
BAKIM
ÇUKUROVA
TPÇS
ENDÜSTRİ TESİSLERİNDE
1-2 EKİM 2026
Adana HiltonSA Otel
KONTROL
MEDYA

# Mekanik Bütünlük ve Korozyon

## Özlem Akademi Eğitim Danışmalık AŞ.


**ÖZLEM ÖZDİLEK İSLAMOĞLU**

Özlem Akademi Eğitim Danışmanlık AŞ. - Genel Müdür

Kimya Yük. Müh. - A Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı

E. İş Başmüfettişi - E. İş Teftiş İst. Grp. Bşk. Yrd.

Senior Non-Key Expert - EuropeAid Turkey Project - (EuropeAid130724/D/SER/TR)

ASQ- Reliasoft Reliability Expert- Certified Functional Safety Expert (CFSE)

# Varlık ve Ekipman Bütünlüğü (Asset Integrity) Nedir?




**Tanım:**
Ekipmanın yaşam döngüsü boyunca tasarlanan işlevini güvenlik, çevre ve verimlilikten ödün vermeden yerine getirebilme kapasitesi.

**Nasıl Sağlanır?:**
Doğru malzeme seçimi, tasarım limitleri dahilinde işletme, proaktif muayene (NDT) ve zamanında bakım müdahaleleri.

**Nihai Hedef:**
Riski "ALARP" (Makul Ölçüde Uygulanabilir En Düşük Risk) seviyesinde tutarak sürdürülebilirliği garantilemek.

# Yaşlanan Tesislerde Risk Artışı

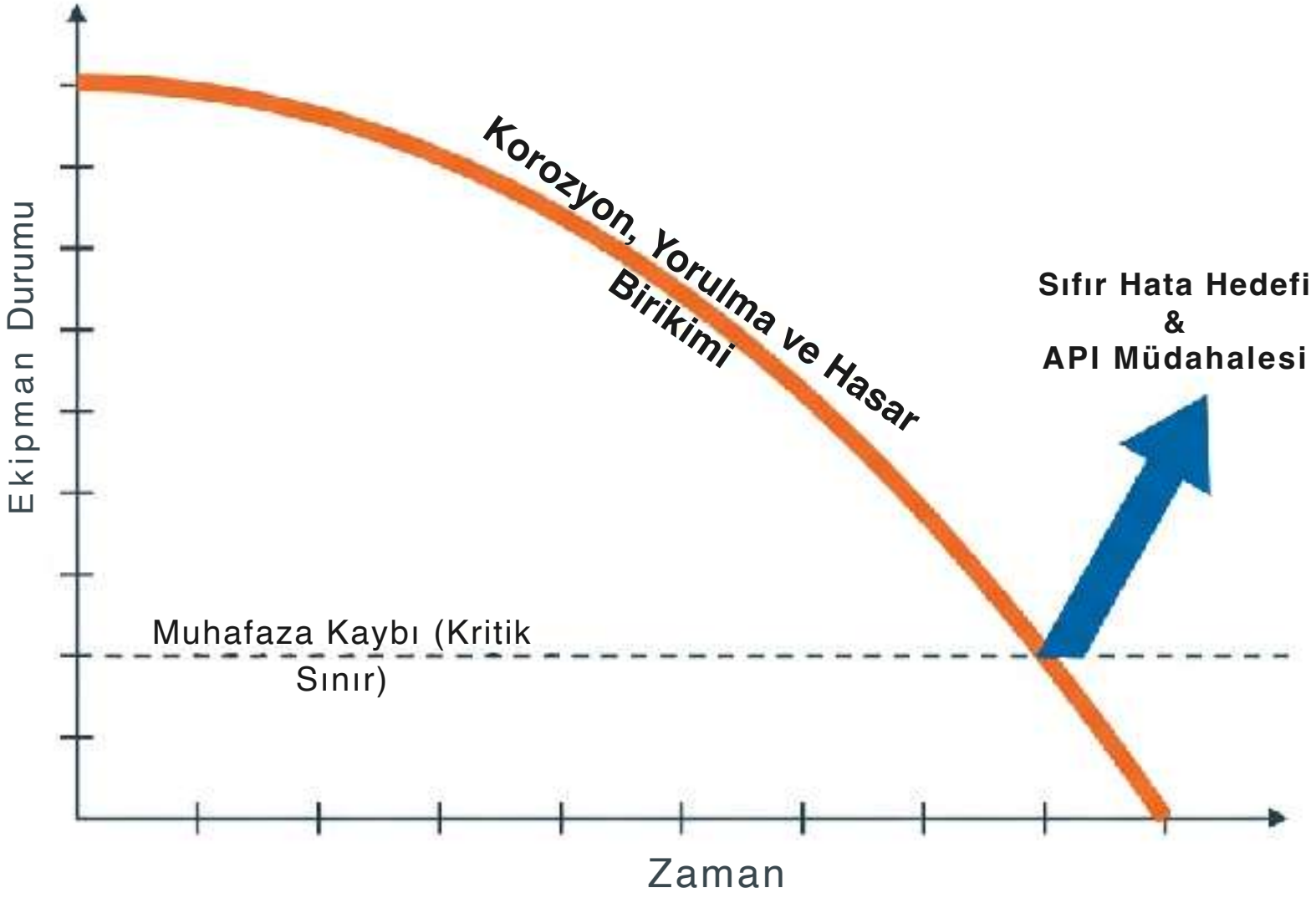



**Belirsizliğin Artması**:
Tasarım korozyon payları (Corrosion Allowance) zamanla tükenir, orijinal tasarım verileri geçerliliğini yitirir.

**Operasyonel Değişiklikler (MOC):**
Yıllar içinde değişen akışkanlar, Sıcaklıklar ve basınçlar, yepyeni ve öngörülmeyen korozyon mekanizmalarını tetikler.

**Kaynak Dağılımı:**
Tüm ekipmanlara aynı sıklıkta bakım yapmak kör bir yaklaşımdır;
eforu yüksek riskli kritik %20'lik
dilimden çalar.

