

T.C.
ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI
DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Dairesi Başkanlığı

J E O T E K N İ K E T Ü T
Ş A R T N A M E S İ



ANKARA 2007

İÇİNDEKİLER

JEOTEKNİK ETÜT ŞARTNAMESİ	6
1. GENEL HÜKÜMLER.....	6
1.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	6
1.2. TANIMLAR.....	6
1.2.1. Jeolojik Özellikler	6
1.2.2. Jeolojik Çalışmalar	6
1.2.3. Jeoteknik Özellikler.....	6
1.2.4. Jeoteknik Çalışmalar	7
1.2.5. Temel Araştırmaları	7
1.2.6. Arazi (In situ) Deneyleri (Kaya ve Zemin Mekaniği Çalışmaları)	7
1.2.7. Laboratuvar Deneyleri.....	7
1.2.8. Jeofizik Çalışmaları.....	7
1.2.9. Karst Hidrojeolojisi Çalışmaları.....	7
1.2.10. Güzergah Etüdü.....	7
1.2.11. Örtü Birimleri	7
1.2.12. Yardımcı Yapılar.....	8
1.2.13. Sanat Yapıları	8
1.2.14. Mühendis	8
1.2.15. İdare.....	8
1.3. STANDARTLAR	8
2. JEOTEKNİK ETÜT ÇALIŞMALARI	9
2.1. BÜRO ÇALIŞMALARI	9
2.2. ARAŞTIRMA PROGRAMI.....	9
2.3. ARAZİ ÇALIŞMALARI	10
2.4. RAPORLARIN SUNULMASI VE ONAYI.....	10
3. JEOTEKNİK ETÜT RAPOR YAZIMI.....	10
3.1. ÖZ.....	11
3.2. GİRİŞ.....	11
3.2.1. İncelemenin Amacı	11
3.2.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım	11
3.2.3. Veri Toplama.....	11
3.2.4. Projenin Özellikleri	11
3.3. GENEL JEOLojİ.....	11
3.3.1 Stratigrafik Jeoloji	11

3.3.2.	Yapısal Jeoloji	11
3.3.3.	Jeolojik Tarihçe	12
3.4.	HİDROJEOLOJİ	12
3.5.	EKONOMİK JEOLOJİ	12
3.6.	DOĞAL YAPI GEREÇLERİ	12
3.7.	DEPREMSELLİK.....	12
3.8.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	13
4.	JEOTEKNİK ETÜT AŞAMALARI	13
4.1.	GENEL.....	13
4.2.	JEOTEKNİK ETÜT AŞAMALARINDA YAPILACAK ORTAK ÇALIŞMALAR.....	13
4.2.1.	Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları	13
4.2.1.1.	Jeolojik ve Jeoteknik Haritalama	13
4.2.1.2.	Temel Araştırmaları	14
4.2.2.	Arazi (In situ) Deneyleri (Kaya ve Zemin Mekaniği Çalışmaları)	15
4.2.3.	Jeofizik Çalışmaları.....	15
4.2.4.	Karst Hidrojeolojisi Çalışmaları.....	15
4.3.	ÖN İNCELEME AŞAMASI.....	15
4.3.1.	Genel	15
4.3.2.	Baraj, gölet ve regülatör	16
4.3.2.1.	Göl alanının geçirimsizliği ve duraylılığı.....	16
4.3.2.2.	Jeolojik Koşulların Etkisi	16
4.3.3.	Yeraltı Yapıları.....	16
4.3.3.1.	Yeraltı yapı yerlerinin duraylılığı ve geçirimsizliği	16
4.3.3.2.	Jeolojik Koşulların Etkisi	17
4.3.4.	Kanal ve Sanat Yapıları.....	17
4.3.4.1.	Jeolojik Koşulların Yapı Yerlerine Etkisi	17
4.4.	PLANLAMA AŞAMASI	17
4.4.1.	Genel	17
4.4.2.	Baraj, Gölet ve Regülatör	17
4.4.1.1.	Jeolojik koşulların yapı yerlerine etkisi	18
4.4.1.1.1.	Baraj/Gölet/Regülatör yerinin geçirimsizliği	18
4.4.1.1.2.	Baraj/Gölet/Regülatör yerinin duraylılığı	18
4.4.1.1.3.	Göl alanının geçirimsizliği	18
4.4.1.1.4.	Göl alanının duraylılığı	19
4.4.1.1.5.	Diğer Yapı Yerleri.....	19
4.4.2.	Yer altı Yapıları.....	19
4.4.2.1.	Genel	19
4.4.2.2.	Jeolojik koşulların yeraltı yapı yerlerine etkisi	19
4.4.2.2.1.	Yeraltı yapı yeri ve güzergahının duraylılığı	19
4.4.2.2.2.	Yeraltı yapı yerinin geçirimsizliği.....	20

4.4.3.	Kanallar ve Sanat Yapıları	20
4.4.3.1	Genel	20
4.4.3.2.	Jeolojik koşulların yapı yerlerine etkisi	20
4.4.3.2.1.	Yapı yerinin duraylılığı	20
4.4.3.2.2.	Yapı yerlerinin geçirimsizliği	20
4.5.	KESİN PROJE AŞAMASI.....	20
4.6.	UYGULAMA AŞAMASI	21
4.7.	UYGULAMA SONU	21
5.	JEOTEKNİK ETÜT RAPOR DÜZENİ	21
5.1.	ÖN İNCELEME AŞAMASI.....	21
5.2.	PLANLAMA/KESİN PROJE AŞAMASI.....	22
5.3.	UYGULAMA AŞAMASI	24
6.	EK-A : RAPOR YAZIM KILAVUZU	25
6.1.	RAPOR YAZIM KURALLARI	25
6.2.	RAPOR EKLERİ	26
7.	EK-B : ARAZİ (IN SITU) DENEYLERİ (KAYA VE ZEMİN MEKANİĞİ ÇALIŞMALARI)	27
7.1.	GENEL.....	27
7.2.	ARAZİ DENEYLERİ	31
7.2.1.	Giriş.....	31
7.2.2.	Zemin Mekanik Yerde Deneyleri.....	32
7.2.2.1.	Presiyometre Deneyi	32
7.2.2.2.	Plaka Yükleme Deneyi.....	32
7.2.2.3.	Standart Penetrasyon (SPT) Deneyi	33
7.2.2.4.	Konik Penetrasyon Deneyi (CPT).....	33
7.2.2.5.	Dinamik Penetrasyon Deneyi	34
7.2.2.6.	Kanatlı Kesici Deneyi	34
7.2.2.7.	İnklinometre Deneyi.....	34
7.2.2.8.	Piezometre Deneyi (Boşluk Suyu Basınç Ölçerler)	35
7.2.3.	Kaya Mekanik Yerde Deneyleri.....	35
7.2.3.1.	Hidrolik Kriko Deneyi	35
7.2.3.2.	Yassıveren Deneyi.....	36
7.2.3.3.	Dilatometre Deneyi	36
7.2.3.3.1.	Rocha Dilatometresi	36
7.2.3.3.2.	Goodman Dilatometresi	36
7.2.3.4.	Kesme Deneyi	37
7.2.3.5.	Gerilme Ölçüm Deneyleri	38

7.2.3.5.1.	Fotoelastisite Deneyi	38
7.2.3.5.2.	Deformasyonun Geriye İtilmesi Metodu.....	38
7.2.3.5.3.	Hidrolik Kırıklama Deneyi.....	38
7.2.3.6.	Zamana Bağlı Deformasyon Ölçümleri	38
7.2.3.6.1.	Ekstansometre Ölçüm Cihazları	39
7.2.3.6.2.	Konverjans Ölçüm Cihazları	39
7.2.3.7.	Nokta Yükleme Deneyi	39
7.2.3.8.	Kaya Sınıflama Çekici	40
7.2.3.9.	Makaslama Deneyi	40
8.	EK-C : LABORATUVAR DENEYLERİ	40
8.1.	GİRİŞ.....	40
8.2.	Örnek Miktarları.....	40
8.3.	Örneklerin Alınması ve Paketlenmesi	41
8.4.	Örnekler Üzerinde Yapılacak Laboratuvar Deneyleri.....	42
8.4.1.	Taneli Zeminler	42
8.4.1.1.	Kohezyonlu Zeminler	42
8.4.1.1.1.	Tanımlama Deneyleri	42
8.4.1.1.2.	Permeabilite Deneyleri	42
8.4.1.1.3.	Hassaslık Deneyleri (Bünyesel)	42
8.4.1.1.4.	Mukavemet Deneyleri	42
8.4.1.1.5.	Şişme Deneyleri	42
8.4.1.1.6.	Hacimsel Sıkışma Deneyleri	42
8.4.1.1.7.	Konsolidasyon Deneyleri	42
8.4.1.2.	Kohezyonsuz Zeminler	42
8.4.1.2.1.	Tanımlama Deneyleri	42
8.4.1.2.2.	Permeabilite Deneyleri	43
8.4.1.2.3.	Stabilite Deneyleri	43
8.4.1.2.4.	Mukavemet Deneyleri	43
8.4.2.	Kaya Zeminler	43
8.4.2.1.	Tanımlama Deneyleri	43
8.4.2.2.	Permeabilite Deneyleri	43
8.4.2.3.	Mukavemet Deneyleri	43
8.4.2.4.	Oturma Deneyleri	44
8.4.2.5.	Şişme Deneyleri	44
9.	EK-D : JEOFİZİK ÇALIŞMALAR.....	44
9.1.	KAPSAM.....	44
9.2.	JEOFİZİK ÇALIŞMALAR	45
9.2.1	Elektriki öz direnç (rezistivite).....	45
9.2.2.	Sismik rekraksiyon (kırılma) ve refleksiyon (yansıma).....	45
9.2.3.	Emniyetli patlayıcı madde miktarlarının belirlenmesi	45
9.2.4.	Deprem parametrelerinin belirlenmesi (Deprem Risk Analizi)	46
9.2.5.	Jeofizik kuyu logları.....	46

9.2.6.	Diğer Çalışmalar	46
10.	EK-E : KARST HİDROJEOLJİSİ ÇALIŞMALARI.....	46
10.1.	AMAÇ	46
10.1.	KAPSAM.....	47
10.2.1.	Karst hidrojeolojik etütleri	47
10.2.2.	Jeofizik etütler	47
10.2.3.	Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri.....	47
10.2.4.	Temel araştırma kuyuları	47
10.2.5.	Hidrolojik ve topoğrafik çalışmalar	48
10.2.6.	Su kimyası çalışmaları, izleme deneyi ve izotop analizi.....	48
10.3.	RAPOR.....	48
10.3.1.	Öz	48
10.3.2.	Giriş.....	48
10.3.4.1.	Karbonatlı Kayaçlar ve Karstik Oluşumlar	48
10.3.4.2.	İklim	49
10.3.4.3.	Su Noktaları.....	49
10.3.4.3.1.	Akarsular	49
10.3.4.3.2.	Kaynaklar	49
10.3.4.3.3.	Göller ve Bataklıklar	50
10.3.4.3.4.	Temel araştırma ve su kuyuları	50
10.3.4.4.	Hidrolojik Korelasyon ve Değerlendirmeler.....	50
10.3.4.4.1.	Yağış-Yeraltısuyu Seviye Değişimleri.....	50
10.3.4.4.2.	Yağış-Kaynak Akımları Değişimleri	50
10.3.4.4.3.	Kaynak Akımları Analizi ve Değerlendirmeler	51
10.3.4.5.	Karstik Sistemin Hidrolik Özellikleri	51
10.3.4.6.	Su Kimyası	51
10.3.4.7.	Yeraltısuyu İzleme Deneyleri.....	52
10.3.4.8.	İzotop Analizleri.....	52
10.3.5.	Karstik Sistemde Yeraltısuyu Dolaşımı	52
10.3.5.1.	Doğal Koşullardaki Dolaşım	52
10.3.5.2.	Su Tutma Sonrası Dolaşım ve Olası Su Kaçakları.....	52
10.3.6.	Karstik Sistemin Kirlenmesi	53
10.3.7.	Sonuç ve Öneriler.....	53
10.3.7.1.	Sonuçlar.....	53
10.3.7.2.	Öneriler.....	53
10.3.8.	Yararlanılan Kaynaklar	53
10.3.9.	Karst Etüdü Rapor Düzeni	53

JEOTEKNİK ETÜT ŞARTNAMESİ

1. GENEL HÜKÜMLER

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından planlanan, projelendirilen, inşaatı devam eden, kontrollüğü ve danışmanlığı yapılan baraj, gölet, HES, regülatör, pompa istasyonu, arıtma tesisi, kanal, tünel, cebri boru ve benzeri tüm su yapılarının jeoteknik etütleri yapılacak, elde edilen bilgi ve veriler ışığında projenin yapılmasına yönelik jeolojik ve jeoteknik özellikler belirlenecek ve raporlar hazırlanacaktır.

Bu amaçla;

- proje taslakları incelenecek,
- proje alanında saha ön etütleri yapılacak,
- etüt aşamasına göre araştırma programı hazırlanacak ve onaylanacak,
- onaylanan araştırma programına uygun olarak proje alanında ayrıntılı jeolojik ve jeoteknik etütler planlanacak ve yapılacak,
- elde edilen sonuçlar değerlendirilerek rapor haline getirilecektir.

1.2. TANIMLAR

1.2.1. Jeolojik Özellikler

Jeolojik yapıyı oluşturan formasyonların cinsi, mineralojik bileşimi, dokusu, ayrışma durumu;; birbirleriyle ilişkileri, kütleli hareketleri, konumları ve yaşı; tabaka, kıvrım, eklem, çatlak, fay gibi süreksizlik özellikleridir.

1.2.2. Jeolojik Çalışmalar

Su yapı yerlerinin jeolojik özelliklerini ortaya çıkarmak ve haritalamak amacıyla yapılan tüm çalışmalardır.

1.2.3. Jeoteknik Özellikler

Jeolojik birimlerin şişme, çökme, konsolidasyon, ani oturma, farklı oturma, taşıma gücü, enjekte edilebilme, kazılabilme/kazı sınıfı, delinebilme, sertlik, aşınma, porozite, geçirimsizlik, deformasyon ve young modülü, poisson oranı, kayma parametreleri, kohezyon, içsel sürtünme açısı, dayanım parametreleri, yük altında elastik/plastik davranış, akma vb tanımlama ve mühendislik özellikleridir.

1.2.4. Jeoteknik Çalışmalar

Su yapı yerlerinin jeoteknik özelliklerini ortaya çıkarmak ve jeolojik-jeoteknik haritasını yapmak amacıyla yapılan mühendislik jeolojisi, yerinde deneyler, jeofizik vb tüm çalışmalardır.

1.2.5. Temel Araştırmaları

Temel araştırma kuyusu, araştırma galerisi/şaftı/yarması/çukuru, deneme enjeksiyonu, aktif fay çalışmaları, yerinde deneyler vb araştırmalardır.

1.2.6. Arazi (In situ) Deneyleri (Kaya ve Zemin Mekanik Çalışmaları)

Arazide yerinde yapılan, EK-B ile “Delgi ve Enjeksiyon Genel Teknik Şartnamesi”nde verilen deneylerdir. Deneylerin cinsi, yeri, adedi ve özellikleri jeoteknik etüt aşamasına, proje özelliklerine, jeolojik koşullara ve amaca göre belirlenecektir.

1.2.7. Laboratuvar Deneyleri

Temel araştırma kuyusu, araştırma galerisi/şaftı/yarması/çukuru veya araziden alınan örnekler üzerinde yapılan ve EK-C de verilen deneylerdir. Deneylerin cinsi, yeri, adedi ve özellikleri jeoteknik etüt aşamasına, proje özelliklerine, jeolojik koşullara ve amaca göre belirlenecektir.

1.2.8. Jeofizik Çalışmaları

Temel araştırma kuyusu, araştırma galerisi veya arazide yapılan EK-D’de verilen çalışmalardır. Çalışmaların cinsi, yeri, adedi ve özellikleri jeoteknik etüt aşamasına, jeolojik koşullara ve amaca göre belirlenecektir.

1.2.9. Karst Hidrojeolojisi Çalışmaları

Temel araştırma kuyusu, araştırma galerisi veya arazide yapılan EK-E’de verilen çalışmalarıdır. Çalışmaların cinsi, yeri, adedi ve özellikleri jeoteknik etüt aşamasına, jeolojik koşullara ve amaca göre belirlenecektir.

1.2.10. Güzergah Etüdü

Etüt çalışmaları tünel, galeri, kanal, cebri boru gibi yapılarda güzergahın 500’er m sağ ve solunda olmak üzere toplam 1000 m genişliğinde bir alanı kapsayacaktır. Jeolojik koşulların gerektirdiği durumlarda bu alan genişletilecektir.

1.2.11. Örtü Birimleri

Bitkisel toprak, yamaç molozu, alüvyon, birikinti konisi, kolüvyal malzeme, rezidüel zemin vb zemin türleridir.

