

ANTAKYA-GÜZELBURÇ BELEDİYESİ
YERLEŞİM SAHASINA AİT
JEOLOJİK VE JEOFİZİK
ÖN RAPORU

AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

Uğur KURAN
Mustafa GÜRBÜZ
Mete MİRZAOĞLU
Derya ŞAHİNBAZ
Bengi ERAVCI
Müjdat YAMAN

2006

ANTAKYA-GÜZELBURÇ BELEDİYESİ YERLEŞİM SAHASINA AİT JEOLojİK VE JEOFİZİK ÖN RAPORU(JEOLojİ VE JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ YORUM FARKI)

1-ETÜTLERİN AMACI: Bu çalışmalardan esas amaç; Güzelburç Belediyesi hudutları içindeki yerleşim yerlerinde zeminde oluşan dikkate değer boyutlardaki deformasyonun görülmesiyle birlikte konutlarda ciddi çatlaklar, taşıyıcı sistemlerdeki kabarmalar ve şakülden sapmaların nedenlerinin araştırılmasıdır. (Bu konuyla ilgili olarak sahada yerinde tespit edilen görüntüler Raporun arka sayfasındaki CD de gösterilmektedir.).Çökme ve kabarmalarla birlikte oluşan ve 2-3 km doğrusal bir hat boyunca tarlalarda ve yerleşim yerlerinde gözlemlenen bu deformasyonlar özellikle 2004/2005 yıllarında artış göstermiş bu nedenle bazı evlerin tamamen boşaltılarak başka yerlere taşınmasını veya ev sahipleri tarafından tamamen yıktırılmasını gerekli kılmıştır.

Yukarıdaki beklenmedik gelişmelerin başlamasını takiben, Hatay ili, Antakya ilçesi, Güzelburç Beldesi sakinleri, Valilik Makamının, Türkiye Jeofizik Odasının ve Afet İşleri Gn. Md. Deprem Araştırma Dairesinin dikkatlerini bu sahaya çekmeğe başlamışlardır. İlk araştırmalar Eylül ayı başlarında 2 günlük bir genel saha değerlendirilmesi ile Uğur KURAN tarafından başlatılmıştır. Bu ön etütlerin amacı ilerde yapılacak jeofizik çalışmaların boyutlarının belirlenmesine yönelik olmuştur. Ancak İzmir’de yaşanan deprem nedeniyle verilen bir aradan sonra saha çalışmaları Kasım ayında başlatılabilmektedir.

Eylül-2005 tarihinde binalarda izlenen yapısal hasarın Kasım 2005 ayında daha da artması üzerine (yerbilimcilerin nadir olarak karşılaştıkları bir durum) elde edilen ön bilgiler: Yıldız Teknik Üniversitesine, İstanbul Üniversitesine, Orhan Gazi Üniversitesine, Antakya Mustafa Kemal Üniversitesi Jeofizik Bölümüne, Antakya Jeofizik Odası Temsilciliğine ve Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığına iletilmiştir. İlerde yapacağımız ön etütlerle ilgili Jeofizik ve Jeolojik araştırma programı; ilgili akademik ve teknik donanımlı kişilere bildirmiştir. Ayrıca aşırı su kullanımı nedeniyle oluşabilecek bölgesel oturmaları yanı sıra, meydana gelen deformasyon türünün Kuzey-Güney istikametli(Ölü Deniz Fayına paralel) ve kademeli kırık görünümünün bölgenin genel tektonik durumuyla ilgili taze, dinamik ve dikkate değer ipuçları taşıdığı ilgililere bildirmiştir. Diğer taraftan Güzelburç yerleşim sahasına yakın bir bölgede TPAO tarafından derin Refleksiyon sismik araştırmanın yapılmış olduğu 3-4 km derinliğe kadar sismik kesitlerin 3 ay kadar sürecek bilgisayar işlemlerini takiben Bakanlığımıza verileceği öğrenilmiştir.

2- KULLANILAN METOD VE TEKNİKLER: Bu araştırmalarımızda 4 ayrı disiplinde çalışma programı hazırlanmıştır. Bunlar sırasıyla

A) TRENÇ ÇALIŞMALARI

B) SAKAİNİN DİNAMİK KONİK PENETROMETRESİYLE YAPILAN ÇALIŞMALAR

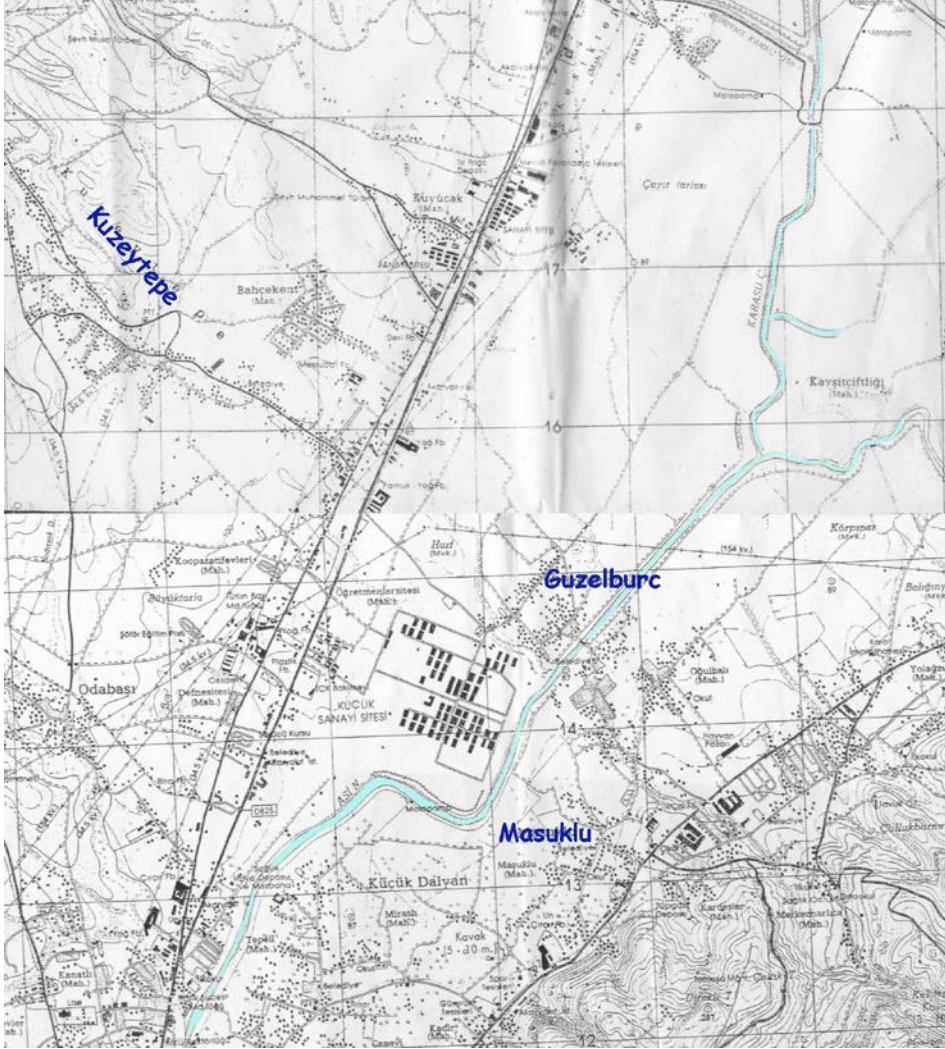
C) DERİN VE SABİT ELEKTROD ARALIKLI REZİSTİVİTE ÇALIŞMALARI

D) SİSMİK REFRAKSİYON ÇALIŞMALARI

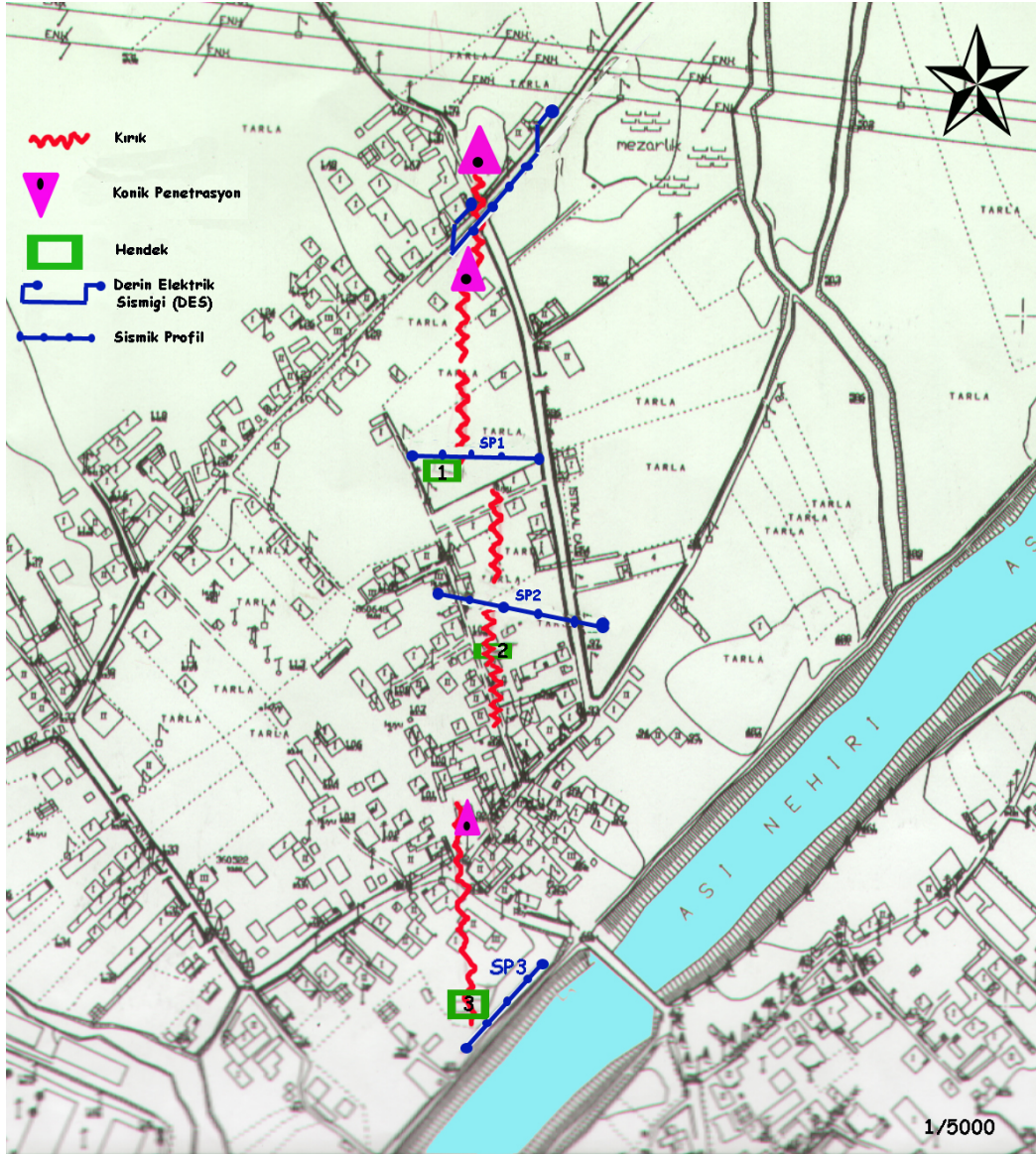
Yukardaki ilk iki yöntem uzun yıllardır Deprem Araştırmalarında kullanılan, toprağın örselenmesini ve derinlere kadar nüfuz edilerek[3-15 metre] zeminden numune alınarak, kesitler çıkartılarak tamamlan iki yöntemdir. Binaların üzerinde oturdukları zeminden çıkartılan toprak numuneleri üzerinde zemin cinsi ve yoğunlukları (DLH ve ODTÜ laboratuvarlarında) belirlendikten sonra zemin dinamik parametrelerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Diğer iki yöntem ise yüzeyde yaratılan yapay enerjiler sayesinde [sismik şoklar ve elektrik enerjisi gibi] zeminde hiçbir tahribat yapılmadan tamamlanabilen yöntemlerdir(Röntgen, Tomografi veya MR gibi) .Bu son iki yöntemin uygulanması için hava şartlarının uygun olması gereklidir. Zira yağmurla birlikte ve elektrik kabloları önemli ölçüde zarar görebilmektedir.

2A) HENDEK ÇALIŞMALARI

2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim aylarında Antakya ili Kuzeytepe-Güzelburç-Maşuklu yerleşim merkezinde kırılma, çatlama, oturmalar gözlenmiştir. Güzelburç Beldesi'nde yapılan çalışmalarda zeminde ve yapılarda doğrultusu yaklaşık K-G olan kırıklar gözlenmiştir.



Şekil 2A.1- Bölgenin 1/25.000 lik topoğrafik haritası



Şekil 2A.2- 1/5000 lik imar paftası üzerinde yapılan sismik, rezistivite, konik penetrasyon ve açılan trençlerin lokasyonları görülmektedir.

Hatay İlinin Jeolojisi (BU BÖLÜM JEOLJİ MÜHENDİSİ TARAFINDAN HAZIRLANMIŞTIR)

Amik ovasının ve çevresinin taban kayaçlarını paleozoik yaşlı kalker, kuvarsit ve şistler oluşturur. Mesozoik zamanı Jura ve Kratese kalkerleri ile Konglemeraları oluşturmakta; Triyas ise bir zaman boşluğuna rastlamaktadır. Üst Kratesede tahmini bir regrasyonla beraber Serpantinler oluşmuştur. Paleosen yine bir zaman boşluğu ile geçerken, Eosen derin denizinden sonra Miyosen sığ deniz ve göl ortamı gelişmiş Pliyosen sonuna kadar devam etmiştir.(Tolun, U. Pamir, H. M.T.A. 1975)

Havza Kratese ve Eosen sonu faylanmaları ile tedrici çökmüş ve Miopliyosen malzemesi ile dolmuştur.

