. Çeşitli AB ülkelerinde fermente ürün için maksimum ağır metal içeriği **Tablo 7'**da verilmiştir.

İrlanda'da Sıvı ve Katı Fermente ürün İçinde Ağır metal Sınır Değerleri **Tablo 8'**de verilmiştir.



## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi

Tablo 7. AB Ülkelerinde Fermente Üründe Ağır Metal İçeriği

Country	BE	BG <sup>a</sup>	CZ	EE	FR	FI	DE <sup>b</sup>	GR	HU	UK	1-1.9	2-2.9	3-3.9	4-4.9	5-5.9	6-6.9	7-7.9	8-8.9	≥9	SI <sup>c</sup>	SE	NO	CH	ES	USA										
Class																																			
Cd	2	2 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	2	1	2	2	2	2	2	0.1	0.2	0.4	0.5	1	0.7	0.8	1	1.1	1	3	2	3	1	0	0.8	2	5	1	2	3	20			
Cr	100	100	60	100	300	100	100	100	100	100	8	1	24	32	40	48	56	64	72	80	100	100	250	100	50	70	100	150	1	70	250	300	-		
Cu	800	100	150 <sup>f</sup>	200	2	600	100	100 <sup>h</sup>	400	100	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	200	200	500	600	50	150	650	1000	70	300	400	750			
Hg	1	250 <sup>g</sup>	200 <sup>g</sup>	1	0	300	1	1	1	1	1	0.1	0.2	0.2	0.3	0	0.5	0.6	0.6	0.7	1	1	3	1	0	0.6	3	5	1	0	2	3	8.5		
Ni	50	1	0.5	50	40	1	100	50	80	100	50	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	50	50	100	50	20	30	50	80	1	25	90	100	210	
Pb	150	80	40	100	130	100	150	150	150	300	100	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	120	200	100	40	60	80	200	30	45	150	200	150		
Zn	1500	180	130	300,600 <sup>i</sup>	600	120	1500	400	400 <sup>h</sup>	1200	-	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	400	400	1800	800	150	400	800	1500	400	200	500	1000	1400	
Mo	800 <sup>j</sup>	600	5 <sup>j</sup>	20 <sup>g</sup>	800																														
As	20				40		40		40																										21
Th					1		1		1																										-

Classes: A, organic agriculture; A+, agriculture; B, non-agricultural.

<sup>a</sup>If labelling threshold for copper or zinc is exceeded, the content must be stated on the label of the end product.

<sup>b</sup>From left to right the composts are fresh compost, finished compost, substrate compost, fresh sewage sludge compost, finished sewage sludge compost.

<sup>c</sup>From left to right the thresholds are for digestate containing <20% dry weight, digestate containing 20% dry weight and digestate containing ≥20% dry weight.

<sup>d</sup>Limit value during transitional period, 2013-2020.

<sup>e</sup>Limit value after transitional period, from 2021.

<sup>f</sup>Organic and farmyard fertilisers – dry matter content exceeding 13%.

<sup>g</sup>Organic and farmyard fertilisers – dry matter content not exceeding 13%.

<sup>h</sup>Plausibility values apply and must not be exceeded

<sup>i</sup>Labelling threshold >100.

<sup>j</sup>Labelling threshold >400.

BE, Belgium; BG, Bulgaria; CH, Switzerland; CZ, Czechia; DE, Germany; EE, Estonia; ES, Spain; FI, Finland; FR, France; GR, Greece; HU, Hungary; NO, Norway; SE, Sweden; SI, Slovenia.

İrlanda'da sıvı ve katı fermente üründe ağır metal sınır değerleri

Tablo 8'da verilmiştir. ,



## **Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi**

**Tablo 8.** İrlanda’da Sıvı ve Katı Fermente ürün İçinde Ağır metal Sınır Değerleri

Ağır metaller	Sıvı ve katı fermente üründe (mg/kgDM)
Cıva	1
Cd	1.5
Ni	50
Cr	100
Cu	300
Zn	800
Pb	150
Toplam As	20
Cr (6)	20

## **7. Fermente Ürünlerde Kalıcı Organik Kirletici Sınır Değerleri**

Kalıcı organik kirleticiler istenmeyen kimyasal bileşiklerdir.