1.2.12. Yardımcı Yapılar

Dolusavak, derivasyon tüneli, su alma yapısı, dipsavak, batardo, yükleme havuzu, vana odası, cebri boru, santral, şalt sahası, giriş ve çıkış yapısı vb yardımcı yapılardır.

1.2.13. Sanat Yapıları

Sulama projelerinde regülatör, çökeltim havuzu, su alma yapısı, sifon, alt ve üst sel geçidi, pompa binası, köprü, akedük vb yapılardır.

1.2.14. Mühendis

Jeoteknik etüdün planlanması ve gerçekleştirilmesi, arazi ve laboratuvar deneylerinin denetlenmesi, etüt sonuçlarından proje için gerekli verilerin değerlendirilerek proje mühendisine sunulması, jeoteknik etüt raporunun hazırlanması jeoteknik ve su yapıları konusunda en az 5 yıl deneyimli jeoloji mühendisi tarafından yapılacaktır.

Jeofizik etütlerin yapılması, değerlendirilmesi ve raporunun hazırlanması en az 5 yıl deneyimli jeofizik mühendisi tarafından yapılacaktır.

Karst etütlerin yapılması, değerlendirilmesi ve raporunun hazırlanması en az 5 yıl deneyimli jeoloji veya hidrojeoloji mühendisi tarafından yapılacaktır.

Etüt ve proje aşamalarında jeoteknik etüdü yapan jeoloji mühendisi; proje mühendisi, sondaj mühendisi, hidrojeoloji mühendisi, jeofizik mühendisi ve maden mühendisi gibi projeye ilgili mühendislerle eşgüdüm içinde çalışacaktır.

1.2.15. İdare

İhaleyi yapan kurum ve/veya kuruluşur.

1.3. STANDARTLAR

Jeoteknik etütlerde aşağıda verilen ulusal ve uluslararası standartlar kullanılacaktır.

- TS 2756-0 ISO 2859-0 Muayene ve Deney İçin Örnek Alma Metotları
- TS 8853 Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metotları
- TS 1900 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri
- TS 7994 Zemin Dayanma Yapıları; Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Esasları
- TS 5744 İnşaat Mühendisliğinde Temel Zemini Özelliklerinin Yerinde Ölçümü
- TS 5962 Zemin ve Kaya Mekaniği-Terimler ve Semboller-Jeolojide ve Madencilikte Kullanılan

- TS 6167 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri: Kimyevi Deneyler-Kalsiyum Karbonat Muhtevasının Bulunması
- TS 6168 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri: Kimyevi Deneyler-Zemin Boşluk Suyu ve Yeraltı Suyunda Çözülmüş Tuz Muhtevasının Bulunması
- TS 6169 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri: Kimyevi Deneyler-Organik Madde Miktarının Bulunması
- TS 6170 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri: Kimyevi Deneyler Zeminin Toplam Sülfat Muhtevasının Tayini
- TS 2328 Pigmentler ve Dolgu Maddeleri İçin Genel Deney Metotları - Kısım 11: Sıkıştırılmış Hacmin ve Sıkıştırma İşleminden Sonra Görünür Yoğunluğun Tayini
- TS 1500 İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması
- TS EN 1537 Özel Jeoteknik Uygulamalar- Zemin Ankrajları
- TS EN ISO 14688-1 (İngilizce metin) Geoteknik Mühendisliği-Zeminlerin Tanımlanması ve Sınıflandırılması - Bölüm 1: Tanımlama ve Tarif (ISO/F DIS 14688-1:2002)

ASTM : Amerikan Test ve Malzeme Derneği

USBR : Birleşik Devletler Su İdaresi Bürosu

BS : İngiliz Standartları

DIN : Alman Enstitü Normları

API : Amerikan Petrol Enstitüsü

2. JEOTEKNİK ETÜT ÇALIŞMALARI

2.1. BÜRO ÇALIŞMALARI

Proje alanına ilişkin topoğrafik ve jeolojik haritalar, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, Yeraltısuyu ve her türlü temel araştırma verisi, deprem kayıtları ile yapı gereçleri, maden işletmesi, eski yeraltı yapıları gibi yerlere ilişkin belge, yayın ve raporlar temin edilip incelenecektir.

2.2. ARAŞTIRMA PROGRAMI

Jeoteknik etüt aşamasına göre bir su yapısı yerinin araştırma programında;

- jeolojik ve jeoteknik harita alımı,

- temel araştırma kuyusu/galerisi/tüneli/şaftı/yarması/çukuru yeri, boyutu, açılış şekli, derinlikleri, adedi, yapılış şekli, deneme enjeksiyonu,
- arazi (in situ) deneylerinin cinsi, yeri, adedi, yapılış şekli,
- laboratuvar deneylerinin cinsi,
- galeri içi haritalama,
- jeofizik çalışmalar,
- karst hidrojeolojisi çalışmaları
- uyulacak yönerge, şartname, standart vb yer alacaktır.

Araştırma programında belirtilen çalışmaların amaçları ayrıntılı olarak anlatılacak, yerleri harita ve kesitler üzerinde gösterilecektir. Etüdün amacına uygun olarak hazırlanacak araştırma programı (sondaj/araştırma çukuru veya yarması/çukuru/galerisi ve deneme enjeksiyonu vb talimatı) İdare tarafından onaylandıktan sonra uygulamaya konulacaktır. Araştırma programında yapılacak çalışmaların kapsamına ilgili jeoloji mühendisi tarafından karar verilecektir.

2.3. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Araştırma programında belirtilen arazi çalışmaları talimatına ve şartnamelere uygun olarak yapılacaktır. Temel sondajlarla ilgili hususlarda DSİ Delgi ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi, diğer hususlarda idarece onaylanan genel ve özel şartnamelere uyulacaktır.

2.4. RAPORLARIN SUNULMASI VE ONAYI

Jeoteknik Etüt Raporu; her aşama için, arazi çalışmalarının tamamlanmasından sonra, Jeoteknik Etüt Şartnamesi ve özel şartnamelere uygun olarak hazırlanarak idarenin onayına sunulacaktır. Rapor içinde bahsi geçen teknik konulara atıf yapılacak, kullanılan bilgisayar programlarının adları ve çıktıları raporda belirtilecektir. Rapor ve ilgili ekleri, bilgisayar ortamında, yaygın kullanılan ve diğer ortamlara dönüşümü mümkün olacak çalışma sayfası biçimlerinden birine uygun olarak şifresiz ve kilitsiz durumda CD üzerine kaydedilerek idareye verilecektir. Raporlar idarece tasdik edildikten sonra geçerli olacaktır.

3. JEOTEKNİK ETÜT RAPOR YAZIMI

Jeoteknik etütlerin tamamlanması ve laboratuvar sonuçlarının alınmasından sonra her aşama için şartnamedeki içeriğe uygun olarak EK-A da verilen yazım kuralları çerçevesinde jeoteknik etüt raporları yazılacaktır.

Jeoteknik raporda bulunması gereken konular aşağıda verilen ortak başlıklar altında değerlendirilecektir.

3.1. 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.

3.2. GİRİŞ

3.2.1. İncelemenin Amacı

Projenin ve incelemenin amacı kısaca anlatılarak çalışmaların yapıldığı tarih belirtilecektir.

3.2.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım

İnceleme alanının yeri ve ulaşım olanakları açıklanacaktır. Bu bölüme yer bulduru haritası eklenecektir.

3.2.3. Veri Toplama

İncelemeler sırasında yararlanılan tüm veriler (bölgesel jeolojik haritalar, yayınlar, ve raporlar hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, yeraltısuyu verileri, bölgede daha önce açılmış sondaj kuyu logları, tünel, maden, yapı gereci ocakları ve işletmesi vb) belirtilecektir.

3.2.4. Projenin Özellikleri

Münferit raporlarda projeye ilişkin karakteristikler yazılacaktır. Jeoteknik rapor, proje karakteristiklerinin içinde yer aldığı genel bir raporun ayrı bir bölümünü oluşturuyorsa karakteristikler tekrar yazılmayacaktır.

3.3. GENEL JEOLJİ

3.3.1 Stratigrafik Jeoloji

Proje alanındaki sedimanter, magmatik ve metamorfik kayalar ayrı ayrı alt bölümler halinde anlatılacaktır. Her alt bölümde anlatıma en yaşlı kayadan başlanacak ve birimlerin jeolojik özellikleri belirtilecektir. Proje alanına ilişkin genelleştirilmiş stratigrafik kesit konacak; birimlerin isimlendirilmesi, stratigrafik adlandırma kurallarına uygun olacaktır.

Jeoteknik etüdün aşamasına göre anlatım; baraj yeri, göl alanı gibi yapı yerlerini ve çevresini kapsayacak, gerektiğinde jeolojik koşullara bağlı olarak sorunları açıklığa kavuşturacak kadar genişletilecektir.

3.3.2. Yapısal Jeoloji

Proje alanının yapısal özellikleri (tektonik hatlar, fay, tabakalanma, eklem, şistozite, kıvrım vb) hakkında bilgi verilecek; tabaka, eklem, kıvrım, fay gibi tüm süreksizlikler ayrıntılı olarak açıklanacak, birimlerin birbirleri ile olan yapısal ilişkileri (diskordans, konkordans, bindirme vb) anlatılacak, aktif fay var ise özellikleri, mekanizması ve deprem odağı olup olmadığı araştırılarak yapı yerlerine etkisi değerlendirilecektir.

3.3.3. Jeolojik Tarihçe

Proje alanının içinde yer aldığı geniş ölçekli bölgedeki yer kabuğu hareketleri, stratigrafik ilişki göz önünde bulundurularak kronolojik bir düzen içerisinde açıklanacaktır.

3.4. HİDROJEOLOJİ

Baraj ve gölet yerlerinde yamaçlardaki Yeraltısuyu seviyesi ve mevsimsel değişimi ile akarsuyun ilişkisi araştırılarak, akarsuyun yamaçları beslemesi durumunda bunun nedeni kesin olarak ortaya konulacaktır. Jeolojik formasyonların su iletim özellikleri değerlendirilecektir.

Yeraltısuyu durumu ile yerüstü suları hakkında bilgi verilerek proje alanı ve çevresine ilişkin her türlü kuyu, kaynak ve akım gözlem istasyonu gözleme alınarak yeri, kotu, debileri belirtilecektir. Yerüstü sularının debisi ölçülecek, örnekler alınarak fiziksel/kimyasal ve gerekli durumlarda izotop analizleri yaptırılacaktır.

Proje alanının jeolojik yapısı karstik yönden incelenerek eriyebilen kayalardaki su batan, su çıkan gibi karstik morfoloji şekilleri jeolojik haritaya işaretlenecektir.

Bu çalışmalarda DSİ Hidrojeoloji Etüt Şartnamesi kullanılacak ve EK-E 'de verilen Karst Hidrojeolojisi Çalışmaları'ndan faydalanılacaktır.

3.5. EKONOMİK JEOLOJİ

Proje alanı içinde kalan, projenin tamamlanmasından sonra işletilmesi olanaksız hale gelecek olan ve ekonomik değer taşıyan maden, hammadde gibi yeraltı ve yerüstü zenginliklerine ilişkin, rezerv ve ekonomik değer yönünden bilimsel verilere dayalı bilgi verilecektir.

3.6. DOĞAL YAPI GEREÇLERİ

Doğal yapı gereçleri çalışmaları ayrı bir rapor olarak hazırlanacaktır. Jeoteknik Etüt Raporlarında yapı malzemelerinin cins, miktar, lokasyon, taşıma mesafesi ve yol durumu hakkında özet bilgiler verilecektir. Rapor eklerinde bu bilgileri içeren yer bulduru haritası konulacaktır.

Bu çalışmalarda DSİ Doğal Yapı Gereçleri Teknik Şartnamesi kullanılacaktır.

3.7. DEPREMSELLİK

Proje alanının içinde bulunduğu deprem bölgesine ilişkin aletsel ve aletsel olmayan verilere dayanan deprem değerlendirmeleri yapılarak deprem yönünden etkin faylar incelenecektir. Bu amaçla DSİ ve diğer kuruluşların (İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Kandilli Rasathanesi, İÜFF ve İTÜ'nün Sismoloji Enstitüleri vb) çalışmalarından ve yayınlarından yararlanılacaktır. Planlama ve kesin proje aşamalarında proje alanına ilişkin deprem risk analizi yapılarak değerlendirmelerde ilgili yönetmelikler göz önünde bulundurulacaktır.

3.8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elde edilen veriler ışığında; yapı yerleri ve göl alanındaki jeolojik ve jeoteknik özellikler değerlendirilecek, alınması gerekli önlemler ile varsa bir sonraki etüt aşamasında yapılması gereken çalışmalar belirtilecektir.

4. JEOTEKNİK ETÜT AŞAMALARI

4.1. GENEL

Jeoteknik etütler sırasıyla Ön İnceleme, Planlama, Kesin Proje, Uygulama ve Uygulama Sonu aşamalarından oluşacaktır. Her aşamada yapılacak arazi ve büro çalışmalarından sonra aşamasına uygun olarak ve bu şartnamede tanımlanan standartlarda jeoteknik rapor yazılarak İdare'ye sunulacaktır.

Her aşamadaki raporda 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası bulunacak, yapı yerlerinin 1/1000; kanal, tünel ve cebri boru güzergahlarının 1/5000, göl alanının 1/25000 ve/veya 1/5000 veya daha büyük ölçekli jeolojik haritaları verilecektir.

Jeoteknik etütlerin kapsamı, yapımı düşünülen su yapısının özelliklerine ve etüt aşamasına göre planlanacaktır. Herhangi bir aşamada yapı yerlerinin değişmesi veya ek önlemler alınması gerekirse İdare'nin onayı ile ek etütler yapılacaktır.

4.2. JEOTEKNİK ETÜT AŞAMALARINDA YAPILACAK ORTAK ÇALIŞMALAR

4.2.1. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

4.2.1.1. Jeolojik ve Jeoteknik Haritalama

Jeolojik ve jeoteknik harita yapımında jeolog pusulası, altimetre, GPS, hava fotoğrafı, uydu görüntüsü gibi alet ve belgeler kullanılacaktır. Yapı yerlerinde yer alan örtü birimlerinin ve temel kayasının cinsi, konumu, yayılımı, jeolojik ve jeoteknik özellikleri, kütle hareketleri, kaynaklar vb haritaya işlenecektir. Formasyonların jeolojik ve jeoteknik özellikleri, birbirine göre konumları, vadi tabanındaki alüvyonun kalınlığı belirlenecek ve elde edilen tüm verilere göre jeolojik kesitler hazırlanacaktır.

Göl alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası yapılarak başka havzalara su kaçağı olup olmayacağı araştırılacaktır. Su kaçağı olabilecek bölgeler bulunması durumunda emniyet ve ekonomi sınırları içerisinde alınması gereken önlemler tespit edilecektir. Su kaçakları olma olasılığı bulunan biriktirmeli yapılarda (baraj/gölet/regülatör yerleri ve göl alanlarında) çevre jeolojisi çalışılacaktır. Bu çalışmada yan havzalar ve mansap ile olabilecek olası bağlantılar araştırılacak, göl alanından başka bir vadiye veya havzaya su kaçağı olup olmayacağı kesin olarak ortaya konulacaktır. Planlama ve kesin proje aşamasında gereken yerlerde temel araştırmaları yapılacaktır. Göl alanında yer alan jeolojik formasyonların ayrışma durumu,

erime veya şişme özelliği, erozyona karşı dayanıklılığı, eski, aktif ve potansiyel kütle hareketleri (heyelan, akma, krip, devrilme vb) geometrisi, tipi ve boyutları, göl seviyesindeki değişimler sonucu ortaya çıkabilecek olumsuzluklar incelenecektir. Göl alanında tuzlu ve jipsli formasyonların suyun kalitesine etkisi, maden ocakları, tarihi eserler ve kaynaklar belirlenecektir.

Temel araştırmalarının yerleri (temel sondaj, araştırma galerisi/şaftı/yarması/çukuru, deneme enjeksiyonu vb) jeolojik ve jeoteknik haritalama sonunda belirlenecek ve yerleri tüm etüt aşamalarında 1/1000 veya daha büyük ölçekli, tünel/galeri güzergahında 1/1000 - 1/5000 ölçekli haritalar üzerinde gösterilecektir.

4.2.1.2. Temel Araştırmaları

Yapı yerlerinde, kaya ve zeminlerin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla temel araştırmaları yapılacak ve jeolojik formasyonların stratigrafik ve mekanik özellikleri, süreksizlik sistemleri, Yeraltısuyu durumu, kazılabilme, sökülebilmeye ve iyileştirme özelliklerine açıklık getirecek, araştırma programlarında belirtilen çalışmalar yapılacaktır.

Temel araştırmaları;

- kuyu,
- galeri/tünel/şaft,
- çukur/yarma

yardımla yapılacak; yer, konum, adet ve boyutları yapı özelliklerine ve jeolojik koşullara göre belirlenecektir.

