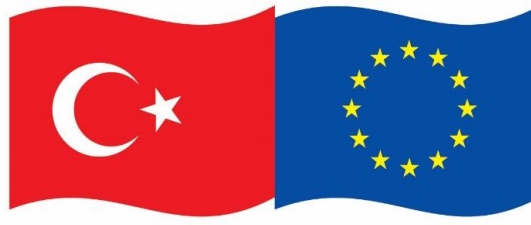




This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Identification and Remediation of Contaminated Sites with Persistent Organic Pollutants (POPs)

Kalıcı Organik Kirleticilerle Kirlenmiş Sahaların Tespiti ve İyileştirilmesi Projesi



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Temizleme Teknolojileri, İslah ve İzleme Eğitimi

Training on Remediation Technologies, Remediation and Monitoring

22-23-24 KASIM 2021

Kirlenmiş Saha Temizleme/İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu'nun kullanımı ve örnekler

Use of the Turkish Contaminated Site Remediation Technologies Guideline and examples

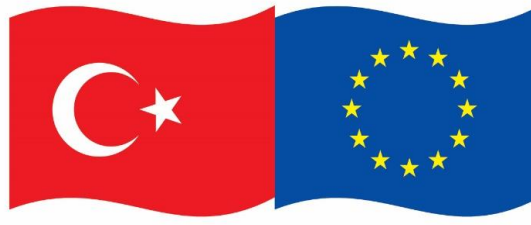
PROF. DR. AHMET KARAGÜNDÜZ
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.



Kirlenmiş Saha Temizleme/İyileştirme Teknolojileri Kılavuzunun Kullanımı



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

KILAVUZUN İÇERİĞİ

1. Giriş
2. Teknolojilerin Sınıflandırılması
3. Teknoloji Değerlendirme Kriterleri
4. Teknolojilerin Detaylı Açıklaması
5. İzleme

► EKLER

EK-1 Teknoloji İsimleri Sözlüğü

EK-2 Jenerik Kirleticilerin Kirletici Gruplarına Göre Sınıflandırılması

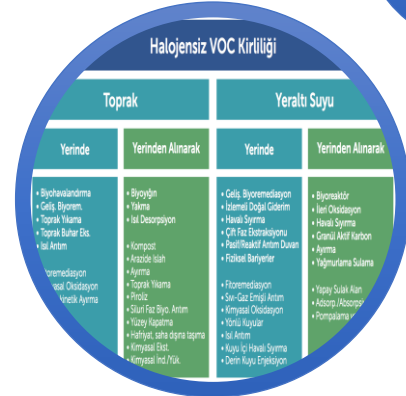
EK-3 Temizleme Teknolojileri Matrisi



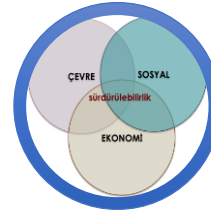
This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Bölüm 2: Temizleme/İyileştirme Teknolojilerinin Sınıflandırılması

Kirletici
gruplarına göre



Kirlenmiş
ortama göre



Diğer...



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Bölüm 3: Teknoloji Değerlendirme Kriterleri

☐ Uygulanabilirlik

☐ Genel

- ☐ Kirletici Türü
- ☐ Toprak Yapısı
- ☐ Kirliliğin Derinliği

☐ Sahaya Özel

- ☐ Sahadaki Kirlilik Konsantrasyonu
- ☐ Erişilebilir Minimum Konsantrasyonlar
- ☐ Temizlenen ortamın niteliği
- ☐ İşletme güvenliği riski
- ☐ Sahanın fiziksel kısıtları

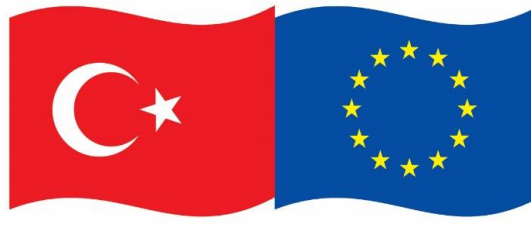
☐ Performans

☐ Genel

- ☐ Gelişmişlik düzeyi
- ☐ Uygulama yaygınlığı
- ☐ Güvenilirlik ve bakım ihtiyacı
- ☐ Açığa çıkan yan ürünler ve kalıntılar
- ☐ Veri gereksinimi
- ☐ Kendi başına yeterlilik
- ☐ Halk tarafından kabul edilebilirlik

☐ Zaman-maliyet

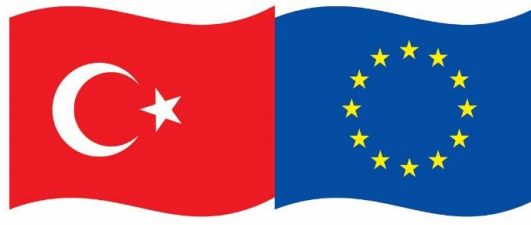
☐ Arıtılabilirlik çalışmaları



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Bölüm 4: Teknolojilerin Detaylı Açıklaması

- ❑ Tanım
 - En az bir şekil ve bazen ek olarak tablolar ile açıklama
- ❑ Uygulanabilirlik
- ❑ Kısıtlamalar
- ❑ Süre
- ❑ Maliyet
- ❑ Uygulamada dikkat edilecek noktalar



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Bölüm 5: İzleme

- ❑ Temizleme/iyileştirme öncesi
- ❑ Temizleme/iyileştirme sırasında
- ❑ Temizleme/iyileştirme sonrasında
- ❑ Dikkat edilecek konular



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

KILAVUZ EK-1 Teknoloji İsimleri Sözlüğü (EN vs. TR)

