

**DEPREMLERİN ÇEVRE SORUNLARI VE BİR SENARYO  
UYGULAMASI**

**Melih Tolga ÇAKMAKOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2007  
ANKARA**

Melih Tolga ÇAKMAKOĞLU tarafından hazırlanan DEPREMLERİN ÇEVRE SORUNLARI VE BİR SENARYO UYGULAMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr.Mehmet ORHAN

Tez Yöneticisi

Bu alışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Yapı EĞitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof.Dr.Recep KANIT

Üye : Prof.Dr.Nail ÜNSAL

Üye : Doç.Dr.Mehmet ORHAN

Tarih : 07/05/2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Melih Tolga ÇAKMAKOĞLU

**DEPREMLERİN ÇEVRE SORUNLARI VE BİR SENARYO UYGULAMASI**  
(Yüksek Lisans Tezi)

**Meih Tolga ÇAKMAKOĞLU**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mayıs 2007**

**ÖZET**

Bu çalışmada, sanayi bölgelerinde deprem kaynaklı doğabilecek yangınlar, patlamalar, denize akan petrol sızıntıları ve bunların çevrede yaşayan ve insanların üzerinde bırakabileceği olumsuz etkilerden bahsedilecektir. Özellikle bulunduğu konum ve büyüklüğü bakımından İzmit Körfez ilçesinde yer alan Tüpraş rafinerisi çalışmamızın ana konusunu temsil edecektir

Bu bağlamda Tüpraş rafinerisinde bulunan LPG ve hampetrol tanklarının özellikleri, birbirlerine ve yerleşim yerlerine olan mesafeleri, yangın sırasında gösterecekleri tepkiler, radyant ısıları, açığa çıkan toksik konsantrasyonunun çevrede yaşayan insanlar üzerindeki etkileri, soğutma çalışmaları bilimsel çerçeve içinde irdelenecek ve tekrarı olası felaketlere karşı uygulanabilecek yöntemler izah edilecektir.

**Bilim Kodu** : 714.3.035  
**Anahtar Kelimeler** : Rafineri, Yangın, Deprem, Toksik Atıklar  
**Sayfa Adedi** : 70  
**Tez Yöneticisi** : Doç.Dr.Mehmet ORHAN

**EARTHQUAKES WITH ENVIRONMENTAL IMPACTS AND A  
SCENARIOS OF APPLICATION**

**(M. Sc. Thesis)**

**Melih Tolga ÇAKMAKOĞLU**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**May 2007**

**ABSTRACT**

**In this research; fire in industrial zones welding from earthquake, explosions, petrolium leakage flowing to sea, potential negative impacts of these on the local people and nature will be told. Especially, because of its position and of its size, Tupaş Rafinery which is located in İzmit gulf county will represent the main subject of this research.**

**In this scope; features of LPG and crude oil tanks situated in Tupaş Rafinery, their distance to each other and to habitation, their reaction in the course of fire, radiant heat, impacts of coming out toxic combination on local people and cooling operations will be studied in scientific content and methods that can be applied to potential disasters will be explained.**

**Science Code : 714.3.035**

**Key Words : Rafinery, Fire, Earthquake, Toxic waste**

**Page Number: 70**

**Adviser : Assoc.Prof.Mehmet ORHAN**

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. Mehmet ORHAN'a, Yardımlarından dolayı Kocaeli eski valisi Erdal ATA'ya, Kocaeli Sivil Savunma Müdürü Ramazan YILMAZ'a, desteklerinden dolayı Doç.Dr.Emin Kuru ve Doç.Dr.Alev Kuru'ya ve İzmit Tüpraş rafinerisi çevre müdürlüğünde çalışan yetkililere teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. DEPREMLER.....	2
2.1. Faylanma Teorisi.....	2
2.2. Fay Çeşitleri.....	2
2.3. Deprem Parametreleri.....	3
2.3.1. Eşşiddet(izoseit) eğrileri.....	3
2.3.2. Şiddet.....	3
2.3.3. Magnitüd.....	5
2.4. Hasar Yapan Depremler.....	6
2.4.1. Aletsel dönemde meydana gelen depremler.....	8
3. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TÜPRAŞ.....	12
3.1. Tüpraş Rafinaj 2005 Yılı Faaliyetleri.....	15
3.1.1. İşlenen hampetrol.....	15
3.1.2. Üretim.....	16
3.2. Tüpraş İzmit Rafinerisi.....	17
4. PETROL RAFİNERİSİ VE HAM PETROLÜN İŞLENMESİ.....	20
4.1. Ham Petrol.....	20
4.2. Petrol ve Doğal Gaz Nasıl Oluşmuştur.....	20

	<b>Sayfa</b>
4.3. Yeraltındaki Petrol ve Doğalgaz.....	22
4.3.1. Doğalgaz.....	23
4.3.2. Petrol ve doğalgazın birbirinden farkı.....	23
4.4. Petrollerin Sınıflandırılması.....	24
4.5. Petrol Ürünleri.....	24
4.5.1. Nafta.....	25
4.5.2. LPG.....	26
4.5.3. LNG.....	26
4.5.4. CNG.....	26
4.5.5. Biobenzin.....	26
4.5.6. Benzin.....	27
4.5.7. Solvent.....	27
4.5.8. Gazyağı.....	27
4.5.9. Motorin.....	27
4.5.10. Fuel-oil.....	27
4.5.11. Asfalt.....	28
4.5.12. Makine yağları.....	28
4.5.13. Parafin.....	28
5. UYGULAMALAR.....	29
5.1. Deprem Öncesi Körfez Çevresi.....	29
5.1.1. Kıyılarda yerleşim.....	29
5.1.2. Tarım alanlarında yerleşim.....	30
5.1.3. Orman ve doğal bitki toplulukları.....	30
5.1.4. Hava kirliliği.....	30
5.1.5. Yeraltı su varlığı.....	31
5.1.6. Su kaynaklarının kirliliği.....	31
5.1.7. Toprak kirliliği.....	31
5.2. Deprem Sonrası Körfez Çevresi.....	32
5.2.1. Yıkılan binalar ve can kayıpları.....	32
5.2.2. Sanayi kuruluşları.....	33



	<b>Sayfa</b>
5.2.3. Arıtma tesisleri.....	35
5.2.4. Tüpraş yangını.....	35
5.2.5. Enkaz yığınları ve toz.....	38
5.2.6. Hava kirliliği.....	38
5.2.7. Su kirliliği.....	38
5.2.8. Geçici yerleşim alanları ve yaşam.....	38
5.3. 17 Ağustos 1999 İzmit Depreminde Rafineri Hasarları ve Acil Önlemler.....	39
5.3.1. Tankların Ürettiği Yangınlar.....	40
5.3.2. Ham Petrol Birimi ve Göçmeler.....	46
5.3.3. Liman Hasarı ve Denize Dökülen Petrol.....	47
5.3.4. Diğer Yangınlar.....	50
5.4. Çevre İnsanlarına Etkisi.....	50
5.5. Kocaeli Körfez İlçesi Petrol Ürünleri Depolama Tesislerinin Yangın Güvenliği.....	53
5.5.1. Dünyada LPG kazalarının tarihçesi.....	56
5.5.2. Depremden kaynaklı dünya petrol depolama tank kazaları.....	57
5.6. Yangın Süresinin Tahmini.....	57
5.6.1. Yanma sonucu CO <sub>2</sub> ve CO miktarının tahmini.....	58
5.6.2. Yanma sonucu ortaya çıkan CO <sub>2</sub> ve CO miktarları.....	58
5.6.3. CO <sub>2</sub> , CO ve SO <sub>2</sub> gazlarının insan sağlığı üzerindeki etkisi.....	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	64
EKLER.....	66
EK-1 Mol kesri ve mol yüzdesi.....	67
EK-2 12 Kasım Düzce depreminden görüntüler.....	68
EK-3 Türkiye yangından korunma yönetmeliği(III. Bölüm).....	69
ÖZGEÇMİŞ .....	70

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Deprem şiddet cetveli.....	3
Çizelge 3.1. Tüpraş rafineri üretimleri.....	16
Çizelge 3.2. Ham petrol ve ara ürün işleme kapasiteleri.....	18
Çizelge 3.3. Yardımcı tesisler.....	18
Çizelge 3.4. Hampetrol ve ürün depolama kapasiteleri.....	19
Çizelge 4.1. Petrol ve doğalgaz bileşimleri.....	24
Çizelge 4.2. Petrol ürünleri , özgül ağırlıkları ve kalori değerleri.....	25
Çizelge 5.1. Kesin hasar tespitleri.....	32
Çizelge 5.2. Ölü yaralı durumu.....	33

## RESİMLERİN LİSTESİ

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 5.1. Dolgu alanındaki çatlaklar.....	34
Resim 5.2. Deprem esnasında borularda oluşan çökme.....	34
Resim 5.3. Soğutma kulesinde çökme.....	35
Resim 5.4. Denizden toplanan yağlar.....	36
Resim 5.5. Ünite havuzlarından toplanan yağlar.....	37
Resim 5.6. Deniz kirliliğini önlemek için kullanılan bariyerler.....	37
Resim 5.7. Tüpraş İzmit Rafinerisi.....	40
Resim 5.8. Yanan tanklar.....	41
Resim 5.9. Yanan nafta tankları.....	41
Resim 5.10. Soğutma kulesi.....	42
Resim 5.11. Yanan tank kapağı.....	42
Resim 5.12. Tank temellerinde ki çökmeler.....	43
Resim 5.13. Hasar alan tank contaları.....	44
Resim 5.14. Çöken baca.....	44
Resim 5.15. Ağır hasarlı Şarj fırını.....	45
Resim 5.16. Havadan yangına müdahale.....	46
Resim 5.17. Ürün ve yardımcı servis hatları hasarları.....	47
Resim 5.18. Dolum kolunun kırılması nedeniyle meydana gelen LPG kaçağı.....	48
Resim 5.19. LPG küresinin bütün ayakları burulmuştur.....	49
Resim 5.20. Petrol sızıntısının İzmit körfezinden temizlenmesi.....	49
Resim 5.21. Ambarın yangından sonraki durumu.....	50

**HARİTALARIN LİSTESİ**

<b>Harita</b>	<b>Sayfa</b>
Harita 2.1. Hasar yapan depremler (Tarihsel ve aletsel dönemde).....	6
Harita 2.2. Bolu ve Düzce civarının diri fayları.....	11

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>API</b>	Gravite saflık derecesi
<b>BDX</b>	Bütadien Ekstraksiyon
<b>CBR</b>	Solüsyon bütadien Kauçuk
<b>DDB</b>	Beyaz dökme demir
<b>D</b>	Doğu
<b>K</b>	Kuzey
<b>kPA</b>	Basınç birimi, 1 kPA = 0,1 ton/m <sup>2</sup>
<b>KS</b>	Karbon siyahı
<b>Ms</b>	Magnitüd değeri
<b>Mw</b>	Magnitüd değeri
<b>Io</b>	Deprem şiddeti
<b>PS</b>	Polistiren
<b>RMV</b>	Dakikada solunan hava hacmi
<b>SBR</b>	Stiren Butadien Kauçuk
<b>•m</b>	Yüzeyden birim zamanda oluşan kütle kaybı
<b>•q<sub>f</sub></b>	Alevin yakıt yüzeyine ilettiği toplam ısı güç
<b>•q<sub>π</sub></b>	Yakıt yüzeyinden kaybedilen radyant ısı
<b>ΔH<sub>g</sub></b>	Gaz fazına geçmesi için gerekli ısı enerjisi
<b>ΔH</b>	Kütlenin yanması ile açığa çıkan ısı enerjisi
<b>ΨCO<sub>2</sub></b>	Kütle yakıtın yanmasıyla ortaya çıkacak CO <sub>2</sub>
<b>ΨCO</b>	Kütle yakıtın yanmasıyla ortaya çıkacak CO

**Kısaltmalar****Açıklama****BOTAŞ**

Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi

**CNG**

Yoğunlaştırılmış Doğal Gaz

**FEMA**

Dinamik Endüstri Makina Mühendislik Ltd.Şti.

**KAFZ**

Kuzey Anadolu Fay Zonu

**LNG**

Sıvılaştırılmış Doğal Gaz

**MTA**

Maden Tetkik Arama

**NSF**

National Science Foundation

**PETKİM**

Petrokimya Holding A.Ş.

**TMMOB**

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

**TPAO**

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

**TÜPRAŞ**

Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş

## 1. GİRİŞ

Depremlerin büyüklükleri ve çevreye verdikleri dolaylı veya dolaysız zararlardan ötürü, sadece ülkemizde değil yurtdışında da büyük ilgi uyandırmıştır. Tabii ki depremin episantr merkezinin İstanbul'a yakın olması ve gelecek yıllarda İstanbul'da da büyük bir depremin bekleniyor olması ister istemez o kentte yaşayan medya gruplarının bu olaya kaidesiz kalmalarını engellemiştir.

Bir sanayi bölgesi olan Marmara, depremden maddi ve manevi olarak çok daha fazla etkilenmiştir. Böyle bir sanayi bölgesinde depremin sadece yıkıcı etkisinden bahsetmek uygun olmaz. Depremin dolaylı olarak çevre sanayi kuruluşlarına vereceği zararlar ve bu sanayi kuruluşlarının da çevre insanlarına vereceği zararlar göz ardı edilemez.

İzmit Körfez ilçesi içinde yerleşim birimlerinin içinde bulunan Tüpraş rafinerisi buna en büyük örnektir. Hatırlanacağı gibi depremden sonra bu rafineride aynı anda üç ayrı yerde yangın başlamış ve günlerce söndürülemediği. Halk paniklemiş ve dağlara kaçmıştır. Bu tür bir felaketin tekrarlanması nispetinde rafineriden kaynaklı çevre zararlarının iyice irdelenmesi gerekmektedir.

Bu tezde, Tüpraş rafinerisinde bulunan ham petrol ünitesi, depolama tank sahası, kimyasalların bulunduğu ambar binasında deprem sonrası çıkan yangınların nedenleri, nasıl yayıldıkları, niçin söndürülemedikleri ve atık su havuzunun denize yaptığı sızıntının nasıl engellenmeye çalışıldığı, rafinerinin çevre insanı üstünde olabilecek muhtemel etkilerini tecrübeler, kurallara ve edinilen bilgilere göre bu çalışmada irdelenmiştir.

## 2. DEPREMLER

İnsanlar tarafından şiddetli olarak hissedilen depremler, yeryüzünden yaklaşık 12 km derinliklere kadar uzanan elastik kısımda üst kabuk içinde meydana gelmektedir. Bu derinlikten daha derinliklerde sıcaklık 400 derecenin üzerinde olduğu için yer değiştirme hareketi deprensiz, krip denilen yavaş plastik şekil değiştirme enerjisi şeklinde yutulur. Buna karşılık elastik üst kısımda ise her yıl birkaç cm'lik yer değiştirme yüzyıllarca birikerek birkaç metre birden büyük bir depremle meydana gelmektedir. Depremler sırasında ilk kırılma başlangıcının bu elastik alan sınırında meydana geldiği anlaşılmaktadır.

Deprem yer içinde fay olarak adlandırılan kırıklar üzerinde biriken biçim değiştirme enerjisinin aniden boşalması sonucunda meydana gelen yer değiştirme hareketinin neden olduğu karmaşık elastik dalga hareketleridir. Bu yer değiştirme miktarı depremin büyüklüğü ile doğru orantılı olup özellikle sığ depremlerde belli bir büyüklükten sonra faylanma ile ilgili kırıklar yeryüzünde görülmektedir.

### 2.1. Faylanma Teorisi

- i. İki yönden sıkıştırılan kaya
- ii. Bu kuvvet altında kayanın zamanla şekil değiştirmesi
- iii. Kaya aniden kırılarak fay oluşur ve ortaya çıkan enerji deprem dalgaları halinde yayılır. Hareket yatay olduğu gibi düşey de olabilir. Kırılmanın olduğu noktaya "Odak" (iç merkez) denir. Odak noktasının düşey olarak yeryüzüne rastladığı noktaya "Episantr" (dış merkez) denir.

### 2.2. Fay Çeşitleri

Normal faylanma genelde yer kabuğunun yatay çekme kuvveti sonucu oluşur. Ters faylanma basınç kuvveti sonucu oluşur. Yatay sıyrılmalı faylanmada, bloklar birbirlerine nazaran yatay hareket yaparlar. Yatay faylanma hareketinin sağ veya sol atımlı olduğu faya üsten bakılarak anlaşılabilir. Üstten bakıldığında, relatif



yerdeğiştirme sağa doğru ise sağ atılımlı, sola doğru ise sol atılımlı olarak adlandırılır. Normal faylanma arasındaki blok çökerse buna "Graben" (çöküntü) denir. İki ayrı normal faylanma arasında bir yükselti bloğu kalırsa buna "Horst" (yükselti) denir.

### 2.3. Deprem Parametreleri

Herhangi bir deprem oluştuğunda, bu depremin tariflenmesi ve anlaşılabilmesi için *deprem parametreleri* olarak tanımlanan bazı kavramlardan söz edilmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Deprem şiddet cetveli

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Magnitüd	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

#### 2.3.1. Eşşiddet(izoseit) eğrileri

Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalara denir. Bunun tamamlanmasıyla eşşiddet haritası ortaya çıkar. Genelde kabul edilmiş duruma göre, eğrilerin oluşturduğu yani iki eğri arasında kalan alan, depremlerden etkilenme yönüyle, şiddet bakımından sınırlandırılmış olur. Bu nedenle depremin şiddeti eşşiddet eğrileri üzerine değil, alan içerisine yazılır.

Bu tür eşşiddet haritaları, kuvvetli yer hareketi dağılımı, zeminin etkisi, alttaki jeolojik yapı, deprem kırığının uzunluğu ve mühendislik sorunları ile ilgili etkenler hakkında kaba fakat değerli bilgiler ortaya koyar [1].

#### 2.3.2. Şiddet

Herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle depremin şiddeti, onun

yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerinin bir ölçüsüdür. Bu etki, depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık dahi değişik olabilmektedir. Şiddet depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak yansıtır.

Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan Şiddet Cetvelleri'ne göre değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle "Deprem Şiddet Cetvelleri" depremin etkisinde kalan canlı ve cansız her şeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler Şiddet Cetveli'nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin; depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa, o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak tariflenir. Deprem Şiddet Cetvellerinde, şiddetler romen rakamıyla gösterilmektedir. Bugün kullanılan başlıca şiddet cetvelleri değiştirilmiş "Mercalli Cetveli (MM)" ve "Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)" şiddet cetvelidir. Her iki cetvelde de XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Bu cetvellere göre, şiddeti V ve daha küçük olan depremler genellikle yapılarda hasar meydana getirmezler ve insanların depremi hissetme şekillerine göre değerlendirilirler.

VI-XII arasındaki şiddetler ise, depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasar ve arazide oluşturduğu kırılma, yarıлма, heyelan gibi bulgulara dayanılarak değerlendirilmektedir.

### 2.3.3. Magnitüd

Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, Amerika Birleşik Devletleri'nden Prof.C.Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "Magnitüd" tanımlanmıştır. Prof .Richter, episantrdan 100 km. uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla (2800 büyütme, özel periyodu 0.8 saniye ve %80 sönümü olan bir Wood-Anderson torsiyon Sismografi ile) kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin magnitüdü olarak tanımlamıştır. Bugüne dek olan depremler istatistik olarak incelendiğinde kaydedilen en büyük magnitüd değerinin 8.9 olduğu görülmektedir (31 Ocak 1906 Colombiya-Ekvator ve 2 Mart 1933 Sanriku-Japonya depremleri).

