

**BAKÜ- TİFLİS – CEYHAN HAM PETROL BORU
HATTI ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Gürkan ÖZBEK

Enstitü No: 501011871

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Nisan 2004

Tezin Savunulduğu Tarih: 17 Mayıs 2004

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlhan Talınlı (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ayşegül Baysal Tanık (İTÜ)

Doç. Dr. Fatma Yonsel (İTÜ)

MAYIS 2004



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında, bulunduğu yardım ve gösterdiği sabır için, sayın Prof. Dr. İlhan TALINLI'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca karşılaştığım zorlukları aşmak konusunda bana olan inançlarını hiç yitirmeden destek veren, başta ağabeyim Hakan ÖZBEK olmak üzere bütün aileme, ve dostum Göksenin TUNCALI'ya ayrıca teşekkürü borç bilirim.

Nisan 2004

Gürkan ÖZBEK

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	1
1.2 Kapsam	1
1.3 Yöntem	2
2. ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ	3
2.1 Giriş	3
2.2 Tanımlar	4
2.2.1 Risk, Tehlike ve Zarar	4
2.2.2 Çevresel Risk Değerlendirmesi	5
2.2.3 Çevresel Risk Yönetimi	5
2.2.4 Risk Analizi	5
2.2.5 Risk Belirleme	5
2.2.6 Risk Karakterizasyonu	5
2.2.7 Maruz Kalma ve Doz-Tepki Değerlendirmeleri	5
2.2.8 Risk Kestirimi	6
2.2.9 Risk Takdiri	6
2.2.10 Değerlendirme Son Noktası	6
2.2.11 Pay-Sahipleri	6
2.2.12 Risk İletişimi	6
2.3 E.P.A. Ekolojik Risk Değerlendirmesi	6
3. BORU HATLARI İLE TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI	9
3.1 Giriş	9
3.2 Petrol Boru Hatları Kazaları ve Nedenleri	9
4. BAKÜ-TİFLİS-CEYHAN HAM PETROL BORU HATTI İÇİN PROBLEM FORMÜLASYONU	11
4.1 BTC Petrol Boru Hattı ile ilgili Genel Bilgiler	11

4.2	Problem Formülasyonu	15
5.	BTC HAM PETROL BORU HATTI İÇİN RİSK ANALİZİ	18
5.1	BTC Boru Hattı İçin Risk Değerlendirme Modeli	18
5.1.1	Puanlandırma Sistemi	18
5.1.2	Risk Değerlendirme Süreci	19
5.1.3	Temel Varsayımlar	20
5.1.3.1	Bağımsızlık Prensibi	20
5.1.3.2	En Kötü Durum Yaklaşımı	20
5.1.3.3	Görecelik Prensibi	20
5.1.3.4	Özellik Prensibi	20
5.1.3.5	Halk Sağlığına Yönelik Yaklaşım	21
5.1.3.6	Puanlandırma Ağırlıkları	21
5.1.4	Doğal Nitelikler ve Önlemlerin Belirlenmesi	21
5.1.5	Boru Hattının Kısımlara Ayrılması	21
5.1.6	Üçüncü Taraf Hasarı İndeksi	22
5.1.6.1	Minimum Örtü Derinliği	22
5.1.6.2	Aktivite Seviyesi	23
5.1.6.3	Yer Üstü Tesisler	23
5.1.6.4	Tek-Numara Sistemi	24
5.1.6.5	Halk Eğitimi Programı	25
5.1.6.6	Boru Hattı Güzergahının Görünürlüğü	26
5.1.6.7	Devriye Frekansı	26
5.1.7	Korozyon İndeksi	27
5.1.7.1	Atmosferik Korozyon	28
5.1.7.2	İç Korozyon	30
5.1.7.3	Gömülü Metal Korozyonu	31
5.1.8	Tasarım İndeksi	34
5.1.8.1	Boru Güvenlik Faktörü	35
5.1.8.2	Sistem Güvenlik Faktörü	35
5.1.8.3	Metal Yorgunluğu	35
5.1.8.4	Darbe Potansiyeli	36
5.1.8.5	Sistem Hidrostatik Testi	36
5.1.8.6	Toprak Hareketleri	37
5.1.9	İnsan Hatası İndeksi	37
5.1.10	Sızıntı Etki Faktörü	38
5.1.10.1	Ürün Tehlikesi	38
5.1.10.2	Yayılım Faktörü	39
5.2	Sızıntı Miktarlarının Hesaplanması	41
5.2.1	Giriş	41
5.2.2	Sızıntı Miktar Hesapları	43
5.2.2.1	Sızıntı Miktar Hesaplaması Örneği	43
5.2.3	Sızıntı Miktarı Hesabı Sonuçları	45
5.3	Risk Değerlendirme Modeli Modifikasyonları	46
5.3.1	İndeks Kategorilerinde Değişiklikler	46

5.3.2	Doğal Felaketler İndeksi	47
5.3.2.1	Deprem	47
5.3.2.2	Heyelan	48
5.3.2.3	Karstik Alan	48
5.3.2.4	Nehir Geçişleri	48
5.3.2.5	Sıvılaşma Alanları	49
5.3.3	Puan Cetvellerinin Modifikasyonu	49
5.3.3.1	Nüfus Sınıflandırması Modifikasyonu	49
5.3.3.2	Dökülme Boyutu Sınıflandırması	50
5.3.4	Çevresel Hassiyet Cetvelinin Modifikasyonu	50
5.4	Risk Modeli Uygulama Örneği	52
5.4.1	Giriş	52
5.4.2	Kısım Bilgileri	52
5.4.3	Üçüncü Taraf Hasarı İndeksi	53
5.4.4	Korozyon İndeksi	54
5.4.4.1	Atmosferik Korozyon	54
5.4.4.2	İç Korozyon	54
5.4.4.3	Gömülü Metal Korozyonu	54
5.4.5	Doğal Felaketler İndeksi	55
5.4.6	Risk Skorunun Hesaplanması	55
6.	RİSK KARAKTERİZASYONU	58
6.1	Giriş	58
6.2	İndeks Skoru Sonuçları	58
6.3	Risk Skoru Sonuçları	60
6.4	Risk Kontrol Önlemleri	63
6.5	Risk Minimizasyonu	64
6.5.1	Risk Kategorizasyonu	64
6.5.2	Risk Yönetimi Stratejisi	65
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
7.1	Sonuçlar	67
7.2	Öneriler	68
KAYNAKLAR		69
EKLER		70
ÖZGEÇMİŞ		74

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1	AÇG ham petrolünün Özellikleri	13
Tablo 5.1	Üçüncü taraf hasarı indeksi	22
Tablo 5.2	Ekstra önlemlerin puanlandırılması	22
Tablo 5.3	Yer üstü tesislerin puanlandırılması	24
Tablo 5.4	Tek-numara sistemi puanlandırması	25
Tablo 5.5	Halk eğitimi programı puanlandırması	26
Tablo 5.6	Devriye frekansı puanlandırması	27
Tablo 5.7	Korozyon indeksi	28
Tablo 5.8	Ürün korozifliğinin puanlandırılması	30
Tablo 5.9	Toprak korozifliğinin puanlandırılması	32
Tablo 5.10	Sistem yaşının puanlandırılması	32
Tablo 5.11	Diğer metaller ile etkileşimin puanlandırılması	33
Tablo 5.12	AC indüklenmiş akım oluşumunun puanlandırması	33
Tablo 5.13	Mekanik korozyonun puanlandırması	33
Tablo 5.14	Tasarım indeksi	35
Tablo 5.15	Metal yorgunluğunun puanlandırılması	36
Tablo 5.16	Toprak geçirgenliğinin puanlandırılması	40
Tablo 5.17	Sızıntı boyutun puanlandırılması	40
Tablo 5.18	Çevresel hassasiyet skoru cetveli	41
Tablo 5.19	Doğal felaketler indeksi	47
Tablo 5.20	Deprem puanlandırması	47
Tablo 5.21	Heyelan puanlandırması	48
Tablo 5.22	Karstik alana bağlı çökme riski	48
Tablo 5.23	Nehir geçişi puanlandırması	49
Tablo 5.24	Sıvılaşma alanları puanlandırması	49
Tablo 5.25	Aktivite seviyesi puanlandırması modifikasyonu	50
Tablo 5.26	Nüfus skoru puanlandırması modifikasyonu	50
Tablo 5.27	Sızıntı boyutu puanlandırması modifikasyonu	50
Tablo 5.28	Arazi kullanımı puanlandırması	51
Tablo 5.29	Karasal ekolojik kaynakların puanlandırılması	51
Tablo 5.30	Arkeolojik alanların puanlandırılması	51
Tablo 5.31	Yüzeysel suların Puanlandırılması	52
Tablo 5.32	Yeraltı sularının Puanlandırılması	52
Tablo 6.1	İndeks skorları	59
Tablo 6.2	İndeks toplamı, çevre, sızıntı boyutu ve risk skorları	60
Tablo 6.3	İndeks toplamı, çevre, sızıntı boyutu ve risk skorları arası ilişki	61
Tablo 6.4	Risk sınıflandırması	65
Tablo 6.5	Risk gruplarına göre boru hattı kısımları	65
Tablo 6.6	Risk minimizasyonu sonrası risk skorları	66

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Güvenlik, sağlık ve çevrenin Kesişimi	3
Şekil 2.2	A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (E.P.A.) ekolojik risk değerlendirme kılavuzu	8
Şekil 3.1	Eski Sovyetler Birliği ülkelerinde petrol yayılım sebeplerinin dağılımı	10
Şekil 4.1	BTC Boru Hattına genel bakış	12
Şekil 5.1	Risk değerlendirme modeli şeması	19
Şekil 5.2	BTC Ham Petrol Boru Hattı yükseklik profili	43
Şekil 5.3	Sızıntı miktar sonuçları	46
Şekil 6.1	Sızıntı boyutu skorları profili	61
Şekil 6.2	Çevre skorları profili	62
Şekil 6.3	İndeks toplamı skorları profili	62
Şekil 6.4	Risk skorları profili	63

BAKÜ- TİFLİS – CEYHAN HAM PETROL BORU HATTI ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

BTC Ham Petrol Boru Hattı, üçüncü taraf hasarı, korozyon, mekanik hatalar, işletme hataları ve doğal felaketler başlıkları altında tanımlanmış, kazaya sebep olabilecek potansiyele sahiptir.

Bunun yanında, BTC boru hattı, yerleşim yerleri, ekolojik olarak değerli alanlar, yüzeysel ve yer altı su kaynakları ve kültürel miras alanları gibi çevresel hassasiyeti olan yerlerden geçmektedir.

EPA'nın "Ekolojik Risk Değerlendirme Kılavuzu", risk değerlendirmesi için sırasıyla problem formülasyonu, risk analizi ve risk karakterizasyonu adımlarını önermektedir. Bu adımların her biri geliştirilen risk değerlendirmesinde uygulanmıştır.

Problem formülasyonunda, BTC Ham Petrol Boru Hattının, çevresel hassasiyeti olan yerlerden geçişi, kaza potansiyelinin belirsizliği ve projesinin boyutunun büyüklüğü, detaylı bir risk analizinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Risk analizinde, risk değerlendirme modeli boru hattının ilk 50 kilometresi için çalıştırılmıştır. 50 km.'lik boru hattı, risk analizi için 37 kısıma ayrılmış, her kısım için risk skoru bulunmuştur.

Risk karakterizasyonunda, risk minimizasyon stratejisini belirlemeyi kolaylaştırmak amacıyla boru hattı kısımları çok yüksek, yüksek, orta seviye, düşük, çok düşük risk olarak sınıflandırılmıştır.

Risk minimizasyonunda, her risk seviyesindeki boru hattı kısmını kendinden bir önceki risk grubuna çekmek hedeflenmiştir. Bu sayede, hangi risk grubuna dahil olursa olsun boru hattının her kısmı için gerektiği kadar önlem alınabilmektedir.

“Çok yüksek risk” grubundaki boru hattı kısımları için, model kapsamında tanımlanmış bütün önlemlerin alınması durumunda, risk skorları en düşük olan (en riskli olan) 2 kısım hariç, bütün kısımlar yüksek risk grubu seviyesine çekilebilmektedir. Fakat bu durum örtü derinliğinin değiştirilmesi ve tasarım güvenlik faktörünün artırılması gibi ciddi tasarım değişiklikleriyle mümkün olabilmektedir.

Yukarıda belirtilen iki kısımda ise (14-15, 15-16 km. arası kısımlar) riski makul olarak azaltmak için model kapsamı dışında öneriler getirilmiştir. Önerilerin ilki kaza sırasında yayılacak madde miktarlarının azaltılmasıdır. Bu yapılabiliyorsa, boru hattı riskini genel olarak azaltacaktır, ve risk değerlendirmesinin güncellenmesi gerekecektir. Yapılamıyorsa, önerilebilecek tek şey güzergah değişikliğidir.

Diğer risk gruplarında bulunan boru hattı kısımlarında ise önlemler, mevcut kaynaklara göre, her risk grubunu bir alt gruba çekecek şekilde, sırasıyla, üçüncü taraf hasarı, korozyon ve doğal felaketler üzerine yoğunlaşarak seçilmelidir. Bu segmentlerde sadece işletmeye yönelik değişiklikler ile risk minimizasyonu yapılması mümkündür.

“Çok düşük” risk grubu için herhangi bir önlem önerilmesine gerek duyulmamıştır.

ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF BAKU – TBLISI – CEYHAN CRUDE OIL PIPELINE

SUMMARY

BTC Crude Oil Pipeline has a failure potential, defined in terms of third party damage, corrosion, mechanical failure, operational error and natural hazards.

Moreover, pipeline crosses residential zones, ecologically sensitive areas, resources of above and underground water and cultural heritage areas.

EPA's "Ecological Risk Assessment Guidelines" is suggesting a risk assessment process formed by steps of problem formulation, risk analysis and risk characterization. All of these steps were followed in the risk assessment process.

In problem formulation, the need for a comprehensive risk analysis is underlined.

In risk analysis, the model is used for the first fifty kilometres of the pipeline. For doing this, pipeline is sectioned into 37 segments and risk scores are calculated for each segment.

In risk characterization, risk scores are categorized as "extreme", "high", "medium", "low" and "very low" in order to form a risk minimisation strategy base.

Risk minimization aims to lower the risk of each segment in each risk group to the previous risk group. By this way, it can be possible to take preventions for each segment as much as needed.

In case, all preventions, which are defined in the model, are taken for "extreme risk" segments, all "extreme risk" segments can be pulled down to "high risk" level, except for the 2 most extreme risky ones. It is suggested that all preventions should be taken for extreme risk segments, and it is underlined that this includes some serious design considerations like burying pipeline deeper and changing pipeline safety factors.

The first suggestion for the most risky 2 segments is to reduce the spill quantity. If this can be done, it can lower the pipeline risk generally. If this is impossible, route change is suggested.

For other risk groups, except “very low” risk group, preventions should be taken by lowering each risk level to the previous risk level and considering the resources with spending prioritization on “third party damage”, “corrosion” and “natural hazards” in order. Different from “extreme” risk group, this is possible by taking only operational measures.

For “very low” risk segment, no prevention is suggested.



1. GİRİŞ

1.1 Amaç

BTC (Bakü–Tiflis–Ceyhan) Ham Petrol Boru Hattı, Azerbaycan’da Bakü yakınlarındaki Sangachal Terminali’nden, Gürcistan üzerinden, Türkiye’nin Akdeniz kıyısındaki Ceyhan’da bulunan yeni ihraç deniz terminaline petrol taşımak amacıyla tasarlanmış, Türkiye kesimi 1076 km uzunluğunda olan ve günde maksimum 1 milyon varil petrol taşıyacak, bir ham petrol boru hattı sistemidir.

BTC Ham Petrol Boru Hattı, üçüncü taraf hasarı, korozyon, mekanik hatalar, işletme hataları ve doğal felaketler başlıkları altında tanımlanmış, kazaya sebep olabilecek potansiyele sahiptir.

Bunun yanında, boru hattı, yerleşim yerleri, ekolojik olarak değerli alanlar, yüzeysel ve yer altı su kaynakları ve kültürel miras alanları gibi çevresel hassasiyeti olan yerlerden geçmektedir.

Bütün bu sebeplerle, BTC Ham Petrol Boru Hattı için, üzerine risk minimizasyon stratejilerinin kurulacağı, “sayısal” bir çevresel risk değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır.

1.2 Kapsam

BTC Ham Petrol Boru Hattı için yapılan risk değerlendirmesi sürecini geliştirebilmek için, çevresel risk değerlendirmesi ile ilgili tanımlar ve risk değerlendirmesinde örnek alınacak E.P.A.’nın (Amerikan Çevre Koruma Ajansı) “Ekolojik Risk Değerlendirme Kılavuzu” (EPA, 1998)’nda tanımlanmış risk değerlendirme süreci, Bölüm 2’de anlatılmıştır.

Bölüm 3’de boru hatlarıyla tehlikeli madde taşımacılığı endüstrisi ve boru hattı kazaları nedenleri hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm 4’de BTC Ham Petrol Boru Hattı ile ilgili bilgilendirme yapılmış ve risk değerlendirmesinin amaçlarını ortaya koyacak ve risk analizini şekillendirecek şekilde problem tanımlanmıştır.

Riski kantitatif olarak değerlendiren modeli (Muhlbauer, 1996), modele yapılan modifikasyonları, boru hattı sızıntı miktar tahminlerini ve uygulama örneğini içeren “risk analizi” Bölüm 5’de anlatılmıştır.

Risk karakterizasyonunda (Bölüm 6) risk değerlendirmesine ait sonuçlar özetlenmiş ve bu sonuçlara dayanarak risk minimizasyon önlemleri önerilmiştir.

“Sonuçlar ve Öneriler” bölümünde risk değerlendirmesinin sonuçları ve bu sonuçlara dayanarak geliştirilmiş risk minimizasyon önlemleri özetlenmiştir.

1.3 Yöntem

BTC Ham Petrol Boru Hattı çevresel risk değerlendirmesi, E.P.A.’nın (Amerikan Çevre Koruma Ajansı) “Ekolojik Risk Değerlendirme Kılavuzu”nda (EPA, 1998) yer alan risk değerlendirme sürecine uyulması ve “Boru Hatları Risk Yönetimi Kılavuzu, 2. Baskı” (Muhlbauer, 1996) kitabında yer alan risk değerlendirme modelinin kullanılarak riskin ölçülmesi, yoluyla yapılmıştır.

EPA’nın “Ekolojik Risk Değerlendirme Kılavuzu”, risk değerlendirmesi için sırasıyla problem formülasyonu, risk analizi ve risk karakterizasyonu adımlarını önermektedir. Bu adımların her biri geliştirilen risk değerlendirmesinde uygulanmıştır.

Problem formülasyonunda, BTC Ham Petrol Boru Hattının, çevresel hassasiyeti olan yerlerden geçişi, kaza potansiyelinin belirsizliği ve projenin boyutununun büyüklüğü, detaylı bir risk analizinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Risk analizinde, risk değerlendirme modeli boru hattının ilk 50 kilometresi için çalıştırılmıştır. 50 km.’lik boru hattı, risk analizi için 37 kısma ayrılmış, her kısım için risk skoru bulunmuştur.

Risk karakterizasyonunda, risk skorları derecelere ayrılarak sınıflandırılmış ve her risk sınıfına yönelik önlemler geliştirilmiştir.

2. ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

2.1 Giriş

Bir tehlikeli maddenin zarar verme potansiyeli, o maddenin çevreye vereceği zararın boyutları ve yapısıyla ilgilidir. Ne var ki, tehlike uygun şekilde kontrol edildiği zaman çevresel açıdan büyük bir risk oluşturmayabilir. Önemli olan riski minimize edecek tasarımı yapabilmektir. Bu tasarıma risk değerlendirme ve yönetimi sürecinin sonucunda ulaşılır.

Çevresel risk değerlendirmesi, güvenlik, insan sağlığı, çevre risklerini birlikte ele alan bir değerlendirme olarak düşünülebilir. Bu üç ana bileşenin nasıl birbirleriyle kesiştiğini görmek açısından, OECD'nin (Ekonomik Birlik ve Gelişme için Organizasyon) yönetim prensibi olarak benimsediği ve bu üç bileşenin bütünleşik biçimde yönetilmesini ön gören yaklaşıma (SHE) göz atmak faydalı olabilir (OECD, 2001):

GÜVENLİK, SAĞLIK VE ÇEVRENİN İNTEGRASYONU					
SAĞLIK			ÇEVRE		
	GÜVENLİK				
Birey Sağlığı	İş Hastalıkları	İş Kazaları	Büyük Kaza Riski	Akut Çevresel Etki	Kronik Çevresel Etki

Şekil 2.1 Güvenlik, Sağlık ve Çevrenin Kesişimi

2.2 Tanımlar

2.2.1 Risk, Tehlike ve Zarar

“Risk” ve “tehlike” iki ayrı, fakat ilişkili kavramdır.

