

EDİRNE İLİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Emrah CALTILI
İstanbul Aydın Üniversitesi

A. Metin GER
İstanbul Aydın Üniversitesi

ÖZ

Deprem sonrası meydana gelen hasarların en önemli nedenlerinden biri olan zemin sıvılaşması, kohezyonsuz ve suya doygun kumlu, siltli zeminlerde tekrarlı ve geçici yükler altında meydana gelmektedir. Bu çalışma Edirne ili ve çevresinin sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesini içermektedir. Kuzey Anadolu Fay Hattı veya Edirne çevresindeki oluşabilecek bir depremde Edirne İlinin de etkilenebileceği düşünülmektedir. Bu sebeple Edirne ilinin sıvılaşma potansiyeli standart penetrasyon deneyi (SPT) ve laboratuvar verileri kullanılarak araştırılmıştır. Edirne ili ve ilçelerinde toplam 77 adet sondaj kuyusu açılmış ve standart penetrasyon deneyi (SPT) yapılmıştır. Sondaj kuyularından örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri alınmış, bu numuneler üzerinde zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Sıvılaşma potansiyeli analizleri bugüne kadar Seed ve Idriss (1971), 'Youd (2001), Rouch (1998)' Wang (1979), Dorby ve diğ. (1992) gibi araştırmacılarının yöntemleriyle incelenmiştir. Idriss & Boulanger'ın 2008 - 2010 yılında yapmış olduğu çalışması araştırmalara dahil edilmemiş olması nedeniyle bu tezde bu yayın öncü alınmış ve bu yöntemi kullanan LiqSVs programı analizler için kullanılmıştır. Çalışmanın son aşamasında farklı deprem büyüklük senaryoları düşünülüp artan sismik aktivite ve odak derinliği ile beraber sıvılaşma potansiyelinin nasıl etkileneceği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Sıvılaşma, Standart Penetrasyon (SPT), Edirne, Sıvılaşma Analizi, LiqSvs*

DETERMINATION OF LIQUEFACTION POTENTIAL OF SOIL BY USING STANDARD PENETRATION TEST (SPT) IN EDİRNE PROVINCE AND DISTRICTS

ABSTRACT

One of the most important causes of damages after the earthquake is the liquefaction of the ground, which occurs under repeated and transient loads on cohesionless and watery saturated sandy or silty soils. This study includes evaluation of the liquefaction potential of Edirne province and its surroundings. It is thought that Edirne Province may also be affected in an earthquake that may occur at the North Anatolian Fault Line or a possible earthquake around surroundings of Edirne. Therefore, the liquefaction potential of Edirne province have been investigated using standard penetration tests (SPT) and relevant laboratory data. A total number of 77 borehole were opened in Edirne province and districts, followed by standard penetration tests (SPT) to obtain desired characteristics. Remolded and undisturbed soil samples were extracted from boreholes and corresponding experiments were conducted to obtain physical and mechanical properties of the soil. Methods used for analysis of liquefaction potential have been carried out by researchers like Seed and Idriss (1971), Youd (2001), Rouch (1998), Wang (1979) and Dorby et al. (1992). Since the work of Idriss & Boulanger in 2008 - 2010 was not included in previous studies, this publication was taken as a study and the LiqSVs program using this method was used for analysis. In the last phase of the study, different earthquake magnitude scenarios are considered and how the potential of liquefaction will be affected with increasing seismic activity and depth of focus is presented.

Keywords: *Difluence, Standart Penetration (SPT), Edirne, difluence analysis, LiqSvs*

1. GİRİŞ

Suya doymun kohezyonsuz zeminlerde, deprem sırasında gelişen tekrarlı gerilmelerin etkisiyle meydana gelen zemin sıvılaşması geçmişten günümüze birçok depreme maruz kalan ülkemizde, ilk kez 1992 Erzincan depreminde gündeme gelmiş (EEFIT (Earthquake Engineering Field Investigation Team), 1992) ve 1999 Adapazarı depremiyle konunun önemi bir kez daha anlaşılmıştır. (Koç, G., 2007) Bu çalışmada Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre büyük bölümü 3. ve 4. derece deprem kuşağında yer alan Edirne ilinde, sıvılaşma potansiyelinin belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bölge yakınındaki aktif faylarda oluşabilecek depremlerin Edirne bölgesini nasıl etkileyebileceği konusu da tartışılmaktadır. Bu amaçla, bu çalışmada, inceleme alanına ait SPT (Standart

Penetrasyon Deneyi), laboratuvar verileri ve jeofizik verileri kullanılmıştır. Bu veriler ışığında iki farklı yaklaşımda bulunularak Edirne bölgesinin sıvılaşma potansiyeli açıklanmıştır. 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikçe (DBYBHY) kullanılan deprem bölgelerine ait etkin yer ivmesi (A_0) değerleri alınarak M:7,5 büyüklüğüne sahip olacak olası bir depremde meydana gelecek sıvılaşma potansiyeli hesaplanmıştır.

