

**STANDARD PENETRASYON DENEYİ (SPT) İLE KÜÇÜKKUYU  
(ÇANAKKALE) TRAFİK GÖZETLEME İSTASYONU ZEMİNİNİN  
SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ali ATEŞ<sup>1,\*</sup> Adil ÖZDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Şehit Osman AVCI Mah. 43. Sok. No:3/8 Eryaman/Ankara,

<sup>2</sup> İzmir 2 Caddesi No:51/4 Kızılay/Ankara

**Özet**

Bu çalışma, Küçükkuyu (Çanakkale) ilçesinde 1370+1372 nolu parseller'de inşası planlanan Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) yerleşim alanı içerisindeki alüvyal zeminlerin olası bir deprem etkisinde sivilaşma potansiyelinin, arazi (SPT) verileri kullanılarak belirlenmesini içermektedir. Bu amaçla, yapı oturma alanında yapılan 2 adet sondaj çalışmasına ait olan SPT verileri kullanılmıştır. İlçenin yaklaşık 72 km kuzey-doğusunda "Yenice Gönen Fay Zonu" yer almaktadır. Bu fay zonunun yapı alanını etkileyebileceği ve en büyük ivmeyi yaratabileceği varsayılarak, araştırmaya esas alınmıştır. Toplam 160 km uzunluğundaki bu fay zonunun, olası bir depremde 1/2'sinin kırılması tahmin edilerek, moment magnitüdü 7,5 ve Türkiye'deki faylar için geliştirilen deprem atenasyon eşitliği kullanılarak 0,25g büyüklüğünde yatay deprem ivmesi oluşabileceği hesaplanmış ve SPT verileri kullanılarak sivilaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Trafik Gözetleme İstasyonu inşaatı yapılacak alının yüksek dereceli sivilaşma riski taşıdığı ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** SPT, Sivilaşma riski, Çanakkale-Küçükkuyu

---

\* İletişim Tel.:0312 2805467  
E-posta: [atesimatesim@yahoo.com.tr](mailto:atesimatesim@yahoo.com.tr) [adil@adilozdemir.com](mailto:adil@adilozdemir.com)

**INVESTIGATION OF LIQUEFACTION POTENTIAL OF SOILS OF THE  
TRAFFIC CONTROL TOWER IN KUCUKKUYU REGION (WESTERN TURKEY)  
USING STANDARD PENETRATION TEST**

**Abstract**

This study includes the determination of the liquefaction potential developed for the residential area covered by alluvial deposits using SPT (Standard Penetration Test) data under the effect of the probable earthquake in Kucukkuyu (Canakkale) District. For this reason, two data were evaluated. Yenice Gonen Fault Zone was a length of 160 km in length and approximately passes through in a distance of 72 km in the North-East of Kucukkuyu District. It was predicated to affect the region and create the biggest peak horizontal acceleration due to earthquake. In a probable earthquake effect, it was calculated an earthquake of moment magnitude as  $M_w=7.5$ , considering that Yenice Gönen Fault Zone may be cracked 1/2 of the total length. Using attenuation relationships, developed for Turkey, a peak ground acceleration of 0.25g was calculated for the study site. According to the these results, the liquefaction analysis was performed using the SPT data and two locations were determined as liquefiable.

**Keywords:** Standard penetration test, Çanakkale-Kucukkuyu, liquefaction risk

**1. Giriş**

Depremler esnasında suya doygun zemin tabakalarında çevrimli yüklemeler altında oluşan boşluk suyu basıncı artışları zeminde katı fazdan sıvı faza dönüşme olarak nitelendirilebilecek sivilaşma durumunun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Zeminlerin sivilaşabilirliği tane boyutu ve dağılımı yanında, jeolojik yaşı ve çökelme koşulları, başlangıç sıkılık derecesine bağlı hacim değişim potansiyeli ve su geçirgenliği gibi özellikleri yanında depremin büyüklüğü, süresi uzaklığı gibi sismik faktörlere bağlıdır [1]. Zemindeki yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olmasıyla birlikte zeminin gevşek şartlarda olması, zeminin sivilaşması için etkili olan koşullardandır. Sivilaşma olayı, pek çok depremde gelişmesine karşın ülkemizde, 1992 Erzincan depremiyle dikkate alınmaya başlanmıştır, 1999 Marmara depreminde meydana gelen sivilaşma olayları ile bu olgunun önemi tüm kesimlerin ilgisini çekerek önem kazanmıştır.

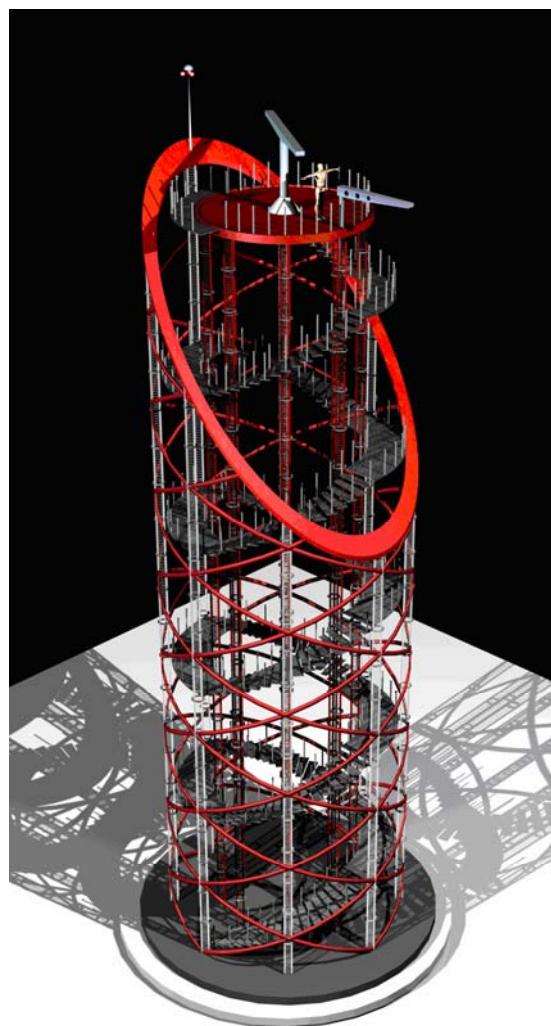
Bu çalışmada, Küçükkyuzu (Çanakkale) ilçesinde 1370+1372 nolu parseller'de inşası planlanan Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) zemininin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymak ve olası bir depreme karşı dayanıklılığının tespitine yönelik yapılan çalışma kapsamında elde edilen SPT verileri kullanılmıştır. İnşası planlanan yapı alanında alüvyal zeminlerin sıvılaşma riski değerlendirilmiştir. Bu amaçla, bölgenin jeolojisinden, depremselliğinden, olası deprem odaklarının uzaklığı ile oluşturacakları yer ivmesi ilişkilerinden, zemine ait granülometri değerlerinden ve SPT verilerinden yararlanılarak sıvılaşma analizleri yapılmış ve Iwasaki vd. [2] kriterleri baz alınarak sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır.