Tehlike, “zarar verme potansiyeli veya belirli koşullar altında zarara yol açabilecek durum veya özellik” olarak tanımlanabilir.

Zarar, “tehlikenin kontrol edilmemesi halinde ortaya çıkan yaralanma veya fiziksel, fonksiyonel veya maddi ziyan durumudur” (Talinlı, 1998).

Risk, günlük kullanımda “kaza olma olasılığı” olarak kullanılır, öte yandan, risk sadece olasılık ile değil, aynı zamanda istenmeyen olayın yarattığı sonuçlarla ilişkilidir.

Çevresel risk, insan yaşamına, sağlığına veya çevreye ters ve istenmeyen şekilde etki edecek sonuçların gerçekleşme potansiyelidir, ve iki bileşenle ortaya konur. (Talinlı, 1998):

- 1) Olumsuz veya istenmeyen bir olayın meydana gelme olasılığı
- 2) Olumsuz olayın sonuçları

Daha başka bir ifade ile risk, “insan sağlığına, çevreye, mala veya değerli herhangi bir şeye etki edecek bir olumsuzluğun olma olasılığının ve şiddetinin ölçümü şeklinde ifade edilen tahrip veya yok olma ihtimalidir (Dycke ve diğ., 1999).

Çevresel risk yönetimi açısından bakıldığında genellikle kabul edilen şekliyle “tanımlanmış bir zararın gerçekleşme olasılığı, veya frekansının ve yaratacağı sonuçların şiddetinin kombinasyonudur” (Mc Coll ve diğ., 2000).

Risk tahmini, genellikle gerçekleşmiş olayın sonucu ile bu olayın gerçekleşme olasılığının beklenen değerinin çarpımını temel alır. Eğer istenmeyen bir madde veya duruma maruz kalınmaz ise risk oluşmaz ” (Talinlı, 1998).

$$\text{Risk} = \text{Maruz Kalma Olasılığı} \times \text{Kaza Sonuçlarının Şiddeti} \quad (2.1)$$

Başka bir deyişle; maruz kalma, tehlike ve risk arasındaki köprüdür.

2.2.2 Çevresel Risk Değerlendirmesi

Birey, grup, toplum ve çevre için kabul edilebilir bir risk seviyesini ortaya koyan bilgiyi oluşturma sürecidir. Bilimsel verileri ve analitik metodları kullanarak çevresel risklerin yapısı ve boyutu karakterize edilir, beklenen olumsuz etkilere ilişkin tahmin (kestirim) yapılır” (Talınlı, 1998).

2.2.3 Çevresel Risk Yönetimi

Risk yönetimi, çevre ve sağlık risklerini kontrol etmek için, etkinliğini sonradan izlemek ve değerlendirmek üzere, stratejilerin seçilmesi ve uygulanmasıdır (Mc Coll ve diğ., 2000).

2.2.4 Risk Analizi

Risk analizi; tehlikeleri belirlemek, ve bir kazanın olma olasılığı ve sonuçlarının, kişilere, topluma, çevreye, mala veya herhangi değerli birşeye vereceği zararı tahmin etmek için bilgileri sistematik biçimde değerlendirmektir (Mc Coll ve diğ., 2000). Örneğin, E.P.A.’nın “Ekolojik Risk Değerlendirmesi Kılavuzu”nda (EPA, 1998), risk analizi; maruz kalma ve doz-tepki değerlendirmelerinin bütünü olarak tarif edilmiştir.

2.2.5 Risk Belirleme

Bir tehlikenin varlığını ve karakteristiğini saptama sürecidir (Mc Coll ve diğ., 2000).

2.2.6 Risk Karakterizasyonu

Risk karakterizasyonu, riskin yapısını ortaya koymak ve karar verme sürecine bilimsel dayanak sağlamak için, doz tepki değerlendirmeleri ve maruz kalma değerlendirmelerinin sonuçlarının birleştirildiği bir özet veya tarif oluşturma sürecidir (EPA, 1998).

2.2.7 Maruz Kalma ve Doz-Tepki Değerlendirmeleri

Doz (konsantrasyon) – tepki (sonuç) değerlendirmesi, bir maddeye maruz kalmanın seviyesi veya dozu ile, oluşacak etkinin şiddetinin arasındaki ilişkinin tahminidir (EPA, 1998).

Maruz kalma değerlendirmesi, kirleticilerin kaynaklarının, taşınım yollarının, maruz kalma modlarının; insanların veya diğer hedef türlerin maruz kalabileceği koşulları

ve olumsuz etki oluşturacak dozu içerecek şekilde, saptanmasıdır. (Mc Coll ve diğ., 2000) Başka bir ifade ile, insanların veya çevrenin bir maddeye hangi doz veya konsantrasyonda maruz kalacağının tahminidir (EPA, 1998).

2.2.8 Risk Kestirimi

Risk Kestirimi (tahmini), genellikle mümkün olduğu kadar sayısal olarak risk özelliklerinin bilimsel olarak saptanmasıdır (Talınlı, 1998). Risk senaryolarının sonuçlarının ve frekanslarının, tahminlerle ilgili belirsizlikleri de değerlendirecek şekilde, tahmin edilmesi aktivitesidir (Mc Coll ve diğ., 2000).

2.2.9 Risk Takdiri

Riskin kabul edilebilirlik ve önemi hakkındaki kararların verildiği risk değerlendirme bileşenidir (Talınlı, 1998).

2.2.10 Değerlendirme Son Noktası

Korunacak olan ekolojik değerin, varlığı ve niteliğine bağlı olarak tanımlanan, açık ifadesidir. Örneğin somon balığı bir ekolojik varlık olarak tanımlanırsa, üreme ve yaş sınıfı yapısı onun önemli niteliklerindendir. “Somon üremesi ve yaş sınıfı yapısı” birlikte bir değerlendirme son noktası oluştururlar (EPA, 1998).

2.2.11 Pay-Sahipleri

Pay-sahipleri (stakeholders), bir karardan veya aktiviteden etkilenen, etkileneceğini düşünen veya, bir karar veya aktiviteyi etkileyen herhangi bir birey, grup veya organizasyondur (Mc Coll ve diğ., 2000).

2.2.12 Risk İletişimi

Risk iletişimi, pay-sahipleriyle riskin varlığı, yapısı, formu, şiddeti ve kabul edilebilirliği ile ilgili herhangi iki yollu iletişimdir (Mc Coll ve diğ., 2000).

2.3 E.P.A. Ekolojik Risk Değerlendirmesi

Çevresel risk değerlendirmesinin yapısını anlayabilmek için bu değerlendirmenin performansını artırmanın bir yolu olarak çeşitli kuruluşlar tarafından geliştirilmiş kılavuzlara bakmak yerinde olur.

A.B.D.’de uygulanan, ulusal çevresel risk değerlendirmesi yaklaşımlarına tutarlılık kazandırması amacıyla, E.P.A. tarafından geliştirilmiş “E.P.A. Ekolojik Risk Değerlendirmesi Kılavuzu” şekil 2.2’de görüldüğü gibi üç faz tanımlamaktadır:

- 1) Problem formülasyonu
- 2) Risk analizi
- 3) Risk karakterizasyonu

Problem formülasyonu fazında risk değerlendirmesinin amaçları belirlenir, değerlendirme son noktaları seçilir, konsept bir model hazırlanır ve risk analizi planı ortaya konur. Bu fazın ürünleri analiz fazını şekillendirir.

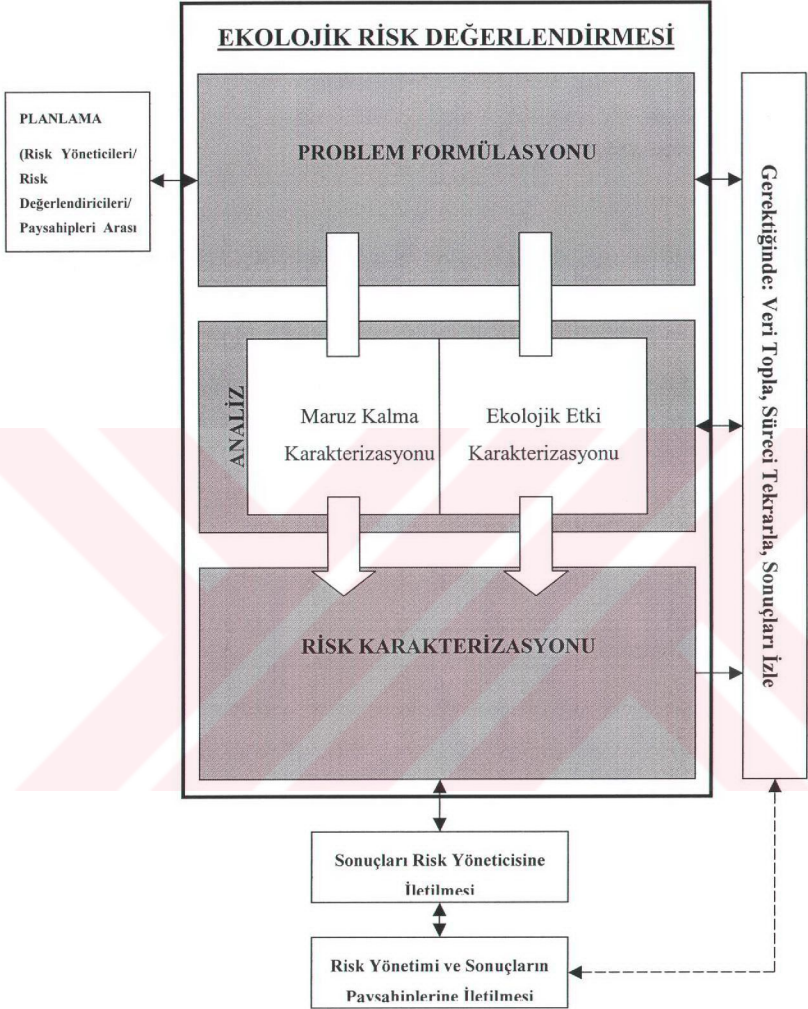
Analiz fazında, çevrenin tehlikeye maruz kalma derecesinin tahmini yapılır ve bu tahmin potansiyel veya gözlenmiş ekolojik etkilerle ilişkilendirilir.

Risk karakterizasyonu fazında ise doz-tepki ve maruz kalma profillerinin entegrasyonu ile birlikte “risk kestirimi” özetlenir; ekolojik risk, destekleyici olaylarla ve oluşacak ekolojik olumsuzluklarla tarif edilir, belirsizlikler ve değerlendirmenin zayıf-kuvvetli yanları açıkça ortaya konur.

Risk değerlendirmesi iteratif ve sonuçların izlenmesi prensibine bağlı bir süreç olarak ortaya konmuştur.

Risk yöneticileri ve risk değerlendircileri, değerlendirmenin etkinliğini ve kullanılabilirliğini sağlamak için ön bir planlama adımı kapsamında kapsam ve amaç konularında anlaşmaktadırlar (EPA, 1998).

E.P.A.’nın yaklaşımında risk yönetimi veya karar verme süreci ekolojik risk değerlendirmesinden açık biçimde ayrılmıştır. Risk değerlendirmesi ekolojik olumsuz etkileri değerlendiren bir bilimsel dayanak olarak ortaya konmuştur. Risk yönetimi bu değerlendirmeyle beraber sosyal, kanuni, politik ve ekonomik faktörleri de hesaba katarak alınacak önlemlerin seçilmesi ile ilgilenmektedir.



Şekil 2.2 A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (E.P.A.) Ekolojik Risk Değerlendirmesi Kılavuzu (EPA, 1998)

3. BORU HATLARI İLE TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI

3.1 Giriş

Boru hatları ile gaz veya sıvı madde (ham petrol, petrol ürünleri, doğal gaz gibi) taşımacılığı, uzun mesafelerde, deniz altı, yer altı, yer üstünden ve üretim yerlerinden pazarlara, verimli bir taşıma yolu haline gelmiştir.

Boru hatları, uygun şekilde bakıldığında ve işletildiğinde, taşıyıcılara önemli ekonomik avantajlar sağlarlar; çünkü taşınan maddenin miktarı pompa basıncını artırarak ucuz şekilde artırılabilir. Bu nedenle, boru hatları, diğer taşıma modlarına (okyanus tankerleri, tren yolu ve kara yolu) rakip olabilecek konuma gelmiştir (ESMAP, 2003).

Örneğin A.B.D.'de doğal gazın hepsi ve petrol-petrol ürünlerinin hacimce %66'sı boru hatları ile taşınmaktadır (GAO, 2000).

3.2 Petrol Boru Hatları Kazaları ve Nedenleri

Boru hatlarının, çoğunlukla yer altında bulunmaları ve kamuyla temastan uzak olmaları dolayısıyla, diğer taşıma modlarına göre doğal olarak emniyet avantajları bulunmaktadır. Örneğin, A.B.D.'de taşınan ton-mil petrol başına, ölüm, sakatlanma ve yangın/patlama oranlarına bakıldığında, boru hattı oranları diğer taşıma modlarına göre 2 ile 10 kat azdır.

Bununla beraber, kazalar 1989-1998 arası yıllık %4 artmıştır. Bu sürede toplam 2241 büyük kaza (ölüm, sakatlanma veya 50000 \$'dan fazla zarar anlamında) ve sonucunda toplam 226 ölüm, 1030 sakatlanma/yaralanma ve yaklaşık 700 milyon dolar hasar meydana gelmiştir.

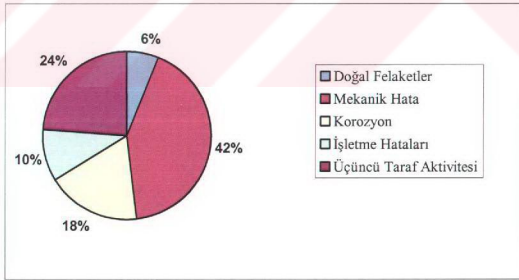
Ölümlerin ve sakatlanmaların sayıca, sırasıyla, %77 ve %72'si doğal gaz dağıtım hatlarından kaynaklanmıştır. Bu dağıtım hatlarının yüksek nüfuslu yerlerden geçmesi dolayısıyla diğer tip boru hatlarına (doğal gaz iletim ve tehlikeli sıvı boru hatları) göre insanları daha çok etkilemeleri şaşırtıcı değildir.

Buna ek olarak, gerçekleşen hasarın %50'sinin tehlikeli sıvı (petrol ve petrol ürünleri) taşımacılığından kaynaklanması, sıvıların doğal gaz gibi atmosfere dağılmamasının sonucudur (GAO, 2000).

“Çevre, Sağlık ve Güvenlik için Petrol Şirketleri Organizasyonu”nun (CONCAWE) uluslararası kabul gören sınıflandırmasına göre, boru hattı yırtılmaları aşağıdaki sebepler veya sebeplerin kombinasyonlarından meydana gelmektedir:

- 1) Mekanik Hata: İnşaat sırasında dikkatsizlik, düşük kaliteli malzemenin kullanımı veya malzemenin eskimesine bağlı olarak oluşabilir.
- 2) Korozyon: İçten ve dıştan, genellikle anti-korozyon kaplamalarının ve önlemlerinin yetersizliğine bağlı oluşur.
- 3) İşletme Hataları: Sistem hatalarını ve insan hatalarını içerir.
- 4) Üçüncü Taraf Aktivitesi: Kazara veya kasti olarak üçüncü kişilerin boru hattına zarar vermesidir.
- 5) Doğal Felaketler: Nehir taşkınları, toprak hareketleri, rüzgar erozyonu, sıcaklık değişimlerine bağlı hasarları içerir (ESMAP, 2003).

Eski Sovyetler Birliği Ülkeleri boru hatlarında kazaların nedenlere göre yayılımı Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Eski Sovyetler Birliği Ülkelerinde Petrol Yayılım Sebeplerinin Dağılımı, 1986-1996, (ESMAP, 2003)

4. BAKÜ-TİFLİS-CEYHAN HAM PETROL BORU HATTI İÇİN PROBLEM FORMÜLASYONU

4.1 BTC Petrol Boru Hattı ile ilgili Genel Bilgiler

Bu çalışmada, BTC Boru Hattı ile ilgili bilgiler, Ekim 2002 tarihli “T.C. Çevre Bakanlığı Onaylı BTC Ham Petrol Boru Hattı ÇED Raporu”ndan (ERM, 2002) alınmıştır.

BTC Ham Petrol Boru Hattı, Azerbaycan’da Bakü yakınlarındaki Sangachal Terminali’nden, Gürcistan üzerinden, Türkiye’nin Akdeniz kıyısındaki Ceyhan’da bulunan yeni ihraç deniz terminaline petrol taşımak amacıyla tasarlanmış bir ham petrol boru hattı sistemidir.

Boru hattının Türkiye kesimi, yaklaşık 1076 km uzunluğunda (BTC Deniz Terminali’ne ait arazi çitine kadar) olacak ve güzergah boyunca 46 inçten 42 inçe, kimi zaman 34 inçe (850 mm) kadar azalan çaplara sahip olacaktır. Uzunluğunun yaklaşık %40’ı boyunca mevcut Doğu Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı’na (DGBH) paralel olarak ilerleyecek ve kısa bir mesafe boyunca ise Şah Deniz Doğal Gaz Boru Hattına yakın olarak ilerleyecektir. Boru hattı güzergahına genel bakış Şekil 3.3’de verilmiştir.

Boru hattına Türkiye topraklarına girdikten yaklaşık 22 km sonra bir gözetim sayaç istasyonu yerleştirilecektir. Her biri pig gönderme/alma tesislerine sahip dört pompa istasyonu (PT1/2/3/4) bulunacaktır. Ayrıca BTC Deniz Terminali’nin akıntı yukarı kesiminde de pig gönderme/alma tesisleri içeren bir basınç düşürücü istasyonu (IPT1) bulunacaktır.

Boru hattının Türkiye kesimi, boru hattı sisteminin bütünlüğünde bir problem oluşması durumunda, hattın farklı kısımlarının izole edilmesini ve bakımının yapılmasını kolaylaştırmak amacıyla 52 adet ara blok vana istasyonu ile donatılmıştır.



Şekil 4.1 BTC Boru Hattına Genel Bakış, (ERM, 2002)

Boru hattı, günde maksimum 1 milyon, minimum 100 bin varillik debi için tasarlanmıştır. Öngörülen BTC Boru Hattı'nın 40 yıllık tasarım ömrü bulunmaktadır. Uygulanabilir tasarım standartları tarafından gerekli görülen veya mühendislik ekibi tarafından uygun olduğu düşünülen yerlerde, başlıca çevresel hassasiyetleri yansıtmak amacıyla ilave emniyet faktörleri tasarıma dahil edilmiştir:

- 1) Jeoteknik (potansiyel oturma veya yerleşme) ve sismik (potansiyel deprem ve heyelan) hassasiyete sahip alanlar;
- 2) Yol, demir yolu ve nehir geçişleri;
- 3) Özellikle yüksek yer altı suyu hassasiyetine sahip alanlar (sığ akiferler gibi).

AÇG (Azeri – Çıraklı – Güneşli) ham petrolünün, BTC Boru Hattı yoluyla taşınacak materyalin büyük bir bölümünü oluşturacağı düşünülmektedir. AÇG ham petrolünün temel özelliklerinin Tablo 4.1'de listelendiği gibi olacağı tahmin edilmektedir.

“Azeri AÇG” ham petrolünden farklı olarak diğer bölgesel ham petrolerin ve kondensatların taşınması için de hazırlıklar yapılmıştır. Farklı ham petrol ve kondensat karışımlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri saf AÇG ham petrolünün özelliklerine göre küçük farklılıklar gösterebilir.

Taşınacak ürünlerin toksik özellikleri ile ilgili hiçbir bilgi verilmemiştir.

Tablo 4.1 AÇG Ham Petrolünün Özellikleri (ERM, 2002)

PARAMETRE	DEĞER
Su ve sediman	Hacimsel olarak azami %0,5
Su içeriği	Hacimsel olarak azami %0,3
15°C'de yoğunluk	852 kg m ⁻³ (API derecesi 34.5)
'Reid' Buhar Basıncı	69 kPa
Akma noktası	-6°C
Wax Gözlenme Sıcaklığı	37,7°C
15°C'de brüt ısınma değeri	44.800 kJ kg ⁻¹
15°C'de net ısınma değeri	42.020 kJ kg ⁻¹
Wax içeriği	Ağırlık olarak %4-10
Giriş sıcaklığı	30°-40°C
H ₂ S	Ağırlık olarak <10 ppm
Sülfür	1480 mg kg ⁻¹

Boruların indirme alanına getirilmesinden önce, imalatçının arazisinde, borunun dış yüzeyine yüksek bütünlüğe sahip üç tabakalı polietilen kaplama uygulanacaktır.

Gömülü boru hattının korozyona karşı korunması için ilave bir koruma, kurbanlık anot yatakları ile etkilenmiş bir akım sisteminden oluşacak katodik koruma sistemi ile sağlanacaktır.