Bazı organik kirleticiler, çevrede biyolojik olarak bozulmadıkları için kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar) olarak bilinir. KOK'ların biyota için doğrudan toksik oldukları kabul edilmektedir ve çevresel kalıcılıkları nedeniyle gıda zinciri yolu ile kademeli olarak daha yüksek konsantrasyonlarda birikebilirler, böylece daha düşük organizmaların kronik olarak düşük konsantrasyonlara maruz kalması bile insanlara, (Avrupa Çevre Ajansı) potansiyel olarak zararlı konsantrasyonlara, evcil hayvanlar ve yaban hayatı dahil yırtıcı organizmaları açığa çıkarabilir.

Organik kirleticilerin test edilmesi, toprak ve su kirliliği potansiyelini değerlendirmek ve izlemek için önemli ve gereklidir.

Tüketicilerin istenmeden maruz kalmasını önlemek için çürütücülerin zararlı kirleticiler içerip içermediğinin değerlendirilmesi önemlidir.

İngiltere'de fermente ürün numunelerinde, dioksin (PCDD) ve furanlar (PCDF) ve DEPH'ler, Avrupa Birliği'nin 100 ng-TEQ/kg ve 100 µg/kg kuru katı limitlerinin sırasıyla %1,89 ve %2'sidir. Hem ağır metaller hem de organik kirleticiler için AB sınır değerlerinin yalnızca asgari kurallar olarak kabul edildiği ve gelecekte daha kısıtlayıcı hale gelmesi muhtemel olduğu belirtilmelidir. Bu nedenle çoğu Avrupa ülkesindeki ulusal mevzuat, öngörülen AB sınırlarına kıyasla daha kısıtlayıcıdır.

Üye Devlet düzeyinde, kompost ve fermente ürünlerindeki organik kirletici limitlerini doğrudan veya dolaylı olarak düzenlemeye yönelik önemli ulusal ve bölgesel mevzuat bulunabilir.

**Tablo 9**, farklı Avrupa ülkelerinde COMDIG ve benzer malzemelerdeki organik kirleticiler için yasal olarak bağlayıcı sınırlar ve kılavuz değerler hakkında genel bir bakış sunar.

## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi

**Tablo 9.** Çeşitli AB Ülkelerinde Fermente Ürün İçin Kalıcı Organik Kirletici Sınır Değerleri

Kirleticiler	AT (a)	BE (FI) (b)	BE (Wal; ferment e ürün) (c)	DE (d)	DK (e)	FR (compost) (f)	LU (g)	SI (h)	CH (i)
PAH (mg/kg DM)	6 (sum for conges ers**)	İnivid ual limits for 10 congen ers	5 (PAH15)		3 (sum for 11 congener s***)	Individual limits for 3 congeners	10* (PAH1 6)	3	4* (PAH1 6)
PCB (mg/kg dm)	0.2 (PCB6)	0.8 (PCB7)	0.15 (PCB7)		0.08* (PCB7)	0.8 (PCB7; only for sewage sludge compost)	0.1* (PCB6)	0.4 (1st class) 1 (2nd class) (PCB 6)	
PCDD/F (ng I-TEQ /kg dm)	20		100				20*		20*
PFC (mg/kg dm)	0,1			0, 1					
AOX (mg/kg dm)	500		250						
LAS (mg/kg dm)			1500*		1300				
NPE (mg/kg dm)			25		50				
DEHP (mg/kg dm)			50*		50				

a) Düngemittelverordnung; b) VLAREA Regulation c) AGW du 14/06/2001 favorisant la valorisation de certains déchets d) Düngemittelverordnung e) Slambekendtgørelsen f) NFU 44-051 and NFU 44-095 g) Guidance value h) Official Gazette of the Republic of Slovenia, no. 62/08 i) Guidance value from ChemRRV 814.81.

