AKKUYU NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ

Akkuyu Sahası Yer Raporu

Üniteler 1, 2, 3, 4

AKU.C.010.&.&&&&&.&&&&.002.HC.0004

Cilt 2

Revizyon 1

Moskova,

Mayıs 2013

AKKUYU NPP POWER GENERATION JOINT STOCK COMPANY

AKKUYU NGS
ELEKTRİK ÜRETİM ANONİM ŞİRKETİ
Farabi Sokak No: 27 Çankaya-ANKARA
Tel: (0312) 442 60 00 Fax: (0312) 442 60 16
Hitit Vergi Dairesi 031 054 6698 (3)

General Director AKKUYU NPP JSC

_____A.E. Superfin

«17» 05 2013

NUCLEAR POWER PLANT AKKUYU

Basic report for «Akkuyu» NPPsite

Units 1, 2, 3, 4

AKU.C.010.&.&&&&&.&&&&.002.HC.0004

Revision1

Volume 2

Director of Planning and Design Branch JSC
"Concern Rosenergoatom"

_____S.V. Egorov

«15» 05 2013

Technical Director of
AKKUYU NPP JSC

_____A.M. Afrov

«15» 05 2013

Moscow,

May 2013

AKKUYU NPP POWER GENERATION JOINT STOCK COMPANY

NUCLEAR POWER PLANT AKKUYU

Basic report for «Akkuyu» NPP site

Units 1, 2, 3, 4

AKU.C.010.&.&&&&&.&&&&.002.HC.0004

Revision 1

Volume 2

Head of Technical Regulation Division

_____ I.M. Kogay

«__15__» ____05____ 2013

Head of Operation Division

_____ V.V. Vdovin

«__15__» ____05____ 2013

Chief Specialist for design solutions

_____ A.V. Abramov

«__15__» ____05____ 2013

Moscow,

May 2013

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1-1

2. COĞRAFYA VE NÜFUS 2.1-1

3. CİVARDAKİ SANAYİ TESİSLERİ VE FAALİYETLERİ 3-1

4. METEOROLOJİ 4.1-1

5. HİDROLOJİ 5.1-1

6. JEOLOJİ, JEOFİZİK VE SİSMOLOJİ 6.1-1

7. EKOLOJİK ETKİLER 7-1

8. İNSAN KAYNAKLI DIŞ ETKİLER 8-1

9. TESİSİN RADYOLOJİK ETKİSİ 9-1

10. ACİL DURUM PLANLAMA 10.1-1

11. ELEKTRİK SİSTEMLERİ 11.1-1

12. PROGRAMLAR 12.1-1

13. EK BİLGİLER **13.1-1**

EKLER

Ek A – 1:500 000 Ölçekli Harita..... A-1

Ek B – 1:250 000 Ölçekli Harita..... B-1

Ek C – 1:10 000 Ölçekli Harita..... C-1

Ek D - Yerleşim Yerlerinden NGS Arazisine Mesafeler D-1

Ek E – 1:25 000 Ölçekli Jeoloji Haritası E-1

Ek F – 1:5000 Ölçekli Jeoloji Haritası..... F-1

Ek G - 1:25 000 Ölçekli Hidrojeolojik Haritaya Jeolojik Profiller G-1

Ek H - Güney Bölgesinin Batı Kısmının Stratigrafik Kesimi H-1

Ek J– 1:500 000 Ölçekli Hidrojeolojik Harita J-1

Ek K – 1:2000 Ölçekli Jeoloji Haritası ve Profiller K-1

Ek L - Mikrodepremlerin Araçsal Çalışma Sonuçları L-1

Ek M - Geçmişte Yaşanan Deprem Katalogları M-1

EK N - ESO Bölgelerinin Koordinatları ve Diğer PSHA/DSHA Parametreleri N-1

2.CİLT İÇİNDEKİLER

6. JEOLOJİ, JEOFİZİK VE SİSMOLOJİ 6.1-1

6.1 BÖLGESEL VE YAKIN BÖLGESEL ÇALIŞMALAR 6.1-1

6.2 SAHA YAKIN CİVARININ ARAŞTIRILMASI..... 6.2-1

6.3 SAHA ARAŞTIRMALARI 6.3-1

6.4 SİSMOLOJİK BİLGİLER 6.4-1

6.5 AKKUYU NGS SAHASININ SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ 6.5-1

6.6 YÜZEY FAYLANMASI 6.6-1

6.7 ZEMİN SIVILAŞMASI..... 6.7-1

6.8 ŞEV STABİLİTESİ 6.8-1

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 6/2.1 – Sismik Birimlerin Baskın Özellikleri 6.2-10
Tablo 6/3.1 – Kuyuların listesi, Tek kuyuluk pompalama testi esnasında kuruma 6.3-10
Tablo 6/3.2 – Tek kuyuluk pompalama testine dayalı su taşıyıcı malzemelerin hidrolik özellikleri 6.3-11
Tablo 6/3.3 Zemin suyu seviyesinin maksimum, minimum ve ortalama değerleri ve gözlem süresi için varyasyonların sırası 6.3-14
Tablo 6/3.4 Zemin suyu ısısının maksimum, minimum ve ortalama değerleri ve gözlem süresi için varyasyonların sırası 6.3-19
Tablo 6/3.5 – Belirlenen Katların Temel Jeoteknik Özellikleri ve Fiziksel-Mekanik Parametreleri, [6/223] 6.3-31
Tablo 6/3.6 – Sondaj Deliklerinde RQD Dağıtımı 6.3-32
Tablo 6/3.7 – Birimlerin Elastikliğinin Menard Sabit Değerleri 6.3-35
Tablo 6/3.8 – Test Sonuçları 6.3-37
Tablo 6/3.9 – Dikey Kesitte Akkuyu NGS A.S. sahasının kayalarının sismik özellikleri 6.3-43
Tablo 6/4.1 – WP ile Geçmiş Deprem Kataloğunun Tamamlanma Süreçleri 6.4-7
Tablo 6/4.2 – Rizzo ile Geçmiş Deprem Kataloğunun Tamamlanma Süreçleri 6.4-7
Tablo 6/4.3 – San Fernando Vadisi ile depremin şiddeti ve yoğunluğu arasındaki yaklaşık ilişki [6/127] 6.4-24
Tablo 6/4.4 – USGS verilerine göre şiddet ve yoğunluk arasındaki yaklaşık ilişki 6.4-24
Tablo 6/4.5 – Küresel Ölçü Kaynakları – Uluslararası Acenteler ve Bölgeler Arası Merkezler 6.4-26
Tablo 6/4.6 – Bölgesel Ölçek Kaynakları – Ulusal Acenteler 6.4-26
Tablo 6/4.7 – Aynı depremle ilgili kayıt sayısı ve depremlerin oluşumları 6.4-28
Tablo 6/4.8 – Veri tabanından son kataloğa kadar kayıtların seçimi için öncelik sistemi 6.4-29
Tablo 6/4.9 – CMT kataloğu 6.4-38
Tablo 6/4.10 – Şiddetli Depremler (1900-2010 yılları, $M_W \geq 6.0$), Akkuyu NGS Sahasından 365 km alanda kayıtlı olanlar 6.4-42
Tablo 6/4.11 – Rizzo Kataloğundaki Aletsel Dönem Depremlerinin Tamamlanma Yılı 6.4-43
Tablo 6/4.12 – WP kataloğundaki Aletsel Dönem Depremlerinin Tamamlanma Yılı 6.4-44
Tablo 6/4.13 – 15 Kasım 2011 ila 31 Mart 2012 tarihleri arasındaki süreçte kayıtlı depremlerin listesi (50-km alan) 6.4-52
Tablo 6/4.14 – 1 Nisan 2012 ila 15 Temmuz 2012 arasındaki süreçte (50-km alan) civarındaki kayıtlı depremlerin listesi 6.4-53

Tablo 6/4.15 – 16 Temmuz ila 20 Eylül 2012 tarihleri arasındaki süreçte (50 km alan) kayıtlı depremlerin listesi 6.4-55
Tablo 6/5.1 – TEK Modelinde sismotektonik yerlerin parametreleri 6.5-13
Tablo 6/5.2 – Sismik Özellikler (her bir Gutenberg-Rihter için lgN(M)=a-bM) of ESO alanları ENG-1978 ve ENG/METU-1980 modelleri 6.5-15
Tablo 6/5.3 –METU/EERC-1983 modelde ESO zonlarının sismik parametreleri 6.5-16
Tablo 6/5.4 – METU/GGRC-1989 modelin ESO zonlarındaki maksimum deprem şiddeti 6.5-18
Tablo 6/5.5 – ENVY/BU KOERI-1'deki bölgesel ESO zonlarında sismotektonik özellikler model [6/75]..... 6.5-19
Tablo 6/5.6 –ENVY/BU KOERI-1'deki lineer ESO zonlarında sismotektonik özellikler model [6/75] 6.5-20
Tablo 6/5.7 – ENVY/BU KOERI-2 model [6/75]'in ESO zonlarındaki sismotektonik özellikler6.5-21
Tablo 6/5.8 – ENVY/BU KOERI-3 model [6/75]'in ESO zonlarındaki sismotektonik özellikler 6.5-22
Tablo 6/5.9 –IPE RAS Model [6/117]'deki ESO zonlar için Maksimum Deprem Şiddetleri 6.5-26
Tablo 6/5.10 – ESO zon [6/243]'ün Mmaksimum değerlendirmesinde epistemik belirsizliği ortaya koyan üçlü mantık ağacı 6.5-47
Tablo 6/5.11 – Parametrelerin tekrarlanması için mantık ağacı [6/243]..... 6.5-49
Tablo 6/5.12 – Yer Hareketi İvmesinin Hesaplanması için Mantık Ağacı Yapısı [6/75]..... 6.5-52
Tablo 6/5.13 – Yoğunluğun Hesaplanması için Mantık Ağacı Yapısı [6/75]..... 6.5-52
Tablo 6/5.14 – Rizzo ile Depremlerin Kontrol Parametreleri 6.5-64
Tablo 6/7.1 – Sondajların Özellikleri..... 6.7-1
Tablo 6/7.2 – Saha ve laboratuvar test sonuçlarının Özeti 6.7-2

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 6/1.1 – Türkiye'nin önemli tektonik ve jeolojik özellikleri. Kalın beyaz ok, Avrasya'ya göre ilgili levhaların devinim yönlerini göstermektedir. Farklı tektonik deformasyon sitillerinin zorları arasındaki yaklaşık sınırlar (farklı tektonik alanlar), kalın kesikli çizgilerle gösterilmektedir. Bu alanlar, EACP, Doğu Anadolu Daralan İl; CAP, Orta Anadolu, NAFZ; Kuzey Anadolu Fay Hattı, EAFZ, Doğu Anadolu Deprem Hattı; DSFZ, Ölü Deniz Fay Hattı; FBFZ, Fethiye-Burdur Fay Hattı; SF, Sultandağ Fayı; IA; Isparta alanı; AB; Antalya Havzası;
CB, Kilikya Havzası. ([6/32], modifiye edilmiştir)..... 6.1-1
Şekil 6/1.2 – Akdeniz Bölgesinin jeodinamik çerçevesinin şematik görünüşü, [6/2]..... 6.1-4
Şekil 6/1.3 – Türkiye ve çevre bölgelerinin gerinim hızı haritası [6/9]..... 6.1-5
Şekil 6/1.4 – Akkuyu bölgesel alanı ve çevresindeki önemli jeotektonik yapılar
([6/38; 6/46; 6/59; 6/60; 6/61; 6/122; 6/1; 6/171; 6/191; 6/211]'den)..... 6.1-7
Şekil 6/1.5 – Tuz gölü havzası ve çevresinin şematik jeolojik haritası.
Kaynak [6/46]..... 6.1-13
Şekil 6/1.6 – Eskişehir fay hattı. Kaynak [6/198]..... 6.1-14
Şekil 6/1.7 – Orta Anadolu Fay Hattı (Koçyiğit & Beyhan'dan sonra[6/133]..... 6.1-15
Şekil 6/1.8 – Jeodinamik çerçevede Doğu Anadolu Fay Hattı (EAFZ)
Türkiye'nin ve Arabistan'ın doğusu kapsamında [6/203]..... 6.1-23
Şekil 6/1.9 – Ölü Deniz Fayı, Zagros Mts'den Ölü Denize akan N-S tektonik ayırt edici özelliktir. Jeomorfik ifadesi, Sayısal Yükseklik Modelinde açık bir şekilde görülmektedir..... 6.1-27
Şekil 6/1.10 – Türkiye'nin Genel Tektonik Haritası [6/64]..... 6.1-29
Şekil 6/1.11 – Akkuyu NGS Sahasındaki Orta Toros Kemerinin Önemli Tektonik Birimlerinin Basitleştirilmiş Jeolojik Haritası. 1-Güney bölgesi, 2-Orta Bölge,
3-Kuzey bölge, 4-Aladağ Birimi (Hadım örtüsü), 5-Alanya dağ kitlesi, 6-Ofiyolit,
7-Jurasik-Kireçli karbonat platformu, 8-Paleyosen-Eosen Olistostrom,
9-Denizel Miyosen, 10-Kuvaterner Çökelleri, 11-Eksenel Baskı [6/57]..... 6.1-30
Şekil 6/1.12– Alanın jeolojik haritası [6/172]..... 6.1-33
DSİ 1970 - Türkiye'nin hidrojeolojik haritası (ölçü:1/500.000) - Adana paftası..... 6.1-44
Şekil 6/1.13 – Akkuyu NGS bölgesinin hidrojeolojik haritası (1/500000 haritadan)..... 6.1-44
DSİ 1970 - Türkiye'nin hidrojeolojik haritası (ölçü:1/500.000) - Adana paftası..... 6.1-45
Şekil 6/1.14 – Hidro jeolojik haritaya göre 6.1-45
Şekil 6/2.1 – Kuzey Doğu Akdeniz ve Akkuyu (Google Earth'den görüntüler) 6.2-2
Şekil 6/2.2 – Çalışma Alanında Toplanan alt yan profillerinin lokasyon haritası [6/74]. 6.2-3
Şekil 6/2.3 – Milisaniyede A Biriminin Kalınlık Haritası 6.2-4

Şekil 6/2.4 – 5. Hattın Sismik Yorumu 6.2-5
Şekil 6/2.5 – Hat 6'nın Sismik Yorumu 6.2-6
Şekil 6/2.6 – Hat 7'nin Sismik Yorumu 6.2-6
Şekil 6/2.7 – Adana-Kilikya havzasının Polikuarterner kalınlığını ve Önemli Yapısal Çerçevesini Gösteren Harita [6/8] 6.2-7
Şekil 6/2.8 – 2012'deki Denize ait jeofiziksel planı. İnceleme Sistemi: Sarı Hatlar - Sığ Su Profilleri; Kırmızı Hatlar - Derin Su Profilleri; Açık Halka- Hat Başlangıcı; siyah Halka - Hat Sonu 6.2-11
Şekil 6/2.9 – Proje Alan Sınırının Sayısal Yükseklik Modeli 6.2-12
Şekil 6/2.10 – Proje Alan Sınırının Eğim Haritası 6.2-13
Şekil 6/2.11 – Büyükeceli Formasyonunun Db7 üyesinin Deformasyonunun Yakın Çekim Resmi 6.2-15
Şekil 6/2.12 – İnceburun Tepesinin Güneyindeki Çok Katlı Yamaç Kesitinin Güney Kısmının Foto Mozaiği 6.2-15
Şekil 6/2.13 – Akkuyu ve Çamalanı Körfezi arasındaki Yol Kesiminde gözlemlenen Normal Fayları gösteren fotoğraf 6.2-18
Şekil 6/2.14 – Büyükeceli Formasyonunun dolomitli kireç taşı içinde gelişen çatlaklar 6.2-19
Şekil 6/3.1 – Denize mesafeden seviyelerin bağımlı şeması 6.3-13
Şekil 6/3.2 – Büyükeceli ve Akdere formasyonlarının çökellerindeki yer altı su düzeyi değişiklik grafikleri 6.3-17
Şekil 6/3.3 – Toplam aylık yağışın histogramı 6.3-17
Not: Hidroizobatlar, Devoniyen su taşıyıcı aküfer için gerçekleştirilmiştir 6.3-18
Şekil 6/3.4 –Alanın hidrojeolojik topogrofik haritası (ölçü: 1:10 000) 6.3-18
Şekil 6/3.5 – Yer altı suyu ısısı değişiklik grafikleri 6.3-21
Şekil 6/3.6 –Yeraltı suyu kimyasal yapı şemaları (A-ana bölge, B-kıyı bölgesi) 6.3-22
Şekil 6/3.7 – Basınç-ölçer Deformasyon Modülü vs. Yükseklik Grafiği 6.3-36
Şekil 6/3.8 – WE yönünde V_s-dalgalarını kullanarak reaktör bölüntüleri ile sismik kesit: (a) *PS*-veri kaydı; (b) *ReMi/MASW* verisi. 6.3-42
Şekil 6/3.9 –Akkuyu NGS sahasındaki Vs30 çalışmalarının Lokasyon haritası 6.3-46
Şekil 6/3.10 – Profillerin anormal alanları, Entegre Jeofiziksel Çalışmaların Sonuçlarına Dayalı Farklılıklar 6.3-52
Şekil 6/3.11 – Manyetik Anormalliklerin Haritası 6.3-56
Şekil 6/3.12 – AKK1 (Sol) ve AKK2 (Sağ) İstasyonlarındaki Mikrosismisitelerin Kayıtlarına göre Nakamura Yöntemi ile sağlanan Transfer Fonksiyonları (Saha Müdahalesi) 6.3-57
Şekil 6/4.1 – Alandaki Şiddetli Depremlerin Haritası 6.4-1

Şekil 6/4.2 – ENVY/BU KOERI kataloğuna dayalı olarak geçmiş depremlerin haritası. Büyük ölçekli (kırmızı halka), küçük ölçekli (mavi halka) ve eşit (gri halka) ölçekli depremler ve değerlendirmeleri (6/4-1) 6.4-2
Şekil 6/4.3 – H derinliğindeki büyüklüklerin dağılımı, km 6.4-4
Şekil 6/4.4 – [6/210] kataloğundan geçmiş depremlerin haritası 6.4-6
Şekil 6/4.5 – 822 durum (M=7.4) ve 1872 durum (M=7.2), [6/14] yoğunluk izolin haritası 6.4-9
Şekil 6/4.6 – 7:00:48,5 Ekim 22, Adana yakınlarındaki1952 Depreminin 1 nolu eş deprem haritası Deprem merkezinin koordinatları 37.25º N ve 35.65º E; Derinlik - 70 km; Şiddet MS=5.6; Deprem merkezinin yoğunluğu - 7 Nokta[6/112] 6.4-10
Şekil 6/4.7 – Burdur Çevresindeki 22 Kasım 1963 tarihli eş deprem haritası; deprem merkezi koordinatları: 38.07º (37.41º) Nve 29.68º (29.89º) E.; Derinlik - 60 km; Şiddet M_S=5.1 (5.7); deprem merkezinin yoğunluğu - 7 Nokta [6/112] 6.4-10
Şekil 6/4.8 –Gediz çevresindeki 28 Mart 1970, 21.02 depremin eş deprem haritası: deprem merkezi koordinatları: 39.21º Nve 29.51º E.; Derinlik - 18 km; Şiddet M_S=7.3; Deprem Merkezinin Yoğunluğu - 9 Nokta [6/112] 6.4-11
Şekil 6/4.9 – Malatya-Surgu yakınlarında 5 Mayıs 1986, 03:35 tarihli depremin eş deprem haritası; Deprem Merkezi Koordinatları: 38.02º N ve 37.79º E.; Derinlik - 4 km; Şiddet M_S=6.0; Deprem Merkezinin Yoğunluğu-7 Nokta [6/112] 6.4-11
Şekil 6/4.10 – Antik kentlerin lokasyonları. GoogleMap ve GoogleEarth-Pro yazılımı, rölyef görüntüsü ve derinlik ölçümü için kullanılmıştır 6.4-13
Şekil 6/4.11 – Çalışma alanının jeolojik haritası [6/82]..... 6.4-14
Şekil 6/4.12 – Korikos'taki kilisenin yıkık duvarları, kemer taşı yerinden oynamıştır 6.4-17
Şekil 6/4.13 – a) Diocaseare'daki tören kapısı. batıya doğru görüntü. b) Doğu bloklarının üstten yakın görüntüsü. Not rotasyonu ve sol bloğun yerinden oynaması (mavi ok). Ayrıca, üst bloklar arasındaki not dilasyonu (sarı ok). 6.4-18
Şekil 6/4.14 – Olba'daki Roman kemerli köprüsü. a) su akıntısının olduğunu kireç bloklarından yapılan kemerli köprü üzerindeki U biçimli kanal. Bunların yerinden oynadığına dikkat edin. b) Kemer ayaklarının yakından görüntüsü. Kısmen çökmüştür ve bloklar kırılmıştır. 6.4-19
Şekil 6/4.15 – LIDAR sistemine dayalı yer 6.4-20
Şekil 6/4.16 – Imbriogon'daki (batı duvarı) mezarlarının LIDAR görüntüsü. batı duvarındaki genleşme miktarı, 61.4 cm'dir (%10 genleşme) 6.4-21
Şekil 6/4.17 – Diocaesarea'daki Zeus tapınağının (a) batı ve (b) doğu kısımlarının 3D LIDAR görüntüsü. Sütunlar, NNW-SSE yönündeki dikey pozisyondan sapmaya uğramıştır. Dikey pozisyondan sapma oranı, kuzey sütunlarında 1 ila 3.5° arasında, güney sütunlarında 2° olarak değişmektedir..... 6.4-22

Şekil 6/4.18 – Çalışma alanındaki büyük binaların antik kalıntılarında ölçülen ve gözlemlenen hasar boyutları 6.4-23
Şekil 6/4.19 –KOERI ve DEMP tarafından işletilen mevcut şebeke..... 6.4-25
Şekil 6/4.20 – ISC Verilerine dayalı Ms ve Mb Şiddetleri arasındaki ilişki (323 Belirlemeleri). Yeşil hat, 4.5'den büyük olmayan Mb büyüklükleri içindir (İlişki 6/4-8). Mor hat, ilişkiye karşılık gelmektedir (6/4-5), Mavi Hat- 6/4-6), ve kırmızı hat – (6/4-7)'ye karşılık gelmektedir 6.4-31
Şekil 6/4.21 – Veri tabanındaki tüm mevcut bilgilere dayalı olarak ML ve mb büyüklükleri arasındaki ilişki (995belirlemeleri). Eğim 1 ile Hattın kolay bir şekilde karşılaştırılması için kullanılmaktadır 6.4-31
Şekil 6/4.22 – Veri tabanındaki tüm mevcut bilgilere dayalı olarak Md ve mb büyüklükleri arasındaki ilişki (212 belirlemeleri). Eğim 1 ile Hattın kolay bir şekilde karşılaştırılması için kullanılmaktadır 6.4-32
Şekil 6/4.23 – Son Kataloğa göre deprem merkezi haritası– 26728 olayları 6.4-33
Şekil 6/4.24 – ISC verilerine dayalı 1970/03/20 depremine ilişkin ilk bilgiler..... 6.4-34
Şekil 6/4.25 – 1970/03/20 deprem merkezine yönelik mevki pozisyonları 6.4-34
Şekil 6/4.26 – 1970/03/20 depremi. Siyah yıldız, ISC çözümü içindir, kırmızı ise revize edilen çözümler içindir 6.4-36
Şekil 6/4.27 – CMT-kataloğu [6/106]'e göre deprem mekanizmaları:
yukarıda – hipo merkez derinliği h<44 km; aşağıda – h≥44 km. En son depremin meydana geldiği tarih 27.07.2011 kırmızı olarak belirtilmektedir. siyah kare – NGS sahasıdır..... 6.4-39
Şekil 6/4.28 –1900'den 2010'a kadar olan süreçte Akkuyu NGS Bölgesinin depremselliği 6.4-40
Şekil 6/4.29 – Deprem Büyüklük Histogramı 6.4-41
Şekil 6/4.30 – Deprem Derinlik Histogramı..... 6.4-41
Şekil 6/4.31 – IRIS veri tabanından Araçsal Depremsellik (1976-2010) 6.4-44
Şekil 6/4.32 – Tüm bölgesel alan için yayılmış kuzey-güney kesitlerindeki derinlik ile araçsal depremselliğin dağıtımı (700 km)..... 6.4-45
Şekil 6/4.33 – Keşfe dayalı araçsal anket verileri ve Ulusal Sabit Sismik İstasyon Şebekesi ile sağlanan verilere göre Deprem Merkezinin Belirlenme Sonuçlarının Entegrasyonu [6/79] 6.4-47
Şekil 6/4.34 – Yerel Sismik Şebeke Konfigürasyonu: sarı semboller- WM bant genişliği depremölçerler, üçgenler- kuvvetli yer hareketi (SM) ivmeölçeri 6.4-48
Şekil 6/4.35 – Akkuyu NP Alanından itibaren 50 km'lik alanda meydana gelen 1 Temmuz-31 Ağustos 2011 tarihli süre zarfında saptanan sismik durumlar..... 6.4-49
Şekil 6/4.36 – Sismik olayların meydana gelmesindeki merkez ve derinlik hatalarının frekans dağıtımı (Temmuz-Ağustos 2011)..... 6.4-49
Şekil 6/4.37 – Akkuyu NGS bölgesindeki taş ocakları..... 6.4-50

Şekil 6/4.38 – 26 Eylül 2011, 11.03 tarihli ayrık genlik spektrumu, açık deniz durumu (sol) ve 14 Ekim 2011 08:54 kıyıya doğru durum (sağ) 6.4-50
Şekil 6/4.39 – yüksek sinyalden gürültü oranına dalga biçimleri ile seçilen bazı durumların CMT inversiyon sonuçları , [6/125] 6.4-51
Şekil 6/4.40 – 15 Kasım 2011'den 31 Mart 2012'ye kadar olan süre esnasında kaydedilen alanın çevresinde (50 km alan) deprem aktifliği 6.4-52
Şekil 6/4.41 – 1 Nisan 2012'den 15 Temmuz 2012'ye kadar olan süre esnasında kaydedilen alanın çevresinde (50 km alan) deprem aktifliği 6.4-53
Şekil 6/4.42 – Yeşil Ovacık alanındaki deprem merkezi için 3 Mayıs 2012 tarihli yoğunluk haritası 6.4-54
Şekil 6/4.43 – 16 Temmuz 2012 ve 20 Eylül 2012 arasında bölgedeki sismik faaliyetler 6.4-55
Şekil 6/4.44 – 2012.05.03, ML 3.9, Yeşilovacık kıyıdan uzak-Mersin (Akdeniz), Akkuyu NGS alanına mesafe: 20.1km 6.4-56
Şekil 6/4.45 – 2012.05.11, ML 5.3, Akdeniz, AKKUYU NGS alanına mesafe: 219.7km 6.4-56
Şekil 6/5.1 – Türkiye'nin deprem bölgesi haritası 6.5-1
Şekil 6/5.2 – Akkuyu NGS alanının TEK sismotektonik zon modelinin haritası 320-km [6/214] 6.5-12
Şekil 6/5.3 – Güney Anadolu ESO bölgesinin haritası (ENG-1978), [6/64] 6.5-13
Şekil 6/5.4 –ENG/METU Haritası-1980 Model, [6/65] 6.5-14
Şekil 6/5.5 –METU/EERC Haritası-1983 model (alandan en yakın uzaklık mesafesi içindeki bölge sınırlarında bölgeye yakın SES zonlarında Mmaş ile deprem kaynaklarının referans lokasyonlarını belirten yıldızlar [6/226] 6.5-16
Şekil 6/5.6 – Modifiye edilen METU haritası /GGRC-1989 model [6/154] 6.5-17
Şekil 6/5.7 – ENVY ESO zonlarının haritası/BU KOERI-1 model [6/75] 6.5-19
Şekil 6/5.8 – ENVY'nin ESO zonlarının haritasının yakından görünüşü/BU KOERI-1 model [6/75] 6.5-19
Şekil 6/5.9 – NVY/BU KOERI E-1 modelin ESO zon haritası [6/75] 6.5-21
Şekil 6/5.10 –ENVY/BU KOERI ESO zonlarının haritası-3 model [6/75] 6.5-22
Şekil 6/5.11 – IPE RAS modelinin ESO zonu [6/117]. Araçsal (daire) ve geçmiş (eşkenar dörtgen) sürelerin deprem merkezleri gösterilmektedir. Faylar (kahverengi çizgiler), ENVY/BU KOERI malzemelere göre gösterilmektedir [6/75]; mavi çizgiler – temel tektonik unsurlar [6/102] ... 6.5-25
Şekil 6/5.12 – Çalışılan bölge için Frekans Grafiği [6/117] 6.5-26
Şekil 6/5.13 – Seçilen ESO zonları için büyüklük-frekans grafikleri [6/117] 6.5-27
Şekil 6/5.14 – Yaygın depremsellik için frekans grafiği (ESO zonları dışında) [6/117] 6.5-27

Şekil 6/5.15 – Bölgenin depremselliği için Morishita İndeks Grafiği [6/117] 6.5-29
Şekil 6/5.16 – Bölgenin depremselliği (Sol – Konsantre bileşenler;
Sağ – Yaygın Bileşenler) [6/117] 6.5-29
Şekil 6/5.17 –B ESO zonlarının model haritası [6/246] 6.5-30
Şekil 6/5.18 – METU-1980 Model Haritası (Model C) 6.5-35
Şekil 6/5.19 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 1 ve Depremsellik [6/243] 6.5-40
Şekil 6/5.20 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 2 ve Depremsellik [6/243] 6.5-41
Şekil 6/5.21 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 3 ve Depremsellik [6/243] 6.5-42
Şekil 6/5.22 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 4 ve Depremsellik [6/243] 6.5-43
Şekil 6/5.23 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 5 ve Depremsellik [6/243] 6.5-44
Şekil 6/5.24 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 6 ve Depremsellik [6/243] 6.5-45
Şekil 6/5.25 – İvmelenme bağlamında PSHA'da Epistemik Belirsizliğin dikkate alınması ve Analiz Değerlendirmesi (IPE RAS) [6/117] 6.5-54
Şekil 6/5.26 – WP çalışmasında DSHA ve PSHA'da Epistemik Belirsizliğin dikkate alınması ve Analiz Değerlendirmesi [6/246] 6.5-56
Şekil 6/6.1 – GMRT sayısal yükseklik modeline dayalı olarak yakın bölgesel alanlarda (25 km etki alanlı) ve çevresindeki temel morfoloji (iç ayrışma 99 m) 6.6-1
Şekil 6/6.2 – Merkezi Taurides'in güney marjini üzerine kaldırılan miyosen deniz çökeli örneği [6/51]. Turuncu poligon katmanı, miyosen deniz çökelinin yüzey çıkıntı örneğini göstermektedir Düşey aşırılık, 7:1 ..... 6.6-3
Şekil 6/6.3 – İç ve dış kısımlarda alan için potansiyel ilginin literatüre dayalı verilerine dayalı fay bölgeleri. Sarı yıldız, Akkuyu NGS sahasını göstermektedir 6.6-4
Şekil 6/6.4 – Yakın Bölge için havadan fotoğraf alınması [6/245]. Orijinal fotoğraf ölçek 1:60,000. Sarı yıldız , Akkuyu sitesini göstermektedir 6.6-5
Şekil 6/6.5 – Morfotektonik analizin sonuçlarının haritalandırması [6/245] 6.6-7
Şekil 6/6.6 – Tanımlanan ayırt edici özellik haritası. Namrun FZ lokasyonu, hipotetiktir 6.6-9
Şekil 6/6.7 – 1977 MTA raporunun sismik hatlarının şebekesi [6/159] 6.6-16
Şekil 6/6.8 – Çeşitli kaynaklara göre Akkuyu alanına yakın bölgelerde iç ya da dış kısımdaki aktif faylar. Faylar, "F" olarak gösterilmektedir, alandan sadece 7 km., en son gerçekleştirilen sismik araştırma dışında tutulmuştur [6/244] 6.6-17
Şekil 6/6.9 – Alan çevresinin kapsamı ve yakın bölgesel alanlar (25 km) alanlar ile mukayese edilen 2-D kıyıdan uzak sismik araştırmanın bir uçtan diğerine haritası (5 km) [6/244] 6.6-18
Şekil 6/6.10 – Ön kümeli süre migrasyonlu (PSTM) sismik hatların örnekleri. Q-dört bileşenli, P-Pliyosen, A-yeraltı-indüklenmiş uzanım, B-yer üstü, C-yerçekimi indüklenmiş deformasyon, E-hızlı çöküntü ile ilgili morfoloji, R- olası resifal kireçtaşı, T-yeraltından yukarı kaldırma ile

indüklenmiş kıvrılma ve faylanma, U- uyuşmazlık [6/244] 6.6-20
Şekil 6/6.11 – Akkuyu NGS sahası etrafındaki alan çevresi (5 km yarıçaplı) ve saha alanı (1 km^2)..... 6.6-21
Şekil 6/6.12 – Çevre alanlar için havadan fotoğraf çekimi. Orijinal fotoğraf ölçeği 1:15000 [6/242]..... 6.6-25
Şekil 6/6.13 – Sahanın çevre alanlarının morfotektonik haritası [6/242]..... 6.6-26
Şekil 6/6.14 – Akkuyu Sahası Haritası 6.6-28
Şekil 6/6.15 – MTA ekibi tarafından hazırlanan Akkuyu NGS sahasının jeolojik haritası [6/56]. Mavi hat, bu kampanyanın çalışma alanlarını belirtmektedir. Şekil, yeni oluşan kesikler ve dolgu alanları ile biçimlendirilen Akkuyu Körfezinin yakından görüntüsünü ortaya koymaktadır ... 6.6-30
Şekil 6/6.16 – METU/EERC 1983 ile araştırılan çukurların lokasyonu [6/226] 6.6-31
Şekil 6/6.17 – Envy tarafından kazılmış dört çukurun lokasyonu, 2011 [6/69]..... 6.6-31
Şekil 6/6.18 – Akkuyu Fayı ile birlikte 5 kuyunun doğu duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü [6/93] 6.6-33
Şekil 6/6.19 – Akkuyu Fayı ile birlikte 5 kuyunun batı duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü [6/93] 6.6-34
Şekil 6/6.20 – Akkuyu Fayı ile birlikte 8 kuyunun doğu duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü [6/93] 6.6-35
Şekil 6/6.21 – Akkuyu Fayı ile birlikte T1 kuyusunun batı duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü. Envy [6/69] 6.6-37
Şekil 6/6.22 – Akkuyu Fayı ile birlikte T2 kuyusunun batı duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü. Envy [6/69] 6.6-39
Şekil 6/6.23 – Aksaz Fayı ile birlikte T9 kuyusunun kuzey duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü., METU/EERC, [6/226]..... 6.6-40
Şekil 6/6.24 – Aksaz Fayı ile birlikte T9 kuyusunun güney duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü. METU/EERC, [6/226]..... 6.6-41
Şekil 6/6.25 – Aksaz Fayı ile birlikte T10 kuyusunun güney duvarı , METU/EERC [6/226] .. 6.6-42
Şekil 6/6.26 – T3 kuyusunda gözlenen Aksaz Fayının fotoğrafı. Envy [6/69]..... 6.6-43
Şekil 6/6.27 – Aksaz Fayı ile birlikte T3 kuyusunun kuzey batı duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü. Envy [6/69] 6.6-43
Şekil 6/6.28 – Aksaz Fayı ile birlikte T4 kuyusunun kuzey batı duvarının foto mozaik ve stratigrafik sistem günlüğü. Envy [6/69] 6.6-45
Şekil 6/6.29 – Kireçlenmiş kumların ara katmanı (Qc1, Qc2) ve kuvaterner alüvyal fanları (Qalf1, Qalf2), [6/93]..... 6.6-46
Şekil 6/6.30 – Borulu kireçlenmiş kumların (Qc2) ve kuvaterner alüvyal fanların yakından görünüşü

Qalf2), [6/93] 6.6-46
Şekil 6/6.31 – Kireçlenmiş kumlar ve Çamalanı Körfezindeki kuvaterner atıkların haritası, [6/93] 6.6-47
Şekil 6/6.32 – Askıda kolüvyol fan, Kuşyuvası tepesinin sahilinde deniz seviyesinin 15 m yukarısı [6/93] 6.6-48
Şekil 6/8.1 – Denize bakan doğal eğimlerdeki kaya düşmesi, Aksaz tepelerinin güney eğimi .. 6.8-2
Şekil 6/8.2 – Denize bakan doğal eğimlerdeki kaya düşmesi, İnceburun'un güney eğimi 6.8-3
Şekil 6/8.3 – Kazı eğiminde kaya düşmesi, detaşman görülmektedir, henüz mobilize değildir (İnceburun güney eğimi/yamacı) 6.8-3
Şekil 6/8.4 – Kazı eğiminde kaya düşmesi, detaşman görülmektedir, henüz mobilize değildir (Akkuyu fayının güneyi) 6.8-4
Şekil 6/8.5 – Kaya düşmeleri ile oluşan talus 6.8-4

KABUL GÖRMÜŞ KISALTMALAR

Akkuyu NGS	Akkuyu Nükleer Elektrik Santrali
ATH	Sismolojik Enstitü , Atina Ulusal Rasathane (NOA), Yunanistan
BCIS	Bureau Central International de Seismologie (Uluslararası Merkezi Sismolojik Merkezi)
BU	Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul
CAFZ	Orta Anadolu Fay Hattı
CGS	Birleşik Devletler Sahil ve Jeodezik Araştırma, NEIS, ABD
CMT	Sendroid Moment Tensör
CSEM	Merkezi Sismolojik Avrupa-Akdeniz
DDA	Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
DSHA	Belirleyici Sismik Tehlike Analizi
DSI	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
DST	Ölü Deniz Dönüştürme
DUSS	Jeoloji Bölümü, Fen Bilimleri Fakültesi, Şam Üniversitesi, Suriye
EAF	Doğu Anadolu Fayı
EERC	Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi
EFZ	Eskişehir Fay Hattı
EHB	Engdahl, van der Hilst ve Buland
EIE	Elektrik Santrali Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara
FADL	Günlük Alan Faaliyet Kayıtları
FBFZ	Fethiye-Burdur Fay Hattı
FZ	Fay Hattı
GCMT	Küresel Kitle Merkezi Moment Tensor Projesi
GII	İsrail Jeofizik Kurumu
GIS	Coğrafik Bilgi Sistemi
GM	Jeomanyetik
GMPE	Yer Hareketi Tahmin Denklemleri
GMRT	Küresel Çoklu Çözünürlük Topografisi
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
GRAL	Jeofiziksel Araştırma Ulusal Merkezi, Beyrut, Lübnan
HLW	Astronomi ve Jeofizik Ulusal Araştırma Enstitüsü, Helwan,

HRVD	Jeolojik Bilimler Bölümü, Harvard Üniversitesi
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu
IASPEI	Uluslararası İç Dünya Sismoloji ve Fizik Kurumu
IMST	Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü
IPRG	Petrol Araştırma ve Jeofizik Enstitüsü, İsrail
IRIS	Sismoloji Birleşik Araştırma Enstitüsü
ISC	Uluslararası Sismoloji Merkezi
ISCJB	Uluslararası Sismoloji Merkezi (JB Tabloları kullanan öz saptamalar)
ISK	Kandilli RasathaNGSi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi (BU KOERI). İstanbul, Türkiye
ISN	Irak Meteoroloji ve Sismoloji Kurumu, Irak
ISS	Uluslararası Sismoloji Özeti, İngiltere
JSO	Ürdün Sismoloji RasathaNGSi, Doğal Kaynaklar Otoritesi, Ürdün
KOERI	Kandilli RasathaNGSi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
KSA	Observatoire de Ksara, Zahle, Lübnan
MED_R	MedNet Merkezi Ağırlık Merkezi - Moment Tensörler INGV İtalya
METU	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
MOS	Jeofizik Enstitüsü –Rusya Bilim Akademisi, Obninsk
MTA	Türkiye Mineral Araştırma ve Keşfi
NAFZ	Kuzey Anadolu Fay Hattı
NEAF	Kuzey Doğu Fay Hattı
NEHRP	Ulusal Deprem Tehlikelerinin Azaltılması Programı (ABD)
NEIC	Ulusal Deprem Bilgi Merkezi
NEIS	Ulusal Deprem Bilgi Hizmeti
NGA	Gelecek Kuşakların Azaltılması
NIC	Jeolojik Araştırma Bölümü (GSD), Kıbrıs
NGS	Nükleer Elektrik Santrali
NSSC	Suriye Ulusal Sismolojik Merkezi, Suriye
PGA	Maksimum Yer İvmesi
PSA	Maksimum Görüngesel İvme
PSD	Güç Görüngesel Yoğunluk
PSDM	Ön Kümeli Derinlik Azaltma
PSHA	Olasıksal Sismik Tehlike Analizi
PSTM	Ön kümeli migrasyon

PUL	Pulkovo, Rusya
R	Direnirlilik
RQD	Kaya Kalite Değeri
RYD	Suudi Krallığı Üniversitesi, Riyad, Suudi Arabistan
SCR	STablo Kıtasal Bölgeler
SHAP	Sismik Tehlike Analiz Programı
SNSN	Bilim ve Teknoloji ile ilgili Kral Abdulaziz Şehri, Suudi Ulusal Sismik Ağı, Suudi Arabistan
SSG	Özel Güvenlik Kılavuzu
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEH	Jeofizik Enstitüsü, Tahran Üniversitesi, İran
TGFZ	Tuzgölü Fay Hattı
THE	Selanik Üniversitesi, Yunanistan
USGS	Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma
WPNS	WorleyParsons Nükleer Hizmetler
ZUR	Schweizerischer Erdbebendienst, Institut fur Geophysik, ETH, İsviçre
ZUR_R	Zurich Moment Tensörleri, İsviçre Sismolojik Hizmeti ETH ETH

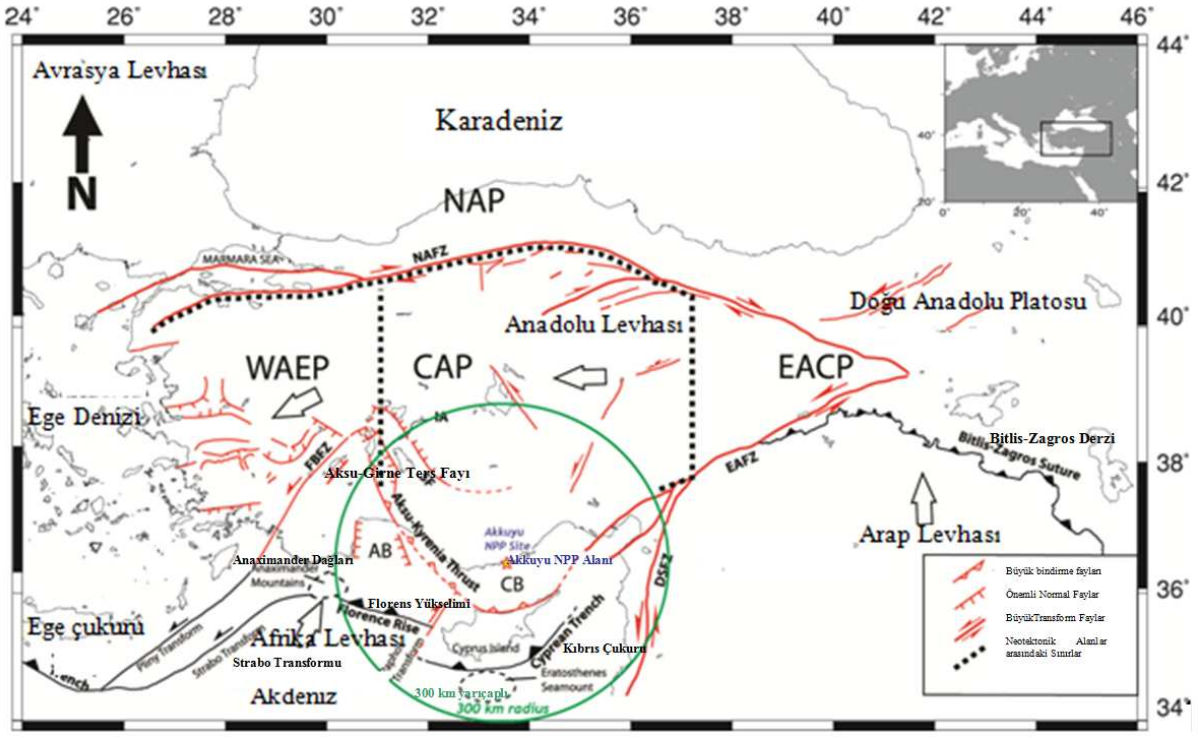
6. JEOLOJİ, JEOFİZİK VE SİSMOLOJİ

6.1 bÖLGESEL VE YAKIN BÖLGESEL ÇALIŞMALAR

6.1.1 BÖLGESEL TEKTONİK VE JEOLOJİK YAPI

6.1.1.1 GENEL TEKTONİK VE JEODİNAMİK ÇERÇEVE

Türkiye, depremsel olarak aktif, tektonik olarak karmaşık Alp-Himalaya orojenik kuşağının Doğu Akdeniz kesiminde yer almaktadır. Türkiye'nin aktif tektoniği, güneydeki Afrika ve Arap plakaları ile kuzeydeki Avrasya plakasının birbirlerine yaklaşmasının sonucudur. Bu plakaların birbirine yaklaşan kıskaç uçları gibi davranmasından dolayı Anadolu, aralarında kabuksal mozaik oluşturan çok sayıda bloktan oluşan bir kırılma bölgesini temsil etmektedir (6/101], Şekil 6/1.1).



Şekil 6/1.1 – Türkiye'nin önemli tektonik ve jeolojik özellikleri. Kalın beyaz ok, Avrasya ile ilgili olarak plakaların devinim yönlerini göstermektedir. Farklı tektonik deformasyon stillerinin zonları arasındaki yaklaşık sınırlar (farklı tektonik alanlar), kalın kesikli çizgilerle gösterilmektedir. Bu alanlar, EACP, Doğu Anadolu Bölgesi; CAP, Orta Anadolu Bölgesi, WAEP, Batı Anadolu Gerilmeli Bölge; NAP, Kuzey Anadolu Bölgesi, NAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; EAFZ; Doğu Anadolu Fay Zonu, DSFZ; Ölü Deniz Fay Zonu; FBFZ, Fethiye-Burdur Fay Zonu; SF, Sultandağ Fayı; IA, Isparta açısı; AB; Antalya Havzası; CB; Kilikya Havzası. ([6/32], modifiye edilmiş).

Aktif kabuksal deformasyon modeli, K-G yönünde uzanan iki maksimum baskı ya da kabuksal kısalma ortaya çıkarır: biri doğu Karadeniz ile Arap plakası arasında, diğeri ise batı

Karadeniz ile Isparta Açısı arasındadır. Karadeniz, okyanusa ait bir litosfere sahip olmasından ötürü, aslında ayrı bir levhadır. Ancak, bir blok olarak ta düşünülebilir çünkü Karadeniz, Avrasya Levhası içinde rahat bir şekilde hareket edemeyen okyanusa ait bir alanda hapsedilmiştir. Kuzey Anadolu Fayı (NAFZ), Doğu Anadolu Fayı (EAFZ), Sultandağ Fayı (SF), Yunan çukurluğu, Kıbrıs çukurluğu, Ölü Deniz Fayı (DSFZ) ve Bitlis-Zagros kenet kuşağı, bu bloklar ve doğu Akdeniz'deki levhalar arasında en önemli aktif tektonik sınırları oluşturur (Şekil 6/1.1).

Arap ve Avrasya Plakaları arasındaki kapanma sonucunda, Bitlis Kenet Kuşağı boyunca kıtasal çarpışma gerçekleşir ve Anadolu Bloğu NAF ve EAF boyunca Avrasya Plakasına göre batıya doğru hareket eder [6/101; 6/102; 6/120; 6/152 ve 6/200]. GPS ölçümleri, NAF ve EAF için sırasıyla 24±1 mm/yıl ve 9±2 mm/yıl kayma hızları ve Anadolu Bloğu için saat yönünün tersi bir dönüş göstermektedir. [6/149 ve 6/189] NAF, Karadeniz sahiline alt paraleldir ve Trakya Fay Hattı ve Kuzey Doğu Anadolu Fay Hattı (NEAF) ile birlikte güney Karadeniz marjinini çevreler. Doğu Akdeniz'de Afrika Levhasını kuzeye hareket ettiren köşede okyanus litosferi ve kıtasal litosferdeki Ege-Anadolu bölgesini deforme eden okyanus litosferi arasındaki arayüz, güneyde Yunanistan ve Kıbrıs dalma-batma bölgesini oluşturmaktadır (Şekil 6/1.1). Afrika ve Arap levhalarının kuzey hareketi arasında hız farklılığı olmasından ötürü (sırasıyla 10mm/yr ve 18 mm/yr,), bu farklılık, Afrika ve Arap levhaları arasındaki levha sınırını belirleyen sol yanal doğrultu atımlı Ölü Deniz boyunca yerleşmektedir.

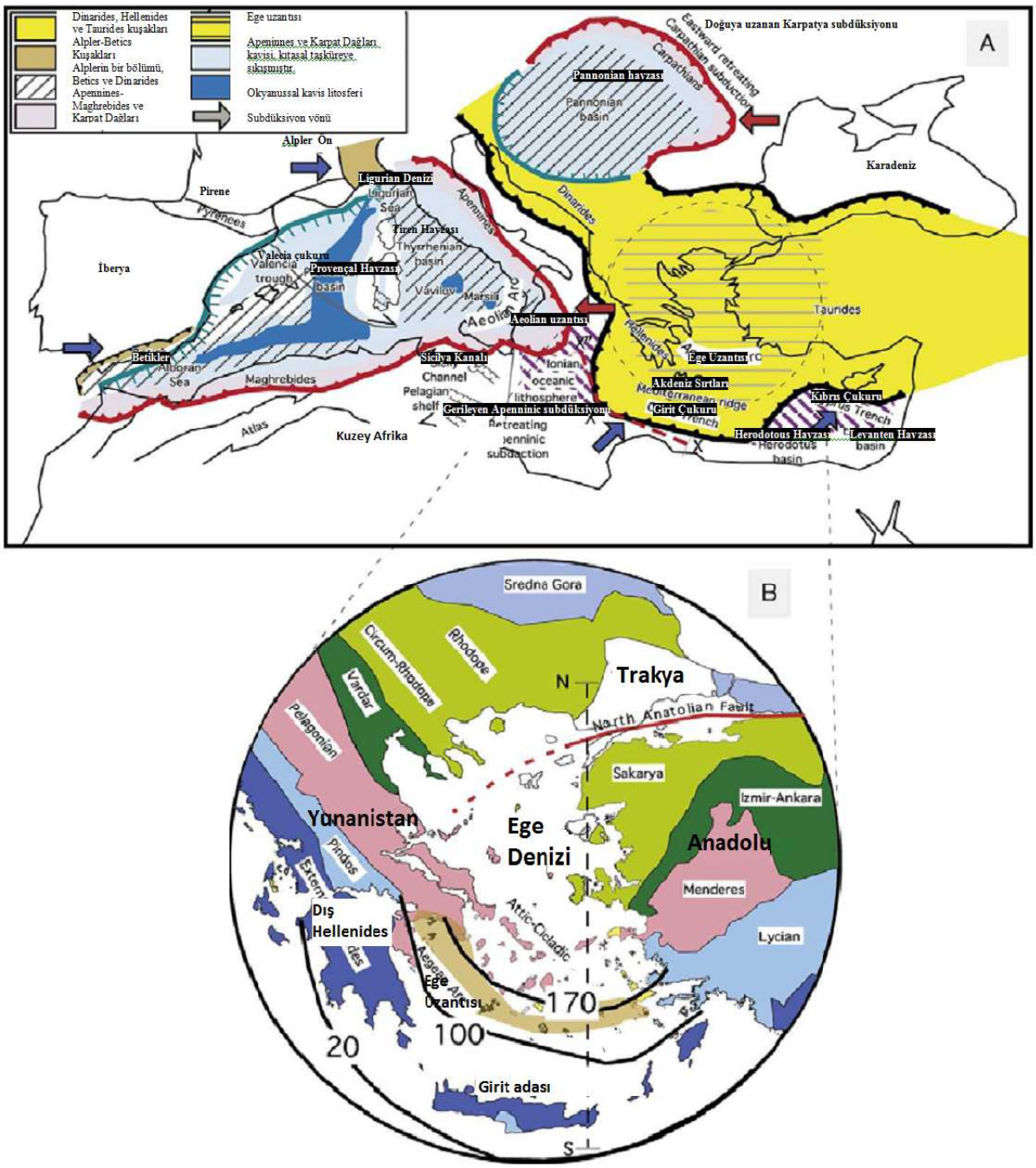
Doğu Akdeniz Jeodinamik Çerçevesi

Doğu Akdeniz, orijinal pasif marjinleri halihazırda, Levanten ve Herodotus havzalarının doğu ve güneyinde korunmakta olan Neotetis Okyanusunun bir [6/2, 6/207 ve 6/92] kalıntısı olarak yorumlanmaktadır Şekil 6/1.2). Doğu Akdeniz'de, aktif jeodinamik süreçler genel olarak, üç büyük levhadan (Afrika, Arap ve Avrasya) ve çeşitli küçük levhalardan (Anadolu, Sina, Ege ve Adriyan) etkilenmektedir.

Kuzeyde, Girit ve Kıbrıs çukurları altındaki Afrika levhasının kuzeye yönlendirilmiş dalma-batma zonu ile yönetilmektedir (Şekil 6/1.2). İnce okyanus litosferin halihazırda Girit altına daldığı ve kalın kıtasal marjinin ise Kıbrıs çukuruna daldığından bahsetmek gerekir [6/191]. Ege Denizi, Üst Kretase-Paleosen yakınsama- çarpışma esnasında mevzilendirilmiş çeşitli tektonik birimlerin incelmesiyle siyah ark oluşu ile yapılanmıştır [6/33 ve 6/190].

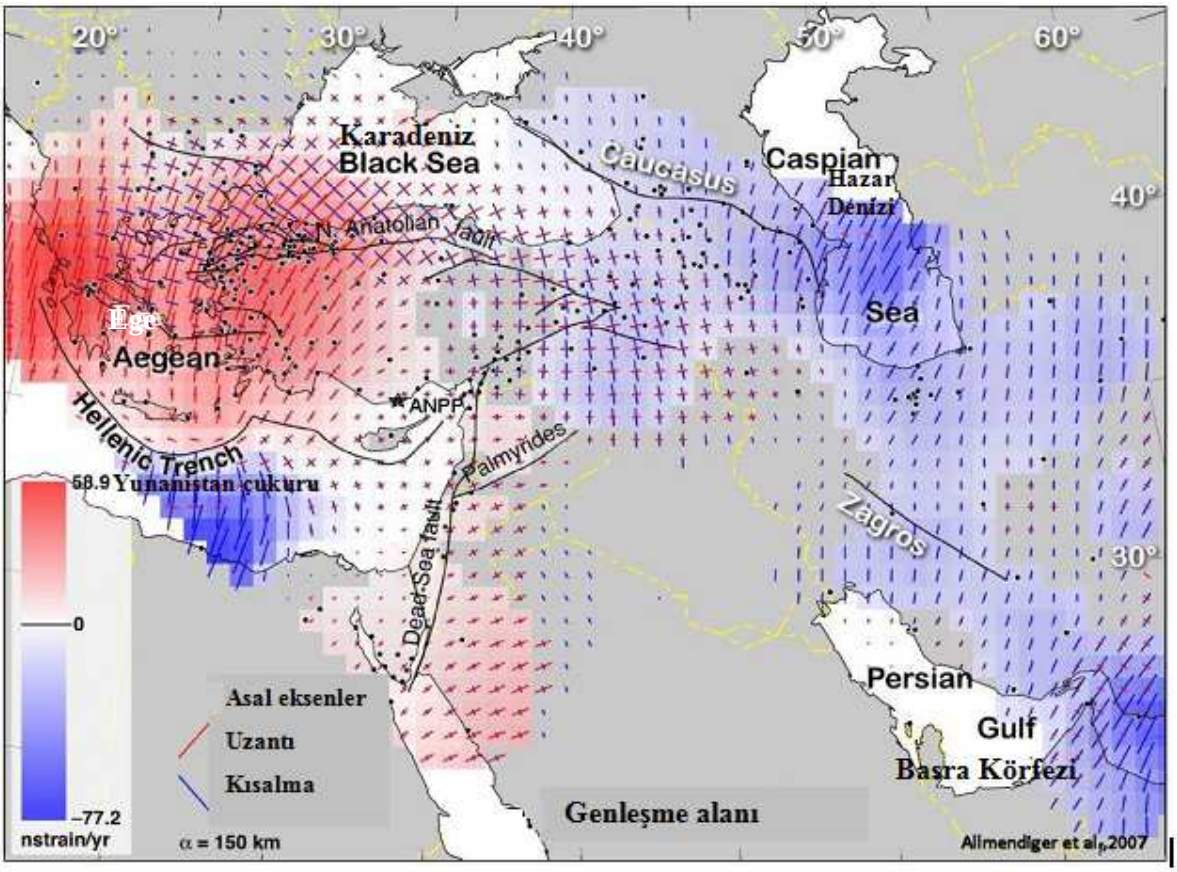
[6/2]'ye göre, Yunan dalma-batma sistemi, Kretase döneminden bu yana aktif olmuştur. Bunun yanı sıra, Ege havzasındaki uzun süreli yapılanmaya rağmen (ca. 40 Ma), genleşme oranının, kısmen düşük olduğundan bahsetmek gerekir öyle ki, okyanus kabuğu oluşmamıştır. Bu alan halihazırda Eosen- Erken Miyosen olarak tarihlendirilen geniş bölgesel genleşmeye doğru gitmektedir [6/63 ve 6/124].

Girit çukuru altındaki Afrika levhasının dalması, yaklaşık 160-180 km aşağıya uzanan Benioff zonunu gösteren sismik ve volkanik kuşaklarla belirtilmektedir (USGS Deprem Kataloğu, HTTP://NEİC.USGS.GOV/NEİS/EPİC) [6/137]. Deprem merkez mekanizmaları, levhadaki aşağıya doğru genleşmeyi göstermektedir [6/180]. Dalma açısı yaklaşık 16°'dir ve KD_GB çapraz seksiyonlarına doğru eğim göstermektedir (örneğin; dalma yönü, ilgili levha hareketine paraleldir). Artış (30–40°'ye kadar), dalma, eğiktir veya yanal rampadaki güneye hareket etmektedir .



Şekil 6/1.2 – Akdeniz bölgesinin jeodinamik çerçevesinin şematik görünüşü [6/2]

Allmendiger (2007) [6/9] ve Özeren ve Holt (2010) [6/176] çeşitli GPS ölçümleri kullanarak, Türkiye'deki aktif tektonik deformasyonları örneklemiştir ve bunun yanı sıra çevre bölgelerin de bir haritasını çıkarmıştır (Şekil 6/1.3).



Şekil 6/1.3 – Türkiye ve çevre bölgelerinin deformasyon hızı haritası [6/9]

Bu haritalar, Anadolu bloğunun tektonik sınırlarını belirleyen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Hatları boyunca yer alan en belirgin deformasyonları göstermektedir. Bu haritalar aynı zamanda, doğu Türkiye'nin, Bitlis-Zagros bindirme hattı boyunca yer alan Arap ve Avrasya levhaları arasındaki halihazırda devan eden kıtasal yakınlaşmanın bir sonucu olarak deformasyonun etkisi altında olduğunu açık bir şekilde göstermektedir ve bu yakınlaşmanın etkileri, kuzeyden Kafkas bölgesine kadar hissedilmektedir. Öte yandan, Ege bölgesi, Ege dalma-batma hattı boyunca meydana gelen çekilmelerin bir sonucu olarak yakınlaşma deformasyonundan etkilenmektedir. Akkuyu bölgesi, Türkiye'deki en az deformasyona uğramış bölgedir, bu da nükleer santral inşaatı için seçilme nedenini kısmen açıklayabilir. (Şekil 6/1.3).

6.1.2 BÖLGESEL JEOLOJİK YAPILARIN TANIMI

Anadolu bloğu ve çevresi, aşağıdaki önemli yapıların etkisi altında bulunmaktadır (Şekil 6/1.4):

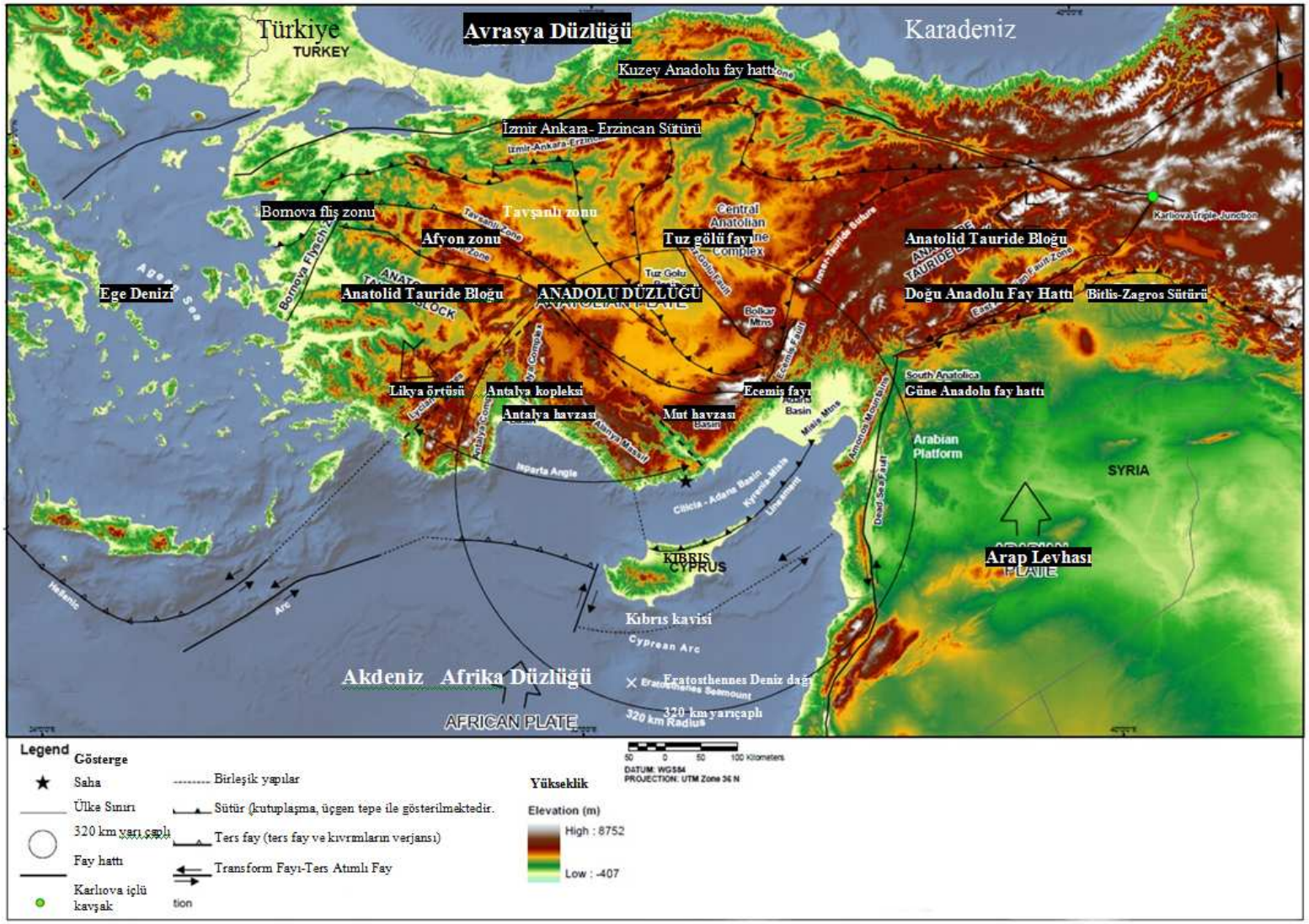
- Yunan Çukuru
- Antalya ve Kilikya Havzaları;
- Isparta açısı;
- Tuzgölü ve İnönü-Eskişehir fay sistemleri (Orta Toros)
- Ecemiş ve Namrun fay hatları da dahil olmak üzere Orta Anadolu Fay Hattı (CAFZ), ;
- Adana Havzası;
- Doğu Anadolu Fay Hattı (EAFZ);
- Kıbrıs Çukuru;
- Ölü Deniz grabeni.

6.1.2.1 YUNAN ÇUKURU

Yunan çukuru bindirme alanı (Yunanistan ve Kıbrıs çukurları da dahil olmak üzere), Avrasya, Afrika ve Arap levhaları arasında en geniş sınırlı bölgenin bir parçasıdır (Şekil 6/1.4). Aslında, Oligosen-alt Miyosen zamandan bu yana Afrika (Nubian) levhasının kuzeye hareketi ile ilgilidir [6/233 ve ilgili referanslar].

En önemli özelikleri, 2 km'lik çukurlarla lineer, deniz yüzeyi dik kayalıktan oluşmaktadır. Üç KD-GB doğrultulu çukurları (Batlamyus, Plini ve Strabo çukurları), çukurun doğusunda ortaya çıkmıştır ve bunlar, güney doğuya doğru açı yapmıştır. Dördüncü çukur, güney ve merkez İyon denizi ile kesişmekte ve ortalama KB-GD doğrultusunda güney batı eğimlidir. Kreemer ve Chamot Rooke 'a göre [6/139], Pliny ve Strabo çukurları, 21-23 mm/yr'lık bir hızı karşılamaktadır. Batı kısmında, levha hareketi, Sefaloni transform fayı boyunca hareket etmektedir (20 ± 1 mm/yr, [6/201]).

Okyanus litosfer Siranayka açıklarında yataya yakın bir dalım gösterir ve Gavdos adasına doğru hafif bir eğim yapar. Burada Girit'in latına dalarak Benioff zonunu oluşturur.: Papazachos [6/180]'a göre, levha ara yüzü ile birlikte depremlerin odak mekanizmaları, Girit'in güneyinde ters faylanma ve orta derinliklerde de ters-oblik mekanizmaların karışımını göstermektedir. Fayın eski tipi, N-S (çukur karşısında) sıkışma kaynaklı olup, ara derinliklerde (50-170 km), E-W (çukur boyunca) sıkışmanın sonucudur. Sismolojik veri tabanına göre, eğimler ağırlıklı olarak, 40° ve 70° arasında sıralanmaktadır.



Şekil 6/1.4 – Akkuyu bölgesel alanı ve çevresindeki önemli jeotektonik yapılar [6/38; 6/46; 6/59; 6/60; 6/61; 6/122; 6/1; 6/171; 6/191; 6/211]

Yunanistan Çukuru ile ilgili depremsellik bağlamında, Ambraseys'e göre [6/12], geçmişte yaşanan en büyük depremler, geçen yüzyılda M = 7.3'ü aşmamıştır. Ancak, tarihi ve arkeolojik çalışmaların, 365 AD ve 1303 AD [6/100]'de Girit adası yakınlarında meydana gelen depremlerin, geçen yüzyılda meydana gelen Yunanistan Çukurunda ki depremlerin daha büyük olduğunu belirtmesini dikkate almak gerekir, bu olgu Yunanistan Çukuru gibi M > 8 büyüklüğünde depremler üreten [6/105] kapanmakta olan kenarlar ile benzerlik göstermektedir.

Yunanistan Çukurunun V biçimli doğu sektörünün doğu tarafı, sol yönlü enine faylarca kontrol edilen Pliny ve Strabo çukurlarının varlığı ile nitelendirilmektedir.

Yunanistan ve Kıbrıs çukurlarının kesişiminde, deniz tabanı engebesini oluşturan Anaximander Dağları yer almaktadır. Bunları, batıda derin Rhodes Havzası (derinlik 4485 m'ye kadar) ile doğuda Antalya Havzası sınırlanmaktadır. Anaximander dağları, üç farklı deniz tabanı dağından oluşmaktadır, yani; batıda Anaximander, güneyde Anaxime ve doğuda, Anaxagoras [6/228].

6.1.2.2 ANTALYA VE KİLİKYA HAVZALARI

Sismik olarak belirlenen dört stratigrafik birim, Antalya ve Kilikya Havzaları (Şekil 6/1.4) örneğinde olduğu gibi [6/145], 2005 yılında yayınlanan 221 nolu özel basım Marine Geology yazarları tarafından belirlenmiştir.

Ünite-1 Pliyokuvaterner. Ünite 1, Pliyokuvaterner yaşlı silisiklastik ardalanmalardan oluşmaktadır. Bu birimin temeli, güçlü ve ayırt edici reflektör ile belirtilmiştir ve doğu Akdeniz'de M-reflektörü olarak belirlenmiştir. Bu birim, İç ve Dış Kilikya havzalarının merkez açısı boyunca en kalın noktaya ulaşmaktadır ve Girne ve güney batı Türkiye sahiline doğru keskin bir şekilde incelmektedir.

Ünite 2- Miyosen (Messinian). Ünite 2, az miktarda anhidrit ve kireçtaşı miktarı ile yoğun halit alternatifinden oluşmaktadır ve Messinian evaporitleri ile ilişkilidir.

Ünite 3 – Miyosen (Messinian öncesi). Ünite 3, iki önemli sismik stratigrafik alt birimlere bölünmektedir. Alt birim 3A, Tortonian yaşlı fluvya-deltaik ardalanmasından oluşmaktadır; Alt birim 3B esasen, orta Miyosen turbidit ardalanmasından oluşmaktadır.

Ünite 4 – Kretase-Eosen. Ünite, Adana-Kilikya havzasındaki akustik temeli oluşturmaktadır ve alt Mesozoik'den üst Oligosene kadar olan bölgesel kayaç katman birimlerinin farklı bir şekilde toplanmasından oluşmaktadır.

Antalya havzasının güney marjini Florens yükselimi, kuzey tarafı ise Akdeniz sırtı ile sınırlanmaktadır. Kopf [6/138] veWdowinski [6/235]'e göre, Akdeniz sırtları, kuzeydeki aktif sıkışmanın etkisi altında, ters fay hatlarından ve depremlerden etkilenmektedir (Ege-Kıbrıs

hendekleri). Aslında, sismik profiller, ek sıkışmaların neden olduğu deformasyonda açık itme kuvveti yapılarını göstermektedir (ters faylar). Deprem kayıtlarından anlaşılan, ters kırılmalı odak mekanizmaları, KB-GD ve KD-GB doğrultu atımlı olmalarıdır. Kapanma hızı, Kıbrıs'tan Anaximander deniz dağına kuzeybatı yönüne artış göstermektedir ve 9-14mm/yr [6/235]'arasındadır.

Kilikya Havzası

Kilikya havzası kompleksi, kavisli ve yakın bir yapıdır; ayrıntılı olarak, iki belirgin fizyografik ve yapısal alan ayırt edilebilir [6/7]:

1. D-B eğilimli Dış Kilikya Havzası, üç küçük alana bölünmüştür (güney havzası, tuz özlü kıvrım kuşağı ve kuzey havza);
2. KD-GB eğilimli iç Kilikya Havzası ve onun iç uzantısı olan Adana Havzası.

1977-1978 yıllarında, MTA (Dr. Boztaş), TEK (Türkiye Elektrik Kurumu) için Kilikya Havzasının jeolojik ve jeofizik çalışması gerçekleştirilmiştir [6/39]. Bu çalışma, 6 yeni sismik hata dayandırılmış, iki kayıtlı sismik hat, Türkiye sahiline paralel, dördü ise Türkiye sahiline dikeydir; toplamda, 625 km sismik profil bulunmaktadır. Ayrıca, 1972/1974 yıllarında Evans, Mathews ve Woodside'in yapmış olduğu seyahatlerin sonucu (Shackleton keşifleri), incelenmiştir ve alandaki yetkin fay hatları belirlenmiştir. Amaç aşağıdaki durumları saptamaktır:

3. Türkiye sahili boyunca Kuzey Kıbrıs fay hattına benzerlik taşıyıp taşımadığı;
4. Adana Havzasındaki BKB eğilimli graben yapıların Akkuyu'ya uzanıp uzanmadığı;
5. Alanya-Morfu sırtının, faylanmalı bir blok olup olmadığı.

Diğer bir amaç ise, geniş tektonik oluşumların daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve kuzey doğu Akdeniz Havzasının jeolojik gelişimini takip etmek için daha fazla bilgi sağlamaktır.

Temel sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenmektedir:

6. Tüm hatlarda güçlü bir reflektör bulunmaktadır ve Messinian Evaporitleri altında Tersiyere karşılık gelmektedir.
7. Plio-Kuratenar sedimentlerinin kalın bir kesiti, Adana Havzasının güneyini doldurmakta ve Seyhan ve Ceyhan nehirlerinden beslenmektedir.
8. Doğu-batı uzantılı bir graben bulunmaktadır.
9. Kilikya'da, Kıbrıs sahili yakınlarında ve paralelinde normal bir şekilde gelişen türde fay sistemi bulunmaktadır.
10. Havzanın merkezine daha yakın bir şekilde, doğu batı yönünün deforme olan sediment sistemi, diyapirizme dayanmaktadır.

11. Kilikya havzasının batı kısmında, Morfu-Alanya Silsilesi boyunca, deniz yüzeyinde 60 m'den göreceli atımlı aktif faylar bulunmaktadır; kesin olmamakla beraber bunlar için kuzey-güney yönü oluşturulmuştur.

Aksu [6/7], Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü (IMST-Dokuz Eylül Üniversitesi) ve Türk Petrolleri Ortaklığı tarafından 1991-1992 yıllarında toplanan çok kanallı sismik yansıma profillerinin 4500 km'sini analiz etmiştir. IMST aynı zamanda, 1500 km'lik tek kanallı sismik yansıma profillerini de sağlamıştır.

Sismik profillerin analizi [6/7], daralma, genleşme ve çapraz olarak uzanan etki alanlarının birlikte var olmasıyla kompleks bir tektonik oluşu ortaya çıkarmaktadır.

Dış Kilikya Havzası

Dış Kilikya Havzası, batıda Anamur-Kormakiti Bölgesince ve NE'da iç Kilikya Havzası ile sınırlanmaktadır.

Dış Kilikya Havzasının kuzey kısmında yer alan D-B eğimli havzası (Kuzey Havza), Türkiye sahillerinin güneyinde yer almaktadır ve güneye tuz çekirdekli katlanma kuşağına doğru uzanmaktadır. Yaklaşık 30-35 km genişliğinde olup nispeten örselenmemiş Pliyo-Kuvaterner yaşlı ardalanmalar içermektedir..

Aksu'ya göre [6/7], Türkiye sınırına yakın olarak, Havza, genişlemeli fayların üç önemli sistemleri tarafından yönetilen kompleks bir mimariye sahiptir: 1) KD-GB eğilimli faylar bölgesi, Ecemiş fay hattının deniz uzantısını belirler, 2) KD-GB eğilimli faylar bölgesi, Kozan fay hattının deniz uzatışını belirler ve 3) D-B eğilimli fay sistemi, Dış Kilikya Havzasının kuzey sınırının yapısını kontrol eder. Pliyo-Kuvaterner ters fayının, kıta sahanlığı sınırı boyunca var olduğuna ilişkin kanıt bulunmamaktadır. Sadece miyosen reflektörleri ile kesilmiş olarak görülmeyen normal faylar bulunmaktadır. Bunlar, Gökçen tarafından saptanan faylarla aynıdır [6/95].

Anamur–Kormakiti bölgesi

Anamur–Kormakiti bölgesi, Doğudaki Dış Kilikya Havzasını, batıdaki Antalya Havzasından ayırmaktadır.

Yakın geçmişteki faaliyet, Kozan Fay Hattının deniz uzantısına sahip olarak görülmekte, KD-GB eğilimli 15 km çapında olarak gözükmekte ve yüksek açılı faylarla resmedilmektedir. Uzak batı fayı, deniz seviyesinde 100-150 metre adım oluşturan Göksu deltasının güneyinin önemli bir özelliğidir. Kuzey doğuya doğru, bu fay, Seyhan, Ceyhan, Tarsus ve Göksu nehirlerinin Pleistosen deltaik görüntüsü altında deniz seviyesindeki görünümünü kaybetmektedir. Ancak, fay sisteminin iç kısmını kuzey doğuda Kilikya ve Adana havzasına doğru izlenebilir [6/7]. Kozan Fay Hattı, işbu raporun sonlarına doğru ayrı bir kısımda belirtilmektedir.

6.1.2.3 ISPARTA BÜKLÜMÜ

Isparta büklümü, Antalya havzasının kuzey batı iç uzantısını resmeden kuzey konveksle üçgen biçimli bölgedir (Batıdan, Likya Napı, Doğudan, Beyşehir, Hoyran ve Hadım Napları tarafından sınırlandırılmaktadır (Şekil 6/1.4). Miyosen esnasında, Beydağları karbonat masifi dahil olmak üzere Isparta büklümünün batı kolu, saat yönünün tersinde 30° ve doğu kolu ise Eosen'den bu yana ise saat yönünde 40° dönmüştür ([6/130; 6/184] ve referanslar).

Önemli bir normal düşey atımlı bileşene sahip sinistral doğrultu atımlı fay özelliğindeki Fethiye–Burdur fay hattı (FBFZ) [6/24Isparta Büklümünün batı marjını belirler .FBFZ, 50 km genişlikte bir kayma kuşağındaki gerilme özelliklerini temsil eden KB-GD doğrultulu çok sayıda daha kısa faylara sahip KD-GB doğrultulu başlıca faylarla tanımlanmaktadır. [6/114; 6/231 ve 6/103]. Bu kuşakta, farklı fay düzlemi çözümlemesine sahip birkaç tane orta ve büyük deprem meydana gelmiştir. Bazı yazarlar, bu FZ'yi önemli bir son yönlü makaslama zonu olarak tanımlamıştır. 1957, M= 7.1 Fethiye depremi ve diğer geçmiş depremler (417 ve 7. yüzyıl AD, Cybra fayı boyunca), son yönlü hareketin kanıtını sağlar [6/114] ve Barka ve Reilinger'e göre [6/24], bu sol yönlü hareket, en az 15 mm/yr'deki hareketi gösteren GPS ölçümleri ile desteklenmektedir. 1914, M=7 ve 1971 merkez mekanizması, M= 6.2 Burdur depremleri, ağırlıklı olmak üzere normal hareketi göstermektedir. 3 Ekim 1914, Burdur M= 6.2 depremi, Burdur Gölünün güney doğu sahili boyunca 23 km'lik fay kırılması ile meydana gelmiştir[6/85]. Bu oblik atımlı normal fay, bir kaç çekme havzasının marjlarını kontrol etmektedir.

Karamık Graben olarak adlandırılan tektonik olarak aktif depresyon ile ilgili detaylı çalışmalar, Çiçek ve Koçyiğit [6/49] tarafından yürütülmüştür. Açısal uygunsuzluk ile ayrılan iki dolgulu grabeni bulunmaktadır: (a) geç Erken Miyosen-Orta Pliyosen yaşlı deforme olan graben dolgusu ve (b) Pliyo-Kuvaterner yaşlı deforme olmamış neotektonik dolgusu. Bu iki graben dolgusu, Karamık Grabeni'nin ve Isparta Büklümündeki neotektonik çekme dönemine ait Plio-Kuvaterner çağın episodik tarihini ortaya çıkarmaktadır. Bu yazarlara göre, kuzey sınır fayı, Mw = 6,5 büyüklüğündeki Çay depremi (3 Şubat 2002) ile yeniden aktifleşmiştir.

Kısa süren bir büzülme evresi ile yarıda kesilen iki çekme evresi (I. Evre ve II. Evre çekme dönemleri), marjları oblik atımlı yetkin normal faylarla kontrol edilen Suhut Grabeni'nde de gözlenmişlerdir [6/135].

6.1.2.4 ORTA TOROS

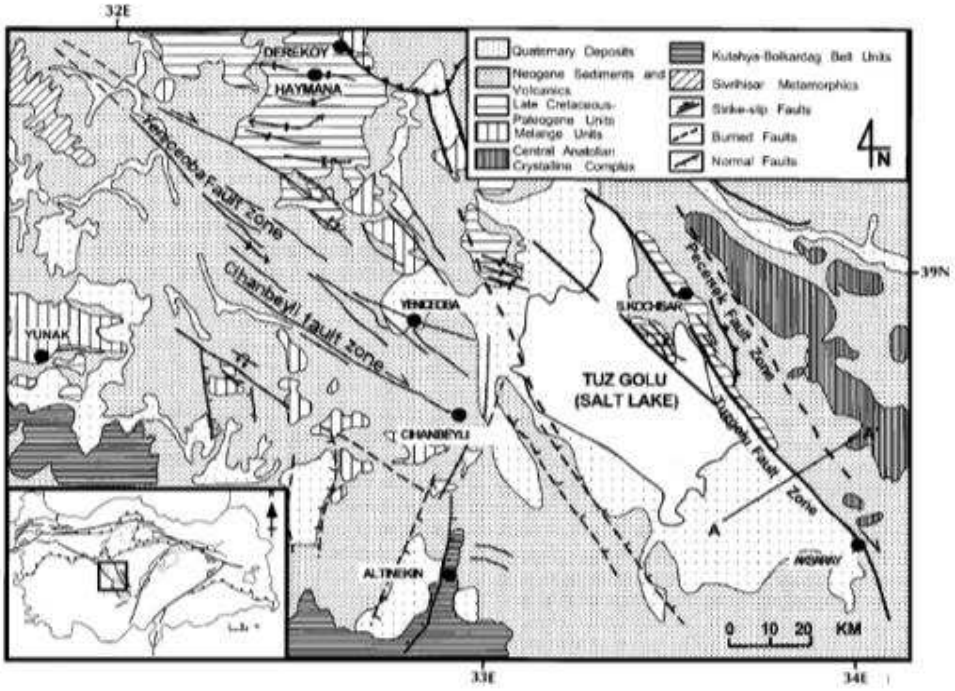
Bu bölümde, Orta Toros dağlarında yer alan jeolojik yapılar ve özellikle Tuzgölü havzası olarak adlandırılan bölge tanımlanmaktadır (Şekil 6/1.4).

Burası, Kırşehir bloğunda yer alan Orta Anadoludaki en büyük havzadır. Üç büyük çöküntü ile karakterize olmuştur: (1) Güney Aksaray Depresyonu (çöküntü havzası), genç volkanik kayalar ile kaplıdır ve en geniş ve en az keşfedilen alandır: (2) Ereğli çöküntü havzası; 3) Sultanhanı Çöküntü Havzası. Gravite ve aeromanyetik haritalara göre ve bunların sürekliliği çerçevesinde [6/21], büyük havzayı iki havzaya ayıracak bölümlü yapı ya da anomali bulunmamaktadır.Ketin [6/128] ve Şengör'e göre [6/199], bölge, büyük tektonik sütur (derz) ve mikro plakalar tarafından çevrelenmektedir.

Tuzgölü Fay Sistemi

Tuzgölü Fay Sistemi, Tuzgölü havzasının doğu marjında yer almaktadır (Şekil 6/1.5). Çemen'e göre [6/46], , bu fay sistemi ve Tuzgölü Havzası'nın batı marjını bağlayan Yeniceoba ve Cihanbeyli fayları, normal fay olarak meydana gelmişlerdir. Bu da başlangıçta bunların normal bileşeni de bulunan çekme ve doğrultu atımlı faylardan oluştuğunu göstermektedir (Geç Maastrihtiyen). Kuvaterner evresinde Tuzgölü fayı, ağırlıklı olarak sağ yanal doğrultu atımlı bileşene sahip normal bir fay olarak yeniden aktifleşmiştir . Bu; (1) Tuzgölü havzasının Eosen sonrası Koçhisar formasyonu ve Eosen kaya birimleri arasındaki önem arz eden uyumsuzluk ile gösterilmektedir; (2) sismik yansıma profillerinde gözlenen antiklinal yuvarlanma ve (3) Alanda açık bir şekilde görülen Tuzgölü fay hattı boyunca sağa atım ile ortaya çıkmaktadır.

1983 yılında, TGFZ'nin kuzey batı ucunda yer alan Kosker'de deprem meydana gelmiştir. Geçmiş depremsellik, iki adet orta büyüklükte Mw=6.0 faaliyeti içeren (15.12.2000 ve 03.02.2002) deprem ile karakterize edilmiştir.



Şekil 6/1.5 – Tuzgölü havzasının ve civar bölgelerinin şematik jeolojik haritası Kaynak: [6/46]

İnönü-Eskişehir Fay Sistemi

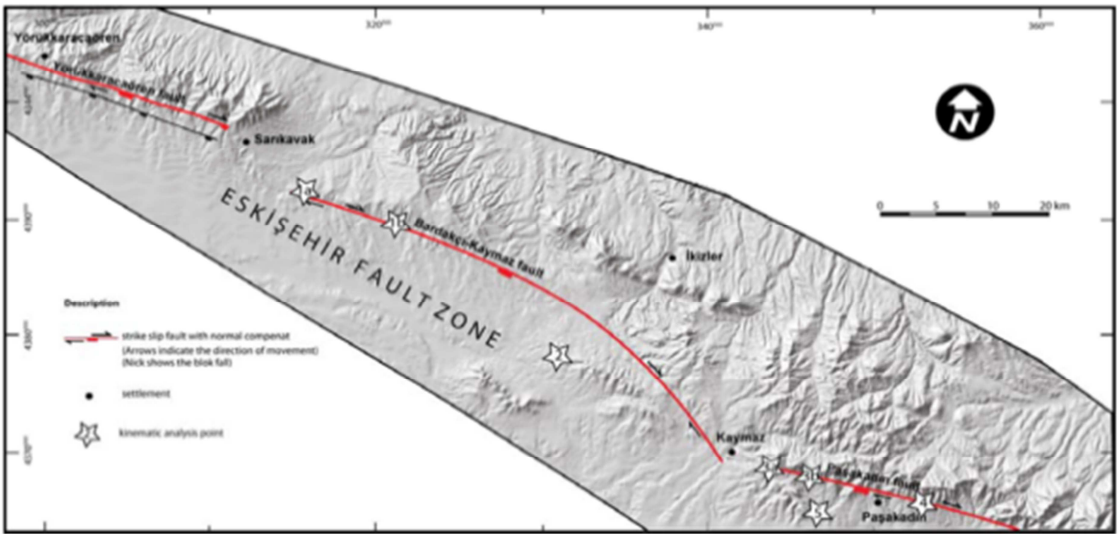
İnönü-Eskişehir Fay Sistemi (İEFS) yaklaşık 15-25 km genişliğinde, 450 km uzunluğunda ve KB ila BKB aktif deformasyonun eğilimli bölgesidir (mega kesme zon sistemi) ve temel olarak doğrultu atımlı fay ile nitelendirilmektedir [6/198].

Sistem, Alpu Fay Hattı (AFZ), Eskişehir Fay Hattı (EFZ) ve Orhaniye Fay Hattı (OFZ) olmak üzere üç fay hattından oluşmaktadır. [6/198] (Şekil 6/1.6).

EFZ, sistemin batı ile orta bölümünü oluşturmaktadır. Genellikle normal bileşenler ile K30°B eğimli sağ yönlü doğrultu atımlı fay segmentlerinden meydana gelir. Ancak, AFZ ve OFZ, D-B eğilimli normal ve KD ila KB eğilimli doğrultu atımlı fay segmentlerinden oluşmaktadır.

Güneydoğuya doğru, bu sistem üç fay hattına yayılmaktadır [6/177]. KB uzanımlı Ilıca Fay Hattı, kuzey kısmını tanımlamaktadır. Orta ve güney kısımlar, tektonik olarak aktif uzanımlı Tuzgölü Havzasının batı sınırını oluşturan Yeniceoba ve Cihanbeyli Fay Hatlarıdır. Sultanhanı fay hattı, sistemin güney doğu bölümüdür ve aynı zamanda, Tuzgölü havzasının güney batı sınırını kontrol etmektedir. Yapısal gözlemler ve Yeniceoba ve Cihanbeyli fay hatlarının orta ölçek faylarının kinematik analizi net bir şekilde iki aşamalı deformasyon geçmişini ve kinematik değişimi göstermektedir. KG kompresyonu, dekstral Yeniceoba Fay Hattının gelişiminden sorumlu olmuştur. Bu yapı ile ilgili aktivite, Yeniceoba fay hattı ve Cihanbeyli fay hattının reaktivasyonu ile eşlik edilen KKD-GGB oryantasyonlu gerilim ile gerçekleştirilen normal fayın yerine geçmektedir.

Çeşitli doğrultu atımlı çek-ayır havzaları, İnönü-Eskişehir fay sistemi boyunca meydana gelmektedir. Bunlardan biri, Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ havzasıdır. Yaklaşım 25 km genişliğinde, 85 km uzunluğunda olup KB eğimli Yörükkaracaören ve Emirdağ arasında yer alan aktif depresyondur. Bu havzanı iki dolgusu bulunmaktadır. Daha eski ve deforme olan (eğilmiş ve kıvrımlanmış) dolgu, Miyosen öncesi metamorfik ve metamorfik olmayan kayaların yüzeylerinin erozyona uğraması ile açısal bir uygunsuzluk göstermekte ve gölsel karbonatlardan oluşmaktadır. Daha genç ve daha az deforme olan havza dolgusu ise (neotektonik dolgu), üst Pliyosen-Holosen teras atıkları, kum taşları ve gölsel çamur taşları, ince kireç taşları ve alüvyal fanlardan oluşmaktadır. İki havzanın dolgusu, açısal uygunsuzluk ile birbirinden ayrılmaktadır, daha eski olan havza dolgusunun deformasyon örneği ve doğrultu atımlı yapıdaki aktif sınırlar, Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ çek-ayır havzasının birleştirilmiş özelliğinin göstergesidir [6/198].

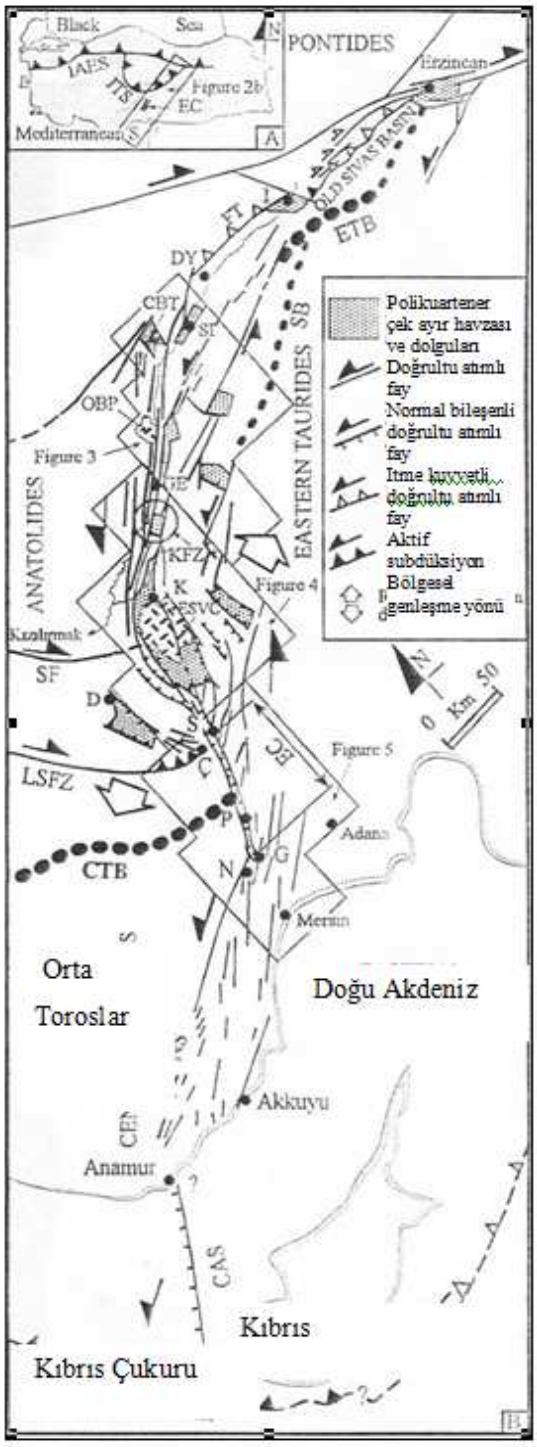


Şekil 6/1.6 – Eskişehir fay hattı. Kaynak [6/198]

6.1.2.5 ORTA ANADOLU FAY HATTI

Orta Anadolu Fay Hattı (CAFZ) , Türkiye'deki en uzun üçüncü doğrultu atımlı fayıdır. Düzyayla'nın kuzeyinden (Sivas) başlar ve Kayseri, Camardı (Niğde); Kamışlı, Pozantı ve Gülekten devam ederek, Mersin kuzeyine ilerler ve Anamur'a ulaşır [6/133] (Şekil 6/1.7).

N60E'nin ortalama eğilimi ile CAFZ yaklaşık olarak 730 km uzunluğunda ve 2 ila 80 km genişliğinde olan aktif sinistral doğrultu atımlı faydır. Akdenize doğru ilerlemeye devam eder ve Antalya ve Adana havzalarının Kıbrısın batısına kadar olan sınırlarını oluşturur (Şekil 6/1.7).



Gösterge: CAS = Kıbrıs-Anamur fay segmenti; CBT= (Cermik-Bakırcıoğlu travertenler; CTB = Orta Toros-Anatolid sınırı; EC = olarak isimlendirilen 'Ecemis Koridoru'; ESVC= Erciyes strato volkan kompleksi; ETB = Doğu Toros-Anatolid sınırı; FT = Izmir-Ankara-Erzincan birleşme alanının çekiş sahası (IAES); ITS = İç Tauride süturu; KFS = Kızılırmak Fay Hattı; LSFZ = Tuz gölü fay hattı; NATF = Kuzey Anadolu dönüşüm fayı ; NS = Namrun fay sınırı; OBP = Orta bazalt platosu; SB = Sivas Havzasının güney sınırı ; SF = Salanda Fayı; C = Camardi; D =Derinkuyu; DY = Dtizyayla; E = Erzincan; G = Gtilek: GE = Gemerek: K = Kayseri; N = Namrun; P = Pozanti; S = Sulucaova; SI = Sivas. Oklar, fayların hareket yönünü göstermektedir.

Şekil 6/1.7 – Orta Anadolu Fay Hattı (Koçyiğit & Beyhan sonrasında [6/133]

Geç Pliosen'den bu yana, Anadolu'nun süregelen batıya yönelik hareketi, CAFZ boyunca sol harekete neden olmuştur. Bu hareketin sonucu olarak, sıkışmalı-genişlemeli alanlar, sol adımda oluşmuş ve fay hattının güneye bakan eğimli bölgelerinde meydana gelmiştir. CAFS, "Ecemiş

Koridoru" olarak adlandırılan daha eski bir paleotektonik yapının tekrar aktifleşmesi ve yayılmasından kaynaklanmaktadır [6/247].

Geometrik süreksizliklere dayalı olarak[6/133], CAFZ, 24 parçaya bölünmüştür.

Bunların her biri, son zamanlarda meydana gelmiş hareketleri yansıtan çok sayıda doğrultu atımlı morfotektonik ögelere sahiptir.

Koçyiğit ve Beyhan [6/133]'a göre, CAFZ'nin KD yarısı, aşağıdaki segmentlere bölümlenebilir: Sivas, Kızılırmak, Gemerek-Şarkışla, Erkilet, Yeşilhisar, Kavaktepe-Dikitilitaş, Çamardı-Derinkuyu, Tecer, Dökmetas, Dündarlı-Erciyes, Develi, Samakaya-Yeniköv, Kaynar-Pazarören ve Karanfildağ. Bu segmentler, 25-80 km genişliğinde, 200 km uzunluğunda olup, K eğilimli normal faylar ve ilgili çek-ayır havzalar ile bağlantılıdır. Ayırt edici neotektonik özellikler bu alanda meydana gelmektedir: Pliyo-Kuvaterner yaşlı konglomera teraslarının yükselmeleri Pliyo-Kuvaterner yaşlı püskürmeler sonucu ortaya çıkan bazaltik platolar, bu bölgedeki belirgin neotektonik özellikler arasında yer almaktadır.. Erciyes çek-ayır havzası yaklaşık 35 km genişliğinde ve 120 km uzunluğundadır.

Ecemiş Koridoru olarak adlandırılan Çamardı segmenti Ecemiş fay hattı olarak bilinmektedir [6/247]. Bu raporun son kısmında ayrı bir şekilde ele alınacaktır.

Diğer 40-45 km uzunluğundaki, KD eğilimli aktif sinistral doğrultu atımlı fay hattı saptanmış olup, bu fay hattına Kızılırmak fay hattı ismi verilmiştir [6/115].

CAFZ'in merkez bölümü, altı parçaya bölünmüştür (Demirkazık-Sulucaova, Cevizlik, Kamışlı, Asaryaylası, Akca-Kızılcık ve Hamidiye-Fındıklı). Lineer depresyon ya da yarık benzeri yapılar, kuzey doğuda Sulucaova, güney batıda Tekir arasında kalan alanda meydana gelmektedir: yaklaşık 2-8 km genişliğinde ve 100 km uzunluğundadır ve Toros dağları silsilesini sinistral yönde on kilometre aralığında yerini değiştirmektedir.

Güneyde, Ayvalı-Tekir bölümü yaklaşık 1 km genişliğinde ve 20 km uzunluğundadır; çeşitli paralel ve alt paralel faylardan oluşan normal bir fay hattıdır.

Namrun segmentleri yaklaşık 40 km genişliğinde ve 200 km uzunluğundadır. 50 km uzunluğunda birkaç yüz metrelik alt paralel faylara paralel faylardan oluşmaktadır. (bir sonraki kısma bakınız).

Daha önceki araştırmacılar, Ecemiş Koridorunun, Ardıçlı ve Ayvalı köylerini sonlandırdığını raporlamıştır. Ancak, hava fotoğrafları ve arazi çalışmaları (Demirtaşlı [6/54], Demirtaşlı ve Genç [6/57]), **Error! Reference source not found.**), sadece yarık benzeri jeomorfolojinin yok olduğunu, fay segmentlerinin ise ya batıya doğru 45-60° büküldüğünü ya da çok sayıda paralel ve paralele yakın faylarla çatallanıp, daha sonra da topluca Namrun segmenti olarak adlandırılan 50^{o} doğrultulu yeni bir segmenti oluşturduğunu göstermiştir. Sarp doğrusal kırık

basamakları, sinistral olarak ötelenmiş akarsu yatakları (3,1 km'ye kadar), aktif heyelanlar ve hemen hemen yatay kayma hatlarına sahip iyi korunmuş toprak kayması düzlemleri, Namrun segmentinin sahada gözlemlenebilen kanıtlarıdır. Örneğin, Darıpınarı Köyünün kuzeydoğusuna doğru, Kadıncık Nehri faylardan biri tarafından 260 m kadar ötelenmiştir. Ayrıca, bu nehrin memba tarafı Namrun segmentinin başka bir fayı tarafından sinistral olarak 3,1 km'ye kadar ötelenmiştir. Ayrıca, mikro depremlerin lineer fay-paralel dağılımı [6/44], sadece fay hattının varlığını değil aynı zamanda aktivitesini de göstermektedir.

Güneye doğru, CAFZ'ın olası bir denize devamlılığı konusunda halen tamamlanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Antalya ile Kilikya – Adana Havzaları arasındaki sınır boyunca yaklaşık 32^{o} de önemli bir deniz dibi uçurumu oluşmuştur. Eğimdeki ani bir kırılma ve Anamur ile Kıbrıs'ın batısı arasındaki birbirine yakın batimetrik hatların doğrusal dağılımı ile işaretlenmiştir. Ayrıca, Antalya Havzası'nın doğu marjı, sarp, düz, morfotektonik bir model göstermekte ve bu model boyunca Miosen çökelleri Mesozoik karbonatlara bitişik olarak dizilmişlerdir. Kıbrıs-Anamur segmenti olarak adlandırılan bu uzun doğrusal denizaltı uçurumu OAFZ'nin Anamur'dan Doğu Akdeniz deniz tabanını geçerek Kıbrıs Yayı'na kadar uzandığı anlamına gelebilir.Aşağıda, CAFZ içindeki en önemli fay hatlarının tanımları bulunmaktadır.

Sivas Fay Hattı

Sivas Havzası, Neotetis Okyanusunun gelişimi ile bağlantılı Anadolu havzasının en önemli Tersiyer havzalarından biridir. Kuzey'de Orta Anadolu Kristal Kompleksi (CACC) ve güneyde Toroslar arasındaki Orta Anadolu'nun doğru kısmında yer almaktadır.

Gelişimi, Orta Anadolu'daki Geç Maastrihtiyen çekme gerilmeli tektonizmanın ürünü olarak başlamıştır. Pliosenin başlarından itibaren, EFZ reaktivasyonu, Miyosen sonu itibariyle yapılan büyük platodaki KD-GB eğimli transtansiyonel havzalarının gelişimini tetiklemiştir [6/62].

Güney marjı, iyi belirlenmiş, kuzey marjı ise İzmir – Ankara – Erzincan derzinin önden bindirmesi ile Sivas'tan Kızılırmak'a kadar olan segmentlerle işaretlenmiştir. . Önden bindirme, bazı yerlerde geri bindirme de göstermekle birlikte, güneyden beliren bindirme fay segmentinin etkisi altındadır. Sivas Havzası Kuzey Sınır fayı, Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkili sol yanal sıkıştırma fayı olarak değerlendirilmektedir . [6/133].

Ecemiş Fay Hattı

Ecemiş fay hattı, Orta Anadolu Fay Hattının bir bölümüdür, Fayın uzunluğu, yaklaşık 250 km olup genişliği ise 1 ila 6 km arasında değişmektedir.

Son zamanlardaki yayınlar, EFZ'nin jeomorfolojisinin aktif doğrultu atımlı fay kuşağının bir ürününü mü [6/133] yoksa artık aktif olmayan eski bir fay kuşağının buzul erozyonunu mu temsil

ettiğine odaklanmıştır. [6/240]. Koçyiğit ve Beyhan'a göre [6/133], Erken dönemdeki Kuvaternerdeki ötelenme 3.1. km'dir. Jaffey'e ve Robertson'a göre 6/122], Çamardı yelpaze kompleksi, eski depremlerle ortaya çıkan yüzey kırıkları bölgesini işaretlediği anlaşılan bir "küçük graben" ile ayrılmıştır. Burası birçok kez kesilerek toplam uzunluğu yüzlerce metre mertebesinde ötelenme göstermektedir. Akarsu mecralarındaki sapmalar, mostra veren faylar boyunca görülmektedir (Emli Vadisinde maksimum, 2,4 km sinistral ofset ile). Bu gözlemler, Plio-Kuvaterner yelpazelerin çökelmesinden bu yana doğrultu atımlı hareketlerin daha küçük (250 m'ye kadar) olduğunu göstermektedir Ancak, bu , eğim atımlı fayları akranlaştırmak için önemsizdir. EFZ'deki toplam ötelemenin 60 ±5 km (NAFZ'nin ki ile birbirine yakın, EAFZ'ninkinden daha büyük) mertebesinde olduğu sonucuna varılmıştır. [6/122], Faaliyet muhtemelen, Oligosen – Miyosen dönemlerinde NAFZ ve EAFZ'den 7-20 Ma daha önce büyük ölçüde sol yanal doğrultu atımlı bir sistem olarak başlamıştır. Plio-Kuvaterner esnasında, hareket esas itibarıyla çekme gerilmeli olmuş ve bir graben ve yarı graben sistemi yaratmıştır. Sol yanal yer değiştirme, yarı grabenlerin taban kayacından yayılan alüvyonlu yelpazeler üzerindeki akarsu ofsetlerinin de gösterildiği gibi, Geç Pliosen-Kuvaterner dönemlerde de devam etmiştir [6/122].

Aktif fay bölümleri boyunca jeomorfolojik özelliklerin varlığı, ilgili depremsellikle birlikte, Ecemiş Fay Hattının kapasitesinin kanıtını ortaya koymaktadır. Çek-ayır havzalarının potansiyel formasyonu, nehirlerin yön değiştirmesi ve morfotektonik kanıtlar, dominant sol yanal atımlı hareketi ortaya koymaktadır [6/58, 6/133 ve 6/122], Kuvaterner faaliyet, doğu-batı yönünde normal bir genleşme ile daha belirgin hale gelmektedir [6/122].

Aktivite kanıtı, Gülek ve Mersin arasında tamamen kaybolmaktadır öyle ki, olasılık, Koçyiğit ve Beyhan'a göre [6/133], BGB-DKD eğimli Namrun FZ'si ile birleşmektedir. Onlara göre, Orta Anadolu Fay Hattının güney uzantısı, Namrun FZ'yi takip etmelidir. Alternatif olarak, bazı yazarlar (bakınız örneğin [6/8]), EFZ'nin GGB eğilimi ile devam ettiğine, Mersin'e ve daha sonra Silifke sahillerine doğru ulaştığına veya denize denize daldığına, Adana-Kilikya Havzasına ulaştığına inanmaktadır. Özel [6/175]'e göre, Kilikya-Adana havzasının doğu kısmından, orta kısmını ayıran önemli bir fay kompleksi, Ecemiş Fayının dış uzantısıdır, ve Gökçen tarafından haritalandırılmıştır [6/95].

Ecemiş FZ'nin Gülek'in güneyindeki iç kısımlara devamı konusunda, Demirtaşlı, aşağıda belirtilen şekilde sonuçlanan 2011 ve 2012 [6/94]'deki ayrıntılı bir alan çalışmasını gerçekleştirmiştir:

1. Ecemiş Fay Hattının, proje sahasını keserek Akdeniz altında güney batıya doğru devam etme olasılığı bulunmamaktadır. Ayrıntılı jeolojik araştırmalar ve jeolojik haritalandırma, bu zonun ve

Mersinin 30 km kuzeyinde Belenköyün kuzeyinde sonuçlandığını göstermiştir. Bu açıdan bakıldığında, güneybatıya doğru, Ecemiş fayının güney batıya doğru devamına doğru önemli bir fay göremeyebiliriz. Sadece Karisalı Formasyonunu (Tm2) etkileyen K25D eğilimli sürekliliği olmayan çok az fay bulunmaktadır. Bu faylar, Orta Miyosen kırıntılılarda (Tm3) ve üstteki Tortoniyan çökellerinde (Tm4: Kuzgun Formasyonu) devam etmemektedir.. Bu nedenle, Orta geç Miyosenden daha yaşlıdırlar. Ayrıca, Ecemiş Fayının güney batı uzantısı olan herhangi bir fay, Mersin ve Erdemli arasındaki sahilde Plio-Kuaternar yaşlı geniş yayılımlı kaliş çökelleriini etkilemelidir. Bu kaliş yatakları, herhangi bir tektonik faaliyete dair iz taşımamaktadır.

2. Ecemiş Fay Hattı boyunca, Kuvaterner faylanma güneyde Pozantı ve kuzeyde Demirkazık arasındaki zonun kuzey bölümlerinde gözlemlenmektedir.

3. Kilikya çukurunun güney sınırı yakınlarındaki Yumurtalık fayının güney batı uzantısında aktif faylar bulunabilir. Türkiye kıta sahanlığı yakınında, Mersin-Erdemli-Silifke kıyı şeridine paralel olan aktif faylar beklenmemektedir çünkü, kıyıda uzun, sürekli ve daimi faylara yönelik kanıt bulunmamaktadır ve bu yönde bir eğilim görülmemektedir. Öte yandan, Türkiye ve Kıbrıs arasında gerçekleştirilen sismik araştırmalar, söz konusu fayı göstermemektedir [6/39].

Ecemiş Fayının kıyıya uzanan kısmının güney kesimine yönelik çeşitli görüşler bulunmaktadır. Bu noktayı açıklığa kavuşturmak üzere, 2011 yılında WorleyParsons [6/244], Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı tarafından (TPAO) sağlanan 7 sismik hattın yeni yorumları ve açıklamaları yapılmıştır (1991-1992 yıllarında kaydedilen sismik refleksiyon hatları); aslında bu hatlar halihazırda daha önceki çalışmaların temelini oluşturmuştur [6/7 ve 6/175].

WorleyParsons [6/244] tarafından yapılan çalışmanın sonuçları aşağıda belirtilmektedir:

1. *Ecemiş fayının olası deniz uzantısı ile hemen hemen aynı doğrultudaki KKD-GGB doğrultulu denizaltı kanalı, paleo-Tarsus nehrinin kıyı şeridinin yaklaşık olarak güney kenarında yer aldığı zamanki eski bir yatağına ait bir kesik olarak yorumlanabilir. Bu kanal büyük ihtimalle, şu andaki kıyı şeridine doğru kuzey yöndeki dairenin dışında bulunan deltaik çökellerin altına gömülmüştür.*

2. Alanda geçmiş faylarla ilgili bazı kanıtlar bulunmaktadır ancak, ancak bu, tuz diyapirizmiyle ilişkilidir ve dolayısıyla kökeni derinlere gitmemektedir (yani tektonizma kaynaklı değildir).3. Ecemiş Fayının, dış uzantısı bulunmamaktadır. Bunun yerine, Mersinin kuzey alanını sonlandırır ve sahile ulaşmaz. . Ayrıca, Namrun Fayı ile birleşmeden, batıya doğru dallanmaktadır. Fay geometrisi ayrıca, Ecemiş Fayı'nın daha önceki sol yanal doğrultu atımlı davranışının artık daha az etkili olduğunu ve doğu-batı uzantılı saat yönünde bir dönme hareketine dönüştüğünü göstermektedir. Deniz elde edilmiş olan sismik verilere göre, Ecemiş Fayı'nın deniz uzantısı olduğuna dair bir kanıt bulunmamaktadır. Ayrıca, bu iç kısımdaki fayın daha önceki doğrultu atımlı özelliği artık daha az baskındır.

Sonuç olarak, yukarıda özetlenen en yakın zamanda yapılmış olan en güncel çalışma, Ecemiş Fayı'nın denize devam etmediğini göstermiştir. Ayrıca, kıyı boyunca ya da kıyı yakınında EFZ'nin iç kısımlara uzanan aktif bir hattı olduğuna dair bir kanıt bulunmamıştır *[6/172]*.

Namrun Fayı

*Namrun Fay Hattı, Gülek ve Namrun'un doğusu a*rasında uzanan Orta Anadolu Fay Hattının güney batı parçasıdır (Şekil 6/1.7 ve Ek B). Bu, Ecemiş Fay Hattının, Adana Havzasının kuzeyine yayılan sol yönlü bir doğrultu atımlı faydır [6/133 ve 6/115].

Namrun fay kuşağını, K60-80D doğrultusunda ve 4-8 km uzunluğunda olan çok sayıda fay segmenti oluşturmaktadır. Bu faylar, Namrun, Çamarası Sebil, Cehennemdere, Alaiye, Tepetaş, Meydan ve Cevlik faylarıdır. Tersiyer birimlerle temas noktasında ve morfolojik özellikler üzerinde görülen sol yanal ofsetler, mikro depremler ve fay düzlemi çözümlemelerinin hepsi, bu fay hatlarının önemli normal bileşenlere sahip aktif doğrultu atımlı faylar olduğunu göstermektedir.

Koçyiğit ve Beyhan'a göre [6/133], Orta Anadolu Fayı'nın güney uzantısı, Namrun Fay zonunu izlemekte ve daha çok batıya yönelerek Akdeniz'de Anamur'a uzanmakta ve buradan da uzun doğrusal bir denizaltı şevi daha da güneye giderek Doğu Akdeniz tabanı boyunca Kıbrıs yayına uzanmaktadır. Denizaltı şevi, eğimdeki ani kırılma ve birbirine yakın mesafede bulunan batimetrik konturların doğrusal dağılımı ile belirginleşir. Öte yandan, Dermitaşlı (2012), raporunda [6/94] özellikle, Ecemiş ve Namrun fay hatlarının değerlendirilmesine yönelik yapmış olduğu çalışmalardan bahsetmiştir; Kısaca;

Bölgesel öneme sahip çeşitli yeni faylar, bu bölgelerin tektonik araştırmaları sonucu gözlemlenmiştir. Bu fayların büyük bir kısmı genellikle ENE-WSW yönündedir. Bunların hepsi, kuzeye ve aşağı inmiş kısımlara ve güneye yönelik yukarı doğru normal faylardır. Bu faylar, Namrun Fay Hattı olarak ortak bir isimde toplanabilir.

Ancak, bu fayların, Ecemiş Fay Hattı tarafından kesildiği de gösterilmektedir ...

Ecemiş fay hattından batıya doğru gittiğimizde, bu fayların bölgesel önemleri ve yoğunlukları azalmaktadır. Erdemli'nin kuzey batısı, Yağda ve Fındıkpınarı gibi faylar sadece, az miktarda dikey yer dğiştirme ile Orta-üst Miyosen kireç taşlarında sadece 5 ila 10 km devam etmektedir… Bu nedenle, Namrun Fay Hattının batıya doğru uzantısı, bölgesel önemini ve yoğunluğunu kaybetmektedir diyebiliriz…

Namrun FZ'nin, Anamura ulaşmak üzere bölge genelinde genişlemesi durumunda, proje sahasına olan en yakın mesafe yaklaşık 40 km olacaktır. Ancak, Akın ve Çiftçi'de [6/3] yer alan Türkiye

neotektonik haritasında, Mut Havzası'nın doğu tarafının batısında Namrun Fay kuşağına ait, herhangi bir iz bulunmamaktadır.. Aslında, batısında aynı doğrultuda kısa fay hatları tespit edilebilir ancak bunların Namrun Fay kuşağı ile doğrudan bir bağlantısı yoktur ve mevcut çalışmalara göre, bunlar üzerinde yakın zamanda bir faaliyet olduğuna dair bir kanıt bulunmamaktadır(ayrıca bakınız Kozağaç Fayı). Bu fayların kinematiğinin ağırlıklı olarak normal tipte olduğu görülmektedir .
Mut Havzası'nın doğu kenarının batısında kesintisiz bir fay kuşağı olduğuna dair bir kanıt olmaması, SHA'da Namrun Fay kuşağına ait sismik bölgeyi bu kenarla sınırlamanın esasıdır.
Ayrıca, Mut Havzası'nın doğusunda dahi, Kuvaterner faaliyet olduğuna dair kanıt ancak Namrun'a doğru Ecemiş Koridorunun çok yakınında bulunabileceği vurgulanmalıdır.

Kozağaç Fayı

Mut ve Anamur arasındaki şehirler, yaklaşık olarak NGS sahasının 36 km kuzeybatısında bir dizi kısa, ağırlıklı olarak KB doğrultulu süreksiz fay ortaya çıkmıştır. Bu fay, Kozağaç fay sistemi olarak ta bilinmektedir. Bu faylar, bir kaç kilometre ila 40 km uzunlukta olup KD ya da GB yönüne doğru 70-80° ile dalmaktadır. Fayların çoğu, ya Mut Havzasının Miyosen çökelleri içinde ya da daha yaşlı Jurasik – Kretase kireçtaşı taban kayaçları ile daha genç havza dolgu çökelleri arasındaki fay temasını oluşturdukları Mut Havzasının marjlarında yer almaktadır.Demirtaşlı ve Genç [6/576/55], tarafından yapılan çalışmalara göre, bunlar, Kozağaç fay setinin son zamanlarda aktif olduğunu gösteren herhangi bir destekleyici saha ya da sismik kriteri olmayan Geç Miyosen – Pliyosen yaşlı normal faylardır. [6/75].

6.1.2.6 ADANA HAVZASI

Adana Havzası, kuzeyde ve batıdaki Toros Dağları ve doğudaki Misis dağları arasında yer almaktadır (Şekil 6/1.4 ve ek B). Güneybatıya doğru, İç Kilikya havzasına doğru uzamaktadır. Yaşları Miyosen ile günümüz arasında değişen 6000 m kalınlığında sedimanter istif barındırmaktadır. Miyosen çökelleri, kuzey ve kuzey batıdaki Toros dağları ve doğudaki Misis Dağlarının Miyosen öncesinden temel kayaçları ile sınırlandırılmıştır.

Aşağıda belirtilen Adana Havzasındaki tektonik yapılar, bu çalışmanın önemli bir parçası olarak düşünülmektedir.

Göksu Fayı

Göksu fay hattı, KD 'deki Sarız ve DKD'deki Ceyhan arasında yer alan sol yanal atımlı faydır [6/181; 6/182]. Benzer hareket türlerine sahip Ecemiş ve Doğu Anadolu Fay Hattı arasında yer almaktadır (sol yanal atılımlı). Yaklaşık 240 km uzunluğundadır. Fay hattı, çeşitli kısa ve süreksiz fay bölümlerinden oluşmakta ve ana fay hattına alt paralel bir şekilde görülmektedir

[6/75]. Bölgede 27 Haziran 1998 tarihinde oluşmuş olan M = 6,3 büyüklüğündeki depremle ilişkili olduğu düşünülen Misis-Ceyhan fayının, Göksu fayının bir segmenti olduğu varsayılmaktadır [6/235].

Göksu Fay segmentlerinin uzunluğunun komşu Ecemiş fayı ile aynı mertebede olması beklenmektedir. Akkuyu NGS'ye mesafesi yaklaşık 90 km'dir.

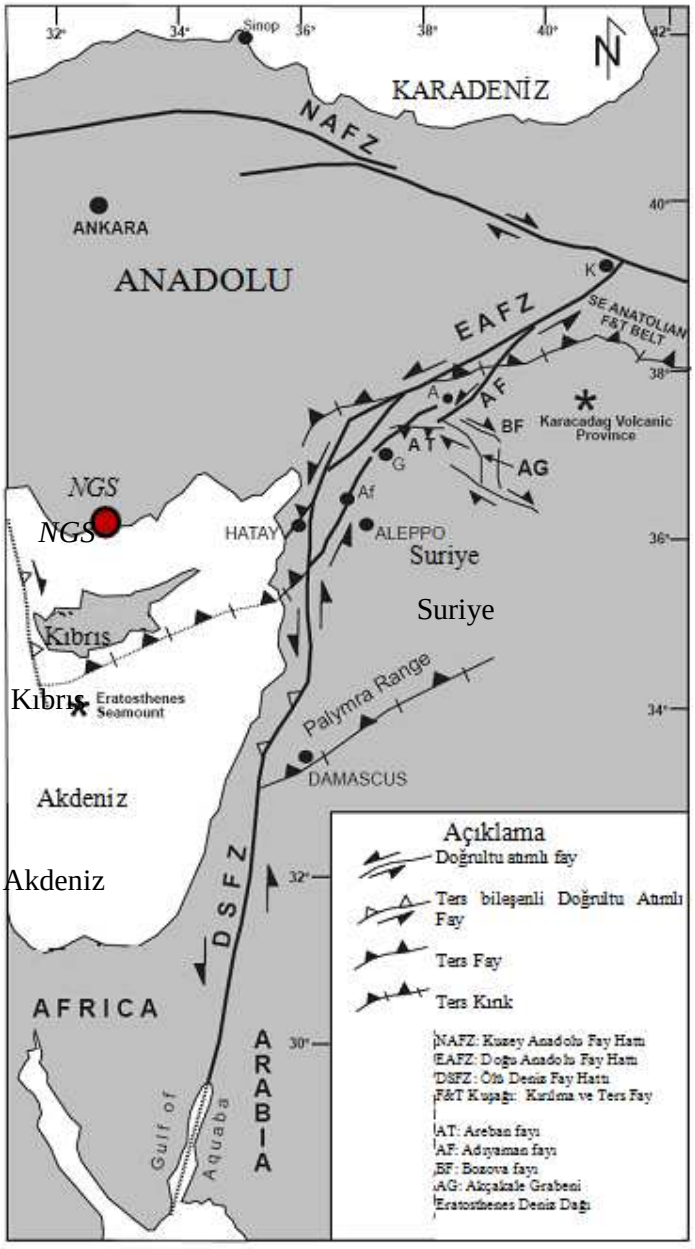
Kozan Fayı

Kozan fayı, Adana havzasının kuzey batı kesiminde yer almaktadır ve gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır [6/182].

İzlerine ilişkin, Üst Miyosen-Pliosen çökelleri ile kapatıldığından sadece varsayımda bulunabilinir. Yüzeyde, bölge doğrusal bir güney batı ve güney – güney – batı kırılma sistemi olarak ortaya çıkmaktadır. Torosların yükselmesini alacak şekilde ters bileşenlerle doğrultu atımlı özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Kozan fayının, proje sahasına en yakın noktası KD'da ve yaklaşık 136 km'dir.

6.1.2.7 DOĞU ANADOLU FAY HATTI

Doğu Anadolu Fay Sistemi, 80 km genişliğinde ve 700 km uzunluğunda KD eğilimli olup, sismik olarak oldukça aktif doğrultu atımlı fay sistemidir. [6/20] (Şekil 6/1.4). Sol yanal EAF, Ölü Deniz Fayı ile NAF bağlantısını sağlayan Anadolu ve Arap levhası arasındaki 600 km'lik uzun doğrultu atımlı sınırı belirler (Şekil 6/1.8).



Şekil 6/1.8 – Doğu Türkiye ve Arabistan'ın jeodinamik kapsam çerçevesindeki Doğu Anadolu Fay Hattı (EAFZ) [6/203]

Kuzey doğuda Karlıova ve güney batıda Karataş-Samandağ ilçeleri arasında yer almaktadır ve Anadolu levhasının güney doğu sınırını oluşturur. Güneyde yer alan Arap plakası ile kuzeyde yer alan Avrasya plakasının kıtalar arası çarpışması sonucunda oluşan Bitlis Derz Bölgesini enine keserek sol yanal yönde ötelemektedir.

Şengör'e göre [6/200], EAFZ, Avrasya ve Arap plakalarının çarpışması sonucu meydana gelmiş ve erken evresinde Amanos Dağları ve İskenderun Körfezi'nin KB marjı boyunca güneybatı doğrultuda uzanmıştır. [6/200]. EAF zonunda üç önemli süreksizlik, tanınmaktadır: 1) Bingöl alanı; 2) Hazar havzası ve Sincik alanı. Diğer küçük fay süreksizlikleri de bulunmaktadır. Bu fay

hattı, M~7 (örneğin, 1874 ve 1875 yıllarında Hazar denizi faaliyetleri) depremleri ile 19. Yüzyılda kopmuştur. EAFZ'nin altı parçadan oluştuğu gerçeğine dayanarak, [6/195], Hempton [6/107], Barka ve Kadinskycade'nin [6/23] fay geometrisi ve sismik aktiviteye ilişkin çalışmalarına dayalı olarak, 14 farklı bölüm (segment) önermiştir. Tuskoğlu ve Çelikhan arasındaki segment, 2 Mart 1893 tarihinde(M = 7.1, 45 km derinliği), 4 Aralık 1905 (M = 6.8, 38 km) ve muhtemelen 28 Mart 1513 (M = 7.4, 103 km) tarihlerindeki depremleri yaşamıştır.

EAF ortalama kayma oranı 10-11 mm/yr [6/47 ve 6/189], toplam ofset 15-30 km [6/195, 6/239 ve 6/240], ve tahmini yaş ise 3-4 Ma'dır. . Fay izdüşümü, yaklaşık 100 km maksimum olarak tespit edilen segmentlere ayrılmıştır [6/161, 6/23 ve 6/195]. Yilmaz'a göre [6/249], Doğu Anadolu Fayı zonu boyunca yaklaşık 9 mm/yıl sol yanal hareket gerçekleşmektedir.

EAFZ boyunca doğrultu atımlı havzalar, yer almaktadır. İki havzanın dolgusu, açısal uyumsuzluk ile ayrılmaktadır Bu stratigrafik gözlem, doğrultu atımlı neotektonik rejimin Geç Pliyosenden başladığını teyit etmektedir. Fayın doğrultu atımlı yapısı ayrıca, Doğu Anadolu Fayının orta kısmında elde edilmiş olan odak mekanizmaları ile de teyit edilmektedir. Buna rağmen, aktif bindirme deformasyonu Doğu Anadolu Fayının güneyine doğru, Toros kuşağı ile Arap platformu arasındaki sınırda 1975 yılında Lice'de meydana gelen M = 6.7 büyüklüğündeki depremle 6/195; 6/173 ve 6/210] ve Cowgill'in bu konudaki jeomorfolojik çalışmalarıyla görülmektedir [6/52].

6.1.2.8 KIBRIS ÇUKURU

Kıbrıs (ya da Kıbrıs adası) adası, Doğu Akdeniz'deki Afro-Arap ve Avrasya arasındaki levha sınırının bir bölümüdür (Şekil 6/1.4). Yunan çukuru ile benzer geometrik özelliklere sahiptir ancak, daha kısadır ve kapanma hızı yaklaşık iki üç kat daha yavaştır. Yunanistan çukuru, dalmaya maruz kalmış ve Kıbrıs çukuru dalma, çarpışma ve çapraz tektonik süreçlere uğramıştır. Anaximander Dağlarından (batı) Lübnan sahillerine uzanmaktadır ve farklı kapanma modundan dolayı farklı deformasyon türleri ile üç sektöre bölünmektedir. Batı sektöründe, sismik faaliyet ve gravite sahası Türk Plakasının hemen altındaki Afrika Plakası ile ilişkili okyanussal malzemenin kuzeye aktif dalışını göstermektedir [6/30]. Düzensiz depremsellik ve dağınık deprem kümeleşmelerinden de anlaşılacağı üzere, kuzey yönünde Kıbrıs'a doğru kayan Afrika Plakasının kıtasal bir parçası olan ve yoğun bir deformasyon bölgesi oluşturan Eratosthenes Denizdağının çarpışması nedeniyle, dalma muhtemelen Kıbrıs yayının orta segmentinde durdurulmuştur. Kıbrıs yayı üzerindeki etkisi kısmen, Kıbrıs yükseltisine yol açmaktadır [6/146 ve 6/104]. Dalmakta olan plak, ya kopmuş [6/89] ya da başlangıçtaki kopma evresinde dik eğimli ve parçalıdır [6/32]. Depremlerin derinliği, sığdan orta derinliğe kadar kuzeye doğru artmaktadır.Papadimitriou & Karakostas [6/178]'a göre, Kıbrıs Adasının güney kıyılarında kara ve denizdeki sismik faaliyet esas itibarıyla plaka sınırına oblik konumlanmış faylar üzerindeki kaymadan kaynaklanmaktadır. Bu

alandaki geçmiş depremsellik durumlarının önemine binaen üç önemli fay hattı, dekstral Paphos fayı, Lemessos ve Larnaka oblik ters faylarıdır. Lemessos fay hattı özellikle, spatial depremsellik dağılımı bazında bilinmekte ve daha önceki neotektonik çalışmalar ve stres oryantasyonu ile desteklenmektedir. Lemessos ve Larnaka'da meydana gelen en son ve en önemli depremler, maksimum 24 km uzunluğunda ve 72 cm'lik yer değiştirme durumlarını meydana getiren depremlerdir (24 Haziran 1896 depremi, M=6.5) [6/178]. 29 Eylül 1918 (M=6.3) tarihinde Kıbrıs adasında meydana gelen deprem fay hattına paralel olarak meydana gelmiştir. . Bu deprem için 19 km kırılma uzunluğu ve ortalama 52 cm kayma tahmin edilmiştir; bu deprem büyük faylardan uzakta yer almaktadır [6/178].

Batı ve güney Kıbrısın önemli yapısal unsurları, KD-GB eğilimli dekstral transform fayıdır (Paphos Transform Fayı (PTF), Şekil 6/1.8) ve orta derecede deprem derinliğine sahiptir. Bu fayla ilgili olarak, 9 Ekim 1996 tarihinde (M= 6.8) bir deprem meydana gelmiştir. Papadimitriou & Karakostas [6/178]'e göre, bu deprem, 30 km uzunluğunda ve 15 km genişliğinde fay hattının kırılmasına neden olmuştur. 1996 deprem merkezinin, 76 - 85 km [6/189] derinliği bulunmaktadır. Wdowinski [6/234]'e göre, KD-GB eğilimli Paphos fayı, yırtılmış bir faydır ve trencin batı ve orta seğmenleri arasında geçişi sağlar. Bu fay, uzun doğrultu atımlı depremleri meydana getirir ve yakınsama oranı, 7-8 mm/yr [6/235]'dir.