Boru hattının dahili koşulları düzenli olarak izlenecek ve korozyona uğrama olasılığını en az seviyeye indirmek amacıyla devam eden bakım faaliyetlerine tabi tutulacaktır.

Boru hattı normal olarak minimum 1,0 m'lik derinliğe gömülecektir. BTC Boru Hattı için nehir geçişlerinde minimum boru hattı geçiş derinliği 2 m'dir (ERM, 2002).

Yer altı uyarı şeritleri, tüm güzergah boyunca boru hattının konumunu işaretleyecektir. Düşük seviyedeki işaret direkleri, tüm istasyon sahalarında, katodik koruma kontrol istasyonlarında, yol, patika, demir yolu ve su geçişlerinde, YÜT çitlerinde ve boru hattı güzergahının tanımlanmasını sağlamak ve gözetimine yardım etmek için gerekli olduğu düşünülen tüm diğer lokasyonlarda sağlanacaktır. Uygun olan yerlerde işaretler, komşu işaretlerle aynı görüş alanı içerisinde olacaklardır.

Bir sızıntı tespit sistemi (STS) tesis edilecektir. Sistem; akış, basınç, sıcaklık ve yoğunluğa ait gerçek profillerin çeşitli kombinasyonları ile aynı parametrelerin modellenen profillerinin karşılaştırılmasıyla işleyecektir. Gerçek ölçümler ile modellenen profiller arasındaki aşırı farklılıklar, olası sızıntıları belirtmektedir. Bu nedenle, bir sızıntının tespiti için harcanan zaman, sızıntının boyutlarına ve ölçüm teçhizatının hassasiyetine bağlı olacaktır. Sistem, sızıntının yaklaşık lokasyonunu belirleyebilecek ve sızıntı içeren boru hattı kesimleri, sızıntının her iki tarafındaki en yakın blok vanaların otomatik olarak harekete geçmesi (kapanması) ile izole edilecektir.

BOTAŞ, BTC Boru Hattı'nın ömrü boyunca kapsamlı bir gözetim programı uygulayacaktır. Gözetim programı, tüm BTC Boru Hattı'nı izleyecektir, ancak güzergah boyunca bulunan ve aşağıda listelenen potansiyel hassas kısımlara özellikle dikkat edilecektir:

- 1) Nehir, demir yolu ve yol geçişleri;
- 2) Boru hattının hassas akiferler üzerinden ilerlediği kesimler;

- 3) Koruma altındaki alanlar;
- 4) YÜT'ler (pompa istasyonları, basınç düşürme istasyon ve blok vana istasyonları dahil);
- 5) Boru hattının yerleşimlere ve köylere yakın olduğu kesimler.

“Kapalı Devre Televizyon” (KDTV) ve alarm sistemleri, pompa istasyonlarında ve basınç düşürme istasyonunda bulunacaktır ve bu lokasyonların uzaktan izlenmelerini kolaylaştırmak üzere SCADA (bilgisayarlı veri toplama ve kontrolü) "sistemi ile bağlantısı olacaktır.

Tüm boru hattı güzergahı, periyodik olarak ‘yürünecektir’ ve boru hattının kullanımına veya petrol taşımaya zarar verecek veya kesintiye uğratabilecek yetki dışı faaliyetlerin yürütülmediğini garanti etmek amacıyla hassas kesimlerde devriye gezilecektir.

Boru hattının bütünlüğü, akıllı pig kullanılarak periyodik olarak izlenecektir (Akıllı pig, pig gönderme/alma tesisleri arasında boru hattı sıvısının itici gücü sayesinde taşınan bir alettir. Akıllı pig, boru hattı boyunca ve hat içerisine bir kuvvetle itildiğinden, pigın üzerine yerleştirilen iki kutup boru hattı duvarına kuvvetli bir manyetik alan uygulayacaktır ve daha sonra pig üzerinde yer alan bir sensör, boru hattı duvarındaki indüklenmiş manyetik alandaki değişiklikleri tespit edecektir. Tek biçimli bir boru için, sensör sadece tekdüze tepkileri tespit edebilecektir, ancak metal kaybının meydana geldiği sahada sensör manyetik akıntıdaki bir sızıntıyı tespit etmektedir ve bu, pig üzerinde bulunan bilgisayara kaydedilmektedir. Bu yolla, boru hattı uzunluğu boyunca tüm malzeme hasarlarının yerleri (1,5 m dahilinde) ve boyutları, et kalınlığındaki değişimler ve korozyon tanımlanabilir ve böylece tüm boru hattının bütünlüğünün haritalanması mümkün olabilir (ERM, 2002).

4.2 Problem Formülasyonu

BTC boru hattı güzergahının geçtiği, ÇED kapsamında tanımlanmış jeolojik riskler içeren yerler bulunmaktadır (ERM, 2002). Bunlar:

- 1) Toplam sekiz faydan oluşan beş aktif fay zone
- 2) Zeminde boşluk oluşumundan kaynaklanan riskler taşıyan karstik alanlar
- 3) Zeminin yüzer hale gelmesine sebebiyet verebilecek sıvılaşma alanları

4) Dört potansiyel heyelan alanıdır.

Bu alanlar haricinde taşkın riski olan 18 nehir geçişi yapılmıştır. Bunlara ek olarak, boru hattı pek çok yerde kara ve demir yollarını kesmektedir.

- BTC ham petrol boru hattında çevresel hassasiyeti yüksek yerler şöyle özetlenebilir (ERM,2002):
- BTC boru hattının 4 km'lik koridorunda toplam 103 yerleşim yeri bulunmakta, ve 148222 insan yaşamaktadır.
- Boru hattı pek çok yüzeysel ve yer altı su kaynağından geçmektedir.
- Boru hattı uzunluğunun %17,9'u 1. sınıf, %20,3'ü 2. sınıf tarım topraklarından geçmektedir.
- Boru hattı güzergahında 5 koruma alanı (ulusal veya uluslararası ölçekte koruma altında), 8 adet de bahsedilmeye değer (ÇED raporunda belirtilen) ekolojik açıdan değerli alan bulunmaktadır. Bunlar haricinde, güzergah üzerinde küçük pek çok "hassas ekolojik alan" belirlenmiştir.
- Boru hattı güzergahında pek çok kültürel miras yeri bulunmaktadır.

Tehlikeli madde boru hatlarında kaza sebepleri kategorileri Bölüm 3.2'de mekanik hatalar, işletme hataları, doğal felaketler, korozyon ve üçüncü taraf aktiviteleri olarak verilmiştir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında problem şu şekilde tanımlanabilir:

Boru hattının yerleşim yerlerinden geçmesi üçüncü kişi aktivitelerinden kaynaklanabilecek kazalara potansiyel oluşturmaktadır. Ayrıca, güzergah doğrultusunda doğal olaylar sonucu kazaya neden olabilecek alanların bulunduğu görülmektedir. Sonuç olarak, Bölüm 3.2'de tanımlanan diğer kategorilere bağlı kaza potansiyellerinin belirsizliği, boru hattının çevresel hassasiyeti olan yerlerden geçişi ve projenin boyutunun büyüklüğü, proje için detaylı bir risk analizinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Risk analizinde çevrenin petrol sızıntısına maruz kalma potansiyeli (maruz kalma), ve olası kazanın çevreye vereceği "zarar" (ekolojik etki) karakterize edilmiştir. Bu analiz "Boru Hattı Risk Yönetimi Kılavuzu 2.Baskı" (Muhlbauer, 1996) kitabında

detaylandırılan model modifiye edilerek yapılmıştır. İki ana başlığın analizi de modelin içinde kendine yer bulmaktadır.

Modeli çalıştırabilmek için gereken ve çevrede oluşacak tahribatı belirleyen önemli bir unsur olan sızıntı miktarları analiz dahilinde hesaplanmıştır.

Model boru hattının ilk 50 kilometresi için boru hattının tümüne örnek olacak şekilde kullanılmıştır. Model sonuçları, risk önlemlerinin önerilmesine dayanak olacak şekilde risk karakterizasyonunda özetlenmiş ve değerlendirilmiştir.

5. BTC HAM PETROL BORU HATTI İÇİN RİSK ANALİZİ

5.1 BTC Boru Hattı İçin Risk Değerlendirme Modeli

5.1.1 Puanlandırma Sistemi

Risk değerlendirme modelinde (Muhlbauer, 1996) risk değerlendirme tekniği bir “skor sistemi” olarak tarif edilmiştir. Risk çerçevesine katkısı olan boru hattı sistem koşullarına sayısal değerler atanmıştır.

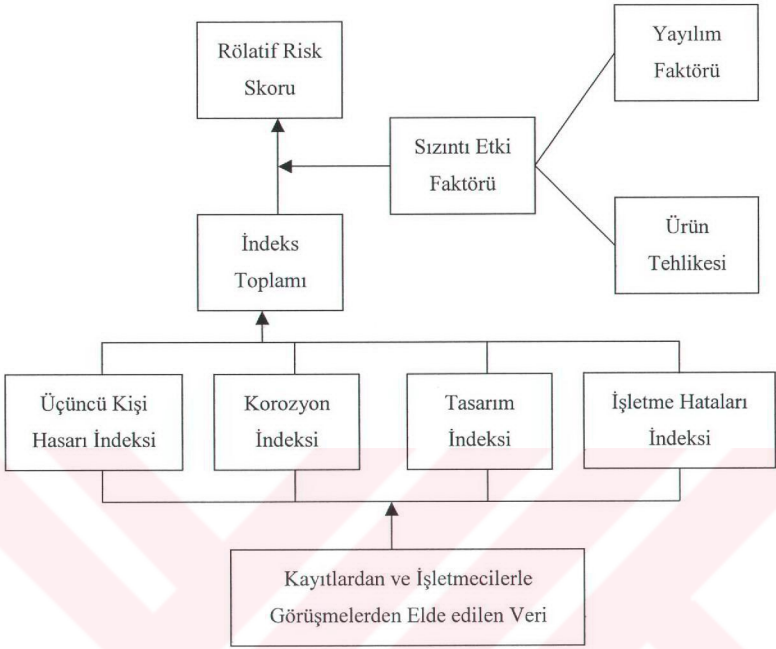
Risk değerlendirme modelinin temel şeması Şekil 5.1’de verilmiştir. Boru hattı risk çerçevesi iki genel bölümde çizilmiştir. İlk bölüm, “Nerede ve hangi olasılıkla hata olabilir?” sorusunu sormaktadır. Bu bölümde kazaya sebep olabilecek tüm olaylar, işletme ve tasarım seçenekleriyle beraber, detaylı ve göreceli olarak değerlendirilir. İkinci bölüm ise olası kazanın potansiyel sonuçlarını, yani “zararı” analiz eder.

İlk bölüm boru hattı kazalarının kabaca ilişkilendirildiği dört temel kategorinin indeksleridir. Bu kategorilere ait indeks skorları toplanarak “indeks toplamı” bulunur. Her bir kategori 0-100 arası puanlandırılır. Toplam indeks skoru da 0-400 arası değer alır. İndeks skorunun 400’e yaklaşması daha emniyetli koşulları, başka bir ifade ile kaza potansiyelinin veya olasılığının azalmasını temsil eder.

İkinci bölümde, ürünün akut ve kronik tehlikeleri, boru hattı acil durum sistemi, sızıntı miktar tahminleri ve güzergahın geçtiği yerler (çevresel faktörler) birarada değerlendirilerek “Sızıntı Etki Faktörü” elde edilir. İndeks toplamı, sızıntı etki faktörüne bölünür ve risk skoru elde edilmiş olur. Sızıntı etki faktörünün sayısal olarak büyüklüğü, olası bir kazanın sonuçlarının büyüklüğüyle, başka bir deyişle “zarar” ile doğru orantılıdır.

Bu teknik, boru hattının her bir kısmı için tekrar edilir. Böylece her kısım için nicel bir risk değeri bulunmuş olur. Bulunan değerler boru hattının her bir kısmının diğer kısımlara göre risk büyüklüğünü gösterir.

Risk skoru 0-2000 arası değerler alır. Yüksek puan alan yerler daha emniyetli, yani düşük riskli; düşük puan alan yerler daha emniyetsiz, yani yüksek risklidir.



Şekil 5.1 Risk Değerlendirme Modeli Şeması, Muhlbauer (1996).

5.1.2 Risk Değerlendirme Süreci

Modelde tarif edilen risk değerlendirme tekniği işletmeci ve tasarımcılara karar vermede referans olacak şekilde geliştirilmiştir. Bu, karmaşık sorulara zamanlı yanıtlar verilerek yapılmaktadır. Risk değerlendirme süreci dört adımdan oluşur:

- Boru hattını risk değerlendirme için uygun parçalara bölmek
- Her indeks bileşenin göreceli önemine karar vererek modeli özelleştirmek
- Her boru hattı kısmı için gerekli veriyi oluşturmak
- Risk bileşenlerinde oluşan değişikliklere göre veritabanını güncelleştirmek.

5.1.3 Temel Varsayımlar

Bu modelde birkaç temel varsayım kullanılmıştır. Kullanıcının ve özellikle modeli özelleştirenlerin bu varsayımları farkında olmasında yarar bulunduğu belirtilmektedir.

5.1.3.1 Bağımsızlık Prensibi

Risk değerlendirme modelinde, indeks bileşenleri, yani bütün bağımsız faktörler toplanarak sonuçta bir sayı oluşturulur. İndeksler toplanarak bulunan bu değer (indeks toplamı) bir kazanın gerçekleşme meyilini ortaya koyar. Başka bir deyişle, indekslerin her bir bileşeni birbirlerinden bağımsız olarak risk çerçevesini etkilemektedir.

Örneğin, B olayının gerçekleşmesi ancak A olayının gerçekleşmesi sonucunda olabiliyorsa, B olayının gerçekleşme olasılığının A olayının tek başına gerçekleşmesi olasılığından az oluşuna bağlı olarak, B olayına A olayından daha az puan verilmiştir. Fakat model “B olayı A olayı olmadan gerçekleşmez” koşulunu şart koşarak puanlandırma yapmamaktadır.

5.1.3.2 En Kötü Durum Yaklaşımı

Boru hattının bir kısmı değerlendirilirken, o kısımda bulunan en kötü koşul baz alınır. Örneğin, boru hattının 5 kilometrelik bir kısmında genelde 3 metre örtü kalınlığı var, fakat bu kısmın 300 metrelik bir yerinde kalınlık 1 metreye düşüyorsa, bu durumda puanlandırma 1 metrelik kalınlığa göre yapılır. Risk değerlendirici bu koşulu ancak boru hattını risk değerlendirmesi için doğru şekilde kısımlara ayırarak aşabilir.

5.1.3.3 Görecelik Prensibi

Risk skorları ancak görece anlamlıdır. Boru hattının bir kısmının elde ettiği risk skoru sadece o kısmın diğerlerine göre durumunu gösterir. Yüksek risk skorları yüksek güvenlik (emniyet) ve düşük riski temsil eder.

5.1.3.4 Öznellik Prensibi

Modelde verilen puanlandırma cetvelleri boru hattı endüstrisi deneyimlerine ve kişisel deneyimlere dayalı uzman yorumuna göre oluşturulmuştur. Dolayısıyla her

risk bileşeninin görece “önemi” veya başka bir deyişle “ağırlığı”, model yazarının yorumudur.

5.1.3.5 Halk Sağlığına Yönelik Yaklaşım

“Zarar” ancak kamuya yönelik değerlendirilmiştir. Boru hattı şirketi ve işletmecilerine yönelik zarar değerlendirme dışı bırakılmıştır.

5.1.3.6 Puanlandırma Ağırlıkları

İndeks bileşenlerinin ağırlıkları, görece önemlerini yansıtacak şekilde belirlenmiştir. İndeks bileşenlerin görece önemleri, risk çerçevesine katkıları veya risk azaltma potansiyellerine dayandırılmıştır. Kaza istatistikleri bir şirketten diğerine değiştiği için, bu istatistik verilere göre bir ana indeks kategorisini diğerinin üzerinde puanlandırmak anlamlı görülmemiştir.

5.1.4 Doğal Nitelikler ve Önlemlerin Belirlenmesi

Risk değerlendiricinin, risk yönetimini kolaylaştırmak için, her indeks bileşenini “doğal nitelik” veya “önlem” olarak kategorize etmesinde yarar görülmüştür. “Doğal nitelikler” boru hattının karakteristikleridir ve değiştirilmeleri zor, hatta bazen imkansızdır. “Önlemler”, işletmeci veya tasarımcının risk çerçevesini değiştirmek için kullanabileceği araçlardır. İndeks bileşenlerinin bir kısmı da bu iki konsept arasında kalan “gri” bölgelerdir.

5.1.5 Boru Hattının Kısımlara Ayrılması

Bir boru hattında genellikle sabit bir tehlike ve(ya) riskten söz edilemez. Güzergah boyunca değişen koşullarla beraber risk çerçevesi de değişir. Dolayısıyla, risk değerlendirici boru hattını uygun şekilde bölmek için bir kriter belirlemelidir. Hattı çok parçaya ayırmak risk değerlendirmesini hassaslaştırır, fakat yüksek maliyetli veri toplama gerektirir. Hattı az parçaya ayırmak (uzun kısımlar halinde), maliyeti azaltır, fakat hassasiyeti düşürür.

Boru hattını kısımlara ayırmak için en uygun kriter herhangi bir belirgin değişiklikte bir kırılma noktası koymaktır. Bir başlangıç olarak 1 mil uzunluğunda kısımlar önerilmiştir.

5.1.6 Üçüncü Taraf Hasarı İndeksi

“Üçüncü taraf hasarı” boru hattı personelinin olmayan insanlar tarafından verilen zarar olarak kullanılmıştır. Üçüncü kişilerin hatta vereceği zarar sadece delme olarak düşünülmemelidir. Örneğin küçük bir çizik korozyonun hızlanmasına neden olabilir. Eğer çizik yeterince derin ise stresin biriktiği bir alan oluşturabilir, ve belki yıllar sonra metal yorgunluğu ile beraber strese bağlı kırılmaya neden olabilir. İndeks bileşenlerinin puan ağırlıkları, aralıkları ve doğal nitelik veya önlem olarak sınıflandırılmaları Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Üçüncü Taraf Hasarı İndeksi

İNDEKS BİLEŞENİ	SINIFLANDIRMA	PUAN	AGIRLIK YÜZDESİ
Minimum Örtü Derinliği	Doğal Nitelik	0-20	%20
Aktivite Seviyesi	Doğal Nitelik	0-20	%20
Yer Üstü Tesisler	Doğal Nitelik	0-10	%10
Tek-Arama Sistemi	Önlem	0-15	%15
Halk Eğitimi	Önlem	0-15	%15
Boru Hattı Güzergahının Görünürlüğü	Önlem	0-5	%5
Devriye Frekansı	Önlem	0-15	%15
TOPLAM		0-100	%100

5.1.6.1 Minimum Örtü Derinliği

Boru hattının değerlendirilen kısmında, devam ettiği uzunluk ne kadar kısa olursa olsun, toprak örtüsünün en dar olduğu kalınlıktır. Basit bir formülle hesaplanır:

$$\text{Örtü Kalınlığı (inç)/3} = \text{Puan (maksimum 20 puan)} \quad (5.1)$$

Toprak örtüsü dışındaki koruma önlemleri, boru hattı örtü kalınlığına ekstra kalınlık eklenerek, artı puanla değerlendirilir.

Tablo 5.2 Ekstra Önlemlerin Puanlandırılması

KORUMA ÖNLEMİ	EKLENECEK KALINLIK
2 inç Beton Kaplama	+8 inç
4 inç Beton Kaplama	+12 inç
Keson Boru	+24 inç
Uyarı Bandı	+6 inç

5.1.6.2 Aktivite Seviyesi

Aktivite seviyesi bileşeni, boru hattının yakınındaki insan aktivitesinin üçüncü tarafların zarar potansiyelini etkilediği varsayımına dayanır. Başka bir deyişle, daha çok aktivite daha çok zarar verme fırsatı demektir.

