



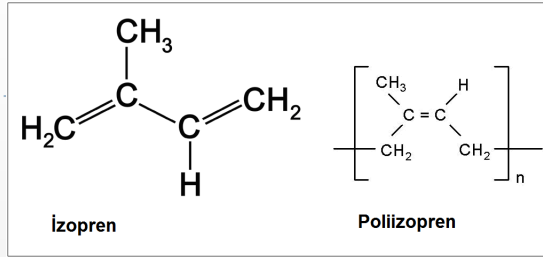
ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİKLERİN GERİ KAZANIMINDA PİROLİZ YÖNTEMİ

Onursal Yakaboylu
Aslı İşler
Filiz Karaosmanoğlu

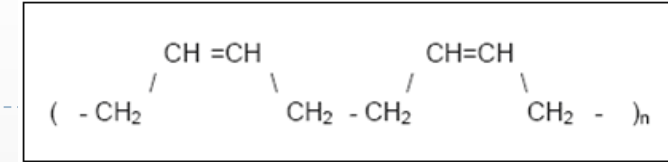
İÇERİK

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

LASTİK

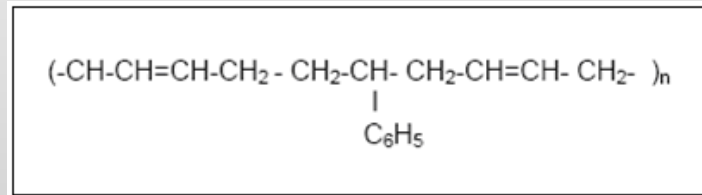


Doğal Kauçuk



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

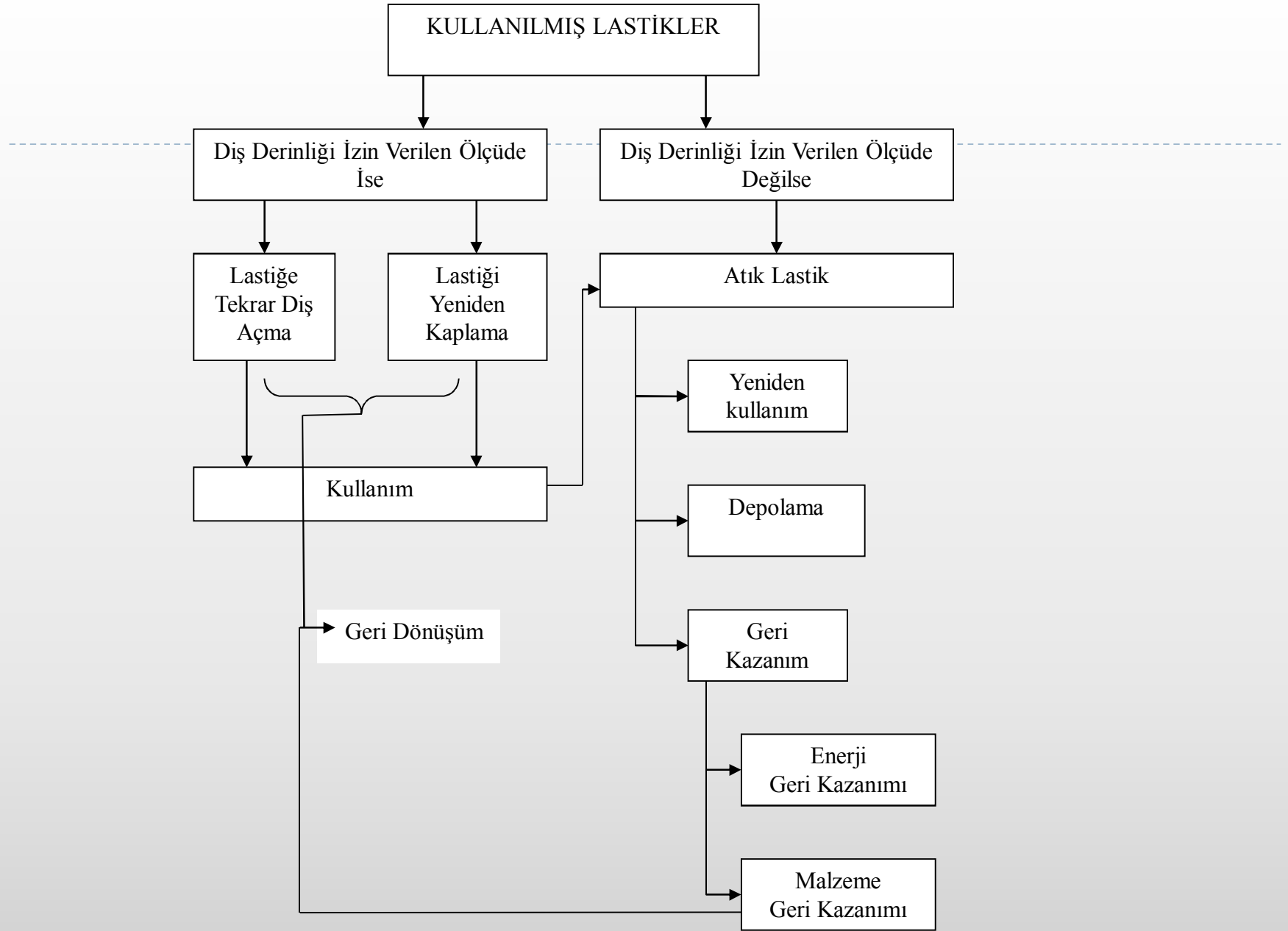
Oluşturduğu çevresel sorunlar

+

Yasal mevzuat



Atık lastik yönetiminin zorunluluğu