Magnitüd, aletsel ve gözlemsel magnitüd değerleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Aletsel magnitüd, yukarıda da belirtildiği üzere, standart bir sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyod değeri ve alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir. Aletsel magnitüd değeri, gerek hacim dalgaları ve gerekse yüzey dalgalarından hesaplanılmaktadır.

Genel olarak, hacim dalgalarından hesaplanan magnitüdü ( $m$ ), ile yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüdü ( $M$ ) ile gösterilmektedir. Her iki magnitüd değerini birbirine dönüştürecek bazı bağıntılar mevcuttur. Gözlemsel magnitüd değeri ise, gözlemsel inceleme sonucu elde edilen episantr şiddetinden hesaplanmaktadır. Ancak, bu tür hesaplamalarda, magnitüd-şiddet bağıntısının incelenilen bölgeden bölgeye değiştiği de göz önünde tutulmalıdır.

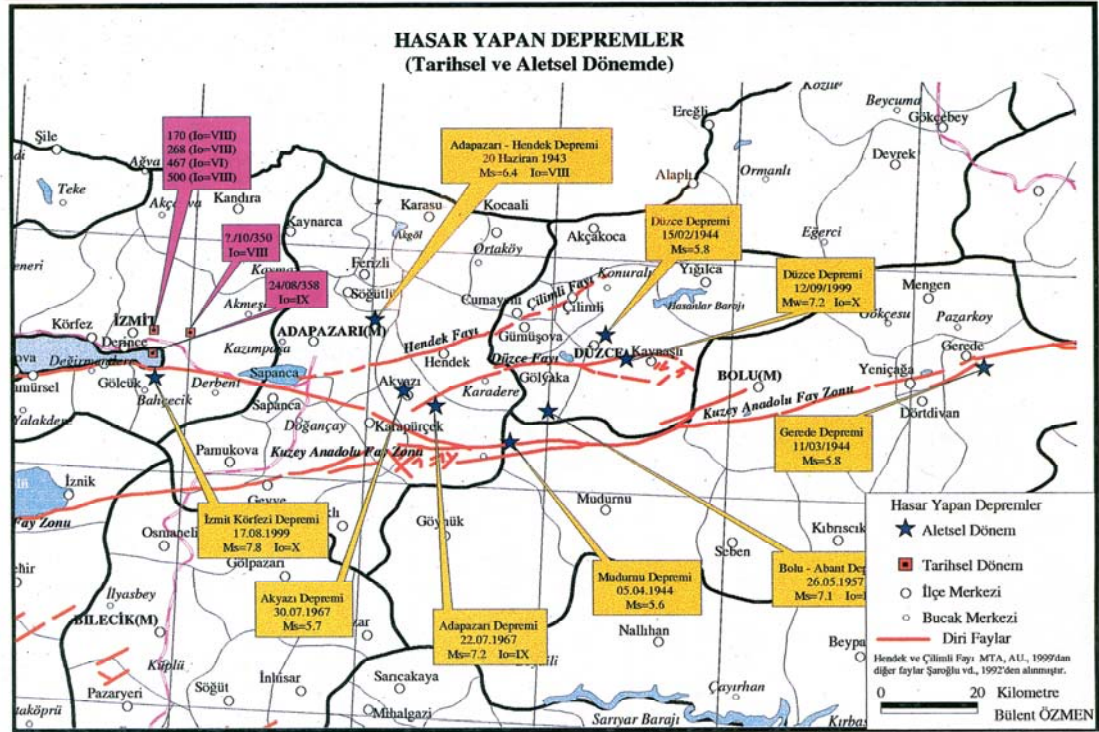
Gözlemleri tarafından bildirilen bu depremin magnitüdü depremin enerjisi hakkında fikir vermez. Çünkü deprem sığ veya derin odaklı olabilir. Magnitüdü aynı

olan iki depremden sığ olanı daha çok hasar yaparken, derin olanı daha az hasar yapacağından arada bir fark olacaktır. Yine de Richter ölçeği (magnitüd) depremlerin özelliklerini saptamada çok önemli bir unsur olmaktadır.

Depremlerin şiddet ve magnitüdüleri arasında birtakım ampirik bağıntılar çıkarılmıştır. Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümleri aşağıdaki gibi verilebilir [2].

#### 2.4. Hasar Yapan Depremler

Düzce ve Bolu bölgesi sismik olarak oldukça aktiftir. Düzce kent merkezinin 100 km doğu ve batısında Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde tarihsel ve aletsel dönemde birçok deprem olmuştur (Harita 2.1). Bu depremler tarihsel ve aletsel dönem olarak iki bölümde incelenecektir [3].



Harita 2.1. Hasar yapan depremler (Tarihsel ve Aletsel dönemde) [3]

Tarihsel dönemde M.Ö. 2100 ve M.S. 1900 yılları arasında bu bölgede 6 tane hasar yapan deprem oluşmuştur. Aletsel dönemde ise 1900-2000 yılları arasında bu bölgede 9 tane hasar yapan deprem olmuştur. Bu depremlere ait bulgular tarih sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

Tarihsel dönemde meydana gelen depremler;

i. 170 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantrı 40,80K, 29,90D dur. İzmit ve civarında hasara neden olmuştur.

ii. 268 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantrı 40,80K, 29,90D dur. İzmit ve civarında hasara neden olmuştur.

iii. 350 yılının onuncu ayında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantrı 40,80K, 30,00D dur. İzmit ve İzmit te hasara neden olmuştur.

iv. 24/08/358 tarihinde meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:IX, episantrı 40,75K, 29,90D dır. Kocaeli, İzmit ve İstanbul da hasara neden olmuştur.

v. 467 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VI, episantrı 40,80K, 29,90D dır. İzmit civarında hasara neden olmuştur.

vi. 500 yılında meydana gelen depremin maksimum şiddeti Io:VIII, episantrı 40,80K, 29,90D dır. İzmit civarında hasara neden olmuştur.

Tarihsel dönemde aşağıdaki depremler olmuştur. Bu depremlerin gözlemsel dış merkezleri hakkında herhangi bir bilgi verilmemiştir.

i. 2 Eylül 967 tarihinde Bolu-Çerkeş arasında büyük tahribata neden olan bir deprem olmuştur.

- ii. 3 Mayıs 1035 tarihinde Gerede'nin 40 km doğu-kuzeydoğusunda özellikle Bayındır ve Hamamlı'da hasara neden olan bir deprem olmuştur.
- iii. 18 Aralık 1036 tarihinde Hamamlı ve Bayındır'da etkili olan bir deprem olmuştur.
- iv. 18 Temmuz 1668 tarihinde Kastamonu, Gerede ve Bolu civarını etkileyen bir deprem olmuştur. Bu depremin bir çok artçı şoku olmuştur.
- v. 24 Kasım 1863 tarihinde Bolu'da hasara neden olan bir deprem olmuştur.
- vi. 19 Nisan 1878 tarihinde İzmit Adapazarı arasında bir çok evin yıkılması ve bir çok insanın ölmesine neden olan bir deprem olmuştur. Bu deprem nedeniyle Sapanca tamamen yıkılmıştır.

#### **2.4.1. Aletsel dönemde meydana gelen depremler**

*20 Haziran 1943 Adapazarı-Hendek Depremi:* 20 Haziran 1943 tarihinde meydana gelen Adapazarı-Hendek depreminin maksimum şiddeti  $I_0=VIII$  (MSK), magnitüdü  $M_s=6,4$  ve episantrı 40,85K, 30,51D olarak saptanmıştır. Bu deprem nedeniyle Hendek'te yapıların % 25'i tümüyle yıkılmıştır. Adapazarında bu oran % 20 dir. Adapazarında ilçenin orta kesiminde özellikle çarşı ve yakınındaki Gedikyolu, Semerciler, Kurtuluş, Sakarya, İbrahimbey, Hocasade mahallelerinde bütün yapılar yıkılmış ve dört katlı betonarme yapılar olduğu gibi çökmüştür. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın raporuna göre bu depremde yıkılan yada onarılamayacak kadar zarar görmüş yapı sayısı 5975, onarılabilecek yapı sayısı 4361'dir. 304 yurttaş yaşamını yitirmiş, 234 kişide yaralanmıştır.

*1 Şubat 1944 Bolu-Gerede Depremi:* 1 Şubat 1944 tarihinde meydana gelen Bolu-Gerede depreminin maksimum şiddeti  $I_0:X$  (MSK) magnitüdü  $M_s:7,2$  ve episantrı 40,80K, 32,20D olarak saptanmıştır. Deprem nedeniyle 9422 yapı yıkılmış, 8206

yapı ağır hasara uğramış ve 2552 kişi ölmüş, 1182 kişi yaralanmıştır. Hasar Bolu, Gerede, Çerkeş, Beypazarı-Güdül'de fazla olmuştur.

Bu depremin artçısı olan ve hasar yapan depremler şunlardır;

i. 15 Şubat 1944 (Düzce Depremi) tarihinde meydana gelen artçı şokun magnitüdü Ms:5,8, episantrı 40,84K, 31,15D ve derinliği 10 km dir. Bu deprem nedeniyle Düzce'de 3000 ev yıkılmış, 80 kişi ölmüştür.

ii. 11 Mart 1944 (Gerede Depremi) tarihinde meydana gelen artçı şokun magnitüdü Ms:5,8, episantrı 40,80K, 32,20D dir. Deprem nedeniyle Gerede'de 5300 yapı hasar görmüş ve 700 kişi ölmüştür.

iii. 5 Nisan 1944 (Mudurnu Depremi) tarihinde meydana gelen artçı şokun magnitüdü Ms:5,6, episantrı 40,60K, 30,90D ve derinliği 10 km dir. Deprem Mudurnu'da 900 evin hasar görmesine ve 30 kişinin ölmesine neden olmuştur.

*26 Mayıs 1957 Bolu-Abant Depremi:* KAFZ' nun Mudurnu vadisindeki kesimi üzerinde gözlenen bu depremin maksimum şiddeti  $I_0=IX$ , magnitüdü  $M_s=7,1$ , odak derinliği 10 km. ve episantrı 40,67K, 31,00D olarak belirlenmiştir. Deprem Bolu'dan başlayıp Abant silsilesi ve Dokurcun vadisini izleyerek batıda Akyazı'ya kadar uzanan 40 km. den fazla bir alandaki köylerde hasar ve can kaybına neden olmuştur. Deprem 5000 yapının ağır hasar görmesine, 52 kişinin ölümüne ve 101 kişinin ise yaralanmasına neden olmuştur.

*22 Temmuz 1967 Adapazarı Depremi:* Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde gözlenen ve büyük hasar yapan depremin magnitüdü  $M_s=7,2$ , odak derinliği 33 km., maksimum şiddeti  $I_0=IX$  ve episantrı 40,67K, 30,69D olarak belirlenmiştir. Deprem 1957 Abant depreminin devamı olan Mudurnu vadisi üzerindeki KAFZ' nun 50 km. lik kısmı üzerinde gözlenmiştir. Oldukça büyük yapısal hasara yol açan bu deprem sonucunda 5569 yapı ağır hasarlı, 5110 yapı orta hasarlı, 3210 yapıda az hasarlı olarak saptanmıştır. Ayrıca bu deprem sonucunda 89 kişi hayatını kaybetmiş, 235

kişide yaralanmıştır. Bu deprem Adapazarı ilçesini VIII şiddetinde etkilemiştir. 30 Temmuz 1967 Akyazı Depremi; Bu deprem 22.07.1967 tarihinde meydana gelen Adapazarı depreminin artçısı olarak 30.07.1967 günü meydana gelmiştir. Bu depremin magnitüdü  $M_s=5,7$ , episantrı 40,70K, 30,40D ve derinliği 16 km olarak ölçülmüştür. Deprem 1000 e yakın binanın yıkılmasına veya ağır hasar görmesine neden olmuştur.

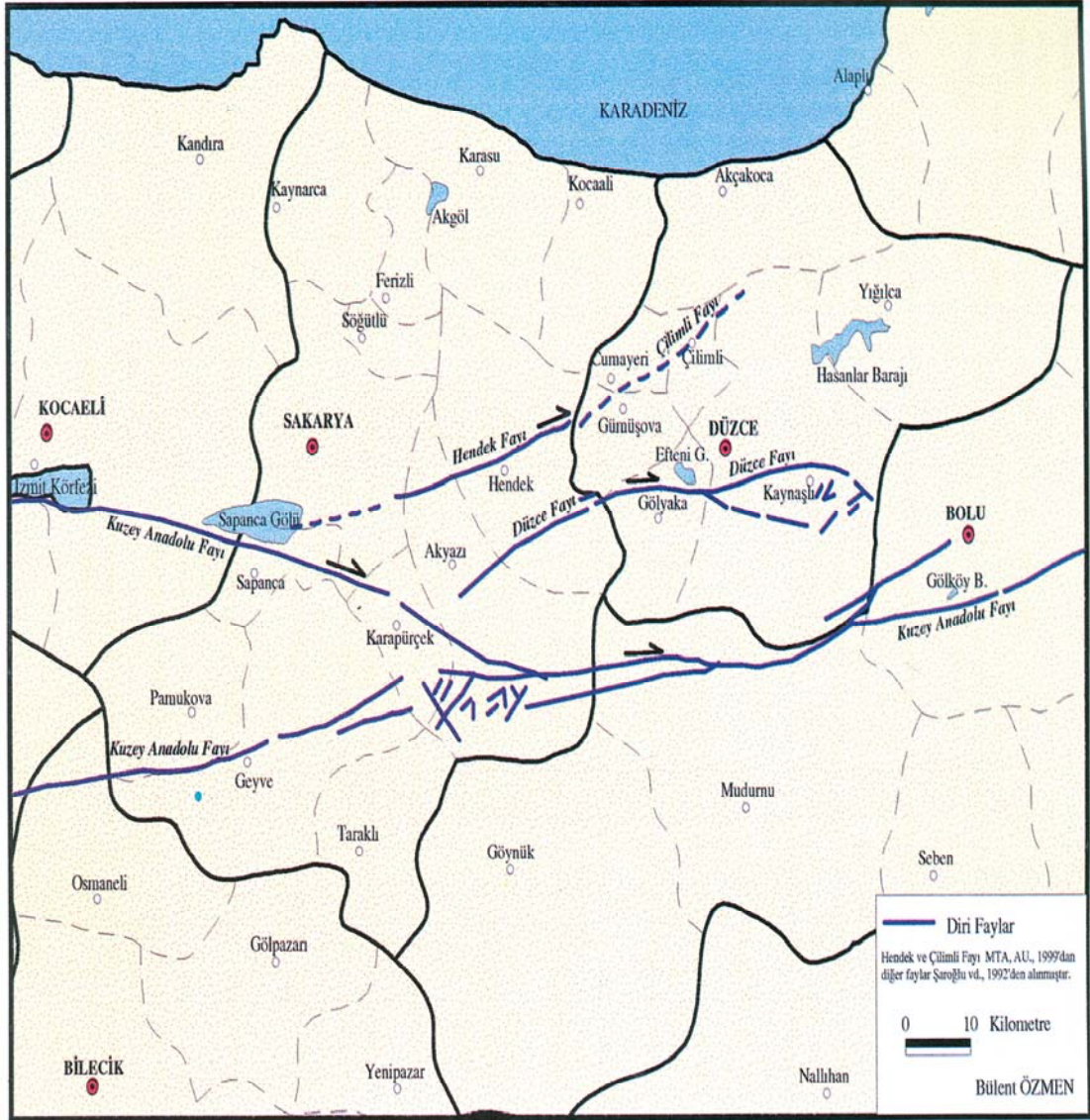
*17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi:* Bu deprem 17.08.1999 tarihinde meydana gelmiştir. Depremin maksimum şiddeti  $I_o=X$ , magnitüdü  $M_s=7,8$  ve episantrı 40,0K, 29,19D olarak saptanmıştır. Deprem sonucunda 66448 konut ağır hasara, 66756 konut orta hasara ve 79576 konut da hafif hasara uğramıştır. Depremde 17479 kişi hayatını kaybetmiş, 43953 kişide yaralanmıştır. Adapazarı ilçe merkezinde 11472 konutun ağır hasar, 4951 konutun orta hasar ve 7851 konutun ise hafif hasar gördüğü belirlenmiştir.

12 Kasım 1999 Düzce Depremi; İzmit Körfezi Depreminde yaklaşık üç ay sonra meydana gelen bu depremin magnitüdü  $M_w=7,2$ , odak derinliği 11 km., episantrı 40,79K ve 31,21D olarak saptanmıştır. Düzce baseninin güneyindeki Düzce Fayı üzerinde gözlenen bu depremin maksimum şiddeti X olarak belirlenmiştir. Deprem sonucunda 26704 ağır hasarlı, 37825 orta hasarlı, 40944 hafif hasarlı konut saptanmıştır. 763 kişi hayatını kaybetmiş, 4948 kişide yaralanmıştır.

Tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları bölgede çok sayıda hasar yapan depremin oluştuğunu ve bu depremlerin bir çok can ve mal kaybına neden olduğunu göstermektedir.

Bölgenin depremselliği Kuzey Anadolu Fay Zonu tarafından belirlenmektedir(Harita 2.2). Düzce Depreminin yüzey kırığının uzunluğu ve maksimum sağ yanal yer değiştirme miktarları değişik araştırmacılar tarafından farklı ölçülmüştür. Yüzey kırık uzunluğu 30 – 45 km arasında, maksimum sağ yanal yer değiştirme miktarı ise 380 – 490 cm arasında değişmektedir.





Harita 2.2. Bolu ve Düzce civarının diri fayları [3]

Kocaeli ve çevre jeolojisi hakkında verilen bu bilgiler ışığında Tüpraş'ın, Kocaeli'nde veya çevre bölgelerde olabilecek bir deprem sonrası uğrayabileceği hasar ve uğratabileceği hasarlar hakkında, edinilen bilgi ve kaynaklara dayanarak daha iyi bir yorum yapılabilceği anlaşılmaktadır [3].

### 3. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TÜPRAŞ

Yıllık 27,6 milyon ton ham petrol işleme kapasitesi ile Türkiye'nin tek petrol rafinaj kuruluşu durumunda olan Tüpraş, dünya rafineri kapasitesinin %0,7'sine sahip olup, aynı zamanda Avrupa'nın en büyük 7. rafineri şirketi konumundadır. 85,5 milyon varil/gün düzeyindeki dünya rafinaj kapasitesinde, 2010 yılından sonra yeni yatırımların devreye alınmasıyla artış yaşanması beklenmektedir. Aşağıda eski tarihlerden günümüze kadar olan, ülkemizde kurulmuş petrol rafineleri hakkında bilgiler bulunmaktadır.

*Boğaziçi Tasfiyehanesi:* 1930 yılında Beykoz yakınında ham petrol işleme kapasitesi 40 ton/gün (13200 ton/yıl) olan bu rafineri özel teşebbüs, "Türkiye Naft Sanayii A.Ş." adına Yaşua Biraderler tarafından kurulan ilk rafineri tesisi olup Romanya'dan gelen ham petrolü işlemekteydi. Bu rafineri, 1934 yılında bazı vergi meseleleri yüzünden kapanmıştır.