Risk değerlendiricinin aktivite seviyesini sınıflandırması gerekmektedir. Modelde aktivite seviyesi sınıflandırma örneği U.S. DOT nüfus sınıflandırmasını baz almaktadır. U.S. DOT nüfus yoğunluğu sınıflandırması, boru hattını merkez alan 1 mil uzunluğunda 1,320 feet (her iki tarafta 660 feet) genişliğindeki dikdörtgen alanın içinde kalan konut sayısına dayanır. Şu şekilde açıklanabilir:

- 1. Sınıf: 10 konuttan az
- 2. Sınıf: 10 – 46 konut arası
- 3. Sınıf: 46 konuttan çok ya da yüksek nüfuslu binalar (20 ve 20’den fazla insanın yaşadığı) ve(ya) buluşma noktalarının varlığı
- 4. Sınıf: Tarihi binaların varlığı

Modelde aktivite seviyesine şu şekilde bir sınıflandırma örneği verilmiştir:

- Yüksek Aktivite Seviyesi Alanı (0 puan): 3. sınıf nüfus yoğunluğu, sık inşaat faaliyetleri, yoğun demiryolu veya yol trafiği gibi kriterlerden bir veya birkaçı
- Orta Aktivite Seviyesi Alanı (8 puan): 2. sınıf nüfus yoğunluğu, rutin olmayan inşaat faaliyetleri gibi kriterlerden bir veya birkaçı
- Düşük Aktivite Seviyesi Alanı (15 puan): 1. sınıf nüfus yoğunluğu, rutin olmayan veya zararsız tarım faaliyetleri (örneğin yerin 1 feet altına penetre edemeycek ekipmanlar ile yapılan tarım)
- Aktivite Yok (20 puan): Yerin kazılması gibi zarar verici faaliyetlerin kesinlikle olmaması durumu

5.1.6.3 Yer Üstü Tesisler

Yer üstü tesisler indeksi yer üstü tesislerin üçüncü tarafların faaliyetlerine maruz kalma potansiyelinin ölçüsüdür. Maruz kalma potansiyeli taşıt kazaları ve vandalizmle ilişkilidir. Yer üstü tesislerin varlığı boru hattı için “doğal nitelik”tir,

yani değiştiremez bir durumdur, fakat bu faaliyetlere karşı alınabilecek tedbirler de bulunmaktadır. Hiçbir yer üstü tesisinin bulunmaması durumu maksimum emniyetli durumdur. Yer üstü tesislerin bulunması durumunda, puanlandırma riski azaltan koşullara göre belirlenmelidir. Puanlandırma cetveli Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3 Yer üstü tesislerin puanlandırılması

BORU HATTI KISIM BİLGİLERİ	PUAN
Yer üstü tesis yok	10
Yer üstü tesis var	0*
Taşıtlar ile 200 feet mesafe	5
6 feet çit	2
Koruyucu parmaklık (min. 4 inç kalınlığında demir boru)	3
Taşıtlar ve faaliyet sahalarını ayıran ağaçlandırma (min. 12 inç çaplı ağaç)	4
Taşıtlar ve faaliyet sahalarını ayıran hendek (min 4 ft derinlik/genişlik)	3
İşaretlendirme (uyarı levhaları)	1

* Maksimum 10 puan olacak şekilde önlem skorları toplanır.

5.1.6.4 Tek-Numara Sistemi

Tek numara sistemi gerçekteşecek kazı faaliyetlerini haber alır ve yer altında bulunan (boru hatları gibi) tesislerin sahiplerini uyarır. U.S. DOT tanımlamasına göre konvansiyonel bir tek numara sistemi “bir veya birden fazla boru hattı şirketi, devlet ajansı ve yer altı faaliyeti sahibi tarafından kurulan; tek bir telefon numarası ile, kazıcı firmalar ve halktan kazı faaliyetleri ile ilgili duyuru almaya ve kaydetmeye yarayan” bir sistemdir. Bu sayede boru hattı işletmecileri kazı faaliyetlerini izleme ve kazıcı firmalarla haberleşme olanağını yakalarlar.

Tek-numara sisteminin işlevselliğinin puanlandırıldığı cetvel Tablo 5.4’de verilmiştir.

Kanun tarafından zorunlu kılınan ve cezalara dayanan bir sistem maksimum güvenilir kabul edilmiştir. Diğer iki puanlık kategoriler öznel değerlendirmelere dayanmaktadır.

Sisteminin işlevselliğinin bir ölçüsü olarak rapor edilen toplam faaliyet sayısı ile gerçekteşmiş şüpheli faaliyet sayısı kıyas edilebilir. Eğer rapor edilen faaliyet sayısı şüpheli faaliyetlerden az ise sistem güvenilir değildir.

Sistemin tanınma derecesi reklam yoğunluğuna bağlı değerlendirilebilir.

Puanlandırma cetvelinde verilen ULCCA (Amerikan Kamu Kuruluşları Yerleştirme ve Koordinasyon Konseyi) standartları şu başlıkların altını çizer:

- Çalışma saati
- Kayıt saklama
- Duyuru metodu
- Duyuru yapılmayan saatler
- Duyuru zamanlaması

Bu standart haricinde herhangi bir endüstri standardı da kullanılabilir.

Sistemin uyanlara düzgün reaksiyon verme derecesi, duyuruları alan boru hattı işletmecilerinin uygun önlemleri alıp almadıklarına göre değerlendirilir.

Tek numara sistemi kurulmamışsa 0 puan ile değerlendirme yapılır.

Tablo 5.4 Tek-Numara Sistemi Puanlandırması

TEK-NUMARA SİSTEMİ ÖZELLİKLERİ	PUAN
Kanun tarafından zorunlu kılınma	4
İşlevselliği ve güvenilirliği kanıtlanmış olma	2
Reklamlarla tanıtılma ve halk tarafından iyi bilinme	2
Minimum ULCCA standartlarına sahip olma	2
Aramalara uygun reaksiyon verme	5

5.1.6.5 Halk Eğitimi Programı

Halk eğitimi üçüncü kişi hasarını azaltmakta kritik bir yere sahiptir. Çünkü üçüncü kişi hasarının büyük kısmının kasti olmayan eylemler ve gözardı etmeler sonucunda oluştuğu düşünülmektedir.

Puanlandırma, halk eğitimi programının etkinliğine bağlı şekilde yapılmış ve Tablo 5.5’de detaylar verilmiştir. Puanlar toplanarak sonuç skoruna (maksimum 15) ulaşılır.

Tablo 5.5 Halk Eğitimi Programı Puanlandırması

HALK EĞİTİMİ PROGRAMI TİPİ	PUAN
Posta yolu ile eğitim	2
Yerel yöneticilerle yıllık görüşme	2
Yerel kazı firmalarıyla yıllık görüşme	2
Sivil toplum kuruluşları ile düzenli eğitim programı	2
Boru hattı komşularıyla yüz yüze görüşme	4
Kazı şirketlerine posta ile eğitim	2
Kazı firmaları ve devlet dergilerinde yıllık reklamlar	1

5.1.6.6 Boru Hattı Güzergahının Görünürlüğü

Bu bileşen, boru hattı koridorunun görünürlüğünün ve denetlenebilirliğinin bir ölçüsüdür. Yeri açıkça belirlenebilen bir boru hattı, üçüncü tarafların tacizlerine kapalıdır, çünkü hava ve yerden yapılan devriyelerde hasar alan bölgeler ve şüpheli kişiler daha kolay tespit edilir.

Hattın görünürlüğü örnek olarak şu şekilde puanlandırılmıştır:

- Mükemmel (5 puan): Rotası açıkça belli, havadan ve yerden takip edilebilecek şekilde işaretlenmiş,)
- İyi (3 puan): Rotası belli (yerden görüşü engelleyen bitki örtüsü yok), karayolu, demiryolu ve nehir geçişlerinde işaretli, iyi işaretlenmiş ama yerden ve havadan görüş güzergahın her noktasından mümkün değil.
- Orta (2 puan): Rota uniform olarak belli değil, karayolu, demiryolu ve nehir geçişlerinde daha fazla işarete ihtiyaç var.
- Ortalama Altı (1 puan): Rota görüşü kapayan bitki örtüsü ile kaplı, havadan ve yerden görüş zayıf, boru hattı rotası olarak ayırt edilebilir değil.
- Zayıf (0 puan): Rota tamamen belirsiz, işaretlendirme yok.

5.1.6.7 Devriye Frekansı

Boru hattını devriye gezmenin üçüncü kişi hasarını azalttığı kanıtlanmıştır (Muhlbauer, 1996). Devriyenin frekansı dikkate alınarak Tablo 5.5'teki gibi bir cetvel örnek olarak verilmiştir.

Tablo 5.6 Devriye Frekansı Puanlandırması

DEVRIYE FREKANSI	PUAN
Günlük	15
4 günde bir	12
3 günde bir	10
2 günde bir	8
Haftada bir	6
Ayda 4 kereden az, 1 kereden fazla	4
Ayda bir kereden az	2
Yok	0

5.1.7 Korozyon İndeksi

Boru hatlarında, doğrudan veya dolaylı korozyona bağlı oluşan kazalar, özellikle çelik borulu sistemlerde, en bilindik tehlikelerdendir. Bu indeks korozyon analizi ve kontrolüne yönelik yaygın uygulamaları kapsar.

Korozyon için basit olarak bir anod, bir katod, ikisi arasında elektrik bağ ve elektrolit gereklidir. Bu bileşenlerden herhangi birinin giderilmesi korozyonu engeller.

Korozyon indeksi üç kategoriye ayrılmıştır :Atmosferik korozyon, iç korozyon ve gömülü metal korozyonu.

Korozyon indeks bileşenlerinin puan ağırlıkları, aralıkları ve doğal nitelik veya önlem olarak sınıflandırılmaları Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7 Korozyon İndeksi

KOROZYON İNDEKS BİLEŞENİ	SINIFLANDIRMA	PUAN	AGIRLIK YÜZDESİ
ATMOSFERİK KOROZYON		0-20	%20
Korozyon Olanakları	Doğal Nitelik	0-5	%5
Atmosfer Tipi	Doğal Nitelik	0-10	%10
Kaplama / Denetim	Önlem	0-5	%5
İÇ KOROZYON		0-20	%20
Ürün Korozipliği	Doğal Nitelik	0-10	%10
İç Koruma	Önlem	0-10	%10
GÖMÜLÜ METAL KOROZYONU		0-60	%60
Katodik Koruma	Önlem	0-8	%8
Kaplama / Denetim	Doğal Nitelik	0-10	%10
Toprak Korozipliği	Doğal Nitelik	0-4	%4
Sistem Yaşı	Doğal Nitelik	0-3	%3
Diğer Metaller	Doğal Nitelik	0-4	%4
AC İndüklenmiş Akım	Doğal Nitelik	0-4	%4
Mekanik Korozyon	Doğal Nitelik	0-5	%5
Test Kurşunu	Önlem	0-6	%6
Yakın İç Gözlem	Doğal Nitelik	0-8	%8
İç Denetim Aracı	Önlem	0-8	%8

5.1.7.1 Atmosferik Korozyon

Genelde boru hatları gömülü olarak inşa edilseler de, atmosferik korozyona tamamen dirençli değildirler. Atmosferik korozyon, basitçe, boru materyalinde atmosfer ile temastan kaynaklanan kimyasal değişimdir. Genelde, bu temas metal oksitlenmesiyle son bulur. Atmosferik korozyon üç bileşeni bulunmaktadır.

Atmosferik korozyonun oluşabilmesi için atmosfer ile temasa olanak sağlayan ortamların (korozyon olanakları) bulunması gerekir . Korozyon olanakları bileşeni ve örnek puanlandırma şöyle özetlenebilir:

- Hava / Su Ara Yüzeyi (0 puan): Boru hattının hem havaya hem suya maruz kaldığı yerlerdir.
- Keson Borular (1 puan): Boru hattı dış yüklerden korumak amacıyla taşıyıcı borunun etrafına yerleştirilen dış borudur. Yüksek dış yüklerin olduğu karayolu ve demiryolu geçişlerinde kullanılırlar. Aynı zamanda atmosferik korozyona sebep

olurlar. Bu, havalandırma deliklerinin borunun atmosfer ile temas etmesine ve biriken nem ile dış boru ve iç boru arasında pil oluşumuna olanak sağlamasından kaynaklanmaktadır. Doğrudan gözlemin ve güvenilir tespit yönteminin olmayışı düşük puanlandırma sebebidir.

- İzolasyon (2 puan): Yer üstü borularını izole etmek için kullanılırlar. Korozyon açısından keson borulara benzer yapıdadırlar.

- Destek Yapıları (2 puan): Boru hattının üstüne konduğu destek yapıları kaplamının aşınmasına ve atmosferik korozyona neden olabilirler.

- Yer / Hava Arayüzeyi (3 puan): Boru hattının yere girdiği ve çıktığı yerlerdir. Toprak hareketleri boruyu zedeleyebilir ve korozyona sebep olabilir.

- Diğer Korozyon Olanakları (4 puan): Çelikten yapılmamış boru hatlarında, örneği plastik hatlarda güneş ışığı hattın zayıflamasına neden olabilir.

- Atmosfer Teması Yok (5 puan)

Atmosferik korozyonun diğer bir bileşeni atmosfer tipidir. Atmosferin kimyasal bileşimi, nem miktarı ve sıcaklığı korozyonu etkiler. Örnek bir puanlandırma cetveli şöyle olabilir:

- Kimyasal ve Deniz Kıyısı (0 puan): En korozif atmosfer tipidir. Boru hattı endüstriyel faaliyet sonucu oluşan oksitleyici kimyasallar ve tuzlu suya maruz kalır.

- Kimyasal ve Yüksek Nem (1 puan): Boru hattı endüstriyel faaliyet sonucu oluşan oksitleyici kimyasallar ve yüksek neme maruz kalır.

- Deniz Kıyısı, Bataklık (4 puan): Boru hattı yüksek nem ve tuza maruz kalır.

- Yüksek Nem ve Yüksek Sıcaklık (6 puan): Üstteki seçeneğe benzerdir, fakat sezonluk bir durumu ifade eder.

- Kimyasal ve Düşük Nem (8 puan): Boru hattı ve düşük neme maruz kalır.

- Düşük Nem (10 puan): Endüstriyel faaliyet sonucu oluşan oksitleyici kimyasallar yok, düşük nem ve düşük sıcaklık.

Atmosferik korozyonun son bileşeni “kaplama ve denetim”dir. Atmosferik korozyona karşı alınan önlemler değerlendirilir. Dört grupta toplanır ve her grup risk

değerlendiricinin subjektif bakış açısına ve şirket deneyimlerine dayanarak iyi (3 puan), orta (2 puan), düşük (1 puan) ve kötü (0 puan) olarak sınıflandırılır:

- **Kaplama:** Kaplama bulunduğu ortama uygunluğuna ve kalitesine bağlı değerlendirilir.
- **Uygulama:** En son yapılan kaplamanın işçiliği değerlendirilir.
- **Denetleme:** Atmosferik korozyon potansiyeli olan yerlerin tespiti programının zamanlama ve titizliği değerlendirilir.
- **Kusurların Onarılması:** Bakım/ onarım programının zamanlama ve titizliği değerlendirilir.

Puanlar toplanır ve kaplama / denetim bileşenin puanlandırma ağırlığına (maksimum 5 olacak şekilde) oranlanır.

5.1.7.2 İç Korozyon

İç korozyon borunun iç kısmı ve taşınan ürünün reaksiyonundan kaynaklanır. Ürün korozifliği ve iç koruma önlemleri bileşenlerinden oluşur. İç korozyon skoru iki bileşenin puanları toplanarak elde edilir.

Ürün korozifliği bileşeni ürünün korozif safsızlıklar içermesini değerlendirir. Örnek bir cetvel Tablo 5.8’de verilmiştir.

Tablo 5.8 Ürün korozifliğinin puanlandırılması

ÜRÜN KOROZİFLİĞİ	PUAN
Kuvvetli Korozif (hızlı, zarar verici korozyon mümkün)	0
Hafif Derecede Korozif (Korozyon mümkün ama hızı az)	3
Belli Koşullar Altında Korozif	7
Korozif değil	10

İç koruma önlemlerine ait puanlandırma çetveli şu şekilde özetlenebilir:

- **Önlem yok (0 puan)**
- **İç İzleme (2 puan):** Korozyon potansiyelini gösteren elektriksel ölçümler yapan bir prob veya borunun iç kısmına yerleştirilen, boru malzemesiyle aynı yapıda olan ve zaman zaman değiştirilen bir kuponun incelenmesi ile yapılır.

- İnhibitör Enjeksiyonu (4 puan): Korozyonun kimyasal mekanizması net ise, reaksiyonu inhibe edici kimyasallar kullanılabilir.
- İç Kaplama (5 puan): Boruların içinin ürünle reaksiyon vermeyen bir madde ile kaplanmasıdır.
- İşletme Tedbirleri (3 Puan): Ürünün boru materyaline koroziv etki göstermediği ama ürününün içinde koroziv özellikleri olan safsızlıklar olması durumunda, filtreleme, sıyırma, sıcaklık ayarlama gibi safsızlık giderme yöntemleri kullanılabilir.
- Pig Kullanılması (3 puan): Pigler boru içinde ilerleyen silindirik nesnelerdir. Boru hattı içi piglerle temizlenebilir veya korozyon potansiyeli (elektronik donanımlı pigler) tespit edilebilir.

5.1.7.3 Gömülü Metal Korozyonu

Gömülü metal korozyonu toprağın elektrolit özelliği göstermesi sayesinde boru hattının kendisi veya gömülü başka bir metal ile galvanik pil oluşturması durumunda olur.

Bu oluşumu engellemenin bir yolu metali elektrolitten (toprakta) izole etmektir.

Bir başka etkili yöntem ise katodik korumadır. Katodik korumada elektrik akımının boru yönünde olması, yani borunun katod, toprağa gömülen başka bir metalin ise anod (kurbanlık anod) olması sağlanır. Gömülen metalin elektron ilgisi borudan daha azdır. Bu sayede metal kaybeden kurbanlık anod, boru hattı da metal kazanan (katod) durumuna gelir.

Toprak tipi ve ekonomik şartlara göre mevcut akımın devam ettirmek adına sisteme rektifiye edici ile voltaj uygulanır.

Gömülü metal korozyonu potansiyelinin belirleyen 10 bileşen bulunmaktadır. Bunlar:

- Katodik Koruma: Katodik koruma sisteminde korozyon potansiyelini engelleyen yeterli elektromotif gücün bulunması (en az 300 milivolt voltaj) ve sistemin doğru çalışmasının kontrol edilmesi (minimum aylık kontroller) iki önemli kriterdir. Bu kriterlere uyuluyorsa 8, uyulmuyorsa 0 puan verilir.

- **Kaplama / Denetim:** Atmosferik korozyondaki “kaplama / denetim” indeks bileşeni ile aynı şekilde puanlandırılır. Fakat, toplam skor maksimum 10 puan olacak şekilde oranlanır.
- **Toprak Koroziifliğı:** Toprağın elektrolitik karakterine (iletkenliğıne) galnavik pil oluşumunu etkiler. Puanlandırma Tablo 5.9’da gösterilmiştir. Toprağın mikrobiyal aktivite veya düşük pH nedeniyle çeliğı oksitlemesi söz konusuysa puan düşürülebilir.

Tablo 5.9 Toprak koroziifliğinin puanlandırılması

TOPRAK DİRENÇİ	PUAN
Düşük direnç (<500 ohm/cm)	0
Orta direnç (500-10000 ohm/cm)	2
Yüksek direnç (>10000 ohm/cm)	4
Bilinmiyor	0
Özel Durum	-1’den -4’e

- **Sistem Yaşı:** Sistem yaşının korozyonu etkileyen genel bir faktör olduğu kabul edilmiştir. Bir hata mekanizması değildir, ama korozyon indeksine dahil edilmesi uygun görülmüştür. Puanlandırmaya örnek bir cetvel Tablo 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.10 Sistem yaşının puanlandırılması

SİSTEM YAŞI	PUAN
0-5 yıl	3
5-10 yıl	2
10-20 yıl	1
>20 yıl	0

- **Diğer Metaller:** Gömülü başka metallerin varlığı korozyon pili oluşumunu tetikleyen potansiyel bir risktir. Eğer diğer gömülü metal (başka boru hatları gibi) yüksek elektronegativiteye sahipse, boru hattını anod (metal kaybeden) konuma getirebilir. Başka gömülü metallerin varlığından, 500 ft veya daha yakın olmaları durumunda söz edilebilir.

Tablo 5.11 Diğer metaller ile etkileşimin puanlandırması

VAKA SAYISI	PUAN
Yok	4
1-10	2
11-25	1
>25	0

- AC İndüklenmiş Akım: Yakınlarında bir AC güç iletimi aktivitesi bulunması halinde boru hatları manyetik olarak indüklenebilirler. Oluşan akımın yarattığı arklar metal kaybına veya kaplamanın bozulmasına neden olur. Topraklama ve elektrik kalkanlarının kullanımı gibi önlemler puanlandırmaya dahil edilebilir.

Tablo 5.12 AC indüklenmiş akım oluşumunun puanlandırması

AC GÜÇ İLETİMİ VAKA ÖZELLİKLERİ	PUAN
1000 ft yakında güç kaynağı yok	4
1000 ft içinde güç kaynağı var, ama önlem var	2
1000 ft içinde güç kaynağı var, önlem yok	0

- Mekanik Korozyon: Korozyonun ve mekanik etkilerin aynı anda olması durumunda boruda çatlaklar oluşabilir. Mekanik etkiler boru yüzeyinde stres oluşumuna bağlı oluşur. Strese bağlı oluşan korozyon çatlaklarının yerlerini belirlemek veya tahmin etmek zordur.