EKLER

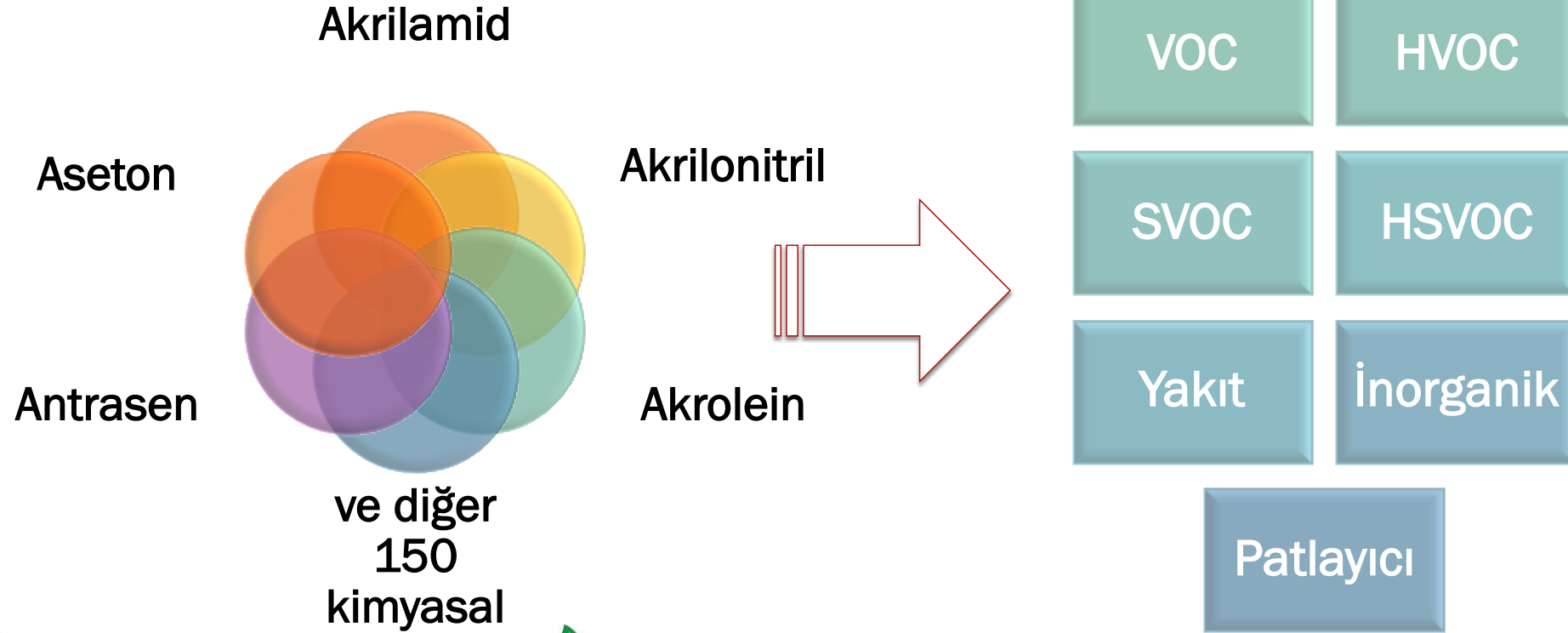
EK-1 TEKNOLOJİ İSİMLERİ SÖZLÜĞÜ

İNGİLİZCE	TÜRKÇE
Absorption/Adsorption	Absorpsiyon/Adsorpsiyon
Advanced Oxidation Process	İleri Oksidasyon Prosesi
Air Sparging	Hava Kabarcıklı Arıtım
Air Stripping	Havalı Sıyırma
Biofiltration	Biyofiltrasyon
Biopiles	Toprak Biyoyığınları
Bioreactors	Biyoreaktör
Bioslurping	Sıvı-Gaz Emişli Arıtım
Bioventing	Biyoverilasyon
Chemical Extraction	Kimyasal Ekstraksiyon
Chemical Oxidation	Kimyasal Oksidasyon
Chemical Reduction /Oxidation	Kimyasal İndirgenme/Yükseltgenme
Constructed Wetlands	Yapay Sulak Alan
Compost	Kompostlama



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

EK-2'nin önemi: Kirleticilerin gruplandırılması





This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

EK-2'nin önemi: Kirleticilerin gruplandırılması

EK-2 JENERİK KİRLETİCİLERİN KİRLETİCİ GRUPLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI*

Jenerik Kirleticiler	CAS No	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı
Organikler								
Akrilamid	79-06-1			●				
Akrilonitril	107-13-1	●						
Akrolein	107-02-8	●						
Aldrin	309-00-2				●			
Antrasen	120-12-7			●		●		
Asenaften	83-32-9			●		●		
Aseton (2-Propanon)	67-64-1	●						
Atrazin	1912-24-9				●			
Benz(a)antrasen	56-55-3			●		●		
Benzen	71-43-2					●		
Benzidin	92-87-5			●				
Benzo(a)piren	50-32-8			●		●		



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

EK-3 Temizleme Teknolojileri Matrisi

EK-3 TEMİZLEME TEKNOLOJİLERİ MATRİSİ*

TEKNOLOJİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ										
	Yerinde (I) / Yerinden Alınarak (E)	Ortam (T-toprak Y-yeraltı suyu)	Kirlenici Sınıfları							Tek Baş Uygulanabilir
			VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı	
4.1. Biyolojik										
Kompost	E	T	●	●	●		●		●	●
Toprak Biyoyiğnları	E	T	●	●	●		●			●
Arazide Islah	E	T	●	●	●	●	●			●
Siluri Faz Biyolojik Arıtım	E	T	●	●	●		●		●	○
Biyoverilasyon	I	T	●		●		●			●
Fitoremediasyon	I	T	●	●	●		●	●		●
Fitoremediasyon	I	Y	●	●	●	●	●			●

Teknolojiler

E: Ex-situ (yerinden alınarak)
I: In-situ (yerinde)

T = Toprak
Y = Yeraltı suyu

EK-2 Kirlenitiler vs. Gruplar



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

EK-3 Temizleme Teknolojileri Matrisi

Seçim kriterleri

TEKNOLOJİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ													
Ortam (T-toprak Y-yeraltı suyu)	Kirlenici Sınıfları							Kriterler					
	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı	Tek Başına Uygulanabilirlik	Bakım Sıklığı	Güvenilirlik ve Takip	Yatırım Maliyeti	Genel Maliyet	Zaman
T	●	●	●		●		●	●	●	●	●	●	●
T	●	●	●		●			●	●	●	●	●	●
T	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●
T	●	●	●		●		●	○	○	●	○	●	●
T	●		●		●			●	●	●	●	●	●
T	●	●	●		●	●		●	●	○	●	●	○
Y	●	●	●	●	●			●	●	○	●	●	○



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

EK-3 Temizleme Teknolojileri Matrisi

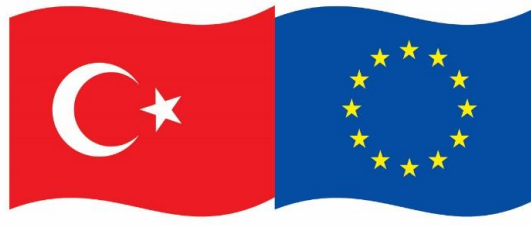
		Ortalama Üstü ●	Ortalama ◐	Ortalama Altı ◑	Diğer ◓
Tek Başına Uygulanabilirlik		Kendi başına uygulanabilir veya tek bir tek teknolojiyle uygulanır, karmaşık olmayan teknoloji	İki-üç aşamalı arıtma sistemleri ile basitçe uygulanabilir, yaygın teknoloji	Karmaşık şekilde, farklı temizleme teknolojileriyle birlikte kullanılabilir	Bu konudaki etkinlik, kirleticiler türüne, kirliliğin dağılımına ve tasarıma bağlı olarak değişim gösterir
Bakım Sıklığı		Nadir bakım ihtiyacı	Ortalama bakım ihtiyacı	Sık bakım ihtiyacı	
Güvenilirlik ve Takip Etme		Kanıtlanmış güvenilirliği olan ve düşük takip etme gerektiren sistem	Orta derecede güvenilirliği olan ve orta derecede takip etme gerektiren sistem	Güvenilirliği düşük olan ve sürekli takip edilmesi gerekli olan sistem	
Yatırım Maliyeti		Düşük ana yatırım maliyeti	Ortalama ana yatırım maliyeti	Yüksek ana yatırım maliyeti	
Genel Maliyet		Diğer alternatiflere kıyasla düşük genel maliyet	Diğer alternatiflere kıyasla ortalama genel maliyet	Diğer alternatiflere kıyasla yüksek genel maliyet	
Zaman	Yerinde Toprak Temizleme	1 Yıdan az	1 - 3 Yıl	3 Yıdan fazla	
	Yerinden Alınarak Toprak Temizleme	6 Aydan az	6 Ay - 1 Yıl	1 Yıdan fazla	
	Yeraltı Suyu Temizleme	3 Yıdan az	3 - 10 Yıl	10 Yıdan fazla	
Kirleticiler Sınıfları		Tam veya pilot ölçekte başarıyla yapılabilir, kanıtlanmış Tam veya pilot ölçekte başarıyla yapılabilir, kanıtlanmış	Pilot veya tam ölçekte başarıları sınırlı olarak kanıtlanmış	-	



