

## Boru Hatları Yapımında Teknik Esaslar ve Tedarikte Güvenlik

Prof. Dr. Veli Deniz

Değerli konuklar, saygıdeğer dinleyiciler;

Üniversitemizde böyle bir toplantının yapılacağını Rektör Yardımcımız Prof. Kishalı'dan öğrendim. Kendisi toplantıya destek vermemi talep etti. Daha çok ekonomist, hukukçu, uluslararası ilişkiler ve stratejistler gibi teknik olmayan katılımcılarla gerçekleştirilen bir toplantıda nasıl bir sunuş yapabilirdim? Konu ile ilgili Prof. Dr. Gumpel ile temas kurdum, nasıl bir katkı koyabilirim diye. Ben süreç (proses) güvenliği ve büyük endüstriyel kazalar üzerine çalışan bir akademisyenim. Tabii Kocaeli, Türkiye sanayisi için önemli bir il. Türkiye üretim sanayisinin, yaklaşık %18'i, kimya sanayisinin de %38'i Kocaeli'de. Kocaeli endüstriyel kazalar açısından çok kritik bir kent. Ben bu nedenle endüstriyel güvenlik konuları ile ilgileniyorum. Sunuşumda belirteceğim gibi geçmişte petrol boru hatlarında çok ölümlü ve yaralanmalı büyük kazalar olmuştur. Boru hatlarının teknik güvenliği ile ilgili bir konuşmanın ilginç olabileceği düşüncesi ile Prof. Dr. Gumpel'e önerdim. Anlaştık. Bugün sizleri çok fazla teknik detaylarla sıkılamaya özen göstererek, daha çok fotoğraflarla görsel olarak zenginleştirilmiş bir sunum yapacağım. Fotoğraflar, Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattında işyeri hekimi olarak çalışmış bir dostum (Dr. Mehmet Karav) tarafından çekilmiştir. Onları sizlerle paylaşacağım.

### Giriş

Sözlerime öncelikle boru hatlarının tipleriyle başlamak istiyorum. Riskleri de boru hatların tiplerine göre değişmektedir. Birçok petrol ve doğalgaz hattı aşağıda belirtilen 3 gruba ayrılır:

- Ana hat (trunk)
- İletim (transmission)
- Dağıtım (distribution) hatlarıdır.

Bunlardan başka, petrol veya gaz üretim alanını içindeki daha düşük çaptaki boru hatları vardır ki, bunlar ise akış hatları (flowlines) olarak adlandırılır.

Ham petrol ana hatları (crude trunk lines): Ana depolama yerlerinden rafinerilere veya başka bir yerdeki depolama terminaline petrol taşımak için yapılan büyük çaplı (large-diameter) ve uzun (long-distance) hatlardır. Bu hatlarla petrolün taşınabilmesi için hattın başında ve belli yerlerine sürtünme (friction), seviye değişimi (change in the elevation) ve diğer kayıpları (other loses) yenmek için pompa istasyonları kurulması gerekmektedir. Tabi ki ham petrol ana hatları çok önemli hatlardır. Bu hatlarda kullanılan boruların çapları çok büyük, 1.5-2 metreye kadar çıkabiliyor ve kilometrelerce uzunlukta ülkeleri geçiyor. Ana hatlar deniz seviyesinden, petrolün çıktığı yerden başlıyor, bazen 2.500-3.000 metre dağların tepesine çıkıyor, sonra tekrar deniz seviyesine iniyor. Akma hızı (viskozitesi) yüksek olan petrolü, hattın içerisinde bu kadar yüksekliğe

pompalayabilmek için çok enerji harcamamız gerekli. Sürtünmeyi yenmek için güç harcamamız gerekiyor. Özetle, bu seviye, yükseklik değişikliklerini yenmek için çok enerji ve güç gerekmektedir.

Seviye değişimlerini ve sürtünmeyi yenebilmek için, petrol boru hatları çok yüksek basınçlarda işletilir. Tabi ki, boru hatlarında bu yüksek basınca dayanıklı malzemenin kullanılması gerekir. Bu nedenle borular genellikle çelik malzemeden yapılırlar ve özel kaynaklarla birleştirilir. Yeraltı boru hatlarını korozyondan korumak amacıyla çelik boruların dışı kaplanır. Ayrıca katodik koruma yapılır. Boru hatlarının güvenliği, boru hatlarının inşaatı ile başlayan bir süreçtir. Eğer güvenli bir hat inşa etmezseniz, daha sonra işletme esnasında çok ciddi problemler yaşarsınız. Çünkü bunlar oldukça yüksek basınçta işletilmektedir. Petrol boru hatlarının işletme basınçları 100-120 bar, doğalgaz boru hatları 180-200 bara kadar çıkılabiliyor. Bunlar çok yüksek basınçlar. 100 bar basıncın yüksekliğini hayal edebilmeniz için bir örnek vereyim. Bir TIR'ın lastiğine basılan basınç yaklaşık 100-110 bar civarındadır, oldukça yüksek bir basınç.