Tablo 5.13’de verilen cetvelde stres seviyeleri, boru hattı maksimum müsaade edilen iç çalışma basıncının (MİÇB) yüzdesi cinsinden ifade edilmiştir. Boru hattının incelenen kısmında gözlemlenen en yüksek basınç esas alınır. Tablodaki “çevresel faktörler”, ürün koroziyifliği indeks bileşeni ve toprak koroziyifliği indeks bileşeni skorları toplanarak elde edilir.

Tablo 5.13 Mekanik korozyonun puanlandırması

ÇEVRESEL FAKTÖRLER	% MİÇB			
	2-20	21-50	51-75	>75
0	3	2	1	1
4	4	3	2	1
9	4	4	3	2
14	5	5	4	3

- **Test Kurşunları:** Test kurşunu gömülü hatta iliştilirilmiş ve dışarıya uzatılmış kablolardır. Eğitimli bir teknisyen bir voltmetre ile boru-toprak potansiyelini okur. Böylece katodik korumanın doğru şekilde çalışıp çalışmadığı (borudan dışarıya doğru bir akımın ispatı ve büyüklüğü tespit edilerek) kontrol edilir. Test kurşunlarının doğru yerlere, sık şekilde yerleştirilmesi ve sık olarak okunması önemlidir.

Bir milden az aralıklarla yerleştirme 3 puan, 1-2 mil arası aralıklarla yerleştirme 2 puan ve izleme yapmama 0 puan alır. Bunlara, 6 aydan az aralıklarla izleme durumunda 3 puan, 6 aydan çok aralıklarla izleme durumunda 2 puan ve yıllık izleme durumunda 0 puan eklenir.

- **Yakın İç Gözlem:** Test kurşunlarının izlenmesinde kullanılan en etkili bir metoddur. Herhangi bir yer üstü ekipmana, valfler gibi, voltmetre bağlanır. Voltmetrenin diğer ucunda yer ile elektriksel teması sağlayan referans pil bulunur. Teknisyen boru hattı boyunca boru-toprak potansiyelini ölçer ve hat boyunca her nokta için bu değerler grafik haline getirilir. Değerlerde ani düşüşler akımın büyüklük veya yön değiştirdiğini, yani katodik korumada yaşanan problemi ortaya koyar.

Zaman aralıklarına dayanılarak puanlandırma yapılmıştır:

$$8 - (\text{son gözlemden sonra yıl sayısı}) = \text{Yakın İç Gözlem Skoru} \quad (5.3)$$

İç Tespit Aracı: Akıllı piglerin kullanılması yoluyla boru kalınlığında incelmeler ve çatlaklar tespit edilebilir. Akıllı pigler manyetik alan veya ses dalgaları kullanarak bu denetlemeyi yaparlar.

$$8 - (\text{son denetlemeden sonra yıl sayısı}) = \text{İç Tespit Aracı Skoru} \quad (5.4)$$

5.1.8 Tasarım İndeksi

Tasarım indeksi boru hattı işletme koşullarını kritik tasarım parametrelerine göre değerlendirir. Aslında bir işletme indeksidir, fakat bütün işletme koşullarının tasarım parametrelerine uygun olacağı düşünülerek “tasarım” sözcüğü kullanılmıştır.

Tablo 5.14’de indeks bileşenleri, sınıflandırılmaları ve ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 5.14 Tasarım İndeksi

TASARIM İNDEKS BİLEŞENİ	SINIFLANDIRMA	PUAN	AGIRLIK YÜZDESİ
Boru Güvenlik Faktörü	Doğal Nitelik	0-20	%20
Sistem Güvenlik Faktörü	Doğal Nitelik	0-20	%20
Metal Yorgunluğu	Önlem	0-15	%15
Darbe Potansiyeli	Önlem	0-10	%10
Sistem Hidrostatik Testi	Önlem	0-25	%25
Toprak Hareketleri	Doğal Nitelik	0-10	%10
TOPLAM		0-100	%100

5.1.8.1 Boru Güvenlik Faktörü

Boru duvar kalınlığını iç basınç, örtü toprağı ağırlığı, tren ve kara yollarından gelen yükler belirler. Boru hattı sistemlerinin çoğunda emniyetli olmak için ekstra duvar kalınlıkları, yani güvenlik (emniyet) faktörleri kullanılır

Ekstra duvar kalınlıklarının puanlandırmasını aşağıdaki denklemler belirler:

$$t = \frac{\text{Mevcut duvar kalınlığı}}{\text{Gerekli duvar kalınlığı}} \quad (5.5)$$

$$(t - 1) \times 20 = \text{Puan} \quad (5.6)$$

5.1.8.2 Sistem Güvenlik Faktörü

Boru güvenlik faktöründen farklı olarak bütün sistem bileşenlerini değerlendirir. Sistemin yapabildiklerinin mevcut işletme koşullarıyla kıyasıdır.

Sistemin en zayıf bileşeninin maksimum işletme basıncı belirlenir. Bu basınç MİÇB'ye oranlanır.

$$\left(\frac{\text{Sistemin en zayıf bileşeninin maksimum işletme basıncı}}{\text{MİÇB}} - 1 \right) \times 20 = \text{Puan} \quad (5.7)$$

5.1.8.3 Metal Yorgunluğu

Metal yorgunluğuna bağlı kazalar beklenmedik şekilde ve büyük boyutlarda gerçekleşir. Metal yorgunluğuna sebep olan stres döngülerini kontrol etmek mümkün olabileceği için “önlem” olarak sınıflandırılmıştır.

Puanlandırma stress döngülerinin miktarına bağlı yapılmıştır. Bir stress döngüsü başlangıç basıncından pik basınca ve sonra tekrar başlangıç basıncına kadar devam

eder. Döngü MİÇB'nin yüzdesi cinsinden ifade edilir. Bu yüzde ne kadar büyük olursa ve stres döngüsü sayısı ne kadar çok olursa o kadar kötüdür.

Tablo 5.15 Metal yorgunluğunun puanlandırılması

% MİÇB	İŞLETME ÖMRÜ BOYUNCA STRES DÖNGÜSÜ SAYISI				
	$<10^3$	10^3-10^4	10^4-10^5	10^5-10^6	$>10^6$
100	7	5	3	1	0
90	9	6	4	2	1
75	10	7	5	3	2
50	11	8	6	4	3
25	12	9	7	5	4
10	13	10	8	6	5
5	14	11	9	7	6

5.1.8.4 Darbe Potansiyeli

Bu kısımda “su darbesi” etkileri incelenir. Boru halinde hareket içindeki sıvı aniden durdurulursa, örneğin bir valf kapanmasında olduğu gibi, sıvının kinetik enerjisi basınç olarak potansiyel enerjiye dönüşür.

İşletmecinin tecrübesine dayanarak şu başlıklar altında incelenir:

- Yüksek olasılık (0 puan): MİÇB'nin %10'undan büyük darbelerin oluşma olasılığı yüksektir.
- Düşük olasılık (5 puan): MİÇB'nin %10'undan büyük darbelerin oluşma olasılığı düşüktür
- Olasılık Yok (10 puan)

5.1.8.5 Sistem Hidrostatik Testi

Sistem hidrostatik testi boru hattının suyla doldurularak, belli sürelerde ve MİÇB'nin üzerinde bir basınçla çalıştırılmasıdır. Hattın sağlamlığını kanıtlar.

Skor, test basıncına ve en son testten sonra geçen süreye göre elde edilen puanlar toplanarak bulunur.

$$h = \frac{\text{Test Basıncı}}{\text{MİÇB}} \quad (5.8)$$

$$(h - 1) \times 30 = \text{Puan (maksimum 15, min 0 olacak şekilde)} \quad (5.9)$$

$$\text{Puan} = 10 - (\text{testten sonra yıl sayısı}) \quad (5.10)$$

5.1.8.6 Toprak Hareketleri

Boru hattının toprak hareketlerine bağlı stres altında kalması şöyle belirlenir:

- Yüksek Potansiyel (0 puan): Boru hattının hasar verici toprak hareketlerine maruz kalması yaygın. Düzenli fay hareketleri, fay geçişleri, heyelanlar ve sıcaklık değişimlerine bağlı toprak çatlamaları.
- Orta Potansiyel (2 puan): Hasar verici toprak hareketleri sık değil.
- Düşük Potansiyel (6 puan): Toprak hareketleri nadiren görülür, hasar verici siddete değil.
- Potansiyel Yok (10 puan): Toprak hareketlerinin olacağına dair kanıt yok.
- Bilinmiyor (0 puan)

5.1.9 İnsan Hatası İndeksi

İnsan hatası ölçülmesi en zor kaza potansiyeli çeşididir. Daha çok önlem bileşenlerinden oluşmuştur, ve boru hattının işletildiği sürece oluşan istatistik verileriyle desteklenecek yapıdadır. İndeks şu başlıklar altında incelenir:

- Tasarımda İnsan Hatası (0-30 puan): Risk değerlendirici, tasarım sırasında tehlike bileşenlerinin tanımlanmış olup olmadığına, işletme sırasında MİÇB'nın aşılmasının mümkün olup olmadığına (tasarımdan kaynaklanan bir sorun ise), sızıntı tespit sisteminin güvenilirliğine, malzeme seçiminin doğru yapılıp yapılmadığına bakarak değerlendirme yapar.
- İnşaat Sırasında İnsan Hatası (0-20 Puan): Risk değerlendirici, inşaat sırasında tutulmuş uzman raporlarına bakarak, denetleme, malzeme seçimi, kaynak işlemi, işçilik ve kaplamanın düzgünlüğüne göre değerlendirme yapar.
- İşletme Sırasında İnsan Hatası (0-35 Puan): Risk değerlendirici işletme prosedürleri, sızıntı tespit sisteminin güvenilirliği, işçilerin disiplini, eğitim programlarına bakarak değerlendirme yapar.

- Bakım Sırasında İnsan Hatası (0-15 Puan): Bakım ilgili dokümantasyonlar, takvimler ve prosedürler değerlendirilir.

5.1.10 Sızıntı Etki Faktörü

Sızıntı etki faktörü indeks toplamını kaza sonucu oluşacak sonuçları yansıtacak şekilde bölerek ayarlar. Dolayısıyla yüksek sızıntı etki faktörü nihai risk skorunu azaltır, yani riski artırır.

Temelde, ürün özelliklerine ve boru hattının çevresine bağlıdır. Sızıntı etki faktörü aşağıdaki denklemlerle hesaplanır:

$$\text{Ürün Tehlikesi} = \text{Akut Tehlike} + \text{Kronik Tehlike} \quad (5.11)$$

$$\text{Akut Tehlike} = N_F + N_R + N_H \quad (5.12)$$

$$\text{Kronik Tehlike} = \text{RQ Skoru} \quad (5.13)$$

$$\text{Yayılım Faktörü} = \frac{\text{Sızıntı Skoru}}{\text{Çevre Skoru}} \quad (5.14)$$

$$\text{Sızıntı Etki Faktörü} = \frac{\text{Ürün Tehlikesi}}{\text{Yayılım Faktörü}} \quad (5.15)$$

5.1.10.1 Ürün Tehlikesi

Ürün tehlikesi akut ve kronik tehlikeleri değerlendirir.

Akut tehlikeler değerlendirilirken ürün tehlikesi değerlendirmede bir standart haline gelmiş olan NFPA (Amerikan İtfaiye Teşkilatı) cetveli kullanılmıştır.

- N_F (0-4 puan): Bu bileşen “yanıcılık-tutuşabilirlik” ölçüsüdür. Maddelerin yanma ve kaynama noktalarını esas alır. N_F sınıflandırması şu şekildedir:

$N_F = 0$ (yanıcı değil)

$N_F = 1$ (Yanma Noktası < 200 °F)

$N_F = 2$ ($< \text{Yanma Noktası} < 200$ °F)

$N_F = 3$ (Yanma Noktası < 100 °F ve Kaynama Noktası < 100 °F)

$N_F = 4$ (Yanma Noktası < 73 °F ve Kaynama Noktası < 100 °F)

- N_R (0-4 puan): Bu bileşen taşıyan ürünün “kararlılık-reaktiflik” ölçüsüdür. Puanlandırma şöyle yapılır:

$N_R = 0$ (Yanacak kadar ısıtıldığında bile tamamem kararlı madde)

$N_R = 1$ (Basınca maruz kaldığında hafif kararsız)

$N_R = 2$ (Isıtmadan bile belirgin şekilde kararsız)

$N_R = 3$ (Kapatılırsa patlayabilir)

$N_R = 4$ (Kapatılmadan patlayabilir)

- N_H (0-4 puan): Bu bileşen taşıyan ürünün “akut toksisite” ölçüsüdür. Bir çeşit insan sağlığına yönelik değerlendirmedir. Puanlandırma şöyle yapılır:

$N_H = 0$ (Sıradan yanabilirlerden tehlikeli değil)

$N_H = 1$ (Küçük kalıcı hasarlar mümkün)

$N_H = 2$ (Dakik sağlık müdahalesi gerektiren geçici saf dışı kalmalar mümkün)

$N_H = 3$ (Şiddetli geçici veya kalıcı hasar)

$N_H = 4$ (Kısa süreli maruz kalmalarda ölüm veya büyük hasar)

Akut tehlike bu üç bileşen toplanarak bulunur ve 0-12 arası değer alır.

Kronik tehlike CERCLA (Amerikan Çok Yönlü Çevre Uygulama, Tazminat ve Sorumluluk Yasası) tarafından tanımlanmış tehlikeli madde sınıflandırması olan RQ’yu (rapor edilmeye değer miktar) esas alır. “RQ”, 1 (X sınıfı), 10 (A sınıfı), 100 (B sınıfı), 1000 (C sınıfı) ve 5000 pound (D sınıfı) değerlerinden biridir. RQ değerleri, sucul hayata ve memelilere toksisite, kronik toksisite, kanserojenlik gibi kriterleri içerecek şekilde belirlenmiştir. Örneğin, X sınıfı demek, 1 pound’unun dökülmesi halinde bile rapor edilmeye geçecek kadar tehlikeli demektir.

RQ=5000, 2 puan, RQ=1000, 4 puan, RQ=100, 6 puan, RQ=10, 8 puan ve RQ=1, 10 puan alır.

Ürün Tehlikesi (0-22 arası değer) akut tehlike (0-12 arası değer) ve kronik tehlikenin (0-10 arası değer) toplamıdır.

5.1.10.2 Yayılım Faktörü

Sızıntı skoru, sızıntı boyutu skoru, toprak geçirgenliği ve düzeltme faktörünü kapsar.

$$\text{Sızıntı Skoru} = \frac{(\text{sızıntı boyutu} + \text{toprak geçirgenliği})}{2} + \text{Düzeltilme Faktörü (1)} \quad (5.16)$$

- Toprak geçirgenliği, petrolün toprakta hareketini açıklar. Toprak geçirgenliği arttıkça daha düşük puanlar alır. Çünkü “toprakta hızlı hareket eden ürünler çevrede daha çok yayılırlar” varsayımıyla hareket edilmiştir. Toprak geçirgenliği Tablo 5.16’da puanlandırılmıştır:

Tablo 5.16 Toprak geçirgenliğinin puanlandırılması

Toprak Geçirgenlik Hızı (cm/sn)	PUAN
0	5
$<10^{-7}$	4
$10^{-5}-10^{-7}$	3
$10^{-3}-10^{-5}$	2
$<10^{-3}$	1

- Sızıntı boyutu, boru hattının değerlendirilen segmentinde tam çap bir kırılma sırasında 1 saatte sızacak madde miktarını esas alır. Sızıntı boyutu Tablo 5.17’de puanlandırılmıştır:

Tablo 5.17 Sızıntı Boyutun Puanlandırılması

Sızan Madde Miktarı (pound)	PUAN
<1000	5
1001-10000	4
10001-100000	3
100001-1000000	2
>100001	1

- Düzeltilme faktörü: Eğer bir saatte sızan madde miktarı acil kapatma ve sızıntı tespit sistemleriyle %50 oranında azaltılabiliyorsa veya acil eylem planları ile felaketin boyutları %50 azaltılabiliyorsa, sızıntı skoru hesaplanırken 1 puan eklenmesidir.

Yayılım faktörü denklem 5.14’de görüldüğü gibi sızıntı skoru ve çevre skorunu içerir.

Çevre skoru, nüfus skoru ve çevresel hassasiyet skorunun toplamıdır.

- **Nüfus Skoru:** Bir kaza halinde bundan etkilenecek insanları değerlendirmeye alır. Bölüm 5.1.6.2’de anlatılan DOT (Amerikan Ulaştırma Departmanı) nüfus sınıflandırmasına göre sınıf 1 (1 puan), sınıf 2 (2 puan), sınıf 3 (3 puan) ve sınıf 4 (4 puan) alır.
- **Çevresel Hassasiyet:** Çevresel hassasiyet ve yüksek değerde olan alanların değerlendirmesidir. Tablo 5.18’de verilen puanlandırma cetveline göre 0-0,9 arası değerler alır. İki kolonun hangisi daha yüksek skora sahipse onun puanı esas alınır.

Tablo 5.18 Çevresel Hassasiyet Skoru Cetveli

Çevresel Hassasiyet	“Yüksek Değer” Alanları	PUAN
Önemli türlerin yuva alanı, nesli tehlikede olan türlerin varlığı	Değerli ekipmanlar, yerine konamayacak faaliyetler	0,9
Önemli sulak alanlar, içme suyu kaynakları	Yüksek fiyatlı yerler, önemli iş alanlarının etkilenmesi	0,8
Yüksek masraflı remediasyon gerektiren yerler	Orta seviye önemli iş alanlarının etkilenmesi, arkeolojik yapılar	0,7
Kumsallar, nehir kenarları	Uzun süreli tarımsal hasar	0,6
Düşük kalite kumsallar, eğimli nehir kenarları	Düşük-profilli arkeolojik siteler	0,5
Ulusal parklar, ormanlar	Önemli rekreasyon alanları	0,4
Remediasyonda sıkıntı yaratabilecek yerler	Normalden değerli iş alanlar	0,3
Kayalık nehir kenarları, düşük çevresel hasar	Piknik alanları bahçeler	0,2
Kayalık kumsallar	Normalden yüksek fiyatlı alanlar	0,1
Çevresel hasar yok	Potansiyel hasarların önemsiz olduğu yerler	0

5.2 Sızıntı Miktarlarının Hesaplanması

5.2.1 Giriş

Boru hattının herhangi bir segmentinde en yüksek sızıntı miktarını veren nokta kullanılarak sızıntı miktarları hesaplanmıştır.

Keskin bir orifisten sızan miktar şöyle hesaplanır (Weber, Malvick, 2000):

$$Q_L = C_d \times A \times \sqrt{2 \times \rho \times \Delta P \times \frac{g}{144}}$$

Q_L : Sızıntı Miktar Oranı (lb/saniye)

C_d : Akış Katsayısı (0,61)

A : Boru Kesit Alanı (in²)

ρ : Ham Petrol Yoğunluğu (lb/ft³)

ΔP : Statik Basınç (psi = $\frac{lb}{in^2}$)

g : Yerçekim ivmesi (32,2 $\frac{ft}{sn}$)

(5.17)

Statik basınç, sızıntı olan nokta ile drene olacak en yüksek yer arasındaki yükseklik farkının bilinmesiyle bulunabilir:

$$\Delta P = SG \times \Delta h \times K$$

SG : Ham Petrolün Spesifik Gravitesi

Δh : Yükseklik Farkı (ft)

K : Dönüşüm katsayısı (0,43352 psi/ft)

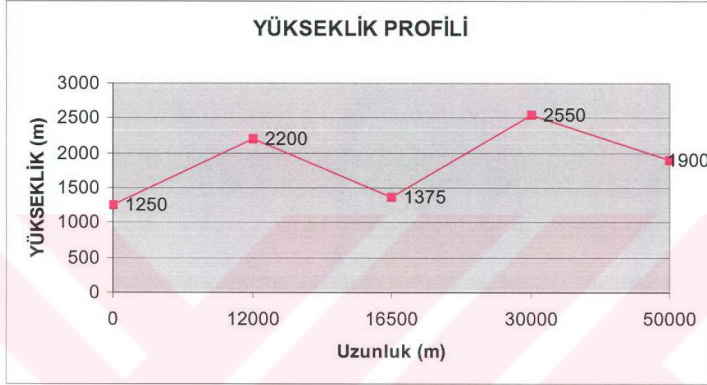
(5.18)

Boru hatlarında genelde sızıntı tespit sistemleri kullanılmaktadır. Sızıntı tespit sistemleri bir sızıntı anında ilk önce pompaları kapatır. Tam çap bir kırılma halinde pompalar kapatılana kadar geçen sürede pompa debisi kadar sızıntı olur. Pompalar kapandıktan sonra ise sızıntı noktası ile en yüksek nokta arasındaki basınç farkından ötürü boru hattı sızıntı noktasına doğru drene olmaya başlar. Genelde drenaj hacmi pompalanan hacimden büyük olur. Toplamda sızan miktar bu iki miktarın toplamıdır.

