

**TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ**  
**JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI**



**KIYI DOLGU ALANLARIN VE GÖMÜLÜ YAPILARIN ZEMİN**  
**ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE DEPREM ETKİSİ ALTINDA**  
**ZEMİN DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİNE İLİŞKİN**  
**RAPOR FORMATI**

**EYLÜL 2019**

# KIYI DOLGU ALANLARIN VE GÖMÜLÜ YAPILARIN ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE DEPREM ETKİSİ ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİNE İLİŞKİN FORMAT

- 1.Giriş
- 2.Etüdün Amacı ve Kapsamı
- 3.İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım
- 4.Proje Özellikleri
- 5.Düşünülen Veri Toplama ve Değerlendirme çalışmaları
- 6.Saha İncelemesi
- 7.Genel Jeoloji
  - 7.1.Statigrafik jeoloji
  - 7.2.Yapısal jeoloji
- 8.Yeraltı araştırmaları
  - 8.1.Jeofizik Çalışmalar
    - 8.1.1. Sismik Kırılma
    - 8.1.2. Sismik Yansıma
    - 8.1.3. Yüzeysel Dalgası Yöntemleri (Masw-Remi)
    - 8.1.4. Mikrotermor
    - 8.1.5. Jeoradar (GPR)-GPS
    - 8.1.6. Kuyu Jeofiziği
    - 8.1.7. Deniz Jeofiziği
    - 8.1.8. SPAC
    - 8.1.9. Deniz Jeofiziği
    - 8.1.10. Diğer jeofizik yöntemler
  - 8.2.Sondajlar
    - 8.2.1.Dolgu Sondajları
    - 8.2.2.Örnek Alma
  - 8.3. Kullanılan Yöntem
  - 8.4. Kullanılan Cihaz
  - 8.5. Kullanılan Programlar
  - 8.6. Dinamik elastik parametreler
  - 8.7. Arazi çalışması
- 9.Yeraltı su durumu
  - 9.1. Elektrik Yöntemler
  - 9.2. Yeraltı Su Derinlik Haritası
  - 9.3.Tuzlu su girişi ve korozyon
10. Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi
  - 10.1.Yerel Zemin Sınıflarının Belirlenmesi
  - 10.2. Vs(30)
  - 10.3. Zemin Hakim Titreşim Periyodu
  - 10.4. Zemin Büyütmesi
  - 10.5. Zeminin yatay yer ivmesi
  - 10.6. Zeminin Sıkışabilirliği ve Sıkıştırmanın Kalite Kontrolü
  - 10.7. Zemin Taşıma Gücü ve Oturma
  - 10.8. Düzeltilmiş Kayma Dalga hızına Bağlı Zeminin Sıvılaşma Analizi
11. Jeoteknik Değerlendirme
  - 11.1.Kıyı Dolgunun Deprem Performansına Göre Sınıflaması
  - 11.2.Kıyı Dolgular için Deprem Deformasyonu
  - 11.3.Kıyı dolgular için Şişme Oturma
  - 11.4.Kıyı Dolgular için Taşıma Gücü

- 11.5. Sıvılaşma Yanal Yer değiştirme Risklerinin belirlenmesi  
12.Doğal Afet Tehlikeleri  
13.Sismik Tehlike Analizi  
14.Sonuç ve Öneriler  
15.Raporu Hazırlayana Ait Bilgiler  
16.Kaynaklar

#### EKLER:

Hazırlanan raporun amacına göre aşağıdaki ilgili ekler rapora konulacaktır. Kullanılan tüm harita, tablo, kesit, şekil, grafik ve fotoğraflar renkli olup, haritalar A4 boyutunda katlanmış ve 1/25 000 ölçekli olacaktır.

- Yer Bulduru haritası (araştırma sahasının Türkiye'deki yeri),
- Genel jeoloji haritası,
- Lokasyon haritasında ölçü noktaları ve/veya hatlarının gösterimi,  
Sondaj logları
- Ölçü karneleri,
- Jeofizik Eğrileri,
- -Jeofizik ve Sondajlardan elde edilen Jeoteknik Kesitleri,
- Arazi ham ölçü değerleri,
- Lokasyon haritası
- değerlendirilmiş çıktıları
- Kuyu Logu ölçüsü çıktıları
- Fotoęraflar (yapı yeri, arazi koşulları genel görünümü, sorunlu kısımlar vb)
- Kat haritaları

#### ÖZ

Raporun amacı, kapsamı ve elde edilen sonuçlar açık ve öz olarak belirtilecektir. Öz, okuyucuya raporun tümü hakkında bilgi verecek ve rapordan ayrı olarak yayınlandığında bir anlam taşıyacak, bir sayfayı geçmeyecektir.

#### 1. GİRİŞ

Proje hakkında ön bilgi mahiyetinde olup geçmişi ile ilgili bilgiler içermesi uygun olacaktır. Eğer var ise önceki yapılan çalışmalardan bahsedilip řu anda yapılacak için farkı ve önemi ortaya konmalı

#### 2. ETÜDÜN AMACI VE KAPSAMI

Projenin kısa tanımı ve çalışmanın amacı açıklanacaktır.

### **3. İNCELEME ALANININ YERİ VE ULAŞIMI**

İnceleme alanının yeri ve ulaşım olanakları açıklanacaktır.

İnceleme yapılacak projeye ait yapı yerlerinin boyut ve özellikleri verilecektir (yapı boyutları, temel kazısı, proje yükü vb).

### **4. PROJE ÖZELLİKLERİ**

Projenin özellikleri hakkında bir paragrafı geçmeyen bilgi verilecektir

### **5. DÜŞÜNÜLEN VERİ TOPLAMA VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI**

Çalışmaların yöntemleri proje özelliklerine, etüt aşamasına ve amacına göre etüdü yapan jeofizik mühendisi tarafından seçilecektir. (rezistivite, sismik, elektromanyetik, manyetik, gravite vb). Uygulanan jeofizik yöntem kısaca açıklanacaktır

### **6. SAHA İNCELEMESİ**

Sahaya ait mevcut durum yapı ve dolgu durumu açıklanacaktır.

### **7. GENEL JEOLJİ**

#### **7.1. Stratigrafik Jeoloji**

İnceleme alanındaki kayaçların jeolojik özellikleri yaşlıdan gence doğru anlatılacaktır. Bu bölüme, inceleme alanına ilişkin genelleştirilmiş sayfa boyutunda stratigrafik kesit konulacak; birimlerin isimlendirilmesi, stratigrafik adlama kurallarına uygun olacaktır.

Jeoteknik etüdün aşamasına göre anlatım; yapı yerlerini ve çevresini kapsayacak, gerektiğinde jeolojik koşullara bağlı olarak sorunları açıklığa kavuşturacak kadar genişletilecektir

**7.2.Yapısal jeoloji** İnceleme alanının yapısal özellikleri (tektonik hatlar, fay, tabakalanma, kıvrımlanma, eklemleme hakkında bilgi verilecektir.