Kratese; Bölgede kratese kalker konglemeralarla temsil edilir. Özellikle Antakya'nın güney batısında şerit halinde olup genellikle faylarla kesilmişlerdir. Fay yüzeylerinde breşler vardır.

Eosen; Kalkerlerden oluşur genellikle Amik ovasının batı, güney ve doğu kesimlerinde rastlanır. Değişik görünüş ve yapıya sahiptir. Genellikle beyaz ve sarımsı renklindedir. Yumuşaktan serte kadar değişen yer yer tabakalı bir görünüm arz ederler. İskenderun – Kırıkhan yol ayrımında bazen konglomera görünüşü gösterirler.

Miyosen; Genelde Miosen formasyonları Kalker, Marn, Konglomera ve grelerden oluşurlar. Kalkerler genellikle açık kahverengi, beyaz, sarımsı, gri, bol tebeşirlidir. Marnlar; grimsi, siyah, mavi renkli olabilirler. Bazen kumtaşlarıyla münavebeli olarak görünürler. Marnlara ova güneyinde ve doğusunda rastlamak mümkündür. Özellikle Antakya – İskenderun asfaltı güneybatısında ve Hıdırbey nahiyesinde grelerin altında görünmektedir.

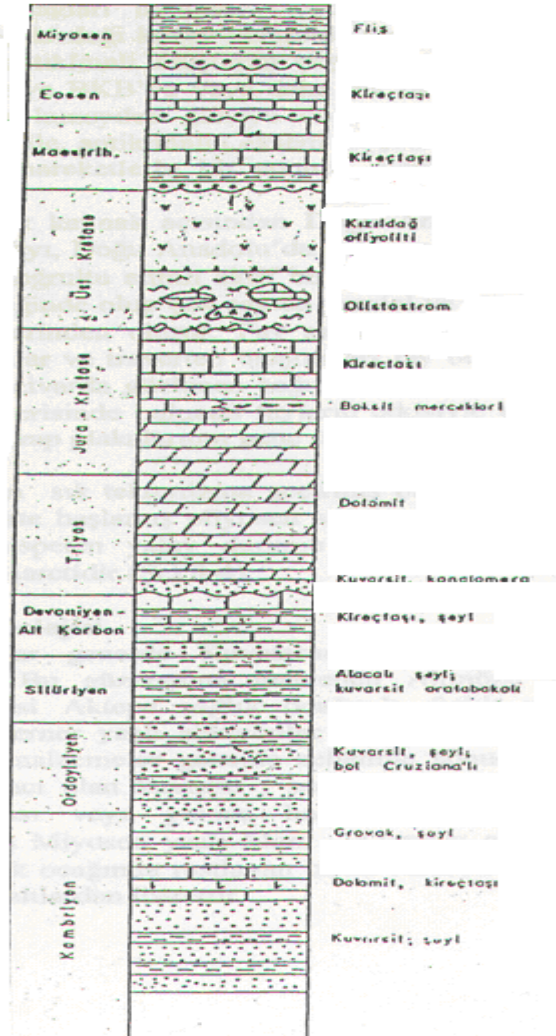
Konglomeralar; Genellikle gevşek çimentolu, yer yer sertleşmiş durumdadır. Hıdırbey nahiyesinin güneybatısında gevşek kil çimentolu, kalker ve serpantin çakılları içeren konglomeralar marnlarla ardışıklı olarak bulunur.

Greler; Genellikle marnlarla ardışıklı olup geniş sahaları örterler. Özellikle Antakya doğusunda yükseltilerin nehre doğru olan eteklerini kaplamışlardır. Genellikle gevşek kil çimentolu ince dokuludur.

Pliyosen; Ovada kumtaşı, kil taşı ve ki ile karakterize edilmişlerdir. Daha çok ovanın güneyindeki yükseltilerin eteklerini kaplarlar. Kumtaşları ve killer genellikle münavebeli olarak görünürler. Yeşilimsi, mavimsi ve gri renklerde olup bazı yerlerde oldukça serttir. Üst kısımlarında kalın killerin varlığı söz konusudur.

Kumtaşları; Beyazımsı, kahverengimsi, sarımsı renklindedir. Özellikle zayıf kalker çimentolu olup iç kısımlara doğru sertleşir. Elemanları kuvars ve yeşil kayaç kumlarıdır. Antakya – Samandağ arasında yine Asi nehri kenarlarında **yer yer büyük mostralar halinde**, Hıdırbey yerleşimi çevresinde görülürler.

Kuaterner; Bölgedeki düzlükleri tamamen kaplar. Genel karakteriyle çakıl, kil, kum ve bunların karışımından ibarettir. İri malzemeler daha çok ovanın kuzey batısında yamaç molozu şeklindedir. Ova ortalarına gidildikçe malzeme incelir. Bunlar erozyon ürünü olduğu gibi sel karakterli akarsuların taşıdığı tortullardır. (Selçuk H. M.T.A 1985)



Şekil 2A-3. Hatay ilinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Tekeli., O., vd.,1984)

DOĞU ANADOLU FAY ZONU

Karlıova-Antakya arasında değişik özellikte olan birbirlerini tamamlayan birçok sol yönlü doğrultu atımlı faydan oluşan zon, Doğu Anadolu Fay Zonu olarak adlandırılmıştır (Arpat ve Şaroğlu 1972). Fay zonu, 21 Mayıs 1971 tarihinde Bingöl yöresini etkileyen ve birçok can ve mal kaybına neden olan depremle dikkati çekmiştir. DAFZ' nun farklı kesimlerinde birçok jeolojik (Altınlı 1963, Ketin 1966, 1968, Allen 1969, Arpat 1977, Arpat ve Şaroğlu 1972, 1975, Yalçın 1979, Hempton ve Dewey 1983, Hempton vd. 1983, Kasapoğlu ve Toksöz 1984) ve sismolojik (Ergin 1966, Ambraseys 1970, 1971, McKenzie 1972, Tezuçan 1976, Ercan 1979, Alptekin 1978, Jackson ve McKenzie 1984) amaçlı çalışmalar yapılmıştır.

DAFZ'nun Maraş'tan sonraki devamı tartışmalıdır. Arpat ve Şaroğlu (1972, 1975), fayın Karlıova'dan başlayıp Bingöl, Palu, Hazar Gölü, Sincik, Çelikhan ve Gölbaşı'ndan geçerek yön değiştirdiğini, Hatay grabenini oluşturan faylarla devam ettiğini ve Ölüdeniz fayına birleştiğini belirtmektedir. Buna karşılık diğer bazı araştırmacılar (McKenzie 1972, 1975, Alptekin 1978, Şengör 1980).

Hatay grabenini oluşturan fayları Ölüdeniz fayı ile birleştirirken, bu sistemi DAFZ'nundan ayırmışlardır. McKenzie (1975), DAFZ'nun Ölüdeniz fayından farklı odluğunu, DAFZ'nun Adana-Misis dağlarına ulaşarak bindirme bileşenli karakter kazandığını, burada bindirme bileşeninin olmasının Ölüdeniz fayının hareketinden daha hızlı hareket etmesiyle mümkün olabilenini savunmaktadır (Seymen ve Aydın (1972)).

DAFZ'nundaki toplam atımın 15 km olduğunu ve DAFZ'nun KAFZ'nun ikincil faylanması sonucu oluştuğunu belirtmektedir. Arpat ve Şaroğlu (1972), Göynük vadisinde fay atımının 22-27 km arasında olduğunu, K-G yönlü bir sıkışma sonucu gelişebileceğini ve yaşının Miyosen' den genç olması gerektiğini ileri sürmüştür. Yalçın (1979), DAFZ'nun Türkoğlu-Karağaç kesiminde, fayın Kuvaterner'den beri olan toplam atımının 2 km olduğunu ve fayın Ölüdeniz fayına bağlandığını, **Hatay grabeni içinde DAF ile ilişkili olmayan birbirini dar açıyla kesen iki ayrı fay sisteminin yer aldığını vurgulamaktadır.** Şaroğlu vd. (1987), Karlıova-Antakya arasında uzanan DAFZ'nu, Karlıova-Bingöl, Palu-Sincik, Çelikhan-Erkenek, Gölbaşı-Türkoğlu ve Türkoğlu-Antakya arası olmak üzere beş alt bölümde incelemiştir.

TÜRKOĞLU-ANTAKYA ARASI

DAFZ'nun Türkoğlu-Antakya arasında, yaklaşık 180 km uzunlukta ve 6-30 km genişlikte bir alan içerisinde uzanan bölüm, Türkoğlu-Antakya arası bölüm olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu vd. 1987). DAF, Türkoğlu yakınlarında, GB'ye doğru genel doğrultsun değiştirerek kuzeye yaklaşır. DAF, Antakya çöküntüsü içine girerek ülke sınırlarının dışına çıkar. Şaroğlu vd. (1987), depremselliğe bağlı olarak, Türkoğlu-Antakya arası bölümü, Türkoğlu-Kırıkhan arası, Antakya-Asi nehri arası ve Reyhanlı güneyi olmak üzere üç alt bölüme ayırmıştır.

TÜRKOĞLU-KIRIKHAN ARASI:

Türkoğlu'nun KKD'sun ile Kırıkhan'ın GB'sı arasında, yaklaşık 120 km uzunlukta, birçok birbirine paralel K34D genel gidişli kırıklardan oluşan bölüm, Türkoğlu-Kırıkhan arası bölüm olarak adlandırılmıştır. DAF, bu bölümde yer yer 3 km genişlikte bir zon içinde yer alır. Bu bölüm ile Gölbaşı-Türkoğlu arası bölüm arasında Aksu çayı vadisi bulunur. Bu iki bölüm arasında yaklaşık 3 km'lik bir sıçrama yer alır. Bu bölümün GB ucunu oluşturan Kırıkhan GB'sında fay morfolojik belirginliğini kaybeder ve Antakya'ya kadar izlenemez.

Fay, Türkoğlu-İslahiye arasında Amanos Grubu kireçtaşlarını keser ve bu birimler ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar arasındaki dokunak boyunca yer alır. İslahiye'den güneye 13 km'lik uzunluk boyunca fay, Üst Kretase yaşlı birimler içinden geçer. Daha sonraki 17 km'lik uzunluk boyunca belirgin olarak izlenemez. Hassa'dan güneye fay tekrar belirginleşir ve Kuvaterner yaşlı bazaltlar ile birikinti yelpazelerini keser. Güvenç batısında, Triyas-Jura-Kretase yaşlı birimler ile Kuvaterner yaşlı basalt ve alüvyonlar arasında dokunak oluşturur. Kırıkhan civarında Üst Kretase, Eosen birimleri ve Kuvaterner yaşlı çökelleri kesen fay, Kırıkhan'ın 5 km güneyinde tekrar belirginliğini yitirir. Kırıkhan-Antakya arası ise tamamen Kuvaterner yaşlı genç çökellerle örtülmüştür (Şaroğlu vd. 1987).

Türkoğlu-Kırıkhan bölümü boyunca, Çamurlugeçit-Olucak arasında yer alan ötelenmiş dereler, paralel sırtlar, fay vadileri, drenajlar ve birikinti yelpazeleri fayın sol yönlü doğrultu atımlı olduğunu göstermektedir. İslahiye-Fevzipaşa arasındaki faylarda ise eğim atım bileşeni gelişmiştir. Hassa

güneyinde alüvyal yelpazeler fay tarafından denetlenmiş ve sol yönlü olarak ötelenmiştir. DAF, Türkoğlu-Kırıkhan arasında, Amanos Dağları ile Antakya çöküntüsünün kuzey bölümünü morfolojik olarak birbirinden ayırır. Hassa-Kırıkhan arasında, havza tabanında ise çok sayıda küçük boyutlu eşlenik kırıklar yer almaktadır (Şaroğlu vd. 1987).

Türkoğlu-Kırıkhan arasında, son yüzyılda hasar-yapıcı olmayan çok sayıda küçük depremler olmuştur. Fakat tarihsel dönem içinde yıkıcı depremler meydana gelmiştir (Ambraseys 1970, Soysal vd. 191)

ANTAKYA-ASI NEHRİ ARASI:

Antakya-Asi Nehri arasında, çok sayıda kademeli birbirine paralel K-G gidişli kırıklardan oluşan bölüm, Antakya-Asi Nehri arası bölüm adı altında incelenmiştir (Şaroğlu vd. 1987). Fay, Amik gölü güneyinde, G-K yönde akan Asi nehrinin Antakya yakınlarında önce batıya daha sonra da güney dönmesine neden olur. Bu kesimde, boyları 4-15 km arasında değişen K-G gidişli birçok kademeli kırık yer alır. Bu kırıkların önemli sayılabilecek eğim atım bileşenleri vardır. Şaroğlu vd.(1987), bu bölümdeki kırıkların altı ana fay parçasından meydana geldiğini ve depremsellik açısından da en önemli ve uzun olanının en doğuda olduğunu belirtmektedir. Toplam uzunluğu 20 km olan bu fay, Kıyıören yakınlarından başlar, Karsu'nun yaklaşık 5 km güneyinde 500 m aralıkla sıçrama yaparak, Sarıbük köyüne kadar devam eder. Fay, Sarıbük güneyinde ülke sınırlarından çıkar. Fay, Miyosen yaşlı birimleri keser. Şaroğlu vd. (1987), fayın eğim atım bileşeni egemen sol yönlü doğrultu atımlı olduğunu belirtmektedir. Fay, kuzey bölümde batı bloğu yükselerek basamaklı bir topoğrafik görüntü sağlamıştır.

REYHANLI FAYI: (jeoloji Müh. Yorumu)

DAFZ, Reyhanlı-Antakya arasında doğuya doğru kademeli sıçramalar yaparak, Asi nehrine kadar devam eder. Bu bölümün güney uzantısında, Kızıldeniz'e kadar devam eden çok büyük faylar yer alır (Muehlberger 1981, Şaroğlu vd. 1987). Şaroğlu vd. (1987), DAF'ın Ölüdeniz fay zonunun bir devamı olmasına rağmen, bu iki sistem arasında bir sınırın olması gerektiğini vurgulamaktadır. Asi nehrinin doğusunda, DAF'dan farklı D-B genel gidişli sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay yer almaktadır. Şaroğlu vd. (1987), Reyhanlı fayının, iki farklı fay sistemi olan DAF ile Ölüdeniz fayını birleştiren önemli bir fay olduğunu belirtmektedir.