ISIL BOZUNDURMA İŞLEMLERİ



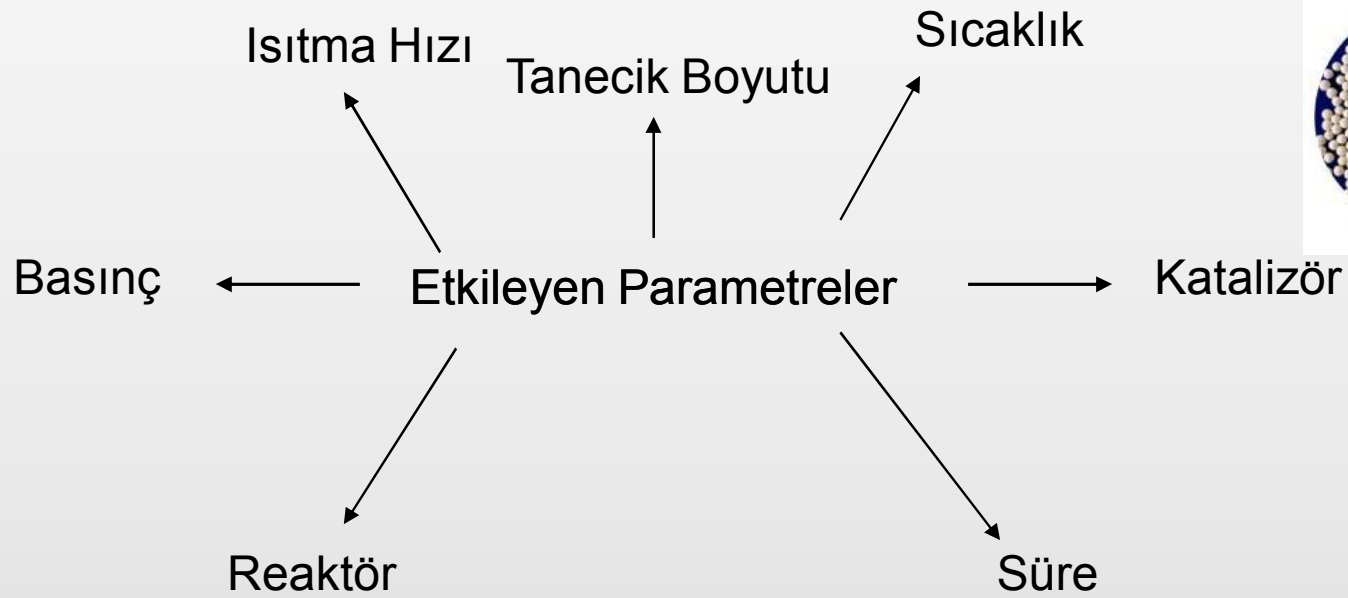


PİROLİZ

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



PİROLİZ



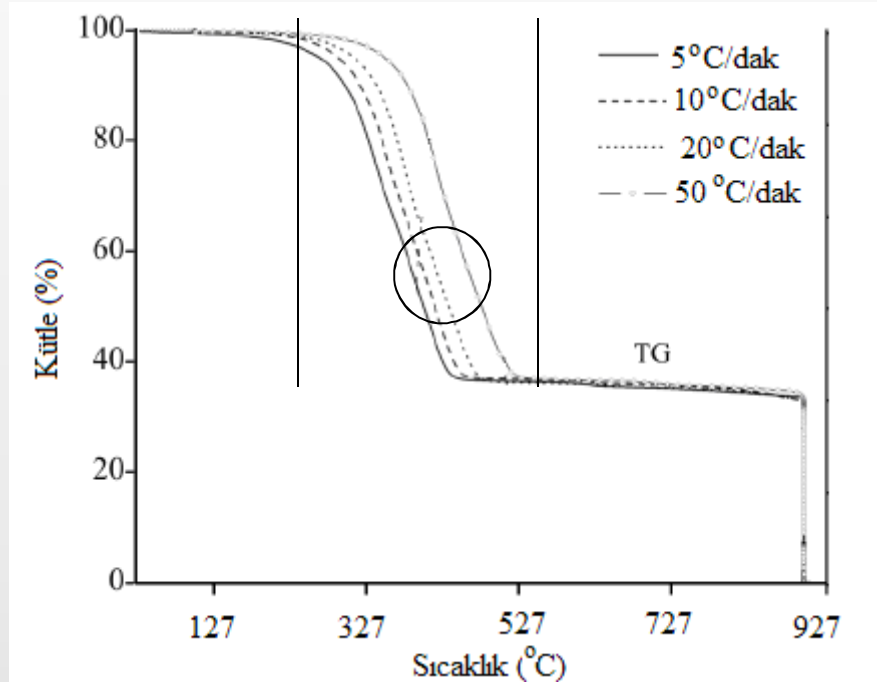
PİROLİZ

- ▶ 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 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 W/m^2 'den daha fazla ısıtma oranlı ve milisaniye-saniye mertebesinde alıkonma süreli

PİROLİZ

- ▶ 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 tepkimede kalma süresi çok düşük olduğu için istenmeyen ikincil reaksiyonların oluşma ihtimali azalmaktadır