## **2. Materyal ve Metot**

### *2.1. Materyal*

#### *2.1.1. Çalışma alanının tanımlanması*

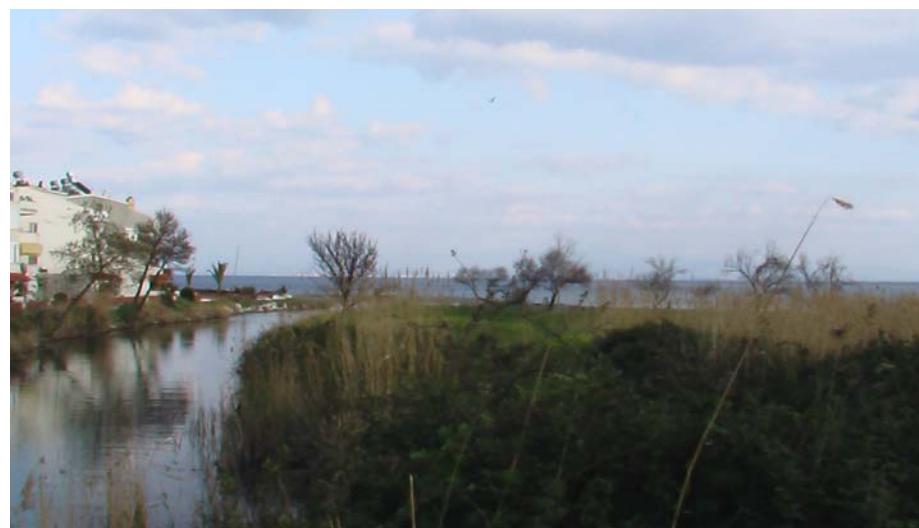
Marmara bölgesinde yer alan ilçe, Çanakkale iline bağlı bir yerleşim birimidir. Ayvacık, Çanakkale'nin güneybatısı ve Anadolu'nun en batısında olup, Pınar Dağı eteğinde yer alır. Ayvacık'ın kuzeyinde Çanakkale ilçelerinden Ezine ve Bayramiç, doğusunda ise il sınırını belirleyen Mihli Çayı ile Balıkesir ilçesi Edremit bulunur. İlçenin Güney ve Batı yönünü ise Ege Denizi çevrelemektedir. Yapılacak olan Trafik Gözetleme İstasyonu Şekil 1'de verilmiştir. Çalışma alanına ait görüntüler Şekil 2'de yer bulduru haritası ise Şekil 3'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Trafik Gözetleme İstasyonu görüntüsü



**Şekil 2. (a).** Çalışma alanına ait arazi görünüşü



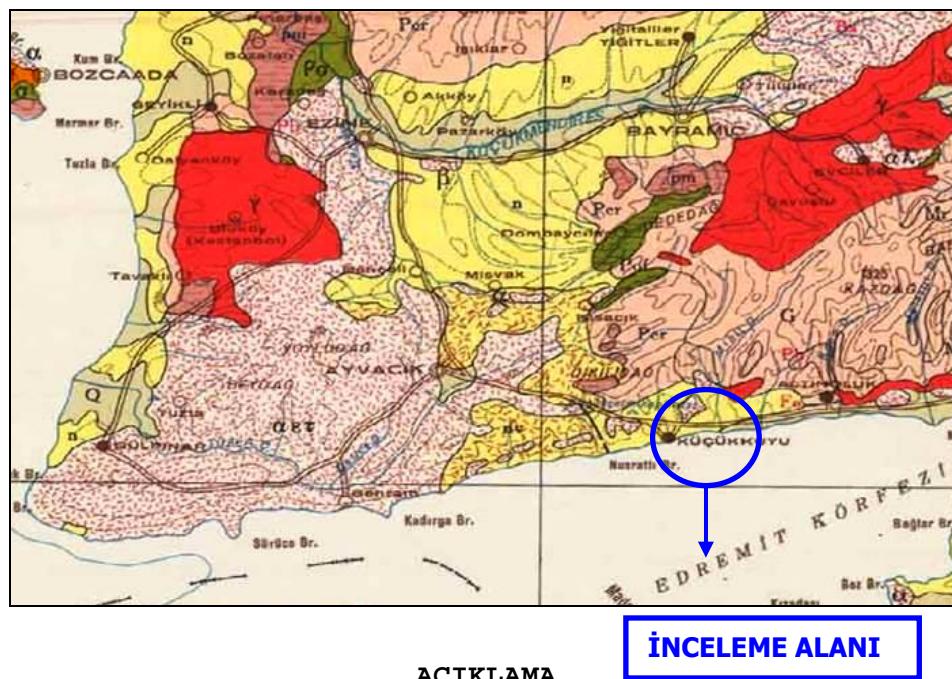
**Şekil 2. (b).** Çalışma alanına ait arazi görünüsü



**Şekil 3.** Lokasyon haritası

### 2.1.2. İnceleme alanının jeolojisi

İlçenin zemini Neojen'e ait volkanik kayaçlardan lav ve aglomeralardan oluşmuştur. Üzerlerinde ince bir nebatı toprak örtüsü bulunur. Çalışma alanı tamamen nebatı toprakla örtülü bir birikinti konisinden ibarettir. Bölgenin jeoloji haritası Şekil 4'de verilmiştir [3].



