

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET  
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**1999 MARMARA DEPREMİ SONRASI İÇİN GÖLCÜK İLÇESİ KIYILARININ  
SIVILAŞMAYA GÖRE MİKROBÖLGELEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Neslihan ALBAYRAK**

**Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Deprem Mühendisliği Programı**

**NİSAN 2017**







**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET  
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**1999 MARMARA DEPREMİ SONRASI İÇİN GÖLCÜK İLÇESİ KIYILARININ  
SIVILAŞMAYA GÖRE MİKROBÖLGELEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Neslihan ALBAYRAK  
(802131221)**

**Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Deprem Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayfer ERKEN**

**NİSAN 2017**



İTÜ, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü'nün 802121221 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Neslihan Albayrak, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "1999 MARMARA DEPREMİ SONRASI İÇİN GÖLCÜK İLÇESİ KIYILARININ SIVILAŞMAYA GÖRE MİKROBÖLGELEMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**     **Prof. Dr. Ayfer ERKEN**     .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**       **Doç. Dr. Ayşe ERİNÇLİLER**     .....  
Boğaziçi Üniversitesi

**Öğr.Gör.Dr. Reşat OYGUÇ**     .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi**        **: 27 Mart 2017**  
**Savunma Tarihi**     **: 5 Nisan 2017**





*Sevgili Fatma Babanne'me ve Ali Dede'me*





## **ÖNSÖZ**

Öncelikle kendisiyle çalışma fırsatı bulduğum ve tez çalışmamda her türlü desteğini gördüğüm Prof. Dr Ayfer Erken Hocama çok teşekkür ederim. Ayrıca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Çiğdem Göksel Hocama ve arkadaşım Sueda Aktürk'e çok teşekkür ederim. Tezimde ihtiyacım olan verileri sağlayan Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve Gölcük Belediyesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

NİSAN 2017

Neslihan Albayrak  
(İnşaat Mühendisi)





## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET .....	xxii
SUMMARY .....	xxiv
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	1
1.2 Mikrobölgeleme Nedir? .....	2
<b>2.TÜRKİYE’NİN VE ÇALIŞMA ALANI GÖLCÜK’ÜN DEPREMSELLİĞİ .. 3</b>	
2.1 Türkiye’nin Depremselliği .....	3
2.2 Gölcük’ün Sismotektoniği Ve Tarihsel Depremler.....	5
2.1.1 Gölcük ilçesinde meydana gelen hasarlar .....	8
<b>3.İNCELEME ALANINDA MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMASI .....</b>	<b>11</b>
3.1 Gölcük Afete Maruz Bölgede Yapılmış Mikrobölgeleme Çalışmaları .....	11
3.2 Bölgenin Jeolojisi.....	13
3.3 Çalışma Alanının Zemin Koşulları .....	16
3.4 Bölgede Yapılan Analizler .....	26
3.4.1 Sıvılaşma .....	26
3.4.2 İnceleme bölgesinde sıvılaşma analizi .....	36
3.4.3 Zemin Deplasmanları .....	53
3.4.4 Çalışma alanının yanal yayılma analizi .....	61
3.5 Zemin Büyütmesi .....	85
<b>4.SONUÇLAR .....</b>	<b>97</b>
<b>5.KAYNAKLAR .....</b>	<b>99</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>105</b>



## **KISALTMALAR**

**KAF:** Kuzey Anadolu Fay Hattı

**SPT:** Standart Penetrasyon Testi

**CPT:** Koni Penetrasyon Testi

**CRR:** Devirsel Direnç Oranını

**CSR:** Devirsel Gerilme Oranı

**TUSIAD:** Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği

**BST :** Becke Penetrasyon Testi

**JMA:** Japon Meteoroloji Ajansının





## SEMBOLLER

**C<sub>N</sub>**: efektif gerilmeye göre düzeltme faktörü

**C<sub>R</sub>**: tij boyuna göre düzeltme faktörü

**C<sub>S</sub>**: standart olmayan numune alıcı için düzeltme faktörü

**C<sub>B</sub>** : sondaj kuyusu çapına göre düzeltme faktörü

**N<sub>1,60cs</sub>** : düzeltilmiş SPT sayısı

**C<sub>Q</sub>**: koni uç direnci normalizasyon faktörü

**q<sub>c</sub>**: ölçülen koni uç direnci

**K<sub>c</sub>**: değeri Robertson ve Wride (1998) tarafından belirlenmiş dane özelliği düzeltme katsayısıdır

**V<sub>s</sub>** : Kayma Dalgası Hızı

**σ'<sub>v</sub>** : efektif düşey gerilme

**n** : zemin türüne göre değişen kat sayı

**P<sub>a</sub>** : σ'<sub>v</sub> ile aynı birimde 1 atmosfer basıncı

**M<sub>w</sub>**: moment büyüklü ü

**A**: en büyük yatay ivme (g)

**D**: fay kırılımının yüzey yansımasına en yakın mesafe (km)'dir.

**R**: arazi ile kırılan fay arasındaki en kısa mesafe (km)

**M<sub>s</sub>**: yüzey dalgası büyüklü ü

**h**: odak derinliği (km)

**FS**: güvenlik faktörü

**a<sub>h</sub>** : maksimum yatay yüzey ivmesi

**FC** : İnce dane oranı

**δ<sub>f</sub>** : Düşey deplasman

**$\theta$**  : Zemin yüzeyi eğimi

**$F_L$**  : Sıvılaşma direnci faktörü

**SPT(N)**: Standart penetrasyon testi vuruş sayısı

**$D_r$**  : Relatif Sıkılıkları

**$V_{s30}$**  : 30 metredeki kayma dalgası hızı





## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3. 1 : Robertson ve Wride (1998) tarafından oluşturulan SPT düzeltmeleri (Youd vd.,2001) .....	28
Çizelge 3. 2 : Robertson ve Wride (1998) tarafından oluşturulan SPT düzeltmeleri (Youd vd.,2001) .....	37
Çizelge 3. 3: Farklı yöntemlere göre en büyük yer ivlemeleri .....	39
Çizelge 3. 4: Siltli ve killi kumların sıvılaşma olasılığı (Andrews ve Martin, 2000) .....	44
Çizelge 3. 5: Sondaj Logları için Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları.....	64
Çizelge 3. 6: Düşey Deplasmanlar.....	71
Çizelge 3.7: Relatif zemin büyütme katsayısının kayma dalgası hızı ile hesaplanmasıyla ilgili bağıntılar.....	86
Çizelge 3. 8: Arazi penetrasyon deneylerinden kayma dalgası hızı hesabı için önerilen ilişkiler( Afet İşleri ve genel Müdürlüğü,2004) .....	88
Çizelge 3. 9: Kayma Dalgasına göre zemin sınıfı (Deprem yönetmeliği, 2016).....	89



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1:Plakalar (www.bizimcoğrafya.com,2017).....	4
Şekil 2. 2: Türkiye levha hareketi (Gülen vd.,2002 .....	4
Şekil 2. 3: Türkiye Deprem Bölgeleri haritası(Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1997)...	5
Şekil 2. 4: Marmara Depremi sonrasında Kocaeli’de Deprem şiddeti dağılımı (Üzmen) .....	6
Şekil 2. 5:17 Ağustos 1999 Gölcük depremi ana şok yerleri ve oluşan yüzey kırığı (Efe ve Demirci 2001).....	7
Şekil 2. 6: Marmara Depremi sonrasında hasar durumu( TDV,2000).....	7
Şekil 2.7: 1999 İzmit Körfezi Depremi Hasar Durumu (Üzmen Afet İşleri Daire Başkanlığı) .....	10
Şekil 2.8: Gölcük Denizevler hasar durumu (Ali Uçar Caddesi-Denizevler-Ford- Otosan Arasındaki arazinin Jeoteknik Etüt raporu,2001) .....	10
Şekil 3. 1: İnceleme Alanı Uydu Görüntüsü (Google Earth, 2017).....	14
Şekil 3. 2: İnceleme bölgesi ve çevresinin jeoloji haritası (Akartuna, 1968) .....	14
Şekil 3. 3: Bölgedeki Sondaj Loglarının Lokasyonları.....	16
Şekil 3. 4: Gürsu Mühendislik(2008) sondaj verilerine göre zemin profilleri.....	22
Şekil 3. 5: Gürsu Mühendislik(2008) sondaj verilerine göre zemin profilleri.....	23
Şekil 3. 6: Belirti Mühendislik (2000) sondaj verilerine göre zemin profilleri .....	24
Şekil 3. 7: SK-1 sondaj logunun zemin profili ve indeks özellikleri.....	25
Şekil 3. 8: SK-2 sondaj logunun zemin profili ve indeks özellikleri.....	25
Şekil 3. 9: Zemin sıvılaşma Değerlendirmesi (Rauch,1997) .....	27
Şekil 3. 10: $M_w = 7.5$ büyüklüğündeki depremler için, farklı ince dane oranlarına göre NCEER Çalışma Grubu tarafından önerilen düşük tekrarlı gerilme oranı düzeltmesi yapılarak elde edilen eşdeğer tekrarlı gerilme oranı ve SPT N1,60 değeri arasındaki ilişki (Seed vd. ....	30
Şekil 3. 11: VS verilerinden sıvılaşma direncini hesaplamak için oluşturulan kart (Andrus ve Stokoe, 2000’den) .....	32
Şekil 3. 12: Sıvılaşma nedeniyle zemin yüzeyinde oluşan hasar tespiti grafiği (Ishihara, 1985) .....	34
Şekil 3.13: Yüzeydeki sıvılaşmayan ve altındaki sıvılaşabilir zemin tabakalarının tanımları (Ishihara, 1985).....	35
Şekil 3.14: Zeminin Dane Dağılımına Göre Sıvılaşma Olasılığı Değerlendirmesi Zeminlerde sıvılaşabilir granülometri aralığı ( Handbook on liquefaction Remediation on Reclaimed Land 1999).....	36
Şekil 3.15: SK-7 ve S29G sondajlarında CN (efektif gerilmeye göre düzeltme faktörü) dağılımı.....	41
Şekil 3.16: $M_w = 7.5$ büyüklüğündeki depremler için, farklı ince dane oranlarına göre NCEER Çalışma Grubu tarafından önerilen düşük tekrarlı gerilme oranı düzeltmesi yapılarak elde edilen eşdeğer tekrarlı gerilme oranı ve SPT N1,60 değeri arasındaki ilişki (Seed vd. ....	42
Şekil 3. 17: SK1, SK2 ve SK3 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi .....	49

<b>Şekil 3.18:</b> SK4, SK5 ve SK6 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi .....	<b>49</b>
<b>Şekil 3.19 :</b> SK7, SK8 ve SK9 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi .....	<b>50</b>
<b>Şekil 3.20 :</b> SK10, SK11 ve SK12 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi.....	<b>50</b>
<b>Şekil 3.21:</b> SK13, SK14 ve SK15 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi.....	<b>51</b>
<b>Şekil 3. 22:</b> SK16, SK17 ve SK18 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi .....	<b>51</b>
<b>Şekil 3. 23:</b> SK13G , SK15G ve SK29G Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi.....	<b>52</b>
<b>Şekil 3.24:</b> SK38G, S6 ve SK7 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi.....	<b>52</b>
<b>Şekil 3.25:</b> Temiz Kumlar ( $\_DO=0$ ) ve $\_DO=10$ Olan Zeminler için Normalize Edilmiş SPT-N degeri, Kayma Gerilmesi Oranı ile Kalıcı Kayma Deformasyon Potansiyeli Arasındaki İlişki (Shamoto ve dig.,1998b) .....	<b>56</b>
<b>Şekil 3.26:</b> $IDO=20$ olan Zeminler için Normalize Edilmiş SPT-N degeri, Kayma Gerilmesi Oranı ile Kalıcı Kayma Deformasyon Potansiyeli Arasındaki ilişki (Shamoto ve dig., 1998b).....	<b>57</b>
<b>Şekil 3.27:</b> GF <sub>1</sub> (sürekli çizgi) veya GF>1 (kesikli çizgi) Olan Temiz Kumlar için Zemin Yüzeyindeki Düşey Yer Değiştirmeyi Hesaplamak için Oluşturulan Kart (Tokimatsu ve Seed ,1987) (grafik Kramer(1996) tarafından modifiye edilmiştir.) .....	<b>58</b>
<b>Şekil 3.28:</b> Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Faktörüne bağlı olarak Temiz Kumlar için Zemin Yüzeyindeki Oturmaya Tahmin Etme için Oluşturulan Kart (Ishihara ve Yoshimine,1992) (Kart ,Kramer (1996) tarafından modifiye edilmiştir) .....	<b>59</b>
<b>Şekil 3. 29:</b> $IDO=0, 10$ ve $20$ olan Zeminler İçin Düzeltilmiş SPT-N ....	<b>60</b>
<b>Şekil 3.30:</b> İzmit Körfezi doğu kesiminin 17 Ağustos 1999 depremi öncesindeki batimetri haritası. ....	<b>63</b>
<b>Şekil 3.31:</b> İnceleme alanında derin sıvılaşmaya bağlı olarak gelişen çökme ve yayılma modelini gösterir şematik jeojolik enine kesiti. (Bargu,Gözübol&Osman Şahin;2000) .....	<b>63</b>
<b>Şekil 3.32:</b> SK-4 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları.....	<b>65</b>
<b>Şekil 3.33:</b> SK-7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları .....	<b>65</b>
<b>Şekil 3.34:</b> SK-8 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları .....	<b>66</b>
<b>Şekil 3.35:</b> SK-9 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları .....	<b>66</b>
<b>Şekil 3.36:</b> SK-13 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları .....	<b>67</b>
<b>Şekil 3.37:</b> SK-13G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları .....	<b>67</b>
<b>Şekil 3.38:</b> SK-15G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları .....	<b>68</b>

<b>Şekil 3.39:</b> SK-29G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarı.....	<b>68</b>
<b>Şekil 3.40:</b> SK-38G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları.....	<b>69</b>
<b>Şekil 3.41:</b> S6 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları.....	<b>69</b>
<b>Şekil 3.42 :</b> S7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları.....	<b>70</b>
<b>Şekil 3. 43:</b> SK-4 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>72</b>
<b>Şekil 3.44:</b> SK-7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>72</b>
<b>Şekil 3. 45:</b> SK-8 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>73</b>
<b>Şekil 3. 46:</b> SK-9 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>73</b>
<b>Şekil 3.47:</b> SK-13 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>74</b>
<b>Şekil 3.48</b> SK-13G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>74</b>
<b>Şekil 3.49:</b> SK-15G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>75</b>
<b>ekil 3.50:</b> Şekil 3. 50 SK-29G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>75</b>
<b>Şekil 3.51:</b> SK-38G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>76</b>
<b>Şekil 3.52:</b> S6 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>76</b>
<b>Şekil 3.53:</b> S7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı.....	<b>77</b>
<b>Şekil 3.54:</b> Gölcük Fay Segmentindeki Yatay ve Düşey Deplasman Miktarları( İzmit ve Düzce Raporu,2000).....	<b>79</b>
<b>Şekil 3. 55:</b> Yatay ve Düşey Yer değiştirmele Sonucunda Kıyı Çizgisi Değişimi....	<b>80</b>
<b>Şekil 3.56:</b> Gölcük'te Deprem Sonucu Meydana Gelen Yanal Yer Değiştirmeden Ötörü Su Altında Kalan Kıyı Bölgesi ( <a href="http://www.ntv.com.tr/turkiye,2017">http://www.ntv.com.tr/turkiye,2017</a> )....	<b>81</b>
<b>Şekil 3.57:</b> Gölcük'te Deprem Sonucu Meydana Gelen Yanal Yer Değiştirmeden Ötörü Su Altında Kalan Kıyı Bölgesi ( <a href="http://www.ntv.com.tr/turkiye,2017">http://www.ntv.com.tr/turkiye,2017</a> )....	<b>82</b>
<b>Şekil 3.58:</b> Marmara Depremi öncesi 10 Ağustos 1999 LANDSAT Gölcük ve Çevresi Uydu Görüntüsü ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> ).....	<b>82</b>
<b>Şekil 3.59:</b> Marmara Depremi sonrası 27 Eylül 1999 LANDSAT Gölcük ve Çevresi Uydu Görüntüsü ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> ).....	<b>83</b>
<b>Şekil 3.60:</b> Mart 2017 Gölcük ve Çevresi Uydu Görüntüsü (Google Earth,2017)....	<b>83</b>
<b>Şekil 3.61:</b> Marmara Depremi sonrası Çalışma alanındaki kıyı çizgisindeki değişim	<b>84</b>
<b>Şekil 3.62:</b> SK-1 ve SK-2 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi	<b>90</b>
<b>Şekil 3.63:</b> SK-3 ve SK-4 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi	<b>90</b>
<b>Şekil 3.64:</b> SK-5 ve SK-6 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi	<b>91</b>
<b>Şekil 3.65:</b> SK-7 ve SK-8 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi	<b>91</b>



<b>Şekil 3.66:</b> SK-9 ve SK-10 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi .....	<b>92</b>
<b>Şekil 3.67:</b> SK-11 ve SK-12 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi .....	<b>92</b>
<b>Şekil 3. 68:</b> SK-13 ve SK-14 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişim .....	<b>93</b>
<b>Şekil 3. 69:</b> SK-15 ve SK-16 Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi .....	<b>93</b>
<b>Şekil 3.70:</b> SK-17 ve SK-18 Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi .....	<b>94</b>
<b>Şekil 3.71:</b> SK-13G ve SK-15G Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi .....	<b>94</b>
<b>Şekil 3.72:</b> SK-29G ve SK-38G Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi .....	<b>95</b>
<b>Şekil 3.73:</b> S6ve S7 Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi.....	<b>95</b>



# 1999 MARMARA DEPREMİ SONRASI İÇİN GÖLCÜK İLÇESİ KIYILARININ SIVILAŞMAYA GÖRE MİKROBÖLGELEMESİ

## ÖZET

Türkiye de yapılaşma konusunda dönüm noktası konumunda olan 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde binlerce insan yaşamını yitirmiş, binlerce yapı kullanılamaz hale gelmiş ve TUSIAD verilerine göre 17 milyar dolar ekonomik kayba sebep olmuştur. Deprem Araştırma Dairesi (2000) tarafından 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen depremin,  $M_w$ , 7.4 büyüklüğünde, 3.02 yerel saatinde meydana geldiği 45 saniye sürdüğü, dışmerkezi 40.70N, 29.91E, derinliği 15.9 km maksimum şiddeti MSK şiddet cetveline göre X olduğu belirlenmiştir. Sonucunda 17.479 ölüm, 43.953 yaralı ve 505 kişi sakatlık durumunun oluştuğu; 285.211 ev, 42.902 iş yeri hasar gördüğü tespit edilmiştir. Kocaeli Depremi, Resmi olmayan bilgilere göre ise yaklaşık 50.000 ölüm, ağır-hafif 100.000'e yakın yaralı ve 133.683 çöken bina ile yaklaşık 600.000 kişinin evsiz kalmasıyla sonuçlanmıştır.

17 Ağustos Kocaeli Depremi'nde merkez üssü olan ve en fazla hasarın ve can kaybının meydana geldiği Kuzey Anadolu Fay'ının geçtiği Gölcük Bölgesi için hasarların en büyük sebepleri olarak zemin büyütmesi, yakın fay etkisi, zemindeki sıvılaşma ile yatay ve düşey yer değiştirmelerin olduğu ön görülmüştür. Bu yüzden bu tez kapsamında bölgenin çeşitli analizleri içeren bir mikrobölgeleme çalışması yapılmış, sıvılaşma potansiyeli ve buna bağlı olarak gelişen deplasmanlar hesaplanmıştır.

Merkez üssü olan Gölcük'te özellikle kıyı bölgelerde alüvyon zeminlerin bulunması nedeniyle sıvılaşmalar meydana gelmiştir. Sıvılaşmalardan dolayı zeminde taşıma gücü kayıpları ve yanal yayımlara bağlı zemin deformasyonları meydana gelmiştir. Bu tez kapsamında inceleme bölgesinde zemin koşulları göz önünde bulundurularak kayma dalgası, sıvılaşma ve yanal yayılma gibi çeşitli analizler yapılmış ve bölgenin sıvılaşma ve yanal yayılma potansiyeli hakkında sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bölgenin deprem öncesi( 10 Ağustos 1999'da ), deprem sonrası( 27 Eylül 1999'da ) ve günümüzdeki (2017) uydu görüntüleri 1999 marmara depremi sonrası LANDSAT uydu görüntüleri elde edilmiş ERDAS programında görüntüler normalleştirilmiş ve

ARCGIS programında görüntüler üst üste çakıştırılarak kıyı çizgisindeki değişim gözlenmiştir.

Bölgede tüm zemin çeşitleri mevcut olduğu için tüm zeminlerde geçerli olan Imai (1977), Ohto & Goto (1978) Seed ve Idriss (1982), Lee (1990) ve İyisan (1996) tarafından geliştirilen formüller kullanılarak  $V_s$  (kayma dalgası) büyüklükleri hesaplanmış olup değerlerin 100-400 m/s aralığında yoğunlaştığı saptanmıştır. Değerler Deprem Yönetmeliği (2016) 'deki zemin sınıflama çizelgesine göre yorumlandığında zeminin yumuşak zemin ve killi kum orta sıklıktaki tabakalardan oluştuğu belirlenmiştir. Sondaj logları için Youd (2001) ve Seed ve İdriss (1972) yöntemlerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonucunda sondaj loglarının hemen hemen tamamında belirli derinliklerde Güvenlik Faktörü < 1 olarak hesaplandığı için bu derinliklerde sıvılaşma potansiyeli olduğu saptanmıştır. Rauch (1997), Bartlett & Youd (1992), Youd ve Perkins (1987), Hamada ve di. (1986, 1987), Shomoto (1998) yöntemleri kullanılarak elde edilen yatay deplasman miktarlarının oldukça yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Takimatsu (1987), Ishihara (1992) ve Shomoto (1998) yöntemlerine göre sıvılaşma nedeniyle meydana gelen düey deplasmanlar hesaplanmış ve Wells and Coppersmith (1994) yöntemine göre hesaplanan faylanma kaynaklı düey deplasmanlara eklenerek toplam düey yer de i tirme hesaplanmıştır. Hesaplanan deplasmanlarla denizin yaklaşık 150 m kadar kıyıdan içeri girdiği belirlenmiş olup uydu görüntülerindeki kıyı çizgisi de i mi ile de karılaştırılarak, hesaplanan ve uydu görüntülerinde gözlenen de erlerin yakın olduğu saptanmıştır.

# MICROZONATION OF GÖLCÜK SHORES BY LIQUEFACTION AFTER 1999 MARMARA EARTHQUAKE

## SUMMARY

17 August 1999 Kocaeli Earthquake was a milestone in terms of settlement in Turkey. Thousands of people have lost their lives and many more buildings have become unusable. Data from TUSIAD shows that this earthquake caused a damage of 17 billion dollar. It has been determined that the 1999 Kocaeli Earthquake happened at 03:02 am in local time and last 45 seconds later by the Earthquake Research Center (2000). The earthquake has a magnitude of 7.4 M w and the epicenter is at 40.70N, 29,91E in 15.9 km depth with a maximum intensity of X in the Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK-64) Scale. 17.149 deaths, 44.458 injured with 285.211 damaged house and 42.902 damaged office were only some of the consequences of this earthquake. As for the unofficial numbers approximately 50.000 deaths, 100.000 wounded, 133.683 collapsed buildings and 600.000 homeless people are the result of this disaster.

It is predicted that the Gölcük Region on Northern Anatolian Fault, is the epicenter of the August 17 Kocaeli Earthquake, and where the most damage and loss of life occurred, horizontal and vertical displacements with liquefaction was one greatest causes of the damage. Therefore, in this thesis, a microzoning study including various analyzes of the region was carried out, liquefaction potential and the displacements developed due to the liquefaction were calculated.

Gölcük, the epicenter, has liquefied because of the presence of alluvial soils especially in coastal regions. As a result of the liquefaction, a loss of bearing power in the ground and ground deformations caused by lateral spreading occurred. In this thesis, various analyzes such as shear wave, liquefaction and lateral spreading have been carried out considering the ground conditions in the study area and the results about the potential

of liquefaction and lateral spreading of the region have been obtained. In addition, the satellite images of the region before the earthquake (August 10, 1999), after the earthquake (September 27, 1999) and current (2017) have been attained. LANDSAT satellite images of 1999 Kocaeli earthquake, were normalized in the ERDAS program and the images were superimposed in the ARCGIS program in order to observe the shoreline change.

All ground types existed in the area and SW (shear wave) magnitudes were calculated using formulas developed by Imai (1977), Ohto & Goto (1978), Seed and Idriss (1982), Lee (1990) and Iyisan (1996) due to this reason. It has been detected that it concentrates in the range of 100-400 m / s. The values are interpreted according to the classification chart in the Earthquake Regulation (2016), and it is determined that the ground is composed of soft soil and clayey sand medium-tight layers. For drilling logs, liquefaction analysis has been done by the methods of Youd (2001) and Seed and Idriss (1972). As a result, liquefaction potential was found at these depths as the “Security Factor <1” was calculated at certain depths nearly in all drilling logs.

Rauch (1997), Bartlett & Youd,1992), Youd ve Perkins (1987), Hamada and others(1986,1987) , Shomoto (1998) methods have been used to determine the high values of horizontal displacements. Vertical displacements due to liquefaction were calculated with Takimatsu (1987), Ishihara (1992) and Shomoto (1998) methods and added to the vertical displacements originating from faulting calculated with Wells anda Coppersmith (1994) method in order to find the total vertical displacement. It has been detected from the calculated displacements that the sea has come towards the coast approximately 150 m and it has been determined that the values observed in the calculated and satellite images are close to those of the coastline change in the satellite images.



## 1.GİRİŞ

Deprem ortaya çıkardığı etkiler bakımından önemszenmesi gereken doğal afetlerden biridir. Depremler sonucunda meydana gelen can ve mal kayıplarının sebebinin insanlar tarafından yapılan yapılar olduğu göz önünde bulundurulursa; deprem bölgesinin depremselliğinin ve zemin koşullarının yeterince ve doğru bir şekilde tanımlanıp buna uygun yapıların inşa edilmesi önemli bir hal almaktadır. Bu yüzden deprem gerçeğini göz önünde bulundurarak depremden en az etkilenmek için yapılaşma için zeminler seçilirken zeminin sıvılaşma ve yanal yayılma potansiyeli incelenmelidir.

Türkiye de yapılaşma konusunda dönüm noktası konumunda olan 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde binlerce insan yaşamını yitmiş, binlerce yapı kullanılamaz hale gelmiş ve TUSIAD verilerine göre 17 milyar dolar ekonomik kayba sebep olmuştur. Deprem Araştırma Dairesi(2000) tarafından 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen depremin,  $M_w$ , 7.4 büyüklüğünde, 3.02 yerel saatinde meydana geldiği 45 saniye sürdüğü, dışmerkezi 40.70N, 29.91E, derinliği 15.9 km maksimum şiddeti MSK şiddet cetveline göre X olduğu belirlenmiştir. Sonucunda 17.479 ölüm, 43.953 yaralı ve 505 kişi sakatlık durumunun oluştuğu; 285.211 ev, 42.902 iş yeri hasar gördüğü tespit edilmiştir. Kocaeli Depremi, resmi olmayan bilgilere göre ise yaklaşık 50.000 ölüm, ağır-hafif 100.000'e yakın yaralı ve 133.683 çöken bina ile yaklaşık 600.000 kişinin evsiz kalmasıyla sonuçlanmıştır.

### 1.1 Tezin Amacı

17 Ağustos 1999 Depreminde meydana gelen 7.4 büyüklüğündeki deprem sonucunda depremin merkez üssü olan Gölcük İlçesinde KAF'ın geçtiği bölgede ve yakın çevresinde zemin deformasyonları ve buna bağlı olarak hasarlar meydana gelmiştir. Bu tez kapsamında inceleme bölgesinde zemin koşulları göz önünde bulundurularak sıvılaşma, sıvılaşmaya bağlı yatay ve düşey deplasman ve kayma dalgası gibi çeşitli analizlerden oluşan bir mikrobölgelem çalışması yapılmış ve bölgenin sıvılaşma, sıvılaşmaya bağlı yatay ve düşey deformasyon potansiyelleri hakkında sonuçlar elde edilmiştir.

## 1.2 Mikrobölgeleme Nedir?

Bir bölgenin yerleşime uygunluk yönüyle incelenmesinde jeolojik yapıya bağlı olarak oluşturulmuş haritalar yeterli gelmemektedir. Bir bölgenin yerleşime uygunluğunun saptanabilmesi, dolayısıyla şehir planlaması, imar ve arazi kullanımının planlaması için sismik ve geoteknik mikrobölgeleme çalışmaları yapılmalıdır. Mikrobölgeleme, oluşması muhtemel bir depremde zemin yüzeyinde oluşacak deprem özelliklerinin öngörülmesinde yapı, zemin ve deprem kaynak özelliklerinin karşılıklı etkileşimi inceleyen çok boyutlu bir konudur.(Yağcı, Ansal, 2009). (Çinicioğlu, 2001) e göre Sismik bölgeleme yapmanın temel amacı, sismik bölgeleme yapılan alanda yapılacak olan yapıların bu bölge için beklenen büyüklükteki deprem sarsıntısına dayanabilmesinin sağlanmasıdır. Türkiye Mikro Bölgeleme El Kitabına(2004) göre sismik mikrobölgeleme deprem tehlikesi parametrelerini; yüzeysel tektonik ve faylanma hareketlerini; yer sarsıntı şiddetini; zemin yayılması, sıvılaşma, ve oturma olasılığını; deprem sonucunda oluşan tsunami, su dalgaları ve oturmalara bağlı su baskınlarını; toprak kayması ve kaya düşmesi gibi çevre stabilitesi problemlerini kapsayan çalışmalar bütünüdür.

Ansal ve diğ.(2004) 'ne göre sismik mikrobölgeleme altı ana fazdan oluşur. Bunlardan birinci faz jeolojik ve geoteknik verileri toplamak, ikinci faz inceleme bölgesini 500mx500m hürelere ayırarak spektral ivmelere göre bölgenin sismik riskini belirlemek, bunu yaparken 50 yılda %10 ve %40 aşılma olasılığına göre Poisson Model ya da bölgedeki son depremi dikkate alarak zamana bağlı olasılıksal model kullanılabilir. Üçüncü faz bölgede mikrotremör ölçümlerini elde etmek ve bu ölçüm sonuçlarını yorumlamaktır. Dördüncü faz mikrobölgeleme için geçerli olan parametreleri tespit etmek amacıyla her bir hücre için geoteknik verileri analiz edip değerlendirmek, temsili zemin profillerini ve zemin koşullarını belirlemek ve zemin tepki analizlerini, yapay depremle uyumlu ivme spectralarını kullanarak yapmaktır. Beşinci faz, dördüncü fazda elde edilen sonuçlara göre sıvılaşma duyarlılığı ve yer kayma tehlikesi değerlendirmelerini içerir. Mikrobölgelemenin altıncı ve son fazı ise zemin genliği, sıvılaşma olasılığı ve toprak kayması tehlikesine göre belirtilen



mikrobölgeleme için yapılan çalışmalarda kullanılan tüm bulguları değerlendirmektedir.

## **2.TÜRKİYE’NİN VE ÇALIŞMA ALANI GÖLCÜK’ÜN DEPREMSELLİĞİ**

Plaka Tektoniği olarak adlandırılan jeoloji dalına göre yer kabuğu plakalardan oluşmuştur ve Şekil 2.1’de görüldüğü gibi bu plakalar birbirlerine doğru hareket etmektedir. Plakaların birbirlerine doğru hareket etmesi sonucunda yer kabuğunda gerilme artışı meydana gelmekte, yer kabuğunun taşıma gücünü aşarak faylarda ani kaymaların ortaya çıkmasına ve bunun sonucunda da depremlerin oluşmasına sebep olmaktadır (Zekai celep, 2007) .

### **2.1 Türkiye’nin Depremselliği**

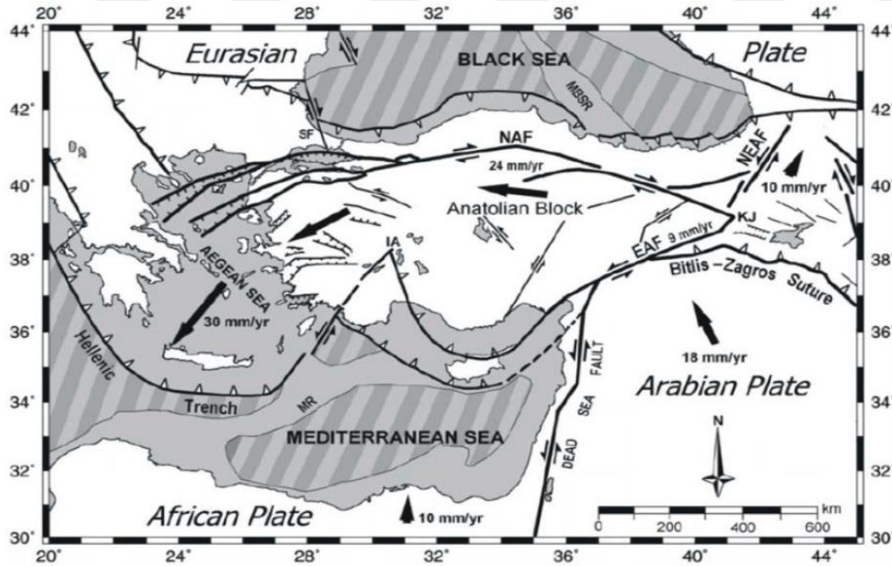
Levha Tektoniği Teorisine göre, güneyde Afrika ve Arap Plakaları, kuzeyde Avrasya Plakası, doğuda Doğu Anadolu Bloğu ve batıda Ege Bloğu tarafından çevrilen Anadolu plakası Azor Adalarından başlayıp Güneydoğu Asya’ya kadar uzanan Alp – Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır. Avrasya Plakasının hareket etmediği varsayıldığında Afrika plakası yılda 5 milimetrelik, Arap Plakası yılda 20 milimetrelik bir hızla kuzey yönüne doğru hareket ederek Anadolu Plakasını Avrasya Plakasına doğru sıkıştırılmaktadır (Yılmaz Şahin, 2009). Sıkıştırmanın sonucunda Anadolu Plakası yıllık 23 mm’lik bir hızla batıya doğru hareket etmektedir. Anadolu Plakasının batı yönündeki bu hareketinin sonucunda Ege Bloğu; Rodos-Girit Adaları ile Mora Yarımadasının güneyini izleyen Ege Yayı boyunca Afrika Plakasının üstüne yıllık 35 milimetrelik bir hızla binmektedir. Bunun yanında Kars-Erzincan-Van-Hakkari arasında kalan Doğu Anadolu Bloğu; Kuzeydoğu yönünde Kafkasya’ya doğru yılda 12 milimetrelik bir hızla hareket etmektedir. Türkiye plakaların etkisiyle tarih boyunca büyük, orta ve küçük şiddette birçok depreme maruz kalmıştır. Bu depremlerin büyük çoğunluğu Kuzey Anadolu Fayı Doğu Anadolu Fayı, Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı ve Ege Graben sisteminde meydana gelmiştir. Dünyadaki en etkin faylardan biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelen 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi de sebep olduğu yapı yıkımı ve can kaybı açısından Türkiye tarihindeki en önemli depremlerden biridir.



Şekil 2. 1:Plakalar (www.bizimcoğrafya.com,2017)

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi Arap plakası tarafından Türkiye’de Kuzey Doğu Anadolu Fayı yılda 10 mm, Doğu Anadolu Fayı yılda 10 mm ve Kuzey Anadolu Fayı yılda

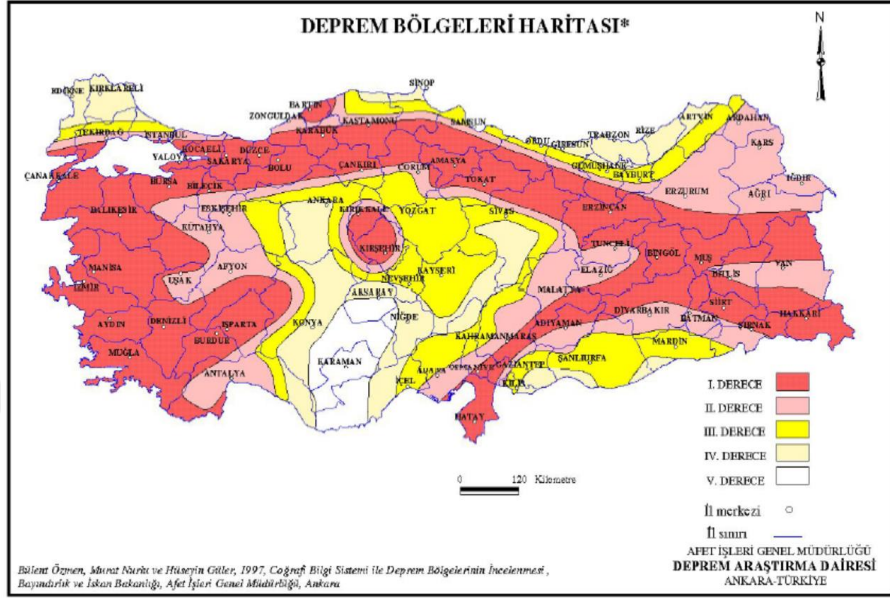
24 mm sıkıştırılmaktadır. Afrika Plakası da yılda 10 mm Anadolu bloğuna doğru hareket etmektedir.



Şekil 2. 2 Türkiye levha hareketi (Gülen vd.,2002)

Afet İşleri Genel Müdürlüğü (1997) haritasında deprem bölgeleri haritası incelendiğinde Kuzey Anadolu Fayı, Anadolu Fay Hattı ve Ege’de Batı Anadolu Fay Hatlarının bulunduğu bölgeler 1. Derece deprem bölgesi olarak nitelendirilmiştir.

İnceleme alanının bulunduğu bölgeye bakıldığında Kuzey Anadolu Fay Hatt'ında bulunduğu ve 1. Derece deprem bölgesi olduğu görölmektedir.



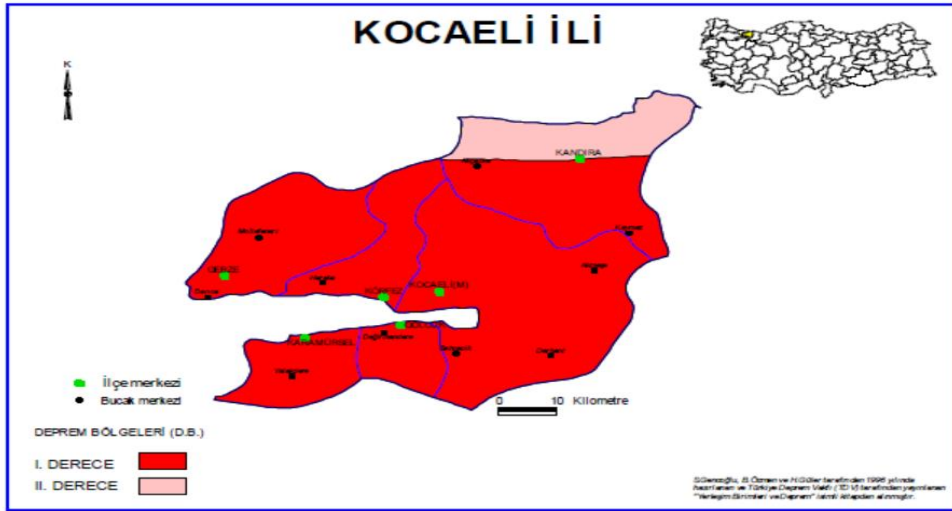
Şekil 2. 3 Türkiye Deprem Bölgeleri haritası(Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1997)

## 2.2 Gölcük'ün Sismotektoniği Ve Tarihsel Depremler

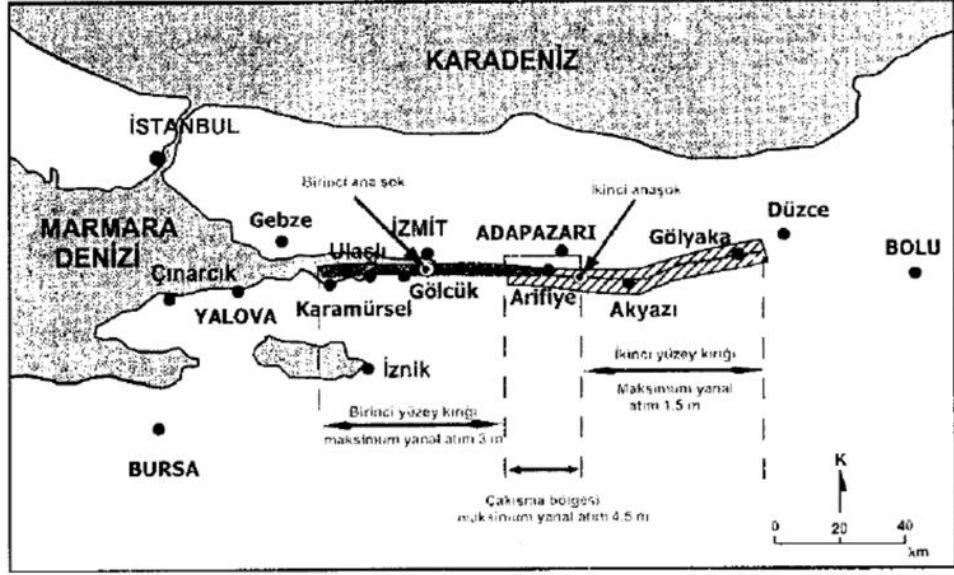
17 Ağustos 1999'da yerel saate göre 03:01:37'de gerçekleşen Kocaeli Depremi'nin Yüzeysel Dalga Magnitudu 7,8 (USGS), Cisim Dalga Magnitudu 6,3 (USGS), Moment Magnitudu 7,4 (USGS, Kandilli), Kayıt süresi Magnitudu 6,7 (Kandilli), Episenter'ı 40.702 Kuzey Enlemi, 29,987 Doğu Boylamı ve Odak Derinliği 17 km'dir (Kandilli web). Depremin maksimum şiddeti MSK şiddet cetveline göre ağır yıkıcı olarak tanımlanan X olarak belirlenmiştir ve çalışma alanının içinde olduğu Kocaeli ili için depremin şiddet dağılımı Şekil 2.5'deki gibidir. Deprem Magnitudu 7,4 Mw olan 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi'nin Episenter'ı Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde bulunan Kocaeli ilinin Gölcük ilçesindedir.

Kocaeli Depremi, ilk şokun 15 saniye sürmesinden sonra 4 saniye duraklamış ve ikinci şokun başlamasıyla 45 saniye devam etmiştir. İki ana şoktan oluşan deprem; dış merkezi Gölcük olan ilk ana şokta Gölcük-Sapanca Gölü arasındaki 40 km'lik bölümü, dış merkezi Sapanca Gölü-Akyazı arasında kalan ikinci ana şokta ise Sapanca Gölü-Gölyaka arasında uzanan 50 km'lik bölümü kırmıştır (Demirtaş, Erkmen ve Yılmaz,

1999). Deprem yüzey kırığı toplamda Hersek-Yalova Kuzeybatısı-Marmara Denizi İçi, Hersek-Kullar-Arifiye-Kazancı, Akyazı-Gölyaka ve Sapanca-serdivan-Adapazarı segmentleri olmak üzere dört segmentten oluşmaktadır. (Nurlu, 1999) .Şekil 2.6’da görüldüğü gibi ilk şokta 3m’lik sağ yönlü yatay atımı, ikinci şok 1,5’lik yatay atımı oluşturarak her iki kırığın çakışma bölgesinde 4,5 m’lik bir yatay atım meydana getirmiştir ( Efe ve Demirci, 2001). Demirtaş, Erkmen ve Yılmaz(1999) tarafından yapılan çalışmada Gölcük-Gölyaka arasında uzanan fay kırıkları duraklara ayrılarak incelenmiş olup dördüncü durağın kapsamına giren fay kırığının tezin inceleme bölgesinde yer alan Gölcük stadyumunun batısında BKB-DGD gidişli olduğu saptanmıştır. Ayrıca Ford Otosan Otomobil Fabrikasının yakınında ana fay ile dar açı yapacak şekilde uzanan K65D 7 KD yönelimli, normal bileşenin hakim olduğu bir kırığın mevcut olduğu ve KD tarafı ( Deniz tarafı) 1,5-2 m aşağıya kaydığı tespit edilmiştir.



**Şekil 2. 4** Marmara Depremi sonrasında Kocaeli’de Deprem şiddeti dağılımı (Üzmen)



Şekil 2. 5 17 Ağustos 1999 Gölçük depremi ana şok yerleri ve oluşan yüzey kırığı (Efe ve Demirci 2001)

Şekil2.7'ye göre İzmit Körfezinde 1900-1999 tarihleri arasında 21 tane hasar yapan deprem oluşmuştur. Bu depremler Bağcı vd., 1991 in hazırladıkları katalogdan yararlanarak belirlenmiştir. Depremlerin episantr dağılımları depreme ait bilgilerde oluşu tarihi sırasına göre aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. (Özmen,2000).

YER	TARİH	Enlem	Boylam	Derinlik	Ms	Io	Ağır Hasar	Orta Hasar	Hafif Hasar	Ölü	Yaralı
Mürefte	09/08/1912	40.60	27.20	16	7.3		5540			216	466
Erdek	04/01/1935	40.40	27.49	30	6.7	IX	600			5	30
Bigadiç-Sındırgı	15/11/1942	39.55	28.55	10	6.1	VIII	1262			7	
Adapazarı-Hendek	20/06/1943	40.85	30.51	10	6.6	IX	2240			336	
Mudurnu	05/04/1944	40.84	31.12	10	5.6		900			30	
Harmancık	05/02/1949	39.89	29.35	40	5.2		150				
Yenice-Gönen	18/03/1953	39.99	27.36	10	7.4	IX	9670			265	336
Eskişehir	20/02/1956	39.89	30.49	40	6.4	VIII	1219	2281	9862	2	
Bolu-Abant	26/05/1957	40.67	31.00	10	7.1	IX	4201			52	100
Çınarcık-Yalova	18/09/1963	40.77	29.12	40	6.3	VII	230	852	2560	1	26
Manyas	06/10/1964	40.30	28.23	24	7.0	IX	5398	3280	2200	23	130
Adapazarı	22/07/1967	40.67	30.69	33	7.2	IX	5569	5110	3210	89	235
Akyazı	30/07/1967	40.70	30.40	18	6.0					2	40
Gönen	03/03/1969	40.08	27.50	6	5.7		20			1	
Demirci	23/03/1969	39.10	28.40	9	6.1	VII	1100				
Demirci	25/03/1969	39.25	28.44	37	6.0		1826				
Gediz	28/03/1970	39.21	29.51	18	7.2	IX	9452	9840	7737	1086	1260
Çavdarhisar	19/04/1970	39.10	29.70	18	5.9		41				2
Demirci	23/04/1970	39.10	28.70	28	5.7		150				43
Biga	05/07/1983	40.33	27.21	7	4.9		85			3	
Kocaeli	17/08/1999	40.70	29.91	20	7.4	X	66448	66756	79576	17408	42442

Şekil 2. 6: Marmara Depremi sonrasında hasar durumu( TDV,2000)

### 2.1.1 Gölcük ilçesinde meydana gelen hasarlar

7.4 büyüklüğündeki İzmit Körfezi Depremi, büyüklüğü ve geniş bir alanda hissedilmesinden dolayı depremin etkin olduğu bölgelerdeki yapılarda ağır hasarlara sebep olmuştur. Deprem en çok Kocaeli, Adapazarı ve Yalova illerini etkilemiştir. Deprem sonrası meydana gelen hasarlar incelendiğinde Adapazarı-Düzce ovasındaki hasarların sıvılaşma sonucunda zemin taşıma gücünü büyük oranda düşürmesi sonucunda meydana geldiği; İzmit Körfezi boyunca Derince, Gölcük, Yalova, Çınarcık, Altmışevler gibi yerleşim yerlerindeki hasarların körfeze boşalan akarsuların oluşturduğu delta düzlüklerinin alüvyon zeminden oluşması ve ıslah edilip yerleşimde kullanılan bu alanlarda zemin büyütmelerinin meydana gelmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Bunun dışında Kocaeli Depremi'nde hasarın büyüklüğünü pek çok faktör etkilemiştir. Bu faktörler sıralanacak olursa: depremin büyüklüğü ve süresi, deprem ile birlikte arazide oluşan faylanmalar, çökmeler, kaymalar, sahanın deprem merkezine olan uzaklığı, jeolojik ve jeomorfolojik özellikler ve zeminin sıvılaşma potansiyeli şeklinde sıralanabilir. (Efe&Demirci, 2000)

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu hazırlanırken bölgede yapılan incelemelere göre; yapıların yıkılması ve meydana gelen hasarların sebepleri; yapıların Deprem Yönetmeliğine uygun tasarlanıp inşa edilmemesi, beton dayanımlarının projedeki dayanımlarının çok altında olması, zemin katı işyeri olarak planlanan yapıların kolonları ve bölme duvarlarının yeterli sayıda olmaması etriye sıklaştırmalarının standarda uygun olmaması olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, betonda kullanılan kum ve çakılın içindeki tuz ve kalorifer dairelerinde yakılan kömürlü kömürler ve küllerinden çıkan kükürt dioksit gazların nemli ortamda sülfirik asite dönüşmesi betonarmedeki demirin korozyona uğramasına sebep olmuştur. Korozyona uğrayan donatıların dayanımları ciddi oranda düştüğü için işlevsiz duruma gelmiş ve yapı yıkımları kaçınılmaz olmuştur. Bu faktörler içerisinde en önemlilerinden biri ise yapıların depreme karşı dayanıksız zeminler üzerine kurulmuş olmasıdır. Çünkü deprem sonrası hasarlar incelendiğinde depremin hissedildiği zemini sağlam yamaç ve tepelerdeki hasarlarla alüvyon zeminli düz alanlarda meydana gelen hasarların ciddi farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. Gevşek ve ince malzemedan oluşan Alüvyon zeminlerin büyütme etkisinden dolayı bu tür

zeminler üzerindeki yapılarda daha büyük hasarlar meydana gelmiştir.(Efe, Demirci, 2000)

Deprem sonrası Gölcük'te İstanbul Teknik Üniversitesi'nden bir heyetin yapmış olduğu incelemeye göre, Adapazarı'nda olduğu gibi, zemin koşulları elverişsiz ve yeraltı su seviyesi çok yüksek olduğu halde ağır yapıların bile tekil veya sürekli temellere taşındığı yerlerde ise binaların farklı oturma yaptığı, devrildiği, yana yattığı veya zemin katların bodrum kata dönüştüğü bulguları tespit edilmiştir. Bölgedeki Kavaklı Sahili ve karayolu arasında kalan kısımda heyelanlar ve arazi çökmeleri bölgenin morfolojisini tamamıyla değiştirmiş olup kıyıya yakın olan yapılar ve alanların su altında kalmasına sebep olmuştur.( İTÜ İnşaat Fakültesi ,1999). İnceleme alanında bulunan ve tezin amaçlarından biri olan Kavaklı Sahilindeki futbol sahası ve spor salonunda yanal yayılma kaynaklı meydana gelen hasarların yanında Özmen(2000) tarafından yapılan incelemede salonu taşıyan kirişlerde ağır hasar, çatı bağlantılarında ayrılmalar, duvarlarda çatlama ve ayrılmalar ve zemin tretuvarında 1,5 metre çökme meydana geldiği; Futbol sahasında ve atletizm pistinin çöktüğü, trübünde çatlakların olduğu ve duvarlarında kaymaların olduğu tespit edilmiştir.

17 Ağustos İzmit Körfezi Depreminin ülkenin sanayi yönüyle gelişmiş ve dolayısıyla nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bir bölgede gerçekleşmiş olması can ve mal kaybının çok fazla olmasına sebep olmuştur. Özmen (2000) yılında yayınlamış olduğu 17 Ağustos İzmit Körfezi Depremi'nin Hasar Durumu adlı raporunda hasar durumunu "Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Kriz Yönetim Merkezinden alınan bilgilere göre bu deprem nedeniyle 66.441 konut ve 10.901 işyeri ağır hasara, 67.242 konut ve 9.927 işyeri orta hasara, 80.160 konut ve 9.712 işyeri hafif hasara uğramıştır." Olarak belirtmiştir. Kocaeli ilinde en fazla hasar ve can kaybı Şekil 2.9'da görüldüğü gibi Gölcük ilçesinde meydana gelmiştir. Gölcük İlçesi'nde konutların % 35.70'i yani 4.334 tanesi ağır hasarlı olduğu ve can kay belirlenmiştir. (Özmen,2000) .

ŞEHİR	HASAR DURUMU					
	AĞIR		ORTA		HAFİF	
	EV	İŞYERİ	EV	İŞYERİ	EV	İŞYERİ
BOLU	3095	649	4180	1015	3303	482
BURSA	63	5	434	19	940	68
ESKİŞEHİR	80	19	96	8	314	22
İSTANBUL	3073	532	13339	1999	12455	1239
KOCAELİ	19315	3031	21287	3001	22452	3227
GÖLCÜK	12310	1870	7789	886	9299	1118
SAKARYA	19043	4068	12200	1963	18712	1675
YALOVA	9462	727	7917	1036	12685	1881
<b>TOPLAM</b>	<b>66.441</b>	<b>10.901</b>	<b>67.242</b>	<b>9.927</b>	<b>80.160</b>	<b>9.712</b>

Şekil 2. 7: 1999 İzmit Körfezi Depremi Hasar Durumu (Üzmen,2004)



Şekil 2. 8: Gölcük Denizevler hasar durumu (Ali Uçar Caddesi-Denizevler-Ford-Otosan Arasındaki arazinin Jeoteknik Etüt raporu,2001)



### **3.İNCELEME ALANINDA MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMASI**

#### **3.1 Gölcük Afete Maruz Bölgede Yapılmış Mikrobölgeleme Çalışmaları**

17 Ağustos 1999 Marmara depreminden sonra yapılan çalışmalar sonucunda 2001 yılında Gölcük İlçesi Kavaklı Mahallesi, İhsaniye Beldesi Denizevler Mahallesi, Yeniköy ve Hisareyn Beldeleri Afete maruz bölge olarak ilan edilmiştir. 2009 yılında Kocaeli Üniversitesi tarafından yapılan “Kocaeli ili Yazlık, Hisareyn, İhsaniye, Yeniköy ve Gölcük sınırları içerisinde Kalan Afete Maruz Bölge'nin Revize imar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu” isimi raporla bölge afete maruz bölge olmaktan çıkarılmıştır.

Bu çalışmada Afete maruz bölge olarak ilan edilen bölgede çeşitli sondaj kayıtları kullanılarak sıvılaşma analizleri ve kıyı bölgesi, özellikle Deniz Evler ve Kavaklı Sahili'nde yatay ve düşey deplasman analizlerini kapsayan mikrobölgeleme yapılacaktır. Bölgede daha önce Bargu, Gözübol ve Osmaşahin (2000); Barka, Bol ve Karahasanoğlu(2001); ABM Mühendislik Müsavirlik İnşaat Paz LTD. ŞTİ(2001) ve Kocaeli Üniversitesi (2009) tarafından mikrobölgeleme çalışmaları yapılmıştır.

Bargu, Gözübol ve Osmaşahin(2000) tarafından yapılan Kavaklı-İhsaniye (Gölcük) Çökme alanının jeolojik ve jeofizik özellikleri ile çökme mekanizmasını açıklayan çalışmada, çökmenin devamlı olmadığını, yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın yerlerde meydana geldiğini; bazı bölgelerde (örneğin; Denizevler Mahallesi Camii'nde ve Ford Otosan'nın 1 km Güneydoğusunda) kesintiye uğradığı ve çökme bölgesini güneyden sıfırlayan çökme hattı ile sahil arasında yaklaşık 2,5 m çökme ve oturmanın meydana geldiğini göstermiştir. Denizevler ve Ford-Otosan bölgelerinde gözlemlenen deformasyonlar, güneyde çökme alanına yakın yerlerde yüzey sıkışmasının mevcudiyetini, sahil bölgesine yakın alanlarda ise yayılmaların ve açılmaların olduğunu ortaya koymuştur. Bölgenin yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapıldığında yaklaşık 5.5 m<sup>2</sup> lik alüvyon zemininin üzerinde yüzdüğü basınçlı yeraltı suyu ve 25-30 m'lik akıcı kumun uzaklaştırılması mümkün olmadığı için daha sonra meydana gelecek her depremde benzer şekilde oturmalar ve sahilde denize doğru kaymalar olabileceğinden bölgede yerleşime

izin verilmesi uygun görülmemiştir. Bu yüzden eldeki veriler doğrultusunda oluşturulan çökme hattının kuzeyindeki çökme bölgesindeki insanların can ve mal güvenliğini korumak için bu insanlar yerleşime uygun bir alana yerleştirilmeleri gerekmektedir. Çökme hattının güneyinde ise çökme hattından itibaren en az 10 metre'lik koruma bandı oluşturulmalıdır.

Bölgede, Barka, Bol ve Karahasanoğlu(2001) tarafından Ford Otosan Tesisleri alanında ve yakın çevresinde gerçekleştirilen çalışmada üç farklı senaryo oluşturulmuştur. Bunlardan 1. Senaryo'ya göre 1999 Gölcük Depremi'ne benzer depremlerin oluşacağı ve bu depremler sonucunda Gölcük depremi ardından oluşan yüzey kırığı, deformasyon ve çökmenin benzerlerinin gerçekleşeceği ön görülmüş olup bu tür depremlerin 50 -100 yıl içerisinde gerçekleşmesinin çok düşük bir olasılık olduğu ancak 300 yıl içerisinde gerçekleşebileceği kabul edilmiştir. 2. Senaryo'da 1999 Gölcük Depremi'nden daha küçük depremlerin gerçekleşeceği ve sonuçlarının daha hafif olacağı kabul edilmiş olup bu depremlerin de 50-100 yıl içerisinde ancak %10 olasılıkla gerçekleşebileceği düşünülmüştür. 3. Senaryo ise belli mesafedeki fayların oluşturacağı tesisleri en çok etkileyecek olan depremlerdir ve bu depremlerin 50-100 yıl içerisinde meydana gelme olasılığı yüksektir. Daha sonra Ford Otosan , her senaryo depremi için binaların deprem performanslarının seviyesinin ne olacağını belirlemiş ve tasarım ekibi bu depremlere uygun taşıyıcı sistemler tasarlamıştır. Yapılan performansa dayalı tasarımda binaların kapasite performans grafikleri çıkarılmış olup senaryo depremleri bu grafiklerde işaretlenerek can güvenliği ve hemen kullanım noktaları belirlenerek Ford Otosan Tesis binalarının hepsinin can güvenliği şartını sağladığı tespit edilmiştir.

ABM Mühendislik Müsavirlik İnşaat Paz LTD. ŞTİ(2001) tarafından Ali Uçar Caddesi-Denizevler- Ford Otosan arasındaki arazide yapılan çalışmada inceleme alanının tamamında zemin büyütmesinin olduğu oluşturulan yerleşime uygunluk haritasında ÖA(önlemlenilen alanlar) olarak gösterilen alüvyon zeminden oluşan bölgede yapılacak etüt çalışmalarına bağlı kalmak kaydıyla uygun temel sistemiyle 1+1 kat şeklinde 2 katlı binaların yapılması uygundur. Ayrıca bu bölgenin zemin etütlerinde sıvılaşma analizi yapılmalıdır. Bölgede varolan hasar görmüş binaların onarımı için depreme dayanıklı yapı teknikleri ile desteklenmeli zemin temel iyileştirmeleri yapılmalı bina güvenliği sağlanmalıdır.

