

Saha Karakterizasyon Teknikleri, Saha Örneklemme Analiz Planı (SÖAP), İyileştirme Teknolojileri

Hazırlayanlar:

*Gürkan Özbek
Hakan Güngör
Emre Pamukçu*

22 Mart 2017

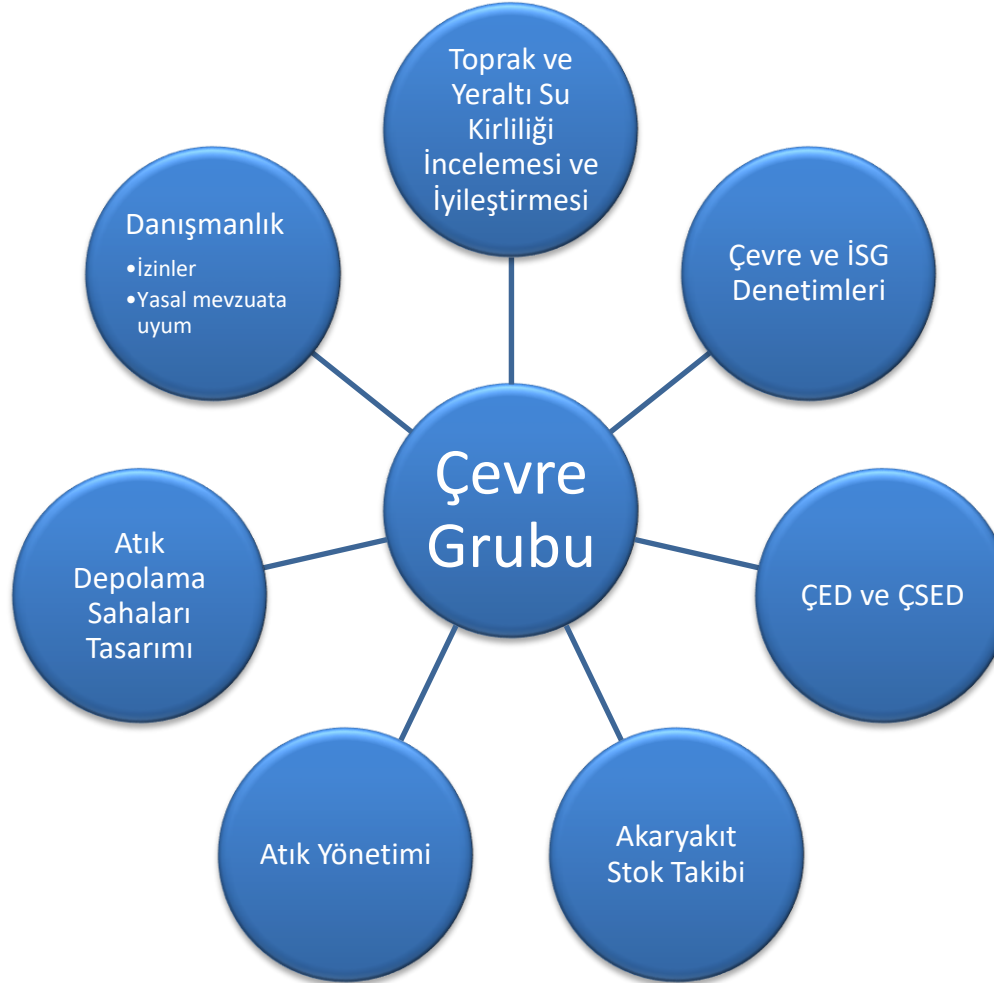
İÇERİK

- ELC Group A.Ş.
- Saha Karakterizasyon Teknikleri
- Saha Örneklemeye ve Analiz Planı (SÖAP)
- Kirlenmiş Sahalar için İyileştirilme Teknolojilerine Genel Bir Bakış

ELC Group A.Ş.

- Kuruluş Tarihi: 1992
- Çevre, zemin bilimleri ve akaryakıt stok yönetimi (wetstock) alanlarında uzman
- 45 personel
- Sondaj ve örnekleme ekibi
- Bakanlık Akreditasyonu olan hizmetler:
 - TKKNKKSDY
 - ÇED
 - Çevre Danışmanlık
- Merkezi İstanbul'da, Ankara'da irtibat ofisi
- 2012'den beri Royal HaskoningDHV iştiraki
 - 35 ülke
 - 100 ofis
 - 6500 çalışan

Çevre Grubu Hizmetleri





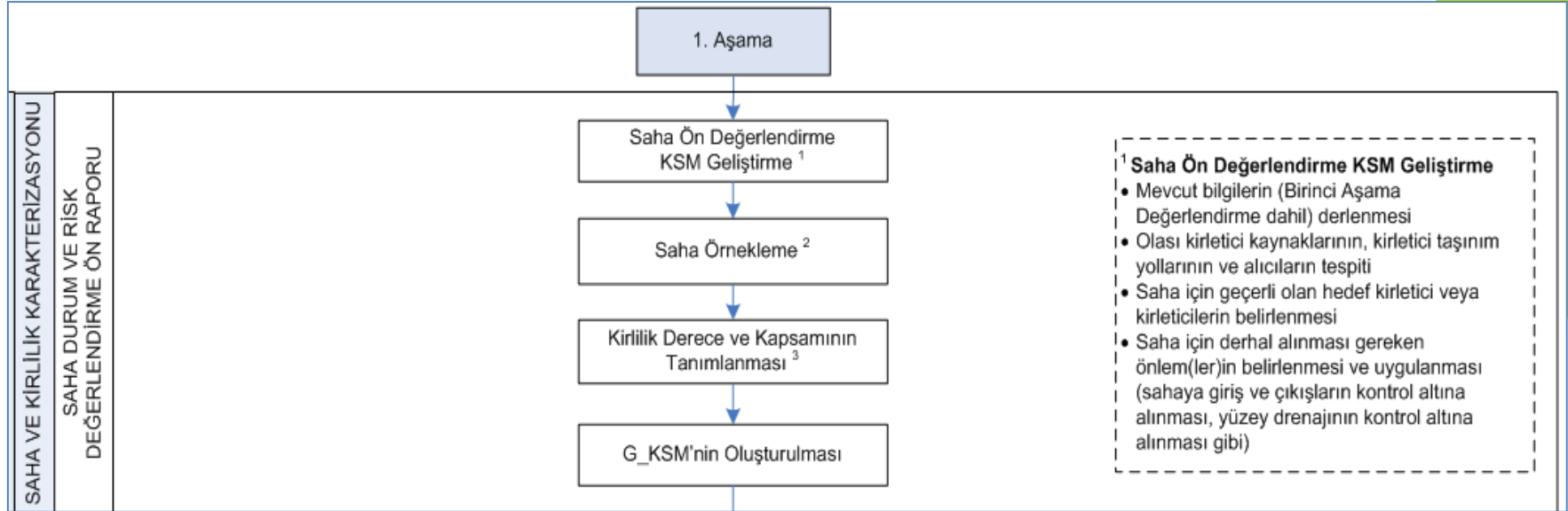
a company of



**Royal
HaskoningDHV**
Enhancing Society Together

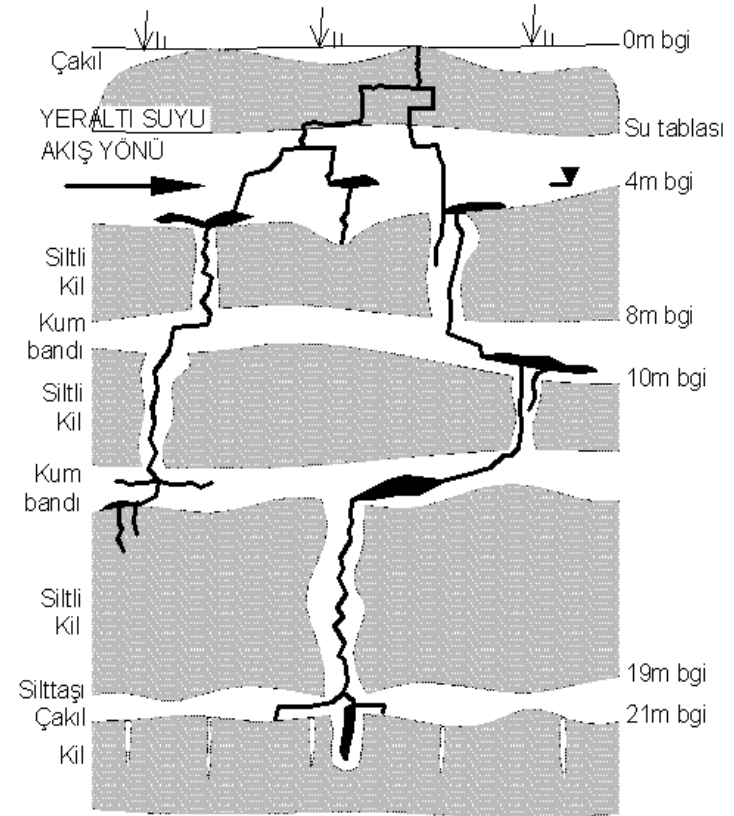
Saha Karakterizasyon Teknikleri

Saha Modellemesi Bilgi Gereksinimi



Saha Karakterizasyon Çalışmaları

- Jeofizik Teknikler
- Sondaj Teknikleri
- Toprak Gazı Ölçümleri
- Numune Alma Yöntemleri
- Yeraltı Suyu Gözlem Kuyularının Yerleştirilmesi
- Toprak ve Yeraltı Suyu Numune Alma Yöntemleri