BÖLGEDEKİ İNCELEMELER



Şekil 2A.4- Bölgede kırıkların oluşturduğu yapısal hasardan görüntüler.

Bölgede yüzeyde tespit edilen kırıklar üzerinde 3 farklı yerde hendek kazısı yapılmıştır.

1 Nolu Hendek:

Hendek Derinliği: 3.35 m.

Hendek Uzunluğu: 10m.

GPS Değerleri: N 36,24451 E 36,18971

Rakım: 76,6



Şekil 2A.5-1 nolu hendekten görünüm

Kırıklara neden olan mekanizmanın anlaşılabilmesi için, kırık üzerinde hendek açılmış ve hendek duvarlarında yer alan birimler incelenmiştir. Hendek 3.35m derinliğe kadar kazılmış ve en üstte 15-20 cm kalınlığında güncel bir toprak seviyesi, hemen altında kahve renkli yüksek plastisiteli, arada ince silt killi bantlar içeren kalın bir kil yer almaktadır. 3.50 m derinliğe kadar yer alan birimlere bakıldığında; kırığı oluşturan alanın genel olarak killi birimlerden meydana geldiği söylenebilir. Kırıkların yüzeyden itibaren 3.50 m. derinliğe kadar kılcallaşarak sonlandığı gözlenmiştir. Kırıkların doğrultusu K 5-10° B olarak ölçülmüştür.(JEOLOJİ MÜHENDİSİ YORUMU)

2 Nolu Hendek:

Hendek Derinliği: 2.80 m.

Hendek Uzunluğu: 8 m.

GPS Değerleri: N 36,24355 E 36,19020

Rakım: 80,5 m.



Şekil 2A.6- nolu hendekten görünüm1er

Bu hendekte de kırıkların 3 m. den sonra kılcallaşıarak sonlandığı gözlenmiştir. Hendek içindeki birim yine su içeriği fazla olan kahve renkli kildir. Hendek içerisinde yarıklar boyunca herhangi bir tektonik kökene işaret edebilecek düşey ya da yatay atım gelişmemiştir. Burada yapılan ölçümlerde K 5-10 D doğrultu ölçülmüştür. TPAO sismik çalışmaları sırasında jeofon kablolarının köstebekler tarafından zarar gördüğü bizlere bildirilmiştir. Oldukça büyük çapta gelişim gösteren silindirik boşluklar köstebek yuvalarıdır.

3 Nolu Hendek:

Hendek Derinliği: 3.00 m.

Hendek Uzunluğu: 10 m.

GPS Değerleri: N 36,24109 E 36,19041

Rakım: 78,2 m.



Şekil 2A.7- 3 nolu hendekten görünümeler

Bu hendek Asi Nehri kenarında nehre paralel, gözlenen kırıklara da dik olarak açılmıştır. Kırıkların doğrultusu K 5-10 B olarak ölçülmüştür.

Hendek 2.80 m. derinliğinde açılmış ve kırıkların 2 m. den daha derine gitmediği gözlenmiştir. Bu hendekte de birimler kahverengi yüksek plastisiteli kilden oluşmuştur. (Jeo. Müh. yorumu)

Kırık sistemlerinin devamlılığının araştırılması amacıyla Asi Nehri'nin güneydoğusuna doğru gözlemsel olarak jeolojik çalışmalar yapılmıştır. Güzelburç yerleşim yerinde görülen yarıkların istikametinde yüzeyde bir yarığa rastlanmadığı halde; çalışma sahasından yaklaşık 1,5 km güneyinde Maşuklu İlköğretim Okulunda yapısal hasar gözlenmiştir. Bu hasar Güzelburç Beldesinde görülen yapısal hasara benzerlik göstermektedir. Yapısal hasardaki bu benzerlik yarıkların Asi Nehri'ni geçerek Güzelburçtan Maşuklu'ya doğru devamlılık arz ettiğini düşündürmektedir.



Şekil 2A.8.Maşuklu İlköğretim Okulu ve bahçe duvarındaki yapısal hasarlardan örnekler

B)PENETROMETRE ÇALIŞMALARI VE SONUÇLARI(BU BÖLÜM JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ TARAFINDAN HAZIRLANMIŞTIR)

Japon Hükümeti tarafından dairemize hibe edilen bu alet Profesör Sakai tarafından geliştirilen Dinamik penetrasyon aletidir. Rapora ilave edilen CD de bu aletin arazide uygulama tarzı gösterilmektedir. Bu çalışmalarda tepe açısı 60 derece olan 10 santimetrekare alana sahip olan konik ucun derine doğru itilmesi için belirli bir yükseklikten (50cm) düşürülen 20 kg. ağırlığın her 10 cm. derinlik için darbe sayısının belirlenmiştir. Bu çalışmalar 0-15 metreler arasındaki derinlikler için grafikler halinde gösterilmesi çalışmalarımızın esasını oluşturmaktadır. Sonuçlar Şekil-2B1,2B2ve,2B3'te gösterilmektedir. Söz konusu aletlerle günümüzde sınılaşma potansiyelinin belirlenmesi açısından özellikle Japonya'da geniş çaplı araştırmalar sürmektedir. Bu çalışmalarımızda özellikle çakıl, kil gibi birimlerin birbirinden ayrılmasında ayrıca yeraltı suyunun hangi derinliklerde bulunduğunu ortaya konmasında 15 metre için oldukça pratik sonuçlar verebilmektedir. Heyelan sahalarında bu cihaz ilk 15 metre için kullanıldığında çalışmayı takiben sökölerek silindirik boşluğa plastik tüp yerleştirilerek heyelanın kayma düzleminin belirlenmesinde kullanılmıştır. Amerika'da bu alet Ziraat bakanlığı tarafından bitki köklerinin zorlanmadan hangi derinliklere ulaşabileceklerinin önceden bilinmesinde geniş uygulama sahasının açılmasına fırsat vermiştir. Ne yazık ki ülkemizde bitkilerin verimliliği ile ilgili bu önemli konuda herhangi bir uygulama örneği görememekteyiz.

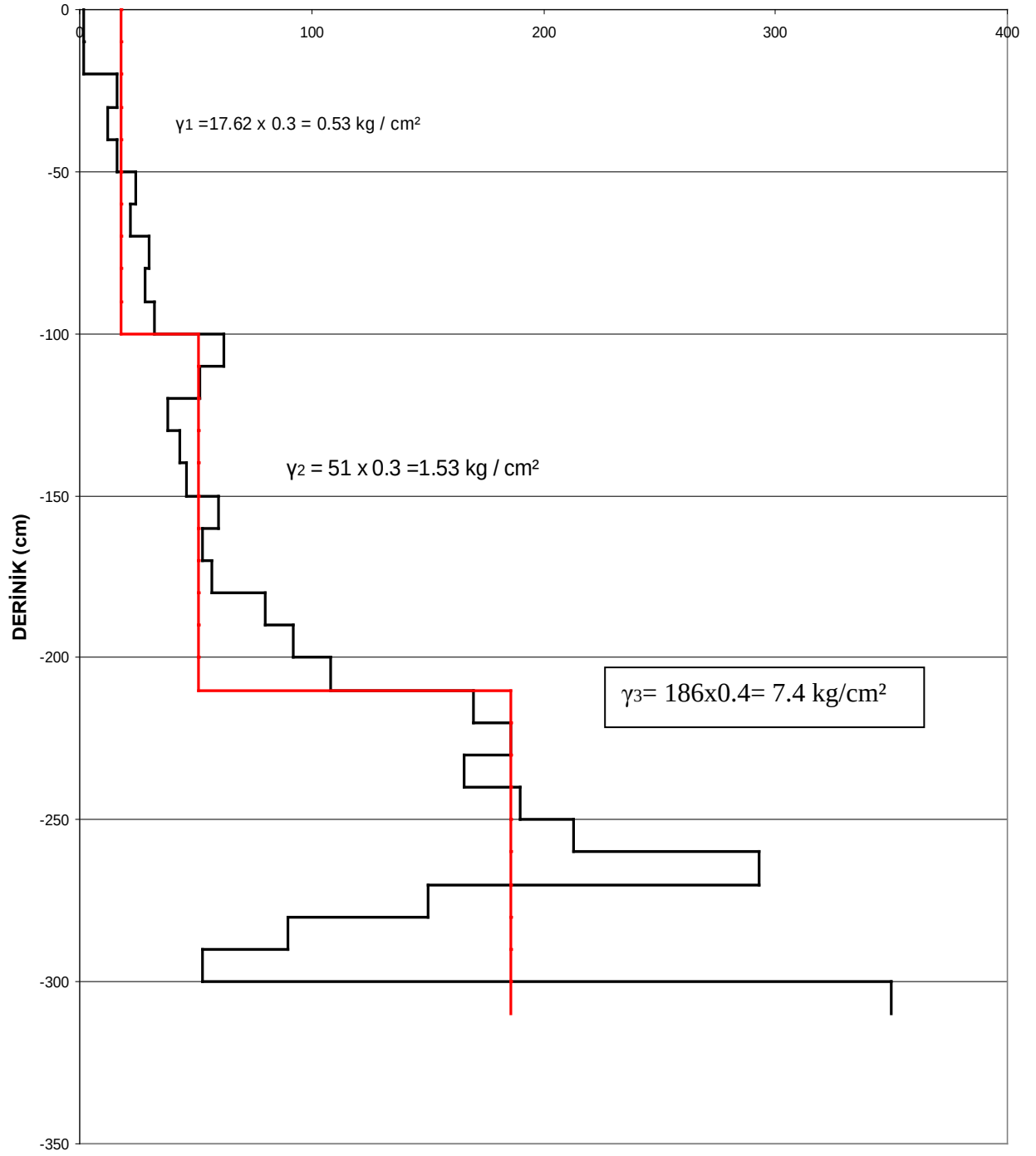
Penetrometre çalışmaları, Güzelburç beldesinde özellikle zeminde oluşan deformasyon nedeniyle evlerde görülen ciddi boyutlardaki yapısal hasarların bulunduğu ve neticede evlerini terk ederek boşaltılan evlerin hemen yakınlarında bahçe içinde ve çökmelerin bulunduğu kesimlerde tamamlanmıştır. Diğer taraftan hiç bir yapısal hasar izlenmeyen kaliteli malzeme ve işçilik kullanılarak yapılan evler civarında tekrarlanan konik penetrasyon sonuçları daha önceki bilgilerle mukayese edilerek dikkate değer sonuçlar ortaya koymuştur. Şekil(2B-3)

Örneğin, Şekil(2b-1) de darbe adedi-derinlik [N-H] ilişkilerinden hesaplanan Sarı evin (şekil 2A-4) oturduğu zeminin taşıma gücü değerleri görülmektedir. Bu ev emniyetli görülmeyerek terk edilen yerleşim yeridir ve takriben 30 yıl kadar önce yapılmasına rağmen 2004/2005 yıllarında meydana gelen deformasyon nedeniyle Ev içinde taban da ve yan duvarlarda genişleyerek devam eden kırıkların izlendiği bir örnektir. Bu evin oturduğu zeminin ilk bir metresinde taşıma gücü değeri 5.3 ton/metrekare olarak $[0.6 \text{ kg/cm}^2]$ hesaplanmıştır.1968 yılından günümüze kadar **aktif heyelan sahalarında** [örneğin Sinop ve Avcılar heyelan sahaları]elde edilen taşıma gücü değerlerine eşdeğerdir. Benzer şekilde Sarı evin batı kısmında Hızarın karşısında yapılan bir konik penetrasyon ölçüsü evin hemen önünde belirgin çökme ile dikkatleri çeken bir noktada tamamlanmış ve şekil 2B-2 de sunulmuştur. Sarı evin taşıdığı özelliklere benzer tarzda taşıma gücü değeri 0.4 kg/cm^2 olarak ilk 50 cm derinliği karakterize etmektedir. Gerek Sarı evin zemininde ve gerekse Hızarın hemen karşısında çökmelerin görüldüğü kesitlerde 0.4 ve 0.5 kg/cm^2 taşıma gücü değerlerinin hemen altındaki kil seviyesinde 1.3 ve 1.4 kg/cm^2 taşıma güçleri elde edilirken mezarlığın hemen yakınındaki hiçbir yapısal hasar göstermeyen zeminde bu değerler 2.0 kg/cm^2 değerlerine yükselmiştir. Sarı evin zemininde yaklaşık 2 metreden sonra taşıma gücü 7.4 kg/cm^2 yüksek değerlere erişmektedir. Bina temeli bu yüksek taşıma gücüne sahip iki metre derinliği esas alarak yapılmış olsaydı belki de büyük çapta zarar görülmeyebilirdi. **Ancak bina çok ince bir temele sahip olduğundan ve bina temelinin sadece taşıma gücünün 0.6 kg/cm^2 gibi çok düşük değerlerde bulunan zemin üzerinde yerleşik bulunması nedeniyle yüzeyde gelişen deformasyondan dolayı önemli ölçüde etkilenmiş görülmektedir.**