ATIK LASTİK PİROLİZİ

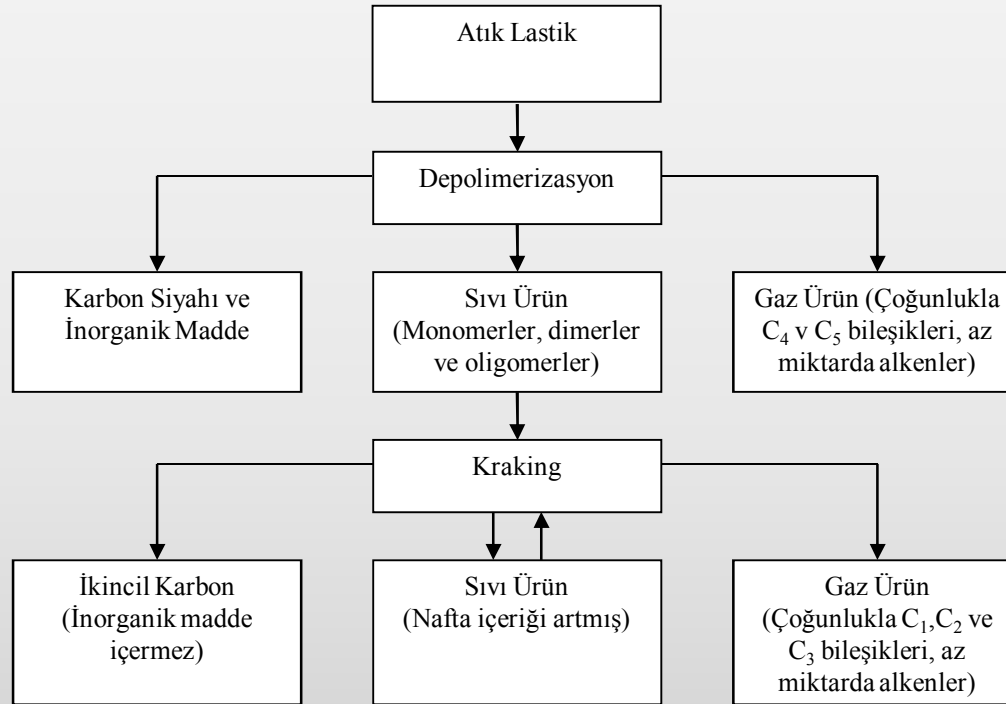


- ▶ TGA (Termo-Gravimetrik Analiz ile piroliz davranımı incelenebilir
- ▶ Isıl bozunma yaklaşık 230 – 530 °C arasında gerçekleşmekte
- ▶ Maksimum bozunma 450 °C civarlarında

ATIK LASTİK PİROLİZİ

- Atık lastik $\xrightarrow{\text{Piroliz}}$ 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 m²/g ve > yüzey alanı
 - Fizibl

ATIK LASTİK PİROLİZİ

► Sıvı Ürün

- % 30-60
- Doğal kauçuk (NR), stiren-bütadien kauçuğu (SBR) ve bütadien kauçuğu (BR) $\xrightarrow{\text{ısıt bozunma}}$ sıvı ürün
- C₆-C₂₄ 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-siklohekzen	Stiren
	1-Penten	Siklohekzen	Benzen
	1-Hekzen	Siklopenten	Etilbenzen
	2-Metil-1-penten	Sikloheptadien	Parafin (C ₅ -C ₉)
	2-Metil-1-hekzen	Limonen	Sikloparafin (C ₅ -C ₈)
	Limonen		

Oluşan bu bileşiklerin dönüşüm oranları arttırılıp, saflaştırılması gerçekleştirilebilir



