



# ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİKLERİN GERİ KAZANIMINDA PİROLİZ YÖNTEMİ

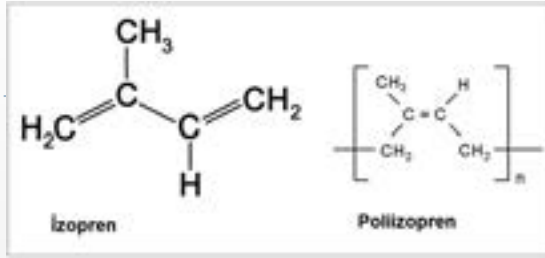
Onursal Yakaboylu  
Aslı İşler  
Filiz Karaosmanoğlu

# İÇERİK

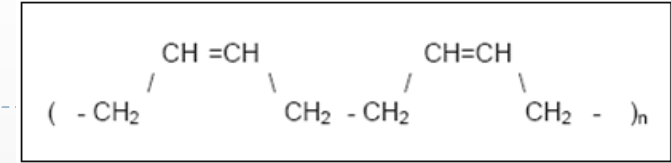
---

- Lastik
- Atık lastik
- Atık lastik yönetimi
- Atık lastik pirolizi
- Vargılar ve öneriler

# LASTİK



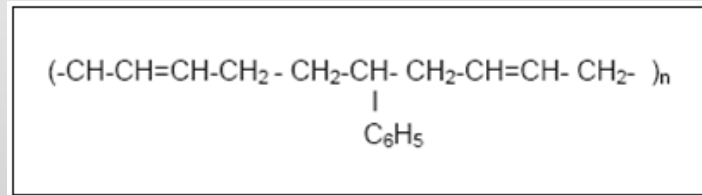
Doğal Kauçuk



Butadien Kauçuğu

## ► Yapısında

- Doğal kauçuk
- Yapay kauçuk
- Karbon siyahı
- Çelik
- Bez kuşak
- Çeşitli dolgu maddeleri



Stiren Butadien Kauçuğu

Bileşim (Ağır. %'si)	Binek Lastiği	Kamyon Lastiği
Doğal kauçuk	14	27
Yapay kauçuk	27	14
Karbon siyahı	28	28
Çelik	9,6-15	9,6-15
Bez kuşak, dolgu maddeleri, hızlandırıcılar, ozonlaştırmayı engelleyici maddeler	16-17	16-17
Ortalama Ağırlık, (kg)	6,5-10	54

# LASTİK ÜRETİMİ

---



→ 1,29 milyar adet (2007)

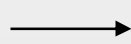


→ 26 milyon adet (2005)

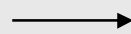
# ATIK LASTİK



Kaplamaya uygun olmayan, faydalı ömrünü tamamlamış, üretim hatası bütün veya parça lastikler



1 milyar adet (>10 milyon ton)