B	NEOJEN, KARASAL, AYRILMAMIS NEOGENE, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED
IV	NEOJEN, VOLCANIK FASIES NEOGENE, VOLCANIC FACIES
Per	PALEOZOIK, METAMORFİK PALEOZOIC, METAMORPHIC
pm	PERMİEN PERMIAN
Y	GRANİT, GRANODİORİT, KUARSİLİ DİORİT GRANITE, GRANODIORITE, QUARTZ - DIORITE
G	GNAYS, MIKASİST, AMFİBOLİT GNEISS, MICA SCHIST, AMPHIBOLITE
B	BAZALT, DOLERİT BASALT, DOLERITE
BT	VOLCANİK TÜF, AGLOMERA, BRES VOLCANIC TUFF, AGGLOMERATE, BRECCIA
CL	ANDEZİT, SPİLİT, PORFİRİT ANDESITE, SPILITE, PORPHYRITE

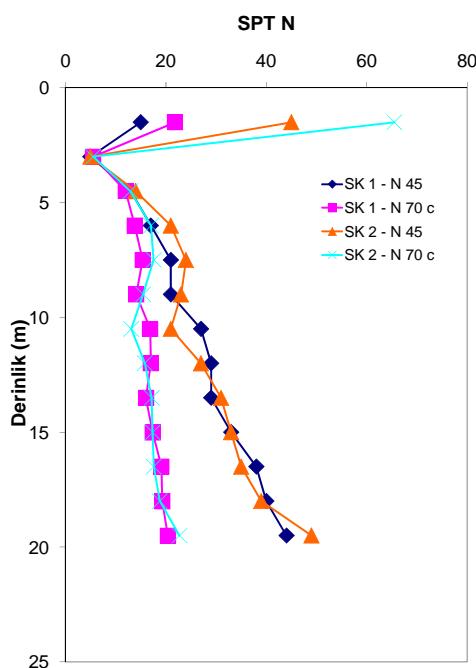
**Şekil 4.** Jeoloji haritası (1/500 000 Ölçekli) [3]

### 2.1.3. Arazi verileri

Çalışmada, geleneksel sıvılaşma potansiyeli hesaplamalarının yapılması için, derinlikleri 20 m olan 2 adet zemin sondajının SPT (Standard Penetrasyon Test) verileri kullanılmıştır [4].

Zemin sondaj çalışmaları esnasında; ilerlemeye paralel olarak, her 1.50 m de SPT deneyi yapılmış ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Elde edilen SPT verileri Şekil 5'de verilmiştir.

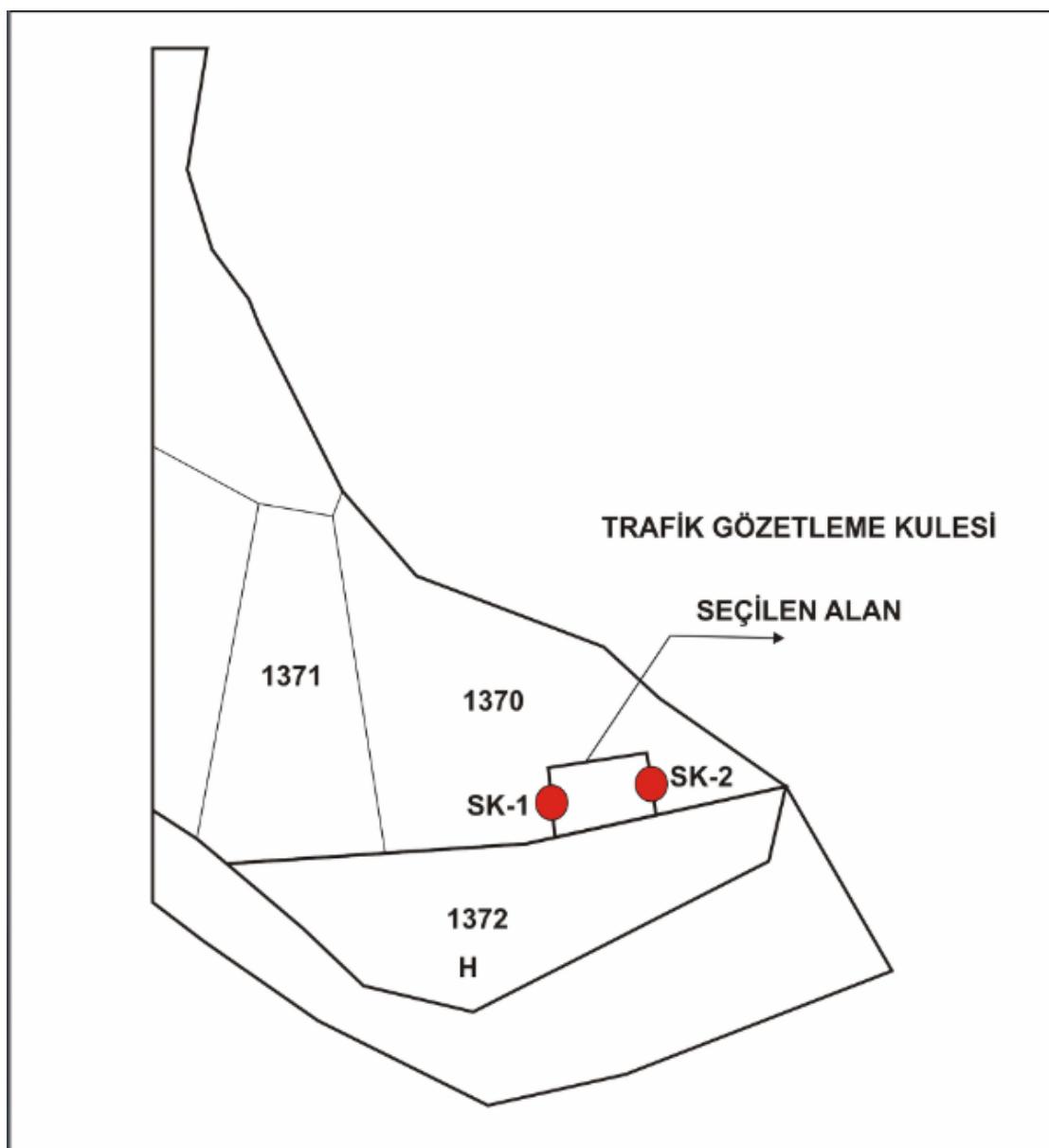
Alınan örnekler gerekli deneyler yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiş, tipik zemin özellikleri gösteren ve farklı zemin seviyelerini temsil eden örnekler üzerinde zeminlerin fiziksel ve mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik yeterli sayıda deney yapılmıştır. Çalışma alanından elde edilen parametreler kullanılarak mühendislik değerlendirmesi ve analizleri yapılmıştır.