ATIK LASTİK PİROLİZİ

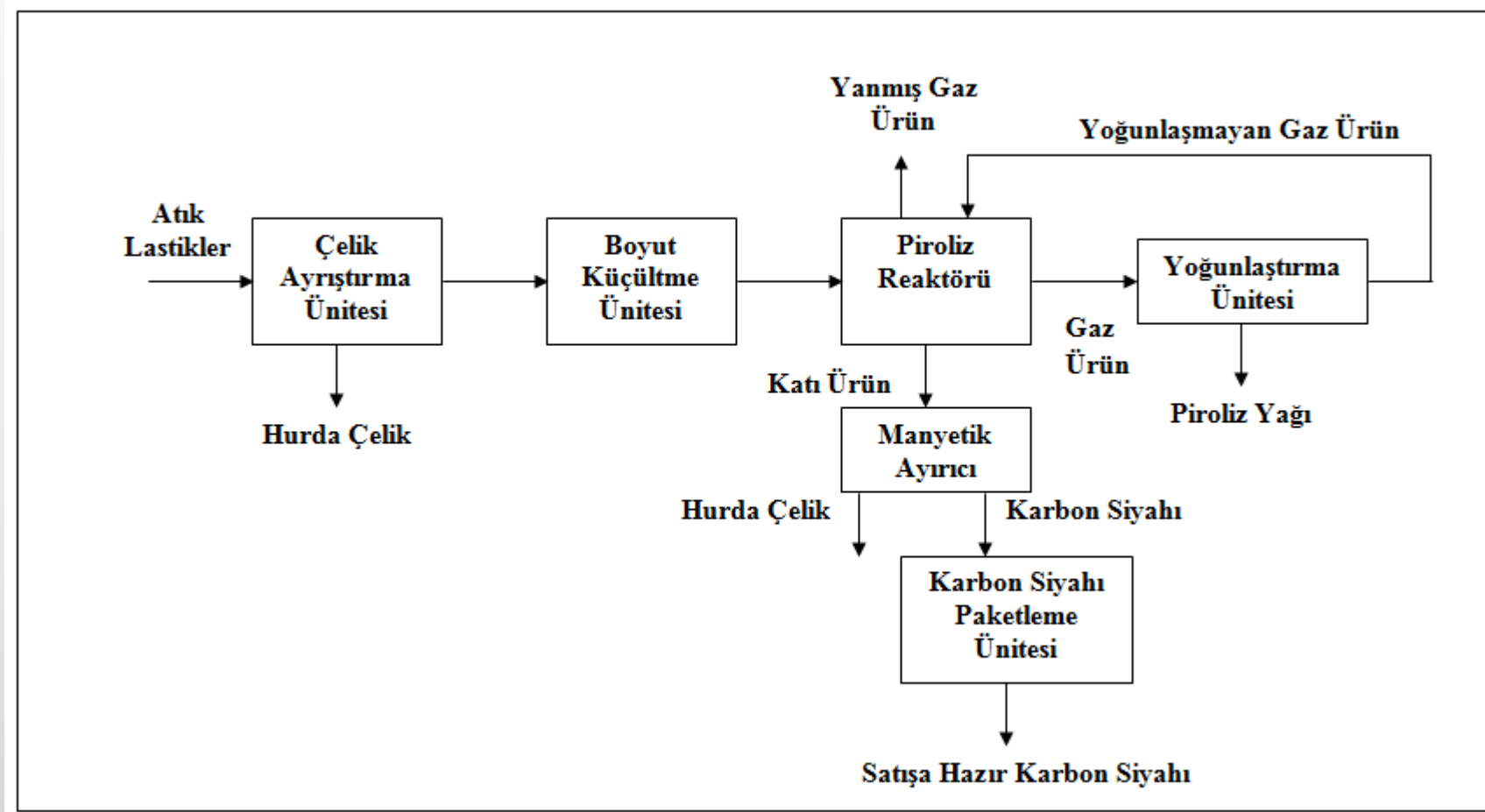
► *Gaz Ürün:*

- 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

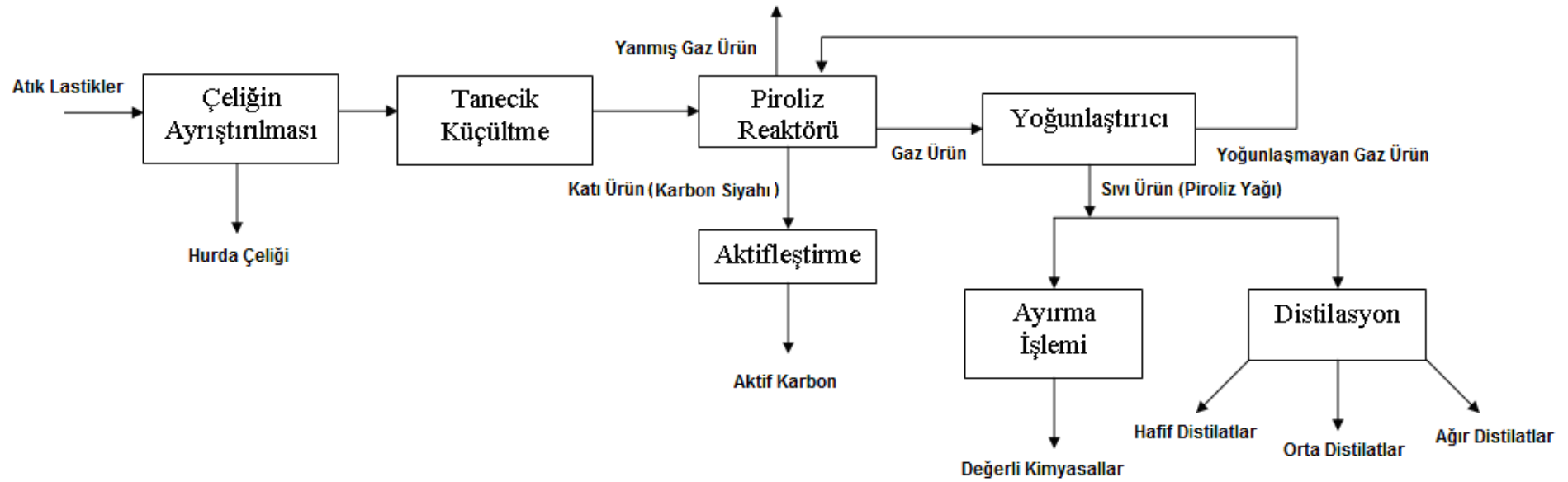
- ▶ ABD ve AB’de fizibl değil
 - ▶ 90’lı yıllarla ilgi sonlandı
 - Döner fırınlı, vidalı reaktörler
 - ▶ Düşük vergiler
 - ▶ Rekabet edemiyor
 - ▶ Kanada’da örnek vardı
 - Devlet desteği bekledi
 - Christian Roy – vakum pirolizi
- ▶ Çin, Malezya, Hindistan gibi Asya ülkeleri
- ▶ Doğu Avrupa ülkelerinde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