# Yaşlanan Tesisler ve Bütünlük Eğrisi




**Tesisler yaşlandıkça metal yorulur, korozyon birikir ve risk artar.**

**Geleneksel yaklaşım (sadece kırıldığında onar) modern endüstri için yüksek risklidir.**

**API standartları, muhafaza kaybını önlemek için birbirine entegre bir erken uyarı ve teşhis ağı sunar.**

# Kanun Koyucunun Açık Beklentisi

**Tesiste kurulu bulunan yaşlanan ekipman ile korozyona yönelik risklerin yönetimi... durumu**

**izlemek için strateji, metodoloji, uygun takip**

**eylemleri ve gerekli önleyici tedbirlerin**

**belirlenmesi işletmeci sorumluluğundadır."**

BEKRA / SEVESO Ek-3, Madde 2.3 (İşletim Kontrolü)

**Yasa, statik bir kontrol tarihi değil; risk temelli, ekipman bazlı ve yaşayan bir izleme metodolojisi emreder.**




# '10 Yılda Bir Muayene' Yanılgısı

**'10 yılda bir tahribatsız muayene' kuralı temel bir asgari şarttır.**

# YETERLİ Mİ?

Endüstriyel tesisler **zamanla değil, 'risk' ile yarışır.** Kompleks korozyon mekanizmaları **sabit bir takvime uymaz.**

## Tesis Yaşlanması ve Risk Eğrisi




- Zamanla artan korozyon ve malzeme yorulması birikimi.
- Sınırlı muayene bütçesinin en yüksek riskli alanlara yönlendirilmesi ihtiyacı.

## BEKRA (Seveso) Direktifi Beklentileri

**RBI (API 581), eskimiş tesislerde BEKRA uyumluluğunu sağlayan en güçlü mühendislik pusulasıdır.**



**Güvenlik**

Büyük endüstriyel kazaların ve sızıntıların proaktif olarak önlenmesi.

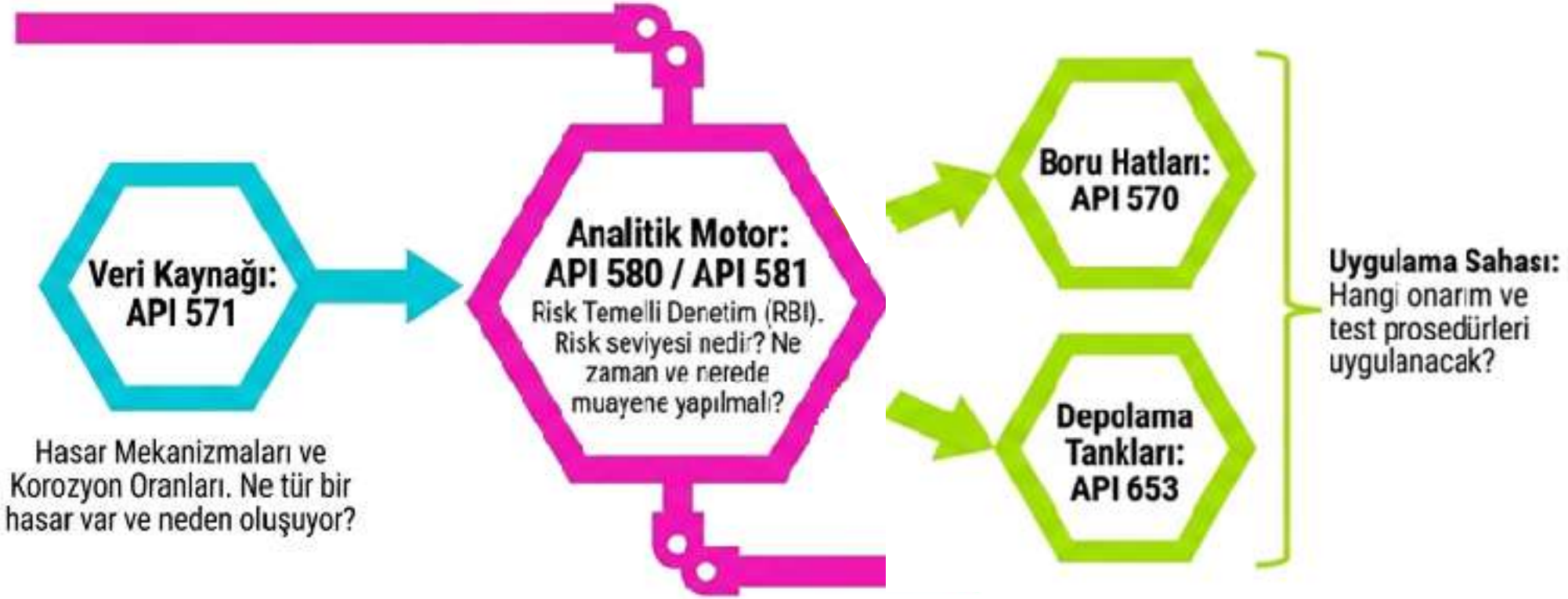
**Uyumluluk**

Kanıta dayalı, ALARP prensibine uygun yapılandırılmış risk yönetimi.

**Optimizasyon**

Kritik ekipmanlarda maksimum, düşük risklilerde optimum muayene kaynak tahsisi.

# API Standartları Ekosistemi



# İki Farklı Faz, Tek Bir Bütünsel Hedef

## Faz 1: API 571 Çalışması

Mühendislik Altyapısı

Hasar mekanizmaları, korozyon döngüsü ve muayene stratejisinin kalitatif temeli.

**(Neyin bozulabileceğini ve nasıl göreceğimizi tanımlar).**

## Faz 2: API 580/581 RBI Çalışması

Yönetim Motoru ve Optimizasyon

Altyapıyı kullanarak risk bazlı denetim optimizasyonu ve denetim aralıklarının nicel tayini.