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

GENEL BİLGİ

- ❑ Kılavuz hazırlanırken toplamda 48 farklı kaynaktan faydalanılmıştır.
 - ❑ TEMEL KAYNAK: US Federal Remediation Technologies Roundtable, Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide
 - ❑ https://frtr.gov/matrix2/top_page.html
 - ❑ UNIDO. (2014) . Survey of Soil Remediation Technology
 - ❑ https://institute.unido.org/wp-content/uploads/2014/11/17-Survey_of_Soil_Remediation_Technology.pdf
 - ❑ USEPA. (2004) A Guide for Corrective Action Plan Reviewers How to Evaluate Alternative Cleanup Tech. for Underground Storage Tanks, EPA 510-R-04-002
 - ❑ UNIDO, Persistent Organic Pollutants: Contaminated Site Investigation and Management Toolkit
 - ❑ ... ve diğerleri
- ❑ Şekil ve Tabloların kaynakları Ekler kısmının sonunda ayrıca verilmiştir.



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

KAYNAKLAR

<https://frtr.gov/matrix/default.cfm> (yeni format)

<https://frtr.gov/matrix/Full-Matrix/>

<https://frtr.gov/scrntools.cfm> (eski format)



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Federal Remediation Technologies Roundtable

[Home](#)
[What's New?](#)
[Technology Screening Matrix](#)
[Cost & Performance Case Studies](#)
[Decision Support Matrix](#)
[Environmental Cost Engineering Remediation Optimization](#)
[FRTR Meetings](#)
[Current Publications](#)
[Agency Program Links](#)
[Abbreviations & Acronyms](#)
[Glossary](#)
[Archives](#)
[Site Map](#)
[Search](#)
[Comments](#)

Technology Screening Matrix

As of July 2020, the content of this old version has been replaced with a [new version](#).

The Remediation Technologies Screening Matrix

NOTE: This document can only be accessed by those using Netscape (Version 6 or higher) or Internet Explorer. Updated in 2007

A user-friendly tool for screening potentially applicable technologies for a remediation project. The matrix allows you to screen 64 *in situ* and *ex situ* technologies for either soil or groundwater remediation. Variables used in screening include contaminants, development status, overall cost, and cleanup time. In-depth information on each technology is also available, including direct links to the database of cost and performance reports written by FRTR members.

[Home](#) || [What's New?](#) || [Technology Screening Matrix](#) || [Cost & Performance Case Studies](#)

TABLE 3-2: TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX

Rating Codes ● Above Average ○ Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" ID - "Insufficient Data" ⊖ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application	Development Status	Treatment Train	Relative Overall Cost & Performance	Availability	Nonhalogenated VOC's	Halogenated VOC's	Nonhalogenated SVOC's	Halogenated SVOC's	Fuels	Inorganics	Refrigerants	Explosives
			OMB	Capital	System Reliability & Maintainability	Relative Costs	Time					
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge												
3.1 In Situ Biological Treatment												
4.1 Bioventing												
4.2 Enhanced Bioremediation												
4.3 Phytoremediation												
3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment												
4.4 Chemical Oxidation												
4.5 Electrokinetic Separation												
4.6 Fracturing												
4.7 Soil Flushing												
4.8 Soil Vapor Extraction												
4.9 Solidification/Stabilization												
3.3 In Situ Thermal Treatment												
4.10 Thermal Treatment												
4.11 Biopiles												
4.12 Composting												
4.13 Landfarming												
4.14 Slurry Phase Biological Treatment												
3.5 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming excavation)												
4.15 Chemical Extraction												
4.16 Chemical Reduction/Oxidation												
4.17 Dehalogenation												
4.18 Separation												
4.19 Soil Washing												
4.20 Solidification/Stabilization												
3.6 Ex Situ Thermal Treatment (assuming excavation)												
4.21 Hot Gas Decontamination												
4.22 Incineration												
4.23 Open Burn/Open Detonation												



REPUBLIC OF TURKEY
MINISTRY OF ENVIRONMENT,
URBANIZATION AND CLIMATE CHANGE



Environment and Climate Action
Sector Operational Programme



Persistent
Organic
Pollutants





This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

frtr.gov/matrix/default.cfm

An official website of the United States government [Here's how you know](#)

Federal Remediation Technologies Roundtable

Resources

Meetings and Other Materials



FRTR Home

What's New?

**Technology Screening
Matrix**

Cost & Performance Case
Studies

Decision Support Matrix

Environmental Cost
Engineering

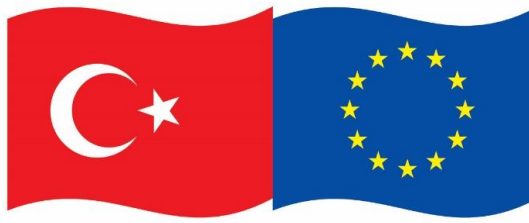
Remediation
Optimization

Technology Screening Matrix

Search Matrix

Browse Full Matrix

A user-friendly tool for screening potentially applicable technologies for a remediation project. The matrix allows you to screen 49 in situ and ex situ technologies for either soil or groundwater remediation. Variables used in screening include contaminants, development status, overall cost, and cleanup time. In-depth information on each technology is also available, including direct links to the database of cost and performance

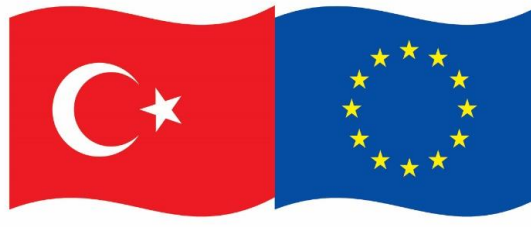


This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Technology Screening Matrix

Search:

		Development Status [Ⓢ]								Availability [Ⓢ]			Contaminant Classes [Ⓢ]									
		(Rating codes: ● Demonstrated Effectiveness, ◐ Limited Effectiveness, ○ No Demonstrated Effectiveness, ◊ Level of Effectiveness dependent upon specific contaminant and its application/design, I/D Insufficient Data, N/A Not Applicable)																				
Profile	Treatment Type	Laboratory/ Bench Scale	Pilot Studies	Full Scale	Remediate an Entire Site	Remediate Source Only	Part of a Technology Train	Final Remedy at Multiple Sites	Attain Cleanup Goals in Multiple Sites	Commercially Available Nationwide	Limited Commercial Availability	Research Organizations and Academia	Nonhalogenated VOC	Halogenated VOC	Nonhalogenated SVOC	Halogenated SVOC	Fuels	Inorganics	Radionuclides	Munitions	Emerging Contaminants	
Vapor Treatment Technologies	Air emission/off-gas	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒										
Biopiles	Ex situ biological	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☐	●	◐	●	◐	●	○	○	◐	I/D	
Landfarming	Ex situ biological	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	●	◐	●	◐	●	○	○	◐	I/D	
Composting	Ex situ biological	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	●	◐	●	◐	●	○	○	◐	I/D	