Temel araştırmalarında yapılacak deney, ölçüm ve gözlemler yeraltı yapısı tavan kazı kotunun en az 3B yukarısı ve taban kazı kotunun 2B (B=Tünel çapı veya yer altı yapısı genişliği) altını kapsayacak şekilde yapılacaktır. Jeolojik koşulların gerektirdiği durumlarda bu derinlikler artırılacaktır.

Araştırma galeri/şaft/tünel/çukur ve yarma boyutları, en az 2 x 2 metre boyutunda olmak koşuluyla, proje ve araştırmanın amacı ile yerinde yapılacak deneylere göre belirlenecek, jeoloji ve jeoteknik açılım haritaları yapılacak, araştırma programında belirtildiği veya yerinde belirlendiği şekilde laboratuvar örnekleri alınacak, yeraltısuyu ve gaz durumu araştırılarak yapım aşamasında kazıya/aynaya gelebilecek su miktarı saptanacaktır.

Yeraltısuyunun mevcut olup olmadığı, varsa rezervi ve özellikleri temel araştırma kuyuları ile araştırılacak, Yeraltısuyu seviyesi periyodik olarak ölçülecektir. Kaya ve zeminin geçirimsizlik özellikleri basınçlı (BST) ve basınçsız su deneyleri ile araştırılacaktır.

Sondajların açılması, deneylerin yapılması ve örnek alımı, DSİ Delgi ve Enjeksiyon Genel Teknik Şartnamesi, EK-B ve EK-C'ye uygun olarak yapılacak ve temel sondajların açılmasından sonra sondaj raporu hazırlanacaktır.

4.2.2. Arazi (In situ) Deneyleri (Kaya ve Zemin Mekanîği Çalışmaları)

Yapıların temel-kaya veya temel-zemin etkileşimi ile yamaç ve şev duraylılığının irdelenmesinde kullanılacak kaya veya zemin parametrelerinin yerinde tayini amacıyla yapılacak çalışmalar EK-B de verilmiştir.

Yapı yerleri ve göl alanının jeoteknik özelliklerini ortaya koymak amacıyla uygun arazi (in situ) ve laboratuvar deneyleri yapılacaktır. Kayaç ve zeminlerin tanımlama, fiziksel-mühendislik-mukavemet parametreleri, gerilme, deformasyon ve zaman ilişkileri kaya ve zemin mekaniği ilkeleri çerçevesinde değerlendirilecek, özellikle zeminlerde taşıma gücü, oturma-farklı oturma, kütle hareketleri gibi duraylılık sorunları ayrıntılı olarak belirtilecek, kayma-yamaç duraylılık analizleri yapılacaktır.

Projeye esas olacak yükler ile taşıma gücü ve oturma (ani-konsolidasyon)-farklı oturma hesapları yapılarak emniyetli taşıma gücü verilecek, temel ve yamaçlarda duraysızlıklara karşı gerekli iyileştirme önlemleri belirtilecektir.

4.2.3. Jeofizik Çalışmaları

Yapıların temel-kaya veya zeminlerinin dinamik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılacak çalışmalar EK-D de verilmiştir.

Planlama ve kesin proje aşamalarında yapı yerlerinin sismik risk analizi yapılacaktır.

4.2.4. Karst Hidrojeolojisi Çalışmaları

Yapı yerleri ve göl alanındaki kayaçların geçirimsizlik yönünden incelenmesi amacıyla yapılacak çalışmalar EK-E'de verilmiştir.

Birimlerin hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri incelenmesi, göl alanından diğer vadilere veya havzalara kaçak olup olmayacağı, karbonatlı kayaçların yayılımı, karstik oluşum şekilleri (mağara, düden, dolin vb), birbirleri ile ilişkileri; mevcut kaynakların oluşumu, karstik sistemdeki su tutma öncesi ve sonrası Yeraltısuyu durumunun belirlenmesi için arazi çalışmaları deneyleri yapılacaktır.

4.3. ÖN İNCELEME AŞAMASI

4.3.1. Genel

Ön inceleme aşamasında büro çalışmasına başlamadan önce proje ile ilgili mühendislerin katıldığı arazi gezisi yapılacaktır. Arazi gezisinde, 1/25000 ölçekli haritalar üzerinde belirlenen yapı yerleri; topoğrafik, jeolojik ve su olanakları yönünden incelenecek ve uygun görülenler "Ön İnceleme Çalışma Programı"na alınacaktır.

Yüzey jeolojisi verilerine göre jeolojik koşullar değerlendirilerek projenin planlama aşaması programına alınıp alınmayacağı kesin olarak belirlenecektir. Jeolojik yönden kesinlikle olumsuz olarak değerlendirilen yerler iptal edilecek veya alternatifler önerilecektir.

Proje alanının 1/25000 veya daha büyük ölçekli jeoloji haritası yapılacak, kesitleri hazırlanacaktır. Bu aşamanın sonunda, jeolojik ve jeoteknik koşullar ile yapı gereçleri olanakları değerlendirilerek yapı tipinin seçimini sağlayacak önerilerde bulunulacak, ayrıca, planlama aşamasında yapılması gerekli görülen araştırma programı önerilecektir.

4.3.2. Baraj, gölet ve regülatör

Baraj, gölet ve regülatör ve yardımcı yapı yerlerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenecek, yüzey jeolojisi verilerine göre duraylılık ve su kaçağı olup olmayacağı değerlendirilecek ve mevcut verilere göre uygun yapı yerleri önerilecektir.

4.3.2.1. Göl alanının geçirimsizliği ve duraylılığı

Göl alanındaki kayaçların jeoteknik özellikleri ile göl alanından diğer vadilere veya havzalara kaçak olup olmayacağı ve eski, aktif ve potansiyel heyelanlar belirlenecektir.

4.3.2.2. Jeolojik Koşulların Etkisi

Baraj, gölet, regülatör ve yardımcı yapı yerleri ile göl alanındaki jeolojik koşulların projeye olabilecek etkileri irdelenerek;

- baraj yerinin planlama aşamasına alınıp alınmaması değerlendirilecektir.
- yapı gereci olanaklarına göre yapı tipi konusunda görüş bildirilecek ve yapı yerleri önerilecektir.
- olası su kaçağı yerleri, kütle hareketlerinin boyutları ve yapılara olası etkilerine göre planlama aşamasında yapılması gerekli görülen araştırma programı önerilecektir.

4.3.3. Yeraltı Yapıları

Yeraltı yapı yerinde (tünel, galeri, shaft, yeraltı santral vb) yer alan birimlerin jeolojik-jeoteknik özellikleri, yeraltı kazısına olabilecek etkisi, yeraltı kazısının ve giriş/çıkış ağzlarının duraylılığı ve destek gerekip gerekmediği vb olası sorunlar araştırılacaktır. Kazı yöntemi, yaklaşım, havalandırma ve araştırma galerileri ile yardımcı yapı yerleri ve planlama aşamasında yapılması gerekli görülen araştırma programı önerilecek; jeolojik koşulların bu yapılara olabilecek etkileri belirlenecektir.

4.3.3.1. Yeraltı yapı yerlerinin duraylılığı ve geçirimsizliği

Yeraltı yapı yerlerindeki kayaçların jeoteknik özellikleri, yapı yeri kazısına yeraltısuyu gelişi olup olmayacağı, yapı yerleri ile giriş/çıkış ağzlarında eski, aktif ve potansiyel

heyelanların var olup olmadığı belirlenecektir. Mevcut verilere göre yardımcı yapı yerleri incelenecek, gerekirse alternatif yerler önerilecektir.

4.3.3.2. Jeolojik Koşulların Etkisi

Yeraltı yapı yerlerindeki jeolojik koşulların projeye olabilecek etkileri irdelenerek;

- Yeraltı yapı yerinin planlama aşamasına alınıp alınmaması değerlendirilecektir.
- Yeraltısuyu ve kütle hareketlerinin boyutları, yapı yerleri ile giriş/çıkış yapılarına olabilecek etkileri başta olmak üzere planlama aşamasında yapılması gerekli görülen araştırma programı önerilecektir.

4.3.4. Kanal ve Sanat Yapıları

Kanal güzergahı ve sanat yapı yerlerinde haritalama çalışmaları yapılacak; jeolojik birimler tanımlanacak; eski, aktif ve potansiyel heyelanların var olup olmadığı belirlenecektir. Mevcut verilere göre sanat yapıları yerleri incelenecek, gerekirse alternatif yerler önerilecektir.

4.3.4.1. Jeolojik Koşulların Yapı Yerlerine Etkisi

Kanal güzergahında yer alan kaya ve zeminlerin jeolojik ve jeoteknik özellikleri ve projeye olabilecek etkileri araştırılacak, kazı klasları yaklaşık olarak belirlenecektir. Bu amaçla; eriyebilen kayalar ile şişen killi kesimler, balçık ve turba zeminler, Yeraltısuyu durumu, heyelanlı alanlar gibi sorunlu bölgeler ve güzergaha olan etkisi yüzey jeolojisi verilerine göre değerlendirilecektir. Gerek duyulması halinde sondaj, el burgusu ve araştırma çukurları açılacaktır. Planlama aşamasında yapılması gerekli görülen çalışmalar araştırma programında önerilecektir.

4.4. PLANLAMA AŞAMASI

4.4.1. Genel

Planlama aşamasında projenin büyüklüğüne göre 1/25000 – 1/5000 – 1/1000 ölçekli haritalar kullanılarak göl alanının, güzergâhların ve yapı yerlerinin jeolojik yapısı incelenecek, geçirimsizlik ve duraylılık yönünden yapı-temel ilişkisi ile doğal yapı geçiş alanları ortaya konularak projenin yapılabilişliği araştırılacaktır.

Tünel/galeri ve kanal güzergahlarında jeolojik harita ve kesit aynı pafta üzerinde gösterilecektir.

4.4.2. Baraj, Gölet ve Regülatör

Baraj, gölet ve regülatör yeri ve çevresinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri ortaya çıkarılacaktır.

Baraj, gölet ve regülatör ile yardımcı yapı yerlerinin geçirimsizlik ve duraylılıkları incelenecektir. Araştırma programı kapsamında yapılacak çalışmalar ile örtü birimlerinin, ayrılmış ve zayıf kayaçların, temel olabilecek kayaçların jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenecektir.

Kazı şev ve palyelerini boyutlandırmak amacıyla temel kayacının jeolojik ve jeoteknik özelliklerine uygun arazi ve laboratuvar deneyleri ve ölçümlerini kapsayan kaya ve zemin mekaniği çalışmalarına dayalı şev duraylılık ve kinematik analizleri yapılacaktır.

4.4.1.1. Jeolojik koşulların yapı yerlerine etkisi

4.4.1.1.1. Baraj/Gölet/Regülatör yerinin geçirimsizliği

Baraj/gölet ve regülatör yerinde vadi tabanı ve yamaçları oluşturan birimler incelenecek, arazi deneyleriyle geçirimsizlik katsayısı (K) ve Lugeon değerleri saptanacak;

- inşaat sırasında kazı çukuruna gelebilecek suyun yeri ve miktarı belirlenecek, kazıyı kuruda yapmak amacıyla uygun geçirimsizlik perdesi (bulamaç hendeği, geçirimsiz ince duvar, enjeksiyon perdesi v.b) önerilecek,
- temel kayasında geçirimsizliği sağlamak için enjeksiyon perdesi yapılmasının gerekli olduğu durumlarda; enjeksiyonu yöntemini (basınç, karışım, delgi paterni vb) belirlemek amacıyla deneme enjeksiyonu yapılacak,
- araştırma programı sonuçlarına ve jeolojik yapıya göre uygun iyileştirme yöntemleri (kil blanket, beton kaplama, jeomembran vb.) belirlenecektir.

4.4.1.1.2. Baraj/Gölet/Regülatör yerinin duraylılığı

Jeolojik ve jeoteknik veriler değerlendirilerek kaya kütle sınıflamaları (RMR, Q vb) yapılacak, vadi temelinde ve yamaçlarındaki kaya ve zeminlerde

- genel duraysızlık sorunları taşıyıp taşımadığı,
- aktif heyelan olup olmadığı,
- heyelana neden olabilecek koşulların olup olmadığı,
- tabaka eğimlerinin şev eğimine göre konumu ve sorun çıkarıp çıkarmayacağı,
- şişme, erime veya dağılma özelliklerinin baraj, gölet ve regülatör yerine etkisi araştırılacaktır.

4.4.1.1.3. Göl alanının geçirimsizliği

Geçirimsizlik yönünden kuşku olması veya bazı bilinmezlerin varlığı halinde göl alanında temel araştırmaları yapılacak ve jeolojik yapı ayrıntılı olarak tespit edilecektir. Planlama çalışmaları sırasında göl alanının geçirimsizlik özelliği kesin olarak ortaya

çıkartılacak ve bu konuda kesin proje aşamasına hiçbir araştırma veya konu bırakılmayacaktır. Önlem alınmasının gerekli olduğu durumlarda jeolojik yapıya göre uygun iyileştirme yöntemleri (kil blanket, beton kaplama, jeomembran vb.) belirlenecektir.

4.4.1.1.4. Göl alanının duraylılığı

Göl alanının duraylılığı ile ilgili gerekli araştırmalar yapılacak ve sorun tüm açıklık ve boyutlarıyla ortaya çıkarılacaktır. Bu konularda kesin proje aşamasına hiçbir araştırma veya konu bırakılmayacaktır.

4.4.1.1.5. Diğer Yapı Yerleri

Yapı yerlerindeki jeolojik koşulların projeye uygunluğu araştırılacak, jeolojik ve jeoteknik veriler değerlendirilecek, uygun deney ve ölçümlere dayalı duraylılık ve kinematik analizleri ile kaya ve kazı sınıflamaları yapılacak, kazılarla ilgili şev açıları ve yükseklikleri, yamaç ve kazı şevlerinin duraylılığı, projede öngörülen kazı kotlarının kayaçların ayrışma ve zayıflık zonlarının içinde kalıp kalmadığı, taşıma gücü ve oturma problemleri, yeraltısuyunun miktarı ve kazıya etkisi, destek sistemlerine esas olacak kayaç parametreleri, taneli zeminlerde ve kayada yapılacak iyileştirmeler (enjeksiyon, jet enjeksiyonu, kazık, kazı yapılması vb) vb hususlar belirlenecektir.

4.4.2. Yer altı Yapıları

4.4.2.1. Genel

Planlama aşamasında yapılacak etütlerle yeraltı yapı yerleri ve çevresinin jeolojik yapısı ve jeoteknik özellikleri ortaya çıkarılacak, yapı yerlerinin duraylılıkları incelenecektir

Kazı şev ve palyelerini boyutlandırmak amacıyla temel kayasının jeolojik ve jeoteknik özelliklerine uygun arazi ve laboratuvar deney ve ölçümlerini kapsayan kaya ve zemin mekaniği çalışmalarına dayalı şev duraylılık ve kinematik analizleri yapılacaktır.

Araştırma programı verilerine göre kaya kütle sınıflamaları (RMR, Q vb) yapılacak, kayacın desteksiz kendini tutma özelliği (stand-up capacity) ile jeolojik ve jeoteknik parametreleri saptanacak, bu verilere göre kalıcı ve geçici destek tipleri önerilecektir.

4.4.2.2. Jeolojik koşulların yeraltı yapı yerlerine etkisi

4.4.2.2.1. Yeraltı yapı yeri ve güzergahının duraylılığı

Yeraltı yapı yeri ve güzergah boyunca yer alan birimlerin araştırma programında belirtilen çalışmalar ile jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenecek, süreksizlikleri de içeren uygun ölçekli jeolojik kesitler hazırlanacak, bu kesitler üzerine arazi ve laboratuvar deney sonuçları işlenecek, yatay ve düşey tünel yükleri verilecek, yapı yerlerinin (giriş/çıkış, ağzı, ana tünel-yaklaşım birleşimi, su alma yapısı vb) duraylı olup olmadığı, duraylılık sorunu varsa duraysızlığın nedenleri araştırılacak ve alınacak önlemler belirtilecektir.

4.4.2.2. *Yeraltı yapı yerinin geçirimsizliği*

Yeraltı yapı yeri ve güzergah boyunca kazı temelini ve giriş/çıkış yamaçlarını oluşturan birimler temel araştırma verileri dikkate alınarak geçirimsizlik açısından incelenecek, kazıya gelebilecek suyun yeri, miktarı ve kazıya etkisi belirtilecektir.

4.4.3. **Kanallar ve Sanat Yapıları**

4.4.3.1 **Genel**

Planlama aşamasında kanal güzergahı, sanat yapı yerleri ve çevresinin jeolojik yapısı ve jeoteknik özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla hazırlanan araştırma programı çerçevesinde; temel kayacı ve zeminin jeolojik yapısı ve duraylılığı, geçirimsizliği, taşıma gücü, oturma/farklı oturma, kazı klası gibi jeoteknik özellikleri belirlenecek, jeolojik ve jeoteknik özelliklerine uygun arazi ve laboratuvar deneyleri ve ölçümlerini kapsayan kaya ve zemin mekaniği çalışmalarına dayalı kinematik ve şev duraylılık analizleri yapılacaktır.