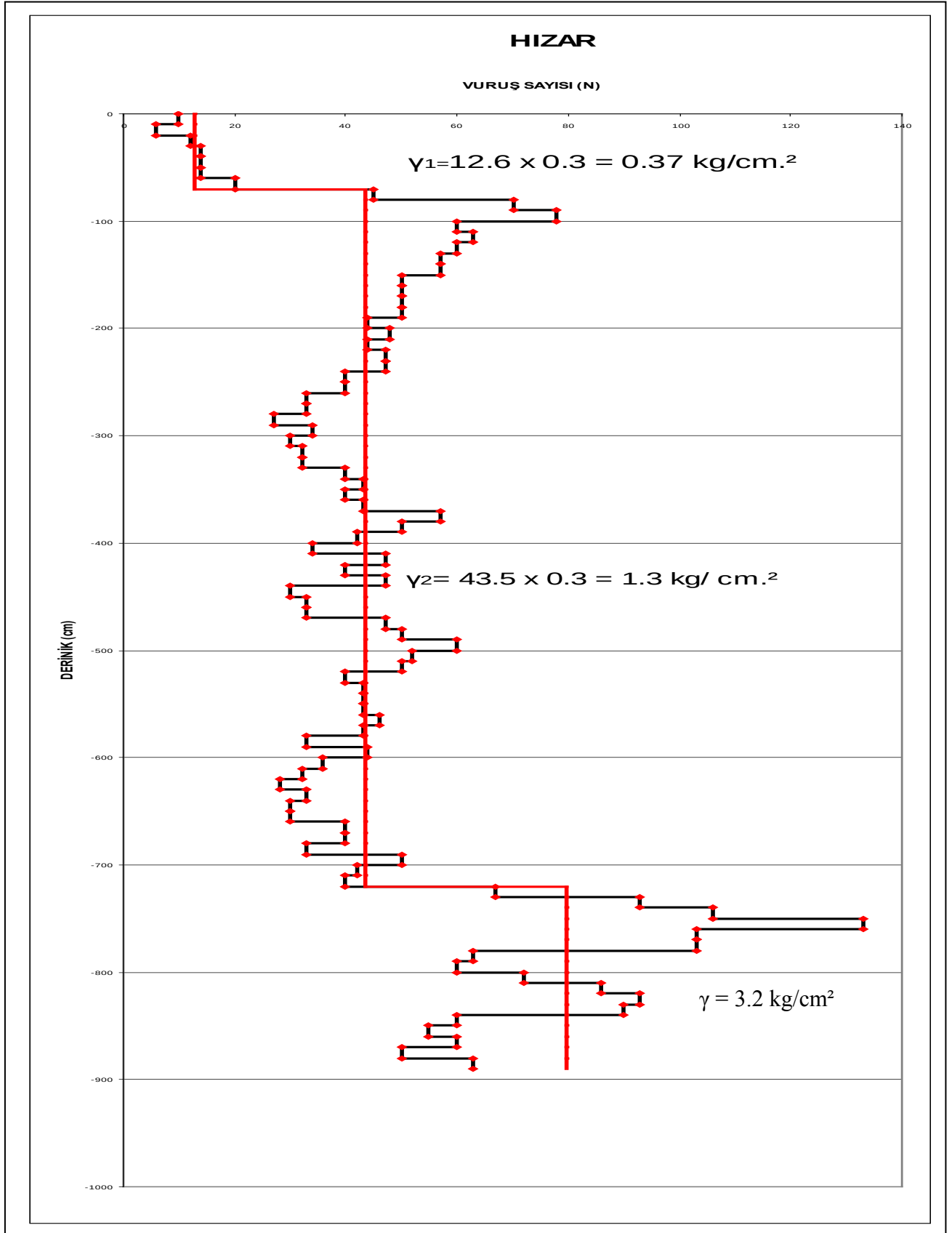
Gerek hızarın karşısında ve gerekse Mezarlığın karşısında Serpantin ve Kireçtaşı çakıllarının yer aldığı yüksek taşıma gücüne sahip seviyeler yağlı kilin taşıma gücü değerlerinden daha büyük değerlerle yaklaşık 7 metrelerden sonra girilmiş olduğu görülmektedir.

SARI EV

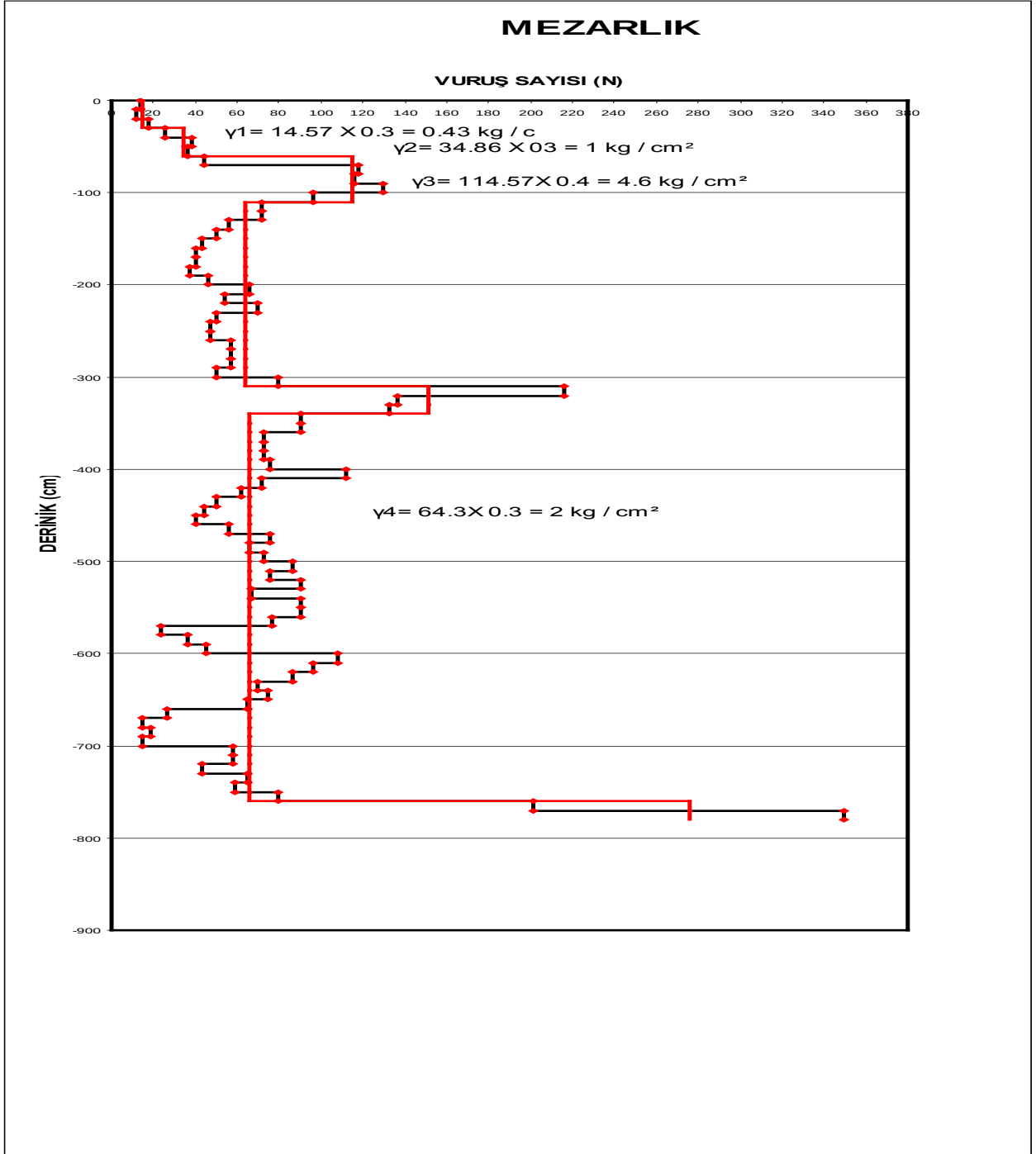
VURUŞ SAYISI (N)



Şekil 2B-1. Darbe adedi(N) derinlik(H) ilişkisi ve hesaplanan taşıma gücü değerlerinin değişimi



Şekil 2B-2. Darbe adedi (N) derinlik (H) ilişkisi ve hesaplanan taşıma gücü değerlerinin değişimi



Şekil 2B-3. Darbe adedi (N) derinlik (H) ilişkisi ve hesaplanan taşıma gücü değerlerinin değişimi

HATAY İLİ GÜZELBURÇ MEVKİİNDE YAPILAN JEOFİZİK ÇALIŞMALARIN SONUÇLARI

MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİ

Mühendislik yapılarının inşa edileceği sahalarda, imara açılacak konut alanlarında, projelendirme aşamasına gelmeden önce, deprem mühendisliği açısından detaylı etütler yapılmalıdır. Bu durumda yapının kurulacağı jeolojik ortam bilinmeli ve mühendislik yapısı ile jeolojik ortamın dengeleri kurulmalıdır. Yer bilimlerinin (Jeoloji, Jeofizik) ve İnşaat mühendisliğinin ortak anabilim dalı “Jeoteknik” bu problemleri çözmek için ortaya çıkmıştır.

Jeoteknik çalışmalarda zeminin özellikleri ile ilgili olarak jeoloji ve jeofizik mühendisleri tarafından inşaat mühendislerine bilgi üretilir. Jeoteknik çalışmalar birçok arazi ve laboratuvar yöntemlerine sahiptir. Bunların içerisinde statik ve dinamik yöntemler yer almaktadır. Zeminin mühendislik özelliklerini saptamada bir yöntemin diğer bir yöntemle göre avantaj ve dezavantajları vardır. Özellikle heterojen ortamlarda yeraltının yapısal özelliğini tanımada ve mekanik özellikleri saptamada jeofizik mühendisliği yöntemleri diğerlerine göre büyük avantajlara sahiptir (Ertunç, vd., 2001).

Jeofizik yöntemlerden sismik ve yer elektrik (özdirenç ve doğal gerilim) yöntemleri ile mühendislik problemlerinin çözümünde;

- 1- Katman kalınlıkları ve derinlikleri
- 2- Katmanların elektrik özdirençleri
- 3- Katmanların sismik hızları
- 4- Katmanların dinamik elastik özellikleri
- 5- Jeolojik temel ve sağlam zemin derinliği
- 6- Yeraltı suyu durumu ve seviyesi
- 7- Tektonik oluşumların ve örtülü fayların konumları saptanmaktadır.
- 8- Ölçülen zemin rezistivite değerleri ile korozyon durumunun belirlenmesi.
- 9- Prof. Medvedev’in formülü yardımı ile sismik şiddet artışının kullanılması

2.C ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ (Resistivity)

Yeraltını oluşturan jeolojik yapıların elektrik akımını farklı iletkenlik ilkesine dayanan yöntem; yeraltı suyu, metalik mineral ve kil araştırılmasında ana yöntem olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yeraltındaki katmanların uzanım, derinlik ve kalınlıkların, gömülü fayların konumlarının ve heyelan düzlemlerinin belirlenmesinde diğer jeofizik yöntemlerle veya tek başına kullanılmaktadır.

DC özdirenç yönteminin en genel uygulaması, verici (transmitter) olarak tanımlanan bir kaynak yardımı ile iki uçtan yere elektrik akımı vermek ve bu akımın etkisi ile yerde oluşan gerilim farkını diğer iki uçtan bir alıcı (receiver) yardımı ile ölçmektir. Özdirenç

$$\rho = (\Delta V/I) \cdot K$$

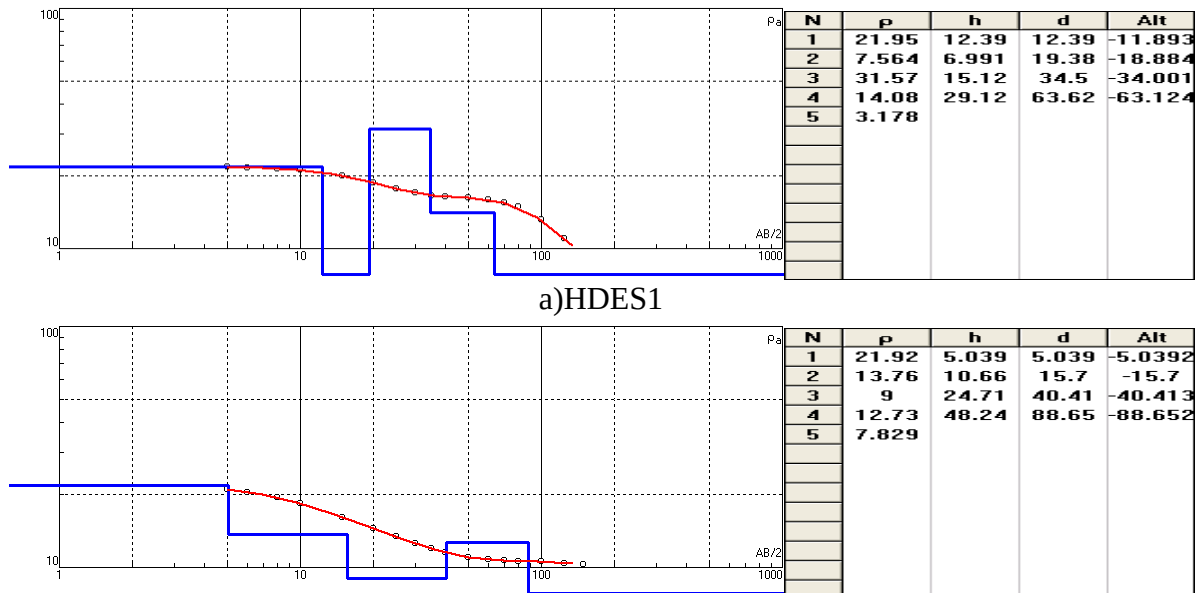
bağıntısından hesaplanmaktadır. Burada I, yere verilen akım (amper); ΔV , yerden ölçülen gerilim farkı (volt) ve K ise akım ve gerilim elektrotlarının konumlarına bağlı bir katsayıdır (metre). Bu

koşullarda ρ , ohmmetre birimindedir. Yere verilen akımın akışı ile ilgili olarak varsayılacak ilk durum yeraltının homojen ve izotrop olmasıdır. Homojen bir yer ortamına iki uçtan akım verilmesi durumunda akımın dağılımı, havanın elektrik akımını iletmemesi nedeniyle, yarım küre şeklindedir. Ancak uygulamada yeraltı yapılarının, elektrik akımını iletme bakımından homojen ve izotrop olmaları mümkün değildir. Yer, iletkenliği farklı düşey ve yatay durumlu jeolojik katmalardan oluşmuştur ve elektrik akımı uygulandığı zaman bu katmanların farklı elektriksel özellik göstermeleri nedeniyle akımın yarım küre şeklindeki dağılımı bozulmaktadır. Bu bozulma ise jeofizikte istenen “Belirti (anomalı)” nin nedenidir (Ertunç, vd., 2001).

