



Adiyaman İlinde Piroliz Teknolojisini Kullanarak Ömrünü Tamamlamış Lastiklerden Aktif Karbon Üretimi: Fizibilite Çalışması

Yavuz DEMIRCI^{1*}, Turgay DERE¹, Mustafa Talha GÖNÜLLÜ¹

¹ Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 02040, Adiyaman /Türkiye

ÖZET

Piroliz oksijensiz ortamda organik maddelerin yüksek sıcaklıklarda ısıtılması sonucu termal olarak bozunması işlemidir. Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanımında kullanılan piroliz yöntemi, son yıllarda ilgi çekici bir konu olmaktadır. Ömrünü tamamlamış lastiklerin piroliziyle, aktif karbon imalatında ve yol katranında (zift) kullanılabilen pirolitik karbon siyahı, yüksek bir pazar değerine sahip piroliz sıvısı (atık yağ), elektrik ve ısı üretmek amacıyla yakılabilen gaz ve geri kazanım potansiyeline sahip çelik şerit ürünleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmada piroliz teknolojisini kullanarak ömrü tamamlamış lastiklerden aktif karbon üretimi için proses tesislerinin ekonomik analizi yapılmıştır. 3600 ton ömrünü tamamlamış lastik /yıl kapasiteli piroliz tesisinin, kârlılık derecesinin göstergesi olan % 41'lik yüksek emniyet marjı ile 4 yıl sonunda kârlı satışa başlayacağı öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik analiz; atık lastik; karbon siyahı; pirolitik yağ; piro-gaz

The production of activated carbon from solid tire wastes in Adiyaman by using pyrolysis technology: Feasibility study

ABSTRACT

Pyrolysis is a thermal degradation process of organic material heated at high temperatures without oxygen. Pyrolysis method for recovering waste tires is the attractive topic, recently. The pyrolysis products of expired tires are pyrolytic carbon black which can be used in manufacture of activated carbon and road tar (pitch), pyro-oil (waste oil) which has a high market value, combustible pyro-gas to produce electricity and heat, and steel strip products which have recovery potential. In this study, economic analysis of pyrolysis plants of waste tires have been made for the activated carbon production. The high degree of safety margin of 41% which is the profitability indicator of pyrolysis plant which has the capacity of 3600 tons waste tires/year was calculated. As a result that at the end of 4 years, the profitable sales are expected for the obtained products from waste tires pyrolysis plant for activated carbon production

Keywords: Economical analysis; waste tire; carbon black; pyro-oil; pyro-gas

1. Giriş

Bir ulusun yaşam kalitesi ve standartları, o ulusun kişi başına düşen enerji tüketimine bağlıdır. Ulusların enerji krizlerini yönetmek için alternatif ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına ihtiyaçları vardır. Biyolojik olarak bozunamayan ömrünü tamamlamış lastik atıklarının kontrolü ve yönetimi,

* Sorumlu yazar : Tel: 90 416 223 38 00: ydemirci@adiyaman.edu.tr (Y Demirci)

e-posta : tdere@adiyaman.edu.tr (T Dere)

modern toplumlarda özellikle gelişmekte olan ülkeler için büyüyen bir tehlike olmaktadır. Maalesef, bu atık parça lastiklerinin çoğu basit bir şekilde açık alanlara boşaltılmaktadır. Bu şekilde bu lastiklerin boşaltılması, yüksek derecede toksik gaz emisyonlarına sebep olabilir veya yağmur suları vasıtasıyla böcek ve hastalık yapıcı sivr sinekler için ideal bir ortam oluşturur. Son yıllarda bu ömrünü tamamlamış lastiklerin tekrar kullanılabilir hale getirilmesi için lastik pudrası (tozu) geri kazanımı için lastiğin parçalaması ve öğütülmesi, elektrik üretmek ve termal enerji elde etmek için yakma gibi birçok girişim mevcuttur. Ancak bunların her birinin mühendislikte çözümlerinin uygulanması gereken sakıncaları ve zorlukları vardır.

Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanılması yöntemleri günümüzde giderek çeşitlenerek yaygınlaşmaktadır. Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanılması bütün halden-toz hale kadar çeşitli boyutlar için yapılmaktadır. Bütün hâldeki lastikler; oyun parklarında, motorlu spor alanlarında, deniz kıyısında gemi yanaşma noktalarında, toprak erozyonunu önlemek amacıyla araç park alanlarında, deniz kıyılarında dalga kırıcı olarak, su ortamlarında canlı yaşamının gelişmesi için, şev stabilizasyonunda ve yol stabilizasyonunda kullanılarak değerlendirilebilir. Bu lastikler iri parçalar haline getirilerek; katı atık depo sahasında sızıntı suyu toplama tabakası teşkilinde, çimento fabrikalarında yakıt olarak, elektrik üretimi maksadıyla termik santrallerde yakıt olarak, ısı-buhar ihtiyacı için kâğıt vb. endüstriyel sektörlerin kazanlarında yakılarak değerlendirilebilir. Kırıntı ve toz haldeki kullanım alanları çok daha geniş olup en önemlilerini otomobil endüstrisi, spor alanları yüzeyleri, inşaatlarda ve inşaat malzemesi üretimi, zemin ve asfalt uygulamaları ürünleri olarak sıralayabiliriz [1-2].