Özellikle örtü birimleri ve temel olma açısından sorunlu olabilecek kayalar daha ayrıntılı incelenecektir.

4.4.3.2. **Jeolojik koşulların yapı yerlerine etkisi**

4.4.3.2.1. *Yapı yerinin duraylılığı*

Araştırma programında belirtilen çalışmalar ile yapı yerlerindeki birimlerin jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenecektir.

4.4.3.2.2. *Yapı yerlerinin geçirimsizliği*

Sızma ve drenaj sorunlarına karşı güzergah ve çevresindeki formasyonların suyu drene etme özellikleri, drene olamayan suyun neden olabileceği ikincil oluşumlar (bataklık, su birikintisi vb), alınması gerekli drenaj önlemleri, jeolojik birimlerin geçirimsizlik özelliklerine ve proje özelliklerine göre değerlendirilecektir.

4.5. **KESİN PROJE AŞAMASI**

Planlama aşamasında belirlenen yapı yeri-tipi ve boyutlarının değişmesi, planlama raporunda kesin proje aşamasında ilave araştırma yapılmasının önerilmesi, planlama verilerinin güncelleştirilme ihtiyacının doğması veya diğer nedenlerle yapı yerlerinde araştırma yapılmasının gerekli olduğu durumlarda, yapı yerleri yeniden araştırılacaktır. Yapı yerlerindeki jeolojik ve jeoteknik koşullar ortaya konacak, bu koşulların yapıları ne şekilde etkileyebileceği değerlendirilecek ve kesin proje aşamasına bırakılmış sorunlar bu aşamada çözüme kavuşturulacaktır. Bu amaçla İdare'ce onaylanan araştırma programı çerçevesinde kesin proje aşaması çalışmaları yapılacaktır.

Kesin proje aşamasında yapılacak jeolojik ve jeoteknik çalışmalar, şartnamenin planlama aşaması bölümünde belirtilen kapsamda ayrıntılı olarak yapılacaktır.

4.6. UYGULAMA AŞAMASI

Yapım sırasında kazı ve iyileştirme çalışmalarının projeye uygun olarak yapıp yapılmadığı izlenecektir. Kesin proje aşamasında öngörülemeyen jeolojik ve jeoteknik sorunların yapılara etkileri ve ortaya çıkan durumlar karşısında alınabilecek önlemler konusunda çalışmalar yapılarak raporları hazırlanacaktır. Kesin projeler uygulama aşaması raporlarındaki verilere uygun olarak revize edilecektir.

4.7. UYGULAMA SONU

İnşaatin tamamlanmasından sonra proje ile ilgili jeoloji mühendisi tarafından tüm veriler derlenerek proje alanı ve çevresinin, yapı yerlerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri; yapı yerlerinde yapılan işlemlerin (araştırma, iyileştirme, proje değişikliği vb) kronolojik sıralaması; kesin proje ile uygulama aşaması projeleri arasındaki farklılıklar ve nedenleri, jeolojik koşulların projeye etkileri; yapım aşamasında jeolojik koşullarla ilgili karşılaşılan sorunlar, daha önceki aşamalarda önerilen ve işletme aşamasında alınması gereken önlemler belirtilecektir.

5. JEOTEKNİK ETÜT RAPOR DÜZENİ

Baraj veya Göletler için hazırlanması istenen rapor düzenleri örnek olarak verilmiştir. Diğer yapı yerleri için benzer içerikleri içeren düzende rapor hazırlanacaktır.

5.1. ÖN İNCELEME AŞAMASI

..... PROJESİ

.....BARAJI/GÖLETİ/REGÜLATÖRÜ JEOTEKNİK ÖN İNCELEME RAPORU

ÖZ

1. GİRİŞ

- 1.1. İncelemenin amacı
- 1.2. İnceleme alanının yeri ve ulaşım
- 1.3. Veriler
- 1.4. Proje özellikleri

2 . GENEL JEOLOJİ

- 2.1. Stratigrafik jeoloji
- 2.2. Yapısal jeoloji
- 2.3. Deprem durumu
- 2.4. Hidrojeoloji

3.MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

3.1. Baraj yerinin geçirimsizliği ve duraylılığı

3.2. Göl alanının geçirimsizliği ve duraylılığı

4. DOĞAL YAPI GEREÇLERİ

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

6. YARARLANILAN KAYNAKLAR

5.2. PLANLAMA/KESİN PROJE AŞAMASI

..... PROJESİ

..... BARAJI/GÖLETİ/REGÜLATÖRÜ JEOTEKNİK PLANLAMA/KESİN
PROJE RAPORU

ÖZ

1. GİRİŞ

1.1. İncelemenin amacı

1.2. İnceleme alanının yeri ve ulaşımı

1.3. Haritalar ve çalışma yöntemi

1.4. Proje özellikleri

2. ESKİ İNCELEMELER

3. GENEL JEOLJİ

3.1. Stratigrafik jeoloji

3.1.1. Çökel kayaçlar

3.1.2. Magmatik kayaçlar

3.1.3. Metamorfik kayaçlar

3.2. Yapısal jeoloji

3.2.1. Tabaka

3.2.2. Kıvrım

3.2.3. Eklem

3.2.4. Fay

3.2.5. Diskordans-Konkordans

3.3. Jeolojik tarihçe

4. DEPREM DURUMU

5. HİDROJEOLOJİ

5.1. Genel Hidrojeoloji

5.2. Karst Hidrojeolojisi

6. EKONOMİK JEOLJİ

7. JEOTEKNİK

7.1. Temel araştırmaları

7.1.1. Temel sondajları

7.1.2. Araştırma galerileri

7.1.3. Burgu kuyuları

7.1.4. Araştırma yarmaları

7.1.5. Deneme enjeksiyonları

7.1.6. Arazi deneyleri (Kaya ve zemin mekaniği alışmaları)

7.1.7. Laboratuvar deneyleri

7.1.8. Jeofizik alışmaları

7.2. Jeolojik koşulların baraj yerine etkisi

7.2.1. Baraj yerinin geçirimsizliği

7.2.2. Baraj yerinin duraylılığı

7.3. Jeolojik koşulların göl alanına etkisi

7.3.1. Göl alanının geçirimsizliği

7.3.2. Göl alanının duraylılığı

7.4. Diğer yapı yerlerinin mühendislik jeolojisi

7.4.1. Dolusavak

7.4.2. Dipsavak (kondüvi)

7.4.3. Tüneller

7.4.4. Batardolar

7.4.5. Santral yeri ve şalt sahası

8. DOĞAL YAPI MALZEMELERİ

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

10. YARARLANILAN KAYNAKLAR

EKLER

Şekiller-Tablolar

Baraj yeri ve göl alanı ile ilgili fotoğraflar

Harita ve kesitler

Temel sondaj logları

Temel sondaj karot fotoğrafları

Arazi (in situ) deney ve ölçüm sonuç, grafik ve tabloları

Laboratuvar deney sonuç, grafik ve tabloları

5.3. UYGULAMA AŞAMASI

..... PROJESİ

BARAJI/GÖLETİ JEOTEKNİK UYGULAMA PROJE RAPORU

ÖZ

1. GİRİŞ

2. PROJE ÖZELLİKLERİ

3. BARAJ YERİ JEOLJİSİ

4. AÇIK KAZILAR

4.1. Dolusavak

4.2. Cebri boru güzergahı

4.3. Baraj yeri temizlik ve çekirdek hendeği (cut off) kazısı

5. YER-ALTI KAZILARI

5.1. Derivasyon tünelleri

5.2. Enerji tünelleri

5.3. Drenaj ve ulaşım-tünelleri ve galerileri

5.4. Yeraltı santralı kazıları

6. KAZILARDA ÇIKAN YERALTI SUYU VE KURUTMA ÇALIŞMALARI

7. ENJEKSİYONLAR

7.1. Perde enjeksiyonları

7.2. Kapak enjeksiyonları

7.3. Kontak enjeksiyonları

7.4. Konsolidasyon enjeksiyonları

7.5. Tıkaç enjeksiyonları

9. DOLGU/BETON ÇALIŞMALARI

10. DİĞER ÇALIŞMALAR

10.1. Arazi (In-situ) Deneyleri (Kaya ve zemin mekaniği çalışmaları)

10.2. Jeofizik çalışmalar

10.3. Karst hidrojeolojisi çalışmaları

EKLER

Harita ve kesitler

Şekiller

Çizelgeler

Tablolar

Arazi (in situ) deney ve ölçüm sonuç, grafik ve tabloları

Laboratuvar deney sonuç, grafik ve tabloları

6. EK-A : RAPOR YAZIM KILAVUZU

6.1. RAPOR YAZIM KURALLARI

- Arazideki gözlemler, deneyler ve irdelemeler esas alınacak, büro ve laboratuvar çalışmaları yardımcı ve tamamlayıcı veriler olarak değerlendirilerek rapor hazırlanacaktır.
- Raporunda açık bir anlatım izlenecektir. Kısa ve öz cümleler kullanılacak, anlatım üçüncü kişi ağzından yapılacaktır. Arı bir dille yazım için çaba gösterilecek ve Türkçe karşılıkları bulunan yabancı sözcük ve terimler kullanılmayacaktır. Raporun tümünde özlük, tutarlılık, kısalık ve açıklık değişmez kural olacaktır.
- Etüt kapsamında olmayan başlıklar rapora konmayacaktır.
- Gözlemler, kesin bilinenler ve varsayımlar ayrı tutulacak; bu durum rapora objektif olarak aktarılacaktır.

- Rapor salt yazı ile değil; resim, formül, çizim gibi görsel sunularla da desteklenecektir. Yazıda olduğu gibi görsel sunularda da temel ilke, raporun en doğru ve kolay kavranması ve yararlanılması olacaktır. Tüm şekil, fotoğraf veya çizelgeler, buldukları bölüm içinde bağımsız olarak numaralandırılacaktır (Birinci bölüm için Şekil 1.1, Tablo 1.1 gibi).
- Kısaltmalar, ilgili meslek gruplarınca anlaşılabilmesi ve kurallarına uyulmak koşuluyla kullanılabilir. Kısaltma ilk geçtiği yerde ayrıca içinde sadece bir kez açıklanacak, tüm kısaltmalar raporun baş tarafında "Kısaltmalar" başlığı altında alfabetik sırayla sunulacaktır.
- Alıntı; yazarı biliniyorsa "Altınlı (1965) Bilecik kireçtaşını dört üyeye ayırmıştır.", yazarı bilinmiyorsa "Altınkaya bent yerindeki fliş, Altınkaya projesi yapırlık raporunda (DSİ, 1975) üç üyeye ayrılarak incelenmiştir." şeklinde; sözlü ve yazılı ise "K. Erguvanlı, 1972, yazılı görüşme", "T. Aklan, 1975, sözlü görüşme" şeklinde olacaktır.
- Raporda geçecek tüm stratigrafi adlama ve sınıflamaları, Türkiye Stratigrafi Komitesi tarafından hazırlanan ve en son yayınlanmış stratigrafi sınıflama ve adlama kurallarına uygun olacak veya yalnız kayaç adı kullanılacaktır. Örneğin Keban formasyonu, Midyat kireçtaşı veya olivinli bazalt, karbonatlı şeyl gibi.
- Kullanılan standart, bağıntı ve abakların kaynakları belirtilecektir.
- Rapor içerisinde değinilen her belgeye raporun kaynaklar bölümünde yer verilecektir. Bu bölüm yazarların soyadının alfabetik sıralamasına göre düzenlenecek ve kaynağın belirtilmesinde yazarın adı, yayın yılı, yazının adı, yayının adı, cilt ve sayı numarası, sayfa numarası sırası izlenecektir.

Örnek :

ÇAKIRÖZ, M., 1981, Aşağı Dalaman Projesi Akköprü Barajı Mühendislik Jeolojisi Ön İnceleme Raporu, DSİ, Aydın

DEERE, D.U ve MULLER. R.P., 1966, Engineering Clasification and Index Properties for Intact Rock, New Mexico Tech. Report AFWL-TR-65-116

6.2. RAPOR EKLERİ

- Rapora ek olarak konulacak paftaların küçültülmesi ve büyütülmesinde karşılaşılabilecek sorunları en aza indirmek amacıyla tüm paftalara çizgisel olarak yatay ve düşey ölçek konulacaktır.
- En büyük pafta boyutu dış çizgiler arası 84 x 60 cm, orta pafta boyutu 42 x 29,7 cm, küçük pafta boyutu ise 29,7 x 21 cm'dir. Paftaların hazırlanmasında bu standartlara

uyulmasına özen gösterilecektir. Zorunluluk nedeniyle bu ölçülerin dışına çıkılması gerektiğinde ise en/boy oranı 2/3 olarak seçilecektir.

- Jeolojik harita ve kesitlerin tamamında tarama yapılacak veya boyanacaktır. Harita veya kesitler üzerinde bulunan bütün renk ve simgelerin anlamları aynı pafta üzerinde açıklanacaktır.
- Harita ve kesitlerde yön gösterme Türkçe harfler (Kuzey: K, Güney: G) ile yapılacaktır.

7. EK-B : ARAZİ (IN SITU) DENEYLERİ (KAYA VE ZEMİN MEKANİĞİ ÇALIŞMALARI)

7.1. GENEL

- Yapı alanı ve çevresinde, kaya ve zemin temel tasarımı ile kaya/zemin temel-yapı etkileşiminin araştırılmasında kullanılacak kaya/zemin özellikleri ve parametrelerini elde etmek amacıyla yapılacaktır.
- Yapı yerlerindeki temel kayasının jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla araştırma programında belirtilen yerlerde Bölüm 7.2'de verilen uygun arazi deneyleri yapılacaktır.
- Etütlerin kapsamı; jeolojik koşullar, su durumu ve depremsellik ile proje özelliklerine bağlı olacaktır.
- Yapı yerlerinde muhtemel kayma tipi, derinliği, yönü ve hızını önceden belirlemek ve kazı şev ve palyelerini boyutlandırmak amacıyla temel kayasının jeolojik ve jeoteknik özelliklerine uygun deney ve ölçümlere dayalı şev duraylılık ve kinematik analizler yapılacaktır.
- Yapı yerleri için; süreksizlikler, arazi deney ölçüm ve gözlem sonuçları ile sorunlu kesimler jeolojik kesitler üzerinde gösterilecektir.
- Beton kemer, beton ağırlık, silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) barajlarda yüzeyden açılan sondajlarda veya galeriler içinde yapılan yerinde deneylerle; gövde altı temel kayasının elastisite modülü ve anizotropisi, kayacın radyal veya yatay/düşey yöndeki deformasyon özellikleri (kayacın elastisite modülü ile sabit yük altında zamana bağlı olarak gelişen akma), gerilme miktarları ve yönleri, baraj gövdesi ile temel kayası ve süreksizlik düzlemleri arasındaki kayma mukavemeti belirlenecektir.
- Yer altı yapılarında deneyler, yer altı yapısı tavan kazı kotunun en az 3B yukarısı ve taban kazı kotunun 2B (B=Tünel çapı/yer altı yapısı genişliği) altını kapsayacak şekilde yapılacaktır. Jeolojik koşulların gerektirdiği durumlarda bu derinlikler artırılacaktır.

- Yapı yerlerinde temel altında oluşacak efektif gerilme dağılımları, kayma mukavemet parametreleri ve konsolide özellikleri, gerilme seviyelerinde yapılacak arazi(in situ) ve laboratuvar deneyleri ile belirlenecektir (Özellikle CH tipi killi zeminlerde konsolidasyon ve şişme deneyleri kesinlikle yapılacak, oturma değerleri ve şişme özellikleri belirlenecektir.).
- Arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilecektir.
- Kaya ve zemin mekaniği çalışmalarının münferit yapılması halinde ayrı rapor hazırlanacaktır. Rapor yazımında EK-A'da belirtilen hususlara uyulacaktır.

RAPOR

Raporun amacı:

- Projenin kısa tanımı ve yapıların teknik özellikleri belirtilecektir.

Etüt alanının konumu ve ulaşımı:

Etüt alanının jeolojisi:

- Mevcut kazı ve sondajlardan, temel altında veya güzergah boyunca yer alan formasyonların jeolojik ve jeoteknik özellikleri (litolojisi, tabakalanma, kıvrım ve fay zonlarının varlığı ve projeye etkileri, çatlak sistemleri v.b)
- İlgili harita ve kesitler,
- Yeraltısuyu durumu,
- Depremsellik,
- Çevre ve üst yapılar ile ilgili sorunlar vb belirtilecektir.

