

Türkiye'de Atıkların Tambur Kurutucusu ile Ekonomiye Geri Kazandırılması: Stratejik Analiz ve Pazar Fırsatları

Özet



Atık yönetimi, Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ve döngüsel ekonomiye geçiş stratejisi açısından kritik bir öneme sahiptir. Sanayi, tarım ve kentsel faaliyetlerden kaynaklanan büyük hacimli atıklar, geleneksel yöntemlerle bertaraf edildiğinde hem çevresel bir yük oluşturmakta hem de değerli kaynakların israfına yol açmaktadır. Bu rapor, atıkların içerdiği yüksek nem oranını etkin bir şekilde azaltarak, onları katma değerli ürünlere dönüştüren hayati bir ön işlem teknolojisi olan tambur kurutucusunun stratejik rolünü incelemektedir. Biyokütle, gıda, kimya ve madencilik sektörlerinden gelen atıkların geri kazanım potansiyeli, bu teknoloji aracılığıyla detaylı bir şekilde analiz edilmektedir.

Yapılan analizler, Türkiye pazarında en yüksek ve en hızlı yatırım getirisi potansiyeline sahip alanın, özellikle Avrupa'dan gelen artan talep nedeniyle biyokütle pelet ve briket yakıt üretimi olduğunu göstermektedir. Gıda atıklarından elde edilen hayvan yemleri ve organik gübreler ile madencilik atıklarından üretilen inşaat malzemeleri de önemli pazar fırsatları sunmaktadır.

Başarılı bir yatırım için, atık tedarik zincirinin lojistik yönetimi, operasyonel maliyetlerin optimize edilmesi ve ilgili devlet teşviklerinden etkin bir şekilde faydalanılması hayati önem taşımaktadır. Bu rapor, potansiyel yatırımcılar için bir yol haritası sunmakta, pazar dinamiklerini ve risk faktörlerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmektedir.

2. Tanbur Kurutucu Teknolojisi: Mekanizma ve Endüstriyel Entegrasyon

2.1. Temel Çalışma Prensibi



Döner tambur kurutucu, nemli veya ıslak materyalleri kurutmak için tasarlanmış endüstriyel bir makinedir. Bu sistemin temel prensibi, malzemenin yuvarlanma hareketi ve sıcak hava ile ısı transferine dayanır. Çalışma süreci üç ana aşamadan oluşur: besleme, kurutma ve çıkış. İlk

olarak, nemli malzemeler döner tamburun giriş kısmına aktarılır. Tambur, yatay ekseninden hafif bir eğimle dönerek malzemeyi ileriye doğru hareket ettirir.

İkinci aşama olan kurutma sürecinde, tambur içerisindeki malzemeler, ısıtılmış hava ile sürekli

temas halinde olur. Bu sıcak hava, malzemelerdeki nemi buharlaştırarak su buharına dönüştürür. Isıtma işlemi için elektrik, dizel, rüzgar veya biyokütle gibi çeşitli yanıcı yakıtlar kullanılabilir. Tambur iç yüzeyinde bulunan kaldırma plakaları, malzemeleri alıp serpiştirerek hava akımıyla temas yüzeyini artırır ve bu sayede kurutma hızını yükseltir. Son aşamada ise kurutulmuş malzemeler, yerçekimi ve tamburun hareketiyle çıkış bölgesinden tahliye edilir. Bu sayede malzemeler, depolama veya sonraki işleme süreçleri için hazır hale gelir.

2.2. Teknik Özellikler ve Modeller

Tambur kurutucular, kurutulacak malzemenin türüne, başlangıç nemine ve hedeflenen kapasiteye göre özel olarak tasarlanmaktadır. Bu makineler, nem değerini %90 gibi yüksek oranlardan %5'e kadar indirebilme kabiliyetine sahiptir.³ Madencilik gibi daha spesifik uygulamalar için tasarlanan kurutucular, besleme nemini %30-80 aralığından %10-15'e düşürebilmektedir.⁴ Makineler, değişken tambur devri ve otomatik yakıt besleme sistemleri gibi özelliklerle donatılabilmektedir. Makinenin gövdesi, prosesin ihtiyacına bağlı olarak tek, iki veya üç geçişli olarak imal edilebilir, bu da enerji verimliliği ve kapasite yönetiminde esneklik sağlar. Tambur kurutucu teknolojisi, tek başına bir çözüm olarak görülmemelidir. Atıkların katma değerli ürünlere dönüştürüldüğü bir sistemin kritik bir parçasıdır. Bu, bir yatırım projesinin başlangıç ve işletme maliyetlerinin değerlendirilmesinde, sadece kurutucuya değil, aynı zamanda atık toplama, ön ayrıştırma, taşıma ve nihai ürün işleme gibi tüm sistem mimarisine odaklanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, atıkların yüksek performanslı bir döner elek (tromel) ile ön ayrıştırmaya tabi tutulması, kurutma sürecinin verimliliğini artırabilir. Bu entegre yaklaşım, projenin finansal ve operasyonel karmaşıklığını daha gerçekçi bir şekilde değerlendirmeyi mümkün kılar.