Sondaj Teknikleri

- El Burgusu
- Window Sampling (Pencereli Numune Alıcı)
- Auger Delgisi (Sondaj Makinesi)
- Rotary Delgisi (Sondaj Makinesi)
- CPT Delgisi (Sondaj Makinesi)
- Backhoe (Kepçe Makinası)

Toprak ve Yeraltı Suyu Numunesi için Sondaj Yönteminin Seçimi

- Zemin ile ilgili ‘genel jeolojik yapı’ bilgisinin temini
- Delgi yönteminin, çapının, derinliğinin vs. belirlenmesi
- Kullanılacak ekipmanların seçimi ve temini

Pencereli Numune Alıcı

- Hızlı bir tekniktir – günde 5-6 yerden numune alınabilir;
- Derinliğin fazla olması gerekmez;
- Kurulması en basit olan kuyulardır (dar çaplı);
- Sığ su tablası olan kum/silt için ucuz ve etkin çözümdür;
- Sığ toprak numunesi almak ve yüzeysel zemin yapısını görmek için en iyi yöntemdir;
- Zemine çok az zarar verir (detaylı donanım gerekmeden örnekleme yapılabilir).

Pencereli Numune Alıcı



Pencereli Numune Alıcı



Pencereli Numune Alıcı Numunesi



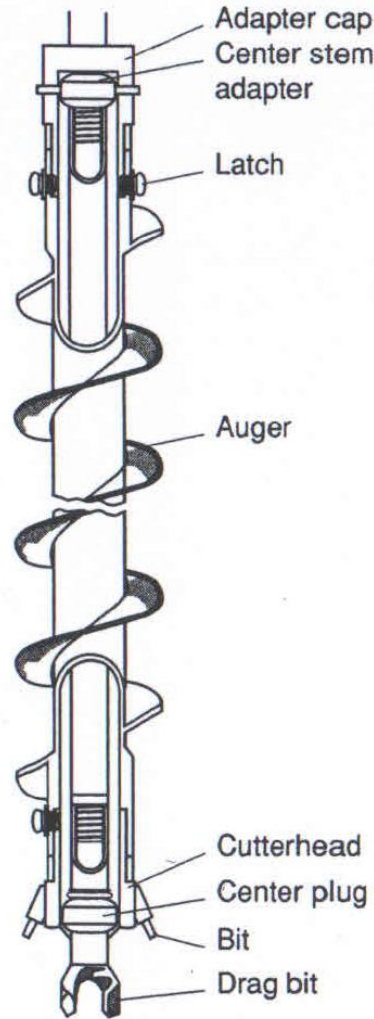
Auger Delgisi

- Dar yüzeylerde kullanılabilir, fakat donanım gerektirir;
- Kuru sistem, toprak zeminde uygulanabilir;
- Yüzeysel kuyular için hızlı bir yöntemdir;
- Makul çaplı bir gözlem kuyusudur;
- Kısa sürede yapılabilmesine karşın donanım maliyeti yüksektir;
- Derin kuyular açmak mümkündür.

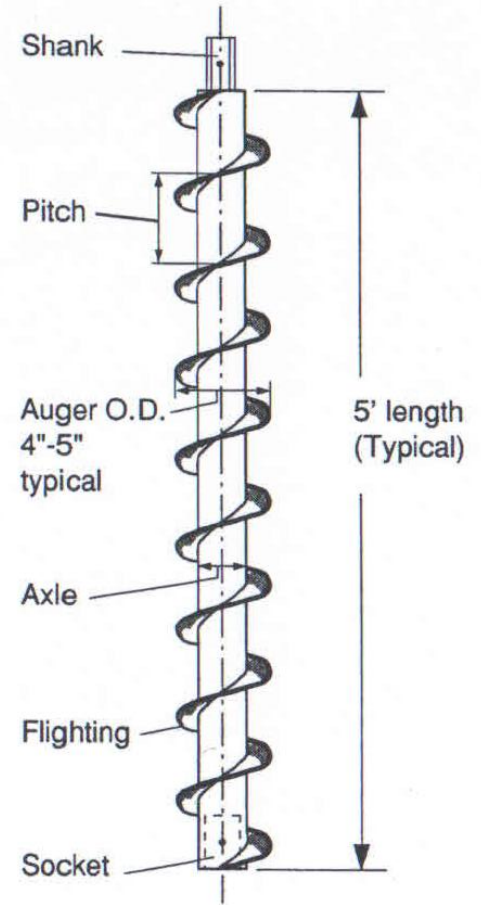
Auger Delgisi

a) İçi Boş Auger Tij Takımı

b) Kapalı (Sürekli) Auger Tij Takımı

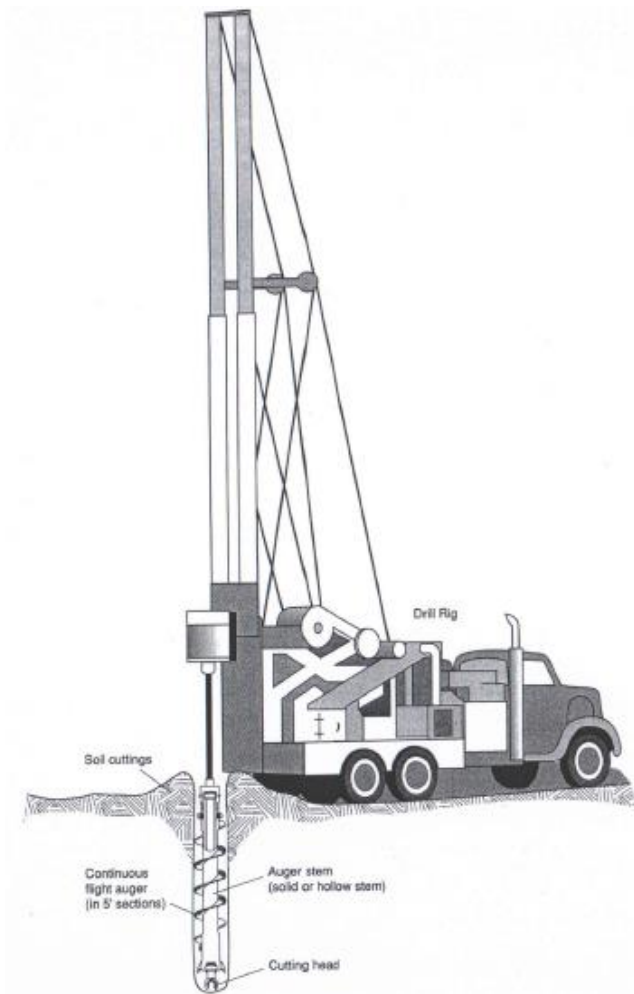


a.) Hollow stem auger



b.) Solid stem auger

Auger Delgisi



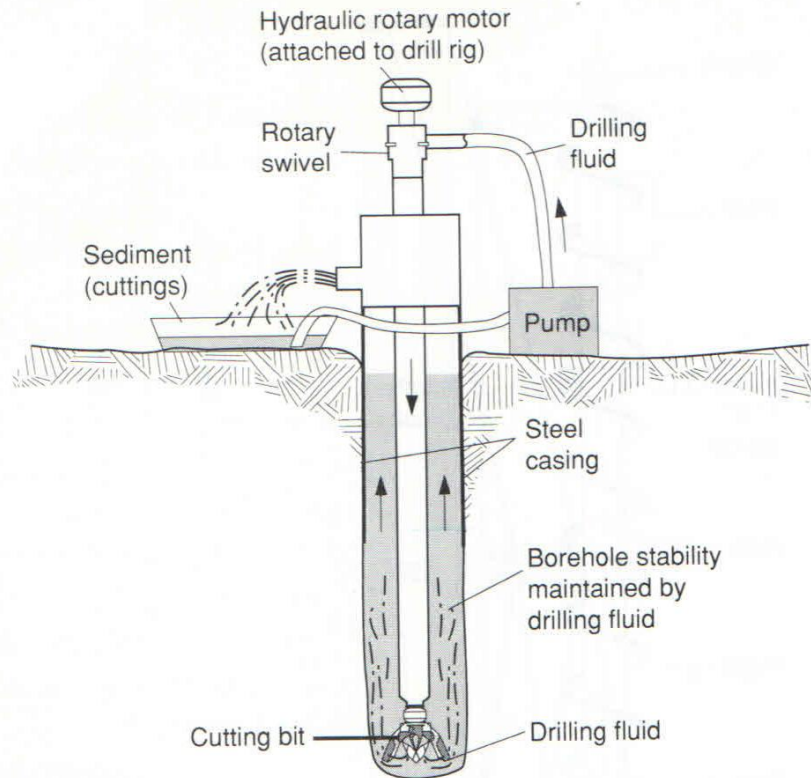
Auger Takımı ve Numune Alımı



Rotary Delgisi

- Anakayada gereklidir;
- Kayayı elmas matkapla keser, akışkan madde olarak su, hava veya çamur kullanır;
- Pahalı bir yöntemdir, fakat çok derin delgiler yapılabilir;
- Sınırlı toprak numunesi alır;
- Bütün numune alınabilir.