**(Neyin ne kadar önemli olduğunu ve ne zaman kontrol edileceğini hesaplar).**

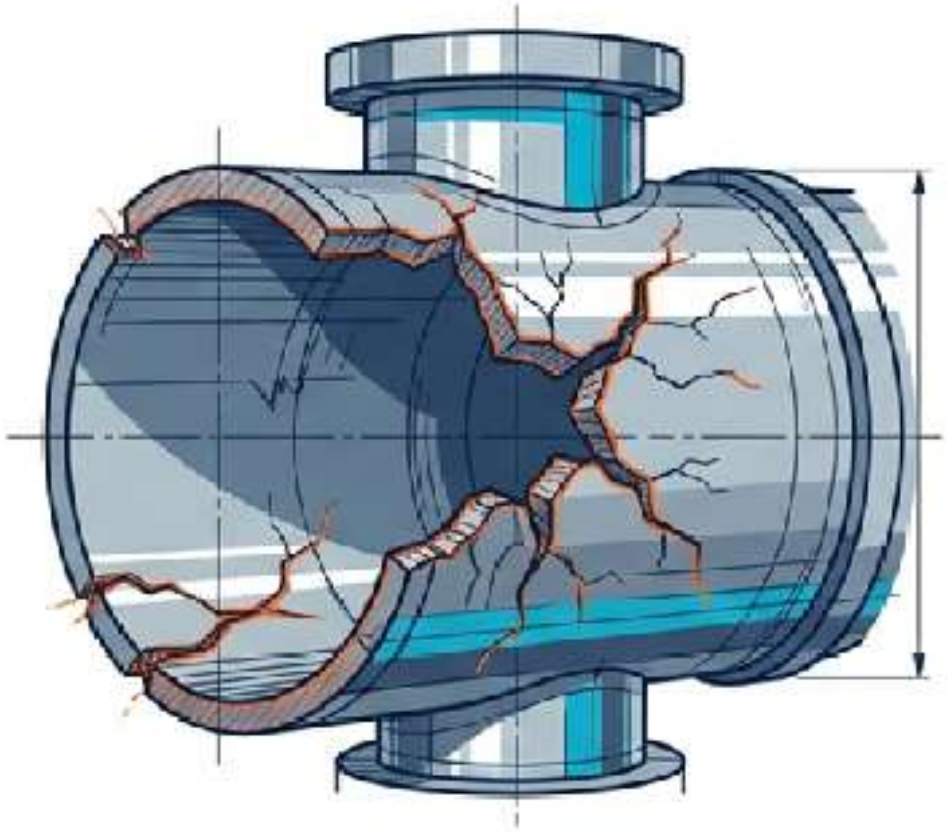
# Faz 1: API 571 ve Korozyon Haritalaması Nedir?

**API 571,** kimya ve petrokimya endüstrisinde sabit ekipmanları etkileyen hasar mekanizmalarını tanımlayan temel kılavuzdur.

**Ne arıyoruz?** Aktif veya potansiyel hasar mekanizmalarını belirlemek için kullanılır.

**Nerede arıyoruz?** Korozyonun ve bozunmanın ekipman üzerinde nerelerde ortaya çıkabileceğini haritalamak için kullanılır.

**Nasıl izliyoruz?** Bu mekanizmaların izlenmesi için en uygun Tahribatsız Muayene (NDE) tekniklerini seçmek için bir rehberdir.



# **Faz 1:** Hasar Mekanizmalarının (Damage Mechanisms) Teşhisi

**API 571'e göre endüstriyel hasarlar sadece 'paslanma'dan ibaret değildir. Hangi mekanizmanın aktif olduğunu bilmeden doğru Tahribatsız Muayene (NDT) yöntemini seçemezsiniz.**

