



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ile Kartepe (İzmit) Deniz Hava Üs Komutanlığı Hangar İnşaat Alanı Zemininin Sıvılaşma Potansiyelinin Araştırılması

Ali ATEŞ

*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE  
aliates@duzce.edu.tr*

### ÖZET

Bu çalışma, Kartepe Deniz Hava Üs Komutanlığı (İzmit) bölgesinde askeri amaçla yapılması planlanan hangar inşaatı zemininin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymak ve olası bir deprem etkisinde oluşabilecek hasarların önceden tahmin ve tespitine yönelik yapılan çalışma kapsamında elde edilen SPT verileri kullanılarak sıvılaşma potansiyeli belirlenmesini içermektedir. Bu amaçla, yapı oturma alanında yapılan 9 adet sondaj çalışmasına ait olan SPT verileri kullanılmıştır. Çalışma alanından yaklaşık 25 km güneyinde “Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey kolu” yer almaktadır. Bu fay zonunun yapı alanını etkileyebileceği ve en büyük ivmeyi yaratabileceği varsayılarak, sıvılaşma potansiyelini araştırmaya esas alınmıştır. Toplam 147 km uzunluğundaki bu fay zonunun, olası bir depremde 1/3'nün kırılması tahmin edilerek, moment magnitudü 7.5 ve normal atımlı faylar ve Türkiye için geliştirilen deprem atenasyon eşitliği kullanılarak 0,4g büyüklüğünde yatay deprem ivmesi oluşabileceği hesaplanmış ve SPT verileri kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, hangar inşaatı yapılacak alanda, 5 nolu lokasyon ve çevresinde düşük dereceli sıvılaşma riski taşıdığı ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** : İzmit-Kartepe, SPT, Sıvılaşma riski

## Investigation of Liquefaction Potential Using Standart Penetration Test of Soils of the Hangar Area in Kartepe Region (İzmit/Western Turkey)

### ABSTRACT

This study includes the determination of the liquefaction potential index developed for the residential area covered by alluvial deposits using SPT (Standard Penetration Test) data under the effect of the probable earthquake effect to build a hangar as a part of the Sea and Air Commandary Forces in Kartepe (İzmit) District. For this reason, 9 location data were evaluated. North Anatolian Fault Zone was a length of 147 km in length and approximately passes through in a distance of 25 km in the South of study area (Kartepe 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  $MW=7.5$ , considering that

North Anatolian Fault Zone may be cracked 1/3 of the total length. Using attenuation relationships developed for Turkey a peak ground acceleration of 0.4g was calculated for the study site. According to the these results, the liquefaction analysis was performed using the 9 location SPT data and one location (LK.5) was determined as liquefiable.

*Keywords: Standard penetration test, İzmit-Kartepe, Liquefaction risk*

## I. GİRİŞ

Depremler esnasında yatay kesme kuvvetlerinin etkisinde suya doymuş zemin tabakalarında çevrimli yüklemeler altında oluşan boşluk suyu basıncı artışları zeminde katı fazdan sıvı faza dönüşerek adeta bir sıvı gibi davranmaya zorlanarak sıvılaşma durumunun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Zeminlerin sıvılaşabilirliği tane boyutu ve dağılımı yanında, jeolojik yaşı ve çökelme koşulları, başlangıç sıklık 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 formasyona yapışık bir halde tutturulmuş olması, alüvyonal olması zeminin sıvılaşması için etkili olan koşullardandır. Sıvılaşma olayı, pek çok depremde gelişmesine karşın ülkemizde, 1992 Erzincan Depremiyle dikkate alınmaya başlanmış, 1999 Marmara Depreminde meydana gelen sıvılaşma olayları ile bu olgunun önemi tüm araştırmacıların ilgisini çekmektedir.