### **8.YERALTI ARAŞTIRMALARI**

#### **8.1.Jeofizik Çalışmalar**

Jeofizik Mühendisliği'nde farklı fizik parametrelerine duyarlı kullanılan Jeofizik yöntemler vardır. Bu yöntemler Tablo 1.1' de sunulmuştur. Jeofizik yöntemler, toprağın, kayanın ve gözenek sıvılarının fiziksel özelliklerinin yanı sıra gömülü nesnelere doğrudan ve dolaylı ölçümlerini verir

Jeofizik yöntemler yaygın olarak;  
Jeolojik sınırların belirlenmesi  
Yerin statik ve dinamik parametrelerinin elde edilmesi  
Doğal hidrojeolojik koşulların haritalandırılması;  
Kırık, fay sistemlerinin belirlenmesi,  
Kirlenmelerin tespiti ve haritalandırılması;  
Dolgu Alanlarının Belirlenmesi  
Sıkıştırılmış Alanların Kalite Kontrolü  
Gömülü nesnelere bulunması amacı ile kullanılırlar  
Yerin gevşek ve sağlamlık durumunun belirlenmesi

Tablo 1.1. Jeofizik Yöntemler

Yöntem Adı	İncelediği Fizik Parametre
Sismik Yöntemler (Kırılma, Yansima, Pasif Sismik, Mikrotremor)	Hız
Elektrik Yöntemler -Doğru Akım Özdirenç (Direct Current Resistivity-DCR) -Yapay Uçlaşma (Induced Polarization-IP) -Doğal Uçlaşma (Self Potential- SP)	Özdirenç Özdirenç ve Yüklenebilirlik Özdirenç
Elektromanyetik Yöntemler -Manyetotellürik(MT), Audio-MT, CSAMT, RMT, VLF -Yatay Halka EM (Horizontal Loop EM-HLEM veya Slingram) -Geçici Elektromanyetik (Transient electromagnetic- TEM) - Yer Radarı ( Ground Penetrating Radar-GPR) -Manyetik Rezonans (Magnetic Resonance Sounding-MRS)	Özdirenç Özdirenç Özdirenç Dielektrik Geçirgenlik Özdirenç, Su içeriği,
Gravite	Yoğunluk
Manyetik	Manyetik özellik

Tablo 1.2. Jeofizik Yöntemler

TABLO 2.2 Yaygın Uygulamalar İçin Jeofizik Yöntem Seçimi (ASTM Int. D6429-99' dan yeniden düzenlenmiştir)												
Jeofizik Yöntemler												
Uygulamalar	Sismik		Elektrik		Elektromanyetik					Manyetik	Gravite	
	Kırılma	Yansima	Doğru Akım Özdirenç	Doğal Uçlaşma	Frekans Ortamı	Zaman Ortamı	Çok Alçak Frekanslı	Boru / Kablo Bulucu	Metal Detektör			Yer Radarı
<b>Doğal Jeolojik ve Hidrojeolojik Koşullar</b>												
Zemin / konsolide olmayan katmanlar	A	B	A		B	A	B				A	
Kaya tabakaları	B	A	B			B					B	
Ana kaya derinliği	A	A	A		B	B	B					B
Su tablası derinliği	A	A	A		B	A	B				A	
Kırıklar ve fay zonları	B	B	A		A	B	A				B	A
Boşluklar ve obruklar	B	B	A		A	B					B	B
Toprak ve kaya özellikleri	A		A		B							
Baraj ve göl sızıntısı			B	A	B						B	
<b>İnorganik Kirlenmeler</b>												
Atık arazi su sızıntısı			A		A	A	B				B	
Tuzlu su girişi			A		A	A	B				B	
Toprak tuzluluğu			A		A							
<b>Organik Kirlenmeler</b>												
Hafif, susuz faz sıvıları			B		B	B					B	
Çözülmüş faz <sup>C</sup>												
Yoğun, susuz faz sıvıları <sup>C</sup>												
<b>İnsan Yapımı Gömülü Nesnelere</b>												
Altyapılar					B			A	B	A		
Yeraltı depolama tankları ve variller					A			A	A	A	A	
Patlamamış mühimmat									A	B	A	
Terk edilmiş kuyular					B			B	B		A	
Dolgu arazi ve hendek sınırları	B		B		A	B				A		
Adli			A		A			B	B	A	B	
Arkeolojik	C		A		A					A	A	B

"A" birincil yöntem seçimini ifade eder.  
"B" ikincil seçimi veya alternatif yöntemi ifade eder.  
<sup>C</sup> Kirlenici izlerini karakterize etmek için ayrıca doğal jeolojik ve hidrojeolojik koşulları görün.

Su yapılarının projelendirilmesine, gömülü yapıların tespitine ve kıyı dolgu alanların tespit edilip dolgu malzemesinin niteliği hakkında bilgi vermeye esas olacak jeolojik ve jeoteknik değerlendirmelerde kullanılmak üzere;

- Proje alanı ve yakın çevresinde jeolojik ve jeoteknik özelliklerin (örtü tabakası, alüvyon kalınlığı, ana kayaya olan derinliği, yanal ve düşey süreksizlikler vb), Su yapılarının projelendirilmesine esas olacak jeolojik ve jeoteknik değerlendirmelerde kullanılmak üzere;
- Proje alanı ve yakın çevresinde jeolojik ve jeoteknik özelliklerin (örtü tabakası, Alüvyon doğal dolgu kalınlığı, doğal dolgunun (sediman) mukavemet durumu, yanal ve düşey süreksizlikler, ana kayaya olan derinliği, vb),
- Deprem parametrelerinin, zemin ve kayaların elastik parametrelerinin ve,
- Patlatma kaynaklı titreşim parametrelerinin belirlenmesi
- Gömülü yapı sınırları, yapı donatı durumu, yapı malzemelerinin özellikleri vb. gibi tesbiti
- Dolgu alanlarda kullanılan dolgunun yayılımı ve sıkıştırmanın kalitesinin tesbiti belirlenmesi amacıyla yapılan jeofizik çalışmalarıdır.

Jeofizik çalışmaların yöntemi; proje özelliklerine, etüt aşamasına ve amacına göre etüdü yapan Jeofizik Mühendisi tarafından yukarıdaki tablolar yardımı ile belirlenecektir.

### 8.1.1. Sismik Kırılma

Sismik kırılma yöntemi ile yeraltı koşullarının belirlenmesi

Sismik kırılma uygulamaları, yapay olarak balyoz, ağırlık düşürme, dinamit patlatma, kalas vb. gibi yöntemlerle oluşturulan enerjinin, belirli uzaklıklara yerleştirilmiş P ve S jeofonları ile sismik cihazlara kaydedilmesi esasına dayanacaktır.

Elde edilen P (boyuna) ve S (enine) sismik dalgalarının jeofonlara varış zamanlarından uzaklık-zaman grafikleri çizilecektir.