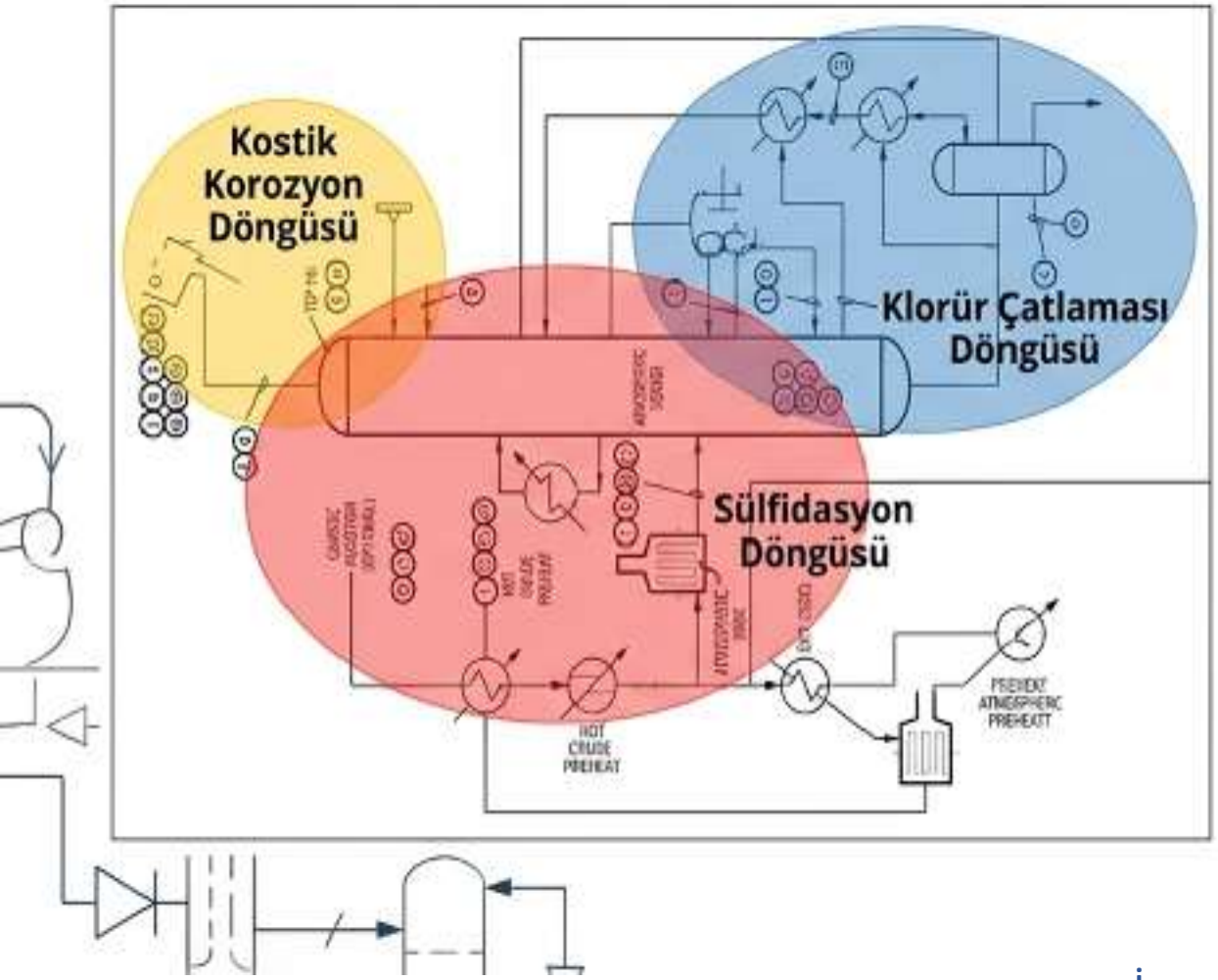


# Faz 1: Korozyon Hasar Mekanizmaları Haritası (API 571/581)



# Faz 1: Tehdidi Görselleştirmek: Korozyon Döngüleri (Corrosion Loops)

**Tesis, izole parçalar yerine aynı proses akışkanı, sıcaklık ve metalürjiyi paylaşan döngüler olarak gruplandırılır.**

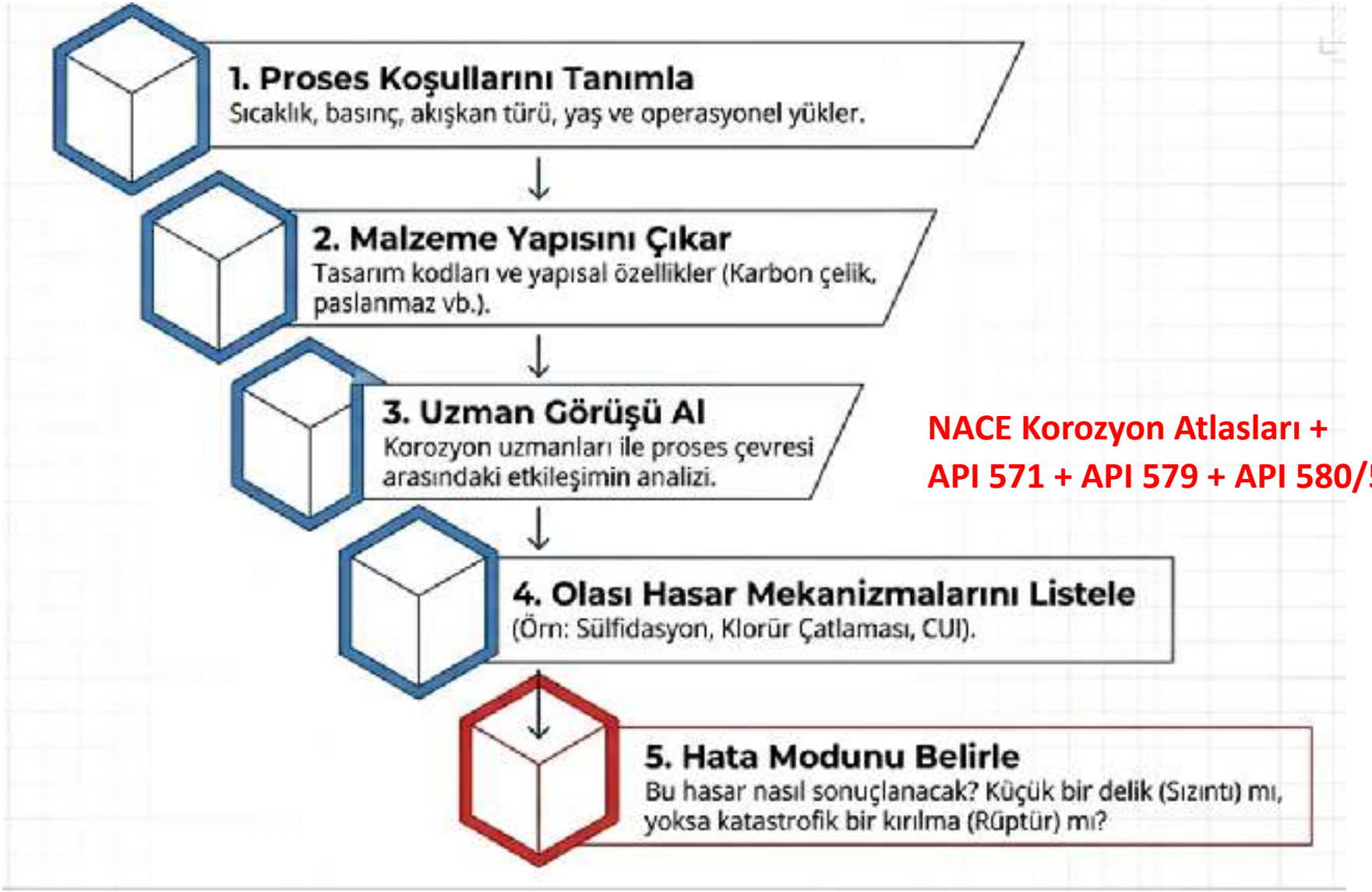



Hangi ekipmandan ne tür korozyon mekanizmasının çalışığı haritalanır.

Bu haritalama ekipmanlara gereksiz denetim eforlarını eler.

SEVESO EK-1 Madde 1.4.6
Şartı korozyon mekanizmaları ve döngüleri çıkarılmış olur.

