

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İTE DOĞAL GAZ BORU HATTI PROJESİ ERZURUM İLİ BÖLGESİNDE
DEPREM HASAR ANALİZİ ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şennur Hazal ŞENER

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Himmet KARAMAN

MART 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İTE DOĞAL GAZ BORU HATTI PROJESİ ERZURUM İLİ BÖLGESİNDE
DEPREM HASAR ANALİZİ ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Şennur Hazal ŞENER
(501141633)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Himmet KARAMAN

MART 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501141633 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Şennur Hazal ŞENER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İTE DOĞAL GAZ BORU HATTI PROJESİ ERZURUM İLİ BÖLGESİNDE DEPREM HASAR ANALİZİ ÇALIŞMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Himmet KARAMAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Turan ERDEN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bahadır ERGÜN
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **09 Mart 2018**
Savunma Tarihi : **28 Mart 2018**





Anneme,



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın başından itibaren karşılaştığım her problemin üstesinden gelmemde yardımcı olan bilgi ve görüşleriyle çalışmama ışık tutan ve bana her aşamada kaynak olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Himmet KARAMAN'a çok teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bu çalışmada, İran Türkiye Avrupa Doğalgaz Hattı Projesinin Erzurum kısmı için gerekli verileri sağlayan Turang Transit Taşımacılık AŞ.'ye teşekkür ederim.

Tez çalışması süreci boyunca, güveniyle ve desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili arkadaşım Evindar DOĞAN'a, bana olan inancı ile beni motive eden canım kardeşim İhsan Onur ŞENER'e ve sevgisiyle her zaman yanımda olan canım eşim Jordi Bonnín ESTEVA'ya minnettarlarımı borç bilirim.

Eğitim hayatım süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bugüne kadar gelmemde büyük katkısı olan sevgili babaannem Selma ŞENER'e ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mart 2018

Şennur Hazal Şener
Geomatik Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	2
1.2 Kapsam	2
1.3 Tez Çalışması Bölgesi Tanımı	3
1.3.1 Jeolojik formasyon.....	4
1.3.2 Sismik aktivite	5
1.3.2.1 Erzurum ilindeki tarihsel depremler ve büyük deprem kayıtları	5
2. DEPREM VE AFET YÖNETİMİ	9
2.1 Deprem Boru Hatları Üzerindeki Etkileri.....	10
2.1.1 Hasar türleri	11
2.1.2 Hasarlara neden olan faktörler	13
2.1.2.1 Dalga yayılımı	13
2.1.2.2 Fay geçişi davranışı	14
2.1.2.3 Oturma ve yıpranma	14
2.1.2.4 Sıvılaşma	15
2.1.2.5 Geçici ve kalıcı yer deformasyonları	15
2.2 Deprem Tehlike Haritası.....	17
2.2.1 Deprem Tehlikesi.....	17
2.2.2 Hasar görülebilirlik	17
2.2.3 Risk	18
2.3 Afet Yönetimi	18
2.3.1 Entegre afet yönetimi	18
2.4 Coğrafi Bilgi Sistemleri	19
2.4.1 Afet yönetiminde CBS kullanımı.....	20
2.5 HAZTURK Yazılımın Özellikleri	20
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	23
3.1 Gömülü Boru Hatları Üzerinde Sismik Tehlike Analizi ve Kayıp Tahmini için Dünyadan ve Türkiye’den Örnekler	23
3.1.1 Azerbaycan doğalgaz boru hattı için sismik risk analizi.....	23
3.1.2 Karaman (2008) doktora tezi çalışması.....	25
3.1.3 Toprak ve Taşkın (2006) Gömülü boru hatlarında deprem kaynaklanan hasarların tahmin edilmesi	27
4. MEKANSAL VERİ ÜRETİMİ VE STANDARDİZASYONU.....	35
4.1 Mekansal Veri (Spatial Data).....	35
4.2 Mekânsal Veri Standartları	36

4.3 Türkiye Afet Bilgi Sistemi Veri Formatı ve Standardı.....	38
4.4 HAZTURK Veri Formatı Standartları.....	38
4.4.1 ESRI shapefile.....	39
4.4.2 ESRI ArcGIS grid ASCII formatı	39
4.4.3 CSV (comma separated values).....	39
4.4.4 Kırılgenlik dosyaları (XML veya CSV)	40
4.4.5 Eşleme dosyası formatı (XML).....	40
5. UYGULAMA.....	41
5.1 Çalışma Bölgesi için Elde Edilen Veriler ve bu Verilerin Standardizasyonu	41
5.1.1 Sondaj ve araştırma çukurları verileri	41
5.1.1.1 Sondaj verilerinin hesaplanması	44
5.1.1.2 Zemin kayma hızlarından zemin türü haritalarının elde edilmesi.....	45
5.1.2 Arazinin sayısal yükseklik modeli ve boru hattın yatay güzergahı	47
5.1.3 Deprem Verileri.....	48
5.1.4 Fay Hattı Verileri.....	48
5.2 Erzurum’da Probabilistik Sismik Tehlike Analizi	49
5.2.1 Probabilistik deprem tehlike analizi (Poisson Modeli).....	50
5.2.2 Çalışma bölgesine uygun azalım ilişkisinin seçilmesi	54
5.2.2.1 Özbey ve diğerleri (2004)	54
5.2.2.2 Fukushima et al. (2003)	54
5.2.2.3 Campbell & Bozorgnia (2003).....	54
5.2.2.4 Boore & Atkison (2006)	55
5.3 HAZTURK Yazılımıyla Deprem Tehlike Haritalarının Oluşturulması	55
5.3.1 ITE hattının 337+680 – 339+680 km arası bulunduğu bölgede deprem tehlike haritalarının oluşturulması.....	56
5.3.2 ITE hattının 279+955–281+955 km ile 283+887–285+887 km arası bulunduğu bölgede deprem tehlike haritalarının oluşturulması	58
5.3.3 ITE hattının 261+000 – 265+000 km arası bulunduğu bölgede deprem tehlike haritalarının oluşturulması.....	60
5.4 Deprem Hasar Miktarının Hesaplanması	62
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ASCII	: American Standard Code for Information Interchange
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CRM	: Consequence-Based Risk Management
CSV	: Comma Separated Values
DEM	: Digital Elevation Model
DGBH	: Doğal Gaz Boru Hattı
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GIS	: Geographical Information System
GML	: Geography Markup Language
GYD	: Geçici Yer Değiştirme
HAZTURK	: Hazards Turkey
HAZUS	: Hazards United States
ISO	: International Organization for Standardization
ITE	: Iran-Turkey-Europe
INSPIRE	: Infrastructure for Spatial Information in Europe
KOERI	: Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute
KVA	: Konumsal Veri Altyapısı
KYD	: Kalıcı Yer Değiştirme
MAE	: Mid-America Earthquake
MAEviz	: Mid-America Earthquake Visualization
MTA	: Maden Tetkik Arama
NEHRP	: National Earthquake Hazard Reduction Programme
OGC	: Open Geospatial Consortium
PGA	: Peak Ground Acceleration
PGV	: Peak Ground Velocity
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
TABİS	: Türkiye Afet Bilgi Sistemi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
WGS84	: World Geodetic System 1984
XML	: Extensible Markup Language



SEMBOLLER

a	: Deprem etkinliğinin düzeyine bağlı olarak değişen katsayı
b	: Tektonik etkinliği ifade eden katsayı
BH, BVS	: Sondaj
CI	: Dökme demir
DI	: Duktıl demir
K	: Boyutsuz katsayısı
M_w	: Magnitüd
N	: Depremlerin kümülatif sayısı
N_i	: Darbe sayısı
n(M)	: Depremin oluş sayısı
Q	: Dönüş periyodu
R(M)	: Depremin sismik değeri
RR	: Tamir oranı
S_{a1}	: Spektral ivme
TP	: Araştırma çukuru
V_s	: Ortalama kırılma dalga hızı
X, Y, Z	: Kartezyen koordinatlar



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Erzurum ilindeki tarihsel depremler.....	6
Çizelge 1.2: Erzurum ilindeki büyük depremler.	7
Çizelge 2.1: HAZTURK’te kullanılabilen analizler (Taşlıova, 2009).	22
Çizelge 3.1: 475 ve 2475 yıllık tamir ve kırılma oranları (Hesari ve diğ,2012).....	25
Çizelge 3.2: Gömülü boru hatları için kırılma eğrileri (Karaman, 2008).....	26
Çizelge 3.3: Eidinger (2001) “K” katsayısı değerleri (Karaman, 2008).....	26
Çizelge 3.4: Sarsıntının boru hattındaki hasar korelasyonu (Toprak ve Taşkın, 2006).	32
Çizelge 3.5: Pamukkale fay kırılması senaryosu için boru hattı hasar tahminleri (Toprak ve Taşkın, 2006).....	32
Çizelge 3.6: Karakova-Akhan fay kırılması senaryosu için boru hattı hasar tahminleri (Toprak ve Taşkın, 2006).....	32
Çizelge 3.7: Literatür Taraması Sonuçları.....	34
Çizelge 4.1: Verilerin sınıflandırma sistemi (Şahin ve diğ., 2007).	39
Çizelge 5.1: Sondaj verilerinin hesaplanması 25-BH-33 (Karaman ve diğ., 2014). .	44
Çizelge 5.2: NEHRP zemin sınıfları (Karaman ve diğ., 2014).	45
Çizelge 5.3: Sondajların ortalama kırılma dalga hızları ve zemin sınıfları.	45
Çizelge 5.4: a ve b katsayılarının hesaplanması.	51
Çizelge 5.5: Olasılıksal sismik risk anali.....	53
Çizelge 5.6: İkinci çalışma alanındaki ITE hattı için tamir sayıları.	65
Çizelge 5.7: Boru hattı uzunlukları ve tamir sayılarının kıyaslanması.....	66



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Tez çalışma bölgesi ve aktif fay hatları.....	4
Şekil 1.2: Erzurum'un sismik tehlike haritası [Url-1].	5
Şekil 2.1: Türkiye'nin etrafını çevreleyen levhalar ve levhaların yönleri [Url-3].....	9
Şekil 2.2: 1993 Hokkaido-Nansei-Oki depreminde (M=7.8) boru hatlarında görülen hasarlar a) 100cm yüzeye çıkan boru hattı b) Borunun bağlantı noktasından ayrılması (Mohri, Yasanuka ve Tani, 1995).	12
Şekil 2.3: Adapazarı boru hatlarında hasarlar (Sağlamer ve Balkaya, 2003).	12
Şekil 2.4: Kocaeli depreminden meydana gelen yer değiştirme (Gümüş, 2009).	13
Şekil 2.5: Boruda fay kırığı hareketi sonucu oluşan buruşma (Eidinger, 1998).	14
Şekil 2.6: KYD sonucunda zemin ile boru etkileşimi (O'rourke, 1995).	16
Şekil 2.7: Farklı zemin ayrılma modelleri (Eidinger, 1998).	16
Şekil 2.8: Boru deformasyonuna bağlı yer hareketi (Eidinger, 1998).	17
Şekil 3.1: 2475 yıllık peridotta beklenen PGV (Hesari ve diğ, 2012).	24
Şekil 3.2: Zeytinburnu doğalgaz boru hattı hasarları (Karaman, 2008).	27
Şekil 3.3: Denizli çevresi fay hatları, geçmiş depremler (Menderes Graben, 2004).	29
Şekil 3.4: Denizli ili su kaynak sistem haritası (Toprak ve Taşkın, 2006).	30
Şekil 3.5: 6.3 şiddetli Pamukkale fay hattı deprem senaryosundan PGV bölgelerin üzerine yerleştirilen su kaynak sistemi (Toprak ve Taşkın, 2006).	31
Şekil 3.6: 6.0-7.0 büyüklükler arasındaki deprem senaryoları için boru hattı hasar tahminleri (Toprak ve Taşkın, 2006),	33
Şekil 4.1: Mekansal veriye ait öznitelik bilgisi (Yomralı, 2000).	36
Şekil 5.1: 25-BH-33 numaralı sondajın LOG'u.	42
Şekil 5.2: 25-TP-34 Numaralı araştırma çukurunun LOG'u.	43
Şekil 5.3: 25-BH-33 (soldaki) sondaj ve 25-TP-34 (sağdaki) araştırma çukurunun arazi çalışması.	43
Şekil 5.4: Kandilli fay hattının bulunduğu bölgede zemin türü haritası.	46
Şekil 5.5: Erzurum fay zonunun bulunduğu bölgede zemin türü haritası.	46
Şekil 5.6: Pasinler fay zone ve karayazı fay hattının bulunduğu bölgede zemin türü haritası.	46
Şekil 5.7: Kandilli fayının bulunduğu bölgede sayısal eğim haritası ve boru hattı... ..	47
Şekil 5.8: Erzurum fayının bulunduğu bölgede sayısal eğim haritası ve boru hattı.. ..	47
Şekil 5.9: Pasinler fay zone ve Karayazı fay hattının bulunduğu bölgede sayısal eğim haritası ve boru hattı.	47
Şekil 5.10: Erzurum ilindeki son yüz yılda olan depremler (Url-4).	48
Şekil 5.11: Erzurum fay hattının öznitelik verileri [Url-5].	49
Şekil 5.12: Possion modeli log dağılım grafiği.	52
Şekil 5.13: HAZTURK yazılımında veri kataloğuna data aktarımı.	56
Şekil 5.14: ITE Hattının 337+680-339+680 km arasındaki bölgede girdi datalar. ...	56
Şekil 5.15: Birinci çalışma alanı için deprem senaryosunun oluşturulması.	57

Şekil 5.16: ITE Hattının 337+680-339+680 kilometreleri arasındaki deprem tehlike haritası ve Kandilli fay hattı.	58
Şekil 5.17: 279+955-281+955 km ile 283+887-285+887 km arasındaki bölgede girdi datalar.	58
Şekil 5.18: İkinci çalışma alanı için deprem senaryosunun oluşturulması.	59
Şekil 5.19: 279+955-281+955 km ile 283+887-285+887 kilometreleri arasındaki deprem tehlike haritası ve Kandilli fay hattı.	60
Şekil 5.20: 261+000-265+000 km arasındaki bölgede girdi datalar.	60
Şekil 5.21: Üçüncü çalışma alanı için deprem senaryosunun oluşturulması.	61
Şekil 5.22: 261+000-265+000 kilometreleri arasındaki deprem tehlike haritası ve Pasinler fay zonu ve Karayazı fay hattı.	62
Şekil 5.23: Kırılma eğrisi içerisindeki tamir sayısı hesaplama formülü.	62
Şekil 5.24: ArcGIS'te oluşturulan model içerisinde dataların seçilmesi.	63
Şekil 5.25: Birinci çalışma alanındaki ITE hattının 1000 fitteki tamir sayısı.	64
Şekil 5.26: İkinci çalışma alanındaki ITE hattının 1000 fitteki tamir sayısı.	64
Şekil 5.27: Üçüncü çalışma alanındaki ITE hattının 1000 fitteki tamir sayısı.	65
Şekil 6.1: Birinci çalışma alanının sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi.	68
Şekil 6.2: İkinci çalışma alanının sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi.	68
Şekil 6.3: Üçüncü çalışma alanının sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi.	69

ITE DOĞAL GAZ BORU HATTI PROJESİ ERZURUM İLİ BÖLGESİNDE DEPREM HASAR ANALİZİ ÇALIŞMASI

ÖZET

Dünya genelinde son yıllarda yaşanan şiddetli depremler sonucunda, maddi ve manevi olarak büyük kayıplar yaşanmıştır. Ülkemizin yüz ölçümünün yaklaşık yarısı kadar olan alanı birince derece deprem kuşağında olduğu için sonuçları çok ağır olan depremler meydana gelmiştir. Depremlerin yıkıcı etkileri sadece yer üstündeki yapılara değil, aynı zamanda yer altındaki yapılara da zarar vermektedir. Afet sonucunda, günlerce susuz veya elektriksiz kalmak afetin diğer olumsuz sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde deprem sonrasında iyileşme süreci zorlaştırır. Yollar, köprüler, binalar toplum için ne kadar önemliyse, yer altında gömülü olan boru hatları veya enerji nakil hatları gibi yapılar da insan yaşamında bir o kadar önemlidir.

Deprem tehlikesi açısından ikinci bölgede yer alan Erzurum ilinde aktif fay hatları bulunmaktadır. Aktif fay hatlarından meydana gelebilecek depremlerin o bölgede boru hatları üzerinde yaratacağı hasarlar ve kayıp analizleri önceden tahmin edilirse, depremin olumsuz sonuçları en aza indirgenebilir. Entegre afet yönetiminin aşamaları ile hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme çalışmaları uygulamaya konulduğunda hem maddi hem de manevi olarak gelişme sağlanacaktır.

Hasar analizleri için dünya genelinde çok sayıda çalışmalar yapılmış ve çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Türkiye için geliştirilen HAZTURK yazılımı, deprem senaryoları ile deprem hasar tahmini analizi yapmaktadır. Yazılımın veri standartlarına göre çoğunlukta dataların Coğrafi Bilgi Sistemleri ile entegreli olduğu görülmektedir. Çalışma bölgesine uygun azalım ilişkisinin belirlenmesi, zemin (Vs) kayma dalga hızlarından oluşturulan tehlike haritaları ve bölgedeki sismik aktivitelerin belirlenmesi ile kayıp analizleri yapılmaktadır.

Bu çalışmada, HAZTURK yazılımı kullanılarak Erzurum bölgesinden geçirilmesi planlanan ITE doğal gaz boru hattının belirli kilometreleri için deprem hasar haritaları üretilmiş ve ArcGIS yazılımıyla tamir sayıları hesaplanmıştır. Analiz için gerekli olan sondaj verileri, yükseklik bilgileri, jeolojik kapsamda bilgiler, belirli kilometreler aralığında boru hattı gibi veriler Turang Transit Taşımacılık A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Deprem ve fay hatları verileri de çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir. Çalışma bölgesi için elde edilen veriler, HAZTURK yazılımının veri standartlarına uygun hale getirildikten sonra deprem hasar analizi yapılmıştır.

ITE hattının Kandilli ve Erzurum fay hatlarını kestiği, Pasinler ve Karayazı fay hattına yakın geçtiği kilometreler tamir sayıları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda 7,8 şiddetindeki deprem senaryosuna göre bulunan tamir sayıları Kandilli ve Erzurum fay hattı için eşit bulunmuş, Pasinler ve Karayazı fay hattının bulunduğu bölgede ise diğerlerinde daha düşük elde edilmiştir. Yani, ITE doğal gaz boru hattını kesen fay hatları, yakınından geçen fay hatlarına göre daha fazla zarar vereceği sonucu elde edilmiştir.



ANALAYSING EARTQUAKE DAMAGE ON ITE NATURAL GAS PIPELINE PROJECT IN ERZURUM DISTRICT

SUMMARY

Lifelines (water, transportation, telecommunication, gas, power, transportation networks) have played significant role in human life by providing main requirements of people. They are engineering products which provide to transfer or delivering liquid, energy and gas to residential area by pipelines. Each product is very important factors for proper life. If one of them does not work properly because of any reason, life will be very difficult for people. When water supplies do not work because of some reasons, people suffer from being without water for many days. Apart from water, natural gas pipelines are another important buried line in terms of providing energy to the world. Also, if some damages happened on natural gas pipelines, consequences can be very heavy for environment such as explosion. Apart of environmental disaster, economically problems can occur among repair duration and cost of the gas which goes away by leaking from the pipeline. Comparison between energy lines (natural gas, petroleum, etc.) and other pipelines is obvious that energy lines more specific than the other lines. Because energy sources are in specific regions in the world. Transferring energy from countries where have many energy sources to the other countries where need energy has been raised by technologic improvements and economic growth of countries.

One of the most useful technique to transfer of energy is buried pipeline. Buried pipelines are safe method to protect them against of above ground disaster. However, lifelines are in danger because of some damages underground like earthquake which is one of the most important hazard of natural disaster. The worse effects of earthquakes are not only on above ground structures but also damage on underground facilities. Infrastructures are as much important as roads, bridges and buildings for human beings. Earthquakes bring damage on pipeline by directly like break and leak or indirectly like landslide and liquefaction. Problems can be sorted by cutting off flow when pipeline was broken in some parts, high repair cost also considerable damage to the environment like fire. It can be seen many examples all over the world, pipelines were destroyed by earthquakes or many destructions caused by hazards. Besides, after the earthquakes recovery time gets more difficult when supplies have been cut off or there has been exposed to power outages. That's why recovery and improvement studies have been done for risky areas to construct long term usage pipelines. A lot of engineering areas work all together from creating the project to construction progress on working site to establish enduring pipelines. It should be planned and projected in detail to be resistance to hazards. Both geology and pipeline materials which extend as kilometres underground type of material, connection method of pipeline, diameter, length etc. are also important components to provide long term pipelines.

All over the world, earthquakes have caused significant destructions on people and environment in the recent years. Since approximately half of the surface area of Turkey is on first degree seismic zone, great number of earthquakes have occurred which cause a lot of destructions. Earthquakes happens when any movement occur underground among the fault line. It causes to spread energy that makes seismic waves to the around. Ground shaking starts by the seismic waves released.

There are active fault lines in Erzurum where is in second seismic zone in terms of hazard of earthquakes. If estimation of loss assessment and damages on pipelines due to active fault lines is investigated before the hazard, negative consequences of earthquakes can be remarkably minimized. As a result of that, it can be constructed structures which resist against to earthquakes and can be taken precautions before the hazard happened. When integrated hazard management steps such as being ready, damage reduction, intervention and recovering has been applied both, material and moral improvements will be provided. Even if hazards could not have prevented, worse effects of hazard can be minimized on pipelines.

The estimation of loss assessment should be done to be ready for future expected earthquakes. Recently, it has been developed a lot of software and studies to analyse loss assessment caused by earthquakes all over the world. One of those is HAZTURK has been developed for Turkey from HAZUS (Hazard US) software was prepared by FEMA. to be able to predict amount of damages by earthquake scenarios. To apply the software for Turkey, all data must be defined in WGS84 coordinate system and in Transverse Mercator Projection System.

Analysing the risk and calculation of lose assessment by using HAZTURK need to have input data. All data must be in HAZTURK data standards. For this study, pipeline and study area which have to be in shape file format. Attribute table of data is also essential for using the software to get more accurate result. Calculation of Digital Elevation Model of the study has been created surface points which have elevation information. However, data format of the DEM converted to slope map ASCII raster format because of standards of the software. Another main input data of study is (V_s) wave velocity of the ground to create soil map in GRIDCODE format. Moreover, detection proper attenuation relationship for study area is also one of the other key factors. To choose the best attenuation for study area should be regarded on mainly magnitude, distance to the source, depth and type of fault, geology, ground wave velocity and soil type.

The aim of the thesis is to estimate the possible earthquakes which will be caused by Karayazı, Pasinler, Kandilli and Erzurum fault zone that lines that are in the eastern bloc of the North Anatolian in Erzurum province. It has been performed that prediction of loss assessment and amount of damage generated regarding seniors of earthquakes for ITE natural gas pipeline along the specific kilometres in Erzurum by using HAZTURK software. Erzurum is one of the city from Turkey where it is at risk because of expected earthquakes. That's why Erzurum is selected for study area in this thesis.

Necessary data for loss analysis are boreholes, elevations, geological and geotechnical information as well as ITE pipeline data for specified kilometres which have been provided by Turang Transit Taşımacılık A.Ş. Besides, earthquake and fault lines have been taken from varies sources. All data have been prepared to make appropriate for

HAZTURK software standards. Accuracy of estimation clearly depends on quality of the input data.

The second part of the thesis has been explained worse effects of earthquake on buried pipeline. Type of damages on pipeline such as leak and broken, seismic waves effects, settlement of the pipeline, liquefaction possibility for soil after ground shaking pipeline deformations which are permanently and temporarily caused by movements indicated in that section. Moreover, Hazard maps, vulnerability, management of hazard and steps of the management, definition of GIS, type and standards of GIS and HAZTURK software features like used for analysing damage on buildings, infrastructures, bridges, lose assessment, GIS, social analyses and standards of the software are mentioned to introduce the study for the thesis.

In the third part, literature search, examples from the world and Turkey about seismic risk analysis and lose estimation has been researched.

The fourth part, generation and standardization of spatial data, definition and data standards of spatial data and data standards of HAZTRUK software has been explained in that stage.

The fifth part of the thesis, it has been presented application for this study. It is explained that how to obtain all data which is used for analysing and the data standardisation for HAZTURK software. It is presented that generation of hazard maps by using HAZTURK software and loss assessment by using ArcGIS software for specific kilometres of Iran Turkey Europe natural gas pipeline which took part in districts Pasinler, Palandöken, Yakutiye and Aşkale in Erzurum province. This study has been done both for Kandilli and Erzurum fault lines which are crossing the pipeline for two parts also Pasinler and Karayazı fault line is very close to the pipeline. Both case has been evaluated according to scenarios of earthquake which is worst case magnitude value has chosen 7,8. It has been obtained as a result that repair rates are equal for Kandilli and Erzurum fault line region because both are crossing the pipeline. Pasinler and Karayazı fault line are not crossing the pipeline but it is lying very close to the line. Repair rate has been found lower than the previous two study areas.

The sixth stage includes result of the study and some recommendations for improving techniques and methods for hazard analysing and reducing the damage of earthquake.



1. GİRİŞ

Gömülü boru hatları, kentlerin temel gereksinimlerini karşılamak için, artan nüfusla birlikte hayatımızda önemli bir yer edinmiştir. Boru hatları sıvıların ve gazların yerleşim yerlerine iletilmesini veya transferini sağlayan mühendislik yapılarıdır. Planlamasından inşa uygulamasına kadar birçok meslek dallarının bir arada çalıştığı altyapı sistemleri, detaylı mühendislik çalışmalarının ürünüdür.

Ülkelerin ekonomik olarak kalkınması ve teknolojinin gelişmesiyle, doğalgaz ve petrol gibi enerji kaynaklarına olan talepler artmıştır. Bu nedenle enerji kaynakları zengin olan ülkelere, enerjiye ihtiyacı ülkelere günümüze kadar birçok enerji transferi altyapı sayesinde sağlanmıştır.

Altyapı sistemleri, borulara dış etkenlerden gelebilecek hasarları önlemek için güvenilir bir yöntemdir. Fakat, gömülü boru hatları da yer altında da çeşitli sebeplerden dolayı tehlike altındadır. Depremler, boru hatları üzerindeki tehlikeye neden olan en önemli doğal afetlerden birisidir. Dünyada birçok örneğini görebileceğimiz gömülü boru hatları üzerindeki hasarlar, depremlerden dolayı veya depremlerin sebep olduğu yıkımlardan kaynaklı meydana gelmiştir.

Yaşanılan son depremler, boru hatları üzerinde ciddi ölçüde hasar meydana getirmiştir. Çünkü depremlerin yer altında ilerleyen boru hatlarına doğrudan faylanmaya bağlı yer değiştirme veya dolaylı olarak heyelan, sıvılaşma gibi zemin problemleri şeklinde görülmektedir. Bu problemlerin sonucunda oluşan hasarlar, boruların çeşitli yerlerinden ayrılması durumunda akışın kesilmesi, tamir maliyetlerinin yüksek olması, çevreye yangın gibi önemli ölçüde zararlar vermesi olarak sıralanabilir (Tanırcan ve diğ, 2008). Deprem bölgesinde yer alan ülkemizde son yıllarda yapılan çalışmalarla deprem kayıp analizleri, hasar tespitleri ve olası depremlerin tahminleri gibi birçok çalışma yapılmıştır. Doğal afetler önlenemese bile, verebileceği hasarlar önceden tahmin edilerek, sismik risklerden dolayı olabilecek kayıplar en aza indirgenebilir. Altyapı sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için doğal afetlere dayanıklı hatlar inşa edilmelidir. Bunun için de hasar tahminlerini gerçekleştirebilmek için HAZTURK yazılımı ülkemiz için geliştirilmiştir.

1.1 Amaç

Sebat Proje Mühendislik Müşavirlik Tic. Ltd. Şti. ve Turang Transit Taşımacılık A.Ş. tarafından mühendislik hizmetleri yürütülen ve detay mühendislik çalışması halen devam etmekte olan İran-Türkiye-Avrupa Doğal Gaz Boru Hattı Projesinin doğu kısmının Erzurum ili içinde (337+680–339+680 km arası), (279+955–281+955 km ile 283+887–285+887 km arası) ve (261+000–265+000 km arası) bu tez çalışmasında incelenecektir.