Sismik kayıtlarda, dalganın ilk geliş zamanları net seçilebilir olacak ve tüm kanallarda izlenecektir. İstenilen araştırma derinliği ve çözünürlüğe göre sismik profil uzunluğu, jeofon aralığı seçilecektir.

Hedef derinlik Z ise, profil boyu L için,  $3*Z \leq L \leq 5*Z$  ilişkisi genel olarak kullanılabilir. Yeterince açılım yapılamayacak alanlarda, ofset, X0, artırılarak daha derinden bilgi alınması sağlanmalıdır.

. Gecikme zamanı değerlendirmesi için profilin her iki tarafından karşılıklı ve serimin ortasından bir adet olmak üzere **en az 3 atış (S1, S3 ve S5)** atışları yapılması gerekmektedir. Genelleştirilmiş karşılıklı uzaklık-zaman (GRM) değerlendirmesi ve İlk varış tomografisi için, Dolgu alanlarının değerlendirilmesinde çok atışlı sismik kırılma çalışmaları yapılmalıdır. Bunun için profilin her iki tarafından hat başı atışlar, çeyrek atışlar ve serimin ortasından bir atış olmak üzere **en az 5 atış (S0, S1, S3, S5 ve S6)** yapılmalıdır. Bu atışlara profilin her iki tarafından uzak ofsetli atış yapılması çözümüm kararlılığını daha derinden bilgi elde etmek artırmak için yapılacaktır. P atışları için nokta kaynak oluşturacak en az 25kg ağırlığında koni ve 7-8kg ağırlığında balyoz ya da ağırlık düşürme, S atışları için balyoz kullanıldığında 20x30x180cm ebatlarında kalas ve kalas üzerine ağırlık için traktör kullanılacaktır. Ayrıca S atışları için polarite kayıtları alınarak S ölçüsü teyit edilecektir. P ve S

kayıtları için en az 3 stack yapılacak ve ilk varışların net okunacak şekilde düzgün kayıtlar elde edilene kadar stack yapılacaktır.

P ve S Düz ters atışlar yapılacak en az üç kere stack yapılacaktır.

Elde edilen sismik kayıtların ilk varış zamanları belirlendikten sonra ters çözüm sonuçlarına bağlı tabakaların hız, kalınlık, derinlik ve eğimleri belirlenecektir. Elde edilen hızlardan zemin ve kayaların yoğunluk, dinamik ve elastik parametreleri elde edilecek, kayaç, zemin, dolgu kalite ve sökülebilirlik sınıflaması yapılacaktır. Değerlendirmelerde bilgisayar programları kullanılabilir.

### 8.2.2. Sismik Yansıma

Sismik Yansıma ölçümleri jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik çevresel incelemeleri içeren farklı kullanımlar için sığ yeraltının haritalanmasında kullanışlıdır. Sismik yansıma yöntemi, temel kaya yüzeyini, gizli tabakaları, fayları, litolojik stratigrafiyi, boşlukları, su tablasının kırık sitemlerini ve tabaka geometrisini (kıvrımları) içeren jeolojik yapıyı haritalamak, araştırmak ve göstermek için kullanılır. Sismik yansıma yöntemlerinin en temel uygulaması litolojik birimlerin yanal devamlılığını haritalamak ve genelde yeraltındaki akustik özellikteki değişimin aranmasıdır.

Sismik yansımada kullanılan **serim kablosu**; En az 24 jeofon bağlantı noktasına sahip ve her iki uç noktadan sismografa bağlantı özelliğine sahip olmalıdır. Her bağlantı noktası arası en az 10m olmalı. Her bağlantı noktası tek yada çift klipsli olabilir. Sert kaplama yüzeylerde (asfalt, beton vb.) kara streamerleri (sivri uçlu olmayan alıcıların sabitlendiği serim kabloları) kullanılmalıdır.

**Jeofon**; Yansıma çalışmalarında kullanılan özellikle P-jeofonların doğal frekansları **20-100 Hz** aralığında olması uygundur. Yatay (S) bileşen alıcılar için bu aralık **10-80 Hz** olabilir.

Jeofonun frekansı arttıkça incelenen derinlik seviyesi daha sığ olur.

Buna göre;  
Çok sığ derinlikler ( $Z < 30m$ ) için 50-100Hz  
Orta derinlikler ( $30 < Z < 300m$ ) için 20-50Hz  
Derin ortamlar ( $30 < Z > 300m$ ) için  $< 20Hz$   
Doğal frekanslı alıcılar kullanılmalıdır.

**Alıcı sayısı**; Sığ ve çok sığ hedefler için kayıtçının kanal sayısı özelliklerine göre, **12, 24 ve 48** kanallı, Daha derin hedefler ve geniş alanların taranması için  $N \leq 96$  ve daha fazla olmalıdır.

### 8.2.3 Çok kanallı Yüzey dalgası yöntemleri Aktif (MASW) ve Pasif (ReMi)

Bu analiz yöntemleri, Jeofizik Mühendisliğinin sismik araştırma yöntemi olup, jeoteknik mühendisliği projelerinin değişik türleri için, zemin katılığını veya yumuşaklığını (soil stiffness or softness) S-dalgı hızına göre 1-B, 2-B ve 3-B olarak değerlendirme imkanı sağlar. Yeraltında meydana gelebilecek düşük hız zonlarını ve derine doğru S dalga hızlarını belirlemek için Klasik sismik kırılma yönteminde kaynak yetersizliği, S-dalgalarının hızlıca soğurulması, düşük hız zonu vb. gibi etkenlerden dolayı S- dalgasının hızını belirlemek oldukça zahmetli bir iş olduğundan, Vs değerini daha güvenilir hesaplanması ihtiyacı bu yöntemleri etkin olarak kullanılır. geliştirilmesi için önemli bir neden olmuştur