# Faz 1: Korozyon Haritalaması Nasıl Yapılır? API 580 (Bölüm 9.1.1) Sıralı Yaklaşımı




**NACE Korozyon Atlasları +**
**API 571 + API 579 + API 580/581**

## Faz 1: Haritalama (API 571)

Düşmanı tanımladık ve hasar türünü bulduk.

*Ancak bu sadece teşhistir.*

### Geçiş Noktası

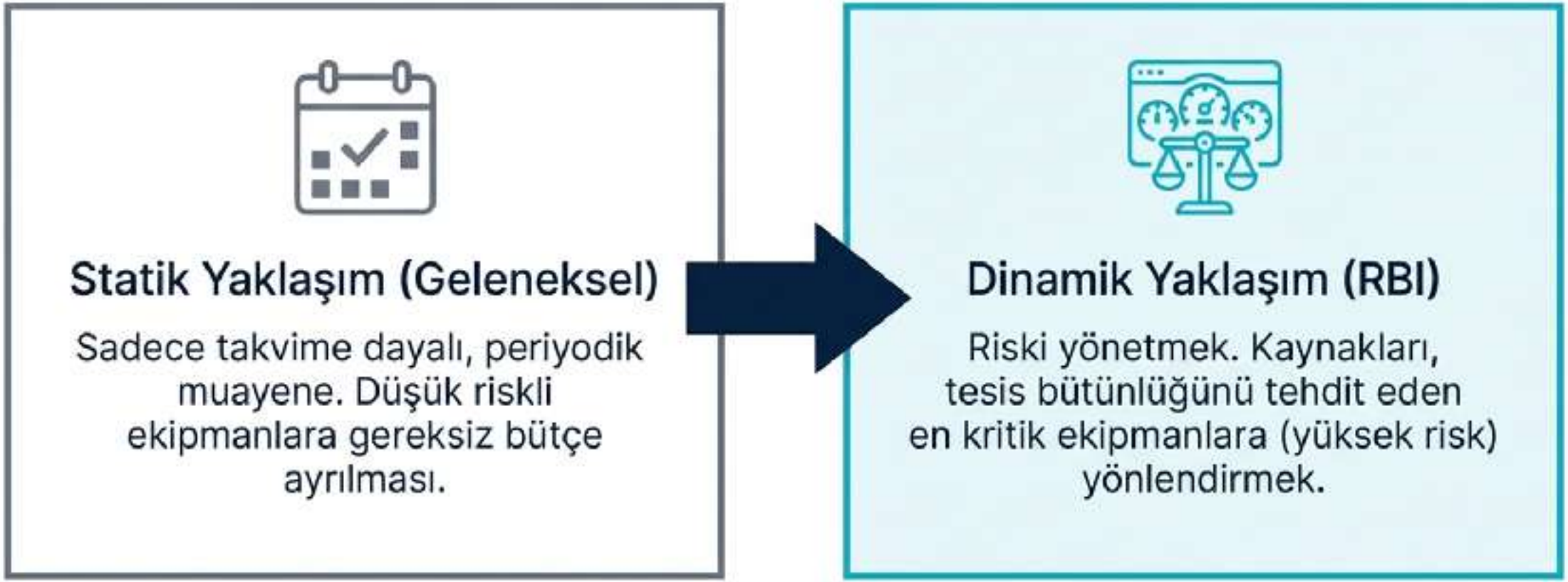
BEKRA, bakım stratejisinin **önceliklendirilmesini** emreder. Önceliklendirme için "Tehlikeyi" matematiksel bir "Riske" çevirmeliyiz.

## Faz 2: Sayısal Yönetim (API 581)

Kantitatif Risk Temelli Denetim (RBI) analizine giriş.

# Faz 2: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

API 571 hasari tanımlar, ancak tesisin sınırlı kaynakları (zaman, bütçe, duruş süresi) her şeyi aynı anda kontrol etmemize izin vermez.



# Faz 2: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Endüstriyel tesislerde riskin %80'i, ekipmanların %20'sinde toplanır.

API RBI, sınırlı bakım bütçesini ve eforunu en yüksek risk barındıran noktalara odaklayan sistematik bir araçtır. İncelemenin kendisi riski azaltmaz; belirsizliği azaltır. Doğru zamanda, doğru yere, doğru teknikle bakmak tesisin genel riskini düşürür.