Bu tez çalışmasının amacı, Kuzey Anadolu Fay hattının doğu bloğunda ki Karayazı, Pasinler, Erzurum ve Kandilli fay hatlarının yaratabileceği olası depremlerin tahmini ve en kötü deprem senaryosunda inşaatı planlanan ITE doğal gaz boru hattının tehlike haritalarının oluşturulması ve tamir sayılarının hesaplanmasıdır.

1.2 Kapsam

Bölgedeki ITE projesi için açılmış sondaj ve araştırma çukurlarının laboratuvar sonuçları ve LOG'ları analiz edilerek zemin kayma hızları hesaplanarak zemin sınıfları belirlenmiştir.

Kandilli Rasathanesinin 1900 yılından itibaren aletsel deprem kayıtları ile önümüzdeki 100 yıl için deprem olma olasılıklarının analizi Poission olasılık dağılımına göre hesaplandı.

Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü'nün (MTA) 2010-2012 yılları arasında yayımlanmış resmi internet sitesinden aktif fay hatları sayısallaştırıldı (Url-5). Ayrıca fay türleri Coğrafi Bilgi Sistemine işlendi. CBS' de fay hatlarının ITE doğal gaz boru hattı ile olan konumu incelendi. Turang Transit Taşımacılık AŞ'den ITE projesi için ürettiği verilerinin tez kapsamındaki bölge için ITE hattının Erzurum ili içindeki fay hatlarını kestiği kilometreler ile faylara yakın geçtiği kilometreler için veriler kısmen temin edildi.

Çalışma bölgesi için temin edilen bu kısmi veriler, deprem hasar analizinde kullanılmak üzere gerekli format ve standartlara getirildi.

Deprem tehlike haritalarını oluşturmak için çalışma bölgesinde kullanılacak uygun azalım ilişkisi belirlendi. HAZTURK yazılımı kullanılarak çalışma bölgesinde

meydana gelebilecek olası depremler için deprem tehlike haritaları oluşturuldu ve gömülü boru hatları için ArcGIS yazılımıyla hasar analizi yapıldı.

Bu tez çalışmasının, ikinci bölümünde deprem tehlikesi ve bu tehlikenin çevreye etkileri, depremlerin boru hatları üzerindeki etkileri, afet yönetimi ve afet yönetiminin evreleri, coğrafi bilgi sistemlerinin tanımı, CBS'nin afet yönetiminde kullanımı, CBS veri türleri ve veri standartları, HAZTURK programının özellikleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, literatür araştırması, sismik risk analizi ve hasar tespiti için dünyadaki örnekler, bu çalışmaların Türkiye'deki örnekleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Tez çalışmasını dördüncü bölümde mekânsal veri üretimi ve standardizasyonu, mekânsal verinin tanımı, veri standartları ve HAZTURK veri standartları hakkında bilgiler verilmiştir.

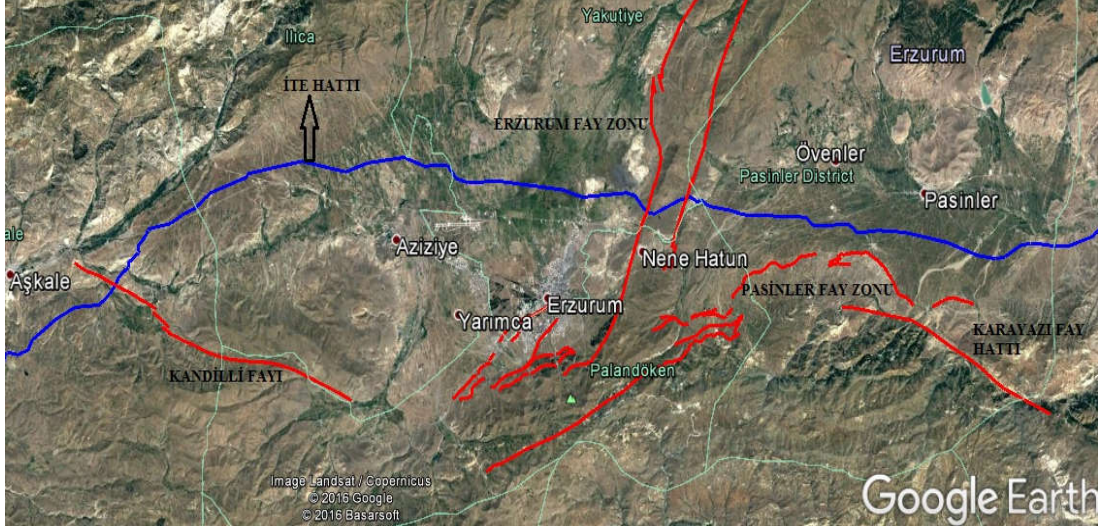
Beşinci bölümde ise tez çalışması kapsamında yapılan uygulamalar sunulmuştur. Poisson modeli ile olasılıksal sismik risk analizi yapılmıştır. Çalışma bölgesi için elde edilen veriler ve bu verilerin HAZTURK yazılımında kullanılabilecek standartlara getirilmesi anlatılmıştır. ITE doğal gaz boru hattının Erzurum ilinin Pasinler, Palandöken, Yakutiye ve Aşkale ilçelerinden geçtiği fay hatlarını kestiği ve yakın geçtiği belirli kilometrelere arasında deprem tehlike haritası üretimi, deprem hasar analizi yapılması ve sonuçlarını coğrafi bilgi sistemi üzerinde sunulduğu aşamadır.

Tezin altıncı ve son bölümünde ise bu çalışmanın sonuçları ve çalışmayla ilgili önerilerden bahsedilmiştir.

1.3 Tez Çalışması Bölgesi Tanımı

Ağrı ile Edirne arasında planlanan ITE hattının, Erzurum ili içerisindeki fay hatlarına yakın olan kısımları tez çalışmasına konu olacaktır (Şekil 1.1).

Kandilli Fayı (337+680 – 339+680 km arası) ve Erzurum Fayını (279+955–281+955 km ile 283+887-285+887 km arası) kestiği bölgeler ile Pasinler Fay Zonu ve Karayazı Fayı (261+000 – 265+000 km arası) ile yakın geçtiği bölgelere ait koridor genişliği 150mx150m olacak şekilde projenin bazı verileri tez çalışmasında kullanılmak üzere düzenlenip sismik risk analizi ve hasar tespiti yapmak için kullanılacaktır.



Şekil 1.1: Tez çalışma bölgesi ve aktif fay hatları.

1.3.1 Jeolojik formasyon

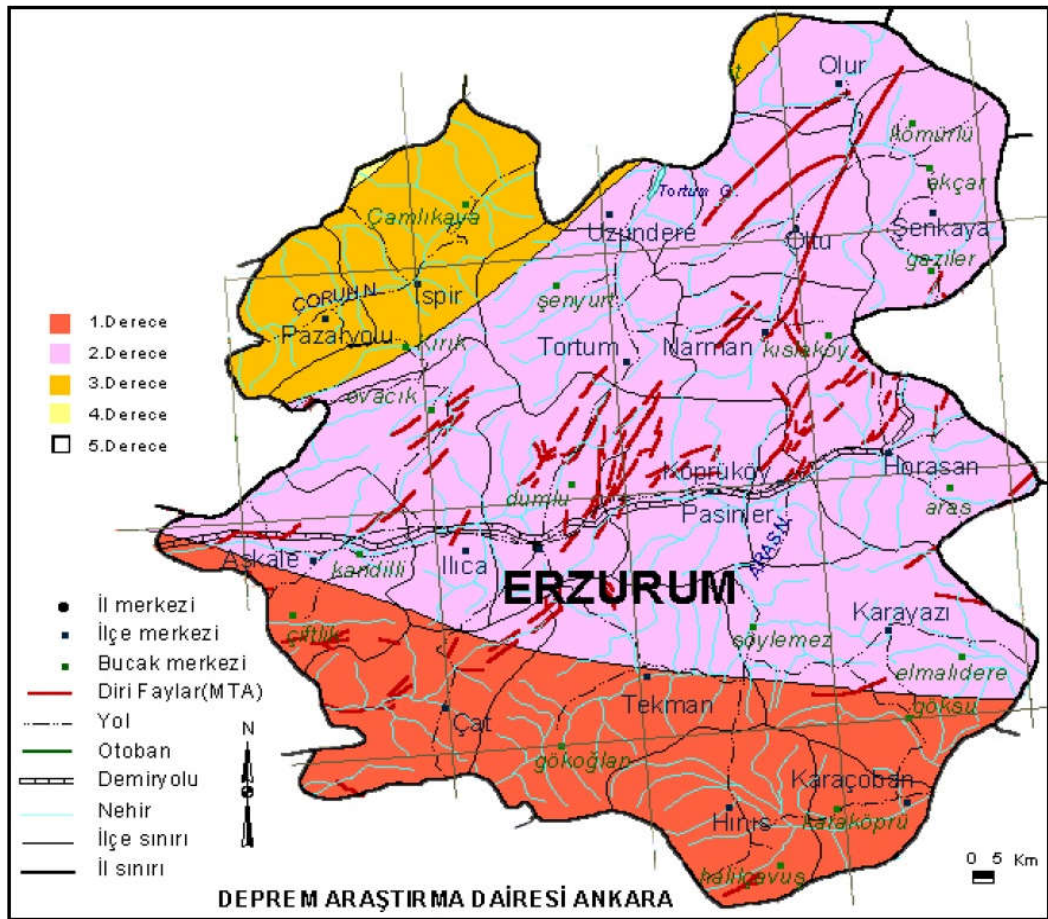
Turang Transit Taşımacılık A.Ş tarafından hazırlatılan jeolojik haritalara göre Erzurum ilindeki fay hatlarının geçtiği yerlerdeki jeolojik formasyonlar aşağıdaki gibidir:

Erzurum ili Pasinler Fay zonunun ITE hattının 261+000 – 265+000 km arası yakınından geçtiği bölgenin jeolojik yaşı Kuvaterner (dördüncü zaman) olarak tanımlanmıştır. Kuvaterner jeolojide yaklaşık 2600 milyon yıllık dönemi tarif etmektedir (Topsakal, 2012). Litolojisi Alüvyon (Qa), kum, çakıl ve çamurdan meydana gelmektedir. Çamur birikimlerinde yoğun çakıllar ve bloklar olabilir (Topsakal, 2012). Erzurum fay zonunun 279+955–281+955 km aralığında kestiği bölgenin jeolojik yapısı ayrılmamış volkanik kayalar (Tmplv) olarak tanımlanmıştır (Topsakal, 2012). Tmplv, üst miyosen döneminde üçüncü zamanda oluşmuş bir jeolojik yapıdır.

Erzurum fay hattının 283+887-285+887 km aralığında kestiği bölgede ise jeolojik formasyon bazalt, andezitik bazalt (Tmplv2) olarak tanımlanmıştır (Topsakal, 2012). Kandilli fay zonunun ITE hattının 337+680 – 339+680 kilometreler arası kestiği bölgede ise alt orta miyosen döneminde meydana gelen kireçtaşı-killi kireçtaşı, ara tabakalı kırıntılı kayalardan oluşur. Jeolojik formasyon Tmkkçt olarak tanımlanmıştır (Topsakal, 2012).

1.3.2 Sismik aktivite

1972 yılında bu yana varlığını sürdüren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yenilenmiştir. Olasılık hesaplarına göre hesaplanarak üretilen bu haritada deprem ivmelerine göre sınıflandırılarak 1'den 5'e kadar derecelendirilmiştir. Deprem bölgeleri haritasında Erzurum ili çoğunlukta 2. derece deprem bölgesi olarak değerlendirilmektedir (Şekil 1.2). Erzurum ilinin güneyi 1. dereceden deprem bölgesidir yani deprem olma olasılığı çok yüksektir. ITE hattı bu bölgenin kuzeyinden, yani 2 derece deprem bölgesinden geçmektedir.



Şekil 1.2: Erzurum'un sismik tehlike haritası [Url-1].

1.3.2.1 Erzurum ilindeki tarihsel depremler ve büyük deprem kayıtları

Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü'nün yayımladığı deprem bilgilerine göre; Erzurum ilindeki tarihte bilinen ilk deprem, 1268 yılında, IX şiddetinde

olmuştur. Erzurum- Erzincan illerini etkileyen bu depremde 15000 kişi öldüğü kaydedilmiştir.

En çok ölümle sonuçlanan deprem ise 1458 yılında X şiddetinde olmuştur. Bu tarihteki can kaybı 32 bin olarak kayıtlara geçmiştir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1: Erzurum ilindeki tarihsel depremler.

Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer
1268	39.75	40.4	IX	Erzincan, Erzurum-(15 000 ölü)
1458	39.75	40.4	X	Erzincan, Erzurum-(32 000 ölü)
21.12.1482	39.75	39.5	IX	Erzincan, Erzurum
17.06.1584	39.75	39.5	IX	Erzincan, Erzurum-(15 000 ölü)
24.07.1852	39.9	41.3	IX	Erzurum
02.06.1859	39.9	41.3	IX	Erzurum-(15 000 ölü)
23.04.1868	40	41.7	IX	Erzurum, Kars
01.11.1875	39.9	41.3	X	Erzurum

1924 yılında büyüklüğü 6.8 Ms olan deprem Erzurum'un doğusunda yer alan bölgelerde 60 köyü yerle bir etmiştir. Söz konusu bu deprem, cami minaresinin devrilmesine, trenlerin raylardan çıkmasına, Çobandere köprüsünün yıkılmasına neden olmuş ve heyelan gibi çevresel hasarlar meydana gelmiştir (Aksu,2004).

Kandilli Rasathanesi'nin kayıtlarına göre; Erzurum ilinde 1983 yılında magnitüd değeri 6.9 olan Erzurum-Kars depremi gerçekleşmiştir (Çizelge 1.2).

Ayrıca bu deprem, Erzurum ilindeki bugüne kadar en büyük magnitüdlü deprem olarak kayıtlara geçmiş ve 1155 kişi yaşamını yitirmiştir.

Erzurum'un 89 yerleşim yeri ile Kars'ın Sarıkamış ilçesine bağlı birçok bina ve yapı hasar görmüştür (Gök, 2004). Erzurum ilinde, büyük depremler olarak nitelendirilen magnitüd değeri 5.6 ile 6.9 aralığında 1924-2004 yılları arasında depremler

gerçekleşmiştir. 2004 yılından sonra ise en yüksek 4.9 şiddetinde 2006 yılında Erzurum'un Karacabey ilçesinde meydana gelmiştir. 3241 adet bina hasar görmüştür.

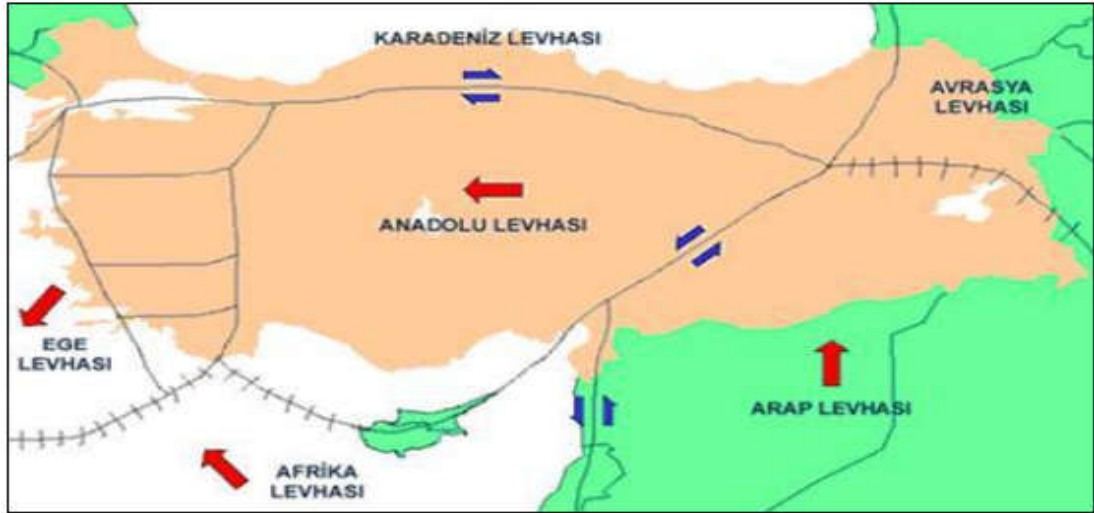
Çizelge 1.2: Erzurum ilindeki büyük depremler.

Tarih	Yer	Şiddet	Magnitüd	Can Kaybı	Hasarlı Bina
13.9.1924	Horasan	IX	6.8	60	380
3.1.1952	Hasankale	VIII	5.8	41	701
30.10.1983	Erzurum-Kars	VIII	6.9	1155	3241
18.9.1984	Balkaya	VIII	6.4	3	570
25.3.2004	Kandilli-Aşkale	VII	5.6	9	1280



2. DEPREM VE AFET YÖNETİMİ

Yer kabuğunun herhangi bir noktasında biriken enerjinin aniden boşalması sonucu etrafına yaydığı sismik dalgaların titreşimiyle yer yüzünün sarsılması olayına deprem denir (Gökçe ve diğ., 2014). Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirleri ile olan durumları deprem oluşumuna neden olur. Türkiye'nin bulunduğu ve etrafını çevreleyen levhalar Anadolu Levhası, Karadeniz Levhası, Avrasya Levhası, Arap Levhası, Afrika Levhası ve Ege Levhasıdır (Şekil 2.1). Bu levhalar birbirleri hareket halinde olduğu için aralarında bir sürtünme kuvveti meydana gelir, bu sürtünme kuvveti aşıldığında levhalarda hareket oluşur (Url-2). Bu hareket enerjisi azalarak dalgalar halinde etrafa yayılır ve bu dalgaların geçtiği yerlerde sarsıntı meydana gelir. Sarsıntı sonucunda yeryüzünde gözle görülen kırıklar meydana gelir bu kırıklara fay hatları denir. Yerkabuğunu hareketlerin yönleri fay hatlarının türünü belirler. Fay türleri eğim atılım, doğrultu atım, net atım, dikey ve yanal atılım olmak üzere sıralanabilir.



Şekil 2.1: Türkiye'nin etrafını çevreleyen levhalar ve levhaların yönleri [Url-3].

Arap levhası ile Anadolu levhasının çarpışması sonucunda, Arap yarımadası kuzeye doğru hareket ettiği için Anadolu levhasını sıkıştırarak batıya doğru kaymasına neden olmuştur (Gökçe ve diğ., 2014). Anadolu levhasının bu hareketi sonucunda ve

güneyden Afrika Levhasının kuzey batı yönlü hareketiyle Ege levhası güney batıya kaymaktadır.

Deprem insanlara, doğaya ve yapılara ciddi anlamda zararlar vermektedir. Geçmişten günümüze kadar depremin dünyadaki etkileri incelendiğinde binaların dayanıksız olması, plansız yapılaşma, deprem hakkında bilginin az olması ve teknolojinin günümüzdeki kadar gelişmemiş olması nedeniyle milyonlarca yapı enkaz olmuş ve birçok insan hayatını kaybetmiştir.

Depremlerin doğrudan yıkıcı etkisinin yanı sıra dolaylı olarak da yıkıcı etkilerinin olması mümkündür. Örneğin, sarsıntılar sonucunda meydana gelen heyelanların köprüleri, yolları yıktığı ve bununla beraber insanların evlerinin enkaz haline geldiği ve bu durumun ölümle sonuçlandığı ihtimali çok yüksektir. Deprem nedeniyle maddi kayıpların yanı sıra manevi kayıplar da geçmişten günümüze çok acı tecrübeler bırakmıştır. 1939 Erzincan depremi, 1942 Tokat Erba depremi, 1999 Gölcük depremi yıkıcı etkilerinin yüksek olduğu depremler olarak sıralanabilir.

İnsan yaşamı için önemli olan ve kent gereksinimlerini sağlayan altyapı sistemleri depremden etkilenen yapılardır. Su, doğal gaz, petrol iletimini ve dağıtımını sağlayan gömülü boru hatlarının geçmişten günümüze birçok depremlerde önemli boyutta hasar aldığı gözlenmiştir (Esposito, 2011). Özellikle doğal gaz hatları çok geniş alanlara yayılan altyapı unsurlarından biri olduğu için diğer altyapı unsurlarına göre aldığı hasar aynı olsa bile çevreye verdiği zarar diğerlerine göre daha fazladır.

2.1 Depremın Boru Hatları Üzerindeki Etkileri

Depremler sonrası yapılan gözlemler neticesinde sıvılaşma potansiyeli olan güçsüz zeminlerde, gömülü boru hatlarının geçiş bölgeleri gibi diğer yapılarla kesiştiği yerlerde veya fay kırılmalarının görüldüğü zonlarda depremler sonrası gömülü boru hatları ciddi hasarlar almıştır. Eğer gömülü boru hatlarında bükülebilir özellikte esneklik özelliği yüksek malzeme kullanılmamışsa hasar almaları kaçınılmazdır (Sarıkaya ve Koyuncu, 1999; Arıman ve Muleski, 1981).

Bu hasarların boyutu çok yüksek olabilmekle birlikte örneğin bir doğalgaz boru hattında oluşan deprem sonrası bir hasar, üst yapı hasarlarına ek olarak yangınlara sebebiyet verebilmektedir. Ayrıca, özellikle su boru hatlarında veya pompa

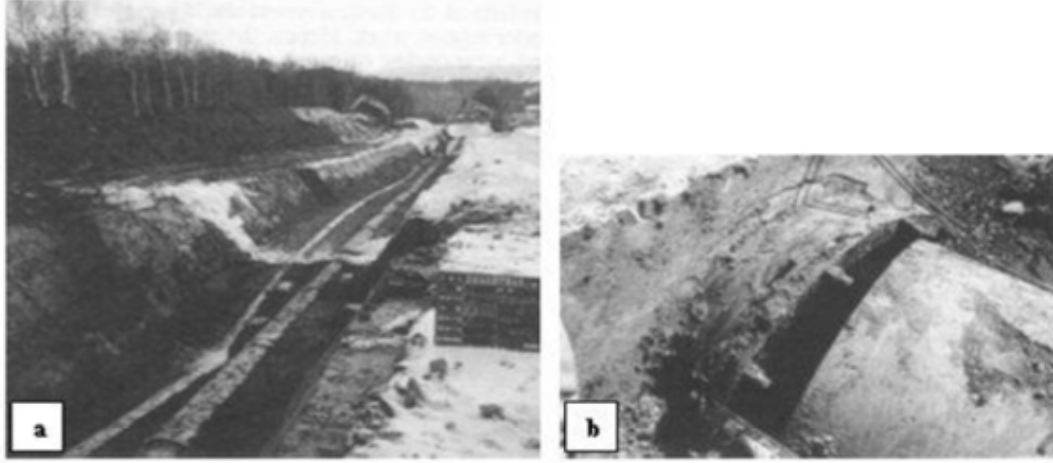
istasyonlarında da bir problem aynı anda meydana gelirse, çıkacak olası bir yangına müdahale etme şansı da ortadan kalkacaktır. Örneğin, 1994 Northridge depremi sonrası Los Angeles şehrinin kuzeyden su getiren ve şehrin su ihtiyacının %75'inden fazlasını sağlayan üç ana iletim hattının merkezi şehrin içme suyu dağıtım şebekesi büyük hasar almıştır. Bu hasar, 1906 San Fransisco depreminden sonra ABD'nin bir su dağıtım şebekesinde gerçekleşen en büyük hasar olarak tanımlanmıştır (Gümüş, 2009).

2.1.1 Hasar türleri

Yapılan çeşitli çalışmalar ve arazi incelemeleri neticesinde deprem sonrası gömülü boru hatlarında oluşan deformasyonlar ve sebepleri aşağıdaki şekilde açıklanmıştır (Toprak, 1998; Rourke ve diğ., 1998).

- Eksenel gerilme ve eğilme deformasyonları: Gömülü boru hatlarının farklı noktalarındaki faz farkı ve dalga yayılması ile meydana gelir.
- Toprak kaymaları ve yer değiştirmeler: Gömülü boru hattı eğer önemli bir fay hattından geçiyorsa, deprem sırasında fay hareketleri büyük yer değiştirmelere ve toprak kaymalarına sebebiyet verir. Veya deprem sonrası zeminde yükselme mevcutsa boru hatları da yer değiştirir (Şekil 2.2/a). Baca birleşim yerlerindeki çatlak ve kırılmalar da Şekil 2.2/b'de gösterilmiştir. 1999 Kocaeli depremi sonrası hasarlı çelik borularda fay kırığı boyunca döşendiği yerlerde yer yer 3m'den büyük ötelenmeler mevcuttur (Şekil 2.3/a). Depremden sonra oluşan yer değiştirme Şekil 2.4'te gösterilmiştir.
- Boruların zemin içinde yüzmesi: 1999 Kocaeli depreminden sonra Gölcük'teki fay kırığı ve zemindeki sıvılaşma sebebiyle Adapazarı gömülü iletim ve dağıtım boru hatlarında çok ağır hasarlar doğurmuştur (Şekil 2.3/b, Şekil 2.3/c).
- Kırılmalar: Boru birleşim yerlerindeki açılma ve kırılmalar da hasar türlerine dahildir.

1999 Kocaeli depremi sonrası beton malzemelerin kullanıldığı borularda fay hatlarından geçen noktalarda burkulmaya bağlı boru kırılmaları çok sık rastlanılmıştır (Şekil 2.3/d).



Şekil 2.2: 1993 Hokkaido-Nansei-Oki depreminde ($M=7.8$) boru hatlarında görülen hasarlar a) 100cm yüzeye çıkan boru hattı b) Borunun bağlantı noktasından ayrılması (Mohri, Yasanuka ve Tani, 1995).



(a), (b)



(c), (d)

Şekil 2.3: Adapazarı boru hatlarında hasarlar (Sağlamer ve Balkaya, 2003).



Şekil 2.4: Kocaeli depreminden meydana gelen yer değiştirme (Gümüş, 2009).

2.1.2 Hasarlara neden olan faktörler

Fay hareketi veya sıvılaşma nedeniyle meydana gelen yer değiştirmeler deprem deformasyonlarının ana nedenidir (Arıman ve Muleski, 1981). Fay hattını veya toprak kaymasını göz ardı ettiğimizde, gömülü boru hatlarında deformasyona yol açacak iki unsur vardır. Bunlardan biri sismik dalgalara bağlı oluşan hasarlar, diğeri ise boruyu saran zemin tabakalarının birbirleri üzerindeki hareketleridir. Yumuşak zemin ile sert zemin arasındaki geçiş bölgelerinde sismik deformasyonlar görülmektedir. Gömülü boru hatlarının sismik davranışlarında, boyuna doğrultudaki hasar; borudaki eğilmeden çok daha büyüktür. Boruların kavisli kısımlarındaki eğilme deformasyonu düz boruların eğilme deformasyonu ile aynı seviyededir. Maksimum deformasyona yer hareketi ivmesinin maksimum olduğunda değil yüzey dalgaları neticesinde ulaşılmaktadır. Süneklik, gömülü boruların sismik mukavemetleri açısından ciddi bir faktördür. Örneğin çelik borular dökme borulara göre daha dayanıklıdır. Fay hattı bölgelerinden geçen borularda burkulmaya bağlı kırılmalar sık karşılaşılan hasarlardandır (Gümüş, 2009).

2.1.2.1 Dalga yayılımı

Zemin deformasyonları zemin boyunca ilerleyen sismik dalgalar sebebiyle meydana gelmektedir. Sismik dalgaların boru hasarlarında en önemli hasar sebebi olduğu araştırmalar neticesinde tespit edilmiştir.

Yüzey dalgalarının yayılım hızları cisim dalgalarının yayılım hızlarından daha az olduğundan yüzey dalgaları aynı parçacık hızına sahip cisim dalgalarına oranla daha büyük zemin ve boru şekil deformasyonlarına sebep olmaktadır (O'rourke, 1995 ve 2008).

2.1.2.2 Fay geçişi davranışı

Parçalı boru hatları ile sürekli boru hatlarının fay hareketi altında davranışları incelenip karşılaştırıldığında, parçalı boru hatlarının sürekli boru hatlarına kıyasla daha az fay hareketine direnebildiği tespit edilmiştir. Bağlantı elemanlarının esneme, dönme ve sıkışma eğilimlerine bağlı olarak parçalı boru hatlarında faya bağlı yer değiştirme oranı belirlenmektedir. Şekil 2.5, borunun iç çapının 1.4 m'ye indiği buruşma noktasında fay hareketi sonucu boruda oluşan hasarın içten görüntüsünü vermektedir (O'rourke, 1995).



Şekil 2.5: Boruda fay kırığı hareketi sonucu oluşan buruşma (Eidinger, 1998).