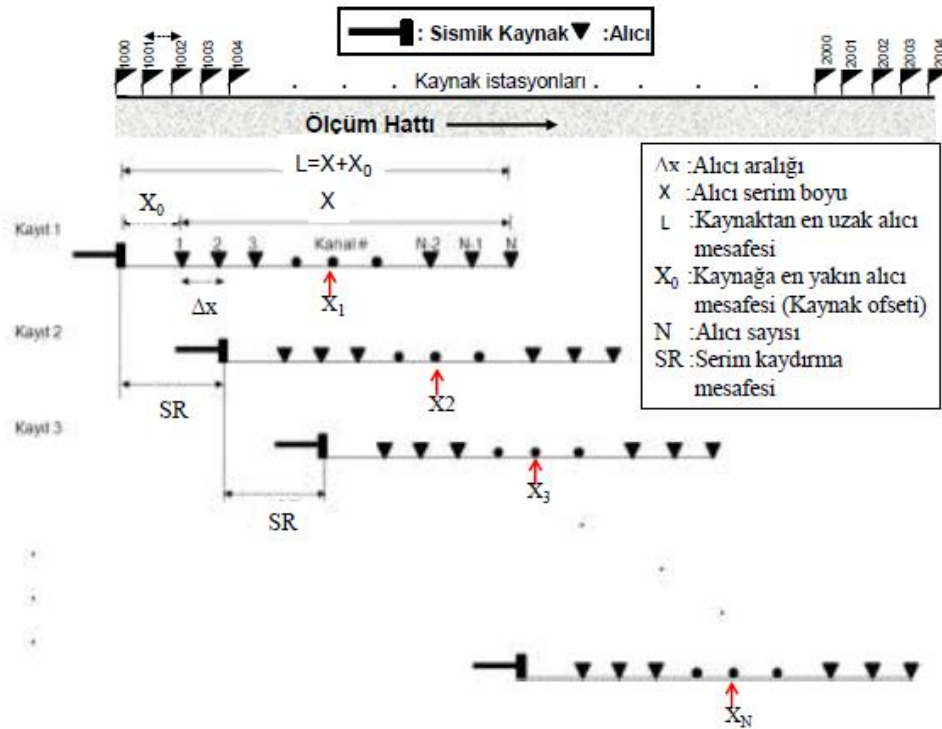
En az 24 kanallı cihazlarla ölçü alınmalıdır. Kayıtçılar Sinyal/Gürültü oranını artırmak için süzgeçleme ve düşey yığma (aynı atış noktasında birden fazla elde edilen kayıtların üst üste toplanması) yapılarak sinyal zenginleştirme özelliğine sahip olmalıdır. ReMi kayıtlarını yapabilmek için otomatik tetikleme ve uzun süreli (en az 1 dakika) kayıt alma özelliğine sahip olmalıdır.

**MASW** uygulamasında **30m** derinlik hedeflendiği için her zaman için 8-10kg'lık balyozlar yeterlidir. Sinyal zenginleştirmek için en az 3 kez aynı noktada vuruş yapılmalıdır. Patlayıcı kullanılması durumunda 50cm'lik kuyu içinde 0-0.5kg arasında basit patlayıcı madde kullanılabilir. Ayrıca, mekanik ağırlık düşürme (1-2m'den en azından 50kg'lık bir kütleinin ivmeli düşürülmesi)

oldukça faydalıdır. Hedeflenen derinlik **100m** olması durumunda, **ReMi** kayıtları alınır. Bunun için herhangi bir aktif kaynak kullanılmaz. Çevresel trafik gürültüleri yeterlidir. Eğer ortam sakin ise, hat boyunca hattın en az **2m** uzakta hatta paralel yürüyüş yapılması önerilir. **ReMi** verisi **en az 10 yığmalı** olarak kaydedilmelidir

ilk alıcı ofseti en azından **alıcı aralığının 4 katı** kadar alınması yeterlidir:  $X_0 \geq 4 \cdot \Delta x$

MASW yönteminde hattın bir tarafından atış yapmak yeterlidir. Bu sadece 1B-Vs derinlik değişimini elde etmek için yeterlidir. Ancak eğer yeraltının 2B-Vs derinlik kesiti elde edilmek isteniyor ise, bu durumda ardışık atışların yapılması gereklidir. Bunun için izlenecek yol Şekil 1.1'da gösterilmiştir. Her bir atış sonunda elde edilen 1B-Vs profili ortalama bir değişimi ifade ettiği için serimin ortasına atanır. Tüm atışlar için elde edilen 1B-Vs eğrileri birleştirilip interpolasyona tabi tutularak 2B-Vs kesitleri elde edilmelidir.



#### 8.2.4. Mikrotremor

Mikrotremor ölçümlerinden elde edilen kayıtlar, sismometrenin üzerinde bulunduğu zeminin özelliklerini yansıtmaktadır. Bu etüt raporlarının içeriği kapsamında mikrotremör (sismik gürültü) ölçümlerinde zeminler için ilgilendirilen mühendislik sismolojisi frekans aralığı 0.1 Hz-15 Hz dir. Böylece geniş bant sensörlerle 0.5 Hz'den küçük frekanslara duyarlı derin alüvyon sediman çökel alanlarda daha iyi çözümler bulunabilir.

Mikrotremor ölçümleri alınırken üç bileşen sismometrenin üzerinde bulunan Kuzey yönü gösteren okun pusula ile tam kuzey yönünde konumlanması sağlanmalıdır.

Ölçüm sayısı ise çalışma sahasının jeolojisine ve büyüklüğüne göre (1 km<sup>2</sup> lik alan için 100-150 m aralıkta olacak şekilde en az 40 noktada, parsel bazında küçük alanlar için biri alanın ortasında olmak üzere en az beş noktada) alınması önerilir.



Mikrotremor ölçümleri kültürel gürültünün en az olduğu saatlerde (20:00-00:00 ve 00:00-06:00) alınmalıdır. Kayıt süresi en az 30 dakika olmakla beraber, kayıtlar sürekli bilgisayardan takip edilerek, çevresel kaynaklı bozucu etkilerin olması durumunda 45 dakikaya kadar uzatılmalıdır. Mikrotremor kayıtlarında gürültünün en az olduğu kısımları belirlemek önemlidir. Bu amaçla kaydın başlangıç ve sonunda oluşabilecek yüksek genlikli salınımları törpülemek doğru sayısal süzgeç tekniklerinin uygulanması yoruma hazırlık açısından gereklidir. Bu bağlamda H/V eğrilerinde görülen doruk noktalarının zemine ait rezonans frekansını temsil edip etmediği aşağıda belirtilen güvenilirlik koşulları baz alınarak değerlendirilmelidir. (Sesame, 2004) :

- Pencere boyu faydalı sinyali içeren pencere boyu baskın frekansın onda birinden küçük olmalıdır.
- Tüm kayıt içerisindeki belirgin devir sayısı (pencere uzunluğu × pencere sayısı × baskın frekans) 200'den büyük olmalıdır.
- $f_0$  (baskın frekans) değerinin 0.5 Hz'den büyük veya küçük olmasına göre H/V genliklerinin standart sapma değerleri ( $\sigma(f)$ ) belli değerlerden küçük olmalıdır:
- $\sigma(f) < 2$  için; baskın frekans ( $f_0$ )  $> 0.5$  Hz ise  $0.5f_0 < f < 2 \times f_0$  arasında olmalı.
- $\sigma(f) < 3$  için; baskın frekans ( $f_0$ )  $< 0.5$  Hz ise  $0.5f_0 < f < 2 \times f_0$  arasında olmalı.
- Belirgin doruk tespiti için baskın frekanslar, H/V genliklerinin %90 güvelik aralıklarına karşılık gelen  $\pm 5\%$  sınırları içerisinde olmalıdır.

### 8.2.5. Jeoradar

Yer Radarı (GPR) yöntemi, kullanılan anten frekansına göre derindeki ya da arazi yüzeyine yakın jeolojik birimlerin, yapıların ya da boşlukların araştırılması ve bu birimlerin sürekliliğini 2 ve 3 boyutlu tanımlanabilmesi amacıyla kullanılan, yüksek çözünürlüklü, hızlı ve tahribatsız bir yöntemdir. Çalışmalarda ASTM D6087-08, ASTM D6432-11 ve ASTM D4748-10 standartlarına uyulmalıdır.