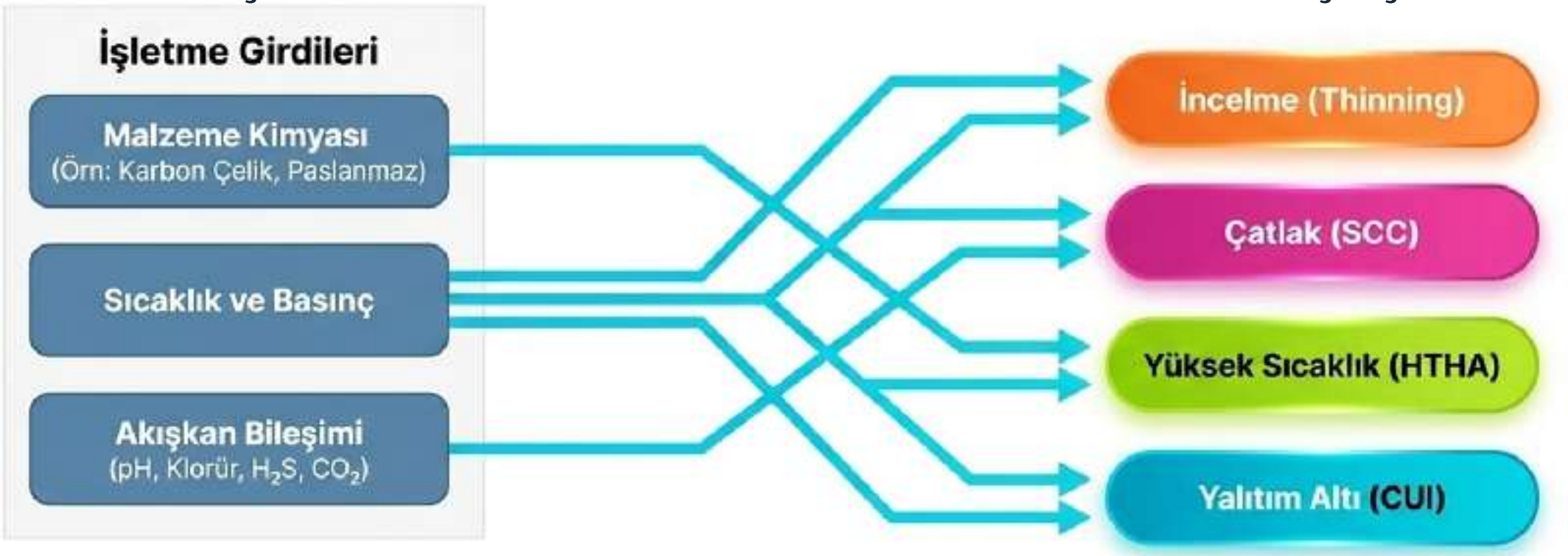


# Faz 2: API 581 İş Akışı: 6 Adımlık Yol Haritası



# Faz 2: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-1: İşletme Girdilerine Göre Hasar Mekanizmaların Eşleştirilmesi




**Yönetici Faktör (Governing Factor):** Bir ekipmanda birden fazla mekanizma (örn. Klorür SCC ve Amin SCC) aktifse, en yüksek etkiye sahip olan 'Yönetici' hasar faktörü olarak atanır.

# Faz 2: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-2: Risk Değerlendirmesi

**RİSK = Olasılık (PoF) × Şiddet (CoF)**




### Risk

Arızanın meydana gelme olasılığı (PoF) ile sonucunun şiddetinin (CoF) matematiksel çarpımıdır.

### Hedef (ALARP)

Tesis genelindeki riski 'Makul Ölçüde Düşük' (As Low As Reasonably Practicable) seviyede tutmak.

### Strateji

Düşük riskli ekipmanlarda aşırı denetimleri azaltarak kaynakları, arıza potansiyeli en yüksek ekipmanlara yönlendirmek.

# Faz 2: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-2: Arıza Olasılığı (PoF) Hesaplanması

**Endüstriyel taban arıza frekansı** (API 581 Tablo 3.1).




**Hasar Faktörü:** Zaman birikimini ve bakım etkinliğini temsil eden eskalasyon katsayısı.

**Yönetim Sistemi Faktörü:** Tesisin proses güvenliği ve bakım kalite skorudur.

$$PoF\ (yıl^{-1}) = GFF \times DF \times FMS$$

# Faz 2: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-2: Hasar Faktörü (DF) Hesaplanması

**1. Muayene Kredisi:**
Geçmiş muayene sayısı ve tespit etkinliği (Yüksek/Orta/Düşük) sınıflandırılır.

**2. Hizmet Süresi (Age):**
Son etkili muayeneden bugüne geçen süre (yıl) hesaplanır.

**3. Duyarlılık (Susceptibility):**
Proses parametreleriyle (Sıcaklık, pH, Klorür, $H_2S$) hasar potansiyeli (Low/Med/High) tespit edilir.

**4. Şiddet İndeksi (SI):**
Duyarlılığa karşılık gelen sayısal Şiddet İndeksi (örn. SI=5) atanır.

**5. Baz Hasar Faktörü (Df _Base):**
Muayene etkinliği ve SI matriste çakıştırılır.

**6. Zaman Eskalasyonu:**
Zamanın yıpratıcı etkisi formüle katılır.
(Örn. SCC için genel formül: Df = Df_Base × age^1.1)

**7. Nihai Karar (Governing Rule):**
Tüm hesaplamalar birleştirilir, en yüksek hasar faktörü seçilir.

# Faz 2: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-2: Yönetim Sistemi (FMS) ve Genel Arıza Faktörü Hesaplanması




$$FMS = 10^{(-0.02 \times p_score)} + 1$$

**FMS Etkisi:** %100 mükemmel bir yönetim skoru (1000 puan), toplam tesis riskinde bir mertebe (10 kat) azalma sağlar.

| Ekipman | Küçük | Orta | Büyük | Kopma |
|---|---|---|---|---|
| Kompresör | 8.00E-06 | 2.00E-05 | 2.00E-06 | 0 |
| Boru-4 | 8.00E-06 | 2.00E-05 | 0 | 2.60E-06 |
| Boru-10 | 8.00E-06 | 2.00E-05 | 2.00E-06 | 6.00E-07 |

**GFF Mantığı:** Ekipman tipine ve sızıntı deliği boyutlarına göre endüstri ortalaması taban arıza oranıdır.

# Faz 3: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-3: Arıza Sonucu (CoF) Değerlendirmesi



### 1. Delik Boyutu ve Sızıntı

Çıkış süresine göre sürekli model (dakikalar) veya anlık model (saniyeler) seçilir.




### 2. Salınan Envanter

Dedeksiyon ve acil izolasyon sistemleri (ESD) salınan maksimum kütleyi sınırlandırır.



### 3. Etki Alanı

Toksik yayılım, havuz yangını yangını (pool fire) ısıl ışınımı veya patlama mesafeleri modellenir.