2.1.2.3 Oturma ve yıpranma

Dolgu zeminden doğal zemine geçiş bölgelerinde veya sıvılaşma ihtimali yüksek yeni alüvyal zeminlerde farklı oturmalarından kaynaklı boru kırılmaları meydana gelmektedir. Ayrıca boruların binalara bağlantı noktalarında da farklı oturmalarından kaynaklı kırılmalar olabilmektedir (G&E Engineering Systems Inc., 2001).

Özellikle dökme demir, parçalı çelik ve dişli çelik borularda kullanım süresine bağlı olarak korozyon meydana gelecek ve yıpranmaya arttırıcı etkide bulunacaktır. Göçme olayları eski borularda çok sık rastlanan bir deformasyondur.

1987 Whittier depremi ve 1989 Loma Prieta depremi sonrası elde edilen kayıtlarda yıpranmaya bağlı boru kırık oluşumunun doğru orantılı arttığını görülmektedir (ASCE-25 Task Committee on Earthquake Safety Issues for Gas Systems, 2002).

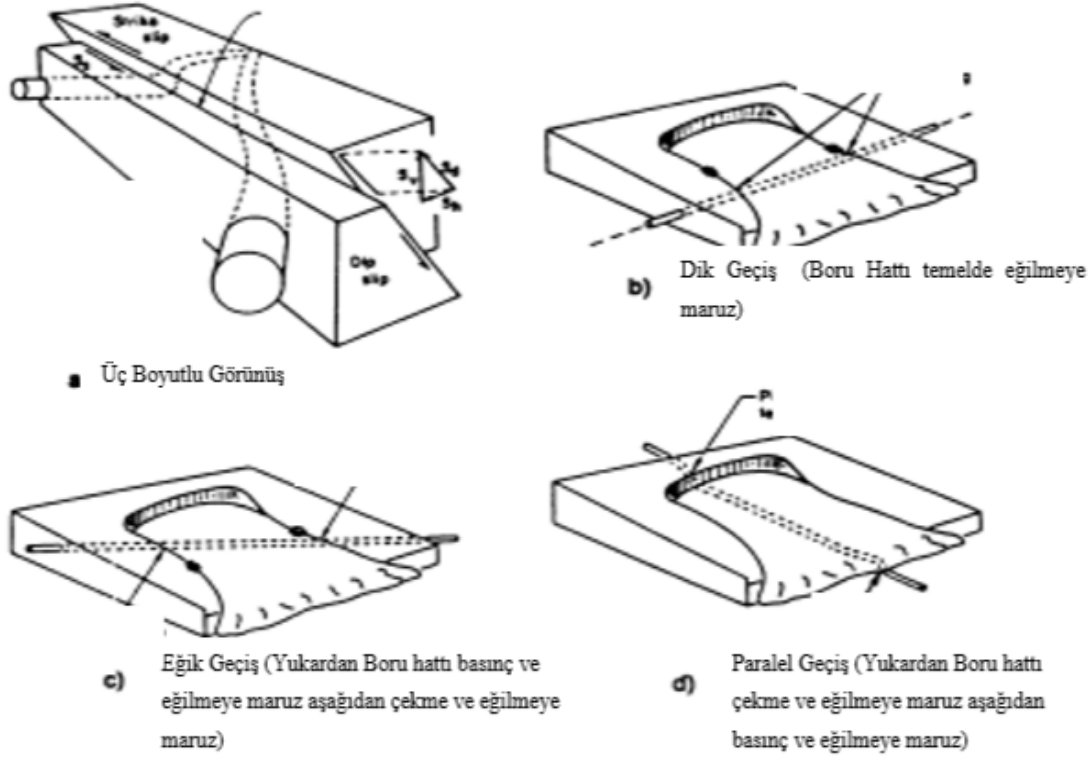
2.1.2.4 Sıvılaşma

Sıvılaşma sonucunda gömülü boru hatları doygun kohezyonsuz zeminlerde zemin yüzeyine doğru çıkar. Burkulma, sıyrılma, boru hatlarında basınç, yüzeye çıkma, yer değiştirme ve kolektörlerin ayrılması sıvılaşma nedenli gömülü boru hatlarında görülen deformasyon örneklerindendir (Damgaard, 2004).

2.1.2.5 Geçici ve kalıcı yer deformasyonları

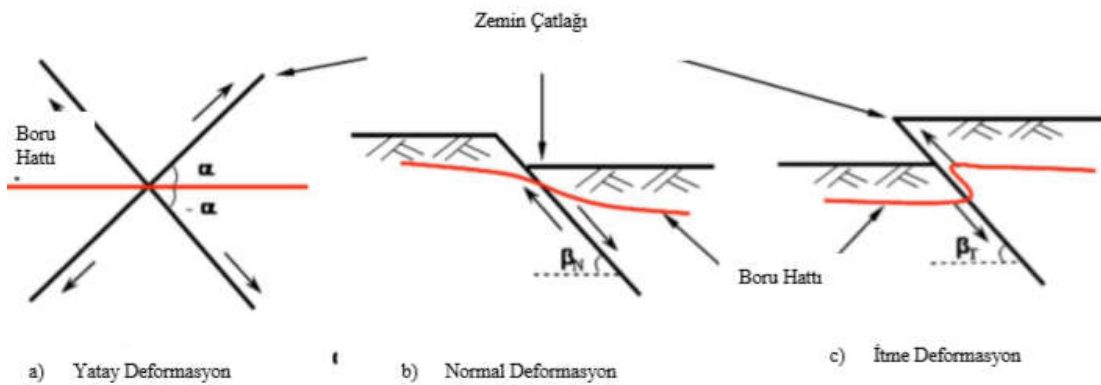
Depremler gömülü boru hatlarına geçici yer deformasyonları (GYD) veya kalıcı yer deformasyonları (KYD) olarak etki ederler. GYD, zeminin depreme dalgaların geçişi sırasında oluşturduğu dinamik etkisi iken, KYD zeminde deprem sonrası oluşan ve kalıcı son yer değişimleridir (Şekil 2.6). KYD etkileri çok büyük olabilmekle birlikte, fay hattı hareketlerini, sıvılaşma sonucu yer değişimlerini, şev kaymalarını ve kohezyonsuz topraklarda meydana gelen farklı oturmaları kapsamaktadır (Toprak ve Yoshzaki, 2003).

Şekil 2.6/a fay hattından geçen bir boru hattının fay hareketine bağlı olarak maruz kaldığı etkileri göstermektedir. Normal bir fay, boruda çekme gerilmesi oluştururken ters bir fay boruda basınç gerilmesine neden olmaktadır. Şekil 2.6/b fayın hareket yönüne dik yönde geçen bir boru hattında bir şev kayması veya sıvılaşma sonucu ortaya çıkan yanal yer değiştirmenin etkisini göstermektedir. Yanal atılımlı faylar gömülü boru hattı ve fay kırığı arasındaki açığa bağlı olarak boru üzerinde çekme veya basınç gerilmesi oluştururlar ve borularda eğilmeler veya uzamalar meydana getirmektedirler. Şekil 2.6/c boru hattının geçişinin KYD'ye göre eğikse boru hattında oluşan eğilmeye ek, yer hareketinin sınırlarındaki basınç ve çekme gerilmelerini göstermektedir. Doğrultunun aynı olmasında ise yer hareketinin baş kısmında boru hattı eğilme ve çekme gerilmelerine maruz iken hareketin topuk kısmında eğilme ve basınç gerilmelerine maruz kalmaktadır (Şekil 2.6/d) (O'rourke, 1995).

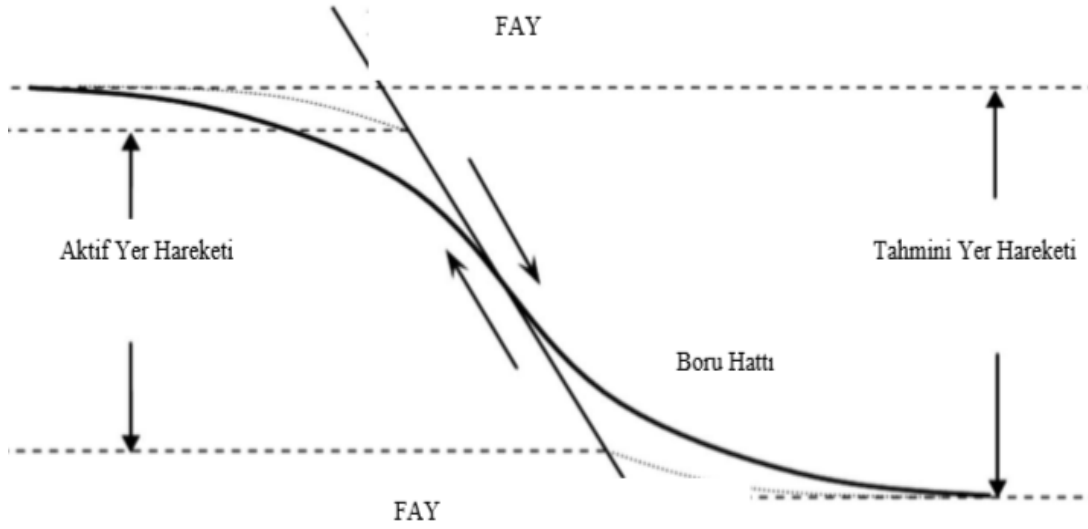


Şekil 2.6: KYD sonucunda zemin ile boru etkileşimi (O'rourke, 1995).

Genel olarak KYD'ler farklı yer hareketleri içinde boruların hasara uğradıktan sonra yatay ve/veya dikey kaymasını veya yer düzlemine doğru hareketini kapsamaktadır. Şekil 2.7 yer hareketi sebebiyle çekme veya basınç uygulanan boruya, faylanmanın çeşidi ve yönüne göre hem borudaki hem de faydaki rölatif yönelmeleri göstermektedir. KYD'ler eğilme gerilimleri ve eksenel gerilme sebebiyle borunun içinde oluşur ve boru hatlarında oluşan potansiyel deformasyonlar borulardaki tüm gerilmeleri etkilemektedir (Şekil 2.8) (Eidinger, 1998).



Şekil 2.7: Farklı zemin ayrılma modelleri (Eidinger, 1998).



Şekil 2.8: Boru deformasyonuna bağlı yer hareketi (Eidinger, 1998).

2.2 Deprem Tehlike Haritası

Deprem tehlikesi altında olan yerler konumsal olarak belirlendikten sonra, tehlikenin boyutunu ve konumuyla birlikte görselleştirmek amacıyla üretilen sayısal haritalara deprem tehlike haritası denir. Deprem tehlike haritaları üretilirken bölgeye uygun azalım ilişkileri, bölgenin jeolojik yapısı ve topografik haritaları kullanılır (Karaman diğ., 2014).

2.2.1 Deprem Tehlikesi

Depremlerden direk kaynaklı veya depremlerin dolaylı olarak neden olduğu heyelan, köprülerin çökmesi, sıvılaşma gibi can ve mal kaybına neden olma potansiyeli bulunan durumlara deprem tehlikesi denir. Depremi oluşturduğu noktadan etrafına giderek azalarak yayılan titreşim dalgalarının ivmeleri ve hızları tehlike olarak nitelendirmenin unsurlarından biridir (Kundak & Türkoğlu, 2007).

2.2.2 Hasar görebilirlik

Hasar görebilirlik (vulnerability), bir tehlikenin meydana gelmesi sonucu risk altındaki belirli bir unsurun veya bu tür bir dizi unsurun kayıp derecesi olarak tanımlanır. Hasar görebilirlik için iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşım depremden sonra hasarları saha gözlemleriyle tespit etmektir. İkinci yaklaşım ise, yapıların sayısal ve tarihsel analizleridir (KOERI, 2002). Söz konusu yaklaşımlar, hasar görebilirlik derecesini azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için önemli unsurlardır.

2.2.3 Risk

Sismik risk depremin neden olacağı tahmin edilen zararın meydana gelme olasılığı olarak tanımlanmıştır (Akbulut & Aytuğ, 2005). Risk özelliğinin olabilmesi için, deprem tehlikesi ve hasar görülebilirlik unsurlarının da olması ve bunların bir arada değerlendirilmesi gerekir. Değerlendirmeler sonucu bütün tehlike olasılıklarının meydana çıkması durumuna risk denir. Kimsenin yaşamadığı bir bölgede can ve mal kaybı olmadan sonuçlanan depremler afet olarak nitelendirilmez (Akbulut & Aytuğ, 2005). Dolayısıyla bu durum risk olarak değerlendirilemez.

2.3 Afet Yönetimi

Doğal olarak gerçekleşen veya insan kaynaklı nedenlerden dolayı normal yaşamı etkileyen olumsuz sonuçların bütününe afet denir. Afetlerin önlenmesi imkânsızsa yakın olsa da afetlerin toplum üzerindeki yıkıcı etkilerini aza indirgenebilir. Bu amaçla afet öncesinde ve sonrasında yapılan araştırmalar, planlar ve uygulamalar gibi çalışmalara afet yönetimi denir (Erkal & Değerliyurt, ty). Planlanmış afet yönetimi ile toplumu üzerindeki deprem kaynaklı yıkıcı etkileri en aza indirgeyerek gerek maddi gerek manevi olarak afet sonrasında refahı sağlayabiliriz.

2.3.1 Entegre afet yönetimi

Entegre afet yönetimi, afet yönetiminin evrelerinden oluşmaktadır. Bu evreler, zarar azaltma, Hazırlıklı olma, müdahale ve iyileştirmeden oluşur.

Zarar azaltma: Önlem olarak da tanımlanabilir. Merkezi ve il düzeyinde kurtarma ve acil yardım planlarının hazırlanması ve geliştirilmesi, görevli personellerin bilgi düzeylerinin artırılması ve tatbikatlar yapılması, teçhizat merkezlerinin kurulması ve malzeme stoklarının yapılması gibi unsurların hepsi zarar azaltma olarak yapılması gereken faaliyetler olarak tanımlanmıştır (Güngör, 2015). Afet sonrasında kullanılamaz hale gelen yapıların iyileştirme çalışmaları veya alternatif yolların belirlenmesi olarak da tanımlanabilir.

Hazırlıklı Olma: Afet sonucunda meydana gelebilecek hasarların önceden tahmin edilmesi ve buna göre önlemlerin alınması ayrıca sürprizlere karşı hazırlıklı olunması gereken aşamadır.

Zarar azaltma evresi iyi bir şekilde planlanırsa hazırlıklı olma evresi zaten tamamlanmış olur. Bu nedenle afet öncesinde çalışmalar detaylı ve özenli yapılmalıdır. Çünkü afet sonrasındaki aşamalardaki çalışmaların sonucunun yüksek verimde olması, önceki evrelerin güvenilirliği ve doğruluğuyla orantılıdır.

Müdahale: Arama kurtarma, tedavi, tahliye, ilk yardım, hasar tespiti gibi unsurlardır. Emniyet kuvvetleri, ilk yardım ve sağlık hizmetlerinin ortak görev aldığı evredir.

İyileştirme: Afet öncesinde ve sonrasında sosyal, ekonomik ve psikolojik olarak iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. İyileştirme çalışması kapsamında, afetin olumsuz etkilerinden bir an önce kurtulup topluma yeni yaşam yerleri planlama, hasar kayıplarının tespiti ve telafisi gibi çalışmalar vardır (Karakuyu & Demirci, 2004).

2.4 Coğrafi Bilgi Sistemleri

Yeryüzündeki her türlü verileri toplama, depolama, işleme, analiz etme ve sonuç çıktılarının alınmasına yönelik konuma dayalı mekânsal verilerin sunulduğu yazılım, donanım ve kullanıcılardan oluşan sisteme CBS denir (İnan & İzgi, 2011). Sayısal ve sözel dataların bir arada değerlendirilmesine imkan sunan, hızlı ve güvenilir sonuca ulaşmak için CBS, birçok meslek dallarında kullanılmaktadır. Sonuç verilerin doğruluğu toplanmış verilerin doğruluğu ile orantılı olduğu için veri toplama aşamasının iyi planlanmış olması gerekmektedir.

CBS’de vektör veri ve raster veri olmak üzere iki adet veri türü vardır. Vektör veriler nokta, çizgi ve alanlardan oluşur (Zeydan, 2013). Örneğin; sondaj açılan yerler noktasal, boru hatları çizgisel, boruların geçeceği parseller ise alansal verilerdir. Raster veriler ise piksellerden oluşan ve çözünürlük özelliğine sahip datalardır. Örneğin; çalışılacak bölgede çekilmiş hava fotoğrafları raster datalara örnektir.

CBS, mekânsal verilerin bir arada sunulmasını sağlar. Mekansal veriler konum (koordinatlar), öznitelikler (yer adı, tarif), topoloji (yerin yönlerle tarifi), geometri (parsel sınırı), açıklık açısı ve coğrafyadan oluşur (Karaman, ty). Mekansal veriler yapılacak analizlerin türünü belirler.

2.4.1 Afet yönetiminde CBS kullanımı

Afet yönetiminde, CBS kullanımı kısa sürede güvenilir bilgiye ulaşmak için önemli bir unsurdur. Tehlike alanının büyüklüğü, tehlike alanında kaç kişi olduğu, hastanelere kolay ulaşım yollarının belirlenmesi, en fazla hasar gören yolların ve binaların analizi gibi istatistiksel analizler sunabilirler (Akay, 2016). Analiz sonucunda görsel olarak renkli haritalar, tablolar veya grafikler halinde sonuçların alınması hem kolaydır hem de anlaşılırdır.

Demirci ve Karakuyu (2004) göre afet yönetimi için CBS’de olabilecek bazı katmanlar ve bu katmanların içerikleri aşağıdaki gibi örnekler vermiştir.

Afet Verileri: Afetlerin zarar verdiği yerler, sebepleri, derecesi, afet risk haritaları (heyelan, deprem, sel, volkan vb.),

Nüfus Verileri: Nüfus miktarları, kamu personel adresleri, itfaiyeciler, ilk yardım konusunda eğitim almış personel adresleri, tapu mülkiyet verileri gibi,

Çevresel Veriler: Jeoloji haritaları, hali hazır haritalar, topografik haritalar

Yerleşim Verileri: Kamu binaları, il ve ilçe sınırları, binalar vb.

İhtiyaç Verileri: İtfaiyeler, ecza depoları, gıda depoları gibi,

Altyapı Verileri: Yollar, köprüler, atık su boru hatları, içme suyu hattı, doğal gaz hattı, enerji nakil hatları, su arıtma tesisleri gibidir.

Afetin türüne göre katmanların içeriği belirlenir. Güncel bilgiye kısa sürede ulaşmak, çeşitli analizler ile afetin etki alanının belirlenmesi ve arama kurtarma çalışmalarının yönlendirilebilmesi için önem teşkil etmektedir.

2.5 HAZTURK Yazılımın Özellikleri

Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından desteklenen ABD’de sismik hasar analizi için kullanılmak üzere Hazards United States (HAZUS) ve Mid-America Earthquake Visualization (MAEviz) yazılımları geliştirilmiştir (Karaman ve diğ., 2009). Amerika’da Mid-America Earthquake (MAE) Center tarafından geliştirilen bu yazılımlar sonuç bazlı risk yönetimin (CRM) bir modelidir (Karaman ve diğ., 2009).

America Earthquake Centre Visualization (MAEviz) ortaklığında ITU tarafından başlatılan proje ile Türkiye standartlarına uyarlanmış ve HAZTURK yazılımı geliştirilmiştir. HAZTURK, Türkiye’de sismik risk alanlarının belirlenmesi, deprem tehlike haritalarının oluşturulması ve depremden sonra meydana gelen kayıpların analizinin yapılması için kullanılan etkili bir yazılımdır. Deprem kayıp analizi için HAZTURK yazılımının temel GIS bileşenleri afet, kırılganlık ve envanterdir (Karaman, 2008). Çalışma bölgesinin sismik aktivitelerinin incelenmesi, azalım ilişkilerinin araştırılması ve bölgeye en uygun azalım ilişkisinin belirlenmesi afet ve kırılganlık için yapılan çalışmalardır. Envanter ise bölgedeki bina sayısı, kullanımı, yapı türü gibi birçok özneliğin bir araya gelmesiyle oluşan veri tabanıdır. Üç aşamama tamamlandıktan sonra kayıp analizi çalışması yapılır.

HAZTURK yazılımı kullanılarak yapılan deprem kayıp analizlerinin uygulama alanları ve analiz çeşitleri aşağıdaki gibi (Şahin ve diğ, 2008) tarafından listelenmiştir

Genel: Deprem Senaryoları, Sıvılaşma potansiyeli indeksi

Binalar: Hasar tespiti, ekonomik kayıp, tamir etme ve güçlendirme, fayda maliyet analizi

Köprüler: Hasar ve işlevsellik tespiti, tamir ve güçlendirme maliyeti, Maliyet tahmin analizleri

Lifeline (Boru hatları): Doğal gaz boru hatları, elektrik ve su hatları gibi yapıların kayıp ve maliyet analizi bu yazılım sayesinde yapılır.

Bütün bu analizleri gerçekleştirmek için afetin büyüklüğü, kırılganlık ve envanter parametrelerinin bir arada değerlendirilmesi ve böylece bölgeye ait hasar ve kayıp tahminlerinin yapılması için CBS kullanıma ihtiyaç vardır (Karaman ve diğ., 2011).

CBS ile entegre çalışmaların birlikte değerlendirilmesiyle kayıp analizleri yapılır ve deprem tehlike haritaları oluşturulur. Taşlıova (2009) çalışmasında, HAZTURK yazılımında kullanılabilen ve temel ve alt analizler Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1: HAZTURK’te kullanılabilen analizler (Taşlıova, 2009).

Köprüler	Binalar	Karar Destek	CBS	Afet	Altyapı	Sosyal Analizler	Geçerleme
Köprü Hasarı	Bina Maliyet Fayda	Eşdeğer Maliyet Analizi	Poligon Olarak Birleştirme	Sıvılaşma Potansiyeli Indisi	Gömülü Boru Hattı	İş Kesintisi Analizi	Kırılganlık Eşleme Analizi
Köprü Fonks.	Bina Hasarı	Çok Öznitelikli Fayda Analizi	DEM-Eğim Haritası Analizi	Deprem Senaryo Analizi	Elektrik Trafo Kaybı	Evsizlik Analizi	Kullanım Türü Eşleme Analizi
Sürekli Köprü Fonks.	Özniteliğe Göre Bina Hasarı	Statik Trafik Modeli ile Ağ Bazlı Sismik Güçlendirme	İlgili Bölge için Özellik Ara Kesiti		Su Deposu Hasarı	Sosyal Hasar Görebilirlik Analizi	Afet Geçerlik Analizi
Köprü Tamir Masrafı	Bina Ekonomik Kaybı		İki Poligon Arasında Ara Kesit				
Köprü Güçlendirme Fayda/Maliyet Oranı	Bina Sıvılaşma Analizi (HAZUS)		Yeniden Sınıflandırma				
Köprü Güçlendirme Maliyeti Tahmini	Bina İçerik ve Yapısal Olmayan Hasarı						
	Bina Tamir Maliyeti						

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1 Gömülü Boru Hatları Üzerinde Sismik Tehlike Analizi ve Kayıp Tahmini için Dünyadan ve Türkiye’den Örnekler

Depremler sonucunda boru hatlarında meydana gelen hasarlara dünyadaki en iyi örnekler: 1971 San Fernando (California) depremi, 1993 Hokkaido Nanski-Oki (Japonya) depremi, 1999 Gölcük (Türkiye) depremleridir. Dünyadaki birçok örneğini gördüğümüz depremlerden kaynaklı borular üzerindeki hasarların, önceden tahmin edilerek bu sarsıntılardan dolayı yer değişimlerine dayanaklı tasarlanması için sismik risk analizine ihtiyaç vardır. Bu kapsamda, dünyada birçok sismik risk analizi çalışmaları yapılmış ve yazılımlar geliştirilmiştir.

3.1.1 Azerbaycan doğalgaz boru hattı için sismik risk analizi

Doğu Azerbaycan eyaletindeki Saveh şehri ile Batı Azerbaycan eyaletindeki Urmia şehri arasındaki yaklaşık 600 kilometre uzunluğundaki 48 inç çapındaki doğal gaz hattı için 2012 yılında Hesari ve diğerleri tarafından deprem tehlike analizi yapılmıştır. Boru hattı boyunca zeminde, beklenen yer sarsıntısının hesaplanması ve için CRISS 2007 yazılımı kullanılmış ve sismik kırılgenlik fonksiyonu HAZUS kılavuzuna göre hesaplanmıştır. Hesari ve diğerleri çalışmalarında, WGS84 koordinat sisteminde farklı katmanları tek bir sistemde değerlendirmek için ArcGIS 9.3 yazılımını kullanmışlardır.

Sismik risk analizi çalışmasında kullanılan program girdileri: CRISS 2007 yazılımında Possion ve the characteristic earthquake model olmak üzere iki adet sismisite parametresi vardır. Bu çalışmada Possion Modeli Guttenberg-Richter parametreleri seçilmiştir. Aletsel ve tarihsel fay hareketleri kayıtları, fay hatlarının konumları ve kırılgenlik eğrileri kullanılmıştır.

Kullanılan azalım ilişkileri aşağıdaki gibidir:

Zafarani et al. (2011)

Campbell, Bozorgnia (2008)

Ghasemi et al. (2009)

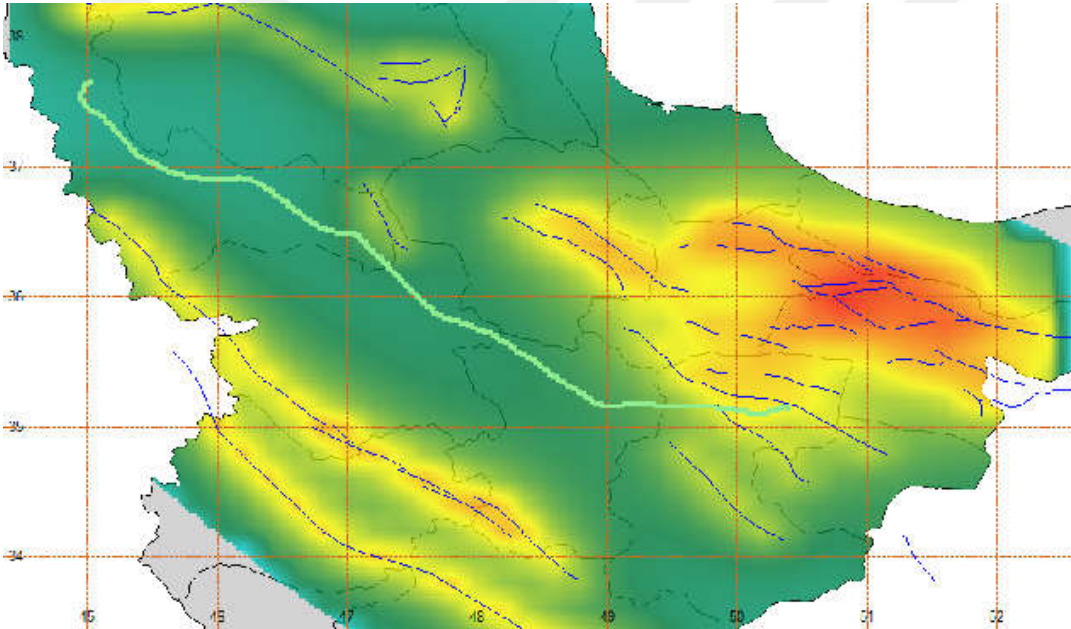
Sharma et al. (2009)

Ghasemi et al. (2009) ve Sharma et al. (2009) azalım ilişkileri, sadece Peak Ground Acceleration (PGA) tahmin edebildiği için Peak Ground Velocity (PGV) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Hesari ve diğ, 2012).

$$PGV = \left(\frac{386.4 * S_{a1}}{1.65} \right) \quad (5.3)$$

S_{a1} , bir saniyelik peiyodlardaki spektral ivmelenmeyi tanımlar.

Bütün girdi datalar hazırlandıktan sonra olasılıksal deprem hasar analizi 2475 yıllık dönüşüm periyodu ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.1: 2475 yıllık peridotta beklenen PGV (Hesari ve diğ, 2012).

Hesaplanan hasar analizinin sonuç görüntüsü Şekil 3.1' de verilmiştir. CRISIS2007 yazılımı kullanılarak alınan sonuç görüntüde, hasar olasılığının yüksek olduğu yerler, fay hatlarının yoğun olduğu yerlerdir ve kırmızı ile tanımlanmıştır.