Rotary Delgisi



Backhoe (Kepçe Makinesi) Yöntemi

Numune Alınması için Yüzeysel Kazı



1. Kepçe
Kullanılarak kazı
yapılması



2. Numune
kepçenin
ağızından alınır



3. Görsel
Değerlendirme

4. Çalışanlar için
tehlike

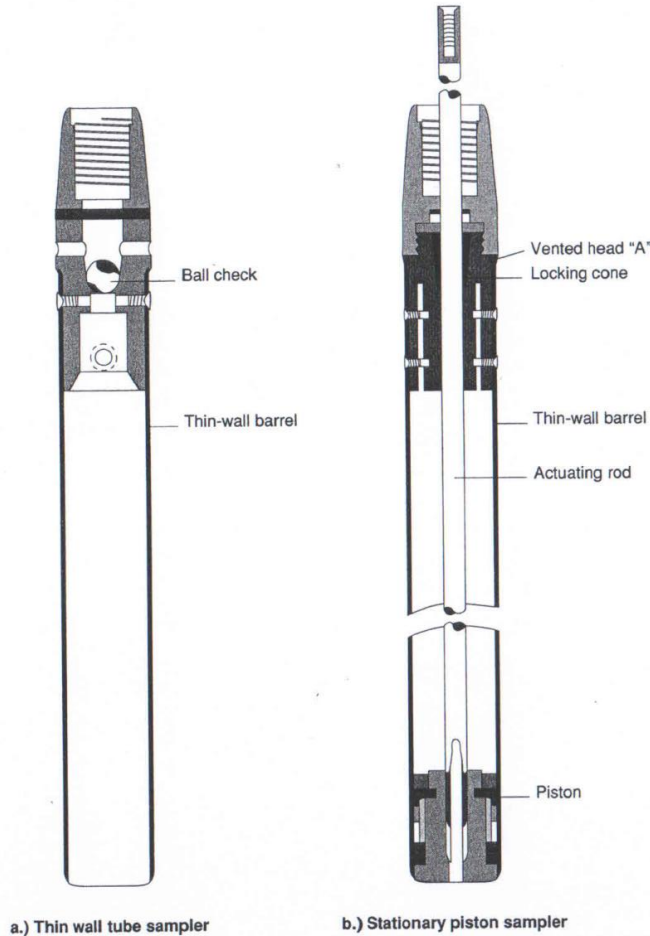


Toprak Gazı Ölçümleri

- PID/FID kullanılmalı
- Ekipman hergün çalışmaya başlamadan önce kalibre edilmeli
- Ya her metrede ya da delgi işlemi sırasında sıklıkla alınması sağlanmalı
- Sınırlı bütçeler için
- Saha ile ilgili yeterli kanı oluşmazsa daha detaylı – daha fazla noktada – bir saha araştırması yapılmalı



In-situ Testler – SPT (Standart Penetrasyon Testi)



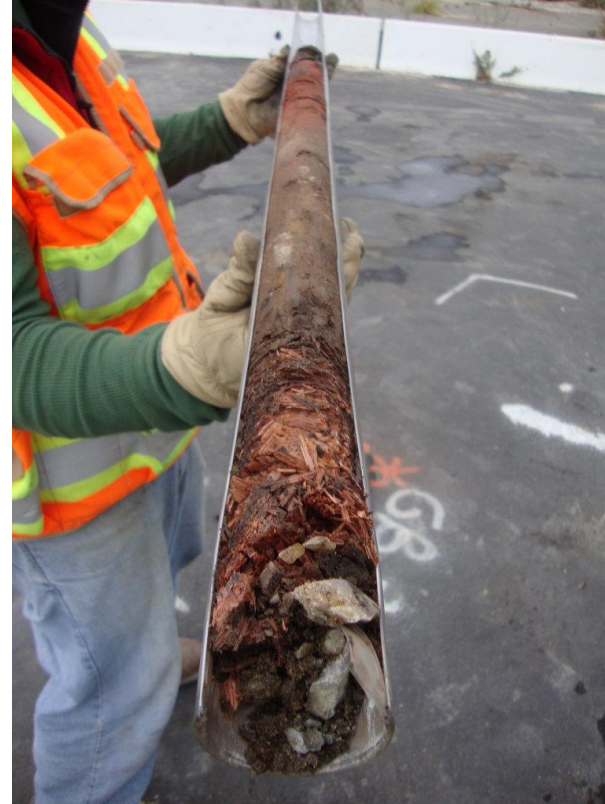
Kumlar		
N-değeri	Relatif yoğunluk	Tanım
0-4	0-15	Çok gevşek
4-10	15-35	Gevşek
10-30	35-65	Orta
30-50	65-85	Sıkı
>50	85-100	Çok sıkı

Killer		
N-değeri	Serbest Basınç Dayanımı (kN/m ²)	Tanım
<2	<0.25	Çok yumuşak
2-4	0.25-0.50	Yumuşak
4-8	0.5-1.0	Orta sert
8-15	1.0-2.0	Sert
15-30	2.0-4.0	Çok sert
>30	>4	Katı

Toprak Numunesi için Kullanılan Malzemeler

- Darbeli Kırıcı,
- Beton Delici Matkap,
- Pencerele Numune Alıcılar,
- Foto-iyonizasyon dedektörü (PID),
- Örneklem kapları,
- Kilitli poşet,
- Sondaj log formları,
- Numune alma eldiveni,
- Etiketler,
- Harita, kroki.

Toprak Numunesi için Kullanılan Malzemeler ve Numune Alımı



Toprak Numunesi için Kullanılan Malzemeler ve Numune Alımı



Gözlem Kuyusu için Kullanılan Malzemeler

- Sondaj makinesi,
- Filtreli ve filtresiz PVC boru,
- Bentonit,
- Yıkanmış dere çakılı,
- Bailer,
- Su Seviye Tespit Cihazı,
- Sondaj log formları,
- Numune alma eldiveni,
- Kilitli poşet,
- Etiketler,
- Harita, kroki.

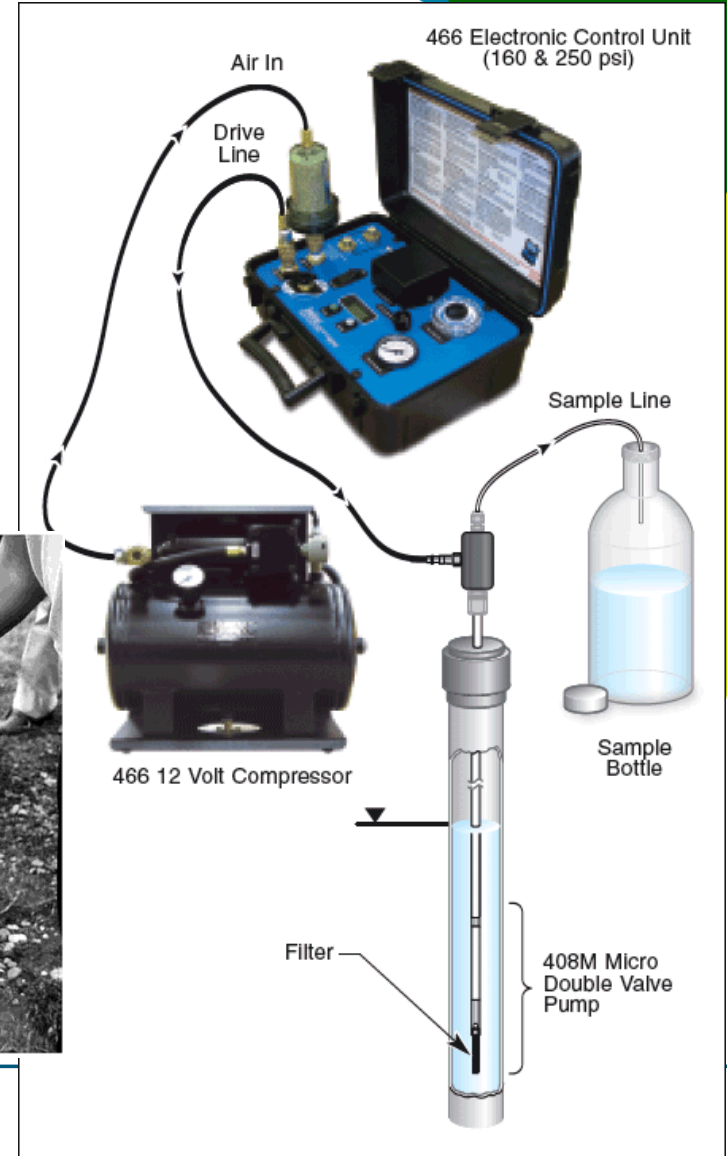
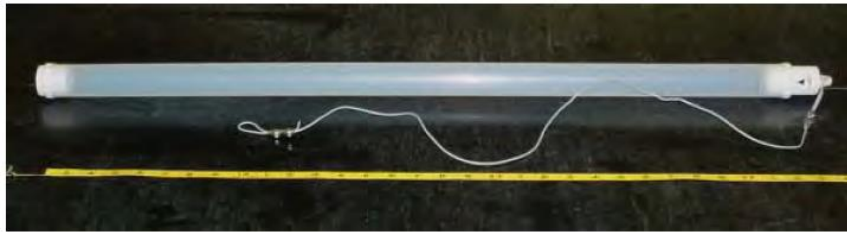
Gözlem Kuyusu Teşkili