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

ÖRNEK SAHA

ESKİ AT ARABASI / OTOMOTİV YAN SANAYİ FABRİKASI SAHASI



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Saha hakkında:

- New York Eyaletinin Rochester şehrinde yer alan saha öncelikle 1900'lerin başında yılında at arabası üretimi için kullanılmış daha sonra sahada otomotiv endüstrisi için ahşap aksam üretimi gerçekleştirilmiştir
- Saha toplam 6100 m² alana sahiptir
- Sahada ayrıca toplam 7200 m² alana sahip 5 katlı bir bina bulunmaktadır
- 1962-1993 yılları arasında sahada bulunan binada çeşitli ticari işletmeler yer almıştır
- Saha 1993'ten beri kullanılmamaktadır



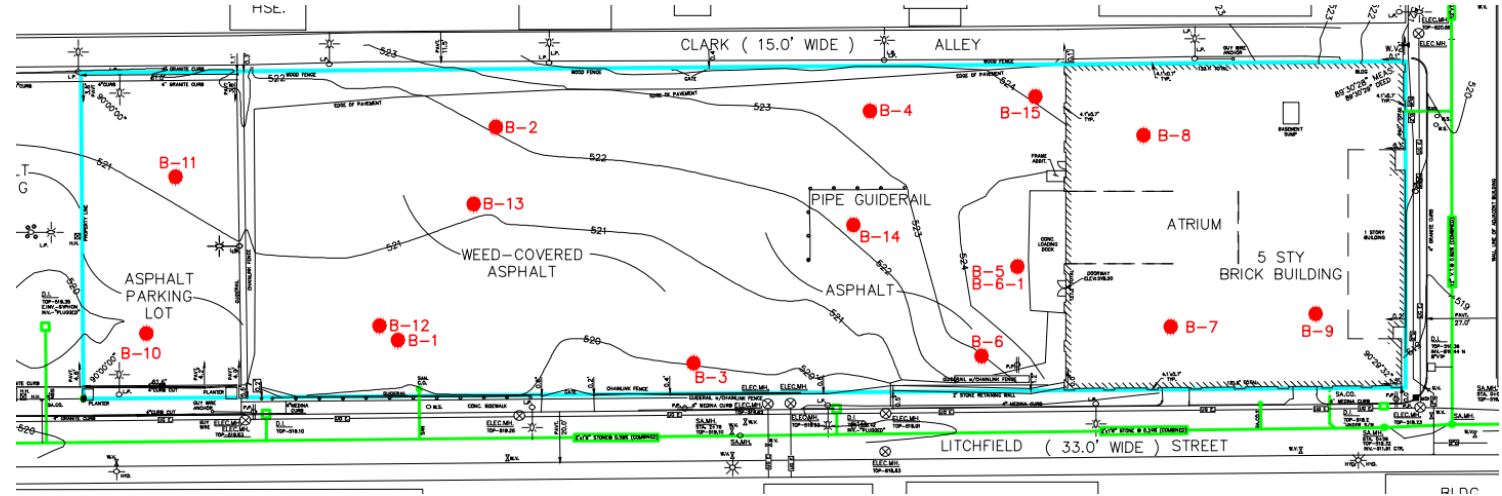


This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

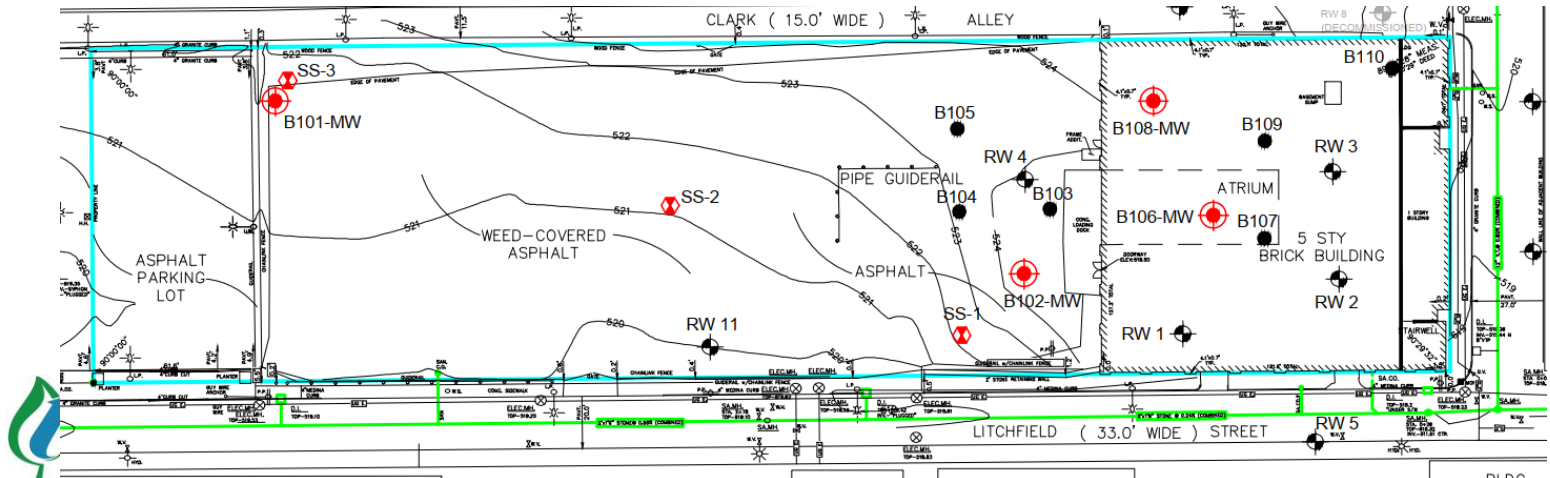
Saha Hakkında:

- Sahada farklı zamanlarda üç ayrı saha etüdü gerçekleştirilmiş
- Sahadan toplam 27 adet toprak sondajı yapılmış ve farklı toprak seviyelerinden numune alınmıştır
- Toplam 16 adet gözlem kuyusu açılmış
- Yeraltı suyu akış yönü tespit edilmiş
- Yeraltı suyu seviyesinin 1 ile 2,5 m arasında değiştiği tespit edilmiştir

Son saha etüdündeki toprak numune noktaları



Son saha etüdündeki yeraltı suyu numune noktaları





This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Son Yapılan Saha Etüdü Sonuçları:

Toprak numunelerinde belirlenen kirleticiler:

Organikler:

Bileşik	Kons. (mg/kg)	Numune Derinliği (ft)	Tespit edilen sondaj kuyusu
Trikloroetilen (TCE)*	1.110	0-4	B5
Indeno(1,2,3-cd)piren*	1.730	0-4	B5
Krizen*	2.940	0-4	B5
Benzo(a)antresen*	3.020	0-4	B5
Benzo(a)piren*	2.640	0-4	B5
Benzo(b)floranten*	2.680	0-4	B5

İnorganikler (Metaller):

Bileşik	Kons. (mg/kg)	Numune Derinliği (ft)	Tespit edilen sondaj kuyusu
Kurşun	240-2.520	0-4, 6-10	B1, B2, B3, B4, B5, B6
Civa	0,26-0,80	0-4	B1, B2, B3, B4, B5
Arsenik	14,7-21,5	0-4	B6, SS1, SS2
Nikel	327	0-4	B5, SS1, SS2
Baryum	469	0-4	SS1, SS2
Kadmiyum	3,1	0-4	B6
Çinko	508-2.680	0-4	B1, B5, B6

* Kirleticilerin yayılım yarı çapı 5 m ile sınırlıdır.