4,5 milyon ton



3 milyon ton



200 bin ton

\*Yasal mevzuat ve çevresel sorunlar\*

# ATIK ASTİK VE ÇEVRE

Alıcı ortama doğrudan verildiğinde



# ATIK LASTİK YÖNETİMİ

---

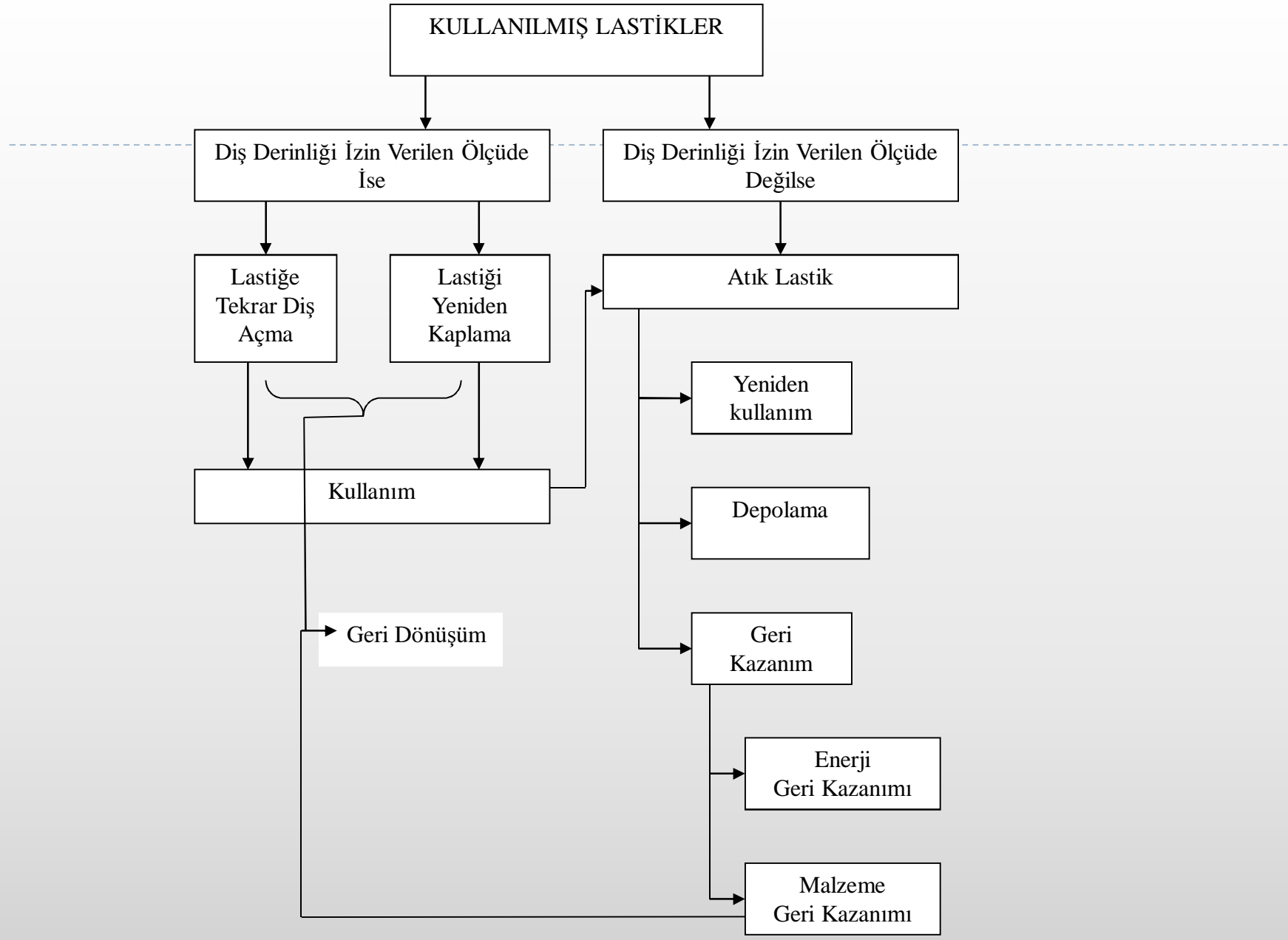
Oluşturduğu çevresel sorunlar

+

Yasal mevzuat



Atık lastik yönetiminin zorunluluğu





# ISIL BOZUNDURMA İŞLEMLERİ

---

\*PİROLİZ\*

Malzeme  
Kimyasal  
Yakıt

KARBONİZASYON

GAZLAŞTIRMA

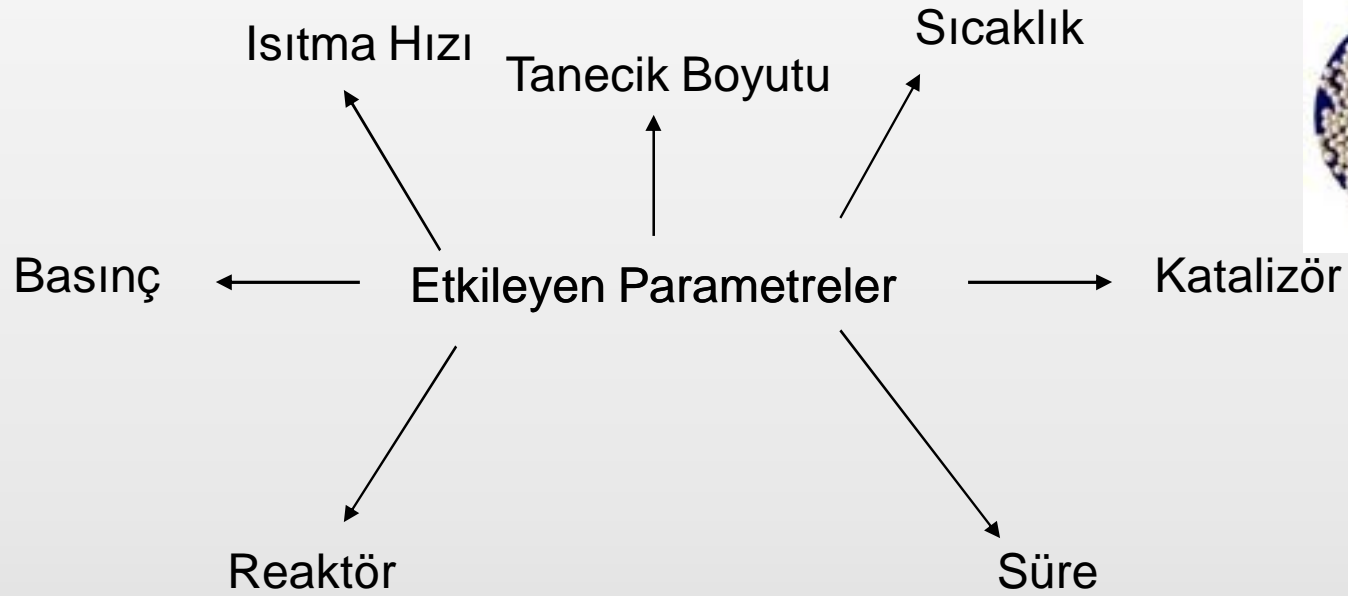


# PİROLİZ

- ▶ Hidrokarbonların oksijensiz ortamda ısıtılması
- ▶ Sıcaklık → kimyasal bağların kopması → düşük moleküllü yapıların oluşması
- ▶ Hidrokarbon pirolizi:
  - ▶ Odun → Kömür → Petrol Ürünleri



# PİROLİZ



# PIROLİZ

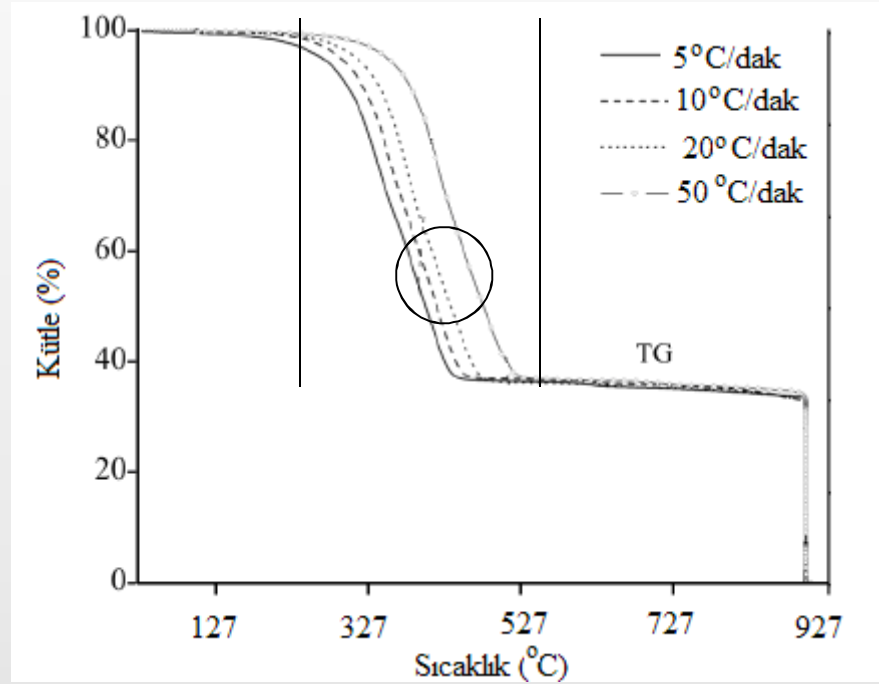
- ▶ Piroliz işlemi çalışma koşullarına göre:
  - ▶ Düşük sıcaklıkta piroliz  $< 400\text{ }^{\circ}\text{C}$  < Yüksek sıcaklıkta piroliz
  - ▶ Düşük basınçta piroliz  $< 75\text{ kPa}$  < Yüksek basınçta piroliz
  - ▶ Düşük ısıtma oranlı piroliz  $< 105\text{ W/m}^2$  < Yüksek ısıtma oranlı piroliz
- ▶ Piroliz ısıtma hızına bağlı olarak:
  - ▶ Yavaş piroliz :  $10^3\text{ W/m}^2$ 'den daha az ısıtma oranlı ve saat mertebesinde alıkonma süreli
  - ▶ Orta hızlı piroliz :  $10^4\text{-}10^5\text{ W/m}^2$  ısıtma oranlı ve dakikalar mertebesinde alıkonma süreli
  - ▶ Hızlı piroliz :  $10^5\text{-}10^6\text{ W/m}^2$  ısıtma oranlı ve saniyeler mertebesinde alıkonma süreli
  - ▶ Flaş piroliz :  $10^6\text{ W/m}^2$ 'den daha fazla ısıtma oranlı ve milisaniye-saniye mertebesinde alıkonma süreli