Gaz hatları, amaç olarak petrol boru hatlarına benzemesine rağmen işletim koşulları (operating conditions) ve kullanılan ekipmanlar (equipment) oldukça farklıdır:

- Gaz hatları petrol hatlarına göre daha yüksek basınçta işletilir.
- Pompalar yerine kompresörler kullanılır.
- Doğal gaz kullanıcıya direkt olarak, daha kestirmeden ulaştırılır.
- Hattın başlangıcında ve hat boyunca belli noktalarda kompresör istasyonları mevcuttur. Kompresör istasyonları arasındaki uzaklık; gaz hacmine, hat büyüklüğüne ve diğer etkenlere bağlıdır.

Bunların dışında diğer boru hatları (other pipelines):

- Ürün hatları (product pipelines)
- Çift fazlı hatlar (two-phase pipelines)
- Sıvılaştırılmış doğal gaz hatları (LNG pipelines)
- CO2 hatları
- Kömür çamuru hatları (Coal slurry pipelines)

Daha önce belirtildiği gibi, güvenlik, hattın güvenliği, tedarikin güvenliği inşaat ile başlar. Dolayısıyla projelendirme aşamasında, mühendislik seçiminde ve inşada üst düzeyde güvenlik önlemleri almak gerekmektedir. Bu da ancak, belli standartlara, yönetim sistemlerine, kurallara uyarak boru hatlarının inşası ile olanaklıdır.

## Boru Hatları İnşası ve Ekipmanlar

Boru hattı inşaatında kullanılan yöntem:

- Coğrafi durumu (geographical area)
- Arazi (terrain)
- Çevre (environment)
- Boru hattının tipi (type of pipeline)
- Yasal kısıtlamalar ve standartlar (Regulatory restrictions and standards)

gibi etkenlere (faktörlere) bağlıdır. Projenin tüm aşamalarında bu etkenler göz önüne alınmalıdır. Hattın yapılacağı yerin coğrafi durumu, deniz seviyesinde mi, kaç metre yukarıya çıkacak, ne kadar incek, bu basınç ve seviye değişimleri planlamada önemle düşünülmelidir. Arazinin yapısı (tarım arazisi mi, sert mi, kayalık mı), doğal çevre, bitki örtüsü, hayvanlar (flora, fauna), arkeolojik alanlardan geçip geçmediği hepsi değerlendirilmelidir. Bunların dışında, bir de boru hatların geçtiği ülkelerdeki yasal

kısıtlamalar, uluslararası standartlar mühendislik olarak proje çalışması esnasında hep göz önüne alınmalıdır.

Temel olarak boru hattı inşaatında kullanılan yöntemler kabaca:

- Kara (land)
- Açık deniz (offshore)
- Soğuk bölge (arctic) inşaatları

olmak üzere sınıflandırılabilir. Karada ve denizde uygulanacak olan teknikler birbirlerinden oldukça farklıdır.

Karada öncelikle rotanın belirlenmesi, yani hattın geçeceği yerin belirlenmesi lazım. Bu önemli ve zaman alan bir süreçtir. Arazinin seçimi esnasında , daha önce de belirtildiği gibi çevresel etkiler, sosyal etkiler, coğrafi durum, kamulaştırılma yapılacak mı, yapılmayacak mı, göz önüne alınmalı. Tüm bu çalışmalar yaklaşık 1-2 yıl sürebiliyor. Daha sonra güzergah "right of way" boru hattının geçeceği yer belirlenir. Ondan sonra da inşaat, yani montaja başlanır. Montajın değişik aşamaları var. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- temizlik
- hendek kazma
- boruları güzergahta (right of way) dizme
- kaynak
- dış kaplama/katodik koruma
- boruları hendek içine indirme
- hendeği doldurma
- kaçak kontrolü
- hattı temizleme ve kurutma

Tüm bu işlemleri yerleşim yerlerinin çok uzağında, dağların tepesinde, karda, kışta, soğukta, ağır iklim koşullarında gerçekleştirilmek zorundadır. Montajı güvenli bir şekilde tamamlamak durumundasınız. Montaj işleminin ne kadar güç koşullarda yapıldığı, göstereceğim fotoğraflardan daha iyi anlaşılacağını umuyorum.