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Son Yapılan Saha Etüdü Sonuçları:

Yeraltı suyundan alınan numunelerinde belirlenen kirleticiler:

Organikler:

Bileşik	Kons. (µg/L)	Tespit edilen sondaj kuyusu
Trikloroetilen(TCE)*	8,1-320	B102, B106, B108, RW2, RW-4, RW-5
Tetrakloroetilen (PCE)	6,7-110	B102, B106, B108, RW2, RW-4, RW-5
Dikloroetilen	5,7-130	B102, B106, B108, RW2, RW-4, RW-5
Vinil klorür	2,1-7,7	B106, B108, RW2, RW-4, RW-5



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Toprak İçin Saha Temizleme Hedefleri

Bileşik	Ölç. Kons. (mg/kg)	Hedef Kons. (mg/kg)*	Kirletici Grubu
Trikloroetilen(TCE)	1.110	0,07	HVOC
Indeno(1,2,3-cd)piren	1.730	0,5	SVOC
Krizen	2.940	4	SVOC
Benzo(a)antresen	3.020	0,04	SVOC
Benzo(a)piren	2.640	0,01	SVOC
Benzo(b)floranten	2.680	0,1	SVOC
Kurşun	2.520	135	İnorganik
Arsenik	21,4	3	İnorganik

*TKKNKSDY Ek-1: Jenerik Kirletici Sınır Değerler Listesi, ,
Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi
(SF = 10) değerleri

Yeraltı Suyu İçin Saha Temizleme Hedefleri

Bileşik	Ölç. Kons. (µg/L)	Hedef Kons. (µg/L)**	Kirletici Grubu
Trikloroetilen(TCE)	8,1-320	5	HVOC
Tetrakloroetilen (PCE)	6,7-110	5	HVOC
Dikloroetilen	5,7-130	7	HVOC
Vinil klorür	2,1-7,7	2	HVOC

** Jenerik Risk Değerlendirmesi sonucu belirlenen sınır değerler



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Kirlenmiş Saha Temizleme-İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu: Sahadaki kirleticilerin ait olduğu kirletici grubu belirlendi



EK-2 JENERİK KİRLETİCİLERİN KİRLETİCİ GRUPLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI*

Jenerik Kirleticiler	CAS No	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı
Organikler								
Akrilamid	79-06-1			●				
Akrilonitril	107-13-1	●						
Akrolein	107-02-8	●						
Aldrin	309-00-2				●			
Antrasen	120-12-7			●		●		
Asenaften	83-32-9			●		●		
Aseton (2-Propanon)	67-64-1	●						
Atrazin	1912-24-9				●			
Benz(a)antrasen	56-55-3			●		●		
Benzen	71-43-2					●		
Benzidin	92-87-5			●				
Benzo(a)piren	50-32-8			●		●		
Benzo(b)floranten	205-99-2			●		●		
Benzo(k)floranten	207-08-9			●		●		
Benzoik asit	65-85-0			●				
Benzoilfitalat	117-81-7			●				



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Kirletici gruplarının belirlenmesi:

Toprak için:

Bileşik	Ölç. Kons. (mg/kg)	Hedef Kons. (mg/kg)	Kirletici Grubu
Trikloroetilen (TCE)	1110	0,07	HVOC
Indeno(1,2,3-cd)piren	1730	0,5	SVOC
Krizen	2940	4	SVOC
Benzo(a)antresen	3020	0,04	SVOC
Benzo(a)piren	2640	0,01	SVOC
Benzo(b)floranten	2680	0,1	SVOC
Kurşun	2520	400	İnorganik
Arsenik	21,4	0,4	İnorganik

Yeraltı Suyu için:

Bileşik	Ölç. Kons. (µg/L)	Hedef Kons. (µg/L)	Kirletici Grubu
Trikloroetilen(TCE)	8,1-320	5	HVOC
Tetrakloroetilen (PCE)	6,7-110	5	HVOC
Dikloroetilen	5,7-130	7	HVOC
Vinil klorür	2,1-7,7	2	HVOC



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Kirlenmiş Saha Temizleme-İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu:

Sahadaki kirletici gruplarına göre uygun temizleme teknolojileri seçilebilir

EK-3 TEMİZLEME TEKNOLOJİLERİ MATRİSİ*

TEKNOLOJİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ															
			Kirletici Sınıfları							Kriterler					
	Yerinde (I) / Yerinden Alınarak (E)	Ortam (T-toprak Y-yeraltı suyu)	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı	Tek Başına Uygulanabilirlik	Bakım Sıklığı	Güvenilirlik ve Takip	Yatırım Maliyeti	Genel Maliyet	Zaman
4.1. Biyolojik															
Kompost	E	T	●	●	●		●		●	●	●	●	●	●	●
Toprak Biyoyiğnaları	E	T	●	●	●		●			●	●	●	●	●	●
Arazide Islah	E	T	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●
Siluri Faz Biyolojik Arıtım	E	T	●	●	●		●		●	○	○	●	○	●	●
Biyoventilasyon	I	T	●		●		●			●	●	●	●	●	●
Fitoremediasyon	I	T	●	●	●		●	●		●	●	○	●	●	○
Fitoremediasyon	I	Y	●	●	●	●	●			●	●	○	●	●	○
Geliştirilmiş Biyoremediasyon	I	T	●	●	●		●		●	●	○	●	●	●	●
Geliştirilmiş Biyoremediasyon	I	Y	●		●		●		●	●	○	●	●	●	◇
İtemeli Doğal Giderim	I	Y	●	●	●	●	●			●	○	●	●	●	△



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Toprak için Uygulanabilir Temizleme Yöntemleri

Bileşik	Kirletici Grubu	Temizleme Yöntemleri
Trikoloroetilen(TCE)	HVOC	Toprak Biyoyığınları (E), Geliştirilmiş Biyoremediasyon (I), Kimyasal İndirgenme/Yükseltgenme (E), Toprak Yıkama (I/E), Hafriyat, saha dışına taşıma (E), Yüzey Kapatma (I), Yakma (E), Isıl desorpsiyon (E)
Indeno(1,2,3-cd)piren	SVOC	Geliştirilmiş Biyoremediasyon (I), Kimyasal İndirgenme/Yükseltgenme (E), Toprak Yıkama (I/E), Hafriyat, saha dışına taşıma (E), Yüzey Kapatma (I), Yakma (E), Isıl desorpsiyon (E)
Krizen	SVOC	
Benzo(a)antresen	SVOC	
Benzo(a)piren	SVOC	
Benzo(b)floranten	SVOC	Toprak Yıkama (I/E), Solidifikasyon/Stabilizasyon (I/E), Kimyasal Ekstraksiyon (E), Hafriyat, saha dışına taşıma (E), Yüzey Kapatma (I),
Kurşun	İnorganik	
Arsenik	İnorganik	