3. Biyokütle Atıklarının Ekonomiye Kazandırılması

3.1. Atık Türleri ve Dönüştürülme Önemi

Odun talaşı, fındık kabuğu, pirina ve çeşitli tarım atıkları gibi biyoküteller, doğru bir şekilde işlendiğinde yüksek enerji potansiyeline sahip yenilenebilir kaynaklardır. Bu materyallerin ekonomik olarak değerlendirilmesi, hem atık depolama alanlarındaki çevresel yükü azaltır hem de fosil yakıtlara olan bağımlılığı düşürerek ulusal enerji güvenliğine katkıda bulunur.

3.2. Dönüştürülen Ürünler ve Uygulamaları

Tambur kurutucuları, biyokütle atıklarının nemini %10-15 seviyelerine kadar düşürerek, bu atıkların daha sonra pelet veya briket yakıtıya dönüştürülmesinin önünü açar. Bu ürünler, yüksek basınç altında sıkıştırılmış küçük silindirik parçacıklardır.

- **Enerji Sektörü:** Pelet ve briket yakıtlar, evsel ısıtma (pelet sobaları ve kazanları), sanayi buhar kazanları ve elektrik santrallerinde fosil yakıtların yerine alternatif olarak kullanılır. Pelet yakıtı, kömüre göre %97'ye varan yüksek yanma verimliliği sunar ve yanma sırasında daha az kül ve toz bırakır, bu da onu daha temiz ve verimli bir enerji kaynağı yapar. Ayrıca, doğalgaz altyapısının olmadığı bölgelerde kullanıcıya doğalgaz konforu sağlar.
- **Tarım ve Hayvancılık:** Kurutulan biyokütle atıkları, hayvan altlığı olarak kullanılabilir. Bu ürünler, hem hijyenik hem de emici olmaları sayesinde hayvan refahına katkı sağlar.

Türkiye'nin biyokütle enerji pazarındaki konumu, sadece yerel talebi karşılamakla sınırlı değildir; aynı zamanda uluslararası pazarda da stratejik bir oyuncu olma potansiyeli taşımaktadır. Son yıllarda Türkiye'nin pelet ihracatında yaşanan %500'lük artış, özellikle Avrupa'da yaşanan enerji krizinin yarattığı yüksek talebi ve Türkiye'nin bu talebi karşılama kabiliyetini ortaya koymaktadır. Bu durum, biyokütle işleme yatırımlarının hedef pazarını sadece yerel tüketicilerle sınırlamamasını, aynı zamanda yüksek hacimli ve katma değerli uluslararası pazarları da hedeflemesini gerektirir. Bu stratejik konumlandırma, yatırımın geri dönüş potansiyelini önemli ölçüde artırabilir.

4. Gıda Sektörü Atıklarının Değerlendirilmesi

4.1. Atık Türleri ve Dönüştürülme Önemi

Meyve ve sebze posaları gibi gıda atıkları, yüksek su içeriğinin yanı sıra değerli organik besin maddeleri de içerir. Bu atıkların geleneksel yöntemlerle bertarafı, çevresel kirliliğe neden olurken, içerdikleri besin bileşenlerinin de kaybolmasına yol açar. Atıkların kurutulması ve işlenmesi, bu değerli materyallerin yeniden ekonomiye kazandırılmasını sağlar.

4.2. Dönüştürülen Ürünler ve Uygulamaları

Tambur kurutucusu, gıda atıklarından elde edilen posaların nemini düşürerek, onların stabil ve ticari bir ürün haline gelmesini sağlar.

- **Hayvan Yemleri:** Nemden arındırılan elma posası gibi atıklar, büyükbaş ve küçükbaş

hayvanlar için yüksek besin değerine sahip bir yem katkısı veya silaj olarak kullanılabilir. Yapılan araştırmalar, elma posasının ruminant hayvanlar için uygun bir alternatif yem olduğunu ve sindirim parametrelerini olumsuz etkilemediğini göstermektedir. Bu yaklaşım, geleneksel yem maliyetlerini düşürürken, atıkların da ekonomik bir değere dönüşmesini sağlar.