*Raman Tecrübe Tasfiyehanesi:* 1940 yılında Raman Dağında petrol bulununca, petrol sondajlarının ve diğer vasıtaların akaryakıt ihtiyacını temin etmek maksadıyla, Diyarbakır Maden Tetkik Arama Enstitüsü depolarında bulunan Boğaziçi Tasfiyehanesinin işe yarar kazanları Maymune Boğazına taşınmış ve böylece 1942 yazında kurulan 10 ton/gün (3300 ton/yıl) kapasiteli Raman Tecrübe Tasfiyehanesi, Batman'da 1945 yılında kurulan Pilot Rafineri faaliyete geçinceye kadar hizmet görmüştür.

*Batman Tecrübe Tasfiyehanesi:* Diyarbakır M.T.A. deposunda bulunan Boğaziçi Tasfiyehanesine ait geri kalan malzeme ve yeni ilavelerle bir Pilot Rafineri daha kurulmuştur. 1945 yılında çalışmaya başlayan bu rafinerinin ham petrol işleme kapasitesi 200 ton/gün (66000 ton/yıl) olup, daha sonra T.P.A.O.'ya devredilmiştir.

*Tüpraş Batman Rafinerisi:* 1951 yılında Raman ve Garzan'daki petrol sahalarında petrol arama faaliyetlerinden alınan olumlu sonuçlar paralelinde, bu milli ve doğal yeraltı petrol kaynağını en iyi biçimde değerlendirmek amacıyla öncekinden daha

büyük ve kapasitesi 1000 ton/gün (330000 ton/yıl) olan modern bir rafineri kurulmasına karar verilmiştir. Bu rafinerinin inşası 1955 yılı ortalarında tamamlanarak deneme çalışmalarına başlanmıştır. Altı ay süren çalışmalardan sonra Parsons Firması rafineriyi TPAO'ya devretmiş ve 1956 yılından itibaren rafineri tam kapasite ile çalışmaya başlamıştır. 1959 yılından itibaren Raman ve özellikle Garzan'daki petrol arama sahaları geliştirilerek Batman Rafinerisinin yıllık kapasitesinin %75-100 oranında artırılmasını gerekli kılan petrol rezervleri belirlenmiştir. Ham petrol üretiminin ve petrol ürünlerine olan ihtiyacın giderek artmasıyla rafinerinin kapasitesi 1960 yılında 580 bin ton/yıl'a yükseltilmiş, 1966 yılında mevcut sisteme yüksek oktanlı benzin ve LPG gazı üretmek üzere reformer ve LPG üniteleri ilave edilerek devreye alınmıştır. 1972 yılında da gerçekleştirilen Tevsi Projesi ile rafinerinin kapasitesi 1,1 milyon ton/yıl'a yükseltilmiştir.

*Anadolu Tasfiyehanesi Anonim Şirketi (ATAŞ):* 1958 yılında Mersin'de Mobil Oil, Shell, Caltex ve BP tarafından kurulan şirketin adı Anadolu Tasfiyehanesi Anonim Şirketi olup, kısa adı ATAŞ'dır. Petrol Kanunu hükümleri gereğince yabancı sermaye ile kurulan bu rafinerinin yıllık kapasitesi 3,2 milyon ton düzeyindeydi. ATAŞ Şirketinin kurucularından CALTEX daha sonra ortaklıktan ayrılmıştır. Anadolu Tasfiyehanesi Anonim Şirketinde MOREF (Mobil Refining) %51, Shell %27, BP-Türk %17 ve Marmara Petrol % 5 hisseye sahiptir. 1969 yılında rafinerinin kapasitesi 4,4 milyon ton/yıl'a yükseltilmiştir.

*İpraş İstanbul Petrol Rafinerisi A.Ş. (İzmit Rafinerisi):* Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), ülkemizde akaryakıt dağıtım alanında faaliyet gösteren California Texas Oil Corp. (CALTEX) şirketi ile anlaşma yapmak suretiyle İstanbul'dan 80 km uzaklıkta, İzmit Körfezi'nin kuzey kıyısındaki Tütünçiftlik yöresinde, yıllık kapasitesi 1 milyon ton olan bir rafineri kurmak üzere Petrol Dairesi'nden 10.12.1959 tarihinde belge almıştır. İstanbul Petrol Rafinerisi A.Ş. (İPRAŞ), endüstrimizin, sivil halkın ve Türk Silahlı Kuvvetlerinin petrol ürünleri gereksinimini karşılamak amacıyla kurulmuş olup, % 51 hissesi TPAO'ya, geri kalan % 49'u uluslararası bir petrol şirketi olan CALTEX'e ait idi. Rafineri 23 Nisan 1960 tarihinde temeli atıldıktan 16 ay sonra 24 Ağustos 1961 tarihinde devreye alınmıştır. TPAO ve Caltex arasındaki 10 yıl

sürelî ortaklık anlaşması 12 Mart 1972'de sona ermiş ve bu tarihte Caltex'in hisse senetleri, TPAO tarafından satın alınarak rafineri tümüyle ulusal bir kuruluş olmuştur. İPRAŞ'ın Ana Sözleşmesi 25 Ekim 1983 tarihinde yapılan Olağanüstü Genel Kurul Toplantısı'nda Tüpraş Ana Sözleşmesi'ne dönüştürülmüş ve Tüpraş'ın tescil ve ilanı 16 Kasım 1983 tarihinde tamamlanmıştır. O tarihe kadar TPAO'na bağlı olarak faaliyet gösteren İzmir ve Batman Rafinerileri ile yapımı devam eden Kırıkkale Rafinerisi Tüpraş'a devredilmiştir. İzmit Rafinerisi'nin 1961 yılında 1,0 milyon ton/yıl olan ham petrol işleme kapasitesi, 1967 yılında I. Darboğaz Giderme Projesi ile 2,2 milyon ton/yıla, 1972 yılında gerçekleşen I.Tevsi Projesi ile 5,5 milyon ton/yıla, 1977'de tamamlanan II. Darboğaz Giderme Projesi sonunda 7,0 milyon ton/yıla, 1980 yılında yapılan çalışmalar sonunda 7,8 milyon ton/yıla, 1982 yılında tamamlanan II. Tevsi Projesi sonunda da 11,5 milyon ton/yıla ulaşmıştır.

*Tüpraş İzmir Rafinerisi:* Türkiye'de artan petrol ürünleri talebini karşılamak amacıyla İzmir'in Aliğa yöresinde 1967 Ağustos ayında temeli atılan İzmir Rafinerisi 1972 yılında işletmeye alınmıştır. Kuruluşunda 3 milyon ton/yıl olan ham petrol işleme kapasitesi, Darboğaz Giderme Projeleri ile 1982 yılında 3,8 milyon ton/yıl'a, 1984 yılında 5,0 milyon ton/yıl'a ve 18 Kasım 1987 tarihinde tamamlanan Tevsi Projesi sonunda 10 milyon ton/yıl'a ulaşmıştır. Ayrıca 300000 ton/yıl kapasiteli ülkemizin tek makine yağı kompleksi İzmir Rafinerisinde bulunmaktadır. Makine Yağları Kompleksi projesi kapsamındaki Vakum, Propan Deasfating, Furfurol Ekstraksiyon, Ferrofining, Dewaxing, Hidrojen Üniteleri 23.4.1974 tarihinde işletmeye alınmıştır. 1988 yılında İzmir Rafinerisinin mevcut makina yağı üretim kapasitesi 175 bin ton/yıl'dan 300 bin ton/yıl'a çıkarılmıştır.

*Tüpraş Kırıkkale Rafinerisi:* Kırıkkale Rafinerisi, Orta Anadolu Bölgesi'nin petrol ürünleri ihtiyacını karşılamak amacıyla TPAO ile ROMANYA INDUSTRIAL EXPORT IMPORT firması arasında 14 Ağustos 1977 tarihinde imzalanan ticari sözleşme ile kredi anlaşması çerçevesinde kurulmuştur. Kırıkkale Rafinerisi yılda 5 milyon ton 36 API graviteli Kerkük ham petrolü işleyecek şekilde dizayn edilmiştir. Kırıkkale Rafinerisinin ham petrol ikmalı BOTAS'ın Ceyhan terminalinden 447 Km. uzunluğunda 24 inç'lik boru hattı ile yapılmaktadır. Mevcut durumda maksimum

kapasitesi 5,0 milyon ton/yıl'dır. Kırıkkale Rafinerisi 25 Ekim 1986 tarihinde işletmeye alınmıştır.

*Tüpraş Körfez Petrokimya ve Rafineri Tesisleri:* Petkim Petrokimya Holding A.Ş.'nin kurduğu ilk kompleks olan Yarımca tesisleri, Etilen, Klor Alkali, Vinil Klorür Monomer, Polivinil Klorür, Alçak Yoğunluk Polietilen Fabrikaları ile 1970 yılında üretime başlamıştır. 1972-1976 yılları arasında Karbon Siyahı, Stiren, Polistiren, DDB, BDX, SBR, CBR ve Kaprolaktam Fabrikaları da devreye alınarak Yarımca Tesisleri kuruluşunu tamamlamıştır. 1990 yılından itibaren Dünya Petrokimya Sanayi ile birlikte krize giren PETKİM, 1990-1995 yılları arasında Yarımca tesislerindeki Klor Alkali, Etilen, Stiren, DDB ve Kaprolaktam Fabrikalarının üretimine son vermiştir. Yarımca tesisleri, Özelleştirme Yüksek Kurulu'nun 05.10.2001 tarih ve 2001/54 sayılı kararı ile Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.'ye devredilmiş ve Körfez Petrokimya ve Rafineri Müdürlüğü adını almıştır. Emülsiyon Stiren Butadien Kauçuk (SBR), Solüsyon Bütadien Kauçuk (CBR), Karbon Siyahı (KS), Polistiren (PS) ve Bütadien Ekstraksiyon (BDX) Fabrikaları üretime devam etmektedir [4].

### **3.1. Tüpraş Rafinaj 2005 Yılı Faliyetleri**

#### **3.1.1. İşlenen hampetrol**

2005 yılında Tüpraş rafinelerinde 23,4 milyon tonu ithal (%92), 2,1 milyon tonu yerli (%8) olmak üzere toplam 25,5 milyon ton ham petrol işlenmiştir. İşlenen 25,5 milyon ton ham petrol'ün 10,3 milyon tonu İzmit, 10,7 milyon tonu İzmir, 3,6 milyon tonu Kırıkkale, 0,9 milyon tonu Batman rafinerisinde işlenmiş olup, kapasite kullanımı %92,4 olarak gerçekleşmiştir.

Tüpraşın beyaz-siyah ürün verimliliğini incelediğimizde, 2004 yılında %64 olan beyaz ürün verimliliği 2005 yılında %65,9'a düşmüştür. Beyaz ürün verimliliğinde meydana gelen düşmenin ana nedenleri plansız ünite duruşları, işlenen petrolün API'sında 2004 yılına göre 0,30 API'lık düşüş ve hedeflenen şarja ulaşılması için dönüşüm ünitelerinin kullanımının düşük gerçekleşmesidir [5].

### 3.1.2. Üretim

2005 yılında işlenen ham petrol'den 9,8 milyon tonu İzmit, 10,1 milyon tonu İzmir, 3,3 milyon tonu Kırıkkale, 0,8 milyon tonu Batman rafinerisinde olmak üzere toplam 23,9 milyon ton satılabilir ürün üretilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Tüpraş rafineri üretimleri

<b>Tüpraş Rafineleri Üretimleri (bin ton)</b>			
<b>Ürünler</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>Değişim %</b>
LPG	719,3	764,1	6,2
Nafta	1545,5	1387,7	10,2
Benzinler	3206,8	3547,8	10,6
Jet yakıtı / Gazyağı	1809,0	2012,8	11,3
Motorin	7193,0	7566,2	5,2
Fuel Oil	6034,2	6310,9	4,6
Asfaltlar	1390,6	1761,6	26,7
Makine Yağları	291,6	341,5	17,1
Diğer	511,3	196,2	61,6
<b>Toplam</b>	<b>22701,3</b>	<b>23888,8</b>	<b>5,2</b>

Üretimlerde görülen artışlar düşük gibi gözüküyorsa da bu rakamların bin ton'la ifade edildiği ve her yıl nüfusa, enerji ihtiyacına ve gereksinimlere bağlı olarak artış göstereceği düşünülürse ilerde hem çevreye olan olumsuz etkisi hem de deprem

sonrası meydana gelebilecek felaketlerin ve yangınların da etkisi yıldan yıla artış gösterecektir.

Şeker yatırım menkul değerler A.Ş'nin yayınladığı sektör raporunda şöyle denmektedir.

“2005 yıl sonu itibariyle dünya rafineri kapasitesi yaklaşık 85,5 milyon varil/gün düzeyinde gerçekleşirken, mevcut durum itibariyle en yüksek rafineri kapasitesinin 17,1 milyon varil/gün ile ABD’de bulunduğu görülmektedir. Bu kapasitesi ile ABD, dünya rafineri kapasitesinin %20’sine tek başına sahiptir. Rafinaj kapasitesi büyüklüğüne göre Rusya Federasyonu, Çin ve Japonya ABD’yi izleyen ülkeler olurken, bu dört ülke, dünya rafineri kapasitesinin %43’üne sahiptir. Diğer ülkeler ise kapasite bakımından bu ülkelerden oldukça geridedirler. Uzun vadeye yönelik yapılan projeksiyonlarda; 2005 yılsonu itibariyle 77,5 milyon varil/gün olan rafine ürün talebinin, yıllık ortalama %1,4 artarak 2030 yılına gelindiğinde 111 milyon varil/gün’e yükselmesi öngörülmektedir. Global rafineri kapasitesinin ise, 2005 itibariyle 85,5 milyon varil/gün düzeyinden yıllık ortalama %1,3 artışla 2030 yılına gelindiğinde 117,8 milyon varil/gün seviyesine yükselmesi beklenmektedir” [6].

### 3.2. Tüpraş İzmit Rafinerisi

İzmit rafinerisi 1961 yılında 1,0 milyon ton/yıl ham petrol işleme kapasitesi ile üretime başlamış ve zaman içinde gerçekleşen önemli kapasite artırımları ve modernizasyon çalışmaları neticesinde, kapasitesi 1982 yılında 11,5 milyon ton/yıl’a ulaşmış böylece Akdeniz coğrafyasındaki en büyük ve kompleks rafinerilerden biri haline gelmiştir. 31 Aralık 2005 tarihi itibariyle 205’i geçici işçi olmak üzere rafineride toplam 1324 personel çalışmaktadır.

2005 yılında rafineri yaklaşık 10,3 milyon ton ham petrol işlemiş ve ağırlıklı olarak LPG, nafta, kurşunsuz benzin, jet yakıtı, gazyağı, motorin, kalorifer yakıtı, fuel oil ve asfalttan oluşan yaklaşık 9,8 milyon ton petrol ürünü üretmiştir. Rafinerinin Nelson Kompleksite Endeksine göre 31 Aralık 2005 itibariyle kompleksitesi tasarım kapasitesine göre 6,17’dir. Planlanan yatırımların 2006’da tamamlanmasından sonra İzmit rafinerisinin Nelson Kompleksite Endeksinin, 7,78’e çıkması beklenmektedir.

İzmit Tüpraş'a ait ünite ve kapasiteleri aşağıda gösterilmiştir(Çizelge 3.2-Çizelge 3.3-Çizelge 3.4).

Çizelge 3.2. Ham petrol ve ara ürün işleme kapasiteleri

Üniteler	Kapasite	Lisansör
Ham petrol Üniteleri	39200 m <sup>3</sup> /gün	
Vakum Üniteleri	14000 m <sup>3</sup> /gün	
FCC Ünitesi	2200 m <sup>3</sup> /gün	UOP
Hydrocracker Ünitesi	3650 m <sup>3</sup> /gün	UOP
Reformer Üniteleri	3225 m <sup>3</sup> /gün	UOP
İzomerizasyon Ünitesi	2628 m <sup>3</sup> /gün	UOP
Desulfurizer Ünitesi	8250 m <sup>3</sup> /gün	UOP
Kükürt Üretim Üniteleri	137 ton/gün	

Çizelge 3.3. Yardımcı tesisler

Üniteler	Kapasite
Endüstriyel Atık Su Arıtma Ünitesi	1000 m <sup>3</sup> /saat
Balast Su Arıtma Ünitesi	750 m <sup>3</sup> /saat
Evsel Atık Su Arıtma Ünitesi	550 m <sup>3</sup> /gün
Elektrik Üretim Üniteleri	45 MW



Çizelge 3.4. Hampetrol ve ürün depolama kapasiteleri

<b>Depolama Alanı</b>	<b>Kapasite</b>
Ham petrol Depolama	Brüt 875490 m <sup>3</sup> (14 tank)
Ürün ve Ara Ürün Depolama	Brüt 841283 m <sup>3</sup> (85 tank)

## 4. PETROL RAFİNERİSİ VE HAM PETROLÜN İŞLENMESİ

### 4.1. Ham Petrol

Jeolojide bu terim, genellikle organik maddenin anaerobik bozuşması ile oluşmuş, doğal olarak bulunan sıvı hidrokarbonları tariflemeye kullanılır. Petrol nadiren oluştuğu yerde bulunur. Ancak çoğunlukla uygun yapısal ve litolojik kapanlara göç ederek birikir. Petrol sık olarak tuzlu su ve gaz halindeki hidrokarbonlarla beraber bulunur [7].

Ham petrol, rafinerilerde bileşenlerine ayrıştırılarak (damıtılarak) günlük yaşamımızda kullandığımız pek çok ara madde ve akaryakıt ürünleri elde edilir. İngilizce’de petrol yerine kullanılan petroleum terimi köken olarak Grekçe’den (Yunanca’dan) türemiş olup, taş anlamına gelen petra kelimesi ile yağ anlamına gelen oleo kelimelerinin birleşimidir ve taşıyağı anlamına gelir. Eski Grekler’den daha önce, Mezopotamya dillerinde naptu kelimesi taşıyağı anlamında kullanılmıştır. Daha sonra bu kelime nafta olarak evrimleşmiş ve bugün pek çok dilin kelime hazinesine ham petrol veya petrolden elde edilen gazyağı ve benzin türü hidrokarbon sıvıları belirtmek üzere girmiştir.

### 4.2. Petrol ve Doğal Gaz Nasıl Oluşmuştur

Hidrokarbonların ve dolayısıyla petrol ve gazın yeraltında nasıl oluştuğu kesinlikle bilinmemekle birlikte, 20. yüzyılın başından beri süregelen bilimsel araştırma sonuçları, tüm hidrokarbonların yaşamını yitirmiş canlıların artıklarının durgun deniz ve göl gibi ortamların tabanında birikmesiyle oluşmaya başladıklarını ortaya koymaktadır. Deniz, göl veya akarsularda yaşamını yitirmiş olan bitkisel ve hayvansal canlılar (yani ölü organizmalar) akarsuların bu ortamlara taşıdığı kum, kil ve mineral tanecikleri ile birlikte dibe çökerek yığılırlar. Bitkisel ve hayvansal kökenli malzemeler mikroskobik boyuttan gözle görülebilecek boyuta kadar değişen büyüklüklerdeki organik artıklardan oluşurlar.