Adanın kuzey kısmı, Girne bindirme hattı/kuşağı ile nitelendirilmiştir ve pasif ve aktif sınırların kanıtlarını içerir. Doğrultu atımlı ve bindirme fayı ile ilgili özellikleri taşır. Girne'nin yukarı çekilme durumu, orta Pliosen sonlarında meydana gelmiş ve halihazırda devam etmektedir [6/41]. DB eğilimi, N normal fayı, kuzeye doğru uzamaktadır [6/7] (bakınız Kilikya havzası tanımı)

Cagnan & Tarnican [6/40]'e göre, en üst seviyedeki Pik Yer İvmesi değerleri, kaya şartlarına yönelik olarak 475 yıllık bir süre zarfında sağlanmıştır ve yer hareketinin 0.3 ve 0.4 g arasında olduğu Kıbrısın güney sahillerinde beklenmektedir. Adanın geri kalan kısmı, en alt derecede yer hareketi ile nitelendirilmiştir. En büyük depremler genellikle adanın güney ve batı kısmında meydana gelmiştir, Paphos, Limassol ve Famagusta'da hasara neden olmuştur (örneğin, 342 yıllık depremlerin şiddetleri M=7.4, yıl 1222, M=6.8, yıl 1577, M=6.7, yıl 1785, M=7.1, yıl 1940 , M=6.7, ve 1996 ile M=6.7 [6/40].

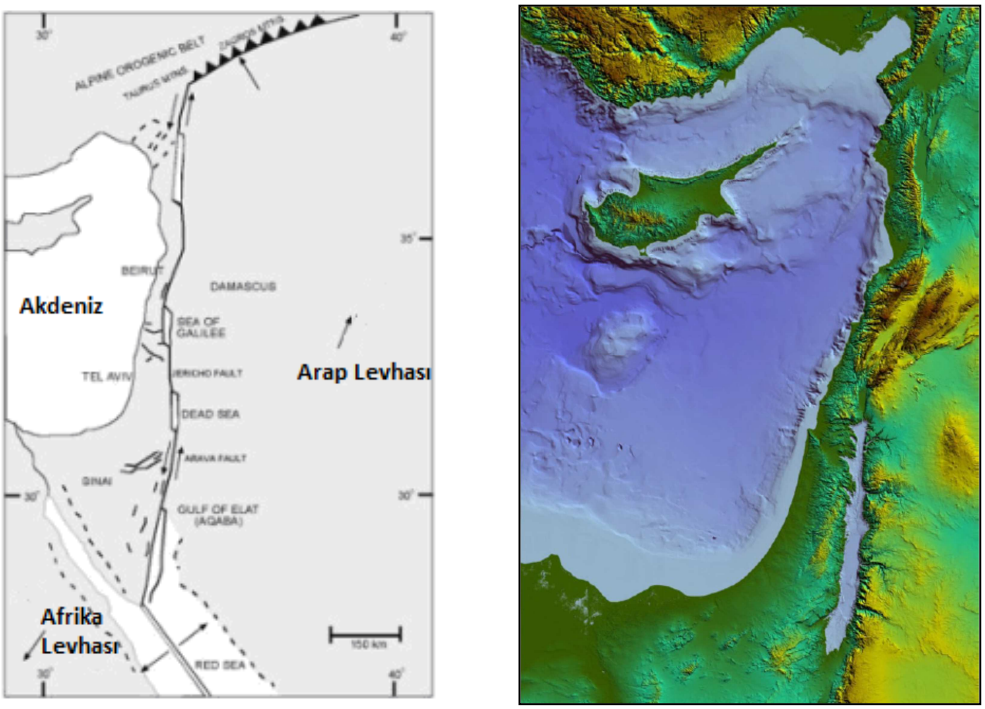
6.1.2.9 ÖLÜ DENİZ FAYI

Ölü deniz fayı, N-S eğilimli önemli bir tektonik yapı olup, Toros dağlarından Akaba Körfezini kapsamaktadır (Şekil 6/1.9) ve yaklaşık 1000 km uzunluğu bulunmaktadır.

Orta Miyosen'den bu yana, Arap Levhası ve Sina alt levhası arasındaki sol yanal atımlı hareketi barındırır ve Kızıldenizden kuzeydeki Toroslara kadar geniş kapsamlı bir tektonik bölgeyi birbirine bağlar.

Ölü Deniz Transformuna yönelik (DST) kabuksal görüntü, DESERT projesi ile oluşturulmuştur. Veri, DST sisteminin güney segmenti olan Araba Fayına (AF) karşılık gelmektedir, zemin, birkaç kilometre kaymıştır.

Tüm bunların dışında, Moho derinliği, Akdeniz'den 26 km'den Ürdün'e yaklaşık 39 km artış göstermektedir, bu göstergede Araba vadisi (Wadi Araba) altındaki zemin hariç tutulmuştur. [6/236]. Yazarlar, AF'nin, çekirdek kabuğu da dahil olmak üzere, en düşük kabuğa geniş bir zon oluşturan kabukla AF'nin kesiştiği konusunda hemfikir olmuştur. Bu, Afrika ve Arap levhaları arasındaki hareketi barındıran litosferi kesen DST'ye dikkat çeken [6/206] ve Rumpker [6/192] ile uyumludur.



Şekil 6/1.9 – Ölü deniz fayı, Zagros Mts.'den Kızıldeniz'e akan N-S tektonik ayırt edici özelliktir. Jeomorfik durum, Dijital Yükseklik Modeli ile açık bir şekilde görünür hale getirilmiştir.

Yerel jeoloji, çok sayıda Miyosen öncesi yaşlı jeolojik yapıların yaklaşık 107 km sistematik bir kaymaya uğradığını göstermektedir [6/26 ve 6/91] ile. Kuvaterner çökellerle doldurulmuş blokların ve grabenlerin varlığı, DSF boyunca düşey yer değiştirme miktarını 3.000 m mertebesinde sınırlamıştır . Paleosismik ve arkeosismik çalışmalar, yakın zamandaki faaliyeti, doğal ve insan yapımı yapıların sol yanal kaymasına dayanarak göstermektedirler . [6/15, 6/67, 6/132 ve 6/167].

Orta şiddetten büyük şiddete kadar olan depremlerin merkez mekanizmaları, jeolojik verilere dayalı aktif fayların yerleri ile genel bir anlaşma içinde fay sistemi boyunca sol yanal hareketi gösterir. [6/22; 6/109; 6/132 ve 6/167]. Depremsellik veri tabanına göre, geçerli formüller 40° ve 75° arasındadır.

Jeodezik ölçümler, sol yanal kaymaya uygun ve sol yanal kaymayı onaylayıcı biçimdedir ve aynı zamanda paleosismik kanıtlarla 4±1 mm/yr kayma oranı belirlenmiştir [6/141, 6/142, 6/148, 6/189 ve 6/234].

Fay kuşağı, çözülen bükülmeler ve sıkıştırma sırtları ile ilişkili çekme ayırma havzalarına sahip aralıklı ve basamaklı ikincil faylardan oluşmaktadır . Bu çekme ayırma havzaları, çökel kapanları gibi hareket ederek, klastik ve evaporatik çökellerin birikmesine yol açmıştır .

Arkeolojik ve paleosismolojik çalışmalar, tarihsel dönemlerde (örneğin M.Ö. 749,, [6/145 Ölü Deniz Fayının yaklaşık 100 km'lik segmentinin eş sismik olarak yeniden aktifleştiğini ortaya çıkarmıştır, bu da bu fayın M > 7 depremler üretme kapasitesinin olduğunu göstermektedir.
Ölü Deniz fay kuşağı üzerinde bilinen en büyük aletsel deprem, Akabe'nin yaklaşık 100 km güneyinde olmuştur (1995, Mw = 7,3): ibu deprem, 80 km'lik bir fay segmenti boyunca yaklaşık 1,6 m'lik bir sol yanal kaymaya yol açmıştır.

6.1.3 BÖLGESEL ÇALIŞMALAR

IAEA SSG-9 [6/113]'de tanımlandığı gibi yakın bölgesel araştırma ölçeği, basılan bilgi ve verilere ilaveten en az 25 km çapa sahip alanda bulunmaktadır. Bölgenin özel olarak araştırılması gerekir ve bu bağlamda gerekli tetkiklerin ve alan gözetiminin yapılması önem arz etmektedir. Yakın bölgesel veri tabanı özeti, genel tektonik birimler, stratigrafi ve hidrojeolojinin tanımı da dahil olmak üzere bu alt seksjyonda sunulmaktadır. Ek yakın bölgesel analizler özellikle fay yer değiştirme bağlamında, 6.6. Kısımda sunulmaktadır.

6.1.3.1 BÖLGENİN TEKTONİK YAPISI

Akkuyu NGS sahası, Silifke'den güney-batıya yaklaşık 50 km mesafede yer almaktadır ve Toros kuşağı orta bölümünün güneylerine kadar uzanmakta olup, iki tektonik zon ile

sınırlandırılmaktadır: Doğuda Ecemiş fayı ve batıda Hadım tektonik napı. Kuzeyden, iç Toros kuşağı ile sınırlanmaktadır. (Şekil 6/1.10).

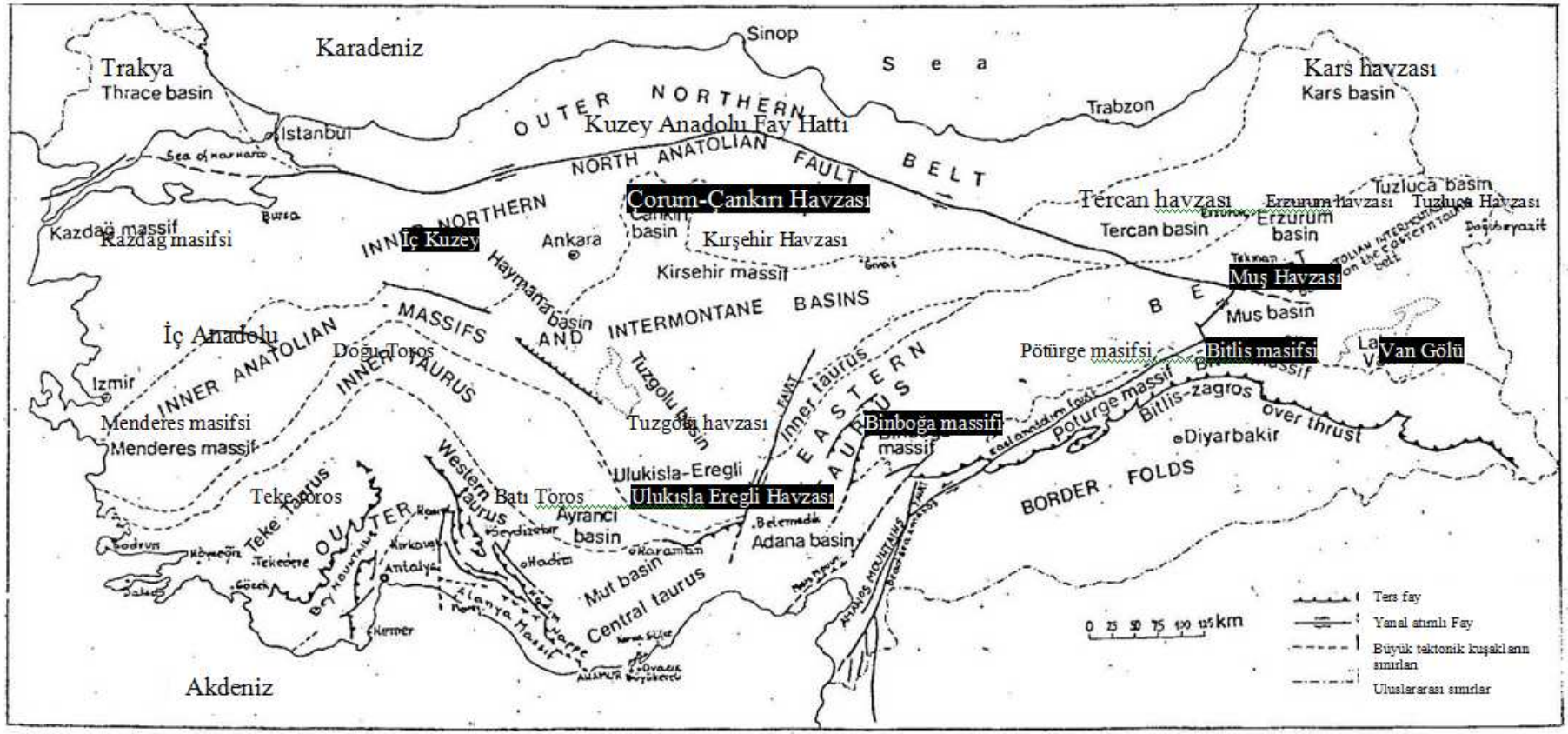
Orta Toros kuşağı, aşağıdaki yapısal unsurlara bölünmektedir:

- Karbonat ve klastiklerin otokton ve paraotokton platformu;
- Allokton melanj ve ofiolitli kayalar.

Otokton ve paraotokton kayaları, Silifke ve Anamur arasında oluşmaktadır ve kuzeyde, tektonik sonrası deniz altı orta üst miyosen (15 milyon yıllık) formasyon ile oldukça genişlemiştir. Anamur'dan doğuya doğru, Alanya dağ kitlelerinin metamorfik kayaları bulunmakta ve Hadim tektonik kapağının NW-SW yönü boyunca Paleosen-Eosen üzerinde yer almaktadır. Bu önemli tektonik faaliyet, Eosen süresinde meydana gelmiştir (40 milyon yıl).

Hadım napı muhtemelen, üst Eosen'de meydana gelen sol yatay yer değiştirmenin yaşandığı güney batı alanındaki Ecemiş fayı ile bağlantılı Akdeniz altındaki doğu yönüne uzanmaktadır. Bu nedenle, Alanya dağlık kısmı [6/181], Türkiye'nin güney-doğusundaki Bitlis dağlık alanının batı sırası olarak düşünülmektedir.

Üç tektonik bölge, Silifke ve Anamur arasındaki Orta Toros kuşağında tanımlanmaktadır, özellikle; güney, orta ve kuzey. Bu bölgelerin farklılıkları, erken Paleozoyik döneminde başlamış ve Triyas döneminde güçlenmiştir.



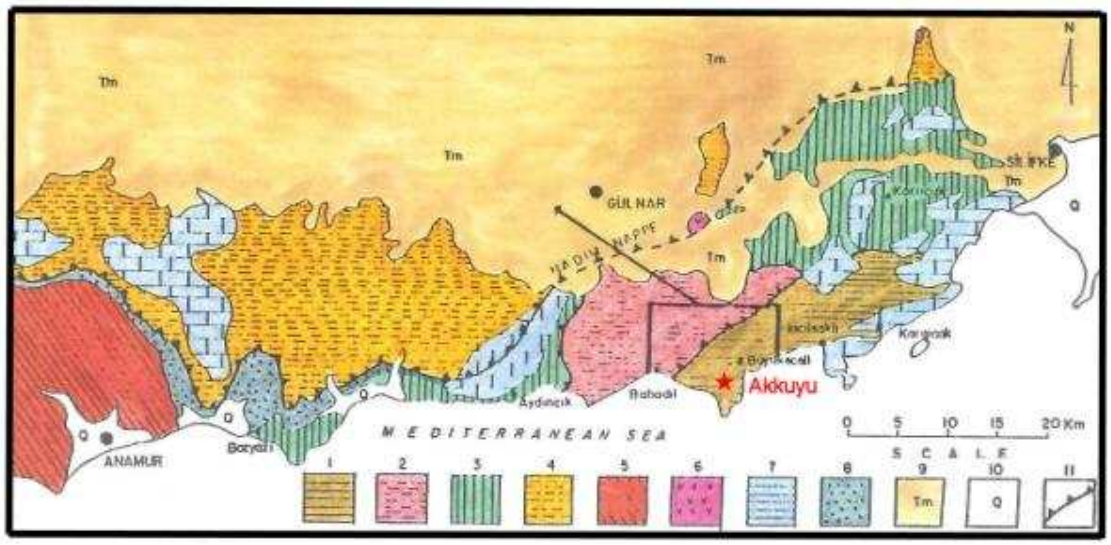
Şekil 6/1.10 – Türkiye'nin Genel Tektonik Haritası [6/64]

Permien döneminin sonlarında birinci aşama kıvrımlanma meydana gelmiştir. İkinci aşamaya, Orta-Son Triasik Dönemde meydana gelen bindirme eşlik etmiştir (dağların oluşma süreci). Jura- Kretase Döneminde, platform karbonat çökelleri, tüm üç tektonik bölgeyi kaplamıştır ve uyumsuz olarak antik çökellerin üzerini örtmüştür. Orta ve Son Alp hareketlerinin etkileri (Lamarian ve Pirinean süreç) esasen, kuzeyde varolan ofiyolitlerle doğrulanan orta ve kuzey bölgelerinde meydana gelmiştir. Molassa havzası, Miyosen çökellerinin bulunduğu orta ve kuzey jeotektonik bölgelerde gelişmiştir. İyi tabakalanmış ve düz yüzeyi gösteren Orta Miyosen denizaltı kireçtaşı, tektonik orijine sahip değildir.

Orojenik süreç, Miyosen öncesinde tamamlanan Akkuyu alanı da dahil olmak üzere tüm Orta Toros kuşağı boyunca ilerlemektedir.

Yapılan tetkik ve araştırma sonuçlarına göre, günümüzde tektonik formasyonların kanıtları ve aktif yer değiştirmeler (faylar), yakın bölgelerde görülmemektedir.

Şekil 6/1.11, Akkuyu NGS alanı etrafındaki orta Toros kuşağının önemli tektonik birimlerinin basitleştirilmiş bir jeolojik haritasını sunmaktadır.



Şekil 6/1.11 – Akkuyu NGS alanı etrafındaki orta Toros kuşağının önemli tektonik birimlerinin basitleştirilmiş bir jeolojik haritası. 1- Güney Zonu, 2. Orta Zonu, 3- Kuzey Zonu, 4- Aladağ Birimi (Hadim napı), 5-Alanya Dağlık Bölgesi, , 6-Ofiyolitler, 7-Jura-Kretase Platform Karbonatlar, 8-Paleosen-Eosen Olistostrom, 9-Deniz Miyoseni, 10-Kuvaterner çökelleri, 11-Bindirme [6/57]

Güney Bölgesi

Silifke ve Ovacık arasındaki kıyı alanı da dahil olmak üzere güney Bölgesi, Kambriyenden Miyosene kadar metamorfik olmayan sedimanter kayaçlarla temsil edilmektedir.

Güney bölgesinde gözlenen stratigrafik uyumsuzluk aşağıda verilmiştir:

- Üst-Devoniyen dönemi açısal uyumsuzluk;
- Üst-Permiyen dönemi açısal uyumsuzluk;
- Alt-Jura açısal uyumsuzluk;
- Erken Miyosen açısal uyumsuzluk.

Karbonifer ve geç Permiyen çökelleri, bölgede bulunmamaktadır, bunun nedeni ise, Erken Hersiniyen orojenisidir. Orta bölgedeki kıtasal Triyas Döneminin dışında, Triyas sistem, deniz çökelleri ile temsil edilmektedir. Bölgenin doğusunda Üst Permiyenden Alt Triyas çökellerine kadar bir geçiş bulunmaktadır . . Öte yandan, Akkuyu bölgesi batı bölümünde, , üst Triyas çökelleri (Kuşyuvasıtepe formasyonu), üst Permiyen çökelleri ile uyumsuz bir şekilde görülmektedir.

Triyas Döneminin sonunda, orta bölgede kuzeyden güneye doğru Güney bölgesindeki kayalarda önemli bir düşük açı bindirmesi meydana gelmiştir. Bu düşük açı bindirmesi, Erken Alp orojenezinin bir sonucudur ve orta Toros kuşağındaki tüm jeotektonik bölgeleri etkilemektedir.

Güçlü bir kıvrılma ve Erken Alp orojenezindeki sürüklenmeyi müteakip, güney bölgesi, Jura- Kretase karbonat platform çökelleri ile kaplanmıştır. Orta Miyosen kireçtaşı (Silifke formasyonu), güney bölgesinde diğer eski kaya parçalarının üzerine uyumsuz olarak oturmuştur. Miyosen ve Pliosen sonunda bölgesel bir yukarı çekme durumu meydana gelmiş ve Miyosen deniz çökellerinin karasal ekspozisyonuna neden olmuştur. Döküntü konileri, Pleistosen-Holosen esnasında tortulaşmıştır. Akkuyu sahilinde güncel deniz seviyesinden 10-15 yüksekte gözlenen deniz terasları Kuvaternerdeki deniz seviye değişimlerini göstermektedir.

Günümüzde Kuvaterner alüvyal çökeller, eski döküntülerin üzerini örtmektedir. Kıyısal sedimanlar ve çakıllar, güney bölgesinin sahillerinde oluşmaktadır. Kuvaterner çökellerde herhangi bir fay hareketi görülmemektedir.

Orta Bölge

Orta bölge, güney bölgesinden kuzeye doğru uzanmaktadır ve kuzeyden güneye ilerlemektedir. Kireçtaşı, tortulu şist ve Sipahili formasyonu ile gösterilen Alt ve Orta Kambriyen çökellerinin kalın ardalanmasından oluşmaktadır. Bu formasyon, Geç Kambriyen den Geç Devoniyen (Babadıl Grup) kadar olan safhayı kapsamaktadır. Babadıl grup formasyonu, ayrı bir şekilde tanımlanmamaktadır çünkü oldukça küçük bir kalınlığı bulunmakta ve alanda fark edilmesi oldukça zordur.

Üst Kambriyen, Ovacık formasyonu sedimanlarına benzer şekilde kızıl kuvartz kumu ve silttaşı ile gösterilmektedir .

Silüriyen dönemi, graptolitik şeyl ile temsil edilmekte ve sahil alanlarında benzerlik taşımaktadır (Ovacık ve Hırmanlı formasyonları).

Devonian dönemi, kireçtaşı, şeyl ve kuvarsit ardalanması ile temsil edilmekte ve Karayar ve Sığırcık formasyonlarına benzerliği ile bilinmektedir. Keşfedilen mercanlar ve brakipodlar, Babadıl grubunun üst kısımlarında geç Devoniyen yaşlı olduğunu göstermektedir.

Olası uyumsuzluklar, bu grup çökelleri arasında ortaya çıkmaktadır. Alt Karbonifer yaşlı kalın olmayan kireçtaşları ve kuvarsit, Korucuk formasyonundan bölgeye yayılma göstermiştir.

Üst Permian kireçtaşı (Kırtıldağı formasyonu), Babadıl grubu üzerinde uyumsuz bir şekilde ortaya çıkmaktadır ve yine üst Triyas yaşlı kırmızı kum taşları, şeyl ve konglomera (Murtçukuru formasyonu). ile uygunsuz olarak örtüşmektedir. Dibekli olarak anılan formasyonlar (Erken Jura) ve Tokmar formasyonu (üst Jura- Alt Kretase), Sipahili formasyonu ve Babadıl grubu üzerinde uyumsuzlukla meydana gelmiştir.

Orta Bölgenin merkez bölümünde yer alan Tepeköy'de, Erken-Miyosen konglomerası hafif bir şekilde eğilmektedir. Molasçökelleri, Erken Miyosende orta ve kuzey bölgelerde oluşmakta ve kısmen organik olarak zengin çökellerin bulunduğu Çavuşlar formasyonunda gözlemlenmektedir. Çökelimle eşyaşlı faylar, türbidit akıntıları ve kırılma yapılarına sahiptir. Çavuşlar formasyonu uyumsuz bir şekilde Orta Miyosen Dönemi (Silifke formasyonu) denizel kireç taşları üzerine uzanmaktadır. Silifke formasyonu, küçük ölçekli fay hatlarına tabidir. Orta bölgedeki Kuvaterner atıklar, faylardan etkilenmemiştir.

Kuzey bölgesi, orta bölgeden kuzeye doğru yer almaktadır. Yatay bindirme, üst Permian transgresyonu (Djulfian) öncesinde meydana gelmiştir. Kireçtaşı sedimantasyonu, bu iki tektonik bölge üzerine uyumsuz olarak Kırtıldağı formasyonundan önce meydana gelmiştir. Ancak, Hersinit'in yer değiştirmesi, Alp tektonikleri ve sürüklenme sonucunda farklı bulgular göstermektedir.

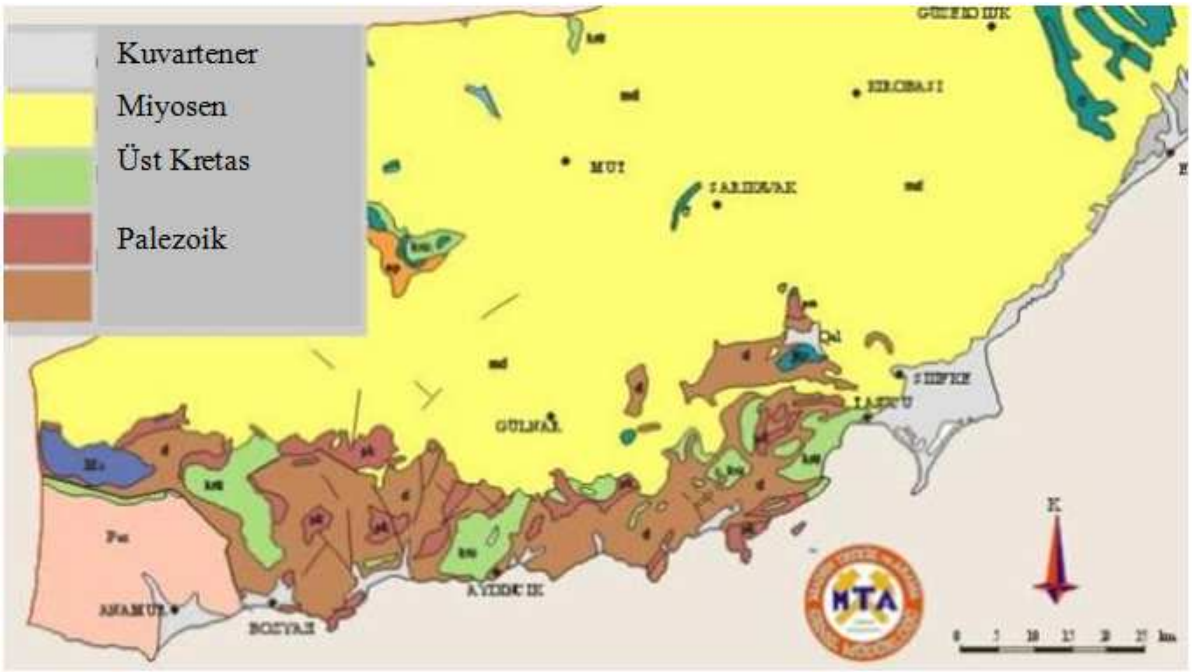
Paleozoik dönemde, kuzey bölgesinin gelişmesi, Karbonifer öncesinde sahil bölgesindeki gelişmeye benzerlik taşımaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi, Erken Karbonifer çökelleri, güney ve orta bölgelerde tam olarak gelişim göstermemiştir ancak kuzey bölgesinde gelişmiştir.

Kuzey bölgesindeki Karboifer çökel mostraları, Silifke yakınlarında Korucuk ve İmamuşağı köyü çevresinde görülmektedir. Geç Permiyen, ince kuvarsit bantlı kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Triyas çökeller, bölgede görülmemektedir ve Jurayaşlı karbonat çökelleriyaşlı formasyon ve yapıların üzerini uyumsuz bir şekilde örtmüştür.

Paleozoik yaşlı kayaçların olistostrom ve olistolitlerini içeren Geç Kretase yaşlı “yabani fliş” Jurasik-Kretase yaşlı platformun karbonatlı kayaçlarını uyumlu bir şekilde örter. Ofiyolitler, Geç Maastrihtyen – Erken Paleosen döneminde bu “yabani fliş” boyunca kaymış, karbonat çökellerinin birikmesi ise Kretase-Paleosen yaşlı Hayvandağı kireçtaşının çökeldiği güney bölgesi platformunda devam etmiştir. Bu, kuzeyden hareket eden ofiyolit melanj kayaçlarının kuzey bölgesinde bulunan “yabani fliş”i örttüğünü ikna edici bir şekilde kanıtlamaktadır.

6.1.3.2 BÖLGENİN STRATİGRAFİK TANIMI

Sahil bölgesinin jeolojisi, Mersin şehrinden Göksu deltasına kadar olan Miyosen üzerindeki Pliyo-Kuvaterner çökellerden oluşmaktadır. Göksu’dan doğuya doğru, yakın sahil bölgesi, küçük geçici akıntıların yanındaki akarsu ya da ırmak yığıntıları ile Paleozoyik dönem kaya sahilleri hakimdir. (Şekil 6/1.12).



Şekil 6/1.12– Alanın jeolojik haritası [6/172]

Akkuyu NGS sahası, güney tektonik bölgesinde yer almaktadır. 1:25000 ölçekli jeolojik harita, Ek E’de sunulmaktadır. 1: 5000 ölçekli jeolojik harita ise Ek F’de sunulmaktadır. Jeolojik profiller, Ek G’de sunulmaktadır. Güney bölgesinin batı kısmının stratigrafik kesimi, Ek H’de verilmektedir.

Kambriyen sisteminden başlayan ve Kuvaterner çökelleri ile son bulan yakın bölgenin jeolojik yapısı aşağıda sunulmaktadır.

Kambriyen Sistemi

Alt bölüm

Hacıishaklı Formasyonu

Hacıishaklı Formasyonunun en alt kesimi, pembe, çapraz tabakalanma ile gösterilmektedir. Orta kesim ise pembe, yeşilimsi silttaşı, orta yataklardan oluşmaktadır. Formasyonun üst kısmı ise beyaz çapraz tabakalanmadan oluşmaktadır.

Haciishaklı formasyonun kalınlığı, 100 metredir.

Orta bölüm

Ovacıkışıklı Formasyonu

Ovacıkışıklı formasyonu, siyah-gri renkli trilobit fosilleri ve pembe karbonatlı vaketaşı ile temsil edilmektedir. Formasyonun kalınlığı, 75 m'dir.

Üst Bölüm

Ovacık Formasyonu

Ovacık formasyonu, Ovacık körfezinin güney kısmında, Akkuyu NGS alanının 15 km doğusunda yer alan Hacıishaklı köyünün kuzeyinde yüzeylenmektedir. Ovacık formasyonu, üç kısma ayrılmıştır. Üst Kambriyen yaşlı Alt, orta üyeleri ve Ordovisiyen yaşlı üst üye.

Formasyonun alt üyesi, pembe renkli, orta yataklı nodüller kireç taşı ve yeşil renkli silt taşı sitli şeyl ardalanmasını içermektedir. Bunlar, Kambriyen-Ordovisyen dönemi gösteren özellikler arasında yer almakta ve küçük belirsiz braikopod içermektedir.

Konodont ve brakiopod içeren Pembe nodüller kireçtaşı ardalanması Üst Kambriyeni göstermektedir.

Ovacık formasyonunun orta üyesi, kırmızı ve griye çalan yeşil renkli silt taşından ve ten rengi kuvarslı kumtaşından oluşmaktadır. Siltaşları, farklı özellikler taşımaktadır. Silt taşlarında mikro çapraz lamine yaygındır.. Kumtaşları çapraz tabakalıdır. Akkuyu yakınlarındaki Taşlık tepesinde, bu farklı renkli silt taşları, Kırtıldağı Permiyen kireç taşları altında görülmektedir. Bu durum, Permiyen öncesindeki yapı hakkında bilgi vermekte ve Büyükceceli formasyonuna yakın Ovacık Formasyonunu da inceleme şansı tanımaktadır.

Ordovisyen Sistemi

Alt, Orta Bölüm

Ovacık Formasyonu

Ovacık Formasyonunun en üst üyesi, zeytin yeşili, siltli şeyllerden oluşmakta ve Dydymograptus sp. Ve Tetragrapthus sp gibi ordovizyen groptolitler içermektedir. Koni içinde koni yapısı ile tipik özelliğe sahip bir üst üye olarak anılmaktadır.

Ovacık formasyonu, açık deniz altında bulunmakta ve kumlu katmanlar, türbiditik ara katmanlar olarak yorumlanmaktadır.

Ovacık formasyonunun kalınlığı, 400 m'dir. Altında uyumlu olarakOvacık Işıklı Kireçtaşı ile ve uyumlu olarak Eğripınar formasyonu ile örtülmüştür.

Silüriyen Sistemi

Alt Bölüm

Eğripınar Formasyonu

Eğripınar Formasyonu daha sonra Eğripınar Köyü adını alan, Ovacık Körfezinin kuzeyinde yer alan bir alandır. Formasyonun türü (lokasyon ya da alan için orijinal sıra olarak belirlenen bir yapıya sahip olup; özellikleri diğer alanlarla kıyaslanmaktadır aynı zamanda seksiyon olarak bilinmektedir), köyün bir kilometre batısına uzanmaktadır.

Eğripınar formasyonu, iki üyeye bölünmektedir. En alttaki üye, sarıdan açık renke uzanan bir yelpazeyi kapsamakta ve aynı zamanda bu üye, kalın tabakalı, iyi boylanmış kuvars çakılları içeren konglomera ve kumtaşlarını içermektedir. Yerel kanallama ve çapraz yataklama burada görülebilir. Herhangi bir fosil içermemektedir.. Çakıllı kum taşları ve konglomeralarr, silt taşları ile ara katkılıdır.

Silt taşı- şeyl üyesi, formasyonun en üst bölümünde ayrılmaktadır. aA sayıda kum taşı yatakları içeren erozyon temeli, en üst üyenin üstünde yer almaktadır.

Eğripınar Formasyonunun kalınlığı, 125 m'dir.

Hırmanlı Formasyonu

Hırmanlı formasyonu, Silifke'nin 40 km güney-batısında Hırmanlı köyü çevresinde görülebilir.

Hırmanlı formasyonu aslında, oldukça kalın tabakalı, lamineli siyah şeylden oluşmaktadır. Erken Silüriyeni gösteren graptolitler taşımaktadır: Monograptus, Klimacograptus ve Rastrites.

Formasyonun kalınlığı, 100 m'dir. Hırmanlı formasyonu, Eğripınar formasyonu üzerinde bulunur.

Hırmanlı formasyonu, sınırlı bir havzada bulunmaktadır.

Geç Silüriyen–Erken Devoniyen öncesi dönemler

Karayar Formasyonu

Bu formasyonun adı, Haciishaklı köyünün 6 km batısında Silifke ve Anamur arasındaki karayolundaki Karayar olarak bilinen yerden gelmiştir.

Karayar'da, Karayar Formasyonunun 200 m altı, siyah renkli, eşit miktarda yataklı kireçtaşları ve siyah şeylden oluşmaktadır. Formasyonun ilk 150 msi, mavimsi gri, orta kalınlıkta tabakalı nodüller kireç taşlarından oluşmakta olup bu kireç taşlarına, kahverengi-gri renkli , kalın tabakalı, kısmen lamine ve brachiopod ve crinoid içeren siltli ve kumlu kireçtaşları da eşlik etmektedir. Formasyonun orta bölümünden alınan şeyl örneklerine göre Silüriyen dönemin sonları bu aşamaların oluşmasına neden olmuştur.

Karayar formasyonu kalın tabakalı kireç taşlarının üst kısmı, Erken Devoniyen dönemi gösteren mercan ve brakiopod içermektedir. Karayar formasyonunun kalınlığı, yaklaşık olarak 350 m'dir. Uyumlu olarak Hirmanlı Formasyonu üzerler.

Devoniyen Sistemi

Alt Bölüm

Sığırcık (D3) Formasyonu

Sığırcık formasyonunun tipik kesiti, Silifke'nin 48 km batısında Sığırcık Köyünde görülmektedir. Bu formasyonunun referans kesiti, Silifke-Anamur karayolu boyunca, Haciishaklı ve Büyükeceli köyü arasındaki görülebilir.

Sığırcık Formasyonu, kireç taşı ve zemindekuvarsit alternasyonundan oluşmaktadır ve üst kısımda, kuvarsit, dolomit ve şeyl ardalanması ve konglomera bulunmaktadır. Şeyl arakatmanları zeminde daha fazla görülmektedir. Kuvarsit, beyazdan sarıya doğru, kırık renkli, çapraz yataklı ve dalgalı şekilde görülmektedir.

Kireçtaşı, ortadan kalına doğru, koyu gri, biyojenik, krinoid ve brakipodlardan, oluşmaktadır. Dolomit gridir, kalından orta tabakalıya geçiş yapmakta ve fosil bulundurmamaktadır. Şeyl seviyeleri üst kısım formasyonunda yer alıp kırmızı renkli ve fosil barındırmamaktadır ve karasal etkiyi göstermektedir.

Sığırcık formasyonu, uyumlu olarak Karayar Formasyonunu üzerler. Sığırcık formasyonundan alınan örnekler, Erken Devoniyen dönemi işaret etmektedir.

Sığırcık Formasyonu, oldukça sığ suda tortulaşmıştır. Kırmızı renkli şeyl ve konglomeralar, formasyonun üst kısmında yer alan kırmızı çamur taşı matrisi ile birlikte, Sığırcık formasyonunun üst kısmında kıtasal çökeller ve regresyonu gösterebilir.

Orta Bölüm

Büyükeceli (D2, üyeleri 1-8) Formasyonu

Büyükeceli formasyonunun karakteristik kesiti, Silifke-Anamur karayolu yol yarmasında Silifke'nin 50 km batısındaki Büyükeceli köyünün 1 km güneyidir. Formasyon, 6.3.1. kısımda belirtilen sekiz üyeye bölünmüştür.

Büyükeceli Formasyonunun toplam kalınlığı yaklaşık 630 m'dir. Formasyonun kalınlığı doğuya doğru yavaşça azalmaktadır. Tipik kesitin 25 km olan doğusunda olan Akdere köyünde, Büyükeceli formasyonunun kalınlığı, 40 m'ye düşmektedir.

Büyükeceli Formasyonundan toplanan Disphyllum Goldfussi, Calceola Sandalina ve Amphipora Ramoza gibi fosiller , Orta Devoniyen dönemini işaret etmektedir.

Felump yapıları ve Megabreşler, Db2 ila Db6 üyelerinin formasyonu içinde görülmekte ve bu da syn-sedimanter tektonik hareketleri işaret etmektedir. Db7 ve Db8'den oluşan formasyonun üst yarısı, stabil şartlar altında oluşmuştur.

Üst Bölüm

Akdere Formasyonu

Akdere formasyonu tipik kesiti, Silifke'nin 30 km güneybatısında yer alan Akdere köyünde bulunmaktadır.

Akdere formasyonu, biyotermal kireçtaşı ve kuvartzitik kum taşlarından, silt taşından ve şeyl ardalanmalarından oluşmaktadır.

Biotermal kireç taşı, koyu gri, kısmen kumlu, dolomitik ve yüksel oranda fosilidir. Kuvartizik kum taşı, beyazdan pembeye bir renk alaşımına sahip olup, kızılımsı kahverengi silt taşı ve yeşil-gri renkli şeyl muhteva etmektedir. Az miktarda oolitli demirtaşı (hematit) yatakları, formasyonun orta kısmında bulunmaktadır. Tüm biyotermal kireçtaşlarının üstü, lagün şartlarının başlangıcı ve çökelme döneminin sona erdiğini gösteren demir kabuk oluşturmaözelliğini göstermektedir.

Akdere formasyonu, kızılımsı kahverengi renginden dolayı kolayca tanınabilmektedir. Büyükeceli formasyonuna uyumlu bir şekilde üzerlemektedir.

Akdere formasyonundan toplanan Disphyllum caesoitosum, Hexagonaria sp., Thamhooora sp., Cyphoterrorhynchus gr. ve apresi gibi fosiller, Devonian dönemin son evrelerini göstermektedir.

Akdere formasyonu, açık bir alanda ve muhtemelen sırt arkası ve göl şartları altında tortulaşmıştır. Deniz seviyesindeki dalgalanmalar nedeniyle , demir kaplı gölsel kumtaşları ve şeyller artış gösterebilir.

Permiyen Sistemi

Kırtıldağı Formasyonu

Güney bölgesindeki formasyon, Kırtıldağı formasyonu, Gökdegik, Kizilin, Çarkgedik, Taşlıburun ve Taşlık tepeleri gibi en yüksek tepelerin bulunduğu Akkuyu bölgesinde yapılanmaktadır. Akkuyu NGS bölgesi yakınlarında, Kırtıldağı formasyonu Akdere formasyonunu açısal uyumsuzlukla örtmüş ve20 m kalınlıkla başlayan, koyu gri, ortadan kalına doğru tabakalı kireçli çamur taşları ve foraminiferli vaketaşı taşları ve uyumsuz olarak çapraz tabakalı pembe kuvarsitlerden oluşmaktadır . En düşük seviyedeki kireç taşı biriminden toplanan fosiller, Permiyen döneminin belirli aşamalarını göstermektedir; Pachyphlaina sp., Staffella sp., Pseudovermigoella sp., Polydioxedina gibi.

Kırtıldağı formasyonunun Güney bölgesindeki orta bölümü, oldukça fosilli yapı özelliği, gri, tam yataklı frominiferli vaketaşı ve packstone ile temsil edilmektedir. Kireçtaşı brakiopod, mercan, gastropod açısından oldukça zengindir ve özellikle Mizzia Velebitana, Permocalculus sp. ve Geinitzina gibi foraminiferler Permiyen döneminin sonlarını göstermektedir.

İkinci kireç taşı birimi, pembe, çapraz yataklı, kum taşı ve koyu gri, kalın yataklı ve dolomitik vaketaşlarını uyumlu olarak üzerlemektedir.. Dolomit ara katmanları, formasyonun üst kısımlarına doğru artmaktadır. Formasyonun üst kısmı, tipik stromatolithik yataklama ile nitelendirilmiştir.

Kırtıldağı formasyonunun güney bölgesinde bulunan heryer, Taşlık tepesinin kuzeyinde yer alan Ovacık formasyonununa ait kuvartzitik kum taşı grubu hariç Akdere formasyonu ile uyumsuz bir şekilde üzerlemektedir,. Bu durum, Erken-geç Permiyen faylanmayı gösterebilir..

Triyas Sistemi

Kargıcak Formasyonu

Kargıcak formasyonunun tipik kesiti, Akkuyu NGS sahasının 20 km kuzey doğusuna yeralan Kargıcak köyünün 1 km batısında uzanmaktadır. Kargıcak formasyonu, sarımsı griden kestane renginedeğişken renkli marn, mavimsi gri, ince tabakalı ve kısmen oolitik grainstone ve vaketaşı tabakaları yer almaktadır. Oolitik grain taşları, Naticella sp.gibi gastropodlar içerir. Kargıcak fprmasyonunun alt seviyelerinde yer alan kireçtaşları ve marnlar, mikrofauna olarak anılan Ammodiskus sp., Meandrospira sp. gibi erken Triasik dönemi işaret eden emareler taşımaktadır.

Değişken renkli marn ve ince kireçtaşı tabakaları kalon tabakalı dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarını uyumlu olarak üzerler. Aşağıda belirtilen mikro fosiller, dolomitik kireç taşlarından alınmıştır ve Orta Triyas dönemi işaret eder: Citaella Iulis Silva ve Agathamina sp.

Kargıcak formasyonunun toplam kalınlığı 250 m'dir., İnce boksit ortamı, lokal olarak Kargıcak formasyonun üstünde oluşabilir.

Kargıcak formasyonu, Akkuyu NGS bölgesi yakınlarında yüzlek vermez.

Kuşyuvasıtepe Formasyonu

Kuşyuvasıtepe formasyonunun tipik kesiti, Akkuyunun 2 km güneyidir. Aynı zamanda Haciishaklı köyünün doğusunda görülür. Kuşyuvasıtepe formasyonu, esasen beyaz kalın tabakalı, oldukça ince çamur taşları ve vake taşlarından oluşmaktadır. İnce bazal konglomeralar sadece Kızılin Tepe de, gri renkli, dalgalı tabakalı, kısmen nodüler, bol crinoidli grain taşlarını örten iyi tabakalanmış çörtlü vake taşları üstünde görülmektedir .

Kuşyuvasıtepe formasyonunun kalınlığı, 150 metredir. Tipik kesitinde, Kırtıldağı Formasyonunu uyumsuz bir şekilde örter. Akkuyu bölgesinde yüzlek veren en genç Mesozoyik kaya birimidir ve. uyumsuz olarak Kuvaterner çökelleri ile kaplanmıştır.

Aşağıda belirtilen fosiller, Kuşyuvasıtepesinden alınmıştır ve Orta-Son Triyas dönemi işaret ederler: Endothyra cf, Kupferi, Endothyronella Wirzi.

Jura Devri

Alt bölüm

Dibekli Formasyonu

Dibekli formasyonu, , Akkuyu NGS bölgesinin 20 km kuzey doğusunda yer alan Dibekli köyünden ismini almıştır. Dibekli formasyonu,lokal olarak basal konglomeraları örten koyu gri, iyi tabakalı kireç- çamur taşları ve vake taşları ile başlamaktadır. Şev breşleri ve intraformasyonal konglomeralar görülmektedir. Dibekli formasyonu oolitik ve onkolithic taşlarının üstünde, istiftaşları bulunmakta ve bunlar oolitik demir tabakaları ve demir kabuklu kuvarslı kumtaşları ardalanması şeklinde görülmektedir. Bu tabakalar, Dibekli formasyounun Işıklıkızıltepe üyesini geriye kalan parçaları olarak ayırt edilebilir.

Dibekli formasyonu, Güney bölgesinin doğu kısmında Kargıcak veya Kuşyuvasıtepe Formasyonunu uyumsuz olarak örten bir şekilde gelişmiştir. Akkuyu bölgesinde yer almamaktadır çünkü Triassik sonrasında ortaya çıkan erozyon ve yukarı doğru itilme etken olmuştur. Sadece Dibekli formasyonunun üst kısmı, en eski kaya birimlerinin bulunduğu Orta Bölgede yer almaktadır. Dibekli formasyonu tip kesitinden Erken Jurasik dönemi gösteren aşağıda belirtilen mikrofosiller, alınmıştır: Mayncine termieri, Paleodasycladus medius, Taumatoporella sp., Ammobaculites sp., Orbitopsella praecursor, Lituosepta reacoarensis, Tetrataxis cf. conica, Haurania amiji, Pseudocuclamina sp., Reophax sp., Pseudocyclamina lituus Trocholina sp.

Dibekli formasyonunun maksimum kalınlığının Orta Bölümde30 m'dir.

Dibekli formasyonu, karbonat platformu kenarında tortulaşmaktadır.

Tokmar Formasyonu

Tokmar formasyonunun karakteristik kesiti, Silifke'nin 25 km güney batısında yer alan Tokmar Köyünün 1 km güneyinde bulunmaktadır.

Tokmar Formasyonu, beyaz renkli, tabakalıkarbonatlı çamurtaşı ve vake taşı üzerinde açık gri, kalından ortaya dizilen dolomitler ve dolomitik kireç taşları ile başlar. Oldukça kalın katmanlaşmış, beyaz ve Tokmar Formasyonunun en alt kısmında yer alan dolomitik yapı söz konusudur. Tokmar formasyonu, tipik kesitinde kolayca tanınabilir ve tüm jeotektonik bölgelerde kırılan Tokmar Formasyonu için çerçeve sağlar. Ancak, Tokmar formasyonu, muhtemelen erozyon nedeniyle Akkuyu alanında yer almamaktadır. Tokmar formasyonunun kalınlığa, 700 m'dir.

Tokmar Formasyonu, Dibekli Formasyonuüzerler ve tüm jeotektonik zonlarda yer alan diğer eski kayalara uyumsuz olarak üzerler. Aşağıda belirtilen mikrofosiller, Tokmar Formasyonundan alınmış olup, Orta-Son Jura ila Alt Kretase dönemini işaret etmektedir: Pfenderina Neocomiensis ve Kurnubia Palesiniensis.

Tokmar formasyonu, açık karbonat alanında tortulaşma özelliği göstermektedir.

Kretase – Paleosen Dönemi

Hayvandağı Formasyonu

Hayvandağı formasyonu adını, Hırmanlı köyünün 2 km doğusunda yer alan Hayvandağı adlı bir tepeden almıştır.

Hayvandağı formasyonu aslında beyaz renkli orta ila kalın katmanlı vake taşlardan oluşur. Lokal olarak, Hayvandağı formasyonu temelinde bazal konglomeralar görülmektedir. Alt Paleozoik dönemin formasyonu da dahil olmak üzere Son dönem Kretasa ait kaya birimlerine uyumsuz olarak yer alır.

Hayvandağı Formasyonunun kalınlığı yaklaşık olarak 200 m'dir.

Aşağıda belirtilen fosiller, Alt Kretase dönemi sonunu gösteren Hayvandağı Formasyonundan alınmıştır: Globotruncana arca, G. Stuarti, G. Conica.

Hayvandağı formasyonunun üst kısmından, aşağıda belirtilen fosiller alınmıştır, bunlar, Paleosen dönemi göstermektedir: Gavelinells sp ve MiscelleNGS sp.

Neojen dönemi

Miyosen

Silifke Formasyonu

Silifke Formasyonu, Akkuyu NGS alanındaki güney bölgesinde bulunmamaktadır. Güney bölgesindeki Silifke formasyonunun en yakın mostrası bölgenin doğusundaki Boğsak köyünde Silifke formasyonu, Tokmar Formasyonunu uyumsuz olarak üzerler.

Pliyosen-Kuvaterner Dönemi

Pliyo-Kuvaterner Breşler

Akkuyu bölgesindeki küçük derelerin genç alüvyonları altında kırmızı çimentolu yamaç molozlarıgörülmektedir. Büyükeceli formasyonu ve Akdere Formasyonunun bir üyesi olup bölgenin 500 metre kuzeyinde yer almaktadır.

Alanın 3 km batısındaki sahilde meydana gelir ve aynı zamanda Karacadolluğu Tepesinin güney batısında görülür. Büyükeceli, Akdere ve Kırtıldağı formasyonlarının çakıl taşları, iri taşları ve aşınmış büyük kayalarından oluşmaktadır.

Bu taşların cinsleri sıralanmamıştır. Bu taşlar oldukça güçlü ve sert taşlardır. Kırılma örnekleri ve özellikleri, bu taşların durumları ve şartlarına ilişkin bilgi vermektedir. Söz konusu taşların mostra yapıları ve litolojik karakteristikleri, karasal ortamda düz bir topoğrafyada, küçük derelerde veya farklı yerçekim etkileri altında oluştuğunu göstermektedir. Erken Kuvaterner veya Pliosen dönemleri başlarında sözkonusu Kuvaterner alüvyonlarını üzerlediği düşünülmektedir.

Karstik sürece tabidirler. Breşlerin solüsyon oyukları, kaliş ve killerle doldurulmuş olup , Karstik sularla tortulaşmıştır.

Kuvaterner Sistem

Güncel Alüvyon Konisi

Alüvyon konileri, küçük su akıntılarının sahile kadar uzanan kesimlerinde haritalandırılmıştır. Güneye doğru 5 - 10° derecelik eğimler göstermektedir ve iyi boylanmış kumtaşı ardalanmalı konglomeralardan oluşmaktadır. İri ve kaba boyutlu çakıllardan ibaret konglomera kırmızı çimentolu matriksle çimentolanmıştır..

Alüvyon konileri, Akkuyu NGS bölgesinde bulunmakta olup, Plio-Kuvartener Breşleri ile uyumsuz olarak örtmektedir.

Akkuyu bölgesinin en son alüvyon konilerinin yaşlarının, 5000 ve 10 000 yıl arasında olduğu bilinmektedir.

Kaliş

Kaliş çökellerine, Akdeniz sahillerinde oldukça sık rastlanılmaktadır. Araştırma ve tetkik yapılan alanda, kaliş yatakları, Aksaz körfezinde bulunmakta ve Kuşyuvası tepesinin 1 km kuzeyindeki sahil alanında yer almaktadır.

Kaliş formasyonu, buharlaşma etkisinden kaynaklanmaktadır. Kaliş çökellerinde oldukça sık görülen çatlak ve kırıklar, tektonik özellikler olarak göz önünde bulundurulmamalıdır. Bunlar sedimantasyon kökenlidir.

Bazı kaliş yatakları, kümeleşme özelliği taşımaktadır. Tüm tüp içinde bir delik bulunmakta ve buharlaşma nedeniyle karbonatlı deniz suyu yukarı doğru hareket ve tüpün üstünde $CaCO_3$kalıntıları yer almaktadır. Sonuç olarak, kübk formdaki kaliş çökelleri tüpün üst taraflarında oluşmaktadır. Yaygın olarak Kuşyuvası tepesinin kuzey sahilinde yer almaktadırlar. Kaliş çökellerindeki üç basamak, kaliş terasının 4000-5000 yıl önce oluştuğunu ve günümüzdeki deniz seviyesinden 2-3 metre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Ne Kaliş çökelleri ve nede alüvyon konileri, faylanmaya ilişkin herhangi bir kanıt sunmamaktadır.

6.1.3.3 AKKUYU NGS BÖLGESİNİN HİDROJEOLOJİK ŞARTLARI

Akkuyu bölgesindeki su taşıyan birimler 1/500000 ölçekli Adana hidrojeolojik paftasına göre aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Şekiller 6/1.13, 6/1.14 ve ek J):

- Kuvaterner yaşlı su taşıyan pekişmemiş çökel ortamlar, özgül kapasiteleri 2 l/saniye/m (K_1)'den daha yüksek kapasiteler;
- Lokal olarak yayılan pekişmemiş çökel ortamlardaki Kuvaterner yaşlı akiferler, 0.5 ila 2 l/saniye/m (K_1)'den daha az kapasiteli yüksek su verimliliği,
- 0.1 l/saniye/m'de daha az kapasiteli Permiyen-Karbonifer yaşlı (pK_1) verimsiz akifer;
- 0.1 l/saniyeden daha az kapasiteye sahip Devoniyen yaşlı (d_2) verimsiz akifer.

Kuvaterner akifer genellikle nehir vadilerinde gelişmiştir. Akkuyu NGS bölgesinde, alüvyonal akifer tabaka, Sipahili nehir vadilerinde (NGS bölgesinden 7 km batıda) ve Büyükeceli (NGS bölgesinden 2.5 km doğuda) yer almaktadır ve genişliği, 400-1.000m'dir.

Kumlar, taşlar ve çakıl çökeltileri, su içeren kayaların olduğunu göstermektedir. Çökelti kalınlıkları, 40 ila 100 m arasında değişmektedir.

Pompalama testleri ile tanımlanan hidrolik parametreler aşağıdaki gibidir:

- Sipahili nehrinin alüvyonel çökelleri için, özgül kapasite 13 – 80 l/saniye/m, Transmissivite ise T = 1500 – 8500 m^2/gündür.
- Büyükeceli nehrinin alüvyonel çökelleri için, özgül kapasite, 0.89 l/saniye/m ve Transmissivite ise T = 100 – 180 m^2/gündür.

Yeraltısuyu seviye değişiklikleri, Büyükeceli vadisinde 2.5'ten 3.5 metreye değişiklik göstermekte ve Sipahili vadisinde ise 2m'e kadardır.

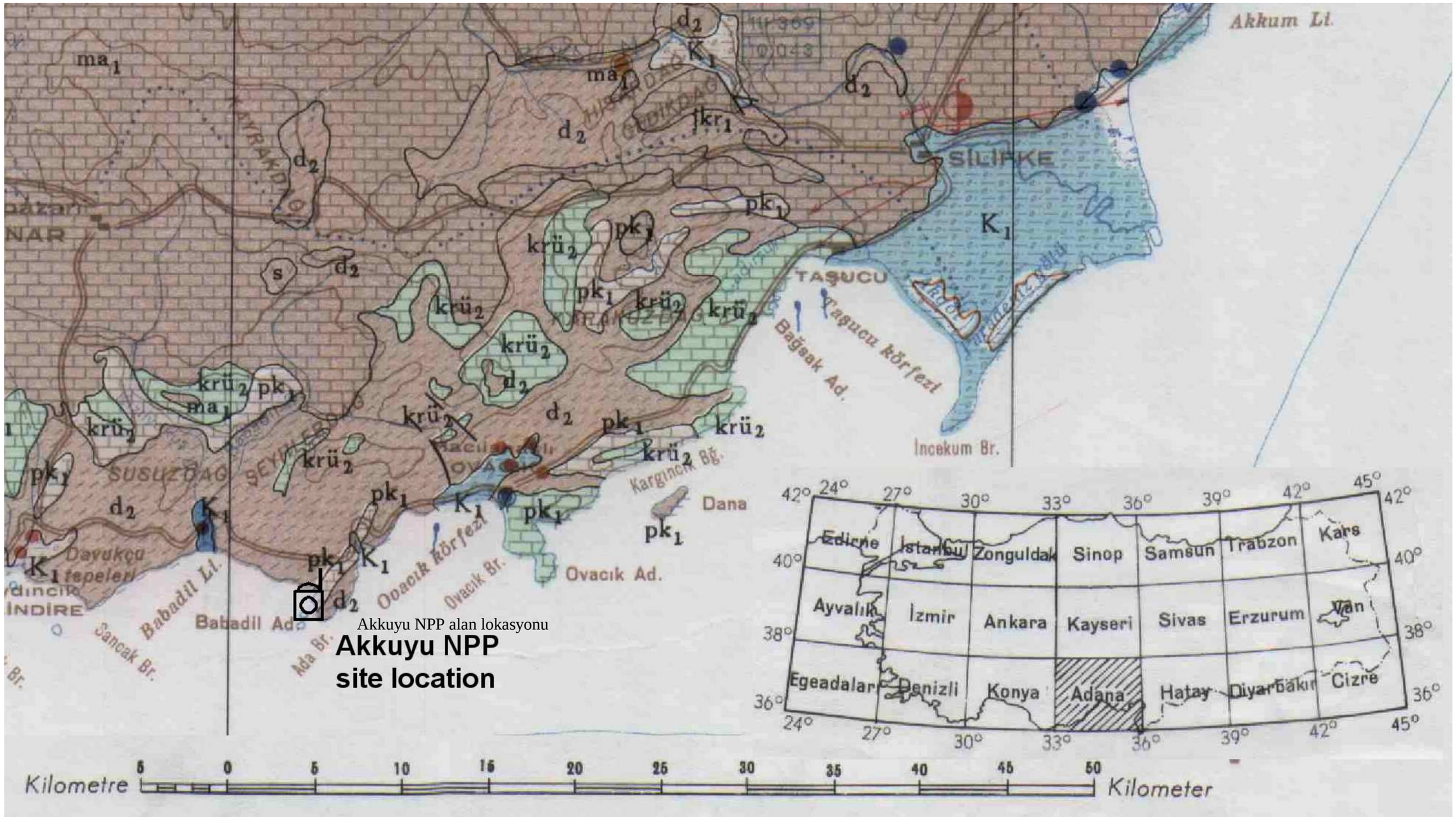
Sipahili vadisindeki Yeraltısuyu akışı yıl boyunca, Akdenize doğrudur. Büyükeceli vadisinde, yeraltısuyu akışı, kışın Akdenize doğru iken yazın ise kuyular nedeniyleyönlendirilmesi değişebilmektedir.

Alüvyonel seviyeler, yağıştan süzülme ve nehir tarafından pozitif olarak beslenmektedir.

Alüvyonel yeraltısuyu kimyasal olarak, Kalsiyum, Magnezyum ve bikarbonat iyonları nedeniyle kısmen sert alkalindir.

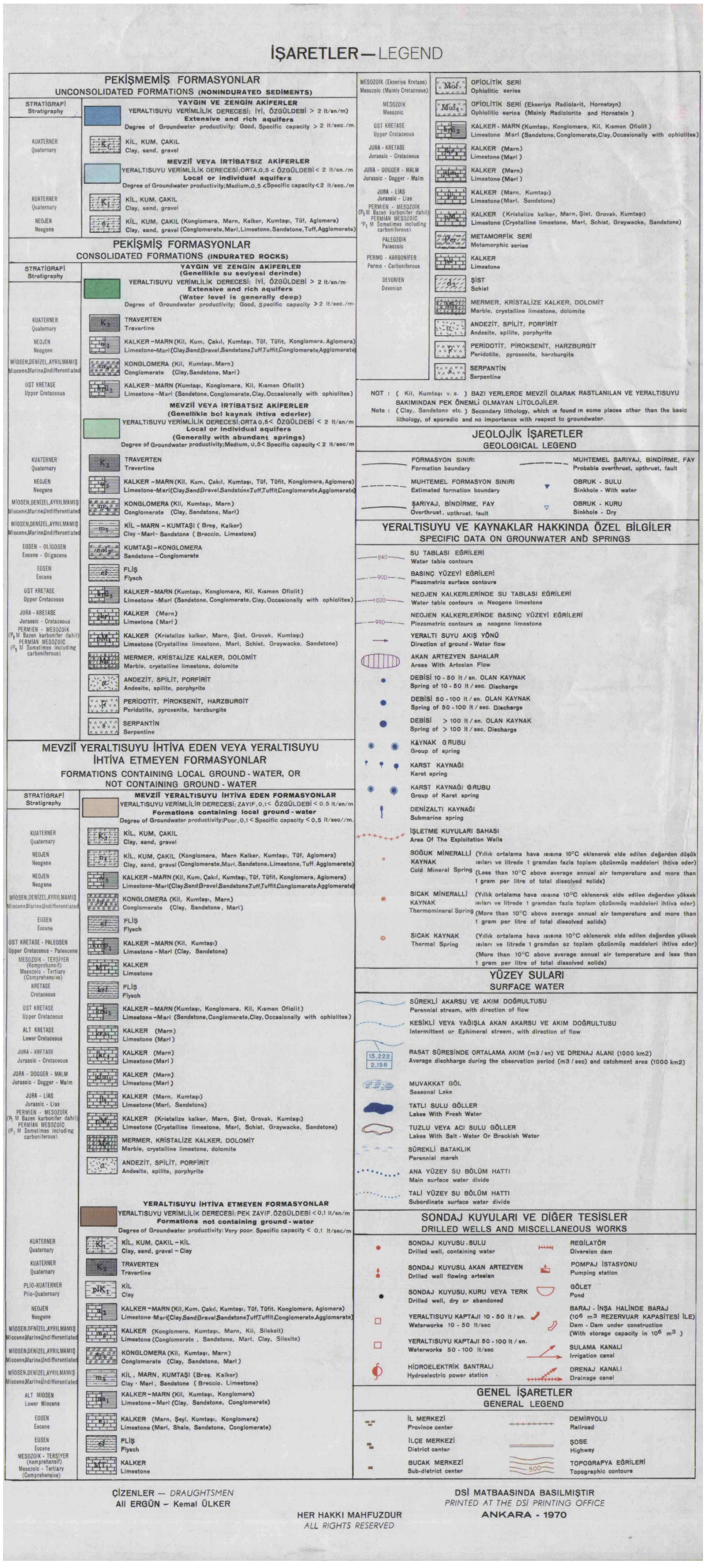
Bu nehirlerin alüvyonel akifer tabakası, kuyular aracılığı ile ile yerel su kaynağı olarak kullanılmaktadır.

1973 araştırma bulgularına göre, yeraltısu rezervleri, Sipahili vadisinde $2.6x10^6 m^3$/yıl ve Büyükeceli vadisinde $0.8x10^6 m^3$/yıl olarak belirlenmiştir.



DSİ 1970 – Türkiye'nin hidrojeolojik faaliyetleri (ölçek:1/500.000) - Adana paftası

Şekil 6/1.13 – Akkuyu NGS bölgesinin Hidro-jeolojik haritası (1/500000 haritasından)



DSİ 1970 – Türkiye'nin hidrojeolojik haritası ölçek:1/500.000) - Adana paftası

Şekil 6/1.14 – hidrojeolojik harita

Paleozoik, Mezozoik ve Senozoik karbonatlı kayalara ait su taşıyan ortamlar anizotrop hidrolik parametrelere sahiptir. Kayaların, gözenekli yapısı ve iletkenliği bulunmamaktadır. Ancak, yeraltı suları, tektonik hareketlerin sonucu olarak çatlakları mikro parçalı toprak ile doldurulmuş ve karstifikasyona sebep olmuştur.. Mevcut sistemdeki akümülasyon sonrasında, farklı kapasitelerde kaynaklar şeklinde ortaya çıkmaktadır (örneğin, Ovacık vadisinde deniz altı su kaynakları gibi) [6/212].

Ovacık vadisindeki denizaltı su kaynakları, Akkuyu NGS bölgesinden 25 – 30km mesafede kuzey-doğusunda yer almaktadır ve karst kökenlidir. Gözlenen su kaynaklarının kapasiteleri, [6/212] göre 0.3-8m^3/saniye olarak belirlenmiştir.

Bazı durumlarda, tüm kıyı boyunca, formasyonun kontak yerlerinden küçük su kaynakları bulunmaktadır. Taze suya sahip en önemli su kaynakları, NGS bölgesinde yer almaktadır:

- Aksaz su kaynakları, 1 – 2 l/saniye kapasiteye sahip Akkuyu'dan batıda 1.5 km mesafede yer almaktadır;
- Kocaşli su kaynağı, 5 l/saniye (kuru mevsim) 400 l/saniyeye (kış) kadar, tesisin doğusunda yer almaktadır;
- Soguksu su kaynakları, 1,120'den 7,931 l/saniye kadar olan .Gilindere'den batıya doğru yer alan su kaynakları.

Nihayetinde, şu hususlara dikkat etmek gerekir:

- Akkuyu NGS bölgesindeki geniş bir alanı kaplayan Paleozoik kayaçlar, mevcut veriler altında, önemsiz boşalma oranına sahip bu birikintilerde yeraltısuyu olarak su kaynakları kullanımı amacına uygun değildir.
- Jura-Kretase ve Miyosen dönemlerine ait karbonatlı kayalar, su içermektedir. Ancak 0.3 – 8 m^3/saniye boşalma oranlı karst kaynakları, Akkuyu bölgesinden 25 – 50 km mesafede konuşlanmaktadır.
- Akkuyu yakınlarındaki Sipahili ve Büyükeceli vadileri, alüvyon çökelleri yeraltısuyu içermektedir. Büyükeceli vadisindeki kuyunun verimi 5 – 6 l/saniye, Sipahili vadisindeki verim ise 40 l/saniyedir. Ancak, bu katmanlar sadece belirtilen nehirlerin vadilerinde yer almıştır.

6.2 SAHA YAKIN CİVARININ ARAŞTIRILMASI

IAEA SSG-9 [6/113]'e göre, saha çalışması, yarıçapı 5 km'den az olmayan coğrafik alanları kapsamalıdır. Ayrıca, bu küçük alan için daha ayrıntılı bir veritabanı sağlamak ve sahada fayların yer değiştirme oranı potansiyelini saptamak (fay yetkinliği) ve fayların neotektonik geçmişine ilgili daha fazla bilgi sağlamak ve sahanın potansiyel jeolojik durumunu değerlendirmek üzere bu çalışma önem arz etmektedir.

Bu kısım, jeofizik, jeolojik ve jeomorfolojik araştırmalara ve tetkiklere ilişkin bazı detaylar sağlamaktadır ve alanda yapılan çalışmaları dikkate almaktadır. Bunların yanı sıra, 6.6. kısım, proje sahasında yüzey faylanması olmadığını belirlemek amacıyla saha yakın civarında detaylı fay araştırması yapılmıştır.

6.2.1 DENİZ JEOFİZİK ARAŞTIRMASI

Kuzeydoğu Akdeniz'in deniz morfolojisi, tektonik özellikler ve büyük nehirlerden gelen yüksek sedimentler ile şekillenmektedir [6/8].

Kilikya Havzası, kuzeyde Anamur ve Mersin sahilinden, doğuda İskenderun Havzasından, batıda Antalya Havzasından ve güneyden Kıbrıs'taki Girne dağları ile sınırlandırılmaktadır. Kilikya havzasındaki sedimantasyon dört büyük nehir tarafından kontrol edilmektedir; Ceyhan, Seyhan, Tarsus ve Göksu nehirleri. Akkuyu NP sahası, Kilikya Havzasının güney kısmında ve Göksu Nehrinin batısında yer almaktadır (Şekil 6/2.1).

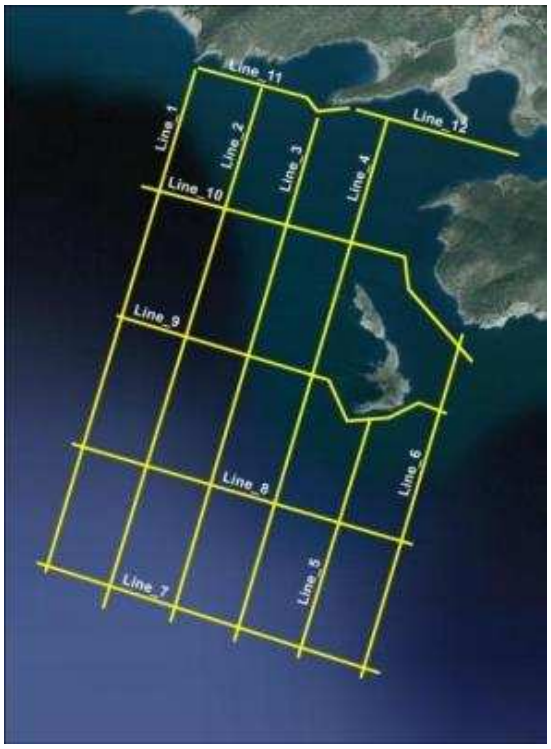
Şekil 6/2.1 – Kuzey Doğu Akdeniz ve Akkuyu (görüntü Google Earth'den alınmıştır)

6.2.1.1 2011 YILINDAKİ SİSMİK ARAŞTIRMA

Yüksek çözüm güçlü sismik araştırma, 2011 [6/74]'de Akkuyu bölgesinde yürütülmüştür. Sismik profillerin lokasyon haritası, Şekil 6/2.2'de sunulmaktadır. Çalışma alanından sağlanan sismik veriler, sismik stratigrafik ilkeler kullanılarak yorumlanmıştır [6/45]. Sismik yansıma profilleri, sismik birimi ve akustik temeli ayıran erozyona neden olan yüzeyin durumunu ortaya çıkarmaktadır.

Reflektör (Reflektör R), yüksek amplitüd ile tüm sismik profillerde gözlemlenmektedir. Bu yüzey altında önemli bir reflektör bulunmamaktadır. Güçlü reflektör (Reflektör R), bu kaya biriminin üst yüzeyini oluşturmaktadır.

Buzul çağında, deniz seviyesi, mevcut deniz seviyesinin yaklaşık 125 metre altında bulunmaktaydı (Fairbanks 1987). Buzul çağında, Akdeniz'in tüm sahil alanları, denizden kaynaklanan erozyona uğramıştır ve göl ve nehirlerle aşınmıştır. Bu nedenle, reflektör R'nin en son yükseltiye ulaşmadan önce deniz seviyesinin altında oluştuğu düşünülmektedir.

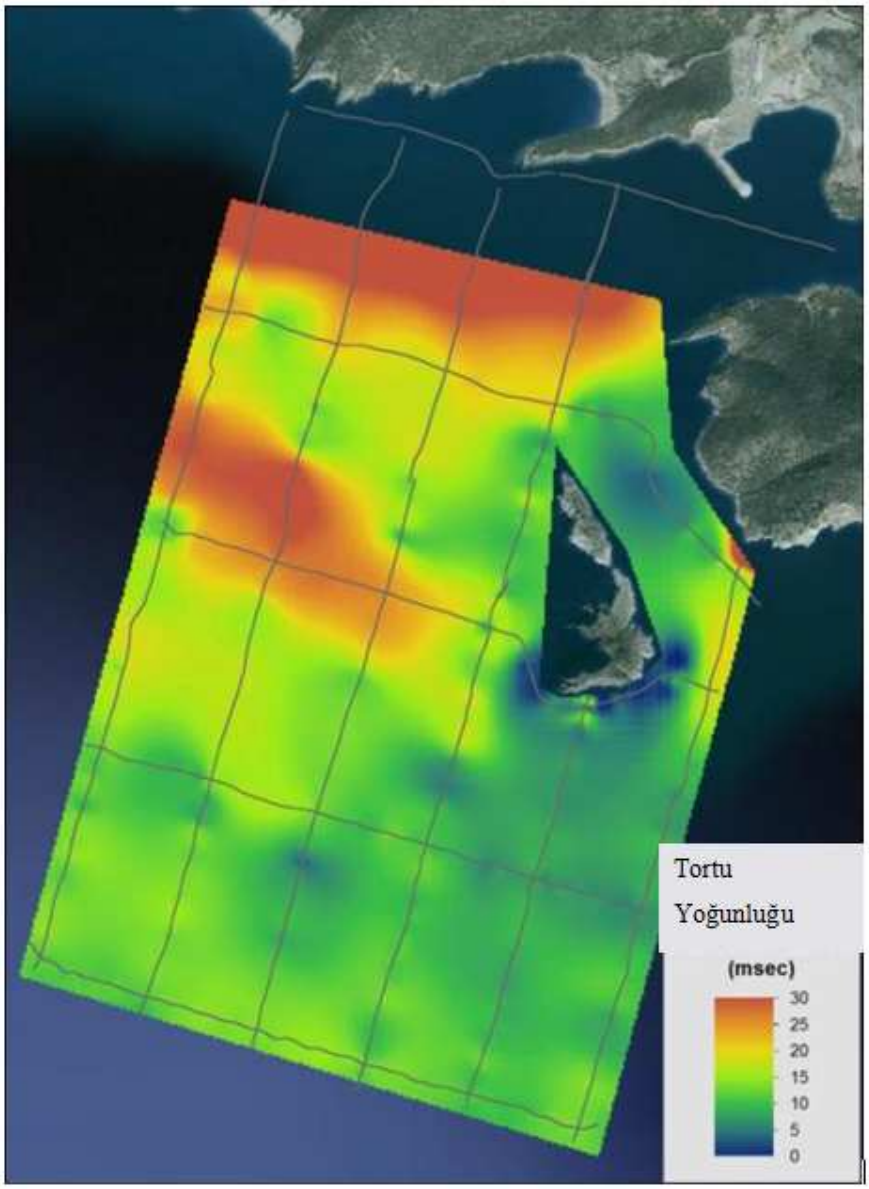


Şekil 6/2.2 – Çalışma alanında toplanan denizaltı profillerin lokasyon haritası [6/74].

Reflektör R ile ilgili Sismik Birim (Birim A), sismik profillerde tanımlanmaktadır. Buzul çağını müteakip Flandriyen deniz ilerlemesi esnasında tortullaşmıştır. A biriminin üst yüzeyi, mevcut deniz seviyesini göstermektedir. A Biriminin iç konfigürasyonunu tanımlamak oldukça zordur çünkü çökeller çok incedir. Bu birimin iç reflektörlerinin genel olarak yarı sürekli paralel yansıma olduğu gözlemlenmektedir.

A Biriminin kalınlığı, Reflektör R'nin bulunduğu yerlerde hesaplanmaktadır. Sahil yakınlarında, Reflektör R, kalın A birimi çökellerinin sebep olduğu penetrasyon eksikliğinden dolayı gözlemlenememektedir. A biriminin mili saniye (msaniye) olarak dağılımharitası, Şekil 6/2.3'de sunulmaktadır.

Bazı sismik kesitlerle birlikte profil hatları 5 – 7, şekil 6/2.4 ila 6/2.6'oda sunulmaktadır.



Şekil 6/2.3 – A biriminin kalınlık (Milisaniye) haritası

Metinde, kalınlık değerleri, birim çökelti kalınlığının en yakın tahminini sağlayan zaman-derinlik dönüşümleri için 1500 m/s sismik hız dikkate alınarak metre olarak verilmiştir. (m)

Çalışma alanında sedimentasyon, yeterli sediman kaynağı ve çökelme alanlarının bulunmaması nedeniyle sınırlı kalmıştır. A Biriminin dağıtımı aslında deniz seviyesi morfolojisi ile kontrol edilmektedir ve sahil boyunca en iyi şekilde gelişmektedir. Ada etrafındaki alanlarda sınırlıdır hatta hemen hemen yoktur (Şekil 6/2.3).

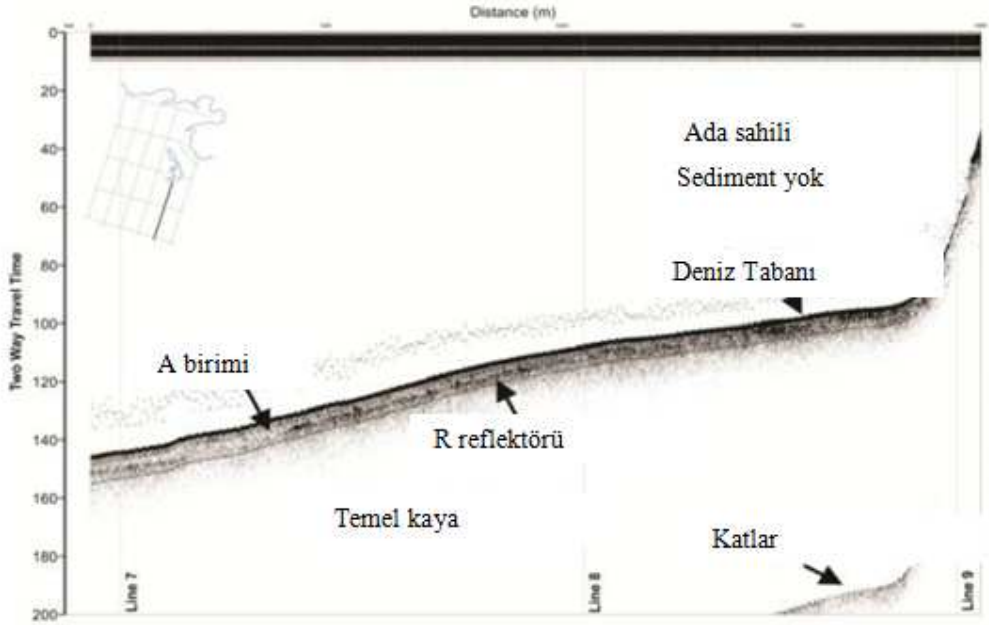
Profil 1 ila 6'da gözlemlendiği gibi çalışma alanında deniz tarafında kalınlaşmaktadır. Ada kayalarının uzantıları nedeniyle 9. hatta pek gözükmemektedir (Şekil 6/2.2). Görünür büyük

flüvyal sediman kaynakları nedeniyle sahil yakınlarındaki kalınlık daha yoğun bir şekilde görülebilir. Çalışma alanının kuzey kıyısında maksimum 23 metreye ulaşmaktadır.

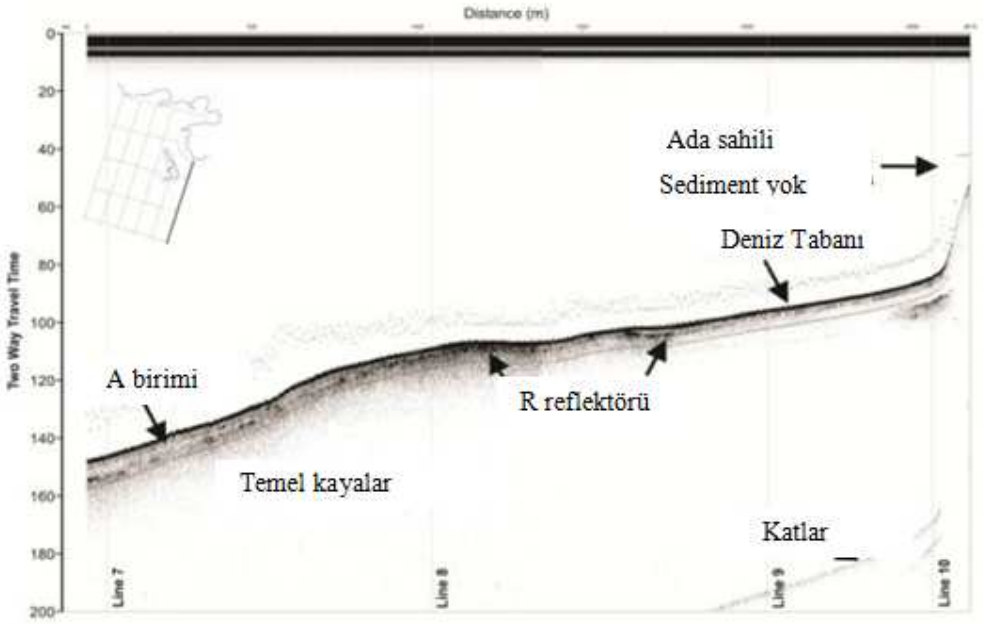
Akkuyu NGS deniz alanında 2011 yılında yapılan denizle ilgili sismik araştırma sonuçlarına göre, çökelti/tortu kalınlık dağılımına ilişkin baskın faktörler görülmektedir. R reflektörü, zeminin kaya biriminin üst yüzeyini oluşturmaktadır.

Sahile hemen hemen paralel olan yerel kanal, kalınlık haritasında ve sismik profillerde gözlenmektedir (Şekil 6/2.3). A biriminin kalınlığı bu kanalda 7 m ve 14 m arasındadır.

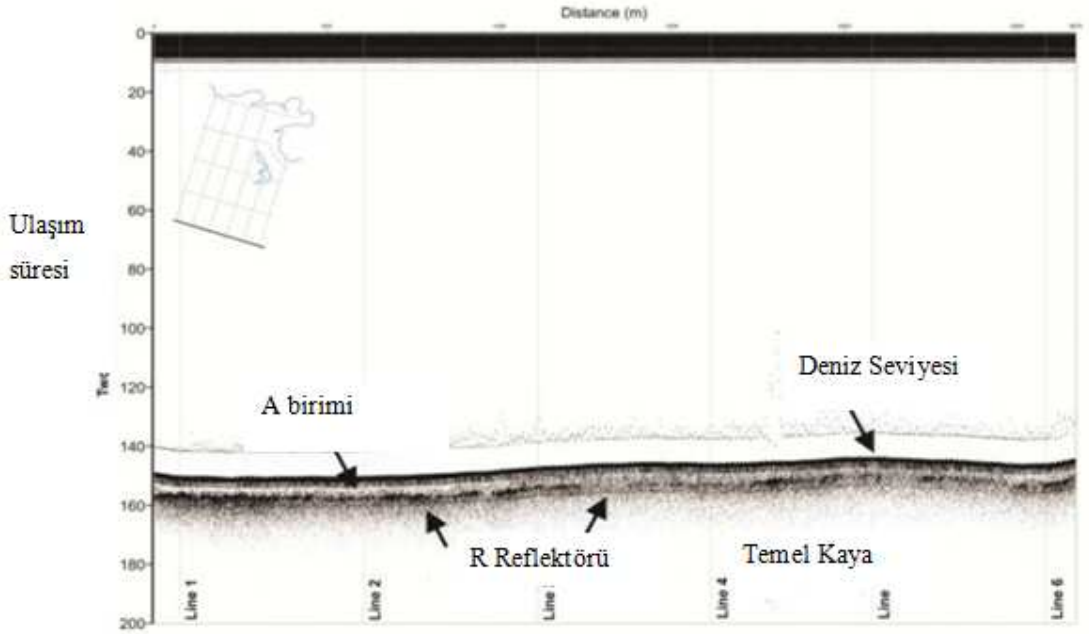
Bu kanal, nehrin kazılması veya fay faaliyetinin sonucu olabilir. Temel kayalardaki sismik penetrasyon eksikliği nedeniyle, fay, sismik profillerde açık bir şekilde gözlemlenmemektedir. Fay bu lokasyonda, geçmiş tortu/çökeltileri deforme etmemektedir. Şekil 6/2.4 ve 6/2.6, sismik hat 5-7'nin yorumlanmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 6/2.4 – Hat 5'in sismik yorumlanması



Şekil 6/2.5 – Hat 6'nın sismik yorumlanması



Şekil 6/2.6 – Hat 7'nin sismik yorumlanması

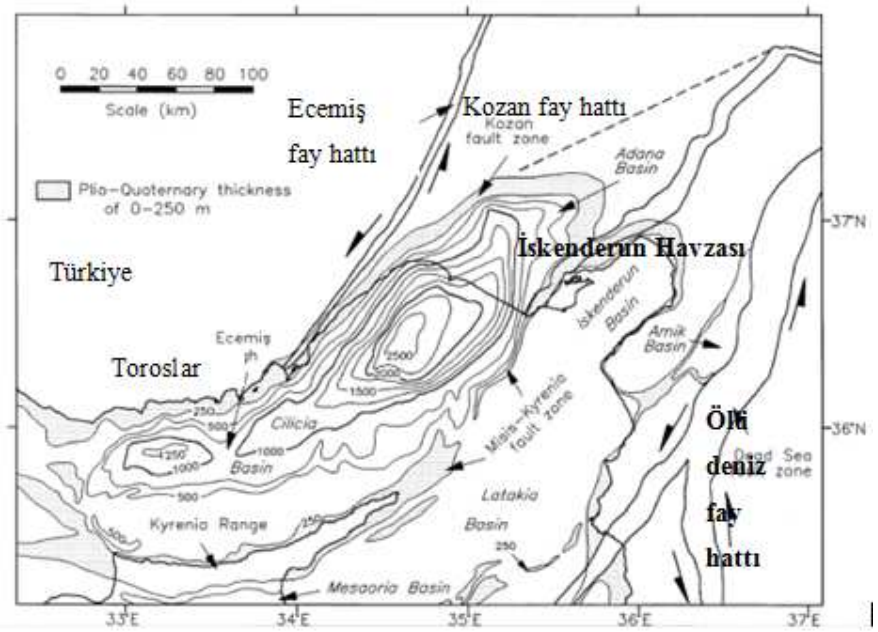
6.2.1.2 2012 YILINDAKİ DENİZ JEOFİZİK ARAŞTIRMASI

2012 yılında, , Akdeniz'deki Kilikya havzasının jeotektonik özelliklerini çalışmak üzere deniz sismik yansıma çalışması gerçekleştirilmiştir.

Araştırma, Silifke ile Türkiye'nin güney sahillerine yakın alanları kapsayan 55x60km (2700km^2 'den daha fazla) altı profille birlikte Akkuyu NGS alanından 30 km doğuda gerçekleştirilmiştir.

2D Çok kanallı deniz araştırmasının temel amacı, Akkuyu NGS sahasının sismik tehlike değerlendirmesinde sismojenik olarak düşünülen Kilikya havzasının temel yapısal tektonik unsurlarını belirlemektir.

Çalışma alanı, Adana Havzası ve Kilikya Havzasına yönelik olarak Kilikya Havzasında bulunmaktadır. Bu iki havza, Avrasya ve Afrika levhalarının sınırının kuzeyine uzanmaktadır (Şekil 6/2.7).



Şekil 6/2.7 – Adana Kilikya Havzasının Pliyo-Kuvaterner kalınlık ve önemli yapısal çerçevelerini gösteren harita [6/8]

Çalışma alanının yakın kıyısal alanlarının jeolojisi, Geç Tersiyer (çoğu Miyosen) kreçtaşı, marn, kumtaşı ve konglomera'yı üzerleyen Plio-Kuvartener tortular hakimdir. (bakınız Şekil 6/2.7N). Pliyo-kuvaterner tortular; teras tortuları, alüvyonlar, yamaç molozları, alüvyon fanları ve travertenler ile karakterize olur. [6/172]. Kilikya havzası; batıda D-B yönelimli Dış Kilikya Havzası ve kuzey doğuda NE-SW yönelimli Sığ İç Klikya Havzası şeklindebölünebilir. Kuzey doğudaki Adana havzası, denizel Kilikya havzasının karadaki uzantısını göstermektedir. Dört nehir (Seyhan, Ceyhan, Tarsus, ve Göksu), Kilikya-Adana havza kompleksinde silisik girdileri sağlamaktadır. Seyhan, Ceyhan ve Tarsus nehirleri, Adana Havzasını işgal eden önemli bir delta kompleksini oluşturur. [6/8].

Pliyo-Kuvaterner, Pliyo-Kuvaterner dönemin özelliklerinden oluşan güçlü ve sürekli reflektif bir paket olarak sismik verilerin ortaya çıkarıldığı dönemdir. Birimin dayanağı, güçlü ve ayırt edici bir reflektör ile gösterilmektedir ve M-reflektörü olarak Doğu Akdeniz'de

tanımlanmaktadır. Bu birim, İç ve Dış Kilikya Havzalarının merkez ölçüleri çerçevesinde en kalındır ve Girne ile güney batı Türk Sahillerinde oldukça incedir. Güney Adana ve İç Kilikya havzasında, birim, Seyhan ve Tarsus nehirlerinin deniz tarafında ~ 2500 ms maksimum kalınlığa ulaşmaktadır. İç Kilikya havzasında, zayıf ve süreksiz paralel yansımalar, Pliyo-Kuvaterner dönemi işaret etmektedir.

Miyosen (Messinian) , Dış Kilikya havzasında görülen özelliklere rağmen genellikle zayıf ve süreksiz düşük reflektivitiye sahip paket ile nitelendirilmektedir ve farklı bir yapı göstermektedir. Güçlü reflektif üst reflektörü ile diğerlerinden ayrılmaktadır (M reflektörü) ve daha az reflektiftir ve daha süreksiz bir yapıya sahiptir. Bu birim, halit hkim olmak üzere az miktarda kireçtaşı ve anhidrit özellikleri taşımaktadır ve Messiniyen evaporitleri ile korele olamktadır. Havzanın Türkiye sınırı yakınlarında hemen hemen yok ya da incedir. Dış Kilikya Havzasının kuzey batısında, paralel reflektörlerin güçlü reflektif paketi, belirgin dolgu-şekilli yapılar, çakıltaşı, kumtaşı, jipsli ve fosilli kireçtaşı ardalanmaları barındırmaktadır. Havzanın orta kısmında, sismik fasiyesler, yerel Miyosenin baskın gelen kısımlarında açık bir yan geçişe sahip olduğunu göstermektedir.

Miyosen **(Messinian öncesi)** , M reflektörünün ve Messinian evaporitlerinin altına dalmaktadır. Bu birim, iki önemli sismik stratigrafik alt birime bölünmüştür.

Üst birim, iyi bir yanal devamlılık gösteren düşük frekanslı ritmik yansımalar ile nitelendirilmektedir. Araştırma kuyularından elde edilen veriler, Tortonian yaşlı delta ve akışkanlı yapısından oluştuğunu göstermektedir. Birim önemli bir birim olup sürekliliği bulunmamaktadır, reflektör uyumsuzluğu temsil eder. . Kuzey batı dış Kilikya havzasında, kalın ve güçlü paralel reflektif paketi, Messinian çökelleri altına dalmaktadır. Sismik birim, Messiniyenn döneminin özelliklerini yoğun bir şekilde ortaya koymaktadır.

Messiniyen öncesi alt birim, Orta Miyosen turbidit ardalanmasından oluşan yüksek frekanslı, sürekli, ritmik reflektörlerden oluşmaktadır.

[6/8]'e göre, Kilikya Adana havzasındaki Miyosen döneminin tortularına rastlanmakta ve bu dönemdeki özelliklerle ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Tüm bölge, Messinian tuzlanma dönemi esnasında şekillenmiştir ve Kilikya ve güney Adana havzalarında 1000 m'ye kadar evaporitler birikmiştir. Stratigrafik ve yapısal ilişkiler, Plio-kuvartener Kilikya-Adana Havzasının sonlarını gösteren özelliklere sahiptir ve bu dönemle ilgili yapısal özellikler ve coğrafik özellikler dikkat çekmektedir.

Misis- Girne segmentinin sonunda, erken Messiniyen döneminde sona eren gerilme faaliyeti ve aktivitesi, Girne segmentinde günümüze kadar devam etmiştir. NE-SW eğilimli fayların

gelişimi burada dikkat çekmekte ve Adana ve iç Kilikya Havzalarındaki Plio-Kuvaterner özellikler ile ayrılmaktadır.

Ege-Anadolu mikro levha içindeki Tauride bloklarının batıya doğru yer değiştirmesi, iç Kilikya ve Adana Havzalarında lokalize bir transtansiyonel rejim oluşturmuştur. Kilikya Havzasındaki Kozan fayı da dahil olmak üzere kuzey havzasındaki fay sitemi, ana faylarla bağlantılı büyük yapıları da kapsamaktadır.

Önemli karşıt yapılar, Dış Kilikya havzasının güney ve kuzey kısımlarını ayıran alt Pliyosendeki faaliyeti başlatmıştır ve M-reflektörünün derinliğinin 900 metreye düşmesine eşlik etmektedir.

İki önemli fay hattı, Ecemiş Fay Hattı ve Kozan Fay Hattı gibi araştırma yapılan alanlara doğru genişleyebilir (bakınız 6.1.2.5 ve 6.1.2.6 kısımları).

Kozan fayı, fay hattının 200 km uzunluğundaki Kozan-Mersin kısmına karşılık gelmektedir. Üst Miyosen-Pliosen çökeltileri ile kaplanmıştır bu nedenle, izleri, Adana Havzasında açılan kuyulardan sağlanan verilerin yardımları ile tanımlanabilir ve takip edilebilir. Bazı depremlerin episantırları, izlerle paralel olarak saptanmaktadır.

Plio-Kuvartener süreç içindeki dört tabaka geçici olarak tüm profillere karşılık yorumlanmıştır. Bu yorumlama, araştırma ve tetkik yapılan alanın sismik yapısının sunumunu ve tarifini sağlar. Biçim ve sediment yapıların uzanımı ve sismik profillerin ayrılması arasındaki ilişki, önemli tortusal özelliklere karşılık sismik birimlerin korelasyonunu izin vermez (kıta sahanlığı, kayma, kanyonlar vs.). Bunlarla birlikte , bu katmanlar yerel olarak tutarlıdır ve bu araştırmanın temel amacı olan önemli fayların yorumlanması için geometrik işaretler olarak hizmette bulunur.

Sismik birimlerin en etkili özellikleri, Tablo 6/2.1'de sunulmaktadır.

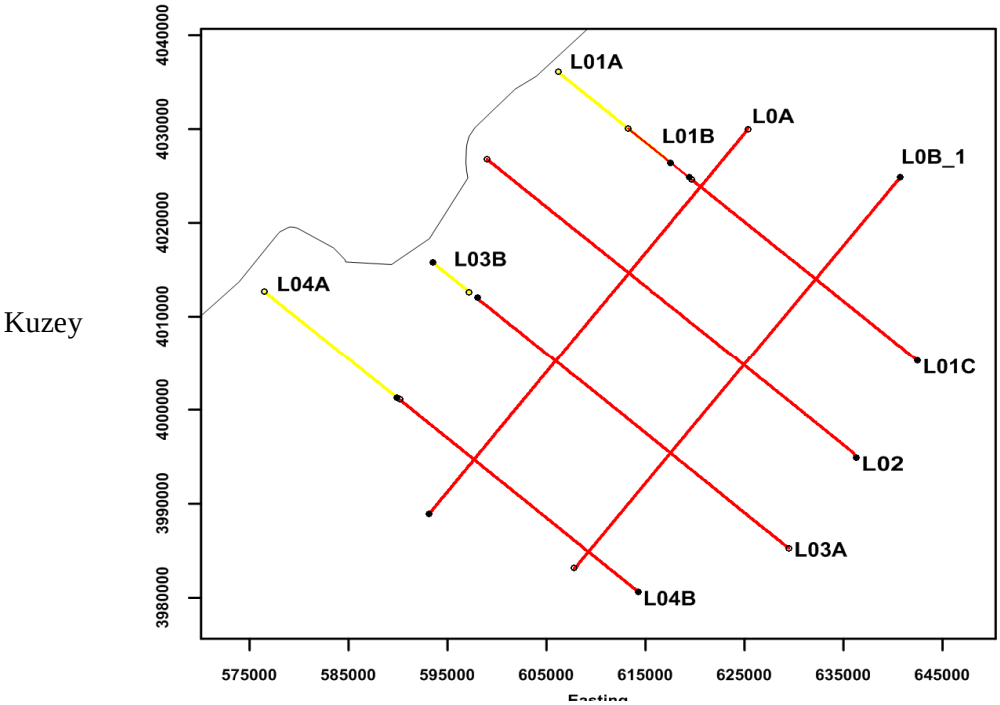
Tablo 6/2.1 – Sismik Birimlerin En Etkili Özellikleri

Birim	Akustik Fasiyes	İç Konfigürasyon
1	Genel olarak dipte yüksek genişlikler, yerel olarak üst kısımlarda yükseklik kaybı; iyi yanal süreklilik	Genel olarak paralel. Bazen, fay hatları yakınlarında kaotik. Sığlık alanlara yakın yerlerde kaotik ve sigmoid.
2a	Yüksekten ortaya amplitüd, kıta sahanlığı yakınlarında prograd yapılarda zayıf refleksiyon. İyi yanal	Sigmoit ve eğik prograd organlar, bazen kaotik. Paralel açık deniz. Kıyılara yönelik ortak kanal

	süreklilik	özellikleri.
2b	Ortadan düşüğe amplitüd; iyi süreklilik	Sigmoit ve eğik prograd organlar, bazen kaotik. Paralel kıyı.
3	Düşük amplitüd, zayıf süreklilik	Paralel. Zayıf iç refleksiyon, çoğunlukla kaotik. Düz yüzey, bazen hafif dalgalı.

Denizle ilgili yapılan jeofiziksel araştırma yöntemleri, denizaltı tortularının kalınlığının, 25 m'den fazla olması ve katmanlarının 0.5 m ila 1.0 metre arasında sınırlandırıldığının saptanması halinde 100m'den az olmayan araştırma derinliğini sağlamaya imkan tanımaktadır.

Araştırma, Şekil 6/2.8'de gösterilen şemada gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6/2.8 – 2012 yılında yapılan denizle ilgili jeofiziksel araştırma planı. Araştırma şeması: Sarı hatlar- Sığ su profilleri; kırmızı hat: derin su profilleri; açık daire: Hattın başlangıcı; Siyah daire: Hattın sonu.

Araştırma sistemi, altı, 50 km uzunluktaki profilden oluşmakta olup, 12 km mesafede kıyıya dik dört ana hattan ve ve 15 km kıyıya paralel iki hattan oluşmaktadır.

Ana hatların oryantasyonu, 130° - 310° N'dir ve bağlantı hatlarının oryantasyonu, 040° - 220° K'dir.

Araştırma su derinlikleri, kıta sahanlığı yakınında sığdan, derine 10 m ve 970 m arasında farklı derinliklere sahiptir.

Değişkenlik gösteren derinlikler için veri toplama parametrelerini en iyi seviyeye getirmek için, hatlar, sığ ve derin su bölümlerine bölünmüştür, 3 sığ su bölümü ve 7 derin su bölümü.

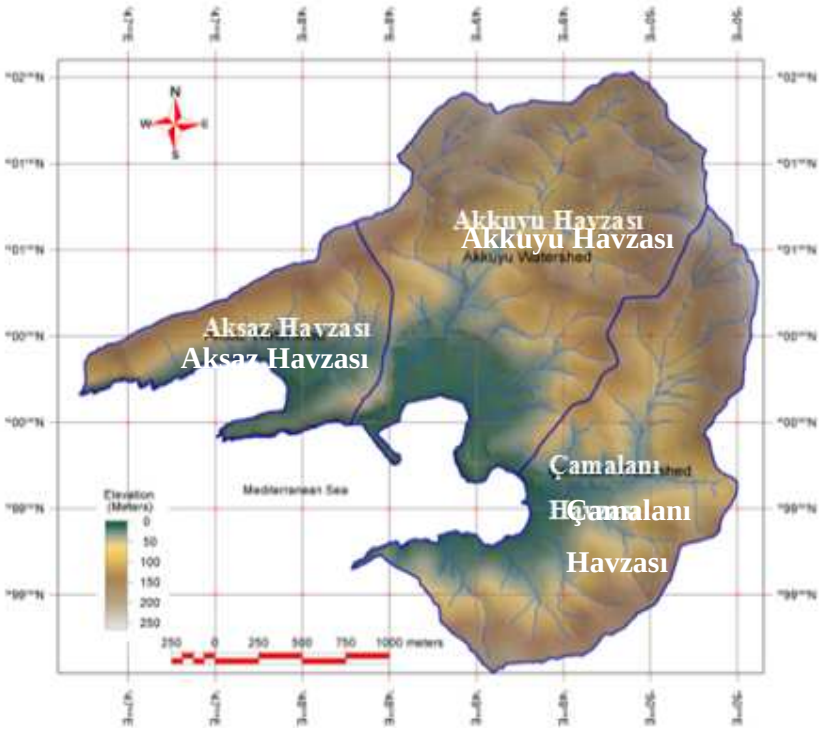
Toplamda, 10 profil veri toplanılmış ve 309 km veri işlem yapılmıştır.

Araştırmanın sonuçları, deniz yatağını etkileyen tüm önemli deformasyonları işaret etmektedir ve/veya Pliyo-Kuvaterner tortuları çok kanallı sparker profilleri tanımlanmaktadır, bunlar, batimetrik verilerle ilişkilidir.

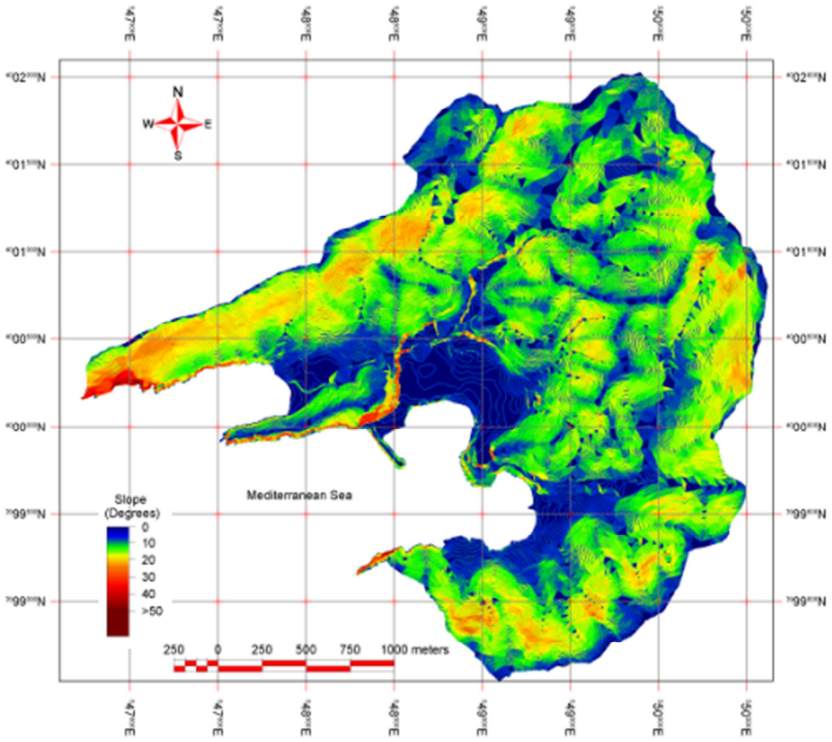
6.2.2 JEOMORFOLOJİ VE SAHA YAKIN CİVARININ RÖLYEFİ

Kombine edilen su drenaj alanının en yüksek noktaları, doğuda Kızılin Tepesi (269.8 m) olup, batıda Taşlık Tepesi (221 m), uzak batıda Taşlıburun Tepesi (171 m) ,güneyde Kuşyuvası Tepesi (197 m) ve isimsiz topogrofik yükseklikledir

Alanın genel morfolojisi, iç kısımlara doğru yatay ve yumuşak eğimli kıyı ovasından yüksekliğin aşamalı ve sürekli artması ile nitelendirilmektedir (Şekil 6/2.9). dağlık bölgeler ve dağ etekleri, topografiyi etkin kılmak üzere akımlarla genişlemiştir (Şekil 6/2.10).



Şekil 6/2.9 – Proje Alanı drenaj alanının dijital yükseklik modeli



Şekil 6/2.10 – Proje Alanı drenaj alanının Eğim Haritası

Tüm üç körfez, kendi yatay ve yumuşak eğimli kıyı ovalarına sahiptir. Ancak, kıyı ovaları, insan faaliyetlerinden dolayı önemli ölçüde değişikliğe uğramıştır. Aksaz Körfezinde, önemli zararlar (kalınlıkta 5-8 m) söz konusudur ve bunlar sahil atıkları için en üst seviyede bozulmalar ve eski vadilerde aşınmalara neden olmuştur.

Öte yandan, önemli aktivite, Akkuyu Körfezindedir, yaklaşık uzun uçurumlar, İnceburun tepesinin doğusunda gözlenmektedir, alan yüzeyi (~300x300m) , İnceburun Tepesi ve Akkuyu Körfezinin doğusunda (~400x200m) bozukluk göstermektedir ve sahiller, deniz dolguları ile yaklaşık olarak 100 m başkalaşmıştır.

Çamalanı Körfezinde, kazı alanı, sahil yakınlarında Akkuyu ve Çamalanı beslenim havzaları arasındaki sınırda gözlenmektedir ve bunlar, sahil hatlarında değişikliğe neden olmuştur. Bunların dışında, sadece sahil alanlarında değil aynı zamanda iç kesimlerde, topografiyi değiştiren adalar olarak önemli yollar etrafında çeşitli bozulmalar gözükmektedir. Mühendislik-jeolojik araştırma çerçevesinde, 1:1000 ölçeğinde mühendislik –jeolojik alan haritası hazırlanmış ve insan kaynaklı pekişmemiş zeminlerin bulunduğu alanlar saptanmıştır.

Çam ağaçlarının karışımlarının doğal olarak bir araya toplanması ve yabani zeytin ağaçları, havza boyunca önemli bitki örtüsünü meydana getirmektedir. Bu grupların üst bitki

kapsamı kapsamı, ortadan yoğuna sıralanmaktadır. Alanda mevcut olan litoloji türleri için üç tür arasında farklı tercihler bulunmamaktadır. Ancak, sahil alanlarındaki doğal kumlu plajlar ve daha önce kazılmış yüzeyler, seyrek bitki örtüsüne sahiptir.

Tüm üç havzada, önemli haritalandırılabilir ölçekte karstik jeomorfolojik birimler gözlemlenmemiştir. Ancak, trenç kesitlerinde ya da çapraz kesitlerde, bölgesel ölçekte karst ve dolgusu olan "terra rosa" görülmüştür.

6.2.3 YAPISAL JEOLOJİ

Bölgede, temel kıvrılma ve sürüklenme faaliyetleri, Erken-Alp orojeni ve orojenik süreç nedeniyle Erken Jurasik öncesinde meydana gelmiş olup, daha sonra bu yapılaşma Miyosen-Pliosen dönemde bölgesel olarak yukarıya kaymaya neden olmuştur.

Akkuyu NGS bölgesinde, Devoniyen dönem Büyükeceli ve Akdere formasyonları, yüksek oranda deforme olan yapıyı göstermektedir (Şekil 6/2.11). Şekil 6/2.12, İnceburun Tepesinin güney kısmındaki kazıların fotoğrafları gösterilmektedir, bu fotoğraf, Büyükeceli formasyonunun, faylar ve kıvrımlar ile ile karakterize olduğunu göstermektedir.

Şekil 6/2.11 – Büyükeceli Formasyonunun Db7 üyesinin Deformasyon fotoğrafının yakından görünüşü

Şekil 6/2.12 – İnceburun Tepesinin Güneyindeki Çok Seviyeli Kazı Eğiminin Güney Kesiminin Mozaik Fotoğrafı

Uyumsuzluk

Bölgede, açısal uyumsuzluk, Kırtıldağı (Üst Permiyen) ve Akdere (Orta Devoniyen) formasyonları arasında tanımlanmaktadır ve aynı zamanda Devoniyen dönemi temel kayaları (Akdere ve Büyükeceli formasyonları) ve Kuvaterner çökelleri arasındaki uyumsuzluğu belirtmektedir.

Kıvrımlar

Bölgede, Varisken ve Alp orojenik hareketleri ile bağlantılı kıvrımlar görülmektedir.

Akkuyu NGS alanı yakınlarında, kuzeyde belirlenen sürüklenmeye uygun BGB-DKD ve B-D bindirmeler görülmektedir.

ENE-WSW eğilimli Akkuyu antiklinali faylarla yer değiştirmiş olup, alanın önemli yapılarından biridir.

Daha önceki mikro tektonik incelemelere göre, orijinal kıvrım ekseni B0 (060°/0°), B1 (065°/10° KD)'ya çevrilmiştir ve Akkuyu antiklinali esasen, Varisken orojeni esnasında oluşmuştur ve daha sonra Alp orojeninden etkilenmiştir.

Akkuyu Antiklinali, kuzeyde Akkuyu Senklinaline eşlik etmektedir. Senklinalinin güney bölümü, Akkuyu fayı ile yerinden oynamıştır.

Faylar

Fayların çeşitli türleri, daha önceki çalışmalarda tanımlanmıştır [6/56]. Ek fay araştırma ve çalışmaları, 2011 yılında önemli fayların tektonik yapılarını ve Kuvaterner dönemin aktivitelerine yönelik potansiyeli göstermek üzere gerçekleştirilmiştir.

Taşlık Bindirmesi

4 km mesafe için Fay eğimleri KD-GB, yaklaşık olarak Akkuyu bölgesinin bir km kuzeyidir (haritalandırılan alanın hemen kuzeyi). Taşlık bindirmesi ile, Büyükeceli formasyonunun

çeşitli üyeleri, GD ila KB'den Kırtıldağı formasyonu üzerinde sürüklenmiştir. Aksaz körfezinin kuzeyinde, fay hattının oryantasyonu, 050°/45°SE [6/56] olarak ölçülmüştür.

Alana ilişkin kanıtlar, fayın, Erken Alp orojeni esnasında yapılandığını göstermektedir. Taşlık bindirmesi Aksaz fayı nedeni ile gerçekleşmiş olup, ölü fay olarak kabul görmektedir.

Akkuyu Fayı

Bu, 60^{o} N yatay doğrultu eğime sahip eğim atımlı (normal) bir faydır.

Akkuyu fayı, sahanın kuzey kısmında yer almaktadır ve bölgede Taşlık bindirmesi sonrasında ikinci en büyük fay hattıdır (1 km'lik mesafeye kadar uzanmaktadır).

Batıda, Akkuyu fayı, Aksaz fayı ile kesişmektedir. Aksaz alüvyonunda yapılan sondaj çalışmalarına dayalı olarak, Demirtaşlı [6/56], Akkuyu fayının Aksaz alüvyonu altında devam ettiğine dairtartışmalar gerçekleştirilmiştir.

Yapılan araştırmalara göre, Akkuyu fayı, Kuvaterner Breş sedimentleri üzerinde tektonik etkiye sahip değildir.

Aksaz Fayı

NNW-SSE eğilimli Aksaz fayı DKD'ye karşılık olarak Akkuyu Fayı ve Taşlık Bindirmesi arasında yer almaktadır. Fay bir bindirme fayıdır ve doğrultu atımlı bileşenlere sahiptir. Büyükeceli formasyonu Akdere formasyonuna bindirmiştir. Güneyde, fay, Aksaz körfezinin Kuvaterner alüvyonu ve insan yapısı dolgu ile kaplanmıştır Daha önce yapılan sondaj ve hendek çalışmalarına göre, fayın aktif olmadığı bilinmektedir [6/56]. Bu aynı zamanda 2011 yılında yapılan çalışmalarda da gösterilmiştir. İsimsiz Ters Fay

İsimsiz ters fay, meridyen uzantısına sahip olup, doğuya doğru kaymakta ve toplam uzunluğu 500 metredir.

Bu fay hattı boyunca, Büyükeceli formasyonun en eski üyeleri, doğudan batıya doğru Akdere Formasyonu üzerinde itilmiştir. Fay, kuzeyde Taşlık bindirmesi ile ve güneyde Akkuyu fayı ile kesilmektedir. Bu nedenle, her ikisinden de yaşlı olduğu varsayılmaktadır.

Yırtılma Fayları

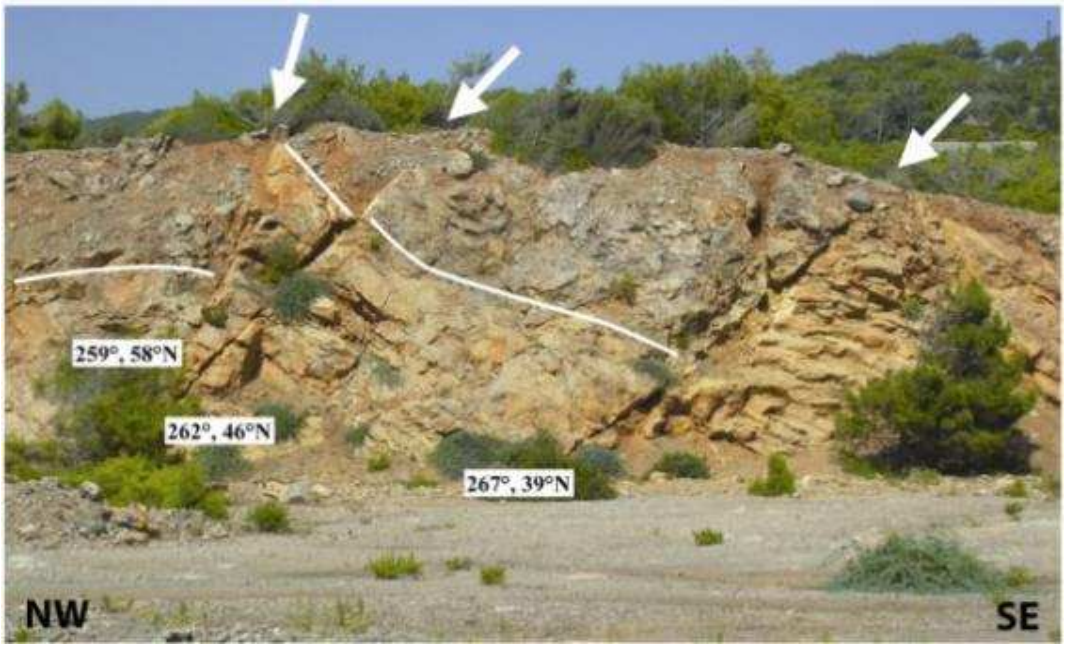
Yırtılma faylarının bulunması, bölgede oldukça tipik bir durumdur. KKB-GGD veya KKD-GGB eğilimli olup, Akkuyu bölgesinde ve Büyükeceli Formasyonunda bulunmaktadır (Db3 ve Db5).

KKD-GGB yönlü Yırtılma fayları, diğerleri ile daha fazla kıyaslanabilecek özelliklere sahiptir. Bunlar, sol ve sağ yanal atmalı hareketleri gösterir.

Bunlar, Erken Alp orojeni esnasında oluşmuş olup, sürükleme ve kıvrımlanma etkisine neden olan faylarla ilişkilidir. Bölgede, bunlardan bazıları, kısmen Kuvaterner tortullarla ve suni dolgularla kaplanmıştır Geçmişe ilişkin fay faaliyetlerini göstermemektedir.

Normal Faylar

Alan çalışması esnasında, çeşitli küçük ölçekli normal faylar, Akkuyu NGS bölgesinde kazı yüzeyleri boyunca görülmüştür. BGB-DKD eğimli faylar, 40 - 60° yönünde kuzeye doğru ilerlemekte ve Büyükeceli formasyonu içinde meydana gelen küçük hareketlere yol açmaktadır. Bu faylarla ilgili herhangi bir aktif morfotektonik işaretler olmamasından dolayı, aktif olmadıkları bilinmektedir. Şekil 6/2.13'te söz konusu fayların bir örneğini gösteren fotoğraf sunulmuştur.



Şekil 6/2.13 – Akkuyu ve Çamalanı Körfezi arasındaki yol kesiminde gözlenen normal fayları gösteren fotoğraf

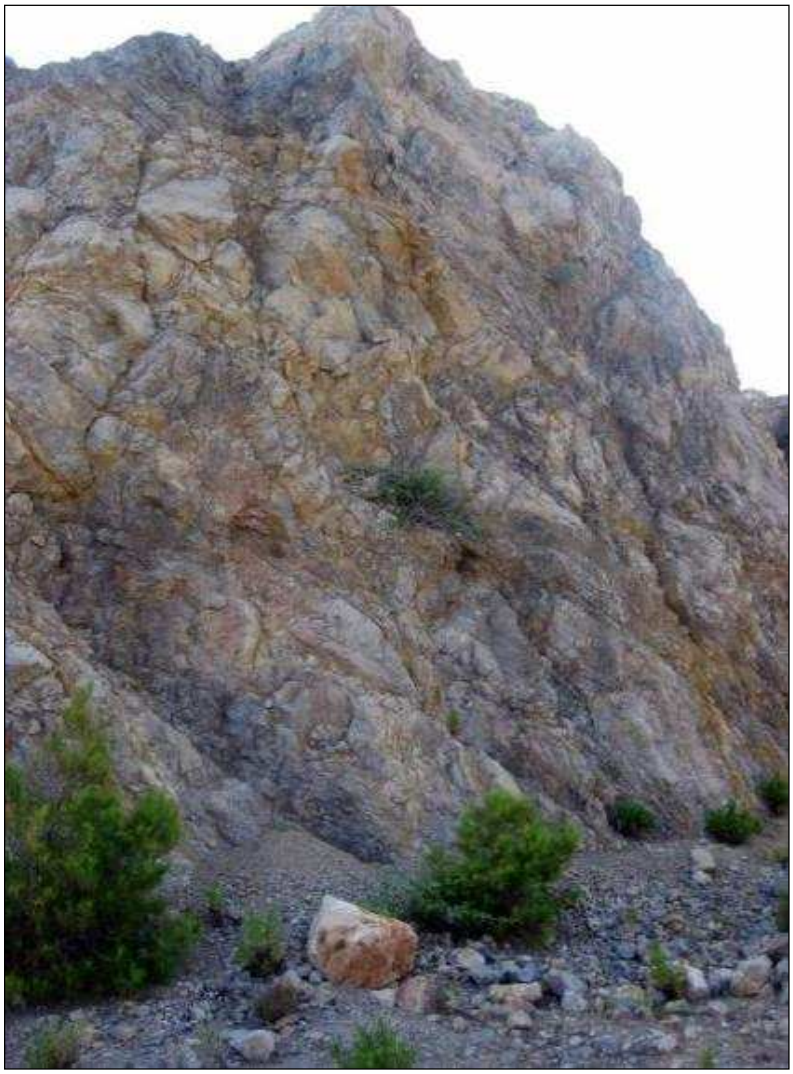
Tamamen, paleosismolojik hendeklerin tanımları ve diğer araştırmalar ki bunlara alandan bir kilometre mesafede gerçekleştirilen sondaj çalışmaları da dahil olmak üzere Aktif fayların sismik yer değiştirmelerine ilişkin herhangi bir işaret ortaya koymamaktadır. Akkuyu NGS alanında aktif fayların olmadığını doğrulayan daha fazla bilgi için 6.6. kısma bakınız.

Çatlaklar

Daha öncesinde, MTA ekibi, Akkuyu NGS bölgesi yakınlarında Büyükeceli formasyonunun farklı üyelerini etkileyen bağlantı setlerinden yoğun bilgi toplamıştır ve iki

boylamsal (046°/72°KB - 050°/66°GD), üç diyagonal (000°/74°B - 103°/58GB - 020°/80°GD) ve bir çapraz (150°/62°GB) bağlantı setleri (Şekil 6/2.14) ile ilgili bilgiler elde edilmiştir[6/56].

Pliyosen dönemden başlayarak (1-2 milyon yıl önce), Akkuyu NGS bölgesinin tektonik olarak pasif olduğu sonucuna varılmıştır. Kalıntı sismik deformasyonlar, alan içinde saptanmamıştır.



Şekil 6/2.14 – Büyükeceli Formasyonunun dolomitik kireç taşlarında gelişen çatlaklar

6.2.4 MİKROSİSMİK ARAŞTIRMALAR

1977 ila 1988 arasındaki dönemde, mikro depremlerin araçsal araştırmalarının üçlü döngüsüne yönelik çalışma, Akkuyu NGS bölgesinde gerçekleştirilmiştir (Kısım 6.4). 2011

araştırması aşamasında, 13 sismik istasyondan oluşan yerel ağ, yakın bölgede organize edilmiştir. Ağ yapılandırmasına ilişkin bilgiler, sismik istasyon türleri, 6.4. Kısımda sunulmaktadır. İzleme sonuçları (mikro depremlerin listesi), 2011 yılında elde edilen bilgilerle birlikte, Ek L'de sunulmaktadır.

6.2.5 TEHLİKELİ JEOLOJİK FENOMENLERE İLİŞKİN BİLGİLER

Aşağıda belirtilen jeolojik olaylar, Akkuyu NGS bölgesine yönelik olarak tartışılacaktır.

Heyelan süreçleri

Akkuyu NGS bölgesi, 200 metre yüksekliğe kadar olan tepelerin çevresinde konuşlandırılmıştır. Dağ rölyefi, kıvrılma devresinde yapılanmıştır. Kaymaların doğal açıları yaklaşık 35°'dir. 1983 yılında (Ayrıntılı Bölge Araştırma Raporu), Kuşyuvası ve Taşlık tepeleri ve aynı zamanda Akkuyu dağı, tabaka katmanlaşma oryantasyonu saptamak amacıyla Akkuyu NGS'nin ayrıntılı değerlendirilmesi aşamasında araştırılmıştır. Bu çalışmalar, Kuşyuvası tepesindeki toprak kayma riskinin, tabakalaşma oryantasyonu (derin kaymalar) nedeniyle olmadığını ortaya koymuştur. Büyükeceli formasyonu ile Akkuyu dağları, jeolojik tabaka katmanlaşması ile desteklenmektedir. Taşlık tepesi için yapılan stabilite çalışmaları, tepenin stabilitesini göstermektedir.

Karstlaşma

Karbonat çözülümü olasılığı, örneğin, aşağıdaki şartlara bağlı olarak karst formlarının gelişiminin oluşumu sunulmaktadır:

2. Litoloji (çözülebilir karbonatlı kayaçların varlığı);
3. Karbonatlı kaya kitlesinin kırılması;
4. Belirgin iklim ve yeraltı suyu şartları.

Karstlaşma, saf kireçtaşında en güçlüdür ve büyük miktardaki yağışların etkisi ile ve/veya CO_2- olarak güçlü yeraltı suyunun hareketi ile gelişmektedir. İri taneli veya kil içeren kireçtaşlarında, karst gelişimi belirgin değildir.. Aynı durum, kireç taşı katmanlarındaki dolomit içeriğinin artması içinde geçerlidir. Ünlü Dinarik karstı, % 90 $CaCO_2$ [6/108] yapısını sağlayan kireçtaşları ile sınırlanmaktadır. Aynı şekilde, saf Miyosen kireç taşları burada gözlemlenmekte ve Akkuyunun 55 km doğusunda Cennet ve Cehennem olarak bilinen karstik yapıların bulunduğu çöküntülerturistik olarak ilgi çekmektedir.

Bu noktadan hareketle, jeolojik geçmişte, Akkuyu'nun iklim şartları, karst fenomenini oluşturmaya elverişli olduğu sonucuna varılmaktadır ve Büyükeceli Formasyonunun, kalkerli

yapının etkisini taşımasından dolayı, araştırmalar ve karstlaşma boyutu, bölgede yapılan jeoteknik araştırmaların temel amaçlarından biri haline gelmektedir.

Yukarıda belirtilen (a) ve (b) iki jeolojik varsayımlarla ilgili olarak, bölgedeki temel kayaların, Büyükeceli formasyonunun Db2, Db3 ve Db4 alt birimlerine ait olduğu açıktır ve sadece üst yüzey katmanları , diğer çökeltiler ile oluşmuştur. Db2 ila Db4 katmanları, dolomit ve çeşitli taşların bir araya gelmesinden oluşan özellikler taşımaktadır (veriler, kaya numunelerinin incelemesi sonucu elde edilmiştir). Litolojik kriter ile ilgili olarak, karstlaşma derecesine bakıldığında, ilgili kaya kütlelerinin mineral yapısı nedeniyle, karbon solüsyonlarının duyarlı olmadığı anlaşılmaktadır.

Akkuyu bölgesindeki fayların bulunması (b), denize doğru sürekli yeraltı suyu akımının olması (c) TV-log veya sondaj karot örneklerinde gözlenen küçük karstik özelliklerin gelişimine neden olmaktadır.

Temel olarak, gözlenen iki tür karst olayı bulunmaktadır:

- 1-2 cm çaplı küçük küremsi oyuklar, bezelye karst olarak adlandırılmaktadır. Kalsit taşıyan karbonat kayalarda oluşmaktadır ancak aynı zamanda, 30-40 m derinlikte altere olmuş dolomitlerde tek bezelye veya çoğunlukla çoklu olarak görülmektedir. Bu karbonat çözünme olayı, jeoteknik inceleme türüne yönelik göz ardı edilebilir öneme sahiptir;
- İkinci türü, tabakalaşma yüzeyleri boyunca oluşan süreksizlik veya kırıklar boyunca ilişkilidir. Bu karstik boşluklar, içerde birkaç cm genişleyebilmektedir. Bağlantı veya kopmaların büyük bir bölümünün boşluk genişliği karbon solüsyonlarla hafif bir şekilde artmaktadır. TV log araştırmalarına göre, meydana gelme sıklığı ve karbonat çözülme olayının boyutu, derinlikle azalma göstermektir. Yeraltı yüzeyinin 20-30 metre aşağısında fark edilmektedir ancak sadece 35-40 metre derinlikte, karst oluşumları görülmemektedir.

Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, NGS bölgesi içinde ya da Büyükeceli formasyonunun bulunduğu yerde, yüzey morfolojisi, bilinen karst ortamları ile benzerlik taşımamaktadır. Yeraltı karstlarına genellikle özel jeomorfolojik özellikler eşlik etmekte dir, örneğin, karen, jamas, dolin, mogotes, dereler vs. Söz konusu özellikler, klasik karstın tipik yüzey özelliğini göstermekte ya da bunun tam tersini gerçekleştirmektedir. Bu karakterlerin olmaması, Büyükeceli Formasyonunun küçük karstlaşma potansiyeli için güçlü bir göstergedir.

Mağara benzeri dik kayalıklar genellikle yukarıda belirtilen argümanlara cevap vermek üzere kullanılmaktadır. Ancak, yapılan araştırmaların sonuçlarına göre, İnceburun yarımadası, bu mağaraların genetik olarak önemli fay kesitleri ile ilgili olduğunu göstermektedir (örneğin Aksaz fayı) ve bu kaya malzemesi genellikle deniz dalgaları erozyonu ile yıkanmaktadır. Yani, ilgili karstların bulunmaması belirleyici değildir ancak rüzgarın yönüne yönelik olarak kıyılarda değerlendirme yapmak amacıyla faydalanılmaktadır. Aşınmanın yoğun olduğu yerler ve İnceburun yarım adasının kuzeyi boyunca yer almaktadır ve fay hatlarının bulunduğu alanlarda görülmektedir. Üstelik, fay hattı üzerinde, mağara benzeri dik kayalıklarda karst boşluklarında görülen ikincil kalsit oluşumları görülmemektedir.

Büyükeceli formasyonunda iyi gelişmiş gizli karstik sistemin bulunmamasına ilişkin göstergelerin bulunmaması halinde, yağışlı ve yağışlı mevsimi takip eden aylarda özellikle denize karşı yeraltısuyu tablasunun ölçülmesi önem arz etmektedir. Karstik sistemin bulunması halinde, yeraltısuyu tablası, nispeten daha kısa bir süre içinde deniz seviyesine dengelenecektir.

Karstlaşmanın düşük derecesine yönelik nedenler, alt yüzey tuzlu su dikkate alınarak Akkuyu NGS bölgesindeki sahillerde incelenecektir ve denize karşı yeraltısuyu akış debisi ölçülecektir. Yani, deniz seviyesi burada belirleyici bir etki olarak gözükmektedir. Deniz suyu kimyasal şartları, yeraltı suyuyla ilgili alanlarda en önemli karbon solüsyon süreci olan karışık korozyona imkan sağlamamaktadır.

Sondaj kuyularında yapılan testler ve pompalama testleri ile saptanan kaya kütlelerinin nispeten düşük geçirgenliği, çatlak bağlantılarının sadece küçük çözünme boşluklarının varlığını göstermekte ve Büyükeceli formasyonunda düşük karbonat çözülümü faaliyetleri teyit edilmektedir.

Diğer Hava durumu ile ilgili Süreçler

Güneş ışınlarının etkisi, sıcaklık düşüşü, mekanik biyolojik iklim gibi fiziksel hava şartları, Akkuyu NGS bölgesinin kayalarının durumunu etkilemektedir ancak, karst ile karşılaştırıldığına bu etki çok ta önemli gözükmemekte ve sadece üst katmanlarda kısmen aktif olarak görülmektedir.

Bunların yanı sıra, suyun ve rüzgarın fiziksel etkileri, kaya dayanım özelliklerinde düşüşe neden olmaktadır. İklim şartları uzun süreçte, kaya özelliklerinde önemli değişiklikler meydana getirebilir bunun nedeni ise, sadece deformasyon özellikleri değil aynı zamanda stres katmanlarının yeniden yapılandırılması ile eşlik edilen kaya partiküllerinin yer değiştirmesi de bunlara etkendir. Süreçte daha sonra kopma ya da bozulma meydana gelebilir. Benzer sonuçlar, yüzey kırık yapılarının, sıcaklık değişikliğinden etkilendiği yönünde saptanmıştır. Günlük ısı değişikliklerinin sık yaşandığı günümüzde etkiler daha üst plana çıkmaktadır.