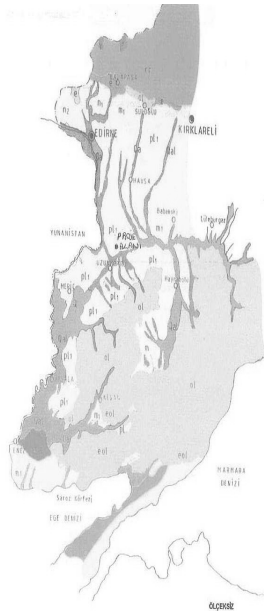
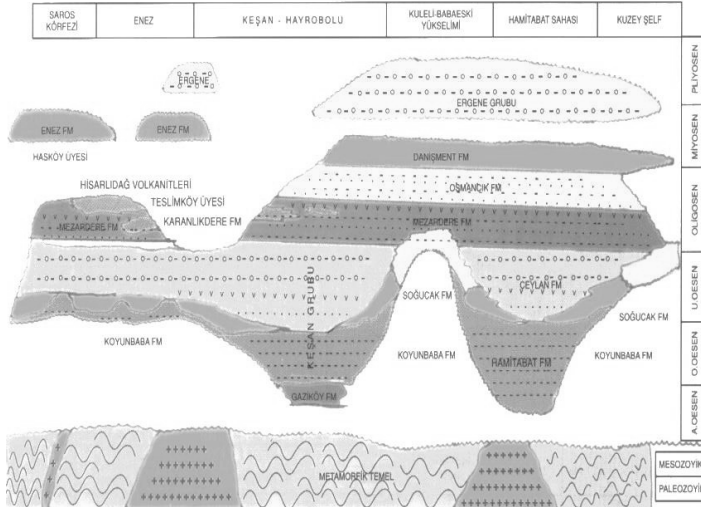
2. Bölgenin Jeolojisi

Trakya Genel Jeoloji Kesiti (Güneybatı - Kuzeydoğu) Şekil 1’de verilmiştir. Yörenin genel jeolojik yapısını Tersiyer Kuvarterner yaşlı birimler oluşturmaktadır. Yaşlıdan gence doğru şöyle sıralanırlar; Tersiyere ait Oligosen devrini Yenimuhacir Formasyonu, Üst Oligosen devrine ait Danişment Formasyonu, Pliyosene ait Ergene Formasyonu ve Kuvarternere ait Genç Çökeller yani Alüvyonlar oluşturmaktadır. Yenimuhacir Formasyonu: Keşan İlçesi’nin Kuzey kesiminde Yenimuhacir Köyü yakınlarında yüzlek verirler. Genellikle ince tanelilerden (kil, silt, az kum taşı) oluşmuş sarı - kırmızı kahve renktedir. Yer yer karbonatlı seviyelere rastlanır. Kil ağırlıklı olduğundan yörede yapılan su yapılarında (baraj, gölet vs.) geçirimsiz doğal yapı gereci olarak kullanılmaktadır. Ayrıca inşaat sektöründe tuğla - kiremit ham maddesi olarak kullanılmakta olup, formasyonun kalınlığı yaklaşık 600 m’dir. Danişment Formasyonu: Yenimuhacir Formasyonu üzerinde geçişli olarak yer almaktadır. Kil - silt - kum ve çakıllı olan birim içerisinde, yer yer linyit oluşumlarına rastlanılmaktadır. Yer altı suyu bakımından zayıf akifer olarak bilinen bu formasyonun kalınlığı 300 - 600 metre arasında değişmektedir. Süloğlu Üyesi: Sarı, kahve renkli kum taşı, kil taşı, silt taşı ile yer yer kömür bantlarından oluşan birim Danişment Formasyonunun üyesi olarak kabul edilmiştir.