Bu nedenlerle ömrünü tamamlamış lastiklerin uzun süreler için yığılmasının mahzurlu olduğu görülerek bu atıkların bertarafı için yeni alanlar araştırılmaya başlanmıştır. Ömrünü tamamlamış lastiklerin enerji elde edilmesinde ağırlıklı biçimde kullanıldığı bilinmektedir. Ülkelerin yatırımlarının giderek artması nedeniyle geri kazanma oranında giderek artan oranlar söz konusu olmaktadır [2].

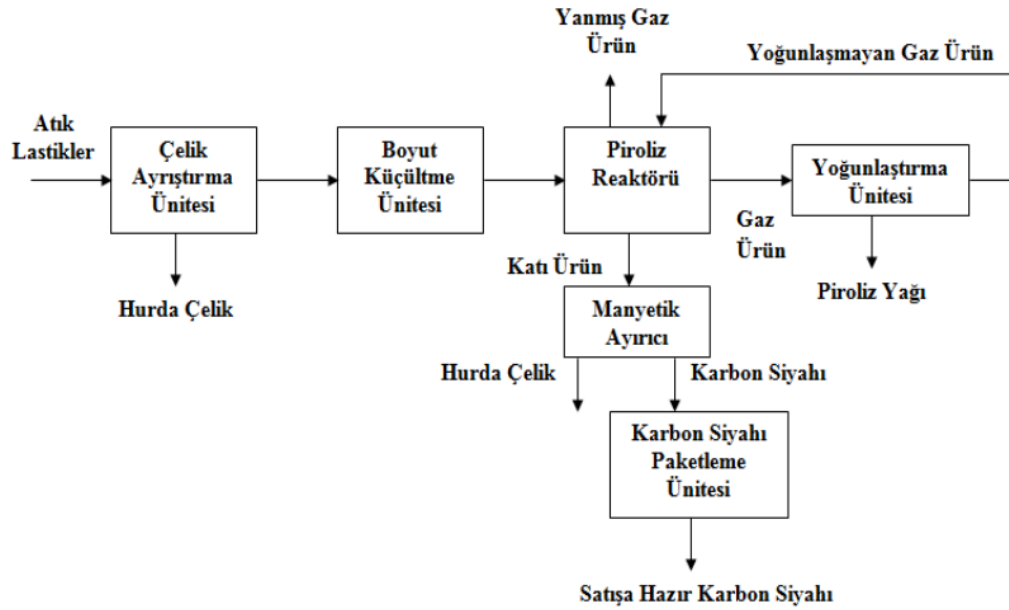
2. Piroliz Yöntemi ve Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Geri Kazanımı

Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanımında kullanılan piroliz yöntemi, son yıllarda ilgi çekici bir konu olmaktadır. Piroliz, oksijensiz ortamda organik maddelerin yüksek sıcaklıklarda (500-1000°C) ısıtılması sonucu termal olarak bozunması işlemidir. Piroliz, endotermik bir işlem olup dışarıdan ısı desteği verilmesi sonucu gerçekleşir. Piroliz işleminin gerçekleşmesi için belli bir basınç altında oksijensiz ortamda belli bir sıcaklığa ulaşmak gerekir ve bu sıcaklık işleme tâbi tutulacak maddeye bağlı olarak değişmektedir. Her piroliz işlemi belli safhalardan oluşur ve her safhada farklı bozunmalar, dolayısıyla farklı ürünler (buhar, gaz, yağ vs.) elde edilebilmektedir. İşlem esnasındaki bu safhalar; sistemin basıncına, sıcaklığına, işlem süresine ve işleme tâbi maddeye göre belirlenmektedir.

Ömrünü tamamlamış lastiklerin yakılması yerine pirolizi üzerine çalışmalar yapılmış, ülkemizde ve birçok ülkede kurulu tesisler de bulunmaktadır [2]. Ömrünü tamamlamış lastiklerin pirolizle geri kazanımı akım şeması Şekil 1’de verilmiştir.

Piroliz işlemi esnasında belirli sıcaklıklarda uygulanan değişik vakum değerleri sonucu oluşan gazlar soğutma ünitelerine yönlendirilir ve yoğunlaşan gaz, yağ olarak depolanır. Yoğunlaştırılmayan gazlar yüksek kalori değerine sahip olup ısıtma ve enerji üretme amacıyla kullanılabilir.

Piroliz işlemi sonucu elde edilen karbon siyahı ve çelik tel karışımı, mıknatıslar vasıtasıyla ayrıştırılır ve çelik teller atık tel toplama havuzuna, karbon siyahı ise uygun boyuta getirilip torbalanmak üzere öğütme ve paketleme ünitesine gönderilir. Öğütme işlemi sonucu ortalama 30-40 µ boyuta ufaltılan ürün olan “Piroliz Karbon Siyahı” (CBp) ise torbalanarak satışa hazır hale getirilir [3].