Benzer süreçlerin, birkaç metre uzunluğundaki ve 30 cm kadar genişlikte yatay kopmalar üzerinde de yaşandığı görülmekte ve söz konusu belirtiler, bölgede yapılan araştırmalarda ortaya çıkmaktadır. Benzer belirtiler hendek araştırmalarında da görülmüştür..

Daha derin seviyelerde, mekanik ve kimyasal iklim şartlarının etkisi aniden düşüş göstermektedir.

6.3 SAHA ARAŞTIRMALARI

6.3.1 SAHANIN JEOLOJİK YAPISI

Kayaç katman birimleri, Akkuyu NGS bölgesinin yüzeyinde kopmalara neden olmaktadır (1 km içinde); şunları kapsamaktadır:

- Büyükeceli Formasyonu (Orta Devoniyen dönemi, 385 - 398 milyon yıl);
- Akdere Formasyonu (Son Devoniyen Dönemi, 359 - 385 milyon yıl);
- Kırtıldağı Formasyonu (Permiyen dönemi, 251 - 299 milyon yıl);
- Pliyosen- Kuvaterner Breşi (0 - 5.3 milyon yıl);
- Kuvaterner tortulları (0 - 2.6 milyon yıl) , alüvyon fanlar, proluvial, kolluviyal çökeller ve kaliş ile sunulmaktadır.

1:2000 ölçeğindeki alanın jeolojik haritası ve profilleri Ek K'de verilmektedir.

Bölgedeki Büyükeceli formasyonundan oluşan çökeltilerin simetrik yapısından dolayı, formasyonun kayaç katman birimlerinin sekiz üyeye ayrımını yapmak mümkün olmuştur.

Üye 1 (Db1). Bu üye, Büyükeceli formasyonun temelidirve Akkuyu bölgesinde ortaya çıkmamaktadır. 5-10 m kalınlıkta bazal konglomeralardan oluşmaktadır. Konglomera çakılları, poligenik olup çoğunlukla Sığırcık formasyonu çakıl taşlarından oluşmaktadır. Dolgu malzemesi, kum taşı ve siltli çamur taşıdır. Yığın, sürekli kırık ve çatlaklarlarla karakterize olmakta ve çeşitli bozuşmaya tabi olmaktadır.

Üye 2 (Db2). Db2, üç bölüme ayrılmıştır. Alt bölüm, mavimsi gri, Disphyllum Goldfussj ve Calceola Sandalina gibi çeşitli mercanlar ile 40 m kalınlığa sahip kalın tabakalı karbonatlı vake taşlarından oluşmaktadır.

Karbonatlı vake taşı katmanları, ince tabakalı breşli kireç taşı katmanlarını içermektedir. En alttaki bölüm orta derecede kırıklıdır , orta ve üst bölümlerle karşılaştırıldığında daha az bir karstik yapıya sahiptir.

Orta katman, açık gri, ince tabakalı ve çöken yapılardan oluşmaktadır ve 20 metrelik kalınlığa sahip megabreş zonu , orta kısımda gözlenmektedir. Parçaların boyutları çakıl ile iri parçalar arasında sıralanmıştır. . Mega breş, kısmen kil çimento kısmen de kum ile çimentolanmıştır. Mega breş, yanal olarak homojen olmayan farklı özelliklere sahiptir.

Orta kompleks genellikle yüksek ölçüde kırıklı bir yapıya sahiptir. Özelliklerinden dolayı, karstik açıdan en alttaki üyeden daha fazla önem taşır.

Db2 üst bölümü, koyu gri, kalından ortaya doğru tabakalanan, dolomitik vake taşlarından oluşmakta olup bu taşlar sarımsı gri ince tabakalı şeyl arakatkıları içermektedir. Dolomit vake taşı katmanları üzerinde yoğun kırılmalar görülmektedir. Şeyller, kırılgan ve hayli kırıklıdır. Farklı derinliklerde yapılan kazılar sonucunda, önemli çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Db2'nin toplam kalınlığı, 150 metredir. NE-SW yönünde Akkuyu antiklinali çekirdeğinde görülmektedir.

Üye 3 (Db3). Db3, beyaz masif, çapraz katmanlı, 1 metre kalınlığında kuvarsitli kum taşlarından oluşmaktadır. Büyükeceli formasyonunun bu ince işaret çizgisinin, araştırma yapılan alanda önemli ölçüde yatay genleşme göstermesine rağmen, stratigrafik ve yerel odaklama bulunmaktadır. Amphilora çizgisi ile birlikte (Db6), alandaki önemli yapısal özellikleri oluşturmak için belirtici bir tabaka olarak kullanılmaktadır.

Üye 4 (Db4). Açık griden ince ve orta tabakalı, lamine kalsilutitler Db'ün ana grubunu oluşturmaktadır. Db4'de mega breş bulunmakta ve Db3 kuvarslı kum taşlarının ve Db2 kireç taşı özellikleri de bu üye içinde yer almaktadır. Yapılar ve mega breşlerin görüntüsü, bu D4 üyesinin sedimentasyonu esnasında tektoniğin aktif olduğunu göstermektedir. Db4 içinde fosil bulunmamıştır.

Üye 5 (Db5). Koyu gri, kalın tabakalıve kısmen dolomitik ve breşli bir yapıya sahip olup, Amphipora Ramaza olarak adlandırılan özzgün ve alışılmamış fosil içerir. Kendine has fosil içeriği ve litolojisinden ötürü, Db5, alandaki yapıları betimlemek için belirteç olarak kullanılmaktadır. Stratigrafik özelliklerinin yanı sıra, yerel alanlara mesafesinin yakın olması nedeniyle, Amphipora yatakları, araştırılan alanda önemli miktarda yanal genleşme göstermektedir. Haritalandırılan alanın hiçbir yerinde, iki yada daha fazla Amphipora yatakları gözlenmemiştir. Db5'in maksimum kalınlığı, iki metredir.

Üye 6 (Db6). Db6, kireçtaşı grupları ve Amphipora yatakları da dahil olmak üzere mega breşlerden oluşmaktadır, bunlar açık gri, orta katmanlı, kısmen dolomitik özellikler taşımaktadır. Amphipora yataklarının megabreş levhalardaki klastları, 5x75 cm ya da daha geniş bloklar arasında sıralanmaktadır. Mega breşlerin sınıflandırma oranları düşüktür ve heterojenlerdir. Belirgin bir boylanma yoktur. Büyük aşınmış kayalar ve parçaların eksenleri, aşağı yukarı, kireç taşının bulunduğu katmana paraleldir. Megabreş tabakalarını üzerleyen ve altında bulunan vake taşlarında herhangi bir fosile rastlanmamıştır .

Üye 7 (Db7). Db7, beyazdan pembeye renklerli kuvarslı kumtaşları başlar ve koyu renkli, orta tabakalı, mavimsi gri ve crinoid ve bryzoas içeren vake taşlarını üzerler. Koyu gri, ince tabakalı şeyl ve koyu gri bitümlü kireç taşları beyazdan pembeye, çapraz tabakalı kuvarslı kumtaşları ile

ardalanma gösterir. Üyenin orta kısmı ve alt kısmında stromatolitler bulunmaktadır. Üst kısmında ise, pembe kızıl renkli vake taşı tabakaları bulunmakta ve Ryozoans ve Gastropodlar gösterge olarak kullanılmaktadır. Db7'nin toplam kalınlığı, 150 m'dir. Akkuyu köyüne yakın alanlar dışında, mega breşler ya da kopmalar, Db7'de gözlenmemiştir.

Üye 8 (Db8). Büyükeceli Formasyonun en son üyesi, koyu gri, kalın tabakalı , yüksek fosil oranına sahip taşlar ve dolomitlerden oluşmakta olup, mercanlar, gastropod, brakiopod içeren fosil yapılarını barındırmaktadır. Akdere formasyonu tarafından örtülmüştür.. Db8'in kalınlığı 150m'dir.

Büyükeceli Formasyonun toplam kalınlığı yaklaşık 630 m'dir. Doğuya doğru formasyonun kalınlığı yavaşça azalır. Tipik kesitin 25 km doğusundaki Akdere köyünde, Büyükeceli kalınlığı 40 metreye düşmektedir.

Disphyllum Goldfussi, Calceola Sandalina ve Amphipora Ramoza gibi Büyükeceli formasyonundan toplanan fosiller, Orta Devonian Dönemi göstermektedir.

Db2 ila Db6 arasındaki üyelerin formasyonunun altında bulunan mega breşler, synsedimanter tektonik hareketlerin varlığını göstermektedir. Formasyonun üst yarısı, Db7 ve Db8 üyelerinden oluşmakta ve stabil kara koşullarında çökelmişlerdir.

Üst Bölüm

Akdere Formasyonu

Formasyonun tipik kesiti, Akkuyu NGS sahasının 30 km doğusunda yer alan Akdere köyüdür. Akdere formasyonu, kum taşları, silt taşları ve killi şistler ile ara katkılı biotermal kireç taşlarından oluşmaktadır. Formasyon, siyahtan mavimsi griye kadar olan renklerden oluşmakta ve aynı zamanda ortadan kalına tabaka yapısına sahip olmaktadır. Akkuyu bölgesinde, formasyon, Akkuyu fay hattının kuzeyinde önemli ölçüde kesilmeye ve kırılmaya maruz kalmaktadır. Akdere formasyonunun kalınlığı, yaklaşık 250 metredir. Bu formasyon, Kırtıldağı Formasyonu tarafından uyumsuz bir şekilde örtülmüştür.

Permiyen Sistemi

Kırtıldağı Formasyonu

Formasyon, Çamalanı körfez bölgesinin güney bölümü boyunca görülmektedir. 20 metre kalınlığındakoru gri, orta katmanlı vake taşları ile başlar, bunu pembe, çapraz tabakalı kuvarsitler izlemektedir. Koyu, mavimsi gri, ortadan kalına foraminiferli vake taşı istif taşı ardalanması, Kırtıldağı formasyonunun orta ve üst üyesini oluşturmaktadır.

Pliyosen-Kuvaterner Çökeltileri

Talus Breşi

Bunlar, lokal olarak Kuvaterner alüvyonları altında kızılımsı karbonat çimentosu ile konsolide edilmiş ve yüksek eğimlerden çökelen parçalardan oluşmaktadır. Büyükeceli ve Akdere formasyonlarının çakıl taşları, ince taşları ve aşınmış büyük kayalarını içermektedir. Talus Breşler sıralı değildir. Kalınlıklar, kısa mesafede önemli ölçüde değişikliğe uğramaktadır ve nadiren 1 m'yi aşar.

Kuvaterner Çökeltileri

Alüvyon konisi

Bunlar, bölgeye karşılık gelen nehirleri boyunca yer almakta ve muhtemelen Kuvaterner dönemin (Holosen) sonlarında oluşmuştur. Bunlar, gevşek çimentolu ve 1 ila 3 m kalınlığında kum taşı arakatmanlı konglomeralardan oluşmaktadır. Geçmiş dönemlerde yapılan kazılar esnasında, alüvyon çökeltiler denize ulaşmış ve Akkuyu körfezindeki atıklarla üzerleri örtülmüştür ve kısmen Aksaz Körfezi ve Çamalanı körfezinde de yer almaktadır. Yapılmış olan kazı çalışmalarında, Aksaz körfezindeki MTA ekibinin yapmış olduğu sondaj ve kuyu çalışmaları, alüvyon örtünün, dip kısımlarda görülen taş ve katmanlarla 120 cm nebati toprak ve derinlere doğru çakıl oranı artan 3 m siltli kilden oluştuğunu göstermektedir.

Sahil Sedimanları ve Kalişler

Kuvaterner sahil sedimanları, gevşek olarak toplanmış ve bir araya gelmiş kum parçalarından oluşmakta ve Aksaz Körfezinde ve Akkuyu Körfezinin pasalarının kapladığı alanda görülmektedir. Araştırma alanında, karbonatça zengin kaliş birikimleri çoğunlukla Aksaz Körfezinde görülmektedir ve sahil kayaçlarında çatlaklarda oluşan kapiler kanallarda deniz suyunun ilerlemesi ve buharlaşma sonucunda oluşmaktadırlar..

Toprak Örtüsü

Organik kızılımsı kahverengi toprak içeren en genç jeolojik birimdir ve kaya parçaları ile kum-taşlı atıklar içerir. Kalınlık yüksek oranda değişkenlik gösterir ve nadiren 1 metreyi aşar.

Kazılan alanlar ve doldurulan kısımlar

Son birkaç on yıllık sürede, Akkuyu NGS bölgesi, alanda yapılan yoğun kazı çalışmalarından dolayı büyük ölçüde değişime uğramıştır. Bu nedenden ötürü, suni olarak değişen topografya, kazılan alan ve doldurulan alan olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Kazılan yüzey, doldurulan ve kazı sonucunda kaplanan alanlar olarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Daha önceki topogrofik verilerden sağlanan eski sahil hatları, denizde yapılan dolgu işleminin tanımlanmasına imkan sağlamıştır. Kazılan yüzeydeki temel kayaların haritalama çalışmaları, çok ince çakıl ile kaplanma işleminin yapılmasından dolayı mümkün olmamıştır. Bu nedenle, kazılan ve

doldurulan alanlar, ayrı bir birim olarak haritalandırılmış ve Akkuyu NGS bölgesinin revize edilen jeolojik haritasında gösterilmiştir.

1:2000 ölçekli alanın coğrafik haritası, Ek K'de gösterildiği gibi 2011 yılında yapılan mühendislik- jeolojik araştırma ve çalışmaların sonuçlarına göre güncelleştirilmiştir.

6.3.2 NGS SAHASININ HİDROJEOLOJİK KOŞULLARI

6.3.2.1 HİDROJEOLOJİK ÇALIŞMALARIN AŞAMALARI

Akkuyu NGS bölgesinin durumunun belirlenmesine yönelik çalışma (hidro-jeolojik şartlar da dahil olmak üzere), bölgenin, Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) tarafından seçilmesi sonrasında 1975 yılında başlamıştır.

Amaç, NGS binalarının ve yapılarının aşağıdaki hususlara odaklanarak alt toprak şartlarının değerlendirilmesi idi:

- , Statik ve dinamik yüklerin saptanması ve susuzlandırma gerekliliklerin belirlenmesi hususları da dahil olmak üzere, Zemin taşıma testlerinin yapılması
- Metod geliştirme, kazı stabilitesi ve susuzlandırma dahil olmak üzer inşaat kazı parametreleri üzerinde çalışmak;
- Yapı, jeoteknik ve zeminlerin hidrojeolojik özelliklerine yönelik çalışmaların yapılması,
- Kazılan zeminlerin inşaat malzemeleri olarak kullanma olasılığını değerlendirmek.

Tüm çalışmalar, ABD standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Kılavuz 1.132 ve 1.138), Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) rehberleri ve kaya zeminlerine yönelik çalışmalara ilişkin kılavuzlar bağlamında Kaya Minerallerinin Uluslararası Kılavuzları da (ISRA) bu çalışmada yararlanılan kaynaklar arasındadır.

Çalışma, üç aşamadan oluşmuştur.

1975 yılındaki ilk aşama, TEK'in, Nükleer Elektrik Santralinin inşası için uygun bölgeleri değerlendirmesidir.

İkinci aşama esnasında, 1976 Haziranı ve 1978 Temmuzunda, çalışma, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesii ve Deprem Araştırma Enstitüsü jeoteknik bölümü tarafından

gerçekleştirilmiştir. [6/34]. Bölgenin genel jeoteknik şartları bu aşamada çalışılmıştır. Çalışmanın sonucu, bu parametrelerin derinlemesine değerlendirmesi için ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Üçüncü aşama, Eylül 1980 ila Nisan 1982 yılları arasında yapılmıştır. EMCH+BERGER BERNE Ltd, İsviçre (ENG) Mühendislik Bölümü ve GONCER AYALP ENGINEERING COMPANY, Ankara (GAMB) mühendisleri, Türkiye NGS Teknik Konsorsiyumu tarafından yönetilen jeoteknik çalışmalarda yer almıştır.

Sondaj çalışmaları ve zeminlerin tanımlanması, Türkiye Devlet Su İşleri (DSI) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu şirket aynı zamanda, Türkiye Maden Teknik Araştırma (MTA) tarafından yapılan petrografi çalışmaları dışında toprak ve su numunelerinin laboratuvar analizinden de sorumlu olmuştur. Çalışmanın sadece üç aşaması, ve derinlikleri 10 ila 180 metre arasında değişen 81 sondajda toplam 3800 m sondaj yapılmıştır.

Bunların yanı sıra, GAMB, Akkuyu II bölgesinde (Çamalanı) jeolojik ve hidrojeolojik çalışmaları da gerçekleştirmiş ve yeraltısuyu değerlendirmeleri ve nükleer elektrik santrali ihtiyaçları için su kaynakları tedarik etme hususlarında da çalışmalar yürütmüştür [6/220].

Hidrojeolojik çalışmalar içinde, tüm üç aşamada, yeraltı su rejimi, su taşıyan birimlerin geçirgenliği ve yeraltı su rejimi ile kimyasal yapılarının değerlendirmesi yer almaktadır.

Hem Akkuyu hem de Çamalanı bölgelerinde, yer altı su seviyesi düzenli bir şekilde takip edilmiştir. Yeraltı su seviyesi, Eylül 1976 yılından başlayarak, Ocak 1978'e kadar Akkuyu bölgesinde ölçülmeye başlanmış ve ayrıca bu ölçümler Kasım 1980'den Ekim 1981'e kadar devam etmiştir. 30 adet piezometre, haftada bir kez ölçüm frekansını ile kurulmuştur. Çamalanı bölgesinde, yeraltısu seviyesi, 1984 Nisan ayından 1985 Ağustos ayına kadar olan süre zarfında ölçülmüştür ve ölçüm sonuçları, ODTÜ raporunda gösterilmiştir (1986) [6/155]. Bu nedenle, yeraltısu seviyesi değişiklikleri, uzun vadede ve kısa vadede (mevsimsel), her iki bölgede de doğru bir şekilde takip edilmiştir.

Basınçlı su testi, ağır külçe deneyleri (slug test)ve pompalama testleri, su taşıyıcı kayaların permeabilitesini değerlendirmek üzere kullanılmıştır.

1979 yılındaki çalışmalarda, Akkuyu NGS bölgesinde (bakınız Tezcan, 1979) [6/229], arazi permeabilite ve Lefranc testi gerçekleştirilmiş ve yerinde permeabilite tespit çalışmaları yapılmıştır. Hidrojeolojik testlerde tek lastik kullanılmıştır. Basınç oranları, -6-10-6-3 kgf/cm2 olarak seçilmiştir. Tüm basınç adımları için, test iki kez tekrarlanmıştır ve testin süresi beş dakika olarak belirlenmiştir.

Lefranch testinde, su, kuyulara sabit basınçla enjekte edilmiştir. Geçirgenlik faktörü, sabit basınç altında formasyona verilen su şeklinde ölçümlerle saptanmıştır.Toplamda, 180 ağır külçe deneyi ve enjeksiyon testleri yapılmış ve aynı zamanda 13 tekli ve 2 grup pompalama testi gerçekleştirilmiştir.

Jeolojik ve jeoteknik verilere dayalı TEK raporu (1983) [6/222], su taşıyan kayalarda üç farklı katmanı nitelendirmektedir. Bunlar; alüvyon ve diğer kuvaterner çökeltilerden oluşan üst katman (T katmanı); T katmanında yer alan bozumuş kayalardan oluşan ana kaya üst katmanı (U katmanı) ve pratik olarak önemli deformasyonları bulunmayan ve/veya kırılmaları olmayan ana kaya alt katmanını (L katmanı) içermektedir.

Aşağıdaki K faktörleri, geçirgenlik değeri olarak tasarlandığı şekilde önerilmektedir:

- Ortalama deniz seviyesi üzerindeki T katmanı K= 21.6 m/gün;
- Ortalama deniz seviyesi üzerindeki U katmanı K= 6.9 m/gün;
- L Katmanı için K= 1.7 m/gün.

ODTÜ 1986 yılında Çamalanı körfezinde bir hidrojeolojik çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın amacı, akifer türlerini ve özelliklerinin belirlenmesi ve yeraltısuyu akış hızını ve yönünün belirlenmesi, yer altısuyu değişiklik nedenlerinin değerlendirilmesi, akifer ile ilgili hidrolik parametrelerin incelenmesi, anizotropik faktörler, yeraltı su kalitesi ve tatlı su ve deniz suyu arasındaki temas alanları üzerinde çalışmalar yapılmasıdır. [6/155].

2011 yılında Akkuyu NGS sahası çevresel şartlara ilişkin çalışmalar yapılmıştır. 2011-2012 yılında Türkiye şirketi ENVY, 18 tekli pompalama testi yapmış ve 33 kuyudan oluşan bir sistemle rejimin gözlemini gerçekleştirmiştir; yeraltısuyu seviyesi, sıcaklığı ve kimyasal durumu üzerinde çalışmalar yürütülmektedir.

6.3.2.2 AKİFERİN TANIMI

Akkuyu sahası ve genel olarak bölge, hidrojeolojik şartlar açısından oldukça karmaşıktır ve karstlaşmış kayalar ve yapısal oluşumdan etkilen kayalardan oluşan durumlar hakkında çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Yeraltısuyu, gözenekli yapı içinde, kırıklar içerisindeki ikicil çatlaklarda ve erime kanallarında bulunmaktadır. Kırıkların ikincil porositesi ve erime kanalları, karbonat kayalarının bölgede bulunduğu görülmektedir. Bunlar, gözenekleri oldukça az olmasına rağmen, bölgedeki her karbonatlı formasyon, karstlaşma ve kırılma nedeniyle potansiyel olarak yeraltısuyu içermektedir. Sondaj logları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, Akdere ve Büyükeceli grupların yapılarının kırıklı olduğu ve boşluklar içerdiği görülmektedir. Çatlaklar ve solüsyon kanalları yanı sıra, stabil

olmayan alanlar, breşten oluşmakta ve benzer kırıklı malzemeler, yeraltısuyu içermektedir. En düşük derinlikte en genç (breş) çökeltiler de yer altı suyu içermektedir ancak bunların hacimleri oldukça sınırlıdır.

Tüm jeolojik formasyonlar yer altı suyu içermesine rağmen, bunların, bir ve benzer akiferlerden oluştuklarını söylemek oldukça zordur. Kırılmalar ve solüsyon kanalları, yeraltısuyu sirkülasyonunun tüm sisteminden ayrı olarak lokal su taşıyan bölgeleri oluşturabilir.

Akkuyu NGS alanında yeraltısuyunun bilinen derinliği, Kuvaterner çökelleri, Permiyen dönem üst kayaçları (Kırtıldağı sistemi) ve orta ile üst Devoniyen'den (Akdere ve Büyükeceli sistemleri) oluşmaktadır.

Araştırılma yapılan jeolojik kesimlerde üç su taşıyan formasyon, tanımlanabilir:

- Kuvaterner akiferi,
- Kirtildağı akiferi,
- Büyükeceli ve Akdere formasyonları akiferi.

Kuvaterner akiferi, yüzey planlama çalışmalarının yapıldığı alan ve sahillerde bulunmaktadır. Katman, çeşitli kuvaterner çökellerden oluşmaktadır (alüvyon, deniz, antropojenik). Kuvaterner çökeltilerin kalınlıkları 1.0 m ila 28.0 m arasında değişiklik göstermektedir. Havalandırılmış alanın kalınlığı, 0.0 ila 8.0 m arasında değişiklik göstermektedir.

Su taşıyan kayalar, kil içeren kum ve çakıl birikintilerinden oluşmaktadır .Akifer kalınlığı 0.2m ila 8.1 m arasında değişiklik göstermektedir. Serbest Akiferdir ve kalınlığı 0.0m ila 8.0m arasında değişmekte ve mutlak yükseklikleri ise 0.00 ila 4.54 arasında yer almaktadır (0.00 – Akdeniz seviyesi).

Akifer geçirgenliği ise 100 m2/gün ile 180 m2/gün arasında değişmektedir. Kapasitesi, – 0.89 l/s/m'dir. Kayaçların geçirgenliği (hidrolik iletkenlik katsayısı) 2.8 – 37.5 m/gün [6/222]'dür.

Akifer, yağmur suları, su kaynakları ve yakın aküferlerin filtrelemesi ile yeniden beslenir. Akifer, Akdenize boşalılır.

Akifer kalsiyum bikarbonatlı tatlı su içermektedir. Bunların kullanımı bölgede sınırlıdır ve genellikle sulama havuzları ve kaynaklarından tarımsal ihtiyaçlara yönelik su tedarik etmek üzere kullanılır. Kaynak boşalımları 0.5 l/s'ye kadardır. Kırtıldağı akifer sistemi, sınırlı bölgede bulunmakta ve bölgenin kuzey batı ve güney doğu bölgelerindeki kuyularda geçilmektedir.Çökeltilerin kalınlığı 24.5m ila 167.0 m arasında değişiklik göstermektedir.

Su taşıyan kayalar, kireç taşları, kuvarsitli kayaçlar ve sediment karbonatlı kayaçlardan oluşmaktadır. Akiferin kalınlığı güney doğuda 11.0 – 18.5 m'dir ve penetre edilen seviye derinliği ise 11.5 ila 24.0 m olup kotu ise 0.89 – 7.67m'dir.

Yüksekliklerin, oldukça yüksek olduğu bölgenin kuzey batısında (100.00 - 180.00), kalınlığın 20.27 – 167.39 m olduğu ve kot ise 20.0 m ila 113.6 m değiştiği görülür. Ancak bu suların kökenleri, net değildir, bu suların sondaj sirkülasyon sıvısı olma ihtimali vardır..

Akifer, sınırlandırılmış ve serbest akışlı olarak belirlenmiştir. Akdere sisteminin üst kısmında bulunan killer, Akdere ve Kırtıldağı formasyonu arasındaki geçirimsiz bariyerleri oluşturmaktadır [6/155]. Bölgedeki akifer üzerinde pratik olarak çalışma yapılmamıştır. Bu akifer üzerindeki ayrıntılı çalışmalar, daha sonraki aşamalarda yapılacaktır.

Büyükeceli ve Akdere Devoniyen sistemlerinin akiferi, alanın büyük bir kısmında bulunabilir. Büyükeceli çökelleri, killi kireç taşları, dolomitik kireç taşları, mega breşler, arjilit ve kuvartz kumlarından oluşmaktadır. Akdere çökeltileri, killi kireç taşları, dolomitik kireç taşları, kumlar, sedimentli karbonlu kayalar, killer ve kil taşlarından oluşmaktadır. Çökellerin kalınlıkları, 2.5 – 143.8 m arasında yer almaktadır.

Akiferin, en genç yataklar ile kaplanmadığı bu bölgelerde, ilk akifer yüzeydedir. Kuverterner çökel alanlarında, akifer kaplanmış olarak gözükmektedir ancak, karşılıklı akışlar ile birbirlerine bağlıdır. Aküfer, serbest ve sınırlıdır.

Devoniyen akiferinin kalınlığı, 6m (kuyu № 6b) ila 116.5 m (kuyu № 194) derinlikleri arasında değişiklik göstermektedir. Seviyeler, 1.5 m ila 102.7 m derinliğinde geçilmektedir ve bunların mutlak kotları 0.05 ila 9.95 arasındadır. Bu yükselti sıralamasında, bir yeraltısu yüzeyi ile ortak bir akifer yer almaktadır.

Ancak, açılan kuyuların yüzde yirmisinde, seviyelerin oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir ancak, bu akiferin açılan sondaj faaliyetlerinden dolayı su kaynağına sahip olduğu ya da ayrı bir yapı ve kanalda yeraltısuyu aküferlerini penetre edip etmediğine ilişkin net bir bilgi bulunmamaktadır. Yüksek kotta bulunan altı kuyuda yapılan pompalama testi esnasında, su, oldukça düşük akış oranında (hız) (7-35) dakika pompalanmıştır.

Akiferin hidrojeolojik parametreleri, çeşitli yöntemler kullanılarak saptanmıştır. Bu yüzden, ağır külçe deneylerinin sonuçları, değer 0.8 ila 1.8 m/gün iken hidrolik iletkenlik katsayısı (kf) 0.008 ila 17.3 m/gün arasında değişiklik göstermektedir. Tekli pompalama testinin sonuçları, geçirgenlik katsayısının, 0.8 m/günü [6/222] geçmediğini göstermektedir. Hidrojeolojik testler ve 1979 yılında yapılan Lefranc testine göre, hidrolik iletkenlik katsayısı, 6.0m/gün ila 0.009 m/gün arasında yer almaktadır. Test logları ve zeminlerin su absorblama kapasitesinin test edilmesi işlemleri, 0.0684 ila 0.029 m/gün arasındaki ortalama akış hızı değerini göstermektedir ve geçirgenlik katsayısı, 1.33m/gün ila 0.58 m/gün [6/155] arasında yer almaktadır. 2012 [6/77] yılında yapılan tekli pompalama testlerinin sonuçları, hidrolik iletkenlik katsayısının 0.48 m/gün ila 3.37 m/gün arasında değiştiğini göstermektedir.

Hidrolik iletkenliğin söz konusu geniş aralığı, heterojenlik ve akiferlerdeki yüksek anizotropinin kanıtını sağlar.

Devoniyen çökeltilerinin yer altı suyu, çift porozite suyu olarak sınıflandırılabilir.

Akifer, tabakalar arasındaki akış sonucunda yağmur sularının süzülmesi ile beslenir Su, Akdenize boşaltılmaktadır ve hatta daha düşük akiferlere iletilmektedir.

Kompleksin yeraltısuyu, kalsiyum magnezyum hidrokarbonat, pH nötr sularını içermektedir.

Sahil ve sondaj kuyularından alınan su örnekleri, yüksek oranda Na+ ve Cl- iyonları içermektedir. Bu sular, k imyasal yapıları bağlamında, sodyum kalsiyum klorit-hidro karbonatlı sular olarak sınıflandırılabilir.

6.3.2.3 2012 YILINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN TEK KUYU POMPAJ TESTİ TEMELİNDE SU TAŞIYAN MALZEMELERİNİN FİLTRASYON ÖZELLİKLERİ

Oniki pompaj testi, 2012 yılında gerçekleştirilmiştir [6/77], bu testlerden 6'sı, kuyuların su seviyelerinin hızlı bir şekilde düşmesinden dolayı başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

Sondaj pompaj testlerinin başarısızlığa uğradığı kuyuların listesi Tablo 6/3.1'de verilmektedir.

Tablo 6/3.1 – kuyuların listesi, tekli kuyu pompalama testi esnasında kurutma

Kuyu sayısı	Koordinatlar, m		Kuyu başı yüksekliği, m	Kuyu derinliği, m	Yeraltı suyuna kadar derinlik , m	Yeraltısu seviyesi yükseklik, m	Su sütun yüksekliği , m
	X	Y					
54	548440.400	4002113.910	76.50	76.00	71.00	5.50	5.00
65	547931.700	4002010.430	53.81	55.00	47.98	5.83	7.02
67	548136.090	4002009.730	57.27	61.00	53.78	3.49	7.22
71	548526.790	4002015.860	53.78	55.00	46.38	7.40	8.62
78	549216.840	4002017.940	62.95	68.00	42.00	20.95	26.00
419	549219.060	4001263.890	31.89	45.00	21.00	10.89	24.00

Tekli kuyu pompaj testlerine bağlı olarak, su taşıyan malzemelerin hidrojeolojik parametreleri tanımlanmıştır. Tekli kuyu pompaj testleri [6/77] esnasında sağlanan hidrolik özellikler Tablo 6/3.2'de verilmiştir.

Tablo 6/3.2 – Tek kuyu pompalama testine dayalı su tutma malzemelerinin hidrolik özellikleri

Kuyu numarası	Koordinatlar, m		Test edilen malzemelerin indeksi	Su taşıyan malzemeler	Kuyu kapağı yüksekliği, m	Spot yüksekliği, m	Kuyu derinliği , m	Statik seviye yüksekliği m	Dinamik seviye yüksekliği , m	Su düzeyinin inmesi m	Tahliye, Q, l/saniye	Spesifik tahliye Q, l/sec	Su geçirgenliği T, $m^{2/day}$	Hidrolik iletkenlik katsayı kf, m/gün	Depolama Katsayısı µ* (S)	Spesifik verim µ* (Sy)
	X	Y														
127	548277.110	4001819.240	Db2	Dolomit kireçtaşı	16.80	17.10	36.00	1.67	-7.80	9.47	2.66	0.28	10.39	0.52	0.00520	0.21
131	548479.860	4001817.920	Db2	Dolomit kireçtaşı, breşler	24.71	24.96	44.00	1.80	-7.36	9.16	1.25	0.14	9.59	0.48	0.01300	0.23
159	548629.340	4001766.930	Db2	Dolomit kireçtaşı, breşler	7.65	7.93	30.00	1.58	-7.70	9.28	3.38	0.36	23.56	1.18	0.00190	0.02
207	549030.650	4001721.800	Db7	Dolomit kireçtaşı	8.20	8.47	30.00	0.99	-9.83	10.82	3.20	0.30	12.74	0.64	0.00047	0.31
319	549031.340	4001520.150	Db7	Dolomit kireçtaşı, Kalkerli killi taş	7.10	7.55	30.00	0.38	-5.60	5.98	3.82	0.64	28.24	1.41	0.00478	0.40
472	549586.910	4000875.120	Da	Dolomit kireçtaşı, Kalkerli killi taş	28.66	28.91	40.00	0.81	-2.04	2.85	3.07	1.08	67.31	3.37	0.00998	0.07
										Ortalama değer		**0.47**	**25.31**	**1.27**	**0.00589**	**0.21**
											Maks	**1.08**	**67.31**	**3.37**	**0.01300**	**0.40**
											Min	**0.14**	**9.59**	**0.48**	**0.00047**	**0.02**

6.3.2.4 YERALTISUYU DİNAMİKLERİ

Akışkan seviye kayıtları (bası ölçer) ile donatılmış 33 gözlem kuyusuna sahip hidrojeolojik ağ, Akkuyu sitesinde halihazırda bulunmaktadır (4, 4A, 4B, 6, 6A, 6B, 9, 12, 12A, 15, 15A, 15B, 16, 16A, 16B, 29, 49, 52, 56, 61, 63, 92, 97, 101, 113, 132, 253, 269, 273, 372, 462, 488, 502), seviyeler, sıcaklıklar ve yeraltı su kimyasal yapılarına ilişkin gözlemler yapılmaktadır.

Tüm gözlem kuyuları, Devoniyen su horizonunda yer almaktadır. .

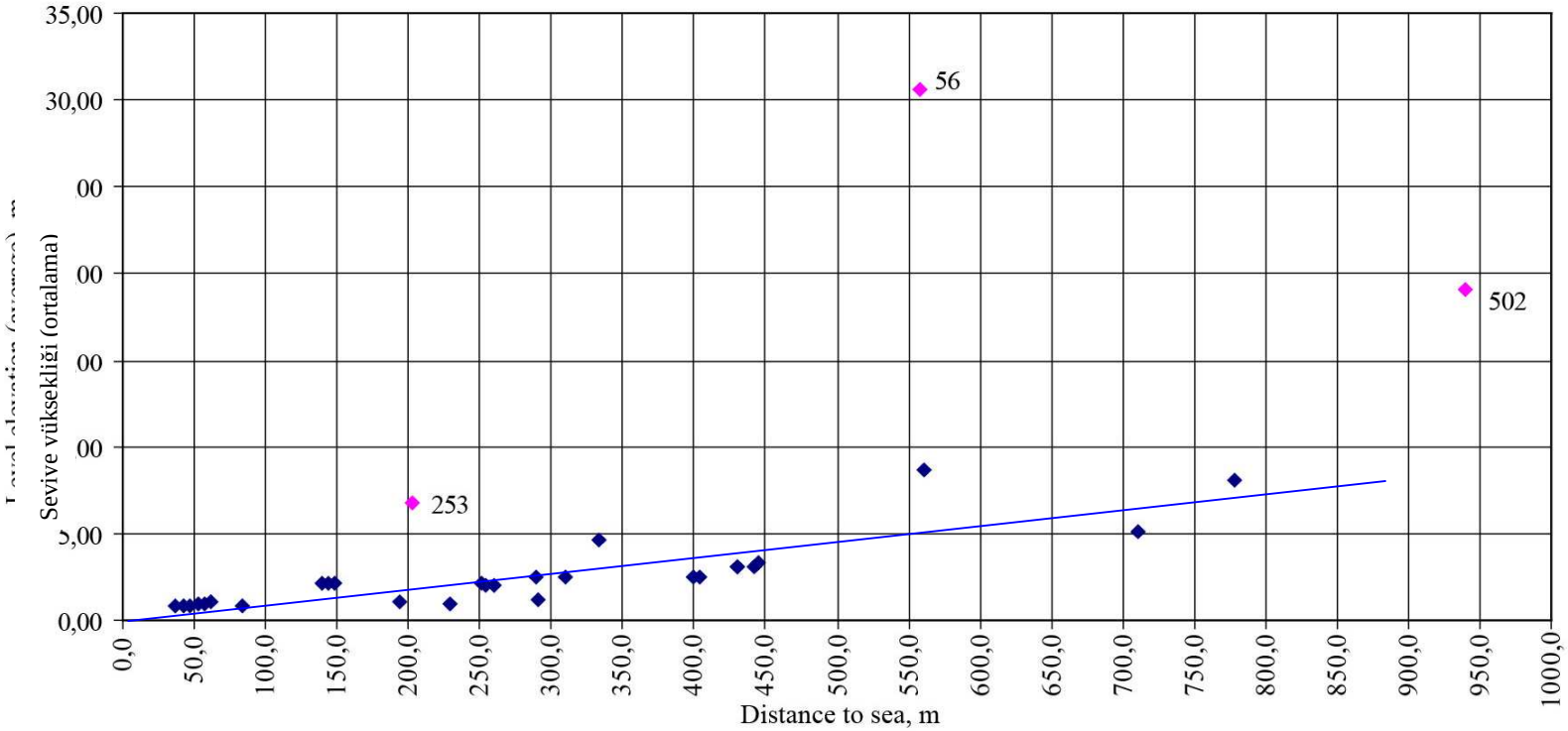
6.3.2.4.1 YERALTISUYU SEVİYESİ

Ekim 2011 ila Şubat 2013 arasında yapılan gözlemler için yer altı su seviyeleri, 0.12 – 11.23 derinlik aralığındadır (Yüksek kotlarda yer alan izole su su taşıyan katmanlar içeren 56 ve 502 numaralı kuyular ve seviyesi 2.59 ila 33.21 değerleri arasında değişen 63 nolu kuyu dışında).

Seviyelerin Denize olan mesafelerle ilgili şeması, Şekil 6/3.1'de verilmektedir.

0.77 ila 5.01 arasında değişiklik gösteren yükseklik seviyesi, ortalama 2.68 m'de görülmektedir. Yeraltısularının maksimum, minimum ve ortalama değerleri ve bunların değişkenlikleri, Tablo 6/3.3'de verilmektedir.

Yeraltısu seviyesi değişimi, daha önceki yıllardan elde edilen bilgi ve incelemelere dayalı olarak kurak ve yağışlı dönemlerde[6/34], 6 metreye ulaşabilir.



Şekil 6/3.1 – Denize mesafeden seviyenin bağımlı şeması

Tablo 6/3.3 Yeraltı suyu seviyelerinin maksimum, minimum ve ortalama değerleri ile gözlemleme süresi için farklılıklarının yükseklikleri.

Bası ölçer No	Koordinatlar, m		Yeraltı su yüksekliği, m			Yükseklik A, m
	X	Y	Ortalama	Maks	Min	
4	4001806.000	547946.000	2.18	3.99	1.35	2.64
4A	4001803.000	547942.000	2.17	3.95	1.04	2.91
4B	4001800.000	547938.000	2.17	3.92	1.08	2.84
6	4001993.000	548733.000	3.07	6.00	1.91	4.09
6A	4002003.000	548732.000	3.09	6.07	1.93	4.14
6B	4001998.000	548732.000	3.11	5.95	1.13	4.82
9	4001787.000	548365.000	2.51	4.84	1.66	3.18
12	4001791.000	548965.000	2.02	3.82	0.75	3.07
12A	4001795.000	548968.000	2.04	3.78	0.85	2.93
15	4001595.000	548577.000	1.02	2.34	0.34	2.00
15A	4001589.000	548577.000	0.93	2.27	0.46	1.81
15B	4001584.000	548577.000	0.91	2.24	0.44	1.80
16	4001624.000	548793.000	0.88	1.68	0.12	1.56
16A	4001619.000	548793.000	0.83	1.69	0.39	1.30
16B	4001614.000	548793.000	0.83	1.61	0.40	1.21
29	4002318.634	548927.916	8.03	11.23	6.41	4.82
49	4002113.031	547920.066	-	dry	dry	-
52	4002123.014	548228.151	8.66	9.33	8.05	1.28
56	4002109.607	548623.261	30.62*	33.19*	29.39*	3.80*
61	4002135.970	549126.937	5.08	7.78	2.77	5.01
63	4001994.666	547735.845	16.96*	33.21*	2.59*	30.62*
92	4001940.091	549103.217	3.31	4.89	2.36	2.53
97	4001864.620	548031.590	2.15	3.72	1.55	2.17
101	4001868.340	548230.650	2.49	4.51	1.71	2.80
113	4001875.415	548826.413	2.54	5.11	1.79	3.32
132	4001816.410	548531.190	2.55	5.44	1.74	3.70
253	4001616.513	548282.447	6.80*	9.24*	5.67*	3.57*
269	4001621.658	549131.705	0.90	1.84	0.61	1.23
273	4001560.810	547981.932	0.78	1.24	0.47	0.77
372	4001421.116	549238.468	4.59	7.44	3.34	4.10
462	4000974.550	549582.700	1.21	2.17	0.86	1.31
488	4001885.216	547582.978	1.11	1.48	0.60	0.88
502	4001095.965	550204.443	19.09*	21.50*	18.43*	3.07*
Not - Kabul edilmeyen değerler *işareti ile gösterilmektedir (kuyu 63) ve hesaplamaya dahil						

Bası ölçer No	Koordinatlar, m		Yeraltı su yüksekliği, m			Yükseklik A, m
	X	Y	Ortalama	Maks	Min	
edilmemektedir (56, 253 ve 502)						

Su taşıyıcı tabakadaki yeraltısu seviyesinin değişiklik gösteren örnekleri, Büyükeceli ve Akdere formasyonlarının çökeltileri ile sınırlı olarak Şekil 6/3.2'de gösterilmektedir.

Seviye değişimleri, iklimsel faktörler ve muhtemelen gelgitlerin etkisi altında yapılanmaktadır. Yeraltısu seviyelerinde değişiklikler direk olarak atmosfer yağışlarının miktarındaki mevsimsel değişiklikler ile ilgilidir. Maksimum seviyeler, Ocak ila Mart ayları arasında olup, minimum seviyeler ise Haziran ve Eylül ayları arasındadır. Bu aylar kurak aylar olarak nitelendirilmektedir. Anamur ve Güvenlik meteoroloji istasyonları için toplam aylık yağışların histogramı Şekil 6/3.3'de verilmektedir.

Rejim gözlemleri dikkate alınarak, süzülme değerleri öncelikle hesaplanmaktadır. Sahanın düzeltilen, nispeten düz olan kısımlarında yağışın %40, yükseltili kısımlarında ise % 6-10 arasında değişmektedir.

Aşağıdaki formül, hesaplama için kullanılmaktadır (Lebedev, 1989):

$$\Delta N^{+} = \mu \Delta H^{+} \qquad (6/3\text{-}1),$$

ΔN^{+} – süzülen ortamın kalınlığı, M;

μ – Su randımanı katsayısı (ortalama değer kullanılmakta ve 2012 bulguları için pompalama çalışmalarının sonuçları alınmıştır bakınız Tablo 6/3.2);

ΔH^{+} – seviye artış değeri, m (gözlem şemalarının incelenmesi ve takibinden sağlanan sonuçlar).

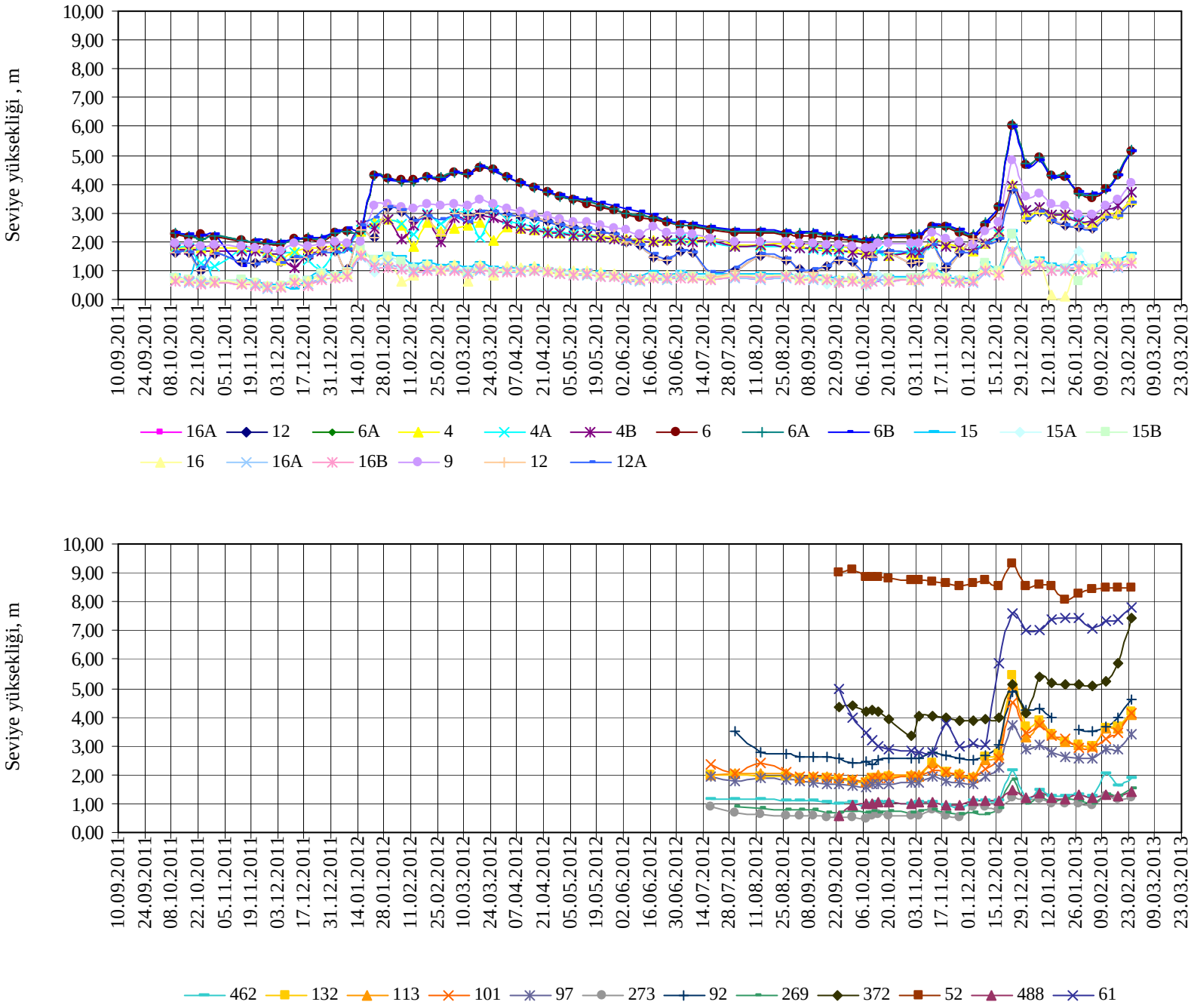
Oranlama, elde edilen filtreleme yeniden yükleme değerlerine ve bilinen yağış miktarına dayalı olarak yağış hacminin hesaplanmasından dolayı filtreleme oranı çerçevesinde yapılmaktadır. Bu hesaplar kaba hesaplar olup, daha sonraki bölümlerde açıklanacaktır.

Şekil 6/3.4'de hidrojeolojik haritada, Büyükeceli ve Akdere formasyonlarındaki yeraltısuları eş seviye konturları ile gösterilmektedir. 56, 63, 253 ve 502 nolu kuyulara ilişkin veriler dikkate alınmamaktadır.

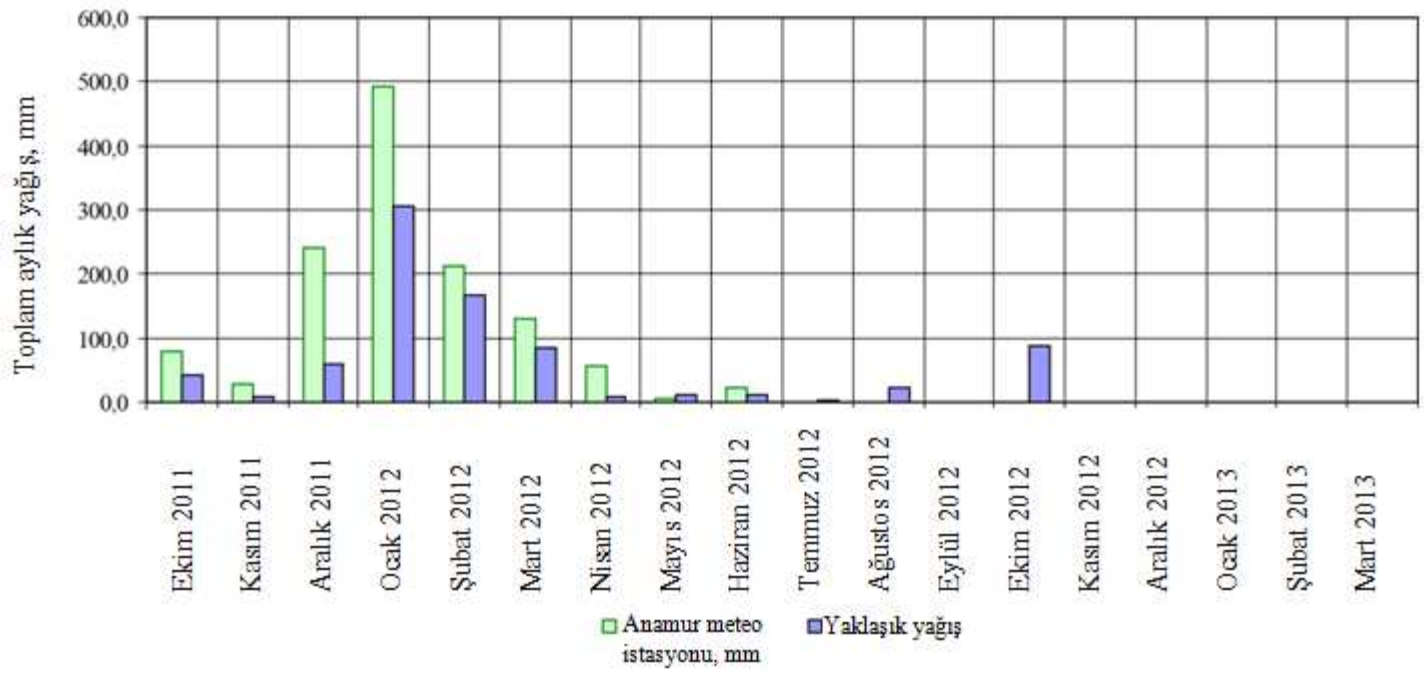
Görüldüğü gibi, yeraltısuyu, Akdeniz bölgesindeki bölgesel drenaja uyumlu genel bir yüzey eğimine sahiptir. Akış değişiklikleri 0.020 – 0.006 arasındadır.

Halihazırda, aktif su değişikliklerine yönelik derinlik değişimlerini (yeraltısuyu, beslendikleri alana göre yoğunluk göstermektedir), hidrojeolojik kesitteki tabakalanma (dikey

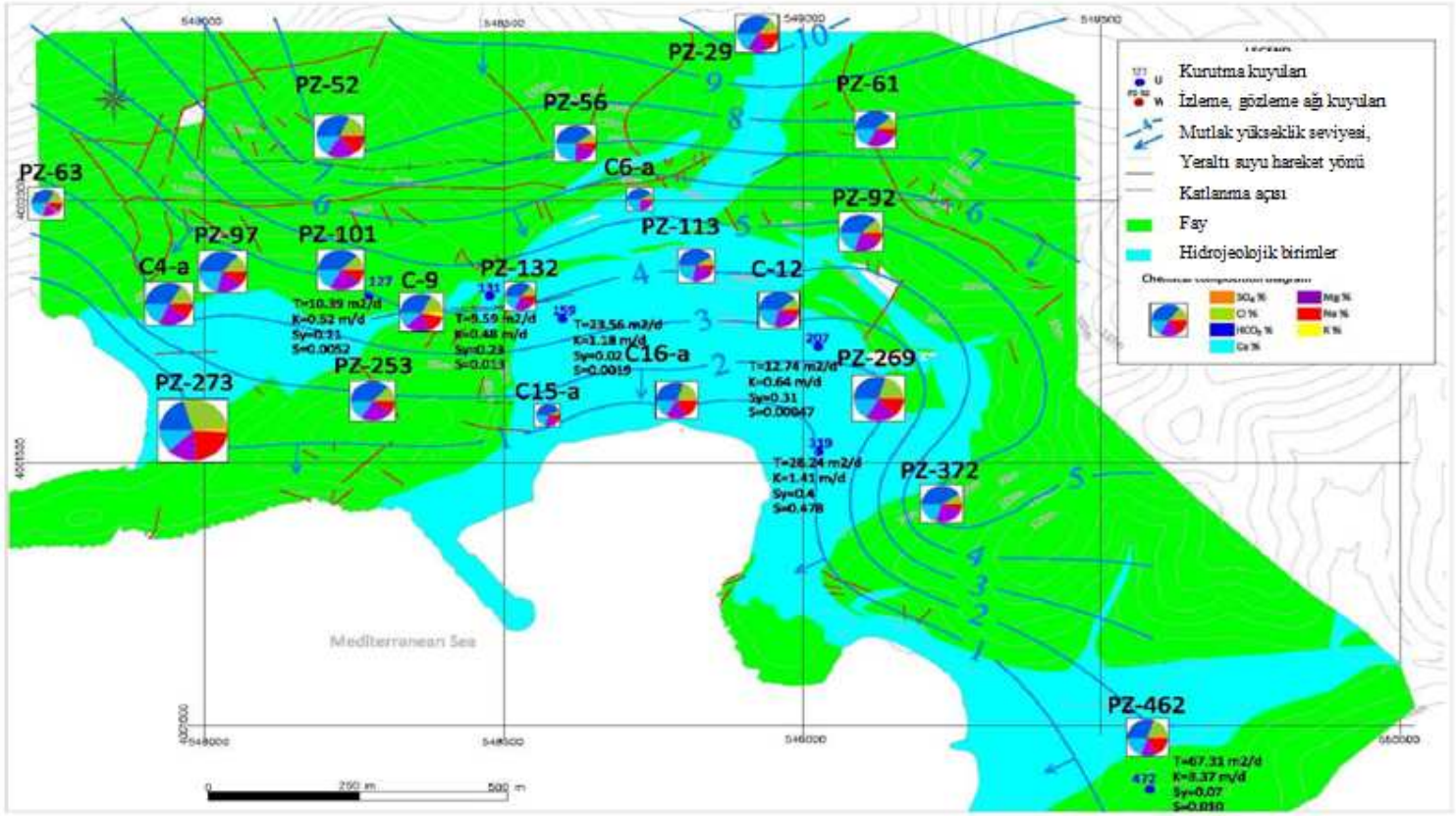
permeabilitenin değişimi), vb. değerlendirmek mümkün değildir. 3 boyutlu yeraltısuyu süzülme yapısının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yukarıda belirtilen hususlara ilişkin tüm gerekli bilgiler, mühendislik çalışmalarının ve araştırmalarının sonraki araştırmalarında sağlanacaktır.



Şekil 6/3.2 – Yer altı su seviyeli değişiklik grafiği, Büyükeceli ve Akdere formasyonları



Şekil 6/3.3 – Toplam aylık yağış histogramı



Not : Eş Su tablası eğrileri Devoniyen yaşlı akifer için yapılmıştır.

Şekil 6/3.4 – Bölgenin hidrojeolojik kontur haritası. (ölçek 1:10 000)

6.3.2.4.2 YERALTISUYU SICAKLIK REJİMİ

Ekim 2011 ila Şubat 2013 döneminde yapılan gözlem çalışmalarında, Devoniyen yeraltısu sıcaklığı, 14.9 ila 27.6 °C arasında değişiklik göstermiş ve ortalama 22.4 °C olarak hesaplanmıştır. Isı farklılık yükseklikleri, 0.3 (Kuyu no 56) ila 12.7 °C (Kuyu No 273) arasında değişmektedir ve ortalama 4.6 °C olarak hesaplanmaktadır.

Maksimum, minimum ve ortalama yeraltısu sıcaklığı değerleri ve bunların değişkenlik değerleri, Tablo 6/3.4'de verilmiştir.

En yüksek sıcaklık değişkenliği, Aksaz körfezinde yer alan 273 nolu kuyuda görülmüştür. Sahada gerçekleştirilen jeofiziksel çalışmalara dayalı olarak, saha, su taşıyıcı malzemelerin ayrılması ve deniz suyunun intrüzyonu ile farklılık göstermekte ve bu farklılıklar burada gözlemlenmektedir [6/77]. Muhtemelen, bu bölgedeki söz konusu su sıcaklığı değişkenliği, bu durumla ilgilidir.

Benzer sıcaklık varyasyonları, diğer kuyularda da gözlemlenmiş ve hava ve deniz su sıcaklık değişkenliği ile açıklanmaktadır.

Tablo 6/3.4 Yer altı su sıcaklığının maksimum, minimum ve ortalama değerleri ve bunların gözleme sürecine yönelik değişkenlikleri

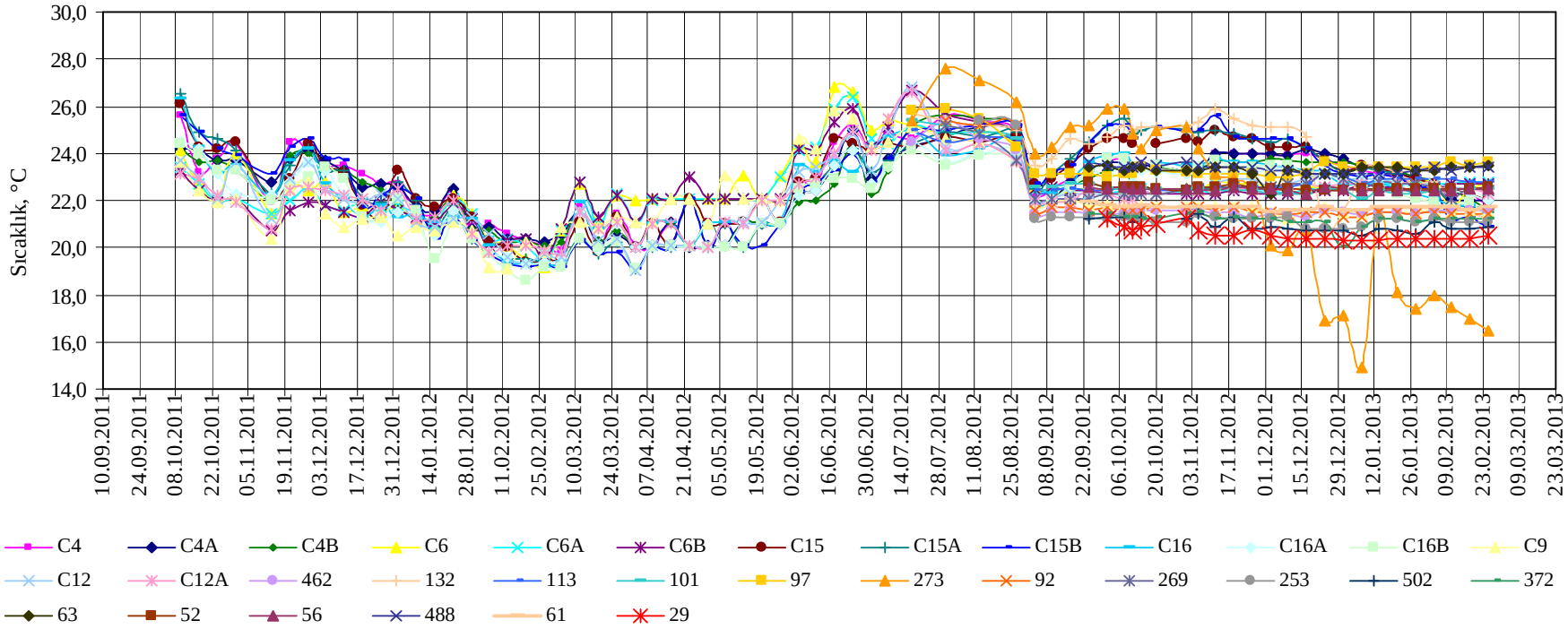
Basıölçer No	Koordinatlar, m		Su sıcaklığı, °C			Yükseklik A, °C
	X	Y	Ortalama	Maks	Min	
4	4001806.000	547946.000	22.7	25.6	19.9	5.7
4A	4001803.000	547942.000	22.6	25.1	20.0	5.1
4B	4001800.000	547938.000	22.5	25.6	20.1	5.5
6	4001993.000	548733.000	22.6	26.8	19.2	7.6
6A	4002003.000	548732.000	22.5	26.4	19.4	7.0
6B	4001998.000	548732.000	22.4	26.7	19.6	7.1
9	4001787.000	548365.000	21.9	25.8	19.1	6.7
12	4001791.000	548965.000	22.2	26.8	19.1	7.7
12A	4001795.000	548968.000	22.2	26.6	19.8	6.8
15	4001595.000	548577.000	22.9	26.1	19.4	6.7
15A	4001589.000	548577.000	22.8	26.5	19.1	7.4
15B	4001584.000	548577.000	22.7	25.6	19.1	6.5
16	4001624.000	548793.000	22.4	26.3	19.3	7.0
16A	4001619.000	548793.000	22.2	24.5	19.3	5.2
16B	4001614.000	548793.000	22.0	24.4	18.6	5.8
29	4002318.634	548927.916	20.6	21.2	20.3	0.9
49	4002113.031	547920.066	22.8	dry	dry	dry

Basıölçer No	Koordinatlar, m		Su sıcaklığı, °C			Yükseklik A, °C
	X	Y	Ortalama	Maks	Min	
52	4002123.014	548228.151	22.5	22.8	22.4	0.4
56	4002109.607	548623.261	22.5	22.6	22.3	0.3
61	4002135.970	549126.937	21.7	21.9	21.5	0.4
63	4001994.666	547735.845	23.3	23.5	22.3	1.2
92	4001940.091	549103.217	21.9	25.4	21.3	4.1
97	4001864.620	548031.590	23.5	25.9	23.0	2.9
101	4001868.340	548230.650	22.8	25.4	22.1	3.3
113	4001875.415	548826.413	22.9	25.0	22.4	2.6
132	4001816.410	548531.190	24.1	25.9	20.7	5.2
253	4001616.513	548282.447	21.4	25.4	20.8	4.6
269	4001621.658	549131.705	22.7	25.2	22.1	3.1
273	4001560.810	547981.932	22.1	27.6	14.9	12.7
372	4001421.116	549238.468	21.2	21.5	20.0	1.5
462	4000974.550	549582.700	21.9	25.4	21.3	4.1
488	4001885.216	547582.978	23.3	23.6	23.1	0.5
502	4001095.965	550204.443	20.9	21.4	20.5	0.9

Yeraltı su sıcaklık varyasyon grafiği, Şekil 6/3.5 ‘de verilmektedir.

Grafikten görüldüğü gibi, sıcaklığın maksimum değeri, sıcak aylarda görülmektedir (Haziran-Eylül/Ekim) , minimum değerler ise soğuk ve yağışlı aylarda görülmektedir (Ocak-Nisan).

Yeraltısu seviyesi ve sıcaklığı, seviyeyi yükseltmek ve ısıyı düşürmek gibi ters orantılıdır.

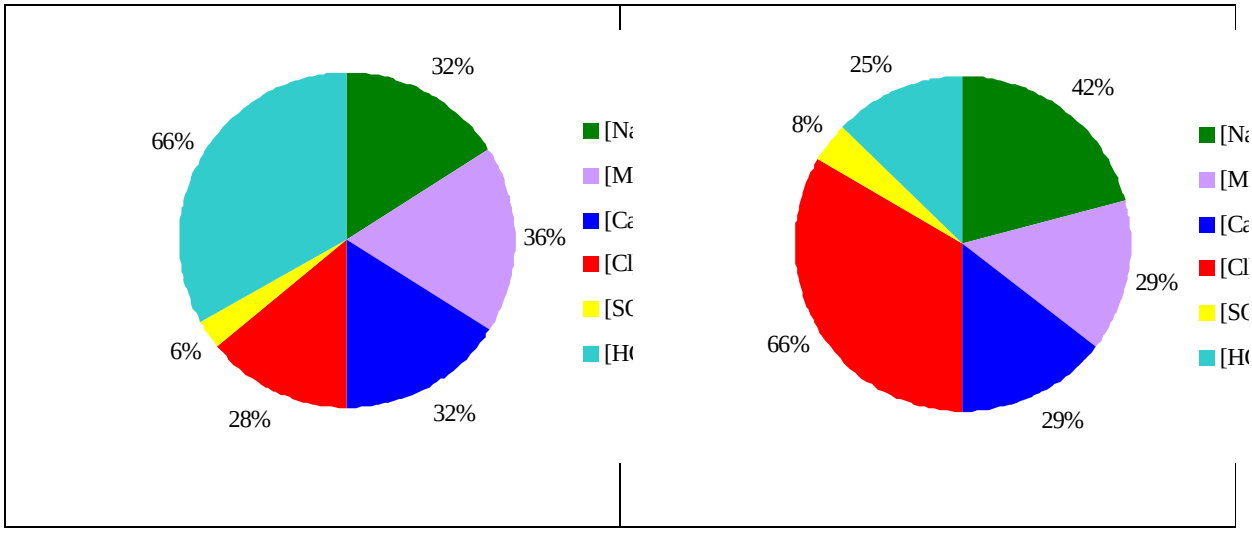


Şekil 6/3.5 – Yeraltı su sıcaklığı varyasyon grafiği

6.3.2.4.3 YERALTISUYU KİMYASAL YAPISI

Gözlem döneminde piezometrik ağ kuyularından 96 su numunesi alınmıştır.

Kimyasal yapı ile, Devoniyen su taşıyıcı malzemeler öncelikle hidro karbonat ve 0.3 - 1.0 g/l (ortalama 0.7 g/l) mineral içeriğe sahip karışımlı yapıya sahip olan hidro karbonatlar ve klorid hidro karbonatlardan oluşmaktadır. Kıyıda yer alan kuyulardan alınan ayrı numunelerde, su, hidro karbonat klorid ve klorid sodyum kalsiyum ve tuzlu mineral içeriği oluşturmaktadır. Ortalama kimyasal yapı şemaları, Şekil 6/3.6'da verilmektedir.



A) B)

Şekil 6/3.6 – Yeraltı suyu kimyasal yapı şemaları (A-ana bölge, B-sahil alanı)

pH değeri, 6.81 ila 8.16 arasında değişiklik göstermekte olup, ortalama 7.29'dur (nötr su) .

NO_2- ve NO_3- iyonlarının bulunması genellikle tüm numunelerde rastlanan ortak sonuçtur ve mevcut numunelerde içerik .3 mg/l (NO_2-) ve 67,3 mg/l (NO_3-) arasındadır. Bu iyonların artan içeriği, antropojenik kirlenmeye ilişkin kanıt sağlamaktadır. Demir iyonları aynı zamanda bazı numunelerde de bulunmaktadır.

Ortamın yeraltısuyu, beton ile ile agresif olmayan pH HCO_3- içeriği ve karbon dioksit agresif özelliktedir.

Kurşun kaplı kablolarla olan su etkileşimi pH ile zayıf (%75) ve Medyum agresif (%25) ve toplam sertlik ve NO_3- içeriği ile zayıf agresivlikten yüksek agresifliğe değişmektedir.

Aliminyum kaplı kablolarla olan su etkileşimi pH ile zayıf (%75) ve Medyum agresif (%25) Cl- iyin içeriği ile yüksek agresif (%85) ve Fe iyon içeriğiyle (Fe^{2+}+Fe^{3+}).agresif olmayan (%40) ve zayıf agresif (%60) arasında değişmektedir.

6.3.2.5 HİDROJEOLOJİK ORTAM MATEMATİK MODELİ GELİŞİMİ

Komplike hidrojeolojik şartların dikkate alınması ve teknojenik müdahale etkilerinin süzülme özellikleri üzerindeki etkisi, araştırma yöntemi olarak hidrojeolojik modellemenin etkinliğini ve başarısı saptamaktadır.

Filtreleme modelinin gelişimi, çeşitli aşamaları içermektedir:

Hidrojeolojik şartların şemalandırılması;

Mekansal modelin analizi;

İç ve dış model sınırlarının belirlenmesi ve sınırlama şartları. Hidrodinamik sınırlar ve bunların fiziksel ve matematiksel sunumları, genel hidrodinamik durum ve haritalardan seçilecektir (topogrofik, jeolojik, yeraltı su derinliği, yeraltısu su haritaları vs gibi durumlar).

Profil sınırlarının saptanması (tüm hesaplanan tabakanın alt ve üstünün mutlak işaretlerle tanımlanması);

Su taşıyan malzemelerin filtre parametreleri (daha önceki yıllarda ve günümüzde tamamlanan çalışmaların bulgularını dikkate alarak hidrojeolojik bilgilere dayalı olarak sağlanmıştır);

Su taşıyan ortamların hidrolik ilişkileri (dikey filtreleme katsayısı Kz ile modelden alınmıştır);

Filtrelemenin yeniden yapılması (modelde, aylık yapılan çalışmalar a ilişkin yoğunluk hesapları oluşturulmaktadır ve bunların yanı sıra yeraltısu akışlarına ilişkin bilgiler kullanılmaktadır).

Mühendislik jeolojik araştırmalarının ve çalışmalarının bulguları, yeraltısularının test edilmesi, laboratuvar araştırmaları, 2011-2012 yıllarında yapılan yeraltı su seviyelerinin incelenmesi ve gözlenmesi, Akkuyu NGS bölgesindeki hidrojeolojik şartlar ve jeolojik şartların belirlenmesi esasında kullanılmıştır.

2. Ters modelleme (model kalibrasyonu). Filtreleme modeli kalibrasyonu, tüm sondajlar için yeraltı su seviyelerinin inceleme verileri ile kıyaslanmaktadır. Su bütçesi ek olarak kontrole tabi tutulmaktadır Gözlem verileri ile uygun sağlamak üzere, tersten problem çözme yöntemi kullanılmaktadır. Hesaplanan tabakaların filtreleme parametreleri, süzülme beslemesi miktarı hesaplanmaktadır.

3. Filtreleme probleminin rakamsal çözümü, MODFLOW yazalım paketi sayesinde sağlanabilir. Filtreleme problemi, en güvenilir sonuca ulaşmak için uygun yöntemlerle çözüme

kavuşturulmakta ve sağlaması yapılmaktadır. Doğal dağıtım haritası, bu çalışma altında filtre probleminin bir sonucu olarak çıkarılmaktadır.

4. MODPATH yazılımı, süzülme akış yapısının ayrıntılı bir şekilde çalışılması için kullanılmaktadır. Süzlme akış verisi, maksimum konsantrasyon hareketinin takibi ve izlemesine imkan sağlamaktadır ve yer değiştirme probleminin çözümünde kontrol noktası olarak tanımlanmaktadır.

6.3.2.6 YERALTISUYUNDA RADYONÜKLİD YER DEĞİŞTİRME

Yeraltısuyu ile meydana gelen Radyonüklit migrasyon, NGS alanındaki su ortamının radyasyon ve sanitasyon şartlarını belirler.

Radyonüklit migrasyon, yeraltı suyundaki sıcaklık ve kütle transferi anlamına gelmektedir.

Süzülen su ile su parçacıklarının hidrolik olarak taşınmasından kaynaklanan konvektif taşıma, su taşıyıcı horizona kirlenmiş solüsyonların transferi durumundaki radyonüklit migrasyondur.

Sonraki migrasyon mekanizması, kirlilik kaynaklarını hesaba katarak akışkan sıvıların hatları ile birlikte su parçacıklarının ortalama yolları ile sınırlanan alan dışındaki kirlilik ön ve çıkış konsantrasyonunun sulandırılmasına neden olan hidro yayılımdır (planlı). Yan (profil) hidro yayılım, dikey akışkanlık unsurları ile birlikte, akış derinliğiyle kirliliğin taşınmasında rol oynar. Radyonüklit emme ve bunların radyoaktif düşüşü, konvektif hidro yayılım naklini zorlaştırır.

Yeraltısuyu ile radyonüklit transfer modeli, akış çözümlerine dayalıdır [6/169]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left[D_{ij} \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{C}{\rho K_d + \vartheta} \right) - V_i \frac{C}{\rho K_d + \vartheta} \right] - \lambda (C - C^m) + Q \quad , \qquad (6/3\text{-}1)$$

burada: C – toplam konsantrasyon, Ci/m^3;

C^m – eş radyonüklitlerin konsantrasyonu;

ϑ – nem içeriği, boyutu olmayan parametre; doymuş durumda $\vartheta = n_a$, burada n_a – aktif porozite;

ρ – kuru toprak yoğunluğu, kg/m^3,

K_d – dağıtım katsayısı, m^3/kg;

V_i – süzülme akışı (Darcy akışkanlığı), m/saniye,

D_{ij} – dağılım katsayısı; m^2/sec; $D_{ij}=D^*+D^{ij}$, где D^* – yayılımın etkin katsayısı, D^{ij} – hidrodinamik dağılım katsayısı; $D^{ij}=\alpha_t|V|\delta_{ij}/\vartheta+(\alpha_l-\alpha_t)V_iV_j/|V|/\vartheta$; δ_{ij}- – Kronecker sembolü, α_l – boylamsal ve α_t – yanal yayılım, m;

λ – bozunum sabitliği, l/saniye (radyoaktif elementler için);

Q – kirliliğin akışkanlık oranı ve tersine transfer akışkanlığı, Bq/m^3/sec;

t – zaman, saniye

Bir problemin boyutuna ilişkin i ya da j belirlenmelidir. 3-boyutlu opsiyon için i yada j eşittir, X yatay ekseni için 1, y ekseni için 2 ve Z dikey ekseni için 3'tür.

Denklemin tüm üyeleri, (6/3-1) migrasyon parametreleridir.

Migrasyon parametrelerinin belirlenmesi, laboratuvar ve alan araştırmalarının bulgularına dayalıdır.

Su taşıyan tabakalarda konvektif madde naklinin yoğunluğunu kontrol eden temel migrasyon parametresi, kapasitesine bağlıdır: kimyasal olarak nötr bileşenler bağlamında, bu aktif porozitedir, çatlaklılıktır (n_a).

Radyonüklit migrasyon hesaplamaları, sahayı oluşturan zemin yapısı özelliklerinin saptanmasını gerektirmektedir (havalandırılmış bölgenin toprakları, su emme ve suya dayanım). Soğurma özelliklerinin saptanması, özel laboratuvarlarda yapılmalıdır. Kaya emme özelliği, test edilen numunenin bir gramı ile emilen mg-eq olarak tanımlanan hacim kapasite katsayısı (VCC) ile nitelendirilmektedir ve dağıtım katsayısı (Dc), denkleştirme hacmi ve içeriğine bağlı olarak hesaplanmalıdır.

Yeraltı su kirliliğinin hesaplanması için gerekli temel filtreleme parametreleri, aşağıda belirtilmektedir:

- Havalandırılmış bölge kayalarının hidrolik iletkenlik katsayısı;
- Havalandırılmış bölge kayalarının saturasyon açığı;
- Su taşıyan kayaların hidrolik iletkenlik katsayısı;
- Su taşıyan kayaların su kaybı;
- Su taşıyan ortamların iletkenliği;
- Süzülme için beslenimin hacmi;
- Havalandırılan alanın kapasitesi,
- Akış gradienti;

– Süzülme oranı.

Ön kestirim değerlendirmeler, aşağıda belirtilen radyonüklitlerin migrasyon özelliklerine ilişkin olarak sağlanmaktadır: Stronsiyum ^{90}Sr, Sezyum ^{137}Cs ve Kobalt ^{60}Co (yapıya has radyonüklitler). NGS atık tuzlarının bulunması durumunda (100gr/l konsantrasyonlu sodyum nitrat), kumlar düşük ya da Strontyum-90 eğiliminin düşük göstermektedir ancak aynı şartlardaki Sezyum emilimi -137 önem arz etmektedir. Bu nedenle, atıkların temel radyonüklitleri, Sezyum-137, çevreye sıvı atık girişi durumunda çokta mobil olmayacaktır.

Bunların yanı sıra, Stronsiyum-90 migrasyonu, büyük migrasyon kapasitesi ve büyük tehlike arz eden durumlar için hesaplanacaktır.

Geliştirilmiş süzülme modeli, NGS de dizayn sonrası kaza durumlarında su taşıyan katmanlara radyonüklit akını olması durumunda etkiyi değerlendirmeye imkan sağlar.

6.3.2.7 KARSTLAŞMA İLE HİDROJEOLOJİK ŞARTLARIN İLİŞKİSİ

Karstlaşma, su taşıyıcı katmanın su iletimi ve kapasite özelliklerini etkilemek için önemli durumlardan biridir.

Demirtaşlı grup tarafından 1982 yılında hazırlanan rapor [6/56], NGS sahasındaki karst gelişimine ilişkin ayrıntılı bilgi sağlamaktadır.

[6/56] temel kayalar altındaki karbonatlı kayaçlar, korozyon ve karstlaşmaya tabidir. Ancak, yüzeyin haritalandırılması ve kazılar, kuyu araştırmaları, jeofiziksel araştırmalar, jeoelektrik araştırmalar, mikro gravite ve sismik araştırmalar, Büyükeceli formasyonunda karstlaşmanın çok büyük olmadığını göstermektedir.

Karst boşluklarının iki türü, araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir. Büyük ve yoğun karst yapısı, Pliosen-Kuvaterner breşinde ve breşin kendisi ile üst Büyükeceli formasyonunun temas noktasındadır. Açılmalar, 30 cm genişliğinde ve 15 m uzunluğundadır. Bu karst yuvaları, kızıl toprak ile doldurulmuştur. Benzer türdeki ve boyuttaki boşluklar , Büyükeceli formasyonunun üst kısmında tespit edilmiştir.

Büyükeceli formasyonundaki ikinci tip karst oluşumu, “peakarst” olarak anılmaktadır. Bunlar, boyutları 1 ila 10 cm arasında değişen boyutlardaki boşluklardır ve boyutları ve yoğunlukları derinlik ile azalmaktadır. Fay karstları, 20-30 m arasındaki derinlikte mümkündür ancak jeoteknik sondaj bulguları ve TV log gözlemleri, 30 m altındaki karst formasyonunun düşük olduğunu ya da hiç olmadığını göstermektedir.

Kayaçların düşük geçirgenliği, Basınçlı su ve pompalama testleri ile belirlenmiş, ayrıca kayaç ortamdaki boşluk ve gözenekli ortamların az olması Büyükeceli formasyonunun karbonat aktivitesinin düşük olduğunu doğrulamaktadır.

2012 [6/78] yılında yapılan jeofizik araştırma sonuçlarına göre yaklaşık 300 karst oluşumu belirlenmiş, bu boşlukların %75'i 2 metreden daha ince boyutta ve %25'i yeraltısuyu tablası altında yer almaktadır. Bulunan boşluklar genelikle kum ve killi malzeme ile doludur. Derin karst formasyonları yakın önemli yapısal bir jeolojik elementdir

Bu nedenlerden ötürü, aşağıdaki sonuçlara ulaşılması mümkündür: Büyükeceli'de yer alan karstlaşma, su taşıyan horizon kapasitesinin artışını göstermemektedir; su taşıyan horizonların kapasitesi, gözenekli, çatlaklı, fay ve kırılma zonlarının bulunması ile saptanmaktadır. Tabakanın geçirgenliği, açık karst çukurları nedeniyle gelişebilir; bu çukurlar kum ve killi malzemeler ile doldurulmuş olup, karst çukurları üzerinde önemli bir etkileri bulunmamaktadır.

Bunların dışında, bölgedeki karstlaşma, yeraltı sularının oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır ve Akkuyu bölgesinin, yeraltı su sirkülasyonu sisteminin bir parçası olarak görülmektedir. Bu yüzden, su içindeki araştırmaların bir parçası olarak, bu çalışmaların yapılması ve uygulanması önem arz etmektedir.

6.3.3 AKKUYU NGS SAHASININ ZEMİN/KAYA ÖZELLİKLERİ

6.3.3.1 DAHA ÖNCEKİ ARAŞTIRMALARIN SONUÇLARINA DAYALI OLARAK ZEMİN/KAYALARIN FİZİKSEL-MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Mühendislik-jeolojik koşullar ve Akkuyu NGS bölgesi zeminleri/kayaları, 1976-1982 yılları arasında yapılan jeolojik mühendislik araştırmaların sonuçlarına göre incelenmiştir ve bu konuyla ilgili detaylı çalışmalar yapılmıştır [6/223].

Akkuyu NGS bölgesinde, aşağıda belirtilen çökeltiler görülmektedir: Kuvaterner Alüvyon ve çökeltili bırakıntılar ve toprak-bitki atıkları, temel Orta Devoniyen Büyükeceli formasyonunun üzerinde yer almaktadır ve yarı karbonatlı çökeltili kayalar da bu alanda yer almaktadır (Dolomit kireçtaşı, dolomitler). Temel kaya çökeltileri, eğimli tabakalanma, heterojenik yapı ile nitelendirilmekte ve kırıklı yapıya ve bozuşmaya göre değişiklik göstermektedir..

Yapılan çalışmalara göre, kökeni dikkate alınarak, litolojik içerik ve zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri dikkate alınarak 3 ana jeoteknik ortma tanımlanmıştır:

- Üst tabaka (T-tabakası);

- Temel kaya üst katmanı (U-tabakası);
- Temel kaya alt tabakası (L-tabakası).

Katmanların temel jeoteknik parametreleri, Tablo 6/3.5'de sunulmaktadır:

Jeolojik ve jeoteknik bakış açısıyla iki farklı katmanın kolay bir şekilde tanımlandığına dikkat edilmelidir.

Farklı jeoteknik katmanlarla ilgili Büyükeceli formasyonunun ayrımı, önemli ve ayrıntılı değerlendirme gerektirmekte ve bir bütün olarak temel kayaların özellikleri, kaya yapıları ile tanımlanmakta ve temel kayaların korunmuşluğu, kırıklılığı ve heterojenliği, temel kaya bozuşması ve karst gelişimi üzerinde etkili olmaktadır.

Jeoteknik açıdan bakıldığında, Büyükeceli formasyonunun temel kayaları, iki katmana bölünmektedir: Çok kırıklı, zayıf tabakalı, bozuşmuş, Temel kayanın üst tabakası (U-katmanı)ve temel kaya (L katmanı).

Bu katmanlar arasındaki sınırlar, açık bir şekilde ifade edilmeyecek kadar görünür ancak arazi ve laboratuvar çalışmaları bunların varlığını ortaya konulmaktadır.

Farklı kriterler dikkate alınarak, üzerinde çalışma yapılan kayaların katmanlarının saptanmasında, U ve L katmanları üzerinde durulmaktadır. Bu kriterler, önem sıralarına göre iki kategoriye ayrılmaktadır:

- Kırıkların yerlerinin frekansı dikkate alınarak oluşturulan ilk kriter, geçirgenlik değeri ve boylamsal dalgaların akışkanlığı (Vp).
- Kaya kalite indeksi (RQD), bozunma derecesi, sondaj ilerleme hızı, techiz boyu, presiyometre test sonuçlarına göre deformasyon modülü ve kayaçların görünür direnci dikkate alınarak ikinci kriteri oluşturmaktadır. En üst katman (T-katmanı)

Üst katman, alüvyon ve eluviual-deluvial ile ilgili kuvaterner birikintilerde tanımlanmakta ve aynı zamanda, toprak-bitki katmanlarında yer almaktadır. T katmanı yerel olarak, Orta Devoniyen Büyükeceli formasyonu üzerinde bulunmaktadır ve organik karışımların dağılımından sağlanmaktadır.

Tabaka kalınlığı, 0 ila 4.5 m arasında değişiklik göstermektedir.

Temel kayanın üst katmanı (U-tabakası)

Temel kayanın üst katmanı (U-tabakası), Orta Devoniyen Büyükeceli formasyonunun temel kaya çökeltilerine tahsis edilmiştir ve fay hatları, kırılma ve kopma noktaları ile birlikte T katmanı çökeltileri altındaki yüzeyi göstermektedir.

Çökeltiler, tortu özelliğinde olan ve yarı karbonatlı kayalardır, bunlar özellikle Dolomit kireçtaşı, dolomit ve kalsit damarlı, marn, şeyl, kum taşı ve kuvarsit mercekleri içermektedir.

Üst bölümdeki U katmanının bir parçası olarak, iyi çimentolanmış karbonat breşleri, Kuvaterner dönemin öncesinde saptanmıştır. Çimentodaki kireç içeriğinden dolayı, breşler, büyük ölçüde karbonata maruz kalmıştır ve küçük oyuklar ve kumla ve kireçle doldurulan mağaraların varlığı ile nitelendirilmektedir. Breşlerin kalınlığı, 1 - 4.8 m'dir.

Temel kayaların alt tabakası (L-tabakası)

Temel kayaların alt tabakası (L-tabakası), Orta Devonian Büyükeceli formasyonun çökeltilerinde saptanmıştır ve U katmanındaki çökeltiler üzerindeki kayalar ile nitelendirilmektedir.

Atıklar/çökeltiler, tortul özeliğinde olan kayalar olup, yarı karbonatlı kayalardan oluşmakta ve özellikle dolomit ve kalsit, kum taşı ve kuvartz özellikleri taşımaktadır. L katman kalınlığının yaklaşık olarak 200 metre olduğu düşünülmektedir.

Aksaz havzası alüvyon çökeltileri.

Aksaz alanı, bölgenin batısına doğru tabakalanmıştır (sondaj No 84, 85, 88 ve 89). Jeoteknik şartları ilginçtir ve soğutma suyu tahliye yapısı ile ilgili çalışmalar bu bölgede yürütülecektir.

Bu tabaka, alüvyon kil çökelleri, , kum ve çakıllı killi silt ile temsil edilmekte ve kısmen organik kalıntılar, kum, alüvyon gravelleri ve parçalı kumlardan oluşmaktadır.

Bu konuya ilişkin mevcut bilgilerin yeterli olmadığı ve ayrıntılı jeoteknik özellikleri geliştirmek için daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulduğu elzemdir. Bu nedenle, Tablo 6/3.5'de verilen bilgiler sadece bu çökeltilerin jeoteknik özellikleri için yaklaşık değerleri sunmaktadır.

Tablo 6/3.5 – Temel Jeoteknik Özellikler ve Belirlenen Katmanların Fiziksel – Mekanik Parametreleri , [6/223]

Jeoteknik katmanlar	Kırık frekansı	Kaya kalite indeksi , RQD, %	Yoğunluk , ρ, g/cm^3	İçsel sürtünme açısı φ, ...°	Spesifik kohezyon, C, kPa	Deformasyon modülleri, E, MPa	Dinamik kayma modülü, G, MPa	Poisson oranı, μ	Geçirgenlik katsayısı, k · 10^{-4}, m/s
T-katmanı	-	0	1.70-2.00	28-38	0-20	5-30*	-	-	-
U-katmanı	≥ 15/m	10.5	2.25-2.60	20-35	0-200	1000-3000 yerel olarak ≥ 20)	1600-2500	0.35-0.40	1.5-3.5 msl üstünde 0.5-1.5 msl altında
L-katmanı	7-≥15/m	21.2	2.50-2.75	30-45	0-500	2500-5000 (yerel olarak ≥ 800)	5000-5400	0.30-0.40	0.09-05
Aksaz alüvyon çökeltileri	-	-	1.50-1.90	20-38	0-10	3-7*	-	-	-
** * ile belirtilen deformasyon modüllerinin değeri, test sonuçlarına göre verilmiştir.*									

6.3.3.2 2011 YILINDAKİ MÜHENDİSLİK-JEOLOJİK ARAŞTIRMANIN SONUÇLARINA DAYALI ZEMİN/KAYALARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bölgedeki üst toprak tabakası, ön tasarımlı mühendislik jeolojik araştırması ile çalışılan alanda incelenmektedir ve kuvertener çökeltileri bu alanda gözlenmektedir (alüvyon ve ilgili tortular, toprak, bitki kalıntıları ve insan kaynaklı suni formasyonlar). Akdere ve Büyükeceli formasyonları, Üst ve Orta Devonian dönemle ilişkilidir.

Temel kaya çökeltileri, sedimanter karbonat kayaları ve düzensiz yapılara sahip, bütünlüğü olmayan kırık ve iklim koşullarından etkilenmiş kayalar tarafından temsil edilmektedir.

Ön tasarımlı mühendislik araştırmalarının bölgede yürütülmesine rağmen, sahanın karmaşıklığı ve yapısından ötürü, Büyükeceli ve Akdere formasyonlarının birimlerini birbirinden ayırmak pekte mümkün değildir (mühendislik jeolojik katmanları ve unsurlarının tanımlanması). Bu nedenden ötürü, fiziksel ve mekanik özellikler, litolojik farklılıklar sondaj çalışmaları esnasında sunulmaktadır.

Sondaj çalışmaları sonucunda, alanın jeoteknik araştırması ve laboratuvar çalışmaları, fiziksel ve mekanik özellikleri, 10 litolojik farklılık için saptanmıştır.

Kaya Kalitelerinin Belirlenmesi (RQD, %) dağılımı ile litolojik değişiklikler, Tablo 6/3.6'da sunulmaktadır.

Tablo 6/3.6 – Sondaj kuyularında RQD Dağıtımı

Litoloji	Sondaj kuyu numarası	Kaya Kalite Sınıflaması RQD, %			
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
(2) dolomitik kireçtaşı	C-1	100	-	-	-
	C-2	52	9	27	12
	C-3	52	48	-	-
	C-4	-	25	-	75
	C-5	72	23	2	3
	C-6	45	35	20	-
	C-8	81	19	-	-
	C-10	66	34	-	-
	C-11	83	17	-	-
	C-12	100	-	-	-
	C-13	100	-	-	-

Litoloji	Sondaj kuyu numarası	Kaya Kalite Sınıflaması RQD, %			
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
	C-14	63	31	6	-
	C-15	80	20	-	-
	C-16	35	50	15	-
	C-17	100	-	-	-
	C-18	83	17	36	-
	C-19	6	14	54	54
	C-20	8	8	-	30
(3) Megabreşler	C-3	100	-	-	-
	C-4	18	82	-	-
	C-6	-	97	3	-
	C-8	66	34	-	-
	C-10	76	13	11	-
	C-11	32	68	-	-
	C-13	55	40	5	-
	C-14	-	100	-	-
	C-15	50	38	9	2
	C-16	-	24	76	-
	C-19	-	100	-	-
	C-20	-	36	32	32
(4) Çamur taşı	C-3	100	-	-	-
	C-4	100	-	-	-
	C-18	100	-	-	-
	C-19	69	-	31	-
(5) Vake taşı	C-4	-	-	100	-
	C-6	29	15	19	37
	C-19	-	14	43	40
(6) Kuvarslı kum taşı	C-4	76	24	46	-
	C-6	-	100	-	-
	C-8	100	-	-	-
	C-14	69	-	31	-

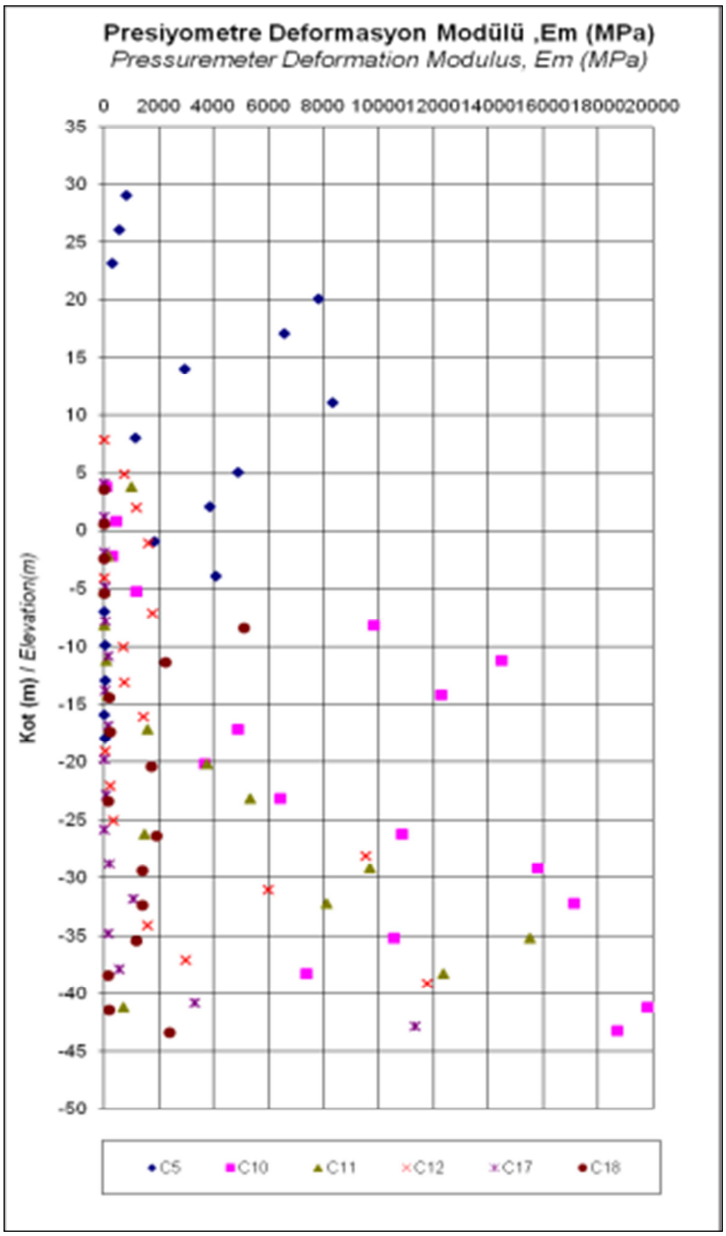
Litoloji	Sondaj kuyu numarası	Kaya Kalite Sınıflaması RQD, %			
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
(7) Vake taşı/çamur taşı	C-14	-	41	59	-
	C-19	15	26	37	22
(8) Boşluk dolgusu	C-4	36	-	64	-
	C-17	100	-	-	-
(9) Kırık zonu	C-3	100	-	-	-
	C-7	100	-	-	-
	C-8	100	-	-	-
	C-9	100	-	-	-
	C-12	100	-	-	-
	C-14	100	-	-	-
	C-17	100	-	-	-
	C-18	100	-	-	-
	C-16	100	-	-	-
(10) Dolomitik kireçtaşı-breş ardalanması	C-7	24	35	32	9

Basınç ölçme testlerinin sonuçlarından elde edilen Menard elastiklik modül değeri, Tablo 6/3.7'de sunulmaktadır.

Tablo 6/3.7 – Birimlerin Elastikliğine ilişkin Menard Modülleri

Litoloji	Sondaj borusu	Em, MPa
Dolgu 1	C-12	722
	C-17	30 - 35
Dolomit kireçtaşı 2	C-5	Üst Seviye: 292 - 800
		Derinlik: 1140 - 8319
	C-10	7365 - 19795
	C-11	Yüksek kısımlar: 20 - 995
		Hafif ve orta derecede havalandırılan kısımlar :1576 - 9698
	C-12	715 - 2980
	C-17	152
	C-18	1400 - 5100
Breş/megabreş 3	C-10	300 - 9850
	C-11	690 - 1550
Kırık zon 9	C-5	20 - 25
	C-7	50 - 450
	C-12	20 - 570
	C-18	200 - 220

Basınç ölçer deformasyon modülü vs.Yükseklik grafiği, şekil 6/3.7'de verilmektedir.



Şekil 6/3.7 – Basınç ölçer Deformasyon Modülü Yükseklik Grafiği

Litolojik değişiklikler için toprakların fiziksel mekanik özelliklerinin laboratuvar test sonuçları Tablo 6/3.8'de sunulmaktadır.

Tablo 6/3.8 – Test Sonuçları

Litoloji	Tek eksenli basınç güç σc, MPa	Birim ağırlığı ρ, kN/m3 (kuru hava)	Kohezyon c, MPa	Friksiyon açısı (derece	Young modülü E, MPa	Poisson Oranı μ	Düzeltilen nokta yük indeks Ip (50), MPa
Dolgu (1)	-	-	-	-	-	-	2.20
Dolomitik kireç taşı (2)	5-40	22.90-29.43	0-23	39-41	3068.97-17066.12	0.11-0.26	0.28-8.19
Mega breş(3)	9.27-65.93	24.70-28.10	16-23	35-36	4341.46-12552.94	0.26-0.35	0.12-6.60
Çamur taşı (4)	56.15-83.43	26.04-27.12	-	-	-	-	0.69-9.69
Kum taşı (5)	23.82-53.08	25.38-27.10	-	-	17890.16	0.16	0.90-6.11
Kuarts kum taşı s (6)	36.92	25.60-26.50	-	-	-	-	2.09-2.78
Vaketaşı/ çamur taşı (7)	11.49-63.40	25.99-28.73	-	-	1887.10	0.21	0.96-7.04
Boşluk dolgusu (8)	-	-	-	-	-	-	0.27
Kırık zon(9)	-	-	-	-	-	-	-
Dolomitik kireç taşı –breş ardalanması (10)	-	-	-	-	-	-	-

6.3.3.3 JEOFİZİKSEL VERİLERE DAYALI ZEMİN/KAYA ÖZELLİKLERİ

Son 40 yıl içinde kayaların sismik, elektrik, gravite ve manyetik özellikleri ile birlikte, doğal şartlar altında zeminlerin mekanik özellikleri, ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

6.3.3.3.1 SİSMİK ZEMİN/KAYA ÖZELLİKLERİ

Güncel verilere göre sismik özellikler

2011-2012 yıllarında zemin, kaya ortamların sismik özellikleri, yüzey ve kuyu ölçüm yöntemleri kullanılarak çalışılmıştır [6/77].

Aşağıda belirtilen yüzey yöntemleri kullanılmıştır:

- Kırılma sismiği (RWM) uygulanarak Kompresyonel sismik dalgaların (V_p) saptanması ;
- Yüzey dalgalarının çok kanallı incelemesi sağlanarak yapılan sismik araştırma (MASW) ve sismik kesme dalgalarının saptanması için (V_s) mikrosalınımların değerlendirilmesi.
- Aşağıda belirtilen kuyu ölçüm yöntemleri uygulanarak sismik , özellikler ilişkin çalışmalar yapılmıştır:
- Sonik log;
- PS log.

Yüzey yöntemlerine dayalı olarak sismik dalga hızları

Yüzey yöntemleri ile belirlenen sismik araştırma sonuçları, 6/33, 6/70]'de yer almaktadır.

RWM metodu profiller boyunca 5 m ofset aralığı ile gerçekleştirilmiştirÇalışılan derinlik, yeraltı seviyesinden 30÷40 m kadardır.

V_p hızı, RWM metodu ile saptanmaktadır. Sonuçlar, sismik kesitler boyunca her profil için sunulmuştur.

V_s hızı, mikrosalınım (ReMi) ile birlikte MASW kullanılarak saptanmaktadır. Bu, tüm jeofon lokasyonu için gerçekleştirilmektedir.

Akkuyu NGS bölgesindeki V_p hız dağılımı aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

Çalışma alanının kuzey batısında yer alan kayaçların Vp hızları 600 ila 3700 m/s arasındaki karakterize olmaktadır. Aksaz Körfezindeve NGS kuzey bölümdekiVp hızı, 770 ile 3700 m/s arasında değişiklik göstermektedir.

Çamalanı körfezinde, $V_{p,}$ 800 ila 3800 m/s aralığında yer almaktadır.

Büyükeceli formasyonu, V_p hızı 800 ila 3800 m/s arasındaki nitelendirilmektedir.

Genel olarak, yüzey sismik araştırma sonuçlarına göre, 3 ila 4 sismik tabaka bulunabilir.

Üst katman ve bazı yerlerde, ikinci tür katman, her yerde görülmeyebilir. Bu iki katman, Kuvaterner çökeltilere veya inzan yapısı zeminlere karşılık gelmekte ve çalışma alanında her yerde bulunmamaktadır.

Temel kayaçlar, 300 ila 3000 m/s (V_s) ve 1000 ila 4000 m/s (V_p) aralığında bulunan yüzey yöntemlerine göre yüksek dalga dağılım oranı ile nitelendirilmektedir.

İki temelkaya katmanı, açık bir şekilde tanımlanmıştır.

Temel kayanın üst tabakasında bozuşmadan dolayı kırıklı ve çatlaklı olduğu görülmekte ve bu alanlarda düşük hızlar gözlenmektedir.

Sismik profildeki alt tabaka, nispten bozulmamış temel kayalara karşılık gelmekte ve V_p 3300 ila 3900 m/s ve V_s 1600 ila 2300 m/s ile karakterize olmaktadır.

Sismik kırılma sınırları, yapısal ve tektonik durumlar veya jeolojik sınırlar ile kontrol edilmektedir.

Yüzey sismik metodlarına göre belirlenen Zemin/kaya seviyelerinin dinamik parametreleri, her profil için tablolar halinde verilmiştir [6/33, 6/70].

Genel olarak , temel kayalar, Yüksek hızlı sismik dalgalar ile nitelendirilmektedir.

Tektonik olayların etkisi ile oluşan kırıklı çatlaklı, bozuşmuş kayaç ortamlarında, düşük hız, gözlenmektedir..

Kuyu jeofiziği çalışmalarına göre dinamik parametreler

Kuyulardazemin/kayalara ilişkin sismik özellikler, iki yöntemle ile çalışılmıştır:

- Sonik Log;
- PS Log.

Sonik log verilerine göre sismik özellikler

Sonik kayıtlara ilişkin saha materyalleri, [6/34, 6/35]'de bulunmaktadır.

Sonik kayıtlara dayalı olarak, kompresyon ve sismik kayma dalga yayılım hızı V_p ve V_s Young modülü Ed ve kayma modülü Gd ve Poisson oranı μ saptanmıştır.

Sonik kayıtlar, kuyuların techiz olamayan kısımlarında yapılmıştır, üst, kırılgan kesimlerinde ise muhafaza borusu olduğu için çalışmalar yapılmamıştır.

Bu nedenlerden ötürü, sadece temel kayaların techiz olmayan kısımları, sonik kayıtlara dayalı olarak nitelendirilebilir.

Techiz aralığı 5 ila 30 m arasında değişmektedir.

Sonik kayıtlara göre elastik dalga hızları, sağlam olan temel kaya katmanlarında farklı aralıklarda bulunmaktadır:V_p 3700 ila 6400 m/s arasında $_{ve}$ $V_{s.}$ 1400 ila 3500 m/s arasında

Sağlam temel kayalardaki ortalama elastik dalga hızı, sonik kayıtlara göre; V_p ca. 4000 m/s ve V_s ca. 2000 m/s'dir.

PS kayıtlarına göre Dinamik Özellikler

2011 yılında 20 kuyuda, 2012 yılında ise 74 sondaj kuyusunda PS log alınarak V_p ve $V_{s,}$ dalga hızları belirlenmiştir. Yöntem ve sonuçların ayrıntılı olarak açıklamaları, raporlarda mevcuttur [6/36, 6/37, 6/70].

Maksimum araştırma derinliği, 50 ila130 m arasında değişmektedir.

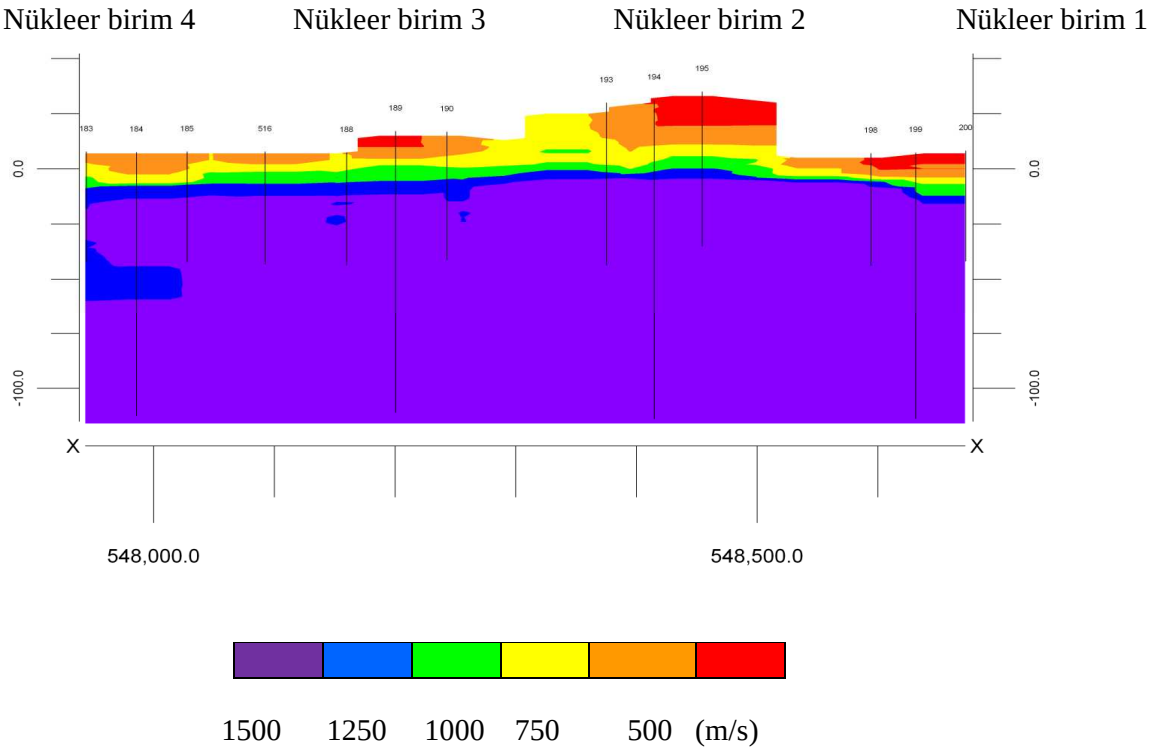
PS logu ile, kuyu boyunca üst kısımlardaki bozuşmuş seviyeler de dahil olmak üzere çalışılmıştır.

Sismik dalga yayılım hızına bağlı olarak, tüm sondajlardaki dinamik zemin/kaya parametreleri hesaplanmıştır. V_p, V_s hız değerleri, dinamik elestisite modülü ve kayma modülü ve Poison oranı hesaplanmıştır [6/70].

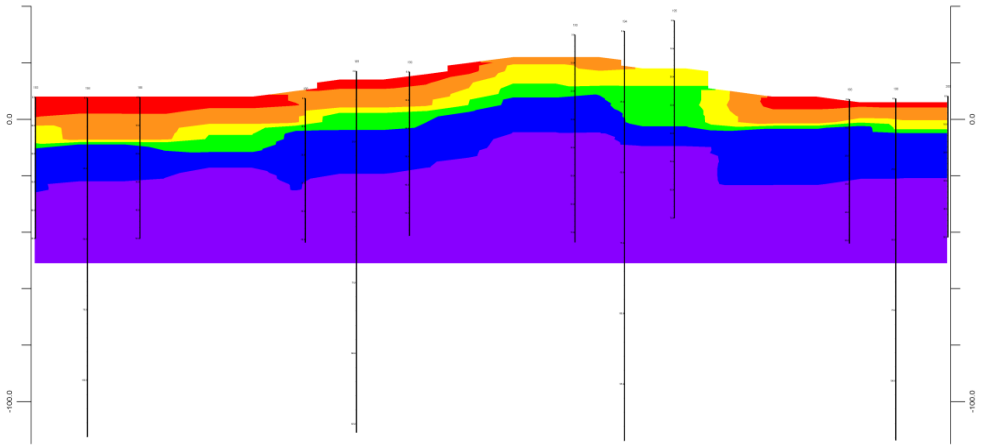
Dalga yayılım özelliğinin, bozuşmadan etkilenen temel sağlamlığına bağlı olduğu bir kez daha teyit edilmiştir.

Şekil 6/3.8, projelendirilen reaktör yerlerine ait D-B yönündeki V_s sismik kesitlerini (a) PS kayıtlarına dayalı olarak ve (b) ReMi/MASW yöntemi ile araştırma çalışmalarına göre sunulmaktadır.

(a)



(b)



Şekil 6/3.8 – BD yönündeki Sismik enine kesit, V_s-dalgaları kullanılmıştır: (a) *PS*- Log verileri ; (b) *ReMi/MASW verileri.*

Halihazırda, sahadaki temel kayalar, kalınlığı 8 metreye kadar değişen malzeme ile doldurularak kaplanmıştır.

Temel kaya tortuları, kayma, tabakalaşma, yapının heterojen olması ve koruma, kırılma ve iklim şartları gibi durumlardan etkilenmekte ve farklılık göstermektedir.

Kesitlerin üst bölümünde bulunan zeminler (güncel suni dolgu, alüvyon çökeltileri ve bozuşmuş kayaçlar), oldukça düşük sismik dalga yayılım hızı ile nitelendirilmektedir.

MASW/ReMi verilerine göre, 1, 4, ve kısmen 3 no.lu nükleer reaktör alanlarında suni toprak V_s dalga hızı 300÷500 m/s aralığındaki değerler ile nitelendirilmiştir. Temel kayanın bozuşmuş olan üst kesimleri,450 ÷ 850 m/s aralığında V_s değerleri ile karakterize olmuştur. Aksaz Körfezi Plajı ve plajdaki çökeltiler düşük değerleri göstermektedir.

Genel olarak, V_p ve V_s değerlerinin derinlikle düzenli olarak artması kesitlerde görülmektedir.

Kesitlerde, üç genel tabaka (alan), sismik özelliklerle ayrılmaktadır. Bunlar, Tablo 6/3.9'da belirtilmektedir.

Tablo 6/3.9 – Akkuyu NGS bölgesinin dikey kesitlerindeki kayaların sismik özellikleri

Dikey kesitler	Toprak Tanımı	Elastik dalga hızı, m/s	
		V_p	V_s
Üst tabaka	Suni topraklar, alüvyon çökeltiler, yüksek derecede bozulmuş kayalar.	1100÷2800	200÷1100
Orta Tabaka	Bozulmuş, yüksek bozunum kaybına uğramış kayalar	2900÷4400	1100÷2000
Düşük Tabaka	Hafif derecede bozunum kaybına uğramış kayalar.	4500÷6400	2000÷3200

Bu katmanların kalınlıkları, sahada farklılık göstermektedir.

En düşük hızla nitelendirilen üst tabaka kalınlığı, üst tabakanın 8 m'ye ulaştığı derinlikte 4. Reaktör lokasyonunda yüzeyden iitibaren 15-16 metre derinlikte değişiklik göstermektedir.

Orta tabaka kalınlığı, farklı alanlarda 25 ila 40 metre arasında değişiklik göstermektedir. En büyük kalınlık, tabakanın, 80÷90 m derinliğine ulaştığı alanların sınırlarında bulunan 3 ve 4. Reaktör lokasyonlarında gözlenmektedir.

Hafif şekilde kırılıma uğramış en düşük temel tabakanın derinliğinin 130 metre olduğu tespit edilmiştir. Kalınlığı ise, topografiye bağlı olarak farklı alanlarda 50 ila 70 metre arasında değişmektedir.

2011 – 2012 yıllarında yapılan araştırma sonuçları, daha önce yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen sismik özellikleri doğrular şekildedir.

Aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilinir:

- Zemin/kayaların dikey doğrultudaki sismik özelliklerinin dağılımında açık bir dağılım bulunmaktadır;
- Elastik dalga yayılımının özellikleri, kayaların bozulma ve kırılma derecelerine bağlı olarak kayaların korunma derecelerini belirler.
- Sismik özelliklerin değişmesinde yoğun bozulma ve değişme sadece dikey boyutlarda değil aynı zamanda yatay boyutlarda da gerçekleşebilir. Bu, büyük ve önemli tektonik hareketler ve kıvrım ekseni yakınındaki kayaçlar için tipiktir.

Vs30 parametresinin Saptanması

Yüzey ve kuyu jeofiziği çalışmalarından elde edilen bilgilere göre, zemin/kaya profilinin ilk 30 metresi için V_s ortalama değeri saptanmıştır [6/36, 6/37, 6/78].

V_s30 parametresi, kesitteki en üst tabakanın sismik özelliklerinden büyük ölçüde etkilenmektedir.

Dolgu zeminler ve bozuşmuş olan kayaların, bölgenin farklı alanlarda farklı kalınlığı göstermesinden dolayı, alanın farklı noktalarında V_s30 ortalama değerinde büyük çapta değişiklikler, gözlenmektedir.

V_s30 değerleri, 2011 ve 2012 yılında yapılan tüm yüzey ve kuyu jeofiziğiaraştırmalarına göre , , Akkuyu NGS bölgesi için saptanmıştır.

Aşağıda belirtilen yöntemsel dayanaklar, V_s30 ile ilgili saptamalar yapmak üzere kullanılmıştır:

- Uzman görüşlerine dayalı olarak, ölçümlerle ilgili hususlar, ölçümlerin yapıldığı yer baz alınarak değerlendirilmiştir (örneğin, daha detaylı araştırma ve incelemeler için alan içinde derinlemesine yapılan ölçümler). Bunların dışında, daha eski (2011 öncesi) ölçümler, benzer şekilde elemine edilmiştir.

- Aşağıdaki faktörlere bağlı olarak yöntemlerle ilgili ağırlıklar tahsis edilmiştir:

– Özel uygulama için yöntemin uygunluğu;

– Alandaki süreçlerin gerçekleştirilmesine ilişkin hassasiyet (ilgili ölçümler için);

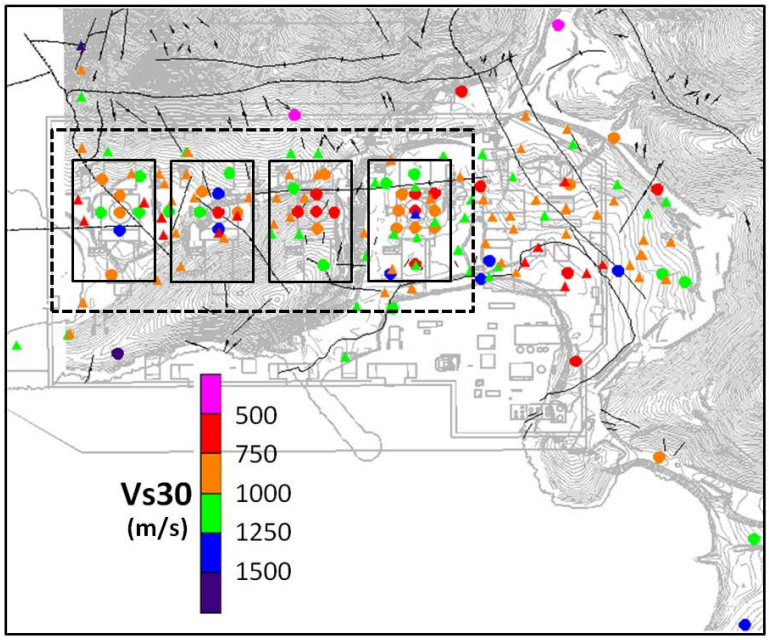
– Sonuçların doğru bir şekilde yorumlanması (ilgili ölçümler için);

– Yöntemle ilgili ölçüm sayısı;

– Ölçümlerin doğru yerde yapılması;

- Tüm gruplar, V_s30 saptaması için kullanılacak ağırlığın oluşturulmasına eşit oy ağırlığına sahiptir.
- Standart sapmaların ağırlıklı ortalaması, çeşitli ağırlık birimleriyle hesaplanmıştır (örneğin, standart sapmanın karesi), bu şekilde elde edilen sonuçların sağlaması yapılmıştır.
- Tüm yöntemler için (P-S log, mikro tremor, Remi/MASW), V_s30 standart sapması, veri setinden elemine edilmeden hesaplanmıştır. Örneğin PS log ölçüleri çift alınmıştır (μps , σps).
- V_s30 sonuçları, Sismik Tehlike Değerlendirme çalışmasında kullanılmak üzere konsolide V_s30 tahminlerini sunan kompozit ağırlıklara dayalı olarak toplanmıştır.

Şekil 6/3. V_s30 incelenmesi için kullanılan 1, 2, 3, ve 4. Nükleer birimlerin alanlarını göstermektedir.



Daireler: PS-kayıtlar, üçgen ReMi/MASW yöntemi
Kareler, 1, 2, 3, ve 4'üncü reaktör yerlerini göstermektedir.
Şekil 6/3.9 – Akkuyu NGS Vs30 çalışmalarının lokasyon haritası.

Bu yöntemi müteakip ve farklı yöntemlerden oluşan V_s30 tahminlerini dikkate alarak, aşağıda genelleştirilen V_s30 sonuçları hesaplanmıştır:

V_s30=1038 m/s Standart sapması 266 m/s.

Bu sonuç, mevcut alan şartlarında 1, 2, 3 ve 4 nükleer reaktör alanlarını temsil eden V_s30 değeri olarak düşünülmektedir.

Sismik Özelliklere bağlı olarak alanın Özellikleri

IAEA NS-G-3.6 [6/72], 3.1 paragrafa göre yerel sismik özellikler bağlamında, Akkuyu NGS bölgesi, ikinci tip bir bölge olarak sınıflandırılmıştır ve doğal şartları 1100m/s>V_s>300m/s içinde olarak değerlendirilmiştir.

Halihazırda, alan, düzensiz bir şekilde dağılmış olan suni dolgularla kaplı olup, kalınlığı 8 metreye kadar ulaşmakta ve farklılık göstermektedir. Temel kaya çökeltileri, eğimli tabakalar, heterojen içerik, farklı derecelerde koruma, kırıklı ve bozunma özellikleri taşımakta olup, farklı şartlardan etkilenmiştir. Bu nedenle, alanın değişkenliği farklı olup, Vs30 değeri bir noktadan diğer noktaya, alanda farklı özellikler göstermektedir.

Üstelik, sahada yapılacak hafriyat ve dolgu çalışmaları mevcut toprak/kaya profillerini kesinlikle etkiliyecektir.

Bu nedenle, Akkuyu NGS bölgesinde sismik tehlike değerlendirmesinde kullanılan giriş verilerinin seçilmesi (sismik özellikler bağlamında), pratik bir şekilde uluslararası şartlara dayandırılmıştır.

3.8 IAEA NS-G-3.6 [6/72]'e göre, "mühendislik uygulamalarına bağlı olarak, girdi yer hareketi, sahadaki veya yapılardaki yüzey hareketini temsil edebilir".

Bu nedenle, tasarım bazlı sismik hareket, temel kaya şartlarına yönelik olarak geliştirilmekte ve bu aşamada S dalgası ortalama hızı ve 30 m kalınlık için 1100 m/s. hesaplanmıştır.;

11.16 of IAEA SSG-9 [6/113] 'e göre, "çıktı özellikleri, yüzey tehlike sonuçlarının belirlendiği kontrol noktalarını tanımlamalıdır (örneğin, sahadaki derinlikler). Genellikle, kontrol noktaları, yeraltı yüzeyini içerir ve temel derinlikler (zemin seviyeleri) yapı ve unsurlar için hesaplanmaktadır. Belirlenen kontrol noktaları, toprak yapı etkileşim analizi için uygun girdi sağlamak için yeterli olmalıdır".

Akkuyu NGS sahası için, nükleer birimler 1 ve 2 kontrol noktaları, mevcut alan şartlarına karşılık gelmektedir.

Nükleer Reaktör 1 lokasyonunda, boş alanın mutlak yüksekliği, 7,2 m olarak belirtilmektedir.

Nükleer Reaktör 2 lokasyonunda, boş alanın mutlak yüksekliği, 31 m olarak belirtilmektedir.

Nükleer Reaktör 3 ve 4 kontrol noktalarının lokasyonunda, $V_s30 > 1100$ m/s değeri zemin/kaya profilindeki farklı derinliklerde yer almaktadır.

Nükleer Reaktör 3 için mutlak yüksekliğe karşılık gelen kontrol noktaları (yaklaşık olarak yüzeyden 6,2 derinliğe karşılık gelmektedir) + 10.8 m ve nükleer Reaktör 4 için (yaklaşık yüzeyden 5.0 ortalama derinliğe karşılık gelmektedir), +3.2 m olarak hesaplanmıştır.

Sismik tasarım, NGS birimleri için temel kaya şartlarına yönelik saha derecelendirme, seviyelendirme ve yer hareketi için kullanılacak olan dolguların dinamik özelliklerini dikkate alarak gerçekleştirilecektir ve ana yapı, bir boyutlu saha tepki analiz yöntemi kullanılarak ayrı bir şekilde ele alınacaktır.

6.3.3.3.2 SAHADAKİ ZEMİNLERİN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

6.3.3.3.2.1 DAHA ÖNCE YAPILAN ARAŞTIRMALARIN SONUÇLARINA DAYALI ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

1 ve 2. [6/66 ve 6/164] aşamalarda saha toprak elektrik özelliklerine yönelik araştırmalar yapılmıştır.

Aşama 1, AB/2 = 300 m ile VES tekniğini kullanarak (düşey elektrik sondajı) yapılan yüzey araştırmaları ile ilgili olup, VES profilinin hatlarında yer alan 6 sondaj noktasında elektrik log çalışmaları yapılmıştır.

К-1 ve К-2 profilleri için2 adet özdirenç kesiti oluşturulmuş ve 100 m derinliğe kadar özdirenç değişimi belirlenmiştir [6/66].

Elektrik log sonuçlarına göre [6/123 ve 6/219], her kuyu için derinliğe bağlı olarak elektrik direnç ve doğal potansiyel (SP) ölçüleri alınmıştır. Kayıtlar, herhangi bir nitel yorumlamaya tabi tutulmamıştır, örneğin, özdirenç değerleri (ρn, Ohm·m) ve aynı zamanda ilgili değerler P = ρn/ρw (ρw – formasyon suyu rezistivitesi) saptanmamıştır. Yorumlama esasen niteliklere göre yapılmıştır.

Elektrik özelliklerine ilişkin olarak, kesitler üzerindeki üç seviye , bu bölümde tartışmaya açılmıştır.

İlk 10-12 m yüzey seviyesi olarak düşük öz dirençle nitelendirilmiştir.

İkinci aralık olan 20-25 m kalınlık değerlendirilmiş ve burada 250 ve 650 Ohm·m aralığındaki yüksek öz direnç değerleri görülmüştür. Düşük öz dirençli tabakalar, bu aralık içinde görülebilir.

Yaklaşık olarak 30 metreden daha büyük derinlikte yer alan üçüncü derinlik aralığı, düşük öz direnç ile nitelendirilmiştir. Kesitin üst kısmında, 150 - 200 Ohm·m değeri ile gözlenen seviyeler, derinliğin artması ile ve 20 - 70 Ohm·m'ye, bazı alanlarda 50-100 m derinlik aralığında düşük özdirenç olduğu gözlenmiştir.

Yüzey elektrik araştırma ve elektrik loglarının yorumlanması sonucunda, 35-55 metre derinlik aralığında kırılan ve bozulan alanların varlığı da tespit edilmiştir. Elektrik araştırması, 2. Aşama çalışmalarında da yapılmıştır.

Yüzey elektrik sondaj işlemi, 5, 10, 15, 20 ve 50 m için simetrik Wenner dizilimi ile ve elektrik loglar ile birlikte gerçekleştirilmiştir.

Öz direnç ρ_k haritaları, yukarıda belirtilen yarı aralıklar ile ilgili olarak çıkarılmış ve bunlar araştırma derinlikleri ile kıyaslandırılmıştır.

Özdirenç kesitleri, yedi profilde, 50 ila 100 metre derinlik için oluşturulmuştur.

Görünür özdirenç derinlikle azalmaları, derinlik ile birlikte özellikle denize doğru artmaktadır. Söz konusu azalmalar özellikle deniz seviyesinin 20-30 metre altında keskindir. Söz konusu derinlikte ρ_k değeri düşmektedir. Bu durumun sebebi, muhtemelen, yüksek tuzluluğa sahipdeniz suyunun kayaçların boşluk ve çatlaklarına yerleşmesidir. Bu nedenle, düşük özdirenç olarak belirtilen sonuçlar, 20 metre derinlik altında gözlenmiştir ve kayaların gerçek elektrik özelliklerine uygun değildir. Örneğin, bunlar sadece tüm kütlenin çatlaklılığını nitel olarak belirtmek amacı taşımaktadır.

İkinci aşama araştırma sonuçlarına göre, NGS bölgesi temel kayaları, 50 ve 700 Ohm·m aralığındaki özdirenç değeri ile nitelendirilmiştir. 1. Aşama ve 2. Aşama sonuçlarının kıyaslandırılmasında, alan çalışmalarının yılın farklı aylarında yapıldığına dikkat çekmek önem arz etmektedir. Kış dönemi (Kasım ayından Şubat ayına), yağış mevsimi olup, yeraltısu seviyesi yaz dönemi ile kıyaslandırıldığında oldukça yüksek olup, tuzluluk oranı derinliğe bağlı olarak değişmektedir.

2. aşamada, nispeten düşük (50 ve 150 Ohm·m) özdirenç değelerinin üç anomali bölgesi, ρ_n haritalarında tartışılmaktadır. Söz konusu bölgeler, suya doygun daha kırılgan olup, veya kırık çatlakları kil içerebilir.

1 ve 2. Aşamada yapılan elektrik log sonuçlarına bağlı olarak, geniş bir mağara veya boşluk temel kayada saptanmamıştır.

6.3.3.3.2.2 GEÇMİŞ ARAŞTIRMALARIN SONUÇLARINA DAYALI ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

Kayaların elektrik öz direnci, iki yöntemin sonuçlarına dayalı olarak nitelendirilmiştir: Düşey elektrik sondajı (VES) ve 2 B profili (2B Öz direnç veya elektrik tomografisi).

Çalışmaların yöntem ve sonuçlarının tanımı çerçevesinde, VES eğrileri, asıl raporlarda bulunmaktadır [6/73 ve 6/69].

Yeraltı suyu, spesifik elektrik özdirenç değerleri üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Sahilden karaya doğru hareket edildiğinde, tuzlu suyun etkisi azalmakta ve sonucunda yüksek elektrik özdirenç değerleri ile karşılaşılmaktadır.

Bazı yerlerde, tuzlu su etkisi, kesitin en derin bölümlerinde de gözlenmektedir. Elektrik özdirenci üzerindeki büyük farklılıklar hem VES hem de 2B kesitlerde gözlenmektedir.

Bölgede, özgün elektrik özdirenç değerlerindeki (SER) yatay ve dikey değişiklikler, temel kayadaki faylar ve yapısal tektonik sınırlar ile bağlantılıdır.

Korunan temel kaya, yüksek SER değerleri ile nitelendirilmektedir. Kayalarda gözlenen düşük rezistans değerleri, kayaların aşınma ve bozulma durumları, deniz suyunun etkisi ve kayaçların kırık ve çatlaklarının yeraltı suyu tablası altında kalması, özellikle fay zonları ve tektonik hareketlerle ile bağlantılıdır

Doğu batı yönünde uzanan Akkuyu fayının etkileri, bölgenin kuzey bölümünde görülmektedir.