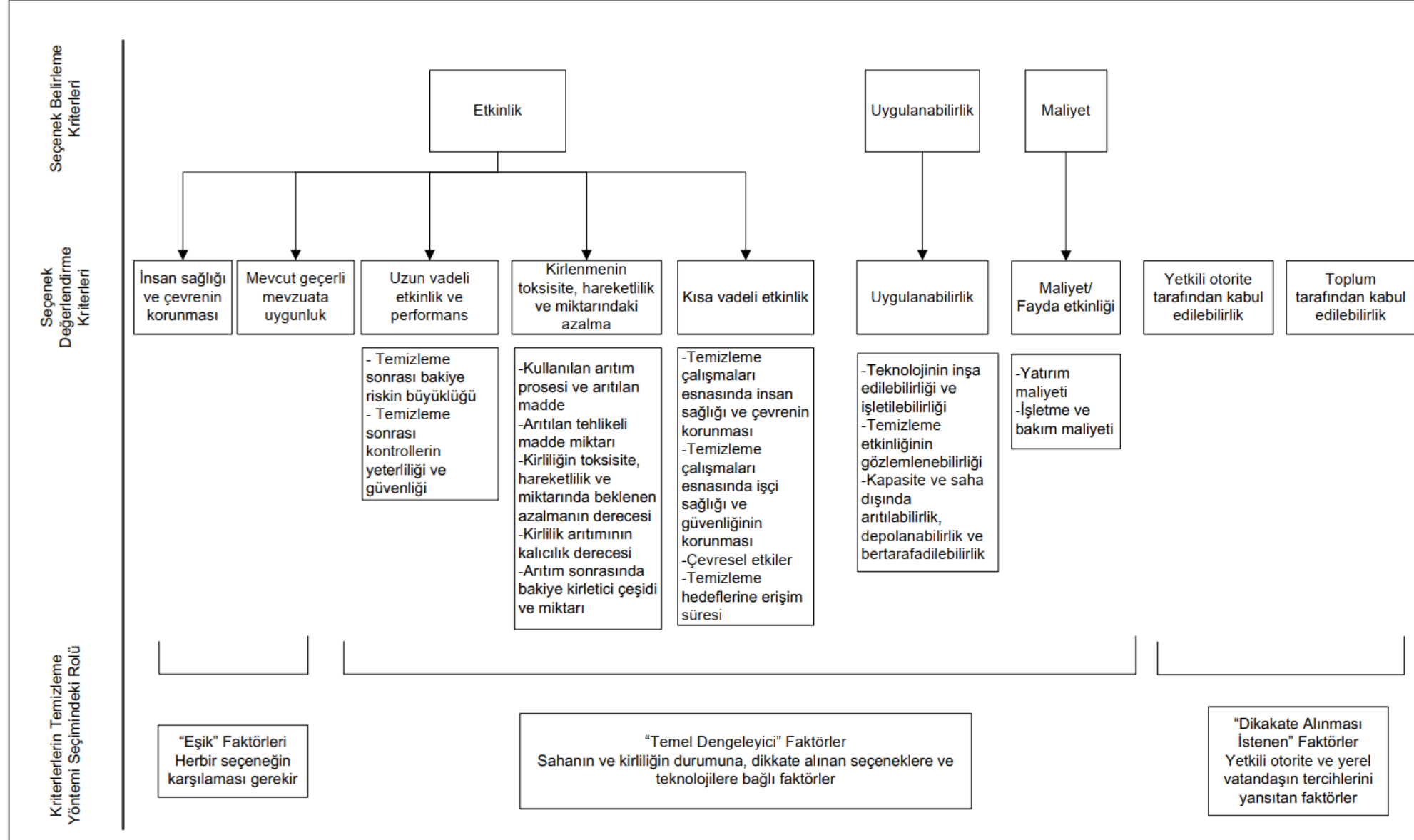


This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Yeraltı suyu için Uygulanabilir Temizleme Yöntemi

Bileşik	Kirletici Grubu	Temizleme Yöntemleri
Trikloroetilen(TCE)	HVOC	Yeraltı Suyu Pompalama (E), İleri Oksidasyon (I), Sıvı-Gaz Emişli Arıtım (I), Pasif/Reaktif Arıtma Bariyerleri (I), Fiziksel Bariyerler (I)
Tetrakloroetilen (PCE)	HVOC	
Dikloroetilen	HVOC	
Vinil klorür	HVOC	

**Kirlenmiş Saha
Temizleme ve
İzleme Teknik
Rehberi:**
Temizleme
Seçeneklerinin
Belirlenmesinde
Kullanılan Kriterler
ile Ayrıntılı
Değerlendirmede
Kullanılan Kriterler
Arasındaki İlişki



Temizleme Alternatifleri: Toprak

No	Alternatif	Puan	İnsan sağlığı ve çevrenin korunması	Puan	Mevcut mevzuata uygunluk	Puan	Kısa vadedeki etkinlik ve etki	Puan	Uzun vadedeki etkinlik ve etki	Puan	Toksosite, hareketlilik ve miktarda azalma
1	Hiçbir şey yapılmaması – Kurumsal önlemler: 30 yıl boyunca yılda 4 kere yeraltı suyu takibi ve sahaya girişin kısıtlanması	1	- Uçucu organiklerin saha dışına salınma riski - Sahanın acilen kullanılması durumunda doğrudan maruziyet riski	1	- Uzun bir dönem sahadaki kirletici konsantrasyonları saha temizleme hedeflerine ulaşamayacaktır	3	- Sahanın yeniden imara açılması geciktiriyor ya da imkansız kılıyor - Mühendislik kontrolüne ihtiyaç yok - Toprağın ve toprak gazını izlemeye ihtiyaç yok	2	- Uzun vadede kirleticilerin doğal yollarla azalacağı bekleniyor - Temizleme hedeflerine ulaşması belirsiz	2	- Kirleticilerin taşınırılığı azaltılmıyor, zamanla artabilir - Konsantrasyon yavaş azalır - Metal ve PAH kirliliği kalıcıdır - Klorlu bileşiklerin hareketliliği artabilir
2	Sahadaki tüm kirlenmiş toprağın hafriyatı ve saha dışında bertarafı	9	- Tüm kirleticilerin sahadan uzaklaştırılması doğrudan pozitif etki sağlar	9	- Tüm saha temizleme hedeflerine ulaşılabilir	6	- Toprak taşınmasında oluşacak trafik yoğunluğu - Toz emisyonu - Toprak gazı kaçıışı	9	- Sahadan tüm kirletici kaynakları taşınacağı için uzun vadede yüksek oranda etkinlik beklenebilir	9	- Yüksek oranda toksosite, hareketlilik ve miktarsal azalma öngürüyor
3	Sahadaki kirletici kaynağı alanlarında kirlenmiş toprağın hafriyatı ve saha dışında bertarafı	8	- Neredeyse tüm kirleticilerin sahadan uzaklaştırılması doğrudan pozitif etki sağlar	8	- Göreceli olarak yüksek oranda saha temizleme hedeflerine ulaşılabilir	6	- Toprak taşınmasında oluşacak trafik yoğunluğu - Toz emisyonu - Toprak gazı kaçıışı	8	- Sahadan neredeyse tüm kirletici kaynakları taşınacağı için uzun vadede yüksek oranda etkinlik beklenebilir	8	- Göreceli olarak yüksek oranda toksosite, hareketlilik ve miktarsal azalma öngürüyor
4	Kirlenmiş toprağın üzerinin temiz toprakla veya bir geçirimsiz katmanla kaplanması	8	- Kirlenmiş toprakla doğrudan teması engelliyor - Özellikle doğada taşınımı az olan metaller için etkili	8	- Kirlenme potansiyeli olan toprak olarak nitelendirilebilir	7	- Dolgu toprağının taşınması ve sahaya yayılması sırasında bir miktar toz oluşabilir - Kısıtlı trafik yükü beklenebilir	7	- Metallerin taşınımı ve uçucu organiklerin parçalanmasını yavaşlatacağı için makul uzun vadeli etki - Yüzey kaplamasının uzun süreli izlenmesi ve bakımı	8	- Kirleticilerin hareketliliği sınırlandırılıyor - Uçucu organiklerin doğadan kendiliğinden parçalanması sağlanıyor