Bu çalışmada, Kartepe Deniz Hava Üs Komutanlığı (izmit) bölgesinde askeri amaçla yapılması planlanan hangar inşaatı zemininin jeolojik ve geoteknik özelliklerini ortaya koymak ve olası bir deprem etkisinde oluşabilecek hasarların önceden tahmin ve tespitine yönelik yapılan çalışma kapsamında elde edilen SPT (Standard Penetrasyon Testi) verileri kullanılmıştır. İnşası planlanan yapı alanında bulunan zeminlerin sıvılaşma riski araştırılmıştır. Bu amaçla, bölgenin jeolojisinden, depremselliğinden, yerleşim yerine olan deprem odak noktasının uzaklığı ile meydana gelebilecek yer ivmesi ilişkilerinden, zemine ait granülometri değerlerinden ve SPT verilerinden yararlanılarak sıvılaşma analizleri yapılmış ve belirli bir derinlikte oluşabilecek sıvılaşma riski Iwasaki vd. [2] kriterleri baz alınarak sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır.

## II. MALZEME ve YÖNTEM

### *A. MATERYAL*

#### *A.1. Çalışma Alanının Tanımlanması*

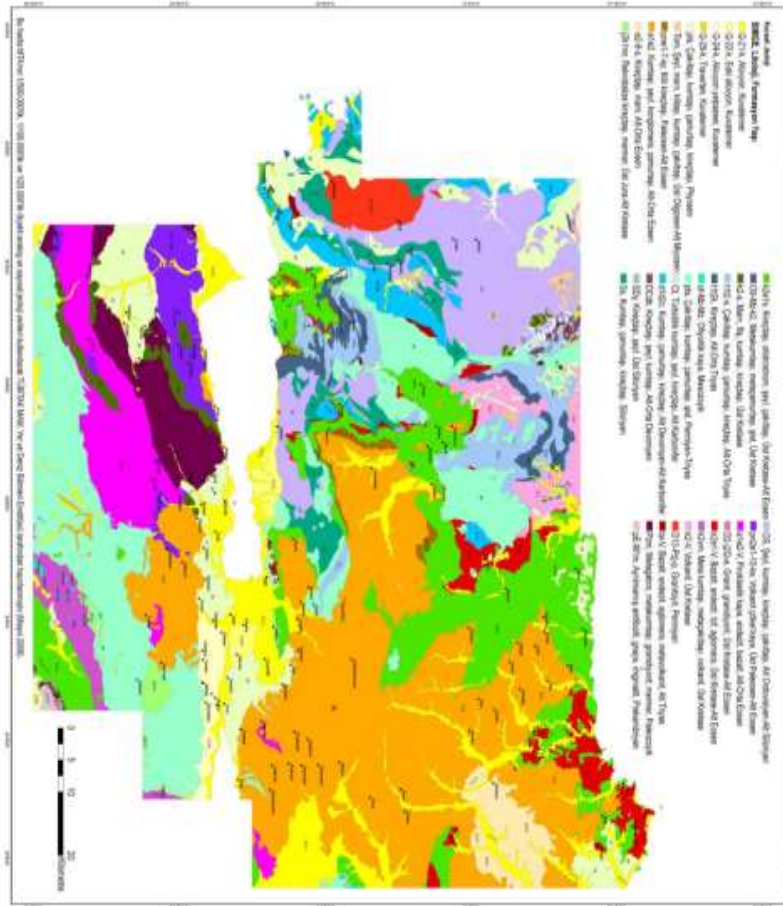
Çalışma alanı Kocaeli ili, Kartepe ilçesi sınırları dâhilinde bulunmaktadır. İnceleme alanının eğimi % 0-10 arasında değişmekte olup lokasyon haritası Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Hangar inşaatı yer bulduru haritası

### A.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı genel olarak deniz birikintilerinden ve kumtaşlarının dezegregasyonundan meydana gelmiş, bol mikalı, siltli kalın bir toprak tabakası ile örtülüdür. Bölgenin jeoloji haritası Şekil 2’de verilmiştir [3].



Şekil 2. Jeoloji haritası [3]

Kuzey Anadolu Fayı, intra-pontid suture zonunu boyunca Marmara Denizinden Saros Körfezine ulaşmaktadır. Kocaeli ilinden geçtiği kesimde iki farklı jeolojik yapıyı da karşı karşıya getirmektedir.

Bu nedenle Kocaeli İli Jeolojisinden bahsederken KAF'ın konumuna göre Kuzey ve Güney Bölüm diye iki alt başlıkta incelemek daha doğru olacaktır.