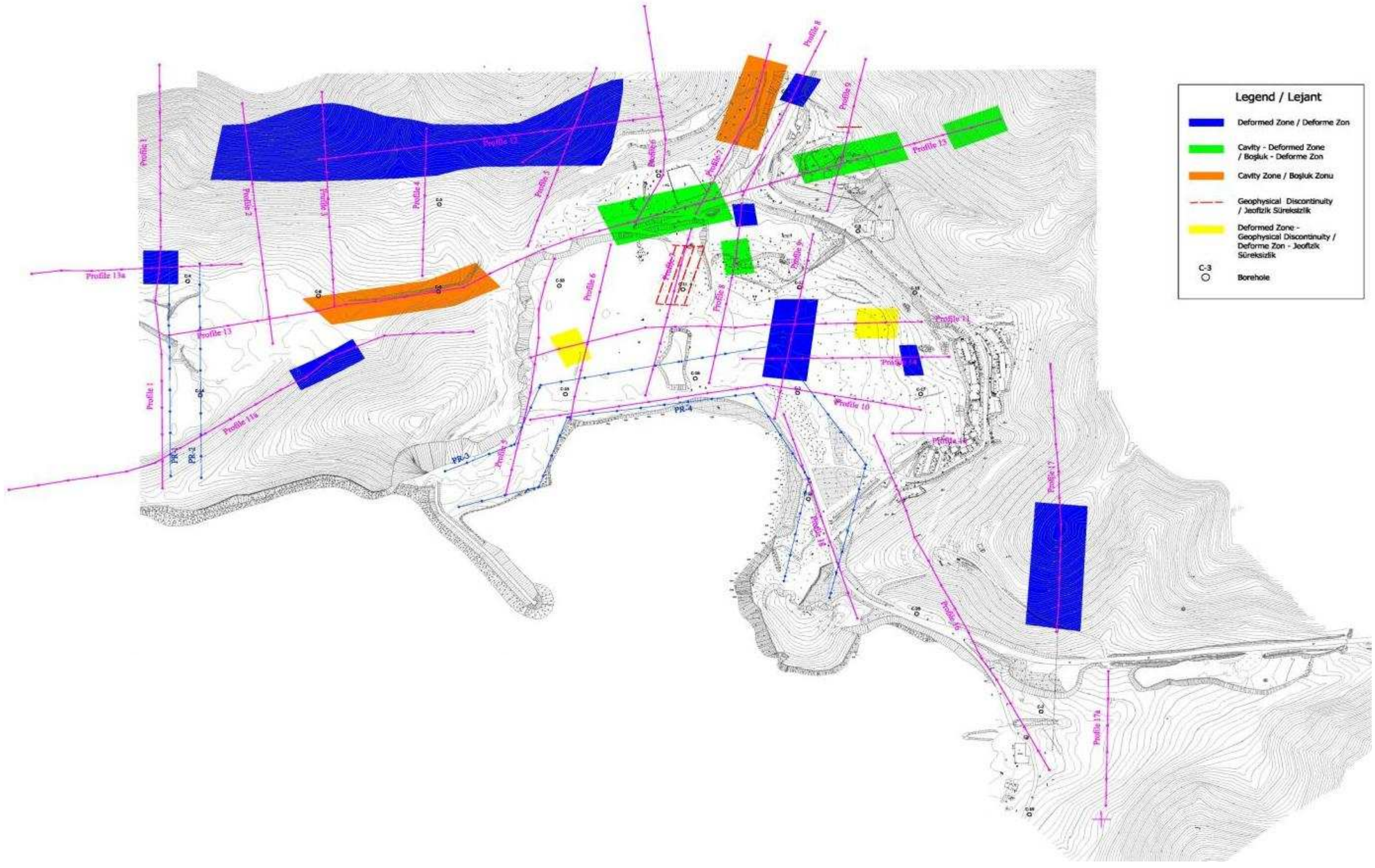
ρa değerleri, derinlikle artmaktadır.

Sondaj kuyularındaki suyunözgün elektrik direnci, 1000 - 1200 μS/cm arasında değişiklik göstermektedir.

Bazı sondaj kuyularında, deniz suyu girişimi gözlenmektedir, sıvı elektrik iletkenliği ise 10 000 - 30 000 μS/cm içindeki seviyelere ulaşmaktadır.

Şekil 6/3.10, yüzey jeofizik çalışmalarının entegre sonuçlarını sunmaktadır.

Kayaların elektrik ve sismik özelliklerinin homojenliği üzerinde etkide bulunan profillerin alanlarına dikkat edilmekte ve bunlar farklı renklerle gösterilmektedir. Özetlenmiş SER verileri, raporda bulunmaktadır [6/73].



Şekil 6/3.10 – Entegre Jeofizik çalışmalarının sonuçlarına göre profiller üzerindeki anomali alanları

6.3.3.3.3 ZEMİNLERİN YERİNDE YOĞUNLUĞU VE POROZİTESİ

Toprakların yerinde yoğunluğu ve porozitesi, kuyu jeofiziği çalışmalarının sonuçlarına dayalı olarak saptanmıştır. Yoğunluk, yoğunluk gamma-gamma log verileri ve toplam porozite ise sonik log verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

Porozite değerleri, killi minerallerin kaya yapısında bulunmadığı derinlikler içinsaptanmıştır, örneğin, gamma radyasyon değerlerinin minimumda olduğu alanlarda [6/71].

Masif karbonatlı kayaların porozitesi düşüktür ve ortalama %1-9 ve %3-4 arasında değişiklik göstermektedir [6/71]. Mineral yoğunluğu bağlamında, dolomitiler için, bunun 2.87 g/cm^3'e eşit olduğu kabul edilmektedir.

Dolomitik kireç taşı olarak adlandırılan jeolojik tanımlarda kaya yoğunluğu, 2.80 ve 2.89 g/cm^3 aralığında değişiklik göstermektedir.

Sondaj kuyularındaki su yoğunluğunun, 1000 μS/cm elektrik iletkenliği ile 1 g/cm^3,ve 10000 μS/cm'den yüksek olan elektrik iletkenliğinin ise ila 1.1 g/cm^3 'e eşit olduğu düşünülmektedir.

Yerinde porozite ve yoğunluk değerleri, laboratuvar şartlarındaki numunelere yönelik olarak hesaplanan parametrelerin değerlerine karşılık gelmektedir.

Dolomitik kireç taşı olarak jeologlar tarafından tanımlanan Kayaların yerinde yoğunluğu killi dolgu olmadan, gamma-gamma-kayıt yöntemi ile sondaj kuyularında ölçülmüş olup, 2.80 - 2.89 g/cm^3 arasında değişiklik göstermektedir. Aslında söz konusu yüksek yoğunluk normalde kaya farklılığı anlamına gelmemektedir. Kireçtaşı ortalama yoğunluğu yaklaşık 2.79 g/cm^3tür.

Log verilerine dayalı olarak saptanan yoğunluk değerlerinin, fazla tahmin edilmesi mümkündür çünkü sondaj şartlarının etkileri, ayrıntılı bir şekilde ele alınmamıştır (özellikle, log işlemi sırasında suyun durumu ve sondaj deliği çapı vs.)

6.3.3.3.4 GRAVİMETRİK ANOMALİLER

Yüzey gravimetrik araştırması, NGS bölge araştırmasının 2. Aşamasında yapılmıştır [6/34 ve 6/160].

Araştırma, jeodezik olarak aplike edilen 20 metre grid aralıklı ve NGS merkezine doğru 10 metre aralıklarla yapılmıştır.. Kontrol etüdü, yapılan gözlemlerin yüzde yirmisini oluşturmaktadır.

Gravimetre hassasiyeti, 0.001 mgal'dir.

Serbest hava (örneğin, yerel topografya için düzeltme yapmadan) anomali haritaları oluşturulmuştur.Bu bağlamda, basit Bouger anomali haritasında tabaka yoğunluğu 2.35 g/cm^3 ve tam Bouger anomali haritasında ortalama tabaka yoğunluğu ise 2.5 g/cm^3'dür.

Orta tabaka yoğunluk değeri, log sonuçlarına göre belirlenmiştir.

Yerel topografyanın düzeltilmesi, maksimum 0.007 mgal hata ile gerçekleştirilmiştir. Bouguer anormal değerleri, maksimum hatası 0.025 mgal'i geçmeyecek şekilde verilmiştir.

Bouger anomali haritasında, yoğunluğu 2.35 g/cm^3.'lü orta tabaka üzerinde çalışmalar yapılmıştır.Söz konusu anomaliler, özellikle, bölgenin kuzey ve batı kısımlarında yer alan temel jeolojik yapılarla ilgilidir.

100-150 m'ye ulaşan maksimum büyüklüğü 0.3 mgal olan negatif anomaliler saptanmıştır.

Söz konusu negatif anomaliler, düşük yoğunluklu (kil ya da killi maddeler) ya da karstik yapıların neden olduğu anormalliklerdir.

Anomaliler, bilgisayar yardımlı simülasyonlar ile yorumlanmış ve bunlara çözüm sağlamak üzere çalışmalar yapılmıştır: jeolojik model belirleme, ilgili teorik eğri tasarımı ve teorik karşılaştırma vs.

Direk problem çözülmüş ve iki eğri (gerçekte gözlenen ve teorik olarak ortaya çıkarılan) birbirleri ile mukayese edilmiştir. Sonuç olarak, iki profil için kaya kesitinin jeolojik ve jeofiziksel modelleri oluşturulmuştur [6/34].

Modellerden birine göre, dik açılı katman (lens), S33 - S66 sondajları ile birlikte ortalama kaya kütle yoğunluğu 2.62 g/cm^3 olan kayalarda gözlenmiştir. Lenslerin yaklaşık derinliği, 10 - 25 m ve yoğunluğu 1.95 g/cm^3, ortalama kalınlık: 10-12 m ve uzunlukları 200 metre kadardır.

S66 sondajı batı tarafındabenzer anomaliler, Bouguer anomali haritasında gözlenmiştir.

Bouguer haritasındaki en büyük negatif yoğunluk lokasyonu, aynı bölgede gerçekleştirilen elektrik sondajı ile saptanan düşük özdirenç bölgesinin lokasyonu ile eşleşmektedir.

Kullanılan ekipman, tabaka kalınlığının 5 m'yi geçtiği durumlarda boşlukların varlığını göstermede yeteri kadar hassas değildir.

6.3.3.3.5 MANYETİK ALAN

Jeomanyetik araştırma, diğer yüzey yöntemleri gibi bazı profiller üzerinde gerçekleştirilmiştir.

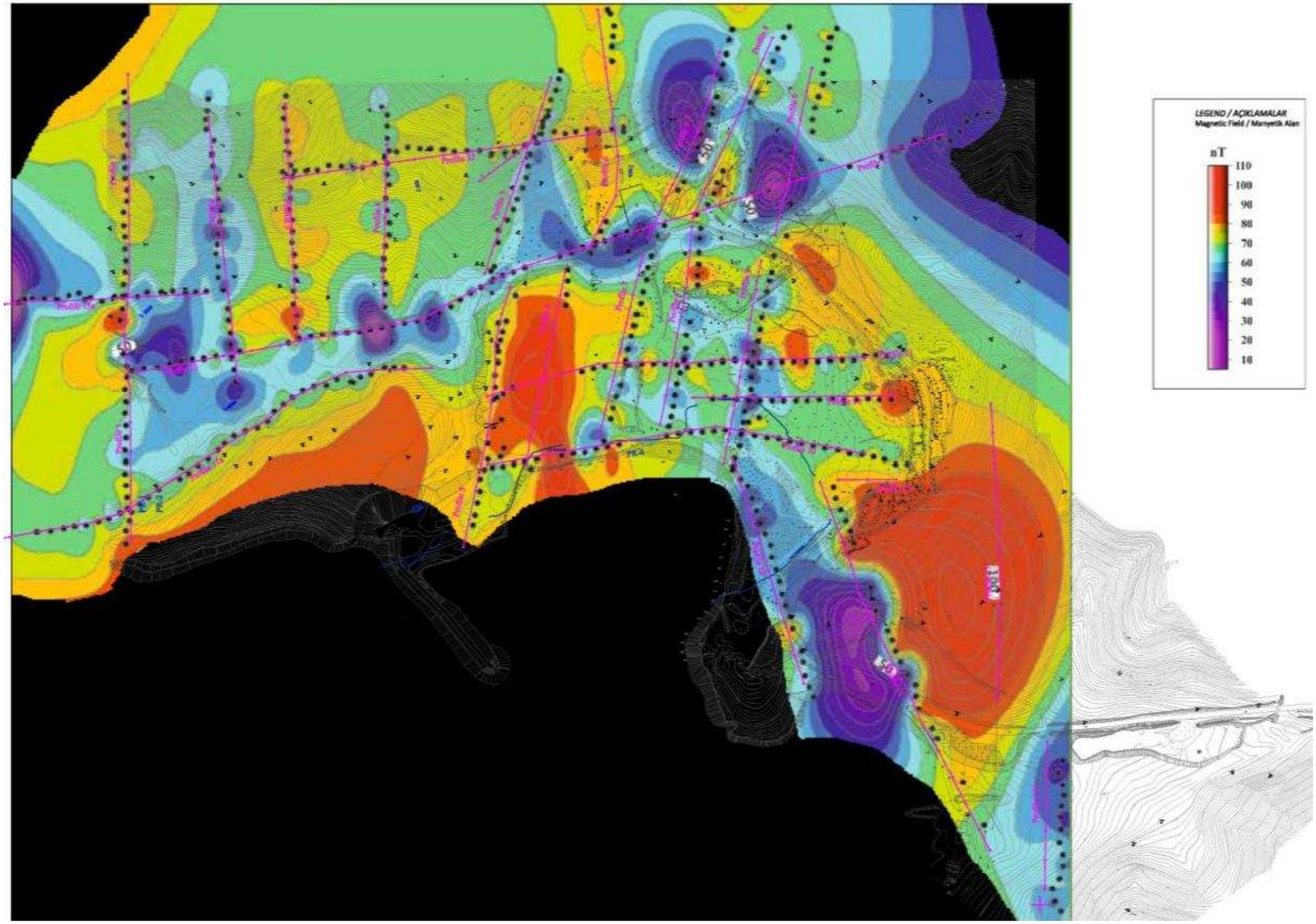
Yöntem ve jeomanyetik araştırma sonuçlarının tanımı, orijinal raporlarda bulunmaktadır [6/73 ve 6/69].

Baz istasyon, Manyetik alan günlük değişikliklerine yönelik yapılan çalışmalar sürdürülmekte ve Iznik, Bursa (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli RasathaNGSi ve Deprem Araştırma Kurumu Jeofizik Bölümü Jeomanyetik Laboratuvarı)'da yapılmaktadır. İznik'te bulunan Jeomanyetik Laboratuvarın koordinatları 40.50º N ve 29.73º E'dir.

Manyetik alanın ölçüm birimi, nanoTesla'dır (nT).

Gürültüden etkilenen veriler, toplam manyetik alandan çıkarılmış ve manyetik anomali haritasına dönüştürülmüştür veŞekil 6/3.11'de sunulmaktadır.

Yüzey çalışmalarının sonuçları ile manyetik anomali haritası karşılaştırıldığında (Şekil 6/3.11), manyetik alan anomalilerinin , elektrik sondaj ve sismik araştırmaya dayalı olarak tartışılan bölgelere karşılık geldiği (Şekil 6/3.10) açıktır.



Şekil 6/3.11 – Manyetik Anomali haritası

6.3.3.3.6 SAHA BÜYÜTME ÖZELLİKLERİNE İLİŞKİN ÇALIŞMALAR

Saha büyütme özelliklerine ilişkin çalışmalar, 2011 yılında, iki istasyonda (AKK1 ve AKK2) mikrosismik kayıtlara dayalı olarak (ivme bağlamında) (Nakamura yöntemi) [6/166] aletsel teknikle gerçekleştirilmiştir. Dikey (H/V) ve yatay bileşenlerin ilişkilerinin spektral oranı, yakın yüzey katmanlarının dinamik özelliklerinin değerlendirilmesi için (saha müdahalesi, baskın frekanslar ve yükseklik) incelenmiştir. Mikro şokların H/V spektral oranı, yüzey katmanlarının transfer fonksiyonunu sağlar [6/166].

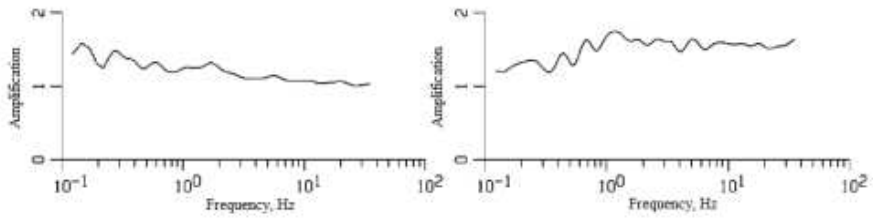
H/V spektral oranının hesaplanması için piksiz Mikrosismik kayıtların 30 bölümlük (pencereler) kısmı, seçilmiştir. Her bölümün süresi 40.96 s'dir. DC offset ve eğilim bileşenleri kayıtlardan çıkarılmıştır. Kayıtlar, yüzde on simetrik eşdikmelikli pencere ile yumuşatılmıştır. Dikey ve yatay bileşenlerin yükseklik spektrumu, 30 bölüm için hesaplanmıştır. Yükseklik spektrumu, beş nokta Hanning penceresi ile yumuşatılmıştır. Tüm H/V katsayıları için aşağıdaki formül çıkarılmıştır:

$$\mathrm{H/V} = \sqrt{\frac{\mathrm{EW}^2 + NS^2}{2 \cdot UD^2}} \quad ,$$

Formülde, DB –DB spektrum bileşenlerini, KG –KG spektrum bileşenlerini, UD – dikey spektrum bileşenleri'ni göstermektedir..

Tüm 30 spektral oranlar, ortalama spektral oranı bulmak için hesaplanmıştır.

İki istasyonla ilgili spektral oranlar (AKK1 ve AKK2), Şekil 6/3.12'de verilmektedir.



Şekil 6/3.12 – AKK1 (Sol) ve AKK2 (Sağ) İstasyonlarındaki Mikrosismik Kayıtlara göre Nakamura Yöntemi ile sağlanan Transfer Fonksiyonları (Saha tepkisi).

Şekil 6/3.12 'de görüldüğü gibi, transfer fonksiyonları, AKK1 ve AKK2 istasyonları altındaki kesitlerin yüksekliklerine yakın olup, önem arz etmemektedir.

Ayrıntılı saha tepki incelemesi, sismik tehlike analizinin bir parçası olarak 1100 m/s'den az Vs30 l şartları için yapılacaktır.

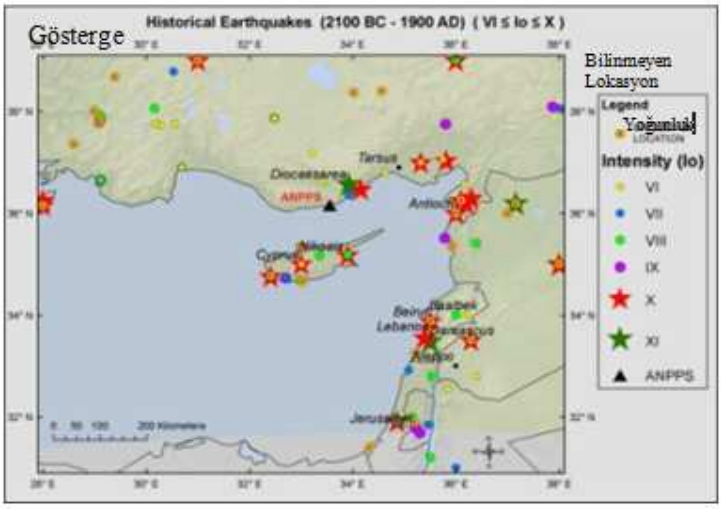
6.4 SİSMOLOJİK BİLGİLER

6.4.1 TARİHSEL DEPREM VERİLERİ

Akkuyu NGS projesinin erken aşamasında bölgedeki geçmiş depremsellik araştırma sonuçları (1990 öncesi) raporlarda bulunmaktadır. [6/88, 6/84, 6/43 ve 6/44].

Akkuyu NGS projesi kapsamında, mühendislik araştırma çalışmaları 2011 yılında yenilenmiş ve alana yönelik geçmiş depremsellik verileri, aşağıda belirtilen dört araştırma grubu tarafından sağlanmıştır: ENVY/BU KOERI (Türkiye); WorleyParsons Nuclear Services JSC (USA); Paul C. Rizzo Associates, Inc. (ABD); Institute of the Physics of Earth of the Russian Academy of Sciences (Rusya Federasyonu). ENVY/BU KOERI araştırmasında, [6/75] 2100 ila 1900 verilerine göre tüm kaynaklar bir araya getirilerek depremsellik üzerinde yoğun çalışmalar yapılmıştır (yaklaşık 10 bölgesel katalog bir araya toplanmıştır). Toplamda, ENVY/BU KOERI geçmiş depremlerinin listesi, 31°-39 ° N, 28 °-38 ° E ile sınırlı alanda yer alan 380 olayı içermektedir. Bu depremlerden 271'i için, yoğunluk ve lokasyon ile ilgili bilgiler mevcuttur. 31-39º N ve 28º-38º E koordinatları içindeki alanda geçmiş depremlere yönelik bilgiler, M ekinde sunulan ENVY/BU KOERI tarafından toplanan bilgilerdir.

Büyük geçmiş depremlerin episantır haritaları, (2100 BC ila 1900 AD, alan, 31°-39° N, 28°-38° E koordinatları ile sınırlandırılmıştır) ENVY/BU KOERI [6/75]'e göre Şekil 6/4.1'de sunulmaktadır.



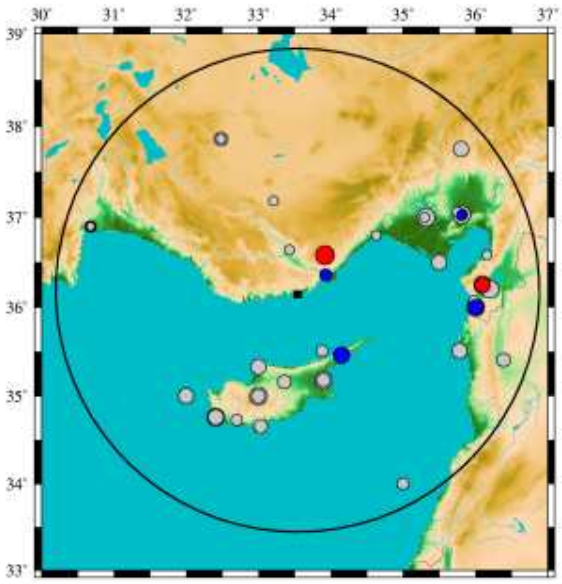
Şekil 6/4.1 – Alandaki büyük depremlerin episantır haritası

IPE RAS araştırması [6/117], ENVY/BU KOERI (380 kayıt) tarafından yapılan geçmiş depremlerle ilgili sağlanan bilgiler çerçevesinde yapılmıştır. Bölgede 300 km çapındaki alanda meydana gelen 126 olay incelenmeye tabi tutulmuştur.

ENVY/BU KOERI kataloğunda gösterilen (126 çift dışında) 118 çift "episantır-Magnitüd" kapsamında aşağıdaki formül ile tanımlanmaktadır:

$$M=0.47I_o+2.55. \qquad (6/4\text{-}1)$$

Sekiz çift, regresyon hattından önemli ölçüde sapmaktadır. Bu sekiz durum (Şekil 6/4.2), bölgeye yakın olduğundan, hepsi birden incelenmiştir.



Şekil 6/4.2 – ENVY/BU KOERI kataloğuna dayalı olarak geçmiş depremlerin episantır haritası. Daha büyük şiddete sahip depremler (kırmızı daire), daha düşük şiddetli depremler (mavi halka) ve eşit şiddetliler (gri halka) olarak belirtilmektedir. (6/4-1)

Depremlerden ikisi alana 150 km'den daha yakındır (deprem koordinatları, ENVY/BU KOERI kataloğundan alınmıştır). Bu depremler özel ilgi gerektirmektedir çünkü sismik tehlike değerlendirmesi üzerinde bazı etkileri bulunabilir. Bazı seçilen önemli geçmiş depremler listelenmiş ve aşağıda belirtilmektedir [6/13].

AD 97 Diocaesarea

Diocaesarea, Hükümdar Nerva zamanında Nicopolis ile birlikte tamamen zarar görmüştür. Diocaesserea üçüncü kez yeniden yapılanmıştır ve bu sürede, Diocaessera yıkıntı halindeydi. Hükümdarlık devleti, Anazarbus iznini aldıktan sonra yeniden yapılandırma için 800 pound'luk altın harcamıştır. Malalas kayıtlarına göre bu deprem, Nevra hükümdarlığı sırasında ortaya çıkmıştır (18 Eylül 96-25 Ocak 98) ve imparator deprem zararları giderilmeden önce hayatını

kaybetmiştir. Diocaesarea ilk kez Scynta (ya da Cyinda) olarak anılmış ve Roman döneminde yıkılmıştır (Milattan önce birinci yüzyılda). Yeniden yapılandırıldığında, Ciscus ismini almıştır. Julius Caesar (49-44) döneminde yeniden yerle bir olmuş, yapılandırıldığına Diocaesarea ismini almıştır.Bu olay üzerine, Malalas'a göre, İmparator Nerva, Zarbus'u bölgeye göndererek öncekinden daha iyi olan yeni bir şehir inşa ettirmiş ve Zarbus'tan sonra Anazarbus adını almıştır Mal. 267/405).

Not: *"Nerva'nın imparatorluğu esnasında, Diocaesarea, üçüncü kez meydana gelen yıkıntıdan dolayı acılar çekmiş ve Nicopolis ve yakın çevresi de bundan dolayı etkilenmiştir. Bu yüzden, imparator, Zarbus isimli Roman senatörüne şehrin yeniden yapılandırılmasına ilişkin teklif göndermiş ve şehrin yeniden yapılandırılması ve eskisinden daha iyi olacağı yönünde cesaret vermiştir. Senatör Zarbus Cilicia'ya vaardığında yıkımı görmüş ve öncesinden daha güzel bir şehir inşaa etmek için büyük bir efor harcamıştır. Daha sonra, şehirde yaşayanlar minnettarlıklarını belirtmek için şehre kendisinin adını vermiştir. Öncelikle Nerva olarak adlandırılan şehir daha sonra imparatorun adını almıştır " (Mal. 267/405)*

AD 1891, Ekim 02, Silifke

Deprem 9:53'te Silifke'de hissedilmiştir. Yaklaşık 20 saniye sürmüştür. Herhangi bir zarar ya da kayba neden olmamıştır. (PSB 1307, 10.13).

AD 1891, Ekim 29, Mersin

21: 45'de, Mersin'de oldukça şiddetli bir deprem meydana gelmiştir ancak hasara neden olmamıştır (PSB 1307, 11.12).

AD 1891, Kasım 03, Mut

Saat 5:30 surlarında büyük bir deprem Kozan ve Mut'ta hissedilmiştir ve bu deprem aynı zamanda İçel (Mersin) Türkiye'de de hissedilmiştir. Herhangi bir zarara yol açtığına dair kanıtlar bulunmamaktadır (PBS 1307, 11.20).

AD 1882, Şubat 28, Karaman

Bu deprem, öğlen vakti meydana gelmiş ve büyük bir alanda hissedilmiştir. Adana'da ağaçlar ve evler üzerinde sallantılara neden olmuştur ancak zarar meydana gelmemiştir. Limassol'da paniğe neden olmuştur. Deprem sarsıntıları aynı zamanda Karaman'da hissedilmiş ve Seki Hamam ve evlerinde ufak hasarlara neden olmuştur ancak konuyla ilgili çok fazla detay bulunmamaktadır (PMH 1882, 78.172; Agamennone 1904, 114; Konyalı 1967, 534).

AD 1884,Ü Eylül 21 Silifke

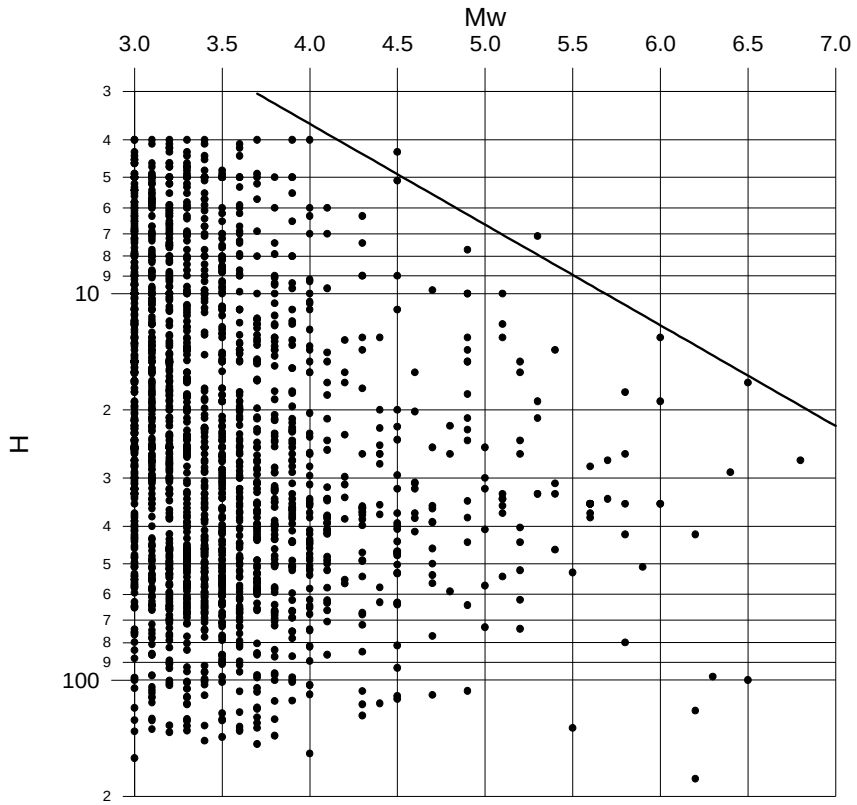
9 Eylül Pazar günü saat 6:30'da (Türkiye saatiyle), Silifke'de şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Deprem bazı hasarlara ve eski kalelerin duvarlarında çöküntüye neden olmuştur (PTH 1884,12.9).

AD 1895, Kasım 23 Karaman

Türkiye'nin güneyinde, muhtemelen Karaman'dan kaynaklanan deprem, Mut'ta ve özellikle Elibaş,Kalpulu ve diğer bazı alanlara zarar vermiştir ve aynı zamanda Kıbrıs Lefkoşe'de de hissedilmiştir (Lamec 1913, 311; Christofides 1968-1973 sub ann.).

Şiddetin derinlik dağılım, tehlikenin değerlendirmesi için esas oluşturmaktadır ve bu nedenle, bu konunun, geçmiş bilgilerin tamamlanması sonrasında tartışılması daha iyi olacaktır. Ancak, geçmiş bilgilerin toplandığı durumların derinlik dağılımı ve verileri göz önünde bulundurmak önemlidir.

Şiddet ve derinlikler ile ilgili bilgi Şekil 6/4.3'de gösterilmektedir. 3'ün altındaki şiddetler, aşağıdaki grafikte gösterilmemektedir çünkü bu tür depremler tehlike seviyesi üzerinde önemli etkilere sahip değildir. Derin olmayan 4 km'de göz ardı edilmiştir çünkü tüm derinlik değerlendirme, ±5 km'den aşağıda tutulmamaktadır.



Şekil 6/4.3 –H, km derinliğindeki şiddet dağılımı

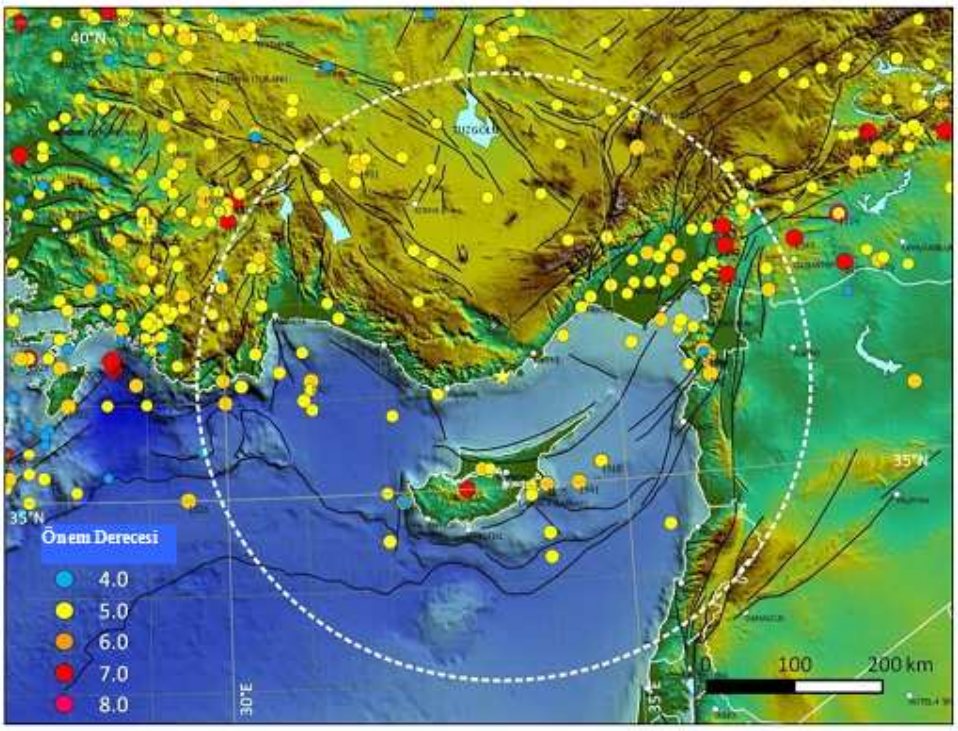
Plan üzerinde sağlanan hat ve veriler

$LgH=0.26Mw-0.48$ $(H\geq 4$ km) (6/4-2)

Geçmiş deprem incelemesinde bu denklemin uygulanması için en temel özellik (durum derinliğine ilişkin verilerin bulunmaması halinde) , ayrıntılı tehlike değerlendirmesi ve incelenen verilerin tam olması ile ilgilidir. Verilere göre, 17 km derinliğinden az Mw=6.5 ve 13 km'den az Mw=6 deprem bulunamamaktadır.

AD 97 Diocaesarea durumu ile ilgili olarak (ENVY/BU KOERI kataloğunda No.43), Diocaesarea ve Nicopolis bir durumda incelenmiştir. Antik dönemde, Yunanistan'da Küçük Asya ve Orta Doğu Nicopolis adı ile bilinen en az 5 yerleşim yerine'e sahipti. Diocaesarea'ya en yakın yer Nicopolis Seleucidis'di. Diocaesarea'dan 280 km uzaklıkta konumlanmıştır. 280 km'lik yol boyunca yıkıma neden olan deprem hakkında fikir yürütmek oldukça zordur. Muhtemelen, Malalas, her iki şehrin eş zamanlı olarak zarar görmesi ile ilgili değildir (aynı depremden etkilenmişlerdir) ya da belki bölge adı yanlış kayıtlara geçmişti. Deprem kelimesi (sallantı, zelzele vs.), tam olarak ifade edilmemişti. Diocaesarea ile ilgili sorunlar, yerinin tam olarak belirlenmesi ve deprem nedeniyle gördüğü zararın tam olarak belirlenememesiydi. Silifke (sahadan 60 km) kuzeyine 23 km'de yer alan Uzuncaburç'ta bu bağlamda dikkat çekmektedir. Şehir depremlerden birkaç kez zarar görmüştür (sadece depremler değil aynı zamanda askeri hareketlerde buna dahildir), ve bunlardan dolayı yeniden yapılandırma ve inşaat değerlendirmesi tam olarak başarı gösterememiştir. Bu nedenle, yoğunluk değerlendirmesi IX önerilen ENVY/BU KOER kataloğu yeterlidir.

WP, kataloğunun hazırlanmasında Türkiye tarihsel sismolojik kataloğu kullanılmıştır [6/210]. Geçmiş depremlerin içmerkez haritası (M.Ö. 2100 ve MS 1963 süreçleri içinde, [6/210] katalog), Şekil 6/4.4'de gösterilmektedir.



Şekil 6/4.4 – [6/210] kataloğundan geçmiş depremlere ilişkin episentral harita

WP, [6/210] kataloğundaki geçmiş depremlerin episantır lokasyonunu revize etmiştir. Bu olay, bölgeden 200 km uzaklıkta 1213'de gerçekleştirilmiştir ([6/210 'e göre]). Revizyon, WP'ye göre güçlü bir durum olmasından kaynaklı yapılmıştır ve yüksek şiddet tahmini nedeniyle (M=7.3) bölge için sismik tehlike değerlendirmesi üzerinde etkili olacağı düşünülmüştür. Bunların yanı sıra, Rizzo tarafından önerilen sismotektonik modelde , bu merkez, bölge sismotektonik alanın sınırları içinde yer almıştır.

Deprem (1213 yılında bir asker tarafından Bizans başpiskoposuna yazılan mektupta raporlandığı gibi), Isauria'da meydana gelmiştir (Konya sınırlarında bir yer daha sonra Selçuk Türklerinin önemli bir yerleşim yeri olmuştur. Toros dağlarının kuzey tepelerinde yer alan bir şehirdir. Ancak, gözlenen hasarlar için önemli bir yer olmuştur ve Philadelfia şehrinde (şimdi Alaşehir olarak bilinmektedir) çalışmalar yapılmıştır), Bozkırın birkaç yüz kilometre kuzey batısında bulunmaktadır. Bu depremin yeri ile ilgili belirsizliği ortadan kaldırmak amacıyla, WorleyParsons tarafından özel bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlara göre, olay, bölgeden 500 km uzaklıkta bulunan Alaşehir yakınlarında depreme meyilli bir bölgede meydana gelmiştir [6/210].

WP, MSK-64 ölçeğinde 5'den az olmayan nokta yoğunluğu ile 878 geçmiş depremle ilgili verileri katalogda toplamıştır . alanın koordinatları, 25º-43º K ve 25º-45º D. A olup, katalogda 754 kayıt bulunmaktadır.

WP'deki farklı şiddetlerdeki geçmiş ve araçsal depremlerin tamamlanma süresi, Tablo 6/4.1'de verilmektedir.

Tablo 6/4.1 – WP tarafından geçmiş deprem kataloğunun tamamlanma süresi

Şiddet MW	350 km bölge için kataloğun tamamlanma yılı
5.0	1921
6.0	1821
7.0	1750
8.0	1160

Orijinal versiyonda WP tarafından hazırlanan geçmiş ve araçsal dokümanların özet kataloğu, Ek M'de sunulmaktadır.

Paul C. Rizzo Associates, Inc. (sonrasında Rizzo) tarafından sunulan deprem kataloğu, iki kaynaktan toplanmıştır:

- The Earthquake Catalogues for Turkey [6/210]; Türkiye'nin Deprem Kataloğu
- The University of Athens (UOA) [6/232]. Atina Üniversitesi

Rizzo tarafından hazırlanan geçmiş deprem kataloğu, Ek M'de sunulmaktadır.

Geçmiş depremlere yönelik Rizzo kataloğunun tamamlanma süresi (1900'e kadar 569 olay), farklı gerçekleşme şiddetleri ile Tablo 6/4.2'de sunulmaktadır.

Geçmiş (1900 yılına kadar) depremleri içeren RIZZO kataloğunun son versiyonu, toplam 404 kayıt içermektedir.

Tablo 6/4.2 – Rizzo tarafından hazırlanan geçmiş deprem kataloğunun tamamlanma süresi

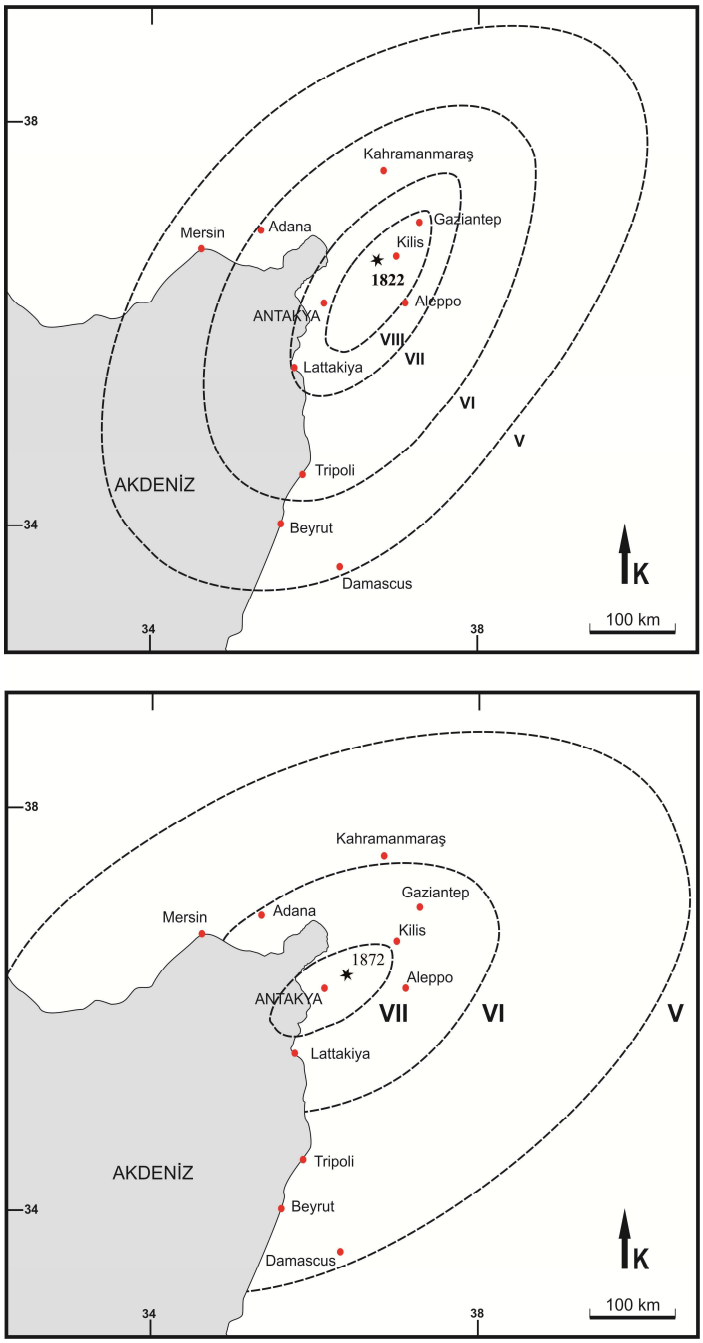
Şiddet MW	Kataloğun tamamlanması: Alternatif 1 – Kümülatif Sayı		Kataloğun tamamlanması: Alternatif 2 – Stepp (1972)	
	Yıl	Ağırlık	Yıl	Ağırlık
> 3	1996	0.5	1999	0.5
> 4	1964	0.5	1968	0.5
>5	1918	0.5	1913	0.5
>6	1896	1.0		
>7	1750	1.0		
>8	1170	1.0		

ENVY/BU KOERI tarafından ≥8 şiddetli depremlere yönelik (kaydı yok) Türkiye deprem kataloğu hazırlanmıştır ve yaklaşık 4000 yıllık bir süreç esnasında kaydedilen depremler yer almaktadır. IPE RAS kataloğunda söz konusu büyük depremler (M≥8) ile ilgili kayıtlar bulunmamaktadır. Ancak, geçmiş durumlara ilişkin olarak, sadece kataloglarda yoğunluk bilgileri

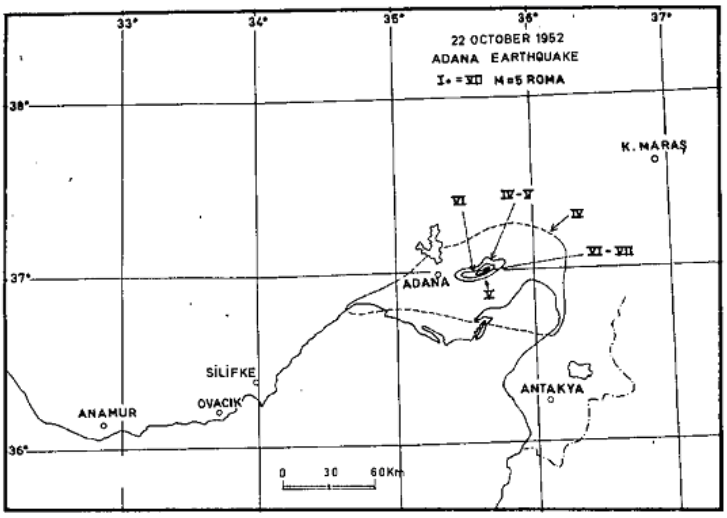
bulunmakta ve şiddet-yoğunluk karşılaştırmaları, analizlerde homojen şiddetli ölçek için sağlanmak üzere kullanılmaktadır. Aslında söz konusu dönüşümlerin uygulanması durumunda, Akkuyu projesi sismik kataloğunda Mw tahmini ≥7.5 olan 15'den fazla durum bulunmaktadır.

Halihazırda, ENVY/BU KOERI, 2011 yılında proje katılımcılarına sunulan dört aletsel ve tarihsel geçmiş katalogların güncellenmesi ve genelleştirilmesine yönelik çalışmaları sürdürmektedir. Konsolide raporlardaki sismik katalog, , tüm farklı tarafların sismolojik katalog analizini bir araya getirmektedir.

Bölgeden 300 – 350 km içindeki alanda bazı güçlü depremler için eşdeprem haritaları, Şekil 6/4.5 - 6/4.9’de sunulmaktadır.

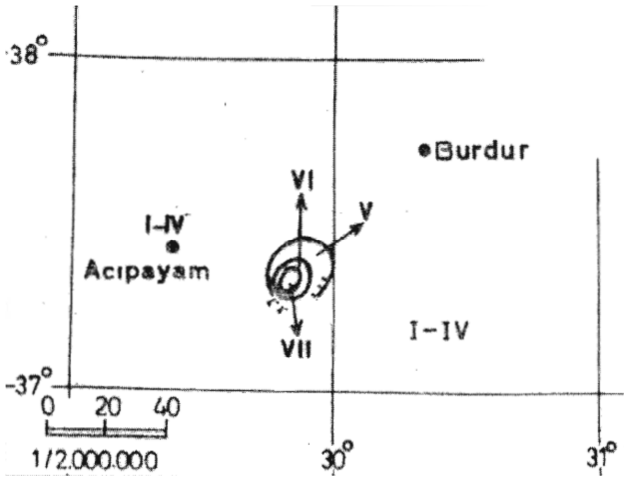


Şekil 6/4.5 –1822 depremi (M=7.4) ve 1872 depremi (M=7.2), yoğunluk haritası [6/14]



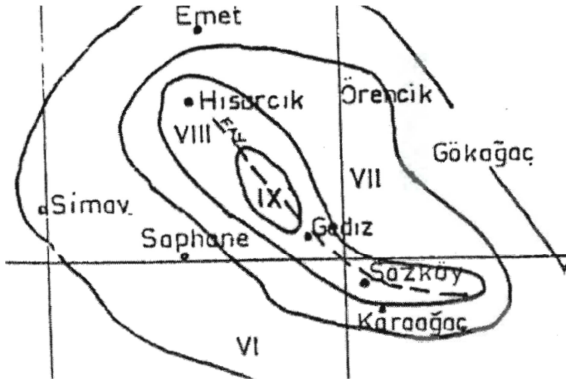
Şekil 6/4.6 – Adana yakınlarında 17:00:48,5 Ekim 22, 1952 Depremi Eşdeprem Haritası: Episantır koordinatları: 37.25º N ve 35.65º E; Derinlik 70 km; Şiddet MS=5.6; Merkezi yoğunluk:

7 nokta [6/112]



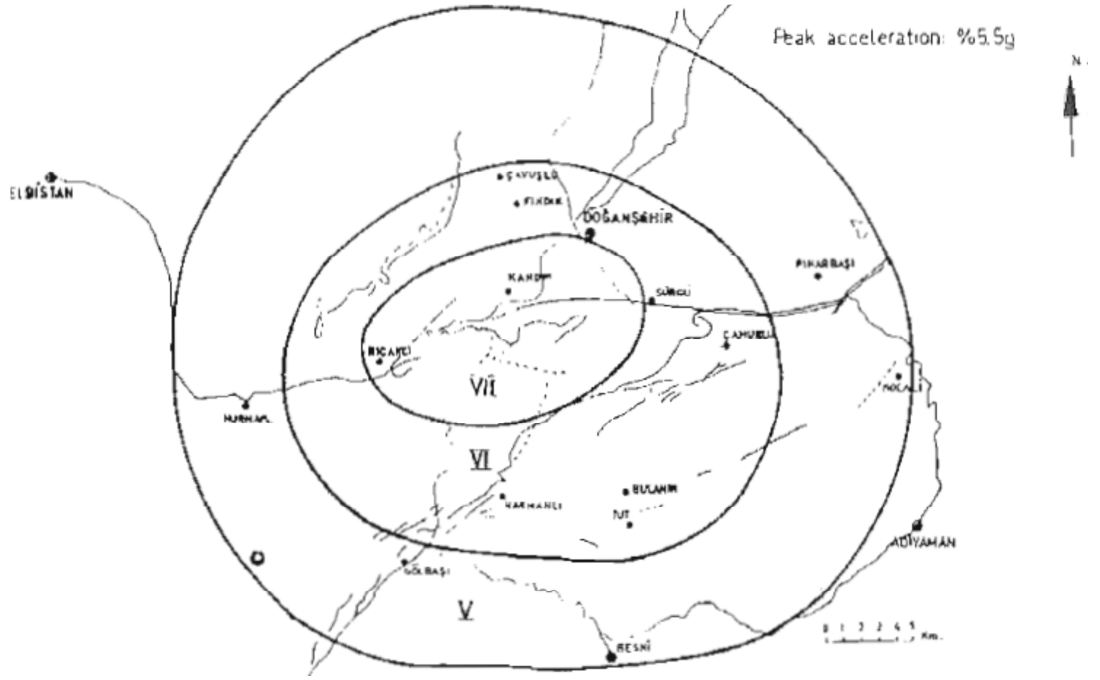
Şekil 6/4.7 – Burdur yakınlarında Kasım 22, 1963 Depremi; Eşdeprem Haritası: Episantır koordinatları: 38.07º (37.41º) N; Derinlik 60 km; Şiddet M_S=5.1 (5.7); Merkezi yoğunluk:

7 nokta [6/112]



Şekil 6/4.8 – Gediz yakınlarında 21:02, Depremi; 28 Mart 1970, Eşdeprem Haritası: Episantır koordinatları: 39.21º N; Derinlik 18 km; Şiddet M_S=7.3Merkezi yoğunluk:

9 nokta [6/112]



Şekil 6/4.9 – Malatya-Surgu yakınlarında 03:35, 5 Mayıs 1986 Depremi; , Eşdeprem Haritası: Episantır koordinatları: 38.02º N; Derinlik 4 km; Şiddet M_S=6.0 Merkezi yoğunluk:

7 nokta [6/112]

Akkuyu NGS bölgesine en yakın güçlü (IX-X nokta MM'e kadar) geçmiş depremler, Diocaesarea ve Korykos antik şehirleri civarlarında meydana gelmiştir [6/13]. Bunların şiddetleri, 7.0 - 7.2 olarak hesaplanmıştır.

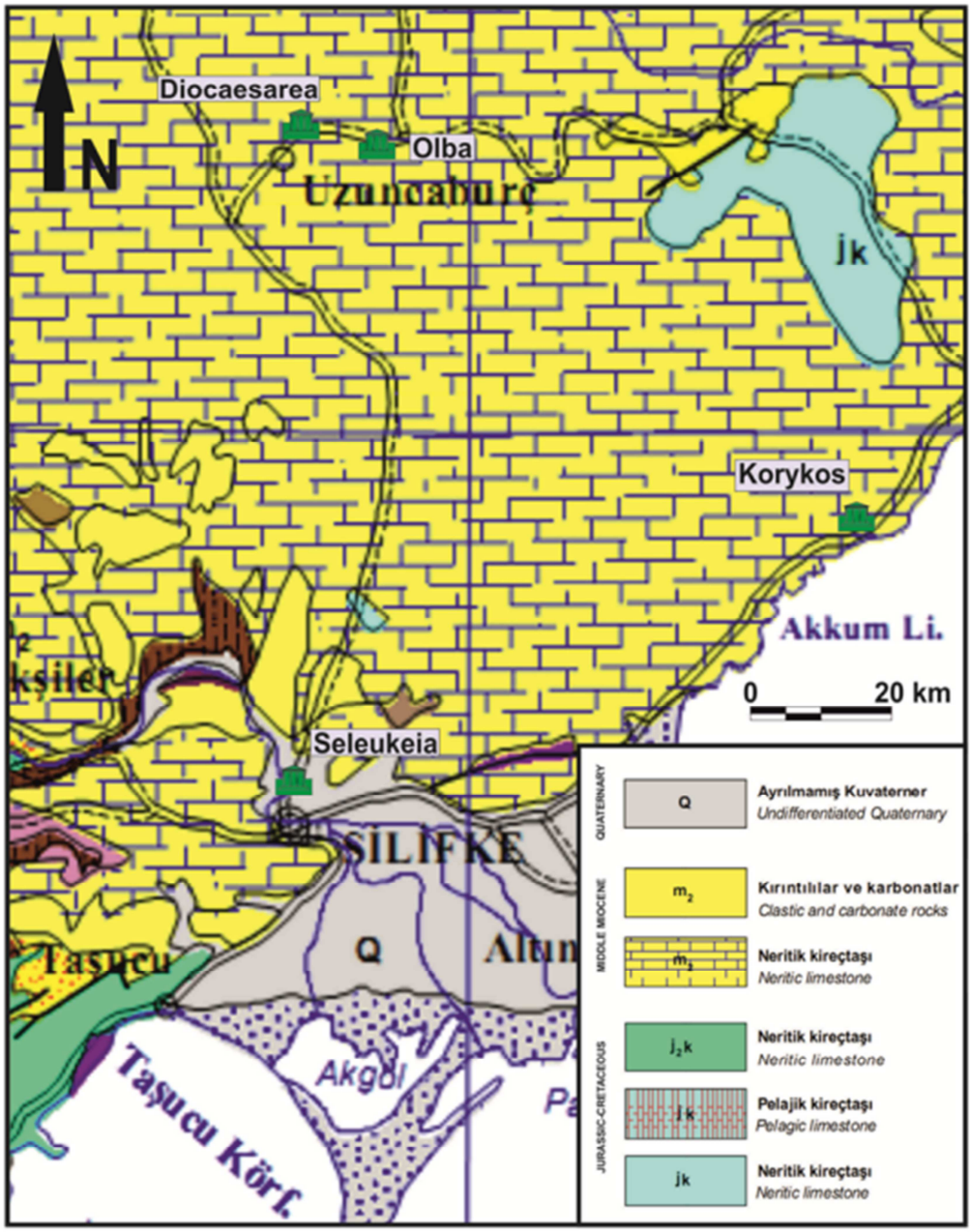
Kataloğa göre, güçlü bir sismik durum, Akkuyu bölgesinde ya da yakın çevrelerde hissedilmemiştir (MSK 5 yoğunluğundan daha fazla).

Bölgeye en yakın geçmiş depremlerin parametrelerinin ayarlanması için, (ve bölgedeki durumların kaynaklarının varlığı), depremsellik çalışmalar, belirlenen merkez alanlarda, Diocaesarea, Korykos, Olba ve Selçuk antik şehirlerinde gerçekleştirilmiştir 2012 [6/82]. Bu çalışmanın amacı, geçmiş depremlerden ötürü ortaya çıkan hasarları araştırmaktır.

Çalışılan bölge Şekil 6/4.10 [6/82]'de verilmektedir.

Çalışma alanı Toros Kuşağının güney tarafında bulunmaktadır. Alandaki temel jeolojik birimler, Neojen dönemi kireçtaşları ve Kuvaterner çökelleridir. Neojen birimleri, Mut Formasyonu olarak adlandırılan kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kil içeren kireçtaşları, kumtaşları ve kumlar iyi bir şekilde tabakalanmıştır. Tabakalar, hassas bir şekilde Akdenize doğru eğimlidir (5° ve 10° derece). Kuvaterner çökelleri, sınırlı alanlarda alüvyon çökeltileri ile gevşek çökeltilerden oluşmaktadır (Şekil 6/4.11).

Şekil 6/4.10 – Antik şehirlerin lokasyonları. Rölyef ve batimetri için, GoogleMap ve GoogleEarth-Pro yazılım kullanılmıştır.



Şekil 6/4.11 – Çalışma alanının jeolojik haritası [6/82]

Selçuk ve Olba antik şehirleri, kireçtaşları ve Kuvaterner atıklar üzerinde yer almıştır. Diocaesarea ve Korykos antik şehirleri, kireçtaşlı kayalar üzerinde yer almıştır.

Seleukeia

Seleukeia ve Calycadnus, Milattan önce 3. Yüzyılın başlarında I. Seleukos tarafından kurulmuştur (Büyük İskender'in generallerinden biri) ve Milattan önce 1. Yüzyılda Roma Hükümdarlığının bir parçası olmuştur. Silifke modern kenti, antik şehir üzerinde kurulmuştur. Sadece tapınakların bölümleri (Milattan Sonra 2.yüzyıl), sarnıç (Bizans dönemi başları) ve Göksu

Nehri üzerinde bulunan Roman Köprüsü (M.S. 77 ya da 78) halihazırda varlığını sürdürmektedir. Şehrin 3 km güneyine doğru, Milattan Sonra 5. Yüzyılın ortalarında inşa edilen Saint Thekla kilisesinin kalıntıları bulunmaktadır. Kale, MS 7. Yüzyılda şehrin batı kısmındaki tepenin üstünde inşa edilmiştir ve 12. Ve 13. Yüzyıllarda bu kilise büyütülmüştür. Bazı yeni binalar, Osmanlı döneminde inşa edilmiştir.

Diocasearea

Bu bölgede antik kalıntıların tarihi, M.Ö. 2. Yüzyıla gitmektedir ancak şehir, Roma İmparatoru Tiberius (M.Ö.14 – 37.) sonrasında Diocaseare adını almıştır. Tiberius, Zeus Tapınağı ve Yunan döneminden kalma yüksek kaleler (M.Ö. 2. Yüzyıl) görülmektedir. Diğer önemli binalar, M.S. 1 ve 3. Yüzyıllarda inşa edilmiştir; tiyatro ise 2. Yüzyılda inşa edilmiş, sıra sütunlu caddeler 1. Yüzyılda, geçit kapısı 1. Yüzyılda ve çeşme 2. Ve 3. Yüzyılda, Tyche tapınağı ise 1. Yüzyılda inşa edilmiştir.

Olba

Olba'nın geçmişi, Milattan Önce 6. Yüzyıla doğru gitmektedir ancak Roman döneminden kalan kalıntılar mevcuttur (193 – 211 M.S.) Olba önemli yapılardan biri arasında yer almaktadır. Nymphaion, tiyatro, sütunlar ve kiliseler, şehir merkezinde kısmen görünmektedir.

Korykos

Korykos, M.Ö. 4. Yüzyılda kurulmuştur ve Korykos, miladi takvimde önemli bir şehir olmuştur. Kale, M.Ö. 13. Yüzyılda inşa edilmiştir. Kale ve büyük sütunlar, antik binalar arasında en iyi korunmuş yapılardır. Kilise kalıntıları, kalenin doğusunda ve Silifke - Mersin karayolu kuzeyinde görülebilmektedir.

Silifke ve Diocaseare (Uzunçaburç) arasında diğer küçük antik siteler bulunmaktadır. Daha fazla bilgi aşağıda sunulmaktadır.

Imbriogon , Silifke'nin 8 km kuzeyinde bulunan küçük bir antik şehirdir. Antik şehrin tarihi 2. Yüzyıla dayanmaktadır. Burada, çeşitli tapınaklar, kuleler ve diğer antik binaların ve yapıların kalıntıları bulunmaktadır.

Imamlı antik şehri İmamlı modern köyünün birkaç kilometre kuzey doğusunda bulunan kireçtaşı tepelerinde kurulmuştur. Antik şehir, şehir duvarı tarafından çevrilidir. Burada, kireçtaşları, mezarlar ve diğer antik binaların kalıntıları bulunmaktadır.

Işıkkale antik şehri , Roman dönemi sonları ve Bizans dönemi başlarında bina kalıntılarından oluşmaktadır. Binaların büyük bir kısmı yıkılmasına rağmen, Bizans dönemi büyük kiliseleri halen iyi durumdadır.

Karakabaklı antik şehrindeki binalar, Roma ve Bizans dönemine aittir. Kuzey ve güney yönünde antik şehir kalıntıları bulunmaktadır. Bazı binalar iyi korunmuş olup günümüzde halen varlığını sürdürmektedir.

Tekkadin antik şehri, Tekkadın modern köyüne yakın kireçtaşı tepesinde yer almaktadır. Tepenin üstündeki kilise, 5. Yüzyıla aittir ancak diğer binaların tarihleri daha eskiye dayanmaktadır.

Aphrodisias antik şehri Akkuyu NGS sitesinin 15 km doğusunda yer almaktadır. M.Ö. 6. Yüzyılda liman şehri durumundadır. Antik şehirde herhangi bir bina bulunmamaktadır.

Mevcut kalıntıların ayrıntılı inceleme, antik şehirdeki hasarları göstermektedir. Hasarlar, tüm antik şehirlerde aşağıda belirtilen şekilde nitelendirilmiştir:

- Seleukeia: Sütun silindirler, yer değiştirmiştir, duvarlar yıkılmış, arklar, çökmüş ve ark taşların yerinden oynamıştır, duvarlar çökmüştür ve kırılmıştır;
- Diocaesarea: Dikey sütunlar orijinal konumlarından sapmış, duvarlar çatlamış, çökmüş ve kırılmıştır, bloklar yer değiştirmiştir ve sütunlar yerinden oynamıştır;
- Olba: Duvarlar çökmüştür, yerinden oynamış ve yer değiştirmiştir. Duvarlar çatlamış ve kırılmıştır.
- Korykos: Duvarlar çatlamış ve çökmüştür, arklar yerinden oynamış ve blokların yeri değişmiştir;
- Imbriogon: Duvarlar çökmüştür ve uzamıştır, blokların yeri değişmiş ve zarar görmüştür.
- İmamlı, Işıkkale, Karakabaklı, Paslı, Mezgitkalesi, Ovacık: Duvarlar çökmüş , arklar yerinden edilmiş ve bloklar kırılmış, yerinden edilmiş ve duvarlar çatlamıştır.

Yukarıda belirtilen zararlar, yer sarsıntısı ile ilgili olarak meydana gelmiş olabilir ve geçmiş depremlere yönelik niteliksel özellikleri ortaya koymaktadır.

Antik şehirlerdeki hasarlara ilişkin örnekler, Şekil 6/4.12, 6/4.13, 6/4.14’de verilmektedir (tüm fotoğraflar [6/82]’den alınmıştır).

Şekil 6/4.12 – Korykos’daki kilisenin çatlamış duvarı, arkın kemer taşı yerinden oynamıştır.

Şekil 6/4.13 – a)

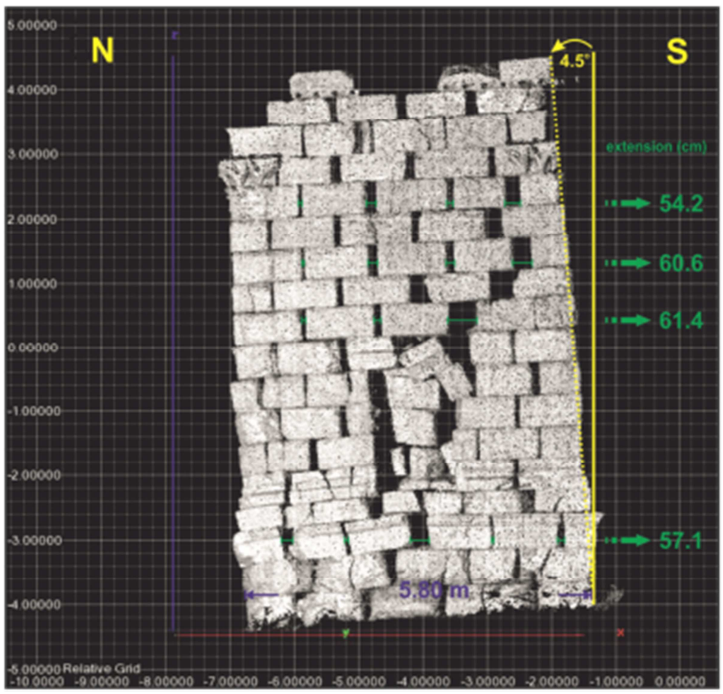
Diocaseare'daki Geçit Kapısı. Batıya doğru görüntü, b) doğu bloklarından üst görüntü. Sol bloklarda rotasyon ve yer değiştirme (mavi ok). Ayrıca, üst bloklar arasındaki genişlemeye dikkat ediniz (sarı ok).

Şekil 6/4.14 – Olba'daki Roma kemerli köprüsü. a) U biçimli kanal, suyun aktığı kireçli taş bloklarından yapılmıştır. Yerlerinin değiştiği görülmektedir b) arkın ayaklarının yakından görüntüsü. Kısmen çökmüştür ve bloklar kırılmıştır.

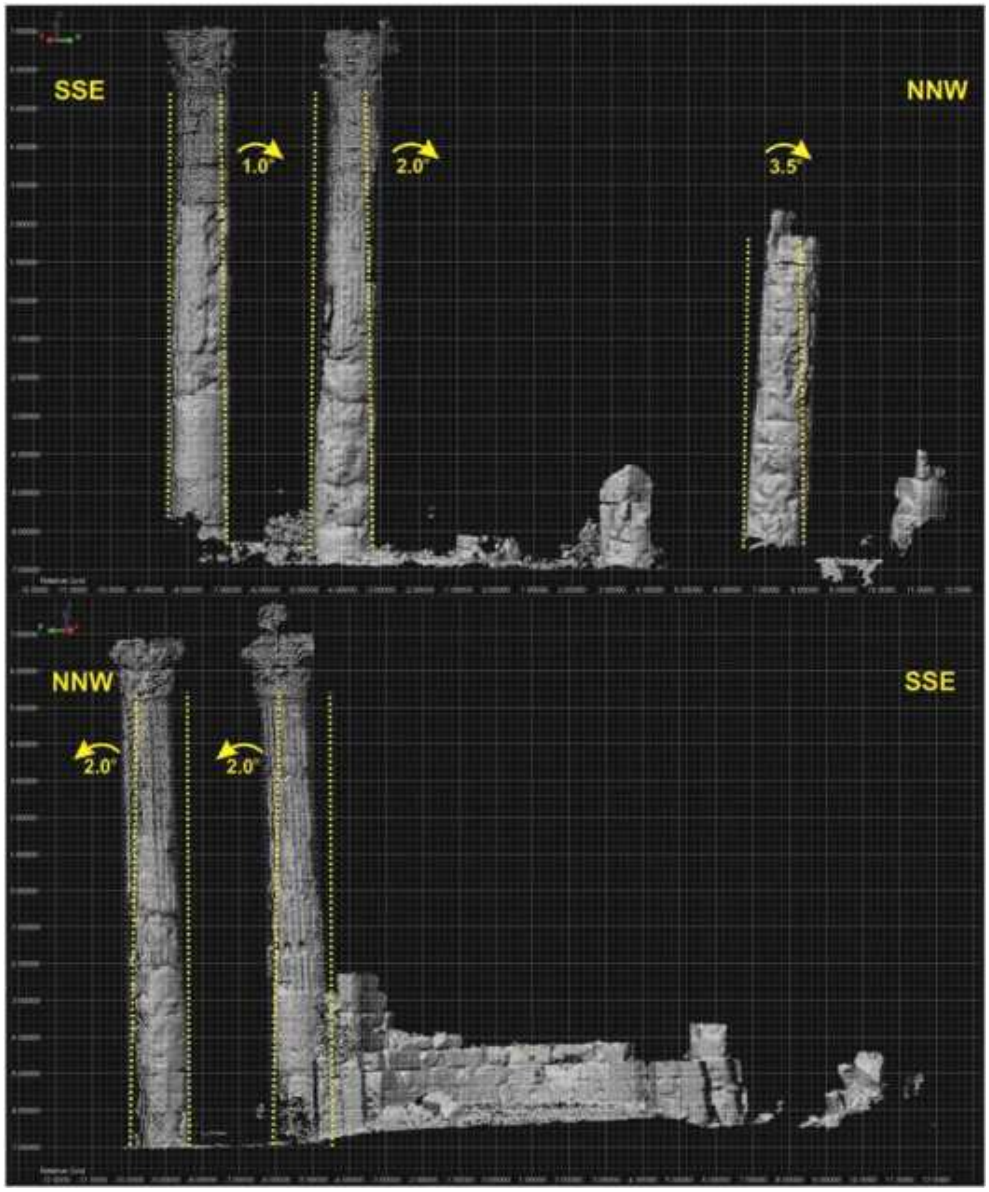
Gözlemlenen hasarların nitel özelliklerinin modellenmesi ve ölçülmesi (rotasyon açısı, dikey ve yatay pozisyondan sapma açısı, azimut) için aktif uzaktan algılama teknolojisi olan zemin bazlı lazer LIDAR sistemi, kullanılmıştır Bu teknoloji, kaynaktan hedefe lazer ışınının ulaşma süresini ölçmeye dayalıdır. Çoklu lazer ışınları, lazer aralığından geçerek, hedef yüzeyinde 3 mm çözüm gücünde üç boyutlu (3D) nokta bulutu oluşturmaktadır. Bu nokta bulutları, üçgen yüzeylere dönüştürülmüştür ve yüksek çözünürlü resim almak için ve yüzeyin gerçeğe yakın modellerini oluşturmak için kullanılır. LIDAR, üreticilere göre 100 metre mesafe için yaklaşık 3 mm doğruluk sağlar. (ILRIS Optech, Şekil 6/4.15).

Şekil 6/4.15 –LIDAR sisteminin görüntüsü

LIDAR sistemi ile sağlanan çalışılan objelerin görüntü örnekleri, 6/4.16 ve 6/4.17’de verilmektedir.



Şekil 6/4.16 – Imbriogon'daki (batı duvarı) mezarın, 61.4 cm'e kadar LIDAR görüntüsü. (%10 büyütme).

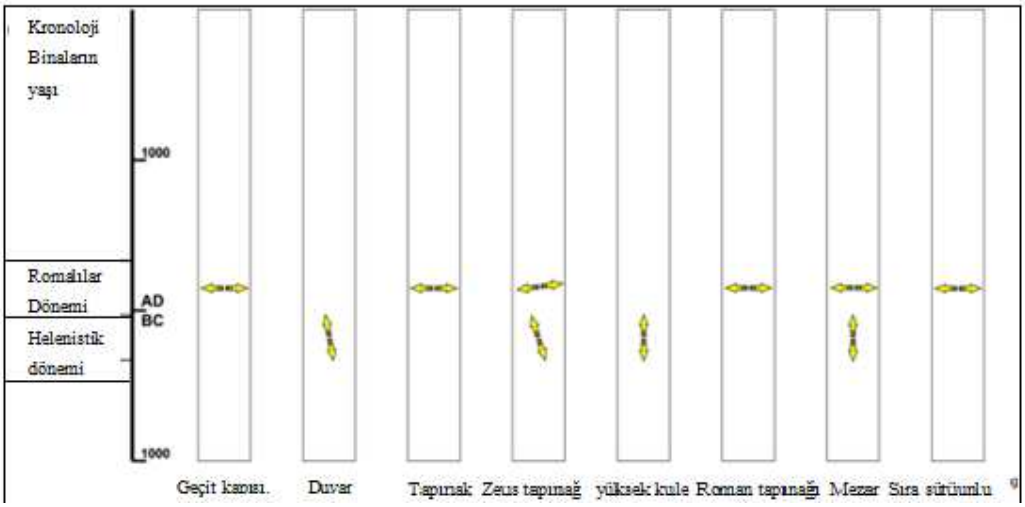


Şekil 6/4.17 – Diocaesare'daki Zeus tapınağının batı (a) ve doğu (b) kenarlarının 3D LIDAR görüntüsü. NNW-SSE yönündeki dikey pozisyondan sapan sütunlar. Dikey pozisyon sapma miktarı, kuzey sütunlarında 1 ve 3.5° arasında, güney sütunlarında ise 2° olarak belirlenmiştir.

Seleukeia'daki Roma Tapınağının kalıntıları ve bazı antik binalar, konsolide olmayan Kuvaterner çökeltileri üzerinde yer almaktadır. Diğer antik sitelerdeki tüm antik binalar, kireçtaşı üzerinde yer almaktadır. Bu yüzden, antik şehirlerin jeolojik durumu, deprem yoğunluğunu bertaraf etmektedir. Bazı antik kalıntılardaki güncel hasarlar, binanın yaşına göre hesaplanmıştır. Çalışma alanında tüm hasarları dikkate alarak, EMS-98 yoğunluk ölçeği [6/99] ve arkeolojik kalıntılarda benzer hasarlar, dünyanın diğer bölümlerinde rapor edilmiştir (bakınız Tablo 4 [6/82]),

deformasyon, çalışma alanındaki antik şehirlerin VIII-IX sallama yoğunluğu nda olduğunu önerlmektedir.

Şekil 6.4/18, büyük antik binaların kalıntılarına yönelik alan gözlemleri ve LIDAR çalışmalarına dayalı maksimum hasarın boyutunu özetler (yana yatma, çökme, genişleme, dikey pozisyondan sapma). Roman dönemi binaları, D-B yönünde sapma göstermiştir ve Yunan dönemindeki binalar iki farklı yönde hasara uğramıştır (K-G ve D-B). Bu gözlem, Yunan dönemine ait binaların iki deprem geçirdiğini göstermektedir. Birinci deprem, Roman dönemi binalarının alanda kurulmasından önce gerçekleşmiştir ve ikinci ise bunların inşaatının tamamlanması sonucunda meydana gelmiştir (MS. 3. Yüzyıldan sonra). Geçmiş depremleri ve çalışma alanındaki hasarları dikkate alarak, M.S. 97'de ilk olayın cereyan ettiğini söylemek mümkündür. Sismik dalgaların hareket yönünün, K-G ve D-B olduğu varsayılarak, bu ilişki, ilk depremin çalışma alanının kuzey ve güneyinde yer aldığını göstermektedir ve ikinci deprem ise, çalışma alanının batı veya doğusunda meydana gelmiştir.



Şekil 6/4.18 – Çalışma alanındaki büyük binaların antik kalıntılarındaki hasarların gözlenen ve ölçülen yönleri.

Deprem şiddeti yoğunluğu tabloları ile önerilen yoğunluğun kıyaslanması (VIII-IX) Tablolar 6/4.3 ve 6/4.4), merkezde en az 6 şiddetinde deprem olduğunu göstermektedir.

Tablo 6/4.3 – San Fernando Vadisi ile deprem şiddeti ve yoğunluğu arasında yaklaşık ilişki [6/127]

Şiddet	alan km^2	Hissedilen mesafe , km	Yoğunluk (maksimum beklenen modifiye edilmiş Mercalli)	Yer hareketi (ortalama pik yatay ivme g=yer çekimi =9.8 m/s^2)
3.0–3.9	1,950	25	II–III	Less than 0.15 g
4.0–4.9	7,800	50	IV–V	0.15–0.04g
5.0–5.9	39,000	110	VI–VII	0.06–0.015g
6.0–6.9	130,000	200	VII–VIII	0.15–0.30g
7.0–7.9	520,000	400	IX–X	0.50–0.60g
8.0–8.9	2,080,000	720	XI–XII	Greater than 0.60g

Tablo 6/4.4 –USGS verilerine göre şiddet ve yoğunluk arasındaki yaklaşık ilişki

Şiddet	Tipik Maksimum Yoğunluk (MMI)
1.0-3.0	I
3.0-3.9	II-III
4.0-4.9	IV-V
5.0-5.9	VI-VII
6.0-6.9	VII-IX
7.0 ve üstü	IX ve üstü

Türkiye'nin güneyinin aktif fay hattı haritasına göre, çalışma alanında aktif fay bulunmamaktadır. Bu yüzden çalışma alanında gözlenen hasarlar muhtemelen mesafeye bağlı olarak daha büyük şiddet gerektiren (en az M=7.0) uzak kaynaklardan elde edilmektedir. Örneğin, bu iki depremin yoğunluk dağılımı, 1822 ve 1872 depremlerinin çalışma alanında V ve V – VI olduğunu göstermektedir(Şekil 6/4.5). Bu iki deprem, çalışma alanında hissedilmiştir ancak, yoğunluk ölçeği dikkate alındığında EMS-98 [6/99], tüm hasarlardan sorumlu oldukları sonucuna varılmaktadır. Bu sonuçtan hareketle, katalogda yer alan Diocaesarea ve Koriykosz antik şehirlerinden ilgili kaynaklarla 97 ve (300-399) dışarıda tutmak mantıklı görünmektedir. (en azından veri elde edilene kadar, bu depremlerin koordinatlarının saptanması sağlanacaktır).

Öte yandan, Sismik tehlike analizlerinin, geçmiş ve sismik araştırmalardan elde edilen bilgiler çerçevesinde sismik kaynak modellerindeki maksimum deprem şiddetleri incelenmiştir.

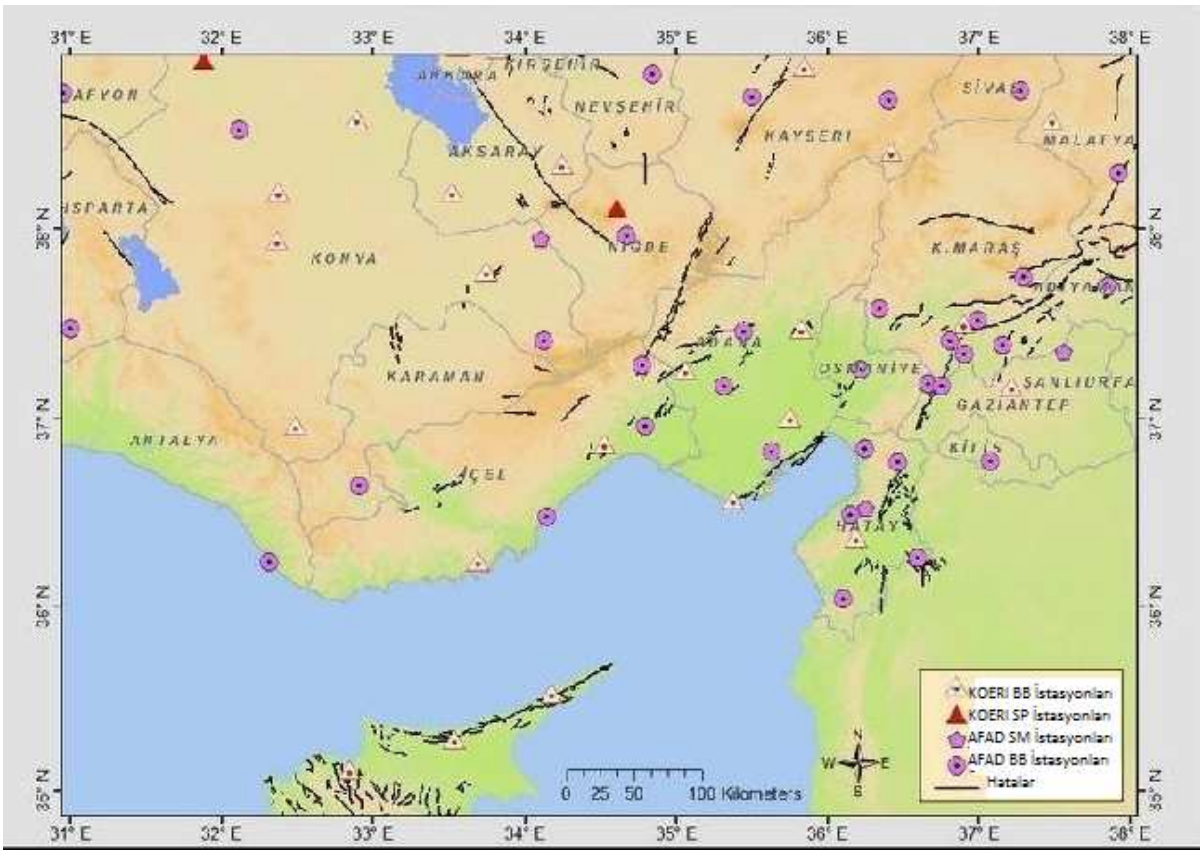
6.4.2 ALETSEL DEPREM VERİLERİ

Akkuyu ngs aletsel deprem hareketleri çalışması 1900 ile 2010 yılları arasındaki 110 yıllık dönemi kapsamaktadır. Bu, Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesindeki yeni yerel sismolojik gözlemin ilk sonuçlarını da kapsamaktadır (2011 Temmuz'undan günümüze).

Yardımcı deprem katalogları bağımsız olarak ENVY/BU KOERI, IPE RAS, WP ve Rizzo tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye'de sismik gözlem ve inceleme alanında çalışan iki kurum bulunmaktadır. Bunlardan biri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsüdür (BU KOERI). Şu anda bu ağ uluslararası standartlara uygun 153 sismik istasyondan oluşmaktadır. Nükleer Güç Santrali sahasından yaklaşık 300 km'lik bölgesel mesafeler içinde, KOERI yaklaşık 30 sismik istasyon kurmuştur. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ayrıca aynı bölgede bir sismik inceleme ağını da kullanmaktadır.

İki kurumun kullandığı bölgesel sismik istasyonların dağılımı Şekil 6/4.19de gösterilmiştir.



Şekil 6/4.19 – KOERI ve AFAD tarafından işletilen mevcut ağlar.

IPE RAS cihazlı deprem kataloğu 33-39°N, 30-37 derecelik bir uzamsal çerçeveden oluşmuştur. Bu çerçeveler sahanın etrafındaki 300 km'lik yarıçapın üzerinde bir alanı kapsar. IPE RAS kataloğunun oluşturulması bağımsız bir çalışmadır [6/117].

Tablo 6/4.5 ve Tablo 6/4.6'de sismolojik veri tabanının bilgi kaynakları sunulmuştur.

Tablo 6/4.5 – Global Ölçek Kaynakları – Uluslararası kurumlar ve Bölgeler arası merkezler

Kurum Kodu	ISC web-sitesine göre kurum kodu	Kayıt Sayısı
CSEM	Centre Sismologique Euro-Mediterraneen (Merkez Sismolojik Avrupa-Akdeniz)	8323
ISC	Uluslararası Sismolojik Merkez	8248
NEIC	Ulusal Deprem Bilgi Merkezi, Dünya Veri Merkezi A, USGS	3184
ISCJB	Uluslararası Sismolojik Merkez (JB tablolarıyla kendi tespitleri)	1747
MOS	Geofizik enstitüsü-Rusya Bilim Akademisi, Obninsk	497
NEIS	Ulusal Deprem Bilgi Hizmetleri	329
EHB	Engdahl, van der Hilst ve Buland kataloğunun verileri	303
BCIS	Bureau Uluslararası Sismolojik Merkez. Fransa	186
ISS	Uluslararası Sismoloji Özeti/International Sismolojik Summary, BK (İngiltere)	92
USCGS	Birleşik Devletler Jeolojik Araştırması (USGS, GS)	76
IASPE	Sismoloji ve Dünya İçinin Fiziği için Uluslararasu Kurum	46
MED_R	MedNet Bölgesel Merkezi - Moment Tensörleri INGV INGV İtalya	46
HRVD	Jeoloji Bilimleri Merkezi, Harvard Üniversitesi, Cambridge (Şimdi, GCMT), A.B.D.	43
ZUR_R	Zürih Moment Tensörleri, İsviçre Sismolojik Servisi ETH ETH	40
ZUR	Schweizerischer Erdbebendienst, Jeofizik Enstitütsü, ETH, İsviçre	29
GUTE	Gutenberg ve Richterin verileri, 'Dünyanın Sismisitesi'	18
CGS	A.B.D.'nin Sahil ve Jeodezik Araştırması, NEIS, A.B.D.	17
GCMT	Küresel CMT Projesi (Önceki; HRVD) A.B.D.	13
EPSI	EPSI projesinin verileri (EMSC - PI)	12
PUL	Pulkovo, Rusya	1
Global ölçekli kurumlardan elde edilen kayıtların sayısı:		23250

Tablo 6/4.6 – Bölgesel Ölçek Kaynakları – Ulusal Kurumlar

Kurum Kodu	ISC web-sitesine göre kurum kodu	Kayıt Sayısı
ISK	Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi (BU KOERI). İstanbul, Türkiye	12283
DDA	Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye	5882
GRAL	Jeofizik Araştırmaları Ulusal Merkezi, Beyrut, Lübnan	4560
NIC	Jeolojik Araştırma Departmanı (GSD), Kıbrıs	3872
IPRG	Petrol Araştırması ve Jeofizik Kurumu (eski ad; GII), İsrail	2247
NSSC	Ulusal Suriye Sismoloji, Suriye	1975
GII	İsrail Jeofizik Enstitüsü (şimdi IPRG), İsrail	1955
JSO	Ürdün Sismolojik Rasathanesi. Doğal Kaynaklar Kurumu, Ürdün	487
HLW	Astronomi ve Jeofizik Ulusal Araştırma Enstitüsü, Helwan, (NRIAG),Mısır	483
ATH	Sismoloji Enstitüsü, Atina Ulusal Gözlem Merkezi(NOA), Yunanistan	369
GBZT	TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Gebze (TUBI) Türkiye	373
THE	Selanik Üniversitesi, Yunanistan	156
DUSS	Jeoloji Departmanı, Fen Bilimleri Fakültesi, Şam Üniversitesi, Suriye	73
RYD	Kral Saud Üniversitesi, Riyad, Suudi Arabistan	69
KSA	Ksara Gözlem Evi, Zahle, Lübnan	49
SNSN	Kral Abdul Aziz Bilim, Teknoloji Şehri, Suudi Ulusal Sismik Ağı, Suudi Arabistan	33
TEH	Jeofizik Enstitüsü, Tahran Üniversitesi, Iran	16
ISN	Irak Meteoroloji ve Sismoloji Organizasyonu, Irak	10
Global ölçekli kurumların toplam kayıt sayısı:		34892

Veri tabanındaki olayların toplam sayısı 58142'dir. Veri tabanındaki bilgi kaynaklarının toplam miktarı 38'dir. Bunların 20'si küresel ölçekli kaynaklardır ve 18'i bölgesel ölçeklidir. Bu, bölgesel ve yerel ölçekli kaynakların veri tabanında tam olarak temsil edildiğini teyit eder.

Farklı kaynaklardan elde edilen tablolar ve episantır haritaların analizi göstermektedir ki çalışma bölgesi için yeterli miktarda depremsellik verileri mevcuttur. Eski aletsel bilgiler olarak tanınan zaman dilimi de oldukça uygun şekilde sunulmuştur: BCIS (186), ISS (92), USCGS (76), GUTE (18), CGS (17) ve PUL (1) 1975'ten önceki zaman diliminde 390'dan fazla kaydı içerir.

Uluslararası sismolojik kaynaklardaki olayların sayısına (23250) göre, bölgesel depremsel hareketlerin kontrol edilebileceğine karar verilebilir. Bölgesel merkezler ise daha detaylı bilgiler sağlar (kayıt no. 34892). Ancak bu, genelde bölgesel katalogların daha küçük depremleri kapsamasından ötürü ortaya çıkar. Uluslararası merkezlerin göreceli olarak daha büyük deprem çözümleri daha uygundur, bunun nedeni episantır yerleşimini belirlerken, azimutal (ufki yay ile ilgili) Sismik istasyon kapsama alanının daha iyi sağlanmasıdır. Uluslararası kaynaklar arasında en yüksek öncelik deprem parametreleri için revizyon (yeniden gözden geçirme) adı verilen özel projelere verilmiştir. Bölgesel merkezler arasında, en büyük öncelik ISK (Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul (KOERI), Türkiye) kataloğuna verilmiştir. Bölgesel kataloglarda sunulan bölgeler kısmen üst üste gelmektedir. Bu, ayrıca nihai katalogda ciddi ihmallerin gerçekleşmeyeceğinin teminatıdır.

Diğer yanda, bunun anlamı veri tabanındaki farklı bilgi kaynaklarından çeşitli kayıtların tek bir depremle alakalı olduğu anlamına gelir. Veri tabanındaki aynı depreme ilişkin rekor sayıda olayın dağılımı Tablo 6/4.7'de verilmiştir. Tablodan şu anlaşılabilir ki, çoğunlukla (11566 kez) bir depreme ilişkin sadece bir kayıt mevcuttur. Bir depreme ilişkin azami kayıt sayısı 14'tür. Veri tabanında bu bağlamda üç vaka vardır.

Tablo 6/4.7 – Aynı deprem ve oluşumuna ilişkin kayıt sayısı

Kayıt sayısı	**Olay**
1	11566
2	9008
3	3245
4	1129
5	1494
6	415
7	216
8	132
9	70
10	41
11	22
12	24
13	13
14	3

Kaynaklar için olan öncelik sistemi yukarıda belirtilen değerlendirmeleri de hesaba katar ve Tablo 6/4.8de verilmiştir. Bu öncelik sistemi sadece hiposantır yerleşimle ilgilidir. Bir kayıt en yüksek önceliğe sahip olarak değerlendirildiğinde, özel bir alanda P kodu (öncelik kaydı) ile işaretlenmiştir. Doğal olarak, tüm özel kayıtlar bu işareti otomatikman alırlar. Kayıtlar ailesi içinde aynı depremle ilgili ve daha düşük önceliği olan kayıtlar, kod C'yi (copies/kopyalar) alırlar. Mesela, aynı depremle ilgili veri tabanında 14 kayıt olduğunda, onlardan biri için P kodu değerlendirilecek ve diğerleri 13'ü ise C kodunu alacaktır. Şu unutulmamalıdır ki deprem değerlendirme önceliklerinin çoğu herhangi parametreyi etkilemez çünkü sıklıkla farklı kurumlar aynı deprem parametrelerini verirler.

Tablo 6/4.8 – Veri tabanından kayıtların seçilmesi için öncelik sistemi

Kaynak Kodu	Öncelik	Veri tabanındaki kayıt numarası	Öncelik kayıtlarının sayısı (Ð)	Düşük öncelikli kayıtların sayısı (Ñ)
IASPE	1	46	46	0
EHB	2	303	282	21
ISC	3	8248	7922	326
ISK	4	12283	7915	4368
NEIC	5	3184	680	2504
NEIS	6	329	0	329
DDA	7	5882	2831	3051
GRAL	8	4560	3796	764
CSEM	9	8323	687	7636
GII	10	1955	849	1106
NIC	11	3872	1219	2653
NSSC	12	1975	412	1563
IPRG	13	2247	329	1918
GBZT	14	373	184	189
MOS	15	497	10	487
GUTE	16	18	18	0
ISS	17	92	68	24
KSA	18	49	37	12
BCIS	19	186	32	154
JSO	20	487	26	461
HLW	21	483	24	459
ATH	22	369	10	359
DUSS	23	73	8	65
SNSN	24	33	7	26
THE	25	156	2	154
		Toplam: 56023	Toplam: 27394	Toplam: 28629

Sadece bir kurum aynı konumsal çerçevede bir depremin yerini belirlerse bile, tüm kayıt ailesi veri tabanında yer alır. Öncelik kayıtları seçildikten sonra, yüksek öncelikli kayıtlarda belirtildiği üzere deprem koordinatlarına göre son katalog konumsal çerçevelerle kısıtlanıp sınırlandırılmıştır. Bu

sürecin sonucu olarak, 26728 deprem silinmiştir ve bu da son katalogda 27394 adet bırakmıştır. Katalogdaki son depremin tarihi 30 Eylül 2011dir.

Homojenize magnitüd (büyüklük) değerlendirmesi

Magnitüd (büyüklük) ve zemin hareketi parametreleri arasındaki modern ilişkiler moment magnitüd (büyüklük) Mw. değerine dayanmaktadır. Direkt magnitüd (büyüklük) değerlendirmelerinin dönüşüm ilişkisinden elde edilen Mv. Değeri konusunda en yüksek önceliğe sahip olacağı açıktır. Veri tabanında 4223 direkt Mw değerleri mevcuttur, bu da hemen kataloğa transfer edilebilir. Magnitüd (büyüklük) dönüşüm ilişkilerini kullanarak diğer magnitüd (büyüklük) tipleri için dönüşüm gereklidir.

Magnitüd (büyüklük) *Ms*

Aletsel katalogda, çalışmanın yerleşim sınırları içinde 7'nin üzerinde magnitüd (büyüklük) değerine sahip olan deprem kaydı bulunmamaktadır. Ms ölçeği bu magnitüd (büyüklük) aralığı içinde doymaz. Bu nedenle, Mw=Ms (varsayılır).

Magnitüd (büyüklük) *Mb*

Mw ve Mb ölçekleri arasında magnitüd (büyüklük) dönüşümünü oluşturmak için yeterli veri yoktur. Ama Ms ve Mb arasında iyi sınırlandırılmış bir bağıntı kurulabilir ve sonra Mw=Ms'yi kullanarak, bir Mw değeri belirlenebilir. En güvenilir Ms ve Mb tespitleri ISC tarafından bildirilmiştir. Toplamda 323 deprem vardır, bunlar için ISC eş zamanlı olarak Ms ve Mb (Şekil 6/4.20) değerlerini bildirmektedir. Tüm magnitüd (büyüklük) aralığı iki bölüme ayrılmıştır: alt ve üst Mb=4.5 değerleri. 4.5'ten büyük büyüklüklerin aralığı için iki ilişki derlenmiştir – Ms(Mb) (6/4-5 ilişkisinde mor çizgi), ve Mb(Ms) (mavi çizgi, ilişki 6/4-5)-bundan sonra, bu ikisi arasındaki ortalama alınmıştır (kırmızı çizgi, ilişki 6/4-6). İlgili ilişkiler ise şunlardır

$Ms=1.65Mb–3.60$ $(Mb\geq4.5)$; (6/4-5)

$Mb=0.50Ms+2.48$ $(Ms\geq4.5)$; (6/4-6)

$Ms=1.83Mb-4.27$ $(Mb\geq4.5)$. (6/4-7)

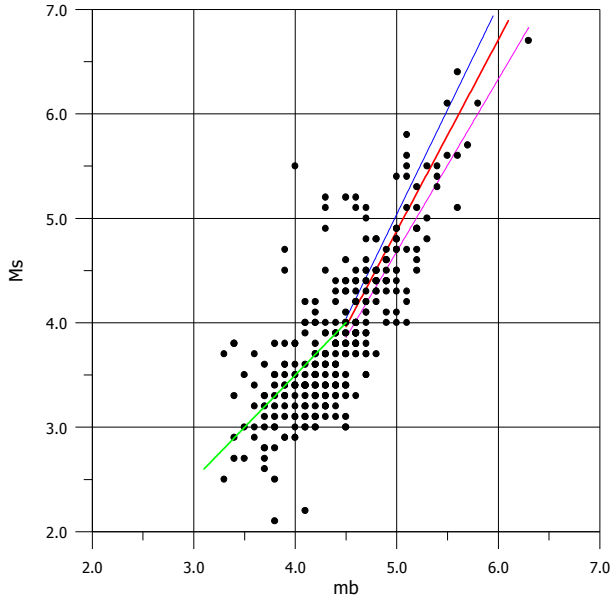
Orantılı olarak, Ms ve Mb arasındaki katsayı 1.83±0.18dir.

4.5'ten düşük magnitüdler için, Ms ve Mb arasındaki orantılı katsayı 1'e eşittir. Serbest unsur farklı mangitüd aralıkları için denklemin kullanılması ile 4.5 magtitüdü için aynı Ms değerinin verileceği şekilde seçilmiştir.

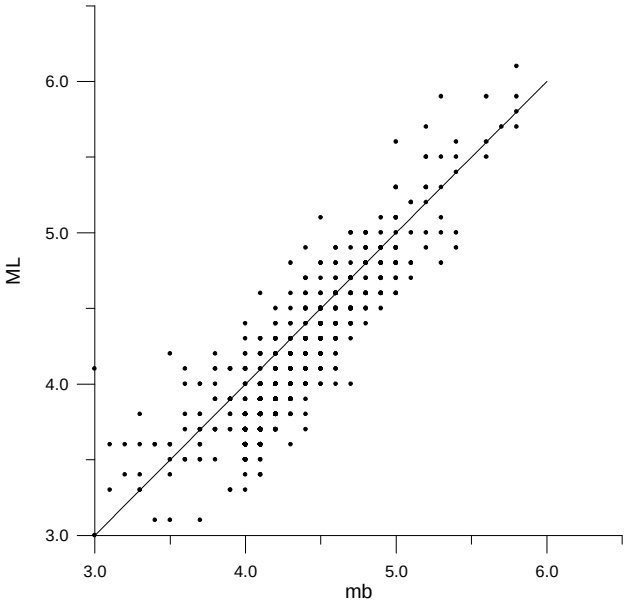
$Ms=mb-0.50$ $(mb\leq4.5)$. (6/4-8)

Magnitüd (büyüklük) *ML*

ML ve Mb arasındaki ilişki, veri tabanındaki tüm değerler için (toplamda 995) Şekil 6/4.21'de gösterilmiştir. Grafikten anlaşıldığı üzere, şu kesindir ki ML'den Ms'ye dönüşüm için aynı formül Mb'den Ms'ye kullanılabilir (ilişkiler 6/4-6 ve 6/4-7).



Şekil 6/4.20 – Ms ve Mb büyüklükleri arasındaki ilişki, ISC Verilerine (323 tespit) dayanır. Yeşil çizgi Mb değerinin 4.5'ten (ilişki 6/4-8) fazla olmadığı büyüklükler içindir. Mor çizgi (6/4-5) ilişkisiyle ilgilidir, Mavi çizgi – (6/4-6), ve Kırmızı çizgi – (6/4-7) ile ilgilidir.



Şekil 6/4.21 – ML ve Mb büyüklükleri arasındaki ilişki Veri Tabanından (995 tespit) elde edilen tüm Mevcut Verilere dayanmaktadır. Karşılaştırmanın kolaylaştırılması için, Eğim 1 ile olan Çizgi gösterilmiştir.

Bilinmeyen Tip

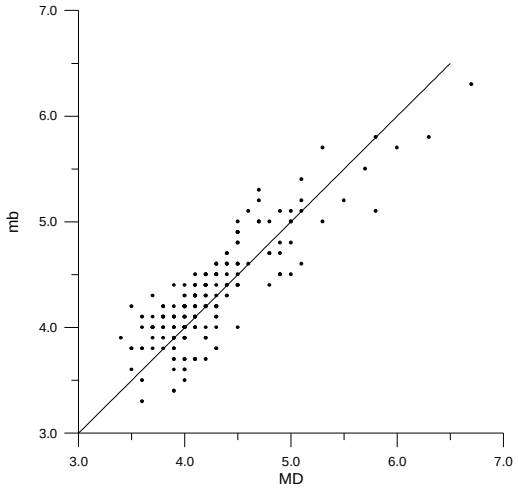
Eski aletsel depremler (mesela Gutenberg kataloğundan), aslında gövde dalgası büyüklüğü olarak bildirilmiştir, ama 1 saniyelik süreye dayanan Mb tipi büyüklükten çok daha uzun dalga süreleri kullanarak belirlenmiştir (yaklaşık 10 saniye). Bu nedenle önceden, aletsel dönemde bilinmiyor olarak bildirilen magnitüdler (büyüklükler) 20 saniye olarak belirlenen Ms'ye yakındır. Bilinmeyen magnitüde (büyüklük) olan kayıtların çoğu ISK kataloğunda (633) bulunabilir. Genel olarak Ms'ye eşit oldukları varsayılmaktadır.

Magnitüd (büyüklük) *Md*

Veri tabanında bu en sık bildirimi yapılan magnitüd (büyüklük) tipidir (25006 kez). Md olaylarının Mw tahmini değerlerine dönüştürülmesi için, ilk olarak Mb ve Md arasında bir bağıntı (korelasyon) 212 deprem için olan verilere göre üretilmiştir, bunlar her iki magnitüd tipi için tespit edilen verilere göre bildirilmiştir (Şekil 6/4.22). 5.5'ten düşük magnitüdler için aralarında 1:1 korelasyon vardır (5.5'tan düşük değerler için), bunlar Md ve Ms ve Mw için sırası ile kullanılacak olan aynı dönüşüm formülüne izin verirler (ilişkiler (6/4-7) ve (6/4-8). 5.5'tan yüksek magnitüdler için, direkt Mw ölçümleri mevcuttur. Katalogdaki en yüksek önceliğe sahiptirler, bu nedenle hiçbir Md dönüşümü gerekli olmamıştır.

Magnitüd (büyüklük) *Mc*

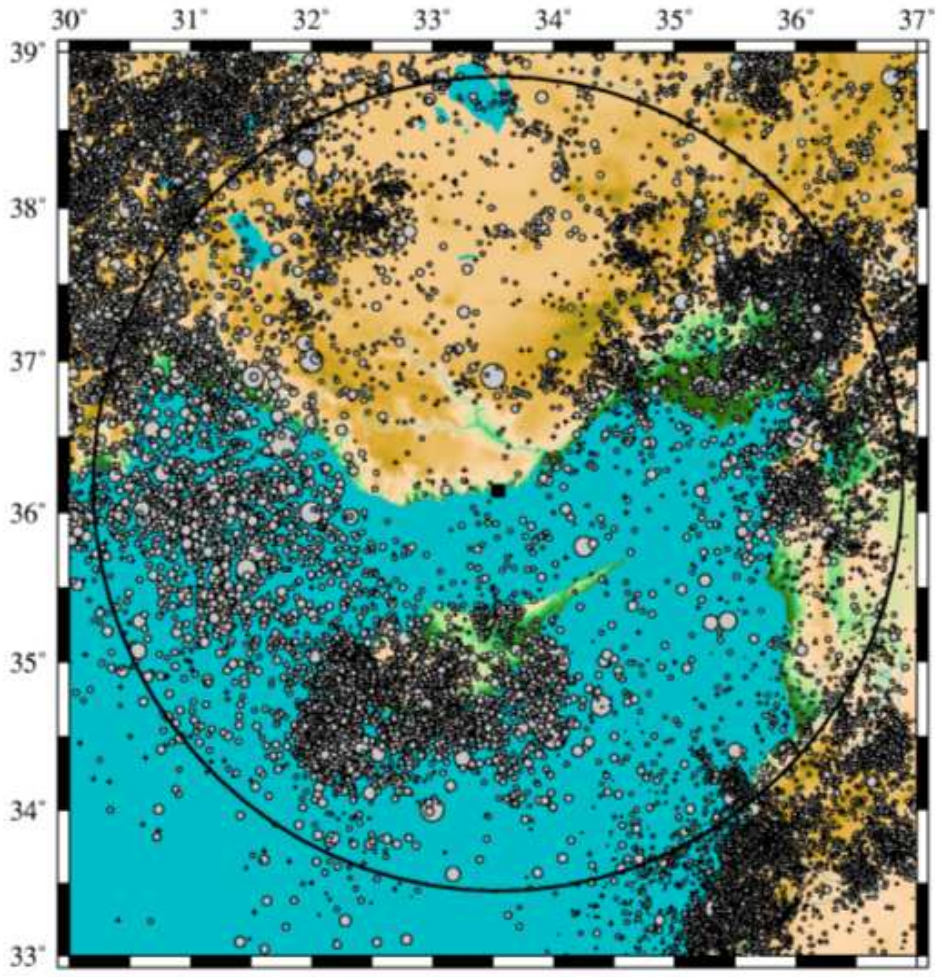
Bu magnitüd (büyüklük) tipi diğerleri ile korelasyon (bağıntı) içinde olamaz, çünkü Mc'nin diğer magnitüd (büyüklük) tipleri ile beraber olduğu herhangi durum yoktur. Genel olarak, Mw'ye eşit olduğu varsayılır. Bu varsayımın nihai katalogda toplam kayıtların %0.7sinde etkisi olacaktır ve bunların tamamı küçük magnitüd depremlerdir.



Şekil 6/4.22 – Md ve mb Magnitüdleri arasındaki ilişki Veri Tabanının Mevcut Tüm verilerine dayanır (212 Tespit). Karşılaştırmada kolaylık sağlamak için, Eğim 1 hattı gösterilmiştir.

Bu nedenle, çalışma bölgesindeki son IPE kataloğundaki 26728 depremden, 24714'ünün verilen dönüşüm konversiyonlarına göre Mw magnitüd tespit değerleri vardır. 2014 olayları magnitüd tespitleri olmadan bırakılmıştır. M≥2.25 magnitüde sahip olan olaylar IPE RAS aletsel kataloğundaki temsil değerleridir (son 50 yılda).

Depremlerin episentır haritası Şekil 6/4.23'de gösterilmiştir. Haritadaki dairenin büyüklüğü magnitüd (büyüklük) ile orantılıdır. Sahanın çevresinde 300 km'lik bir daire belirtilmiştir (siyah karenin içindeki kare), çarpı işaretleri büyüklük değeri olmayan depremler içindir.



Şekil 6/4.23 – Nihai Kataloğa göre Episentır Haritası– 26728 Olay

Magnitüd (büyüklük) derinlik dağılımı yukarıda gösterilmiştir (bkz. Şekil 6/4.23).

IPE RAS kataloğunda saklanması gereken iki saha vardır: biri hiposantır lokasyonlarının dağılımı, diğeri ise pP fazının gelişine bağlıdır. Bunun dışında, bazı derinlikler önceden sabitlenmiş şekilde işaretlenmiştir. Durumun değerlendirilmesi için, yeni alan kullanılmıştır ve burada derinlikler, pP faz gelişine bağlı olarak konulmuştur (bunları daha güvenilir bularak), sonra serbest pozisyonlarda

hiposantır çözümünden serbest pozisyonlar eklenmiştir (sabit derinlikler göz ardı edilmiştir). Bu derinlikler mevcut olanların en iyisi olarak kabul edilmiştir.

Sahaya en yakın olan (Δ=84 km) en büyük deprem (Mb=5.5) 1970/03/20'te gerçekleşendi. ISC web-sayfasından çözüm ve aşama verileri 1970/03/20 olayı için Şekil 6/4.24'de gösterilmiştir, istasyon kapsamı ise Şekil 6/4.25de gösterilmiştir.

Geniş kapsamlı Bülten, Olay 796219 Türkiye.

Tarih	Zaman	Hata	PMS	Enlem	Boylam	S majör	S minimum	Az	Derinlik	Hata	Ndef	Nsta	Boşluk	M mesafe	M mesafe	Qual	Yazan
1970/03/20	08:50:04.00	3.70	9.630	36.9000	33.5000	48.82	45.5	90	33.0f		7	7	144	4.00	89.00	m	i uk ISC

(başlangıçtaki belirlemeler)

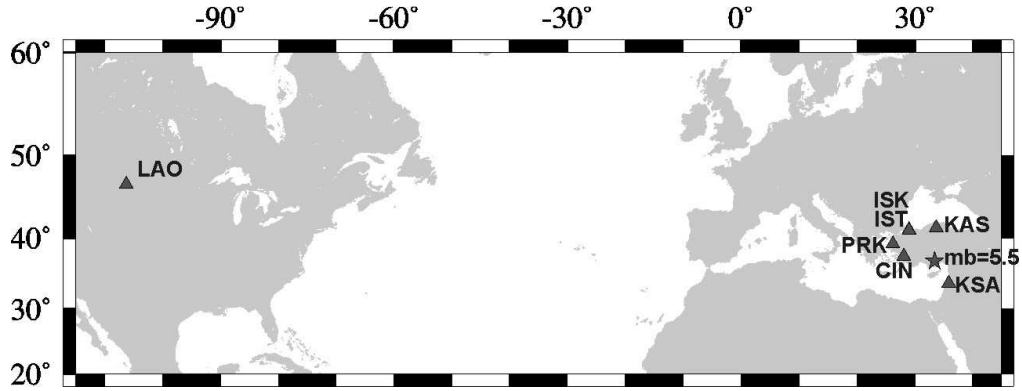
Büyüklük	Hata	Not	Yazan	Orijinal Kimlik no
mb	5.5	1	ISC	1764304

İstasyon	Mesafe	Evaz	Faz	Zaman	Artım - Kalan Az - Yavaş - Kalan S -	İptal - SNR - Büyüklük - Büyüklük - Niteliği Başına -	Düzenlenmiş Kimlik
KSA	3.64	147.0	PN	08:50:54.0	-5.30	T__ __	26208703
KSA	3.64		SN	08:51:56.0		___ __	26208704
CIN	4.38	281.0	PN	08:51:16.0	6.2	T__ __	26208705
KAS	4.47	3.0	PN	08:51:15.0	3.9	T__ __	26208706
ISK	5.41	322.0	PN	08:51:17.9	-6.50	T__ _i	26208707
ISK	5.41		S	08:52:12.0		___ __	26208708
IST	5.43	321.0	PN	08:51:17.0	-7.70	T__ _e	26208709
IST	5.43		S	08:51:28.0		___ __	26208710
PRK	6.16	295.0	PN	08:51:34.0	-1.10	T__ _e	26208711
LAO	89.28	334.0	P	09:03:12.7	15.00	T__ _i mb 5.5	26208712
LAO	89.28			09:03:22.0		___ _e	26208713

DMR
STOP

Uluslararası Sismolojik Merkez
Pipers Lane, Thatcham, Berkshire
United Kingdom RG19 4NS
+44 (0)1635 861022, voice; +44 (0)1635 872351, fax
admin@isc.ac.uk, e-mail

Şekil 6/4.24 –ISC verilerine göre 1970/03/20 depremine dair ilk bilgiler



Şekil 6/4.25 – 1970/03/20 deprem episantırı ile ilgili istasyon pozisyonları

ISC çözümü tektir. Bu deprem diğer bir kurumca raporlanmamıştır. ISC çözümü öncül çözüm olarak sınıflandırır (her ne kadar diğer versiyonlar bildirilmemişse de). Magnitüd değeri (büyüklük) tek bir istasyon verisine göre Δ=89.28° mesafesinde belirlenmiştir. Bu tip bir durumda, magnitüd tespitinin doğruluğu değerlendirilemez. Hata elipsinin her iki yarı-ekseni yaklaşık 50 km'dir. IPE-RAS, deprem parametrelerini ISC'nin bildirdiği verileri kullanarak yeniden hesaplamıştır. İlk

olarak, IST istasyonunda S-dalgalarının varışı konusunda bildirimi yapılan saat ve dakikalar konusunda ciddi bir yazım hatası mevcuttur: 8 saat 51 dakika değil 8 saat 52 dakika olmalıdır. İkinci olarak ise, IST ve ISK istasyonları aslında aynı yerdedir, bu nedenle, bunların her ikisini de hesaplamaya katmanın herhangi bir anlamı yoktur. IPE_RAS, ISK istasyonunun, daha sonra da IST'nin haricinde deprem ocağı hesaplamalarına başlamıştır. Son çözümde, daha düşük rms değerine sahip olanlar elde tutulmuştur. Revize edilen çözümün ilgili hesaplama sonuçları aşağıda verilmiştir:

Sütun	mesafe	azm	ain	w (genişlik)	faz	kalsifikasyon	uyum	zaman sn	zaman-engeller	zaman-kal	kalıntı	ağırlık, boyutlar	
70	320	850	2.39	3647.71N	33	43.9E	42.0	7	3	4.53	0.000	114.3	81.3 181.7 3

Orijin zaman hatası : 9.73

DRMS Değerleri : d= 5.00 km

	boylam	boylam	enlem	enlem	derinlik	derinlik
DRMS pos	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01

Çözünürlük matrisi : k = 0.036

	Boylam	Enlem	Derinlik
Boylam	0.955	-0.022	-0.003
Enlem	-0.022	0.955	-0.001
Derinlik	-0.003	-0.001	0.965

İstasyon kapsama sahasında 148 derecede Azimutal Boşluk

Sütun	mesafe	azm	ain	w (genişlik)	faz	kalsifikasyon	uyum	zaman sn	zaman-engeller	zaman-kal	kalıntı	ağırlık, boyutlar	
KSA	384	148.6	91.5	1 P	1	PG	850	54.0	51.61	52.67	-1.06	0.75	26
KSA	384	148.6	91.5	4 S	4	SG	851	56.0	113.61	92.70	20.91	0.00	0
KAS	508	0.3	91.1	1 P	1	PG	851	15.0	72.61	68.18	4.42	0.75	20
CIN	509	281.8	91.1	1 P	1	PG	851	16.0	73.61	67.91	5.70	0.75	10
IST	625	320.4	90.9	1 P	1	PG	851	17.0	74.61	82.43	-7.82	0.75	3
IST	625	320.4	90.9	3 S	3	SG	852	28.0	145.61	145.07	0.53	0.25	2
PRK	709	294.8	90.8	1 P	1	PG	851	34.0	91.61	92.91	-1.30	0.75	6
LAO	9945	333.7	160.2	3 P	3	sP	9	3	12.7	790.31	790.27	0.03	0.25 33
LAO	9945	333.7	160.2	4 P	4	sP	9	3	22.0	799.61	790.27	9.33	0.00 0

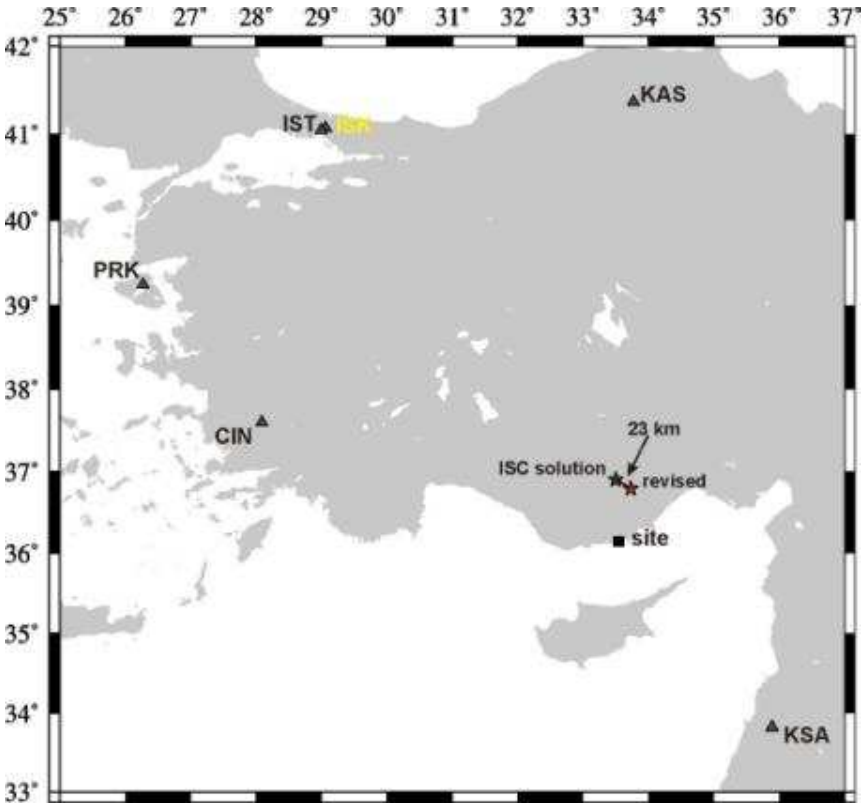
ISK istasyonu hiposantır hesaplamalarından hariç tutulmuştur

Çözümlerin her iki alternatifi de – ISC ve revize edilen değer – Şekil 6/4.26'da verilmiştir. Şu unutulmamalıdır ki depremi bildiren az sayıdaki istasyonu ele alırken, iki değişken arasındaki fark çok küçüktür – her iki çözümün birinde daha önceden değerlendirilen yerleşim hatalarından çok daha küçüktür. Aynı zamanda, revize edilen çözüm çeşitli nedenlerle tercih edilebilir. İlk olarak, daha fazla dalga fazını değerlendirmeye alır; ikinci olarak, uzaktaki istasyon LAO'daki kalan süre 15 saniye yerine 0.03 saniyedir, bu da çözümün tüm veri aralığından çok daha iyi dengelendiğine dair bariz kanıttır. Üçüncü olarak ise, revize edilen çözümde, derinlik (42 km) ISC çözümünde yapıldığı gibi sabitlenmemiştir. Dördüncü olarak ise ve bu, en önemli neden olabilir, en yakın

yerleşim revize edilen episentırdan 15 km. uzaktadır ve bu mesafe ISC episentırından ise sadece 2 km uzaktadır. Böyle ufak bir mesafede, göreceli olarak derin bir kaynakta bile (kabuğun alt bölümlerinde), hissedilen depremle ilgili bilgilerin eksikliği çok ilginçtir.

Kaynak derinliği ile ilgili olarak, göreceli olarak derin kaynak derinliği ve revize edilen çözümün yerleşimi makro-sismik verilere çok uygundur. Yaklaşık bir tahmin ise 15 km mesafede 42 km derinlik için ve Mb=5.5 episantral şiddet için 3-4 derecede ancak hissedilebilir.

Olayın kendisi çok şüphelidir. 5.5 büyüklükte bir depremin episentırdan 700 km'den daha uzak herhangi bir istasyon tarafından kaydedilmemiş olması (sadece biri hariç (LAO, Δ=89.28°), ilginçtir.



Şekil 6/4.26 – 1970/03/20 depremi. Siyah yıldız, ISC çözümü içindir. Kırmızı – revize edilen çözüm içindir.

Revizyondan sonra, episentır sahadan 74 km uzakta yer almaktadır (önceden olan 84 km yerine). Hiposantır 33 km yerine 42 km'dir.

Deprem Kaynak mekanizmaları

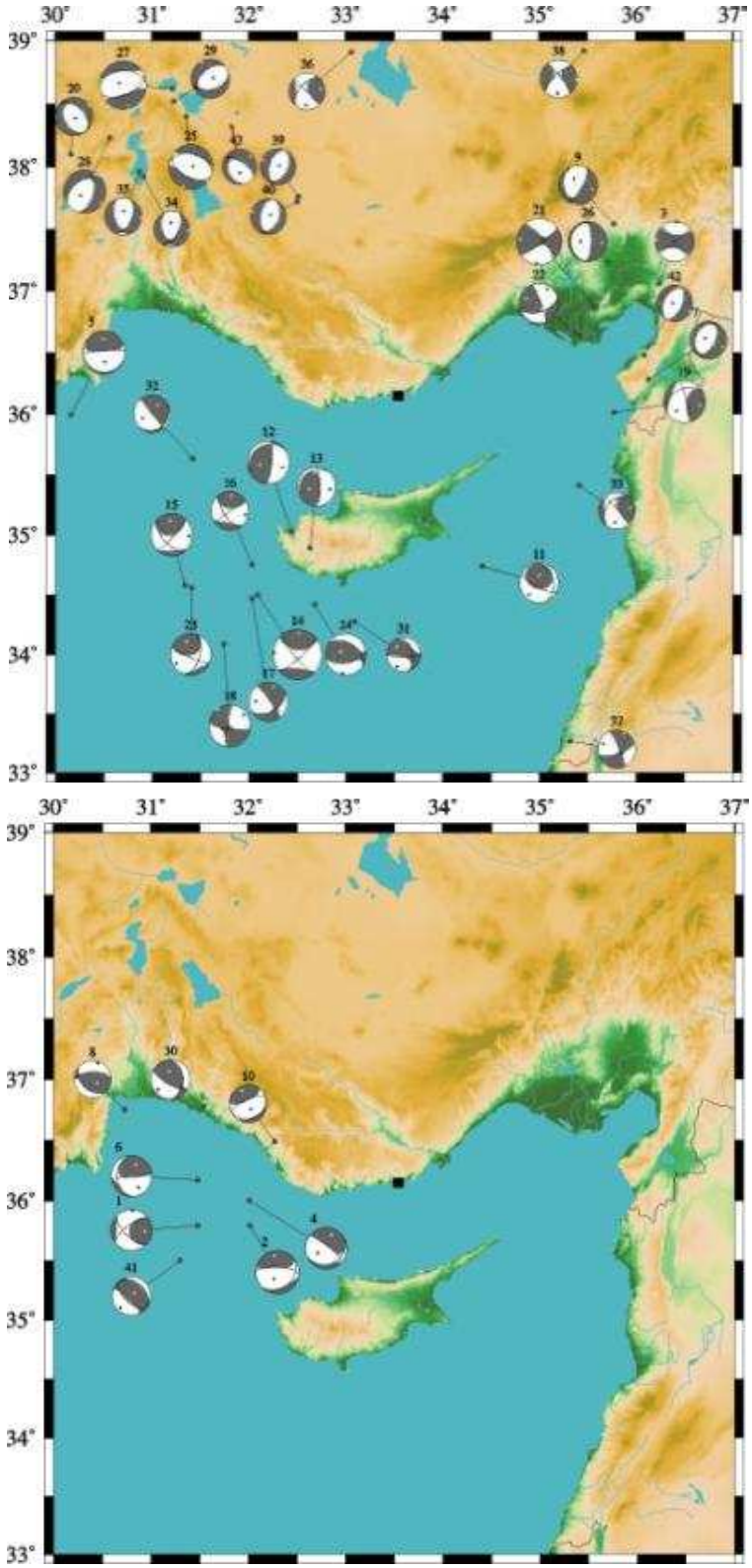
Fay-düzlemi çözümleri genelde düğüm düzlemleri ve ana stres eksenlerinin yönlenmesi olarak verilir. Kaynak mekanizmalarının parametreleri CMT kataloğundan indirilmiştir [6/106]. CMT kataloğu 1976'dan başlayan depremleri kapsar ve sürekli olarak güncellenir. Fay düzlemi çözümlerinin tespitleri genelde sentroid moment metodunun kullanımıyla yapılır. Çözüm simetrik

simetrik moment tensörü şeklinde (sıfır iz) aranmıştır. Ortalama stres eksenine (N) tekabül eden ortalama ana değer, sıfırdan farklı olabilir; kaynak modelini dengelemek için bir uyum değeri olarak kullanılabilir. Tablo 6/4.9'da 33°-39° N (kuzey) ve 30°-37° E (doğu) bölgesinde tüm derinlik ve magnitüd için çözümler verilmiştir. Şekil 6/4.27'de deprem kaynaklarının çizili olan mekanizmaları mevcuttur. Şekildeki rakamlar Tablo 6/4.9'un ilk kolonundaki sayılara tekabül eder.

Tablo 6/4.9 – CMT kataloğu

N	TARİH			SAAT (UTC)	EPİSENTIR				MOMENT		ANA EKSENLER									DÜĞÜM DÜZLEMLERİ					
					ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK		DEĞER	EKSTRA	T			N			P			1			2		
	YIL	AY	DAK	SAAT DK-SN	derece	derece	km	Mw	Nm		DEĞER	PLAKA	AZM	DEPĞER	PLAKA	AZM	DEĞER	PLAKA	AZM	STK	DP	KAYMA	STK	DP	KAYMA
1	1977	06	01	12:54:51.30	35.790	31.480	58.6	5.6	3.4	17	3.90	36	94	-1.02	54	269	-2.89	2	3	132	64	155	234	67	29
2	1979	05	28	09:27:33.40	35.790	32.020	95.7	5.9	0.9	18	1.05	23	349	-0.20	18	87	-0.85	60	211	48	27	-133	274	71	-71
3	1979	12	28	03:09: 9.70	37.060	36.240	15.0	5.4	1.5	17	1.22	0	96	0.50	90	180	-1.71	0	6	141	90	180	231	90	0
4	1979	12	31	06:21:34.40	36.000	32.010	53.0	5.7	4.2	17	4.34	31	22	-0.32	19	124	-4.03	52	241	67	23	-149	308	79	-70
5	1980	05	02	05:30:59.90	35.99	30.16	15.0	5.8	7.4	17	7.87	37	359	-0.90	3	267	-6.97	53	173	104	8	-72	266	82	-93
6	1981	04	26	14:13:34.50	36.170	31.480	63.0	5.6	3.5	17	3.67	40	22	-0.32	30	263	-3.35	36	148	178	30	4	84	88	120
7	1989	06	24	03:09:58.60	36.280	36.130	15.0	5.1	5.0	16	4.61	17	115	0.86	2	206	-5.47	73	301	203	28	-93	27	62	-88
8	1991	03	11	18:33:47.30	36.750	30.730	122.6	5.1	6.1	16	6.03	66	127	0.16	22	282	-6.19	9	16	131	41	125	268	58	64
9	1991	04	10	01:08:46.40	37.540	35.770	15.0	5.3	1.3	17	1.25	24	104	0.09	19	203	-1.34	59	327	160	27	-136	29	72	-70
10	1991	12	05	20:22: 1.20	36.490	32.270	117.6	5.2	7.1	16	8.23	25	335	-2.37	0	245	-5.86	65	155	66	20	-89	245	70	-90
11	1993	03	22	11:03:50.90	34.740	34.410	15.0	5.4	1.4	17	1.77	60	359	-0.68	18	124	-1.09	23	222	343	27	133	117	71	71
12	1995	02	23	21:03: 7.70	35.020	32.440	15.0	5.9	8.1	17	8.12	55	255	-0.12	16	10	-8.00	30	110	239	21	140	6	77	73
13	1995	05	29	04:58:37.40	34.890	32.630	15.0	5.3	1.1	17	1.17	57	252	-0.11	13	3	-1.06	29	101	224	20	132	0	76	76
14	1996	10	09	13:10:59.60	34.500	32.090	23.0	6.8	1.9	19	2.22	16	4	-0.74	74	178	-1.48	2	274	48	77	170	140	80	13
15	1996	10	10	01:10:24.90	34.580	31.340	19.0	5.7	4.7	17	5.64	33	353	-1.96	52	209	-3.68	18	95	139	53	12	41	80	143
16	1996	10	10	04:54:51.30	34.750	32.030	33.0	5.2	7.1	16	8.74	22	7	-3.30	62	229	-5.44	17	104	147	62	4	55	87	152
17	1996	11	27	00:44:25.90	34.470	32.030	32.6	5.3	1.3	17	1.25	21	19	0.06	46	133	-1.31	36	273	62	48	-168	323	81	-43
18	1997	01	13	10:19:28.30	34.090	31.740	33.0	5.7	4.0	17	3.70	2	323	0.56	73	227	-4.25	17	54	97	76	-11	190	79	-166
19	1997	01	22	17:57:24.40	36.010	35.770	15.0	5.7	4.3	17	5.35	26	104	-2.05	38	352	-3.30	42	219	243	39	-15	345	81	-128
20	1998	04	04	16:16:52.90	38.100	30.160	15.0	5.2	8.6	16	7.99	0	233	1.18	11	323	-9.16	79	143	313	46	-105	154	46	-75
21	1998	06	27	13:55:59.40	36.870	35.580	29.5	6.3	3.0	18	2.85	17	277	0.22	73	84	-3.07	4	186	321	75	171	53	81	15
22	1998	07	04	02:15:51.10	36.630	35.420	15.0	5.4	1.6	17	1.62	29	289	-0.06	54	149	-1.56	19	30	72	55	8	338	84	145
23	1999	05	25	17:15:29.70	34.560	31.410	15.0	5.5	2.6	17	3.15	35	341	-1.09	51	128	-2.06	16	239	14	53	165	113	78	38
24	1999	08	11	04:28: 0.20	34.420	32.680	20.0	5.6	2.9	17	2.82	67	297	0.22	22	96	-3.04	8	189	303	42	124	80	56	63
25	2000	12	15	16:44:51.70	38.400	31.350	15.0	6.0	1.2	18	1.29	4	202	-0.16	7	292	-1.13	82	81	285	41	-100	118	49	-81
26	2001	06	25	13:28:52.80	37.230	35.710	15.0	5.4	1.7	17	1.64	30	93	0.08	2	2	-1.72	60	269	189	15	-83	1	75	-92
27	2002	02	03	07:11:43.10	38.620	31.210	15.0	6.5	6.0	18	6.77	9	166	-1.53	11	74	-5.23	75	293	269	37	-71	66	55	-104
28	2002	02	03	09:26:49.40	38.230	30.560	15.0	5.8	6.1	17	5.91	4	124	0.40	22	32	-6.31	68	224	236	45	-58	15	53	-118
29	2002	02	03	11:40: 0.40	38.520	31.220	15.0	5.3	1.0	17	0.97	4	332	0.09	14	241	-1.06	76	76	76	43	-70	229	50	-108
30	2003	05	03	11:22:44.80	36.780	31.540	137.5	5.4	1.8	17	1.76	55	350	0.09	28	130	-1.85	19	231	358	36	143	119	69	60
31	2004	10	16	15:28:29.40	34.280	33.090	43.3	4.7	1.3	16	1.14	38	317	0.37	45	100	-1.50	20	211	347	47	164	88	78	44
32	2005	05	14	23:46:48.50	35.630	31.420	27.6	5.1	5.7	16	5.61	44	35	0.08	15	141	-5.69	42	245	46	16	176	141	89	74
33	2006	03	29	22:05:18.30	35.410	35.410	19.6	5.0	3.4	16	3.97	26	79	-1.08	42	323	-2.89	37	190	219	43	-10	317	83	-132
34	2007	03	30	19:24: 3.80	37.920	30.910	13.5	4.9	2.6	16	2.50	6	95	0.23	27	188	-2.73	62	353	158	45	-129	28	57	-57

N	TARİH			SAAT (UTC)	EPİSENTIR				MOMENT		ANA EKSENLER									DÜĞÜM DÜZLEMLERİ					
					ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK		DEĞER	EKSTRA	T			N			P			1			2		
	YIL	AY	DAK	SAAT DK-SN	derece	derece	km	Mw	Nm		DEĞER	PLAKA	AZM	DEPĞER	PLAKA	AZM	DEĞER	PLAKA	AZM	STK	DP	KAYMA	STK	DP	KAYMA
35	2007	04	10	22:00:41.90	37.960	30.870	14.6	5.1	5.2	16	5.05	0	93	0.18	24	183	-5.24	66	2	161	50	-122	25	50	-58
36	2007	12	13	18:06:24.50	38.910	33.060	12.0	4.9	3.1	16	3.54	24	83	-0.93	55	312	-2.60	23	184	224	55	1	133	89	145
37	2008	02	15	10:36:21.60	33.270	35.320	12.1	5.1	6.6	16	6.38	6	25	0.35	65	129	-6.73	24	292	71	69	-167	336	78	-22
38	2008	11	12	14:03:21.20	38.920	35.460	17.0	5.1	5.4	16	5.62	5	93	-0.51	67	351	-5.11	23	185	227	70	-13	321	78	-160
39	2009	09	10	18:29:56.10	37.760	32.510	21.7	4.9	2.4	16	2.31	3	293	0.11	5	202	-2.42	84	53	28	42	-82	197	49	-97
40	2009	09	11	01:58:33.30	37.720	32.500	18.8	4.9	2.8	16	2.70	7	286	0.23	8	195	-2.94	79	54	26	39	-76	188	52	-101
41	2009	12	22	06:06:24.80	35.500	31.300	57.2	5.3	1.2	17	1.02	72	43	0.27	0	133	-1.29	18	223	313	27	90	133	63	90
42	2010	11	14	23:08:25.00	36.580	36.080	12.0	4.9	2.8	16	2.82	8	117	-0.14	3	27	-2.68	81	273	211	37	-84	24	53	-94
43	2011	07	27	09:58:15.94	38.320	31.820	16.4	4.8	2.2	16	2.03	18	47	0.37	20	311	-2.40	63	175	165	33	-50	301	66	-112



Şekil 6/4.27 – CMT-kataloğuna göre [6/106] deprem mekanizması: yukarıda – hiposantır derinliği, h<44 km; aşağıda – h≥44 km. 27.07.2011 tarihinde gerçekleşen son deprem kırmızı renkte işaretlenmiştir. Siyah kare– Nükleer Güç Santrali sahası.