Tamir Katsayısı Hesapları ve Kayıp Tahmini:

Tehlike sonuçları CRISIS 2007 yazılımında export edilip ArGIS yazılımına entegre edilerek 475 ve 2475 yıllık periyotlar için tamir sayıları hesaplanmıştır. HAZUS el kitabına göre sismik dalgaların boru hatlarına verdiği zarar 80% oranında sızıntı 20% oranında ise kırılma veya kopma olarak tanımlanır.

Çizelge 3.1: 475 ve 2475 yıllık tamir ve kırılma oranları (Hesari ve diğ,2012).

Length (m)	Return Period, 475 years				Return Period, 2475 years			
	PGV	Repair no.	Leaks	Breaks	PGV	Repair no.	Leaks	Breaks
2000	18.45	0.042329	0.033864	0.008466	27.69	0.10553	0.084424	0.021106
2000	18.65	0.043369	0.034694	0.008674	28.05	0.108643	0.086914	0.021728
2000	18.52	0.042692	0.034154	0.008538	27.86	0.106994	0.085595	0.021399
2000	18.44	0.042278	0.033822	0.008456	27.74	0.10596	0.084768	0.021192
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
SUM: 618Km		4.063306	3.250671	0.812652		10.088101	8.070484	2.017629

Sonuç olarak Çizelge 3.1’de, 2475 yıllık periyotta yaklaşık olarak 10 adet tamir sayısı bulunmuştur. 8 adet sızıntı, 2 adet ise kırılma sonucu oluşmuş hasarlardır. Toplam maddi kayıp sızıntılar ve kırılmalar için ayrı ayrı, tamir sayısı, gaz kaybı, tamir maliyeti göz önüne alınarak hesaplanmış bir milyonun üzerinde bir maliyet bulunmuştur.

3.1.2 Karaman (2008) doktora tezi çalışması

“Sonuç bazlı risk yönetimi ve deprem kayıp analizi” adlı tez çalışmasında Karaman (2008), İstanbul ili Zeytinburnu ilçesi için bina ve doğalgaz hattı için sismik risk analizi yapmıştır. Bu tez çalışmasında, depremden dolayı gömülü boru hatlarında meydana gelebilecek hasarların tahmini HAZTURK yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Hasar tahmini için girdi datalar, maksimum Zemin Hızı (PGV) afet veya risk haritası, kırılma eğrileri boru birleşim tipi, boru materyali, boru çapı ve parça uzunluğu ile mevcut zemin türünden oluşur (Karaman, 2008). Söz konusu bu girdiler kullanılarak kilometre başına tamir oranının hesaplanır (RR) ve bu değer parça uzunluğu ile çarpılarak gerekli analiz yapılır (Karaman, 2008).

Çizelge 3.2’ deki tanımlı kırılma eğrileri kaynak depremler ve gerekli eşleşme verisi olarak gösterilmiştir. Bu kapsamda çalışma bölgesine en uygun kırılma eğrisi Eidinger (2001) olarak seçilmiştir. En uygun azalım ilişkisi ise Boore and Atkinson, (2006) NGA kullanılmıştır.

Çizelge 3.2: Gömülü boru hatları için kırılma eğrileri (Karaman, 2008).

Materyal	Araştırmacı	Temel Kırılma Eğrisi	Boyutsuz Katsayısı (K)	Kaynak Depremler	Gerekli Eşleme Verisi	NOT
Dökme Demir Boru Eğrilebilir Demir Boru Asbest Çimento Boru Asbest Çimento Boru	O'Rourke, T and Jeon (1999)	$RR=0,050*(PGV/D)^{1,138}0,865$ $RR=0,004*(PGV/D)^{0,468}1,378$ $\text{Log}(RR) = -4,59*\text{Log}(D)+8,96$ $\text{Log}(RR) = 2,26*\text{Log}(PGV) - 11,01$	N/A	Northridge Depremi (1994)	Boru Materyali, Çap Boru Materyali, Çap Boru Materyali, Çap Boru Materyali	RR: Tamir / Km PGV: cm / s D: cm PGV: cm / s
Gömülü Boru Hattı	O'Rourke, M and Ayala (1993)	$RR=K \times 0,00003 (PGV)^{2,65}$	1,0 – Dökme Demir, Asbest, Çimento, Beton 0,3 - Çelik, Eğrilebilir Demir, PVC	Amerika'da n 4 Meksika'da n 2 olmak üzere, 11 deprem verisi	Boru Materyali Boru Materyali	RR: Tamir / Km PGV: cm / s
Gömülü Boru Hattı	Eidinger (2001)	$RR=K*0,00187*PGV$	Birleşme Bağlı, Birleştirme Tipi, Zemin Durumu ve Çap	18 depremden 81 veri noktası	Boru Materyali, çap, birleştirme tipi, zemin türü	PGV: in / s RR: Tamir / 1000 ft

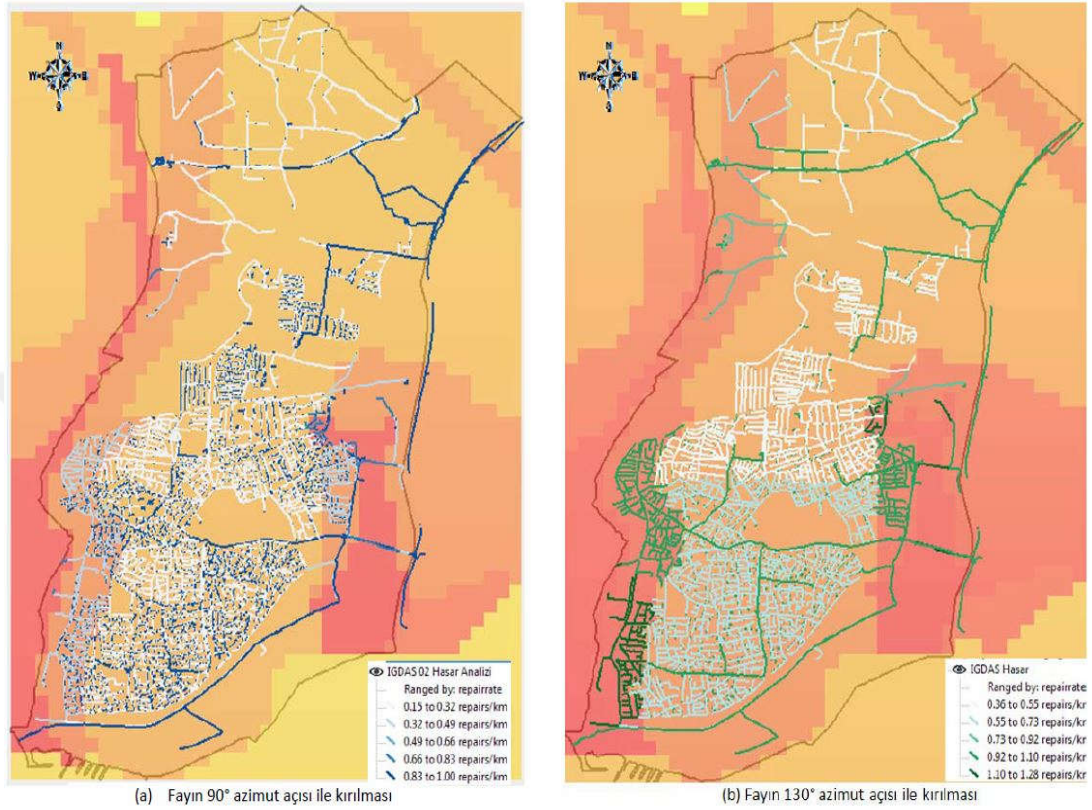
Eidinger (2001)' in metodundaki “K” katsayısının borunun materyali, birleşme tipi, zemin durumu, boru çapına göre olan “K” değerlerinin bölgeye uygun olanları kullanılmıştır. Bunlardan bazıları Çizelge 3.1’ te verilmiştir.

Çizelge 3.3: Eidinger (2001) “K” katsayısı değerleri (Karaman, 2008).

Boru Materyali	Birleştirme Tipi	Zemin	Çap	K
Dökme Demir	Çimento	Tüm	Küçük	1,0
Dökme Demir	Çimento	Aşındırıcı	Küçük	1,4
Dökme Demir	Çimento	Çürütmez	Küçük	0,7
Dökme Demir	Lastik Conta	Tüm	Küçük	0,8
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Tüm	Küçük	0,6
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Aşındırıcı	Küçük	0,9
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Çürütmez	Küçük	0,3
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Tüm	Büyük	0,2

HAZTURK yazılımı ile deprem hasar tahmini yapılan Zeytinburnu ilçesindeki doğalgaz boru hatları için iki adet senaryo belirlenmiştir. Fay hattının 90 ve 130 derece azimut açısıyla kırılma senaryolarındaki sonuç Şekil 3.2’deki gibidir.

Fayın 130 derece azimutla ile kırılması sonucunda gömülü boru hattına vereceği hasar sayısı, fayın 90 derece azimutla kırılmasıyla vereceği hasar sayısından daha fazladır. Ayrıca iki farklı görüntüye bakıldığında kırılacak fayın azimut açısı 130 derece olan senaryoda hasarın etki alanı daha fazladır.



Şekil 3.2: Zeytinburnu doğalgaz boru hattı hasarları (Karaman, 2008).

3.1.3 Toprak ve Taşkın (2006) Gömülü boru hatlarında depremde kaynaklanan hasarların tahmin edilmesi

Toprak ve Taşkın (2006) çalışması incelendiğinde; gömülü boru hatlarında depremler sonrası oluşan hasarların etkileri görülebilmektedir. Bilindiği üzere 1999 Adapazarı depremi yakın geçmişin hasarı en yüksek depremlerinden biridir. Başta Kocaeli ve Düzce olmak üzere birçok şehirde azımsanamayacak sayıda su kaynağının tahrip olmasına sebep olmuştur. Hatta Adapazarı'nın tüm su dağıtım kaynakları tahrip olmuş; deprem sonrası birkaç ay düzeltilememiştir.

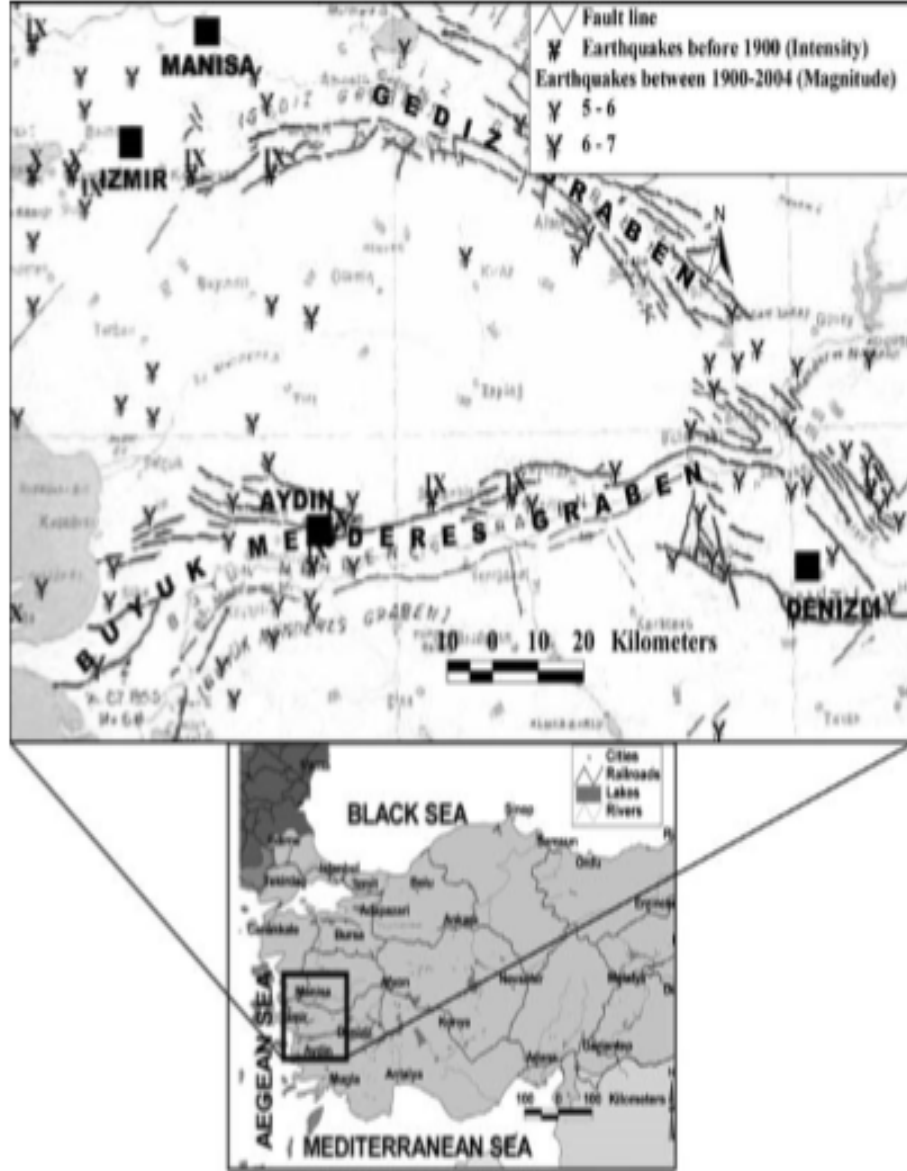
Deprem sonrasında bu tür durumları önlemek veya en az hasara indirmek için elverişli kaynaklar ve acil durumlar için yedeklemeyi içeren bir sismik planlama ihtiyacıdır. Olası depremler için fiziksel kayıp tahminleri çeşitli kuramları içinde barındırmalıdır.

Gömülü boru hattı hasarı tahmini metotları; kırılmalık eğrileri, hasar fonksiyonu, hasar görebilirlik fonksiyonu gibi ilişkileri kullanır. Bu ilişkiler öncelikle deneylere ve geçmiş depremlerin sonuçlarına göre saptanmıştır

Geçtiğimiz yüzyılda şiddeti orta büyüklükten yüksek büyüklüğe değişen çeşitli depremler, gömülü boru hatlarında hasarlara yol açmıştır. Hem dünyada hem ülkemizde çeşitli araştırmalar yapılmış olup gömülü boru hatları hasarlarıyla yer sarsıntılarının doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Ülkemiz Ege Bölgesi'nde yer alan Denizli ili önemli endüstriyel ve turizm merkezi olmasının yanı sıra Batı Anadolu Bölgesi'nin de yüz ölçümü en geniş şehridir. Yapılan çalışmalarla şehrin su boru hatları sayısallaştırılmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) veri tabanı ile analiz edilmiştir. Birden fazla deprem teorisi ve farklı büyüklüklerle çalışmalar tamamlanmış ve hasar ilişkileri farklı yer sarsıntısı düzeylerinde karşılaştırılmıştır. Şekil 3.3 (Toprak ve Taşkın, 2006) 1900 yılından önce bu bölgede gerçekleşen Kandilli Rasathanesi ve KOERI deprem araştırma enstitüsü verilerine dayanarak maksimum şiddetli tarihi depremler ile 1900-2004 yılları arasında gerçekleşen 5 şiddeti üstündeki depremleri göstermektedir.

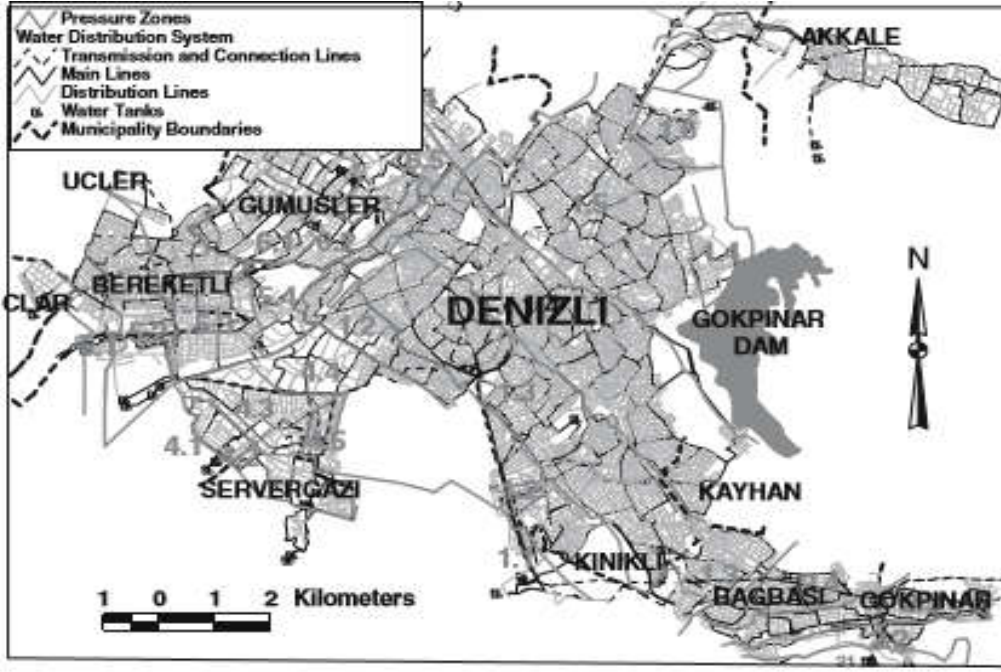
Şekilden de görülebildiği üzere Ege Bölgesi şiddeti 9-10 arasında değişen çok sayıda deprem yaşamıştır. Birçoğu eskiden Hierapolis isimli Roma şehri, günümüz adıyla Pamukkale'nin içinde bulunduğu Denizli şehri ve çevresinde gerçekleşmiş olup çok ağır hasarlar doğurmuştur.

Önceki çalışmalar göz önüne alındığında bu çalışma için olası bir Denizli depreminin ortalama şiddeti 6.0-7.0 olarak incelenmiş olup son zamanlardaki sivilaşma ve sarsıntı hasar haritalaması bu büyüklükler üzerinden yapılmış ve su kaynaklarında meydana gelebilecek hasar yorumlanmıştır (Toprak ve Taşkın, 2006).



Şekil 3.3: Denizli çevresi fay hatları, geçmiş depremler (Menderes Graben, 2004).

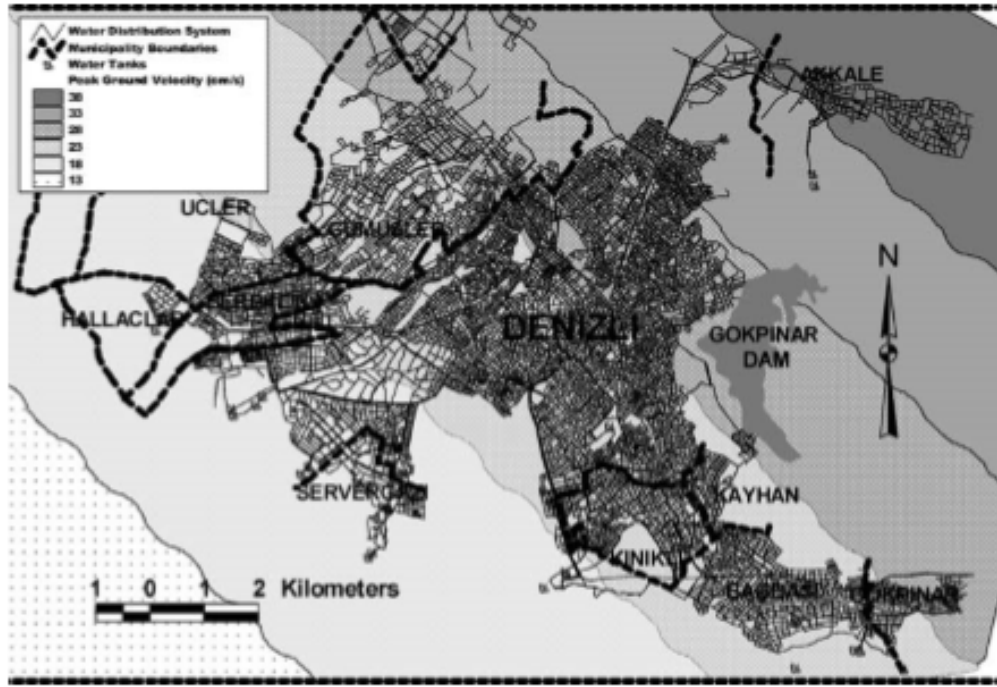
Denizli ili su kaynakları dağılımı, 1960-2010 yılları içinde %500 den fazla artan nüfusa bağlı olarak oldukça arttırılmış; mevcut ve gelecekteki talep artışları göz önüne alınarak milyon dolarlık yatırımlar yapılmıştır. Denizli'nin su ihtiyacı dört farklı kaynaktan karşılanmaktadır. Bölgenin uygun topografyasından dolayı Çamlık ve Yenişehir gibi yüksek rakımlı yerler hariç tüm su dağıtım sistemlerinin akışı, yerçekimi ile desteklenmekte ve Denizli'nin tüm belediyelerinin su dağıtım boru hatlarının haritası olan Şekil 3.4'te de görüleceği üzere 7 ana basınç bölgesinden oluşmaktadır. Dağıtım sistemi, bölgeler birbirinden bağımsız olacak şekilde tasarlanmış olup olası bir hasar da sadece bireysel kayıp olması amaçlanmıştır (Toprak ve Taşkın, 2006).



Şekil 3.4: Denizli ili su kaynak sistem haritası (Toprak ve Taşkın, 2006).

Farklı büyüklüklerdeki depremlerin hasar etkisinin belirlenmesi ve hasar ilişkilerinin farklı yer sarsıntıları hassasiyetlerinin anlaşılması için yukarıda da bahsedildiği üzere dört farklı deprem büyüklüğünde çalışmalar yapılmıştır. Biri Pamukkale fay hattı, diğeri Karakova-Akhan fay hattı olmak üzere iki farklı fay kırılması GIS kullanılarak dikkate alınmıştır. Her bir deprem senaryosu için ortalama pik yer hızı (PGV) sınırları, Denizli haritasını 1x1 km grid sistemine bölerek ve PGV 'yi her bir grid'in köşesinde belirleyerek geliştirilmiştir. Eğer hasar korelasyonu gerektiriyorsa, maksimum PGV hesaplanırken ortalama PGV, O'Rourke ve Jeon'un (2000) Northridge deprem datalarına dayanarak önerdiği üzere 1.21 ile çarpılır.

Bu rakam Campbell (1997) verileriyle de benzerdir. Campbell dünya çapında çalıştığı deprem verileri neticesinde geometrik PGV'nin maksimum PGV'den %17 az olduğunu belirlemiştir (Toprak ve Taşkın, 2006). Şekil 3.5, su kaynakları sistemlerinin PGV bölgeleri üzerine yerleştirilmiş görüntüsüdür. Fay hatları kuzey Denizli'de yoğun olduğundan, uzunlukları GIS kullanılarak hesaplanan kuzey Denizli'den güney Denizli'ye doğru tekrarlanan PGV'ler mevcuttur. Her bir PGV bölgesi ile ilişkili onarım oranı boru hattı hasar korelasyonu kullanılarak belirlenmektedir. Onarım sayısı daha sonra her bir PGV'nin onarım oranı ve boru hattı uzunluğuyla çarpılarak hesaplanmaktadır. Onarımlar kırılğan, duktıl ve tüm boru hatları için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Toprak ve Taşkın, 2006).



Şekil 3.5: 6.3 şiddetli Pamukkale fay hattı deprem senaryosundan PGV bölgelerin üzerine yerleştirilen su kaynak sistemi (Toprak ve Taşkın, 2006).

Geçmiş tüm çalışmalar ve HAZUS kullanılan hasar tahmini analizlerinde (FEMA, 1999), duktıl boru hatlarının hasar görülebilirliği kırılkan boru hatlarının %30'u olarak varsayılmıştır. Bunun bir diğer anlamı, duktıl boru hatlarının onarım oranı aynı PGV kırılkan boru hatlarının %30'udur (Toprak ve Taşkın, 2006).

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6, Denizli ili su kaynak sistemlerinin sırasıyla Pamukkale ve Karakova-Akhan fay kırılmalarının farklı deprem senaryoları için boru hatları üzerindeki hasar tahminini göstermektedir.

Toplam onarım sayısının yanı sıra kırılkan ve duktıl boru hatlarının onarımları da görülebilmektedir. Sonuçlar Çizelge 3.4'te dökme demir (CI) ve duktıl demir (DI), bir diğer isimleriyle kırılkan ve duktıl boru hatları, arasındaki ilişkiyi tanımlayan tüm hasar ilişkileri için gösterilmiştir. Denizli'deki hasar yüzey dalgalarından ziyade ikincil dalgaların bir sonucu olarak oluşması muhtemeldir (Toprak ve Taşkın, 2006).

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da sonuçlar kırılkan boru hatlarındaki hasar değişkenliğinin duktıl boru hatlarına göre daha az olduğunu göstermektedir. Kırılkan boru hatları hasar ilişkileri arasındaki fark O'Rourke ve Deyoe (2004)'in HAZUS ilişkisini ki bu ilişki diğerleri arasındaki en farklı olanıdır, tekrar değerlendirmesinden sonra önemli ölçüde düşmüştür.

Çizelge 3.4: Sarsıntının boru hattındaki hasar korelasyonu (Toprak ve Taşkın, 2006).

Pipeline damage correlations	PGV	Pipe type	Pipe size	Repair rate (number of repairs/km) equation
HAZUS	Maximum	Brittle mix	Mix	$0.0001*(PGV)^{2.25}$
Toprak (1998)	Maximum	CI	$D_p \leq 600$ mm	$10^{(1.62*\log(PGV)-3.64)}$
O'Rourke and Jeon (2000)	Geometric mean	CI	$D_p \leq 600$ mm	$e^{(1.09*\ln(PGV)-6.12)}$
O'Rourke and Jeon (1999, 2000)	Maximum	CI	$D_p \leq 600$ mm	$e^{(1.21*\ln(PGV)-6.78)}$
O'Rourke and Jeon (1999, 2000)	Maximum PGV scaled with pipeline diameter	DI	$D_p \leq 600$ mm	$e^{(1.84*\ln(PGV)-9.40)}$
ALA (2001)	Maximum PGV scaled with pipeline diameter	CI	—	$0.036*(PGV/D_p)^{1.021*0.989}$
	Geometric mean	DI	—	$0.004*(PGV/D_p)^{0.468*1.378}$
		Mix	Mix	$0.0024*PGV$ $0.1172 + 0.7281*$
Pineda and Ordaz (2003)	Maximum	Brittle mix	$D_p \geq 500$ mm	$\left[\int_{-\infty}^{PGV} \frac{1}{\sqrt{2\pi*19.7811}} * e^{-(1/2)*[(PGV-51.8964)/19.7811]^2} d(PGV) \right]$
O'Rourke and Deyoe (2004)	Maximum	Brittle mix	Mix	$0.0035*PGV^{0.92}$ for secondary wave
		Brittle mix	Mix	$0.034*PGV^{0.92}$ for Rayleigh wave

Çizelge 3.5: Pamukkale fay kırılması senaryosu için boru hattı hasar tahminleri (Toprak ve Taşkın, 2006).

Pipeline damage correlations	Scenario earthquake											
	$M_W=6$			$M_W=6.3$			$M_W=6.5$			$M_W=7$		
	Brittle	Ductile	Total	Brittle	Ductile	Total	Brittle	Ductile	Total	Brittle	Ductile	Total
HAZUS	109	28	137	189	48	237	268	66	334	510	123	634
Toprak (1998)	34	9	43	51	13	64	66	16	82	105	26	131
O'Rourke and Jeon (2000), geometric mean PGV	50	13	63	66	17	83	79	19	98	108	27	135
O'Rourke and Jeon (1999, 2000), maximum PGV	47	21	68	63	33	96	77	42	119	109	71	180
O'Rourke and Jeon (1999, 2000), diameter scaled PGV	65	48	113	84	67	151	98	83	181	133	122	255
ALA (2001)	42	10	52	55	21	76	64	25	89	86	33	119
Pineda and Ordaz (2003)	159	40	199	197	50	247	238	59	297	366	89	455
O'Rourke and Deyoe (2004)	58	14	72	73	18	91	85	21	106	111	27	138

Çizelge 3.6: Karakova-Akhan fay kırılması senaryosu için boru hattı hasar tahminleri (Toprak ve Taşkın, 2006).