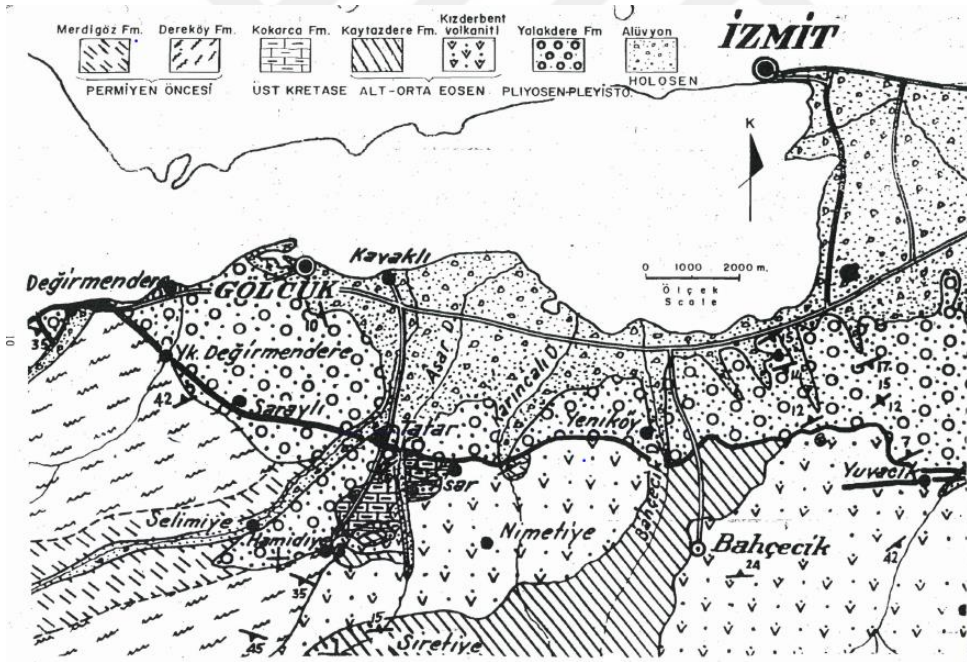
Kocaeli Üniversitesi (2009) tarafından ise yukarıda bahsedilen Marmara Depremi'nden sonra yapılmış olan çalışmalar neticesinde Afete maruz bölge olarak ilan edilen bölge üzerinde tekrar çalışma yapılmış ve bölge afete maruz bölge olmaktan çıkarılmıştır. Kocaeli Üniversitesi yaptığı çalışmada Afete Maruz Bölgedeki oluşumun alansal kütle hareketinden mi yoksa faydan mı kaynaklandığını araştırmıştır. Çalışmada yapılan fay kazısı duvarlarında Bargu(2000) tarafından iddia edilen alansal kütle hareketini kanıtlayacak kayma izlerini taşıyan herhangi bir paleosismolojik bulguya rastlanmamıştır. Bölgenin jeoloji,  $V_s$  hızları,  $V_p/V_s$  oranları, zemin büyütmesi, zemin hakim periyotları, hidrojeolojik özellikleri, kayma ve elastisite modülleri, sıvılaşma analizleri, paleosismolojik özellikler, jeoteknik parametreler ve afet durumu belirlenerek bu bilgiler ışığında bölge önlemleri alanlar ve uygun olmayan alanlar diye ayrılmıştır. Önlemleri alanlarda düşük katlı fabrika, sanayi, depo gibi yapıların yapımına izin verilmesi, yerleşim için bina yapımına izin verilmemesi; yapılarda depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerinin kullanılması , zemin iyileştirmeleri gibi mühendislik teknikleri kullanılarak riskin en aza indirilmesi öngörülmüştür.

### **3.2 Bölgenin Jeolojisi**

İnceleme alanı, Kocaeli İli Yazlık, İhsaniye, Hisareyn, Yeniköy ve Gölcük ilçelerinin sınırları içerisinde İzmit Körfezi'nin güney-güneybatısında bulunmaktadır.İnceleme alanı Kuzeyden İzmit Körfezi, batıdan Gölcük ilçesi ve güneyden D-130 İzmit- Yalova karayolu tarafından sınırlandırılmıştır.Şekil 3.1'de görüldüğü gibi kıyıda yer almakta ve deprem nedeniyle büyük hasarlar meydana geldiği için bölgede sadece sanayi yapıları yer almaktadır.



Şekil 3. 1: İnceleme Alanı Uydu Görüntüsü (Google Earth, 2017)



Şekil 3. 2: İnceleme bölgesi ve çevresinin jeoloji haritası (Akartuna, 1968)

İnceleme bölgesi, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin doğusundaki Tepetarla segmenti, Armutlu yarımadasının kuzeyi ile Gölcük segmenti arasında oluşan küçük bir çek-ayır havzasının içinde bulunmaktadır. İnceleme bölgesinin temeli Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimlerden oluşmakta ve bu temel kayaların üzerine ise Eosen

yaşlı volkanik ve kırıntılı kayaçlar örtmektedir. Bu yaşlı kayaçların üzerini de uyumsuz olarak Pliyo-kuvaterner yaşlı çökelleri ve Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleri öter.(karakul,kurnaz&kıyak;2007)

İnceleme alanının stratigrafisini oluşturan kayaçlar; şekil 3.2’de görüldüğü gibi temel kayaçlar, (Palezoyik, Kretase, Eosen), örtü kayaçlar, alüviyal çökeller olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılır. Temel kayaç olarak bölgenin temeli amfibolit, şist, klorit ve biyotitist ve granitten oluşan çokça metamorfizmaya uğramış Paleozoyik yaşlı Merdigöz metaformitlerden oluşmuştur. İnceleme bölgesindeki temel kayaçları örten Yalakedere formasyonu çakıl, kum silt gibi kırıntılı akarsu ve gölssel çökellerden oluşur. Alüviyal fan ortamlarını yansıtan bu çökeller genelde az tutturulmuş veya gevşek ince-orta katmanlıdır. Genelde bej ve açık kahve renkli olan bu toprakların boylanması çok kötü olup çimentolu silt ve killerden meydana gelir. İnceleme bölgesini uyumsuz olarak örten Selimiye (kazıklı) Deresinin ve buna bağlı drenaj hatlarının oluşturduğu alüvyon birimler kil, silt, ince kum ile organik kil, organik silt ve az miktarda çakıl gevşek tutturulmamış litolojilerinden meydana gelmektedir. Denizel bataklık çökellerini temsil eden büyüklükleri 1-15m arasında değişen kavkılar (kabuk) gözlenmektedir. Bölgede alüvyon kalınlığı 1-50 m arasında değişmekte ve kalınlık özellikle Kavaklı fayının bulunduğu bölgelerde doğuya doğru artmaktadır. (karavul, kurnaz, kıyak 2007)

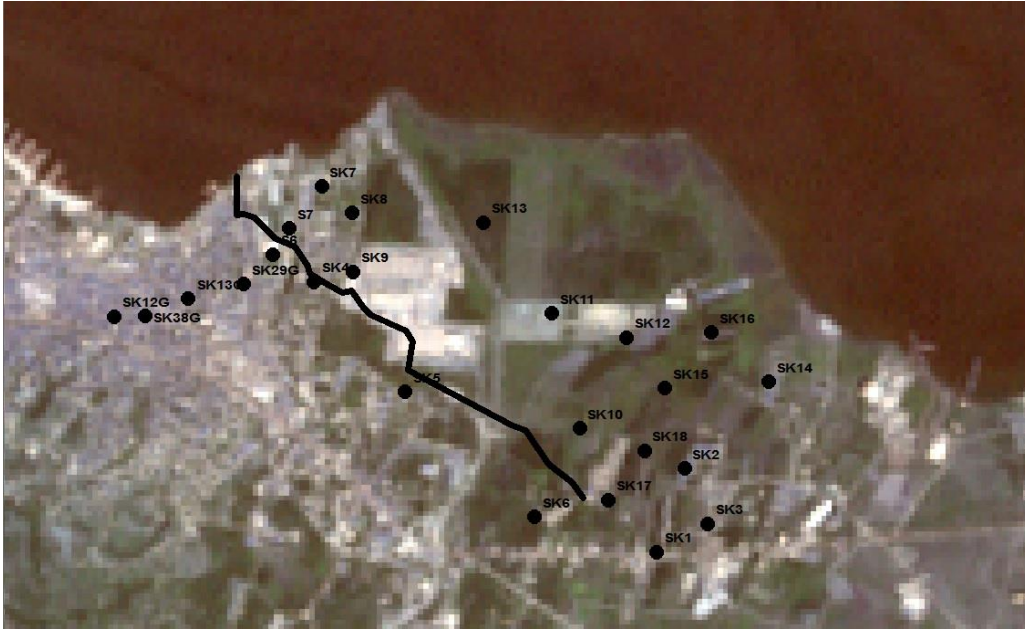
Gölcük Deltasının jeomorfolojisine değinmek gerekirse; 1000-1200 metreye ulaşan dorukların yer aldığı yaklaşık doğu batı uzanımlı olan Armut yarımadasının yüksek dağlıklarından körfeze boşalan derelerin oluşturduğu en büyük delta fanıdır. Gölcük deltasını Hisar, Batak ve Kazıklı derelerinin taşıdığı çökeller meydana getirmiştir. Bu delta fanında bulunan inceleme bölgesi deniz seviyesinden 0-12 m yükseklikte bulunmaktadır.

İnceleme bölgesinin İklim ve bitki örtüsüne değinilirse, bölge, yazları sıcak ve az yağışlı, kışları soğuk ve yağışlı olan Marmara iklim kuşağında yer almaktadır. Kocaeli Meteorolojik gözlem istasyonu verilerine göre en düşük yağışlar Temmuz ayında, ortalama yağış ise Aralık ayında olmak üzere; yağışlar yaz, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde yağmur, kış aylarında kar ve yağmur şeklinde olmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre bağıl nem yılın tüm aylarında ortalama %70 seviyesinde, 1960 – 2012 yılları arasında sıcaklık değerinin en yüksek ölçüldüğü Temmuz ayında sıcaklık 23,8 C ve sıcaklığın en düşük olarak ölçüldüğü

Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında sıcaklıklar ortalama 3-5 C arasındadır. dir. Toplam yıllık yağış miktarı 809.3 mm olarak hesaplanmıştır ve Toplam yağış miktarının %36'sı sellenme veya su fazlası olarak akışa geçmektedir. Bu değerler bölgede yağıştan beslenmenin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. (www.mgm.gov.tr,2017)

### 3.3 Çalışma Alanının Zemin Koşulları

Çalışma alanında zemin koşullarını belirlemek için Kocaeli Üniversitesi tarafından yapılan Kocaeli ili Yazlık, Hisareyn, İhsaniye, Yeniköy ve Gölcük sınırları içerisinde Kalan Afete Maruz Bölge'nin Revize imar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu kapsamında Gürsü Sismik(2008) tarafından 18 Sondaj kuyusu, Belirti Mühendislik(2000) tarafından açılan 39 sondaj kuyusundan 5 tanesi ve Bargu(2000) tarafından açılan sondaj kuyularından olan 3 sondaj kuyusu olmak üzere toplamda 26 sondaj kuyusu kullanılmıştır.



Şekil 3. 3: Bölgedeki Sondaj Loglarının Lokasyonları

Şekil 3.3'de de görüldüğü gibi Zeytinoğlu Tavuk Çiftliği bölgesinde açılan SK-1 numaralı sondaj logunun 01.00-04.00 metreler arasında kahverengi kum içeren plastisitesi düşük silt, 04-00-08.00 metreler arasında gri renkli kum içeren plastisitesi

düşük kil, 08.00-11.50 seviyeleri arasında gri renkli kil-silt içeren siltli kum, 11.50-13.00 metrelerde az kum içeren plastisitesi yüksek kil, 13.00-14.00 metrede plastisitesi düşük kil, 14.00-15.50 metrelerde plastisitesi yüksek kil tabakaları mevcuttur. Yer altı su seviyesi 3.6 metrededir.

Afete Maruz bölgede Zeytinoğlu Tavuk Çiftliği bölümünde ye alan SK-2 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak 05.00-5.50 metrede kahverengi az kum içeren plastisitesi düşük kil, 5.50-10.00 metrelerde gri renkli az kum içeren plastisitesi düşük kil, 10.50-11.50 metrede gri renkli az çakıl içeren siltli kum 11.50-16.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt 16.00-19.00 metrede gri renkli az çakıl içeren siltli kum 19.00-21.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt, 21.00-26.50 metrede gri renkli az kum içeren plastisitesi düşük kil, 26.50-40.00 metrede gri renkli az kum içeren plastisitesi yüksek kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 3.6 metrededir.

Afete maruz bölgenin dışında Zeytinoğlu Tavuk Çiftliği bölümünde yer alan SK-3 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak 0.50-2.50 metrede kahverengi kum içeren plastisitesi düşük kil, 2.50-3.00 metrede plastisitesi yüksek kil, 3.00-5.50 metrede kum içeren plastisitesi düşük kil 5.50-7.00 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum, 7.00-8.50 metrede az kum içeren plastisitesi yüksek kil 8.50-9.50 metrede plastisitesi düşük silt, 9.50-15.50 metrede az kum içeren plastisitesi yüksek kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 4.6 metrededir.

Deniz Evler bölgesinde açılan SK-4 numaralı sondaj logunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak 0.50-11.50 metrede gri renkli az çakıl ve kum içeren plastisitesi düşük silt, 11.50-15.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 2.6 metrededir.

Ford Otosan bölgesinin güneyinde açılan SK-5 numaralı sondaj logunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 05,00-15.5 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum tabakası mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 5.5 metrededir.

Arıtım tesislerinin güneyinde açılan SK-6 numaralı sondaj logunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.5-2.50 metrede kahverengi az çakıl-kum içeren plastisitesi düşük silt, 2.50-5.00 metrede gri renkli siltli kum, 5.00-6.00 metrede plastisitesi düşük kil, 6.00-8.50 metrede çakıl içeren gri renkli siltli kum, 8.50-16.50 metrede gri

renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 5.2 metrededir.

Deniz Evler bölümünde açılan SK-7 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0,50-5.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt, 5.50-11.50 metrede gri renkli kum içeren siltli çakıl, 11.50-14.50 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum, 14.50-20.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt tabakası bulunmaktadır. Yeraltı su seviyesi 1,2 metrededir.

Deniz Evler bölümünde açılan SK-8 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-5.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil 5.50-7.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt 7.00-21.50 metrede gri renkli siltli kum, 21.50-23.50 metre gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt, 23.50-25.00 metrede gri renkli siltli kum, 25.00-40.00 metrede gri renkli az kum içeren plastisitesi düşük kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 1.9 metrededir.

Deniz Evler bölümünde açılan SK-9 numaralı sondaj kuyusunda şekil 3.4, şekil 3.5 ve şekil 3.6 da görüldüğü gibi 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-5.50 metrede kahverengi az çakıl içeren siltli kum, 5.50-7.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt, 7.00-19.00 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum, 19.00-40.00 metrede plastisitesi düşük kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 3.2 metrededir.

Arıtım Tesisleri bölgesinde açılan SK-10 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-4.00 metrede kum içeren kahverengi siltli çakıl, 4.00-5.50 metrede kahverengi siltli kum, 5.50-11.50 metrede çakıl içeren gri renkli siltli kum, 11.50-19.00 metrede az çakıl ve kum içeren gri renkli plastisitesi düşük silt, 19.00-20.50 metrede gri renkli plastisitesi düşük kil, 20.50-22.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt, 22.00-30.00 metrede kum içeren gri renkli plastisitesi düşük kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 3.10 metrededir.

Küçük Sanayi Sitesi bölgesinde açılan SK-11 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-3.00 metrede dolgu, 3.00-5.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt, 5.00-11.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük kil, 11.00-18.50 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt, 18.50-22.00 metrede gri renkli az çakıl içeren siltli kum, 22.00-25.00 metrede plastisitesi düşük silt, 25.00-40.00 metrede gri renkli az kum içeren plastisitesi düşük silt tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 3.3 metrededir.



Küçük Sanayi Sitesi bölgesinde açılan SK-12 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-8.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil, 8.50-22.00 metrede grirenkli az çakıl içeren siltli kum, 22.00-26.50 metrede gri renkli az çakıl ve kum içeren plastisitesi düşük kil, 26.50-34.00 metrede gri renkli az çakıl içeren siltli kum, 34.00-39.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 3.1 metrededir.

Ford otosan fabrikasının kuzey doğusunda açılan SK-13 numaralı sondaj kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-11.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kili 11.00-27.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt, 27.00-40.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 3.5 metrededir.

Serbest bölgede açılan SK-14 numaralı sondaj kuyusunda kuyusunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-11.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil, 11.50-13.00 metrede gri renkli az çakıl içeren plastisitesi düşük kil, 13.00-19.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil, 13.00-28.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt, 28.00-35.00 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum, 35.00-41.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 2.4 metrededir.

Küçük Sanayi sitesinin güneyinde açılan SK-15 numaralı sondajda 0.00-1.00 metrede bitkisel toprak, 1.00-7.00 metrede kahverengi kum içeren plastisitesi düşük kil, 7.00-8.50 metrede gri renkli siltli kum, 8.50-10.00 metrede plastisitesi düşük kil, 10.00-11.50 metrede siltli kum, 11.50-16.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil, 16.00-21.00 metrede gri renkli plastisitesi düşük silt, 21.00-26.50 metrede gri renkli plastisitesi düşük kil, 26.50-40.00 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum tabakaları mevcuttur.

Serbest bölgenin güneyinde açılan SK-16 numaralı sodaj çukurunun 0.00-1.00 metrede bitkisel toprak, 1.00-2.50 metrede kum içeren plastisitesi düşük kil, 2.50-4.00 metrede gri renkli siltli kum, 4.00-8.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük kil, 8.00-10.00 metrede çakıl içeren siltli kum, 10.00-13.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt, 13.50-14.50 metrede çakıl içeren siltli kum, 14.50 - 19.00 metrede gri renkli plastisitesi düşük kil, 19.00-26.50 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum, 26.50-29.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil,

29.50-34.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 2,4 metrededir.

Zeytinoğlu Tavuk çiftliğinin batısında açılan SK-17 numaralı sondaj çukurunun 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-2.50 metrede kahverengi kum içeren plastisitesi düşük silt, 2.50-17.50 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum, 17.50-20.50 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil, 20.50-25.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt, 25.00-30.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 2.4 metrededir.

Zeytinoğlu Tavuk çiftliğinin kuzeyinde açılan SK-18 numaralı sondaj çukurunda 0.00-0.50 metrede bitkisel toprak, 0.50-19.00 metrede gri renkli kum , 19.00-21.00 metrede kumiçeren plastisitesi düşük kil, 21.00-22.00 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt, 22.00-30.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük kil tabakaları mevcuttur. Yeraltı su seviyesi 2.0 metrededir.

Kavaklı bölgesinde bulunan ve Belirti Mühendislik(2000) tarafında açılan SK12G sondajı 00.00-11.00 metrede Orta sıkı-sıkı gri renkli kumlu çakıl, 11.00-28.00 metrede katı,yeşilimsi gri renkli kil, 28.00-31.00 metrede çok katı, yeşilimsi gri renkli kil ve 31.00-39.50 metrede sert, sarımsı kahverengi çakıllı kil tabakalarından oluşmaktadır.

Belirti Mühendislik(2000) tarafından Kavaklı Sahil'ine yakın bir bölgede açılan SK13G 00.00-2.50 metrede dolgu zemin, 2.59.00-13.00 metrede orta sıkı yeşilimsi gri renkli siltli ince kum, 13.00-37.00 metrede çok katı gri renkli az siltli kil ve 37.00-45.45 metrede çok katı-sert gri renkli kavkılı silt tabakaları bulunmaktadır.

SK-12G VE SK-13G gibi Belirti Mühendislik(2000) tarafından Denizelerin güneyinde Sporsalonu ve Futbol Sahasına yakın bir bölgede açılan SK-15G sondajı 00.00-10.00 metrede katı gri renkli kil-silt, 10.00-13.00 metrede çok katı gri renkli ince kumlu silt, 13.00-19 .00 metrede sıkı gri renkli siltli ince-iri çakıllı orta-iri kum, 19.00-22.00 metrede çok katı kahverengimsi gri renkli ince çakıllı organik silt, 22.00-40.00 metrede çok katı siyahımsı gri renkli kil tabakaları vardır.

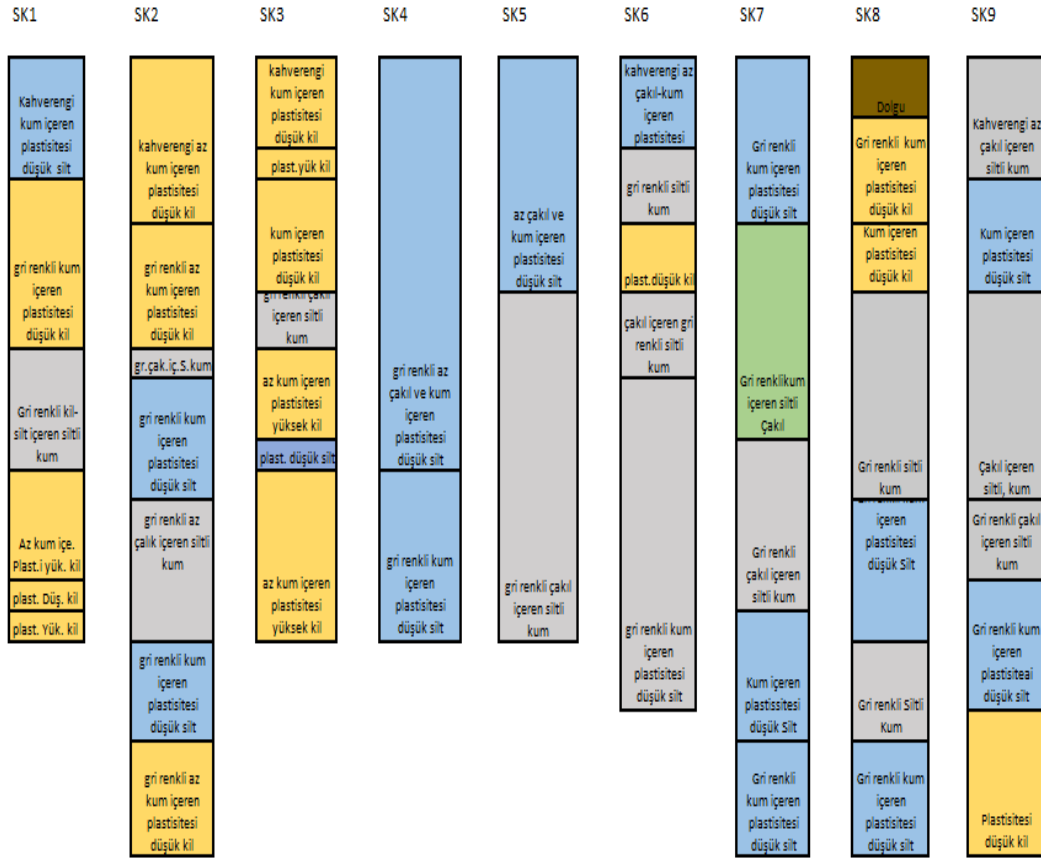
Belirti Mühendislik(2000) tarafından Denizevlerin güneybatısına açılan SK-29G sondaj logu, 00.00-1.00 metrede dolma zemin, 01.00-7.00 metrede katı gri renkli kavkılı silt , 7.00-10.00 metrede katı gri renkli kavkılı kil, 10.00-13.00 metrede çok katı yeşilimsi gri renkli kumlu ince orta çakıllı silt, 13.00-16.00 metrede orta sıkı gri

renkli siltli ince-orta çakıllı orta-iri kum, 16.00-43.00 metrede çok katı gri renkli az siltli kavkılı kil ve 43.00-48.00 metrede sert gri renkli ince-iri çakıllı kavkılı kil tabakalarından oluşmaktadır.

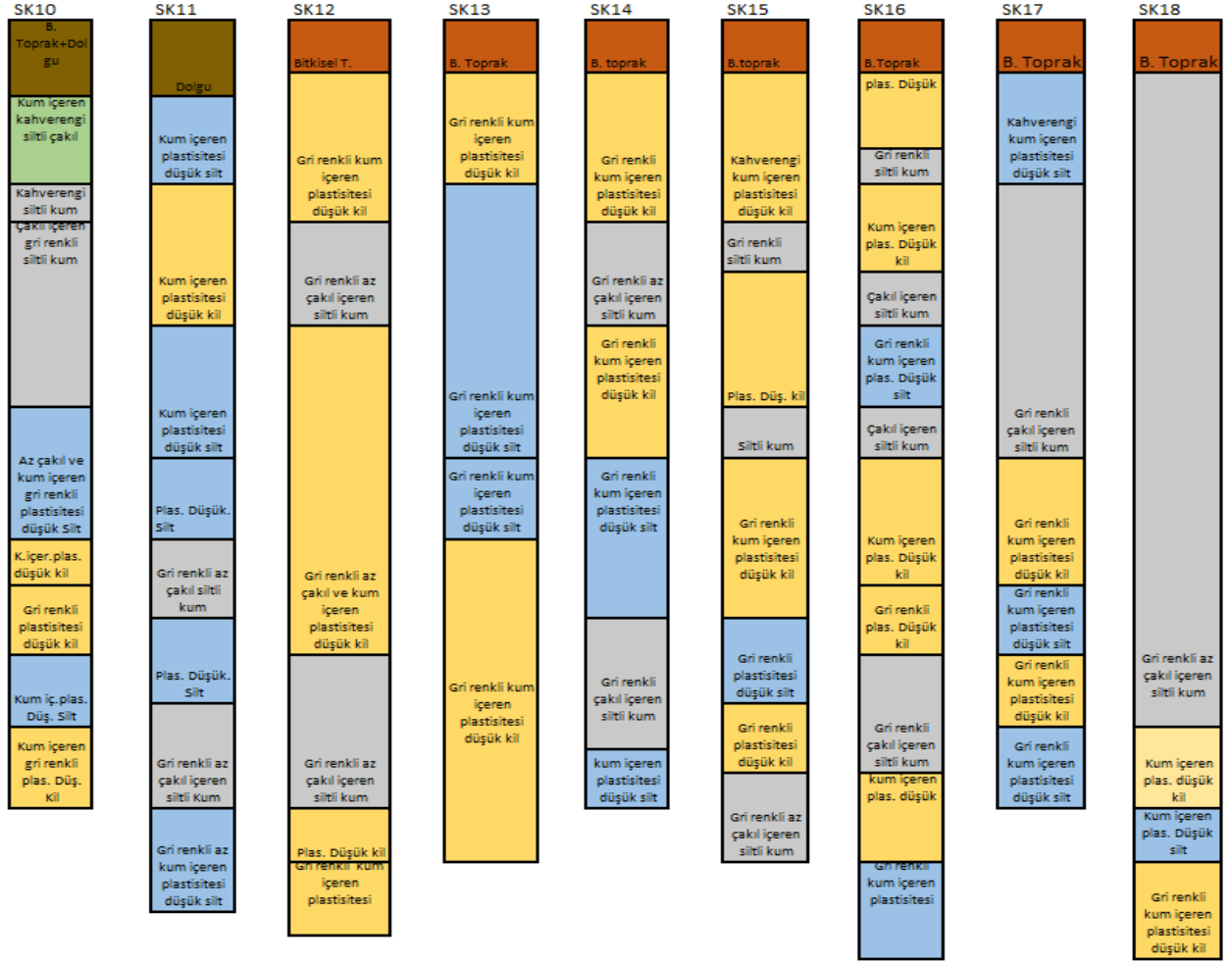
Belirti Mühendislik(2000) tarafından Kavaklı Sahili'nin güneyinde açılan SK38G sondajı 0.00-2.50 metrede orta sıkı kahverengi siltli killi kum, 2.50-10.00 metrede katı gri renkli killi silt ve 10.00-15.45 metrede katı-çok katı gri renkli kil tabakaları mevcuttur.

Bargu(2001) tarafından Kavaklı Sahili'nde hasar gören spor salonunun güneyinde açılan S6 sondajı 0.00-6.45 metrede siltli ince kum, 6.45-9.45 metrede killi silt, 9.45-12.45 metrede kumlu killi çakıl, 12.45-24.45 metrede kumlu çakıl, 24.45-30.45 metrede kum kil tabakaları mevcuttur.

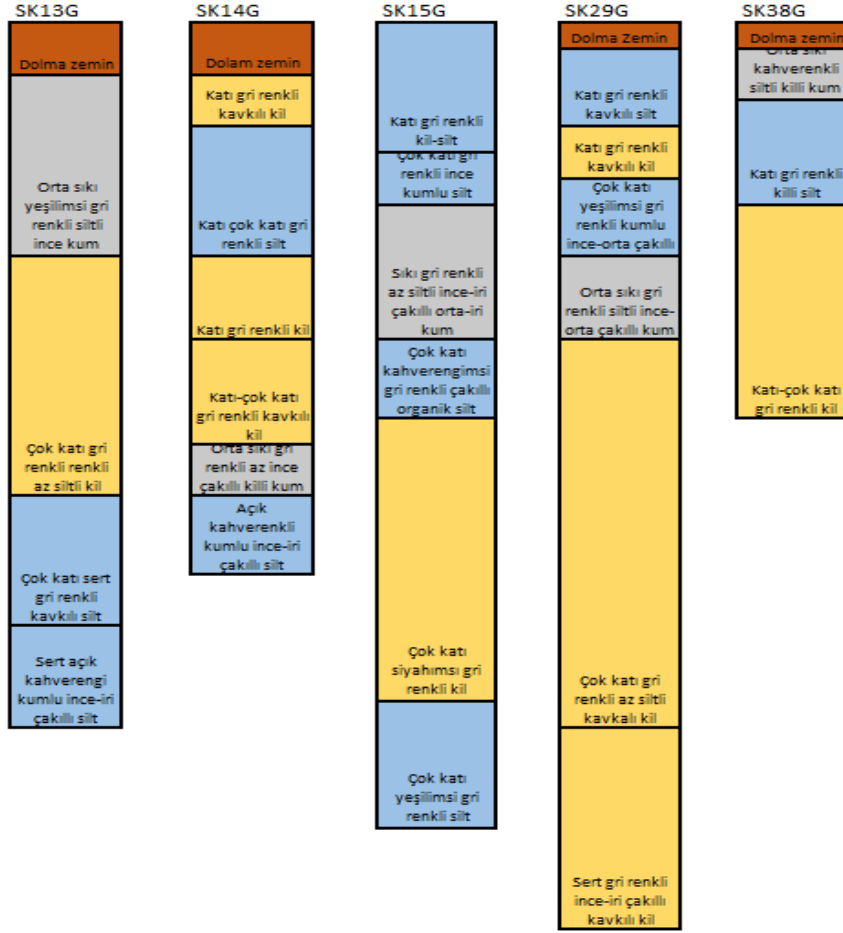
Bargu(2001) tarafından Kavaklı Sahili'nde futbol sahasının sağında açılan S7 sondajında 00.00-5.45 metrede killi çakıllı kum, 5.45-12.45 metrede killi silt, 12.45-21.15 metrede kumlu silt, 21.15-22.95 metrede killi kumlu silt, ve 22.95-30.45 metrede çakıl tabakaları mevcuttur.



Şekil 3. 4: Gürsu Mühendislik(2008) sondaj verilerine göre zemin profilleri



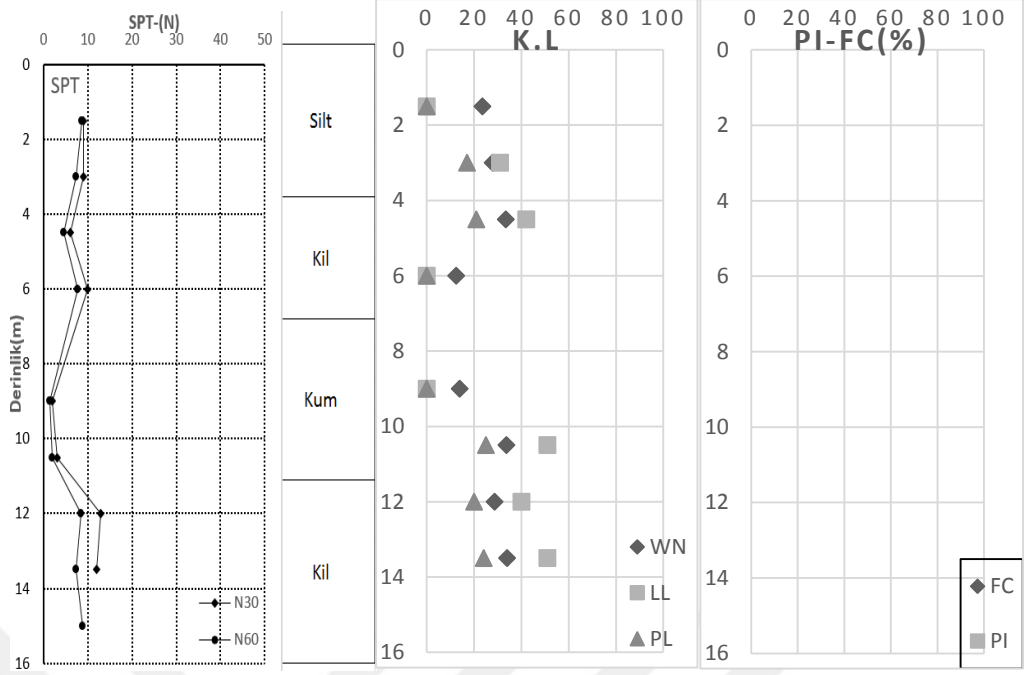
Şekil 3. 5: Gürsu Mühendislik(2008) sondaj verilerine göre zemin profilleri



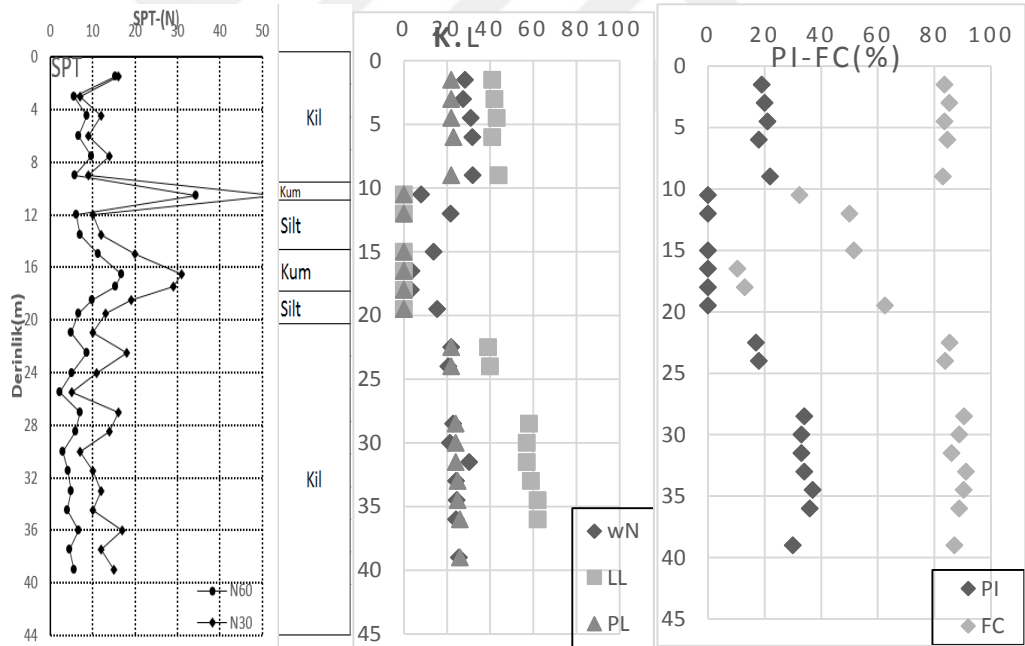
**Şekil 3. 6:** Belirti Mühendislik (2000) sondaj verilerine göre zemin profilleri

Sondaj Profilleri ve Sondaj Loflarının zemin indeks özellikleriyle ilgili hazırlanmış grafikler Şekil 3.8'deki gibidir.

Exel Programı kullanılarak sondaj logları verilerine göre şekil 3.8 ve şekil 3.9'daki gibi SPT N30 ve N60, Likit Limit, Plastik limit, Plastisite indeksi ve İnce dane oranı grafikleri oluşturulmuştur.



Şekil 3. 7: SK-1 sondaj logunun zemin profili ve indeks özellikleri



Şekil 3. 8: SK-2 sondaj logunun zemin profili ve indeks özellikleri

Diğer sondaj loglarının zemin profil ve indeks özellikleri ektedir.

### 3.4 Bölgede Yapılan Analizler

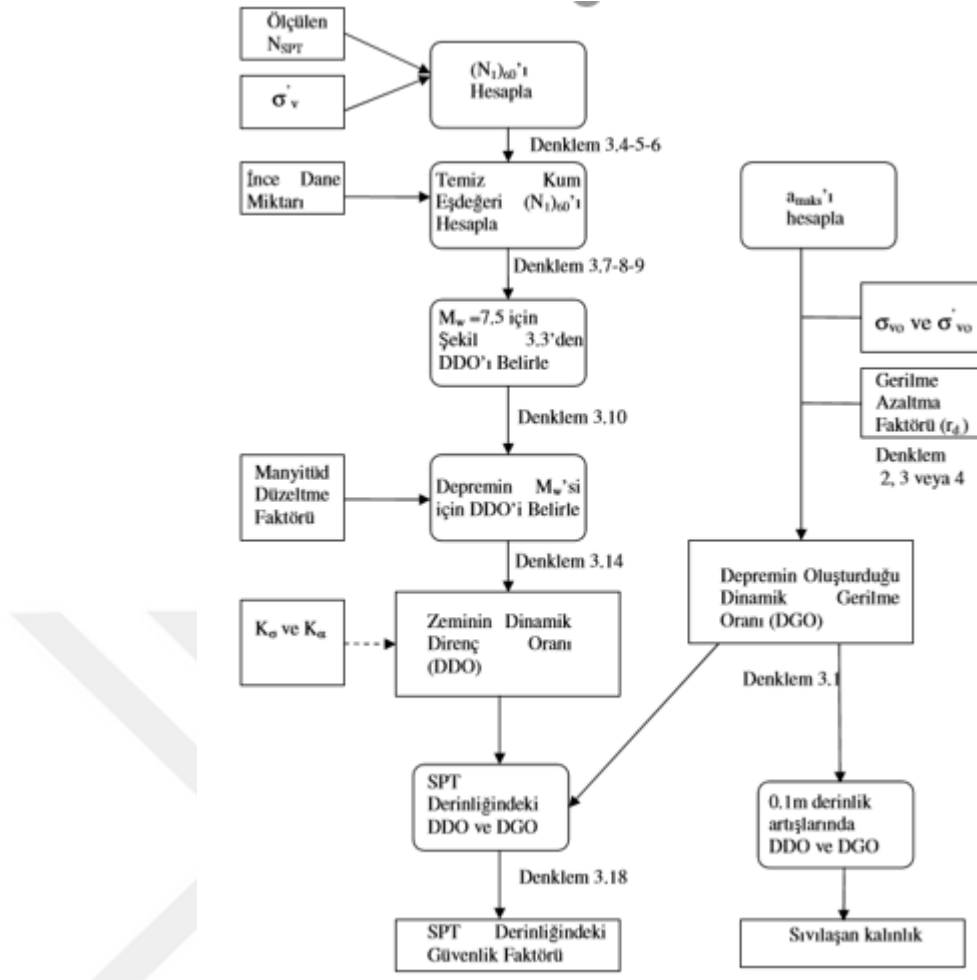
#### 3.4.1 Sıvılaşma

Deprem sırasında aşırı derecede yükselen boşluk suyu basıncı nedeniyle efektif gerilmelerin çok küçük değerlere inmesi sonucu suya doymun gevşek kohezyonsuz zeminlerin, zemin kayma direncini tamamen yitirerek sıvı gibi hareket etmesi durumuna sıvılaşma denir. Sıvılaşma sonucunda meydana gelen yanal ötelemeler ve düşey deplasmanlar yapılarda ciddi hasarlara sebep olmaktadır. Sıvılaşma, kum kaynaması, akma yenilmesi, zemin salınımı, gömülü hafif yapıların (boru, tank vb.) yükselmesi, zeminin taşıma gücünü yitirmesi, zemin oturması, İstinat duvarlarının hasara uğraması ve yanal yayılma gibi zemin deformasyonlarına sebep olur.

Sıvılaşma durumu ve sıvılaşmanın meydana geldiği kumlu zeminlerin deprem sırasındaki davranışı ilk olarak 1964 yılında Japonya-Niigata ve Kuzey Amerika-Akaska depremlerinde gözlenmiş ve bu depremlerle beraber sıvılaşma ile zemin hareketleri ve kumlu zeminler ile yapısal hasarlar arasındaki ilişki üzerine araştırmalar başlamıştır. Sıvılaşma ile ilgili ilk çalışmalar laboratuvarında kum numuneler üzerinde Peacock ve Seed (1968), Finn (1971), Ishihara ve Li (1972) ve Mulilis (1975) tarafından gerçekleştirilmiştir. Fakat kapsamlı çalışmalar Hatanaka(1988), Goto(1987) ve Yashimi(1989) tarafından yerinde dondurularak hazırlanan örselenmemiş zemin numuneler üzerinde yapılmıştır. Hatanaka(1988)'nin çalışmaları aynı yoğunlukta olmalarına rağmen zemin numunelerinin sıvılaşma direnci örselenmemiş zemin numunelerinin sıvılaşma direncinden %50 daha az olduğunu göstermiştir. ( B.Mutlu Sümer ,2014) Benzer olarak, sıvılaşmayla ilgili çalışmalarda Ishihara (1985) donmuş Shelby tüplerini ve Ishihara ve Silver(1977) lok numuneleri kullanarak suya doymun kum numunelerin sıvılaşma direncinin, örselenmiş kum numunelerin sıvılaşma direncinden daha düşük olduğunu göstermiştir.

Sıvılaşma analizi yaparken şekil 3.18'deki Rauch(1997) tarafından önerilen akış diagramı takip edilebilir.





Şekil 3. 9: Zemin sıvılaşma Değerlendirmesi (Rauch,1997)

Sıvılaşmaya etki eden faktörler şu şekilde sıralanabilir: relatif sıkılık, aşırı konsolidasyon oranı, dane boyurları, dane şekli ve dane dağılımı, çökmeden önce geçen süre, numune hazırlama yöntemi, ince dane oranı, örselenme ve zeminin plastisite indisi. (ATİLLA ANSAL,1999).

Sıvılaşma direncini tespit etmek için arazide yapılan ; Koni Penetrasyon Testi (CPT), Standart Penetrasyon Testi (SPT), Kayma Dalgası Hızı ( $V_s$ ) Ölçümü ve çakıllı alanlar için Becke Penetrasyon Testi (BST) olmak üzere dört farklı test vardır. (Yaud vd.,2001)

Kumlu zeminlerde sıvılaşma değerlendirmesi SPT verileri ve CPT verileri kullanılmak üzere iki yöntemle yapılabilmektedir.

### 3.4.1.1 SPT verileri ile sıvılaşma direnci hesaplaması

SPT verileri kullanılarak zeminin sıvılaşmaya karşı güvenlik durumu Seed ve Idriss(1971) ve Yaud ve diğerleri (2001) tarafından geliştirilen bağıntı kullanılarak elde edilen güvenlik sayısı ile yorumlanabilmektedir.

$$FS = CRR/CSR \quad (3.1)$$

Yukarıdaki bağıntıda ; CRR: devirsel direnç oranını, CSR: devirsel gerilme oranı ifade etmektedir.

Devirsel güç oranı yani zeminin sıvılaşmaya karşı gösterdiği direnç (CRR) SPT değerleri veya CPT uç direnci  $q_c$  parametreleri yardımı ile bulunur.

CRR'nin SPT verilerinden bulunabilmesi için öncelikle SPT verilerinde çizelgedeki düzeltmeleri yapmak gerekmektedir.

**Çizelge 3. 1** : Robertson ve Wride (1998) tarafından oluşturulan SPT düzeltmeleri (Youd vd.,2001)

Faktör	Ekipmana bağımlılık	Terim	Düzeltilme
Mevcut düşey basınç	-	$C_N$	$(P_A / \sigma_V')^{0.5}$
Mevcut düşey basınç	-	$C_N$	$C_N \leq 1.7$
Enerji Oranı	Tamburlu tokmak	$C_E$	0.5-1.0
Enerji Oranı	Güvenlik kilitli tokmak	$C_E$	0.7-1.2
Enerji Oranı	Tamburlu oto. tokmak	$C_E$	0.8-1.3
Kuyu Çapı	65-115 mm	$C_B$	1.0
Kuyu Çapı	150 mm	$C_B$	1.05
Kuyu Çapı	200 mm	$C_B$	1.15
Tij Boyu	<3 m	$C_R$	0.75
Tij Boyu	3-4 m	$C_R$	0.8
Tij Boyu	4-6 m	$C_R$	0.85
Tij Boyu	6-10 m	$C_R$	0.95
Tij Boyu	10-30 m	$C_R$	1.0
Numune alma Yöntemi	Standart Numune alıcı	$C_s$	1.0
Numune alma Yöntemi	İç kılıfsız numune alıcı	$C_s$	1.1-1.3

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_S C_B C_E \quad (3.1)$$

Burada,

$N$ , ölçülen SPT darbe sayısı,  $C_N$ , efektif gerilmeye göre düzeltme faktörü,  $C_R$ , tij boyuna göre düzeltme faktörü  $C_S$ , standart olmayan numune alıcı için düzeltme faktörü  $C_B$ , sondaj kuyusu çapına göre düzeltme faktörü  $C_E$ , tokmak oranına göre düzeltme faktörleri düzeltme faktörü

Yukarıdaki düzeltmeyi yaptıktan sonra  $N_{1,60}$  değeri üzerinde de ince dane oranına göre düzeltme yapmak gerekir.

$$N_{1,60cs} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (3.2)$$

$$FC \leq \%5 \text{ için } \alpha=0 \text{ ve } \beta=1.0 \quad (3.3)$$

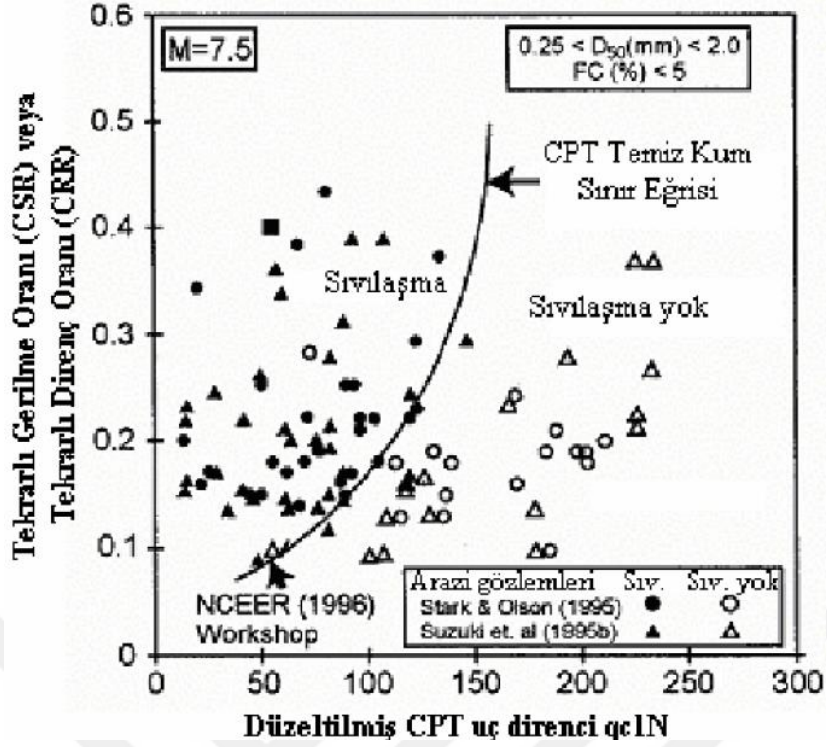
$$\%5 \leq FC \leq \%35 \text{ için } \alpha = \exp\left(1.76 - \frac{190}{(FC)^2}\right), \beta = \left[0.99 + \left(\frac{FC}{1000}\right)^{1.5}\right] \quad (3.4)$$

$$FC \geq \%35 \text{ için } \alpha=5.0 \text{ ve } \beta=1.2 \quad (3.5)$$

Düzeltilmiş SPT ( $N_{1,60cs}$ ) değeri ile Seed ve diğ.,(1985)'nin oluşturduğu ve Yaud vd.(2001) tarafından modifiye edilen karteladan yararlanılarak CRR (devirsel güç oranı) hesaplanabilir.

Ayrıca karteladaki eğrilerin denklemi olan aşağıdaki denklemde belirtilen koşullarda kullanılabilir.  $CRR_{7.5}$  değeri temiz kaba daneli (kum) zeminler için  $N_{1,60} < 30$  olduğu durumlarda aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir.  $N_{1,60} \geq 30$  için temiz kaba daneli (kum) zeminler sınıvlaşma açısından çok sıkıdırlar ve sınıvlaşmayan zeminler olarak sınıflandırıldığı için bu durumda bu bağıntı geçerli değildir. (Youd vd., 2001).

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_{1,60})} + \frac{(N_{1,60})}{135} + \frac{50}{[10.(n_{1,60}) + 45]2} - \frac{1}{200} \quad (3.6)$$



**Şekil 3. 10:**  $M_w = 7.5$  büyüklüğündeki depremler için, farklı ince dane oranlarına göre NCEER Çalışma Grubu tarafından önerilen düşük tekrarlı gerilme oranı düzeltmesi yapılarak elde edilen eşdeğer tekrarlı gerilme oranı ve SPT N<sub>1,60</sub> değeri arasındaki ilişki (Seed vd.

### 3.4.1.2 CPT değeri verilerinden sıvılaşma direnci hesaplaması

Koni Penetrasyon deneyi sonucu bulunan uç direnci ( $q_c$ ) kullanılarak CRR'nin hesaplanması ve Seed ve İdris(1971)'in yöntemi ile CSR'nin hesaplanması ile sıvılaşma potansiyeli tespit edilir. uç direnci ( $q_c$ ) CRR'yi bulmak için kullanılabilmesi için  $q_c$  de bir takım düzeltmeler yapılması gerekmektedir.

$$q_{c1N} = C_Q(q_c/P_a) \quad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \quad (3.7)$$

Burada,  $C_Q$  koni uç direnci normalizasyon faktörü,  $q_c$ , ölçülen koni uç direnci,  $n$ , 1.0 (kil zeminler için), 0.50, (temiz kumlar için), 0.50-1.00, (silt ve siltli kumlar için) zemin cinsini ifade eden zemin indeksi

Yüzeğe yakın yerlerde  $C_Q$  değeri küçükse de  $C_Q$  için 1,7 den büyük değer kullanılmamalıdır. (Youd vd., 2001). Yukarıdaki bağıntı yardımıyla elde edilen boyutsuz  $q_{c1N}$  değerine ince danenin de etkisi görmek için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir:

$$q_{c1N,CS} = K_c q_{c1N} \quad (3.8)$$

Burada,  $K_c$  değeri Robertson ve Wride (1998) tarafından belirlenmiş dane özelliği düzeltme katsayısıdır.

$$I_c = 1,64 \text{ için} \quad K_c = 1.0 \quad (3.9)$$

$$I_c \geq 1,64 \text{ için} \quad K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88 \quad (3.10)$$

$n=1$  olarak hesaplanan  $Q$  kullanılarak  $I_c < 2.6$  şeklinde hesaplanırsa zemin killi ve sıvılaşmayan zemin olarak kabul edilir. Eğer  $n=1$  alınarak bulunan  $Q$  kullanılarak hesaplanan  $I_c > 2.6$  ise,  $C_Q$  ve  $Q$   $n=0,5$  alınarak tekrar hesaplanır ve  $I_c$  büyüklüğü yeniden belirlenir, eğer  $I_c < 2.6$  ise bu değer sıvılaşma analizlerinde kullanılır, eğer  $I_c > 2.6$  ise  $n=0.7$  olarak alınarak  $I_c$  tekrar hesaplanır ve bu sıvılaşma analizlerinde kullanılır.  $I_c$  değeri Robertson ve Wride (1998) yöntemine göre şu şekilde hesaplanır:

$$I_c = [(3,47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2]^{0.5} \quad (3.10)$$

$$Q = [(q_c - \sigma_v) / P_a] \cdot [(P_a / \sigma'_v)^n] \quad (3.11)$$

$$F = [f_s (q_c - \sigma_v)] * 100\% \quad (3.12)$$

Burada,  $f_s$ , Sürtünme direnci

Düzeltilmiş koni uc direnci kullanılarak  $M=7.5$  büyüklüğünde bir depremde oluşabilecek sıvılaşmanın direnci Youd ve diğ.,2001)'e göre şu şekilde hesaplanır.

$$q_{c1N,CS} < 50 \text{ için} \quad CRR_{7.5} = \frac{0.833q_{c1N,CS}}{1000} + 0.05 \quad (3.13)$$

$$50 \leq q_{c1N,CS} < 160 \text{ için} \quad CRR_{7.5} = 93 \left( \frac{q_{c1N,CS}}{1000} \right)^3 + 0.008 \quad (3.14)$$

Ayrıca Robertson ve Wride (1998) tarafından geliştirilen kartela yardımıyla da CRR değeri tespit edilebilir.

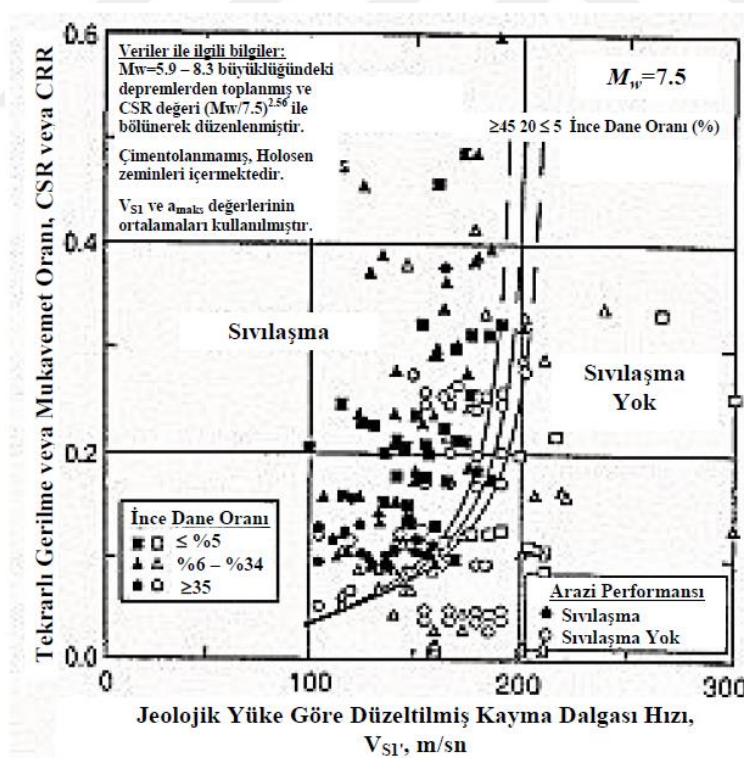
### 3.4.1.3 $V_s$ (Kayma Dalgası) verilerine göre sıvılaşma analizi

Andrus ve Stokoe (1997, 2000) tarafından geliştirilen yöntemle  $V_s$  değerleri kullanılarak sıvılaşma analizi yapılabilir. CSR değeri Seed ve Idriss (1971) tarafından geliştirilen yöntemle hesaplanabilir. Arazide ölçülen  $V_s$  değerleri aşağıdaki gibi düzeltilerek  $V_{s1}$  değerleri elde edilir (Kayen vd., 1992; Robertson vd., 1992),

$$V_{s1} = V_s \left( \frac{P_a}{\sigma'_{rv}} \right)^{0.25} \quad (3.15)$$

Burada,  $V_{s1}$ , düşey gerilmeye göre düzeltilmiş kayma dalgası hızını,  $P_a = \sigma'_v$  ile aynı birimde 1 atmosfer basıncına karşı gelen değer  $\sigma'_v$ , efektif düşey gerilmedir.

$V_{s1}$  değeri kullanılarak Andrus ve Stokoe (2000) tarafından elde edilen kartel yardımıyla CRR değerleri elde edilir.



Şekil 3.11  $V_s$  verilerinden sıvılaşma direncini hesaplamak için oluşturulan kart (Andrus ve Stokoe, 2000'den)

Karteladaki eğimin denklemi şu şekildedir:

$$CRR_{7.5} = 0,022\left(\frac{V_{s1}}{100}\right)^2 + 2.8\left(\frac{1}{V_{s1*}-V_{s1}} - \frac{1}{V_{s1*}}\right) \quad (3.16)$$

$V_{s1}^*$  değeri  $V_{s1}$  için sıvılaşmanın meydana gelebileceği üst sınır değeridir.  $V_{s1}^*$  değerleri ince dane oranı  $\leq$  %5 ve %35 arasında olan zeminler için 215 m/sn ve 200 m/sn aralığında doğrusal olarak değişmektedir.

#### 3.4.1.4 Geliştirilmiş Çin Kriterine göre sıvılaşma direnci hesaplaması

Seed vd., (2001)'e göre kil yüzdesi (çin tanımına göre 0.005 mm'den küçük boyutlu daneler kil olarak kabul edilmektedir.) %15'ten küçükse, arazideki mevcut su muhtevası likit limitin %90'ına eşit veya daha büyükse ve likit limit %35'e eşit veya daha küçükse zeminin sıvılaşma potansiyeli vardır.

#### 3.4.1.5 Çin kriterlerinin tekrar değerlendirilmesi (Andrews ve Martin, 2000)

Yapılan çalışmalar sonucunda CSR oranı yaklaşımının sıvılaşma tetiklenme potansiyelinin belirlenmesinde kullanılabilmesi için düz serbest saha koşulları ve sığ çökeller gereklidir. Eğimli sahalarda veya ağır yapılar altındaki tabakalarda başlangıç (statik ) kayma gerilmesi olması sıvılaşma potansiyelinde CSR oranı yaklaşımının doğru sonuç vermesini engellemektedir.( ÖZAYDIN,2007). Oluşan çevre basınçlarının ve başlangıç gerilmelerinin sıvılaşma potansiyeline etkilerini göz önüne almak için Seed (1983) tarafından önerilen düzeltme bağıntısı kullanılmalıdır.

$$(CSR_{arazi})_{\alpha,\sigma} = (CSR_{arazi})_{\alpha=0}, \sigma < 100 \text{ kpa } K_{\alpha} K_{\sigma} \quad (3.17)$$

Burada  $\alpha = \tau_{h \text{ statik}} / \sigma'_{v0}$  ve  $K_{\alpha} K_{\sigma}$  düzeltme faktörleridir.

$K_{\alpha}$  değerinin sıkı zeminlerde 1.0'den büyük, gevşek ve sığ çökellerde 1.0'den küçük olarak alınması gerekmektedir. (Seed ve Harder, 1990). Idriss ve Boulanger (2006)  $K_{\sigma}$  düzeltme faktörü için ise aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir.