Yeraltı Suyu Örneklemesi için Kullanılan Malzemeler

- Düşük debili örneklemme pompası,
- Bailer,
- Su Seviye Tespit Cihazı,
- Analiz Cihazları (pH metre, iletkenlik cihazı),
- Log formları,
- Numune Şişeleri,
- Numune Alma Eldiveni,
- Etiketler,
- Harita, kroki,

Su Numunesi Alımı ve Ölçümler



Yeraltı Su Numunesi Alınması

- Minimum karışmayı sağlamak için çok düşük – ideal akış miktarı pompalamak - örneğin peristaltik pompa
- Bailer – çok tercih edilmez,
- Uçucu numuneler – ciddi boyutta kabarcıklı olmayan (diğerleri için iyi örnek),
- Metaller – filtre edilmiş ve asitlenmiş olmalı,
- Temiz çalışma alanı ve özellikle şişeler,
- Sondajlar arasında ekipman temizlenmiş olmalı,

Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

- Temsil edici numune seçimi (konum, derinlik, vs.)
 - Saha ve geçmişinin detaylı değerlendirilmesi
 - Saha çevresinin tanımlanması
- Toprak ve yeraltısuyu örnekleme prosedürlerine uygunluk
 - Soğuk zincir,
 - VOC,
 - Koruyucu maddeler,
- Çapraz Kirlenme

Saha Örneklemeye Ve Analiz Planı (SÖAP) ve Saha Uygulamaları

SÖAP GEREKLİLİĞİ

- 1981 yılından bu yana “**Polietilen Sera Örtüsü Streç Film Üretimi**” faaliyetleri yürütülmekte olan tesis, 06 Mayıs 2016 tarihinde İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü’nün gerçekleştirmiş olduğu denetleme neticesinde “**Şüpheli Saha**” olarak tanımlanmış ve **SÖAP hazırlanması talep edilmiştir.**

ÖRNEKLEMENİN AMACI

- Sahadaki **toprak ve yeraltısuyu kalitesinin belirlenmesi,**
- **Potansiyel kirletici kaynaklarının belirlenmesi,**
- Toprakta **hedef kirletici saha konsantrasyonlarının (HKSK) belirlenmesi,**
- Toprakta **referans değer (RD) ölçümleri.**

SAHA HAKKINDA GENEL BİLGİ

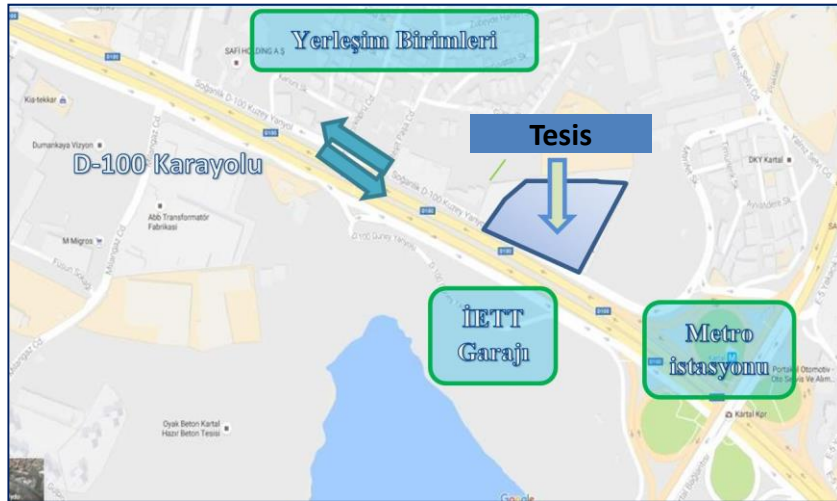


- **Faaliyet:** Polietilen Sera Örtüsü ve Streç Film Üretimi
- **Adres:** İstanbul İli Kartal İlçesi,
- **Toplam Alan:** ~12.070 m²
- **Toplam Kapalı Alan:** ~8.085 m²
- **Toplam Sıvı Ürün Depolama Kapasitesi:** ~116 m³
- Saha ve çevresinde **geçmişte** herhangi bir **kirlilik etüdü** gerçekleştirilmemiştir.
- Tesiste, **3 adet sıvı kimyasal depolama tankı** ve **1 adet IBC yakıt tankı** vardır.
- Üretimde **3 adet kızgın yağ ısıtılmalı çelik reaktör** bulunmakta olup **biri devre dışıdır**.

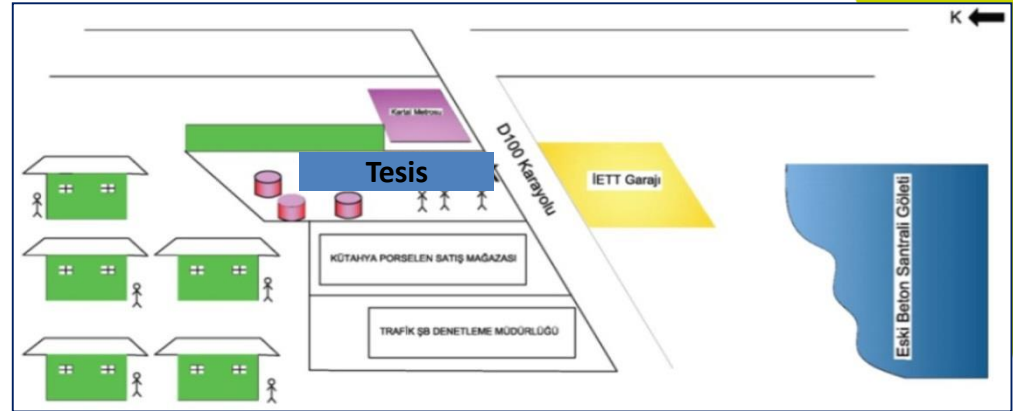
KAVRAMSAL SAHA MODELİ (KSM)

- KSM kapsamında mevcut ve saha çalışmaları ile elde edilmesi gereken veriler/bilgiler **KSM Formu**'nda listelenmiştir.
- **KSM Şeması** oluşturulmuştur.

KSM Şeması - Kuşbakışı



KSM Şeması - Yankesit



Maruziyet yolları;

- Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim (Tesis çalışanları, işçiler)
- Kaçak tozların dış ortamlarda solunması (Tesis çalışanları, işçiler)
- Uçucu maddelerin dış ortamda solunması (Tesis çalışanları, işçiler)

The flowchart illustrates the pathways of exposure from secondary sources to receptors. The sources are categorized into 'İKİNCİL KAYNAK' (Secondary Source) and 'ALICI' (Receptor). The pathways are as follows:

- Yüzey Toprağı (Surface Soil):**
 - Pathway to **Hava (Toz) (Air (Dust))**: Leads to **Solunum (Inhalation)** for **Yetişkin (Adult)** and **Çocuk (Child)** receptors.
 - Pathway to **Yüzey Toprağı (Surface Soil)**: Leads to **Yutma (Ingestion)** and **Deri teması (Skin contact)** for **İşçi (Worker)** and **İnşaat İşçisi (Construction Worker)** receptors.
 - Pathway to **Hava (Uçucular) (Air (Volatiles))**: Leads to **Solunum (Inhalation)** for **İşçi (Worker)** and **İnşaat İşçisi (Construction Worker)** receptors.
- Yeraltı suyu (Groundwater):**
 - Pathway to **Yüzey suyu (Surface water)**:
 - Pathway to **Balık (Fish)**: Leads to **Yutma (Ingestion)** for **Yetişkin (Adult)** and **Çocuk (Child)** receptors.
 - Pathway to **Hava (Uçucular) (Air (Volatiles))**: Leads to **Solunum (Inhalation)** for **İşçi (Worker)** and **İnşaat İşçisi (Construction Worker)** receptors.
 - Pathway to **Yüzey suyu (Surface water)**: Leads to **Yutma (Ingestion)** and **Deri teması (Skin contact)** for **İşçi (Worker)** and **İnşaat İşçisi (Construction Worker)** receptors.
 - Pathway to **Bitki (Plant)**: Leads to **Yutma (Ingestion)** for **Yetişkin (Adult)** and **Çocuk (Child)** receptors.
 - Pathway to **Yeraltı suyu (Groundwater)**: Leads to **Yutma (Ingestion)** and **Deri teması (Skin contact)** for **İşçi (Worker)** and **İnşaat İşçisi (Construction Worker)** receptors.
- Yüzey altı toprağı (Subsurface soil):**
 - Pathway to **Hava (Uçucular) (Air (Volatiles))**: Leads to **Solunum (Inhalation)** for **İşçi (Worker)** and **İnşaat İşçisi (Construction Worker)** receptors.