VARGILAR VE ÖNERİLER

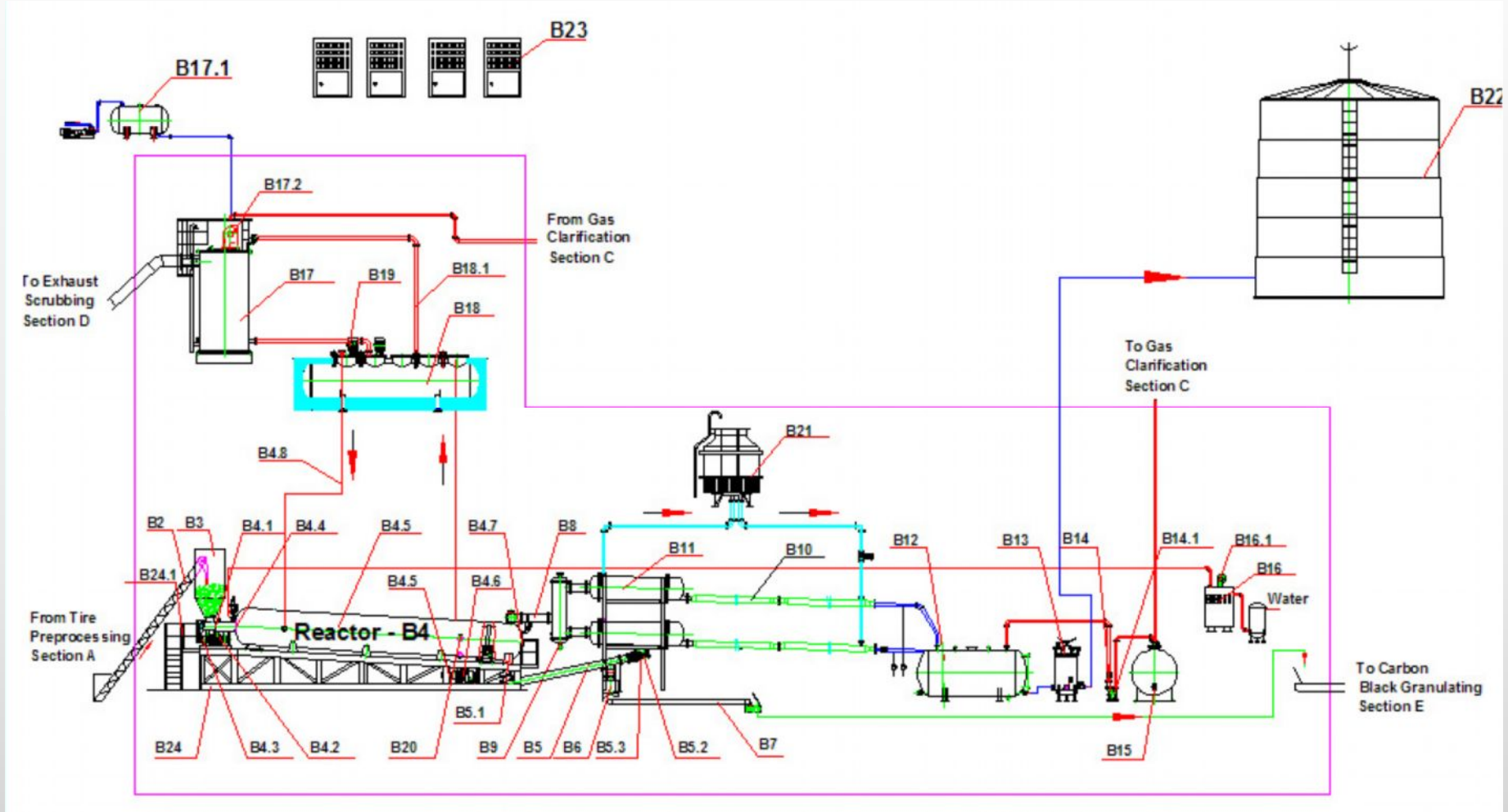
- ▶ Atık lastik yönetimi hem gerekli hem zorunlu
- ▶ Piroliz seçilebilir bir yöntem
 - ▶ Değerli son ürünler
 - ▶ İthal edilen miktarı düşürebilir
 - ▶ Karbon siyahı
 - ▶ Kısa sürede kendini amorti edebilir
 - ▶ Sürekli sistem ve sızdırmazlık sorunu