Boruları birbirine ekleme, kaynak yapma kritik ve çok önemli işlemlerdir. Kaynak yapıldıktan sonra boruların hendeklere indirilirken çok dikkatli çalışılması gerekiyor. Hattın güvenliği için yapılacak her bir işlemten sonra kalite testleri ve ölçümler ödünsüz gerçekleştirilmelidir. Kaynak ve basınç testleri gibi çeşitli testler uzman personel tarafından gerçekleştirilir. Borular yerine konulduktan sonra hat güzergahının yeniden eski haline getirilmesi gereklidir. Şöyle ki, hattın geçtiği arazide güzergahı açarken üstten aldığımız verimli toprağı yeniden eski haline getirmek projenin çevresel etkileri bakımından yerine getirilmesi gereken sorumluluktur.

BAKÜ-TİFLİS-CEYHAN (BTC) Boru Hattı İnşaatı (BTC pipeline construction)  
Şimdi daha önce söylediğim gibi Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattında çalışan bir hekim arkadaşımın aldığı bilgi ve fotoğraflarla konuşmama devam etmek istiyorum.

Bu hattın Türkiye bölümü 3 ayrı müteahhitlik firması tarafından yürütülmüştür (Lot A: Gürcistan sınırı, Posof'dan Erzurum-Pasinler'e, Lot B: Erzurum-Pasinler'den Sivas-Altınyayla'ya, Lot C: Sivas-Altınyayla'dan Ceyhan Terminaline kadardır).

Benim göstereceğim fotoğraflar Erzurum-Pasinler ile Sivas-Altınyayla arasındaki kırsal alanda çekilmiştir.



# Kamplardan gen

Önce proje hakkında bazı önemli tarihleri vereyim:

- "Temel Mühendislik" çalışması: 15 Kasım 2000 -15 Mayıs 2001
- "Detay Mühendislik" çalışması: 18 Haziran 2002 tarihinde tamamlanmıştır.
- 28 Ağustos 2002 tarihinde "İş Tamamlama Belgesi",
- 29 Ağustos'ta ise "Arazi Edinim ve İnşaat Aşaması için İşe Başlama Bildirimi" alınmıştır.

- 10 Eylül 2002 itibarıyla projenin üçüncü aşaması olan "Arazi Temin ve İnşaat Aşaması" başlatılmıştır.

- Proje'nin Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Raporu 13 Şubat 2004 tarihinde Dünya Bankası tarafından onaylanmıştır.

"Temel Mühendislik" ve "Detay Mühendislik" çalışmaları esnasında dikkat edilen hususları şöyle sıralayabiliriz:

- hava kalitesi kontrolü
- arkeolojik alanların korunması
- çevresel olarak hassas yerler
- öğütme ve eleme
- yüzey toprağının korunması
- nehirlerin geçilmesi
- nehir ve kanal yataklarının korunması
- sosyal etkiler

Peki bunlar her zaman doğru ve eksiksiz yapılıyor mu acaba? Görüldüğü gibi, ÇED raporu 2004 yılında tamamlandı. Oysa 2004'te bu projenin inşaatı yarılanmıştı bile. Bu tür büyük projelerin çevresel etkileri de çok önemlidir. Ne yazık ki, yasaların uygulanması, özellikle enerji sektöründe her zaman mümkün olmuyor. Örneğin, BTC boru hattı ile ilgili ilginç bir gazete haberi vardı. Azerbaycan'da bir tarihi mezarlığın içerisinden geçti hat ve o mezarlığın bulunduğu kent ayağı kalktı. Bu tepkiler üzerine projede değişiklik yapılmak zorunda kalındı. Bu da ÇED çalışmasına gereken önemin verilmediğini göstermiyor mu?