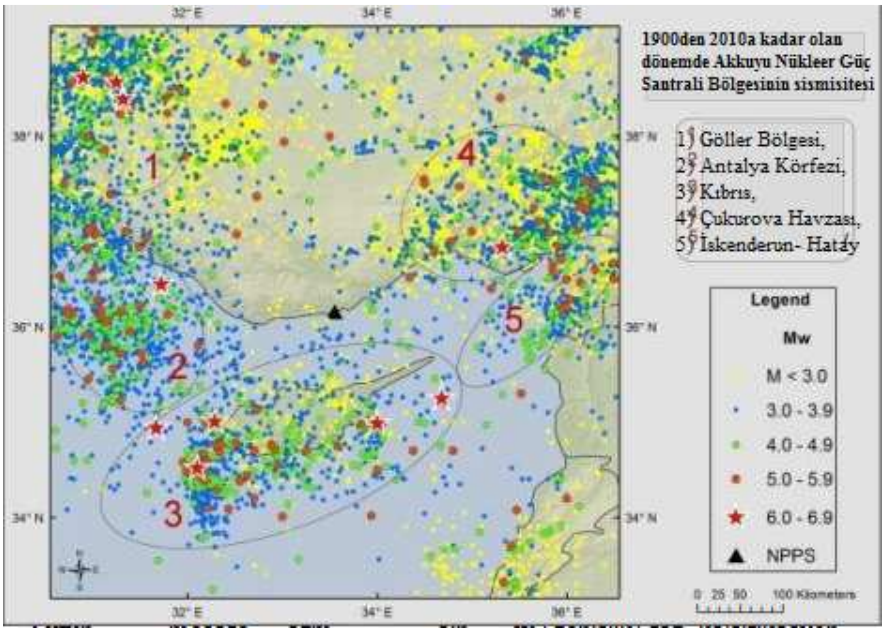
Bölgenin batı bölümünde fay düzlemi çözümlerinin ana tipinin normal faylanma olduğu belirlenmiştir. Düğüm düzlemlerinin oryantasyonu çok çeşitlilik göstermektedir. Buradaki depremlerin çoğu orta büyüklükteki olaylardır. Bu tip depremlerin düğüm düzlemi yönlenmelerinde büyük dağılmalar göstermesi, aynı alanda gerçekleştikleri durumlarda bile yaygındır.

Doğu bölgesinde, fay düzlemi çözümünün ana tipi de normal faylanmadır ama doğrultu atımlı durumlar da gözlenebilir, faylanma tipinin güney kısmında çeşitlilik vardır: ters faylanma ve doğrultu atımlı tip iki tipin kombinasyonu ile beraber görülebilir, ancak normal faylanma gözlenmez.

43 adetten sadece 8 derin deprem mevcuttur. Bunların ikisi Kıbrıs'ın kuzey batı kıyısına yakındır (normal fay tipi mekanizma); batı yönlü diğer 3'ü ise bazı doğru atımlı parçalı ters faylardır. Türkiye kıyılarında üç deprem daha vardır (iki ters ve bir normal faylanma).

ENVY/BU KOERI tarafından düzenlenen aletsel sismisite kataloğu 1900 yılından 2010 yılına dek olan 110 yılı kapsamaktaydı ve Şekil 6/4.28de grafiksel olarak sunulan 10059 olaydan meydana gelmekteydi, bunlar 30.55-36.55^{o} E (doğu) enlem ve 33.15-39.15^{o} N (kuzey) boylamı çerçevesinde dikdörtgen alan içindeydi. ENVY/BU KOERI kataloğu için olan deprem verileri tamamen [6/231, 6/125]'den alınmıştır.

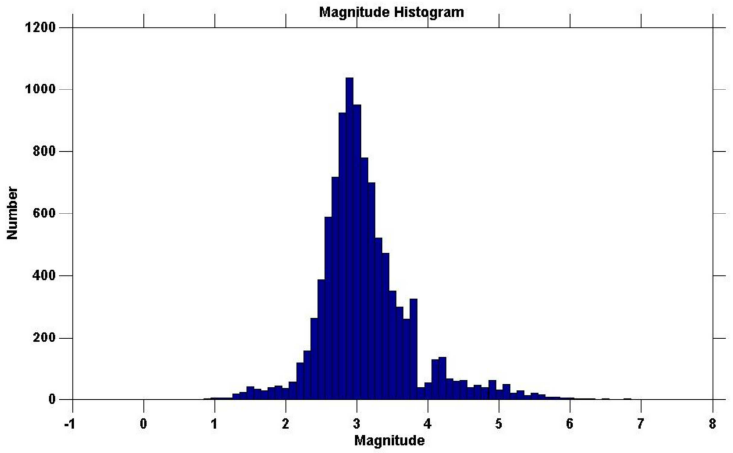
ENVY/BU KOERI aletsel kataloğu talep üzerine elektronik formatta sunulabilir.



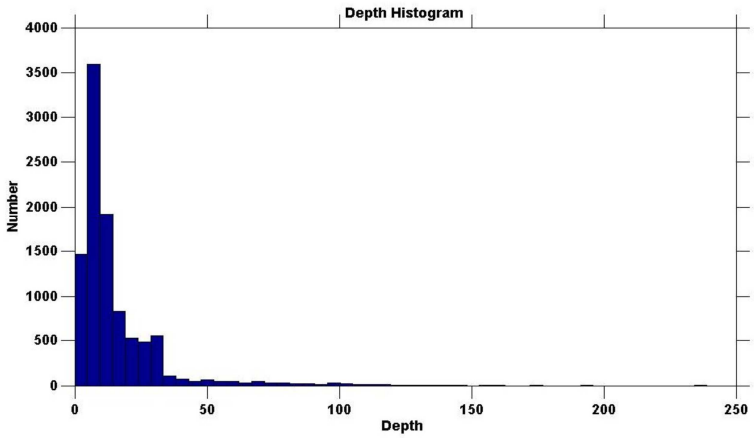
Şekil 6/4.28 – 1900den 2010a kadar olan dönemde Akkuyu Nükleer Güç Santrali Bölgesinin sismisitesi

Kataloğun büyüklük ve derinlik histogramları sırası ile Şekil 6/4.29 ve 6/4.30'da verilmiştir. Bildirilen deprem magnitüd değerlerinin çoğu Mw=2.9 ile Mw=3.4 arasındadır.

Deprem fokal Derinliklerinin dağılımı genel depremlerde h=0 - 20 km civarındaki sığ derinliklerde gerçekleşmektedir. Genelde, ortalama ve derin fokal Derinlikteki depremler Akdeniz ve Antalya Körfezi civarında yoğunlaşmıştır.



Şekil 6/4.29 – Deprem Magnitüd (büyüklük) Histogramı



Şekil 6/4.30 – Deprem Derinlik Histogramı

Sahaya en yakın olan ve $M_W \geq 6.0$ magnitüde sahip olan kaydedilmiş depremlerin özellikleri Tablo 6/4.10'da [6/75] verilmiştir.

Tablo 6/4.10 – Güçlü Depremler (1900-2010 yılları, $M_W \geq 6.0$), Akkuyu Nükleer Güç Santrali Sahasından 365 km. ötede kaydedilmiştir.

Akkuyu ve Civar Bölgesinde Büyük Depremlerin Dağılımı (1900-2010)

Distribution of Big Earthquakes for Akkuyu and Surrounding Area 1900-2010; (M ≥ 6.0)

No	Дата			Время			Координаты			Глубина		Магнитуда										Расстояние от площадки
	д	мес	год	ч	мин	с	с.ш.	в.д.	Ref	км	Ref	Ms	Ref	Mb	Ref	Md	Ref	Ml	Ref	Mw	Ref	км (min. 133-max.365)
1	30	4	1911	20	42	3.0	36.00	30.00	M	180	M	6.1	E	5.8	R	5.8	R	5.8	R	6.0	R	310
2	3	10	1914	22	7	2.4	37.70	30.40	8	14	8	6.9	E	6.4	R	6.5	R	6.4	R	6.6	R	325
3	29	9	1918	12	7	5.0	35.20	34.70	9	30	9	6.5	E	6.1	R	6.1	R	6.1	R	6.3	R	146
4	18	3	1926	14	6	14.6	35.84	29.50	1	10	1	6.8	E	6.3	R	6.4	R	6.3	R	6.5	R	355
5	20	1	1941	3	37	7.0	35.00	34.00	G	100	G	6.5	E	6.1	R	6.1	R	6.1	R	6.3	R	133
6	20	3	1945	7	58	56.5	37.11	35.70	1	60	1	6.0	E	5.7	R	5.8	R	5.7	R	6.0	R	217
7	10	9	1953	4	6	3.0	34.90	32.50	9	30	9	6.3	E	5.9	R	6.0	R	6.0	R	6.2	R	175
8	1	10	1995	15	57	12.6	38.06	30.15	4	5	4	6.1	4	5.8	4	6.0	R	6.0	P	6.0	R	365
9	9	10	1996	13	10	50.4	34.53	32.10	4	19	4	6.7	4	6.3	4	6.3	R	6.5	R	6.5	R	219
10	27	6	1998	13	55	53.5	36.85	35.32	4	47	4	6.2	H	5.8	H	6.3	R	6.0	R	6.2	H	174
11	3	2	2002	7	11	28.6	38.58	31.25	R	10	R	6.4	4	5.6	4	6.0	R	6.2	R	6.5	H	337

Magnitüd homojenleştirme için (Mw cinsinden), ENVY/BU KOERI aletsel kataloğunda kullanılan empirik ilişkiler [6/75] :

$$Md=(1.0377+(0.7863*Ms);$$

$$M_W=0.3247+(0.9870*Mb);$$

$$ML=1.0553+(0.7782*Ms);$$

$$Mb=1.4429+(0.7123*Ms);$$

$$ML=0.2328+(0.9585*Md);$$

$$ML=0.6643+(0.8314*Mb).$$

Kümelerin ayrılması süreci aslında tetiklenen deprem hareketliliğinin de çıkarılmasını ve bağımsız olayları kapsar: şoklardan öncesi ve sonrası. Reasenberg [6/188] metoduna göre, ENVY/BU KOERI'nin orijinal kataloğu 10059 olaydan meydana gelmiştir. Toplamda 237 küme tespit edilmiş ve 1616 olay katalogdan çıkarılmıştır.

Farklı magnitüd aralıklarında bütünlük dönemlerini hesaplamak için, Stepp metodu kullanılmıştır [6/208]. Sonuçlar şöyledir:

1902-1965, bütünlük magnitüdü Mc=5.1;

1966-2010, bütünlük magnitüdü Mc=2.9.

Rizzo ve ortaklarının teklif verdiği özet katalog aletsel yönüyle üç kaynaktan derlenmiştir:

Türkiye için olan deprem katalogları [6/210];

Atina Üniversitesi (UOA) [6/232];

Uluslararası Sismolojik Merkez (ISC) On-line Bülten [6/116].

[6/210] ve [6/232] katalogları ve 1964 yılına dek olan olaylarla sınırlıdır. 1964 ve 2009 arasındaki dönem [6/116]'dan depremlerle temsil edilmiştir.

Kataloglardaki ([6/210] ve [6/232]) zaman aralıkları ilk kayıt tarafından tanımlanır ve bunlarla ilgili magnitüd ile ilgili aşağı-yukarı bir tahmin mevcuttur. Özet kataloğundaki genel zaman fasılası bu nedenle, 2351 yıldır.

Rizzo kataloğundaki magnitüd tahminleri ve hesaplamaları tek düzende, moment magnitüde Mw değerinden sismolojik yayınlardan [6/197, 6/118 ve 6/84] elde edilen dönüşüm ilişkilerine göre dönüştürülmüştür. Bazı depremler için, dönüşüm ilişkileri mevcut değildir; bunlar için, belirtilen magnitüd (büyüklük) değeri Mw'ye eşit olarak değerlendirilir ve varsayılır.

Rizzo özet kataloğunun bütünlüğü 320 km'lik bölgede aletsel dönem olayları için Tablo 6/4.11'de verilmiştir.

Tablo 6/4.11 – Rizzo Kataloğundaki Aletsel Dönem Depremlerinin Bütünlük Yılı

Magnitüd (büyüklük) M_W	320 km'lik bölge için kataloğun Bütünlük yılı
3.0	1999
4.0	1968
5.0	1918
6.0	1905

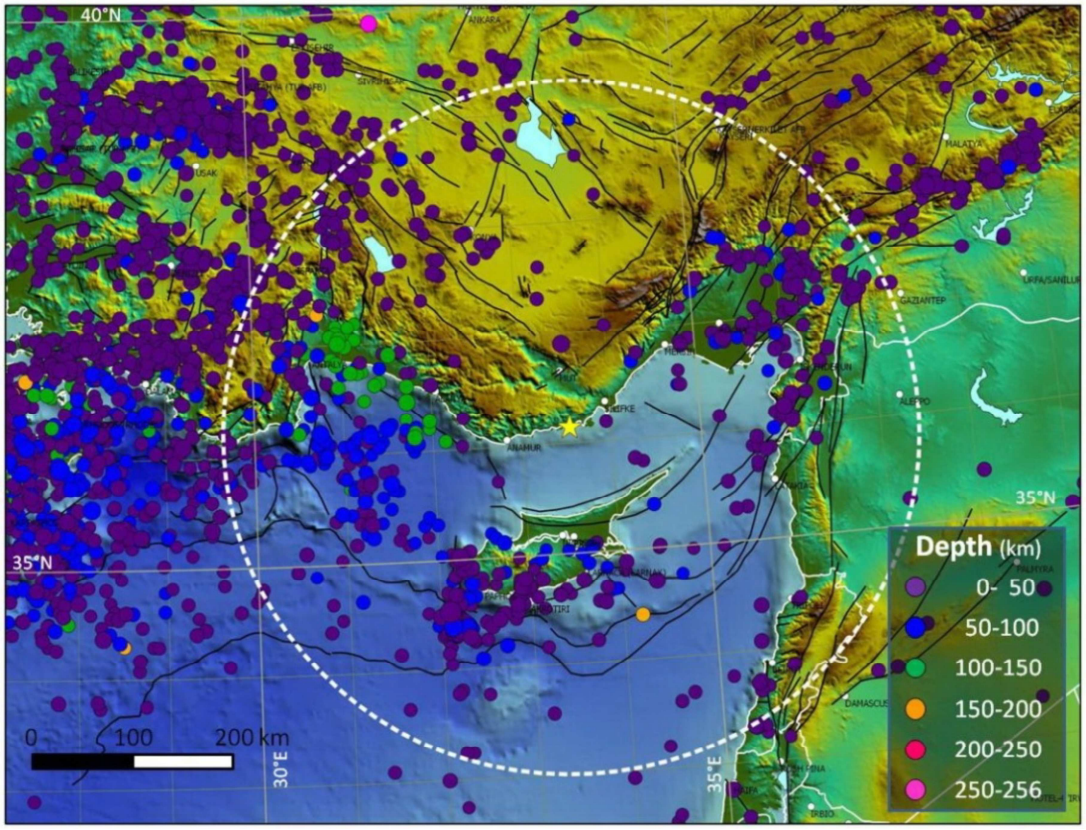
Rizzo aletsel Deprem kataloğu talep üzerine elektronik formatta sunulabilir.

WP Özet Kataloğu iki kaynağa dayanarak geliştirilmiştir:

Yılmaz Bektur, Türkiye Sismik Kataloğu'nda (1996), M.Ö. 2100'den M.S. 1994 yılına dek olan olaylar sunulmuştur [6/112];

BU KOERI tarafından yapılan ve 1900 ve 2010 [6/75] arasındaki dönemi kapsayan ve Akkuyu Projesi kapsamındaki işleri içeren katalogdur.

Deprem verilerinin belirtilen kaynakları dışında, WP, ISI kataloğunun verilerini kullanmıştır [6/119]. Deprem episentır haritası (1976'dan 2010'a, kaynak IRIS kataloğu) Şekil 6/4.31'de gösterilmiştir.



Şekil 6/4.31 –IRIS veri tabanının aletsel sismisitesi (1976-2010).

M_W=3.0 - 8.1 magnitüd aralığında, katalog 4764 olayı içermektedir, ancak SHA analizinde sadece 4.0'dan yüksek Mw'si olan olaylar kullanılmıştır.

Özet kataloğun eksiksizliği değerlendirilmiştir.

Farklı magnitüde sahip olayların WP özet kataloğundaki dönemlerin tamam olma durumu bilgileri de Tablo 6/4.12'de verilmiştir.

Tablo 6/4.12 – WP Kataloğunda Aletsel Dönem Depremlerinin (eksiksiz) Yılları

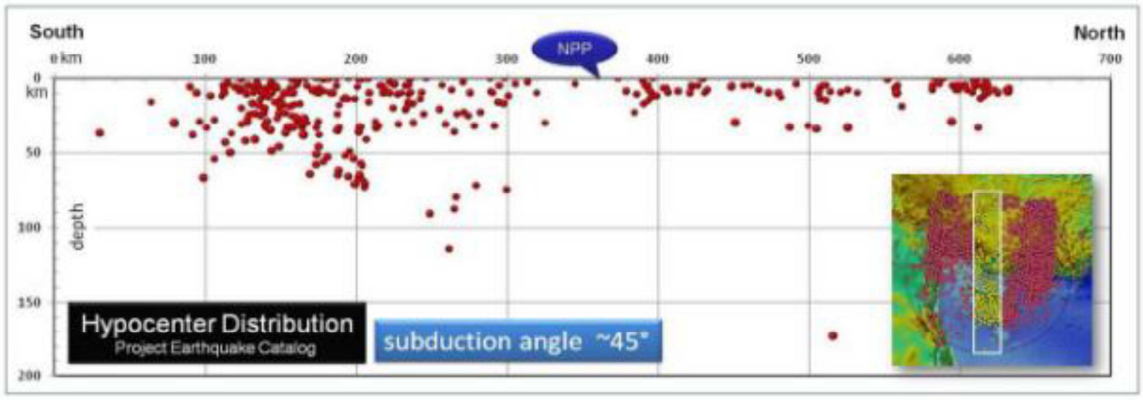
Magnitüd (büyüklük) M_W	Kataloğun (tam olduğu) yılı
3.0	1997
4.0	1964
5.0	1921
6.0	1821

WP aletsel deprem kataloğu talep üzerine elektronik formda verilebilir.

Sismisite, yani deprem hareketliliği haritaları, Akkuyu Nükleer Güç Santrali'ne yakın bölgelerde, görece kuvvetli olayların episantırlarının bulunmadığını doğrulamaktadır. En kuvvetlisinin (M=7.1)

olduğu esas olaylar doğuda (Orta Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı, Ölü Deniz Fay Hattı), batıda (Antalya Bölgesi) ve güneyde (Kıbrıs) vuku bulmuştur.

Olayların derinlik dağılımı, kırılgan yer kabuğunun kalınlığını ve dalan levhaların geometrisini ortaya çıkarır. Şekil 6/4.32, aletsel sismik olayların derinliği ile dağılımını öngören bir kuzey-güney kesitini göstermektedir: dalan levha, 40-45°'lik bir açıyla yaklaşık 110 km derinliğe kadar açıkça çizilmiştir. Kuzeyin ilerisinden, bölgeden 50 km mesafeye kadar, yer kabuğunda deprem hareketliliğine dair bir bulgu yoktur. Bundan dolayı, bölgenin altında depremsel hareketliliği olan aktif bir levha olmadığı farz edilmektedir. Kırılgan levhanın kalınlığının, olayların çoğunun 15-20 km derinlikte vuku bulduğu, bölgenin kuzeyindeki iç sektördekinden küçük olduğu gözükmektedir.



Şekil 6/4.32 – Tüm bölge boyunca genişletilmiş (700 km) kuzey-güney kesitinde, aletsel depremsel hareketliliğin dağılımı ve derinliği

PSHA için derlenmiş katalogların hazırlığı yapılmıştır. Rizzo kataloğu, Tibi vd. [6/228] yaklaşımı kullanılarak ayrılmıştır; ENVY/BU KOERI kataloğu, Reasenberg metodu [6/188] temelinde ayrılmıştır. Katalogların bütünlüğü (farklı büyüklük aralıklarındaki olaylar) Rizzo ile ENVY/BU KOERI ve WP ise Stepp yöntemi [6/188] kullanılarak değerlendirilmiştir.

Takviye edilmiş sismik tehlike değerlendirmesi, Türkiye'deki milli kuruluş olan BU KOERI tarafından geliştirilmiş ve işlenmiş, homojenleştirilmiş bir proje olan depremsel hareketlilik kataloğundan yararlanmaktadır.

6.4.3 MİKRO-DEPREMLER İLE İLGİLİ ALETSEL ÇALIŞMALAR

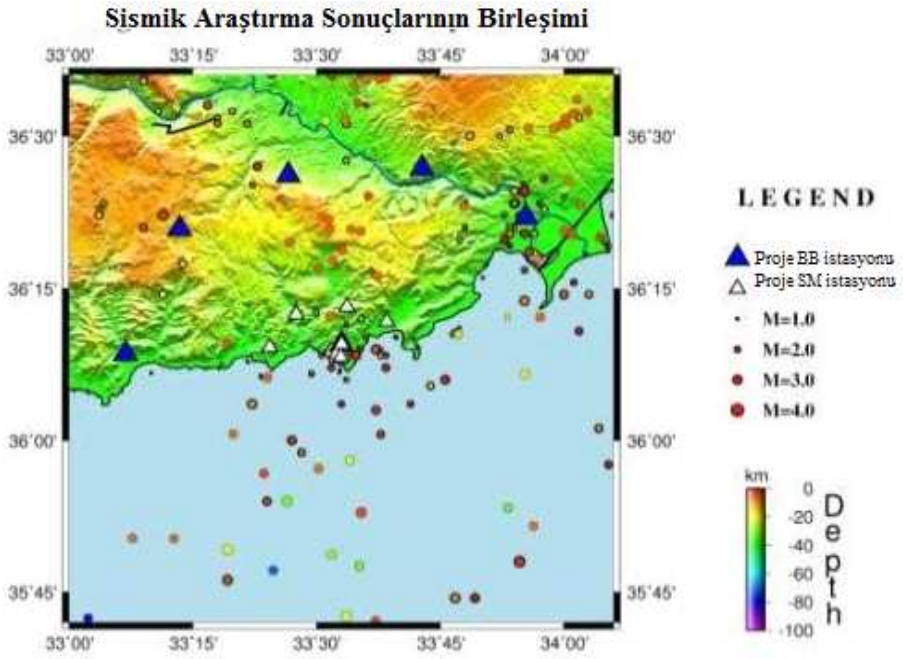
Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesinin mikro-depremsel hareketliliği, 1977'den 1988'e kadar olan dönem süresince, İstanbul Teknik Üniversitesi [6/43, 6/44, 6/215, 6/216, 6/217 ve 6/224] tarafından, üç aşamada araştırılmıştır.

İlk aşama, Haziran 1977'den itibaren (yaklaşık dört ay) ve Mart-Ağustos 1978 olmak üzere iki bölümden oluşmuştu. Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin etrafında 60 km çapındaki bölge içine 10 istasyonluk bir ağ kuruldu. 35.00° kuzey ve 38.50° kuzey ve 30.50° doğu ve 36.00° doğu ile sınırlandırılmış çalışma alanı içinde, büyüklükleri 1.2 ile 4.3 arasında değişen 122 adet olay konumlandırıldı. 1977-1978 yılları arasında icra edilen çalışmalar süresince, dikkate değer bir sismik aktivite gözlemlenmedi.

Nisan 1985 ve Mayıs 1986 arasında ise, Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin etrafında 120 km çapındaki bölge içine 17 istasyonluk bir ağ kuruldu. Çalışma alanı içinde, büyüklükleri 1.1 ile 4.6 arasında değişen toplam 515 olay konumlandırıldı. Muhtemelen sismik istasyonların sayısındaki kayda değer artışa bağlı olarak, bu çalışma döneminde, göreceli olarak daha yüksek bir sismik aktivite gözlemlendi. Olayların kümelenmiş iki takımı deniz kıyısına paralel kuzeydoğu-güneybatı yönünü oluşturuyordu.

Ocak 1987 ile Ocak 1988 arasındaki çalışmalar süresince, 17 istasyonluk bir ağ kullanıldı. Ağın düzenlenme biçimi, iki istasyonun doğuya doğru uzakta yerleştirilmiş olması dışında, ikinci aşamadakinin benzeriydi. Önceki iki çalışmada gözlemlenmiş olan majör mikro-depremler yığını bu dönemde de gözlemlendi. Bu çalışma dönemindeki mikro-deprem aktivitesini Ecemiş fayının görünen kısmının sergilediğine dair kuvvetli bir kanıt yoktur. Mamafih, Ecemiş fayının güney ucu ile Mersin şehri arasındaki alanda, M>2.5 büyüklüğünde bazı mikro-depremler olmuştur. Bu çalışmayı hazırlayanlar, bu aktivitenin, Ecemiş fay hattının Pozantı ilçesinin daha fazla güneyine gittiğine dair kuvvetli bir kanıt olmayabileceğini farz etmektedirler. Çalışma alanına, büyüklükleri 1.5 ve 4.8 arasında değişen toplam 577 adet olay konumlandırıldı. Merkez Akkuyu Nükleer Güç Santrali olmak üzere, 60 km çapındaki bölge içinde oluşmuş olan, önceki üç aşamada (1977-1978, 1984-1985, 1986-1988) kaydedilmiş mikro-depremlerin bir listesi Ek L'de verilmiştir.

Yakın bölgedeki toplam uzamsal dağılımın daha kesin karakteristiğini elde etmek için, 1977-1988 arasında, yerel gezgin sismik ağlarca tanımlanmış sismik olaylar ile milli sismik ağlarca kaydedilen olaylar birleştirilmiştir. Şekil 6/4.33'te gösterildiği gibi, depremlerin uzamsal dağılımı kabaca iki öbeği karakterize eder: biri iç deformasyondan etkilenmiştir, ikincisi ise neredeyse sismik aktivite göstermemektedir. Bu öbekleri ayıran çizgi, kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanmaktadır. Tek tek jeolojik araştırmaların sonuçlarının kuzeydoğudan güneybatıya uzanan bazı fayların varlığını gösterdiği gerçeğine karşın, elde edilen sonuçların birleştirilmesi sonucu, fay boyunca bir kaymanın değil, sabit bir öbeğin deformasyonunun resmi ortaya çıkmaktadır. Eğer iki öbeği ayıran kuzeydoğu-güneybatı hattı bir fay ise, bu, 2011'de [6/79] yeniden inşa edilmiş sismik ağ tarafından kaydedilmiş olan ilgili verileri gerektiren daha ileriki bir çalışmanın konusudur.



Şekil 6/4.33 – Gezgin Aletsel Araştırma Verilerine ve Ulusal Sabit Sismik İstasyon Ağlarınca [6/79] Elde Edilmiş Verilere Göre, Depremlerin Merkez Üslerinin Tanımlanmasının Sonuçları

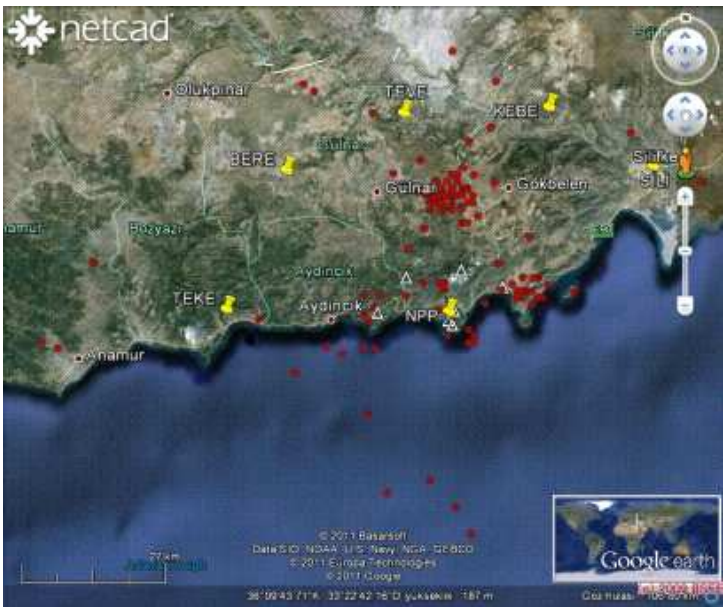
Böylece, aletsel sismik araştırmaların sonuçları, ilk önce, bölge civarında oldukça düşük deprem aktivitesini, ikinci olarak ise, bu sonuçların, bir bütün olarak, bölgenin tektonik yapısıyla tutarlı olduklarını göstermektedir.

Temmuz 2011'in başlarında [6/79, 6/80 ve 6/81] başlatılmış olan deprem hareketliliği araştırmasının amacı Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesi civarında günümüzdeki tektonik deformasyon kapsamındaki aktif fayların varlığının tanımlanmasıdır. Bu amaçla, 80x40 km^2'lik bir alanı kapsayacak şekilde ve kuvvetli yer hareketleri istasyonları için ortalama 5 km ve geniş bant istasyonlar için 20 km aralıklar ile 13 dijital istasyon yerleştirilmiştir. Mikro-depremleri izlemek için yerel ağ, kuvvetli yer hareketleri (SM=strong motion) için yedi akselerometre ve zayıf yer hareketleri (WM=weak motion) geniş bant için altı sismometreden oluşmaktadır. Ağın düzenleniş şekli, Şekil 6/4.34'te gösterildiği şekildedir. SM akselerometreler, 20x10 km^2'lik bir alanda, farklı yüzey tabakası şartları ile yakın mesafelerle kurulmuştur ve Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesinden 10-15 km uzaktadırlar. Üç tanesi ise Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesine kurulmuştur. Bu üçünden, Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesinin girişine kurulan bir tanesi referans istasyon olarak düşünülmüştür ve hem akselerometre hem de sismometre içermektedir.

Şekil 6/4.34 – Yerel Sismik Ağın Düzenlenme Şekli; sarı semboller – WM geniş bant için sismometreler, üçgenler – kuvvetli yer hareketleri için (SM) akselerometreler.

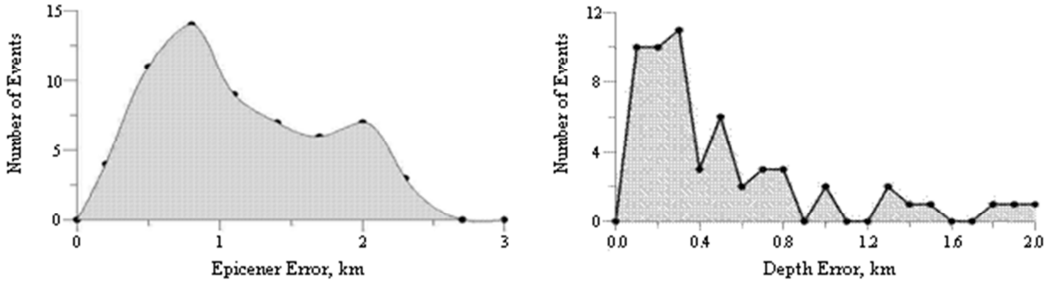
Temmuz'un 2'sinden 31 Ekim 2011'e kadar olan dönem için derlenmiş aletsel deprem kataloğu, Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesi merkez olmak üzere 50 km çaplı bir alan içinde [6/75], $0.7<M_D<2.6$ büyüklükte 135 olay içerir.

Şekil 6/4.35'te gösterilen olayların episantırları, diziliş içinde ±2 km'lik güvenli bir çap içine yerleşmiştir ve dizilişin dışındaki olaylar için göreceli olarak daha büyüktürler. Yerel ağın dışına konumlanmış uzak olayların güvenilirliği KOERI ve AFAD tarafından işletilen ulusal sismik ağa ait birkaç yakın sismik istasyonda kaydedilen ilk varışları birleştirmektedir. 2011 çalışmasının güvenilir tespitlerinin eşik büyüklüğü 1.4 kadardır.



Şekil 6/4.35 – Akkuyu Nükleer Güç Santrali Bölgesinden 50 km Mesafeye Kadar Olan Alan İçinde Oluşmuş ve 1 Temmuz 2011'den 31 Ağustos 2011'e Kadar Olan Dönem Süresince Tespit Edilmiş Sismik Olaylar.

Sismik olayları konumlandırmada episantır ve derinlik hatalarının sıklık dağılımı (Temmuz-Ağustos 2011 gözlem verilerine göre) Şekil 6/4.36'da gösterilmiştir.

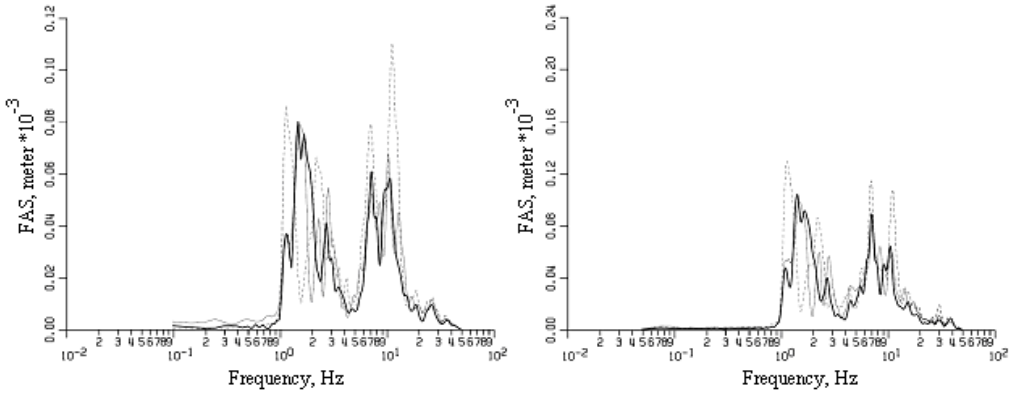


Şekil 6/4.36 - Sismik olayları konumlandırmada episantır ve derinlik hatalarının sıklık dağılımı (Temmuz-Ağustos 2011)

Titiz bir analizle tespit edilmiş olduğu üzere, kaydedilmiş olayların önemli bir bölümü endüstriyel ya da maden patlamaları nedeniyledir. Nükleer Güç Santrali bölgesinden 30 km mesafe içindeki kuvarsit, inşaat taşları ve mermer ocaklarının yerleşimini gösteren şematik bir harita Şekil 6/4.37'de verilmiştir. Bunun yanı sıra, bölgedeki yol çalışmalarında düzenli olarak küçük patlayıcılarla patlamalar yapılmaktadır. Bu olaylar Akkuyu Nükleer Güç Santrali için doğrudan tehlikeli değildir fakat aletsel deprem hareketlilik analizlerinde yanlışlıkla doğal depremler olarak algılanabilirler. Bu gerçeğe göre, deprem kataloğuna bir olayın katılımından önce yapılan kapsamlı bir analiz ve insan üretimi olayların (patlamalar) ayırt edilmesi [6/75]'te ayrıntılı olarak tarif edilmiştir.

Şekil 6/4.37 – Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesindeki Taş Ocakları

Şekil 6/4.37'de görüldüğü gibi, iki paralel sismik aktivitenin izleri vardır – Akdeniz kıyısında, açık denizde ve Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesinin batısına doğru, kıyıya yakın. Bu bölgelerdeki sismik aktiviteler önceki üç araştırma aşamasında da gözlemlenmiştir. Bellidir ki, açık denizdeki olaylar depremlerdir. AKKU istasyonunda kaydedilmiş olan, açık denizdeki ve kıyıya yakın olaylar için Fourier büyüklük spektrumları (Şekil 6/4.38) oldukça benzerdir, yani bu olayların kaynağı aynıdır diye düşünülebilir. Bu yüzden, Nükleer Güç Santrali bölgesinin batısında kıyıya yakın sismik aktivite doğal olaylar nedeniyledir – deprem.



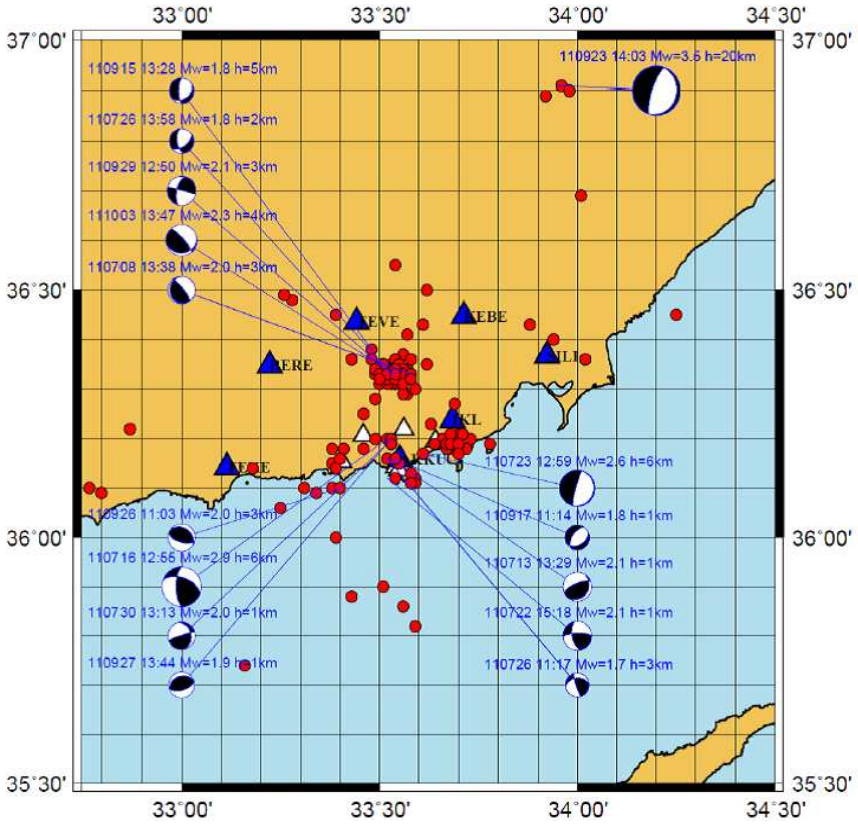
Şekil 6/4.38 – 26 Eylül 2011 saat 11:03'teki açık deniz olayı için Fourier büyüklük spektrumu (solda) ve 14 Ekim 2011 saat 08:54'teki kıyıya yakın olay için (sağda)

Centroid Moment Tensor (CMT) (Kütle Merkezi Moment Tensörü) çözümleme tekniği ileriki sıkıştırmaya uygulanmış ve sismik olayların derinlik aralığı daha iyi anlaşılmıştır. Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesi etrafında 40-50 km bir çap ile yarım daire şeklinde bir diziyle yerleştirilmiş altı geniş bant sismometre, söz konusu alandaki mikro-deprem kaynak

parametrelerinin iyileştirilmesi için, Kuge [6/140] tarafından geliştirilmiş tekniği kullanarak, iyi bir imkân yaratmıştır.

Yöntem, yerel mesafelerdeki bir ya da daha fazla istasyondaki sismik kayıtların yer değiştirmesinin dalga formu modellemesine dayanır. Bir kütle merkezi konumu, 3D-grid (haritayı karelere bölme sistemi) şeması içinde, gözlemlenmiş ve yapay sismik kayıtların yer değiştirmeleri arasındaki en iyi uyumu elde ederek, aranabilir. Yapay olanlar, yatay tabakalı bir yapı için Kohketsu [6/136] yardımıyla hesaplanır.

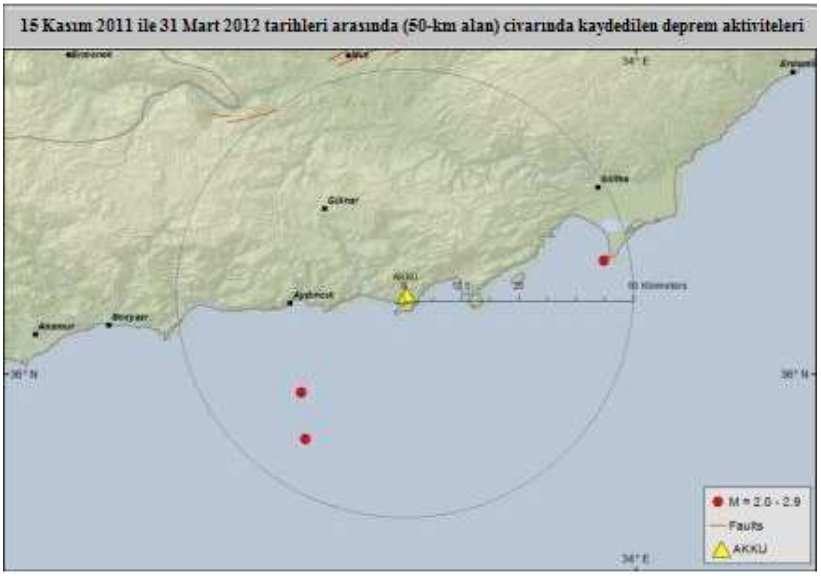
Geniş bant kayıtların dalga formu modellemesiyle elde edilen CMT derinlikler üst kabukta, çoğunlukla 1-3 km derinlik aralığında, sığ derinlik verir (Şekil 6/4.39). Böylesine sığ bir derinlik aralığı, gündüz olaylarının insan ürünü olması olasılığını göz ardı edemez. Tam tersine, sığ derinlikler onu destekler. Geri kazanılan en büyük derinlik, Akkuyu bölgesinin 90 km kuzeydoğusunda konumlanmış, ağırlıklı olarak normal faylanma mekanizması gösteren bir olay için, 20 km'dir. Bölgenin yakınlarında yer alan olaylar için dokuz CMT çözümlemesi 1-6 km derinlik aralığı içindedir. Bölgenin 10 km doğusunda konumlanmış, bölgenin 90 km uzağında konumlanmış olana benzer normal faylanma mekanizması gösteren olayın CMT derinliği 6 km'dir.



Şekil 6/4.39 – Yüksek sinyal gürültü oranlı bazı seçilmiş olaylar için CMT çevrilme sonuçları, [6/125]

2011'deki (Ekim 2011'e kadar) çalışma süresince, Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesi yakınlarındaki yerel sismik ağ tarafından kaydedilmiş mikro-depremlerin listesi Ek L'de verilmiştir.

Yerel sismik ağ istasyonlarındaki sismik izleme 2012'de devam etmiştir [6/79, 6/80, 6/81].15 Kasım 2011'den 31 Mart 2012'ye kadar olan dönem için, bölgeden 50 km mesafedeki alan içinde, üç deprem kaydedilmiştir. Kaynaklar bölgenin güneybatısı ve doğusunda deniz içindedir (Şekil 6/4.40, Tablo 6/4.13).

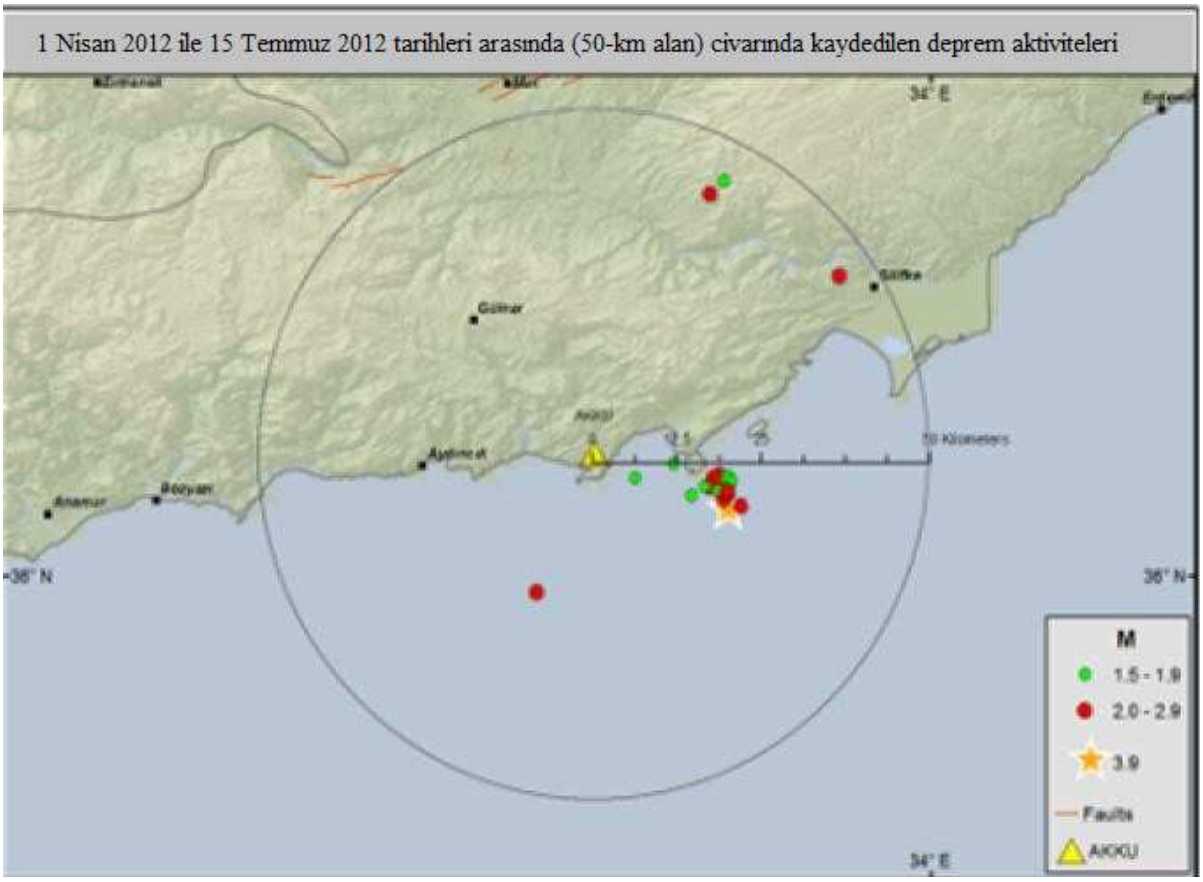


Şekil 6/4.40 – 15 Kasım 2011 ile 31 Mart 2012 tarihleri arasında (50-km alan) civarında kaydedilen deprem aktiviteleri

Tablo 6/4.13 – 15 Kasım, 2011 ile 31 Mart 2012 tarihleri arasında (50-km alan) civarında kaydedilen depremlerin listesi

No	Tarih	Süre	Enlem (º Kuzey)	Boylam (º Doğu)	Magnitüd (büyüklük) (Ml)	Derinlik (km)
1	07.12.2011	11:21:44.00	36.2277	33.9378	2.2	11
2	12.02.2012	11:57:45.09	35.9638	33.3438	2.6	5.3
3	28.02.2012	06:01:03.45	35.8712	33.3523	2.4	24.9

1 Nisan 2012den 15 Temmuz 2012 tarihine dek, alanın 50 km'lik civar alanında 28 deprem kaydedilmiştir. Kaynaklar sahanın Güney Doğu ve Doğu bölümlerinde yer almaktaydı (Şekil 6/4.41, Tablo 6/4.14).



Şekil 6/4.41 –1 Nisan 2012 ile 15 Temmuz 2012 tarihleri arasında (50-km alan) civarında kaydedilen deprem aktiviteleri

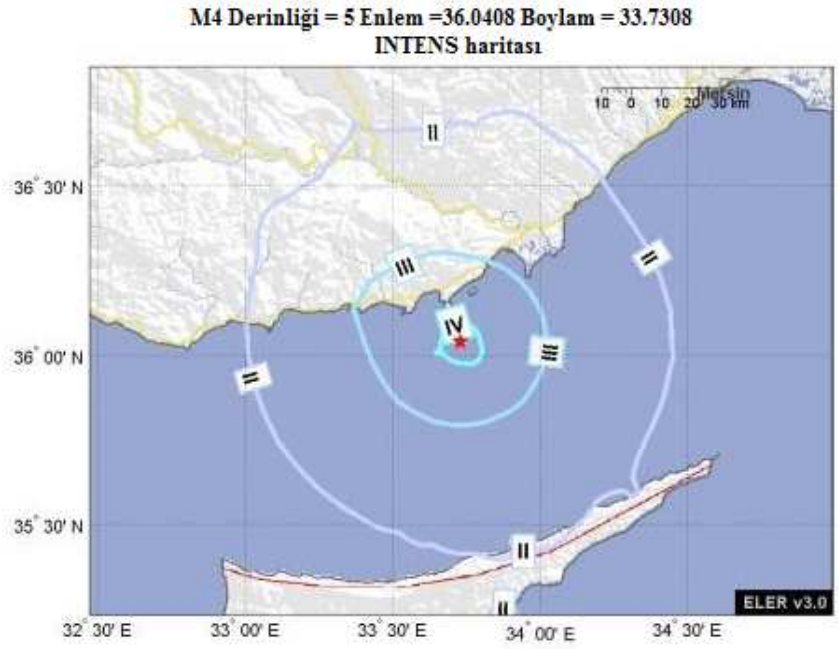
Tablo 6/4.14 – 1 Nisan 2012 ile 15 Temmuz 2012 tarihleri arasında (50-km alan) civarında kaydedilen depremlerin listesi

No	Tarih	Saat	Enlem (º N)	Boylam (º E)	Magnitüd (büyüklük) (Ml)	Derinlik (km)
1	08.04.2012	04:48:26.71	36.4948	33.7055	2.2	13.4
2	03.05.2012	06:24:26.74	36.0887	33.7292	3.9	5.5
3	04.05.2012	10:06:24.03	36.116	33.702	1.8	3.9
4	04.05.2012	16:21:53.94	36.1068	33.7198	1.8	5.2
5	04.05.201	17:07:07.4	36.1033	33.6805	1.9	3.4

No	Tarih	Saat	Enlem (º N)	Boylam (º E)	Magnitüd (büyüklük) (Ml)	Derinlik (km)
	2	5				
6	06.05.2012	07:47:08.95	36.124	33.7195	1.9	10.3
7	10.05.2012	00:55:11.72	36.1172	33.7255	2.1	9.9
8	10.05.2012	16:52:10.07	36.1302	33.7178	2.1	11.7
9	10.05.2012	21:18:46.76	36.1053	33.7283	2.3	9.3
10	11.05.2012	01:39:53.45	36.1202	33.7253	1.9	9.8
11	13.05.2012	09:05:58.09	36.108	33.7307	1.7	6.1
12	13.05.2012	23:32:55.01	36.1267	33.7095	2.1	11.5
13	14.05.2012	01:12:16.57	36.09	33.7465	2.1	5.2
14	14.05.2012	20:05:23.68	36.104	33.7252	2.3	9.1
15	20.05.2012	08:11:42.93	36.129	33.7292	1.8	9.7
16	22.05.2012	20:22:53.58	36.1157	33.7043	2.1	7.3
17	27.05.2012	21:50:42.59	36.1222	33.7338	1.8	6
18	06.06.2012	17:23:08.48	36.3883	33.8775	2.7	12
19	18.06.2012	15:21:55.23	35.9778	33.4738	2.8	17.8
20	27.06.2012	22:51:36.01	36.0993	33.7233	2.2	5.1

No	Tarih	Saat	Enlem (º N)	Boylam (º E)	Magnitüd (büyüklük) (Ml)	Derinlik (km)
21	30.06.2012	09:40:47.79	36.1093	33.7197	2.0	5.2
22	04.07.2012	16:31:20.70	36.1112	33.7173	1.8	3.8
23	06.07.2012	06:49:10.62	36.1265	33.6053	1.5	18.8
24	09.07.2012	00:00:48.94	36.1102	33.7172	1.9	4.8
25	09.07.2012	19:17:55.71	36.511	33.7238	1.9	26.6
26	10.07.2012	08:11:02.53	36.115	33.6975	1.6	3
27	11.07.2012	13:25:51.94	36.1447	33.6563	1.7	9.1
28	15.07.2012	09:03:14.44	36.1098	33.728	2.0	3.4

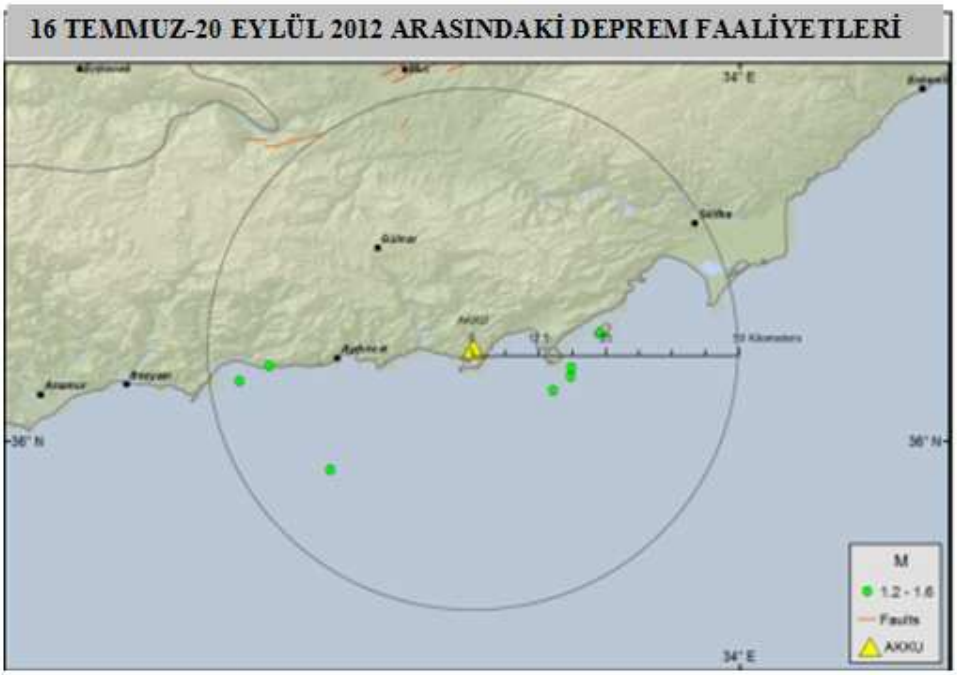
Şekil 6/4.41'de de görülebildiği üzere, 1 Nisan 2012'den 15 Temmuz 2012'ye kadar olan dönemde kaydedilen olayların çoğu Yeşilovacık açıklarında yer almaktadır ve bariz bir küme oluşturmaktadırlar. Bu olaylar kümesinin konumsal dağılımı bir KB-GD düzenini göstermektedir. Bunların arasındaki en büyük olay 3 Mayıs 2012 tarihli Yeşilovacık depremidir (ML=3.9) ve bu da ağın kurulumundan beri gözlenen en önemli depremdir ve Akkuyu Nükleer Güç Santrali ağının güçlü hareketli ve geniş bantlı istasyonları tarafından başarılı bir şekilde kaydedilmiştir. Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasından olan episantır mesafesi yaklaşık olarak 20 km'dir. Olay, Akkuyu, Aydıncık, Gülnar ve Silifke'de hissedilmiştir ve öngörülen yoğunlukların dağılımı Şekil 6/4.42'de gösterilmiştir.



M4 Derinlik=5=36.0408

Şekil 6/4.42 – Yeşil Ovacık Bölgesinde episantırlı 3 Mayıs 2012 depremi için şiddet haritası

Son gözlem döngüsünün verileri 16 Temmuz-20 Eylül 2012 dönemi için sağlanmıştır. Bu dönem içinde, Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasının batı-güneybatı ve doğuda episantır alanı olan yedi mikro deprem de kaydedilmiştir (Şekil 6/4.43, Tablo 6/4.15).



Şekil 6/4.43 – 16 Temmuz 2012 ile 20 Eylül 2012 arasında bölgedeki sismik faaliyetler

Tablo 6/4.15 – 16 Temmuz'dan 20 Eylül 2012'ye kadar olan dönemde (50-km alan) civarındaki depremler listesi

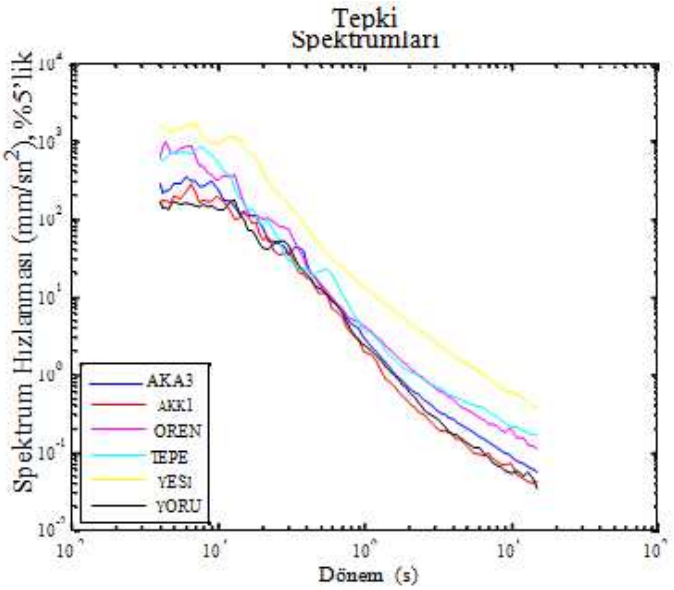
No	Tarih	Saat	Enlem (º N)	Boylam (º E)	Magnitüd (büyüklük) (Ml)	Derinlik (km)
1	27.07.2012	03:45:20.35	36.0863	33.6853	1.2	4.8
2	01.08.2012	15:39:10.37	36.1027	33.1557	1.5	9.9
3	13.08.2012	13:25:01.88	36.1295	33.2065	1.2	5.2
4	20.08.2012	05:14:13.96	36.1848	33.7638	1.3	12.8
5	27.08.2012	23:48:03.88	35.9508	33.3088	1.5	8.5
6	02.09.2012	00:24:23.95	36.1253	33.7152	1.6	4.7
7	10.09.2012	17:02:58.57	36.1105	33.7142	1.3	12

Kasım 2011den itibaren, ENVY/BU KOERI düzenli olarak bölgedeki en güçlü olayların tepki spektrumunu belirlemektedir. Kaydedilen tepki spektrumunun örnekleri Şekil 6/4.44 ve 6/4.45'de verilmiştir. Spektrumu GMPE tespiti veya güncelleme için ve Tasarım temelli olarak kapsanan sismik parametrelerin onayı için kullanmak planlanmıştır.

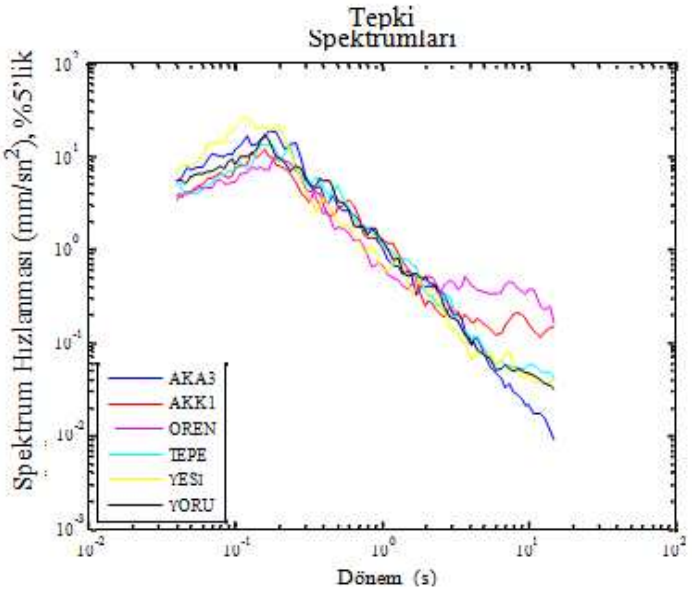
Tepki Spektrumu

Spektum ivmelenmesi

Dönem



Şekil 6/4.44 – 2012.05.03, ML 3.9, Yeşilovacık Açıkları-Mersin (Akdeniz), Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasına olan mesafe: 20.1km



Şekil 6/4.45 – 2012.05.11, ML 5.3, Akdeniz, Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasına mesafe: 219.7km

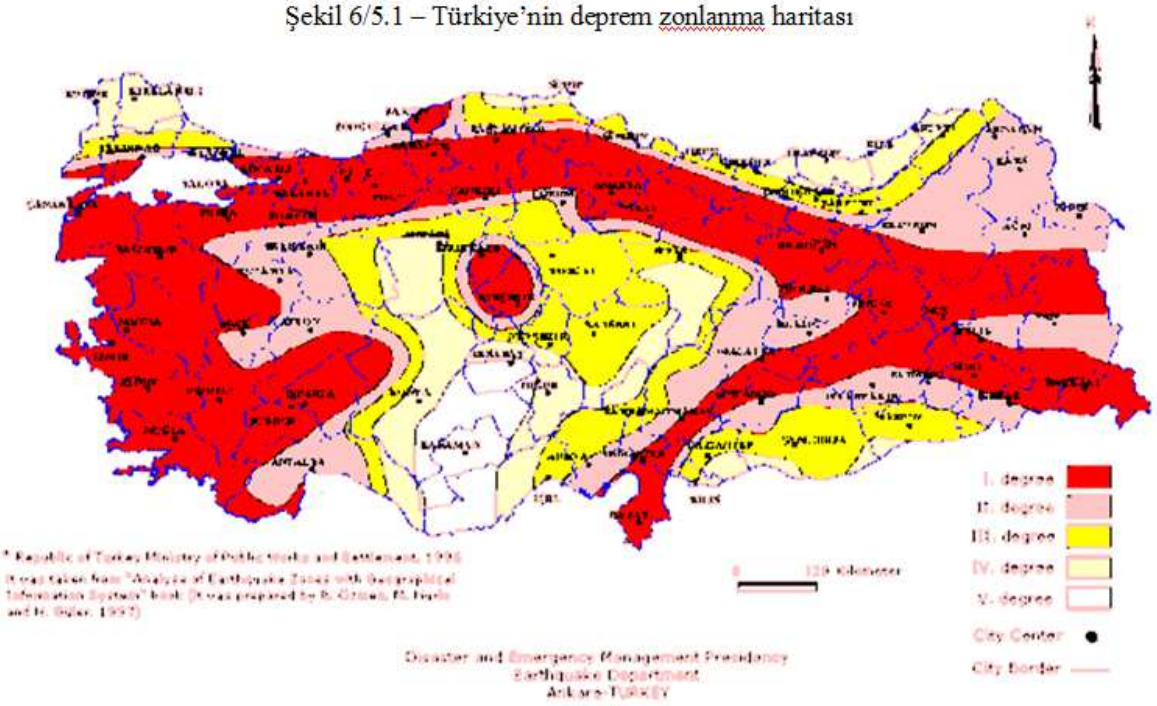
6.5 AKKUYU NGS SAHASININ SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Bu bölüm hem Akkuyu Nükleer Güç Santrali için önceki ve mevcut sismik tehlike değerlendirmesi çalışmalarını hem de bölgedeki ulusal ve uluslararası standartlar çerçevesindeki metodolojik temelli çalışmayı ve farklı analizlerde kullanılan sismo-tektonik modelleri sunacaktır. Farklı analizlerin sonuçları bu raporda verilmemiştir çünkü ara çalışmalar olarak kabul edilirler, gerçek tasarım temelli parametreler ise şu anda devam eden daimi sismik tehlike değerlendirmesinin çerçevesi içerisinde geliştirilmektedir. Bu nedenle, tasarım temelli sismik özelliklerle ilgili bilgiler Saha Parametreleri Raporunda verilecektir.

6.5.1 KONVANSİYONEL DEPREM BÖLGELEME

Türkiye'nin Nükleer Güç Santrali sahasının seçilmesinden sonra düzenlenen deprem bölgeleme haritasına göre (1997), Akkuyu-Türkiye'de en az depremselliği olan bölgededir (Şekil 6/5.1).

Şekil 6/5.1 – Türkiye'nin deprem zonlanma haritası



Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasının Türkiye'deki en düşük sismik tehlikeye sahip olan alanda yer aldığı kesindir.

Yukarıdaki bölgeleme haritası, inşaat mühendisliğinde konvansiyonel tasarım için kullanılmaktadır. Harita, Nükleer Güç Santrali sahalarının sismik tehlikesinin karakterizasyonu için uygulanamaz. Mamafih, bu, sismik tehlike temelli bir bakış açısı ile karşılaştırmalı olarak bölgenin pozitif özellikleri olduğunu ileri sürmektedir. Ulusal ve uluslararası nükleer standartlar [6/113,

6/186 ve 6/97] genel bölgeleme haritalarında sahanın yerleşimine bakılmaksızın sismik tehlike konusunda saha için özel araştırmalar gerektirmektedirler.

6.5.2 SİSMİK TEHLİKE ÇALIŞMALARININ GEÇMİŞİ

Daha önceki çalışmalar Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) sponsorluğunda yapılmıştır. Jeolojik, jeofiziksel ve sismolojik çalışmalar ise Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünün (MTA) Jeoloji Departmanı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü (EERI), İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Maden Fakültesi Jeofizik Bölümü tarafından ve ayrıca İsviçre danışmanlık grubu "Engineering-Consulting Consortium, ENG" (Emch-Berger, Basler und Hofman) tarafından gerçekleştirilmiştir.

1975'te TEK, Akkuyu Nükleer Güç Santralinin bölgesel yapısal-jeolojik çalışmalarının sonuçlarıyla ilgili, genel bölgesel sismo-tektonik haritayı da kapsayan bir rapor [6/213] düzenledi. Belirli hiçbir fayın tespit edilmediği belirtilmiştir; ancak, K10° batı yönünde küçük dikey faylar (kırıklar), Kuş Yuvası Tepesi ve Beşparmak adaları civarında tespit edilmiştir. Bu fayların mevcut aktivitelerinin işaretleri görülmemektedir. Fayların görünümü Kuş Yuvası Tepesi ve Beşparmak adaları arasında hipotez olarak graben-benzeri yapının bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Çalışılan bölgenin kuzeyinde büyük bir KD-GB bindirme fayı tespit edilmiştir. Bu bindirme fayı Alp orojeninde oluşmuştur. Hareketler erken Paleosen döneminde durmuştur.

1975 (ODTÜ)'de sismik tehlike araştırılırken, Edinburgh veri merkezinin ve Kandilli Rasathanesinin deprem katalogları 1900-1972 dönemindeki olaylar için kullanılmıştır. Sahadan 150 km yarıçapındaki bir alandaki sismik tehlike olasılık metoduyla değerlendirilmiştir. Belirleyici model sismik kaynaklardan tehlikenin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bunların arasında, ilk bölümde, Kıbrıs ve Güney Anadolu kıyısı arasındaki (M=7.5, Δ=120 km), Ecemiş fayında (M=6.2, Δ=60 km), alanlar da vardır ve bunlar sahanın hemen yanındaki dağınık kaynaklardır (M=6.0, Δ=30 km).

Lisanslandırma amacı ile TEK, 1976 yılında, Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahası şartlarının [6/214] rafine raporunu düzenlemiştir. Bu rapor, Akkuyu Bölgesindeyapılan sismo-tektonik çalışmalar esnasında yapılmış olan tektonik yapılar analizini sunar. Kuş Yuvası Tepesi ve Beşparmak adaları arasında graben benzeri yapının varlığına dair delillerin eksikliği, önceden de varsayıldığı üzere, açık bir şekilde gösterilmiştir.

O dönemde, bölge sahasında tespit edilen tüm fayların aktif olmadığı belirlenmiştir. Mevcut arkeolojik ve tarihsel bilgiler güçlü depremlerin yakın alanında herhangi oluşuma kanıt göstermemektedir. 320 km çapındaki bölgedeki sismik tehlike parametrelerinin belirleyici (deterministik) ve olasılıksal metotlarla elde edilen değerlendirme sonuçları (Cornell [6/50]'e göre)

tespit edilen metotlarla sunulmuştur. Bölgesel (7 bölge) sismo-tektonik zonlanma, analiz için temel olarak alınmıştır. Magnitüd (büyüklük), tekrarlanma, deprem odağının ortalama derinliği ve bunların belirsizliği gibi sismisite parametreleri, sismo-tektonik alanların her biri için belirlenmiştir. Çalışılan bölgenin birleşmiş olarak derlenen deprem kataloğu 1976 yılı itibarıyla 115-1972 yılları için 184 olaydan meydana gelir. Sahayı kapsayan sismo-tektonik alanın tehlikeyi kontrol ettiği vurgulanmıştır. Bu kaynak özellikleri magnitüd (büyüklük) M=6.5 (magnitüd (büyüklük) üst limit) ile gösterilmiştir.

Rapor, 1:25000 ölçeğinde yakın bölgesel fayların bir haritasını sunar. Sahaya yakın olan yerel ve önemsiz fayların (uzunluk 0.5 - 4.5 km) Miyosen döneminden beri aktif olmadığına karar verilmiştir.

Bölgesel sismo-tektonik özellikler 1978 ve 1980 yıllarının [6/64 ve 6/65] ENG raporunda yer almaktadır (Emch-Berger, Basler ve Hofman). Bölgenin sismik tarihine (300 km.) ve jeolojik yönlerine gerçek bir sismo-tektonik bölge amacıyla dikkat çekilmiştir. Sekiz sismo-tektonik bölge (R) ve yedi sismik kaynak zonu (S) tespit edilmiştir. Akkuyu sahası R4 bölgesinde yer alır. R7 bölgesinin sınırına en yakın alan yaklaşık 60 km mesafededir ve sismik kaynak bölgesi (S4.1) 45 km mesafededir. Alt magnitüd (büyüklük) limitleri de ve ayrıca depremin azami gözlenen şiddet ve magnitüdüne göre sismo-tektonik bölgeler için tanımlanmıştır. Üç olaylar grubu tanımlanmıştır: sahadaki (R4) depremler ($M \leq 6$); yakın (S4.1) depremler ($M \leq 6.5$) ve uzak depremler (R7) ($M \leq 7$ ile gösterilir.

1979'da, ODTÜ/EERI, Akkuyu Nükleer Güç Santrali sismik tasarımı [6/156] için gerekli olan bir rapor sunmuştur. Sahadan 320 km'lik bir yarıçaptaki üç sismo-tektonik bölgeselleştirmenin her biri sismik parametrelerin hesaplamasının temeli olarak kabul edilmektedir. Bölgeselleştirme prensipleri, sismisite parametreleri, şiddet azaltma kanunlarının parametreleri, şiddet ve hızlanma oranları bu raporda ele alınmıştır. Kıbrıs ve yakın çevresindeki odaklara sahip olan depremlerin Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasında yer hareketine azami katkısı olduğu gösterilmiştir. Girdi verilerinde belirsizlikle ilgili sismik parametrelerin hassasiyeti analiz edilmiştir.

Sismo-tektonik zonlanma 1989 yılının ODTÜ raporunda [6/154] tekrar özetlenmiştir. Özü itibarı ile rafine hale getirilmiş olan ve Akkuyu bölgesi için teklif edilen sismo-tektonik model 11 sismo-tektonik bölgeden oluşur.

1990 yılında, TEK/KOERI özet sismisite raporu ve Akkuyu Nükleer Güç Santralinin saha tasarım yer hareketleri parametreleri yayınlanmıştır [6/227].

Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasında yapılan tüm sismo-tektonik ve sismolojik çalışmalar raporların yayınlanma tarihinde yürürlükte olan A.B.D. Nükleer Komisyonu (USNRC) ve IAEA'nın düzenleyici dokümanlarında yer alan şartlara göre yapılmıştır.

Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasının sismo-tektonik ve sismolojik şartları IAEA uzmanları [6/110 ve 6/111] tarafından değerlendirilip gözden geçirilmiştir.

Sismo-tektonik ve sismolojik kriterlere müteakiben, Akkuyu sahasında Nükleer Güç Santralinin yapımını engelleyen faktör bulunmamıştır. Mamafih, geçen yirmi yıl içinde, sismik tehlike uygulaması ciddi şekilde gelişmiştir. Ayrıca, Türkiye bölgesinde günümüzde çalışan sismik istasyon çalışmalarının artan sayıda miktarı sismolojik veri tabanının yeterli şekilde yenilenmesi, güncellenmesi ve uygulanmasını sağlar.

Yenilenen Akkuyu Nükleer Güç Santrali projesi çerçevesinde (2011 ve 2012'de), sahanın sismik tehlike değerlendirme araştırmaları yeniden başlatılmıştır. Dört farklı sismik tehlike çalışması paralel olarak yapılmıştır.

ENVY , BU KOERI ile işbirliği içerisinde çalışmalardan birini yapmıştır [6/75]. Bu çalışma Moskova Enstitüsü Yer Fiziği Birimi RAS (IPE RAS) [6/117] tarafından gözden geçirilmiştir.

Türk alt yüklenici, (ENVY Company) tarafından 2011 yılında yapılan sismolojik ve sismo-tektonik araştırmalarla beraber, ilave edilen SHA çalışmaları da uluslararası danışmanlar – WorleyParsons Nuclear Services JSC ve alt yüklenicileri Paul C. Rizzo Associates (Rizzo) tarafından yapılmıştır. Ana çalışma Rizzo [6/243] tarafından geliştirilecektir ve WorleyParsons'un çalışması her ne kadar ayrı bir analiz içerse de [6/246], Rizzo'nun çalışmasının bağımsız değerlendirmesi amacını taşımaktadır.

Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahası için olan hedef sismo-tektonik ve sismolojik araştırmalar için materyaller, sonuçlar ve bilgiler konusundaki ana raporların özeti (tasarım öncesi aşamasının sonu aşağıda verilmiştir.

Rapor Başlığı	Şirket	Ay, Yıl
Saha raporu. NED-I-14 [6/213]	TEK	Kasım, 1975
Revize edilmiş saha raporu. NED-I-16 [6/214]	TEK	Nisan, 1976
Akkuyu nükleer güç santrali. Sismo-tektonik. Bölüm 1 [6/64]	EERI-ODTÜ, EMCH + Berger Ltd., Basler & Hofmann	Aralık, 1978
Akkuyu nükleer güç santrali. Sismo-tektonik. Bölüm 2 [6/65]		Eylül, 1980

Rapor Başlığı	Şirket	Ay, Yıl
Akkuyu nükleer santral sahası için depreme dirençli tasarım parametreleri. Bölüm 1. Rapor No. 79-4 Temmuz, 1979 [6/156]	ODTÜ, EERI	Temmuz, 1979
Akkuyu nükleer güç santrali tasarım temelli deprem toprak hareketi [6/226]	TEK, ODTÜ, EERC	Mayıs, 1983
Akkuyu nükleer güç santrali. Detaylı saha araştırma raporu. Bölüm II. NSD-I-29 [6/222]	TEK	Haziran, 1983
Akkuyu nükleer güç santralinin sismik güvenliğine ilişkin lisanslama konuları, Aybars Gürpınar, IAEA Uzmanı. Türkiye Cumhuriyeti Devletine sunulan rapor [6/110]	IAEA	Ocak, 1985
Akkuyu Sahasının jeolojik ve sismolojik yönlerinin değerlendirmesi. Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne sunulan rapor. IAEA-TA-2366 [6/111].	IAEA	Mayıs, 1986
Akkuyu Nükleer Güç Santrali tesis sahasının sismo-tektonik değerlendirmesi. ODTÜ/GGRC [6/154]	ODTÜ	Ağustos, 1989.
Akkuyu nükleer güç santrali tasarım temelli yer hareketi. Rapor No. 90-2 [6/227]	TEK,BU KOERI	Mayıs, 1990
Aşama II yorumlarının uygulamaları ile bölgenin Sismolojik ve sismo-tektonik araştırmaları. Aşama III. [6/75]	ENVY, BU KOERI	Kasım, 2011
Sismolojik ve sismo-tektonik şartlara göre Akkuyu Nükleer Güç Santrali kurulum sahası için sismik tehlike değerlendirme alternatif modeli çalışması [6/117]	IPE RAS	Kasım, 2011
Genel Tasarımcıya sunulacak Başlangıç Sismik Bilgi Girişi [6/243]	WP/Rizzo	Aralık, 2011
Akkuyu Nükleer Güç Santrali Sahasının sismik tehlike değerlendirmesinin bağımsız çalışması. Nihai Rapor. [6/246]	WP	Haziran, 2012

Rapor Başlığı	Şirket	Ay, Yıl
TEK – Türkiye Elektrik Kurumu (Ankara) *ITU – İstanbul Teknik Üniversitesi (Istanbul)* *ODTÜ – Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Ankara)* *EERI –Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü, ODTÜ (Ankara)* *EERC – Engineering Earthquake Araştırma Merkezi, ODTÜ (Ankara)* *IAEA – International Atomic Energy Agency (Viyana)* BU KOERI – Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü (İstanbul) ENVY – ENVY Energy ve Environmental Investments Inc. (Ankara) – Türk Taşeron *IPE RAS – Foundation of Russian Academy of Sciences, Schmidt Yer Fiziği Enstitüsü* *WP – WorleyParsons Nuclear Services JSC (Sofya)*		

6.5.3 SİSMİK TEHLİKE METODOLOJİSİ

IAEA yönlendirmesine müteakiben [6/113], sismik tehlike çalışmasının ana unsurları şunlardır: projeye özel bir jeolojik, jeofizik ve jeoteknik veri tabanının dört alan ölçeğinde geliştirilmesi – bölgesel, bölgeye yakın, bölgenin çok yakını ve saha alanı; projeye özel sismolojik kataloğun geliştirilmesi; tutarlı sismo-tektonik modellerin geliştirilmesi; bölgede geçerli yer hareketi tahmini denklemlerinin (GMPE) hem olasılıksal (PSHA) ve belirleyici (deterministik) uygulamaların (DSHA) kullanımıyla yer hareketi belirlenmesi eşitliği seçimi.

Bölgenin sismisitesi genelde üç bölüme ayrılabilen sismik olaylara bağlıdır (bkz. Bölüm 6.4). Bu grubun analizinde farklı metotlar kullanılır:

Tarihsel sismisite (yazılı kaynaklarda tanımlanan deprem ve etkisi), 1900 yılından önceki olaylar dahil olmak üzere;

Aletsel sismisite (sismometrelerin kaydettiği saat, kaynak koordinatları, magnitüd (büyüklük) ve diğer parametreler.

Bölgenin yakınındaki mikrosismisite

Sismisite analizindeki eski güçlü olayları değerlendiren diğer çalışma tipleri arkeosismoloji ve paleosismolojiyi kapsar.

Veri tabanı ve sismolojik kataloglar, analizin bir sonraki aşamasında yerine konduğunda, ilgilenilen alandaki jeo-tektonik yapıyı temsil etme amaçlı sismo-tektonik modeller geliştirilebilir. Karakterizasyon ve potansiyel kaynakların alansal sınırları için birkaç sismotektonik model normal olarak geliştirilmiştir. Fay modellemesi ise, fay yönelimi ve onun kinetik parametreleriyle ilişkili, eğer çok kuvvetli ve tartışmasız bir veri grubu varsa, yapılabilir.

Alansal modelleme yapılırken, sismotektonik bölgelerin sınırları normal olarak alandaki olağan jeotektonik özellikler temelinde yapılır. Büyüklüğe karşı fay çatlağının uzunluğu ve/veya yaygın olarak Wells & Coppersmith ilişkisi [6/238] olarak kullanıldığı gibi, fayın yer değiştirmesi arasındaki empirik (deneysel) gerileme de alandaki fayların jeolojik potansiyeli temelinde, zonun alansal uzantısını sıkıştırma işlemine uygulanabilir. Çatlak uzunluğunun ve moment büyüklüğünün (M) Wells & Coppersmith empirik ilişkisi şu şekildedir (α ve b katsayılardır, *SRL* km olarak çatlak uzunluğudur):

$$M_w = \alpha + b \lg (SRL).$$

Farklı kinematik fay tipleri için a- ve b- değerleri aşağıda verilmiştir:

Kayma tipi	α		b	
	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma
SS	5.16	0.13	1.12	0.08
R	5.00	0.22	1.22	0.16
N	4.86	0.34	1.32	0.26
Tamamı	5.08	0.10	1.16	0.07

Parçalara ayırma (segmentasyon) yöntemi, segmentin bir birim olarak çatlayacağını akla getiren devamlılığı, karakteri ve yönelimi olan fay segmentlerinin tek tek tanımlanmasını gerektirir. Bir fay segmenti için çatlak uzunluğunun %100'ünü kullanmanın maksimum büyüklük tahmini için gerçekçi değerlere götürdüğü bulunmuştur [6/205]. Mamafih, eğer segmentin fay segmentleri arasındaki ayrılması 5 km'den az ise, toplam fay uzunluğu hesaba katılmalıdır. Bunun tersine, eğer segment ayrımı 5 km'den fazla ise, Mmaks değerlerinin hesaplanmasında, devam eden segment uzunlukları göz önünde bulundurulmalıdır. Segmentler arasındaki ayrım 5 km'den az ise, depremlerin birden fazla fay segmentini parçalayabildiği bilinmektedir.

Yer Hareketinin Belirlenmesi

Olasılıksal olarak, sismik tehlike, belirli bir noktada (Saha) "serbest alandaki" belirlenmiş yer hareketi seviyelerinin aşımının (ya da aşmamanın) ortalama yıllık sıklığı olarak tarif edilebilir.

Tipik olarak, yer hareketi tehlikesinin SL-1 ve SL-2 olarak isimlendirilen iki seviyesi, IAEA SSG-9'da yer hareketi tasarım temeli olarak tanımlanır [6/113] (Rusya'da ve ABD'de bu seviyeler OBE'ye (Operating Basis Earthquake: Depremin İşleyiş Esasları) ve SSE'ye (Safe Shutdown Earthquake: Emniyetli Kapanış Depremi) karşı gelirler. SL-1 ve SL-2 (Türk yönetmeliklerinde S1 ve S2) Türk yönetmeliklerine ve IAEA'nın önerilerine göre geliştirilecektir.

IAEA rehberliği [6/113] ile uyum içinde, 2010'dan sonra yapılan sismik tehlike çalışmaları hem belirleyici (DSHA) hem de olasılıksal (PSHA) yöntemlerini içerir. PSHA ve DSHA'da şu kilit tehlike bileşenleri kullanılır: sismik kaynakların (ESO zonları) modeli (birkaç model) ve yer hareketi tahmininin (zayıflama ilişkisi) modeli (birkaç model). Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahası çalışmalarında, zaman ve mekân içinde deprem oluşumunun Poisson işlemi olarak modellenebileceğini kabul eden, standart PSHA modeli kullanılmıştır [6/50].

IAEA SSG-9'u takip ederek [6/113], yer hareketindeki belirsizlikler, deprem kaynağının yerleşimi ve ESO zonlarındaki deprem hareketleri parametreleri analizlerde hesaba katılır.

Sismik tehlike analizindeki birkaç aşama şu şekildedir:

- Depremlerin büyüklüklerinin olasılıksal dağılımının Gutenberg-Richter yinelenme kuralı temelinde belirlenmesi;

$\log N = \alpha - bm$. N, zaman birimi ve bölge birimi (ya da gerileme birimi) başına m'ye eşit ya da m'den büyük şokların sayısıdır. α ve b herhangi bir belirlenmiş bölge için sismik katsayılardır. Eğer m'nin üst ve alt sınırları m_{maks} ve m_o olarak kabul edilirse N değeri her zamanki gibi bulunur.

- Depremlerin zaman içindeki olasılıksal dağılımı;
- Büyüklük, mesafe, odaksal derinlik, fay tipi, sahanın toprak/kaya profilinin temsili, vs;
- Belirlenmiş zaman çerçevesi içindeki yer hareketi parametresinin aşım olasılığının hesaplanması.

Matematiksel olarak şu denklem ile tarif edilebilir:

$$\lambda[Y \geq y] = \sum_{i=1}^{N} v_i \int_{m_0}^{m_{\max}} \int_{R} \int_{\varepsilon} P[Y \geq y \mid m, r, \varepsilon] \cdot f_{M_i}(m) \cdot f_{R_i}(r) \cdot f_{\varepsilon}(\varepsilon) \cdot d\varepsilon \cdot dr \cdot dm$$

V_i, i'inci ESO zonunda büyüklüğü m0 ≤ m ≤ mmaks olan depremlerin yıllık oranıdır. P[Y > y | m, r, ε], m büyüklüğündeki depremin r mesafede üreteceği y yer hareketi seviyesidir; ε, zayıflama ilişkisi fM(m) tarafından tahmin edilen ortalamadan standart sapmadır (logaritmik birimlerde). fR(R) fε(ε), büyüklüğün, mesafenin ve ε'nin olasılık yoğunluğu dağılımlarıdır.

Tehlike integralinden fonksiyonel çıkarım, Sahadaki tüm muhtemel büyüklük ve mesafedeki etkilerin olasılıksal analizini hesaba katar.

IAEA SSG-9 [6/113], parametrelerin ve modelleme işleminin doğasında var olan epistemik (doğru bilgi) ve koşullu belirsizliklere açıkça muamele edilmesini vurgular.

Gelecek depremlerin uzamsal ve geçici dağılımı hakkındaki bilginin yetersizliği ile birleştirilen epistemik (doğru bilgi) belirsizlikler "mantık ağacı" kavramı için hesaba katılır. Epistemik belirsizlik, alternatif veri gruplarıyla ya da neredeyse her bir SHA aşamasında belirli

”ağırlıktaki” modellerle birleştirilebilir. Bir “mantık ağacı” tekniği, uzmanca belirlenmiş ağırlıkların belirli alternatiflerinin seçiminin rastgele bir kuralını azaltmak için yararlı olabilir.

İkinci grup belirsizlikler (koşullu), deprem üretiminin fiziksel sürecinin rastgele karakteri ile bağlanmıştır ve bir depremden ötekine yer hareketinin dağılımını karakterize eder ve bölgenin genel özelliklerine bağlı olan yalnızca belirli bir sınıra indirgenebilir. Koşullu belirsizlikte, esas olarak GMPE’nin standart sapması hesaba katılır.

Poisson modelinin uygulanabilirliğini sağlamak için ilk deprem katalogları çözümlemeye açıktır [6/188 ve 6/208].

Bu raporun 6.1’den 6.3’e kadar olan bölümleri Sahanın jeolojik, jeofiziksel ve jeo-teknik veri tabanının ana unsurlarını vermektedir. Bölüm 6.4, sismolojik katalog için kullanılmış olan sismolojik verileri ve kaynakları içermektedir. Gelecek bölüm ise Saha için geliştirilmiş olan farklı sismo-tektonik modelleri tarif edecektir.

6.5.4 SİSMOTEKTONİK MODELLEME

IAEA SSG-9 [6/113], sismo-tektonik modelleme ile ilgili olarak şu önerilerde bulunur:

Paragraf 4.1:

“Jeolojik, jeofiziksel, jeoteknik ve sismolojik veri tabanları ve sismik tehlikenin hesaplanması, veri tabanlarının uyumlu birleşimi temelinde, bir bölgesel sismotektonik modeldir. Böyle bir modeli oluştururken, bölgenin var olan literatürde bulunan tüm ilgili sismotektonik değerlendirmeleri hesaba katılır. Her şeyden öte, güvenilir bir sismotektonik model inşa etmek için sağlam bir veri tabanı gereklidir. Şunu not etmek gerekir ki birçok gelişmiş yöntem, eğer veri tabanı zayıf ve yetersiz ise, iyi modeller üretemeyecektir.”

Paragraf 4.2:

“Standart süreç, farklı sismojenik yapıları içeren uyumlu bir sismotektonik model (ve alternatiflerini) inşa etmek üzere sismolojik, jeofiziksel ve jeolojik veri tabanlarını birleştirmek içindir.”

Paragraf 4.3:

“Tanımlanmış sismojenik yapılar gözlemlenmiş tüm depremsel aktiviteleri açıklamayabilir. Bu, sismojenik yapıların tanımlanmış yüzey ya da yüzey altı görünümleri olmadan da var olabilmesi ve kullanılan zaman çizelgesi nedeniyledir; örneğin, fay yer değişimlerinin, sismolojik gözlem periyotlarına göre uzun tekrar aralıkları olabilir.”

Paragraf 4.4:

“Sonuç olarak, herhangi bir sismotektonik model, az ya da çok, iki sismik kaynaktan oluşmalıdır:

(1) Eldeki veri tabanı kullanılarak tanımlanabilen sismojenik yapılar;

(2) Eldeki veri tabanı kullanılarak tanımlanmış belirli yapılara isnat edilemeyen yayılan deprem hareketleri (genellikle, fakat her zaman değil, küçükten orta büyüklüğe değişen depremlerden oluşur).”

Paragraf 4.7:

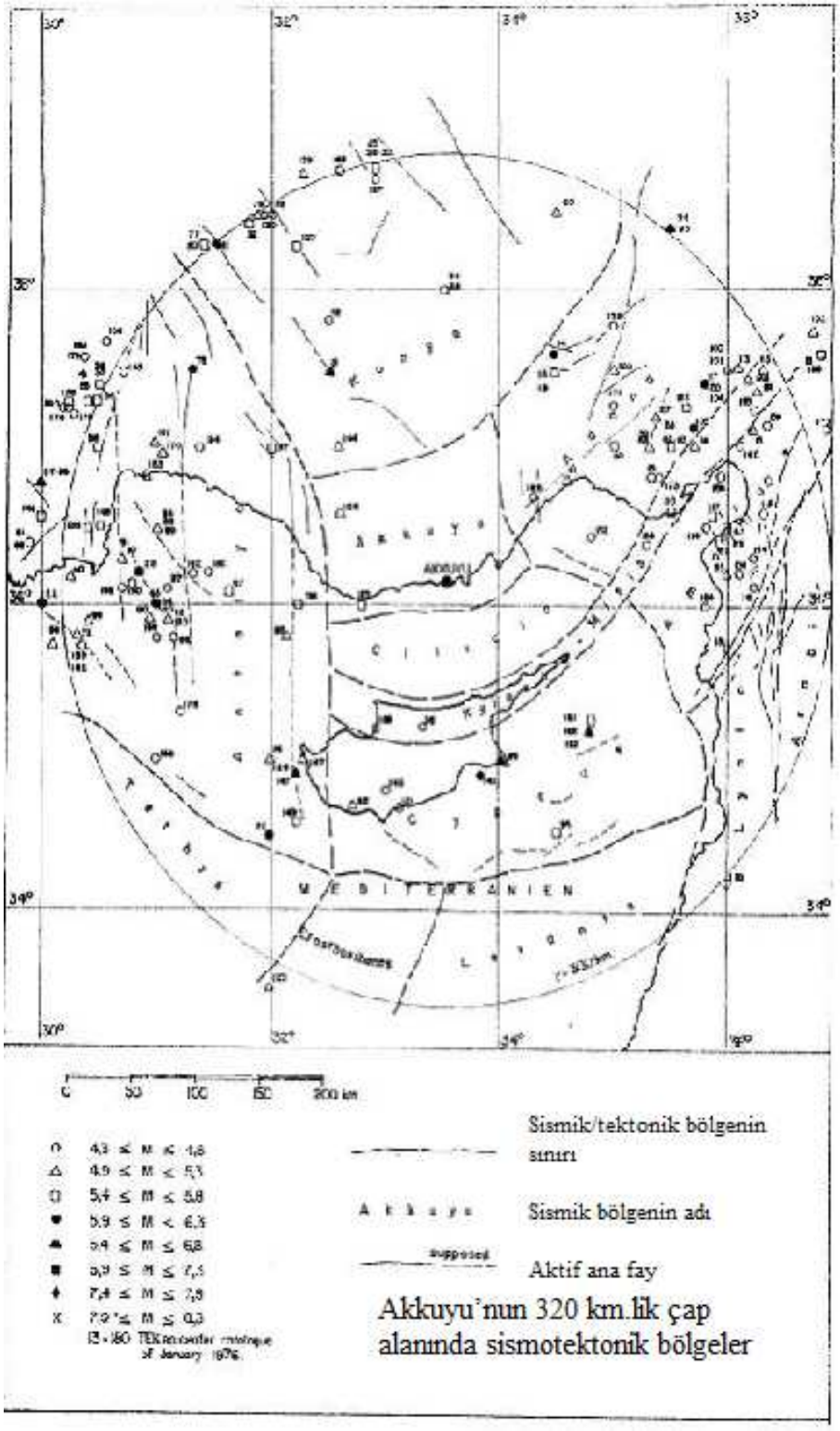
“Gözlenen jeolojik, jeofiziksel ve sismolojik veriler ve makul bir zaman çerçevesinde ek araştırmalar ile çözümlenemeyen bu modeller arasındaki farklılıkları açıklayabilecek alternatif modelleri inşa etmek mümkün olduğunda, son tehlike değerlendirilmesinde ve her bir modele gerekli ağırlığı vererek, böyle modellerin tümü de hesaba katılmalıdır. Epistemik belirsizlik (ör. modelleme süreci ile ilişkili belirsizlik), depremlerin sıklığını ve sismik kaynakların karakterizasyonu ile ilgili hipotezlerin tamamını kapsayacak şekilde, yeterince değerlendirilmelidir.”.”

2011 yılında başlayan Akkuyu çalışmaları çerçevesinde daha önce de belirtildiği üzere, dört farklı sismik tehlike çalışması yapılmıştır - ENVY/BU KOERI, AEP/IPE RAS, Rizzo ve WorleyParsons. Dört çalışma, çoklu sismo-tektonik modeller olarak kabul edilir çünkü bunların tümü birden fazla modeli kabul eder. Mesela, araştırmaların daha önceki bir aşamasında geliştirilen iki örnek kullanılmıştır. WorleyParsons 1980 yılının ODTÜ modelini asıl hali ile kullanmıştır ve ENVY/BU KOERI 1989 yılında değiştirilmiş ODTÜ modelini asıl haliyle kullanmıştır. Aşağıdaki alt bölümler Akkuyu sahasında yapılan sismotektonik araştırmaların bir özetini 1980’lerden kalan orijinal çalışmalarla beraber sunmaktadır. Ayrıca, IAEA önerilerine müteakiben sismotektonik modellerin gelişiminde kullanılan teknik mantık da tarif edilmiştir.

6.5.4.1 AKKUYU NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ İLKSEL ÇALIŞMALARI

Sismotektonik bölgeleme modelleri (ESO zon modelleri) 1970-1980’lerin ilk araştırma aşamalarında Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasının sismik tehlike değerlendirmesi için geliştirilmiştir.

İlk zoning/bölgeleme modeli (ileride TEK Modeli konusunda) TEK Sahası Revize raporunda 1976’da [6/214] sunulmuştur. TEK modelinin haritası Şekil 6/5.2de verilmiştir.



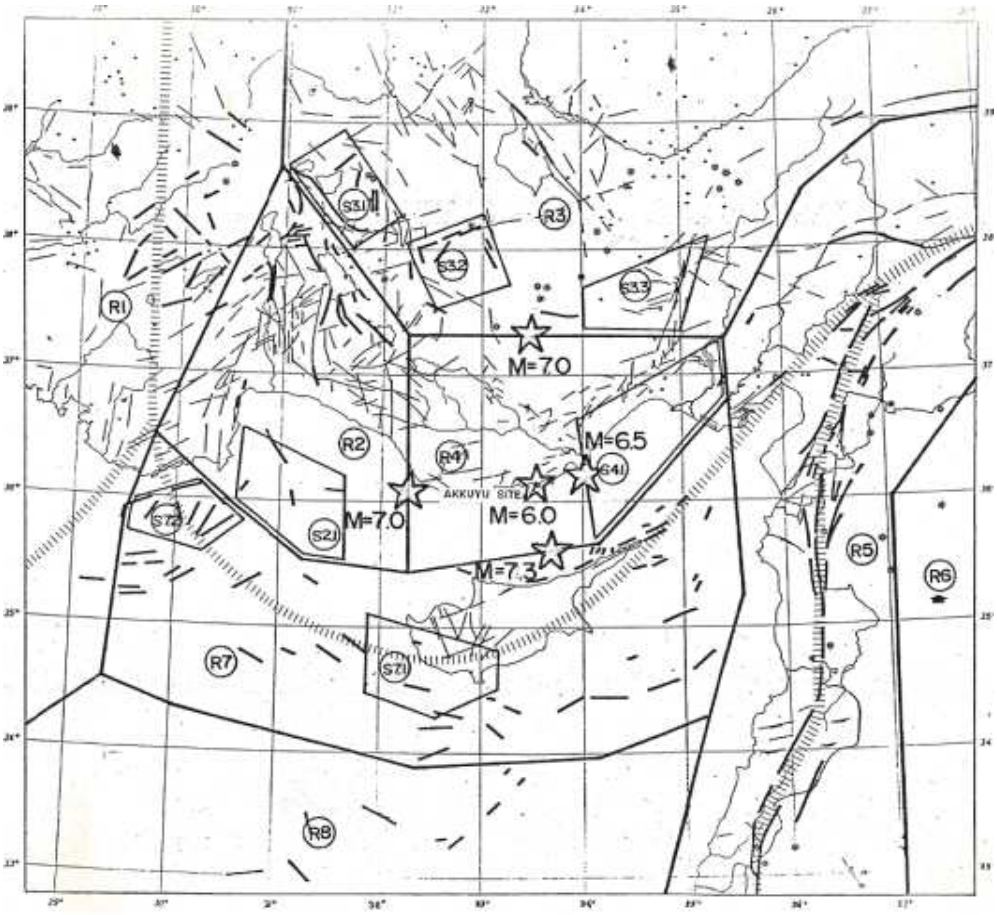
Şekil 6/5.2 – Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasının TEK sismo-tektonik bölgeleme model haritası (320-km'lik bölge) [6/214]

TEK modelindeki sismo-tektonik alanların parametreleri Tablo 6/5.1te verilmiştir.

Tablo 6/5.1 – TEK Modelindeki sismo-tektonik bölgelerin parametreleri

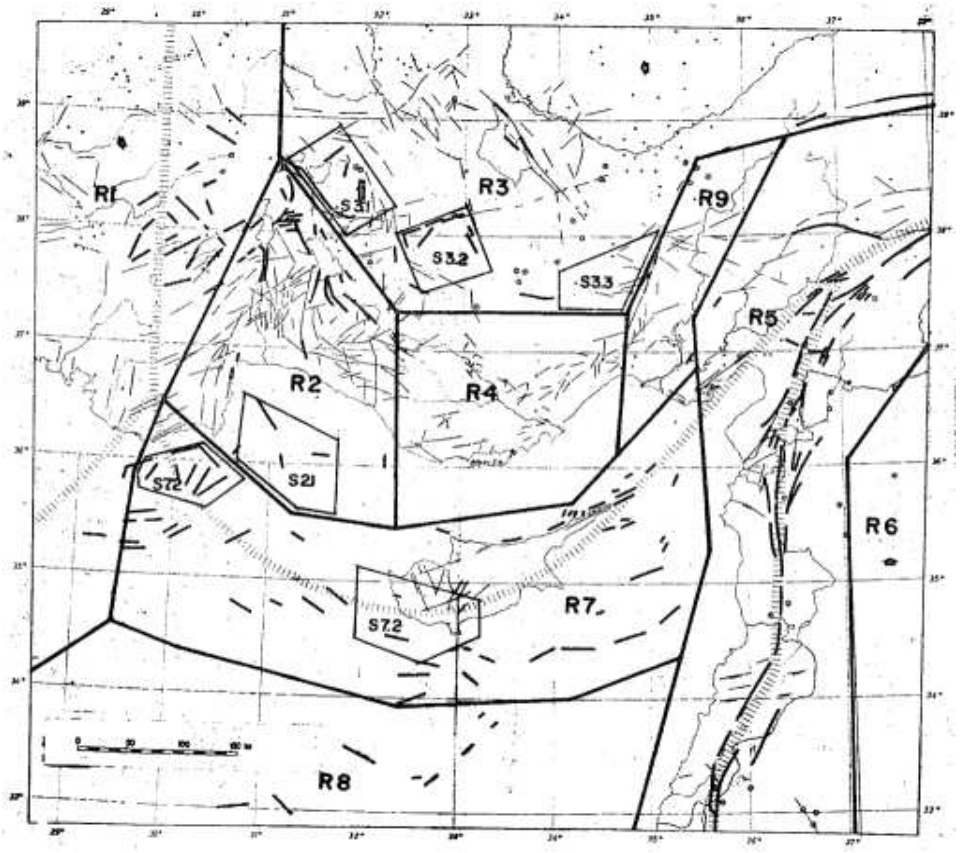
Bölge no	İsim	Alt Limit	Üst Limit	Olaylar/Yıl	Ortalama Derinlik. km	B
1	Adana	4.3	7.4	0.400	50.0	1.514
2	Kyrenia-Misis	"	6.7	0.157	45.0	1.354
3	Amanos	"	8.0	0.305	60.0	1.379
4	Konya	"	7.2	0.314	30.0	1.687
5	Antalya	"	7.5	1.100	60.0	1.745
6	Cyprus	"	7.5	0.129	75.0	0.770
7	Akkuyu	3.3	6.5	0.129	15.0	1.02.

Güney Anadolu Zonlarının Haritası (ESO) Şekil 6/5.3'te verilmiştir. Bu Model 1978 yılında ENG Konsorsiyumu tarafından sunulmuştur [6/64] (ENG-1978 Model).



Şekil 6/5.3 – Güney Anadolu ESO Zonlarının haritaları (ENG-1978), [6/64]

ENG-1978 Modeli 1980'de ODTÜ/EERC ile işbirliği içinde [6/65] güncellenmiştir (detaylar ENG/ODTÜ-1980 Modeli, Şekil 6/5.4).



Şekil 6/5.4 –ENG/ODTÜ Haritası-1980 Model, [6/65]

ESO Bölgelerinin sismisite karakteristikleri (Gutenberg-Richter lgN(M)=a-bM)'ye göre, ENG-1978 ve ENG/ODTÜ-1980 modelleri için Tablo 6/5.2'de verilmiştir.

Tablo 6/5.2 – ESO Zonlarının, Sismisite (depremsellik) özellikleri (Gutenberg-Richter'e göre) lgN(M)=a-bM) ENG-1978 ve ENG/ODTÜ-1980 modelleri

Model	Zon kodu	M_{max}	a (N_4)	υ_4	b	$R_{min,}$ km
ENC-1978	R1	7.8	3.1	1.29	0.9	320
	R2	7.0	2.1	0.50	1.2	110
	S2.1	7.0	2.1	2.80	1.2	170
	R3	7.0	2.4	0.42	1.0	130
	S3.1	7.0	1.0	1.66	0.8	260
	S3.2	7.0	0.25	0.56	1.1	170
	S3.3	7.0	1.0	1.54	1.1	140
	R4	6.0	0.08	0.03	1.1	0
	S4.1	6.5	0.46	0.38	0.8	45
	R5	8.0	2.5	0.55	0.8	180
	R6	6.0	0.07	0.02	0.8	320
	R7	7.3	4.0	0.43	0.9	60
	S7.1	7.3	1.35	1.80	1.0	150
	S7.2	7.3	0.75	1.67	0.9	255
	R8	6.5	0.06	0.01	0.9	245
ENG/ODTÜ-1980	R3	7.0	2.4	0.42	1.1	130
	S3.3	7.0	0.25	0.77	1.1	140
	R4	6.0	0.14	0.04	1.2	0
	R9	7.3	0.95	0.41	0.7	95

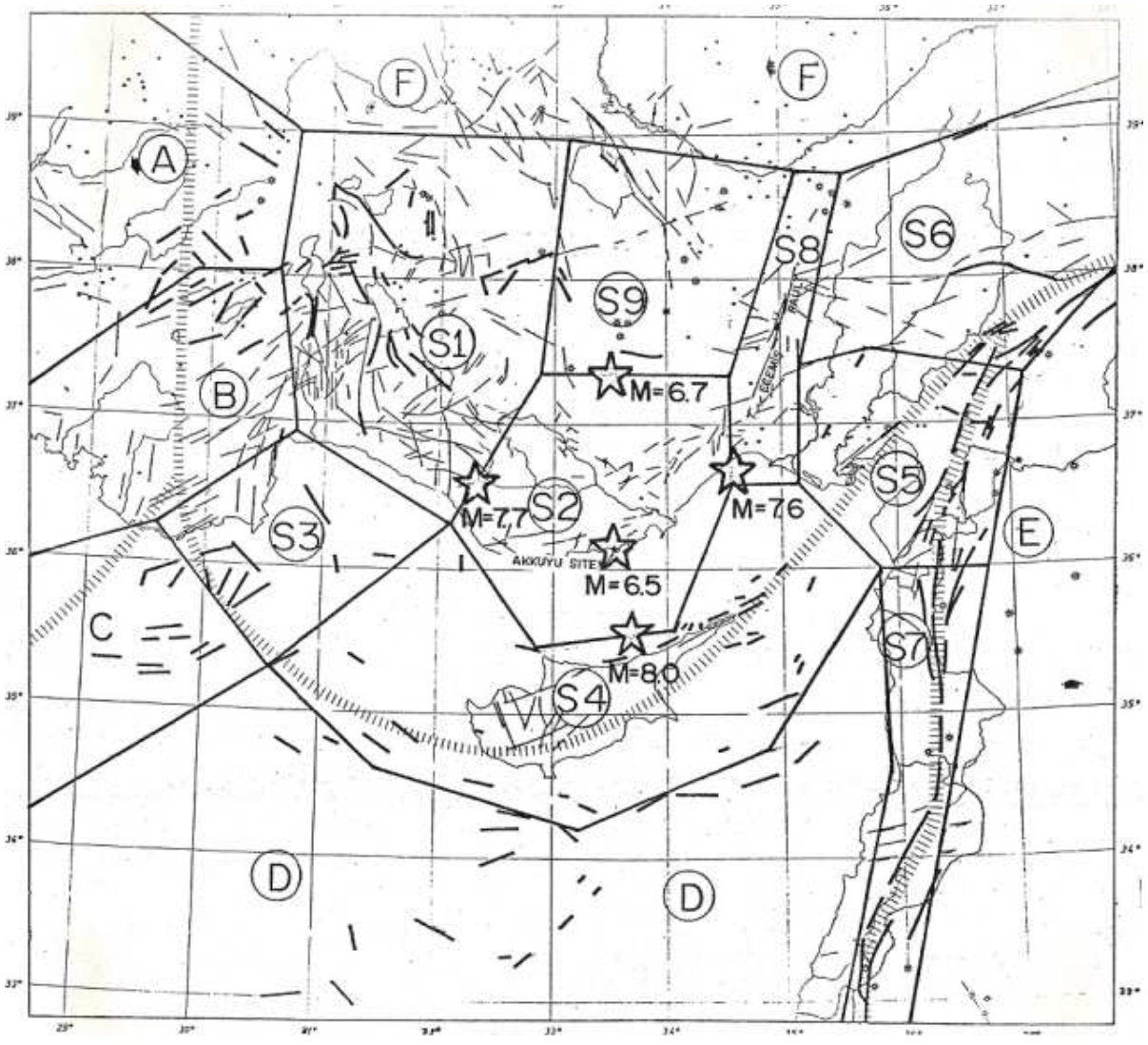
M_{max} – azami magnitüd (büyüklük) (M_S);

N_4 – bir yıldaki depremlerin sayısı M≥4.0 (à-katsayısı);

υ_4 – à bir kare birim için normalleştirilmiş katsayı (10^4 km)^2

ENG/ODTÜ-1980 modeli ENG-1978 modelinden R9 zonunun mevcut oluşmundan ve R4 zonunda S4'ün olmayışından ötürü farklıdır (Ecemiş bölge fayıyla ilgili). Bunlar beraberce Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasının (Şekil 6/5.4) doğusundadır. Bu nedenle, R3, S3.3, R4 zonlarının oluşum biçimi ve sismik parametreleri güncellenmiştir. ODTÜ-1980 ve ENG-1978deki R1, R2, S2.1, S3.1, S3.2, R5, R6, R7, S7.1, S7.2 ve R8 bölgeleri birbiriyle aynıdır.

1983 yılında ODTÜ/EERC [6/226] Şekil 6.5.5'te sunulan önceki modelin modifikasyonunu geliştirmiştir.



Şekil 6/5.5 – ODTÜ/EERC-1983 modelinin haritası (yıldızlar çalışma alanına bitişik olan (bu zonların sınırlarında ve sahaya en yakın mesafede) ve SES zonlarındaki deprem kaynaklarının referans yerleşimini gösterir) [6/226]

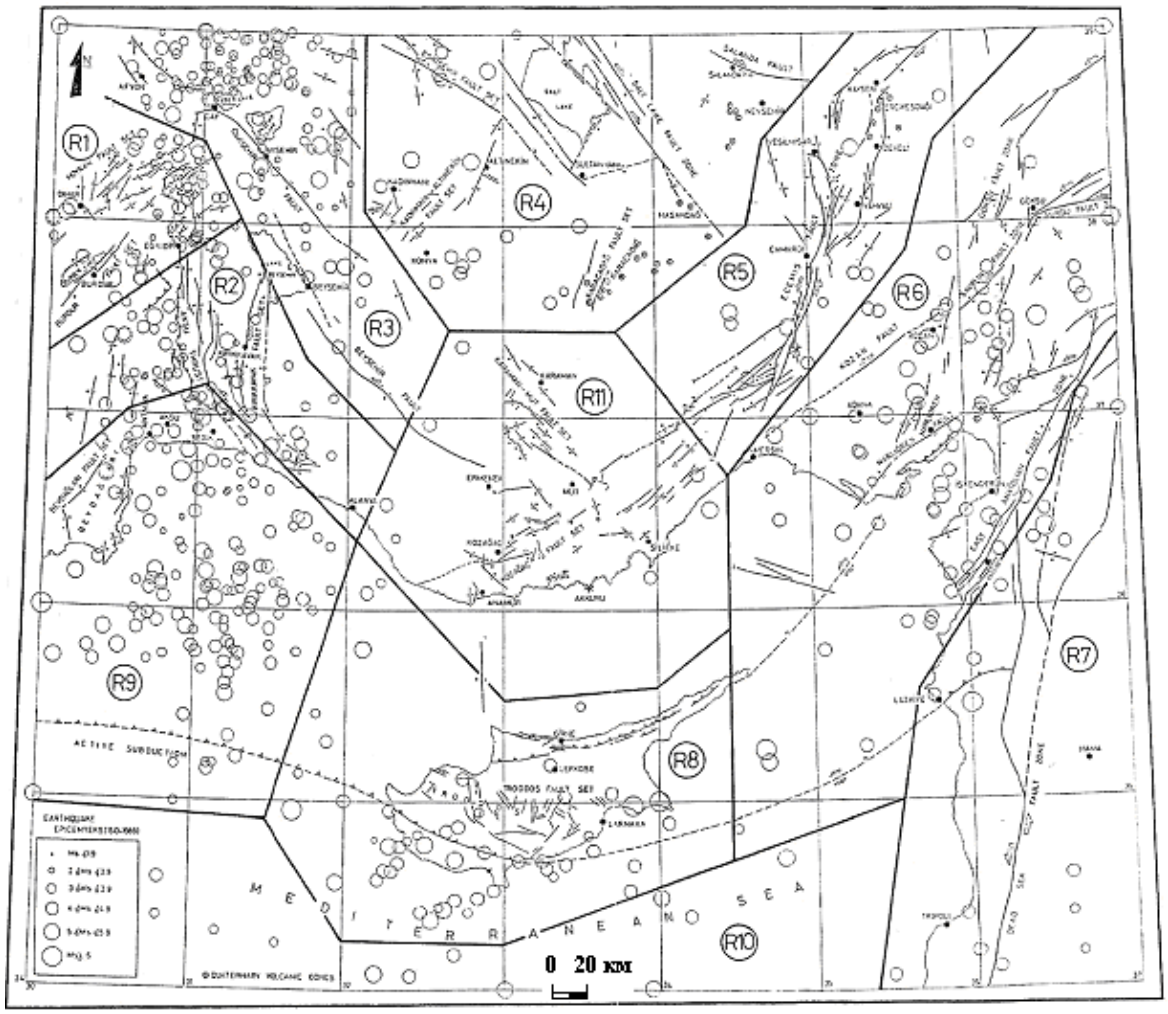
ESO zonlarının sismisite parametreleri (ODTÜ/EERC-1983ün Gutenberg-Richer'e göre lgN(M)=a-bM) Tablo 6/5.3'teki modelde verilmiştir.

Tablo 6/5.3 – ODTÜ/EERC-1983 modelinde ESO Bölgelerinin depremsellik parametreleri:

Zonun Kodu	N_4 (bir yılda M≥4.0 depremlerin sayısı)	a	b	M_{max} (M_S)
S1	4.2	4.51	0.97	7.7
S2	0.32	4.5	1.25	6.5
S3	2	6.11	1.2	7.6

Zonun Kodu	N_4 (bir yılda M≥4.0 depremlerin sayısı)	a	b	M_{max} (M_S)
S4	4	4.08	0.87	8
S5	10	5.44	1.11	7.6
S6	6.61	4.3	0.87	8
S7	6.61	4.3	0.87	8
S8	0.85	3.95	0.92	7.6
S9	0.6	3.76	0.99	6.7
B	11.48	4.7	0.91	8
C	14.45	4.2	0.76	8
D	20.89	2.28	0.9	6.5

Son olarak, ODTÜ/EERC-1983 modeli 1989 yılında değiştirilmiştir ve ODTÜ/GGRC-1989 modeli [6/154] (Şekil 6/5.6) olarak bilinmektedir. Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesinin yapısal ve sismolojik verileri bu modelde kabul edilmiştir. Bu nedenle, ODTÜ/GGRC-1989 modeli önceki modellerin ciddi şekilde geliştirilmiş uyarlaması olarak kabul edilebilir.



Şekil 6/5.6 – Modifiye edilmiş ODTÜ/GGRC-1989 modelinin haritası [6/154]

ODTÜ/GGRC-1989 modelinin ESO Bölgelerindeki azami deprem potansiyeli magnitüd (büyüklük olarak) Tablo 6/5.4'te verilmiştir.

Tablo 6/5.4 – ODTÜ/GGRC-1989 modelinin ESO Zonlarında azami deprem magnitüdü.

Zon kodu	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
M_{max}	7.6	7.6	7.4	6.4	7.6	8.0	8.0	8.0	7.8	6.4	6.4

ENG-1978 ve ODTÜ/EERC-1983 bölgeleri saha parametrelerinin onayı için kullanılmıştır [6/222]. ENG bölgeselleştirmesinde, bu zonların bazılarında 8 ana kaynak vardı, halbuki ODTÜ/EERC bölgeselleştirmesinde, hiç dahili alt zon yokken 7 kaynak zonu vardı. Sahayı kapsayan kaynak zonları (R4; ENGde ve S2, ODTÜ/EERC bölgeselleştirmede) benzerdirler ve bilhassa Ecemiş Fay Hattının Doğuya ve Güneye Kıbrıs Zonu'na olan kritik sınırları neredeyse eşittir.

Modelin gelişimi için sismolojik temel olarak, ODTÜ/GGRC-1989 modelinin yazarları [6/154] bölgenin güncellenen deprem kataloğunu deprem ocakları ve büyüklük ile ilgili tek düzen ve üzerinde anlaşılan verileri kullandılar [6/231].

6.5.4.2 YENİ SİSMOTEKTONİK MODELLER

Sübjektif değişkenliği anlamak ve onu mevcut sismo-tektonik verileri sunan alternatif modellere dahil etmek için, IAEA SSG-9 [6/113] tarafından bölgedeki sismo-tektonikle ilgili bilgi seviyesiyle ilgili epistemik belirsizlik için çeşitli sismo-tektonik modelin kullanımı tavsiye edilir.

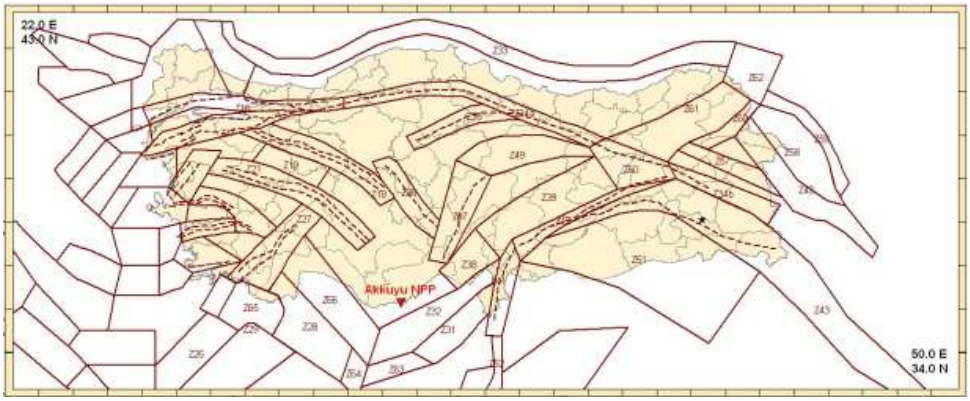
2011 yılında yeniden başlatılan Akkuyu çalışmalarında, dört farklı sismik tehlike çalışmaları yapılmıştır -ENVY/BU KOERI [6/75], AEP/IFE RAS [6/117], Rizzo [6/243] ve WorleyParsons [6/246]. Dört çalışma çeşitli sismo-tektonik modeli ele alır çünkü bunların hepsi birden fazla modeli değerlendirmeye alırlar. Mesela, araştırmaların ilk aşamalarında geliştirilen iki model kullanılmıştır. WorleyParsons, ODTÜ modelini (1980), orijinal formunda ve ENVY/BU KOERI – modifiye edilmiş ODTÜ modeli (1989) (orijinal formunda) kullanmıştır.

ENVY/BU KOERI Modelleri

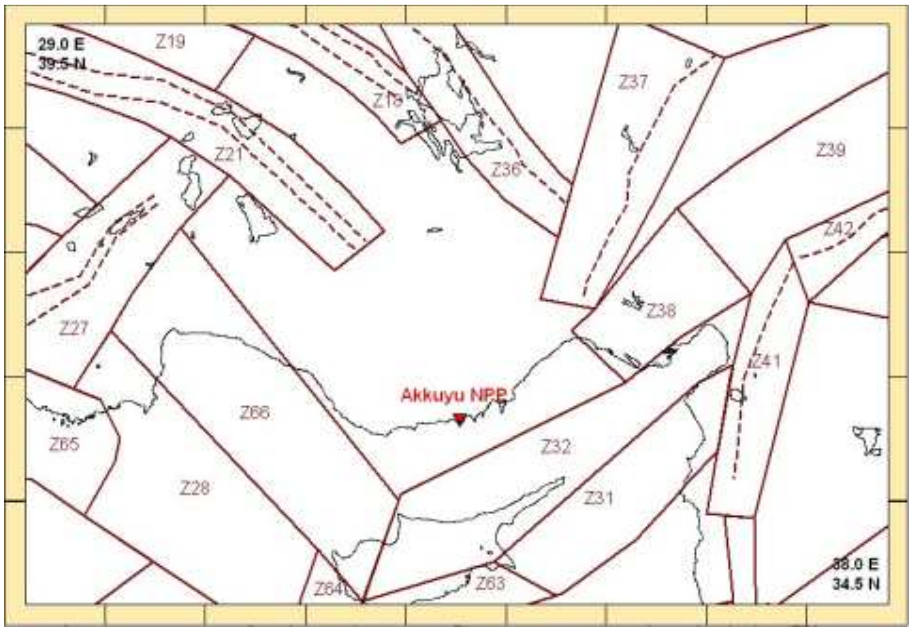
Standart sismik tehlike analizi için, üç sismo-tektonik model (ESO zon modelleri) kullanılmıştır. Sismo-tektonik bölgeler [6/187]'nin prensiplerine göre tahsis edilmiştir. Bu modellerin unsurlarıyla ilgili detaylı bilgiler [6/75]'de verilmiştir.

İlk model, SHARE (ENVY/BU KOERI-1 modeli) "Avrupa'da Sismik Tehlike Harmonizasyonu/Seismic Hazard Harmonization in Europe" (**www.share-eu.org**) ve EMME "Orta Doğu Deprem Modeli/Earthquake Model of Middle East" (www.emme-gem.org) projeleri bağlamında geliştirilmiştir. Bu model tüm Türkiye Bölgesi için ESO zonlarını tarif eder.

ENVY/BU KOERI-1 modeli haritası Şekil 6/5.7'de verilmiştir. Bu çerçevede, Akkuyu Nükleer Güç Santralinin çevresindeki bölgenin yakın görünümü Şekil 6/5.8'de verilmiştir. ENVY/BU KOERI-1 modelinin ESO zonlarının sismo-tektonik özellikleri Tablo 6/5.5 ve Tablo 6/5.6'te verilmiştir.



Şekil 6/5.7 – ENVY/BU KOERI-1 modelinin ESO Zonlarının haritası [6/75]



Şekil 6/5.8 – ENVY/BU KOERI-1 modelinin haritasının yakından görünümü [6/75]

Tablo 6/5.5 – ENVY/BU KOERI-1 modelinde ESO Zonlarında Sismo-tektonik özellikler [6/75]

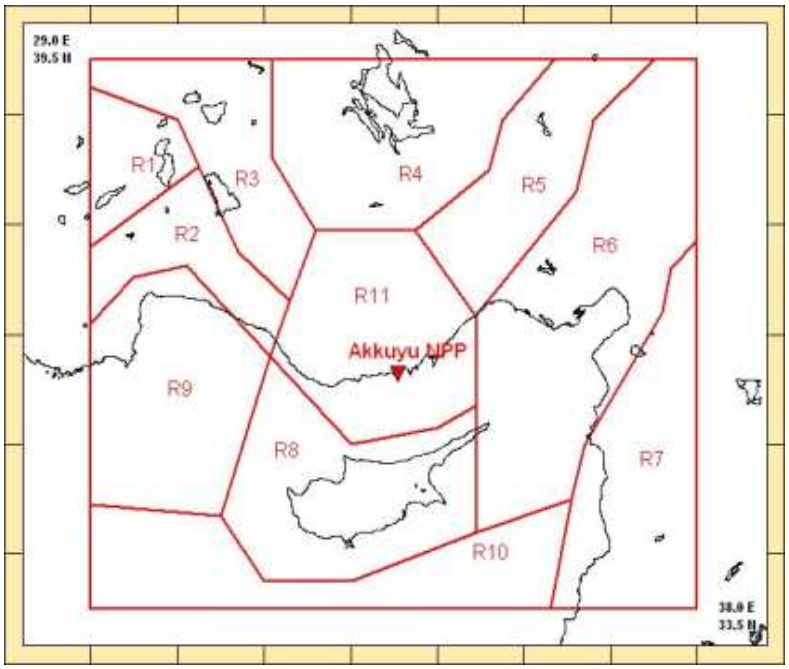
Zon	**İsmi**	**a**	**b**	**Mmax**	**Mmin**	**β**	**λ(Mmin)**
Z18	Eskişehir Zonu	4.3	1	6.6	5	2.3026	0.1995
Z19	Kütahya Zonu	3.8	1	5.8	5	2.3026	0.0631
Z21	Simav-Sultandağ Zonu	5.4	1.1	6.9	5	2.4985	0.9748
Z27	Fethiye-Burdur grabeni	7.7	1.5	6.8	5	3.4909	1.2847
Z28	Kıbrıs Çukuru-Florence Yükseltisi	4.9	1.1	7	5	2.4599	0.3726
Z31	Kıbrıs Çukuru	4.7	1	7	5	2.4025	0.3178
Z32	Kıbrıs Derinliği Misis Nikeryan	4.4	1	6.8	5	2.2913	0.2854
Z36	Tuz Gölü Zonu	2.9	0.8	6.7	5	1.8421	0.0794
Z37	Ecemiş Zonu	3.7	0.9	6.7	5	2.1617	0.1123
Z38	Adana Zonu	4.2	0.9	7	5	2.1428	0.3455
Z39	Göksun Fay Zonu	3.6	0.8	6.9	5	1.8978	0.2777

Zon	İsmi	a	b	Mmax	Mmin	β	λ(Mmin)
Z41	Hatay Zonu	2.8	0.8	6.7	5	1.7914	0.0843
Z42	Doğu Anadolu Fay Zonu	4.5	1	6.7	5	2.2816	0.341
Z63	Kıbrıs Çukuru	6.2	1.4	7	5	3.1094	0.2941
Z64	Kıbrıs Çukuru	6.3	1.3	7	5	2.9717	0.6349
Z65	Kıbrıs Çukuru	4.6	1	7.8	5	2.2347	0.5757
Z66	Aksu derinliği	5.5	1.1	6.7	5	2.5356	0.8956
ZBK1	Kıbrıs Çukuru	5.1	1	6.5	5	2.2929	1.4217

Tablo 6/5.6 – ENVY/BU KOERI-1 modelinde [6/75] lineer ESO zonlarının sismo-tektonik özellikleri

Fay	İsim	a	b	Mmax	Mmin	β	λ(Mmin)
FT18_1	Eskişehir Zonu	3.98	1.01	7	6.7	2.3256	0.0016
FT18_2	Eskişehir Zonu	3.98	1.01	7	6.7	2.3256	0.0016
FT21_1	Simav-Sultandağ Zonu	5.11	1.09	7.3	7	2.4985	0.0033
FT21_2	Simav-Sultandağ Zonu	5.11	1.09	7.3	7	2.4985	0.0033
FT27_1	Fethiye-Burdur grabeni	7.38	1.52	7.4	6.9	3.4909	0.0008
FT27_2	Fethiye-Burdur grabeni	7.4	1.52	7.4	6.9	3.4909	0.0009
FT36	Tuz Gölü Zonu	2.92	0.8	7.9	6.8	1.8421	0.003
FT37	Ecemiş Zonu	3.74	0.94	7.9	6.8	2.1617	0.0023
FT39	Göksun Fay Zonu	2.69	0.75	7.5	7	1.72	0.0029
FT41	Hatay Zonu	2.82	0.78	7.9	6.8	1.7914	0.0034
FT42	Doğu Anadolu Fay Zonu	4.49	0.99	7.9	6.8	2.2816	0.0056

İkinci (ENVY/BU KOERI-2 Modeli) TEK için 1983 yılında ODTÜ/EERC tarafından yapılan [6/222] ve 1989 [6/154]'te değiştirilip güncellenen, Akkuyu Nükleer Güç Santralinin hedef araştırmaları kapsamında geliştirilmiştir. İçeriği itibarı ile, ENVY/BU KOERI-2 modeli ODTÜ/GGRC-1989 modeline eştir. ENVY/BU KOERI-2 modelinin haritası Şekil 6/5.9'da verilmiştir. ENVY/BU KOERI-2 modelinin ESO Zonlarının sismo-tektonik özellikleri Tablo 6/5.7'de verilmiştir.