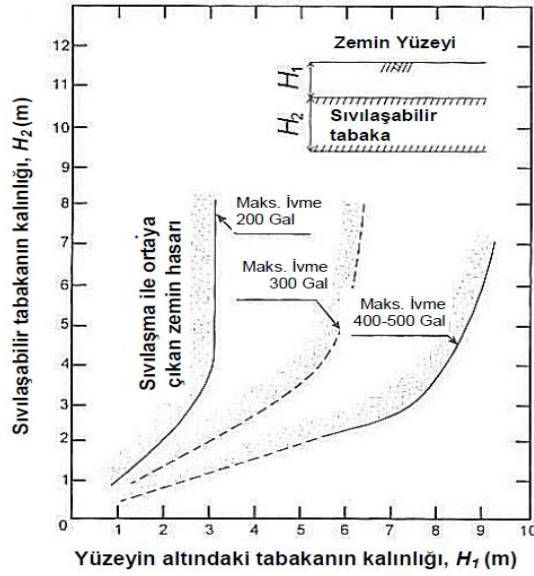
$$K_{\sigma} = 1 - C_{\sigma} \ln\left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_{\alpha}}\right) \quad (3.18)$$

$$C_{\sigma} = \frac{1}{18.9 - 2.55\sqrt{N_{1,60}}} \quad (3.19)$$

Geçmiş depremlerde sıvılaşmanın meydana geldiği zeminlerin sonraki depremlerde tekrar sıvılaşma gösterme olasılığının büyük olduğu hem laboratuvar çalışmalarında hem de arazi gözlemlerinde tespit edilmiştir.(Ansal ve Ögünç,1981)

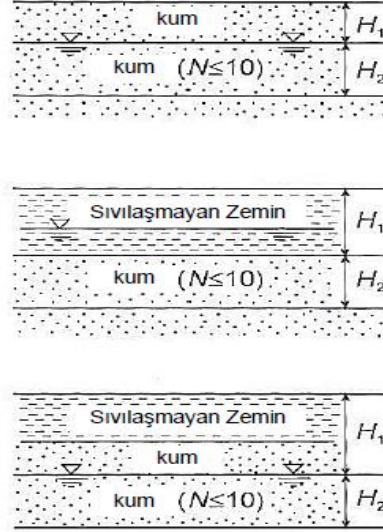
### 3.4.1.6 Sıvılaşma etkilerinin değerlendirilmesi

Ishihara Yöntemi (1985)'ne göre Zeminde sıvılaşan tabakanın zemin yüzeyinde hasara sebep olup olmadığı sıvılaşan zemin tabakasının kalınlığının bu tabakanın üzerindeki tabakaların kalınlığı ile karşılaştırılarak şekilde gösterilen eğrilere göre karar verilir. Eğer en üst tabaka kalınlığı  $H_1$ , daha alt seviyede bulunan sıvılaşabilen zemin tabakasının kalınlığı  $H_2$ 'den büyükse zemin yüzeyinde oluşacak olan hasar önemsiz bir hasardır. (Belediyeler için sismik mikrobölgeleme,2004)



Şekil 3. 12: Sıvılaşma nedeniyle zemin yüzeyinde oluşan hasar tespiti grafiği (Ishihara, 1985)





**Şekil 3. 13:** Yüzeyle ilgili sivilaşmayan ve altındaki sivilaşabilir zemin tabakalarının tanımları (Ishihara, 1985)

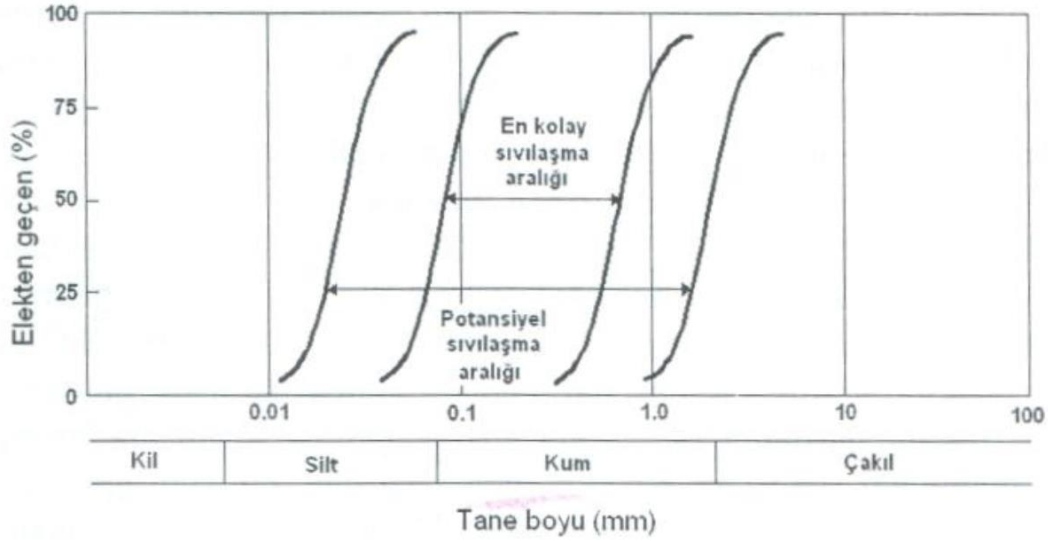
Kuribayashi ve Tatsvoka (1975) ve Wakamatsu (1993) sivilaşmış alanlardaki sismik şiddetleri inceleyerek sivilaşmanın genellikle, bazı örnekler hariç Japon Meteoroloji Ajansının (JMA) şiddet ölçeği V'i (ya da M. Mercalli ölçeğinde VIII'i aşan bir şiddet değerine ulaşan sismik sarsıntıyla meydana gelebileceğini ortaya koymuşlardır. (ZARİF , ÖZÇEP, ÖZYALIN, 2005)

Sivilaşma ile ilgili diğere bir bilgi ,Tokimatsu ve Uchida (1990), Keyabali (1996) Andru(1999) ve Stokoe (1999 ) tarafından zemin tabakasının sivilaşma potansiyeli ile o zemin tabakasından geçen S dalgasının hızı arasında yüksek derecede korelasyon olduğu şeklindedir. (Çapar,2003)

Çapar (2003) tarafından yapılan çalışmada zeminin dane diziliminden dolayı oluşan anizotropinin sivilaşma potansiyeli üzerinde son derece etkili olduğunu saptamış olup S dalgasının zeminin daneli yapısındaki değişimine karşı hassas olduğunu bundan dolayı daneli zeminin kayma modülü ile zemin sivilaşma potansiyeli arasında Exponansiyel bir fonksiyon ilişkisi olduğunu tespit etmiştir.

Sivilaşmayı zemin rölatif sıkılığına göre de değerlendirmek mümkündür. Rölatif sıkılığı %65'den büyük olan zeminlerde sivilaşmanın oluşmayacağı söylenebilir. Fakat 1964 Niagata Depreminde rölatif sıkılığı %50 olan kumlu zeminlerde

sıvılaşma meydana gelirken rölatif sıklığı %70 bölgelerde sıvılaşma oluşmamıştır. (SEED ve IDRIS, 1974)



**Şekil 3. 14:** Zeminin Dane Dağılımına Göre Sıvılaşma Olasılığı Değerlendirmesi  
Zeminlerde sıvılaşabilir granülometri aralığı ( Handbook on liquefaction  
Remediation on Reclaimed Land 1999)

### 3.4.2 İnceleme bölgesinde sıvılaşma analizi

#### 3.4.2.1 Sıvılaşma analizinde kullanılan sondaj loglarının fiziksel özellikleri

Gürsu Sismik(2000) tarafından sondaj loglarının zemin indeks özellikleri yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda aşağıdaki gibi bulunmuştur. Aşağıda SK-1 ve SK-2 sondajlarının zemin indeks özellikleri verilmiştir. Diğer sondaj logları için zemin indeks özellikleri ektedir.

**Çizelge 3. 2 :** Robertson ve Wride (1998) tarafından oluşturulan SPT düzeltmeleri (Youd vd.,2001)

TEST NO	DERİNLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZEMİN TİPİ
SPT1	1,5	23,5	60,37	0	0	0	1,85	9	ML
SPT2	4,5	27,84	76,32	31	17	14		6	CL
SPT3	6	33,37	75,11	42	21	21		10	CL
SPT4	9	12,4	11,05	0	0	0		2	SM
SPT5	10,5	13,84	14,62	0	0	0		3	SM
SPT6	12	33,61	86,56	51	25	26		13	CH
UD	13,5	28,65	88,52	40	20	20		12	CL
SPT8	15	33,97	89,37	51	24	27		15	CH

### 3.4.2.2 En Büyük Yer İvmesinin bulunması

Zeminlerde Sıvılaşma potansiyelini belirlemek için kullanılan maksimum ivme degerini hesaplamak için, bölgesel arazi koşulları, depremin büyüklüğü, uzaklık ve sismik enerji kaynağı özelliklerini içeren ampirik bağıntılar (azalım iliskileri) kullanılabilir. (Zülküf Kaya,2006)

Azalım iliskileri, deprem büyüklüğü ve deprem kaynağı ile çalınma alanı arasındaki mesafe parametrelerinin bir fonksiyonu olarak kuvvetli yer hareketinin yayılması ve degerini ifade eder. (Zülküf Kaya,2006)

Dünyada yapılan çalınmalarda çokça azalım iliskisi türetilmiştir. Bu azalım iliskileri arazinin deprem özelliklerine bağımlı olduğu için fayın kırılma şekli, deprem büyüklüğü, mesafe, arazi şartları gibi özelliklere göre degerlenlik gösterir. Ayrıca, Türkiye’de Kuzey Anadolu Fay( KAF) hattında manyitüdü  $M > 7$  olan depremlerin ve yerel kuvvetli yer hareketinin kayıt edilmesindeki istasyonların azlığından dolayı bu çalınmada en büyük yer ivmesi bulunurken birçok azalım iliskisi kullanılmıştır. Bu çalınmada kullanılan ,

Joyner ve Boore(1981):

$$\begin{aligned} \text{Log}(A) &= -1,02 + 0,249 * M_w - \text{log}(R) - 0,00255 * (r) \pm 0,26 & (3.20) \\ r &= (d^2 + 7,3^2)^{1/2} \end{aligned}$$

Burada A, en büyük yatay ivme (g),  $M_w$ , moment büyüklüğü olup  $5.0 \leq M_w \leq 7.7$  arasında degerir, d, fay kırılımının yüzey yansımalarına en yakın mesafe (km)’dir.

Fukushima ve Tanaka (1990):

$$\log A = 0.41 * M_s - \text{log}(R + 0.032 * 10^{(0.41 * M_s)}) - 0.0034 * R - 1.69 \pm 0.21 \quad (3.21)$$

Burada A, her bölgede iki yatay bileşenden en büyük ivme degerinin ortalaması (g), R, arazi ile kırılan fay arasındaki en kısa mesafe (km),  $M_s$ , yüzey dalgası büyüklüğü olup  $6.0 \leq M_s \leq 7.9$  arasında değişir.

Ambraseys (1995):

$$\begin{aligned} \log(a_h) &= -0.87 + 0.217 * M_s - 0.00117 * r - \text{log}(r) + 0.26P & (3.22) \\ r &= (D^2 + h^2)^{1/2} \end{aligned}$$

Burada r, odak uzaklığı,  $M_s$ , yüzey dalgası büyüklüğü, D, sismik enerji kaynağına olan mesafe (km), h, odak derinliği (km),  $a_h$ , maksimum yatay yüzey ivmesidir. P ise

ivmenin gerçek degerinin %50 asılma olasılığı için 0, %84 olasılık için 1'dir.

Hu, Liu ve Dang (1996):

$$\ln(a_y / g) = 3.363 + 0.530 * M_w - 2.216 * \ln(R + 25) \quad (3.23)$$

$$R = (D^2 + h^2)^{1/2}$$

Burada  $a_y$ , en büyük yatay yüzey ivmesi,  $M_w$ , depremin moment büyüklüğü,  $R$ , odak uzaklığı,  $D$ , çalışma alanı ile kırılan fay arasındaki mesafe (km),  $h$ , odak derinliği (km)'dir.

Ansal (1999):

$$\text{Log}(A_p) = 0.33 * M_w - 0.00327 * R - 0.79 * \text{Log}R + 1.177 \quad (3.24)$$

$$(R_{ep}^2 + h^2)^{1/2}$$

Burada  $A_p$ , en büyük yer ivmesi (cm/sn),  $R_{ep}$ , episenter mesafesi,  $h$ , odak derinlik (km),  $M_w$ , moment büyüklüğüdür.

Verilen bağıntılar kullanılarak her bir sondaj logu için çizelgede verilen en büyük yer ivme değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 3. 3:** Farklı yöntemlere göre en büyük yer ivmeleri

Sondaj No	Faya Uzaklık	Joyner ve Boore(1981)	Fukushima ve Tanaka (1990)	Ambraseys (1995)	Hu, Liu ve Dang (1996)	Ansal (1999)
SK-13G	0,207	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-14G	0,217	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-15G	0,05	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-29G	0,117	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-38G	0,287	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-1	0,013	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-2	0,474	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-3	0,223	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-4	0,033	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-5	0,117	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-6	0,277	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-7	0,377	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-8	0,367	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-9	0,133	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-10	0,25	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40

SK-11	0,684	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-12	0,784	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-13	0,774	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-14	1,117	0,59	0,38	0,59	0,37	0,40
SK-15	0,751	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-16	1,167	0,59	0,38	0,59	0,37	0,40
SK-17	0,127	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40
SK-18	0,42	0,59	0,39	0,59	0,37	0,40

### 3.4.2.3 Sıvılaşma analizi

Belirti Mühendislik(2000) tarafından Kavaklı sahili bölgesi ve Denizevlerde açılan 5 sondaj ve Gürsu Mühendislik(2008) tarafından Denizevler, Zeytinoğlu Tavuk çiftliği, Ford otosan güney ve kuzey doğusu, Arıtım Tesisi ve Serbest bölgelerde açılan 18 sondaj kuyusu için Seed and Idris (1971) ve Yaud ve diğerleri (2001) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak devirsel direnç oranı (CRR) ve devirsel gerilme oranı (CSR) değerlerinin hesaplanmış olup bu iki değer oranıyla her bir sondaj logu için güvenlik faktörü sayıları elde edilmiştir. Bu güvenlik faktörlerine göre hangi sondaj loglarının hangi derinliklerde sıvılaşma olabileceği tespit edilmiştir.

Seed and Idris (1971) ve Yaud ve diğerleri (2001) tarafından geliştirilen bağıntılar yardımıyla yapılan sıvılaşma analizinde FS (güvenlik faktörü) değerini bulmak ve sıvılaşma değerlendirmesi yapmak için CRR (devirsel güç oranı) ve CSR(devirsel gerilme oranı) olmak üzere iki değer vardır. Bunlardan CRR değerini bulmak için Youd vd.(2001) tarafından Seed vd.(1985)'den modifiye ettiği dikey eksenli CRR değerlerinden, yatay eksenli düzeltilmiş SPT( $N_{1,60}$ ) değerlerinden oluşan karteladan faydalalanır. FC (İnce dane oranı) değerine göre ,  $\%5 \leq FC$ ,  $\%5 \leq FC \leq \%15$ ,  $\%15 \leq FC \leq \%35$ ,  $\%35 \leq FC$  durumlarına göre üç eğri bulunmaktadır.

$C_N$ (efektif gerilmeye göre düzeltme faktörü),  $C_R$  (tij boyuna göre düzeltme faktörü),  $C_s$  (standart olmayan numune alıcı için düzeltme faktörü),  $C_B$ ( sondaj kuyusu çapına göre düzeltme faktörü),  $C_E$ (tokmak oranına göre düzeltme faktörleri düzeltme faktörü) dikkate alınarak hesaplanan  $N_{1,60}$  değerinde FC(ince dane oranı)'na bağlı olarak düzeltme yapıldıktan sonra elde edilen  $N_{1,60cs}$  değeri ve sondaj loglundan alınan numelerden belirlenen FC değerleri kartelada karşılaştırılarak CRR değerleri elde edilir.

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_s C_B C_E$$

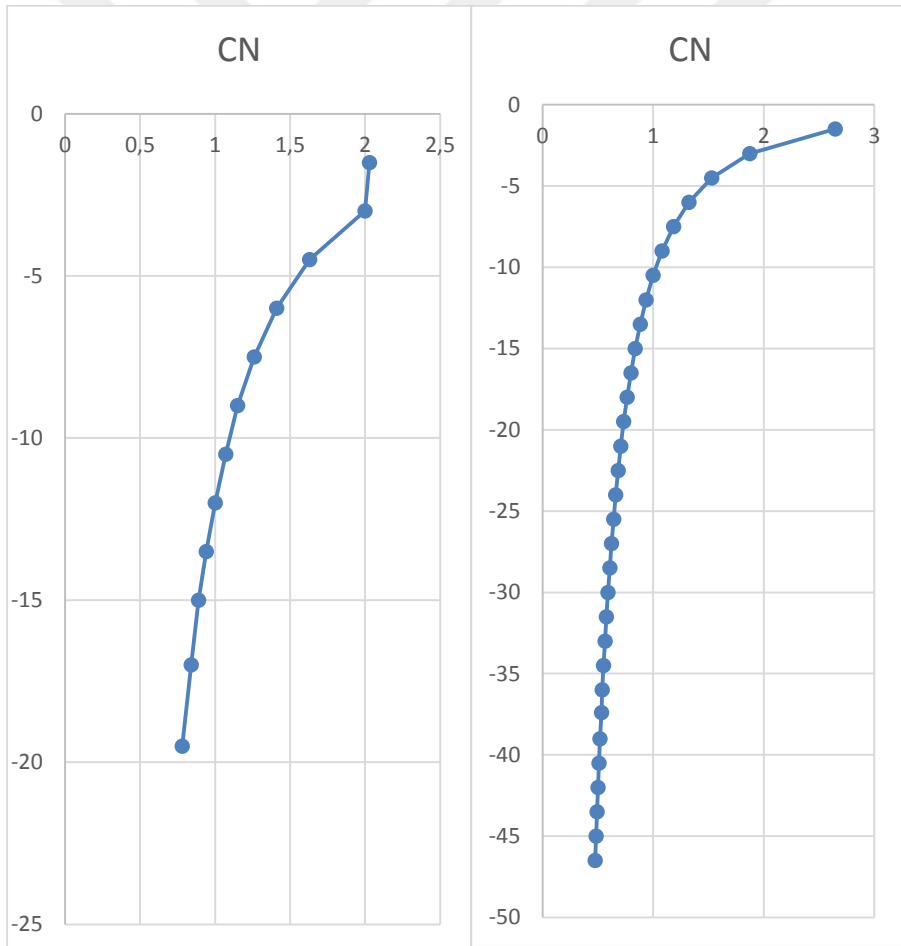
Bağıntıda kullanılan düzeltme faktörleri için Robertson ve Wride(1998) tarafından oluşturulan tablo kullanılabilir. Burada  $C_N$  (efektif gerilmeye göre düzeltme faktörü) herbir sondaj logu için Efektif gerilmeye göre değişim gösteren Liao Whitman(1986) bağıntısına göre kullanılarak hesaplanır.

$$(P_A/\sigma'_v)^{0.5} \leq 1,7 \quad (3.25)$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - u \quad (3.26)$$

( $P_a = \sigma'_v$  birimleri cinsinden atm basıncı)

$C_N$  (efektif gerilmeye göre düzeltme faktörü)'nin derinlikle değişimi çalışma bölgesinin kıyı kesiminde seçilen SK-7 ve SK-29G numaralı 2 sondaj loglarıyla şekildeki gibi gösterilmiştir.



**Şekil 3. 15:** SK-7 ve S29G sondajlarında CN (efektif gerilmeye göre düzeltme faktörü) dağılımı

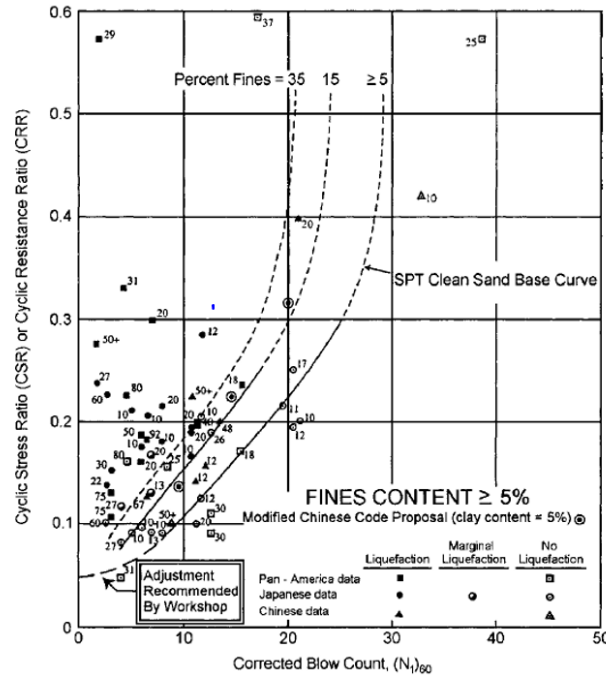
$C_R$  (tij boyuna göre düzeltme faktörü) derinliğe göre değişim göstermekte olup, <3 m için 0.75, 3-4 m için 0.8, 4-6 m için 0.85, 6-10 m için 0.95 m, 10-30 m için 1.0 olarak belirlenmiştir.  $C_s$  (standart olmayan numune alıcı için düzeltme faktörü) 1.0,  $C_B$  (sondaj kuyusu çapına göre düzeltme faktörü), 1.0 ve  $C_E$  (tokmak oranına göre düzeltme faktörleri düzeltme faktörü) 0,75 olarak seçilmiştir. SPT deneyi sonucunda elde edilen  $N_{30}$  değerinin düzeltme faktörleriyle çarpılmasıyla  $N_{1,60}$  değeri elde edilir. Ayrıca elde edilen  $N_{1,60}$  değeri üzerinde FC (ince dane oranı)'e göre Youd vd.(2001) tarafından geliştirilen bağıntılara göre tekrar bir düzeltme daha yapmak gerekir.

$$N_{1,60cs} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (3.27)$$

$$FC \leq \%5 \text{ için } \alpha=0 \text{ ve } \beta=1.0$$

$$\%5 \leq FC \leq \%35 \text{ için } \alpha = \exp\left(1.76 - \frac{190}{(FC)^2}\right), \beta = \left[0.99 + \left(\frac{FC}{1000}\right)^{1.5}\right] \quad (3.28)$$

$$FC \geq \%35 \text{ için } \alpha=5.0 \text{ ve } \beta=1.2$$



**Şekil 3.16:**  $M_w = 7.5$  büyüklüğündeki depremler için, farklı ince dane oranlarına göre NCEER Çalışma Grubu tarafından önerilen düşük tekrarlı gerilme oranı düzeltmesi yapılarak elde edilen eşdeğer tekrarlı gerilme oranı ve SPT  $N_{1,60}$  değeri arasındaki ilişki (Seed vd., 1986'dan uyarlanmıştır.)



Ayrıca karteladaki eğrinin denklemi olarak  $N_{1,60} < 30$  olduğu temiz kumlarda x.x. numaralı bağıntı kullanılabilir.  $N_{1,60} \geq 30$  olduğu temiz kaba daneli zeminler sıvılaşma açısından çok sıkı oldukları için bu zeminler sıvılaşmayan zeminler olarak kabul edilir.(Youd vd.,2001). Ayrıca 30 metre derinlikten daha derin tabakalarda sıvılaşma olmadığı kabul edilir.

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N1)60} + \frac{(N1)60}{135} + \frac{50}{[10.(n1)60 + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (\text{Youd, vd.,2001}) \quad (3.29)$$

CSR(devirsel gerilme oranı) değerini hesaplamak için Seed ve Idriss(1971) tarafından geliştirilen bağıntı kullanılır.

$$CSR = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \quad (3.30)$$

Burada;  $a_{max}$  : zeminde oluşan yatay ivmenin maksimum değeri,  $g$ : yer çekimi ivmesi,  $\sigma_{v0}$  ve  $\sigma'_{v0}$  : incelenen derinlikte toplam ve efektif düşey gerilme ve  $r_d$  : derinlik azaltma katsayısı olup aşağıdaki bağıntıdan hesap edilebilir:

$$r_d = \begin{cases} z < 9,15 \text{ m için} & 1.0 - 0.00765z \end{cases} \quad (3.31)$$

$$9.15 \text{ m} < z < 23 \text{ m için} & 1.174 - 0.0267z \quad (3.32)$$

Bağıntıda kullanılan maksimum etkin yer ivmesine ulaşılırken, Ansal(1999) tarafından geliştirilen bağıntı kullanılmıştır. Bu bağıntıya göre elde edilen maksimum ivme yaklaşık olarak 0.4 g dir.  $r_d$  (derinlik azaltma katsayısı) derinliğe göre değişim göstermektedir.

CSR (devirsel gerilme oranı) her bir sondaj logu için Seed ve Idriss(1971) bağıntısıyla, derinlik ve birim hacim ağırlığa göre değişen düşey gerilme değeri; derinlik, birim hacim ağırlık ve yeraltı su seviyesine göre değişen efektif gerilme değeri,  $a_{max}$  ve  $r_d$  değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Herbir sondaj logu için CRR VE CSR değerleri belirtilen yöntemlere göre hesaplandıktan sonra CSR/CRR'ye göre elde edilen FS( güvenlik faktörü) değerlerine ulaşılmıştır. Yukarıda uygulanan yöntemler ve sonucunda elde edilen FS değeri moment magnitüdü 7.5 için bulunmuştur. Kocaeli Depreminde moment magnitüdü 7.4 değerine göre önerilen aralık değerlerine göre aşağıdaki gibi seçilecektir. (Youd vd., 2001). Bağıntılara göre bulunan MSF

değerine göre elde edilen FS (güvenlik faktörü) sonuçları güvenli tasarım yapmak için Ulusay & Tosun (1999) tarafından

$FS \leq 1$  Sıvılaşma

$1 < FS \leq 1.2$  Potansiyel sıvılaşma

$FS > 1.2$  Sıvılaşma beklenmez

Şeklinde değerlendirilmiştir. Fakat bu çalışmada  $CSR < CRR$  durumunda sıvılaşmanın gerçekleştiği öngörüsüne göre

$FS \leq 1$  Sıvılaşma

$FS \geq 1$  Sıvılaşma gerçekleşmez şeklinde değerlendirme yapılmıştır.

$$FS = (CSR/CRR)MSF_{7.5} \quad (3.33)$$

$$M_w < 7.5 \text{ için } 10^{2.24} / M_w^{2.56} \text{ (İdriss, 1995)} \leq MSF (M_w/7.5)^{-2.56} \text{ (Andrus ve Stokoe, 1997)} \quad (3.34)$$

$$M_w > 7.5 \text{ için } 10^{2.24} / M_w^{2.56} \text{ (İdriss, 1995)} \quad (3.36)$$

Andrews ve Martin(2000) getirtilmiş çin kriterini üzerinde çalışarak çizelgedeki değerlendirmeyi yapmıştır.

**Çizelge 3. 4:** Siltli ve killi kumların sıvılaşma olasılığı (Andrews ve Martin, 2000)

	Likit Limit < 32	Likit Limit < 32
Kil içeriği < 10%	Sıvılaşabilir	İleri çalışma gerekir. (Plastik kil harici boyutlu dane olduğu düşünülerek- mika gibi)
Kil içeriği $\geq$ 10%	İleri çalışma gerekir. (Plastik olmayan kil boyutlu dane olduğu düşünülerek- maden veya ocak atığı gibi)	Sıvılaşmaz

Herbir sondaj logu için yapılan sıvılaşma analizlerinde FS değerini hesaplamak için kullanılacak MSF değeri  $\alpha$  bağıntısı yardımıyla 1,035 olarak bulunmuştur. Ansal(1999) yöntemine göre  $a_{max}$  (en büyük etkin yer ivmesi) değeri 0.4g olarak bulunmuştur.

Belirti mühendislik tarafında Kavaklı sahili bölgesine açılan SK-13 numaralı sondaj için 2.50-13.00 metrede kum zemin için FS değeri 0.38 olarak hesaplandığı için bu tabakada sıvılaşma gözlenir. 37.00 den sonra siltli zemin başlamıştır. Fakat 30 metreden derin olduğu için sıvılaşmaz olarak kabul edilir.

SK-14 sondaj logunda 6.00-14.00 metrede silt tabakada ve 26.50-28.50 metrede FS 1 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma görülür. 28.50-30.00 metrede silt tabakada FS 1.4 olarak hesaplanmış olup 1'den büyük olduğu için sıvılaşmaz.

SK-15 sondaj logunda 10.00-19.00 metrede silt ve kum tabakalarında FS değeri 0.23, 19.00-22.00 metrede FS 1.00 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir.

SK-29 sondaj logunda 1.00-7.00 metrede FS 0.6 ve 0.94 olarak , 10.00-13.00 metrede FS 0 , 13.00-16.00 metrede 0.57 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir.

SK-38 sondaj logunda 0.5-2.5 metrede kum tabakada FS 0.7, 2.5-10.00 metrede FS, 0.66 olarak bulunmuş olup bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir.

Gürsu Sismik tarafından açılan sonda kuyularından biri olan SK-1 sondaj logu için 0.5-4.00 metrede bulunan kahverengi kum içeren plastisitesi düşük silt tabakasında sıvılaşma analizi sonucunda FS (güvenlik faktörü) 1.21 olarak elde edilmiştir. Ulusay ve Tosun(1998) tarafından geliştirilen sıvılaşma değerlendirme kriterine göre FS değeri 1'den büyük olduğu için bu tabakada sıvılaşma gözlenmez. 7.50-11.50 metrede bulunan gri renkli kil-silt içeren siltli kum tabakasında FS (güvenlik faktörü) değeri 0,97 olarak hesaplanmıştır ve bu değer 1'den küçük olduğu için bu tabakada sıvılaşma gözlenir. SK-1 sondaj kuyusunda diğer zemin tabakaları kil olduğu için çizelgede gösterilen Andrews ve Martin(2000) değerlendirmesine göre sıvılaşma olmadığı kabul edilmiş olup bu tabakalarda sıvılaşma analizi yapılmıştır.

SK-2 sondaj logu için 12.00-19.50 metrede sırasıyla FS((güvenlik faktörü) değeri gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakası için 1.32 ve 3.94, gri renkli az çakıl içeren siltli kum tabakası için 2.6 ve 1.6 ve gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakası için 2.6 olarak bulunduğu için sıvılaşma gözlenmez. 10.5-11.50 metrede gri renkli az çakıl içeren siltli kum için SPT  $N_{1,60}$  değeri 34 olduğu ve 3 değerinden büyük olduğu için bu tabakada ve diğer kil tabakalarında sıvılaşma olmadığı kabul edilmiş ve sıvılaşma analizi yapılmamıştır.

SK-3 sondaj logunda yapılan sıvılaşma analizi sonucunda 9.50-10.5 metredeki plastisitesi düşük silt tabakası için FS değeri 1,02 olarak bulunmuş olup 1 değerine çok yakın olduğu için tabakada

sıvılaşma gözlenebilir. 5.50-7.00 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum tabakası için SPT  $N_{1,60}$  değeri 37 olması sebebiyle bu tabakada ve diğer kil tabakalarda sıvılaşma gözlenmez.

SK-4 sondaj logunun tamamı siltli zeminden oluşmaktadır. 0.50-4.50 metrede FS değerleri numunelere göre 1,34 ve 1,89 olarak bulunduğu için bu tabaka sıvılaşmaz. 4.50-6.00 metrede FS değeri 1.06 olarak 1 e çok yakın bir değer olduğu için sıvılaşma olasılığı vardır. 6.00-10.50 metrede gri renkli az çakıl ve kum içeren plastisitesi düşük silt tabakada SPT  $N_{1,60}$  değeri 35 olarak bulunduğu için bu tabaka sıvılaşmaz kabul edilmiş olup bu tabakada sıvılaşma analizi yapılmamıştır. 10.50-12.00 metrede FS değeri 1,34 olarak bulunduğu için bu tabaka sıvılaşabilir. 12.00-15.00 metrede FS değerleri 0,61 ve 0,49 olarak hesaplandığı için bu tabakalar sıvılaşabilir olarak değerlendirilir.

SK-5 sondaj logunda 0.50-2.50 metrede az çakıl kum içeren plastisitesi düşük silt tabakası için FS 1.5 olarak hesaplandığı için bu tabakadasıvılaşma gözlenmez. 2.5-15 metrede gri renkli çakıl içeren siltli kum tabakasında alınan numunelerde sırasıyla FS, 0.68, 0.44, 0.49, 0.52 ve 0.24 değerleri hesaplandığı için bu tabakada sıvılaşma gözlenir.

SK-6 sondaj logunda 0.50-2.50 metredeki silt, 6.00-8.50 metredeki kum ve 12.00-16.00 metredeki silt tabakalarında SPT  $N_{1,60}$  değeri 30 dan büyük olduğu için bu tabakalar sıkı kabul edilir ve bu tabakalarda sıvılaşma meydana gelmez. 2.50-5.00 metrede gri renkli siltli kum tabakasında FS 0.8 olarak hesaplandığı için bu tabaka sıvılaşma meydana gelir. 8.50-12.00 metrede silt tabakada yapılan sıvılaşma analizine göre FS değerleri 0.8 sırasıyla 2.05, 1.84 ve 1.39 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma oluşmadığı kabul edilir.

SK-7 sondaj logunda 0.50-1.50 metrede silt tabakada FS, 1.5 olarak saptandığı için bu tabakada sıvılaşma görülmez. 1.50-5.50 metrede silt tabakasında FS değerleri 0.94 ve 0.71, 11.50-14.50 metrede kum tabakada FS, 0.44 ve 14.50-20.00 metredeki silt tabakasında FS değerleri 1.03,0.42 ve 1.075 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma görülür.

SK-8 sondaj logunda, 5.5-6.5 metrede kum içeren plastisitesi düşük silt tabakasında FS, 0.64 6.5-21 metrede gri renkli siltli kum tabakada FS için 0.6, 21.00-24.00 metrede 0.5,0.67 ve 0.81 değerleri hesaplanmıştır. 24-30 metrede FS 1.06 olarak hesaplandığı için bu tabakada sıvılaşma gözlenir. 30 metreden daha derin zeminlerde sıvılaşma gözlenmediği için 30 metreden derin tabakalar için sıvılaşma analizi yapılmamaktadır. Ancaksıvılaşma analizi yapılsa da FS değeri 1.92 olarak bulunarak sıvılaşmanın olmadığı kanıtlanmıştır.

SK- sondaj logu için 5.5-7 metredeki siltli zeminde FS 1.5 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma olmadığı kabul edilir. Sondaj logunda bu tsilt tabakasının dışında 30 metre derinliğine kadar bulunan kumlu zeminde FS değerleri 1'e yakın ve 1'den küçük olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma görüleceği kabul edilir.

SK-10 sondaj logunda 4.5-11.5 metredeki siltli kum tabakasinda FS değerleri 0.8 ve 0.78 olarak hesaplanmış olup bu tabakalarda sıvılaşma gözleneceği tespit edilmiştir. 11.5-19.00 metrede ve 20.50-22.00 metrede bulunan silt tabakalarda FS değerleri, 1.45 ve 1.8 olarak bulunmuştur. Bu tabakalarda sıvılaşma görülmez. Bu tabakalar dışında kil tabakalar mevcut olduğu için kil tabakalar üzerinde sıvılaşma analizi yapılmamıştır.

SK-11 sondaj logunda 11.00-18.50 metrede siltli zemin için FS değerleri 0.54 ve 0.57 olarak, 18.50-28.00 metrede gri renkli az çakıl içeren kum zemin için FS değeri 0.56 ve 0.84 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma görülür. 28.00-30.00 metredeki silt tabaka için FS değeri 1 den büyük olarak bulunduğu için bu tabakada sıvılaşma gözlenmez.

SK-12 sondaj logunda 7.00-22.00 metrede gri renkli az çakıl içeren siltli kum tabakası için FS değeri 1.01 olarak hesaplandığı için bu tabakada sıvılaşma gözlenir. Sondaj logunda 30 metre derinliğe kadar kum tabakasının dışında kil tabakaları mevcut olduğu için bu tabakalarda sıvılaşma analizi yapılmamıştır.

SK-13 sondaj logunda 1.00-27.00 metrede gri renkli kum içeren plastisitesi düşük silt tabakasinda FS değerleri 0.75, 0.7 0.8 ve 1.0 olarak hesaplandığı için bu tabakada sıvılaşma gözlenir. Bu tabakanın dışındakiler kil tabakasıdır.

SK-14 sondaj logunda 11.5-13.00 metrede siltli kum tabakada FS değeri 0.71, 19.00-28.00 metrede FS değeri 0.62, 0.74, 0.77, 28.00-30.00 metrede kum tabakada FS değeri 0.34 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir. Diğer derinliklerdeki tabakalar kildir.

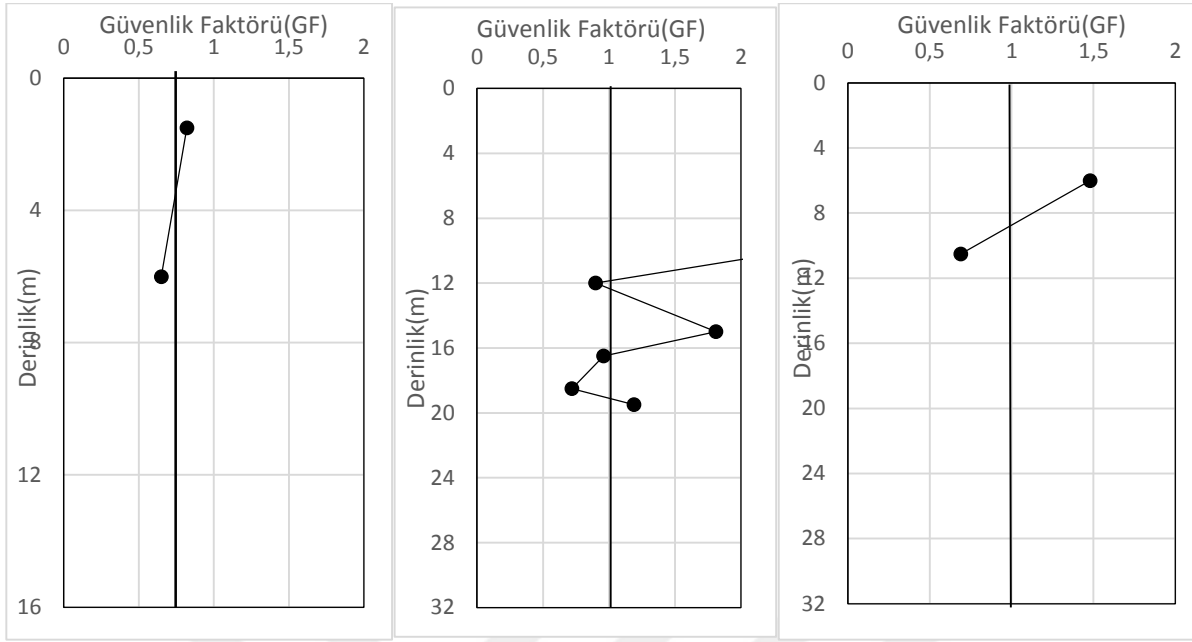
SK-15 sondaj logunda 10-11.5 metrede siltli kumda FS değeri 0.2 ve 0.81 olarak, 16.00- 22.00 metrede FS değeri 0.78 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir. Diğer tabakalar kildir.

SK-16 sondaj kuyusunda 2.50-4.00 metrede siltli kum tabakada FS 0.3, 19.00-26.50 metrede siltli kum tabakada FS değerleri 0.58 ve 0.66 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir. 8.00-10.00 metrede kum tabakası ve 10.00-14.00 metrede silt tabakada FS değeri 1.3 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenmez.

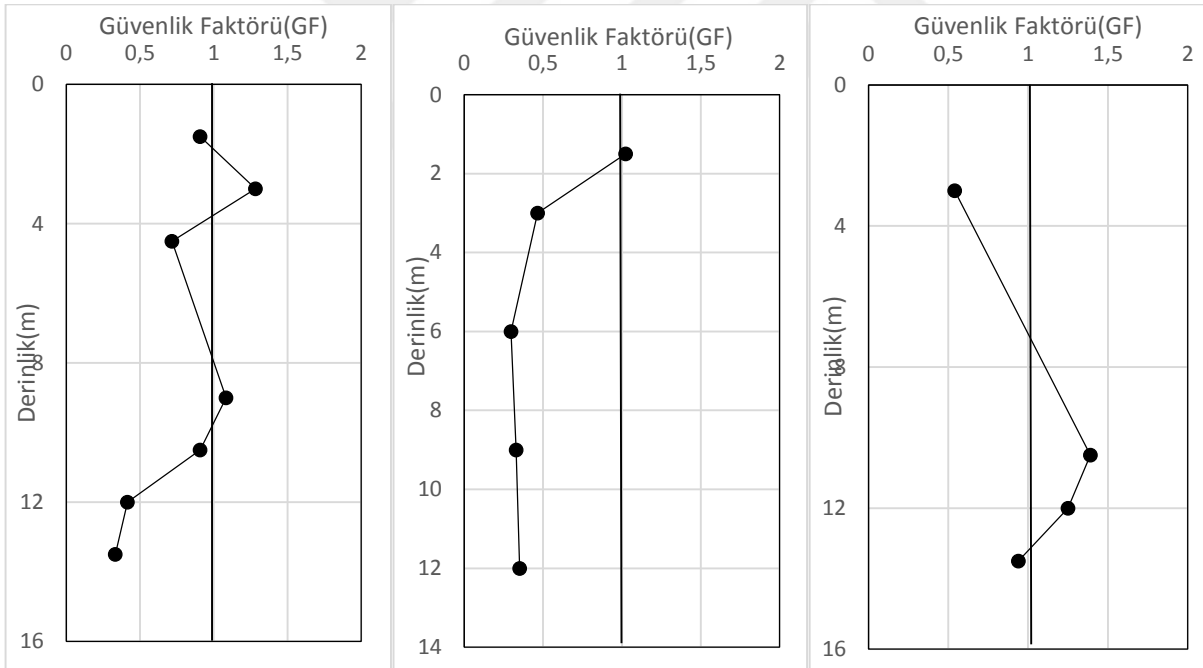
SK-17 sondajlogunda 0.5-2.5 metrede silt tabakada FS değeri 1, 2.5-17.00 metrede kum tabakada FS değeri 1.16 ve 0.86 olarak 20.5-25 metrede silt tabakada FS değeri 1 olarak tespit edildiği için için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir. 28.00-30.00 metrede silt tabakada FS değeri 1.3 olarak hesaplandığı için bu tabakada sıvılaşma görülmez.

SK-18 sondaj logunda 0.5-19 metre kum tabaka için FS değeri 1'den küçük, 20.5-22.00 metrede siltli tabakada FS değeri 0.84 olarak hesaplandığı için bu tabakalarda sıvılaşma gözlenir. Bu tabakaların dışındaki tabakalar kildir.

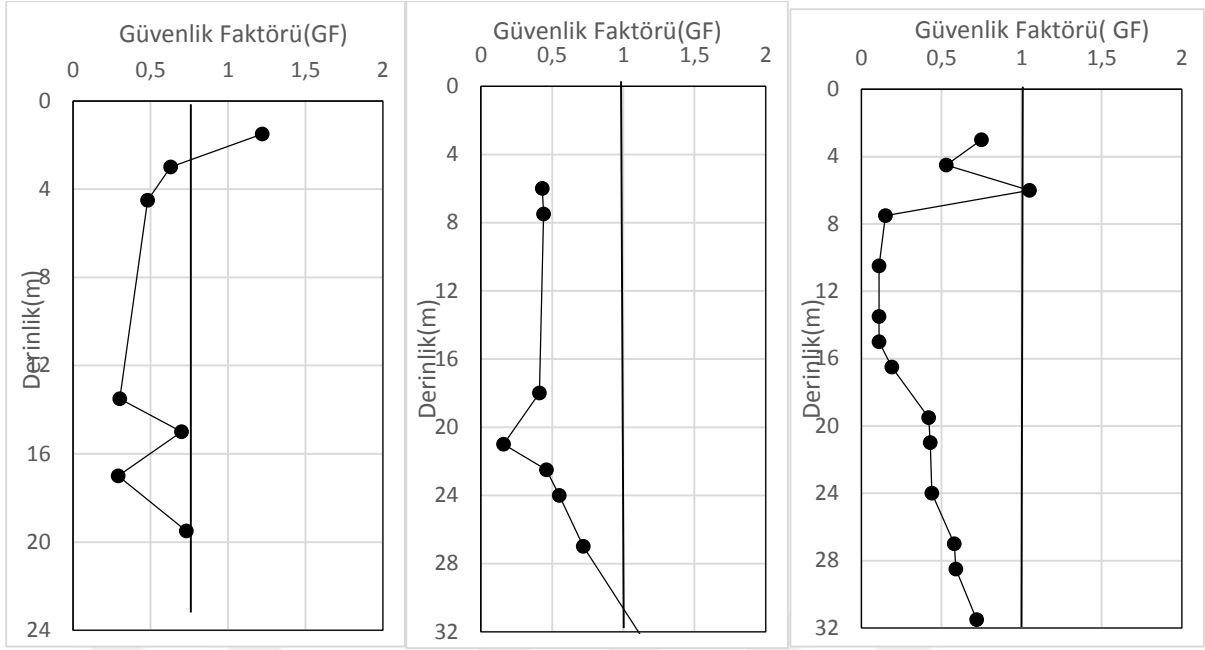




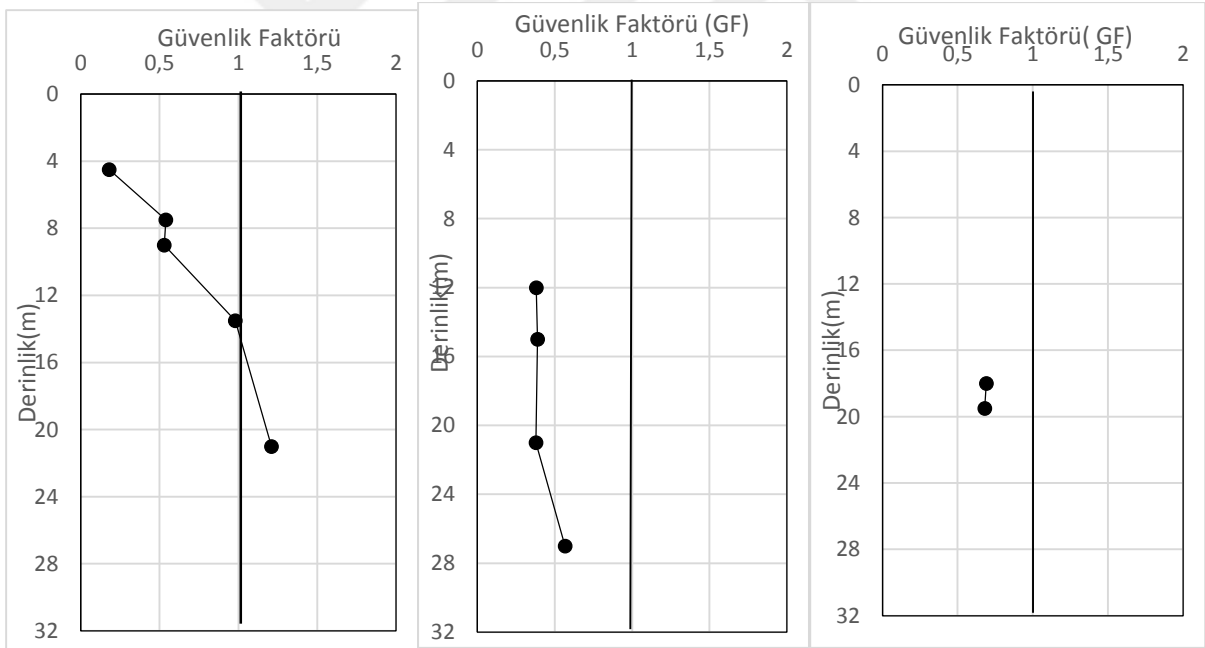
Şekil 3. 17: SK1, SK2 ve SK3 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi



Şekil 3. 18: SK4, SK5 ve SK6 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi

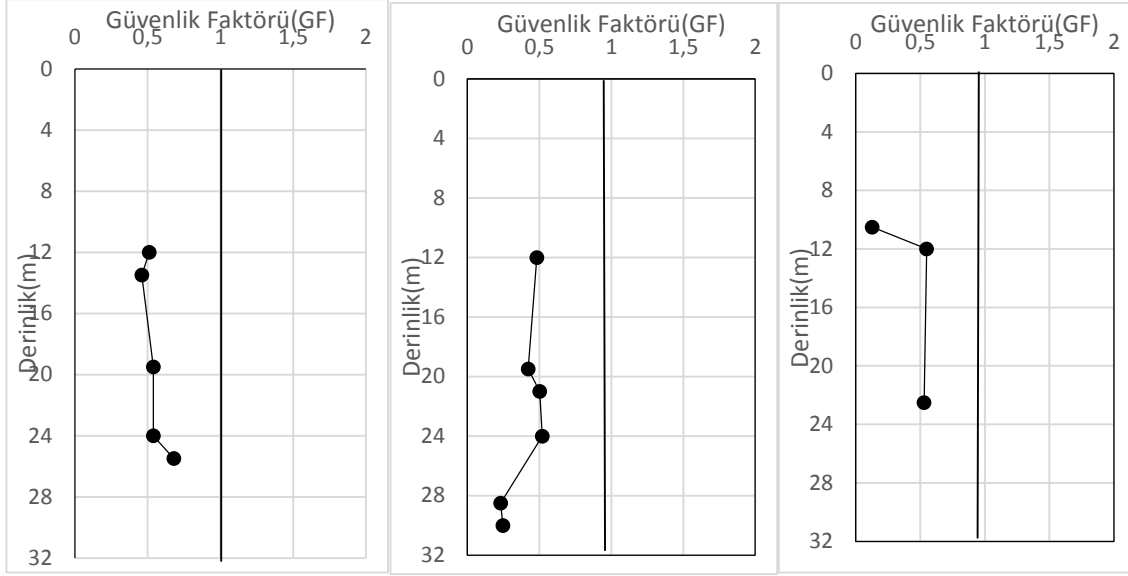


Şekil 3. 19 : SK7, SK8 ve SK9 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi

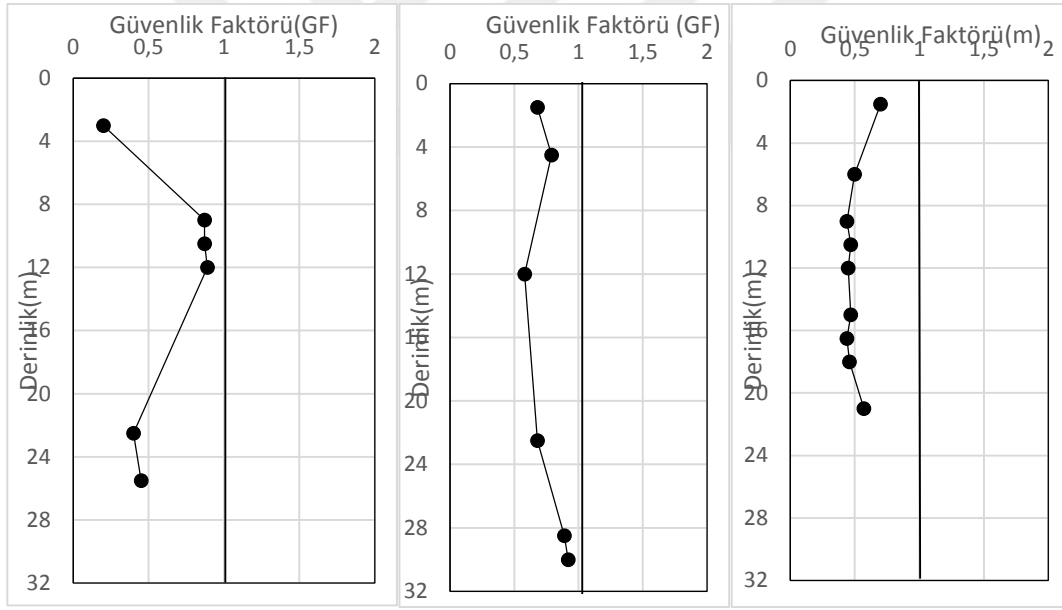


Şekil 3. 20 : SK10, SK11 ve SK12 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi

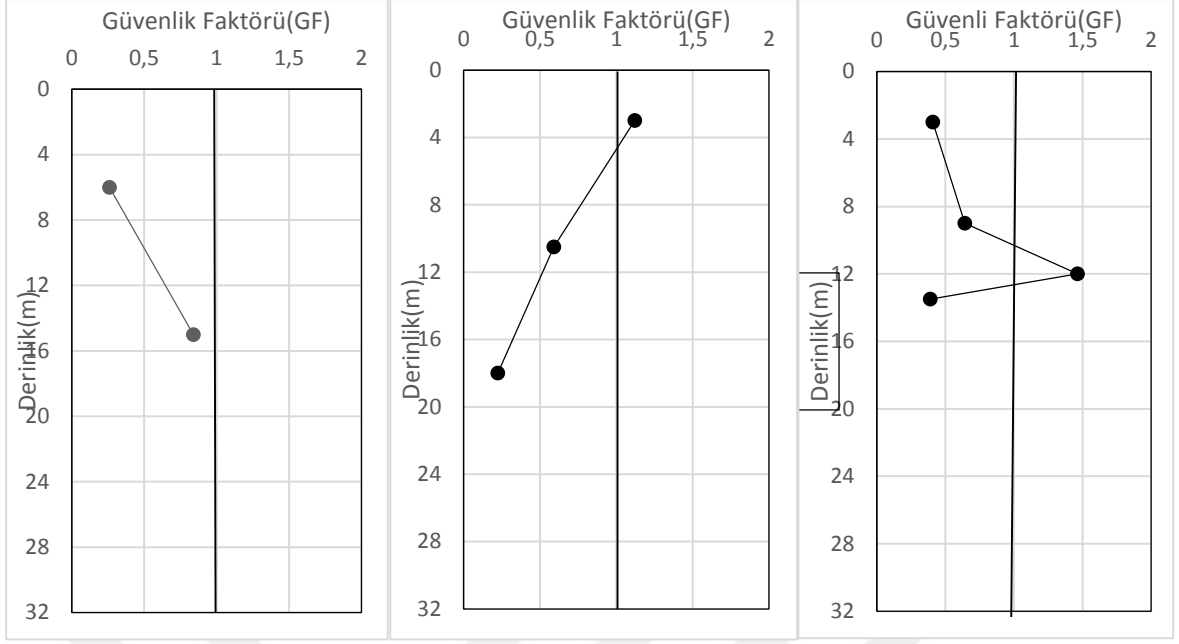




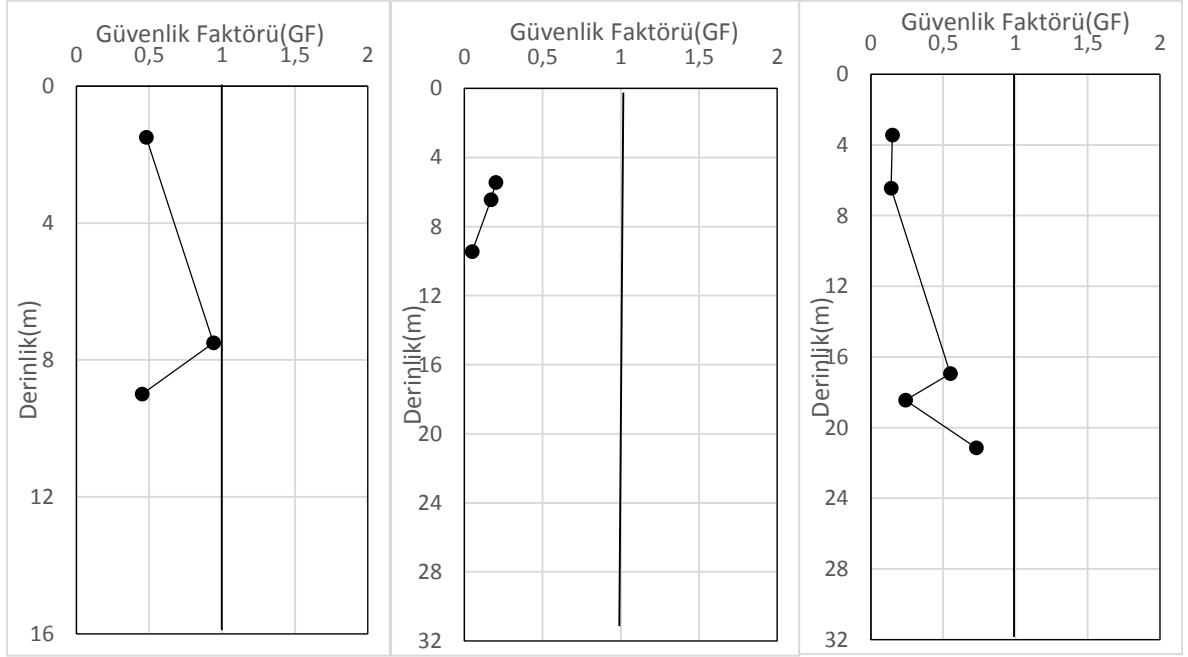
Şekil 3. 21: SK13, SK14 ve SK15 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi



Şekil 3. 22: SK16, SK17 ve SK18 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi



**Şekil 3.23:** SK13G, SK15G ve SK29G Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi



**Şekil 3. 24:** SK38G, S6 ve SK7 Sondajlarında Güvenlik Faktörünün derinlikle değişimi

### 3.4.3 Zemin Deplasmanları

#### 3.4.3.1 Yatay Yer Değiştirme

Sıvılaşma sonucunda oluşan yanal yayılma deplasmanını tahmin etmek için Bünye modelleri, Basit Analitik Modeller, Ampirik modeller, Fiziksel modeller olmak üzere dört ayrı yöntemden yararlanılabilir. Bu çalışmada ampirik modellerden yararlanılmıştır.

Bu ampirik modeller,

Yaud ve Perkins'in LSI (sıvılaşma indeksi) Modeli, Hamada'nın ampirik modeli; Rauch (1997) modeli, Bartlett ve Youd'un MLR (Multilinear Regression) Modeli, Shamoto (1998) Modeli eklindedir.

Bartlett ve Youd (1992b)'e göre deplasmanların büyüklüğü dört faktörle kontrol edilir:

1. Sıvılaşmış zemindeki kayma mukavemetinin derecesi
2. Kayma etrafında sınır şartları
3. Hareket eden zemin kütlesi üzerinde etkili olan statik ve dinamik kayma kuvvetleri
4. Kaydıran kuvvetlerin karşı koyan kuvvetleri aştığı zamanın uzunluğu

Yanal yayılma, gözenek basıncı birikmesi ya da sıvılaşma sonucu %5'den daha küçük hafif eğimli arazilerde deprem sırasında genellikle alüvyon topraklarda nehirlerle doğru meydana gelen zeminin altındaki tabakanın eğim yönünde yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. (Rauch, 1997). Oshaki (1966), Watanabe (1966) ve Kishida (1966) nında aralarında bulunduğu araştırmacıların raporlarına göre 1964 yılında meydana gelen Niigata Depremi ve Alaska Depreminde bina ve depolardaki oturmalar, barajlar ve iskele duvarlarındaki yıkımlar, köprülerdeki hasarların yanında sıvılaşmadan dolayı gerçekleşen büyük kalıcı yer değiştirmelerden dolayı meydana gelen hasarlar da mevcuttur. (Yasuda v.d, 1992). Hamada vd (1986a, 1986b, 1988) yaptığı çalışmalarda 1964 Niigata ve 1983 Nihonkai Chubu Depremlerinde sıvılaşma dolayısıyla oluşan kalıcı yer değiştirmelerin büyük oranlarda olduğunu hesaplamışlardır. Yasuda v.d (1992) yaptıkları çalışmada Sarsma Tablası Testi, Vane Testi ve Çevrimsel Kayma Testi yöntemlerini kullanarak kayma gerilmesi ve kayma modülünün azalma oranına göre kalıcı yer değiştirmeyi hesaplamayı hedeflemiştir.

Hasar miktarı ve derecesi yer değiştirme ve temel çeşidine göre değişir. Örneğin; genişleyen yer değiştirmeler, sıkışan yer değiştirmelerden; unreinforced veya zayıf unreinforced temeller reinforced temellere göre daha çok hasara sebep olur.(Yaud vd.,1987) .

Mühendislerin Dizayn yaparken kullanabilmesi için sıvılaşma zarar haritalarını oluşturabilmek amacıyla Yaud v.d (1987), zeminde gerçekleşen yer değiştirmeyi hesaplamak için ampirik denklemler türetmiştir. Yaud vd.(1987), bu denklemler vasıtasıyla, maksimum yer deplasmanının milimetre cinsinden değerinin 25'e(inc) bölünmesiyle elde edilen ve Sıvılaşma Şiddeti indeksi (LSI) şeklinde tanımlanan parametreyi ortaya çıkarmışlardır.

Yanal yayılma ve sıvılaşmanın meydana geldiği alaska ve Birleşik devletlerin batısındaki bir çok bölgede oluşan depremlerde Sıvılaşma Şiddeti İndeksi LSI değerlendirildi. Youd ve Perkins (1987) deprem manyitüdü ve mesafesine göre LSI ilişkisini ampirik olarak aşağıdaki gibi ve grafiksel olarak şekilde de belirlemiştir:

$$\text{Log LSI} : -3,49-1,86\log R+0,98M_w \quad (3.37)$$

Burada R, sismik enerji kaynağına yatay mesafe (km),  $M_w$ , moment manyitdr LSI ile oluşturulmuş sıvılaşma haritaları sıvılaşan bölgelerin tahmini için fikir verebilir. Fakat zemin yapısı hakkında bilgi vermediği için yanal yayılmaların tespitinde etkili bir yöntem değildir. (yaud,vd,1987)

Diğer bir yöntem Rauch (1997) ampirik modelidir. Sıvılaşma sonucu meydana gelen yanal yayılmalardan kaynaklı deplasmanları hesaplamak için EPOLLS Model olarak adlandırdığı (for Empirical Prediction Of Liquefaction-induced Lateral Spreading) ampirik bir model geliştirmiştir.Rauch EPOLLS model dört farklı modelden oluşmaktadır. Bunlar; Regional-EPOLLS Model, sismik kaynak ve bölgesel şiddet gibi alanla ilgili az sayıda bilgiye sahip olunduğunda; Site-EPOLLS Model, alışma alanı hakkında yüzey topoğrafyası gibi fazlaca veri olduğunda; Geotechnical-EPOLLS model, bölgenin sondaj verileri varsa; Vertical-EPOLLS model , sondaj log kayıtlarının kullanıldığı ve dikey deplasmanın kaba hesabının yapıldığı ve sondaj log verileri olduğunda kullanılan modelledir. Bu model çalışma alanı bilgilerinin farklı seviyeleri için yatay ve dikey deplasmanının ortalamasını ve standart sapmasını tahmin etmek için 8 farkı denklemden oluşur. EPOLLS analizinde maksimum deplasmanı bulmak için olasılık dağılımı kullanılır. EPOLLS Model'de Pasifik bölgesinde Japonya, Kaliforniya ve Alaska , Filipinler, Merkez Amerika ve Idaho, San Francisco , San Fernando, and Niigata and Noshiro

bölgelerinde geçmiş depremlerde 78 yanal yayılma durumu üzerinde çalışılmıştır. Bölgesel (R-EPOLLS) özelliklere göre yatay deplasman aşağıda şekilde belirlenir:

$$D=(D_R-2,21)^2+0,149 \quad (3.38)$$

$$D_R=(613*M_W-13,9*R_f-2420*A_{max}-11,4*T_d)/1000 \quad (3.39)$$

Burada, D, ortalama yatay deplasman (m), R<sub>f</sub>, kırılan faya en kısa yatay mesafe (km), M<sub>w</sub>, moment büyüklüğü, A<sub>max</sub>, zemin yüzeyinde en büyük yatay ivme (g), T<sub>d</sub>, kuvvetli deprem hareketinin (>0.05g) süresi saniyedir.