Royal
HaskoningDHV
Enhancing Society Together

ÖLÇÜLECEK KİRLİLİK PARAMETRELERİ

- Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri (TKKNKKSDY Ek 2, Tablo 2)

NACE Kodu	Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri (TKKNKKSDY Ek 2, Tablo 2)
2229 – Başka Yerde Sınıflandırılmamış Plastik Ürünlerinin İmalatı	TOX, TPH, Metaller (Cd, Cr, Hg, Pb, Zn,)

- TKKNKKSDY Ek 2, Tablo 2 doğrultusunda belirlenen hedef kirleticiler:
 - Toplam Organik Halojenler (**TOX**),
 - Toplam Petrol Hidrokarbonları (**TPH**) ve
 - Metaller: Kadmiyum (**Cd**), Krom (**Cr**), Civa (**Hg**), Kurşun (**Pb**), Çinko (**Zn**).
- **Toprak ev yeraltsuyu numunelerinin alınması ve analizleri**, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş ve Türkak akreditasyon belgesine sahip **Laboratuvar** tarafından yapılması.

SÖAP – ÖRNEKLEME YAKLAŞIMI

- Sahadaki **potansiyel kirlетici kaynakları** arasında çeşitli **yerüstü sıvı ürün depolama tankları, yerüstü ürün iletim hatları, yeraltı atıksu hatları** ve **DOP üretim ünitesi, IBC mazot tankı çevresi** bulunmaktadır.
- Örneklemе çalışması kapsamında, özellikle plastifiyan (DOP) üretim alanı olmak üzere sahanın çeşitli yerlerinde açılması planlanan toplam **7 adet sığ sondajdan ve 1 adet derin sondajdan yüzey altı toprak ve yeraltısuyu (tespit edilirse) örnekleri** alınacaktır.
- Ayrıca, 07.06.2016 sayılı ve 44931749 sayılı İl Çevre Denetim Tutanağı'nda; Mayıs ayında gerçekleştirilen denetimde, '...tesiste çalışan forkliftler için 1 adet IBC mazot tankı ve üretim bölümünde 3 adet kimyasal depolama tankının mevcut olduğu, bu bölümde **dolum noktalarının bulunduğu ve tesis zeminin betonarme olduğu, ancak bazı bölümlerin yıpranmış durumda olduğu görülmüş** olup...' ifadesi yer almaktadır.
- **Numune lokasyonları** yukarıda bahsedilen **potansiyel kirlетici kaynakları** ve **İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü Denetim tutanağı dikkate alınarak** belirlenmiştir.

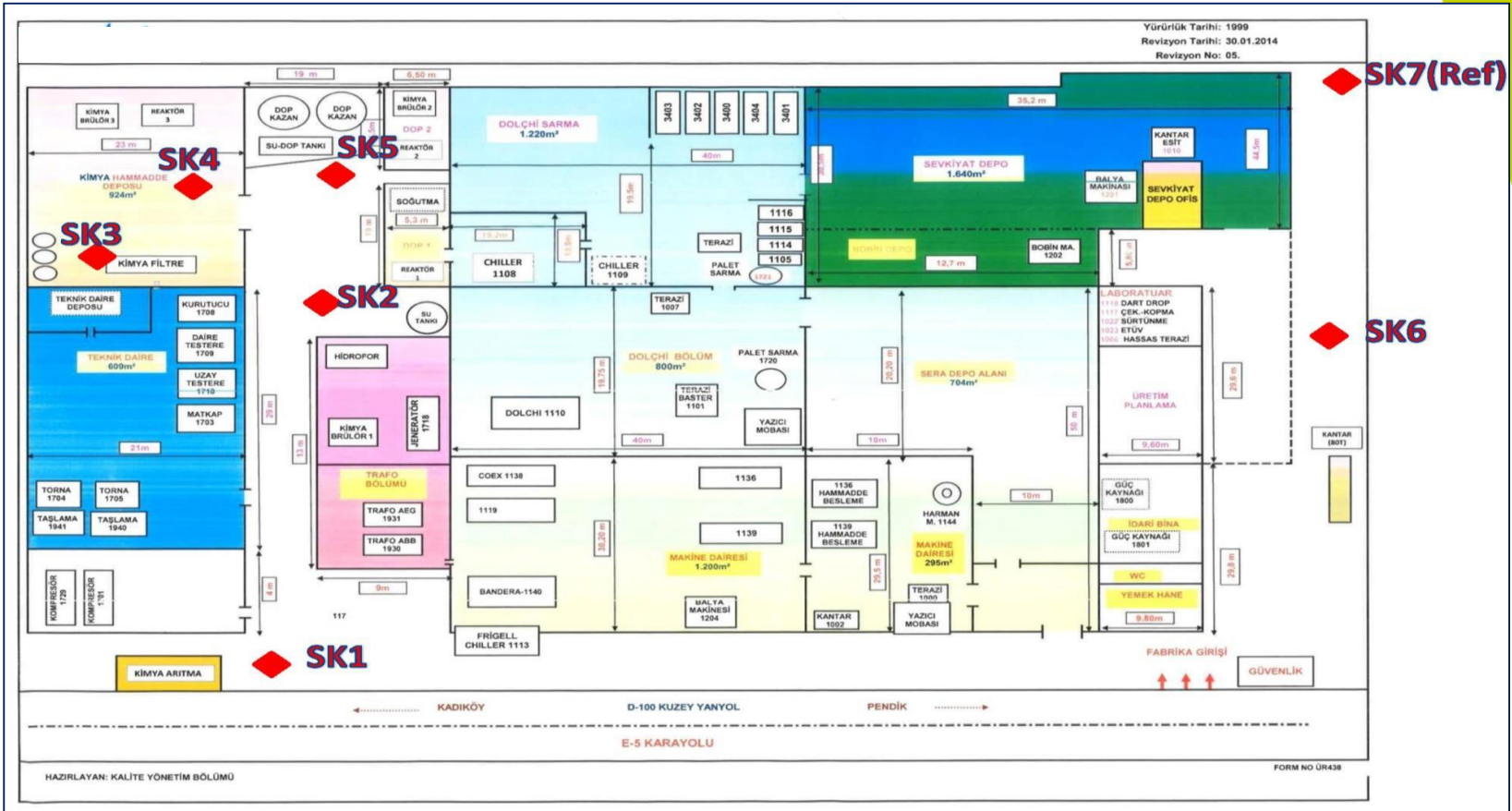
SÖAP – ÖRNEKLEME NOKTALARININ YERLEŞİMİ

Örnekleme noktalarının yerleri;

- **SK-1:** Kimyasal Arıtma Alanı ve tesisin güneybatısı,
- **SK-2 (MW):** Yerüstü Sıvı Ürün Depolama Tankı Alanı,
- **SK-3:** Üretim Alanı ve Kimyasal Hammadde Deposu Alanı,
- **SK-4:** Üretim Alanı ve Kimyasal Hammadde Deposu Alanı,
- **SK-5:** Yerüstü Sıvı Ürün Depolama Tankları Alanı,
- **SK-6:** IBC Mazot Tankı Yanı ve Tesisin Doğusu,
- **SK-7:** Referans Noktası.

şeklindedir.

SÖAP – TESİS PLANI VE ÖRNEKLEME NOKTALARININ YERLEŞİMİ



SÖAP – TOPRAK ve YERALTSUYU ÖRNEKLERİNİN ALINMASI

- Hem yatay hem de düşey kirliliğin sınırlarının belirlenmesi amacıyla **darbeli matkapla sığ sondajlar ve sondaj kamyonu ile derin sondaj** yapılması,
- Rastlanılan **litolojik birimlerin sondaj logu formlarına** kaydedilmesi,
- Toprak numuneleri üzerinde **PID ölçümü**,
- Her bir sondaj **noktasında PID değerinin en yüksek olduğu derinliklerden toprak numunesi ve yeraltısuyu (tespit edilirse) alınması** ve analiz edilmek üzere akredite laboratuvara gönderilmesi,
- **İş güvenliği ve işçi sağlığı** ile ilgili çalışma **standartlarına uygun** çalışma.

Kirlenmiş Sahalar için İyileştirilme Teknolojilerine Genel Bir Bakış

- Toprak İyileştirme Teknolojilerine Örnekler
- Yeraltısuyu İyileştirme Teknolojilerine Örnekler

SVE – Soil Vapor Extraction (Toprak Buhar Ekstraksiyonu)

Teknoloji

- Vakum (ekstraksiyon) kuyuları
- Uçucu bileşikler toprak yüzeyinden ayrılıp buharlaşarak gaz fazına geçerler
- Ekstrakte edilen buharın arıtılması gerekir (aktif karbon, vb.)
- Kanıtlanmış performans, kolay ekipman kurulumu, geniş alanlara uygulanabilme
- Planlama aşamasında kuyu etki alanı tespiti için pilot test