Ergene Formasyonu: Bu formasyon siltli, kumlu, çakıllı yer yer killi birimlerden oluşmaktadır. Formasyonun kalınlığı 100 - 500 metre arasında değişken olup, yapısı itibariyle Trakya’nın akifer özelliğindeki en önemli yer altı suyu bulduran birimdir. Alüvyon: Trakya yöresinde vadilerde oluşmuş genç çökeller olup, kalınlıkları akarsu yatağının konumuna bağlı olarak değişir. 2 - 20 metre arasında kalınlık arz eden alüvyonlarda killi, siltli kum ve çakıl birimleri gözlenir. (DSİ, XI. Bölge Müdürlüğü. 1996)

EDİRNE İLİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

**TRAKYA GENEL JEOLUJİ KESİTİ
(GÜNEYBATI - KUZEYDOĞU)**



TRAKYA HAVZASI (ORTA VE KUZEY) STRATİGRAFİSİ

| YAŞ | PERİYOD | ERENİ | FORMASYON | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR |
|----------------|---------|--------------|------------|----------|---|
| PLİYOSEN | | | 100-300 | | Çakıltaş, Kumtaşı, Kilitaş (Yürede su bulunduran birimdir. Bu birimde en derin kuyu 300 m.dir) |
| ÜST ALDOSEN | | DANIŞMENT | 300 - 400 | | Şeyl, Miltaş, Kumtaşı, Kömür (Bu birimdeki kömür damarlarından kırık ve çatlaklardan üst katlara metan taşınması olabilir.) |
| ORTA ALDOSEN | | YENİ HALILAR | 200-300 | | Kumtaşı, Miltaş, Şeyl |
| ALT ALDOSEN | | MEZARLIDERE | 200 - 100 | | Şeyl, Miltaş, Tuf Kumtaşı |
| ÜST EÖSEN | | ÇİFTLİK | 400 - 1000 | | Şeyl, Kumtaşı, Marn Tuf |
| ORTA ÜST EÖSEN | | HAMİTABAT | 200 - 1000 | | Kireçtaşı, Kılı Kireçtaşı Kumtaşı, Şeyl Çakıltaş Çakıltaş Kumtaşı |
| | | | | | Metamorfik Kayak |

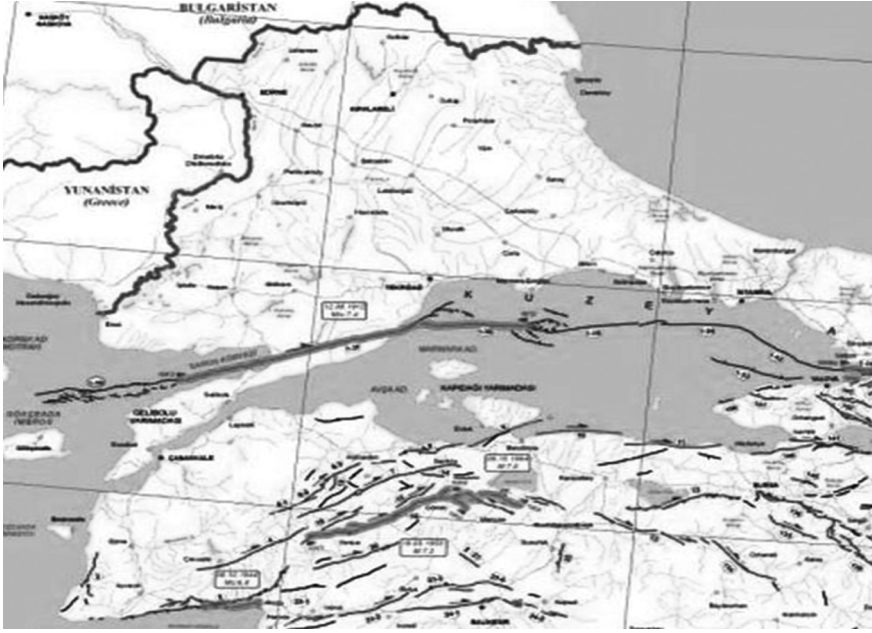
Şekil 1. Edirne Bölgesinin Jeolojik Haritası