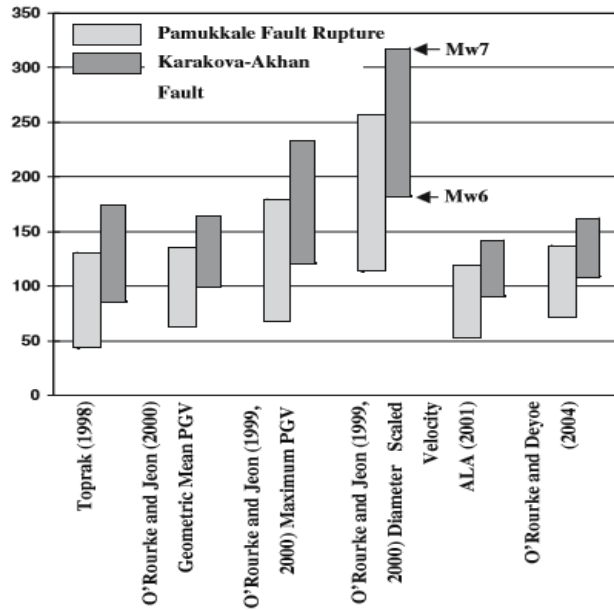
Pipeline damage correlations	Scenario earthquake											
	$M_W=6$			$M_W=6.3$			$M_W=6.5$			$M_W=7$		
	Brittle	Ductile	Total	Brittle	Ductile	Total	Brittle	Ductile	Total	Brittle	Ductile	Total
HAZUS	285	62	347	423	95	518	520	119	639	757	182	939
Toprak (1998)	69	16	85	92	21	113	107	25	132	140	34	174
O'Rourke and Jeon (2000), geometric mean PGV	81	19	100	99	23	122	109	26	135	131	32	164
O'Rourke and Jeon (1999, 2000), maximum PGV	79	41	120	98	58	156	110	69	179	135	98	233
O'Rourke and Jeon (1999, 2000) diameter scaled PGV	101	81	182	120	105	225	134	123	257	155	164	319
ALA (2001)	66	24	90	79	29	108	86	33	119	102	40	142
Pineda and Ordaz (2003)	247	57	304	320	75	395	371	87	458	486	118	604
O'Rourke and Deyoe (2004)	87	21	108	102	25	127	107	25	132	131	32	163

Duktil boru hatlarının hasar verileri geçmiş depremler için kısıtlıdır. Bu sebeple ilişkiler genellikle kırılğan boru hatları için elde edilebilmiştir. Teorik ve gözlemsel bakış açısıyla duktil boru hatlarının deprem sarsıntısı sırasında daha az hasara yatkın olduğu kabul edilir.

Bu yüzden kırılğan boru hatlarının hasar ilişkileri 1'den düşük bir sabit ile çarpılarak duktıl boru hatlarının onarım oranı kararlaştırılır. Örneğin, HAZUS sabit olarak %30'u kullanır (Toprak ve Taşkın, 2006). Bu noktaya değinmek için, Denizli su dağıtım boru hattı hasar tahminleri için iki ilişki karşılaştırılmıştır: O'Rourke ve Jeon (1999) geometrik ortalama ve maksimum PGV ilişkisi. Çizelge 3.4' te görüldüğü üzere O'Rourke ve Jeon maksimum PGV ilişkisi kırılğan ve duktıl boru hatları için mevcut iken geometrik ortalama PGV ilişkisi sadece kırılğan boru hatları için mevcuttur. Duktıl boru hatları hasarını geometrik ortalama PGV ilişkisi için hesaplamada HAZUS yaklaşımı kullanılır.

Şekil 3.6, onarım sayıları açısından her bir ilişki için hasar tahminlerini gösterir. Alt sınır 6 şiddetli deprem, üst sınır 7 şiddetli deprem ile örtüşmektedir. Tahmini onarım sayısı, sarsıntı yoğunluğu arttıkça artar. Bu durum, daha iyi bir sismik yoğunluk seviyesi belirli bir bölge için daha gerçekçi bir hasar tahmini olarak elde edilebileceğini tanımlar (Toprak ve Taşkın, 2006).

Güvenilir sonuçlar için boru çapı, toprak yapısı ve kuvvetli yer hareketleri belirleyici etkenlerdir. Sismik dalga yayılma hızı boyunca yerel toprak koşulları verilerin mutlaka bir parçası olmalıdır. Coğrafi bilgi sistemleri ister ilk veri aşamasında ister analiz sırasında bu amaca hizmet eden önemli ve kullanışlı bir araçtır ve deprem sonrası en olası hasarı elde etmede de önemlidir (Toprak ve Taşkın, 2006).



Şekil 3.6: 6.0-7.0 büyüklükler arasındaki deprem senaryoları için boru hattı hasar tahminleri (Toprak ve Taşkın, 2006),

Çizelge 3.7’de Azerbaycan doğal gaz hattında, Zeytinburnu doğal gaz hattı şebekesinde ve Denizli gömülü boru hattında yapılan deprem hasar analizi çalışmalarının özet tablosu verilmiştir. Tabloya göre, her bir çalışma için kullanılan azalım ilişkileri, kırılma eğrileri ve çalışma kapsamında değerlendirilen konu belirtilmiştir. Hesari ve diğ 2012 yılındaki çalışmasında, 618 km uzunluğundaki doğal gaz boru hattının hasar oranlarını hesaplamak için Zafarani et al. (2011), Campbell, Bozorgnia (2008), Ghasemi et al. (2009), Sharma et al. (2009) azalım ilişkilerini ve HAZUS metodolojisine göre hesaplanmış kırılma eğrisini kullanmıştır. Karaman’ın 2008 yılındaki doktora çalışmasından Zeytinburnu doğal gaz boru hattının hasar oranları, Boore ve Atkinson (2006) NGA azalım ilişkisi ve Eidinger (2001) kırılma eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır. Toprak ve Taşkın 2006 yılındaki Denizli çalışmasındaki gömülü boru hatları için Toprak (1998), ALA (2001), O'Rourke ve Jeon (1999,2000), Pineda ve Ordaz (2003), O'Rourke ve Deyoe (2004) kırılma eğrilerini ve Campbell (1997) azalım ilişkisini kullanmıştır.

Çizelge 3.7: Literatür Taraması Sonuçları.

Çalışma Alanı	Çalışmayı Yapan	Azalım İlişkisi	Kırılma Eğrisi	Çalışma Kapsamı
Azerbaycan	Hesari ve Diğ. (2012)	Zafarani et al. (2011), Campbell, Bozorgnia (2008), Ghasemi et al. (2009), Sharma et al. (2009)	HAZUS metodolojisine göre hesaplanmıştır.	475 ve 2475 yıllık tamir ve kırılma oranları
Zeytinburnu	Karaman (2008)	Boore ve Atkinson (2006) NGA	Eidinger (2001)	Fay Hattının 90 ve 130 derece azimut açısıyla kırılması
Denizli	Toprak ve Taşkın (2006)	Campbell (1997)	Toprak (1998), ALA (2001), O'Rourke ve Jeon (1999,2000), Pineda ve Ordaz (2003), O'Rourke ve Deyoe (2004)	Pamukkale fay kırılması senaryosu için boru hattı hasar tahminleri

4. MEKANSAL VERİ ÜRETİMİ VE STANDARDİZASYONU

4.1 Mekansal Veri (Spatial Data)

Koordinat, adres, vb. konum bilgisi içeren veya harita üzerinde bir lokasyona bağlanmış her türlü veri, mekansal veri olarak tanımlanabilir (Url-4). Çeşitli ölçme yöntemleri ile ölçülen veya hesaplanan ve belli bir koordinat sisteminde üretilmiş noktalar sayesinde, istenilen bölgenin konumu belirlenir. Koordinatlar belirli bir datumda ve koordinat sisteminde kartezyen (X,Y,Z) veya coğrafi koordinatlar (enlem, boylam ve yükseklik) olarak üretilir. Belirlenmiş bu konumlara ait sözel veriler ise bu noktanın rengi, cinsi, adı gibi özelliklerini ifade eder. Öznitelik verileri genellikle bir konuma bağlı olarak noktayı, çizgiyi veya alanı tanımlayan nitelik ve nicelik bilgilerini tablo veya liste halinde sunan bir yapıdır.

Konuma dayalı mekansal veriyi üretmek için çeşitli ölçme veri toplama teknikleri vardır. Bu teknikler İlbey, 2012 tarafından uzmanlık tezinde CBS sistemlerini oluşturmak için çok fazla zaman ve maliyet gerektiren işlemler olarak tanımlanmış ve aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

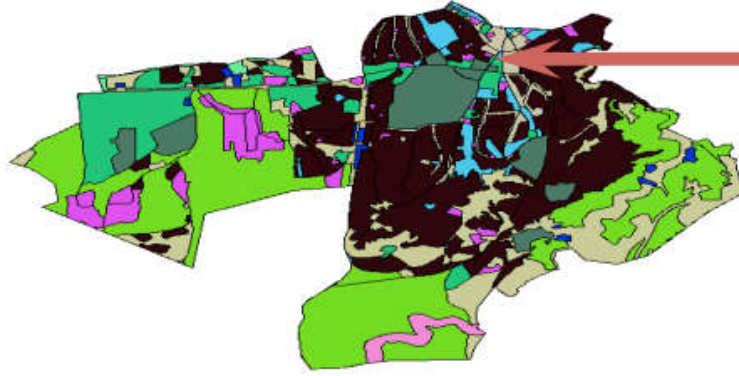
- Yersel ölçme yöntemleri
- Fotogrametrik yöntem
- Uzaktan algılama tekniği
- GPS tekniği
- Mevcut haritaların elle sayısallaştırılması
- Tarama sistemleriyle otomatik sayısallaştırma
- Hazır veri tabanlarının transferi (İlbey, 2012)

Konumsal verinin üretilmesinin yanı sıra, öznitelik verilerinin sahadan toplanması da ayrı bir çalışma gerektirir. Toplanan verilerin doğruluğu, güvenilirliği, güncelliği ve anlaşılır olması bu sistemi oluşturmanın önemli bir parçasıdır. İyi organize olmuş ekip çalışmasına ihtiyaç vardır.

Mekansal veri vektörel (nokta, çizgi, alansal) ve raster veri (pixel grupları) olarak ikiye ayrılır. Elektrik direkleri, ağaçlar, sondaj noktaları gibi datalar noktasal, yükseklik modelleri, yollar nehirler gibi datalar çizgisel, parseller, ilçe sınırları, binalar

ise alansalar verilerdir. Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri ise raster verilere olarak örnek olarak verilebilir. Mekansal verilerden faydalanılarak oluşturulan ve sayısal (konum) sözel (öznitelik) bilgilerinin sorgulandığı veri tabanına, mekânsal veri tabanı denir (Sertel, 2009). Şekil 4.1 Şekil 4.1’de mekansal veri (grafik) ile mekansal veri bileşenleri (grafik olmayan) gösterilmiştir.

2	1	TİCARET	4	27520.442	672.557	6.8
3	10	ASKERİ	62	227945.365	2090.265	56.326
4	100	EGİTİM	172	98.892	109.064	0.024
5	101	EGİTİM	172	914.42	199.359	0.226



Şekil 4.1: Mekansal veriye ait öznitelik bilgisi (Yomralı, 2000).

Her bir mekansal verinin ayırt edici özelliği diye nitelendirilen ID olarak tanımlanan bir özniteliği olmalıdır. Örneğin pasaport numarası, her birey için farklı olup bireyleri birbirinden ayırt edici özellik olarak tanımlanabilir. Türkiye’deki illerin kodları veya ülke kodları gibi değerlerde illeri ve ülkeleri birbirinden ayırt etmek için kullanılabilir.

4.2 Mekânsal Veri Standartları

Farklı kurum ve kuruluşlar tarafından kullanılacak olan CBS verilerinin kullanıma uygun halde olması için geliştirilen kurallar ve anlaşmalar standardizasyon kavramını ifade etmektedir. Veri toplama, işleme gibi adımların her kurum için tekrarlanması hem zaman kaybı hem de maliyet olarak yüksek bir çalışmadır.

Bu nedenle Konumsal Veri Altyapısı kavramına önem verilmiştir. Coğrafi veri standartlarının kullanılmasının amacı Konumsal Veri Altyapısının uluslararası düzeyde kurulmasını sağlamaktır. Bilginin etkili bir şekilde kullanılması veri kaybı olmadan kurumlar arasında paylaşılması için standardizasyon kavramına ihtiyaç vardır. (Aydınöğlu, 2010).

• **ISO (International Organization for Standardization) Standartları:**

Dünyaca kabul görmüş standart kurumu olan ISO Uluslararası Standart Organizasyonu olarak tanımlanır. 1994 yılında kurulan ISO/TC211 Coğrafi Bilgi/Geomatik komitesi birçok uluslararası temsilci ile birlikte coğrafi verinin uluslararası düzeyde kullanılabilmesi için standartlar üretir. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), ISO/Technical Committee (TC) 211 komitesinin gözlemci üyeliğindedir (Aydınöğlu, 2010).

Verilerin işleme, analizi, yöntemleri, paylaşımı gibi metotlar ISO/TC211 komitesi tarafından standardize edilmiştir (Bakırtaş ve diğ., 2010). CBS’ de kullanılan bazı ISO standartları şunlardır:

ISO 19109- Uygulama şemalarının kuralları

ISO19115- Metaveri datalarının kuralları

ISO19136- Coğrafi İşaretleme Dili (GML)

• **OGC (Open Geospatial Consortium) Standartları:**

OGC’nin standartları ISO/TC211 komitesi ile hemen hemen eş değeri olmasına rağmen daha uygulanabilir çözümler üretmektedir. OGC standartlarının amaçları, farklı coğrafi verilerinin bir arada değerlendirilebilmesi ve farklı kullanıcılara sunulabilmesi, Coğrafi verilerin hem sayısal hem de sözel bilgilerinin depolanabilmesi ve elektronik iletişim ağı ile verilerin transferi için kolaylık sağlamak olarak sıralanabilir (Aydınöğlu, 2010).

OGC standartları, web harita servislerinin oluşturulmasında kullanılan standartlardır (Türksat ve İTÜ, 2012). Web harita servisi, web vektör veri servisi, web raster veri servisi, sembololoji kodlama, temel nesne tanımları ve sorgusu, coğrafi işaretleme OGC standartlarındandır.

•INSPIRE Coğrafi Veri Standartları:

2007 yılında Avrupa parlamentosu tarafından kabul edilen INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) standartları; veri üretimi, veriye erişim, paylaşımı ve kullanımı ile ilgili protokolleri tanımlamaktadır. Avrupa içindeki Konumsal Veri Altyapısı (KVA)'nın oluşturulması için INSPIRE standartları yönlendirici olmuştur (Türksat ve İTÜ, 2012).

4.3 Türkiye Afet Bilgi Sistemi Veri Formatı ve Standardı

TABİS, herhangi bir doğal afet sonucunda meydana gelen hasarların coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tahmin edilmesi ayrıca merkez ve yerel yöntemlere karar destek hizmetinin sağlanması amacıyla kurulmuş bir sistemdir. Anlaşılır, doğru, güncel bilgilerin kullanıcılara sunulması ve Türkiye'deki afet planlaması için iller arasındaki uyumlu çalışmayı sağlayabilecek standartların ortaya koyulması hedeflenen amaçlardandır (Şahin, 2009).

İstanbul Büyük Şehir Belediyesinin kullanmakta olduğu veri tabanı modeli İBB-VT idari alanlar, mülkiyet, yerleşim, kentsel hizmetler, altyapı, ulaşım, numarataj, bitki örtüsü, park bahçe, hidrografya, topografya, jeoloji, jeofizik, jeodezi, proje alanı, yasak ve koruma bölgeleri, uygulama imar planı ve nazım imar planı veri setlerinden oluşur. TABİS-OK veri kataloğu ise topografik ve afet yönetimi katmanlarından oluşur. Topografik obje türlerinden bazıları yerleşim alanı, idari alan, ulaşım gibi afet yönetiminin ana obje alanlarından bazıları ise; jeoloji, riskli alan, tarihi alan, toprak yapısı ve çevre kirliliği olarak sıralanabilir (Şahin,2009). TABİS-OK ile İBB-VT'nin veri katmanları geliştirilerek bir obje kataloğu oraya konuşmuştur.

4.4 HAZTURK Veri Formatı Standartları

HAZTURK yazılımı kullanımında verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Veri sınıflandırması yapmak bu verilerin yazılım içinde doğru kullanımında temel adımdır. Veriler yazılımın veri formatı ve çalışma yöntem bilimine uygun olarak sınıflandırılır ve işlenir. Sınıflandırmanın temel amacı programda kullanılacak veri setlerine göre; hangi veri formatının hangi veri setinde kullanılacağını detaylı açıklanmasıdır.

Veri sınıflandırması sonucunda veriler Çizelge 4.1’de detaylı olarak hangi veri setinde hangi veri formatının hangi uzantılarla hangi veri tiplerinde olabileceği incelenmiştir (Şahin ve diğ., 2007).

Çizelge 4.1: Verilerin sınıflandırma sistemi (Şahin ve diğ., 2007).

Veri Seti	Veri Formatı	Dosya Uzantısı	Veri Tipi
Tehlike	ASCII Raster	*.asc, *.txt	ASCII
Bina	ArcGIS Shape file	*.shp	Nokta
Jeoloji	ArcGIS Shape file	*.shp	Poligon
Topografya	ASCII Raster	*.asc, *.txt	ASCII
Sınır	ArcGIS Shape file	*.shp	Poligon
Azalım	Tablo	*.csv	Tablo
Diğer	ArcGIS Shape file	*.shp	Çizgi, Nokta, Poligon
Eşleme	XML	*.xml	XML

4.4.1 ESRI shapefile

HAZTURK yazılımı içerisindeki tüm vektör CBS verilerinin formatı olan ESRI shapefile formatı vektör tabanlı bir CBS formatıdır. Bu format; nokta, çizgi ve polygon olmak üzere üç veri tipinden oluşur. Alan adlarında 10 karakter sınırı olmak üzere çalışma kapsamında WGS 84 datumundaki shapefile verilerini desteklemektedir (Karaman,2008).

4.4.2 ESRI ArcGIS grid ASCII formatı

HAZTURK içerisindeki her raster verisinin formatı olan ESRI ArcGIS Grid ASCII formatı raster tabanlı bir CBS formatıdır. HAZTURK yazılımı, ESRI Grid ASCII formatını WGS84 datumunda desteklemektedir (Karaman,2008).

4.4.3 CSV (comma separated values)

HAZTURK yazılımında bulunan tüm tablo verilerinin formatı olan CSV formatı bir tablo veri formatıdır. İlk satırda kolon (alan) adları bulunur. İkinci satır kolonla ilgili veri tipini göstermektedir (Karaman,2008).

4.4.4 Kırılgnlık dosyaları (XML veya CSV)

Kırılgnlık eğrileri XML veya CSV formatlarından biriyle eklenebilir. Kırılgnlıkların tanımlanmasında en esnek ve açık yol XML dosyalarıdır ve HAZTURK yazılımı içerisinde kırılgnlıkların gösterimi için kullanılmaktadır. CSV formatı ise HAZTURK yazılımının eski sürümlerinin geriye dönük uyumluluğunu sağlamakta kullanılmaktadır. XML formatı yeni kırılgnlıklar tanımlamada CSV yerine tercih edilmelidir, çünkü CSV formatı XML ile kıyaslandığında daha az tanımlayıcı ve daha yetersiz kalmaktadır (Karaman,2008).

4.4.5 Eşleme dosyası formatı (XML)

Eşleme dosyası formatı XML formatında olup kullanıcı kıstasları uyarınca belirli bir kırılgnlık eğrisini belirli bir veri ile eşlemede kullanılır. Örnek verilecek olursa, 2 kattan yüksek ahşap bir bina için eşleme dosyası formatı kullanılan kırılgnlık eğrisini tanımlar (Karaman,2008).

5. UYGULAMA

5.1 Çalışma Bölgesi için Elde Edilen Veriler ve bu Verilerin Standardizasyonu

Iran Türkiye Avrupa Doğal Gaz Hattı Projesinin (ITE) sahibi olan ASB gruba bağlı Turang Transit Taşımacılık A.Ş.' den 24.01.2017 / TTT – 1469 tarih ve sayılı özel izni ile tezde konu olan çalışma bölgesi için bazı veriler temin edilmiştir. Ayrıca AFAD'ın ve MTA'nın web sitesinden de çeşitli datalardan faydalanılmıştır.

5.1.1 Sondaj ve araştırma çukurları verileri

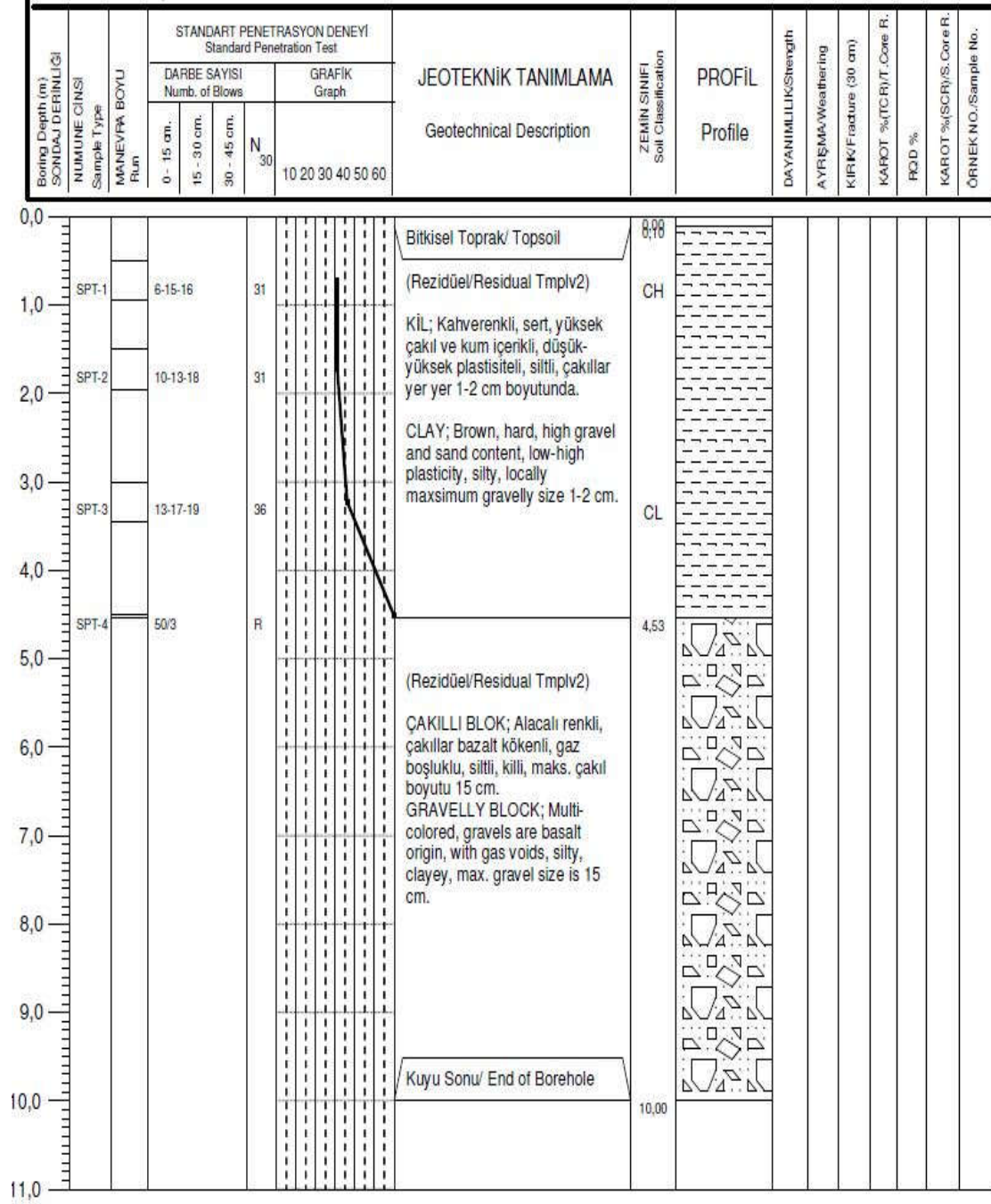
Turang Transit Taşımacılık AŞ'den elde edilen veriler:

Iran Türkiye Avrupa Doğal Gaz Hattı Projesinin (ITE)sahibi olan ASB gruba bağlı Turang Transit Taşımacılık A.Ş.' den 24.01.2017 / TTT – 1469 tarih ve sayılı özel izni ile tezde konu olan çalışma bölgesi için temin edilen bazı datalardan sondaj ve araştırma çukurları aşağıdaki gibidir.

- Sondajlar: 25-BH-023, 25-BH-024, 25-BH-032, 25-BH-033, 25-BH-055 ve BVS8
- Araştırma çukurları: 25-TP-34, 25-TP-44, 25-TP-74

Sondaj ve araştırma çukurlarına ait laboratuvar sonuçları ve LOG lar, HAZTURK yazılımında kullanılmak üzere zemin sınıfını belirleyebilmek için proje sahibinden temin edilmiştir. Şekil 5.1'de 25-BH-33 numaralı sondajın LOG örneği ve Şekil 5.2'de 25-TP-34 numaralı araştırma çukurunun LOG örneği verilmiştir.

Sondajlar açılırken, zemini delmek için sondaj makinesi, araştırma çukurları için ise kazıcı kullanılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.1: 25-BH-33 numaralı sondajın LOG'u.

Duvar Duraylılığı/ Wall Stability		Duraylı/Stable		Toplam Kazı Süresi Total Excavation Duration		12 dk./ min.		Kazıcı Tipi/ Excavator		JCB	
Derinlik/ Depth	Örnek/ Sample		Yerinde Deneyler/ In-Situ Tests		Jeoteknik Tanımlama/ Geotechnical Description	Soil Classification Zemin Sınıfı	Zemin Profili/ Soil Profile	Tabaka Derinliği / Layer Depth (m)	YASS Derinliği / GWL		
	Çeşidi/ Type	No.	Çeşidi/ Type	Sonuç/ Result							
0.0					Bitkisel Toprak/ Topsoil						
					(Qa)			0,40			
1.0					SİLTİLİ KİL; Kahverenkli, az nemli, yüksek plasiteli, konsolide, karbonat konkresyonlu.						
					SILTY CLAY; Brown, slightly moist, high plasticity, consolidated, with carbonate concretion.						
2.0	T	1				CH					
3.0											
4.0					Çukur Sonu/ End of Pit			4,00			

Şekil 5.2: 25-TP-34 Numaralı araştırma çukurunun LOG'u.



Şekil 5.3: 25-BH-33 (soldaki) sondaj ve 25-TP-34 (sağdaki) araştırma çukurunun arazi çalışması.

5.1.1.1 Sondaj verilerinin hesaplanması

Zemin sınıfının belirlenmesi amacıyla TURANG firmasından elde edilen tez çalışma bölgesi için sondaj LOG'larından (Şekil 5.1) elde edilen veriler ile "Vs" ortalama kırılma dalga hızı değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.1). Loglardaki Standart penetration test (SPT) deneyinde sondajın açıldığı her bir derinliğe karşılık gelen darbe sayıları (N_i) değerleri alınmış ve bu değerlerin hesaplanması sonucu zeminin ortalama kırılma dalga hızları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1: Sondaj verilerinin hesaplanması 25-BH-33 (Karaman ve diğ., 2014).

Hücre No	Veri No	Doğuya	Kuzeye	Pafta	Ada	Parsel	Arşiv No	
		447605	4426072					
Firma Rapor Tipi	Turang							
SK			SPT	N_i		V_si	4hi/vsi	hi/vsi
			0		Toprak			
YSS	0	m	1	31	KİL	244	0,0082	0,00205
q_u=	0	kg/cm2	2	31	KİL	244	0,0082	0,00205
q_e=	0	kg/cm2	3,5	36	KİL	255	0,0078	0,00195
			4,5	60	Çakıllı Blok	299	0,0007	0,00016
Z Sınıfı	C						0,2677	0,03345
Z Grubu								
V_s30N	755,8	m/sn						
V_s30S	Z1	m/sn						

Çizelge 5.1'e göre 25-BH-33 numaralı sondajdan elde edilen verilerle zeminin kayma hızı 624m/sn bulunmuştur. Zemin sınıfı ise NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) kriterlerine göre belirlenip 624 m/s olan Vs değeri Çizelge 5.2'ye göre "C" sınıfına karşılık gelmiştir. Yani 25-BH-33 numaralı sondajın bulunduğu yerdeki zemin özellikleri, yumuşak kaya ve sıkı zemin olarak ortaya çıkmıştır. Araştırma çukurlarının laboratuvar sonuçları olmadığı için bu noktaların olduğu losyondaki zemin kayma hızları, Şekil 5.2' deki LOG larda belirtilen zemin türlerinin NEHRP zemin sınıflarının Çizelge 5.2'deki denk geldiği aralığa göre bulunmuştur.

Çizelge 5.2: NEHRP zemin sınıfları (Karaman ve diğ., 2014).