Milyonlarca yıl süren bu çökme ve yığılma olayı tüm çökel malzemenin kalınlığının artmasına neden olur. Ancak, artan kalınlıkla birlikte çökellerin tabana uyguladıkları ağırlıkta artar. Önce çökelen ve altta kalan kayaç bileşenleri sürekli artan üst ağırlık etkisi altında sıkışmaya ve birbirlerine tutunmaya başlarlar. Organik artıklar da, sıkışan katı tanecikleri arasında gözenek adı verilen çok küçük boşluklarda ve çatlaklarda su ile birlikte sıkışır ve yeraltındaki ısı, radyoaktif element ışıması, bakteri etkisi ve üst ağırlık baskısı gibi etkenler altında kimyasal bozunmaya ve moleküler değişime uğrarlar. Yüz binlerce, milyonlarca yıl sürebilen ve katajenez adı verilen bu bozunma sürecinde organik kökenli katılar, sıvılar ve gazlar oluşmuştur. Bunlardan sıvılar ve gazlar bozunmalarını sürdürerek bizim algıladığımız anlamda ham petrole ve doğal gaza dönüşmüşlerdir.

Organik hammaddenin katajenezinde, bu maddelerin gözenek ve çatlaklarını doldurduğu kayaç da diyajenez adı verilen değişim süreci geçirir. Diyajenez sırasında killer, kumlar, organik artıkların kabukları ve mineraller hem kimyasal hem de fiziksel olarak değişimler geçirirler ve sıkışarak taşlaşır, yeraltı kayaç katmanlarını oluştururlar. Gözenekleri içinde petrol ve gaz oluşan bu kayaçlara hazne kayaç adı verilir.

Bir hazne kayacın içerisinde oluşan petrol ve gaz, kırılmaların oluşturduğu çatlak ve kırık yüzeyleri boyunca kaçarak daha gözenekli kayaçların gözenekleri ve/veya çatlakları içine göç edebilirler. Bu olay petrol veya gazın birincil göçü olarak adlandırılır. Göç olayı kilometrelerce uzağa kadar, yatay veya düşey yönde olabilir. Yeter ki petrol ve gaz içine yerleşebilecekleri gözenekli ve geçirgen bir kayaç bulabilsinler. Gözenekleri suya doygun, geçirgen bir kayaca göç etmeye çalışan petrol ve/veya gaz, sudan daha düşük yoğunluğa sahip olması nedeniyle yavaş yavaş su ile düşey yönde yer değiştirmeye başlar. Bu olay petrol veya gazın ikincil göçü olarak adlandırılır. Eğer petrol ve gaz bu kayaç gözenekleri içinde sıkışır ve bir başka kayaç içine göç edemezlerse, petrol ve gaz artık kapanmıştır. Yoğunluğu düşük olan gaz üstte olmak üzere, onun altında petrol ve en altta da su, kayaç gözenekleri içinde aşağı doğru sıralanırlar. Molekülleri petrolden çok daha küçük olan gaz bazen petrolün içine giremeyeceği yeni bir göç yolu bulup petrolden

ayrılabilir. İşte böyle gözenekleri içinde petrol ve gaz kapanlamış bir kayaç parçasına petrol rezervuarı, yalnızca gaz kapanlanmış bir kayaç parçasına da doğal gaz rezervuarı adı verilir.

### **4.3. Yeraltındaki Petrol ve Doğalgaz**

Petrol ve doğal gaz yeraltında kayaçların mikroskobik gözeneklerinin ve çatlakların içerisinde bulunur. Petrolün yeraltında bir göl veya havuz içerisinde bulunduğu düşüncesi doğru değildir. Petrol ve doğal gazın aranması jeoloji, jeofizik ve petrol mühendisliği dallarının ortak çalışmasını gerektirir. Yeraltı formasyonlarında petrolün ve/veya gazın var olup olmadığı kesin olarak yalnızca sondaj yapılarak belirlenebilir. Petrolün varlığı ve ekonomik olarak üretilebilirliği sondajlarla kanıtlandıktan sonra üretim kuyuları delinerek petrolün yeryüzüne çıkartılması sağlanır. Petrol, yerin derinliklerinde bulunan kayaçların gözenekleri ve çatlakları içerisinde akarak üretim kuyusuna ulaşır.

Bir petrol veya gaz kuyusunun delinmesi işlemi petrol ve doğal gaz mühendisliğinin bir alt sınıfı olan Sondaj (kuyu delme) Mühendisliği'nin görev alanına girer. Petrol veya gaz amaçlı delinen kuyuların pek çoğu petrolü veya gazlı çıkmaz ; kuru kuyu adıyla anılır ve terkedilirler. Eğer bulunan petrol ve/veya gaz rezervi ekonomik ise, diğer bir deyişle üretim için yapılacak parasal yatırımı karşılayacak düzeyde ise, o zaman petrol ve gazın üretimi için sahanın geliştirme aşamasına geçilir. Ancak, bulunan petrol ve/veya gaz rezervi yapılacak parasal yatırımı karşılayamayacak kadar küçük ise, o kuyu petrolü veya gazlı dahi olsa, petrolün varil fiyatı yeterince yüksek düzeye erişene dek terkedilir.

Petrol ve gazın üretilmesi, boru hatları yoluyla ayrıştırma veya tüketim tesislerine aktarılması işlemi, petrol ve doğal gaz mühendisliğinin ikinci bir alt sınıfı olan Üretim Mühendisliği'nin görev alanına girer. Ancak, yerin binlerce metre altındaki bir kayacın gözeneklerinde bulunan petrol ve gazın tamamının üretilebilmesi hemen hemen olanaksızdır. Petrol rezervuarından maksimum miktarda petrol üretebilmek, gözenekli ortamda petrol ve gaz akışın fiziğini belirlemeye yönelik zorlu ölçümler,

ileri düzeyde matematik içeren hesaplamalar ve sayısal modelleme tekniklerinin kullanımını gerektirir. İşin bu parçası da petrol ve doğal gaz mühendisliğinin üçüncü bir alt sınıfı olan Rezervuar Mühendisliği'nin görev alanına girer.

#### **4.3.1. Doğalgaz**

Doğal gaz; metan( $\text{CH}_4$ ), etan( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propan( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) gibi hafif moleküler ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan bir karışımdır. Yeraltında yalnız başına veya petrol ile birlikte bulunabilir. Petrol gibi doğal gaz da kayaçların mikroskopik gözeneklerinde bulunur ve kayaç içerisinde akarak üretim kuyularına ulaşır. Doğal gaz, yüzeyde ayrıştırılarak içerisinde bulunan ağır hidrokarbonlar (bütan, pentan, vb.) uzaklaştırılır. Doğal gaz, evlerimizde kullandığımız en temiz fosil yakıttır. Doğal gazın yanması durumunda karbondioksit, su buharı ve azot oksitler oluşur.

#### **4.3.2. Petrol ve doğalgazın birbirinden farkı**

Petrol ve doğal gaz, aynı tip hidrokarbon moleküllerinden oluşmuş, sırası ile sıvı ve gaz fazlarındaki akışkanlara verilen isimlerdir. Doğal gaz yeraltında yalnız başına bulunabileceği gibi, petrol rezervuarlarında gaz başlığı olarak ve/veya petrol içerisinde çözülmüş olarak da bulunur. Doğal gaz, çoğunlukla C1-C5 hidrokarbonlarından oluşurken, petrol içerisinde C1-C60+ (C60 ve daha ağır) hidrokarbonlar bulunur (Çizelge 4.1). Petrol içerisinde çözülmüş gaz, petrolün kuyuya akmasını sağlayan en önemli enerji kaynağıdır. Aşağıda petrol ve doğal gazın yaklaşık olarak bileşimleri verilmektedir. Bu çizelgeden de görülebileceği gibi petrol ve doğal gaz, aynı hidrokarbon ailesine ait moleküllerin farklı bileşimlerde bir araya gelmesiyle oluşur (EK-1).

Çizelge 4.1. Petrol ve doğalgaz bileşimleri

Bileşen	Doğalgaz Mol Kesri	Petrol Mol Kesri
Metan(CH <sub>4</sub> )	0,90	0,44
Etan(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0,05	0,04
Propan(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0,03	0,04
Bütan(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0,01	0,03
Pentan(C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	0,01	0,02
Hexan be daha ağır(C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> ve yukarısı)	< 0,01	0,43

#### 4.4. Petrollerin Sınıflandırılması

Kimyasal olarak petrol, hidrokarbon bileşenlerinin kompleks bir karışımıdır, yaklaşık %85 C , %13 H , %0,1-0,5 N-O-S içermektedir. Bir ham petrol örneği, 18 farklı hidrokarbon ailesine ait yaklaşık birkaç bin kimyasal madde içerir. Petrolün içerdiği bileşenlerin tamamının detaylı analizi oldukça zordur. Petrolün yapısının bu derece karmaşık olması, basitleştirilmiş sınıflama tekniklerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Yaygın olarak kullanılan bir sınıflama yöntemi petrolü parafin bazlı ve asfalt bazlı olarak ikiye ayırmaktır. Parafin bazlı petrolerden düşük sıcaklıklarda parafin adı verilen bir katı madde ayrışır. Parafin, asitlere karşı dayanıklı, eter, kloroform, karbon disülfid gibi kuvvetli solventler tarafından çözilemeyen bir katıdır. Asfalt bazlı petroler, damıtma sonucunda artık olarak koyu renkli (siyah) bir katı faz oluştururlar. Asfalt, eter, kloroform, karbon disülfid gibi kuvvetli solventler tarafından çözülebilen bir maddedir.

#### 4.5. Petrol Ürünleri

Doğada bulunduğu haliyle petrol, her yönüyle faydalanılabilecek durumda değildir. Yararlı ürünler haline gelinceye kadar rafine edilmesi gerekmektedir. Ham petrol

rafineride ısı uygulamaları ile ağır asfalttan hafif gazlara kadar çeşitli ürünlere ayrılır. Rafineriden elde edilen başlıca petrol ürünleri, nitelikleri ve kullanıldıkları yerler bakımında aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Petrol ürünleri, özgül ağırlıkları ve kalori değerleri

ÜRÜNLER	ÖZGÜL AĞIRLIK	KALORİ DEĞERLERİ
LPG	0,55 gr/cm <sup>3</sup>	12000 cal/kg.
Nafta	0,71 gr/cm <sup>3</sup>	11500 cal/kg.
Benzin	0,73 gr/cm <sup>3</sup>	11500 cal/kg.
Gazyağı	0,79 gr/cm <sup>3</sup>	11000 cal/kg.
Motorin	0,93 gr/cm <sup>3</sup>	11000 cal/kg.
Fuel-Oil	0,94 gr/cm <sup>3</sup>	10000 cal/kg.
Solvent	0,77 gr/cm <sup>3</sup>	11500 cal/kg.
Asfalt	0,83 gr/cm <sup>3</sup>	10000 cal/kg.
Makine Yağları	0,88 gr/cm <sup>3</sup>	10000 cal/kg.
Parafin	0,85 gr/cm <sup>3</sup>	10000 cal/kg.

#### 4.5.1. Nafta

Nafta ham petrolün atmosferik koşullarda damıtılması sırasında elde edilen (30-170°C ) renksiz, uçucu ve yanıcı sıvı hidrokarbon karışımlarına verilen bir addır. Nafta kelimesi tarihsel olarak Bakü ve İran da yeryüzüne kadar ulaşan bir tür hafif petrol sızıntısını adlandırmak için kullanılmıştır. Nafta kimyasal olarak parafinik, naftenik ve aromatik hidrokarbonlardan oluşur. Nafta yaygın olarak solvent (çözücü) ve diğer maddelerin üretildiği bir ara ürün olarak kullanılır. Teknik açıdan arabalarımızda kullandığımız benzin ve kerosen, nafta gurubu karışımlar arasında yer alır.

#### **4.5.2. LPG**

LPG (liquefied petroleum gas - sıvılaştırılmış petrol gazı) çoğunlukla 3 ve 4 karbonlu ( $C_3$  ve  $C_4$ ) hidrokarbonları içeren ve düşük basınçlarda sıvılaştırılabilen gazları tanımlamakta kullanılan bir terimdir. Doğal haliyle LPG renksiz, kokusuz, toksik özelliği bulunmayan bir maddedir. Havadan daha yoğundur ve basınç altında sıvı halde depolanır. Kaçak oluşması durumunda kolayca fark edilmesi için içerisine kokulandırıcılar eklenerek kullanıma sunulur.

#### **4.5.3. LNG**

Doğal gaz atmosferik basınçta yaklaşık olarak  $-125^{\circ}C$  sıcaklığına kadar soğutulduğunda sıvı hale geçer ve sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) olarak adlandırılır. Bir birim hacim LNG buharlaştırıldığında yaklaşık olarak 600 birim hacim doğal gaz elde edilir. LNG su yoğunluğunun yarısından daha düşük bir yoğunluğa sahiptir. LNG doğal haliyle kokusuz, renksiz, korozif olmayan ve zehirleyici bir özelliği bulunmayan bir sıvıdır. Buharlaştırıldıktan sonra kolayca fark edilmesi için içerisine kokulandırıcılar eklenerek kullanıma sunulur.

#### **4.5.4. CNG**

Yaklaşık olarak 2000-3600 psi basınca kadar sıkıştırılarak basınçlı kaplarda saklanan ve kullanıma sunulan yoğunlaştırılmış doğal gaza verilen isimdir. CNG genişletilerek basıncı düşürüldükten sonra doğal gazın kullanıldığı her yerde ve şekilde kullanılabilir. CNG benzin ile kıyaslandığında daha düşük emisyon değerlerine sahip olduğundan yaygın olarak taşıt araçlarında kullanılır.

#### **4.5.5. Biobenzin**

Biobenzin (gasohol) %90 kurşunsuz benzin ve %10 tarımsal kökenli (tahıl veya şeker kamışı) etil alkol (etanol) karışımıdır. Biobenzin kurşunsuz benzine göre daha



yüksek oktanlıdır. Bunun yanında emisyon miktarı da kurşunsuz benzine göre daha düşüktür [8].

#### **4.5.6. Benzin**

Motor yakıtı olarak benzin, ham petrolden kaynama noktaları 30-200 C<sup>0</sup> olan hidrokarbonların ayrılması ile elde edilir.

#### **4.5.7. Solvent**

Benzin ile gazyağı arasında bir ürün olan solvent; boya sanayinde, kuru temizlemede, ormancılıkta , zararlılarla mücadelede , eritici ve çözücü madde olarak kullanılır.

#### **4.5.8. Gazyağı**

Ham petrolün damıtılmasıyla elde edilir. Kaynama noktaları 160-250 C<sup>0</sup> arasında değişen hidrokarbonlardan oluşur. Isıtma, aydınlatma ve motor yakıtı olarakta uçaklarda kullanılır.

#### **4.5.9. Motorin**

Kaynama noktası 200-360 C<sup>0</sup> arası olan hidrokarbonların petrolden ayrılması ile elde edilir ve dizel motorlarında yakıt olarak kullanılır.

#### **4.5.10. Fuel-Oil**

Enerji üretimi ve ısıtmada kullanılan akaryakıttır. Vizkozitelerine göre hafif ve ağır yağlar halindedirler. Hafif fuel-oil büyük dizel motorlarında, ağır fuel-oil endüstri ve kazanlarda yakıt olarak kullanılmaktadır.

#### **4.5.11. Asfalt**

Ham petrolün rafineri ürünlerinden elde edilen ve normal oda sıcaklığında akıcılığı olmayan siyah renkli ziftlerdir. Doğada doğal halde de bulunmaktadır.

#### **4.5.12. Makine yağları**

Ham petrolün %4-5'inden fazlasını oluşturmayan makine ve gres yağları endüstride önemli yer tutar [9].

#### **4.5.13. Parafin**

Makine yağları elde edilirken parafin, beyaz renkte ve kristalize yapıdadır. Parafin; kozmetik, kablo, bobin, transformatör, yağlı kağıt, karbon kağıdı, bandaj yapımında kullanılmaktadır.

## 5. UYGULAMALAR

İzmit Körfezi Çevresi; elverişli ulaştırma olanakları, doğu yönünde uzanan geniş ve verimli arazileri, zengin su potansiyeli ve elverişli ekolojik koşulları ile tarihin her döneminde yerleşim için çekici olmuştur. Bu yönüyle sürekli olarak belirli bir nüfusu barındırmış ve bir yerleşim alanı olarak varlığını sürdürmüştür.

1960'dan sonra başlayan yeni yatırımlar İzmit Körfezi ve çevresini tarihinde görülmediği kadar daha fazla çekici kılmıştır. Yöre bir yandan sanayileşirken öte yandan hızlı biçimde göç almıştır. Gelen yeni nüfusun konut ihtiyacı olağanüstü bir hızla artmaya başlamıştır. Hızlı yapılaşma, kalite konusundaki özenin göz ardı edilmesine neden olmuştur. Böylece olumsuz sona doğru hızlı bir gidiş başlamıştır. Bilim adamlarının zaman zaman yaptığı uyarılar da ne yazık ki dikkate alınmamıştır. Kentsel doku öylesine hızlı biçimde yayılmıştır ki 1960-2000 yılları arasındaki yayılma ve genişleme hızı doğu-batı doğrultusunda ortalama bir km/yıl, kuzey-güney doğrultusunda ortalama 1/4 km/yıl olmuştur. Körfez çevresinde 1960'lı yıllarda 300000 dolayındaki nüfus 1999 ortalarında 1,5 milyona yükselmiştir. Bu hızlı gelişim sonucu tüm çevre değerleri yok edilmiş ve insan yaşamını tehdit eden ciddi sorunlar ortaya çıkmıştır. Kentleşmenin Tüpraş çevresinde olması ise ayrı bir tehlike unsuru yaratmıştır. Birebir Tüpraş yetkilileri ile yapılan görüşmelerde Tüpraş'ın insanlardan daha önce inşa edilmiş olduğunu söyleseler de bu rafinerinin, çevre insanı üzerindeki etkisini azaltmış olmayacaktır.

### 5.1. Deprem Öncesi Körfez Çevresi

Olayın boyutlarını daha net algılamak bakımından deprem öncesi tabloya bir göz atmak yararlı olacaktır.

#### 5.1.1. Kıyılarda yerleşim

1960 sonrası dönemde İzmit Körfezi'nin güney ve kuzey kıyılarında yoğun bir betonlaşma gözlenmektedir. Basit birer balıkçı köyü görünümündeki yerleşim

birimlerinin yakınlarına sokulan sanayi kuruluşları, çalışan nüfusu da çekmiş ve ortaya çıkan barınma gereksinimi kıyıların ve ardındaki uygun olmayan zeminlerin yapılarla dolması sonucunu getirmiştir. Yapılaşma telaşı altında insanlar deprem ihtimalini düşünmek dahi istememektedirler.

### **5.1.2. Tarım alanlarında yerleşim**

Sanayi ve konut alanı ararken gözlerin çevrildiği ve en kolay ele geçirilen ve talan edilen topraklar ne yazık ki tarım alanları olmaktadır. Özel mülkiyete konu olması, korunması yönünde ciddi bir bağlayıcı mevzuatın bulunmaması tarım topraklarının kolayca elden çıkmasına neden olmaktadır. İzmit Körfezi çevresindeki tarım alanları çarpık plansız sanayileşme ve konutlaşma sonucu büyük oranda elden çıkmış, tarım alanı olma niteliğini yitirmiştir.