Şekil 6/5.9 – ENVY/BU KOERI-2 modelinin ESO Zonlarının haritası [6/75]

Tablo 6/5.7 – ENVY/BU KOERI-2 modelinde ESO Zonlarının Sismo-tektonik özellikleri [6/75]

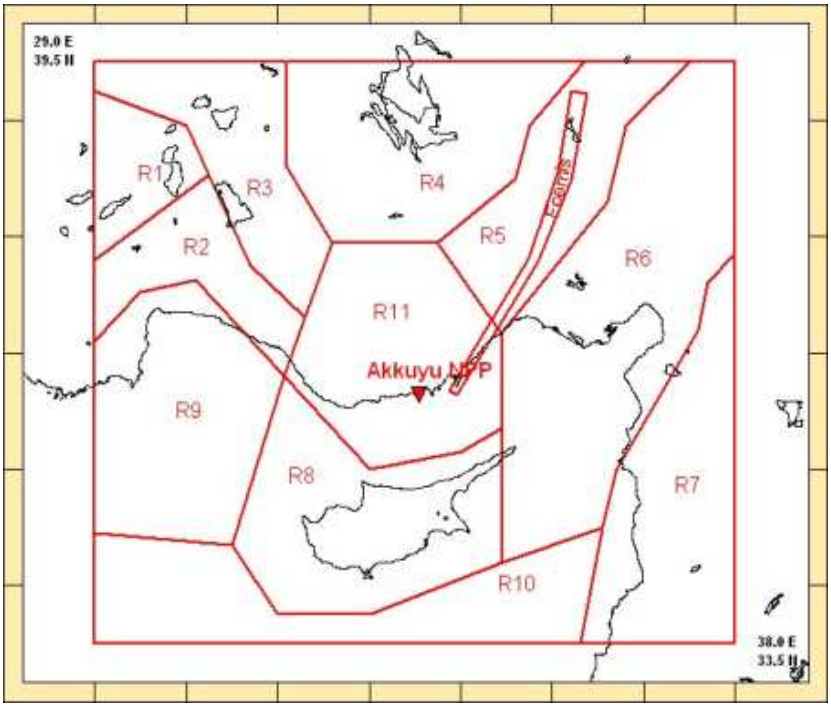
ESO zonu kod BO3	**a**	**b**	**Mmax**	**Mmin**	**β**	**λ(Mmin)**
R1	5.3	1.24	7.6	3.5	2.7631	7.9305
R2	4.3	1.02	7.6	3.5	2.6019	5.2048
R3	5	1.07	7.4	3.5	2.8092	15.5078
R4	4.5	1.1	6.4	3.5	2.5559	4.3772
R5	5.1	1.25	7.6	3.5	3.1315	4.9848
R6	5.1	1.06	8	3.5	2.6019	22.1769
R7	4.5	1.17	8	3.5	2.8782	2.5787
R8	4.9	1.02	8	3.5	2.3026	23.4099
R9	4.7	1	7.8	3.5	2.2335	16.263
R10	3.1	0.82	6.4	3.5	1.9572	1.6562
R11	5.2	1.33	6.4	3.5	3.2466	3.7265

Üçüncü model (ENVY/BU KOERI-3 modeli), Model 2'nin modifikasyonu olup, burada Ecemiş Fay izi ve GB Yönlü hipotezsel kalan kısmı ayrı, dar bir zon olarak temsil edilmektedir.

ENVY/BU KOERI-3 modelinin haritası Şekil 6/5.10'te verilmiştir. ESO Zonlarındaki Sismo-tektonik özellikler Tablo 6/5.8'de verilmiştir.

Model ENVY/BU KOERI-3'te, (Model 2 ile kıyaslanınca), ESO Zonu R11'in azami magnitüdü (büyüklük) revize edilmiştir. Mmax=6.0 Model 3'te R11'e atanmıştır ve Mmax=8.0 Ecemiş fay hattına atanmıştır.

Model ENVY/BU KOERI-3, [6/75]'ya göre, bir "denge" amacına sahiptir. Dar olan Ecemiş fay hattı, Model ENVY/BU KOERI-2nin R11 zonunda girilmiştir ve Nükleer Güç Santrali sahasından yaklaşık 25 km mesafede bulunur ve konservatif bir varsayım Kabul edilir.



Şekil 6/5.10 – ENVY/BU KOERI-3 modelinin ESO zonlarının haritası [6/75]

Tablo 6/5.8 – ENVY/BU KOERI-3 modelinin ESO Zonlarının Sismo-tektonik özellikleri [6/75]

ESO zon kodu	**a**	**b**	**Mmax**	**Mmin**	**β**	**λ(Mmin)**
R1	5.3	1.24	7.6	3.5	2.7631	7.9305
R2	4.3	1.02	7.6	3.5	2.6019	5.2048
R3	5	1.07	7.4	3.5	2.8092	15.5078

ESO zon kodu	a	b	Mmax	Mmin	β	λ(Mmin)
R4	4.5	1.1	6.4	3.5	2.5559	4.3772
R5	5.1	1.25	7.6	3.5	3.1315	4.9848
R6	5.1	1.06	8	3.5	2.6019	22.1769
R7	4.5	1.17	8	3.5	2.8782	2.5787
R8	4.9	1.02	8	3.5	2.3026	23.4099
R9	4.7	1	7.8	3.5	2.2335	16.263
R10	3.1	0.82	6.4	3.5	1.9572	1.6562
R11	5.2	1.3314	6.0	3.5	3.2466	3.7265
Ecemiş	1.8	0.6482	8.0	3.5	1.4925	0.3751

ENVY/BU KOERI (Guttenberg-Richter) modellerinde deprem tekrar parametreleri azami olasılık metodunun kullanımı ile belirlenmiştir.

IPE RAS Modeli

IPE RAS modeli O.Yu. Schmidt Fizik Enstitüsü, Rusya Yer Bilimleri Akademisi (IPE RAS) [6/117] tarafından geliştirilmiştir.

Zonların genişlik ve oluşum biçimini seçerken daha konservatif çözümlere öncelik verilmiştir. Büyük bir bölge üzerinde çalışıldığında ve sahadan uzaklaşıldığında, hatasızlık ve netlik azalır ve genelleşme artar. Bu yaklaşım optimum strateji bakış açısından doğrulanır ve nihai sonuçları olumsuz etkilemez. Aslında, IAEA SSG-9 [6/113], sahanın mesafesi arttıkça araştırma ölçeğinin yüzeyselleştiği bir aşamalı modellemeyi önerir.

Sismo-tektonik çalışmalardan ortaya çıkan sismolojik gözlemler ve arşiv yorumları ve ariş/yayınların yorumundan ötürü, aşağıdaki ESO zonları, Nükleer Güç Santrali sahası bölgesinde IPE RAS Modelinde gösterilebilir (300 km'lik daire):

(1) Ecemiş ESO zonu Orta Torosların jeodinamik zonundan ve Kilikya Toros'unun doğu kısmından izlenir. ESO zonunun genel yönelimi güney-güney-batıdır. Uzunluğu yaklaşık 100 km'dir. Zon 7.5'luk beklenen azami deprem magnitüdü ile karakterize edilir. Zon, yerel olarak sistemde jeolojik metotlarla paralel aktif faylar sistemiyle izlenir. Alp orojenezi öncesi temel, Ecemiş fay hattı içinde 10-12 km derinliktedir.

(2) Tuz Gölü ESO zonu güney doğu yönlüdür. 200 km uzunluk ve 60 km genişliği vardır. Azami beklenen magnitüd (büyüklük) bu ESO zonu için 7.0'dır. Yüzeye ulaşan bazı aktif faylar burada yer alır: Bezirji, Tuz ve diğerleri sağ-yanal yer değiştirme için bir basamak benzeri dizilim oluşturur. Fay kinematiği sağ-yanal doğrultu atımlıdır. Küçük depremler (M= 2 – 4) 10 km derinlikte

kaydedilmiştir. Bu nedenle bu bölüm tabanın üst kısımlarına ulaşır. Sahaya en yakın mesafe 100 km'dir.

(3) Beyşehir ESO zonu, diyagonal batı Toros jeodinamik bölgesinin kuzey kısmına aittir ve Beyşehir aktif fay hattı ve kıvrımlarıyla ilgilidir. ESO uzunluğu 250 km ve genişliği 60 km'dir. Azami beklenen deprem magnitüdü (büyüklük) bu zon için 6.5'tur. Yer değiştirme kinematiği, normal faylanmalı sağ-yanal doğrultu atımlıdır. Zon yüzeyde bir basamak benzeri dizilim şeklinde, güney-doğu ve güney-güney-doğu faylarının sistemi içindedir. Zon depremlerinin kuzey bölümünde 5 ile 6 arası magnitüdler kaydedilmiştir. Nükleer Güç Santrali sahasından minimum mesafe 80 km.dir.

(4) Kadınhan-Altınekin ESO zonunun toplam uzunluğu 100 km'dir; genişliği 50 km'dir. Zon, kuzey doğu yönlüdür. Azami beklenen deprem magnitüdü 6.5'tur. Yüzeyde, zon, faylar sistemi ile çakışır ve sol-yanal yer değiştirmelerin fay özelliklerini gösteren faylarla gösterilir. Normal faylar (doğrultu atımlı bileşenli) Miyosen, Pliyosen, Pleistosen ve hatta Holosen katmanlarını iten mikro grabenlerde toplanır. Deprem kaynakları çökeltinin 10 km civarındadır. Bu ESO zonunun tektonik sıkışmalarının zemine ulaştığına dair kanıt yoktur. Nükleer Güç Santrali sahasından en kısa mesafe 100 km'dir.

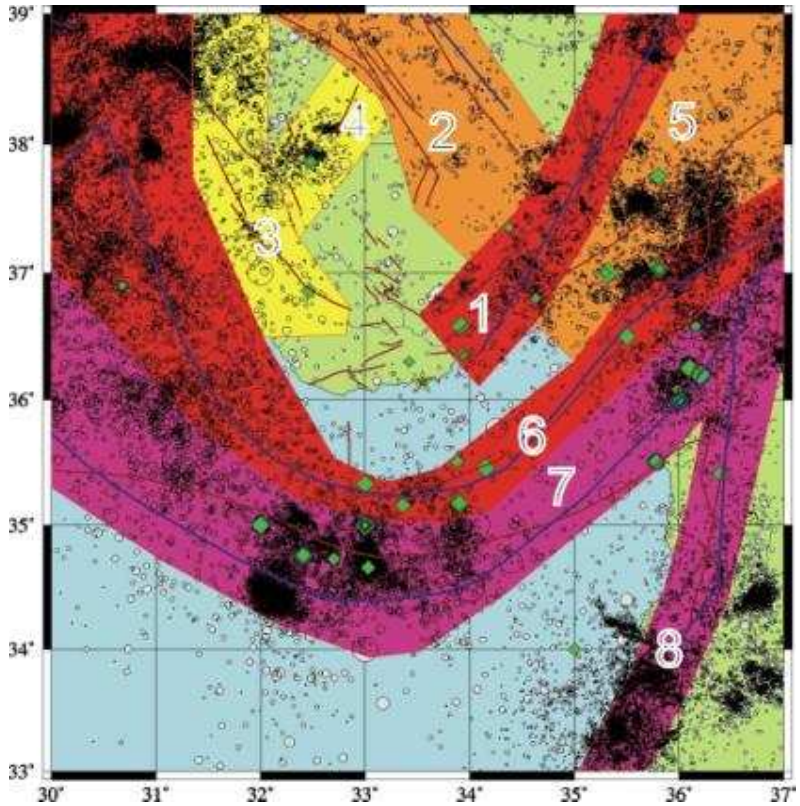
(5) Kozan ESO zonunun merkezi Toros jeodinamik bölgesinin diyagonal olarak güney kısmına aittir ve Kozan-Savrun zonunun aktif faylarıyla ilişkilidir ve orta ve doğu Torosların kıvrımlarıyla beraberdir. Zonun uzunluğu 150 km'dir; genişliği 50 – 80 km'dir. Azami beklenen deprem magnitüdü 7.0'dır. Faylardaki yer değişim kinematiği sol-yanal doğrultu atımlıdır. Yüzeyde zon, güney batı ve güney-güney batı yırtıklarının lineer sistemi olarak ifade edilmiştir. Zon içinde 6'dan 6.5'ğa magnitüde kadar depremler vardır. Nükleer Güç Santrali sahasından minimum mesafe 110 km'dir.

(6) Kuzey Kıbrıs ESO zonunun toplam uzunluğu 600 km'dir ve genişliği 50 – 100 km'dir. Yay benzeri şekli vardır. Azami beklenen deprem magnitüdü (büyüklük) 7.5'tur. Yüzeyde, zon aynı yöndeki faylarla çakışır ve üst üste binen katmanların yakın sistemi ile ifade edilir. Aslında, bu faylar sadece Kıbrıs'ın kuzey kısmında görülebilir. Diğer bölümlerde, yırtıklar deniz tarafından saklanır ve jeofiziksel metotlarla tanınır. Batı bölümünde, zon Antalya sigmoidinin jeodinamik zonuyla çakışır, jeodinamik zon Antalya Körfezinin deniz kısmında yer alan tektonik yırtıklarla gösterilir. Zon sismik aktivite gönderir. ESO zonu içerisinde 6.5 magnitüd değerine dek çeşitli depremler kaydedilmiştir. Hiposentırlar 20 km. derinliğe dek çökel bölgesinde yer alır. Nükleer Güç Santrali sahasından en yakın mesafe 100 km.dir.

(7) Deniz Kıbrıs ESO zonu 800 km'ye kadar genişler ve genişliği 50 – 150 km'dir. Yay tipi şekli vardır. Azami beklenen deprem magnitüdü (büyüklük) 8.0'dır. Akdeniz'in altında Kıbrıs ve Levant Çukurunun kıtasal sığlıklarında fay sistemi ile çakışır. Sismojenik yırtıklar sistemi listrik üst üste biten katmanlar grubuyla gösterilmiştir. Bu faylar sadece adalar yayını geçen sismik profillerde bulunur [6/194]. Genelde tüm zonu deniz suyu kaplar. Zon sismik olarak aktiftir. 7.5'ğa kadar magnitüde sahip bazı depremler bu zonda kaydedilmiştir. Hiposentırlar çökelti bölgesinin 70 km'lik alanında yer almaktadır. Nükleer Güç Santrali sahasından en yakın mesafe 200 km'dir.

(8) Antakya ESO zonu doğu Suriye ve Ölü Deniz yarıklarının doğusunda jeodinamik zonda izlenir, bunlar sol-yanal sismik aktif fayların Doğu Anadolu sisteminin birleşim yerinde başlar. Zonun genel eğilimi güney-güney-batıdır. Uzunluğu 300 km'dir; genişliği 30-40 km'dir. Zon, azami beklenen deprem magnitüdü (büyüklük) 8.0 ile ve sol-yanal yer değişim kinematiği ile karakterize edilir. Zon jeolojik metotlarla ve uzaktan algılama metotları ile alt paralel aktif fayların formunda izlenir. Zon, modern sismisite aktivitesinde açıkça ifade edilir. Nükleer Güç Santrali sahasına en yakın mesafe 180 km'dir.

IPE RAS Modelinin haritası Şekil 6/5.11'de verilmiştir. ESO zonlarıyla ilgili bilgiler Tablo 6/5.9'da özetlenmiştir. Tablodaki zon sayıları ESO Zon haritasındaki sayılara tekabül eder.

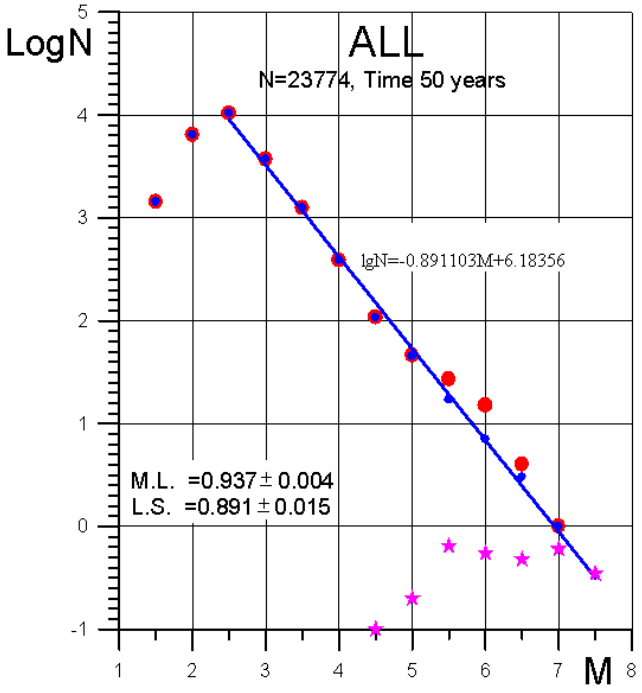


Şekil 6/5.11 – IPE RAS modelinin [6/117] ESO zonları. Aletsel (daireler) ve tarihsel (eşkenar dörtgen) zaman süreçlerinin deprem episentırlarını gösterilmektedir. Faylar (kahverengi çizgiler) ENVY/BU KOERI materyallerine göre gösterilmiştir; [6/75]'ye göre; mavi çizgiler – [6/102]'ya göre ana tektonik elementlerdir.

Tablo 6/5.9 – IPE RAS Modelinde ESO Zonları için depremlerin azami Magnitüdü [6/117]

Zon	Zonun Adı	Mmax	Yer değişim tipi
1	Ecemiş	7.5	Sol-yanal S
2	Tuz	7.0	TS
3	Beyşehir	6.5	Sağ-yanal SN
4	Kadınhan-Altınekin	6.5	Sol -yanal NS
5	Kozan	7.0	TS
6	Kuzey Kıbrıs	7.5	TS
7	Deniz Kıbrıs	8.0	Dalma batma
8	Antakya (Levant)	8.0	Sol -yanal S

Gutenberg-Richter'in magnitüd (büyüklük)-frekans ilişkisi evrensel sismolojik kanunlardan biridir. lg N(M) grafiğinin düz çizgiden ciddi şekilde ayrılması genelde düşük veri kalitesini veya katalogdaki diğer eksiklikleri yansıtır. Deprem için seçilen bölgedeki bir magnitüd (büyüklük)-frekans grafiği Şekil 6/5.12'de sunulmuştur.

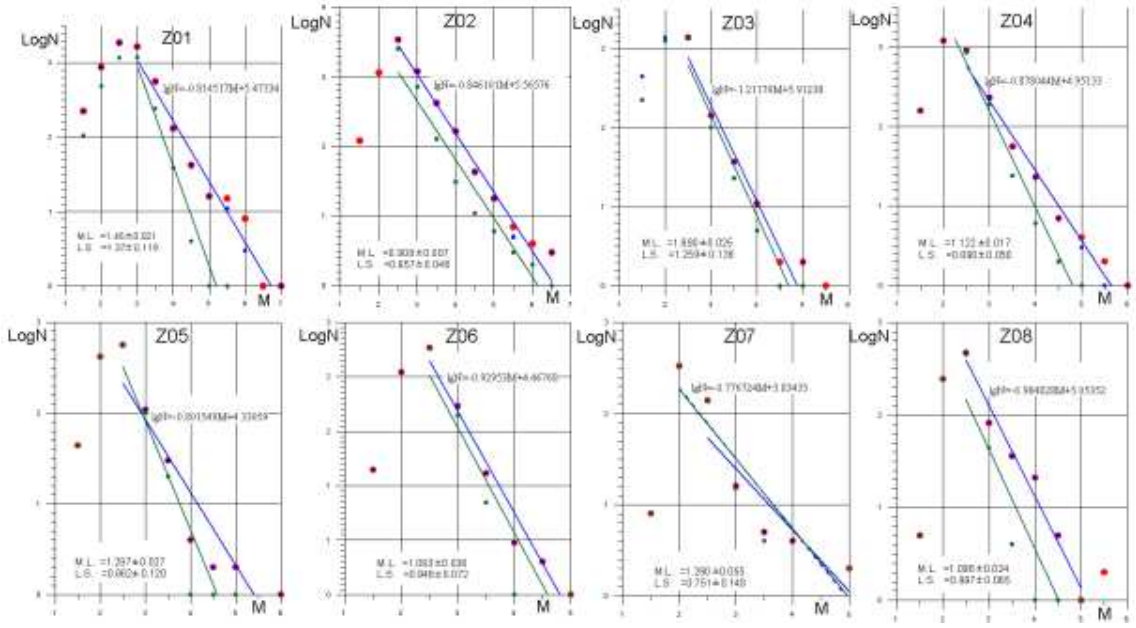


Süre: 50 yıl

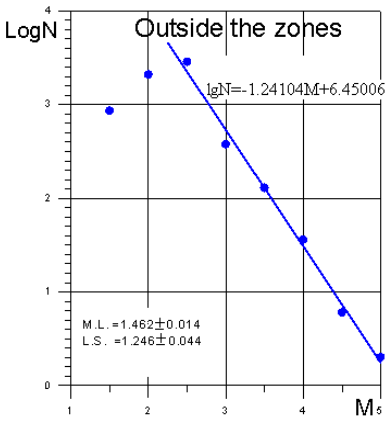
Şekil 6/5.12 – Çalışılan bölge için olan olan Frekans Grafiği [6/117]Bu grafik son 50 yılın depremlerini sunmaktadır. 1900 yılından beri olan depremler kırmızı noktalarla işaretlenmiştir. 1960 yılından önce kataloğun tam olmadığı kesindir. Tarihsel depremler grafikte yıldızlarla gösterilirler. Veriler sadece zaman alanında normalize olmuştur. Tarihsel kataloğun tam olmaktan uzak olduğu aşikardır. Sadece M≥7.5 depremler katalogda tamamen bildirilmiş olarak kaydedilir. Tüm grafiklerde aşağıdaki notasyon kullanılır: M.L. – azami olasılık metodu/maksimum benzerlik metodu, L.S. – en düşük kare metodudur (kesik ana akslar). Regresyon çizgisi mavi renktedir. Matematiksel ifadesi grafikte verilmiştir.

Seçilen ESO Zonları için Magnitüd (büyüklük)-frekans grafikleri Şekil 6/5.13'te ve Şekil 6/5.14'te yayılan depremsel hareketler için verilmiştir. Veriler, 50 yıllık fasılalarla (mavi daireler) normalize edilmiştir (ama alan üzerinde değil). Tüm grafiklerde, yeşil çizgi 2000 yılından beri olan verilere tekabül eder. Bu veriler diğer hesaplamalar için kullanılmaz, ancak kalite (bütünlük) kontrolü için faydalıdır.

PSHA için, magnitüd (büyüklük) frekansı azami olasılık metodu ile elde edilir (L.S.).



Şekil 6/5.13 – Seçilen ESO Zonları için [6/117] Magnitüd (büyüklük)-Frekans grafikleri



Şekil 6/5.14 – Difüze Sismisitenin Frekans Grafiği (ESO Zonları dışında) [6/117]

Geçmiş deprem potansiyelinin değerlendirmesi

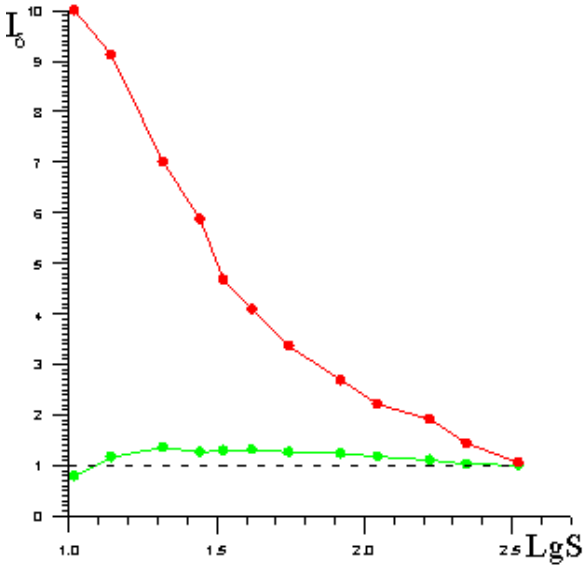
Global ölçekte sismisite levha sınırları ile ilişkilendirilmiştir. Ancak deneyimlerle görüldüğü üzere, bir deprem her zaman bilinen faylara konumsal olarak bağlanmayabilir. Elbette, deprem olduktan sonra, bazı jeolojik yapılarla ilişkili olabilir. Yer kabuğunun farklı konumsal ölçeklerde çok karmaşık olduğu gerçeğinden yola çıkılabilir. Uygulamada herhangi sismik bölgede kişi bazı faylar bulabilir (aktif veya değil, buna veya diğer özelliklere göre tanınabilir vs.). Bu nedenle ilk aşamalarda sismisitenin iç yapısını başlangıçtaki jeolojik ve tektonik varsayımlar olmadan, sadece depremlerin konumsal dağılımına göre çalışmak [6/165] çok faydalıdır. Jeolojik ve jeofizik verileri ile iç sismik yapının kıyaslaması bölgesel sismotektonik özelliklere yeni bilgiler getirebilir.

Küme analizinin metotlarının sismisite çalışmalarına yönelik metotlarının gelişiminde, sismisiteye dair konsantre ve dağılmış konumsal bileşenler konsepti [6/165 ve 6/193]de önerilmiştir (bkz. Şekil 6/5.16). Kesin resmi tanımlar olmadan dahi, sismisitenin konumsal parçalara bölünmesi sismisitenin içinde bulunan düzensizliklerin ortaya çıkmasına yardımcı olabilir. Birbirlerine yakın olan deprem episentırlarının (merkez üsler) sismisitenin konsantre bileşenlerini oluşturduğu varsayılır; birbirlerinden uzakta yer alanlar ise dağınık bileşeni oluşturur.

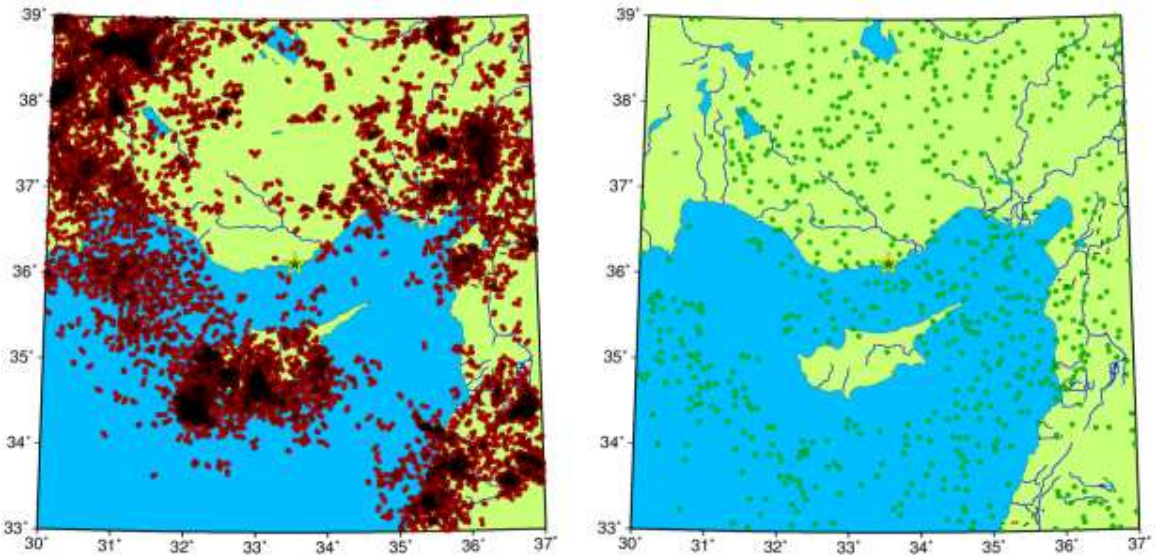
Sismisitenin bölümleri iki aşamada yapılmıştır. Küme analizine dayanan ilk aşamada, episentır grupları tanınır. Verilen eşik değerinden düşük olan deprem sayısından oluşan kümeler dağılan bileşenin bölümü olarak Kabul edilmektedir, eşik değerinin üzerindeki deprem sayısı da dahil olanlar konsantre bileşenler olarak sınıflandırılır. Eşik değerini tanımlamak için, kümelerin dağılımı ile bunları oluşturan depremlerin sayısı üzerinde çalışılmıştır. Genelde dağılım homojen değildir ve özellikleri eşiğin kullanımında kullanılır.

Alt-bölümün kalitesini kontrol etmek için, Morishita endeksi kullanılır [6/158] (Şekil 6/5.15). Bu bağımsız kontrol faydalıdır çünkü bölümlerin algoritmalarının düzenlenmesi gereken çeşitli bağımsız parametreleri vardır. Grafikten farklı konumsal bileşenlerin endekse göre ciddi şekilde farklılık gösterebileceği kesindir.

Bu çözüme göre, dağılan bileşen kapsamındaki azami magnitüd sahip olan depremin magnitüdü (büyüklük) 5.0dır. Bu magnitüd (büyüklük) 1960tan beri olan dönem için geçerlidir. Azami beklenen geçmiş deprem magnitüdünü değerlendirmek için, azami incelenen derece 0.5lik bir artış eklenir. Bu yaklaşım sismolojik uygulamada yaygındır. Son olarak, çalışma bölgesi içinde herhangi bölgede Mmax=5.5 değere sahip bir değerin olabileceği varsayılır.



Şekil 6/5.15 – Bölgenin Depremselliği için olan Morishita Endeksi Grafiği [6/117]



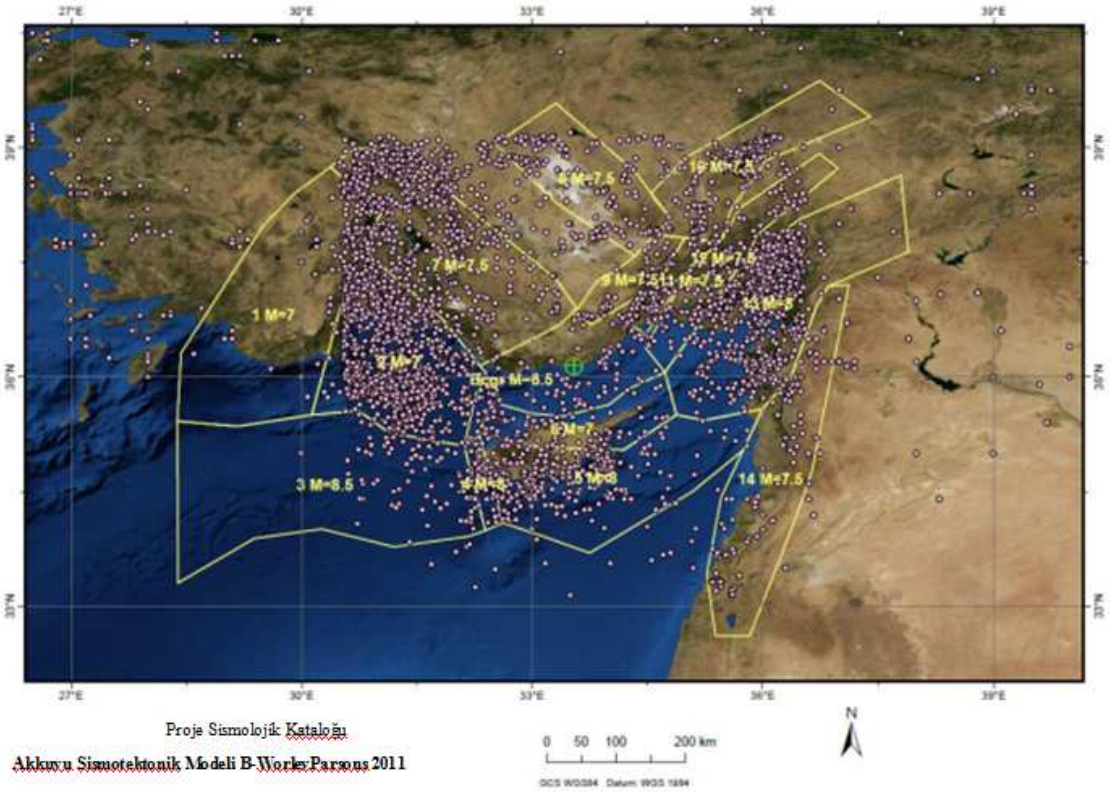
Şekil 6/5.16 –Bölgenin Sismisitesi (Sol – Konsantre Bileşen; Sağ – Dağınık Bileşen) [6/117]

WP Modelleri

Model B

WP Model (Model B) 2011-2012 [6/246] arasında WorleyParsons tarafından geliştirilmiştir. Bölgedeki en önemli Tektonik unsurların detaylı değerlendirmesi (çalışma bölgesinden 350 km.den daha büyük olan bir çaptan daha fazla yayılan bir alanda) yapılmıştır: Türkiye'nin batısında– Fethiye-Burdur fay hattı, Antalya Körfezi fay hattı, Akshehir, Beyşehir, Karaman fayları; Türkiye'nin doğusunda –Anadolu Fayının doğu kısmı ve parçaları, Sivas fayı, Tuz Gölü fayı; güneyde Helenik ve Kıbrıs Çukurlarına ait olan tektonik yapılar. Bu faylardan çoğu önemli sismik kaynaklardır.

WP Model'i (Şekil 6/5.17de sunulmuştur) bölgede aktif tektonik hareketlerin mevcut jeolojik kanıtlarına dayanarak oluşturulmuştur. Böylece, her bir bölge yayınlanan bilimsel rapor ve yazılarda çizili olan belirli bir aktif fay sistemine karşılık gelir. Her bölgenin tanımı [6/204] ve [6/238]e bağlı olarak Mmax değerini hesaplamak için ve aktif tektoniklerin sınırlamaya izin verecek fay parametrelerinin mevcut kantitatif tahminleri (yani tek fay segmentlerinin, uzun ve kısa süreli kayma oranları) üzerine odaklanmaktadır.



Şekil 6/5.17 – Model B ESO zonlarının haritası [6/246]

Model B aşağıdaki bölgeleri içerir:

Zon 1 – Fethiye-Burdur fay hattı

FBFH 50 km. genişlikte bir kesme bölgesi içinde gerilme özellikleri gösteren çeşitli NW-SE yönüne yönelimli daha kısa faylarla, KD-GB yönelimli ana faylarla tanımlanmıştır [6/126 ve 6/103]. Farklı fay düzlemi çözümleri ile ortadan büyüğe çeşitli depremler bu bölgede gerçekleşmiştir. 1957(M = 7.1) Fethiye depremi ve diğer tarihi depremler (Cybra Fayında 417 ve 7. Yüzyıl) sol yönlü yanal hareketin delillerini göstermektedir [6/126] ve, [6/24]ya göre, bu sol sol-yanal hareket en az 15 mm/yıllık bir hareket gösteren GPS ölçümleriyle desteklenmektedir. 1914 (M=7) ve 1971 (M=6.2) Burdur depremleri ağırlıklı olarak normal hareket göstermektedir. 3 Ekim 1914 tarihli Burdur depremi, Burdur Gölü boyunca (6/85) 23 km.lik bir fay kopmasıyla ilişkilidir. Oblik (verev) atımlı normal fayı çeşitli gerilmeli havzaların marjlarını da kontrol etmektedir. Jeolojik ve arkeolojik veriler, tarihsel ve modern sismisite ile beraber, tutarlı şekilde 7.5e eşit bir Mmax değeri sunmaktadır.

Bölge 2 – Antalya Körfezi

Bu bölge derin sismisite ile karakterize edilir. Derin depremlerin dağılımı Antalya havzasında Kıbrıs'ın batısında ve Türkiye'nin güneyinin altında dalma batmanın gerçekleştiğini öngörür [6/120, 6/30, 6/11 ve 6/235]. Bu bölge ayrıca sığ genç çökeltilerin kompresyonel deformasyonu ile de karakterize edilir [6/16]. Kuzey-güney yönelimli ters faylar lokal olarak normal faylar olarak yeniden aktif edilmişlerdir. Son zamanlardaki en büyük deprem 28 Mayıs 1979 tarihinde gerçekleşmiştir (M= 6.0). Mmax'in 7.0ye eşit olduğu tahmin edilmektedir.

Bölge(Zone) 3 – Doğu Akdeniz dalma batma bölgesi (zone) – Florence Yükseltisi

Bölge 3 Akdeniz sırtının kuzey doğu sektörünü içerir. [6/138] ve [6/235]e göre, Akdeniz Sırtı kuzey yönlü aktif kompresyon etkisi altındaki ters fay ve ilgili depremlerden etkilenmektedir (Ege-Ege-Kıbrıs Çukuru boyunca). Gerçekte, sismik profiller büyüyen yarığın deformasyon alanında açık baskı yapıları (ters faylar) gösterir. Sismisite kaydı ters faylanma fokal mekanizmaları ve KB-GD ve KD-GB yönelimli doğrultu atımlı faylarla karakterize edilir. Yakınsama oranı kuzey batı yönlü olarak Kıbrıs'tan Anaximander Seamount'a doğru yükselir ve 9 – 14 mm/yıl [6/235] aralığındadır. IRIS kataloğunda kaydı bulunan en büyük deprem M=6.7dir (9 Ekim 1996) ancak, coğrafi sınırlamalar çerçevesinde, Mmax=8.5 değeri verilmiştir.

Bölge (Zone) 4 – Batı Kıbrıs (Paphos fay hattı)

Bu bölgenin ana yapısal elementi KD-GB yönelimli dextral transform fayıdır (Paphos transform fay), bu, ortalama derinlikteki sismisite ile ilişkilidir. Bu fay ile 9 Ekim 1996 (M= 6.8)

depremi ilişkilendirilmiştir. [6/178]e göre, bu deprem 30 km. uzunluk ve 15 km. genişlikte bir fay yırtılması oluşturmuştur. 1996 episentırları 76 – 85 km [6/181] derinlikte gerçekleşmiştir. Yakınsama oranı 7 – 8 mm/yıldır [6/235]. Bu bölgede Mmax 8.0e eşittir.

Zone 5 – Güney Kıbrıs

Zon 5 Güney Kıbrıs Çukurunun orta bölümüne tekabül etmektedir ve bunun Helenik Çukura benzer bir geometrisi vardır. Ancak, Helenik Çukurdaki yakınsama Kıbrıs Çukurundakinden yaklaşık iki-üç sefer daha hızlıdır. Afrika levhasının Helenik çukur altındaki dalma batması süreklidir. Ancak, difüze sismisite ve dağılmış büzülme Kıbrıs Çukurunun çarpışmaya göre geçiş formunda olduğunu önerir. Afrika levhasının kıtasal bir parçası olan Eratosthenes Deniz dağı Kıbrıs'a doğru, kuzey yönlü olarak dönüş. Kıbrıs Çukurundaki akışı kısmen Kıbrıs [6/147 ve 6/104]nin yükselişinden sorumludur.

Dalan Levha ayrıktır [6/89] ya da dik ve parçalara ayrılmıştır, (muhtemelen Erken ayrılma fazında). Depremlerin derinliği kuzeye doğru, sığdan orta seviyeye, artmaktadır. En son kayda değer depremler Lemessos ve Larnaka ile ilişkili oblik (verev) bindirme faylarda 24 km maksimum kopma uzunluğu ve 72 cm maksimum yer değiştirme ile olmuştur (24 Haziran 1896 depremi, M=6.5) [6/178]. En büyük tarihsel deprem MS 342 yılında olmuştur. Tahmin edilen maksimum büyüklük 8.0'dır.

Zon 6 – Kuzey Kıbrıs

Adanın kuzey kısmı, pasif ve aktif kenar fazların kanıtlarını barındıran, Kyrenia baskı kuşağı ile karakterize edilir. Aktif kenar faz, hem doğrultu atımlı hem de bindirme tipi faylanma içerir. Kyrenia sırasının yükselmesi orta-geç Pliyosen devrinde olmuştur fakat günümüze kadar devam etmektedir [6/8]. Kyrenia'nın kuzeyinde doğu-batı yönelimli kuzeye eğimli normal faylanma vardır. Kıbrıs'taki tarihsel ve son depremsel hareketlilik güney ve batı sektöründe olmuştur. Kuzey kısmındaki tahmin edilen maksimum büyüklüğün 7.0 olmasının nedeni budur.

Zon 7 – Akşehir, Beyşehir, Karaman fayı

Bu zon, hakim olan KB-GD yönelimli normal faylanma ile karakterize edilir. Yerel olarak doğrultu atımlı bileşenli, bazı durumlarda Mw=6.3 büyüklükteki son Sultandağı depremlerinin (2000, 2002) kanıtlamış olduğu gibi, eski itmeler boyuncadır. İkincisi, baskın olarak normal faylanma mekanizmaları göstermiş ve "iyi-bilinen Sultandağ bindirme fayında" olmuştur [6/10]. Konya fay hattı boyunca bazı paleosismik olaylar tanımlanmış fakat henüz tarihlenmemiştir [6/6]. Bu KD-GB yönelimli, doğuda dalan, normal kayan faylardan oluşan hakim fay hattı, 65 km kadar uzar. Akşehir Master Fayı, Akşehir-Afyon yarığını (130 km uzunluk, 4 – 20 km genişlikte) sınırlar

ve sağ-yanal doğrultu atımlı bileşenli, oblik (verev)-kayan hareket gösterir. Maksimum hareket oranı 0.3 mm/yr kadardır [6/134]. Mmaks 7.5'tir.

Zon 8 – Tuz Gölü – Tuz Gölü fayları

Bu zondaki hakim tektonik hareketler KKB-GGD yönelimli sağ-yanal doğrultu atımlı faylar boyunca olur. Yerel olarak normal ya da ters bileşenler konu ile ilişkili olabilir. Büyüklüğü 5'ten çok az daha fazla, birkaç orta büyüklükte olay aletsel olarak kaydedilmiştir. Bu bölgede yerleşik aktif yapılar, üç ana fay hattından oluşan 15 – 25 km genişlikte ve 400 km uzunluktaki bir fay sisteminin parçalarıdır. Yani, her bir fay hattının ortalama uzunluğunun 100 km'den büyük olması gerekir. Bu varsayım üzerine konservatif bir yaklaşımla ve [6/238]'de verilmiş olan ilişkiyi de göz önüne alarak, Mmaks değeri 7.5 olarak tahmin edilmiştir.

Zon 9 – Orta Anadolu fay hattı (OAFH)

Bu zondaki hakim tektonik hareketler KD-GB yönelimli sol-yanal doğrultu atımlı faylar boyunca ve yerel olarak normal ya da ters bileşenle oluşmaktadır. Modern sismik kayıtlar M=6.2 büyüklüğünde bir depremi (Nükleer Güç Santrali sahasından 180 km mesafede) ve büyüklükleri 5 ve 6 arasında değişen birkaç diğer olayı ortaya koymaktadır. Fay segmentlerinin uzunluğu 100 km boyunca sıralıdır (ör., Sulucaova-Pozantı segmenti, [6/133]). Uzun vadeli kayma oranları 1mm/yr'den büyük olabilir: bu değer, kenardan uzak sol-yanal Oligo Miyosen kalıntılara dayanarak, Kızılırmak fay segmenti boyunca hesaplanmıştır [6/115 ve 6/174]. Dördüncü çağ (en son jeolojik zaman) kayma oranları 2mm/yr'den büyük olabilir: gerçekte, bu bölgede yerleşik farklı fay segmentleri akıntı yataklarının yerini, birkaç km sırasına göre değerlerle, sistematik olarak değiştirmişlerdir [6/133]. Bu jeolojik kanıt, 7.5'e eşit bir Mmaks değeriyle uyumlu ve tutarlıdır.

Zon 10 – Sivas fayları

Bu zondaki tektonik hareketler DKD-BGB yönelimli sol-yanal doğrultu atımlı faylarda hakimdir. Bu zonda oluşmuş tarihsel bir olay vardır (1205, M=6.5). Ve bu bölgede yerleşik fay segmentleri, bir seri çekip koparılmış havzalar şekillendirerek, OAFH'nın KD devamını oluşturur. Bunlardan en uzunu (Erciyes havzası) 120 km kadar uzunluktadır. Dördüncü çağ aktivitesi, yükselmiş ve parçalara ayrılmış olan Plio-Dördüncü çağ teras kümelerince ve Plio-Dördüncü çağ çatlak volkanik püskürme-kaynaklı bazalt platolarca işaret edilmiştir [6/133].

Zon 11 – Ecemiş fay hattı

Bu zon, Ecemiş koridoru da denilen kısmı da içine alarak, OAFH'nın GD kısmını oluşturur. KKD-GGB yönelimli sol-yanal doğrultu atımlı tektonik hareketler bu fay hattı boyunca tipik olarak oluşmaktadır. Aletsel depremsel bu bölgede yalnızca orta büyüklükte olayları ortaya koymaktadırlar (büyüklükleri 5.0 ve 5.5 arasındadır). Oligosen-Miyosen zamanından bu yana

zorlanan toplam kaymayı 60 ve 90 km arasında düşünürsek [6/122, 6/196, 6/247], uzun dönemdeki kayma oranları 3mm/yr sırasına göre olacaktır. Dördüncü çağ kayma oranları da 3mm/yr sırasına göredir [6/133, 6/27 ve 6/28]. Bu tahmin, aktif akım yollarının yer değiştirme miktarına dayanmaktadır. Bu fayların son aktivitelerini gösteren diğer jeomorfik özellikler kapan sırtlar, basınç sırtları ve çarpılmış-deforme olmuş teraslardır. Bu jeolojik tahmin tutarlıdır ve Mmaks değerinin 7.5 olduğuna dair konservatif tahmini mümkün kılar.

Zon 12 – Kozan Göksu fay hattı

Bu zon, esas olarak KKD-GGB yönelimli sol-yanal tektonik hareketler ile karakterize edilen iki fay hattını (Kozan ve Göksu) içine alır. Bu zonda M=6.2 olan tarihsel (1268) bir deprem olmuştur. Göksu fayı boyunca uzun dönemdeki kayma oranları 2 mm/yr'ye eşittir. Daha da ötesi, bu faylar Ecemiş fayı ve DAFH arasında yerleşik olduğundan, fay segmentlerinin uzunluğunun bitişik bölgede yerleşik olanlarla karşılaştırılabilir olması beklenir, ör., en az 100 km mesafedekilerle. Bu tahmine göre, bu bölgedeki Mmaks 7.5'e kadar sıkıştırılmaktadır.

Zon 13 – Doğu Anadolu fay hattı (DAFH) ve Adana Havzası

Doğu Anadolu fay hattı esas olarak KD-GB yönelimli sol-yanal doğrultu atımlı tektonik hareketler olarak karakterize edilir. Bu zonda DAFH boyunca kuvvetli bir tarihsel deprem olmuştur (MS 526; M = 7.9). Burada, aletsel deprem hareketliliği M=6'dan büyük hiçbir olay kaydetmemiştir. Uzun dönem kayma oranlarının 10-11 mm/yr sırasında olduğu tahmin edilmiştir [6/47 ve 6/189]. Bu değerler DAFH boyunca toplam kaymaya (30 km'ye kadar) dayanmaktadır. Uzamsal jeodezi verileri oldukça tutarlı değerler vermiştir. Yukarıda bahsedilen jeolojik baskılar temelinde ve belgelenmiş tarihsel olayla mutabakatıyla, bu bölgedeki Mmaks'ın 8.0'a eşit olduğunu tahmin etmek mümkündür.

Zon 14 – Ölü Deniz Fayı (ÖDF)

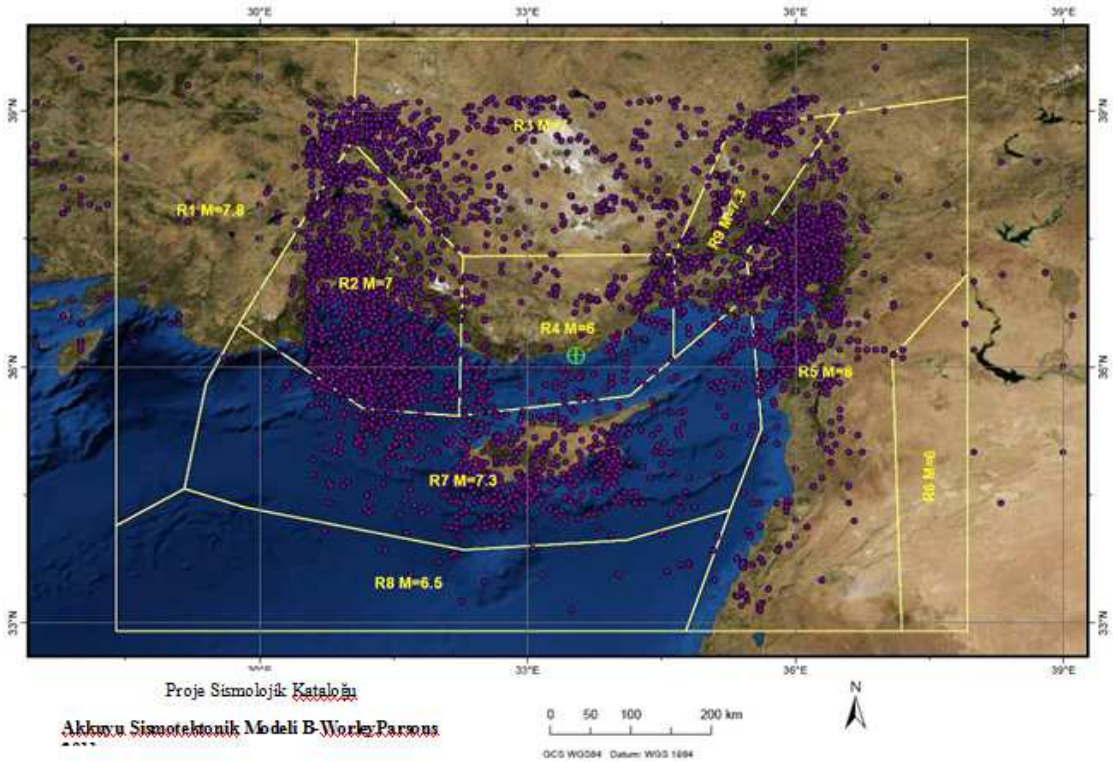
Ölü Deniz Fayı, 1000 km boyunca uzayan kuzey-güney yönelimli sol-yanal bir transform faydır. 1992'de, bu fayın güney kısmı boyunca kuvvetli bir deprem olmuştur (M=7.4). Orta Miyosenden bu yana toplam kayma 100 km'den çok az daha fazla olmuştur [6/26, 6/91 ve 6/241]. Bu nedenle, uzun dönemdeki kayma oranları 7 mm/yr sırasındadır. Güney kısımda (Araba Vadisi) Geç Pleistosen'den Holosen'e kadar olan jeomorfik özellikler kısa dönem kayma oranlarını 2 ve 6 mm/yr arasında sınırlamıştır [6/132]. [6/96]'ya göre, Serghaya (Lübnan) fay segmenti boyunca kayma oranları 1 – 2 mm/yr sırasındadır. M>7 büyüklüğünde depremlerin olduğu, tarihsel zamanda (MS 749, [6/145]) ÖDF'nın 100 km kadar uzunluktaki bir segmentinin artçı olarak yeniden aktive olmasına işaret eden, arkeolojik ve paleosismolojik çalışmalarla ve fayda 2.2 m'lik bir yer değişimi (MS 1458 depremi, [6/96]) ile de gösterilmiştir. Yani, jeolojik, arkeolojik ve paleosismolojik

veriler, tarihsel ve modern deprem hareketliliği ile uyumlu olarak, tutarlı bir şekilde Mmaks=7.5 değerini ortaya koymaktadır.

Yakın bölgesel alan dahil, bu zonların dışındaki bölgesel alanın tüm sektörleri yayılan deprem hareketliliği ile karakterize edilirler. Bu alanlar için WorleyParsons araştırmalarında "… konservatif olarak 6.5 büyüklüğünde bir Mmaks geri plan değeri belirlenmiştir".

WP ODTÜ 1980 Modeli (Model C)

Bu model, ODTÜ ve ENG tarafından 1980'de geliştirilmiş [6/65] ve orijinal biçiminde, modellemedeki epistemik (doğru bilgi) belirsizliği göstermek için 2011'de WorleyParsons grup tarafından icra edilmiş olan olası sismik tehlike analizindeki iki alternatif modelden biri olarak kabul edilmiştir. ODTÜ 1980 Modelinin haritası Şekil 6/5.18'de gösterilmektedir. Mu model dokuz ESO bölgesini içerir. Nükleer Güç Santrali sahasının olduğu Zon R4'te Mmaks=6.0'dır.



Şekil 6/5.18 – ODTÜ-1980 Modeli'nin (Model C) haritası

WorleyParsons ve diğer SHA giriş verilerince hazırlanmış olan B ve C Modellerinin ayrıntılı karakteristikleri Ek N'de verilmiştir.

Rizzo 2011 Modeli

Rizzo 2011 Modeli 16 ESO bölgesi içerir, mamafih toplam şekillenme biçiminin birkaç alternatifi vardır. Rizzo zonlama örneğinin özel bir vasfı [6/243] Kıbrıs Çukurunu belirli sayıda daha küçük alt zonlara ayırır (4, 5, 6, 7 ve 8inci bölgeler). Tamamen aynı şekilde, Ölü Deniz fay

hattı da iki bölgeye ayrılmıştır (9 ve 10. bölgeler). Ecemiş fay hattı (bölge 13) iki alternatif ile gösterilir, ENVY/BU KOERI-2 ve ENVY/BU KOERI-3 modellerine yakın bölgeler. Bölge 16'nın (Namrun) şekillenme biçimi için iki alternatif değerlendirilmiştir.

Kaynak Zon 1 – Eskişehir Fay Hattı

Kaynak zon, Sahanın kuzey-kuzeybatısında, öncelikle Saha bölgesinin 320-km ötesindedir. Fay hattının yakınlarında dağılmış deprem hareketliliği belgelenmiştir. 1956'da vuku bulmuş olan Mw=6.2 büyüklüğündeki deprem, fayın bir segmentine bağlanmaktadır. Bölgedeki en büyük deprem 1400 yılında olmuştur ve Mw=6.5 değerindedir.

Kaynak Zon 2 – Simav-Sultandağ Fay Sistemi

Bu zon, Sitenin 200 – 400 km kuzeybatısındadır (Şekil 6/5.19). Kaynak zonda dağılmış depremsel hareketler yerleşiktir. Zonda en büyük deprem 1931 yılında olmuştur ve Mw=6.8 büyüklüğündedir.

Kaynak Zon 3 – Fethiye-Burdur Fayı

300 km uzunluğundaki bu Fay Hattı çoğunlukla Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahası bölgesi dışında, Sahanın batı-kuzeybatısına doğrudur. Bölge, yaygın depremsel hareketler ile karakterize edilir. [6/86]'nın yazarları, büyüklükleri (MS) 5.0'dan büyük olan belirli sayıda yüzey dalgasını bu fay hattı ile bağdaştırırlar. Zondaki en büyük deprem 1914'te olmuştur ve Mw=7.2 büyüklüğündedir.

Kaynak Zon 4 – Üstte kalan Plaka

Kaynak zon 4, Kıbrıs Çukuru dalma-batma bölgesinin üstüne binen, Anadolu mikro-plakasının bir kısmını temsil eder. Antalya Kıyıdan Uzak Havzası'nın bir kısmını içerir. Zon, Sahanın 150 – 300 km kadar batısındadır. Bu zondaki depremsel hareketler yaygındır (diffuse). 1930'daki Mw=6.1 değerindeki deprem zonda olmuş olan en büyük depremdir.

Kaynak Zon 5 – Kıbrıs Çukuru Arayüzü

Kaynak zon 5, Kıbrıs dalma-batma bölgesinin arayüz kısmı üstündedir [6/235 ve 6/179]. Sahanın batısında ve güneybatısında bir deprem hareketleri bölgesi, Anadolu mikro-plakasının altındaki Afrika plakasının Nubia kısmının dalma-batmasıyla ilişkilendirilen, Anadolu mikro-plakasının altına dalar. [6/179] Temelinde, arayüz bölgesi 25 derece kuzeydoğuya bir dalma ile modellenir. Arayüz, yüzeyden zonun güneybatı kenarında, kuzeydoğu kenarında 60 km derinliğe kadar uzar. Dalma-batma bölgesinin daha derin depremsel hareketli aktif kısmının yüzey projeksiyonu sahadan 150 km kadar mesafededir. Depremsel hareketler bir dalma-batma levhası gösterirken, tarihsel ve aletsel kayıtlarda hiçbir büyük arayüz depremi belgelenmemiştir. 60 km'den daha az derinlikte en büyük deprem 530 yılında ve Mw=6.3 değerinde olmuştur. Mamafih, odaksal

derinliklerdeki belirsizlik bu depremin ara-bölgesiyle mi yoksa üstte kalan plakadaki sığ depremsel hareketlerle mi ilişkili olduğu konusunda bir belirsizliğe götürür.

Kaynak Zon 6 – Kıbrıs Çukuru İç Plakası

Kaynak zon 6, 60 km'den daha fazla derinlikteki iç plaka depremlerini temsil eder. Bu depremler, dalan plaka ve Üstte kalan plaka arasındaki hareketlerden daha ziyade arayüzün altındaki dalan plakadaki deformasyonu temsil ederler. Bu zondaki en büyük deprem 1979'da gözlemlenmiştir ve Mw=6.0 büyüklüğündedir.

Kaynak Zon 7 – Kıbrıs Trodos Dağları

Kaynak zon 7, Kıbrıs adasındaki bir çarpışma bölgesini temsil eder. Kıbrıs yakınlarında 80 km'nin altındaki derinliklerde depremler artık gözlemlenmemektedir. [6/179]'un yazarları Kıbrıs'ın kuzeyine doğru, Kıbrıs dalma-batma bölgesini çarpışma bölgesinden batıya doğru dengeleyen bir transform fay değerlendirmektedirler. [6/235]'in yazarları ise depremsel hareketleri, dalma-batma bölgesini çarpışma bölgesinden ayırarak, dalan plakadaki bir yırtılmayı destekliyor olarak değerlendirmektedirler. Zon, Sahanın 150 km güney-güneybatısında yerleşiktir. Dalma-batmadan çarpışmaya geçiş, Kıbrıs'ın güneyinde yerleşik Afrika plakasının Sina kısmı üstündeki bir kıtasal parça, Eratosthenes deniz içi yükseltisi (seamount) ile ilişkilendirilebilir [6/235]. Zon 7'de belgelenmiş en büyük deprem 337 yılında olmuştur ve Mw=7.1 büyüklüğündedir.

Kaynak Zon 8 – Kıbrıs Çukuru-Transform

Kaynak zon 8, Kıbrıs dalma-batma ve çarpışma bölgelerini Ölü Deniz Transform Sistemine bağlayan kesmenin değerlendirilmiş bölgesini çevreler. Zon, Sahanın 150 – 250 km güneybatısına doğru yerleşiktir.

Kaynak Zon 9 – Ölü Deniz Fayı

Kaynak zon 9, Kızıldeniz içindeki yayılan merkezi, İran'daki kıtasal çarpışma bölgesine ve Türkiye'deki Anadolu mikro-plakasının batıya doğru sıkıştırmasına bağlayan Ölü Deniz Transform Fayına dayanmaktadır. Fay, Arap plakasını, batıya doğru olan Afrika plakasından, doğuya doğru ayırır ve sol-yanal hareketle karakterize edilir. [6/145]'in yazarları, Ürdün'deki araştırmalara dayanarak, yılda 2-6 milimetrelik bir kayma oranı tahmin etmektedirler. Bu fay sisteminde, büyük depremler de dahil olmak üzere, önemli sismik aktivite deneyimlenmiştir [6/130 ve 6/129]. Kaynak zon, Sahadan 200'den 300 km'ye kadar mesafededir.

Kaynak Zon 10 – Hatay-Kuzey Ölü Deniz Fayı

Kaynak zon 10, Ölü Deniz Transform Sisteminin kuzey kısmını güneye doğru olan transformdan ayırt eder. Bu kaynak zon, Sahanın 250'den 300 km'ye kadar olan doğu-

kuzeydoğusuna doğru uzanır. Sismik aktivite bölgeyi, 521 yılında Mw=7.5 büyüklükte olmuş olan en büyük depremle karakterize eder.

Kaynak Zon 11 – Kozan-Savran-Sürgü Fay Hattı

Kaynak zon 11, Kozan-Savran-Sürgü Fay Sistemini çevreler. Bölge, en yakın noktasında, Sahadan 150 km kuzeydoğuya doğru uzanır. Zonun güneybatı kısmındaki depremsel hareketler göreceli olarak yüksek bir oran gösterir. Zonda kaydedilmiş en büyük deprem 242'de ve Mw=7.6 büyüklüğünde olmuştur.

Kaynak Zon 12 – Beyşehir Fayı

Kaynak zon 12, Beyşehir Fayına dayanmaktadır. Zon, Sahanın 100 – 200 km kuzeybatısında yerleşiktir. Bu zon, düşük bir depremsel yayılma hareketiyle karakterize edilir. Zonda gözlenmiş en büyük deprem 1977'de ve Mw=4.5 büyüklüğünde olmuştur.

Kaynak Zon 13 – Ecemiş Fayı

Kaynak zon 13, Ecemiş fayını temsil eder. Bu fayın güney uzantısı tam çözümlenmemiş olduğu ve potansiyel olarak Sahanın göreceli olarak yakınında yerleşik olduğundan, kaynak zon şekillenme biçiminin değerlendirmeleri, çalışmada, Model 7'ye dahil edilmiştir.

Kaynak zon 13A, Sahadan 150 km kadar kuzeybatıda, Gülek [6/24] yakınında sonlanan fayın değerlendirmesini temsil eder. Bu, sol-yanal doğrultu atımlı kolun ve kopmuş havzaların açık kanıtıyla, fayın daha iyi belirlenmiş kısmının güney uzantısıdır.

Kaynak zon 13B, fay hattının, Adana Havzasının batı kısmı boyunca bir tektonik çizgiselliği takip ederek Silifke yakınında kıyıdan açıkta son bulan, güney-güneybatıya uzanımının alternatif bir değerlendirmesini temsil eder. Bu değerlendirmede, fayın güney uzantısı Sahadan 25 km kadar mesafeye ulaşır. Fayın potansiyel güney gerilmesi boyunca daha az açık bir tanımı verildiğinde, kuzey ve güney kısımlarının ikisini de içeren Kaynak Zon 13B'ye PSHA için mantık ağacında 0.5 olasılık verilir. Fayın kuzey kısmındaki aktivitenin daha belirli olması nedeniyle, Kaynak Zon 13A'ya 0.5 ağırlık verilir. Böylece modelde, Ecemiş fayı kaynak bölgesinin kuzey kısmı her zaman aktiftir. Güney kısmı da 0.5 olasılıkla aktiftir.

Kaynak Zon 14 – Tuz Gölü Fayı

Zon, Sahanın 200 km kadar kuzeyinde yerleşiktir. Yayılan depremsel hareketler bölgeyi karakterize eder. Zonda gözlenmiş en büyük deprem 1924'te ve Mw=6.0 büyüklüğünde olmuştur.

Kaynak Zon 15 – Sahanın 5km yakınlıktaki bölgesi

Kaynak zon 15, Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahasının 5 km yakınlığındaki bölgeyi temsil eder. Bu alan çok iyi çalışılmıştır ve Dördüncü çağ yüzey faylanmasına dair hiçbir kanıt bulunmamıştır. Dördüncü çağ (en son jeolojik zaman) boyunca yüzey faylanmasının eksikliği,

bölge için maksimum büyüklüğü hesaplarken dikkate alınır. Deprem kataloğunda, Kaynak zon 15'te hiçbir deprem yoktur.

Kaynak Zon 16 – Namrun Fay Hattı

Kaynak zon 16, Namrun fay hattına sınırlanmıştır. Bu fay hattı, Sahanın kuzeyine ve kuzeydoğusuna doğru yerleşiktir. [6/133]'te yazarlar, fay hattını Orta Anadolu fay hattının güneybatı kısmı olarak değerlendirmektedirler. Mamafih, şimdiki aktivitesi tam olarak belirlenmemiştir ve yönelimi, onu kuzeydoğuya doğru sondan kesen, Ecemiş fay hattından çok az daha farklılık göstermektedir. Eldeki verilere dayanarak, bu fay hattı Ecemiş fayından (Kaynak Zon 13) ayrı bir kaynak zon olarak tanımlanmaktadır. Aktivite olasılığı 0.5 olarak değerlendirilmektedir. Zonun uzantısındaki epistemik (doğru bilgi) belirsizliği göstermek için PSHA'da iki kaynak zon şekillenme biçimi vardır. Kaynak zon 16A'nın şekillenme biçiminin Sahadan 25 km mesafeye kadar olan alan içinde uzandığına inanılmaktadır. Kaynak zon 16B'nin şekillenme biçiminin ise Sahadan 5km mesafeye kadar olan alan içinde uzandığına inanılmaktadır. Sahanın yakın bölgesine (25 km içindeki) karşı yakınlarındaki (5 km içindeki) jeolojik araştırmalardan daha fazla ayrıntı verildiğinde, Alternatif 16A'ya 0.9 bir mantık ağacı olasılığı ve Alternatif 16B'ye ise 0.1 olasılık verilir. Kaynak zon için 0.5 toplam aktivite olasılığı ile birleştirilince, bu, kaynak zon 16A'nın şekillenme biçimi için 0.45, kaynak zon 16B'nin şekillenme biçimi için 0.05 ve arka-plan kaynak zonunun parçası olan ve ayrı bir zon olarak aktif olmayan kaynak bölge için 0.50 mantık ağacı ağırlığı neticelerini verir.

Arka-plan Kaynak Zon

Saha bölgesi içinde yukarıda tarif edilen kaynak zonlarla ilişkili olmayan depremsel hareketleri temsil etmek üzere, bir arka-plan kaynak zonu kullanılır. Bu kaynak zon, aktif fayların ya da belirgin depremsel hareketlilik zonlarının gözlemlenmediği fakat depremlerin yine de olabildiği alanların değerlendirilmesini temsil eder. Arka-plan kaynak zonu uzamsal şekillenme biçimi, diğer kaynak zonların birleşmiş şekillenme biçimine bağlıdır çünkü diğer kaynak zonlara dahil olmayan alanı çevrelemektedir. Kaynak zon 13 ve kaynak zon 16 için şekillenme biçimi alternatifi nedeniyle, altı Arka-plan şekillenme biçimi alternatifi vardır.

Çeşitli kaynak bölge kombinasyonlarından ortaya çıkan konfigürasyonlar ve bunların ağırlıkları şöyledir:

– Kaynak Zonu 13A aktif ve Kaynak Zonu 16 aktif değil (Şekil 6/5.19), ağırlık=0.250;

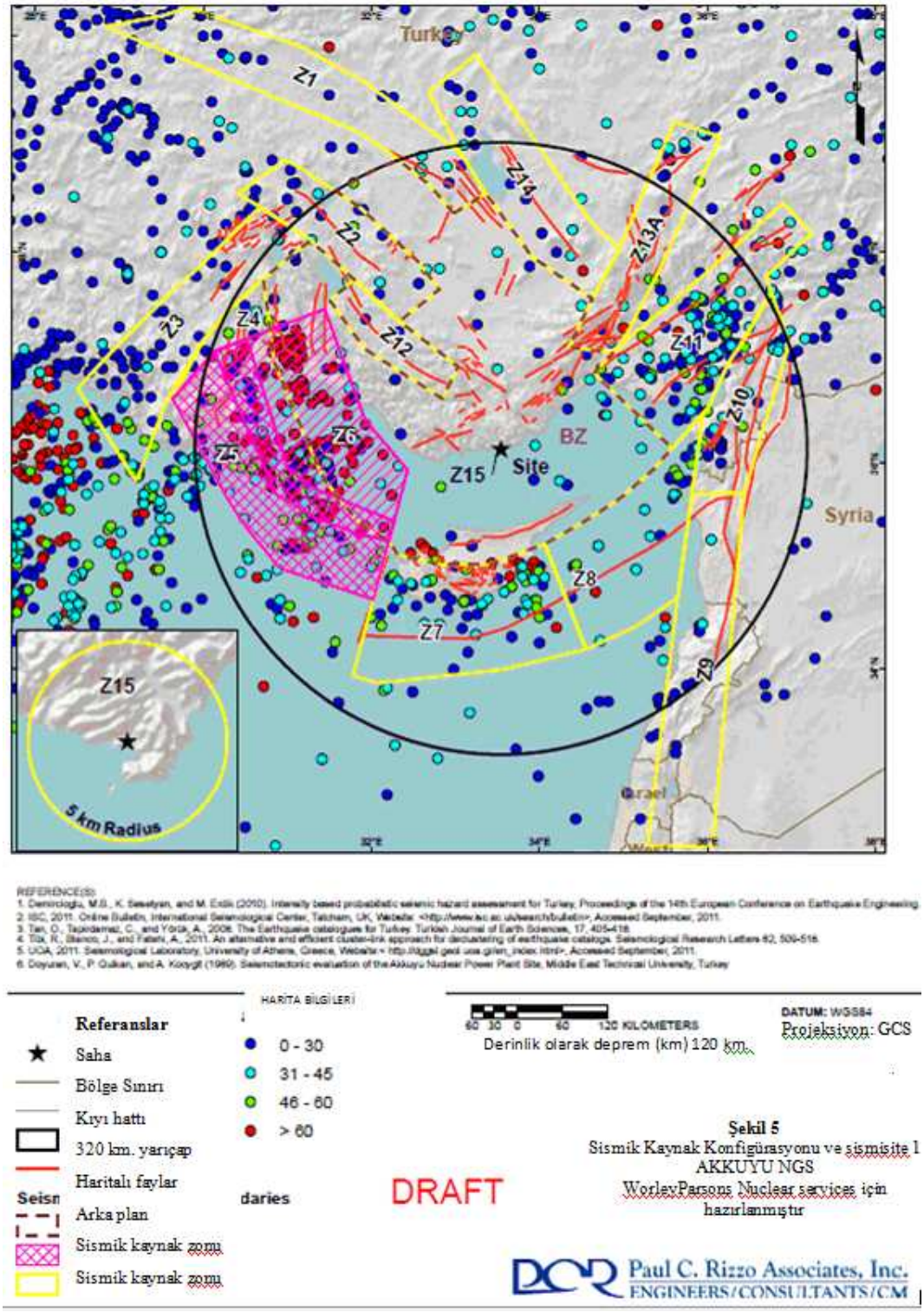
– Kaynak Zonu 13B aktif ve Kaynak Zonu 16 aktif değil (Şekil 6/5.20), ağırlık=0.250;

– Kaynak Zonu 13A aktif ve Kaynak Zonu 16A active (Şekil 6/5.21), ağırlık=0.225;

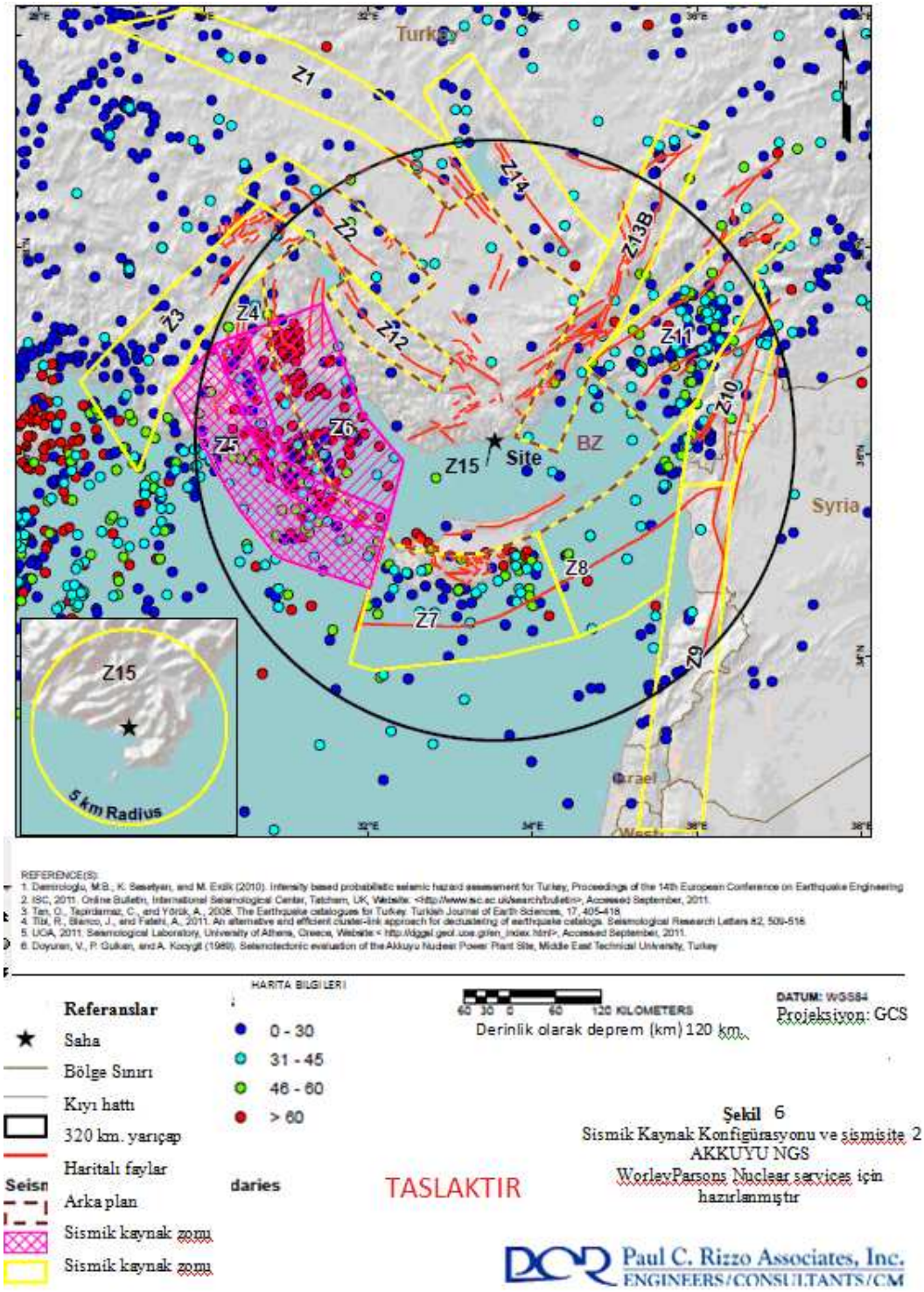
– Kaynak Zonu 13A aktif ve Kaynak Zonu 16B active (Şekil 6/5.22), ağırlık=0.025;

– Kaynak Zonu 13B aktif ve Kaynak Zonu 16A active (Şekil 6/5.23), ağırlık=0.225;

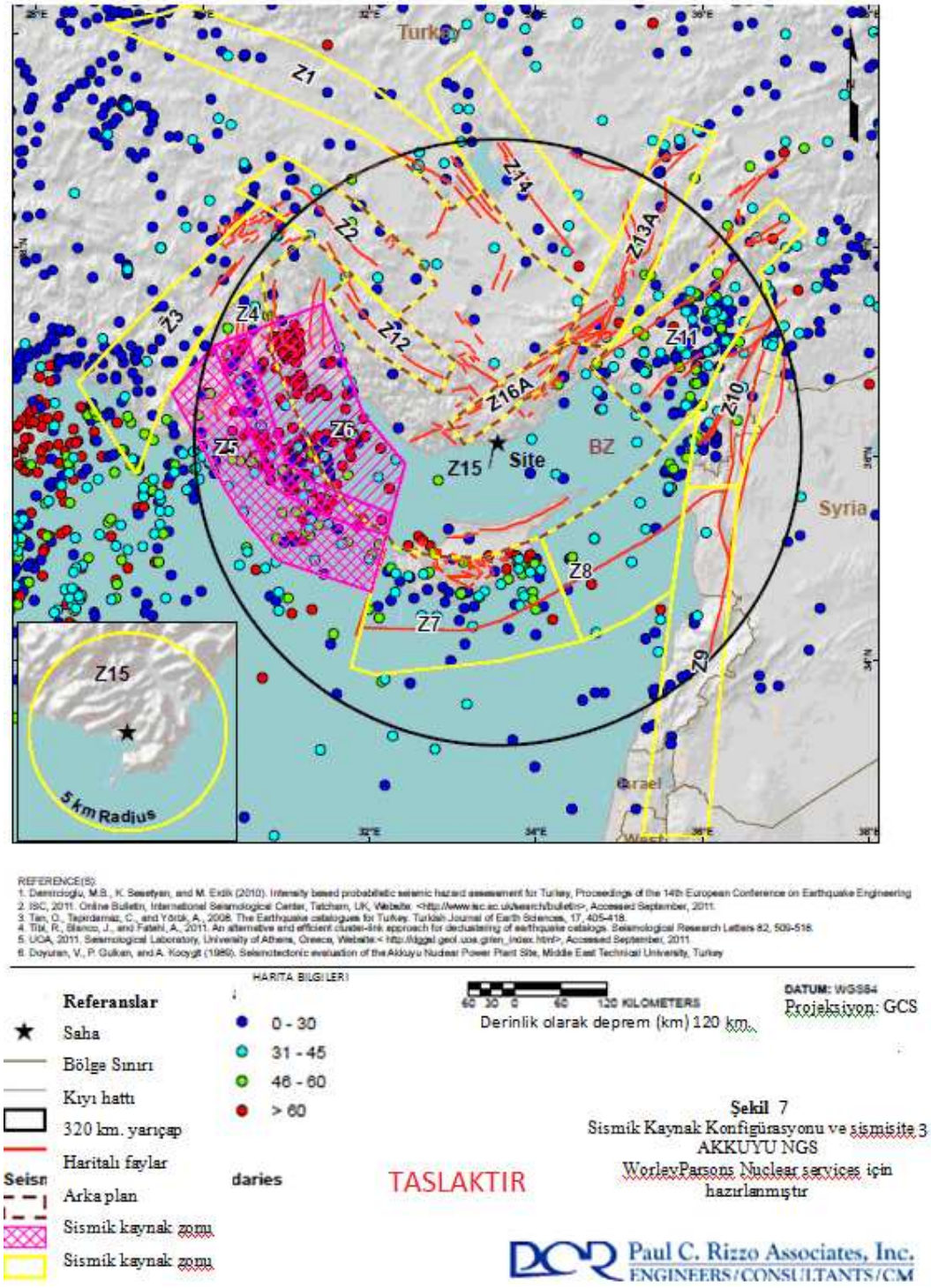
– Kaynak Zonu 13B aktif ve Kaynak Zonu 16B active (Şekil 6/5.24), ağırlık=0.025.



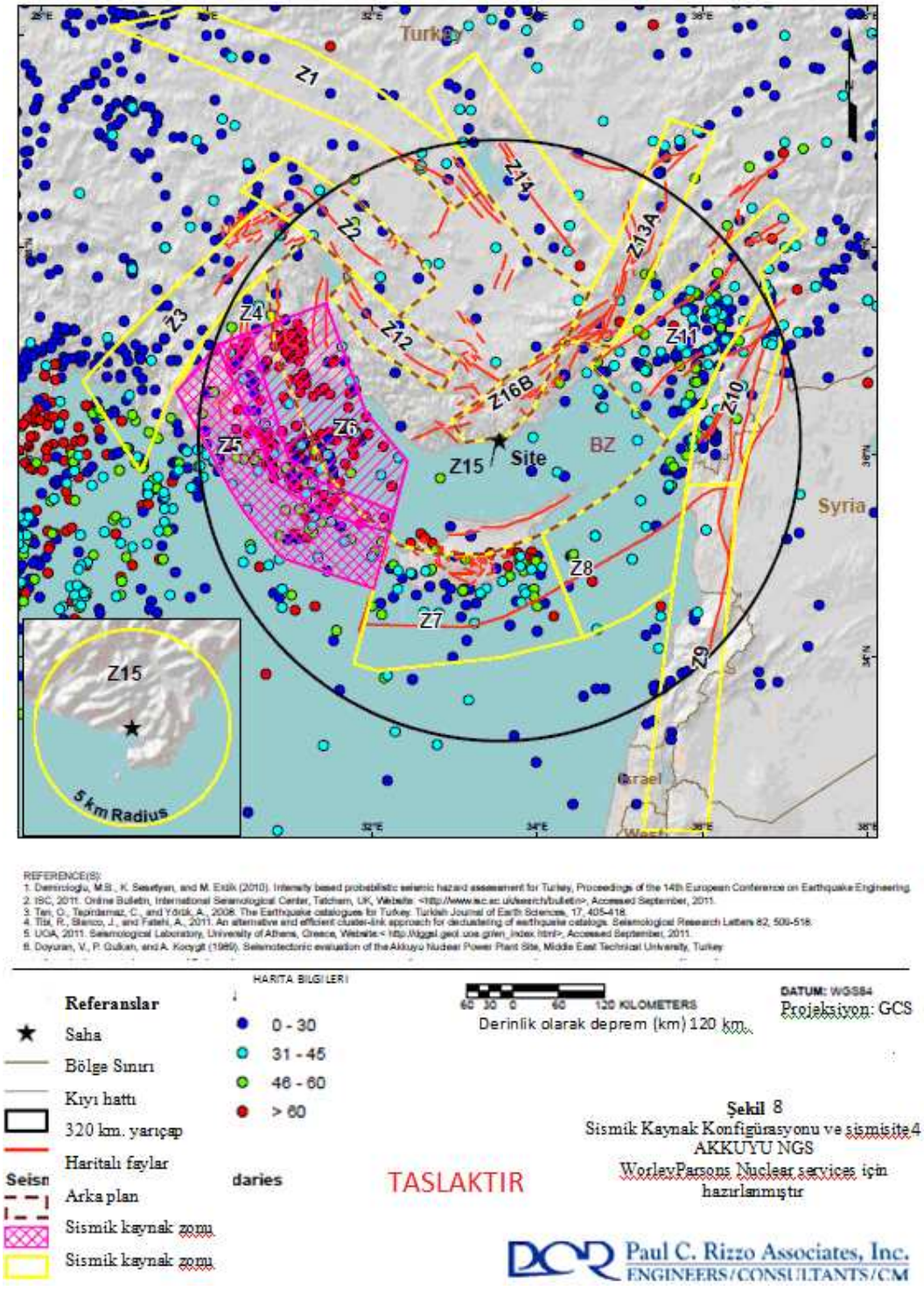
Şekil 6/5.19 – Rizzo 2011 Modeli. Sismik Kaynak Konfigürasyonu1 ve Depremsellik [6/243]



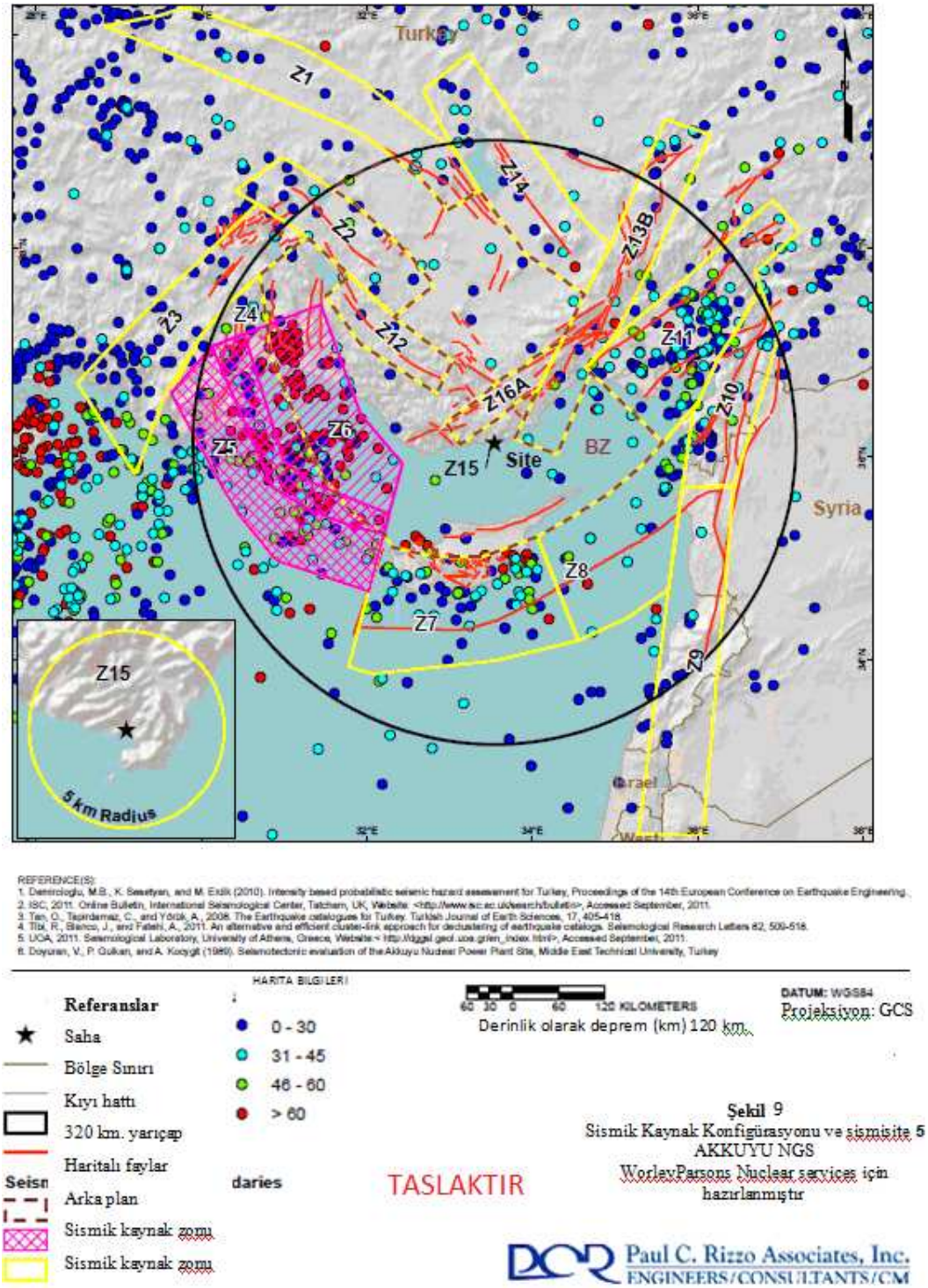
Şekil 6/5.20 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu2 ve Depremsellik [6/243]



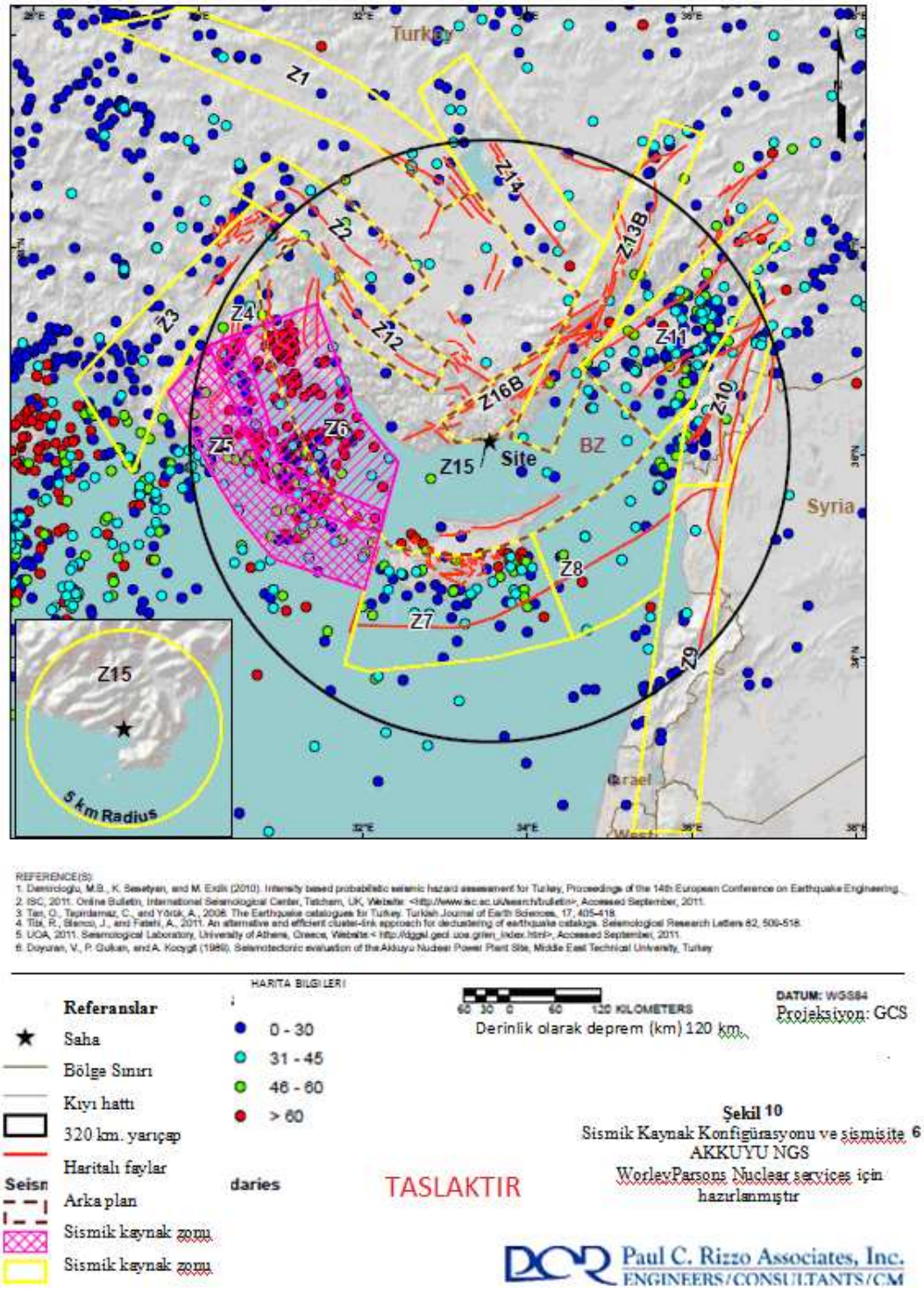
Şekil 6/5.21 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu3 ve Depremsellik [6/243]



Şekil 6/5.22 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 4 ve Depremsellik [6/243]



Şekil 6/5.23 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 5 ve Depremsellik [6/243]



Şekil 6/5.24 – Rizzo 2011 Model. Sismik Kaynak Konfigürasyonu 6 ve Depremsellik [6/243]

Azami magnitüd (büyüklük), fay tipi, kaynak derinliği, depremlerin tekrarlanması Rizzo Modelinde mantık ağacı ve mantık ağacının atanan ağırlıkları şeklinde tanımlanmıştır. Epistemik belirsizlik için kullanılan altı tipte mantık ağacı vardır:

- ESO Bölgesi konfigürasyonunda belirsizliğin giderilmesi için;
- Mmax değerlendirmesinde belirsizliğin giderilmesi için;
- Fay tipindeki belirsizliğin giderilmesi için;
- Kaynak derinliği değerlendirmesinde belirsizliğin giderilmesi için;
- Deprem kataloğu bütünlüğünde belirsizliğin giderilmesi için;
- ESO Bölgelerinde depremlerin tekrarlama eğrisi parametrelerinde belirsizliğin giderilmesi için.

Rizzo 2011 modelinde Mmax'ın değerlendirilmesinde her bir kaynak bölgesi için mevcut verilere bağlı olarak iki yaklaşımdan biri kullanılmıştır. Gelecekteki depremlerin kaynağı olacak fayların uzunluğu ile ilgili mevcut olan kaynak bölgeleri için, yırtılma uzunluğu ve Mw arasında empiric bir ilişki kullanılmıştır. Diğer kaynak bölgeleri için, gözlenen en büyük depreme artış Mmax dağılımının temeli olarak kullanılmıştır.

Yırtılma uzunluğu yaklaşımı, Kaynak Zonları 1, 2, 3, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, ve 16 için kullanılmıştır. Her kaynak bölgesi için, ilgili fayın uzunluğu mevcut verilerden belirlenmiştir. Azami magnitüddeki deprem için yırtılma uzunluğu toplam fay uzunluğunun üçte biri olarak alınır. Sonra, azami magnitüd (büyüklük) [6/238]nin ampirik ilişkilerinden hesaplanır, bunun istisnası Kaynak Zonu 5tir. Kaynak Zonu 5, ki bu Kıbrıs Çukurundaki dalma batmayı temsil eder, Strasser ve diğerlerinin [6/209] dalma batma depremleri için ampirik ilişkileri kullanılmıştır.

Kaynak Zonu 15 için (alanın 5 km. yakını), Mmax dağılımı saha civarında yüzey faylanmasına dair kanıtların olmayışı da değerlendirmeye alınarak geliştirilmiştir. Araştırmalar Kuvaterner dönemde yüzey faylanmasına dair hiçbir kanıtı ortaya çıkaramadığından, Mmax dağılımı, Mmax depremin herhangi yüzey faylanması üretmeyeceği şeklindeki makul olasılığa göre tanımlanmıştır.

Yırtılma uzunluğuna dayanan Mmax değerinde belirsizlik gösteren mantık ağaçları genelde üç değerden meydana gelir: ortalama Mw ve artı ve eksi standart sapma değerleri (değerlendirilen yırtılma uzunluğuna göre). Ortalama değerin dalı 0.6 olasılık verilmiştir ve diğer iki dalın her birine 0.2 olasılık verilmiştir. Kaynak Zonu 5 için, yırtılma uzunluğunun çeşitli değerleri Mamx dağılımının belirlenmesinde ele alınmıştır.

Bir fay hattı ile ilişkilendirilmeyen kaynak bölgeleri için, Mmax dağılımı kaynak bölgesinde gözlenen en büyük depremin magnitüdünü (büyüklük) arttırarak belirlenir. Geçmiş kayıtlarının büyük depremlerin tekrarlama süresine göre sınırlı süresi ve kaydın eksiksizliği Mmax depremin gözlenmediğine dair önemli bir olasılıkla sonuçlanır. Bir Mmax dağılımı 0.3, 0.6, ve

0.9lık artışları sırasıyla 0.2, 0.6, ve 0.2 ağırlıkları kullanarak geliştirilir. Gözlenen en büyük deprem için olan Mw tahmininde belirsizlik açık şekilde ele alınmamıştır, ancak kullanılan artış aralıklarının tanımlanmasında el alınır.

Rizzo 2011 Modeli için olan Mmax dağılımlar Tablo 6/5.10te özetlenmiştir.

Tablo 6/5.10 – ESO zonunun [6/243] Mmax değerlendirmesinde epistemic belirsizliği temsil eden mantık ağacı

ESO zonu	Mmax dağılım		Gözlenen en büyük deprem	
	Mw	Ağırlık	Mw	Yıl
1 – Eskişehir Fay Zonu	6.9 7.2 7.5	0.2 0.6 0.2	6.5	1400
2 – Simav-Sultandağı Fay Sistemi	6.8 7.1 7.4	0.2 0.6 0.2	6.8	1931
3 – Fethiye-Burdur Fayı	7.2 7.5 7.8	0.2 0.6 0.2	7.2	1914
4 – Üstte kalan Levha	6.4 6.7 7.0	0.2 0.6 0.2	6.1	1930
5 – Kıbrıs Çukuru Arabirimi	7.4 7.7 8.0 8.3 8.6	0.08 0.32 0.36 0.20 0.04	6.3	1911
6 – Kıbrıs Çukuru ara dilim	6.3 6.6 6.9	0.2 0.6 0.2	6.0	1979
7 – Kıbrıs Çukuru-Trodos Dağı	7.4 7.7 8.0	0.2 0.6 0.2	7.1	331
8 – Kıbrıs Çukuru Dönüşümü	7.2	0.2	6.9	76

ESO zonu	Mmax dağılım		Gözlenen en büyük deprem	
	Mw	Ağırlık	Mw	Yıl
	7.5 7.8	0.6 0.2		
9 – Ölü deniz Fayı	7.7 8.0 8.3	0.2 0.6 0.2	4.9	1983
10 – Hatay-Kuzey Ölü Deniz Fayı	7.5 7.8 8.1	0.2 0.6 0.2	7.5	521
11 – Kozan-Savran-Surgu Fay Zonu	7.6 7.9 8.2	0.2 0.6 0.2	7.6	242
12 – Beysehir Fayı	7.2 7.5 7.8	0.2 0.6 0.2	7.2	1213
13A – Ecemiş Fayı I	7.0 7.3 7.6	0.2 0.6 0.2	6.8	1940
13B - Ecemiş Fayı II	7.2 7.5 7.8	0.2 0.6 0.2	6.8	1940
14 – Tuz Gölü Fayı	6.9 7.2 7.5	0.2 0.6 0.2	6.0	1924
15 –Sahanın 5 km. yakınlıktaki bölgesi	5.9 6.2 6.5	0.2 0.6 0.2	Katalogda yok	
16 – Namrun Fayı	6.9 7.2 7.5	0.2 0.6 0.2	Katalogda yok	
Arka-plan	6.5	0.2	6.2	1718

ESO zonu	Mmax dağılım		Gözlenen en büyük deprem	
	Mw	Ağırlık	Mw	Yıl
	6.8 7.1	0.6 0.2		

Yeterli verilerin olduğu hallerde, *a* ve *b* sabitleri Weichert [6/237] yaklaşımının azami olasılığını kullanarak kaynak bölgesi içinde gözlenen sismisiteden düzenlenmiştir. Weichert'in formülasyonu magnitüd (büyüklük) ile beraber değişiklik gösteren deprem kataloğu tahminlerini kullanır.

Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahası PSHAsı için, tekrarlanan karakterizasyon için iki vaka ele alınmıştır.

İlk durumda, uygun geçmiş sismisitesi verilerden *a*- ve *b* değerinin ikisinin de belirlenebileceği bir kaynak bölgesinde yer almaktadır. Bu yaklaşım Kaynak Bölgesi 15 ve 16 haricinde tüm kaynak bölgeleri için kullanılır.

İkinci durumda, sismik veriler a-değeri ve b-değerini belirlemek için fazla sınırlıdır. Bu durumda, *a*- ve *b*-değerlerinin ikisi de yakın bir kaynak kodundan alınmıştır. Bu yaklaşım Kaynak Bölgesi 15 (bölgenin 5 km yakını) ve Kaynak Bölgesi 16 (Namrun Fay Bölgesi) için kullanılır. Arka plan kaynak bölgesi için kullanılan aynı sismisite parametreleri kullanılmıştır, kaynak bölgelerinin göreceli alanlarına göre *a*-değeri orantılı olarak ayarlanır.

Farklı kaynak zonlarında tekrarlanma parametreleri hesaplanırken, gözlenen değerler eksiksizliğin [6/237] değişkenlik göstereceği magnitüd (büyüklük) unsurları için belirlenmiştir. Her bölge için hesaplamada yer alan minimum magnitüd (büyüklük) belirlenen gözlenen değerlerin görsel kontrolüne dayanır ve değerlerin, magnitüd (büyüklük) azaldıkça değerlerin arttığı beklentisi de hesaba katılır.

Gelecekteki sismisitenin tekrarlanmasında kesin olmama durumu PSHAda kullanılmıştır. Verilerden *a*- ve *b*-değerlerinin ikisinin de belirlendiği kaynak bölgeleri (zon) için, kullanılan yaklaşım Bollinger ve diğerleri [6/35] ve Weichert'e [6/237] göredir.

Kesinsizlik uygulaması için tekrarlanma parametreleri (Guttenberg-Richter'e göre) mantık ağacı olarak Tablo 6/5.11te verilmiştir.

Tablo 6/5.11 – Tekrarlanma parametreleri için olan mantık ağacı [6/243]

ESO zonu	Mmin	A-DEĞERİ (LOG(N(M=0))		B-DEĞERİ		Ağırlık
		Set 1	Set 2	Set 1	Set 2	
1 – Eskişehir Fay Zonu	4.25	2.235	2.044	0.657	0.617	0.6
		2.500	2.024	0.772	0.662	0.2
		1.920	1.949	0.532	0.547	0.2
2 – Simav-Sultandağı Fay Sistemi	3.5	0.817	0.395	0.447	0.330	0.6
		0.661	0.161	0.481	0.336	0.2
		0.941	0.567	0.410	0.312	0.2
3 – Fethiye-Burdur Fayı	3.5	2.243	2.132	0.657	0.641	0.6
		2.300	2.218	0.703	0.695	0.2
		2.143	1.994	0.598	0.573	0.2
4 – Üstte kalan levha	3.5	1.685	1.884	0.501	0.574	0.6
		1.661	1.858	0.524	0.596	0.2
		1.665	1.867	0.466	0.540	0.2
5 – Kıbrıs Çukuru Ara yüzü	3.5	2.033	2.218	0.637	0.704	0.6
		2.180	2.357	0.714	0.778	0.2
		1.867	2.060	0.556	0.626	0.2
6 – Kıbrıs Çukuru Intraslab	3.5	2.499	2.685	0.620	0.688	0.6
		2.552	2.735	0.653	0.720	0.2
		2.434	2.624	0.584	0.653	0.2
7 – Kıbrıs Çukuru-Trodos Dağı	3.5	2.049	1.894	0.591	0.561	0.6
		2.055	1.917	0.621	0.596	0.2
		2.014	1.836	0.552	0.517	0.2
8 – Kıbrıs Çukur Dönüşümü	4.25	3.399	3.687	0.894	0.975	0.6
		4.217	4.488	1.125	1.201	0.2
		2.517	2.822	0.645	0.732	0.2
9 – Ölü Deniz Fayı	3.5	1.779	1.867	0.709	0.747	0.6
		2.054	2.144	0.850	0.888	0.2
		1.608	1.695	0.601	0.639	0.2
10 – Hatay-Kuzey Ölü Deniz Fayı	3.5	0.232	0.453	0.199	0.284	0.6
		0.061	0.283	0.199	0.284	0.2

ESO zonu	Mmin	A-DEĞERİ (LOG(N(M=0))		B-DEĞERİ		Ağırlık
		Set 1	Set 2	Set 1	Set 2	
		0.401	0.622	0.199	0.284	0.2
11 – Kozan-Savran-Surgu Fay Zonu	3.5	2.587	2.463	0.666	0.645	0.6
		2.592	2.474	0.688	0.668	0.2
		2.508	2.374	0.623	0.600	0.2
12 – Beyşehir Fayı	3.5	0.570	0.517	0.651	0.651	0.6
		-0.193	-0.245	0.651	0.651	0.2
		-0.794	1.228	0.087	0.651	0.2
13A – Ecemiş Fayı I	4.25	2.820	2.803	0.826	0.837	0.6
		3.388	3.479	1.021	1.056	0.2
		2.069	1.871	0.587	0.557	0.2
13B - Ecemiş Fayı II	4.25	3.320	3.210	0.901	0.886	0.6
		3.864	3.685	1.076	1.044	0.2
		2.488	2.325	0.656	0.632	0.2
14 – Tuz Gölü Fayı	3.5	1.279	1.473	0.538	0.609	0.6
		1.543	1.725	0.674	0.740	0.2
		1.115	1.320	0.434	0.509	0.2
15 –Sahanın 5 km. yakınlıktaki bölgesi	Arka-plan Zonları için de aynı değerler kullanılmıştır, bunun istisnası Kaynak bölgesinin göreceli alanına göre ölçeklenen a-değerleridir					
16 A – Namrun	Arka-plan Zonları için de aynı değerler kullanılmıştır, bunun istisnası Kaynak bölgesinin göreceli alanına göre ölçeklenen a-değerleridir					
16 B – Namrun	Arka-plan Zonları için de aynı değerler kullanılmıştır, bunun istisnası Kaynak bölgesinin göreceli alanına göre ölçeklenen a-değerleridir					
Arka-plan 1	4.25	4.569	4.498	1.100	1.094	0.6
		5.111	4.929	1.254	1.221	0.2
		3.927	3.982	0.922	0.946	0.2
Arka-plan 2	4.25	4.558	4.617	1.112	1.137	0.6
		5.184	5.170	1.288	1.295	0.2

ESO zonu	Mmin	A-DEĞERİ (LOG(N(M=0))		B-DEĞERİ		Ağırlık
		Set 1	Set 2	Set 1	Set 2	
		3.839	3.987	0.914	0.960	0.2
Arka-plan 3	4.25	4.569	4.498	1.100	1.094	0.6
		5.111	4.929	1.254	1.221	0.2
		3.927	3.982	0.922	0.946	0.2
Arka-plan 4	4.25	4.390	4.351	1.057	1.058	0.6
		4.880	4.734	1.199	1.174	0.2
		3.808	3.883	0.893	0.922	0.2
Arka-plan 5	4.25	4.558	4.617	1.112	1.137	0.6
		5.184	5.170	1.288	1.295	0.2
		3.839	3.987	0.914	0.960	0.2
Arka-plan 6	4.25	4.558	4.617	1.112	1.137	0.6
		5.184	5.170	1.288	1.295	0.2
		3.839	3.987	0.914	0.960	0.2

İncelenen kaynak bölgeleri ve diğer PSHA girdi verilerinin özellikleri Ek N'de verilmiştir.

Rizzo modellerinde ESO zonlarını sınırlayan poligonların coğrafi koordinatları ve bölgelerde sismisite parametreleri Ek Nde verilmiştir.

6.5.5 YER HAREKETİ TAHMİN DENKLEMLERİ VE MANTIK AĞAÇLARI

Bu bölüm sadece yeni çalışmaları sunacaktır çünkü GMPEler önceki SHA çalışmaları esnasında çok daha sade ve basitti ve mantık ağaçları kullanılmıyordu.

ENVY/BU KOERI Çalışması

NGA denklemlerinden [6/184] Yer hareketi tahmin denklemleri için dört yer hareketi tahmini denklemi tartışılmış ve hesaplamalarda kullanılmıştır:

- Abrahamson ve Silva (2008) [6/1] – AS2008;
- Boore ve Atkinson (2008) [6/37] – BA2008;
- Campbell ve Bozorgnia (2008) [6/42] – CB2008;
- Chiou ve Youngs (2008) [6/48] – CY2008.

Yukarıda belirtilen denklemler sığ kabukta yüksek deprem aktivitesinin görüldüğü bölgelerde kullanıma uygundur (“aktif sığ bölge”).

Raporun yazarları dört tercihten herhangi birisi arasında bir tercih yapmamıştır (olasılıklı tehlike analizinde) ve bunları eşit ağırlıklı mantık ağacı yapısına göre yaptırmışlardır.

Kaynak bölgeleme modelleri ve GMPEler Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesi için geliştirilmiş olan PSHA mantık ağacı yapısının iki aşamasını oluşturur.

Epistemik belirsizliği ele almak için, ENVY/BU KOERI, PSHA analizini üç farklı kaynak modeliyle yapmıştır ve bunların her birinin detaylı şekilde rasyonelleştirilmiş tekrar eden ilişkileri, azami ve asgari kuvvetleri vardır.

Mantık ağacının farklı dallarına verilmiş olan nihai ağırlıklar Tablo 6/5.12te özetlenmiştir.

Olasılıklı şiddet dağılımının hesaplanmasında üç şiddet tahmin modeli kullanılmıştır (Tablo 6/5.13).

Tablo 6/5.12 – Yer hareketi ivmelenmesi için olan mantık ağacı yapısı [6/75]

Kaynak Model		GMPE	Dal	Model Ağırlığı	Parametreler
Model 1	Türkiye-Çapında Kaynak Bölgeleme (KOERI-SHARE - EMME)	BA, 2008	GM1	1/3	PGA Sa (T=0.2s) Sa(T=1.0s)
		CB, 2008	GM2		
		CY, 2008	GM3		
		AS, 2008	GM4		
Model 2	Güncellenmiş ODTÜ-EERC (1990) Kaynak Bölgeleme	BA, 2008	GM5	1/3	PGA Sa (T=0.2s) Sa(T=1.0s)
		CB, 2008	GM6		
		CY, 2008	GM7		
		AS, 2008	GM8		
Model 3	Güncellenmiş ve değiştirilmiş ODTÜ-EERC (1990) Kaynak Bölgeleme	BA, 2008	GM9	1/3	PGA Sa (T=0.2s) Sa(T=1.0s)
		CB, 2008	GM10		
		CY, 2008	GM11		
		AS, 2008	GM12		

Tablo 6/5.13 – Şiddetin hesaplanmasında mantık ağacı yapısı [6/75]

Kaynak Model		Şiddet modeli	Dal No	Model Ağırlığı	Parametre
Model 1	Türkiye-Çapında	Erdik&Eren 1983, [6/83]	Int1	0.1111	Şiddet

	Kaynak Bölgeleme (KOERI-SHARE - EMME)	Musson 2000, [6/163]	Int2	0.1111	
		Sesetyan ve diğerleri 2005, [6/202]	Int3	0.1111	
Model 2	Güncellenmiş ODTÜ-EERC (1990) Kaynak Bölgeleme	Erdik&Eren 1983	Int4	0.1111	Şiddet
		Musson 2000	Int5	0.1111	
		Sesetyan ve diğerleri 2005	Int6	0.1111	
Model 3	Güncellenmiş ve değiştirilmiş ODTÜ-EERC (1990) Kaynak Bölgeleme	Erdik&Eren 1983	Int7	0.1111	Şiddet
		Musson 2000	Int8	0.1111	
		Sesetyan ve diğerleri 2005	Int9	0.1111	

IPE RAS İncelemesi

IPE RAStarafından gerçekleştirilen SHA içerisinde [6/117], altı GMPE analizi tartışılmış ve kullanılmıştır:

- Abrahamson, Silva (2008) – AS2008 [6/1];
- Campbell, Bozorgnia (2008) – CB2008 [6/42];
- Graizer, Kalkan (2009) – GK2009 [6/98];
- Akkar, Bommer (2007) – AB2007 [6/4];
- Akkar, Bommer (2010) – AB2010 [6/5];
- Aptikaev (2004) – Apt2004 [6/17].

CY2008 [6/48] denklemi kullanılmamıştır, çünkü sadece California için tespit edilen katsayılarla tanımlanan doğrusal olmayan yer hareketlerini hesaba katar.

Bölgesel özellikleri dikkate almak için, AB2007 ve AB2010 [6/4ve6/5]kullanılmıştır, çünkü bilhassa Avrupa, Ortadoğu ve Akdeniz havzası için geliştirilmiştir. Veri tabanı, bölgeden 100 km mesafeye kadar 5 ila 7.6 büyüklükleri arasında kaydedilmiş 131 depremden hızlanma kayıtlarını içermektedir.

Sismik tehlikenin olasılık analizinde aşağıdaki GMPE ağırlıkları kullanılmıştır:

- AS2008 – 0.15;
- CB2008 – 0.15;
- GK2009 – 0.15;

- AB2007 – 0.15;
- AB2010 – 0.20;
- Apt2004 – 0.20.

Sismik şiddet bakımından olasılık analizi için bir makro sismik denklem kullanılmıştır:

$$I_i = bM - \nu \lg \sqrt{\Delta_i^2 + h^2} + c;$$

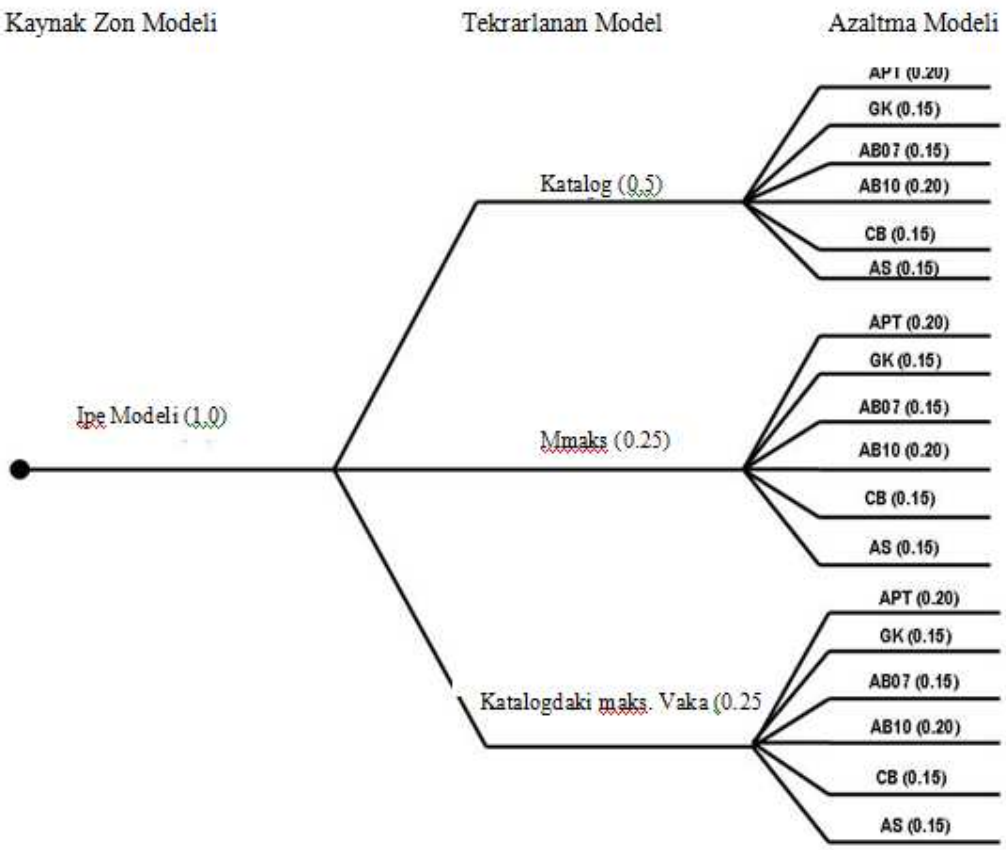
- Δ_i – episantırdan uzaklık;
- h – odak derinliği;
- b, ν ve c – sabit (ortalama olarak, b=1.5, ν=4.0 ve c=3.8).

Deprem tekrarlama modellerinde (Gutenberg-Richter'e göre) tekrarlama parametreleri üç hesap varyantında kullanılır :

1. Verili ESO bölgesi için güncel grafiğe göre.Bu variant tercih edilir ve ağırlığı en yüksektir.
2. Bölgede tespit edilmiş maximum magnitüde gore grafik tekrardan oluşturulur.
3. Beklenen maximum deprem magnitüdüne göre grafik tekrardan oluşturulur. Aynı magnitüdün 10000 yılda bir gerçekleşeceği varsayımıyla tekrardan oluşturma gerçekleştirilir.

Son iki alternatife ilkine oranla daha az ağırlık verilir.

PSHA içinde IPE RAS tarafından kullanılan mantık ağacı (şeması) is demonstrated in şekil 6/5.25'da gösterilmektedir.



Şekil 6/5.25 –Hızlanma bakımından PSHA içinde Epistemik Belirsizliklerin Analizi ve Göz Önünde Bulundurulması için Mantık Ağacı (şeması)(IPE RAS) [6/117]

Rizzo İncelemesi

Rizzo grubu tarafından gerçekleştirilen SHA içerisinde [6/243], yedi denklem hesaplamalarda tartışılmış ve kullanılmıştır:

1) Sığ yerkabuğu depremleri için:
   - Akkar, Bommer (2010) – AB2010 [6/5];
   - Boore ve Atkinson (2008) – BA2008 [6/37];
   - Campbell, Bozorgnia (2008) – CB2008 [6/42];
   - Zhao et al. (2006) – Z2006 [6/251];
2) Dalma kuşakları odaklı depremler için:
   - Atkinson ve Boore (2003) – AB2003 [6/19];
   - Youngs et. al. (1997) – Y1997 [6/250];
   - Zhao et al. (2006) – Z2006 [6/251].

Rizzo mantık ağacında (şemasında) tüm GMPE'ler eşit ağırlığa sahiptir.

Maksimum magnitüdler, ESO bölgeleri odaklarında hareket tipi, odakların derinliği, bölgelerde depremlerin tekrarlaması Rizzo modelinde alternatif varyanlar içinde verilmiştir. (Branşlarına ağırlık verilmiş olarak mantık ağaçları şeklinde).

Mantık ağaçlarının alternatif dallarının sayısı Rizzo olasılık analizinde ENVY/BU KOERI, IPE RAS ve WP analizlerine kıyasla dikkate değer şekilde daha fazladır. Her hesaplama işlem adımının ve nerdeyse giriş veri ve değişkenlerinin her bir grubunun alternafileri vardır. Mantık ağacı dalları Bölüm 6.5.4 içinde gözden geçirilmiştir ve Ek N içinde kullanıma uygundur.

WorleyParsons İncelemesi

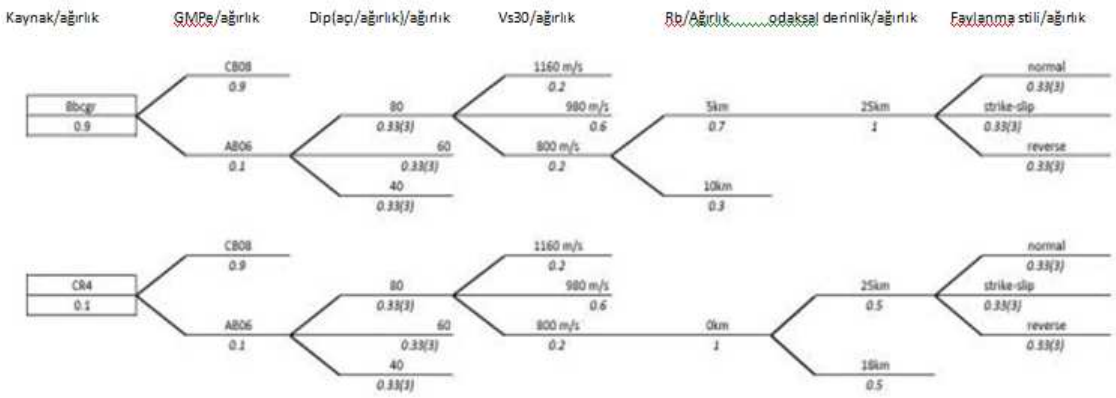
WorleyParsons tarafından gerçekleştirilen SHA içerisinde [6/246], dört denklem hesaplamalarda tartışılmış ve kullanılmıştır:

3) Sığ yerkabuğu depremleri için:
   - Campbell, Bozorgnia (2008) – CB2008 [6/42];
   - Atkinson ve Boore (2006) – AB2006 [6/18];
4) Dalma kuşakları odaklı depremler için:
   - Zhao et al. (2006) – Z2006 [6/251];
   - Youngs et. al. (1997) – Y1997 [6/250].

Z2006 ve Y1997 eşit ağırlıklı olarak kullanılmıştır (0.5).

CB2008 denklemi AB2006 ile çift olarak kullanılmıştır (buna göre, AB2006 – ağırlık0.1).

PSHA (ve DSHA) da kullanılan, WP tarafından uygulanan ,mantık ağacının (şemasının) 72 alternatif hesaplama dalı vardır (Şekil 6/5.26).



Şekil 6/5.26 –VP incelemesinde DSHA VE PSHA içinde Epistemik Belirsizliklerin Analizi ve Göz Önünde Bulundurulması için Mantık Ağacı (şeması) [6/246]

Dört incelemenin yazarları GMPE'yi mantık ağacı teknolojisi gereğince, kendi tecrübe ve sezilerine göre epistemik belirsizlik analizinde farklı ağırlıklar vermek suretiyle farklı kombinasyonlarda kullanıyorlar. Tesis alanında kaydedilen ve seçili GMPE üzerinden tahmin edilmiş zemin hareketleri ile doğrulama, spesifik tesis zemin hareketi veri eksiğinden dolayı bugün itibariyle henüz yapılmamıştır, bundan dolayı GMPE'lerden herhangi birini tercih etmek zordur.

6.5.6 DETERMİNİSTİK DEPREM RİSKİ ANALİZİ

IAEA SSG-9 rehberi [6/113] hem PSHA hem de DSHA'nın göz önünde bulundurulmasını tavsiye etmektedir.

Deterministik yaklaşımda, her bir sismik kaynak için deprem senaryoları ayrı ayrı geliştirilir ve bu senaryolar ayrı ayrı değerlendirilir. Her bir kaynak için bir deprem senaryosu belirlenir (magnitüd, mesafe ve faylanma tarzı). Deprem senaryosu için yer hareketi GMPE'ler kullanılarak seçili yer hareketi güven aralığıyla tahmin edilir(yani Standart sapma miktarı). Fay kırıkları için, fayın tesis alanına en yakın noktası mesafe olarak alınır. Gerçek kaynak bölgeleri için, mesafe olarak kaynak sınırına en yakın mesafe seçilir. Tesisi kapsayan bölge yahut arka plan kaynağı için, en kötü durum depremin tesisin tam altında meydana gelmesidir. Ayrı sismik kaynak alanlarına bağlı jeolojik ve sismolojik bilgiler tesise dair riskin deterministik değerlendirmesi için kullanılacak uygun deprem senaryolarının öngörülmesine temel oluşturur.

IAEA SSG-9 temelinde, deterministik metotlarla deprem riskinin değerlendirmesi spesifik olarak aşağıdaki unsurları içerir (paragraf 7.1):

"(1) Sismoteknik modelin tesis bölgesi için, tektonik özellikler bazında tespit edilen tanımlanmış sismik kaynaklar bakımından değerlendirmesi, deprem oluşma düzeyi ve magnitüd-sıklık ilişkisi tipi;

(2) Her sismik kaynak için, potansiyel maksimum magnitüd değerlendirmesi;

(3) Tesis bölgesi için sönümlenme ilişkilerinin seçilimi ve deprem magnitüdünün ve sismik kaynağın tesise mesafesinin bir fonksiyonu olarak yer hareketinin ortalama ve değişkenliğinin değerlendirmesi;

(4) Risk hesaplamasının aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmesi:

(i) Her bir sismik yapı için, maksimum potansiyel magnitüdün, sismik kaynağın fiziki boyutları dikkate alınarak yapının nükleer güç tesisinin sahasına en yakın noktasında meydana geleceği varsayılmalıdır. Tesis sismojenik yapının sınırları içinde yer aldığında, maksimum potansiyel magnitüdün tesisin altında meydana geleceği varsayılmalıdır. Bu durumda, sismojenik yapının yeterince güçlü olmadığının ispatı için özel dikkat sarf edilmelidir.

(ii) Nükleer güç tesisini de içine alan yaygın deprem bölgesindeki maksimum potansiyel magnitüdün tesisten belirlenmiş spesifik bir yatay mesafede gerçekleşeceği varsayılmalıdır. Mesafe tesiste yahut yakınında faylanma olmadığını gösterme veya, eğer fay varsa, en yakın tarihteki hareketinin kaç yıl önce olduğunun yanı sıra bu fayların yönü, uzunluğu, tarihi ve hareket düzeylerini tanımlamak amacıyla gerçekleştirilen detaylı sismolojik, jeolojik ve jeofizik araştırmalar(karada ve denizde) temelinde belirlenmelidir. Eğer bölgede faylanma olmadığı teyit edilirse, bölgede deprem meydana gelme olasılığının ihmal edilebilir düzeyde düşük olduğu varsayılabilir. Bu araştırma genellikle birkaç kilometre ila maksimum 10 kilometre arası için yapılır. Sönümlenme ilişkilerinde kullanılan güncel mesafe en iyi odak derinlikleri tahminine ve sismoteknik bölgede meydana gelmesi beklenen potansiyel deprem kırıklarının fiziksel boyutlarına bağlı olacaktır.

(iii) Her sismoteknik alanın bitişiğindeki yaygın depremsellik bölgeleriyle bağlantılı maksimum potansiyel magnitüdün alan sınırlarının tesise en yakın noktasında meydana geleceği varsayılmalıdır."

SSG-9 prosedürünü göz önüne alarak, aşağıdaki yaklaşım Akkuyu NGS'nın konsolide DSHA'sında kullanılacaktır:

10) Maksimum magnitüdler ve onlara denk gelen tesis bölgesindeki en geniş yer hareketi genişliklerini yaratacak sismik kaynak alanlarına ilişkin mesafeler her bir kaynak bölgeleme modeli için belirlenecektir;
11) Seçilmiş yer hareketi tahmin modellerinden alınan ortalama sonuçlar her bir senaryo için hesaplanacaktır;
12) Her bir bölgeleme modeli için, her bir yer hareketi parametresine denk gelen maksimum değerler (farklı dönemlerde PGA ve SA) hesaplanan genişlikler içerisinden seçilecektir. Bu adım her bölgeleme modeli için maksimum değerler sağlayacaktır;
13) Risk olasılığı değerlendirme etüdünde kullanılan mantık ağacı yaklaşımına göre, dört kaynak bölgeleme modelinden elde edilen maksimum değerlerin eşit ağırlıklı ortalaması hesaplanacaktır.

İşlem, sismoteknik modeller, maksimum magnitüdler, GMPE'ler vb. bakımından PSHA'da kullanılan aynı giriş veritabanı temelinde uygulanacaktır. Yer hareketi medyan ve medyan+1 standart sapmaları tesisin DSHA sonuçlarını temsil edecektir.

Özellikle, Akkuyu Nükleer Güç Tesisinin bulunduğu kaynak alanı için, geometri ve tarzları da dahil olmak üzere var kabul edilen faylara göre birçok varsayım yapılmıştır. Bu

değerlendirmede, yüzeyde bir kırık olmasının mümkün olmadığı kabul edildi. Çünkü bir fay yer değiştirmesi risk analiziyle bu tür bir senaryonun tesis çevresinde mümkün olmadığı görüldü.

6.5.7 PSHA YAZILIMI

ENVY/BU KOERI ve IPE RAS incelemesinde [6/31] yaygın olarak SeisRisk III adıyla bilinen yazılım kullanılmıştır. ENVY/BU KOERI bu yazılımı yoğunluk bakımından yalnızca risk hesaplama için, IPE RAS ise yoğunluk ve hızlanmalar bakımından kullanmıştır. Hızlanmalar bakımından deprem riski hesaplaması için, ENVY/BU KOERI EZ-FRISK (Risk Inc) adıyla hem PSHA hem de DSHA uygulamasına ve dahası riski ayrıştırmaya olanak tanıyan farklı bir konvansiyonel deprem riski yazılımı kullanmıştır.

SeisRisk III yazılımının genel prensipleri

Kaynak alanlarında ve fayların üzerinde meydana gelen depremler, örn. maksimum ve minimum magnitüd değerlerinin m_{max}, $m_0$veΔm arasında bilindiği her alan için, belli bir magnitüd aralığıyla sınırlıdır, hesaplamalar m_j magnitüdlerinin n sonlu kümesi için yapılır:

$$m_j=m_0+(j+1/2)\Delta m,\ \ j=\overline{0,n-1},$$

$$\Delta m=(m_{max}-m_0)/n.$$

Birim zaman içerisinde meydana gelen depremlerin sayısı kullanıcı tarafından magnitüd-sıklık grafiği temel alınarak verilir. Eğer $N_{m(j)}$homojen A bölgesinde $j$magnitüd aralığındaki depremlerin sayısı ise, o zamanΔA alt bölgesinde beklenen deprem sayısı $N_{m(j)}A/\Delta A$'ya eşit olacaktır.

Yer hareketini önceden tahmin etmek için, sönümlenme fonksiyonları tesisteki yer değiştirmeyi (hız, ivme) belli bir mesafede meydana gelmiş belli magnitüddeki bir depremle ilişkilendirmede kullanılır. Sadece yer hareketi ivmesi bu analizde göz önünde bulundurulur. Magnitüd arttıkça yer hareketi ivmesinin de artacağı ve ivmenin mesafe arttıkça azalacağı kabul edilir. Verili kaynak alan ve fayları, sismik aktivite ve sönümlenme fonksiyonu temelinde, $a_{j-1}<a\le a_j$aralığı içerisinde herhangi bir verili a ivme noktasını gözlemleme olasılığı değerlendirilir.

Verilen sönümleme ilişkisinde, $d_m(i)$, m magnitündeki depremin verilen noktada ortalama ivme yaratacağı mesafedir .Verilen noktada ivmenin $a_{i-1}<a\le a_i$aralığında olma ihtimali verilen m magnitüdünde kaynak bölgesinin alt-alanını tanımlayan $d_m(i)\le d<d_m(i-1)$mesafesinde bir depremin gerçekleşme ihtimaliyle aynıdır:

$$A(m(i)) = f\left(\bar{d}_m(i), \Delta d_m(i)\right)$$

Fonksiyon olarak

$$\bar{d}_m(i) = \left(d_m(i-1) + d_m(i)\right)/2 \text{ and} \Delta d(i) = d_m(i\text{-}1) - d_m(i)$$

Deprem sayısı aşağıdakine denk olacak şekilde:

$$\rho_m(i) = \frac{A(m(i))}{A} N_m .$$

Program $A(m(i))$'yi her bir magnitüd için hesaplar ve $\rho_m(i)$ 'yi de *i*-inci unsuru olarak özel bir rutin içerinde toplar. $a_{i-1} < a \le a_i$ aralığı içerisinde ivmeleri oluşturan genel sismik aktivite düzeyi, n magnitüd aralıklarının sayısıyken:

$$\rho(i) = \sum_{j=1}^{n} \rho_{m_j}(i) \text{, dir}$$

Bu hesaplamalar sönümlenme dağılımını dikkate almaz. Dağılım genellikle, verilen mesafede verilen magnitüd aralığı içerisindeki depremlerce üretilen ivmelerin σ_a Standart sapmasıyla lognormal olarak dağıtıldığı varsayımı kullanılarak modellenir. Varsayımın her noktada beklenen hızlanma düzeylerini arttırdığı unutulmamalıdır. $a_1 < a \le a_2$,aralığında kaydedilmiş ivmelenme gerçekleşeceği ihtimali:

$\ln(\bar{a}) = 1/2\left(\ln(a_{j-1}) + \ln(a_j)\right)$.iken

$$p(a_1, a_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \int_{\ln a_1}^{\ln a_2} \exp\left(-\frac{(\ln a_1 - \ln \bar{a})^2}{2\sigma_a^2}\right) d(\ln a_1) \text{, dir}$$

j-th aralığının $\rho(j)$ depremsellik düzeyi *k*-th aralığına aşağıdaki ifadeye göre kısmen aktarılır:

$$f(k) = p(a_{k-1}, a_k)\rho(i).$$

İvme dağılımı ortalama ivmelenmelerin hesaplamasından sonra hesaba katılır ki bu da hesaplamaları önemli derecede hızlandırır. σ_a'nın magnitüd ve mesafeye bağlı olmadığı varsayılır.