*Not. Tüm veriler, aksi belirtilmedikçe kuru madde (d.m.) bazında ifade edilir.*

## **Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi**

**Tablo 10.** Bazı AB Ülkelerinde Fermente Ürün İçin Kalıcı Organik Kirletici Sınır Değerleri

<b>Organik kirleticiler</b>	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	3-6 mg/kg DM
	Dioksinler ve furanlar	20 TEQ/kg
	Klorlu pestisitler	0,5 mg/kg Ürün
	Poliklorlu bifeniller	0,2 mg/kg DM
	Emilebilir organik halojenler	500 mg/kg DM
	Lineer alkilbenzen sülfonatlar	1300 mg/kg DM
	Nonilfenol ve nonilfenoletoksilatlar	10 mg/kg DM
	DEPH: Di(2-etilheksil) ftalat	50 mg/kg DM

## 8. Fermente Ürünlerde Patojenler

Bir fermente ürün kalite standardının parçası olarak patojen testi önemlidir. Patojenler, bakteri, virüs veya mantar gibi bitki, hayvan veya insan hastalıklarına neden olabilen canlı mikroorganizmalardır; E. coli ve Salmonella spp. Kullanımla ilişkili sağlık ve güvenlik risklerini değerlendirmek ve izlemek ve hastalığın yayılmasıyla ilgili kullanıcı endişelerini azaltmak için patojen izleme gereklidir. E. coli ve Salmonella spp. indikatör mikroorganizmalardır.

**Tablo 11'**da verilen bilgilere ek olarak, çeşitli ülkelerdeki patojen standartları hakkında aşağıdaki bilgiler mevcuttur.

**Tablo 11.** Fermente Ürün Patojenler İçin Standartların Değerlendirilmesi

Ülkeler/Standartlar	Fermente ürün		
	E. coli (cfu/g FM)	Samonella spp. (cfu/25 g)	Enterococcaceae (cfu/g FM)
On iki standart	< 1000	0 in 25 g	
Almanya	-	0 in 50 g	-
Çek cumhuriyeti			
• Substratlar	5000=atıklardan sindirilen ürün	(Atık ve atık olmayanlardan sindirilen) 25 g'da 0	Kompost ≤ 100a (1000b)
• Organik ve çiftlik gübreler – DM içeriği %13'ü aşan	1000=atık olmayandan sindirilen ürün		Atıklardan sindirilen < 5000
• Organik ve çiftlik gübreler – DM içeriği %13'ü aşmayan			Atık olmayandan sindirilen < 5000

2019'da yayınlanan AB FPR, E. coli veya Enterococcaceae ve Salmonella'nın test edilmesine izin verir. Birçok ülkede standartlar ve düzenlemelerdeki eğilim E. coli için 1000 cfu/g'dan azdır ve Salmonella spp. için yoktur.

Fermente ürünün E. coli (< 1000 cfu/g taze kütle) ve Salmonella (25 g'da yok) için test edilmesi önerilmektedir. Bu, AB FPR ile uyumludur.

### 9. Yaban Otu Tohumu

Yabani ot tohumu testi, fermente ürünü son kullanıcıları için önemli bir parametredir. Çiftçiler, özellikle de gıda mahsulleri yetiştirenler, fermente ürünü kullanıyorsa, tarlaya/ürüne yabancı ot sokmayacağına dair güvence isterler. Farklı ülkelerdeki standartların gözden geçirilmesinden (**Tablo 12**), yabancı ot tohumu fermente ürün için ortak bir standarttır ve sınır değeri genellikle litre başına maksimum ot iki canlı tohumu ile tutarlıdır.

**Tablo 12.** Diğer Ülkelerde Fermente Üründe Yabancı Ot Tohumu Standartları (Litre Başına Canlı Tohum)

Ülkeler	Standart Referansı	Sınıfı	Fermente ürün
Belçika	VLAREMA		Maksimum 1
Bulgaristan	Biowaste Ordinance Decree 235 of 2013	Growing media and hobby gardening	≤ 2
Almanya	RAL GZ 245 – digestate, liquid RAL GZ 245 – digestate, solid RAL GZ 245 – whole		≤ 2 ≤ 2 ≤ 2
Yunanistan	Gazette of the Hellenic Republic 3339		≤ 3
Macaristan	36/2006 (V. 18.) FVM		0
Slovenya	Decree on the recovery of biodegradable waste and the use of compost or digestate (Official Gazette of the Republic of Slovenia, Nos. 99/13, 56/15 and 56/18)	1 1 Category 1 has a subcategory for < 20% organic matter – no limit	≤ 2 ≤ 2
İsveç	Compost QAS SPCR 152/SPCR 120		≤ 2
Estonya	Law – end-of-waste of compost/digestate		≤ 2
JRC rapor*			≤ 2
ECN QAS			≤ 2