### **5.1.3. Orman ve doğal bitki toplulukları**

Giderek genişleyen endüstri ve konut alanları tarım topraklarının ardından orman ve doğal bitki örtüsü ile kaplı alanları da tehdit eder duruma gelmektedir. Kentleşmenin baskısı altında bitki örtüsü alanları kaybolurken doğal türlerin sayısında ciddi azalmalar olmaktadır.

### **5.1.4. Hava kirliliği**

Körfez çevresinde ve ağırlıklı olarak İzmit merkezinde endüstriyel, evsel ve taşıt araçları kaynaklı yoğun bir hava kirliliği gözlenmektedir. Trafikin yoğun olduğu kent içi yollarda eksoz gazları ve toz yoğunluğunun oluşturduğu kirlilik, kent merkezinin denizden gelen hava akımlarına kapalı olması sonucu dağılmadan kalmakta, boğucu bir hava meydana getirmektedir.

### **5.1.5. Yeraltı su varlığı**

Kullanımı kolay ve ucuz olan yeryüzü sularının giderek ihtiyaçları karşılayamaz olması ve çabuk kirlenmesi, insanları kuyular ve sondajlar yaparak yeraltı sularından yararlanmaya yöneltmiştir. Giderek artan nüfus, hızla gelişen endüstri ve sayıları hızla artan fabrikalar, insanların gözlerini ister istemez nüfus yoğunluğu az olan bölgelere çevirmesine neden olmaktadır [10]. İzmit Körfezi doğusunda Sapanca Gölü'ne kadar uzanan dalgalı düzlükler 1970 -1990 yılları arasında sanayi kuruluşları ve konutlar ile büyük oranda kaplanmıştır (Tüpraş'da su ihtiyacını bu gölden karşılamaktadır). 1960'lı yılların başlarında ovadaki su rezervi 40 milyon m<sup>3</sup>'e yaklaşmıştı. Öncelikle Sanayi kuruluşlarının kuyu açarak aşırı su kullanımı sonucu 30 yılda su miktarı 15 milyon m<sup>3</sup> dolayına kadar azaldığı gözlenmektedir.

### **5.1.6. Su kaynaklarının kirliliği**

İzmit Körfezi çevresindeki yerleşim alanlarından kaynaklanan atık suların büyük bölümü denetimsiz olduğundan yüzey suları veya derelerle denize ulaşmaktadır. Körfezin doğusunda yer alan sanayi kuruluşlarının arıtma tesislerini kurması ve daha sonra Çevre Entegre Projesinin bir bölümü olan Merkezi Atık su Arıtma Tesisinin devreye alınması ile Körfez'e akan endüstriyel kökenli atık su yükü ciddi oranda azalmıştır. Körfezi kirleten sular arasında sanayi kökenli atık suların payının azaldığı evsel kaynaklı kirliliğin payının ise % 80'ler dolayına kadar yükseldiği tespit edilmektedir. Körfez'e akan hemen tüm dereler evsel endüstriyel kökenli kirleticiler ile doğal özelliklerini yitirmiş bulunmaktadır. Önemli bir su kaynağı olan Sapanca Gölü'nün korunması çalışmalarında büyük sorunlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Kontrol edilmeyen atık sular ve katı atıkların sızıntı suları yeraltı su kaynaklarını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır.

### **5.1.7. Toprak kirliliği**

Hava ve su kirliliğinin yanı sıra toprak kirliliği de ileri boyutlara ulaşmıştır. Topraklar çok hor kullanılmakta ve önemi hiçbir suretle dikkate alınmamaktadır.

Atmosfer ve atık su kaynaklı kirliliğin yanı sıra katı atıklarla da ciddi kirlenme tehdidi toprakları etkilemiştir. Kirlenen toprak üzerinde yapılan tarımsal üretim de riskli bir duruma gelmektedir. Kısaca özetlemeye çalıştığımız bu sorunlar deprem öncesi İzmit Körfezi çevresinde çözüm beklemekteydi. Bu alanda atılan önemli adımlar ile çözüm alanında ilerlemeler kaydedilmiş ve Çevre Bakanlığı İl Müdürlüğü düzeyinde yaptığı çalışmalar ile denetim ve iyileştirmede başarılar kazanılmıştır.

## 5.2. Deprem Sonrası Körfez Çevresi

17 Ağustos 1999 tarihinde yaşanan depremin yörede çok uzun yıllar unutulması mümkün olmamaktadır. İzmit, Gölcük, Değirmendere gibi Kocaeli iline bağlı yerleşim birimlerinde büyük bir facia yaşanmıştır. Çok geniş bir alana yayılmış bir afetin nüfus yoğunluğu böylesine yüksek bir yörede yaptığı yıkımın izlerini silmek kolay olmayacaktır. Deprem sonrası tespit edilen tablo aşağıda özetlenmektedir [11].

### 5.2.1. Yıkılan binalar ve can kayıpları

100000 dolayında yıkılan, yıkılması gereken ve hasarlı bina ortaya çıkmıştır (Çizelge 5.1). Yalnız Kocaeli ili dahilinde ölü sayısı 10000, yaralı sayısı 20000 dolayındaki rakamlara ulaşmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.1. Kesin hasar tespitleri

Yeri	Yıkı-Ağır Hasarlı			Orta Hasarlı			Hafif Hasarlı		
	Bina	Konut	İşyeri	Bina	Konut	İşyeri	Bina	Konut	İşyeri
İzmit	4642	13328	1681	3816	11421	1833	6630	14115	2286
Derince	729	3233	523	1195	6741	1024	1930	7722	1117
Gebze	403	1397	254	1211	4486	580	2998	7020	616
Gölcük	2350	13191	2132	1816	10850	1274	2772	8409	1095
Kandıra	108	112	14	278	305	31	541	560	40
Karamürsel	344	1167	124	561	2763	240	1154	3270	359
Körfez	671	1847	746	1094	3894	744	1654	3990	615
<b>Toplam</b>	<b>9247</b>	<b>34275</b>	<b>5474</b>	<b>9971</b>	<b>40460</b>	<b>5726</b>	<b>17679</b>	<b>45086</b>	<b>6128</b>

Çizelge 5.2. Ölü yaralı durumu

İlçesi	Ölü Sayısı	Yaralı Durumu
İzmit	3349	3054
Gebze	48	695
Gölcük	5384	5252
Kandıra		9
Karamürsel	163	314
Körfez	533	557
Toplam	9477	9881

### 5.2.2. Sanayi kuruluşları

Sanayi kuruluşlarında üretim durmuş, ciddi hasarlar tespit edilmiştir. Tüpraş Rafinerisinin deniz kenarındaki dolgu alanında çatlaklar oluşmuştur (Resim 5.1). Ham petrol tahliye hattı deprem nedeniyle desteklerinden kayarak yere düşmüş ancak deniz kirliliğine neden olabilecek bir sızıntı neyse ki gerçekleşmemiştir (Resim 5.2). Tüpraşdaki soğutma kulesi deprem nedeniyle yaklaşık 4 m kayarak çökmüştür (Resim 5.3). Faliyetlerin, deprem öncesi boyutlara ulaşabilmesi için 30 ile 120 gün arasında bir süre geçmesi gerektiği tahmin edilmiştir. Hasarın mali boyutu milyarlarca dolara ulaşmıştır. Tüpraşdaki yangın günlerce söndürülememiştir [12].

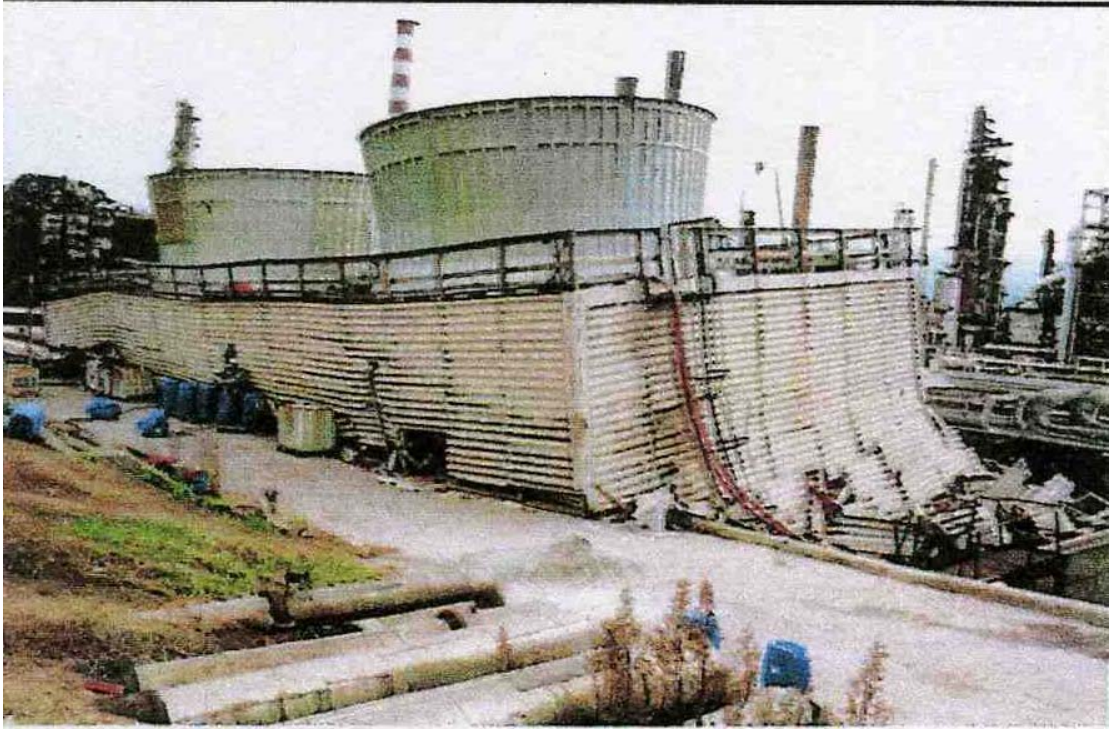


Resim 5.1. Dolgu alanında çatlaklar oluşmuştur [12]



Resim 5.2. Deprem esnasında borularda çökme meydana gelmiştir [12]





Resim 5.3. Soğutma kulesi 4 m kayarak çökmüştür [12]

### 5.2.3. Arıtma tesisleri

Elektrik kesintileri ve üretimin durması sonucu hemen tüm sanayi kuruluşlarımızda biyolojik arıtma sistemleri devre dışı kalmıştır. Aynı şekilde kimyasal arıtma sistemlerinin de çalışması kesintiye uğramıştır. Arıtma sistemlerinin devre dışı kalması demek Körfeze daha çok kirlilik yükünün ulaşmasını sağlamaktadır.

### 5.2.4. Tüpraş yangını

Depreminden sonra başlayan yangının söndürülmesi üç gün almıştır. Bu süre zarfında ham petrol ve petrol ürünleri (bkz. Çizelge 4.2) doğrudan denize ve yanma sonucu yüksek oranda kirlilik atmosfere karışmıştır. Tüpraş yangını sonrası denize yayılan petrol ürünlerinin bir bölümü toplanabilmiş ise de önemli bir deniz kirliliği sorunu ortaya çıkmaktadır. Körfeze kıyısı olan veya kıyı şeridinde yakın kurulmuş bazı tesislerin sızıntıları toprağa ve denize ulaşmıştır. Yangınla mücadele ederken Tüpraş çevre kontrol elemanları muhtemel deniz kirliliğini önlemek için yüksek bir çaba sarf

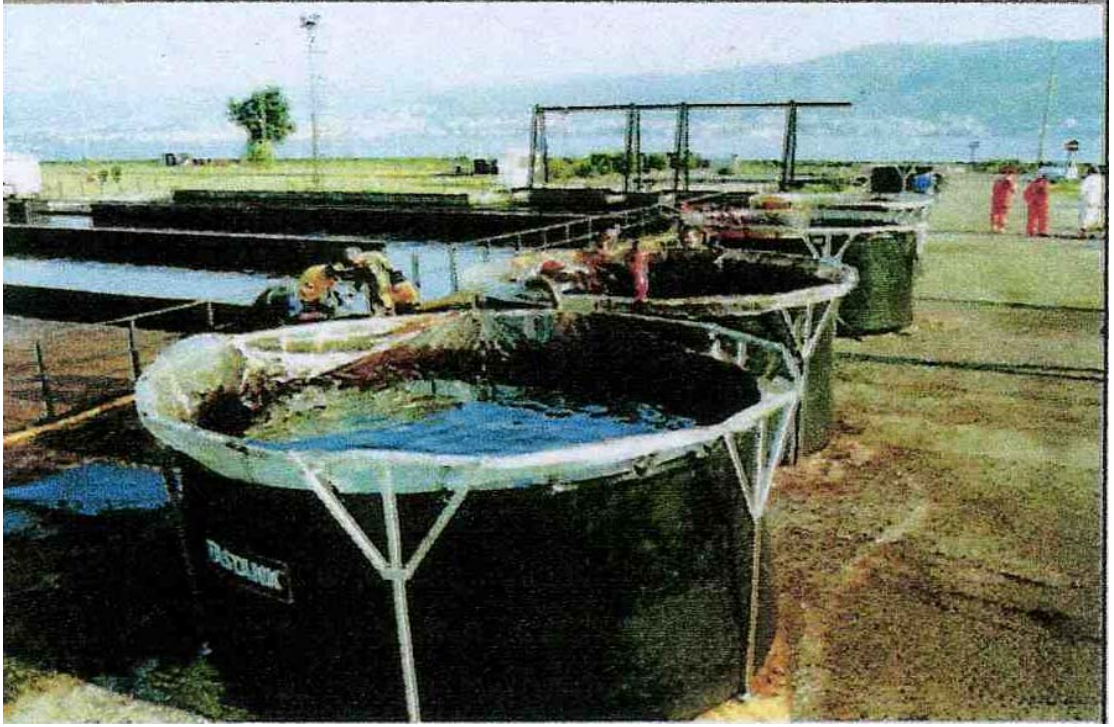
etmişler ve İngiltere'den yardıma gelen ekipler, rafineri elemanları ile birlikte rafineri içinde ve İzmit körfezinde yoğun çalışmalarda bulunmuşlardır (Resim 5.4).

Yangınla mücadele sırasında çok miktardaki su yer altı drenaj sistemindeki yağ ile yer değiştirerek atık su arıtma ünitesi çıkış havuzlarında biriktirilmektedir (Resim 5.5). İlk etapta enerji yokluğundan biriken yağ işlenip transfer edilememiş, muhtemel deniz kirliliğini önlemek için ilk tedbir olarak bariyerler döşenmiştir (Resim 5.6).

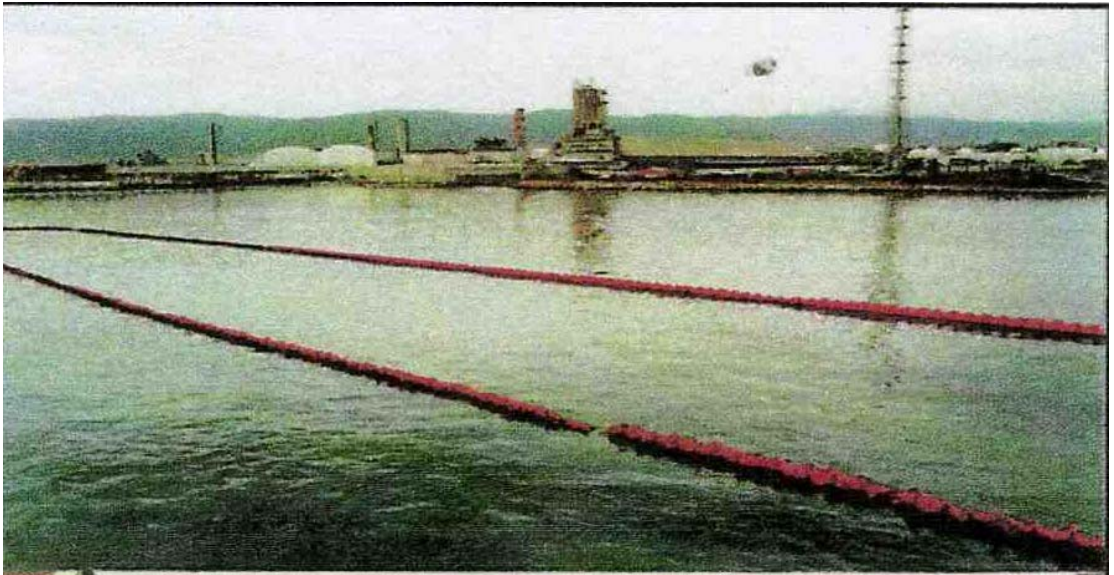


Resim 5.4. Denize kaçmış 300 m<sup>3</sup> yağ İstanbul B.Ş. Belediyesi ve İngiliz ekipler tarafından toplanmıştır [12]





Resim 5.5. Ünite havuzlarından 600 m<sup>3</sup> yağ toplanmıştır [12]



Resim 5.6. Deniz kirliliğini önlemek için bariyerler döşenmiştir [12]

### **5.2.5. Enkaz yığınları ve toz**

Enkaz kaldırma çalışmalarına hemen girişilmiştir. Enkazın dökülebileceği yer tespitindeki güçlük nedeniyle başlangıçta enkazın bir kısmı denize atılmaktadır. Daha sonra Valilik tarafından tespit edilen alanlara enkazlar atılmıştır. Enkaz yığılması ile daha değerli amaçlarla kullanılacak arazilerin kaybı söz konusu olmakla birlikte enkaz yükleme, taşıma ve boşaltma sırasında ortaya çıkan toz bulutları insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır.

### **5.2.6. Hava kirliliği**

Deprem öncesi hava kirliliği sorunu bulunan Körfez çevresi yerleşim alanları Tüpraş yangını sonucu daha ciddi bir kirlilik meydana gelmiştir. Telaşla ve yoğun bir tempoda süren yaşam nedeniyle bakımları ihmal edilen araçlar ile enkaz kaldırmak için yöreye yayılan iş makineleri nedeniyle eksoz gazı birikiminden kaynaklanan kirlilik artmaktadır.

### **5.2.7. Su kirliliği**

Denetim ve devre dışı kalan arıtma tesislerinin iş göremez duruma gelmesiyle; dereler, Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi'nde kirlilik yükü artmıştır. Kentin kanalizasyon sisteminde ortaya çıkan sorunlar etkisini kış aylarında daha fazla hissettirmektedir. İçme suyu ve atık su borularının süratle gözden geçirilmesi ve kaçakların önlenmesi gerekmektedir. Özellikle içme suyu sisteminde doğabilecek sızıntılar insan sağlığı açısından büyük sorunlar yaratma potansiyeline sahip olmaktadır.

### **5.2.8. Geçici yerleşim alanları ve yaşam**

Çadır kentler dışında, vatandaşın kendi temin ettiği ve kurduğu çadırlarda denetim sağlanamadığı için gerekli hijyen kurallarına uyulmadan yaşam sürdürülmektedir. Enfeksiyon tehlikesi artmakta yağışlar ve soğuk hava ile yaşam daha riskli bir

duruma gelmektedir. Çadır kentlere devletin hizmet götürmesi sonucu yaşam daha güvenli olmaktadır. Bu alanlar yine ekonomik kaynak ayrılarak rehabilite edilecektir.