Sızıntı hacmini kısıtlamak için blok vanalar kullanılır. Pompalar kapatıldıktan sonra, sızıntı noktasının iki tarafına kalan blok vanalar kapatılır. Böylece sadece blok vanalar arasında kalan kısmın drene olması sağlanır (Muhlbauer, 1996).

5.2.2 Sızıntı Miktar Hesapları

Boru hattının ilk 50 kilometresinin yükseklik profili şekil 5.2’de verilmiştir. Yükseklik profili Ekim 2002 tarihli “T.C. Çevre Bakanlığı Onaylı BTC Ham Petrol Boru Hattı ÇED Raporu”nda (ERM, 2000) verilen profilin ilk 50 km’sinden elde edilmiştir.



Şekil 5.2 BTC Ham Petrol Boru Hattı Yükseklik Profili

5.2.2.1 Sızıntı Miktar Hesaplaması Örneği

Boru hattının “0-1 kısmı” (0. ve 1. kilometreler arası) miktar hesaplamasına örnek olarak verilmiştir. Senaryo, modelde uygun görüldüğü gibi sıfırıncı kilometrede bir tam çap kırılma olması ve sızıntının 1 saat boyunca sürmesi (olabilecek en kötü durum) üzerinedir.

İlk önce en yüksek nokta ile kot farkı hesaplanır.

$$\Delta h = 2550 - 1250 = 1300 \text{ m (4265 ft)}$$

BTC Ham petrolünün spesifik gravitesi Tablo 4.1’de verilmiştir.

$$SG = \frac{852 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,852$$

Bunları 5.17 denkleminde yerine koyarsak basınç farkı bulunur.

$$\Delta P = 0,852 \times 4265 \text{ ft} \times 0,43352 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} \cong 1575 \text{ psi}$$

5.17 denkleminde yararlanarak bir saate drene olacak miktar bulunur. Boru hattının çapı ilk 50 km’de 46 inçtir.

$$Q_L = C_d \times A \times \sqrt{2 \times \rho \times \Delta P \times \frac{g}{144}} @ 322930 \text{ lb/saniye (pound/sn)}$$

$$C_d : 0,61$$

$$A : \pi \times \frac{D^2}{4} = \pi \times \frac{46^2}{4} @ 1662 \text{ in}^2$$

$$\rho : 852 \text{ kg/m}^3 = 53,20 \text{ lb/ft}^3$$

$$\Delta P : 1575 \text{ (psi} = \frac{\text{lb}}{\text{in}^2})$$

$$g : \text{Yerçekim ivmesi} (32,2 \frac{\text{ft}}{\text{sn}})$$

1 saat sürede drene olan miktar hesaplanır.

$$Q_{\text{drenaj}} = 322930 \frac{\text{pound}}{\text{sn}} \times 3600 \frac{\text{sn}}{\text{saat}} = 1,16 \times 10^9 \text{ pound/saat}$$

Bu miktara 1 saatte pompalanan miktar eklenir. Boru hattı saatte maksimum 6700 m³ petrol pompalamaktadır.

$$Q_{\text{pompa}} = 6700 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}} \times 852 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2,20462 \frac{\text{pound}}{\text{kg}} = 1,26 \times 10^7 \text{ pound/saat}$$

Toplam hacim $Q_{\text{TOPLAM}} = 1,18 \times 10^9 \text{ pound/saat}$ bulunur.

Risk değerlendirme modelinde, “0-1” kısmı için sızıntı boyutu skorunun aldığı puan $1 \times 10^9 \text{ pound}$ ’dan büyük olduğu için 1 puandır (bkz. Tablo 5.27).

Risk değerlendirme modelinde sızıntı hacmi STS (Sızıntı tespit sistemi) ile %50 oranında azaltılabiliyorsa yayılım faktörü hesaplarken düzeltme puanı verilir. Dolayısıyla sızıntı tespit ve acil kapatma sistemleri devredeyken oluşan hacim hesaplanmalıdır.

Bu durumda üç ayrı miktar hesabı yapılır.

Pompalar kapanana kadar geçen süre BTC boru hattında 10 dakika olarak verilmiştir (ERM, 2000).

$$Q_{\text{pompa}} = 6700 \frac{\text{m}^3}{\text{saat}} \times 1/6 \text{ saat} = 1117 \text{ m}^3$$

Pompalar kapandıktan sonra blok vanalar kapanana kadar 10 dakika süre geçer (ERM, 2000).

$$Q_{\text{drenaj}} = 322930 \frac{\text{pound}}{\text{sn}} \times 3600 \frac{\text{sn}}{\text{saat}} \times 1/6 \text{ saat} = 648661 \text{ pound}$$

Blok vanalar kapandıktan sonra ise blok vanalar arasındaki bütün petrolün sızdığı varsayılmıştır.

$$Q_{\text{BLOKVANA}} = 8500 \text{ m} \times \pi \frac{1,16^2}{4} = 8829 \text{ m}^3$$

Toplam hacim aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_{\text{toplam}} = 1117 \text{ m}^3 + 103124 \text{ m}^3 + 8829 \text{ m}^3 = 113070 \text{ m}^3$$

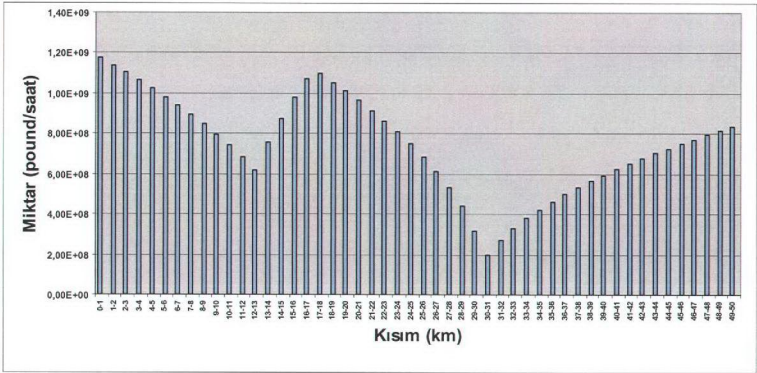
$$Q_{\text{TOPLAM}} = 113070 \text{ m}^3 \times 852 \text{ kg/m}^3 \times 2,20462 \text{ pound/kg} = 2,12 \times 10^8 \text{ pound}$$

Bu durumda sızıntı miktarında %81,9 azalma sağlanmaktadır, ve sızıntı skoru hesaplanırken düzeltme puanı kullanılır.

Görüldüğü gibi blok vanalar arasında kalan hacim drenaj hacminin yanında küçük bir miktardır. Dolayısıyla, blok vanalar arasını kısaltmak, dökülen miktarı azaltmak için bir çözüm değildir. Miktarı daha fazla azaltmak daha hızlı reaksiyon veren sızıntı tespit ve acil kapatma sistemleriyle mümkündür.

5.2.3 Sızıntı Miktarı Hesabı Sonuçları

Şekil 5.3'te sızıntı miktarları profili verilmiştir. Modelde sızıntı boyutu skorları hesaplanırken bir kilometreden uzun kısımlarda sızıntı miktarı en yüksek olan kilometre esas alınmıştır. Sızıntı tespit sistemi ve acil kapatma sistemi devredeyken %71,1-81,9 arası hacim azalması sağlanabilmektedir. Dolayısıyla düzeltme faktörü, ilk 50 kilometre için sızıntı skoru hesaplanırken, bütün boru hattı kısımlarında kullanılmıştır.



Şekil 5.3 Sızıntı Miktar Sonuçları

5.3 Risk Değerlendirme Modeli Modifikasyonları

5.3.1 İndeks Kategorilerinde Değişiklikler

Risk değerlendirme modeli üçüncü taraf hasarı, korozyon, tasarım ve insan hatası indeksi olmak üzere dört kategori tanımlamıştır.

“Tasarım indeksi” boru hattı işletme koşullarını kritik tasarım parametrelerine göre değerlendirir. Aslında bir işletme indeksidir, fakat bütün işletme koşullarının tasarım parametrelerine uygun olacağı düşünülerek “tasarım” sözcüğü kullanılmıştır.

Bu indekste, tasarım sırasında kaza potansiyeli taşıyan yerlerde emniyet faktörlerinin kullanımının etkinliği değerlendirilmektedir. Bu yapılırken maksimum izin verilen iç çalışma basıncını (MİÇB), boru hattında stres döngüsüne maruz kalan yerleri, hangi segmentde ne kadar emniyet faktörünün kullanıldığını ve darbe potansiyeli yüksek yerleri bilmek gerekmektedir.

Fakat mevcut kaynaklarda bu bilgilere ulaşılamamıştır. Bunun sonucu olarak tasarım indeksinde, çoğu bileşenlere maksimum ve minimum değerler verilmesi gerekecektir. Bu sebeple, bu indeks boru hattı boyunca sabit değerler alacaktır.

İnsan hataları indeksinde ise bakım – işletme programlarının detaylı sorgulaması yapılmaktadır. Henüz inşaat aşamasında olan bir projede, bu programların netleşmesi mümkün değildir. Dolayısıyla, bu indeksin bileşenleri de mecburi olarak maksimum ve minimum değerler vererek değerlendirilecektir. Bu durumda, tıpkı tasarım

indeksinde olduğu gibi bu indeks de boru hattı boyunca sabit değerler alacaktır. Bu durum ise mantığı görecelik üzerine kurulu modelin yapısına uygun gözükmemektedir.

Bu koşullar altında bu iki ana kategori değerlendirme dışı kalmıştır. Bu özellikle doğal felaketlerin olma potansiyelinin olduğu yerlerde tasarımın ve emniyet faktörlerinin değerlendirilmemesi sonucunu doğurmuştur. Oysa ki, doğal felaketler Bölüm 3.2’de anlatıldığı gibi boru hattı kaza sebeplerinde ana bir kategoridir.

Bu durumda iki bileşen değerlendirmeden çıkarılmış ve onların yerine doğal felaketler indeksi eklenmiştir. İndeks toplamı bu durumda 0-300 arası değerler alacaktır. Fakat skorların 0-400 aralığına oranlamasıyla model puanlandırma yapısının değişmemesi sağlanmıştır.

5.3.2 Doğal Felaketler İndeksi

Doğal felaketler indeksi çevresel faktörlere bağlı olan kaza potansiyelini değerlendirir. İndeks bileşenleri Tablo 5.19’da görülmektedir.

Tablo 5.19 Doğal Felaketler İndeksi

DOĞAL FELAKETLER İNDEKSİ	SINIFLANDIRMA	PUAN	AGIRLIK YÜZDESİ
Deprem	Doğal Nitelik	0-20	%20
Heyelan	Doğal Nitelik	0-20	%20
Karstik Alan	Doğal Nitelik	0-20	%20
Nehir geçişleri	Doğal Nitelik	0-20	%20
Sıvılaşma alanları	Doğal Nitelik	0-20	%20
TOPLAM		0-100	%100

5.3.2.1 Deprem

Deprem indeksi bir deprem felaketi sırasında boru hattında oluşacak strese bağlı kaza potansiyelini değerlendirir. Puanlandırma cetveli Tablo 5.20’de verilmiştir.

Tablo 5.20 Deprem Potansiyeli Puanlandırması

Deprem Bölgesi	Puan
4 veya 5	20
3	15
2	10
1	5
Fay Geçişi	0

Deprem skoruna, artırılmış emniyet tasarım faktörlerinin kullanılması halinde 4 puan eklenir.

5.3.2.2 Heyelan

Heyelan indeksi bir heyelan sırasında boru hattında oluşacak strese bağlı kaza potansiyelini değerlendirir. Puanlandırma cetveli Tablo 5.21’de verilmiştir.

Tablo 5.21 Heyelan Potansiyeli Puanlandırması

Deprem Bölgesi	Puan
Yok	20
Düşük	15
Orta	10
Yüksek	5
Çok Yüksek	0

Sürekli izleme halinde 2 puan, artırılmış tasarım faktörlerinin kullanılması halinde 4 puan eklenir.

5.3.2.3 Karstik Alan

Karstik alan indeksi, karstik alanlarda oluşacak göçme sonucu boru hattında oluşacak strese bağlı kaza potansiyelini değerlendirir. Puanlandırma cetveli Tablo 5.22’de verilmiştir.

Tablo 5.22 Karstik Alan Puanlandırması

Karstik Alana Bağlı Çökme Riski	Puan
Yok	20
Düşük	15
Orta	10
Yüksek	5
Çok Yüksek	0

Sürekli izleme halinde 2 puan, artırılmış tasarım faktörlerinin kullanılması halinde 4 puan eklenir.

5.3.2.4 Nehir Geçişleri

Nehir geçişleri indeksi, nehir geçişlerinde oluşacak taşkınlar sırasında boru hattında oluşacak kaza potansiyelini değerlendirir. Puanlandırma cetveli Tablo 5.23’de verilmiştir.

Tablo 5.23 Nehir Geçişi Puanlandırması

Nehir Geçişler	Puan
Yok	20
Dere	15
Erozyonlu Dere	10
Orta Nehir	5
Geniş Nehir	0

Sürekli izleme halinde 2 puan, artırılmış tasarım faktörlerinin kullanılması halinde 4 puan eklenir.

5.3.2.5 Sıvılaşma Alanları

Sıvılaşma alanları indeksi, zeminin yüzer hale geçebildiği yerlerde oluşacak yüklerle bağlı kaza potansiyelini değerlendirir. Puanlandırma cetveli Tablo 5.24'de verilmiştir.

Tablo 5.24 Sıvılaşma Alanları Puanlandırması

Sıvılaşma Riski	Puan
Yok	20
Düşük	15
Orta	10
Yüksek	5
Çok Yüksek	0

Artırılmış tasarım faktörlerinin kullanılması halinde 4 puan eklenir.

5.3.3 Puan Cetvellerinin Modifikasyonu

Modelde puanlandırmaya örnek olarak verilmiş bazı puan cetvelleri eldeki verilerle uyuşmamaktadır. Bu durumlarda cetveller eldeki verilerle uyuşacak şekilde modifiye edilmiştir.

5.3.3.1 Nüfus Sınıflandırması Modifikasyonu

Nüfus sınıflandırması, sızıntı etki faktöründe çevre skoru (bölüm 5.1.10.2) hesaplanırken ve üçüncü kişi hasarı indeksinde (bölüm 5.1.6.2) aktivite seviyesi belirlenirken kullanılmaktadır. Eldeki veriler bölüm 5.1.6.2'de verilen DOT sınıflandırması ile uyuşmamaktadır. Dolayısıyla, nüfus sınıflandırmaları, ÇED raporundaki haritalarda verilen sınıflandırmalara göre düzenlenmiştir.

Tablo 5.25 Aktivite seviyesi Puanlandırması Modifikasyonu

2 km Koridorunda Nüfus	Puan
<200	20
200-500	15
500-1000	10
1000-5000	5
5000+	0

Tablo 5.26 Nüfus Skoru Puanlandırması Modifikasyonu

2 km Koridorunda Nüfus	Puan
<500	1
500-1000	2
1000-5000	3
5000+	4

5.3.3.2 Sızıntı Boyutu Sınıflandırması

Sızıntı boyutunun puanlandırılması Tablo 5.17’de verilmiştir. Bu puanlandırmada verilen aralıklar BTC Ham Petrol Boru Hattı için çok dar kalmaktadır. O yüzden aralıklar yeniden düzenlenmiştir.

Tablo 5.27 Sızıntı Boyutu Puanlandırması Modifikasyonu

Dökülme Boyutu (pound)	Puan
$>1 \times 10^9$	1
$8 \times 10^8 - 1 \times 10^9$	2
$6 \times 10^8 - 8 \times 10^8$	3
$4 \times 10^8 - 6 \times 10^8$	4
$<4 \times 10^8$	5

5.3.4 Çevresel Hassiyet Cetvelinin Modifikasyonu

Risk değerlendirme modelinde çevresel hassasiyet Tablo 5.18’deki cetvele göre değerlendirilmektedir.

Bu cetvelde, örneğin sulak alanlar “0,9”, ulusal parklar ve ormanlar “0,5” ile puanlandırılmaktadır. Başka bir deyişle, çevresel hassasiyeti çok yüksek olan her iki durumdan biri diğerinin üzerinde değerler alabilmektedir.

Bunun yanında, örneğin cetvelde “çevresel hassasiyet” kolonunda bulunan “arkeolojik alanlar”, “yüksek değerli alanlar” kolonunda bulunan “önemli iş sahalarının olduğu yerler”in yarısı değerinde puan alabilmektedir.

Kısacası “elmalarla armutlar kıyası” yapılmıştır denebilir.

Bu durum, çevresel hassasiyeti yansıtacak birbirinden ayrı 5 kategorinin önerilmesi sonucunu doğurmuştur. Bu kategorilerde, “arazi kullanımı” haricindekiler BTC Ham Petrol Boru Hattı ÇED Raporu’ndaki risk değerlendirme metodundan (ERM, 2002) alınmıştır.

Çevresel hassasiyet, nüfus skorunda olduğu gibi boru hattını merkez alan 2 km. koridoru dahilinde değerlendirilmiştir. Bu kategorilerden en yüksek puan alanı çevresel hassasiyeti yansıtacaktır.

Tablo 5.28 Arazi Kullanımı Puanlandırması

Puan	Arazi Kullanımı
0	Kullanılmıyor
0,2	Düşük yoğunluklu tarım, hayvancılık, rekreatif alan
0,5	Orta yoğunlukta tarım, hayvancılık, sanayi veya ticaret bölgesi
0,7	Yoğun tarımsal kullanım, organize sanayi bölgesi, ticaret merkezi
0,9	Önemli ulusal rezerv, turizm alanı, stratejik bölge

Tablo 5.29 Karasal Ekolojik Kaynakların Puanlandırılması

Puan	Karasal Ekolojik Kaynaklara Yakınlık
0,0	yok
0,2	500-1000 m
0,4	100-500 m
0,7	GHG ile 100 m
0,9	0m/GHG

Tablo 5.30 Arkeolojik Alanların Puanlandırılması

Puan	Arkeolojik Alanlara Yakınlık
0	1 km'den fazla
0,2	500-1000 m
0,5	100-500 m
0,7	GHG ile 100 m
0,9	0m/GHG

Tablo 5.31 Yüzeysel Suların Puanlandırılması

Temas Olasılığı/ Alıcı Kaynak Hassasiyeti		Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Hassas değil
RVX1	Çok yüksek	ÇY	ÇY	O	D	HD
RVX2, dolaylı RVX 1	Yüksek	ÇY	Y	O	D	HD
RVX3	Orta	Y	Y	O	D	HD
Geçici veya dolaylı RVX 3	Düşük	D	D	D	D	HD
Akıntı yok	Yok	HD	HD	HD	HD	HD

Tablo 5.32 Yer altı Sularının Puanlandırılması

Temas Olasılığı/ Alıcı Kaynak Hassasiyeti		Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Hassas değil
Serbest Akifer	Çok yüksek	ÇY	Y	O	D	HD
Önemli su yolu (RVX1- 2)	Yüksek	ÇY	Y	O	D	HD
Basıncılı Akifer	Orta	O	O	O	D	HD
Akifere Komşu Alan	Düşük	D	D	D	D	HD
Su yolu yok	Yok	HD	HD	HD	HD	HD

Tablo 5.31 ve 5.32’de risk matrislerinde ÇY (0,9 puan), Y (0,7 puan), O (0,5 puan), D (0,2 puan), HD (0 puan) anlamına gelmektedir.

5.4 Risk Modeli Uygulama Örneği

5.4.1 Giriş

Risk modelinin çalıştırılmasına ait örnek olarak “16-17” kısmının (16-17 km. arası) risk skoru hesaplanacaktır. 16-17 segmentinin haritaları (1a , 2a) eklerde verilmiştir.

5.4.2 Kısım Bilgileri

“16-17” segmenti “Posof Yaban Hayatını Koruma Alanı” içinde bulunmaktadır. Bu koruma alanı, uluslararası tehdit altında ve dar yayılışlı bir tür olan Hus Tavuğu’nun habitatıdır. Aynı alanın içinde bulunan ormanlarda Boz ayı ve Karaca gibi çeşitli önemli memeli türleri de bulunmaktadır.

Boru hattı, sucul hayat açısından önemli bir yer olan Posof Nehri’den geçmektedir. Boru hattının nehri kestiği yer yaklaşık 30 m’dir.

Boru hattının 2 km koridorunda yerleşim yeri yoktur.

Boru hattı güzergahı Meri Kalesi’den geçmektedir. Bu kale bir ortaçağ kalıntısı olup ÇED kapsamında birinci derece önceliğe sahip olarak tanıtılmıştır.

Arazi kullanılan bir arzi değildir, ve çayırlardan oluşmaktadır.

Boru hattı üzerinden karayolu geçmektedir ve karayolu geçişinin keson boru ile yapıldığı varsayılmıştır. Örtü kalınlığı bütün BTC boru hattı için minimum 1 m’dir, ve uyarı bantları da kullanılmıştır.

Segment 3. derece deprem bölgesindedir (ERM, 2002).