Yer radarı çalışmalarından elde edilebilecek bilgiler aşağıda belirtilmiştir:

- 1) Doğal ya da yapay yeraltı yapılarının (doğalgaz, akaryakıt, su, kanalizasyon, elektrik, telefon vb. hatlar, LPG ve akaryakıt tankları, mağara, karstik boşluk, gömülü katı atık depoları vb.) yer, ebat ve derinlikleri,
- 2) Arkeolojik yapıların yerleri ve konumları,
- 3) Yüzeğe yakın yeraltı su seviyesi ve akım yönü,
- 4) Su ve kanalizasyon hatlarından, endüstriyel atıklardan kaynaklanan kaçak ve sızıntılar,
- 5) Heyelan alanlarındaki kayma yüzeyleri (2-3 boyutlu olarak),
- 6) Gömülü yapıların tespiti
- 7) Yakın yüzeye ait kırık ve çatlakların tespiti

### 8.2.6. Kuyu Jeofiziği

Cross-Hole (Karşıt-Kuyu) deneyi mühendislik yapılarının oturacağı lokasyonlarda, dik açılan en az iki kuyu içinde ve kuyular arasında yapılacaktır. Bu kuyulardan birisi "vuruş kuyusu", diğer kuyu/kuyular ise "dinleme kuyusu" olarak isimlendirilecektir.

Vuruş kuyusu, seçilecek deney kademelerinde enerjinin üretildiği kuyu olacaktır. Dinleme kuyusu üç eksenli jeofonun indirildiği kuyu olacaktır. Deney, kullanılacak ekipmana uygun olarak açılacak sondaj kuyusunda yapılacaktır.

Down-Hole deneyinde, enerji kuyu başına yakın bir mesafede üretilerek, kuyu içine yerleştirilen üç eksenli kuyu jeofonu ile (tek sondaj kuyusu boyunca) P ve S dalgasının ilk geliş zamanlarının

ölçülmesi esasına dayanacaktır. Çalışmada kullanılacak enerji kaynağı P ve S dalgası üretimine uygun olacaktır. Deney, kullanılacak ekipmana uygun olarak açılacak sondaj kuyusunda yapılacaktır.

Up-hole deneyinde enerji kuyu tabanında üretilecek ve kuyu başına belli bir mesafede ve düzende yerleştirilen jeofonlar ile algılanacaktır. Deney, kullanılacak ekipmana uygun olarak açılacak sondaj kuyusunda yapılacaktır.

Kuyu içi sismik yöntemlerde her deney kademesinde  $V_p$ ,  $V_s$  hızları hesaplanarak kuyu boyunca hız değişim grafiği hazırlanacak ve elastik parametreler hesaplanacaktır. Değerlendirmelerde bilgisayar programları kullanılabilir.

### **8.2.7. Deniz Jeofiziği**

Kıyusal alandan başlayarak, derin deniz ortamına kadar uzanan denizel alanda yapılması planlanan, iskele, rıhtım, liman, deşarj hattı, dolgu, mendirek, denizaltı hafriyat çalışmaları, boru hattı, iletişim kablosu hatları, arama ve üretim platformları gibi mühendislik yapılarının inşası öncesi ve bakımı sırasında, söz konusu alanlarda detaylı deniz jeofiziği çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Amaç, bu tür yapıların inşası ve mühendislik ömürleri boyunca güvenli şekilde çalıştırılabilmeleri için, deniz tabanı morfolojisinin ve taban altı yapısının yeterli doğruluk ve ayrımlılıkta ortaya konulabilmesidir. Bu belge, denizel mühendislik yapılarının inşası öncesi yapılması gereken deniz jeofiziği çalışmalarını tanımlamakta, bu çalışmalarda kullanılması gereken ekipman, veri toplama, veri işlem ve yorum çalışmalarının standartlarını özetlemektedir. Deniz mühendislik çalışmalarında kullanılan dört temel deniz jeofiziği yöntemi bulunmaktadır.

Bunlar

- i. Deniz mühendislik sismiği (subbottom profiler)
- ii. Batimetrik sistemler (echosounder)
- iii. Yanal tarama sonarı (side scan sonar)
- iv. 2B sismik yansıma (2D seismic reflection)

#### **i. Deniz mühendislik sismiği (subbottom profiler)**

1-10 kHz akustik frekanslarda çalışan çok yüksek ayrımlı sismik sistemler, deniz mühendislik sismiği (subbottom profiler) olarak adlandırılır. Bu sistemler, deniz tabanından itibaren ortalama 30 m derinliklere kadar sığ tortul katmanın sismik görüntüsünün yüksek ayrımlı olarak elde edilmesini sağlarlar. Tipik bir deniz mühendislik sismiği sistemi, verici/alıcı birimi (transceiver), bir dönüştürücü (transducer) ve bir kayıtçı biriminden oluşur. Bu sistemlerden hangisinin kullanıldığı (Tek frekanslı sistemler (pinger, Chirp sistemleri, Boomer, Parametrik sistemler) ve veri işlem aşamaları ayrıntılı olarak belirtilmelidir.

#### **ii. Batimetrik sistemler (echosounder)**

Deniz tabanı derinliğinin (batimetri) ölçülmesinde kullanılan ve deniz tabanından yansıyan ses dalgalarının varış zamanlarının ölçülmesine dayanan akustik sistemler, ekosounder batimetri sistemleri olarak adlandırılır. Deniz tabanı derinliğinin ölçülmesi denizlerdeki temel gözlemlerden birisidir. Ekosounder sistemiyle yapılan batimetrik çalışmalar, denizel yer mühendisliği ve denizel jeoteknik çalışmaların önemli bir parçası konumundadır. Kıyı ötesi mühendislik yapılarının inşasında su derinliği, denizel sondaj platformlarının, arama ve üretim yapılarının ve denizaltı boru hatlarının başarılı olarak kurulmasında kesin ve doğru olarak bilinmelidir. Birçok kıyı ötesi yapı, belirli su derinlikleri için tasarlanarak yapıldıklarından batimetrideki küçük bir hata ciddi inşa sorunlarına yol

açabilir. Örneğin, denizaltı hafriyat çalışmalarında 1 m' lik bir batimetri hatası, onlarca metre küplük ek dolgu kaldırılmasına, büyük para ve zaman kaybına neden olacaktır.