### **5.3. 17 Ağustos 1999 İzmit Depreminde Rafineri Hasarları ve Acil Önlemler**

Amerikan şirketleri tarafından dizaynı ve inşası yapılan Türkiye'nin en büyük rafinerisi olan Tüpraş, yapısal göçmeleri ve petrol sızıntılarını bu depremde tecrübe etmiş oldu. Tüpraş'da üç günden fazla süren yangınların kontrol edilememiş olması da uluslar arası haberlere konu olmuştur. Bu yangında araştırma ve kurtarma birimlerinin çalıştığı bir boşaltma alanı oluşturulmuştur. Amerikan yatırım şirketinden bir üye, sponsor FEMA ve NSF depremden sonra hemen hemen on günden fazla kalmışlardır. Bu tezde meydana gelen hasarların gözlemlenmesi kadar, edinilen bulgulardan ve yangınlarda alınacak acil önlemler detaylı olarak açıklanacaktır. Bu deprem büyük rafinerileri ve kimyasal tesisleri vurması bakımından bir ilktir.

Tüpraş, Türkiye'de dört petrol rafinerisi idare etmektedir, bununla beraber en büyüğü olan rafineri İstanbul'un 80 km doğusunda Körfezde yer alır (Resim 5.7). Bu rafineri Türkiye'nin petrol üretiminin 1/3'nü karşılamaktadır. Kaliforniya standartları tarafından büyük rafineri olarak göz önünde tutulabilecek günde 220000 varil üretim yapılmaktadır.

Konut inşaatındaki inşaat kalitesi problemleri bu tip büyük ölçekli yapılara uygulanabilir değildir. Belki de ilk defa bu depremde rafinerinin hasarları ve endüstriyel özellikleri halka duyuruldu. Rafineri, petrol sızıntısı ve yapısal göçmelerin önüne geçmek zorundadır.





Resim 5.7. Tüpraş İzmit Rafinerisi [12]

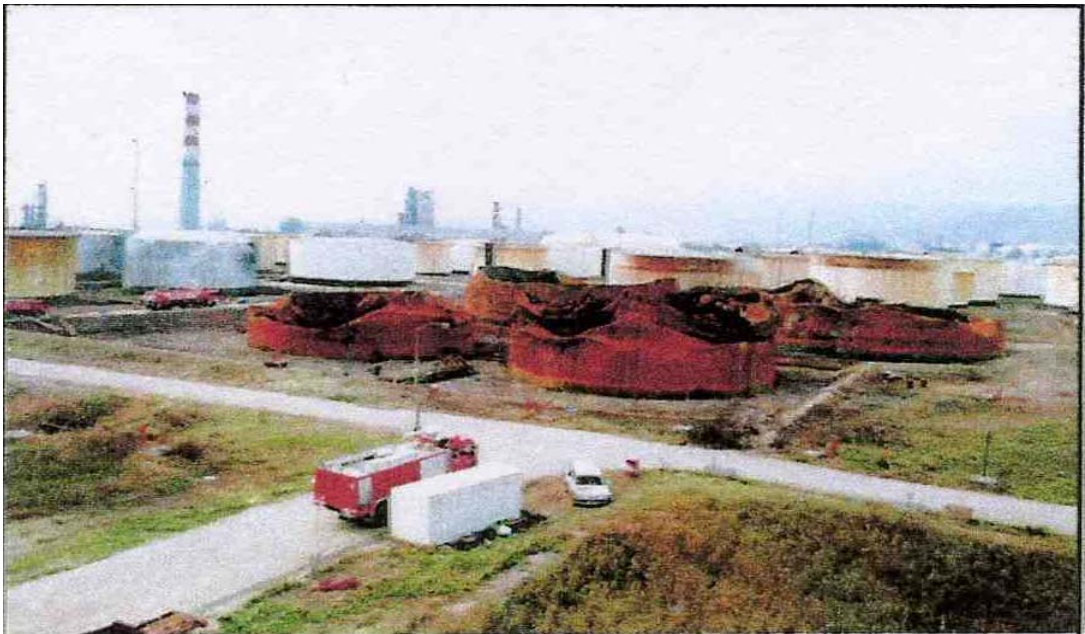
### 5.3.1. Tankların ürettiği yangınlar

Tank yangınlarının birkaç gün sürmesinden dolayı Tüpraş tüm uluslar arası medyanın dikkatini çekmiştir. Yangın ilk olarak depolama tank sahasında dört nafta tankının üst kısmında başlamıştır (Resim 5.8). Nafta yüksek buharlaşma kapasitesi ve yanma noktasına sahip bir materyaldir. Yangın iki metal aksam olan yüzer tavan (floating roof) ve tank duvarının birbirine sürtünüp kıvılcım almasıyla oluşmuştur ve ilk gece iki nafta tankına daha yayılmıştır (Resim 5.9). Bunun sonucunda altı nafta tankı tamamen yanmıştır. Ham petrol, nafta, benzin gibi hafif petrol ürünlerinde gaz buharının yoğunluğundan bu tür tank yangınlarında önlem alınmadığında felaket büyük olmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak 1993 tarihi itibariyle yüzer tavanlı tanklara köpük ve sprinkler (serpme aleti) sistemleri tesisi edilmeye başlanmış ve halen uygulamadadır. Fakat alevler tüm kapağa yayıldığı zaman bu sistemler

işlevselliğini yitirir ve müdahale imkansız hale gelir, yapılabilecek tek şey yangının yayılmaması için diğer tanklarda soğutma çalışmaları yapılmasıdır (Resim 5.10).

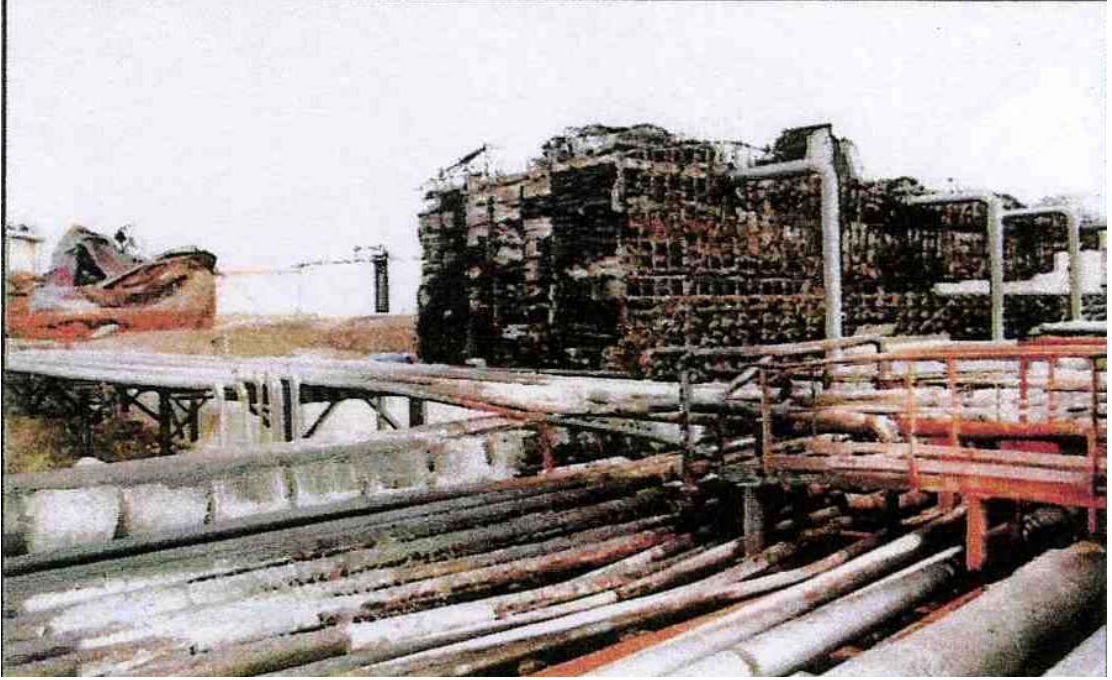


Resim 5.8. Dört tankla başlayan yangın akşama doğru diğer tanklarda yayıldı [12]



Resim 5.9. Altı nafta depolama tankı tamamen yandı [12]





Resim 5.10. Soğutma kulesi yanan tankların ısı ile tutuşarak tamamen yanmıştır [12]

Yangın petrol ve üretim tanklarına, jet yakıt tanklarına ve benzin tanklarına da yayılmıştır. Depolama alanındaki çoğu tank ağır hasar görmüştür (Resim 5.11).



Resim 5.11. Alevler tüm kapağı sarmıştır [12]



Yangından dolayı üretim alanındaki 30-45 arası yüzer kapaklı tank kullanılamayacak şekilde ağır hasar görmüştür. 250000 m<sup>3</sup> ham petrol ve 100000 m<sup>3</sup> ürün atmosferik şartlara maruz kalmıştır (Resim 5.12). Contaların ağır hasar alması ve içindeki maddelerin kapağa dökülüp yayılması ile beş yüzer kapak tankı içine göçmüştür (Resim 5.13). Bu tanklar servis dışı kalmış ve kapak onarılmış, tank zararlı kimyasallardan arıtılmış ya da yerine yenisi konmuştur [12].



Resim 5.12. Bazı tankların temellerinde çökmeler meydana gelmiştir [12]



Resim 5.13. Tank contaları ağır şekilde hasarlanmıştır [12]

Ham petrol ünitesinde 115 metrelik betonarme ortak baca deprem sırasında çökmüştür (Resim 5.14). Bir parçası şarj firmı üstüne düşerek yangın çıkmasına (Resim 5.15) ve ağır hasara neden olmuştur.



Resim 5.14. Çöken baca [12]





Resim 5.15. Şarj firını ağır hasar görmüştür [12]

Tüpraş yangında kullanılmak üzere 36000 m<sup>3</sup> su deposuna sahiptir ve bu depo ilk gün tamamen boşalmıştır. 45 km doğudaki sapanca gölünden boru hattıyla alınan su rafinerinin başlıca su kaynağıdır ve deprem sırasında meydana gelen borulardaki kırılmalardan dolayı rafineri çok kısa sürede depolarını tüketmiştir. Toplam 89 itfaiye aracı komşu belediyelerden, Almanya'dan ve Bulgaristan'dan getirilmiştir. Yangının diğer tanklara yayılması esnasında uçakla havadan köpük kullanılarak yangın kontrol altına alınmak istenmiştir (EK-3). İlk iki günden itibaren yangın hem pompalarla İzmit körfezi denizinden çekilen sular hem de havadan müdahale ile mücadele sürdürülmüştür (Resim 5.16). Alman ekibinin Körfezden pompalarla çekilen suya iki pompa daha eklemesi ile yangın ancak beş gün sonra kontrol altına alınabilmiştir. Yangın kontrol altına alındığında 4-5 km'lik alan boşaltılmış ve Körfez halkı aileleri ve arabaları ile çevre dağlara kaçmışlardı. Asıl sorun yangının İğsaş gübre tesislerinin yakınında ki iki tane 10000 tonluk amonyak tankına yayılma riski oluşturuyordu.

Yetkililer tarafında ilk birkaç gün içersinde personelin ne içeri nede dışarı çıkmasına izin verilmiyordu [13]. Tankların karşısında ki üretim birimlerinin ve gene bu alandaki ahşap su soğutma tesisinin yayılan ısıdan etkilendiği ve birimlerin içine doğru ilerleyen boru yolları sayesinde yangının sıçraması ve yayılması kaçınılmaz bir hal alıyordu.



Resim 5.16. Havadan yangına müdahale [13]

### 5.3.2. Ham petrol birimi ve göçmeler

Üç ham petrol ünitesinde göçmeden dolayı büyük hasar meydana gelmiştir. Bu kırık büyük çaplı ısı kanalında oluşmuştur. Tüpraş 63 üretim hattının kesildiğini bildirmiştir (Resim 5.17). Teşhis edildikten sonra izole edilip bozuk yerlerin tamir edilmesi bir yıldan fazla bir zaman almıştır. Gazyağı hattındaki borulardan biri kırılmış ve alev almıştır. Hızlıca söndürülmüş olmasına rağmen çökme olunca yangın başlamış, kırılan borudan akan yeni petrolden kaynaklanan alevlenmeler birçok kere meydana gelmiştir. İki vananın da depoda olması, yangından dolayı ulaşılamaması ve akıntının hammadde ünitesinden başlaması yangını durdurmayı olanaksız

kılmıştır. Depremden sonraki 13 ay boyunca hammadde ünitesi kullanılamaz hale gelmiştir. Baca değiştirilmiş ve boruyolu yeniden yapıp bağlanmıştır.



Resim 5.17. Ürün ve yardımcı servis hatları kopmuş, yangın 4 saatte söndürülmüştür [13]

### 5.3.3. Liman hasarı ve denize dökülen petrol

Tüpraş rafinerisi kendi özel liman binasına sahiptir. Suyun derinliği yaklaşık 15 metredir. İskele yapısının su yolunda birçok biçilmiş kazıktan meydana geldiği bildirilmiştir. Bu yapı deprem yükünün ve varolan çürümenin birleşiminin etkisi için yapılmıştır. Çelik iskeletli boruyolunun bir kısmının kırılmış iskelet bağlantılarından ve bağlantı noktalarından çökmüş olması iskele tabanının hatalı olduğunun bir kanıtı olarak görülebilir.

Körfezin her iki yakasında da kirliliğe maruz kalmış sahaların sayısı ve yüzeysel dağılımında artma ve yoğunlaşma belirlenmiş, rüzgar ve akıntıların yön ve şiddeti, kirliliğin daha geniş alanlara seyreterek dağılmasına etkili olmuştur. Özellikle Karamürsel, Ulaşlı, Değirmendere ve yakın sahalarda, yüzeyde oldukça kalın ve yoğun tabakalar halinde petrol kirliliğine rastlanmıştır. Dünya iç denizleri için petrol



kirliliği sınırı 13  $\mu\text{g/l}$  olarak verilmiştir. Tüpraş yangını sonucu ise en büyük kirlilik Ulaşlı'da 179294  $\mu\text{g/l}$ , Tüpraş önünde ise 1688,55  $\mu\text{g/l}$ 'dir. Bu kirlilik miktarı, Dünya standardının, Ulaşlı'da 13791, Tüpraş önünde ise 129 katı durumundadır. Bu sonuçlara göre, Tüpraş yangını sonucu deniz kirliliği miktarı tehlikeli boyutlara yükselmiştir [14].

Farklı araştırmacıların denize dökülen petrol hakkında değişik yorumlarda bulunmuşlardır. Bunlardan bir tanesi gemi kaptanının bir anda paniklemiş olması ve gemisini tersaneden hareket ettirmek suretiyle transfer borusunu manuel vana kapatılmadan sökmüş ve petrolün denize yayılmasına neden olmuştur [15]. Rafineride ayrıca deprem esnasında gemiye bağlı dolum kolu koparak LPG kaçağına neden olmuş ve depo alanı için kurulan kanalizasyon sisteminin de taştığı gözlemlenmiştir (Resim 5.18-resim 5.19). Bu olaylar yangın söndürme çabalarını iyice güçleştirmiştir. Tüpraş havuzlarından 600 m<sup>3</sup> ve denizden 300 m<sup>3</sup> petrolü geri dönüştürdüğünü açıklamıştır (Resim 5.20).



Resim 5.18. Dolum kolunun kırılması nedeniyle LPG kaçağı meydana gelmiştir [15]



Resim 5.19. LPG küresinin bütün ayakları burulmuştur [15]



Resim 5.20. Petrol sızıntısının İzmit körfezinden temizlenmesi [15]



#### 5.3.4. Diğer yangınlar

Bir diğer yangın da ambarda meydana gelmiştir (Resim 5.21). Bu yangın kimyasalların raflardan düşüp karışmasıyla kimyasalların bulunduğu depo alanında başlamış ve yangın muhtemelen kimyasal reaksiyon sonucu ortaya çıkmıştır. Bütün yangın, söndürme çalışmalarının kapasite üstü çalışması yüzünden buradaki yangına pek müdahale edilememiştir [15].



Resim 5.21. Ambarın yangından sonraki durumu [15]

#### 5.4. Çevre İnsanlarına Etkisi

Tüpraş'daki büyük hasara rağmen ölü ya da yaralı kimse yoktu. İlginç olan da şudur ki, depremden sonra çok uluslu şirketlerde, binaların işçilerin üstüne çökmesinden kaynaklanan resmi kaynaklara göre 18000 (resmi olmayan kaynaklara göre 40000) ölü vardı. Şunu da eklemek gerek ki, iki kamyon şoförünün de tüpraştan sızan LPG bulutuna yakalandığı ve kamyonların tutuşması sonucu öldüğü anlaşılmıştır. Rafineri üç aydan fazla bir süre tamamen kapalı kalmıştır. Daha sonra rafinerinin bölümleri



parça parça yeniden kullanılmaya başlanmış ama kısıtlı işlemler yapılabilmektedir. Depremden sonraki on üç ay süresince rafinerinin büyük bir bölümü yeniden çalışır duruma gelmiştir [16].

Bu tür sanayi, depolama, liman vb. tesislerin ve alt yapı tesisleri ile ulaşım hatlarının yer aldığı bölgelerin, deprem açısından da risk taşıyor olması, pek çoğunun fay hatları üzerinde bulunması; tehlikenin boyutlarını arttırmaktadır. Faylar inşaat işlerine büyük tehlike ve zarar verdiklerinden ayrı bir önem verilmelidir. Fayların asıl tehlikesi bilinmemesi, inşaat başlamadan önce görülmemiş, anlaşılmamış olmasıdır. Fayların öncelikli tespiti, ne kadar tehlikeli olursa olsun, önceden önlem alınmasını, temel sisteminin ona göre seçilmesini sağlamaktadır [17].

17 Ağustos Marmara Depremi ardından, depremin etkisi ile İzmit körfezinde yaşanmış olan Tüpraş yangını dahi, bu konuda yeterli önlemlerin alınması için yeterli olamamıştır.

28 Temmuz 2002 tarihinde, İzmit körfezi, Tüpraş, İgsaş gibi sanayi tesisleri ile aynı bölgede yer alan Akçagaz firmasına ait LPG dolum tesislerinde bir kara tankerine dolum yapıldığı sırada meydana gelen gaz kaçağının statik elektrik<sup>1</sup> ile tutuşması sonucunda oluşan patlama ve buna bağlı olarak meydana gelen yangın hakkında TMMOB Makine Mühendisleri Odası tarafından yapılan incelemelerin sonuçları, teknolojik afetlere yönelik olarak ülkemizdeki standartların ve koşulların nasıl olduğunu gösterir niteliktedir [18].

Tüpraş'a 1,5 km mesafede bulunan ve rafineri güvenlik sahasının bitişiğinde kurulu olan tesiste toplam 660 m<sup>3</sup> (300 ton) LPG yanmıştır. Yangının çıkış nedeninin, LPG dolum işleminin tesis bekçisi ve tanker şoförü tarafından gerçekleştirilmesi, yani güvenlik ve işletme kriterlerinin önemsenmemesi olduğu anlaşılmaktadır. İnsan yaşamını ve çevreyi hiçe sayarak, daha fazla rant elde etmeyi ön planda tutan, bunun için en basit emniyet kurallarını dahi yerine getirmeyen bir anlayış son yaşanan kazada çalışanlarını ve Körfez ilçe halkını büyük bir facianın eşiğine sürükleyebilirdi.