### *A.3. Arazi Deneyleri*

Sondaj çalışmaları esnasında; ilerlemeye paralel olarak, her 1.50 m de bir olmak üzere 26 adet SPT (Standart Penetrasyon Testi) kaydedilmiş ve örselenmiş örnekler alınmıştır. SPT, esas olarak yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Kesme direnci daneli zeminlerde zeminin izafi sıkılığına, kohezyonlu zeminlerde ise zeminin mukavemet parametrelerine bağlıdır. Bu sebeple penetrasyon deneyi sonuçları ile taşıma gücü arasında gerçeğe uygun bir ilişki kurulabildiği gibi diğer mühendislik hesaplamalarında da kullanılmaktadır. SPT deneyleri sırasında alınan örselenmiş örnekler 2" dış çaplı ve 13/8" 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. Bu aşamadan sonra zemin mühendislik özelliklerini araştırmak amacıyla laboratuvara yollanmıştır.

### *A.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 amacına yönelik olarak yapılmıştır. Sondaj ilerlemesi burgulu yöntemle yapılmış ve çalışmalara ait görüntüler Şekil 3'de verilmiştir.



**Şekil 3.** Arazide SPT deneyine ait sondaj çalışması

### *A.5. Arazi Verileri*

Bu çalışmada sıvılaşma potansiyeli hesaplarının analizi ve zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile 8 adet 12,00m ve 1 adet 20m derinliğinde toplam 9 adet sondaj kuyusu açılarak verileri kaydedilmiştir. Arazide zemin sondaj çalışmaları yapılırken; ilerlemeye paralel olarak, her 1.50 m de SPT deneyi yapılmış ve örselenmiş örnekler alınmıştır (Çizelge 1).

Araziden alınan örnekler üzerinde zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla gerekli deneyler yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiştir. Bu çalışmanın devamında çalışma alanından elde edilen zemin parametreleri kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır.

*Çizelge 1. Sondaj Kuyularındaki Sondaj Derinlikleri ve Darbe Sayıları*

Sondaj Kuyusu	Numune Tipi	Derinlik (m)	N
SK-1	SPT	1,50-1,95	27
SK-1	SPT	3,00-3,45	12
SK-1	SPT	4.50-4.95	40
SK-1	SPT	6,00-6,45	42
SK-1	SPT	7,50-7,95	25
SK-1	SPT	9,00-9,45	30
SK-1	SPT	11.50-11.95	RF
SK-2	SPT	1,50-1,95	17
SK-2	SPT	3,00-3,45	20
SK-2	SPT	4.50-4.95	18
SK-2	SPT	6,00-6,45	36
SK-2	SPT	7,50-7,95	39
SK-2	SPT	9,00-9,45	24
SK-2	SPT	10,50-10,95	29
SK-2	SPT	11,50-11,95	RF
SK-3	SPT	3,00-3,45	24
SK-3	SPT	4.50-4.95	16
SK-3	SPT	6,00-6,45	26
SK-3	SPT	7,50-7,95	28
SK-3	SPT	9,00-9,45	36
SK-3	SPT	11.50-11.95	RF
SK-3	SPT	15.00-15.45	RF
SK-3	SPT	19.00-19.45	RF
SK-4	SPT	3,00-3,45	20
SK-4	SPT	4.50-4.95	21
SK-4	SPT	6,00-6,45	25
SK-4	SPT	7,50-7,95	22
SK-4	SPT	9,00-9,45	30

SK-4	SPT	10,50-10,95	31
SK-4	SPT	11,50-11,95	39
SK-5	SPT	3,00-3,45	17
SK-5	SPT	4,50-4,95	16
SK-5	SPT	6,00-6,45	21
SK-5	SPT	7,50-7,95	30
SK-5	SPT	9,00-9,45	36
SK-5	SPT	11,50-11,95	RF
SK-6	SPT	3,00-3,45	22
SK-6	SPT	6,00-6,45	34
SK-6	SPT	11,50-11,95	36
SK-7	SPT	3,00-3,45	21
SK-7	SPT	6,00-6,45	36
SK-7	SPT	11,50-11,95	40
SK-8	SPT	3,00-3,45	23
SK-8	SPT	6,00-6,45	29
SK-8	SPT	11,50-11,95	RF
SK-9	SPT	3,00-3,45	22
SK-9	SPT	6,00-6,45	29
SK-9	SPT	11,50-11,95	37