$a_{j-1} < a \le a_j$, $1 \le j \le 55$ aralığında ivmeleri oluşturan yıllık ortalama depremsellik düzeyi hesaplamasından sonra yıllık ivmelenmeler düzeyi $a > a_j$ şu şekilde tanımlanabilir:

$$Ex(a_j) = \sum_{i=j+1}^{55} \rho(i) .$$

μ ortalama değeriyle nitelenen Poisson dağılımı için *k* olaylarının *t* zaman-aralık içerisinde gerçekleşme olasılığı aşağıdakine eşittir:

$$P(k,t) = \frac{(\mu t)^k \exp(-\mu t)}{k!}$$

Ve buna göre, aynı zaman dilimi içerisinde herhangi bir depremin meydana gelmemesi olasılığı:μ = *Ex*(*a*), olarak ayarlanarak

$$P(0, t) = \exp(-\mu t).$$

$$P(0, t) = \exp(-Ex(a)t) \text{ or } Ex(a) = - \ln(P(0, t))/t. \text{ düzeyindedir}$$

Bundan dolayı, son denkleme uyan ivme $p = P(0, t)$ olasılığıyla *t* zaman aralığı içinde aşılmayacaktır. Aynı şekilde $q = 1 - P(0, t)$ a ivmesinin aynı zaman aralığında aşılması ihtimalidir. Program ivmelenmeleri verili olasılıklar ve zaman aralıkları için hesaplar.

Kaynak alanı modellemesi

Depremselliğin kaynak alanı içinde homojen biçimde dağıldığı varsayımı gerçekçi olmayan bir sonuca götürür; depremsellik alan sınırlarında keskin şekilde değişir, bu durum komşu noktalarda çok farklı ivme beklentilerinin oluşmasına sebep olur. Bunu telafi etmek için, beklenen deprem merkez üslerinin normal şekilde dağıldığı örn. merkez üslerinin iki boyutlu normal dağıtımla tanımlanan dağılımla ortalama noktalara göre eşit olarak dağıldığı varsayılır.

Kesin şekilde formüle edilmiş şekilde, merkez üssünde standart sapma σ ise ve eğer beklenen (ortalama) merkez üs koordinatları (*X, Y*) ise, bu durumda depremin bu ($X+\Delta x$, $Y+\Delta y$) noktasının yakın çevresinde meydana gelme olasılığı:

$$p_A(\Delta x, \Delta y) = \frac{A}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{\Delta x^2 + \Delta y^2}{2\sigma^2} \right).$$

Bu şekilde sınır alanlarına yakın depremesellik değişkenliğini, merkez kısmın depremsellik düzeyini etkilemeksizin yumuşatmak mümkündür. σ'nın artması kaynak alanı dışında meydana gelen deprem sayısını arttırır; bu yüzden daha büyük bir alan hesaplamalara dahil edilir.Bu tür bir model için hesaplamalar iki adımda yapılır. Önce, homojen kaynak alanına denk gelen ivmelenmeler hesaplanır. Daha sonra, verilen (*X, Y*) noktalarındaki ivmenin homojen bölge için verilen gridin her bir boğumunda hesaplanan ivmelenmelerin ağırlıklı toplamına eşit olduğu dikkate alınır.

Homojen bir sismik alan için, $\rho((X_i+k_1dx,Y_i+k_2dy), j)$ (X_i+k_1dx,Y_i+k_2dy) noktasında $a_{j-1}<a\leq a_j$'nın olasılığı olduğunda.

(X_i+k_1dx,Y_i+k_2dy) noktasında $a_{j-1}<a\leq a_j$ivmesine verilen ağırlık :

$$w(k_1,k_2)=\frac{dxdy}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{k_1^2dx^2+k_2^2dy^2}{2\sigma^2}\right),\text{dır}$$

$a_{j-1}<a\leq a_j$ivmesini kaydetme olasılığı da:

$$D=\frac{\sum_{k_1}\sum_{k_2}w(k_1,k_2)\rho\left((X_i+k_1dx,Y_i+k_2dy),j\right)}{\sum_{k_1}\sum_{k_2}w(k_1,k_2)},\text{dır.}$$

WorleyParsons, iyi tanınmış EQRISK Sismik Risk değerlendirme programı [6/151]temelinde çalışan in house-geliştirilmiş Sismik Risk Analiz Programını (SHAP) kullanmıştır. SHAP sorun verisini EQRISK için hazırlamak ve sonuçları sonradan işleme tabi tutmak amacıyla bir kullanıcı arayüzü sunar. SHAP'nın geliştirilmesi EQRISK yazılımında ilave GMPE'ler için olanağın girilmesi ve sismik risk parametrelerinin değiştirilerek bunun sonucunda mantık ağacının geliştirilmesine imkanı tanıyan küçük bir değişikliği içerir.

EQRISK her bir tesis-kaynak kombinasyonu ve ivme düzeyi için riski değerlendirir ve tüm kaynaklardan beklenen sayıları toplayarak tesiste daha önceden tanımlanmış ilgi seviyelerinden daha büyük ivmelenme vakalarının yıllık toplam tahmini sayısını hesaplar. Toplam yıllık risk depremlerin Poisson girişlerinde gerçekleştiği varsayılarak hesaplanır.

SHAP sismik risk problemini modellemek için tasarlanmıştır ve EQRISK için giriş verilerini hazırlar. EQRISK kodunun işlevselliğini arttırmak için, FORTRAN kaynak kodu, sadece PGA'yı hesaplayan orijinal EQRISK kodunda (GMPE'ler diğer spektral koordinatlar için açıklama yapmadığında) kullanıma açık olan standart koda ilaveten kullanıcı tanımlı GMPES elde etmek için modifiye edilmiştir. SHAP her bir sismik kaynak için seçili problem parametrelerindeki değişkenleri dikkate alarak bir mantık ağacı yapmaya olanak tanıyacak şekilde yapılandırılmıştır.
Bir mantık ağacı değişik problem parametrelerinin farklı değerleri ve probleme ilişkin ağırlıkları girilerek oluşturulabilir. Bir miktar alt problem oluşturulmuştur ve toplam risk bakımından ağırlıkları SHAP tarafından hesaplanır.

SHAP giriş dosyasını hazırlar ve EQRISK'i her bir alt problem için ayrı ayrı çalıştırır. Her çalıştırma sonrasında, EQRISK çıktı dosyası SHAP tarafından okunur ve sonuçlar SHAP veri bankasına aktarılır.

Tüm Alt Sorunların bitiminde, toplam risk her bir Alt Sorunun denk gelen ağırlığı kullanılarak her bir Alt Sorun için mevcut riskleri toplamak suretiyle hesaplanır .

Rizzo, in-house geliştirilmiş RIZZO-HAZARD yazılımını kullanılır. Bu yazılım için detaylı bilgi orijinal raporda mevcuttur[6/243].

6.5.8 SİSMİK RİSK KAYNAK KATKISI

PSHA'nın son aşamasında tesis bölgesinde yer hareketine en büyük katkıyı temsil eden depremleri tanımlamaya (magnitüd ve mesafe) olanak sağlayan deprem riski dağıtımı gerçekleştirilir. McGuire tarafından önerilen metodoloji (1995) [6/150] kullanılır. Model (veya senaryo) depremleri belli magnitüd aralıklarında, mesafelerde ve ε (Sönümlenme ilişkisince önceden tahmin edilen medyan düzeyden standart sapmalar (logaritmik birimlerde)), verilen spektral dönemlerdeki verilen ivme düzeyini yıllık aşım düzeylerinin toplanmasıyla tanımlanır. Verilen magnitüd, mesafe ve ε kombinasyonunun verilen yer hareketi düzeyini aşması olasılığı her bir parametre aralığındaki aşım sıklığının verilen yer hareketi düzeyinin toplam aşım sıklığına bölünmesiyle hesaplanabilir.

Her bir magnitüd, mesafe ve ε kombinasyonunun etkisi denklemdeki olasılığın yerinin Dirac'ın delta fonksiyonu tarafından doldurulmasıyla hesaplanır:

$$P\,[Y > y \mid m, r, \varepsilon] = \delta[\ln Y(m, r, \varepsilon) - \ln y]$$

Dolayısıyla, metod $\ln Y\,(m, r, \varepsilon) = \ln y$ durumundayken sadece o aşım sıklıklarını toplar.

Bu tür bir problem formülasyonunun asıl amacı sönümlenme ilişkisi içine ikame edildiğinde hedef olarak aynı yer hareketini verecek olan magnitüd, mesafe ve ε kombinasyonunu bulmaktır. Bu işlem verilen yer hareketi düzeyine denk gelen depremi bulur, ancak bu depremin maksimum olasılıkla onu aşacağının garantisini vermez (Bazzurro veCornell, 1999) [6/29].

Dağıtımın sonuçları genelde her bir magnitüd, mesafe ve ε'in etkisini gösteren histogramlarda gösterilir. Histogramlar genelde fonksiyon dağıtım olasılığı bakımından temsil edilirler. Farklı deprem senaryoları farklı dönemler ve farklı aşım düzeyleri için dağıtılırlar.

IPE RAS etüdünde [6/117] dağıtım aşağıdaki aralıklarda gerçekleştirilir:

Magnitüd aralığı M=3.5–7.5 adım 0.1 birim ile;

Mesafe R = 0 – 200 km 2 km adımla;

ε = -2 den 2'ye ε =1.0adımıyla.

Dağıtım 0.1 ve 1 saniye arasındaki zaman dilimi için yapılır. Dağıtım sonuçlarından aşağıdaki deprem senaryoları seçilmiştir:

SSE düzeyi: M = 5.5, R = 4 km;

M = 7.5, R = 36 km;

OBE düzeyi M = 4.5, R = 2 km;

M = 6.5, R = 38 km.

ENVY/BU KOERI incelemesinde [6/75], risk dağıtımı ivme bakımından gerçekleştirilir (0.2 s ve 1.0 s zaman dilimlerinde spektral da dahil olmak üzere). Dağıtımın sonucu olarak, Akkuyu NGS için SHA'daki temel katkının girilmesinde iki deprem odağı grubu ayırt edilmiştir:

- M<6.0 ile tesisten 20 km'ye kadar uzaklıkta yerel odaklar (üstün gelen katkı);
- M=6.0–8.0 ile tesisten 30-100 km arası mesafesi olan odaklar (nispeten daha düşük katkı, yeri geldiğinde –SSE'de OBE'de olduğundan daha düşük).

Kısa dönem spektral ivmeler için(PGA dahil) SSE ve OBE'deki deprem riski yerel kaynaklar tarafından belirlenir. Uzun dönem için (1.0 s) spektral ivmelerin riski M>6.0'lık uzak depremlerden kaynaklanır.

Görüldüğü üzere, Ecemiş fayına bağlantılı deprem odakları, ESO alanlarının üç modelinden herhangi birinde tesis için ana deprem riski kaynağını teşkil etmez.

WP çalışmasında [6/246], gerçekleşme olasılığına katkı kaynağının analizi bölgede riski kontrol eden iki kaynak bulunmaktadır:

- Arka plan sismik aktivite kaynağı;
- Kaynak 5 Kıbrıs Çukuru.

Kıbrıs Çukurunun yer hareketine yüksek katkı vermesinin sebebi bu kaynaktaki nispeten yüksek yıllık tekrar, tesise nispeten daha yakın olması (115 km) ve Mw=8 düzeyindeki yüksek magnitüdüdür.

Aşağıdaki kontrol depremleri dağıtım metodu (Table 6/5.14) kullanılmak suretiyle Rizzo'nun incelemesinde [6/243] belirlenmiştir.

Tablo 6/5.14 –Rizzo'nun Deprem Kontrol Parametreleri

Frekans cevabı (hz)	Tanım	Magnitüd(Mw)	Merkez üs mesafesi (km)	Tehlike Kesir Katkısı
1.75	Yakın	6.05	11	0.64
	Uzak	7.37	180	0.36
7.5	Yakın	5.72	9	0.96
	Uzak	7.20	160	0.04

6.5.9 SONUÇ

Yukarıda bahsedilen dört deprem riski incelemesi 2011 – 2012 yılları arasında yapılmıştır. Çalışmalar aşağıdaki gibi ülkeleri temsil eden gruplar tarafından gerçekleştirilmiştir: ENVY/BU KOERI (Türkiye), IPE RAS (Rusya), WorleyParsons (Avrupa) ve Rizzo (ABD).

Bu araştırmaların sonucunda, grupların her biri tarihsel ve aletsel depremler için veri bankalarına (kataloglara) uydular, sismoteknik bölgeleme (ESO bölgeleri) için farklı modeller geliştirildi, farklı sönümlenme modelleri (GMPE) seçildi, farklı V_{S30}değerleri kullanılarak deprem riskinin olasılık ve deterministik analizinin metodolojileri uygulandı.

Bu nedenle, SHA konsolidasyonu çalışması 2012 yılında tüm katılımcıların (ENVY, WP, RIZZO, ve IPE RAS) tesisteki yer hareketi parametrelerinin tasarımını belirleyen PSHA ve DSHA için temel teşkil edecek çabalarının birleştirilmesiyle başlatılmıştır. Epistemik belirsizlikler göz önüne alınmış ve aşağıdaki yönlerden analiz içine dahil edilmiştir:

- Sismik kaynak modelleri;
- Nükleer Güç Tesisinin bulunduğu depremsellik yayılım alanında vakanın maksimum magnitüdü (M_{max}) ;

- Analizde (GMPE) kullanılması gereken sönümlenme ilişkileri ;
- Tesis için referans kayma dalgası hız temsili V_{S30}
- Konsolidasyon çalışması devamlı olarak konsensus veritabanını ve dört grup tarafından veri tabanına ilişkin olarak yapılan farklı yorumları kullanmaktadır .

Konsolide edilmiş SHA, katılımcılar tarafından üzerinde uzlaşılmış ortak veri tabanı ve tek bir mantık ağacı şeklinde farklı sismoteknik modeller oluşturma konusuna yönelik olarak düzenlenen bir çok toplantı sırasında ulaşılan sonuçları dikkate alır.

Birleştirilmiş etüdlerin sonuçları Akkuyu Nükleer Güç Tesisinde serbest tasarım cevap spektrumu ve birleşik ivme zaman tarihleri şeklinde nihai yer hareketi parametreleri temel tasarımını sağlayacaktır. Yer hareketi parametrelerinin tasarım temeli Saha Parametreleri Raporunda verilecektir.

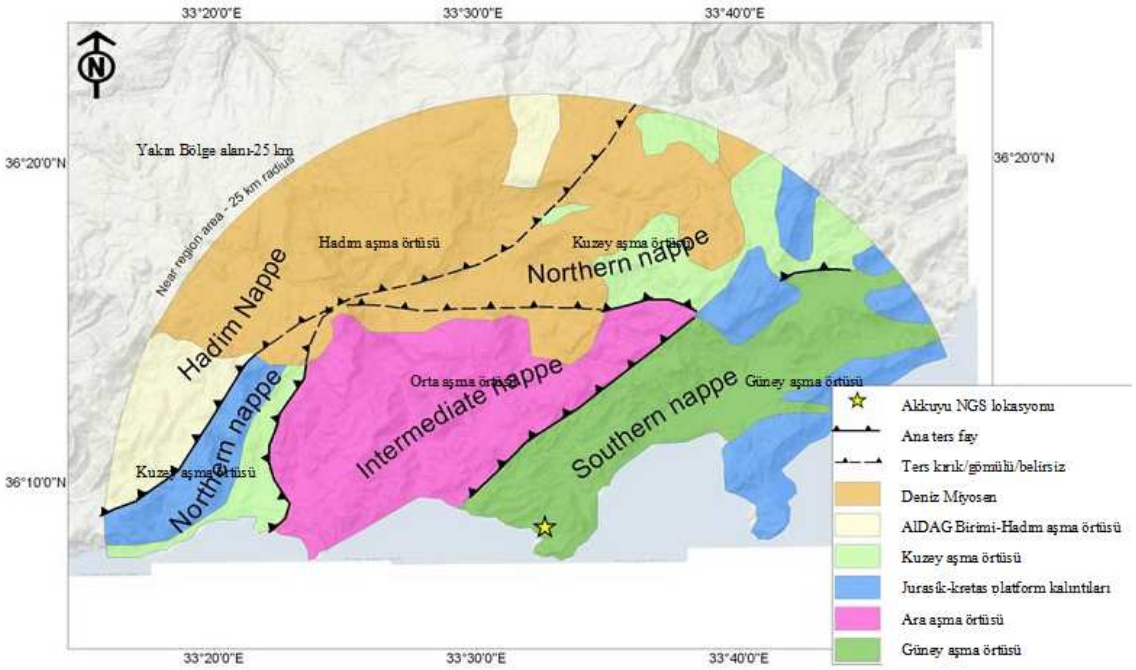
6.6 YÜZEY FAYLANMASI

6.6.1 YAKIN BÖLGESEL ANALİZ

Yakın bölgesel jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri daha uzak yapı ve ayırt edici özelliklerle birlikte açıklığa kavuşturmak amacıyla, IAEA SSG-9 [6/113] içinde yakın bölgesel araştırmalar (25km. yarıçap dahilindeki) için tavsiye edilenden daha büyük bir alan araştırılmıştır.

Toros sıradağlarının güney sınırında yer alan yakın bölgesel alan kuzey ucunda deniz seviyesinden 1200-1300 metre yüksekliktedir, platoyla birlikte güneye doğru aşağı eğimli, dar ve derin vadileri olan dağlık bir görünüm arz etmektedir. Deniz tarafındaki sınırı küçük koylar ve en genişleri Yakın Bölgenin doğu ucu civarındaki Yeşilovacık'taki ve batıda Aydıncık'taki olmak üzere alçak kıyı bölgeleriyle kesintiye uğrayan yüksek kıyıyla işaretlenmiştir. Vadi ve çizgiler baskın şekilde güneybatı-kuzeydoğu ve ikincil olarak da kuzey-güney ve kuzeybatı-güneydoğu yönlerindedir ki bu da bölgenin baskın tektonik-yapısal çerçevesince kontrol edilen ilk meyildir.

Yakın bölgenin tektono-stratigrafisi otokton ve allokton birimlerin çeşitli naplarını(Şekil 6/6.1) içerir,



Şekil 6/6.1 – Yakın bölgesel alanın (25 km yarıçap) ve çevresinin GMRT dijital yükseklik modeline dayalı temel morfolojisi (iç kısım çözünürlük 99 m)

Bu birimler aşağıdaki gibi özetlenebilir [6/57]:

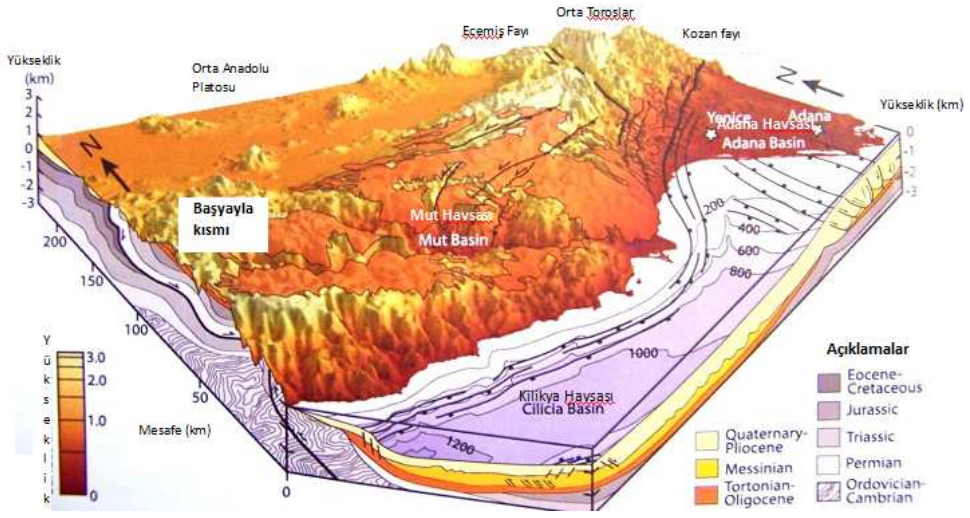
Güney zon: Güçlü şekilde katlanmış ve faylanmış Paleozoik çökel deniz birimlerini kapsayacak şekilde

Ara zon: aynı zamanda bu nap Jura çağından beri bir bindirme KD-GB boyunca Güney alanına binmiş (Büyükeceli Bindirmesi) derin deformasyona uğramış Paleozoyik çökel dizisinden meydana gelmiştir. Paleozoyik birimlerin üzeri uyumsuz şekilde bir Geç Triastan Yukarı Jura-Kretase çökel dizisince örtülür;

Kuzey zon: Önceki iki alanın aynı Paleozoyik birimlerince meydana getirilmiş olan Kuzey alanı Geç Permian'dan önce muhtemelen ara alana binmiştir. Geç Permiyen birimleri üzeri uyumsuz şekilde Jura dönemi kireçtaşlarıyla örtülüdür. Genel olarak Triyas yaşlı birimler eksiktir.

Bu birim Karbonifer dizisi ve Mesozoik kırıntı ve karbonatlarca üzeri örtülü Paleozoyik (Geç Devoniyen) kireçtaşlarını ve kumtaşlarını kapsar. Aladağ Birimi Geç Eosen sonrasında [6/55] Hadım napı boyunca güneye taşınmış bir allokton dizisidir.

Yakın bölgenin kuzeyine doğru, Torosların güney sınırını kapatan Miyosen deniz çökeltileri yüzey yükselmesinin çarpışma sonrası fazına işaret eder. Bir Geç Miyosen sonrası yükselme alanı (post 8 Ma [6/51]), önce aralığın güney sınırında takriben 1 km kadar düşmeden önce Orta Torosların zirvesi boyunca 2km. kadar irtifa bakımından yükselen, böylelikle bugünkü topografya ile uyumlu geniş bir drape kat resmeden deniz Miyosen çökeltilerinin irtifa dağıtımıyla sınırlandırılabilir.(Şekil 6/6.2).



Şekil 6/6.2 – Orta Torosların Güney sınırı üzerine yükseltilmiş Miyosen deniz çökeltilerinin mostrası [6/51]. Turuncu poligon bindirmesi geç miyosen deniz çökeltilerinin yüzey mostra desenini belirtir . Dikey büyütme 7:1

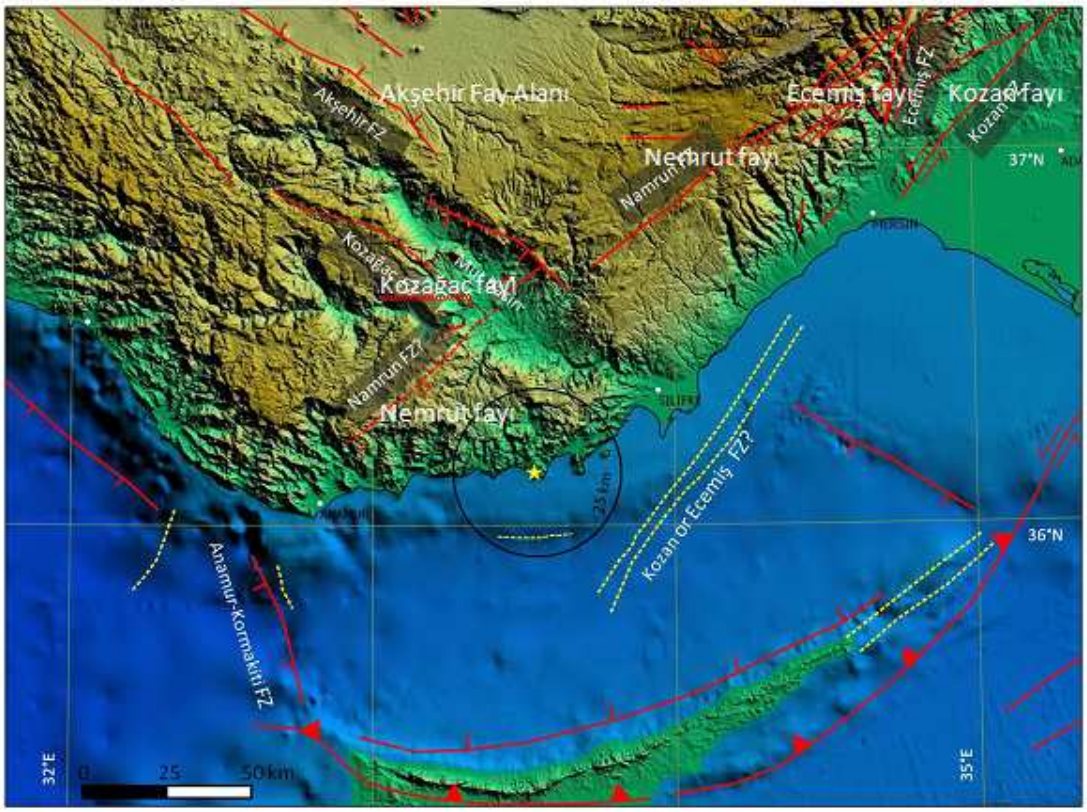
Yüzey kıvrılması tesisten takriben 100 km uzaklığa kadar henüz gözlemlenebilir bir deformasyon yaratmamaktadır (onlarca kilometre sırasıyla). Ne Miyosen sonrası sıkışmalı yapılarının ve pozitif çiçek yapılarının herhangi biri ana faylanma alanları boyunca tanımlanmıştır ne de bölgede derin oturmuş bindirmeler raporlanmıştır. Bunun yerine Miyosen sonrası deformasyona normal veya atımlı faylanma hakimdir[6/122 ve 6/121].

Bu tür deformasyon mostrası kabuk içinde derinliklerde veya mantodaki proseslerle bağlantılıdır. 2011 yılında Cosentino [6/51] Doğu Anadolu Platosu bölgesinden batıda doğru levha kopması yayılımını takip eden bir astenoferik manto yukarı atımının varlığını öne sürmüştür.

Yakın bölgesel alan, şu ana kadar gerek literatür verisinden gerekse de daha önceki inceleme ve alan keşfinden elde edilmiş bilgiye dayanan ilgili yetkin faylar içermemektedir.

Buna karşın, literatüre göre, Yakın Bölgenin dışında olsa da bazı faylar tesise nispeten yakın alanlara doğru uzanabilir. Bu faylar özel olarak yer hareketi ve fay yer değiştirmesi risk potansiyelleri bakımından analiz edilmiştir. Bunlar (Şekil 6/6.3):

- Ecemiş Fay Zonu;
- Namrun Fay Zonu;
- Kozağaç Fay Zonu;
- Kozan Fay Zonu.



Şekil 6/6.3 – Literatür verilerine göre, gerek kara gerekse de deniz tarafında tesisle özel olarak ilgili fay alanları .Sarı Yıldız Akkuyu Nükleer Güç Tesisini göstemektedir

6.6.2 MORFOTEKTONİK ARAŞTIRMALAR

2011 yılında Akkuyu NGS Tesisinin yakın bölgesel alanında [6/245] potansiyel yetkin tektonik yapıların var olmadığını teyit amaçlı bir hava fotoğrafı yorumlaması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hem küçük ölçekte morfostrüktürel özellikleri hem de geniş ölçekte yüzey faylanması ve deformasyonun kanıtını araştıran çok basamaklı bir yaklaşım benimsenmiştir.

İlave hava fotoğraf kapsama setleri kullanılır duruma getirildiğinden beri yakın bölge alanına ilaveten, 50 km. yarıçaplı dairesel alana denk gelen daha geniş bir bölge muhafazakar bir perspektifle dikkate alınmıştır.

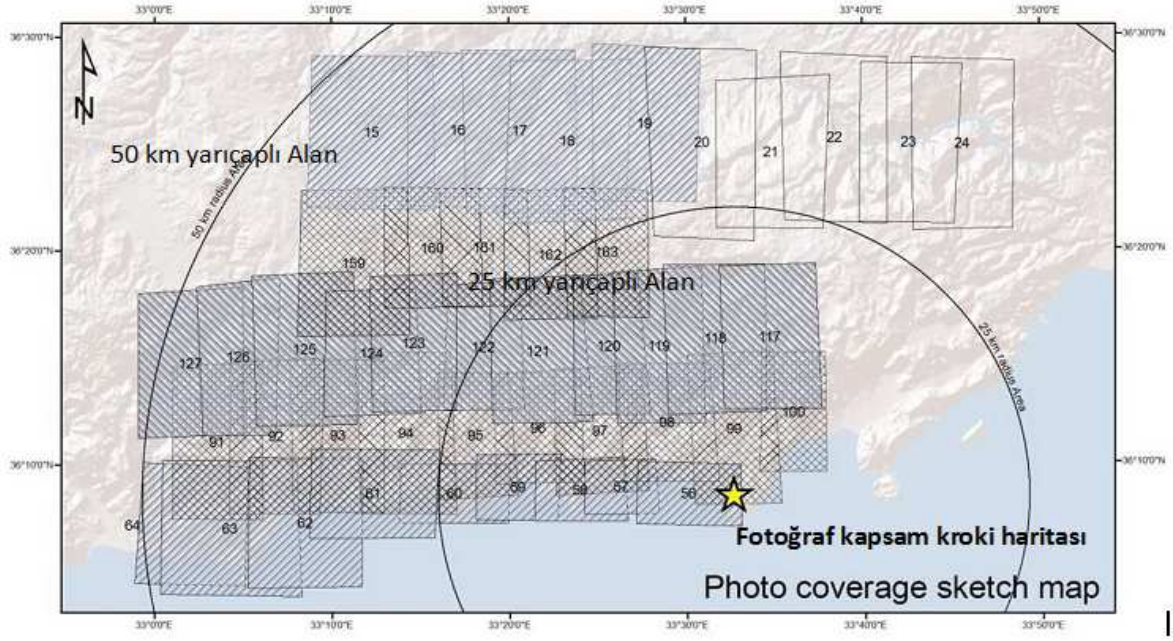
İki farklı kapsama alanlı hava fotoğraf seti analiz edilmiştir.

Yakın Bölge Analizi havadan çekilmiş 1:60000 ölçekli siyah-beyaz fotoğrafları kullanmıştır. Bu da D-B yönünde elde edilmiş Yakın Bölge Alanının takriben %78'ini kapsayan 5 farklı uçuş yolundan müteşekkildir (Şekil 6/6.4).

Ortalama Yanal üst üste gelmeler doğu-batı yönünde takriben %65 ve kuzey-güney yönünde de %40 düzeyinde olup araştırılan bölgenin optimal 3D kapsamasını sağlar.

Yakın bölge alanının SE sektörü de bazı seçilmiş alanları daha detaylı incelemek için kullanılan 1:30000 ölçekli siyah-beyaz hava fotoğrafları aracılığıyla analiz edilmiştir.

Fotoğrafların kapsadığı toplam alan 2 313 km^2olup yakın bölgenin(25 km yarıçap) karasal alanının %78'ine ve karaya genişletilmiş alanının (50 km yarıçap) %64'üne denk gelmektedir.



Büyük çember: 50 km yarıçaplı Alan

Küçük çember : 25 km yarıçaplı Alan

Sağ alt büyük yazı: Fotoğraf kapsam kroki haritası

Şekil 6/6.4 – Yakın Bölge Alanının Hava Fotoğraf Kapsamı [6/245]. Orijinal fotoğraf ölçeği 1:60,000. Sarı yıldız akkuyu tesisini işaret eder.

Hava fotoğrafları gerçek ölçekte SOKKIA stereoskopu ve bir 3X optik büyüteçle analiz edilmiştir.

Yorumlanan özellikler 1:20000 ölçekli serbest topografik harita bazlı bir GIS temelli platform aracılığıyla coğrafi olarak referanslandırılmıştır.

Özellikleri bölgenin yayınlanmış ve yayınlanmamış jeolojik haritalarının detaylı karşılaştırması aracılığıyla vurgulamıştır[6/56,6/57,6/55ve6/87]. Evvelden kalan morfoseleksiyon ile pasif olarak vurgulanan morfostrüktürel özelliklerin ve görünümü aktif olarak şekillendiren tektonik özelliklerin ayırt edilmesi amacıyla, dördüncü çağ rüsubatlarınca kapsanan veya yakın jeomorfolojik özellik/proseslerle ilgili alanlara özel dikkat sarfedilmiştir.

Her bir haritalanmış özelliğin kısa tanımı harita göstergesine göre aşağıdakilere uygundur:

Tabakalanma Durumu: Kolayca anlaşılabilir olduğu yerde, tabakalanma kenarı, tabakalanma - topografya ilişkisini vurgulamak amacıyla küçük bölümler halinde takip edilebilir.

Tabakalanma halini gösteren bir sembol (eğimli, yatay ya da dikey tabakaları) doğrultu ve eğim yönünü özetlemek için eklenmiştir. Yüksek eğimli tabakaları (60 derecenin üzeri) 3D fotoğraf resimlerinden kesinliği olmayan bir eğim yönü gösterebilir, buna karşın doğrultu her zaman iyi ifade edilir.

Ütü altı yamaçlar (flatiron): bunlar morfoseleksiyonun sebep olduğu üçgen şekilli morfostrüktürel özelliklerdir; az yada çok aşınabilir tabakaların değiştirilmesiyle nitelenen homoklinik yamaçların (Domuz sırtlı tepe yada Cuesta) uzun dönem içinde aşınmasının sonucudur.

" "Flüvyal dirsek" Talvek'de yer alan bir sağ köşe yahut sağ köşe dönüşleri serisidir.

"Semer"su bölümünde çöküntüyü ifade eder.

Uçurumlar: Yamaçta saptanabilir doğrusal kırılma gösteren özelliklerdir. "Morfolojik Uçurumlar" olarak haritalanan uçurumlara farklı aşındırıcı süreçlerin takip edilebilir özellikleri dahildir (diğer değişle; kıyı uçurumları, heyelan nişleri, flüvyal erozyon). "karşı yamaç uçurumları" yerel ana eğim yönünü değiştiren hendek benzeri doğrusal özellikleri ifade eder ."Plato Sınırı", haritada kıvrımlı görünen, jeomorfolojik plato, mesa veya tamktepenin bitişiğinde ve bunun sonucunda farklı göreceli taban seviyeleri olan alanları ayıran on ila yüzlerce metre arasında yüksekliği değişen büyük uçurumları işaret eder.

"Dağlararası (Intramauntain) havza çöküntüsü" hemen her tarafı kapalı ve yükseltilmiş alanının içerisinde bulunan bir morfolojik çöküntüyü belirtir.Bunlar bazen de yakın dönem çökeltileriyle doldurulmuş endoreic havzalardır. Bu çöküntüler genellikle plato veya mesanın tepe kısmında bulunur.

"Fotoğrafla yorumlanmış fay ve çizgiler"

s)Tabakalaşma halindeki açısal uyumsuzlular,

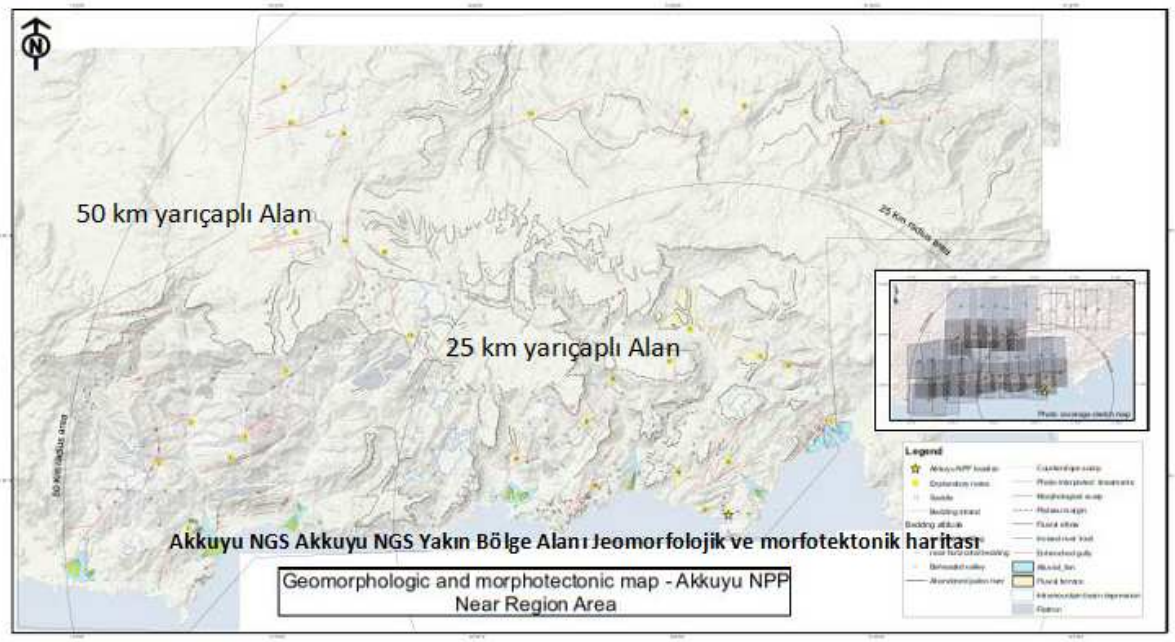
t) "Sırtlar"adı altında hizalı nokta özellikleri ;

u) Vadiler/su bölümlerine ve/veya karşı yamaç uçurumlarına hizalı "flüvyal dirsekler", tarafından vurgulanan yapısal özellikleri belirtir.

Aynı zamanda iyi ifade edilmiş bir yapısal özellik morfo-seleksiyon tarafından zaman içerisinde fayın kendisi üzerinde hiçbir hareket olmaksızın vurgulandığına göre, bu terim fay aktivitesine dair hiçbir sonuç ifade etmez.

"Teraslar" flüvyal orjinlidir. Bunlar, kaynaklarının iklimce yönlendirilen deniz seviyesi değişiklikleri ve tektonik yükselmelerin eşzamanlı eylemlerine atfedilmesi gerekli olan hem doldurulmuş & kesilmiş hem de geniş vadi teraslarını içerir.

Morfolojik analizler sonucu çizilen harita [6/245] Şekil 6/6.5'de gösterilmiştir.



Şekil6/6.5 – Morfolojik analizin sonuçlarını özetleyen harita [6/245]

Morfotektonik çerçeve

ENE-WSW'nin ortaya çıktığı sahil hattı tarafından işgal edilmiş Yakın bölgesel alan, kuzey güney yönünde uzanan yarımadalar (Ovacık, Akkuyu ve Sancak) ve bunların arasındaki koylarla tanımlanır. Sahiller tipik biçimde KD-GB yönlü sektörlerle uyumlu KB-GD yönlü sektörlerle uyumsuzdur ve örneğin koy ve burun gibi ayırıcı yeryüzü şekillerine sahiptir.

Morfolojik bakış açısına göre bölge iki ana bölüme ayrılabilir:

v) Temelde katlanmış ve bindirme Paleozoyik kayalar içinde oyulmuş derin ve geniş vadilerle tanımlanan bir manzara boyunca güneye akıtılan Güneydoğu. Yukarıda bahsedilen

yarım adaların arasında kapalı kalmış üç ana vadi, bu sektörü güneye doğru akıtır. Burun havzaları tipik olarak platonun güney sınırından kuzeye doğru yerleşiktir.

Bu bölgede tortul örtülere bağlı, eski Paleozoyik kayaları uyumsuz şekilde örten bazı mesalar mevcuttur;

w) Kuzeye doğru akan ve geniş bir N-eğimli plato tarafından işgal edilmiş Kuzeybatı. Miyosen deniz birimlerince kapatılmıştır. Bazı mesalar tam Ulupınar köyünün kuzeyinde SE'ye tanınabilir.

<u>SE Sektörü</u>

Bindirme ve kıvrımlanma bu sektörde görünümün yapısal şekillerini yönetir.

Tabakalaşma genellikle orta ölçekte fotoğrafla yorumlama aracılığıyla kolaylıkla tanınabilir ve analiz edilen resimler üzerindeki dönüşümlü doku ve renkler farklı tiplerdeki kayaları vurgular.

Uygun tabakanın daha aşınabilir olanlarla değiştiği yerde, yan kıvrımlar boyunca aşınmış domuz sırtı tepeleri ve cuestadan ileri gelen hizalanmış ütü altı yamaçlar tanınabilir.

Bu özellikler, tabakalaşma düzlemine uygun şekilde yanları boyunca sık sık üst yamaç bölgesindeki karşı yamaç uçurumları ve sonraki thalweg tarafından vurgulanır. Altparalel katlama ve yüksel açılı homoklinal yamaçlar tarafından yönlendirilen paralel yahut kafes drenaj mostrası baskın niteliktedir.

Tesisin sırasıyla 20km ve 12 km kuzeyinde bulunan Aydıncık köyü yakınında ve Beydili köyünün kuzeyinde, Triyas'tan Jura dönemine birimler uygunsuz biçimde Paleozoyik sıranın üzerine biner. Yüzeyleyen Mesozoyik dizisi 500 ila 800 metre arası rakımlı bir platoyu oluşturan yükseltilmiş, yatık ve hafifçe oluklu alan tarafından morfolojik olarak vurgulanmıştır. Yüksek bir uçurum bu platoların sınırlarını işaret eder.

Ana bindirme geçişi alt-paralel vadi ve flüvyal dirseklerin hizasıyla vurgulanır. Bu özelikler her ikisi de Paleozoyik dönemden Babadıl Grubu ve nispeten daha az aşınır Sipahi Formasyonu arasındaki yerel tektonik özellikli geçişle ilgilidir. İki formasyon arasındaki stratigrafik geçiş Sipahi Formasyonu ile ve tabakalaşmaya alt-paralel akıtma şebekesiyle bağlantılı olarak sistematik biçimde kabartmaya meydan verdiğinde benzer özellikler diğer alanlarda da görülür. Yerel jeolojik ve yapısal çevre alt-paralel veya kafes tipi boşaltım şebekelerini, bazı ana flüvyal kesme yollarıyla yapı/tabakalaşma eğilimi üzerinde işleyen düşük düzen akımları ve yapılar aracılığıyla pasif olarak yönetir.

Tüm bu özellikler bu durumda kademeli erozyon ve morfo-seleksiyon'dan ileri gelir.

Doldurulmuş-kesilmiş terasların mevcut vadi tabanının üzerine yükseltilmiş basamakları fark edilir olduğu yerde, Flüvyal teraslar Yanışlı, Büyükeceli ve Sipahili Vadilerinde farklı yüksekliklerde mevcuttur.

"Önceden haritalanmamış faylar" olarak tanımlanan bazı çizgisellikler mevcuttur[6/75] . Bunlar:

x) 13 km uzunluğunda bölümlere ayrılmış 40km uzunluğundaki NE-SW yönlü çizgiselliğin batı ucu ;

y) Büyükeceli Vadisi boyunca uzayan 5 km uzunluğundaki NW-SE çizgiselliği.

İlki işaretli jeomorfolojik kanıtını önceden izah edildiği gibi morfoseleksiona borçlu olduğumuz Büyükeceli bindirmesine neredeyse denk gelen düz özellik. Tam olarak Büyükeceli Vadisi boyunca işleyen KB-GD yönlü çizgi: bu varsayılan fay üzerinde hiçbir faylanma/deformasyon kanıtı bulunmamıştır.Unutulmamalıdır ki vadide dikine uzanan ve her iki tarafta gözlemlenen, Büyükeceli Vadisinin altında gömülü bir yapı boyunca meydana gelmiş herhangi bir yer değiştirme/deformasyon olmadığını gösteren yapısal özellikler arasında mükemmel eşleşme vardır.

NW Sektörü– Plato

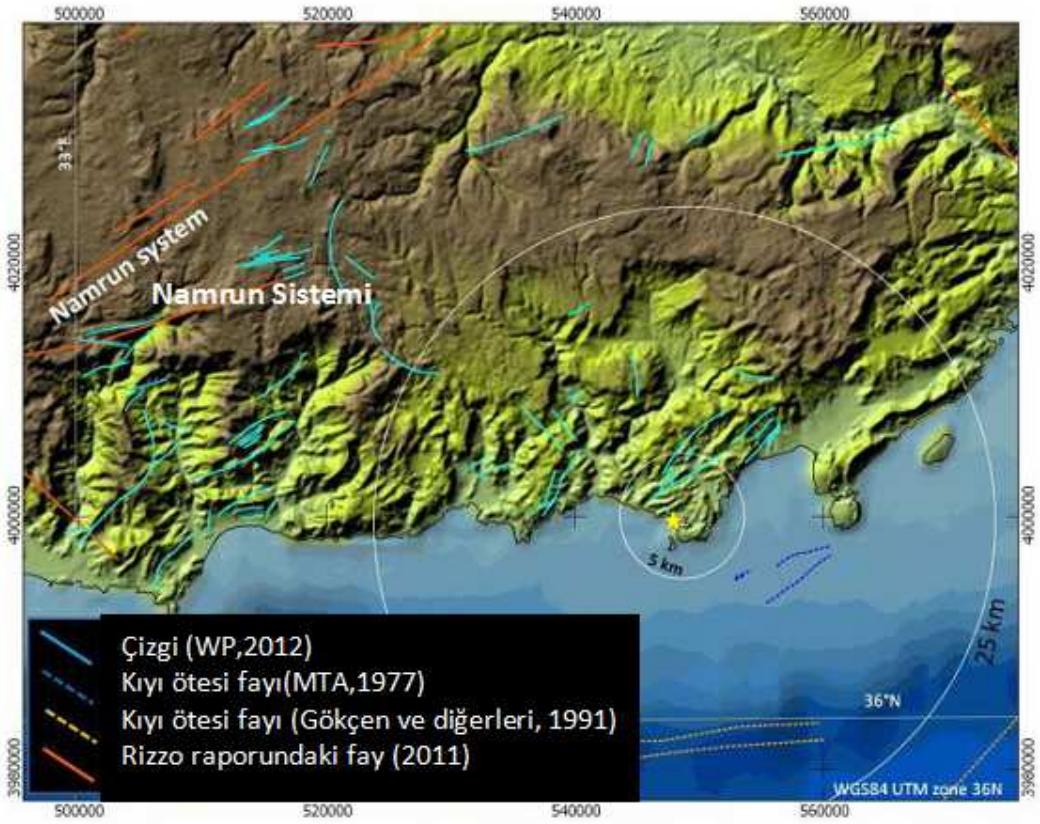
Bölge bugünkü su bölümüyle platonun güney sınırının tam kuzeyinden bölünmüştür, ancak güney yönlü drenaj sisteminin geçmiş izleri halıhazırda platonun güney kenarında ve güney doğu sektörünün bazı noktasal alanlarında fark edilebilir.

Plato havzası plato bölgesinde yer yer oyulmuş olan ve doğu kolu platonun güneyinde bazı mesaları izole eden Sipahili vadisi tarafından parçalara ayrılmıştır.

Vurgulanan Çizgilerin tanımı

Yakın bölgesel alan içindeki tüm muhtemel yetkin fayların belirlenmesinde, son hareketlerini ve bölümlenme kanıtlarını geçici olarak belirleyen analize başvurulur.Yakın dönem yüzey faylanması (Geç Pleistosen'den Holosen'e kadar) da, bölgenin konservatif iklimsel ve morfolojik çerçevesi dikkate alınmak suretiyle fark edilir olmalıdır. Kurak ilkim koşulları ve bitki örtüsünün azlığı fay yer değiştirme tespitine yönelik bu tekniğin uygulanmasında bilhassa avantaj yaratır.

Tespit edilmiş çizgisellikler haritası Şekil 6/6.6'de gösterilmektedir.



Şekil 6/6.6 – Tespit edilmiş çizgisellikler haritası. “Namrun FZ”’nun yeri varsayımsaldır.

Bölgedeki herhangi bir faya dayanan yakın dönem yüzey faylanmasına dair hiçbir kanıt yoktur. Morfolojik kanıtlara ve yüzeysel özelliklere dayalı birçok çizgi tespit edilmiştir.

Bu analiz sırasında ulaşılan başlıca sonuçları daha iyi tarif etmek ve yakın bölgesel alanın genel morfolojik çerçevesini göstermek için 29 ilgi noktası aşağıdaki açıklayıcı notlarda tanımlanmıştır. Bu özellikler Şekil 6/6.5’te gösterilmiştir. Her bir ilgi noktasında özelliğin tesise mesafesi verilmiştir.

17) Hırmanlı köyünün yakınlarında, bu sahil sektörünün yakın nispi yukarı kalkışı dolayısıyla tuhaf bir yeryüzü şekli vardır. Alüvyonlu yelpaze deltası bu yeryüzü şeklini de aşındıran bir boşaltım sistemiyle parçalara ayrılmıştır. Yerel akımlar kuzey güney doğrultusuna paralel olarak akarlar ve sadece parçalanmış delta tepesinin kalıntıları boyunca hizalanmış bir dizi ani sağa açılı kayma yapar. Delta, büyük ölçekli jeolojik haritalarca raporlanan dalma ölçümlerince vurgulandığı üzere SE’den farklı şekilde [6/57ve6/55]delta sektöründe GD’ya 15° ve yelpazenin güney doğu kenarında 8° eğimlidir. Temelkaya yerel olarak NW yönünde eğimlidir bunun sonucu daha önceden bir özellik gibi var olan ütü altı

yamaçlar üzerinde delta birikimini çıkarsamak mümkün değildir. Yapısal olarak, vadinin çökeltilerinin altında gömük olarak uzayan yapısal doruğu tam yelpazenin altında bulunan, KD-GB eğilimli senklinal delta kuzeyi ve alt paralel antiklinal bulunur. Bununla birlikte, tespit edilen ayırıcı eğilme, bu katlanmaların amplifikasyonuyla tutarlı değildir.

Altı çizilmesi gereken bir başka husus ta şu ki mevcut yukarı havza yelpazeye göre daha küçük boyutlardadır. Bu durum görünüşe göre, tesisin kuzeyindeki bazı paleo-nehirlerin mevcudiyetinin de akla getirdiği üzere güney yönlü terk edilmiş hidrolojik sistemle alakalıdır.

Demirtaşlı & Genç [6/57 ve 6/55] bu özellik için Pliyosen-Kuvaterner çağına tarihlense de yelpazenin yaşı kesin olarak tahhmin edilememiştir. Tesise asgari uzaklık: 7 km.

18) GB-KD yönlü küçük bir vadinin çıkışında bir alüvyonlu yelpaze, yine o yelpazeyi aktif şekilde besleyen bir akım tarafından kesilmektedir. Yüz metre kuzeyde yelpaze içine gömük nispeten derin bir dere, akıntının yukarı kısmından tamamen kopuk olup başsız bir vadinin yolu konumundadır. Eğer akım sapması tektonik sebeplere bağlanmalıysa, o zaman bu sektörün eğimi kuzey sektörün ayırıcı yükselmesi ile birlikte (yükselmenin suyun aşındırma gücüne üstün gelinceye kadar akımın aktif olarak oyduğu yerde) güneydekine göre (akım saptığında), dikkate alınmalıdır. Tüm çıkış alanının tek biçimli olarak yükselmesi bu özelliği açıklayamamıştır. Üzerinde durulması gereken bir başka nokta da başka tektonik olmayan süreçlerin de bu özellik bağlamında göz önünde bulundurulabileceğidir. Tesise asgari uzaklık: 40 km.

19) 13 km uzunluğundaki bu çizgisellik, hizalanmış sırtlar, tepe yarılma, hizalanmış vadiler ve karşı yamaç uçurumlarınca vurgulanmış güçlü bir morfolojik ifadeyi temsil eder. Yüzeyleyen Paleozoyik birimler içinde gelişmiş olup, merkezdeki sektörde bir intramountain çöküntüyü keser. Bu çizgi muhtemelen pasif şekilde miras alınan stratigrafik temaslarla yahut faylanmayla bağlantılı şekilde erozyona daha yatkın kataklastik bir alanın mevcudiyetiyle ilişkilidir. Bu ayırt edilmiş çizginin yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 42 km.

20) Bu çizgisllik birbirine bitişik alanların tabakalaşması arasındaki açısal uyumsuzluk temelinde tespit edilmiş bir faydır. Bu fayla bağlantılı hiçbir morfolojik ifade söz konusu değildir. Tesise asgari uzaklık: 42 km.

21) Bu alt-paralel KD-GB yönlü kısa çizgiler, alt-paralel doğrusal vadi ve sırtların hizalanması temelinde tanımlanmıştır. Bu ayırt edilmiş çizgiselliklerin yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 35 km.

22) Bu 10 km. uzunluğundaki DKD-BGB doğrultusundaki çizgisellik bir kuzey eğimli düzlükle işaretlenmiş olup bir dizi birbirini takip eden hizalanmış sırt, karşı yamaç uçurumu ve yarma tepelerce de morfolojik olarak ifade edilir. Tabakalaşma bu özelliğe her iki tarafından alt-paraleldir. Bu çizgiselliğin yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 32 km.

23) Açıkça kıvrımlı sırt hizalaması ve ikincil vadiler tarafından işaretlenen sert şekilde kıvrılmış D-B doğrultusundaki Paleozoyik kayalarla kesişen 5 kilometre uzunluğunda bir çizgiselliktir. Bu çizgiselliğin yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 33 km.

24) Bu çizgisellik 3 km uzunluğunda K-G doğrultusunda B-eğimli düzlemsel özelliği vardır ve mesanın ters tarafında doğrusal iki vadi arasındaki güçlü hizalama ve bu vadiler arasında hizalanmış düzlük alanı kesen hendek bazında ayırt edilir. Bu çizgiselliğin yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 10 km.

25) Sipahili Vadisinin doğu kolu boyunca, nehir çıkışından 15 km yukarıda, doldurulmuş&kesilmiş yükseltilmiş terasların bazı basamakları fark edilebilir. Bu teraslar vadinin kuzeydeki plato ve güneydeki mesa arasında genişleyip daraldığı yol üzerindedir. Bu vadi yoluyla kesişen tabakalaşma eğilimli ve birbirini takip eden aşındırıcı faz (veya fazlar) detaylı olarak incelenememektedir ancak bu terasların vadinin her iki yanında iyi şekilde korunması iki ayrı tabakalaşma eğilimli vadi tabanının şimdiki de dahil olmak üzere en az iki yarılma döneminde birbirinden ayrılmış rekonstrüksiyonuna imkan tanır. Alüvyonlu teras GD'ya 2 km boyunca korunmuş olup 12.maddede detaylı olarak tasvir edilecektir. Bu teras daha eski ve daha yüksekte tabakalaşma eğilimli bir vadi tabanının varlığını göstermektedir. Bu teraslar, daha önceki bölümlerde değinildiği üzere yakın geçmişte bölgesel olarak yükseldiğini işaret etmektedir. Tesise asgari uzaklık: 13 km.

26) Bu çizgisellik birbirine bitişik alanların tabakalaşması arasındaki açısal uyumsuzluk temelinde tespit edilmiş bir faydır. Bu fayla bağlantılı hiçbir morfolojik ifade söz konusu değildir. Tesise asgari uzaklık: 12 km.

27) Bu flüvyal teras şimdilerde küçük bir akım tarafından boşaltılmakta olup, BKB-DGD yönünde uzanır ve Sipahili Vadisi boşaltımıyla bağlantı kurar. Terastan akımın ters yönüne doğru, hiçbir yukarı havzası olmayan (başsız vadi) kısa bir vadi yolu (500 m uzunluğunda) bulunmaktadır. Tam bu terasın kuzeyinde K-G doğrultusunda güneye meyilli bir paleonehir bazı düz ve yükselmiş alanlarda bulunabilir. Kuzeyde daha uzaklarda yine güneye akan paleonehir yolları ayırt edilebilir. Bu flüvyal teras muhtemelen vadi tabanını yerel olarak dolduran plato alanını güneye doğru boşaltan eski bir paleo-boşaltım sistemiyle ilgilidir.

Tüm Toroslar bölgesinin bir önemli yükselme fazı ve bölgesel kıvrılması sonrasında, boşaltım yerel olarak ters dönmüş ve yeni oluşan güneye doğru boşaltım sistemi (şimdi platolarca işgal edilen yüksek seviyeli alanın güneyi) kayaları ve eski alüvyon örtüleri derin şekilde oymaya başladı. Bu flüvyal kayıp eski vadi tabanlarının bırakılmasına ve havzaların genel olarak yeniden düzenlenmesine sebep oldu. Benzer gözlemler Monod et al. (2006) [6/157] tarafından Torosların uzak batısında da raporlanmıştır. Bu durumda eski vadi tabanı yeni gelişen ve teras alanının akımın üst kısmıyla bağlantısını tamamen kesen bir boşaltım sistemi tarafından kesilmiştir. Tesise asgari uzaklık: 12 km.

28) Bunlar 1 ila 5 km. plato sektörü üzerinde yerleşik DKD-BGB doğrultusunda uzanan çizgiselliklerdir. Tabakalaşma genellikle yataydır ve bunun sonucu olarak yüksek eğim veya alt-dikey düzlükler, tıpkı bu alt-paralel çizgilerle betimlenmiş olduğu üzere, ikincil düzlemsel yapılarla ilişkilendirilmelidir. Bu çizgiler doğrusal sırtların hizalanması ve uzatılmış küçük havzalarla (batık göller) tanımlanır. Uzak kuzey çizgisi, çökeltilerinin dokusu görünüşe göre çizgi boyunca aniden değişen küçük intramountain havzayla kesişir. Tesise asgari uzaklık: 37 km.

29) 3 km uzunluğunda KB-GD doğrultusunda yeni bir çizgisellik flüvyal erozyon sayesinde işaretlenmiş bir morfolojik uçurum boyunca işleyen bir net karşı yamaç uçurumunca işaretlenmiştir. Muhtemelen bu çizgisellik şimdikine alt-paralel konumda eski vadi tabanını derinlemesine oyan bir doğrusal eski paleo nehir yolunun kalıntısıdır. Tesise asgari uzaklık: 31 km.

30) 8 km uzunluğunda doğuya doğru konveks olup birbirini takip eden sırtlar, tepe yarılmaları ve karşı yamaç uçurumlarınca işaretlenmiştir. Bu çizgisellik muhtemelen şimdilerde tamamen gençleşmiş ve yeniden düzenlenmiş eski bir paleo boşaltım sisteminin kalıntılarıyla ilişkili olmalıdır. Yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 31 km.

31) Bu çizgisellik birbirine bitişik alanların tabakalaşması arasındaki açısal uyumsuzluk temelinde tespit edilmiş bir faydır. Bir derin oyulmuş kanyon kayalık mahmuzları yerel olarak keser. Bu özellik muhtemelen şimdilerde tamamen gençleşmiş ve yeniden düzenlenmiş eski bir paleo boşaltım sisteminin kalıntılarıyla ilişkili olmalıdır. Tesise asgari uzaklık: 40 km.

32) 6 km uzunluğunda DKD-BGB doğrultusundaki çizgisellik bir küçük intramountain havzanın güney kenarıyla doğrusal olarak hizalanmıştır. Uzun doğrusal hizalanmış sırtlar tarafından işaretlenmiştir ve görünüşe göre havzayı dolduran çökeltilerin dokusundaki değişiklikle ilgilidir. Tesise asgari uzaklık: 42 km.

33) Bu alt-paralel KB doğrultusundaki konveks çizgisellikler, küçük sırtların ve karşı yamaç uçurumlarının hizalanması üzerine tespit edilmişlerdir. Bu özellikler için morfoseleksiyon savunulabilir. Tesise asgari uzaklık: 46 km.

34) Bu, açık bir jeomorfolojik ifade ile bir ayırt edilmiş alt-dikey fay/kırık mevcudiyetine göre tespit edilmiş eğimli alt-yatay kayalıkta gelişen, 8 km. uzunluğunda DKD-BGB doğrultusundaki çizgiselliktir. Yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 33 km.

35) 9 km uzunluğunda doğuya konveks bir çizgisellik küçük sırtların ve karşı yamaç uçurumlarının hizalanması temelinde tespit edilmiştir. Bu çizgi muhtemelen şimdilerde tamamen gençleşmiş ve yeniden düzenlenmiş eski bir paleo boşaltım sisteminin kalıntılarıyla ilişkili olmalıdır. Tesise asgari uzaklık: 23 km.

36) Asıl vadi tabanının ters tarafındaki diğer iki yarıkla hizalı bu iki küçük çizgisellik iki küçük alt-paralel vadinin mevcudiyetine göre tespit edilmiştir. Yakın dönem aktivitesinin olup olmadığını kesin olarak kanıtlayabilecek hiçbir Kuvaterner örtü bulunmamıştır. Tesise asgari uzaklık: 28 km.

37) Bu küçük çizgi asıl vadinin KB cephesindeki su bölümü boyunca uzanan doğrusal yarık tarafından işaretlenmiştir. Bu çizgisellik için açık morfolojik kanıt vardır ancak hiçbir Kuvaterner örtü bulunamamıştır ve görünüşe göre yerçekimi süreçlerinin bu tip özelliğin sebebi olması daha muhtemeldir. Tesise asgari uzaklık: 30 km.

38) Bu bir D-B doğrultulu,10 km uzunluğunda flüvyal dirseklerin (sağ adımlama ile), alçak düzen akımları, karşı yamaç uçurumları ve tepe yarığıyla vurgulanan bir çizgiselliktir. Düzlemsel attitüt alt-dikeydir. Tesise asgari uzaklık: 30 km.

39) Bunlar, işaretli jeomorfolojik kanıtlarını morfoseleksiyona borçlu olduğumuz Büyükeceli ve Koçaşlı bindirmelerine denk gelen, KD-GB doğrultulu bir dizi düz çizgiselliktir. Tesise asgari uzaklık: 3 km.

40) Bu 5 km uzunluğunda KB-GD doğrultulu bir çizgisellik olup vadi tabanının ters tarafında karşı yamaç uçurumları ve doğrusal yarıkların hizalanmasıyla vurgulanır . Tesise asgari uzaklık: 11 km.

41) Bu 3 km uzunluğunda KD-GB doğrultulu çizgisellikler, flüvyal dirsekler, karşı yamaç uçurumları ve sırtların hizalanmasına göre tespit edilmiştir. Derin oturmuş yerçekimsel süreçlerin bu tür özelliklerin sebebi olması görünüşe göre daha muhtemeldir. Tesise asgari uzaklık: 15 km.

42) Bu uzunluğu 3 ila 5 km arasında değişen KD-GB doğrultulu çizgisellikler flüvyal dirsekler, karşı yamaç uçurumları ve sırtların hizalanmasına göre tespit edilmiştir. İşaretlenmiş jeomorfolojik kanıtları muhtemelen tabakalaşma hali ve yapı eğilimleriyle uyumlu olmak suretiyle morfoseleksiyona borçluyuz. Tesise asgari uzaklık: 10 km.

43) Bir küçük kuşkulu KD eğimli yüksek açılı düz özellik bir su bölümünü tesisin 1,5 km KB'sında kesmektedir. Bu taze görünen ancak belli ki küçük özelliğin kaynağı, sadece 250 metre uzunlukta fotoğraflarda ayırt edilebilir olup, alanda teyidinin yapılması gerekmektedir. Tesise asgari uzaklık: 1.5 km.

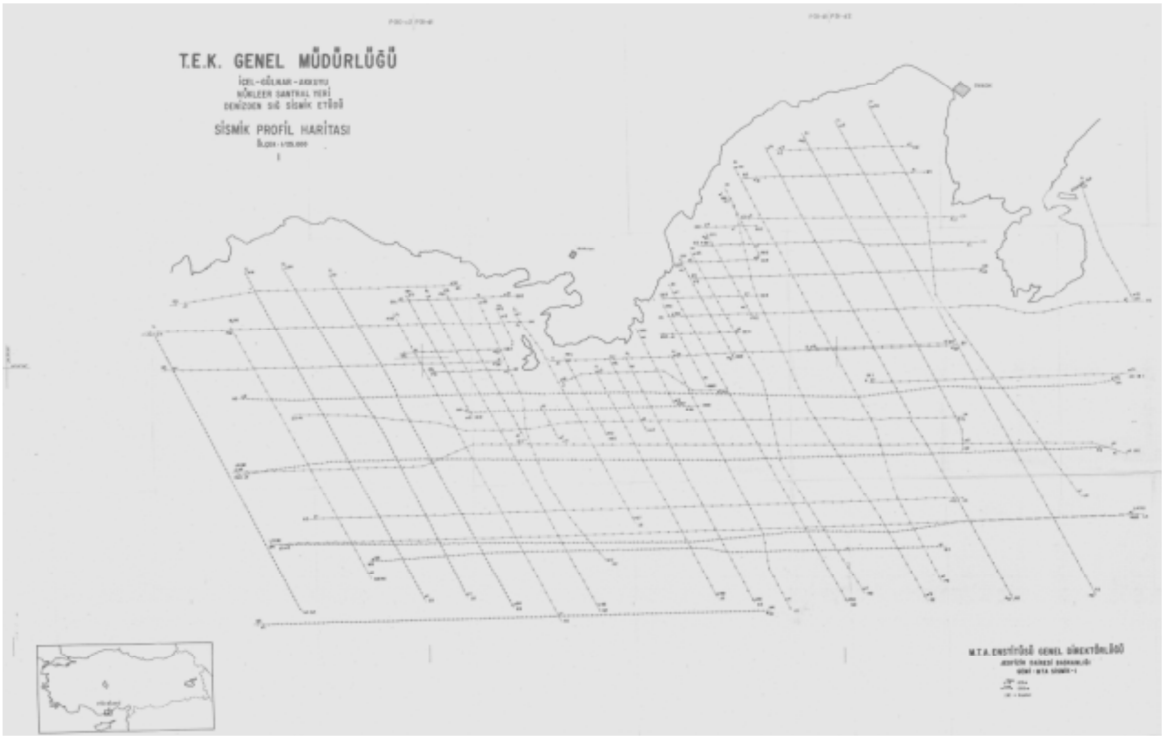
44) Tesis çevresinde ayırt edilen flüvyal teraslar, oyulmuş alüvyonlu yelpazeler gibi, sektörün yakın dönem içinde yükseldiğini göstermektedir. Yanışlı Vadisinde bir dizi merdiven şekilli, hem doldurulmuş&kesilmiş hem de geniş vadi kökenli bir dizi flüvyal teraslar ayırt edilir. Bu flüvyal teraslar, böylesi denize yakın bölgelerde, tipik olarak deniz seviyesindeki döngüsel yükseliş ve alçalma ve sahil kesiminin yükselmesi arasındaki doğrudan ilişkinin sonucudur ki sahil kesimindeki yükseliş eski vadi tabanlarının birbirini takip eden flüvyal aşınmalarla kesilmesine imkan tanır. Tesise asgari uzaklık: 4 km.

45) Bu çizgisellik birbirine bitişik alanların tabakalaşması arasındaki açısal uyumsuzluk temelinde tespit edilmiş bir faydır. Bu fayla bağlantılı hiçbir morfolojik ifade söz konusu değildir. Tesise asgari uzaklık: 13 km.

Yukarıda açıklandığı gibi yakın bölgeden geçen hiçbir büyük tektonik hat yoktur. 25 km yarıçap dışında giden bazı çizgiler, bölgenin en son haritalarına göre tesisin takriben 40 km kuzeybatısından geçen Nemrun Fay Sistemiyle bağlantılı olabilir.

6.6.3 DENİZ İNCELEMELERİ

1976 yılında MTA(Jeofizik Bölümü, Dr. M. Boztaş)Sismik-1 [6/159] gemisiyle Akkuyu tesisinin yakınında 613 km.'lik yüksek çözünürlüklü sismik hatları kaydetmiştir. Bu çalışma Akkuyu tesisini nitelemek için yapılan incelemeler kapsamında TEK (Türkiye Elektrik Kurumu) tarafından yaptırılmıştır. Aşağı yukarı Doğu-Batı ve KKB-GGD doğrultusunda uzanan hat çizgileri tesisten 5 km mesafe içinde 500 metre aralıklarla ve 10 km içinde de 1 km'lik aralıklarla kaydedilmiştir (Şekil 6/6.7). Hatlar kıyının 500 metre uzağından itibaren başlamıştır. Amaç, derinlik ölçüsü veren bir harita oluşturmanın yanı sıra, fay kırıklarını ve yerçekimsel çökme ve eğilmeler gibi diğer düzensizlik işaretlerini haritalamak suretiyle herhangi bir aktif faylanma olup olmadığını araştırmaktı. İki farklı sistem kullanılmıştır. Biri daha az içe işleme özelliğine sahip fakat 70 metreden daha sığ sularda daha yüksek çözünürlük sağlayan (çözünürlük 40-60 cm) ve diğeri de daha derinler (1 m. ulaşılmış çözünürlük) için (hava tabancası).



Şekil 6/6.7 –MTA'nın 1977 [6/159] tarihli raporundaki sismik hat gridleri

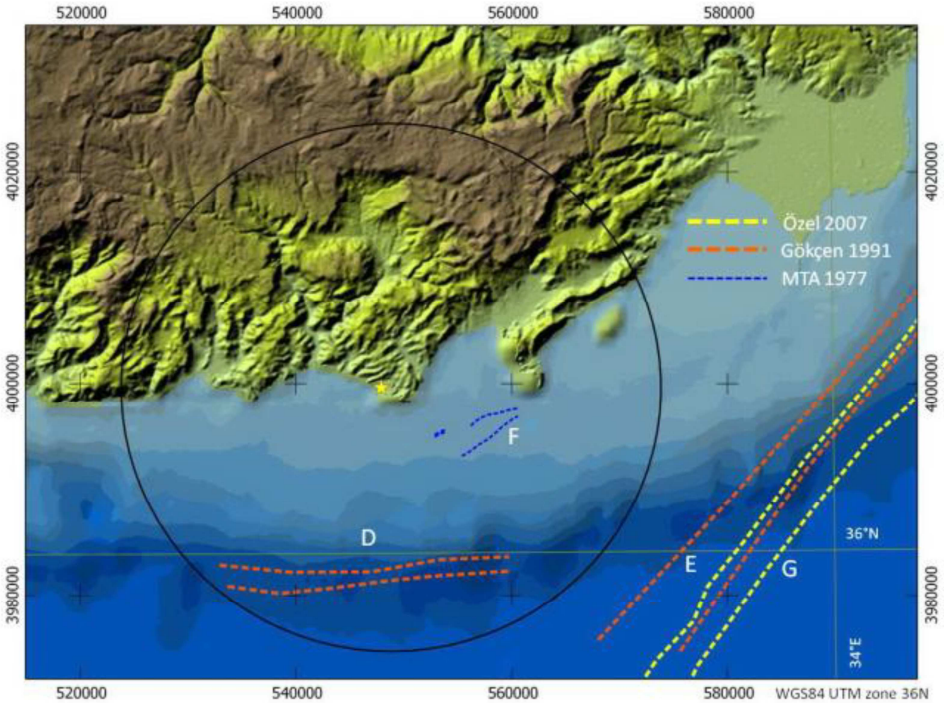
İnceleme bölgesi üç havzaya ayrılabilir: doğu(Ovacık), merkez ve batı. Ana sonuçlar aşağıda verilmiştir (Şekil 6/6.8):

a) Ovacık havzasında, deniz dibinde ca.30'lik karada görülebilir fayı devam ettiren fay kontrollü erozyon uçurumu olarak yorumlanan bir güney-kuzey inişi bulunmaktadır. Küçük faylanma ve toprak kayması özellikleri fark edilmiştir, ancak kaymaları küçük olup yanal

devamlılıkları yoktur. Keşfedilen havzanın güneydoğu kenarında, tesis sahasından en az 7 km uzaklıkta, graben özellikleri yüzeye yayılan ve kayması 1.5 metreyi bulan faylanma kanıtlarıyla birlikte haritalanmıştır. Bu özellik WorleyParsons tarafından 2011 yılında gerçekleştirilen kıyı ötesi yüksek çözünürlüklü sismik yansıma çalışmasında[6/244] araştırılmış ve aşağıda özetlenmiştir.

b) Merkez havzası kısmen derin aşınma özellikleriyle kesilmiş bir miktar uygunsuzluk göstermektedir, fakat kaymalar olduğuna dair kanıt yoktur.

c) Batı havzası kıyıya yakın kesimlerde resifli yapılar ve aşırı yük basıncından ileri gelen yerel uygunsuzluklar göstermektedir. Ayrıca kubbemsi yapılar da vardır ki muhtemelen sadece üst katmanlarda görülebilir olan ve yanal devamlılığı olmayan mağara ve küçük faylanmalar gibi yorumlanmaktadırlar.



Şekil 6/6.8 –Değişik kaynaklara göre Akkuyu tesis sahası içinde ve yakınında aktif kıyı ötesi faylar . Tesis alanından sadece 7 km uzaklıkta bulunan “F” olarak adlandırılan faylar en yakın dönemdeki sismik araştırmaların dışında tutulmaktadır [6/244]

Tesis sahasının güneyinde kıyı ötesi bölgede, 2011 yılı Kasım ayı boyunca, sahilden maksimum uzaklık olarak yaklaşık 25 km’yi ve 400 metre su derinliğini kapsayan jeofizik araştırmaları yürütülmüştür. Anadolu Jeofizik (AG) veri işleme sürecini ve yorumlamayı

gerçekleştirirken[6/244] veri toplama faaliyetleri Fugro Ltd. tarafından yürütülmüştür. Elde edilen bilgiler şöyledir:

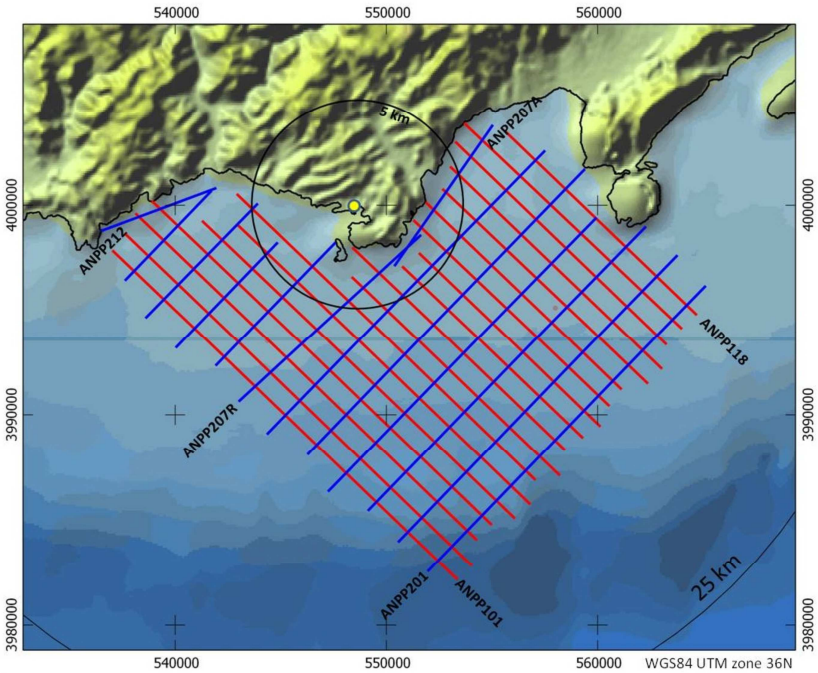
*1-Deniz tabanının detaylı haritasının çıkarılması için,çok ışınlı ve yan taramalı sonar kayıtları;

*2-En yüzeysel Kuvaterner stratigrafiyi detaylandırmak için,deniz tabanı profiller ;

*3-Daha derin stratigrafik birimlerdeki faylanmanın olası delillerini araştırmak için, 2-D yüksek çözünürlüklü yansıma hatları.

Sismik veri toplama parametreleri Şekil 6/6.9'da özetlenmiştir. Toplam olarak, yaklaşık 420 kilometrelik sismik hat kaydedilmiş, KB-GD doğrultusunda 1 kilometre aralığında 18 travers(Akkuyu NGS100 serileri) ve KD-GB doğrultusunda 2 kilometre aralığında 12 traversten (Akkuyu NGS200 serileri) oluşan bir gridde birlikte 30 traverse bölünmüştür.

Yorumlanmış hatlar prestack zaman mirasyonu ve prestack derinlik migrasyonu ile elde edilmiştir. İlgili genişlikler, resim bölümleri üzerindeki reflektör genişlikleri tabaka sınırları boyunca hız kontrastına orantılı olacak şekilde korunmuştur. Bölüm uzunlukları her biri için yaklaşık olarak 20 ila 6 kilometre arasında değişmektedir.



Şekil 6/6.9 –Tesis sahası çevresinin (5 km) ve yakın bölgesel alanın (25 km) kapsamlarına kıyasla 2-D kıyı ötesi sismik gözleminin traverslerinin haritası [6/244]

Yapılan sismik bölümler üzerine yapılan gözlemlerin listesi :

(1) Tüm bölümlerde, üst-taban kayası karadaki Alanya Masifi ile bağlantılı Devoniyen çağı ortalarına ait dolomitik kireçtaşı (B olarak adlandırılmıştır) olarak belirlenmiştir. Taban yükselmesinin bir sonucu olarak, birkaç tane büyük normal, fakat sadece tabanın kendisini etkileyen fay gözlemlenmiştir.

(2) Taban yükselmesi hemen üst tarafındaki çökelti sırasında kıvrımlanma ve faylanmaya neden olmuştur(T).

(3) bölümlerde Pliyosen sırası içerisinde büyük bir uygunsuzluk da açıkça tespit edilebilir (U olarak adlandırılmıştır). Taban yükselmesinin sebep olduğu tektonik olarak etkilenmiş kıvrımlanma ve faylanmalar (T) üst tarafını değil uyumsuzluğun altındaki çökelti sırasını etkilemiştir (U).

(4) Yer çekimi kayma etkisi üzerine oluşan hızlı birikmelerle alakalı, deniz dibindeki tabandan etkilenmiş çökelti yer değiştirmeleri (A olarak adlandırılmıştır) ve deniz dibi morfolojisi (E) gözlemlenmektedir.

(5) Eğimli su dibi boyunca sahanlık kenarının ötesinde yer çekimi etkisiyle oluşmuş deformasyonlar(C) gözlemlenmektedir.

(6) Alt dip Kuvaterner sıra (Q) ve daha derin Pliyosen sıra (P) arasında yansıma gücünde işaretlenmiş fark gözlemlenmektedir.

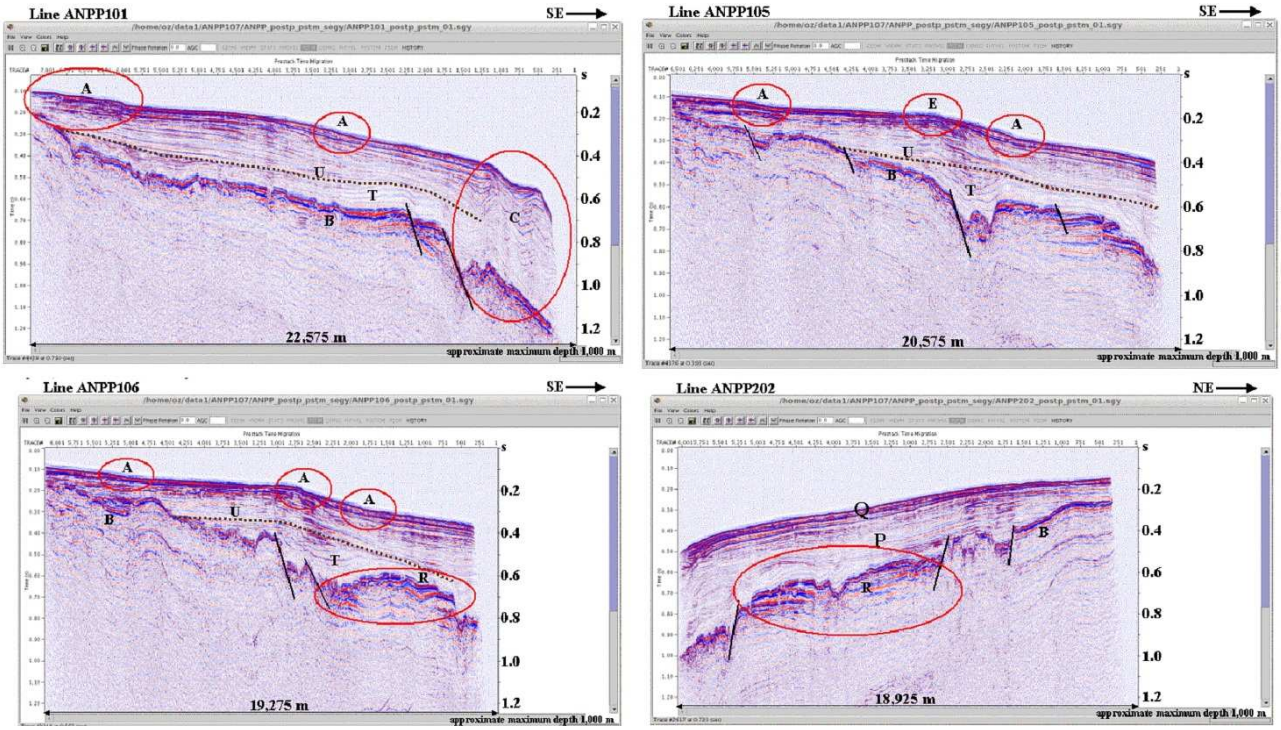
(7) Üst taban (B) derin kanal ve kanyonlarca oyulmuş aşınma etkisi altındaki yüzeyle bağlantılı aşırı derecede pürüzlü topoğrafya göstermektedir.

(8) Üst taban boyunca yansıma özelliğinde değişiklik gözlenmektedir ki bu da Devoniyen çağın ortalarından kalma tabanın üstünde olası resif oluşumuyla ilgili olabilir. Taban kayaları Akkuyu NGS tesisi sahası civarında yüzeye çıkmaktadır. Buna karşın, kireçtaşı resifleri aşınabilirken üst-taban kıyı yakınlarında daha yüksek taban yüksekliğine doğru hareket ederken bir keskin olayla (B) temsil edilir.

(9) Taban yükselmesinden dolayı oluşan ancak sadece tabanın kendisini etkileyen büyük faylanmalar gözlemlenmektedir .

Şekil 6/6.10 Yorumlanmış sismik bölümlerin temsil eden seçimini yeniden üretir. Sadece pre-stack zaman göçü işlemi uygulanmış (PSTM) hatlar gösterilmektedir. Tüm hatlar, Prestack derinlik göçü işlemi uygulanmış denk gelen hatlar gibi, WorleyParsons raporunda [6/244] bulunabilir. Bu

bölümler aşağı doğru 1.2 saniyeye, yaklaşık 1 000 metre derinliğe denk gelecek şekilde gösterilir.



Line : Hat

Şekil 6/6.10 – Pre-stack zaman migrasyonu uygulanmış (PSTM) sismik hatlar. Q - Kuvaterner, P - Pliyosen, A – Taban tesiri ile yerinden oynamalar, B – tabanın üstü, C – yer çekimi tesiriyle deformasyonlar, E – hızlı birikime bağlı morfoloji, R –olası kireçtaşı resifleri, T – taban yükselmesi tesiriyle kıvramlanma ve faylanma, U – Uyumsuzluk [6/244]

NWSE yönündeki 100 hatve SW-NE yönündeki 200 hat - boyunca PTSM bölümleri ve birikimsel birimlerin sınırlarının PSTM bölümlerinden ayrılmasıyla üretilen zaman ve derinlik yapılı haritalar üzerinde yapılan gözlemlere göre inceleme sahası için aşağıdaki yapısal tarih oluşturulabilir:

(1) Karadaki Alanya masifini oluşturan taban kayası Devoniyen çağın ortalarından kalma çatlaklı dolomitik kireçtaşıdır. Jeolojik zamanların uzun bir dönemi boyunca, bu formasyon aşırı derecede pürüzlü topografyanın ortaya çıkmasına sebep olan güçlü erozyona maruz kalmıştır.

(2) Daha sonra taban kayasında derin kanyon ve kanallar oluşturan erozyon sürecini hızlandıran taban yükselmesi meydana gelmiştir.

(3) Taban yükselmesi aynı zamanda taban topografyasını etkileyen basamak benzeri dizilen normal faylanmaya da sebep olmuştur.

(4) Müteakip Alt-Pliyosen trangresyon sonrasında, hızlı çökelti birikimleri taban kayasının üzerinde ilk birikimsel birimleri oluşturur (Birim1).

(5) Taban yükselmesi devam etmiş ve bunun sonucu olarak da kıvrımlanma ve faylanma şekillerinin üzerindeki birikimlerde ciddi deformasyona sebep olmuştur (T).

(6) Taban kayasının ve oluşan orta-dönem Pliyosen uygunsuzluğun hemen üzerinde birikim biriminin önemli bir bölümünün hızlı erozyonuna sebep olan bir geri çekilme meydana gelmiştir (U).

(7) Müteakip trangresyon iki ilave birikimsel birimini üst-Pliyosen dönemde uyumsuzluğunun üzerinde (Birim 2 ve 3) ve son birikimsel birimi de (Birim 4) Pliyo Kuvaterner dönemde oluşturmuştur.

(8) Ayrıca, tektonik aktivite Orta Pliyosendeki uygunsuzluk oluşumunun ardından durmuştur.

(9) Üst-Pliyosen ve Kuvaterner dönemler boyunca, (C)biriken çökeltiler taban tesiri altındaki deformasyonlara (A ve E) ve yer çekimi tesiri altındaki deformasyonlara (C) konu olmuştur.

(10) Her ne kadar bazı faylanmalar deniz dibine kadar ulaşan sıkıştırma etkisi altındaki deformasyonlar ve yer çekimi etkisi altındaki deformasyonların sonucu olarak meydana gelmişse de ; yine de ,bu faylar hiçbir şekilde aktif tektoniğe bağlanamaz. Dahası, deniz tabanı profilleri hiçbir tektonik bozulma işaret etmemektedir.

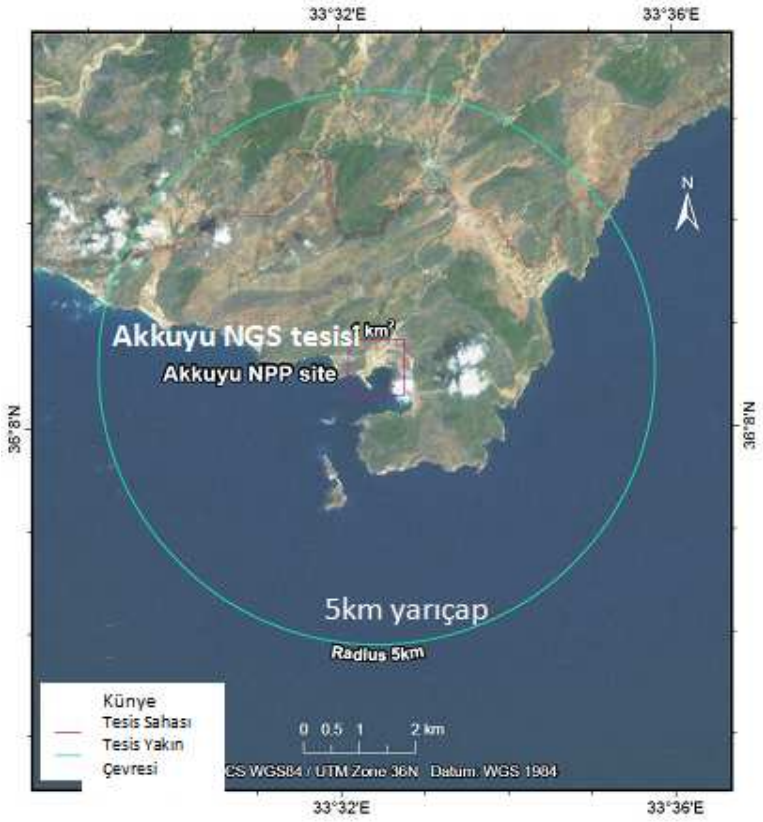
Sonuç olarak, Orta-Pliyosen dönemden şimdiki zamana kadar proje alanında hiçbir tektonik aktivitenin olmadığı ifade edilebilir. Aktif tektonikler arasında ilk önce taban yükselmesi şeklinde ve sonrasında inaktif dönem şeklinde ayrılan jeolojik zaman sınırını Orta Pliyosen uyumsuzluk çizer.

6.6.4 TESİS SAHASI YAKIN ÇEVRE İNCELEMESİ

Yüksek hassasiyette deniz sismik incelemeleri 5 km'lik alan içinde 2011 yılında gerçekleştirilmiştir (bakınız Bölüm 6.2). İncelemenin sonuçlarına göre kanal benzeri bir yapı (mikrograben tipi) paleokabartma gömülü yüzeydeki çökelti tabakasının dibinde ortaya konulmuştur. Bir nehrin kazıması yahut daha büyük bir ihtimalle bir faylanma etkisinin sonucu

olabilir. Ortaya konulan yapı yakın dönem çökelti birikimlerini bozmamaktadır, dolayısıyla bunun bir yakın dönem aktivitesi olmadığı sonucuna varılmaktadır

Tesis yakın çevresi/tesis alanında, manzaraya hakim küçük tepeler ve çok yumuşak şekilde yuvarlatılmış yamaçlarda topografik yüzeyin jeolojik anlamda yakın geçmişte tektonik hareketler olduğunu gösterir düzensizlik yahut jeomorfik kanıt yoktur. Akkuyu NGS Tesisi etrafında tesis yakın çevre alanı (5 km yarıçap) ve tesis alanı (1 km2) Şekil 6/6.11'de verilmiştir.



Şekil 6/6.11 – Akkuyu NGS A.S.Tesisi etrafında tesis yakın çevre alanı (5 km yarıçap) ve tesis alanı (1 km2)

Akkuyu NGS A.S.Tesisi Sahasında ve IAEA'nın yakın çevre ölçeği araştırmalar için 5 km olarak önerdiği mesafenin ötesine geçen yaklaşık 10 km yarı çaplı alanda bir dizi fay araştırması yapılmıştır. Özel fay hareketi riski analizi için, tesis sahasının 1:5000 ölçekli detaylı jeolojik haritası (Akkuyu paftası) kullanılmıştır.

Yeni tesis sahası araştırmaları esnasında gerçekleştirilen jeolojik keşif ve haritalama, Demirtaşlı'nın çalışma ve haritalamasına [6/56] dayandırılmıştır. Envy ve Worley Parsons tarafından yürütülen yakın dönem araştırmaları yakın çevre ve tesis sahasında haritalanmamış yapılara dikkat çekmiştir.

Tesis yakın çevresinde/sahasında aşağıdaki tektonik yapılar bulunmuştur:

Normal faylar

Akkuyu Fayı 60° kuzeye eğimli D-B doğrultulu normal bir faydır [6/56]. Fayın hareket doğrultusu, fay düzleminin doğu-batı doğrultulu niteliği ve fay boyunca formasyonların dizilişlerine göre çıkarılmıştır. Akkuyu fayının kuzeyindeki blok Büyükeceli Formasyonunun Db6 ve Db4 üyelerini daha genç Akdere Formasyonuna(Da) temas ettirecek şekilde~ 200 m kadar aşağı düşmüştür [6/56]. Akkuyu fayında kazılan T5, T6, T7 ve T8 hendeklerinin yanında T5 ve T8 hendeklerinde de karşılaşılmıştır ki bu da Akkuyu fayının Plio-Kuvaterner birikinti breşleri üzerinde bir etkisinin olmadığını gösterir.

Batıda Akkuyu Fayı Aksaz Koyu Fayınca sol-yanal olarak dengelenir. Aksaz Koyu alüvyonunda gerçekleştirilen sondaj araştırmaları Akkuyu fayının devamının D-B yönünde Alüvyonun altında olduğunu ortaya koymuştur [6/56].

Tepeköy Fayı batıya doğru 65°'lik fay düzlemi eğimi olan KKD-GGB yönlü normal bir faydır[6/56]. Tersiyer Tepeköy Formasyonu üzerinde etkisi olmadığına göre Miyosen'den daha eski olduğu değerlendirilebilir[6/56].

Yırtılma Fayları

Kesme faylarının eğilimi KKB-GGD ve KKD-GGB olmak üzere iki genel yöndedir [96]. KKD-GGB eğilimli faylar KKB-GGD eğilimli faylara göre daha önemlidir. Sağa veya sola açık yanal atımlı hareketler gösterir. Ancak bu kopma faylarının bir kısmı D-B eğilimli Akkuyu Fayından daha eskidir çünkü üst tarafları onun tarafından kesilmiştir[6/56]. Bu atımlı fayların ön-geç Permiyen variscan orojinezi ile ilgili olduğu varsayılmıştır. Buna karşın diğer atımlı faylarının gözlemlenmesi ön-Jura dönemine ait olarak varsayılan Permiyen ve Triyasformasyonları Eocimmerian orojinezi ile bağlantılı olarak dengelediğini göstermiştir[6/56].Bu fayların hiçbirinin Kuvaterner birikimler üzerinde etkisi gözlemlenmemiştir.

Devoniyen kayaçlar KKB-GGD fay eğilimi pürüzlü Devoniyen kayalardaki kırık ve çatlaklar gibi çok sayıda mikro-tektonik özelliklerin yönlendirmesi içinde gözlemlenir [6/223 ve 6/225].

Sondaj kuyuları ve araştırma çukurlarından elde edilen yeraltı verileri ve jeofizik kanıtlar da bu yönlendirme dahilindeki fayların yüzeyde görülmediğini göstermektedir [6/56].

Çatlaklar

Çatlaklardaki baskın yönler aşağıdaki gibidir:

*KKB-GGD

*KKD-GGB

*KD-GB

*GD-KB

Keskin ile yumuşak arasında değişen eğimlerle en sık şekilde rastlanan çatlaklar KD-GB yönlü olanlardır. BGB-DKD yönünde dikkate değer sayıda çatlak grupları vardır fakat diğer dört yöndekiler kadar yüksek miktarda değillerdir.

Bu çatlak gruplarının yönleri genellikle Akkuyu Tesis sahası ve Güney tektonik bölgesinin araştırmaları sırasındaki gerek yüzey gerekse de yeraltı incelemelerinden doğan çatlak yönlendirmeleriyle uyumludur [6/56, 6/223 ve 6/225].

Kıvrımlanmalar:

Güney bölgesindeki kıvrımlanmaların ana kıvrım ekseni yaklaşık olarak KD-GB yönüne eğilimlidir Tesis alanının kuzeyinde ise Büyükeceli Antiklinali ve Büyükeceli Senklinali şeklinde adlandırılan büyük antiklinal ve senklinal çifti bulunur. Büyükeceli'nin merkezinde ise atımlı faylarla yerinden oynamış DKD-BGB doğrultulu Akkuyu Antiklinali bulunur.

Bindirmeler:

Tesis yakın çevre alanındaki en ısrarlı ve önemli bindirme KD-GB doğrultulu kuzeybatı yönüne 40° eğimli 20 km kadar uzaklıkta bulunan Büyükeceli bindirmesidir [6/56]. Güney uzantısı Tesis Yakın Çevre Bölgesinin kuzey batı bölümünü Orta ve Güney tektonik bölgeleri arasında sınır oluşturduğu yerde keser. Stratigrafik kısıtlar Büyükeceli bindirmesinin yaşının Geç Eosen dönemine denk geldiğini göstermektedir [6/56 and 6/93].

Koçaşlı bindirmesi, Sipahili Formasyonunun üzerine Babadil grubunun üzerinde binen Büyükeceli bindirmesine paralel uzanır [6/56 and 6/93]. Büyükeceli ve Koçaşlı bindirmelerinin ikisinin de aynı tektonik döneme ait olması görünüşe göre muhtemel olduğundan Geç Jura döneminden daha eski olmalıdırlar.

Sarnıç bindirmesi Tepeköy köyünün yaklaşık 2 km güneyinde KKD-GGB yönlü Tepeköy fayında sona erinceye kadar KD-GB eğilimi göstermektedir [6/56 and 6/93]. Tepeköy Fayı İlk Miyosenden eski bir normal fay olduğuna göre, sarnıç fayının Miyosenden yani 20 milyon yıldan eski olduğu değerlendirilmiştir. [6/56 and 6/93].

Taşlık Bindirmesi tesis alanı içersinde tesisten bir kilometre kuzeyde GB-KD yönünde eğilim göstermektedir. Boyunca Büyükeceli Formasyonunun bir çok öğesi Kırtıldağı Formasyonunu üzerler, Taşlık Bindirmesi 160 milyon yıl önce Eocimmerrian orojeni kıvrımlanmalarının temel fazı esnasında hareket eden Gökgedik bindirmesinin eşleniği olarak kabul edilir [6/56 and 6/93].

Gökgedik Bindirmesi tesisin 2 km doğusunda olup genelde KB-GD yönlü eğilim gösterir. Gökgedik Tepesinin 1 km güneyindeki koyda iyi yerleşik olup Gökgedik tepesindeki bir çok KD-GB eğilimli atımlı fayla kesilir [6/56]. Yukarıda bahsedildiği gibi, Gökgedik fayının Eocimmerian orojeni sırasında hareket ettiği düşünülmektedir[6/56].

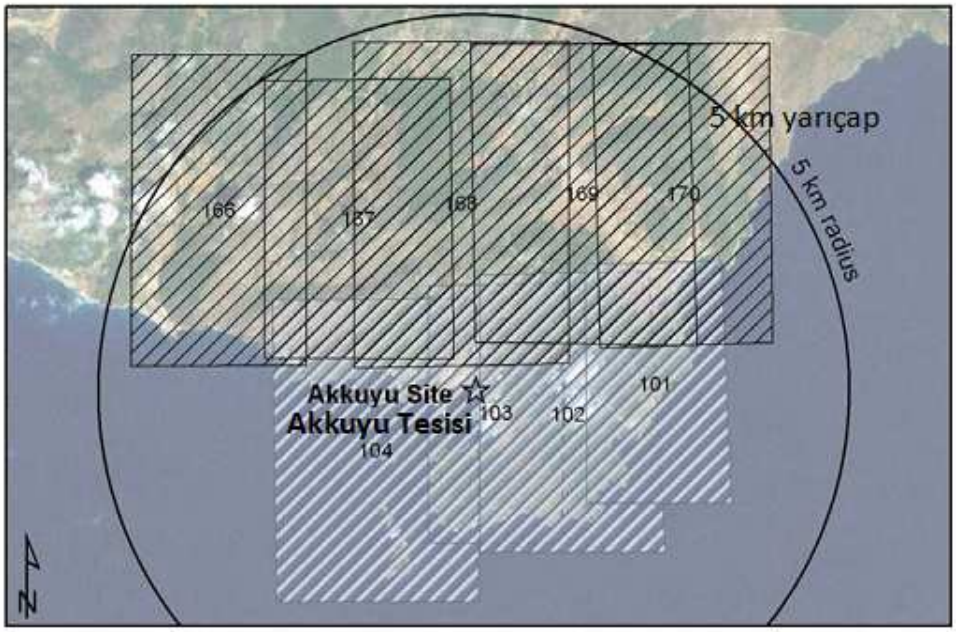
Aksaz Koyu fayı hendek araştırmaları sonucu atımlı parçası olan bindirme fayı olarak bilinir. Daha önceleri bu KKB-GGD eğilimli fay Akkuyu fayını yerinden oynatan sol yanal atımlı fay olarak varsayılırdı[6/56 and 6/93]. Aksaz Fayının üzeri Aksaz Koyu Kuvaterner alüvyonuyla örtülüdür.

Bu alüvyon üzerinde delinen sekiz sığ sondaj araştırması, hendek araştırmaları, Aksaz fayının Kuvaterner birikimler üzerinde etkisinin olmadığını göstermektedir [6/56].

2011 yılında WorleyParsons veritabanını tamamlamak ve fay hareketi riski değerlendirmesine destek olmak amacıyla tesis yakın çevresinde ve tesis alanında detaylı bir hava fotoğraf yorumlama çalışmasını gerçekleştirmiştir. Üç farklı hava fotoğraf kapsamı analiz edilmiştir. Yakın çevre analizi 1984 yılında elde edilen 1:15000 ölçekli siyah beyaz kapsamı kullanmıştır.

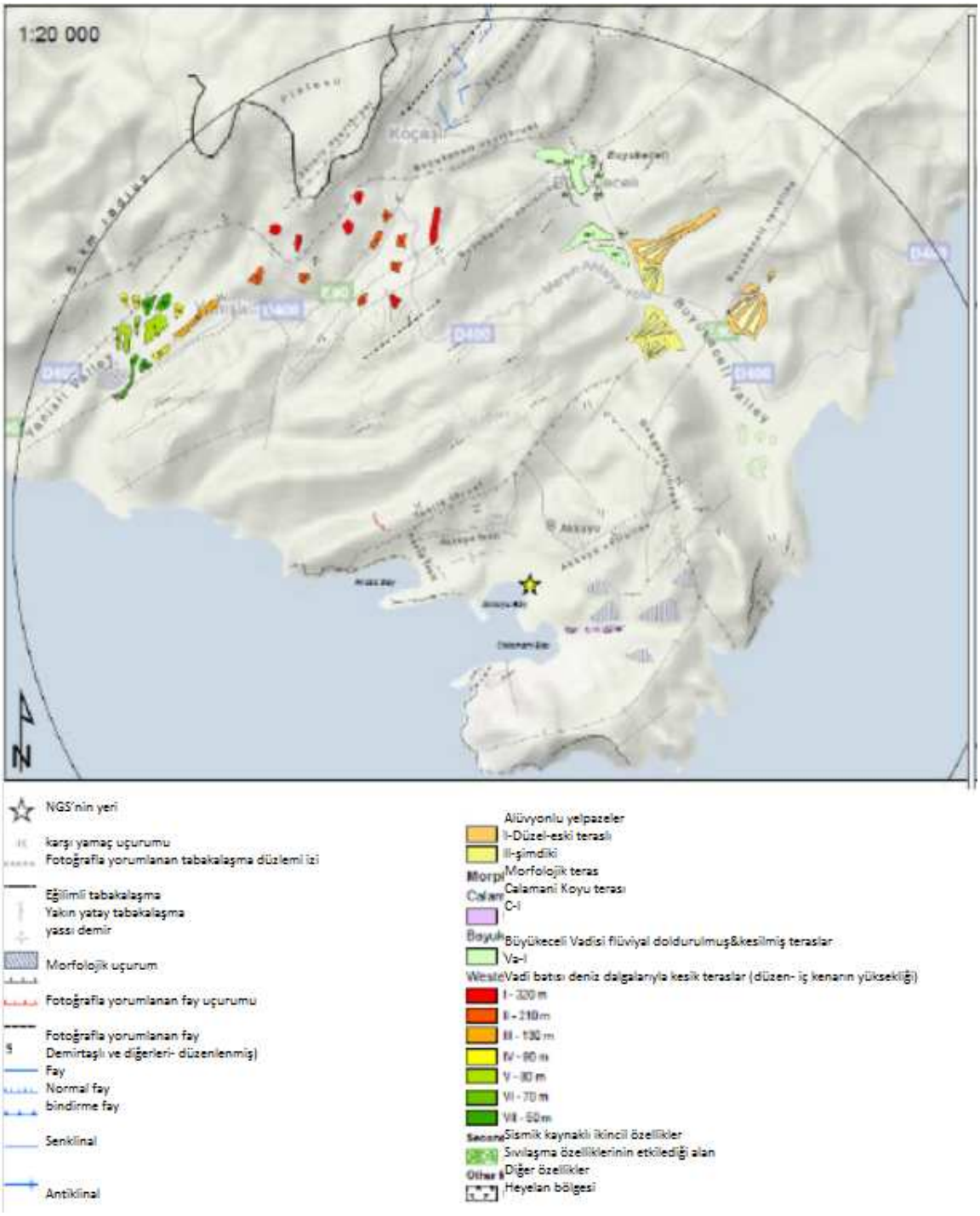
D-B yönünde tesis yakın çevre karasal alanının yaklaşık %97'sini kapsayan 2 farklı uçuş yörüngesinden oluşur (Şekil 6/6.12).

Ortalama yanal üst üste gelme D-B yönünde %65 ve N-S yönünde ise %40 düzeyindedir ve araştırılan bölgenin bir optimal 3D ile kapsanmasını sağlar. Bu fotoğraf dizisince kapsanmayan yakın çevre alanı 1:30000 ölçekli siyah beyaz kapsamla analiz edilmiştir. Bu diziler yakın bölge alanının da bazı seçilmiş alanlarının daha derinlemesine detaylı şekilde araştırılmasında da kullanılmıştır.



Şekil 6/6.12 – Tesis yakın Çevre Alanından Hava Fotoğrafı Kapsaması. Orijinal fotoğraf ölçeği 1:15000 [6/242]

Şekil 6/6.13 Araştırma sonucu geliştirilen, tanımlanmış fayları ve çizgisellikler boyunca jeomorfik özellikleri gösteren morfeoteknik haritayı sunmaktadır.



Şekil 6/6.13 – Tesis sahası yakın çevresinin morfotektonik haritası [6/242]

Ana bindirmelerin güneyinde kıvrımlanma hakimdir ve manzaranın yapısal şekillerine yön verir. Tabakalaşma fotoğraf yorumlama tekniği ile orta ölçekte kolaylıkla ayırt edilebilir ve değişik tiplerdeki kayaları vurgulayan analiz edilmiş resimler üzerinde değişik doku ve renklerin dönüşümünü sağlar. Kıvrımlanmış cepheler boyunca, ilgili uygun katman daha aşınabilir olanla değişirken, aşınmış domuz sırtı yahut cuestadan ileri gelen hizalanmış ütü altı yamaçlar ayırt edilebilir. Bu özellikler, kenarları boyunca tabakalaşma düzlemini takiben yukarı eğimli bölümde karşı yamaç uçurumları ve takip eden thalweg tarafından sık sık vurgulanır. Paralel yahut kafes drenaj tipi hakimdir ve alt paralel kıvrımlanma ve yüksek açılı homoklinalik yamaçlarca yönlendirilir.

Sarnıç bindirmesinin kuzeyinde Triyastan Jura dönemine kadar birimler uygunsuz şekilde Paleozoyik kalıntıların üzerini örtmektedir. Yükseltilmiş, yatık ve hafifçe oluklu alan tarafından vurgulanmakta olan yüzeyleyen Mesozoyik dizi, Yanışlı Vadisinin sağ cephesi boyunca tesis sahasının yakın çevre bölgesinin KB sektöründe kalan bir platoyu oluşturur. Bir yüksek kayalık platonun sınırlarını işaretler: GB üzerinde ve batı tarafında haritada oldukça dalgalı görünmekte, uzayan bir erozyon aşamasını işaret etmektedir. GD tarafında ise plato sınırları, morfolojik plato uçurumu Sarnıç bindirmesinin kendisi boyunca Koçaşlı köyüne yakın yerde bulunduğuna göre, KD-GB doğrultusunda düz şekilde uzanır. Sarnıç bindirmesinden birkaç yüz metre GD yönünde ise Koçaşlı bindirmesinin geçişi bir altparalel vadi ve bazı flüvyal dirseklerin hizalanması tarafından vurgulanır. Bu özellikler Babadıl Gr ve daha az aşınabilir olan Sipahili Fm arasındaki geçişle alakalı olup yerel olarak tektoniktir.

Bu iki formasyon arasındaki stratigrafik geçişin sistematik şekilde Sipahili Fm ve tabakalaşmaya alt-paralel boşaltım şebekesi ile bağlantılı kabartmaya sebep olduğu diğer bölgelerde de benzer özellikler gözlemlenmiştir.

Tüm bu özellikler ayırıcı erozyon ve morfoseleksiyondan ileri gelir. Büyükeceli antiklinalinin merkezinde ve tesis alanı yakınlarında temel yerel faylarla (Taşlık bindirmesi Gökgedik bindirmesi) alakalı hiçbir fay yetkinliği kanıtı bulunamamıştır.

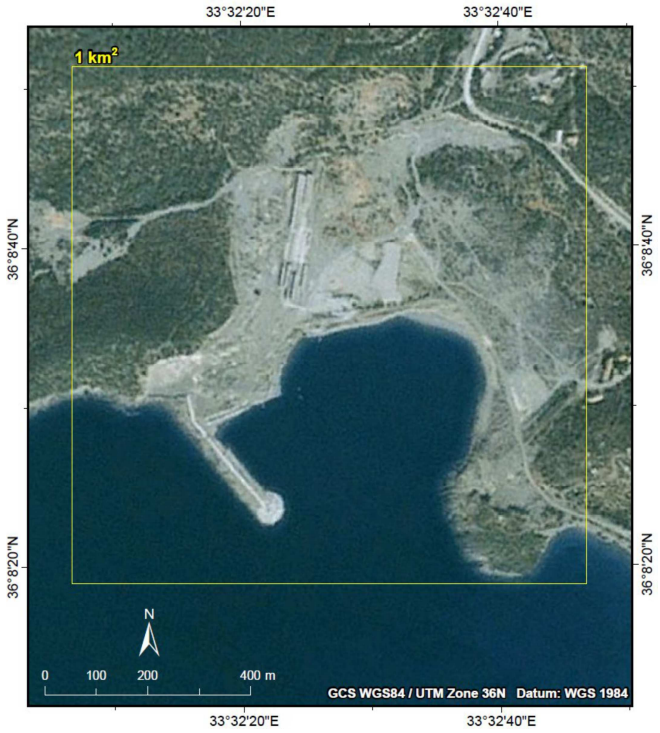
Yanışlı Vadisi ve Büyükeceli Vadisindeki farklı tepelerde flüvyal teraslar vardır. Mevcut vadi tabanından 20-30 metre yüksekte bir doldurulmuş-kesilmiş terasın basamağı Büyükeceli kasabasının yakınlarında bulunmaktadır. Vadinin sol tarafı teraslanmış alüvyon yelpazelerin varlığıyla nitelenir.

Tektonik yüzey deformasyonuna ilişkin potansiyel riskle alakalı olarak, yakın dönem (Geç Pleistosenden Holosene) yüzey faylanma olayları, eğer mevcutlarsa, bilhassa da bölgenin muhafazakar iklimsel ve morfolojik çerçevesi göz önünde bulundurulduğunda halen ayırt edilebilir

olmalıdırlar. Önceden belirtildiği gibi, yakın dönem yüzey faylanmalarıyla yerel faylar arasında bağlantıya dair kanıt yoktur. Özel olarak, taşlık bindirmesi veya Akkuyu fayı üzerindeki bir yakın dönem hareketi bir karşı yamaç uçurumuyla ayırt edilebilir olmalıdır ki böyle bir durum söz konusu değildir. Sadece tesis alanının 1.5 km KB'sinde bulunan tam da Taşlık bindirmesinin kuzeyindeki akaçlama havzasıyla kesişen küçük ölçekli bir kararsız düzlemsel özellik çok uzaktan yüzey faylanma etkileriyle ilişkilendirilebilir. Bu 250 metre boyunca uzunlamasına takip edilebilen KD eğimli yüksek açılı bir düzlüktür. Bu muhtemelen, Büyükeceli antiklinoryumuna ait orta ölçekli katlamalarla bağlantılı bir ikincil fayın yüzey ifadesi olabilir. Akkuyu tesis alanının teyit aşaması analizinde bu özelliğin daha detaylı araştırılması (araştırma hendekleri (trench) aracılığıyla) planlanmaktadır.

Tesis sahasının yakın çevre alanındaki ayırt edilmiş flüvyal teraslar, tıpkı gömük alüvyon yelpazeler gibi, sektörün yakın dönem yükselişini işaret eder. Bu terasların daha detaylı analizi kalıntı yüzeylerinin geçici tarihlenmesi, teras yüksekliğinin daha net şekilde hesaplanması ve bunun sonucu olarak da sektörün ortalama yükselişinin tahmin edilmesi ve literatür verileriyle karşılaştırılması için (e.g. 0.2 mm/yr [6/51]; 0.1 mm/yr [6/53]) faydalı olacaktır

IAEA SSG-9 [6/113]'ye göre tesis sahası Nükleer Güç Santrali Tesisinin kapladığı tipik olarak 1 kilometrekare olarak kabul edilen Şekil 6/6.14) tüm alanı içermelidir (yani tesis yönetiminin kontrolü altındaki).



Şekil 6/6.14 – Akkuyu Tesis Bölgesi Haritası

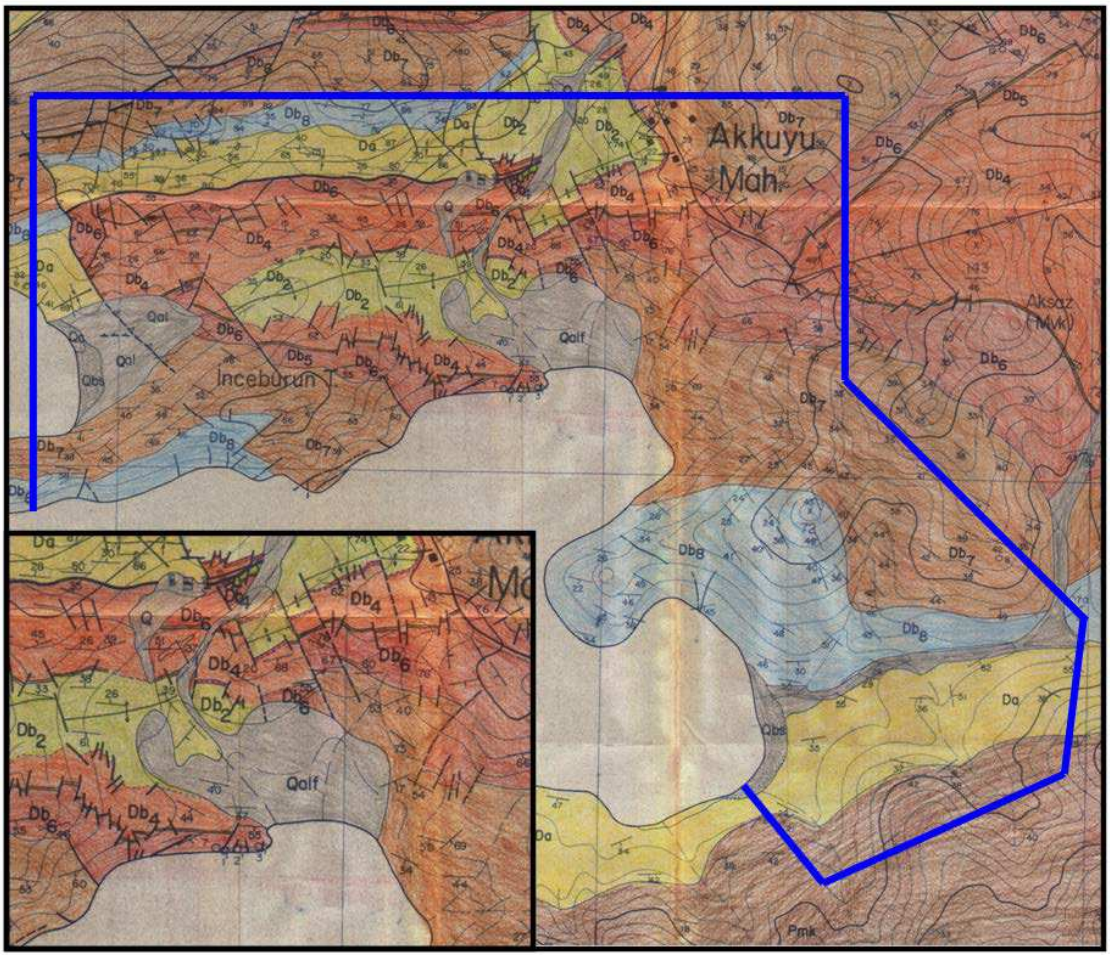
Geçmiş jeolojik araştırmalar Akkuyu NGS Tesisi veritabanına önemli bilgiler sunan geçerli çalışmalar olarak kabul edilmektedir.

1954 yılında, M.Blumenthal Türkiye'nin jeolojik haritasını bir araya getirmek amacıyla Silifke ve Anamur arasında 1:100 000 ölçekli ilk jeolojik incelemeleri (pafta numarası Silifke 143/2) yürütmüştür. 1966 ve 1981 arasında E.Demirtaşlı bölgeyi 1:25 000 ölçeğinde haritalandırmış ve Silifke'nin jeolojik haritalarını derlemiştir (P31d1, P31d2 ve P31c1). 1976 yılında, Akkuyu NGS Tesisine odaklı detaylı jeolojik çalışmalar 1:10 000 ölçekli beş harita sağlamıştır (P31b1 No.1-4, P30c2 No.3).

Takip eden yıllarda, Türkiye'nin Maden Tetkik Araştırma Enstitüsünün (MTA) Jeoloji Bölümü E.Demirtaşlı liderliğindeki bir grup jeologla birlikte Akkuyu NGS Tesisi sahasını 1:5000 ve 1:1000 ölçekleriyle haritalamış ve Büyükeceli Formasyonunu sekiz öğeye ayırmıştır. Bu jeolojik araştırmalar sırasında, uyumsuzluklar, kıvrımlanmalar, faylar ve çatlaklar gibi tüm yapısal özellikler bölgenin tektonik niteliklerini ortaya koymak amaçlı olarak incelenmiştir[6/56]. Bölgenin en yakın tektonik aktivitesini tanımlamak amacıyla, önemli faylarda (Akkuyu ve Aksaz fayları), Kuvaterner birikintilerde ve Akkuyu Nükleer Güç Santrali Tesisinin kurulmasının planlandığı alanda toplam 10 hendek açıldı. Yakın dönem tektonik aktiviteye dair hiçbir işaret olmadığını ortaya koyan sonuçlar nihai tesis jeoloji raporunda sonradan derlenmiştir [6/225].

1986 yılında başka bir detaylı jeolojik çalışma Ortadoğu Teknik Üniversitesi tarafından ikinci bir NGS Tesisi Ünitesi için dikkate alınan Çamalanı bölgesi için yürütülmüştür[6/155].

1980'ler boyunca yürütülen yoğun kazı çalışmaları tesis sahasında dik kesim yamaçlı kazılmış yüzeyler ve doldurulmuş geniş bölümler oluşturmuştur. Bu bölümler boyunca, suni etkilerden bağımsız olarak durumu gösteren eski jeolojik haritalar şimdilerde üstü örtülü olan alt yüzeyi anlamak için kullanılabilir.



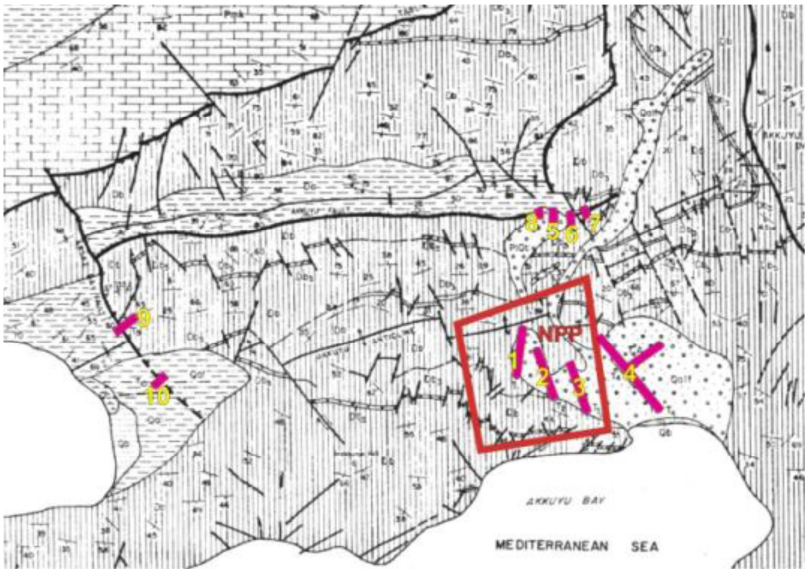
Kuvaterner		Qc	Kaliş
		Qbs	Plaj kumu
		Qal	Alüvyon
		Qaf	Alüvyonlu yelpaze birikimleri
Plio Kuvaterner		PQb	Moloz breş
Triyasik		Trk	Kuşyuvasıtepe
Üst Permiyen		Pmk	Kırtıldağı Formasyonu:vake taşı, kuvarzit, istiftaşı
Üst Devonyen		Da	Akdere Formasyonu: Kireçtaşı, kuvarzitik kumtaşı, vake taşı
Orta devonyen	Büyükeceli Formasyonu	Db8	Fosilli dolotaşı, dolomitik vake taşı
		Db7	Kuvartzitik kumtaşı, vake taşı
		Db6	Megabreş, vake taşı
		Db5	Vake taşı
		Db4	Dolomitik kireçtaşı, şist, megabreş
		Db3	Kuvartzitik kumtaşı
		Db2	Vake taşı, dolomitik kireç taşı, megabreş
		Db1	Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı
			Bindirme fayı
			Normal fay
			Doğrultu atımlı fay
			Antiklinal eksen
			Senklinal eksen
			Atım ve eğim

Şekil 6/6.15 –NGS tesisi sahasının MTA ekibi tarafından hazırlanmış Jeolojik haritası [6/56]. Mavi çizgi çalışmanın inceleme sahasının ana hatlarını çizmektedir. Şekil bugünlerde yeni oluşmuş kesilmiş doldurulmuş alanlarla nitelenen Akkuyu Koyunun yakın çekim görüntüsünü göstermektedir.

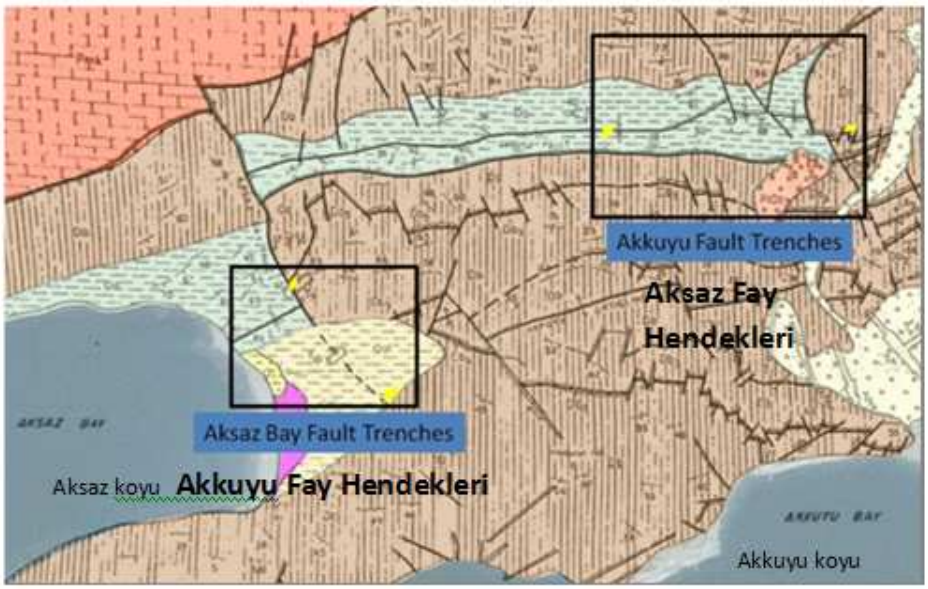
6.6.5 PALEOSİSMOLOJİK ARAŞTIRMALAR

10 Hendek araştırması ODTÜ/EERC 1983 [6/226] tarafından tesis sahasında (T1, T2, T3 ve T4), Akkuyu fayı (T5, T6, T7 ve T8) ve Aksaz fayı (T9 ve T10) boyunca yürütülmüş, yerleri Şekil 6/6.162de sunulmuştur.

2011 yılında, dört yeni hendek, Kuvaterner birikimlerin dağılımı ve tesis erişilirliği dikkate alınmak suretiyle Akkuyu (T1 ve T2) ve Aksaz (T3 ve T4) fayları boyunca Envy tarafından kazılmıştır (yerlerini Şekil 6/6.17'de görebilirsiniz). ODTÜ hendekleri 2011 yılında Dr. E. Demirtaşlı tarafından [6/93] temelde ODTÜ/EERC (1983)[6/226] sonuçlarını teyit eden aşağıdaki sonuçlarla yeniden değerlendirilmiştir.



Şekil 6/6.16–ODTÜ/EERC 1983 [6/226] tarafından araştırılan hendek sahalarının konumu



Şekil 6/6.17–Envy tarafından kazılan dört hendeğin konumu, 2011 [6/69]

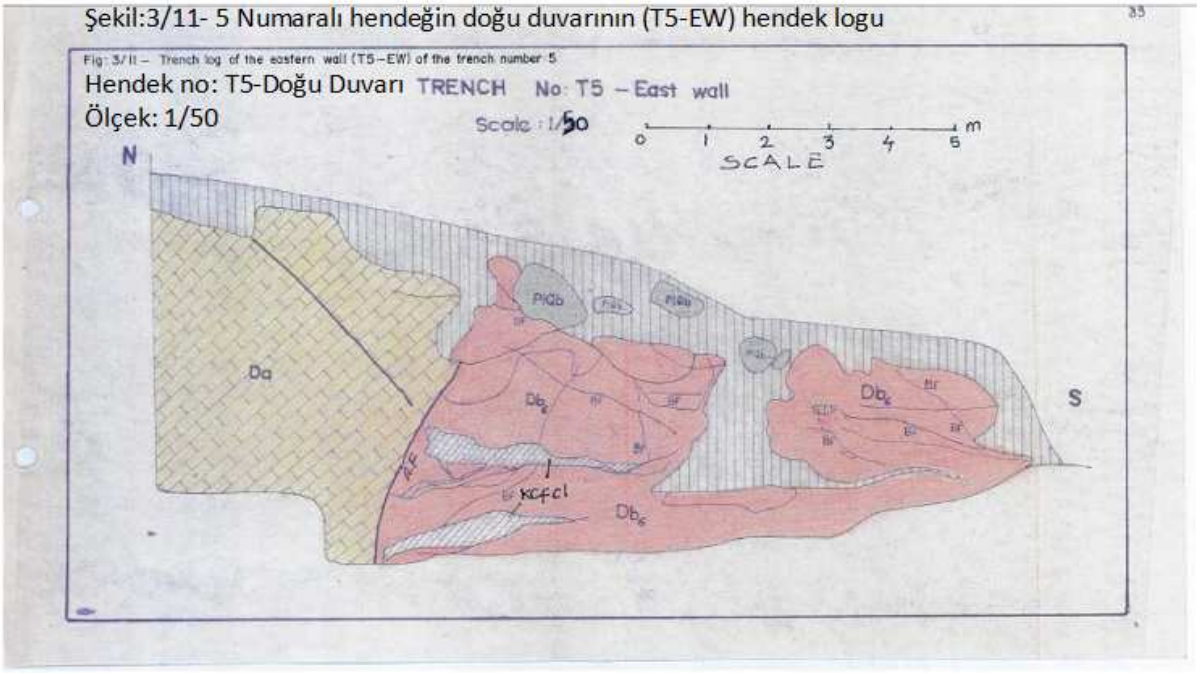
Akkuyu Fayı

Hendek T5, ODTÜ

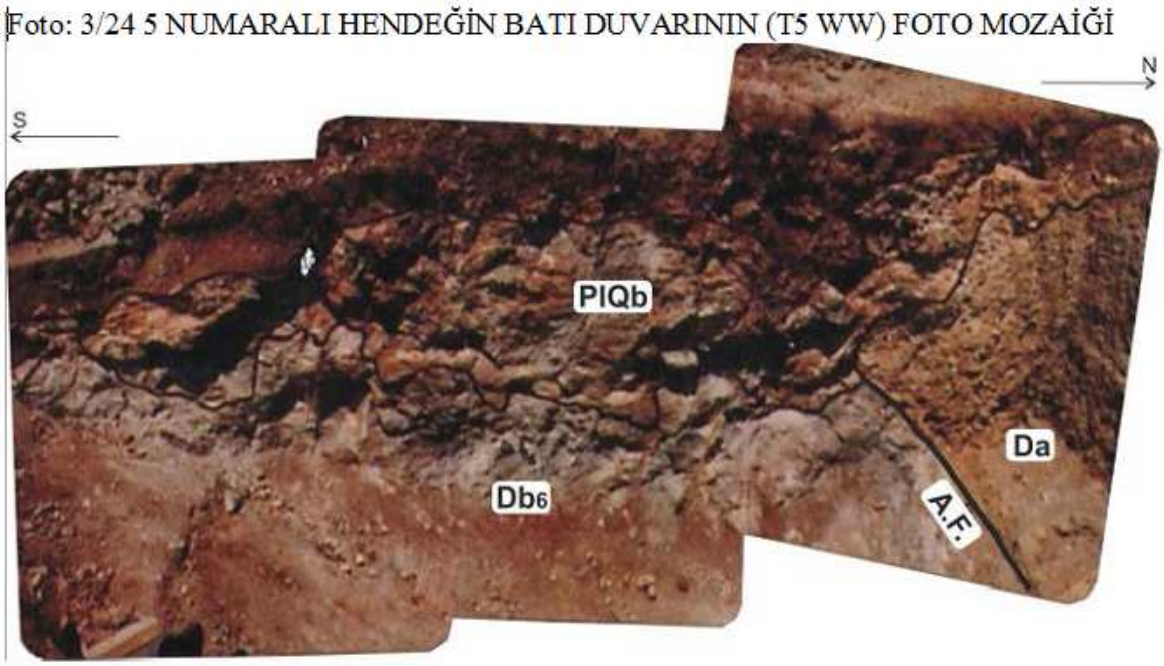
Hendek T-5 14m uzunluğunda , 8m genişliğinde ve 5m derinliğindedir. T-5 hendeğinin Batı Duvarı Doğu Duvarına göre daha fazla bilgi sağladığına göre detaylı şekilde araştırılmıştır ve Doğu Duvarı 1:50 (Şekil 6/6.19) ölçeğinde kullanılmasına rağmen kendisi 1:20 ölçeğinde (Şekil 6/6.18) kullanılmıştır. Bu incelemeden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

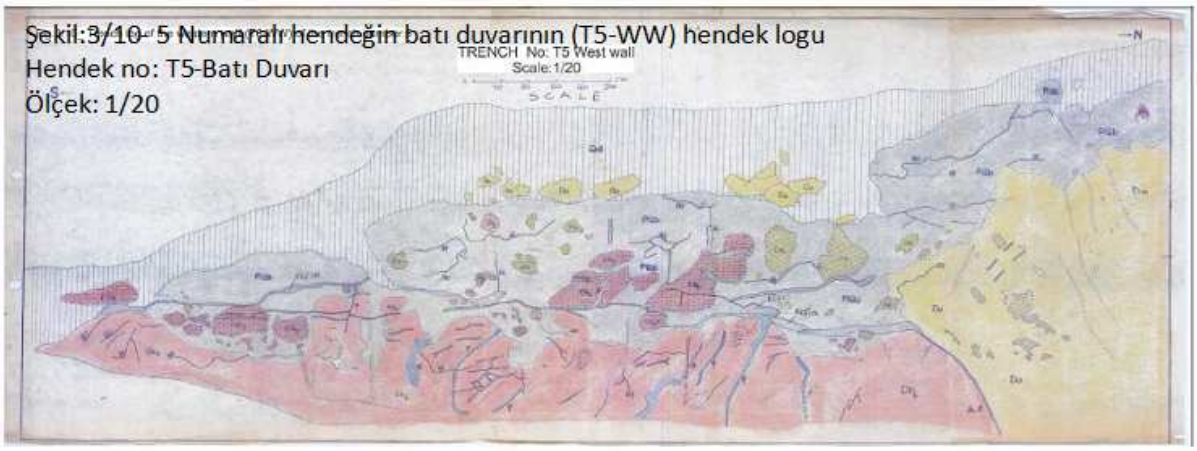
- Akkuyu Fayı Plio-Kuvaterter Breş (PlQb) ve Kuvaterter alüvyona (Qal)'a göre üstte durur;
- Pliyo-Kuvaterner breşler ve altında uzanan Büyükeceli formasyonunun (Db6) üyesi Kuvaterner yaşlı alüvyonun çökelmesinden önce erozyon ve karstlaşmaya maruz kalmıştır;
- Karstik mağaralar Büyükeceli formasyonunun (Db6) üyesi ve Pliyo-Kuvaterner içinde gelişmiştir. Breşler kalker çimento ve kırmızı kil ile dolmuştur. Fay ve çatlak gibi tektonik aktivitelerin bu birikintiler üzerinde görülebileceğine dair hiçbir işaret yoktur ki bu da tektonizmanın karstlaşmadan önce durduğunu işaret eder.