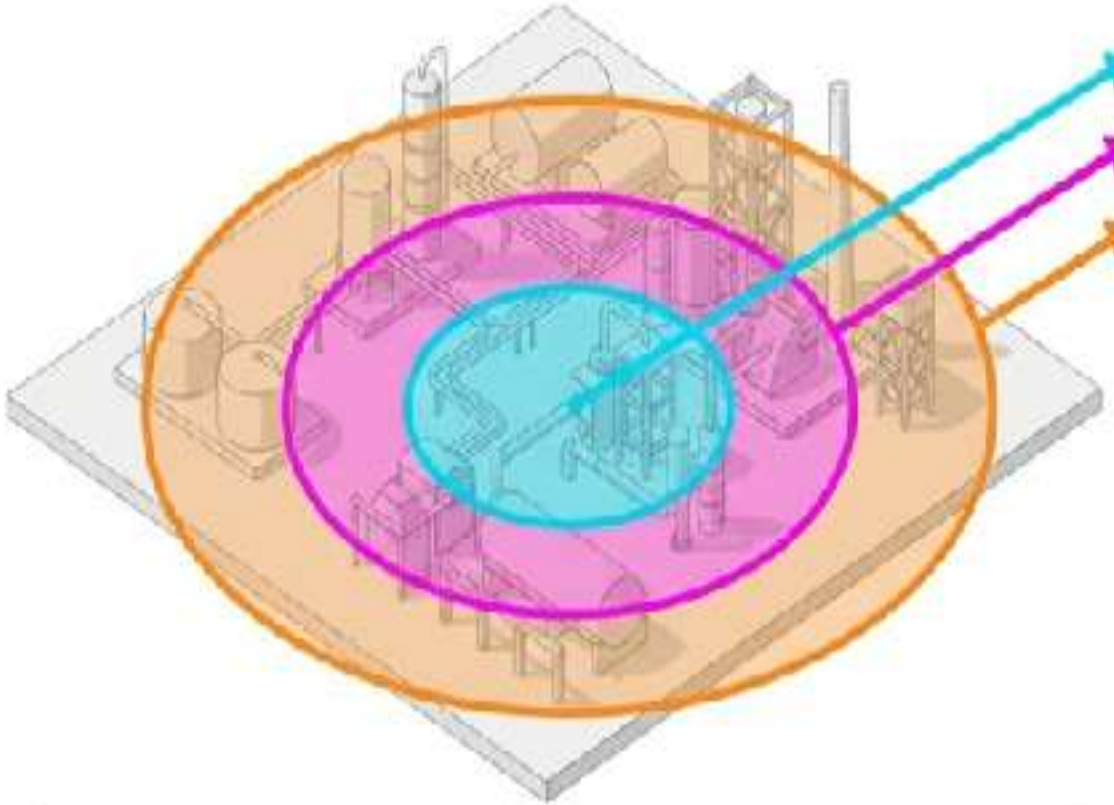


### 4. Finansal ve Güvenlik Sonucu

Tüm fiziksel hasarlar Sağlık/Güvenlik etkilerine ve net Finansaal Kayba çevrilir.

# Faz 3: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-3: Arıza Sonucu (CoF) Değerlendirmesi




**Sağlık ve Güvenlik Derecelendirmesi:** Olası can kaybı sayısına göre sınıflandırma yapılır (Örn: Seviye 1 = 0 ölüm, Seviye 3 = 2-3 ölüm... Seviye 6 = Felaket).

### Güvenlik Etkisi

Salınım debisi, toksik yayılım alanı ve potansiyel personel yaralanma/can kaybı etki yarıçapı.

### Çevresel Etki

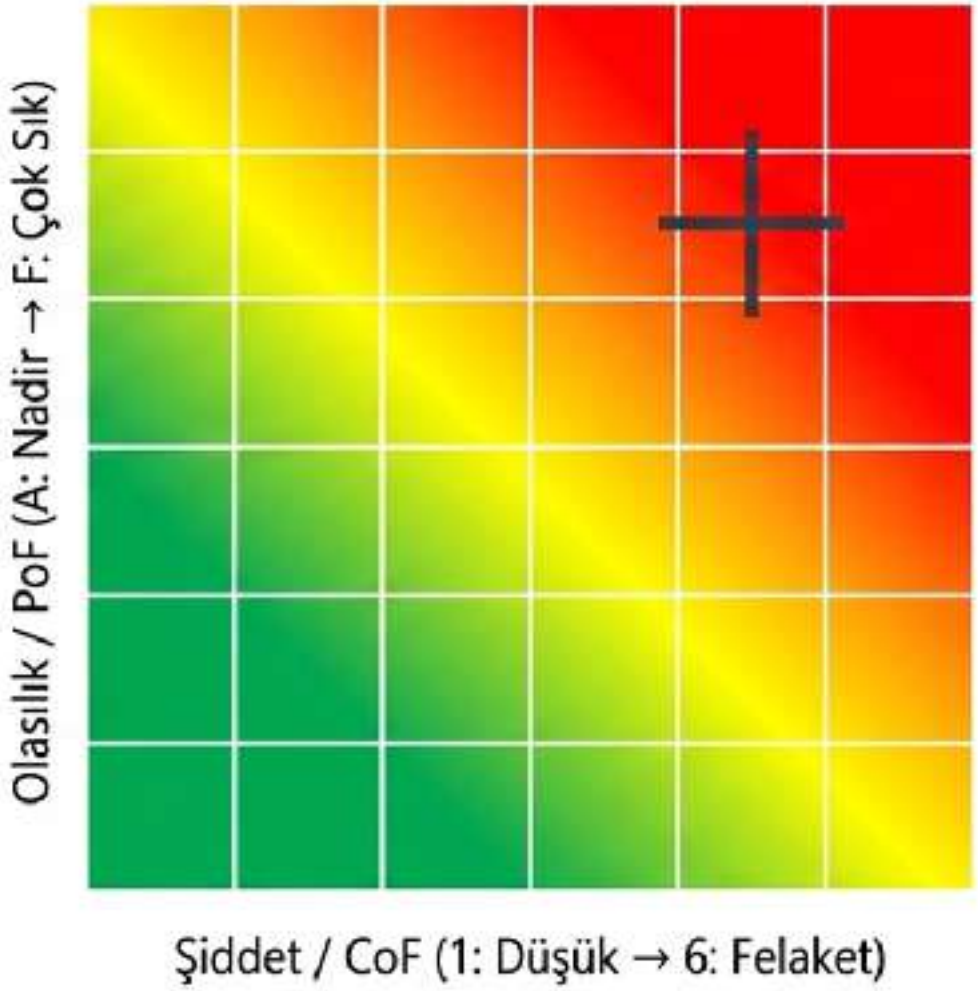
Kirlenmiş toprak/su miktarı ve toksik gaz yayılım mesafesi.