#### A.6. Yer Altı Suyu Durumu

Bir bölgede sıvılaşma potansiyelinin olabilmesi için, gerekli olan önemli parametrelerden birisi de, yer altı suyunun yüzeyden itibaren takriben 0-15 m arasında bulunma derinliğidir. Çalışma alanında yer altı suyu seviyesi konumuna gelince, yeraltı suyu yaz ve kış aylarında mevsimsel olarak değişmektedir. Kartepe, Marmara Denizi kenarında kurulmuş bir yerleşim birimidir. Sondaj çalışmaları sırasında ve bitiminden bir gün ara ile yapılan ölçümler sonucunda 5-6 m de yer altı suyuna rastlanılmıştır.

## B. METOT

Bu çalışma kapsamında çalışma alanından elde edilen SPT verileri esas alınarak, Seed ve Idriss [6] sıvılaşma analiz yöntemine göre sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre, İzmit (Kartepe) bölgesinde, Deniz Hava Ana Üs Komutanlığı 351 Hat Bakım Komutanlığı bünyesinde ilave hangar binası inşaatının planlandığı alanda sıvılaşma potansiyelinin varlığı araştırılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre ilgili askeri üs bölgesinde depremden kaynaklanan sıvılaşmaya bağlı oluşabilecek sıvılaşma riski ortaya konulmuştur.

### B.1. Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesindeki Kriterler

Zeminlerin sıvılaşma riskine karşı dirençlerinin belirlenmesi, iki değişkenin hesaplanmasını veya tahmin edilmesini gerektirmektedir. Bunlar;

Zemin tabakasındaki sismik talebi ifade eden devirsel gerilme oranı (DGO),

Zeminin sıvılaşmaya karşı direncini gösteren devirsel direnç oranı (DDO)'dır.

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

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

Güvenlik faktörünün 1'den küçük olması o bölgenin sıvılaşma riski taşıdığını, güvenlik faktörünün 1'den büyük olması ise o bölgenin sıvılaşma riski taşımadığını göstermektedir.

#### B.1.1. Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen "basitleştirilmiş" yöntemle devirsel gerilme oranının (DGO) bulunması

Bu yöntemle 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 ( $\text{kN/m}^2$ ), ( $\sigma'_{vo}$ ) efektif düşey gerilmeyi ( $\text{kN/m}^2$ ), ( $g$ ) yerçekimi ivmesini ( $\text{m/s}^2$ ), ( $\tau_{ave}$ ) ortalama devirsel gerilme dayanımını ( $\text{kN/m}^2$ ), ( $r_d$ ) gerilme azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Efektif gerilme azaltma katsayısı, Liao ve Whitman [7]'a göre aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

$$rd = 1 - 0,00765z, \quad z \leq 9,15\text{m} \quad (3a)$$

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

Burada; ( $z$ ) metre cinsinden derinliktir.

#### B.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. [8] 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, sınıvlaşma analizinde kullanılan düzeltilmiş SPT-N değerleri  $(N_1)_{60}$  Youd vd. [8], Seed vd. [9] tarafından bazı kısımları modifiye edilerek ince tane oranının sınıvlaşma direncine etkisini de göz önünde bulundurarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

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

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

$$\alpha = 0 \quad ; \text{İTO (İnce Tane Oranı)} \leq \%5 \quad (6)$$

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

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

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

$$\beta = [0.99 + (\frac{\text{İTO}^{1.5}}{1000})] \quad ; \%5 < \text{İTO} < \%35 \quad (10)$$

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

### III. ARAZİ ve LABORATUVAR ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

#### *A. ZEMİNLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ*

Çalışma alanında yapılan temel sondajlarından UD numuneleri alınarak zemin numunesinin jeomekanik özelliklerini ve taşıma gücünü belirlemeye yönelik deney sonuçları verilmiştir (Çizelge 2).