Tüpraş ve İgşaş gibi tesislerin yakın çevresinde bulunan 30'a yakın LPG depolama ve dolum, akaryakıt/kimyevi madde tesislerinin bulunduğu bölge aynı zamanda 1100 konutluk insan yerleşimini de kapsamakta ve bölge imar ve iskâna açık durumdadır. Bu durum olası bir facianın yaratacağı sonuçları tahmin ettirmektedir. Yapılan jeolojik incelemelerde, tank sahası altındaki zemin tabakalarının çok sert kil, sı-çok sıkı kum ve siltli kum tabakalarının olası bir depremde sıvılaşma, göçme ve mukavemet kaybına uğramayacağı anlaşılmaktadır. Burada kum, kil ve siltlerin özelliklerinden bahsetmek gerekirse zeminler, iri taneli (Kohezyonsuz) ve ince taneli (Kohezyonlu) zeminler olarak ikiye ayrılır. İri taneli zeminleri kum ve çakıllar ince taneli zeminleri de silt ve kil meydana getirir. Siltler, kayaçların fiziksel ayrışması ile oluşur ve kaya unu adını alırlar. Killer ise kayaçların kimyasal ayrışması ile oluşmuş çok ince taneli zeminlerdir [19]. Kohezyonlu zeminlerde görülen sıvılaşma, büyük depremler sonrası zeminde meydana gelen çökmeler olarak adlandırılabilir. Doymuş ortamdaki hacim azalması, kohezyonlu zeminlerin içlerindeki su içeriği ile birlikte maruz kaldıkları dinamik yükler karşısında verdikleri tepkidir. Yaygın olarak bilinen ise basınç ve gerilmelerin etkisiyle zemindeki su moleküllerinin bağlı oldukları tanelerden kopup yukarı doğru zeminle yer değiştirmesidir [20]. Sıvılaşma her yerde ve her koşulda meydana gelen bir davranış biçimi olmayıp, belirli yeraltı koşulları altında gerçekleşir. Genellikle genç ve gevşek çökellerin, özellikle kum ve silt tane boyundaki malzemenin depolandığı ve yeraltı suyunun sığ olduğu ortamlar, sıvılaşmanın gelişmesi açısından en uygun ortamlardır. Sıvılaşmaya en duyarlı çökeller; Holosen yaşlı delta, akarsu, taşkın ovası, taraça ve kıyı ortamındaki çökeltme süreçleri sonucunda birikmiş çökellerdir. Çünkü bu ortamlarda egemen olan çökeltme süreçleri, tanelerin üniform şekilde ve gevşek halde depolanmasına olanak sağlamaktadır. Sıvılaşma, gerekli koşullarda gerçekleştiği takdirde, yeraltı suyu tablasının yüzeyden itibaren en fazla 10m derinlikte bulunduğu ortamlarda meydana gelmektedir [21].

Tüpraşın zemin yapısı bir tür avantaj olarak sayılabilir. Bu saptamalar ışığında; deprem bölgesinin önemli bir bölümü için geçerli olan, ancak tesislerin özelliği

nedeniyle Körfez ilçesi öncelikli, bölgenin olası endüstriyel kazalara karşı korunması gündeme getirilmelidir.

### **5.5. Kocaeli Körfez İlçesi Petrol Ürünleri Depolama Tesislerinin Yangın Güvenliği**

Yoğun yerleşimi nedeniyle Kocaeli Körfez ilçesi sınırları dahilinde yer alan petrol dolum ve depolama tesisleri civarındaki yerleşim alanları için ciddi bir risk unsurudur. Mevcut yangın yönetmeliğinde tanımlanan güvenlik mesafelerinin mevcut şartlar altında uygulanması mümkün olmamaktadır. Ayrıca, tanımsal olan bu yönetmelik kurallarının yeterliliklerinin de araştırılması gereklidir. Bu yüzden, olası bir yangında tesislerin çevresine olan etkileri, yangın mühendisliği bilim dalında yapılan son çalışmaları göz önüne alarak, belli bir sistematik ile değerlendirilmelidir. Depolama tanklarında yangının önlenmesi ve yangının çıkması halinde de çevre tanklara sirayetini engelleyecek bir takım tasarım kuralları muhtelif standart ve yönetmeliklerce ortaya konulmaktadır. Genel olarak incelendiğinde, bu standart ve yönetmeliklerin 5 ana başlık altında uyulması gerekli kuralları belirledikleri anlaşılmaktadır.

1. Tank yerleşim kuralları,
2. Tank sahalarında yangın güvenlik önlemleri,
3. Tankların, boru hatlarının, pompa ve kompresörlerin, basınç regülatörlerinin mühendislik tasarım kuralları,
4. Elektrik ve elektrostatik tehlike önlemleri,
5. Tank inşası ve tankların operasyonu esnasında uyulması gerekli kurallar.

İlk iki alt başlıkta ele alınan önlemler yangın çıktıktan sonra, çevreye ve insan sağlığına vereceği zararı minimize etmeyi amaçlamaktadır. Kalan önlemler serisi ise yangının ilk planda çıkmasını engelleyici yöndedir. Bu tez yangın çıktıktan sonraki

---

<sup>1</sup> Statik elektrik: Cam çubuk gibi yalıtkan bir madde ipek bir parçasına sürüldüğü zaman, cam çubuk ile kumaş yüzeylerin her ikisinde de elektrik yüklenmeye başlar, birinde pozitif diğesinde ise negatif yükler meydana gelir. Her ikisi birbirinden ayrıldığı zaman bu yükler üzerinde kalır.bu yüke hareket halinde olmadığından dolayı statik elektrik adı verilir.

etkiler üzerine yoğunlaştığından, sadece ilk iki alt başlık altında verilen hususlar tartışılacaktır. LPG tanklarının grup yerleşimi halinde, grup içindeki tank kapasitesini ve grubun toplam kapasitesini sınırlandırmaktadır. Bu suretle 6 ayrı kategori önerilmekte, yerleşim sınırlarına ve ateşleme kaynaklarına olması gereken minimum mesafeler yangın duvarlarının mevcut olup olmamasını da değerlendirerek, belirlenmektedir. Aynı referans tank grubu toplam kapasitelerinin  $1,5 \text{ m}^3$  ten  $2250 \text{ m}^3$  ve üzerindeki hacimleri barındırabileceğini, asgari mesafelerin yangın duvarı olmaması halinde 2,5 ile 30 m, yangın duvarı olması halinde ise 1 ile 15 m arasında değişebileceğini vurgulamaktadır. Hem yerleşim alanının depolama tesisine yaratacağı yangın riskini, hem de depolama tesisinin yerleşim alanında yaratacağı zararlı unsurları kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Referans depolama tesislerinin yer seçiminin kararında sadece bölgenin yerleşim alanlarının ve ulaşım akslarının konumlarının değil, topoğrafik ve meteorolojik verilerden, arazi eğiminin ve rüzgar koşullarının da değerlendirilmesi gerektiğinin altını çizmektedir. Aynı referansta LPG depolama tesislerinde en olası yangın tipinin sızıntı ve saçılma nedeniyle havuz yangınları olduğu belirtilmektedir. Gruplaştırılmış tanklar arasında minimum mesafe olarak 1,5 m ya da en büyük küre tankın yarıçapı kadar, ya da tank silindirikse çapının  $3/4$ 'ü kadar, bir mesafenin en büyüğü alınarak yerleşim planı yapılması gerektiği söylenmektedir. Yerleşim alanlarına mesafeler ise ( $7,57-113,56 \text{ m}^3$ ) oldukça farklı olduğu anlaşılmaktadır; bu aralıktaki kapasiteler için yaklaşık 15 m,  $113,5-265 \text{ m}^3$  aralığında 23 m,  $265-340 \text{ m}^3$  aralığında 30,5 m,  $340-454 \text{ m}^3$  aralığında 38 m,  $454 \text{ m}^3$ 'ten yüksek kapasiteler için ise 61 m asgari mesafe aranmaktadır. Dolum tesislerine ait kontrol odalarını barındıran yapılar dahil, tankların her türlü yapıya, yükleme boşaltma alanlarına, viyadük ayaklarına 15 m, kullanılan su yollarına ise 30,5 m'den daha yakın yerleştirilmesine izin verilmemektedir. Yanıcı ve patlayıcı sıvıların depolanması hakkında benzer kuralları ayrıca tanımlamaktadır. Yerleşim kuralları tanklarda depolanan sıvının cinsine, uygulanan tank basıncına (17,2 kPA az ya da fazla), tank tipine (yüzen kapaklı, dikey yerleştirilmiş ve zayıf bağlantılı kapaklı, emniyet supaplı yatay ve ya dikey yerleştirilmiş ve yangın koruma yöntemine (otomatik köpüklü ya da gaz söndürücü sistemli, pasif yangın korumalı, yangın korumasız) göre farklı olarak belirlenmektedir. Kapasitelere göre yerleşim alanlarına olan asgari mesafeler

karşılaştırıldığında, 2.8-45,4 m<sup>3</sup> aralığında 4,6 m, 45,4-113,5 m<sup>3</sup> aralığında 6 m, 189-378,5 m<sup>3</sup> aralığında 15 m, 1900-3785 m<sup>3</sup> kapasiteli tanklarda ise 30,5 m olarak açıklanmaktadır. 12.06.2002 tarihli son Türkiye Yangından Korunma Yönetmeliği, yerüstü yanıcı sıvı tankları için LPG tüplerinin bina dışında depolanmasında öngörülen güvenlik mesafelerini önermektedir. Bu durumda, 2700 kg üzeri yanıcı sıvı için güvenlik mesafesinin minimum 8,5 m olabileceği anlaşılmaktadır. Yerüstü LPG tankları için yerleşim birimlerine, ulaşım yollarına mesafeler tank kapasitelerine göre şu şekilde düzenlenmektedir; 10-50 m<sup>3</sup> için 10 m, 50-120 m<sup>3</sup> için 15 m, 120-250 m<sup>3</sup> için 25 m, 250-600 m<sup>3</sup> için 35 m, 600-1200 m<sup>3</sup> için 40 m, 1200-5000 m<sup>3</sup> için 50 ve 5000 m<sup>3</sup> üzeri kapasitelerde 80 m. Tank grubu içinde tanklar arası mesafeler 1-1,5 m, 250 m<sup>3</sup> kapasiteliler için ise kap çapının 1/4'ü olarak salık verilmektedir. Verilen bilgilerden anlaşılacağı üzere güvenli mesafeler hakkında bir fikir birliği olmayıp, çelişkili ve birbirinden oldukça farklı önerilerde bulunmaktadır.

Yerüstü LPG tanklarında bu önlemler daha spesifik hale getirilmektedir. 2 adet 12 kg'lık kuru kimyevi tozlu yangın söndürme cihazı, 100000 kg'ın üzerindeki kapasitelerde ise 3 adet cihazın yanı sıra, her 250000 kg'lık kapasite artışı için ekstra 12 kg'lık söndürme cihazı gerekli görülmektedir. En az iki saat yangın koruma sağlayacak pasif yangına dirençli kaplamaların kullanımı güvenlik mesafelerini azaltmak suretiyle özendirilmektedir. Ancak tankların 4/5'ini kaplaması öngörülen bu kaplama, yangın sırasında alevlerin 40 m'nin üstüne çıkabildiği düşünülürse ne ölçüde etki sağlayacaktır bence ayrı bir tartışma konusudur. Özellikle 43 m<sup>3</sup> üzerinde LPG depolamasında hem sulu soğutma, hem de pasif koruma önerilmekte, en az 56250 lt su kapasitesinin hazır bulundurulması şart koşulmaktadır.

Anlaşılacağı üzere yönetmelik ve standartlar yangının önlenmesi üzerine kapsamlı kurallar getirirse de, yangının çıkması halinde oluşabilecek felaket için fazlaca tedbir alamamaktadır. Yangının çıkışını engelleyen önlemler kadar, yangın çıktıktan sonra can ve mal kaybını önleyecek önlemlerin yeterince irdelenmediği de ortadadır [22]. Bilim adamları yanıcı ya da patlayıcı gaz yangınlarında temel etkenin açık alevli yanma olduğunu ve dikkatsizlik ya da güvenlik prosedürlerini yerine getirmemekten kaynaklı sızıntı ya da diğer alev-kıvılcım çıkaran ekipman kullanımından

kaynaklandığını ifade etmektedirler. Bu tartışmadan anlaşılacağı üzere, yanıcı madde depolamasında çıkan yangınların tank ya da tesisatının ya da diğer bağlantı elemanlarının tasarım hatalarından kaynaklanmadığı, insan hatalarına bağlı olduğunu göstermektedir.

İnsan hatalarının kaçınılmaz olduğunu varsayarak, bu tür tesislerde daima yangının çıkacağı göz önüne alınarak yangın sonrası önlemlere daha çok ağırlık verilmesi gerektiği savunulabilir.

Özellikle Türkiye’de plansız gelişme sonucu, sanayi alanları ile yerleşim alanlarının birbirlerine yakın olmaları ve ya iç içe girmeleri, muhtemel bir yangında önemli güvenlik risklerini de beraberinde getirmektedir.

#### **5.5.1. Dünyada LPG kazalarının tarihçesi**

Dünya tarihi LPG depolarında kaynaklanan felaketlerle doludur. Bunlardan bazıları; 1984 Mexico City LPG Deposu patlaması, 500 ölü 4000 yaralı. 23 Temmuz 1978 Romeoville Illinois, çatlayan tanktan Propan Patlaması. 7’si itfaiye eri 17 ölü, 500 milyon dolarlık hasar. 34 m<sup>3</sup> kapasitesindeki küresel deponun patlaması sonucu depo parçaları 2 km mesafeye yayılmış, oluşan ateş topu yüzlerce metre yüksekliğe fırlamış, bu patlamadan sonra yakındaki LPG tankları da havaya uçmuş ve pek çok insan daha hayatını kaybetmiştir.

27 Haziran 1993 Quebec Kanada, Propan tankının patlaması sonucu ortaya çıkan şarapnel parçaları dört itfaiyeciyi öldürmüştür. 2 Ekim 1997 Burnside Illinois 1000 galonluk (sadece 3,78 m<sup>3</sup>) LPG tankının havaya uçması sonucu iki itfaiyeci ölmüş ikisi de ağır yaralanmıştır.

9 Nisan 1998 Albert City Indiana, Bir tavuk çiftliğindeki propan tankına giden boru hattına kamyon çarpması sonucu oluşan alevler tanka sirayet etmiş ve 18000 galon (68 m<sup>3</sup>)’luk tankın infilak etmesi sonucu iki itfaiye eri ölmüş, yedi kişi de yaralanmıştır.

17 Ağustos 1998 Doğu Marmara Depremi'nden sonra Tüpraş'ta başlayan yangının LPG depolarına sıçraması ihtimaline karşılık 5 km çapında bir alan boşaltılmak zorunda kalmış ve bu alan içinde enkaz altında kalan yurttaşlarımız kaderlerine terkedilmiştir.

### 5.5.2. Depremden kaynaklı dünya petrol depolama tank kazaları

Depremlerde petrol depolama tanklarını etkileyebilecek bir çok karakteristik özellikler vardır; bunlar sismik aktivite, tank yapısı ve zeminin fiziksel özellikleri vb. olarak söylenebilir. Geçmişte meydana gelen dört deprem petrol sızıntısı ve yangına neden olmuştur. Bunların üçü Japonya'da biri Türkiye de vuku bulmuştur. 1964 yılında Niigatada ki Japon rafinerisinde meydana gelen büyük yangın, deprem sırasındaki bir kıvılcımın yol açtığı, hidrokarbon buharının tutuşmasıyla cereyan etmiştir. 1978 yılında Shiogamada ki Japon rafinerisinde deprem ikisi ağır biri hafif toplam üç petrol depolama tankında kırığa neden olmuştur. Büyük miktar petrol denize akmıştır. 17 Ağustos 1999 depreminde ise bu çalışmanın da ana unsuru olan Tüpraş felaketi yaşanmıştır. Hokkaido'daki Japon rafinerisinde 26 Eylül 2003'te meydana gelen depremde 29 tank hasar görmüş ve biri alev almıştır. 1995 yılında ki kobe depreminde yer altı tankları ile yaşanan birkaç sorun dışında ciddi bir patlama ve sızıntı oluşmamıştır [23].

### 5.6. Yangın Süresinin Tahmini

Birim zamanda oluşacak kütle kaybı, Eş. 5.1'de verilen ya da deneysel olarak belirlenen birim yüzeyden birim zamanda oluşan kütle kaybı, “•m” ve belirli olan yanma yüzey alanından (tank alanı) hesaplanmaktadır. Buna göre LPG için kütle kaybı 42,88 k g/s, benzin için 6 kg/s bulunmaktadır. Tankın tam dolu olduğu kabul edilirse, 5000 m<sup>3</sup> kapasiteli LPG tankı 18 saat 41dakika, 1200 m<sup>3</sup> kapasiteli benzin tankı ise 37 saat 49 dakika yanmaya devam edecektir.

$$\bullet m = (\bullet q_f - \bullet q_\pi) / \Delta H_g \quad (5.1)$$

Burada “ $\bullet q_f$ ” ve “ $\bullet q_\pi$ ” sırasıyla alevin birim yakıt yüzeyine ilettiği toplam ısıl güç ve yüzey yansımaları nedeniyle birim yakıt yüzeyinden kaybedilen radyant ısı<sup>2</sup> gücüdür. “ $\Delta H_g$ ” ise birim kütlenin gaz fazına geçmesi için gerekli ısı enerjisidir (heat of gasification).

### 5.6.1. Yanma sonucu CO<sub>2</sub> ve CO miktarının tahmini

yanma sonucunda ortaya çıkan katı karbon partikülleri kurum olarak bilinen ve duman katmanının içinde yer alan oluşumlardır. Karbon partiküllerinin oksidasyonu halinde, zehirleyici olarak bilinen karbondioksit ve karbonmonoksit gazı açığa çıkar. Muhtelif maddeler için birim kütlenin yanması ile açığa çıkan ısı enerjisi, “ $\Delta H$ ”, ile yanma sonucunda birim kütle CO<sub>2</sub> ve CO açığa çıkması için gerekli ısı enerjileri, “ $\Delta H_{CO_2}$ ”, “ $\Delta H_{CO}$ ”, kalorimetre deneyleri sonucunda belirlenmektedir. Bu değerlerden birim kütle yakıtın yanmasıyla ortaya çıkacak CO<sub>2</sub> ve CO kütle oranı, “ $\Psi_{CO_2}$ ”, “ $\Psi_{CO}$ ” (stoichiometric yield), Eş. 5.2 ve Eş. 5.3 formüllerinden elde edilmektedir.

$$\Delta H_{CO_2} = \Delta H / \Psi_{CO_2} \quad (5.2)$$

$$\Delta H_{CO} = \Delta H - \Delta H_{CO} \Psi_{CO} / \Psi_{CO} \quad (5.3)$$

### 5.6.2. Yanma sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub> ve CO miktarları

1g bütanın yanması sonucunda havaya karışan CO<sub>2</sub> gazı 2,85 g, 1g benzin yanması ile oluşan CO<sub>2</sub> gazı ise 2,83 g bulunmaktadır. Bu değerler kullanılarak LPG ve benzin tank yangınında birim zamanda atmosfere verilen CO<sub>2</sub> gazı sırasıyla 122 kg/s ve 17 kg/s olarak gerçekleşmektedir. İnsan sağlığı üzerinde çok tehlikeli etkileri olduğu bilinen CO gazının emisyonu ise aynı yangınlar için sırasıyla 300 g/s ve 72 g/s bulunmaktadır.