- **Organik Gübreler:** Kurutulmuş posalar ve tarımsal atıklar, kompost veya organomineral gübre üretiminde temel hammadde olarak kullanılabilir. Özellikle düşük sıcaklıkta yapılan kurutma, gübre içindeki yararlı mikrobiyal aktivitenin korunmasını sağlar. Bu ürünler, toprağın verimliliğini artırır, su tutma kapasitesini yükseltir ve erozyonu önler.

Gıda atıklarının hayvan yemi veya gübreye dönüştürülmesi projeleri, biyokütle atıklarının enerjiye dönüştürülmesi projeleriyle sinerji içinde çalışabilir. Bir tesis, biyokütle atıklarını (odun talaşı gibi) tambur kurutucusunun yakıtı olarak kullanabilirken, aynı makinede gıda atıklarını da yüksek besin değerine sahip ürünlere dönüştürebilir. Bu entegre model, tek bir tesiste birden fazla atık akışını yöneterek operasyonel verimliliği artırır ve hem enerji hem de tarım sektörlerine hitap eden çift yönlü bir gelir akışı yaratır. Bu çoklu iş modeli, yatırımın riskini dağıtarak projenin sürdürülebilirliğini güçlendirir.

5. Kimya ve Madencilik Atıklarının Geri Dönüşümü

5.1. Atık Türleri ve Dönüştürülme Önemi

Endüstriyel atıklar, özellikle inorganik atıklar ve arıtma çamurları, doğada biyolojik olarak parçalanamayan ve çevreye uzun vadede zarar verebilen materyallerdir. Bu atıkların doğru yönetimi ve geri kazanımı, çevresel kirliliğin önüne geçerken, aynı zamanda doğal kaynakların korunmasına da katkı sağlar.

5.2. Dönüştürülen Ürünler ve Uygulamaları

Tambur kurutucular, madencilik ve inşaat sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu makineler, kuru toz harç için sarı kumun, döküm için kum kalitelerinin, çimento sektörü için cürufun ve granüler kilin kurutulmasında etkili bir çözümdür.

- **İnşaat Malzemeleri:** Kurutulan arıtma çamurları, hacimleri ve ağırlıkları önemli ölçüde azaldığı için, tuğla, beton ve dolgu malzemesi gibi yapı ürünlerine katkı maddesi olarak eklenebilir. Mermer atıklarının da yapay mermer üretiminde kullanılması mümkündür, bu

da yeni hammadde ihtiyacını azaltır.

- **Metal Geri Kazanımı:** Çinko gibi değerli metalleri içeren atıklar, kurutma sonrası saflaştırma işlemleriyle geri kazanılabilir. Geri dönüştürülen çinko, otomotiv, elektronik ve

inşaat gibi sektörlerde tekrar kullanılarak enerji tasarrufu sağlar.

Kimyasal ve madencilik atıklarının geri kazanımı, biyokütle ve gıda atıklarının "gelir yaratma" modelinden farklı bir finansal motivasyona sahiptir. Bu projeler, aynı zamanda "maliyet azaltma" modelini de içerir. Arıtma çamurlarının hacminin yarı yarıya azaltılması, bu atıkların bertaraf ve taşıma maliyetlerinde ciddi bir tasarruf sağlar. Bu maliyet avantajı, atıktan doğrudan ürün satışı kadar güçlü bir finansal argüman teşkil edebilir. Bir yatırımın ekonomik çekiciliği sadece doğrudan gelir akışlarıyla değil, aynı zamanda operasyonel maliyetlerden kaçınarak elde edilen tasarruflarla da belirlenir. Bu, bir fizibilite çalışmasının sadece "ne satarız?" sorusuna değil, aynı zamanda "hangi maliyetlerden kaçınıyoruz?" sorusuna da kapsamlı bir yanıt vermesi gerektiğini gösterir.

6. Türkiye Pazarı Arz ve Talep Analizi

6.1. Arz Yapısı (Atık Kaynakları)

Türkiye, çeşitli sektörlerden kaynaklanan zengin bir atık arzına sahiptir. Orman endüstrisi, fındık üretimi, zeytin üretimi ve diğer tarımsal faaliyetler, odun talaşı, fındık kabuğu ve pirina gibi bol miktarda biyokütle atığı üretir. Yüksek meyve ve sebze üretimi, özellikle meyve suyu ve konserve tesislerinden sürekli bir posa atığı kaynağı sağlar. Maden atıkları ve arıtma çamurları ise, ülkenin sanayi ve madencilik yoğun bölgelerinde yüksek hacimli ve sürekli bir arz oluşturur. Ancak, bu atıkların arzında mevsimsel dalgalanmalar ve lojistik maliyetleri gibi zorluklar bulunmaktadır.