Üçüncü yöntem olarak Hamada ve di.(1986,1987) modeli kullanılabilir. Hamada ve di.(1986,1987) San Fernando Vadisi(California), Niagata ve Noshiro( Japonya)'daki yanal yayılmaların hesabı için 60 vakadan yararlanarak basit bir regresyon denklemi elde etmişlerdir.

$$D = 0.75 * H^{1/2} * \theta^{1/3} \quad (3.40)$$

Burada, D, yatay deplasman (m), H, sıvılaştıran zemin tabakasının kalınlığı (m),  $\theta$ , zemin yüzeyi ve sıvılaştıran zemin tabanının eğiminden büyük olanı (%) alınır ve serbest yüzeyin topuğuna göre ölçülür.

Birden fazla zemin tabakası sıvılaştığı zaman H en üstteki sıvılaştıran zeminden en alttaki sıvılaştıran zemine kadar bütün ara katmanlar dahil mesafe kabul edilir.

Hamada ve diğ(1986,1987) yanal yayılma denklemini oldukça üniform orta dane çapına sahip kumlu zeminler için geliştirmişlerdir Bu yüzden ince daneli zeminler için bu formül uygulanırken daha dikkatli olmak gerekir.

Hamada ve diğ(1986,1987) göre yanal deplasmanı etkileyen faktörler şöyledir:

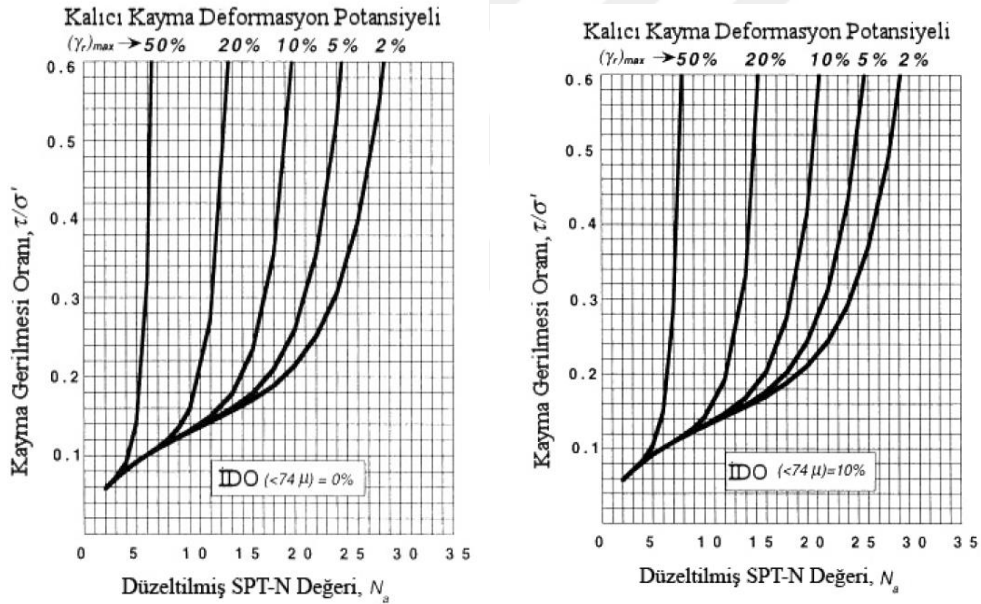
- Sıvılaştıran zemin tabakasının kalınlığı
- Sıvılaştırma direnci faktörünün (FL) en küçük değeri
- Sıvılaştıran tabakanın eğimi (sıvılaştıran tabakanın alt ve üst sınırının eğimi)
- Sıvılaştırma potansiyeli indeksi,
- PL'dir Sıvılaştıran zemin tabakasının derinliği (sıvılaştıran tabakanın alt ve üst sınırının derinliği)
- Zemin yüzeyi eğimi

Shamoto ve diğ. (1998)'ne göre genel olarak sıvılaştırma sonrasında meydana gelen hacimsel deformasyon, oturmaya; deviator deformasyon, yanal yayılmaya sebep olur.

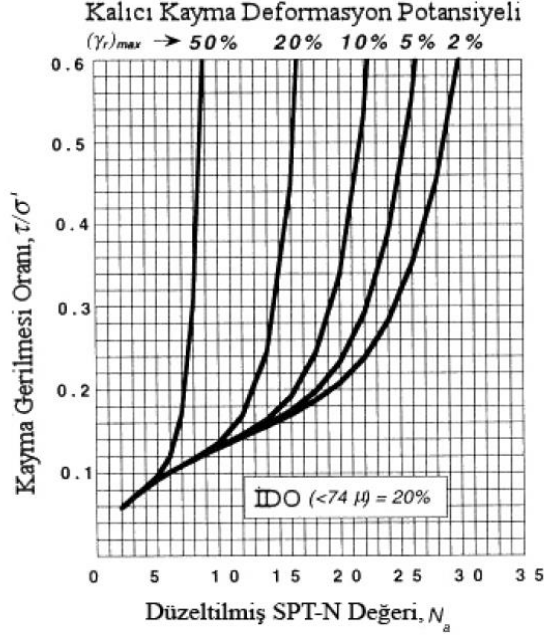
Shomoto(1998) tarafından sıvıla ma sonrasında meydana gelen yer oturmasını ve yanıl yer de i tirmeyi hesaplamak için bir pratmatik çizelge olu turulmu tur.

Kalıcı kayma deformasyonu potansiyeli (( $\gamma_r$ )maks); dinamik kayma gerilmesi oranına ( $\tau/\sigma'$ ) ve ince dane miktarına göre düzeltilmiş SPT-N ( $N_a$ ) parametrelerinin ampirik ili kilerine göre olu turulmu nce dane miktarı %0-10-20 için olan grafikler kullanılarak hesaplanabilir. Deprem süresince doygun kum zemin tabakası için  $0 < \gamma_r < (\gamma_r)_{maks}$  şartı kabul edilir ve  $\gamma_r$  de eri a a ıdaki gibi yazılabilir. Ch katsayısı, gözlenen ve tahmin edilen zemin deplasmanlarının kar ıla tırılmasıyla olu turulan doğrunun eğimidir.

$$\gamma_r = Ch * (\gamma_r)_{maks} \quad (0 \leq Ch \leq 1 \text{ olmalıdır.}) \quad (3.40)$$



**Şekil 3. 25:** Temiz Kumlar ( $ID_0=0$ ) ve  $ID_0=10$  Olan Zeminler için Normalize Edilmiş SPT-N değeri, Kayma Gerilmesi Oranı ile Kalıcı Kayma Deformasyon Potansiyeli Arasındaki İlişki (Shamoto ve diğ.,1998b)

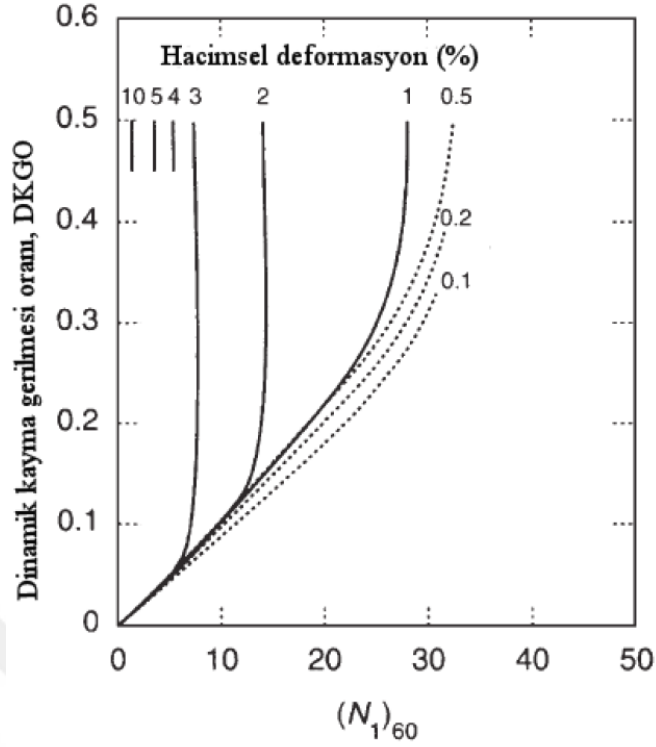


**Şekil 3. 26:** IDO=%20 olan Zeminler için Normalize Edilmiş SPT-N değeri, Kayma Gerilmesi Oranı ile Kalıcı Kayma Deformasyon Potansiyeli Arasındaki ilişki (Shamoto ve diğ., 1998)

### 3.4.3.2 Düşey Yer değiştirme

Sıvılaşmadan dolayı yanal yer değiştirmelerin yanında düşey yer değiştirmeler de meydana gelmiştir. Sıvılaşma kaynaklı düşey deplasmanları hesaplamak için, Takhimatsu (1983), İshihara ve Yosmine(1992) ve Shamoto ve diğ.(1998) 'nin geli tirdi i yöntemlerden yararlanılmı tır.

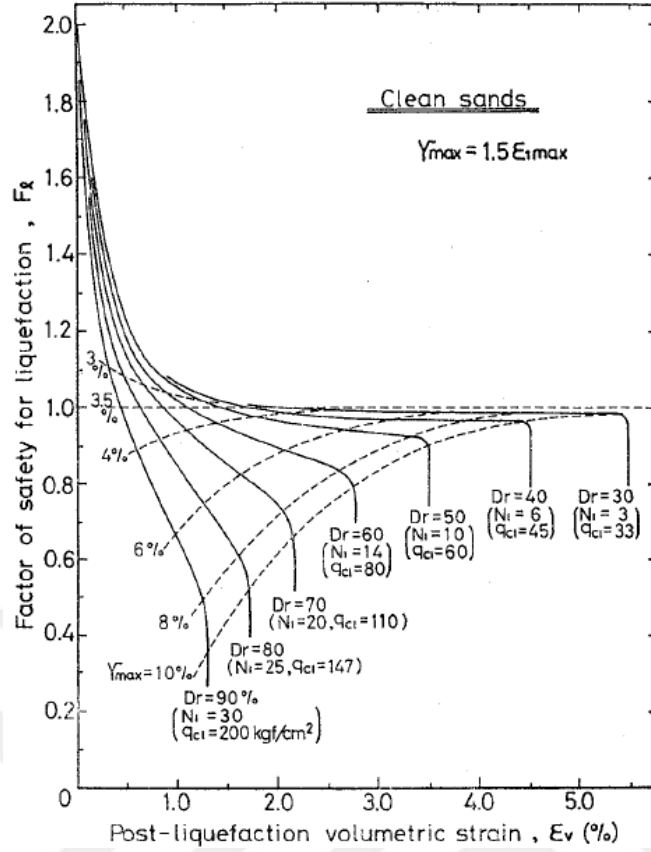
Sıvıla ma kaynaklı hacimsel deformasyon miktarlarını hesaplamak için Tokimatsu ve Seed(1987) geli tirdi i yöntem kullanılabilir. Tokimatsu ve Seed(1987) tarafından olu turulan ekil 3.27'deki deki kartta Dinamik kayma gerilmesi oranı ve SPT-( $N_1$ )60 de erleri kullanılarak % hacimsel deformasyonları okunur ve zeminde meydana gelen sıvıla ma kaynaklı dü ey deplasmanlar hesaplanabilir.



**Şekil 3. 27:** GF\_1 (sürekli çizgi) veya GF>1 (kesikli çizgi) Olan Temiz Kumlar için Zemin Yüzeyindeki Düşey Yer Değiştirmeyi Hesaplamak için Oluşturulan Kart (Tokimatsu ve Seed ,1987) (grafik Kramer(1996) tarafından modifiye edilmiştir.)

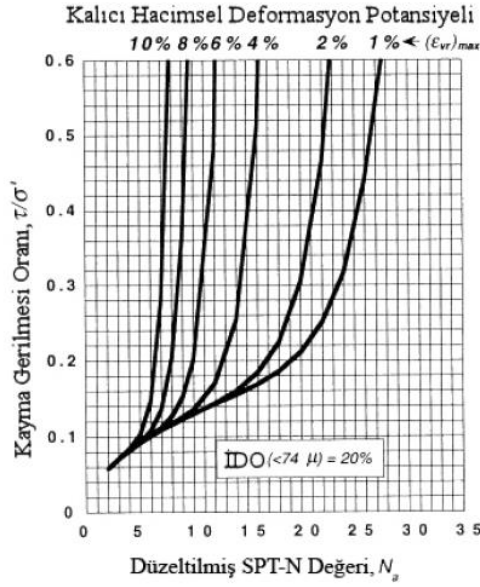
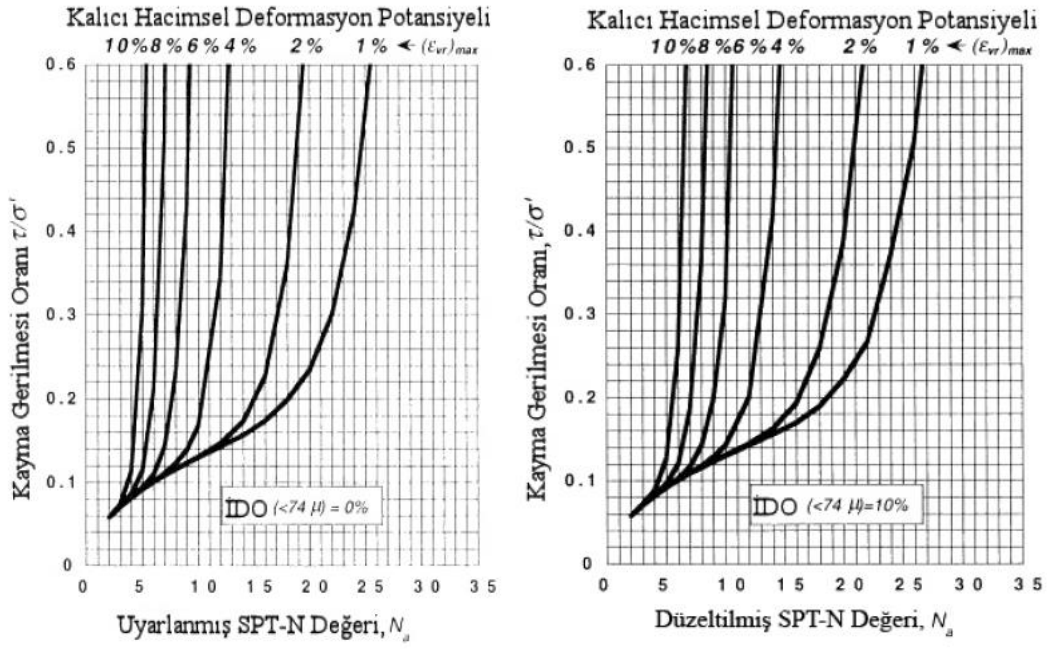
Sıvılaşma nedeniyle meydana gelen düşey deplasmanlarının bulunması için Ishihara ve Yoshimine (1992)'ni geliştirdiği yöntem de kullanılabilir. Dinamik kesme deneyleriyle Ishihara ve Yoshimine (1992) tarafından oluşturulan şekil 3.28'deki kartta farklı Relatif Sıkılıklar(Dr) veya düzeltilmiş SPT(N) değerleri ve sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörü (GF) değerleri kullanılarak zeminde meydana gelen % hacimsel deformasyon miktarları elde edilebilir.





**Şekil 3. 28:** Sıvılaşmaya Karşı Güvenlik Faktörüne bağlı olarak Temiz Kumlar için Zemin Yüzeyindeki Oturmayı Tahmin Etme için Oluşturulan Kart (Ishihara ve Yoshimine,1992) (Kart ,Kramer (1996) tarafından modifiye edilmiştir)

Zeminde sıvılaşma kaynaklı meydana gelen düşey deformasyonu hesaplamak için diğer bir yöntem Shamoto (1998)'nin oluşturduğu şekil 2.29 daki kartlar kullanılabilir. Bu kartlarda Kayma Gerilmesi Oranına ve düzeltilmiş SPT-N değerlerine göre oluşturulmuş eğriler yardımıyla kalıcı hacimsel deformasyon potansiyeli bulunabilir. Shamoto(1998) kalıcı hacimsel deformasyon potansiyeli için ince dane oranına göre 3 farklı kart oluşturmuştur.



Şekil 3. 29: İDO= İDO= %0, %10 ve 20 olan Zeminler İçin Düzeltilmiş SPT-N Değeri ve Kayma Gerilmesi Oranına göre Kalıcı Hacimsel Deformasyon Potansiyeli (Shamoto ve dig., 1998b)

#### 3.4.4 Çalışma alanının yanal yayılma analizi

Düz veya az eğimli alanlarda sıvılaşma ve çevrimsel devingenlik sebebiyle zemin salınımı veya yanal yayılmalar meydana gelir (Youd ve diğ., 2001a). Sıvılaşma nedeniyle az eğimli zemin yüzeylerinde eğim yönünde nehir, göl veya deniz kıyılarında yanal yayılmalar olmaktadır. (Yasuda ve diğ., 1992b). Kavaklı Sahili Deniz Evler bölgelerinin delta olmaları ve bu deltayı besleyen ana derelerin denize ulaştığı noktada yer almaları, az eğimli araziye sahip olmaları ve bölgede sıvılaşmaların meydana gelmesi sebebiyle yanal yayılmalar gözlenmiştir. Bölgede faylanma nedeniyle çökmeler oluşmasının yanında yanal yayılmalar meydana gelmiş ve kıyı çizgisinin 500 metreleri bulması sebebiyle kavaklı sahili sular altında kalmıştır. Deprem öncesi ve sonrası batimetrik haritalara bakıldığında kıyıda 2-6 metre çökmenin meydana geldiği görülmektedir. (Barka, 2001)

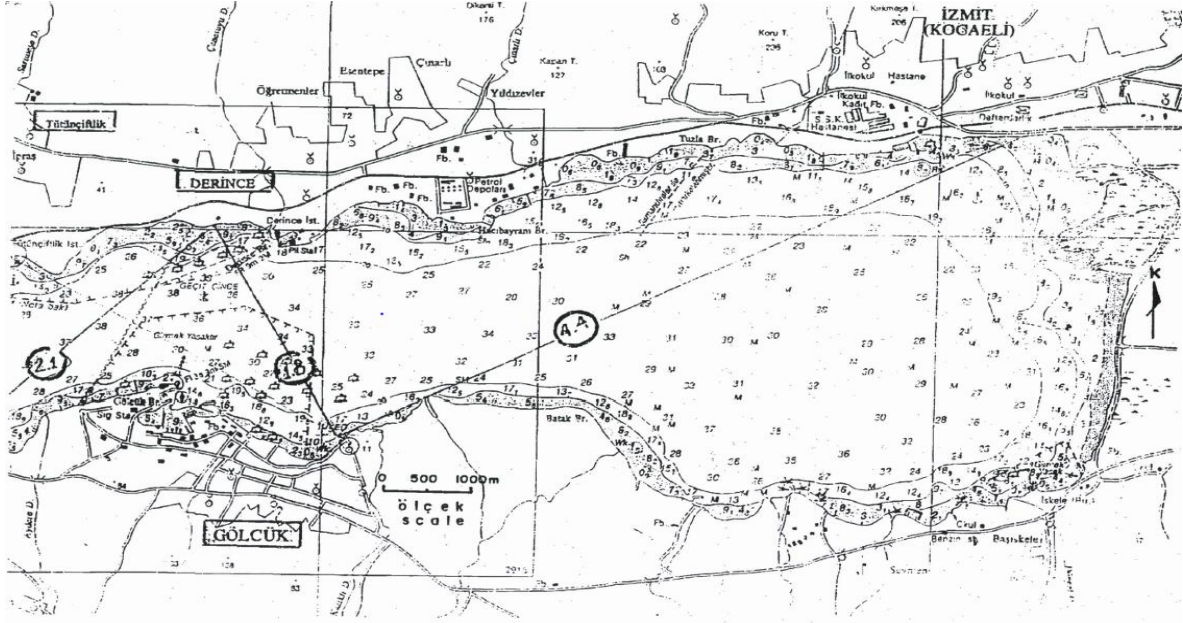
Yanal yayılma, gözenek basıncı birikmesi ya da sıvılaşma sonucu %5'den daha küçük hafif eğimli arazilerde deprem sırasında genellikle alüvyon topraklarda nehirlerle doğru meydana gelen zeminin altındaki tabakanın eğim yönünde yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. (Rauch, 1997) Bu bilgi doğrultusunda çalışma alanıyla ilgili sondaj verileri incelendiğinde bölgenin eğimi %2,34 (Aydan, Ulusay, Hasgür ve Taşkın (1999) raporuna göre yanal yayılmaların olduğu yerlerde eğim %0.3-3 olarak ölçülmüş) olduğu yani %5 den daha az eğimli olduğu, bölgenin alüvyon çökellerden özellikle deltanın kıyı kesimlerinde bir kum kuşağı yer aldığı (Eryılmaz 1995) ve sıvılaşmaların meydana gelmesi sebebiyle Kavaklı Sahili ve Deniz evler bölgesinde yanal yayılmalar meydana gelmiştir. (Aydan, Ulusay, Hasgür ve Taşkın (1999) tarafından 1999 Kocaeli Depremi sonrasında yerinde yapılan incelemeler sonucunda yanal yayılma inceleme bölgesini de içine alan Başiskele-Yalova arasındaki körfez bölgesinde yanal yayılmalar gözlenmiştir. Başiskele, Seka Kavaklığı (Ford Otosan Fabrikasının kuzeyi), Değirmendere, Halıdere, Ulaşlı, Karamürsel, Yalacdere Deltası ve Yalova'da kıyılarında yanal yayılmalar gözlenmiştir. Ayrıca Çetin, Işık ve Unutmaz (2003) tarafından Kavaklı bölgesine çok yakın olan Değirmendere'de gözlemlenen kıyı çizgisinin içeri kaymasının sıvılaşma kaynaklı heyelan olduğu saptanmıştır. Benzer bir şekilde Kavaklı Sahili ve Deniz Evler bölgesinde de kıyı çizgisi içeri girme sebebinin fay kaynaklı olmasının yanında sıvılaşma kaynaklı yanal yayılmalar vardır.

### 3.4.3.1 Faylanma ve Batimetri

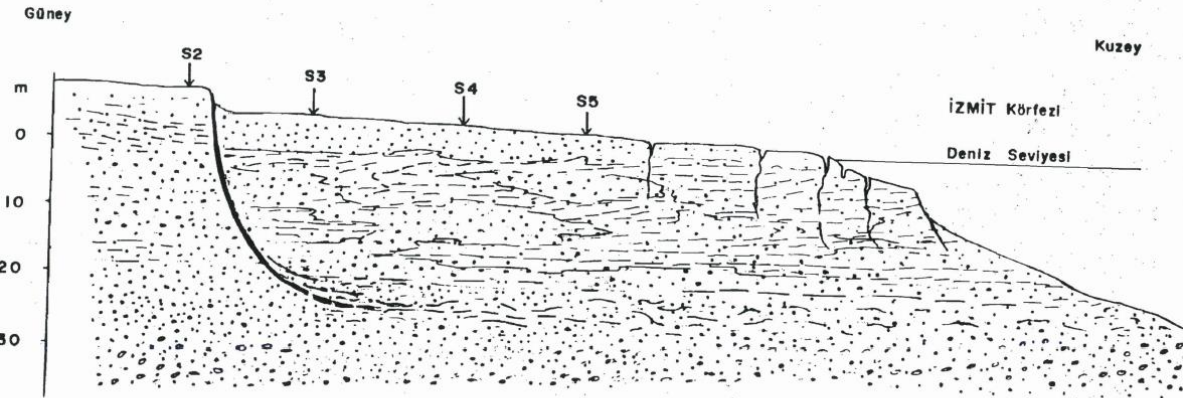
Gölcük çekayır zonu merkezli meydana gelen 17 Ağustos Kocaeli Depremi'nde oluşan kırığın Gölcük segmentinde 4,5-5,5 mlik sağ atım meydana gelmiştir. Deprem dolayısıyla oluşan 1-2 metre genişliğinde ve 6 metre uzunluğunda olan basenlerle beraber tektonik oturmalar meydana gelmiştir. Basenin güneydoğu kenarında devam eden normal fayda 2.4 metreye varan düşey yer değiştirme meydana gelmiştir. Normal faylanma basenlerin oluşmasına sebep olması yanında sahil kesiminin suya batmasına ve Gölcük Şehri'nin kuzey doğusunda su basmalarına sebep olmuştur. Kıyılarda yapılan batimetrik ölçümler 2 ila 6 metreye kadar çökmeler olduğunu göstermiştir.(İzmit, Düzce Deprem Raporu,1999)

İzmit Körfezi'nde inceleme alanının kuzey bölgesinde bulunan çukurun güney yanını yani inceleme bölgesine yakın bölümü 17 Ağustos 1999 depremi öncesi ve sonrasında farklılık göstermektedir. Deprem öncesi durumda deniz tabanındaki yükseltiler incelendiğinde çukura doğru uzanan yamaç olduğu görülmektedir. Körfezin ortasına doğru uzanan bu yamacın ortasında yatay veya yataya yakın bir şekilde eşik meydana gelmiştir. Bu değişim, bölgenin kara kısmından deniz dibine doğru bir akma veya yanal yayılma hareketinin varlığını göstermektedir.( (Bargu,Gözübol&Osman ahin;2000)

Kavaklı bölgesinde futbol sahasının batısından itibaren Denizevler Mahallesi'nin güneyinden devam eden düzensiz bir hat boyunca yer yer 2.10 m'ye varan düşey atımlar oluşturan bir çökmenin olduğu belirlenmiştir. Tektonikçiler tarafından yapılan çalışmalarda bu çökme hattı Kavaklı Fayı olarak tanımlanmıştır;kopma hattındaki yer yer kesikler, kopma hattının geometrisi ve gidişini bu hattın yanal atımlı fay olmadığını göstermektedir. (Bargu,Gözübol&Osman ahin;2000) . Bölgenin kıyı kesiminin ekil 3.35 de görüldüğü gibi batimetrisindeki değişim , meydana gelen hattın düzensizliği ve sondaj verilerine göre yapılan sıvılaşma analizlerine göre sıvılaşmanın varlığının tespiti, bölgede ekil 3.36'daki gibi yanal yayılmanın varlığını ortaya koymaktadır.



**Şekil 3. 30:** İzmit Körfezi doğu kesiminin 17 Ağustos 1999 depremi öncesindeki batimetri haritası.



**Şekil 3. 31:** İnceleme alanında derin sıvılaşmaya bağlı olarak gelişen çökme ve yayılma modelini gösterir şematik jeojik enine kesiti. (Bargu,Gözübol&Osman Şahin;2000)

Çalışma alanının içinde yer alan Kavaklı Sahil ve Deniz Evler bölgelerinde Belirti Mühendislik(2000) tarafından Gölcük Belediyesi için yapılan çalışmada elde edilen sondaj verileri, Kocaeli Üniversitesi(2009) adına Gürsu Mühendislik tarafından Deniz Evler, Arıtım Tesisleri, Zeytinoğlu Tavuk çiftliği, Serbest bölge ve Ford Otosan sınır bölgelerinde yapılan sondaj çalışmalarında elde edilen sondaj verileri kullanılarak yapılan sıvılaşma analizleri sonucunda hangi

bölgelerde sıvılaşma olabileceği tespit edilmiştir. Kıyı bölgesinde bulunan Gürsu Mühendislik(2008) tarafından açılan SK-4, SK-7, SK-8, SK-9 ve SK-13 sondaj kayıtları, Belirti Mühendislik(2000) tarafından açılan SK-13G, SK-15G, SK-29G ve SK-38G sondaj logları VE Bargu(2001) tarafından açılan S6 ve S7 sondaj logları kıyıda meydana gelen yanal yayılmaların miktarını hesaplamak için kullanılmıştır. Yanal yayılma analizleri, Yaud ve Perkins'in LSI (sıvılaşma iddeti ndeksi) Modeli, Hamada'nın ampirik modeli; Rauch (1997) modeli ,Bartlett ve Youd'un MLR (Multilinear Regression ) Modeli ve Shamoto(1998) tarafından geliştirilen kart kullanılarak yapılmı tı

$$\text{Log LSI} : -3,49-1,86\log R+0,98M_w \quad (3.41)$$

$$D_R=(613*M_w-13,9*R_f-2420*A_{\max}-11,4*T_d)/1000 \quad (3.42)$$

$$D=(D_R-2,21)^2+0,149$$

$$D = 0.75 * H^{1/2} * \theta^{1/3} \quad ($$

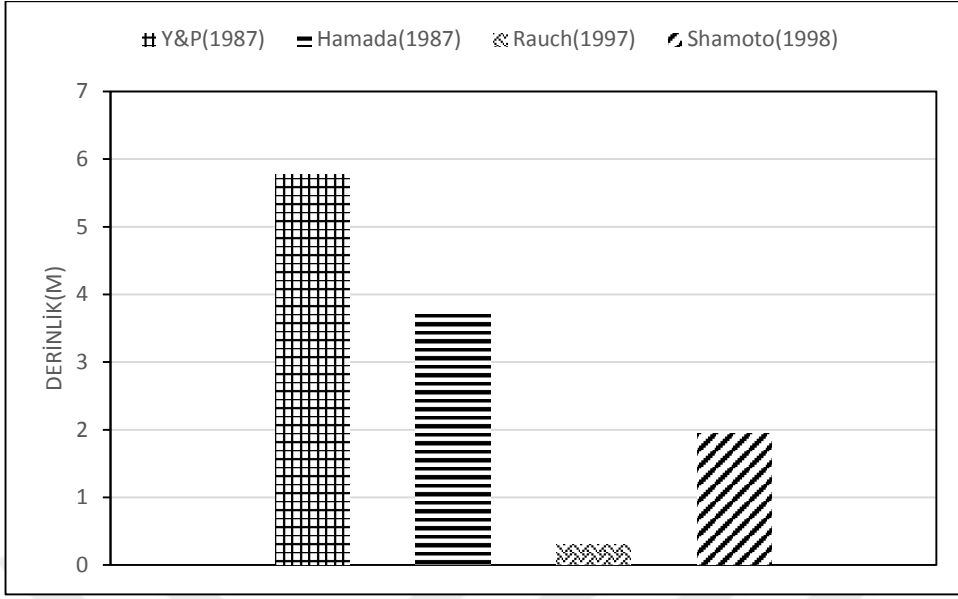
3.43)

$$\begin{aligned} &(\text{Log} D = -16.213 + 1.532 M_w - 1.406 \log R - 0.012 R + 0.338 \text{LOGS} + 0.540 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - \\ &0.795 \log(D_{50_{15}} + 0.1 \text{ mm}) \end{aligned} \quad (3.44)$$

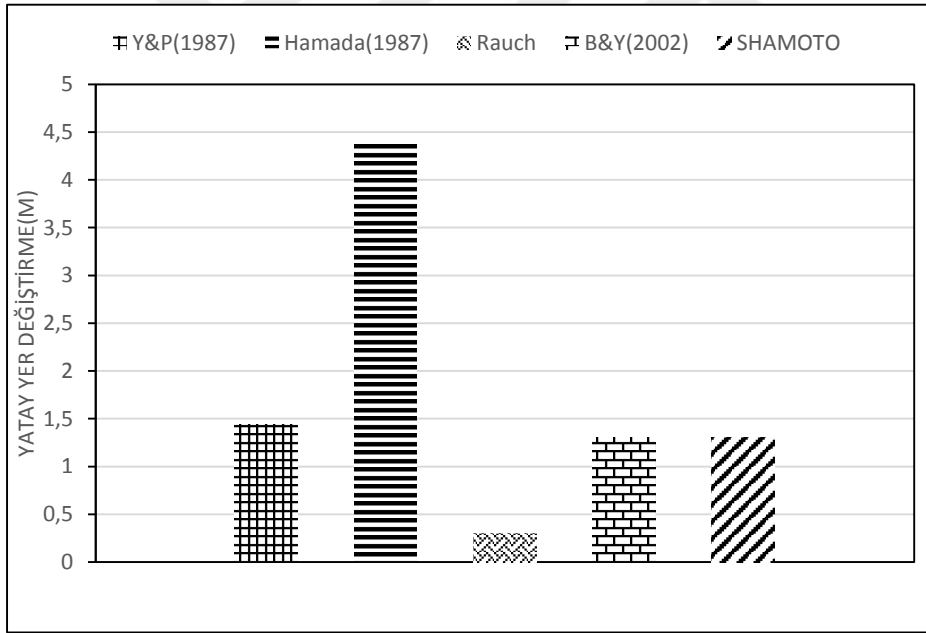
Yukarıdaki ampirik formüllere göre seçilen her bir sondaj logu için yanal yayılma analizleri yapılmı tır ve bulunan yatay deplasman de erleri Çizelge 3.5'deki gibidir

**Çizelge 3. 5:** Sondaj Logları için Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları

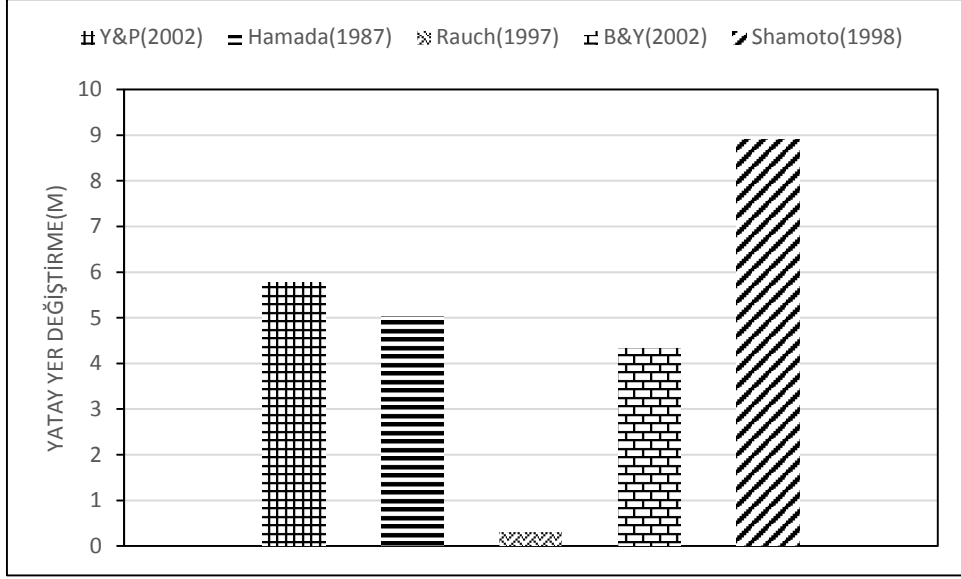
SONDAJ NO	Y&P (1987)	HAMADA (1987)	RAUCH (1997)	B&Y (2002)	SHAMOTO (1998)
SK4	5,78	3,7	0,3	Kaba daneli zemin yok	1,28
SK7	1,44	4,4	0,3	0,92	4,1
SK8	5,78	5,03	0,3	4,33	2,93
SK9	4,09	5,03	0,3	11,57	7,14
SK13	9,31	3,86	0,3	Kaba daneli zemin yok	4,72
SK13G	2,99	3,86	0,3	11,44	1,62
SK15G	5,85	3,86	0,3	9,07	1,6
SK29G	4,39	4,24	0,3	N1,60 > 15	1,76
SK38G	2,12	2,99	0,3	7,6	1,25
S6	4,39	4,24	0,3		1,76
S7	5,14	4,58	0,3		4,1



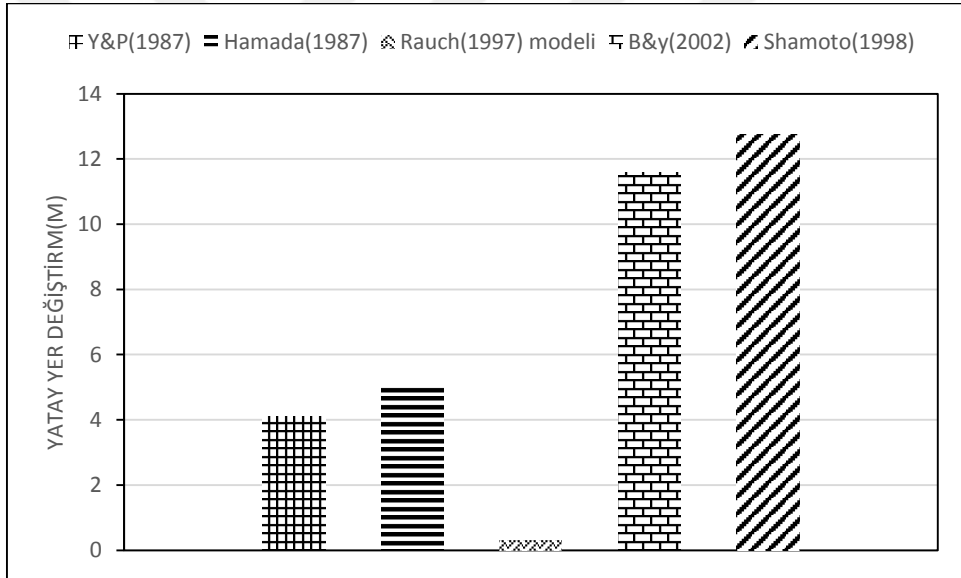
Şekil 3. 32: SK-4 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları



Şekil 3. 33 : SK-7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları

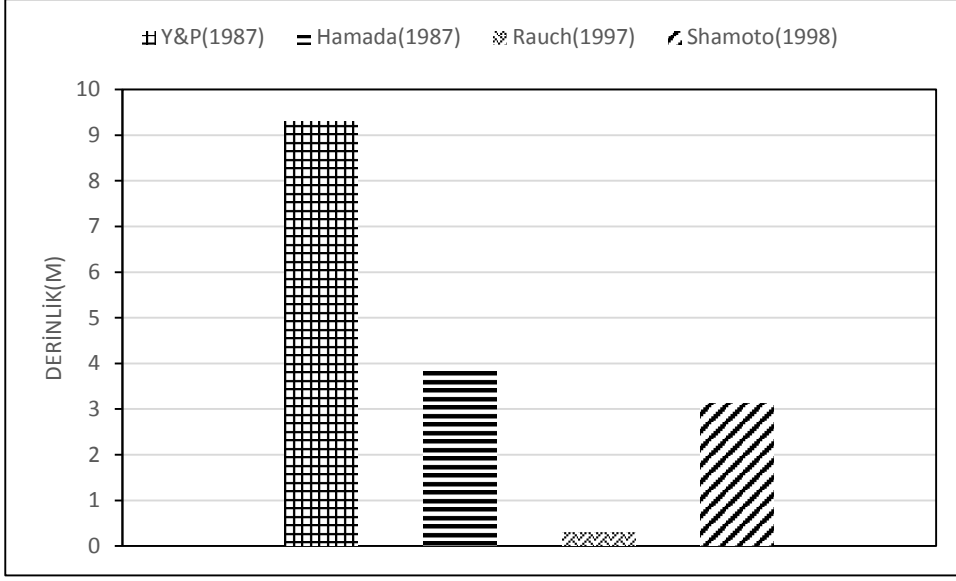


**Şekil 3. 34:** SK-8 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları

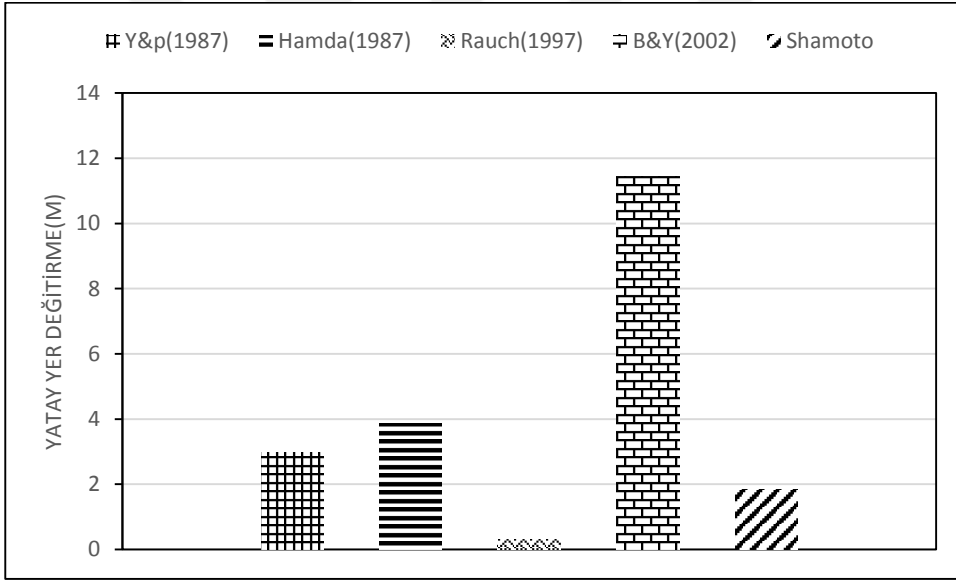


**Şekil 3. 35:** SK-9 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları

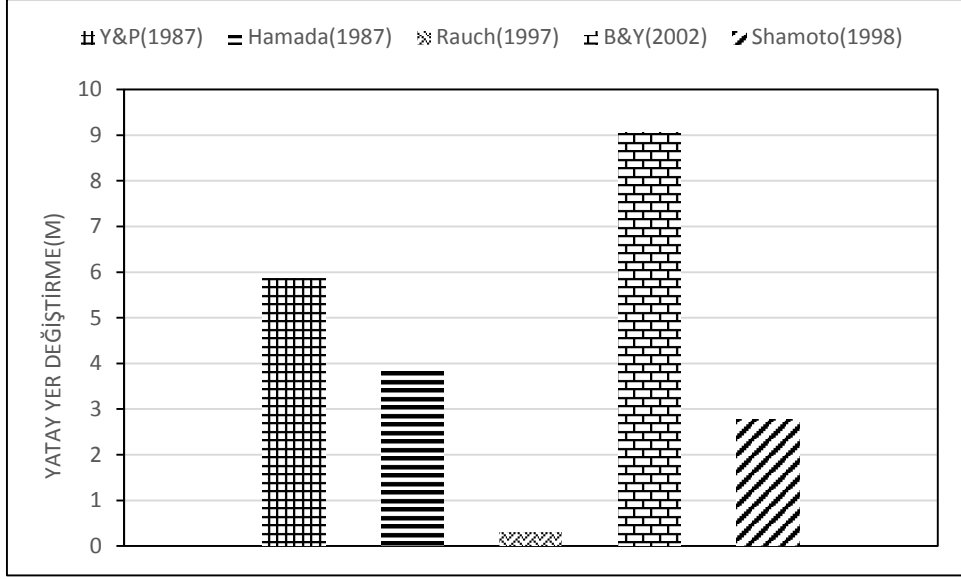




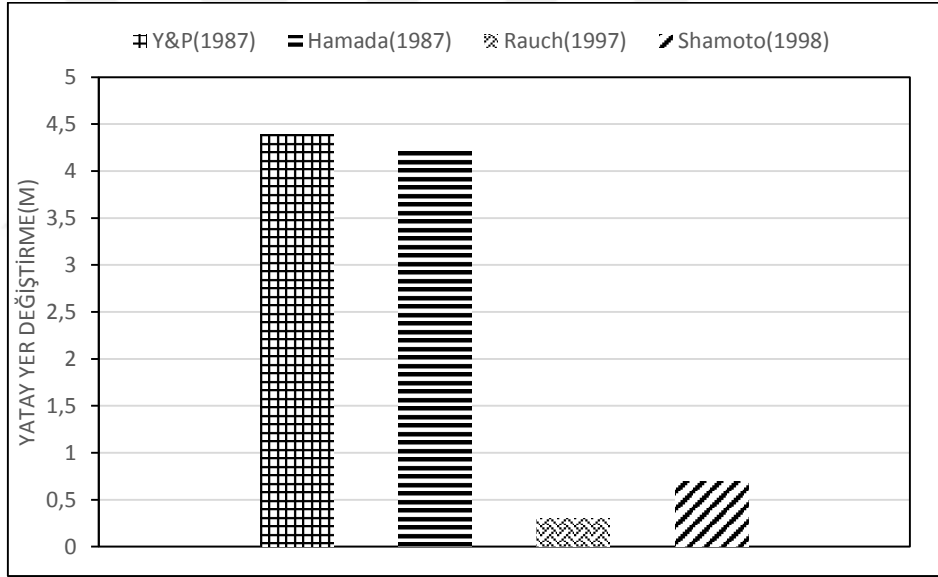
Şekil 3. 36: SK-13 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları



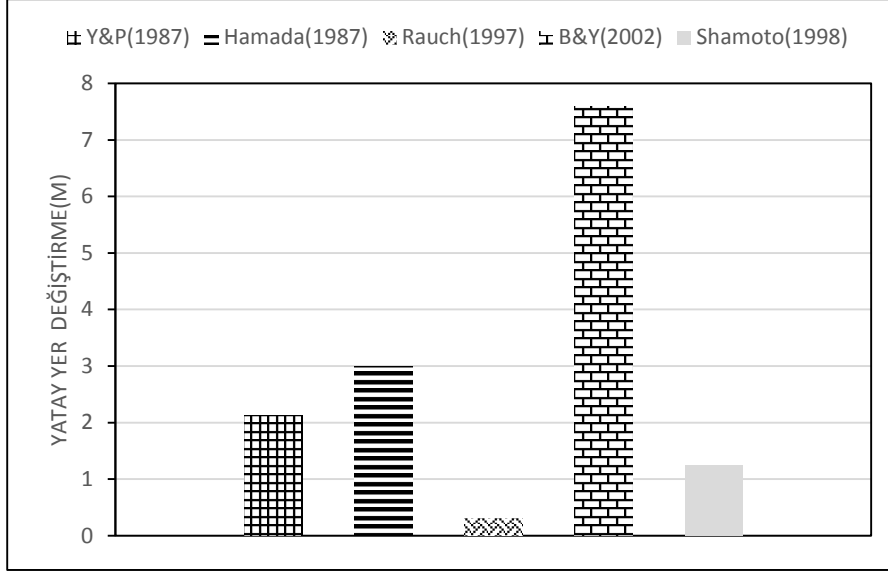
Şekil 3. 37: SK-13G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları



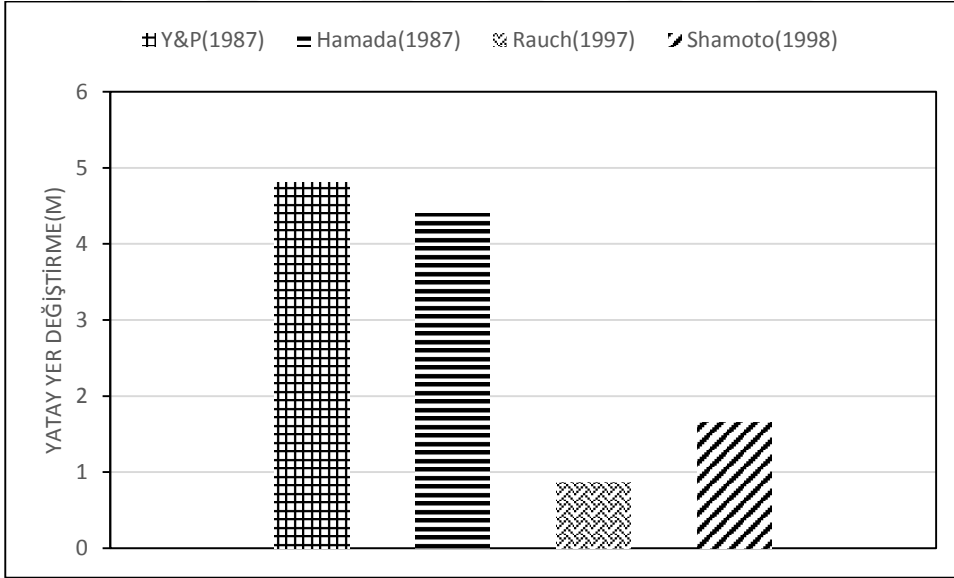
**Şekil 3. 38 :** SK-15G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları



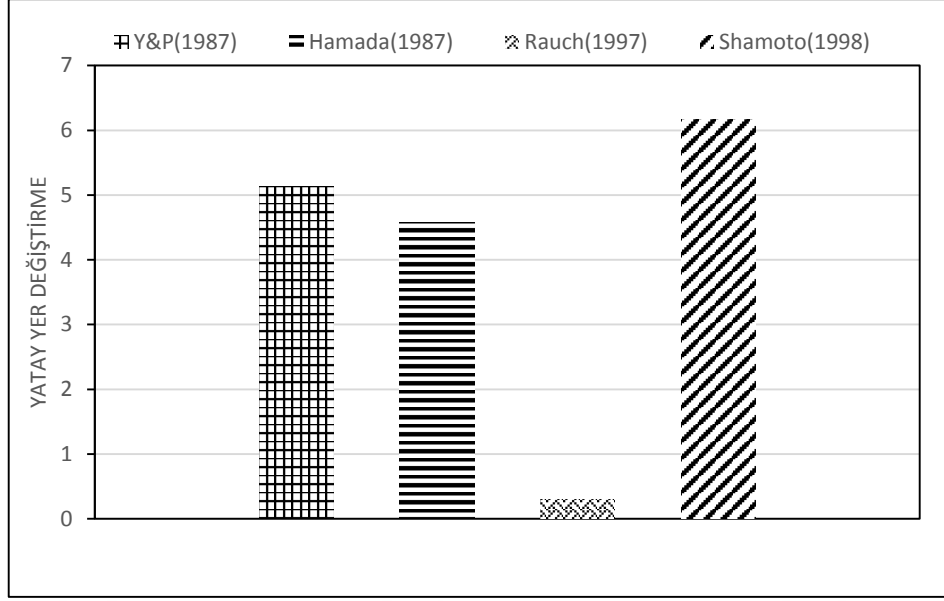
**Şekil 3. 39:** SK-29G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarı



Şekil 3. 40: SK-38G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları



Şekil 3. 41: S6 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları



**Şekil 3. 42 :** S7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları

**Çizelge 3. 6:** Sondaj Logları için Hamada(1987) Yönteminin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Yanal Deplasman Miktarları

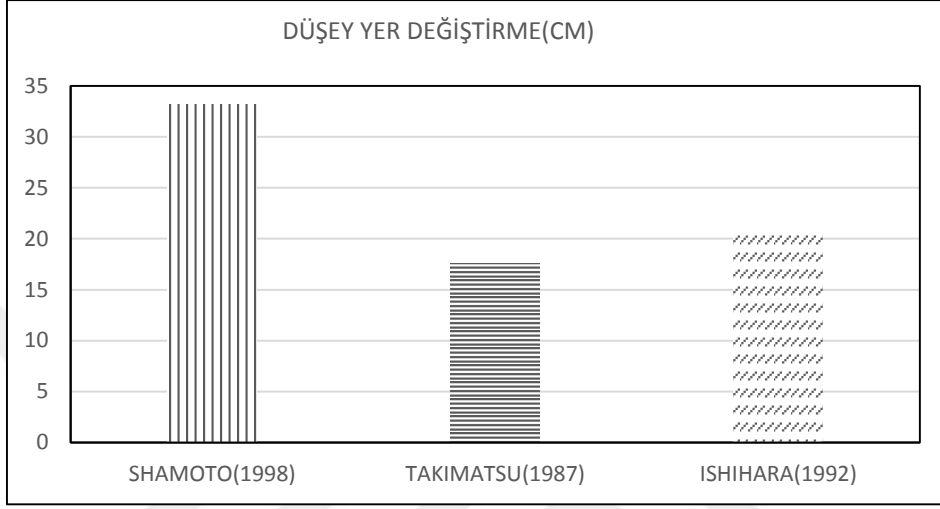
SONDAJ NO	H(m)	$\theta(^{\circ})$	HAMADA (1987)
SK-1	6	2,34	2,44
SK-2	9	2,34	2,99
SK-3	1,5	2,34	1,22
SK-4	13,5	2,34	3,66
SK-5	15	2,34	3,86
SK-6	14,5	2,34	3,79
SK-7	19,5	2,34	4,40
SK-8	25,5	2,34	5,03
SK-9	25,5	2,34	5,03
SK-10	15	2,34	3,86
SK-11	19,5	2,34	4,40
SK-12	12	2,34	3,45
SK-13	15	2,34	3,86
SK-14	19,5	2,34	4,40
SK-15	15	2,34	3,86
SK-16	21	2,34	4,56
SK-17	30	2,34	5,45
SK-18	31	2,34	5,54
SK13G	15	2,34	3,86

SK15G	15	2,34	3,86
SK29G	18	2,34	4,22
SK38G	9	2,34	2,99
S6	19,5	2,34	4,40
S7	21,15	2,34	4,58

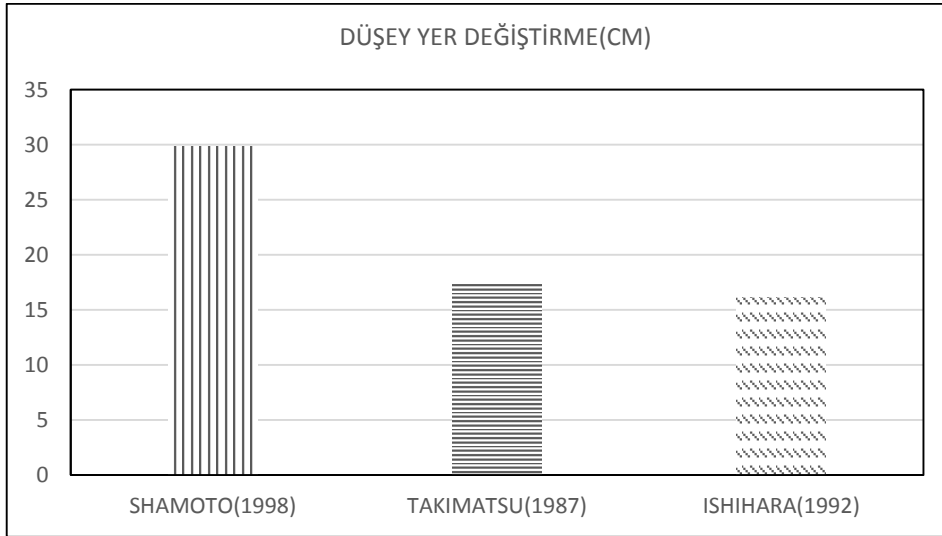
Tokimatsu(1987), Ishihara(1992) ve Shamoto(1998) yöntemlerine göre kıyı bölgesinde seçilmiş sondaj logları için hesaplanan düşey deplasman miktarları Çizelge 3.6'daki gibidir. Her bir sondaj logu için hesaplanan yöntemlere göre deplasmanların grafikleri Şekil 3.43-3.53'deki gibidir.