Ekosounder batimetri sistemleri, temel olarak deniz mühendislik sismik sistemi ile benzerdir. Aralarındaki fark, ekosounder sistemlerinin çok daha yüksek frekanslı sinyaller kullanması ve sinyalin taban altına penetre etmemesidir. Sistem, benzer şekilde bir verici/alıcı birimi (transceiver), bir dönüştürücü (transducer) ve bir kayıtçı biriminden oluşur. Su içerisinde ses sinyali üretmek için genellikle tek bir yüksek güçlü transducer kullanılmaktadır. Çalışılacak alan derinliği ve büyüklüğüne göre tek ışınlı sistemler ya da çok ışınlı sistemlerden uygun olan seçilmeli ona göre işlem aşamaları ve veri işlem planları bunlar raporda belirtilmelidir. Batimetri verilerinin yorumu uygun aralıkta gridlenmiş DTM görüntüleri üzerinden yapılır. Grid aralığı, deniz tabanı ayrımlılığının yok olmaması adına, batimetri verisinin izin verdiği en küçük aralıkta seçilmelidir. Gereğinden küçük grid aralıkları final DTM'de boşluklar meydana getirir. Gereğinden büyük grid aralıkları ise deniz tabanındaki detayların yok olmasına neden olur. Reflektivite verisine kontrast iyileştirme uygulanarak, 3B batimetri haritası üzerinde reflektivite dağılımı da haritalanmasından yararlanılmalıdır.

### iii. Yanal tarama sonarı (side scan sonar)

Yanal tarama sonarı (side scan sonar), geminin rotasının her iki yanında uzanan deniz tabanının reflektivite verisini temin eden akustik bir sistemdir. Sistemin çalışma ilkesi, geminin her iki yanına bakan transducerler yardımıyla üretilen yüksek frekanslı (10-500 kHz) ses sinyallerinin, dar ve yelpaze şekilli ışınlar şeklinde yayılmasına dayanmaktadır.

Yanal tarama sonarı sistemleri, deniz tabanındaki nesnelere ve farklı deniz tabanı fasiyelerinin belirlenmesini sağlarlar. Sonar verilerinin yorumu sonucunda, jeolojik mostralara, deniz tabanı litolojisindeki değişimlerin, batık gemilerin ve petrol boru hatları veya iletişim kabloları gibi deniz tabanında bulunan diğer nesnelere haritalanması mümkün olmaktadır.

### iv. 2B sismik yansıma (2D seismic reflection)

Karadaki gibi tek kanallı ve çok kanallı yansıma çalışmaları ve veri işlem aşamaları yapılmalıdır.

#### 8.1.9.SPAC

Çalışma alanı için derin S dalga hızının belirlenmesine ihtiyaç duyulması halinde (örneğin  $V_{S50}$  veya  $V_{S100}$ ) bu yöntem etkin olarak kullanılır. Yöntemde kullanılan mikrotremör kayıtçılarının yerleşimi (merkezde 1, çevresinde eşit aralıklarda dairesel ve üçgensel dizilmiş en az 3 adet), yüzey ve istenilen derinlikteki S dalga hızı bilgisi verilebilecek şekilde belirlenmelidir. Kayıtlar yerel zaman diliminde aynı anda başlatılmalıdır. Alternatif olarak f-k (Frequency-Wavenumber/Frekans-Dalga Sayısı) Yöntemi de kullanılabilir.

#### 8.1.11.Diğer Jeofizik Yöntemler

TEM, EM, VLF, , Gravite, Mikrogravite, Manyetik vb diğer jeofizik yöntemler.

### 8.2.Sondajlar

#### 8.2.1.Dolgu Sondajları

İnceleme alanında yapılan jeofizik çalışmaların ön değerlendirmeleri sonucunda yerleri belirlenen sondajların sondaj lokasyon koordinatı, derinlik vs. hakkında bilgi verilecektir. Çıkan malzeme sınıflandırılacaktır. KGM (2014) dolgu sondajları ile ilgili aşağıdaki kriterlere göre yapılacaktır.

### **8.2.2. Örnek Alma**

Sondaj kuyularında zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde uygun aralıklarla örselenmiş ve örselenmemiş zemin/kaya örnekleri alınacaktır.

Sondaj kuyularında, her cins zeminden, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sırasında örselenmiş örnekler alınacaktır. Yeraltı su düzeyi altında, iri daneli veya plastik olmayan silt zeminlerde, SPT kaşığından yeterli miktarda örselenmiş örnek elde edilemiyorsa, ağzına zemin tutucu takılmış (sepet-basket tipi) özel tüpler ile incesi yıkanmamış örselenmiş örnekler alınacaktır. Sondaj kuyularında, kohezyonlu zeminlerden, etki derinliği içinde her zemin tabakasının mühendislik özelliklerini belirlemeye yeterli olacak sayıda örselenmemiş örnek alınacaktır.

### **8.3.1. Uygulanan Jeofizik Yöntem**

Jeofizik çalışmaların yöntemi proje özelliklerine, etüt aşamasına ve amacına göre jeoteknik etüdü yapan jeofizik mühendisi tarafından seçilecektir (rezistivite, sismik, elektromanyetik, manyetik, gravite vb). Uygulanan jeofizik yöntem kısaca açıklanacaktır

### **8.3.2 Kullanılan Cihaz**

Etüt için kullanılacak cihazın teknik özellikleri belirtilecektir.

### **8.3.3 Kullanılan Programlar**

Kullanılan paket yazılım programlarının özellikleri ve kabiliyetleri kısaca açıklanacaktır.

### **8.3.4 Arazi Çalışmaları**

Arazi çalışmaları, talimatlara ve özel teknik şartnamelere göre yapılacaktır. Etüt boyunca yapılan çalışmalar her günü kapsayacak şekilde ayrıntısıyla anlatılacaktır.

### **8.3.5.Değerlendirme**

Uygulanan jeofizik yöntem sonucu elde edilen veriler her ölçüyü kapsayacak biçimde ayrıntısıyla değerlendirilerek açıklanacaktır

## **9.YERALTU SU DURUMU**

Mühendislik yapılarına ilişkin zemin araştırmalarında yeraltı suyu ile ilgili çalışmalar, yapıların üzerinde veya içinde inşa edileceği zeminlerin geoteknik özelliklerini doğrudan etkilemesi nedeniyle, gerekli bilgileri elde edecek kapsamda detaylı olarak planlanmalı ve gerçekleştirilmelidir. Bunun için özellikle jeofizik yöntemlerden elektrik yöntemler kullanılması gereklidir. Bu yöntemler kullanılarak hidrojeolojik çalışmalara ön bilgi elde edilecektir.

Hidrojeolojik araştırmalar; gerekli olduğu durumlarda:

- 1) Yeraltı suyu bulunan zemin ve kaya birimlerinin derinliği, yayılımı, kalınlığı, gözeneklilik ve hidrolik iletkenlik durumu,
- 2) Kaya zeminlere ait gözeneklilik ve geçirgenlik bilgilerinin elde edilmesinde kullanılmak üzere kırık ve çatlak, eklem sistemi ile tabaka düzlemlerine ilişkin (aralık, açıklık, sıklık, dolgu varlığı ve türü vb.),
- 3) Yeraltı suyunun veya akiferlerin piyezometrik seviyelerinin kotu, bunların seviyelerindeki farklılıkların zamanla değişimleri ve gerçekleşmesi muhtemel ekstrem

koşullardaki yeraltı su seviyesi ve bunların oluşma sıklıkları ve yer altı sularının temellere etkisi iyice ortaya konulacak şekilde düzenlenmelidir.