---

<sup>2</sup> Cismin yanarken çevreye yaydığı ısıdır.



### 5.6.3. CO<sub>2</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> gazlarının insan sağlığı üzerindeki etkisi

Karbonmonoksit kanda hemoglobine bağlanarak karboksihemoglobini ‘COHb’ oluşturur. Karboksihemoglobin kanda CO solumaya bağlı olarak birikir. Düşük dozlarda toksik bir narkotik etki yaratırken, dozun artması ile dokuların oksijen ile beslenmesi engellenir ve özellikle beyin dokuları için gerekli oksijen taşınmadığından, hareketsizlik ve güçsüzlük hissini takiben beyin ölümü yaşanır. Bu tür bir zehirlenmenin en olumsuz yönü, belli bir doza erişinceye kadar etkinin fark edilmemesi ve sonrasında güçsüzlük nedeniyle ortamdaki uzaklaşmanın mümkün olamamasıdır. Kanda %30 COHb sağlıklı bir kişinin güçsüz konuma düşmesi için yeterlidir. Kanda oluşan COHb yüzdesi, ‘%COHb’, Eş. 5.4’de verilen formül yardımı ile belirlenebilir.

$$\%COHb = 3.317 \times 10^{-5} (\text{ppm CO})^{1.036} \text{ RMV} \cdot (t) \quad (5.4)$$

Burada, ‘ppm CO’ ppm cinsinden CO konsantrasyonunu, ‘RMV’ dakikada solunan hava hacmini ve ‘t’ teneffüs edilme süresini temsil etmektedir. Karbondioksit zehirleyici olan bir gaz değildir, ancak nefes alma hızını arttırıcı, dolayısı ile ortamdaki diğer toksik gazların bünyeye alınmasını hızlandırıcı bir etkisi vardır. Karbondioksit konsantrasyonu %3 seviyesini bulduğu zaman solunum güçlüğu, %5-6 seviyesini bulduğunda 30 ile 60 dakika içinde bilinç kaybı, %7 ve üzeri seviyelerde birkaç dakika içinde kendinden geçme gerçekteşmektedir. %3 seviyesinde ciğerlerin RMV değerleri iki katına, %5 seviyesinde ise üç katına çıkmaktadır. Ancak düşük konsantrasyonda bulunsa da zamana bağlı olarak solunması aynı etkilerin daha uzun bir zaman diliminde gerçekteşmesine yol açmaktadır. Eş. 5.5’de %5-6 konsantrasyon düzeyinin altındaki karbondioksit konsantrasyonlarının, (%CO<sub>2</sub>=%[CO<sub>2</sub> hacmi/hava hacmi]), bilinç kaybı oluşturması için gerekli minimum teneffüs sürelerini ‘‘t’’ vermektedir.

$$t=e^{(6.1623-0.5189\%CO_2)} \quad (5.5)$$

Birim zamanda oluşacak zehirli gaz emisyonu Eş. 5.4'den belirlenebilir. Karbondioksit ve karbonmonoksitin özgül kütleleri sırasıyla 1,79 kg/m<sup>3</sup> ve 1,25 kg/m<sup>3</sup> oldukları bilindiğine göre, zararlı gaz hacimleri saptanabilir. Eş. 5.4 ve Eş. 5.5'de yer alan her iki ifade de zararlı gaz konsantrasyonlarının hesabı, açık hava yangını olması ve bir mekan sınırlaması olmaması nedeniyle güçtür. Bu durumda sıcak dumanın soğuyarak tıkaç görevi (plug effect) göreceği, böylece alev yüksekliğinin üzerinde fiktif bir yükseklik ve yangın kaynağını çevreleyen fiktif bir dairesel alan tanımlayacağı varsayılabilir. Aranacak konsantrasyonlar ise bu fiktif hacme göre tahmin edilebilir. Daha sonra bu konsantrasyonlar Eş. 5.4 ve Eş. 5.5'de yerlerine yerleştirilmek suretiyle 't' kritik solunma süreleri hesaplanmaktadır.

Atmosferde oluşacak zehirli gaz konsantrasyonu, yangın merkezinden 1km yarıçaplı bir alan ve alev boyunun 1,5 katı yüksekliğindeki bir hava kütlesi için hesap edilmiştir. Burada sıcak dumanın alev boyunun %40'ı kadar yükselme göstereceği ve soğuyarak tıkaç görevi göreceği öngörülmüştür. Bu durumda LPG yangını için kirletilecek hava hacminin 267035375 m<sup>3</sup>, benzin yangını için ise 97389372 m<sup>3</sup> olacağı varsayılmıştır. Yanma süresi LPG yangını için yaklaşık 19 saat benzin yangını için ise yaklaşık 38 saat olduğuna göre, yanma neticesinde açığa çıkan CO<sub>2</sub> ve CO kütlesi daha önce hesaplanan emisyon miktarlarından belirlenebilir. Bu gazların yoğunluklarından ve yanma sonucu oluşan kütlelerinden hacimleri tespit edilebilir. Dolayısı ile CO konsantrasyonu LPG yangınında 61,5 ppm, benzin yangınında ise 81 ppm bulunur. CO<sub>2</sub> için aynı değerler sırasıyla %1,75 ve %1,34 bulunmaktadır.

Güçsüzlük konumuna erişilmesi (COHb = %30) için bulunan CO konsantrasyonlarının teneffüs edilme süresi, LPG yangını için 8 saat 27 dakika, benzin yangını için 6 saat 21 dakika hesaplanmaktadır. Yüzde ikiden az olan CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun ciddi solunum güçlüğü ve bilinç kaybı yaşatması için gerekli olan teneffüs süresi ise LPG yangını için 3 saat 4 dakika, benzin yangını için 3 saat 48 dakika bulunmaktadır. Rafinerilerde ham petrolün ortalama kükürt içeriğine bağlı olarak (%1-2) damıtma ile petrol ürünleri elde edilirken oluşan, organik kükürlü gazlar H<sub>2</sub>S ve sülfürler ve bunların oksitlenme ürünleri olan; SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> ve sülfatlar

büyük sorunlara yol açabilir.  $SO_2$  ve  $SO_3$  kükürtoksitlerinin atmosferde en çok bulunan türleridir. Renksiz bir gaz olan  $SO_2$  0.3-1.0 ppm arasında keskin kokusu vardır. Partiküller ve rutubet ile birlikte daha zarar verici etkileri vardır. İzmit ve çevresinin de rutubet oranı yaklaşık %75 olduğu düşünülürse rafineri çevresinde yaşayan insanların olumsuz etkileneceğine kesin olarak bakılabilir. İnsan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkilerden biri, brokokonstriksiyon olarak bilinen solunum yollarında direncin artmasıdır. Yapılan araştırmalar  $SO_2$  ve  $SO_3$ 'ün fizyolojik etkilerinin daha ziyade üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici bir özellik göstermesi şeklinde görüldüğünü ortaya çıkarmıştır. 1972'de New York'da yapılan bir çalışmada kükürtoksit konsantrasyonunun yoğun olduğu bölgelerde, 1-12 yaş grubu arasındaki çocuklarda akut bronşit hastalıklarında % 18 artış olduğu gözlenmiştir. Kükürtdioksitin yukarıda bahsedilen etkileri, bilhassa çok yüksek konsantrasyonların meydana geldiği durumlarda, hastalık ve ölüm oranlarında artışlara sebep olduğu gözlemlenmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İzmit Körfez ilçesinde yer alan Tüpraş rafinerisinin, öncelikli olarak deprem (magnitüdü 6,5 ve üzeri) ve insan hatalarından kaynaklı olabilecek yangınlar, patlamalar ve petrol muhtevası olarak çevreye yayılan CO, CO<sub>2</sub>, S gazlarının doğaya ve çevre insanı üzerinde yaratabileceği olumsuz etkileri irdelemek temel hedef alınmıştır.

Bölgede çıkacak bir akaryakıt tankı yangınında civar tanklara sıçrama beklenmelidir. Ayrıca yangının tüm tankı kaplaması durumunda söndürme işleminin imkansız olduğu, yapılabilecek tek şeyin içindeki muhtevanın tamamen yanmasını beklemek ve çevre tanklarda soğutma çalışması yapmaktır. Tabi ki bu durumda tankın yaydığı radyant ısı da giderek yükselecektir. Bir insanın dayanabileceği en fazla radyant ısı gücü 2,5 kW/m<sup>2</sup> olduğu bilinmektedir. Yanan yakıtın türüne göre yangının ısı gücü yaklaşık 30-120 m arası bir mesafede olacaktır, buda yangına müdahale edenlerin özel giysilere sahip olmaları gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Olası bir yangında sıçrama olasılığının yüksek olduğu ve yanma sonucu atmosfere verilen toksik gaz konsantrasyonunun insan sağlığını tehdit edici boyutlarda olacağı anlaşılmaktadır. CO solumaya bağlı olarak biriken karboksihemoglobini'nin (COHb) kanda %30 civarına ulaşması insanı güçsüz duruma düşürmesi için yeterlidir ve bu durumda kaçış imkanı da o kişi için imkansız hale gelecektir. Petrol ve türevlerinde bulunan Vanadyum ve Nikel'in insan üzerine kanser yapıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Nikel, burun ve akciğerlerde kanser yapıcı etki göstermektedir. Vanadyum ise dolaşım sistemi kanserine neden olmaktadır. Her ne kadar tehlikeli gaz konsantrasyonları için bulunan süreler kaçışa imkan sağlayacak gibi gözükse de, yangının civar tanklara sıçraması durumunda bu sürelerin hızla düşüş göstereceği bilinmelidir. Körfez bölgesinin iklim koşullarına bakıldığında rüzgarın genelde kuzey ve kuzeydoğudan estiği bilinmektedir, bu durum dağlara kaçan yurttaşlar için bir avantaj gibi gözükse de, Körfezde vuku bulan şiddetli lodosları da göz ardı etmemek gerekir. Ayrıca burada verilen dayanım limitlerinin sağlıklı insanlar için olduğu, ve yaşlı, hasta ve çocuklar için geçerli olmayacağı bilinmelidir.

Türkiye Yangından Korunma Yönetmeliğinin, karayolları, demiryolları ve insan yerleşimleri için endüstriyel tesislere belirttiği minimum mesafeler ki muhteva içeriğine göre 8-50 m'lik bir mesafe bu tezde de söylendiği gibi kesinlikle yeterli değildir. Gene bu yönetmelikte tankları yangına karşı 120 dakika koruyabilen ve tankların 4/5'ini kaplayan duvarların inşası tavsiye edilmektedir, fakat alev boylarının 40 m'ye ulaştığını düşünürsek bu yöntemin ne kadar fayda sağlayacağı meçhuldür.

Türkiye ekonomisinde çok önemli yer tutan bu bölgenin sanayi tesisleri, mevcut durumları itibariyle, olası bir yangında topyekün zarar görme ihtimalleri yüksektir. Tüpraş gibi büyük endüstriyel tesislerin yaşanabilecek en kötü felaket senaryolarını kendi içlerinde yapmalı ve bu senaryolar değişen şartlara göre belli aralıklarda güncellenmeli, yapılacak tatbikatlar ile personel her an hazır tutulmalıdır. Yangınla mücadele dünyada da yapıldığı şekliyle, yangın çıktıktan sonra söndürülmesi üzerine değil, yayılma ve toksik emisyonunu asgari seviyelerde tutmak için, yakıtın tükenerek yanması üzerine kurgulanmalıdır. Maliyetine rağmen rafineri yerleşim yerlerine yakın bazı tankları kullanımlarını durdurmalı ve daha güvenli yerlere inşa etmelidir.

Devlet Planlama Teşkilatının kanunla kendisine verilen görevi yerine getirerek ülke genelinde bölge planlarını, bölgesel üretim süreci ve bölgenin taşıdığı afet risklerini dikkate alarak yapmalıdır. Bu riskli bölgenin hemen bitişiğinde yer alan ve yaklaşık 7,5 km<sup>2</sup> bir alana yayılan E5 karayolunun güneyindeki konut yerleşim bölgesinin, can ve mal güvenliği bakımından uygun başka bir bölgeye taşınması gerekli görülmektedir.

Bilinen odur ki yaşanan afetler ve depremler hep unutulmaya mahkumdur. Bu anlatılanlar ışığında resmi ve özel kuruluşların sorumluluklarını yerine getirmeme durumunda ortaya çıkabilecek felaketlerden kendileri sorumlu tutulacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Demitaş R., Erkmen C., ‘‘Deprem ve Jeoloji’’, *Jeoloji Mühendisleri Odası*, Ankara, 154-155 (2000).
2. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi ‘‘Depremle İlgili Teknik Bilgiler’’, <http://www.deprem.gov.tr/deprem.htm> (2007).
3. Özmen, B. Ve Bağcı, G., Düzce-Bolu Bölgesinin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri, *12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu*, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. 1-15 (2000).
4. Türkiye Petrolleri Anonim Şirketi ‘‘Tarihçe’’, <http://www.tupras.com.tr/tarihce.htm> (2007).
5. Türkiye Petrolleri Anonim Şirketi, ‘‘2005 Faaliyet Raporu’’, *Tüpraş Genel Müdürlüğü*, İzmit, 20-25 (2005).
6. Şeker Yatırım Menkul Değerler A.Ş., ‘‘Tüpraş Sektör Raporu’’, *Şeker&Yatırım*, İstanbul, 1 (2006).
7. Çiftçi E., ‘‘Yer Bilimleri Teknik Terimler Sözlüğü, 1’’, *Niğde Üniversitesi Rektörlüğü*, Niğde, 396-397 (2003).
8. İ.T.Ü Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği ‘‘Ham Petrol ve İşlenişi’’, [http://atlas.cc.itu.edu.tr/~pdgmb/question/faq\\_t.html#1](http://atlas.cc.itu.edu.tr/~pdgmb/question/faq_t.html#1) (2004).
9. Örçen, S., ‘‘Petrolün tanımı ve ürünleri’’, Petrol Jeolojisi, *Kocaeli Üniversitesi*, İzmit, 1-3 (1998).
10. Canik B., ‘‘Hidrojeoloji, 1’’, *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü*, Ankara, 1-2 (1998).
11. Türk Tabipleri Birliği, ‘‘Deprem, Kocaeli ve çevre’’, <http://www.ttb.org.tr/MSG/ocak01/8.htm> (1999).
12. Çebi K., Türkiye Petrolleri A.Ş. Çevre Kontrol Müdürlüğü, ‘‘Yangın Raporu’’, 2 *Tüpraş*, İzmit, 1-3 (2007).
13. Çebi K., Türkiye Petrolleri A.Ş. Çevre Kontrol Müdürlüğü, ‘‘Yangın Raporu’’, 1, *Tüpraş*, İzmit, 1-3 (2007).
14. Özdemir Ö., ‘‘17 Ağustos İzmit Depremi ve Çevresel Etkileri’’, Yüksek Lisans, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 35-39 (2000).
15. Çebi K., Türkiye Petrolleri A.Ş. Çevre Kontrol Müdürlüğü, ‘‘Yangın Raporu’’, 3, *Tüpraş*, İzmit, 1-3 (2007).

16. Johnson G., ‘‘ Refinery Damage and Emergency Response in the 1999 Izmit, Turkey Earthquake’’, Han-Padron Associates, Oakland, 1-5 (1999).
17. Erguvanlı K., ‘‘Mühendislik Jeolojisi, 3’’, *İTÜ İnşaat ve Maden Fakültesi*, İstanbul, 103-104 (1994).
18. Güvenç K., Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odası Birliği, ‘‘TMMOB 17 Ağustos Raporu’’, *TMMOB*, İstanbul, 6-10 (2003).
19. Uzuner B.A., ‘‘Temel Zemin Mekaniği, 1’’, *KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü*, Trabzon, 8-9 (2001).
20. Sladen J.A., D’Hollander R.D., Krahn J., ‘‘The Liquefaction of Sand a Collapse Surface Approach, 22’’, *Canadian Geotechnical Journal*, Canadian, 570-578 (1985).
21. Üçöz E., ‘‘Yerin Sıvılaşma Potansiyelinin Sismik Verilerle Analizi’’, Yüksek Lisans, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 9-10 (2002).
22. İnşaat Mühendisleri Odası, ‘‘Kocaeli-Körfez İlçesi Petrol Ürünleri Depolama Tesislerinin Yangın Güvenliği’’, <http://www.imo.org.tr/Yayinlar> (2003).
23. Chang J.I., Cheng Chung L., ‘‘A Study of Storage Tank Accidents’’, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Taiwan, 9-10 (2006)

**EKLER**



### EK-1 Mol kesri ve mol yüzdesi

Mol kesri, çözeltilerdeki bileşenlerden birinin mol sayısının toplam mol sayısına oranıdır. Genel olarak X ile gösterilir. Bazen X, 100 ile çarpımı olarak da ifade edilir, bu durumda mol yüzdesinden söz edilir.

$$X_{\text{çözünen}} = n_{\text{çözünen}} / n_{\text{toplam}}$$

$$X_{\text{çözücü}} = n_{\text{çözücü}} / n_{\text{toplam}}$$

$$X_{\text{çözünen}} + X_{\text{çözücü}} = 1 \text{ dir.}$$

EK-2 12 Kasım 1999 Düzce depreminden görüntüler



Resim 2.1. Düzce defterdarlığı binasından bir görüntü



Resim 2.2. Düzce Eftani kaplıcaları hamamı üstü Cevizli mahallesindeki camiden bir görüntü

EK-3 Türkiye yangından korunma yönetmeliği III. Bölüm,

Köpüklü, gazlı ve kuru tozlu sabit söndürme sistemleri

Madde 98 - Köpüklü, gazlı ve kuru tozlu sabit söndürme sistemleri, tesisin nitelik ve ihtiyaçlarına bağlı olarak uygun, güncel, sertifikalı ve ilgili TSE standartlarına göre tasarlanacaktır.

Suyun söndürme etkisinin yeterli görülmediği veya su ile reaksiyona girebilecek maddelerin bulunduğu, depolandığı ve üretildiği hacimlerde uygun tipte söndürme sistemi tesis edilir.

Her türlü gazlı söndürme sistemleri kurulurken, otomatik gaz boşaltımı esnasında veya sistemin aktive olduğunu işletici ve mahalde çalışan personele bildiren ve kişilerin söndürme mahalini tahliye etmesini sağlayacak sesli ve ışıklı uyarılar temin ve tesis edilmek zorundadır.

Halon alternatifi gazlar ile tasarımı yapılmış gazlı yangın söndürme sistemlerinde kullanılan söndürücü gazın, yerel ve uluslararası yönetmelik ve standartlarla belgelenmiş uzun süreli kullanım geçerliliği olmalıdır.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇAKMAKOĞLU, Melih Tolga  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 06.12.1981 İstanbul  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 441 92 44  
e-mail : [cakmakoglutolga@hotmail.com](mailto:cakmakoglutolga@hotmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Yapı Eğitimi	2007
Lisans	Kocaeli Üniversitesi/ Jeoloji Müh.	2003
Lise	Çankaya Lisesi	1999

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2006	Dataseel Bilgi Teknolojileri A.Ş.	Yazılım Destek

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Bodybuilding, Sualtı, Türk Tarihi, Felsefe, Gitar