Bu çalışmamızda Hatay Güzelburç beldesindeki çatlak sistemi üzerinde, süreksizliklerden daha az etkilenen ve derinden cevap alma yeteneği daha yüksek olan Schlumberger açılımı, düşey elektrik sondajı (DES) uygulamaları için tercih edilmiştir. Ayrıca iki DES ölçüsü arasında $a=60\text{m}$ derinlik ve 10m aralıklı Wenner yatay kaydırma çalışması yapılarak yanal yönde tabakaların öz direnç değişimleri belirlenmiştir. Abem SAS1000 tipi rezistivite ölçer cihazı kullanılarak yapılan çalışmada, Schlumberger Elektrot dizilimi, maksimum AB/2 150 olacak şekilde uygulandı. Şekil 2c.1 de Schlumberger DES noktaları ve Wenner profili gösterilmektedir.

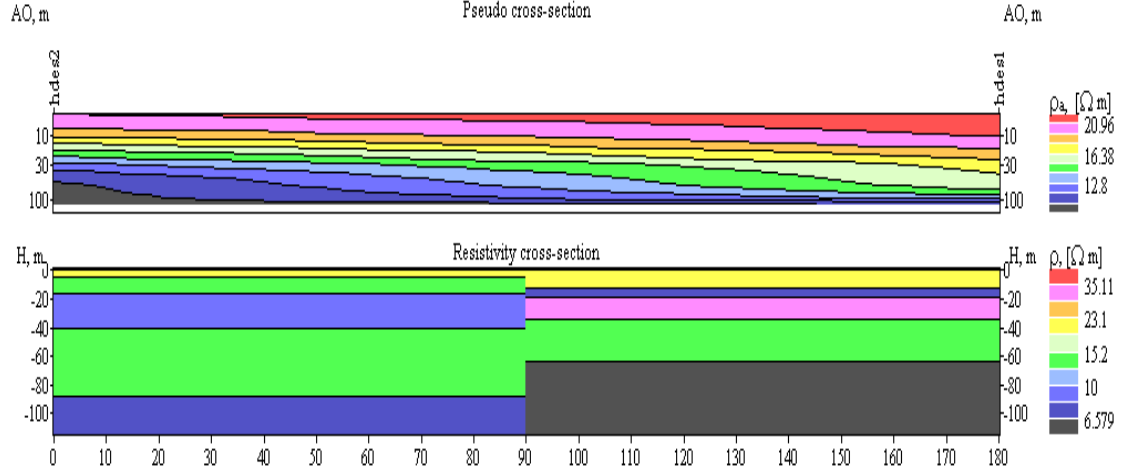
Ölçümlerin değerlendirilmesinde IPI2WIN programı kullanıldı. Bu program elektrik prospeksiyon tekniklerinde kullanılan herhangi bir popüler elektrot dizilimi ile alınan, düşey elektrik sondajı ve/veya IP verilerini otomatik yorumlayacak şekilde dizayn edilmiştir. IPI2WIN elektriksel prospeksiyon tekniklerinde (1D) bir boyutta ters ve düz çözüm yapabilecek kapasitede bir programdır.

Düz çözüm problemlerinde ise Moskova Devlet üniversitenin jeofizik laboratuvarlarında geliştirilen lineer filtreler kullanılmaktadır. Bu program Moskova Devlet Üniversitesi Yakın Yüzey Elektrik Prospeksiyon laboratuvarlarında geliştirilmiştir. Ters çözüm problemlerinde en küçük tabakalı ortamlarda Newton algoritmasının değişkenlerini kullanarak yada problemlerin çözümünde Tikhonov yaklaşımını kullanarak minimize ederek düzenler. Ters çözüm problemleri her bir eğri için ayrı ayrı çözülür. Bu program kullanılarak değerlendirilen DES eğrileri Şekil 2C-1’de görülmektedir. Şekil 2 C-3 de Wenner yatay kaydırma çalışmasından elde edilen öz direnç kesitinde, çöken yolun altına gelen yerde ve daha ileride öz direnç değerlerinde anormal düşüşler görülmektedir. Yaklaşık 20m genişlik için rastlanan bu düşüşler daha detaylı ve daha sık aralıklı ölçülerle yüzeye ve aşağıya doğru devamlılığı ortaya konmalıdır. Ayrıca iki DES noktası arasına en az iki noktadan daha ölçüm yapılması da yer altı yapısının daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

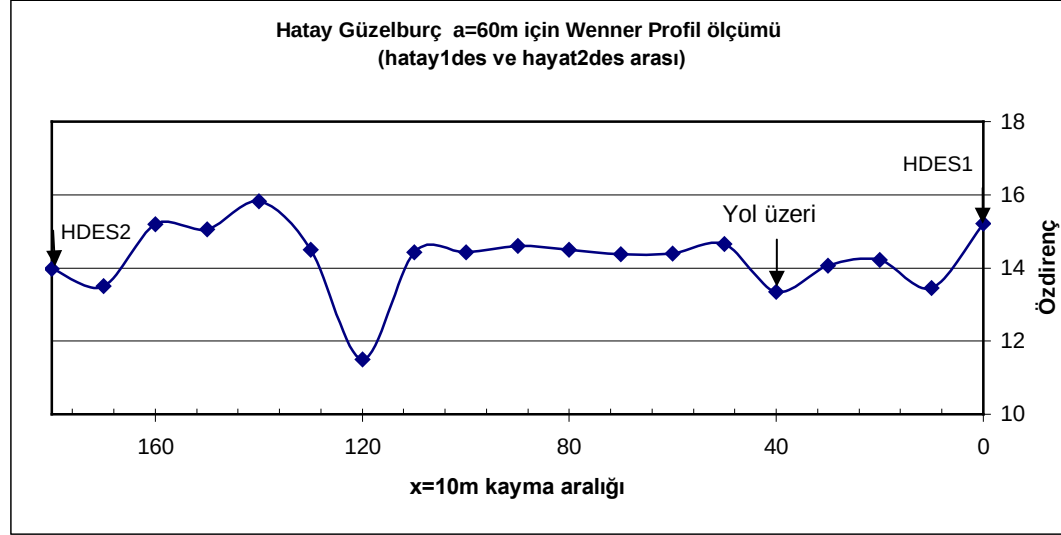


b)HDES2

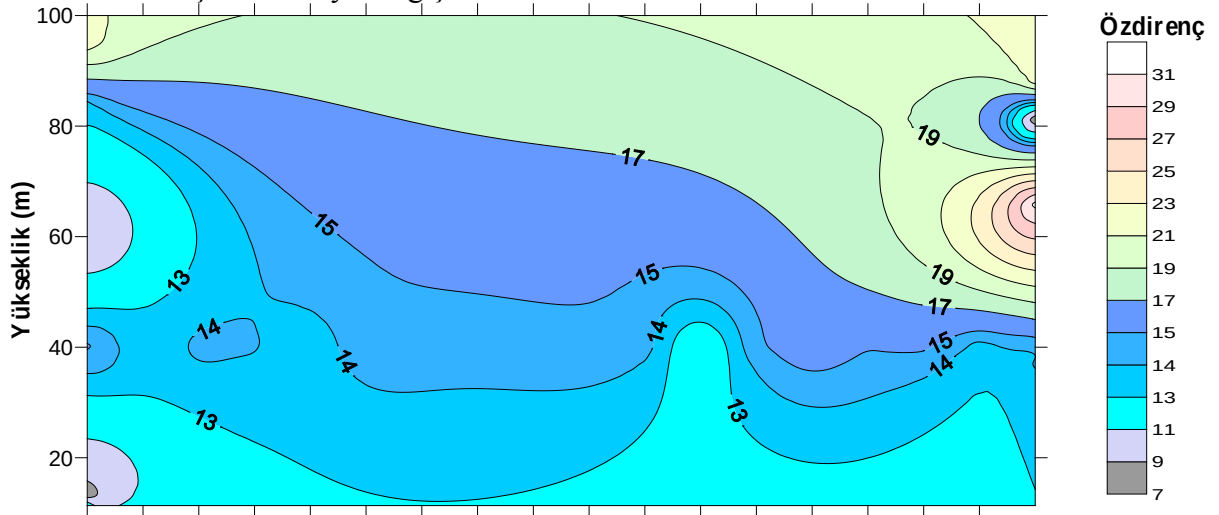
Şekil 2C-1.Yapılan DES çalışmaları (a, b)ve değerlendirme sonuçları



Şekil 2C-2. IP2Win programıyla yapılan değerlendirme sonuçları, üstte görünür Rezistivite konturları, alta ise rezistivite yer elektrik kesiti görülmektedir.



Şekil 2C-3 Wenner yatay kaydırma sonucu elde edilen özdirenç değerlerinin a=60m için mesafeyle değişimi.



Şekil 2C-4. Rezistivite çalışması sonucunda elde edilen öz direnç- derinlik yer kesiti

Yapılan rezistivite çalışmalarından (DES1 ve DES2), ilk 5m ile 15m arasında değişen kalınlıklarda kumlu, killi ve yer yer siltli-kumlu değişken bir birim bulunmaktadır. Bu birimin öz direnci $13\Omega\text{m}$ ile $21\Omega\text{m}$ arasında değişmektedir. Bu birim içinde açılan trençlerden ilk 3-3.5 m arasında kil (CH) daha yoğun görülmekle birlikte 3.5m'den sonra kumlu –siltli-killi birime geçiş yapmaktadır.

Bu birimin altında 11m ile 15m derinlikte başlayıp kalınlığı 7m-24m arasında değişen, $7\Omega\text{m}$ - $9\Omega\text{m}$ öz direnç veren suya doymuş siyah renkli(sondaj verilerinden alınan bilgiye göre) killi bir birim bulunmaktadır. Bu tür turbalaşmış yapılar eski nehir yatağı ve göl çökellerinde rastlanmaktadır. Çalışma alanının Asi nehrine yakınlığı dikkate alınır ise bu bölgenin Asi nehrinin eski bir deltası olduğu anlaşılmaktadır.

Turbalaşmış killi birimin hemen altında ise 25m ile 40m arası derinlikten başlayan ve 60m ile 80m arasında değişen derinliklere kadar devam eden kumlu-çakıllı yer yer kumlu-siltli-killi su barındıran, akifer özelliği taşıyan bir birime girilmektedir. Bu birim $12\Omega\text{m}$ ile $31\Omega\text{m}$ arasında değişen rezistivite değerleri sunmaktadır.

3D SİSMİK YÖNTEM

Sismik çalışmalar, zeminde yapay olarak elastik dalgaların yer içerisinde yayılırken kırılma ve yansıma ile geçtiği ortamın fiziksel özelliklerini taşıyarak yeryüzüne gelişlerin kaydından ibarettir. Mühendislik jeofizikinde genellikle sismik kırılma yöntemi ile sismik boyuna dalgaları (P) ve sismik enine dalgaları (S) elde edilir.

Özellikle sismik enine (kayma) dalgası zeminin mekanik özelliklerine, zeminin kayma mukavemetini belirlemede en önemli yöntemdir. Kayma mukavemeti olmayan ortamlarda (hava, su) sismik kayma (enine) dalgalar yayılmazlar. Kayma mukavemeti düşük olan zeminlerde sismik kayma dalgası hızları düşüktür. Bir başka deyiş ile kayma dalga hızları düşük olan zeminler zayıf gevşek yapıdadır. Kayma dalgası hızları 700 m/s den büyük olan jeolojik birimler sismik temel olarak adlandırılır. Bunlar sağlam kayalık veya pekleşmiş çok sıkı kum, çakıl, sert kil olarak tanımlanabilir (Sakai 1968). Enine (kayma) dalga hızları 300-700 m/s arasında ise, ayrışmış kayalar veya sıkı kum, çakıl, çok katı kil ve siltli kil zeminleri temsil etmektedir. Çok ayrışmış kayalar ile orta sıkı kum, çakıl, katı kil ve siltli zeminlerin kayma dalgası hızları 200-300 m/s dolaylarındadır. Kayma dalgası hızlarının 200 m/s den küçük olduğu jeolojik birimler ise yer altı suyu seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakalar, gevşek kum, yumuşak kil ve siltli kildir.

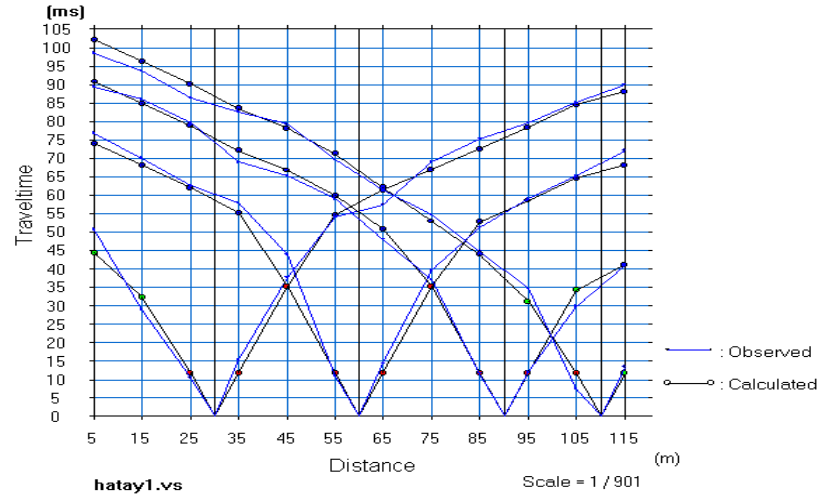
Balyoz ile oluşturulan yapay deprem dalgalarını tabaka sınırlarında yansıma (reflection) ve kırılma (refraction) ile yeryüzündeki jeofonlara ulaşması sismik cihazlarla kaydedilir. Bu kayıtlardan sismik boyuna dalgaların (P) ve sismik enine dalgaların (S) jeofonlara geliş zamanları okunarak yol-zaman grafikleri elde edilir. Buradan sismik hızlar, tabaka kalınlıkları, ve tabakaların dinamik elastik parametreleri hesaplanır (Ertunç, vd., 2001).