**Şekil 5.** Çalışma alanından elde edilen SPT verileri [4]

#### *2.1.4. Sondaj çalışmaları*

Çalışma alanında yapılan sondajlar temel zeminlerinin litolojik özelliklerini, düşey ve yanal doğrultudaki değişimlerini ve yer altı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirleme amacıyla yönelik yapılmıştır. Sondaj ilerlemesiburgulu yöntemle yapılmıştır [4]. Sondaj çalışmalarına ait görüntüler ve yerleri Şekil 6'da ve Şekil 7'de verilmiştir.



**Şekil 6.** Sondaj kuyuları vaziyet planı



**Şekil 7.** Arazide SPT deneyine ait sondaj çalışması

#### *2.1.5. Arazi deneyleri*

Sondaj çalışmaları esnasında; ilerlemeye paralel olarak, her 1.50 m de bir 26 adet SPT (Standart Penetrasyon Testi) yapılmış ve örselenmiş örnekler alınmıştır. SPT, esas olarak yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Kesme direnci daneli zeminlerde zeminin izafî sıkılığına, kohezyonlu zeminlerde ise zeminin mukavemet parametrelerine bağlıdır. Bu sebeple penetrasyon deneyi sonuçları ile taşıma gücü arasında gerçeğe uygun bir bağıntı kurulabildiği gibi diğer mühendislik hesaplamalarında da kullanılmaktadır. SPT deneyleri sırasında alınan örselenmiş örnekler 2" dış çaplı ve 1<sup>3/8</sup>" iç çaplı yarık numune alıcı ile alınmıştır. Alınan numuneler doğal özelliklerini kaybetmemesi için iç içe geçmiş iki ayrı naylon torba içine konmuş, etiketlenmiş ve ağızları hava almayacak şekilde sıkıca bağlanmıştır.

### *2.1.6. Yer altı suyu durumu*

Sıvılaşma potansiyeli olan bölgeleri belirlemeye, dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerden birisi de, yer altı suyunun yüzeyden itibaren derinliğidir. Çalışma alanında yer altı suyu, durumuna gelince, yeraltı suyu yaz ve kış aylarında mevsimsel olarak değişmektedir. Küçükkyu, Edremit Körfezi kenarında kurulmuş bir yerleşim birimidir. Etüt alanının rakımı 0'dır. Sondaj çalışmaları sırasında ve bitiminden iki gün sonra yapılan ölçümler sonucunda SK-1 kuyusunda 1.00 m, SK-2 kuyusunda 0.50 m derinliklerde yeraltı suyuna rastlanmıştır.

### *2.1.7. Deneyde kullanılan yazılımlar*

Bu çalışmada, Arazi verilerinin sıvılaşma potansiyel hesaplamalarında, Liq IT V.4.7.3 Geologismiki [5] yazılımı kullanılmıştır.

## *2.2. Metot*

Bu çalışma kapsamında çalışma alanından elde edilen SPT verileri esas alınarak, orijinal olarak Seed ve Idriss [6] tarafından geliştirilen ve daha sonra Youd vd. [7] tarafından revize edilen sıvılaşma analiz yöntemine göre Liq IT V.4.7.3 [5] Geologismiki yazılımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre, Çanakkale (Küçükkyu) bölgesinde, TGİ yapılacak alanda sıvılaşma potansiyelinin varlığı araştırılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre Trafik Gözetleme İstasyonu inşa edilmesi amacıyla bölgenin depremden kaynaklanan sıvılaşmaya bağlı oluşan riski ortaya konulmuştur.

### *2.2.1. Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesindeki kriterler*

Analiz sonuçlarını esas alarak zeminlerin sıvılaşma dirençlerinin belirlenmesi, iki değişkenin hesaplanması veya tahmin edilmesini gerektirmektedir, bunlar;

- Zemin tabakasındaki sismik talebi ifade eden devirsel gerilme oranı (DGO),
- Zeminin sıvılaşmaya karşı direncini gösteren devirsel direnç oranı (DDO).

Depremin gücünü karakterize eden DGO'nın, zeminin direncini karakterize eden DDO oranı ise o zeminin sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısını vermektedir (Eş. 1).

$$GK = \frac{DDO}{DGO} \quad (1)$$

Güvenlik faktörünün 1'den küçük olması o bölgenin sıvılaşma riski taşıdığını,

güvenlik faktörünün 1'den büyük olması ise o bölgenin sıvılaşma riski taşımadığını göstermektedir.

**2.2.1.1. Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen “basitleştirilmiş” yönteme göre devirsel gerilme oranının (DGO) bulunması**

Bu yöntemde deprem esnasında zemin tabakasında oluşacak devirsel gerilme oranı aşağıda verilen Eş.2'den hesaplanabilmektedir [6].

$$DGO = 0,65 \left\{ \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} \right\} = 0,65 \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d \quad (2)$$

Burada; ( $a_{max}$ ) deprem tarafından oluşturulan ve yüzeyde etkiyen en büyük yatay yer ivmesini, ( $\sigma_{vo}$ ) toplam düşey gerilmeyi ( $kN/m^2$ ), ( $\sigma'_{vo}$ ) efektif düşey gerilmeyi ( $kN/m^2$ ), ( $g$ ) yerçekimi ivmesini ( $m/s^2$ ), ( $\tau_{ave}$ ) ortalama devirsel gerilme dayanımını ( $kN/m^2$ ), ( $r_d$ ) gerilme azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Efektif Gerilme azaltma katsayısı, Liao ve Whitman [8]'a göre aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

$$r_d = 1 - 0,00765z, \quad z \leq 9,15m \quad (3a)$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267 \quad 9,15m < z \leq 23m \quad (3b)$$

Burada; ( $z$ ) metre cinsinden derinlidir.