\*The Joint Research Centre (JRC) raport



## **10. Fermente Ürün Pastörizasyon Süreci**

Anaerobik çürütme öncesi substratın pastörizasyonunun metan potansiyeli üzerinde hiçbir bir olumsuz etki oluşturmamıştır. Pastörizasyona tabi tutulacak fermente ürün için dane boyutu 12 mm'den küçük olması tavsiye edilir.

AB mevzuatı, patojenlere ilişkin risklerin tatmin edici bir şekilde azaltıldığı kanıtlanabildiği sürece, Üye Devletlerin alternatif yöntemleri onaylamasına izin vermektedir.

İsveç Tarım Kurulu, 55 °C'de çürütücüde 24 saat garantili tutma süresi ve 7 günlük minimum HRT (hidrolik tutma süresi) ile termofilik sindirim yoluyla sanitasyonu onaylamıştır.

AB Hayvansal Yan Ürünler Tüzüğü kapsamında yetkili makam tarafından onaylanan ve tüm malzemeleri yetkili makam tarafından onaylanan standarda göre işleyen AD süreçleri dışında, tüm fermente ürünler, aşağıdakileri içeren bir AD süreci ile üretilecektir:

- a. Tüm materyali bir saat boyunca en az 70 °C'ye ısıtabilen bir pastörizasyon aşaması; veya
- b. Uygun bir bitki patojeni indikatör türünü azaltmadaki etkinliği açısından doğrulanmış eşdeğer bir alternatif tedavi

Bir saat boyunca en az 70 °C'ye eşdeğer ısı işlem(ler) dahil olmak üzere önceki işlemlerden elde edilen girdi malzemeleri yukarıdaki zorunluluklardan muaftır.

Yapılan biri işlemde pastörizasyon için ısı talebi,  $1,92 \text{ MJ (kg VS)}^{-1}$  veya  $64.7 \text{ kWh t}^{-1}$  substrattır. Bu miktar tesiste üretilen enerjinin ortalama %9'una karşılık gelmektedir. Bu oran iyileştirme çalışması ile %4 kadar düşürülebilir.

Anaerobik çürütme işlemi sonrası fermente ürün pastörizasyon için çift borulu bir ısı eşanjörü kullanılabilir.

Danimarka ve Almanya gibi ülkelerde, AD'nin pastörizasyon etkinliğini ölçmek için "gösterge organizmalara" dayalı yöntemler geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan bir indikatör organizma olan *Streptococcus faecalis* (FS) seçilmiştir.

## 11. Tarımda Kullanılan Organik, Mineral Ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübreler

Madde 13-Fermente ürünün susuzlaştırılması durumunda elde edilen katı ve sıvı fermente ürünün 23/2/2018 tarihli ve 30341 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan “**TARIMDA KULLANILAN ORGANİK, MİNERAL VE MİKROBİYAL KAYNAKLI GÜBRELERE DAİR YÖNETMELİĞİN**” Ek-3’de verilen sınır değerlerini sağlaması esas alınmaktadır (Tablo 13).