### Finansal Kayıp

Üretim duruş maliyeti (downtime), hedef ve çevre ekipman hasarı onarım bedeli.

# Faz 5: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-4: Risk Matrisi İle Önceliklendirme




- **Düşük Risk (Kabul edilebilir):** Muayene aralığı korunabilir veya uzatılabilir.
- **ALARP (Orta Bölge):** Risk makul ölçüde düşürülmeli, takip edilmelidir.
- **Yüksek / Kabul Edilemez Risk:** Acil aksiyon gereklidir (Hemen muayene veya parça değişimi).
- **Kesişim:** PoF ve CoF kategorileri matriste kesiştirilerek her ekipmanın nihai risk derecesi belirlenir.

# Faz 5: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-5: Hedef Muayene Tarihinin Belirlenmesi




**Kalan Ömür (Remnant Life)**

Nominal et kalınlığı ve izin verilen minimum kalınlık (MAWT) ile teorik korozyon hızı hesaplanır.

**Güven Faktörü (Confidence Factor)**

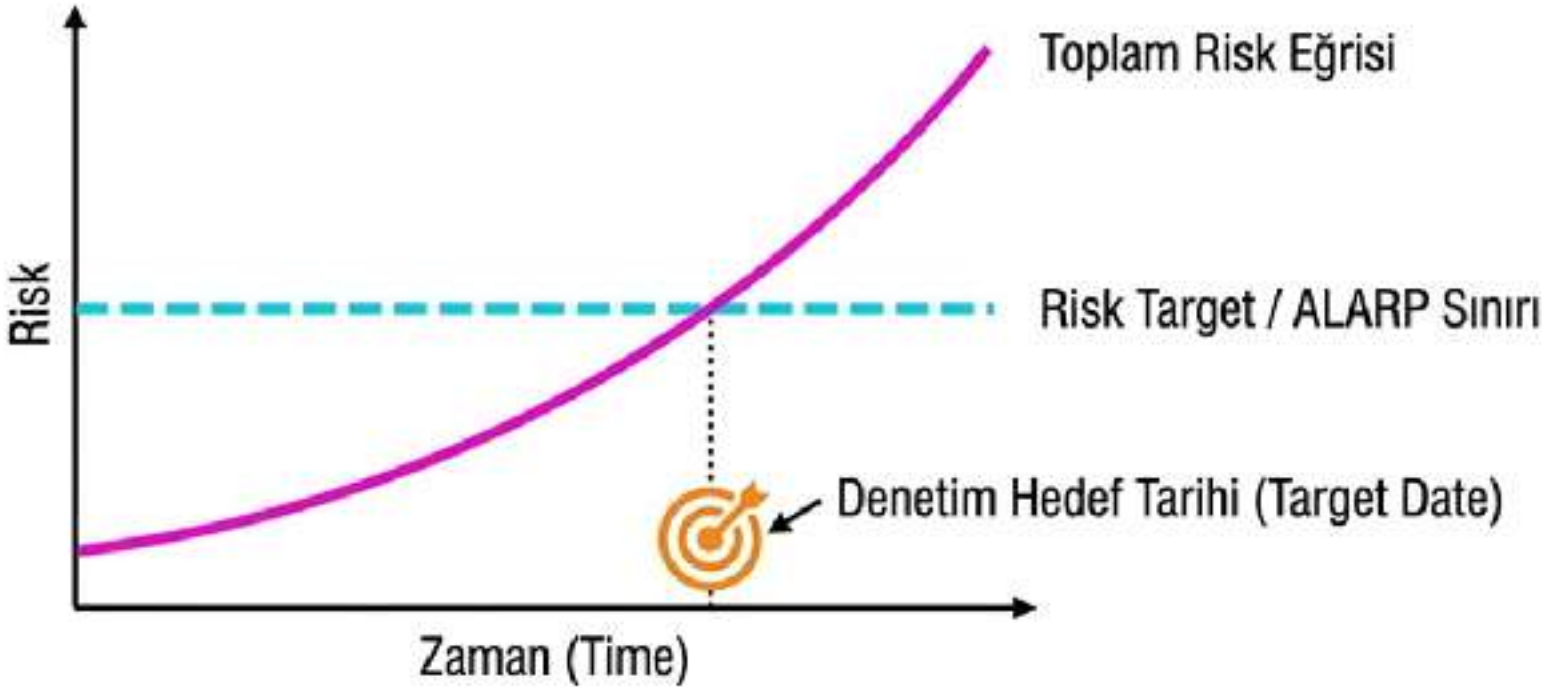
Risk seviyesine ve NDT (Tahribatsız Muayene) yönteminin etkinliğine göre bir muayene güven faktörü atanır.

**Eylem Planı (Nihai Çıktı)**

Ekipmanın ne zaman (Tarih), neresinin (Kapsam) ve hangi ileri NDT yöntemiyle (ör. Gelişmiş UT veya MFL) doğrulanacağı kesinleşir.

# Faz 5: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-5: Hedef Muayene Tarihinin Belirlenmesi




**Temel Prensip:** Denetim, öngörülen risk şirketinizin kabul edilebilir 'Hedef Risk' sınırını aşmadan ÖNCE yapılmalıdır.

Eğer analiz anında risk zaten ALARP sınırının üzerindeyse, acil bir yüksek etkinlikli muayene veya ekipman değişimi planlanmalıdır.

# Faz 6: API 580/581 RBI Çalışmasına Geçiş

## Adım-6: Denetim Planı Hazırlanması




**Nihai Çıktı:** API 581 analizi, hangi ekipmanın ne zaman ve nasıl denetleneceğini net bir şekilde ortaya koyan önceliklendirilmiş bir Denetim Planı üretir.

**Canlı Süreç:** RBI statik bir belge değildir. Sahadan gelen yeni ölçümler, operasyonel değişiklikler veya onarım verileri sisteme geri beslenerek risk profili sürekli güncellenir.


BAKIM
ÇUKUROVA
TPÇS
TEŞEKKÜR EDERİZ