3. Depremsellik

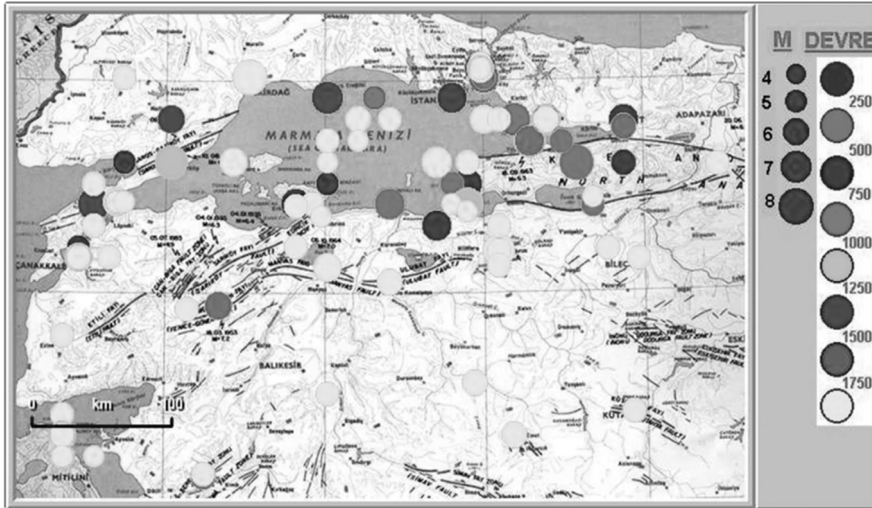
Trakya Bölgesinin Kuzeyinde, genel anlamda masifin yapısını normal fay sistemleri belirlemektedir. Birbirine dik yönde uzanan bu fay sistemlerinden ilki ve en etkili olanı, Bulgaristan sınırından başlayıp Çatalca'dan Marmara denizine kadar uzanan, KB – GD uzanımlı normal faylardır. İkinci sistem ise, bu faylara dik gelişmiş, onları kesen KB – GD uzanımlı normal faylar; Bulgaristan sınırından başlayıp, Çatalca dolaylarına kadar masifi yaklaşık boydan boya kat eden basamak fay niteliğinde, birbirine paralel beş uzanım gösteren fay demeti şeklinde, Paleozoik temelin parçalanmasına ve denizin kuzey – kuzeydoğuya doğru derinleşmesine neden olmuştur. Bu fayların doğrultu bileşenleri çalışmacılarca arazide saptanamamıştır. Ancak kinematik açıdan, ikinci fay sistemi olan KD – GB uzanımlı doğrultu atımlı fayların hareketinin doğal sonucu olarak ötelenmeleri ve sağ yönlü doğrultu bileşenlerinin gelişmesi beklenmektedir. KB – GD uzanımlı normal fayların en önemlisi, Sergen fayıdır. Bulgaristan sınırları içerisinde başlayıp Malkoçlar köyü civarlarında Türkiye sınırları içerisine girer. Sınırdan Kömürköy'e kadar 66,6 km. uzunluğunda olan fay normal fay olup doğrultu bileşeni çalışmacılarca saptanamamıştır. Sergen fayı Istranca masifini stratigrafik, yapısal ve morfolojik olarak iki bölüme ayırmaktadır.

Masifi etkileyen ikinci fay sistemi ise, KB – GD uzanımlı basamak fay sistemine dik, KD – GB uzanımlı faylardır. Masifin bugünkü şeklini almasına neden olan ve gerek Karadeniz'in şekillenmesinin öncülüğünü yapan, gerekse Trakya havzasının gelişimini sağlayan faylardır. Bu faylardan en önemlileri Istranca masifini kesen Kırklareli fayı ve Çatalca fayıdır. Kırklareli fayı Bulgaristan sınırından başlar Kırklareli'nde Tersiyer kayaları altında kaybolur. Arazide tek bir çizgi şeklinde değil, Kulaköy, Erikler köyü doğusu, Dereköy ve Kadıköy arasında kalan alana yayılmış bir fay demeti şeklindedir. Sürekli kesilme ve atlamalar gösterir. Sünek fay karakterindedir. Bu fay demetinde egemen olan atım sağ yönlüdür. KD – GB uzanımlı normal fay sisteminin en önemli ikinci fayı Çatalca masifini Istranca masifinden koparıp güneybatıya öteleyen Çatalca fayıdır. Karadeniz ile Trakya havzasını bağlayan kanalları doğuran Çatalca fayı ve buna paralel uzanan faylar Karadenizin ve Trakya havzasının genel anlamda şekillenmesine neden olmuştur. İnceleme alanına en yakın aktif sismik kaynak Marmara Denizi içerisinden geçen Kuzey Anadolu Fay Hattıdır. Deprem risk analizi çalışmalarında incelenen bölgenin tektonik özellikleri büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi Kuzey Anadolu Fay zonu ülkemizin en aktif fay zonudur. Uzunluğu 1000 km yi geçmekte olup, doğrultu atımlı ve sağ yönlüdür. (Ketin İ, 1976) Marmara Denizinin kuzey yarısında yer alan yaklaşık 1200 m derinlikteki üç çukurluk Kuzey Anadolu Fayının kuzey kolunun İzmit Körfezi ve Gaziköy – Saros körfezi arasındaki büyük bir pull – apart (Çek Ayır) yapının parçaları olarak açılmaktadır. (Barka 1981)

EDİRNE İLİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT) KULLANILARAK SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ



Şekil 2. Trakya Bölgesi Diri Fay Haritası



Şekil 3. Trakya Bölgesinde Oluşan Depremler

4. Arazi Çalışmaları

Bu çalışmada Edirne ili ve çevresi inceleme alanı seçilmiştir. İnceleme alanında; sondajlar, arazi deneyleri ve laboratuvar deneylerinden oluşan bir çalışma yapılmıştır. Proje sahasında farklı lokasyonlarda Merkez’de 17, Uzunköprü’de 29, İpsala’da 9, Keşan’da 11, Havsa’da 2, Lalapaşa’da 2, Meriç’te 2, ve Enez’de 5 adet olmak üzere toplam 77 sondaj çalışması yapılmış ve bu noktalara ait sıvılaşma analizleri yapılmıştır.