5.4.3 Üçüncü Taraf Hasarı İndeksi

- Minimum Örtü Derinliği:

$$\text{Örtü Kalınlığı (inç)}/3 = \text{Puan (maksimum 20 puan)}$$

Minimum örtü derinliği skoru, örtü kalınlığı 1 m = 39,37 inç ile uyarı bantları (bkz. Tablo 5.2) ek kalınlığı 6 inç toplanarak hesaplanır.

$$(39,37 \text{ inç} + 6 \text{ inç})/3 = 15,1$$

- Aktivite seviyesi: Boru hattı 2 km. koridorunda yerleşim yoktur. Maksimum puan olan “20” (Tablo 5.25) verilmiştir.
- Yer Üstü Tesisler: Bu segmentde yer üstü tesisi bulunmadığından (Tablo 5.3) tam puan “10” verilmiştir.
- Tek-Numara Sistemi: Böyle bir sistem kurulacağına dair bilgi yoktur. Tablo 5.4’e göre “0” puan verilmiştir.
- Halk-Eğitimi Programı: Halk eğitim programı uygulanacağına dair bir bilgi bulunmamaktadır. Bölüm 5.1.6.5’e göre “0” puan verilmiştir.
- Güzergah Görünürlüğü: Boru hattı görünürlüğünü sağlamak için boru hattının havadan ve yerden görünecek şekilde işaretlendiği, yol geçişlerinde tabelalar konduğu belirtilmiştir. Tam puan “5” verilmiştir. Bölüm 5.1.6.6’da verilen puanlandırmaya uyulmuştur.
- Devriye Frekansı: Boru hattının devriye gezileceği belirtilmiş, fakat devriye frekansı belirtilmemiştir. En düşük devriye frekansına göre (ayda bir kereden az) “2” puan verilmiştir (Bkz. Tablo 5.6).

Üçüncü Taraf Hasarı İndeksi toplam “52,1” puan almıştır.

5.4.4 Korozyon İndeksi

5.4.4.1 Atmosferik Korozyon

Atmosferik korozyon Bölüm 5.1.7.1’de verilen puanlandırmalara göre puanlandırılmıştır.

- Korozyon Olanakları: Keson borulu yol geçişi “1” puan değerini almaktadır.
- Atmosfer Tipi: Düşük nemli ikliminden ötürü “10” (tam puan) almıştır.
- Kaplama / Denetim: Bir bakım ve onarım programının uygulanacağı taahhüt edilmiştir. Dolayısıyla tam puan “5” verilmiştir.

5.4.4.2 İç Korozyon

İç korozyon Bölüm 5.1.7.2’de verilen puanlandırmalara göre hesaplanmıştır.

- Ürün Koroziyifliği: BTC Ham Petrol Boru Hattında korozyon potansiyeli düşüktür. Buna göre “3” puan (hafif koroziyif) verilmiştir.
- İç Koruma: İç koruma önlemlerinden sadece pig kullanımı yapılacaktır (3 puan).

5.4.4.3 Gömülü Metal Korozyonu

Gömülü metal korozyonunda Bölüm 5.1.7.3’teki puanlandırmalara uyulmuştur.

- Katodik Koruma: Bir katodik koruma sisteminin kurulacağı taahhüt edilmiştir. Bu sistemin genel kriterleri sağlayacağı düşünüldükçe tam puan “8” verilmiştir.
- Kaplama / Denetim: Bakım programının uygulanacağı taahhüt edildiğinden tam puan “10” verilmiştir.
- Toprak Koroziyifliği: Toprak koroziyifliği boru hattı segmentinde bilinmemektedir. “0” puan verilmiştir.
- Sistem Yaşı: Boru hattının 40 senelik ömür için tasarlandığı düşünüldükçe sistem yaşına “0” puan verilmiştir.

- Diğer Metaller: Boru hattının etkileşim içinde olduğu herhangi bir gömülü metal yoktur. “4” tam puan verilmiştir.
- AC İndüklenmiş Akım: Boru hattının etkileşim içindeolacağı bir yüksek gerlim kaynağı bulunmamaktadır. “4” tam puan verilmiştir.
- Mekanik Korozyon: Mekanik korozyonu tetikleyen stres döngüsü sayısı bilinmemektedir. Toprak korozifliği ve ürün korozifliğinin toplam skoru “7”dir. Güvenli tarafta kalmak için için “1” puan verilmiştir.
- Test Kurşunu: Test kurşunlarının kritik yerlerde katodik korumayı denetleyecek şekilde yerleştirileceği belirtilmiştir. Fakat yerleştirme aralıkları ve okuma sıklığı bilinmemektedir. En düşük puan “1” verilmiştir.
- Yakın İç Gözlem: Yakın iç gözlem uygulaması ile test kurşunlarının kullanılacağı belirtilmemiştir. “0” puan verilmiştir.
- İç Tespit Aracı: İç tespit aracı olarak 5 yılda bir akıllı pigler kullanılacaktır.

8 - 5 yıl = 3 puan

Korozyon İndeksi toplam “57” puan almıştır.

5.4.5 Doğal Felaketler İndeksi

Doğal felaketler indeksi Bölüm 5.3.2’deki cetvellere uygun olarak ğuanlandırılmıştır

- Deprem: Üçüncü derece deprem bölgesi “15” puan almaktadır
- Heyelan: Heyelan potansiyeli yoktur (20 puan).
- Karstik Alan: Karstik alan bulunmamaktadır (20 puan).
- Nehir Geçişi: Posof nehrini geçmektedir. Sürekli izleme ve nehir geçişinde tasarım emniyet faktörünün artırılacağı taahhüt edilmiştir (6 puan).
- Sıvılaşma Alanı: Zeminin sıvılaşma potansiyeli yoktur (20 puan).

Doğal Felaketler İndeksi toplam “81” puan almıştır.

5.4.6 Risk Skorunun Hesaplanması

Ham petrol için NFPA sınıfları ve RQ skoru modelde verilmiştir (Muhlbauer, 1996).

$$\text{Akut Tehlike} = N_F + N_R + N_H$$

$$\text{AkutTehlike} = 3+0+1= 4$$

$$\text{Kronik Tehlike} = \text{RQ Skoru} = 6$$

$$\text{Ürün Tehlikesi} = \text{Akut Tehlike} + \text{Kronik Tehlike} = 10$$

Bu segment için 1 saat içinde tam çap bir kırılmada sızacak hacim $1,07 \times 10^9$ pound'dur. Bu sızıntı boyutu skoru olarak (bkz. Tablo 5.26) “1” puan değerindedir. Acil kapatma sisteminin çalışması halinde %50 hacim azalması sağlanmaktadır. (bkz. Bölüm 5.2.3). Toprak geçirgenliği ise bilinmediğinden 1 puan almıştır.

$$\text{Sızıntı Skoru} = \frac{(\text{sızıntı boyutu} + \text{toprak geçirgenliği})}{2} + \text{Düzeltilme Faktörü (1)}$$

$$\text{Sızıntı Skoru} = \frac{(1+1)}{2} + 1 = 2$$

Çevresel hassasiyet Bölüm 5.3.4'deki cetvellere uygun olarak puanlandırılmıştır.

- Arazi Kullanımı: Arazi kullanılmamaktadır (0 puan)
- Karasal Ekolojik Kaynaklara Yakınlık: Boru hattı yaban hayatını koruma alanı içerisindedir. Maksimum puan “0,9” verilmiştir.
- Arkeolojik Alanlara Yakınlık: Meri Kalesi güzergah üzerindedir. Maksimum puan “0,9” verilmiştir.
- Yüzeysel Su Kaynakları: Temas olasılığı çok yüksek, kaynak alıcı değeri ise orta seviyedir (0,5 puan).
- Yer altı Su Kaynakları: Boru Hattı “serbest akifer” üzerinden geçmektedir. Yeraltı su kaynağın alıcı değeri çok yüksek bir kaynak olduğu varsayımıyla “0,9” puan verilmiştir.

Çevresel hassasiyet skoru, karasal ekolojik kaynaklara yakınlık, arkeolojik kaynaklara yakınlık ve yer altı su kaynakları açısından tam puan, yani “0,9” almaktadır. Bunlardan herhangi birinin “0,9” puan olması, çevresel hassasiyete “0,9” puan vermek için yeterlidir.

Çevre skoru nüfus skoru ve çevresel hassasiyet skorunun toplamıdır. Boru hattı yerleşim yerlerinden geçmediği için nüfus skoru “1” olarak verilmiştir. Bu durumda çevre skoru “1,9” olmaktadır.

$$\text{Yayılım Faktörü} = \frac{\text{Sızıntı Skoru}}{\text{Çevre Skoru}} = \frac{2}{1,9} = 1,05$$

$$\text{Sızıntı Etki Faktörü} = \frac{\text{Ürün tehlikesi}}{\text{Yayılım faktörü}} = \frac{10}{1,05} = 9,5$$

$$\text{İndeks Toplamı} = (52,7+57+81) \times 4/3 \cong 253,5$$

$$\text{Risk Skoru} = 253,5/9,5 \cong 26,7$$

6. RİSK KARAKTERİZASYONU

6.1 Giriş

Risk analizinde, çevrenin petrol sızıntısına maruz kalma potansiyeli (kaza potansiyeli), ve olası kazanın çevreye vereceği “zarar” (ekolojik etki) analiz edilmiştir. Bu analiz, “Boru Hattı Risk Yönetimi Kılavuzu 2. Baskı” (Muhlbauer, 1996) kitabında detaylandırılan model modifiye edilerek yapılmıştır. İki ana başlığın analizi de modelin içinde kendine yer bulmaktadır.

Modeli çalıştırabilmek için gereken ve çevrede oluşacak tahribatı belirleyen önemli bir unsur olan sızıntı miktarları analiz dahilinde hesaplanmıştır.

Model boru hattının ilk 50 kilometresi için hattın tümüne örnek olacak şekilde kullanılmıştır. Bunun için, BTC boru hattı 37 kısma ayrılmış ve her bir kısım için risk skoru bulunmuştur. Model sonuçları bu bölümde değerlendirilmiş ve risk kontrolü için önlemler önerilmiştir. Risk kontrolü stratejisinin etkinliği model tekrar çalıştırılarak test edilmiştir.

6.2 İndeks Skoru Sonuçları

İndeks toplamı 190-204 arası değerler almaktadır. Ortalama değerler kıyas edildiğinde en düşük skorları sırasıyla üçüncü taraf hasarı, korozyon ve doğal felaketler indeksleri almaktadır. Buna dayanarak risk kontrolü önlemlerinde önceliğin bu sıralamaya göre verilmesi önerilebilir. Çünkü kaza potansiyeli öncelik sırasıyla üçüncü taraf hasarı, korozyon ve doğal felaketler indekslerinden kaynaklanmaktadır.

İndeks skorları sonuçları Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1 İndeks Toplamı Skorları

Kısım Kilometre Aralığı	Üçüncü Taraf Hasarı İndeksi	Korozyon İndeksi	Doğal Felaketler İndeksi	İndeks Toplamı
0-1	47	55	95	263
1-3	52	61	95	278
3-4	52	61	85	264
4-5	52	61	95	278
5-6	47	57	95	266
6-7	50	61	95	275
7-9	52	61	95	278
9-10	52	57	95	272
10-11	52	61	95	278
11-13	52	57	95	272
13-14	52	61	95	278
14-15	37	61	95	258
15-16	45	57	95	263
16-17	52	57	81	254
17-18	52	61	95	278
18-19	52	57	90	266
19-20	50	57	92	266
20-22	52	57	90	266
22-23	50	57	95	270
23-24	52	61	95	278
24-25	52	57	85	259
25-27	52	61	95	278
27-28	52	57	85	259
28-29	52	61	95	278
29-31	52	61	95	278
31-34	52	61	95	278
34-36	52	61	95	278
36-37	50	57	95	270
37-39	52	57	95	272
39-40	52	61	95	278
40-42	52	61	95	278
42-43	52	57	95	272
43-46	52	61	95	278
46-47	52	57	95	272
47-48	52	61	95	278
48-49	50	57	95	270
49-50	52	61	95	278
Ortalama	51	59	93	271
Maksimum	52	61	95	278
Minimum	37	55	81	254

6.3 Risk Skoru Sonuçları

Risk skorları ve modelin bazı bileşenleriyle ilişkisi Tablo 6.2 ve Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.2 İndeks Toplamı, Çevre, Sızıntı Boyutu ve Risk Skorları

Kilometre	İndeks Toplamı	Çevre Skoru	Sızıntı Boyutu Skoru	Risk Skoru
0-1	263	1,9	1	27,7
1-3	278	1,9	1	29,2
3-4	264	1,9	1	27,8
4-5	278	1,9	1	29,2
5-6	266	1,9	2	34,9
6-7	275	1,9	2	36,2
7-9	278	1,9	2	36,5
9-10	272	1,9	3	43,0
10-11	278	1,9	3	43,8
11-13	272	1,9	3	43,0
13-14	278	1,9	3	29,2
14-15	258	3,9	2	16,5
15-16	263	3,9	2	16,8
16-17	254	1,9	1	26,7
17-18	278	1,9	1	29,2
18-19	266	1,9	1	27,9
19-20	266	1,9	1	27,9
20-22	266	1,9	2	34,9
22-23	270	1,9	2	35,5
23-24	278	1,9	2	36,5
24-25	259	1,9	3	40,9
25-27	278	1,9	3	43,8
27-28	259	1,7	4	53,3
28-29	278	1,2	4	80,9
29-31	278	1,9	5	58,4
31-34	278	1,2	5	92,5
34-36	278	1,2	4	80,9
36-37	270	1,2	4	78,6
37-39	272	1,2	4	79,4
39-40	278	1,5	4	64,8
40-42	278	1,5	3	55,5
42-43	272	1,2	3	68,0
43-46	278	1,2	3	69,4
46-47	272	1,2	3	68,0
47-48	278	1,2	3	69,4
48-49	270	1,2	2	56,1
49-50	278	1,7	2	40,8

Olasılık indeksi, çevre skoru ve sızıntı boyutu skorlarının risk skoru ile korelasyon katsayılarına bakıldığında (bkz. Tablo 6.3), risk skorlarının, sırasıyla, sızıntı skoru

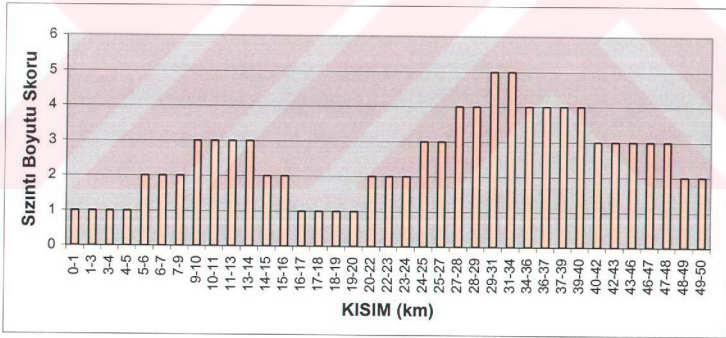
(miktar), çevre skoru (çevresel hassasiyet) ve olasılık indeksi (kaza potansiyeli) ile ilişkili olduğu görülmektedir. Sonuç olarak görülmektedir ki, genelde tehlikeli madde risk değerlendirmelerinde olduğu gibi, risk kontrolü önlemlerinin kaza sonucu yayılan petrol miktarının azaltılmasında yoğunlaştırılması riski etkin şekilde azaltabilir.

Tablo 6.3 İndeks Toplamı, Çevre, Sızıntı ve Risk Skorları Arası İlişki

	İndeks Toplamı	Çevre Skoru	Sızıntı Boyutu Skoru	Risk Skoru
ORTALAMA	204	1,8	2,6	46,7
MAKSİMUM	208	3,9	5,0	92,5
MİNİMUM	190	1,2	1,0	16,5
Korelasyon Katsayısı	0,44	-0,74	0,82	

Şekil 6.1’de “sızıntı boyutu skorları profili”, şekil 6.2’de “çevre skorları profili”, şekil 6.3’de “indeks toplamı skorları profili” ve şekil 6.4’de “risk skorları profili” verilmiştir.

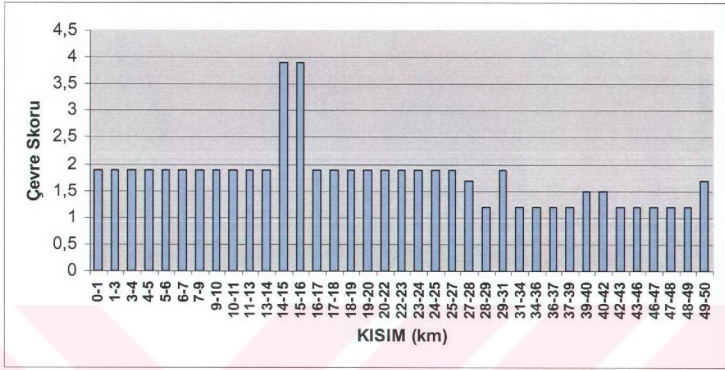
Risk profili ve sızıntı boyutu profili kıyas edildiğinde riskin büyük ölçüde dökülen miktar ile ilişkili olduğu şekillerden de görülmektedir.



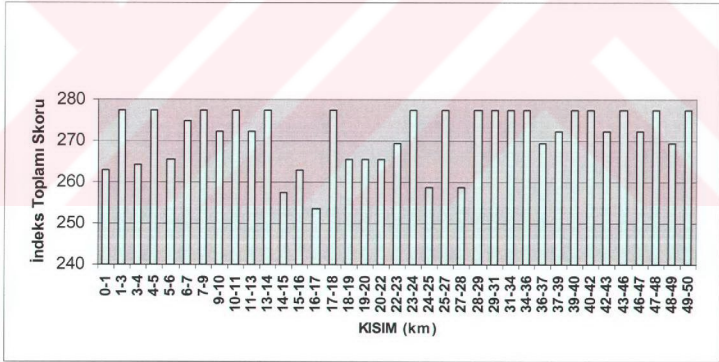
Şekil 6.1 Sızıntı Boyutu Skorları Profili

Riskin en fazla olduğu (risk skoru en düşük) iki segmentte (14-15, 15-16) çevresel hassasiyetin ağırlığı hissedilmektedir. Risk profili boru hattı boyunca 13-27 kilometreler arası haricinde artış eğilimindedir.

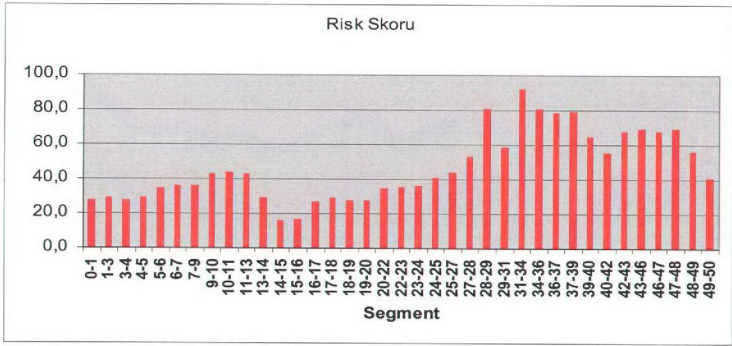
Olasılık indeksi (indeks toplamı) profili ile risk profili arasında ise belirgin bir ilişki yoktur. Bu, kaza potansiyellerinin boru hattı boyunca riski etkileyecek derecede değişmediğini göstermektedir.



Şekil 6.2 Çevre Skorları Profili



Şekil 6.3 İndeks Toplamı Skorları Profili



Şekil 6.4 Risk Skorları Profili

6.4 Risk Kontrol Önlemleri

Kullanılan risk değerlendirme modeli (Muhlbauer, 1996) boru hattının değiştirmesi zor özellikleri (doğal nitelikler) haricinde alınabilecek önlemleri de içermektedir. Risk karakterizasyonunda ortaya konan sonuçlara göre çeşitli önlemler arasından uygun olanları seçilebilir. Seçime tabi olan önlemler indeks başlıkları altında şöyle incelenebilir:

- **Üçüncü Taraf Hasarı Kaza Potansiyelini Azaltma:** Model kapsamında, minimum örtü derinliğini artırmak, yer üstü tesislerin emniyetini artırmak, iyi bir tek-numara sistemi kurmak, iyi bir halk eğitimi programı oluşturmak, devriye frekansını artırmak ve güzergah görünürlüğünü iyileştirmek önlemleri değerlendirilmektedir.

BTC boru hattında güzergahın görünürlüğünü kolaylaştırmak için model kapsamında tanımlanan önlemler (bkz. bölüm 5.1.6.6) yerine getirilmiştir. Bunun haricinde yukarıda sayılan bütün önlemler önerilebilir.

- **Korozyon Kaynaklı Kaza Potansiyelini Azaltma:** Modelde, atmosfer ile temasın olduğu kısımlarda iyi bir kaplama – denetim programı uygulamak (bkz. 5.1.7.1) atmosferik korozyona karşı önlem olarak verilmiştir. Bu önlem BTC boru hattında alınmıştır.