**Çizelge 3. 6:** Düşey Deplasmanlar

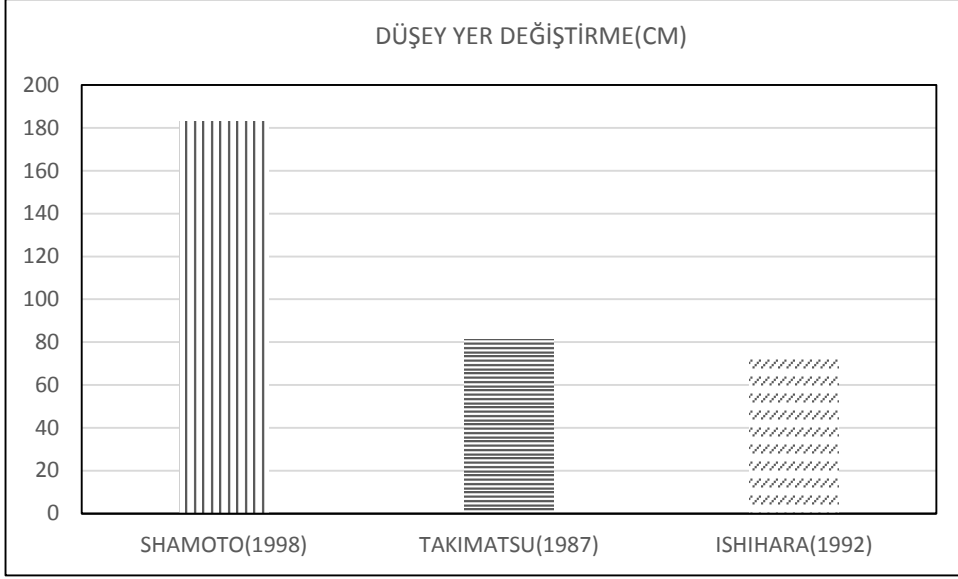
SONDAJ NO	TOKİMATSU(1987)	ISHIHARA(1992)	SHAMOTO(1998)
SK4	17,6	21,0	33,2
SK 7	17,3	16,2	29,8
SK8	81,1	74,9	183,2
SK9	121,4	132,5	226,2
SK13	28,5	45,0	61,5
SK13G	25,5	30,9	42,8
SK15G	34,7	49,0	55,5
SK29G	10,7	15,9	15,0
SK38G	4,5	8,1	7,5
S6	16,7	30,1	36,5
S7	47,5	57,5	90,6



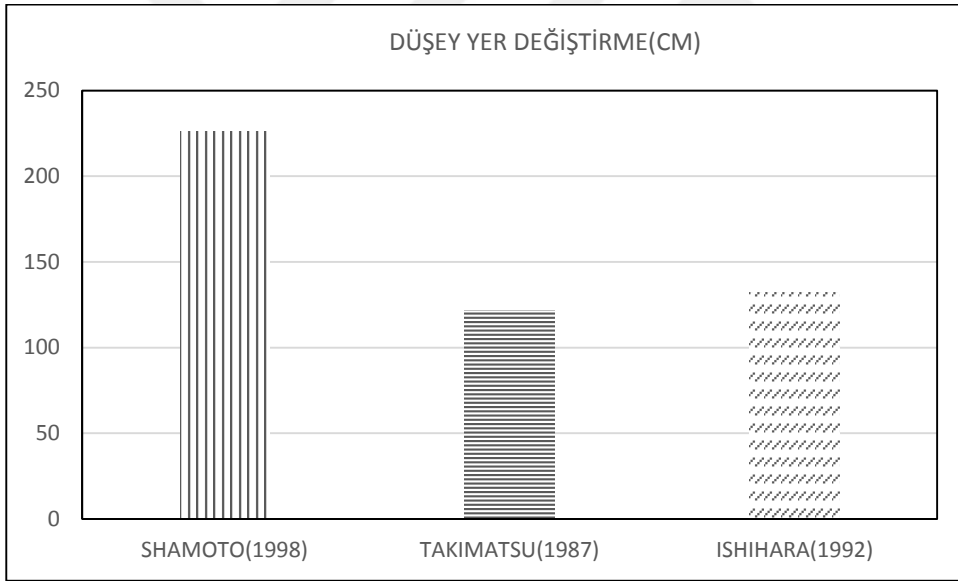
**Şekil 3. 43:** SK-4 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı



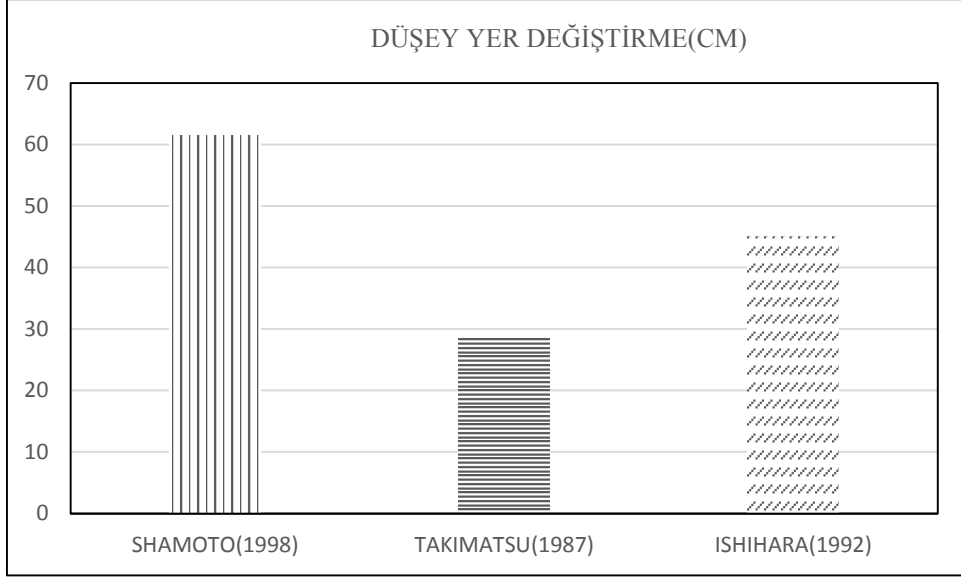
**Şekil 3. 44:** SK-7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı



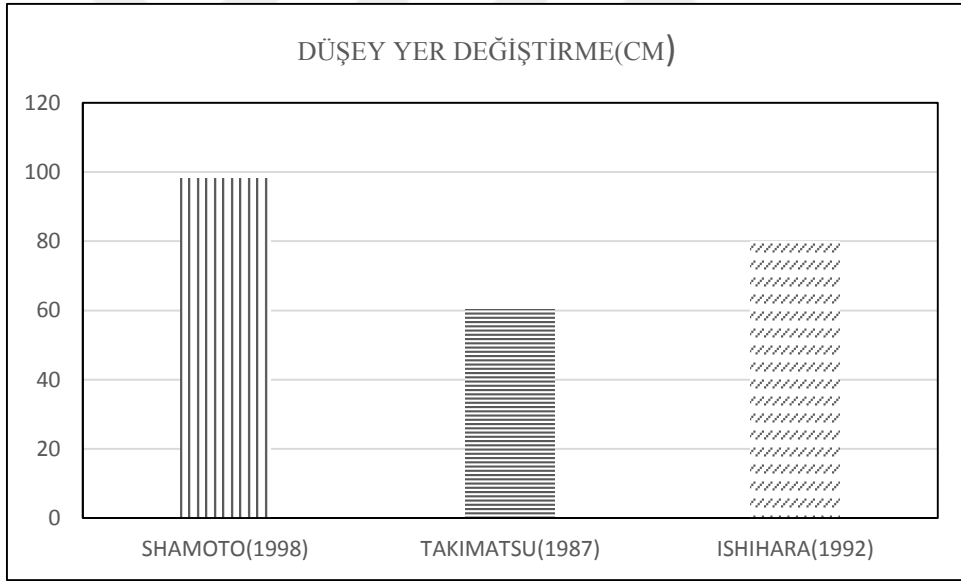
**Şekil 3. 45:** SK-8 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı



**Şekil 3. 46:** SK-9 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı

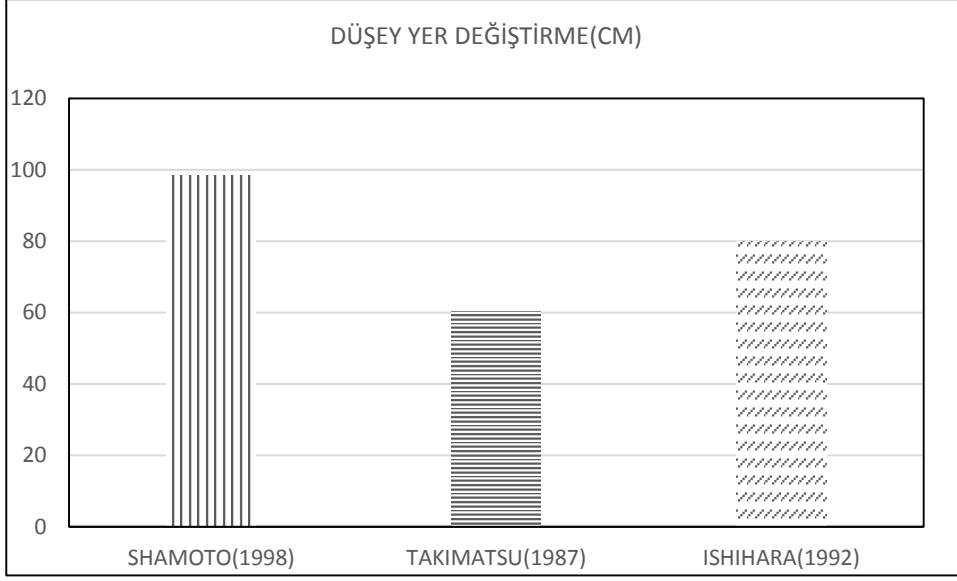


**Şekil 3. 47:** SK-13 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı

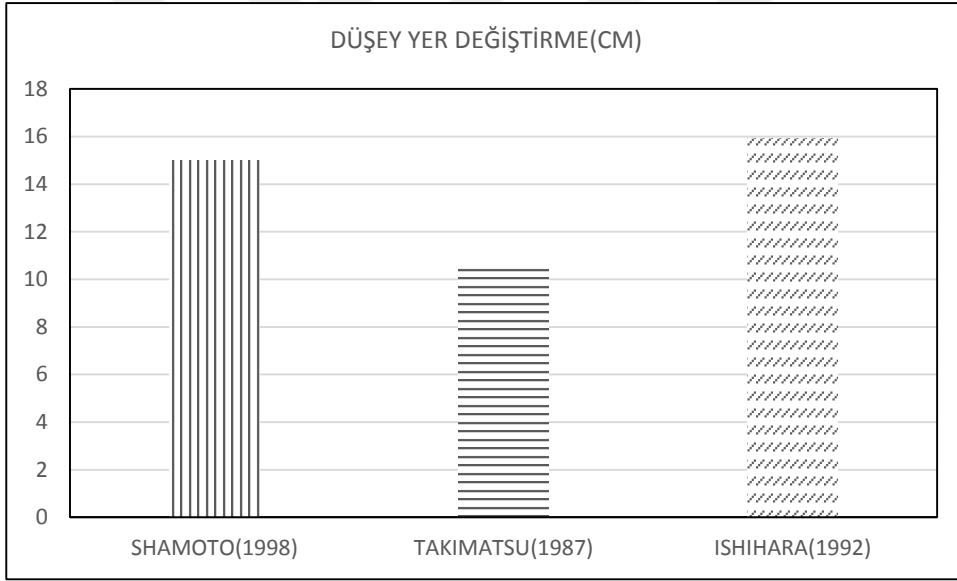


**Şekil 3. 48:** SK-13G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı

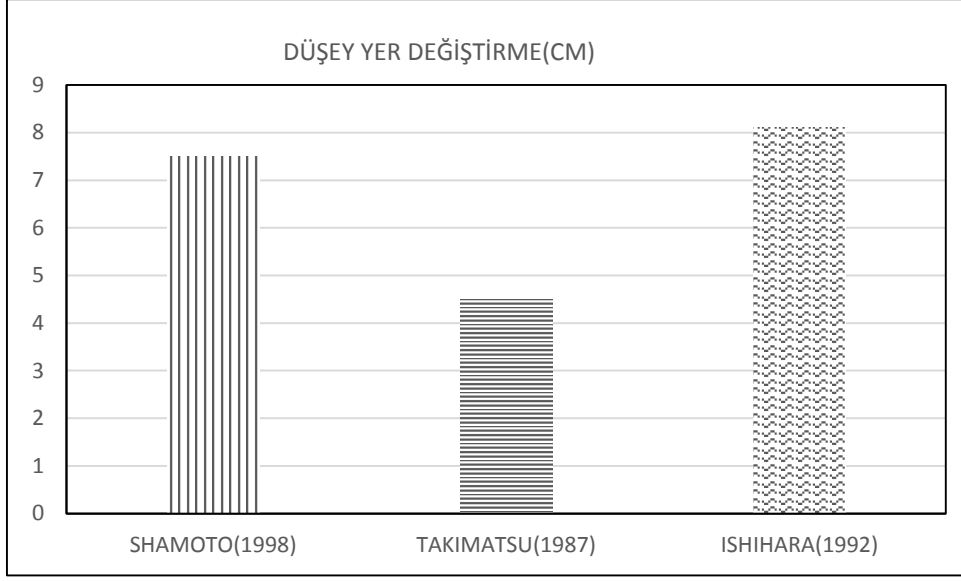




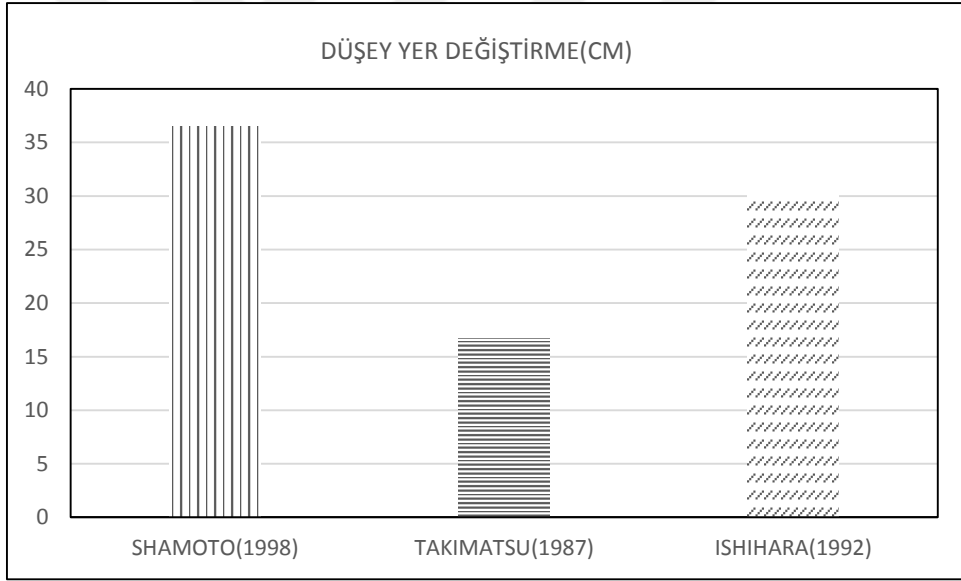
**Şekil 3. 49 :** SK-15G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı



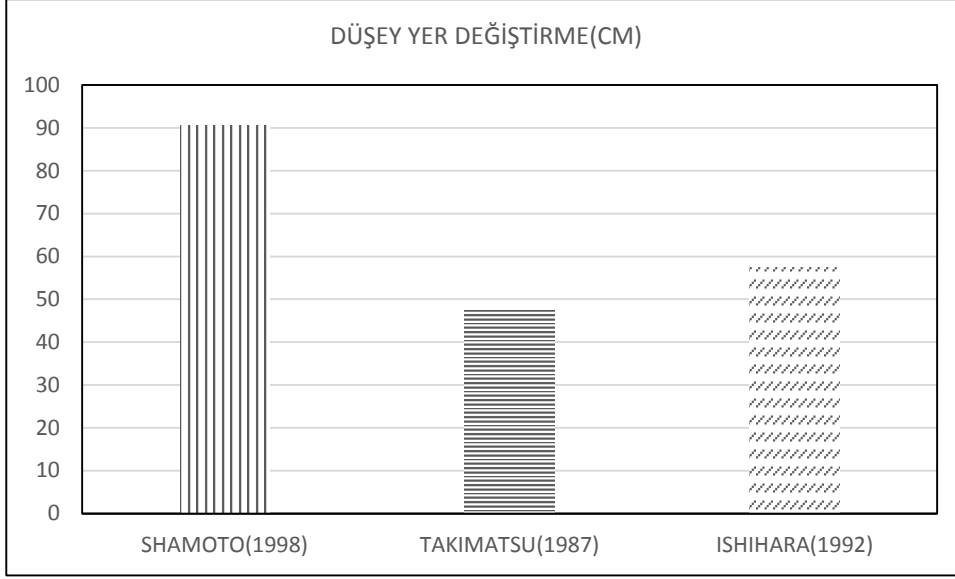
**Şekil 3. 50** SK-29G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı



**Şekil 3. 51:** SK-38G Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı



**Şekil 3. 52:** S6 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme Miktarı



**Şekil 3. 53:** S7 Sondaj Logu Mevcut Yöntemlerin Uygulanması Sonucu Elde Edilen Düşey Yer Değişirme Miktarı

İnceleme alanı fayın geçtiği yerde olduğu için faylanma kaynaklı düşey yer değiştirmeler de meydana gelmiştir. 1999 Marmara depreminde kırılan Kuzey Anadolu Fay'ının Karamürsel-Arifiye kırığı çalışma bölgesi Gölcük Kavaklı Sahilinden devam edip Fort Otosan fabrikasından geçmektedir. Bölgedeki normal atımlı fay kırığından ötürü fayın geçtiği kısımlarda düşey ve yatay deplasmanlar meydana gelmiştir. Düşey deplasmanları Wells ve Coppersmith(1994) 'ün geliştirdiği ampirik formüle göre hesaplamak mümkündür.

$$\text{Normal faylar için } \log \delta_f = -4.45 + 0.63M \quad (3.45)$$

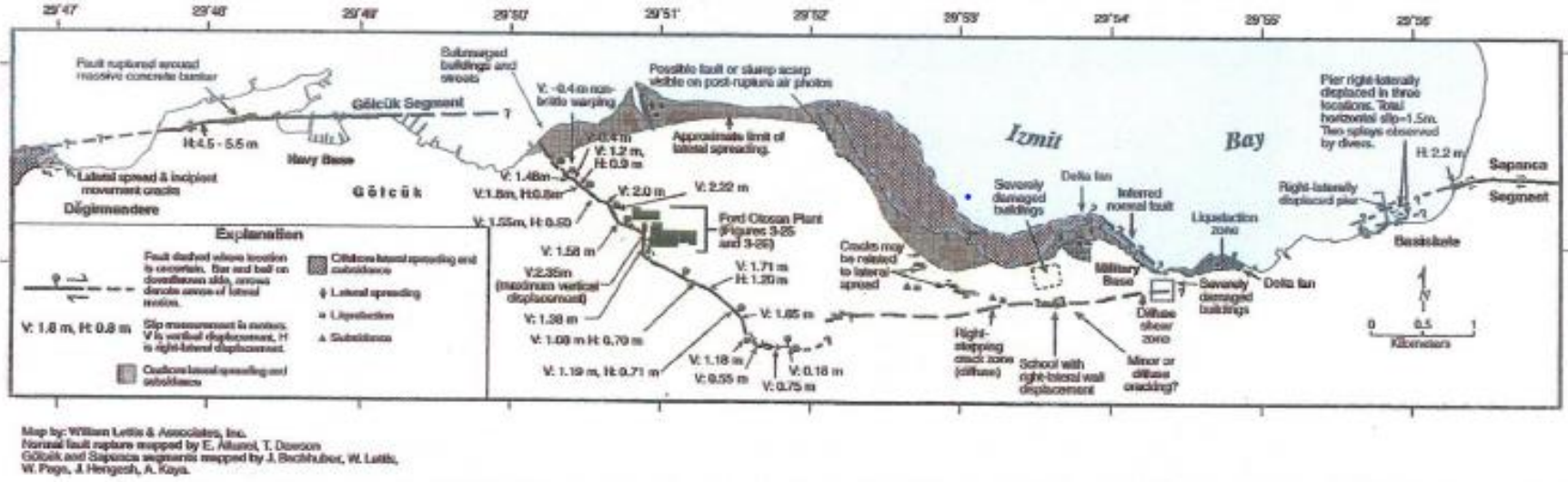
$$\text{Ters faylar için } \log \delta_f = -0.74 + 0.08M \quad (3.46)$$

$$\text{Doğrultu atımlı faylar için } \log \delta_f = -6.32 + 0.90M \quad (3.47)$$

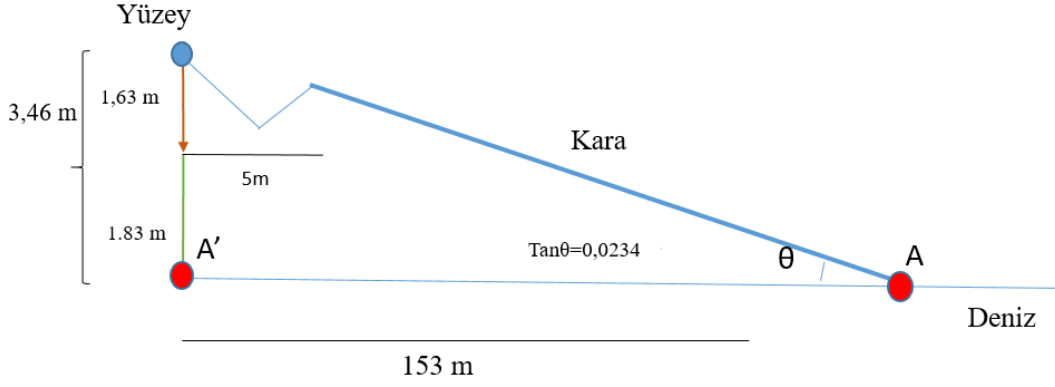
Bölgeden normal fay geçtiği için 1. Denlemi kullanarak faylanmadan dolayı meydana gelen düşey deplasman,  $\delta_f = 1,63$  m olarak hesaplanır. Gölcük Düzce raporundaki Şekil 3.59 'daki yerinde ölçümler sonucunda oluşturulan haritadaki değerlerle karşılaştırıldığında benzer çıktığı görülmektedir. Yukarıda kıyıya yakın sondaj logları için yapılan deplasman analizleri sonucunda hesaplanan sıvılaşma kaynaklı düşey deplasmanlar da göz önünde bulundurulursa ve sondaj loglarından SK-8 sondajı seçilir, SK-8 sondajı için elde edilen deplasman değerleri kullanılırsa ve eğim %2,34 alınır Şekil 3... gösterildiği gibi kıyının 153 m içeriye girdiği hesaplanır. LANDSAT uydu görüntülerindeki kıyı değişimine bakıldığında yaklaşık 150 m kadar kıyının sular altında kaldığı ve kıyı çizgisinin içeri girdiği görülmektedir. Bu değer gerek faylanma kaynaklı

elde edilen deplasmanların gerekse sıvılaşma kaynaklı meydana gelen deplasmanların hesaba katılarak elde edildiği kıyı çizgisinin içeri girme mesafesiyle çok yakın olduğu gör÷lmektedir.





Şekil 3. 54: Gölcük Fay Segmentindeki Yatay ve Düşey Deplasman Miktarları ( İzmit ve Düzce Raporu,2000



**Şekil 3. 55:** Yatay ve Düşey Yer değiştirme Sonucunda Kıyı Çizgisi Değişimi

### 3.4.4.2 Uydu görüntülerinde yanal yayılmaların tespiti

Çalışma alanında Kavaklı bölgesinde Kavaklı fayının geçtiği ve sahil kesimine yakın olan futbol sahası ve spor salonu deprem sonrasında faylanma ve sıvılaşma kaynaklı yanal yayılmalar sebebiyle oluşan deplasmanlar nedeniyle şekil 3.59'da deki gibi sular altında kalmıştır. Bölgenin deprem öncesi ve hemen sonrası uydu görüntüleri <https://earthexplorer.usgs.gov/> internet sitesinden Landsat uydusundan elde edilmiştir. Şekil 3.58'deki 10 Ağustos 1999 tarihli uydu görüntüsü ve şekil 3.59'daki 27 Eylül 1999 tarihli uydu görüntüsü incelendiğinde deprem sonrasında kıyı bölgesinin sular altında kaldığı ve kıyı çizgisinin değiştiği görülmektedir. Bölgenin deprem öncesi, hemen sonrası ve günümüz görüntüleri karşılaştırıldığında kıyı çizgisindeki değişim Şekil 3.61'deki gibi görülmektedir.

Ayrıca Deprem sonrasında şekil 3.56 ve şekil 3.57'deki hava fotoğraflarında da kıyıya yakın futbol sahası, lunaparki konut gibi yapıların sular altında kaldığı, yanal yayılmalarından dolayı ciddi hasar gören spor kompleksi binasına kadar deniz ulaşmasa da yanal yayılmaların bu kısımlarda da etkili olduğu görülmektedir.



(a)



(b)



(c)



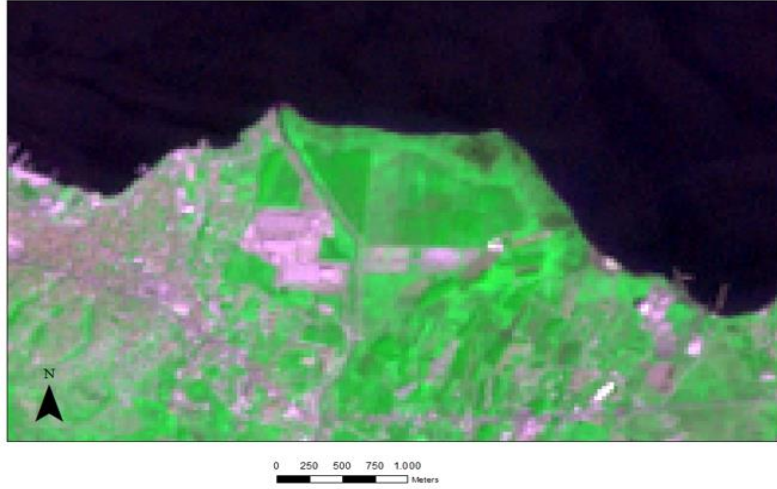
(d)

**Şekil 3. 56:** Gölçük'te Deprem Sonucu Meydana Gelen Yanal Yer Değişirmeden Ötürü Su Altında Kalan Kıyı Bölgesi (<http://www.ntv.com.tr/turkiye,2017>)



**Şekil 3. 57:** Gölçük'te Deprem Sonucu Meydana Gelen Yanal Yer Değişirmeden Ötürü Su Altında Kalan Kıyı Bölgesi (<http://www.ntv.com.tr/turkiye,2017>)

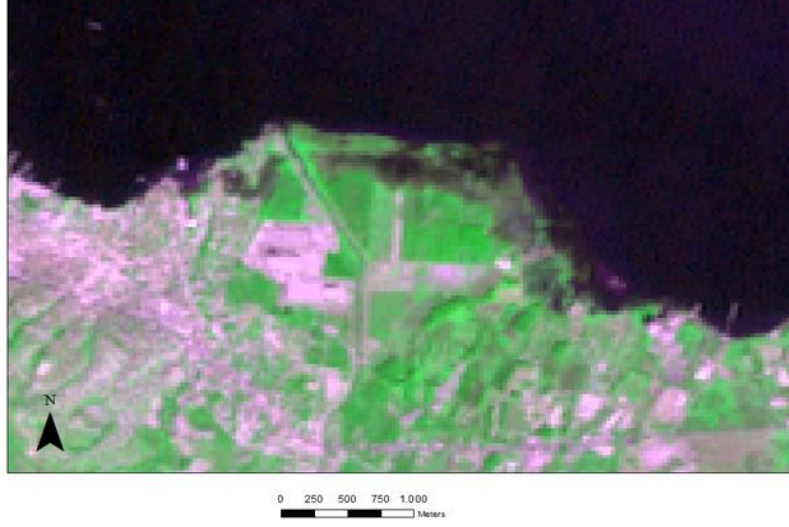
GÖLCÜK VE ÇEVRESİ DEPREM ÖNCESİ KIYI GÖRÜNÜMÜ



**Şekil 3. 58:** Marmara Depremi öncesi 10 Ağustos 1999 LANDSAT Gölçük ve Çevresi Uydu Görüntüsü (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)



GÖLCÜK VE ÇEVRESİ DEPREM SONRASI KIYI GÖRÜNÜMÜ



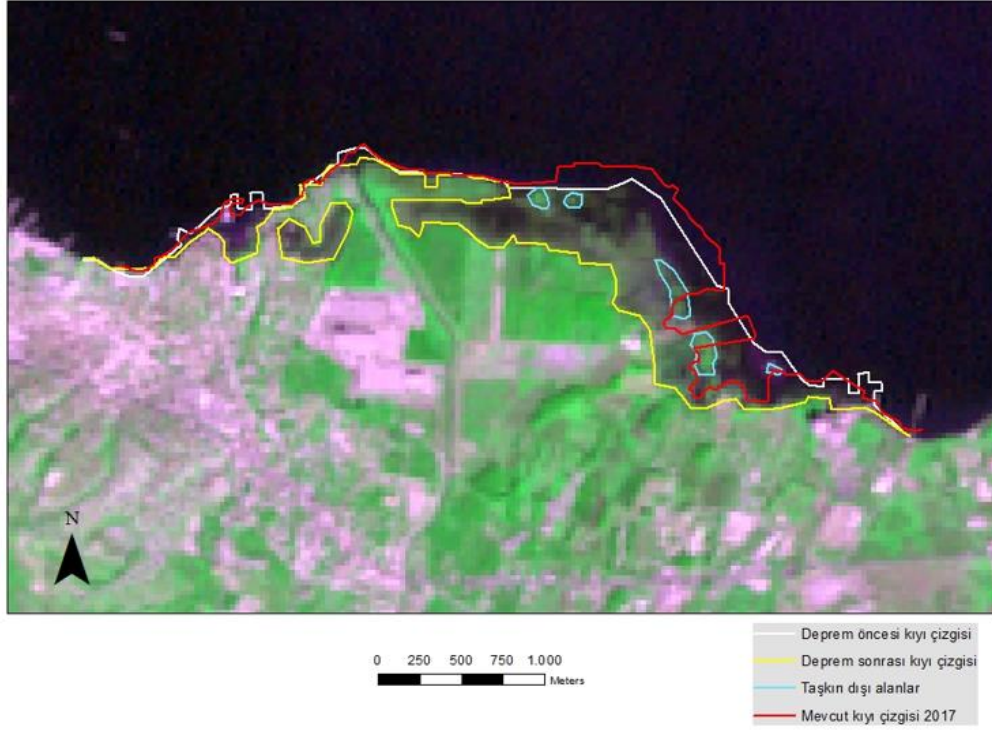
Şekil 3. 59: Marmara Depremi sonrası 27 Eylül 1999 LANDSAT Gölçük ve Çevresi Uydu Görüntüsü (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

2017 YILI GÖLCÜK VE ÇEVRESİ KIYI ÇİZGİSİ



Şekil 3. 60: Mart 2017 Gölçük ve Çevresi Uydu Görüntüsü (Google Earth,2017)

## GÖLCÜK VE ÇEVRESİ DEPREM SONRASI KIYI DEĞİŞİMİ



**Şekil 3. 61:** Marmara Depremi sonrası Çalışma alanındaki kıyı çizgisindeki değişimi

### 3.5 Zemin Büyütmesi

Zemin büyütme değerleri mikrobölgeleme çalışmalarında depremin hasar verme derecesini belirlemek açısından çok önemlidir. Olası bir depremin yapı stoku üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için ana kayadan zemin yüzeyine gelen deprem dalgalarındaki değişim ve zemin davranışı hesaba katılmalıdır. Bu yüzden deprem yönetmeliklerinde depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılan elastik tasarım ivme spektrumları oluşturulurken yerel zemin koşulları göz önünde bulundurulur.( Kutanis, Bal,2006) Yerel zemin koşullarının belirlediği zemin büyütme özelliğini, zemin tabakalarının kalınlığı ,ana kaya derinliği jeolojik yapı yeraltı su seviyesi, zeminin plastisitesi, kıvam ve esnekliği gibi faktörler etkilemektedir. Deprem dalgalarının odak noktasından yüzeye doğru hareket ederken zemin tabakalarının mühendislik özelliklerini değiştirmesinin yanında zemin tabakaları da kalınlık ve özelliklerine bağlı olarak deprem dalgalarına ait ivme zaman kayıtlarının süre ve frekans özelliğinin değişmesi, deprem ivme genliklerinin büyümesi veya küçülmesi gibi bir takım özelliklere etki ettiği tespit edilmiştir.(Ansal, Tönük & Kurtuluş,2011)

Yerel zemin koşullarının yapı hasarları üzerindeki etkileri açısından 19 Ekim 1985 Michoacan( $M_s=8.1$ ) depremi incelendiğinde depremin dış merkezine yakın alanlarda orta şiddette hasarlar oluşurken, depremin merkez üssünden yaklaşık 350 km uzaklıktaki Mexico City’de çok ağırlık hasarlar meydana geldiği tespit edilmiştir (Ansal, Tönük & Kurtuluş,2011) Benzer bir şekilde Marmara Depremi’nin meydana geldiği, gevşek kum siltli kum ve kilden oluşan ince malzeme içeren alüvyon zeminlerin bulunduğu Gölcük, Adapazarı, İzmit, Körfez, Değirmendere Karamürsel, Yalova, Çınakcık, Düzce, Gölyaka, Sapanca bölgelerinde yapılan çeşitli zemin araştırmalarında zemin tabakalarının sıkışabilirliğinin çok yüksek olduğu ve bu yerleşim yerlerinin bazı alanlarında zeminin sıvılaşma potansiyeli gösterdiği ortaya konmuştur. Bu bölgelerde, denize dökülen nehirlerin oluşturduğu genç alüvyon zeminler , bu bölgelerin sahil kesiminde uzanmasından dolayı yer altı su seviyesinin yüksek olması sebebiyle ağır hasarlar meydana gelirken şehrin çevresinde eski alüvyonların ve yamaç

bloklarının bulunduğu bölgelerde ciddi hasarlara çok az rastlanmıştır. Bu bölgelere benzer olarak Avcılar, Karasu, Akçakoca bölgeleri faydan yaklaşık 110 km uzaklıkta olmasına rağmen bu bölgelerdeki gevşek ve tutturulmamış zemin mevcudiyetinden dolayı ağır hasarlar meydana gelmiştir.

(Efe ve Demirci, 2001). Yerel zemin koşulları; zemin büyütmesi olarak tanımlanan zemin yüzeyindeki deprem özelliklerinin büyümesi, zemin tabakalarında meydana gelen göçmeler ve oturmalar, zemin katmanlarının sıvılaşması ve yamaçlardaki stabilitenin bozulması üzerindeki etkileri bakımından depremde yapılarda ciddi hasarların oluşmasına sebep olmaktadır. (Ansal, 1999)

**Çizelge 3. 7:** Relatif zemin büyütme katsayısının kayma dalgası hızı ile hesaplanmasıyla ilgili bağıntılar

Araştırmacı	Bağıntı
Midorikawa (1987)	$A=68 V_1^{-0.6}$ ( $V_1 < 1100$ m/s) $A=1$ ( $V_1 > 1100$ m/s)
Joyner ve Furnal (1984)	$A=23 V_2^{-0.45}$
Borcherdt et l.(1991)	AHSA= 700/ $V_1$ (Zayıf Yer Hareketi) AHSA=600/ $V_1$ (Zayıf Yer Hareketi)

A: En büyük yer hızına göre relatif büyütme katsayısı

AHSA: 0.4-2s spektral aralığında ortalama yatay büyütme

$V_1$ : 30 m derinlik için ortalama kaymadalgası hızı (m/s)

$V_2$ : 1 S Periyotlu dalganın dalga boyunun 1/4 'ğ kadar mesafedeki derinlik için hesaplanan ortalama kayma dalgası hızı(m/s)

Yerel zemin özelliklerinin belirlenmesi için sondajlar yardımıyla elde edilen numuneler üzerinde yapılan elek analizi ve kıvam limitleri deneyleri ile zeminin sınıflandırılmasının yanında mühendislik kayası olarak adlandırılabilir

( $V_s \geq 750 \text{ m/s}$ ) tabakasının derinliğini tespit etmek gerekir. (ansal, tönük & kurtuluş, 2007) Kayma dalgası hızının derinlikle değişimi kuyu içi veya yüzey kayma dalgası hız değerlerinden veya standart penetrasyon deneyi vuruş sayısına bağlı bağıntılardan hesaplanabilir. İyisan (1996) tarafından geliştirilmiş bağıntı yardımıyla gölcük afet bölgesi için  $V_s$  hesaplanabilir.

$$V_s = 51.5 N^{0.516} \leq 500 \text{ m/sn} \quad (3.48)$$

( $V_s \geq 750 \text{ m/s}$ )

Düseyde farklı derinliklere koyulan kuvvetli yer hareketi sismograflarından elde edilen kayıtlar ve bunun üzerine yapılan araştırmalar yüzeyden 30 metre derinliğe kadar bulunan zemin ve kaya katmanlarının zemin yüzeyindeki deprem etkileri üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu yüzden yerel zemin koşullarını yansıtan eşdeğer kayma dalgası hızı parametresi üst 30 metre içindeki zemin ve kaya katmanlarının kayma dalgası hızlarının ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanır. (Borcherdt, 1994). Dolayısıyla yerden 30 metre derinliğe kadar değişik noktalardaki zemin büyütmesi eşdeğer kayma dalgası hızı kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bu nedenle eşdeğer kayma dalgası hızı bir çok yönetmelikte ( EC8 ,Amerika Birleşik Devletleri Deprem Yönetmeliği, NEHRP ve Avrupa Deprem Yönetmeliği gibi) de zemin sınıflandırmasının temelini oluşturması bakımından yer sarsıntısı şiddetine göre mikrobölgeleme parametresi olarak ifade edilmektedir. (Ansal, Tönük & Kurtuluş,2011)

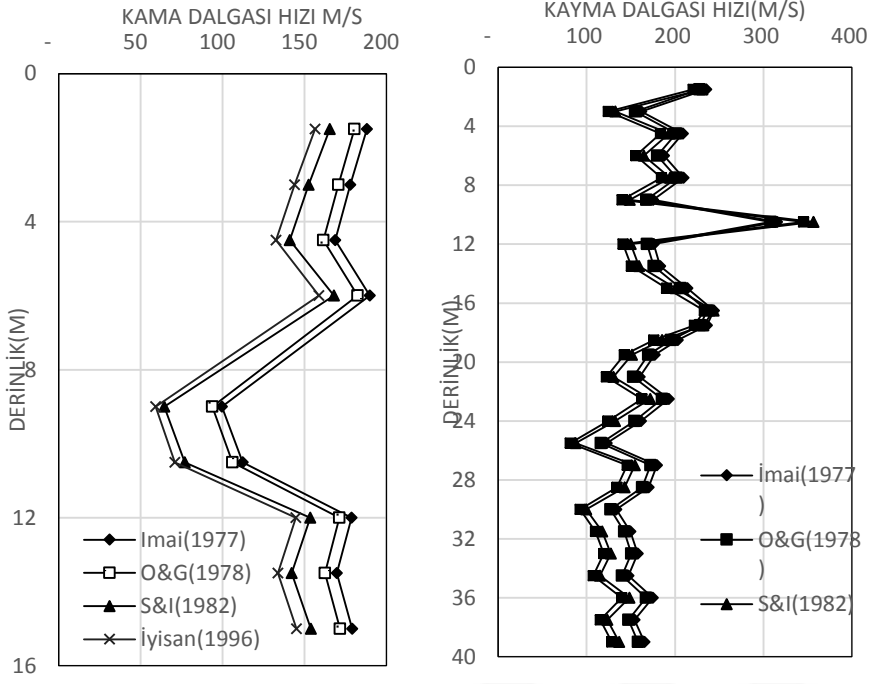
**Çizelge 3. 8:** Arazi penetrasyon deneylerinden kayma dalgası hızı hesabı için önerilen ilişkiler( Afet İşleri ve genel Müdürlüğü,2004)

Araştırmacı	Bağıntı	Zemin Cinsi
Imai (1977)	$V_s = 91 N^{0.337}$	Tüm Zeminler
	$V_s = 102 N^{0.292}$	Killer
	$V_s = 80.6 N^{0.331}$	Kumlar
Ohta ve Goto (1978)	$V_s = 85.35 N^{0.348}$	Tüm Zeminler
	$V_s = 67.79 N^{0.219} D$	İnce kumlar
	$V_s = 62.14 N^{0.219} D$	Killer
Seed ve Idriss (1982)	$V_s = 56.4 * N^{0.50}$	Tüm Zeminler
Barrow ve Stokoe (1983)	$V_s = 154 + 0.64 q_c$ :kg/cm <sup>2</sup>	Tüm Zeminler
Sykora ve Stokoe (1983)	$V_s = 100.5 N^{0.29}$	Kumlar
	$V_s = 134 + 0.52 q_c$ :kg/cm <sup>2</sup>	
Jinan (1987)	$V_s = 116.1(N + 0.3185)^{0.202}$	Holosen
Lee(1990)	$V_s = 57.40 N^{0.49}$	Kum
	$V_s = 105.64 N^{0.32}$	Silt
	$V_s = 57.40 D^{0.46} D(m)$	Kum
	$V_s = 70.81 D^{0.37}$	Kil
	$V_s = 70.52 D^{0.39}$	Silt
İyisan (1996)	$V_s = 51.5 N^{0.516}$	Tüm
	$V_s = 55.3 q_c^{0.337}$	Tüm
Jafari ve diğ(1997)	$V_s = 22 N^{0.85}$	Tüm
Pitilakis ve diğ.(1999)	$V_s = 145(N_{60})^{0.85}$	Kum
	$V_s = 132(N_{60})^{0.271}$	Kil
Kiku ve diğ.(2001)	$V_s = 68.3 N^{0.292}$	Tüm
Jafari ve diğ.(2002)	$V_s = 27 N^{0.73}$	Kil
Hasan cebi ve Ulusay(2006)	$V_s = 68.3 N^{0.292}$	Tüm
	$V_s = 90.8 N^{0.319}$	Kum

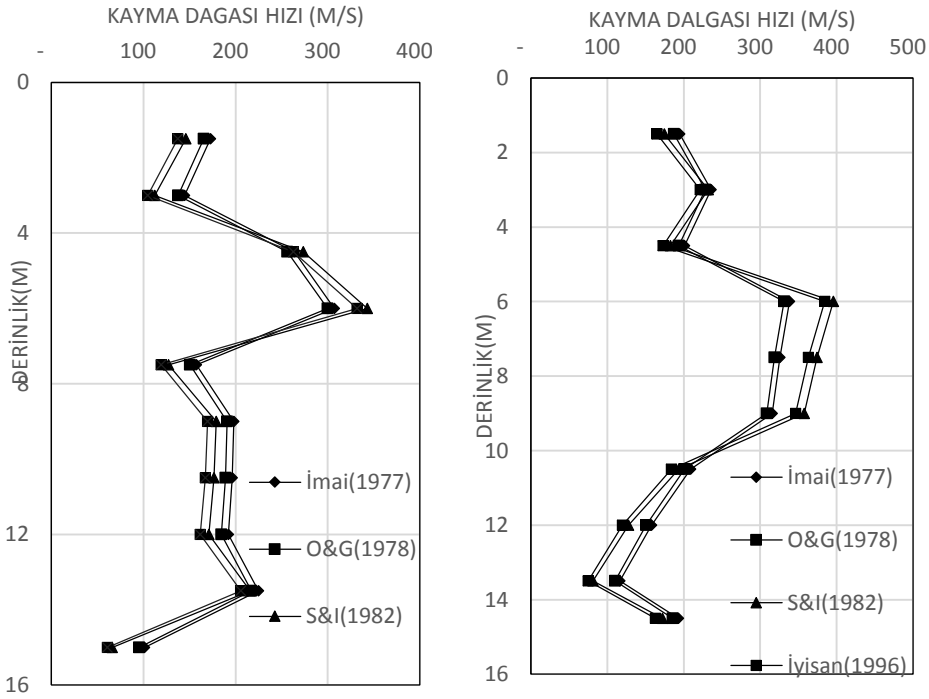
Bölgede tüm zemin çeşitleri mevcut olduğu için tüm zeminlerde geçerli olan Imai (1977), Ohto& Goto(1978) Seed ve Idriss (1982) ,Lee(1990) ve İyisan(1996) tarafından geliştirilen formüller kullanılarak  $V_s$  (kayma dalgası) büyüklükleri hesaplanmış ve her bir sondaj logu için aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur. Şekil 3.65'den şekil 3.76'ya kadar olan grafiklerde de görüldüğü gibi sondaj derinliği 45 m'leri bulan sondaj logları için bile hesaplanan  $V_s$ , kayma dalgası hızı değerlerinin Mühendislik kayası olarak adlandırılan  $V_s \geq 750\text{m/s}$  değerine ulaşamadığı görülmektedir. Sondaj logları için hesaplanan  $V_s$  değerleri 100m/s ile 400 m/s arasında değişmektedir. Deprem Yönetmeliği (2016) tarafından oluşturulan **Çizelge 3.9'**daki zemin sınıflamasına göre  $V_s$  'in 200 m/s'ye kadar olduğu tabakalar yumuşak zemin, 200-375 m/s aralığında olduğu tabakalar sıkı killi ve kumlu zemin, 375-700 m/s aralığında olduğu durumlarda çakıllı zemin ve yumuşak kaya olarak tanımlanmaktadır.

**Çizelge 3. 9:** Kayma Dalgasına göre zemin sınıfı (Deprem yönetmeliği, 2016)

Zemin Sınıfı	Fiziksel tanım	Kayma dalgası hızı aralığı	
		m/s	Ft/s
SC-I	Sert ve sağlam Kaya	>1400	>4600
SC-Ia (A <sub>0</sub> )	Sert Kaya	700-1400	2300-
SC-Ib (A)	Sağlam ve sert Kaya	4600	
SC-II (B)	Çakıllı zemin ve yumuşak kaya	375-700	1230-2300
SC-III (C)	Sıkı killi ve kumlu zemin	200-375	660-12300
SC-IV	Yumuşak Zemin	<200	<600
SC-Iva (D)	Özel olm. çalışmada: ≤ 37 m		
SC-IVb (E)	Özel çalışmada :>37 m kalınlık		

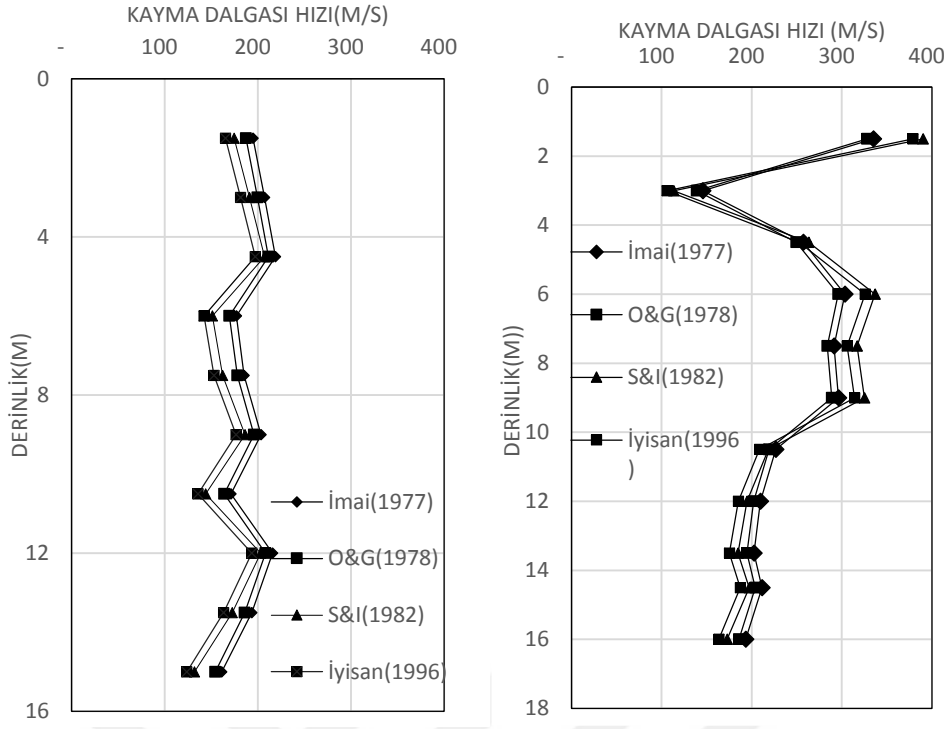


Şekil 3. 62: SK-1 ve SK-2 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi

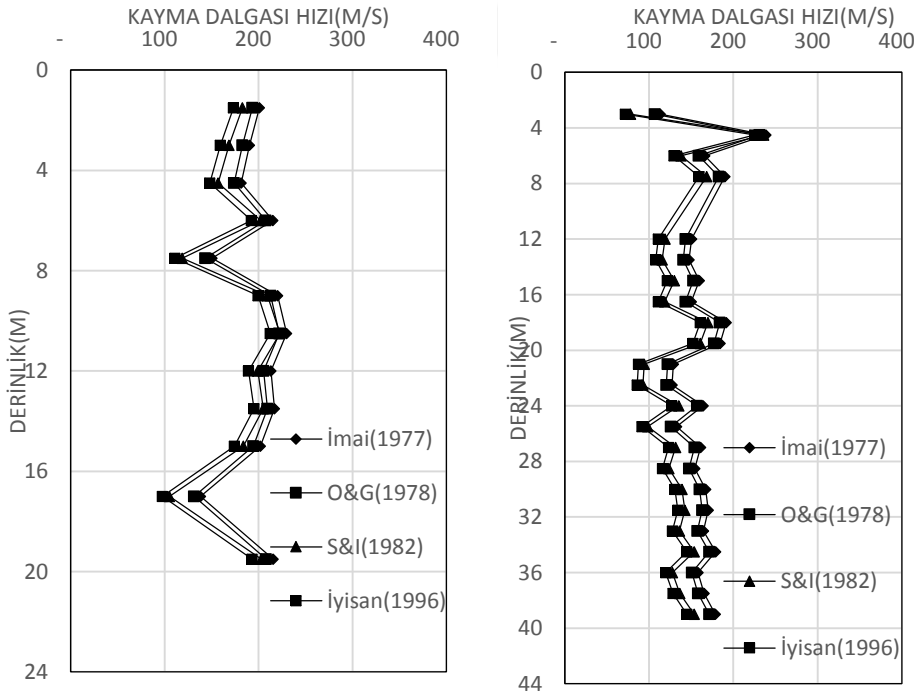


Şekil 3. 63: SK-3 ve SK-4 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi

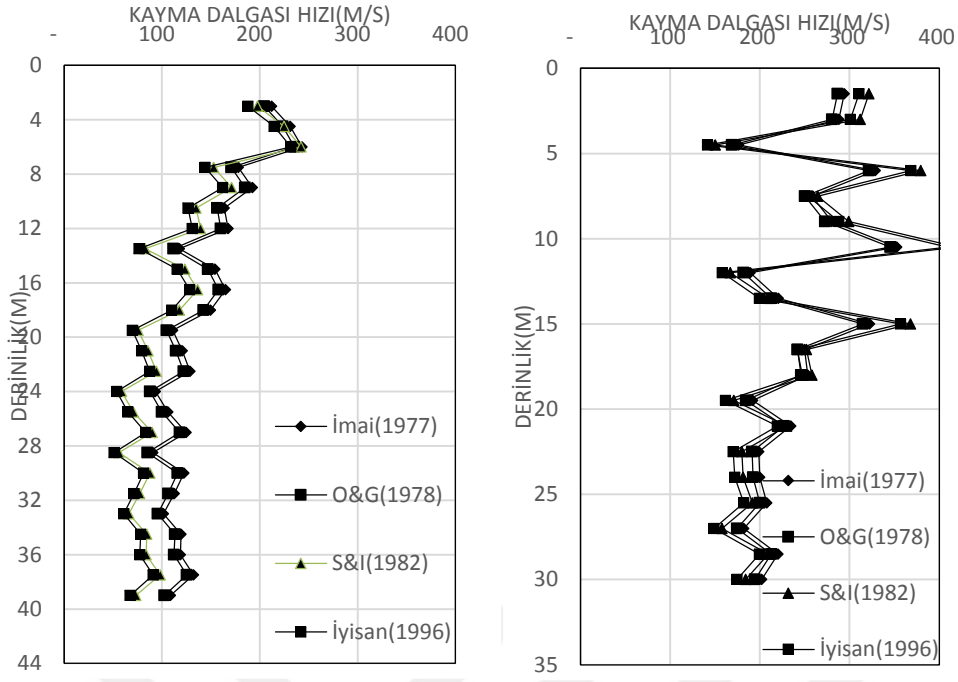




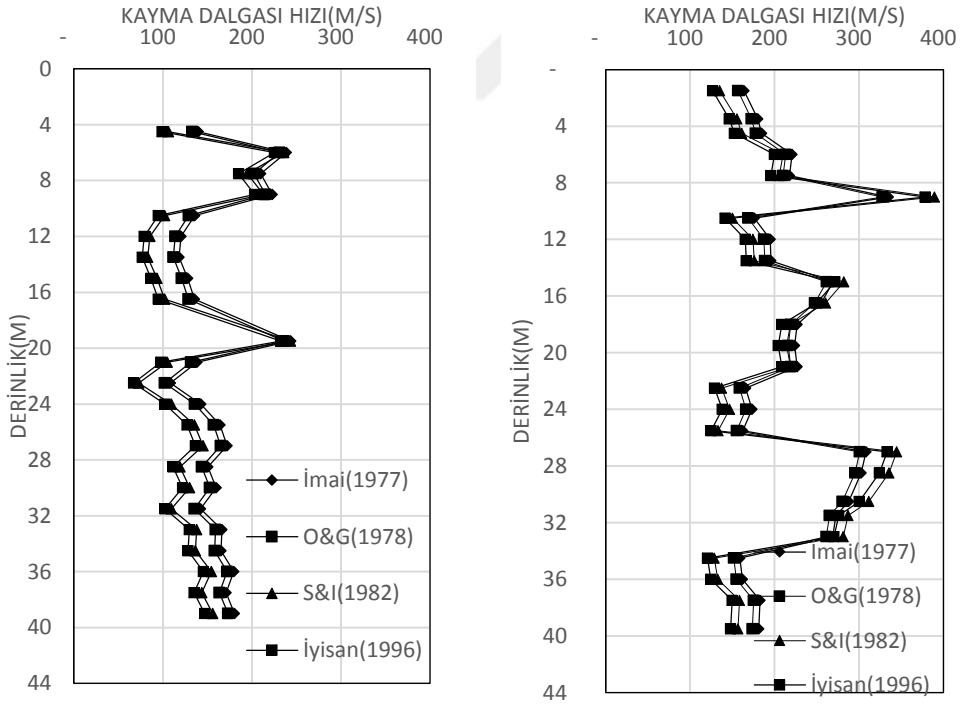
Şekil 3. 64: SK-5 ve SK-6 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



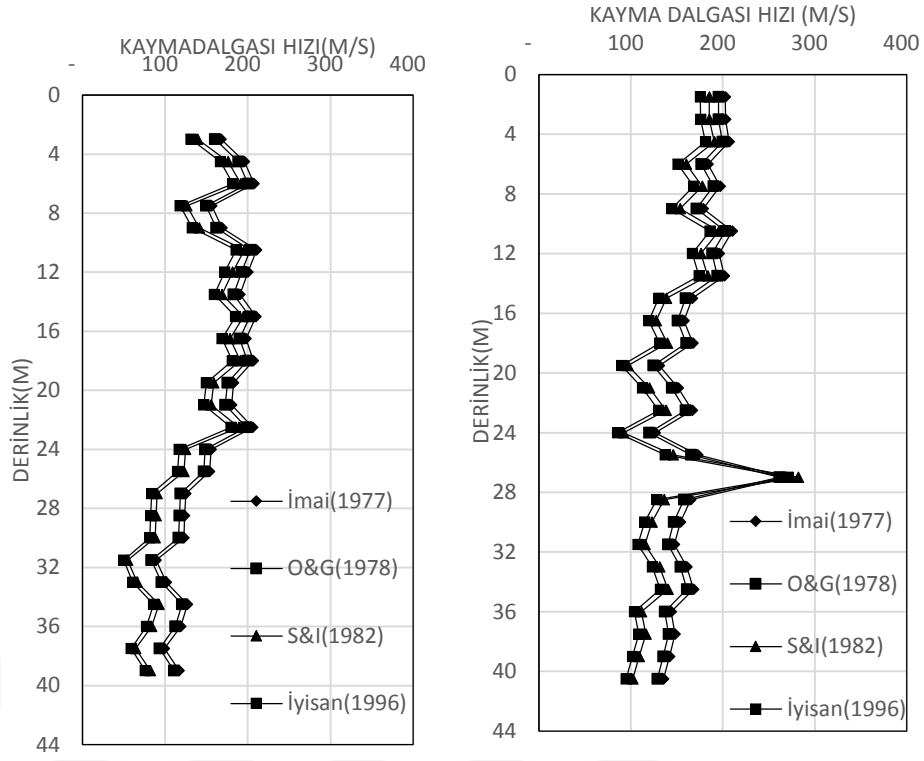
Şekil 3. 65 : SK-7 ve SK-8 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



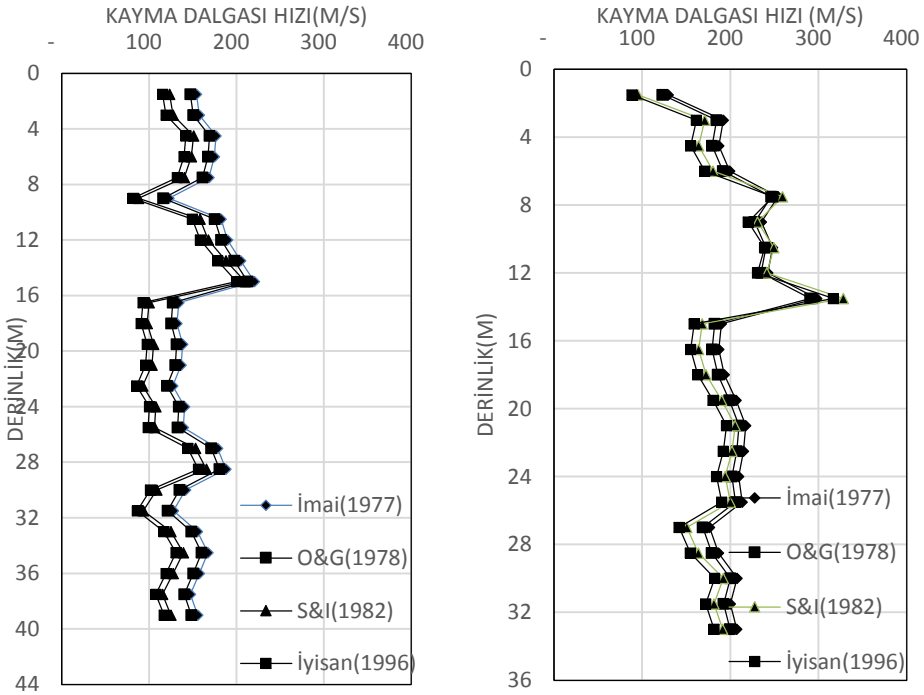
Şekil 3. 66: SK-9 ve SK-10 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



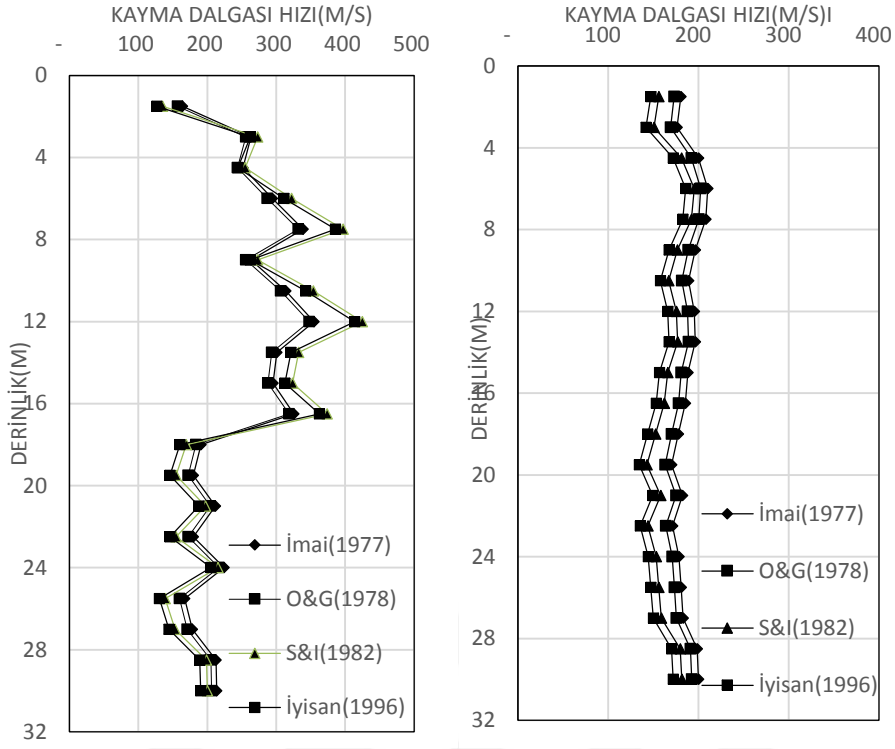
Şekil 3. 67: SK-11 ve SK-12 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



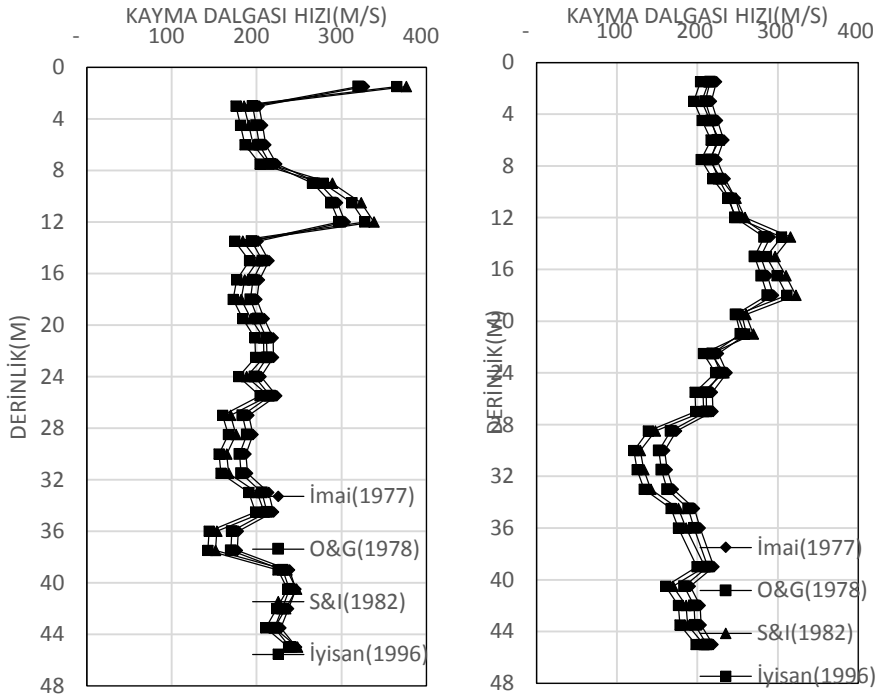
Şekil 3. 68: SK-13 ve SK-14 sondajlarına ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



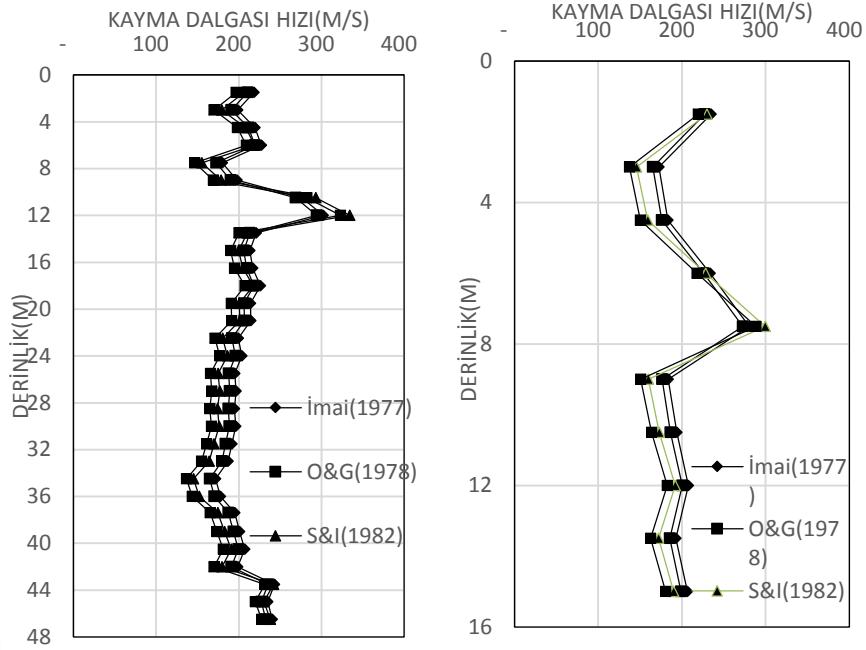
Şekil 3. 69: SK-15 ve SK-16 Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



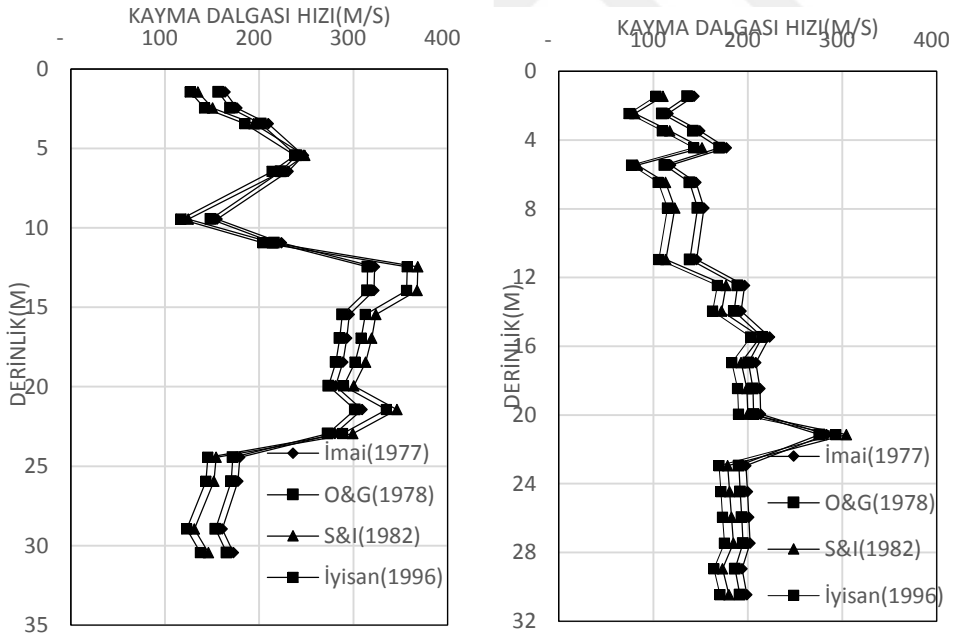
Şekil 3.70: SK-17 ve SK-18 Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



Şekil 3.71: SK-13G ve SK-15G Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



Şekil 3.72: SK-29G ve SK-38G Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi



Şekil 3. 73: S6ve S7 Sondajlarına Ait Kayma Dalgasının Derinlikle Değişimi

$$V_{s30} = 30 / \sum(d/V_s)$$

$$A = 68 V_1^{-0.6}$$

(3.49)

A, zemin büyütme katsayısı,  $V_1$ , kayma dalgası hızı

Yapılan Kayma Dalgası Analizleri yapıldıktan sonra yanal yayılmanın da meydana geldiği SK-8 sondajı için hesaplanan  $V_s$  değerleri için zemin büyütme değeri bulunmuştur. Aşağıdaki denklem kullanılarak 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı,  $VS30=147$  m/s olarak hesaplanmıştır. Ortalama Kayma Dalgası Hızı, kullanılarak, Midorikawa (1987) tarafından geliştirilen denklem kullanılarak yüzeydeki Zemin büyütme değeri 3,4 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Deprem Yönetmeliğinde hesaplanan değer 2,5 'dan oldukça yüksektir. Bölgede hasarların meydana gelmesine sebep olmuştur.