İnceleme alanında açılan sondajlardan zeminlerin yer altı su seviyeleri belirlenmiş, ayrıca zeminlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri alınmıştır. Bu çalışmalar sırasında inceleme alanlarında farklı zemin türleri gözlenmiştir ve yapılan Standart penetrasyon değerleri kayıt edilmiştir.

5. Sıvılaşma Analizleri ve Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında sıvılaşma analizleri, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verileri kullanılarak yapılmıştır. SPT verileri kullanılarak Idriss ve Boulanger’ın güncelleştirdiği (2-15) bağıntıları kullanılarak inceleme alanının sıvılaşma potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Sıvılaşma analizi yapılacak sondaj sayısının çok olması nedeniyle ve bu güncelleştirmeyi baz aldığı için LiqSVs programı kullanılarak çözümlenmiştir. (Geologismiki)

$$EF = (DDO/DGO) \times MDF \quad (1)$$

Burada:

EF : Emniyet Faktörü,

DDO : Devirsel Direnç Oranı, (CSR)

DGO : Deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı (CRR),

MsF : Magnitüd (Büyükölük) düzeltme Faktörü.

İdriss ve Boulanger (2010)’e göre DGO hesabı için (2) bağıntısı DDO hesabı için ise (6) bağıntısı önerilmiştir.

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

DGO : Deprem nedeniyle oluşabilecek olan devirsel gerilme oranı

a_{max} : Bölgedeki maksimum yatay yer ivmesi

g : Yerçekimi ivmesi

σ_{vo} : Düşey toplam gerilme

σ'_{vo} : Deüşey efektif gerilme

r_d : gerilme azaltma katsayısıdır.

$$r_d = \exp.[\alpha(z) + \beta(z) * M] \quad (3)$$

$$\alpha(z) = -1,012 - 1,126 \sin [(z/11,73) + 5,133] \quad (4)$$

$$\beta(z) = 0,106 + 0,118\sin [(z/11,28) + 5,142] \quad (5)$$

$$DDO_{M, \sigma'v} = DDO_{M=7,5, \sigma'v=1} \times MSF \times K_{\sigma} \quad (6)$$

$DDO_{M, \sigma'v}$: Devirsel Direnç Oranı

$$DDO_{M=7,5, \sigma'v=1} = \exp. \{ (N_1)_{60cs} / 14, 1 + [(N_1)_{60cs} / 126]^2 - [(N_1)_{60cs} / 23,6]^3 + [(N_1)_{60cs} / 25,4]^4 - 2,8 \} \quad (7)$$

MSF : Magnitüd düzeltme faktörü

K_{σ} : Aşırı Yük Düzeltme Faktörü

$DDO_{M=7,5, \sigma'v=1}$: Devirsel Gerilme Oranı Magnitüd 7,5 ve $\sigma'v=1$ atm eşlenik temiz kuma göre değerlendirme.

$$(N_1)_{60cs} = [(N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}] \quad (8)$$

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_R C_S C_B C_E \quad \text{olarak ifade edilmiştir.} \quad (9)$$

$(N_1)_{60}$: %60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT sayısı

$(N_1)_{60cs}$: İncelik oranına göre düzeltilmiş SPT sayısı

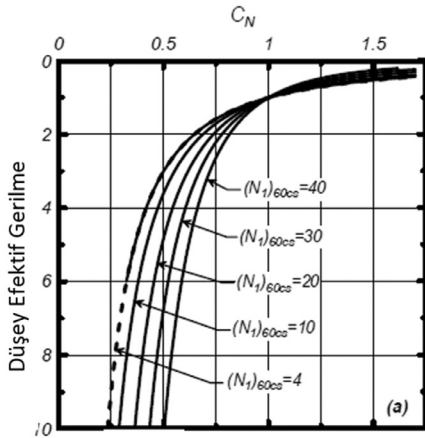
Üst Tabaka Düzeltme Faktörü (C_N)

Üst tabaka düzeltme faktörü için (10)ve (11) bağıntıları önerilmiştir.