# PIROLİZ

---

- ▶ Düşük sıcaklık katı ve sıvı ürünün
- ▶ Yüksek sıcaklık gaz ürünün
- ▶ Düşük ısıtma oranı katı ve gaz ürünün
- ▶ Yüksek ısıtma oranı sıvı ürünün
- ▶ Kısa alıkonma süresi sıvı ürünün
- ▶ Uzun alıkonma süresi ise, gaz ürünün verimini arttırmaktadır
- ▶ Vakum altında gerçekleştirilen pirolizde ise, ısıl bozunma sonucunda oluşan hidrokarbonların tepkimedeki kalma süresi çok düşük olduğu için istenmeyen ikincil reaksiyonların oluşma ihtimali azalmaktadır

# ATIK LASTİK PİROLİZİ

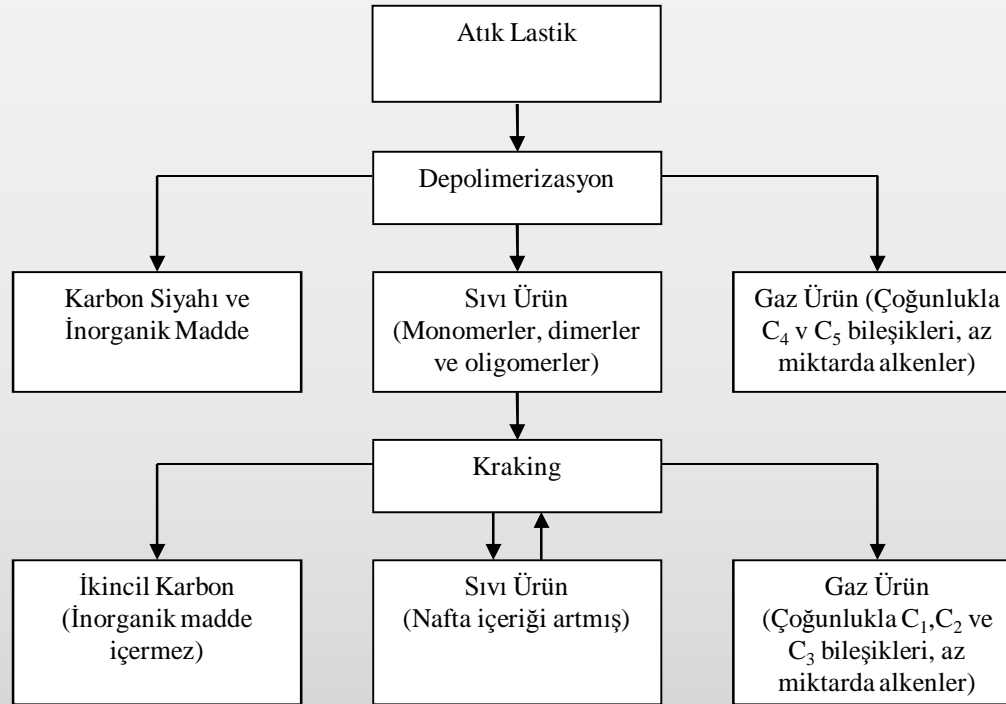


- ▶ TGA (Termo-Gravimetrik Analiz ile piroliz davranımı incelenebilir
- ▶ Isıl bozunma yaklaşık 230 – 530 °C arasında gerçekleşmekte
- ▶ Maksimum bozunma 450 °C civarlarında

# ATIK LASTİK PİROLİZİ

- ▶ Atık lastik  $\xrightarrow{\text{Pirroliz}}$  katı + uçucu madde
- ▶ Uçucu madde  $\rightarrow$  kısmi yoğunlaşma  $\rightarrow$  sıvı + gaz ürün

## Reaksiyon mekanizması



# ATIK LASTİK PİROLİZİ

---

## ▶ *Katı Ürün:*

- ▶ Atık lastikten % 30-53 civarı elde edilir
- ▶ Ticari karbon siyahının yerini alabilir
  - ▶ Sadece belirli sektörlerde
    - ▶ Plastik, konveyör bant, dolgu maddesi
- ▶ Mineral içerik > Ticari karbon siyahı
  - ▶ Asit ile yıkama → demineralizasyon
- ▶ Aktifleştirme → aktif karbon
  - ▶ 900 m<sup>2</sup>/g ve > yüzey alanı
  - ▶ Fizibl