**2.2.1.2. Youd vd. (2001)'e göre devirsel direnç oranının (DDO) bulunması**

Bu yöntemde standard penetrasyon test (SPT) verileri ile sıvılaşma direncinin belirlenmesinde Youd vd. [7] aşağıda verilen eşitliği (Eş. 4) önermiştir;

$$DDO_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \quad (4)$$

Burada,

Sıvılaşma analizinde kullanılan düzeltilmiş SPT-N değerleri  $(N_1)_{60}$  Youd vd. [7], Seed vd. [9] tarafından bazı kısımları modifiye edilerek ince tane oranının sıvılaşma direncine etkisini de göz önünde bulundurarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$(N_1)_{60k} = \alpha + \beta (N_1)_{60} \quad (5)$$

Burada,  $\alpha$ ,  $\beta$  ince tane oranı düzeltme katsayılarıdır ve aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir.

$$\alpha = 0 \quad ; \text{ITO} \leq \%5 \quad (6)$$

$$\alpha = \exp[1.76 - (\frac{190}{\text{ITO}^2})] \quad ; \%5 < \text{ITO} < \%35 \quad (7)$$

$$\alpha = 5.0 \quad ; \text{ITO} \geq \%35 \quad (8)$$

$$\beta = 1.0 \quad ; \text{ITO} \leq \%5 \quad (9)$$

$$\beta = [0.99 + \left( \frac{\dot{I}TO^{1.5}}{1000} \right)] \quad ; \%5 < \text{ITO} < \%35 \quad (10)$$

$$\beta = 1.2 \quad ; \text{ITO} \geq \%35 \quad (11)$$

### 3. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirilmesi

#### 3.1. Deprem tasarım parametrelerinin hesaplanması

İnceleme sahanının yaklaşık 32 km kuzey-doğusundan Etili fay zonu, 72 km, yine kuzey-doğusundan Yenice Gönen Fay Zonu ve 63 km güney-doğusundan Balıkesir Fay Zonu geçmektedir (Şekil 8). Burada en yüksek ivme yaratabilecek fay zonunun, ilçenin 72 km kuzey-doğusundan geçen Yenice Gönen Fay Zonu olduğu tespit edilmiştir. Deprem tasarım parametrelerinin bulunması için, çalışma alanını çevreleyen 100 km yarıçapında bir daire çizilerek, daire içinde kalan ve çalışma alanını etkileyebileceği düşünülen aktif sismik kaynaklara dik çizilerek bu sismik kaynakların çalışma sahasına en kısa mesafeleri kilometre (km) cinsinden ölçülmüştür (Şekil 8) [10].

Çalışma sahanında en yüksek ivme yaratabilecek olan Yenice Gönen Fay Zonu, Mark [11] yaklaşımına göre olası bir depremde 1/2'sinin kırılabileceği yaklaşımıyla, olası tasarım depreminin moment büyüklüğü, Wells ve Coopersmith [12]'in eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$M=4,86+1,32 \log L \quad (12)$$

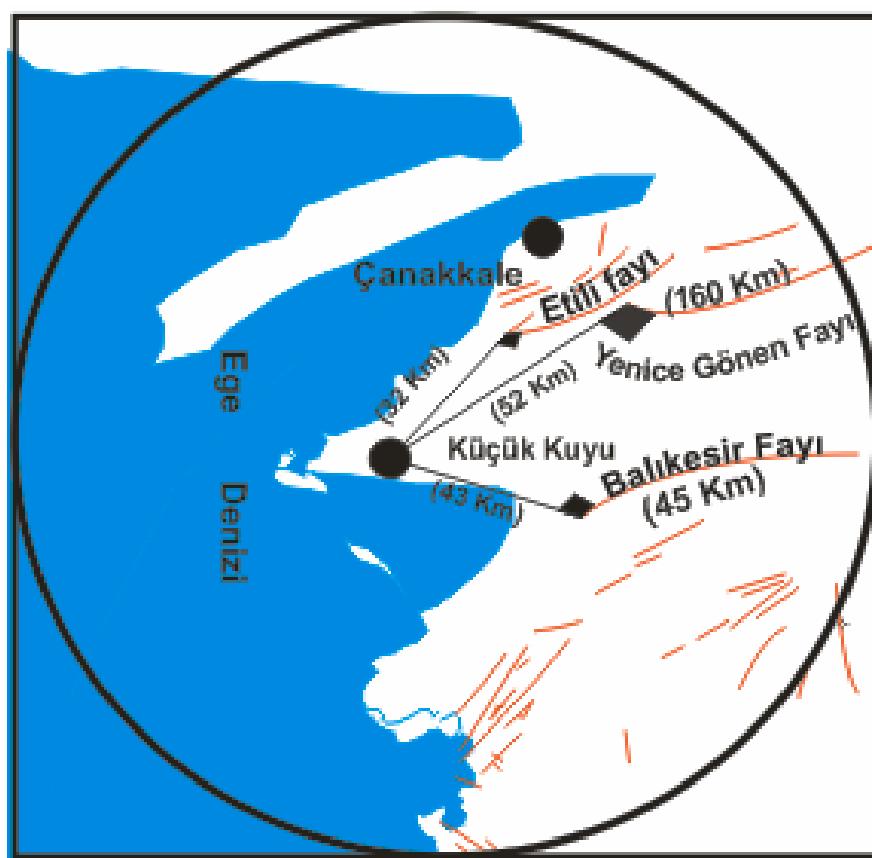
Burada; M: Moment büyülüklüğü, L:Fay uzunluğu (km).

Bu yaklaşımıma göre Fay uzunluğunun, 1/2'sinin kırılması durumunda, "Moment Büyüdüklüğü" 7,5 olarak hesaplanmıştır.