(Baraj, Gölet veya Regülatör Yerlerinde)

Temel kayacın veya zeminin mühendislik özellikleri:

- Kayaç ve zemin parametreleri aks boyunca veya gövde altında yapılacak arazi ve laboratuvar deney verileri ile belirlenecektir (taşınma gücü, oturma-farklı oturma, deformasyon modülü, poisson oranı, kayma modülü, kohezyon içsel sürtünme açışı vb gibi)
- Arazi deneylerine dayalı olarak kayaç ve zeminlerin mukavemet parametreleri, gerilme, deformasyon ve zaman bağıntıları sayısal ve grafiksel olarak değerlendirilecektir. Özellikle zeminlerde oturma sorunları ayrıntılı olarak belirtilecektir (ani konsolidasyon, kayma ötelenmeleri vb gibi).
- Şişme potansiyeli ve şişme yüzdesi sayısal olmak üzere, temel kayaçların veya zeminlerin şişme, erime veya dağılma özellikleri ayrıntılı olarak belirtilecektir.

- Projeye esas olacak yükler ile oturma hesapları yapılarak zemin emniyetli taşıma gücü belirlenecektir.
- Aks güzergahı boyunca tüm süreksizlikleri de içeren uygun ölçeklerde hazırlanmış jeolojik kesitler üzerine laboratuvar ve arazi deney ölçüm, gözlem sonuçları işlenecektir. Sorunlu kesimler bu kesit üzerinde belirtilecektir.
- Hesaplamalar ve şev stabilite analizlerinde bilgisayar programlarıyla desteklenmiş çözümler geliştirilecek; kullanılan yöntem, standartlar ve programlar belirtilecektir.

Sonuç ve öneriler:

- Gövdenin oturacağı kayaç veya zeminin taşıma gücü ve oturma miktarları, elastik modül değerleri verilecek,
- Kazı yöntemi hakkında öneriler belirlenecek,
- Duraylılık ve sızdırmazlıkla ilgili önlem ve iyileştirme yöntemleri belirtilecektir.

(Yeraltı Yapı Yerlerinde)

Temel kayacın veya zeminin mühendislik özellikleri:

- Kayaç ve zemin parametreleri güzergah boyunca yapılacak arazi ve laboratuvar deney verileri ile belirlenecektir (deformasyon modülü, poisson oranı, kayma modülü, kohezyon içsel sürtünme açısı vb gibi)
- Kayaç ve zeminlerin gerilme, deformasyon ve zaman bağıntıları sayısal ve grafiksel olarak değerlendirilecektir. Özellikle zeminlerde oturma sorunları detaylı olarak belirtilecektir (ani, konsolidasyon, kayma ötelenmeleri vb gibi).
- Arazi deneylerine dayalı olarak birincil gerilmelerin yön ve şiddetleri saptanarak, kayaç mukavemeti ile karşılaştırılacak ve yorumlanacaktır.
- Kazı esnasında gerilme boşalımını takiben krip, kavlaklanma ve göçme potansiyeli belirlenecektir.
- Şişme potansiyeli ve şişme yüzdesi sayısal olmak üzere, temel kayaçların veya zeminlerin şişme, erime veya dağılma özellikleri detaylı olarak belirtilecektir.
- Projeye esas olacak yatay, düşey ve taban yükleri ile anahtar ve özengiye gelecek maksimum yüklerin şiddetleri sayısal olarak verilecektir. (arazi ölçümleri ve teorik yaklaşımlarla)
- Kayacın tünel ve boşluk açımında etkili olabilecek diğer özellikleri öz olarak belirtilecek, varsa bunlar ile ilgili parametreler sayısal olarak verilecektir (sertlik, aşınma, delinme, porozite, geçirgenlik vb gibi).

- Tünel güzergahı boyunca veya yapı yerinde tüm süreksizlikleri de içeren uygun ölçeklerde hazırlanmış jeolojik kesitler üzerine laboratuvar ve arazi deney ölçüm, gözlem sonuçları ile hesaplanan jeoteknik büyüklükler işlenecek ve tüm bilgiler ışığı altında amaca uygun kaya sınıflaması yapılacaktır.

- Tünel elemanlarının hesaplanmasında bu kesitler üzerindeki veriler esas alınacaktır. Tünelin açımı esnasında jeolojik koşullar nedeni ile tehlikeli olabilecek kesimler bu kesit üzerinde belirtilecektir.

Sonuç ve öneriler:

- Tünel veya yapı yeri giriş ve çıkış ağzlarının duraylılığı için gerekli olan önlem ve ıslah yöntemleri belirtilecek,

- Kazı yöntemi hakkında öneriler belirtilecek,

- İksa yöntemi, iksalama zamanı ile iksaların cinsi, şekli, boyutları ve ara mesafeleri, tünel içindeki dağılımları hakkında öneriler sunulacak,

- Taban betonunun dökülme zamanı belirtilecek,

- Ölçüm sonuçlarına bağlı olarak kaplama yapılma zamanı belirtilecek

- Duraylılık ve sızdırmazlık için, gerekli önlem ve ıslah yöntemleri belirlenecek,

- Kaplamadan sonra gerekli olan deney, ölçüm ve diğer araştırmaların yer, cins adet ve zamanı belirtilerek programlanacak ve bunlar ile ilgi talimatlar hazırlanarak raporda sunulacaktır.

(Santral Binası, Cebri Boru Guzergahi, Şalt Sahası, Su Alma Yapısı, Su Deposu, Pompa Binası ve Arıtma Tesisi Gibi Yapı Yerlerinde)

Temel zeminin özellikleri:

- Kayaç ve zemin parametreleri temel altında yapılacak arazi ve laboratuvar deney verileri ile belirlenecektir (deformasyon modülü, poisson oranı, kayma modülü, kohezyon içsel sürtünme açısı vb gibi)

- Kayaç ve zeminlerin mukavemet parametreleri, gerilme, deformasyon ve zaman bağıntıları sayısal ve grafiksel olarak değerlendirilecektir. Özellikle zeminlerde oturma sorunları detaylı olarak belirtilecektir (ani konsolidasyon, kayma ötelenmeleri v.b gibi).

- Şişme potansiyeli ve şişme yüzdesi sayısal olmak üzere, temel kayaçların veya zeminlerin şişme, erime veya dağılma özellikleri detaylı olarak belirtilecektir.

- Projeye esas olacak yükler ile oturma hesapları yapılarak zemin emniyetli taşıma gücü belirlenecektir.

- Yapı altında tüm süreksizlikleri de içeren uygun ölçeklerde hazırlanmış jeolojik kesitler üzerine laboratuvar ve arazi deney ölçüm, gözlem sonuçları işlenecektir. Sorunlu kesimler bu kesit üzerinde belirtilecektir.

Sonuç ve öneriler:

- Yapının oturacağı kayaç veya zeminin taşıma gücü ve oturma miktarları,
- Yapı temelinde geçilecek formasyonlara uygun kazı yöntemi,
- Duraylılık ve sızdırmazlıkla ilgili önlem ve iyileştirme yöntemleri belirtilecektir.

Kaynaklar:

- Kullanılan formüllerin, bağıntıların, kitap ve raporların yazarı, alındığı yer, kim ait olduğu ve yılı vb gibi bilgiler yazılacaktır.

Ekler:

- Yer bulduru haritası
- Kuyu veya numune çukurlarının yerlerini gösteren lokasyon haritası
- Deney sonuçları grafik ve tabloları
- Kuyu logları
- Jeolojik harita veya kesitler,
Laboratuvar deney sonuçları, grafik ve tablolar

7.2. ARAZİ DENEYLERİ

7.2.1. Giriş

Deneylerin yapımında aşağıdaki hususlara dikkat edilecektir:

- İlgili standartlara uyulacaktır.
- Kuyu içi deneyleri için deney cinsine uygun çapta ve düzgünlükte kuyu açılması sağlanacaktır.
- Sık aralıkla presiyometre ve dilatometre deneyi yapılan kuyularda basınçlı/basınçsız su tecrübeleri yapılmayacaktır.
- Alüvyal zeminlerde veya ayrıışmış zayıf kayalarda susuz veya en az sulu ilerleme yapılacaktır.
- Hidrolik kriko veya kesme deneyi yapılacak galeriler mümkün olduğunca patlatmasız açılacak, zorunlu durumlarda galeri duvarlarına etki etmeyecek metreye kadar patlatma yapılacaktır. Geriye kalan kesim insan gücü ile kazılacaktır.

7.2.2. Zemin Mekanığı Yerinde Deneyleri

7.2.2.1. Presiyometre Deneyi

Presiyometre deneyi; kum, çakıl ve dolgu gibi kohezyonsuz zeminler, katı ve duyarsız killer gibi kohezyonlu zeminler ile zayıf ve ayrılmış kayalarda uygulanacaktır.

Deneyde sondaj kuyusu içerisine indirilen silindirik lastik prop vasıtasıyla zemine radyal basınç uygulanacak ve uygulanan basıncın zeminde oluşturduğu deformasyonlar hacimsel olarak ölçülecektir.

Deneylerde kuyu çapına bağlı olarak değişik çaplarda (32-44-58-74 mm) proplar kullanılacaktır.

Presiyometre deneyleri ile temel zemin birimlerinin Limit Basınç (P_L) ve Menard Elastik Modül (E_P) değerleri elde edilir. Elde edilen P_L ve E_P değerleri kullanılarak temel boyutlarına ve temel derinliğine bağlı temel zeminin taşıma gücü (q_u) ve proje yükü (P) altında oluşacak oturma miktarları (S) hesaplanacaktır.

Her kuyuda deneye başlamadan önce ve su hacim seviyesini kapalı boru içerisinde ayarlayarak hacim kalibrasyonu yapılacaktır. Deneyde yalnız prop kullanılacaksa prop, yarıklı boru kullanılacak ise yarıklı boru 4-5 kez prop vasıtasıyla, şişirilip-boşaltıldıktan sonra membran kalibrasyonunu yapılacaktır. Deneyler esnasında prop/yarıklı boru değiştiği takdirde membran kalibrasyonu yenilenecektir.

7.2.2.2. Plaka Yükleme Deneyi

Plaka yükleme deneyi; kum, çakıl ve dolgu gibi kohezyonsuz zeminler, katı ve duyarsız killer gibi kohezyonlu zeminler ile zayıf ve ayrılmış kayalarda uygulanacaktır.

Deneylerde, belirli bir zaman aralığı süresince sabit yük artışı sağlanarak zemin yüzeyinde oluşacak deformasyonlar ölçülecek, elde edilen verilerden elastik modül ve yatak katsayısı belirlenecektir.

Deney, yüzeyde veya temel seviyesine kadar inilmiş, taban boyutları 100 x 100 cm den az olmayan bir çukurda yapılacaktır.

Yükleme plakaları ahşap veya çelik olabilir. Deney plakasının çapı ahşap düzenekte 25,2 cm, çelik düzenekte en az 30 cm, en çok 76 cm olmalıdır. Yüklenecek plaka, zemin yüzeyine düzgün oturmalı ve yük, plakayı konsantrik olarak etkilememelidir. Reaksiyon sistemi için çelik düzenekte ağır bir iş makinesi, ahşap düzenekte 120 x 120 cm alana sahip ahşap plaka üzerine yerleştirilen, ağırlığı belli olan aynı cins ağırlıklar (su tankı, çimento ve kum torbaları vb) kullanılacaktır. Yükün uygulanması esnasında deformasyon miktarlarını tespit etmek amacıyla 1/100 veya 1/1000 hassasiyette ölçüm saatleri (mekanik veya elektronik ekstansometreler) kullanılacaktır. Ölçüm saatleri çeşitli noktalardan sabitlenecektir.

Deney sonunda yük-oturma eğrisi çizilecek, elastik modül ve yatak katsayısı hesaplanacaktır. Yükleme, tahmin edilen son taşıma gücünün sekizde biri kadar bir yük ile kademeli artışlar halinde yapılacaktır. Oturma hızı, 0.05 mm/saatın altına düşüncüye kadar veya gerilme-çökme eğrisi 10 mm'lik çökmeye gelinceye kadar yük artırılacak ve son yüklemeye en az 4 saat beklenecektir.

7.2.2.3. Standart Penetrasyon (SPT) Deneyi

Esas olarak kumlu zeminlerde uygulanan SPT, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişik birimlerde, sondaj kuyularında, zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılacaktır. SPT deney tüpü deney yapılacak seviyeye indirilir (standartlara göre 2" lik tüp kullanılmalıdır).

63.5 kg'lık şahmerdan 76 cm yükseklikten düşürülerek tüpün 45 cm ilerlemesi için gereken darbe sayısı tespit edilecektir. Hesaplamalarda son 30 cm'deki darbe sayısı dikkate alınacaktır.

Başta çarık ağzı olmak üzere kullanılan tüm malzeme yıpranmamış ve düzgün olacak; cer halat değil mutlaka kendir halat kullanılacak, kendir halat kedi başına iki kez sarılarak deneyler gerçekleştirilecektir.

Elde edilen ham darbe sayıları kullanılarak, temel boyutları ve derinliğine göre, t_{ij} , örtü yükü ve yeraltı suyu düzeltmelerini içeren formüllerle temel seviyesi için müsaade edilebilir taşıma gücü bulunacaktır. Darbe sayıları derinliğe bağlı olarak SPT kuyu logu olarak verilecektir. Her deney seviyesi için ayrı ayrı taşıma gücü verilmeyecek, her kuyu ve civarı için tek bir taşıma gücü verilecektir.

7.2.2.4. Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)

Konik penetrasyon deneyi yumuşak kil, silt, kum ve ince çakıl gibi birimlerde yapılacaktır. İri köşeli çakıllarda, sıkı-çok sıkı zeminlerde, kalkerli, marnlı birimlerde kullanılmayacaktır.

Bu yöntemin esası hidrolik güç kullanılarak 2 cm/sn sabit hızla zemin içine itilen sonda ucunun gösterdiği direnç ile sondanın yanal yüzeyinde oluşan kuvvetin ölçülmesidir.

Sondalama süresince mekanik veya elektronik sondalar vasıtasıyla her 20 cm'de bir ölçülen uç direnci (q_c) ve çeper sürtünmesi (f_s) verileri kullanılarak zeminin mekanik özelliklerinin derinlikle değişimi belirlenecektir. Gerekli durumlarda elektronik konik uca yerleştirilen bir filtre kullanılarak boşluk suyu basıncı ölçülecektir.

7.2.2.5. Dinamik Penetrasyon Deneyi

Deney, SPT ile aynı prensiplere sahip olup, kuyu açma işleminden kaynaklanan olumsuz etkileri ortadan kaldırdığından, klasik kuyular arasında veri toplamak maksadıyla uygulanır. Bu deneyde 64 mm çaplı ve 60° tepe açılı konik bir başlık kullanılır.

63.5 kg'lık bir şahmerdan, 76 mm yükseklikten düşürülerek ve her 30 cm'lik ilerleme için darbe sayısı tespit edilecektir.

Kuyu açmadan deney yapma durumunda ise, sondaj tijlerinin sürtünmesi dikkate alınacaktır. Bu durum için muhafazalı konik başlık kullanılmalıdır.

Deney sonuçları, zemin cinsinin bilindiği yerlerde zeminin taşıma gücünün bulunmasında kullanılacaktır. Dinamik penetrasyon direnci N_{CO} , SPT sonuçlarıyla karşılaştırılmalıdır. Bu deney sonucunda elde edilen dinamik darbe sayısı N_{CO} , SPT darbe sayısına çevrildikten sonra zeminin izin verilebilir taşıma gücü bulunacaktır.

7.2.2.6. Kanatlı Kesici Deneyi

Kanatlı kesici deneyi balçık, yumuşak kil ve yumuşak silt gibi çok duyarlı kohezyonlu zeminlerin kayma mukavemetini yerinde ölçmek amacıyla kullanılacaktır.

Deneyin esası; zemin içine sokularak döndürülen kanatlı kesicinin kanatlarına zeminin yaptığı direncinin ölçülmesidir. Kanatlı kesicinin bağlı olduğu çelik çubuğa yüzeyden burkulma kuvveti uygulanarak kanatlı kesicinin dönmesi sağlanır ve kesicinin burkularak döndürülmesine karşı zeminin gösterdiği direnç deformasyon ölçer (ekstansometre) vasıtasıyla uygulanan burkulma momentinden dolayı olarak bulunacaktır.

7.2.2.7. İnklinometre Deneyi

Araştırma amacına bağlı olarak düşey, yatay ve sabit olmak üzere çeşitli tipleri bulunan inklinometre cihazı; jeoteknik amaçlı araştırmalar kapsamında, barajlarda, dolgularda, yarmalarda, şevlerde, heyelanlı alanlarda, derin temel kazılarında, diyafram ve kazık duvarlarda, istinat yapılarında ve yeraltı açıklıklarında meydana gelebilecek yatay ve/veya düşey yer hareketlerinin ölçümü veya belli bir süre gözlenmesi amacıyla kullanılacaktır.

Muhafaza boruları, inklinometre muhafaza boru çapına uygun açılan sondaj kuyularına indirilirken borunun etrafına çimento/bentonit karışımının basılacağı yarıklı plastik hortumlar sabitlenecektir. Hareketin muhtemel yönüne gelecek şekilde borunun ölçüm pozisyonu (A1 oluğu) ayarlanacaktır. Beton prizini aldıktan sonra okuma ünitesi ile referans ölçümler alınarak periyodik olarak ölçümlere başlanacaktır.