Özellik

In-situ teknoloji

Kirleticiler

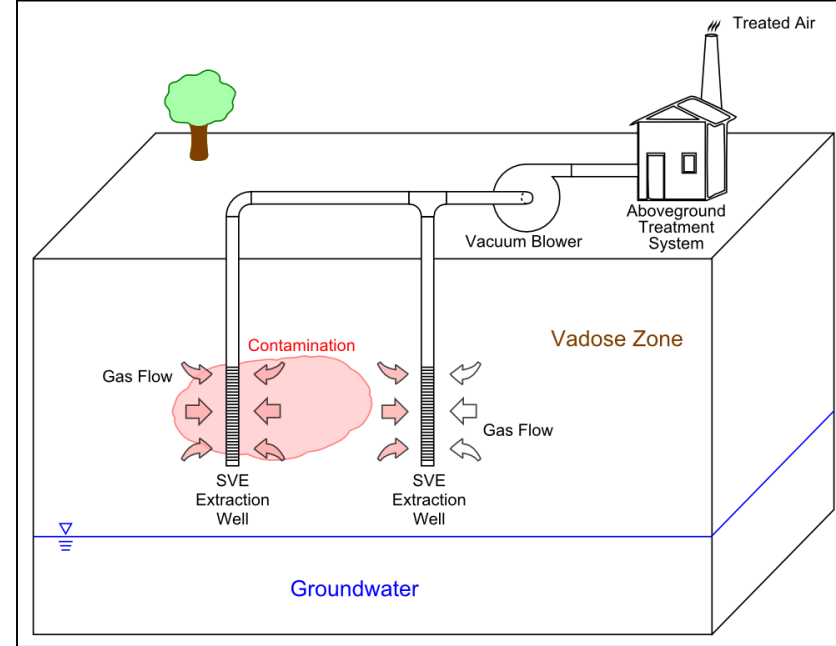
Uçucu organik bileşikler (VOC)

Uygulanabilir jeoloji

Yüksek geçirgenlik ve homojen özelliğe sahip vadoz (doymamış) bölge

Yaklaşık maliyet

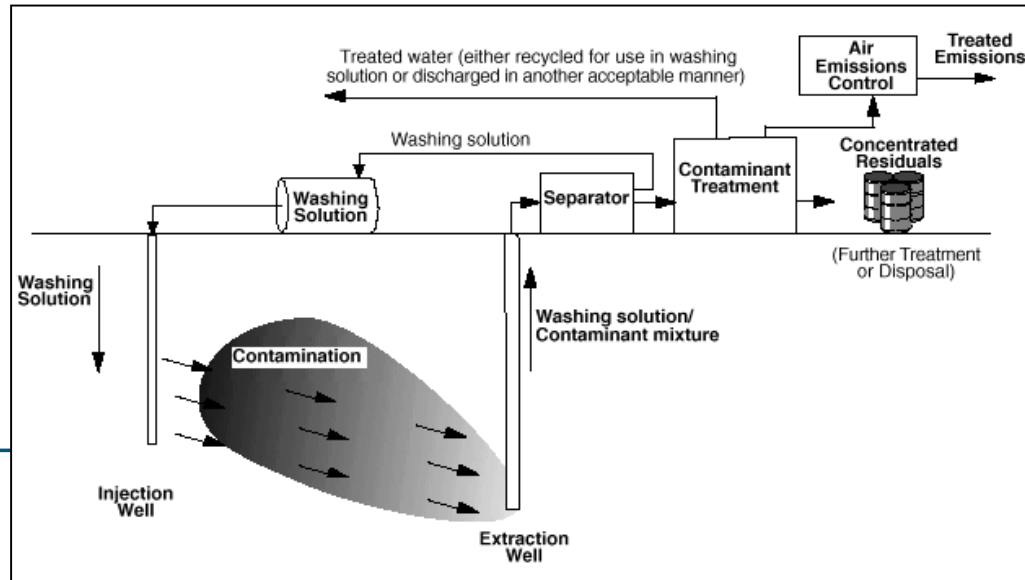
\$20-\$50 /ton kontamine toprak



Kaynak: <http://www.oil-gasportal.com/remediation-of-hydrocarbon-contaminated-soils/>

Soil Flushing (Toprak Yıkama)

Teknoloji	- Yerinde toprak yıkama, kirlenmiş toprağa yıkama çözeltisi enjekte edilmesi ve adsorplanmış kirleticilerin topraktan uzaklaştırılmasıdır - Ekstraksiyon sıvıları kuyular yardımı ile yüzeye çekilerek arıtmaya tabi tutulur - Toprak yıkama çözeltisi olarak genellikle biyolojik olarak parçalanabilir yüzey aktif maddeler tercih edilir
Özellik	In-situ teknoloji
Kirleticiler	İnorganikler, hidrokarbonlar, pestisitler
Uygulanabilir jeoloji	Yüksek geçirgenlik ve homojen özelliğe sahip vadoz (doymamış) bölge
Yaklaşık maliyet	\$25-\$250 /ton kontamine toprak



Solidification/Stabilization – S/S (Toprakta Solidifikasyon/Stabilizasyon)

Teknoloji

- S/S gibi immobilizasyon teknolojileri, topraktaki kirleticilerin mobilitesini azaltmayı amaçlar
- S/S uygulamaları, kirleticilerin toprağa eklenen bağlayıcı bir katı matriks (örn. çimento) içinde enkapsüle olmasını içerir
- Ex-situ S/S uygulamaları, kazılan toprağın bağlayıcı maddelerle belirli oranlarda karıştırılması şeklindedir
- In-situ S/S ise, kirlenmiş arazide açılan kuyulara suda çözünmüş haldeki bağlayıcının basınçlı olarak pompalanması şeklinde olmaktadır
- Uygulanabilirlik testleri gerekmektedir

Özellik

In-situ ve ex-situ teknoloji

Kirleticiler

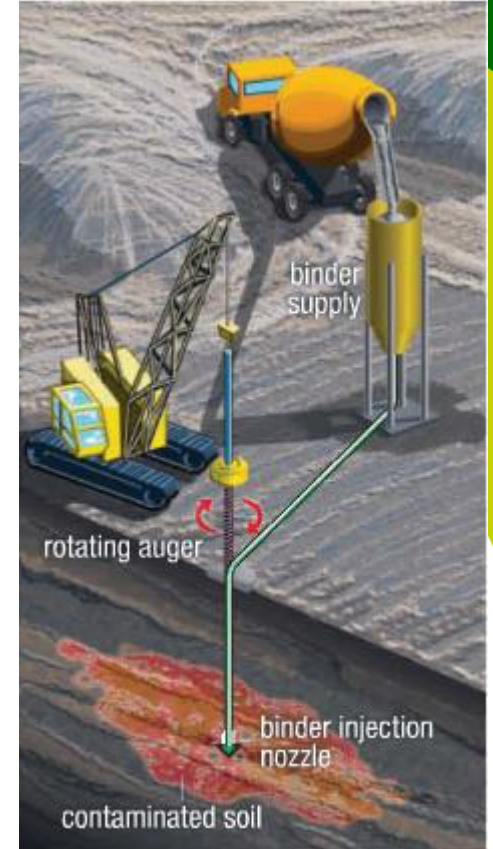
Ağır metaller ve diğer inorganik kirleticiler

Uygulanabilir jeoloji

Orta-yüksek geçirgenlik ve homojen özelliğe sahip vadoz (doymamış) bölge

Yaklaşık maliyet

\$100-\$150 /ton kontamine toprak



Kaynak: <https://cedarbraechemistry.wikispaces.com/>

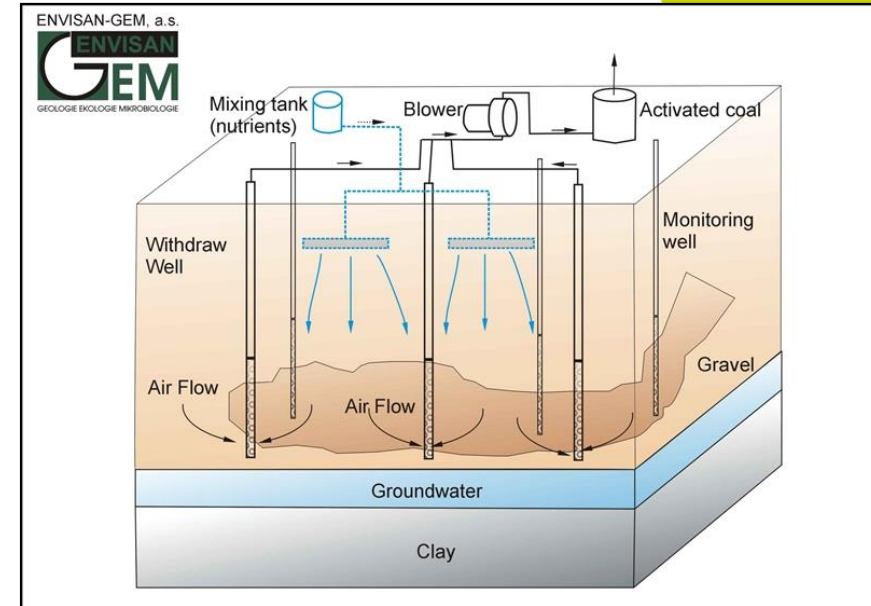
Toprak İyileştirme Teknolojileri:

Biyoremediasyon

- Kirlenmiş bir arazinin bakteri, mantar, bitki ve bunların enzimlerinin yardımıyla iyileştirme prosesidir.
- Doğal yollarla gerçekleşmesi ve diğer yöntemlere göre daha ekonomik bir proses olması sebebiyle oldukça avantajlıdır.