Yatay deprem ivmesi ise Türkiye'deki depremleri esas alan ve Türkiye'deki faylar için geliştirilen deprem atenasyon ilişkisi kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [13].

$$PGA = 2,18e^{0,0218(33,3M_w - R_e + 7,8427S_A + 18,9282S_B)} \quad (13)$$

Burada; yumuşak zeminler için  $S_A=0$ ,  $S_B=1$  alınır,  $R_e$  yerleşim alanından ilgili fay zonuna en yakın dikey mesafedir,  $M_w$  Deprem büyüklüğüdür. Buna göre, tasarım depreminin meydana getirebileceği “Yatay deprem ivmesi” 0,25g olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 8.** Çalışma sahasına 100 km çap içinde bulunan sismik kaynaklarının belirlenmesi

### 3.2. Sivilaşma analizi ve sivilaşma potansiyeli indeksinin belirlenmesi

Çalışma alanında, bu bölgede bulunan ve etkin olan Yenice Gönen fayının olası bir depremde bu fayın 1/2'sinin kırılacağı tahmin edilen senaryo depremine göre, moment magnitüdü  $M=7.5$  büyüklüğünde beklenen bir depreme göre sivilaşma potansiyeli  $Liq$  IT V. 4.7.3 [5] Geologismiki yazılımı kullanılarak araştırılmıştır.

Ancak güvenlik faktörü, geniş ve derin alanlar için göreceli bir değerlendirme

yapılmasına ve sivilaşma potansiyeli açısından sivilaşma haritalarının hazırlanmasına doğrudan imkan vermemektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, Iwasaki vd. [2] tarafından güvenlik faktörünü de içerecek şekilde “sivilaşma potansiyeli indeksi” adı verilen bir parametre önerilmiştir. Iwasaki vd. [2] sivilaşma indeksinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlikleri (Eş. 14 ve Eş. 14a-Eş. 14d) önermiştir.

$$LI = \int_0^{20} F(z)W(z)dz \quad (14)$$

$$FL < 1,0 \quad \text{für} \quad F(z) = 1 - FL \quad (14a)$$

$$FL \geq 1,0 \quad \text{für} \quad F(z) = 0 \quad (14b)$$

$$z < 20 \quad \text{für} \quad W(z) = 10 - 0,5z \quad (14c)$$

$$z \geq 20 \quad \text{für} \quad W(z) = 0 \quad (14d)$$

Burada; (LI) sivilaşma indeksi, (z) yüzeyden zemin tabakasının orta noktasına olan derinlik (m), (FL) sivilaşmaya karşı güvenlik faktörüdür.

Zeminlerin sivilaşma potansiyelinin derecelendirilmesinde Iwasaki vd. [2]'e göre hesaplanan sivilaşma indeksleri Tablo 1'deki gibi sınıflandırılabilirlerdir.

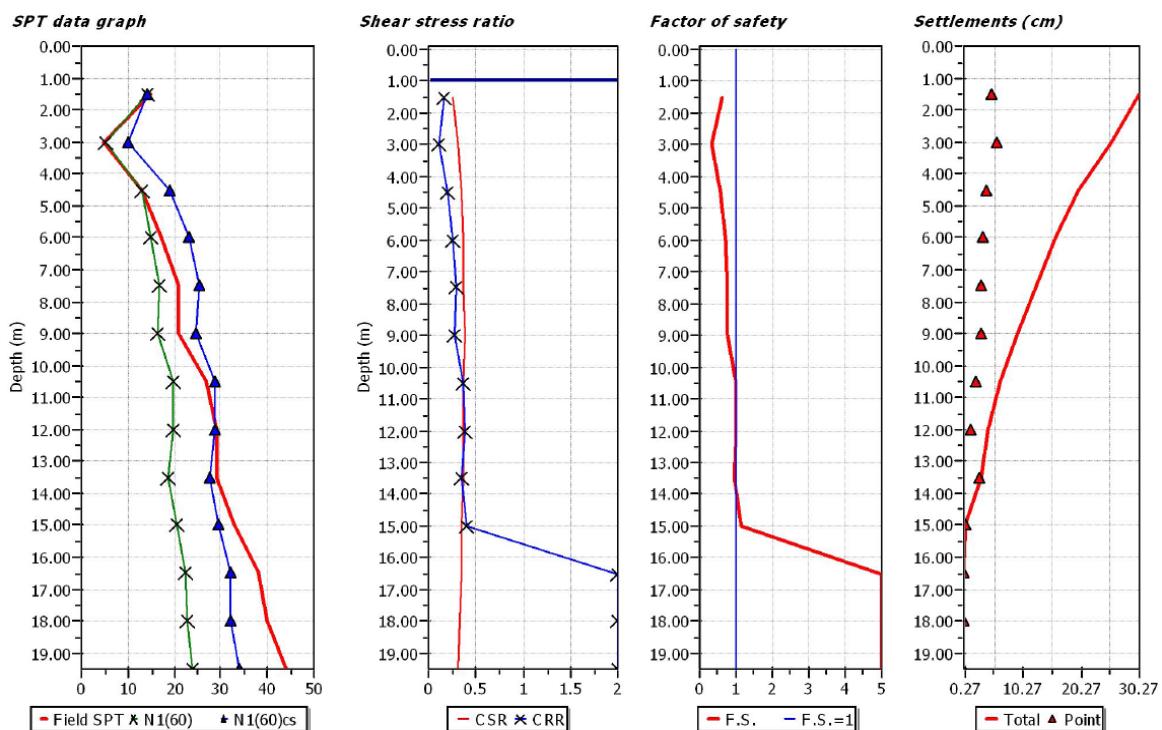
**Tablo 1.** Sivilaşma potansiyeli indeksine (LI) göre sivilaşma risk dereceleri [2]

Sivilaşma İndeksi (LI)	Sivilaşma Potansiyeli
0	Çok az
0 < LI < 5	Az
5 < LI < 15	Yüksek
15 > LI	Çok yüksek