**Çizelge 3. 6:** Midorikawa(1987)'ye göre hesaplanan zemin büyütme değeri

SONDAJ NO	VS30	Midorikawa(1987) Zemin büyütmesi
SK-1	178	3,04
SK-2	198	2,85
SK-3	204	2,8
SK-4	226	2,63
SK-5	200	2,83
SK-6	260	2,42
SK-7	186	2,96
SK-8	147	3,41
SK-9	150	3,36
SK-10	266	2,39
SK-11	161	3,22
SK-12	218	2,69
SK-13	172	3,1
SK-14	181	3,01
SK-15	157	3,27
SK-16	215	2,71
SK-17	228	2,62
SK-18	200	2,83
SK13G	236	2,56
SK15G	235	2,57
SK29G	219	2,68
SK38G	204	2,8
S6	300	2,22
S7	183	2,99

#### 4.SONUÇLAR

17 Ağustos Kocaeli Depremi'nde merkez üssü olan ve en fazla hasarın ve can kaybının meydana geldiği Kuzey Anadolu Fay'ının geçtiği Gölcük Bölgesi için hasarların en büyük sebeplerinden zemindeki sıvılaşma ile yatay ve düşey yer değiştirme durumları olduğu ön görülmüştür. Bu yüzden bu tez kapsamında bölgenin çeşitli analizleri içeren bir mikrobölgeleme çalışması yapılmış, sıvılaşma potansiyeli ve buna bağlı olarak gelişen deplasmanlar hesaplanmıştır.

Merkez üssü olan Gölcük'te özellikle kıyı bölgelerde alüvyon zeminlerin bulunması nedeniyle sıvılaşmalar meydana gelmiştir. Sıvılaşmalardan dolayı zeminde taşıma gücü kayıpları ve yanal yayımlara bağlı zemin deformasyonları meydana gelmiştir. Bu tez kapsamında inceleme bölgesinde zemin koşulları göz önünde bulundurularak kayma dalgası, sıvılaşma ve yanal yayılma gibi çeşitli analizler yapılmış ve bölgenin sıvılaşma ve yanal yayılma potansiyeli hakkında sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bölgenin deprem öncesi( 10 Ağustos 1999'da ), deprem sonrası( 27 Eylül 1999'da) ve günümüzdeki (2017) uydu görüntüleri 1999 marmara depremi sonrası LANDSAT uydu görüntüleri elde edilmiş ERDAS programında görüntüler normalleştirilmiş ve ARCGIS programında görüntüler üst üste çakıştırılarak kıyı çizgisindeki değişim gözlenmiştir.

Bölgede tüm zemin çeşitleri mevcut olduğu için tüm zeminlerde geçerli olan Imai (1977), Ohto& Goto(1978) Seed ve Idriss (1982) ,Lee(1990) ve İyisan(1996) tarafından geliştirilen formüller kullanılarak  $V_s$  (kayma dalgası) büyüklükleri hesaplanmış olup değerlerin 100-400 m/s aralığında yoğunlaştığı saptanmıştır. Değerler Deprem Yönetmeliği (2016) 'deki zemin sınıflama çizelgesine göre yorumlandığında zeminin yumuşak zemin ve killi kum orta sıkılıktaki tabakalardan oluştuğu belirlenmiştir. Sondaj logları için Youd (2001) ve Seed ve İdriss(1972) yöntemlerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonucunda sondaj loglarının hemen hemen tamamında belirli derinliklerde Güvenlik Faktörü<1 olarak hesaplandığı için bu derinliklerde sıvılaşma potansiyeli olduğu saptanmıştır. Rauch (1997), Bartlett & Youd,1992), Youd ve Perkins (1987), Hamada ve di .(1986,1987) , Shomoto (1998) yöntemleri kullanılarak elde edilen yatay deplasman miktarlarının oldukça yüksek

çıkışı tespit edilmiştir. Takimatsu(1987), Ishihara (1992) ve Shomoto (1998) yöntemlerine göre sivilaşma nedeniyle meydana gelen düzey deplasmanlar hesaplanmıştır ve Wells and Coppersmith(1994) yöntemine göre hesaplanan faylanma kaynaklı düzey deplasmanlara eklenerek toplam düzey yer deşirme hesaplanmıştır. Hesaplanan deplasmanlarla denizin yaklaşık 150 m kadar kıyıda içeri girdiği belirlenmiştir olup uydu görüntülerindeki kıyı çizgisi deşimi ile de karşılaştırılarak , hesaplanan ve uydu görüntülerinde gözlenen deşerlerin yakın olduğu saptanmıştır. Imai (1977), Ohto& Goto(1978) Seed ve Idriss (1982) ,Lee(1990) ve İyisan(1996) tarafından geliştirilen denklemler kullanılarak zeminde meydana gelen kayma dalgası hızları hesaplanmıştır. Ohto& Goto(1978)'nin sonuçları kullanarak elde edilen kayma dalgası hızlarının ortalaması alınmıştır. Midorikawa (1987) tarafından geliştirilen denklem kullanılarak yüzeyde meydana gelen zemin büyütme değeri elde edilmiştir.

17 Ağustos 1999'da meydana gelen Kocaeli Depremi sonucunda inceleme bölgesi Gölcük Kavaklı Sahili, Denizevler, Ford Otosan ve Ford Otosanın çevresinde fazlaca hasar meydana gelmiştir. Bu hasarların en büyük sebepleri zeminin alüvyon zeminden oluşması, sivilaşma nedeniyle taşıma gücü kayıpları ve deplasmanların meydana gelmesi ve yapılaşma için kritik olan bu zeminlerde kontrolsüz yapılaşma olmasıdır. Bu yüzden bu bölgede konut yapılaşmasının kısıtlanmalı, sanayi yapılarının ise şartlı serbest bırakılarak, bölgede zemin iyileştirmeleri yapılmalı yapılar Deprem Yönetmeliği'ne uygun şekilde inşaa edilmelidir.



## 5.KAYNAKLAR

**Afet İşleri Genel Müdürlüğü**, (2004). Belediyeler Belediyeler için Sismik Mikrobölgeleme Bilimsel Son Durum Raporu, Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı

**Ansal, A., Erdik, M., Studer, J., Springman, S., Laue, J., Buchheister, J., Giardini, D., Faeh, D., Koksal, D.**, (2004). *13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6*, Paper No. 1428

**Ansal, A.M.**, (1999). 17 Ağustos Kocaeli Depremi. Türkiye Mühendislik haberleri Vol: 403,

**Andrus, R. D., and Stokoe, K. H., II**, (1997) Liquefaction resistance based on shear wave velocity, *Proc. NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*, Nat. Ctr. for Earthquake Engrg. Res., NCEER-97-0022, State Univ. of New York at Buffalo, 89–128.

**Andrus, R. D., Stokoe II, K.H.**, (2000) Liquefaction resistance of soils from shearwave velocity, *Journal of Geotech. and Geoenvironmental Engineering*, 126(11), 1015-1025.

**Andrews, D. C. A., and Martin, G. R.**, 2000. Criteria for liquefaction of silty soils, *Proc., 12th World Conf. on Earthquake Engineering*, Upper Hutt, New Zealand, NZ Soc. for EQ Engrg., Paper No. 0312.

**Ansal, A., Tönük, G & Kurtuluş, A.**, (2007). Zemin büyütme analizleri ve sahaya özel tasarım depremi özelliklerinin belirlenmesi. *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011 – ODTÜ – ANKARA*

**Ansal, A.M.**, (1999). Strong motions and site amplification, *Theme Lecture, Second International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*, Lisbon, Portugal, Balkema, Rotterdam, 3, 879-894.

**Aydan, Ö., Ulusay, R., Hasgür, Z., & Taşkın, B.** (1999). A site investigation of Kocaeli earthquake of August 17, 1999. *Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR*, 8, 49.

**Barka, Bol, Karahasanoğlu** (2001) Ford Otosan Gölcük Tesisleri için Jeolojik, Jeofizik Geoteknik ve temel yapı tasarım etüt Raporu

**Bargu, Gözübol ve Osmaşahin**, (2000) Kavaklı- İhsaniye Kavaklı-İhsaniye (Gölcük) çökme alanının Jeolojik ve Jeofizik Özellikleri ile Çökme mekanizmasının Araştırılması

**Bartlett, S. F., and Youd, T. L.**, (1992). Empirical analysis of horizontal ground displacement generated by liquefaction-induced lateral spreads,

**Çetin, K.Ö, Işık, N ve Unutmaz, B.**, (2003) Seismically induced landslide at Degirmendere Nose, Izmit Bay During Kocaeli (Izmit)-Turkey earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 24 (2004) 189–197

**Çinicioğlu,F, Bozbey,İ, Keleşoğlu,K, Öztoprak, S, Öztorun, K** (2001). *İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Avcılar, 34320,İstanbul*  
<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/10024.pdf>

**Celep, Z,** (2007). *Yapı Dinamiği* (1nd ed., Vol. 1, pp.8)

**Çapar, Ö.F.,** (2003). Anisotropy and its relation to liquefaction resistance of granular material, *Soils and Foundations* , 43 (5), 149-159

**Demirtaş, Erkmen ve Yılmaz,** (1999). Marmara depremi İzmit Raporu 1999

Nurlu, 1999 Marmara depremi İzmit Raporu 1999

**Efe ve Demirci,** (2001). Gölçük 1999 depreminde zemin ve yer şekli özelliklerinin şiddet ile hasar dağılışına etkisi, *Türk Coğrafya Dergisi* , Sayı: 36 ,s 1-15 ,İstanbul 2001

**Finn, W.D.L., Ledbetter, R.H. ve Wu, G.** (1994) “Liquefaction in Silty Soils: Design and Analysis” *Ground Failures under Seismic Conditions, Geotechnical Special Publication 44, ASCE, 51-76.*

**Fukushima, Y. and Tanaka, T.,** (1990). A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, 757-783.  
**Ambraseys** (1995):

**Gülen, L., Pınar, A., Kalafat, D., Özel, N., Horasan, G., Yılmaz, M., and Işıkara, AM.,** (2002). Surface fault breaks, aftershock distribution, and rupture process of the August 17, 1999 İzmit, Turkey Earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 1, (230–244)

**Işıkara, AM.,** (2002). Surface fault breaks, aftershock distribution, and rupture process of the August 17, 1999 İzmit, Turkey Earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 1, 230–244)

**İTÜ İnşaat Fakültesi,** ( 1999). Kocaeli Depremi İTÜ Ön Değerlendirme Raporu

**Ishihara, K; Yoshimine, M,** (1992) Evaluation of settlements in sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes, *Soils and Foundation* vol. 32, no:1 173,188, Mart 1992 Japanese Society of soil Mechanics and Foundation Engineering

**Ishihara, K.,** 1985. Stability of natural deposits during earthquakes, *Proc. 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, 2,* 321-376.

**Ishihara, K., Li, S.,** (1972). Liquefaction of Saturated sand in triaxial torsion shear test, Japanese Society of soil Mechanics and Foundation Engineering, vol 2 no:2

**İyisan, R.,** (1996). “Correlations between Shear Wave Velocity and In-situ Penetration Test Results”, *Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers*, 7(2): 1187-1199 (in Turkish).

**Iwasaki T, Tokida K, Tatsuoka F, Watanabe S, Yasuda S, Sato H.,** (1982). Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. *In: Proceedings of the 3rd International Conference on Microzonation*, Seattle, vol 3, pp 1319–1330

**Hamada, M., Towhata, I, Yasuda, S. and Isoyama, R.,** (1987). Study on permanent ground displacement by seismic liquefaction, *Computers and Geotechnics*, 4, 197-220.

**Hamada, M., Yasuda, S., Isoyama, R., and Emoto, K.,** (1986). Study on liquefaction induced permanent ground displacement, The Association for the Development of Earthquake Prediction in Japan, November 1, 87.

**Hu, Y. X., Liu, S. C. and Dong, W.,** (1996). Earthquake engineering, E a FN Spon, London.

**Kayen, R.E., Mitchell, J.K., Seed, R.B., Lodge, A., Nishio ve Coutinho, R.** (1992) “Evaluation of SPT-, CPT-, and Shear Wave-Based Methods for Liquefaction Potential Assessment Using Loma Prieta Data”, Proc. 4th Japan-US Workshop on Earthquake-Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, (1):177-204.

**Kaya, Z.,** (2007). *Depremler Sırasında Zeminlerin Davranışına Bağlı Olarak Meydana Gelen Zemin Deplasmanlarının Belirlenmesi* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

**Karavul, C., Kurnaz, T.F., Kıyak, A.,** (2007) Gölcük İlçesi (İzmit) Sismik Hız Ve Mikrotremor Çalışmalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) İle Hazırlanan Haritalar Üzerinde İncelenmesi, *International Earthquake symposium Kocaeli 2007*

**Koral, H., & Eryılmaz, M.** (1995). İzmit Körfezinin Tektoniği. *İzmit Körfezinin Kuvaterner İstifi, Kocaeli Valiliği Çevre Koruma Vakfı*, 277-283.

**Kutanis, M., & Bal, İ. E.** (2006). Yerel Zemin Şartlarının Yapı Hasar Dağılımı Üzerinde Etkileri. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi, Trabzon*, 99-113.

**Joyner W. B., Boore, D. M.,** (1981). Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, *Bull Seismol Soc Am.*, 71(6), 2011–2038.

- Mutlu Sümer, B.**, (2014) Liquefaction around marine structure, Advanced series on ocean Engineering –, *World scientific(yayınevi)* (1.nd ed, Vol 39, pp 333-334)
- Ohta, Y. and Goto, N.**, (1978). Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 6, 167-187.
- Özer, M.F.**, (2009) Kocaeli İli Yazlık, Hisareyn, İhsaniye Yeniköy ve Gölcük sınırları içinde kalan afete maruz bölgenin Revize İmar Planına esas Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raporu , Kocaeli Üniversitesi
- Özmen, B.**, (2000) 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi'nin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle), *Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Deprem Raporu TDV / DR 010-53*
- Özaydın, K.**, (2007). Zemin Sıvılaşması, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul*
- Peacock, W. H.** (1968). Sand liquefaction under cyclic loading simple shear conditions. *Journal of Soil Mechanics & Foundations Div.*
- Robertson, P. K. and Wride, C. E.**, 1998. Evaluating cyclic liquefaction potential using the Cone Penetration Test, *Canadian Geotechnical Journal*, 35(3), 442-459.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F., III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B., and Stokoe, K. H., II**, (2001). Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, *Journal of 311 Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 127 (10), 817-833.
- Robertson, P.K., Woeller, D.J. ve Finn, R.D.** (1992) “Seismic Cone Penetration Test for Evaluating Liquefaction Potential under Cycling Loading”, *Canadian Geotechnical Journal*, (29):686-695.
- Rauch, A. F.**, (1997). EPOLLS: An empirical method for predicting surface displacements due to liquefaction-induced lateral spreading in earthquakes, *PhD Thesis, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, Virginia.*
- Robertson, P. K. and Wride, C. E.**, (1997). Cyclic liquefaction and its evaluation based on the SPT and CPT, *Proceedings of thr NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*, State University of Newyork at Buffalo, Eds. Youd, T. L., Idriss, I. M., Technical Report NCEER-97-0022, 41-87.
- Seed, H.B., and Idriss, I.M.**, (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential, *Journal of The Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(SM9), 1249-1273. Handbook on liquefaction Remediation on Reclaimed Land 1999

**Seed, H.B., and Idriss, I.M.,** (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential, *Journal of The Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(SM9), 1249-1273.

**Seed, H. B.; Tokimatsu, K.; Harder, L. F.; Chung, R. M. (1985)** “Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations” *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, (111) 12:1425-1445.

**Seed, R. B., and Harder, L. F.,** (1990). SPT-based analysis of cyclic pore pressure generation and undrained residual strength, *Proc., H. Bolton Seed Memorial Symp.*, BiTech Publishers Ltd., Vancouver, 351–376.

**Shamoto, Y., Zhang, J. M. and Tokimatsu, K.,** (1998). New charts for predicting large residual post-liquefaction ground deformation, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 17, 427-438.

**Tokimatsu, K., and Seed, H. B.,** (1987). Evaluation of settlements in sands due to earthquake shaking, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 113, 861-878.

**Yağcı, B & Ansal, A.** (2009). Microzonation Study in Balıkesir, *Teknik Dergi*,20, 4583-4607..

**Yasuda, S., Nagase, H., Kiku, H, and Uchida, Y.,** (1992). The mechanism and a simplified procedure for the analysis of permanent ground displacement due to liquefaction, *Soils and Foundations*, 32, 149-160.

**Youd, T. L. and Perkins, D. M.,** (1987). Mapping of liquefaction severity index, *Journal of Geotechnical Engineering*, 113, 1374-1392.

**Yasuda, S., Nagase, H., Kiku, H., Uchida, Y. and Kiyota, M.,** (1992). Shaking table test on countermeasures against large ground displacement due to liquefaction, *Proceedings from the Fourth Japan-U. S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction*, State University of Newyork at Buffalo, Eds. Hamada, M., O'Rourke, T. D., Technical Report NCEER-92-0019, 1, 367-380.Barka,2001

**Zarif, H., Özçep, F., Özyalın, Ş.,** (2005). Zemin Sıvılaşması Bazlı Mikrobölgeleme: Yalova Örneği, *Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005*

**Url-1**<<http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst2.asp>>, erişim tarihi 23.02.2017.

**Url-2**<<http://www.ntv.com.tr/turkiye/17-agustos-depreminin-uzerinden-10-yil-gecti.g7YAY8HfU2q57D4elAIZg>>, erişim tarihi 28.03.2017.

**Url-3**<<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KOCAELI> >, erişim tarihi 12.10.2016.



## **EKLER**

**EK A:** Zemin Endeks Özellikleri

**EKB:** Sondaj Profilleri ve Sondaj Loflarının zemin indeks grafikleri

**EKC:** Kayma Degası Hızları

**EKD:** SPT(N60) Değerleri

**EK E:** Sıvılaşma Analizleri



**EK A: Zemin Endeks Özellikleri****Çizelge 3.7 : SK-3 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİNLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	28,38	83,59	41	22	19	1,96	16	CL
SPT	-3	27,52	85,23	42	22	20		7	CL
SPT	-4,5	30,99	83,52	43	22	21		12	CL
SPT	-6	31,76	84,61	41	23	18		9	CL
SPT	-9	31,89	82,97	44	22	22		9	CL
SPT	-10,5	8	32,4	0	0	0		53	SM
SPT	-12	21,75	50,01	0	0	0		12	ML
SPT	-15	13,9	51,57	0	0	0		20	ML
SPT	-16,5	3,6	10,45	0	0	0		29	SM
SPT	-18	3,23	13,02	0	0	0		19	SM
SPT	-19,5	15,41	62,55	0	0	0		13	ML
SPT	-22,5	22,01	85,42	39	22	17		18	CL
SPT	-24	20,67	83,76	40	22	18		11	CL
SPT	-28,5	22,81	90,52	58	24	34		14	CH
SPT	-30	21,37	88,82	57	24	33		7	CH
UD	-31,5	30,33	86,01	57	24	33		10	CH
SPT	-33	24,21	91,11	59	25	34		12	CH
SPT	-34,5	24,56	90,34	62	25	37		10	CH
SPT	-36	24,16	88,74	62	26	36		17	CH
SPT	-39	25,62	87,07	50	26	30		15	CH



**Çizelge 3.8 : SK-2 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİNLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	28,38	83,59	41	22	19	1,96	16	CL
SPT	-3	27,52	85,23	42	22	20		7	CL
SPT	-4,5	30,99	83,52	43	22	21		12	CL
SPT	-6	31,76	84,61	41	23	18		9	CL
SPT	-9	31,89	82,97	44	22	22		9	CL
SPT	-10,5	8	32,4	0	0	0		53	SM
SPT	-12	21,75	50,01	0	0	0		12	ML
SPT	-15	13,9	51,57	0	0	0		20	ML
SPT	-16,5	3,6	10,45	0	0	0		29	SM
SPT	-18	3,23	13,02	0	0	0		19	SM
SPT	-19,5	15,41	62,55	0	0	0		13	ML
SPT	-22,5	22,01	85,42	39	22	17		18	CL
SPT	-24	20,67	83,76	40	22	18		11	CL
SPT	-28,5	22,81	90,52	58	24	34		14	CH
SPT	-30	21,37	88,82	57	24	33		7	CH
UD	-31,5	30,33	86,01	57	24	33		10	CH
SPT	-33	24,21	91,11	59	25	34		12	CH
SPT	-34,5	24,56	90,34	62	25	37		10	CH
SPT	-36	24,16	88,74	62	26	36		17	CH
SPT	-39	25,62	87,07	50	26	30		15	CH

**Çizelge 3.9 : SK-3 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİNLİK	Wn	FC	LL	PL	PI	$\gamma_n$ (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	23,44	71,24	39	22	17	1,83	7	CL
UD	-3	47,45	83,49	60	27	33		5	CH
SPT	-3,5	22,63	69,64	41	21	20		24	CL
SPT	-4,5	22,92	73,69	37	19	18		39	CL
SPT	-6	8,4	10,48	0	0	0		6	SM
SPT	-7,5	30,67	93,9	56	24	32		13	CH
UD	-9	26,28	60,44	0	0	0		13	ML
SPT	-9,5	30,68	92,12	55	25	30		13	CH
SPT	-12	30,99	90,84	55	25	30		22	CH
SPT	-15	24,05	78,56	54	24	30		3	CH

**Çizelge 3.10 : SK-4 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİNLİK	Wn	FC	LL	PL	PI	$\gamma_n$ (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	8,85	53,86		NP		1,83	10	ML
SPT	-3	10,34	59,24		NP			21	ML
SPT	-4,5	11,78	55,9		NP			15	ML
SPT	-9	11,97	52,87		NP			50	ML
SPT	-10,5	10,91	57,42		NP			15	ML
SPT	-12	22,94	57,42		NP			7	ML
SPT	-13,5	21,37	54,24		NP			3	ML

**Çizelge 3.11 : SK-5 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	14,69	54,49		NP		1,83	10	ML
SPT	-3	9,44	11,24		NP			14	SM
SPT	-6	7,25	9,69		NP			7	SM
SPT	-9	8,91	10,38		NP			13	SM
SPT	-12	6,36	7,32		NP			17	SM
SPT	-15	9,48	5,87		NP			8	SM
SPT	-1,5	14,69	54,49		NP			10	ML

**Çizelge 3.12 : SK-6 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	13,02	50,32		NP		1,86	50	ML
SPT	-3	12,23	39,56	47	24	23		5	SM
UD	-5,5	43,41	81,44		NP				CL
SPT	-9	24,54	60,45		NP			58	ML
SPT	-10,5	17,41	52,11		NP			27	ML
SPT	-12	16,03	56,88		NP			23	ML
SPT	-13,5	20,83	51,14		NP			22	ML

**Çizelge 3.13 : SK-7 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	21,15	56,31		NP		1,86	11	ML
SPT	-3	21,02	52,49		NP			11	ML
SPT	-4,5	21,14	55,23		NP			11	ML
SPT	-7,5	12,43	8,14		NP			7	GM
SPT	-10,5	9,33	6,49		NP			28	GM
SPT	-13,5	2,73	5,45		NP			27	SM
SPT	-15	32,46	60,37		NP			23	ML
SPT	-17	31,63	63,41		NP			8	ML
SPT	-19,5	15,98	53,41		NP			32	ML

**Çizelge 3.14 : SK-8 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-3	25,25	68,46	36	23	13	1,86	2	CL
SPT	-4,5	25,81	69,57	34	22	12		17	CL
SPT	-6	21,77	66,21	0	0	0		6	ML
SPT	-7,5	26,77	40,82	0	0	0		10	SM
SPT	-18	13,65	20,35	0	0	0		15	SM
SPT	-21	14,66	13,41	0	0	0		5	SM
SPT	-22,5	24,55	57,11	0	0	0		5	ML
SPT	-24	24,32	43,81	0	0	0		11	SM
SPT	-27	22,91	55,18	0	0	0		11	ML
SPT	-34,5	31,01	66,45	0	0	0		17	ML
SPT	-39	30,5	73,48	34	19	15		18	CL

**Çizelge 3.15 : SK-9 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-3,5	13,05	23,06		NP		1,86	16	SM
SPT	-4,5	14,9	16,15		NP			15	SM
SPT	-6	25,18	52,03		NP			18	ML
SPT	-7,5	5,93	9,1		NP			8	SM
SPT	-10,5	7,73	6,2		NP			7	SM
SPT	-13,5	6,58	8,14		NP			3	SM
SPT	-15	8,05	5,87		NP			7	SM
SPT	-16,5	6,99	10,24		NP			9	SM
SPT	-19,5	7,7	56,44		NP			3	ML
SPT	-21	5,75	52,18		NP			4	ML
SPT	-24	5,54	57,43		NP			2	ML
SPT	-27	7,79	51,65		NP			5	ML
SPT	-28,5	7,34	54,02		NP			2	ML
SPT	31,5	8,31	50,65		NP			4	ML

**Çizelge 3.16:** SK-10 sondajının zemin endeks özellikleri

TEST NO	DERİ N LİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-3	7,61	6,14	0	0	0	1,86	38	GM
SPT	-4,5	7,24	7,44	0	0	0		7	SM
SPT	-6	8,36	6,26	0	0	0		46	SM
SPT	-7,5	8,51	11,65	0	0	0		25	SM
SPT	-9	8,27	7,14	0	0	0		35	SM
SPT	-10,5	7,11	5,69	0	0	0		71	SM
SPT	-13,5	21,96	59,16	0	0	0		20	ML
SPT	-15	17,56	55,42	0	0	0		65	ML
SPT	-19,5	25,77	78,57	32	20	12		16	CL
SPT	-21	22,34	57,42	0	0	0		30	ML
SPT	-22,5	28,72	81,44	41	22	19		19	CL
SPT	-28,5	32,88	79,67	22	21	18		29	CL

**Çizelge 3.17 :** SK-11 sondajının zemin endeks özellikleri

TEST NO	DERİ N LİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
UD	-4	35,22	60,67		NP		1,86		ML
SPT	-4,5	31,38	76,52	44	22	22		5	CL
SPT	-6	37,76	73,23	45	21	24		17	CL
SPT	-7,5	38,13	75,16	41	20	21		13	CL
SPT	-10,5	34,27	74,85	41	20	21		4	CL
SPT	-12	26,42	60,35		NP			3	ML
SPT	-15	23,98	58,43		NP			4	ML
SPT	-19,5	12,72	32,05		NP			31	SM
SPT	-21	14,29	27,82		NP			6	SM
SPT	-27	13,55	24,64		NP			13	SM
SPT	-31,5	22,96	66,47		NP			8	ML
SPT	-33	20,89	63,55		NP			13	ML
SPT	-36	23,49	64,17		NP			17	ML
SPT	-37,5	19,95	62,86		NP			15	ML
SPT	-39	25,04	65,58		NP			18	ML

**Çizelge 3.18 : SK-12 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	25,4	80,34	36	20	16	1,88	6	CL
UD	-3	35,79	71,23	40	24	16		7	CL
SPT	-4,5	25,18	75,52	31	19	12		8	CL
SPT	-6	30,11	79,97	34	21	13		14	CL
SPT	-7,5	34,09	77,14	33	20	13		15	CL
SPT	-9	15,04	43,62	0	0	0		59	SM
SPT	-15	9,22	30,45	0	0	0		38	SM
SPT	-18	8,97	25,82	0	0	0		25	SM
SPT	-19,5	8,69	23,76	0	0	0		25	SM
SPT	-22,5	20	65,49	29	17	12		11	CL
SPT	-28,5	20,61	69,86	30	15	15		74	CL
SPT	-31,5	20,73	56,42	0	0	0		57	ML
SPT	-33	20,68	54,61	0	0	0		56	ML
SPT	-37,5	36,25	79,49	38	23	15		19	CL
SPT	-39	32,47	81,28	39	23	16		19	CL

**Çizelge 3.19 : SK-13 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-3	32,35	79,85	35	21	14	1,86	6	CL
SPT	-4,5	40,37	81,52	34	22	12		9	CL
SPT	-7,5	40,72	80,56	34	21	13		5	CL
SPT	-9	38,24	78,16	34	23	11		7	CL
SPT	-10,5	35,31	54,02	32	20	12		14	CL
SPT	-12	23,4	51,81	0	0	0		13	ML
SPT	-13,5	23,41	52,65	0	0	0		12	ML
SPT	-19,5	24,62	57,42	0	0	0		13	ML
SPT	-24	23,96	55,49	0	0	0		9	ML
SPT	-25,5	22,01	74,12	0	0	0		9	ML
SPT	-27	28,97	80,35	31	18	13		5	CL
SPT	-34,5	28,02	78,96	33	18	15		6	CL
SPT	-36	27,96	76,83	32	19	13		5	CL
SPT	-39	27,21	80,52	28	16	12		5	CL

**Çizelge 3.20 : SK-14 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	28,41	80,52	38	22	16		10	CL
SPT	-3	27,34	77,23	33	18	15		9	CL
SPT	-4,5	27,16	79,86	34	17	17		11	CL
SPT	-10,5	27,71	76,24	33	18	15		10,5	CL
SPT	-12	12,47	41,86	0	0	0		12	SM
UD	-13	29,95	82,49	32	19	13	1,85		CL
SPT	-13,5	32,2	79,45	36	22	14		13,5	CL
SPT	-18	33,19	76,85	35	21	14		10	CL
SPT	-19,5	21	54,31	0	0	0		5	ML
SPT	-21	23,08	56,16	0	0	0		8	ML
SPT	-24	19,32	58,82	0	0	0		5	ML
SPT	-27	18,71	54,11	0	0	0		50	ML
SPT	-28,5	6,55	6,49	0	0	0		12	SM
SPT	-30	8,55	7,19	0	0	0		10	SM

**Çizelge 3. 21 : SK-15 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	33,97	76,45	33	21	12		5	CL
SPT	-4,5	33,87	78,55	33	20	13		5	CL
UD	-5	33,57	76,11	34	19	15		7	CL
SPT	-6	33,72	80,41	36	22	14		7	CL
SPT	-7,5	14,19	10,62	0	0	0		7	SM
SPT	-10,5	12,81	6,32	0	0	0	1,88	10	SM
SPT	-12	29,57	79,04	48	25	23		12	CL
SPT	-13,5	29,77	77,76	48	26	22		16	CL
SPT	-15	31,53	76,24	46	25	21		21	CL
SPT	-16,5	25,57	58,41	0	0	0		5	ML
SPT	-22,5	31,46	78,32	33	22	11		5	CL
SPT	-25,5	30,24	80,62	35	21	14		7	CL
SPT	-27	6,97	10,86	0	0	0		15	SM
SPT	-30	20,82	44,01	0	0	0		8	SM
SPT	-33	6,95	12,45	0	0	0		11	SM
SPT	-36	6,02	13,96	0	0	0		12	SM
SPT	-39	4,44	16,16	0	0	0		12	SM

**Çizelge 3.22 : SK-16 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	33,71	76,14	30	18	12		3	CL
SPT	-3	14,85	5,7	0	0	0		9	SM
SPT	-4,5	33,93	77,24	38	22	16		8	CL
SPT	-6	33,64	76,14	39	20	19		10	CL
UD	-7	12,31	59,35	0	0	0	1,82		ML
SPT	-7,5	42,86	78,96	42	23	19		23	CL
SPT	-9	14,86	37,02	0	0	0		20	SM
SPT	-10,5	14,35	51,59	0	0	0		24	ML
SPT	-12	26,29	53,07	0	0	0		24	ML
SPT	-15	26,59	81,76	43	24	19		13	CL
SPT	-18	23,17	79,85	45	26	19		15	CL
SPT	-22,5	20,99	11,55	0	0	0		23	SM
SPT	-25,5	15,24	9,07	0	0	0		24	SM
SPT	-27	14,27	76,55	43	23	19		14	CL
SPT	-30	26,27	55,24	0	0	0		24	ML
SPT	-33	23,83	51,76	0	0	0		25	ML

**Çizelge 3.23 : SK-17 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	21,13	56,14		NP			6	ML
SPT	-3	9,56	26,89		NP			23	SM
SPT	-4,5	9,38	24,76		NP			20	SM
SPT	-7,5	8,87	19,56		NP			56	SM
SPT	-9	7,95	17,63		NP		1,82	29	SM
SPT	-12	9,45	13,85		NP			77	SM
SPT	-15	10,06	21,53		NP			50	SM
SPT	-18	35,75	76,45	31	19	12		15	CL
SPT	-21	22,22	59,61	0	0	0		22	ML
SPT	-22,5	24,92	51,1	0	0	0		14	ML
SPT	-25,5	28,21	79,02	29	17	12		12	CL
SPT	-28,5	24,48	60,24		NP			26	ML
SPT	-30	22,6	20,2		NP			27	ML



**Çizelge 3.24 : SK-18 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-1,5	18,21	35,34		NP			8	SM
SPT	-4,5	20,32	32,96		NP			10	SM
SPT	-6	18,78	38,46		NP			12	SM
SPT	-9	20,41	46,24		NP			13	SM
SPT	-10,5	18,91	43,85		NP		1,82	12	SM
SPT	-12	18,29	39,96		NP			11	SM
SPT	-15	18,55	41,53		NP			13	SM
SPT	-16,5	18,35	45,87		NP			13	SM
SPT	-18	19,88	40,42		NP			12	SM
SPT	-19,5	26,3	82,67	32	21	11		11	CL
SPT	-21	19,35	56,35	0	0	0		14	ML
SPT	-22,5	20,92	83,85	44	22	22		12	CL
SPT	-24	18,45	81,34	48	25	23		14	CL
SPT	-25,5	21,7	82,52	47	23	24		15	CL
SPT	-27	24,19	80,24	40	23	17		16	CL
SPT	-28,5	31,61	80,55	33	20	13		21	CL
SPT	-30	29,38	78,85	31	17	14		22	CL

**Çizelge 3.25 : SK-13G sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
SPT	-6.0	17	13	NP	NP	-	1,85	12	SM
SPT	-15.0	39	98	42	28	14		19	ML
UD	-20.5	38	99	47	20	27		24	CL
SPT	-33.0	42	100	60	22	38		28	CH

**Çizelge 3.26 : SK-14G sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
							1,84		GP-
SPT	-1.95	13	11	NP	NP	-		14	GM
SPT	-3.45	9	16	NP	NP	-		12	GM
SPT	-4.95	16	56	29	18	11		9	CL
-									
SPT	12.45	28	68	23	21	2		19	ML
-									
SPT	19.50	35	98	49	21	28		9	CL
-									
SPT	24.45	44	94	51	21	30		14	CH
-									
SPT	28.50	17	26	33	16	17		36	SC
-									
SPT	31.95	27	77	38	19	19		32	CL

**Çizelge 3.27 : SK-15G sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g /cm <sup>3</sup> )	N 30	ZE MİN TİPİ
							1,84		
SPT	4.0	39	88	34	25	9		11	ML
SPT	10.95	28	36	25	NP	-		24	SM
SPT	18.45	13	6	NP	NP	-		53	SM
SPT	25.95	35	93	61	16	45		26	CH
SPT	30.45	43	99	65	28	37		11	CH
SPT	32.40	34	90	56	20	36		12	CH

**Çizelge 3.28 : SK-29G sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİNLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
							1,97		SM-
SPT	3.45	25	41	25	18	7		9	SC
SPT	9.45	38	87	31	16	15		13	CL
SPT	11.80	28	85	27	22	4		50	ML
SPT	13.95	-	21	NP	NP	-		21	SM
SPT	18.45	31	86	32	15	17		26	CL
SPT	22.95	30	99	34	17	17		20	CL
SPT	28.95	36	100	48	19	29		21	CL
SPT	33.45	37	97	53	23	30		20	CH
SPT	37.95	42	98	57	25	32		24	CH
SPT	39.45	38	96	51	25	26		27	CH
SPT	42.45	52	98	73	26	47		27	CH

**Çizelge 3.29 : SK-38G sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİNLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
									SW-
SPT	1.95	15	8	NP	NP	-		15	SM
SPT	7.95	27	59	NP	NP	-		40	SM
SPT	9.95	29	26	23	21	2		12	SM
SPT	13.95	38	97	34	16	18		15	CL

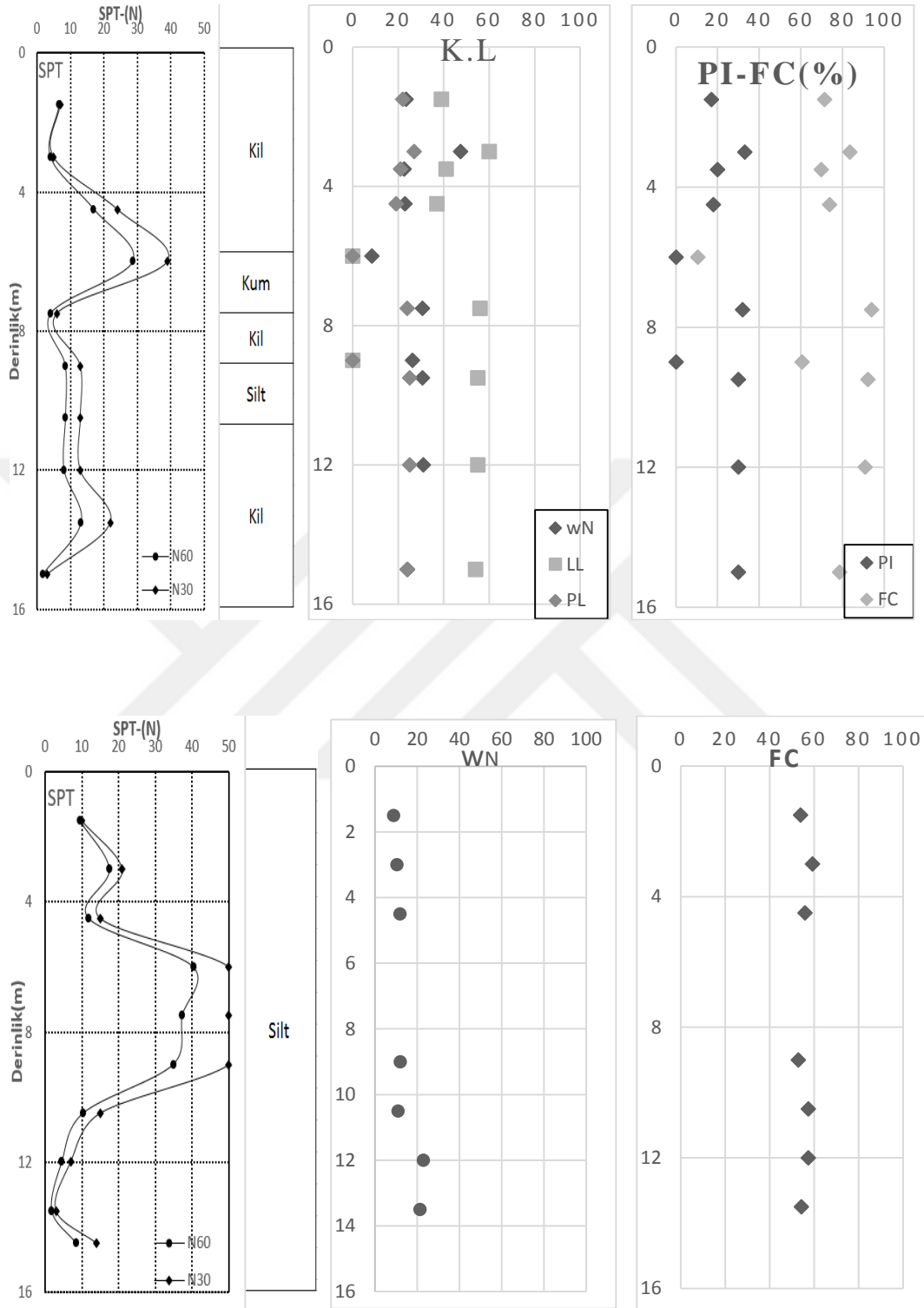
**Çizelge 3.30 : S6 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
SPT	5,45		2				1,82	18	SİLT Lİ
SPT	6,45		2					16	KUM SİLT Lİ
SPT	9,45		3					6	KUM KİLLİ
SPT	12,5		3					57	SİLT KMLU KLLİ ÇAKL
SPT	14		2					60	Kumlu çakıl
SPT	15,5		12					49	Kumlu çakıl
SPT	17		4					50	Kumlu çakıl
SPT	18,5		6					50	Kumlu çakıl
SPT	24,5		18					14	kumlu kil

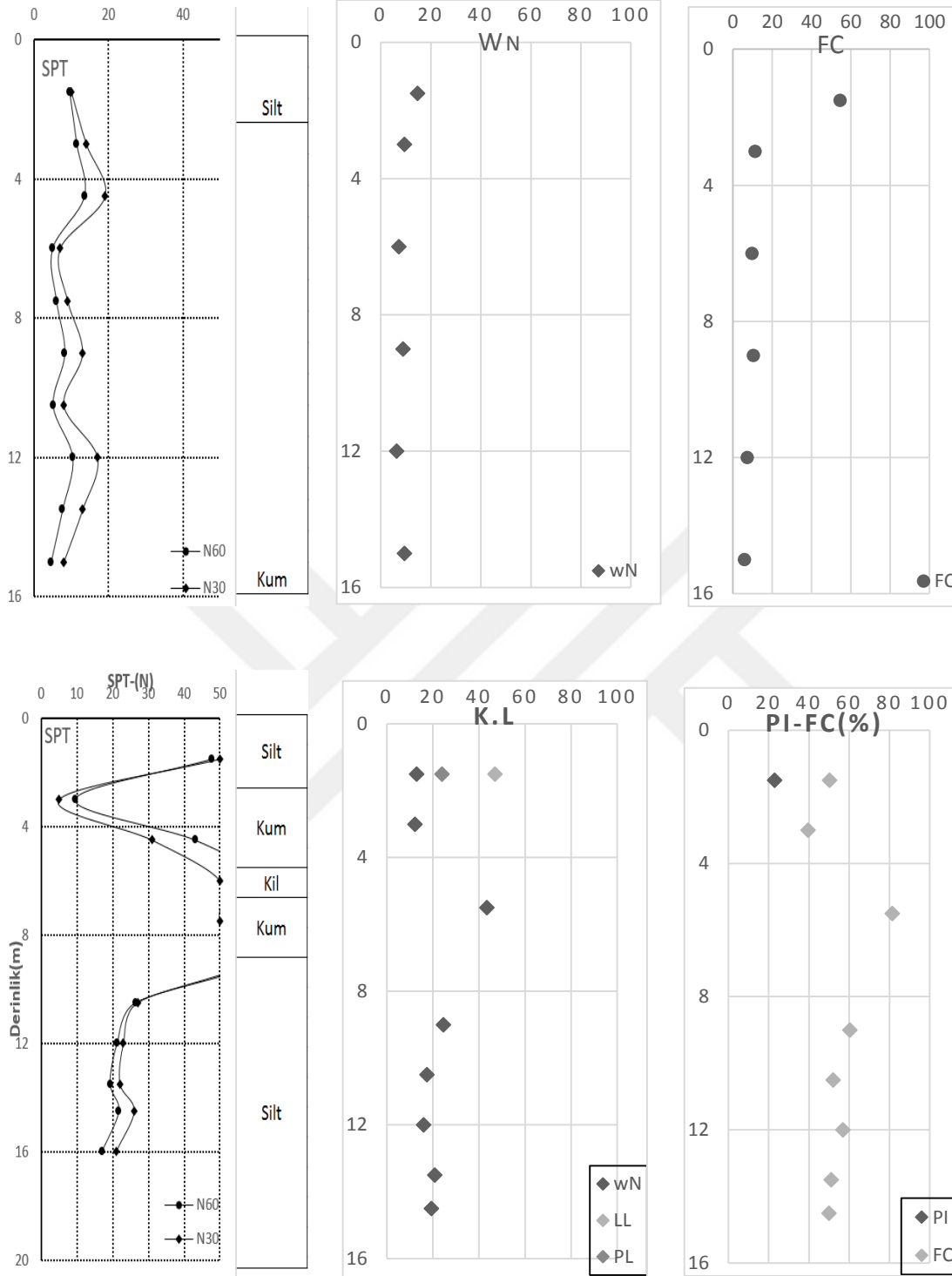
**Çizelge 3.31 : S7 sondajının zemin endeks özellikleri**

TEST NO	DERİ NLİK	W <sub>n</sub>	FC	LL	PL	PI	γ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	N <sub>30</sub>	ZE MİN TİPİ
SPT	3,45		17				1,80	4	kum
SPT	6,45		14					4	silt
SPT	16,95		42					18	silt
SPT	18,45		12					20	silt
SPT	21,15		5					50	silt
SPT	27,45		6					21	Çakıl
SPT	28,95		6					19	çakıl
SPT	30,45		3					21	çakıl

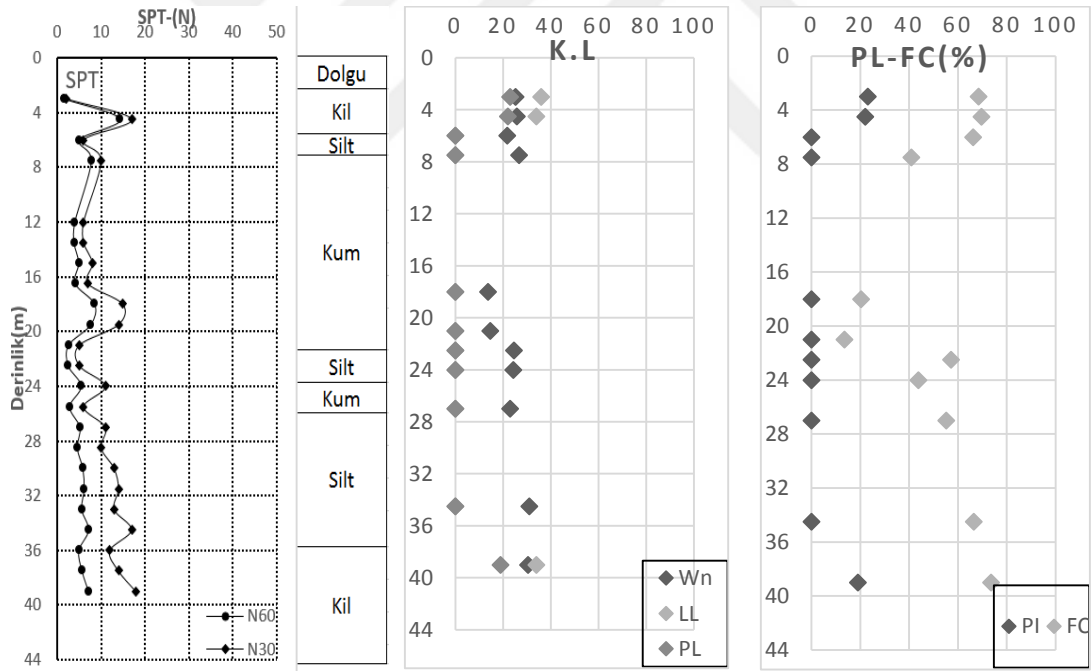
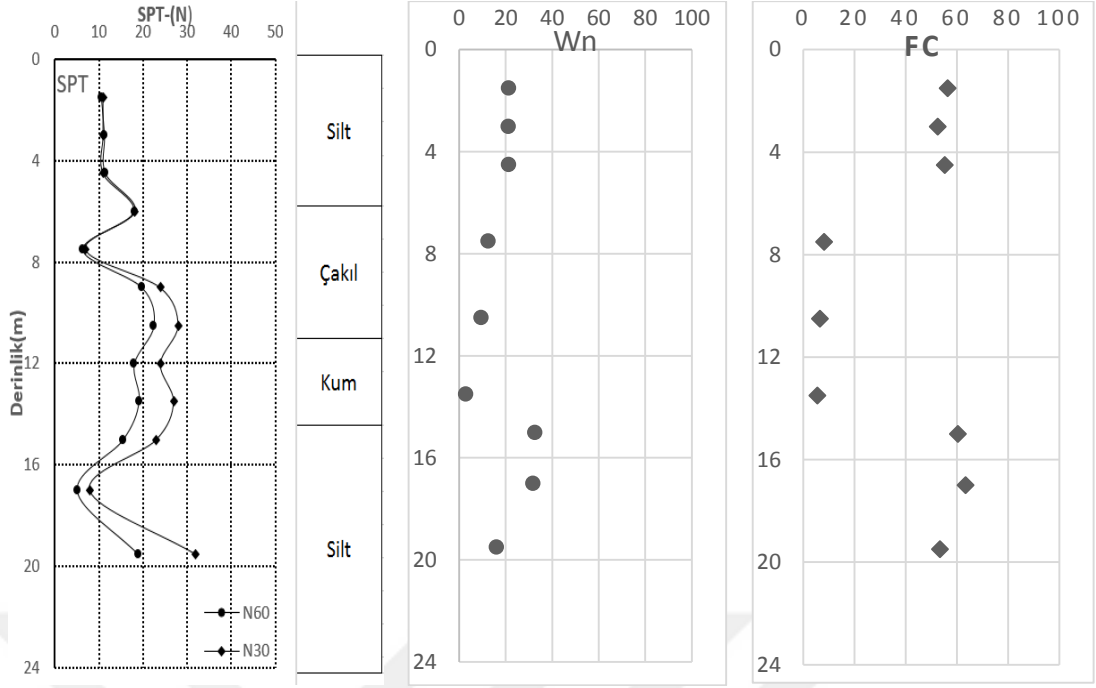
**EKB: Sondaj Profilleri ve Sondaj Loflarının zemin indeks grafikleri**



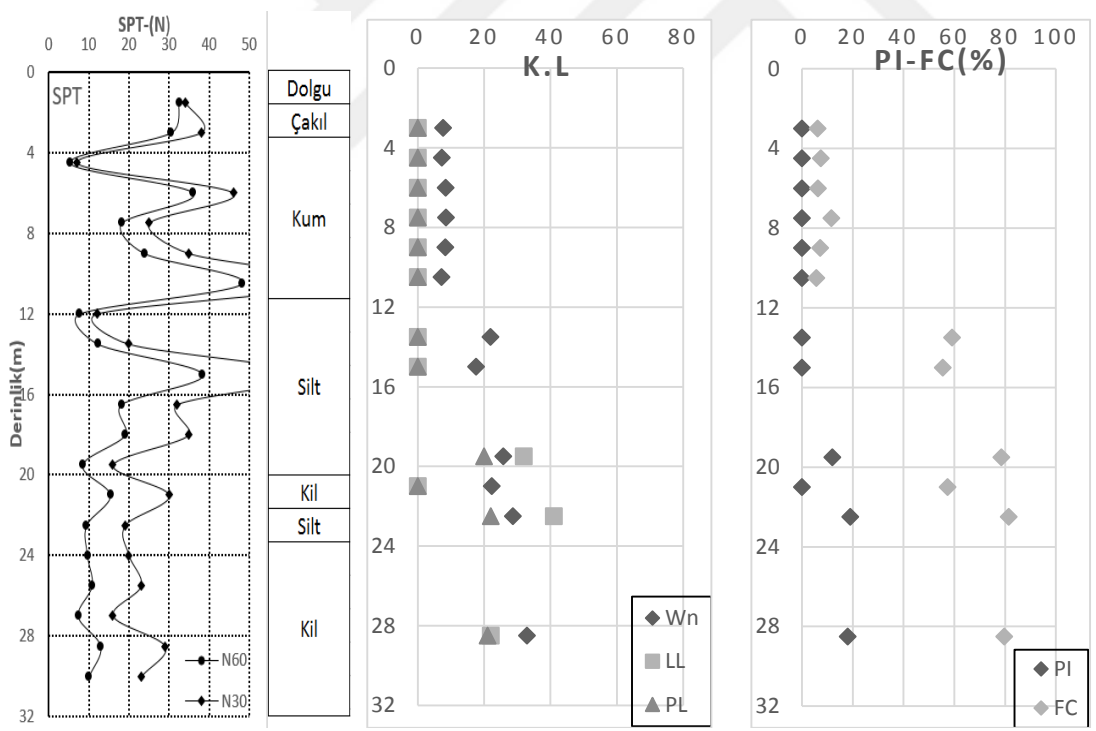
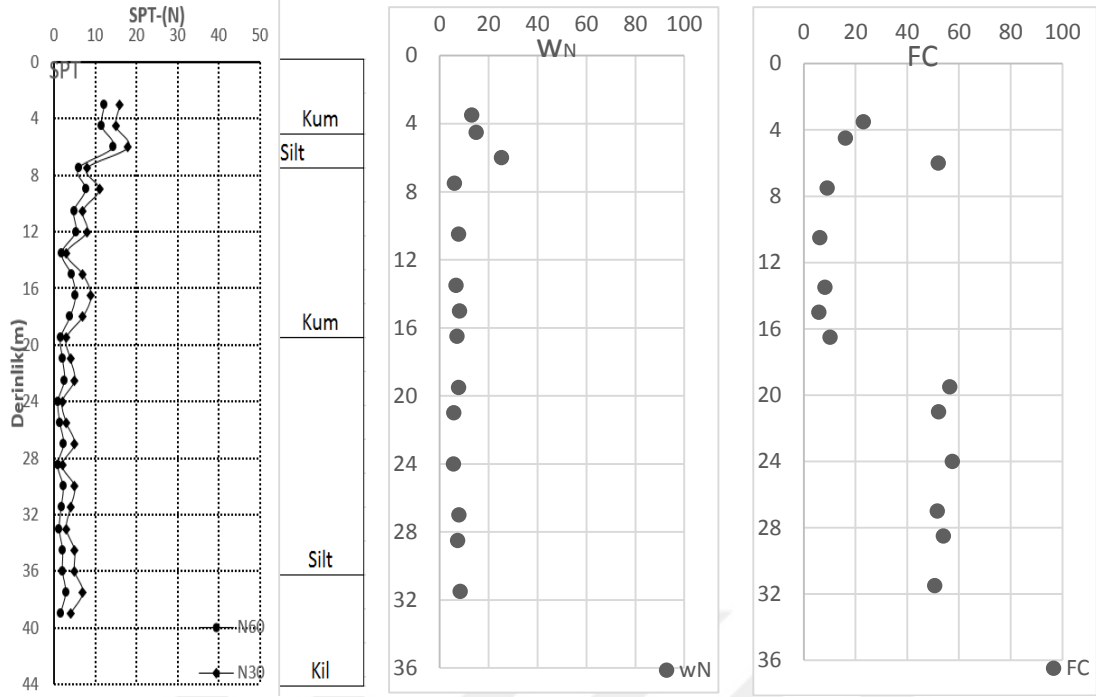
**Şekil 3.77: SK3 ve SK4 sondaj profilleri**



Şekil 3.78: SK5 ve SK6 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri

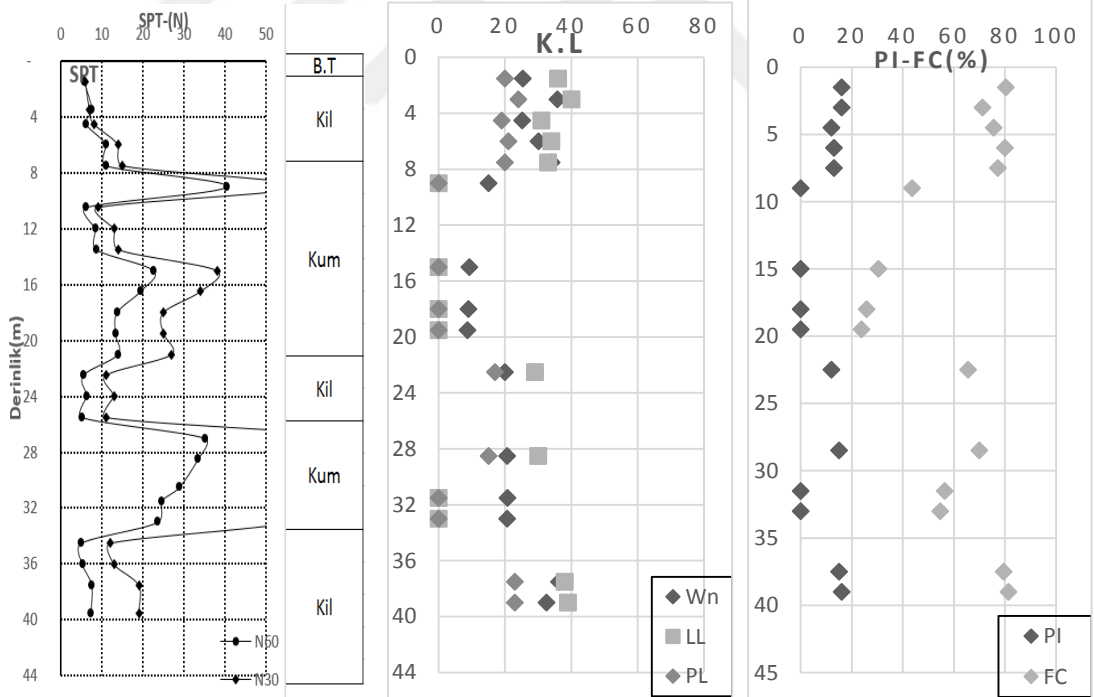
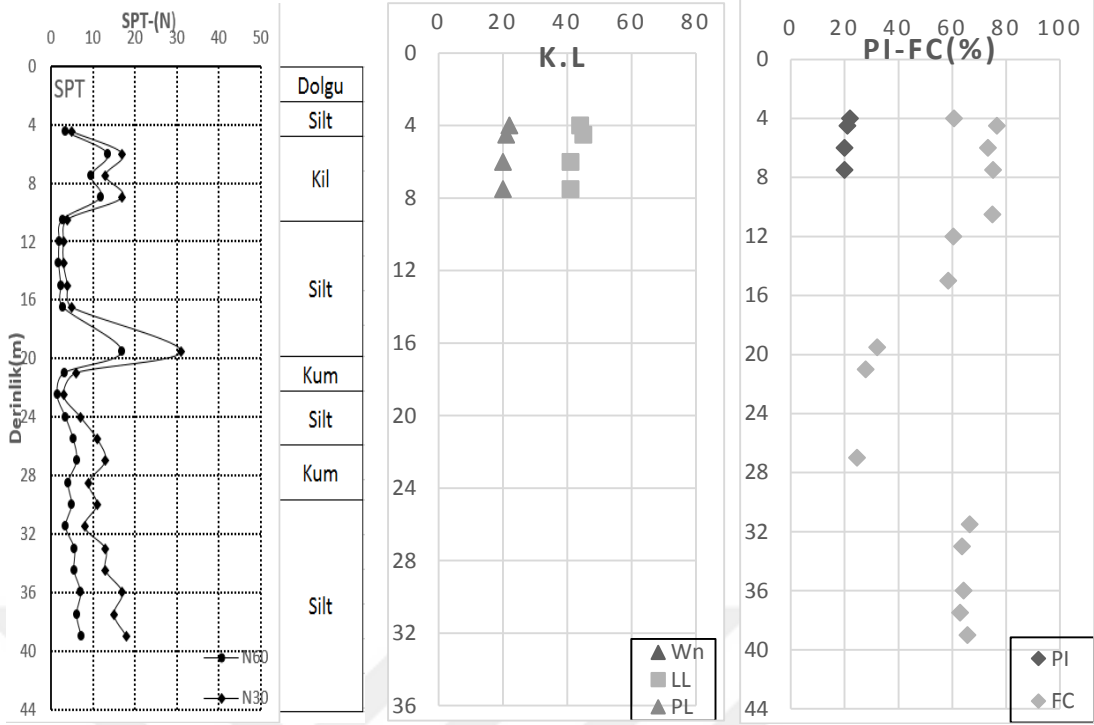