# ATIK LASTİK PİROLİZİ

## ► Sıvı Ürün

- % 30-60
- Doğal kauçuk (NR), stiren-bütadien kauçuğu (SBR) ve bütadien kauçuğu (BR)  $\xrightarrow{\text{ısı bozunma}}$  sıvı ürün
- C<sub>6</sub>-C<sub>24</sub> organik bileşimlerinin kompleks bir karışımı
  - Çoğunlukla aromatik bileşikler
  - Azotlu bileşikler
  - Oksijenli bileşikler
  - Kükürtlü bileşikler

## ► Fiziksel ve kimyasal özellikleri

Alternatif Yakıt  
Fuel Oil No: 4

Değerli Kimyasallar



# ATIK LASTİK PİROLİZİ

Kauçuk Türü	NR	BR	SBR
Oluşan Bileşikler	2-Metil-1,3-bütadien	Bütadien	Toluen
	2-Metil-1-büten	4-Vinil-sikloheksen	Stiren
	1-Penten	Sikloheksen	Benzen
	1-Hekzen	Siklopenten	Etilbenzen
	2-Metil-1-penten	Sikloheptadien	Parafin (C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> )
	2-Metil-1-hekzen	Limonen	Sikloparafin (C <sub>5</sub> -C <sub>8</sub> )
	Limonen		

Oluşan bu bileşiklerin dönüşüm oranları arttırılıp, saflaştırılması gerçekleştirilebilir