Foto: 3/25 5 NUMARALI HENDEĞİN DOĞU DUVARININ (T5 EW) FOTO MOZAİĞİ



Şekil6/6.18 – Akkuyu Fayı boyunca 5 numaralı Hendeğin Doğu Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu [6/93]





Şekil 6/6.19 –Akkuyu Fayı boyunca 5 numaralı Hendeğin Batı Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu[6/93]

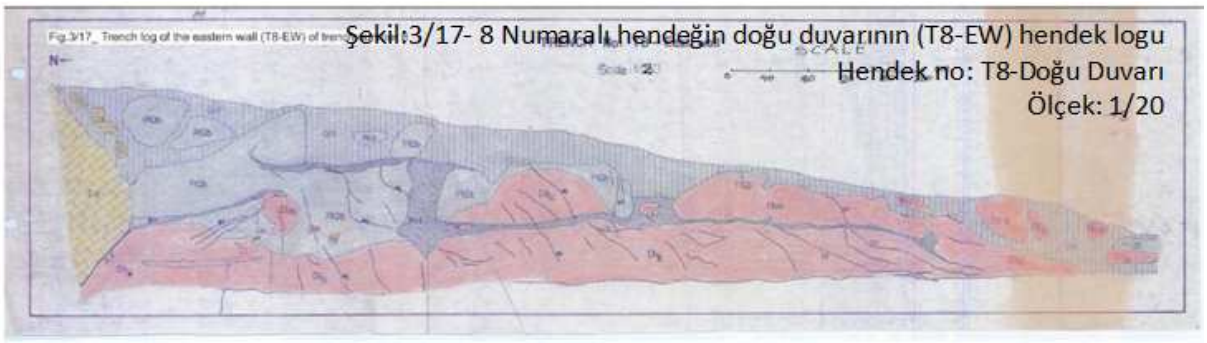
Hendek T8, ODTÜ

T8 Hendeği 20 metre uzunluğunda 8 metre genişliğinde ve 5 metre derinliğindedir.

Pliyo-Kuvaterner breşlerin Büyükeceli ve Akkuyu formasyonlarını uygunsuz şekilde örttüğü ve bölgede azami kalınlığa ulaştığı T-5 hendeğinin 25 metre batısında açılmıştır.

Bu Hendek hem Akkuyu Fayının yetkinliğini araştırmak hem de Plio-Kuvaterner breşlerle Büyükeceli ve Akkuyu formasyonları arasındaki stratigrafik ve yapısal ilişkiyi ispatlamak amacıyla açılmıştır.

Doğu duvarında 1/20 ölçeğindeki hendek logları ve 1/10 ölçeğindeki fotoğraf Şekil 6/6.20'de gösterilmektedir.



Şekil 6/6.20 – Akkuyu Fayı boyunca 8 numaralı hendeğinDoğu Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu [6/93]

T8 hendeğinin araştırmalarından elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

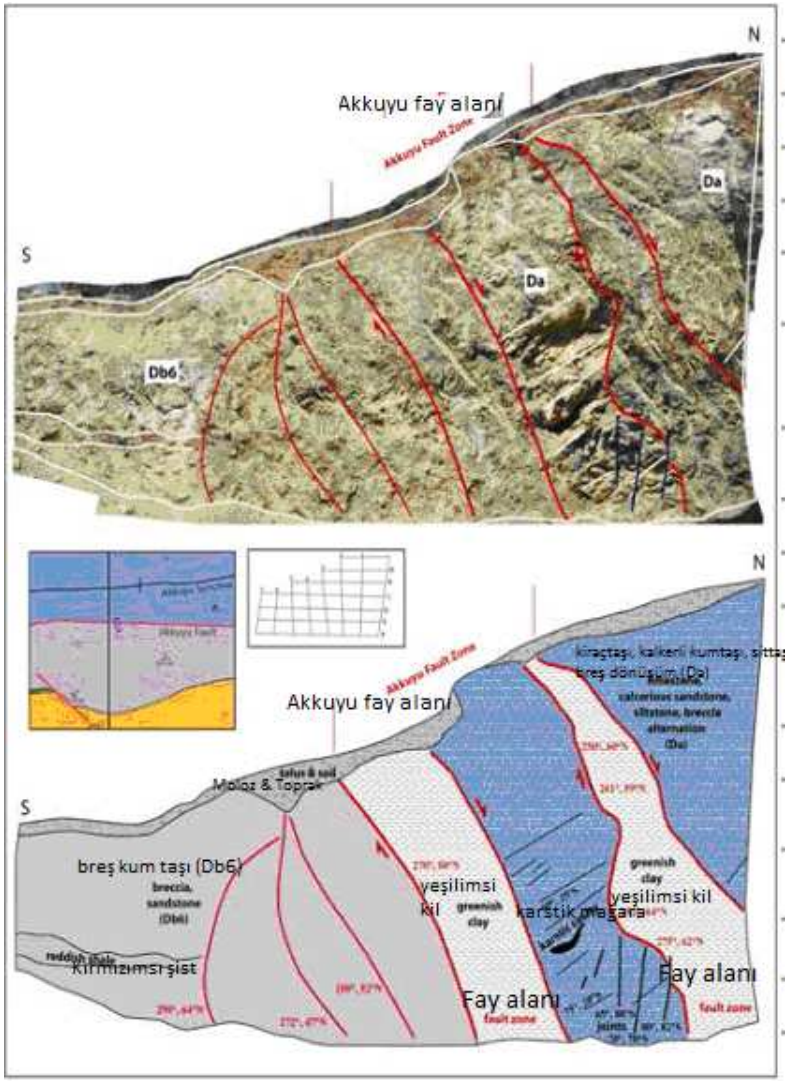
- Akkuyu fayı Pliyo-Kuvaterner breşlerden ve gerek Plio Kuvaterner breşleri gerekse de Büyükeceli ve Akkuyu formasyonlarını uyumsuz şekilde örten Kuvaterner Alüvyondan daha eskidir;
- Plio-Kuvaterner breşler genç alüvyonların birikmesinden önce Büyükeceli Formasyonunun vurgulayıcı öğesi (Db-6) ile birlikte erozyon ve

karstlaşmaya maruz kalmıştır. Karstik mağaralar kırmızımsı kil ve karstik mağara ve açık çatlaklarda dolaşan kireç bakımından zengin yeraltısularının biriktirdiği kaliş benzeri kireçli birikinti ile dolmuştur. Bu mağara dolduran kil taşları veya kalkerler 10-15 metre uzunluğunda devamlılığı olan bozulmamış tabakalar oluşturur ki bu da karstlaşma faaliyeti sonrası Akkuyu bölgesinde hiçbir tektonik aktivitenin olmadığını gösterir.

Hendek T1, Envy

Hendeğin batı duvarında yapılan gözlemler Şekil 6/6.21'da gösterilmektedir ve T1 hendeğindeki araştırmaların sonuçları aşağıda sıralanmıştır:

- Güneyde Büyükeceli Formasyonunun Db6 öğesi ile kuzeyde Akdere Formasyonu (Da) arasında sınırı oluşturan Akkuyu Fayı bir eğim atımlı (normal) faydır. Hendekte, 1 metre genişliğinde yeşilimsi kil (fay kili) ile nitelenen iki ana kollu bir alan olarak gözlemlenmiştir. Fay düzlemi ölçümlerine göre, yaklaşık olarak D-B doğrultusunda ve K'e doğru 50°-60° eğimlidir;
- Güneyde, Db6 Akkuyu Fayına alt-paralel bir dizi küçük fayın etkisi altında kalan breş, kumtaşı ve kırmızımsı şist ile temsil edilir;
- Kuzeyde, Akdere Formasyonu (Da) kireçtaşı, kalkerli kumtaşı, silttaşı ve breş dönüşümü ile nitelenir. Dipte, dik eğimli çatlaklar ve bazı küçük karstlaşmalar gösterir;
- Üstte, ince bir birikinti ve toprak örtüsü eski birim ve fayları uyumsuz şekilde örtmektedir. Kuvaterner birikimlerin bozulmamış niteliği Kuvaterner dönem boyunca herhangi bir yakın dönem tektonik aktivitesine maruz kalmadığını göstermektedir.



Şekil 6/6.21 – Akkuyu Fayı boyunca T1 HendeğininBatı Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu [6/69]

Hendek T 2, Envy

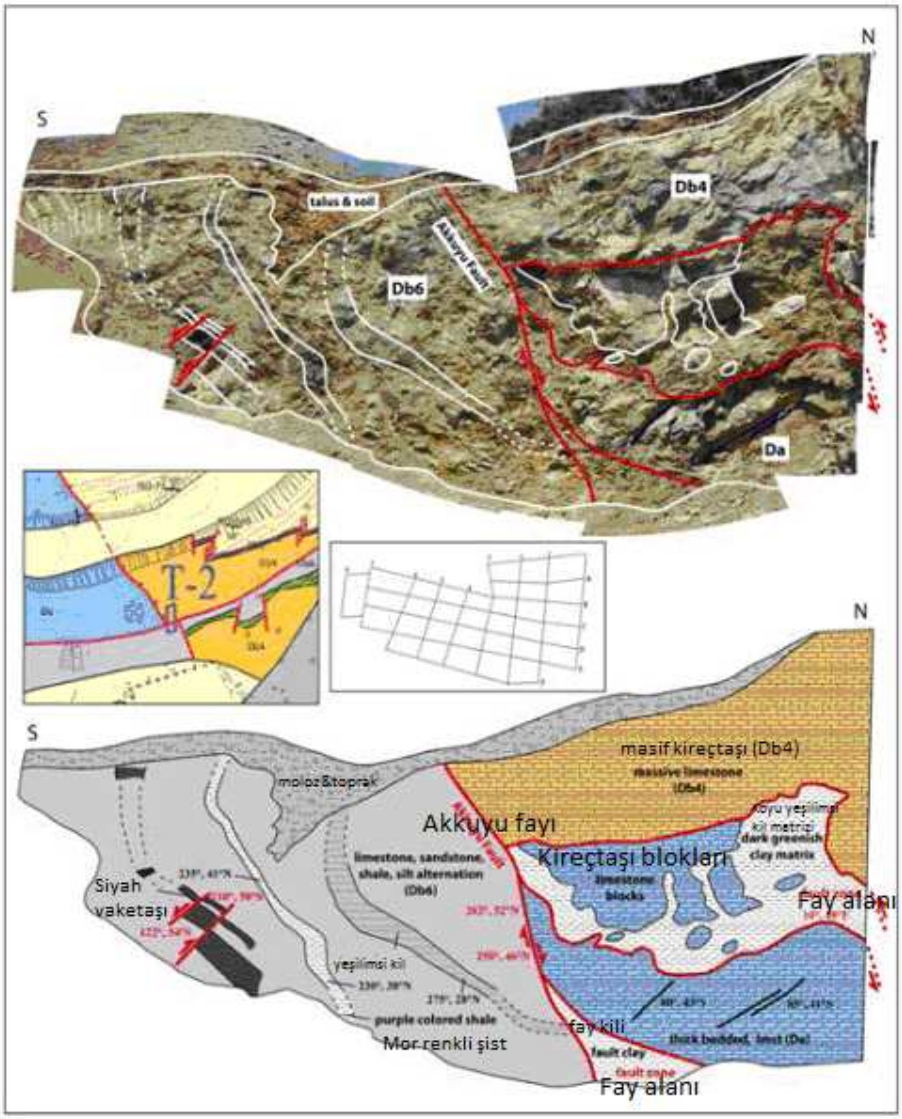
Hendeğin batı duvarında yapılan gözlemler Şekil 6/6.22'da gösterilmektedir ve T2 hendeğindeki araştırmaların sonuçları aşağıda sıralanmıştır:

- Hendekte Akkuyu fayı bir isimsiz bindirme fayını kesmektedir ki bu fay boyunca Büyükeceli Formasyonunun Db4 öğesi Akdere Formasyonunun (Da) üzerine binmekte ve Büyükeceli Formasyonunun Db6 öğesinin kuzey sınırını oluşturmaktadır. Hendekte, Akkuyu fayının kuzeye doğru 50° eğimli bir WSW-ENE doğrultulu düzlemsel fayı vardır. Bunun aksine, K-G yönlü

doğuya doğru 40°-50° eğimli isimsiz bindirme koyu yeşilimsi kil matriksle çevrelenmiş kireçtaşı bloklarını kapsayan oldukça deforme geniş fay alanı göstermektedir;

- Güneyde, Db6 öğesi kireçtaşı, kil taşı ve silt ve kil dönüşümüyle temsil edilir ve küçük faylarca yerinden oynatılan siyah vaketaşı yatağı içerir. Kuzeyde, üstteki Db4 öğesi açık renkli masif kireçtaşıdır ve alttaki Akdere Formasyonu (Da) küçük karstlaşmayla kalın yataklı kireçtaşına eklemlenmektedir;
- Db6 öğesi üzerinde gözlemlenen kama şekilli birikintinin yanında, Kuvaterner birikimleri hendek boyunca oldukça incedir ve Akkuyu fayı ve daha eski kayaları uygunsuz şekilde örter ki bu da tesis alanının Kuvaterner dönem boyunca herhangi bir yakın dönem tektonik aktivitesine maruz

kalmadığını göstermektedir.



Şekil6/6.22 – Akkuyu Fayı boyunca T2 HendeğininBatı Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu Envy [6/69]

Aksaz Koyu Fayı

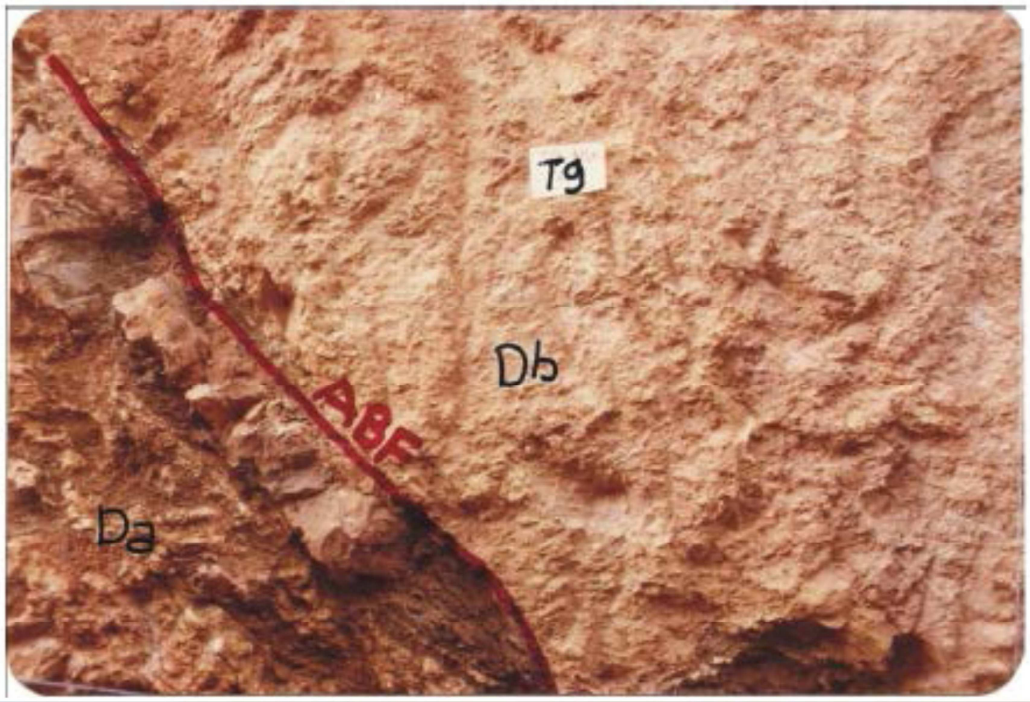
NNW-SSE doğrultulu Aksaz Koyu Fayı (K30B, 40KD), hem Akkuyu hem de Taşlık faylarını ötelemektedir. İlk başta Aksaz Koyu Fayının sol yanal doğrultu atımlı fay olduğu varsayılmıştı.

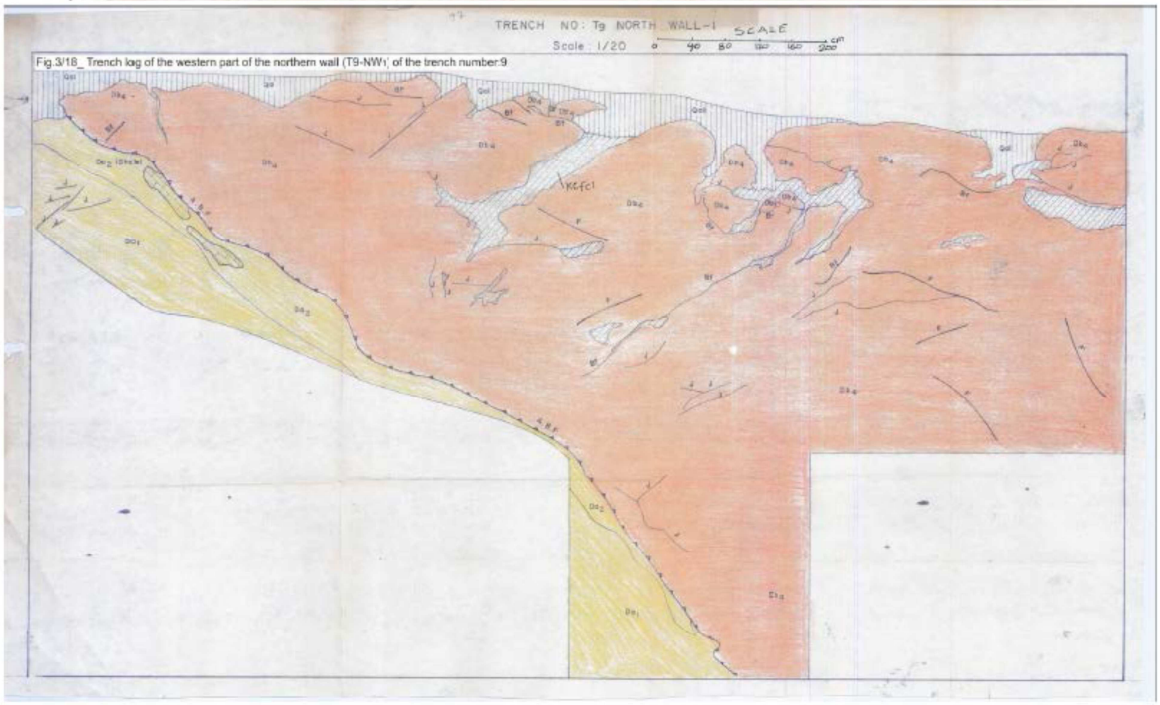
Hendek T9, ODTÜ

Hendek T-9 onun, Büyükeceli Formasyonunun (Db4) öğesinin boyunca Akdere formasyonunun üzerine doğudan batıya doğru bindiği atımlı bileşeniyle bir bindirme fayı olduğunu ispat etmiştir. Hendek T-9 aynı zamanda Aksaz Koyu Fayının ince alüvyon tabakasıyla kaplı

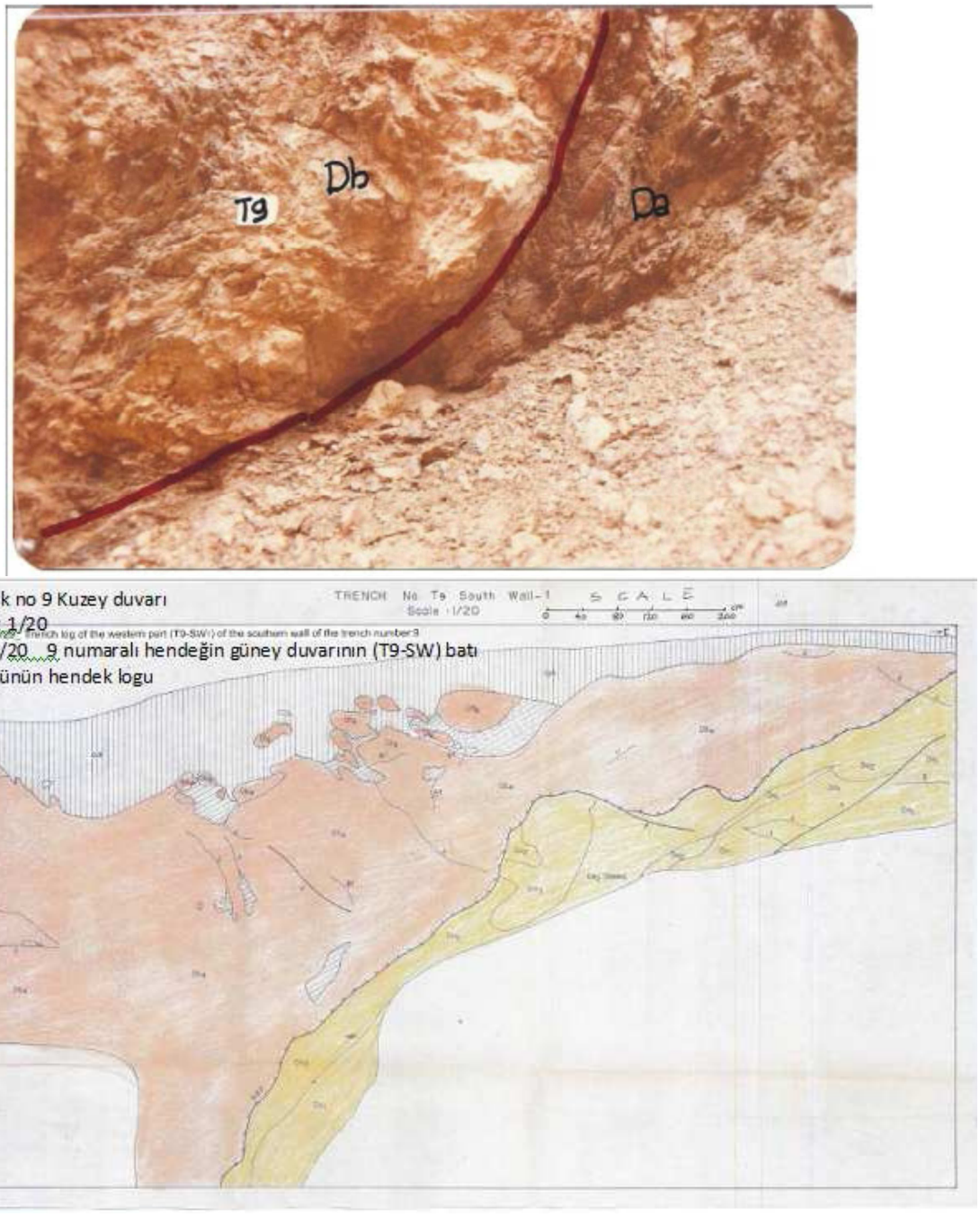
olduğunu da göstermiştir. Bundan ötürü fayda yeni bir hendek açılmasına karar verilmiştir (Hendek-10).

6/6.23 ve 6/6.24 Şekilleri hendek T9'un stratigrafik loglarını sunmaktadır.





Şekil6/6.23 – Aksaz Fayı boyunca T9'unKuzey Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu, ODTÜ/EERC, [6/226]



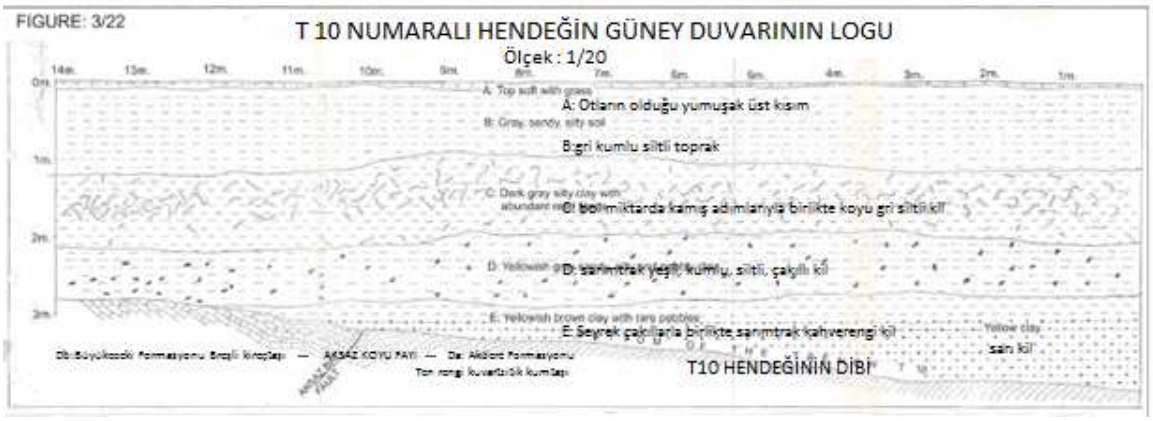
Şekil 3/20 9 numaralı hendeğin güney duvarının (T9-SW) batı bölümünün hendek logu

Şekil6/6.24 – Aksaz Fayı boyunca T9'un Güney Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu, ODTÜ/EERC, [6/226]

Hendek T10, ODTÜ

Hendek T-10 Aksaz Alüvyonu üzerinde açılmıştır. 15 metre uzunluğunda 4.5 metre genişliğinde ve 5 metre derinliğindedir. Şekil 6/6.25 Aksaz koyu fayının beş farklı litoloji içeren Aksaz Alüvyon örtüsü üzerinde hiçbir etkisi olmadığını gösteren Hendek-10 logunu sunmaktadır:

- A- üzerindeki yakın dönem bitki örtüsüyle birlikte üst toprak (10-20cm);
- B- Hiçbir bitki yahut ot kalıntısı olmayan gri renkli, kumlu siltli toprak (100cm);
- C- Bol miktarda kamış sapı ve organik maddenin olduğu koyu gri siltli kil (80-100cm.);
- D- Sarımsı gri, kumlu, siltli ve çakıllı kil (50-60cm);
- E- Üst taraflarda nadiren çakıl içeren sarımsı kahverengi kil ve Akdere Formasyonunun alt tarafına yakın artan çakıl miktarı(150cm).



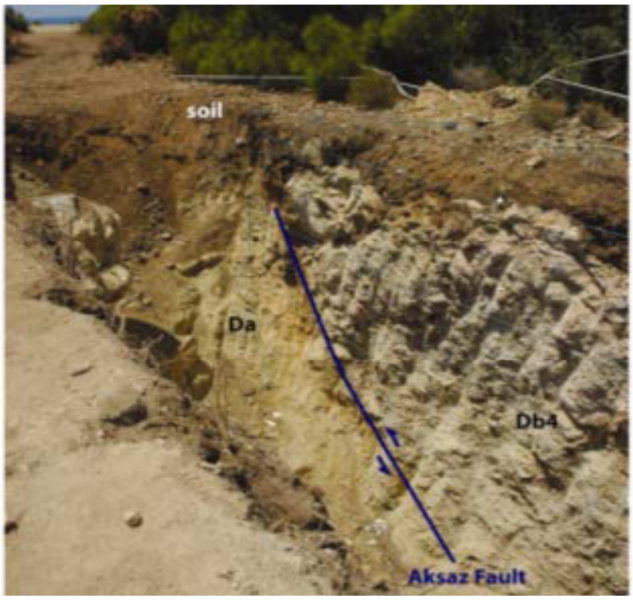
Şekil 6/6.25 –Aksaz Koyu Fayı boyunca T10'un güney duvarı, ODTÜ/EERC [6/226]

Hendek 3, Envy

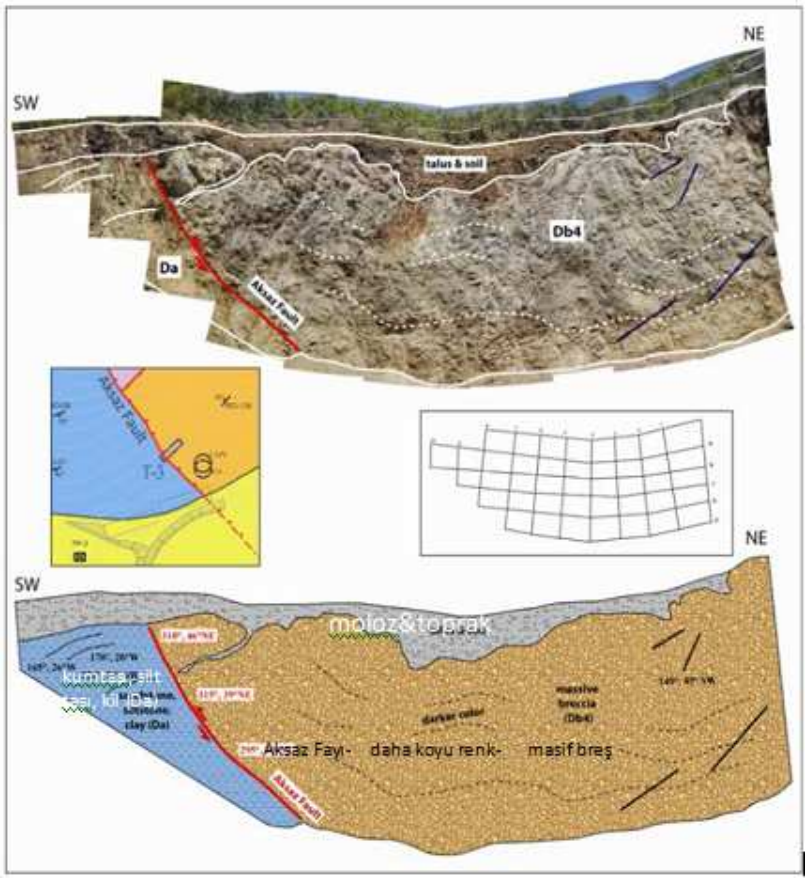
Hendeğin kuzeybatı duvarında yapılan gözlemler Şekil 6/6.26'da gösterilmektedir ve hendek T3'te yapılan detaylı araştırmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir. Şekil 6/6.27 T3'ün fotoğraf ve logunu sunmaktadır.

- Aksaz Fayı boyunca, Büyükeceli Formasyonunun Db4 üyesi Akdere Formasyonunun (Da) üzerine binmiştir. Hendekte yapılan ölçümler Aksaz Fayı NW-SE düzlemsel eğiliminin KD'ya doğru 30°-45° eğimli olduğunu göstermiştir;

- Güneybatıda, Akdere Formasyonu (Da) hafifçe eğimli kumtaşı, silttaşı ve kil yatağından oluşmuştur. Kuzeydoğuda, Db4 üyesi katlanmış megabreşten oluşmuştur;
- Üstte, birikinti ve toprak örtüsü erozyon dolayısıyla kalınlık bakımından değişiklikler göstermekte ve uygunsuz şekilde Aksaz Fayı ve daha eski birimleri örtmektedir ki bu durum tesis alanının Kuvaterner dönemde herhangi bir yakın zaman tektonik aktiviteye maruz kalmadığını gösterir.



Şekil6/6.26 –T3. Envy hendeğinde gözlemlenen Aksaz Fayının Fotoğrafı [6/69]



Şekil 6/6.27 – Aksaz Fayı boyunca T3 HendeğininKuzeybatı Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu. Envy [6/69]

Hendek 4, Envy

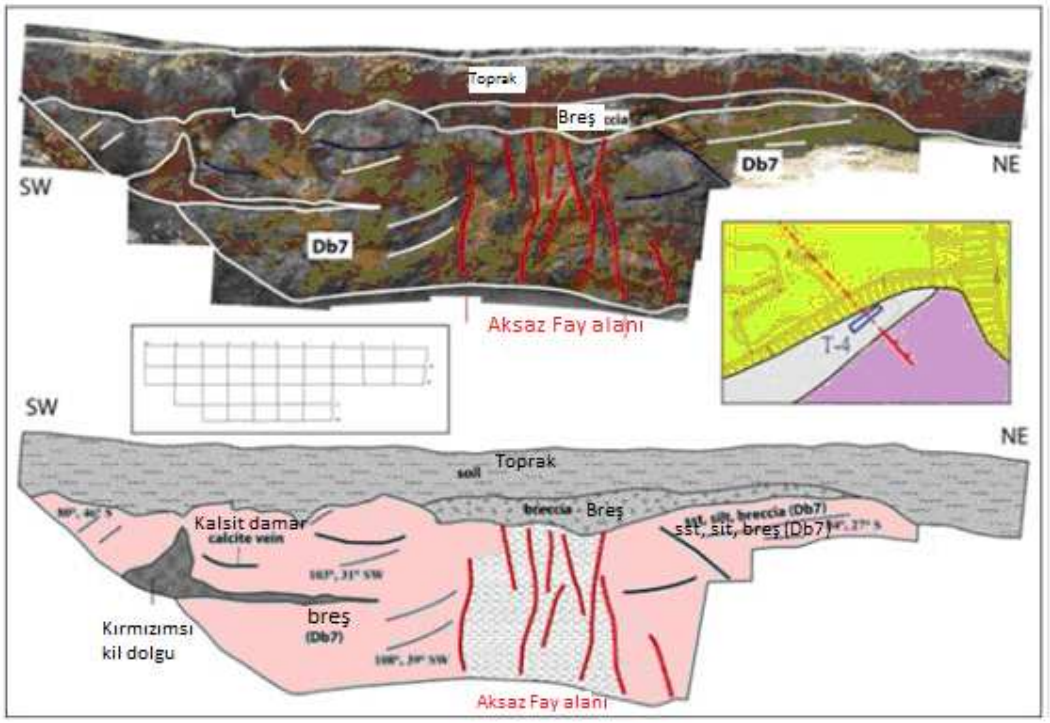
Bu kalın Kuvaterner alüvyonda açılan tek hendektir. Kazı 1 metreyi aştığında, tatlı su hendeği doldurmaya başlamıştır ki bu su Hendek haritalaması boyunca dışarı pompalanmıştır.

Hendeğin kuzeybatı duvarında yapılan gözlemler Şekil 6/6.28'da gösterilmiştir ve Hendek T4'te yapılan detaylı araştırmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- T3'ten farklı olarak, Aksaz Fayı birçok tektonik fayı içeren oldukça deforme makaslanmış dik eğimli geniş(~2 m) bir alan olarak gözlemlenmiştir. Hendekte, KB-GD doğrultulu fay alanı, aynı zamanda doğuya doğru 40° eğimli K-G eğilimli bir dizi küçük faydan da etkilenen Büyükeceli Formasyonunun Db7 öğesini kesmektedir;
- Hendek boyunca, Db7 öğesi E-W eğilimli ve vaketaşı, kumtaşı, silt ve güneye eğimi olan kalsit damarlı ve çatlaklı breşten oluşmuştur. Güneyde,

kartlaşmadan dolayı oluşmuş kırmızı renkli killi dolgu (“Terra Rossa”) Db7 üyesi içerisinde gözlemlenmektedir;

– Üst taraftaki kalın (~1.5 m) organik kırmızımsı-kahverengi toprakla ve alt kısmında hafifçe konsolide olmuş breş ile nitelendirilen T3 içerisinde görünen Kuvaterner birikimleri Aksaz fayını ve daha eski birimleri uygunsuz şekilde örtmektedir ve hiçbir yakın dönem tektonik aktiviteden etkilenmemiştir.



Şekil 6/6.28 – Aksaz Fayı boyunca T4 HendeğininKuzeybatı Duvarının Fotomozaik ve Stratigrafik Logu. Envy [6/69]

Hendek araştırmalarının sonuçlarına göre varılabilecek sonuç Akkuyu Nükleer Güç Tesisi sahasının fayları hiçbir morfolojik uçurumla bağlantılı olmadığı ve temel kayayı örten paleo toprağı etkilemediğidir.

6.6.6 KUVATERNER ÇÖKELTİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kaliş Çökelleri

Çamalanı Koyu sahil hattı boyunca bir dizi birleşik ve kalişlenmiş çimentolu kum (Eolinids) birikmiştir [6/54]. Genelde dikey konumda kalsiyum karbonat tüp ve kolonları

içermektedir (Şekiller6/6.29, 6/6.30). Gerek rüzgar ve gerekse de dalgalarla taşınıp biriktirilmiş plaj kumlarında gelişmiş tüp biçimli kaliş birikimleri olarak değerlendirilmektedirler. Her bir tüpün içerisinde kireçli deniz suyunun buharlaşmadan ileri gelen kapiler hareketlerle yükseldiği ve kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) olarak biriktiği bir delik bulunmaktadır. Kalişlenmiş kumun yağmurla süzülmesi bu kalişlenmiş kumlara tuhaf bir görünüm verir. Kalişlenmiş kumların birikmesi yüzey akışı esnasında kıyıya ilerleyen alüvyonlu yelpazelerin birikimiyle kesintiye uğrar.

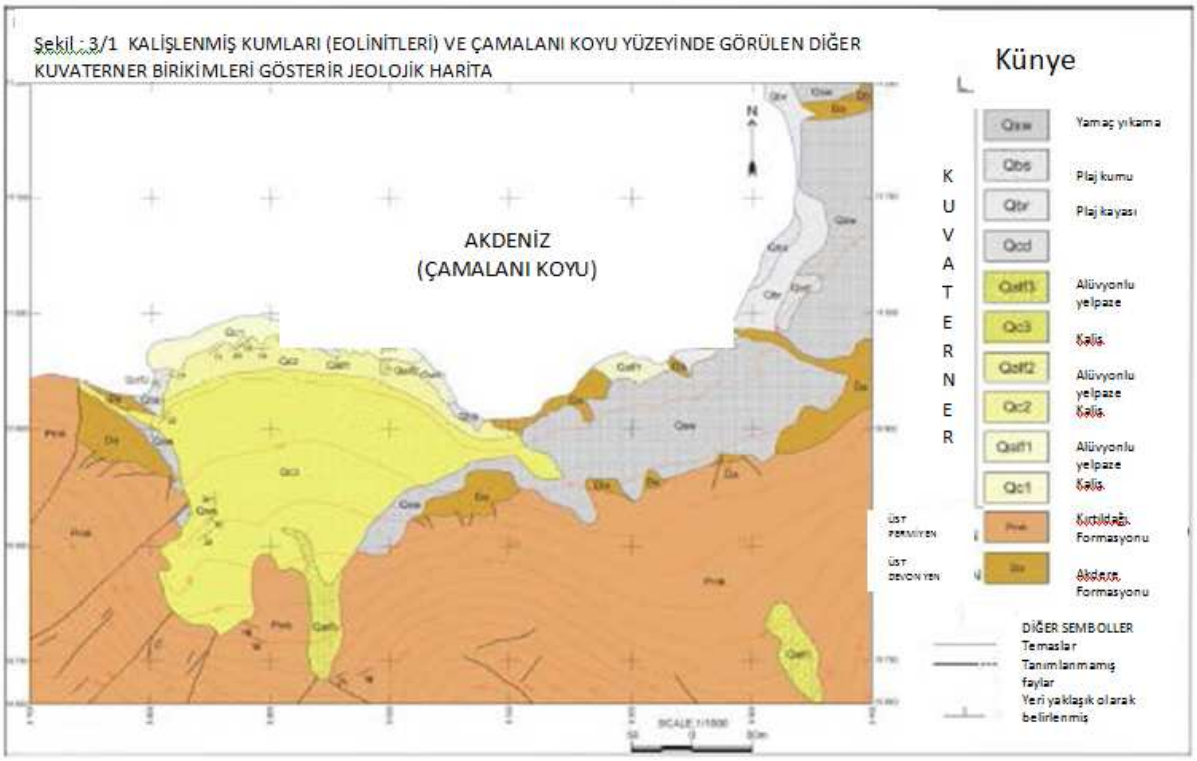
Şekil6/6.29 – Kalişlenmiş kumların (Qc1, Qc2) ve Kuvaterner alüvyonlu yelpazelerin (Qalf1, Qalf2),art arda gelmesi [6/93]

Şekil 6/6.30 – Tüp biçimli kalişlenmiş kuma daha yakın bakış (Qc2) ve Kuvaterner alüvyonlu yelpaze (Qalf2), [6/93]

Plaj kumlarının alüvyonlu yelpaze üzerinde karaya doğru taşınma ve birikmesi devam etmiş ve kalişlenmiş kumla alüvyonlu yelpaze art arda gelmişlerdir.

Çamalanı Koyundaki kalişlenmiş kumların üç farklı seviyesi gözlemlenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 6/6.31). Üçüncü kaliş alanının en üst parçası deniz seviyesinden 40 metre yüksekliktedir. Jeomorfoloji uzmanlarına göre bu yükselme 125 kyrs yıl önce oluşan Tiren Terasına (Tyrrhenian Terrace) denk gelmektedir. Deniz seviyesi o dönemde şimdikine göre 8 metre yüksekte olduğu için, kıyısal yükselme düzeyinin 0.25 mm/yıl olduğu uzun dönemde de 0.2mm/yıl düzeyinde seyrettiği anlamına gelmektedir [6/51].

Kalişlenmiş kum kaya tabakasının düzenini bozan fayları etkilememiştir (Şekil 6/6.31).



Şekil 6/6.31 –Çamalanı koyunda kalişlenmiş kumların ve diğer Kuvaterner birikimlerin haritası, [6/93]

Yakın dönem alüvyonlu yelpazeler (Qalf)

Yakın dönem alüvyonlu yelpaze birikimi birbiriyle bütünleşmemiş aşınmış kaya parçaları ve çakıl boyutunda kırıntılar oluşturan mevcut flüvyal kanallarda meydana gelir. Yakın dönem alüvyonlu yelpazelerin kalişlenmiş kumla araya eklenmiş olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6/6.29, 6/6.30).Qalf1, Qalf2 ve Qalf3 olarak sınıflandırılıp haritalandırılmıştır (Şekil 6/6.31). Mevsimlik dereler yada akarsularla taşınmışlardır.

Farklı boyutlardaki çakıllı toprak ve kumla temsil edilen Alüvyonlu Qal. birikimleri Aksaz paleo-akımının gömülü kanalındaki sondaj esnasında ölçülmüştür

Yamaç molozu (Qsw)

Yumuşak yamaçları kaplayan yamaç molozu birikimleri köşeli veya yuvarlak köşeli (çevirmen notu: subangular) malzemeyi kapsar. Birbiriyle bütünleşmemiş ve çimentolanmamış birikimler en yakın eski birime taşınırlar. Bazı yerlerde yamaç molozu birikimi o kadar ince olur ki altındaki kaya tabakası küçük iç mostralar olarak görülebilir.

Yalıtaşı (Qbr)

Yalıtaşları genelde Çamalanı Koyunun sahilleri boyunca iyi şekilde görülür (Şekil 6/6.31). Birleşik iri çakıl taşları büyüklüğünde, iyi yuvarlatılmış, iyi çimentolanmış malzemeden oluşurlar. Yalıtaşları çalkantı sonucu yerlerini kaybederler. Sonrasında deniz suyu buharlaşması ve kısa süre sonrasındaki çimentolaşma ile oluşurlar. Bu bütünleşmiş en genç konglomera tipi çökeltiler hafifçe denize eğimli olur.

Plaj Kumları (Qbs)

Plaj kumları sahil alanının kıyı cephesinde meydana gelir (Şekil 6/6.31). Bu kumlar genellikle iyi sıralanmış, beyazdan sarıya kuvarsitli kumlardan oluşur.

Kıyı kumulları (Qsd)

Kıyı kumulları Çamalanı Koyuyla ve koyun kıyı şeridinin 30 ila 40 metre gerisine kadar sınırlı bir şekilde bulunmuştur (Şekil 6/6.31). Etkili rüzgarların taşımasıyla birikmişlerdir.

Eski asma kolüvyal birikimler

Akkuyu çevresinde iki yerde eski asma kolüvyal birikime rastlanır.

İlk yer Kuşyuvası tepesinin güneyinde bugünkü deniz seviyesinden 15 metre yükseklikte bulunan büyük mağaradır(Şekil 6/6.32). Kolüvyal çökeltiler mağara içine deniz seviyesi 15 metre yüksekteyken birikmiştir. Fairbridge'e göre [6/90] teras 125 000 yıl önce oluşmuştur. Yukarda bahsedilen veriyi dikkate aldığımızda, eski alüvyonlu yelpazelerin Monastrian terasları oluşmadan önce yani 125 000 yıl önce birikmişlerdir.

Eski kolüvyal çökeltilerin görülebildiği diğer bir yer ise İnceburun tepesinin güneyindeki mağaradır.

Şekil 6/6.32 –Kuşyuvası Tepesinin kıyısında deniz seviyesinden 15 m. yükseklikte bir asılı eski kolüvyal yelpaze [6/93]

Akkuyu Nükleer Güç Tesisi sahasındaki kuvaterner çökelti oluşumu analizi neotektonik yükselmeyi açıkça ispat etmektedir. Bu durum Akdeniz Kıyılarının tamamının karakteristik özelliğidir. Aynı zamanda Kuvaterner çökelti analizine göre, yakın dönem fay aktivitesini gösteren ters yönlü bir harekete dair kanıt yoktur.

6.6.7 YÜZEY FAYLANMA POTANSİYELİNE DAİR SONUÇLAR

Bir yetkin fay, bir nükleer güç santralinin kabul edilebilirliği açısından göz önünde bulundurulması gereken en önemli dışlayıcı özelliklerden biridir.

IAEA SSG-9 *uyarınca bir fay eğer:*

a) Geçmişte, yüzeyde yahut yakınında daha başka da hareket olacağını gösterir dönem içinde tekrarlar nitelikte hareketinin yahut hareketlerinin(önemli deformasyon ve kaymalar gibi) olduğuna dair işaretler verirse. gerek deprem gerekse de jeolojik verilerin birbiriyle tutarlı şekilde daha kısa deprem tekrarlama aralığı verdiği yüksek aktiviteli bölgelerde, onbiner yıllık düzende periodlar (örn. Üst Pleistosen-Holosen — yani bugün) . Daha az aktif bölgelerde, daha uzun periodlar (örn.. Pliyosen–Kuvaterner — yani bugün) daha uygundur.

b) Eğer, bir fayın hareketi yüzeyde veya yüzeye yakın bir diğerinin hareketine sebep olabileceği şekilde, bir yetkin fayla yapısal ilişki ispatlanırsa.

c) Eğer, İlgili bölümde belirtildiği üzere sismojenik yapıyla bağlantılı maksimum potansiyel magnitüd, tesisin geçerli tektonik düzeni içerisinde yüzeyde yahut yüzeye

yakın bir hareket meydana gelmesine sebep olacak şekilde yeterince geniş ve makul derinlikte olursa.

Yetkin kabul edilebilir.

Buna ilaveten, yeni nükleer güç tesisleri için, SSG-9 şunu önerir:

Güvenilir kanıtların tesisin güvenliğini etkileme potansiyeline sahip yetkin bir fay olabileceğini göstermesi durumunda, tesisin tasarım, inşaat ve güvenli çalışma fizibilitesi yeniden değerlendirilmeli ve, gerekirse alternatif bir tesis alanı göz önünde bulundurulmalıdır.

Genel olarak, Tesis Çevresi ölçeği (~ 5 km yarıçap) yetkin fayların olmadığının gösterilmesi için yeterli kabul edilir. Akkuyu Nükleer Güç Tesisi için 5 km kuşkusuz oldukça yeterlidir çünkü yakın bölgedeki tektonik özellikler çok iyi tanımlanmamış olup uzunluk olarak sınırlı ve oldukça da parçalıdır.

Uygulanabilir zaman ölçeğine göre, Kuvaterner dönemde hareket olmadığının ispatı da yetkin olamama için yeterli kanıt olarak kabul edilir.

İhtiyaca göre (a), tesis çevresinde ve hatta yakın bölgesel alanda gerek karada gerekse de kıyı ötesinde birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalar hava fotoğraf yorumlarını, alan keşfini, kara ve denizdeki jeofizik araştırmalarını ve paleo sismolojik kazıları kapsamıştır. Karadaki jeofizik araştırmaları (bkz Bölüm 6.2 ve 6.3) yüzey faylanmasına atfedilebilecek yakın dönem litolojik tabakalarda sorun tespit etmemiştir yani Akkuyu tesisinin jeodinamik ayarından (açıklarda oluşan) gelen gerekli yaştan belli ki daha eski olan Kuvaterner çökeltilerde (Pliyo-Kuvaterner breşleri ve Kuvaterner alüvyonlar) tektonik deformasyon işareti yoktur.

Tesisin tüm çevresini ve yakın bölgesel alanı (tam Miyosen sonrası denizden yükselen) kaplayan eski paleo toprak faylanmış ve/veya bozukluk yahut yüzey faylanmasına bağlanabilecek özelliklere (kolüvyal kamalar gibi) sahip değildir.

İhtiyaca göre (b), tesis çevresindeki fay ve kıvrımların (örn. Aksaz, Akkuyu,ve Taşlık) geçmiş orojenesisle ilgili olanlarla korelasyonu vardır (Hercinian) ve bundan dolayı da yetkin değillerdir. Ayrıca, sismik kayıtlar(1970 ve 1980'lerde tutulan mikrosismik kayıtlar da dahil olmak üzere) yetkin yerel faylarla korelasyonu kurulabilecek yeni potansiyel faylara bağlanması mümkün kümelenmeler göstermemektedir.

İhtiyaca göre (c), şunu belirtmek gerekir ki, Tesisin yakın bölgesinde tarihsel deprem kataloğu ve jeolojik alan araştırmaları M>6.5 olay seviyesini işaret eden bir kanıt sunmamıştır. Bu

kanıtı ve Akkuyu tesisinin sismoteknik düzenini dikkate alarak, Mmax = 6.5 düzeyinde bir zemin depremi yüzey faylanmasına sebep vermeyen SHA değerlendirmesinde göz önünde bulundurulur.

Yükümlülükler

Çok miktarda jeolojik, jeofizik, sismolojik, paleo sismolojik çalışma göstermiştir ki Akkuyu tesis alanında planlanan Nükleer Güç Tesisinin çalışma güvenliğini tehdit edebilecek herhangi bir potansiyel yüzey faylanması söz konusu değildir.

Buna rağmen, uygulama alanını (yani 5 kilometreden daha uzağa) ve zaman çerçevesini (Kuvaternerden daha eski dönemler) genişletmeyi amaçlayan teyit çalışmaları sürdürülmektedir. Bu, tesise ilişkin temel tasarım parametlerine dair bir sonraki raporun sunumundan önce yerine getirilmesi gereken bir yükümlülük olarak değerlendirilebilir.

Bu araştırmalar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Hava Fotoğrafı yorumlamasında tanımlanan özelliklerin alanda kontrol edilmesi
- Akkuyu Nükleer Güç tesisi bölgesindeki deniz teraslarının araştırılması
- Mikro deprem araştırma faaliyetleri Temmuz 2011'de başlamış olup halen devam etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları aletlerin ve kayıt tekniklerinin özellikleri dolayısıyla öncekilerden daha güvenilirdir. Bu network üzerinden elde edilecek veriler daha önceden fay yetkinliğine dair gerçekleştirilmiş ve periyodik olarak TAEK'e raporlanmış sonuçların kontrol edilmesi için kullanılacaktır.

6.7 ZEMİN Sıvılaşması

Depremlerin en zarar verici yönlerinden biri de sıvılaşmaya bağlı zemin bozukluğudur. Güçlü yer sarsıntısı altında, doygun gevşek zeminlerde gözenek suyu basıncı oluşur. Eğer indüklenmiş kesme gerilimi yeterince uzun süreyle yeterince geniş olursa, gözenek suyu basıncı jeolojik yüke eşitlenir yahut onu aşar ki bu da kayma mukavemeti kaybına yahut zemin bozukluğuna sebep olur.

Akkuyu Nükleer Güç Tesisi alanı, küçük Kuvaterner birikimlerin ve oldukça da yaygın suni dolum birikintilerinin olduğu kayalık bir bölgedir. Toprakla kaplı bölgeler Aksaz plajı ve Akkuyu plajı bölgeleridir ki buraları şimdilerde yağma yığınları tarafından gömülmüştür. Alüvyon ve yağma yığınları yüksel kil içerikleri dolayısıyla toprak sıvılaşmasına müsait değildir.

2011-2012 yılları arasında gerçekleştirilen araştırma çalışmalarında 500 den fazla sondaj yoğun bir grid aralığında açılmıştır. Bunlardan başka dikkate değer kalınlıkta (> 3m) doymuş zemin tabakasının olduğu sadece birkaç tane sondaj söz konusudur.

Tablo6/7.1 ,223, 246, 247, 272 ve 297 numaralı sondajlardan elde edilen verileri, bu sondajlarda araştırılan zemini, kalınlıklarını ve yeraltısuyu düzeyini göstermektedir.

Table 6/7.1 –Sondaj deliklerinin özellikleri

Sondaj No	Yükseklik	Yeraltısuyu seviyesi	Zemin	
			Tip	Yer yüzeyinden mevcut derinlik (m)
223	1.16	-0.34	Kuvaterner plaj kumu	0.0-7.95
246	0.99	-0.01	Deniz Kumu	0.0-8.5
247	2.57	-1.93	Dolgu	0.0-3.0
			Kireçtaşı çakılları ve iri çakıllar	3.0-9.0
272	1.46	0.46	Kuvaterner plaj kumu	0.0-7.6
297	1.77	0.27	Plaj kumu	0.0-0.5
			Killi Siltli Kum	4.0-9.6

İncelenen zemin tabakaları içinde Standart Penetrasyon Testleri (SPT) ve zemin numunelerinin elek laboratuar analizleri yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 6/7.2'de özetlenmiştir.

Tablo 6/7.2– Alan ve laboratuar test sonuçlarının özeti

Sondaj No	Zemin tipi	SPT N *	Çakıl içeriği G (%)	Kum içeriği S (%)	İnce malzeme içeriği (F)
223	Kuvaterner plaj kumu	11,12,19,20, 50+	2.0	70.0	28.0
246	Deniz Kumu	8,6,13,14,31	0	99.0	1.0
247	Kireçtaşı çakılları ve iri çakıllar	50+,50+,50 +,50+	-	-	-
272	Kuvaterner plaj kumu	11,12,16,17, 50+	0.0	27.0	73.0
			0.0	99.0	1.0
297	Killi Siltli Kum	18,24,45,50 +	66.0	20.0	14.0

**Düzeltilmemiş*

Açıkça görülmüştür ki 5'i içerisinde sadece (No.246)'de 8 metreye kadar yumuşak çökeltiler suya doymuş deniz kumuna işaret etmektedir ve standart penetrasyonun sonucu da N=6–8'yi göstermektedir.

Aksaz koyundaki deniz kumu birikimi yereldir ve gerek planda gerekse de derinlikteki jeolojik-mühendislik gözlemlerin sonuçlarına göre konturlaması vardır.

Bu tablolardaki bilgiler göstermektedir ki SPT N vuruş sayısı- ince içerikli malzeme kombinasyonu genel olarak sıvılaşmaya duyarlılık anlamına gelmemektedir.

Aksaz koyuna yerleştirilmiş tek bir sondajdan alınan zeminin dinamik etki altında istikrarsız olması Akkuyu Nükleer Tesisinin geneli için bir potansiyel toprak sıvılaşması riskinin olduğu sonucuna varmak için zemin oluşturmaz.

Daha önemlisi Akkuyu Nükleer Güç Tesisinde bir geniş kapsamlı zemin sıvılaşması olgusunu tamamen dışlayacak şekilde suya doymuş zemin tabakalarının yanal devamlılığının olmadığı görülmüştür. .

Ayrıca, tesisin güvenliğe ilişkin tüm sistemleri, yapıları ve parçaları zemin sıvılaşmasına ilişkin bozulması potansiyelini dışlayacak şekilde uygun kayalık alan üzerine kurulacaktır. Bundan

dolayı, Nükleer Güç Tesisinin güvenliğini tehlikeye atabilecek şekilde bir potansiyel zemin sıvılaşması Akkuyu Nükleer Tesisi Sahasında söz konusu değildir.

Eğer tasarım suya doymuş kumun yerinin doldurulmasını (zeminden çıkarılması) sağlamıyorsa, bu zeminin tüm gerekli laboratuar testleri, dinamik yük bakımından olası bir sıvılaşmadan ileri gelen riski değerlendirmek için yürütülecektir.

Her halükarda, tüm tesis için sıvılaşma potansiyeli değerlendirmesi güvenlikle ilgili olmayan, yapı, sistem ve parçaların sorun yaşamasının potansiyel sonuçlarının anlaşılması ve başa çıkılması amacıyla gerçekleştirilecektir. Bunun yanı sıra, sıvılaşmanın erişim ve yerinde acil müdahale hususundaki her türlü etkisi güncel Nükleer Güç Tesisi altyapı ve acil durum planlarının proje tasarım aşamasında geliştirilmesi esnasında değerlendirilecek ve göz önünde bulundurulacaktır.

6.8 şev Stabilitesi

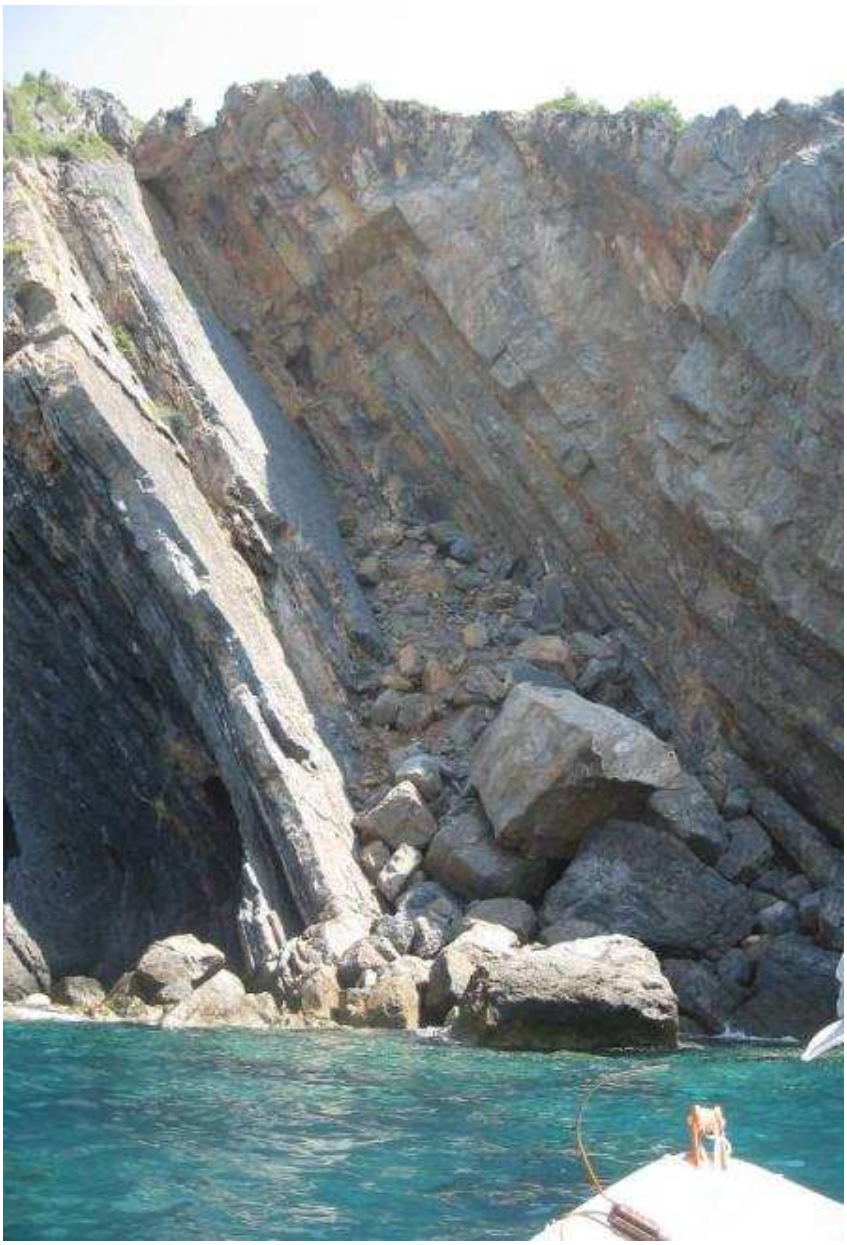
Akkuyu Nükleer Güç Tesisi sahası deniz kıyısında bulunur ve çevreleyen bölgeden 200-250 metreye kadar yükseklikteki kıvrımlanmış ve faylanmış kayaların oluşturduğu tepelerle ayrılır. Tesis sahasının eğimi takriben 35°kadardır. Tesis alanının karşısındaki yamaçlarda tektonik yahut aşınmaya bağlı uçurumlar yoktur. Yamaçlar yoğun çam ormanları ve ince toprakla kaplıdır. Dolayısıyla doğal yamaçlarda yamaç istikrarsızlığı riski bulunmamaktadır.

1983 yılında [6/223]Kuşyuvası ve Taşlık tepeleri ve bunlarla birlikte Akkuyu dağ sırtı tabaka yönelimi belirleme amacına yönelik olarak Akkuyu Nükleer Güç Tesisinin incelemesi çerçevesinde detaylı olarak incelenmiştir. Bu araştırmalar Kuşyuvası tepesinden toprak kayması riskinin dolayısıyla tabaka yöneliminin söz konusu olmadığı sonucunu ortaya koymuştur. Taşlık tepesi için yürütülen stabilite araştırmaları, tepenin stabilitesini kanıtlamıştır.

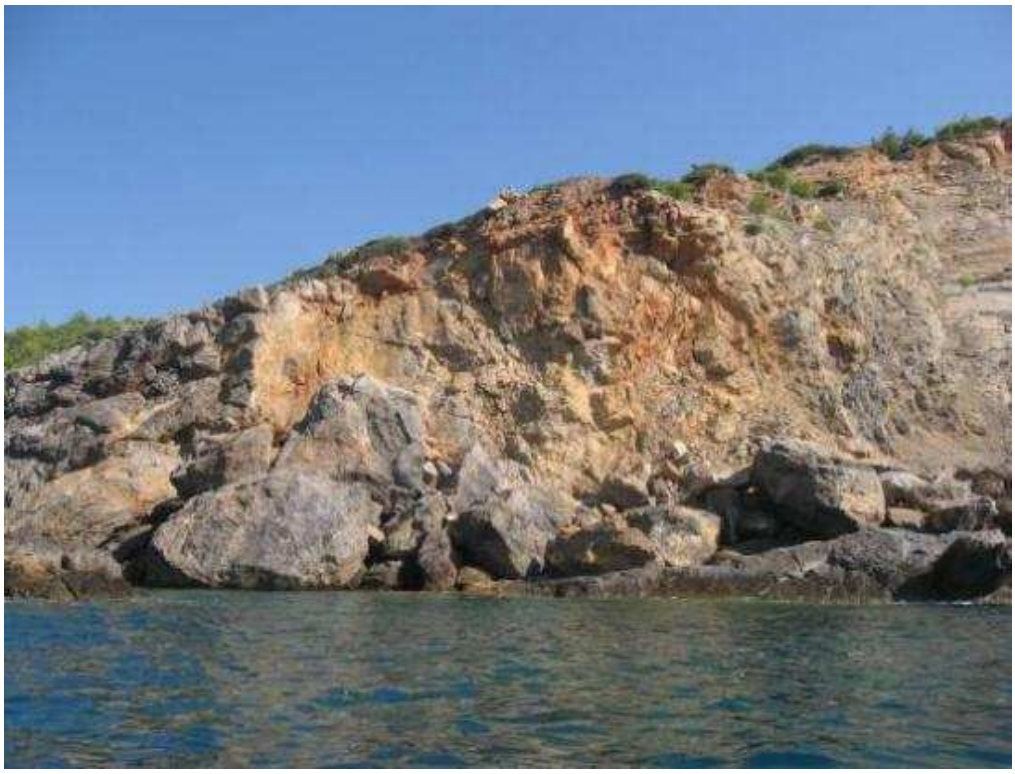
Akkuyu koyunda gerçekleştirilen yoğun kazı çalışmaları sonucunda dik kaya yamaçlar yaratılmıştır. Denizin karşısındaki doğal yamaçlar dikey kayalıklar halindedir. Kaya malzemesi yamultulmuş katlanmış ve deforme olmuş durumdadır. Bunun sonucunda, düzlemsel, kama ve hatta devrilme tipi hatalar beklenebilir.

2012 yılında Akkuyu Nükleer Güç Tesisi yol incelemeleri esnasında üç farklı biçim kaya düşmesi gözlemlenmiştir. İlki denize karşı doğal yamaçlarda yüksek tabaka açılarında ve uçurumlar oluşturan şartları bir araya getiren taş düşmeleridir (Şekil 6/8.1). İkinci biçim ise kesik yamaçlarda ve bu yamaçların topuklarında enkaz oluşturan suni dolgunun yamaçlarıdır (Şekil 6/8.2, 6/8.3, 6/8.4). En son biçim ise enkaz oluşturan (Şekil 6/8.5) yüksek açılı taş düşmeleri ve hareketlenmeleridir ki bunlar bir deprem yahut sürekli sağanak tarafından tetiklenebilir .

Kaya türlerinin derece deforme olarak, katlanmış ve yamultulmuş konumda olmasından ötürü kesik yamaçlarda farklı şekillerde yamaç istikrarsızlıkları rahatlıkla beklenebilir. Diğer yandan, 1983 ve 2011 yılında yapılan hendek duvarlarının incelenmesi nerdeyse dikey olmalarına karşın hiçbir aktivite göstermemiştir.



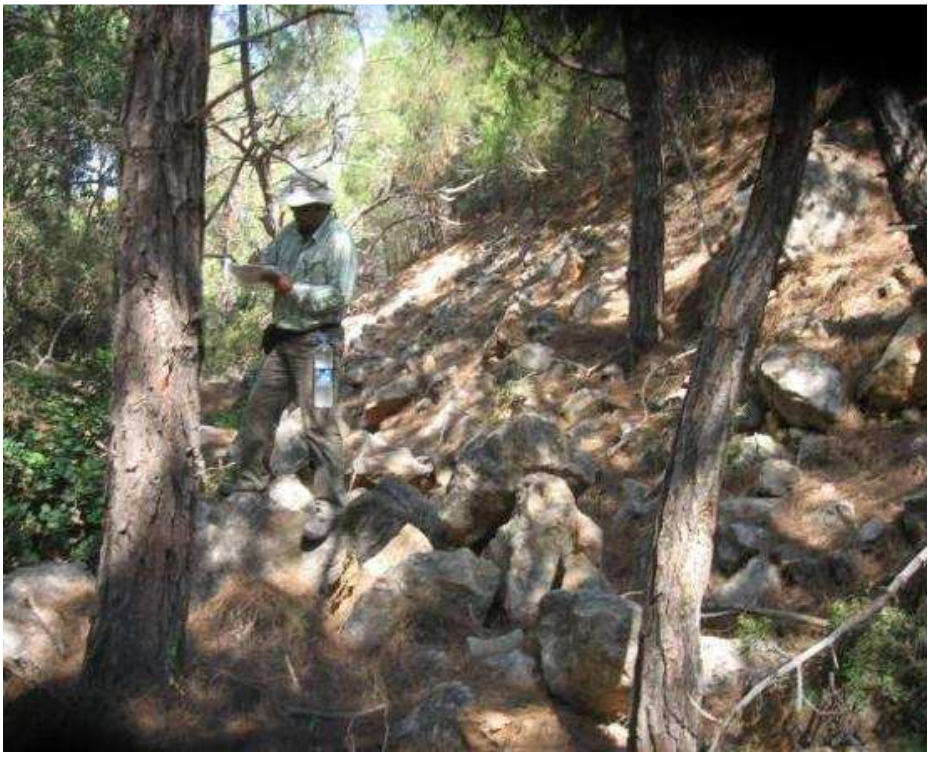
Şekil6/8.1 – Deniz karşısında doğal yamaç kaya düşmesi, Aksaz tepeleri güney yamaçları



Şekil6/8.2 – Deniz karşısında kesik yamaç kaya düşmesi, İnceburun güney yamaçları

Şekil6/8.3 – Kesik yamaç kaya düşmesi, dekolmanı görülmekte, henüz hareketli değil (İnceburun güney yamaçları)

Şekil6/8.4 – Kesik yamaç kaya düşmesi, dekolmanı görülmekte, henüz hareketli değil (Akkuyu fayının güneyi)



Şekil6/8.5 – Birikinti oluşturan kaya düşmeleri

REFERANSLAR

6/1. Abrahamson, N. ve W. Silva (2008) “Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations” Deprem Spektrumları, Sayı 24, No. 1, pp. 67–97.

6/2. Agostini S., Doglioni C., Innocenti F., Manetti P., Tonarini S. (2010). On the geodynamics of the Aegean rift. Tectonophysics (2010).

6/3. Akın, U., & Çiftçi, Y. (2011). Türkiye’de Yapısal Düzensizlikler: Jeolojik ve Jeofizik Analizi (Gravity ve Magnetic). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA).

6/4. Akkar S, Bommer J. Prediction of elastic displacement response spectra in Europe ve the Middle East. Earthquake Engng. Struct. Dyn., 2007, v.36, p. 1275–1301.

6/5. Akkar, S. ve J.J. Bommer, 2010, “Empirical Equations for the Prediction of PGA, PGV, ve Spectral Accelerations in Europe, the Mediterranean Region ve the Middle East,” Sismolojik Araştırma Yazıları, sayı 81, No. 2, pp. 195-206.

6/6. Aksoy R. ve Eren Y. (2004) – The Konya Fay Zone. S.U. Muh.-Mim. Fak. Derg., c.19, s.2, 2004 Selcuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, v.19, n.2, 2004

6/7. Aksu A.E., Hall J., ve Yaltirak C. (2005). Miocene to Recent tectonic evolution of the eastern Mediterranean: new pieces of the old Mediterranean puzzle. Deniz Jeolojisi 221, 1-13.

6/8. Aksu, A.E, T.J. Calon, J. Hall, S. Mansfield, D. Yasar (2005), The Cilicia–Adana havza complex, Doğu Akdeniz: Neogene evolution of an active fore-arc havza in an obliquely convergent margin, Deniz Jeolojisi, 2005. №221, 121–159.

6/9. Allmendinger, R.W., Reilinger, R. & Loveless, J. (2007) Strain ve rotation rate from GPS in Tibet, Anatolia, ve the Altiplano. Tectonics, 26 (3). Art. No. TC3013.

6/10. Altuncu, S., Yılmazer, M., Kalafat, D., Pınar, A., (2007). A present day evidence for the active tectonics in the inner part of Isparta angle in SW Türkiye. Uluslararası Deprem Sempozyumu, Kocaeli 2007

6/11. Ambraseys N., Adams R. (1993) Seismicity of the Kıbrıs region, Terra, sayı 5, pp. 85-94.

6/12. Ambraseys N.N. Far-field effects of Doğu Akdeniz earthquakes in LowerMısır. Sismoloji-Dergisi 5: 263–268, 2001.

6/13. Ambraseys, N. (2009). Earthquakes in the Mediterranean ve Middle East: A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900. Cambridge, UK: Cambridge Üniversitesi Yayınları. 2009, 968 p.

6/14. Ambraseys, N.N, 1989, Temporary Seismic Quiescence: SE Türkiye, Jeofizik Dergisi, 96, 311-331.

6/15. Amit R., Zilbermann E., Enzel Y., ve N. Porat (2002). Paleoseismic evidence for time dependency of seismic response on a fay system in the southern Arava valley, Dead Sea rift, İsrail, Geol. Soc. Am. Bull., 114, 192-206.

6/16. Anastasakis, G., ve Kelling, G., 1991, Tectonic connection of the Hellenic ve Kıbrıs arcs ve related geotectonic elements: Deniz Jeolojisi, v. 97, p. 261– 277.

6/17. Aptikaev (2004), Drafting new seismic scale (instead of MSK-64). Araştırma manager, Dr. Ph., Prof. F.F. Aptikaev//Federal target program “Seismic safety of the territory of Russia”. Moskova. 2004. P.229.

6/18. Atkinson, G.M. ve Boore, D.M., 2006: Earthquake ground-motion prediction equations for Eastern North America, Bull. Seismol. Soc. Am., 96, 2181-2205.

6/19. Atkinson, G.M., ve Boore, D.M., 2003, Empirical ground-motion relations for dalma batma-zone earthquakes ve their application to Cascadia ve other regions: Bulletin of the Sismolojik Amerikan Derneği, v. 93, no. 4, p. 1703–1729.

6/20. Arpat E. ve Şaroglu F. (N,D,). The East Anatolian fay system; thoughts on its development. Türkiye Araştırma Enstitüsü. sayı xx, 33-39.

6/21. Aydemir A. ve Ates A. (2005). Structural interpretation of the Tuzgolu ve Haymana Havzas, Central Anatolia, Türkiye, using seismic, gravity ve aeromagnetic data. Dünya, Gezegenler, Uzay, 58, 951-961.

6/22. Baer G., Sandwell D., Williams S., Bock Y., ve Shamir G., (1999). Coseismic deformation associated with the Kasım 1995, Mw = 7.1 Nuweiba earthquake, Gulf of Elat (Aqaba), detected by synthetic aperture radar interferometry. J. Geophys, Res., v. 104, p. 25,221 - 25.232.

6/23. Barka A.A. ve Kadinsky-Cade K. (1988) – Doğrultu atımlı fay geometry in Türkiye ve its influence on earthquake activity. Tectonics, 7, 663-684.

6/24. Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. ve Şengör, A.M.C. (1995) The Isparta angle: its importance in the neotectonics of the eastern Mediterranean region. Pişkin, Ö., Ergün, M., Savaşcn, G. (ed.). IESCA-1995 Aşamalar, 3-17.

6/25. Barka, A. ve R. Reilinger (1997) Active Tectonics of the Doğu Akdeniz Region: Deduced from GPS, Neotectonic ve Depremsellik data. Annali Di Geofisica, sayı XL, No. 3, Haziran 1997.

6/26. Bartov, Y., Steinitz, G., Eyal, M., Eyal, Y., 1980. Sinistral movement along the Gulf of Aqaba – its age ve relation to the opening of the Red Sea. Nature 285, 220-221.

6/27. Bayer Altin T. (2007). Development of drainage ve terrace systems in Ecemiş valley, NE of Mediterranean region. Extended Abstract, GEOMED, International Symposium on Geography, Environment ve Culture in the Mediterranean Region, Oturumlar: 31-43, Haziran 5-8, 2007 Kemer, Antalya-Türkiye

6/28. Bayer Altin T. (2008). Ecemiş cayi vadi olugunda polisiklik topografya sekilleri – Polycyclic Topographic Forms in Ecemiş River Valley-Türk Cografya Dergisi, Sayi: 50, s.21-36.

6/29. Bazzurro, P. ve Cornell, C. A. 1999, "Disaggregation of seismic hazard", Bulletin of the Sismolojik Amerikan Derneği 89, 501-520

6/30. Ben-Avraham, Z., Kempler, D. & Ginzburg, A., 1988. Plate yakınsama in the Cyprian Arc, Tectonophysics, 146, 231–240.

6/31. Bender B., ve Perkins D. M., 1987, SEISRISK III: A Computer Program for Seismic Hazard Estimation. U. S. Jeolojik Araştırma Bulletin 1772. Denver, U. S. İçişleri Bakanlığı.

6/32. Biryol, C.B., Beck, S.L., Zandt, G., ve Ozacar, A.A., 2011, Segmented African lithosphere beneath the Anatolian region inferred from teleseismic p-wave tomography: Jeofizik Uluslararası Dergisi, v. 184, p. 1037-1057.

6/33. Boccaletti M., Manetti P., Peccerillo A. (1974). The Balkanids as an insta the Hellenids. Geol. Soc. Am. Bull. 85, 1077–1084.

6/34. Bogazici Üniversitesi Deprem Mühendisliği, Araştırma Enstitüsü. Akkuy. Geoteknik Araştırmalar. Istanbul, 1979.

6/35. Bollinger, G.A., F.C. Davison, M.S. Sibol, ve J.B. Birch, 1989, "Magnitüd (büyüklük) Recurrence Relations for the Southeastern United States ve its Subdivisions," Jeofizik Araştırma Dergisi, sayı 94, No. B3, pp. 2857-2873.

6/36. Bonilla, M.G., Mark,'R.K., ve Lienkaemper, V.V., 1984, Statistical relations among earthquake magnitüd (büyüklük), surface rupture length, ve surface fay displacement: Bulletin of the Sismolojik Amerikan Derneği, 74, 2379-2411.

6/37. Boore, D.M. ve Atkinson G. M. (2008), "Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, ve 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s ve 10.0 s" Earthquake Spectra, sayı 24, No. 1, pp: 99–138.

6/38. Bozkur E. (2001). Türkiye neotektoniği –sentez. Geodinamica Acta, sayı 14 (1-3), 3-30.

6/39. Boztas M. (1978) – Far distance seismic studies, Içel-Gülnar-Akkuyu, Türkiye. MTA (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü), TEK Nihai Raporu (Türk Elektrik Kurumu), 26 p.

6/40. Cagnan Z. ve Tanircan G. (2010) –Kıbrıs Sismik Tehlike Değerlendirmesi. Sismoloji Dergisi Sayı 14, Number 2, 225-246.

6/41. Calon T.J., Aksu A.E., Hall J. (2005). The Neogene evolution of the Outer Latakia Havza ve its gerilme into the Eastern Mesaoria Havza (Kıbrıs), Doğu Akdeniz. Deniz Jeolojisi 221, 61-94.

6/42. Campbell, K. W. ve Y. Bozorgnia (2008) "NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD ve 5% Damped Linear Elastic Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s" Earthquake Spectra, sayı 24, No. 1, pp: 139–171.

6/43. Canitez, N.(1984), Supplement to the Final Seismcity Report of the Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant Site, Araştırma Raporu, İstanbul Technical Üniversitesi, Jeofizik Bölümü, Istanbul, Türkiye.

6/44. Canitez, N., Eyidogan, H., Buyukaşıkoğlu S., ve Ezen, 0., 1989, Microearthquake studies of Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant Site: İstanbul Teknik Üniversitesi Earth Sciences ve Resources Araştırma Merkezi, Final Report No. TEK-84-13.

6/45. Catuneanu, O. (2003), Key concepts of sequence stratigraphy: The interplay of base level changes ve çökelti supply, Jeolojik Association of Canada, Abstracts, 2003

6/46. Cemen I., Goncuoglu M.C. ve Dirik K. (1999) – Structural evolution of the Tuzgolu Havza in Central Anatolia, Türkiye. Jeoloji Dergisi, 107, p. 603-706.

6/47. Cetin H., Guneylia H., Mayerb L. 2003. Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fay Zone, Türkiye. Tectonophysics, Sayı 374, 3-4, 163-197.

6/48. Chiou, B.S:J. ve R.R. Youngs (2008) "An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion ve Response Spectra" Earthquake Spectra, sayı 24, No. 1, pp: 173–215.

6/49. Cicek A. ve A. Kocyicit (2009). A NNE-yönelimli active graben in the Isparta Angle, SW Türkiye: Karamik Graben, its geometry, age ve earthquake potential. Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo, 29 : 168-174 (2009).

6/50. Cornell, A. (1968) Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of Sismolojik Amerikan Derneği, sayı 58, No. 5, 1583-1606, Ekim 1968.

6/51. Cosentino D:, Schildgen T. F., Cipollari P., Faranda C., Gliozzi E., Hudácková N., Lucifora S. ve M. R. Strecker (2011) - Late Miocene surface uplift of the southern margin of the Central Anatolian Plateau, Central Taurides, Türkiye. Jeolojik Amerikan Derneği Bulletin, B30466.1.

6/52. Cowgill E. (2007) - Neotectonic evidence of active folding in NE Irak ve SE Türkiye suggests the Taurus-Zagros baskıbelt is underlain by a locked, northeast-dipping megathrust. EGU, Jeofizik Araştırma Abstracts, sayı 9, 04692,

6/53. Demir, T., Yesilnacar, I. ve Westaway, R. (2004) - River terrace sequences in Türkiye: sources of evidence for yanal variations in regional uplift. Jeologlar Derneği Yayınları, 115, 289–311.

6/54. Demirtaşli E. (1984) - Stratigraphic evidence of Variscan ve early Alpine tectonics in Southern Türkiye. Jeoloji Derneği Londra, Özel Yayın n° 17, 129-145.

6/55. Demirtaşli E. ve M. Genç (1987) - Final Report of the Tectonic Investigation of the Region between Anamur, Gülnar ve Mut which Lies to the West ve Northwest of the Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant Site. Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) Nükleer Santraller Bölümü.

6/56. Demirtaşli, E. (1982) - "Final Report of the Local Jeolojik Investigations for the Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant Site, Gulnar Mersin," Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Jeoloji Departmanı, Türkiye Elektrik Kurumu için hazırlandı, Temmuz 1982.

6/57. Demirtaşli, E. ve M. Genç (1986) – Aşağıdaki bölgelerin son tektonik araştırma raporu, Final Report of the Tectonic Investigation of the Region between the Akkuyu Site, Silifke-Mersin-Tarsus Coastal Area, Adana ve Iskenderun Havzas, Eçemis Fay Zone, Bolkar Mountains, Ereğli Ulukişla Havza ve Eastern Part of the Mut Havza. Türk Elektrik Kurumu (TEK) Nükleer Santraller Bölümü. 103 pp.

6/58. Dhont D., Chorowicz J, Yurur T., Froger J.L., Kose O. Gundgdu N. (1988) – Emplacement of volcanic vents ve geodynamic of Central Anatolia, Türkiye, Volkanoloji ve Jeotermal Araştırma Dergisi, 85, 33-54.

6/59. Dhont, D., Chorowicz, J., Yurur, T. (1999) The Bolkar Mountains (Central Taurides, Türkiye): A Neogene gerilmeli thermal uplift?," Türkiye Jeoloji Bülteni, sayı 42, Number 2, pp. 69-87. DRAFT Akkuyu Sismik Tehlike Raporu 112 114545/11 (Kasım 23, 2011)

6/60. Dilek, Y. ve Sandvol, E. (2009) Seismic Structure, ve Tectonic Evolution of the Anatolian-African Plate Boundary ve the Cenozoic Orogenic Belts in the Doğu Akdeniz Region. In: Murphy, J.B., Keppie, J.D., ve Hynes, A.J., (Eds.), Ancient Orogens ve Modern Analogues, sayı 327, Jeoloji Derneği, Londra, pp. 723-782.

6/61. Dirik K. & M. Göncüoglu C. (1996). Neotectonic Characteristics of Central Anatolia. Uluslar arasi Jeoloji Dergisi, sayı 38, 9, pp. 807-817.

6/62. Dirik K, Goncuoglu MC, Kozlu H. (1999). Stratigraphy ve pre-Miocene tectonic evolution of the southwestern part of the Sivas Havza, central Anatolia, Türkiye. Jeolojik Dergi 34: 303-319.

6/63. Doglioni, C., Agostini, S., Crespi, M, Innocenti, F., Manetti, P., Riguzzi, F. ve Savasçin, Y. (2002). On the gerilme in western Anatolia ve the Aegean sea. In: Rosenbaum, G. ve Lister, G. S. Reconstruction of the evolution of the Alpine-Himalayan Orogen. Sanal Araştırmacının Dergisi, 8, 161-176.

6/64. EERI-ODTÜ, EMCH + Berger Ltd., Basler & Hofmann (1978). Nükleer Güç Santrali Akkiyu, Sismotektonik, Part 1. Berne ve Zurich, Aralık 1978.

6/65. EERI-ODTÜ, EMCH + Berger Ltd., Basler & Hofmann (1980). Akkuyu Nükleer Güç Santrali, Sismotektonik, Part 2

6/66. EIEI. Akkuyu Nukleer Santral Yeri. Geofizik Arastirmalari/ Sonuc Raporu. 1976.

6/67. Ellenblum R., Marco S., Agnon A., Rockwell T. ve Boas A. (1998). Crusader castle torn apart by earthquake at dawn, 20 Mayıs 1202. Jeoloji Nisan 1998, v. 26 no. 4 p. 303-306.

6/68. EMCH+BERGER LTD, consulting engineers Berne Switzeland. Geotechnics first unit area (eng) Akkuyu, 1982.

6/69. ENVY (2011) AKKUYU Nükleer Güç Santrali Project. Compiling of Engineering Jeolojik Araştırma Works. With the implementation of stage II comments. Stage III. AKKUYU Nükleer Güç Santrali Project. ENVY. Ankara, 22.11.2011

6/70. ENVY. Surface geophysical survey. Design stage. Stage III. Ankara, 2013

6/71. ENVY (2011), AKKUYU Nükleer Güç Santrali Project. Jeofizik Borehole Araştırmas. With the implementation of stage II comments. Stage III. ENVY. Ankara, 28.11.2011

6/72. IAEA (2005), Safety Guide. Safety Standards Series. No NS-G-3.6 Geotechnical Aspects of Site Evaluation ve Foundations for Nuclear Power Plants, published by IAEA, Vienna, 2005

6/73. ENVY (2011), AKKUYU Nükleer Güç Santrali Project. Surface Jeofizik Araştırma. Stage-II. ENVY. Ankara, 15.09.2011

6/74. ENVY (2011), Report for the Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant marine hydrological survey works, Stage III, Nov, 2011.

6/75. ENVY (2011), Sismolojik ve sismotektonik investigations of the territory with the implementations of stage II comments. Stage III. Final Bogazici Üniversitesi Raporu, Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Istanbul. Kasım, 2011.

6/76. ENVY (2012), AKKUYU Nükleer Güç Santrali Project. Engineering-Jeolojik Araştırma. The well drilling ve pumping test methodology for aquifer characterization at Akkuyu nükleer güç santrali. 2012

6/77. ENVY. Engineering geological survey report. Design stage. Stage III. Ankara, 2012

6/78. ENVY. Integration & analysis of geological & geophysical data. Design stage. Stage III. Ankara, 2012

6/79. ENVY (2012), Report on seismic monitoring at the site ve in the nearest region (Kasım 15, 2011 – Mart 31, 2012). Bogazici Üniversitesi Raporu, Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Istanbul. Temmuz, 2012.

6/80. ENVY (2012), Report on seismic monitoring at the site ve in the nearest region (Nisan 1, 2012 – Temmuz 15, 2012). Bogazici Üniversitesi Raporu, Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Istanbul. Temmuz, 2012.

6/81. ENVY (2012), Report on seismic monitoring at the site ve in the nearest region (Temmuz 16, 2012 – Eylül 20, 2012). Bogazici Üniversitesi Raporu, Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Istanbul. Ekim, 2012.

6/82. ENVY/Eskisehir Osmangazi Univ (2012), Archeosismolojik investigations in Seleukeia, Diocaesarea, Olba ve Korykos. Stage I. Report by ENVY/Eskisehir Osmangazi Univ., 2012.

6/83. Erdik, M., ve Eren, K. (1983). Attenuation of Intensities for Earthquake Associated with the North Anatolian Fay, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara, Türkiye.

6/84. Erdik, M., V. Doyuran, P.Gulkan ve N. Akkas (1983), A Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Türkiye, ODTÜ, EERC Report No: 83-1, Mart, 1983, Ankara.

6/85. Erdogan S. ve diğerleri (2008) - Monitoring of Deformations Along Burdur Fethiye Fay Zone with GPS. Deprem Mühendisliği Dergisi, 12(S2):109–118, 2008.

6/86. Erdoğan, S., M. Sahin, H. Yavasoglu, H. Karaman, T. Erden, S. Bilgi, G. Ruzgar, E. Tari, Z. Coskun, O. Tuysuz, M. Gullu, T. Baybura, Đ. Tiryakioğlu, O. Erdogan, F. Taktak, E. Gokalp, ve Y. Boz, 2006, "Monitoring of Deformations Along Fethiye-Burdur Fay Zone (Türkiye) with GPS," in "Geodetic Deformation Monitoring: From Jeofizik to Engineering Roles," Eds. Sanso, F. ve Gil, A. J., International Association of Geodesy Symposia, Springer Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-540-38596-7, pp. 152 – 159, sayı 131, 2006.

6/87. Erentoz & Ternek eds. (1962) – 1:100000 Türkiye Jeoloji Haritası– Adana Sayfası.

6/88. Ergin K., S. Buyukaşıkoğlu (1978), Final Report: Seismicity of Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant Site ve its Vicinity, Araştırma Raporu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Bölümü, Istanbul, Türkiye.

6/89. Faccenna C., Bellier O., Martinod J., Piromallo C. ve Regard V. (2006). Slab detachment beneath eastern Anatolia: A possible cause for the formation of the North Anatolian fay. Earth ve Planetary Science Letters 242 (2006) 85– 97.

6/90. FairbSırt, R.W., 1961, Eustatic changes in sea-level. Physics ve Chemistry of the Earth, 4:99-185 Londo

6/91. Freund, R., 1965. A model of the structural development of İsrail ve adjacent areas since Upper Cretaceous times. Geol. Mag. 102, 189–205.

6/92. Garfunkel Z. (2004). Origin of the Doğu Akdeniz Havza: a reevaluation. Tectonophysics, 391, 11-34.

6/93. Geopet Ltd. (2012a). Report of the fay displacement hazard investigations at the Akkuyu Nükleer Güç Santrali sahası ve its vicinity. Demirtasli E., WorleyParsons için hazırlandı, Şubat 2012.

6/94. Geopet Ltd. (2012b). Revised final report related with the tectonic investigations of the region between Akkuyu site, Silifke, Mersin, Taurus coastal area, Ecemis fay hattı, Adana ve Iskenderun nasins, Misis Mountains area, Clichihan trough, Bolkar Mountains, Eregliulukisla havza ve the Eastern part of the Mut havza. Demirtasli E., WorleyParsons için hazırlandı, Mart 2012

6/95. Gokçen, S., Kelling, G., Ulug, A., ve Gokçen, N., (1991). Neotectonic structural features in the Alanya-Mersin shelf area, Jeofizik, 1991, №5, 3-12 (in Turkish).

6/96. Gomez, F., Meghraoui, M., Darkal, A. N., Sbeinati, R., Darawcheh, R., Tabet, C., Khawlie, M., Charabe, M., Khair, K., ve Barazangi, M. (2001). Coseismic displacements along the Serghaya Fay; an active branch of the Dead Sea fay system in Syria, Lebanon. Jeoloji Derneği Dergisi 158, 405-408.

6/97. Gosatomnadzor (2001), NP-031-01 Norms of designing aseismic nükleer güç santralis. Moskova, Gosatomnadzor of Russia, 2001.

6/98. Graizer V., Kalkan E. Prediction of spectral acceleration response ordinates based on PGA attenuation // Earthquake Spectra. 2009. V. 25. P. 39-69.

6/99. Grunthal, G., 1998, European macroseismic scale, European Sismolojik Commission, Sub-commission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic scales, Luxembourg, 99 pp.

6/100. Guidoboni E. ve Comastri A. (1997). The large earthquake of 8 Ağustos 1303 in Crete: seismic scenario ve tsunami in the Mediterranean area. Sismoloji Dergisi, Vol. 1, N. 1, 55-72

6/101. Gulen L., (1999). Seismic activity in the Kıbrıs region preceding major earthquakes in Türkiye, in: Proceedings of the International Conference on Earthquake Hazard ve Risk in the Mediterranean Region, H. Gökçekuş (editor), EHRMR'99, sayı1, Near East Üniversitesi Publ., Lefkoşa, 189-199.

6/102. Gulen, L., A. Barka, M. N. Toksoz (1987). Continental collision ve related complex deformation: Maraş Triple Junction ve surrounding structures, southeastern Türkiye, Yerbilimleri (Bull. Earth Sci. Applica. ve Res. Merkezi, Hacettepe Univ.), 14, 319-336.

6/103. Hall, J., Aksu, A. E., Yaltırak, C., ve Winsor, J. D. (2009). Structural architecture of the Rhodes Havza: A deep depocentre that evolved since the Pliocene at the junction of Hellenic ve Kıbrıs Arcs, eastern Mediterranean. Deniz Jeolojisi 258, 1-23.

6/104. Hall, J., Hubscher, C., Ehrhardt, A., Dehghani, A., Holz, S., Louden, K., Aksu, A., ve Schattner, U. (2010) - From dalma batma to collision: the role of the Eratosthenes Seamount in the Doğu Akdeniz. Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia. GSA Meeting 2010.

6/105. Hamouda A.Z. (2006). Numerical computations of 1303 tsunamigenic propagation towards Alexandria,Mısırian Coast, J. African Earth Sci., 44, p. 37-44

6/106. Harvard CMT Project Global CMT Catalog (1976-2010), Harvard Üniversitesi, Cambridge, MA, A.B.D..

6/107. Hempton M.R. ve Dewey J.F. (1981) Structure ve tectonics of the Lake Hazar pull-apart havza, SE Türkiye, Transactions, American Jeofizik Union, EOS, 62, 1033.

6/108. Herak, Milan, ve V. T Stringfield (1972) Karst, Important Karst Regions of the Northern Hemisphere: Edited by M. Herak ve V. T. Stringfield. Amsterdam: Elsevier Pub. Co., 1972.

6/109. Hofstetter R., Klinger Y., Amrat A.Q., Rivera L., ve Dorbath L. (2007). Stress tensor ve focal mechanisms along the Dead Sea fay ve related structural elements based on sismolojik data: Tectonophysics, v. 429, p. 165-181.

6/110. IAEA (1985), Licensing considerations related to seismicsafety for the Akkuyu nükleer güç santrali by Aybars Gurpinar, IAEA Expert. Türkiye Devlet Raporu. Aralık 17, 1984-Ocak 11, 1985.

6/111. IAEA (1985), Review of geological ve sismolojik aspects of Akkuyu site. Türkiye Devlet Raporu. IAEA-TA-2366. 23 Mayıs, 1986.

6/112. IAEA (1996), Yılmaz Bektur, Seismic catalogue of Türkiye, 1996 International Atomic Energy Agency (IAEA), Nükleer Güvenlik Departmanı, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEA), Ankara, 1996.

6/113. IAEA (2010), Specific Safety guide No SSG-9 Seismic Hazard in site evaluation for Nuclear Installations, published by IAEA, Vienna, 2010.

6/114. Imprescia P., S. Pondrelli, G. Vannucci & S. Gresta, (2011). Regional centroid moment tensor solutions in Kıbrıs from 1977 to the present ve sismotektonik implications, J. Seismol., DOI 10.1007/s10950-011-9254-7.

6/115. Inan S., (1993) Morphotectonic ve structural characteristics of the Kızılırmak fay hattı, Proc. 8th Geol. Cong. Türkiye, 321–328.

6/116. International Sismolojik Centre (ISC), 2011, ISC On-line Bulletin, Thatcham, United Kingdom, Website: <http://www.isc.ac.uk>, Erişim Tarihi: 6 Nisan 2011.

6/117. IPE RAS (2011) Elaboration of seismic hazard assessment alternative model for the Nükleer Güç Santrali "Akkuyu" installation site in Türkiye based on sismolojik ve sismotektonik conditions. IPE RAS report. Moskova, Kasım 2011.

6/118. Ipek, M., Z. Uz, ve U. Gulu, 1965, "Earthquake Regions in Türkiye Based on Sismolojik Data", Technical Report, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enstitüsü of Seismology Doglioni in Turkish].

6/119. IRIS dataset. http://www.iris.edu/hq

6/120. Jackson J. ve McKenzie D., 1984, Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Türkiye ve Pakistan. Geophys. J. R. Astr. Soc., 77, 185-264.

6/121. Jaffey N., Robertson A. (2005) - Non-marine çökeltiation associated with oligocene-recent exhumation ve uplift of the central Taurus Mountains, S Türkiye. Çökeltiary Geololy, 173, 53–89.

6/122. Jaffey, N. ve A.H.F. Robertson (2001), New Çökeltiological ve Structural Data from the Ecemiş Fay Zone, Southern Türkiye: Implications for its Timing ve Offset ve the Cenozoic Tectonic Escape of Anatolia, Jeoloji Dergisi, Londra, v.158, pp.367-378

6/123. Jeolojik. Jeofizik log report of the bore holes. Ankara, 1978.

6/124. Jolivet, L. (2001). A comparison of geodetic ve finite strain pattern in the Aegean, geodynamic implications. Earth Planet. Sci. Lett. 187, 95–104.

6/125. Kalafat, D., Y. Güneş, K. Kekovalı, M. Kara, P. Deniz, M. Yılmazer (2011). Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010; M≥4.0). A revized ve extended earthquake catalogue for Türkiye since 1900, M≥4.0., 640p. Bogazici Üniversitesi Yayını.

6/126. Karabacak (2010). Jeolojik, geomorphological ve archeasismolojik observations along the Cibyra fay ve their implications for the Regional Tectonics of SW Türkiye. Türkiye Yer Bilimleri Dergisi, sayı 20, pp. 429-447.

6/127. Keller, E.A. ve Pinter, N., 1996, Active Tectonics, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall Inc. 338 pp.

6/128. Ketin (1966) - Tectonic units of Anatolia, Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turk. 66 (1966), pp. 23–34.

6/129. Khair, K., 2001, "Geomorphology ve Depremsellik of the Roum Fay as one of the Active Branches of the Dead Sea Fay System in Lübnan", Jeofizik Araştırma Dergisi, sayı 106, No. B3, pp. 4233-4245.

6/130. Kissel, C., Laj, C., Poisson, A., Görür, N.,(2003) Paleomagnetic reconstruction of the Cenozoic evolution of the Doğu Akdeniz. Tectonophysics 362,199–217.

6/131. Klinger, Y., J.P. Avouac, L. Dorbath, N. Abou Karaki, ve N. Tisnerat, 2000b, "Seismic Behavior of the Dead Sea Fay along the Araba Valley, Ürdün," Jeofizik Uluslararası Dergisi, sayı 142, pp. 769-782.

6/132. Klinger, Y., J.P. Avouac, N. Abou Karaki, L. Dorbath, D. Bourles, J.L. Reyss, 2000a, "Slip Rate on the Dead Sea Transform Fay in Northern Araba Valley (Ürdün)," Jeofizik Uluslararası Dergisi, sayı 142, pp. 755-768.

6/133. Kocyigit A. ve Beyhan A. (1998). A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fay Zone, Türkiye. Tectonophysics, 284, 317-336.

6/134. Koçyigit A., Özacar A., 2003. Gerilmeli Neotectonic Regime through the NE Edge of the Outer Isparta Angle, SW Türkiye: New Field ve Seismic Data. Türk Yer Bilimleri Dergisi(Turkish J. Earth Sci.), sayı 12, 2003, pp. 67-90.

6/135. Koçyiğit, A. & Deveci, Ş., (2007). A N-S-yönelimli active gerilmeli structure, the Şuhut (Afyon) graben: commencement age of the gerilmeli neotectonic period in Isparta Angle, SW Türkiye. Türkiye Toprak Bilimleri Dergisi 16, 391-416.

6/136. Kohketsu. K., The extended reflectivity method for synthetic near-field seismograms, J. Phys. Earth, 33, 121-131, 1985.

6/137. Konstantinou K.I. ve Melis N.S. (2008). High-Frequency Kesme-Wave Propagation across the Hellenic Dalma batma Zone. Bull. Seismol. Soc. Am. 98 (2), 797–803

6/138. Kopf, A. (2003). The Mediterranean Sırt: A mass balance across the fastest growing accretionary complex on Earth. Jeofizik Araştırma Dergisi 108.

6/139. Kreemer C. ve Chamot-Rooke N. (2004). Contemporary kinematics of the southern Aegean ve the Mediterranean Sırt. Geophys. J. Int. (2004) 157, 1377–1392.

6/140. Kuge, K., Source modeling using strong-motion waveforms: Toward automated determination of earthquake fay düzlemis ve moment-release distributions, Bull. Seismol. Soc. Amer., 93, 639-654, 2003.

6/141. Le Beon M., Klinger Y., Agnon A., Dorbath L., Baer G., Meriaux A.S., Ruegg J.C., Charade O., Finkel R., ve Ryerson F. (2006). Geodetic versus geologic slip rate along the Dead Sea, Sismolojik Amerikan Derneği Annual Meeting, San Francisco.

6/142. Le Beon M., Klinger Y., Amrat A.Q., Agnon A., Dorbath L., Baer G., Ruegg G., Charade J.C. ve Mayyas O. (2008). Slip rate ve locking depth from GPS profiles across the southern Dead Sea transform. Journ of Geophys. Res. Solid Earth., v. 113.

6/143. Le Pichon, X., Angelier, J., (1979). The Hellenic arc ve Çukur system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. Tectonophysics 60, 1–42.

6/144. Leonard M., (2010). Earthquake Fay Scaling: Self-Consistent Relating of Rupture Length, Width, Average Displacement, ve Moment Release. Bull. Seismol. Soc. Am., 100, 1971-1988.

6/145. Marco, S., Hartal, M., Hazan, N., Lev, L., ve Stein, M., 2003, Archaeology, history, ve geology of the A.D. 749 earthquake, Dead Sea transform: Jeoloji, v. 31, p. 665-668

6/146. Mart, Y. ve Ryan, W.B.F. (2003). The Complex Tectonic Regime of Kıbrıs Arc: A Short Review. İsrail Yer Bilimleri Dergisi, 51: 117-134.

6/147. Mart, Y., Ryan, W. (2003) - The tectonics of Kıbrıs Arc: a model of complex continental collision. EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Abstracts from the meeting held in Nice, France, 6-11 Nisan 2003.

6/148. Mc Clusky (2003), Reilinger R., Mahmoud S., Ben Sari D. ve Tealeb A.. GPS constraints on Africa (Nubia) ve Arabia plate motions. Geophys. J. Int., 155-126-138

6/149. McClusky, S., S. Balassanian, A. Barka, C. Demir, S. Ergintav, ˙I. Georgiev, O. Gurkan, M. Hamburger, K. Hurst, H. Kahle, K. Kastens, G. Kekelidze, R. King, V. Kotzev, O. Lenk, S. Mahmoud, A. Mishin, M. Nadariya, A. Ouzounis, D. Paradissis, Y. Peter, M. Prilepin, R. Reilinger, I. Sanli, H. Seeger, A. Tealeb, M. N. Toksoz, ve G. Veis, Global Positioning System constraints on plate kinematics ve dynamics in the eastern Mediterranean ve Caucasus, J. Geophys. Res., 105(B3), 5695–5719, 2000

6/150. McGuire R. K. Probabilistic Seismic Hazard Analysis ve Design Earthquakes: Closing the Loop // Bul. Seismol. Soc. Am. 1995. V. 85(5). P. 1275-1284.

6/151. McGuire, R., 1976. FORTRAN Computer Program for Seismic Risk Analysis, U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 76-67, U.S., Rep. 1-90.

6/152. McKenzie, D. P. 1978. Active tectonism in the Alpine– Himalayan belt: the Aegean Sea ve the surrounding regions (tectonics of the Aegean region). Jeofizik Astronomi Dergisi 55, 217–54.

6/153. McKenzie, D.P, 1972, Active tectonics of the Mediterranean region: Geophys.J.R.Astro.Soc., 30, 109-185.

6/154. ODTÜ (1989) Doyuran, V., P. Gulkan ve A. Kocyigit, Sismotektonik evaluation of the Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant site. ODTÜ/GGRC, Aug., 1989.

6/155. ODTÜ, 1986, Akkuyu II (Camalanı) Nuclear Power Plant, Detailed Site Investigation Report, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara, Türkiye.

6/156. ODTÜ, EERI (1979) Earthquake resistant design parametres for the Akkuyu nuclear plant site. Part 1. Report No. 79-4 Temmuz, 1979

6/157. Monod O., Kuzucuoglu C. ve Okay A. (2006) - A Miocene Palaeovalley Network in the Western Taurus (Türkiye). Türk Yer Bilimleri Dergisi (Turkish J. Earth Sci.), sayı 15, 2006, pp. 1-23.

6/158. Morishita M. Measuring of the dispersion of individuals ve analysis of the distribution patterns// Memorie Fac. Sci. Kyushu Univer. Ser. E. 1959, sayı 2, .p. 215-235.

6/159. MTA (1977) (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü) – Açıkları fay investigation using a high resolution reflection technique, Içel-Gülnar-Akkuyu, Türkiye. MTA (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü), Report of Boztas M. for TEK (Turkish Electricity Association), 31 p.

6/160. MTA (1977), Jeofizik department of the MTA. Report on the gravity investigations on the Nükleer Güç Santrali sahası at Akkuyu Türkiye, 1977.

6/161. Muhelberger W.R. ve Gordon M.B. (1987) - Observations on the complexity of the east anatolian fay, Türkiye. Yapısal Jeoloji Dergisi, sayı 9, Issue 7, 1987, Pages 899–903.

6/162. Muir-Wood, R., “From Global Sismotektonik to Global Seismic Hazard”, Annali di Geofisica, v.36, pp.153-169, 1993.

6/163. Musson, R. M. W., (2000). Şiddet-based Seismic Risk Assessment, Soil Dynamics ve Deprem Mühendisliği, sayı 20, 353-360.

6/164. MTA. Maden TETKIK VE ARAMA Enstitusu. Icel-Gülnar-Akkuyu. Nukleer Energi Santral Yeri. Rezistivite Calismalari Raporu. Ankara, 1977.

6/165. N.V. Shebalin, S.S. Arefiev, V.Yu.Vasiliev, R.E. Tatevosyan. From seismic sites to seismic structures.//Edited by ASUSSR. Physics of the earth. 1991. No.9, p.20-28.

6/166. Nakamura, Y., A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on ground surface, Quarterly Report of the Railway Technical Araştırma Enstitüsü, 1989, sayı 30, c. 25-33.

6/167. Niemi T.M., Zhang H., Atallah M. ve Harrison B.J. (2001). Late Pleistocene ve Holocene slip rate of the Northern Wadi Araba fay, Dead Sea transform, Ürdün. Sismoloji Dergisi., v. 5, p. 449-474.

6/168. NUREG-0712 Safety Evaluation Report Related to the Operation of San Onofre Nuclear Generating Station, Units 2 ve 3, dated Şubat 1981.

6/169. Nutzmann G. A simple finite element method for modeling one-dimension water flow ve solute transport in variably saturated soils. Acta Hydrophys., 1991

6/170. Okay, A.I. ve Tüysüz, O. (1999) - Tethyan sutures of northern Türkiye. Akdeniz Havzas: Tersiyer gerilme (Alpler orijinli)" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth ve M. Séranne), Jeoloji Derneği, Londra, Özel Yayın 156, 475-515.

6/171. Okay, A.İ. (2008) Jeoloji of Türkiye: A synopsis. Anschnitt. 21: 19–42.

6/172. Okyar, M., Ergin, M., & Evans, G. (2005). Seismic stratigraphy of Late Quaternary çökeltis of western Mersin Bay shelf, (NE Akdeniz). Deniz Jeolojisi, 220(1-4), 113-130

6/173. Orgulu G. Akta M., Trkelli N., Sandvol E. ve Barazangi M. (2003) – Doğu Türkiye'deki sismolojiye orta ve küçük olaylardan edinilen katkılar. Jeofizik Araştırma Yazıları, 30, doi 10.1029/203GL018258.

6/174. Ozaner F.S., Tufekci K.D., (1988) Geomorphology ve recent tectonics of the Sqarkıs.la–Gemerek bölgesi ve çevresi, J. Geomorph. 16, 53–60.

6/175. Ozel E., Ulug A., ve Pekcentinoz (2007). Neotectonic aspects of the northern margin of the Adana – Cilica submarine havza, NE Mediterranean. J. Earth. Sci. 116, 2, Nisan 20117, 113-124.

6/176. Özeren MS, Holt WE (2010) Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolunun dinamikleri. Geophys J Int 183:1165–1184

6/177. Ozsain E. ve Dirik K. (2011) - The role of oroclinal bending in the structural evolution of the Central Anatolian Plateau: evidence of a regional changeover from shortening to gerilme. Geologica Carpathica, Sayı 62, Number 4 / Ağustos 2011, 345-359.

6/178. Papadimitriou, E. E. ve Karakostas, V. G. (2006) Earthquake generation in Kıbrıs revealed by the evolving stress field. Tectonophysics, 423: 61-72.

6/179. Papazachos, B. C. ve Ch. A. Papaioannou, 1999, "Lithospheric Boundaries ve Plate Motions in the Kıbrıs Area", Tectonophysics, sayı 308, pp. 193-204.

6/180. Papazachos, B.C., Karakostas, V.G., Papazachos, C.B., Scordilis, E.M. (2000). The geometry of the Wadati-Benioff zone ve lithospheric kinematics in the Hellenic arc. Tectonophysics 319, 275–300.

6/181. Perincek, D., ve H. Kozlu (1984). Elbistan Jeolojik Araştırması- Goksun - Sariz Area, International Symposium on the Jeoloji of the Taurus Belt. Türkiye Jeoloji Derneği, Özel Yayın, pp. 181-198.

6/182. Perinçek, D., Y. Gunay, H. Kozlu, New observation on doğrultu atımlı faylar in East ve Southeast Anatolia, 7th Türkiye Petrol Konferansı, Proceeding, pp. 89-103 Ankara (Türkçe).

6/183. Pilidou S., Priestley K., Jackson J. ve Maggi A. (2004). The 1996 Kıbrıs earthquake: a large, deep event in the Cyprian Arc. Geophys. J. Int., 158, 85-97.

6/184. Piper ,J.D.A.,Ğursoy ,H. ve Tata R, O (2002). Palaeo-magnetism ve magnetic properties of the Cappadocian ignimbrite succession, central Türkiye ve Neogene tectonics of the Anatolian collage.Volkanoloji ve Jeotermal Araştırma Dergisi 117

6/185. Power, M., Chiou, B., Abrahamson, N., Bozorgnia, Y., Shantz, T. ve Roblee, C. (2008). An overview of the NGA project. Earthquake Spectra 24, 3–21.

6/186. Provision on Nükleer Güç Santrali sahasıs (Official gazette No. 27176. Publishing date 21.03.2009), Türkiye.

6/187. Rast, B., ve Saegesser, R., 1980, On the systematics in defining seismic zones: Proceedings of the Seventh World Conference on Deprem Mühendisliği, Istanbul, Türkiye, Geoscience Aspects, Part I., 261-268.

6/188. Reasenberg, P.A., 1985: Second-order moment of Central California seismicity. J Geophys Res., 90, 5479–5495.

6/189. Reilinger ve diğerleri (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone ve implications for the dynamics of plate interactions. J. Geophys. Res., sayı 111, BO5411, doi: 10.1929/2005JBOO4051, p. 1-26.

6/190. Robertson A.H.F., Clift P.D., Degnan P.J., Jones G. (1991). Palaeogeographic ve palaeotectonic evolution of the eastern Mediterranean Neotethys. In: Channell, J.E.T., Winterer, E.L., Jansa, L.F. (Eds.), Palaeogeography ve Paleoceanography of Tethys: Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol., sayı 87, pp. 289–343.

6/191. Robertson, A.H.F. (1998). Mesozoic-Tersiyer tectonic evolution of the easternmost Mediterranean area: integration of marine ve land evidence. In: Robertson, A.H.F., Eneis, K.C., Richter, C. ve Camerlenghi, A. (eds.), Proceed.Ocean Drilling Prog., Scientific Results, 160, 723-782.

6/192. Rumpker G., T. Ryberg, G. Bock ve the DESERT Seismology Group (2003). Boundary-layer mantle flow under the Dead Sea Transform fay inferred from seismic anisotropy, Nature, 425, 497–501, doi:10.1038/nature01982.

6/193. S. Arefiev, R.E. Tatevosyan, N.V. Shebalin. Method of measurement of the seismic mode parametres. Innovation. 1989. Application No. 4610030/31-25 of 27.12.90, Moskova, G01V1/00 class.

6/194. S.M. Zverev. Crustal blocks ve fractures of the Levant havza. Edited by Svetoch Plus, 2010, p.224.

6/195. Saroglu F., Emre O. ve Kuscu I. (1992) – The East Anatolian Fay zone of Türkiye. Annales Tectonicae, 99 – 125.

6/196. Satır Erdag D., Tuysuz, O., Akyuz, H.S. (2009) - Ecemiş Fay zonu”num morfotektoniy ozellikleri ve morfometrik analizi. itudergisi/d muhendislik Cilt:8, Sayi:5, 67-79.

6/197. Scordilis, E.M., 2006, "Empirical Global Relations Converting MS ve mb to Moment Magnitüd (büyüklük)," Sismoloji Dergisi, sayı 10, pp. 225-236.

6/198. Selcuk A.S. & Gokten E. (2011). Neotectonic characteristics of the Inonu-Eskisehir Fay System in the Kaymaz (Eskisehir) Region: influence on the development of the Mahmudiye – Cifteler-Emridag Havza. Türkiye Yer Bilimleri Dergisi (Turkish J. Earth Sci. 2011). Doi: 10.3906/yer-0910-30.

6/199. Sengor A. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Türkiye: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241,

6/200. Sengor, A.M.C., Gortir, N., ve Şaroglu, F (1985). Doğrultu atımlı faylanma ve related havza formation in zones of tectonic escape: Türkiye as a case study, In: Doğrultu atımlı Faylanma ve Havza Formation, K. Biddle ve N. Christie-Blick (editors), Özel Yayın 37, Society of Economic Paleontologists ve Mineralogists, Tulsa, Oklahoma.

6/201. Serpelloni E., Vannucci G., Pondrelli S., Argnani A., Casula G., Anzidei M., Baldi P. ve GasperiniP. (2007). Kinematics of the Western Africa-Eurasia plate boundary from focal mechanisms ve GPS data. Geophys. J. Int. (2007) 169, 1180–1200.

6/202. Sesetyan K., Durukal E., Demircioglu, M.B. ve Erdik M., 2005, "Türkiye için revize edilmiş şiddet azalma ilişkileri", EGU.

6/203. Seyrek E. (2008). Post-Miocene tectonic evolution of Alidag anticline, Adiyaman, Türkiye. Thesis, Graduate School of Natural ve Applied Sciences of ODTÜ, 115 pp.

6/204. Slemmons, D.B. ve CM. dePolo (1986), Determination of earthquake Size, in Proc. of te Conf. XXIV: A Workshop on "Probabilistic Earthquake Hazard Assessments", USGS Open File Report 86-185, Reston, Virginia.

6/205. Slemmons, D.B. ve D.H. Chung (1982), Maximum Credible Earthquake Magnitüd (büyüklük) for the Calevras ve Hayward Fay Zones, California, California Division Mines ve Jeoloji, Özel Yayın No: 62, pp. 115-124.

6/206. Sobolev, S. V., Petrunin, A. G., Garfunkel, Z., Babeyko, A. Y. (2003). Thermo-mechanical model of the Dead Sea Transform. Earth ve Planetary Science Letters, 238, 1-2, 78-95.

6/207. Stampfli, G.M., ve Borel, G.D. (2002). A plate tectonic model for the Paleozoic ve Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries ve restored synthetic ocean isochrons. Earth Planet. Sci. Lett. 196, 17–33.

6/208. Stepp, J. C., (1973). "Analysis of completeness of the earthquake sample in the Puget Sound area", S.T. Handing (Editor), Contributions to Seismic Zoning. NOAA Tech. Rep. ERL 267-ESL 30, U.S. Dep. of Commerce.

6/209. Strasser, F.O., M.C. Arrango, ve J.J. Bommer, 2010, "Scaling of the Source Dimensions of Interface ve Intraslab Dalma batma-zone Earthquakes with Moment Magnitüd (büyüklük)," Sismolojik Araştırma Yazıları, sayı 81, No. 6, pp. 941-950.

6/210. Tan O., Tapirdamaz M.C ve Yoruk A. (2008). Türkiye Deprem Katalogları. Türkiye Yer Bilimleri Dergisi, 17, 405-418.

6/211. Taymaz T., Yilmaz Y., ve Dilek Y. (2007). The geodynamics of the Aegean ve Anatolia: Giriş. Jeoloji Derneği, Londra, Özel Yayınlar 2007, v. 291, p. 1-16, doi: 10.1144/SP291.1.

6/212. TEK (1975) AKKUYU NNP DSI Hydrogeological investigation of submarine springs. Ankara., 1973

6/213. TEK (1975), NED-I-14, Nuclear power plant. Site report, Kasım 1975.

6/214. TEK (1976) NED-I-16, Nuclear power plant. Revised site report, Nisan-1976.

6/215. TEK (1978), Microearthquake study in Akkuyu region (field recording in summer 1977). Project No. TEC-77-01. Final report. ITU. Istanbul, Temmuz, 1978.

6/216. TEK (1978), Second microearthquake study in Akkuyu region (field recording in spring 1978). Project No. TEC-77-01.2. Progress report № 1. Istanbul, Ağustos, 1978.

6/217. TEK (1978), Seismicity of Akkuyu nükleer güç santrali site ve its vicinity. Project No. TEC-77-02. Final report. ITU. Istanbul, Ekim, 1978.

6/218. TEK (1979), AKKUYU NNP DSI Hydrogeological investigation II. Part progress report. Ankara, 1979

6/219. TEK (1981), AKKUYU NNP. DSI. Jeofizik log report in relevant whith unit I, additional drilled wells in the Akkuyu nükleer güç santrali, 1981.

6/220. TEK (1982), AKKUYU NNP DSI Hydrogeological investigation final report. Ankara 1982

6/221. TEK (1982), Crosshole survey (Turkish). Ankara, 1982.

6/222. TEK (1983), "Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant: Detailed Site Investigations Report", Türkiye Elektrik Kurumu, Nükleer Santraller Bölümü, NSD-I-29, Türkiye, Haziran 1983.

6/223. TEK (1983), AKKUYU NNP Detailed Site Investigation Report. Geotechnics – first unit», part 2, annex 5, 1983

6/224. TEK (1987), Microearthquake studies in Akkuyu nuclear plant site. Project No. TEC-84-11. Final report. ITU. Istanbul, Kasım, 1987.

6/225. TEK, (1983a), Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant, Detailed Site Investigation Report, Local Jeoloji ve Site Jeoloji, Part-II, Annex: 3-4, Nükleer Santraller Bölümü, Ankara.

6/226. TEK, ODTÜ, EERC (1983) Akkuyu nükleer güç santrali design basis earthquake ground motion. Türkiye Elektrik Kurumu, ODTÜ/EERC. Ankara. Mayıs,1983.

6/227. TEK/KOERI (1990) Akkuyu nükleer güç santrali design basis ground motion. Report № 90-2. Türkiye Elektrik Kurumu, KOERI Bogazici Üniversitesi. Istanbul. Mayıs, 1990.

6/228. Ten Veen, J.H., Woodside, M., Zitter, T.A.C., Dumont, J.F., Mascle, J., Volkonskaia, A. (2004) Neotectonic evolution of the Anaximander Mountains at the junction of the Hellenic ve Kıbrıs Arcs. Tectonophysics 391, 35–65.

6/229. Tezcan S., Durgunoğlu T., Acar Y. Akkuyu Nükleer Güç Santrali Plant, Mersin, Türkiye. Geoteknik Araştırmalar. sayı 1-4. Istanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü, 1979

6/230. Tibi, R., J. Blanco, ve A. Fatehi, 2011, "An Alternative ve Efficient Cluster-Link Approach for Declustering of Earthquake Catalogs," Sismolojik Araştırma Yazıları, sayı 82, No. 4, pp. 509-518.

6/231. Ucer, B. ve Erdik, M., 1988, Seismicity of the Akkuyu Nükleer Güç Santrali Site ve civar alanı: Deprem Mühendisliği Bölümü, Kandilli Gözlem ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Bogazici Üniversitesi, Istanbul.

6/232. Atina Üniversitesi (UOA), 2011, Online Sismolojik Catalogues, Sismolojik Laboratory, Atina Üniversitesi, Yunanistan, Website: http://dggsl.geol.uoa.gr/en_index.html, Accessed: Eylül 27, 2011.

6/233. Van Hinsbergen, D. J. J., Edwards, M. A. & Govers, R. (eds)(2009) Collision ve Collapse at the Africa–Arabia–Eurasia Dalma batma Zone. Jeoloji Derneği, Londra, Özel Yayınlar, 311, 1–7.

6/234. Wdowinski, S., Y. (2004) Bock, G. Baer, L. Prawirodirdjo, N. Bechor, S. Naaman, R. Knafo, Y. Forrai, ve Y. Melzer (2004). GPS measurements of current crustal movements along the Dead Sea Fay, J. Geophys. Res., 109, B05403, doi:10.1029/2003JB002640.

6/235. Wdowinski, S., Z. Ben-Avraham, R. Arvidsson, ve G. Ekstrom, 2006, "Sismotektonik of the Cyprian Arc," Jeofizik Uluslararası Dergisi, sayı 164, pp. 176-181.

6/236. Weber, M. (2009), Abu-Ayyash, K., Abueladas, A., Agnon, A., Alasonati Tasárová, Z., Al-Zubi, H., Babeyko, A., Bartov, Y., Bauer, K., Becken, M., Bedrosian, P.A., Ben-Avraham, Z., Bock, G., Bohnhoff, M., Bribach, J., Dulski, P., Ebbing, J., El-Kelani, R., Förster, A., Förster, H.-J., Frieslander, U., Garfunkel, Z., Goetze, H.J., Haak, V., Haberland, C., Hassouneh, M., Helwig, S., Hofstetter, A., Hoffmann-Rothe, A., Jäckel, K.H., Janssen, C., Jaser, D., Kesten, D., Khatib, M., Kind, R., Koch, O., Koulakov, I., Laske, G., Maercklin, N., Masarweh, R., Masri, A., Matar, A., Mechie, J., Meqbel, N., Plessen, B., Möller, P., Mohsen, A., Oberhänsli, R., Oreshin, S., Petrunin, A., Qabbani, I., Rabba, I., Ritter, O., Romer, R.L., Rümpker, G., Rybakov, M., Ryberg, T., Saul, J., Scherbaum, F., Schmidt, S., Schulze, A., Sobolev, S.V., Stiller, M., Stromeyer, D., Tarawneh, K., Trela, C., Weckmann, U., Wetzel, U. ve Wylegalla, K. (2009). DESERT Dead Sea Rift Transect: an interdisciplinary research project to study the Dead Sea Transform. STR 09/08.

6/237. Weichert, D.H., 1980, "Estimation of the Earthquake Recurrence Parametres for Unequal Observation Periods for Different Magnitudes," Bulletin of the Sismolojik Amerikan Derneği, sayı 70, No. 4, pp. 1337-1346.

6/238. Wells D.L., ve K.J. Coppersmith, 1994, "New Empirical Relationships Among Magnitüd (büyüklük), Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, ve Surface Displacement, Bulletin of the Sismolojik Amerikan Derneği, sayı 84, pp. 974-1002.

6/239. Westaway R. (1994). Present-day kinematics of the Middle East ve eastern Mediterranean. Journ of Geophys. Res., sayı 99, NO. B6, PP. 12,071-12,090, 1994, doi:10.1029/94JB00335

6/240. Westaway R. (1999). Comment on "A new intracontnental transcurrent structure: the Central Anatolian Fay Zone, Türkiye", yazan, A. Kocygit ve A. Beyhan, Tectonophysics, 314, 469-479.

6/241. Westaway, R. (2004). Cinematics consistency between the Dead Sea Fay Zone ve the Neogene ve Quaternary left-yanal faylanma in SE Türkiye. Tectonophysics, 391(1-4), 203-237.

6/242. WorleyParsons (2011), Akkuyu Nükleer Güç Santrali Fay Displacement Hazard Analysis – Photointerpretation Analysis – Site Vicinity Area, Versiyon 0, 19 Aralık 2011.

6/243. WorleyParsons (2011), Initial Seismic Input to be provided to the General Designer. Rizzo raporu, WorleyParsons için hazırlandı Nuclear Services JSC. Nükleer Güç Santrali-00-SV-REP-RU-0039-R0. Aralık 2011.

6/244. WorleyParsons (2012) Report on the Açıkları Jeofizik Investigations - confirmation of no capable faylanma in the Açıkları area of the Site vicinity, revision 0, 29 Şubat 2012.

6/245. WorleyParsons (2012), Akkuyu Nükleer Güç Santrali Yorumsal Analiz –Yakın Bölge Near Region, Versiyon 0, 14 Ocak 2012.

6/246. WorleyParsons (2012), Independent Review of the Seismic Hazard Assessment of Akkuyu (Nükleer Güç Santrali) Site. Final Report. Nükleer Güç Santrali-00-SV-REP-EN-0061-R1. WorleyParsons, 08 Haziran 2012

6/247. Yetis C. (1978). Camardi (Nigde) Bölgesi Jeolojisi ve Maden Bogazi ve Kamisli arasındaki Ecemiş Fay Bölgesinin özellikleri. Istanbul Üniversitesi Fen Fakultesi Mec. Series B, 43, 41-61.

6/248. Yilmaz H., Over S. ve Ozden S. (2006). Batı Andolu Fay Bölgesinin Kinematiği, Turkoglu (Kahramanmaras) ve Celikhan (Adiyaman), Doğu Türkiye. Dünya Gezegenleri, 58, 1463–1473, 2006.

6/249. Yilmaz Y, Can Genç S., Gürer F., Bozcu M., Yilmaz K., Karacik Z., Altunkaynak S., ve Elmas A. (2000). When Did the Western Anatolian Grabens Begin to Develop? In: Bozkurt E., Winchester JA. & Piper J.D.A. (eds). Türkiye ve çevre alanında tektonik ve magmatizm. Jeoloji Derneği Londra, Sp. Publ., 173, 353-384.

6/250. Youngs, R.R., S.J. Chiou, W.J. Silva, ve J.R. Humphrey, 1997, “Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Dalma batma Zone Earthquakes,” Sismolojik Araştırma Mektupları, Sismolojik Amerikan Derneği, sayı 68, No. 1, pp. 58-73.

6/251. Zhao, John X., Jian Zhang, Akihiro Asano, Yuki Ohno, Taishi Oouchi, Toshimasa Takahashi, Hiroshi Ogawa, Kojiro Irikura, Hong K. Thio, Paul G. Somerville, Yasuhiro Fukushima, ve Yoshimitsu Fukushima, 2006, “Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period”, Sismolojik Bülten, % Amerikan Derneği, sayı 96, No. 3, pp. 898-913, Haziran 2006.