6.2. Talep Yapısı ve Pazar Dinamikleri

- **Enerji Sektörü (Pelet):** Pelet yakıtına olan talep, hem yerel evsel ve sanayi ısıtma pazarı hem de özellikle Avrupa'dan gelen güçlü ihracat talebiyle desteklenmektedir. Küresel odun peleti pazarının 2030 yılına kadar 23.6 milyar USD'ye ulaşması beklenmektedir. Türkiye'nin bu pazardaki ihracat hacmi, sadece dokuz ayda %500 oranında artmıştır. Bu veri, pazardaki dinamiklerin hızla değiştiğini ve Türkiye için büyük bir büyüme potansiyeli bulunduğunu göstermektedir.
- **Tarım ve Hayvancılık Sektörü (Yem & Gübre):** Gıda atıklarından elde edilen yem ve

- gübreyeye olan talep, Türkiye'nin geniş tarım ve hayvancılık sektörü tarafından desteklenmektedir. Organik gübre pazarının büyümesi ve yem maliyetlerini düşürme

ihtiyacı, bu ürünlere olan talebi artırmaktadır

- **İnşaat Sektörü (Yapı Malzemeleri):** Maden ve endüstriyel atıklardan elde edilen yapı

malzemeleri, artan çevre bilinci ve maliyet avantajı nedeniyle talep görmektedir. Atık yönetimi yönetmelikleri ve inşaat sektöründeki sürdürülebilirlik uygulamaları, bu pazarın gelecekteki büyümesini desteklemektedir

Tablo 1: Atık Kaynağına Göre Dönüştürülmüş Ürünler ve Sektörel Kullanım Alanları

Atık Kaynağı	Tambur Kurutucu ile Dönüştürülen Ürünler	Sektörel Kullanım Alanları
Biyokütle	Pelet ve briket yakıt, hayvan altlığı, biyokömür	Enerji (evsel ısıtma, buhar, elektrik), Hayvancılık
Gıda Atıkları	Hayvan yemi (silaj), organik gübre	Hayvancılık, Tarım
Kimya ve Madencilik	İnşaat katkı maddesi, dolgu malzemesi, metal	İnşaat, Çimento, Metal Sanayi

6.3. Devlet Politikaları ve Teşvikler

Türkiye'deki geri kazanım pazarı, geleneksel arz-talep dengesinin ötesinde, devletin aktif politikaları ve finansal teşvikleriyle şekillenmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen "Sıfır Atık" Projesi, 2017'den beri atıkların geri kazanım oranını önemli ölçüde artırmış ve 2035'te %60'a çıkarma hedefini koymuştur. Bu hedef, geri dönüşüm yatırımları için istikrarlı bir yasal ve idari zemin oluşturmaktadır.

Yenilenebilir enerji ve atık geri kazanım projeleri, yatırımcılar için cazip teşvikler sunmaktadır. Bu teşvikler arasında KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirimi ve faiz destekleri bulunmaktadır.²⁹ KOSGEB, KOBİ'lere yönelik olarak iş kurma (20.000 TL'ye kadar) ve iş geliştirme (1.500.000 TL'ye kadar) destekleri sağlamaktadır. Bu finansal destekler, yeni bir yatırımın başlangıç maliyetlerini düşürerek projenin finansal riskini azaltmakta ve yatırım geri dönüş süresini kısaltmaktadır. Devletin atık yönetimi ve döngüsel ekonomi alanındaki bu proaktif yaklaşımı, çevresel sorumluluğu ekonomik bir fırsata dönüştürmekte ve yatırımcılar için bir "yeşil koridor" yaratmaktadır.

Tablo 2: Türkiye'de Atık Geri Kazanım Projelerine Yönelik Önemli Devlet Destekleri

Destek Alanı	Destek Türleri ve Üst Limitleri	İlgili Kurumlar
İş Kurma Desteği	20.000 TL'ye kadar geri ödemesiz destek	KOSGEB

Geliştirme Desteği	İş 1.500.000 TL'ye kadar personel, makine ve yazılım giderleri desteği	KOSGEB
Yenilenebilir Enerji	KDV ve gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirim, gelir vergisi stopajı desteği	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Girişimcilik Programı	TÜBİTAK'ın BiGG Yatırım programı kapsamında tematik destekler	TÜBİTAK

7. Operasyonel ve Stratejik Hususlar

7.1. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Atıkların geri kazanımı, hammaddenin toplanması ve tesise ulaştırılması süreçlerinde ciddi lojistik zorluklar içerir. Biyokütle atıklarının tedarik zinciri, mevsimsel bulunabilirlik ve yüksek nakliye maliyetleri gibi riskler taşır. Bu riskleri yönetmek için, potansiyel yatırımcıların atık üreticileriyle uzun vadeli tedarik anlaşmaları yapması ve hammadde toplama merkezleri kurması stratejik bir gerekliliktir.