# ATIK LASTİK PİROLİZİ

---

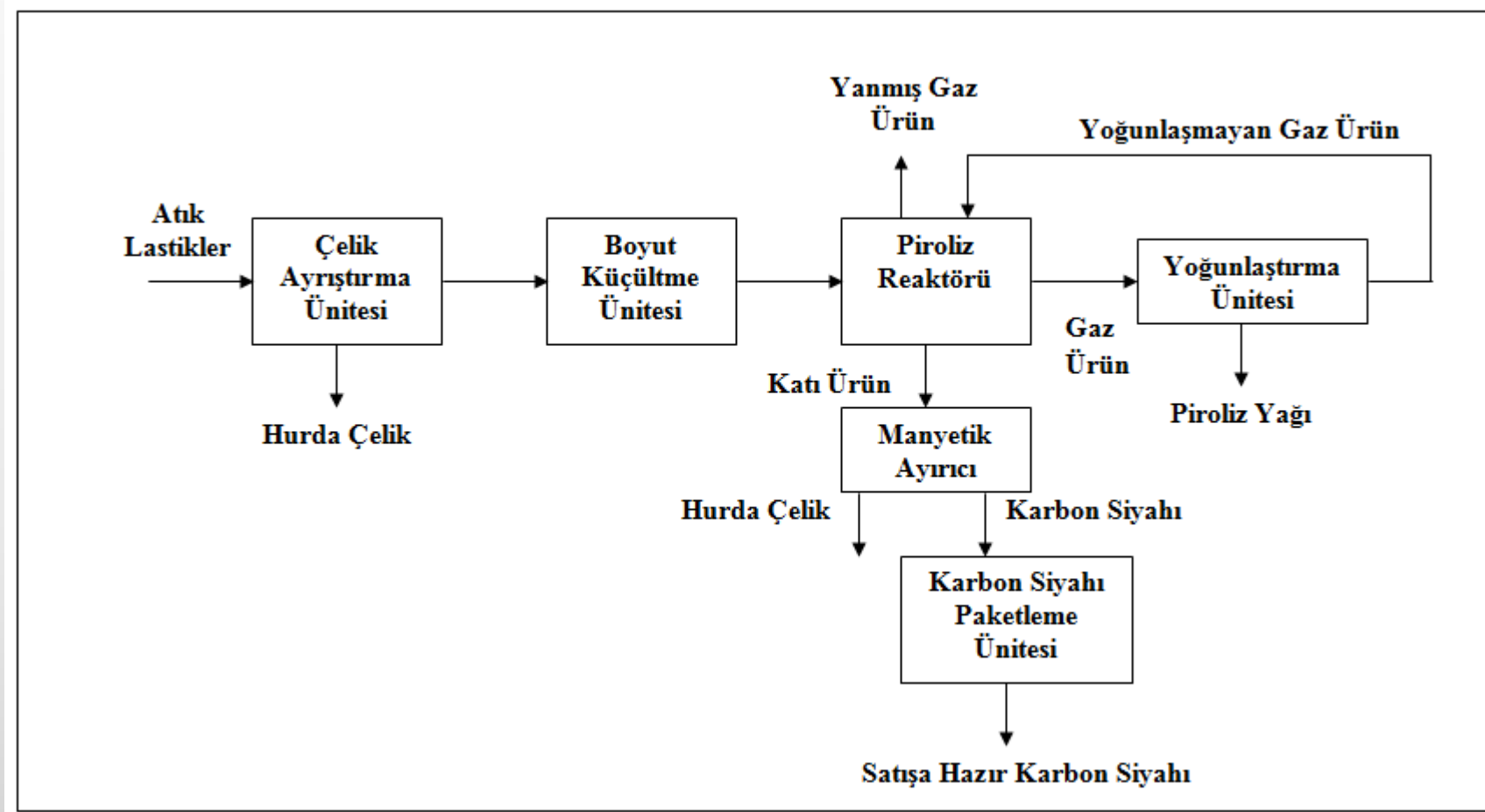
## ▶ *Gaz Ürün:*

- ▶ Atık lastikten % 3-16 oranında elde edilmekte
- ▶ Hidrokarbon, karbon monoksit, karbon dioksit ve hidrojen karışımı
- ▶ Isıl değeri yüksek
- ▶ Endüstriyel uygulamalarda piroliz reaktörünün ısıtılmasında kullanılmakta

## ▶ *Yan Ürün:*

- ▶ Hurda çelik

# ATIK LASTİK PİROLİZİ



# DÜNYADAKİ UYGULAMALAR

---

- ▶ ABD ve AB'de fizibl değil
  - ▶ 90'lı yıllarla ilgi sonlandı
    - Döner fırınlı, vidalı reaktörler
  - ▶ Düşük vergiler
  - ▶ Rekabet edemiyor
  - ▶ Kanada'da örnek vardı
    - Devlet desteği bekledi
      - Christian Roy – vakum pirolizi
- ▶ Çin, Malezya, Hindistan gibi Asya ülkeleri
- ▶ Doğu Avrupa ülkelerinde örnekler mevcut
  - ▶ Rusya, Ukrayna, vs...

# VARGILAR VE ÖNERİLER

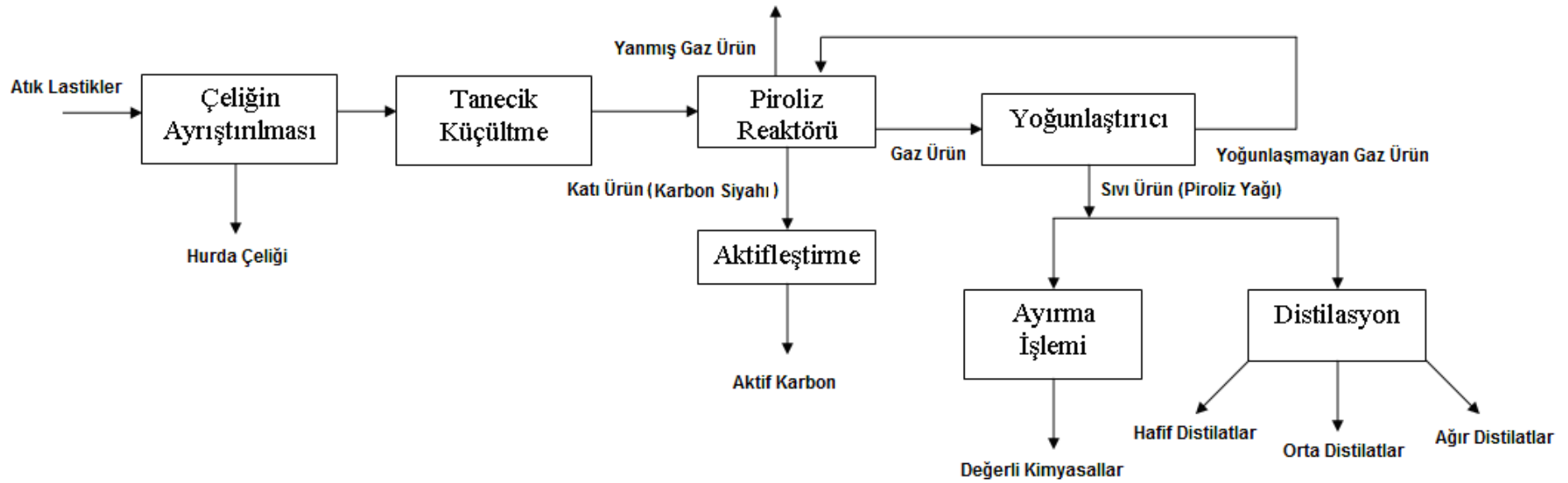
---

- ▶ Atık lastik yönetimi hem gerekli hem zorunlu
- ▶ Piroliz seçilebilir bir yöntem
  - ▶ Değerli son ürünler
  - ▶ İthal edilen miktarı düşürebilir
    - ▶ Karbon siyahı
  - ▶ Kısa sürede kendini amorti edebilir
  - ▶ Sürekli sistem ve sızdırmazlık sorunu