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 ısı değeri



ÖRNEK TESİS



ÖRNEK TESİS



ÖRNEK TESİS

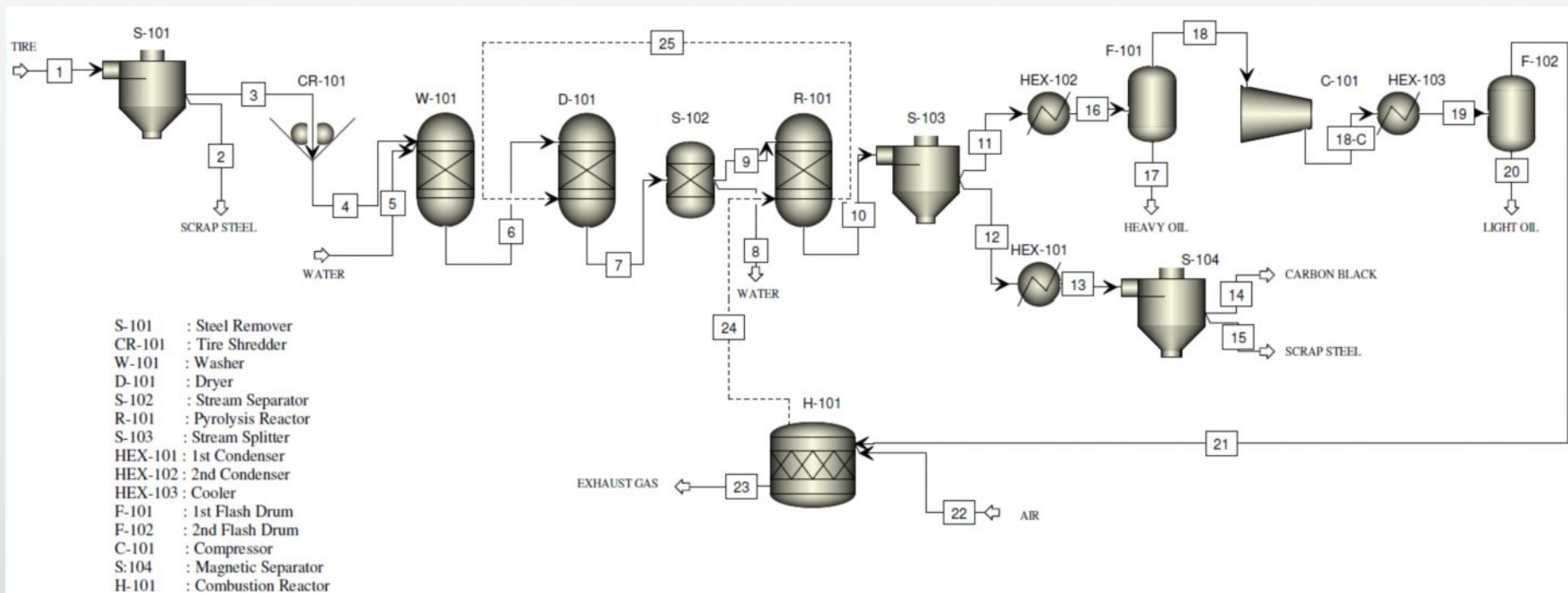


Facility Average Daily Output (USD \$)		
Fuel oil	\$250 / ton	\$3,400
Carbon black	\$500 / ton	\$5,400
Steel	\$80 / ton	\$265
TOTAL		\$ 9,065

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