İç korozyonu modelde tanımlanmış iç koruma önlemlerini artırarak (Bölüm 5.1.7.2) kontrol etmek mümkündür. Bu önlemlerden sadece “akıllı pig” kullanılması (5

senede bir) söz konusudur. BTC boru hattında tanımlanmış diğer önlemler de alınabilir.

Gömülü metal korozyonunu engellemek için uygun bir katodik koruma sisteminin kurulması, kaplama – denetim programı uygulanması, test kurşunlarının ve yakın iç gözlem faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi (bkz. Bölüm 5.1.7.3) modelde yer alan önerilerdir.

BTC boru hattında, uygun bir katodik koruma sistemi ve kaplama-denetim programı uygulanacaktır. Risk minimizasyonu için test kurşunlarının kullanımının iyileştirilmesi, yakın iç gözlem programı uygulanması ve iç tespit araçlarının kullanımının geliştirilmesi önerilebilir.

- Doğal Felaketler Kaynaklı Kaza Potansiyelini Azaltma: Doğal felaketler indeksine yönelik olarak nehir geçişlerinde alınabilecek önlemler “sürekli izleme” ve “artırılmış tasarım güvenlik faktörü” kullanımıdır (bkz. Bölüm 5.3.2).

Jeoteknik (potansiyel oturma veya yerleşme) ve sismik (potansiyel deprem ve heyelan) hassasiyete sahip alanlar, yol, demir yolu ve nehir geçişleri; özellikle yüksek yer altı suyu hassasiyetine sahip alanlardan (sığ akiferler gibi) gerekli görülen yerlerde (mühendislik ekibi tarafından) artırılmış güvenlik faktörlerinin kullanılacağı bilinmektedir. BTC boru hattında nehir geçişlerinde sürekli izleme yapılacağı da söylenmiştir.

Bu durumda, nehirden küçük akarsu geçişlerinde, orta ve küçük derecede çökme (karstik alan) ya da heyelan potansiyeli olan yerlerde (mühendislik ekibinin önlem almayı veya izlemeyi gereksiz bulduğu) sürekli izleme yapılması ve tasarım güvenlik faktörlerinin artırılması önerisi getirilebilir. Bunlar haricinde, proje kapsamında artırılmış güvenli tasarım faktörüne gerek duyulmamış deprem bölgeleri ve sivilaşma alanları için de tasarım faktörlerinin artırılması önerilebilir.

6.5 Risk Minimizasyonu

6.5.1 Risk Kategorizasyonu

Risk minimizasyon stratejisini belirlemeyi kolaylaştırmak için boru hattı kısımları risk skorları sınıflandırılmıştır. Boru hattının ilk 50 kilometresi için yapılan sınıflandırma Tablo 6.4’de verilmiştir.

Tablo 6.4 Risk Sınıflandırması

Risk Grubu	Risk Skoru Aralığı
Çok Yüksek Risk	16-31
Yüksek Risk	31-46
Orta Seviye Risk	46-61
Düşük Risk	61-76
Çok Düşük Risk	76-92

6.5.2 Risk Yönetimi Stratejisi

Önlemler hem tasarım sırasında yapılması gereken değişiklikleri hem de işletme sırasında yapılacak uygulamaları kapsamaktadır. Tablo 6.5’de hangi boru hattı kısmının hangi risk grubuna girdiği görülmektedir.

Tablo 6.5 Risk Gruplarına göre Boru Hattı Kısımları

Risk Grubu	Kısım Adı (Kilometre Aralığı)
Çok Yüksek Risk	0-1, 1-3, 3-4, 4-5, 13-14, 14-15, 15-16, 16-17, 17-18, 18-19, 19-20
Yüksek Risk	5-6, 6-7, 7-9, 9-10, 10-11, 11-13, 20-22, 22-23, 23-24, 24-25, 25-27, 49-50
Orta Seviye Risk	27-28, 29-31, 40-42, 48-49
Düşük Risk	39-40, 42-43, 43-46, 46-47, 47-48
Çok Düşük Risk	28-29, 31-34, 34-36, 36-37, 37-39

Risk minimizasyonunda, her risk seviyesindeki boru hattı kısmını kendinden bir önceki risk grubuna çekmek hedeflenmiştir. Bu sayede hangi risk grubuna dahil olursa olsun boru hattının her kısmı için gerektiği kadar önlem alınabilmektedir.

Bu yapılırken aynı zamanda önlemler yüksek riskten düşük riske doğru öncelik verilerek belirlenmektedir. Çünkü, örneğin çok yüksek risk grubundaki herhangi bir segmenti yüksek risk grubuna çekmek, yüksek risk grubundaki bir segmenti orta risk grubuna çekmekten, daha katı önlemler alarak mümkün olabilmektedir.

Çok yüksek risk grubundaki boru hattı kısımları için Bölüm 6.4’de belirtilmiş bütün önlemlerin alınması durumunda 2 kısım (14 - 15, 15 - 16) hariç bütün kısımlar yüksek risk grubu seviyesine çekilebilmektedir.

Bu iki kısımda ise riski makul olarak azaltmak Bölüm 6.4’de model kapsamında tanımlanmış önlemlerin hepsinin alınması durumunda dahi mümkün olmamaktadır (Bkz. Tablo 6.6). Dolayısıyla, model kapsamı dışında öneriler getirilmiştir.

Önerilerin ilki riski azaltmak için kaza sırasında yayılacak madde miktarlarının azaltılmasıdır. Fakat miktarları azaltmak Bölüm 5.2’de anlatıldığı gibi ancak STS’nin reaksiyon süresini azaltarak mümkündür. Bu yapılabiliriyorsa boru hattı riskini genel

olarak azaltacaktır, ve risk değerlendirmesinin güncellenmesi gerekecektir; yapılamıyorsa, önerilebilecek tek şey güzergah değişikliğidir.

Bu iki kısım haricindeki “çok yüksek risk” grubu kısımlarında, tanımlanmış bütün önlemlerin alınması önerilmiştir. Bu durumda, tasarıma yönelik ciddi değişiklikler (örtü derinliğini artırmak, ilave tasarım faktörü kullanılması gibi) yapılması gerekecektir.

“Yüksek risk” grubundaki ve diğer gruplardaki segmentlerde Bölüm 6.4’de tanımlanmış önlemler arasından, mevcut kaynaklara göre, seçim yapılarak risk seviyelerini bir alt seviyeye çekmek mümkün olmaktadır. Önlemler, bölüm 6.2’de anlatıldığı gibi, sırasıyla, üçüncü taraf hasarı, korozyon ve doğal felaketler üzerine yoğunlaşarak seçilebilir. Bu gruplarda, sadece işletme tedbirleri alarak riski azaltmak mümkün olmaktadır.

Risk minimizasyonunda önerilen önlemler sonucu oluşacak yeni durum Tablo 6.6’da verilmiştir. Tabloda çok yüksek risk grubu kısımlarının hepsi, yüksek risk grubundan ise en düşük skorlu kısım (20-22 km. arası), risk minimizasyon stratejisini doğrulamak amacıyla, örneklendirilmiştir.

20-22 kısmında (yüksek risk grubu) örtü derinliğinin değiştirilmesi, devriye frekansının günlük yapılması ve dere geçişinde artırılmış tasarım faktörü uygulanması önerileri haricinde Bölüm 6.4’de tanımlanmış bütün önlemlerin alınması halinde (yani sadece işletme tedbirleri ile) risk skoru “orta risk” seviyesine çekilebilmektedir. Bu demektir ki, “çok yüksek risk grubu” harici bütün sınıflarda sadece işletme tedbirleri ile risk minizasyonu yapılabilir.

Tablo 6.6 Risk Minimizasyonu Sonrası Risk Skorları

Kısım Kilometresi	Risk Skoru	Risk Minimizasyonu Sonrası Risk Skoru
0-1	27,7	38,5
1-3	29,2	40,0
3-4	27,8	39,7
4-5	29,2	40,0
13-14	29,2	40,0
14-15	16,5	23,1
15-16	16,8	23,6
16-17	26,7	38,3
17-18	29,2	40,0
18-19	27,9	39,4
19-20	27,9	39,4
20-22	34,9	46,3

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 Sonuçlar

BTC Ham Petrol Boru Hattının, çevresel hassasiyeti olan yerlerden geçişi, kaza potansiyelinin belirsizliği ve projenin boyutunun büyüklüğü, detaylı bir risk analizinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Risk analizinde, çevrenin petrol sızıntısına maruz kalma potansiyeli (kaza potansiyeli), ve olası kazanın çevreye vereceği “zarar” (ekolojik etki) analiz edilmiştir. Bu analiz “Boru Hattı Risk Yönetimi Kılavuzu 2. Baskı” (Muhlbauer, 1996) kitabında detaylandırılan model modifiye edilerek yapılmıştır. İki ana başlığın analizi de modelin içinde kendine yer bulmaktadır.

Modeli çalıştırabilmek için gereken ve çevrede oluşacak tahribatı belirleyen önemli bir unsur olan sızıntı miktarları analiz dahilinde hesaplanmıştır.

Model boru hattının ilk 50 kilometresi için kullanılmıştır. 50 km.’lik boru hattı, risk analizi için 37 kısma ayrılmış, her kısım için risk skoru bulunmuştur. Model sonuçları risk karakterizasyonunda değerlendirilmiş ve risk kontrolü için önlemler önerilmiştir.

Model sonuçları aşağıdaki gibidir:

BTC petrol boru hattında kaza potansiyeli öncelik sırasıyla üçüncü taraf hasarı, korozyon ve doğal felaketlerden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla kaza potansiyelini azaltmak için önlemler bu sıralamaya göre önceliklendirilmelidir.

Risk skorlarının, sırasıyla, yayılım skoru (miktar), çevre skoru (çevresel hassasiyet) ve olasılık indeksi (kaza potansiyeli) ile ilişkili olduğu görülmektedir.

Olasılık indeksi profili ile risk profili arasında belirgin bir ilişki yoktur. Bu, kaza potansiyellerinin boru hattı boyunca riski etkileyecek derecede değişmediğini göstermektedir.

Sonuç olarak özetle, genelde tehlikeli madde risk değerlendirmelerinde olduğu gibi, risk kontrolü önlemlerinin kaza sonucu yayılan petrol miktarının azaltılmasında yoğunlaştırılması riski etkin şekilde azaltabilmektedir. Fakat yayılım miktarlarını etkin şekilde azaltmak blok vanaların sayısını artırarak değil, ancak sızıntı tespit sisteminin reaksiyon süresini azaltarak mümkün olmaktadır.

7.2 Öneriler

Risk minimizasyon stratejisini belirlemeyi kolaylaştırmak amacıyla boru hattı kısımları çok yüksek, yüksek, orta seviye, düşük, çok düşük risk olarak sınıflandırılmıştır.

Risk minimizasyonunda, “çok düşük risk grubu” hariç, her risk seviyesindeki boru hattı kısmını kendinden bir önceki risk grubuna çekmek hedeflenmiştir. Bu sayede, hangi risk grubuna dahil olursa olsun boru hattının her kısmı için gerektiği kadar önlem alınabilmektedir.

“Çok yüksek risk” grubundaki boru hattı kısımları için, model kapsamında tanımlanmış bütün önlemlerin alınması durumunda, risk skorları en düşük olan (en riskli olan) 2 kısım hariç, bütün kısımlar yüksek risk grubu seviyesine çekilebilmektedir. Fakat bu durum örtü derinliğinin değiştirilmesi ve tasarım faktörünün artırılması gibi ciddi tasarım değişiklikleriyle mümkün olabilmektedir.

Yukarıda belirtilen iki kısımda ise (14-15, 15-16 km. arası kısımlar) riski makul olarak azaltmak için model kapsamı dışında öneriler getirilmiştir. Önerilerin ilki kaza sırasında yayılacak madde miktarlarının azaltılmasıdır. Bu yapılabiliriyorsa, boru hattı riskini genel olarak azaltacaktır, ve risk değerlendirmesinin güncellenmesi gerekecektir. Yapılamıyorsa, önerilebilecek tek şey güzergah değişikliğidir.

“Çok düşük” risk hariç diğer risk gruplarında bulunan boru hattı kısımlarında ise önlemler, mevcut kaynaklara göre, her risk grubunu bir alt gruba çekecek şekilde, sırasıyla, üçüncü taraf hasarı, korozyon ve doğal felaketler üzerine yoğunlaşarak seçilmelidir. Bu segmentlerde sadece işletmeye yönelik değişiklikler ile risk minimizasyonu yapılması mümkündür.

“Çok düşük” risk grubu için önlem önerilmemiştir.

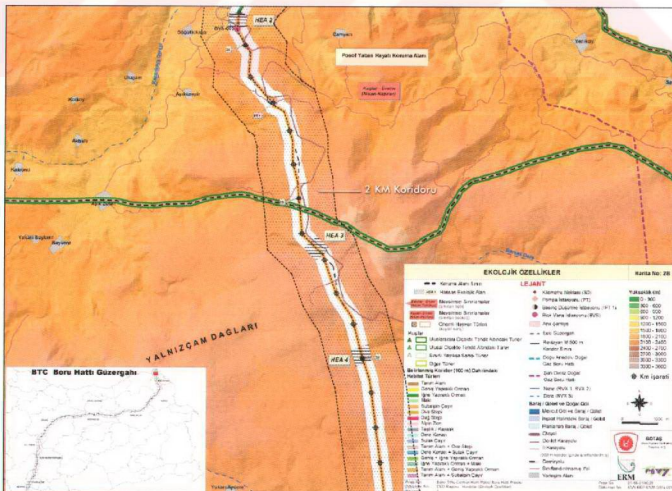
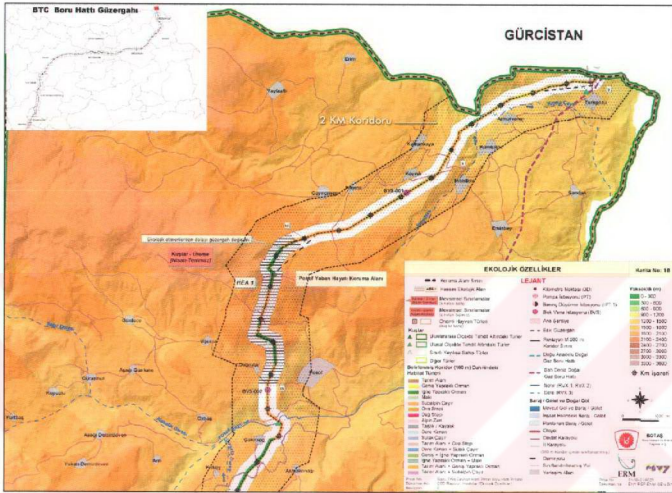
KAYNAKLAR

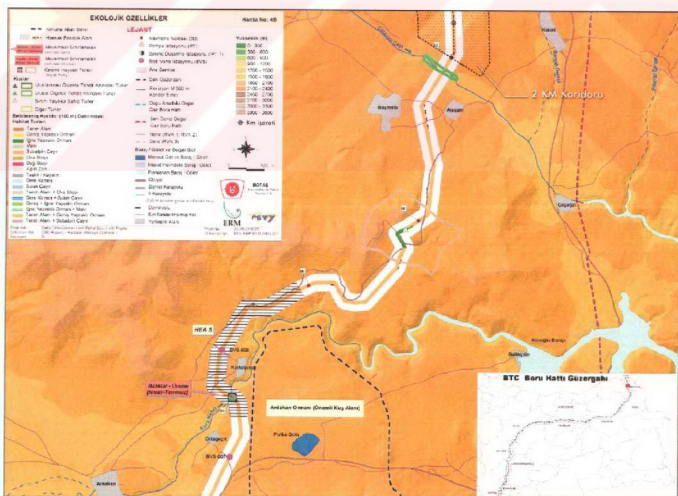
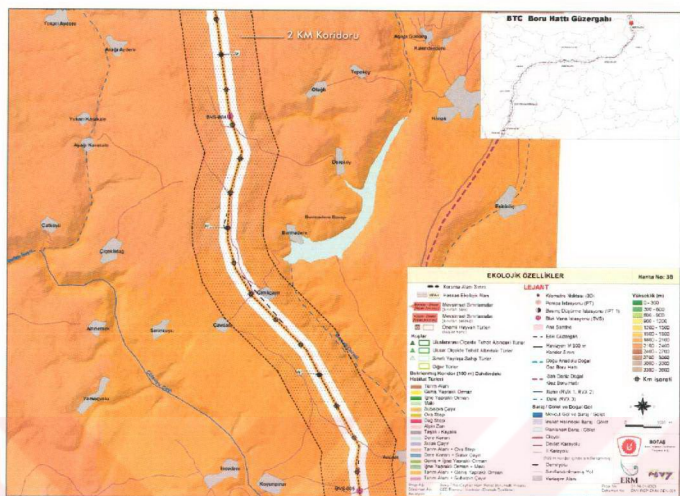
- Dick, W., Belluz, D., Craig, L.,** 1999. Current Directions in Risk Assessment and Management, <http://www.neram.ca>, Canada
- EPA,** 1998. Ecological Risk Assessment Guidelines, Federal Register **63(93): 26846-26924**, Washington
- ERM,** 2002. Çevre Bakanlığı BTC Ham Petrol Boru Hattı Çevre Etki Değerlendirme Raporu, <http://www.caspiandevelopmentandexport.com>, Ankara
- ESMAP,** 2003. Russia Pipeline Oil Spill Study, <http://www.esmap.org>,
- GAO,** 2000. The Office of Pipeline is Changing How It Oversees the Industry, **GAO/RCED-00-128**, Washington
- Mc Coll, S., Hicks, J., Craig, L.,** 2000. Environmental Health Risk Management, <http://www.neram.ca>, Canada
- Muhbauer, K.,** 1996. Pipeline Risk Management Manual, Gulf Publishing Press, Houston.
- OECD Environment Directorate,** 2001. OECD Series on Chemical Accidents No 9, **ENV-JM-MONO-2002-21**
- Tahmı, İ., Pilatin, K. M., Sunar, T.,** 1998. Tehlikeli Maddelerin Çevresel Risk Değerlendirmesi, DPT Projesi
- Webber, B., and Malvick, M.,** 2000. Trans Alaska Pipeline System Risk Assessment, *Energy For The New Millenium*, **ETCE2000/OGTP-10263**

EKLER

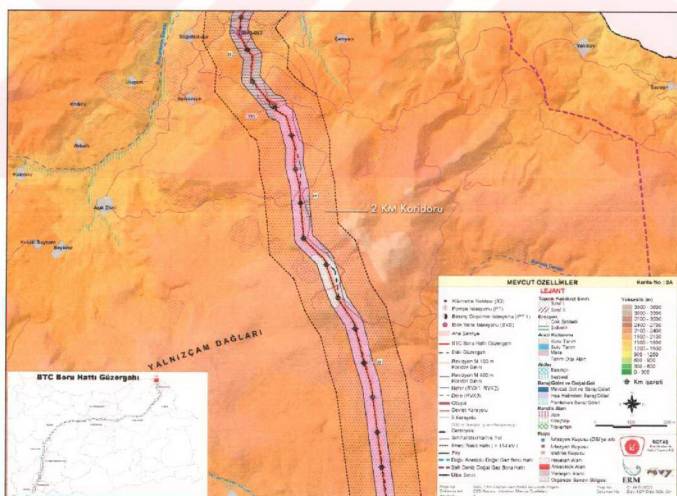
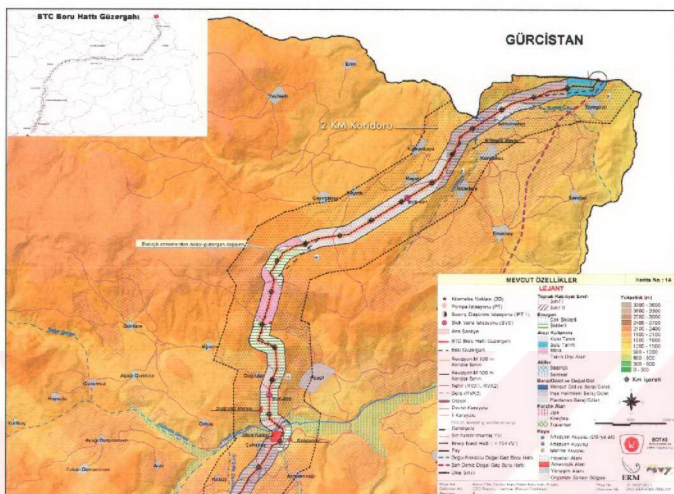
Haritalar ve model hesapları ayrıca CD ekinde verilmiştir.

EK 1 – EKOLOJİK ÖZELLİK HARİTALARI





EK2 – MEVCUT ÖZELLİK HARİTALARI



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	13.10.1979
Doğum yeri	İstanbul
Lise	1990-1997 Kartal Burak Bora Anadolu Lisesi
Üniversite	1997-2001 İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2004 İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Programı