Şekil 1. Ömrünü tamamlamış lastik geri dönüşüm akış şeması.

Ömrünü tamamlamış lastiklerin piroliziyle yağ, kömür ve gaza ilave olarak tamamen geri kazanım potansiyeline sahip çelik şeritler de elde edilir. Parafin, olefin ve aromatik bileşiklerin bir karışımı olan lastik piroliz sıvısı 41-44 MJ/kg civarında bir üst ısıl değerine sahip olup geleneksel sıvı yakıtların yerini alacak kadar önemli bir değerdedir. Yakıt olarak onların kullanımına ilave olarak, lastik piroliz sıvıları ham petrolün sahip olduğundan daha yüksek bir pazar değerine sahip olan benzen, toluen ve ksilen gibi hafif aromatiklerin potansiyel bir kaynağı olarak da gösterilmektedir. Benzer olarak, yüksek değerli hafif hidrokarbon olan limonen gibi monoterpenes içerdiği de belli olmuştur. Limonen; temizlik ürünlerinde güzel koku veren, çevresel olarak kabul gören ve pigmentlerde dispersleme maddesi olarak endüstriyel solventler, reçineler ve tutkalların formülasyonunu oluşturan büyük ve yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Pirolitik karbon siyahı, aktif karbon imalatında kullanılabilir. Pirolitik karbon siyahının başka bir potansiyel son kullanımı olarak yol katranında (zift) ilave bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini belirtmiştir [2]. İslam ve ark.[4] yaptıkları çalışmada, pirolizin gaz ürünlerinin içeriğini araştırmış ve metan, etan, bütan ve diğer hidrokarbon gazlarını çalışıp yaklaşık olarak 37 MJ/m³ üst ısıl değeri elde etmişlerdir. Bu değer piroliz prosesinde ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlamak için yeterli bir değerdir. Son 30 yıldır; sürekli çalışan, vakumla hareket eden yatak, akışkan yataklı, iki aşamalı hareket eden yatak ve sürekli dönel fırın kapsayan çok sayıda yapılan laboratuvar ve pilot ölçekli prosesler çalışılmıştır [2].

2.1. Geri Kazanım Sonucu Elde Edilecek Ürünler

2.1.1. Karbon Siyahı

Piroliz işlemi ile geri kazanılan temel madde karbon siyahıdır. Geri kazanım işlemi sonucunda lastik miktarının %35 - %45 kadarı (işleme giren lastiğin cinsine göre) karbon siyahı olarak geri kazanılır. Karbon siyahı günümüzde birçok sanayi kolunda temel hammadde veya katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Karbon siyahı yapısına ve kullanım oranına bağlı olarak kauçuk bazlı maddelerin dayanıklılığını, kuvvetini, rengini geliştirmekte ve genel performansını arttırmaktadır.

Piroliz işlemi sonucu ortaya çıkan karbon siyahı piyasa karbon siyahına kıyasla çok daha ekonomik olduğu için belli üretim sahalarında dolgu ve katkı malzemesi olarak kullanılmaya çok uygundur.

Karbon siyahı; kablo, konveyör bant, taşıyıcı bantlar, hortum, paspas, siyah poşet, kauçuk hamurla karışım, oto yedek parçaları, ısı yalıtımı, kauçuk malzemelerde boya maddesi, taban malzemesi, plastik ve yangın söndürme olarak farklı sanayi kollarında kullanılmaktadır [3].

Daha önce yapılan çalışmalarda pirolitik kömürün elemental analiz sonuçları; C =% 77.30–83.34; H = % 0.70–1.10; N =% 0.25–0.40; S =% 2.35–3.35 ve O + kül =% 13.36–18.15 olarak tespit edilmiştir. Pirolitik kömürde Zn, Si, Ti, Al, Fe, Na, Ca, Pb ve Mg metalik elementleri belirlenmiştir. Pirolitik kömürün üst ısıl değeri 23.28-27.80 MJ/kg olup bu değer iyi kalitede bir kömürle kıyaslanabilir [4].

2.1.2. Hurda Çelik Tel

Ömrünü tamamlamış lastiklerin piroliz işlemi geri dönüşümü sonucu, işleme giren lastiklerin cinsine bağlı olarak pirolize giren lastik ağırlığının %12-%15 miktarı kadar hurda çelik tel elde edilmektedir. Preslenerek satışa hazır hale getirilen hurda çelik tel, hurdacılar ve haddehanelere satılmaktadır [3].

2.1.3. Gaz

Piroliz işlemi esnasında yoğunlaştırılmayan gazlar; ısıl değeri 40 MJ/Nm³ den daha fazla olup doğal gazdan daha üstündür. İçeriğinde hidrojen, metan, bütan, etan, etilen, karbonmonoksit ve karbondioksit bulunur. Uygun şartlarda depolanabilmesi halinde doğal gaz ve propan yerine kullanılabilir. Elektrik ve ısı üretmek amacıyla brülörlerde yakılabilir. Sistemden ortalama %7-%8 gaz üretilmesi (10 ton atık lastik/gün işleme kapasitesinde) takribi 900-1000 m³/gün gaz çıkışı sağlar ki değerlendirilmesi durumunda ciddi bir enerji potansiyeli oluşturur [3].