Evet, şimdi projenin teknik özellikleri hakkında birkaç söz söylemek istiyorum:

- Maksimum Kapasite 50 Milyon ton/yıl (1 Milyon varil/gün)
- Toplam uzunluk 1.768 km
- Türkiye kesimi 1.076 km
- Çıkış noktası Sangachal (Bakü-Azerbaycan)
- Varış noktası Ceyhan Terminali, Türkiye
- Boru çapı 42-inç ve 34-inç
- Tasarım basıncı 100 Bar
- Maksimum inşaat yüksekliği 2.800 m (Kafkas Dağları)
- Pompa istasyonu 8 (2 Azerbaycan, 2 Gürcistan)
- 2 pigging istasyonu, 1 basınç düşürme istasyonu, 101 kapatma vanası
- Petrol gravitesi 330 API

Görüldüğü gibi, hattın tasarım basıncı 100 bar. Maksimum inşaat yüksekliği 2.800 metreye kadar çıkıyor (Kafkas dağlarında). Azerbaycan'dan deniz seviyesinden, 2.800 metreye çıkıp, daha sonra Ceyhan'da tekrar deniz seviyesine iniyor. Böyle bir yerden 1.5 metre çapındaki borunun içerisinden petrol pompalayacaksınız. Gereken enerjiyi düşünün. Bu seviye değişimi için 8 adet pompa istasyonu öngörülmüş. Bunlardan 4 tanesi Türkiye'de. Sadece pompa istasyonu değil, hattı temizleme ve korozyonu tespit etmek için pigging istasyonları da var. Türkiye'de 2 tane pigging ve 1 tane de basınç düşürme istasyonu var. Doğal olarak petrolü hat içinde yükseğe çıkarmak için basıncı artırıyorsunuz, ama 2.800'den aşağıya inerken basıncı düşürmeniz gerekiyor. Bu nedenle belli yerlerde basınç düşürme istasyonları kurmak gerekiyor. Türkiye'deki pompa ve basınç düşürme istasyonları (IPT):

PT1: Ardahan-Posof

PT2: Erzurum-Pasinler

PT3: Erzincan-Çayırli

PT4: Sivas-Altınyayla

IPT: Kahramanmaraş-Göksun'da kurulmuştur.

Teknik malzemenin seçimi önemli bir mühendislik çalışmasıdır. Ulusal ve uluslararası standartlara uygun ve yetkin üreticilerden seçilen malzemeler kullanılmalıdır. BTC hattı için seçilen malzeme şunlardır:

- Hat Boruları: Noksel-Mannesmann-Ümran-Mitsui Konsorsiyumu (Mitsui-Japonya) ve Salzgitter International (Almanya)+Europipe (Almanya)
- Hat Vanaları: MSA (Çek Cumhuriyeti)
- Pompalar: Wartsila (Finlandiya)
- Ölçüm Sistemler: FMC (Norveç)
- Fiber Optik Kablo: Corning Kablo
- İskele Kazık Boruları ve Teçhiz Boruları: Noksel-Mannesmann-Ümran Konsorsiyumu
- Fabrikasyon Boru Dirsekleri: Salzgitter International (Almanya)

Görüldüğü gibi, değişik ülkelerden, değişik konsorsiyumlardan teknik malzemeler sağlanmıştır.

BTC Boru hattının kilometre taşları (MILESTONES) olan önemli tarihler ise şöyledir :

- 10 Mayıs 2005 (Azerbaycan Sangachal terminalinden) hatta petrol doldurulmaya başladı.
- 10 Ağustos 2005'te Azerbaycan-Gürcistan sınırına ulaştı.
- 17 Eylül 2005'te Gürcistan-Türkiye sınırına,
- 29 Mayıs 2006 Ceyhan'a ulaştı. Yani yaklaşık 1 yıl sonra.

29 Mayıs'ın tarihinin de bir öyküsü var. Aslında petrolün 25 Mayıs'ta ulaşması bekleniyordu. Biraz sonra bahsedeceğim, hat işletim güvenliği için iyi bir örnek olacak. Hattın Türkiye'de bölümüne girilerek petrol çalındığı için petrolün Ceyhan'a ulaşması 4 gün daha gecikti. O nedenle tören, planlanan tarihte yapılamadı. Petrolün Ceyhan'a ulaşması için 29 Mayıs'a kadar beklemek zorunda kalındı.

Hatta şu anda 10 milyon varil petrol bulunmaktadır. 1 varili, 130 kilodan hesap yapacak olursak, hattın tamamında yaklaşık 800.000 ton civarında ham petrol var. Ham petrolün Ceyhan'a ulaşmasının 1 yıl sürmesinin nedeni bu.