Bioventing (Toprak Biyo-havalandırma)

Teknoloji	• Kirleticilerin, hava enjeksiyonu yardımıyla, toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından aerobik olarak parçalanması • Enjekte edilen havanın ayrıca, uçucu organik maddeleri hava akımıyla birlikte yüzeye taşıması işlevi de mevcuttur • Gerekli durumlarda besin enjeksiyonu da yapılabilir
Özellik	In-situ teknoloji
Kirleticiler	Petrol hidrokarbonları, uçucu bileşikler (VOC) ve diğer bazı aerobik olarak parçalanabilen organik bileşikler
Uygulanabilir jeoloji	Orta-yüksek geçirgenliğe sahip vadoz (doymamış) bölge
Yaklaşık maliyet	\$30-\$90 /ton kontamine toprak



Kaynak: <http://www.oil-gasportal.com/remediation-of-hydrocarbon-contaminated-soils/>

Biopiling (Toprak Biyoyığınları)

Teknoloji

- Bu sistemde kazılarak alınan toprak birkaç metre yüksekliğinde yığınlar halinde bırakılır
- Mikroorganizmalar ile aerobik parçalanma aktivitesini arttırmak amacıyla yığın içine hava enjekte edilir ve gerekirse besinler eklenir
- Parçalanmada sıcaklık ve nem de önemli faktörler arasındadır
- Sızıntı kontrolü uygulanmalıdır (geçirimsiz membran, vb.); emisyon kontrolü gerekebilir
- Homojenliğin sağlanması için biyoyığınların belirli zamanlarda karıştırılması ya da sürülmesi gerekebilir

Özellik

Ex-situ teknoloji

Kirleticiler

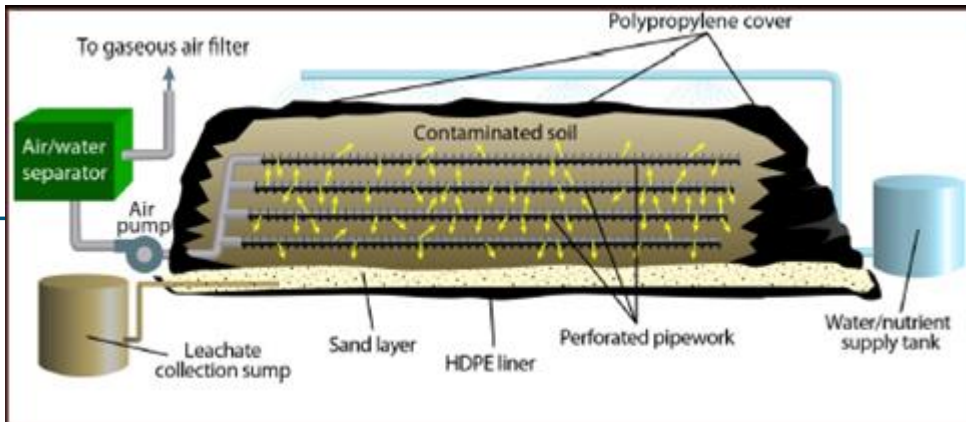
Petrol hidrokarbonları (özellikle hafif ürünler), uçucu organik bileşikler (VOC), bazı pestisitler

Uygulanabilir jeoloji

Orta-yüksek geçirgenliğe sahip toprak

Yaklaşık maliyet

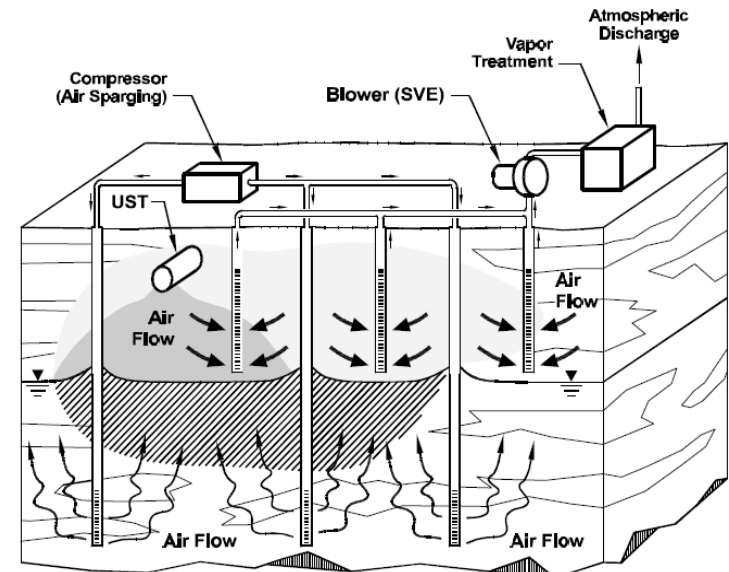
\$130 - \$260 /ton kontamine toprak



Kaynak: <http://www.oil-gasportal.com/remediation-of-hydrocarbon-contaminated-soils/>

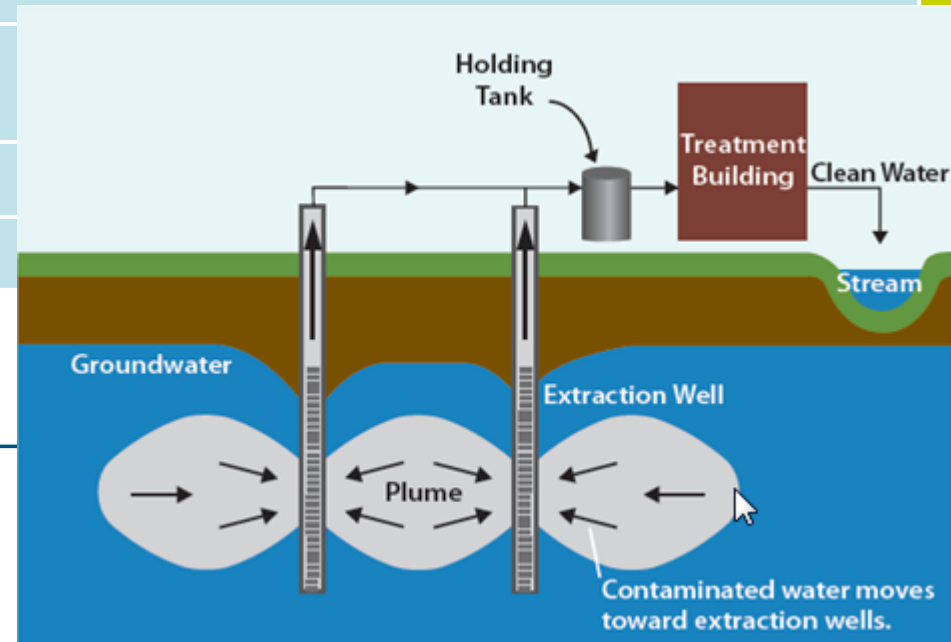
Air Sparging – (Hava enjeksiyonu ve dağıtımı)

Teknoloji	Doygun zona basınçla atmosferik hava enjeksiyonu uygulayarak, biyolojik bozunmayı desteklemek ve yeraltı suyu kirleticilerini uçurmak amacıyla yüzey altı oksijen konsantrasyonunun yükseltilmesidir. • Genelde SVE ile kombine edilir. • Kolay teşkil edilebilir, basit ekipman ihtiyacı olan bir sistemdir. Sistem kurulumu için alan gereksinimi azdır. • Silt ve kil zeminlerde etkinliği azdır. • Heterojen zeminlerde etkinliği azdır.(örn. yüksek geçirimli bir zemin üzerinde geçirimsiz bir zemin bulunması durumu) • Uçucu ve(ya) biyo-bozunabilir olmayan kirleticilerde etkisi yoktur. • Buharın kontrol edilmesi ve kirleticinin kontrolsüz yayılımı riskini engellemek için detaylı pilot çalışma gerekir.
Özellik	In-situ teknoloji
Kirleticiler	Uçucular (VOC) Halojenli organikler
Uygulanabilir jeoloji	Homojen ve geçirgen zeminler Sadece serbest akiferler
Yaklaşık maliyet	\$15 - 65 / m ³ kirli toprak



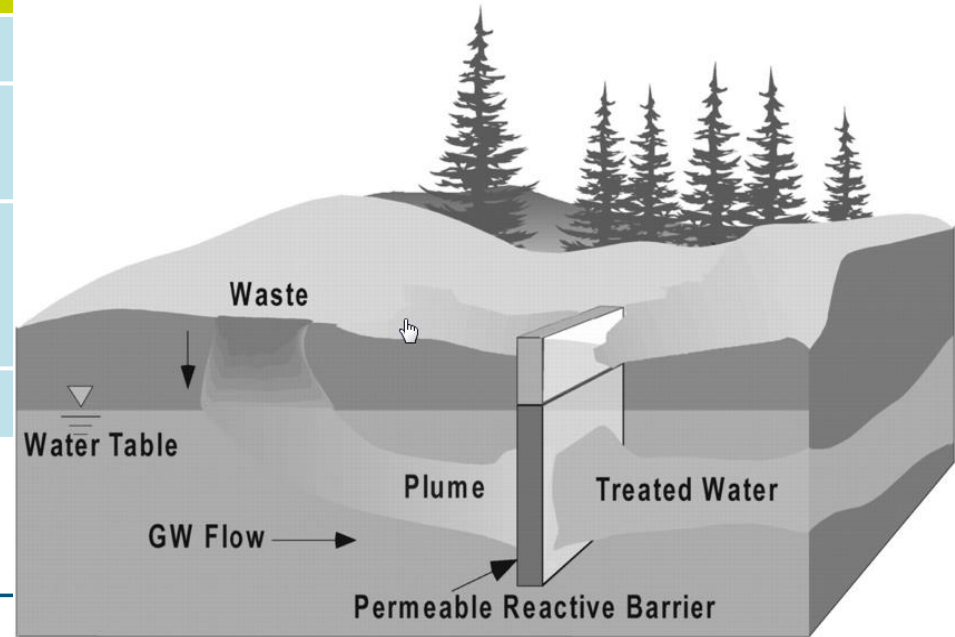
Pump and Treat (Yeraltı Suyu Pompalama ve Arıtma)