Yapılan gaz analiz sonuçları ömrünü tamamlamış lastiklerin piroliz gazları başlıca hidrokarbonlarla beraber CO, CO₂, H₂ ve N₂ gazlarıdır. Hacimsel olarak bunlar yaklaşık; CH₄ = %18.41–21.00; C₂H₄ =% 7.32–11.22; C₂H₆ =% 5.30–9.40; C₃H₆ =% 5.75–10.62; C₃H₈ =% 2.25–4.60; C₄H₆ =% 3.11–4.31; C₄H₈ = % 7.52–15.65; C₄H₁₀ =% 1.42–4.64; C₅H₁₀ =% 0.7–1.85; C₅H₁₂ =% 1.12–3.70; C₆H₁₂ =% 0.55–1.65; C₆H₁₄ =% 1.3–1.85; CO =% 3.3–4.50; CO₂ =% 8.00–10.23; H₂ =% 14.11–18.10; N₂ =% 3.00–3.07. Piroliz gazlarının üst ısıl değeri doğal gazın değerlerine çok yakın olan 37,85- 40,72 MJ/ m³’dür. Bu yüzden piroliz proseslerinde ihtiyaç duyulan ısı enerjisini sağlamak için yeterli olabilmektedir [4].

2.1.4. Atık Yağ

Yağ gerçekte atık yağ sınıfına sokulmaması gereken, hurda lastiklerin ısıl işlemi neticesinde elde edilen bir petrol türevidir, ancak bakanlık literatüründe uygun isim bulunamadığından atık yağ sınıfına sokulmaktadır. Piroliz işlemi sonucu geri dönüştürülen lastiğin cinsine göre lastik miktarının %35-%42’si oranında atık yağ elde edilir. Elde edilen ürün Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğine[†] göre 1. sınıf atık yağ kategorisine dâhil edilmiştir. Üretilen yağlar atık yağ taşıma lisansına sahip araçlarla rafinerilere ve atık yağ geri dönüşüm tesislerine gönderilir ve orada değerlendirilir. Bakanlıktan gerekli izin alındığı takdirde ısı üretmek amacıyla brülörlerde ve dizel motorlarda yakılarak enerjiye dönüştürülmeye çok uygundur [3]. Yağlı organik bileşiklere sahip olan seçilmiş lastik atıklarının pirolizinden elde edilen pirolitik sıvı, keskin kokulu ve koyu kahve renklidir. Islama ve ark. [4] pirolitik sıvının elemental analizinde ağırlıkça şu sonuçları elde edilmiştir: C = % 84.80–85.86; H = % 9.01–9.33; N = % 0.50– 0.70; S = % 0.9– 1.36; O = % 2.87– 4.17 ve kül = % 0.10–0.31. Pirolitik sıvının bir çok alifatik ve aromatik birleşikleri kapsayan 8C₅-C₂₀’den çok daha kompleks bir yapıda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aromatik bileşikler, sadece tek halkalı alkil aromatiklerdir. TGA distilasyon test sonuçları böyle yağların %30’undan fazlasının 70 °C ve 210 °C arasında kaynama noktalarında kolayca saflaştırıldığını göstermiştir. Dizel yağı için tipik kaynama oranı 150-370 °C’dir. 150-370°C’ye karşılık pirolitik yağ değerleri toplam yağın yaklaşık %60’ını oluşturur. Dizel yağ olarak böyle bir atık lastik yağın gerçek potansiyel kullanımının doğruluğunu kanıtlamak için onun daha titiz bir analizinin (setan indeksi, korozif özellikleri, parlama noktası vb.) yapılması gerekir. Dizel yakıtlar % 64 alifatik hidrokarbonlar, %35 aromatik hidrokarbonlar ve olefinik hidrokarbonlardan oluşan, C₁₀- C₁₉ arasında bir dizi hidrokarbonu kapsar. Bu yüzden filtrasyon, santrifüj ve desülfürizasyon (kükürt giderme)

[†] Resmi Gazete: 30.12.2009/ 27448

işlemlerinden sonra endüstriyel fırınlar, elektrik santralleri ve boylerlerde dizel yakıtlara karıştırılarak veya doğrudan akaryakıt olarak kullanılabilir [4].

3. Lastik Geri Kazanım Tesisinin Ekonomik Açından Değerlendirmesi

Lastik geri kazanım tesisinin ekonomik açıdan değerlendirmesinde fayda maliyet analizi yapılarak proje gelir ve giderleri karşılaştırılarak hesaplanmıştır.

3.1. Proje Gelirleri

Proje gelirleri karbon siyahı, pirolitik yağ ve hurda çelik gelir kalemleri ile hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Proje gelirleri

Gelir Kalemleri	Üretim Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
Karbon Siyahı	1260	650	819.000
Pirolitik Yağ	1620	1250	2.025.000
Hurda Çelik	360	600	216.000
TOPLAM			3.060.000

3.2. Proje Giderleri

3.2.1. Sabit Yatırım Giderleri

Sabit Yatırım Giderleri proje etüt giderleri (Çizelge 2), inşaat giderleri (Çizelge 3), makine-ekipman giderleri (Çizelge 4-5), ulaştırma yatırım giderleri (Çizelge 6) ve beklenmeyen giderler hesaplanarak bulunmuştur.