Ayrıca verileri depolamak, bilgisayara aktarmak ve verileri değerlendirmek amacıyla cihazla uyumlu bilgisayar programları kullanılacak ve derinliğe bağlı deformasyon miktarlarını gösteren grafikler oluşturulacaktır.

7.2.2.8. Piezometre Deneyi (Boşluk Suyu Basınç Ölçerler)

Araştırma amacına bağlı olarak VW (Vibrating wire), pneumatic veya standpipe olmak üzere çeşitli tipleri bulunan boşluk suyu basınç ölçerler; dolgu ve kazıların kontrolünde; heyelanlarda, yamaç duraylılığı, diyafram ve istinat duvarları yanıl toprak basıncı izlemelerinde; baraj-tünel-gömülü yapıların temel zeminlerinde, dinamik veya statik sıkıştırılmalarda boşluk suyu basınçlarının tespit edilmesi, sızma ve yeraltı akışlarının modellenmesi gibi işler için kullanılacaktır. Araştırma amaçlarına bağlı olarak ölçüm boruları hareketli-ölçüm ünitesi sabit ve ölçüm kabloları ve ölçüm ünitesi sabit olmak üzere çeşitli tipleri bulunmaktadır.

Piezometre cihazı ölçüm yapılacak seviyeye sondaj kuyusu vasıtasıyla indirilecektir. Ölçüm ünitesinin etrafı çakıllanarak üst seviyeler betonlanacaktır. Beton prizini aldıktan sonra okuma ünitesi ile periyodik olarak ölçümlere başlanacaktır.

Arazide veri depolamak, bilgisayara aktarmak ve verileri değerlendirmek amacıyla cihaza uyumlu bilgisayar programı kullanılacaktır.

7.2.3. Kaya Mekaniği Yerinde Deneyleri

7.2.3.1. Hidrolik Kriko Deneyi

Galerileri içinde sağ ve sol yan duvar veya taban ve tavan duvar yüzeylerine belirli bir yükleme-boşaltma programı ile basınç uygulanacak, bu basınç altında oluşan deplasmanlar ölçülecektir.

Deney yapılacak yüzeyler kazma, keski ile düzeltildikten sonra deney aleti kurulacak ve kaya yüzeyi ile plaka başlığı arasına yüksek mukavemetli (en az 300 kg/cm²) çimento akıtılacaktır. Yatay deney düzeneğinde her iki başlık plakasının çimentosu aynı anda dökülecektir. Düşey deney düzeneğinde alt başlık su düzenci ile ayarlanıp çimentolanacak, çimento prizini aldıktan bir gün sonra düzenek kurulacak ve kriko üst başlığı ile tavan kayası arası çimentolanacaktır.

Deney esnasında, her iki yükleme başlığında sabitlenen 1/100 veya 1/1000 hassasiyette üç deformasyon ölçerin okumalarının ortalaması alınacak ve her basınç kademesi için deformasyon değerleri hesaplanacaktır. Bu değerlere dayanarak galeri ve ceplerin sağ ve sol yüzeyleri için ayrı ayrı basınç-deformasyon değişim eğrileri çizilecektir.

Eğrilerden; Toplam Deformasyon, Elastik Deformasyon, Plastik Deformasyon, Kümülatif Toplam Plastik Deformasyon ve Krip Deformasyon miktarları tespit edilecek; Boussinesque denklemi kullanılarak elastik (deformasyon) modül hesaplanacaktır.

7.2.3.2. Yassıveren Deneyi

Galerileri içinde sağ ve sol yan duvar veya taban ve tavan duvar yüzeylerine geniş bir yüzeyde yükleme yapıldığı için gerçek kaya ortamlarına çok yakın sonuçlar veren bir deneydir. Belirli bir yükleme programı dahilinde basınç uygulanacak, bu basınç altında oluşan deplasmanlar ölçülecektir. Galeri duvarında istenilen düzlem boyunca elmas uçlu disklerle galeri duvarına yarıklar açılarak içi yağ veya su ile dolu 1 m² alan ve 5 mm kalınlığa sahip metal yastıklar galeri duvarlarında açılan yarıklara yerleştirilecektir.

Yassı veren yarığın içine çimento ile sabitlendikten sonra hidrolik pompa ile önceden belirlenmiş bir program dahilinde yağ pompası ile yükleme-boşaltma programı uygulanacaktır. Okuma ünitesi ile plakalar arasındaki deformasyon ölçerlerde meydana gelen açılıp kapanmalar ölçülecek ve kaydedilen değerlerle basınç-deformasyon grafiği çizilecektir. Bu grafikten elastik (deformasyon) modül hesaplanacaktır.

Değişik doğrultu ve eğimde deneyler yapıldığında kayanın anizotropik davranış özellikleri bulunacaktır.

7.2.3.3. Dilatometre Deneyi

7.2.3.3.1. Rocha Dilatometresi

Kayanın elastisite modülü, anizotropisi ve çatlaklılık durumunu saptamak amacıyla NX çaplı kuyularda yapılan deneydir.

Dilatometre probu kuyu içindeki deney seviyesine indirildikten sonra hidrolik pompa ile önceden belirlenmiş bir program dahilinde yağ pompası ile yükleme-boşaltma programı uygulanacaktır.

Prop üzerine yerleştirilen 8 adet algılayıcı (transducer), 4 farklı yöndeki deformasyonları ölçer. Kayanın farklı doğrultulardaki mukavemet özellikleri bulunması amacıyla okuma ünitesi ile deformasyon ölçerlerde meydana gelen açılıp kapanmalar ölçülecek ve kaydedilen değerlerle basınç-deformasyon grafiği çizilecektir. Bu grafikten elastik (deformasyon) modül hesaplanacaktır.

7.2.3.3.2. Goodman Dilatometresi

Kuyuya indirilen prop, çelikten yapılmış iki adet yarım silindir şeklinde hareketli rijit plakadan oluşacak ve kayaya gerektiğinde en fazla 700 kg/cm² basınç uygulanacaktır. Dilatometre probu kuyu içindeki deney seviyesine indirildikten sonra hidrolik pompa ile

önceden belirlenmiş bir program dahilinde yağ pompası ile yükleme-boşaltma programı uygulanacaktır.

Yükleme programı uygulandığında; okuma ünitesi ile plakalara monte edilen algılayıcılarda (LVTD transducer) meydana gelen açılıp kapanmalar 0,01 mm hassasiyetle radyal deformasyon olarak ölçülecek ve kaydedilen değerlerle basınç-deformasyon grafiği çizilecektir. Bu grafikten elastik (deformasyon) modül hesaplanacaktır.

Deneylere başlanmadan önce probun sıfırlama kalibrasyonları yapılacaktır.

7.2.3.4. Kesme Deneyi

Yerinde kesme parametrelerinin (kohezyon - c ve içsel sürtünme açısı - ϕ) belirlenmesi amacıyla deney ekipmanı boyutuna uygun ölçülerde araştırma galerisi/şaftı/yarması açılıp kaya blokları deney düzeneğine uygun ölçülerde donatılı beton ile kaplanacaktır. Açık arazide deney yapılması durumunda deney ekipmanına uygun genişlikte yarma açılarak galeri koşulları oluşturulacaktır.

Tünel veya şev kazılarında süreksizliklerin kayma mukavemetinin bulunması, proje yükü altında kayma, kamalanma ve göçük yapıp yapmayacağıının araştırılması amacıyla kaya kütlelerinin süreksizlikleri boyunca uygulanacaktır.

Kaya kütlesi içinde tabanı süreksizlik düzlemi olacak şekilde deney bloğuna uygun kesitte ve yükseklikte en az dört adet blok, kesici çark yardımı ile hazırlanacak ve etrafındaki kayaç ortamdaki kaldırılacaktır. Koruma betonunun priz almasından sonra 1. blok üzerine bir kriko ile bütün deney boyunca sabit normal basınç uygulanacaktır. Yan taraftan ise bir başka kriko ile blok merkezinden geçen kesme basıncı uygulanacaktır. Normal basınç proje yüküne bağlı olarak her blok için farklı değerlerde olacaktır (örneğin: 2 kg/cm², 4 kg/cm², 6 kg/cm², 8 kg/cm²). Kesme basıncı belirli bir yükleme hızı ile blok kayıncaya kadar arttırılacaktır. Deformasyon ölçümleri, bloğun yan çevresine ve üstüne yerleştirilen 1/100 veya 1/1000 mm hassasiyette deformasyon ölçerler (ekstansometre) ile yapılacaktır. Dört deney bloğunun da kayma gerilmeleri tespit edildikten sonra normal basınç – kayma gerilmesi grafiği çizilecek ve bu dört noktadan geçecek en uygun doğru vasıtasıyla kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) tayin edilecektir.

Her blok için tespit edilen kayma gerilmesine (τ kg/cm²) karşılık normal basınç (σ kg/cm²) grafiği çizilecek ve bu dört noktadan geçecek en uygun doğru vasıtasıyla; doğrunun Y eksenini kestiği nokta kohezyon (c), doğrunun yatayla yaptığı açı içsel sürtünme açısı (ϕ) olarak tespit edilecektir.

7.2.3.5. Gerilme Ölçüm Deneyleri

Değişik deformasyon ölçüm metotları için birçok cihaz geliştirilmiştir. Bunların hepsi deformasyonları ölçüp, gerilim deformasyon ilişkisinden gerilmelerin bulunması prensibine dayanır. Kaya içindeki gerilmeleri ölçme yöntemleri üç ana grupta yapılır.

7.2.3.5.1. Fotoelastisite Deneyi

4.5 mm çapında ve 3 mm kalınlığında plastikten yapılmış bir disk, tünel veya galeri içinde açılan NX çaplı sondaj kuyusunun tabanına çimentolanarak sıkıca yerleştirilecektir. Daha sonra çevresi aynı çaplı karotiyerle delinerek açılacaktır. Bu işlem sırasında kaya ortamındaki ilksel gerilmeler boşluk içine doğru boşalacaktır. Gerilme boşalması plastik disk üzerinde gerilme yaratarak deformasyon oluşturacaktır. Üst tarafı parlatılmış olan diskin ışığı yansıtma özelliğinden faydalanılarak, özel ışığı ve gözlem dürbünü ile izleme yapılacaktır.

Disk üzerine polarize ışık gönderilecek ve birbirine dik iki simetri eksenli olan renkli saçak şekilleri gözlenecektir. Simetri eksenleri asal gerilmelerin yönlerini gösterecektir. Asal gerilmelerin şiddeti ise saçakların özel bir yöntemle sayılmasıyla bulunacaktır. Bu deney birbirine dik iki kuyuda yapıldığı takdirde ortamın üç eksenli gerilim durumu (anizotropisi) ortaya çıkarılacaktır.

7.2.3.5.2. Deformasyonun Geriye İtilmesi Metodu

Bu yöntemde yassıveren deney cihazı kullanılacaktır.

7.2.3.5.3. Hidrolik Kırıklama Deneyi

İçsel gerilmelerin hidrolik kırıklama ile tayini, kırık durumlarının ve kayanın çekme geriliminin bilinmesini gerektirir. Açılan bir sondaj kuyusunun belirli bir bölümü hidrolik tıkaçlarla kapatılacaktır. Tıkaç altında kalan cebe su veya su-jel karışımı pompalanacak ve kayada kırık oluşuncaya kadar basınç artırılacaktır. Kırığın oluştuğu, su kaçaklarındaki ani artıştan anlaşılacaktır.

Meydana gelen kırığın doğrultusu asal gerilmelerin yönünü vereceğinden, kuyu televizyonu yardımı ile gerilmenin yönü tespit edilecektir.

Su kaçağının arttığı ve kırılma oluşuktan sonra azaldığı andaki basınçlar ve kayanın çekme mukavemeti maksimum ve minimum yatay gerilmelerin hesabında kullanılacaktır.

7.2.3.6. Zamana Bağlı Deformasyon Ölçümleri

Zamana bağlı deformasyon ölçümleri tünel çevresindeki kaya kütlelerinin kazı etkisi karşısında gösterdiği tepkinin ölçülmesini sağlayacaktır. Kazı esnasında ve son kaplama yapıldıktan sonra yapılan ölçümlerle şu bilgiler elde edilebilir.

- Tünel duraylılığının değerlendirilmesi

- Zeminde deformasyonlar, kaymalar ve kabarmaların oluşup oluşmadığı
- Deformasyonların nedenleri ve tünel yapısı üzerindeki etkileri
- Gerekirse kazı işlemi ve dizaynda yapılacak değişiklikler

Toplam deney süresi ve iki ölçüm arasındaki süre jeolojik ve yapısal durumlar göz önüne alınarak saptanacaktır.

7.2.3.6.1. Ekstansometre Ölçüm Cihazları

Baraj gövdesi, dolgu ve tünel çevresinde açılan sondaj kuyuları içine yerleştirilerek kaya kütlelerinin derinliklerinde çeşitli noktalardaki deformasyonları veya herhangi bir duvar yüzeyine yerleştirilerek yapıda oluşan deformasyonları ölçmek amacıyla kullanılan ölçüm cihazlarıdır.

Çeşitleri amaca ve kullanılma yerlerine göre aşağıda verilen ekstansometre çeşitleri kullanılacaktır.

- Makaralı ekstansometre
- Elektronik ekstansometre
- Rod ekstansometre

7.2.3.6.2. Konverjans Ölçüm Cihazları

İki röper noktasının birbirine yaklaşım miktarlarını (deformasyonları) elektronik olarak ölçmek amacıyla kullanılan ölçüm cihazlarıdır. Tünelin veya ölçüm yapılacak birbirine karşıt iki yüzeye (duvar vs.) monte edilecek ve uzun zaman sürecinde meydana gelen deformasyonlar okuma ünitesi ile ölçülecek ve kaydedilen değerlerle zaman - deformasyon grafiği çizilecektir.

Tünelde kaplamadan önceki ve sonraki aşamalarda değişik noktalar arasında kurularak destek sisteminin ve kaplamanın duraylılığı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir.

7.2.3.7. Nokta Yükleme Deneyi

Nokta Yükleme deneyi, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan *Nokta-Yük Dayanım İndeksinin* (I_s) saptanması amacı ile kullanılacaktır. Karot veya blok örnekler üzerinde elde edilen I_s değerleri abaklara konularak kayanın tek eksenli basınç dayanımı hakkında yaklaşım yapılacaktır.

Standart nokta yükleme aleti; yük veren hidrolik kriko, yük manometreleri, gövde, konik başlıklar ve ölçüm cetvelinden oluşur.

7.2.3.8. Kaya Sınıflama Çekici

Kaya sınıflama çekici, kuyulardan alınmış değişik boyutlarda karotlar üzerine veya kaya yüzeylerine karşı uygulanan darbe ve geri sıçrama sayılarının belirlenmesi için kullanılacaktır. Elde edilen sayılar abaklara konularak kayanın tek eksenli basınç dayanımı hakkında yaklaşım yapılacaktır.

7.2.3.9. Makaslama Deneyi

Karot veya blok örnekler üzerinde gerçekleştirilen makaslama deneyi ile kayaçların zayıflık düzlemlerine ait mukavemet parametreleri (c , ϕ) tespit edilecektir.

8. EK-C : LABORATUVAR DENEYLERİ

8.1. GİRİŞ

Örneklerle ilgili aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınacaktır:

- Örnek alınması, korunması ve laboratuvarlara iletilmesi ile deneylerin yapılmasında ilgili Türk Standartlarına uyulacaktır. Burada olmayan hususlar konusunda DSİ Delgi ve Enjeksiyon Genel Teknik Şartnamesi esas alınacaktır.
- Dispersibilite deneyi yapılacak örneklerin mutlaka doğal koşulları temsil edecek su içeriğinin korunarak laboratuvara ulaştırılması gerekmektedir.
- Örselenmiş örnek alınırken örnek tüpleri mutlaka yağlanmalı ve parafinlenmelidir.
- Örnek tüplerinin ağzı düzgün ve çapaksız olmalı ve kaynakla tutturulmuş tüpler kesinlikle kullanılmamalıdır.
- Örnek tüpleri boyutları itibariyle uygun standartta olmalı ve paslanmayan malzemelerden yapılmalıdır.
- Aynı kuyuda SPT deneyi yapılıyor ve örselenmiş örnek alınmıyorsa, örneklerin özel tedbirle alınması gerekmektedir.
- Temel zemine ve dolgu malzemesine ait örnekler laboratuvara gönderilirken, yapı karakteristiklerinin ve temel zemin şartlarının örneklerle birlikte laboratuvarlara ulaştırılması gerekmektedir. Mühendislik deneyleri yapılırken yük kademeleri bu özelliklere göre seçilecektir.

8.2. Örnek Miktarları

Laboratuvara gönderilecek kaya örneklerinin yaklaşık miktarları aşağıdaki gibi olacaktır.