*Çizelge 2. Zeminlerin İndeks-Fiziksel Özelliklerini Gösterir Laboratuvar Deney Sonuçları*

Numune			Doğal Su Muhtevası (%)	Atterberg Limitleri			USCS
Sondaj	Tipi ve Kuyusu Adı	Derinlik (m)		LL (%)	PL (%)	PI (%)	
SK-4	UD	1,50-2,00	32,7	70	24	46	CH
SK-5	UD	1,50-2,00	29,0	63	23	40	CH
SK-6	UD	1,50-2,00	23,6	69	24	45	CH
SK-7	UD	1,50-2,00	32,1	76	51	25	CH
SK-9	UD	1,50-2,00	33,7	68	22	46	CH



### A.1. Deprem Tasarım Parametrelerinin Hesaplanması

Çalışma alanı ve yakın çevresini etkileyecek aktif diri faylar, tüm Marmara bölgesini etkileyecek olan Kuzey Anadolu Fayının (KAF) Marmara Denizi içerisindeki kollarıdır. Çalışma alanının bu faylara maksimum uzaklığı 25 km'dir.

Çalışma sahasının yaklaşık 25 km güneyinden 147 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey kolu, 43 km güneyinden ise Kuzey Anadolu Fay Zonunun güney kolu geçmektedir (Şekil 4). Burada en yüksek ivme yaratabilecek fay zonu olarak, çalışma alanının neredeyse üzerinden geçen 147 km uzunluğundaki Kuzey-Anadolu Fay Zonunun Çınarcık ile Arifiye arasında kalan bölümünün 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 4) [14].

Çalışma sahasında en yüksek ivme yaratabilecek olan Kuzey Anadolu Fay Zonu, Mark [15] yaklaşımı baz alınarak bu bölgede bulunan ilgili fayın segment çalışması yapılmadığından dolayı olası bir depremde segment boyunun 1/3'ünün kırılacağı yaklaşımla, tasarım depreminin moment büyüklüğü, Wells ve Coopersmith [16]'in eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

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

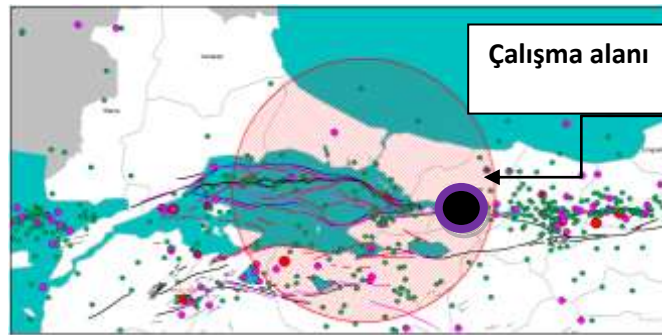
Burada; M: Moment büyüklüğü, L: fay uzunluğu (km).

Bu yaklaşıma göre Fay uzunluğunun, 1/3'ünün kırılması durumunda, "Moment Büyüklüğü" 7.5 olarak hesaplanmıştır.

Yatay deprem ivmesi ise Türkiye'deki depremleri esas alan ve normal atımlı faylar için geliştirilen deprem atenasyon ilişkisi kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [17].

$$PGA = 2,18e^{0,021833,3M_w - R_e + 7,8427S_A + 18,9282S_B} \quad (13)$$

Burada; yumuşak zeminler için SA=0, SB=1 alınır, Re yerleşim alanından ilgili fay zonuna en yakın dikey mesafedir, Mw: Deprem büyüklüğüdür. Buna göre, tasarım depreminin meydana getirebileceği "Yatay deprem ivmesi" 0,4g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Çalışma sahasına 100 km çap içinde bulunan sismik kaynakların belirlenmesi

## A.2. Sıvılaşma Analizi ve Sıvılaşma Potansiyeli İndeksinin Belirlenmesi

Çalışma alanında, bu bölgede bulunan ve etkin olan 147 km uzunluğundaki Kuzey-Anadolu Fay Zonunun Çınarcık ile Arifiye arasında kalan bölümünün olası bir depremde bu fayın 1/3'nün kırılacağı tahmin edilen senaryo depremine göre, moment magnitudü M=7.5 büyüklüğünde beklenen bir depreme göre sıvılaşma potansiyeli Liq IT V. 4.7.3 [5] Geologismiki yazılımı kullanılarak araştırılmıştır.