Çizelge 2. Proje etüt giderleri

Harcama Kalemleri	Tutarı(TL)
Arazi İnceleme Etütleri	3.000
Laboratuvar Tetkikleri	2.500
Proje Tasarım Ve Çizimleri	19.500
Toplam	25.000

Çizelge 3. İnşaat giderleri

Harcama Kalemleri	Tutarı (TL)
Ana Bina Bakım Ve Onarımı	10.000
İdari Bina Bakım Ve Onarımı	5.500
Geçici Depo Alanı	31.000
Yangın Söndürme Deposu	20.000
Fosseptik Çukuru İnşaatı	5.000
Toplam	71.500

Makine ve ekipman giderleri üç ayrı kısımda ele alınarak; lastik geri dönüşüm tesisi (Çizelge 4), laboratuvar giderleri ve idari bina ve bakımcı giderleri (Çizelge 5) olarak hesaplanmıştır.

Gerekli analizler hizmet alımı şeklinde sağlanmaktadır. Laboratuvar gelirlerinin yaklaşık olarak 15.000 TL olması tahmin edilmektedir.

Çizelge 4. Lastik geri dönüşüm tesisi

Makine	Miktar (Adet)	Birim Fiyatı (TL)	Toplam Fiyatı (TL)
Lastik Geri Dönüşüm Makinesi	1	780.000	780.000
Trafo	1	30.000	30.000
Baskül (1.500 kg)	2	10.000	20.000
Yağ Stok Tankı (30 ton)	3	15.000	45.000
Lastik Parçalama Hızar	1	20.000	20.000
Çuval Ağzı Dikiş Makinesi	1	17.000	17.000
Ambalaj Makinesi	1	20.000	20.000
Karbon Siyahı Öğütme Değirmeni	1	195.000	195.000
TOPLAM			1.127.000

Çizelge 5. İdari bina ve bakıcı giderleri

Malzeme cinsi	Tutarı (TL)
Büro Malzemeleri	5.000
Kırtasiye Malzemeleri	1.000
Buzdolabı	1.000
Mobilya	2.000
Diğer	1.000
TOPLAM	10.000

Çizelge 6. Ulaştırma yatırım giderleri

Araç cinsi	Miktarı(Adet)	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı(TL)
Kamyon (6 Tekerlekli)	1	55.000	55.000
Kamyon (10 Tekerlekli)	1	110.000	110.000
Otomobil	2	30.000	60.000
Forklift	1	65.000	65.000
TOPLAM			290.000

Çizelge 7. Sabit yatırım giderleri

Sabit Yatırım Giderleri	TUTARI (TL)
Proje Etüt Giderleri	25.000
İnşaat Giderleri	71.500
Makine-Ekipman Giderleri	1.152.000
Lastik Geri Dönüşüm Tesisi	1.127.000
Laboratuvar Giderleri	15.000
İdari bina ve bakıcı Giderleri	10.000
Ulaştırma yatırım Giderleri	290.000
Beklenmeyen Giderler	61.540
TOPLAM	1.600.040

Sabit Yatırım tutarının % 4'ü beklenmeyen giderler olarak hesaplanmıştır.

Beklenmeyen giderler= 1.538.500 * % 4 = 61.540 TL

3.2.2. İşletme Dönemi Giderleri

a. Hammadde giderleri

Sistemde, ömrünü tamamlamış lastikler hammadde olarak kullanılacaktır. Ömrünü tamamlamış lastik miktarı günde 10 ton kullanılacak olup, yılda 3600 ton'a karşılık gelmektedir. Ülkemizde yıllık ömrünü tamamlamış lastik yaklaşık 300.000 ton civarında tüketilmektedir. İşletme için gereken atık

lastiğin maliyeti düşük ve temini kolaydır. Lastik üretici firmaları, ürettikleri lastiğin %60 oranını geri toplama zorunluluğu bulunmaktadır. Bu amaçla, lastik üreten firmalar birleşerek LASDER adında bir dernek kurmuş ve ömrünü tamamlamış lastikleri toplayarak geri dönüşüm tesislerine ücretsiz olarak vermektedirler. Ayrıca Adıyaman ve çevre illerden ömrünü tamamlamış lastiklerin temin edilmesi düşünülmektedir. Yapılan piyasa araştırmasına göre; ömrünü tamamlamış lastiğin kilosunu 0,15 TL'den alındığı belirlenmiştir [3].

$$\text{Hammadde} = 0,15 \text{ TL/kg} * 10 \text{ ton} / \text{gün} * 365 \text{ gün} / \text{yıl} * 1000 \text{ kg/ton} = 547.500 \text{ TL}$$

b. Enerji giderleri

Enerji giderleri, kömür giderleri ve elektrik giderleri düşünülerek hesaplanmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Enerji giderleri