Petrografik analiz için mostradan veya sondaj yoluyla yeraltından alınan örnekler yaklaşık olarak 1 kg ağırlığında veya bir el büyüklüğünde olacaktır.

Fizikomekanik deneyler için ağırlığı yaklaşık olarak 100 kg olan 20 x 20 x 30 cm boyutlarında blok örnekler alınacaktır. Bu miktarın tabakalı ve şistoziteye sahip kayalarda yapılacak deney sayısındaki artıştan dolayı 150-200 kg civarında olması uygundur. Bu miktar mostralardan alınan kaya örnekleri için geçerli olup birim ağırlık, su emme, porozite, özgül ağırlık, basınç mukavemeti, don sonucu basınç mukavemeti, statik elastisite modülü, Los Angeles aşınma kaybı, sodyum sülfat don kaybı, doğal don kaybı ve petrografik analiz deneylerini kapsamaktadır. Bu deneyler su yapılarında, zemin üstü yapılarda, tünellerde ve beton için agrega olarak kullanılması durumunda kaya örnekleri üzerinde yapılması gerekli deneylerdir.

Sondajlardan alınacak örneklerde ise yukarıda verilen miktarların sağlanması güç olacağından ya sık aralıklarla sondajlar yapıp aynı birimi temsil edecek örnekler ile yeterli miktar sağlanmaya çalışılmalı, ya da kullanma amacına göre öncelikli deneyler seçilerek örnek miktarı düşük tutulmalıdır. Örneğin, basınç mukavemeti ve elastik modül deneyleri için toplam uzunluğu 100-150 cm olan ve en küçük parça uzunluğu karot çapının iki katı olacak şekilde alınmış örnekler uygun olacaktır.

8.3.Örneklerin Alınması ve Paketlenmesi

Alınan örneklerin numaralandırılması ve laboratuvara gönderilmek üzere paketlenmesi, laboratuvarında yapılacak çalışmalar açısından son derece önemlidir.

Numaralandırma öncelikle örnek üzerinde yapılacak, atmosferik ve dış etkilerden etkilenmeyecek bir kalemle okunaklı bir şekilde proje adı ve örnek numarası yazılacaktır.

Örnek daha sonra kolayca yırtılmayacak bir torbaya konularak torbanın içine örnek miktarı, alındığı tarih, alanın adı ve soyadı, ait olduğu yer, gönderen birim ve biliniyorsa örnek cinsinin yazılı olduğu bir etiket eklenecektir. Aynı bilgiler torbanın ağzına bağlanmış bir etikete veya ambalajın üzerine yazılacaktır. Örnekler, özellikle yağışlı mevsimlerde yağıştan etkilenmeyecek şekilde taşınacaktır.

Açık taşımacılık, mostradan alınan sağlam kaya blokları için uygun olabilir. Yumuşak kayalar ve karot örnekleri için torba yerine ahşap sandıklar veya kalın mukavvadan kutular kullanılacak ve örneklerin birbirlerine çarparak parçalanmalarını önlemek için araları talaş, bıçkı tozu, gazete kağıdı , vb maddelerle doldurulacaktır.

Delgi işlemi ile bozulmamış örnek alınırken delgi takımına yalnızca baskı uygulanacaktır. Kullanılan örnek tüpü temiz, çapaksız, ağız kısmı eğik olmayacak, alınan örnek tüpünün her iki tarafı erimiş parafinle kapatılacak, etiketlenerek hava ve su almayacak şekilde paketlenacaktır.

8.4.Örnekler Üzerinde Yapılacak Laboratuvar Deneyleri

8.4.1. Taneli Zeminler

8.4.1.1. Kohezyonlu Zeminler

8.4.1.1.1. Tanımlama Deneyleri

- Elek Analizi
- Hidrometre
- Atterberg Limitleri
- Tabii Su muhtevası
- Birim Hacim Ağırlık
- İzafi Sıkılık

8.4.1.1.2. Permeabilite Deneyleri

8.4.1.1.3. Hassaslık Deneyleri (Bünyesel)

- İğne Deliği Deneyi (Pin Hole)
- Çift Permeametre Deneyi
- Eriyebilir Tuzlar ile İlgili Kimyasal Analizler
- Minerolojik Analiz

8.4.1.1.4. Mukavemet Deneyleri

- Kesme Mukavemeti Deneyi
- Serbest Basınç Deneyi
- Üç Eksenli Basınç Deneyi
- Konsolidasyon Deneyleri (oturma-zaman, oturma-gerilme ve bağlı parametreler)

8.4.1.1.5. Şişme Deneyleri

8.4.1.1.6. Hacimsel Sıkışma Deneyleri

8.4.1.1.7. Konsolidasyon Deneyleri

8.4.1.2. Kohezyonsuz Zeminler

8.4.1.2.1. Tanımlama Deneyleri

- Elek Analizleri
- Birim Hacim Ağırlık

- İzafi Sıkılık

8.4.1.2.2. Permeabilite Deneyleri

- Serbest Basınç Deneyi
- Basınçlı Su Deneyi

8.4.1.2.3. Stabilite Deneyleri

- Eriyebilirlik Deneyleri
- Petrografik Analiz
- Porozite
- Don Deneyi
- Sıvılaşma Deneyi

8.4.1.2.4. Mukavemet Deneyleri

- Kesme Kutusu
- Los Angeles

8.4.2. Kaya Zeminler

8.4.2.1. Tanımlama Deneyleri

- Özgül Ağırlık Deneyi
- Petrografik Analiz

8.4.2.2. Permeabilite Deneyleri

8.4.2.3. Mukavemet Deneyleri

- Aşınma Deneyleri
- Don Deneyleri
- Sodyum Sülfat Deneyleri
- Basınç Mukavemeti (statik ve dinamik)
 - A. Tek Eksenli
 - B. Üç eksenli
- Dondan Sonra Basınç Mukavemeti Deneyi
- Elastisite Modülü Deneyi
- Poisson Oranı

- Çekme Basınç Dayanımı Deneyleri
- Kesme Kutusu Deneyleri
- Nokta Yükleme Deneyleri
- Suda Dağılma Deneyleri

8.4.2.4. Oturma Deneyleri

Konsolidasyon deneyleri oluşumunu tamamlamış veya ayrılmış, killi kayaçlar için yapılır.

8.4.2.5. Şişme Deneyleri

- Su Emme Deneyleri
- Emme Deneyleri

9. EK-D : JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

9.1. KAPSAM

- Baraj, gölet yeri ve göl alanında; yeraltı yapıları ve tünel güzergahlarında; sulama, drenaj kanalları, içme suyu ve isale hatları, arıtma tesisi, regülatör su deposu, cebri boru, santral binası, vb su yapılarının farklı jeolojik birimlerin kalınlık, derinlik ve konumlarının,
- fay, kontak zonu, bozuk zonların ve bu seviyelerin su taşıma özelliklerinin,
- karstik erime boşluklarının,
- projelendirilmede gerekli olan parametrelerin (maksimum yer ivmesi, zemin ve kayaların elastik parametreleri vb)
- Şalt ve trafo sahalarının veya benzeri tesislerin en uygun tabaka derinliklerinin,
- Malzeme sahalarında iri, küçük taneli ve bloklu tabakaların ayırt edilmesi ve malzeme miktarının hesaplanabilmesi, bu tabakaların derinlik ve kalınlıklarının,
- Heyelan etütlerinde kayan kütlelerin geometrisini ortaya koymak, kayma yüzeyini, gevşek ve sağlam tabakaların

belirlenmesi için Jeoteknik çalışmalarda, ön inceleme, planlama, kesin proje ve uygulama aşamalarının kapsamına göre, uzman jeofizik mühendisi tarafından yapılan çalışmalardır. Jeofizik araştırmaların yöntemi, jeoloji ve jeoteknik araştırmanın amacı ve proje özelliklerine göre ilgili jeofizik mühendisince tespit edilecektir.

9.2. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

9.2.1 Elektriki özdirenç (rezistivite)

Yeraltı yapısını aydınlatmak amacıyla yapılan jeofizik rezistivite çalışmalarında kullanılan yöntemler, arz yüzeyine belirli noktalarda bir elektrik akımının uygulanması ve bu alanın arz içinde meydana getirdiği potansiyelin yine belirli noktalarda ölçülmesi esasına dayanır. Potansiyel akım şiddeti bağıntılarından da formasyonların rezistivitesi ve kalınlıkları hesaplanır.

Rezistivite değeri değişiminin yeryüzündeki bir noktadan derinliğe doğru (düşey süreksizlikler) incelenmesi “Düşey Elektriki Sondaj (DES), belirli derinlikler için yanal süreksizliklerin bir hat boyunca incelenmesi ise “Profil ölçüleri” diye adlandırılır. Ayrıca amaç, ekonomi, çözüm gücü ve uygulama kolaylığı gibi faktörlere en fazla cevap vermeleri dikkate alınarak, elektrotların farklı konum ve düzende seçilmesiyle birçok ölçü sistemleri türetilmiştir. Bu ölçü sistemleri simetrik veya asimetrik olabilir.

9.2.2. Sismik refraksiyon (kırılma) ve refleksiyon (yansıma)

Sığ kuyularda dinamit patlatmak, ağır bir cisim belli bir yükseklikte yere bırakmak, vibratör veya çekiç kullanmak suretiyle suni olarak oluşturulan sismik dalgaların enerji uygulama noktasından belirli uzaklıklarda bulunan noktalara önceden yerleştirilmiş alıcılarla (jeofon) algılanarak, amaca uygun şekilde geliştirilmiş sismik cihazlarla kaydedilmesi esasına dayanır. Yaratılan elastik dalgalar yeraltında belirli ara yüzeylerde (sismik dalga hızı farklı olan iki tabaka arasındaki sınırdaki kırılarak ve yansıyarak yeryüzüne ulaşırlar. Snell yasasına göre ($\sin i_c = V_1 / V_2$) kırılma oluşabilmesi için $V_2 > V_1$ olmalıdır. Böylece V_p (boyuna) ve V_s (enine) sismik dalga hızlarının jeofonlara varış zamanlarından zaman-mesafe grafikleri çizilerek yeraltı formasyonlarının hız, kalınlık, derinlik ve yatımlarının belirlenmesi, zemin ve kayaların cins ve dağılımı, yeraltı su seviyesi, fay, kırık, çatlak ve ayrışma durumu hakkında bilgilerin sağlanması, zemin ve kayaların elastik parametrelerinin (Poisson oranı, dinamik elastisite modülü, Shear modülü, Bulk modülü gibi) elde edilmesi, zeminlerin hakim titreşim periyotlarının ve sökülebilirliklerinin belirlenmesi gibi yapısal problemler çözülür. Sismik refraksiyon ve refleksiyon çalışmalarında atışlar karşılıklı olarak yapılır ve sismik profilin uzunluğu, araştırma derinliğinin 3-6 katı olarak alınır.

9.2.3. Emniyetli patlayıcı madde miktarlarının belirlenmesi

Su yapısı proje sahaları ve yerleşim alanları yakınında malzeme alımı amacıyla ve kazı işlemleri sırasında yapılacak emniyetli patlayıcı madde miktarının titreşim etkisinin, vibrometre cihazıyla ölçülerek jeofizik yöntemlerle hesaplanması ve bunun sonucu olarak da patlayıcıların mühendislik yapılarına hasar yapıcı etkileri önlenmesi işidir.

9.2.4. Deprem parametrelerinin belirlenmesi (Deprem Risk Analizi)

Baraj, santral, gölet vb önemli mühendislik yapılarının depreme karşı dayanıklı olarak dizayn (earthquake resistant design) edilebilmeleri için; Olasılık modellerinden biri veya birkaçı kullanılarak gelecekte inşa sahasında etkili olacağı beklenen maksimum yer ivmeleri, aşılma olasılıkları ve geri dönüş periyotlarının (return period) hesaplanmasıdır.

9.2.5. Jeofizik kuyu logları

Jeolojik birimlerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacı ile bir temel sondaj kuyusunda, derinliğe, bazen de zamana göre alınan ölçüler jeofizik kuyu logları çalışmalarıdır.

Kuyu logları ile jeolojik birimlerin alt ve üst sınırları, kalınlıkları, tabakaların çatlakları, geçirimli olup olmadıkları, poroziteleri, birim hacim ağırlıkları, radyoaktiflikleri (kil içerikleri) ile V_p (boyuna) ve V_s (enine) dalga hızları metre cinsinden derinliğe bağlı olarak ölçülebilmektedir. Bunlarla birlikte kuyuda akışkanın elektriksel iletkenliği ve sıcaklığı yine derinliğe bağlı olarak ölçülebilmektedir.

Kuyu logu çalışmalarında her tür ölçü ile jeolojik birimler arasındaki fark, alt/üst sınırları ayırt edilebilmektedir. Elektrik ölçüler ile birimlerin geçirgenliği ve rezistivitesi, radyoaktif log ile kil içeriği ve radyoaktif mineraller bulunabilmektedir. Jeolojik birimlerin yoğunluğu (bulk density), poroziteleri ve V_p (boyuna), V_s (enine) dalga hızları (density gamma) ve Sonic (sonic) ya da P-S suspension logları ile bulunabilmekte zeminin dinamik elastik parametreleri hesaplanabilmektedir.

Kuyu içinde aşağı/yukarı rahatça hareket edebilen bir prob, yüzeyde bağlı olduğu cihaza aldığı verileri aktarabilmeli, ölçü sırasında kayıt alınabilmeli, alınan veriler cihazın analog yada sayısal olmasına göre kaydedicisinde saklanabilmelidir.

9.2.6. Diğer Çalışmalar

TEM, EM, VLF, yer radarı , mikrotremor, gravite, mikrogravite, manyetik, vb. jeofizik yöntemler.

10. EK-E : KARST HİDROJEOLOJİSİ ÇALIŞMALARI

10.1.AMAÇ

Karst hidrojeolojisi çalışmaları;

- kireçtaşı, mermer ve karbonat çimentolu konglomera gibi kayaların yer aldığı sahalarda inşası planlanan baraj, gölet vb su yapılarının rezervuarlarında depolanacak yüzey suyunun karbonatlı kayalar içindeki erime boşlukları, çatlaklar, kırık hatları gibi karstik oluşumlarla teması sonucunda meydana gelebilecek sızma ve su

kaçaklarının yerleri, akım yönleri ve miktarlarını belirlemek ve su kaçaklarının önlenmesi için yapılacak mühendislik çalışmalarını önermek;

- yeraltı kazılarına karstik oluşumlardan intikal edebilecek Yer altı suyunun kökenini, miktarını ve alınacak önlemleri belirlemek

amaçlarıyla yapılacak;

bu amaçla etüt aşamasına göre 1/25 000 ölçekli veya daha büyük ölçekli haritalar kullanılmak koşuluyla

- genel jeoloji ile karstik oluşumların gösterildiği 1/100 000 ölçekli yüzeysel drenaj (yağış) alanı haritası,
- karstik oluşumlar (mağara, düden, dolin vb) su noktaları (temel araştırma ve su kuyusu, kaynak, akım gözlem istasyonu yerleri vb), yeraltısuyu eş su kotu eğrileri, genel ve yapısal jeoloji, meteoroloji istasyonlarının gösterildiği hidrojeoloji haritası

hazırlanacaktır.

10.1.KAPSAM

Karst çalışmaları aşağıdaki etütleri kapsayacaktır. Belirtilen etütler özel şartnamelerine uygun olarak yürütülecektir.

10.2.1. Karst hidrojeolojik etütleri

Karbonatlı kayaçların yayılımı, hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri, yapısal durumu; karstik oluşum şekilleri (mağara, düden, dolin vb), birbirleri ile ilişkileri; mevcut kaynakların oluşumu, karstik sistemdeki su tutma öncesi ve sonrası yeraltısuyu durumu, su kaçak zonları vb özellikler belirlenecektir.

10.2.2. Jeofizik etütler

Karst sisteminin yeraltı yayılımı, derinliği, kalınlığı ve büyük boyutlu karstik boşluklar belirlenecektir.

10.2.3. Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri

Karstik kayaçların yüzeysel yayılımları, tektonik hatlar ve karstik oluşum şekilleri belirlenecek, çizgisellik analizleri yapılarak haritaya aktarılacaktır.

10.2.4. Temel araştırma kuyuları

Karbonatlı kayaçlardaki karstlaşma derinliği, karstik zonların düşey ve yanal dağılımı, yeraltısuyu durumu ve hidrolojik özellikleri basınçlı su deneyleri yapılarak belirlenecektir.

10.2.5. Hidrolojik ve topoğrafik çalışmalar

Karstik sistem üzerinde yer alan akarsu, kaynak gibi yüzey sularında debi ölçümleri, temel araştırma ve su kuyularında yeraltı su seviye ölçümleri yapılacak, su noktaları topoğrafik ölçümlerle jeolojik haritalara işlenecektir.