Şekil 3.79: SK7 ve SK8 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri

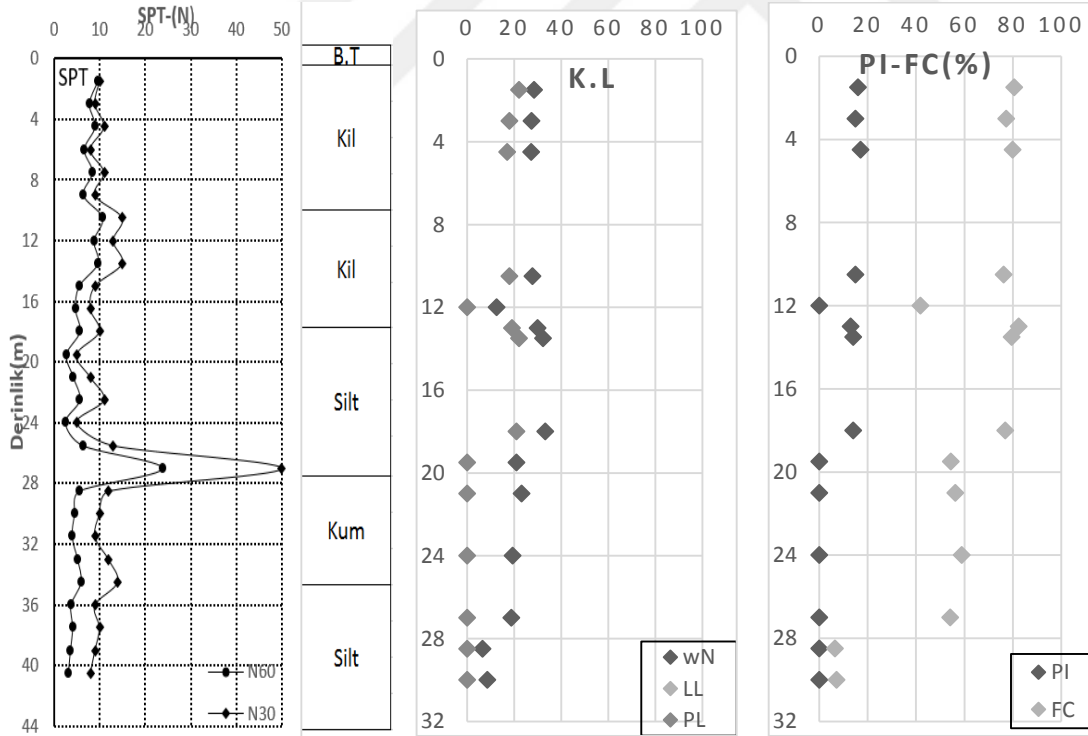
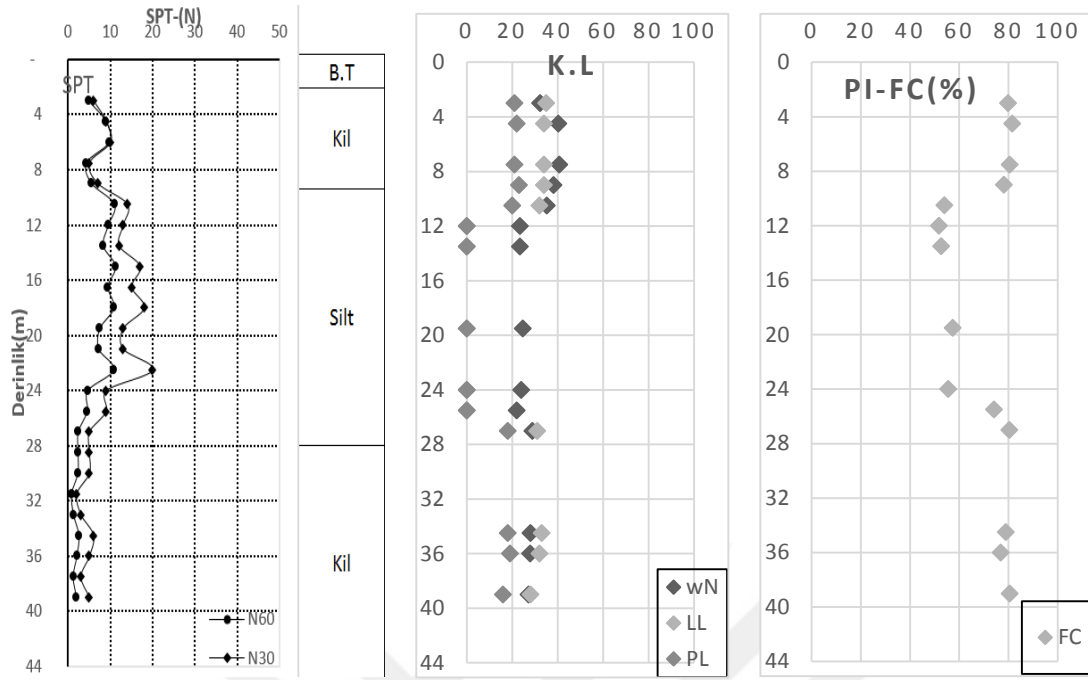


Şekil 3.80: SK9 ve SK10 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri

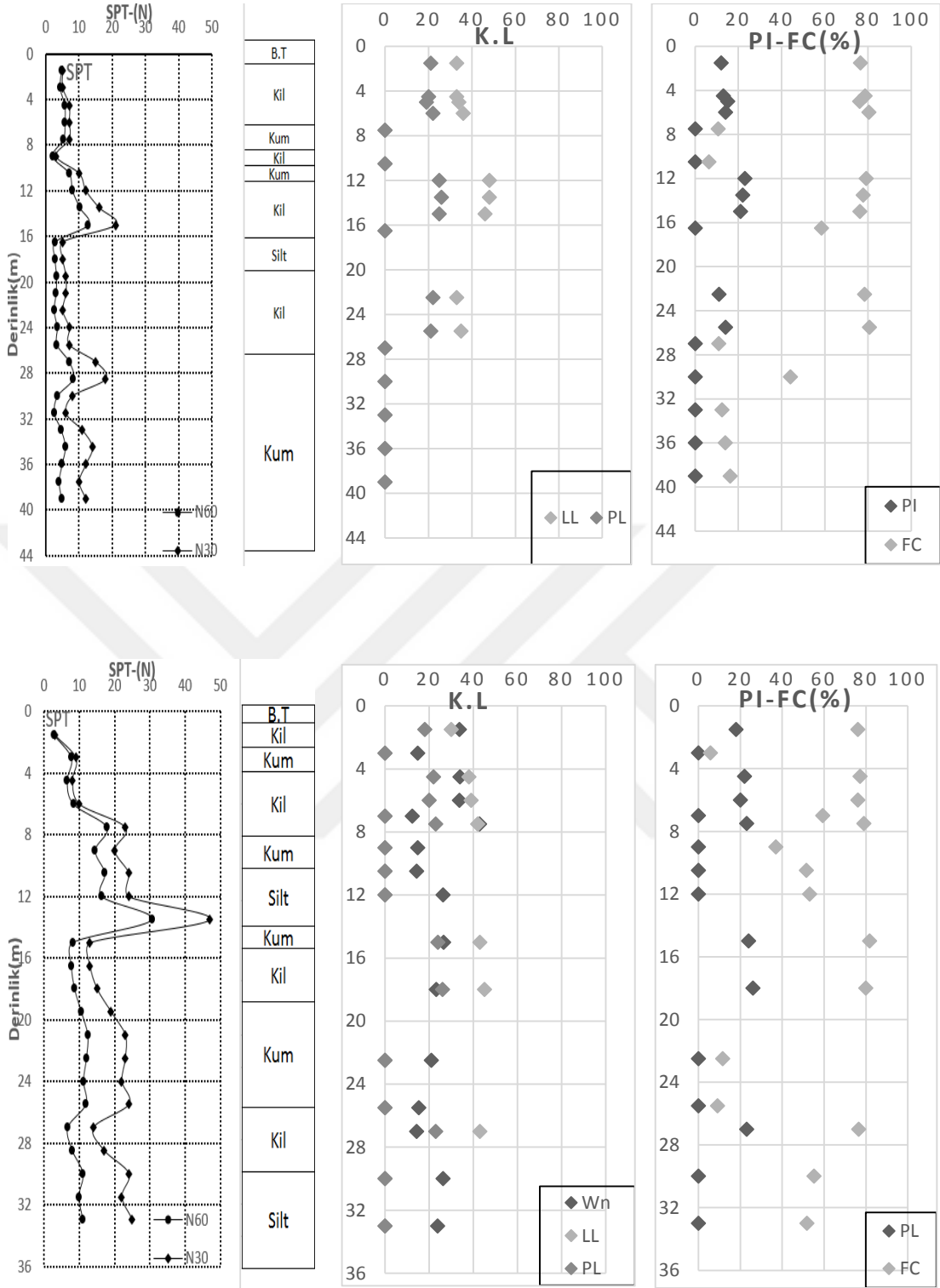




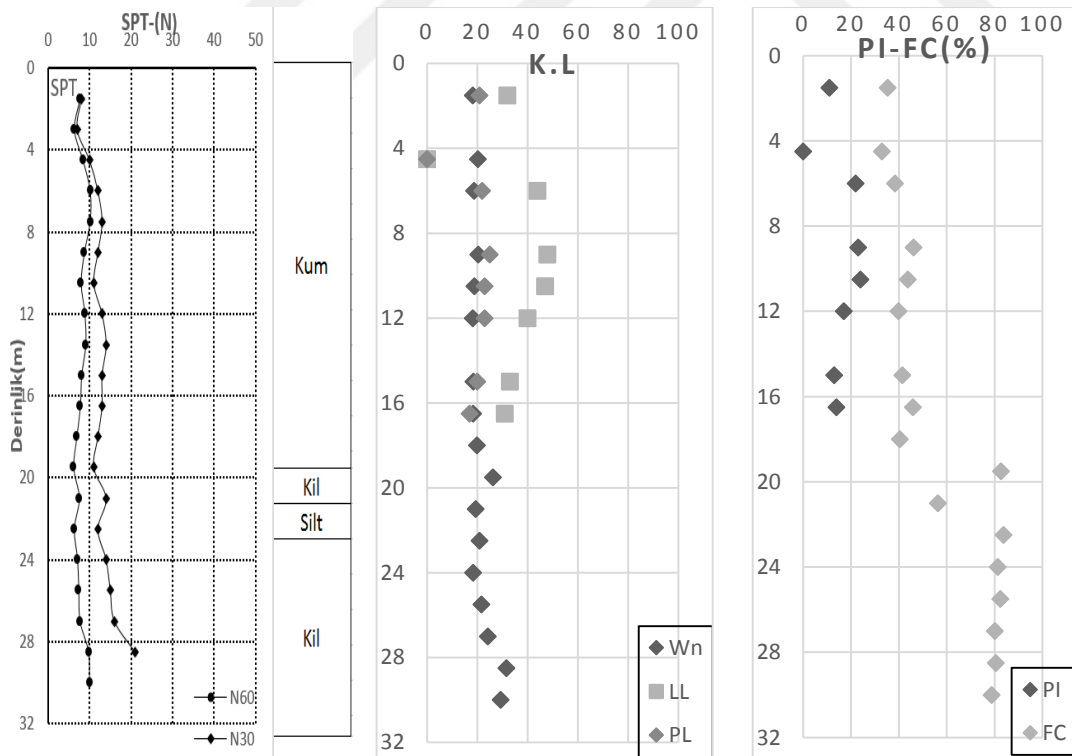
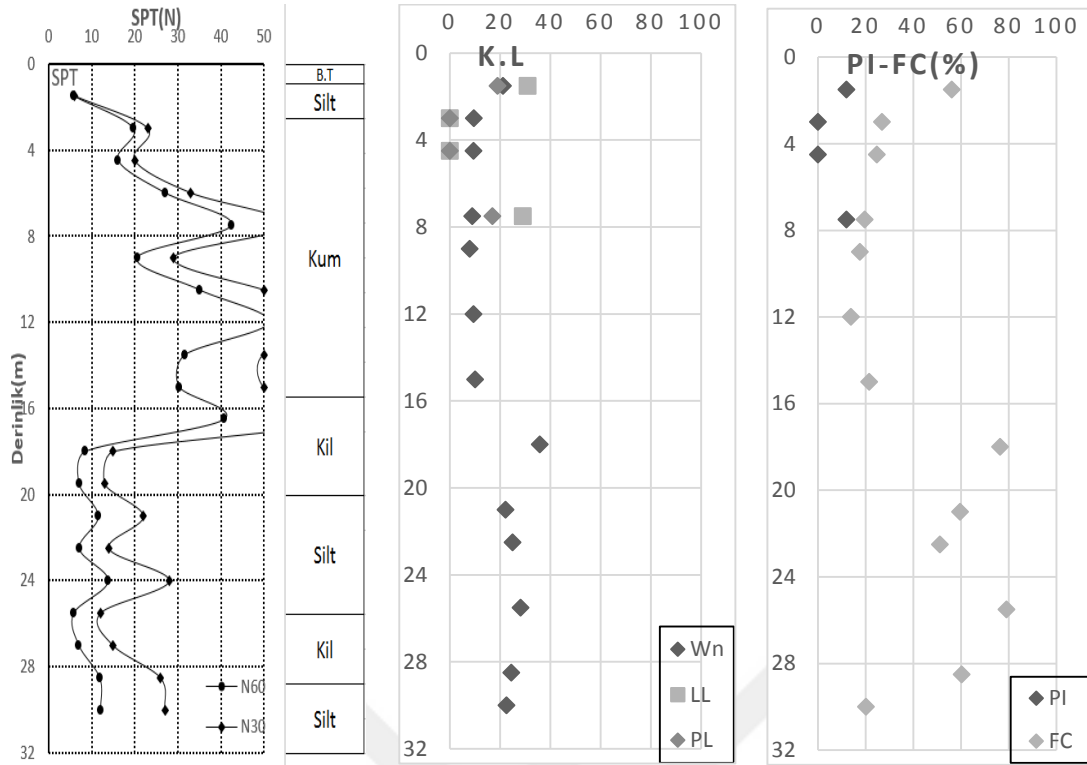
Şekil 3.81: SK11 ve SK12 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri



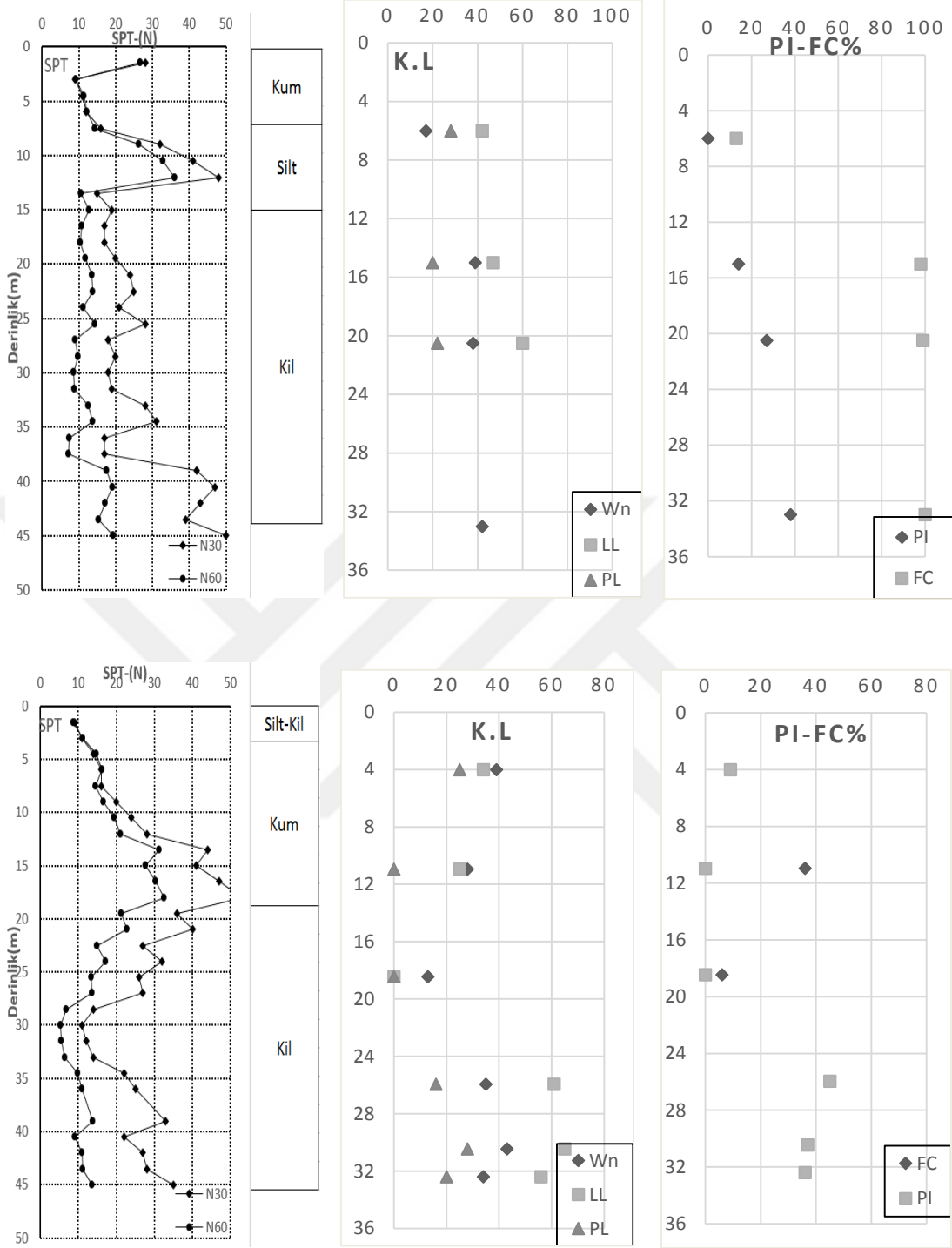
Şekil 3.82: SK13 ve SK14 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri



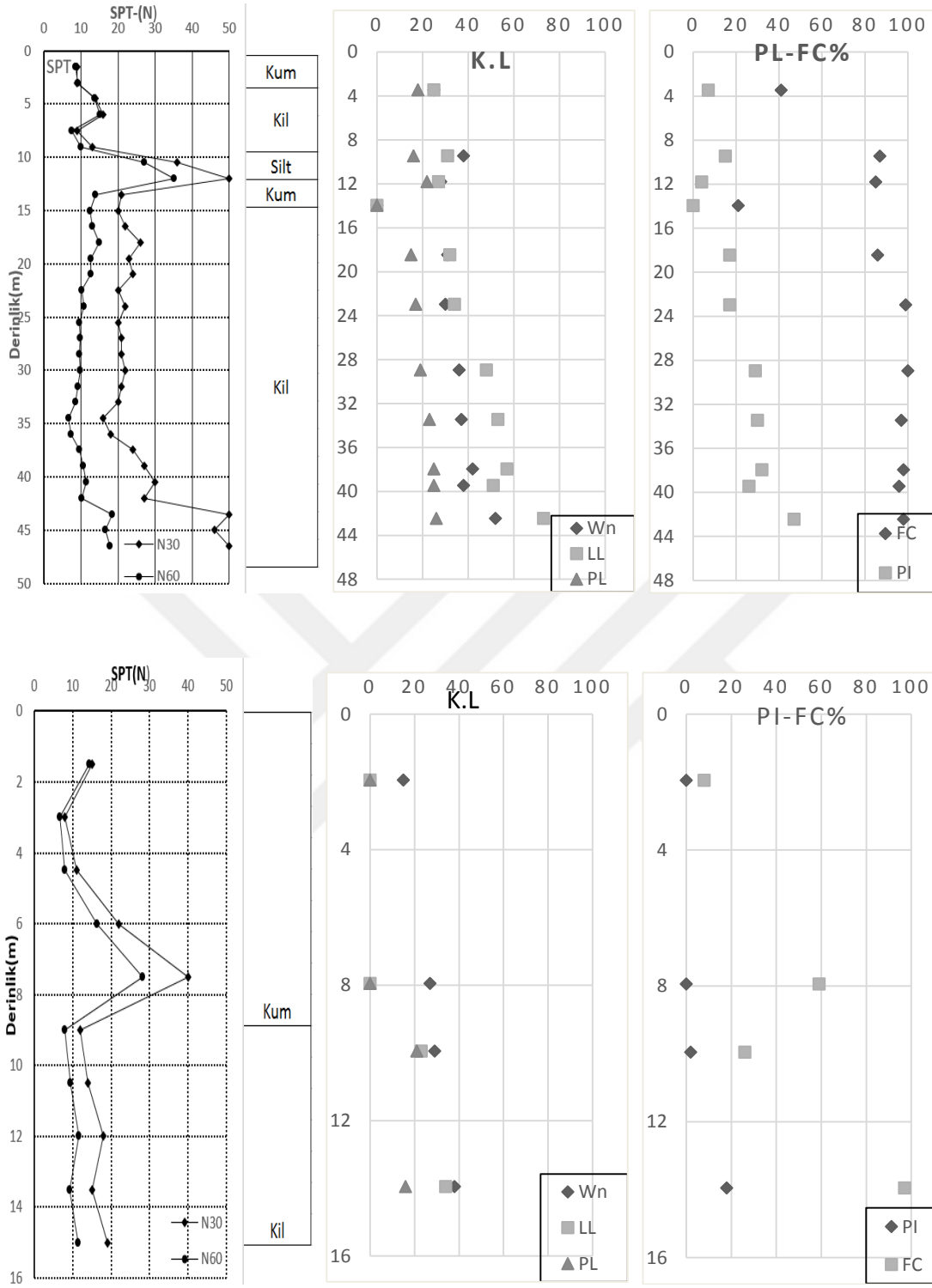
Şekil 3.83: SK15 ve SK16 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri



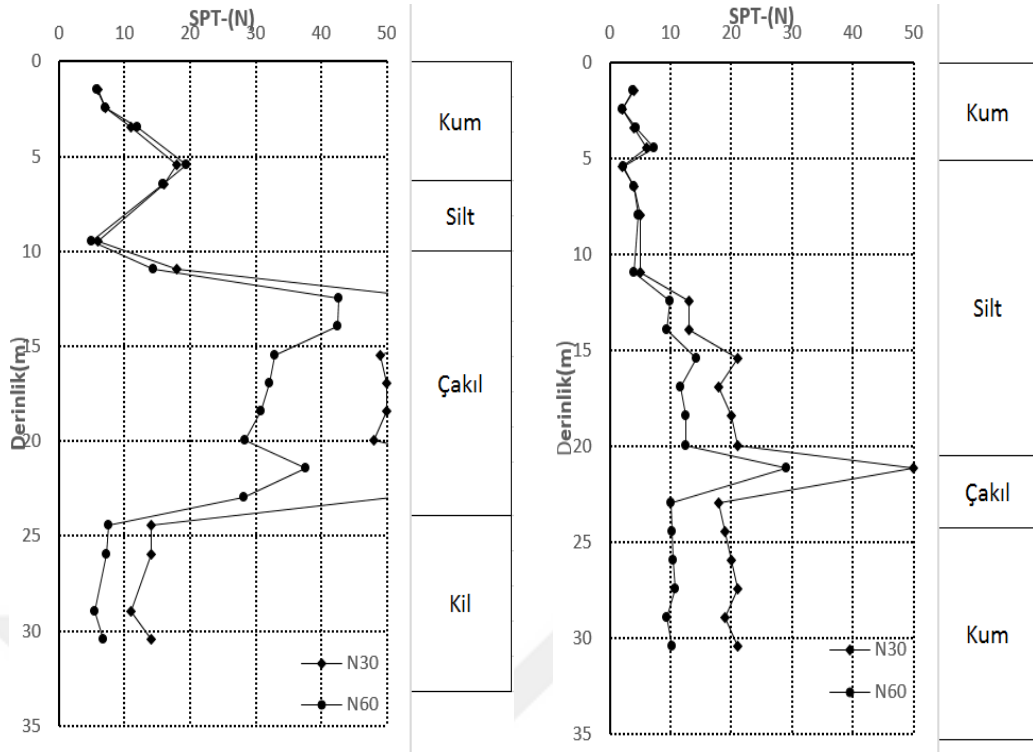
**Şekil 3.84:** SK17 ve SK18 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri



Şekil 3.85: SK13G ve SK15G sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri



Şekil 3.86: SK29G ve SK38G sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri



Şekil 3.87: S6 ve S7 sondaj logları zemin profili ve endeks özellikleri

**EKC: Kayma Dalgası Hızları**

**Çizelge 3.33 : SK-1 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	8,60625	156,376	180,517	187,964	165,45736
-3	7,318345	143,828	170,616	177,971	152,57576
-4,5	6,244263	132,518	161,447	168,701	140,93527
-6	8,854793	158,691	182,315	189,776	167,82951
-9	1,305246	59,089	93,641	99,547	64,435509
-10,5	1,859477	70,927	105,914	112,157	76,908519
-12	7,399178	144,646	171,269	178,631	153,41606
-13,5	6,350328	133,675	162,396	169,662	142,12719
-15	7,449143	145,149	171,671	179,036	153,93318



**Çizelge 3.34 : SK-2 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	16,75847	227,634	235,293	220,5526	230,8853
-3	5,530014	154,765	161,935	124,4669	132,6301
-4,5	11,75128	201,184	208,766	183,6416	193,34
-6	8,530639	179,964	187,405	155,666	164,7289
-7,5	11,86894	201,883	209,468	184,5881	194,3055
-9	6,965238	167,705	175,029	140,2046	148,8494
-10,5	39,97351	308,049	315,383	345,3995	356,5868
-12	7,055055	168,454	175,787	141,1346	149,806
-13,5	7,981884	175,848	183,253	150,4159	159,3426
-15	12,62048	206,242	213,847	190,5296	200,3628
-16,5	18,65138	236,271	243,933	233,0741	243,5761
-17,5	16,94221	228,499	236,159	221,7971	232,1476

---

---

-18,5	10,7959	195,334	202,885	175,7797	185,3141
-19,5	7,194779	169,608	176,952	142,57	151,2822
-21	5,333123	152,825	159,968	122,1602	130,2477
-22,5	9,274109	185,274	192,758	162,5248	171,7573
-24	5,487545	154,350	161,515	123,9728	132,1199
-25,5	2,419864	116,081	122,569	81,25374	87,73534
-27	7,525392	172,280	179,652	145,9138	154,719
-28,5	6,409095	162,918	170,189	134,3118	142,7833
-30	3,123409	126,863	133,577	92,69061	99,67667
-31,5	4,354478	142,414	149,404	110,0267	117,6921
-33	5,105232	150,520	157,631	119,4382	127,4344
-34,5	4,160843	140,178	147,131	107,4743	115,0455
-36	6,924512	167,363	174,684	139,781	148,4136
-37,5	4,789134	147,209	154,272	115,5633	123,4263
-39	5,87016	158,013	165,225	128,3603	136,6482

---

**Çizelge 3.35 : SK-3 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	6,69375	165,400	172,700	137,3576	145,9197
-3	3,95001	137,664	144,576	104,629	112,0929
-4,5	23,50256	256,066	263,698	262,6048	273,424
-6	36,9661	299,778	307,179	331,737	342,9106
-7,5	5,08669	150,329	157,438	119,2142	127,2028
-9	10,0609	190,599	198,121	169,4993	178,8947
-10,5	9,804824	188,897	196,407	167,2593	176,6034
-12	9,171572	184,558	192,037	161,5951	170,8052
-13,5	14,63345	217,142	224,783	205,6488	215,7509
-15	1,371125	95,259	101,213	60,60927	66,04161

**Çizelge 3.1 : SK-4 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	9,5625	187,259	194,757	165,113	174,407
-3	16,89447	228,275	235,934	221,474	231,820
-4,5	10,46887	193,254	200,793	173,012	182,486
-6	49,22093	331,186	338,295	384,553	395,689
-7,5	44,02452	318,573	325,812	363,039	374,220
-9	40,18871	308,625	315,954	346,358	357,545
-10,5	11,74975	201,175	208,757	183,629	193,327
-12	5,129077	150,764	157,879	119,726	127,732
-13,5	2,072459	109,987	116,331	75,009	81,194
-14,5	9,332022	185,676	193,163	163,048	172,293

**Çizelge 3.36 : SK-5 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	9,5625	187,259	194,757	165,1133	174,407
-3	11,47753	199,540	207,114	181,4216	191,075
-4,5	13,51318	211,206	218,830	197,3686	207,328
-6	7,179032	169,478	176,822	142,4089	151,117
-7,5	8,255728	177,924	185,348	153,0569	162,053
-9	10,88593	195,899	203,453	176,5346	186,085
-10,5	6,528528	163,968	171,251	135,5976	144,108
-12	12,97712	208,252	215,865	193,289	203,174
-13,5	9,356129	185,842	193,331	163,2649	172,515
-15	5,46216	154,101	161,262	123,6765	131,814

**Çizelge 3.37: SK-6 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	47,8125	327,857	335,002	378,835	389,987
-3	4,054803	138,924	145,857	106,052	113,570
-4,5	21,80944	249,489	257,137	252,667	263,391
-6	35,684	296,118	303,546	325,749	336,912
-7,5	31,60718	283,876	291,386	305,983	317,082
-9	33,25646	288,946	296,424	314,120	325,250
-10,5	15,0194	219,118	226,764	208,430	218,578
-12	11,92782	202,231	209,818	185,060	194,787
-13,5	10,7288	194,911	202,459	175,215	184,737
-14,5	12,21698	203,923	211,518	187,362	197,134
-16	9,376731	185,985	193,474	163,450	172,705

**Çizelge 3.38 : SK-7 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	10,51875	193,574	201,114	173,4366	182,92
-3	8,944643	182,956	190,422	159,5195	168,6788
-4,5	7,759724	174,129	181,518	148,2409	157,1094
-6	12,88434	207,733	215,344	192,5747	202,4465
-7,5	4,437873	143,357	150,362	111,1091	118,8137
-9	13,80081	212,760	220,389	199,5253	209,5229
-10,5	15,62001	222,129	229,780	212,6899	222,905
-12	12,4816	205,450	213,051	189,4448	199,2573
-13,5	13,20417	209,513	217,131	195,0268	204,9438
-15	10,6486	194,402	201,948	174,538	184,0455
-17	3,471546	131,615	138,420	97,88521	105,085

**Çizelge 3.39 : SK-8 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-3	1,9125	106,955	113,225	71,96371	77,99735
-4,5	17,48754	231,033	238,694	225,4526	235,8541
-6	5,974018	158,981	166,205	129,5271	137,8518
-7,5	8,905538	182,678	190,141	159,1592	168,3097
-12	4,446599	143,456	150,462	111,2217	118,9305
-13,5	4,19229	140,545	147,505	107,8927	115,4795
-15	5,302878	152,522	159,662	121,8022	129,8778
-16,5	4,424081	143,202	150,205	110,9307	118,6289
-18	9,076579	183,891	191,364	160,7293	169,9183
-19,5	8,139128	177,045	184,462	151,9376	160,9044
-21	2,801093	122,144	128,763	87,62503	94,39366
-22,5	2,706113	120,687	127,275	86,07909	92,7795
-24	5,764399	157,017	164,216	127,1617	135,4117



---

---

-25,5	3,050339	125,822	132,516	91,56528	98,50383
-27	5,434729	153,832	160,989	123,3556	131,4825
-28,5	4,808888	147,420	154,486	115,809	123,6806
-30	6,093263	160,078	167,315	130,8548	139,2208
-31,5	6,403835	162,871	170,142	134,255	142,7247
-33	5,809694	157,445	164,650	127,6763	135,9426
-34,5	7,430305	171,520	178,884	144,9595	153,7384
-36	5,134491	150,819	157,935	119,7909	127,7991
-37,5	5,869206	158,004	165,216	128,3495	136,6371

---

**Çizelge 3.40 : SK-9 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-3	12,29736	204,389	211,986	187,9966	197,7812
-4,5	15,89365	223,475	231,129	214,6044	224,849
-6	18,46037	235,426	243,088	231,8394	242,3256
-7,5	7,338425	170,779	178,135	144,0318	152,7849
-9	9,211171	184,835	192,316	161,9547	171,1735
-10,5	5,712462	156,523	163,716	126,5692	134,8003
-12	6,106878	160,202	167,441	131,0056	139,3762
-13,5	2,159107	111,566	117,948	76,61127	82,87359
-15	4,77939	147,104	154,166	115,4419	123,3006
-16,5	5,85896	157,908	165,119	128,2338	136,5178
-18	4,362965	142,511	149,502	110,1373	117,8067
-19,5	1,796486	104,651	110,862	69,67707	75,59463
-21	2,308182	114,188	120,632	79,2966	85,68684

---

---

-22,5	2,787394	121,936	128,550	87,40365	94,16256
-24	1,079553	87,654	93,378	53,57487	58,60047
-25,5	1,570982	99,878	105,962	65,01768	70,69108
-27	2,544533	118,129	124,661	83,3875	89,96697
-28,5	0,990666	85,072	90,713	51,2514	56,13616
-30	2,413954	115,983	122,468	81,15128	87,62814
-31,5	1,884624	106,410	112,666	71,42055	77,42683
-33	1,380969	95,497	101,457	60,83341	66,27826
-34,5	2,251024	113,196	119,617	78,27721	84,61924
-36	2,203631	112,361	118,762	77,42245	83,72373
-37,5	3,022751	125,425	132,110	91,13702	98,05737

---

**Çizelge 3.41 : SK-10 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	32,5125	286,680	294,173	310,474	321,5913
-3	30,57095	280,602	288,131	300,7645	311,8413
-4,5	7,119383	168,987	176,325	141,7971	150,4874
-6	45,28325	321,714	328,922	368,3588	379,5316
-7,5	22,01226	250,294	257,940	253,8763	264,6131
-9	28,13209	272,600	280,171	288,1346	299,1439
-10,5	55,61547	345,566	352,511	409,57	420,6074
-12	8,792703	181,869	189,326	158,1155	167,2401
-13,5	13,8164	212,844	220,473	199,6416	209,6412
-15	42,59902	314,945	322,217	356,9254	368,1111
-16,5	19,99584	242,064	249,723	241,5973	252,2022
-18	20,93936	245,979	253,633	247,414	258,0838
-19,5	9,196752	184,735	192,215	161,8239	171,0395

---

---

-21	16,61666	226,962	234,620	219,5876	229,9064
-22,5	10,16703	191,297	198,823	170,4195	179,8358
-24	10,3623	192,567	200,101	172,1007	181,5546
-25,5	11,56085	200,043	207,620	182,1	191,767
-27	7,815732	174,565	181,958	148,792	157,6754
-28,5	13,7882	212,692	220,321	199,4312	209,4271
-30	10,65857	194,466	202,011	174,6224	184,1317

---

**Çizelge 3.42 : SK-11 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-4,5	3,556099	132,722	139,547	99,10824	106,357
-6	17,43479	230,790	238,451	225,1015	235,4982
-7,5	11,92494	202,214	209,801	185,037	194,7633
-9	14,23545	215,068	222,704	202,7434	212,7966
-10,5	3,264264	128,825	135,577	94,82447	101,8994
-12	2,290079	113,876	120,313	78,97508	85,35016
-13,5	2,159107	111,566	117,948	76,61127	82,87359
-15	2,73108	121,073	127,669	86,48799	93,20652
-16,5	3,254978	128,698	135,447	94,68518	101,7544
-19,5	18,56368	235,884	243,546	232,508	243,0027
-21	3,462273	131,493	138,295	97,7502	104,9445
-22,5	1,672436	102,077	108,221	67,15148	72,93801
-24	3,778436	135,553	142,428	102,2587	109,6314

---

---

-25,5	5,760266	156,978	164,176	127,1146	135,3631
-27	6,615785	164,727	172,019	136,5297	145,0674
-28,5	4,457997	143,583	150,592	111,3688	119,0828
-30	5,310698	152,601	159,741	121,8949	129,9735
-31,5	3,769248	135,438	142,311	102,1303	109,4981
-33	5,984199	159,075	166,300	129,641	137,9692
-34,5	5,852662	157,849	165,059	128,1627	136,4444
-36	7,492346	172,017	179,386	145,5828	154,3789
-37,5	6,477323	163,519	170,798	135,0477	143,5413
-39	7,621844	173,046	180,425	146,8758	155,7074

---

**Çizelge 3.43 : SK-12 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-4,5	3,556099	132,722	139,547	99,10824	106,357
-6	17,43479	230,790	238,451	225,1015	235,4982
-7,5	11,92494	202,214	209,801	185,037	194,7633
-9	14,23545	215,068	222,704	202,7434	212,7966
-10,5	3,264264	128,825	135,577	94,82447	101,8994
-12	2,290079	113,876	120,313	78,97508	85,35016
-13,5	2,159107	111,566	117,948	76,61127	82,87359
-15	2,73108	121,073	127,669	86,48799	93,20652
-16,5	3,254978	128,698	135,447	94,68518	101,7544
-19,5	18,56368	235,884	243,546	232,508	243,0027
-21	3,462273	131,493	138,295	97,7502	104,9445
-22,5	1,672436	102,077	108,221	67,15148	72,93801
-24	3,778436	135,553	142,428	102,2587	109,6314
-25,5	5,760266	156,978	164,176	127,1146	135,3631



---

---

-27	6,615785	164,727	172,019	136,5297	145,0674
-28,5	4,457997	143,583	150,592	111,3688	119,0828
-30	5,310698	152,601	159,741	121,8949	129,9735
-31,5	3,769248	135,438	142,311	102,1303	109,4981
-33	5,984199	159,075	166,300	129,641	137,9692
-34,5	5,852662	157,849	165,059	128,1627	136,4444
-36	7,492346	172,017	179,386	145,5828	154,3789
-37,5	6,477323	163,519	170,798	135,0477	143,5413
-39	7,621844	173,046	180,425	146,8758	155,7074

---

**Çizelge 3.44 : SK-13 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
- 3	6,12	160,322	167,562	131,1508	139,5259
-4,5	9,75375	188,554	196,061	166,8091	176,1428
-6	11,56365	200,060	207,637	182,1228	191,7903
-7,5	5,007208	149,507	156,605	118,2493	126,2051
-9	6,270016	161,679	168,936	132,7999	141,2256
-10,5	12,04993	202,949	210,539	186,0353	195,7814
-12	10,3592	192,547	200,081	172,0741	181,5274
-13,5	8,944749	182,957	190,423	159,5205	168,6798
-15	11,94702	202,344	209,932	185,2137	194,9436
-16,5	10,00053	190,200	197,719	168,9737	178,3572
-18	11,44217	199,326	206,899	181,133	190,7802
-19,5	7,911969	175,310	182,710	149,7346	158,6432
-21	7,601578	172,885	180,263	146,6741	155,5002

---

---

-22,5	11,26932	198,273	205,841	179,7159	189,3337
-24	4,899238	148,378	155,459	116,9267	124,837
-25,5	4,743671	146,721	153,777	114,9959	122,839
-27	2,556686	118,325	124,862	83,59278	90,18157
-28,5	2,484653	117,154	123,665	82,36911	88,90209
-30	2,418383	116,057	122,543	81,22808	87,70849
-31,5	0,935099	83,380	88,965	49,74733	54,53909
-33	1,380204	95,478	101,438	60,81602	66,2599
-34,5	2,696945	120,544	127,129	85,9285	92,62221
-36	2,198051	112,262	118,661	77,32122	83,61766
-37,5	1,291064	93,285	99,182	58,75655	64,0845
-39	2,108299	110,645	117,006	75,67566	81,8927

---

**Çizelge 3.45 : SK-14 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
1,5	10,781	175,654	195,240	202,790	185,186
3	10,797	175,786	195,339	202,890	185,321
4,5	11,448	181,179	199,360	206,934	190,827
6	8,059	151,159	176,433	183,844	160,106
7,5	9,911	168,189	189,604	197,119	177,554
9	7,402	144,677	171,294	178,656	153,448
10,5	12,023	185,821	202,791	210,381	195,563
12	9,747	166,749	188,508	196,016	176,082
13,5	10,603	174,155	194,114	201,658	183,654
15	6,036	130,213	159,548	166,779	138,559
16,5	5,115	119,559	150,622	157,735	127,559
18	6,122	131,171	160,339	167,579	139,547
19,5	2,941	89,854	124,231	130,893	96,719

---

---

21	4,534	112,347	144,432	151,454	120,096
22,5	6,023	130,075	159,434	166,663	138,417
24	2,651	85,167	119,823	126,392	91,827
25,5	6,686	137,279	165,337	172,636	145,839
27	24,992	271,066	261,601	269,217	281,956
28,5	5,838	127,999	157,713	164,921	136,275
30	4,742	114,974	146,702	153,758	122,817
31,5	4,165	107,528	140,225	147,180	115,102
33	5,426	123,248	153,741	160,897	131,371
34,5	6,191	131,930	160,964	168,212	140,329
36	3,896	103,887	137,005	143,905	111,323
37,5	4,241	108,542	141,115	148,084	116,153
39	3,743	101,764	135,110	141,977	109,117
40,5	3,265	94,835	128,835	135,587	101,910

---

**Çizelge 3.46 : SK-15 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	4,78125	147,124	154,187	115,465	123,325
- 3	5,1	150,466	157,577	119,375	127,369
-4,5	7,15972	169,320	176,661	142,211	150,913
-6	6,929972	167,409	174,730	139,838	148,472
-7,5	6,198355	161,033	168,282	132,015	140,416
-9	2,424985	116,167	122,656	81,342	87,828
-10,5	7,877543	175,044	182,442	149,398	158,298
-12	8,842518	182,227	189,687	158,577	167,713
-13,5	11,11574	197,329	204,891	178,448	188,039
-15	13,84074	212,974	220,603	199,823	209,826
-16,5	3,142054	127,126	133,845	92,976	99,974
-18	3,008288	125,216	131,897	90,912	97,823
-19,5	3,468321	131,572	138,376	97,838	105,036

---

---

-21	3,342159	129,887	136,659	95,985	103,108
-22,5	2,690693	120,447	127,030	85,826	92,515
-24	3,647354	133,897	140,743	100,413	107,713
-25,5	3,538453	132,492	139,313	98,854	106,093
-27	7,368761	171,024	178,383	144,339	153,100
-28,5	8,606682	180,520	187,967	156,380	165,462
-30	3,728334	134,924	141,789	101,557	108,902
-31,5	2,728863	121,039	127,634	86,452	93,169
-33	4,887886	148,258	155,337	116,787	124,692
-34,5	6,084204	159,995	167,231	130,754	139,117
-36	5,105232	150,520	157,631	119,438	127,434
-37,5	4,168403	140,266	147,221	107,575	115,150
-39	4,904946	148,438	155,520	116,997	124,910

---

**Çizelge 3.47 : SK-16 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	2,86875	123,163	129,803	88,711	95,527
-3	9,18	184,617	192,096	161,672	170,884
-4,5	8,476613	179,566	187,005	155,156	164,206
-6	10,25576	191,876	199,406	171,185	180,619
-7,5	21,09797	246,626	254,279	248,379	259,059
-9	16,74758	227,582	235,241	220,479	230,810
-10,5	19,58558	240,324	247,984	239,027	249,602
-12	18,32063	234,805	242,467	230,932	241,407
-13,5	33,82601	290,658	298,125	316,884	328,023
-15	8,87601	182,467	189,929	158,887	168,030
-16,5	8,462942	179,465	186,903	155,027	164,074
-18	9,349211	185,795	193,283	163,203	172,451
-19,5	11,37774	198,935	206,506	180,606	190,242



---

---

-21	13,27205	209,887	217,506	195,543	205,470
-22,5	12,82201	207,383	214,992	192,093	201,956
-24	11,87508	201,919	209,505	184,637	194,356
-25,5	12,56785	205,943	213,546	190,119	199,945
-27	7,124691	169,031	176,370	141,852	150,544
-28,5	8,420661	179,153	186,588	154,627	163,664
-30	11,58698	200,201	207,778	182,312	191,984
-31,5	10,36543	192,587	200,122	172,128	181,582
-33	11,50808	199,725	207,300	181,671	191,329

---

**Çizelge 3.48 : SK-17 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	5,7375	156,761	163,957	126,855	135,095
- 3,00	23,46	255,904	263,537	262,359	273,176
-4,5	20,45634	243,990	251,646	244,452	255,090
-6	32,66987	287,162	294,652	311,249	322,369
-7,5	49,58684	332,040	339,141	386,026	397,157
-9	23,44152	255,834	263,467	262,253	273,069
-10,5	39,38771	306,471	313,818	342,778	353,964
-12	56,73949	347,981	354,896	413,821	424,836
-13,5	34,7367	293,358	300,806	321,258	332,409
-15	32,95414	288,029	295,513	312,643	323,768
-16,5	43,98875	318,483	325,722	362,887	374,067
-18	9,024863	183,526	190,996	160,256	169,434
-19,5	7,514696	172,195	179,566	145,807	154,609

---

---

-21	12,25458	204,142	211,738	187,659	197,437
-22,5	7,533939	172,348	179,721	145,999	154,807
-24	14,58941	216,915	224,555	205,329	215,426
-25,5	6,065919	159,828	167,062	130,552	138,908
-27	7,368761	171,024	178,383	144,339	153,100
-28,5	12,43187	205,164	212,765	189,055	198,860
-30	12,58313	206,030	213,634	190,238	200,066

---

**Çizelge 3.49 : SK-18 Kayma Dalgası**

DERİNLİK	N60	İYİSAN	O&G	İMAİ	seed idris
-1,5	7,65	173,268	180,649	147,156	155,995
-3	7,14	169,157	176,497	142,009	150,705
-4,5	10,34642	192,464	199,998	171,965	181,415
-6	12,0173	202,757	210,347	185,775	195,516
-7,5	11,64431	200,545	208,124	182,777	192,458
-9	9,812083	188,945	196,456	167,323	176,669
-10,5	8,765477	181,673	189,128	157,863	166,981
-12	9,690145	188,125	195,630	166,247	175,568
-13,5	9,838721	189,124	196,635	167,557	176,908
-15	8,667126	180,961	188,411	156,946	166,042
-16,5	8,263788	177,984	185,409	153,134	162,132
-18	7,303356	170,494	177,848	143,676	152,419
-19,5	6,432104	163,121	170,395	134,560	143,039

---

---

-21	7,888524	175,129	182,528	149,505	158,408
-22,5	6,532317	164,001	171,285	135,638	144,149
-24	7,379043	171,107	178,467	144,443	153,207
-25,5	7,670059	173,426	180,808	147,354	156,199
-27	7,950888	175,610	183,013	150,114	159,033
-28,5	10,15721	191,232	198,758	170,335	179,749
-30	10,37145	192,626	200,161	172,1791	181,6347

---

**EKD: SPT(N60) Değerleri**

**Çizelge 3.50 : SK-1 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	1,5	9	0,75	1	1	0,75	1,7	8,6
SPT2	3	9	0,75	1	1	0,8	1,355	7,3
SPT3	4,5	6	0,75	1	1	0,85	1,172	4,5
SPT4	6	10	0,75	1	1	0,95	1,082	7,7
SPT5	9	2	0,75	1	1	0,95	0,952	1,4
SPT6	10,5	3	0,75	1	1	1	0,902	2
SPT7	12	13	0,75	1	1	1	0,859	8,4
SPT8	13,5	12	0,75	1	1	1	0,822	7,4
SPT9	15	15	0,75	1	1	1	0,79	8,9

Çizelge 3.51 : SK-2 N60 Hesaplaması

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	16	0,75	1	1	0,75	1,7	15,3
SPT2	-3	7	0,75	1	1	0,8	1,32	5,53
SPT3	-4,5	12	0,75	1	1	0,85	1,13	8,68
SPT4	-6	9	0,75	1	1	0,95	1,04	6,69
SPT5	-7,5	14	0,75	1	1	0,95	0,97	9,69
SPT6	-9	9	0,75	1	1	0,95	0,91	5,85
SPT7	-10,5	53	0,75	1	1	1	0,86	34,3
SPT8	-12	10	0,75	1	1	1	0,82	6,16
SPT9	-13,5	12	0,75	1	1	1	0,78	7,06
SPT10	-15	20	0,75	1	1	1	0,75	11,3
SPT11	-16,5	31	0,75	1	1	1	0,72	16,8
SPT12	-17,5	29	0,75	1	1	1	0,71	15,4

SPT13	-18,5	19	0,75	1	1	1	0,69	9,84
SPT14	-19,5	13	0,75	1	1	1	0,68	6,59
SPT15	-21	10	0,75	1	1	1	0,66	4,91
SPT16	-22,5	18	0,75	1	1	1	0,64	8,59
SPT17	-24	11	0,75	1	1	1	0,62	5,1
SPT18	-25,5	5	0,75	1	1	1	0,6	2,26
SPT19	-27	16	0,75	1	1	1	0,59	7,05
SPT20	-28,5	14	0,75	1	1	1	0,57	6,02
SPT21	-30	7	0,75	1	1	1	0,56	2,94
SPT22	-31,5	10	0,75	1	1	1	0,55	4,12
SPT23	-33	12	0,75	1	1	1	0,54	4,84
SPT24	-34,5	10	0,75	1	1	1	0,53	3,95
SPT25	-36	17	0,75	1	1	1	0,52	6,59
SPT26	-37,5	12	0,75	1	1	1	0,51	4,57
SPT27	-39	15	0,75	1	1	1	0,5	5,61



**Çizelge 3.52 : SK-3 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	7	0,75	1	1	0,75	1,7	6,69
SPT2	-3	5	0,8	1	1	0,75	1,36	4,09
SPT3	-4,5	24	0,85	1	1	0,75	1,11	17
SPT4	-6	39	0,95	1	1	0,75	1,03	28,7
SPT5	-7,5	6	0,95	1	1	0,75	0,97	4,15
SPT6	-9	13	0,95	1	1	0,75	0,92	8,51
SPT7	-10,5	13	1	1	1	0,75	0,87	8,53
SPT8	-12	13	1	1	1	0,75	0,84	8,16
SPT9	-13,5	22	1	1	1	0,75	0,8	13,3
SPT10	-15	3	1	1	1	0,75	0,77	1,74

**Çizelge 3.53 : SK-4 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	10	0,75	1	1	0,75	1,7	9,563
SPT2	-3	21	0,75	1	1	0,8	1,39	17,52
SPT3	-4,5	15	0,75	1	1	0,85	1,24	11,88
SPT4	-6	50	0,75	1	1	0,95	1,13	40,37
SPT5	-7,5	50	0,75	1	1	0,95	1,05	37,35
SPT6	-9	50	0,75	1	1	0,95	0,98	34,92
SPT7	-10,5	15	0,75	1	1	1	0,92	10,39
SPT8	-12	7	0,75	1	1	1	0,88	4,6
SPT9	-13,5	3	0,75	1	1	1	0,84	1,879
SPT10	-14,5	14	0,75	1	1	1	0,81	8,514

**Çizelge 3.54 : SK-5 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	10	0,75	1	1	0,75	1,7	9,56
SPT2	-3	14	0,75	1	1	0,8	1,37	11,5
SPT3	-4,5	19	0,75	1	1	0,85	1,12	13,5
SPT4	-6	7	0,75	1	1	0,95	0,99	4,93
SPT5	-7,5	9	0,75	1	1	0,95	0,94	6
SPT6	-9	13	0,75	1	1	0,95	0,89	8,24
SPT7	-10,5	8	0,75	1	1	1	0,85	5,1
SPT8	-12	17	0,75	1	1	1	0,82	10,4
SPT9	-13,5	13	0,75	1	1	1	0,78	7,65
SPT10	-15	8	0,75	1	1	1	0,76	4,54

**Çizelge 3.55 : SK-6 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	50	0,75	1	1	0,75	1,7	47,8
SPT2	-3	5	0,75	1	1	0,8	1,35	9,48
SPT3	-4,5	31	0,75	1	1	0,85	1,1	43,1
SPT4	-6	50	0,75	1	1	0,95	1	62,1
SPT5	-7,5	50	0,75	1	1	0,95	0,89	56,7
SPT6	-9	58	0,75	1	1	0,95	0,8	60,8
SPT7	-10,5	27	0,75	1	1	1	0,74	26,5
SPT8	-12	23	0,75	1	1	1	0,69	21,2
SPT9	-13,5	22	0,75	1	1	1	0,65	19,3
SPT10	-14,5	26	0,75	1	1	1	0,63	21,7
SPT11	-16	21	0,75	1	1	1	0,6	17

**Çizelge 3.56 : SK-7 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	11	0,75	1	1	0,75	1,7	10,5
SPT2	-3	11	0,75	1	1	0,8	1,7	11,2
SPT3	-4,5	11	0,75	1	1	0,85	1,63	11,4
SPT4	-6	18	0,75	1	1	0,95	1,41	18,1
SPT5	-7,5	7	0,75	1	1	0,95	1,26	6,31
SPT6	-9	24	0,75	1	1	0,95	1,15	19,7
SPT7	-10,5	28	0,75	1	1	1	1,07	22,4
SPT8	-12	24	0,75	1	1	1	1	18
SPT9	-13,5	27	0,75	1	1	1	0,94	19,1
SPT10	-15	23	0,75	1	1	1	0,89	15,4
SPT11	-17	8	0,75	1	1	1	0,84	5,04
SPT12	-19,5	32	0,75	1	1	1	0,78	18,8

**Çizelge 3.57 : SK-8 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-3	2	0,75	1	1	0,75	1,5	1,69
SPT2	-4,5	17	0,75	1	1	0,85	1,32	14,3
SPT3	-6	6	0,75	1	1	0,95	1,2	5,12
SPT4	-7,5	10	0,75	1	1	0,95	1,1	7,84
SPT5	-12	6	0,75	1	1	1	0,91	4,09
SPT6	-13,5	6	0,75	1	1	1	0,86	3,89
SPT7	-15	8	0,75	1	1	1	0,83	4,95
SPT8	-16,5	7	0,75	1	1	1	0,79	4,16
SPT9	-18	15	0,75	1	1	1	0,76	8,57
SPT10	-19,5	14	0,75	1	1	1	0,74	7,72
SPT11	-21	5	0,75	1	1	1	0,71	2,67

SPT12	-22,5	5	0,75	1	1	1	0,69	2,58
SPT13	-24	11	0,75	1	1	1	0,67	5,52
SPT14	-25,5	6	0,75	1	1	1	0,65	2,93
SPT15	-27	11	0,75	1	1	1	0,63	5,23
SPT16	-28,5	10	0,75	1	1	1	0,62	4,63
SPT17	-30	13	0,75	1	1	1	0,6	5,88
SPT18	-31,5	14	0,75	1	1	1	0,59	6,19
SPT19	-33	13	0,75	1	1	1	0,58	5,63
SPT20	-34,5	17	0,75	1	1	1	0,57	7,21
SPT21	-36	12	0,75	1	1	1	0,55	4,99
SPT22	-37,5	14	0,75	1	1	1	0,54	5,71
SPT23	-39	18	0,75	1	1	1	0,53	7,2

**Çizelge 3.58 : SK-9 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-3	16	0,75	1	1	0,75	1,37	12,3
SPT2	-4,5	15	0,75	1	1	0,85	1,22	11,6
SPT3	-6	18	0,75	1	1	0,95	1,12	14,4
SPT4	-7,5	8	0,75	1	1	0,95	1,04	5,95
SPT5	-9	11	0,75	1	1	0,95	0,98	7,69
SPT6	-10,5	7	0,75	1	1	1	0,93	4,88
SPT7	-12	8	0,75	1	1	1	0,88	5,3
SPT8	-13,5	3	0,75	1	1	1	0,85	1,9
SPT9	-15	7	0,75	1	1	1	0,81	4,26
SPT10	-16,5	9	0,75	1	1	1	0,78	5,27
SPT11	-18	7	0,75	1	1	1	0,75	3,96
SPT12	-19,5	3	0,75	1	1	1	0,73	1,64



SPT13	-21	4	0,75	1	1	1	0,71	2,12
SPT14	-22,5	5	0,75	1	1	1	0,69	2,57
SPT15	-24	2	0,75	1	1	1	0,67	1
SPT16	-25,5	3	0,75	1	1	1	0,65	1,46
SPT17	-27	5	0,75	1	1	1	0,63	2,38
SPT18	-28,5	2	0,75	1	1	1	0,62	0,93
SPT19	-30	5	0,75	1	1	1	0,61	2,27
SPT20	-31,5	4	0,75	1	1	1	0,59	1,78
SPT21	-33	3	0,75	1	1	1	0,58	1,31
SPT22	-34,5	5	0,75	1	1	1	0,57	2,13
SPT25	-36	5	0,75	1	1	1	0,56	2,09
SPT26	-37,5	7	0,75	1	1	1	0,55	2,88
SPT27	-39	4	0,75	1	1	1	0,54	1,61

**Çizelge 3.59 : SK-10 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	34	0,75	1	1	0,75	1,7	32,5
SPT2	-3	38	0,75	1	1	0,8	1,34	30,6
SPT3	-4,5	7	0,75	1	1	0,85	1,2	5,35
SPT4	-6	46	0,75	1	1	0,95	1,1	36
SPT5	-7,5	25	0,75	1	1	0,95	1,02	18,2
SPT6	-9	35	0,75	1	1	0,95	0,96	23,9
SPT7	-10,5	71	0,75	1	1	1	0,91	48,2
SPT8	-12	12	0,75	1	1	1	0,86	7,74
SPT9	-13,5	20	0,75	1	1	1	0,82	12,3
SPT10	-15	65	0,75	1	1	1	0,79	38,4
SPT11	-16,5	32	0,75	1	1	1	0,76	18,2
SPT12	-18	35	0,75	1	1	1	0,73	19,2

---

---

SPT13	-19,5	16	0,75	1	1	1	0,71	8,47
SPT14	-21	30	0,75	1	1	1	0,68	15,4
SPT15	-22,5	19	0,75	1	1	1	0,66	9,46
SPT16	-24	20	0,75	1	1	1	0,65	9,68
SPT17	-25,5	23	0,75	1	1	1	0,63	10,8
SPT18	-27	16	0,75	1	1	1	0,61	7,36
SPT19	-28,5	29	0,75	1	1	1	0,6	13
SPT20	-30	23	0,75	1	1	1	0,58	10,1

---

**Çizelge 3.60 : SK-11 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-4,5	5	0,75	1	1	0,85	1,12	3,56
SPT2	-6	17	0,75	1	1	0,95	1,11	13,5
SPT3	-7,5	13	0,75	1	1	0,95	1,04	9,62
SPT4	-9	17	0,75	1	1	0,95	0,98	11,8
SPT5	-10,5	4	0,75	1	1	1	0,93	2,78
SPT6	-12	3	0,75	1	1	1	0,88	1,98
SPT7	-13,5	3	0,75	1	1	1	0,84	1,9
SPT8	-15	4	0,75	1	1	1	0,81	2,43
SPT9	-16,5	5	0,75	1	1	1	0,78	2,92
SPT10	-19,5	31	0,75	1	1	1	0,73	16,9
SPT11	-21	6	0,75	1	1	1	0,7	3,17
SPT12	-22,5	3	0,75	1	1	1	0,68	1,54