Enerji giderleri	Yıllık Tutar (TL)
Kömür gideri	1.350.000
Elektrik Giderleri	24.000
Toplam	1.374.000

Piroliz işleminde kazanın kömür ile ısıtılarak 180 °C'ye çıkarılması gerekmektedir. Piroliz işlemi, kazan içinde 180-220 °C arasında başladığından çıkan gaz ile kazan ısıtılması devam ettirilmektedir. Yakıt olarak kullanılan kömürlerin orijinal ısı değerleri 800 kcal/kg'den 5000-7000 kcal/kg seviyelerine kadar çıkmaktadır. Taş kömürleri dediğimiz kömürlerin ısı değerleri 5000-7000 kcal/kg arasında değişirken, linyit kömürlerin ısı değerleri 1000 ile 4000 kcal/kg arasında değişir. Tesiste linyit kömürü kullanılacaktır.

$$\text{Kömür gideri: } 3.000 \text{ ton /yıl} * 450 \text{ TL /ton} = 1.350.000 \text{ TL}$$

Organize sanayide 1 kw/h için elektrik bedeli 0,2 TL olarak alındığında, 25 kw/h gücündeki tesisi günde 16 saat çalışarak 300 günde harcayacağı elektrik için ödenecek miktar;

$$\text{Elektrik Giderleri} = 25 * 16 * 300 * 0,20 = 24.000 \text{ TL}$$

Elde edilen yanıcı gazlar, boylerlerde yakılarak ısı enerjisi olarak tekrar kullanılacaktır.

c. Personel Giderleri

Tesiste çalışacak personel sayısı 16 kişi (Mühendis, Teknisyen, İdari Personel, Bekçi, İşçi, Şoför) alınıp, vergi ve sigorta ücretleri dâhil edilerek 258.000 TL olarak hesaplanmıştır.

d. Kira Giderleri

Kira süresi 10 yıl alınıp, yıllık kira bedeli 600 TL üzerinden hesaplanarak;

$$\text{Kira} = 10 * 600 = 6000 \text{ TL olarak hesaplanmıştır.}$$

e. Bakım ve Onarım Giderleri

Bakım ve onarım, haftalık, aylık ve yıllık periyotlarla yapılmaktadır. Makine üzerinde bulunan valfler haftalık olarak bakıma alınır. Aylık bakımlar; genellikle soğutma sisteminde, kazanda ve yağ tankındaki tıkanma ve genel bakımlardır. Kazandaki ısı ve basınç valfleri teknik elemanlar tarafından kontrol edilerek her yıl sonunda kontrol edilir.

Sabit yatırım giderlerinden, inşaat giderlerinin %2'si ile makine ekipman giderlerinin %5'i bakım onarım gideri olarak hesaplanmıştır. 1. yıl için hesaba katılan inşaat giderleri diğer yıllar için hesaba katılmamıştır.

Çizelge 9. Bakım ve onarım giderleri

Yatırımın Cinsi	Yatırımın Tutarı(TL)	Oran	Tutarı (TL)
İnşaat Giderleri	71.500	%2	1.430
Makine ekipman giderleri	1.127.000	%5	56.350
TOPLAM			57.780

f. Amortismanlar

Sabit yatırım giderlerinden inşaat giderlerinin %4'ü ile makine ekipman giderlerinin %10'u amortistisman gideri olarak hesaplanmıştır [5].

Çizelge 10. Amortismanlar

Yatırımın Cinsi	Yatırımın Tutarı (TL)	Oran	Tutarı (TL)
İnşaat giderleri	71.500	%4	2.860
Makine ekipman giderleri	1.127.000	%10	112.700
Genel giderler	53.057	%20	10.520
Beklenmeyen giderler	61.540	%20	12.300
TOPLAM			138.380

g. Ulaştırma Nakil Giderleri

Kullanılacak hammadde (ömrünü tamamlamış lastik) Adıyaman ve çevre illerinden sağlanacak olup tesise nakilleri mevcut kamyon ve dışarıdan araç kiralama yoluyla gerçekleştirilecektir. 25 ton ömrünü tamamlamış lastik için nakliye bedeli 400 TL olarak belirlenmiştir. Ayrıca çevre illerde ÖTL bulunmadığı durumlarda bu bedel artacaktır. Ortalama 600 TL olarak hesaplandığında ve günlük 10 ton kullanıldığı durumda, aylık 300 ton ÖTL için aylık 12 araç gerekecek ve 7.200 TL nakliye bedeli ödenecektir.

Karbon siyahı, pirolitik yağ ve hurda tel için nakliye ücreti yakın çevre illerde pazarı olmadığı için nakliye bedeli normal bedelin iki katı olarak belirlenmiştir. Karbon siyahı 105 ton, pirolitik yağ 135 ton ve hurda tel 30 ton elde edilecek ve bu ürünler çevre illere 12 araç ile taşınacağı düşünüldüğünde 12 * 800= 9.600 TL'dir.