10.2.6. Su kimyası çalışmaları, izleme deneyi ve izotop analizi

Karstik sistemdeki yağış, yüzey, kaynak ve temel araştırma kuyularından alınan su örneklerinin su kimyası ve izotopik açıdan birbirleriyle olan ilişkileri; izleme (boya) deneyleri ile yeraltı suyunun yönü ve hızı araştırılacaktır.

10.3. RAPOR

Karstik etüt raporu aşağıdaki başlıklar halinde hazırlanacak, rapor yazımında EK-A'da belirtilen hususlara uyulacaktır.

10.3.1. Öz

Bakınız Madde 3.

10.3.2. Giriş

Bakınız Madde 3.

10.3.3. Genel Jeoloji

Bakınız Madde 3.

10.3.4. Karst Hidrojeolojisi

10.3.4.1. Karbonatlı Kayaçlar ve Karstik Oluşumlar

Araştırma sahasındaki karstik özellikli karbonatlı kayaçlar haritalanacak; fay, kırık hattı, erime boşluğu, kıvrım, bindirme ve karstik oluşumlar (mağara, düden, dolin, obruk ve çöküntü sahaları vb) simgelerine uygun şekilde haritalara işaretlenecek, ayrıntılı bilgi verilip ilişkileri değerlendirilecektir. Erişilemeyen arazi kısımlarına ait bilgiler uygu görüntüsü ve hava fotoğraflarından yararlanılarak elde edilecektir.

Uygulama aşamasında yapılan karst araştırmalarında kazıda ortaya çıkan karstik oluşumlar jeolojik-jeoteknik haritalara işlenerek ilişkileri araştırılacaktır.

10.3.4.2. İklim

Araştırma sahasındaki meteoroloji istasyonları ve kotları belirlenerek haritalara işaretlenecek, bu istasyonlara ait aylık ve yıllık yağış analizleri yapılacak, değişimler grafiklerle gösterilecek ve ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafikleri çizilerek yağış rejimleri belirlenecektir. Çizilen grafikler ve tablolar rapora eklenecektir.

10.3.4.3. Su Noktaları

10.3.4.3.1. Akarsular

- Karstik kayalardan geçen akarsular hakkında ayrıntılı bilgi verilecek, drenaj alanı, ortalama akımları, yüzeysel akış katsayıları belirlenecek ve ortalama akımları ile drenaj alanları haritaya yazılacaktır (m^3/s ve km^2 olarak).

- Akarsularda debi ölçüm yerlerinin kotları alınarak haritalara işaretlenecek, karstik oluşumlara akarsuyun girdiği çıktığı lokasyonlarda akım ölçümleri (özellikle kurak mevsimde) alınacak, bunlara ait akım değişim ve fark grafikleri çizilerek değerlendirilecektir. Ayrıca baz akım analizleri yapılarak karstik sistemin akarsuyla hidrolojik ilişkisi araştırılacak ve aydınlatılacaktır.

10.3.4.3.2. Kaynaklar

- Proje yapı yerleri ve güzergahları ile maksimum su kotu altında kalan tüm karstik boşalım noktaları tespit edilecek, kotları alınarak simgelerine uygun olarak haritaya işaretlenecektir.

- Kaynakların oluşumları kesit ve şekillerle gösterilerek gerekli bilgiler verilecektir.

- Yeterli debi ölçümü mevcut değilse, kaynaklarda aylık veya projenin amacına uygun olarak daha sık süreli debi ölçümleri yapılacaktır. Debi ölçümleri için savak veya uygun aletler kullanılacaktır.

- Debi ölçümleri düşey eksen log, yatay eksen zaman (aritmetik) olarak grafiklendirilecek, tablolar halinde verilecek ve baz akım analizleri yapılarak karstik sistemin boşalım katsayısı (α) ortalama olarak hesaplanacak ve karstlaşma hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir. Elde edilen değerler tablo ve grafikler halinde rapora eklenecektir.

10.3.4.3.3. Göller ve Bataklıklar

- Karstik sahalarda yer alan doğal ve baraj, gölet gibi yapay göller ile bataklık alanlar haritada gösterilecek, raporda büyüklükleri, kotları, oluşumları, varsa beslenme ve boşalımları hakkında bilanço ve bilgi verilecektir.

10.3.4.3.4. Temel araştırma ve su kuyuları

- Temel araştırma kuyuları kotlarına göre haritaya işaretlenecek, bunlara ait bilgi tablo halinde rapora eklenecektir.

- Geniş çaplı veya elle açılmış karakteristik su kuyuları kotlarına göre haritaya işaretlenecek ve bu bilgiler raporda tablo halinde verilerek karst sistemiyle ilişkileri anlatılacaktır.

10.3.4.4. Hidrolojik Korelasyon ve Değerlendirmeler

10.3.4.4.1. Yağış-Yeraltısu Seviye Değişimleri

- Drenaj (yağış) alanında yer alan meteoroloji istasyonlarına ait aylık yağış değişimleri ile temel araştırma kuyularındaki yeraltısu seviyelerinin aylık değerleri grafiksel olarak çizilerek ilişkileri araştırılacaktır. Grafikler rapora eklenecek, yağış ve kuyulardaki su seviyeleri tablo halinde verilecektir.

- En yüksek (Nisan ve Mayıs) ile en düşük (Ekim veya Kasım) aylara ait yeraltısu eş basınç eğrileri çizilerek akım yönleri belirlenecektir. Yer altı suyu eş basınç eğrileri nihai karst hidrojeolojisi haritasına çizilecek ya da daha büyük ölçekli bir haritada gösterilecektir.

- Yağış-yeraltısu seviye değişimlerine ve yeraltısu eş basınç eğrilerine ait değerlendirme ve yorumlar raporda açıklanacaktır.

10.3.4.4.2. Yağış-Kaynak Akımları Değişimleri

- Aylık yağış ile karstik sistemden boşalan kaynakların aylık debi ölçümleri tablo ve grafik halinde verilecek, bunlara ait değişimler ve ilişkileri araştırılacak, korelasyonlar yapılarak, yağışların etkisinin mertebesi belirlenecektir.

- Kaynaklara ait akım ölçümleri analiz edilerek yıllık baz akım miktarları tahmin edilecek ve karst sistemi hakkında yorumlar yapılacaktır.

- Kaynak akım değişimleri ile akarsudaki veya akarsulardaki debi değişimleri müstareken incelenecek, korelasyonlar yapılacak ve hidrolojik ilişkileri araştırılacaktır.

- Yukarıda bahsedilen çalışmalar ve değerlendirmeler mevcut karst sisteminin doğal şartlardaki hidrolojik durumunu (davranışını) belirleyecektir. Buradan gidilerek rezervuar koşullarında veya yer altı kazılarında karstik sistemin hidrolojik davranışı açıklanacaktır.

10.3.4.4.3. Kaynak Akımları Analizi ve Değerlendirmeler

- Kaynak akımlarına ait debi ölçümleri yarı logaritmik kağıda noktalanacak ve yıllara ait baz akım analizi yapılarak karstik sistemin boşalım katsayıları (α) hesaplanacaktır.

- Baz akım analizlerinden yararlanılarak kaynakların yıllık beslenimleri, kuyulardaki su kotları ve akarsulardaki debi değişimleri ile ilişkileri; karst sisteminin büyüklüğü, hidrolojik davranışı hakkında değerlendirmeler ve yorumlar yapılacaktır.

10.3.4.5. Karstik Sistemin Hidrolik Özellikleri

- Araştırma amaçlı su sondaj kuyularında pompa tecrübeleri yapılarak karstik sistemin iletkenlik (T, Transmissibilite) ve depolama (S) katsayıları hesaplanacak ve değerlendirmeler rapor ekinde grafik halinde verilecektir. Karstik sisteme ilişkin yorumlar yapılacaktır.

- Temel araştırma kuyularında basınçlı su deneyleri yapılarak sistemin geçirimsizlik katsayısı (Lugeon) hesaplanacak; karbonatlı kayaların yanal ve düşey karstlaşma özelliği araştırılacak ve değerlendirmeler yapılacaktır.

- Kaynak akımlarından elde edilen hidrolojik özellikler kuyulardan elde edilenlerle korele edilerek karstik sistemin doğal koşullardaki hidrolojik davranışları ortaya çıkarılacak ve sistemin karstlaşma özelliği ile yapısı hakkında detaylı bilgiler verilecektir.

10.3.4.6. Su Kimyası

- Akarsu, temel araştırma ve su kuyuları, kaynaklar gibi bütün su noktalarında yağışlı (Nisan ve Mayıs ayları) ve kurak (Ekim ve Kasım ayları) mevsimlerde olmak üzere senede iki defa su örnekleri alınıp kimyasal analizler yapılacaktır. Bu analizlerde suların anyon, katyon, EC (elektriki iletkenlik), sertlik vb değerleri tespit edilecek, bunlar tablolar halinde rapora eklenecektir.

- Kimyasal analiz sonuçları karşılaştırılarak, diyagramlar çizilecek ve suların ilişkileri araştırılarak karst sistemindeki yeraltısuyu akımı ile beslenme-boşalım hakkında değerlendirmeler yapılacaktır.

10.3.4.7. Yeraltısu İzleme Deneyleri

Karstik sistemdeki yeraltısu akımının yönünü, hızını araştırmak amacıyla uygun lokasyonlardaki su noktalarından (temel araştırma ve su kuyusu, düden, boşluk vb) uygun izleyiciler (Rhodamine veya Fluorescein gibi flourosans özellikte boyalar) verilerek daha düşük kotlardaki kaynak gibi boşalım noktalarından veya temel araştırma ve su kuyularından su örnekleri alınacak, uygun cihazlarda (Fluorometre vb) incelenerek analizleri yapıp sonuçlar değerlendirilecektir.

- İzleme deneyinden önce tüm su noktalarından örnekler alınarak kimyasal ve gerekirse izotop analizleri yapılacak, örnek alınacak, bütün su noktalarının kotları ile izleyici verilen kuyuların gözlem yapılacak su noktalarına uzaklıkları belirlenecektir.

- Deney sahası ayrı bir haritada gösterilecek, deneylere ait bilgiler tablolar halinde verilecek, değerlendirmeler ve deney sonuçları yorumlanacaktır. Yeraltısu hızı, haritadaki ölçülen uzaklıklardan yararlanılarak hesaplanacaktır. Deney sonuçları rapor halinde sunulacaktır.

10.3.4.8. İzotop Analizleri

Su noktalarından ve yağış istasyonlarından alınan su örneklerinin izotop analizleri yapılarak, karstik sistemdeki yeraltısu dolaşımının boşalım noktaları ile ilişkileri aydınlatılacaktır. Elde edilen değerler tablo, diyagram ve grafik şeklinde rapora eklenecektir.

10.3.5. Karstik Sistemde Yeraltısu Dolaşımı

10.3.5.1. Doğal Koşullardaki Dolaşım

Baraj, gölet veya regülatör yapılmadan veya yer altı yapısı kazılmadan önceki doğal koşullardaki yeraltısu dolaşımı belirlenecek ve karstik sistemdeki boşalım noktalarının beslenme sahaları, birbiriyle ilişkileri kesitlerle, grafiklerle gösterilerek anlatılacaktır. Kaynak boşalımlarının veya karstik Yer altı suyunun bilançosu hazırlanacaktır. Kaynakların araştırma sahasındaki düden, mağara (yeraltı gölleri) gibi karstik oluşumlarla ilişkileri anlatılacaktır.

10.3.5.2. Su Tutma Sonrası Dolaşım ve Olası Su Kaçakları

- Yukarıda açıklanan araştırma çalışmalara ait değerlendirmelerden yararlanılarak; yapımı planlanan baraj, gölet vb yapıların rezervuar alanında yer alan karstik formasyonlardan kaçabilecek yüzey suyunun yönü ve miktarı hakkında bilgi verilecek ve ayrıca alınacak mühendislik önlemleri belirtilecektir.

- Rezervuarda memba-mansap yönünde oluşabilecek su kaçakları hakkında bilgi verilecek ve önlenmesi için yapılacak çalışmalar belirtilecektir. Enjeksiyon perdesi önerilirse, perdenin derinliği karstlaşma taban kotu belirtilerek boyutlandırılacaktır.
- Karst araştırmaları; su tutma işleminde sonra ortaya çıkan su kaçaklarının incelenmesi amacıyla yapılıyorsa su kaçakları zonları belirtilecektir.
- Karstik sahalarda yar altı kazısına gelebilecek yeraltısuyu veya buna benzer bir projeye ilgili araştırma yapılıyorsa; intikal edebilecek yeraltısuyunun nerede ve ne miktarda olacağı açıklanacaktır.

10.3.6. Karstik Sistemin Kirlenmesi

Karbonatlı kayaçlar; kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu olduğundan yüzet suyunun bu formasyonlara ulaşması çok kolaydır. Özellikle kimyasal olarak kirli atık sularının depolanacağı rezervuarlarda veya atık su tünellerinde sızma zonlarının araştırılması ve kirli suların zarar verebileceği su noktaları (kaynak, içme kullanma suyu kuyuları, akarsu vb) çok belirlenerek alınması gerekli önlemler belirtilecektir.

10.3.7. Sonuç ve Öneriler

10.3.7.1. Sonuçlar

Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonuç olarak açıklanacaktır.

10.3.7.2. Öneriler

Araştırmanın amacına uygun olarak alınması gereken önlemler veya yapılacak mühendislik çalışmaları önerilecektir.

10.3.8. Yararlanılan Kaynaklar

10.3.9. Karst Etüdü Rapor Düzeni

ÖZ

1. GİRİŞ
 - 1.1.İncelemenin Amacı
 - 1.2.İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım
 - 1.3.Veri Toplama
 - 1.4.Projenin Özellikleri
2. GENEL JEOLJİ
 - 2.1.Stratigrafik Jeoloji
 - 2.2.Yapısal Jeoloji

2.3. Jeolojik Tarihçe

3. KARST HİDROJEOLJİSİ

- 3.1. Karbonatlı Kayaçlar ve Karstik Oluşumlar
- 3.2. İklim
- 3.3. Su Noktaları
 - 3.3.1. Akarsular
 - 3.3.2. Kaynaklar
 - 3.3.3. Göller ve bataklıklar
 - 3.3.4. Temel Araştırma ve Su Kuyuları
- 3.4. Hidrolojik Korelasyon ve Değerlendirmeler
 - 3.4.1. Yağış-Yeraltısuyu Seviye Değişimleri
 - 3.4.2. Yağış-Kaynak Akımları Değişimleri
 - 3.4.3. Kaynak Akımları Analizi ve Değerlendirmeler
- 3.5. Karstik Sistemin Hidrolojik Özellikleri
- 3.6. Su Kimyası
- 3.7. Yeraltısuyu İzleme Deneyleri
- 3.8. İzotop Analizleri

4. KARSTİK SİSTEMDE YER ALTI SUYU DOLAŞIMI

- 4.1. Doğal Koşullardaki Dolaşım
- 4.2. Su Tutma Sonrası Dolaşım ve Olası Kaçaklar

5. KARSTİK SİSTEMİN KİRLENMESİ

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- 6.1. Sonuç
- 6.2. Öneriler

7. YARARLANILAN KAYNAKLAR

EKLER

A. HARİTA VE KESİTLER

- 1- Bulduru haritası (Araştırma sahasının Türkiye'deki yeri)
- 2- Genel jeoloji haritası (1/25000)
- 3- Karst hidrojeolojisi haritası (Ölçek 1/25000 veya 1/100000)
- 4- Jeolojik kesit ve korelasyonlar
- 5- Özel haritalar (Hava fotoğrafları/Uydu görüntüleri-çizgisellik haritası, izleme deneyi, izotop hidrolojisi vb. bilgileri gösteren)

B. TABLOLAR

- 1- İklimle ilgili tablolar
- 2- Akarsulardaki akım ölçümleri tablosu
- 3- Kaynaklara ait debi ölçümleri tablosu
- 4- Temel araştırma ve su kuyularına ait bilgiler
- 5- Jeolojik formasyonların ve karstik oluşumların hidrolojik özellikleri
- 6- Su kimyası analiz sonuçları

- 7- İzotop analizleri sonuçları
- 8- Gerekli görülen bazı özel tablolar (Pompa deneyleri veya temel araştırma kuyularındaki su deneyleri vb.)

C. ŞEKİL VE GRAFİKLER

- 1- Ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma ve yağışın dağılışı
- 2- Aylık yağış-Yeraltısuyu seviye değişimleri
- 3- Aylık yağış-kaynak akımları değişimleri ve baz akımları
- 4- Kaynak akımları analizi (Baz akım) ve değerlendirmeleri
- 5- Pompalama deneyleri ve su deneyleri değerlendirme grafikleri
- 6- Kaynakların oluşumunu ve mağara, düden gibi karstik oluşumları gösteren şekiller ve özel grafikler

D. DİYAGRAMLAR

- 1- Su kimyası Wilcox diyagramı
- 2- ABD tuzluluk diyagramı
- 3- Su örneklerinin kimyasal karşılaştırılması (Schoeller Diyagramı)
- 4- İzotop analizi diyagramları
- 5- Gerekli görülen özel diyagramlar