Temizleme Alternatifleri: Toprak (Devam)

No	Alternatif	Puan	Uygulanabilirlik	Puan	Maliyet	Puan	Yetkili otorite tarafından kabul edilebilirlik	Puan	Toplum tarafından kabul edilebilirlik	T.Puan	Genel Değerlendirme
1	Hiçbir şey yapılmaması – Kurumsal önlemler: 30 yıl boyunca yılda 4 kere yeraltı suyu takibi ve sahaya girişin kısıtlanması	9	- Eğer topraktaki kirleticileri parçalayabilen mikro-organizmalar mevcutsa basit bir şekilde uygulanabilir - Sahanın çitle ayrılması gerekli	5	- Sadece izleme kuyuları ve çite ihtiyaç duyulacağı için yatırım maliyeti düşük (100.000 \$) - Uzun süreli takip gerektireceği için işletme maliyeti yüksek (859.000 \$)	1	- Uzun süreli takip gerektireceği için izleme sürecinin iyi planlanması gerekiyor - Sahasının son durumu hakkında çevredeki halkın sürekli bilgilendirmesi	1	- Sahadan kirletici taşınımı engellenmediği için toplum tarafından şüpheyle yaklaşılabilir	26	- Pahalı bir alternatif (959.000 \$) - Riskleri ve toksisi-teyi düşürmede yetersiz - Uzun süreli olması yönetimini güçleştiriyor
2	Sahadaki tüm kirlenmiş toprağın hafriyatı ve saha dışında bertarafı	9	- Yüksek uygulanabilirlik: özel bir yükleniciye veya ekipmana gerek duyulmuyor	3	- 3. Alternatife göre daha yüksek maliyetli (1.245.000 \$) - İşletme maliyeti yok (0 \$)	9	- Sahadaki tüm kirleticiler taşınacağı için saha kullanımı her türlü faaliyet için kullanılabilir - Sahanın takibi gerekmiyor	9	- Sahadaki kirletici sorunun hızlı ve tamamen çözülmesinden dolayı tercih edilebilir	72	- Diğer alternatiflere göre daha maliyetli (1.245.000 \$) olmasına rağmen pek çok açıdan tercih edilebilir bir yöntem
3	Sahadaki kirletici kaynağı alanlarında kirlenmiş toprağın hafriyatı ve saha dışında bertarafı	9	- Yüksek uygulanabilirlik: özel bir yükleniciye veya ekipmana gerek duyulmuyor	8	- 2. Alternatife göre daha etkili ve düşük maliyetli (636.000 \$) - İşletme maliyeti yok (0 \$)	8	- Sahadaki neredeyse tüm kirleticiler taşınacağı için saha kullanımı her türlü faaliyet için kullanılabilir - Sahanın takibi gerekmiyor	8	- Sahadaki kirletici sorunun hızlı ve neredeyse tamamen çözülmesinden dolayı tercih edilebilir	73	- Diğer alternatiflere nazaran hem kriterler bazında hem de maliyet (636.000 \$) bazında tercih edilebilir bir yöntem
4	Kirlenmiş toprağın üzerinin temiz toprakla veya bir geçirimsiz katmanla kaplanması	8	- Yüksek uygulanabilirlik: özel bir yükleniciye veya ekipmana gerek duyulmuyor - Kaplama malzemesini doğru seçmek önemli	9	- Saha dışına taşıma ve bertaraftan daha az maliyetli (200.000 \$) - İşletme maliyeti düşük (25.000 \$)	6	- Sahanın kullanımını kısıtlıyor - Yüzey kaplamasının kontrolü ve takibi gerekiyor	6	- Çabuk uygulanma açısından avantajlı ancak sahada kalıntı kirletici bırakıyor - Tezmileme sürecini uzatıyor	67	- Çok düşük maliyetli (225.000 \$) bir alternatif ancak tercih edilebilirliği düşük

Temizleme Alternatifleri: Yeraltı Suyu

No	Alternatif	Puan	İnsan sağlığı ve çevrenin korunması	Puan	Mevcut mevzuata uygunluk	Puan	Kısa vadedeki etkinlik ve etki	Puan	Uzun vadedeki etkinlik ve etki	Puan	Toksisite, hareketlilik ve miktarda azalma
1	Hiçbir şey yapılmaması – Kurumsal önlemler: 30 yıl boyunca yılda 4 kere yeraltı suyu takibi ve sahaya girişin kısıtlanması	1	- Uçucu organiklerin saha dışına salınma riski - Sahanın acilen kullanılması durumunda doğrudan maruziyet riski	1	- Uzun bir dönem sahadaki kirletici konsantrasyonları saha temizleme hedeflerine ulaşamayacaktır	3	- Sahanın yeniden imara açılması geciktiriyor ya da imkansız kılıyor - Mühendislik kontrolüne ihtiyaç yok - Toprağın ve toprak gazını izlemeye ihtiyaç yok	2	- Uzun vadede kirleticilerin doğal yollarla azalacağı bekleniyor - Temizleme hedeflerine ulaşması belirsiz	2	- Kirleticilerin taşınırılığı azaltılmıyor, zamanla artabilir - Konsantrasyon yavaş azalır - Metal ve PAH kirliliği kalıcıdır - Klorlu bileşiklerin hareketliliği artabilir
2	Yeraltı suyunu yerinde kimyasal oksidasyonu	7	- Oksidasyon sonucu organik parçalanma ürünlerinin artışı - Proseste kullanılan güçlü oksidantların çalışanlar ve çevre üzerindeki etkisi	9	- Saha kirletici hedeflerine makul bir sürede ulaşılabilir	6	- Kısa vadede TCE ve vinil klorür parçalanma ürünlerinde artış - Doğal ayrıştırma sürecini negatif yönde etkileme	9	- Uzun vadede tüm uçucu organikleri parçalayabilir - Birkaç kez uygulanması gerek	9	- Yüksek oranda toksisite, hareketlilik ve miktarsal azalma öngürüyor
3	Yeraltı suyunun pompalanması ve arıtılması	8	- İnsan sağlığı ve çevrenin korunması açısından etkili	5	- Arıtma sonrası düşük uçucu organik konsantrasyonuna sahip su elde edilebilir - Ancak mevcut yeraltı suyundaki etkiyi azaltmaz	7	- Geçici depolama tankı - Sistemin yerleştirilmesi ve sökülmesi - Arıtılan suyun deşarjı	6	- Ancak kirletici kaynağı olan kısıtlı miktardaki yeraltı suyu arıtılabilir	7	- Göreceli olarak yüksek oranda toksisite, ve miktarsal azalma öngürüyor - Kirleticinin sahadaki hareketliliğini etkilemez
4	Pasif/reaktif arıtma bariyerleri ile yeraltı suyunun arıtılması	9	- Reaktif maddeler yeraltı suyuna veya insanlara zararlı değildir - Temizleme işlemi yerin altında gerçekleşir; sahada işçiler kirleticiye maruz kalmaz	6	- Saha temizleme hedeflerini göreceli olarak daha uzun bir sürede ulaşılabilir - Yeterli izleme sisteminin kurulması önemli	7	- Kısa vadede etkileri belirgin değildir - Hendeklerin kazılmasında toz oluşabilir	8	- Uzun vadede yeraltı suyunun büyük oranda temizlenmesi beklenmekte - Bariyerlerin etkinliği izlenmeli ve etkinliğini yitirenler değiştirilmeli	7	- Mevcut toksisitede ve kirletici miktarından uzun dönemde azalma görülür - Kirleticinin hareketliliğini kısıtlar