Sınıf	Zemin	V (m/s)
A	Sert Kaya	>1500
B	Kaya	760-1500
C	Yumuşak Kaya Sıkı Zemin	360-760
D	Sert Toprak	180-360
E	Yumuşak Zemin	

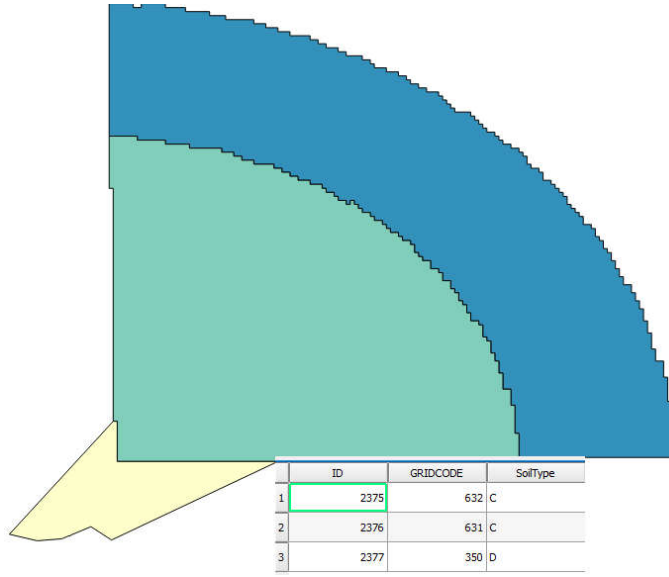
Çalışma bölgesindeki geriye kalan 25-BH-023, 25-BH-024, 25-BH-032, 25-BH-055 ve BVS8 numaralı sondajlar için de yukarıdaki hesaplamalar yapıp özet tablosu Çizelge 5.3'te verilmiştir. Erzurum ilinde, tez çalışmasının yapılacağı yerde zemin türü "B" ve "C" olduğu görülür. NEHRP zemin sınıflandırmasına göre, çalışma bölgesi kaya, yumuşak kaya ve sıkı zemin olarak tanımlanır.

Çizelge 5.3: Sondajların ortalama kırılma dalga hızları ve zemin sınıfları.

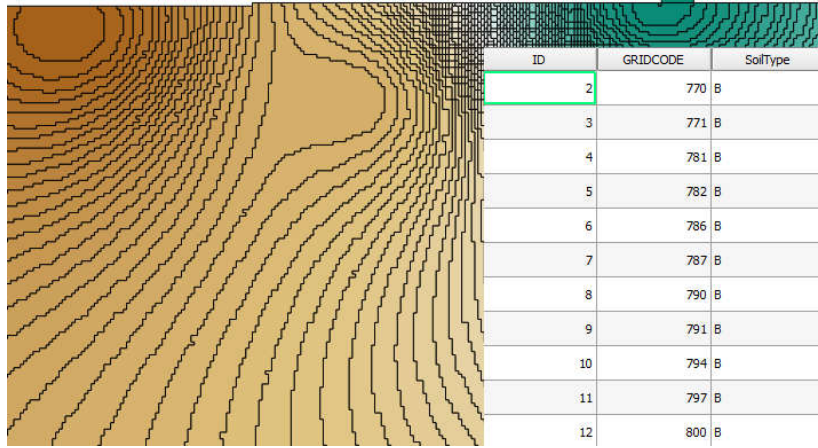
H ^c _Veri	Doguya	Kuzeye	Firma	YSS_m	Z_Sinifi	Z_Grubu	N1.5	N3	N4.5	N6	N7.5	N9	N10.5	N12	N13.5	N15	N16.5	V_s30
25-BH-023	466654	4424179	TURANG	0.00	C	Z2	13	25	41	50	41							624
25-BH-024	465793	4424096	TURANG	3.50	C	Z2	22	24	30	32	43	37	38					567
25-BH-032	450013	4427002	TURANG	0.00	B	Z1	41	60	60									837
25-BH-033	447605	4426072	TURANG	0.00	B	Z1	31	31	36	60								755
25-BH-055	397636	4420280	TURANG	0.00	C	Z2	21	9	60	6	5	5	60	60	60	60	60	631
BVS8	445476	4426795	TURANG	1.20	C	Z2	17	60	31	44	60	60	60					734

5.1.1.2 Zemin kayma hızlarından zemin türü haritalarının elde edilmesi

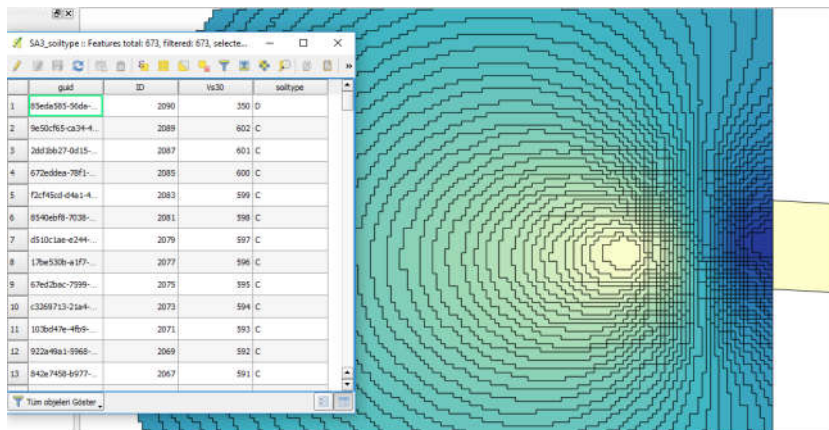
Sondaj ve araştırma çukurlarından hesaplanan zemin kayma dalgası hız değerleriyle (Vs) GIS ortamında çalışma bölgesinin zemin türü haritası oluşturulmuştur. HAZTURK yazılımında tanımlanmış zemin türü haritasının formatı .shp uzantılıdır. Bu nedenle çıktı datanın formatı raster olduğu için, yazılımda kullanıma uygun hale getirmek için GIS'te "raster to polygon" seçeneği ile data formatı polygon ve uzantısı .shp haline getirilmiştir. Şekil 5.4' te Kandilli fayı, Şekil 5.5'te Erzurum Fay zone ve Şekil 5.6'da Pasinler fay zone ve Karayazı fay hattının olduğu bölgede Vs değerleri hesaplanmış ve bunlara karşılık gelen zemin sınıfları GIS içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 5.4: Kandilli fay hattının bulunduğu bölgede zemin türü haritası.



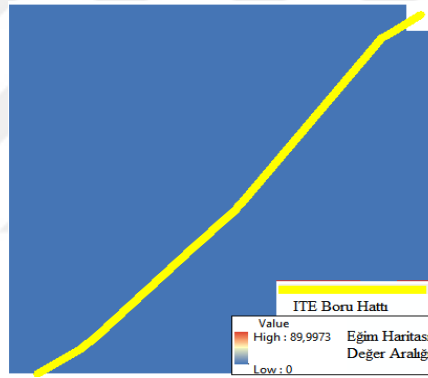
Şekil 5.5: Erzurum fay zonunun bulunduğu bölgede zemin türü haritası.



Şekil 5.6: Pasinler fay zone ve karayazı fay hattının bulunduğu bölgede zemin türü haritası.

5.1.2 Arazinin sayısal yükseklik modeli ve boru hattın yatay güzergahı

Tez çalışmasında kullanılacak olan veriler, doğal gaz hattının koridor genişliği 150mx150m olacak şekilde arazinin yükseklik değerleri ve ITE hattının (337+680 – 339+680 km), (279+955 – 281+955 km ile 283+887-285+887 km) ve (261+000 – 265+000 km) arası yatay güzergahı tez çalışmasında kullanılmıştır. Temin edilen yükseklik noktaları ile GIS’te sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan sayısal yükseklik modeli ArcGIS’te Spatial Analyst Tools-Surface-Slope adımları izlenerek sayısal eğim haritaları oluşturulmuştur. Çıktı datanın formatı raster olduğu için son aşama olarak, Conversion Tools-From Raster- Raster to ASCII seçeneği ile datanın uzantısı ASCII formatına çevrilmiştir. Şekil 5.7’te Kandilli fay hattının, Şekil 5.8’de Ezurum fay zonunun ve Şekil 5.9’de Pasinler fay zone ve karayazı fay hattının bulunduğu bölgede HAZTURK yazılımına aktarılan ASCII dosya formatlı sayısal eğim haritası verilmiştir.



Şekil 5.7: Kandilli fayının bulunduğu bölgede sayısal eğim haritası ve boru hattı.



Şekil 5.8: Erzurum fayının bulunduğu bölgede sayısal eğim haritası ve boru hattı.

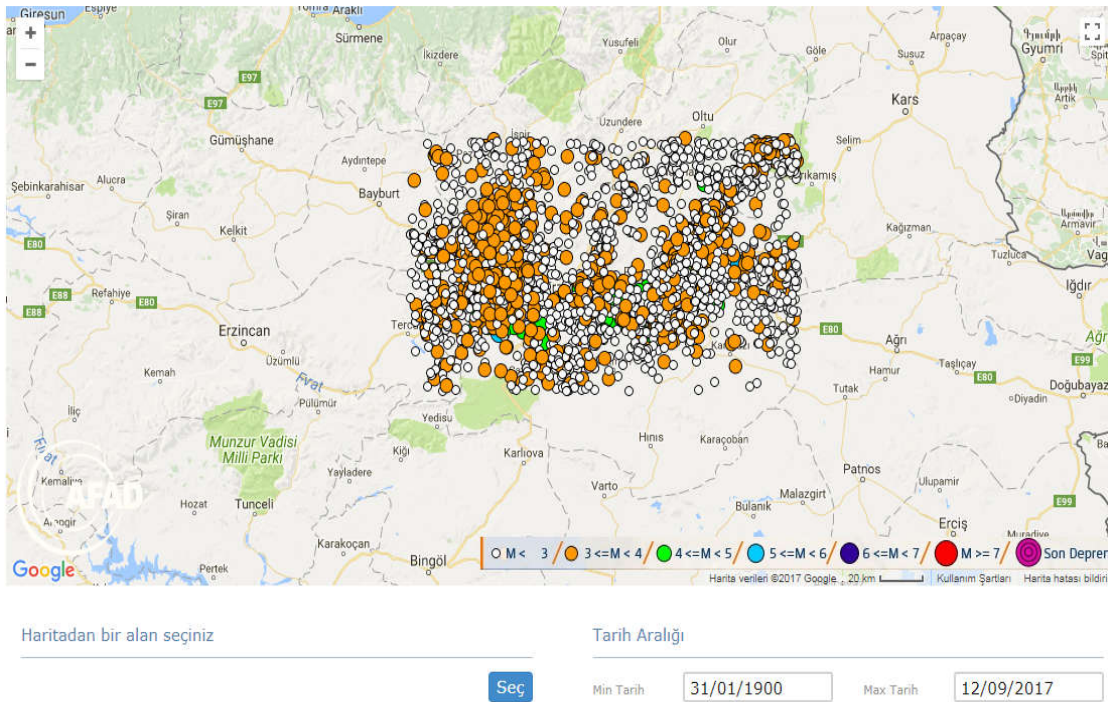


Şekil 5.9: Pasinler fay zone ve Karayazı fay hattının bulunduğu bölgede sayısal eğim haritası ve boru hattı.

5.1.3 Deprem Verileri

Erzurum'daki son yüz yıla ait deprem verileri; oluş yılı, enlem, boylam, derinlik, büyüklük gibi bilgilere excel formatında AFAD'ın resmi web sitesinden indirilmiştir. Şekil 5.10'da Erzurum'da 1900 yılından günümüze kadar olan sürede yaşanan depremlerin tekrarları ve büyüklükleri verilmiş ve deprem verileri önem derecesine göre renklendirilmiştir. Söz konusu elde edilen deprem verileri olasılıksal sismik risk analizi için kullanılacaktır.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın web sayfasından (Url-4) DDA kataloğu kullanılarak, Erzurum bölgesinde 1924-2017 yılları arasında gerçekleşen depremlerin koordinatları, şiddetleri ve derinlikleri gibi bilgilere ulaşılmıştır. Şekil 5.10'te grafik olarak görülen veriler .txt olarak indirildikten sonra ortalamaları alınarak değerler tespit edilmiştir. Bu değerlerde yaklaşık olarak fay hatlarının kırılma açıları, derinlikleri ve merkez üssü koordinatları tespit edilmiştir.



Şekil 5.10: Erzurum ilindeki son yüz yılda olan depremler (Url-4).

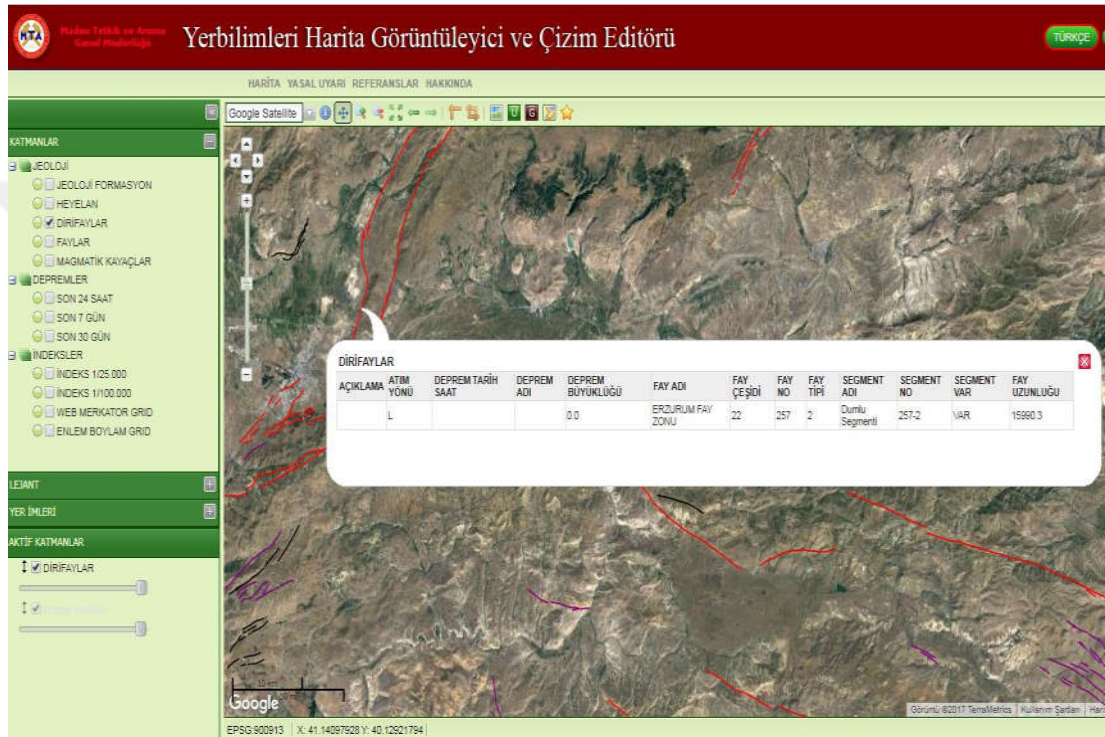
5.1.4 Fay Hattı Verileri

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün resmî web sitesinden (Url-5) diri fay hatları haritalarından, çizim editörü ile fay hatları sayısallaştırılıp "kml" formatında export edildikten sonra ilgili fayın uzunluğu, şiddeti ve yönü gibi bilgiler de elde

edilmiştir (Şekil 5.11). Fay hatlarının GIS veri tabanı oluşturulurken MTA'dan elde edilen verilerden faydalanılacaktır.

ITE hattı, Pasinler ve Karayazı fay zonlarının yakınından geçmekte olup Erzurum fay zone ile Kandilli fay zonunu kesmektedir (Şekil 1.1).

Karayazı ve Kandilli fay hattı sağ-yanal yönlü doğrultu atılımlıdır. Pasinler fay zone eğim atılımlı bindirme fayıdır. Erzurum fay zone sol-yanal doğrultu atılımlıdır. Oluşturulan GIS verilerinde bu bilgiler öznitelik olarak eklenmiştir.



Şekil 5.11: Erzurum fay hattının öznitelik verileri [Url-5].

5.2 Erzurum'da Probabilistik Sismik Tehlike Analizi

Maksimum yer ivmesi olarak adlandırılan PGA, deprem tehlikesi belirlemede en yaygın belirleyicidir. Şu ana kadar gerçekleştirilen probabilistik deprem tehlikesi çalışmalarında deneysel azalım ilişkileri kullanılarak PGA değerinin bulunması hedeflenmiştir (Erdik ve diğ., 2006).

PGA'ya etki eden başlıca faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Arnoğlu ve diğ., 2001).

- Depremin büyüklüğü, depremin odak derinliği, fayın türü (doğrultu atımlı, normal, ters faylanma), fayın geometrik büyüklükleri (uzunluğu, yatay-düşey

yöndeki atım miktarı), fayın sismik aktivitesi o yörede yer kabuğunun yıllık ortalama kayma miktarı (mm/yıl) gibi deprem ile ilgili faktörler (Arioğlu ve diğ., 2001).

- Zemin formasyonlarının temel kaya tabakası üzerindeki istiflenme şekli, saha ile yırtılan fay arasındaki dik uzaklık, kaynak ile yöre arasındaki morfolojik yapıların formu (birdenbire yükselen yamaç, vadi vb.) gibi topoğrafya ve geometrik faktörler (Arioğlu ve diğ., 2001).
- Geomekanik büyüklükler (elastisite modülü, kayma dalgası hızı), Deprem dalgalarının kat ettiği formasyonların türü (masif veya ayrıışmış kaya, sıkı zemin, suya doymun çökeller vb) gibi yapının (ivme ölçerin) oturduğu zemine ilişkin faktörler (Arioğlu ve diğ., 2001).

Gelecekteki depremlerin konum, büyüklük ve oluş zamanlarında belirsizlikler mevcuttur. Deprem oluşumlarını modellemede kullanılan stokastik modeller bu belirsizliği yansıtır (Erdik ve diğ., 2006). Deprem tehlikelerini hesaplayan deprem oluşum modelleri üç gruba ayrılır. Bunlar probabilistik (hafızalı veya hafızasız), prediktif ve deterministik modellerdir. En yaygın kullanılan model basit Poisson modelini olan probabilistik modeldir (Erdik ve diğ., 2006).

5.2.1 Probabilistik deprem tehlike analizi (Poisson Modeli)

Gutenberg ve Richter (1954) tarafından doğrusal olarak tanımlanan magnitüd frekans ilişkisi aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$\text{Log}N = a - bM \quad (5.1)$$

M= Magnitüd

N= Depremlerin kümülatif sayısı

a = Deprem etkinliğinin düzeyine bağlı olarak değişen katsayı

b= Tektonik etkinliği ifade eden katsayı (İlkışık ve diğ., 2014).

En küçük kareler yöntemine göre a ve b katsayılarının hesabı için kullanılan formüller aşağıdaki gibidir (İlkışık ve diğ., 2014).

$$a = \left[\sum_{i=1}^n M_i^2 \sum_{i=1}^n \log N_i - \sum_{i=1}^n M_i \sum_{i=1}^n \log N_i \right] \left[n \sum_{i=1}^n M_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n M_i \right)^2 \right]^{-1} \quad (5.2)$$

$$b = \left[\sum_{i=0}^n M_i^2 \sum_{i=1}^n \log N_i - n \sum_{i=1}^n M_i \log N_i \right] \left[n \sum_{i=1}^n M_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n M_i \right)^2 \right]^{-1} \quad (5.3)$$

Belirli bir zaman diliminde magnitüdleri M1 değerine eşit veya büyük depremlerin sismik risk değerleri;

$$R(M) = e^{x-n(M)T} \quad (5.3)$$

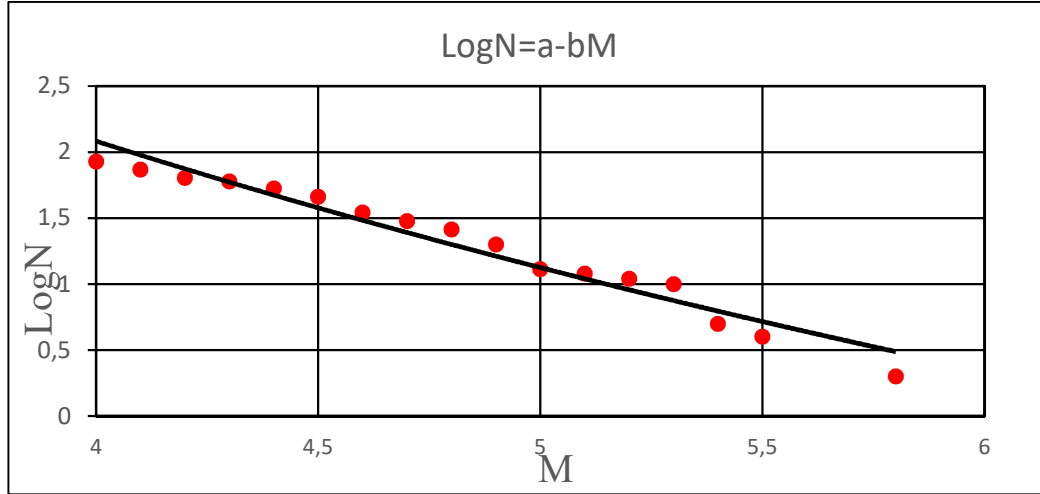
Eşitliği ile hesaplanır. Deprem oluş sayısı n(M) değerlerinden dönüş periyodu aşağıdaki bağıntı ile yıl olarak hesaplanır (İlkışık ve diğ., 2014).

$$Q = \frac{1}{n(M)} \quad (5.3)$$

Çizelge 5.4: a ve b katsayılarının hesaplanması.

i	M	N	Küm (N)	Log (Küm N)	M*Log (Küm N)	M^2
1	4	11	85	1.929418926	7.717675703	16
2	4.1	10	74	1.86923172	7.663850051	16.81
3	4.2	4	64	1.806179974	7.585955891	17.64
4	4.3	7	60	1.77815125	7.646050377	18.49
5	4.4	7	53	1.72427587	7.586813826	19.36
6	4.5	11	46	1.662757832	7.482410243	20.25
7	4.6	5	35	1.544068044	7.102713004	21.16
8	4.7	4	30	1.477121255	6.942469897	22.09
9	4.8	6	26	1.414973348	6.79187207	23.04
10	4.9	7	20	1.301029996	6.375046979	24.01
11	5	1	13	1.113943352	5.569716762	25
12	5.1	1	12	1.079181246	5.503824355	26.01
13	5.2	1	11	1.041392685	5.415241963	27.04
14	5.3	5	10	1	5.3	28.09
15	5.4	1	5	0.698970004	3.774438023	29.16
16	5.5	2	4	0.602059991	3.311329952	30.25
17	5.8	1	2	0.301029996	1.745973975	33.64
18	6.8	1	1	0	0	46.24
Top=	88.6	85	551	22.34	103.515	444.28
Ort=	4.9			2.4		
a=5.12				b=0.789		

AFAD'ın resmî web sitesinden temin edilen deprem şiddetleri (M) ve bu deprem şiddetlerinin tekrarlanma sayıları (N) Çizelge 5.4'te kullanılarak Erzurum ilindeki tez çalışma bölgesi için a ve b değerleri hesaplanmıştır. Tektonik aktiviteyi ifade eden b değeri ortalama 1 değerindedir (İlkışık ve diğ., 2014). Buna göre, Çizelge 5.4'te Hesaplanan b değeri normal değerinden biraz düşük olduğu görülür. Depremin frekansı ile magnitüd değeri arasında doğrusal bir fonksiyon bağıntısı vardır (Şekil 5.12). Eşitlik (5.1)'de gerekli tanımlamalar verilmiştir.



Şekil 5.12: Poisson modeli log dağılım grafiği.

Çizelge 5.5'teki hesaplanan olasılık değerleri incelendiğinde, önümüzdeki 10 yıl içerisinde Erzurum bölgesinde ITE hattının geçtiği yerlerde 4.5 ile 5.5 magnitüd aralığında bir depremin olma olasılığı %98 olduğu, 5.8 magnitüdlü depremin olma olasılığı %80, 6.8 derecesinde depremin gerçekleşmesi ise %25 olasılığında olduğu görülür. Önümüzdeki 50 yıl içerisinde ise, 5.4 ve daha küçük magnitüdlü depremin meydana gelme olasılığı hesaplanan tablo değerlerine göre %100'dür. 5.5 ve 5.8 magnitüd değerlerinde depremin meydana gelmesi ise %99 olasılığındadır. 6.8 magnitüdlü depremin tekrarlanma sıklığı 35 yıl 5.8 şiddetindeki depremin tekrarlanma aralığı ise 5 yılda birdir.

Elde edilen sonuçlar bölgenin deprem tehlikesi açısından büyük riskler taşımadığını göstermektedir.

Çizelge 5.5: Olasılıksal sismik risk anali

i	M	N(M)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	475	Q(t)
1	4	4.65333006	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2148
2	4.1	3.88023921	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2577
3	4.2	3.23558745	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.3090
4	4.3	2.69803628	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.3706
5	4.4	2.24979231	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.4444
6	4.5	1.87601830	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5330
7	4.6	1.56434202	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6392
8	4.7	1.30444675	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.7666
9	4.8	1.08772973	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9193
10	4.9	0.90701744	0.9998	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.1025
11	5	0.75632818	0.9994	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3221
12	5.1	0.63067400	0.9981	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5856
13	5.2	0.52589564	0.9947	0.9999	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.9015
14	5.3	0.43852485	0.9875	0.9998	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2.2803
15	5.4	0.36566960	0.97418	0.9993	0.9999	0.9999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2.7347
16	5.5	0.30491830	0.95260	0.9977	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	1.0000	1	1	1	1	1	1	1	3.2795
17	5.8	0.17679396	0.82931	0.9708	0.9950	0.9991	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	1	1	1	1	1	5.6563
18	6.8	0.02873517	0.24975	0.4371	0.5777	0.6831	0.7623	0.8216	0.8662	0.8996	0.9246	0.9435	1	1	1	1	34.8005

5.2.2 Çalışma bölgesine uygun azalım ilişkisinin seçilmesi

Depremlerin neden olduğu kuvvetli yer hareket kayıtları Türkiye’de yetersiz olduğu için Türkiye’de yeterli sayıda azalım ilişkisi bulunmamaktadır. Bu nedenle, Kuzeybatı Amerika için geliştirilmiş azalım ilişkileri, Kuzey Anadolu Fayı ve San Andreas Fayı’nın yapısal benzerlikler nedeniyle Türkiye’de kullanılır (Karaman, 2008). Ayrıca kuvvetli yer zemin hareketleri kayıtlarıyla hem Türkiye hem de dünyada yeni azalım ilişkileri oluşturulur (Karaman, 2008). Depremin kaynağından yayılan sismik dalgaların şiddeti, depremin oluş noktasından uzaklaştıkça azalır. Bu nedenle fay tipi, zemin özellikleri, geçmişteki deprem örnekleri gibi faktörleri bir arada değerlendirerek bölgeye uygun azalım ilişkisi seçilmiştir. Azalım ilişkisi seçilirken aşağıdaki gibi değerlendirmeler yapılmıştır ve çalışma bölgesine diğer azalım ilişkilerinden daha fazla uygun olduğu için Boore ve Atkinson 2006 azalım ilişkisi seçilmiştir.

5.2.2.1 Özbey ve diğerleri (2004)

Kalkan ve Gülkan (2002) ve (2004) azalım modeline benzerdir, farklı olarak karışık etki (mixed effect) modelini kullanmaktadır. Zemin sınıfını aşağıdaki gibi sıralamıştır (Karaman, 2008).

A – Sert Kaya, $V_s \geq 1500 \text{ m/s}$

B – Kaya, $760 \text{ m/s} < V_s < 1500 \text{ m/s}$

C – Yoğun Zemin ve Yumuşak Kaya, $360 \text{ m/s} < V_s \leq 760 \text{ m/s}$

D – Zemin, $180 \text{ m/s} \leq V_s \leq 360 \text{ m/s}$

5.2.2.2 Fukushima et al. (2003)

Magnitüd değeri 5 ve 5'ten büyük $M \geq 5.5$ depremler kayıtları ile sadece doğrusal yönlü fay hatları için kullanma kısıtlaması vardır. Çalışma bölgemize uygun bir azalım ilişkisi değildir (Douglas, 2004).

5.2.2.3 Campbell & Bozorgnia (2003)

Azalım ilişkisinin önemli kriterlerinden biri olan deprem kayıtlarının çoğunluğu $5.5 \leq M_w \leq 7.0$ aralığında olmasıdır. Bu kriter Erzurum bölgesi için uygun değildir.