#### 9.1. Elektrik Yöntemler (Emin Ulugergerli ya da Candansayar'a danışılrsa iyi olur)

Yeraltı su varlığını ve derinliğini, yanal ve düşey yöndeki değişimini belirlemek için 2 boyutlu öz direnç çalışmaları yapılarak sondaj yerleri belirlenmelidir.

#### 9.2. Yeraltı Su Derinlik Haritası

Özdirenç çalışmalarından yeraltı su derinlik haritası oluşturulmalıdır.

### 9.3. Tuzlu su girişi ve Korozyon

Elektrik yöntemlerden uygun yöntemler seçilerek tuzlu su girişinin sınırları ve gömülü yapılardaki korozyon durumu belirlenmelidir. Yeraltı suyunun debisi, kimyasal özellikleri ve sıcaklığı ile boşluk suyu basıncı dağılımı belirlenmeli tuzlu su girişinin mevcut ve gömülü yapılar üzerindeki korozyon etkisi jeofizik yöntemlerle görüntülenip rapora eklenmelidir. Suyun Organik madde içeriği, Karbonat içeriği (aşındırıcı karbondioksit), Sülfat içeriği, Ph değeri (asitlik ve alkalite), Klorür içeriği belirlenmelidir. Bozucu etkileri araştırılmalıdır.

## 10. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Jeofizik araştırmalar ve sondaj neticesinde Boşluk oranı veya porozite Su içeriği ve doygunluk derecesi Doğal birim hacim ağırlık, zeminlerin sıkışabilirliği, permeabilitesi, , geçirgenliği hakkında bilgi verilmeli veriler bu bilgilere göre yorumlanmalıdır.

### 10.1. Yerel Zemin Sınıflarının Belirlenmesi

Türkiye Bina deprem yönetmeliğine göre Yerel zemin sınıflarının tanımlanması için kayma dalgası hızı ( $V_s30$ ) verilmelidir ve buna göre belirlenmelidir.

Aşağıdaki parametreler için Uyanık (2015) yayını incelenebilir.

#### 10.2. $V_s(30)$

#### 10.3. Yanal ve Düşey yöndeki Zeminlerin Yoğunluklarının Belirlenmesi

#### 10.4. Sismik hızlardan suya doygunluğun belirlenmesi

#### 10.4. Zemin Hakim Titreşim Periyodu

#### 10.5. Zemin Büyütmesi

#### 10.6. Zeminin yatay yer ivmesi

#### 10.7. Zeminin Sıkışabilirliği ve Sıkıştırmanın Kalite Kontrolü

#### 10.8. Zemin Taşıma Gücü ve Oturma

#### 10.9. Düzeltilmiş Kayma Dalga hızına Bağlı Zeminin Sıvılaşma Analizi

## 11. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

### 11.1.. Kıyı Dolgunun Deprem Performansına Göre Sınıflaması

Bu bölümde sahada inşa edilecek/mevcut yapının;

- Taşıyıcı sistemi,
- Mimari projedeki boyutları (mimari kesitler ve ilgili planlar rapor ekinde verilmeli),
- Yoksa GPR (Jeoradar) dan elde edilen gömülü yapı kesitleri kullanılmalı
- Varsa diğer belirgin özellikleri veya farklılıkları, özel durumları,
- Yapının kullanım amacı
- Oturma alanı ve biliniyorsa toplam inşaat alanı,

- Oturum alanındaki en düşük ve en yüksek kotlar,
- Oturum alanındaki topoğrafik eğim,
- Bina Kullanım Sınıfı (BKS), Bina Önem Katsayısı, Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) vb.

açıklanmalıdır. Ayrıca vaziyet planı ve yeteri kadar temsili kesit çizimi de şekil olarak bu bölümde verilmelidir.

Deprem Risk analizine göre değerlendirilmelidir.

## 11.2. Kıyı Dolgunun Deprem Deformasyonu

Zeminlerde dalga yayılımını etkileyen dolayısıyla deprem yükleri altında zemin davranışını kontrol eden parametreler maksimum kayma modülü ( $G_{maks}$ ), titreşimlerin sönümlenme oranı ( $\xi$ ), Poisson oranı ( $\nu$ ) ve birim hacim ağırlığıdır ( $\gamma$ ). Bu parametrelerden, Poisson oranı ve birim hacim ağırlığın zemin davranışını etkileme derecesi önemli boyutta olmayıp, kayma modülü ve sönümlenme oranı deprem durumundaki zemin davranışını domine etmektedir. Küçük birim deformasyonlara karşıt gelen kayma modülü ( $G_{maks}$  [kN/m<sup>2</sup>]) doğrudan sismik etütler sonucu elde edilen kesme dalga hızı ( $V_s$  [m/sn]) değerinden Denklem 1.1 kullanılarak hesaplanır. Burada;  $\rho$ : zeminin yoğunluğu [ton/m<sup>3</sup>] olup Denklem 1.2 'den elde edilmektedir. Yoğunluk denklem 1.3 den bulunabilir.

$$G_{maks} = \rho V_s^2 \text{ (Denklem 1.1)}$$

$$\rho = \gamma (\text{kN/m}^3) / 9.807 \text{ (Denklem 1.2)}$$

$$\rho = 0.7(V_p V_s)^{0.08} \quad V_p \text{ ve } V_s \text{ m/s} \quad \rho \text{ gr/cm}^3 \text{ ya da ton/m}^3 \text{ olarak elde edilir.}$$

## 11.3. Kıyı Dolgular için Şişme Oturma

Taşıma gücü açısından uygun görülen yüzeysel temellerin, temel tabanından zemine aktarılan net yükler altındaki oturmaları bu bölümde belirlenmelidir. Belirlenen bu oturmalar değişik temel tipi ve yapılar için ulusal ve uluslararası şartnamelerde belirtilen izin verilebilir oturma limitleri ile karşılaştırılmalıdır. Bu karşılaştırma yapılırken, yapı kullanım koşullarından kaynaklı özel sınırlamalar da dikkate alınmalı, maksimum toplam ve farklı oturma değerleri yüzeysel temeller için izin verilen değerlerin altında olduğu gösterilmelidir.

Oturma analizlerinin sonuçlarına göre, temel taşıma gücü tasarım dayanımı ( $q_t$ ) değeri yeniden değerlendirilmeli ve gerekirse oturma kriterlerini sağlayacak şekilde düzenleme yapılmalıdır.

Kaya kütlelerinde oturma mekanizması, süreksizlik ve kaya malzemesinin özellikleri tarafından belirlenir. Elastisite eşitlikleri ile oturma hesaplanırken seçilen deformasyon modülünün kaya kütlelerini temsil ettiğinden emin olunmalıdır.

Yatak katsayısı jeofizik ölçümler sonucu elde edilen Elastik parametrelerden hesaplanmalıdır

## 11.4. Kıyı Dolgu yapıları için taşıma gücü hesabı

taşıma gücü analizleri yapılırken öncelikle sahadaki temel elemanı tipi (yerinde dökme betonarme fore kazık, prekast betonarme çakma kazık, prekast çelik kazık, betonla doldurulmuş çelik boru kazık, deplasman kazığı vb.) belirlenmelidir.