Ancak güvenlik faktörü, geniş ve derin alanlar için göreceli bir değerlendirme olup sıvılaşma potansiyeli açısından yalnız başına yeterli değildir. Bu durum göz önünde bulundurularak, Iwasaki vd. [2] tarafından güvenlik faktörünü de içerecek şekilde “sıvılaşma potansiyeli indeksi” adı verilen bir parametre önerilmiştir. Iwasaki vd. [2] sıvılaşma indeksinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlikleri (Eş. 14 ve Eş. 14a-Eş. 14d) önermiştir.

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

$$GS < 1,0 \text{ için; } F(z) = 1 - GS \quad (14a)$$

$$GS \geq 1,0 \text{ için; } F(z) = 0 \quad (14b)$$

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

$$z > 20 \text{ için; } W(z) = 0 \quad (14d)$$

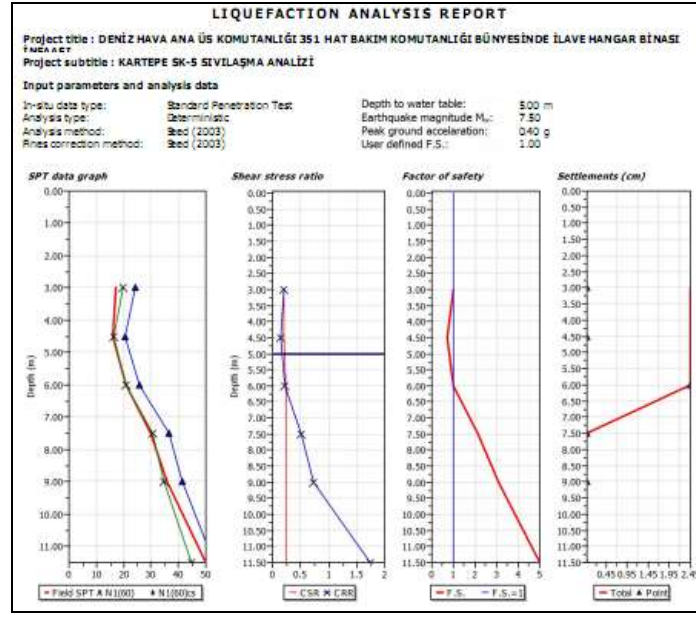
Burada; (LI) sıvılaşma potansiyeli indeksi, (z) yüzeyden zemin tabakasının orta noktasına olan derinlik (m), (FL) sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörüdür.

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin derecelendirilmesinde Iwasaki vd. [2]'e göre hesaplanan sıvılaşma indeksleri Çizelge 3'teki gibi sınıflandırılabilir.

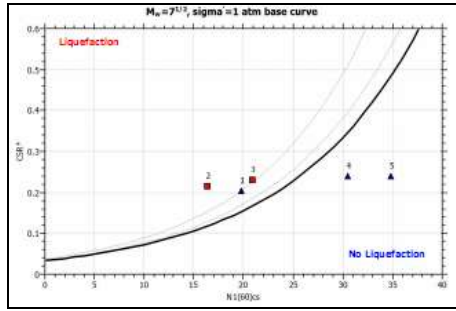
**Çizelge 3. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksine (LI) Göre Sıvılaşma Risk Dereceleri [2]**

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

Sıvılaşma analizini değerlendirmek amacıyla Iwasaki vd. [2] yöntemine göre Eşitlik 14 kullanılarak sıvılaşma indeksleri bulunmuş ve analize dahil edilmiştir. Buradan bulunan indeksler yukarıda verilen (Çizelge 3) sınır değerleri ile karşılaştırılarak ilgili lokasyonlar sıvılaşma derecelerine göre gruplandırılmış ve sonuca varılmıştır. Bu çalışmada 9 adet sondaj kuyusu açılmıştır, SK-1 ve SK-9 kuyuları için Liq IT V.4.7.3 [5] programı kullanılarak sıvılaşma analizleri ayrı ayrı yapılmıştır. SK-5 kuyusunda güvenlik sayısı(GS) 3.5 m–6.0 metreler arasında. Özellikle su seviyesi olan 5 m den başlamak üzere güvenlik faktörü gittikçe azalmıştır. GS < 1 olması nedeniyle sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 5a,b).