(<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180223-4.htm>)

**Tablo 13.** Organik Kaynaklı Ürünler

EK-3

8	Fermantasyon Sonucu Elde Edilen Organik Gübre	Bitkisel atıklar ve/veya Organik Kaynaklı Eysel atıkların, ve/veya Hayvan dışıklarının tekli veya karışımlarından biyogaz üretimi sonucu elde edilen ürün.	Organik madde en az: % 20 -Üründe kullanılan hammaddeler proses de belirtilecektir. -Maksimum nem: % 35	pH * ** EC (dS/m)	- Organik madde -Toplam azot (% 1’i geçerse) -Toplam humik asit + fulvik asit (% 2’i geçer ise) -Serbest aminoasitler (%2’yi geçer ise) - Suda çözünür potasyum oksit(K <sub>2</sub> O) (% 1’i geçer ise) - Toplam fosfor pentaoksit (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (% 1’i geçer ise) Beyan edilebilir. - Maksimum nem
9	Fermantasyon Sonucu Elde Edilen Sıvı Organik Gübre	Bitkisel atıklar ve/veya Organik Kaynaklı Eysel atıkların, ve/veya Hayvan dışıklarının tekli veya karışımlarından biyogaz üretimi sonucu elde edilen ürün.	-Organik madde en az: % 2 -Üründe kullanılan hammaddeler proses de belirtilecektir.	pH * ** EC (dS/m)	- Organik madde -Toplam azot (% 1’i geçerse) -Toplam humik asit + fulvik asit (% 2’i geçer ise) -Serbest aminoasitler (%2’yi geçer ise) - Suda çözünür potasyum oksit(K <sub>2</sub> O) (% 1’i geçer ise) - Toplam fosfor pentaoksit (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (% 1’i geçerse) Beyan edilebilir.

\* Bitki gelişim düzenleyicisi ve bitki koruma ifadeleri kullanılmayacaktır.

\*\*Hayvansal menşeli hammadde kullanılması halinde 24/12/2011 tarih ve 28152 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği” ve bu Yönetmeliğe dayalı çıkarılan Tebliğ ve Talimatlarda belirtilen kriterler geçerlidir.

Depolama sırasında metan, amonyak ve azot oksit gibi gazların atmosfere salımı ve kaybını önlemek için fermente ürünün bulunduğu tankın üzeri genellikle sızdırmaz bir membran ile örtülmesi tavsiye edilir.

## **12. Fermente Ürünün Fiziksel ve Kimyasal Özelliği**

Fermente ürün anaerobik çürütücüde biyogaz üretiminden sonra kalan ürün olup, parçalanmayan organik fraksiyon, su, mikro- ve makro-nütrientleri içerir. Fermente ürün karakterizasyonu temel olarak reaktöre beslenen atığa bağlı olup, bunun yanında çürütücü tipi ve işletme koşullarına da bağlıdır. Dolayısıyla sabit veya standart bir fermente ürün kompozisyonu sunmak mümkün değildir.

Fiziksel, kimyasal veya biyolojik orijinli olsunlar safsızlıkların ve kontaminantların fermente ürünlerdeki varlığı bu maddelerin beslenen substrattaki içeriklerine oldukça bağlıdır. Anaerobik çürütücünün işletme koşulları ve bekleme süresine bağlı olarak, biyolojik kirleticiler (patojenler ve yabancı ot tohumları) anaerobik çürütücüde belli bir dereceye kadar parçalanırlar/bozulurlar.

**Termofilik koşullarda 52 °C'de en az 10 saatlik bir çürütme işlemi, 70 °C'de 1 saatlik pastörizasyona karşılık gelmektedir (Tablo 14).** Bu koşullar altında en problemlili yabancı tohumları ve patojenler inaktif hale getirilebilir. Fakat bu durum fiziksel (inert materyal parçaları veya daha büyük çürüyebilir atıklar) ve kimyasal (ağır metaller dirençli organikler) kirleticiler için geçerli olmayıp, bu kirleticiler büyük oranda etkilenmeden anaerobik çürütücüyü terk ederler.

Gıda atıklarında, patojen miktarını azaltmak ve enfeksiyonların yayılmasını önlemek için AB yasalarına göre sanitasyon gerektirir.

Çeşitli AB ülkelerinde fermente ürün için hijyen, patojenler, ağır metaller, inorganik kirleticiler, organik kirleticiler, beyannameler, katkı maddesi ve kimyasallar ve hammadde kaynakları ile ilgili kriterler **Tablo 14'**de verilmiştir.

## Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi

**Tablo 14.** Çeşitli AB ülkelerinde Fermente Ürün Kalite Kriterleri

Kriterler	Süreç/Parametre	Gereksinimler
<b>Hijyen (pastörizasyon ısı işlemi)</b>	Pastörizasyon ısı işlemi, kesintisiz olarak; 55 °C'de 24 saat veya, 60 °C'de 3,5 saat veya, 65 °C'de 1,5 saat veya, 70°C'de 1 saat yapılması ile sağlanır.	
<b>Kararlılık</b>	Uçucu yağ asitleri Artık biyogaz potansiyeli Solunum sayısı	0,43 g KOİ / g VS 0,25 l/g VS 16 mg CO <sub>2</sub> g VS <sup>-1</sup> gün <sup>-1</sup>
<b>Beyannameler</b>	Üreticinin adı, ürün tipi (bütün, sıvı, katı), ürünün kütlesi, toplam nitrojen, amonyum nitrojen, toplam fosfor, toplam potasyum, çözünür klorür, çözünür sodyum, kuru madde, uçucu katılar, pH, kütle yoğunluğu vb.	Uygulanabilir olduğunda ilgili birimler (örn. kg; kg/m <sup>3</sup> ; mg/(kg DM); mg/L; %;)
<b>Hammadde kaynakları</b>	Tarım (örneğin gübre, hasat yan ürünleri, silaj, enerji bitkileri); hayvansal yan ürünler (örneğin, gübre, mide bağırsağı, çiğ süt); gıda endüstrisi (gıda kalitesinde katkı maddeleri içeren gıda endüstrisi artıkları); gıda ile ilgili dükkanlar (örneğin patates, süt atıkları, ekmeke, et kalıntıları, çiçekler, bitkiler); orman (ör. ağaç kabuğu, talaş, selülozik sanayiden kaynaklanan çamur); parklar, bahçeler (örneğin yapraklar, çimenler); seralar (ör. üstler, turba ürünleri); haneler, mutfaklar, restoranlar (meyve ve sebze artıkları, yemek, kahve ve çay artıkları, yumurta kabukları); vb.	

Fermente üründe bulunan herhangi bir safsızlık potansiyel olarak tehlikeli olup, gübre kalitesini ve çiftçinin ürünü kabullenmesini olumsuz olarak etkiler. Dolayısıyla "Temiz" substratın özenli bir şekilde seçilmesi veya anaerobik çürütücüden önce substrat üzerinde gerçekleştirilecek alternatif işlemler fermente üründe bulunacak safsızlıklar veya kontaminantların giderilmesinde (engellenmesinde) en uygun yoldur. Sadece yüksek kaliteli fermente ürünün gübre olarak sertifikalanması amaçlamak üzere, kalite standartları, ulusal sertifikasyon sistemleri ve birçok ülkede kabul edilmiş substrat listeleri mevcuttur. Araştırma sonuçları göstermiştir ki; çürümüş çamurdan mineral struvit(magnezyum amonyum fosfat) olarak geri kazanılan fosforda ağır metal konsantrasyonlarının Almanya'da gübre standartları için verilen standartlardan oldukça düşüktür.

Çürümüş çamur içerisinde bulunan ağır metal ve kirleticiler struvit kristalizasyonuna katılmaz. Dolayısıyla geri kazanılan struvit ürününde metaller sadece çok düşük konsantrasyonlarda bulunur.

Uygun taşıma mesafesinden taşınan sıvı fermente ürün ağır metal, kalıcı organik maddeler, yaban otu tohumu, patojenler, yabancı maddeler için verilen sınır değerlerini sağlaması ve topraktaki azami azot miktarının 170 kgN/ha yıl olması şartıyla çevreyi kirletmeyecek şekilde,

## **Biyogaz Üretim Tesislerinde Oluşan fermente Ürün Kalitesi**

uygun araç ve ekipman kullanılarak arazi yüzeyine, yüzey altına enjeksiyon yöntemiyle uygulanır. Sıvı fermente ürünün bu şartları sağlayamaması durumunda, katı-sıvı faz ayrımı, kurutma, oluşacak katı ve sıvı fazın işlenmesi gibi yöntemler kullanılarak bertarafı sağlanır.