Mevcut temel elemanı için düşey (eksenel) ve yanal taşıma gücü analizleri hem statik hem de deprem durumu için; değerlendirilmelidir. Bunun için kazık yükleme testlerinden kuyu loğu ölçümlerinin sonuçları yorumlanmalıdır.

### **11.5.Kıyı Dolgu Yapıları Sıvılaşma ve İçin Yanal Yer Değiştirme**

Zemin sıvılaşması tekrarlı statik veya dinamik yükler altında boşluk suyu basıncındaki artış nedeniyle dayanım ve rijitlikte gözlenen aşırı düşüş olarak tanımlanmaktadır. Sıvılaşma sonrası taşıma gücü kapasitesinin azalması, yanal yayılma, akma yenilmeleri, aşırı oturmalar, dolgu/şev duraysızlıkları, kazık yanal ve düşey taşıma gücü kapasitelerinde azalma gerçekleşmektedir. Bu nedenle köprü/viyadük ayak temelleri, güzergah ve yaklaşım dolguları, yarmalar, dayanma yapıları gibi ulaşım yapılarında sıvılaşma/yumuşama potansiyelinin ve risk durumunda sonuçlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bir toprağın potansiyel sıvılaşma olup olmadığının saptanmasında sismik ve elektrik yöntemler birlikte kullanılmalıdır. Bu yöntemlerden oluşturulacak geoteknik kesitlerde sismik hız oranı ve özdirenç değerleri birlikte değerlendirilerek yeraltı su seviyesi belirlenecek. Ayrıca sahada yapılan sondajlardan elde edilecek toprak türleri özdirenç değerleri aracılığı ile yanal ve düşey yönde tüm çalışma alanı için tanımlanacak. Bu kesitlerde elde edilen düzeltilmiş kayma dalga hız değerinin  $V_{sc} < 250 \text{m/s}$  den küçük olan kesimler için  $V_s$  bağlı sıvılaşma analizi yapılması gereklidir. Kabaca kesitlerden  $V_s$  değeri 250 den küçük ve  $V_p/V_s$  değeri 3.5 den büyük ise sıvılaşma analizi yapılması gereklidir. Bu ön bilgiler zemin sıvılaşması için kaba tanıma (rekonesans) bilgilerdir

. Deprem etkisi altında sıvılaşma (veya kohezyonlu zeminlerde yumuşama) riskinin değerlendirilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımlar takip edilecektir:

- Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi
- Sıvılaşmanın tetiklendiği birimlerde kayma dayanımındaki azalmaların ve tasarıma etkilerinin ilgili dayanım/performans kriterleri ile değerlendirilmesi
- Sıvılaşmanın tetiklendiği birimlerde gelişen kayma ve hacimsel yerdeğiştirmeler ve tasarıma etkilerinin ilgili dayanım/performans kriterleri ile değerlendirilmesi

Yukarıdaki maddelere ek olarak akma yenilmesi ve yanal yayılma riskleri de değerlendirilecektir.

**Sıvılaşma değerlendirmelerinde ilgili yapının tasarım deprem yer hareketi düzeyi dikkate alınacaktır.**

## **12.DOĞAL AFET TEHLİKELERİ**

Bu bölümde raporun önceki bölümlerinde verilen tüm arazi ve laboratuvar çalışmaları ile analiz, literatür tarama vb. çalışmalar sonucunda çalışma alanının doğal afet tehlikeleri açısından değerlendirmesi yapılmalıdır.

## **13.SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ**

Bu bölümde inceleme alanını etkileyecek deprem kaynakları bu kaynaklarda olabilecek en büyük depremler, bu depremlerin yinleme aralıkları, doğurabileceği yer hareketinin büyüklüğü ve bu yer hareketlerinin ivme, hız, deplasman gibi mühendislik hesaplamalarında kullanılacak parametreler belirlenmelidir.

Belirli büyüklükteki bir depremin yinleme aralığının hesaplanması, en büyük yer ivmesi dönüş periyodu ile yer ivmesinin aşılma ihtimalinin belirlenmesi sismik tehlike analizlerinin konusunu oluşturur. Deprem tehlike analizlerinin amacı zeminin ve mühendislik yapılarının gelecekte maruz kalabileceği depremsel yükleme şartlarının (ivme, hız, deplasman) hesaplanmasıdır.

Deprem tehlike analizleri genellikle iki farklı yöntemle yapılmaktadır.

- 1)Deterministik yöntem
- 2)Olasılıksal (probilistik )yöntem

Her iki yöntemde de deprem kaynaklarında (diri ve gömülü faylar) meydana gelebilecek en büyük depremin büyüklüğü, magnitud (büyüklük), Şiddet veya en büyük yer ivmesi belirlendikten sonra analizlerde kullanılması gereken azalım (sönümlenme) ilişkilerinin jeofizik mühendislerince belirlenmesi gerekmektedir.

Herhangi bir boyutta deprem hesabı değil depremde açığa sismik dalgaların zamansal yayılım ve bunlara bağlı yer değiştirmeleri hesaplanabilir Sismolojide “deprem hesabı” farklı anlamlara gelebilir. Burada ne tür bir deprem hesabı yapılması gerektiği açıkça yazılmalıdır.

- Deprem konum hesabı,
- Deprem büyüklük hesabı
- Deprem dalga yayılım hesabı
- Deprem moment hesabı
- Deprem ivme hesabı
- Deprem dalga modellemesi hesabı

Depremin nesinin bir, iki veya üç boyutta hesabının yapılacağı ifade edilmelidir

Ayrıca, “akselorometrik verilere” yerine “ivme verilerine” dönüştürülmesi kullanılmalıdır. Buradaki diğer önemli bir husus ise deprem kayıtlarının ivme kayıtlarına dönüştürülmesi yerine doğrudan ivme kayıtlarının verilerini kullanmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

#### **14.SONUÇ VE ÖNERİLER**

Rapor içerisinde verilen tüm başlıkların genel bir sıralaması verilerek, varılan sonuçlar ile yapılan öneriler açık bir şekilde verilmelidir.

#### **15.RAPORU HAZIRLAYANA AİT BİLGİLER**

Raporun kim tarafından ne zaman hazırlandığı bilgileri verilmelidir.

#### **16.KAYNAKLAR**

Kullanılan hesaplamalar tablolar vs kaynak gösterilerek verilmelidir. Metin içerisinde belirtilen kaynaklar burada kaynak yazım kurallarına göre verilmelidir.

Not: Çalışmalar yapılırken konusunda uzman öğretim üyeleri danışman seçilmeli ve çalışmalar ve raporlar bu danışmanların gözetiminde yapılmalıdır. Bu üniversite sanayi işbirliğini geliştirecek aynı zamanda lisans ve lisansüstü öğrencilerin yetişmesinde katkı sağlayacaktır.