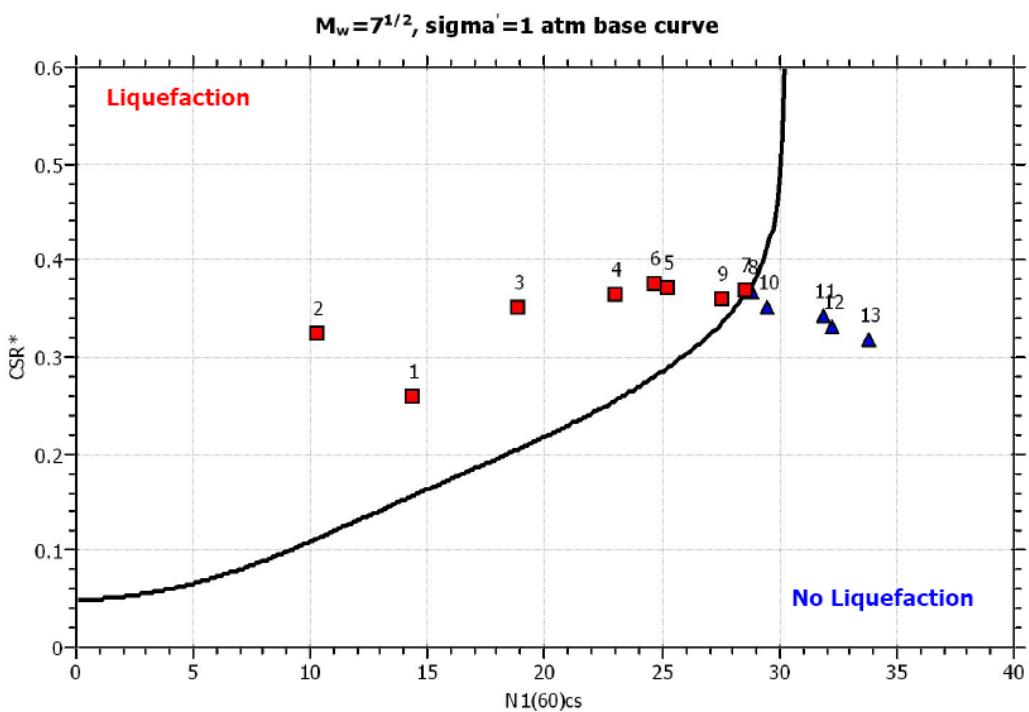
Sivilaşma analiz sonuçlarına göre elde edilen güvenlik katsayıları, Iwasaki vd. [2] yöntemine göre Eşitlik 14 kullanılarak sivilaşma indeksleri bulunmuş ve analize dahil edilmiştir. Buradan bulunan indeksler yukarıda verilen (Tablo 1) sınır değerleri ile karşılaştırılarak ilgili lokasyonlar sivilaşma derecelerine göre gruplandırılmış ve sonuca varılmıştır.

Bu çalışmada SK-1 ve SK-2 kuyuları için Liq IT V.4.7.3 [2006] programı kullanılarak sivilaşma analizleri ayrı ayrı yapılmıştır. SK-1 kuyusunda güvenlik sayısı(FS) 1,5 m–15 metreler arasında FS<1 olması nedeniyle sivilaşma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 9).

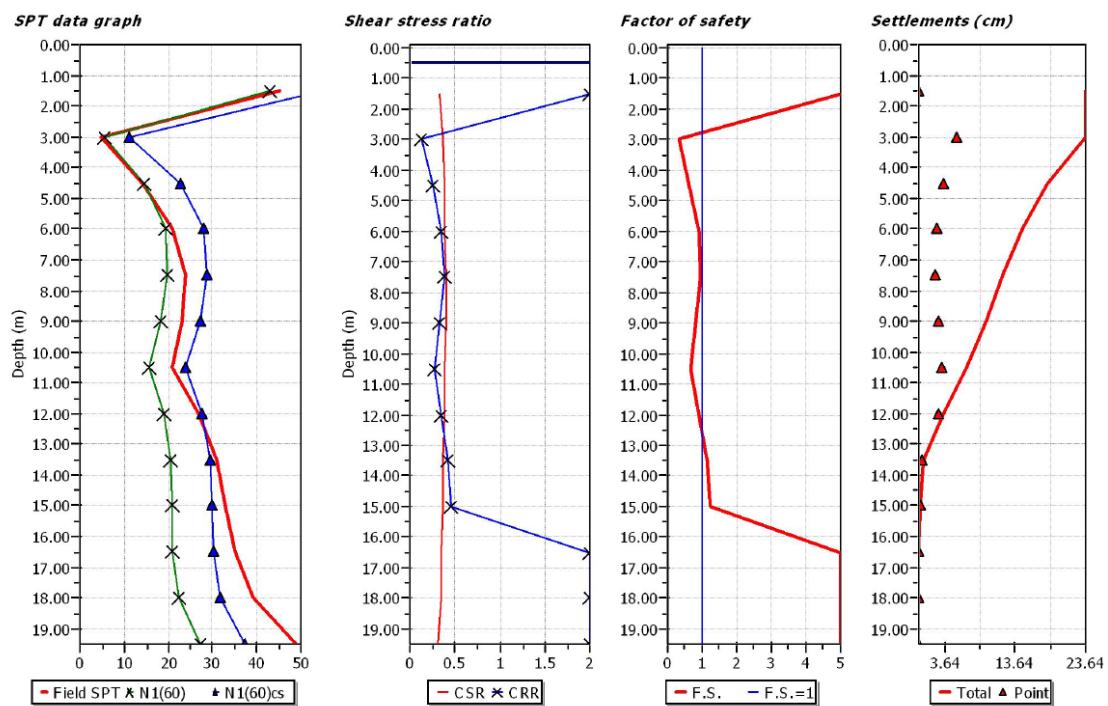
SK-2 kuyusunda güvenlik sayısı (FS) 2,5 m–15 metreler arasında FS<1 olması nedeniyle sivilaşma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 10).