Şekil 5 (a). Seed ve Idriss (1971) Yöntemine Göre SK-5 Kuyusu Analiz Sonuçları



Şekil 5 (b). Seed ve Idriss (1971) Yöntemine Göre SK-5 Kuyusu Analiz Sonuçları

Sonuç olarak; deprem magnitud büyüklüğü 7,5 ve yatay deprem ivmesinin 0,4g şartlarında bir depremin olması durumunda, yukarıdaki şekillere bakıldığında (Şekil 5a,b) 5 nolu lokasyonun düşük düzeyde sıvılaşma riski taşıdığı görülmektedir.

## IV.SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, İzmit ilinin Kartepe mevkiinde Deniz Hava Üs Komutanlığı (İzmit) bölgesinde askeri amaçla yapılması planlanan hangar inşaatı zemininin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymak ve olası bir deprem etkisinde oluşabilecek hasarların önceden tahmin ve tespitine yönelik yapılan çalışma kapsamında hangar inşaatı alandaki zeminlerinin standart penetrasyon deneyi (SPT) ile sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır. Deprem kaynağı olarak Kuzey Anadolu Fay Zonunun Çınarcık ile Arifiye arasında kalan segmenti tespit edilmiş ve bu fay zonunun üretmesi beklenen tasarım parametreleri; “maksimum yatay deprem ivmesi 0,4g ve moment magnitudü 7.5, olarak hesaplanmış

olup bu parametrelere göre sıvılaşma analizi yapılmıştır. Analiz sonunda SK-5 çevresinin düşük dereceli sıvılaşma riski taşıdığı ortaya konulmuştur. Burada sıvılaşmaya karşı zemin iyileştirilmesi yöntemlerinden uygun olanının yapılması kaydıyla inşaat yapılmasına müsaade edilmelidir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] K. Özaydın, *Zeminlerde sıvılaşma, Altıncı Ulusal Depem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul (2007) 231-255.
- [2] T. Iwasaki, K. Tokida, K. Tatsuoka, S. Watanabe, S. Yasuda, H. Sato, *Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods, Proceedings of the 3th International Conf. On Microzonation*, Seattle-USA, (3), (1982), 1319-1330.
- [3] MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, (2007).
- [4] A. Ateş, A. Özdemir, *İZMİR, İZMİT, MERSİN-İSKENDERUN bölgeleri gemi trafik hizmetleri merkezi (GTHM) ve trafik gözetleme istasyonu (TGİ) projelerinin zemin etütleri*, Denizcilik Müsteşarlığı, Ankara, (2007).
- [5] Anonim, www.geologismiki.gr (Erişim Tarihi:2006).
- [6] H.B. Seed, I.M. Idriss, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE **97(9)**, (1971), 1249-1273.
- [7] S. S. C. Liao, R. V. Whitman, *Journal Of Geotechnical Engineering*, ASCE **112 (3)**,(1986), 373-377.
- [8] T. L. Youd, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE **127 (10)**, (2001), 817-832.
- [9] H. B. Seed, K. Tokimatsu, L. F. Harder, R. M. Chung, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE **111 (12)** (1985), 1425-1445.
- [10] E. Şekercioğlu, *Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi*, Ankara, (2006).
- [11] R. Ulusay, *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*, Genişletilmiş 4. Baskı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, (2001).
- [12] G. A. Leonards, *Foundation Engineering*, Mc Graw Hill Book Comp., (1962).
- [13] D. M. Burmister, *ASTM STP 113*. Amer. Soc. for Test and Mat., Philadelphia, (1951).
- [14] E. Şaroğlu, Ö. Emre, İ. Kuşçu, *Türkiye Diri Fay Haritası*, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (1992).
- [15] R. K. Mark, *Geology*, **5 (1)**, (1975), 464- 466.
- [16] D. L. Wells, K. J. Coppersmith, *Bull. Seismol. Soc. America*, **4 (1)** (1984), 974-1002.
- [17] R. Ulusay, E. Tuncay, H. Sonmez, C. Gokceoglu, *Engineering Geology* **74 (1)**, (2004) 265–291.