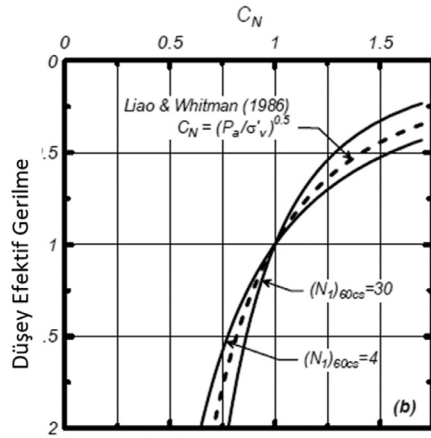
$$C_N = (P_a / \sigma'v)^m \leq 1.7 \quad (10)$$

$$m : 0,784 - 0,0768\sqrt{(N_1)_{60cs}} \quad \text{şeklinde hesaplanır.} \quad (11)$$

$(N_1)_{60}$ ve etkin düşey yük 10 atm basınca kadar olan ilişki Şekil 4a'da 2 atm'e kadar olan basınçlarda ise Şekil 4b'de gösterilmiştir.



Şekil 4a. 10 atm basınç



Şekil 4b. 2 atm basınç

Aşırı Yük Düzeltme Faktörü (K_σ)

K_σ bağıntısı Boulanger (2003) tarafından türetilmiştir. Laboratuvarda temiz ve yeniden yapılandırılmış kum için DGO'nun kumun görelî durum parametre indeksi ϵ_f ile ilişkili olabileceğini, temiz kumlar için K_σ ilişkisinin DGO- ϵ_f ilişkisinin DGO- $(N_1)_{60cs}$ korelasyonlarıyla tutarlı bir ilişkisi olduğu vurgulanmıştır. Idriss ve Boulanger (2010), elde edilen K_σ değerini (12) ve (13)'deki bağıntılar gibi ifade edilmesini önermiştir.

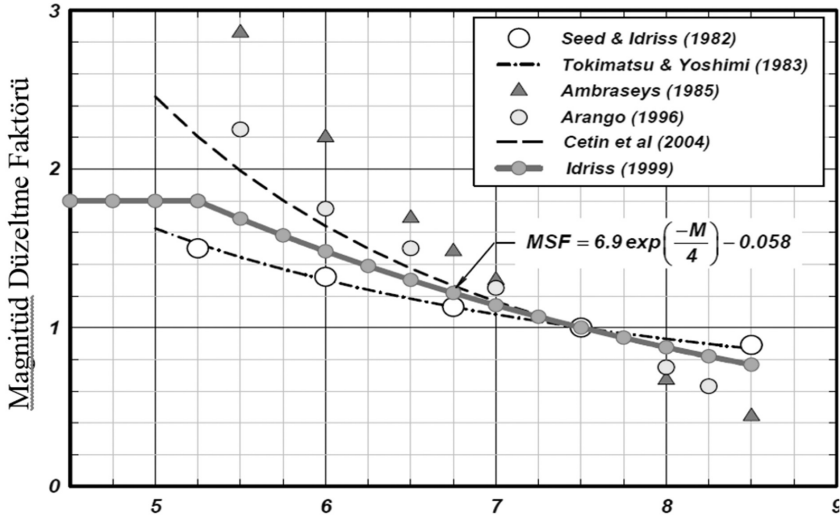
$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \ln(\sigma'_v / P_a) \leq 1.1 \quad (12)$$

$$C_\sigma = \{1 / [18.9 - (2.55 \sqrt{(N_1)_{60cs}})]\} \leq 0.3 \quad (13)$$

Magnitüd Düzeltme Faktörü (MSF)

Magnitüd (büyüklük) düzeltme faktörü (MSF), sıvılaşmanın tetiklenmesi üzerindeki etkilerinin (yani, yükleme döngülerinin sayısı) hesaba katılması için kullanılır. MSF ilişkisi, DGO ile eşdeğer üniform yükleme döngüsü sayısı arasındaki laboratuvar temelli ilişkileri ve eşdeğer üniform yükleme döngüsü sayısının deprem büyüklüğü ile olan korelasyonlarını birleştirerek elde edilmiştir. MSF faktörü, her bir vaka tarihinin hesaplanan DDO değerine uygulanır ve ortak bir M değerine dönüştürülür (geleneksel olarak $M=7.5$ olarak alınır). Kumlar için MSF, aşağıdaki ilişkiyi tavsiye eden Idriss (1999) tarafından tekrar değerlendirilmiştir ve (14) bağıntısını önermişlerdir.