7.2. Teknik ve Finansal Riskler

Tambur kurutucu ve entegre tesislerin kurulumu, yüksek bir ilk yatırım maliyeti gerektirebilir. Ayrıca, işlenecek malzemenin nem ve partikül boyutundaki tutarsızlıklar, kurutma sürecinin verimliliğini doğrudan etkileyebilir. Bu nedenle, yatırım öncesinde detaylı bir finansal fizibilite çalışması yapılmalı ve seçilecek ekipmanın kapasite ve teknolojik özelliklerinin projenin ihtiyaçlarıyla uyumlu olduğundan emin olunmalıdır. Farklı kapasitelerdeki makinelerin fiyat çeşitliliği, doğru seçimin projenin karlılığı için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

7.3. Çevresel ve Yasal Riskler

Atık işleme tesisleri, çevre izin ve lisans süreçleri gibi yasal prosedürlere tabidir. Ayrıca, tesisin operasyonları sırasında oluşabilecek hava, su ve toprak kirliliği risklerinin de dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu çevresel riskler, operasyonel sürdürülebilirliğin yanı sıra, yerel

halkın hukuki itirazları gibi sosyal engellere de yol açabilir. Bu nedenle, bir projenin başarısı için sadece teknik ve finansal veriler değil, aynı zamanda operasyonel sürdürülebilirlik ve

kapsamlı risk yönetimi de eşit derecede önemlidir.

8. Sonuç ve Geliştirme Önerileri

8.1. Nihai Değerlendirme

Analizler, tambur kurutucu teknolojisinin, Türkiye'deki çeşitli atıkların ekonomik değere dönüştürülmesi için yüksek potansiyele sahip, çok yönlü bir araç olduğunu doğrulamaktadır. En yüksek ticari potansiyel, biyokütle bazlı pelet ihracatı ve gıda atıklarından hayvan yemi üretimi gibi alanlarda görülmektedir. Bu yatırımlar, hem çevresel faydalar sağlamakta hem de Türkiye'nin döngüsel ekonomiye geçişine somut katkılarda bulunmaktadır.

8.2. Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar

Türkiye'nin "Sıfır Atık" hedefi, döngüsel ekonomiye geçiş çabaları ve yenilenebilir enerjiye olan artan talep, bu tür yatırımlar için elverişli bir zemin oluşturmaktadır. Küresel pazardaki büyüme ve Türkiye'nin coğrafi konumu, özellikle ihracat odaklı biyokütle projeleri için stratejik avantajlar sunmaktadır.

8.3. Ödevler ve Araştırma Soruları

- **Finansal Fizibilite Modeli:** Her bir atık türü ve nihai ürün için, tambur kurutucusunun yatırım geri dönüş sürelerini ve operasyonel maliyetlerini içeren detaylı bir finansal fizibilite modeli oluşturulmalıdır. Bu model, farklı kapasitelerdeki makinelerin maliyetleri, lojistik harcamalar ve ilgili devlet teşviklerinin sağladığı faydaları kapsamlı bir şekilde analiz etmelidir.
- **Hammadde Tedarik Zinciri Haritası:** Türkiye'deki biyokütle (odun, fındık kabuğu, pirina), gıda (meyve-sebze posaları) ve endüstriyel atıkların bölgesel ve mevsimsel arz hacimlerini gösteren ayrıntılı bir hammadde haritası hazırlanmalıdır. Bu çalışma, lojistik maliyetlerini optimize etmek ve tedarik sürekliliğini sağlamak için hayati önem taşımaktadır.
- **Teknoloji Entegrasyonu Analizi:** Tambur kurutucusu dışındaki tamamlayıcı

- teknolojilerin (briketleme presleri, kompostlama reaktörleri, atık ayrıştırma sistemleri vb.) birbiriyle entegrasyonu ve bu entegrasyonun operasyonel verimliliğe etkileri üzerine ayrıntılı bir teknik fizibilite çalışması yapılması önerilmektedir.