Çizelge 11. Ulaştırma nakil giderleri

Ulaştırma Nakil Giderleri	Aylık Tutar (TL)	Yıllık Tutar (TL)
Ömrünü Tamamlamış Lastik	7.200	86.400
Karbon Siyahı	3.600	43.200
Pirolitik Yağ	4.800	57.600
Hurda Tel	1.600	19.200
%18 KDV		31.968
Genel Toplam		238.368

h. Temizlik giderleri**Çizelge 12.** Temizlik giderleri

	Aylık Tutar (TL)	Yıllık Tutar (TL)
Temizlik giderleri	300	3.600
%18 KDV		648
Genel Toplam		4.248

i. Ambalaj giderleri

Üretim sonucu elde edilecek paketlenmiş karbon siyahı yaklaşık 48 m²'lik bir alanda depolanacak ve paketlenip satışa hazır bir şekle getirilecektir. Paketlenme işlemleri 20-25 kg'lık torba halinde olacaktır. Torba fiyatı 0,235 kuruş /adet olduğu düşünüldüğünde aylık 105 ton karbon siyahı için ambalaj gideri aylık 990 TL'dir.

Çizelge 13. Ambalaj Gideri

	Aylık Tutar (TL)	Yıllık Tutar (TL)
Ambalaj gideri	990	11.880
%18 KDV		2.139
Genel Toplam		14.019

j. Pazarlama ve Reklam giderleri

Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri dönüşümü tesisinde üretilen ürünlerin pazarlaması için yıllık 6.000 TL ve reklam giderleri için 10.000 TL olup toplamda 16.000 TL olarak hesaplanmıştır. Pazarlama giderlerimizin ilk 2 yıl için satış gelirlerimize göre orantılı kademeli olarak 16.000 TL'ye çıkması düşünülmektedir.

k. Genel Giderler

İşletme giderlerinin % 2'si genel giderler olarak hesaplanmıştır.

Genel giderler= İşletme giderleri * 0,02

1. Yıl= 2.503.915 * 0,02= 50.078 TL
2. Yıl= 2.644.865 * 0,02= 52.897 TL
3. Yıl= 2.652.865 * 0,02= 53.057 TL
4. Yıl= 2.630.045 * 0,02= 53.057 TL
5. Yıl= 2.630.045 * 0,02= 53.057 TL

Çizelge 14. İşletme giderleri değerleri

Yatırımın Cinsi	Tutar (TL)				
	1.Yıl	2.Yıl	3.Yıl	4.Yıl	5.Yıl
Hammadde Gideri	547.500	547.500	547.500	547.500	547.500
Enerji Giderleri	1.374.000	1.374.000	1.374.000	1.374.000	1.374.000
Personel Giderleri	258.000	258.000	258.000	258.000	258.000
Bakım ve Onarım Giderleri	57.780	56.350	56.350	56.350	56.350
Amortismanlar		138.380	138.380	138.380	138.380
Ulaştırma Nakil Giderleri	238.368	238.368	238.368	238.368	238.368
Kira Giderleri	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Temizlik Giderleri	4.248	4.248	4.248	4.248	4.248
Ambalaj Giderleri	14.019	14.019	14.019	14.019	14.019
Pazarlama ve Reklam Giderleri	4.000	8.000	16.000	16.000	16.000
Ara Toplam	2.503.915	2.644.865	2.652.865	2.652.865	2.652.865
Genel Giderler	50.078	52.897	53.057	53.057	53.057
TOPLAM	2.553.993	2.697.762	2.705.922	2.705.922	2.705.922

3.2.3. Giderlerin Yıllara Göre Dağılımı

Giderlerin yıllara göre dağılımı ve alternatifli gelir- gider ve fonların tablosu aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 15. Giderlerin yıllara göre dağılımı

Proje giderleri	Tutar (TL)				
	1.yıl	2. yıl	3. yıl	4.yıl	5.yıl
Sabit Yatırım Giderleri	1.600.040				
İşletme Giderleri	2.553.993	2.697.762	2.705.922	2.705.922	2.705.922
TOPLAM	4.154.033	2.697.762	2.705.922	2.705.922	2.705.922

Çizelge 16. Alternatifli gelir gider ve fonların akımı tablosu

	Gider	Gelir	Kar	Vergiler, %32	Net Kar
1.yıl	4.154.033	3.060.000	-1.094.033	-	-
2.yıl	2.697.762	3.060.000	+362.238	115.916	246.322
3.yıl	2.705.922	3.060.000	+354.078	113.304	240.774
4.yıl	2.705.922	3.060.000	+354.078	113.304	240.774
5.yıl	2.705.922	3.060.000	+354.078	113.304	240.774

Çizelge 17. Sabit giderler ve değişken giderler

Sabit Giderler	Tutar (TL)
Personel Giderleri	258.000
Bakım ve Onarım Giderleri	56.350
Amortismanlar	138.380
Genel Giderler	53.057
Toplam	505.787
Değişken Giderler	
Hammadde Gideri	547.500
Kira Giderleri	6000
Temizlik Giderleri	4.248
Ambalaj Giderleri	14.019
Pazarlama Ve Reklam Giderleri	16.000
Enerji Giderleri	1.374.000
Ulaştırma Nakil Giderleri	238.368
Toplam	2.200.135

4. Değerlendirme ve sonuç

Değerlendirme, paranın zaman değerini ve ekonomik ömrünü dikkate almayan kriterlere göre yapılmıştır.