---

---

SPT13	-24	7	0,75	1	1	1	0,67	3,5
SPT14	-25,5	11	0,75	1	1	1	0,65	5,35
SPT15	-27	13	0,75	1	1	1	0,63	6,17
SPT16	-28,5	9	0,75	1	1	1	0,62	4,17
SPT17	-30	11	0,75	1	1	1	0,6	4,99
SPT18	-31,5	8	0,75	1	1	1	0,59	3,55
SPT19	-33	13	0,75	1	1	1	0,58	5,65
SPT20	-34,5	13	0,75	1	1	1	0,57	5,54
SPT21	-36	17	0,75	1	1	1	0,56	7,11
SPT22	-37,5	15	0,75	1	1	1	0,55	6,16
SPT23	-39	18	0,75	1	1	1	0,54	7,26

---

**Çizelge 3.61 : SK-12 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	- 1,5	6	0,75	1	1	0,75	1,7	5,7
SPT2	-3,5	7	0,75	1	1	0,85	1,7	7,6
SPT3	-4,5	8	0,75	1	1	0,85	1,2	6,1
SPT4	-6	14	0,75	1	1	0,95	1,1	11
SPT5	-7,5	15	0,75	1	1	0,95	1,03	11
SPT6	-9	59	0,75	1	1	0,95	0,96	40
SPT7	-10,5	9	0,75	1	1	1	0,91	6,1
SPT8	-12	13	0,75	1	1	1	0,86	8,4
SPT9	-13,5	14	0,75	1	1	1	0,82	8,7
SPT10	-15	38	0,75	1	1	1	0,79	23
SPT11	-16,5	34	0,75	1	1	1	0,76	19
SPT12	-18	25	0,75	1	1	1	0,73	14

SPT13	-19,5	25	0,75	1	1	1	0,71	13
SPT14	-21	27	0,75	1	1	1	0,69	14
SPT15	-22,5	11	0,75	1	1	1	0,67	5,5
SPT16	-24	13	0,75	1	1	1	0,65	6,3
SPT17	-25,5	11	0,75	1	1	1	0,63	5,2
SPT18	-27	76	0,75	1	1	1	0,62	35
SPT19	-28,5	74	0,75	1	1	1	0,6	33
SPT20	-30,5	66	0,75	1	1	1	0,58	29
SPT21	-31,5	57	0,75	1	1	1	0,58	25
SPT22	-33	56	0,75	1	1	1	0,56	24
SPT23	-34,5	12	0,75	1	1	1	0,55	5
SPT24	-36	13	0,75	1	1	1	0,54	5,3
SPT25	-37,5	19	0,75	1	1	1	0,53	7,6
SPT26	-39,5	19	0,75	1	1	1	0,52	7,4

**Çizelge 3.62 : SK-13 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	- 3	6	0,75	1	1	0,8	1,35	4,87
SPT2	-4,5	9	0,75	1	1	0,85	1,56	8,96
SPT3	-6	10	0,75	1	1	0,95	1,37	9,73
SPT4	-7,5	5	0,75	1	1	0,95	1,23	4,37
SPT5	-9	7	0,75	1	1	0,95	1,13	5,61
SPT6	-10,5	14	0,75	1	1	1	1,04	11
SPT7	-12	13	0,75	1	1	1	0,98	9,55
SPT8	-13,5	12	0,75	1	1	1	0,92	8,32
SPT9	-15	17	0,75	1	1	1	0,88	11,2
SPT10	-16,5	15	0,75	1	1	1	0,84	9,43
SPT11	-18	18	0,75	1	1	1	0,8	10,8
SPT12	-19,5	13	0,75	1	1	1	0,77	7,53



SPT13	-21	13	0,75	1	1	1	0,74	7,26
SPT14	-22,5	20	0,75	1	1	1	0,72	10,8
SPT15	-24	9	0,75	1	1	1	0,7	4,71
SPT16	-25,5	9	0,75	1	1	1	0,68	4,57
SPT17	-27	5	0,75	1	1	1	0,66	2,47
SPT18	-28,5	5	0,75	1	1	1	0,64	2,4
SPT19	-30	5	0,75	1	1	1	0,63	2,37
SPT20	-31,5	2	0,75	1	1	1	0,6	0,9
SPT21	-33	3	0,75	1	1	1	0,6	1,34
SPT22	-34,5	6	0,75	1	1	1	0,58	2,62
SPT23	-36	5	0,75	1	1	1	0,57	2,14
SPT24	-37,5	3	0,75	1	1	1	0,56	1,26
SPT25	-39	5	0,75	1	1	1	0,55	2,06

**Çizelge 3.63 : SK-14 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	10	0,75	1	1	0,75	1,7	9,6
SPT2	- 3,00	9	0,75	1	1	0,8	1,44	7,8
SPT3	-4,5	11	0,75	1	1	0,85	1,28	9
SPT4	-6	8	0,75	1	1	0,95	1,17	6,7
SPT5	-7,5	11	0,75	1	1	0,95	1,08	8,5
SPT6	-9	9	0,75	1	1	0,95	1,01	6,5
SPT7	-10,5	15	0,75	1	1	1	0,95	11
SPT8	-12	13	0,75	1	1	1	0,9	8,8
SPT9	-13,5	15	0,75	1	1	1	0,86	9,7
SPT10	-15	9	0,75	1	1	1	0,82	5,5
SPT11	-16,5	8	0,75	1	1	1	0,79	4,7
SPT12	-18	10	0,75	1	1	1	0,76	5,7

SPT13	-19,5	5	0,75	1	1	1	0,73	2,8
SPT14	-21	8	0,75	1	1	1	0,71	4,3
SPT15	-22,5	11	0,75	1	1	1	0,69	5,7
SPT16	-24	5	0,75	1	1	1	0,67	2,5
SPT17	-25,5	13	0,75	1	1	1	0,65	6,4
SPT18	-27	50	0,75	1	1	1	0,63	24
SPT19	-28,5	12	0,75	1	1	1	0,62	5,6
SPT20	-30	10	0,75	1	1	1	0,6	4,5
SPT21	-31,5	9	0,75	1	1	1	0,59	4
SPT22	-33	12	0,75	1	1	1	0,58	5,2
SPT23	-34,5	14	0,75	1	1	1	0,57	6
SPT24	-36	9	0,75	1	1	1	0,56	3,8
SPT25	-37,5	10	0,75	1	1	1	0,55	4,1
SPT26	-39	9	0,75	1	1	1	0,54	3,6
SPT27	-40,5	8	0,75	1	1	1	0,53	3,2

**Çizelge 3.64 : SK-15 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	5	0,75	1	1	0,75	1,7	5,35
SPT2	-	3 5	0,75	1	1	0,8	1,44	4,31
SPT3	-4,5	7	0,75	1	1	0,85	1,28	5,69
SPT4	-6	7	0,75	1	1	0,95	1,16	5,78
SPT5	-7,5	7	0,75	1	1	0,95	1,07	5,34
SPT6	-9	3	0,75	1	1	0,95	1	2,13
SPT7	-10,5	10	0,75	1	1	1	0,94	7,05
SPT8	-12	12	0,75	1	1	1	0,89	8,01
SPT9	-13,5	16	0,75	1	1	1	0,85	10,2
SPT10	-15	21	0,75	1	1	1	0,81	12,8
SPT11	-16,5	5	0,75	1	1	1	0,78	2,92
SPT12	-18	5	0,75	1	1	1	0,75	2,81

SPT13	-19,5	6	0,75	1	1	1	0,72	3,26
SPT14	-21	6	0,75	1	1	1	0,7	3,15
SPT15	-22,5	5	0,75	1	1	1	0,68	2,55
SPT16	-24	7	0,75	1	1	1	0,66	3,46
SPT17	-25,5	7	0,75	1	1	1	0,64	3,37
SPT18	-27	15	0,75	1	1	1	0,63	7,04
SPT19	-28,5	18	0,75	1	1	1	0,61	8,24
SPT20	-30	8	0,75	1	1	1	0,6	3,58
SPT21	-31,5	6	0,75	1	1	1	0,58	2,62
SPT22	-33	11	0,75	1	1	1	0,57	4,71
SPT23	-34,5	14	0,75	1	1	1	0,56	5,87
SPT24	-36	12	0,75	1	1	1	0,55	4,93
SPT25	-37,5	10	0,75	1	1	1	0,54	4,03
SPT26	-39	12	0,75	1	1	1	0,53	4,75

**Çizelge 3.65 : SK-16 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	3	0,75	1	1	0,75	1,7	3,26
SPT2	- 3	9	0,75	1	1	0,8	1,44	7,78
SPT3	-4,5	8	0,75	1	1	0,85	1,29	6,57
SPT4	-6	10	0,75	1	1	0,95	1,18	8,38
SPT5	-7,5	23	0,75	1	1	0,95	1,09	17,8
SPT6	-9	20	0,75	1	1	0,95	1,02	14,5
SPT7	-10,5	24	0,75	1	1	1	0,96	17,3
SPT8	-12	24	0,75	1	1	1	0,91	16,4
SPT9	-13,5	47	0,75	1	1	1	0,87	30,6
SPT10	-15	13	0,75	1	1	1	0,83	8,11
SPT11	-16,5	13	0,75	1	1	1	0,8	7,79
SPT12	-18	15	0,75	1	1	1	0,77	8,66

---

---

SPT13	-19,5	19	0,75	1	1	1	0,74	10,6
SPT14	-21	23	0,75	1	1	1	0,72	12,4
SPT15	-22,5	23	0,75	1	1	1	0,7	12
SPT16	-24	22	0,75	1	1	1	0,68	11,2
SPT17	-25,5	24	0,75	1	1	1	0,66	11,9
SPT18	-27	14	0,75	1	1	1	0,64	6,76
SPT19	-28,5	17	0,75	1	1	1	0,63	8,01
SPT20	-30	24	0,75	1	1	1	0,61	11
SPT21	-31,5	22	0,75	1	1	1	0,6	9,91
SPT22	-33	25	0,75	1	1	1	0,59	11

---

**Çizelge 3.66 : SK-17 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	6	0,75	1	1	0,75	1,7	6,42
SPT2	- 3	23	0,75	1	1	0,8	1,42	19,6
SPT3	-4,5	20	0,75	1	1	0,85	1,27	16,1
SPT4	-6	33	0,75	1	1	0,95	1,15	27,1
SPT5	-7,5	56	0,75	1	1	0,95	1,06	42,5
SPT6	-9	29	0,75	1	1	0,95	0,99	20,5
SPT7	-10,5	50	0,75	1	1	1	0,94	35,1
SPT8	-12	77	0,75	1	1	1	0,89	51,2
SPT9	-13,5	50	0,75	1	1	1	0,84	31,7
SPT10	-15	50	0,75	1	1	1	0,81	30,3
SPT11	-16,5	70	0,75	1	1	1	0,78	40,7
SPT12	-18	15	0,75	1	1	1	0,75	8,41



---

---

SPT13	-19,5	13	0,75	1	1	1	0,72	7,04
SPT14	-21	22	0,75	1	1	1	0,7	11,5
SPT15	-22,5	14	0,75	1	1	1	0,68	7,12
SPT16	-24	28	0,75	1	1	1	0,66	13,8
SPT17	-25,5	12	0,75	1	1	1	0,64	5,77
SPT18	-27	15	0,75	1	1	1	0,62	7,02
SPT19	-28,5	26	0,75	1	1	1	0,61	11,9
SPT20	-30	27	0,75	1	1	1	0,59	12

---

**Çizelge 3.67 : SK-18 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	8	0,75	1	1	0,75	1,7	7,65
SPT2	-	3 7	0,75	1	1	0,8	1,48	6,23
SPT3	-4,5	10	0,75	1	1	0,85	1,31	8,37
SPT4	-6	12	0,75	1	1	0,95	1,19	10,2
SPT5	-7,5	13	0,75	1	1	0,95	1,1	10,1
SPT6	-9	12	0,75	1	1	0,95	1,02	8,72
SPT7	-10,5	11	0,75	1	1	1	0,96	7,91
SPT8	-12	13	0,75	1	1	1	0,91	8,85
SPT9	-13,5	14	0,75	1	1	1	0,86	9,07
SPT10	-15	13	0,75	1	1	1	0,83	8,05
SPT11	-16,5	13	0,75	1	1	1	0,79	7,72
SPT12	-18	12	0,75	1	1	1	0,76	6,86

---

---

SPT13	-19,5	11	0,75	1	1	1	0,74	6,07
SPT14	-21	14	0,75	1	1	1	0,71	7,48
SPT15	-22,5	12	0,75	1	1	1	0,69	6,21
SPT16	-24	14	0,75	1	1	1	0,67	7,04
SPT17	-25,5	15	0,75	1	1	1	0,65	7,33
SPT18	-27	16	0,75	1	1	1	0,64	7,62
SPT19	-28,5	21	0,75	1	1	1	0,62	9,76
SPT20	-30	22	0,75	1	1	1	0,6	9,98

---

**Çizelge 3.68 : SK-13G N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	28	0,75	1	1	0,75	1,7	26,8
SPT2	- 3	9	0,75	1	1	0,8	1,7	9,18
SPT3	-4,5	11	0,75	1	1	0,85	1,63	11,4
SPT4	-6	12	0,75	1	1	0,95	1,41	12,1
SPT5	-7,5	16	0,75	1	1	0,95	1,26	14,4
SPT6	-9	32	0,75	1	1	0,95	1,15	26,3
SPT7	-10,5	41	0,75	1	1	1	1,07	32,9
SPT8	-12	48	0,75	1	1	1	1	36
SPT9	-13,5	15	0,75	1	1	1	0,94	10,6
SPT10	-15	19	0,75	1	1	1	0,89	12,7
SPT11	-16,5	17	0,75	1	1	1	0,85	10,9
SPT12	-18	17	0,75	1	1	1	0,82	10,4
SPT13	-19,5	20	0,75	1	1	1	0,78	11,8
SPT14	-21	24	0,75	1	1	1	0,76	13,6

SPT15	-22,5	25	0,75	1	1	1	0,73	13,7
SPT16	-24	21	0,75	1	1	1	0,71	11,1
SPT17	-25,5	28	0,75	1	1	1	0,69	14,4
SPT18	-27	18	0,75	1	1	1	0,67	9
SPT19	-28,5	20	0,75	1	1	1	0,65	9,73
SPT20	-30	18	0,75	1	1	1	0,63	8,54
SPT21	-31,5	19	0,75	1	1	1	0,62	8,79
SPT22	-33	28	0,75	1	1	1	0,6	12,7
SPT23	-34,5	31	0,75	1	1	1	0,59	13,7
SPT24	-36	17	0,75	1	1	1	0,58	7,36
SPT25	-37,5	17	0,75	1	1	1	0,57	7,21
SPT26	-39	42	0,75	1	1	1	0,55	17,5
SPT27	-40,5	47	0,75	1	1	1	0,54	19,2
SPT28	-42	43	0,75	1	1	1	0,53	17,2
SPT29	-43,5	39	0,75	1	1	1	0,53	
SPT30	-45	50	0,75	1	1	1	0,52	

**Çizelge 3.69 : SK-14G N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	14	0,75	1	1	0,75	1,7	13,4
SPT2	-	3 12	0,75	1	1	0,8	1,7	12,2
SPT3	-4,5	9	0,75	1	1	0,85	1,64	9,42
SPT4	-6	14	0,75	1	1	0,95	1,42	14,2
SPT5	-7,5	15	0,75	1	1	0,95	1,27	13,6
SPT6	-9	18	0,75	1	1	0,95	1,16	14,9
SPT7	-10,5	19	0,75	1	1	1	1,08	15,3
SPT8	-12	19	0,75	1	1	1	1,01	14,3
SPT9	-13,5	18	0,75	1	1	1	0,95	12,8
SPT10	-15	13	0,75	1	1	1	0,9	8,77
SPT11	-16,5	14	0,75	1	1	1	0,86	9
SPT12	-18	13	0,75	1	1	1	0,82	8,01

---

---

SPT13	-19,5	9	0,75	1	1	1	0,79	5,32
SPT14	-21	33	0,75	1	1	1	0,76	18,8
SPT15	-22,5	32	0,75	1	1	1	0,73	17,6
SPT16	-24	14	0,75	1	1	1	0,71	7,47
SPT17	-25,5	14	0,75	1	1	1	0,69	7,24
SPT18	-27	34	0,75	1	1	1	0,67	17,1
SPT19	-28,5	36	0,75	1	1	1	0,65	17,6
SPT20	-30	29	0,75	1	1	1	0,64	13,8
SPT21	-31,5	32	0,75	1	1	1	0,62	14,9

---

**Çizelge 3.70 : SK-15G N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	9	0,75	1	1	0,75	1,7	8,61
SPT2	- 3	11	0,75	1	1	0,8	1,7	11,2
SPT3	-4,5	14	0,75	1	1	0,85	1,64	14,7
SPT4	-6	16	0,75	1	1	0,95	1,42	16,2
SPT5	-7,5	16	0,75	1	1	0,95	1,27	14,5
SPT6	-9	20	0,75	1	1	0,95	1,16	16,5
SPT7	-10,5	24	0,75	1	1	1	1,08	19,4
SPT8	-12	28	0,75	1	1	1	1,01	21,1
SPT9	-13,5	44	0,75	1	1	1	0,95	31,3
SPT10	-15	41	0,75	1	1	1	0,9	27,7
SPT11	-16,5	47	0,75	1	1	1	0,86	30,2
SPT12	-18	53	0,75	1	1	1	0,82	32,6
SPT13	-19,5	36	0,75	1	1	1	0,79	21,3



SPT14	-21	40	0,75	1	1	1	0,76	22,8
SPT15	-22,5	27	0,75	1	1	1	0,73	14,9
SPT16	-24	32	0,75	1	1	1	0,71	17,1
SPT17	-25,5	26	0,75	1	1	1	0,69	13,5
SPT18	-27	27	0,75	1	1	1	0,67	13,6
SPT19	-28,5	14	0,75	1	1	1	0,65	6,85
SPT20	-30	11	0,75	1	1	1	0,64	5,25
SPT21	-31,5	12	0,75	1	1	1	0,62	5,59
SPT22	-33	14	0,75	1	1	1	0,61	6,37
SPT23	-34,5	22	0,75	1	1	1	0,59	9,79
SPT24	-36	25	0,75	1	1	1	0,58	10,9
SPT25	-39	33	0,75	1	1	1	0,56	13,8
SPT26	-40,5	22	0,75	1	1	1	0,55	9,03
SPT27	-42	27	0,75	1	1	1	0,54	10,9
SPT28	-43,5	28	0,75	1	1	1	0,53	11,1
SPT29	-45	35	0,75	1	1	1	0,52	13,6

**Çizelge 3.71 : SK-29G N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	9	0,75	1	1	0,75	1,7	8,61
SPT2	- 3	9	0,75	1	1	0,8	1,7	9,18
SPT3	-4,5	14	0,75	1	1	0,85	1,53	13,6
SPT4	-6	16	0,75	1	1	0,95	1,32	15,1
SPT5	-7,5	9	0,75	1	1	0,95	1,18	7,59
SPT6	-9	13	0,75	1	1	0,95	1,08	10
SPT7	-10,5	36	0,75	1	1	1	1	27
SPT8	-12	50	0,75	1	1	1	0,94	35,1
SPT9	-13,5	21	0,75	1	1	1	0,88	13,9
SPT10	-15	20	0,75	1	1	1	0,84	12,6
SPT11	-16,5	22	0,75	1	1	1	0,8	13,2
SPT12	-18	26	0,75	1	1	1	0,76	14,9
SPT13	-19,5	23	0,75	1	1	1	0,73	12,7
SPT14	-21	24	0,75	1	1	1	0,71	12,7

SPT15	-22,5	20	0,75	1	1	1	0,68	10,3
SPT16	-24	22	0,75	1	1	1	0,66	10,9
SPT17	-25,5	20	0,75	1	1	1	0,64	9,63
SPT18	-27	21	0,75	1	1	1	0,62	9,83
SPT19	-28,5	21	0,75	1	1	1	0,61	9,56
SPT20	-30	22	0,75	1	1	1	0,59	9,77
SPT21	-31,5	21	0,75	1	1	1	0,58	9,1
SPT22	-33	20	0,75	1	1	1	0,56	8,46
SPT23	-34,5	16	0,75	1	1	1	0,55	6,62
SPT24	-36	18	0,75	1	1	1	0,54	7,29
SPT25	-37,4	24	0,75	1	1	1	0,53	9,59
SPT26	-39	27	0,75	1	1	1	0,52	10,5
SPT27	-40,5	30	0,75	1	1	1	0,51	11,5
SPT28	-42	27	0,75	1	1	1	0,5	10,1
SPT29	-43,5	50	0,75	1	1	1	0,49	18,4
SPT30	-45	46	0,75	1	1	1	0,48	16,7

**Çizelge 3.72 : SK-38G N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	-1,5	15	0,75	1	1	0,75	1,7	14,3
SPT2	- 3	8	0,75	1	1	0,8	1,39	6,69
SPT3	-4,5	11	0,75	1	1	0,85	1,14	7,98
SPT4	-6	22	0,75	1	1	0,95	1,05	16,4
SPT5	-7,5	40	0,75	1	1	0,95	0,99	28,2
SPT6	-9	12	0,75	1	1	0,95	0,94	8,03
SPT7	-10,5	14	0,75	1	1	1	0,9	9,42
SPT8	-12	18	0,75	1	1	1	0,86	11,6
SPT9	-13,5	15	0,75	1	1	1	0,83	9,3
SPT10	-15	19	0,75	1	1	1	0,8	11,4

**Çizelge 3.73 : SK-6 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	1,45	6	0,75	1	1	0,75	1,7	5,74
SPT2	2,45	7	0,75	1	1	0,8	1,7	7,14
SPT3	3,45	11	0,75	1	1	0,85	1,7	11,9
SPT4	5,45	18	0,75	1	1	0,95	1,51	19,4
SPT5	6,45	16	0,75	1	1	0,95	1,39	15,8
SPT6	9,45	6	0,75	1	1	0,95	1,15	4,9
SPT7	10,95	18	0,75	1	1	1	1,07	14,4
SPT8	12,45	57	0,75	1	1	1	1	42,7
SPT9	13,95	60	0,75	1	1	1	0,94	42,5
SPT10	15,45	49	0,75	1	1	1	0,9	33
SPT11	16,95	50	0,75	1	1	1	0,86	32,1
SPT12	18,45	50	0,75	1	1	1	0,82	30,8

---

---

SPT13	19,95	48	0,75	1	1	1	0,79	28,4
SPT14	21,45	66	0,75	1	1	1	0,76	37,7
SPT15	22,95	51	0,75	1	1	1	0,74	28,2
SPT16	24,45	14	0,75	1	1	1	0,71	7,49
SPT17	25,95	14	0,75	1	1	1	0,69	7,27
SPT18	28,95	11	0,75	1	1	1	0,66	5,41
SPT19	30,45	14	0,75	1	1	1	0,64	6,71

---

**Çizelge 3.74 : SK-7 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	1,45	4	0,75	1	1	0,75	1,7	3,825
SPT2	2,45	2	0,75	1	1	0,8	1,7	2,04
SPT3	3,45	4	0,75	1	1	0,85	1,7	4,335
SPT4	4,45	6	0,75	1	1	0,95	1,69	7,234
SPT5	5,45	2	0,75	1	1	0,95	1,53	2,179
SPT6	6,45	4	0,75	1	1	0,95	1,41	4,006
SPT7	7,95	5	0,75	1	1	1	1,27	4,748
SPT8	10,95	5	0,75	1	1	1	1,08	4,045
SPT9	12,45	13	0,75	1	1	1	1,01	9,864
SPT10	13,95	13	0,75	1	1	1	0,96	9,318
SPT11	15,45	21	0,75	1	1	1	0,91	14,3
SPT12	16,95	18	0,75	1	1	1	0,87	11,7
SPT13	18,45	20	0,75	1	1	1	0,83	12,47

---

---

SPT14	19,95	21	0,75	1	1	1	0,8	12,59
SPT15	21,15	50	0,75	1	1	1	0,78	29,11
SPT16	22,95	18	0,75	1	1	1	0,75	10,06
SPT17	24,45	19	0,75	1	1	1	0,72	10,29
SPT18	25,95	20	0,75	1	1	1	0,7	10,51
SPT19	27,45	21	0,75	1	1	1	0,68	10,73
SPT20	28,95	19	0,75	1	1	1	0,66	9,454
SPT21	30,45	21	0,75	1	1	1	0,65	10,19

---



**Çizelge 3.75 : SK-8 N60 Hesaplaması**

SPT	Z(m)	N30	CE	CB	CS	CR	CN	N60
SPT1	1,95	3	0,75	1	1	0,75	1,7	2,9
SPT2	3,45	9	0,75	1	1	0,8	1,7	9,2
SPT3	4,95	10	0,75	1	1	0,85	1,6	10
SPT4	6,45	10	0,75	1	1	0,95	1,4	10
SPT5	7,95	10	0,75	1	1	0,95	1,3	9
SPT6	9,45	24	0,75	1	1	0,95	1,2	20
SPT7	10,95	25	0,75	1	1	1	1,1	20
SPT8	12,45	12	0,75	1	1	1	1	9,1
SPT9	13,95	12	0,75	1	1	1	1	8,6
SPT10	16,95	7	0,75	1	1	1	0,9	4,6
SPT11	18,45	12	0,75	1	1	1	0,8	7,5
SPT12	19,95	13	0,75	1	1	1	0,8	7,8

**EK E: Sıvılaşma Analizleri****Çizelge 3.76: SK-1 Sıvılaşma Analizi**

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	15,3	1,85	27,22	0	27,22		0,99		1	0,38	0,3	0,791	0,82
4,5	12,5	1,85	81,67	8,829	72,84		0,97		1,12				
6	12,5	1,85	108,9	23,54	85,35		0,95		1,28	0,47	0,295	0,632	0,65
9	10,3	1,85	163,3	52,97	110,4		0,93		1,48				
10,5	3,75	1,85	190,6	67,69	122,9	3,6	0,89	0,59	1,55				
12	7,23	1,85	217,8	82,4	135,4		0,85		1,61				
13,5	13,9	1,85	245	97,12	147,9		0,81		1,66				
15	12,6	1,85	272,2	111,8	160,4		0,77		1,7				

Çizelge 3.77 : SK-2 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	25,11	1,96	28,84	0	28,84		0,99		1				
3	11,64	1,96	57,68	0	57,68		0,98		1				
4,5	19,1	1,96	86,52	8,829	77,7		0,97		1,11				
6	15,24	1,96	115,4	23,54	91,82		0,95		1,26				
9	13,36	1,96	173	52,97	120,1	3.6	0,93		1,44				
10,5	51,8	1,96	201,9	67,69	134,2		0,89	0.59	1,5				
12	13,47	1,96	230,7	82,4	148,3		0,85		1,56	0,3	0,6	1,97	2,04
15	20,14	1,96	288,4	111,8	176,6		0,77		1,63	0,3	0,26	0,87	0,9
16,5	20,12	1,96	317,3	126,5	190,7		0,73		1,66	0,29	0,5	1,75	1,81
18,5	13,09	1,96	355,7	146,2	209,5		0,68		1,7	0,28	0,255	0,92	0,96
19,5	13,63	1,96	374,9	156	219		0,65		1,71	0,26	0,182	0,7	0,72
22,5	16,13	1,96	432,6	185,4	247,2		0,57		1,75				

---

24	11,59	1,96	461,5	200,1	261,3	1,77
28,5	12,69	1,96	548	244,3	303,7	1,8
30	8,748	1,96	576,8	259	317,8	1,81
31,5	10,23	1,96	605,7	273,7	332	1,82
33	11,13	1,96	634,5	288,4	346,1	1,83
34,5	9,993	1,96	663,4	303,1	360,2	1,84
36	13,31	1,96	692,2	317,8	374,3	1,85
39	12,04	1,96	749,9	347,3	402,6	1,86

---

Çizelge 3.78 : SK-3 Sıvılaştırma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	13	1,83	26,93	0	26,93		0,99		1				
3	9,74		53,86	0	53,86		0,98		1				
4,5	33,2		80,79	0	80,79		0,97		1				
6	49,4		107,7	13,73	93,98		0,95		1,15	0,42	0,6	1,43	1,48
7,5	6,24		134,6	28,45	106,2	4.6	0,94		1,27				
9	17,1		161,6	43,16	118,4		0,93	0.59	1,36				
10,5	16,8		188,5	57,88	130,6		0,89		1,44	0,49	0,33	0,67	0,69
12	16		215,4	72,59	142,8		0,85		1,51				
13,5	22,6		242,4	87,31	155		0,81		1,56				
15	6,65		269,3	102	167,3		0,77		1,61				

Çizelge 3.79 : SK-4 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	16,5	1,89	27,81	0	27,81		0,99		1	0,38	0,333	0,88	0,91
3	25,3	1,89	55,62	3,924	51,7		0,98		1,08	0,4	0,5	1,24	1,28
4,5	17,6	1,89	83,43	18,64	64,8		0,97		1,29	0,48	0,33	0,69	0,72
9	53,2	1,89	166,9	62,78	104,1					0,57	0,6	1,05	1,08
10,5	19,1	1,89	194,7	77,5	117,2	4.6	0,89		1,66	0,57	0,5	0,88	0,91
12	11,2	1,89	222,5	92,21	130,3		0,85	0.59	1,71	0,56	0,225	0,4	0,42
13,5	7,49	1,89	250,3	106,9	143,4		0,81		1,75	0,54	0,175	0,32	0,33

Çizelge 3.80 : SK-5 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	18,8		26,781	0	26,78		0,99		1	0,38	0,375	0,99	1,02
3	13,1		53,563	0	53,56		0,98		1	0,37	0,168	0,45	0,46
4,5			80,344	0	80,34		0,97		1	0,37			
6	8,09		107,13	4,91	102,2		0,95		1,05	0,38	0,11	0,29	0,3
7,5		1,82	133,91	19,6	114,3	5.5	0,94		1,17	0,42			
9	12,1		160,69	34,3	126,4		0,93	0.59	1,27	0,46	0,145	0,32	0,33
10,5			187,47	49,1	138,4		0,89		1,35	0,46			
12	13,3		214,25	63,8	150,5		0,85		1,42	0,47	0,158	0,34	0,35
13,5			241,03	78,5	162,6		0,81		1,48	0,46			
15	5,51		267,81	93,2	174,6		0,77		1,53	0,45	0,07	0,15	0,16

Çizelge 3.81 : SK-6 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	62,4		27,37	0	27,37		0,99		1				
3	9,87		54,74	0	54,74		0,98		1	0,37	0,195	0,5	0,54
4,5	31,2		82,11	0	82,11								
9	44,9		164,22	9,81	154,41		0,93		1,06	0,38			
10,5	23	1,86	191,59	9,81	181,78	5.2	0,92		1,05	0,37	0,5	1,3	1,39
12	19,3		218,96	9,81	209,15		0,91	0.59	1,05	0,36	0,44	1,2	1,25
13,5	17,9		246,33	9,81	236,52		0,9		1,04	0,36	0,325	0,9	0,94
14,5	31,9		264,58	9,81	254,77		0,89		1,04				



Çizelge 3.82 : SK-7 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	$\gamma_n$	$\sigma_v$	U	$\sigma'_v$	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	$\sigma_v/\sigma'_v$	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	20,07		27,22	2,94	24,28		0,99		1,12	0,43	0,5	1,18	1,22
3	20,84		54,45	29,43	25,02		0,98		2,18	0,82	0,5	0,61	0,63
4,5	18,74		81,67	44,15	37,52		0,97		2,18	0,81	0,375	0,47	0,48
6			108,89	58,86	50,03		0,95		2,18	0,80			
7,5	6,72		136,11	73,58	62,54	1.2	0,94		2,18	0,79			
9		1,85	163,34	88,29	75,05		0,93	0.59	2,18	0,78			
10,5	22,65		190,56	103,01	87,55		0,92		2,18	0,77			
12			217,78	117,72	100,06		0,91		2,18	0,76			
13,5	19,15		245,00	132,44	112,57		0,90		2,18	0,75	0,22	0,29	0,3
15	23,51		272,23	147,15	125,08		0,89		2,18	0,74	0,5	0,68	0,7
17	11,05		308,52	166,77	141,75		0,87		2,18	0,73	0,2	0,28	0,29
19,5	27,59		353,90	191,30	162,60		0,85		2,18	0,71	0,5	0,7	0,73

Çizelge 3.83 : SK-8 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
3	7,03		55,03	10,79	44,24		0,98		1,24	0,47			
4,5	22,22		82,55	25,51	57,05		0,97		1,45	0,54			
6	11,14		110,07	40,22	69,85		0,95		1,58	0,58	0,24	0,42	0,43
7,5	14,40		137,59	54,94	82,65		0,94		1,66	0,60	0,26	0,42	0,44
12			220,14	99,08	121,06	1.9							
13,5			247,65	113,80	133,86			0.59					
15			275,17	128,51	146,66								
16,5		1,87	302,69	143,23	159,46								
18	12,95		330,20	157,94	172,26		0,69		1,92	0,51	0,20	0,39	0,41
19,5			357,72	172,66	185,07								
21	4,79		385,24	187,37	197,87		0,61		1,95	0,46	0,07	0,15	0,16
22,5	8,10		412,76	202,09	210,67		0,57		1,96	0,43	0,19	0,44	0,46

24	11,62		440,27	216,80	223,47	0,53	1,97	0,40	0,22	0,53	0,55
25,5			467,79	231,52	236,27						
27	11,27		495,31	246,23	249,08	0,45	1,99	0,35	0,24	0,69	0,72
28,5			522,82	260,95	261,88						
30			550,34	275,66	274,68						
31,5			577,86	290,38	287,48						
33		1,87	605,38	305,09	300,28						
34,5	13,65		632,89	319,81	313,09	0,25	2,02	0,20	0,26	1,3	
36			660,41	334,52	325,89						
37,5			687,93	349,24	338,69						
39	13,64		715,44	363,95	351,49	0,13	2,04	0,10			
3	7,03		55,03	10,79	44,24	0,98	1,24	0,47			

Çizelge 3.84 : SK-9 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
3	17,60		53,56	0,00	53,56		0,98		1,00	0,37	0,27	0,72	0,75
4,5	15,08		80,34	12,75	67,59		0,97		1,19	0,44	0,23	0,51	0,53
6	22,24		107,13	27,47	79,66		0,95		1,34	0,49	0,50	1,02	1,05
7,5	6,64		133,91	42,18	91,72		0,94		1,46	0,53	0,08	0,14	0,15
9			160,69	56,90	103,79	3.2							0
10,5	4,95		187,47	71,61	115,86		0,89	0.59	1,62	0,55	0,06	0,11	0,11
12			214,25	86,33	127,92								0
13,5	2,26	1,87	241,03	101,04	139,99		0,81		1,72	0,54	0,06	0,1	0,11
15	4,30		267,81	115,76	152,06		0,77		1,76	0,52	0,06	0,11	0,11
16,5	6,34		294,59	130,47	164,12		0,73		1,79	0,50	0,10	0,19	0,19
18			321,38	145,19	176,19								0
19,5	6,97		348,16	159,90	188,25		0,65		1,85	0,46	0,19	0,41	0,42

21	7,54		374,94	174,62	200,32	0,61	1,87	0,44	0,19	0,42	0,43
22,5			401,72	189,33	212,39						0
24	6,20		428,50	204,05	224,45	0,53	1,91	0,39	0,17	0,42	0,44
25,5			455,28	218,76	236,52						0
27	7,85		482,06	233,48	248,59	0,45	1,94	0,34	0,19	0,56	0,58
28,5	6,11		508,84	248,19	260,65	0,41	1,95	0,31	0,18	0,57	0,59
30		1,82	535,63	262,91	272,72						0
31,5	7,13		562,41	277,62	284,78	0,33	1,97	0,25	0,18	0,69	0,72
33			589,19	292,34	296,85						
34,5			615,97	307,05	308,92						
36			642,75	321,77	320,98						
37,5			669,53	336,48	333,05						
39			696,31	351,20	345,12						
3	17,60		53,56	0,00	53,56	0,98	1,00	0,37	0,27	0,72	0,75

Çizelge 3.85 : SK-10 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5			27,81	0,00	27,81								
3	30,77		55,62	0,00	55,62		0,98		1,00				
4,5	5,59		83,43	13,73	69,70		0,97		1,20	0,44	0,08	0,17	0,18
6	36,27		111,25	28,45	82,80								
7,5	20,16		139,06	43,16	95,89	3.1	0,94		1,45	0,52	0,28	0,52	0,54
9	24,24		166,87	57,88	108,99		0,93	0.59	1,53	0,55	0,28	0,51	0,53
10,5	48,38		194,68	72,59	122,09								
12		1,89	222,49	87,31	135,18								
13,5	19,78		250,30	102,02	148,28		0,81		1,69	0,53	0,5	0,95	0,98
15	51,05		278,11	116,74	161,37								
16,5			305,92	131,45	174,47								
18			333,74	146,17	187,57								

---

19,5	15,17		374,94	174,62	200,32						
21	23,47		401,72	189,33	212,39	0,61	1,82	0,43	0,5	1,17	1,21
22,5	16,35		428,50	204,05	224,45						
24			455,28	218,76	236,52						
25,5			482,06	233,48	248,59						
27			508,84	248,19	260,65						
28,5	20,62	1,89	535,63	262,91	272,72						
30			562,41	277,62	284,78						

---

Çizelge 3.86 : SK-11 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
4,5	21,19		80,34	11,77	80,34								
6	16,54		107,13	26,49	80,64								
7,5	19,20		133,91	41,20	92,70								
9			160,69	55,92	104,77								
10,5	8,33		187,47	70,63	116,84	3.3							
12	7,75		214,25	85,35	128,90		0,85	0.59	1,66	0,54	0,2	0,368	0,38
13,5			241,03	100,06	140,97								
15	8,28	1,82	267,81	114,78	153,04		0,77		1,75	0,52	0,195	0,376	0,389
16,5			294,59	129,49	165,10								
19,5	26,58		348,16	158,92	189,23		0,65		1,84	0,46			
21	8,48		374,94	173,64	201,30		0,61		1,86	0,44	0,16	0,365	0,378
22,5			401,72	188,35	213,37								



---

24			428,50	203,07	225,43						
25,5			455,28	217,78	237,50						
27	11,61		482,06	232,50	249,57	0,45	1,93	0,34	0,184	0,548	0,567
28,5			508,84	247,21	261,63						
30			535,63	261,93	273,70						
31,5	9,52		562,41	276,64	285,77	0,33	1,97	0,25	0,22	0,875	0,906
33	8,28	1,82	589,19	291,36	297,83	0,29	1,98	0,22	0,205	0,923	0,955
34,5			615,97	306,07	309,90						
36	27,28		642,75	320,79	321,96	0,21	2,00	0,16			
37,5	9,15		669,53	335,50	334,03	0,17	2,00	0,13			
39	12,94		696,31	350,22	346,10	0,13	2,01	0,10			

---

Çizelge 3.87 : SK-12 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	12,70		27,66	0,00	27,66								
3,5	14,14		64,55	3,92	34,34								
4,5	12,35		82,99	13,73	69,26								
6	18,20		110,66	28,45	82,21								
7,5	18,15		138,32	43,16	95,16	3.1							
9	53,52		165,99	57,88	108,11			0.59					
10,5			193,65	72,59	121,06								
12		1,88	221,31	87,31	134,00								
13,5			248,98	102,02	146,95								
15	30,84		276,64	116,74	159,90								
16,5			304,31	131,45	172,85								
18	19,79		331,97	146,17	185,80		0,69		1,79	0,48	0,315	0,66	0,69

19,5	18,86		359,63	160,88	198,75	0,65	1,81	0,45	0,3	0,66	0,68
21			387,30	175,60	211,70						
22,5	11,61		414,96	190,31	224,65						
24			442,63	205,03	237,60						
25,5			470,29	219,74	250,55						
27			497,96	234,46	263,50						
28,5	45,06	1,88	525,62	249,17	276,45						
30,5			562,51	268,79	293,71						
31,5	34,50		580,95	278,60	302,34						
33	33,38		608,61	293,32	315,29						
34,5			636,28	308,03	328,24						
36			663,94	322,75	341,19						
37,5	14,09		691,61	337,46	354,14						
39,5	13,87		728,49	357,08	371,41						

Çizelge 3.88 : SK-13 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
3	10,84		54,74	0,00	54,74		0,98		1,00	0,37			
4,5	15,75		54,74	13,73	41,01		0,98		1,33	0,50			
6			82,11	28,45	53,66								
7,5	10,25		109,48	43,16	66,32		0,95		1,65	0,60			
9	11,73		136,85	57,88	78,97	3.1	0,94		1,73	0,63			
10,5	18,16		164,22	72,59	91,63		0,93	0.59	1,79	0,64			
12	16,46		191,59	87,31	104,28		0,89		1,84	0,63	0,31	0,49	0,51
13,5	14,99	1,86	218,96	102,02	116,94		0,85		1,87	0,61	0,273	0,45	0,46
15			246,33	116,74	129,59								
16,5			273,70	131,45	142,25								
18			301,07	146,17	154,90								
19,5	14,04		328,44	160,88	167,55		0,69		1,96	0,52	0,273	0,52	0,54

21		355,81	175,60	180,21						
22,5		383,18	190,31	192,86						
24	10,65	410,55	205,03	205,52	0,57	2,00	0,44	0,23	0,52	0,54
25,5	10,48	437,92	219,74	218,17	0,53	2,01	0,41	0,271	0,66	0,68
27	7,96	465,29	234,46	230,83	0,49	2,02	0,38			
28,5		492,66	249,17	243,48						
30,5	1,86	520,03	268,79	251,23						
31,5		556,52	278,60	277,92						
33		574,77	293,32	281,45						
34,5	8,15	602,14	308,03	294,10	0,29	2,05	0,23			
36	7,57	629,51	322,75	306,76	0,25	2,05	0,20			
37,5		656,88	337,46	319,41						
39	7,469	684,2	352,2	332,1	0,17	2,06	0,14			

Çizelge 3.89 : SK-14 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	17,94		27,22	0	27,223		0,99		1	0,38			
3	14,35		54,45	6,377	48,069		0,98		1,133	0,42			
4,5	15,81		81,67	21,09	60,577		0,97		1,348	0,5			
6			108,9	35,81	73,085								
7,5			136,1	50,52	85,592	2.35							
9			163,3	65,24	98,1			0.59					
10,5	17,84		190,6	79,95	110,61		0,89		1,723	0,59			
12	15,54	1,86	217,8	94,67	123,12		0,85		1,769	0,58	0,27	0,466	0,483
13,5	16,59		245	109,4	135,62		0,81		1,807	0,56			
15			272,2	124,1	148,13								
16,5			299,5	138,8	160,64								
18	11,84		326,7	153,5	173,15		0,69		1,887	0,5			

19,5	8,303		353,9	168,2	185,65	0,65	1,906	0,48	0,195	0,408	0,423
21	10,11		381,1	183	198,16	0,61	1,923	0,45	0,22	0,486	0,503
22,5			408,3	197,7	210,67						
24	8,012		435,6	212,4	223,18	0,53	1,952	0,4	0,2	0,501	0,519
25,5			462,8	227,1	235,69						
27	33,56		490	241,8	248,19	0,45	1,974	0,34			
28,5	5,638		517,2	256,5	260,7	0,41	1,984	0,31	0,07	0,223	0,231
30	4,685		544,5	271,2	273,21	0,37	1,993	0,29	0,068	0,239	0,247
31,5			571,7	286	285,72						
33		1,85	598,9	300,7	298,22						
34,5			626,1	315,4	310,73						
36			653,3	330,1	323,24						
37,5			680,6	344,8	335,75						
39			707,8	359,5	348,26						
40,5			735	374,3	360,76						

Çizelge 3.90 : SK-15 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	11,42		27,66	0	27,66		0,99		1	0,38			
3			55,33	6,867	48,46								
4,5	11,83		82,99	21,58	61,41		0,97		1,35	0,5			
6	11,94		110,7	36,3	74,36		0,95		1,49	0,54			
7,5	6,547		138,3	51,01	87,31	2.3	0,94		1,58	0,57			
9			166	65,73	100,3			0.59			0,075		
10,5	7,14		193,6	80,44	113,2		0,89		1,71	0,59	0,305	0,13	0,13
12	14,62	1,88	221,3	95,16	126,2		0,85		1,75	0,57		0,53	0,55
13,5	17,21		249	109,9	139,1		0,81		1,79	0,56			
15	20,33		276,6	124,6	152,1		0,77		1,82	0,54			
16,5	8,503		304,3	139,3	165		0,73		1,84	0,52			
18			332	154	178								



19,5			359,6	168,7	190,9						
21			387,3	183,4	203,9						
22,5	8,056		415	198,2	216,8	0,57	1,91	0,42	0,215	0,51	0,53
24			442,6	212,9	229,8						
25,5	9,044		470,3	227,6	242,7	0,49	1,94	0,37			
27	8,378		498	242,3	255,6	0,45	1,95	0,34			
28,5			525,6	257	268,6						
30	9,291		553,3	271,7	281,5	0,37	1,97	0,28			
31,5			580,9	286,5	294,5						
33	6,571	1,88	608,6	301,2	307,4	0,29	1,98	0,22			
34,5			636,3	315,9	320,4						
36	7,33		663,9	330,6	333,3	0,21	1,99	0,16			
37,5			691,6	345,3	346,3						
39	7,817		719,3	360	359,2	0,13	2	0,1			

Çizelge 3.91 : SK-16 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	8,913		26,78	0	26,78		0,99		1				
3	7,826		53,56	5,4	48,17		0,98		1,11	0,42	0,08	0,19	0,2
4,5	12,89		80,34	20,1	60,23		0,97		1,33	0,49			
6	15,06		107,1	34,8	72,3		0,95		1,48	0,54			
7,5	26,41		133,9	49,5	84,37	2.3	0,94		1,59	0,57			
9	22,41		160,7	64,3	96,43		0,93	0.59	1,67	0,6	0,5	0,84	0,87
10,5	25,74		187,5	79	108,5		0,89		1,73	0,59	0,5	0,84	0,87
12	24,67	1,82	214,3	93,7	120,6		0,85		1,78	0,58	0,5	0,86	0,89
13,5			241	108	132,6								
15	14,73		267,8	123	144,7		0,77		1,85	0,55			
16,5			294,6	138	156,8								
18	15,39		321,4	153	168,8		0,69		1,9	0,51			

---

19,5			348,2	167	180,9						
21			374,9	182	193						
22,5	13,8		401,7	197	205	0,57	1,96	0,43	0,165	0,38	0,4
24			428,5	211	217,1						
25,5	12,67		455,3	226	229,2	0,49	1,99	0,38	0,162	0,43	0,45
27	16,85		482,1	241	241,2						
28,5			508,8	256	253,3						
30	20,94		535,6	270	265,4						
31,5			562,4	285	277,4						
33	20,43	1,82	589,2	300	289,5						

---

Çizelge 3.92 : SK-17 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	12,7		27,664	0	27,664		0,99		1	0,38	0,25	0,66	0,68
3	26,64		55,328	5,886	49,442		0,98		1,119	0,42			
4,5	22,23		82,993	20,6	62,392		0,97		1,33	0,49	0,375	0,76	0,79
6			110,66	35,32	75,341								
7,5	32,7		138,32	50,03	88,29	2.4	0,94		1,567	0,57			
9	48,34		165,99	64,75	101,24		0,93	0.59	1,64	0,59			
10,5			193,65	79,46	114,19								
12	23,55	1,88	221,31	94,18	127,14		0,85		1,741	0,57	0,32	0,56	0,58
13,5			248,98	108,9	140,09								
15	36,9		276,64	123,6	153,04		0,77		1,808	0,54			
16,5			304,31	138,3	165,99								
18	15,09		331,97	153	178,93		0,69		1,855	0,49			

---

19,5		359,63	167,8	191,88						
21	41,38	387,3	182,5	204,83	0,61	1,891	0,44			
22,5	15,09	414,96	197,2	217,78	0,57	1,905	0,42	0,275	0,66	0,68
24		442,63	211,9	230,73						
25,5	18,83	470,29	226,6	243,68	0,49	1,93	0,36			
27		497,96	241,3	256,63						
28,5	13,54	525,62	256	269,58	0,41	1,95	0,31	0,265	0,86	0,89
30	16,67	553,28	270,8	282,53	0,37	1,958	0,28	0,249	0,89	0,92
	12,7	27,664	0	27,66 4	0,99	1	0,38			
20,43	26,64	55,328	5,886	49,44 2	0,98	1,119	0,42			

---

Çizelge 3.93 : SK-18 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/CSR	(CRR/CSR)*MSF
1,5	15,32		27,37	0	27,37		0,99		1	0,38	0,255	0,67	0,7
3			54,74	9,3195	45,42								
4,5	43,75		82,11	24,035	58,075		0,97						
6	15,47		109,48	38,75	70,73		0,95		1,548	0,57	0,272	0,48	0,5
7,5			136,85	53,465	83,385	2.05							
9	14,5		164,22	68,18	96,04		0,93	0.59	1,71	0,61	0,262	0,43	0,44
10,5	15,62		191,59	82,895	108,69		0,89		1,763	0,6	0,275	0,46	0,47
12	14,66	1,86	218,96	97,61	121,35		0,85		1,804	0,59	0,255	0,43	0,45
13,5			246,33	112,32	134								
15	14,27		273,7	127,04	146,66		0,77		1,866	0,55	0,25	0,45	0,47
16,5	13,24		301,07	141,75	159,31		0,73		1,89	0,53	0,228	0,43	0,44

18	12,29	328,44	156,47	171,97	0,69	1,91	0,51	0,225	0,44	0,46
19,5	13,97	355,81	171,18	184,62		1,927	0,48			
21	12,45	383,18	185,9	197,28		1,942	0,46	0,25	0,55	0,57
22,5	20,48	410,55	200,61	209,93	0,57	1,956	0,43			
24	21,14	437,92	215,33	222,59		1,967	0,4			
25,5	21,77	465,29	230,04	235,24	0,49	1,978	0,37			
27	26,47	492,66	244,76	247,9	0,45	1,987	0,35			
28,5	26,96	520,03	259,47	260,55		1,996	0,32			
30	26,96	547,4	274,19	273,21	0,37	2,004	0,29			

Çizelge 3.94 : SK-13G Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5			27,22	14,715	12,508								
3			54,45	29,43	25,016								
4,5			81,67	44,145	37,523								
6	14,42		108,9	58,86	50,031		0,95		2,18	0,8	0,2	0,25	0,26
7,5			136,1	73,575	62,539	2,05							
9			163,3	88,29	75,047			0,59					
10,5			190,6	103,01	87,554								
12		1,85	217,8	117,72	100,06								
13,5			245	132,44	112,57								
15	20,29		272,2	147,15	125,08		0,89		2,18	0,74		0,81	0,84
16,5			299,5	161,87	137,59								



---

---

18	326,7	176,58	150,09	0,86	2,18	0,72
19,5	353,9	191,3	162,6	0,85	1,927	0,48
21	381,1	206,01	175,11	0,84	1,942	0,46
22,5	408,3	220,73	187,62	0,83	1,956	0,43
24	435,6	235,44	200,12	0,82	1,967	0,4
25,5	462,8	250,16	212,63	0,8	1,978	0,37
27	490	264,87	225,14	0,79	1,987	0,35
28,5	517,2	279,59	237,65	0,78	1,996	0,32
30	544,5	294,3	250,16	0,77	2,004	0,29
31,5	571,7	309,02	262,66	0,76		
33	598,9	323,73	275,17	0,75		
34,5	626,1	338,45	287,68	0,74		
36	653,3	353,16	300,19	0,72		
37,5	680,6	367,88	312,69	0,71		
39	707,8	382,59	325,2	0,7		

---

---

---

40,5	735	397,31	337,71	0,69
42	762,2	412,02	350,22	0,68
43,5	789,5	426,74	362,72	0,67
45	816,7	441,45	375,23	0,66

---

Çizelge 3.95 : SK-14G Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	15,32		27,076	14,72	12,36								
3			54,151	29,43	24,72								
4,5	43,75		81,227	44,15	37,08								
6	15,47		108,3	58,86	49,44								
7,5			135,38	73,58	61,8	0.0							
9	14,5		162,45	88,29	74,16			0.59					
10,5	15,62		189,53	103	86,52								
12	14,66	1,84	216,6	117,7	98,88		0,91		2,19	0,76	0,5	0,66	0,68
13,5			243,68	132,4	111,2								
15	14,27		270,76	147,2	123,6								
16,5	13,24		297,83	161,9	136								

18	12,29	324,91	176,6	148,3						
19,5	13,97	351,98	191,3	160,7						
21	12,45	379,06	206	173						
22,5	20,48	406,13	220,7	185,4						
24	21,14	433,21	235,4	197,8						
25,5	21,77	460,29	250,2	210,1						
27	26,47	487,36	264,9	222,5						
28,5	26,96	514,44	279,6	234,9	0,78	2,19	0,66	0,44	0,67	0,69
30		541,51	294,3	247,2						
31,5	26,96	568,59	309	259,6	0,76	2,19	0,64	0,6	0,94	0,97

Çizelge 3.96 : SK-15G Sıvılaştırma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5			27,076	14,715	12,361		0,99						
3	22,37716		54,151	29,43	24,721		0,98		2,1905	0,556	1,078	1,116	1,078
4,5			81,227	44,145	37,082		0,97						
6			108,3	58,86	49,442		0,95						
7,5			135,38	73,575	61,803	0.0	0,94						
9			162,45	88,29	74,164		0,93	0.59					
10,5	16,31		189,53	103,01	86,524		0,92		2,1905	0,524	0,573	0,573	0,573
12		1,84	216,6	117,72	98,885		0,91						
13,5			243,68	132,44	111,25		0,9						
15			270,76	147,15	123,61		0,89						
16,5			297,83	161,87	135,97		0,87						

18	9,496	324,91	176,58	148,33	0,86	2,1905	0,491	0,224	0,232	0,224
19,5		351,98	191,3	160,69	0,85	2,1905	0,485			
21		379,06	206,01	173,05	0,84	2,1905	0,478			
22,5		406,13	220,73	185,41	0,83	2,1905	0,471			
24		433,21	235,44	197,77	0,82	2,1905	0,465			
25,5	11,39	460,29	250,16	210,13	0,8	2,1905	0,458			
27		487,36	264,87	222,49	0,79	2,1905	0,452			
28,5		514,44	279,59	234,85	0,78	2,1905	0,445			
30	13,96	541,51	294,3	247,21	0,77	2,1905	0,439			
31,5		568,59	309,02	259,57	0,76	2,1905	0,432			
33	13,96	595,66	323,73	271,93	0,75	2,1905	0,426			
34,5		622,74	338,45	284,29	0,74	2,1905	0,419			
36		649,81	353,16	296,65	0,72	2,1905	0,413			
39		703,97	382,59	321,38	0,7	2,1905	0,4			
40,5		731,04	397,31	333,74	0,69	2,1905	0,393			

---

---

42	758,12	412,02	346,1	0,68	2,1905	0,387
43,5	785,19	426,74	358,46	0,67	2,1905	0,38
45	812,27	441,45	370,82	0,66	2,1905	0,373

---

**Çizelge 3.97 : SK-29G Sıvılaşma Analizi**

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5			28,99	14,715	14,27		0,99		2,031	0,77			
3	17,13		57,98	29,43	28,55		0,98		2,031	0,761	0,3	0,394	0,408
4,5			86,97	44,145	42,82		0,97		2,031	0,752			
6			116	58,86	57,09		0,95		2,031	0,743			
7,5			144,9	73,575	71,37	0.0	0,94		2,031	0,734			
9	17,01		173,9	88,29	85,64		0,93	0.59	2,031	0,725	0,45	0,62	0,642
10,5	37,41		202,9	103,00	99,91		0,92		2,031	0,716			
12		1,97	231,9	117,72	114,2		0,91		2,031	0,707	0,5	1,415	1,464
13,5	18,87		260,9	132,43	128,5		0,9		2,031	0,698	0,26	0,372	0,385
15			289,9	147,15	142,7		0,89		2,031				
16,5			318,9	161,86	157		0,87		2,031				
18	22,88		347,9	176,58	171,3		0,86		2,031				



19,5			191,29	
		376,9	5	185,6
21		405,8	206,01	199,8
22,5	17,3		220,72	
		434,8	5	214,1
24		463,8	235,44	228,4
25,5			250,15	
		492,8	5	242,7
27		521,8	264,87	256,9
28,5	16,48		279,58	
		550,8	5	271,2
30		579,8	294,3	285,5
31,5			309,01	
		608,8	5	299,7
33		637,7	323,73	314
34,5			338,44	
		666,7	5	328,3
36		695,7	353,16	342,6
37		715,1	362,97	352,1
39		753,7	382,59	371,1
40,5			397,30	
		782,7	5	385,4

42	811,7	412,02	399,7	0,67		
43,5	840,7	5	413,9	0,66		
45	869,7	441,45	428,2	0,64		
46,5	898,6	5	442,5	0,99	2,1905	0,38

**Çizelge 3.98 : SK-38G Sıvılaşma Analizi**

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,5	17,14		25,751		25,75		0,99		1	0,379	0,175	0,46	0,48
3			51,503		51,5								
4,5			77,254		77,25								
6			103,01	11,77	91,23								
7,5	38,82		128,76	26,49	102,3	0.0	0,94		1,259	0,455	0,5	0,91	0,94
9	13,41		154,51	41,2	113,3		0,93	0.59	1,364	0,487	0,21	0,43	0,45
10,5			180,26	55,92	124,3								
12		1,75	206,01	70,63	135,4								
13,5	16,16		231,76	85,35	146,4								
15			257,51	100,1	157,5								

Çizelge 3.100 : S6 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,45			25,89	14,22	11,66								
2,45			43,74	24,03	19,71								
3,45			61,6	33,84	27,75								
5,45	19,4		97,31	53,46	43,84		0,96		2,22	0,82	0,16	0,2	0,2
6,45	15,8		115,2	63,27	51,89	0,0	0,95		2,22	0,81	0,13	0,16	0,17
9,45	4,9		168,7	92,7	76,02		0,93	0,59	2,22	0,79	0,038	0,05	0,05
10,95			195,5	107,4	88,08								
12,45	42,7	1,82	222,3	122,1	100,2								
13,95	42,5		249,1	136,8	112,2								
15,45	35,6		275,8	151,6	124,3								
16,95	32,1		302,6	166,3	136,3								
18,45	31		329,4	181	148,4								

---

19,95		356,2	195,7	160,5
21,45		383	210,4	172,5
22,95		409,8	225,1	184,6
24,45	11,2	436,5	239,9	196,7
25,95		463,3	254,6	208,7
28,95		516,9	284	232,9
30,45		543,7	298,7	244,9

---

Çizelge 3.101 : S7 Sıvılaşma Analizi

z(m)	N <sub>1,60CS</sub>	γ <sub>n</sub>	σ <sub>v</sub>	U	σ' <sub>v</sub>	YASS	rd	A <sub>max</sub> *g	σ <sub>v</sub> /σ' <sub>v</sub>	CSR	CRR	CRR/ CSR	(CRR/ CSR)* MSF
1,45			25,6	14,22	11,38								
2,45			43,26	24,03	19,23								
3,45	7,607		60,92	33,84	27,08		0,97		2,25	0,84	0,125	0,15	0,15
4,45			78,58	43,65	34,92								
5,45			96,24	53,46	42,77	0.0							
6,45	6,38		113,9	63,27	50,62		0,95	0.59	2,25	0,82	0,112	0,14	0,14
7,95			140,4	77,99	62,39								
10,95		1,80	193,4	107,4	85,94								
12,45			219,8	122,1	97,71								
13,95			246,3	136,8	109,5								
15,45			272,8	151,6	121,3								

16,95	19,05	299,3	166,3	133	0,87	2,25	0,75	0,4	0,53	0,55
18,45	14,41	325,8	181	144,8	0,86	2,25	0,74	0,17	0,23	0,24
19,95		352,3	195,7	156,6						
21,15	29,11	373,5	207,5	166	0,82	2,25	0,71	0,5	0,7	0,73
22,95		405,3	225,1	180,1						
24,45		431,7	239,9	191,9						
25,95		458,2	254,6	203,7						
27,45	10,81	484,7	269,3	215,4						
28,95	9,528	511,2	284	227,2						
30,45	10,19	537,7	298,7	239						





## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** :Neslihan Albayrak  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 20.08.1990 Gölcük  
**E-posta** : neslihalbayrakk@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yükseklisans** : 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem Mühendisliği Programı

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde lisansını tamamladı
- 2015 yılından itibaren Türk Standartları Enstitüsü'nde uzman olarak çalışmaktadır.
- 2017 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisansını tamamladı.