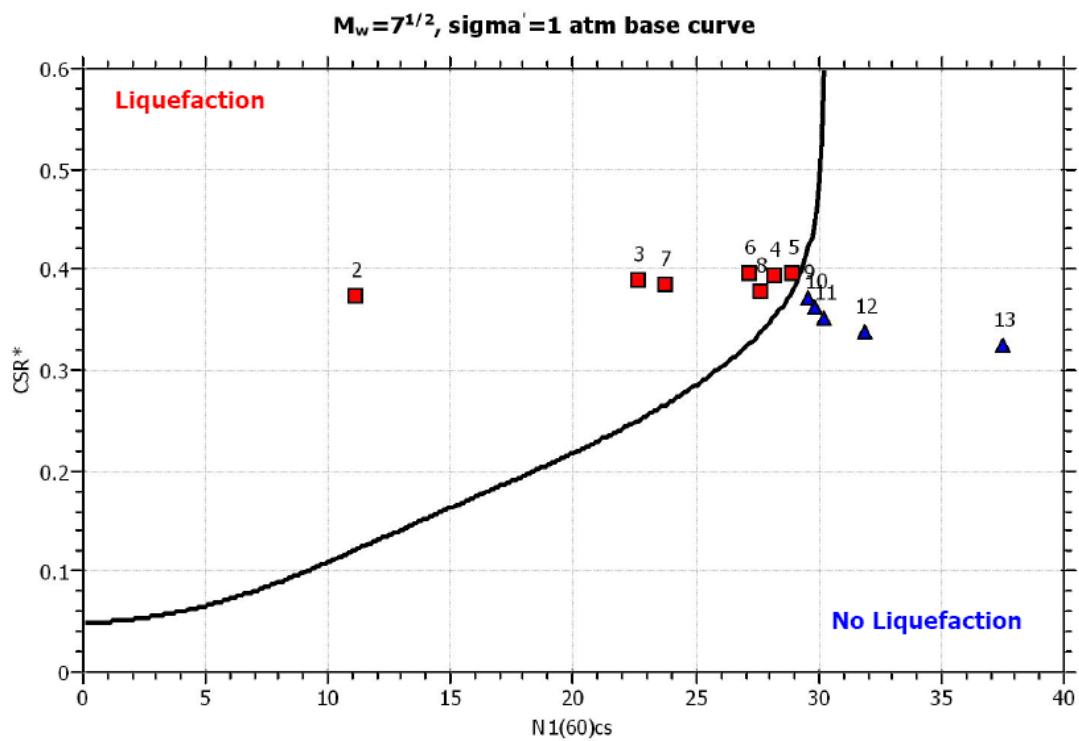
**Şekil 9. (a)** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-1 kuyusu analiz sonuçları



**Şekil 9. (b)** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-1 kuyusu analiz sonuçları



**Şekil 10. (a)** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-2 kuyusu analiz sonuçları



**Şekil 10. (b)** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-2 kuyusu analiz sonuçları

Sonuç olarak; deprem magnitüd büyüklüğü 7,5 ve yatay deprem ivmesinin 0,25g şartlarında bir depremin olması durumunda, Yukarıdaki şekillere bakıldığından(Şekil 9-Şekil 10) 1 ve 2 nolu lokasyonların yüksek düzeyde sıvılaşma riski taşıdığı görülmektedir.

#### **4. Sonuç ve Öneriler**

Bu çalışmada, Çanakkale ilinin Küçükkyuyu ilçesinde 1370+1372 nolu parseller'de inşası planlanan Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) zeminlerinin standart penetrasyon deneyi (SPT) ile sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır. Deprem kaynağı olarak Yenice Gönen Fay Zonu tespit edilmiş ve bu fay zonunun üretmesi beklenen tasarım parametreleri; "maksimum yatay deprem ivmesi 0,25g ve moment magnitüdü 7,5", olarak hesaplanmış olup bu parametrelere göre sıvılaşma analizi yapılmıştır. Analiz sonunda SK-1 ve SK-2 çevresinin yüksek dereceli sıvılaşma riski taşıdığı ortaya konulmuştur (Şekil 9 ve Şekil 10).

Mevcut yapının 60 m yüksekliğinde bir trafik gözetleme kulesi olduğu düşünülürse sıvılaşmadan doğacak oturmalar oluşabilir. Bu oturmaların kuleye zarar verebilecek olması nedeniyle, tasarlanan kule öncesi temel zemininin iyileştirilmesi gereklidir. Deprem sırasında yanal zemin direncinin çok azalacağı dikkate alınarak, yanal yatak katsayısında çok ciddi bir azalma olması gerekeceği hatırlanmalı ve küçük çaplı kazıklardan kaçınılmalıdır. Başka alternatifler, derin sıkıştırma ile jet enjeksiyon yöntemleridir.

#### **Kaynaklar**

- [1] Özaydın K, Zeminlerde sıvılaşma. Altıncı Ulusal Depem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007, 231-255.
- [2] Iwasaki T, K., Tokida K. Tatsuoka, Watanabe, S., Yasuda, S., and Sato, H., Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods, Proceedings of the 13th International Conf. On Microzonation, Seattle, USA vol. 3, 1319-1330, 1982.
- [3] Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 2007.
- [4] Ateş A, Özdemir A. Denizcilik Müsteşarlığı İZMİR, İZMİT, MERSİN-

- ISKENDERUN bölgeleri Gemi Trafik Hizmetleri Merkezi (GTHM) ve Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) Projelerinin Zemin Etüdleri. Ankara, 2007.
- [5] Internet: LiqIT 4.7.3 Geologismiki (2006), Sivilaşma Analizi Yazılımı” [www.geologismiki.gr](http://www.geologismiki.gr) (2006).
- [6] Seed H.B, Idriss I.M. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 1971, 97(9), 1249-1273.
- [7] Youd T.L et al. Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 2001, Vol.127, No.10, pp.817-832.
- [8] Liao S.S.C. ad Whitman R.V. Overburden Correction Factors For SPT In Sand. *Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE*, 1986, 112 (3): 373-377.
- [9] Seed H.B, Tokimatsu K, Harder L.F, and Chung R.M. The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations. *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 1985, Vol.111, No:12, pp.1425-1445.
- [10] Saroğlu F, Emre, Ö, Kuşçu İ. *Türkiye Diri Fay Haritası*, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 1992.
- [11] Mark R. K. Application Of Linear Statistical Model Of Earthquake Magnitude Versus Fault Length In Estimating Maximum Expectable Earthquakes. *Geology*, 1977, 5: 464- 466.
- [12] Wells D.L. and K.J. Coppersmith, New empirical relationships amoung magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bull, Seismol, Soc, America*, 19984, 4, 974-1002.
- [13] Ulusay R, and Tuncay E, and Sonmez H, and Gokceoglu C. An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. *Engineering Geology*. 2004, 74: 265–291.