Hatlar, depreme karşı da güvenli bir şekilde inşa edilmek zorundadır. Türkiye'nin bir deprem bölgesi olduğu artık iyice biliniyor. Hattın geçtiği yerlerdeki dikey ve yatay hareketler, o bölgedeki maksimum fay hareketleri göze alınarak tasarlanır. Hattın öngörülen yatay ve dikey hareketlerde kopmaması gerekir (çelik hatlar yanal ve dikey yönde yaklaşık 2,5-3 metrelik kaymalara dayanıklıdır).

Pigging istasyonlarından söz etmiştim. Pig, boru hattının içinde petrol ile itilen bir mekanik cihazdır. Boru hattı içindeki yamukluklar, kıvrımlar, korrozyon ve hattaki eğriliği kontrol amacıyla kullanılır. Farklı tipte pigler vardır:

- Raspa (Scraper) — Temizleme ve akışı kolaylaştırma amacıyla kullanılır. Plastikten yapılmış olup, çapı boru hattının iç çapına eşit ve konik kafaya sahiptir. Bu nedenle vanalara zarar vermez.
- Deformasyon (Deformation) — Boru çapını ölçmek için kullanılır. Çapak, ovallik, boru eğilmesinden kaynaklanan çap değişimlerini tespit etmede kullanılır.

- Korozyon (Corrosion) — Borudaki korrosyon ve karıncalanmaları tespit için kullanılır.

- Ultrasonik Korrozyon Pig (Ultrasonic Corrosion Pig)

- Manyetik Korrozyon Pig (Magnetic Corrosion Pig)

Bu kadar yatırımı yapıyorsunuz, hattın da korozyondan korunması gerekiyor. Genellikle galvanik koruma yapılıyor. Eğer malzeme çelik ise, yaklaşık her kilometrede bir hattın dışına çinko, ya da magnezyum şeritler bağlanıyor. Yeryüzünde oluşan pozitif elektrik bu magnezyum vasıtasıyla- ki magnezyum bir galvanik hücre oluşturarak çeliği koruyor- elektriği toprağa boşaltıyor. Böylece korozyon önlenmiş oluyor.

Yol ve nehirlerden hattın geçirilmesi ise başka bir mühendislik sorunu. Yol ve otoyollarda, yolun altından tünel açılarak (boring) geçilir. Nehir geçişi: nehirde trafik yoksa köprü ile, varsa tünel ile geçilir.

Açık deniz boru hattı inşaatında (offshore pipeline construction) kullanılan yöntemler ise biraz daha farklıdır. Açık denizlerde, 1.5 metre çapındaki boruları uç uca ekleyeceksiniz, 2.800 metreye indireceksiniz, orada sabitleyeceksiniz. Gerçekten ciddi bir mühendislik çalışması ve uygulama gerektiriyor. Denizdeki sorun hidrostatik basınçtır. Denizde 2.000-2.800 metre derinliklerde çok yüksek bir hidrostatik basınç vardır. Herşeyden önce seçeceğiniz malzemenin o basınca dayanabilmesi gerekir. Bunun için özel çelik veya metal kompozitten yapılmış olması lazım. Bundan başka bir de deniz hareketleriyle, depremlerle boru hatlarının hareketi kara hatlarından daha fazla önem kazanıyor. Oradaki hattın maruz kalacağı kuvvetler dikkatlice hesaplanıp göz önüne alınmalıdır. Açık deniz boru hattı inşaatında karşılaşılan başlıca problemler; hidrostatik basınçtan ötürü boruların yamulması (pipe buckling) ve boru hareketidir. Boru hareketini önlemek için hatlar sıkıca tutturulur (line anchoring). Açık deniz boru hattı inşaatında kullanılan başlıca yöntemler:

- Geleneksel mavna döşeme (conventional lay barge)
- Makara döşeme (reel-barge)
- Dikey döşeme (vertical lay)
- Römork (tow) olmak üzere sınıflandırılabilir.

Çok soğuk, buzlu bölgelerdeki boru hattı inşaatlarında (Arctic pipeline construction) göz önüne alınacak hususlar şunlardır:

- Düşük sıcaklığa dayanıklı malzeme seçimi.
- Montaj esnasında hasarlanması önlenmeli.
- Çok dar çalışma sıcaklığı aralığı özel ekipmanlar ve prosedürler gerektirebilir.
- Duruşlardan sonra yol verme kritiktir. Bu durum tasarımda göz önüne alınmalıdır.