Temizleme Alternatifleri: Yeraltı Suyu (Devam)

No	Alternatif	Puan	Uygulanabilirlik	Puan	Maliyet	Puan	Yetkili otorite tarafından kabul edilebilirlik	Puan	Toplum tarafından kabul edilebilirlik	T.Puan	Genel Değerlendirme
1	Hiçbir şey yapılmaması – Kurumsal önlemler: 30 yıl boyunca yılda 4 kere yeraltı suyu takibi ve sahaya girişin kısıtlanması	9	- Eğer topraktaki kirleticileri parçalayabilen mikro-organizmalar mevcutsa basit bir şekilde uygulanabilir - Sahanın çitle ayrılması gerekli	5	- Sadece izleme kuyuları ve çite ihtiyaç duyulacağı için yatırm maliyeti düşük (100.000 \$) - Uzun süreli takip gerektireceği için işletme maliyeti yüksek (859.000 \$)	1	- Uzun süreli takip gerektireceği için izleme sürecinin iyi planlanması gerekiyor - Sahasının son durumu hakkında çevredeki halkın sürekli bilgilendirmesi	1	- Sahadan kirletici taşınımı engellenmediği için toplum tarafından şüpheyle yaklaşılabilir	26	- Pahalı bir alternatif (959.000 \$) - Riskleri ve toksisi-teyi düşürmede yetersiz - Uzun süreli olması yönetimini güçleştiriyor
2	Yeraltı suyunu yerinde kimyasal oksidasyonu	6	- Oksidant katkı maddeleri kolaylıkla temin edilebilir. - Yeraltı suyu kimyasının anlaşılması önemlidir - Deneme testleri gerekli - Özel ekipman, kimyasal ve deneyimli müteahhit	4	- Yarıtm maliyeti kullanılan kimyasallardan dolayı yüksek (625.000 \$) - İşletme maliyeti deneme testlerini, analizleri ve katkı malzemelerini içerir (182.000 \$)	8	- Kullanılan kimyasalların yakın çevreye etkisi takip edilmeli / engellenmeli - Deşarj kriterli sağlanmalı	8	-- Beklenen yeraltı suyu kalitesi diğer bu alternatifi kabul edilebilir yapıyor - Güçlü oksitleyici kimyasal kullanımı olumsuz bir yön	66	- Çok maliyetli alternatif (807.000 \$) - Daha düşük maliyetli alternatiflerle benzer sonuçlar elde edilebilir
3	Yeraltı suyunun pompalanması ve arıtılması	8	- Yüksek derecede uygulanabilirlik - Kanalizasyon deşarj limitlerine uyulmalı	9	- Yatırım maliyeti kısa vadeli giderleri (pompa ve tank kiralama, yakıt, lab. analizleri ve işçilik) (33.000 \$) - İşletme uzun dönemli deşarj takibi (20.000 \$)	9	- Sahadaki kirlilik hızlı bir şekilde giderilecek ve saha kullanılabil hale gelecek - Yeraltı yapısının aşırı pompalamayla bozulmadığı tespit edilmeli	9	- Hızlı yeraltı suyunun iyileşmesi toplum tarafından kolay kabul edilebilir	68	- Yüksek temizleme performansı, düşük maliyet (53.000 \$) ve çoğu kriteri sağlama-sı nedeniyle çok uygun yeraltı suyu alternatifi
4	Pasif/reaktif arıtma bariyerleri ile yeraltı suyunun arıtılması	6	- Yeraltı suyunun doğal akışına uyum sağladığı için enerji gerektirmez - Saha toprak yapısına bağımlıdır - 15 m’den aşağıda kurulamaz	9	- Yatırım ve işletme maliyeti çok düşüktür (40.000 \$). - Kullanılacak reaktif malzemenin fiyatı en önemli gider kalemidir.	7	- Bariyerin etkinliği kontrol edilmeli - Kullanılacak malzemenin yeraltı su yapısını etkilemediği ispatlanmalı	8	- Yerüstündeki işletme PRB kurulumu gerçekleştirilmeden önceki işlevine devam edebilir - Harfiyat işleri kısıtlı	67	- Düşük maliyetli (40.000 \$) ve uzun vadeli bir temizleme yöntemi



This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

Uygulanabilir Temizleme Yöntemi Seçeneklerinin Belirlenmesi :

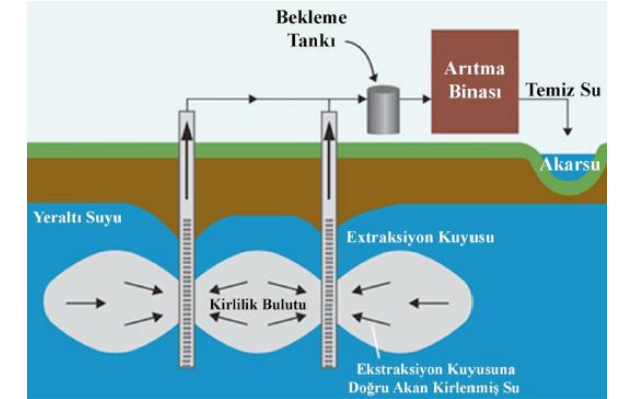
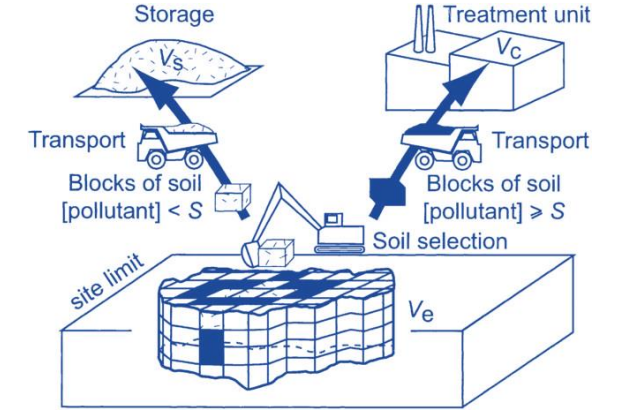
Saha için seçilen temizleme yöntemi belirlenmiş:

Toprak için:

Alternatif 3 - Sahadaki kirletici kaynağı alanlarında kirlenmiş toprağın hafriyatı ve saha dışında bertarafı

Yeraltı suyu için:

Alternatif 3 - Yeraltı Suyu Pompalama ve Arıtma





This Project is co-financed by
the European Union and the Republic of Turkey.

THANK YOU...