# VARGILAR VE ÖNERİLER

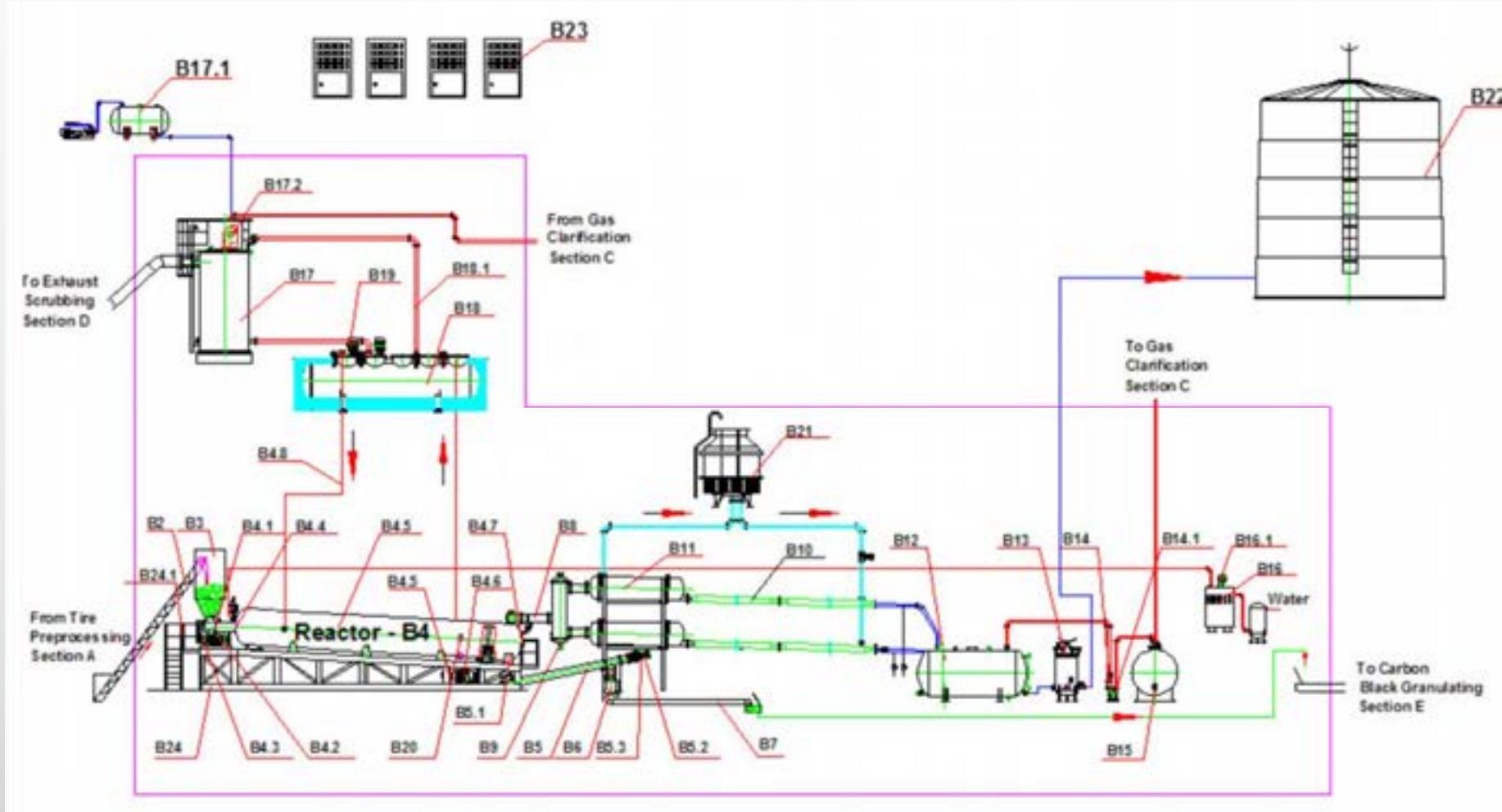
---

- ▶ Atık Lastik Pirolizi Model Tesisi İçin Öneriler:
  - ▶ Karbon siyahı demineralizasyon ünitesi
    - ▶ Daha kaliteli —————> Daha pahalı karbon siyahı
    - ▶ Aktifleştirme işlemleri
  - ▶ Piroliz yağı kalitesini arttırma
    - ▶ Ayırma işlemleri
    - ▶ Kükürt giderimi
    - ▶ Harmanlama
    - ▶ Fuel Oil No 4 kalitesinde piroliz yağı satışı
  - ▶ Elektrik ve buhar üretimi
    - ▶ Piroliz gazının yüksek ısıl değeri