Rantabilite (Yatırımın Karlılık Oranı)

$$\begin{aligned} \text{Rantabilite} &= \text{Net kar/yatırım tutarı} * 100 \\ \text{Rantabilite} &= 240.774 / 1.600.040 * 100 \\ &= \% 16,9 \end{aligned}$$

Geri Ödeme Süresi

$$\begin{aligned} \text{Geri Ödeme Süresi} &= \text{Yatırım Tutarı} / (\text{Yıllık net kâr} + \text{amortisman}) \\ \text{Geri Ödeme Süresi} &= 1.600.040 / (240.774 + 138.380) \\ &= 4,22 \text{ yıl} \end{aligned}$$

Kara Geçiş Noktası

$$\text{Kara geçiş noktası} = \text{sabit giderler} / (\text{satış gelirleri} - \text{değişken giderler}) * 100$$

$$\text{Kara geçiş noktası} = 505.787 / (3.060.000 - 2.200.135) * 100 = 59$$

$$= \% 59$$

$$\text{Parasal değerleri} = \text{proje geliri} * \text{kara geçiş noktası oranı}$$

$$\text{Parasal değerleri} = (3.060.000 * 0,59)$$

$$= 1.805.400 \text{ TL}$$

$$\text{Ürün fiyatı (ağırlıklı ortalama olarak)} = (0,45X. 650 + 0,35X. 1250 + 0,1X. 600) / 0,9X$$

$$= 877,7 = 880 \text{ TL}$$

$$\text{Kapasite Olarak} = \text{Kâra geçiş noktası parasal değeri} / \text{ürün fiyatı (TL/kg)}$$

$$\text{Kapasite Olarak} = 1.805.400 / 880$$

$$= 2051 \text{ kg}$$

Emniyet marjının güvenilir olabilmesi için en fazla 2/3 oranında kapasite kullanımında işletmenin kâra geçiş noktasına ulaşması istenir. Başka bir deyişle işletmenin kârlılığının güvenilir olabilmesi için en az 1/3 oranında emniyet marjına sahip olması istenir. % 100'e göre 1/3 oranında emniyet marjı % 34'e denk gelmektedir.

$$\text{Emniyet marjı} = (\text{gelir} - \text{kâra geçiş noktası}) * 100 / \text{gelir}$$

$$\text{Emniyet marjı} = (3.060.000 - 1.805.400) * 100 / 3.060.000$$

$$= \% 41$$

Ömrünü tamamlamış lastik tesisindeki % 41'lik emniyet marjı yüksek olduğundan, bu durum kârlılık derecesinin iyi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Hesaplamalardan da görüleceği gibi, 3600 ton/yıl kapasiteli ömrünü tamamlamış lastik tesisinin 4 yıl sonunda yaklaşık 2 ton sattığı zaman kâr etmeye başlaması öngörülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Lewis DM, Lei S. Improved cellulose dyeability by chemical modification of the fibre. *Textile Chemist and Colorist* 1989;21(10):23-32.
- [2] Lewis DM., Mellroy KA. The Chemical Modification of Cellulosic Fibres to Enhance Dyeability. *Review of Progress in Coloration and Related Topics* 1997;27:5-17.
- [3] Harper RJ, Stone RL. Cationic cotton plus easy care. *Textile Chemist and Colorist* 1986;11:33-35
- [4] Clipson JA, Roberts GAF.. Differential dyeing cotton.1-Preparation and evaluation of differential dyeing cotton yarn. *J.S.D.C.* 1989;105:158-162.
- [5] Blanchardt EJ, Reinhardt RM. Dyeing of Crosslinked Cotton Containing Glycol Additives. *Textile Chemist and Colorist* 1992;24:1-13.
- [6] Youssef YA. Direct dyeing of cotton fabrics pre-heated with cationising agents. *Journal of Society Dyers and Colourists*, 2000;10:316-322.
- [7] Hauser PJ, Tabba AH. Improving the environmental and economic aspects of cotton dyeing using a cationised cotton. *Coloration Technology* 2001;5:282-288.
- [8] Chattopadhyay DP. Cationization of cotton for low-salt or salt-free dyeing, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*. 2001, 26, pp. 108-115.
- [9] Srikulkit K, Larpuriyakul P. Process of dyeability modification and bleaching of cotton in a single bath. *Coloration Technology* 2002;2:79-84.
- [10] Ponsa L, Salva J. Improving the ecological aspects of cotton dyeing. *Revista de la Industria Textil*, 2003;409:24-29.
- [11] Simeonov N, Petkova M. Spinning of viscose fibers from cationized viscose solution. *Man-Made Textiles in India* 2005;4:132-135.
- [12] Bilgen M. Wrinkle Recovery for Cellulosic Fabric by Means of Ionic Crosslinking. Msc Thesis, Raleigh; North Carolina State University: 2005.