Teknoloji	Kirlenmiş yeraltı suyu teşkil edilen kuyularla yüzeye pompalanır ve kirli su arıtıldıktan sonra yeraltına enjekte edilir veya yüzeysel bir kaynağa deşarj edilir. • Kolay teşkil edilebilir, basit ekipman ihtiyacı olan bir sistemdir. Sistem kurulumu için alan gereksinimi azdır. Hızla kurulabilir. • Sert sularda ve çözünmüş kirleticilerde etkilidir. • Temizleme işlemi uzun süreler alabilir (5-50 yıl). • Çatlaklı kayaç ve killi zeminlerde uygulaması zordur. • Toprağa adsorbe olan kirleticilerde etkili değildir. • Maliyeti yüksek kabul edilmektedir.
Özellik	In-situ teknoloji
Kirleticiler	Her tür çözünmüş kirletici
Uygulanabilir jeoloji	Geçirgen zeminler
Yaklaşık maliyet	\$1-26,0 m ³ su



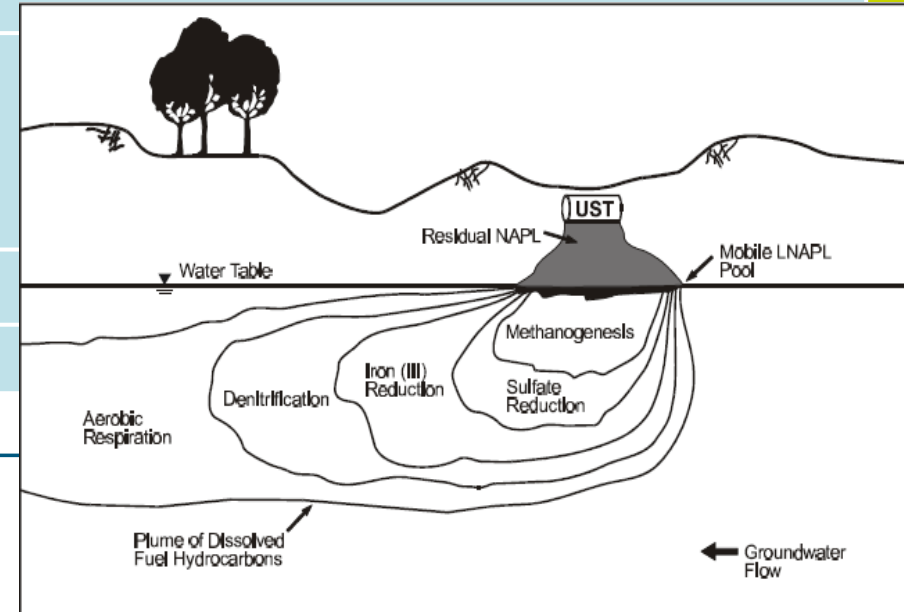
Reaktif Arıtma Duvarları (Reactive barriers)

Teknoloji	Yeraltı suyu, yer altına teşkil edilmiş arıtma duvarından geçerken, kirleticiler duvar tarafından tutulur ya da duvarın öteki tarafına zararsız bileşiklere dönüşerek geçer. • Düşük bakım ve işletme maliyeti • Teşkil edilen duvarın reaktifliği zaman içinde kaybolabilir ve reaktif maddenin yenilenmesi gerekebilir. • Geniş ve derin kirlilik bulutlarını iyileştirmek zordur.
Özellik	In-situ teknoloji
Kirleticiler	VOC, SVOC ve inorganikler
Uygulanabilir jeoloji	Geçirgen zeminler, Küçük ve sığ kirlilik bulutları
Yaklaşık maliyet	NA



Doğal Sönümlenme (Natural Attenuation)

Teknoloji	Kirlenmenin, müdahale olmaksızın doğal yöntemlerle sınırlandırılması ve azaltılmasını amaçlar. Temizleme hedeflerinin aktif yöntemlerle kıyaslanabilir bir zaman ölçeğinde yerine getirilmesini gerektirir. • Muhtemel düşük maliyet • Detaylı saha karakterizasyonu ve uzun dönemli performans takibi gerektirir. • Kirlenmenin sınırlı olduğunun, alıcılarla riskli bir temasın olmadığı ve doğal sönümlenmenin gerçekleştiğinin kanıtlanması gerekir. • Yoğun kirlenmelerde (e.g. TPH 20,000 mg/kg) ve serbest fazlı üründe uygulama şansı düşüktür.
Özellik	In-situ teknoloji
Kirleticiler	Organik kirleticiler- Genelde petrol kaynaklı (halojenli organiklerde etkili değildir)
Uygulanabilir jeoloji	Orta geçirgen zeminler
Yaklaşık maliyet	İzleme maliyeti



Kimyasal Oksidasyon (Chemical Oxidation)

Teknoloji	Kimyasal oksidanlar (fenton reaktifi, permanganat, ozon vb.) çeşitli tekniklerle (enjeksiyon problemleri, yatay ve dikey kuyular vb.) yüzey altı kirlenmelerle temas ettirilir. Gerekli temas süresi sağlanabilirse oksidanlar petrol hidrokarbonlarını karbon dioksit ve suya çevirebilirler. • Mevcutsa ilk önce NAPL'ın arıtılması gerekebilir. • Haftalarla ölçülebilecek bir sürede konsantrasyonlar önemli ölçüde düşürülür. • Akifer geokimyasını olumsuz etkileyebilir. • Düşük geçirimli zeminlerde etkili olmayabilir.
Özellik	In-situ teknoloji
Kirlenmeler	Petrol kaynaklı
Uygulanabilir jeoloji	Orta-yüksek geçirgen zeminler
Yaklaşık maliyet	\$2,5-15 m ³ su

Çift Fazlı Ekstraksiyon (Dual Phase Extraction-DPE)

Teknoloji

Yüksek vakumlu pompalar ile yeraltından serbest ürün, kirli yeraltı suyu, hidrokarbon buharı ve bunların kombinasyonlarının giderilmesini sağlar.

- Saha operasyonlarına minimal etkide bulunur
- Hem yeraltısuyu hem toprak gazı giderimi
- Kısa işletme süresi (genelde 6ay-2 yıl)
- Serbest ürün içeren yeraltısularında uygulanabilir
- Binaların altındaki ve benzeri alanlardaki zeminlerde uygulanabilir
- Orta-yüksek geçirgen zeminlerde yüksek maliyet
- Yeraltısı seviyesinin değişiklik gösterdiği alanlarda uygulaması zordur

Özellik

In-situ teknoloji

Kirleticiler

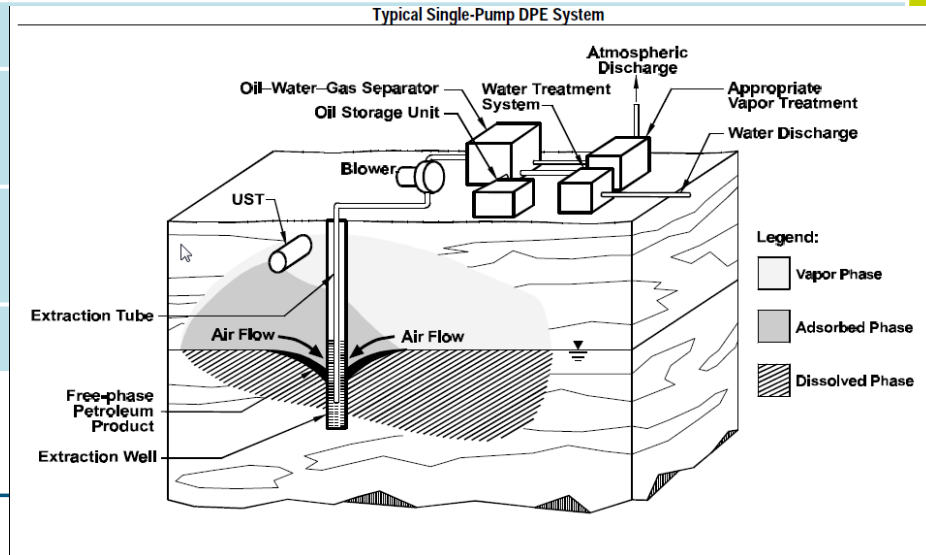
VOC, SVOC ve yakıtlar

Uygulanabilir jeoloji

Orta-yüksek geçirgen zeminler

Yaklaşık maliyet

\$20-70 m³ su



Teşekkür ederiz... Sorularınız?

emre.pamukcu@elc.rhdhv.com

gurkan.ozbek@elc.rhdhv.com

hakan.gungor@elc.rhdhv.com