Çünkü Erzurum'da çoğunluk olarak magnitüd değeri $4 \leq M_w \leq 5.5$ aralığında olan depremler meydana gelmiştir (Douglas, 2004).

5.2.2.4 Boore & Atkison (2006)

Tanımlanan zemin sınıfları aşağıdaki gibidir.

Sınıf A, $V_s \geq 750 \text{ m/s}$

Sınıf B, $360 \text{ m/s} < V_s < 750 \text{ m/s}$

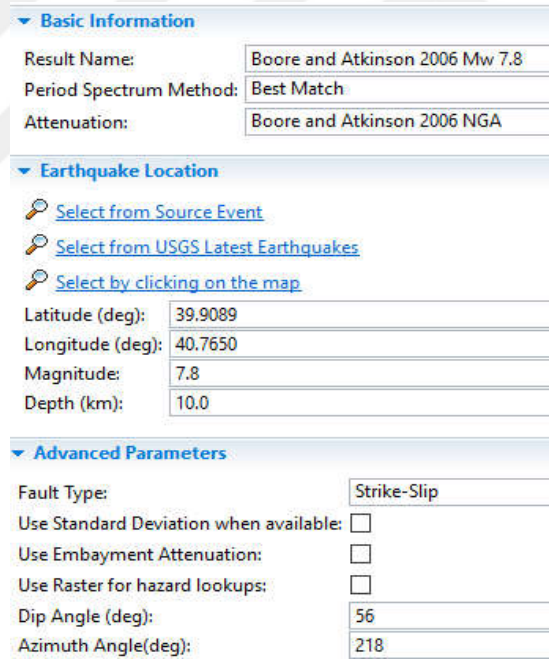
Sınıf C, $180 \text{ m/s} \leq V_s \leq 360 \text{ m/s}$

Yeni nesil azalım modellerinden biri olan Boore ve Atkinson 2006 azalım ilişkisi, Türkiye'den de 5 depremin bulunduğu 58 farklı depremden geliştirilmiştir (Karaman, 2008). Bu tez çalışmasında, PGV değerlerinin hesaplanabildiği, yanal atımlı fay türünün de seçilebildiği için Boore ve Atkinson 2006 azalım ilişkisi kullanılmıştır.

5.3 HAZTURK Yazılımıyla Deprem Tehlike Haritalarının Oluşturulması

Deprem hasar analizi yapabilmek için öncelikle deprem tehlike haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Fay hatlarının derinliği ve şiddeti, depremlerin merkez üssü koordinatları, fayların kırılma açıları deprem tehlike haritalarının oluşturulmasında önemli rol oynayan unsurlardandır. Bu unsurlar her fay hattı için farklılık gösterir. Bu nedenle çalışma bölgesi olan Erzurum ilindeki Kandilli fay hattı, Erzurum fay zonu ve Pasinler Fay zonunun bulunduğu bölgede her biri için ayrı ayrı deprem tehlike haritaları oluşturulmuştur. HAZTURK yazılımının içindeki veri kataloğuna girdi veriler her biri için ayrı ayrı aktarılır. Şekil 5.13'te HAZTURK yazılımına data aktarımının adımları verilmiştir. Buna göre veriler aktarılırken veri seti yut seçeneği ile dosya türü seçimi kısmına gelinir ve burada dosyanın shapefile, raster dosyası veya tablo gibi dosya türlerinden biri seçilir. Veri türü kısmında ise dosya türünü seçtiğimiz datanın ne olduğu belirlenir. Boru hattı, çalışma bölgesi veya yükseklik datası gibi bilgileri içerir. Varsa, o veriye ait özniteliklerin eşleşmesi yapılır. Böylece dataların hepsi veri kataloğuna eklenmiş olur. Bu veriler daha sonra veri kataloğundan oluşturulan senaryonun içine sürükleyip bırakarak veya üzerine çift tıklanarak alınarak alınır. Senaryonun içine alınan datalarla gerekli analiz çalışmaları ve harita üretimi yapılır.

Kandilli fay hattının olduğu bölgede deprem tehlike haritası oluşturulurken Şekil 5.14'te görüldüğü gibi gerekli olan temel veriler çalışma alanı, boru hattı, zemin türü ve sayısal eğim haritasıdır. Bu datalara ek olarak analiz çalıştırılırken bölgeye uygun azalım ilişkisi seçilmeli ve fay hattının karakteristik özellikleri tanımlanarak deprem senaryosu oluşturulmalıdır. HAZTURK yazılımındaki analiz ikonunu tıkladıktan sonra deprem senaryo analizi yarat sekmesiyle ilgili sayfa açılır. İlgili sayfanın dataların girileceği kısmının görüntüsü Şekil 5.15' te verilmiştir. Bu sayfada deprem hasar analizinin adı yazıldıktan sonra, Boore ve Atkinson 2006 NGA azalım ilişkisi seçilmiştir. Deprem senaryosunda ise depremin merkez üssü koordinatları sırasıyla; Enlem= 39,9089 Boylam= 40.7650, depremin oluş şiddeti=7.8 ve derinlik=10 km olarak belirlenmiştir. Fay hattının kırılma açıları Dip=56 ve Azimuth=218 derece ve fay türü strike-slip (doğrultu atımlı) olarak girilmiştir. Deprem verilerine göre bu bölgede daha önce şiddeti 7 üzerinde olan deprem yaşanmamıştır, fakat bu çalışmanın deprem senaryosunda 7,8 şiddetinde depremin olma durumu incelenmiştir.



Basic Information	
Result Name:	Boore and Atkinson 2006 Mw 7.8
Period Spectrum Method:	Best Match
Attenuation:	Boore and Atkinson 2006 NGA

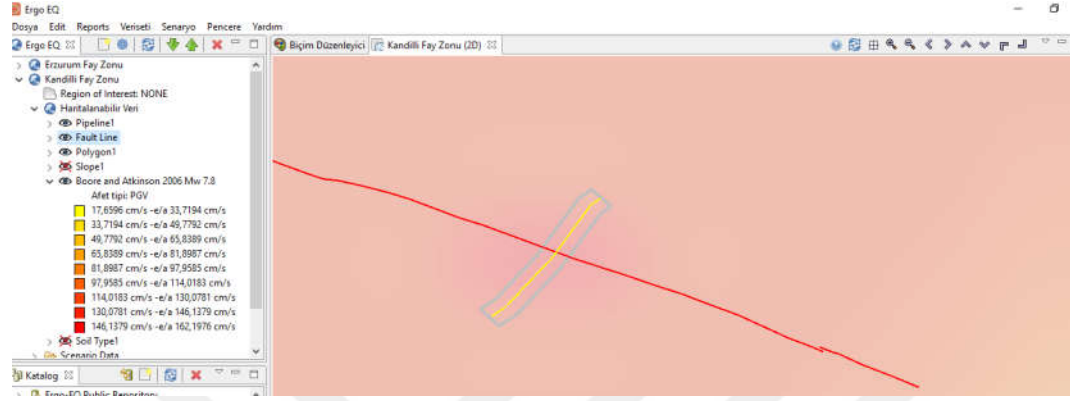
Earthquake Location	
Select from Source Event Select from USGS Latest Earthquakes Select by clicking on the map	
Latitude (deg):	39.9089
Longitude (deg):	40.7650
Magnitude:	7.8
Depth (km):	10.0

Advanced Parameters	
Fault Type:	Strike-Slip
Use Standard Deviation when available:	☐
Use Embayment Attenuation:	☐
Use Raster for hazard lookups:	☐
Dip Angle (deg):	56
Azimuth Angle(deg):	218

Şekil 5.15: Birinci çalışma alanı için deprem senaryosunun oluşturulması.

Gerekli datalar girildikten sonra analiz çalıştırılır. Analiz sonucunda kırmızıdan sarı ya doğru risk derecesine göre renklendirilmiş PGV değerleri (maksimum zemin hızı) cm/s biriminde elde edilir. Yani PGV değeri yüksek olan bölgeler daha fazla hasar tehlikesi içindedir.

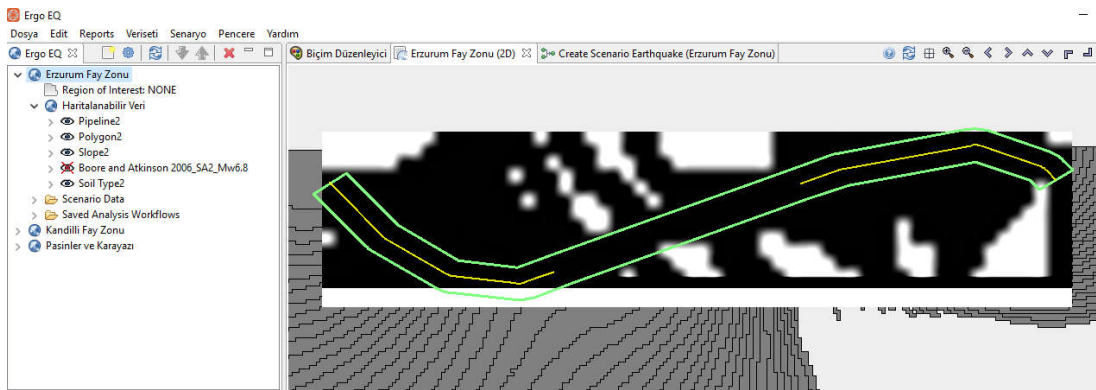
Bu alanların PGV değerlerinin de yüksek olduğu görülür. Şekil 5.16’da deprem hasar haritasında kırmızı çizgi ile gösterilen Kandilli fay hattı, sarı renk ile belirtilmiş olan ITE hattını kesmektedir. Bu bölgede kırmızı alanların fazla olduğu yani hasar riskinin Kandilli fay hattının ITE boru hattının kestiğinden dolayı yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.16: ITE Hattının 337+680-339+680 kilometreleri arasındaki deprem tehlike haritası ve Kandilli fay hattı.

5.3.2 ITE hattının 279+955–281+955 km ile 283+887–285+887 km arası bulunduğu bölgede deprem tehlike haritalarının oluşturulması

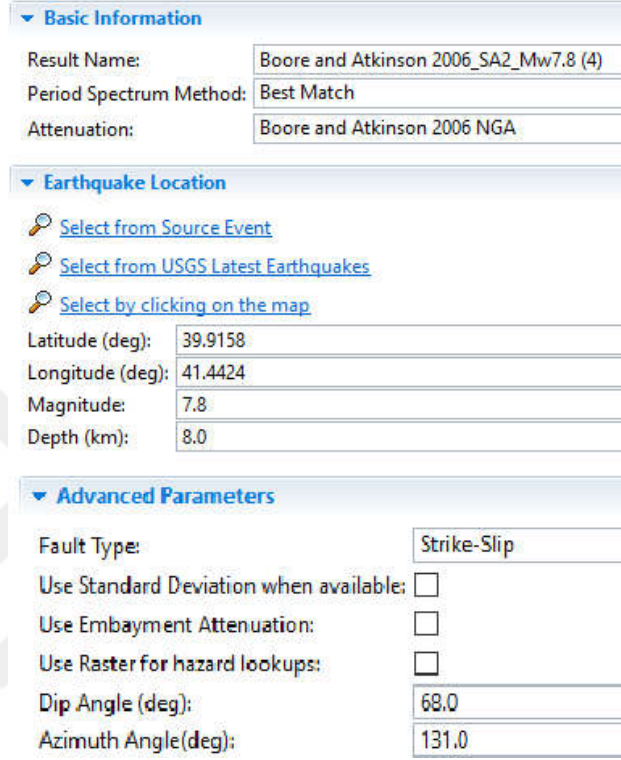
Tez çalışmasının ikinci çalışma alanı Erzurum fay hattının ITE hattını 279+955–281+955 km ile 283+887–285+887 km arasında kestiği bölgedir. Şekil 5.17’de Kandilli fay hattının bulunduğu bölgedeki gibi, bu bölgede de içinde girdi datalar çalışma alanı, boru hattı, zemin türü ve sayısal eğim haritasıdır.



Şekil 5.17: 279+955-281+955 km ile 283+887-285+887 km arasındaki bölgede girdi datalar.

Gerekli datalar senaryonun içine atıldıktan sonra Şekil 5.18’de görüldüğü üzere, deprem ve fay hattı ile ilgili temel bilgiler bu kısımda girilir. Boore ve Atkinson 2006

NGA azalım ilişkisi seçilmiştir. Erzurum fay hattının ITE hattını kestiği bölgedeki deprem hasar haritası oluşturmak için senaryo hazırlanmıştır. Bu senaryoda depremin merkez üssü koordinatları sırasıyla; Enlem=39,9158 Boylam=41,4423, depremin oluş şiddeti=7.8 ve derinlik=8 km olarak belirlenmiştir. Fay hattının kırılma açıları Dip=68 ve Azimuth=131 derece ve fay türü strike-slip (doğrultu atımlı) olarak girilmiştir



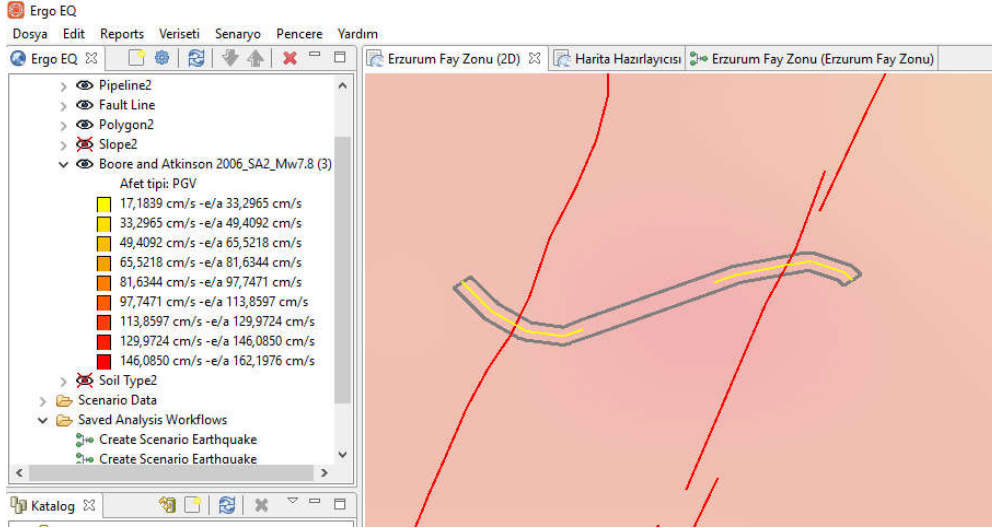
Basic Information	
Result Name:	Boore and Atkinson 2006_SA2_Mw7.8 (4)
Period Spectrum Method:	Best Match
Attenuation:	Boore and Atkinson 2006 NGA

Earthquake Location	
Select from Source Event	
Select from USGS Latest Earthquakes	
Select by clicking on the map	
Latitude (deg):	39.9158
Longitude (deg):	41.4424
Magnitude:	7.8
Depth (km):	8.0

Advanced Parameters	
Fault Type:	Strike-Slip
Use Standard Deviation when available:	☐
Use Embayment Attenuation:	☐
Use Raster for hazard lookups:	☐
Dip Angle (deg):	68.0
Azimuth Angle(deg):	131.0

Şekil 5.18: İkinci çalışma alanı için deprem senaryosunun oluşturulması.

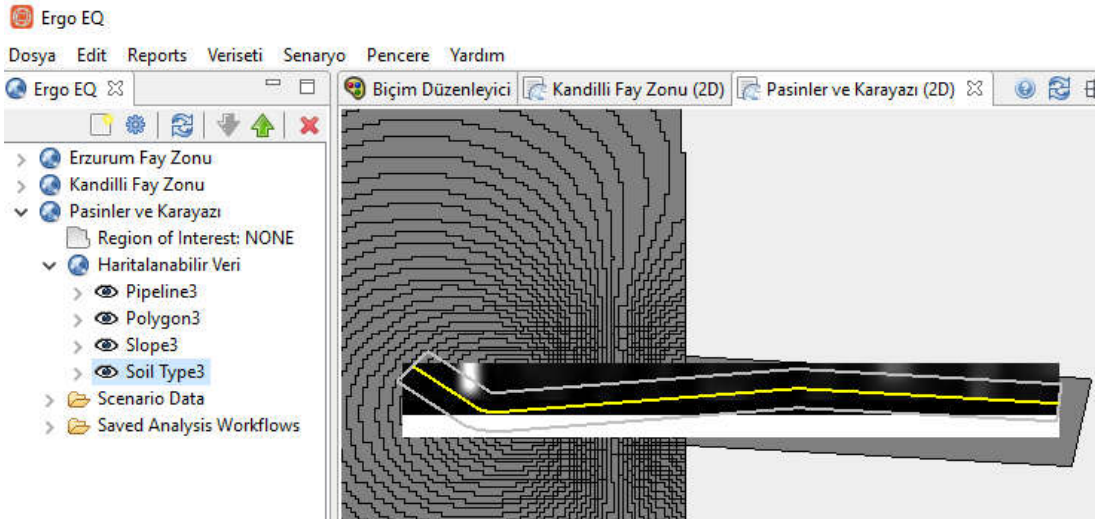
Analiz çalıştırıldıktan sonra elde edilen sonuç Şekil 5.19’da verilmiştir. Buna göre iki fay hattının arasında kalan bölgede kırmızılığın daha yoğun olduğu yani hasar riskinin bu bölgede diğer yerlere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Birimi cm/sn olan maksimum yer ivmesi hızının sayısal değeri deprem tehlikesinin yüksek olduğu yerlerde tehlikeye bağlı olarak yükseldiği görülmüştür.



Şekil 5.19: 279+955-281+955 km ile 283+887-285+887 kilometreleri arasındaki deprem tehlike haritası ve Kandilli fay hattı.

5.3.3 ITE hattının 261+000 – 265+000 km arası bulunduğu bölgede deprem tehlike haritalarının oluşturulması

ITE hattının Pasinler fay zone ve karayazı fay hattına yakın geçtiği bölgedeki alan tez çalışmasının üçüncü kısmıdır. Deprem tehlike haritasının oluşturulması için girdi verileri HAZTURK yazılımına yüklenerek senaryonun içerisine atılmıştır. Kandilli ve Erzurum fay hatlarının olduğu bölgelerdeki gibi deprem tehlike haritası oluşturmak için bu bölgede de zemin türü, çalışma koridoru, sayısal eğim haritası ve 261+000 – 265+000 kilometre aralığındaki ITE boru hattı senaryoya yüklenmiştir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20: 261+000-265+000 km arasındaki bölgede girdi verileri.

Bütün datalar senaryo içine alındıktan sonra analiz ikonu tıklanır ve diğer bölümlerde yapıldığı gibi deprem senaryosu oluştur kısmı açılır (Şekil 5.21). Bu kısımda yine azalım ilişkisi olarak Boore ve Atkinson 2006 NGA azalım ilişkisi seçilir. ITE hattının 261+000 – 265+000 kilometrelerinin yakınından geçen Pasinler fay zone ve Karayazı fay hattının özellikleri bir arada değerlendirilmiştir. Her iki fay hattının oluşturduğu depremlerin merkez üssü koordinatları sırasıyla Enlem=39,9071 Boylam=41,6456, depremin oluş şiddeti=7.8 ve derinlik=12 km olarak belirlenmiştir. Fay hattının kırılma açıları Dip=77 ve Azimuth=51 derece ve olarak girilmiştir. Pasinler fay zone bindirme fayıdır ve Karayazı fay hattı ise doğrultu atımlı fay türü özelliğini gösterir. İki fay hattının türleri birbirinden farklı olduğu için Fay türü olarak ise unspecified (tanımsız) seçilmiştir. Bütün datalar girildikten sonra ve gerekli seçimler uygulandıktan sonra analiz çalıştırılır.

Required		Optional
Basic Information		
Result Name:	Boore And Atkinson SA3_Mw:7.8	
Period Spectrum Method:	NEHRP Spectrum	
Attenuation:	Boore and Atkinson 2006 NGA	
Earthquake Location		
Select from Source Event Select from USGS Latest Earthquakes Select by clicking on the map		
Latitude (deg):	39.9071	
Longitude (deg):	41.6456	
Magnitude:	7.8	
Depth (km):	12.0	
Raster Display Information		
Advanced Parameters		
Fault Type:	Unspecified	
Use Standard Deviation when available:	☐	
Use Embayment Attenuation:	☐	
Use Raster for hazard lookups:	☐	
Dip Angle (deg):	77.0	
Azimuth Angle(deg):	51.0	

Şekil 5.21: Üçüncü çalışma alanı için deprem senaryosunun oluşturulması.

Elde edilen deprem tehlike haritası Şekil 5.22’de verilmiştir. Kırmızı hatların olduğu yerler Pasinler ve Karayazı fay zonunu göstermektedir. Sarı hat ise ITE hattını göstermektedir. Elde edilen sonuç, en kötü durum senaryosu olarak 7.8 büyüklüğünde bir depremin olmasıyla meydana gelecek hasar riskinin çoktan aza doğru yani kırmızıdan sarıya doğru gösterilmiştir. Boru hatları fay hatlarından uzaklaştıkça deprem tehlikesinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 5.22: 261+000-265+000 kilometreleri arasındaki deprem tehlike haritası ve Pasinler fay zonu ve Karayazi fay hattı.

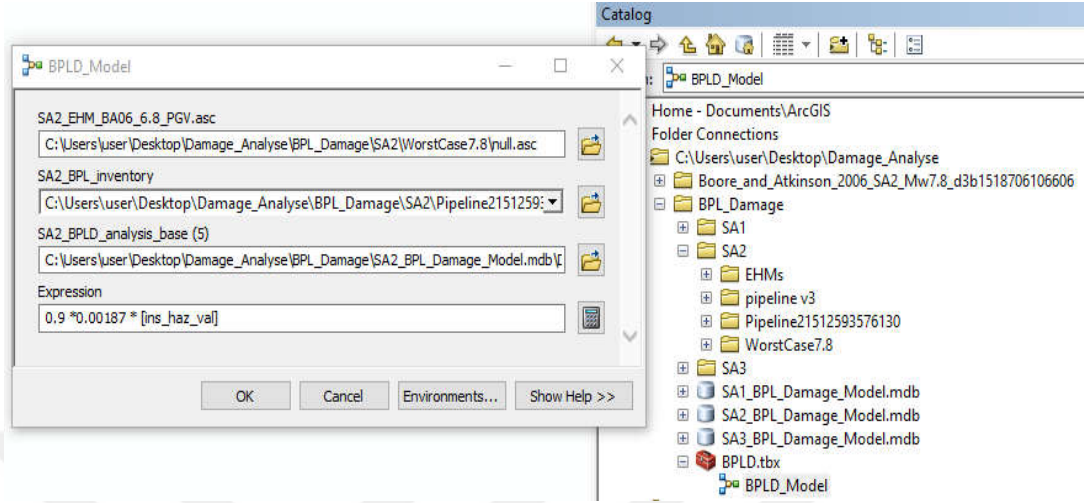
5.4 Deprem Hasar Miktarının Hesaplanması

Boru hatlarındaki deprem hasar miktarı oluşturulan deprem senaryosuna göre kilometre başına düşen tamir sayısı ile hesaplanır. Bu tez çalışmasında, HAZTURK yazılımı kullanılarak hesaplanması planlanan hasar miktarı eşleşme dosyasının, girdi datalarının öznitelikleri ile çakışmamasından dolayı kilometre başına düşen tamir sayısı ArcGIS yazılımında model oluşturularak hesaplanmıştır. Bu modelde, Boru hatlarının üzerine karşılık gelen PGV değerleri bulunur ve 1000 fit başına düşen tamir sayısı hesaplanır. ITE hattının çelik olması ve boru bağlantılarının kaynak yöntemiyle yapılacak olması ayrıca toprağın aşındırıcı olma özelliği de dikkate alınarak kırılgnlık eğrisi dosyası içindeki ilgili formül seçilmiştir. Model oluşturulurken Eidinger (2001) yönteminde, gömülü boru hatları için $0.9 \cdot 0.00187 \cdot (x)$ formülüne göre 1000 fitteki tamir sayısını hesaplamaktadır (Şekil 5.23). Kırılgnlık eğrisindeki “x”, PGV değerinin boru üzerinde in/sn birimindeki değerine karşılık gelmektedir. Bu nedenle tehlike haritalarında cm/sn birimindeki PGV değerleri in/sn birimine çevrilmiştir. Elde edilen tamir katsayıları 1000 fit için geçerlidir.

```
<fragility-set-properties Code="Buried Pipeline" DemandType="pgv" Author="Eidinger (2004)" ID="9" StructureType="Buried Pipeline (WeldedSteel-Lap-Corrosive)"
ResultUnits="Repairs/1000ft" DemandUnits="in/s"/>
- <fragility-set-labels>
  <fragility-set-label>Repairs/1000ft</fragility-set-label>
</fragility-set-labels>
- <fragility-set-fragilities>
  <fragility-curve expression="0.9 * 0.00187 * (x)" curve-type="ncsa.maeviz.types.CustomExpressionFragility"/>
```

Şekil 5.23: Kırılgnlık eğrisi içerisindeki tamir sayısı hesaplama formülü.

ArcGIS'te kataloğunun içinde oluşturulan modelde, ilk olarak deprem tehlike haritaları seçilir. Daha sonra o bölgedeki boru hattı seçilerek en son kayıt edilecek yer belirlenir (Şekil 5.24).



Şekil 5.24: ArcGIS'te oluşturulan model içerisinde dataların seçilmesi.

Model içerisine datalar aktarıldıktan sonra model çalıştırılır ve sonuç çıktıları birinci çalışma alanı, ikinci çalışma alanı ve üçüncü çalışma alanı için sırasıyla Şekil 5.25, Şekil 5.26, Şekil 5.27'deki gibi elde edilir. İns_haz_val olarak isimlendirilen sütunda hasar haritalarından gelen her bir boru parçası için PGV değerlerinin in/sn biriminde karşılık gelmektedir. Ayrıca her bir PGV değerinin de 1000 fitteki tamir sayısı hesaplanmıştır. Buna göre, ITE hattının bu üç çalışma alanı için tamir sayıları hesaplanır.

Birinci çalışma alanındaki 337+680 – 339+680 kilometreleri arasındaki bölgede en kötü durum olarak 7,8 şiddetinde depremin olması durumunda boru hattındaki tamir sayısı 1000 fit için 0.107472 bulunmuştur. Çalışma alanındaki toplam borunun yatay uzunluğu 1940 metre olduğu için bu da 6364.83 fite karşılık geldiğinden dolayı buradaki tamir sayısı 0.68 bulunmuştur.

Yani 7,8 şiddetinde bir depremin olması durumunda ITE hattının 337+680 – 339+680 kilometreleri arasındaki tamir sayısı 1'den küçük geldiği için hattın çok küçük bir kısmının hasar görme ihtimali vardır.

Jointtype	Soil Type	Lenght m	Pipeline	Id	HazVal cms	Shape Length	ins haz val	Repairin1Kfeet
Lap Arc Welded	Corrosive	1256	NGP2	425	162,197	0,06006	63,857121	0,107472
Lap Arc Welded	Corrosive	684	NGP2	425	162,197	0,06006	63,857121	0,107472

Şekil 5.25: Birinci çalışma alanındaki ITE hattının 1000 fitteki tamir sayısı.

İkinci çalışma alanında ITE hattını 279+955–281+955 km ile 283+887–285+887 km aralığındaki bölgede 7,8 şiddetinde depremin olması durumunda her bir boru parçasında meydana gelebilecek hasar değeri ve bu değerlere karşılık gelen tamir sayıları bulunmuştur.

Jointtype	SoilType	Lenghtm	Id	gridcode	HazVal cms	Shape Length	ins haz val	Repairin1Kfeet
Lap Arc Welded	Corrosive	37	420	162197	162,197	0,126491	63,857121	0,107472
Lap Arc Welded	Corrosive	139	894	135164	135,164	4,047715	53,214202	0,08956
Lap Arc Welded	Corrosive	142	894	135164	135,164	4,047715	53,214202	0,08956
Lap Arc Welded	Corrosive	940	420	162197	162,197	0,126491	63,857121	0,107472
Lap Arc Welded	Corrosive	1000	420	162197	162,197	0,126491	63,857121	0,107472
Lap Arc Welded	Corrosive	1720	894	135164	135,164	4,047715	53,214202	0,08956

Şekil 5.26: İkinci çalışma alanındaki ITE hattının 1000 fitteki tamir sayısı.

Elde edilen tamir sayıları çalışma bölgesindeki 1000 fite karşılık geldiği için boru hattı parçalarının uzunluğunu metreden fite çevrilir. Elde edilen fit birimindeki uzunluk değerleri ile tamir sayıları orantılanarak, her bir parça için tamir sayısı bulunur.