$$MSF = 6.9 \times \exp(-M/4) - 0.058 \leq 1.8 \quad (1)$$



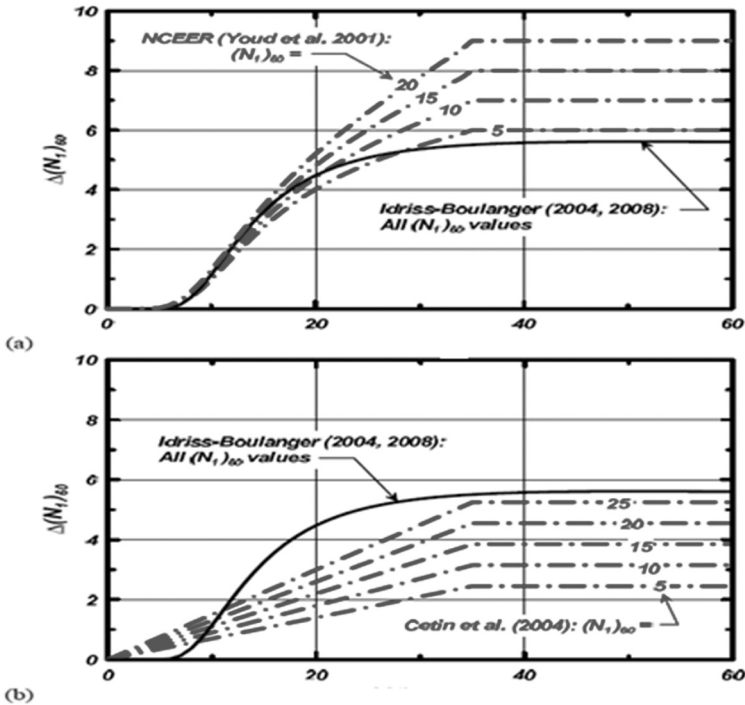
Şekil 5. Magnitüd düzeltme faktörü (MSF) (Idriss&Boulanger 2010)

Eşdeğer Temiz Kum Düzeltmesi:

Eşdeğer temiz kum ayarı $\Delta(N_1)_{60}$, ampirik olarak sıvılaşma vaka geçmiş verilerinden türetilir ve içeriği hem DGO hem de SPT darbe sayısı üzerindeki etkilerini açıklar. Sıvılaşma vaka geçmişleri, sıvılaşma tetikleyici korelasyonun ince toz içeriği (FC) arttıkça sola kaydıgını ortaya koymaktadır. Bu etki, SPT $(N_1)_{60}$ değerlerini, eşdeğer temiz kum $(N_1)_{60cs}$ değerlerini ayarlamak ve daha sonra DGO'nı $(N_1)_{60cs}$ 'nin bir fonksiyonu olarak ifade etmek suretiyle temsil edilir. Idriss ve Boulanger (2008) tarafından geliştirilen eşdeğer temiz kum ayarı düzeltmesi;

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{FC + 0.01} - \left(\frac{15.7}{FC + 0.01}\right)^2\right) \quad (15)$$

olarak verilmiştir.



Şekil 6 (a): Youd ve diğ. (2001) göre tavsiye edilen eşdeğer temiz kum düzeltmesi (b): Çetin ve ark. (2004) göre tavsiye edilen eşdeğer kum düzeltmesi

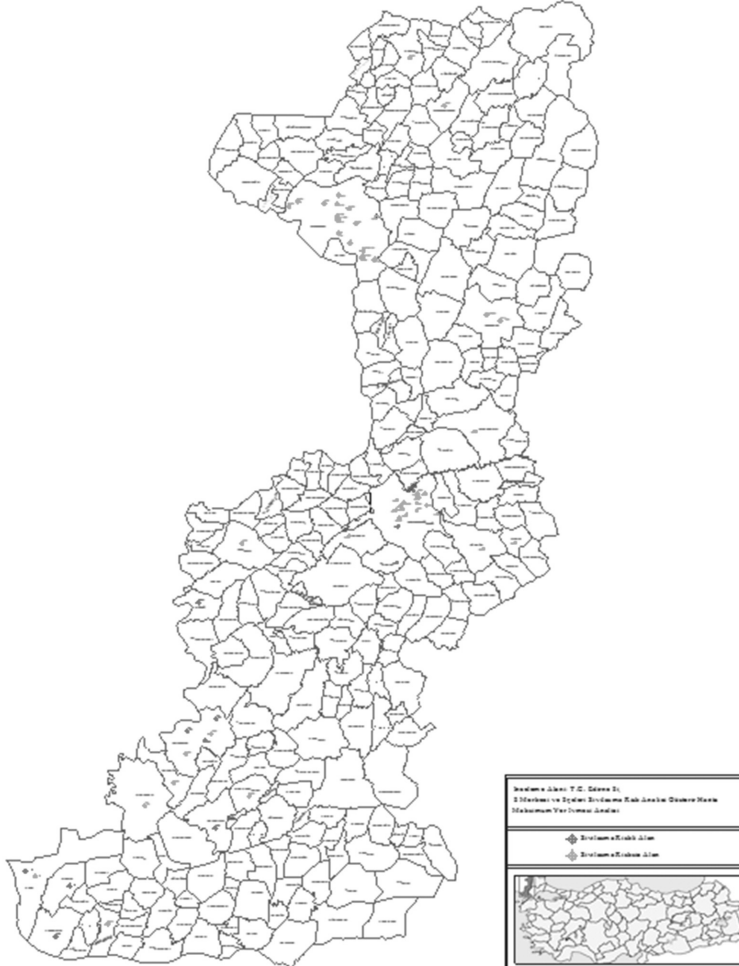
6. Edirne ve İlçelerinin Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi

İnceleme bölgesi için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikçe (DBYBHY) tanımlanan etkin yer ivme katsayısı (A_0) ve / veya son 100 yıllık dönemde gerçekleşen depremlerden elde edilen etkin yer ivmelerinden büyük olanı esas alınarak, bölgede $M=7,5$ olan bir deprem etkisi için sıvılaşma potansiyeli incelenmiştir.

$$a_{maks} = 2.8 (e^{0,9M} \times e^{-0,025R} - 1) \quad (\text{Seed ve Idriss 1971}) \quad (16)$$

M: Depremin büyüklüğü

R: Depremin odağından olan uzaklık



Şekil 7. Edirne Bölgesinde M:7,5 büyüklüğünde sıvılaşan yerler

7. Sonuçlar

İnceleme alanının sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi ve sıvılaşma risk haritasının hazırlanması amacıyla sıvılaşma risk indeksi Idriss ve Boulanger (2010)'e göre yapılmıştır. Yapılan sıvılaşma analizleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Uzunköprü ilçe merkezinde ve Kavacık köyünde sıvılaşma riskine rastlanılmıştır.
- Meriç'in ilçe merkezinde sıvılaşma riskine rastlanılmamakla birlikte Küplü köyünde de sıvılaşma riskine rastlanılmıştır.
- İpsala ilçe merkezinde ve Kocahıdır köyünde sıvılaşma riskine rastlanılmıştır.
- Enez ilçe merkezinde, Sultaniçe köyünde ve Yenice köyünde sıvılaşma riskine rastlanılmıştır.
- Edirne merkez, Havsa ilçesi ve Lalapaşa'da sıvılaşma riskine rastlanılmamıştır.

KAYNAKLAR

- Aydan, Ö., Sezaki, M. and Yazar, R., 1996. *The Seismic Characteristic of Turkish Earthquakes, 11th World Conference on Earthquake Engineering, Mexico, 1025 p.*
- Barka A, 1981. *Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation processes of the North Anatolian Fault*
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (2007) DSİ, XI. Bölge Müdürlüğü. 1996, Edirne bölgesinin genel jeolojisi
- EEFIT (Earthquake Engineering Field Investigation Team), 1992. *The Erzincan, Turkey earthquake of 13 March 1992.*
- Idriss I.M. Boulanger R.W. *SPT- based liquefaction triggering Procedures. University of California. 2010-2014*
- İnan, E., Çolakoğlu, Z., Koç, N., Bayülke, N. ve Çoruh E., 1996. 1976-1996 yılları arası ivme kayıtları olan deprem kataloğu. T.C. Bayındırlık ve İskan Bak. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, 98 s.
- Kayen, R. E., Mitchell, J.K., Seed, R. B., Lodge, A., Nishio, S. and Coutinho, R., 1992. *Evaluation of SPT, CPT and Shear Wave-Based Methods for Liquefaction Potential Assessment Using Loma Prieta Data, Proceedings, 4th US-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, 1, 177-204.*
- Koç, G., 2007. *Gölcük ve Çevresinin Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.*
- Liao, S.S.C. and Whitman, R. V., 1986. *Overbuden Correction Factor for SPT in Sand, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 112, 3, 373-377.*
- Mollamahmutoğlu, M. ve Babuçcu, F. 2006. *Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme*
- MTA Genel Md. 2011, *Trakya Bölgesinin Genel Stratigrafik Kesiti*

Seed, H. B. and Idriss, I. M., 1971. *Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential*, *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Div., ASCE*, 97, 9, 1249-1273.

Şaroğlu ve diğ. 1992, *Türkiye'nin Neotektoniđi ve Diri Fayları*” çalışması ve 1 / 1.000.000 ölçekli diri fay haritası

URL-1 www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/DepremHaritalari.aspx, 15/09/2012.

URL-2 <http://deivil.comu.edu.tr> (18.01.2013)

URL-3 http://www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/canakkaleicd2007.pdf

URL-4 http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=yeni_diri_fay_haritalari-goruntule

URL-5 <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/>

URL-6 http://www.ibb.gov.tr/sites/akom/documents/gelibolu_saroz_dep.html.