Boyuna (P) dalga hızları 5m ofset ve 10m jeofon aralığı kullanılarak alınmış ve yaklaşık 25m derinliğe kadar tabakaların ayrımlılığı sağlanabilmiştir. Enine dalga hızları ise 2.5 m ofset ve 5m jeofon aralığında serilim kullanılarak yapılmış ve yaklaşık 10m derinliğe kadar tabakaların ayrımlılığı sağlanmıştır.

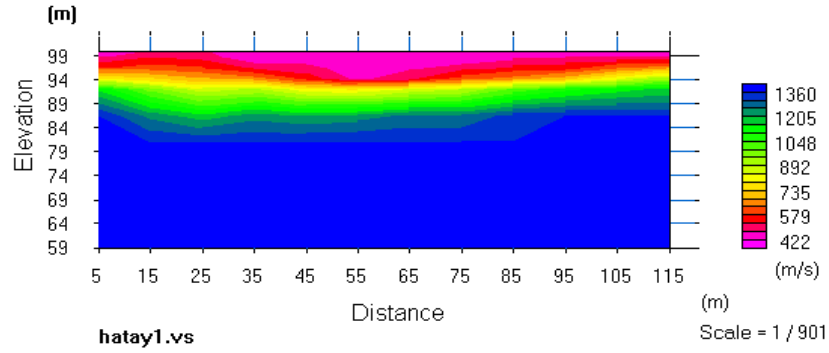
Şekil 2A-2'.de, çalışma sahasındaki sismik profillerin yerini ve yaklaşık olarak süreksizlik düzlemlerini dik kesecek profiller seçildiği görülmektedir. Sismik profiller trenç alanlarını içine

alacak şekilde yapılmıştır. Boyuna dalga hızları(P hızları) kullanılarak derinlik kesitleri elde edilmiştir. Taban topografyasını daha iyi elde edebilmek için karşılıklı atış ve orta atışlar kullanılmıştır. SeisImajer programıyla yapılan değerlendirme sonucunda ölçülen ve hesaplanan ilk varışlar en az hatayla elde edilerek taban topografyası ve sismik hız verileri elde edilmiştir(Şekil.2D-1a,b,c,d, Şekil.2D-2a,b,c,d, Şekil.2D-3a,b,c,d). Burada Şekil.2D-1d, Şekil.2D-2d ve Şekil.2D-3d enine dalga hızını(S Hızı) ve derinlik kesitini göstermektedir.

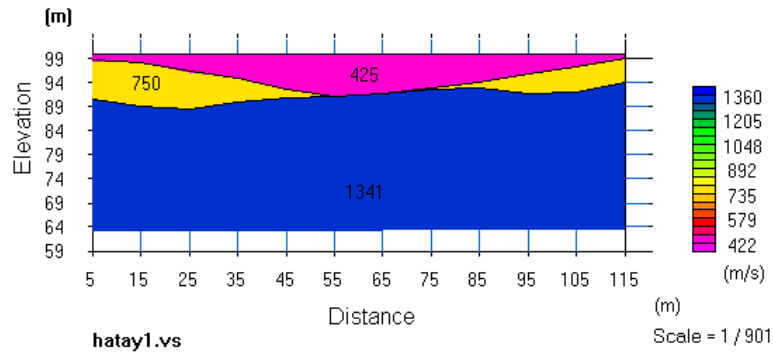
Çalışma sahamızda yaptığımız sismik kırılma sonuçlarına bakacak olursak yukarıda açıkladığımız kriterlere uygun hız değerleri verdiğini görüyoruz(Tablo1,Tablo2 ve Tablo3).



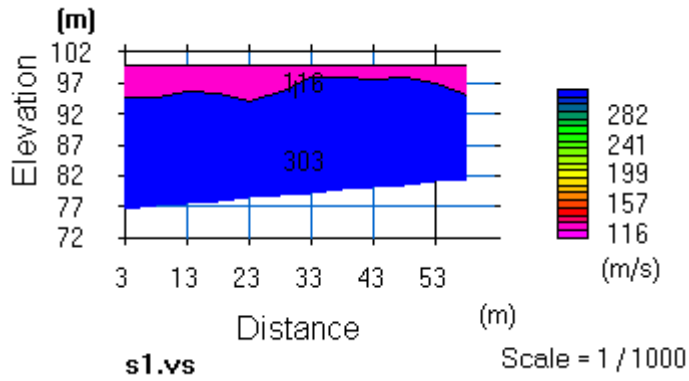
a



b

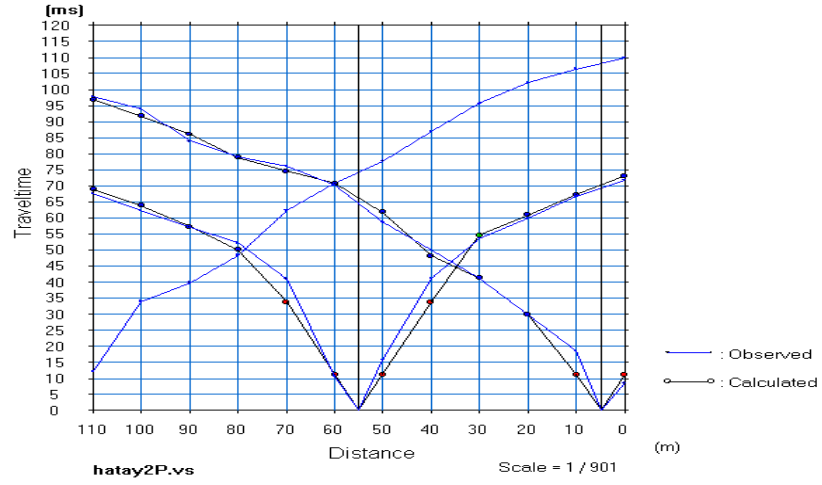


c

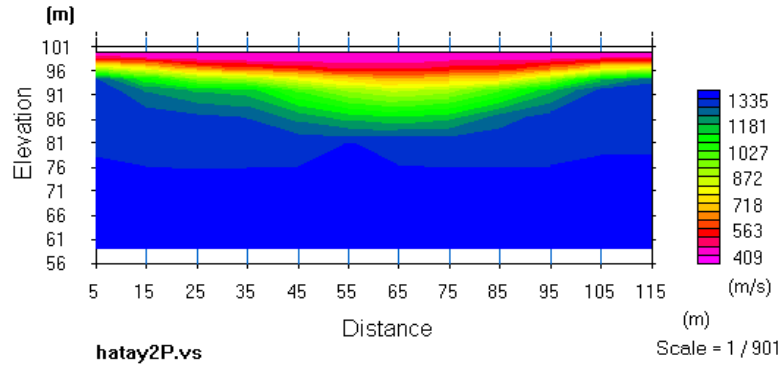


d

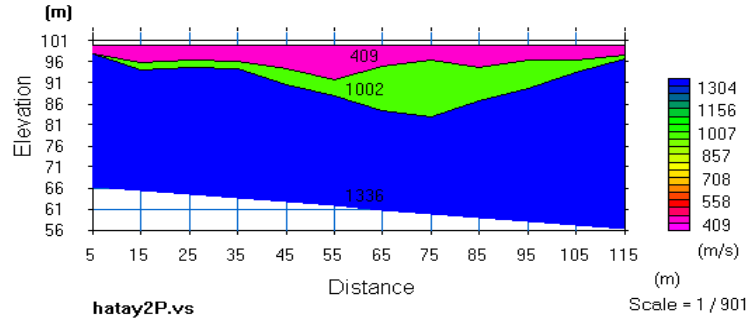
Şekil 2D-1. Birinci profil Hızır ile yıkılan evin önündeki bahçesinde ve süreksizlik dik kesilecek şekilde,1. Trenç yerinde alındı.



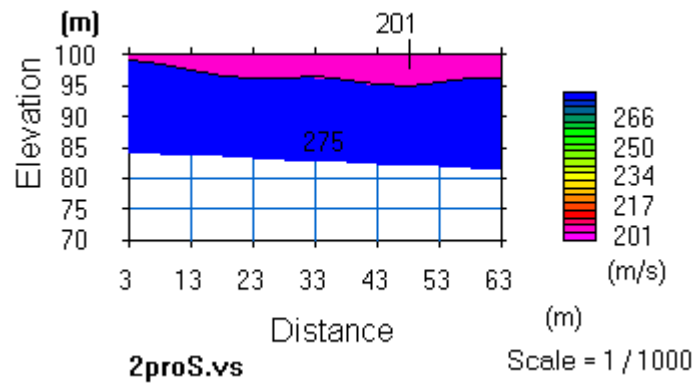
a



b

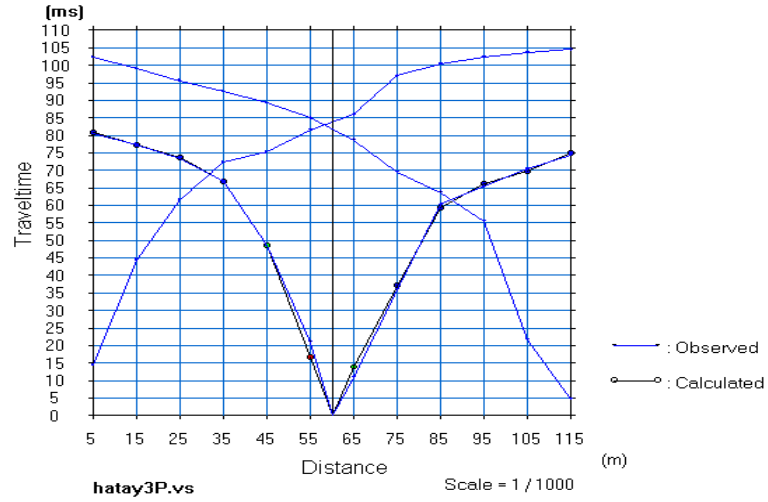


c

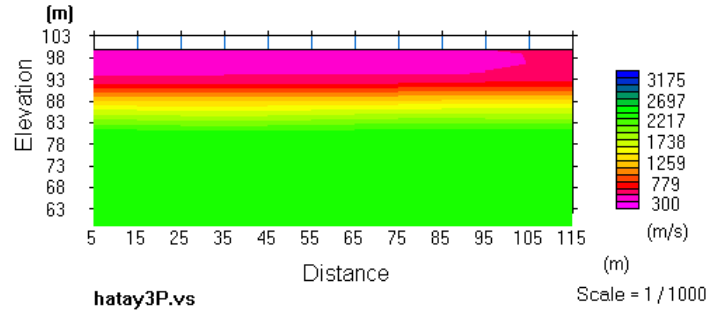


d

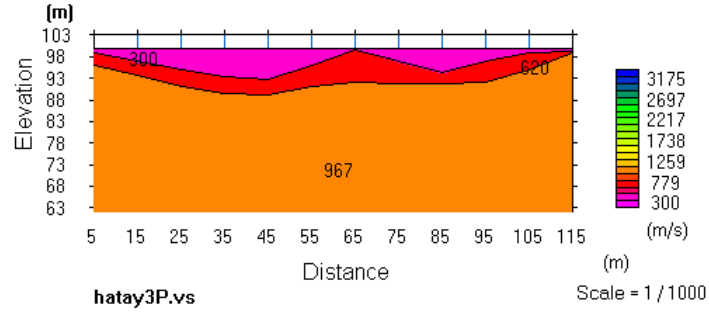
Şekil 2D-2. İkinci profil (Yıkılan ev ile tandır arasında)
2. hendek yanında süreksizlik dik kesilecek şekilde alındı.



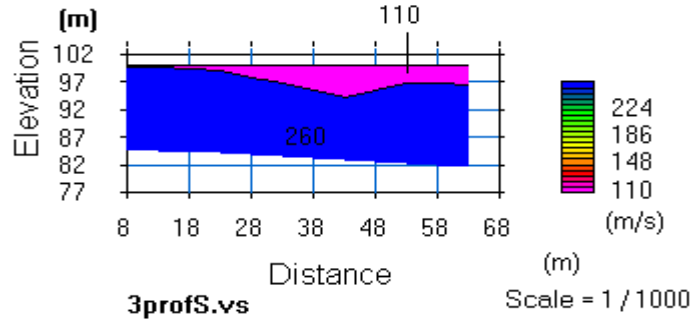
a



b



c



d

Şekil 2D-3. Üçüncü profil (Asi nehri kenarında, nehirle paralel)
3. hendek yanında süreksizlik dik kesilecek şekilde alındı.