Çizelge 5.6'da Erzurum fay hattının bulunduğu bölgedeki ITE hattının boru parça uzunluklarına karşılık gelen tamir sayıları verilmiştir. Boru uzunlukları ve tamir sayıları toplandığında 3978 metre uzunluğunda boru hattı için toplam tamir gerektiren hasar sayısı 1,28 bulunmuştur. Yani, 7,8 büyüklüğündeki deprem senaryosuna göre tamir gerektiren hasarlı nokta sayısı yaklaşık olarak birden fazladır.

Çizelge 5.6: İkinci çalışma alanındaki ITE hattı için tamir sayıları.

Boru Parçalarının Uzunluğu (m)	Boru Parçalarının Uzunluğu (ft)	Tamir Sayısı/ 1000ft	Boru Parçalarının Tamir Sayıları
37	121,39108	0,107472	0,013046142
139	456,03676	0,089560	0,040842652
142	465,87928	0,089560	0,041724148
940	3083,9896	0,107472	0,33144253
1000	3280,8400	0,107472	0,352598436
1720	5643,0448	0,089560	0,505391092

Üçüncü çalışma alanında her bir boru parçasının karşılık geldiği hasar değeri aynıdır. Bu nedenle, 1000 fite karşılık gelen tamir sayısı da birbirleriyle aynı olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.27). Bu durumda toplam uzunluğu 4000 metre olan ve 13129,92 fite karşılık gelen üçüncü çalışma alanındaki ITE hattı için, en kötü deprem senaryosunda 7,8 büyüklüğünde bir depremin meydana gelmesi sonucunda hesaplanan tamir sayısı 0.6 bulunmuştur. Bu kısımda da sonuç değerimizin yine 1'in altında olduğu için boru hattının 7,8 büyüklüğünde bir depremin meydana gelmesiyle hatta çok az hasar vereceği görülmüştür.

Table

SA3_Damage

	Jointtype	Soil Type	Lenght m	Id	gridcode	HazVal cms	Shape	Length	ins haz val	Repairin1Kfeet
	Lap Arc Welded	Corrosive	496	463	68918	68,918		0,126491	27,133086	0,045665
	Lap Arc Welded	Corrosive	118	463	68918	68,918		0,126491	27,133086	0,045665
	Lap Arc Welded	Corrosive	1808	463	68918	68,918		0,126491	27,133086	0,045665
	Lap Arc Welded	Corrosive	25	463	68918	68,918		0,126491	27,133086	0,045665
	Lap Arc Welded	Corrosive	1555	463	68918	68,918		0,126491	27,133086	0,045665

<

>

0

Şekil 5.27: Üçüncü çalışma alanındaki ITE hattının 1000 fittteki tamir sayısı.

Bu tez çalışmasının sonucunda elde edilen veriler Çizelge 5.7'de verilmiştir. 7,8 şiddetinde depremin meydana gelmesi durumunda sırasıyla tamir sayıları Çizelge 5.7'deki değerlerden oran orantı yöntemiyle 0.68, 1.28, 0.6 bulunur.

Çizelge 5.7: Boru hattı uzunlukları ve tamir sayılarının kıyaslanması.

Fay Hattı	ITE Hattı Uzunluğu (m)	Deprem Senaryosunda Deprem Şiddeti	Tamir Sayısı
Kandilli Fayı	1940	7,8	0.68
Erzurum Fayı	3978	7,8	1,28
Pasinler ve Karayazı	4000	7,8	0.6

Pasinler ve Karayazı fay hattı, diğer fay hatları gibi boru hattını kesmediği için aynı metrajdaki ve aynı deprem şiddetindeki tamir sayısı, diğer iki bölgeden daha düşüktür. Bu durumda ITE boru hattının çalışma bölgesindeki kilometreleri için hasar tahmini en fazla zarar veren fay hattından en aza doğru Erzurum fay hattı, Kandilli fay hattı, Pasinler fay zonu ve Karayazı fay hattı olarak sıralanır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında Erzurum ili için geçmiş yıllarda meydana gelen depremler dikkate alınarak olasılıksal deprem analiz yapılmıştır. Çalışma alanı olarak ITE doğal gaz boru hattının projesinde Erzurum ilinde Kandilli fayını (337+680 – 339+680 km arası) ve Erzurum Fayını (279+955–281+955 km ile 283+887-285+887 km arası) kestiği bölgeler ile Pasinler Fay Zonu ve Karayazı Fayı (261+000 – 265+000 km arası) yakın geçtiği bölge seçilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan gerekli olan ham datalar Turan Transit Taşımacılık AŞ’ den 24.01.2017 tarihli ve TTT-1469 sayılı izni ile temin edilmiştir (Ek.A). Elde edilen datalar kullanılan yazılıma format ve içerik olarak uygun hale getirilmiştir.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar inşaatı planlanan ITE doğal gaz boru hattının tahmine dayalı değerleridir. Elde edilen sonuçlar afet yönetiminin aşamaları olan zarar azaltma, hazırlıklı olma, müdahale ve iyileştirme adımları için kaynaklık edebilir. Boru hattının inşaatına başladığında riskli bölgeler için önlemler alınabilir.

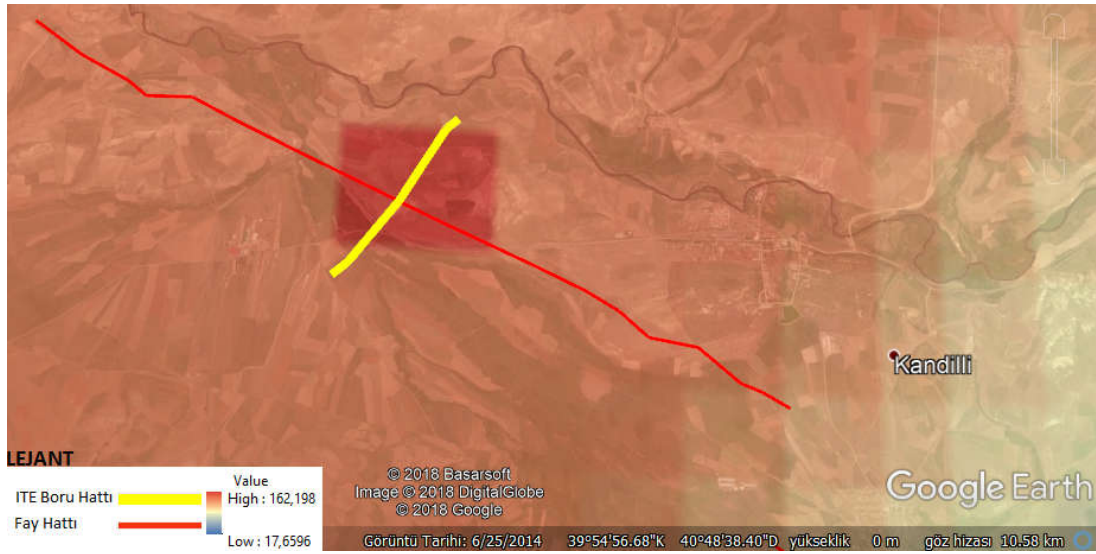
Çalışmanın amacı, ITE doğal gaz boru hattının Erzurum ili içindeki belirli bölgeler için deprem tehlike haritası oluşturmak ve deprem senaryosuna göre tamir sayılarını hesaplamaktır.

Olasılıksal deprem tahmini hesaplarının sonuçlarına bakıldığında, 6,8 şiddetindeki bir depremin önümüzdeki 10 yıl içerisinde Erzurum bölgesinde gerçekleşme olasılığı %25, 100 yıl içerisinde gerçekleşme olasılığı %94, 475 yılda gerçekleşme olasılığı ise %100 bulunmuştur. Ayrıca 6.8 şiddetindeki bir depremin tekrarlanma periyodu ise 35 yıl olduğu bulunmuştur. Daha önce Erzurum bölgesinde 6.8’den büyük deprem yaşanmadığı için en kötü ihtimalle 7,8 şiddetinde depremin gerçekleşme olasılığının çok düşük olduğu söylenebilir.

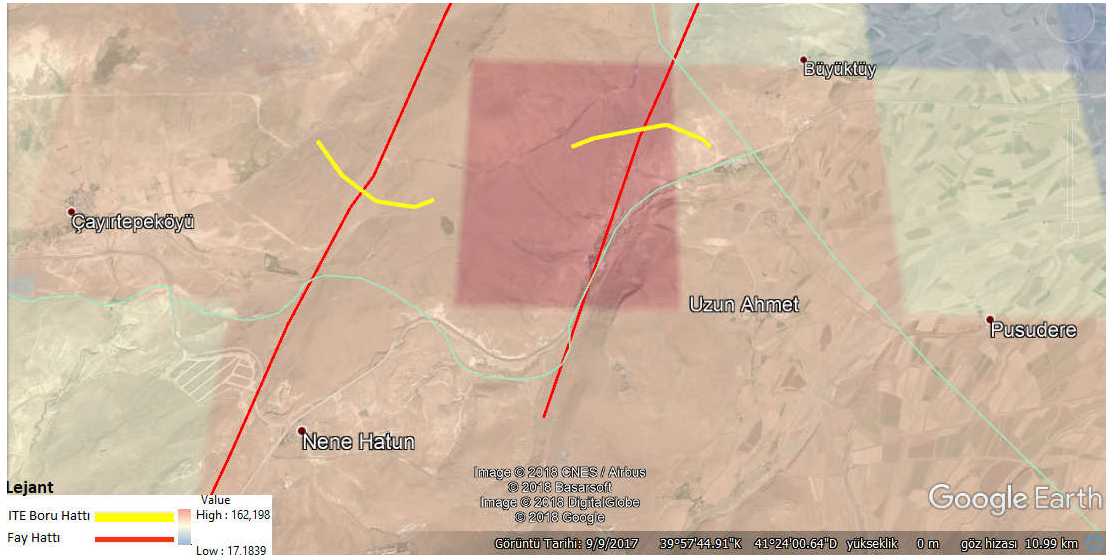
Deprem tehlike haritaları oluşturulurken HAZTRUK yazılımı, tamir sayıları hesaplanırken ise ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Eşleme dosyası ve kırılgenlik eğrisi deprem tehlike haritaların PGV değerleri ve boru hattının öznitelikleri ile çakışmadığı

için ArcGIS yazılımında bir model oluşturularak bu problem çözülmüştür ve böylece tamir sayıları elde edilmiştir.

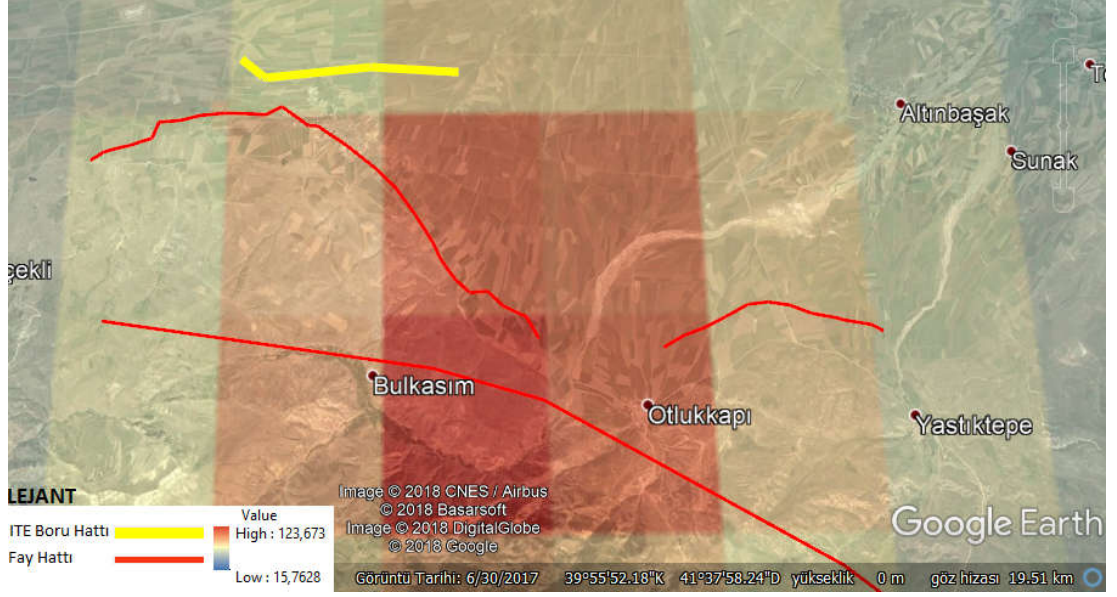
Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te sırasıyla Kandilli fay hattı, Erzurum fay zone, Pasinler ve Karayazı fay hatları ve bu fay hatlarının bulunduğu bölgelerdeki ITE doğal gaz boru hattının belirli kilometreleri ile deprem tehlike haritaları Google Earth üzerinde gösterilmiştir. ITE doğal gaz boru hattının fay hatları ile olan konumu ve deprem tehlike haritalarının bir arada değerlendirilmesiyle sonuçlar harita üzerinde görselleştirilmiştir.



Şekil 6.1: Birinci çalışma alanının sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi.



Şekil 6.2: İkinci çalışma alanının sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi.



Şekil 6.3: Üçüncü çalışma alanının sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi.

Deprem, meydana geldiği noktadan itibaren etrafına sismik dalgalar yayar. Bu dalgaların enerjisi merkezden uzaklaştıkça azalacağı için etrafına vereceği zararlar da azalarak devam eder. Bu tez çalışmasında, ITE hattını kesen Kandilli ve Erzurum fay hatları ve ITE hattının yakınından geçen Pasinler ve Karayazı fay hatları 7,8 deprem senaryosunda değerlendirildiğinde boru hattını kesen fay hatlarının olduğu bölgede tamir sayısı fazla çıkmıştır. Bu göstermektedir ki depremin sismik dalgalarının titreşimleri deprem kaynağından uzaklaştıkça azalmaktadır. Bütün sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde ITE doğal gaz boru hattının tez çalışma bölgesindeki kilometreleri için hasar riskinin çok az olduğu söylenebilir.



KAYNAKLAR

- Akay, A.** (2016). Afet Yönetimi. Yönetici Yetkinliklerinin Artırılması Eğitimi.20 Ekim, Ankara.
- Akbulut, T. M. ve Aytuğ, A.** (2005). Deprem Hasar Görebilirlik Riskinin Gözleme Dayalı Belirlenmesine Yönelik Öneri Değerlendirme Yaklaşımı. Volume 1, Issue 1, 2005 YTÜ Mim. Fak. e-Dergisi.
- Arıman T. & Muleski, G., E.** (1981). “A Review of The Response of Buried Pipelines Under Seismic Excitations”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 9, Vol.1, 133-151.
- Arioğlu, E., Arioğlu, M. B. ve Girgin C.** (2001). Doğu Marmara Depreminin Yer İvme Değerleri Açısından Değerlendirilmesi, Beton Prefabrikasyon; 57-58, pp:5-15.
- ASCE-25 Task Committee on Earthquake Safety Issues for Gas Systems.** (2002). “Improving Natural Gas Safety in Earthquakes”, California Seismic Safety Commission, SSC02-03, State of California, Gray Davis Governor.
- Aydınoglu, A. Ç.** (2010). Coğrafi Veri Yönetiminde Standart Kavramı. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu. 11-13 Ekim, Gebze-Kocaeli.
- Bakırtaş, T., Elefante, D...etc.** (2010). Ulusal Mekansal Veri Altyapısı Oluşturulması ve Yönetimi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Damgaard, J.S.** (2004). “Soil liquefaction around and its implications for pipelines” LIMAS, End-User Workshop to Present State-of-the-Art Knowledge, 5-6 April, 2004, Pau, France.
- Datta, T. K. & Mashaly, E. A.** (1986). Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 14, 559.T.K. Datta, 1999, Nuclear Engineering and Design, 192, 271.
- Demirci, A. ve Karakuyu, M.** (2004). Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Rolü. Fatih Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul.
- Douglas, J.** (2004). Ground Motion Estimation Equations 1964–2003. Research report number: 04-001-SM. United Kingdom: Imperial College London.
- Eidinger, J.** (1998). “Lifelines, water distribution system in the Loma Prieta earthquake, Performance of the built environment-lifelines”, US Geological Survey Professional Paper 1552-A, ed. Shiff, pp.A 63-A83

- Erdik, M., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M. B. ve Durukal, E.** (2006). Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar Ve Hava meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı Yapıları, Demiryolları Ve Hava meydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği İçin Deprem Tehlikesi Belirlemesi, Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul.
- Erkal, T. ve Değerliyurt, M.** (t.y.). Türkiye’de Afet Yönetimi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü ve Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Esposito, S.** (2011). *Systemic Seismic Risk Analysis of Gas Distribution Networks*. (Doctoral dissertation). University of Naples Federico II, Napoli, Italy.
- G&E Engineering Systems Inc.** (2001). “Seismic fragility formulations for water systems”, Web site report, pp. 27-59.
- Gökçe, O. ve Diğ.** (2014). Yüzey Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilmesi ve Fay Sakinim Bantlarının Oluşturulması. AFAD, Ankara.
- Gümüş, M.** (2009). “Farklı Zeminlerdeki Boruların Dinamik Yükler Altında Davranışları” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maslak, İstanbul.
- Güngör Y.** (2015). *Afet Yönetimi* [PowerPoint slides]. Retrieved from <http://www.hayef.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/2016/03/Ders-3-Afet-Yönetimi-2015.ppt>
- Hesari, M., Mousavi, M., & Azarbakht, A.** (2012). Seismic Risk Assessment of 3rd Azerbaijan Gas Pipeline. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- İlbey, A.** (2012). Mekansal Veri Standartlarının uygulanması. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tapu Ve Kadastro Uzmanlık Tezi, Ankara.
- İlkışık, M., Barış, Ş., Boduroğlu H. ve Karaman, H.** (2014). "İnegöl’de Yer Alan 1871 Hektarlık Alanda Yapı Performanslarının Belirlenmesi ve Deprem Risk Yönetimi Projesi Sonuç Raporu" 2013-1136, Anadolu Yerbilimleri, İnegöl Belediyesi, Ağustos 2014. İstanbul.
- İnan, A. ve İzgi, E.** (2011). GIS (Coğrafi Bilgi Sistemi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş, İstanbul.
- Karaman, H.** (2008). *Sonuç Bazlı Risk Yönetimi ve Deprem Kayıp Tahmini Analizi*. (Doktora Tezi). Istanbul Technical University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maslak, İstanbul, Türkiye, Kasım, 2008.
- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI),** (2002). Earthquake Risk Assessment for Istanbul Metropolitan Area, Boğaziçi University, Department of Earthquake Engineering, Executive Summary, May.
- Kundak, S. ve Türkoğlu, H.** (2007). İstanbul’da deprem riski analizi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir Planlama Programı, ITU dergisi/a, Cilt:6, Sayı:2, 37-46 Ayazağa, İstanbul, Eylül 2007.

- Mohri, Y., Yasanuka, M. & Tani, S.** (1995). "Damage to Buried Pipeline Due to Liquefaction Induced Performance At The Ground By The Hokkaido-Oki Earthquake In 1993", Earthquake Geotechnical Engineering, ed. K. Ishihara, Balkema, Rotterdam, Vol.1, pp.31-36.
- Mooser, A.P.** (1990), "Buried Pipe Design", Mc Graw Hill, New York.
- O'rourke, M. J.** (2008). "Wave Propagation Effects on Buried Pipe at Treatment Plants" Earthquake Spectra Vol.24, Issue 3, pp. 725-749
- O'Rourke M. J. & Xuejie L.** (1999). "Response of Buried Pipelines Subject To Earthquake Effects", Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, New York.
- O'Rourke, T.D., Toprak, S. & Jeon, S.S.** (1998). "Factors Affecting Water Supply Damage Caused by the Northridge Earthquake", Proceedings, Sixth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Seattle, WA, June, pp. 1-12.
- O'rourke, M. J.** (1995). "Seismic behavior of buried pipeline components: a state-of-the-art review", 10th European Conference on Earthquake Engineering, ed. Duma, Balkema, Rotterdam.
- Sağlam, A. ve Balkaya, M.** (2003). "Gömülü Boru Davranışları", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- Sağlam, A. ve Balkaya, M.** (2005). "Gömülü Boru Hatlarının Statik Ve Dinamik Yükler Altındaki Davranışı", Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, İnşaat Mühendisleri Odası, Antalya Şubesi, Bildiriler Kitabı, Cilt 2, 121-133.
- Sarıkaya, H.Z. & Koyuncu, I.** (1999). "Evaluation of Kocaeli Earthquake on Water and Wastewater Systems", ITU-IAHS International Conference on the Earthquake, İstanbul.
- Sertel, E.** (2009). Mekansal Veri Tabanları. Erişim: 27 Temmuz 2017, <http://web.itu.edu.tr/~sertele/dersler/mvt/mekansal.pdf>.
- Şahin M., Karaman H. & Elnashai A. S.** (2008). Earthquake Loss Assessment Features of Maeviz-Istanbul (HAZTURK), İstanbul.
- Şahin, M., Boduroğlu, H., Eyidoğan, H., Tüysüz, O., Uçar, D., Karaca, M., Ural, D., Şeker, D., Tarı, E., Kalkan, T., Bilgi, S.** (2007). Deprem Öncesi, Esnası ve Sonrasında Kullanılmak Üzere Amerika Fema- Patentli Hazus (Hazards Us) Programının Ulusal Ölçekte Haztürk Versiyonu Olarak Türkiye İçin Geliştirilmesi: İstanbul İçin Özel Bir Çalışma Projesi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Tanırca, G., Siyahi, B., Uçkan, E. & Şafak, E.** (2008). Seismic Hazard and Risk Assessment for Southern Caucasus-Eastern Turkey Energy Corridor. Boğaziçi University, KOERI, İstanbul, Turkey and Gebze Institute of Technology, Kocaeli, Turkey.
- Taşlıova, K.** (2009). *İstanbul İli Esenler İlçesi Deprem Tahmin Hasar Analizi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Toprak, S. & Taşkın, F.** (2006). Estimation of Earthquake Damage to Buried Pipelines Caused by Ground Shaking, *Natural Hazards*, 40:1–24 DOI 10.1007/s11069-006-0002-1.
- Toprak S. & Yoshzaki K.** (2003). “Boru Hatlarına Deprem Yüklerinin Etkisi”, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 23-30 Mayıs, İstanbul.
- Toprak, S.** (1998). *Earthquake Effects on Buried Lifeline Systems*. (Doctoral dissertation). Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Topsakal, E.** (2012). İran Türkiye Avrupa Doğalgaz Hattı Projesinin Doğu Kesimi Jeoteknik Değerlendirme ve Yorum Raporu, Turan Transit Taşımacılık A.Ş., Kasım, 2012. Ankara.
- Türksat ve İTÜ** (2012). Kent Bilgi Sistemleri Standartlarının Belirlenmesi Projesi: İp-4(2): Kbs İçin Altlık Temel Standartlar. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Mart 2012. Erişim:10 Ağustos 2017, <http://www.csb.gov.tr/db/kbs/webmenu/webmenu9786.pdf>.
- Yomralıoğlu, T.** (2000). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş, Trabzon. Erişim: 27 Temmuz2017,http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/699/mod_resource/content/1/Unite6_Mekansal_Verinin_Sunumu_Organizasyonu_guncel.pdf.
- Zeydan, Ö.** (2013). CBS Veri Yapıları. Bülent Ecevit Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü. 12 Kasım, Zonguldak.
- Url-1** <<http://www.deprem.gov.tr/depbolge/erzurum.gif>>, erişim tarihi 15.02.2017.
- Url-2** <<https://konya.edu.tr/storage/files/department/insaatmuhendisligi/editor/DersSayfaları/DepremMuhGir/deprem%20hareketi.pdf>>, erişim tarihi 12.05.2017.
- Url-3** <<http://www.jeogenc.net/turkiyenin-levha-yapisi.html>>, erişim tarihi 03.01.2017.
- Url-4** <<http://www.deprem.gov.tr/tr/ddakatalogu>>, erişim tarihi 28.02.2017.
- Url-5** <yerbilimleri.gov.tr>, erişim tarihi 28.02.2017.

EKLER

EK A: Turang Transit Taşımacılık AŞ'nin izin yazısı





Tarih / sayı : 24.01.2017 / TTT - 1469

Konu : İzin Yazısı

İTE Doğalgaz hattının doğu kısmının bir bölümü için deprem hasar olasılıklarına dair CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS)) konulu tez çalışmanızda üreteceğiniz CBS çalışmasına altlık olması ve kaynak oluşturması açısından aşağıda belirtilen verilerden yararlanma talebiniz doğrultusunda gerekli değerlendirme yapılmıştır.

1. İTE DGBH Projesine ait özet teknik bilgiler gerek ÇED ve gerekse baskısı yapılan tanıtım kitabında yer aldığı üzere veriler,
2. İTE DGBH 'nın Pasinler ve Aşkale İlçe sınırlarını kestiği lokasyondaki ilçe sınırlarının sayısal verisi,
3. Kandilli Fayı (337+680 - 339+680 km arası) ve Erzurum Fayını (279+955 - 281+955 km ile 283+887-285+887 km arası) kestiği bölgeler ile Pasinler Fay Zonu ve Karayazı Fayı (261+000 — 265+000 km arası) ile yakın geçtiği bölgelere ait koridor genişliği 150mx 150m olacak şekilde jeolojik formasyon verileri,
4. Kandilli Fayı (337+680 - 339+680 km arası) ve Erzurum Fayını (279+955 - 281+955 km ile 283+887-285+887 km arası) kestiği bölgeler ile Pasinler Fay Zonu ve Karayazı Fayı (261+000 — 265+000 km arası) bazı "sondajların" ve "araştırma" çukurlarının .shp dataları, laboratuvar sonuçları ve LOG ları.

Fay hatlarına göre sondaj ve araştırma çukurları listesi aşağıdadır:

Erzurum Fay Zonu [Hırsızderesi ;

1. 25-BH-32 (175 m uzağında)
2. 25-TP-44 (935 m uzağında)

Erzurum Fay Zonu /Deveyatağı ;

1. 25-TP-45 (250 m. uzağında)
2. 25-BH-33 (1,5 km. uzağında)
3. 25-BH-34 (1,1 km uzağında)
4. BVS8 sondajı (1 km uzağında)





TURANG TRANSİT TASİMACI

Kandilli Fayı :

1. 25-BH-55 (260m. uzaklığında)
2. 25-TP-75 (310 m. uzaklığında)
3. 25-TP-74 (680m. uzaklığında)

Pasinler Fay Zonu, İTE hattının en yakın 3km. güneyinden geçip hattı etkilememektedir. (25-TP-34, 25-TP-35, 25-BH-23, 25-BH-24)
Karayazı Fayı, İTE Hattının en yakın 5 km güneyinden geçmektedir. (25-TP-34, 25-TP-35, 25-BH-23, 25-BH-24)

5. Kandilli Fayı (337+680 — 339+680 km arası) ve Erzurum Fayını (279+955 — 281+955 km ile 283+887-285+887 km arası) kestiği bölgeler ile Pasinler Fay Zonu ve Karayazı Fayı (261 +000 — 265+000 km arası) için "Jeoloji ve Jeoteknik" kapsamında .pdfuzantılı konuyla ilgili hazırlanmış dokümanlar.
6. İTE hattının Kandilli Fayı (337+680 — 339+680 arası) ve Erzurum Fayını (279+955 — 281+955 km ile 283+887-285+887 km arası) kestiği bölgeler ile Pasinler Fay Zonu ve Karayazı Fayı (261 +000 — 265+000 km arası) ile yakın geçtiği bölgelere ait DTM ve Harita verilerinin koridor genişliği 150mx150m olacak şekilde kullanılması,

Projeye ait yukarıda sıralanan veri ve dokümanlardan imzalamış olduğunuz gizlilik sözleşmesi ve akademik yayın ilkelerine uygun şekilde tez çalışmanızda kullanmak üzere yararlanabilirsiniz.

Saygılarımızla,



Kasım Öztaş

Genel Müdür





ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Şennur Hazal Şener

Doğum Tarihi ve Yeri: İstanbul, 21.07.1989

E-posta : hsener@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2017-2015 yılları arasında NYENER Şirketinde ITE Doğalgaz Boru Hattı Projesinde CBS Mühendisi olarak çalıştı.
- 2015 yılında BOZSAN Şirketinde müteferrik içme suyu boru hattı inşaatında saha mühendisi olarak çalıştı.
- 2014 yılında Analiz Otomasyon Şirketinde atık su boru hattı inşaatında saha mühendisi olarak çalıştı.