Alaska'da, Kuzey Amerika'da, Kanada'da, çok soğuk yerlerde mevsimsel olarak +40 °C ila - 50 °C arasında bir sıcaklık değişimi olacağı için, genleşme/çekme olayı göz önüne alınmalıdır. Soğuk bölgelerde en çok karşılaşılan sorun boru kırılmalarıdır. Yüksek iklimsel değişimler nedeniyle, bir boru kırılıp, kaçak başladığında bu ciddi bir yangın riski oluşturur. Petrol boru hattı yangınları ile mücadele oldukça masraflı ve zor bir işlemdir.

## Boru Hatlarının Güvenliği ve Çevre Koruma

Yukarıda belirtildiği gibi güvenlik kurallarına dikkat edilerek inşa edilen hatların işletilmesi esnasında da bazı güvenlik kuralları konulması ve uygulanması gerekmektedir.

Aşağıdaki tabloda, büyük endüstriyel kazaların arasında boru hatlarının önemli bir yer tuttuğu görülmektedir.

Örneğin, ham petrol hattında, 1988 yılında Meksiko City’de yangın ve patlama olmuş, 12 kişi ölmüş, 80 kişi yaralanmıştır. 1989’da Rusya’da LPG hattında 462 kişi ölmüştür.

Bunlar önemli kazalar. Bu kazaların nedenlerine baktığımız zaman, yaklaşık %50’si ekipman hataları, ya da işletim hatalarından kaynaklandığı görülür. Dolayısıyla ekipman hataları tasarım ve uygulama esnasında düzeltilebilir. Ama işletim hataları için mutlaka güvenlik yönetim sistemi kurmak ve sorunlara tümleşik biçimde yaklaşmak gerekmektedir.

Bir boru hattının işletimi esnasında güvenliği tehdit eden tehlikeler neler olabilir? Bu tehlikeler:

1. Yangın (fire)
2. Patlama (explosion)
3. Tıkanma/kaçak
4. Donma (freezing)
5. Deprem
6. Sabotaj/hırsızlık

Tüm bu tehlikeler için ayrı ayrı önlemler alınmalıdır. Bununla ilgili pazarda "akıllı otomasyon sistemleri" diyebileceğimiz sistemler vardır. Bu sistemler, hat üzerindeki akışı ve basıncı değişik aralıklarla ölçüp ve otomatik olarak, programda değerlendirmektedir.

En küçük bir basınç değişimini algılayarak hattın zor ulaşılabilen bölgelerinde bile kaçak olup olmadığını ölçebilmektedir. Acil durumlarda hattın belli yerlerini durdurma sistemleri devreye girmektedir. Ancak, tüm bu teknolojik olanaklara rağmen bu sistemleri de insanlar işletiyor. İnsan hatası hatlarda kazalara, hatta felaketlere sebep olabiliyor.

Risk analizi, risk yönetimi ve tehlike azaltılması, kayıp önlenmesi (loss prevention) yaklaşımları, kimyasal tesislerde olduğu gibi, petrol boru hatlarında da uygulanması gereken yönetim sistemleri. Basınç azalması algılanması ile çalışan otomatik sistemlerle günümüzde 100 galonluk bir kaçağı, 10 dakika içerisinde tespit edilebilmektedir.

Sözlerimi boru hatlarında "Acil Durum Yönetimi" ile ilgili 8 adımlı bir yaklaşımla bitirmek istiyorum (8 steps function):

1. Site yönetimi ve kontrol (site management & control)
2. Problemi belirle (identify problems)
3. Tehlike ve risk değerlendirme (hazard & risk evaluation)
4. Kişisel koruyucu donanım ve elbise seç (select PPE's & cloth-ings)
5. Bilgi yönetimi ve kaynakların eşgüdümü (information management & resource coordination)
6. Tepki amaçlarını uygula (implement response objectives)
7. Kirliliği azaltma ve temizleme işlemleri (decontamination & clean-up operations)
8. Olayı sonlandır (terminate the incident)

Özetle, petrol boru hatlarındaki site yönetimi ile tehlike analizi yapılarak risk analizi yapıp, acil durumlara önceden hazırlıklı olunursa, kazaları önlemek veya zararlarını azaltmak olanaklıdır.

Teşekkürler

BCT boru hattı inşaatı ile ilgili sağladığı bilgi ve fotoğraflar için Sn. Dr. Mehmet KARAV’a teşekkürlerimi sunarım.