Tablo 1. Birinci profile ait değerlendirme souları (1. trenç yanı)

Parametreler	Birim	1.Tabaka	2.Tabaka	3. Tabaka	Sismik iddet artışı(n [*])
Hız (P)	m/sn	425	750	1341	2.46
Hız (S)	m/sn	116	303	-	
Kayma Modülü(G)	kg/cm ²	170,89	1166	-	
Elastiside Modülü(E)	kg/cm ²	542,59	4063	-	
Bulk Modülü (K)	kg/cm ²	2,06.10 ⁵	5,5891.10 ⁵	-	
Poisson Oranı (σ)	-	0,46	0,4	-	
P/S oranı	-	3,66	2,47	-	
Yoęunluk	kg/cm ³	1,27	1,27		
H (ortalama kalınlık)	m	5	10	-	

Tablo 2. İkinci profile ait değerlendirme souları (2. trenç yanı)

Parametreler	Birim	1.Tabaka	2.Tabaka	3. Tabaka	Sismik iddet artışı(n [*])
Hız (P)	m/sn	409	1002	1336	2.49
Hız (S)	m/sn	201	275	-	
Kayma Modülü(G)	kg/cm ²	513,09	960,44		
Elastiside Modülü(E)	kg/cm ²	2018,7	3051,7		
Bulk Modülü (K)	kg/cm ²	1,4403.10 ⁵	1,1470.10 ⁶		
Poisson Oranı (σ)	-	0,34	0,46		
P/S oranı	-	2,03	3,64		
Yoęunluk	kg/cm ³	1,27	1,27		
H (ortalama kalınlık)	m	5	15		

Tablo 3. Üçüncü profile ait değerlendirme souları (3. trenç yanı, nehir kenarı)

Parametreler	Birim	1.Tabaka	2.Tabaka	3. Tabaka	Sismik iddet artışı(n [*])
Hız (P)	m/sn	300	620	967	2.72
Hız (S)	m/sn	110	260		
Kayma Modülü(G)	kg/cm ²	153,67	858,5		
Elastiside Modülü(E)	kg/cm ²	517,53	3041,3		
Bulk Modülü (K)	kg/cm ²	93811	3,7372.10 ⁵		
Poisson Oranı (σ)	-	0,42	0,39		
P/S oranı	-	2,72	2,38		
Yoęunluk	kg/cm ³	1,27	1,27		
H (ortalama kalınlık)	m	5	10		

* Sismik iddet artışı;

$$(n^*) = 1.67[\log V_n.p_n - \log V_o.p_o] + e^{-0.04h^2}$$

formülü ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda birinci profilde boyuna dalga hızı ilk tabaka için 425 m/s ve enine dalga hızı 116 m/s gibi düşük bir değer göstermektedir. İlk 4m’de bitkisel toprak,

CH killi ve siltli-kumlu kil ağırlıklı, gözenekli orta katı ($1-2 \text{ kg/cm}^2$) ve $13\Omega\text{m}$ ile $21 \Omega\text{m}$ arasında değişen rezistivite sunan bir birim mevcuttur. 2.tabaka ise 750 m/s boyuna dalga hızı ve 300 m/s enine dalga hızı veren kumlu-siltli-kil ve ilk tabakaya göre sert $> 4 (\text{kg/cm}^2)$ bir birim sunmaktadır. Bu birim yaklaşık $13\Omega\text{m}$ rezistivite değeri vermektedir. Son tabaka 1341 m/s boyuna dalga hızı ve $7\Omega\text{m} - 9\Omega\text{m}$ rezistivite veren siltli- killi suya doymuş bir birimdir.

İkinci profilde ise boyuna dalga hızı ilk tabaka için 409 m/s ve enine dalga hızı 201 m/s ($1-2 \text{ kg/cm}^2$ – katı) gibi bir değer göstermektedir. İlk 5 m 'de bitkisel toprak, siltli- kil ağırlıklı, gözenekli kuru ve $13\Omega\text{m}$ ile $21 \Omega\text{m}$ arasında değişen rezistivite sunan bir birim mevcuttur. 2.tabaka ise 1002 m/s boyuna dalga hızı ve 275 m/s boyuna dalga hızı veren kumlu-siltli-kil ve ilk tabakaya göre daha gözenekli bir yapı sunmaktadır. Bu birim $13\Omega\text{m}$ - rezistivite değeri vermektedir. Son tabaka 1336 m/s boyuna dalga hızı ve $7\Omega\text{m} - 9\Omega\text{m}$ rezistivite veren siltli- killi suya doymuş bir birimdir.

Üçüncü profilde de ilk 5 metrelik seviye 300 m/s boyuna dalga hızı ve 110 m/s gibi düşük bir enine dalga hızı veren kumlu- killi dolgu zemin bulunmaktadır. Nehir kenarında ve nehre paralel olan bu profilde ikinci tabaka 620 m/s boyuna dalga hızı ve 260 m/s enine dalga hızı veren kumlu-siltli- kil birimidir. Üstteki dolguya göre daha sıkı ve daha az gözenekli kuru bir birimdir. Son tabaka ise 967 m/s boyuna dalga hızı veren kuru siltli-kil birimidir.

İlk 5 m lik zemin birimi bina temellerinin oturduğu seviye olup enine ve boyuna dalga hızlarının düşük değerler vermesi, elastisite ve kayma modül değerlerinin de düşük değerler sunmasına neden olmaktadır. Enine dalga hızları düşük olduğu zaman kumlu, siltli zeminlerin relatif sıkılık oranları da düşüktür veya killi zeminler gevşek özelliktedir. Bir başka deyiş ile zemine yüklemeler yapılacak olursa zeminde oturmalar olacaktır. Dolayısı ile deprem anında bu zeminde bulunan bina temellerinde oturmalar olacaktır.

Çalışma sahası için bir başka tehlikede; yaklaşık $10 -15 \text{ m}$ derinlikte başlayan suya doymuş kumlu-siltli-kil içeren tabakalarda sıvılaşma potansiyeli bulunmasıdır.

Boyuna dalga hızından elde edilen, 110 m uzunluktaki ve yaklaşık $25-30 \text{ m}$ derinlik için verilen sismik kesitler, taban topografyası ve rezistivite çalışmaları ,bu sahanın eski bir nehir yatağı olduğunu göstermektedir. Ancak oluşan kırıkların bu nehir yatağından aşırı su çekilmesi nedeniyle mi yoksa fayla ilgili bir olay mı olduğu sorusuna net bir cevap verememektedir. Bu sorunun çözümü için bölgede daha detaylı ve derindeki yapıyı(Fay) ortaya koyacak çalışmalar(sismik yansıma vb) yapılmalıdır.

3-SAHADA MEYDANA GELEN DEFORMASYON VE ÇÖKMELERİN NEDENLERİ

Yeryüzünde meydana gelen oturmalar ;yoğun biçimde yeraltı suyunun çekildiği, örneğin San Joaquin Vadisi, Tokyo, Mexico City ve daha birçok yerlerde görülmektedir. Long Beach Kaliforniya ,Maracaibo, Venezuela gibi yeryüzünün deniz seviyesinin çok altında bulunduğu ve petrol çekiminin yoğun bulunduğu yerlerde de benzer şekilde yeryüzünde oturmalarının sıklıkla görüldüğü araştırmalarla ortaya konmuştur. Yere batmış bu sahalara okyanus sularının istila etmesi sonunda yukarda adı geçen sahalarda çok ciddi problemler ortaya çıkarmışlardır. Çok pahalı olmakla birlikte çöküntüye uğrayan sahaların doldurulması genellikle problemin çözümü için bir tedbir olarak düşünülmüştür (Zeevaert,1983).

Zemin Mühendisliğinde derinlerden yeraltı suyu çekilerek ,yeraltı su seviyesinin düşürülmesi çok önemli bir araştırma konusudur.Çok fazla sıkışabilir taneli zeminlerde yeraltı su seviyesinin düşümü sonunda yüzeyde kırıklar oluşabilir ve bu kırıklar zeminde derinlere doğru genişleyebilirler. Mevcut yeraltı suyu tablasının düşürülmesi yatay olarak destek gören taşıyıcı kazık sistemlerinin

bükülmelerine dahi neden olabilir. Yeryüzünde farklı düşey oturmalar örneğin sokaklarda (Güzelburçta olduğu gibi), demiryollarında ve karayollarında zararların oluşmasına neden olabilir. Bu tesislerin bakımlarının yapılması şehircilik açısından en önemli bir konu haline gelebilir. Yapılan geniş çapta çalışmalar bu oturmaların bir noktadan diğerine farklı değerlerde olduklarını göstermektedir. Temel dizaynı sırasında, zeminde bazı oturmaların olduğu biliniyorsa, bu takdirde zemin mühendisinin yörenin stratigrafik ve hidrodinamik şartlarını ve binaların oturacağı zeminin mekanik özelliklerinin önceden bilinmesi gerekmektedir.

Mexico City şehrinde, yeryüzünde meydana gelen oturmalar yeraltındaki zemin içindeki piyezometrik su basıncının azalma hızına ve farklı kalınlıkta ve sıkışma özelliğindeki kil tabakalarının durumlarına uyumlu olarak; bir noktadan diğerine farklılıklar göstermektedir. Örneğin çok sıkışabilen volkanik killerin içerisinde kuvvetli bükülmelerin meydana gelmesi, yeraltı suyu seviyesinin düşümü sonunda meydana gelerek yeryüzünde geniş çapta kırıkların kil içerisinde oluşmasına neden olabilmektedir. Büyük çapta ve gelişigüzel farklı oturmalar yer yüzündeki mühendislik yapılarına (kanalizasyon, malt geçitler, köprüler, ve binalar gibi) zararlar verebilirler. Mexico City de 15 yıllık bir zaman aralığında yüzeydeki oturmaların 7-40 cm olduğunu jeodimetrik ölçümlerle ortaya konmuş durumdadır. Mexico City şehrinde 1949 yılları civarında yeryüzünde meydana gelen oturmaların senede 35 cm. ulaştığı belirlenmiştir. 1955 yılında Mexico şehrinde su çekiminin ve yeni kuyuların açılmasının men edilmesini takiben, bunu takip eden yıllarda yeraltı su seviyesindeki düşüş azalmış ve buna paralel olarakta yüzeyde görülen oturmalar dikkate değer ölçüde azalmıştır(Zeevaert,1983).(jeofizikçi yorumu)

Aşırı su çekiminin ülkemizde nerelerde meydana geldiği konusunda bir araştırma yapıldığında en çarpıcı örneğin İzmir Çiğli Bölgesinde yer alan Atatürk Organize Sanayi Bölgesinde olduğu görülmüştür. Geosan Şti. tarafından incelenen 1998 tarihli rapor Prof. Dr. Orhan Erol (ODTÜ-İnşaat Mühendislik Bölümü) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.i) Adı geçen sahada zemin profilini Gediz Nehrinin güncel alüvyonları teşkil etmektedir. Alüvyon üst 40-90 m arasında sıkışabilir zeminlerden oluşmakta, daha derin seviyelerde ise daha sert ve sağlam zeminler yer almaktadır.ii) Sahada iki ayrı su akiferi mevcuttur. Bunlar üst 30 m serbest basınçlı akifer ve yüzeyden 60 m derinliklerden itibaren ise kum/çakıl birimlerde yerleşmiş olan basınçlı alt akiferdir.iii) Sahada kurulu çeşitli tesislerin açtığı 130 u aşan su kuyularından 1980 li yıllardan itibaren alt akiferden su çekimi yapılmaktadır. 1980 yılı itibariyle 30 m civarında alt akifer piezometrik seviyelerinde düşmeler izlenmiştir. Çözüm önerileri arasında; su çekimini kontrol altına alma ve su ihtiyacını başka kaynaklardan sağlayarak araziden su çekimini durdurmak yer almaktadır

4-GÜZELBURÇ BELDESİNDE GÖRÜLEN BÖLGESEL VE DOĞRUSAL OTURMALARIN NEDENLERİ, SONUÇ VE TAVSİYELER

I) Bilindiği üzere gerek Güzelburç Beldesi ve gerekse Güzelburç-Antakya arası yerleşim yerlerinde 1980 yılından günümüze kadar yoğun biçimde yeraltı suyu kullanımı devam etmektedir. Ancak bölgesel oturmalar ve karakteristik kademeli çatlakların K-G istikamette gelişmeleri sadece Güzelburç Beldesi'nde ve 2004-2005 yılları arasında gözlenmektedir. Araştırma sahasının hemen yakınından geçen Asi Nehri bu alüvyon sahanın en önemli beslenme kaynağını teşkil etmektedir. Buna ilave olarak Güzelburç Beldesi'nin bir graben üzerinde yer aldığı ayrıca gerek kuzeyinde gerekse güneyinde yer alan kireçtaşlarının da Güzelburç 'tan çekilen akifer sistemine önemli ölçüde su sağlamakta olduğu unutulmamalıdır. Zira kireçtaşı bu sahanın en önemli karstik su taşıyan jeolojik birimidir. Antakya şehri su ihtiyacının önemli bir kısmını Harbiye'deki karstik kireçtaşlarından sağlamaktadır. Yüzeydeki deformasyonların önüne geçilmesi için çözüm önerilerinden ilki yukarıdaki daha önce yaşanmış örneklerden alınan deneyimler ışığında su çekiminin kontrol altına alınması ve Güzelburç Beldesi'nin su ihtiyacının başka kaynaklardan sağlanması olmalıdır. Bu şekilde yapılacak olan bir çalışma Güzelburç 'ta su

çekiminin durdurulması sonunda deformasyonların ne ölçüde azalacağını ortaya konmasında çok önemlidir.

II) Güzelburç yerleşim yerinde bahçeleri çevreleyen, taşıma gücü zayıf ve kırık sistemlerinin yoğunlukta olduğu temellere oturtulan ,2 m. yükseklikteki briketten yapılmış olan bahçe duvarlarının hemen hemen hepsi kabaca K-G istikametinde çatlayarak şakülden sapmalara neden olmuştur.

III) Samsun Havaalanı Heyelanı , İzmir Yeşildere Heyelanı , Sinop ve Avcılar Heyelan sahalarına yakın yerleşim yerlerinde yapısal hasarların görülerek derin çatlakların meydana geldiği örnekler yerbilimcilerin oldukça sık karşılaştıkları olaydır. Ancak düz bir ovada doğrusal bir zon içerisinde böylesine geniş çaplı yapısal hasar ve tahribatın görülmesi nadir görülen bir olaydır. Güzelburç yerleşim yeri buna örnek olarak gösterilebilecek bir sahadır.