# ÖRNEK TESİS



# ÖRNEK TESİS



# ÖRNEK TESİS

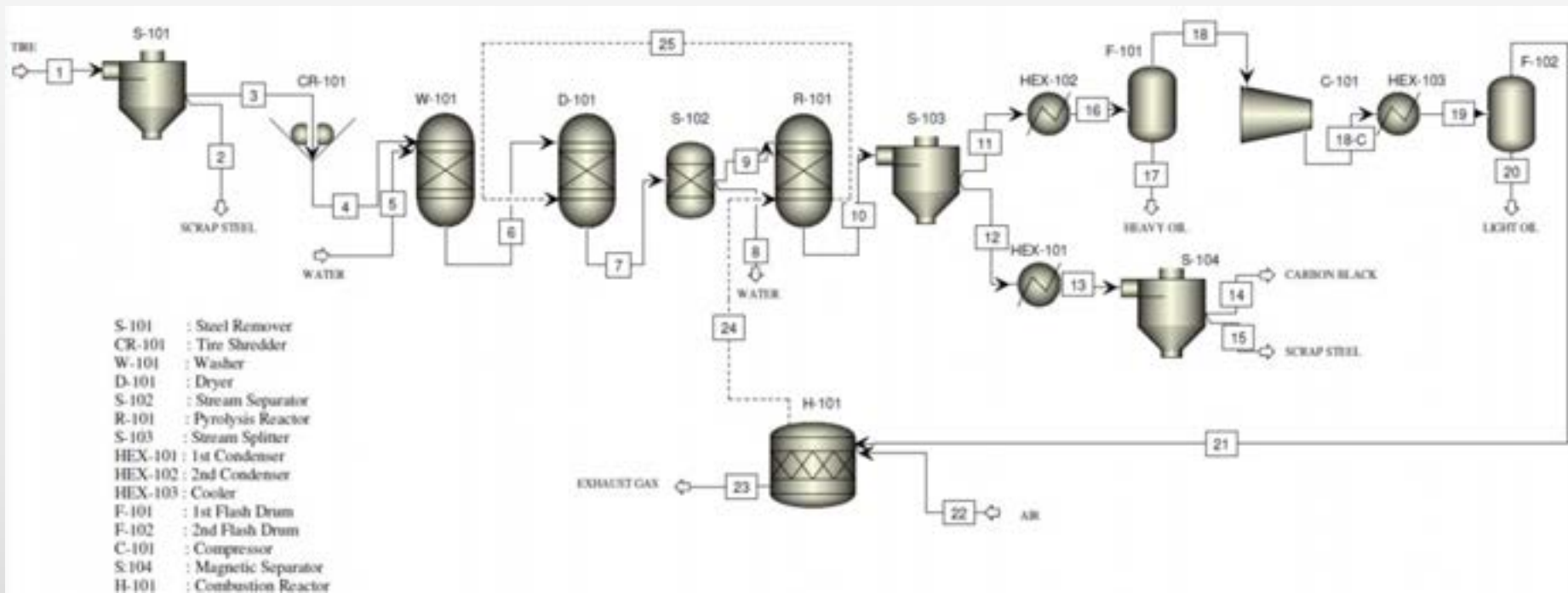


Facility Average Daily Output (USD \$)		
Fuel oil	\$250 / ton	\$3,400
Carbon black	\$500 / ton	\$5,400
Steel	\$80 / ton	\$265
TOTAL		\$ 9,065

**Payback Period = \$7,000,000/\$ 2,991,450 = 2.34 years**

# VARGILAR VE ÖNERİLER

- ▶ Türkiye Atık Lastik Yönetimi İçin Öneriler:
  - ▶ Atık lastik pirolizine yoğun ilgi
    - ▶ Teknik bilgi olmaksızın gerçekleştirilen projeler
      - Ekonomik hüsrana (motorin algısı)
    - ▶ Üniversite - Devlet - Sanayi işbirliği
      - Pilot tesis kurulumu
      - Çeşitli parametrelerde deneyler
        - Hammadde ve ürün karakterizasyonu önemli
        - 400-600°C
        - 20 kPa - birkaç bar
        - Kısa ve elemental analiz
        - FTIR/GC
      - Simülasyon ile sonuç değerlendirme
        - ASPEN Plus / TÜBİTAK - MAM
        - Proses doğrulama
      - Endüstriyel tesis kurulumu



---

Teşekkürler...

y\_onursal@yahoo.com