Proses sonunda **Tablo 14'** da verilen sınır değerlerini sağlayan fermente ürün geniş bir kullanım alanına sahiptir. Fermente ürünün tarımsal üretimde kullanılabilen, bitki besin elementleri ve organik içerik yönünden zengin bir ürün olduğu belirtilmektedir.

Biyogaz tesisinden elde edilen bu fermente ürünün zengin organik içeriği nedeniyle toprak yapısını düzenlediği ve dolayısıyla üretim verimliliğini arttırdığı bilinmektedir. Bilimsel çalışmalar fermente ürünün arazi koşullarında ve topraksız tarımda gübre olarak kullanıldığını desteklemektedir; hastalık ve haşere kontrolünde bir biyo-ürün olarak ve hidroponik yetiştirmede bir substrat olarak kullanılmaktadır. Ayrıca fermente ürünün hayvancılık, su ürünleri yetiştiriciliği ve alg üretiminde de kullanılabileceği literatürde belirtilmektedir.

### 13. Fermente Ürün

Biyogaz üretim tesisinde çürütmenin fermente ürün üzerindeki etkisi, elde edilen ürünün kalitesi incelenmelidir.

Fermente ürün içindeki fosfor, amonyum ve magnezyum ile geri kazanılabilirliği ve verimliliği incelenmelidir.

Yüksek kaliteli ferment ürünleri, tarım alanlarında faydalı bir şekilde kullanılabilen sürdürülebilir organik gübrelerdir. Fermente ürünün kalitesini düzenleyen ve izleyen çeşitli mevzuatlar nedeniyle yukarıda Tablolarda verilmiştir. Kirlilik için standart değerler kesin olarak tanımlanmıştır ve uzun süreli uygulamanın simüle edildiği dinamik bir modele dayanmaktadır. Bu nedenle, bileşimin standart değerleri karşılaması koşuluyla toprağı fermente ürünü kirlenme riski son derece küçüktür.

Yüksek kaliteli fermente ürünleri elde etme ve bunların sürdürülebilir kullanımı bağlamında, biri çiftçiler için diğeri çürütücü operatörleri için olmak üzere iki broşürün yanı sıra iyi uygulama kurallarını özetleyen ve bir kılavuz görevi gören bir arka plan belgesi hazırlanmıştır.

Arka plan belgesi üç önemli noktaya odaklanır.

**Anaerobik çürütmenin kalitesi** – İzlenebilirlik, kalite izlemede ve dolayısıyla sürdürülebilir satışlarda çok önemli bir rol oynar. Bu nedenle, uygulanabilir çeşitli düzenlemeler listelenmiştir.

**Fermente ürün değişkenliği** – 'Fermente ürün' çok sayıda ürünü ifade eder: ham çürüme ürünü, çürüme ürününün ince ve kalın bölümü, kurutulmuş çürüme ürünü, çürüme ürününün ince bölümünün atık suyu ve çürüme ürününden mineral konsantreleri. Bu fermente ürünlerinin bileşimindeki değişkenlik, örneğin girdi akışlarındaki bir değişiklik nedeniyle belirli bir tesisin içinde olduğu kadar, işletme yönetimindeki farklılıklar nedeniyle çürütme tesisleri arasında meydana gelebilir. Değişkenliği sınırlamak için ve temsili örnekleme bağlamında ipuçları verilir.

**Fermente ürününün tarımda kullanımı** – fermente ürünün tedarikçilerinin müşterilere doğru ve net bilgiler sağladığı 'ölçüm bilmektir' kavramı, çürüme ürünü fermente ürünlerinin sürdürülebilir kullanımına ilişkin iyi düşünülmüş bir seçim yapabilmek için esastır.

Ek olarak, akıllı gübreleme ile **4D** ilkesinin önemine atıfta bulunulur: **doğru gübre türü, doğru uygulama zamanı, doğru doz, doğru gübreleme tekniği**. Bazı pratik örnekler, bu konuların uygulanması hakkında daha fazla bilgi sağlar.