IV) Sahada atılan sismik profiller özellikle bütün kırık sistemlerini içine alacak şekilde ve bu zonlara dik istikamette seçilmişlerdir. Gerek jeolojik gerekse jeofizik kesitlerde en fazla oturmaların ve yüzeySEL deformasyonların olduğu kesimlerle ilgili durumlar ortaya konmuş görünmektedir. Bu sonuçlar şekil 2d-1 ,2d-2 den açıkça görüldüğü gibi karakteristik “V” şeklinde vadilerin (veya zayıf zonların) teşekkül ettiği görülmektedir. Buna sebep olan nedenin sadece aşırı su çekiminin olmadığı buna ilave olarak K-G istikametteki fayların da bunda rol oynayabileceği düşünülebilir. TPAO tarafından tamamlanan derin sismik yansıma profillerinden bu konuda önemli bilgilerin elde edileceğine inanılmaktadır.

V) Son derece zayıf ve ince temellerin üzerine oturtulan evlerin bir bölümünde yeraltı suyunun belirgin “ çürütücü” etkinliği açıkça izlenmektedir. Buna neden olan olay kil içindeki “ortanın üstünde” yani 22 ohm-m. rezistiviteye sahip korozyon etkinliğinin mevcudiyetidir. Bilindiği üzere bina temeline direk temasta bulunan toprağın rezistivitesi 100 ohm-m. den büyük olduğunda toprağın çürütücü etkinliği “az”, 20-100 ohm-m. olduğunda “orta” , 20 -10 ohm.-m. ise “ortanın üstünde “, 5-10 ohm-m. arasında ise “yüksek” , 5 ohm-m. den düşük olması halinde ise gerek betonun gerekse demirin “çok yüksek derecede” korozyona uğrayacağı anlaşılmalıdır. Bu nedenle bina temelleri Güzelburç yerleşim yerinin hemen kuzeyinde yer alan Bahçelievler yerleşim mevkiindeki evler gibi kalın bir temel (yaklaşık 1-1.5 m.) üzerine oturtulmalı ve ayrıca “katkılı çimento” kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.(jeofizik Müh. Yorumu)

VI) 1997 yılında oluşan Antakya depreminin izleri özellikle iki katlı binalar üzerinde ince çatlaklar halinde izlenmektedir. Yöre halkından bu depremle ilgili alınan bilgilerde depremin şiddetli bir şekilde düşey yönde binaları etkilediği öğrenilmiştir. Çatlakların ikinci katlarda etkili olduğu düşünülürse gerek zemin şartları gerekse bina kalitesi göz önünde tutulduğunda tek katlı evlerin yapılması önerilmelidir. Yine bu bölgeden alınan bilgiler ışığında 1997 ($M = 5,5$) depremini takiben zeminde bazı deformasyon olaylarının başladığı öğrenilmiştir. Tablo 1,2,3’ te sismik şiddet artışı değerleri 2,46 ile 2,72 arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Deprem mühendisliğinde bunun ifade ettiği anlam; oluşabilecek bir deprem sonrasında zeminin sismik şiddet artışını dikkate değer şekilde arttırarak yapısal hasarın yükselmesine neden olabileceği gerçeğidir.(jeofizikçi)

VII) Birçok heyelan sahalarında kullanılan zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan kireç stabilizasyonu yöntemi bu araştırma sahasında da uygulanabilir bir yöntem olarak düşünülmektedir. Örneğin; Sinop (DSİ) heyelan sahasında ve yurtdışında (Amerika da, Prof. Turgut Demirel, Iowa Üniversitesi) zemin stabilizasyonunun bozuk olması halinde killi zeminler içerisine kireç enjeksiyonu bir çözüm olarak düşünülmektedir.(jeofizik Müh. Yorumu)

VIII) Yapılan jeolojik araştırmalar sonucunda yarıkların tektonik kökenli olmadığı düşünölmüştür. Yarıklar boyunca herhangi bir tektonik kökene işaret edebilecek düşey ya da yatay atım gelişmediğı gözlenmiştir.(jeoloji Mühendisinin yorumu)

Yarıkların tektonik kökenli tansiyon çatlakları olabilmesi için, çatlakların sadece alüvyal zeminlerde değil aynı zamanda kayalık zeminlerde de gelişmesi gerekirdi. Yarıkların oluşum mekanizmasının büyük bir olasılıkla zeminle ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yarıkların alüvyal zeminin her yerinde gözlenmemesi ve belirli yerlerde gözlenmesi de zeminin fasiyes özellikleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir.(jeoloji Müh. Yorumu)

Bu yarıklar olasılıkla kil – su- zaman üçlüsü arasındaki ilişkiye bağılı olarak oluşmuştur.

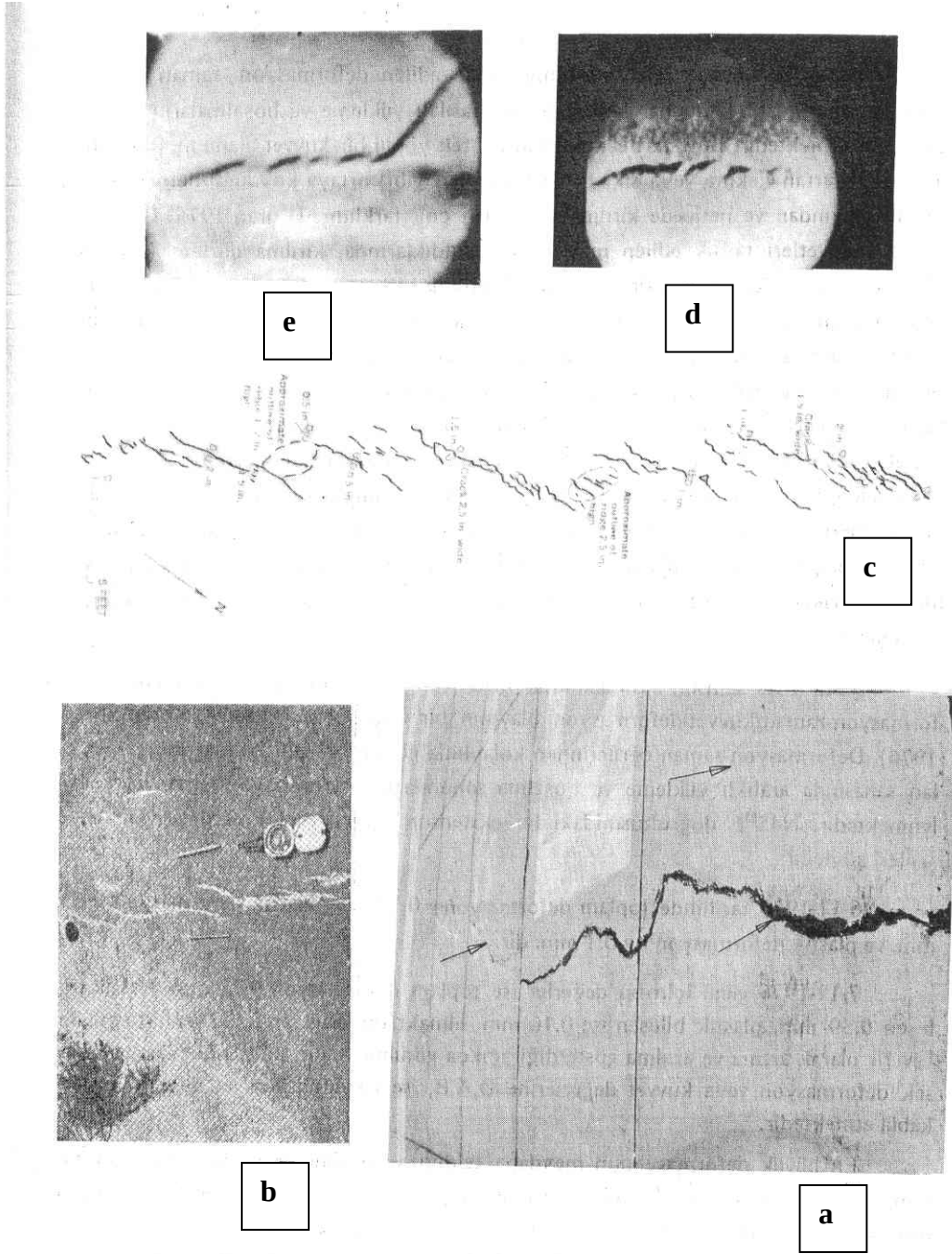
Yarıkların gelişigüzel olmaması, çizgisel olarak uzanım göstermesi ve havza içindeki eski dere yatakları kenarlarında gelişmiş izlenimini verebilir.(jeoloji Müh. Yorumu)

IX) Yukarıda kaydedilen jeolojik ve jeofizik sonuçların yanı sıra diğer bir husus; raporun giriş bölümünde ve Şekil 2A-2’de ve buna ilave olarak rapora eklenen CD’de açıkça göröldüğü gibi; tarla içinde oluşan kırıkların gelişigüzel kırıklar olmadığı fakat bunların mühendislik yapılar üzerinde tahribat yaratabilecek “ En-echelon” tipi kırıklar olduğu görölmektedir. Bu tip kırıklar, karayollarında trafik akımı nedeniyle çift dingilli araçların yükleme ve boşalması sonucu (Fatigue) meydana gelirler(Pell,1965).(jeofizik Müh. Yorumu)

Karayollarında görölen bu kırıklar “Alligator” yani timsah sırtı kırıklar olarak bilinirler. İzmit Topel Havaalanında Kutlu vd., 1973 tarafından yapılan etütlerde, doğu-batı yönünde en-echelon tipi kırıklar tespit edilmiş ve Şekil 4 b’de gösterilmiştir. 1999 Marmara Depremi ile İzmit Topel Havaalanının 1.5 km güneyinden geçen fay kırığı, 1973 Kutlu vd. tarafından belirlenen en-echelon tipi kırıklara paralel şekilde gelişmiştir. (jeofizik Müh. Yorumu)

Diğer bir En-echelon tip kırığın meydana geldiğı yer Amerika’da 1966 yılında Parkfield depreminden 11 gün önce havadan çekilen fotoğraflarla (Brown vd.,1966) kara yolları ve tarlalar üzerinde belirlenmiştir. Ancak bunun ne anlama geldiğı araştırıcılar tarafından anlaşılamamış ve depremi takiben Parkfield ve Cholame yerleşim yerleri tamamen yıkılmıştır.(jeofizik Müh. Yorumu)

En-echelon tip kırığın izlendiğı diğer bir saha; deprem mekanizmasının araştırılmasıyla ilgili olarak kayalar üzerinde yapılan devirli yüklemeler sırasında fotoğraflarla belirlenmiştir(Şekil 4 e,d.). Şekil 4 e,d ‘de maksimum kayma eksenini boyunca(Shear Zone) kademeli olarak gelişen en-echelon tipi kırıklar gözlenmektedir(Kuran, 1977).



Şekil 4 a, b, c, d, e. En-echelon tipi kırıkların, a-Samsun Hava alanı üzerinde belirlenen 100'e yakın En-echelon tipi kırığın 80 tanesi 1939 Erzincan depremi fay kırığına paralel olarak geliştiği gözlenmiştir. b- Cengiz Topel Hava alanında 1973 yılında Apron'da izlenen kırık, c- 1966 Parkfield Depreminden önce görülen kırıklar d, e- Deprem mekanizmasının araştırılması sırasında kaya numunesi üzerinde yapılan fatigue testleri esnasındaki görünüşleri. (jeofizik Müh. Yorumu)

Yararlanılan Kaynaklar

Brown, Robert D. Jr.,etc. The Parkfield-Cholame California, Earthquakes of June-August, 1966. Surface Geologic Effects Water-Resources Aspects, and Preliminary seismic data, p.579.

Erol,O., 2002. Çevher Döküm Çiğli Arazisi ve Çevresinde Yaşanan Sorunlara İlişkin Değerlendirme Raporu

Ertunç.A.,vd. 2001. Burdur Belediyesi Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi Sonuç Raporu.

Kuran, U.,1977. Zigana Tüneli İçinde ve Heyelan Sahalarında Ekstansometrelerle Elde Edilen Kuvvet/Deformasyon-Deformasyon/Zaman Olayının Tanımı. Türkiye Jeofizikçiler Derneği Yayınları. C.VI.5,2,3, p (5-28)

Ramazan Demirtaş vd. 2002. İzmir – Ödemiş Kırıkları ön raporu.

Ramazan Demirtaş vd. 2002. 03 Şubat 2002 Eber – Afyon(Çay) – Çobanlar kırıklarına ait ön rapor.

Ramazan Demirtaş vd. 2001. Afyon – Dinar – Kınık Kırıklarına ait ön rapor.

Orukoğlu Mühendislik,Jeoloji – Jeoteknik Raporu Aralık, 2003.

Pell, P.S.1965. Fatigue of Bitumious Materials in Flexible Pavements. Proc Inst. Civil Engrs. V.31.

Selçuk,H,Kızıldağ-Keldağ-Hatay Dolayının Jeolojisi Ve Jeodinamik Evrimi M.T.A. yayınları. Ankara (1985)

Tolun,U,Pamir,H,Türkiye Jeoloji Haritası M.T.A.(1975)

Zeevaert, L.,1893. V Ground Surface Subsidence

BU ÇALIŞMALARIMIZDA ÇOK DİSİPLİNLİ BİR ARAŞTIRMA PROGRAMI UYGULANMIŞTIR.JEOLOJİ VE JEOFİZİK İKİ ÖNEMLİ BİLİM DALI ANCAK JEOLOJİK VE JEOFİZİK ÇALIŞMALARININ GÜNÜMÜZDE HALA BİR SANAAT OLDUĞU GEREK GÜZELBURÇTA VE GEREKSE AFYON-TATARLIDA AÇIKÇA GÖRÜLMEKTEDİR...BU NEDENLE ‘DEPREM ARAŞTIRMANIN’ WEB.SİTESİNDEN KALDIRILAN BU İKİ MAKALE İLERDE ARAŞTIRMA YAPACAK YER BİLİMCİLERE ÖRNEK OLACAKTIR....ZİRA BU İKİ MAKALE DEPREMLERİN ÖNCEDEN BİLİNMESİNDE ATILMIŞ ÖNEMLİ BİR ADIMDIR. Anlayana sivrisinek saz ,anlamayana davul zurna az.....UĞUR KURAN